

ინდირა ნატრიაშვილი, მერაბ ტულუში,  
თეიმურაზ შენგელია, თემურ შენგელია, გიორგი ლომიძე

# ფიზიკა

მე-9 კლასი

მასწავლებლის წიგნი



გამომცემლობა „საქართველოს მაცნე“

---

გრიფინიჭებულია საქართველოს განათლებისა და  
მეცნიერების სამინისტროს მიერ 2021 წელს

**ფიზიკა, მე-9 კლასი**

**მასწავლებლის წიგნი**

**ინდირა ნატრიაშვილი, მერაბ ტულუში,  
თეიმურაზ შენგელია, თემურ შენგელია, გიორგი ლომიძე**

რედაქტორი – ნათელა თუხარელი  
დამკაბადონებელი – ლია მოსეშვილი

გამომცემლობა „საქართველოს მაცნე“  
მის: ქ. თბილისი, ე. მაღალაშვილის ქ. №5  
ტელ: 568105467; 574 400 857  
ელ.ფოსტა: saqmatsne@mail.ru, sakmacne@gmail.com  
[www.http://saqmatsne.ge](http://saqmatsne.ge)

© გამომცემლობა „საქართველოს მაცნე“  
© ინდირა ნატრიაშვილი, მერაბ ტულუში,  
თეიმურაზ შენგელია, თემურ შენგელია, გიორგი ლომიძე  
გამოცემის წელი და რიგითობა 2021 წელი  
ISBN 978-9941-16-728-763-8

## სარჩევი

ზოგადი ინფორმაცია სახელმძღვანელოს შესახებ .....	4
წლის ბოლოს მისაღწევი შედეგები .....	5
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების, მათ შორის ფიზიკის, სწავლების მიზანი და ამოცანები .....	5
საბაზო საფეხურის ფიზიკის სტანდარტი .....	5
სტანდარტის შედეგების ინდექსების განმარტება .....	7
სტანდარტის შედეგების მიღწევისა და შინაარსის ურთიერთკავშირის მატრიცა .....	8
საფეხურებრივი საკვანძო შეკითხვები .....	11
სასწავლო თემის აგების პრინციპები .....	13
სასწავლო რესურსების გამოყენება .....	35
თემატური მატრიცა: არათანაბარი და მრუდწირული მოძრაობა .....	38
თემატური მატრიცა: დინამიკა და სტატიკა .....	47
თავი I .....	59
I თავის შემაჯამებელი ამოცანების ამოხსნები .....	141
თავი II .....	146
II თავის შემაჯამებელი ამოცანების ამოხსნები .....	242
თავი III .....	249
III თავის შემაჯამებელი ამოცანების ამოხსნები .....	289
ინტეგრირებული გაკვეთილისთვის – ფიზიკა და ისტორია .....	291
მათემატიკა ფიზიკისათვის .....	293
შემაჯამებელი წერის ნიმუშები .....	294
დანართები .....	300
საგანმანათლებლო ლექსიკონი .....	309
გამოყენებული ლიტერატურა .....	312

## ზოგადი ინფორმაცია სახელმძღვანელოს შესახებ

ჩვენი სახელმძღვანელოს კონცეფცია, შინაარსი და მეთოდოლოგია სრულად შეესაბამება ეროვნულ სასწავლო გეგმასა და მიზანს. მასწავლებლის წიგნი არის დამხმარე მეთოდური სახელმძღვანელო სკოლის პედაგოგებისთვის, რომლებიც ასწავლიან მე-9 კლასში ფიზიკას. ის მოიცავს ინფორმაციას ფიზიკის სწავლების მიზნის, ამოცანების, სტანდარტის შედეგების მიღწევის, ასევე იმ მეთოდოლოგიური პრინციპების შესახებ, რომელსაც ეყრდნობა სახელმძღვანელო. წიგნი ეფუძნება მოსწავლის ასაკობრივი თავისებურებების გათვალისწინებასა და მოსწავლეზე ორიენტირებული სწავლების პრინციპებს. ის დაეხმარება პედაგოგებს გაკვეთილის ეფექტურად დაგეგმვასა და საინტერესოდ ჩატარებაში. მასში აღწერილია სწავლების დიფერენცირებული მიდგომის განხორციელებისთვის საჭირო სტრატეგიები და მეთოდები, შეტანილია სხვადასხვა ტიპის რეკომენდაცია, რომელიც ეფუძნება თანამედროვე საგანმანათლებლო კვლევებს, მრავალმხრივ პედაგოგიურ გამოცდილებაზე აგებული სახელმძღვანელოების ანალიზის შედეგებს. წიგნში თქვენ ნახავთ იმ ამოცანების ამოხსნებსა და სწორ პასუხებს, რომლებიც მოცემულია მოსწავლის სახელმძღვანელოში, ასევე კომპლექსური დავალების ნიმუშებს, რომელიც მასწავლებელს დაეხმარება სწავლების პროცესი უფრო ეფექტიანი გახადოს.

ჩვენ დიდ ყურადღებას ვუთმობთ მოსწავლეთა უწყვეტი განმავითარებელი შეფასების სისტემას, შეფასების რუბრიკების შემუშავებასა და კრიტერიუმების ჩამოყალიბებას. მასწავლებლის წიგნში დეტალურადაა განხილული მოსწავლის სახელმძღვანელოში მოცემული ყველა თავის გაკვეთილი. მოცემულია საკვანძო ამოცანების ამოხსნა. კომპლექტაციაში შედის მოსწავლისა და მასწავლებლის წიგნები.

## წლის ბოლოს მისაღწევი შედეგები

მეცხრე კლასი საბაზო საფეხურს მიეკუთვნება, რომლის მისიაა საგანთა სწავლა-სწავლების საფუძველზე მყარი, დინამიკური და ფუნქციური ცოდნის კონსტრუირება, მოსწავლის ინტერესებისა და მიდრეკილებების გამოვლენა, მოსწავლის დამოუკიდებელი სწავლის უნარისა და შრომისუნარიანობის განვითარება.

თანამედროვე ზოგადსაგანმანათლებლო სტანდარტი გულისხმობს მოსწავლის აღჭურვას იმ ცოდნითა და უნარ-ჩვევებით, რომლებიც მას საშუალებას მისცემს, ალლო აულოს კაცობრიობის სწრაფ პროგრესს, გამოიყენოს თანამედროვე მეცნიერების მიღწევები, გახდეს საზოგადოების აქტიური წევრი. ცოდნის პასიური მიმღების ნაცვლად მოსწავლე უნდა ჩამოყალიბდეს აქტიურ შემმეცნებლად, რომელიც შეძლებს მიღებული ცოდნა გამოიყენოს როგორც პროფესიული წარმატებისათვის, ასევე საზოგადოების სასიკეთოდ.

### საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების, მათ შორის ფიზიკის, სწავლების მიზანი და ამოცანები

#### მიზანი:

საბუნებისმეტყველო დისციპლინების სწავლების მიზანია აზიაროს მოსწავლე საბუნებისმეტყველო მეცნიერების საფუძვლებს და განუვითაროს კვლევის უნარ-ჩვევები, რაც მას საშუალებას მისცემს შეიცნოს და გაითავისოს სამყარო, ჩაერთოს საზოგადოებრივი საქმიანობის სხვადასხვა სფეროში, იგრძნოს პასუხისმგებლობა საკუთარი თავის, საზოგადოებისა და გარემოს მიმართ.

### საბაზო საფეხურის ფიზიკის სტანდარტი

საბაზო საფეხურის ფიზიკის სტანდარტი შედგება შემდეგი ნაწილებისაგან:

- ა) საგნის სწავლა-სწავლების მიზნები;
- ბ) სტანდარტის შედეგები და შინაარსი;
- გ) მეთოდოლოგიური ორიენტირები;
- დ) შეფასება.

საბაზო საფეხურზე საგან „ფიზიკაში“ შეისწავლება მექანიკისა და სითბური მოვლენების ძირითადი პრინციპები. მოსწავლე გაეცნობა ბუნებაში მიმდინარე ფიზიკური პროცესების კანონზომიერებებს, მათ გავლენას გარემომცველ სამყაროზე და როლს მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარებაში.

საგნის სწავლა-სწავლებისას მოსწავლე ჩართული იქნება აქტივობებში, რომლებიც მას მოვლენების არსის გაგებაში, ახალი ცოდნის შექმნაში და ამ ცოდნის პრაქტიკაში გამოყენებაში დაეხმარება.

#### ა) საგნის სწავლა-სწავლების მიზნები

ფიზიკის სწავლა-სწავლების მიზნებია, მოსწავლეს:

- გაუჩნდეს ინტერესი ფიზიკური პროცესების შესწავლის მიმართ;
- შეეძლოს სამყაროში მიმდინარე მოვლენებში ფიზიკის კანონზომიერებების დანახვა და მიღებული ცოდნის გამოყენებით სხვადასხვა ცხოვრებისეული ამოცანების გადაჭრა;
- შეეძლოს გარემოში მიმდინარე ფიზიკური პროცესების ურთიერთდაკავშირება;
- განუვითარდეს კვლევითი უნარ-ჩვევები, რომლებსაც ახალი ცოდნის მისაღებად გამოიყენებს;
- ფიზიკური მოვლენების ანალიზის საფუძველზე შეეძლოს ბუნებაში სხვადასხვა მოვლენის პროგნოზირება;
- შესძინოს ფიზიკის დარგობრივი ენით ოპერირების უნარი.

ამ მიზნებზე მუშაობით საგანი „ფიზიკა“ თავის წვლილს შეიტანს ეროვნული სასწავლო გეგმის მისიისა და მიზნებით გათვალისწინებული უნარებისა და ღირებულებების განვითარებასა და ჩამოყალიბებაში.

## ბ) სტანდარტის შედეგები და შინაარსი

სტანდარტის შედეგები საგნის ცნებებზე დაფუძნებით განსაზღვრავს მიზნობრივ ორიენტირებს და პასუხობს შეკითხვას: რა უნდა შეეძლოს მოსწავლეს ფიზიკაში საბაზო საფეხურის ბოლოს.

ეს შედეგები ჯგუფდება სამ მიმართულებად:

ფიზიკური მოვლენები – გულისხმობს ფიზიკის ძირითადი კონცეფციებისა და კანონზომიერებების გააზრებას; საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებისათვის საერთო ცნებებზე (ნივთიერება და მატერია, სტრუქტურა და ფუნქცია, ენერჯია და ენერჯიის გარდაქმნა, სისტემები და ურთიერთქმედებები, მდგრადობა და ცვლილებები) წარმოდგენების ჩამოყალიბებას;

მეცნიერული კვლევა-ძიება – გულისხმობს მოსწავლის ჩართვას დაკვირვებების, მარტივი ექსპერიმენტებისა და ცდების განხორციელებაში;

მეცნიერება და ტექნოლოგიები – გულისხმობს საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების გამოყენებითი ასპექტების აღქმას; საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებისა და ტექნოლოგიების მიღწევების გავლენის გაცნობიერებას საზოგადოებასა და გარემოზე; მნიშვნელოვანი სამეცნიერო აღმოჩენების შეფასებას; გააზრებას, რომ მეცნიერული შეხედულებები და მოსაზრებები ვითარდება და შეიძლება შეიცვალოს დროთა განმავლობაში.

სტანდარტის შინაარსი განსაზღვრავს, რა უნდა იცოდეს მოსწავლემ. შინაარსი აღიწერება სავალდებულო ცნებების, თემებისა და საგნობრივი საკითხების სახით.

ცნებების სახით განსაზღვრულია ის ცოდნა, რომელსაც მოსწავლე საგნის ფარგლებში უნდა დაეუფლოს. ცნებები შედეგებთან ერთად უნდა დამუშავდეს მოსწავლისთვის ნაცნობ კონტექსტებში. ეს კონტექსტები სავალდებულო თემების სახითაა წარმოდგენილი.

თითოეულ თემას ახლავს შეფასების ინდიკატორები. ისინი განსაზღვრავს, თუ რა უნდა შეფასდეს სწავლა-სწავლების პროცესში (თითოეულ ინდიკატორს ახლავს შესაბამისი შედეგის ინდექსის ნომერი, რომელიც განსაზღვრავს, თუ რომელი შედეგიდან/შედეგებიდან გამომდინარეობს იგი).

## სტანდარტის შედეგების ინდექსების განმარტება

საბაზო საფეხურზე სტანდარტში გაწერილ თითოეულ შედეგს წინ უძღვის ინდექსი, რომელიც მიუთითებს საგანს, სწავლების ეტაპსა და სტანდარტის შედეგის ნომერს; მაგ., ფიზ.საბ.1.:

„ფიზ.“ – მიუთითებს საგანს „ფიზიკა“;

„საბ.“ – მიუთითებს საბაზო საფეხურს

„1“ – მიუთითებს სტანდარტის შედეგის ნომერს.

ფიზიკის სტანდარტის შედეგები (საბაზო საფეხური)		
შედეგების ინდექსები	მიმართულება: ფიზიკური მოვლენები მოსწავლემ უნდა შეძლოს	ცნებები და ცნებებთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები
ფიზ.საბ.1.	მატერიის დახასიათება მისი ფიზიკური თვისებების მიხედვით;	მატერია
ფიზ.საბ.2.	სხეულთა ურთიერთქმედებაზე და ურთიერთქმედების შედეგებზე არგუმენტირებული მსჯელობა;	მოძრაობა და ცვლილებები ენერგია და ურთიერთქმედება
ფიზ.საბ.3.	ენერგიის სახეების დახასიათება და მათ ურთიერთგარდაქმნაზე არგუმენტირებული მსჯელობა.	კვლევა
მიმართულება: მეცნიერული კვლევა-ძიება		
ფიზ.საბ.4.	ფიზიკური მოვლენების შესწავლის მიზნით კვლევის (ცდა, ექსპერიმენტი) დაგეგმვა (ჰიპოთეზების შემუშავება, დამოკიდებული და დამოუკიდებელი ცვლადების განსაზღვრა, კვლევის პროცედურის, მონაცემების აღრიცხვის ფორმების განსაზღვრა, სათანადო რესურსების შერჩევა);	
ფიზ.საბ.5.	ფიზიკური პროცესებისა და კანონზომიერებების კვლევისათვის საჭირო პროცედურების განხორციელება (დაკვირვება, გაზომვა, მონაცემების აღრიცხვა, შესაბამისი მასალისა და აღჭურვილობის ადეკვატურად გამოყენება);	
ფიზ.საბ.6.	თვისებრივი და რაოდენობრივი მონაცემების სხვადასხვა ფორმით (ცხრილებით, დიაგრამებით, გრაფიკებით და სხვ.) ჩაწერა და ორგანიზება; მონაცემების ორგანიზებისთვის ინფორმაციულ – საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენება;	
ფიზ.საბ.7.	მონაცემების გაანალიზება და არგუმენტირებული მსჯელობის საფუძველზე დასკვნების გამოტანა, ცვლადებს შორის დამოკიდებულების აღსაწერად დიაგრამებისა და გრაფიკების გამოყენება;	
ფიზ.საბ.8.	მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/ კანონზომიერებების საჩვენებლად;	
ფიზ.საბ.9.	ცდისა და ექსპერიმენტის დაგეგმვისა და ჩატარებისას უსაფრთხოების წესების დაცვა.	
მიმართულება: მეცნიერება და ტექნოლოგიები		
ფიზ.საბ.10.	ფიზიკისა და ტექნოლოგიების მიღწევების შეფასება მდგრადი განვითარების პრინციპების თვალსაზრისით;	
ფიზ.საბ.11.	ფიზიკისა და ტექნოლოგიების მიღწევების ყოველდღიურობასთან დაკავშირება;	
ფიზ.საბ.12.	ფიზიკის სხვადასხვა პროფესიასთან დაკავშირება.	

სტანდარტის შედეგების მიღწევისა და შინაარსის ურთიერთკავშირის მატრიცა

გაკვეთილის თემა	დრო 70სთ	სტანდარტის შედეგები											
		ფიზიკური მოვლენები			მეცნიერული კვლევა-ძიება						მეცნიერება და ტექნოლოგიები		
		ფიზ. საბ. 1.	ფიზ. საბ. 2.	ფიზ. საბ. 3.	ფიზ. საბ.4.	ფიზ. საბ.5.	ფიზ. საბ.6.	ფიზ. საბ.7.	ფიზ. საბ.8.	ფიზ. საბ.9.	ფიზ. საბ.10.	ფიზ. საბ.11.	ფიზ. საბ.12.
<b>თავი 1 (არათანაბარი და მრუდწირული მოძრაობა)</b>	25												
1.1 მექანიკა. მექანიკის ძირითადი ამოცანა	1	+							+				
1.2 სკალარული და ვექტორული სიდიდეები. მოქმედებები ვექტორებზე	1							+	+				
1.3 ვექტორის გეგმილები ღერძებზე	1							+	+				
1.4 ვექტორის დაშლა მდგენელებად	1							+	+	+			
1.5 წრფივი თანაბარი მოძრაობა	1		+							+			+
1.6 წრფივი თანაბარი მოძრაობის გრაფიკული წარმოდგენა	1							+	+				
1.7 მოძრაობის ფარდობითობა. სიჩქარეთა შეკრება	1								+	+			
1.8 მყისიერი სიჩქარე. საშუალო სიჩქარე	1												+
1.9 აჩქარება. თანაბარაჩქარებული მოძრაობა	1		+							+			+
1.10. თანაბარაჩქარებული მოძრაობის სიჩქარე. სიჩქარისა და აჩქარების გრაფიკები	1		+					+	+	+			
1.11. გადაადგილება თანაბარაჩქარებული მოძრაობის დროს	2		+					+	+				+
ამოცანების ამოხსნა	1							+	+				
შემაჯამებელი სამუშაო №1	1		+					+	+				
1.12 სხეულის აჩქარების გაზომვა თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას (ლაბორატორიული სამუშაო)	1		+		+	+	+	+	+		+		
1.13 მრუდწირული მოძრაობა	1		+							+		+	
1.14 სხეულის აჩქარება წრეწირზე თანაბარი მოძრაობისას	1		+										
1.15 წრეწირზე სხეულის ბრუნვის მახასიათებელი სიდიდეების განსაზღვრა (ლაბორატორიული სამუშაო)	1		+		+	+	+	+	+	+			+
1.16 სხეულის ბრუნვა უძრავი ღერძის გარშემო	1	+	+						+			+	+
ამოცანების ამოხსნა	1							+	+				



შემაჯამებელი სამუშაო №2	1		+				+	+					
სარეზერვო დრო	4												
<b>თავი 2 (სტატია და დინამიკა)</b>	30												
2.1 დინამიკა. დინამიკის ამოცანა	1	+	+										+
2.2 ნიუტონის პირველი კანონი. ათვლის ინერციული სისტემები	1		+										
2.3 მასა	1	+	+										
2.4 ნიუტონის მეორე კანონი	1		+		+								
2.5 ნიუტონის მესამე კანონი	1		+		+								+
2.6 მსოფლიო მიზიდულობის კანონი	1	+	+										
2.7 თავისუფალი ვარდნის აჩქარება	1	+	+										
2.8 მოძრაობა სიმძიმის ძალის მოქმედებით. თავისუფლად ვარდნილი და ვერტიკალურად ასროლილი სხეულის მოძრაობა	1	+	+					+					
2.9 მოძრაობა სიმძიმის ძალის მოქმედებით. პორიზონტალურად გასროლილი სხეულის მოძრაობა	1	+	+						+				+
2.10 მოძრაობა სიმძიმის ძალის მოქმედებით. ორიზონტისადმი კუთხით გასროლილი სხეულის მოძრაობა	1	+	+						+				+
ამოცანების ამოხსნა	1							+	+				
შემაჯამებელი სამუშაო №3	1		+					+	+				
2.11 პირველი კოსმოსური სიჩქარე	1	+	+					+	+			+	+
2.12 დრეკადობის ძალა. სხეულის წონა	1	+	+										+
2.13 მყარი სხეულის დეფორმაცია. დეფორმაციის სახეები	1	+	+							+			+
2.14 იუნგის მოდული. ლაბორატორიული სამუშაო	1	+	+		+	+	+	+		+			
2.15 გაჭიმვის დიაგრამა	1	+	+		+	+				+	+		+
2.16 ხახუნის ძალა	1	+	+										
2.17 სხეულის მოძრაობა რამდენიმე ძალის მოქმედებით. გადაბმული სხეულების მოძრაობა	1		+						+	+			
2.18 მოძრაობა დახრილ სიბრტყეზე	1	+	+						+		+		+
2.19 მოძრაობა მოსახვევში	1	+	+					+	+				+
2.20 არქიმედეს კანონი	1	+	+		+				+			+	+

ამოცანების ამოხსნა	1							+	+				
შემაჯავებელი სამუშაო №4	1							+	+				
სარეზერვო დრო	6												
<b>თავი 3 (სტატია და დინამიკა)</b>	15												
3.1 სხეულის იმპულსი. ნიუტონის მეორე კანონის იმპულსის სახე	1	+	+										
3.2 იმპულსის მუდმივობის კანონი. რეაქტიული მოძრაობა	1	+	+						+			+	
2.23 მექანიკური მუშაობა. სიმძლავრე	1			+	+					+			
3.4 თეორემა კინეტიკური ენერჯის შესახებ	1			+	+					+			
3.5 თეორემა პოტენციალური ენერჯის შესახებ	1			+	+					+			
3.6 ენერჯის მუდმივობის კანონი	1			+	+					+		+	
3.7 მყარი სხეულის წონასწორობა. წონასწორობის პირველი პირობა	1	+	+							+	+		+
3.8 მყარი სხეულის წონასწორობის მეორე პირობა	2	+	+							+	+		+
ამოცანების ამოხსნა	1									+	+		
შემაჯავებელი სამუშაო №5	1			+						+	+		
სარეზერვო დრო	4												

### თემებისა და შეფასების ინდიკატორების დამაკავშირებელი ცხრილები

თითოეულ ცხრილში მოცემულია თემის დასახელება და შეფასების ინდიკატორები, რომლებშიც ნაჩვენებია, თუ როგორ რეალიზდება შედეგები კონკრეტულ თემაში.

#### IX კლასი

<p><b>თემა: არათანაბარი და მრუდწირული მოძრაობა</b></p> <p>თემის ფარგლებში შედეგების მიღწევის ინდიკატორები – მოსწავლემ უნდა შეძლოს: მატერია  ათვლის სისტემის, ნივთიერი წერტილის და ინერციის მნიშვნელობაზე მსჯელობა არათანაბარი და მრუდწირული მოძრაობის ანალიზისას (ფიზ.საბ. 1,2, 3, 6);  მოძრაობა და ცვლილებები  სხეულის არათანაბარი მოძრაობის დამახასიათებელ პარამეტრებზე მსჯელობა (ფიზ.საბ. 1, 2, 3, 6);  მრუდწირული მოძრაობის დამახასიათებელ პარამეტრებზე და მათი ცვლილების მნიშვნელობაზე მსჯელობა (ფიზ.საბ. 1, 2, 3, 6);  კვლევა  წრფივი თანაბარჩქარებული და მრუდწირული მოძრაობის გრაფიკების საშუალებით პრობლემაზე დაფუძნებული ამოცანების გადაჭრა (ფიზ.საბ. 4, 5, 6, 7, 8, 9);</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**თემა: სტატისტიკა და დინამიკა**

თემის ფარგლებში შედეგების მიღწევის ინდიკატორები – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

**მოდრაობა და ცვლილებები**

ნიუტონის კანონების საშუალებით სხეულის მოძრაობის დაკავშირება მასზე მოქმედ ძალებთან (ფიზ.საბ. 2,3,7);

მსოფლიო მიზიდულობის ძალის დაკავშირება პლანეტების ხელოვნური თანამგზავრისა და კოსმოსური სადგურების მოძრაობასთან (ფიზ.საბ.2,3,4,7,8,10,11);

**ენერგია და ურთიერთქმედება**

იმპულსის შენახვის კანონის დაკავშირება დაჯახებებთან და რეაქტიულ მოძრაობასთან (ფიზ.საბ. 2,3,7);

**კვლევა**

ნიუტონის კანონების, სხეულთა ცურვის პირობების ლაბორატორიული შესწავლა მოდელების საშუალებით. პრობლემაზე დაფუძნებული ამოცანების გადაჭრა (ფიზ.საბ.2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9);

სხეულზე მოქმედი სხვადასხვა ტიპის ძალების როლის შეფასება ბუნებასა და ყოფაცხოვრებაში (ფიზ.საბ. 10, 11);

ნიუტონის კანონების და/ან ცურვის პირობების ცოდნის დაკავშირება სხვადასხვა პროფესიასთან/საქმიანობის სფეროსთან (ფიზ.საბ.10,11,12).

**საფეხურებრივი საკვანძო შეკითხვები**

საფეხურებრივი საკვანძო შეკითხვები სტანდარტის ცნებებს აკავშირებს შედეგებთან.

როგორ უნდა შევისწავლო ფიზიკური მოვლენები?

როგორ დავგეგმო და ჩავატარო კვლევა ფიზიკური მოვლენების შესასწავლად?

რაში და როგორ შეიძლება გამოვიყენო ფიზიკური კანონზომიერებების ცოდნა?

როგორ გარდაიქმნება ენერგია ერთი სახეობიდან მეორე სახეობად?

როგორ დავაკავშირო ბუნებაში არსებული ძალები მრავალფეროვან ფიზიკურ მოვლენებთან?

რა გავლენას ახდენს ნივთიერების აგებულება ბუნებაში მიმდინარე პროცესებზე?

**გ) მეთოდოლოგიური ორიენტაციები**

სტანდარტის ამ ნაწილში განსაზღვრულია, თუ რა პრინციპების საფუძველზე უნდა წარიმართოს სწავლა-სწავლების პროცესი. ასევე, მოცემულია მოკლე ინსტრუქციები იმის შესახებ, თუ როგორ უნდა დაიგეგმოს კონკრეტული სასწავლო ერთეულის – თემის სწავლა-სწავლება.

საგნის სწავლა-სწავლება უნდა წარიმართოს შემდეგი პრინციპების დაცვით:

ა) სწავლა-სწავლება ხელს უნდა უწყობდეს მოსწავლეთა შინაგანი ძალების გააქტიურებას;

ბ) სწავლა-სწავლება ხელს უნდა უწყობდეს ცოდნის ეტაპობრივად კონსტრუირებას წინარე ცოდნაზე დაფუძნებით;

გ) სწავლა-სწავლება ხელს უნდა უწყობდეს ცოდნათა ურთიერთდაკავშირებას და ორგანიზებას;

დ) სწავლა-სწავლება უნდა უზრუნველყოფდეს სწავლის სტრატეგიების დაუფლებას (სწავლის სწავლას);

ე) სწავლა-სწავლება უნდა მოიცავდეს ცოდნის სამივე კატეგორიას: დეკლარატიულს, პროცედურულსა და პირობისეულს.

საგნობრივი შედეგების გარდა, ეროვნული სასწავლო გეგმის მიზნებიდან სწავლა-სწავლებისა და შეფასების სამიზნედ ასევე უნდა იქცეს შემდეგი გამჭოლი უნარები და ღირებულებები:

შემოქმედებითი აზროვნება	ჩანაფიქრის შემოქმედებითად განხორციელება; ორიგინალური იდეების გამოვლენა და ხორცშესხმა; ახლის შექმნა; დასმული პრობლემების გადასაჭრელად არასტანდარტული გზების მოძიება; სწრაფვა გარემოს გარდაქმნა-გაუმჯობესებისკენ; გამოწვევების მიღება, სასკოლო საქმიანობებში გაბედული ნაბიჯების გადადგმა.
თანამშრომლობა	სამუშაოს თანაბრად განაწილება და შესრულება ჯგუფური/გუნდური მუშაობის დროს; მზაობა ჯგუფში/გუნდში სხვადასხვა ფუნქციის შესასრულებლად; განსხვავებული იდეების, შეხედულებების კონსტრუქციულად განხილვა; რესურსების, მოსაზრებების, ცოდნის გაზიარება პრობლემათა ერთობლივად გადაჭრის, გადაწყვეტილებათა ერთობლივად მიღების მიზნით.
ინიციატივების გამოვლენა და საქმედ ქცევა	სწავლა-სწავლების პროცესში ინტერესისა და ცნობისმოყვარეობის გამოვლენა; ახალი იდეების, მიდგომების, შესაძლებლობების ძიება და მათი განხორციელება სწავლის გაუმჯობესების მიზნით; მზაობა გამოწვევების მისაღებად, გაბედული ნაბიჯების გადასადგმელად.
დროსა და სივრცეში ორიენტირება	თანამედროვე რეალობის სივრცესა და დროში გააზრება და ინტერპრეტირება; მულტიპერსპექტიული ხედვა დროითი და სივრცული ფაქტორების გათვალისწინებით.
სწავლის სწავლა, დამოუკიდებლად საქმიანობა	აქტივობის/დავალეების ღირებულების განსაზღვრა - მოსწავლემ უნდა დაინახოს, რას შესძენს აქტივობის შესრულება, რა პიროვნულ თუ სოციალურ სარგებელს მოუტანს მას; აქტივობის/დავალეების დაგეგმვა – მოთხოვნათა გააზრება და მის შესასრულებლად საჭირო ცოდნის განსაზღვრა; დავალეების/აქტივობის მთავარი მიზნის განსაზღვრა; სამუშაოს წარმატებით შესრულების კრიტერიუმების დადგენა; განსახორციელებელი სამუშაოს ეტაპების გამოკვეთა; იმის განჭვრეტა, თუ რა გაუადვილდება, რა გაუძნელდება, რაში დასჭირდება დახმარება; სტრატეგიების მიზანშეწონილად შერჩევა სამუშაოს თითოეული ეტაპისათვის; სწავლის პროცესის მონიტორინგი - დაფიქრება სწავლის პროცესზე, იმ პირობების და ფაქტორების ამოცნობა, რომლებიც ხელს უწყობს ან აფერხებს წინსვლას, სათანადო ზომების მიღება წინსვლის ხელშესაწყობად; თვითშეფასება ძლიერი და სუსტი მხარების დასადგენად, სუსტი მხარეების გასაძლიერებლად გზების დასახვა; სოციო-ემოციური მართვა - ნერვიულობის მინიმუმამდე დაყვანა, საჭიროების შემთხვევაში, დახმარების თხოვნა, საკუთარ თავში სიმძნელეთა გადალახვის რესურსების პოვნა; შეცდომების მიმართ პოზიტიური დამოკიდებულების ჩამოყალიბება და წინსვლისათვის გამოყენება; ცალკეული საქმიანობისთვის გამოყოფილი დროის ეფექტიანად გამოყენება.
პასუხისმგებლობა	სასკოლო საქმიანობებში (სასკოლო ცხოვრებაში) ნაკისრი ვალდებულების შესრულება; სამუშაოს დადგენილ ვადებში დასრულება და ჩაბარება; საკუთარი ქცევის მართვა, საკუთარ ქცევებზე პასუხისმგებლობის აღება.

ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენება	ელექტრონული ცხრილების გამოყენება მონაცემთა ორგანიზება-წარმოდგენის, მათი დამუშავებისა და ანალიზის მიზნით; საბუნებისმეტყველო შინაარსის დინამიური, ვირტუალური სიმულაციების მიზნობრივად გამოყენება; კვლევითი სამუშაოების ოქმებისა და ანგარიშების შექმნა ტექსტურ რედაქტორებში; ციფრული ფორმატის პრეზენტაციების მომზადება სხვადასხვა მულტიმედიური ელემენტების (ტექსტი, გამოსახულება, აუდიო, ვიდეო, ანიმაცია) გამოყენებით; ქსელური მიება.
წიგნიერება	ზეპირი და წერიტი მეტყველების გზით ინფორმაციის მიღების, დამუშავების, გააზრების, სისტემაში მოყვანის, გაანალიზება-ინტერპრეტირებისა და წარდგენა-გაზიარების უნარი.

წლიური პროგრამის/სასკოლო კურიკულუმის აგების პრინციპები ეროვნული სასწავლო გეგმის საფუძვრებრივი საგნობრივი სტანდარტები განსაზღვრავს სავალდებულო საგნობრივ მოთხოვნებს (რა უნდა შეეძლოს და რა უნდა იცოდეს მოსწავლეს). მათზე დაყრდნობით იგეგმება წლიური პროგრამები, რომლებიც გვიჩვენებს სტანდარტის მოთხოვნათა რეალიზების გზებს.

წლიური პროგრამები/სასკოლო კურიკულუმი უნდა დაიგეგმოს სავალდებულო სასწავლო თემების საშუალებით. სასწავლო თემა წარმოადგენს ფუნქციურ კონტექსტს, რომელიც სტანდარტის ნაწილების ინტეგრირებულად და ურთიერთდაკავშირებულად სწავლების საშუალებას იძლევა. თითოეული თემის ფარგლებში სტანდარტის ყველა შედეგი და სამიზნე ცნება უნდა დამუშავდეს. მაშასადამე, სასწავლო თემების ცვლით შეიცვლება კონტექსტები, მაგრამ არ შეიცვლება სწავლის მიზნები, რომლებიც სტანდარტის შედეგებისა და სამიზნე ცნებების სახითაა ფორმულირებული (შედეგი და სამიზნე ცნება თავისთავად არ წარმოადგენს დამოუკიდებელ სასწავლო ერთეულს – თემას).

### სასწავლო თემის აგების პრინციპები

1. სასწავლო თემა წარმოადგენს მოსწავლეთათვის ნაცნობ, მათი ასაკობრივი ინტერესებისა და გამოცდილების შესაბამის კონტექსტს, რომელიც სტანდარტის შედეგების, სამიზნე ცნებების, კონკრეტული ქვეცნებებისა და საკითხების ინტეგრირებულად და ურთიერთდაკავშირებულად სწავლების საშუალებას იძლევა. თითოეული თემის ფარგლებში, შეძლებისდაგვარად, უნდა დამუშავდეს სტანდარტის ყველა შედეგი და სამიზნე ცნება.

თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები – განსაზღვრავს შესასწავლი თემის ჩარჩოებს; აკონკრეტებს, თუ რა უნდა იცოდეს მოსწავლემ კონკრეტულ თემასთან მიმართებით (თემატური მკვიდრ წარმოდგენები განსხვავდება სამიზნე ცნებებთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენებისგან).

#### 2. გრძელვადიანი მიზნები

შედეგები, სამიზნე ცნებები და მათთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები, საფუძვრის საკვანძო შეკითხვები პასუხს სცემს შეკითხვას – რა გრძელვადიანი მიზნით ვასწავლით მოსწავლეს თემას. ეს მიზნები უცვლელია საბაზო საფუძვრის ნებისმიერ თემასთან მიმართებით.

ა) სტანდარტის შედეგები – განსაზღვრავს მიზნობრივ ორიენტირებს და პასუხობს შეკითხვას: რა უნდა შეეძლოს საბაზო საფუძვრის მოსწავლეს საგნის ფარგლებში?

ბ) სამიზნე ცნებები – გამომდინარეობს სტანდარტის შედეგებიდან და განსაზღვრავს იმ ცოდნას, რომელსაც მოსწავლე საგნის ფარგლებში უნდა დაეუფლოს;

გ) სამიზნე ცნების/ცნებების მკვიდრი წარმოდგენები – თითოეული ცნებისთვის უნდა განისაზღვროს მკვიდრი წარმოდგენები, რომლებიც შემოფარგლავს ცნების მოცულობას და დააზუსტებს, რა უნდა ჰქონდეს გაცნობიერებული მოსწავლეს ამ ცნებასთან მიმართებით საფუძვრის ბოლოს. მკვიდრი წარმოდგენების დაზუსტება ხდება წლიური პროგრამის/სასკოლო კურიკულუმის ფარგლებში;

დ) საფუძვრის საკვანძო შეკითხვები – გამომდინარეობს შედეგებიდან და სამიზნე ცნებებიდან და

განსაზღვრავს, თუ რაზე უნდა დაფიქრდეს მოსწავლე საგნის შესწავლის პროცესში. საფეხურის საკვანძო შეკითხვები თემის ფარგლებში უფრო კონკრეტულ თემატური შეკითხვებად გარდაიქმნება.

### 3. შუალედური მიზნები

თემის ფარგლებში შუალედური მიზნის როლს ასრულებს ერთმანეთთან მჭიდროდ დაკავშირებული ოთხეული – საკითხები/ქვეცნებები, საკვანძო შეკითხვები, ასევე კომპლექსური დავალება/დავალებები და შეფასების კრიტერიუმი/კრიტერიუმები. თემატურ მატრიცაში შესაძლებელია გამოიყოს იმდენი ეტაპი (შესაბამისი შუალედური მიზნებით), რამდენსაც სასწავლო რესურსი ავტორი/მასწავლებელი ჩათვლის საჭიროდ მოცემული სასწავლო თემის ფარგლებში.

საკითხების საშუალებით ხდება იმის განსაზღვრა, თუ კონკრეტულად, რა მასალის საფუძველზე წარიმართება მუშაობა თემის ფარგლებში. ქვეცნებებსა და საკითხებზე დაყრდნობით განისაზღვრება ასევე კომპლექსური დავალების პირობა.

ქვეცნებები – წლიური თემების ფარგლებში, გამოიყოფა საგნობრივი ქვეცნებები, რომლებიც უშუალოდ გამომდინარეობს შესაბამისი სამიზნე ცნებებიდან; ისინი წარმოადგენენ ტერმინებს, რომლებით ოპერირებაც მოსწავლეს ამ კონკრეტული თემის ფარგლებში/კონკრეტულ საკითხთან მიმართებით მოუწევს.

თემატური საკვანძო შეკითხვები ორიენტირებულია უშუალოდ შესაბამის სამიზნე ცნებაზე/ცნებებზე (მაგ., ცნებაზე „კონტექსტი“) და განისაზღვრება შერჩეული ქვეცნებების/საკითხების გათვალისწინებით. ისინი გამოკვეთს, რაზე უნდა დაფიქრდეს მოსწავლე კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობისას. მათი ფუნქციაა

მოსწავლის წინარე ცოდნის გააქტიურება, ცნობისმოყვარეობის გაღვივება, პროვოცირება ახალი ცოდნის შესაძენად;

სასწავლო თემის შედეგზე ორიენტირებულად სწავლა-სწავლების უზრუნველყოფა;

თემის სწავლა-სწავლების პროცესში შუალედური ნაბიჯების/ეტაპების განსაზღვრა. საკვანძო შეკითხვა წარმოადგენს მაორგანიზებელ ელემენტს, რომელიც სასწავლო თემის ფარგლებში ასრულებს გაკვეთილ(ებ)ის მიზნის როლს.

კომპლექსური დავალება წარმოადგენს შემეცნებით-შემოქმედებით პროდუქტს, რომლის შესრულება მოითხოვს სხვადასხვა ცოდნის ინტეგრირებულად გამოყენებას ფუნქციურ კონტექსტებში.

კომპლექსური დავალება და მასთან მჭიდროდ დაკავშირებული სტრუქტურული ერთეულები (საკითხი, ქვეცნება, საკვანძო შეკითხვა, შეფასების კრიტერიუმი), ცალკეული თემის ფარგლებში, შუალედური მიზნის როლს ასრულებს.

შეფასების კრიტერიუმები უნდა გამომდინარეობდეს სტანდარტის შედეგებიდან და აჩვენებდეს, რა უნდა შეძლოს მოსწავლემ კონკრეტული თემის ფარგლებში.

თემა: საათების სავარაუდო რაოდენობა –			
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:			
თემასთან დაკავშირებული საკვანძო შეკითხვები:			
თემის ფარგლებში დასამუშავებელი საკითხები:			
სამიზნე ცნებები და მათთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები	I ეტაპი		კომპლექსური დავალება/ დავალებები
	საკითხი/ქვეცნება	საკვანძო შეკითხვა / შეკითხვები	
	აქტივობები:		
	რესურსები:		
	II ეტაპი		კომპლექსური დავალება/ დავალებები
	საკითხი/ქვეცნება	საკვანძო შეკითხვა/ შეკითხვები	
	აქტივობები:		
	რესურსები:		
შეფასების კრიტერიუმი / კრიტერიუმები			

## როგორ აიგება სასწავლო თემა

სასწავლო თემის ასაგებად უმთავრესი ორიენტირებია სტანდარტის შედეგები. ისინი სტანდარტში სავალდებულო სახითაა განსაზღვრული. ცნებებსა და შედეგებზე დაყრდნობით განისაზღვრება მკვიდრი წარმოდგენები, საკვანძო შეკითხვები და შეფასების კრიტერიუმები.

სასწავლო თემის სწავლა-სწავლების მიზნით შემდეგ ეტაპზე უნდა განისაზღვროს საგნობრივი საკითხები, რესურსები, დავალებების ტიპები/ნიმუშები გაგების, გააზრების, განმტკიცებისა და შეჯამების მიზნით. ასევე მნიშვნელოვანია განისაზღვროს იდეები შემაჯამებელი კომპლექსური დავალებებისთვის, რადგან მხოლოდ კომპლექსური დავალებების საშუალებით შეიძლება გამოვლინდეს, რამდენად დაეუფლა მოსწავლე თემის ფარგლებში ასათვისებელ ცოდნა-უნართა ერთობლიობას და რამდენად ახერხებს მათ ფუნქციურად გამოყენებას.

სასწავლო თემის აგების ბიჯები

ნაბიჯი 1. მკვიდრი წარმოდგენების დადგენა
ნაბიჯი 2. თემატური საკვანძო კითხვების დასმა
ნაბიჯი 3. შეფასების კრიტერიუმების განსაზღვრა
ნაბიჯი 4. თემატური საკითხების განსაზღვრა
ნაბიჯი 5. აქტივობებისა და მიმდინარე დავალებების დაგეგმვა და რესურსების შერჩევა
ნაბიჯი 6. შემაჯამებელი კომპლექსური დავალებების შემუშავება

### საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების სწავლების მნიშვნელოვანი მიდგომები

გაკვეთილებზე მოსწავლეები ხშირად სვამენ „რატომ“ კითხვებს. სწავლების პროცესი ისე უნდა წარიმართოს, რომ ამ კითხვების დიდი ნაწილი შეიცვალოს „როგორ“ კითხვებით. „როგორ“ კითხვები ბევრად უფრო ამძაფრებს კვლევის წინაპირობას, ვიდრე „რატომ“ კითხვები. გაკვეთილის დაწყებისთანავე მასწავლებელმა მოსწავლეებში უნდა აღძვრას ინტერესი საკითხისა თუ თემის ირგვლივ, გაზარდოს მოტივაცია. მხოლოდ ამის შემდეგ უჩნდებათ მოსწავლეებს დამატებითი კითხვები, თუ „როგორ“ და „რატომ“ წარმოიშვა ესა თუ ის ფენომენი. საწყისი შეკითხვა შეიძლება მოდიოდეს მოსწავლისაგან, მასწავლებლისაგან, სახელმძღვანელოდან, ინტერნეტიდან ან რაიმე სხვა წყაროდან. კითხვის განსაზღვრაში მასწავლებელი გადამწყვეტ როლს ასრულებს. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მასწავლებლის როლი იმ შემთხვევაში, თუ კითხვა მოსწავლეებმა უნდა ჩამოაყალიბონ. ამა თუ იმ თემასთან დაკავშირებით კითხვების შერჩევის დროს მასწავლებელი უნდა დაეყრდნოს მოსწავლეების წინარე ცოდნას და გამოცდილებას. მასწავლებელმა ისიც უნდა გაითვალისწინოს, რომ მოსწავლეების მიერ დასმული კითხვა გამომდინარეობს მათივე დაკვირვებებით მიღებული ინფორმაციიდან, ამდენად, პასუხიც მათ ცოდნასა და განვითარების დონეს უნდა შეესაბამებოდეს. კვლევა მოსწავლეებისათვის საინტერესო ხდება მაშინ, თუ ის მათთვის მნიშვნელოვან და საინტერესო საკითხს ეფუძნება, რომელსაც აქვს კავშირი ყოველდღიურ ცხოვრებასთან.

საბუნებისმეტყველო მეცნიერების სტანდარტის მოთხოვნების მისაღწევად აუცილებელია, მოსწავლე ჩართული იყოს კვლევა-ძიების პროცესებში და ჰქონდეს უწყვეტი პრაქტიკა. მოსწავლეები კვლევის არსს ვერ იგებენ მხოლოდ ტერმინების, მაგალითად, „ჰიპოთეზის“ – დასწავლით, ან სხვადასხვა პროცედურის, მაგალითად, მეცნიერული კვლევის ეტაპების – დამახსოვრებით. მოსწავლე თვითონ უნდა იყოს ჩართული პროცესში; მაგ., თვითონ განსაზღვროს კვლევის ეტაპები, რათა უფრო ღრმად ჩასწვდეს მის არსს. ამასთან, კვლევა-ძიებითი აქტივობების მხოლოდ ჩატარება არ კმარა. კვლევა-ძიება და მისი შედეგების გააზრება ერთდროულად უნდა ხდებოდეს. სწავლა-სწავლების ახალი მიდგომა მოითხოვს მოსწავლეების ჩართვას მეცნიერული ცოდნის შეფასებაში. კვლევაში ჩართულმა მოსწავლეებმა და მასწავლებელმა უნდა დასვან შემდეგი კითხვები:



რა ხდება, რა მოვლენა ან პროცესი მიმდინარეობს?

მოვლენის/პროცესის რა მახასიათებლები გვაქვს?

რომელი მახასიათებლები არ გვჭირდება?

რა სახის ცვლადები გვაქვს?

პასუხობს თუ არა მიღებული მონაცემები კვლევის მიზანს?

რა ახსნა შეიძლება მოვუძებნოთ ამ მონაცემებს?

რით სჯობს ერთი რომელიმე ახსნა დანარჩენებს?

საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების სწავლების პროცესში პრაქტიკული სამუშაოს გამოყენებას ფუნდამენტური როლი ენიჭება. მნიშვნელოვანია, რომ მასწავლებელმა შეძლოს კლასში პრაქტიკული სამუშაოს ეფექტიანი წარმართვა და უსაფრთხო გარემოს უზრუნველყოფა. პრაქტიკული სამუშაოს დამთავრების შემდეგ კი დიდი მნიშვნელობა ენიჭება სამუშაოს შედეგების განხილვისა და შეჯამების მიზნით დისკუსიის წარმართვას.

მიზნების გათვალისწინებით, სწავლების დროს შეიძლება გამოყენებული იყოს შემდეგის სახის პრაქტიკული სამუშაოები:

სადემონსტრაციო ცდა – პრაქტიკული სამუშაოები, რომელთა მიზანია კონკრეტული მეცნიერული მოვლენის ილუსტრირება;

გასავარჯიშებელი პრაქტიკული სამუშაოები – სავარჯიშოები, რომლებიც ექსპერიმენტების ჩატარების ტექნიკას, ხელსაწყოების მოხმარების პრაქტიკული უნარ-ჩვევების განვითარებას ემსახურება;

კვლევა-ძიებითი პრაქტიკული სამუშაოები – მათი მიზანია, მოსწავლეებმა ისწავლონ კვლევა, ნაბიჯ-ნაბიჯ მიყვანენ კვლევის ციკლის ეტაპებს, გამოიყენონ გასავარჯიშებელი პრაქტიკული სამუშაოების დროს მიღებული ცოდნა და უნარები;

პრობლემის გადაჭრაზე ორიენტირებული პრაქტიკული სამუშაოები – გულისხმობს ისეთ აქტივობებს, სადაც მოსწავლეებს რეალური ობიექტებით მანიპულირების გზით უწევთ პრობლემის გადაჭრა – პრაქტიკული გამოსავლის მოძებნა.

სწავლის უნარების გასაუმჯობესებლად მნიშვნელოვანია ზრუნვა მეტაკოგნიციის უნარების განვითარებაზე, რისთვისაც მასწავლებელმა პერიოდულად სამი ტიპის აქტივობა უნდა ჩაატაროს. ეს აქტივობებია:

სტრატეგიების მოდელირება: მასწავლებელი მოსწავლეებთან ერთად ასრულებს დავალებას და დავალების შესრულებისას „ხმამაღლა ფიქრობს“ იმაზე, თუ როგორ შეასრულოს დავალება (მაგ., კარგად გავეცნოთ პირობას და დავაკვირდეთ, რას მოითხოვს იგი; აქვს თუ არა პირობას თანხმლები მასალა და მისთ.);

წინმსწრები მეტაკოგნიტური პაუზა, ანუ დავალების შესრულებამდე დაფიქრება და მსჯელობა გადასადგმელ ნაბიჯებზე – მას შემდეგ, რაც მოსწავლეები გაეცნობიან დავალების პირობას, შევასრულებინებთ მეტაკოგნიტური ხასიათის ამგვარ აქტივობას: მათ ჯგუფთან ერთად უნდა განსაზღვრონ ის გზა, რომლითაც დავალებას შეასრულებენ, სახელდობრ: დეტალურად აღწერონ დავალების შესრულების ეტაპები (რას შეასრულებენ რის შემდეგ და სხვ.), ასევე სტრატეგიები, რომლებსაც გამოიყენებენ თითოეულ ეტაპზე. ჯგუფებმა უნდა წარმოადგინონ თავიანთი ნამუშევრები და იმსჯელონ შერჩეული გზებისა თუ სტრატეგიების მიზანშეწონილობაზე;

შემდგომი მეტაკოგნიტური პაუზა, ანუ დავალების შესრულების შემდეგ დაფიქრება და მსჯელობა გადადგმულ ნაბიჯებზე – მას შემდეგ, რაც მოსწავლეები შეასრულებენ კონკრეტულ დავალებას, მათ უნდა გაიხსენონ და აღწერონ განვლილი გზა: რა გააკეთეს რის შემდეგ? რა ხერხები გამოიყენეს მუშაობისას? რა გაუჭირდათ ან რა გაუადვილდათ? შესრულებული მოქმედებების აღწერის შედეგად მოსწავლეები გააცნობიერებენ იმ ფაქტს, რომ მიზნის მისაღწევად არსებობს სხვადასხვა გზა და ხერხი, რომლებზეც დავალების შესრულებამდე უნდა დაფიქრდნენ (ოპტიმალური გადაწყვეტილების მისაღებად). მეტაკოგნიტური პაუზა მოსწავლეებს განუვითარებს სწავლის უნარებს და აუმაღლებს სწავლის ქმედუნარიანობას.

## დ) შეფასება

საკლასო შეფასება უნდა შეესაბამებოდეს ეროვნული სასწავლო გეგმის პირველი კარის მე-7 თავში განსაზღვრულ შეფასების პრინციპებს, მიზნებსა და ამოცანებს.

სწავლის ხარისხის გაუმჯობესების ხელშესაწყობად უპირატესობა უნდა მიენიჭოს განმავითარებელ შეფასებას, რომელიც აფასებს მოსწავლეს თავის წინარე შედეგებთან მიმართებით, ზომავს ინდივიდუალურ წინსვლას და, ამდენად, ამღებს მოსწავლეს ცოდნის ეტაპობრივი კონსტრუირების

საშუალებას.

მნიშვნელოვანია, მოსწავლე თავად იყოს ჩართული განმავითარებელ შეფასებაში. სწავლის პროცესის შეფასება მოსწავლეს გამოუმუშავებს დამოუკიდებლად სწავლის უნარ-ჩვევებს, დაეხმარება სწავლის სტრატეგიების ათვისებაში, საშუალებას მისცემს, გაცნობიერებულად შეუწყოს ხელი საკუთარ წინსვლასა და წარმატებას. შეფასებაში ჩართვის ძირითადი მიზანია მოსწავლის გათვითცნობიერება სწავლის პროცესებში, რაც მას ამ პროცესების გააზრებულად და დამოუკიდებლად მართვას შეასწავლის.

შემაჯამებელი (განმავითარებელი და განმსაზღვრელი) შეფასება

შემაჯამებელი შეფასება უნდა ზომავდეს, რამდენად ფლობს ან/და რამდენად ფუნქციურად იყენებს მოსწავლე სამიზნე ცნებებს. ცნებების დაუფლების ხარისხის შესაფასებლად გამოიყენება ე.წ. სოლო ტაქსონომია (დაკვირვებადი სასწავლო შედეგების სტრუქტურის ტაქსონომია – ინგლ. SOLO – Structure of Observed Learning Outcomes), რომელიც წარმოადგენს პლატფორმას შეფასების კრიტერიუმების შესამუშავებლად. სოლო ტაქსონომია ზომავს მოსწავლეთა მიღწევებს 5 დონის მიხედვით. ეს დონეებია:

SOLO 1: პრე-სტრუქტურული დონე მოსწავლეს საერთოდ ვერ გაუაზრებია საკითხი, იყენებს შეუსაბამო, არარელევანტურ ინფორმაციას ან/და საერთოდ აცდენილია საკითხს.
SOLO 2: უნისტრუქტურული დონე მოსწავლეს შეუძლია მხოლოდ ერთი ასპექტის განხილვა და მარტივი, აშკარა/ცხადი კავშირების დამყარება. მოსწავლეს შეუძლია ტერმინოლოგიის გამოყენება, ზეპირად გადმოცემა (გახსენება), მარტივი ინსტრუქციების/აღგორითმების შესრულება; პარაფრაზირება, ამოცნობა, დასახელება ან დათვლა.
SOLO 3: მულტისტრუქტურული დონე მოსწავლეს შეუძლია რამდენიმე ასპექტის განხილვა განცალკევებულად, ერთმანეთთან კავშირის გარეშე. მას შეუძლია ჩამოთვლა, აღწერა, კლასიფიცირება, კომბინირება; მეთოდების, სტრუქტურის გამოყენება; პროცედურების შესრულება, სხვ.
SOLO 4: მიმართებითი დონე მოსწავლეს შეუძლია გაიაზროს კავშირი რამდენიმე ასპექტს შორის, აგრეთვე ისიც, თუ როგორ ერგება/შეეხამება ეს ასპექტები ერთმანეთს და ქმნის მთელს, მთლიანობას. მისი ნააზრევი დასტრუქტურებულია და ამგვარად, მოსწავლეს აქვს იმის უნარი, რომ შეადაროს, დააკავშიროს, გააანალიზოს, გამოიყენოს თეორია, ახსნას საკითხი მიზეზებისა და შედეგების კუთხით.
SOLO 5: გაფართოებული აბსტრაქტული დონე მოსწავლეს შეუძლია სტრუქტურის განზოგადება მოცემულის/შეთავაზებულის მიღმა, სტრუქტურის აღქმა მრავალი სხვადასხვა კუთხიდან/თვალთახედვით და იდეების გადატანა ახალ სფეროში. მას შეუძლია განზოგადება, ჰიპოთეზის წამოყენება, კრიტიკა ან თეორიის ჩამოყალიბება.

შემაჯამებელი შეფასებისთვის გამოიყენება კომპლექსური დავალებები, რომლებიც მოითხოვს სამიზნე ცნებებით განსაზღვრული ცოდნის ინტეგრირებულად გამოყენებას ფუნქციურ კონტექსტებში.

## ტიპობრივი დავალებები შემაჯამებელი შეფასებისათვის

სტანდარტის მოთხოვნათა მიღწევის შესაფასებლად რეკომენდებულია შემაჯამებელ დავალებათა მრავალფეროვანი ფორმების გამოყენება. შემაჯამებელი დავალება უნდა იძლეოდეს იმ ცოდნისა და უნარების სრულფასოვნად შეფასების საშუალებას, რომელთა დაუფლებასაც ემსახურებოდა სწავლების პროცესი.

საბუნებისმეტყველო საგნების შემაჯამებელ დავალებათა ტიპები შეიძლება იყოს: ტესტი, მოდელირება, პროექტი, პრეზენტაცია, კომპლექსური დავალება, პრობლემის გადაჭრაზე დაფუძნებული დავალებები; ექსპერიმენტის შედეგების ანალიზი, სავლე/გასვლითი სამუშაოს ანგარიში და სხვ.

ტესტი – ტესტური დავალებების ერთობლიობა. ტესტური დავალებები შეიძლება იყოს როგორც დახურული, ასევე – ღია. დახურული ტიპის დავალებების ქულების წილი მთლიან ტესტში, სასურველია, არ აღემატებოდეს 30%-ს. ღია ტიპის დავალებები უნდა ამოწმებდეს მოსწავლეების ანალიტიკური აზროვნების უნარებს. სასურველია, ღია ტიპის ტესტურ დავალებებში წამყვანი იყოს კითხვები „რატომ“, „როგორ“. საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების ტესტური დავალებები უნდა მოიცავდეს სქემების, ნახატების და ნახაზების წაკითხვის, გაგებისა და ანალიზის კომპონენტსაც. მოსწავლეს უნდა მოეთხოვებოდეს გრაფიკული მათემატიკის საშუალებებით მოცემული ინფორმაციის წაკითხვა და/ან გრაფიკული მათემატიკის საშუალებების აგება პროცესების აღწერის მიზნით.

კვლევა-ძიებაზე დაფუძნებული დავალებები (მათ შორის ექსპერიმენტული სამუშაოები) – დავალებები, რომლებიც მოითხოვენ მოსწავლეების ჩართვას როგორც პრაქტიკულ კვლევით აქტივობებში, ისე მონაცემების დამუშავების, ანალიზის ინტერპრეტაციაში.

მოდელირება – პროცესის, მოვლენის, ობიექტის ანალოგის გამოყენება ან/და შექმნა. მოდელი შეიძლება იყოს როგორც ორგანოზომილებიანი (სამეცნიერო ნახატი/ნახაზის შექმნა), ასევე სამგანზომილებიანი. მნიშვნელოვანია, რომ მოსწავლეებმა შეძლონ ახსნან მოდელის კომპონენტების ფუნქციები, მოდელის დახმარებით აღწერონ პროცესები, მოდელი შექმნან გარკვეული პრობლემის გადასაჭრელად. აუცილებელია მოსწავლეებმა იმსჯელონ მოდელის შეზღუდვებზე (მაგ., ატომის სიბრტყეზე გამოსახული სქემა არასრულფასოვნად აჩვენებს, როგორ მოძრაობენ ელექტრონები ატომბირთვის გარშემო).

პრობლემის გადაჭრაზე დაფუძნებული დავალებები – შესრულებული სამუშაო უნდა მოიცავდეს, პრობლემის განსაზღვრას, ანალიზს, პრობლემის გადაჭრის ოპტიმალური გზის შერჩევას და პრობლემის გადაჭრას. პრობლემის გადაჭრაზე დაფუძნებული დავალება უნდა იძლეოდეს ალტერნატიული გადაჭრის გზების არსებობის შესაძლებლობას.

პროექტი – შესრულებული სამუშაო უნდა მოიცავდეს პრობლემის/საკითხის ანალიზს; პრობლემის/საკითხის ირგვლივ შეგროვებული ინფორმაციის ანალიზს, პროექტის დაგეგმვის და შესრულების (აქტივობების) აღწერას, დასკვნებს, პროექტის საბოლოო პროდუქტს.

პრეზენტაცია – შესრულებული ნაშრომის წარდგენა აუდიტორიის წინაშე. მნიშვნელოვანია, რომ პრეზენტაცია არ უნდა იყოს მოძიებული ინფორმაციის წარდგენა. საპრეზენტაციო დავალება უნდა იძლეოდეს საშუალებას, თითოეულმა მოსწავლემ/ჯგუფმა წარმოადგინოს საკუთარი ორიგინალური გადაწყვეტილება, ანალიზი, შეფასება ან სხვა.

**ტექნოლოგიების გამოყენება** დიდ ინტერესს იწვევს ფიზიკის სწავლებისას. ამიტომ სასურველია მათი გამოყენება სასწავლო პროცესში. კვლევებმა ცხადყო, რომ სიმულაციები ეფექტიანია საკითხების შესწავლის დროს, მაგრამ უკეთესია მათი კომბინირებული გამოყენება საშინაო დავალებებშიც. გთავაზობთ PhET-ის გამოყენებას სასწავლო პროცესში. მის დიზაინში ტექსტი მინიმალური დოზით არის გამოყენებული, ამიტომ გამარტივებულია სიმულაციების ინტეგრაცია სასწავლო კურსის თითქმის ყველა ასპექტში.

**გაკვეთილის დაგეგმვისას** გამოიყენეთ თემატიკის შესაბამისი მრავალფეროვანი რესურსები, შექმენით ისეთი კომპლექსური დავალებები, რომლებიც დაეყრდნობა ფიზიკის სხვადასხვა თემის, მათემატიკის, ქიმიისა და სხვა საგნების ცოდნას. გაითვალისწინეთ, რომ სასურველი იქნება ინტერნეტრესურსების გამოყენება, რადგანაც ისინი გაზრდის მოტივაციას, მნიშვნელოვან წვლილს შეიტანს თვითრეგულირების უნარების განვითარებასა და სწავლის ხარისხის გაუმჯობესებაში.

**<https://phet.colorado.edu> და [http://vplab.ndo.co.uk/free\\_sample](http://vplab.ndo.co.uk/free_sample)**

ამ საიტებზე მოცემულია სიმულაციები, რომლებიც შეიცავენ თამაშებსაც. ისინი შესაძლებელია გამოიყენოთ როგორც გაკვეთილზე, ასევე სახლში სამუშაოდ.

**<https://ka.khanacademy.org/science/physics>**

ამ საიტზე მოცემულია ვიდეომასალა და სავარჯიშოები ესგ-ით გათვალისწინებულ ყველა თემაზე, რაც მასწავლებელს საშუალებას მისცემს, თვალი ადევნოს და მისცეს ზუსტი და საჭირო რეკომენდაციები, ინდივიდუალური დავალებები შესრულებული სამუშაოს შესაბამისად. დააკვირდეს მოსწავლის წინსვლასა და დახელოვნებული უნარების რაოდენობის ზრდას მთელი სასწავლო წლის განმავლობაში.

**<https://learningapps.org>** ამ საიტზე მასწავლებელს შეუძლია თვითონ შექმნას მისთვის საჭირო რესურსი ან გამოიყენოს კოლეგების შექმნილი რესურსები სასწავლო თემის შესაბამისად.

მასწავლებელს შეუძლია თვითონაც მოიფიქროს თემატური საკვანძო შეკითხვები საკუთარი პედაგოგიური პრაქტიკის გათვალისწინებით ისე, რომ შეძლოს:

- მოსწავლის წინარე ცოდნის გააქტიურება, ცნობისმოყვარეობის გაღვივება, პროვოცირება ახალი ცოდნის შესაძენად;
- სასწავლო თემის შედეგზე ორიენტირებულად სწავლა-სწავლების უზრუნველყოფა;
- თემის სწავლა-სწავლების პროცესში შუალედური ბიჯების/ეტაპების განსაზღვრა და ორგანიზება.

ყოველივე ამის შესრულების შედეგად მოსწავლეს უყალიბდება მკვიდრი წარმოდგენები, რომლებიც სტანდარტის შედეგებზე დაყრდნობით განისაზღვრება. ეს ზოგადი წარმოდგენები თემის შესწავლისას უნდა ჩამოყალიბდეს მოსწავლის ხანგრძლივ მეხსიერებაში წინარე წარმოდგენებზე დაყრდნობით, რათა მას თემის ფარგლებში დასახული მიზნების მიღწევა გაუადვილდეს. მკვიდრი წარმოდგენები აზროვნების საყრდენია გაგების აქტების განსახორციელებლად.

**სასწავლო პროცესში სამი სხვადასხვა ტიპის ტესტის გამოყენება გადაწყვეტიეთ.**

- მიღწევის შემაჯამებელი ტესტი, რომელიც გვიჩვენებს, რა ისწავლა და რა იცის სასწავლო თემის დასრულების შემდეგ.
- დიაგნოსტიკური ტესტი, რომელიც გამოავლენს მოსწავლის ძლიერ და სუსტ მხარეებს, კონკრეტული საკითხის სწავლების დაწყებამდე არსებულ წინაწარ საჭირო ცოდნას.
- ცდის ჩატარებისა და აღწერის უნარ-ჩვევების ტესტი, რომელიც გვიჩვენებს, თუ რამდენად სრულად იყენებს მოსწავლე საკუთარ შესაძლებლობებს სასწავლო პროცესში წარმატებების მისაღწევად, საკითხის ყოველმხრივ გასააზრებლად.

## სწავლების თანამედროვე მეთოდები და სწავლის სტრატეგიები

კვლევები ადასტურებს დიფერენცირებული სწავლების უპირატესობას ფიზიკის გაკვეთილებზე. ამ მეთოდის გამოყენებით მასწავლებელი შეძლებს განავითაროს შემეცნებითი ინტერესები და მოარგოს დაგეგმილი გაკვეთილი მოსწავლეთა სწავლების ინდივიდუალურ სტილსა და ინტელექტუალურ შესაძლებლობებს. რა უნდა გაკეთდეს იმისათვის, რომ გაიზარდოს მოსწავლის შემეცნებითი ინტერესი სამეცნიერო მიმართულებით, იმის გათვალისწინებით, რომ ფიზიკა ყოველდღიური ცხოვრების განუყოფელი ნაწილია?

მასწავლებელმა უნდა შეძლოს მოსწავლეთა დონის დიფერენციაცია და შესაბამისი დავალების არჩევანის შესაძლებლობის მიცემა. დიფერენცირება ხელს შეუწყობს ყოველი მოსწავლის მიერ მისთვის ხელმისაწვდომი სირთულის დონის გააზრებას (მისი უახლოესი განვითარების ზონაში).

განვიხილოთ ათვისების სამი დონე:

პირველი დონე – რეპროდუქციული, რაც გულისხმობს ფაქტების დამახსოვრებას. მას შეესაბამება აქტივობები: აჩვენე, შეუსაბამე, დაასახელე, განსაზღვრე, ამოიცანი და ა.შ.

მეორე დონე – პრაქტიკული, რაც გულისხმობს ცოდნის გამოყენებას ნაცნობ სიტუაციაში, რომელიც განისაზღვრა განზოგადებული ალგორითმის საფუძველზე (სქემა) და მკაფიოდ განსაზღვრული წესების შესრულებას. მას შეესაბამება აქტივობები: გაზომე, ახსენი, მოახდინე კორელაცია, დაახასიათე, შეადარე და ა.შ.

მესამე დონე – მაღალი ანუ შემოქმედებითი, რაც ნიშნავს ცოდნის გამოყენებას უცხო გარემოში, შემოქმედებითი ამოცანების შესრულებას. მასწავლებელს შეუძლია მიმართოს მოსწავლეს შემდეგი ფრაზებით: ჩამოაყალიბე ზეპირი ან წერილობითი პასუხი; მიიღე გადაწყვეტილება; გააანალიზე ინფორმაცია; დაამყარე ლოგიკური კავშირი; გამოიტანე დასკვნა; მოიყვანე მაგალითები და შეეცადე მის დასაბუთებას; მოიძიე საჭირო ინფორმაცია და ა.შ. ამ მეთოდის გამოყენებისთვის მასწავლებელმა უნდა გაითვალისწინოს შემდეგი საკითხები:

- 1) მასალის შინაარსი დონეების მიხედვით;
- 2) შეიმუშაოს მოსწავლეთათვის გეგმები თემის ინდივიდუალურად შესასწავლად;
- 3) შექმნას მინი-ლექციები, სემინარები და პრეზენტაციები;
- 4) აღრიცხოს ზეპირი პასუხები;
- 5) ხშირად ჩაატაროს წერილი დავალებები მინი-ტესტების (ქვიზი) სახით;
- 6) შეძლოს სადიაგნოსტიკო წერის შედეგების ანალიზი და შეცდომების გასწორება.

უნდა გვახსოვდეს და ყოველთვის ვითვალისწინებდეთ, რომ თუ გვინდა მოსწავლეში რამე შევცვალოთ, უნდა დავეყრდნოთ მის ძლიერ მხარეს, ურთიერთპატივისცემას. მასწავლებელი და სასკოლო გარემო ხელს უნდა უწყობდეს პიროვნების დადებითი კონტექსტის წარმოჩენასა და განსხვავებულობის მიმდებლობას.

ეროვნული სასწავლო გეგმა არის საკანონმდებლო დოკუმენტი, რომელიც განსაზღვრავს:

- რა უნდა იცოდეს მოსწავლემ;
- რა უნდა შეეძლოს მოსწავლეს;
- რა ღირებულებებით უნდა აღიზარდოს მოსწავლე;
- რა პრინციპებს უნდა ეფუძნებოდეს სწავლა-სწავლების პროცესი.

მესამე თაობის ეროვნული სასწავლო გეგმა მიზნად ისახავს, რომ მოსწავლეებს ფაქტობრივი და პროცედურული ცოდნის გადაცემასთან ერთად, განუვითარდეთ მიღებული ცოდნის რეალიზაციის უნარებიც, აზროვნების უნარი და შეძლონ მიღებული ცოდნის სხვადასხვა დისციპლინასთან დაკავშირება.

ზოგადი განათლების ეროვნული მიზანი განსაზღვრავს, თუ როგორი მოქალაქის აღზრდას უნდა შეუწყოს ხელი განათლების სისტემამ, ხოლო ეროვნული სასწავლო გეგმა ქმნის გარემოს ამ მიზნის მისაღწევად. ეროვნულ სასწავლო გეგმაში არ არის საკითხთა ჩამონათვალი. მასში გრძელვადიანი მიზნები განსაზღვრულია სასწავლო შედეგებისა და სამიზნე ცნებების სახით. იმისათვის, რომ სწავლა-სწავლების პროცესი მეტად ორგანიზებული იყოს, მესამე თაობის ეროვნულ სასწავლო გეგმაში შემოტანილია სამიზნე ცნებები და მასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები. სამიზნე ცნებები და მკვიდრი წარმოდგენები არის ძლიერად ორგანიზებული იდეები. ისინი უფრო ზოგადი და ფართო გაგებისაა, ვიდრე კონკრეტული თემა ან საგნობრივი საკითხი. ფაქტობრივი და პროცედურული ცოდნა და უნარები გამოყენებული უნდა იყოს, როგორც საფუძველი ღრმა სააზროვნო უნარების ჩამოსაყალიბებლად, რაც გამოვლინდება საკითხის ანალიზისა და კვლევის დროს. მესამე თაობის ეროვნული სასწავლო გეგმა ეფუძნება ცნებების პედაგოგიკას.

სამიზნე ცნება – გრძელვადიანი მიზანი, რომელი მიმართულებითაც ცოდნის გაღრმავება უნდა მოხდეს საბაზო და საშუალო საფეხურის განმავლობაში.

სამიზნე ცნების მკვიდრი წარმოდგენები – ზოგადი, ჩამოყალიბებული აზრი, რომელიც უნდა დარჩეს მოსწავლეს მოცემულ სამიზნე ცნებასთან მიმართებაში.

ფიზიკაში საბაზო საფეხურზე განსაზღვრულია ოთხი სამიზნე ცნება:

- „მატერია“
- „ენერჯია და ურთიერთქმედება“
- „მოდრაობა და ცვლილებები“
- „კვლევა“

თითოეული სამიზნე ცნება წარმოადგენს ძირითად მიმართულებებს ფიზიკაში. სწავლა-სწავლების პროცესის დროს, ნებისმიერ თემაში, ნებისმიერი საგნობრივი საკითხის გავლისას, მოსწავლეს უყალიბდება მკვიდრი წარმოდგენები ზემოთ ჩამოთვლილ რომელიმე სამიზნე ცნებასთან დაკავშირებით. შესაძლოა რომელიმე საგნობრივი საკითხის დამუშავებისას მოსწავლეს ყველა ან რამდენიმე სამიზნე ცნებასთან დაკავშირებით გაუჩნდეს გარკვეული ზოგადი ხედვა. როდესაც ყველა ძირითად თემაში თავმოყრილი საგნობრივი საკითხი დამუშავდება, თითოეული საკითხის შესწავლისას გაჩენილი ზოგადი ხედვების ერთობლიობა ქმნის სამიზნე ცნების მკვიდრ წარმოდგენებს. მნიშვნელოვანია, რომ სამიზნე ცნების მკვიდრი წარმოდგენების ერთობლიობა მოიცავს ყველა იმ ზოგად, კონცეპტუალურ ხედვას, რაც შეიძლება მოსწავლეს სკოლაში განათლების მიღებისას ჩამოუყალიბდეს.

ზემოთ ჩამოთვლილი სამიზნე ცნების მკვიდრი წარმოდგენები, **საბაზო საფეხურის** თემებისა და საკითხების შესაბამისად, **შესაძლებელია** ჩამოყალიბდეს შემდეგნაირად:

<b>სამიზნე ცნება და მასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები</b>
<p><b>„მატერია“</b> – მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</p>
<p>☞ 1) მატერიის ორი სახის, ნივთიერებისა და ველის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეები სხვადასხვა გარემოებაზეა დამოკიდებული:</p> <p>ა) ნივთიერების გვარობაზე, ტემპერატურაზე და გარემო პირობებზე;</p> <p>ბ) ველის შემქმნელი ობიექტების ურთიერთმდებარეობაზე და მათ მიერ ველის შექმნის უნარზე.</p>
<p>2) მატერიის სახეების ფიზიკური თვისებები და მათი ცვლილებები მრავალი გარემოებით აიხსნება:</p> <p>ა) ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების ქაოსურად მოძრაობით, ერთმანეთთან ურთიერთქმედებით, მათ შორის შუალედების არსებობით და სამივე მათგანის ცვლილებით;</p> <p>ბ) ველის წარმომქმნელი ობიექტების მოძრაობით, სივრცული განლაგებით და ამ ობიექტების მიერ მოცემული ველის წარმოქმნის უნარით.</p>
<p>3) მატერიის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეების ცვლილება დამოკიდებულია გარემო პირობებზე. აღნიშნული ფიზიკური სიდიდეების კავშირი ერთმანეთთან და მათი ცვლილების გამომწვევს სხვა ფიზიკურ სიდიდეებთან შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებით და სხვა მეთოდებით.</p>

**სამიზნე ცნება და მასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები**

**„ენერგია და ურთიერთქმედება“ – მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:**

1) სისტემის შემადგენელ სხეულებს მათი მოძრაობისა და სხვა სხეულებთან ურთიერთქმედების გამო, ასევე სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების მოძრაობისა და მათი ერთმანეთთან ურთიერთქმედების გამო შესაძლებელია გააჩნდეთ სხვადასხვა სახის ენერგია (მექანიკური, შინაგანი, ელექტრული და ა.შ.). თუ სისტემა ჩაკეტილია, შესაძლებელია სისტემის შემადგენელი სხეულების ენერგიები იცვლებოდეს, გარდაიქმნას ერთი სახიდან მეორეში, მაგრამ სისტემის სრული ენერგია მუდმივი სიდიდეა.

2) სხეულის (სხეულთა სისტემის) ენერგიის ცვლილება განისაზღვრება მის მიერ (მასზე გარე ძალების მიერ) მუშაობის შესრულებით ან/და თბოგადაცემით, ხოლო ამ სხეულის (სხეულთა სისტემის) მიერ შესრულებული მუშაობის (ენერგიის ცვლილების) სისწრაფეს ამ სხეულის (სხეულთა სისტემის) მიერ განვითარებული სიმძლავრე განსაზღვრავს.

3) სხეულის (სხეულთა სისტემის) ენერგიებისა და მათი ცვლილების დამოკიდებულება ენერგიების ცვლილების გამომწვევ მიზეზებთან, ასევე სხეულთა სისტემის მდგომარეობის აღმწერი პარამეტრებისა და ამ მდგომარეობის გამომწვევი ძალის (ძალების) ერთმანეთთან დამოკიდებულება შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებითა და სხვა მეთოდებით.

4) სხეულებს შორის ურთიერთქმედება რაოდენობრივად ხასიათდება ფიზიკური სიდიდის ძალით და იგი შესაძლებელია იყოს ოთხი სხვადასხვა სახის (გრავიტაციული, ელექტრომაგნიტური, ძლიერი, სუსტი). ეს ურთიერთქმედება ყოველთვის ორმხრივია და ხორციელდება უშუალო „კონტაქტით“ ან ველის საშუალებით.

5) სხეულზე ერთი ძალის ან ძალების ტოლქმედის მოქმედება იწვევს ამ სხეულის სიჩქარის ცვლილებას ან/და მის დეფორმაციას. ძალის (ტოლქმედის) მოქმედების შედეგი კი დამოკიდებულია მის მოდულზე, მიმართულებაზე, მოდების წერტილზე, მოქმედების ხანგრძლივობაზე და სხეულის იმ ზედაპირის ფართობზე, რომელზეც ეს ძალა (ტოლქმედი) მოქმედებს. ამასთან, თუ გარე ძალა აწარმოებს წნევას სითხეზე ან აირზე, წნევა ყველა მიმართულებით ერთნაირად ვრცელდება.

6) სხეულთა სისტემაზე მოქმედი გარე ძალების ტოლქმედის მნიშვნელობა განსაზღვრავს ამ სისტემის ენერგიისა და იმპულსის ცვლილებას, ხოლო მყარ სხეულზე მოქმედი ძალების ტოლქმედისა და ამ ძალების მომენტების ჯამის მნიშვნელობა – სხეულის წონასწორობის პირობას.

**სამიზნე ცნება და მასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები**

**„მოდრაობა და ცვლილებები“ – მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:**

- 1) სხეულთა მოძრაობა შესაძლებელია განსხვავდებოდეს ტრაექტორიის ფორმით, სიჩქარით ან სიჩქარის ცვლილების ხასიათით. მოძრაობის სახეებია: გადატანითი მოძრაობა, ბრუნვა და დეფორმაცია.
- 2) მოძრაობის მახასიათებელ ფიზიკურ სიდიდეებს შორის ან/და ამ სიდიდეებისა და მათი ცვლილების მიზეზებს შორის დამოკიდებულება შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებით ან სხვა ფორმით.
- 3) მოძრაობის მახასიათებელი ზოგიერთი ფიზიკური სიდიდე და მოძრაობის ტრაექტორია შესაძლოა განსხვავებული იყოს სხვადასხვა ათვლის სისტემის მიმართ, ხოლო ერთსა და იმავე ათვლის სისტემაში მოძრაობის მახასიათებელი სიდიდეების ცვლილება დამოკიდებულია გარეგან ფაქტორებზე.

**სამიზნე ცნება და მასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები**

**„კვლევა“ – მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:**

- 1) კვლევის მეთოდებია: ცდა (ექსპერიმენტი), ინფორმაციის მოძიება, მონაცემების დამუშავება ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით და სხვა, გამოკითხვა, ვირტუალურ ლაბორატორიაში რეალური მოვლენის მოდელირება და სხვა. ექსპერიმენტის მსვლელობისას აუცილებელია უსაფრთხოების წესების დაცვა.
- 2) რეალური მოვლენის მოდელირებისას შესაძლოა უგულებელყოფილ იქნას გარკვეული ფაქტორები, რის გამოც რეალობისაგან აცდენილ შედეგს მივიღებთ.

კიდევ ერთხელ აღვნიშნოთ, რომ თითოეული სამიზნე ცნების მკვიდრი წარმოდგენები ჩამოყალიბებულია ზოგადი სახით და მათგან თითოეული მკვიდრი წარმოდგენა ერთდროულად შეიძლება მოიცავდეს სხვადასხვა ძირითად თემებში, სხვადასხვა საკითხების დამუშავებისას ჩამოყალიბებულ რამდენიმე კონკრეტულ ხედვას. განვიხილოთ სამიზნე ცნების – „მატერიის“ ერთ-ერთი მკვიდრი წარმოდგენა: „მატერიის სახეების ფიზიკური თვისებები და მათი ცვლილებები მრავალი გარემოებით აიხსნება:

- ა) ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების ქაოსურად მოძრაობით, ერთმანეთთან ურთიერთქმედებით, მათ შორის შუალედების არსებობით და სამივე მათგანის ცვლილებით;
- ბ) ველის წარმომქმნელი ობიექტების მოძრაობით, სივრცული განლაგებით და ამ ობიექტების მიერ მოცემული ველის წარმოქმნის უნარით“.

მოსწავლისთვის ასეთი ზოგადი ხედვის/ზოგადი ხედვის ნაწილის ჩამოყალიბება შესაძლებელია სხვადასხვა თემაში, სხვადასხვა საკითხის დამუშავებისას.

მაგალითად:

- 1) მყარ (კრისტალურ) აგრეგატულ მდგომარეობაში სხეული ინარჩუნებს ფორმასა და მოცულობას, რადგან ნივთიერების შემადგენელ მოლეკულებს შორის კავშირები ძლიერია – ნივთიერება კრისტალურია;
- 2) სითხე ვერ ინარჩუნებს ფორმას და ინარჩუნებს მოცულობას, რადგან სითხის შემადგენელ მოლეკულებს შორის კავშირები შედარებით სუსტია – სითხე დენადია;
- 3) აირი ვერც ფორმას ინარჩუნებს და ვერც მოცულობას, რადგან აირის მოლეკულებს შორის ურთიერთქმედება ძალიან სუსტია.



„მატერიის“ ზემოთ ხსენებული მკვიდრი წარმოდგენა ერთდროულად მოიცავს მაგალითის სახით მოყვანილ სამივე ჩამოყალიბებულ აზრს. სწორედ ასეთი ხედვების ჩამოყალიბება ხდება მოსწავლეთა თითოეული საგნობრივი საკითხის შესწავლისას. შემდეგ კი მათი გაერთიანებით მოსწავლეს უჩნდება მკვიდრი წარმოდგენა ამა თუ იმ სამიზნე ცნებაზე. ჩამოთვლილ სამ დებულებას შეგვიძლია ვუწოდოთ „თემატური მკვიდრი წარმოდგენები“. თემატური მკვიდრი წარმოდგენები არის კონკრეტულ თემაში განსახილველ საკითხებში გასააზრებელი დებულებები, კონკრეტული ხედვები, რომელთა გაერთიანებითაც იქმნება სამიზნე ცნების მკვიდრი წარმოდგენა.

თითოეული სამიზნე ცნება მუშავდება საბაზო და საშუალო საფეხურის მთლიან სასკოლო კურსში. განვიხილოთ თითოეული სამიზნე ცნება **საბაზო საფეხურის** სხვადასხვა კლასში, სხვადასხვა ძირითად თემაში.

### **„მატერია“:**

განვიხილოთ ზოგიერთი თემა, რომელშიც მოსწავლეს მატერიასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები ჩამოყალიბდება. დავიწყოთ მეშვიდე კლასიდან. მატერია გვხვდება მეშვიდე კლასის პირველივე ძირითად თემაში („ნივთიერების აგებულება“), შემდგომ, მეშვიდე კლასის თემა: „ძალა და წნევა“ შეიცავს საკითხებს, რომელთა დამუშავებისას მოსწავლეს მატერიასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები ჩამოყალიბდება (მაგალითად, დრეკადობისა და ხახუნის ძალის წარმოქმნის მიზეზის გაანალიზება და სხვა.). მერვე კლასში თემა „სითბური მოვლენები“ დატვირთულია მატერიის თვისებებით, მაგალითად, თბოგადაცემის სახეების, ნივთიერებათა სითბური გაფართოების, ტემპერატურისა და სხვა საკითხების გაანალიზება ნივთიერების აგებულების ძირითადი დებულებების გაანალიზებას მოითხოვს, რაც თავისთავად სამიზნე ცნება „მატერიის“ მკვიდრი წარმოდგენების ჩამოყალიბებას უწყობს ხელს. მეცხრე კლასში თემა „დინამიკაში“ განიხილება გრავიტაციული ველი და ამ ველის გავლენით სხეულთა მოძრაობები. ვინაიდან ველი მატერიის ერთ-ერთი სახეა, გრავიტაციული ველისა და მისით გამოწვეული მოვლენების ახსნა მატერიის შესახებ მკვიდრი წარმოდგენების ჩამოყალიბებას უწყობს ხელს.

### **„ენერგია და ურთიერთქმედება“:**

აღნიშნულ სამიზნე ცნებასთან დაკავშირებით ცოდნის გაღრმავება შესაძლებელია განვიხილოთ ცალკე, როგორც „ენერგიასთან“ დაკავშირებით ხედვებისა ჩამოყალიბება და „ურთიერთქმედებასთან“ დაკავშირებით ხედვების ჩამოყალიბება. რა თქმა უნდა ფიზიკის სპეციფიკიდან გამომდინარე, არის საკითხები, რომლებშიც ერთდროულად „ენერგია“ და „ურთიერთქმედება“ მუშავდება, მაგალითად, ორი სხეულის ერთმანეთთან ურთიერთქმედების პოტენციური ენერგია და სხვა.

#### **ა) „ენერგია“:**

„ენერგიაზე“ მკვიდრი წარმოდგენების ჩამოყალიბება მერვე კლასიდან იწყება. თემა „მექანიკური მუშაობა, ენერგია, სიმძლავრე“ მთლიანად მიძღვნილია აღნიშნულ ცნებას. ასევე თემა „სხეულთა წონასწორობა და მარტივი მექანიზმები“ მოიცავს საკითხებს (მექანიკის ოქროს წესი, მექანიზმის მქც და ა.შ.), რომელთა დამუშავებისას მოსწავლეს ცნება „ენერგიასთან“ დაკავშირებით ზოგადი ხედვები ჩამოყალიბდება. მომდევნო თემაშიც („სითბური მოვლენები“) თითქმის ყველა საკითხში გვხვდება ენერგიის გარდაქმნა და ენერგიის გადაცემა ერთი სხეულიდან მეორეზე სითბოს რაოდენობის სახით. ამიტომ აღნიშნულ თემებში საკითხების დამუშავება „ენერგიასთან“ დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენების ჩამოყალიბებას უწყობს ხელს. იმავე ცნებას ვხვდებით მეცხრე კლასშიც, როდესაც ვსაუბრობთ, მაგალითად, ენერგია-იმპულსის მუდმივობის კანონზე, მუშაობა როგორც სკალარულ ნამრავლზე, თეორემა კინეტიკური ენერგიის შესახებ და სხვა.

#### **ბ) „ურთიერთქმედება“**

ვინაიდან ძალა არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც რიცხობრივად სხეულთა ურთიერთქმედებას ახასიათებს, ცნება „ურთიერთქმედება“ დამუშავდება ყველა საკითხში, რომელშიც შეგვხვდება რომელიმე ძალის აღწერა. ძალები შემოდის მეშვიდე კლასის თემაში „ძალა და წნევა“, რომლის საკითხების დამუშავებისას მოსწავლეს უყალიბდება „ურთიერთქმედებასთან“ დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები. მერვე კლასის თემები „მუშაობა, ენერგია, სიმძლავრე“ და „სხეულთა წონასწორობა“ მთლიანად შეიცავს ძალებს და ძალის მოქმედებით გამოწვეულ მოვლენებს. თემა „სითბური მოვლენებშიც“ კი გვხვდება საკითხები, რომლებშიც შესაძლებელია ცნება „ურთიერთქმედების“ შესახებ ზოგადი წარმოდგენების ჩამოყალიბება. მაგალითად, დუღილის ტემპერატურის დამოკიდებულება

ატმოსფერულ წნევაზე მოიცავს წნევის ზემოქმედებით გამოწვეულ მოვლენებს. მეცხრე კლასის თემა „დინამიკა“ მთლიანად მიძღვნილია ცნება „ურთიერთქმედებას“ და მის შესახებ ზოგადი ხედვების – მკვიდრი წარმოდგენების ჩამოყალიბებას.

### **„მოდრაობა და ცვლილებები“:**

აღნიშნული ცნება გულისხმობს სხეულთა მოძრაობას და მოძრაობის მახასიათებელი პარამეტრების ცვლილებებს. მეშვიდე კლასში გვხვდება თემა „თანაბარი მოძრაობა“, რომელიც მთლიანად ემსახურება ცნება „მოდრაობის“ შესახებ ზოგადი ხედვების – მკვიდრი წარმოდგენების ჩამოყალიბებას. მერვე კლასის თემებში („მუშაობა, ენერგია, სიმძლავრე“ და „სითბური მოვლენები“) ვხვდებით საკითხებს, სადაც განიხილება მექანიკური მოძრაობა, სითბური გაფართოება და ა.შ. შესაბამისად, აღნიშნულ თემებში საკითხების დამუშავებისას ცნება „მოდრაობა და ცვლილებების“ შესახებ მკვიდრი წარმოდგენების ჩამოყალიბებას ვუწყობთ ხელს. მეცხრე კლასის თემებში („თანაბარი და არათანაბარი მოძრაობა“ და „დინამიკა“) მექანიკური მოძრაობა გვხვდება თითქმის ყველა საკითხში.

### **„კვლევა“**

აღნიშნული სამიზნე ცნება შეგვიძლია განვიხილოთ, როგორც „თანაცნება“. ფიზიკის სპეციფიკიდან გამომდინარე, იგი გვხვდება ყველა კლასის ყველა თემაში. ფიზიკა საბუნებისმეტყველო მეცნიერებაა. შესაბამისად, ბუნებაში მიმდინარე ნებისმიერ მოვლენასთან დაკავშირებით ჰიპოთეზის ჩამოყალიბებისას ძირითადი როლი ენიჭება კვლევას (ცდას, ექსპერიმენტს, მონაცემების დამუშავებას, ინფორმაციის მოძიებას და სხვა.), რომელმაც უნდა დაადასტუროს ან უარყოს მოცემული ჰიპოთეზა. ამიტომ ყველა თემაში საკითხების დამუშავებისას მოსწავლეს უყალიბდება სამიზნე ცნება – „კვლევასთან“ დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, მასწავლებელმა სასწავლო პროცესს უნდა შეხედოს შემდეგნაირად: არსებობს გრძელვადიანი მიზნები (სამიზნე ცნებები) და სასწავლო შედეგები (მკვიდრი წარმოდგენები). თითოეული გრძელვადიანი მიზნისკენ სვლა მიმდინარეობს ყოველ მომდევო კლასში, ყოველ მომდევნო თემაში. შესაბამისად, მოსწავლე კლასიდან კლასში გადასვლისას „აგროვებს“ და ერთმანეთზე „აშენებს“ მკვიდრ წარმოდგენებს.

სწავლა-სწავლების პროცესში გვხვდება სამი ძირითადი კომპონენტი:

1. ფაქტობრივი ცოდნა (მაგალითად, მოსწავლე წარმოთქვამს ნიუტონის კანონებს, თუმცა ვერ ახერხებს მათი დახმარებით პრობლემის გადაჭრას);
2. პროცედურული ცოდნა (მაგალითად, მოსწავლემ იცის ნიუტონის კანონები, მათი დახმარებით ახერხებს ამოცანების ამოხსნას – სხვადასხვა პროცედურების შესრულებას);
3. ცოდნის გამოყენება ყოველდღიურობაში (მაგალითად, მოსწავლეს ესმის ნიუტონის კანონების არსი. ყოველდღიური, ცხოვრებისეული მოვლენების ახსნისას ახერხებს ნიუტონის კანონების გამოყენებას; უკავშირებს არსებულ ცოდნას სხვადასხვა დისციპლინას. შეუძლია ამოცანების განზოგადება, სხვადასხვა მოვლენის პროგნოზირება და ა.შ.).

ცხადია, მესამე კომპონენტის (ცოდნის გამოყენება ყოველდღიურობაში) განვითარება დამოკიდებულია როგორც ფაქტობრივი, ასევე პროცედურული ცოდნის განვითარებაზე. ამიტომ სწავლა-სწავლების პროცესში აღნიშნული კომპონენტები „ჯაჭვივით“ არის გადაბმული.

იმისათვის, რომ მოსწავლემ შეიძინოს ფაქტობრივი ცოდნა, მასწავლებელმა ყურადღება უნდა გაამახვილოს სახელმძღვანელოში მოცემული პარაგრაფების შინაარსის დაუფლების ხარისხზე. მოსწავლის წიგნში, თითოეული პარაგრაფის ბოლოს მოცემულია „დასკვნები“, რომლებშიც მოკლედ გამოტანილია პარაგრაფის შინაარსი. „დასკვნების“ შემდეგ მოცემულია „საკონტროლო კითხვები“, რომლებიც კარგი საშუალებაა იმის შესამოწმებლად, თუ როგორი ხარისხით გაიაზრა მოსწავლემ პარაგრაფის შინაარსი.

პროცედურული ცოდნის გასაღრმავებლად სახელმძღვანელოს ყველა პარაგრაფის შემდეგ მოცემულია ათი ამოცანა („ამოხსენით ამოცანები“), რომლებიც დალაგებულია სირთულის მიხედვით. თითოეული ამოცანა შერჩეულია მოცემულ პარაგრაფში გადმოცემული ცოდნის შესაბამისად და, ამავდროულად, ზოგიერთი ამოცანა მოიცავს განვილი პარაგრაფებში (შესაძლოა გასულ წლებშიც) მიღებული ცოდნის გამოყენებასაც. ყველა პარაგრაფის ბოლოს მოცემულია რუბრიკა „ერთად ამოვხსნათ ამოცანა“, სადაც ნიმუშის სახით განხილულია ერთი ამოცანა. ეს უკანასკნელი იმდაგვარადაა შერჩეული, რომ მოსწავლემ

ყურადღება გაამახვილოს მსგავსი (პარაგრაფის შემდეგ მოცემული ზოგიერთი ამოცანის) ამოცანების ამოხსნისთვის საჭირო პროცედურებზე.

იმისათვის, რომ მოსწავლეებს განუვითარდეთ მიღებული ცოდნის რეალიზაციის უნარი სწავლა-სწავლების პროცესში აუცილებელია შესაბამისი აქტივობები, რომლებიც კომპლექსური დავალებების სახით არის მოცემული მასწავლებლის წიგნში.

კომპლექსური დავალება არის შემოქმედებითი პროდუქტი, რომლითაც მოსწავლე ადასტურებს, თუ რა გაიგო შესასწავლ საკითხთან დაკავშირებით. კომპლექსური დავალება გულისხმობს: პრობლემაზე ორიენტირებულ სწავლებას, პროექტულ სწავლებას, კეთებით სწავლებას და სხვა.

### **კომპლექსური დავალების შექმნა/განხორციელება**

კომპლექსური დავალების შექმნისას მასწავლებელმა ყურადღება უნდა გაამახვილოს შემდეგ ნიუანსებზე:

- კომპლექსური დავალების პირობა უნდა იყოს მკაფიოდ ჩამოყალიბებული. პირობაში უნდა ჩანდეს, თუ რა შემოქმედებითი პროდუქტი უნდა შექმნას მოსწავლემ. პირობა სასურველია მოიცავდეს ცხოვრებისეულ ელემენტებსა და მოვლენებს, რომელთა ახსნისას (რაიმეს დამზადებისას, რეალური მოვლენის ვირტუალურ ლაბორატორიაში მოდელირებისას) მოსწავლეს უნდა უწევდეს მიღებული ფაქტობრივი და პროცედურული ცოდნის რეალიზება. კომპლექსური დავალება უნდა იყოს გათვლილი რომელიმე სამიზნე ცნების მიმართულებით ცოდნის გაღრმავებაზე. შესაძლებელია, რომ ერთსა და იმავე დავალებაში, ერთდროულად რამდენიმე სამიზნე ცნება დამუშავდეს.
- უმჯობესია, კომპლექსური დავალება დაეყრდნოს რამდენიმე საგნობრივ საკითხს (რამდენიმე პარაგრაფს ერთდროულად), რადგან მოსწავლემ სხვადასხვა საკითხში მიღებული ცოდნის გამოლიანება შეძლოს. ყოველივე აღნიშნული მოსწავლეს განუვითარებს, ეგრეთწოდებულ, „21-ე საუკუნის უნარებს“, რაც გულისხმობს: ცოდნის რეალიზებას, ინფორმაციის მოძიებას, დამუშავებას, ანალიზს, შეფასებას და ა.შ. აღნიშნული უნარების განვითარება კი სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია, რათა მოსწავლემ თავი დაიმკვიდროს კონკურენტუნარიან და სწრაფად ცვალებად სამყაროში.
- კომპლექსური დავალების პირობას უნდა მოსდევდეს შეფასების კრიტერიუმები. შეფასების კრიტერიუმები იმდენად ვარადაა ჩამოყალიბებული, რომ მოსწავლეს უჩვენებს, თუ რა უნდა წარმოაჩინოს ნაშრომის პრეზენტაციისას ხაზგასმით. შეფასების კრიტერიუმები ასევე გვიჩვენებს კომპლექსური დავალების შესრულებისას, მოსწავლის მიერ მკვიდრი წარმოდგენების ფლობას. შესაბამისად, შეფასების კრიტერიუმები უნდა ჩამოყალიბდეს სამიზნე ცნების მკვიდრი წარმოდგენების მიხედვითაც. მასზე მუშაობისას მოსწავლეს უნდა მოუწიოს ფაქტობრივი და პროცედურული ცოდნის რეალიზების უნარის გამოყენება, კვლევის უნარების გამოყენება, ინფორმაციის მოძიების, დამუშავების, გაანალიზების უნარების გამოყენება, ამოცანის განზოგადება და სხვა.

### **კომპლექსური დავალების პირობის მაგალითი:**

*ყველას შეგიძინევიათ, როგორ ბრუნავს მთვარე დედამიწის გარშემო. გინახავთ, როგორ მიექანება დედამიწისაკენ ხიდან მოწყვეტილი ვაშლი, ყველამ იცით, რომ პლანეტები ბრუნავს მზის გარშემო, თანამგზავრები – დედამიწის გარშემო და ეს ყველაფერი „მიზიდულობის ძალის“ დამსახურებაა.*

*როგორ წარმოიქმნება მიზიდულობა?*

*თქვენ ამ კითხვაზე პასუხი პარაგრაფიდან უკვე იცით – გრავიტაციული ურთიერთქმედება წარმოიქმნება ველის საშუალებით.*

*რა არის ველი?*

*გრძნობათა ორგანოებით ადამიანები ველს ვერ შევიგრძნობთ. მას არ გააჩნია სუნი, გემო, ფერი, არ გამოსცემს ხმას, არ რეაგირებს შეხებაზე. ამიტომ ველის აღმოჩენის ერთადერთი საშუალებაა ჩავატაროთ ცდა. გრავიტაციული ველი ხასიათდება თავისუფალი ვარდნის აჩქარებით. სადაც თავისუფალი ვარდნის აჩქარება დიდია, იქ გრავიტაციული ველი ძლიერია. იმისათვის, რომ უკეთ გავერკვეთ გრავიტაციული ველის თვისებებში, შევისწავლოთ სხეულთა ურთიერთქმედება ვირტუალური ლაბორატორიის მეშვეობით.*

### **კომპლექსური დავალების შეფასების კრიტერიუმების მაგალითი:**

*ნაშრომში/ნაშრომის პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინეთ:*

- მატერიის როგორი სახეები არსებობს;

- შედგება თუ არა ველი მოლეკულებისა და ატომებისაგან;
- არის თუ არა დედამიწაზე ისეთი ადგილი, სადაც გრავიტაციული ველი არ არის;
- ახდენს თუ არა გავლენას ვარსკვლავების მიერ შექმნილი გრავიტაციული ველი დედამიწის მზის გარშემო ბრუნვაზე;
- როგორ დავადგინოთ მოცემულ ორ პლანეტას შორის ისეთი წერტილის მდებარეობა, რომელშიც თავისუფალი ვარდნის აჩქარება ნულის ტოლი იქნება;
- რატომ იცვლება კოსმოსურ ხომალდსა და პლანეტას შორის ურთიერთქმედების ძალა ხომალდის პლანეტისგან დაშორებისას;
- რატომ არიან უწყობაში საერთაშორისო კოსმოსურ სადგურზე მყოფი ასტრონავტები;
- არის თუ არა დამოკიდებული მოცემული რადიუსის მქონე პლანეტის ზედაპირზე თავისუფალი ვარდნის აჩქარება მის სიმკვრივეზე.

ჩამოთვლილი 8 დავალება მოსწავლისთვის წარმოადგენს კვლევისა და მსჯელობის საგანს. მასწავლებელი კი მათ იყენებს შეფასების კრიტერიუმებად, თუ როგორ გაართვა თავი თითოეულს მოსწავლემ. აღსანიშნავია, რომ ჩამოთვლილი შეფასების კრიტერიუმები მჭიდრო კავშირშია სამიზნე ცნება „მატერიის“ მკვიდრ წარმოდგენებთან.

დავალების განხორციელებისას შესაძლებელია მასწავლებელმა მოსწავლეებს მიაწოდოს დამატებითი რესურსები: სტატეების სახით, კონსპექტის სახით, ვირტუალური ლაბორატორიის ბმულები, ვიდეორესურსები და სხვა.

**სწავლა** – სწავლების პროცესში მნიშვნელოვანია მოსწავლეებს ვასწავლოთ, თუ როგორ ისწავლონ დამოუკიდებლად (სწავლის სწავლა). კომპლექსური დავალების განხორციელებისას მოსწავლეებს გაუჩნდებათ კითხვები, დასჭირდებათ დახმარება „ბიძგის მიცემა“. ამ დროს (ხშირად) უმჯობესია, მათ კითხვებს პირდაპირ კი არ გავცეთ პასუხები, არამედ დამხმარე კითხვებით ვუპასუხოთ. ასეთ შემთხვევაში მოსწავლეს ვუტოვებთ შანსს, იაზროვნოს და თუნდაც მასწავლებლის დახმარებით, მივიდეს სწორ დასკვნამდე. რაც ყველაზე მნიშვნელოვანია, ასე დაგეგმილ სასწავლო პროცესში მოსწავლის დამოუკიდებლობის ხარისხი იზრდება, რაც მისთვის დამატებითი უნარების განვითარებას უწყობს ხელს. კომპლექსური დავალების განხორციელების წინასწარი გეგმა მნიშვნელოვანია მასზე დაფუძნებული სასწავლო პროცესის ეფექტიანად წარმართვისთვის. შესაბამისად, შეგვიძლია ჩამოვაყალიბოთ **კომპლექსური დავალების განხორციელების შემდეგი ეტაპები:**

**პირველი ეტაპი: კომპლექსური დავალების პირობის გაცნობა;** დავალების პირობის გაცნობა არ გულისხმობს ზემოთ ხსენებული დავალების ნიმუშის პირობის წაკითხვას. გარკვეულ საკითხებთან დაკავშირებით კომპლექსური დავალების წარდგენამდე მნიშვნელოვანია მოსწავლეებში შესაბამისი მზაობის შექმნა, მოტივაციის ამაღლება და წახალისება, რაც შესაძლებელია კომპლექსური დავალების კონტექსტში რაიმე საინტერესო ისტორიის მოყოლით, საინტერესო ვიდეორგოლების ჩვენებით და სხვა.

**დავალების პირობის გაცნობის მაგალითი:**

ალბათ, ყველა გინახავთ ვიდეორგოლები *ოკეანესა და ზღვებში მიქცევა-მოქცევაზე*: (იხილეთ ბმული: [shorturl.at/otN89](http://shorturl.at/otN89))

გინახავთ, როგორ ცხოვრობენ ასტრონავტები საერთაშორისო კოსმოსურ სადგურზე: [shorturl.at/qw-zOY](http://shorturl.at/qw-zOY) და დაინტერესებულხართ, როგორ ხდება ეს ყველაფერი. იმისათვის, რომ მსგავსი ფაქტების და მოვლენების ახსნა შეგვეძლოს, უნდა ვიცნობდეთ გრავიტაციული ველის თვისებებს.

**მეორე ეტაპი: წინარე ცოდნის გააქტიურება და კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობა**

ა) **წინარე ცოდნის გააქტიურება:** აქ სასურველია მასწავლებელმა დასვას კითხვები, რომელთაც ცალსახა პასუხი გააჩნია, რათა მოსწავლეებმა დამოუკიდებლად შეძლონ განვლილი მასალის გახსენება.

**მაგალითად:**

- ახასიათებს თუ არა გრავიტაციულ ურთიერთქმედებას განზიდვა?
- რა არის სიმძიმის ძალა?
- როგორ გამოითვლება სიმძიმის ძალა?
- როგორ გამოითვლება ორ მასიურ სხეულს შორის გრავიტაციული მიზიდულობის ძალა?
- რა არის თავისუფალი ვარდნა?
- რისი ტოლია სხეულის აჩქარება დედამიწის ზედაპირთან ახლოს თავისუფალი ვარდნისას?

- როგორაა დამოკიდებული პლანეტის თავისუფალი ვარდნის აჩქარება პლანეტიდან დაშორებაზე?
- რას ეწოდება პირველი კოსმოსური სიჩქარე?
- როგორ გამოითვლება პირველი კოსმოსური სიჩქარე?
- რომელი ძალის მოქმედებით ბრუნავს თანამგზავრი დედამიწის ირგვლივ?

ამ ეტაპზე სასურველია, მოსწავლეებს მივაწოდოთ რესურსიც (პარაგრაფი სახელმძღვანელოდან ან რაიმე სხვა), რომელიც მოსწავლეებს დაეხმარება წინარე ცოდნის გააქტიურებაში.

**ბ) კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობა:**

ამ ნაწილში მოსწავლე/მოსწავლეთა ჯგუფი დავალებაზე მუშაობს დამოუკიდებლად, თუმცა აქაც შესაძლებელია მასწავლებლის ჩართულობით გარკვეული აქტივობების განხორციელება. მაგალითად, მასწავლებელი დამხმარე კითხვით უბიძგებს მოსწავლეს გარკვეული აქტივობისაკენ.

**მაგალითად:**

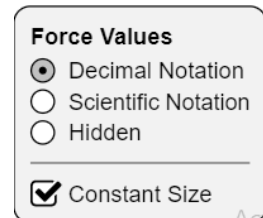
- რატომ არ შეიმჩნევა ოთახში არსებული საგნების ერთმანეთთან ურთიერთქმედება?
- რა ძალები მოქმედებს ორი პლანეტის ცენტრების შემაერთებელ წრფეზე მყოფ თანამგზავრზე?
- რა შემთხვევაში გაუტოლდება მოდულით ეს ძალები ერთმანეთს?
- როდის იმყოფება სხეული უწონობის მდგომარეობაში?
- რისი ტოლია დედამიწის ირგვლივ, მის ზედაპირთან ახლოს მბრუნავი თანამგზავრის ცენტრისკენული აჩქარება?
- აქვთ თუ არა ერთნაირი აჩქარება დედამიწის ირგვლივ მბრუნავ თანამგზავრსა და მასში მყოფ ასტრონავტებს?
- განიცდის თუ არა თავისუფალ ვარდნას დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრი?

სასურველია მოსწავლემ დამოუკიდებლად ჩაატაროს კვლევა დავალებასთან დაკავშირებით:

**ვირტუალური ლაბორატორიით მიზიდულობის მოვლენაზე დაკვირვება:**

**გადადით ბმულზე:** <https://tinyurl.com/u46cdevv>

- მონიშნეთ სურათზე გამოსახული ფუნქციები (სხეულთა ზომის მუდმივობა);
- ცვალეთ სხეულებს შორის მანძილი და უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:
- როგორ იცვლება ერთი სხეულის მიერ მეორესთან ახლოს შექმნილი თავისუფალი ვარდნის აჩქარება?
- ერთნაირია თუ არა ძალები, რომლითაც სხეულები ერთმანეთს იზიდავს?
- მიანიჭეთ სხეულებს ერთნაირი მასები და განსაზღვრეთ, ერთნაირია თუ არა თითოეული სხეულის თავისუფალი ვარდნის აჩქარება მეორის ზედაპირზე?
- შეიცვლება თუ არა ერთ-ერთი სხეულის სიმკვრივე მისი მასის ცვლილებით?
- შეცვალეთ ერთ-ერთი სხეულის მასა და განსაზღვრეთ, ერთნაირია თუ არა თითოეული სხეულის თავისუფალი ვარდნის აჩქარება მეორის ზედაპირზე?
- რომელი სხეულის თავისუფალი ვარდნის აჩქარება შეიცვალა?



**გ) კომპლექსური დავალების პრეზენტაცია.** პრეზენტაციისას მოსწავლე/მოსწავლეთა ჯგუფმა უნდა წარმოადგინონ დავალებაში მიღებული შედეგები. ხაზგასმით უნდა იყოს წარმოჩენილი თითოეულ კრიტერიუმში მიღებული შედეგი (მათი მიღების გზები, ჩატარებული კვლევა, მოძიებული ინფორმაცია და ა.შ.), გამოტანილი დასკვნა. პრეზენტაცია შესაძლებელია პროგრამა „PowerPoint“-ით, დიდ ფურცლებზე, ვიდეორგოლით ან სხვა რაიმე გზით.

**შეფასება**

სწავლა-სწავლების პროცესში განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს მოსწავლეთა შეფასებას. შეფასება არსებობს ორგვარი: განმავითარებელი და განმსაზღვრელი.

განმავითარებელი შეფასების მიზანია მოსწავლის მიღწევებში ძლიერი მხარის გამოკვეთა, ხოლო იმ ნაწილში, სადაც ჯერ კიდევ გასაუმჯობესებელია მოსწავლის ცოდნის დონე, შესაბამისი განმავითარებელი რჩევების მიცემა.

განმსაზღვრელი შეფასების მიზანია მოსწავლის ცოდნის დონის გამოკვეთა. განმსაზღვრელი შეფასებისას ვიყენებთ 10 ბალიან სისტემას.

ა) განმავითარებელი შეფასებისას უმჯობესია დავეყრდნოთ „სოლო“ ტექსონომიას. „სოლო“ არის ცოდნის აგების მოდელი, თეორია სწავლა-სწავლების შესახებ. მოდელი ეფუძნება ცოდნის აგებისა და გაღრმავების სტრუქტურას დაწყებული ზედაპირული ცოდნიდან. იგი მოიცავს ცოდნის განვითარების გზას და ღრმა კონცეპტუალურ გაგებას.

**„სოლო“ მოიცავს ხუთ სასწავლო შედეგს:**

- **პრესტრუქტურული დონე** (მოსწავლეს არა აქვს იდეა განსახილველ საკითხთან მიმართებაში);
- **უნისტრუქტურული დონე** (მოსწავლეს აქვს ერთი ან მწირი რაოდენობის იდეა განსახილველ საკითხთან მიმართებაში);
- **მულტისტრუქტურული დონე** (მოსწავლეს აქვს რამდენიმე იდეა განსახილველ საკითხთან მიმართებაში, თუმცა ვერ ახერხებს იდეების დაკავშირებას, ვერ ამთლიანებს ცოდნას);
- **მიმართებითი დონე** (მოსწავლეს აქვს საკითხის გადასაჭრელად საკმარისი თითქმის ყველა იდეა, აკავშირებს მათ ერთმანეთთან და წარმატებით ართმევს თავს ამოცანას);
- **აბსტრაქტული დონე** (მოსწავლე წარმატებით ართმევს თავს ამოცანას და ამასთან ერთად შეუძლია მისი განზოგადება, შეუძლია გასცდეს ამოცანას, დაუკავშიროს იგი სხვა დისციპლინებს, იმსჯელოს ამოცანის სხვადასხვაგვარი გადაჭრის გზებზე და ა.შ.).

სოლოს დონეები ასახავს ორ ცვლილებას სასწავლო შედეგებში:

1) რაოდენობრივ ცვლილებას (მოსწავლე გადადის პრესტრუქტურულიდან უნისტრუქტურულ დონეზე ან გადადის უნისტრუქტურულიდან მულტისტრუქტურულ დონეზე), როდესაც იზრდება იდეების რაოდენობა, როდესაც მოსწავლემ იცის უფრო მეტი.

2) თვისებრივ ცვლილებას (მოსწავლე გადადის მულტისტრუქტურულიდან მიმართებით დონეზე ან მიმართებითიდან აბსტრაქტულ დონეზე), როდესაც იზრდება გაგების ხარისხი.

სოლოს დონეების ილუსტრაცია შეგვიძლია წარმოვადგინოთ შემდეგნაირად:

<p><b>პრესტრუქტურული</b></p> 	<p><b>უნისტრუქტურული</b></p> 	<p><b>მულტი-სტრუქტურული</b></p> 	<p><b>მიმართებითი</b></p> 	<p><b>აბსტრაქტული (განზოგადებული)</b></p> 
<p>სწავლის შედეგები აჩვენებს დაუკავშირებელ, გაუაზრებელ ცოდნას</p>	<p>სწავლის შედეგები აჩვენებს მარტივ კავშირს, ოღონდ უმნიშვნელოსა და გაუაზრებელს (მოსწავლეს შეუძლია მარტივი კავშირის დამყარება, ძირითადად გაუაზრებლად)</p>	<p>სწავლის შედეგად კავშირები მყარდება, თუმცა საერთოსთან მიმართებით ჯერ პასუხი არ არის მიღებული</p>	<p>სწავლის შედეგად მყარდება კავშირები, ცოდნის ნაწილი სინთეზირებულია მთლიანთან, საერთო იდეასთან და წარმოადგენს სრულ სურათს</p>	<p>სწავლის შედეგად გასცდა საგანს და ნასწავლს უკავშირებს სხვა დისციპლინებს, ცნებებს – შეუძლია განზოგადება, პროგნოზირება, შეფასება</p>

არ მაქვს იდეა	ერთი იდეა	რამდენიმე იდეა	იდეების დაკავშირება	იდეების განზოგადება

ცხრილში მოცემულია ზმნები, რომლებიც მიმართებაშია სოლოს სხვადასხვა დონესთან:

სოლოს დონეები	ზმნები	ფაზა
<p>აბსტრაქტული</p>	განზოგადება, პროგნოზირება, შეფასება, ასახვა, შექმნა	თვისებრივი
<p>მიმართებითი</p>	თანმიმდევრობა, კლასიფიცირება, ახსნა, შედარება, კონტრასტის ჩვენება, გაანალიზება, გამოყენება, დაკავშირება	
<p>მულტი-სტრუქტურული</p>	აღწერა, ჩამოთვლა, ორგანიზება	რაოდენობრივი
<p>უნი-სტრუქტურული</p>	განსაზღვრება, იდენტიფიცირება, მარტივი პროცედურის შესრულება	
<p>პრე-სტრუქტურული</p>	არანაირი ზმნა – მოსწავლე ვერ იაზრებს საკითხს, არ აქვს იდეა	

ქვემოთ მოცემულია ფაქტობრივი და პროცედურული ცოდნის განმავითარებელი შეფასების რუბრიკა:

სოლოს დონეები	
აბსტრაქტული დონე	<p><b>პროცედურული:</b> მუშაობს დამოუკიდებლად, აფართოებს ცოდნას, ცდილობს უკეთესი გზების ძიებას, სტრატეგიების შემუშავებას.</p> <p><b>ფაქტობრივი:</b> შეუძლია იდეის განზოგადება, სხვა იდეებთან დაკავშირება და ახალი თვალთ „გადააზრება“, ცოდნის ტრანსფერი სხვა დისციპლინებთან.</p>
მიმართებითი დონე	<p><b>პროცედურული:</b> ასრულებს სამუშაოს დამოუკიდებლად და გაცნობიერებულად, შეუძლია გადაწყვეტილების მიღება, შეცდომის გამოსწორება.</p> <p><b>ფაქტობრივი:</b> პრობლემაზე მუშაობის დროს შეუძლია მიღებული ცოდნის (ნასწავლის) დაკავშირება და გამოყენება მთლიანი პრობლემის გადასაჭრელად, ასევე მსჯელობით დასაბუთება.</p>
მულტისტრუქტურული დონე	<p><b>პროცედურული:</b> ასრულებს მოქმედებებს დამოუკიდებლად, თუმცა ჯერ არა აქვს საკითხი ბოლომდე გააზრებული, ვერ იაზრებს, რატომ და როგორ/როდის უშვებს შეცდომებს.</p> <p><b>ფაქტობრივი:</b> საკითხთან მიმართებით ფლობს რამდენიმე შესაბამის იდეას/ინფორმაციას, აქვს უსისტემო ცოდნა (იცის ცალკეული წესები, ფორმულები, კანონები, თუმცა ვერ აკავშირებს ერთმანეთთან და პრობლემასთან, რომ მიიღოს საბოლოო შედეგი).</p>
უნისტრუქტურული დონე	<p><b>პროცედურული:</b> ასრულებს პროცედურას მხოლოდ მითითების შემდეგ ან სხვისი მოქმედების გამეორების შედეგად.</p> <p><b>ფაქტობრივი:</b> საკითხთან მიმართებით ფლობს ერთ შესაბამის იდეას, ინფორმაციას, ცნებას.</p>
პრესტრუქტურული დონე	<p>ვერ იწყებს მუშაობას.</p>

კომპლექსური დავალების განმავითარებელი შეფასებისას ასევე ვეყრდნობით სოლო ტაქსონომიას.



მოვიყვანოთ ზემოთ ხსენებული კომპლექსური დავალების სხვადასხვა დონეზე შესრულების მაგალითები და შევუსაბამოთ მას სოლოს დონეები.

პრესტრუქტურული	უნისტრუქტურული	მულტი-სტრუქტურული	მიმართებითი	აბსტრაქტული (განზოგადებული)
 <p>სწავლის შედეგები აჩვენებს დაუკავშირებელ, გაუაზრებელ ცოდნას.</p>	 <p>სწავლის შედეგები აჩვენებს მარტივ კავშირს, ოღონდ უმნიშვნელოსა და გაუაზრებელს.</p>	 <p>სწავლის შედეგად კავშირები მყარდება თუმცა საერთოსთან მიმართებით ჯერ პასუხი არ არის მიღებული.</p>	 <p>სწავლის შედეგად მყარდება, კავშირები, ცოდნის ნაწილი სინთეზირებულია მთლიანთან, საერთო იდეასთან და წარმოადგენს სრულ სურათს.</p>	 <p>სწავლის შედეგად გასცდა საგანს და ნასწავლს უკავშირებს სხვა დისციპლინებს, ცნებებს, შეუძლია განზოგადება, პროგნოზირება, შეფასება.</p>
<p>მაგალითად: მოსწავლეს არ აქვს დავალების შესრულების იდეა. ვერ იწყებს მუშაობას.</p>	<p>მაგალითად: მოსწავლე ვარაუდობს, რომ ორ პლანეტას შორის, მათ შემაერთებელ წრფეზე არის ისეთი წერტილი, სადაც თავისუფალი ვარდნის აჩქარებების ჯამი ნულის ტოლია, მაგრამ ვერ ახერხებს თავისუფალი ვარდნის აჩქარებების გამოთვლას პლანეტიდან სხვადასხვა მანძილზე. ვარაუდობს, რომ ვარსკვლავები არ ახდენს გავლენას დედამიწის მზის გარშემო ბრუნვაზე, მაგრამ ვერ იაზრებს რატომ.</p>	<p>მაგალითად: მოსწავლე ხვდება, რომ დედამიწაზე ყველაგანაა გრავიტაციული ველი, მაგრამ უჭირს დასაბუთება. ხვდება, რომ ორ პლანეტას შორის მოიძებნება წერტილი, რომელშიც თავისუფალი ვარდნის აჩქარება ნულის ტოლი იქნება. შეუძლია გამოითვალოს თითოეული პლანეტის თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, მაგრამ ვერ ახერხებს იმ წერტილის პოვნას, სადაც მათი ჯამი ნულის ტოლი იქნება. წერს შესაბამის განტოლებას, მაგრამ უჭირს განტოლებების ამოხსნა. ხვდება, რომ კოსმოსურ ხომალდსა და მასში მყოფ ასტრონავტებს ერთნაირი აჩქარება აქვთ, ითვის ამ აჩქარებებს, თუმცა არ იცის უწონობის პირობა. აქვს იდეები, ასრულებს პროცედურებს მაგრამ ვერ აკავშირებს ერთმანეთთან.</p>	<p>მაგალითად: მოსწავლე ხვდება, რომ დედამიწაზე ყველაგანაა გრავიტაციული ველი, და შეუძლია დასაბუთება, მოჰყავს შესაბამისი მაგალითები. ხვდება, რომ ორ პლანეტას შორის მათ შემაერთებელ წრფეზე არსებობს წერტილი, რომელშიც თავისუფალი ვარდნის აჩქარება ნულის ტოლია და პოულობს მის მდებარეობას. ხვდება, რომ კოსმოსურ ხომალდსა და მასში მყოფ ასტრონავტებს ერთნაირი აჩქარება აქვთ და ამიტომ არიან ასტრონავტები უწონობის მდგომარეობაში, აქვს იდეები და აკავშირებს ერთმანეთთან. ასრულებს დავალებას.</p>	<p>მაგალითად: მოსწავლე წარმატებით ასრულებს დავალების თითოეულ კომპონენტს. შეუძლია დავალების განზოგადება. უკავშირებს ყოველდღიურობას. ვარაუდობს, რომ სასარგებლო იქნება მთვარესა და დედამიწას შორის ისეთი წერილის აღმოჩენა, რომელშიც მთვარისა და დედამიწის მიზიდულობები ბათილდება. ვარაუდობს, რომ ამ წერტილამდე მისული კოსმოსური ხომალდი მთვარის ძალით გააგრძელებს ფრენას მთვარისკენ. ანალიზებს, რომ მსგავსი ამოცანების გადაჭრა კაცობრიობისთვის განვითარებისა და წარმატების წინაპირობაა.</p>

განმავითარებელი შეფასებისას ძირითად როლს განმავითარებელი კომენტარი ასრულებს. განმავითარებელი კომენტარი მოსწავლისთვის წარმოადგენს მკაფიო ინსტრუქციას, რომლის საშუალებითაც მისი ცოდნის დონე უნდა ამაღლდეს. შესაბამისად, განმავითარებელი კომენტარები არ უნდა იყოს ბუნდოვანი (უფრო მეტი უნდა იმეცადინო, უფრო მეტი ამოცანა უნდა შეასრულო და ა.შ.). კომენტარი უნდა იყოს მკაფიო – მოსწავლეს კონკრეტულად უნდა მივანიშნოთ, თუ რისი გაკეთებაა საჭირო მისი ცოდნის დონის ასამაღლებლად.

ზემოთ მოყვანილ მაგალითებში, რომლებშიც განვიხილეთ კომპლექსური დავალების სხვადასხვა დონეზე შესრულებული ნიმუშები, განმავითარებელი კომენტარების ნაწილი შესაძლებელია ჩამოვაცალიბოთ შესაბამისად:

1) პრესტრუქტურული დონით შეფასებული ნამუშევრისთვის: ყურადღებით წაიკითხე პარაგრაფი „მსოფლიო მიზიდულობის კანონი“ და „თავისუფალი ვარდნის აჩქარება“. გაიხსენე, როგორი ფიზიკური სიდიდეა ძალა და თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, ვექტორული თუ სკალარული? გაიხსენე, რა არის საჭირო იმისათვის, რომ ორი ვექტორის ჯამი ნულის ტოლი იყოს და გამოიტანე დასკვნა, რა არის საჭირო იმისათვის, რომ ორი პლანეტის თავისუფალი აჩქარებების ჯამი რაიმე წერტილში ნულის ტოლი იყოს (ცხადია, წარმოდგენილი განმავითარებელი კომენტარის ნიმუში ერთ-ერთია იმ სხვა კომენტარებთან ერთად, რომლებიც შესაძლებელია ამ დონით შეფასებული ნამუშევრისთვის გამოვიყენოთ. სწავლა – სწავლების პრინციპის თანახმად, ცოდნის დონე პრესტრუქტურულიდან პირდაპირ მიმართებითზე ან აბსტრაქტულზე ვერ გადაინაცვლებს, შესაბამისად, მოსწავლისთვის განმავითარებელი კომენტარი ძირითადად მისი ცოდნის დონის ერთი საფეხურით ამაღლებას ემსახურება).

2) უნისტრუქტურული დონით შეფასებული ნამუშევრისთვის: შენ სწორად შეაფასე წერტილის მდებარეობა, რომ ეს წერტილი პლანეტების შემაერთებელ წრფეზე უნდა იყოს. სწორია ის ვარაუდიც, რომ ამ წერტილში მოთავსებულ რაიმე სხეულზე პლანეტების მხრიდან მოქმედმა ძალებმა ერთმანეთი უნდა გააბათილოს. ყურადღებით წაიკითხე პარაგრაფი „მსოფლიო მიზიდულობის კანონი“ და „თავისუფალი ვარდნის აჩქარება“. გაიხსენე, როგორ გამოითვლება თავისუფალი ვარდნის აჩქარება პლანეტის ცენტრიდან რაიმე მანძილზე. შეეცადე შეადგინო განტოლება, რომელიც საშუალებას მოგცემს, იპოვო აღნიშნული წერტილის მდებარეობა.

3) მულტისტრუქტურული დონით შეფასებული ნამუშევრისთვის: შენ სწორად შეაფასე წერტილის მდებარეობა, რომ ეს წერტილი პლანეტების შემაერთებელ წრფეზე უნდა იყოს. სწორია ის ვარაუდიც, რომ ამ წერტილში მოთავსებულ რაიმე სხეულზე პლანეტების მხრიდან მოქმედმა ძალებმა ერთმანეთი უნდა გააბათილოს. შენს მიერ შედგენილი განტოლებაც ზუსტია. მსგავსი განტოლებების ამოსახსნელად პრაქტიკაა საჭირო. კარგი იქნება, თუ ამოხსნი პარაგრაფი 2.6-ის პირველ ხუთ ამოცანას.

4) შენ კარგად გაართვი თავი დავალებას. სწორად მიხვდი იმ წერტილის მდებარეობას, რომელშიც პლანეტების მიერ შექმნილი თავისუფალი ვარდნის აჩქარებების ჯამი ნულის ტოლი იქნება. განტოლებაც სწორად გაქვს ამოხსნილი. შეეცადე, მოიძიო ინფორმაცია (ინფორმაციის მოძიებისთვის შესაძლებელია მოსწავლეს მივაწოდოთ შესაბამისი რესურსებიც), თუ რა სარგებელი შეიძლება მოგვცეს აღნიშნული წერტილის ადგილმდებარეობის ცოდნამ? შეეცადე მეტი გაიგო მიზიდულობის კანონების ადამიანისათვის სასარგებლოდ გამოყენების შესახებ.

5) შენ კარგად გაართვი თავი დავალებას. სწორადაა შესრულებული დავალების თითოეული კომპონენტი. კარგია, რომ გასცდი ამოცანას და მოიძიე ინფორმაცია, თუ როგორ იყენებენ ადამიანები მიზიდულობის კანონების შესახებ ცოდნას კოსმოსის ათვისებისას. ასე გააგრძელე! კარგი იქნება, თუ შენს გამოცდილებას გაუზიარებ თანაკლასელებს.

ბ) განმსაზღვრელი შეფასებისთვის შესაძლებელია გამოვიყენოთ ტესტური (ლიაბოლოიანი, დახურულბოლოიანი) ტიპის დავალებები. სასურველია, რომ მასწავლებელმა მოსწავლის ფაქტობრივი და პროცედურული ცოდნის განმსაზღვრელ შეფასებასთან ერთად შეაფასოს მიღებული ცოდნის პრაქტიკაში რეალიზების უნარებიც.

შესრულებული კომპლექსური დავალების განმსაზღვრელი შეფასებისთვის შესაძლებელია მასწავლებელმა შეადგინოს ტესტი, რომელშიც შეტანილი იქნება კომპლექსური დავალების განხორციელების დროს მოსწავლის მიერ გადასაჭრელი საკითხები. აღნიშნულ საკითხებს სირთულის დონის შესაბამისად მიენიჭება შესაბამისი ქულა და მიღებული ჯამური ქულით მასწავლებელი დაწერს განმსაზღვრელ შეფასებას.

## სასწავლო რესურსების გამოყენება

სწავლების სხვადასხვა ეტაპზე მასწავლებელს სჭირდება, გასცდეს სახელმძღვანელოს ჩარჩოებს. შექმნას საკუთარი სასწავლო რესურსი ან გამოიყენოს სხვისი შექმნილი გარკვეული სახის დამატებითი მასალა.

მას შეუძლია **დამატოს** სავარჯიშოები უკვე არსებულ აქტივობებს; **გამოტოვოს** ის აქტივობები, სავარჯიშოები, ამოცანები, რომლებიც ვერ აკმაყოფილებს მისი მოსწავლეების საჭიროებებსა თუ მოთხოვნილებებს; **ჩაანაცვლოს** სახელმძღვანელოში მოცემული მასალა სხვა დამატებითი მასალით; **შეცვალოს** აქტივობების ორგანიზაციული სტრუქტურა, მაგ. ნყვილები, ჯგუფები თუ მთელი კლასი. რესურსმა უნდა უზიდავოს, გეზი მისცეს მოსწავლეებს სწავლის უნარებისა და სტრატეგიების განსავითარებლად და დასახვეწად, მან მოსწავლეს საკითხში ჩაღრმავების საშუალება უნდა მისცეს.

### ლაბორატორიაში უსაფრთხოდ მუშაობა

სასურველია წლის დასაწყისში ერთ-ერთ გაკვეთილზე განხილული იყოს მოსწავლეთა უსაფრთხოების საკითხები და მათთან ერთად შედგეს გაკვეთილზე მოქმედი წესების ნუსხა, რომელსაც ხელს მოაწერს როგორც თითოეული მოსწავლე, ასევე მასწავლებელი.

განიხილეთ უსაფრთხოების ნიშნები, პიქტოგრამების მნიშვნელობები ელექტრონული რესურსის დახმარებით – <https://learningapps.org/1106046>. ასევე უნდა იმსჯელოთ ნებისმიერი ლაბორატორიული სამუშაოს შესრულების წინ მოსალოდნელ საფრთხესა და მისი თავიდან აცილების გზებზე. შემოგთავაზებთ მოსწავლეთა უსაფრთხოების წესების ნიმუშს:

- ექსპერიმენტის, ცდის შესრულება დაიწყეთ მხოლოდ იმის შემდეგ, რაც დარწმუნდებით, რომ შეგიძლიათ მისი უსაფრთხოდ განხორციელება;
- ლაბორატორიაში იმუშავეთ მასწავლებლის მიერ მოცემული ინსტრუქციის შესაბამისად.
- გახსოვდეთ, რომ ლაბორატორიაში აკრძალულია სირბილი, ხმაური, ჭამა, ხელსაწყოების უნებართვოდ ჩართვა ქსელში;
- საჭიროების შემთხვევაში გამოიყენე პერსონალური დაცვის საშუალებები: ხელთათმანი, სათვალე და სხვა.
- ცდის დასრულების შემდეგ მოანესრიგე გამოყენებული ხელსაწყოები.

### ფიზიკის მე-9 კლასის კურსის მიზნის მისაღწევად გაითვალისწინეთ შემდეგი საკითხების აუცილებლობა

#### ყველა გაკვეთილი უნდა შედგებოდეს

თემასთან დაკავშირებული წინარე ცოდნის განსაზღვრისგან და დასახული გეგმის შესასრულებელი ინტერვენციებისგან. ამიტომ მასწავლებელს უნდა ჰქონდეს წინარე ცოდნის განსაზღვრისთვის – საშინაო დავალების შემოწმების სტრატეგიები, შეკითხვები, შესასვლელი ბილეთები.

**გაკვეთილის განმავლობაში** – მოტივაციის ასამაღლებელი, ინფორმაციის მიწოდების, დისკუსიის, დაკვირვებისა და დასკვნის გამოტანის სტრატეგიები, ინტერვენციის განსაზღვრის, შეფასების მეთოდები, რუბრიკები.

**გაკვეთილის შემდეგ** – საკითხის შესწავლის, დახელოვნების დონის განსაზღვრისთვის ჩასატარებელი მცირე ტესტი(ქვიზი) ან საშინაო ცდა და შესრულებული სამუშაოს შეფასების მექანიზმი, შეფასების სქემა, ცდის შედეგების შეჯამების განსაზღვრის მეთოდი.

**თემის შემაჯამებელი სამუშაოს ჩატარებამდე** – ფოკუსირდება ამოცანების ამოხსნაზე, მკვიდრი წარმოდგენების განსაზღვრაზე, ფორმულების გააზრების უნარზე, ერთეულებს შორის კავშირის ცოდნაზე. სასურველია დაიგეგმოს ინტერვენცია.

**ესგ სტანდარტიზებული ტესტის მომზადება** – გამოიყენეთ ასარჩევპასუხიანი ტესტი, ღიადაბოლოებიანი ამოცანები და შესაბამისობის მოსაძებნი ტესტები.

**ესგ სტანდარტიზებული ტესტის შემდეგ** – ანალიზით შედეგები, დაგეგმეთ დამატებითი მუშაობა პრობლემურ საკითხებზე, პრობლემურ მოსწავლეებთან.

#### გაკვეთილზე

##### ყველა მოსწავლისთვის საჭიროა:

- ✓ საკლასო ცდების, ლაბორატორიული სამუშაოების ჩატარება;
- ✓ საშინაო დავალების შესრულება და საშინაო ცდების ჩატარება;
- ✓ ამოცანების ამოხსნა სპეციალურად გამოყოფილ რვეულში;
- ✓ **ეს უნდა ვიცოდე** – ჩანაწერების სპეციალური რვეული ან ბლოკნოტი ძირითადი დასკვნების, წესების, ფორმულების, ერთეულების შესახებ ინფორმაციისათვის;

ონლაინ ინტერაქტიული სამუშაოები;

✓ ელექტრონული რესურსები.

### **სპეციალური საჭიროების მოსწავლეებისთვის საჭიროა:**

✓ ინდივიდუალური სამუშაო გეგმა, შესაბამისი საკლასო და საშინაო დავალების ნიმუშები; კითხვის სტრატეგიები;

✓ წინასწარ მომზადებული საკითხის შესწავლის მზაობის განსასაზღვრავი კითხვარი ან ტესტი;

✓ ინტერვენციის გეგმა;

✓ **ეს უნდა ვიცოდე** – ჩანაწერების სპეციალური რვეული ან ბლოკნოტი ძირითადი დასკვნების, წესების, ფორმულების, ერთეულების შესახებ ინფორმაციისათვის;

✓ ონლაინ ინტერაქტიული სამუშაოები;

✓ ელექტრონული რესურსები.

### **ქართული ენის (ქართული, როგორც მეორე ენა) შემსწავლელი მოსწავლეებისთვის**

კითხვის სტრატეგიები;

გამოყენებული ტერმინების ლექსიკონი;

მულტილინგვისტური რესურსები (პოსტერები, ბარათები);

წინასწარ მომზადებული საკითხის შესწავლის მზაობის განსასაზღვრავი კითხვარი ან ტესტი;

ეს უნდა ვიცოდე – ჩანაწერების სპეციალური რვეული ან ბლოკნოტი ძირითადი დასკვნების, წესების, ფორმულების, ერთეულების შესახებ ინფორმაციისათვის;

ონლაინ ინტერაქტიული სამუშაოები;

ელექტრონული რესურსები.

### **საკითხის სწავლებისთვის**

თემის გაცნობა;

მიზნის გაცნობა;

შეფასების სქემის გაცნობა;

ტერმინებისა და უცხო სიტყვების განმარტება;

პრეზენტაცია, მინი-ლექცია;

ინტერაქტიული შეკითხვები;

დისკუსია;

ჯგუფური მუშაობა;

ლაბორატორიული სამუშაო, ცდა ან ონლაინ ინტერაქტიული მუშაობა;

### **ტექნოლოგიების გამოყენება გაკვეთილზე**

„Powerpoint“ პრეზენტაცია

ინტერაქტიული ონლაინ სავარჯიშო მანიპულაციები – <https://phet.colorado.edu>

videobi <https://ka.khanacademy.org/science/physics>, <https://learningapps.org/>

### **განმტკიცებისთვის**

სახელმძღვანელოში მოცემული თეორიული მასალა;

ამოცანების ამოხსნა;

ხშირად დაშვებული შეცდომები და მათი გამოსწორება;

დიფერენცირებული დავალებების შესრულება;

კომპლექსური დავალებების შესრულება.

### **შეფასებისთვის**

შეფასების სქემები;

### **ტექნოლოგიების გამოყენება შეფასებაში**

edmodo ტესტები

excel ფორმები ანალიზისთვის

tvschool.ge ტესტები

### **შეფასება**

რას ითვალისწინებს შეფასების თითოეული კომპონენტი:

1) საშინაო დავალება

დავალების ტიპები: საშინაო ექსპერიმენტი, დაკვირვება ობიექტებსა და პროცესებზე, ინფორმაციის მოძიება, კონცეპტუალური რუკის შედგენა, მოდელირება, რეფერატის მომზადება და სხვა. ფასდება შემდეგი უნარები:

1. სააზროვნო უნარ-ჩვევები;

2. კვლევის უნარ-ჩვევები;

3. პრობლემის გადაჭრის უნარ-ჩვევები;
4. თვითმართვის უნარ-ჩვევები.

## 2) საკლასო დავალება

დავალების ტიპები: საკითხის განხილვა/დისკუსია, ექსპერიმენტი, მონაცემების აღრიცხვა/დამუშავება, მოდელირება და სხვა. ფასდება შემდეგი უნარები:

1. სააზროვნო უნარ-ჩვევები;
2. კვლევის უნარ-ჩვევები;
3. პრობლემის გადაჭრის უნარ-ჩვევები;
4. სოციალური უნარ-ჩვევები;
5. კომუნიკაციის უნარ-ჩვევები;
6. თვითმართვის უნარ-ჩვევები.

## შემაჯამებელი დავალება

სასწავლო წლის განმავლობაში ჩასატარებელია 5 შემაჯამებელი სამუშაო.

შემაჯამებელი დავალების კომპონენტი უკავშირდება სწავლა-სწავლების შედეგს. ამ კომპონენტში უნდა შეფასდეს ერთი სასწავლო მონაკვეთის (თემა, თავი, პარაგრაფი, საკითხი) შესწავლა-დამუშავების შედეგად მიღწეული შედეგები. კონკრეტული სასწავლო ერთეულის დასრულებისას მოსწავლემ უნდა შეძლოს საგნის სტანდარტით განსაზღვრული ცოდნისა და უნარების წარმოჩენა. შესაბამისად, შემაჯამებელი დავალებები უნდა აფასებდეს სტანდარტით განსაზღვრული შედეგების მიღწევის დონეს.

სტანდარტის მოთხოვნათა შესაფასებლად რეკომენდებულია შემაჯამებელ დავალებათა მრავალფეროვანი ფორმების გამოყენება. საბუნებისმეტყველო საგნების შემაჯამებელ დავალებათა ტიპები შეიძლება იყოს: ტესტი, სხვადასხვა ტიპის სავარჯიშო.

## მოდელირება, პროექტი, პრეზენტაცია და სხვა. ფასდება შემდეგი უნარები:

1. სააზროვნო უნარ-ჩვევები;
2. კვლევის უნარ-ჩვევები;
3. პრობლემის გადაჭრის უნარ-ჩვევები;
4. კომუნიკაციის უნარ-ჩვევები;
5. სოციალური უნარ-ჩვევები;
6. თვითმართვის უნარ-ჩვევები.

ქვემოთ მოცემულია თემატური მატრიცები ორი ძირითადი თემისთვის:

1. არათანაბარი და მრუდწირული მოძრაობა;
2. დინამიკა და სტატიკა.

თემა: არათანაბარი და მრუდწირული მოძრაობა

საათების სავარაუდო რაოდენობა – 25

**თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:**

- სიდიდეს, რომელიც ხასიათდება არაუარყოფითი რიცხვითი მნიშვნელობით და მიმართულებით, ვექტორული სიდიდე ეწოდება;
- ორი ვექტორი ტოლია, თუ მათ ერთნაირი მოდული და მიმართულება აქვს;
- ვექტორები შეიძლება შეგვიერთოთ სამკუთხედის და პარალელოგრამის წესით. მიღებული შედეგი დამოკიდებული არ არის შეკრების წესის არჩევაზე;
- გადაადგილების გეგმილი რაიმე ღერძზე ეწოდება ამ ღერძზე გადაადგილების ბოლო და საწყისი წერტილების კორდინატების სხვაობას;
- როცა ვექტორი ღერძის დადებით მიმართულებასთან მახვილ კუთხეს ადგენს, მისი გეგმილი ამ ღერძზე დადებითია, როცა ბლაგვ კუთხეს – უარყოფითი;
- თუ ვექტორის მიმართულება ღერძის მიმართულებას ემთხვევა, მაშინ ვექტორის გეგმილი ამ ღერძზე მისი მოდულია ტოლია, ხოლო, თუ ღერძის საპირისპიროდაა მიმართული – მოდულის მოპირდაპირე რიცხვია;
- თუ ორი ვექტორი ერთმანეთის ტოლია, მაშინ ტოლია მათი გეგმილებიც ერთსა და იმავე ღერძზე.
- მოცემული ვექტორის შეცვლას სხვა რამდენიმე ვექტორის ჯამით, ვექტორის მდგენელებად დაშლა ეწოდება;
- წრფივი თანაბარი მოძრაობა ეწოდება ისეთ მოძრაობას, რომლის დროსაც სხეული დროის ნებისმიერ ტოლ შუალედებში ერთნაირ გადაადგილებებს ასრულებს;
- სიჩქარე ვექტორული სიდიდეა, მისი მიმართულება გადაადგილების მიმართულებას ემთხვევა;
- სიჩქარის გრაფიკით, დროის ღერძით და დროის გარკვეული ინტერვალით შემოსახვრული მართკუთხედის ფართობი რიცხობრივად დროის ამ ინტერვალში შესრულებული გადაადგილების მოდულის ტოლია;
- სხეულების მოძრაობის გრაფიკთა გადაკვეთის წერტილის  $t$  და  $x$  კოორდინატები მიუთითებს ამ სხეულთა შეხვედრის დროსა და ადგილს.
- სხეულის გადაადგილება უძრავი ათვლის სისტემის მიმართ ტოლია: სხეულის გადაადგილებას მოძრავი ათვლის სისტემის მიმართ დამატებული მოძრავი ათვლის სისტემის გადაადგილება უძრავი ათვლის სისტემის მიმართ.
- სხეულის სიჩქარეს დროის მოცემულ მომენტში ან ტრაექტორიის მოცემულ წერტილში მყისიერი სიჩქარე ეწოდება;
- მყისიერი სიჩქარე, ანუ სიჩქარე ტრაექტორიის მოცემულ წერტილში ან დროის მოცემულ მომენტში ტოლია ამ წერტილის მომცველ მცირე უბანზე, დროის მცირე შუალედში შესრულებული გადაადგილების საშუალო სიჩქარის;
- მყისიერი სიჩქარე ვექტორული სიდიდეა, მისი მიმართულება მოცემულ წერტილში ემთხვევა ამ წერტილში ტრაექტორიისადმი გავლებული მხეზის მიმართულებას.
- აჩქარება ფიზიკური სიდიდეა, რომელიც ახასიათებს სიჩქარის ცვლილების სისწრაფეს;
- აჩქარება ტოლია სიჩქარის ცვლილების შეფარდებისა დროის იმ შუალედთან, რა დროშიც ეს ცვლილება მოხდა;
- სხეულის მოძრაობას, როდესაც მისი სიჩქარე დროის ნებისმიერ ტოლ შუალედებში ერთნაირად იცვლება, თანაბარაჩქარებული მოძრაობა ეწოდება;
- თანაბარაჩქარებული მოძრაობის აჩქარების გეგმილის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი დროის ღერძის პარალელური წრფეა.
- თანაბარაჩქარებული მოძრაობის გადაადგილების გეგმილი, რიცხობრივად სიჩქარის გეგმილის გრაფიკით და დროის ღერძით შემოსახვრული ტრაპეციის ფართობის ტოლია;
- მრუდწირული მოძრაობის მყისიერი სიჩქარის მოდულს წირით სიჩქარეს უწოდებენ;
- თანაბარი მრუდწირული მოძრაობისას წირითი სიჩქარე მუდმივი სიდიდეა;
- წრეწირზე თანაბრად მოძრავი სხეულის აჩქარების მიხეზი მისი სიჩქარის მიმართულების ცვლილებაა;
- წრეწირზე თანაბრად მბრუნავი სხეულის აჩქარება ტრაექტორიის ნებისმიერ წერტილში მიმართულია ამ წერტილში გავლებული რადიუსის გასწვრივ, წრეწირის ცენტრისაკენ;
- მყარი სხეულის ბრუნვითი მოძრაობისას მისი წერტილები მოძრაობს წრეწირებზე, რომელთა ცენტრები ერთ წრფეზე მდებარეობს. ამ წრფეს სხეულის ბრუნვის ღერძი ეწოდება;
- ღერძის გარშემო მყარი სხეულის ბრუნვისას მისი ყველა წერტილის ბრუნვის პერიოდი, სიხშირე და კუთხური სიჩქარე ერთნაირია;

### თემასთან დაკავშირებული საკვანძო შეკითხვები:

- რა განსხვავებაა ვექტორულ და სკალარულ სიდიდეებს შორის?
- როგორ შეეკრებოთ ორი ვექტორი სამკუთხედის წესით? პარალელოგრამის წესით?
- დასაშველი ვექტორის მოდულია მეტი თუ მდგენელების მოდულების ჯამი?
- რა შემთხვევაშია სინქარის გეგმილი სინქარის მოდულის ტოლი? მოდულის ტოლი მინუს ნიშნით?
- რატომაა წრფივი თანაბარი მოძრაობის სინქარის გრაფიკი დროის ღერძის პარალელური?
- სინქარის გრაფიკის დახმარებით როგორ ვიპოვოთ დროის ნებისმიერ შუალედში შესრულებული გადაადგილების მოდული?
- რაში მდგომარეობს მოძრაობის ფარდობითობა?
- რიცხობრივად რისი ტოლია გავლილი მანძილის საშუალო სინქარე?
- წრფეზე არათანაბარი მოძრაობისას იცვლება თუ არა მყისიერი სინქარე?
- რა განსხვავებაა სხეულის სინქარის ცვლილებასა და სინქარის ცვლილების სისწრაფეს შორის?
- რა განსხვავებაა აჩქარებულ და თანაბარაჩქარებულ მოძრაობას შორის?
- რატომაა აჩქარება ვექტორული სიდიდე?
- წრფივი მოძრაობისას, როცა სხეულის აჩქარებას მოძრაობის მიმართულება აქვს, როგორ იცვლება მისი სინქარე?
- რატომაა წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობის გადაადგილების გეგმილისა და კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი პარაბოლა?
- რა შემთხვევაში იქნება გადაადგილების საშუალო სინქარე ნულის ტოლი თანაბარაჩქარებული მოძრაობის დროს?
- რატომაა წრეწირზე თანაბარი მოძრაობა აჩქარებული, მიუხედავად იმისა, რომ სინქარის მოდული უცვლელია?
- რატომ უწოდეს წრეწირზე მოძრავი სხეულის აჩქარებას ცენტრისკენული?

### თემის ფარგლებში დასამუშავებელი საკითხები/ქვეცნებები:

- მექანიკის ძირითადი ამოცანა/ მოძრაობა, გადაადგილება, სინქარე, კოორდინატის ცვლილება;
- სკალარული და ვექტორული სიდიდეები. მოქმედებები ვექტორებზე/ გადაადგილება, მოძრაობის მიმართულება, სინქარის მიმართულება;
- ვექტორის გეგმილი და ვექტორის მდგენელი/ გადაადგილება, მოძრაობა, მოძრაობის მიმართულება, სინქარის მიმართულება;
- წრფივი თანაბარი მოძრაობა/ მოძრაობა, სინქარე, კოორდინატის ცვლილება, გადაადგილება;
- მოძრაობის ფარდობითობა/ მოძრაობა, სინქარე, კოორდინატის ცვლილება, გადაადგილება;
- მყისი სინქარე და საშუალო სინქარე/საშუალო სინქარე, მყისი სინქარე, მოძრაობა, გადაადგილება, კოორდინატის ცვლილება, სინქარის ცვლილება;
- აჩქარება – თანაბარაჩქარებული მოძრაობა/ მოძრაობა, სინქარე, აჩქარება, კოორდინატის ცვლილება, სინქარის ცვლილება, გადაადგილება, საშუალო სინქარე, მყისი სინქარე;
- მრუდწირული მოძრაობა/ მოძრაობა, სინქარე, აჩქარება, სინქარის ცვლილება, გადაადგილება, საშუალო სინქარე, მყისი სინქარე, ბრუნვა, ცენტრისკენული აჩქარება, წირითი სინქარე, კუთხური სინქარე, პერიოდი, სიხშირე;
- ცენტრისკენული აჩქარება/ მოძრაობა, სინქარე, აჩქარება, სინქარის ცვლილება, გადაადგილება, საშუალო სინქარე, მყისი სინქარე, ბრუნვა, ცენტრისკენული აჩქარება, წირითი სინქარე, კუთხური სინქარე, პერიოდი, სიხშირე.

<p><b>სამიზნე ცნება და მასთან დაკავშირებული მკვედრი წარმოდგენები</b> (გრძელვადიანი სასწავლო მიზანი)</p>	<p><b>საკითხები/ქვეცნებები:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• აჩქარებული მოძრაობა/ სიჩქარე, მოძრაობა, აჩქარება.</li> <li>• თანაბარი მოძრაობა/ სიჩქარე, მოძრაობა, აჩქარება</li> </ul>	<p><b>საკვანძო შეკითხვა/ შეკითხვები:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. როგორ არის დამოკიდებული ავტომობილის სამუხრუჭე მანძილი საბურავებისა და გზის საფარის ზედაპირების დამუშავების ხარისხზე?</li> <li>2. არის თუ არა დამოკიდებული ავტომობილის სამუხრუჭე მანძილი იმ ნივთიერებაზე, რომლისგანაც საბურავებს ამზადებენ?</li> </ol>	<p><b>კომპლექსური დავალების პირობა</b> (შუალედური სასწავლო მიზანი)</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------

<p><b>მატერია – ფიზ.საბ. 1 მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</b></p> <p>1) მატერიის ორი სახის, ნივთიერებისა და ველის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეები სხვადასხვა გარემოებაზე დამოკიდებულია:</p> <p>ა) ნივთიერების გვარობაზე, ტემპერატურაზე, და გარემო პირობებზე.</p> <p>ბ) ველის შემქმნელი ობიექტების ურთიერთმდებარეობაზე და მათ მიერ ველის შექმნის უნარზე.</p> <p>2) მატერიის სახეების ფიზიკური თვისებები და მათი ცვლილებები მრავალი გარემოებით აიხსნება:</p> <p>ა) ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების ქაოსურად მოძრაობით, ერთმანეთთან ურთიერთქმედებით, მათ შორის შუალედების არსებობით და სამივე მათგანის ცვლილებით;</p> <p>ბ) ველის წარმომქმნელი ობიექტების მოძრაობით, სივრცული განლაგებით და ამ ობიექტების მიერ მოცემული ველის წარმოქმნის უნარით.</p>	<p><b>კომპლექსური დავალების შესრულების ეტაპები</b> (აქტივობები, საკვანძო შეკითხვები, რესურსები)</p> <p><b>ეტაპი I – კომპლექსური დავალების პირობის გაგნობა:</b></p> <p>ალბათ გინახავთ გზაზე დატოვებული ავტომობილის საბურავების კვალი. ეს ძირითადად ავტომობილების მკვეთრი დამუხრუჭების შემდეგ სრიალისას წარმოიქმნება. საგზაო მოძრაობის უსაფრთხოებიდან გამომდინარე, მნიშვნელოვანია ვიცოდეთ, თუ რა მანძილზე გასრიალდება ავტომობილი მკვეთრი მუხრუჭის გამოყენების შემდეგ. სწორედ ამ მანძილებს მიხედვით ადგენენ საგზაო მოძრაობის წესების ნაწილს, რომელიც ავტომობილებს შორის დისტანციის დაცვას უკავშირდება. თქვენი ამოცანაა გამოიკვლიოთ, არის თუ არა დამოკიდებული სამუხრუჭე მანძილი და სამუხრუჭე დრო ავტომობილების მასაზე, მათ სიჩქარეზე და იმ ნივთიერებაზე, რომლისგანაც საბურავები დამზადებულია.</p> <p><b>ეტაპი II. მოსწავლეთა წინარეცოდნის გააქტიურება და კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობა</b></p> <p><b>რესურსი N 1</b> ხახუნის ძალა (იხილეთ ბმული: <a href="https://tinyurl.com/36w3b79k">https://tinyurl.com/36w3b79k</a>)</p> <p><b>ა) მოსწავლეთა წინარე ცოდნის გასააქტიურებლად შესაძლებელია დავსვათ შემდეგი ტიპის შეკითხვები:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• როგორ გამოითვლება რაიმე ზედაპირზე მოსრიალე სხეულზე მოქმედი სრიალის ხახუნის ძალა?</li> <li>• რომელი ფიზიკური სიდიდეები შედის სრიალის ხახუნის ძალის გამოსათვლელ ფორმულაში?</li> <li>• რა განსაზღვრავს სრიალის ხახუნის კოეფიციენტს?</li> </ul> <p><b>რესურსი N 2</b> პარაგრაფები მეცხრე კლასის სახელმძღვანელოდან: აჩქარებული მოძრაობა, თანაბარაჩქარებული მოძრაობის სიჩქარის დროზე დამოკიდებულება, თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას გადაადგილების დროზე დამოკიდებულება.</p> <p><b>მოსწავლეთა წინარე ცოდნის გასააქტიურებლად შესაძლებელია დავსვათ შემდეგი ტიპის შეკითხვები:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• რას ეწოდება აჩქარებული მოძრაობა?</li> <li>• რას ეწოდება თანაბარაჩქარებული მოძრაობა?</li> <li>• შეიძლება თუ არა, რომ თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას სხეულის სიჩქარის მოდული მცირდებოდეს?</li> <li>• როგორ გამოითვლება თანაბარაჩქარებული მოძრაობის აჩქარება?</li> <li>• როგორ გამოითვლება თანაბარაჩქარებულად მოძრავი სხეულის მიერ გავლილი მანძილი?</li> </ul>	<p>ავტომობილის საბურავების მწარმოებელმა კომპანიამ გადაწყვიტა გამოემუშავა განსხვავებული მოჭიდების მქონე საბურავები ავტომობილების მასის განსხვავებისა და ამინდის მიხედვით. მათ სურთ გამოიკვლიონ, თუ არის თუ არა დამოკიდებული ავტომობილის „სამუხრუჭე მანძილი“ (მკვეთრი დამუხრუჭებიდან გაჩერებამდე გავლილი მანძილი) და „სამუხრუჭე დრო“ (მკვეთრი დამუხრუჭებიდან გაჩერებამდე დროის შუალედი) ავტომობილის მასაზე, დამუხრუჭების დასაწყისში ავტომობილის სიჩქარეზე და საბურავების გზის საფართან ხახუნის კოეფიციენტზე. დაეხმარეთ მათ კვლევის ჩატარებაში. სიმარტივისათვის განიხილეთ მხოლოდ გზის ჰორიზონტალურ უბანზე დამუხრუჭება. მიიჩნეთ, რომ მკვეთრი დამუხრუჭებიდან გაჩერებამდე ავტომობილის ოთხივე ბორბალი სრიალებს გზის საფარზე, ხოლო ამ დროს ავტომობილი მუხრუჭდება მუდმივი აჩქარებით, რომლის მოდულია <math>a = \mu g</math>. (<math>\mu</math> სრიალის ხახუნის კოეფიციენტი საბურავებსა და გზის საფარს შორის, ხოლო <math>g</math> მუდმივია და მიახლოებით 9,8 ნ/კგ-ია) თუ რატომ გამოითვლება აჩქარება ამ ფორმულით, მომდევნო თავში დეტალურად გაეცნობით).</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



<p>3) მატერიის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეების ცვლილება დამოკიდებულია გარემო პირობებზე. აღნიშნული ფიზიკური სიდიდეების კავშირი ერთმანეთთან და მათი ცვლილების გამოწვევებზე სხვა ფიზიკურ სიდიდეებთან შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებით და სხვა მეთოდებით.</p> <p><b>კვლევა – ფიზ.საბ. 4, 5, 6, 7, 8, 9 მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</b></p> <p>1) კვლევის მეთოდებია: ცდა (ექსპერიმენტი), ინფორმაციის მოძიება, მონაცემების დამუშავება ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით და სხვა, გამოკითხვა, ვირტუალურ ლაბორატორიაში რეალური მოვლენის მოდელირება და სხვა. ექსპერიმენტის მსვლელობისას აუცილებელია უსაფრთხოების წესების დაცვა.</p> <p>2) რეალური მოვლენის მოდელირებისას შესაძლოა უგულებელყოფილ იქნას გარკვეული ფაქტორები, რის გამოც რეალობისაგან აცდენილ შედეგს მივიღებთ.</p>	<p><b>ბ) კომპლექსური დავალების განხორციელებისას მოსწავლეებს შესაძლებელია დავებმართ შემდეგი დამხმარე კითხვებით:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• არის თუ არა დამოკიდებული თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას გავლილი მანძილისა და მოძრაობის დროის გამოსათვლელი ფორმულები სხეულის მასაზე?</li> <li>• როგორ შეიცვლება საბურავსა და გზის საფარს შორის ხახუნის კოეფიციენტი, თუ საბურავს ისეთი მასალისაგან დავამზადებთ, რომლის ზედაპირიც უფრო მქისე იქნება?</li> <li>• როგორ შეიცვლება საბურავებსა და გზის საფარს შორის ხახუნის კოეფიციენტი, თუ გზის საფარი მეტად მქისე იქნება?</li> <li>• როგორ შეიცვლება საბურავებსა და გზის საფარს შორის ხახუნის კოეფიციენტი, თუ მანამდე მშრალი და სუფთა გზის საფარი დასველდება?</li> <li>• როგორ შეიცვლება საბურავებსა და გზის საფარს შორის ხახუნის კოეფიციენტი გზის თოვლის ფენით დაფარვისას?</li> <li>• როგორ შეიცვლება ავტომობილის აჩქარება მისი დამუხრუჭებისას, თუ საბურავებსა და გზის საფარს შორის ხახუნის კოეფიციენტი გაიზრდება?</li> <li>• როგორ შეიცვლება ავტომობილის სამუხრუჭე მანძილი, მოულოთ მეტი აჩქარებით დამუხრუჭებისას?</li> <li>• როგორ შეიცვლება ავტომობილის სამუხრუჭე დრო მოდულით მეტი აჩქარებით დამუხრუჭებისას?</li> <li>• რომელ შეთხვევაში იქნება მეტი, მოდულით ერთნაირი აჩქარებით მოძრავი ავტომობილის გასაჩერებლად საჭირო დრო, როდესაც იგი დიდი სიჩქარით მოძრაობს, თუ – მცირე სიჩქარით?</li> <li>• რომელ შემთხვევაში გაივლის მეტ მანძილს ავტომობილი ერთი და იმავე მოდულის აჩქარებით დამუხრუჭებისას, როდესაც დიდი სიჩქარით მოძრაობს, თუ – მცირე სიჩქარით?</li> </ul> <p><b>თქვენი დასკვნები წარმოადგინეთ პრეზენტაციის სახით. გამოიყენეთ powerpoint.</b></p>	<p><b>ნაშრომში/ნაშრომის პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინეთ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• აჩქარების გამოსათვლელი მოცემული ფორმულიდან გამომდინარე, ერთნაირი იქნება თუ არა სხვადასხვა მასის ავტომობილის სამუხრუჭე მანძილი ერთი და იმავე გზის საფარზე, თუ მათ ერთნაირი მასალისაგან დამზადებული საბურავები ექნებათ; (მატერ. მვიდრ. N1)</li> <li>• არის თუ არა დამოკიდებული ავტომობილის სამუხრუჭე მანძილი იმ ნივთიერებაზე, რომლისგანაც საბურავები მზადდება; (მატერ. მვიდრ. N1)</li> <li>• არის თუ არა სამუხრუჭე დრო დამოკიდებული იმ ნივთიერებაზე, რომლისგანაც საბურავები მზადდება; (მატერ. მვიდრ. N1)</li> <li>• როგორაა დამოკიდებული სამუხრუჭე მანძილი და სამუხრუჭე დრო, გზის საფარის დამუშავების ხარისხზე (მატერ. მვიდრ. N1);</li> <li>• როგორაა დამოკიდებული ავტომობილის სამუხრუჭე მანძილი და სამუხრუჭე დრო ამინდზე (განიხილეთ თოვლიანი და წვიმიანი ამინდი); (მატერ. მვიდრ. N1,3)</li> <li>• რა განსხვავებაა ზამთრისთვის და ზაფხულისთვის განკუთვნილ საბურავებს შორის; (მატერ. მვიდრ. N 2,3)</li> <li>• რატომ ვცვლით საბურავებს, როდესაც მისი გარსი პრიალა ხდება; (მატერ. მვიდრ. N2,3)</li> <li>• რატომ არის აუცილებელი ჩქაროსნულ ავტომანქანებზე მოძრაობისას ავტომობილებს შორის უფრო დიდი დისტანციის დაცვა, ვიდრე ქალაქის ქუჩებში მოძრაობისას. (მატერ. მვიდრ. N 3)</li> <li>• კვლევის რომელი მეთოდები გამოიყენეთ დავალებაზე მუშაობისას; (კვლევა. მვიდრ. N1)</li> <li>• რა არ გაითვალისწინეთ და რის გამო შეიძლება იყოს თქვენი დასკვნები აცდენილი რეალურ სურათს; (კვლევა. მვიდრ. N2)</li> </ul>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**შეფასების კრიტერიუმები:**

- მოსწავლე განსაზღვრავს, სამუხრუჭე მანძილის მასაზე დამოკიდებულებას, როდესაც ავტომობილებს ერთნაირი მასალისაგან დამზადებული საბურავები აქვთ;
- მოსწავლე მსჯელობს, არის თუ არა დამოკიდებული სამუხრუჭე მანძილი იმ ნივთიერებაზე, რომლისგანაც საბურავები მზადდება;
- მოსწავლე მსჯელობს, არის თუ არა დამოკიდებული სამუხრუჭე დრო იმ ნივთიერებაზე, რომლისგანაც საბურავები მზადდება;
- მოსწავლე მსჯელობს, არის თუ არა დამოკიდებული სამუხრუჭე მანძილი და სამუხრუჭე დრო გზის საფარის დამუშავების ხარისხზე;
- მოსწავლე მსჯელობს, როგორაა დამოკიდებული სამუხრუჭე მანძილი და სამუხრუჭე დრო ამინდზე;
- მოსწავლე მსჯელობს, რა განსხვავებაა ზამთრისა და ზაფხულისთვის განკუთვნილ საბურავებს შორის;
- მოსწავლე მსჯელობს, თუ რატომ არის აუცილებელი საბურავების გამოცვლა, როდესაც მისი ზედაპირი გამცვდარია;
- მოსწავლე, კვლევისას ავლენს ლოგიკური მსჯელობის, მონაცემების ანალიზისა და დამუშავების უნარებს;
- მოსწავლე ასახელებს გარეფაქტორებს, რის გამოც მისი დასკვნები შეიძლება იყოს აცდენილი რეალურ სურათს.

<p><b>სამიზნე ცნება და მასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები (გრძელვადიანი სასწავლო მიზანი)</b></p>	<p><b>საკითხები/ქვეცნებები:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• კინეტიკური და პოტენციალური ენერგია /მექანიკური ენერგია;</li> <li>• ენერგიის მუდმივობის კანონი / მექანიკური ენერგია, სითბური ენერგია</li> </ul>	<p><b>საკვანძო შეკითხვა/ შეკითხვები:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• როგორ გამოვითვალოთ თვითმფრინავის სხვადასხვა სახის მოძრაობის დროს მის მიერ მოხმარებული ენერგია?</li> </ul>	<p><b>კომპლექსური დავალების პირობა (შუალედური სასწავლო მიზანი)</b></p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------

<p><b>ენერგია და ურთიერთქმედება-ფიზ.საბ. 2.3 მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</b></p> <p>1) სისტემის შემადგენელ სხეულებს მათი მოძრაობისა და სხვა სხეულებთან ურთიერთქმედების გამო, ასევე სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების მოძრაობისა და მათი ერთმანეთთან ურთიერთქმედების გამო შესაძლებელია გააჩნდეთ სხვადასხვა სახის ენერგია (მექანიკური, შინაგანი, ელექტრული და ა.შ.). თუ სისტემა ჩაკეტილია, შესაძლებელია სისტემის შემადგენელი სხეულების ენერგიები იცვლებოდეს, გარდაიქმნას ერთი სახიდან მეორეში, მაგრამ სისტემის სრული ენერგია მუდმივი სიდიდეა.</p>	<p><b>კომპლექსური დავალების განხორციელების ეტაპები (აქტივობები, რესურსები, შეკითხვები)</b></p> <p><b>ეტაპი I – კომპლექსური დავალების პირობის გაცნობა:</b> სატრანსპორტო საშუალებებიდან შორ მანძილებზე გადასაადგილებლად ყველაზე სწრაფია თვითმფრინავი. ამავდროულად იგი ერთ-ერთი ყველაზე მძიმე ტრანსპორტია გემების შემდეგ. ისევე როგორც ყველა დანარჩენ ტრანსპორტს, თვითმფრინავსაც მოძრაობისათვის ესაჭიროება საწვავი – გარკვეული ენერგია. საინტერესოა, როგორ შეიძლება წინასწარ იმის დადგენა, თუ რა ენერგია იქნება საჭირო თვითმფრინავის ფრენისათვის, ერთი ქალაქიდან მეორემდე, ან ერთი ქვეყნიდან – მეორემდე.</p> <p><b>ეტაპი II – წინარე ცოდნის გახსენება და კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობა.</b></p> <p><b>რესურსი 1.</b> მუშაობა, ენერგია, კინეტიკური და პოტენციალური ენერგია, სიმძლავრე (იხილეთ ბმული: <a href="https://tinyurl.com/9c5xcwav">https://tinyurl.com/9c5xcwav</a>).</p> <p>მეცხრე კლასის სახელმძღვანელოდან პარაგრაფები: თანაბარი მოძრაობა, თანაბარაჩქარებული მოძრაობა, სიჩქარისა და აჩქარების გრაფიკები თანაბარაჩქარებული მოძრაობის დროს, გავლილი მანძილის დამოკიდებულება დროზე თანაბარაჩქარებული მოძრაობის დროს.</p> <p>ა) მეცხრე კლასში გავლილი მასალისა და მეცხრე კლასის მიმდინარე მასალის გასახსენებლად შესაძლებელია გამოვიყენოთ შემდეგი კითხვები:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• რას ვუწოდებთ მექანიკურ მუშაობას?</li> <li>• როგორ გამოითვლება მუდმივი ძალის მუშაობა?</li> <li>• რას ვუწოდებთ სიმძლავრეს?</li> <li>• როგორ გამოითვლება სიმძლავრე?</li> <li>• რა არის ენერგია?</li> <li>• როგორ გამოითვლება კინეტიკური ენერგია?</li> <li>• როგორ გამოითვლება სხეულის დედამიწასთან ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგია?</li> <li>• რას ვუწოდებთ მექანიკურ ენერგიას?</li> </ul>	<p>ალბათ ყველას გინახავთ თვითმფრინავის აფრენა. ასაფრენ ბილიკზე მყოფი თვითმფრინავი იწყებს აჩქარებულად მოძრაობას, შემდეგ ზევამი აიჭრება, და გარკვეული დროის განმავლობაში კვლავ განაგრძობს სიჩქარის ზრდას. ამის შემდეგ თვითმფრინავი დანიშნულების ადგილამდე თითქმის თანაბარი სიჩქარით მიფრინავს. ბოლოს კი მიწაზე ეშვება, დასაფრენ ზოლზე მუხრუჭდება და ჩერდება.</p> <p>ზოგიერთი თვითმფრინავი ფრენისას 11 კმ-მდე მანძილზე ადის და 800 კმ/სთ – 900 კმ/სთ სიჩქარეს ავითარებს. მათი მასა ტვირთთანა და კი შესაძლოა 500 ტონასაც აღემატებოდეს. გიფიქრიათ რა ენერგიის ხარჯზე ახერხებს ასეთი მძიმე სხეულები ასეთ სიმაღლეზე ასვლას, ამხელა სიჩქარის განვითარებას და ათობით ათასი კილომეტრი მანძილის დაფარვას? მათზე, ხომ ჰაერის წინააღმდეგობის ძალებიც მოქმედებს, რომლის დასაძლევად დამატებითი ენერგიაა საჭირო!</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

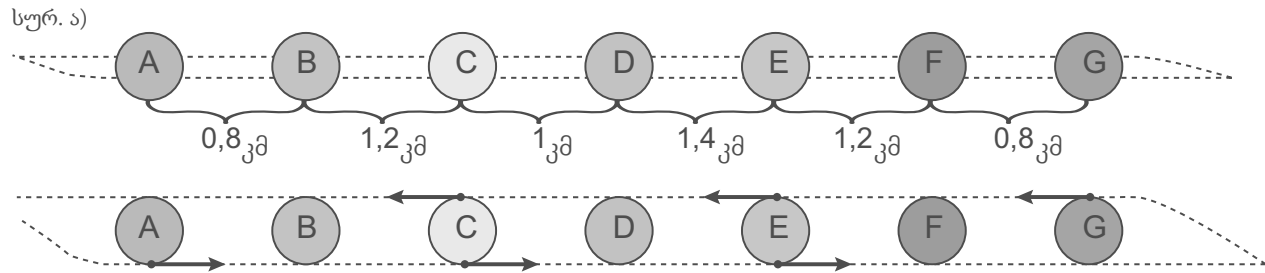
<p>2) სხეულის (სხეულთა სისტემის) ენერგიის ცვლილება განისაზღვრება მის მიერ (მასზე გარე ძალების მიერ) მუშაობის შესრულებით ან/და თბოგადაცემით, ხოლო ამ სხეულის (სხეულთა სისტემის) მიერ შესრულებული მუშაობის (ენერგიის ცვლილების) სისწრაფეს ამ სხეულის (სხეულთა სისტემის) მიერ განვითარებული სიმძლავრე განსაზღვრავს.</p> <p>3) სხეულებს შორის ურთიერთქმედება რაოდენობრივად ხასიათდება ფიზიკური სიდიდით ძალით და იგი შესაძლებელია იყოს ოთხი სხვადასხვა სახის (გრავიტაციული, ელექტრომაგნიტური, ძლიერი, სუსტი). ეს ურთიერთქმედება ყოველთვის ორმხრივია და ხორციელდება უშუალო „კონტაქტით“ ან ველის საშუალებით.</p> <p>4) სხეულზე ერთი ძალის ან ძალების ტოლქმედის მოქმედება იწვევს ამ სხეულის სიჩქარის ცვლილებას ან/და მის დეფორმაციას.</p> <p>ძალის (ტოლქმედის) მოქმედების შედეგი კი დამოკიდებულია მის მოდულზე, მიმართულებაზე, მოდების წერტილზე, მოქმედების ხანგრძლივობაზე და სხეულის იმ ზედაპირის ფართობზე, რომელზეც ეს ძალა (ტოლქმედი) მოქმედებს. ამასთან თუ გარე ძალა აწარმოებს წნევას სითხეზე ან აირზე, წნევა ყველა მიმართულებით ერთნაირად ვრცელდება.</p> <p>5) სხეულთა სისტემაზე მოქმედი გარე ძალების ტოლქმედის მნიშვნელობა განსაზღვრავს ამ სისტემის ენერგიისა და იმპულსის ცვლილებას, ხოლო მყარ სხეულზე მოქმედი ძალების ტოლქმედისა და ამ ძალების მომენტების ჯამის მნიშვნელობა – სხეულის წონასწორობის პირობას.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• მექანიკური ენერგიის რომელი სახეები იცით?</li> <li>• როგორ იცვლება სხეულის კინეტიკური და პოტენციალური ენერგია, სხეულის ვერტიკალურად ვარდნისას?</li> <li>• როგორ გამოვთვალოთ ადგილიდან დაძრული სხეულის კინეტიკური ენერგიის ცვლილება, თუ ვიცით მისი საბოლოო კინეტიკური ენერგია?</li> <li>• რას ეწოდება თანაბარი მოძრაობა?</li> <li>• როგორ გამოითვლება გავლილი მანძილი თანაბარი მოძრაობისას?</li> <li>• არის თუ არა დამოკიდებული დროზე თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე?</li> <li>• როგორი სახე აქვს თანაბარი მოძრაობის სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკს?</li> <li>• რას ეწოდება თანაბარჩქარეული მოძრაობა?</li> <li>• როგორ გამოითვლება თანაბარჩქარეული მოძრაობის დროს გავლილი მანძილი და გადაადგილება?</li> <li>• როგორი სახე აქვს თანაბარჩქარეული მოძრაობის სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკს?</li> </ul> <p><b>რესურსი 2 – ინერცია</b> (იხ. ბმული: <a href="https://tinyurl.com/j42p2mez">https://tinyurl.com/j42p2mez</a>)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• რა შემთხვევაში არ იცვლება სხეულის სიჩქარე?</li> <li>• რა პირობას უნდა აკმაყოფილებდნენ სხეულზე მოქმედი ძალები, რომ სხეულმა თანაბრად იმოძრაოს?</li> </ul> <p><b>რესურსი 3.</b> მუშაობა, ენერგია, კინეტიკური და პოტენციალური ენერგია, სიმძლავრე (იხილეთ ბმული: <a href="https://tinyurl.com/yekp2jfu">https://tinyurl.com/yekp2jfu</a>).</p> <p>მეცხრე კლასის სახელმძღვანელოდან პარაგრაფები: თანაბარი მოძრაობა, თანაბარჩქარეული მოძრაობა, სიჩქარისა და აჩქარების გრაფიკები თანაბარჩქარეული მოძრაობის დროს, გავლილი მანძილის დამოკიდებულება დროზე თანაბარჩქარეული მოძრაობის დროს.</p> <p>ბ) კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობისას მასწავლებელმა მოსწავლეთა დასახმარებლად შესაძლებელია დასვას შემდეგი კითხვები:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• როგორ იცვლება წრფივ გზაზე ერთი მიმართულებით თანაბარჩქარეულად მოძრაობის სხეულის კინეტიკური ენერგია?</li> <li>• იცვლება თუ არა წრფივ ჰორიზონტალურ გზაზე მოძრაობის სხეულის პოტენციალური ენერგია?</li> <li>• როგორ გამოითვლით ბილიკზე ადგილიდან დაძრული თვითმფრინავია აჩქარებას თუ იცით მის მიერ აფრენამდე გავლილი მანძილი და გაქანების დრო?</li> <li>• როგორ გამოითვლით თვითმფრინავის სიჩქარეს აფრენის მომენტში?</li> <li>• როგორ გამოითვლით თვითმფრინავის კინეტიკურ ენერგიას აფრენის მომენტში?</li> <li>• რისი ტოლი იქნება თვითმფრინავის კინეტიკური ენერგიის ცვლილება დაძვრიდან აფრენის მომენტამდე?</li> <li>• რომელი ენერგიის ხარჯზე იცვლება თვითმფრინავის კინეტიკური ენერგია?</li> <li>• როგორ დაადგინთ თვითმფრინავის კინეტიკური ენერგიის დროზე დამოკიდებულებას ბილიკზე მოძრაობისას?</li> </ul>	<p>დავუშვათ, ცნობილია თვითმფრინავის მასა – <math>m</math>, ასაფრენ ბილიკზე მოძრაობისას გავლილი მანძილი – <math>L</math>, ბილიკზე გაქანების დრო – <math>t_1</math>, ჰორიზონტალური მიმართულებით თანაბარი ფრენისას გავლილი მანძილი <math>S</math> და თანაბრად ფრენის დრო <math>t_2</math>, წარმოიდგინეთ, რომ თქვენ ხართ ერთ-ერთი ვინც უნდა მისცეთ რჩევები თვითმფრინავის ტექნიკურ ჯგუფს, რომ მათ ხანგრძლივი ფრენისათვის მოამარაგონ საწვავი თვითმფრინავში. ამისათვის თქვენ დაგჭირდებათ სხვადასხვა მოძრაობის დროს თვითმფრინავის ენერგიის ხარჯის შეფასება.</p> <p><b>ნაშრომში ნაშრომის პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინეთ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ძირითადად რას გამოიყენებენ ენერგიის წყაროდ თვითმფრინავის ძრავებში (ენერგ. მვიდრ. N1);</li> <li>• იცვლება თუ არა თვითმფრინავის კინეტიკური და პოტენციალური ენერგია ასაფრენ ბილიკზე წრფივი მოძრაობისას, მის აფრენამდე; (ენერგ. მვიდრ. N2)</li> <li>• რა ენერგიას დახარჯავს თვითმფრინავი ასაფრენ ბილიკზე გაქანებისას, თუ მოძრაობას თანაბარჩქარეულად მივიჩნევთ და ჰაერის წინააღმდეგობას არ გავითვალისწინებთ; (ენერგ. მვიდრ. N 3,4,5)</li> <li>• როგორი სახის იქნება თვითმფრინავის მიერ გაქანების პროცესში დახარჯული ენერგიის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი, თუ მოძრაობას თანაბარჩქარეულად მივიჩნევთ და ჰაერის წინააღმდეგობას არ გავითვალისწინებთ; (ენერგ. მვიდრ. N6)</li> <li>• შეძლებს თუ არა თვითმფრინავი ჰორიზონტალურად მიმართული სიჩქარით თანაბრად ფრენას, თუ მას საწვავი ამოეწურება? (ენერგ. მვიდრ. N5)</li> </ul>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>6) სხეულის (სხეულთა სისტემის) ენერგიებისა და მათი ცვლილების დამოკიდებულება ენერგიების ცვლილების გამომწვევ მიზეზებთან, ასევე სხეულთა სისტემის მდგომარეობის აღწერი პარამეტრებისა და ამ მდგომარეობის გამომწვევი ძალის (ძალების) ერთმანეთთან დამოკიდებულება შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებით და სხვა მეთოდებით.</p> <p><b>კვლევა-ფიზ.საბ. 4,5,6,7,8,9</b> <b>მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</b></p> <p>1) კვლევის მეთოდებია: ცდა (ექსპერიმენტი), ინფორმაციის მოძიება, მონაცემების დამუშავება ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით და სხვა, გამოკითხვა, ვირტუალურ ლაბორატორიაში რეალური მოვლენის მოდელირება და სხვა. ექსპერიმენტის მსვლელობისას აუცილებელია უსაფრთხოების წესების დაცვა. 2) რეალური მოვლენის მოდელირებისას შესაძლოა უგულებელყოფილ იქნას გარკვეული ფაქტორები, რის გამოც რეალობისაგან აცდენილ შედეგს მივიღებთ.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>როგორ დაადგენთ თვითმფრინავის მიერ მოხმარებული ენერგიის დროზე დამოკიდებულებას ბილიკზე მოძრაობისას?</li> <li>როგორ ავსებთ ამ დამოკიდებულების გრაფიკი?</li> <li>იმომრავლეს თუ არა თვითმფრინავი თანაბრად ჰორიზონტალური მიმართულებით, როდესაც მასზე მხოლოდ ჰაერის წინააღმდეგობის ძალა მოქმედებს?</li> <li>როგორ გამოთვლით თვითმფრინავის ძრავას სიმძლავრეს მისი ჰორიზონტალური მიმართულებით თანაბარი სიჩქარით ფრენისას?</li> <li>როგორ გამოითვლით თვითმფრინავის მიერ მოხმარებულ ენერგიას ამ მოძრაობისას?</li> <li>როგორ იქნება დამოკიდებული თვითმფრინავის ძრავას სიმძლავრე დროზე, მისი ჰორიზონტალური მიმართულებით თანაბარი სიჩქარით ფრენისას?</li> <li>როგორ ავსებთ ამ დამოკიდებულების გრაფიკი?</li> <li>თუ თვითმფრინავის სიჩქარე არ იცვლება, რას ხმარდება თვითმფრინავის მიერ მოხმარებული ენერგია თანაბარი სიჩქარით ფრენისას?</li> <li>როგორ ავსებთ დახარჯული ენერგიის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი თანაბარი სიჩქარით ფრენისას?</li> </ul> <p><b>თქვენნი დასკვნები წარმოადგინეთ პრეზენტაციის სახით. ააგეთ შესაბამისი დამხმარე ნახაზები და გამოიყენეთ პროგრამა powerpoint.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>როგორ იქნება დამოკიდებული თვითმფრინავის ძრავას სიმძლავრე და დახარჯული ენერგია თანაბარი ფრენისას, მასზე მოქმედ ჰაერის წინააღმდეგობის ძალაზე; (ენერგ. მვიდრ. N 3,4,5,6)</li> <li>როგორი სახის იქნება თვითმფრინავის ჰორიზონტალური მიმართულებით თანაბარი ფრენის პროცესში დახარჯული ენერგიის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი, თუ ჰაერის წინააღმდეგობის ძალა F-ის ტოლია; (ენერგ. მვიდრ. N 3,4,5,6)</li> <li>კვლევის რომელი მეთოდები გამოიყენეთ დავალებაზე მუშაობისას; (კვლევა. მვიდრ. N1)</li> <li>რა არ გაითვალისწინეთ და რის გამო შეიძლება იყოს აცდენილი თქვენნი დასკვნები რეალურ სურათს; (კვლევა. მვიდრ. N2)</li> </ul>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p><b>შეფასების კრიტერიუმები:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>მოსწავლე ასახელებს ენერგიის წყაროებს, რომლის გამოყენებაც შესაძლებელია საფრენ აპარატებში;</li> <li>მოსწავლე მსჯელობს, იცვლება თუ არა თვითმფრინავის კინეტიკური და პოტენციალური ენერგია მისი ჰორიზონტალური მიმართულებით თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას;</li> <li>მოსწავლე განსაზღვრავს, თუ რა ენერგიას დახარჯავს თვითმფრინავი ასაფრენ ბილიკზე თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას, როდესაც უგულებელყოფილია თვითმფრინავზე მოქმედი წინააღმდეგობის ძალები;</li> <li>მოსწავლე ავსებს თვითმფრინავის გაქანების პროცესში მისი ენერგიის ხარჯის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკს;</li> <li>მოსწავლე მსჯელობს, შეძლებს თუ არა თვითმფრინავი ჰორიზონტალურად მიმართული სიჩქარით თანაბრად ფრენას, თუ მას საწვავი ამოეწურება;</li> <li>მოსწავლე მსჯელობს, თუ როგორ იქნება დამოკიდებული თვითმფრინავის ძრავას სიმძლავრე და დახარჯული ენერგია თანაბარი ფრენისას, მასზე მოქმედ ჰაერის წინააღმდეგობის ძალაზე</li> <li>მოსწავლე მსჯელობს, თუ როგორი სახის იქნება თვითმფრინავის ჰორიზონტალური მიმართულებით თანაბარი ფრენის პროცესში დახარჯული ენერგიის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი, თუ ჰაერის წინააღმდეგობის ძალა F-ის ტოლია;</li> <li>მოსწავლე, კვლევისას ავლენს ლოგიკური მსჯელობის, მონაცემების ანალიზისა და დამუშავების უნარებს;</li> <li>მოსწავლე ასახელებს გარეფაქტორებს, რის გამოც მისი დასკვნები შეიძლება იყოს აცდენილი რეალურ სურათს.</li> </ul>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>სამიზნე ცნება და მასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები (გრძელვადიანი სასწავლო მიზანი)</p>	<p>საკითხები/ქვეცნებები:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• თანაბარი მოძრაობა / სიჩქარე, მოძრაობა, კოორდინატის ცვლილება,</li> <li>• თანაბარჩქარეული მოძრაობა/ სიჩქარე, მოძრაობა, აჩქარება, კოორდინატის ცვლილება.</li> </ul>	<p>საკვანძო შეკითხვა/ შეკითხვები:</p> <p>1. როგორ გამოვიყენოთ მოძრაობის კანონები მატარებლების მოძრაობის განრიგის დასაგეგმად?</p>	<p>კომპლექსური დავალების პირობა (შუალედური სასწავლო მიზანი)</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------

<p><b>მოძრაობა და ცვლილებები- ფიზ.საბ. 2,3 მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</b></p> <p>1) სხეულთა მოძრაობა შესაძლებელია განსხვავდებოდეს ტრანექტორიის ფორმით, სიჩქარით ან სიჩქარის ცვლილების ხასიათით. მოძრაობის ძირითადი სახეებია: გადატანითი მოძრაობა და ბრუნვა.</p> <p>2) მოძრაობის მახასიათებელ ფიზიკურ სიდიდეებს შორის ან/და ამ სიდიდეებისა და მათი ცვლილების მიზეზებს შორის დამოკიდებულება შესაძლებელია აღწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებით ან სხვა ფორმით.</p> <p>3) მოძრაობის მახასიათებელი ზოგიერთი ფიზიკური სიდიდე და მოძრაობის ტრანექტორია შესაძლოა განსხვავებული იყოს სხვადასხვა ათვლის სისტემის მიმართ, ხოლო ერთსა და იმავე ათვლის სისტემაში მოძრაობის მახასიათებელ სიდიდეებს/ მათ ცვლილებებს განსაზღვრავს გარეგანი ფაქტორების არსებობა.</p>	<p><b>კომპლექსური დავალების შესრულების ეტაპები</b> (აქტივობები, საკვანძო შეკითხვები, რესურსები)</p> <p><b>ეტაპი I – კომპლექსური დავალების პირობის გაცნობა</b></p> <p>ალბათ ყველას გიმგზავრიათ მატარებლით, გინახავთ როგორ მუხრუჭდება იგი სადგურთან მიახლოებისას ან როგორ აჩქარდება – დაძვრისას. გიფიქრიათ, როგორ არეგულირებენ მატარებლების მოძრაობის განრიგს? ზოგიერთი მათგანი ხომ ერთსა და იმავე ლიანდაგზე მოძრაობს. რატომ არ ეჯახებიან ისინი ერთმანეთს? ამ კითხვაზე პასუხის გასაცემად განვიხილოთ ამოცანა მატარებლების მოძრაობის განრიგთან დაკავშირებით.</p> <p><b>ეტაპი II. მოსწავლეთა წინარეცოდნის გააქტიურება და კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობა:</b></p> <p><b>რესურსი N 1 პარაგრაფები სახელმძღვანელოდან:</b> თანაბარი მოძრაობა, თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე, თანაბარჩქარეული მოძრაობა, თანაბარჩქარეული მოძრაობის სიჩქარის დროზე დამოკიდებულება, თანაბარჩქარეული მოძრაობისას გავლილი მანძილის დროზე დამოკიდებულება.</p> <p>ა) მოსწავლეთა წინარე ცოდნის გასააქტიურებლად შესაძლებელია დავსვათ შემდეგი შეკითხვები:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• რას ეწოდება თანაბარი მოძრაობა?</li> <li>• იცვლება თუ არა სხეულის სიჩქარის მოდული თანაბარი მოძრაობისას?</li> <li>• რას ეწოდება წრფივი თანაბარი მოძრაობა?</li> <li>• იცვლება თუ არა სხეულის სიჩქარის მოდული და მიმართულება წრფივი თანაბარი მოძრაობისას?</li> <li>• როგორ გამოითვლება სხეულის მიერ გავლილი მანძილი თანაბარი მოძრაობის დროს?</li> <li>• როგორ გამოითვლება სხეულის მიერ გავლილი მანძილი თანაბარჩქარეული მოძრაობის დროს?</li> <li>• როგორ გამოითვლება სხეულის საშუალო სიჩქარე თანაბარჩქარეული მოძრაობის დროს?</li> </ul>	<p>სატრანსპორტო საშუალებებიდან ერთ-ერთი ყველაზე სწრაფი და იმავდროულად ეკოლოგიური, მეტროს მატარებელია. მეტროპოლიტენის მარშრუტები რამდენიმე ხაზისგან შედგება. მაგალითად თბილისის მეტროპოლიტენში 2 ხაზია, რომლებიც ერთი სადგურით უკავშირდება ერთმანეთს (სადგურის მოედანი).</p> <p>წარმოიდგინეთ, რომ თქვენ უნდა დაამტკიცოთ ერთ-ერთი ქალაქის მეტროპოლიტენის ერთ-ერთ ხაზზე მატარებლების მოძრაობის განრიგის გეგმა. ამ ხაზზე 7 სადგურია, რომელთა შორის მანძილები გამოსახულია სქემაზე იხ სურ ა)-ზე. პირობითად, სადგურებს დავარქვათ A, B, C, D, E, F და G სახელები. სადგურებს შორის გაყვანილია ორი სარკინიგზო ვერხვი, რომლებზეც მატარებლები ურთიერთსაპირისპირო მიმართულებით მოძრაობს. მოცემულ ხაზს ემსახურება 6 მატარებელი. ერთ-ერთმა კომპანიამ შემოგთავაზათ მატარებლების მოძრაობის შემდეგი განრიგი:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• დილით, როდესაც მეტროპოლიტენი მუშაობას იწყებს, მატარებლები განლაგებულია A, C, E და G სადგურებზე და მოძრაობას იწყებენ სურათ ბ)-ზე ნაჩვენები მიმართულებებით.</li> <li>• ყველა სადგურზე, გარდა A და G სადგურებისა, მგზავრთა ჩასხდომა-ჩამოსმის მიზნით მატარებელი გაჩერდება 30 წამით;</li> <li>• A და G სადგურზე მატარებელი მგზავრთა ჩამოსმის მიზნით ჩერდება 15 წამით, ხოლო ჩასხდომის მიზნით 25 წამით;</li> <li>• A-დან B სადგურამდე, და პირიქით B-დან A სადგურამდე მანძილს მატარებელი გაივლის 1 წუთსა და 20 წამში;</li> <li>• დანარჩენ ორ მომდევნო სადგურს შორის მანძილს მატარებელი გაივლის 2 წუთში.</li> </ul>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



სურ. ბ)

<p><b>კვლევა-ფიზ.საბ. 4,5,6,7,8,9 მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</b></p> <p>1) კვლევის მეთოდებია: ცდა (ექსპერიმენტი), ინფორმაციის მოძიება, მონაცემების დამუშავება ანალიზურა, გრაფიკულად, დიაგრამებით და სხვა, გამოკითხვა, ვირტუალურ ლაბორატორიაში რეალური მოვლენის მოდელირება და სხვა. ექსპერიმენტის მსვლელობისას აუცილებელია უსაფრთხოების წესების დაცვა.</p> <p>2) რეალური მოვლენის მოდელირებისას შესაძლოა უგულვებლყოფილ იქნას გარკვეული ფაქტორები, რის გამოც რეალობისაგან აცდენილ შედეგს მივიღებთ.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>რას წარმოადგენს თანაბარი მოძრაობისას გავლილი მანძილის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი?</li> <li>რას წარმოადგენს თანაბარი მოძრაობისას სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი?</li> <li>რას წარმოადგენს თანაბარჩქარებული მოძრაობისას სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი?</li> <li>როგორ ვიპოვოთ სხეულის მიერ გავლილი მანძილი სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკით?</li> </ul> <p><b>რესურსი N 2 პარაგრაფი სახელმძღვანელოდან:</b> თანაბარი მოძრაობა, თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე, თანაბარჩქარებული მოძრაობის სიჩქარის დროზე დამოკიდებულება, თანაბარჩქარებული მოძრაობისას გავლილი მანძილის დროზე დამოკიდებულება.</p> <p>ბ) კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობისას მოსწავლეთა დასახმარებლად შესაძლებელია დავსვათ შემდეგი დამხმარე კითხვები:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>რისი ცოდნაა საჭირო თანაბარი მოძრაობისას სხეულის მიერ გავლილი მანძილის საპოვნელად?</li> <li>როგორ მოძრაობს მატარებელი ერთი სადგურიდან მეორე სადგურამდე?</li> <li>რისი ტოლია მატარებლის საწყისი და საბოლოო სიჩქარე სადგურიდან სადგურამდე მოძრაობისას?</li> <li>როგორ ააგებთ მატარებლის სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკს სადგურიდან გასვლის შემდეგ პირველი 20 წამის ინტერვალისთვის?</li> <li>როგორ ააგებთ სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკს მომდევნო სადგურამდე მისვლამდე ბოლო 20 წამის ინტერვალისთვის?</li> <li>როგორ ააგებთ სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკს მატარებლის სადგურებს შორის თანაბარი მოძრაობისას?</li> <li>როგორ ააგებთ ზემოთჩამოთვლილ სამივე გრაფიკს ერთსა და იმავე საკორდინატო სისტემაში?</li> <li>როგორ გამოითვლით მატარებლის თანაბარი მოძრაობის სიჩქარეს თითოეულ სადგურს შორის გრაფიკის საშუალებით?</li> <li>როგორ გამოითვლით მატარებლის აჩქარებას თითოეული სადგურიდან დაძვრისას, გრაფიკის საშუალებით?</li> <li>რა დრო გავა თითოეულ სადგურზე მატარებლის გასვლიდან მომდევნო მატარებლის გასვლამდე?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>თითოეული სადგურიდან მომდევნო სადგურისკენ დაძვრული მატარებელი 20 წამი იმოდრავებს თანაბარჩქარებულად, ხოლო თითოეულ სადგურთან მისვლამდე ბოლო 20 წამი მატარებელი დამუხრუჭდება მოდულით იმავე აჩქარებით. დანარჩენ დროს მატარებელი იმოდრავებს თანაბრად.</li> <li>F-დან G სადგურზე მისული მატარებელი მგზავრთა ჩამოსმის შემდეგ იწყებს მობრუნებას და 30 წამის შემდეგ პარალელურ ლიანდაგზე მზადაა მგზავრთა მისაღებად (იმავეს აკეთებს მატარებელი A სადგურზე).</li> </ul> <p>თქვენი ამოცანაა განსაზღვროთ შემოთავაზებული გეგმის უპირატესობები და ნაკლოვანებები:</p> <p><b>ნაშრომის პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინეთ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>როგორი სახის მოძრაობას ასრულებს თითოეული მატარებელი; (მოდრ. მკვიდრ. N1)</li> <li>რა მუდმივი აჩქარებით დაძვრა და დამუხრუჭება მოუწევთ მატარებლებს თითოეულ უბანზე; (მოდრ. მკვიდრ. N2)</li> <li>რა მაქსიმალური სიჩქარით იმოდრავებს მატარებელი თითოეულ უბანზე. (მოდრ. მკვიდრ. N2)</li> <li>შეეძლება თუ არა მატარებლებს მოცემული განრიგით მოძრაობა, თუ ამ ხაზისთვის გამოყოფილი მატარებლების მაქსიმალური აჩქარება 0,7 მ/წმ<sup>2</sup>-ია. (მოდრ. მკვიდრ. N3)</li> <li>როგორი სახის ქნება თითოეულ უბანზე მატარებლის მოძრაობის სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი; (მოდრ. მკვიდრ. N2)</li> <li>რისი ტოლი იქნება მოცდის დრო თითოეულ უბანზე (სადგურზე, მატარებლის გასვლიდან მომდევნო მატარებლის გასვლამდე დროის შუალედი); (მოდრ. მკვიდრ. N2)</li> <li>ხელისშემშლელი ფაქტორები, რამაც შეიძლება მოცემული განრიგით მატარებლების მოძრაობა შეაფერხოს; (კვლევა. მკვიდრ. N2)</li> <li>როგორ მოაგვარებდით პრობლემას, თუ ერთ-ერთი მატარებელი შეფერხდება მგზავრების ჩასხდომისას. (კვლევა. მკვიდრ. N2)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>თქვენი დასკვნები წარმოადგინეთ პრეზენტაციის სახით. გამოიყენეთ powerpoint.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>კვლევის რომელი მეთოდი გამოიყენეთ დავალებაზე მუშაობის დროს; (კვლევა. მკვიდრ. N1)</li> </ul>

### შეფასების კრიტერიუმები:

- მოსწავლე განსაზღვრავს, თუ როგორი სახის მოძრაობას ასრულებს თითოეული მატარებელი სხვადასხვა უბანზე;
- მოსწავლე განსაზღვრავს, თუ რა მუდმივი აჩქარებით დაძვრა და დამუხრუჭება მოუწევთ მატარებლებს თითოეულ უბანზე;
- მოსწავლე განსაზღვრავს, თუ რა მაქსიმალური სიჩქარით იმოძრავენ მატარებელი თითოეულ უბანზე.
- მოსწავლე განსაზღვრავს, შეეძლება თუ არა მატარებლებს მოცემული განრიგით მოძრაობა, თუ ამ ხაზისთვის გამოყოფილი მატარებლების მაქსიმალური აჩქარება 0,7 მ/წმ<sup>2</sup>-ია.
- მოსწავლე განსაზღვრავს, თუ როგორი სახის ქნება თითოეულ უბანზე მატარებლის მოძრაობის სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი და აგებს შესაბამის გრაფიკებს;
- მოსწავლე განსაზღვრავს, თუ რისი ტოლი იქნება მოცდის დრო თითოეულ უბანზე (სადგურზე, მატარებლის გასვლიდან მომდევნო მატარებლის გასვლამდე დროის შუალედი);
- მოსწავლე ასახელებს ხელისშემშლელ ფაქტორებს, რამაც შეიძლება მოცემული განრიგით მატარებლების მოძრაობა შეაფერხოს;
- მოსწავლე, კვლევისას ავლენს ლოგიკური მსჯელობის, მონაცემების ანალიზისა და დამუშავების უნარებს;
- მოსწავლე ასახელებს გარეფაქტორებს, რის გამოც მისი დასკვნები შეიძლება იყოს აცდენილი რეალურ სურათს;
- მოსწავლე ასახელებს ხელისშემშლელი ფაქტორებით გამოწვეული პრობლემების გადაჭრის გზებს.

## დინამიკა და სტატიკა

### თემა: დინამიკა და სტატიკა

საათების სავარაუდო რაოდენობა – 45

#### თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:

- ყოველი სხეული იმყოფება უძრავ მდგომარეობაში ან მოძრაობს წრფივად და თანაბრად მანამ, ვიდრე მასზე მოქმედი ძალები არ გამოიყვანენ ამ მდგომარეობიდან;
- ათვის სისტემებს, რომელთა მიმართ ნიუტონის პირველი კანონი სრულდება, ათვის ინერციულ სისტემებს უწოდებენ;
- ინერტულობა ყველა სხეულის დამახასიათებელი თვისებაა: სხეულის სიჩქარის შესაცვლელად საჭიროა მასზე ძალა მოქმედებდეს გარკვეული დროის განმავლობაში. რაც მეტია ეს დრო, მით უფრო ინერტულია სხეული;
- მასა სხეულის ინერტულობის რაოდენობრივი ზომაა;
- სხეულის აჩქარების გამომწვევი მიზეზი მასზე მოქმედი ძალაა;
- აჩქარების მიმართულება ყოველთვის ემთხვევა სხეულზე მოქმედი ძალის მიმართულებას:  $\vec{a} \uparrow \uparrow \vec{F}$ ;
- სხეულის აჩქარება პირდაპირპროპორციულია მასზე მოქმედი ძალის და უკუპროპორციულია სხეულის მასის: 
$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$
;
- როდესაც სხეულზე რამდენიმე ძალა მოქმედებს, ნიუტონის II კანონის გამომსახველ ფორმულაში,  $\vec{F}$  ძალის ქვეშ, სხეულზე მოქმედ ძალთა ტოლქმედი იგულისხმება;
- ერთი სხეულის ცალმხრივი მოქმედება მეორეზე შეუძლებელია, სხეულები ყოველთვის ურთიერთქმედებენ;
- სხეულები ურთიერთქმედებენ ძალებით, რომლებიც ერთი ბუნებისაა, მოდულით ტოლია და მიმართულია ერთი წრფის გასწვრივ ურთიერთსაპირისპიროდ: 
$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$
;
- ურთიერთქმედების ძალები მოდებულია სხვადასხვა სხეულზე ;
- სამყაროში ნებისმიერ ორი სხეულს შორის მოქმედებს ურთიერთმიზიდვის ძალები, რომელსაც მსოფლიო მიზიდულობის ან გრავიტაციული ძალები ეწოდება;
- ნებისმიერი ორი სხეული ურთიერთმიზიდება ძალით, რომლის მოდული პირდაპირპროპორციულია მათი მასების ნამრავლის და უკუპროპორციულია მათ შორის მანძილის კვადრატის;
- თავისუფალი ვარდნის აჩქარება არ არის დამოკიდებული სხეულის მასაზე და დედამიწის მოცემულ წერტილში ყველა სხეულისათვის ერთნაირია;

- ჰორიზონტისადმი კუთხით გასროლილი სხეულის მოძრაობა შვეული მიმართულებით  $\vec{g}$  აჩქარებით თანაბარაჩქარებული და ჰორიზონტალურად თანაბარი მოძრაობის ერთობლიობაა;
- ძალას, რომელიც აღიმკრება სხეულის დეფორმაციისას და მიმართულია სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების წანაცვლების საწინააღმდეგოდ, დრეკადობის ძალა ეწოდება;
- სიმძიმის ძალა მოდებულია სხეულზე, ხოლო წონა საყრდენზე ან საკიდელზე.
- სიმძიმის ძალა გრავიტაციული ძალაა, სხეულის წონა კი — დრეკადობის;
- აჩქარებული მოძრაობით გამოწვეულ სხეულის წონის ცვლილებას, გადატვირთვა ეწოდება;
- სხეულის ფორმის ცვლილების მიხედვით დეფორმაცია იყოფა გაჭიმვის (კუმშვის), ლუნვის, გრეხის და ძვრის დეფორმაციად;
- თუ სხული დახრილ სიბრტყეზე მისრიალებს ზევიდან ქვევით, მხოლოდ სიმძიმის, სრიალის ხახუნის და რეაქციის ძალების მოქმედებით, მისი აჩქარების მოდული გამოისახება ფორმულით  $a=g(\sin\alpha - \mu \cos\alpha)$ ;
- ჰორიზონტალურ გზაზე ავტომობილის მოხვევას მის საბურავებსა და გზის საფარს შორის აღმრული უძრაობის ხახუნის ძალა იწვევს;
- სითხეში (აირში) ჩადირულ სხეულზე მოქმედი ამომგდები ძალა მოდულით ამ სხეულის მიერ გამოდევნილ სითხეზე (აირზე) მოქმედი სიმძიმის ძალის ტოლია:  $F_b = \rho g V$ ;
- თუ სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა მოდულით ამომგდებ ძალაზე მეტია ( $\rho_{\text{სხ}} > \rho_{\text{სით}}$ ), სხული იძირება;
- თუ სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა მოდულით ამომგდები ძალის ტოლია ( $\rho_{\text{სხ}} = \rho_{\text{სით}}$ ), ჩადირულ მდგომარეობაში მყოფი სხული სითხეში ნებისმიერ ადგილას წონასწორობაში იქნება;
- თუ სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა მოდულით ამომგდებ ძალაზე ნაკლებია ( $\rho_{\text{სხ}} < \rho_{\text{სით}}$ ), სხული წყლის ზედაპირზე ამოვა და იტივტივებს;
- სხეულის მასის ნამრავს მის სიჩქარეზე, სხეულის იმპულსი ეწოდება:  $\vec{p} = m\vec{v}$ ;
- სხეულის იმპულსს მისი სიჩქარის მიმართულება აქვს;
- სხეულის იმპულსის ცვლილება სხეულზე მოქმედი ძალის იმპულსის ტოლია:  $\vec{F}t = \vec{p} - \vec{p}_0$ . ეს ფორმულა გამოსახავს ნიუტონის მეორე კანონს, ჩაწერილს იმპულსის გამოყენებით.
- მექანიკური სისტემის იმპულსის ცვლილება სისტემაში შემავალ სხეულებზე მოქმედი გარე ძალების ტოლქმედის იმპულსის ტოლია;
- მექანიკურ სისტემას, რომელზეც გარე ძალები არ მოქმედებს, ან მათი მოქმედება კომპენსირებულია, ჩაკეტილი სისტემა ეწოდება;
- ჩაკეტილ სისტემაში შემავალ სხეულთა იმპულსების ჯამი მუდმივია ამ სხეულებს შორის ნებისმიერი ურთიერთქმედების დროს:  $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \dots + \vec{p}_n = \text{const}$ ;
- სხეულთა დაჯახებას, რომლის შედეგად სხეულები ერთიანდებიან და იქცევიან როგორც ერთი სხული, აბსოლუტურად არადრეკადი დაჯახება ეწოდება;
- სხეულის მოძრაობას, რომელიც აღიმკრება სხეულიდან მისი ნაწილის გარკვეული სიჩქარით გამოტყორცნის შედეგად, რეაქტიული მოძრაობა ეწოდება;
- მოწყობილობას, რომელიც ქმნის რეაქტიულ ძალას, რეაქტიული ძრავა ეწოდება.
- მუდმივი ძალის მიერ შესრულებული მექანიკური მუშაობა ტოლია ძალის და გადაადგილების მოდულების ნამრავლისა მათ შორის კუთხის კოსინუსზე:  $A = Fs \cos\alpha$ ;
- ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა რიცხობრივად  $F_{||}(s)$  დამოკიდებულების გრაფიკითა და გადაადგილების ღერძით შემოსაზღვრული ფიგურის ფართობის ტოლია;
- სიმძლავრე ტოლია შესრულებული მუშაობის ფარდობისა დროის იმ შუალედთან, რომლის განმავლობაშიც ეს მუშაობა შესრულდა:  $N = \frac{A}{t}$ ;
- ენერგია ფიზიკური სიდიდეა, რომელიც განისაზღვრება იმ მუშაობით, რომლის შესრულებაც შეუძლია სხულს (სხეულთა სისტემას). ენერგია სკალარული სიდიდეა;
- ენერგიას, რომელიც სხულს მოძრაობის გამო აქვს, კინეტიკური ენერგია ეწოდება;
- $\vec{v}$  სიჩქარით მოძრავი სხეულის კინეტიკურ ენერგია ტოლია იმ მუშაობისა, რომელიც უნდა შეასრულოს უძრავ სხეულზე მოქმედმა ძალამ, მისთვის  $\vec{v}$  სიჩქარის მისანიჭებლად;
- სხეულზე მოქმედი ძალების ტოლქმედის მიერ შესრულებული მუშაობა სხეულის კინეტიკური ენერგიის ცვლილების ტოლია:  $A = E_{\text{კინ}} - E_{0,\text{კინ}} = \Delta E_{\text{კინ}}$  თეორემა კინეტიკური ენერგიის შესახებ;
- თეორემა კინეტიკური ენერგიის შესახებ მართებულია ნებისმიერი ბუნების ძალისათვის;
- როდესაც სხეულზე მოქმედი ძალა დადებით მუშაობას ასრულებს, მისი კინეტიკური ენერგია იზრდება, ხოლო ძალის მიერ უარყოფითი მუშაობის შესრულებისას - მცირდება.
- პოტენციალური ენერგია გვიჩვენებს რა მუშაობის შესრულების უნარი აქვს ურთიერთმოქმედ სხეულებს, ან სხულს მისი ნაწილების ურთიერთქმედების გამო;
- სხეულის პოტენციალურ ენერგიას განსაზღვრავს არჩეული ნულოვანი დონე;



- სხეულის პოტენციალური ენერგია მოცემულ მდგომარეობაში ტოლია, ამ მდგომარეობიდან ნულოვან მდგომარეობაში გადასვლისას ურთიერთქმედების ძალების მიერ შესრულებული მუშაობის:  $E_p = A$ ;
- ძალებს, რომელთა მიერ შეკრულ ტრაექტორიაზე შესრულებული მუშაობა ნულის ტოლია, კონსერვატული (პოტენციალური) ძალები ეწოდება;
- სხეულზე მოქმედი ყველა კონსერვატული ძალის ჯამური მუშაობა ტოლია სხეულის პოტენციალური ენერგიის ცვლილებისა, საწინააღმდეგო ნიშნით:  $A = -\Delta E_p$  — თეორემა პოტენციალური ენერგიის შესახებ.
- სხეულის კინეტიკური და პოტენციალური ენერგიების ჯამს, მისი სრული მექანიკური ენერგია ეწოდება:  $E_{მეკ} = E_{კინ} + E_{პოტ}$ .
- სხეულის შემადგენელი ყველა ნაწილაკის ქაოსური მოძრაობის კინეტიკური და მათი ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგიების ჯამს, სხეულის შინაგანი ენერგია ( $U$ ) ეწოდება;
- სხეულის მექანიკური და შინაგანი ენერგიების ჯამს, სხეულის სრული ენერგია ეწოდება:  $W = E_{მეკ} + U$ ;
- იმ სისტემის მექანიკური ენერგიის ცვლილება, რომელშიც მხოლოდ კონსერვატული ძალები მოქმედებს, გარე ძალების მიერ შესრულებული მუშაობის ტოლია:  $\Delta E_{მეკ} = A_{გარე}$ ;
- თუ ჩაკეტილ სისტემაში სხეულები ურთიერთქმედებენ მხოლოდ კონსერვატული ძალებით, მაშინ სისტემის სრული მექანიკური ენერგია მუდმივია:  $E_{მეკ} = \text{const}$ ;
- ჩაკეტილი სისტემის სრული ენერგია მუდმივია:  $W = E_{მეკ} + U = \text{const}$ .
- დროის განმავლობაში სხეულის უძრაობის ან თანაბარი მოძრაობის მდგომარეობის შენარჩუნებას, სხეულის წონასწორობა ეწოდება;
- სხეულის ისეთ მოდელს, რომელიც საერთოდ არ დეფორმირდება, აბსოლუტურად მყარი სხეული ეწოდება;
- როდესაც მყარი სხეული გაწონასწორებულია, მაშინ მასზე მოდებული გარე ძალების გეომეტრიული ჯამი (ტოლქმედი) ნულის ტოლია;
- მყარი სხეულის წონასწორობისას მასზე მოქმედი გარე ძალების მომენტების ჯამი ნებისმიერი ღერძის მიმართ ნულის ტოლია;
- მყარი სხეული გაწონასწორებულია, თუ მასზე მოქმედი გარე ძალების ტოლქმედი და ამ ძალების მომენტების ჯამი ნებისმიერი ღერძის მიმართ ნულის ტოლია.

### თემასთან დაკავშირებული საკვანძო შეკითხვები:

- რა მიზეზით შეიძლება აჩქარდეს წრფივად და თანაბრად მოძრავი სხეული?
- ათვლის რომელ სისტემებს უწოდებენ არაინერციულს?
- რა განსხვავებაა ინერციასა და ინერტულობას შორის?
- ერთი და იგივე ძალის მოქმედებისას რომელი სხეული იღებს მეტ აჩქარებას?
- რა შემთხვევაში იქნება სხეულის აჩქარება ნულის ტოლი, თუ მასზე რამდენიმე ძალა მოქმედებს?
- რაზეა დამოკიდებული თავისუფალი ვარდნის აჩქარების მნიშვნელობა?
- რისი ტოლი გახდება თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, თუ სხეულს დედამიწის ზედაპირიდან რადიუსის ტოლ სიმაღლეზე ავიტანთ?
- პლანეტის რა მონაცემები უნდა იცოდეს, რომ იპოვოს თავისუფალი ვარდნის აჩქარება ამ პლანეტაზე?
- რატომ არის გასროლილი სხეულის მოძრაობა ჰორიზონტალური მიმართულებით თანაბარი, ხოლო ვერტიკალური მიმართულებით თანაბარაჩქარებულ?
- როგორ იცვლება ჰორიზონტისადმი კუთხით გასროლილი სხეულის სიჩქარის ვერტიკალური მდგენელი გასროლის მომენტიდან დაცემის მომენტამდე?
- რა ძალა აკავებს დედამიწის ხელოვნურ თანამგზავრს წრიულ ორბიტაზე?
- რა განსხვავებაა სიმძიმის ძალასა და წონას შორის?
- რა შემთხვევაშია სხეულის წონა მოდულით სიმძიმის ძალაზე მეტი?
- რას ნიშნავს უწონობა და რა შემთხვევაშია სხეული უწონობის მდგომარეობაში?
- იმპრავებს თუ არა ერთნაირი აჩქარებით, სხვადასხვა მასის ორი ერთნაირი ძელაკი დახრილ სიბრტყეზე, მხოლოდ სიმძიმის, სრიალის ხახუნის და რეაქციის ძალების მოქმედებით?
- რა პირობა უნდა შესრულდეს, რომ დახრილ სიბრტყეზე დადებული სხეული არ ჩამოსრილდეს?
- შეძლებს თუ არა, ავტომობილი აბსოლუტურად გლუვ ყინულზე მოხვევას?
- დამოკიდებული თუ არა, არქიმედეს ძალა სხეულის ფორმაზე?
- რა არის ამომგდები ძალის წარმოქმნის მიზეზი?
- ერთი და იგივე მასის ალუმინისა და ტყვიის ბირთვებიდან, რომელზე იმოქმედებს მეტი ამომგდები ძალა? რატომ?
- ფარდობითია თუ არა იმპულსი? რატომ?
- რატომ არის შეუძლებელი სხეულის იმპულსის მყისიერად შეცვლა?
- იწვევს თუ არა მექანიკური სისტემის შიდა ძალები, მისი იმპულსის ცვლილებას?
- ნიშნავს თუ არა, იმპულსის მუდმივობის კანონი, სისტემის ცალკეული სხეულის იმპულსის მუდმივობას?

- რა პირობებში შეიძლება ჩაითვალოს რეალური მექანიკური სისტემა, სხეულთა ჩაკეტილ სისტემად?
- რომელი ძალა ასრულებს ყოველთვის უარყოფით მუშაობას?
- რა შემთხვევაში არ ასრულებს სიმძიმის ძალა მუშაობას?
- ზამბარის გაჭიმვისას რა ნიშანი აქვს დრეკადობის ძალის მუშაობას?
- რას გვიჩვენებს სიმძლავრის რიცხვითი მნიშვნელობა?
- რატომაა მართებული თეორემა კინეტიკური ენერჯის შესახებ, ნებისმიერი ბუნების ძალისათვის?
- როგორ შეიცვლება მოძრავი სხეულის კინეტიკური ენერჯია, თუ მასზე მხოლოდ სრიალის ხახუნის ძალა მოქმედებს? რატომ?
- როგორ შეიცვლება ვარდნილი სხეულის კინეტიკური ენერჯია, თუ მასზე მხოლოდ სიმძიმის ძალა მოქმედებს?
- არის თუ არა დამოკიდებული სიმძიმის ძალის მუშაობა სხეულის ტრანექტორიის ფორმაზე?
- როგორი ბუნებისაა სიმძიმისა და დრეკადობის ძალები?
- დამოკიდებულია თუ არა ტრანექტორიის ფორმაზე სრიალის ხახუნის ძალის მუშაობა?
- დამოკიდებულია თუ არა პოტენციალური ენერჯიის ცვლილება ნულოვანი დონის არჩევაზე?
- რა პირობაა საკმარისი მყარი სხეულის წონასწორობისთვის?

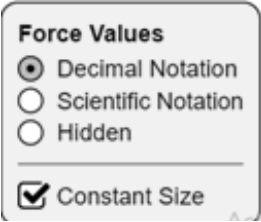
### თემის ფარგლებში დასამუშავებელი საკითხები/ქვეცნებები

- **ნიუტონის I კანონი/** ძალის მდგენელი, ძალის გეგმილი, ძალის მოდული, ძალის მიმართულება, ძალების ტოლქმედი;
- **ნიუტონის II კანონი/** ძალის მდგენელი, ძალის გეგმილი, ძალის მოდული, ძალის მიმართულება, სიჩქარე, მოძრაობა, აჩქარება, ინერტულობა ძალების ტოლქმედი;
- **ნიუტონის III კანონი/** ძალის მდგენელი, ძალის გეგმილი, ძალის მოდული, ძალის მიმართულება,
- **მსოფლიო მიზიდულობის კანონი/** ძალის მიმართულება, გრავიტაციული ძალა, სიმძიმის ძალა;
- **თავისუფალი ვარდნის აჩქარება/** აჩქარება, მოძრაობა, სიჩქარე, თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, სიმძიმის ძალა;
- **ჰორიზონტალურად გასროლილი სხეულის მოძრაობა/** მოძრაობა, სიჩქარე, აჩქარება, თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, სიმძიმის ძალა;
- **ჰორიზონტისადმი კუთხით გასროლილი სხეულის მოძრაობა/** მოძრაობა, სიჩქარე, აჩქარება, თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, სიმძიმის ძალა;
- **პირველი კოსმოსური სიჩქარე/** ძალის მიმართულება, გრავიტაციული ძალა, სიმძიმის ძალა, მოძრაობა, სიჩქარე, აჩქარება, ცენტრისკენული აჩქარება, ბრუნვა, ბრუნვის პერიოდი, სიხშირე;
- **წონა/** ძალის მოდული, ძალის მიმართულება, ძალების ტოლქმედი, დრეკადობის ძალა, სიმძიმის ძალა, რეაქციის ძალა, დაჭიმულობის ძალა, წონა, აჩქარება, მოძრაობა, სიჩქარე;
- **მყარი სხეულის დეფორმაცია/** ძალის მოდული, ძალის მიმართულება, ძალების ტოლქმედი, დრეკადობის ძალა,
- **მყარი სხეულის მექანიკური თვისებები/** ძალის მოდული, ძალის მიმართულება, ძალების ტოლქმედი, დრეკადობის ძალა,
- **დახრილი სიბრტყე/** ძალის მდგენელი, ძალის გეგმილი, ძალის მოდული, ძალის მიმართულება, ძალების ტოლქმედი; სიმძიმის ძალა, რეაქციის ძალა, ხახუნის ძალა, მოძრაობა, სიჩქარე, აჩქარება;
- **გადამზული სხეულების მოძრაობა/** ძალის მდგენელი, ძალის გეგმილი, ძალის მოდული, ძალის მიმართულება, ძალების ტოლქმედი; სიმძიმის ძალა, რეაქციის ძალა, ხახუნის ძალა, მოძრაობა, სიჩქარე, აჩქარება;
- **მოძრაობა მოსახვევში/** ძალის მდგენელი, ძალის გეგმილი, ძალის მოდული, ძალის მიმართულება, ძალების ტოლქმედი; სიმძიმის ძალა, რეაქციის ძალა, ხახუნის ძალა, მოძრაობა, სიჩქარე, აჩქარება, ცენტრისკენული აჩქარება;
- **არქიმედის ძალა/** ძალის მდგენელი, ძალის გეგმილი, ძალის მოდული, ძალის მიმართულება, ძალების ტოლქმედი; სიმძიმის ძალა, მასა, მოცულობა, წნევა,
- **იმპულსი-იმპულსის მუდმივობის კანონი/** მოძრაობა, მასა, სიჩქარე, ძალის იმპულსი, ძალის მდგენელი, ძალის გეგმილი, ძალის მოდული, ძალის მიმართულება, ძალების ტოლქმედი;
- **მექანიკური მუშაობა/** მექანიკური მუშაობა, სიმძლავრე, მოძრაობა, სიჩქარე, აჩქარება, ძალის მდგენელი, ძალის გეგმილი, ძალის მოდული, ძალის მიმართულება, ძალების ტოლქმედი;
- **თეორემა კინეტიკური ენერჯის შესახებ/** მექანიკური ენერჯია, კინეტიკური ენერჯია, მექანიკური მუშაობა, მოძრაობა, სიჩქარე, აჩქარება, ძალა, ძალების ტოლქმედი, ძალის გეგმილი, ძალის მოდული ძალის მდგენელი;
- **თეორემა პოტენციალური ენერჯიის შესახებ/** მექანიკური ენერჯია, პოტენციალური ენერჯია, მექანიკური მუშაობა, მოძრაობა, სიჩქარე, აჩქარება, ძალა, ძალების ტოლქმედი, ძალის გეგმილი, ძალის მოდული ძალის მდგენელი;
- **სხეულთა წონასწორობის პირობები/** ძალა, ძალების ტოლქმედი, ძალის გეგმილი, ძალის მოდული ძალის მდგენელი, ძალის მომენტი, ძალის მხარი.

<p>სამიზნე ცნება და მასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები (გრძელვადიანი სასწავლო მიზანი)</p>	<p>საკითხები/ქვეცნებები:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• მსოფლიო მიზიდულობის კანონი / მასა, გრავიტაციული ველი</li> <li>• თავისუფალი ვარდნა/ გრავიტაციული ველი, თავისუფალი ვარდნის აჩქარება</li> <li>• პირველი კოსმოსური სიჩქარე/ გრავიტაციული ველი</li> </ul>	<p>საკვანძო შეკითხვა/ შეკითხვები</p> <p>1. როგორ ხორციელდება სხეულთა ურთიერთქმედება შორ მანძილებზე?</p>	<p>კომპლექსური დავალების პირობა (შუალედური სასწავლო მიზანი)</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------

<p><b>მატერია ფიზ.საბ. 1 მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</b></p> <p>1) მატერიის ორი სახის, ნივთიერებისა და ველის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეები სხვადასხვა გარემოებაზე დამოკიდებულია:</p> <p>ა) ნივთიერების გვარობაზე, ტემპერატურაზე, და გარემო პირობებზე.</p> <p>ბ) ველის შემქმნელი ობიექტების ურთიერთდებარეობაზე და მათ მიერ ველის შექმნის უნარზე.</p> <p>2) მატერიის სახეების ფიზიკური თვისებები და მათი ცვლილებები მრავალი გარემოებით აიხსნება:</p> <p>ა) ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების ქაოსურად მოძრაობით, ერთმანეთთან ურთიერთქმედებით, მათ შორის შუალედების არსებობით და სამივე მათგანის ცვლილებით;</p> <p>ბ) ველის წარმოქმნელი ობიექტების მოძრაობით, სივრცული განლაგებით და ამ ობიექტების მიერ მოცემული ველის წარმოქმნის უნარით.</p> <p>3) მატერიის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეების ცვლილება დამოკიდებულია გარემო პირობებზე. აღნიშნული ფიზიკური სიდიდეების კავშირი ერთმანეთთან და მათი ცვლილების გამომწვევ სხვა ფიზიკურ სიდიდეებთან შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებით და სხვა მეთოდებით.</p>	<p><b>კომპლექსური დავალების შესრულების ეტაპები (აქტივობები, საკვანძო შეკითხვები, რესურსები) ეტაპი I – კომპლექსური დავალების პირობის გაგნობა:</b></p> <p>ალბათ ყველა გინახავთ ვიდეორგოლები ოკეანესა და ზღვებში მიქცევა-მოქცევაზე: <a href="http://shorturl.at/otN89">shorturl.at/otN89</a> გინახავთ, როგორ ცხოვრობენ ასტრონავტები საერთაშორისო კოსმოსურ სადგურზე: <a href="http://shorturl.at/qwzOY">shorturl.at/qwzOY</a> და დაინტერესებულხართ, როგორ ხდება ეს ყველაფერი. იმისათვის, რომ მსგავსი ფაქტები და მოვლენების ახსნა შეგვეძლოს, უნდა ვიცნობდეთ გრავიტაციული ველის თვისებებს.</p> <p><b>ეტაპი II. მოსწავლეთა წინარეცოდნის გააქტიურება და კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობა</b></p> <p><b>რესურსი N 1 პარაგრაფები სახელმძღვანელოდან: „მსოფლიო მიზიდულობის კანონი“, „თავისუფალი ვარდნის აჩქარება“, პირველი კოსმოსური სიჩქარე და თანამგზავრები“.</b></p> <p>ა) მოსწავლეთა წინარე ცოდნის გასააქტიურებლად შესაძლებელია დავსვათ შემდეგი ტიპის შეკითხვები:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ახასიათებს თუ არა გრავიტაციულ ურთიერთქმედებას განზიდვა?</li> <li>• რა არის სიმძიმის ძალა?</li> <li>• როგორ გამოითვლება სიმძიმის ძალა?</li> <li>• როგორ გამოითვლება ორ მასიურ სხეულს შორის გრავიტაციული მიზიდულობის ძალა?</li> <li>• რა არის თავისუფალი ვარდნა?</li> <li>• რისი ტოლია სხეულის აჩქარება დედამიწის ზედაპირთან ახლოს თავისუფალი ვარდნისას?</li> <li>• როგორაა დამოკიდებული პლანეტის თავისუფალი ვარდნის აჩქარება პლანეტიდან დაშორებაზე?</li> <li>• რას ეწოდება პირველი კოსმოსური სიჩქარე?</li> <li>• როგორ გამოითვლება პირველი კოსმოსური სიჩქარე?</li> <li>• რომელი ძალის მოქმედებით ბრუნავს თანამგზავრი დედამიწის ირგვლივ?</li> </ul> <p><b>რესურსი N 2 პარაგრაფები სახელმძღვანელოდან: „მსოფლიო მიზიდულობის კანონი“, „თავისუფალი ვარდნის აჩქარება“, პირველი კოსმოსური სიჩქარე და თანამგზავრები“.</b></p>	<p>ყველას შეგიძინებიათ, როგორ ბრუნავს მთვარე დედამიწის გარშემო. გინახავთ როგორ მიექანება დედამიწისაკენ ხიდან ჩამოვარდნილი ვაშლი, ყველამ იცით, რომ პლანეტები ბრუნავს მზის გარშემო, თანამგზავრები ბრუნავენ დედამიწის გარშემო და ეს ყველაფერი „მიზიდულობის ძალის“ დამსახურებაა.</p> <p>როგორ წარმოიქმნება მიზიდულობა? თქვენ ამ კითხვაზე პასუხი პარაგრაფიდან უკვე იცით – გრავიტაციული ურთიერთქმედება წარმოიქმნება ველის საშუალებით. რა არის ველი? ადამიანები ველს გრძნობათა ორგანოებით ვერ შევიგრძნობთ. მას არ გააჩნია სუნი, გემო, ფერი, არ გამოსცემს ხმას, არ რეაგირებს შეხებაზე. ამიტომ ველის აღმოჩენის ერთადერთი საშუალებაა ჩავატაროთ ცდა. გრავიტაციულ ველი ხასიათდება თავისუფალი ვარდნის აჩქარებით. სადაც თავისუფალი ვარდნის აჩქარება დიდია, იქ გრავიტაციული ველი ძლიერია. იმისათვის, რომ უკეთ გავერკვეთ გრავიტაციული ველის თვისებებში, შევისწავლოთ სხეულთა ურთიერთქმედება ვირტუალური ლაბორატორიის საშუალებით.</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p><b>კვლევა-ფიზ.საბ. 4,5,6,7,8,9 მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</b></p> <p>1) კვლევის მეთოდებია: ცდა (ექსპერიმენტი), ინფორმაციის მოძიება, მონაცემების დამუშავება ანალიზურა, გრაფიკულად, დიაგრამებით და სხვა, გამოკითხვა, ვირტუალურ ლაბორატორიაში რეალური მოვლენის მოდელირება და სხვა.</p> <p>ექსპერიმენტის მსვლელობისას აუცილებელია უსაფრთხოების წესების დაცვა.</p> <p>2) რეალური მოვლენის მოდელირებისას შესაძლოა უგულვებლყოფილ იქნას გარკვეული ფაქტორები, რის გამოც რეალობისაგან აცდენილ შედეგს მივიღებთ.</p>	<p>ბ) კომპლექსური დავალების განხორციელებისას მოსწავლეებს შესაძლებელია დავეხმაროთ შემდეგი დამხმარე კითხვებით:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>რატომ არ შეიმჩნევა ოთახში არსებული საგნების ერთმანეთთან ურთიერთქმედება?</li> <li>რა ძალები მოქმედებს ორი პლანეტის ცენტრების შემაერთებელ წრფეზე მყოფ თანამგზავრზე?</li> <li>რა შემთხვევაში გაუტოლდება მოდულით ეს ძალები ერთმანეთს?</li> <li>როდის იმყოფება სხეული უწონობის მდგომარეობაში?</li> <li>რისი ტოლია დედამიწის ირგვლივ, მის ზედაპირთან ახლოს მბრუნავი თანამგზავრის ცენტრისკენული აჩქარება?</li> <li>აქვთ თუ არა ერთნაირი აჩქარება დედამიწის ირგვლივ მბრუნავ თანამგზავრსა და მასში მყოფ ასტრონავტებს?</li> <li>განიცდის თუ არა თავისუფალ ვარდნას დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრი?</li> </ul> <p><b>რესურსი N 3 ვირტუალური ლაბორატორიით მიზიდულობის მოვლენაზე დაკვირვება: გადაადით ბმულზე: <a href="https://tinyurl.com/u46cdevv">https://tinyurl.com/u46cdevv</a></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>მონიშნეთ სურათზე გამოსახული ფუნქციები (სხეულთა ზომის მუდმივობა);</li> <li>ცვალეთ სხეულებს შორის მანძილი და უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>როგორ იცვლება ერთი სხეულის მიერ მეორესთან ახლოს შექმნილი თავისუფალი ვარდნის აჩქარება?</li> <li>ერთნაირია თუ არა ძალები, რომლითაც სხეულები ერთმანეთს იზიდავს?</li> <li>მიანიჭეთ სხეულებს ერთნაირი მასები და განსაზღვრეთ ერთნაირია თუ არა თითოეული სხეულის თავისუფალი ვარდნის აჩქარება მეორის ზედაპირზე?</li> <li>შეიცვლება თუ არა ერთ-ერთი სხეულის სიმკვრივე მისი მასის ცვლილებით?</li> <li>შეცვალეთ ერთ-ერთი სხეულის მასა და განსაზღვრეთ ერთნაირია თუ არა თითოეული სხეულის თავისუფალი ვარდნის აჩქარება მეორის ზედაპირზე?</li> <li>რომელი სხეულის თავისუფალი ვარდნის აჩქარება შეიცვალა?</li> </ol> <p><b>თქვენი დასკვნები წარმოადგინეთ პრეზენტაციის სახით. გამოიყენეთ powerpoint.</b></p>	<p><b>ნაშრომში/ნაშრომის პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინეთ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>მატერიის როგორი სახეები არსებობს; (მატერია-მკვიდრ. N1)</li> <li>არის თუ არა დედამიწაზე ისეთი ადგილი, სადაც გრავიტაციული ველი არ არის; (მატერია-მკვიდრ. N2)</li> <li>ახდენს თუ არა გავლენას ვარსკვლავების მიერ შექმნილი გრავიტაციული ველი დედამიწის მზის გარშემო ბრუნვაზე; (მატერია-მკვიდრ. N2)</li> <li>როგორ დავადგინოთ მოცემულ ორ პლანეტას შორის ისეთი წერტილის მდებარეობა, რომელშიც თავისუფალი ვარდნის აჩქარება ნულის ტოლი იქნება; (მატერია-მკვიდრ. N3)</li> <li>რატომ იცვლება კოსმოსურ ხომალდსა და პლანეტას შორის ურთიერთქმედების ძალა, ხომალდის პლანეტისგან დაშორებისას; (მატერია-მკვიდრ. N2,3)</li> <li>რატომ არიან უწონობაში საერთაშორისო კოსმოსურ სადგურზე მყოფი ასტრონავტები; (მატერია-მკვიდრ. N 3)</li> <li>არის თუ არა დამოკიდებული მოცემული რადიუსის მქონე პლანეტის ზედაპირზე თავისუფალი ვარდნის აჩქარება მის სიმკვრივეზე; (მატერია-მკვიდრ. N 1)</li> <li>კვლევის რომელი მეთოდები გამოიყენეთ აღნიშნულ დავალებაზე მუშაობისას; (კვლევა-მკვიდრ. N1)</li> <li>რა არ გაითვალისწინეთ და რის გამო შეიძლება იყოს აცდენილი თქვენი დასკვნები რეალური შედეგებისაგან; (კვლევა-მკვიდრ. N2)</li> </ul>
<p><b>შეფასების კრიტერიუმები:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>მოსწავლე ასახელებს მატერიის სხვადასხვა სახეებს;</li> <li>მოსწავლე მსჯელობს, არის თუ არა დედამიწაზე ისეთი ადგილი, სადაც გრავიტაციული ველი არ არსებობს;</li> <li>მოსწავლე მსჯელობს, ახდენს თუ არა გავლენას ვარსკვლავების მიერ შექმნილი გრავიტაციული ველი დედამიწის მზის გარშემო ბრუნვაზე;</li> <li>მოსწავლე მსჯელობს, თუ როგორ შეიძლება დავადგინოთ მოცემულ ორ პლანეტას შორის ისეთი წერტილის მდებარეობა, რომელშიც თავისუფალი ვარდნის აჩქარება ნულის ტოლი იქნება;</li> <li>მოსწავლე მსჯელობს, თუ რატომ იცვლება კოსმოსურ ხომალდსა და პლანეტას შორის ურთიერთქმედების ძალა, ხომალდის პლანეტისგან დაშორებისას;</li> <li>მოსწავლე მსჯელობს, თუ რატომ არიან უწონობაში საერთაშორისო კოსმოსურ სადგურზე მყოფი ასტრონავტები;</li> <li>მოსწავლე მსჯელობს, არის თუ არა დამოკიდებული მოცემული რადიუსის მქონე პლანეტის ზედაპირზე თავისუფალი ვარდნის აჩქარება მის სიმკვრივეზე;</li> <li>მოსწავლე, კვლევისას ავლენს ლოგიკური მსჯელობის, მონაცემების ანალიზისა და დამუშავების უნარებს;</li> <li>მოსწავლე ასახელებს ფაქტორებს, რის გამოც მისი დასკვნები შეიძლება იყოს აცდენილი რეალურ სურათს.</li> </ul>		



<p>სამიზნე ცნება და მასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები (გრძელვადიანი სასწავლო მიზანი)</p>	<p>საკითხები/ქვეცნებები:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• თეორემა კინეტიკური ენერჯის შესახებ/კინეტიკური ენერჯია</li> <li>• თეორემა პოტენციალური ენერჯის შესახებ/პოტენციალური ენერჯია;</li> <li>• მექანიკური ენერჯის მუდმივობის კანონი/მექანიკური ენერჯია</li> </ul>	<p>საკვანძო შეკითხვა/ შეკითხვები</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• როგორ შეიძლება გამოვიყენოთ დრეკადად დეფორმირებული სხეულის ენერჯია?</li> </ul>	<p>კომპლექსური დავალების პირობა (შუალედური სასწავლო მიზანი)</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------

**ენერჯია და ურთიერთქმედება ფიზ.საბ. 2,3 მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:**

1) სისტემის შემადგენელ სხეულებს მათი მოძრაობისა და სხვა სხეულებთან ურთიერთქმედების გამო, ასევე სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების მოძრაობისა და მათი ერთმანეთთან ურთიერთქმედების გამო შესაძლებელია გააჩნდეთ სხვადასხვა სახის ენერჯია (მექანიკური, შინაგანი, ელექტრული და ა.შ.). თუ სისტემა ჩაკეტილია, შესაძლებელია სისტემის შემადგენელი სხეულების ენერჯიები იცვლებოდეს, გარდაიქმნას ერთი სახიდან მეორეში, მაგრამ სისტემის სრული ენერჯია მუდმივი სიდიდეა.

2) სხეულის (სხეულთა სისტემის) ენერჯის ცვლილება განისაზღვრება მის მიერ (მასზე გარე ძალების მიერ) მუშაობის შესრულებით ან/და თბოგადაცემით, ხოლო ამ სხეულის (სხეულთა სისტემის) მიერ შესრულებული მუშაობის (ენერჯის ცვლილების) სისწრაფეს ამ სხეულის (სხეულთა სისტემის) მიერ განვითარებული სიმძლავრე განსაზღვრავს.

3) სხეულებს შორის ურთიერთქმედება რაოდენობრივად ხასიათდება ფიზიკური სიდიდით ძალით და იგი შესაძლებელია იყოს ოთხი სხვადასხვა სახის (გრავიტაციული, ელექტრომაგნიტური, ძლიერი, სუსტი). ეს ურთიერთქმედება ყოველთვის ორმხრივია და ხორციელდება უშუალო „კონტაქტით“ ან ველის საშუალებით.

4) სხეულზე ერთი ძალის ან ძალების ტოლქმედის მოქმედება იწვევს ამ სხეულის სიჩქარის ცვლილებას ან/და მის დეფორმაციას. ძალის (ტოლქმედის) მოქმედების შედეგი კი დამოკიდებულია მის მოდულზე, მიმართულებაზე, მოდების წერტილზე, მოქმედების ხანგრძლივობაზე და სხეულის იმ ზედაპირის ფართობზე, რომელზეც ეს ძალა (ტოლქმედი) მოქმედებს. ამასთან თუ გარე ძალა აწარმოებს წნევას სითხეზე ან აირზე, წნევა ყველა მიმართულებით ერთნაირად ვრცელდება.

კომპლექსური დავალების განხორციელების ეტაპები (აქტივობები, რესურსები, შეკითხვები)

**ეტაპი I – კომპლექსური დავალების პირობის გაგნობა:**

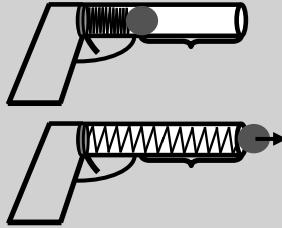
ალბათ, ყველას გინახავთ როგორ ხურავს გაჭიმული ზამბარა გაღებულ კარს, როგორ გაიტყორცნება შურდულიდან კენჭი – მშვილდიდან ისარი და ა.შ. მოყვანილ ყველა მაგალითში სხეულის ასამოძრავებლად ენერჯიაა საჭირო. რომელი ენერჯის ხარჯზე იძენენ სიჩქარეს კარი, კენჭი და ისარი? ამ კითხვაზე პასუხის გასაცემად სასურველია შევასრულოთ შემდეგი დავალება: (დავალების პირობა).

**ეტაპი II – წინარე ცოდნის გახსენება და კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობა.**

**რესურსი 1.** პარაგრაფი სახელმძღვანელოდან „თეორემა პოტენციალური ენერჯის შესახებ“ და „თეორემა კინეტიკური ენერჯის შესახებ“.

ა) წინარე ცოდნის გასახსენებლად საჭირო კითხვები:

- რას ეწოდება მექანიკური ენერჯია?
- როდის აქვს სხეულს მუშაობის შესრულების უნარი
- როდის აქვს სხეულს კინეტიკური ენერჯია?
- როდის აქვს სხეულს პოტენციალური ენერჯია?
- რაზე დამოკიდებული სხეულის დედამიწასთან ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერჯია?
- რაზე დამოკიდებული ზამბარის პოტენციური ენერჯია?
- და შემთხვევაში სრულდება მექანიკური ენერჯის მუდმივობის კანონი?
- რომელი ენერჯია მცირდება და რომელი იზრდება, როდესაც სხეული ვერტიკალურად ქვევით ვარდება?
- როგორ იცვლება ჰაერში ვარდნილი სხეულის მექანიკური ენერჯია?



სათამაშორების ფაბრიკას შეუკვეთეს ზამბარიანი დამბაჩის დამზადება. მისი მუშაობის მექანიზმი ასეთია: დამბაჩის ლულაში შეკუმშულ ზამბარას მიაღებთ გასასროლ „ტყვიას“ (ბურთულას), სასხლეტი ზამბარას გაათავისუფლებს და ბურთულა ლულიდან გამოვარდება. შემკვეთის მოთხოვნაა, რომ როდესაც დამბაჩას ჰორიზონტისადმი 45<sup>0</sup>-იანი კუთხით გავისვრით, მისგან გამოვარდნილმა 10 გ მასის ბურთულამ საწყისი დონიდან 2,5 მ სიმაღლეს უნდა მიაღწიოს. წარმოიდგინეთ, რომ თქვენ ხართ ფაბრიკის ექსპერტთა გუნდის წევრი და გვევალბათ, წინასწარ შექმნათ ზემოთაღნიშნული დამბაჩის მოდელი.

**ნაშრომში ნაშრომის პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინეთ:**

- რა სახის ენერჯია გააჩნია შეკუმშულ ზამბარას; (ენერგ.-მკვიდრ. N1)
- რა სახის ენერჯია გააჩნია ბურთულას ლულიდან გამოვარდნის მომენტში; (ენერგ.-მკვიდრ. N1)
- ენერჯის როგორი გარდაქმნა მიმდინარეობს სასხლეტის გამოკვრის შემდეგ ტყვიის ლულიდან გამოვარდნამდე; (ენერგ.-მკვიდრ. N1)
- ენერჯის როგორი გარდაქმნა მიმდინარეობს ბურთულის ლულიდან გამოვარდნის შემდეგ, მაქსიმალურ სიმაღლეზე ასვლამდე და რა იწვევს ენერჯის ამ გარდაქმნას; (ენერგ.-მკვიდრ. N 2,4,5)

<p>5) სხეულთა სისტემაზე მოქმედი გარე ძალების ტოლქმედის მნიშვნელობა განსაზღვრავს ამ სისტემის ენერჯისა და იმპულსის ცვლილებას, ხოლო მყარ სხეულზე მოქმედი ძალების ტოლქმედისა და ამ ძალების მომენტების ჯამის მნიშვნელობა – სხეულის წონასწორობის პირობას.</p> <p>6) სხეულის (სხეულთა სისტემის) ენერჯებისა და მათი ცვლილების დამოკიდებულება ენერჯების ცვლილების გამომწვევ მიზეზებთან, ასევე სხეულთა სისტემის მდგომარეობის აღმწერი პარამეტრებისა და ამ მდგომარეობის გამომწვევი ძალის (ძალების) ერთმანეთთან დამოკიდებულება შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებით და სხვა მეთოდებით.</p> <p><b>კვლევა-ფიზ.საზ. 4,5,6,7,8,9</b> <b>მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</b></p> <p>1) კვლევის მეთოდებია: ცდა (ექსპერიმენტი), ინფორმაციის მოძიება, მონაცემების დამუშავება ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით და სხვა, გამოკითხვა, ვირტუალურ ლაბორატორიაში რეალური მოვლენის მოდელირება და სხვა. ექსპერიმენტის მსვლელობისას აუცილებელია უსაფრთხოების წესების დაცვა.</p> <p>2) რეალური მოვლენის მოდელირებისას შესაძლოა უგულვებელყოფილ იქნას გარკვეული ფაქტორები, რის გამოც რეალობისაგან აცდენილ შედეგს მივიღებთ.</p>	<p><b>რესურსი 2 – პარაგრაფი სახელმძღვანელოდან „თეორემა პოტენციალური ენერჯის შესახებ“ „თეორემა კინეტიკური ენერჯის შესახებ“ და „ენერჯის მუდმივობის კანონი“</b></p> <p>ბ) კომპლექსური დავალების განხორციელებისას საჭიროების შემთხვევაში შესაძლებელია დავსვათ შემდეგი დამხმარე კითხვები:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• როგორ გამოითვლით ბურთულის დედამიწასთან ურთიერთქმედების პოტენციალურ ენერჯის მისი ტრეექტორიის მაქსიმალურ სიმაღლეზე ასვლისას?</li> <li>• როგორ გამოითვლით ბურთულის კინეტიკურ ენერჯის ტრეექტორიის უმაღლეს წერტილში?</li> <li>• როგორ გამოითვლით ბურთულის კინეტიკურ ენერჯის დამბაჩიდან გამოვარდნის მომენტში?</li> <li>• როგორ გამოითვლით შეკუმშული ზამბარის პოტენციალურ ენერჯისა?</li> <li>• როგორ გამოთვლით დამბაჩისა და ბურთულის ერთობლივ მექანიკურ ენერჯის, ბურთულის ლულაში მოძრაობისას?</li> <li>• როგორ გამოითვლით ბურთულის მექანიკურ ენერჯის, დამბაჩის ლულიდან გატყორცნის შემდეგ?</li> <li>• როგორ გამოითვლით ზამბარის სიხისტეს?</li> <li>• რატომაა სხვადასხვა ბურთულის სიჩქარე დამბაჩის ჰორიზონტალურად გასროლისას და ვერტიკალურად გასროლისას?</li> <li>• როგორი დამოკიდებულებაა ზამბარის პოტენციალურ ენერჯისა და მის წაგრძელებას შორის?</li> <li>• როგორ აიგება კვადრატული ფუნქციის გრაფიკი?</li> <li>• როგორ ავსოთ ზამბარის პოტენციალურ ენერჯიაზე დამოკიდებულების გრაფიკი?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ნერჯის როგორი გარდაქმნა მიმდინარეობს ბურთულის მაქსიმალური სიმაღლიდან საწყის დონეზე დაშვებამდე და რა იწვევს ენერჯის ამ გარდაქმნას; (ენერგ.-მკვიდრ. N 2,4,5)</li> <li>• რა პირობებში დაუბრუნდება ბურთულა საწყის დონეს იმავე სიჩქარით, რა სიჩქარითაც ლულიდან გამოვარდა და რომელი ძალა აიძულებს სხეულს დაბრუნდეს იმავე დონეზე; (ენერგ.-მკვიდრ. N 3)</li> <li>• დამკვეთის მოთხოვნის მიხედვით, რისი ტოლი უნდა იყოს ბურთულის სიჩქარე ლულიდან გამოვარდნის მომენტში? (ნუ გაითვალისწინებთ ჰაერის წინააღმდეგობის ძალას) (ენერგ.-მკვიდრ. N 6)</li> <li>• დამკვეთის მოთხოვნის მიხედვით, რისი ტოლი უნდა იყოს დამბაჩის ზამბარის სიხისტე, თუ ზამბარას ლულაში მაქსიმუმ 5 სმ-ით შეკუმშვა შეუძლია? (მხედველობაში ნუ მიიღებთ ბურთულის პოტენციალური ენერჯის ცვლილებას ლულაში მოძრაობისას); (ენერგ.-მკვიდრ. N 6)</li> <li>• როგორი იქნება თქვენ მიერ მიღებული სიხისტის მქონე ზამბარის პოტენციალური ენერჯის წაგრძელებაზე დამოკიდებულების გრაფიკი; (ენერგ.-მკვიდრ. N6)</li> </ul>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>რესურსი 3 – ვირტუალური ლაბორატორიაში დეფორმირებული ზამბარის პოტენციალური ენერჯის შესწავლა. გადადით ბმულზე: <a href="https://tinyurl.com/esxbdc">https://tinyurl.com/esxbdc</a>;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• აირჩიეთ წარწერა „energy“;</li> <li>• გააქტიურეთ სურათზე მითითებული ფუნქციები;</li> <li>• შეარჩიეთ თქვენ მიერ გამოთვლილი სიხისტის მნიშვნელობა;</li> <li>• შეარჩიეთ თქვენს ამოცანაში მოყვანილი წაგრძელების მნიშვნელობა;</li> <li>• ამოიწერეთ ზამბარის პოტენციალური ენერჯის მნიშვნელობა და შეადარეთ თქვენ მიერ მიღებულ შედეგს;</li> <li>• გააქტიურეთ ზამბარის პოტენციალური ენერჯის წაგრძელებაზე დამოკიდებულების გრაფიკის ველი;</li> <li>• ცვალებით ზამბარის სიხისტე და დააკვირდით, როგორ იცვლება გრაფიკის ფორმა;</li> <li>• შეადარეთ თქვენს მიერ მიღებული გრაფიკი ლაბორატორიაში მიღებულ შედეგს.</li> </ul> <p>თქვენი დასკვნები წარმოადგინეთ პრეზენტაციის სახით. ააგეთ შესაბამისი დამხმარე ნახაზები და გამოიყენეთ პროგრამა powerpoint.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• რომელ შემთხვევაში უფრო მეტი სიჩქარით გაისვრის ბურთულას ასეთი დამბაჩა, ჰორიზონტალურად გასროლისას, თუ ვერტიკალურად ზევით ასროლისას; (ენერგ.-მკვიდრ. N4)</li> <li>• რა გარემო ფაქტორები უნდა გაითვალისწინოთ და როგორ უნდა შეცვალოთ (გაზარდოთ, თუ შეამციროთ) ზამბარის სიხისტე, რომ რეალურ პირობებშიც დაკმაყოფილდეს შემკვეთის მოთხოვნა; (კვლევა.-მკვიდრ. N 2)</li> <li>• კვლევის რომელი მეთოდები გამოიყენეთ დავალებაზე მუშაობისას; (კვლევა.-მკვიდრ. N1,)</li> </ul>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**შეფასების კრიტერიუმები:**

- მოსწავლე ასახელებს, თუ რა სახის ენერჯია გააჩნია შეკუმშულ ზამბარას;
- მოსწავლე ასახელებს, თუ რა სახის ენერჯია გააჩნია ბურთულას ლულიდან გამოვარდნის მომენტში;
- მოსწავლე მსჯელობს, ენერჯის როგორი გარდაქმნა მიმდინარეობს სასხლეტის გამოკვრის შემდეგ ტყვიის ლულიდან გამოვარდნამდე;
- მოსწავლე მსჯელობს, ენერჯის როგორი გარდაქმნა მიმდინარეობს ბურთულის ლულიდან გამოვარდნის შემდეგ, მაქსიმალურ სიმაღლეზე ასვლამდე და რა იწვევს ენერჯის ამ გარდაქმნას;
- მოსწავლე მსჯელობს, ენერჯის როგორი გარდაქმნა მიმდინარეობს ბურთულის მაქსიმალური სიმაღლიდან საწყის დონეზე დაშვებამდე და რა იწვევს ენერჯის ამ გარდაქმნას;
- მოსწავლე მსჯელობს, რა პირობებში დაუბრუნდება ბურთულა საწყის დონეს იმავე სიჩქარით, რა სიჩქარითაც ლულიდან გამოვარდა და რომელი ძალა აიძულებს სხეულს დაბრუნდეს იმავე დონეზე;
- მოსწავლე განსაზღვრავს, დამკვეთის მოთხოვნის მიხედვით, რისი ტოლი უნდა იყოს ბურთულის სიჩქარე ლულიდან გამოვარდნის მომენტში ჰაერის წინააღმდეგობის ძალის უგულვებელყოფისას;
- მოსწავლე მსჯელობს, დამკვეთის მოთხოვნის მიხედვით, რისი ტოლი უნდა იყოს დამბაჩის ზამბარის სიხისტე, როდესაც ზამბარას ლულაში მაქსიმუმ 5 სმ-ით შეკუმშვა შეუძლია და ბურთულის პოტენციალური ენერჯის ცვლილება ლულაში მოძრაობისას უგულვებელყოფილია;
- მოსწავლე აგებს, მის მიერ მიღებული სიხისტის მქონე ზამბარის პოტენციალური ენერჯის წაგრძელებაზე დამოკიდებულების გრაფიკს;
- მოსწავლე მსჯელობს, რომელ შემთხვევაში უფრო მეტი სიჩქარით გაისვრის ბურთულას ასეთი დამბაჩა, ჰორიზონტალურად გასროლისას, თუ ვერტიკალურად ზევით ასროლისას;
- მოსწავლე მსჯელობს, თუ რა გარემო ფაქტორები უნდა გაითვალისწინოს და როგორ უნდა შეცვალოს (გაზარდოს, თუ შეამციროს) ზამბარის სიხისტე, რომ რეალურ პირობებშიც დაკმაყოფილდეს შემკვეთის მოთხოვნა;
- მოსწავლე, კვლევისას ავლენს ლოგიკური მსჯელობის, მონაცემების ანალიზისა და დამუშავების უნარებს;
- მოსწავლე ასახელებს ფაქტორებს, რის გამოც მისი დასკვნები შეიძლება იყოს აცდენილი რეალურ სურათს.

<p>სამიზნე ცნება და მასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები (გრძელვადიანი სასწავლო მიზანი)</p>	<p><b>საკითხები:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• მრუდწირული მოძრაობა;</li> <li>• ცენტრისკენული აჩქარება.</li> </ul> <p><b>ქვეცნებები:</b></p> <p>ბრუნვა, მრუდწირული მოძრაობა.</p>	<p><b>საკვანძო შეკითხვა/ შეკითხვები</b></p> <p>1. არის თუ არა დამოკიდებული დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრის ბრუნვის მახასიათებელი პარამეტრები თანამგზავრი მასაზე?</p>	<p><b>კომპლექსური დავალების პირობა (შუალედური სასწავლო მიზანი)</b></p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------

<p><b>მოდრაობა და ცვლილებები ფიზ.საბ. 2,3 მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</b></p> <p>1) სხეულთა მოძრაობა შესაძლებელია განსხვავდებოდეს ტრაექტორიის ფორმით, სიჩქარით ან სიჩქარის ცვლილების ხასიათით. მოძრაობის ძირითადი სახეებია: გადატანითი მოძრაობა და ბრუნვა.</p> <p>2) მოძრაობის მახასიათებელ ფიზიკურ სიდიდეებს შორის ან/და ამ სიდიდეებისა და მათი ცვლილების მიზეზებს შორის დამოკიდებულება შესაძლებელია აღწეროს ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებით ან სხვა ფორმით.</p> <p>3) მოძრაობის მახასიათებელი ზოგიერთი ფიზიკური სიდიდე და მოძრაობის ტრაექტორია შესაძლოა განსხვავებული იყოს სხვადასხვა ათვლის სისტემის მიმართ, ხოლო ერთსა და იმავე ათვლის სისტემაში მოძრაობის მახასიათებელ სიდიდეებს/ მათ ცვლილებებს განსაზღვრავს გარეგანი ფაქტორების არსებობა.</p> <p><b>კვლევა - ფიზ.საბ. 4,5,6,7,8,9 მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</b></p> <p>1) კვლევის მეთოდებია: ცდა (ექსპერიმენტი), ინფორმაციის მოძიება, მონაცემების დამუშავება ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით და სხვა,</p>	<p><b>კომპლექსური დავალების შესრულების ეტაპები</b> (აქტივობები,საკვანძოშეკითხვები,რესურსები) <b>ეტაპი I – კომპლექსური დავალების პირობის გაცნობა</b></p> <p>დედამიწის გარშემო წრიულ ორბიტაზე ბრუნავს ხელოვნური თანამგზავრი სახელად „საერთაშორისო კოსმოსური სადგური“. სადგურზე ახლაც იმყოფებიან მეცნიერები, რომლებიც ფიზიკის, ასტრონომიის, მეტეოროლოგიისა და სხვა დარგების მიმართულებით კვლევებს ატარებენ. ასევე მეცნიერების მიერ ხდება სხვადასხვა კოსმოსური აღჭურვილობების გამოცდა, რომლების მომავალში შესაძლოა საპლანეტაშორისო მოგზაურობების დროს გამოვიყენოთ. ვებ-გვერდზე: Youtube.com ჩაწერეთ საძიებო ფრაზა: „international space station“. აქ ნახავთ აღნიშნული თანამგზავრიდან დედამიწის ხედს პირდაპირ ეთერში. შეგიძლიათ დააკვირდეთ და ამოიციოთ თქვენი კონტინენტიც. ამავე ვებ-გვერდზე შეგიძლია იხილოთ, თუ როგორ ცხოვრობენ მეცნიერები ხელოვნურ თანამგზავრში.</p> <p>საერთაშორისო კოსმოსური სადგურის მსგავსად დედამიწის ირგვლივ უამრავი ხელოვნური თანამგზავრი ბრუნავს, რომლებსაც სხვადასხვა დანიშნულება აქვს. თქვენი დავალებაა გამოიკვლიოთ თანამგზავრის ბრუნვის მახასიათებელი სიდიდეები.</p> <p><b>თეორიულ მასალაზე დაყრდნობით და მიწოდებული რესურსებით მოსწავლეები გაეცნობიან თუ როგორი დამოკიდებულებაა თანამგზავრის ბრუნვის მახასიათებელ სიდიდეებსა და პლანეტა – თანამგზავრის მასას შორის.</b></p> <p><b>ეტაპი II. მოსწავლეთა წინარეგონის გააქტიურება და კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობა:</b></p> <p>კომპლექსური დავალების შესრულებისთვის საჭირო საკითხების გახსენებისთვის დავსვით შემდეგი შეკითხვები:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• რას ეწოდება და როგორ გამოითვლება წრეწირზე ბრუნვის პერიოდი?</li> <li>• რას ეწოდება წირითი სიჩქარე?</li> <li>• რას ეწოდება და როგორ გამოითვლება წრეწირზე ბრუნვის სიხშირე?</li> <li>• რას ეწოდება და როგორ გამოითვლება წრეწირზე ბრუნვის კუთხური სიჩქარე?</li> <li>• რა ძალა განაპირობებს თანამგზავრის წრეწირზე ბრუნვას?</li> </ul>	<p>თანამედროვე სამყაროში ხელოვნური თანამგზავრების გარეშე ცხოვრება წარმოუდგენელია. დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრების საშუალებით ვაკვირდებით უამრავ მოვლენას დედამიწისა თუ ღია კოსმოსში. მათი საშუალებით ვიგებთ ამინდის პროგნოზს, ვუღებთ დედამიწის სხვადასხვა წერტილის სურათებს, გვაქვს ტელე და რადიოკავშირი, მობილური ტელეფონების გამოყენებით კომუნიკაციის დროსაც, შორ მანძილებზე თანამგზავრების საშუალებით გადაეცემა სიგნალი. ზოგიერთი თანამგზავრი შესაძლოა ისე ბრუნავდეს, რომ იგი დედამიწის სულ ერთი და იმავე წერტილის თავზე იმყოფებოდეს. ასეთი თანამგზავრები შესაძლოა გამოყენებულიქნას დედამიწის ერთი და იგივე ტერიტორიის დასაზვერად. სწორედ ამიტომ მნიშვნელოვანია მათი სწორი განლაგება და დედამიწის გარშემო ბრუნვის მახასიათებლების (ბრუნვის პერიოდი, სიხშირე, სიჩქარე, დედამიწის ზედაპირიდან დაშორება) სწორად შერჩევა. თქვენი ამოცანაა დაადგინოთ არის თუ არა კავშირი დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრის ბრუნვის მახასიათებელ სიდიდეებსა და დედამიწისა – თანამგზავრის მასას შორის.</p> <p><b>ნაშრომის პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინეთ:</b></p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



<p>გამოკითხვა, ვირტუალურ ლაბორატორიაში რეალური მოვლენის მოდელირება და სხვა. ექსპერიმენტის მსვლელობისას აუცილებელია უსაფრთხოების წესების დაცვა.</p> <p>2) რეალური მოვლენის მოდელირებისას შესაძლოა უგულებელყოფილ იქნას გარკვეული ფაქტორები, რის გამოც რეალობისაგან აცდენილ შედეგს მივიღებთ.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• როგორ გამოვთვალოთ წრეწირზე თანაბრად მბრუნავი სხეულის აჩქარება?</li> <li>• როგორ გამოითვლება ორ მასიურ სხეულს შორის ურთიერთქმედების ძალა? ფიზიკის სახელმძღვანელო: <b>რესურსი N 1 პარაგრაფები სახელმძღვანელოდან „ჰორიზონტალურად გასროლილი სხეულის მოძრაობა“</b></li> <li>• რა ტრაექტორიაზე მოძრაობს დედამიწის ზედაპირის მიმართ რაიმე სიმაღლიდან ჰორიზონტალურად გასროლილი სხეული?</li> <li>• როგორაა დამოკიდებული რაიმე სიმაღლიდან ჰორიზონტალურად გასროლილი სხეულის ფრენი სიშორე გასროლის სიჩქარეზე?</li> <li>• დედამიწის ზედაპირის მიმართ რაიმე სიმაღლიდან ჰორიზონტალურად გასროლილი სხეულის ფრენის სიშორის გამოთვლისას ხშირ შემთხვევაში ვთვლით რომ დედამიწის ზედაპირი ჰორიზონტალურია, თუმცა თუ გასროლის სიჩქარეს მნიშვნელოვნად გავზრდით, სხეული დედამიწაზე იმდენად შორს დაეცემა, რომ ამ მანძილზე დედამიწის ზედაპირი ჰორიზონტალურად ვეღარ ჩათვლება. რა შეიძლება მოხდეს, თუ სხეულის ჰორიზონტალურად გასროლის სიჩქარეს კიდევ უფრო გავზრდით?</li> <li>• რისი ტოლია ჰორიზონტალურად გასროლილი სხეულის აჩქარება?</li> <li>• არის თუ არა თანაბრაჩქარეული მოძრაობა ჰორიზონტალურად გასროლილი სხეულის ვარდნა?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• რომელი სახის მოძრაობას ასრულებს დედამიწის გარშემო წრიულ ორბიტაზე მბრუნავი თანამგზავრი; (მოდრ. მკვიდრ. N 1)</li> <li>• რატომ არ ვარდება დედამიწის გარშემო მბრუნავი თანამგზავრი დედამიწაზე; (მოდრ. მკვიდრ. N 3)</li> <li>• არის თუ არა დამოკიდებული დედამიწის გარშემო წრიულ ორბიტაზე მბრუნავი თანამგზავრის სიჩქარე თანამგზავრის მასაზე; (მოდრ. მკვიდრ. N2)</li> <li>• როგორაა დამოკიდებული პლანეტის გარშემო წრიულ ორბიტაზე მბრუნავი თანამგზავრის სიჩქარე პლანეტის მასაზე; (მოდრ. მკვიდრ. N2)</li> <li>• არის თუ არა დამოკიდებული პლანეტის გარშემო მბრუნავი თანამგზავრის ბრუნვის პერიოდი თანამგზავრის ან პლანეტის მასაზე; (მოდრ. მკვიდრ. N2)</li> </ul>
	<p><b>რესურსი N 2 პარაგრაფი სახელმძღვანელოდან: პირველი კოსმოსური სიჩქარე:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• რა ძალა მოქმედებს დედამიწის მახლობლად წრიულ ორბიტაზე მბრუნავ თანამგზავრზე?</li> <li>• საითაა მიმართული თანამგზავრის აჩქარება?</li> <li>• იცვლება თუ არა თანამგზავრის აჩქარების მოდული?</li> <li>• როგორ გამოითვლება თანამგზავრის აჩქარების მოდული?</li> <li>• როგორ გამოვთვალოთ თანამგზავრის სიჩქარის მოდული?</li> <li>• როგორ დავადგინოთ დამოკიდებულია თუ არა თანამგზავრის სიჩქარის მოდული თანამგზავრის მასაზე?</li> <li>• როგორ დავადგინოთ დამოკიდებულია თუ არა თანამგზავრის სიჩქარის მოდული პლანეტის მასაზე?</li> <li>• როგორ გამოვთვალოთ თანამგზავრის ბრუნვის პერიოდი?</li> <li>• როგორ დავადგინოთ დამოკიდებულია თუ არა თანამგზავრის ბრუნვის პერიოდი თანამგზავრის მასაზე?</li> <li>• როგორ დავადგინოთ დამოკიდებულია თუ არა თანამგზავრის ბრუნვის პერიოდი პლანეტის მასაზე?</li> <li>• როგორ დავადგინოთ დამოკიდებულია თუ არა თანამგზავრის სიჩქარე პლანეტის ცენტრიდან დაშორებაზე?</li> <li>• შესაძლებელია თუ არა თანამგზავრი ისე ბრუნავდეს, რომ იგი სულ დედამიწის ჩრდილოეთ პოლუსის თავზე იმყოფებოდეს?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• როგორაა დამოკიდებული პლანეტის გარშემო წრიულ ორბიტაზე მბრუნავი თანამგზავრის სიჩქარე, პლანეტის ცენტრიდან დაშორებაზე; (მოდრ. მკვიდრ. N2)</li> <li>• რომელ სიბრტყეში უნდა ბრუნავდეს დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრი, რომ იგი დედამიწის სულ ერთი და იმავე წერტილის თავზე იმყოფებოდეს; (მოდრ. მკვიდრ. N3)</li> <li>• რა რადიუსის ორბიტაზე უნდა ბრუნავდეს დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრი, რომ იგი დედამიწის სულ ერთი და იმავე წერტილის თავზე იმყოფებოდეს; (მოდრ. მკვიდრ. N3)</li> <li>• კვლევის რომელი მეთოდები გამოიყენეთ დავალებაზე მუშაობისას; (კვლევა. მკვიდრ. N 1)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• შესაძლებელია თუ არა თანამგზავრი ისე ბრუნავდეს, რომ იგი სულ ეკვატორის ერთ-ერთი წერტილის თავზე იმყოფებოდეს? <b>რესურსი N 3</b> – გადადით ვირტუალური ლაბორატორიის ბმულზე: <a href="https://tinyurl.com/e75wyn93">https://tinyurl.com/e75wyn93</a>; აირჩიეთ დედამიწის ირგვლივ თანამგზავრის მოძრაობა. გრაფიკულად გამოაჩინეთ თანამგზავრის სიჩქარე, ტრანექტორია, გრავიტაციული ურთიერთქმედების ძალა და ჩართეთ „სიმულაცია“.</li> <li>• დააკვირდით როგორ იცვლება სიჩქარისა და თანამგზავრზე მოქმედი ძალის მიმართულება;</li> <li>• ჩართეთ წამზომი და დაითვალეთ თანამგზავრის ბრუნვის პერიოდი. პირობითად, გამოთვალეთ თანამგზავრის 5-ჯერ შემობრუნების დრო და გაყავით 5-ზე;</li> <li>• ცვალეთ თანამგზავრის მასა და გამოითვალეთ მისი ბრუნვის პერიოდი ხელახლა;</li> <li>• შეადარეთ ბრუნვის პერიოდები ერთმანეთს და გამოიტანეთ შესაბამისი დასკვნა;</li> <li>• შეამცირეთ პლანეტის მასა და გამოიანგარიშეთ თანამგზავრის ბრუნვის პერიოდი ხელახლა;</li> <li>• შეადარეთ ბრუნვის პერიოდი თავდაპირველს და გამოიტანეთ დასკვნა;</li> <li>• გაზარდეთ პლანეტის მასა და დააკვირდით თანამგზავრის მოძრაობას, გამოიტანეთ შესაბამისი დასკვნა;</li> <li>• ჩართეთ სიმულაცია თავიდან და თანამგზავრის მოძრაობის პროცესში გამორთეთ გრავიტაცია. დააკვირდით თანამგზავრის მოძრაობას და გამოიტანეთ შესაბამისი დასკვნა;</li> </ul> <p><b>თქვენი დასკვნები წარმოადგინეთ პრეზენტაციის სახით. გამოიყენეთ powerpoint.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• თანხვედრაშია თუ არა თქვენი ვარაუდები და თეორიული გამოთვლები ვირტუალური ლაბორატორიის გამოყენებით მიღებულ შედეგებთან; (კვლევა. მკვიდრ. N 2)</li> <li>• რის გამო შეიძლება იყოს აცდენილი თქვენი დასკვნები რეალურ სურათს; (კვლევა. მკვიდრ. N 2)</li> </ul>
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p><b>შეფასების კრიტერიუმები:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• მოსწავლე ასახელებს, თუ რომელი სახის მოძრაობას ასრულებს დედამიწის გარშემო წრიულ ორბიტაზე მბრუნავი თანამგზავრი;</li> <li>• მოსწავლე მსჯელობს, თუ რატომ არ ვარდება დედამიწის გარშემო მბრუნავი თანამგზავრი დედამიწაზე;</li> <li>• მოსწავლე მსჯელობს, არის თუ არა დამოკიდებული დედამიწის გარშემო წრიულ ორბიტაზე მბრუნავი თანამგზავრის სიჩქარე თანამგზავრის მასაზე;</li> <li>• მოსწავლე განსაზღვრავს, თუ როგორაა დამოკიდებული პლანეტის გარშემო წრიულ ორბიტაზე მბრუნავი თანამგზავრის სიჩქარე პლანეტის მასაზე;</li> <li>• მოსწავლე განსაზღვრავს, არის თუ არა დამოკიდებული პლანეტის გარშემო მბრუნავი თანამგზავრის ბრუნვის პერიოდი თანამგზავრის ან პლანეტის მასაზე;</li> <li>• მოსწავლე განსაზღვრავს, თუ როგორაა დამოკიდებული პლანეტის გარშემო წრიულ ორბიტაზე მბრუნავი თანამგზავრის სიჩქარე, პლანეტის ცენტრიდან დაშორებაზე;</li> <li>• მოსწავლე განსაზღვრავს, თუ რომელ სიბრტყეში უნდა ბრუნავდეს დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრი, რომ იგი დედამიწის სულ ერთი და იმავე წერტილის თავზე იმყოფებოდეს;</li> <li>• მოსწავლე განსაზღვრავს, თუ რა რადიუსის ორბიტაზე უნდა ბრუნავდეს დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრი, რომ იგი დედამიწის სულ ერთი და იმავე წერტილის თავზე იმყოფებოდეს;</li> <li>• მოსწავლე, კვლევისას ავლენს ლოგიკური მსჯელობის, მონაცემების ანალიზისა და დამუშავების უნარებს;</li> <li>• მოსწავლე ასახელებს ფაქტორებს, რის გამოც მისი დასკვნები შეიძლება იყოს აცდენილი რეალურ სურათს.</li> </ul>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

# თავი I

## § 1.1. მექანიკა. მექანიკის ძირითადი ამოცანა

გაკვეთილის თემა	მექანიკის ძირითადი ამოცანა
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	მექანიკის ძირითადი ამოცანაა სხეულის მდებარეობის განსაზღვრა სივრცეში დროის ნებისმიერ მომენტში.
გაკვეთილის მიზანი	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლეებს ეცოდინებათ რა არის მექანიკა, მექანიკის ნაწილები, მექანიკური მოძრაობა, ათვლის სხეული, ათვლის სისტემა, მოძრაობისა და მდებარეობის ფარდობითობა, მოძრაობის სახეები, ნივთიერი წერტილი. ტრაექტორია, გავლილი მანძილი, გადაადგილება, მექანიკის ძირითადი ამოცანა.
ესგ-შედგევი, ინდიკატორები	ფიზ. საბ.გ. მოსწავლეს შეუძლია მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/კანონზომიერებების საჩვენებლად.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი-ლექცია, ინტერაქტიული გამოკითხვა, ინდივიდუალური მუშაობა.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	მექანიკა, კინემატიკა, დინამიკა, სტატიკა, მექანიკური მოძრაობა, ათვლის სხეული, ტრაექტორია, გავლილი მანძილი, გადაადგილება, ნივთიერი წერტილი (მატერიალური წერტილი), გადატანითი მოძრაობა, ბრუნვითი მოძრაობა. მექანიკის ძირითადი ამოცანა.
წინარე ცოდნა	მექანიკური მოძრაობა, ათვლის სხეული, გადაადგილება, ტრაექტორია, გავლილი მანძილი, გადაადგილება, გავლილი მანძილის ერთეული (მეტრი).
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> მინი ლექცია, ნასწავლის გამეორება, ტერმინების მნიშვნელობის გახსენება.</p> <p><b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის გააქტიურება.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> საერთო-საკლასო შეკითხვებზე პასუხის გაცემა მასწავლებელი სვამს კითხვას VII კლასში ნასწავლი მასალის შესაბამისად, მაგალითად, რას ეწოდება მექანიკური მოძრაობა? მოიყვანეთ მოძრაობის მაგალითები. რას ეწოდება ათვლის სხეული? მოიყვანეთ მაგალითები და დაასახელეთ ათვლის სხეულები.                      რას ნიშნავს სხეულის მდებარეობა ფარდობითია? (მოიყვანეთ მაგალითები)                      რას ნიშნავს ფარდობითია სხეულის მოძრაობა . მოიყვანე მაგალითები. ამ და მსგავსი შეკითხვების დასასმელად შეგვიძლია გამოვიყენოთ სახელმძღვანელოს 1.1 პარაგრაფი ამ აქტივობაში ჩართულია მთელი კლასი. სასარგებლო იქნება არასწორი პასუხის შემთხვევაში განმარტების მიცემა.</p> <p><b>აქტივობა 3. ახალი მასალის გაგების შემოწმება.</b> შეიძლება დავსვათ კითხვები: რას ეწოდება მექანიკა? დასახელე მექანიკის ნაწილები? რას შეისწავლის კინემატიკა? რას შეისწავლის დინამიკა? რას შეისწავლის სტატიკა?                      შესაძლებელია ის მოსწავლეებიც კი ჩაერთონ, რომლებიც მანამდე მეტად პასიურობდნენ. დამოუკიდებელი მუშაობა,</p>

	განვლილი მასალის განმტკიცება სახელმძღვანელოში მოცემული ტესტური ან ღია ბოლოიანი სავარჯიშოების საშუალებით, რომელიც მიეცემათ ინდივიდუალურად შესასრულებლად. <b>აქტივობა 4.</b> შეჯამება
რესურსები	სახელმძღვანელო.
შეფასების კრიტერიუმები	დამოუკიდებელი მუშაობის დროს წინა წლებში მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი. ასევე შეიძლება მოვახდინოთ განმავითარებელი შეფასება, გამოვიყენოთ განმავითარებელი შეფასების მეთოდი – „მოსწავლის და მასწავლებლის უკუკავშირი“.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §1.1. მექანიკა. მექანიკის ძირითადი ამოცანა. პარაგრაფის ბოლოს მოცემული ტესტური ამოცანები.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან რა არის მექანიკა, იციან მექანიკის სახეები, და მექანიკის ძირითადი ამოცანა და მასთან დაკავშირებული ძირითადი ცნებები.

## დავალება

განვლილი მასალის უკეთ გასახსენებლად შევასრულოთ რამდენიმე ტესტური დავალება:

1. განვიხილოთ შემდეგი სამი სხეულის მოძრაობა: 1) საბაგიროს კაბინის სადგურიდან სადგურამდე; 2) „ეშმაკის ბორბალის“ კალათის და 3) ტვირთის, რომელიც ამწეს ააქვს. მათგან გადატანით მოძრაობას ასრულებს:

- ა) მხოლოდ 1) და 2);
- ბ) მხოლოდ 1) და 3);
- გ) მხოლოდ 2) და 3);
- დ) სამივე სხეული.



2. თანაბრად მოძრავი ვაგონის თაროდან გადმოვარდა საგანი, რომელიც იატაკზე დაეცა. მისი მოძრაობის ტრაექტორია დედამიწაზე მდგომი დამკვირვებლის მიმართ იქნება

- ა) ჰორიზონტალური მონაკვეთი;
- ბ) ვერტიკალური მონაკვეთი;
- გ) დახრილი მონაკვეთი;
- დ) მრუდი.

3. სამგზავრო ლიფტი პირველი სართულიდან მეცხრე სართულზე ავიდა, შემდეგ კი მესამეზე ჩამოვიდა. რამდენჯერ მეტია მისი გავლილი მანძილი გადაადგილების მოდულზე?

- ა) 6-ჯერ; ბ) 6,5-ჯერ; გ) 7-ჯერ; დ) 7,5-ჯერ.

4. ტურისტმა ჯერ დასავლეთისაკენ 12 კმ გაიარა, შემდეგ ჩრდილოეთის მიმართულებით გაიარა 5 კმ. ტურისტის გადაადგილების მოდული ტოლი იქნება:

- ა) 17 კმ-ის; ბ) 13 კმ-ის; გ) 7 კმ-ის; დ) 60 კმ-ის.

5. 150 მ სიგრძის მატარებელი 550 მ სიგრძის გვირაბის გავლისას გადის

- ა) 150 მ-ს; ბ) 550 მ-ს; გ) 400 მ-ს; დ) 700 მ-ს.

დავალების სწორი პასუხები:

	1	2	3	4	5
ა					
ბ				✓	
გ			✓		
დ	✓	✓			✓

**§ 1.2. სკალარული და ვექტორული სიდიდეები. მოქმედებები ვექტორობზე**

გაკვეთილის თემა	სკალარული და ვექტორული სიდიდეები. მოქმედებები ვექტორობზე
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	1. სიდიდეს, რომელიც ხასიათდება არაუარყოფითი რიცხვითი მნიშვნელობით და მიმართულებით, ვექტორული სიდიდე ეწოდება. 2. ფიზიკურ სიდიდეს. რომლის სრულად დასახასიათებლად საკმარისია მხოლოდ მისი რიცხვითი მნიშვნელობის ცოდნა სკალარული სიდიდეა.
გაკვეთილის მიზანი	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე შეძლებს გაიაზროს ცნება „ვექტორული“, „სკალარული“, „ტოლი ვექტორები“, „მოპირდაპირე ვექტორები“, „ორ ვექტორს შორის კუთხე“, შეასრულოს მოქმედებები ვექტორობზე, ვექტორების შეკრება სამკუთხედის, პარალელოგრამის და მრავალკუთხედის წესით, ვექტორების გამოკლება, ვექტორის სკალარზე გამრავლება.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ. საბ.8. მოსწავლეს შეუძლია მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/ კანონზომიერებების საჩვენებლად.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი-ლექცია, ინტერაქტიული გამოკითხვა, ინდივიდუალური მუშაობა.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	ვექტორული სიდიდე, სკალარული სიდიდე, ტოლი ვექტორები, მოპირდაპირე ვექტორები, ვექტორების შეკრება სამკუთხედის წესით, ვექტორების შეკრება პარალელოგრამის წესით, მრავალკუთხედის წესით, ვექტორების გამოკლება, ვექტორები რიცხვზე ნამრავლი.
წინარე ცოდნა	სკალარული და ვექტორული სიდიდეები. ერთ წრფეზე (პარალელურ წრფეებზე) მდებარე ვექტორების შეკრება გამოკლება.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	<b>აქტივობა 1.</b> მინი ლექცია, ნასწავლის გამეორება, ტერმინების მნიშვნელობის გახსენება. <b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის გააქტიურება. <b>აქტივობა 2.</b> საერთო-საკლასო შეკითხვებზე პასუხის გაცემა მასწავლებელი სვამს კითხვას VII კლასში ნასწავლი მასალის შესაბამისად, მაგალითად, გაიხსენეთ როგორი სიდიდეები იცით, როგორ სიდიდეს ეწოდება სკალარული სიდიდე, როგორს ვექტორული სიდიდე. მსგავსი შეკითხვების მოსამზადებლად შეიძლება გამოვიყენოთ ტექსტები, რომელიც მოცემულია მეორე გაკვეთილში. მოსწავლეები

	<p>ხელის აწევით აფიქსირებენ საკუთარ აზრს. ამ აქტივობაში ჩართულია მთელი კლასი. სასარგებლო იქნება არასწორი პასუხის შემთხვევაში განმარტების მიცემა.</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> ამოცანის ერთობრივი ამოხსნა ჯგუფში ან წყვილებში.</p> <p><b>მიზანი:</b> მოსწავლე შეძლებს ამოცანის სწორად ამოხსნას საკუთარი შეხედულებით, ჯგუფის წევრების მითითებების ან კომენტარების გათვალისწინების ან საკუთარი აზრის დამტკიცების საფუძველზე.</p> <p><b>აღწერა:</b> სახელმძღვანელოში მოცემული ამოცანის ამოხსნის ნიმუშის განხილვა „ერთად ამოხსნათ ამოცანა“ – ითვალისწინებს მოსწავლეების ურთიერთდახმარებას, საჭიროების შემთხვევაში მასწავლებლის დახმარებას და სახელმძღვანელოში ამოხსნილი ამოცანის გააზრებას, შემდეგ მიღებული ცოდნის გამოყენებას ახალი ამოცანის ამოსახსნელად. მასწავლებელი აკვირდება ნახაზის შესრულების პროცესს, გამოთვლების ჩატარებას, აძლევს დროულ უკუკავშირს.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> დამოუკიდებელი მუშაობა, განვლილი მასალის განმტკიცება სახელმძღვანელოში მოცემული ტესტური ან ღია ბოლოიანი სავარჯიშოების საშუალებით, რომელიც მიეცემათ ინდივიდუალურად შესასრულებლად.</p> <p><b>აქტივობა 5.</b> შეჯამება</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო, რვეული, სახაზავი, ფანქარი.სასურველი იქნება Geogebra Classic გამოყენება.
შეფასების კრიტერიუმები	დამოუკიდებელი მუშაობის დროს წინა წლებში მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის: ამოცანების ამოხსნა	ამოცანების ამოხსნა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან ვექტორები და მოქმედებები ვექტორებზე.

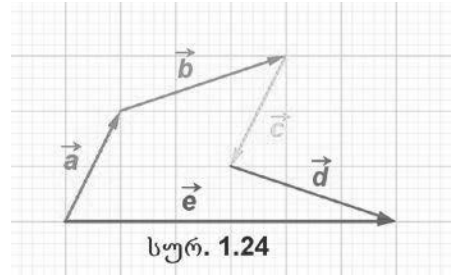
### საკონტროლო კითხვების პასუხები:

- რა განსხვავებაა ვექტორულ და სკალარულ სიდიდეებს შორის?  
**პასუხი:** სიდიდეს, რომელიც ხასიათდება არაუარყოფითი რიცხვითი მნიშვნელობით და მიმართულებით, ვექტორული სიდიდე ეწოდება. სიდიდეს, რომლის დასახასიათებლად საკმარისია მხოლოდ მისი რიცხვითი მნიშვნელობის ცოდნა სკალარული სიდიდეა.
- როგორ შევკრიბოთ ორი ვექტორი სამკუთხედის წესით? პარალელოგრამის წესით?  
**პასუხი:** **სამკუთხედის წესით** ორი ვექტორის შესაკრებად საჭიროა, ერთ-ერთი ვექტორი გადავიტანოთ პარალელურად და მისი სათავე მოვდოთ პირველი ვექტორის ბოლოს. ვექტორი, რომელიც აერთებს პირველი ვექტორის სათავეს მეორის ბოლოსთან, იქნება ამ ორი ვექტორის ჯამი.  
**ორი ვექტორის პარალელოგრამის წესით** შეკრებისას ორივე ვექტორის სათავე უნდა მოვდოთ ერთ წერტილში. შემდეგ ამ ვექტორებზე, როგორც გვერდებზე, ავაგოთ პარალელოგრამი,

საერთო სათავიდან გავლებული დიაგონალური ვექტორი იქნება მოცემული ორი ვექტორის ჯამი.

3. სამკუთხედის წესის გამოყენებით, დაასაბუთეთ რამდენიმე ვექტორის შეკრების მრავალკუთხედის წესი;

**პასუხი:** რამდენიმე ვექტორის შესაკრებად საჭიროა, გამოვიყენოთ მრავალკუთხედის წესი: თითოეული ვექტორის ბოლოს მოვდით მომდევნო ვექტორის სათავე, პირველი ვექტორის სათავიდან ბოლო ვექტორის ბოლომდე გავლებული ვექტორი იქნება მოცემულ ვექტორთა ჯამი.  
 $\vec{e} = \vec{a} + \vec{b} + \vec{c} + \vec{d}$



4. ორი ურთიერთმართობული ვექტორის შეკრებისას რა მიმართულება აქვს ჯამურ ვექტორს? როგორ ვიპოვოთ მისი მოდული?

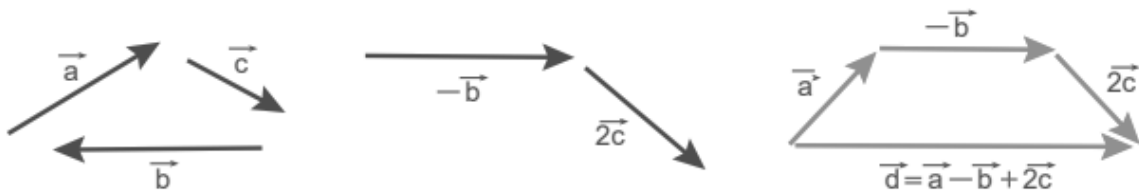
**პასუხი:** ორი ურთიერთმართობული შესაკრები ვექტორების სათავე მოვდით ერთ წერტილში. შემდეგ ამ ვექტორებზე როგორც გვერდებზე ავაგოთ მართკუთხედი, საერთო სათავიდან გავლებული დიაგონალური ვექტორი იქნება მოცემული ორი ვექტორის ჯამი.

როცა ვექტორებს შორის კუთხე  $90^\circ$ -ია (სურათი), ჯამური ვექტორის მოდულის საპოვნელად გამოვიყენებთ პითაგორას თეორემას:  $c = \sqrt{a^2 + b^2}$

5.  $k$ -ს როგორი მნიშვნელობებისთვის აქვს  $\vec{v}$  და  $k\vec{v}$  ვექტორებს ერთი მიმართულება? საპირისპირო მიმართულება?

**პასუხი:** ვექტორის რიცხვზე ნამრავლი ვექტორია, რომლის მოდული ტოლია საწყისი ვექტორის მოდულისა და რიცხვის ნამრავლის. მიღებულ ვექტორს აქვს იგივე მიმართულება, თუ რიცხვი დადებითია და საპირისპირო მიმართულება, თუ რიცხვი უარყოფითია. ვექტორისა და რიცხვის ნამრავლი ნულოვანი ვექტორის ტოლია, თუ რიცხვი ნულის ტოლია.

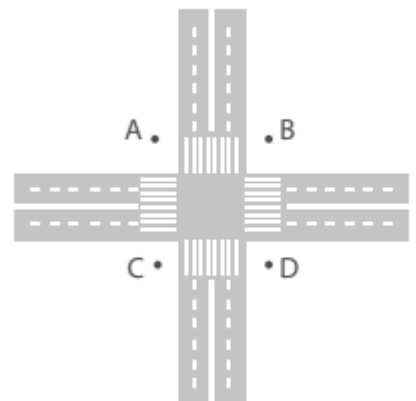
**ერთად ამოვხსნათ ამოცანა:**



სურათზე მოცემულია სამი  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$  და  $\vec{c}$  ვექტორი. დახაზეთ  $\vec{a} - \vec{b} + 2\vec{c}$  ვექტორი.

ამოხსნა: ჯერ დავხაზოთ  $-\vec{b}$  და  $2\vec{c}$  ვექტორები. შემდეგ გამოვიყენოთ ვექტორების შეკრების მრავალკუთხედის წესი. კერძოდ,  $\vec{a}$  ვექტორის ბოლოს მოვდით  $-\vec{b}$  ვექტორის საწყისი წერტილი და  $-\vec{b}$  ვექტორის ბოლოს  $2\vec{c}$  ვექტორის საწყისი წერტილი: ვექტორი რომელიც აერთებს  $\vec{a}$  ვექტორის საწყის წერტილს  $2\vec{c}$  ვექტორის საბოლოო წერტილთან იქნება ვექტორთა საძიებელი ჯამის ტოლი.

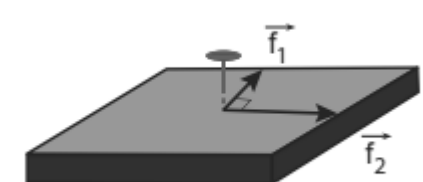
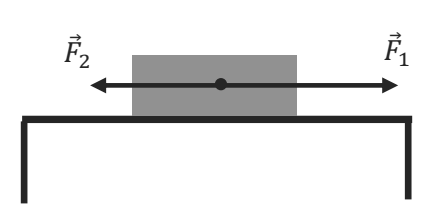
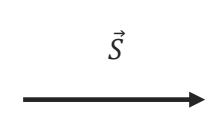
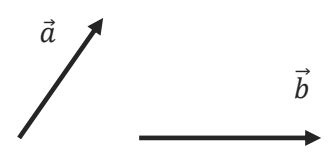
$\vec{d} = \vec{a} + (-\vec{b}) + 2\vec{c} = \vec{a} - \vec{b} + 2\vec{c}$ .



1. სურათზე მოცემულ გზაჯვარედინზე „ზებრა“ გადასასვლელით სარგებლობისას გოგონა ჯერ A წერტილიდან B წერტილში გადავიდა, შემდეგ კი - B - დან D - ში. განსაზღვრეთ გოგონას

მიერ განვლილი მანძილი და გადაადგილების სიგრძე, თუ  $AB=6$  მ-ს,  $BD=8$  მ-ს. (14 მ, 10 მ).

- ავტომობილის მძღოლმა, რომელიც სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულებით  $20$  მ/წმ სიჩქარით მოძრაობდა სიჩქარის მოდული  $1,5$ -ჯერ გაზარდა, მიმართულება კი საპირისპიროთი შეცვალა. რა სიჩქარით და რა მიმართულებით მოძრაობს ახლა იგი? (30 მ/წმ-ით, ჩრდილო დასავლეთით)
- გადაიხაზეთ სურათზე მოცემული ვექტორები და დახაზეთ მათი ჯამი და სხვაობა:  $\vec{a} + \vec{b}$  და  $\vec{a} - \vec{b}$ .
- გადაიხაზეთ სურათზე მოცემული ვექტორები და დახაზეთ  $3\vec{a} + 2\vec{b}$  და  $2\vec{a} + 3\vec{b}$  ვექტორები.
- ლაშქრობისას მოსწავლეებმა  $4$  კმ დასავლეთის მიმართულებით გაიარეს, შემდეგ  $3$  კმ — სამხრეთის მიმართულებით. რისი ტოლია მოსწავლეების მიერ გავლილი მანძილი? გადაადგილების სიგრძე? ააგეთ ნახაზი. (7 კმ, 5 კმ)
- მოცემული გვაქვს  $\vec{S}$  ვექტორი. იპოვეთ  $2\vec{S} + 3\vec{S}$  და  $2\vec{S} - 3\vec{S}$  ვექტორების მიმართულებები და მოდულები. ააგეთ ნახაზი.
- სხეულზე მოქმედებს  $F_1=5\text{ნ}$  და  $F_2=3\text{ნ}$  ურთიერთსაპირისპიროდ მიმართული ორი ძალა. რისი ტოლია ამ ძალების ვექტორული ჯამი (ტოლქმედი)? (2 ნ)
- სხეულზე მოქმედი  $\vec{F}_1$  ძალა  $5$ -ჯერ გაზარდეს,  $\vec{F}_2$  კი  $4$ -ჯერ. რისი ტოლი გახდა ამ ძალების ტოლქმედი? გამოიყენეთ მე-7 ამოცანი პირობა.
- რისი ტოლი გახდება სხეულზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი, თუ მასზე  $\vec{F}_1$  და  $\vec{F}_2$  ძალების ნაცვლად ვიმოქმედებდით  $2\vec{F}_1$  და  $-3\vec{F}_2$  ძალებით? გამოიყენეთ მე-7 ამოცანი პირობა.
- ფიცარზე ნაწილობრივ ჩარჭობილ ლურსმანზე ჰორიზონტალურად გამობმულია ორი თოკი, რომელთა შორის კუთხე მართია. პირველი თოკი ლურსმანზე მოქმედებს  $F_1=15\text{ნ}$  ძალით, მეორე —  $F_2=20\text{ნ}$ -ით. განსაზღვრეთ ლურსმანზე თოკების მხრიდან მოქმედი ძალების ვექტორული ჯამი (ტოლქმედი). (25 ნ)



**ამოცანების ამოხსნა:**

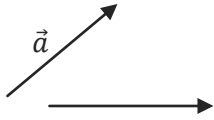
- $AB=6\text{მ}$ ;  $BD=8\text{მ}$   
გოგონა A-დან D წერტილში მისასვლელად გაივლიდა მანძილს  $AB+BD=14\text{მ}$ , ხოლო გადაადგილება იქნება  $AD = \sqrt{AB^2 + BD^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10$  მ

**პასუხი:** გოგონამ გაიარა  $14$  მ; გადაადგილების სიგრძე  $10\text{მ}$ .

- თუ ავტომობილი მოძრაობდა სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულებით და მოძრაობა გააგრძელა საპირისპირო მიმართულებით, ე.ი. მოძრაობა გააგრძელა ჩრდილო-დასავლეთით. მისი სიჩქარე კი გახდება  $20 \times 1,5 = 30\text{მ/წმ}$ .



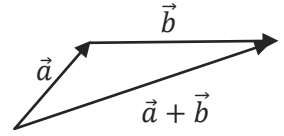
3.



$\vec{a}$  და  $\vec{b}$  ვექტორების ჯამი შეიძლება განვსაზღვროთ ორი ხერხით:

- სამკუთხედის ხერხი:

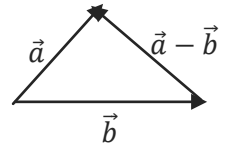
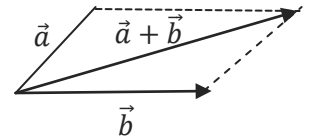
$\vec{b}$  ვექტორი გადავიტანოთ პარალელურად ისე, რომ  $\vec{b}$  ვექტორის დასაწყისი დაემთხვეს  $\vec{a}$  ვექტორის ბოლოს და მივმართოთ ვექტორი  $\vec{a}$ -ს დასაწყისიდან  $\vec{b}$ -ს ბოლოსკენ.



- პარალელოგრამის ხერხი:

$\vec{b}$  ვექტორი გადავიტანოთ პარალელურად ისე, რომ  $\vec{a}$  და  $\vec{b}$  ვექტორების სათავეები დაემთხვეს ერთმანეთს და ამ ვექტორებზე, როგორც გვერდებზე ავაგოთ პარალელოგრამი, საერთო სათავიდან გავავლოთ დიაგონალი, რომელიც იქნება მოცემული ვექტორების ჯამი.

გადავიტანოთ ვექტორები პარალელურად ისე, რომ მათი სათავეები დაემთხვეს ერთმანეთს და მათი სხვაობა არის ვექტორი, რომელიც მიმართულია მაკლების ბოლოდან საკლების ბოლომდე.



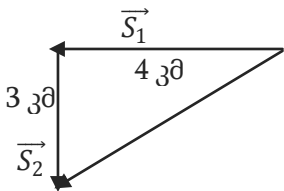
4. გამოვიყენოთ ვექტორის რიცხვზე ნამრავლისა და ვექტორების შეკრების წესი და ვიპოვოთ  $3\vec{a} + 2\vec{b}$ , ამისთვის ჯერ  $\vec{a} \cdot 3$



გადავიტანოთ ეს ვექტორები ისე, რომ მეორეს სათავე მოვდოთ პირველი ვექტორის ბოლოს და პირველი ვექტორის სათავიდან მეორე ვექტორის ბოლომდე გავვლებული ვექტორი იქნება მოცემული ორი ვექტორის ჯამი.

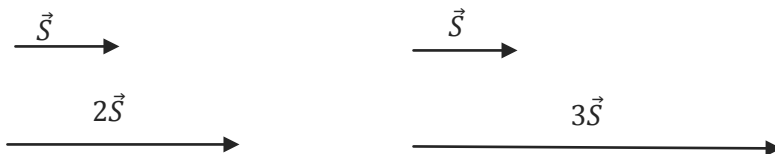
ასეთივე ხერხით ვიპოვოთ  $2\vec{a} + 3\vec{b}$ -საც.

5. ავაგოთ ნახაზი:

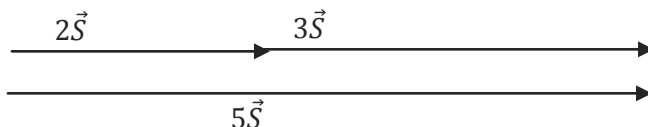


განვლილი მანძილია  $l = S_1 + S_2 = 7$  კმ  
 გადაადგილების მოდული  $S = \sqrt{S_1^2 + S_2^2} = 5$  კმ

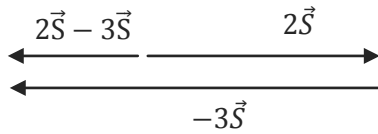
6. გამოვიყენოთ ვექტორის რიცხვზე ნამრავლისა და პარალელურ წრფეებზე მდებარე ვექტორების შეკრების წესი. პირველ რიგში ვიპოვოთ  $2\vec{S}$  და  $3\vec{S}$  ვექტორები.



$(2\vec{S} + 3\vec{S})$ -ის საპოვნელად ეს ვექტორები გადავიტანოთ ისე, რომ მეორეს დასაწყისი დაემთხვეს პირველის ბოლოს. ჯამური ვექტორი მივმართოთ პირველის დასაწყისიდან მეორეს ბოლოსკენ.



$2\vec{S} - 3\vec{S}$  გამოვიყენოთ ვექტორის რიცხვზე ნამრავლისა და პარალელურ წრფეზე მდებარე ვექტორების სხვაობა.



7. გამოვიყენოთ ერთ წრფეზე მდებარე ურთიერთსაპირისპირო ვექტორების ჯამის წესი და ვიპოვოთ  $F_1 - F_2 = 2\vec{S}$  და აქვს  $F_1$  ძალის მიმართულება.
8. გამოვიყენოთ ვექტორის რიცხვზე ნამრავლის წესი და ვიპოვოთ  $F_1 \cdot 5 = 25\vec{S}$ ,  $F_2 \cdot 4 = 12\vec{S}$  და ერთ წრფეზე მდებარე ურთიერთსაპირისპირო ვექტორების ჯამის პოვნის წესით  $5F_1 - 4F_2 = 13\vec{S}$  და აქვს  $F_1$  ვექტორის მიმართულება.
9. გამოვიყენოთ ვექტორის რიცხვზე ნამრავლის წესი და ვიპოვოთ  $2F_1 + 3F_2 = 22\vec{S}$ , რომელსაც  $F_1$  ძალის მიმართულება აქვს.
10. გამოვიყენოთ ვექტორების შეკრების პარალელოგრამის წესი. ამ ვექტორებზე, როგორც გვერდებზე ავაგოთ პარალელოგრამი, საერთო სათავიდან გავლებული დიაგონალური ვექტორი იქნება მოცემული ორი ვექტორის ჯამი.

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{15^2 + 20^2} = 25\vec{S}$$

### § 1.3. ვექტორის გეგმილები (კოორდინატები) ღერძებზე

გაკვეთილის თემა	ვექტორის გეგმილები (კოორდინატები) ღერძებზე
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. მექანიკის ძირითადი ამოცანაა კოორდინატების განსაზღვრა დროის ნებისმიერ მომენტში.</li> <li>2. ვექტორის გეგმილი რაიმე ღერძზე არის ამ ღერძზე ვექტორის ბოლო და საწყისი წერტილების სხვაობა.</li> <li>3. მოცემულ ღერძზე ვექტორის გეგმილის ნიშანი განისაზღვრება კუთხით, რომელსაც ის ღერძის დადებით მიმართულებასთან ადგენს: თუ ეს კუთხე მახვილია, გეგმილი დადებითია, თუ ბლაგვია – უარყოფითი.</li> </ol>
გაკვეთილის მიზანი	<ul style="list-style-type: none"> <li>• გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე შეძლებს გაიაზროს ცნება „ვექტორულის გეგმილი ღერძზე“, რომ ვექტორის გეგმილი რაიმე ღერძზე არის ამ ღერძზე ვექტორის ბოლო და საწყისი წერტილების კოორდინატების სხვაობას; როცა ვექტორი ღერძის დადებით მიმართულებასთან მახვილ კუთხეს ადგენს, მისი გეგმილი ამ ღერძზე დადებითია, როცა ბლაგვ კუთხეს – უარყოფითი; ხოლო როდესაც ვექტორი ღერძის მართობულია მისი გეგმილი ამ ღერძზე ნულის ტოლია; თუ ვექტორის მიმართულება ღერძის მიმართულებას ემთხვევა, მაშინ ვექტორის გეგმილი ამ ღერძზე მისი მოდულის ტოლია, ხოლო, თუ ღერძის საპირისპიროდაა მიმართული – მოდულის მოპირდაპირე რიცხვია; როცა ორი ვექტორი ტოლია, მაშინ ტოლი იქნება მათი გეგმილებიც ერთსა და იმავე ღერძზე.</li> </ul>

ესგ-შედევრი, ინდიკატორები	ფიზ. საბ. 8. მოსწავლეს შეუძლია მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/კანონზომიერებების საჩვენებლად.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი-ლექცია, ინტერაქტიული გამოკითხვა, ინდივიდუალური მუშაობა.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	ვექტორის გეგმილი ღერძზე, ვექტორის გეგმილი ღერძზე დადებითია, უარყოფითია, ნულია, სხეულის კოორდინატების განსაზღვრა.
წინარე ცოდნა	მექანიკის ძირითადი ამოცანა, გადაადგილება, ვექტორი.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> მინი ლექცია, ნასწავლის გამეორება, ტერმინების მნიშვნელობის გახსენება.  <b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის გააქტიურება.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> საერთო-საკლასო შეკითხვებზე პასუხის გაცემა მასწავლებელი სვამს კითხვებს წინარე ცოდნაზე დაყრდნობით, სასურველია კითხვები შეარჩიოს პირველ და მეორე პარაგრაფის ბოლოს საკონტროლო კითხვებიდან მაგალითად, რა არის მექანიკის ძირითადი ამოცანა? როგორ ვიპოვოთ სხეულის საბოლოო კოორდინატები, თუ გვეცოდინება მისი საწყისი მდებარეობა და გადაადგილება?</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> ამოცანის ერთობრივი ამოხსნა ჯგუფში ან წყვილებში.  <b>მიზანი:</b> მოსწავლე შეძლებს ამოცანის სწორად ამოხსნას საკუთარი შეხედულებით, ჯგუფის წევრების მითითებების ან კომენტარების გათვალისწინების ან საკუთარი აზრის დამტკიცების საფუძველზე.  <b>აღწერა:</b> სახელმძღვანელოში მოცემული ამოცანის ამოხსნის ნიმუშის განხილვა „ერთად ამოვხსნათ ამოცანა“ – ითვალისწინებს მოსწავლეების ურთიერთდახმარებას, საჭიროების შემთხვევაში მასწავლებლის დახმარებას და სახელმძღვანელოში ამოხსნილი ამოცანის გააზრებას, შემდეგ მიღებული ცოდნის გამოყენებას ახალი ამოცანის ამოსახსნელად. მასწავლებელი აკვირდება ყურადღებით უსმენს, აკვირდება ნახაზის შესრულების პროცესს, გამოთვლების ჩატარებას აძლევს დროულ უკუკავშირს.</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> დამოუკიდებელი მუშაობა, განვლილი მასალის განმტკიცება სახელმძღვანელოში მოცემული სავარჯიშოების საშუალებით, რომელიც მიეცემათ ინდივიდუალურად შესასრულებლად.  <b>მიზანი:</b> მოსწავლე შეძლებს ამოცანის სწორად ამოხსნას მიღებული ცოდნის საფუძველზე.  <b>აღწერა:</b> მასწავლებელი აკვირდება ჯგუფის და თითოეული მოსწავლის მუშაობას საჭიროების შემთხვევაში აძლევს საჭირო მითითებას.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> შეჯამება.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო, რვეული, სახაზავი, ფანქარი.სასურველი იქნება Geogebra Classic გამოყენება. shorturl.at/lnqGZ
შეფასების კრიტერიუმები	დამოუკიდებელი მუშაობის დროს წინა წლებში მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი.

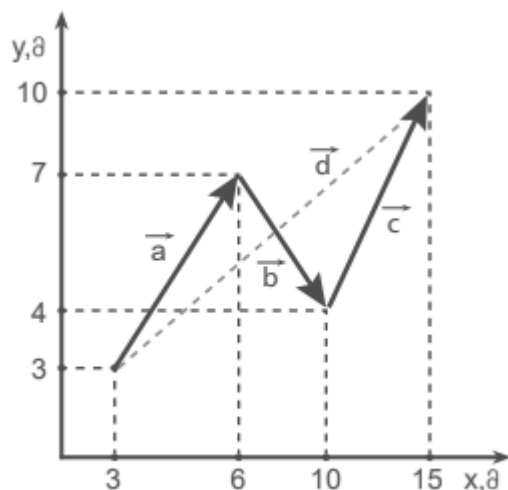
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის: ამოცანების ამოხსნა	ამოცანების ამოხსნა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან ვექტორის გეგმილები (კოორდინატები) ღერძებზე, იციან, როგორ განისაზღვრება სხეულის საბოლოო მდებარეობის კოორდინატები: $x = x_0 + S_x, y = y_0 + S_y$ .

**საკონტროლო კითხვები:**

- სხეული მოძრაობს ღერძის საპირისპირო მიმართულებით 7 მ/წმ მოდულის მქონე სიჩქარით. რისი ტოლია სიჩქარის ვექტორის გეგმილი ამ ღერძზე?  
**პასუხი:** სიჩქარის ვექტორის გეგმილი ღერძე არის -7მ/წმ.
- ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მდებარე სხეულს აწვებიან ვერტიკალურად ქვემოთ მიმართული  $\vec{F}$  ძალით. რისი ტოლია ამ ძალის გეგმილი ჰორიზონტალურ ღერძზე?  
**პასუხი:** თუ ძალა ვერტიკალურად აწვება ზედაპირს მისი გეგმილი ჰორიზონტალურ ღერძზე 0-ის ტოლია.
- ვთქვათ სხეულის გადაადგილების ვექტორის გეგმილი OX ღერძზე უარყოფითია, ხოლო OY ღერძზე დადებითი. როგორ იცვლება სხეულის x და y კოორდინატები?  
**პასუხი:** სხეულის x კოორდინატი მცირდება, ხოლო y იზრდება.
- ჭეშმარიტია თუ არა გამონათქვამი: თუ ორი ვექტორი მოდულით ტოლია, მაშინ ტოლია მათი გეგმილებიც ერთსა და იმავე ღერძზე.  
**პასუხი:** თუ ორი ვექტორი ტოლია, მაშინ ტოლი იქნება მათი გეგმილებიც ერთსა და იმავე ღერძზე. ჭეშმარიტი წინადადებაა.

**ერთად ამოვხსნათ ამოცანა:**

სურათზე მოცემულია სამი  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$  და  $\vec{c}$  ვექტორი და მათი  $\vec{d}$  ჯამური ვექტორი. განსაზღვრეთ თითოეული ვექტორის გეგმილი და დაადგინეთ, რა დამოკიდებულებაა  $\vec{d}$  ვექტორის გეგმილსა და  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$  და  $\vec{c}$  ვექტორების გეგმილებს შორის. იპოვეთ  $\vec{a}$  ვექტორის სიგრძე.



ამოხსნა: როგორც უკვე ვიცით, ვექტორის გეგმილი რაიმე ღერძზე ტოლია ამავე ღერძზე ვექტორის საბოლოო და საწყისი წერტილების კოორდინატების სხვაობის. ამიტომ  $a_x=6-3=3$  (მ);  $a_y=7-3=4$  (მ);  
 $b_x=10-6=4$  (მ);  $b_y=4-7=-3$  (მ);  $c_x=15-10=5$  (მ);  
 $c_y=10-4=6$  (მ);  $d_x=15-3=12$  (მ);  $d_y=10-3=7$  (მ).  $\vec{a}, \vec{b}$  და  $\vec{c}$  ვექტორების x ღერძზე გეგმილების ჯამია:

$a_x+b_x+c_x=3+4+5=12$  (მ). უკვე დავადგინეთ, რომ  $d_x=12$  მ-ს. ესე იგი ვექტორთა გეგმილების ჯამი x ღერძზე ტოლია ვექტორთა ჯამის გეგმილის ამავე ღერძზე. ანალოგიურად y ღერძისთვის მივიღებთ:  $a_y+b_y+c_y=4+(-3)+6=7$  (მ).  $d_y=7$  მ. ე.ი.  $a_y+b_y+c_y=d_y$ .  $\vec{d}$  ვექტორის სიგრძის გამოსათვლელად გამოვიყენოთ ვექტორის სიგრძის გამოსათვლელი ფორმულა მისი გეგმილებით.

$$|\vec{d}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ (მ)}.$$

1. რა არის წერტილის გეგმილი ღერძზე? ვექტორის გეგმილი ღერძზე?

**პასუხი:** ვექტორის გეგმილი რაიმე ღერძზე ეწოდება ამ ღერძზე ვექტორის ბოლო და საწყისი წერტილების კორდინატების სხვაობას.

2. როდის არის ვექტორის გეგმილი ღერძზე უარყოფითი? ნულის ტოლი? დადებითი?

**პასუხი:** როცა ვექტორი ღერძის დადებით მიმართულებასთან მახვილ კუთხეს ადგენს, მისი გეგმილი ამ ღერძზე დადებითია, როცა ბლაგვ კუთხეს – უარყოფითი; როდესაც ვექტორი ღერძის მართობულია მისი გეგმილი ამ ღერძზე ნულის ტოლია;

3. რისი ტოლია  $\overrightarrow{AB}$  ვექტორის გეგმილი x ღერძზე?

**პასუხი:** ვექტორის გეგმილი ღერძზე 2მ-ის ტოლია.

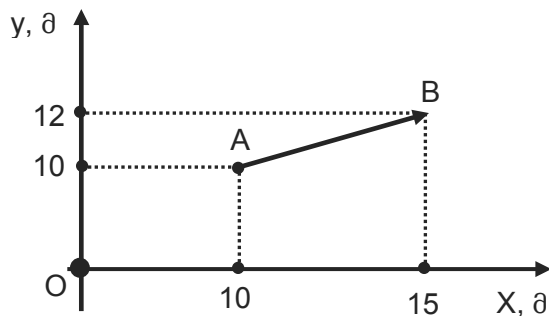
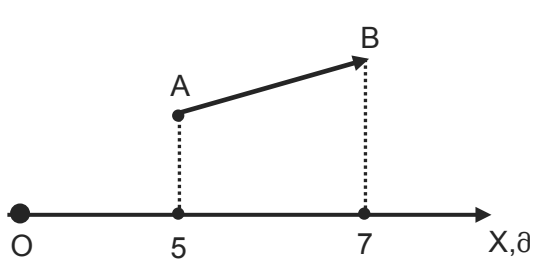
4. რისი ტოლი იქნება  $\overrightarrow{BA}$  ვექტორის გეგმილი x ღერძზე?

**პასუხი:**  $\overrightarrow{BA}$  ვექტორის გეგმილი x ღერძზე -2მ-ია.

5. რისი ტოლია  $\overrightarrow{AB}$  ვექტორის გეგმილები x და y ღერძებზე?

**პასუხი:**  $\overrightarrow{AB}$  ვექტორის გეგმილები x ღერძზე 5მ-ია და y ღერძზე -2მ.

6. რისი ტოლია  $\overrightarrow{BA}$  ვექტორის გეგმილები x და y ღერძებზე?

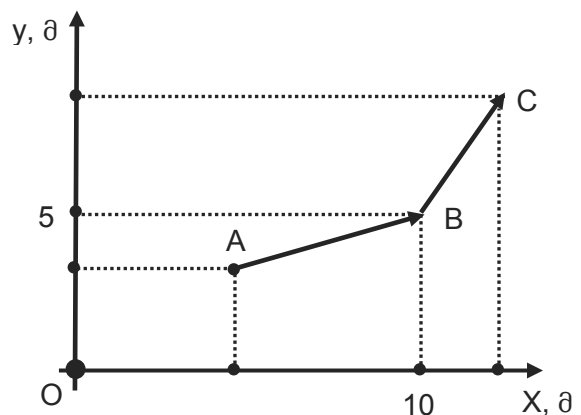
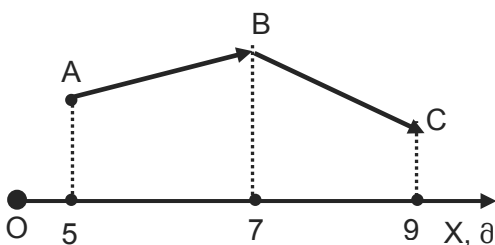


**პასუხი:**  $\overrightarrow{BA}$  ვექტორის გეგმილები x ღერძზე -5მ-ია და y ღერძზე კი -2მ.

7. რისი ტოლია  $\overrightarrow{AB}$  და  $\overrightarrow{BC}$  ვექტორების გეგმილები x ღერძზე?  $\overrightarrow{AB}$  და  $\overrightarrow{BC}$  ვექტორების ჯამის გეგმილი?

**პასუხი:**  $\overrightarrow{AB}$  და  $\overrightarrow{BC}$  ვექტორების გეგმილები x ღერძზე 2მ-ია,  $\overrightarrow{AB}$  და  $\overrightarrow{BC}$  ვექტორების ჯამის გეგმილი 4მ-ის.

8. იპოვეთ A და C წერტილის კოორდინატები x და y ღერძებზე, თუ  $\overrightarrow{AB}$  ვექტორის გეგმილებია:  $AB_x=8$ მ და  $AB_y=2$  მ, ხოლო  $\overrightarrow{AC}$  ვექტორის გეგმილები -  $AC_x=12$  მ და  $AC_y=5$  მ.



**პასუხი:** A წერტილის კოორდინატებია (2,3), C წერტილის - (14,8)

9. საწყის მომენტში სხეული იმყოფებოდა წერტილში, კოორდინატებით  $x_0 = 3\text{მ}$ ;  $y_0 = 4\text{მ}$  და გადაადგილდა წერტილში, კოორდინატებით  $x = 11\text{ მ}$ ;  $y = 10\text{მ}$ . იპოვეთ სხეულის გადაადგილების მოდული.

**პასუხი:**  $\Delta x = x - x_0 = 8\text{მ}$   $\Delta y = y - y_0 = 6\text{მ}$  სხეულის გადაადგილების მოდული ტოლია  $\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{64 + 36} = 10\text{მ}$ .

10. ჭიანჭველა იწყებს 5 მ რადიუსის წრეწირზე მოძრაობას A წერტილიდან საათის ისრის მიმართულებით და კვლავ უბრუნდება A წერტილს. განსაზღვრეთ:

ა) ჭიანჭველას  $\vec{AB}$  გადაადგილების გეგმილები x და y ღერძებზე;

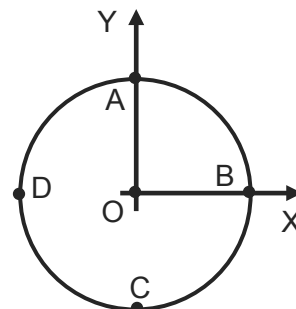
**პასუხი:** (5მ, -5მ)

ბ) ჭიანჭველას  $\vec{AC}$  გადაადგილების გეგმილები x და y ღერძებზე;

**პასუხი:** (0, -10მ)

გ) ჭიანჭველას  $\vec{AD}$  გადაადგილების გეგმილები x და y ღერძებზე.

**პასუხი:** (-5მ, -5მ)



### § 1.4. ვექტორის დაშლა მდგენელებად

გაკვეთილის თემა	ვექტორის დაშლა მდგენელებად
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ვექტორის შეცვლა სხვა რამდენიმე ვექტორის ჯამით, ვექტორის მდგენელებად დაშლა;</li> <li>• მოცემული ვექტორის დაშლა ორ მდგენელად, როცა ყველა ვექტორი ერთ სიბრტყეშია განლაგებული, შესაძლებელია ორ შემთხვევაში: ა) თუ არჩეულია მდგენელი ვექტორების მიმართულება, ბ) თუ ცნობილია ერთ-ერთი მდგენელი;</li> <li>• ვექტორის ორ მდგენელად შეიძლება დავშალოთ როგორც პარალელოგრამის წესის, ასევე სამკუთხედის წესის გამოყენებით;</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	<ul style="list-style-type: none"> <li>• გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე შეძლებს ვექტორის დაშლას მდგენელებად, როცა არჩეულია მდგენელი ვექტორების მიმართულება ან ცნობილია ერთ-ერთი მდგენელი.</li> <li>• შეძლებს ვექტორის დაშლას, როგორც პარალელოგრამის ასევე სამკუთხედის წესის გამოყენებით.</li> </ul>
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საბ.8. მოსწავლეს შეუძლია მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/ კანონზომიერებების საჩვენებლად;
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი-ლექცია, ინტერაქტიული გამოკითხვა, წყვილებში მუშაობა.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	ვექტორი, ვექტორის მდგენელებად დაშლა, მდგენელი ვექტორი.
წინარე ცოდნა	ვექტორი, მოქმედებები ვექტორებზე, ვექტორის გეგმილები (კოორდინატები) ღერძებზე.

<p>აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები</p>	<p><b>აქტივობა 1.</b> მინი-ლექცია, ვექტორის გეგმილები (კოორდინატები) ღერძებზე. სწავლის გამეორება, ტერმინების მნიშვნელობის გახსენება.  <b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის გააქტიურება.  <b>აქტივობა 2.</b> საერთო-საკლასო შეკითხვებზე პასუხის გაცემა მასწავლებელი სვამს კითხვებს წინარე ცოდნაზე დაყრდნობით, სასურველია შეარჩიოთ გაკვეთილის საკვანძო კითხვაზე, როგორ წარმოვადგინოთ ვექტორი მდგენელი ვექტორების ჯამის სახით?  <b>აქტივობა 3.</b> ამოცანის ერთობრივი ამოხსნა ჯგუფში ან წყვილებში.  <b>მიზანი:</b> მოსწავლე შეძლებს ამოცანის სწორად ამოხსნას საკუთარი შეხედულებით, ჯგუფის წევრების მითითებების ან კომენტარების გათვალისწინების ან საკუთარი აზრის დამტკიცების საფუძველზე.  <b>აღწერა:</b> სახელმძღვანელოში მოცემული ამოცანის ამოხსნის ნიმუშის განხილვა „ერთად ამოვხსნათ ამოცანა“ – ითვალისწინებს მოსწავლეების ურთიერთდახმარებას, საჭიროების შემთხვევაში მასწავლებლის დახმარებას და სახელმძღვანელოში ამოხსნილი ამოცანის გააზრებას, შემდეგ მიღებული ცოდნის გამოყენებას ახალი ამოცანის ამოსახსნელად. მასწავლებელი აკვირდება ნახაზის შესრულების პროცესს, გამოთვლების ჩატარებას აძლევს დროულ უკუკავშირს.  <b>აქტივობა 4.</b> წყვილებში მუშაობა, განვლილი მასალის განმტკიცება სასურველია სახელმძღვანელოში მოცემული სავარჯიშოების საშუალებით (1,2,3,4,5), რომელიც მიეცემათ წყვილებში შესასრულებლად.  <b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის გაგება-გამოყენება.  <b>აღწერა:</b> მასწავლებელი აკვირდება წყვილების მუშაობას საჭიროების შემთხვევაში აძლევს საჭირო მითითებას.  <b>აქტივობა 5.</b> შეჯამება.</p>
<p>რესურსები</p>	<p>სახელმძღვანელო, რვეული, სახაზავი, ფანქარი.სასურველი იქნება Geogebra Classic გამოყენება. ასევე <a href="http://shorturl.at/jzITY">shorturl.at/jzITY</a></p>
<p>შეფასების კრიტერიუმები</p>	<p>წყვილებში მუშაობის დროს მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი.</p>
<p>რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის: ამოცანების ამოხსნა</p>	<p>ამოცანების ამოხსნა. სასურველია(6,7,8,9,10.)</p>
<p>გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები</p>	<p>მოსწავლეებმა იციან ვექტორის დაშლა მდგენელებად და იყენებს პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტისას.</p>

### საკონტროლო კითხვების პასუხები:

1. ვექტორის პარალელოგრამის წესით დაშლისას, პარალელოგრამის რომელი ელემენტი შეესაბამება დასაშლელ ვექტორს და რომელი მდგენელებს?

**პასუხი:** დასაშლელი  $\vec{S}$  ვექტორი პარალელოგრამის დიაგონალია, ხოლო პარალელოგრამის გვერდები დასაშლელი ვექტორის მდგენელები.

2. დასაშლელი ვექტორის მოდულია მეტი თუ მდგენელების მოდულების ჯამი?

**პასუხი:** დასაშლელი ვექტორის მოდული ნაკლებია მდგენელების მოდულების ჯამზე.

3. როცა ვექტორს ერთმანეთის მართობ მდგენელებად ვშლით, რა ფორმულა შეიძლება გამოვიყენოთ ვექტორთა მოდულების დასაკავშირებლად?

**პასუხი:** ვექტორის მოდულების დასაკავშირებლად ვიყენებთ პითაგორას თეორემას.

### ერთად ამოვხსნათ ამოცანა:

ჰორიზონტისადმი  $\alpha$  კუთხით გაისროლეს ქვა, რომელიც გარკვეული დროის შემდეგ დაეცა იმავე ჰორიზონტალურ დონეზე. დახაზეთ ქვის მოძრაობის მიახლოებითი ტრაექტორია. დახაზეთ ქვის სიჩქარის ვექტორები საწყის და საბოლოო მდებარეობაში, ასევე საწყისი დონიდან მაქსიმალურ სიმაღლეზე და დაშლეთ ეს ვექტორები მდგენელებად ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ ღერძებზე.

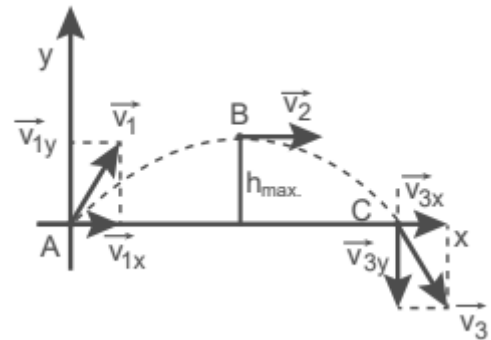
#### ამოხსნა:

ქვის მიახლოებითი ტრაექტორია გამოცდილებით ვიცით, რომ იქნება სურათზე ნაჩვენები მრუდი.

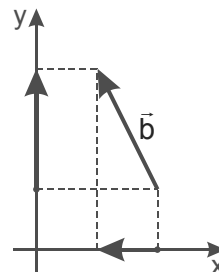
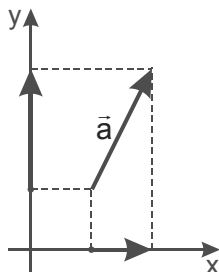
ქვის სიჩქარე გასროლისას იყოს  $\vec{v}_1$ . მისი მდგენელების მოდულები ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ ღერძებზე იქნება  $v_{1x} = v_1 \cos \alpha$ ,  $v_{1y} = v_1 \sin \alpha$ , რომელშიც  $\alpha$  არის კუთხე  $\vec{v}_1$  სიჩქარის ვექტორსა და  $x$  ღერძს შორის.

ვინაიდან B წერტილი მაქსიმალურ სიმაღლეზეა, ეს ნიშნავს, რომ ამ წერტილში მოხვედრისას ქვამ ზევით ასვლა დაასრულა და ქვევით იწყებს მოძრაობას, ამიტომ  $\vec{v}_2$  სიჩქარე ჰორიზონტალური იქნება. მისი მდგენელების მოდულებია:  $v_{2x} = v_2$ ,  $v_{2y} = 0$ .

დაცემისას c წერტილში  $\vec{v}_3$  სიჩქარის მდგენელების მოდულები იქნება:  $v_{3x} = v_3 \cos \beta$ ,  $v_{3y} = v_3 \sin \beta$ .

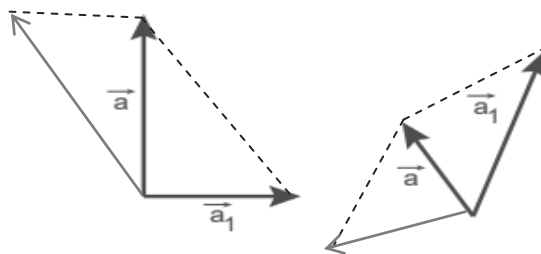


1. დახაზეთ სურათზე მოცემული ვექტორების მდგენელები  $x$  და  $y$  ღერძებზე

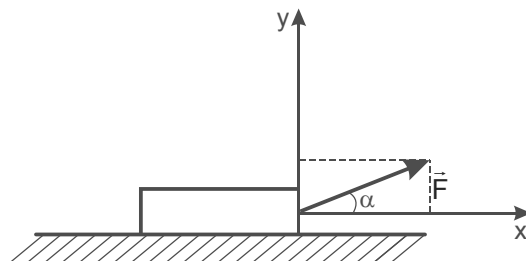




2. სურათზე მოცემულია  $\vec{a}$  ვექტორი და მისი  $\vec{a}_1$  მდგენელი. გადაიხაზეთ რვეულში და დახაზეთ  $\vec{a}$  ვექტორის მეორე მდგენელი.



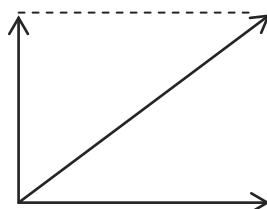
3. სურათზე მოცემულია სხეულზე მოდებული  $\vec{F}$  ძალა, რომლის მოდული 20 ნ-ია. ძალის მიმართულება ჰორიზონტალურ x ღერძთან  $30^\circ$ -იან კუთხეს ქმნის. დახაზეთ ამ ძალის მდგენელები x, y ღერძებზე და განსაზღვრეთ მათი სიგრძეები.



$$F_x = F \cos \alpha = 20 \cdot \cos 30^\circ \approx 17.3$$

$$F_y = F \sin \alpha = 20 \cdot \sin 30^\circ = 10$$

4. სხეულზე მოდებული  $\vec{F}$  ძალის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური მდგენელების მოდულები 21 ნ და 28 ნ-ია. შეასრულეთ შესაბამისი ნახაზი და განსაზღვრეთ  $\vec{F}$  ძალის მოდული.



$$F = \sqrt{21^2 + 28^2} = \sqrt{441 + 784} = 35$$

5. ბილიკიდან აფრენის მომენტში თვითმფრინავის სიჩქარის ჰორიზონტალური მდგენელის მოდული  $v_x = 150 \cdot \sqrt{3}$  მ/წმ-ია. თვითმფრინავის სიჩქარის მოდული კი  $v = 300$  მ/წმ. განსაზღვრეთ თვითმფრინავის სიჩქარის ვერტიკალური მდგენელის მოდული და კუთხე, რომელსაც თვითმფრინავის სიჩქარე ჰორიზონტალურ მიმართულებასთან ადგენს.

$$v_x = v \cos \alpha \Rightarrow \cos \alpha = \frac{v_x}{v} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \alpha = 30^\circ$$

$$v_y = v \sin \alpha = 300 \cdot \sin 30^\circ = 150 \text{ მ/წმ}$$

6. თვითმფრინავი ფრინდება 300 კმ/სთ სიჩქარით ჰორიზონტალურად  $60^\circ$ -იანი კუთხით. რა სიჩქარით გადაადგილდება მისი ჩრდილი ჰორიზონტალურ ბილიკზე, თუ მზე ამ დროს ზენიტშია?

$$\text{ამოხსნა: } v_x = v \cos \alpha = 150 \text{ კმ/სთ}$$

7. ნივთიერი წერტილი მოდულით მუდმივი სიჩქარით ბრუნავს წრეწირზე ვერტიკალურ სიბრტყეში. შეასრულეთ შესაბამისი ნახაზი და დაასახელოთ:

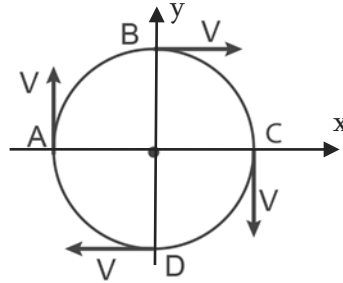
ა) წრეწირის რომელ წერტილებშია მისი სიჩქარის ჰორიზონტალური მდგენელი ნულის ტოლი.

ბ) რომელ წერტილებშია სიჩქარის ვერტიკალური მდგენელი ნულის ტოლი.

გაითვალისწინეთ, რომ წერტილის წრეწირზე ბრუნვისას, მისი სიჩქარის მიმართულება ამ წერტილში გავლებული მხების გასწვრივაა.

**პასუხი:** წრეწირის O ცენტრს დაუკავშიროთ Ox და Oy ღერძები.

A და C წერტილებში ნივთიერი წერტილის სიჩქარეების მდგენელები Ox ღერძზე იქნება ნულის ტოლი, ხოლო Oy ღერძზე B და D წერტილების სიჩქარეთა მდგენელები.



8.  $\alpha$  კუთხით დახრილ სიბრტყეზე უძრავად დევს  $m$  მასის ძელაკი. დაშალეთ ძელაკზე მოქმედი სიმძიმის ძალა დახრილი სიბრტყის გასწვრივ და სიბრტყის მართობულად მიმართულ მდგენელებად.

ამოხსნა: სიმძიმის ძალის მდგენელის მოდული სიბრტყის გასწვრივ მიმართულ  $x$  ღერძზე  $mg_x = mg \sin \alpha$ ; ხოლო სიბრტყის მართობულად მიმართულ  $y$  ღერძზე  $-mg_y = mg \cos \alpha$ .

9.  $\alpha$  კუთხით დახრილ სიბრტყეზე მოთავსებულია  $m$  მასის სხეული. სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალის მდგენელის მოდული დახრილი სიბრტყის მართობული მიმართულებით  $mg\sqrt{3}/2$ -ია. რისი ტოლია  $\alpha$ ?

ამოხსნა: სიმძიმის ძალის მდგენელის მოდული დახრილი სიბრტყის მართობული მიმართულებით  $mg_y = mg \cos \alpha = mg\sqrt{3}/2 \Rightarrow \cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \alpha = 30^\circ$

**პასუხი:**  $\alpha = 30^\circ$ .

10.  $\alpha$  კუთხით დახრილ სიბრტყეზე მოთავსებულია  $m$  მასის სხეული. სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალის მდგენელის მოდული დახრილი სიბრტყის მიმართულებით  $mg/2$ -ია. რისი ტოლია  $\alpha$ ?

ამოხსნა: სიმძიმის ძალის მდგენელის მოდული დახრილი სიბრტყის გასწვრივ მიმართულ ღერძზე  $mg_x = mg \sin \alpha = mg/2 \Rightarrow \sin \alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = 30^\circ$

**პასუხი:**  $\alpha = 30^\circ$

### §1.5. წრფივი თანაბარი მოძრაობა

გაკვეთილის თემა	წრფივი თანაბარი მოძრაობა
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• მოძრაობა წრფივი და თანაბარია, როცა სხეული დროის ნებისმიერ ტოლ შუალედში ერთნაირ გადაადგილებას ასრულებს.</li> <li>• სიჩქარის ერთეულია (მ/წმ).</li> <li>• სიჩქარე ვექტორული სიდიდეა, რომელსაც გადაადგილების მიმართულება აქვს და ჩაიწერება: <math>\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}</math></li> <li>• მოძრაობის განტოლება ჩაიწერება სახით: <math>x=x_0+v_x t</math></li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	<ul style="list-style-type: none"> <li>• გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე შეძლებს გაიაზროს ცნებები: „წრფივი თანაბარი მოძრაობა“, „წრფივი თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე“, „მოძრაობის განტოლება“.</li> <li>• შეძლებს მოძრაობის განტოლების ჩაწერას და მისი დახმარებით ამოცანების ამოხსნას.</li> </ul>
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	<p>ფიზ. საბ. 8. მოსწავლეს შეუძლია მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/კანონზომიერებების საჩვენებლად;</p> <p>ფიზ.საბ.7. მონაცემების გაანალიზება და არგუმენტირებული მსჯელობის საფუძველზე დასკვნების გამოტანა, ცვლადებს შორის დამოკიდებულების აღსაწერად დიაგრამებისა და გრაფიკების გამოყენება.</p>
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი-ლექცია, ინტერაქტიული გამოკითხვა, ჯგუფური მუშაობა, წყვილებში მუშაობა.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	წრფივი თანაბარი მოძრაობა, სიჩქარე, სიჩქარის ერთეული, მოძრაობის განტოლება.
წინარე ცოდნა	მე-7 კლასში ნასწავლი მექანიკური მოძრაობა, წრფივი თანაბარი მოძრაობა.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება. კითხვები შეიძლება მოვიძიოთ 1.5 პარაგრაფის მიხედვით მაგალითად: 1. რას ეწოდება წრფივი თანაბარი მოძრაობა? 2. რას ეწოდება წრფივი თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე? <b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის გააქტიურება.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> მინი-ლექცია: მასწავლებელი საუბრობს წრფივ თანაბარ მოძრაობაზე, მოჰყავს გაკვეთილში მოცემული მაგალითებ, და მოსწავლეებთან ერთად აყალიბებს ძირითად ცნებებს და წერს მოძრაობის ძირითად განტოლებას, რომელის საშუალებით წყვეტს მექანიკის ამოცანას. <b>მიზანი:</b> წრფივი თანაბარი მოძრაობის შესახებ ცოდნის გაღრმავება და მექანიკის ძირითადი ამოცანის გადაწყვეტა.</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> ამოცანის ერთობრივი ამოხსნა ჯგუფში ან წყვილებში. <b>მიზანი:</b> მოსწავლე შეძლებს ამოცანის სწორად ამოხსნას საკუთარი შეხედულებით, ჯგუფის წევრების მითითებების ან კომენტარების გათვალისწინების ან საკუთარი აზრის დამტკიცების საფუძველზე. <b>აღწერა:</b> სახელმძღვანელოში მოცემული ამოცანის ამოხსნის ნიმუშის განხილვა „ერთად ამოვხსნათ ამოცანა“ – ითვალისწინებს მოსწავლეების ურთიერთდახმარებას, საჭიროების შემთხვევაში</p>

	<p>მასწავლებლის დახმარებას და სახელმძღვანელოში ამოხსნილი ამოცანის გააზრებას, შემდეგ მიღებული ცოდნის გამოყენებას ახალი ამოცანის ასახსნელად. მასწავლებელი ისმენს მსჯელობას, აკვირდება გამოთვლების ჩატარებას საჭიროების შემთხვევაში აძლევს დროულ უკუკავშირს.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> ინდივიდუალური მუშაობა, განვლილი მასალის განმტკიცება სასურველია შეირჩეს სახელმძღვანელოში მოცემული სავარჯიშოებიდან, რომელიც მიეცემათ ინდივიდუალურად შესასრულებლად.</p> <p><b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის პრაქტიკაში გამოყენება.</p> <p><b>აქტივობა:</b> მასწავლებელი აკვირდება მოსწავლეების ინდივიდუალურ მუშაობას, საჭიროების შემთხვევაში აძლევს მითითებას და ეხმარება პრობლემის გადაწყვეტაში.</p> <p><b>აქტივობა 5.</b> შეჯამება</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო, რვეული, კალამი. shorturl.at/kJY03
შეფასების კრიტერიუმები	ჯგუფში და ინდივიდუალური მუშაობის დროს მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის: ამოცანების ამოხსნა	მასწავლებელი საკუთარი შეხედულებისამებრ აძლევს მოსწავლეებს დავალებას ამოხსნან ამოცანები.
გაკვეთილის ბოლოს მისალწევი შედეგები	მოსწავლე შეძლებსწრფივი თანაბარი მოძრაობის გააზრებას და მასზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტას.

### საკონტროლო კითხვების პასუხები:

- წრფივ გზაზე ავტომობილი ყოველ 5 წამში 125 მ-ს გადის. შეიძლება თუ არა დავასკვნათ, რომ ავტომობილი წრფივად და თანაბრად მოძრაობს? პასუხი დაასაბუთეთ.

**პასუხი:** სხეულის მოძრაობა წრფივი და თანაბარია, თუ სხეული დროის ნებისმიერ ტოლ შუალედში ტოლ მანძილს გადის. მოცემული პირობით არ შეგვიძლია ვთქვათ, რომ სხეული მოძრაობს წრფივად და თანაბრად, რადგან არ ვიცით დროის ყოველ ტოლ შუალედში გავლილი მანძილი ერთმანეთის ტოლია თუ არა.
- მ/წმ-ის ერთეულის გარდა სიჩქარის რა ერთეულებს დაასახელებთ?

**პასუხი:** მ/წმ სიჩქარის ძირითადი ერთეულია SI-ში, სისტემის გარე ერთეულებია: მ/წთ, მ/სთ, სმ/წმ, სმ/წთ, სმ/სთ, კმ/წმ, კმ/სთ და ა.შ.
- რას ნიშნავს, რომ ჭიანჭველას სიჩქარე 2 სმ/წმ-ია?

**პასუხი:** ჭიანჭველას სიჩქარე 2 სმ/წმ ნიშნავს ჭიანჭველა ყოველ წამში გადის 2 სმ-ს.
- რა შემთხვევაშია სიჩქარის გეგმილი სიჩქარის მოდულის ტოლი და რა შემთხვევაშია მოდულის ტოლი მინუს ნიშნით?

**პასუხი:** როცა სხეულის მოძრაობის მიმართულება ემთხვევა X ღერძის მიმართულებას მაშინ სიჩქარის გეგმილი სიჩქარის მოდულის ტოლია, ხოლო როცა სხეული მოძრაობს ღერძის საპირისპირო მიმართულებით სიჩქარის გეგმილი სიჩქარის მოდულის ტოლია მინუს ნიშნით.

5. როგორ ჩაწერთ იმ სხეულის მოძრაობის განტოლებას, რომლის საწყისი კოორდინატია – 200მ და მოძრაობს ღერძის მიმართულებით 4 მ/წმ სიჩქარით?

პასუხი:  $X = -200 + 4t$

**ერთად ამოვხსნათ ამოცანა:**

თანაბრად მოძრაობა მატარებელმა ლიანდაგებთან მდგომ მუშას 10 წამში ჩაუარა, ხოლო 60 მ სიგრძის ხიდზე 14 წამში გაიარა. რა სიგრძისაა მატარებელი და რა სიჩქარით მოძრაობს იგი?

<p>მოც:  <math>t_1 = 10</math> წმ;  <math>t_2 = 14</math> წმ;  <math>L_2 = 60</math> მ;                  უ.ვ. <math>L_1, v</math></p>	<p><b>ამოხსნა:</b> მუშასთან ჩავლისას მატარებელმა გაიარა თავისი სიგრძე 10 წამში, ამიტომ დავწერთ: <math>L_1 = vt_1</math> (1); ხიდზე გადასვლისას მატარებელი გადის თავისი სიგრძისა და ხიდის სიგრძის ჯამის ტოლ მანძილს. <math>L_1 + L_2 = vt_2</math> (2). თუ პირველი განტოლებიდან <math>L_1</math>-ს შევითანთ მეორეში, მივიღებთ: <math>vt_1 + L_2 = vt_2</math>. აქედან, <math>vt_2 - vt_1 = L_2 \Rightarrow v = L_2 / (t_2 - t_1) = 15</math> (მ/წმ). მიღებული შედეგის პირველ განტოლებაში შეტანით ვიღებთ: <math>L_1 = 150</math> მ.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**ამოცანების ამოხსნა:**

1. მელია ორ ხეს შორის მანძილს ფარავს 15 წამში. რა დროში გაირბენს იმავე მანძილს მასზე 1,5-ჯერ სწრაფი კურდღელი? (10 წამში)

ამოხსნა:

<p>? t                  მოც.: <math>t_1 = 15</math></p>	<p>ვთქვათ, ორ ხეს შორის მანძილია S. ამ მანძილს მელია <math>v_1</math> სიჩქარით დაფარავს <math>t_1 = \frac{S}{v_1}</math> (1) დროში, ხოლო კურდღელი <math>v_2 = 1,5v_1</math> სიჩქარით მოძრაობისას <math>t_2 = \frac{S}{v_2}</math> (2).                  (2):(1) <math>\frac{t_2}{t_1} = \frac{\frac{S}{v_2}}{\frac{S}{v_1}} = \frac{S}{v_2} \cdot \frac{v_1}{S} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow t_2 = \frac{v_1}{v_2} \cdot t_1 (*) \rightarrow (*) t_2 = \frac{v_1}{1,5v_1} \cdot 15 = 10</math> (წმ)</p>
-------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

პასუხი: ორ ხეს შორის მანძილს კურდღელი გაირბენს 10 წამში

2. მდინარეს მოაქვს 10 მ სიგრძის მორი. რა დროში ჩაუვლის მორი მდინარის ნაპირზე მდგარ მეთევზეს, თუ მდინარის სიჩქარე 0,5 მ/წმ-ია? მიიჩნიეთ, რომ მორის ბოლოებზე გავლებული წრფე მდინარის სიჩქარის მიმართულებას ემთხვევა. (20 წმ)

ამოხსნა:

<p>? t                  მოც.: <math>S = 10</math> მ  <math>V = 0,5</math> მ/წმ</p>	<p><math>t = \frac{S}{v} (*)</math>  <math>\rightarrow (*) t = \frac{10}{0,5} = 20</math> (წმ)</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------

პასუხი: მორი მეთევზეს ჩაუვლის 20 წამში

3. რა დროის განმავლობაში იმოძრაებს 120 მ სიგრძის მატარებელი 280 მ სიგრძის ხიდზე, თუ მისი სიჩქარე 20 მ/წმ-ია? (20 წმ)

ამოხსნა:

<p>? t                  მოც.: <math>l_1 = 120</math> მ  <math>L_2 = 280</math> მ  <math>V = 20</math> მ/წმ</p>	<p><math>t = \frac{l}{v}</math> (1)      <math>l = l_1 + l_2</math> (2)                  (2) <math>\rightarrow</math> (1)      <math>t = \frac{l_1 + l_2}{v} (*)</math>  <math>\rightarrow (*) t = \frac{120 + 280}{20} = 20</math> წმ</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

პასუხი: მატარებელი ხიდზე იმოძრაებს 20 წამის განმავლობაში

4. წრიულ სარბენ ბილიკს ლუკამ 10 წუთში 4-ჯერ შემოუარა. რისი ტოლია ბილიკის სიგრძე, თუ ლუკა 5 მ/წმ სიჩქარით თანაბრად დარბის? (750 მ)

ამოხსნა:

? l	$l = \frac{L}{n} \quad (1)$
მოც.: t=10 წთ=600 წმ	$L=vt \quad (2)$
n=4	$(2) \rightarrow (1) \quad l = \frac{vt}{n}$
v=5 მ/წმ	$l = \frac{5 \cdot 600}{4} = 750 \text{ (მ)}$

**პასუხი.** ბილიკის სიგრძე 750 მეტრია

5. ბაქანზე მდგომ უძრავ დამკვირვებელს თანაბრად მოძრავი მატარებლის პირველმა ორმა ვაგონმა 5 წამში ჩაუარა, ხოლო დარჩენილმა ვაგონებმა – 25 წამში. რამდენი ვაგონისგან შედგება მატარებელი?

ამოხსნა:

? n	$n = n_1 + n_2 \quad (1)$
მოც.: n <sub>1</sub> =2	ვთქვათ ერთი ვაგონის სიგრძეა l მეტრი, მაშინ t <sub>1</sub> წამში ჩავლილი
t <sub>1</sub> = 5 წმ	ვაგონების სიგრძე n <sub>1</sub> · l = v · t <sub>1</sub> (2),
t <sub>2</sub> = 25 წმ	ხოლო t <sub>2</sub> წამში ჩავლილი ვაგონების სიგრძე n <sub>2</sub> · l = v · t <sub>2</sub> (3)
	$(3):(2) \quad \frac{n_2 \cdot l}{n_1 \cdot l} = \frac{v \cdot t_2}{v \cdot t_1} \Rightarrow n_2 = \frac{t_2}{t_1} \cdot n_1 \quad (4)$
	$(4) \rightarrow (1) \quad n = n_1 + \frac{t_2}{t_1} \cdot n_1 \quad (*)$
	$\rightarrow (*) \quad n = 2 + \frac{25}{5} \cdot 2 = 12 \text{ (ვაგონი)}$

**პასუხი.** მატარებელი შედგება 12 ვაგონისგან.

6. წრფივ გზაზე დაყენებულია ორი შუქნიშანი, რომლებზეც ერთდროულად ინთება „მწვანე“ და ქრება 20 წამში. როდესაც 54 კმ/სთ სიჩქარით თანაბრად მოძრავმა ავტომობილმა პირველ შუქნიშანს ჩაუარა „მწვანე“ 5 წამის ანთებული იყო. რა მანძილია შუქნიშნებს შორის, თუ ამ ავტომობილმა მეორე შუქნიშანს მწვანე ფერის ჩაქრობის მომენტში ჩაუარა? (225 მ)

ამოხსნა:

? s	$S=vt \quad (1)$
მოც.: t <sub>1</sub> =20 წმ	t არის დრო, რომელიც დაჭირდა შუქნიშნებს შორის მოძრაობისას
	$t=t_1 - t_2 \quad (2)$
V=54კმ/სთ=15მ/წმ	$(2) \rightarrow (1) \quad s=v(t_2 - t_1) \quad (*)$
t <sub>2</sub> = 5 წმ	$\rightarrow (*) \quad S=15 \cdot (20 - 5) = 225 \text{ მ}$

**პასუხი.** შუქნიშნებს შორის მანძილია 225 მ.

7. მას შემდეგ, რაც მძღოლს 300 მ-ით დაშორებულ სამსახურამდე მისასვლელად 1 წუთი ჰქონდა დარჩენილი, მიადგა გზის დაზიანებულ 100 მ სიგრძის უბანს, რომელიც 9 კმ/სთ სიჩქარით გაიარა. მინიმუმ რა სიჩქარით უნდა იმოძრაოს მან მომდევნო მოასფალტებულ გზაზე, რომ არ დააგვიანოს? (10 მ/წმ)

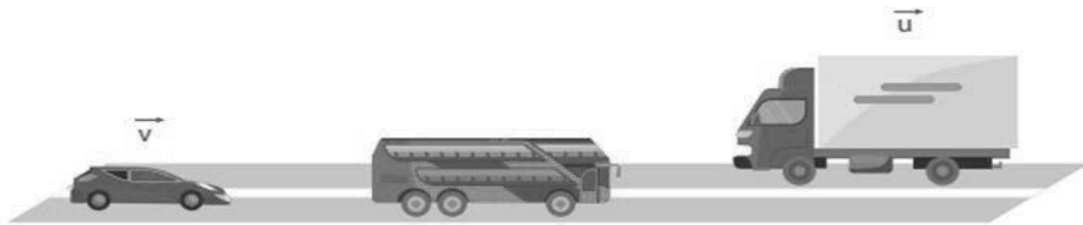
ამოხსნა:

? v	$v = \frac{S_2}{t_2} \quad (1)$
მოც.: S=300 მ	$S_2 = S - S_1 \quad (2)$
t = 1 წთ=60 წმ	$t_2 = t - t_1 \quad (3)$
S <sub>1</sub> = 100 მ	$t_1 = \frac{S_1}{V_1} \quad (4)$
v <sub>1</sub> = 9 კმ/სთ= =2,5მ/წმ	$(4) \rightarrow (3) t_2 = t - \frac{S_1}{V_1} \quad (5), (5) \wedge (2) \rightarrow (1), V = \frac{S - S_1}{t - \frac{S_1}{V_1}} \quad (*)$
	$\rightarrow (*) V = \frac{300 - 100}{60 - \frac{100}{2.5}} = 10 \text{მ/წმ}$

**პასუხი:** უნდა იმოძრაოს 10 მ/წმ სიჩქარით.

8. წრფივ გზაზე 90 კმ/სთ სიჩქარით მოძრავმა მსუბუქი ავტომობილის მძღოლმა 100 მეტრში გზაზე გაჩერებული სატვირთო, და 250მ-ში შემხვედრი მიმართულებით მოძრავი სატვირთო შეამჩნია. მაქსიმუმ რისი ტოლი უნდა იყოს სატვირთო ავტომობილის სიჩქარე, რომ მსუბუქმა ავტომობილმა ავტობუსს სიჩქარის მოდულის შეუცვლელად აუაროს გვერდი და სატვირთოსთან შეჯახებაც აირიდოს? უსაფრთხოებისთვის, გასწრების დამთავრებისას მსუბუქი ავტომობილი ავტობუსისგან 25 მეტრით უნდა იყოს დაშორებული. (90 კმ/სთ)

ამოხსნა:



? V <sub>1</sub>	ავტომობილმა ავტობუსს რომ აუაროს გვერდი, ამისთვის უნდა გაიაროს $S = S_1 + S_3 \quad (1)$ , v სიჩქარით, რასაც დასჭირდება $t = \frac{S_1 + S_3}{v} \quad (2)$ .
მოც.: v=90კმ/სთ=25მ/წმ	ამ დროში სატვირთომ უნდა გაიაროს $S = S_2 - S_1 - S_3 \quad (3)$
S <sub>1</sub> =100მ	მაშინ სატვირთოს მოძრაობის სიჩქარე იქნება $\frac{S}{t}$ ,
S <sub>2</sub> =250მ	მივიღებთ v <sub>1</sub> =25მ/წმ.
S <sub>3</sub> =25მ	

**პასუხი:** სატვირთოს მოძრაობის სიჩქარე არ შეიძლება იყოს 25მ/წმ=90კმ/სთ-ზე მეტი.

9. წრფივ გზაზე ერთი მიმართულებით მოძრავ ორ ავტომობილს შორის მანძილი 60 მ-ია, მათი სიჩქარე კი 15 მ/წმ. პირველი ავტომობილი გადადის გზის დაზიანებულ უბანზე, რომელზეც მოძრაობის სიჩქარეს 3-ჯერ ამცირებს. რა მანძილი იქნება ავტომობილებს შორის მეორე ავტომობილის დაზიანებულ უბანზე გადასვლის მომენტში? (20 მ)

ამოხსნა:

? S <sub>1</sub>	$S_1 = v_1 \cdot t \quad (1)$
მოც.: S=60 მ	$t = \frac{S}{v} \quad (2)$
v=15 მ/წმ	$(2) \rightarrow (1) S_1 = V_1 \cdot \frac{S}{t} \quad (*) \rightarrow (*) S_1 = 5 \cdot \frac{60}{15} = 20 \quad (მ)$
v <sub>1</sub> =v/3=5მ/წმ	

**პასუხი.** მეორე ავტომობილის გზის დაზიანებულ უბანზე გადასვლის მომენტში ავტომობილებს შორის მანძილი 20 მ-ია.

10. ჯარისკაცები მიიზიან მოასფალტებულ გზაზე ერთ მწკრივად. მწკრივის სიგრძე  $L$ -ის ტოლია. ასფალტის ბოლოს იწყება გორბიანი გზა, რომელზე გადასვლისას თითოეული ჯარისკაცი სიჩქარეს  $1,5$ -ჯერ ამცირებს. რისი ტოლი გახდება მწკრივის სიგრძე ყველა ჯარისკაცის გორბიან გზაზე გადასვლის მომენტში? ( $2L/3$ )

ამოხსნა:

$? L_1$	$L_1 = v_1 \cdot t \quad (1)$
მოც.: $L$	$t = \frac{L}{v} \quad (2)$
$v = 1,5v_1$	$(2) \rightarrow (1) \quad L_1 = v_1 \cdot \frac{L}{v} \quad (*) \rightarrow (*) \quad L_1 = \frac{2v}{3} \cdot \frac{L}{v} = \frac{2}{3} \cdot L$

**პასუხი:** ყველა ჯარისკაცის გორბიან გზაზე გადასვლის მომენტში მწკრივის სიგრძე  $2L/3$  იქნება.

### §1.6. წრფივი თანაბარი მოძრაობის გრაფიკული წარმოდგენა

გაკვეთილის თემა	წრფივი თანაბარი მოძრაობის გრაფიკული გამოსახვა
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• სიჩქარის გრაფიკით შესაძლებელია რაიმე <math>\Delta t</math> დროის შუალედში შესრულებული გადაადგილების მოდულის პოვნა.</li> <li>• გავლილი მანძილის <math>S(t)</math> დამოკიდებულების გრაფიკი კოორდინატა სათავიდან გავლებული სხივია, რომელიც დროის ღერძთან დადებით კუთხეს ქმნის; რაც მეტია სხეულის სიჩქარის მოდული, მით მეტი კუთხითაა დახრილი გრაფიკი დროის ღერძისადმი;</li> <li>• სხეულის კოორდინატი დროზე წრფივადაა დამოკიდებული (<math>x = x_0 + v_x t</math>), ამიტომ <math>x(t)</math> დამოკიდებულების გრაფიკი წრფეს წარმოადგენს.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლეებს ეცოდინებათ წრფივი თანაბარი მოძრაობისას სიჩქარის დროზე, გავლილი მანძილის დროზე, გადაადგილების დროზე და კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკების აგება და მათი გამოყენებით მოძრაობის მახასიათებელი სიდიდეების დადგენა.
ესგ-შედგეი, ინდიკატორები	ფიზ.საბ.4, 5, 6, 7, 8, 9 ფიზიკური მოვლენების შესწავლის მიზნით კვლევის (ცდა, ექსპერიმენტი) დაგეგმვა (ჰიპოთეზების შემუშავება, დამოკიდებული და დამოუკიდებელი ცვლადების განსაზღვრა, კვლევის პროცედურის, მონაცემების აღრიცხვის ფორმების განსაზღვრა, სათანადო რესურსების შერჩევა); თვისებრივი და რაოდენობრივი მონაცემების სხვადასხვა ფორმით (ცხრილებით, დიაგრამებით, გრაფიკებით და სხვ.) ჩაწერა და ორგანიზება; მონაცემების ორგანიზებისთვის ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენება.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი-ლექცია, ინტერაქტიული გამოკითხვა, ინდივიდუალური მუშაობა.



გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	სიჩქარის გეგმილის $v_x(t)$ დამოკიდებულების გრაფიკი დროის ღერძის პარალელური სხივია; გავლილი მანძილის $S(t)$ დამოკიდებულების გრაფიკი კოორდინატთა ღერძი; ათვლის სათავე; კოორდინატის დროზე დამოკიდებულება.
წინარე ცოდნა	წრფივი თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე, გავლილი მანძილი, მოძრაობის განტოლება, წრფივი ფუნქცია.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> მიღებული ცოდნის გააქტიურება. მასწავლებელი მოსწავლეებს ახსენებს, რომელი ფორმულით გამოისახება <math>x</math> და <math>y</math> ცვლადებს შორის წრფივი დამოკიდებულება.</p> <p>თანაბარი მოძრაობისას, თუ როგორი დამოკიდებულებაა სხეულის კოორდინატსა და დროის შუალედს შორის, შეადარებინებს მოსწავლეებს <math>y=kx+b</math> და <math>X=X_0+v_x t</math> ფორმულებს, და ჰკითხავს, რა ასრულებს <math>k</math>-ს, <math>b</math>-ს, <math>x</math>-ისა და <math>y</math>-ის როლს თანაბარი მოძრაობისას?</p> <p><b>მიზანი:</b> ცოდნის ტრანსფერი.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> მინი ლექცი.</p> <p><b>მიზანი:</b> წრფივი თანაბარი მოძრაობის გრაფიკული გამოსახვა.</p> <p><b>აქტივობა:</b> მასწავლებელი განიხილავს გაკვეთილში დასმულ ამოცანა, მიჰყვება მსჯელობას და მოსწავლეების დახმარებით აგებს სიჩქარის, გავლილი მანძილის, გადაადგილების, კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკებს და აკეთებს შესაბამის დასკვნებს.</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> ახალი მასალის გაგება.</p> <p><b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის გააზრება.</p> <p><b>აქტივობა:</b> მასწავლებელი სვამს ინტერაქტიულ კითხვებს, მაგალითად:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. რატომაა წრფივი თანაბარი მოძრაობის სიჩქარის გრაფიკი დროის ღერძის პარალელური წრფე?</li> <li>2. სიჩქარის გრაფიკის საშუალებით როგორ ვიპოვოთ სხეულის გადაადგილება დროის ნებისმიერ მომენტში?</li> </ol> <p>ისმენს კითხვებზე პასუხს და საჭიროების შემთხვევაში აზუსტებს პასუხს.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> ამოცანის ერთობრივი ამოხსნა ჯგუფში ან წყვილებში.</p> <p><b>მიზანი:</b> მოსწავლე შეძლებს ამოცანის სწორად ამოხსნას საკუთარი შეხედულებით, ჯგუფის წევრების მითითებების ან კომენტარების გათვალისწინების ან საკუთარი აზრის დამტკიცების საფუძველზე.</p> <p><b>აღწერა:</b> სახელმძღვანელოში მოცემული ამოცანის ამოხსნის ნიმუშის განხილვა, ერთად ამოვხსნათ ამოცანა – ითვალისწინებს მოსწავლეების ურთიერთდახმარებას, საჭიროების შემთხვევაში მასწავლებლის დახმარებას და სახელმძღვანელოში ამოხსნილი ამოცანის გააზრებას, შემდეგ მიღებული ცოდნის გამოყენებას ახალი ამოცანის ამოსახსნელად. მასწავლებელი აკვირდება ნახაზის შესრულების პროცესს, გამოთვლების ჩატარებას აძლევს დროულ უკუკავშირს.</p> <p><b>აქტივობა 5.</b> ინდივიდუალური მუშაობა.</p> <p><b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის გამოყენება.</p> <p><b>აქტივობა:</b> მასწავლებელი მოსწავლეებს აძლევს შეხედულებ-</p>

	ბისამებრ დავალებას, ამოხსნან ამოცანები და თვალყურს ადევნებს მოსწავლეების მუშაობას, საჭიროების შემთხვევაში ეხმარება.
რესურსები	სახელმძღვანელო.
შეფასების კრიტერიუმები	დამოუკიდებელი მუშაობის დროს წინა წლებში მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი. ასევე შეიძლება გამოვიყენოთ განმავითარებელი შეფასება „მოსწავლის და მასწავლებლის უკუკავშირი“.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §1.6 წრფივი თანაბარი მოძრაობის გრაფიკული გამოსახვა. ამოცანები რუბრიკიდან „ამოხსენით ამოცანები“
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე შეძლებს წრფივი თანაბარი მოძრაობის გრაფიკულ გამოსახვას; მოძრაობის გრაფიკების საშუალებით პრობლემაზე დაფუძნებული ამოცანების გადაჭრას.

### საკონტროლო კითხვები:

- რატომაა წრფივი თანაბარი მოძრაობის სიჩქარის გრაფიკი ღერძის პარალელური?  
**პასუხი:** რადგან სხეულის სიჩქარე წრფივი თანაბარი მოძრაობისას მუდმივია ( $V=const$ ), ამიტომ სიჩქარის გრაფიკი ღერძის პარალელური წრფეა.
- სიჩქარის გრაფიკის დახმარებით როგორ ვიპოვოთ დროის ნებისმიერ შუალედში შესრულებული გადაადგილების მოდული?  
**პასუხი:** სიჩქარის გრაფიკით შესაძლებელია რაიმე  $\Delta t$  დროის შუალედში შესრულებული გადაადგილების მოდულის პოვნა. იგი რიცხობრივად ტოლია სიჩქარის გრაფიკით შემოსაზღვრული მარკუთხედის ფართობის, თუ სხეული უძრავია, მისი სიჩქარის გრაფიკი დროთა ღერძზე დევს. ცხადია, ამ შემთხვევაში გადაადგილება (მარტკუთხედის ფართობიც) ნულის ტოლი იქნება.

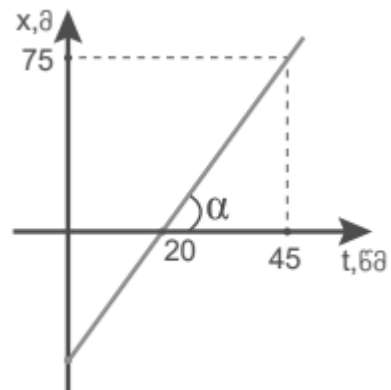
### საკონტროლო კითხვების პასუხები:

- შესაძლებელია თუ არა  $S(t)$  გრაფიკით სხეულის მოძრაობის მიმართულების დადგენა?  
 $S_x(t)$  გრაფიკით?  
**პასუხი:**  $S(t)$  გრაფიკი გავლილი მანძილის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკია, ამიტომ ამ გრაფიკით ვერ დავადგენთ მოძრაობის მიმართულებას, ხოლო  $S_x(t)$  გადაადგილების გეგმილის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკია და თუ ღერძთან დადებით კუთხეს ქმნის სხეული მოძრაობს ღერძის მიმართულებით, ხოლო თუ უარყოფით კუთხეს – მაშინ მოძრაობს ღერძის საპირისპირო მიმართულებით;
- როგორ ვიპოვოთ  $x(t)$  გრაფიკით სხეულის კოორდინატი დროის რაიმე მომენტში?  
**პასუხი:** ვიპოვოთ გრაფიკზე საჭირო დროის მომენტს, რომელი კოორდინატი შეესაბამება.
- როგორ ვიპოვოთ სხეულის საწყისი მდებარეობის კოორდინატი?  
**პასუხი:** ვიპოვოთ გრაფიკის კოორდინატთა ღერძთან გადაკვეთის წერტილი.
- რა შემთხვევაში გადის მოძრაობის გრაფიკი კოორდინატთა სათავეზე?  
**პასუხი:** როცა სხეულის საწყისი კოორდინატი ნულის ტოლია.

- რა სიდიდე უტოლდება ერთმანეთს სხეულთა შეხვედრისას?  
**პასუხი:** სხეულთა შეხვედრისას ერთმანეთის ტოლია კოორდინატები.
- რას მიუთითებს ორი სხეულის მოძრაობის გრაფიკთა გადაკვეთა?  
**პასუხი:** შეხვედრის დროის მომენტს და კოორდინატს.
- რა შემთხვევაშია ორი სხეულის მოძრაობის გრაფიკი ერთმანეთის პარალელური?  
**პასუხი:** როდესაც ისინი მოძრაობენ ტოლი სიჩქარეებით.
- თუ ორი სხეულის მოძრაობის გრაფიკი ერთმანეთს არ კვეთს, მაგრამ იკვეთება მათი გაგრძელებები, როგორ ახსნით ამას?  
**პასუხი:** იმავე სახით მოძრაობის შემთხვევაში სხეულები, დროის გარკვეულ მომენტში ერთ წერტილში აღმოჩნდებოდნენ.

**ერთად ამოვხსნათ ამოცანა:**

სურათზე მოცემულია  $x$  ღერძზე წრფივად და თანაბრად მოძრავი ნივთიერი წერტილის კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი. განსაზღვრეთ სხეულის საწყისი კოორდინატი, სიჩქარე და დაადგინეთ რა ფიზიკური აზრი აქვს გრაფიკის  $t$  ღერძთან დახრის კუთხის ტანგენსს.

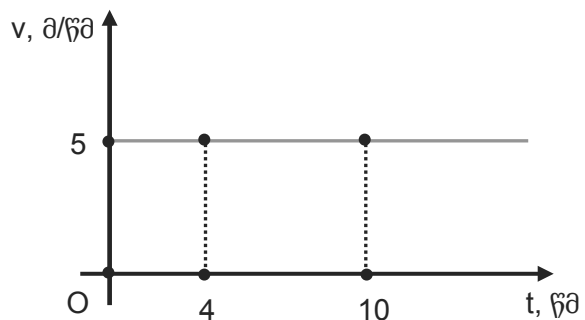


**ამოხსნა:** გრაფიკზე ჩანს, რომ ნივთიერი წერტილის კოორდინატი  $t_1=20$  წმ-ის მომენტიდან  $t_2=45$  წმ-ის მომენტამდე გაიზარდა  $\Delta x=75$  მ-ით. ამიტომ, მისი სიჩქარის გეგმილი  $x$  ღერძზე იქნება:  $v_x=\Delta x/(t_2-t_1)=3$  (მ/წმ). ვინაიდან წერტილი  $x$  ღერძზე მოძრაობს, მისი სიჩქარეც იქნება  $v=3$  მ/წმ. დავწეროთ სიჩქარის დროზე დამოკიდების ფორმულა:  $x=x_0+3t$ . გრაფიკი გვიჩვენებს, რომ თუ ამ ფორმულაში  $t$ -ს ნაცვლად შევიტანთ 45-ს,  $x$  უნდა გახდეს 75.  $75=x_0+3\cdot 45 \Rightarrow x_0=-60$  მ.

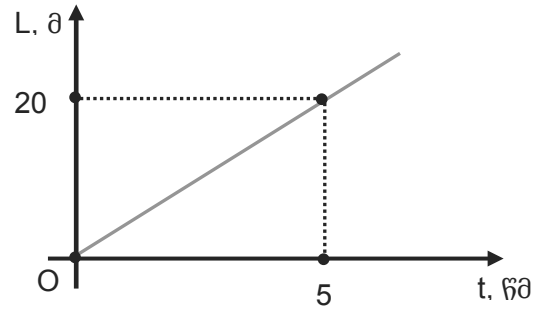
გრაფიკზე ჩანს, რომ  $\alpha$ მართკუთხა სამკუთხედის მახვილი კუთხეა, რომლის მოპირდაპირე კათეტის სიგრძე  $\Delta x=75$  მ-ია, მიმდებარე კათეტის სიგრძე კი  $\Delta t=25$  მ.  $\text{tg}\alpha=\Delta x/\Delta t=3$ . ბოლო განტოლებიდან ჩანს, რომ გრაფიკის  $t$  ღერძთან დახრის კუთხის ტანგენსი რიცხობრივად ნივთიერი წერტილის სიჩქარის გეგმილის ტოლია.

**ამოხსენით ამოცანები:**

1. სურ. 1- ზე მოცემული სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკის მიხედვით განსაზღვრეთ სხეულის მიერ გავლილი მანძილი 4წმ-დან 10 წმ-მდე დროის შუალედში.
2. სურ.1- ზე მოცემული სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკის მიხედვით განსაზღვრეთ სხეულის მიერ შესრულებული გადაადგილების მოდული დროის საწყისი მომენტიდან 10 წამში.

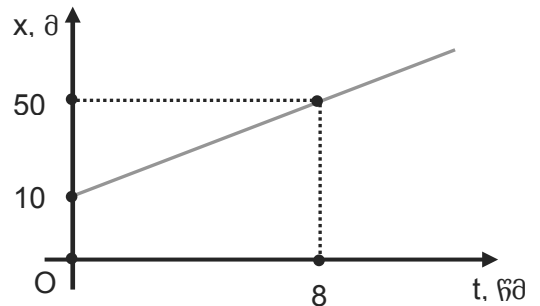


3. სურ.2-ზე მოცემული გავლილი მანძილის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკის მიხედვით განსაზღვრეთ სხეულის სიჩქარის მოდული და 3 წამში გავლილი მანძილი.



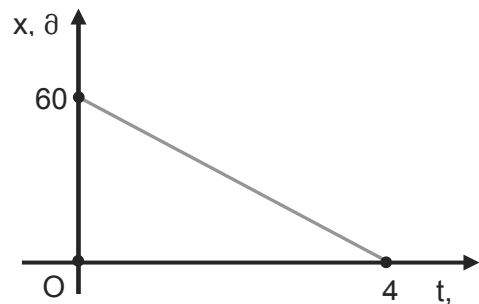
4. X ლერძის მიმართულებით წრფივად და თანაბრად მოძრავი მოტოციკლის საწყისი კოორდინატი 100 მ-ია. სიჩქარის მოდული კი – 25 მ/წმ. დაწერეთ მოტოციკლის კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების განტოლება და განსაზღვრეთ მის მიერ 20 წამში შესრულებული გადაადგილების მოდული.

5. სურ.3-ზე მოცემული კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკის მიხედვით განსაზღვრეთ სხეულის საწყისი კოორდინატი და სიჩქარის გეგმილი. დაწერეთ სხეულის კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების ფორმულა.

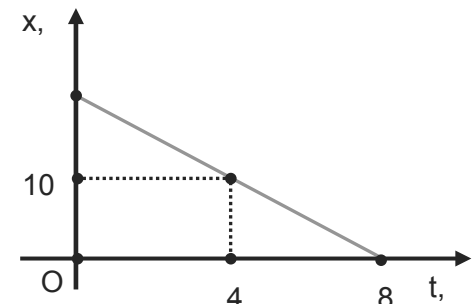


6. X ლერძის საწინააღმდეგო მიმართულებით წრფივად და თანაბრად მოძრავი ავტობუსის საწყისი კოორდინატი 300 მ-ია. სიჩქარის მოდული კი – 15 მ/წმ. დაწერეთ ავტობუსის კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების ფორმულა და განსაზღვრეთ ავტობუსის მიერ 50 წამში შესრულებული გადაადგილების გეგმილი x ლერძზე.

7. სურ.4-ზე გამოსახული კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკის მიხედვით განსაზღვრეთ სხეულის სიჩქარის გეგმილი x ლერძზე და სხეულის მიერ 3 წმ-ში გავლილი მანძილი. დაწერეთ სხეულის კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების ფორმულა.



8. სურ.5-ზე მოცემულია X ლერძზე წრფივად და თანაბრად მოძრავი ავტომობილის კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი. განსაზღვრეთ სხეულის საწყისი კოორდინატი და სხეულის მიერ 4 წამში გავლილი მანძილი.



9. სურ.5-ზე გამოსახული კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკის მიხედვით განსაზღვრეთ სხეულის სიჩქარის გეგმილი X ლერძზე და დაწერეთ კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების ფორმულა.

10. სხეულის კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების განტოლებას აქვს შემდეგი სახე:  $X = X_0 + Vt$ . ცნობილია, რომ საწყისი მომენტიდან 5 წმ-ში სხეულის კოორდინატი 100 მ-ია, 10 წმ-ში კი – 180 მ. იპოვეთ სხეულის საწყისი კოორდინატი და სიჩქარის გეგმილი x ლერძზე. ააგეთ კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი.

**ამოცანების ამოხსნა:**

- სურ. 1 მოცემული სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკიდან ვადაგენთ, რომ სხეულის სიჩქარეა 5მ/წმ, ამიტომ სხეულის მიერ განვლილი მანძილი (4-10) წმ შუალედში იქნება  $5 \times 6 = 30$ მ. გრაფიკულად კი განვლილი მანძილი სიჩქარის გრაფიკისა და ღერძით შემოსაზღვრული ფიგურის ფართობია.
- სურ. 1 მოცემულია წრფივი თანაბარი მოძრაობის სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი. სხეულის გადაადგილება და წრფივი თანაბარი მოძრაობისას განვლილი მანძილი ერთმანეთის ტოლია.  $S = V * t = 5 * 10 = 50$  მ
- სურ. 2 მოცემული განვლილი მანძილის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკის მიხედვით ვადაგენთ, სხეული 5 წმ-ში 20 მ-ს გადის, ამიტომ

$$V = \frac{S}{t} = \frac{20}{5} = 4 \text{ მ/წმ.}$$

3 წამში გავლილი მანძილი იქნება  $4 \times 3 = 12$ მ.

$? X(t); S$ $X_0 = 100 \text{ მ}$ $V = 25 \text{ მ/წმ}$ $t = 20 \text{ წმ}$	დავეწეროთ კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების განტოლება: $X = X_0 + V_0 t; X = 100 + 25t.$ 20 წმ-ში სხეულის კოორდინატი იქნება: $X_1 = 100 + 25 * 20 = 600 \text{ მ}$ შესრულებული გადაადგილების მოდული იქნება: $S = X_1 - X_0 = 500 \text{ მ.}$
--------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**პასუხი:** კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების განტოლებაა  $X = 100 + 25t$  და 20 წმ-ში შესრულებული გადაადგილების მოდულია 500მ.

- სურ. მოცემული კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკიდან ვადაგენთ  $t_0 = 0$ წმ-ის მომენტისთვის  $X_0 = 10$ მ-ს, ხოლო  $t=8$ წმ მომენტისთვის  $X=50$ მ, საიდანაც ვადაგენთ სხეულის სიჩქარე

$$V = \frac{X - X_0}{t - t_0} = \frac{50 - 10}{8 - 0} = 5 \text{ მ/წმ,}$$

ხოლო კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების განტოლებას აქვს სახე

$$X = X_0 + Vt; X = 10 + 5t$$

**პასუხი:** სხეულის საწყისი კოორდინატია  $X_0 = 10$ მ, სიჩქარე 5მ/წმ, კოორდინატის დროზე დამოკიდებულება არის  $X=10+5t$ .

6.

$? X(t); S$ $X_0 = 300 \text{ მ}$ $V = 15 \text{ მ/წმ}$ $t = 50 \text{ წმ}$	$X = X_0 - Vt (*)$ $X = 300 - 15t; X = 300 - 15 \times 50 = -450 \text{ (მ)}$ გადაადგილების გეგმილი: $X - X_0 = -750 \text{ მ}$
--------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**პასუხი:**  $X = 300 - 15t$ , გადაადგილების გეგმილი - 750მ.

7. სურ. 4 გამოსახული კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკის მიხედვით ვადგენთ სხეულის საწყისი კოორდინატი  $t_0 = 0$ წმ;  $X_0 = 60$ მ,  $t=4$  წმ-ის მომენტისთვის  $X=0$ , მაშინ სხეულის სიჩქარის გეგმილია:

$$V = \frac{X - X_0}{t - t_0} = \frac{0 - 60}{4} = -15 \text{ მ/წმ}$$

კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების განტოლებას აქვს სახე:

$$X = X_0 + V_x t \quad X = 60 - 15t$$

$$t=3 \text{ წმ-ის მომენტისთვის } X = 60 - 15 \cdot 3 = 15 \text{ მ}$$

$$3 \text{ წმ-ში განვლილი მანძილი } S = |X - X_0| = |15 - 60| = 45 \text{ მ}$$

**პასუხი:** სხეულის სიჩქარის გეგმილია  $-15$ მ/წმ; 3 წმ-ში განვლილი მანძილი 45 მ-ია.

კოორდინატის დროზე დამოკიდებულებაა  $X = 60 - 15t$ .

8. მოცემულია  $X$  ღერძის წრფივად და თანაბრად მოძრავი ავტომობილის კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი, საიდანაც ვადგენთ  $t_0 = 0$  წმ მომენტისთვის  $X_0 = 200$ მ და  $t=4$  წმ-ის მომენტისთვის  $X=100$ მ

$$4 \text{ წმ-ში განვლილი მანძილი კი } S = |X - X_0| = |100 - 200| = 100 \text{ მ}$$

9. მე-8 ამოცანის პირობიდან გამომდინარე

$$V_x = \frac{X - X_0}{t - t_0} = \frac{100 - 200}{4 - 0} = -25 \text{ მ/წმ}$$

კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების განტოლება

$$X = X_0 + V t; \quad X = 200 - 25t$$

**პასუხი:** სხეულის სიჩქარეა  $-25$ მ/წმ, კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების განტოლებაა  $X = 200 - 25t$ .

10. სხეულის კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების განტოლება  $t=5$  წმ მომენტისთვის აქვს სახე  $100 = X_0 + 5V$  (1)

$$\text{ხოლო } 10 \text{ წმ-ის მომენტისთვის } 180 = X_0 + 10V \text{ (2)}$$

$$(2)-(1) \text{ მივიღებთ } 80=5V \Rightarrow V = 16 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}} (*)$$

$$(*) \rightarrow (1) \quad 100 = X_0 + 5 \cdot 16 \Rightarrow X_0 = 20 \text{ მ}$$

დავწეროთ მოძრაობის განტოლება  $X = 20 + 16t$  და ავაგოთ გრაფიკი

$$X = 20 + 16t$$

$$\text{როცა } t=0, \quad x=20$$

$$t=5, \quad x=80$$

$$\text{პასუხი: } V=16 \text{ მ/წმ; } X_0 = 20 \text{ მ; } x=20+16t$$

### §1.7. მოძრაობის ფარდობითობა სიჩქარეთა შეკრების კანონი

გაკვეთილის თემა	მოძრაობის ფარდობითობა სიჩქარეთა შეკრების კანონი
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• სხეულის გადაადგილება (სიჩქარე) უძრავი ათვლის სისტემის მიმართ ტოლია: უძრავი ათვლის სისტემის მიმართ მოძრავი ათვლის სისტემის გადაადგილებისა (სიჩქარის) და მოძრავი ათვლის სისტემის მიმართ სხეულის გადაადგილების (სიჩქარის) ჯამის.</li> <li>• სხეულის <math>\vec{v}</math> გადაადგილება უძრავი ათვლის სისტემის მიმართ ტოლია: უძრავი ათვლის სისტემის მიმართ მოძრავი ათვლის სისტემის <math>\vec{v}_1</math> გადაადგილებისა და მოძრავი ათვლის სისტემის მიმართ სხეულის <math>\vec{v}_2</math> გადაადგილების ვექტორული ჯამის.</li> <li>• სხეულის <math>\vec{v}</math> სიჩქარე უძრავი ათვლის სისტემის მიმართ ტოლია: უძრავი ათვლის სისტემის მიმართ მოძრავი ათვლის სისტემის <math>\vec{v}_1</math> სიჩქარისა და მოძრავი ათვლის სისტემის მიმართ სხეულის <math>\vec{v}_2</math> სიჩქარის ვექტორული ჯამის.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლეებს ეცოდინებათ სიჩქარეთა შეკრების კანონი.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საბ.4, 5, 6, 7, 8, 9 ფიზიკური მოვლენების შესწავლის მიზნით კვლევის (ცდა, ექსპერიმენტი) დაგეგმვა (ჰიპოთეზების შემუშავება, დამოკიდებული და დამოუკიდებელი ცვლადების განსაზღვრა, კვლევის პროცედურის, მონაცემების აღრიცხვის ფორმების განსაზღვრა, სათანადო რესურსების შერჩევა); თვისებრივი და რაოდენობრივი მონაცემების სხვადასხვა ფორმით (ცხრილებით, დიაგრამებით, გრაფიკებით და სხვ.) ჩაწერა და ორგანიზება; მონაცემების ორგანიზებისთვის ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენება;
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი-ლექცია, ინტერაქტიული გამოკითხვა, ინდივიდუალური მუშაობა.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	მოძრაობის ფარდობითობა, უძრაობის ფარდობითობა, მდებარეობის ფარდობითობა, მოძრავი ათვლის სისტემა, უძრავი ათვლის სისტემა, სიჩქარეთა შეკრება.
წინარე ცოდნა	სხეულის მდებარეობის, უძრაობისა და მოძრაობის ფარდობითობა.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> ცოდნის გააქტიურება.  <b>მიზანი:</b> VII კლასში მიღებული ცოდნის გააქტიურება.  აქტივობა: მასწავლებელი სვამს ინტერაქტიული გზით კითხვებს: რას ნიშნავს უძრაობის ფარდობითობა? მოძრაობის ფარდობითობა? ისმენს ყურადღებით პასუხებს და აზუსტებს ცნებებს.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> ახალი ცოდნის გააზრება.  <b>მიზანი:</b> სიჩქარის შეკრების კანონის გაგება.  <b>აქტივობა:</b> მასწავლებელი განიხილავს გაკვეთილში</p>

	<p>დასმულ ამოცანას და მიჰყვება მსჯელობას. გამოაქვს დასკვნები მოსწავლეებთან ერთად: სხეულის <math>\vec{N}</math> გადაადგილება უძრავი ათვლის სისტემის მიმართ ტოლია: უძრავი ათვლის სისტემის მიმართ მოძრავი ათვლის სისტემის <math>\vec{N}_1</math> გადაადგილებისა და მოძრავი ათვლის სისტემის მიმართ სხეულის <math>\vec{N}_2</math> გადაადგილების ვექტორული ჯამის.</p> <p>სხეულის <math>\vec{p}</math> სიჩქარე უძრავი ათვლის სისტემის მიმართ ტოლია: უძრავი ათვლის სისტემის მიმართ მოძრავი ათვლის სისტემის <math>\vec{p}_1</math> სიჩქარისა და მოძრავი ათვლის სისტემის მიმართ სხეულის <math>\vec{p}_2</math> სიჩქარის ვექტორული ჯამის.</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> ახალი მასალის გაგება.  <b>აქტივობა:</b> მასწავლებელი სვამს კითხვებს:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• რაში მდგომარეობს მოძრაობის ფარდობითობა?</li> <li>• როგორ უნდა გვესმოდეს გამონათქვამი: „უძრაობა და მოძრაობა ფარდობითია“?</li> <li>• როგორ უნდა გვესმოდეს გამონათქვამი: „აფსოლუტურად უძრავი სხეული არ არსებობს“?</li> </ul> <p>ისმენს პასუხებს და საჭიროების შემთხვევაში აზუსტებს პასუხებს.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> ამოცანის ერთობრივი ამოხსნა ჯგუფში ან წყვილებში.  <b>მიზანი:</b> მოსწავლე შეძლებს ამოცანის სწორად ამოხსნას საკუთარი შეხედულებით, ჯგუფის წევრების მითითებების ან კომენტარების გათვალისწინების, ან საკუთარი აზრის დამტკიცების საფუძველზე.  <b>აღწერა:</b> სახელმძღვანელოში მოცემული ამოცანის ამოხსნის ნიმუშის განხილვა,, ერთად ამოხსნათ ამოცანა“ – ითვალისწინებს მოსწავლეების ურთიერთდახმარებას, საჭიროების შემთხვევაში მასწავლებლის დახმარებას და სახელმძღვანელოში ამოხსნილი ამოცანის გააზრებას, შემდეგ მიღებული ცოდნის გამოყენებას ახალი ამოცანის ამოსახსნელად. მასწავლებელი აკვირდება ნახაზის შესრულების პროცესს, გამოთვლების ჩატარებას აძლევს დროულ უკუკავშირს.</p> <p><b>აქტივობა 6.</b> შეჯამება  მოსწავლეები აერთიანებენ არსებულ და ახალად მიღებულ ცოდნას. ერთ-ერთი მოსწავლე იწყებს შეჯამებას, სხვა მოსწავლე შეავსებს, განავრცობს. მასწავლებელი აკეთებს შეფასებას, აკვირდება მოსწავლეების ჩართულობას. წინარე ცოდნის გამოყენებას, გამოთვლების სიზუსტეს, ერთეულების სწორად გამოყენებას.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო.
შეფასების კრიტერიუმები	დამოუკიდებელი მუშაობის დროს წინა წლებში მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი. ჯგუფური მუშაობის უნარი, ასევე შეიძლება გამოვიყენოთ განმავითარებელი შეფასება.

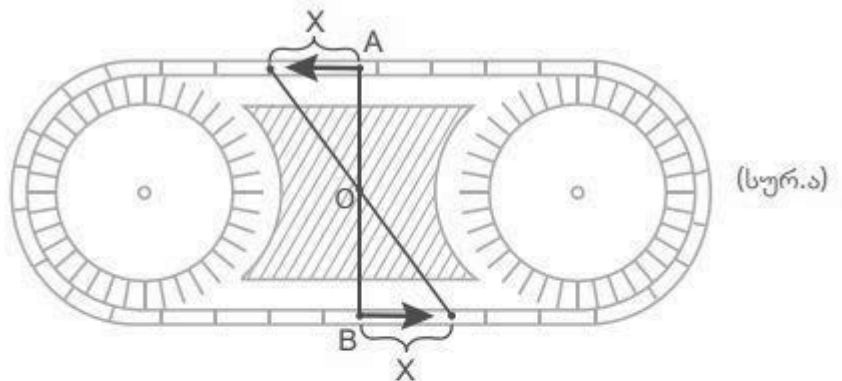


რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	<p>საშინაო ცდა.</p> <p><b>მიზანი:</b> მოსწავლემ გამოიმუშაოს საშინაო ცდის ჩატარებისა და მიღებული შედეგების ანალიზის უნარი. სახელმძღვანელოს შესაბამისი პარაგრაფის ბოლოს მოცემულ ამოცანებს შეარჩევს შეხედულებისამებრ.</p> <p>მისაღწევი შედეგები: მოსწავლეები შეძლებენ ცდის ანალიზს და თემასთან დაკავშირებული ამოცანების ამოხსნას.</p> <p>მასწავლებელი საჭიროებისამებრ აძლევს დავალებას მოსწავლეებს, ამოხსნან ამოცანები.</p>
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	<p>გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე შეძლებს სხეულის სიჩქარის განსაზღვრას სხვადასხვა ათვლის სისტემაში, შეძლებს გადაადგილებისა და სიჩქარეთა შეკრების კანონის გამოყენებას.</p>

**საკონტროლო კითხვები:**

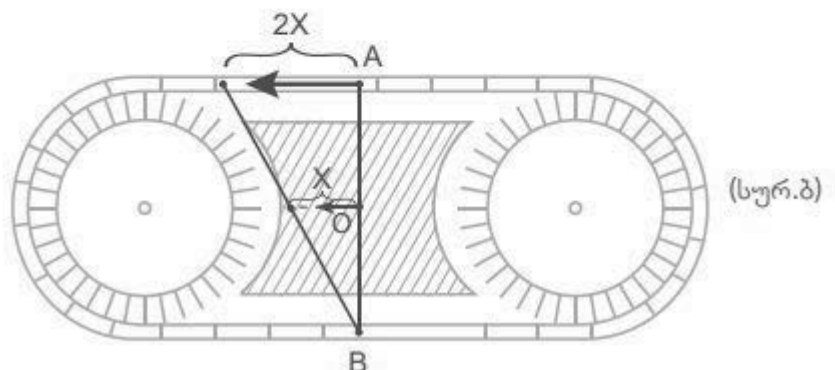
- რაში მდგომარეობს მოძრაობის ფარდობითობა?  
**პასუხი:** სხეული შეიძლება მოძრაობდეს ერთი ათვლის სისტემის მიმართ და იმავედროულად უძრავი იყოს მეორის მიმართ.
- როგორ უნდა გვესმოდეს გამონათქვამი: „უძრაობა და მოძრაობა ფარდობითია“?  
**პასუხი:** სხეულის მოძრაობა და უძრაობა დამოკიდებულია ათვლის სისტემის არჩევაზე, ერთი ათვლის სისტემის მიმართ ის შეიძლება დახასიათდეს, როგორც მოძრავი სხეული, ხოლო სხვა ათვლის სისტემაში, როგორც უძრავი (მაგ., ავტომობილი მოძრავია დედამიწის მიმართ, მაგრამ უძრავია მძღოლის მიმართ).
- როგორ უნდა გვესმოდეს გამონათქვამი: „ასოლუტურად უძრავი სხეული არ არსებობს“?

**პასუხი:** რომ მოიძებნება ათვლის სხეული, რომლის მიმართ ეს სხეული აღმოჩნდება მოძრავი (მაგ., დედამიწა უძრავია ჩვენს მიმართ, მაგრამ მოძრაობს მზის მიმართ).



**ერთად ამოვხსნათ ამოცანა:**

მუხლუხიანი ექსკავატორი სრიალის გარეშე მოძრაობს თანაბრად მუდმივი  $v$  სიჩქარით. განსაზღვრეთ მისი მუხლუხოს ზედა ნაწილის მოძრაობის სიჩქარე დედამიწისა და ექსკავატორის მიმართ.

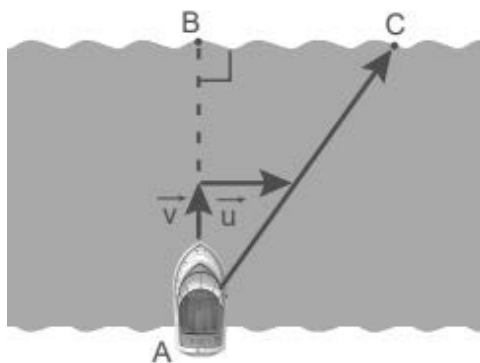


ამოხსნა:

თავდაპირველად გადავიდეთ ექსკავატორთან დაკავშირებულ ათვლის სისტემაში (სურ ა). ამ სისტემაში ექსკავატორის კორპუსთან მიმაგრებული O წერტილი უძრავია, ხოლო მუხლუხოს წერტილები მოძრაობენ O წერტილის ირგვლივ მოდულთ ერთნაირი სიჩქარით. გარკვეულ დროში მუხლუხოს A და B წერტილები O წერტილის მიმართ ერთნაირი x მანძილით წაინაცვლებენ. A, O და B წერტილები კვლავ ერთ წრეზე იქნებიან, ხოლო A და B წერტილები ერთმანეთის მიმართ წაინაცვლებენ  $2x$  მანძილით. დავუბრუნდეთ დედამიწის ათვლის სისტემას (სურ ბ). ამ სისტემაში B წერტილია უძრავი, რადგან ექსკავატორი დედამიწაზე არ სრიალებს. როგორც უკვე დავადგინეთ, A წერტილი B-სგან წაინაცვლებულია მარცხნივ  $2x$  მანძილით, ხოლო O წერტილი – მარცხნივ  $x$  მანძილით. ეს ნიშნავს, რომ დედამიწის მიმართ A წერტილის სიჩქარე O წერტილის  $v$  სიჩქარეზე 2-ჯერ მეტია და იქნება  $u=2v$ .

მუხლუხოს A წერტილის სიჩქარე ექსკავატორის მიმართ კი იქნება  $u-v=v$ .

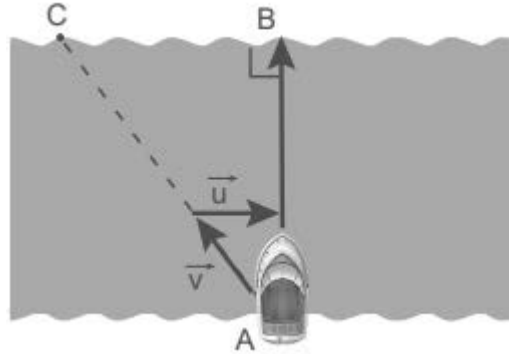
1. ორი მატარებელი თანაბრად მოძრაობს პარალელურ რელსებზე შემხვედრი მიმართულებით. მათი სიჩქარის მოდულები შესაბამისად 54 კმ/სთ და 72 კმ/სთ-ია. რისო ტოლია პირველი მატარებლის სიჩქარე მეორის მიმართ? რა დროში ჩაუვლის მეორე მატარებელში მჯდომ მგზავრს პირველი მატარებელი, თუ მისი სიგრძე 140 მ-ია?
2. ორი მატარებელი, რომელთა სიგრძეებია 120 მ და 140 მ, მოძრაობს შემხვედრი მიმართულებით შესაბამისად 10 მ/წმ და 16 მ/წმ სიჩქარეებით. რა დროში ჩაუვლიან მატარებლები ერთმანეთს? რისი ტოლია მათი ფარდობითი სიჩქარის მოდული?
3. 120 მ სიგრძის 10 მ/წმ სიჩქარით მოძრავ მატარებელს წამოეწია პარალელურ რელსებზე მოძრავი 140 მ სიგრძის მეორე მატარებელი, რომლის სიჩქარე 16 მ/წმ-ია. რა დროში ჩაუვლის მეორე მატარებელი პირველს? მეორე მატარებელი პირველში მჯდომ მგზავრს?
4. 30 სმ სიმაღლის ბოთლის ფსკერზე იმყოფება ჭიანჭველა, რომელიც რომელიც დაიდრა ზემოთ და ამოვიდა ბოთლიდან. ამავდროულად ბოთლი გადაადგილეს მაგიდის ჰორიზონტალურ ზედაპირზე 40 სმ-ით. რისი ტოლია ჭიანჭველას გადაადგილების მოდული ბოთლის მიმართ? მაგიდის მიმართ?
5. მეტროს ესკალატორს მასზე უძრავად მდგომი მგზავრი 60 მ სიგრძის გვირაბში აჰყავს 2 წუთში. რა დროში აიყვანს ესკალატორი მგზავრს, თუ მგზავრი ესკალატორის მიმართულებით იმოძრავებს მის მიმართ 0,5 მ/წმ სიჩქარით? რა სიჩქარით და რა მიმართულებით უნდა იმოძრაოს მგზავრმა, რომ გვირაბის მიმართ უძრავი დარჩეს?
6. მოტორიანი ნავი მდინარის ორ ხიდს შორის მანძილს დინების მიმართულებით ორჯერ უფრო სწრაფად გადის, ვიდრე დინების საწინააღმდეგო მიმართულებით. რამდენჯერ მეტია ნავის საკუთარი სიჩქარე მდინარის დინების სიჩქარეზე?
7. ავტომანქანის სიჩქარით მოძრავი ავტომობილის წინ 200 მ მანძილზე იმავე მიმართულებით მოძრაობს მოტოციკლი, რომლის სიჩქარე 72 კმ/სთ-ია. დაწერეთ მოტოციკლის კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების განტოლება ავტომობილთან დაკავშირებულ ათვლის სისტემაში. ათვლის სათავედ აიღეთ ავტომობილის მდებარეობა, ღერძი მიმართეთ ავტომობილის სიჩქარის მიმართულებით.
8. მოტორიანმა ნავმა 200 მ სიგანის მდინარის გადაცურვისას თავისი 5 მ/წმ სიჩქარე A წერტილიდან B-სკენ მიმართა, თუმცა მდინარის დინების გამო იგი C წერტილში აღმოჩნდა. განსაზღვრეთ:  
ა) რა დროში გადაცურა ნავმა მდინარე;  
ბ) რისი ტოლი იქნება ნავის სიჩქარე ნაპირის მიმართ, თუ დინების სიჩქარე 2 მ/წმ-ია;



გ) რა მანძილი გაიარა ნავმა ნაპირთან დაკავშირებულ ათვლის სისტემაში.

9. ნაპირისადმი რა კუთხით უნდა მიმართოს თავისი სიჩქარე მოტორიანმა ნავმა, რომ მდინარე უმოკლეს დროში გადაცუროს?

10. მოტორიანმა ნავმა მდინარის გადაცურვისას თავისი 10 მ/წმ სიჩქარე C წერტილისკენ მიმართა, თუმცა მდინარის დინების გამო მისი ტრაექტორია ნაპირის მართობული გამოვიდა და იგი B წერტილში აღმოჩნდა. რისი ტოლია ნავის სიჩქარე ნაპირის მიმართ, თუ მდინარის დინების სიჩქარე 6 მ/წმ-ია? რა დროში გადაცურავს ნავი მდინარეს, თუ მდინარის სიგანე 240 მ-ია? ნიშნავს თუ არა მდინარის უმოკლესი ტრაექტორიით გადაცურვა უმოკლეს დროში გადაცურვას?



**ამოცანების ამოხსნა**

1. ? $V_{1,2}, t$	ავაგოთ ნახაზი
$V_1 = 54 \text{ კმ/სთ} = 15 \text{ მ/წმ}$ $V_2 = 72 \text{ კმ/სთ} = 20 \text{ მ/წმ}$ $L = 140 \text{ მ}$	<p>გამოვიყენოთ სიჩქარეთა შეკრების წესი, <math>\vec{V}_1 = \vec{V}_x + \vec{V}_2 \Rightarrow \vec{V}_x = \vec{V}_1 - \vec{V}_2 (*)</math></p> <p><math>V_x = 15 + 20 = 35 \text{ მ/წმ}</math>      <math>t = \frac{L}{V_{1,2}} = \frac{140}{35} = 4 \text{ წმ}</math></p>

**პასუხი:** პირველი მატარებლის სიჩქარე მეორეს მიმართ 35 მ/წმ-ია, ხოლო პირველი მატარებელი მეორე მატარებელში მჯდომ მგზავრს ჩაუვლის 4 წმ-ში.

2. ? $V, t$	სიჩქარეთა შეკრების კანონიდან გამომდინარეობს
$L_1 = 120 \text{ მ}$ $L_2 = 140 \text{ მ}$ $V_1 = 10 \text{ მ/წმ}$ $V_2 = 16 \text{ მ/წმ}$	<p><math>U = V_1 + V_2</math> (1), რადგან მატარებლები მოძრაობენ წრფივად და თანაბრად და თითოეული მათგანი ერთმანეთის მიმართ გადის</p> <p><math>L = L_1 + L_2</math> (2) ერთნაირ მანძილს, ამიტომ <math>t = \frac{L}{U}</math> (3)</p> <p>(1) <math>\wedge</math> (2) <math>\rightarrow</math> (3) <math>t = \frac{L_1 + L_2}{V_1 + V_2} (*)</math> <math>U = 26 \text{ მ/წმ}</math></p> <p><math>t = \frac{120 + 140}{26} = 10 \text{ წმ}</math></p>

**პასუხი:**  $t = 10 \text{ წმ}$ .  $U = 26 \text{ მ/წმ}$

3. ? $t_1, t_2$	გამოვიყენოთ სიჩქარეთა შეკრების კანონი. რადგან მატარებლები ერთი მიმართულებით მოძრაობენ, $U = V_2 - V_1$ (1). რადგან მატარებლები მოძრაობენ წრფივად და თანაბრად და თითოეული მათგანი ერთმანეთის მიმართ გადის $L = L_1 + L_2$ (2) ერთნაირ მანძილს, ამიტომ $t = \frac{L}{U}$ (3);
$L_1 = 120 \text{ მ}$ $L_2 = 140 \text{ მ}$ $V_1 = 10 \text{ მ/წმ}$ $V_2 = 16 \text{ მ/წმ}$	<p>(2) <math>\wedge</math> (1) <math>\rightarrow</math> (3) მივიღებთ <math>t_1 = \frac{L_1 + L_2}{V_2 - V_1} = \frac{240}{6} = 40 \text{ წმ}</math></p> <p>მეორე მატარებელი პირველ მატარებელში მჯდომ მგზავრს ჩაუვლის</p> <p><math>t_2 = \frac{L_2}{V_2 - V_1} = \frac{120}{6} = 20 \text{ წმ}</math></p>

**პასუხი:**  $t_1 = 40 \text{ წმ}$ ;  $t_2 = 20 \text{ წმ}$

4. $? S_3$	ჭიანჭველას გადაადგილება ბოთლის მიმართ არის $S_1 = 0.3\text{მ}$ , ხოლო ჭიანჭველას გადაადგილება მაგიდის მიმართ არის $S_3 = \sqrt{S_1^2 + S_2^2} = 0.5\text{მ}$
$S_1 = 30\text{სმ} = 0,3\text{მ}$	
$S_2 = 40\text{სმ} = 0,4\text{მ}$	

პასუხი:  $S_3 = 0,5\text{მ}$

5. $? V, t$	აღვნიშნოთ ესკალატორის სიჩქარე $V$ -თი. მაშინ ესკალატორის სიჩქარე: $V = \frac{S}{t_1} = \frac{60}{120} = 0.5\text{მ/წმ}$ ; სიჩქარეთა შეკრების კანონის თანახმად: $U = V + V_1 = 1\text{მ/წმ}$ ; მაშინ ესკალატორზე მოძრაობის მგზავრი ავა: $t = \frac{S}{U} = 60\text{წმ}$ .
$S = 60\text{მ}$	
$t_1 = 2\text{წთ} = 120\text{წმ}$	
$V_1 = 0,5\text{მ/წმ}$	

მოძრაობა ესკალატორზე მოძრაობის მგზავრი გვირახის მიმართ უძრავი რომ იყოს, მგზავრმა უნდა იმოძრაოს ესკალატორის მოძრაობის საპირისპიროდ  $V_2 = 0.5\text{ მ/წმ}$  სიჩქარით.

6. $? V_6, V_6$	წავი ორ ხიდს შორის მანძილს მდინარის მიმართულებით გადის
$t_2 = 2t_1$	
	$t_1 = \frac{S}{V_6 + V_6} \quad (1)$
	ხოლო საპირისპირო მიმართულებით
	$t_2 = \frac{S}{V_6 - V_6} \quad (2)$
	$(1) : (2) \frac{t_1}{t_2} = \frac{\frac{S}{V_6 + V_6}}{\frac{S}{V_6 - V_6}} = \frac{V_6 - V_6}{V_6 + V_6} \Rightarrow \frac{V_6}{V_6} = 3$

7. $? x(t)$	ავაგოთ ნახაზი, ღერძი მივმართოთ მარჯვნივ და კოორდინატა სათავეში მოვათავსოთ ავტომობილი
$X_0 = 200\text{მ}$	
$V_1 = \frac{54\text{კმ}}{\text{სთ}} = 15\text{მ/წმ}$	
$V_2 = 72\text{კმ/სთ} = 20\text{მ/წმ}$	

მოტოციკლის სიჩქარე ავტომობილის მიმართ იქნება  $V = V_2 - V_1 = 5\text{ მ/წმ}$ , მაშინ მოტოციკლის კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების განტოლება ავტომობილთან დაკავშირებულ ათვლის სისტემაში იქნება  $x = x_0 + x_0 t = 200 + 5t$ .

პასუხი:  $x = 200 + 5t$ .

8. $? t, V, l$	კოორდინატა სისტემა დავუკავშიროთ დედამიწას. ათვლის სათავედ ავირჩიოთ წავის მდებარეობა დროის ათვლის დასაწყისში $X$ ღერძი მივმართოთ დინების გასწვრივ, $y$ ღერძი მის მართობულად (სურ); წავის სიჩქარე $\vec{V} = \vec{V}_1 + \vec{V}_2$ (1)
$d = 200\text{მ}$	
$V_1 = 5\text{მ/წმ}$	
$V_2 = 2\text{მ/წმ}$	

(1)-ის დაგეგმილებით  $x$  და  $y$  ღერძებზე მივიღებთ

$$V_x = V_{1x} + V_{2x} = V_2 \quad (2)$$

$$\vec{V}_y = \vec{V}_{1y} + \vec{V}_{2y} = \vec{V}_1 \quad (3)$$

წავის თანაბარი მოძრაობისას მისი კოორდინატებია

$$x = V_x t \quad (4)$$

$$y = V_y t \quad (5)$$

მდინარის გადაცურვის მომენტში  $y = d_1$  (6)

$$(6) \rightarrow (5) \Rightarrow d_1 = V_1 t \Rightarrow t = \frac{d_1}{V_1} (*)$$

$$\text{ნავის სიჩქარის მოდული } V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} (7)$$

$$(2) \wedge (3) \rightarrow (7) \Rightarrow V = \sqrt{V_2^2 + V_1^2} (**)$$

ნავის სიჩქარის მიმართულებას  $x$  ღერძთან შექმნილ  $\alpha$  კუთხეს განვსაზღვრავთ ფორმულით  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{V_y}{V_x} = \frac{V_1}{V_2} (***)$

$$\text{ნავის მიერ შესრულებული გადაადგილების მოდული } S = V * t_1 = \sqrt{V_2^2 + V_1^2} * \frac{d_1}{V_2} (****)$$

გადაადგილების მიმართულება ემთხვევა სიჩქარის მიმართულებას.

თუ  $(*) \wedge (2) \rightarrow (4)$  მივიღებთ მანძილს, რომლითაც მდინარე დააცურებს ნავს:

$$l_1 = V_2 * \frac{d_1}{V_1} (*****)$$

$$\rightarrow (*) t_1 = 40 \text{ წმ}$$

$$\rightarrow (**) V = \sqrt{29} \text{ მ. წმ}$$

$$\rightarrow (***) \operatorname{tg} \alpha = 2,5$$

$$\rightarrow (****) S = \sqrt{29} * 40 \text{ მ}$$

$$\rightarrow (*****) l_1 = 2 * 40 = 80 \text{ მ}$$

9. ათვლის უძრავი XOY სისტემა დავუკავშიროთ ნაპირს, კოორდინატის ათვლის სათავედ მივიღოთ ის O წერტილი, საიდანაც ნავი იწყებს მოძრაობას, OX ღერძი მივმართოთ მდინარის დინების მიმართულებით, OY ღერძი ნაპირის მართობულად

$$\text{ნაპირის მიმართ ნავის სიჩქარე: } \vec{V} = \vec{V}_1 + \vec{V}_2 (1)$$

ნავის სიჩქარის გეგმილები  $x$  და  $y$  ღერძებზე

$$V_x = -V_2 \cos \alpha + V_1 (2)$$

$$V_y = V_2 \sin \alpha (3)$$

$$\text{ნავისთვის } X = X_0 + V_x t \text{ და } Y = Y_0 + V_y t$$

$$\text{განტოლებებს ექნებათ სახე: } X = (-V_2 \cos \alpha + V_1) * t (4)$$

$$Y = (V_2 \sin \alpha) * t (5)$$

ვთქვათ ნავი მეორე ნაპირთან მოვიდა დროის  $t = \tau$  (6) მომენტში, მაშინ  $y = l$  (7)

$$(6) \wedge (7) \rightarrow (5) \Rightarrow l(-V_2 \sin \alpha) \tau \Rightarrow \tau = \frac{l}{V_2 \sin \alpha}$$

მდინარის გადაცურვისთვის საჭირო დროის შუალედი  $\tau$  მინიმალურია, როცა

$$\sin \alpha = 1 \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{2} (9)$$

მდინარის გადაცურვის დროის შუალედი მინიმალური რომ იყოს, ნავმა კურსი უნდა აიღოს ნაპირის მართობული მიმართულებით.

10. ათვლის უძრავი XOY სისტემა დავუკავშიროთ ნაპირს, კოორდინატის ათვლის სათავედ მივიღოთ ის O წერტილი, საიდანაც ნავი იწყებს მოძრაობას, OX ღერძი მივმართოთ მდინარის დინების მიმართულებით, OY ღერძი ნაპირის მართობულად. ნავის სიჩქარესა და ნაპირის შორის მახვილი კუთხე იყოს  $\alpha$ .

$$\text{ნაპირის მიმართ ნავის სიჩქარე: } \vec{V} = \vec{V}_1 + \vec{V}_2 (1)$$

ნავის სიჩქარის გეგმილები X და Y ღერძებზე

$$V_x = -V_2 \cos \alpha + V_1 \quad (2)$$

$$V_y = V_2 \sin \alpha \quad (3)$$

ნავისთვის  $X = X_0 + V_x t$  და  $Y = Y_0 + V_y t$

$$\text{განტოლებებს ექნებათ სახე: } X = (-V_2 \cos \alpha + V_1) * t \quad (4)$$

$$Y = (V_2 \sin \alpha) * t \quad (5)$$

ვთქვათ, ნავი მეორე ნაპირთან მოვიდა დროის  $t = \tau$  (6) მომენტში, მაშინ  $y = l$  (7), სადაც  $l$  არის მდინარის სიგანე.

$$(6) \wedge (7) \rightarrow (5) \Rightarrow l(V_2 \sin \alpha)\tau \Rightarrow \tau = \frac{l}{V_2 \sin \alpha} \quad (8)$$

ა) (8)  $\Rightarrow$  მდინარის გადაცურვისთვის საჭირო დროის შუალედი  $\tau$  მინიმალურია, როცა

$$\sin \alpha = 1 \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{2} \quad (9)$$

აქედან გამომდინარეობს: მდინარის გადაცურვის დროის შუალედი მინიმალური რომ იყოს, ნავმა კურსი უნდა აიღოს ნაპირის მართობული მიმართულებით.

ბ) ნავმა მდინარე რომ გადაცუროს უმოკლესი მანძილით, ე.ი O-დან A-სკენ, საჭიროა ისე იმოძრაოს, რომ მისი x კოორდინატი არ შეიცვალოს, მაშასადამე  $x=0$  (10)

$$(10) \rightarrow (4) \Rightarrow (-V_2 \cos \alpha + V_1)t = 0 \Rightarrow V_2 \cos \alpha + V_1 = 0 \Rightarrow \cos \alpha = \frac{V_1}{V_2} \quad (11)$$

აქედან გამომდინარეობს: ნავის კურსი ისეთი უნდა იყოს, რომ შესრულდეს პირობები,  $|\cos \alpha| = \frac{V_1}{V_2}$ . ამგვარად, მდინარის უმოკლესი გზით გადაცურვა შესაძლებელია, როცა

$$V_2 > V_1 \quad \text{და} \quad \alpha = \frac{\pi}{2}.$$

### §1.8. მყისიერი სიჩქარე, საშუალო სიჩქარე

გაკვეთილის თემა	მყისიერი სიჩქარე, საშუალო სიჩქარე
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• სხეულის მიერ გავლილი მანძილის საშუალო სიჩქარე დროის რაიმე <math>t</math> შუალედში გავლილი მანძილის შეფარდებაა <math>\vec{v}_{სშ} = \frac{\vec{l}}{t}</math>;</li> <li>• სხეულის გადაადგილების საშუალო სიჩქარე დროის რაიმე <math>t</math> შუალედში შესრულებული <math>\vec{s}</math> გადაადგილების შეფარდებაა ამ <math>t</math> დროსთან: <math>\vec{v}_{სშ} = \frac{\vec{s}}{t}</math>;</li> <li>• მყისიერი სიჩქარე სხეულის სიჩქარეა დროის მოცემულ მომენტში ან ტრაექტორიის მოცემულ წერტილში ;</li> <li>• მყისიერი სიჩქარე ვექტორული სიდიდეა, მისი მიმართულება მოცემულ წერტილში ემთხვევა ამ წერტილში ტრაექტორიისადმი გავლებული მხევის მიმართულებას.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლეებს ეცოდინებათ არათანაბარი მოძრაობისას გავლილი მანძილის და გადაადგილების საშუალო სიჩქარე, მყისიერი სიჩქარე.

ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საბ.4, 5, 6, 7, 8, 9 ფიზიკური მოვლენების შესწავლის მიზნით კვლევის (ცდა, ექსპერიმენტი) დაგეგმვა (ჰიპოთეზების შემუშავება, დამოკიდებული და დამოუკიდებელი ცვლადების განსაზღვრა, კვლევის პროცედურის, მონაცემების აღრიცხვის ფორმების განსაზღვრა, სათანადო რესურსების შერჩევა); თვისებრივი და რაოდენობრივი მონაცემების სხვადასხვა ფორმით (ცხრილებით, დიაგრამებით, გრაფიკებით და სხვ.) ჩაწერა და ორგანიზება; მონაცემების ორგანიზებისთვის ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენება.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი-ლექცია, ინტერაქტიული გამოკითხვა, ინდივიდუალური მუშაობა.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	არათანაბარი მოძრაობა, საშუალო სიჩქარე, გავლილი მანძილის საშუალო სიჩქარე, გადაადგილების საშუალო სიჩქარე, მყისიერი სიჩქარე.
წინარე ცოდნა	წრფივითანაბარი მოძრაობის სიჩქარე, არათანაბარი მოძრაობა. არათანაბარი მოძრაობის საშუალო სიჩქარე.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> მიღებული ცოდნის გასააქტიურებლად სასურველია გაახსენოთ მოსწავლეებს, თუ როგორი მოძრაობაა წრფივი თანაბარი და არათანაბარი მოძრაობა, რა არის თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე და საშუალო სიჩქარე.</p> <p><b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის გააქტიურება.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> კარგი იქნება, თუ მოსწავლეებს ყურადღებას გაამახვილებინებთ პარაგრაფში მოცემულ მყისიერი სიჩქარის განსაზღვრაზე, მის ფიზიკურ აზრზე, გადაადგილების საშუალო სიჩქარეზე, არათანაბარი მოძრაობის დროს მექანიკის ძირითადი ამოცანის გადაწყვეტაზე.</p> <p><b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის გაგება.</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> ახალი მასალის გაგების შემოწმება. სასურველია გამოიყენოთ პარაგრაფში მოცემული საკონტროლო კითხვები:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. რიცხობრივად რისი ტოლია გავლილი მანძილის საშუალო სიჩქარე?</li> <li>2. წრფეზე არათანაბარი მოძრაობისას, იცვლება თუ არა მყისიერი სიჩქარე?</li> <li>3. მრუდწირზე მუდმივი მოდულის სიჩქარით მოძრაობისას, იცვლება თუ არა მყისიერი სიჩქარე?</li> <li>4. როგორი მოძრაობისას არის ტრანექტორიის ყველა წერტილში მყისიერი სიჩქარე ერთნაირი?</li> </ol> <p><b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის გაგება.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> მიღებული ცოდნის პრაქტიკაში გამოყენება.</p> <p><b>მიზანი:</b> ურთიერთდახმარება.</p> <p>მასწავლებელი მოსწავლეებს წყვილებში აძლევს დავალებას, განიხილონ ამოცანის ამოხსნის ნიმუში „ერთად ამოვხსნათ ამოცანა“ – ითვალისწინებს მოსწავლეების ურთიერთდახმარებას, საჭიროების შემთხვევაში მასწავლებელი ეხმარება და აკეთებს დროულ უკუკავშირს.</p>

	<p><b>აქტივობა 4. შეჯამება</b>          მოსწავლეები აერთიანებენ არსებულ და ახალად მიღებულ ცოდნას. ერთ-ერთი მოსწავლე იწყებს შეჯამებას, სხვა მოსწავლე შეავსებს, განავრცობს. მასწავლებელი აკეთებს შეფასებას, აკვირდება მოსწავლეების ჩართულობას. წინარე ცოდნის გამოყენებას, გამოთვლების სიზუსტეს, ერთეულების სწორად გამოყენებას.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო.
შეფასების კრიტერიუმები	<p>დამოუკიდებელი მუშაობის დროს წინა წლებში მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი. წყვილებში მუშაობის უნარი, ასევე შეიძლება გამოვიყენოთ განმავითარებელი შეფასება.</p>
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	<p>სახელმძღვანელოდან §1.8 საშინაო ცდა.          მიზანი: მოსწავლემ გამოიმუშაოს საშინაო ცდის ჩატარებისა და მიღებული შედეგების ანალიზის უნარი. სახელმძღვანელოს შესაბამისი პარაგრაფის ბოლოს მოცემულ ამოცანებს შეარჩევს შეხედულებისამებრ.          მისაღწევი შედეგები: მოსწავლეები შეძლებენ ცდის ანალიზს და თემასთან დაკავშირებული ამოცანების ამოხსნას.          მასწავლებელი საჭიროებისამებრ აძლევს დავალებას ამოხსენით ამოცანები.</p>
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე შეძლებს გავლილი მანძილის საშუალო სიჩქარის, გადაადგილების საშუალო სიჩქარის, მყისიერი სიჩქარის გამოყენებას პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტისას.

**საკონტროლო კითხვების პასუხები:**

- რიცხობრივად რისი ტოლია გავლილი მანძილის საშუალო სიჩქარე?  
**პასუხი:** გავლილი მანძილის საშუალო სიჩქარე დროის რაიმე  $t$  შუალედში ეწოდება ამ გავლილი მანძილის შეფარდებას  $t$  დროსთან.
- წრფეზე არათანაბარი მოძრაობისას, იცვლება თუ არა მყისიერი სიჩქარე?  
**პასუხი:** წრფეზე არათანაბარი მოძრაობისას იცვლება სიჩქარის მოდული ამიტომ იცვლება მყისიერი სიჩქარე.
- მრუდწირზე მუდმივი მოდულის სიჩქარით მოძრაობისას იცვლება თუ არა მყისიერი სიჩქარე?  
**პასუხი:** მყისიერი სიჩქარე ვექტორული სიდიდეა, მისი მიმართულება მოცემულ წერტილში ემთხვევა ამ წერტილში ტრაექტორიისადმი გავლებული მხების მიმართულებას, ამიტომ მრუდ წირზე წერტილიდან წერტილამდე იცვლება სხეულის მოძრაობის მიმართულება და იცვლება მყისიერი სიჩქარე.
- როგორი მოძრაობისას არის ტრაექტორიის ყველა წერტილში მყისიერი სიჩქარე ერთნაირი?  
**პასუხი:** წრფივი თანაბარი მოძრაობისას სხეულის არც სიჩქარის მოდული იცვლება და არც მოძრაობის მიმართულება, ამიტომ არც მყისიერი სიჩქარე შეიცვლება.



**ერთად ამოვხსნათ ამოცანა:**

სპორტულმა ავტომობილმა წრფივი გზის პირველ უბანზე იმოძრავა თანაბრი 10 მ/წმ სიჩქარით 30 წმ-ის განმავლობაში. მეორე 500 მ სიგრძის უბანი 20 წმ-ში დაფარა, ხოლო მესამე 400 მ სიგრძის უბანზე მოძრაობდა მუდმივი 40 მ/წმ სიჩქარით. განსაზღვრეთ ავტომობილის საშუალო სიჩქარე მთელ გზაზე.

მოც:
$v_1=10$ მ/წმ;
$t_1=30$ წმ;
$s_2=500$ მ;
$t_2=20$ წმ;
$s_3=400$ მ;
$v_3=40$ მ/წმ.
უ.ვ. $v_{საშ}$ .

**ამოხსნა:**

ავტომობილის საშუალო სიჩქარე მთელ გზაზე იქნება მთელი გზის სიგრძის შეფარდება ამ გზის გასავლელად საჭირო დროსთან.  $V_{საშ} = \frac{s_1+s_2+s_3}{t_1+t_2+t_3}$  (1). ამოცანის პირობიდან ჩანს, რომ საშუალო სიჩქარის გამოსათვლელ ფორმულაში არ ვიცით მხოლოდ  $S_1$  და  $t_3$ . გამოვთვალოთ ისინი:  $S_1=v_1t_1=300$  (მ);  $t_3=S_3/v_3=10$  (წმ). მიღებული შედეგების პირველ ფორმულაში შეტანით მივიღებთ:  $V_{საშ}=20$  მ/წმ.

1. ერთსა და იავე დროში თათიამ სარბენ ბილიკს 8-ჯერ შემოურბინა, გვანცამ კი – 7-ჯერ. რომლის საშუალო სიჩქარეა უფრო მეტი?

$? V_1/V_2$	სარბენი ბილიკის სიგრძე აღვნიშნოთ $l$ -ით. მაშინ თათია გაივლიდა $n_1 l$ მანძილს, ხოლო გვანცა $n_2 l$ შესაბამისად მათი საშუალო სიჩქარეები იქნება
$t_1 = t_2 = t$	
$n_2 = 7$	
$n_1 = 8$	

$$V_1 = \frac{n_1 l}{t} \quad (1) \quad V_2 = \frac{n_2 l}{t} \quad (2)$$

$$(1) : (2) \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{\frac{n_1 l}{t}}{\frac{n_2 l}{t}} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{8}{7}$$

**პასუხი:** თათიას საშუალო სიჩქარეა მეტი  $V_2 = \frac{8}{7} V_1$

2. ავტომობილმა გზის პირველი 400 მ გაიარა თანაბრად 20 წმში. მომდევნო 1 კმ – ასევე თანაბრად 2 წუთში. განსაზღვრეთ ავტომობილის საშუალო სიჩქარე ამ მოძრაობისას.

$? V_{საშ}$	$V_{საშ} = \frac{S}{t} \quad (1)$
$S_1 = 400$ მ	
$t_1 = 20$ წმ	
$t_2 = 2$ წთ = 120 წმ	

$$S = S_1 + S_2 \quad (2) \quad t = t_1 + t_2 \quad (3)$$

$$(2) \wedge (3) \rightarrow (1)$$

$$(2) \quad V_{საშ} = \frac{S_1+S_2}{t_1+t_2} = \frac{1400}{140} = 10 \text{ მ/წმ}$$

3. მოტოციკლმა მოძრაობის დროის პირველი 10 წუთის განმავლობაში იმოძრავა მუდმივი 30 მ/წმ სიჩქარით. მომდევნო 20 წუთის განმავლობაში კი – 7,5 მ/წმ-ით. რისი ტოლია მოტოციკლის საშუალო სიჩქარე მთელ გზაზე?

? $V_{\text{საშ}}$	$V_{\text{საშ}} = \frac{S}{t} \quad (1)$ $S = S_1 + S_2 \quad (2)$ $S_1 = V_1 t_1 \quad (3)$ $S_2 = V_2 t_2 \quad (4)$ $t = t_1 + t_2 \quad (5)$
$V_1 = 30 \text{ მ/წმ}$ $t_1 = 10 \text{ წთ} = 600 \text{ წმ}$ $t_2 = 20 \text{ წთ} = 1200 \text{ წმ}$ $V_2 = 7,5 \text{ მ/წმ}$	$(3) \wedge (4) \rightarrow (2) S = V_1 t_1 + V_2 t_2 \quad (6)$ $(6) \wedge (5) \rightarrow (1) V_{\text{საშ}} = \frac{V_1 t_1 + V_2 t_2}{t_1 + t_2} \quad (*)$ $\rightarrow (*) V_{\text{საშ}} = 15 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}}$

**პასუხი:** 15 მ/წმ

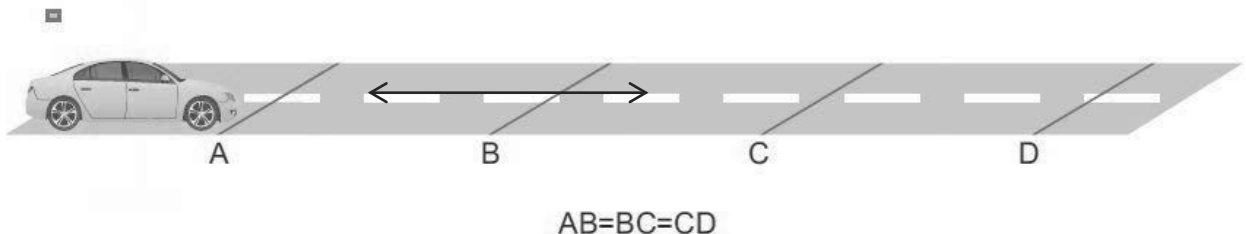
4. საქალაქთაშორისო ავტობუსმა გზის პირველი 1,5 კმ გაიარა თანაბრად 25 მ/წმ სიჩქარით. მომდევნო 3 კმ კი – 15 მ/წმ-ით. განსაზღვრეთ ავტობუსის საშუალო სიჩქარე ამ გზაზე.

? $V_{\text{საშ}}$	$V_{\text{საშ}} = \frac{S}{t} \quad (1)$ $S = S_1 + S_2 \quad (2)$ $t = t_1 + t_2 \quad (3)$ $t_1 = \frac{S_1}{V_1} \quad (4)$ $t_2 = \frac{S_2}{V_2} \quad (5)$ $(4) \wedge (5) \rightarrow (3)$ $t = \frac{S_1}{V_1} + \frac{S_2}{V_2} = \frac{S_1 V_2 + S_2 V_1}{V_1 + V_2} \quad (6)$ $(6) \wedge (2) \rightarrow (1) V_{\text{საშ}} = \frac{S_1 + S_2}{\frac{S_1 V_2 + S_2 V_1}{V_1 + V_2}} = \frac{(S_1 + S_2)(V_1 + V_2)}{S_1 V_2 + S_2 V_1} = 17,3 \text{ მ/წმ}$
$S_1 = 1,5 \text{ კმ} = 1500 \text{ მ}$ $V_1 = 10 \text{ მ/წმ}$ $S_2 = 1,2 \text{ კმ} = 1200 \text{ მ}$ $V_2 = 15 \text{ მ/წმ}$	

5. ავტომობილმა გზის პირველი 400 მ თანაბრად გაიარა 10 მ/წმ სიჩქარით. მომდევნო 1,2 კმ კი 40 წამში დაფარა. განსაზღვრეთ ავტომობილის საშუალო სიჩქარე ამ მოძრაობისას.

? $V_{\text{საშ}}$	$V_{\text{საშ}} = \frac{S}{t} \quad (1)$ $S = S_1 + S_2 \quad (2)$ $t = t_1 + t_2 \quad (3)$ $t_1 = \frac{S_1}{V_1} \quad (4)$ $(4) \rightarrow (3) t = \frac{S_1}{V_1} + t \quad (5)$ $(2) \wedge (5) \rightarrow (1)$ $V_{\text{საშ}} = \frac{S_1 + S_2}{\frac{S_1}{V_1} + t_2} = \frac{(S_1 + S_2)V_1}{S_1 + V_1 t_2} = 20$
$S_1 = 400 \text{ მ}$ $V_1 = 10 \text{ მ/წმ}$ $S_2 = 1,2 \text{ კმ} = 1200 \text{ მ}$ $t_2 = 40 \text{ მ/წმ}$	

6. გზის წრფივი უბანი დაყოფილია 3 ტოლ ნაწილად.  $AB=BC=CD=1\text{კმ}$ . ავტომობილმა AB უბანი გაიარა თანაბარი 72 კმ/სთ სიჩქარით, ხოლო BD უბანი – 36 კმ/სთ სიჩქარით. AC უბანზე მოძრაობის საშუალო სიჩქარე იქნება უფრო მეტი თუ AD უბანზე?



ამოხსნა: აღვნიშნოთ  $AB=BC=CD=S$ , ვიპოვოთ საშუალო სიჩქარე AC და AD უბანზე.

$$v_{AC} = \frac{2S}{t} = \frac{2S}{t_1 + t_2} = \frac{2S}{\frac{S}{v_1} + \frac{S}{v_2}} = \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2} \quad (1)$$

$$v_{AD} = \frac{3S}{t_1 + 2t_2} = \frac{3S}{\frac{S}{v_1} + \frac{2S}{v_2}} = \frac{3S}{\frac{S(v_2 + 2v_1)}{v_1 v_2}} = \frac{3v_1 v_2}{v_2 + 2v_1} \quad (2)$$

(2): (1)

მივიღებთ  $\frac{v_{AD}}{v_{AB}} = \frac{3(v_1 + v_2)}{2(v_2 + 2v_1)} = \frac{3(10+20)}{2(10+2 \cdot 20)} = 0,9$ , ე.ი.  $v_{AD} < v_{AC}$ .

**პასუხი:** საშუალო სიჩქარე  $v_{AD} < v_{AC}$

7. მატარებელი გვირაბიდან გამოსვლის შემდეგ 20 წთ-ის განმავლობაში მოძრაობდა მუდმივი 60 კმ/სთ სიჩქარით. მომდევნო 40 წთ-ის განმავლობაში კი – 30 კმ/სთ-ით. შეადარეთ ერთმანეთს მატარებლის საშუალო სიჩქარე გვირაბიდან გამოსვლის შემდეგ 1 საათში და გვირაბიდან გამოსვლის შემდეგ 40 წთ-ში.

ამოხსნა:

<p style="text-align: center;">? <math>V_{1საშ}</math>, <math>V_{2საშ}</math></p> <hr style="border: 0.5px solid black;"/> <p><math>t_1 = 20 \text{ წთ} = 1200 \text{ წმ}</math>  <math>V_1 = 60 \text{ კმ/სთ}</math>  <math>t_2 = 40 \text{ წთ} = 2400 \text{ წმ}</math>  <math>t_3 = 1 \text{ სთ} = 3600</math></p>	$V_{1საშ} = \frac{S}{t_3} \quad (1)$ $S = S_1 + S_2 \quad (2)$ $S_1 = V_1 t_1 \quad (3) \quad S_2 = V_2 t_2 \quad (4) \quad (3) \wedge (4) \rightarrow (1)$ $V_{1საშ} = \frac{V_1 t_1 + V_2 t_2}{t_3} \quad (*)$ $V_{1საშ} = 40 \frac{\text{კმ}}{\text{სთ}}$ $V_{2საშ} = \frac{S_3}{t_4} \quad (5)$ $S_3 = S_1 + S_4 \quad (6) \quad S_1 \text{ პირველ } 20 \text{ წთ} - \text{ში გავლილი მანძილია, ხოლო } S_4$ $= (t_4 - t_1) * V_2 \quad (7)$ $(3) \wedge (7) \rightarrow (6)$ $V_{2საშ} = \frac{V_1 t_1 + (t_4 - t_1) V_2}{t_4} = 45 \text{ მ/წმ}$
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

8. კატერი მდინარის დინების მიმართულებით მოძრაობისას ხიდს დაშორდა გარკვეული მანძილით, შემდეგ შემობრუნდა და იმავე მანძილით მიუახლოვდა ხიდს. ამ მოძრაობისას კატერის საშუალო სიჩქარე დედამიწის მიმართ 9 მ/წმ-ია. რისი ტოლია მდინარის დინების სიჩქარე, თუ კატერის საკუთარი სიჩქარე მდინარის სიჩქარეს 2-ჯერ აღემატება.

<p style="text-align: center;">? <math>V_{საშ}</math></p> <hr style="border: 0.5px solid black;"/> <p><math>V_3 = 2V_{\theta}</math>  <math>V_{საშ} = 9 \text{ მ/წმ}</math></p>	$V_{საშ} = \frac{S_1}{t} \quad (1)$ $S_1^1 = 2S \quad (2)$ $t = t_1 + t_2 \quad (3)$ $t_1 = \frac{S}{V_3 + V_{\theta}} = \frac{S}{3V_{\theta}} \quad (4)$ $t_2 = \frac{S}{V_3 - V_{\theta}} = \frac{S}{V_{\theta}} \quad (5)$ $(4) \wedge (5) \rightarrow (3) \quad V = \frac{S}{3V_{\theta}} + \frac{S}{V_{\theta}} = \frac{4S}{3V_{\theta}} \quad (6)$ $(6) \rightarrow (2) \rightarrow (1)$ $V_{საშ} = \frac{S_1}{t} = \frac{2S}{\frac{4S}{3V_{\theta}}} = \frac{3V_{\theta}}{2} \Rightarrow V_{\theta} = \frac{2V_{საშ}}{3} = \frac{12 * 9}{3} = 6 \text{ მ/წმ}$
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

9. ავტობანზე A და B წერტილებში, რომელთა შორის მანძილი 22 კმ-ია, დაყენებულია სათვალთვალ ვიდეოკამერა. ამ ავტობანზე მოძრავი ავტომობილის მყისიერი სიჩქარე თითოეულ კამერასთან ჩავლისას ამ გზაზე დასაშვები მაქსიმალური სიჩქარის, 110 კმ/სთ-ის ტოლია. გადააჭარბა თუ არა მძღოლმა დასაშვებ მაქსიმალურ სიჩქარესგზის AB მონაკვეთზე მოძრაობისას, თუ მან კამერებს შორის მანძილი 10 წუთში დაფარა?

? $V$	$V_{საშ} = \frac{S}{t} = 132 \text{ კმ/სთ}$ $132 \text{ კმ/სთ} > 110 \text{ კმ/სთ}$
$S = 22 \text{ კმ}$	
$t = 10 \text{ წთ} = \frac{1}{6} \text{ სთ}$	
$V_{max} = 110 \text{ კმ/სთ}$	

**პასუხი:** დაარღვია მოძრაობის წესი.

10. არათანაბარი მოძრაობისას მატარებელმა 1 სთ-ში 80 კმ მანძილი გაიარა. ცნობილია, რომ ამ დროის მონაკვეთში მატარებელი ერთ-ერთ სადგურზე 3 წთ-ით იყო გაჩერებული. იქნებოდა თუ არა მატარებლის მყისიერი სიჩქარე ამ 1 სთ-ის შუალედიდან რომელიმე მომენტში 80 კმ/სთ-ზე მეტი?  
 ამოხსნა: მატარებელი 80კმ მანძილის გავლას უნდება 1 სთ-3წთ=57წთ=57/60 საათი, ხოლო საშუალო სიჩქარე მთელ გზაზე  $v_{საშ} = \frac{S}{t} = \frac{80}{\frac{57}{60}} = 80 \cdot \frac{60}{57} \approx 84 \frac{კმ}{სთ} \Rightarrow$  ე.ი. მატარებლის მყისიერი სიჩქარე ამ ერთი საათის შუალედიდან რომელიმე მომენტში 80 კმ/სთ მეტი იქნებოდა.

### §1.9. აჩქარება. თანაბარაჩქარებული მოძრაობა

გაკვეთილის თემა	აჩქარება. თანაბარაჩქარებული მოძრაობა
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• აჩქარება ფიზიკური სიდიდეა, რომელიც ახასიათებს სიჩქარის ცვლილების სისწრაფეს;</li> <li>• სხეულის მოძრაობა, როდესაც მისი სიჩქარე დროის ნებისმიერ ტოლ შუალედებში ერთნაირად იცვლება, თანაბარაჩქარებულია;</li> <li>• თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას აჩქარება მუდმივი სიდიდეა;</li> <li>• აჩქარება ვექტორული სიდიდეა და მისი მიმართულება ემთხვევა სიჩქარის ვექტორის ცვლილების მიმართულებას (<math>\vec{v} - \vec{v}_0</math>-ის მიმართულებას);</li> <li>• SI-ში აჩქარების ერთეულია <math>1 \text{ მ/წმ}^2</math>;</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობის შესწავლა მოდელის საშუალებით; პრობლემაზე დაფუძნებული ამოცანების გადაჭრა
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	<p>ფიზ.საბ.7. მონაცემების გაანალიზება და არგუმენტირებული მსჯელობის საფუძველზე დასკვნების გამოტანა, ცვლადებს შორის დამოკიდებულების აღსაწერად დიაგრამებისა და გრაფიკების გამოყენება;</p> <p>ფიზ.საბ.8. მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/კანონზომიერებების საჩვენებლად;</p>

გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი-ლექცია, ინტერაქტიული გამოკითხვა, ინდივიდუალური მუშაობა.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობა, სიჩქარის ცვლილება, სიჩქარის ცვლილების სისწრაფე, აჩქარება.
წინარე ცოდნა	არათანაბარი მოძრაობა, მყისიერი სიჩქარე.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> საშინაო ცდა  <b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის გააქტიურება.  მოსწავლეები აკეთებენ საშინაო ცდის ანალიზს, მსჯელობენ და ადარებენ ერთმანეთს. პოულობენ საშუალო სიჩქარეს.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> მინი ლექცია.  საკითხისადმი ინტერესის გაღვივება, სამიზნე ცნებების განმარტება, მათთან დაკავშირებული ფაქტებისა და თეორიული მასალის გადაცემა.  <b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის გაგება, გააზრება.</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> ახალი მასალის გაგების შემოწმება. სასურველია გამოიყენოთ პარაგრაფში მოცემული საკონტროლო კითხვები:  1. რა განსხვავებაა სხეულის სიჩქარის ცვლილებასა და სიჩქარის ცვლილების სისწრაფეს შორის?  2. რა განსხვავებაა აჩქარებულ და თანაბარაჩქარებულ მოძრაობას შორის?  3. რატომაა აჩქარება ვექტორული სიდიდე?  4. რას წარმოადგენს თანაბარაჩქარებული მოძრაობის ტრაექტორია?  5. როცა სხეულის აჩქარებას მოძრაობის მიმართულება აქვს, როგორ იცვლება მისი სიჩქარე?  6. როცა სხეულის აჩქარებას მოძრაობის საპირისპირო მიმართულება აქვს, როგორ იცვლება მისი სიჩქარე?  7. რას ნიშნავს, რომ სხეულის აჩქარება – 3 მ/წმ<sup>2</sup>-ია?  8. რას ეწოდება მყისიერი აჩქარება?  <b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის გაგება.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> ინდივიდუალური მუშაობა.  მასწავლებელი საკუთარი შეხედულებისამებრ აძლევს მოსწავლეებს დავალებას ინდივიდუალური მუშაობისთვის. აკვირდება მოსწავლეების მუშაობას, საჭიროების შემთხვევაში აძლევს მითითებებს.  <b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის გაგება, გამოყენება.</p> <p><b>აქტივობა 5.</b> შეჯამება.  მოსწავლეები აერთიანებენ არსებულ და ახალად მიღებულ ცოდნას. ერთ-ერთი მოსწავლე იწყებს შეჯამებას, სხვა მოსწავლე შეავსებს, განავრცობს. მასწავლებელი იყენებს განმსაზღვრელ შეფასებას, აკვირდება მოსწავლეების ჩართულობას. წინარე ცოდნის გამოყენებას, გამოთვლების სიზუსტეს, ერთეულების სწორად გამოყენებას.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო. <a href="http://shorturl.at/kmnAJ">shorturl.at/kmnAJ</a>
შეფასების კრიტერიუმები	დამოუკიდებელი მუშაობის დროს მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი, ასევე შეიძლება მოვახდინოთ განმავითარებელი შეფასება.

რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §1.9 ამოცანები რუბრიკიდან „ამოხსენით ამოცანები“ 4,5,6,7,8. საშინაო ცდა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე შეძლებს გაიაზროს ცნება „თანაბარაჩქარებული მოძრაობა“, „აჩქარება“. როგორც მატერიის ძირითადი მახასიათებელი სიდიდე.

### საკონტროლო კითხვები:

- რა განსხვავებაა სხეულის სიჩქარის ცვლილებასა და სიჩქარის ცვლილების სისწრაფეს შორის?  
**პასუხი:** სხეულის სიჩქარის ცვლილება სიჩქარეა, ხოლო სიჩქარის ცვლილების სისწრაფე აჩქარება.
- რა განსხვავებაა აჩქარებულ და თანაბარაჩქარებულ მოძრაობას შორის?  
**პასუხი:** სხეულის მოძრაობა როცა მისი სიჩქარე იცვლება აჩქარებულია, ხოლო სხეულის მოძრაობა, როდესაც მისი სიჩქარე დროის ნებისმიერ ტოლ შუალედებში ერთნაირად იცვლება, თანაბარაჩქარებულია
- რატომაა აჩქარება ვექტორული სიდიდე?  
**პასუხი:** თანაბარაჩქარებულად მოძრავი სხეულის აჩქარება არის ფიზიკურ სიდიდე, რომელიც ტოლია სხეულის სიჩქარის ცვლილების ფარდობისა დროის იმ შუალედთან, რომელშიც ეს ცვლილება მოხდა:  $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$ , სიჩქარის ცვლილება ვექტორული სიდიდეა, დრო სკალარული, ვექტორული სიდიდე გაყოფილი სკალარულ სიდიდეზე კი ვექტორული სიდიდეა.
- როცა სხეულის აჩქარებას მოძრაობის მიმართულება აქვს, როგორ იცვლება მისი სიჩქარე?  
**პასუხი:** იზრდება.
- როცა სხეულის აჩქარებას მოძრაობის საპირისპირო მიმართულება აქვს, როგორ იცვლება მისი სიჩქარე?  
**პასუხი:** მცირდება.
- რას ნიშნავს, რომ სხეულის აჩქარება – 3 მ/წმ<sup>2</sup>-ია?  
**პასუხი:** სხეულის სიჩქარე ყოველ წამში იზრდება 3 მ/წმ-ით.
- რას ეწოდება მყისიერი აჩქარება?  
**პასუხი:** სხეულის აჩქარებას დროის მოცემულ მომენტსა და ტრაექტორიის მოცემულ მომენტში, მყისიერი აჩქარება ეწოდება.

## ამოხსენით ამოცანები:

1. ორი მოსწავლე მსჯელობს წრფივ გზაზე მოძრავი სხეულის აჩქარების მიმართულებაზე. პირველი ამბობს: მნიშვნელობა არ აქვს სხეულის სიჩქარე იზრდება, თუ მცირდება. რა მიმართულებაც აქვს სხეულის სიჩქარეს, იგივე მიმართულება აქვს აჩქარებას. მეორემ უპასუხა: სხეულის აჩქარების მიმართულება დამოკიდებულია იმაზე, თუ რა მიმართულებისაა სხეულის სიჩქარის ცვლილება. რომლის ნათქვამი წინადადებაა სწორი? პასუხი დაასაბუთეთ.  
**ამოხსნა:** რადგან აჩქარება არის სიჩქარის ცვლილების ფარდობა იმ დროსთან რა დროშიც მოხდა ცვლილება, ამიტომ მეორე მოსწავლეა სწორი.
2. სადგურიდან ჩრდილოეთის მიმართულებით დაიძრა მატარებელი. რა მიმართულება აქვს მატარებლის აჩქარებას?  
**პასუხი:** მატარებელი დაიძრა ჩრდილოეთის მიმართულებით. სიჩქარის მიმართულება ემთხვევა სიჩქარის ზრდის მიმართულებას, ამიტომ აჩქარება ჩრდილოეთისკენ არის მიმართული.
3. სადგურზე სამხრეთ მიმართულებიდან შემოსული მატარებელი გაჩერდა. რა მიმართულება ჰქონდა მატარებლის აჩქარებას დამუხრუჭების დროს?  
**პასუხი:** რადგან სამხრეთ მიმართულებიდან შემოსული მატარებელი ჩერდება, სიჩქარის ცვლილების მიმართულება მიმართულია სამხრეთით და აჩქარებაც მიმართულია სამხრეთით.
4. თუ წინააღმდეგობის ძალებს არ გავითვალისწინებთ, ვერტიკალურად 5 მ/წმ სიჩქარით ასროლილი ბურთულა ასროლის წერტილს იმავე სიჩქარით დაუბრუნდება. რისი ტოლია ამ დროს სიჩქარის ცვლილება?  
**პასუხი:** თუ  $y$  ღერძის მიმართულებას ავიღებთ ვერტიკალურად ზემოთ, გასროლისას სიჩქარის მიმართულება დაემთხვევა ღერძის მიმართულებას და მისი გეგმილი იქნება 5 მ/წმ, უკან დაბრუნებისას სიჩქარის მიმართულება ღერძის მიმართულების საპირისპიროდ იქნება მიმართული, ამიტომ მისი გეგმილი ღერძზე 5 მ/წმ-ია და სიჩქარის ცვლილება იქნება - 10 მ/წმ.
5. ორი მატარებელი ერთი მიმართულებით მოძრაობს პარალელურ რელსებზე. პირველის სიჩქარე იზრდება, მეორესი კი – მცირდება. შესაძლებელია თუ არა, რომ მათი სიჩქარის ცვლილების მოდულები რაიმე დროში ერთნაირი იყოს? მათი სიჩქარის ცვლილების მიმართულებები?  
**პასუხი:** მატარებლების სიჩქარის ცვლილების მოდულები შესაძლებელია ერთნაირი იყოს, მაგრამ სიჩქარის ცვლილების მიმართულება საპირისპიროა.
6. წრფივ გზაზე, ერთი მიმართულებით მოძრავი ავტომობილის სიჩქარის მოდული პირველ 4 წმ-ში 5 მ/წმ-ით გაიზარდა, მომდევნო 4 წმ-შიც 5 მ/წმ-ით და ა.შ. არის თუ არა ეს პირობა საკმარისი იმისათვის, რომ ეს მოძრაობა თანაბარაჩქარებულ მოძრაობად ჩავთვალოთ?  
**პასუხი:** პირობა საკმარისი არ არის ვისაუბროდ თანაბარაჩქარებულ მოძრაობაზე, რადგან მოძრაობა თანაბარაჩქარებულა, როცა სხეულის სიჩქარე დროის ნებისმიერ ტოლ შუალედში ერთნაირად იცვლება. აქ კი საუბარია 4 წმ შუალედებისთვის.

7. X ღერძის გასწვრივ, ღერძის მიმართულებით თანაბარაჩქარებულად მოძრავი მოტოციკლის სიჩქარე 10 წამში 20 მ/წმ-ით გაიზარდა. რისი ტოლია მოტოციკლის აჩქარების გეგმილი ამ ღერძზე?

**პასუხი:** ღერძის მიმართულებით თანაბარაჩქარებულად მოძრავი მოტოციკლის სიჩქარე 10 წამში 20 მ/წმ-ით გაიზარდა, ე.ი. აჩქარების მიმართულება ემთხვევა მოძრაობისა და ღერძის მიმართულებას, საიდანაც  $\Rightarrow a > 0, a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20}{10} = 2 \frac{m}{s^2}$ .

8. რა დროში შეიცვლება წრფივად და თანაბარაჩქარებულად მოძრავი სხეულის სიჩქარე 36 კმ/სთ-ით, თუ მისი აჩქარების მოდული 5 მ/წმ<sup>2</sup>-ია?

?t	სიჩქარის ერთეული კმ/სთ გადავიყვანოთ SI სისტემის ერთეულ მ/წმ-ში, $36 \text{ კმ/სთ} = 36 \cdot \frac{5}{18} = 10 \text{ მ/წმ}$
მოც.: $\Delta v = 36 \text{ კმ/სთ}$ $a = 5 \text{ მ/წმ}^2$	$a = \frac{\Delta v}{t} \Rightarrow t = \frac{\Delta v}{a} (*) \rightarrow (*) t = \frac{10}{5} = 2 \text{ წმ}$

**პასუხი:** 2 წმ.

9. ადგილიდან დაძრული სპორტული ავტომობილის სიჩქარის მოდული 3 წამში 50 კმ/სთ გახდა, მომდევნო 3 წამში კი 110 კმ/სთ. პირველ 3 წამში უფრო მეტია საშუალო აჩქარება, თუ მეორე 3 წამში?

? $a_1 a_2$	სიჩქარის ერთეული კმ/სთ გადავიყვანოთ SI სისტემის ერთეულ მ/წმ-ში:
მოც.: $v_0 = 0$ $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t = 3 \text{ წმ}$ $v_1 = 50 \text{ კმ/სთ}$ $v_2 = 110 \text{ კმ/სთ}$	$50 \text{ კმ/სთ} = 50 \cdot \frac{5}{18} = \frac{125}{9} \frac{m}{s}$ ; $110 - 50 = 60 \text{ კმ/სთ} = \frac{50}{3} \frac{m}{s}$
	$a_1 = \frac{v_1 - v_0}{\Delta t} = \frac{125}{9 * 3} \approx 4,6 \text{ მ/წმ}^2$
	$a_2 = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{50}{3 * 3} \approx 5,6 \text{ მ/წმ}^2$
	) $\Rightarrow a_2 > a_1$

**პასუხი:** საშუალო აჩქარება მეორე 3 წამში უფრო მეტია.

10. გზატკეცილზე მოძრავი მსუბუქი ავტომობილის საშუალო აჩქარება საწყისი მომენტიდან პირველ 5 წამში იგივეა, რაც მომდევნო 5 წამში. არის თუ არა ეს პირობა საკმარისი იმისათვის, რომ ეს მოძრაობა თანაბარაჩქარებულად ჩავთვალოთ?

**პასუხი:** პირობა საკმარისი არ არის ვისაუბროთ თანაბარაჩქარებულ მოძრაობაზე, რადგან მოძრაობა თანაბარაჩქარებულია, როცა სხეულის სიჩქარე დროის ნებისმიერ ტოლ შუალედში ერთნაირად იცვლება. აქ კი საუბარია 5 წმ შუალედებისთვის.



**§1.10. თანაბარაჩქარებული მოძრაობის სიჩქარე.  
სიჩქარისა და აჩქარების გრაფიკები**

გაკვეთილის თემა	თანაბარაჩქარებული მოძრაობის სიჩქარე. სიჩქარისა და აჩქარების გრაფიკები
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• თუ ცნობილია სხეულის სიჩქარის გეგმილის დროზე დამოკიდებულების ფორმულა, შეგვიძლია განვსაზღვროთ მისი საწყისი სიჩქარე და აჩქარება;</li> <li>• თუ სხეული მოძრაობს <math>OX</math> ღერძის მიმართულებით და მისი სიჩქარის მოდული იზრდება, მაშინ <math>v = v_0 + a \cdot t</math>;</li> <li>• თუ სხეული მოძრაობს <math>OX</math> ღერძის მიმართულებით და მისი სიჩქარის მოდული მცირდება, მაშინ <math>v = v_0 - a \cdot t</math>;</li> <li>• თანაბარაჩქარებული მოძრაობის სიჩქარის გრაფიკი წარმოადგენს წრფეს;</li> <li>• სიჩქარის გრაფიკის დროის ღერძისადმი დახრის კუთხის მიხედვით შეგვიძლია ვიმსჯელოთ აჩქარების მოდულსა და მიმართულებაზე არჩეული ღერძის მიმართ;</li> <li>• <math>v_x(t)</math> დამოკიდებულების გრაფიკით შესაძლებელია:             <ul style="list-style-type: none"> <li>ა) ვიპოვოთ სხეულის სიჩქარის გეგმილი დროის ნებისმიერ მომენტში;</li> <li>ბ) განვსაზღვროთ აჩქარების გეგმილი არჩეულ ღერძზე;</li> <li>გ) დავწეროთ გრაფიკის შესაბამისი სიჩქარის გეგმილის დროზე დამოკიდებულების ფორმულა;</li> </ul> </li> <li>• თანაბარაჩქარებული მოძრაობის აჩქარების გეგმილის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი დროის ღერძის პარალელური წრფეა.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობის შესწავლა მოდელის საშუალებით; პრობლემაზე დაფუძნებული ამოცანების გადაჭრა. აჩქარების დროზე დამოკიდებულება, სიჩქარის დროზე დამოკიდებულება. გრაფიკი.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საბ.7. მონაცემების გაანალიზება და არგუმენტირებული მსჯელობის საფუძველზე დასკვნების გამოტანა, ცვლადებს შორის დამოკიდებულების აღსაწერად დიაგრამებისა და გრაფიკების გამოყენება; ფიზ.საბ.8. მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/კანონზომიერებების საჩვენებლად;
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი-ლექცია, ინტერაქტიული გამოკითხვა, ინდივიდუალური მუშაობა.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობა, სიჩქარის ცვლილება, სიჩქარის ცვლილების სისწრაფე, აჩქარება. სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების განტოლება, აჩქარების დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი, სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი.
წინარე ცოდნა	წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობა, აჩქარება.

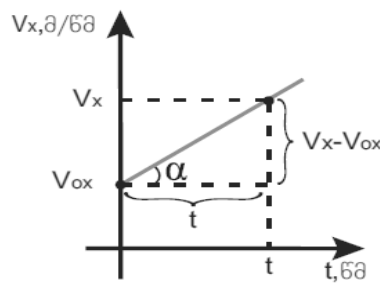
<p>აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები</p>	<p><b>აქტივობა 1.</b> მიღებული ცოდნის გასააქტიურებლად მასწავლებელი სვამს ინტერაქტიულ შეკითხვებს.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>როგორი მოძრაობაა წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობა?</li> <li>რა არის აჩქარება?</li> <li>რა არის აჩქარების ერთეულია?</li> </ol> <p>ისმენს მოსწავლეთა შეკითხვებს, და აზუსტებს მოსწავლეთა პასუხებს საჭიროების შემთხვევაში.</p> <p><b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის გააქტიურება.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> მასწავლებელი განიხილავს პარაგრაფში მოცემულ მაგალითებს, სვამს კითხვებს და აკეთებს დასკვნებს. დაწერს სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების განტოლებას, მოსწავლეებთან ერთად ააგებთ სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკს და აჩქარების დროზე დამოკიდებულების გრაფიკს.</p> <p><b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის გაგება, გააზრება.</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> ახალი მასალის გაგების მიზნით, მასწავლებელი სვამს ინტერაქტიულ კითხვებს:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>გამოიყენოთ პარაგრაფში მოცემული საკონტროლო კითხვები: რაზე მიუთითებს სიჩქარის გეგმილის გრაფიკების პარალელურობა?</li> <li>როგორ კუთხეს ქმნის სიჩქარის გეგმილის გრაფიკი დროის ღერძთან, როდესაც აჩქარების გეგმილი უარყოფითია?</li> <li>რას გვიჩვენებს სიჩქარის გეგმილის გრაფიკის დროის ღერძთან გადაკვეთის წერტილის კოორდინატი?</li> <li>რატომაა თანაბარაჩქარებული მოძრაობის აჩქარების გეგმილის გრაფიკი დროის ღერძის პარალელური?</li> </ol> <p>ისმენს პასუხებს და საჭიროების შემთხვევაში აზუსტებს პასუხებს.</p> <p><b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის გაგება.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> მასწავლებელი მოსწავლეებს წყვილებში აძლევს ამოცანას ერთად ინდივიდუალური მუშაობისთვის, აკვირდება მათ მუშაობას და შემდეგ ერთი წყვილი აკეთებს პრეზენტაციას მოცემულ ამოცანაზე.</p> <p><b>აქტივობა 5.</b> შეჯამება. მოსწავლეები აერთიანებენ არსებულ და ახალად მიღებულ ცოდნას. ერთი მოსწავლე იწყებს შეჯამებას, სხვა მოსწავლე შეავსებს, განავრცობს. მასწავლებელი აკეთებს შეფასებას, აკვირდება მოსწავლეების ჩართულობას. წინარე ცოდნის გამოყენებას, გამოთვლების სიზუსტეს, ერთეულების სწორად გამოყენებას.</p>
<p>რესურსები</p>	<p>სახელმძღვანელო. shorturl.at/bjxPX</p>
<p>შეფასების კრიტერიუმები</p>	<p>დამოუკიდებელი მუშაობის დროს მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი, ასევე შეიძლება მოვახდინოთ განმავითარებელი შეფასება.</p>
<p>რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის</p>	<p>სახელმძღვანელოდან §1.10, ამოხსენი ამოცანები.</p>
<p>გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები</p>	<p>გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე შეძლებს სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების განტოლების, სიჩქარის და აჩქარების გრაფიკების საშუალებით, გადაწყვიტოს მექანიკის ძირითადი ამოცანა. ისაუბროს მატერიალური სხეულის მოძრაობაზე, მდებარეობაზე.</p>

### საკონტროლო კითხვების პასუხები:

- რაზე მიუთითებს სიჩქარის გეგმილის გრაფიკების პარალელურობა?  
**პასუხი:** სხეულები მოძრაობენ ტოლი აჩქარებებით.
- როგორ კუთხეს ქმნის სიჩქარის გეგმილის გრაფიკი დროის ღერძთან, როდესაც აჩქარების გეგმილი უარყოფითია?  
**პასუხი:** ბლაგვს.
- რას გვიჩვენებს სიჩქარის გეგმილის გრაფიკის დროის ღერძთან გადაკვეთის წერტილის კოორდინატი?  
**პასუხი:** დროის რა მომენტისთვის ხდება სხეულის სიჩქარე ნულის ტოლი.
- რატომაა თანაბრაჩქარებული მოძრაობის აჩქარების გეგმილის გრაფიკი დროის ღერძის პარალელური?  
**პასუხი:** რადგან სხეულის მოძრაობა თანაბრაჩქარებულია და აჩქარების მოდული არ იცვლება.

### ერთად ამოვხსნათ ამოცანა:

სურათზე მოცემულია  $x$  ღერძზე თანაბრაჩქარებულად მოძრავი მოტოციკლის სიჩქარის გეგმილის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი. განსაზღვრეთ მოტოციკლის აჩქარების გეგმილი  $x$  ღერძზე და დაწერეთ მოტოციკლის სიჩქარის გეგმილის დროზე დამოკიდებულების ფორმულა. რა ფიზიკური აზრი აქვს გრაფიკის  $t$  ღერძთან დახრის კუთხის ტანგენსს?



**ამოხსნა:** მოტოციკლის აჩქარების გეგმილი გამოითვლება ფორმულით:  $a_x = (v_x - v_{0x})/t$ , ფორმულაში შემავალი სიდიდეებიდან კი ყველა მოცემულია.  $v_x - v_{0x} = a_x t$ , აქედან ვიღებთ, რომ  $v_x = v_{0x} + a_x t$ . გამოვთვალოთ გრაფიკის  $t$  ღერძთან დახრის კუთხის ტანგენსი. გრაფიკის ქვეშ არსებული მართკუთხა სამკუთხედზე ჩანს, რომ  $\alpha$  კუთხის მოპირდაპირე კათეტი სიჩქარის ცვლილების მოდულის ტოლია და იქნება  $v_x - v_{0x}$ . მიმდებარე კათეტი კი რიცხობრივად იმ დროის  $t$  შუალედის ტოლია, რომელშიც სიჩქარის ცვლილება მოხდა. ამიტომ  $\operatorname{tg} \alpha = (v_x - v_{0x})/t$ , რაც რიცხობრივად მოტოციკლის აჩქარების გეგმილის ტოლია.

**ამოხსენით ამოცანები:**

- თანაბარაჩქარებულად მოძრავი ავტომობილის საწყისი სიჩქარის გეგმილი 5 მ/წმ-ია. აჩქარების გეგმილი კი – 2 მ/წმ<sup>2</sup>. განსაზღვრეთ:
  - ავტომობილის სიჩქარის გეგმილი 10 წმ-ის შემდეგ;
  - დროის მომენტი, როდესაც ავტომობილის სიჩქარის გეგმილი 21 მ/წმ გახდება.

ამოხსნა:

ა) ? $\vartheta$	დავწეროთ სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების განტოლება
მოც.: $v_{0x} = 5 \text{ მ/წმ}$	$v = v_0 + at$ (*)
$a_x = 2 \text{ მ/წმ}^2$	შევიტანოთ რიცხვითი მნიშვნელობები (*)
$t = 10 \text{ წმ}$	$v = 5 + 20 = 25 \text{ (მ/წმ)}$

**პასუხი:** ა) ავტომობილის სიჩქარის გეგმილი 10 წამის შემდეგ არის 25მ/წმ

ბ) ? $t = ?$	$v = v_0 + at \Rightarrow t = \frac{v - v_0}{a}$ (*)
$v_{0x} = 5 \text{ მ/წმ}$	შევიტანოთ რიცხვითი მნიშვნელობები
$a_x = 2 \text{ მ/წმ}^2$	$t = (21 - 5) / 2 = 16 / 2 = 8 \text{ (წმ)}$
$\vartheta = 21 \text{ მ/წმ}$	

**პასუხი:** 8 წამში

- თანაბარაჩქარებულად მოძრავი სხეულის აჩქარების გეგმილი – 4 მ/წმ<sup>2</sup>-ია. რისი ტოლია სხეულის საწყისი სიჩქარე, თუ იგი 5 წამში გაჩერდა?

ამოხსნა:

? $v_{0x}$	$v = v_0 + at \Rightarrow v_0 = v - at$ (*)
მოც.: $a_x = -4 \text{ მ/წმ}^2$	შევიტანოთ რიცხვითი მნიშვნელობები
$t = 5 \text{ წმ}$	$v_0 = 0 - (-20) = 0 + 20 = 20$
$v = 0 \text{ მ/წმ}$	

**პასუხი:** თავდაპირველი სიჩქარე იყო 20(მ/წმ)

- X ღერძის გასწვრივ მისი მიმართულებით თანაბარაჩქარებულად მოძრავი სხეულის სიჩქარის მოდული საწყისი მომენტიდან 3 წმ-ში 19 მ/წმ-ია, ხოლო 6 წმ-ში – 28 მ/წმ. განსაზღვრეთ სხეულის საწყისი სიჩქარე და აჩქარება.

ამოხსნა:

? $v_0, a$ .	$v = v_0 + at$
მოც.: $t_1 = 3 \text{ წმ}$	$v_1 = v_0 + at \Rightarrow 19 = v_0 + 3a \Rightarrow v_0 = 19 - 3a$
$v_1 = 19 \text{ მ/წმ}$	ანალოგიურად $28 = v_0 + 6a \Rightarrow v_0 = 28 - 6a$
$t_2 = 6 \text{ წმ}$	$19 - 3a = 28 - 6a \Rightarrow 3a = 9 \Rightarrow a = 3 \text{ (მ/წმ}^2)$
$v_2 = 28 \text{ მ/წმ}$	$19 = v_0 + 3a = v_0 + 9 \Rightarrow v_0 = 10 \text{ (მ/წმ}^2)$

**პასუხი:** სხეული საწყისი სიჩქარეა 10მ/წმ, აჩქარება 3მ/წმ<sup>2</sup>.

4. სურათზე მოცემული გრაფიკის მიხედვით განსაზღვრეთ თანაბარჩქარებულად მოძრავი სხეულის სიჩქარის გეგმილი საწყისი მომენტიდან 5 წმ-ში, თუ მისი საწყისი სიჩქარის გეგმილი 2 მ/წმ-ია.

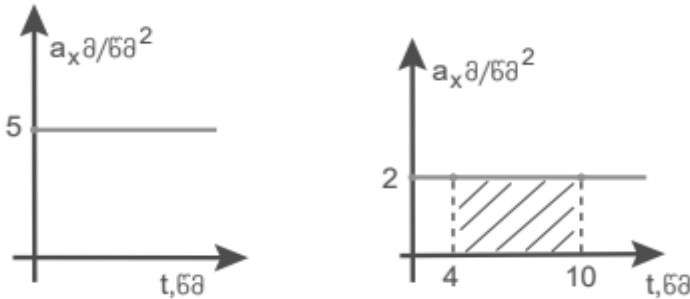
ამოხსნა:

$? v$ მოც: $t = 5\text{წმ}$ $v_0 = 2\text{მ/წმ}$	გრაფიკიდან გამომდინარე ვადგენთ, რომ სხეულის აჩქარება მუდმივია და უდრის 5-ს: $a=5\text{მ/წმ}^2$ $v=v_0+at(*)$ შევიტანოთ რიცხვითი მნიშვნელობები (*) $v=2+5\cdot 5=2+25=27(\text{მ/წმ})$
--------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**პასუხი:** 27 მ/წმ.

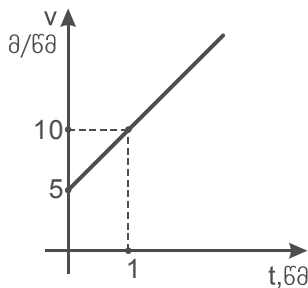
5. სურათზე მოცემულია X ღერძზე თანაბარჩქარებულად მოძრავი მოტოციკლის აჩქარების გეგმილის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი. რა ფიზიკური აზრი აქვს გრაფიკის ქვეშ მოთავსებული (დაშტრიხული) მართკუთხედის ფართობს?

**პასუხი:** მართკუთხედის ფართობი რიცხობრივად ტოლია სიჩქარის ცვლილების 4-დან 10 წამამდე შუალედში.



6. მოცემულია თანაბარჩქარებულად მოძრავი სპორტული ავტომობილის სიჩქარის გეგმილის დროზე დამოკიდებულების ფორმულა:  $V_x=5+10t$ , რომელშიც დრო იზომება წამებში, ხოლო სიჩქარე მ/წმ-ში. ააგეთ ამ ფორმულის შესაბამისი გრაფიკი და განსაზღვრეთ ავტომობილის სიჩქარის გეგმილი საწყისი მომენტიდან 8 წამში.

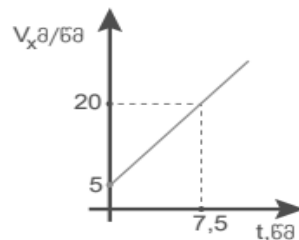
ამოხსნა: ავაგოთ გრაფიკი, როცა  $t=0$  წმ,  $V=5$  მ/წმ;  
 ხოლო  $t=1$  წმ მომენტისთვის,  $V=10$  მ/წმ.



$V_x=5+10t(*)$  შევიტანოთ რიცხვითი მნიშვნელობები (\*)  $V_x=5+10 \cdot 8 = 85\text{მ/წმ}$

**პასუხი:** 85 მ/წმ.

7. სურათზე მოცემულია x ღერძზე თანაბარჩქარებულად მოძრავი სხეულის სიჩქარის გეგმილის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი. განსაზღვრეთ სხეულის აჩქარების გეგმილი და სხეულის სიჩქარის მოდული საწყისი მომენტიდან 2 წამში.



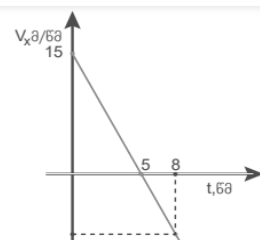
ამოხსნა:

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t} \quad (*) \quad \text{შევიტანოთ რიცხვითი მნიშვნელობები} \quad (*) \quad a = (20 - 5) / 7,5 = 15 / 7,5 = 2 \text{ მ/წმ}^2$$

$$v = v_0 + at \quad (*) \quad \text{შევიტანოთ რიცხვითი მნიშვნელობები} \quad (*) \quad v = 5 + 2 \cdot 2 = 9 \text{ მ/წმ}$$

**პასუხი:**  $a = 2 \text{ მ/წმ}^2$ ,  $V = 9 \text{ მ/წმ}$ .

8. სურათზე მოცემულია x ღერძზე მოძრავი მოტოციკლის სიჩქარის გეგმილის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი. განსაზღვრეთ მოტოციკლის აჩქარების გეგმილი და სიჩქარის გეგმილი საწყისი მომენტიდან 8 წამში.



გრაფიკის მიხედვით, როცა  $t_0 = 0$  წმ,  $v = 15$  მ/წმ,

ხოლო როცა  $t = 5$  წმ-ს სიჩქარე ხდება ნული

სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების ფორმულიდან

$$v = v_0 + at \Rightarrow 0 = 15 + 5a \Rightarrow$$

$$a = -3 \text{ (მ/წმ}^2) \quad v_x = v_0 + at \quad (*)$$

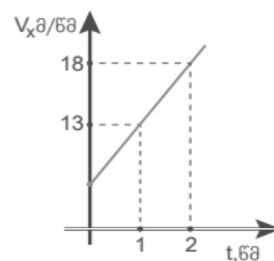
შევიტანოთ რიცხვითი მნიშვნელობები (\*)  $v_x = 15 - 24 = -9 \text{ (მ/წმ)}$

**პასუხი:**  $a = -3 \text{ მ/წმ}^2$ ;  $v_x = -9 \text{ მ/წმ}$

9. სურათზე მოცემულია x ღერძზე მოძრავი ნივთიერი წერტილის სიჩქარის გეგმილის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი.

განსაზღვრეთ ამ წერტილის სიჩქარის მოდული საწყის მომენტში, აჩქარების გეგმილი და დაწერეთ ნივთიერი

წერტილის სიჩქარის გეგმილის დროზე დამოკიდებულების ფორმულა.



ამოხსნა:

გრაფიკის დახმარებით ვწერთ განტოლებებს:

$$13 = v_0 + a \quad (1)$$

$$18 = v_0 + 2a \quad (2)$$

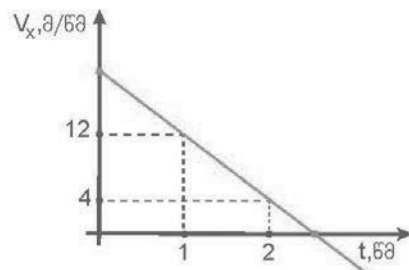
(1) და (2) განტოლებებიდან  $\Rightarrow a = 5 \text{ მ/წმ}^2$ ,

ხოლო  $v_0 = 8 \text{ მ/წმ}$ . მოძრაობის განტოლებას

$$v = v_0 + at = 8 + 5t$$

**პასუხი:**  $a = 5 \text{ მ/წმ}^2$ ,  $v_0 = 8 \text{ მ/წმ}$ ,  $v = 8 + 5t$ .

10. სურათზე მოცემული გრაფიკის მიხედვით განსაზღვრეთ სხეულის საწყისი სიჩქარის გეგმილი, აჩქარების გეგმილი და სხეულის სიჩქარის მოდული საწყისი მომენტიდან 2,5 წმ-ში. დაწერეთ სხეულის სიჩქარის გეგმილის დროზე დამოკიდებულების ფორმულა.



ამოხსნა:

გრაფიკის დახმარებით დავეწროთ სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების განტოლებები

$$12=v_0 + a \quad (1) \quad \text{და} \quad 4=v_0+2a \quad (2) \quad \text{საიდანაც} \Rightarrow a=-8 \text{ მ/წმ}^2,$$

$$12=v_0-8 \Rightarrow v_0 = 20, \text{ საიდანაც ვწერთ სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების}$$

განტოლებას  $v=20-8t$  და 2,5 წამში სხეულის სიჩქარე იქნება

$$v = 20 - 8 \cdot 2,5 = 20 - 20 = 0$$

**პასუხი:**  $a=-8\text{მ/წმ}^2, v_0 = 20\text{მ/წმ} \quad v = 0 \text{ მ/წმ}.$

### §1.11. გადაადგილება თანაბარაჩქარებული მოძრაობის დროს

გაკვეთილის თემა	გადაადგილება თანაბარაჩქარებული მოძრაობის დროს
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას გადაადგილების გეგმილი, რიცხოვრივად სიჩქარის გეგმილის გრაფიკით შემოსაზღვრული ტრაპეციის ფართობის ტოლია;</li> <li>• თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას შესრულებული გადაადგილების გეგმილი, შემდეგი ფორმულებით გამოითვლება: <math>s_x = \frac{v_{0x}+v_x}{2} t; s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}; s_x = \frac{v_x^2-v_{0x}^2}{2a_x};</math></li> <li>• როდესაც თანაბარაჩქარებული მოძრაობის სიჩქარის მოდული ზრდადია, მაშინ გადაადგილების მოდული ტოლია: <math>s = \frac{v_0+v}{2} t; s = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad s = \frac{v^2-v_0^2}{2a};</math></li> <li>• როდესაც თანაბარაჩქარებული მოძრაობის სიჩქარის მოდული კლებადია, მაშინ გადაადგილების მოდული ტოლია: <math>s = \frac{v_0+v}{2} t; s = v_0 t - \frac{at^2}{2}; s = \frac{v_0^2-v^2}{2a};</math></li> <li>• თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას სხეულის კოორდინატის დროზე დამოკიდებულებას შემდეგი სახე აქვს: <math display="block">x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2};</math></li> <li>• თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას, საშუალო სიჩქარე საწყისი და საბოლოო სიჩქარეების საშუალო არითმეტიკულის ტოლია: <math>v_{საშ} = \frac{v_{0x}+v_x}{2}</math></li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობის დროს გავლილი მანძილისა და გადაადგილების დროზე დამოკიდებულების განტოლება, კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების განტოლებისა და დროზე დამოკიდებულების გრაფიკების აგება.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	<p>ფიზ. საბ. 7. მონაცემების გაანალიზება და არგუმენტირებული მსჯელობის საფუძველზე დასკვნების გამოტანა, ცვლადებს შორის დამოკიდებულების აღსაწერად დიაგრამებისა და გრაფიკების გამოყენება;</p> <p>ფიზ.საბ.6. თვისებრივი და რაოდენობრივი მონაცემების სხვადასხვა ფორმით (ცხრილებით, დიაგრამებით, გრაფიკებით და სხვ.) ჩაწერა და ორგანიზება; მონაცემების ორგანიზებისთვის ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენება;</p> <p>ფიზ.საბ.8. მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/კანონზომიერებების საჩვენებლად;</p>

გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი-ლექცია, ინტერაქტიული გამოკითხვა, ინდივიდუალური მუშაობა.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობა, გავლილი მანძილის დროზე დამოკიდებულების განტოლება, გადაადგილების დროზე დამოკიდებულების განტოლება, კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების განტოლება, გავლილი მანძილის, კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების განტოლება.
წინარე ცოდნა	წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობა, აჩქარება, სიჩქარე, აჩქარებისა და სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკები.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> მიღებული ცოდნის გასააქტიურებლად სასურველია გაახსენოთ მოსწავლეებს სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების განტოლება, ააგოთ მისი გრაფიკი და გაახსენოთ მოსწავლეებს სიჩქარის გრაფიკის ფიზიკური აზრი.</p> <p><b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის გააქტიურება.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> კარგი იქნება თუ მოსწავლეებთან ერთად განიხილავთ პარაგრაფში მოცემულ მაგალითს და მათთან ერთად დასვამთ კითხვებს და გააკეთებთ დასკვნებს. ააგებთ სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკს და ინტერაქტიულ შეკითხვებით შემღებთ მოსწავლეებთან ერთად დაადგენთ გავლილი მანძილის, გადაადგილების კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების განტოლებებს, ააგებთ გრაფიკებს. და განიხილავთ გაკვეთილში დასმულ ამოცანებს.</p> <p><b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის გაგება, გააზრება.</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> ახალი მასალის გაგების შემოწმება.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. რატომ ვამცირებთ დროის ინტერვალს თანაბარაჩქარებული მოძრაობის გადაადგილების გეგმილის გამოთვლისას?</li> <li>2. რა სახეს მიიღებს თანაბარაჩქარებული მოძრაობის გადაადგილების ფორმულები, როდესაც სხეულის საწყისი სიჩქარე ნულის ტოლია?</li> <li>3. რატომაა თანაბარაჩქარებული მოძრაობის გადაადგილების გეგმილისა და კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი პარაბოლა?</li> <li>4. რას ნიშნავს პარაბოლის წვეროზე მითითებული „შემობრუნების წერტილი“?</li> <li>5. რა შემთხვევაში იქნება გადაადგილების საშუალო სიჩქარე ნულის ტოლი თანაბარაჩქარებული მოძრაობის დროს?</li> </ol> <p><b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის გაგება.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> ჯგუფური მუშაობისთვის სასურველია განიხილოთ ამოცანა რუბრიკით „ერთად ამოვხსნათ ამოცანა“; მოსწავლეებისთვის ინდივიდუალური მუშაობისთვის სასურველია შეირჩეს ამოცანები რუბრიკიდან „ამოხსენით ამოცანები“ 1,5,8,9,10.</p> <p><b>აქტივობა 5.</b> შეჯამება.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო. GeoGebra classic
შეფასების კრიტერიუმები	დამოუკიდებელი მუშაობის დროს მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი, ასევე შეიძლება გამოვიყენოთ განმავითარებელი შეფასება.



რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §1.11 ამოცანები რუბრიკიდან,, ამოხსენით ამოცანები“ 4,5,6,7,8. საშინაო ცდა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე შეძლებს,,თანაბარაჩქარებული მოძრაობის დროს მექანიკის ძირითადი ამოცანის გადაწყვეტას.

**საკონტროლო კითხვებზე პასუხები:**

- რატომ ვამცირებთ დროის ინტერვალს თანაბარაჩქარებული მოძრაობის გადაადგილების გეგმილის გამოთვლისას?  
**პასუხი:** მოძრაობის მთელ  $t$  დროს ვყოფთ იმდენად მცირე  $\Delta t$  ინტერვალებად, რომ თითოეული ინტერვალის განმავლობაში სიჩქარე უცვლელად ჩავთვალოთ, მაშინ დროის ყოველ ასეთ ინტერვალში შესრულებული გადაადგილება რიცხობრივად სიჩქარის გრაფიკით შემოსაზღვრული მარკუთხედის ფართობის ტოლი იქნება.

- რა სახეს მიიღებს თანაბარაჩქარებული მოძრაობის გადაადგილების ფორმულები, როდესაც სხეულის საწყისი სიჩქარე ნულის ტოლია?  
**პასუხი:** თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას შესრულებული გადაადგილების გეგმილი, შემდეგი ფორმულებით გამოითვლება:  $s_x = \frac{v_x}{2} t$ ;  $s_x = \frac{a_x t^2}{2}$ ;  $s_x = \frac{v_x^2}{2a_x}$ .

- რატომთა თანაბარაჩქარებული მოძრაობის გადაადგილების გეგმილისა და კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი პარაბოლა?  
**პასუხი:** რადგან გადაადგილების და კოორდინატის დროზე დამოკიდებულებას აქვს სახე:

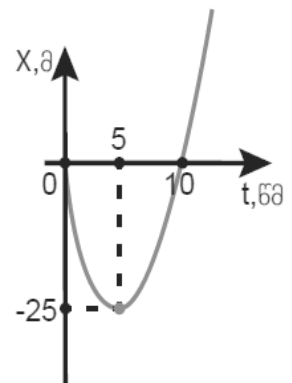
$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}.$$

(ე.ი. გადაადგილების გეგმილი და კოორდინატი დროის კვადრატის ფუნქციაა)

- რას ნიშნავს პარაბოლის წვეროზე მითითებული „შემობრუნების წერტილი“? მოცემულ წერტილში გვიჩვენებს, რომ სხეული იცვლის მოძრაობის მიმართულებას.
- რა შემთხვევაში იქნება გადაადგილების საშუალო სიჩქარე ნულის ტოლი თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას?  
**პასუხი:** როცა გადაადგილება ნულია.

**ერთად ამოხსნათ ამოცანა:**

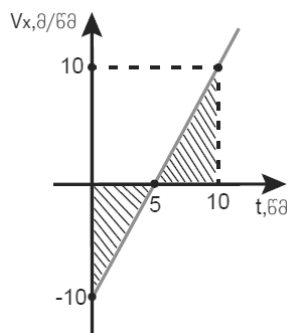
სურათზე მოცემულია  $x$  ღერძზე თანაბარაჩქარებულად მოძრავი სხეულის სიჩქარის გეგმილის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი. სხეულის საწყისი კოორდინატი ნულის ტოლია. განსაზღვრეთ სხეულის აჩქარების გეგმილი და საწყისი მომენტიდან 10 წმ-ში შესრულებული გადაადგილების მოდული. ააგეთ კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი.



ამოხსნა:

გრაფიკიდან ჩანს, რომ სხეულის სიჩქარის გეგმილი 5 წმ-ში -10მ/წმ-დან 0-მდე გაიზარდა,

ამიტომ აჩქარების გეგმილი იქნება  $a_x = (0 - (-10)) / 5 = 10 / 5 = 2 \text{ მ/წმ}^2$ . პირველ 5 წმ-ში გადაადგილების გეგმილის საპოვნელად გამოვთვალოთ გრაფიკზე  $t$  ღერძის ქვევით არსებული მართკუთხა სამკუთხედის ფართობი. იგი რიცხობრივად დროის ამ შუალედში შესრულებული გადაადგილების მოდულის ტოლი იქნება. ვინაიდან დროის ამ შუალედში სიჩქარის გეგმილი უარყოფითია, გადაადგილების გეგმილიც უარყოფითი იქნება:  $S_{1x} = -10 \cdot 5 / 2 = -25 \text{ მ}$ . (მე-5 წამზე სხეულის სიჩქარის გეგმილი ნულის ტოლი ხდება. ამის შემდეგ სხეული ბრუნდება და თანაბარაჩქარებულ მოძრაობას იწყებს  $x$  ღერძის გასწვრივ, ღერძის მიმართულებით). 5 წმ-ის მომენტიდან 10 წმ-მდე შესრულებული გადაადგილების გეგმილის საპოვნელად გამოვთვალოთ  $t$  ღერძის ზემოთ არსებული მართკუთხა სამკუთხედის ფართობი.  $S_{2x} = 10 \cdot 5 / 2 = 25 \text{ მ}$ . მივიღეთ, რომ საწყისი მომენტიდან 10 წამში სხეულის გადაადგილების გეგმილი არის  $-25 + 25 = 0 \text{ (მ)}$ . თანაბარაჩქარებულ მოძრაობის დროს კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი პარაბოლაა. ვინაიდან საწყისი კოორდინატი ნულის ტოლია, მე-5 წამზე კოორდინატი  $-25 \text{ მ}$ -ია, ხოლო მეათე წამზე  $-0 \text{ მ}$ , პარაბოლას ექნება სურათზე ნაჩვენები სახე.



- წრფივ გზაზე ერთი მიმართულებით თანაბარაჩქარებულად მოძრავი სხეულის სიჩქარის მოდული 10 წმ-ში 5 მ/წმ-დან 15 მ/წმ-მდე გაიზარდა. რისი ტოლია სხეულის გადაადგილების მოდული დროის ამ შუალედში?

ამოხსნა: რადგან გვანტერესებს გადაადგილების მოდული და მოძრაობა თანაბარაჩქარებულა, გავიგოთ ჯერ სხეულის აჩქარება და მისი დახმარებით ვიპოვოთ გადაადგილების მოდული. თავიდან დავწეროთ გადაადგილების დროზე დამოკიდებულების ფორმულა.

$ S  = ?$ მოც: $t = 10 \text{ წმ}$ $v_0 = 5 \text{ მ/წმ}$ $v_1 = 15 \text{ მ/წმ}$	$S = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (1) \mapsto (*) S = 5 * 10 + \frac{15 - 5}{2} * 10 = 100 \text{ (მ)}$ $a = \frac{v_1 - v_0}{t} \quad (2)$ $(2) \rightarrow (1)$ $S = v_0 t + \frac{v_1 - v_0}{2} t \quad (*)$
--------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

პასუხი:  $|S| = 100 \text{ მ}$

- თანაბარაჩქარებულად მოძრავი ავტომობილის კოორდინატის დროზე დამოკიდებულებას აქვს შემდეგი სახე:  $x = 100 + 5t + t^2$ , რომელშიც დრო იზომება წამებში, ხოლო კოორდინატი მეტრებში. რისი ტოლია ავტომობილის საწყისი კოორდინატი? სიჩქარისა და აჩქარების გეგმილები?

ამოხსნა: როგორც ვიცით კოორდინატის დროზე დამოკიდებულებას აქვს შემდეგი სახე:

$\begin{array}{l} x_0, v_0, a_x = ? \\ \text{მოც: } x = 100 + 5t + t^2 \end{array}$	$x = x_0 + v_0 t + \frac{a_x t^2}{2}$ <p>მოცემული კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების განტოლებიდან ჩანს რომ: საწყისი კოორდინატი: <math>x_0 = 100 \text{ მ}</math> სიჩქარის გეგმილი: <math>v_0 = 5 \text{ მ/წმ}</math> აჩქარების გეგმილი: <math>a_x = 2 \text{ მ/წმ}^2</math></p>
-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**პასუხი:**  $x_0 = 100 \text{ მ}, v_0 = 5 \text{ მ/წმ}, a_x = 2 \text{ მ/წმ}^2$

3. ადგილიდან დაძრულმა სპორტულმა ავტომობილმა 5 წმ-ში 100 მეტრი გაიარა. განსაზღვრეთ ავტომობილის აჩქარების მოდული, თუ მისი მოძრაობა თანაბარაჩქარებული იყო.

ამოხსნა: დავწეროთ ფორმულა:  $S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$  და რადგანაც ავტომობილი მოძრაობას იწყებს ე.ი  $v_0 = 0$  ამიტომ  $S = \frac{at^2}{2}$ .

$\begin{array}{l}  a  = ? \\ \text{მოც: } t = 5 \text{ წმ} \\ S = 100 \text{ მ} \end{array}$	$S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow a = \frac{2S}{t^2} (*)$ $\mapsto (*) a = \frac{2 \cdot 100}{5 \cdot 5} = 8 \text{ მ/წმ}^2$
----------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**პასუხი:**  $|a| = 8 \text{ მ/წმ}^2$

4. 72 კმ/სთ სიჩქარით მიმავალმა ავტობუსმა დაიწყო დამუხრუჭება მუდმივი აჩქარებით და გაჩერებამდე 120 მ გაიარა. რისი ტოლია ავტობუსის აჩქარების მოდული და დროის შუალედი, რომლის განმავლობაშიც ამუხრუჭებდა იგი?

ამოხსნა:

დავწეროთ ფორმულა:  $S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$  რადგან ავტობუსი მუხრუჭდება, ანუ

მისი სიჩქარე მცირდება, აჩქარება ნიშნით უარყოფითია და საბოლოო სიჩქარე ნულის ტოლი:  $v_1 = 0 \text{ მ/წმ}$

დავწეროთ სიჩქარის დროზე დამოკიდებულება:  $v = v_0 + at$

და გავიგოთ დამუხრუჭებისთვის საჭირო დრო.

$\begin{array}{l}  a , t = ? \\ \text{მოც: } S = 120 \text{ მ} \\ v_0 = 72 \frac{\text{კმ}}{\text{სთ}} = 20 \text{ მ/წმ} \\ v_1 = 0 \text{ მ/წმ} \end{array}$	$S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} \Rightarrow a = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2S} \quad (1)$ $\mapsto (1) a = \frac{-400}{2 \cdot 120} = -\frac{5}{3} \text{ მ/წმ}^2$ $v_1 = v_0 + at \Rightarrow t = \frac{v_1 - v_0}{a} \quad (2)$ $\mapsto (2) t = \frac{-20}{-\frac{5}{3}} \Rightarrow t = 12 \text{ წმ}$
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**პასუხი:**  $|a| = \frac{5}{3} \text{ მ/წმ}^2, t = 12 \text{ წმ}$

5. 36 კმ/სთ სიჩქარით მიმავალმა მოტოციკლმა დაიწყო თანაბარჩქარეზულად მოძრაობა და 200 მ-ის გავლის შემდეგ მისმა სიჩქარემ 108 კმ/სთ-ს მიაღწია. რისი ტოლია მოტოციკლის აჩქარების მოდული და დრო, რომლის განმავლობაშიც სიჩქარის ეს ცვლილება მოხდა?

ამოხსნა: დავწეროთ ფორმულა:  $S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$  და გავიგოთ მოტოციკლის აჩქარება.

დავწეროთ სიჩქარის დროზე დამოკიდებულება:  $v = v_0 + at$  და გავიგოთ დრო, რომლის განმავლობაშიც სიჩქარის ეს ცვლილება მოხდა.

$ a , t = ?$ <p>მოც: <math>v_0 = 36 \frac{\text{კმ}}{\text{სთ}} = 10 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}}</math></p> <p><math>v_1 = 108 \frac{\text{კმ}}{\text{სთ}} = 30 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}}</math></p> <p><math>S = 200 \text{ მ}</math></p>	$S = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2a} \Rightarrow a = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2S} \quad (1)$ $\Rightarrow (1) a = \frac{800}{2 * 200} = 2 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}^2}$ $v_1 = v_0 + at \Rightarrow t = \frac{v_1 - v_0}{a} \quad (2)$ $\Rightarrow (2) t = \frac{30 - 10}{2} = 10 \text{ წმ}$
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**პასუხი:**  $|a| = 2 \text{ მ} / \text{წმ}^2, t = 10 \text{ წმ}$

6. თანაბარჩქარეზულად მოძრავი ავტობუსის მიერ შესრულებული გადაადგილების გეგმილი საწყისი მომენტიდან 2 წმ-ში 24 მ-ია, ხოლო საწყისი მომენტიდან 5 წმ-ში – 75 მ. რისი ტოლია ავტობუსის აჩქარების გეგმილი და სიჩქარის გეგმილი დროის საწყის მომენტში?

ამოხსნა:

დავწეროთ გადაადგილების გეგმილის დროზე დამოკიდებულება:  $S = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (1)$

და განვიხილოთ ორივე მოცემული შემთხვევა, დავწეროთ სისტემა და ამოვხსნათ:

$a, v_0 = ?$ <p>მოც: <math>t_1 = 2 \text{ წმ}</math></p> <p><math>t_2 = 5 \text{ წმ}</math></p> <p><math>S_1 = 24 \text{ მ}</math></p> <p><math>S_2 = 75 \text{ მ}</math></p>	$\begin{cases} S_1 = v_0 * t_1 + \frac{a * t_1^2}{2} \\ S_2 = v_0 * t_2 + \frac{a t_2^2}{2} \end{cases} \Rightarrow$ $\begin{cases} \Rightarrow (1) 24 = v_0 * 2 + a * 2 \\ \Rightarrow (2) 75 = v_0 * 5 + a * 12.5 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = 2 \text{ მ} / \text{წმ}^2 \\ v_0 = 10 \text{ მ} / \text{წმ} \end{cases}$
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**პასუხი:**  $a = 2 \text{ მ} / \text{წმ}^2, v_0 = 10 \text{ მ} / \text{წმ}$

7. თანაბარჩქარეზულად მოძრავი ნივთიერი წერტილის კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების ფორმულას აქვს შემდეგი სახე:  $x = 150 - 10t + 2t^2$ , რომელშიც დრო იზომება წამებში, ხოლო კოორდინატი მეტრებში. დაწერეთ ამ წერტილის სიჩქარის გეგმილის დროზე დამოკიდებულების ფორმულა და განსაზღვრეთ საწყისი მომენტიდან რა დროში გაჩერდება ნივთიერი წერტილი.

ამოხსნა: როგორც ვიცით სიჩქარის გეგმილის დროზე დამოკიდებულების ფორმულაა:

$$v_x = v_{0x} + a_x t$$

აგრეთვე, ვიცით კოორდინატის დროზე დამოკიდებულებას აქვს შემდეგი სახე:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{a_x t^2}{2}$$

პირობიდან ვიგებთ რომ:  $v_{0x} = -10 \frac{\partial}{\text{წმ}}$  და  $a_x = 4 \frac{\partial}{\text{წმ}^2}$

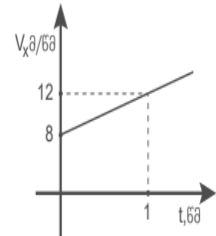
აქედან შეგვიძლია დავწეროთ სიჩქარის გეგმილის დროზე დამოკიდებულება:

$$v_x = -10 + 4t$$

გვინტერესებს დრო, რის შემდეგაც ნივთიერი წერტილი გაჩერდება, ანუ სიჩქარე 0-ის ტოლი ექნება:  $0 = -10 + 4t \Rightarrow t = 2,5 \text{ წმ}$

**პასუხი:** სიჩქარის გეგმილის დროზე დამოკიდებულებაა  $v_x = -10 + 4t$  გაჩერებისთვის საჭირო დრო  $t = 2,5 \text{ წმ}$

8. სურათზე მოცემულია თანაბარჩქარებულად მოძრავი მოტოციკლის სიჩქარის გეგმილის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი. რისი ტოლია მოტოციკლის მიერ შესრულებული გადაადგილების მოდული საწყისი მომენტიდან 1 წამში? რისი ტოლია მოტოციკლის აჩქარების მოდული?



ამოხსნა: დავწეროთ სიჩქარის გეგმილის დროზე

დამოკიდებულების ფორმულა, სადაც  $v$  არის საბოლოო სიჩქარე რაღაც  $t$  დროის მერე,  $v_0$  არის საწყისი სიჩქარე:

$$v = v_0 + at \Rightarrow a = \frac{v - v_0}{t} \quad (1)$$

$ a ,  S  = ?$	ნახაზის მიხედვით საწყისი სიჩქარეა $8 \frac{\partial}{\text{წმ}}$ , $1 \text{ წმ}$ -ის მერე კი $12 \frac{\partial}{\text{წმ}}$ .
მოც: ნახაზი	$\rightarrow (1) a = \frac{12 - 8}{1} = 4 \frac{\partial}{\text{წმ}^2}$ $S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} \quad (2)$ $\rightarrow (2) S = \frac{144 - 64}{2 * 4} = \frac{80}{8} = 10 \partial$

**პასუხი:**  $|a| = 4 \frac{\partial}{\text{წმ}^2}, |S| = 10 \partial$

9. სურათზე მოცემულია თანაბარჩქარებულად მოძრავი ავტომობილის სიჩქარის გეგმილის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი. განსაზღვრეთ ავტომობილის მიერ საწყისი მომენტიდან  $14 \text{ წმ}$ -ში გავლილი მანძილი და იმავე დროში შესრულებული გადაადგილების მოდული.

ამოხსნა: დავწეროთ სიჩქარის გეგმილის დროზე დამოკიდებულების ფორმულა, სადაც  $v$  არის საბოლოო სიჩქარე რაღაც  $t$  დროის მერე,  $v_0$  არის საწყისი სიჩქარე:

$$v = v_0 + at \Rightarrow a = \frac{v - v_0}{t} \quad (1)$$

ნახაზის მიხედვით საწყისი სიჩქარეა  $14 \frac{\partial}{\text{წმ}}$ ,  $7 \text{ წმ}$ -ის მერე კი  $-14 \frac{\partial}{\text{წმ}}$ .

$S,  S_{\text{გად}}  = ?$	$\rightarrow (1) a_x = \frac{-14 - 14}{7} = -4 \frac{\partial}{\text{წმ}^2}$ <p>გადაადგილების მოდულის გასაგებად დავწეროთ ფორმულა:</p> $S_{\text{გად}} = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (2)$ $\rightarrow (2) S = 14 * 7 - 2 * 49 = 0 \partial$
მოც: ნახაზი	



გავლილი მანძილი:

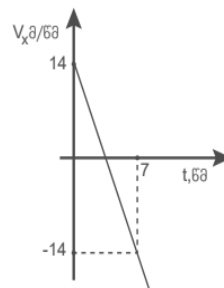
$$S = |S_1| + |S_2| \quad (3) S_1 = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (4) S_2 = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (5)$$

$$\rightarrow (4) S_1 = 14 * 3.5 - 2 * 3.5 * 3.5 = 24.5 \text{ მ} \quad (6)$$

$$\rightarrow (5) S_2 = 0 * 3.5 - 2 * 3.5 * 3.5 = -24.5 \text{ მ} \quad (7)$$

$$(6) \rightarrow (3) S = 49 \text{ მ}$$

პას.:  $|S_{\text{გაღ}}| = 0 \text{ მ}, \quad S = 49 \text{ მ}$

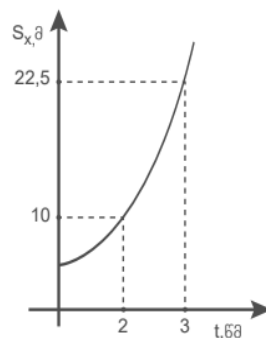


10. სურათზე მოცემულია ადგილიდან დაძრული მოტოციკლის გადაადგილების გეგმილის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი. რისი ტოლია მოტოციკლის აჩქარების გეგმილი?

ამოხსნა: დაწეროთ გადაადგილების დროზე დამოკიდებულების ფორმულა და გამოვიყენოთ ნახაზზე ნაჩვენები ინფორმაცია:  $S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$  რადგანაც ახლად დაძრული მოტოციკლია,

$$v_0 = 0 \text{ მ/წმ}$$

$a = ?$	ნახაზის მიხედვით ვიგებთ რომ მეორე წამის მომენტში გადაადგილების გეგმილი 10 მ-ია
მოც: ნახაზი	$S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow a = \frac{2S}{t^2} \quad (1)$ $\rightarrow (1) S = \frac{2 * 10}{4} = 5 \text{ მ/წმ}^2$
	პას.: $a = 5 \text{ მ/წმ}^2$



### §1.12. სხეულის აჩქარების გაზომვა თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას

(ლაბორატორიული სამუშაო)

გაკვეთილის თემა	სხეულის აჩქარების გაზომვა თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• საშუალო დრო: <math>t_{\text{საშ}} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{n}</math>, რომელშიც n გაზომვების რაოდენობაა.</li> <li>• ბურთულას საშუალო აჩქარება: <math>a = \frac{2S}{t_{\text{საშ}}^2}</math></li> <li>• თანაბარაჩქარებულად მოძრავი სხეულის დროის ტოლ შუალედებში გავლილი მანძილები ისე შეეფარდება ერთმანეთს, როგორც მომდევნო კენტი რიცხვები.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	დახრილ ღარში მოძრავი ბურთულას აჩქარების გაზომვა. თანაბარაჩქარებულად მოძრავი სხეულის მიერ დროის

	მომდევნო ტოლ შუალედებში გავლილ მანძილებს შორის კანონზომიერების დადგენა.
ესგ-შედევრი, ინდიკატორები	ფიზ.საბ.7. მონაცემების გაანალიზება და არგუმენტირებული მსჯელობის საფუძველზე დასკვნების გამოტანა, ცვლადებს შორის დამოკიდებულების აღსაწერად დიაგრამებისა და გრაფიკების გამოყენება; ფიზ.საბ.8. მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/ კანონზომიერებების საჩვენებლად; ფიზ.საბ.9 ცდისა და ექსპერიმენტის დაგეგმვისა და ჩატარებისას უსაფრთხოების წესების დაცვა.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი ლექცია უსაფრთხოების წესებზე, ჯგუფური მუშაობა.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	არათანაბარი მოძრაობა, თანაბარაჩქარებული მოძრაობა, აჩქარება, დახრილი სიბრტყე, საშუალო დრო, საშუალო აჩქარება, დროის თანმიმდევრული ტოლი შუალედები.
წინარე ცოდნა	წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობა, აჩქარება, სიჩქარე, აჩქარებისა და სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკები.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	<b>აქტივობა 1.</b> ცნებების განმარტება, მათან დაკავშირებული ფაქტებისა და თეორიული მასალის ცოდნის საფუძველზე, დახრილი სიბრტყის გამოყენებით სხეულის აჩქარების გამოთვლაზე და დროის ტოლ შუალედებში გავლილი მანძილების შეფარდების განსაზღვრის შესაძლებლობაზე საუბარი. <b>მიზანი:</b> აჩქარების განსაზღვრა. მასწავლებელი ყოფს მოსწავლეებს 4-5 კაციან ჯგუფებად აცნობს სამუშაოს მიზანს, უთითებს საჭირო ადგილს სადაც დახვდებით საჭირო ხელსაწყოები (ლითონის ღარი, შტატივი, ლითონის ბურთულა, ლითონის ცილინდრი (ან ლითონის საწონი, რომელიც ღარში მჭიდროდაა მოთავსდება), წამხომი, საზომი ლენტი ან სახაზავი. მეტრონომი, მარკერი) და შესასრულებელი სამუშაოს ინსტრუქცია. <b>აქტივობა 2.</b> ლაბორატორიული სამუშაო. <b>მიზანი:</b> ცდის საშუალებით აჩქარებულად მოძრავი სხეულის აჩქარების განსაზღვრა და დროის ტოლ შუალედებში გავლილი მანძილების შეფარდების დადგენა. <b>1.</b> ბურთულას მოძრაობა დახრილ ღარში თანაბარაჩქარებულად მივიჩნიოთ. თუ ბურთულას საწყისი სიჩქარე არ აქვს ( $v_0 = 0$ ), მაშინ, მის მიერ $t$ დროში გავლილი მანძილი გამოითვლება ფორმულით: $s = \frac{at^2}{2}.$ ბურთულას მიერ გავლილ $s$ მანძილისა და მის გასავლელად საჭირო დროის $t$ შუალედის გაზომვით, შევძლებთ აჩქარების გამოთვლას: $a = \frac{2s}{t^2}$ . <b>სამუშაოს მსვლელობა:</b> ღარი შტატივის თათში ისე დაამაგრეთ, რომ ის ჰორიზონტი-სადმი მცირე კუთხით იყოს დახრილი. ღარის ბოლოში ჩაამაგრეთ ცილინდრი; დააგორეთ ბურთულა ღარის ზედა წერტილიდან და წამხომის საშუალებით გაზომეთ დროის შუალედი ბურთულის

მოძრაობის დაწყებიდან, ცილინდრთან დაჯახებამდე; ცდა რამდენჯერმე გაიმეორეთ და გაზომილი დროის შუალედები ჩაიწერეთ;

ამ მონაცემებით გამოთვალეთ გამოთვალეთ ღარში ბურთულას მოძრაობის საშუალო დრო:

$$t_{საშ} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{n}, \text{ რომელშიც } n \text{ გაზომვების რაოდენობაა.}$$

- გაზომეთ მანძილით ღარის სათავიდან ცილინდრამდე.

გამოთვალეთ ბურთულას საშუალო აჩქარება:

$$a_{საშ} = \frac{2s}{t_{საშ}^2}.$$

2. დაამაგრეთ ღარი შტატივში ჰორიზონტისადმი მცირე კუთხით. ღარის ბოლოში ჩაამაგრეთ ცილინდრი. ღარის დახრის კუთხე და მეტრონომის დარტყმებს შორის დრო ისე შეარჩიეთ, რომ ბურთულას ცილინდრზე დაჯახებამდე მეტრონომმა მოასწროს 3–4 დარტყმა;

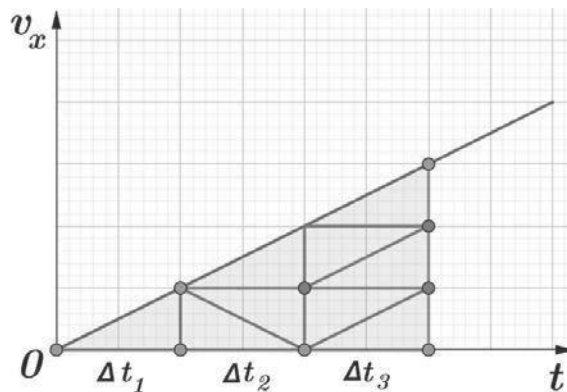
მეტრონომის დარტყმის მომენტში დააგორეთ ბურთულა ღარის ზედა წერტილიდან და მისი ყოველი შემდგომი დარტყმისას ღარზე მარკერით მონიშნეთ ბურთულას მდებარეობა;

გაზომეთ მანძილები მარკერით მონიშნულ მეზობელ წერტილებს შორის:  $s_1, s_2, s_3, s_4$ .

იპოვეთ გაზომილი მანძილების შეფარდება:  $s_1 : s_2 : s_3 : s_4$ ;

ცდა რამდენჯერმე გაიმეორეთ;

- გამოიტანეთ დასკვნა.



თანაბარაჩქარებულად მოძრავი სხეულის მიერ დროის მომდევნო ტოლ შუალედებში გავლილ მანძილებს შორის კანონზომიერება შეიძლება დავადგინოთ გადაადგილების გეომეტრიული აზრის გამოყენებითაც.

ნახ-ზე გამოსახულია თანაბარაჩქარებულად მოძრავი სხეულის სიჩქარის გეგმილის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი, როდესაც სხეულის საწყისი სიჩქარე ნულის ტოლია.

განვიხილოთ დროის ტოლ შუალედებში ( $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t_3 = \Delta t_4 = \dots$ ) შესრულებული გადაადგილებები.  $\Delta t_1$  ინტერვალში გადაადგილება რიცხობრივად ტოლია სიჩქარის გრაფიკის ქვეშ მოთავსებული სამკუთხედის  $s_1$  ფართობის;  $\Delta t_2$  ინტერვალში — ტრაპეციის  $s_2$  ფართობის:  $s_2 = 3s_1$ ;  $\Delta t_3$  ინტერვალში — ტრაპეციის  $s_3$  ფართობის:  $s_3 = 5s_1$  და ა. შ, ამიტომ

$$s_1 : s_2 : s_3 : s_4 : \dots : s_n = 1 : 3 : 5 : 7 : \dots : (2n - 1).$$



	<p>ამრიგად, თანაბარაჩქარებულად მოძრავი სხეულის მიერ დროის მომდევნო ტოლ შუალედებში გავლილი მანძილები ისე შეეფარდება ერთმანეთს, როგორც მომდევნო კენტი რიცხვები: <b>აქტივობა 3.</b> მასწავლებელი აკვირდება მოსწავლეების მუშაობას, საჭიროების შემთხვევაში აძლევს მითითებას და ეხმარება სამუშაოს შესრულებაში.</p> <p><b>მიზანი:</b> მოსწავლეებმა შეძლონ სამუშაოს წარმატებით და უსაფრთხოდ შესრულება.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> შეჯამება/შეფასება.</p> <p>მოსწავლეები აანალიზებენ ცდით მიღებულ შედეგებს.</p> <p>აღწერა: კლასთან ერთობლივი ინტერაქციით ხდება შეჯამება. მასწავლებელი იყენებს განმავითარებელ შეფასებას ლაბორატორიული სამუშაოს შეფასების რუბრიკის მიხედვით (დანართი)</p> <p>რომელიც შემუშავებული და გამოკრული აქვს წინასწარ.</p> <p><b>მიზანი:</b> შეძლონ მიღებული შედეგების გაანალიზება და დასკვნების გაკეთება.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო. ლითონის ღარი, შტატივი, ლითონის ბურთულა, ლითონის ცილინდრი (ან ლითონის საწონი, რომელიც ღარში მჭიდროდაა მოთავსდება), წამწამი, საზომი ლენტი ან სახაზავი, მეტრონომი, მარკერი და შესასრულებელი სამუშაოს ინსტრუქცია.
შეფასების კრიტერიუმები	დამოუკიდებელი ჯგუფური მუშაობის უნარი, ლაბორატორიული სამუშაოს შეფასების უნარი, რომელიც შემუშავებული აქვს.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	ამოცანების ამოხსნა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე შეძლებს შეაჯამოს ცდის შედეგები და შეადაროს ჯგუფებში მიღებულ შედეგებს.

### §1.13. მრუდწირული მოძრაობა

გაკვეთილის თემა	მრუდწირული მოძრაობა.
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• მრუდწირულია იმ სხეულის მოძრაობა რომლის ტრაექტორია მრუდი წირია.</li> <li>• მრუდწირული მოძრაობისას სხეულის სიჩქარე მრუდის ნებისმიერ წერტილში მიმართულია ამ წერტილში გავლებული მხების გასწვრივ.</li> <li>• მრუდწირულ ტრაექტორიაზე მოძრაობა ყოველთვის აჩქარებულია.</li> <li>• დროის შუალედს, რომლის განმავლობაში სხეული ერთ ბრუნს ასრულებს ბრუნვის პერიოდია.</li> <li>• დროის ერთეულში შესრულებული ბრუნვათა რიცხვი ბრუნვის სიხშირეა.</li> <li>• წრეწირზე მოძრავი ნივთიერი წერტილის რადიუსის</li> </ul>

	<p>შემობრუნების კუთხის შეფარდება დროის იმ შუალედთან, რომლის განმავლობაში ეს შემობრუნება შესრულდა კუთხური სიჩქარეა.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• რადიანი არის ცენტრალური კუთხე, რომლის შესაბამისი რკალის სიგრძე ამ რკალის რადიუსის სიგრძის ტოლია.</li> <li>• წრეწირზე მოძრავი ნივთიერი წერტილის სიჩქარის მოდული კუთხური სიჩქარისა და წრეწირის რადიუსის ნამრავლის ტოლია.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე გაიაზრებს თუ რა არის მრუდწირული მოძრაობა, ეცოდინება წირითი სიჩქარე, კუთხური სიჩქარე, მათი გამოსათვლელი ფორმულები. გაიაზრებს ცნებებს სიხშირეს, პერიოდს, კუთხურ სიჩქარეს, რადიანს.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საბ.7. მონაცემების გაანალიზება და არგუმენტირებული მსჯელობის საფუძველზე დასკვნების გამოტანა, ცვლადებს შორის დამოკიდებულებების აღსაწერად დიაგრამებისა და გრაფიკების გამოყენება; ფიზ.საბ.8. მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/კანონზომიერებების საჩვენებლად;
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი-ლექცია, ინტერაქტიული გამოკითხვა, ინდივიდუალური მუშაობა.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	მრუდწირული მოძრაობა, პერიოდი, სიხშირე, წირითი სიჩქარე, კუთხური სიჩქარე, რადიანი.
წინარე ცოდნა	წრფივი თანაბარი. წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობა, და მათი საშუალებით მექანიკის ძირითადი ამოცანის გადაწყვეტა.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> მიღებული ცოდნის გასააქტიურებლად სასურველია გაახსენოთ მოსწავლეებს ტრექტორიის ფორმის მიხედვით მოძრაობა შეიძლება იყოს, როგორც წრფივი ასევე მრუდწირული და მასთან დაკავშირებული ყველა ცნება. გაახსენოთ, რომ მექანიკის ძირითადი ამოცანა გადაწყვიტეს წრფივი მოძრაობის დროს.</p> <p><b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის გააქტიურება.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> კარგი იქნება, თუ მოსწავლეებთან ერთად განიხილავთ პარაგრაფში მოცემულ მაგალითებს და მიჰყვებით პარაგრაფში მოცემულ მსჯელობას თანმიმდევრულად ჩამოაყალიბოთ ყველა ცნება: მრუდწირული მოძრაობა, მრუდწირული მოძრაობის წირითი სიჩქარე, კუთხური სიჩქარე, პერიოდი, სიხშირე, სიხშირის ერთეული კუთხური სიჩქარის ერთეული.</p> <p><b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის გაგება, გააზრება.</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> ახალი მასალის გაგების შემოწმება შესაძლებელია გაკვეთილის ბოლოს საკონტროლო კითხვებით.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. რატომაა მრუდწირული მოძრაობის შესწავლა უფრო რთული, ვიდრე წრფივის?</li> <li>2. როგორ მრუდწირულ მოძრაობას უწოდებენ თანაბარს?</li> <li>3. რატომაა საჭირო წრეწირზე მოძრაობის შესწავლა?</li> <li>4. როგორი კუთხეა 1 რადიანი? 3 რადიანი?</li> </ol>

	<p>5. რა არის კუთხური სიჩქარის ერთეული SI-ში?</p> <p>6. რისი ტოლია საათის წამების ისრის კუთხური სიჩქარე? წუთების ისრის?</p> <p>7. არის თუ არა ყველა საათის წამების ისრის კუთხური სიჩქარე ერთნაირი?</p> <p>8. არის თუ არა მაჯისა და კედლის საათების წუთების ისრის ბოლო წერტილების წირითი სიჩქარეები ერთნაირი?</p> <p>9. რას გვიჩვენებს ბრუნვის სიხშირის რიცხვითი მნიშვნელობა?</p> <p>10. რისი ტოლია მზის გარშემო დედამიწის ბრუნვის პერიოდი SI-ში?</p> <p><b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის გაგება.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> ჯგუფური მუშაობისთვის სასურველია განიხილოთ ამოცანა რუბრიკით „ერთად ამოვხსნათ ამოცანა“; მოსწავლეებისთვის ინდივიდუალური მუშაობისთვის სასურველია შეირჩეს ამოცანები რუბრიკიდან „ამოხსენით ამოცანები“ 6,7,8,9,10.</p> <p><b>აქტივობა 5.</b> შეჯამება.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო. სასურველია გამოიყენოთ მრუდწირული მოძრაობის ანიმაციები. GeoGebra classic
შეფასების კრიტერიუმები	დამოუკიდებელი მუშაობის დროს მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი, ასევე შეიძლება გამოვიყენოთ განმავითარებელი შეფასება.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §1.13 ამოცანები რუბრიკიდან „ამოხსენით ამოცანები“ 1,2,3,4,5. საშინაო ცდა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე შეძლებს გაიაზროს მრუდწირული მოძრაობის შესწავლა მოდელის საშუალებით; პრობლემაზე დაფუძნებული ამოცანების გადაჭრა; სხეულთა სიჩქარის ცვლილების როლის შეფასება ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში.

### საკონტროლო კითხვების პასუხები:

1. მრუდწირული მოძრაობისას ყოველთვის იცვლება სხეულის ორი ან სამი კოორდინატი. ამასთან, განუწყვეტლივ იცვლება მყისიერი სიჩქარის მიმართულება. სიჩქარის ვექტორის მიმართულების ცვლილების გამო. მრუდწირული მოძრაობა ყოველთვის აჩქარებულია.
2. მრუდწირულია მოძრაობა თანაბარია, როდესაც მრუდწირზე მოძრაობისას სხეულის მიერ დროის ნებისმიერ ტოლ შუალედებში გავლილი მანძილები ერთმანეთის ტოლია.
3. ყოველდღიურ ცხოვრებაში და საერთოდ სამყაროში, უფრო ხშირად გვხვდება მრუდწირული მოძრაობა, ვიდრე წრფივი.
4. 1 რად ტოლია იმ ცენტრული კუთხის, რომლის შესაბამისი რკალის სიგრძე რადიუსის ტოლია. ე.ი. თუ  $l = r$ , მაშინ  $\varphi = 1$  რად.  $1 \text{ რად} = \frac{360^\circ}{2\pi} \approx 57,3^\circ$ .
5. SI-ში კუთხური სიჩქარის ერთეულია 1 რად/წმ.

- რადგან საათის წამების ისარი  $2\pi$  რადიანის ტოლი კუთხით 60 წამში შემობრუნდება ამიტომ საათის ისრის კუთხური სიჩქარე იქნება  $\omega = \frac{2\pi}{60} = \frac{\pi}{30}$  რად/წმ, ხოლო წუთების ისარი  $2\pi$  რადიანი კუთხით 1საათში შემობრუნდება  $\omega = \frac{2\pi}{3600} = \frac{\pi}{1800}$  რად/წმ.
- ყველა ისრებიანი საათის წამების ისრის კუთხური სიჩქარე ერთმანეთის ტოლი უნდა იყოს. (როცა საათი სწორად მუშაობს).
- მაჯის საათის და კედლის საათის წუთების ისრის წვეროს წირითი სიჩქარე ერთმანეთის ტოლი ვერ იქნება, რადგან მათი წუთების ისრები სხვადასხვა სიგრძისა და კუთხური სიჩქარე ერთნაირი აქვთ.
- ბრუნვის სიხშირე რიცხობრივად ტოლია სხეულის მიერ დროის ერთეულში შესრულებული ბრუნთა რიცხვის.

**ერთად ამოვხსნათ ამოცანა:**

განსაზღვრეთ კედლის საათის წუთებისა და საათების მაჩვენებელი ისრების კუთხური სიჩქარე და გამოიანგარიშეთ ისრებს შორის კუთხე 10 სთ-სა და 10 წთ-ზე.



ამოხსნა:

წუთების მაჩვენებელი ისრის ბრუნვის პერიოდი  $T_1=1$  სთ-ია, ამიტომ მისი კუთხური სიჩქარე  $\omega_1=2\pi/T_1=2\pi$  რად/სთ= $\pi/30$  რად/წთ. საათების მაჩვენებელი ისრის ბრუნვის პერიოდი  $T_2=12$  სთ-ია, მისი კუთხური სიჩქარე  $\omega_2=\pi/360$  რად/წთ-ია. საათი დაყოფილია 12 ტოლ ნაწილად, შესაბამისად ორ მეზობელ დანაყოფს შორის კუთხე  $2\pi/12=\pi/6$  რად-ია. 10 საათზე ისრებს შორის საწყისი კუთხე იქნებოდა  $\alpha_0=2\cdot(\pi/6)=\pi/3$  რად. ამის შემდეგ  $t=10$  წთ-ში დიდი ისარი შემოწერს  $\alpha_1=\omega_1 t$  კუთხეს და მივა დანაყოფ 2-თან. პატარა ისარი შემოწერს  $\alpha_2=\omega_2 t$  კუთხეს და ოდნავ გასცდება დანაყოფ 10-ს. მათ შორის კუთხე გაიზრდება  $(\alpha_1 - \alpha_2)$ -ით და გახდება  $\alpha_0+(\alpha_1 - \alpha_2)=\pi/3+(\omega_1 - \omega_2)t=23\pi/36$  რად= $115^\circ$ .

**ამოცანების ამოხსნა:**

- ნივთიერი წერტილი ბრუნავს 2 მრადიუსის წრეწირზე 6,28 მ/წმ წირითი სიჩქარით. რისი ტოლია ამ წერტილის წრეწირზე ბრუნვის პერიოდი?

ამოხსნა:

<p>? T მოც.: R=2მ V=6,28 მ/წმ</p>	<p>წირითი სიჩქარე <math>V=\frac{l}{T}</math> (1)</p> <p><math>V = \frac{2\pi R}{T}</math> (2)</p> <p><math>T = \frac{2\pi R}{V}</math> (3) (*)</p> <p>(*) <math>T = \frac{2 \cdot 2 \cdot 3,14}{6,28} = 2</math> წმ</p>
-------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

პასუხი: 2 წმ

2. განსაზღვრეთ დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრის ბრუნვის პერიოდი, თუ ის დედამიწის გარშემო წრიულ ორბიტაზე ბრუნავს 8 კმ/წმ სიჩქარით. დედამიწის რადიუსი 6400 კმ-ია. მიიჩნეთ, რომ თანამგზავრის დაშორება დედამიწის ზედაპირიდან ბევრად ნაკლებია დედამიწის რადიუსზე.

ამოხსნა:

? T	წირითი სიჩქარე $V = \frac{l}{T}$ (1)
მოც.: R=6400კმ=6400000მ V=8კმ/წმ=8000მ/წმ	$V = \frac{2\pi R}{T}$ (2)
	$T = \frac{2\pi R}{V}$ (3) (*)
	(*) $T = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 6400000}{8000} = 5024$ წმ

პასუხი: 5024 წამი

3. ცნობილია, რომ დედამიწის გარშემო წრიულ ორბიტაზე მთვარის ბრუნვის პერიოდი დაახლოებით 27 დღე-ღამეა. განსაზღვრეთ მთვარის ბრუნვის კუთხური სიჩქარე.

ამოხსნა:

? $\omega$	ბრუნვის კუთხური სიჩქარე: $\omega = \frac{2\pi}{T}$ (1) (*)
T=27დღე=2332800 წმ	$\omega = \frac{2 \cdot 3,14}{2332800} = 0,00000269$ რად/წმ

4. განსაზღვრეთ საათის ისრის წვეროს წირითი სიჩქარის მოდული, თუ მისი ბრუნვის კუთხური სიჩქარე დაახლოებით 0,1 რად/წმ-ია. ისრის სიგრძე კი – 20 სმ.

ამოხსნა:

? $\omega$	წირითი სიჩქარე $V = \frac{2\pi R}{T}$ (1)
$\omega = 0,1$ რად/წმ	ბრუნვის კუთხური სიჩქარე: $\omega = \frac{2\pi}{T}$ (2)
	$V = \omega R$ (3) (*)
R=20სმ=0,2მ	$V = 0,1 \cdot 0,2 = 0,02$ მ/წმ

პასუხი: 0,02 მ/წმ

5. რისი ტოლია კედლის საათის წამების მაჩვენებელი ისრის სიგრძე, თუ მისი წვეროს წირითი სიჩქარე დაახლოებით 0,87 სმ/წმ-ია?

? R	წირითი სიჩქარე $V = \frac{l}{T}$ (1)
V=0,87მ/წმ	$V = \frac{2\pi R}{T}$ (2)
T=3600წმ	$R = \frac{VT}{2\pi}$ (3) (*)
	R = 0,08 მ.

6. ნივთიერი წერტილის წრეწირზე ბრუნვის კუთხური სიჩქარე 2 რად/წმ-ია. რა კუთხით შემობრუნდება წრეწირის ამ წერტილისკენ მიმართული რადიუსი 5 წმ-ში? გამოსახეთ ეს კუთხე რადიანებში და გრადუსებში.

ამოხსნა:

?φ	დავწეროთ ბრუნვის კუთხური სიჩქარის ფორმულა: $\omega = \frac{\varphi}{T}(1)$ $\varphi = \omega T(2)(*)$
$\omega = 2$ რად/წმ $T=5$ წმ	$\varphi = 2 * 5 = 10$ რად $\pi \frac{\quad}{\quad} 180^\circ$ $10 \frac{\quad}{\quad} X^\circ$ $X = 1800 : 3,14 = 573,2^\circ$

პასუხი: 10 რად, 573,2°

7. ნივთიერი წერტილი ბრუნავს წრეწირზე მოდულით მუდმივი სიჩქარით. რისი ტოლია ამ წერტილის ბრუნვის კუთხური სიჩქარე, თუ ბრუნვის სიხშირე 0,5 წმ<sup>-1</sup>-ია?

ამოხსნა:

? ω	ბრუნვის კუთხური სიჩქარე: $\omega = \frac{2\pi}{T}(1)$
$n=0,5$ წმ <sup>-1</sup>	$T=\frac{1}{n}(2)$ $(1)^(2) \rightarrow \omega = \frac{2\pi \cdot n}{1:n}(3)(*)$ $\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,5 = 3,14$ რად/წმ.

პასუხი: 3,14 რად/წმ.

8. კარუსელის კაბინა ბრუნავს 5 მ რადიუსის წრეწირზე 1 მ/წმ წირითი სიჩქარით. რისი ტოლია კარუსელის ბრუნვის სიხშირე?

ამოხსნა:

? n	წირითი სიჩქარე $V = \frac{l}{T}(1)$
$R=5$ მ $V=1$ მ/წმ	$V = \frac{2\pi R}{T}(2)$ $T = \frac{2\pi R}{V}(3)$ $n = \frac{1}{T}(4)$ $(3)^(4) \rightarrow n = \frac{v}{2\pi R}(5)(*)$ $n = 1:31,4 = 0,03$ წმ <sup>-1</sup>

პასუხი: 0,03 წმ<sup>-1</sup>.

9. დედამიწა და მარსი მზის გარშემო სხვადასხვა რადუსის წრიულ ორბიტებზე ბრუნავენ. რამდენჯერ აღემატება დედამიწის ბრუნვის კუთხურისი ჩქარე მარსის კუთხურ სიჩქარეს, თუ დედამიწა მზის გარშემო ერთ სრულ ბრუნს 365 დღე-ღამეს ანდომებს, მარსი კი – 687 დღე-ღამეს.



ამოხსნა:

? $\omega_1:\omega_2$	$\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1}$ (1)
$T_1 = 365$ დღე	$\omega_2 = \frac{2\pi}{T_2}$ (2)
$T_2 = 687$ დღე	$(1)^{\wedge}(2) \omega_1:\omega_2 = \frac{2\pi}{T_1}:\frac{2\pi}{T_2} = \frac{T_2}{T_1}$ (3) (*)
	$687:365=1,8$ ჯერ

პასუხი: 1,8 ჯერ.

10. რამდენჯერ აღემატება მზის გარშემო წრიულ ორბიტაზე დედამიწის ბრუნვის წირითი სიჩარე მარსის წირით სიჩქარეს, თუ დედამიწის და მარსის ორბიტის რადიუსები შესაბამისად 1,5·10<sup>8</sup> კმ და 2,25·10<sup>8</sup> კმ-ია. მზის გარშემო ბრუნვის პერიოდები კი 365 დღე-ღამე (დედამიწის) და 687 დღე-ღამეა.

? $V_1:V_2$	წირითი სიჩქარე $V = \frac{l}{T}$ (1)
$R_1 = 1,5 \cdot 10^8$ კმ	$V = \frac{2\pi R}{T}$ (2)
$R_2 = 2,25 \cdot 10^8$ კმ	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{2\pi R_1}{T_1} : \frac{2\pi R_2}{T_2} = \frac{R_1 T_2}{R_2 T_1}$ (3) (*)
$T_1 = 365$ დღე	
$T_2 = 687$ დღე	$\frac{V_1}{V_2} = 1030,5:821,25 = 1,3$

პასუხი: 1,3 ჯერ.

### §1.14. სხეულის აჩქარება წრეწირზე თანაბარი მოძრაობისას

გაკვეთილის თემა	სხეულის აჩქარება წრეწირზე თანაბარი მოძრაობისას
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>წრეწირზე თანაბრად მოძრავი სხეულის აჩქარების მიზეზი მისი სიჩქარის მიმართულების ცვლილებაა;</li> <li>წრეწირზე თანაბრად მბრუნავი სხეულის აჩქარება ტრანექტორიის ნებისმიერ წერტილში მიმართულია ამ წერტილში გავლებული რადიუსის გასწვრივ, წრეწირის ცენტრისაკენ;</li> <li>ცენტრისკენული აჩქარების მოდული გამოითვლება ფორმულებით:  <math display="block">a = \frac{v^2}{R}; \quad a = \omega^2 R; \quad a = 4\pi^2 n^2 R; \quad a = \frac{4\pi^2 R}{T^2}; \quad a = \omega v.</math> </li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე გაიაზრებს თუ რა არის მრუდწირული მოძრაობის აჩქარება, რა არის მრუდწირული მოძრაობის აჩქარების მიმართულება, მისი გამოსათვლელი ფორმულა.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ. საბ. 5. ფიზიკური პროცესებისა და კანონზომიერებების კვლევისათვის საჭირო პროცედურების განხორციელება (დაკვირვება, გაზომვა, მონაცემების აღრიცხვა, შესაბამისი

	მასალისა და აღჭურვილობის ადეკვატურად გამოყენება); ფიზ.საბ.8. მოდელის შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/კანონზომიერებების საჩვენებლად; ფიზ.საბ.9. საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებისა და ტექნოლოგიების მიღწევების შეფასება მდგრადი განვითარების პრინციპების თვალსაზრისით;
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი-ლექცია, ინტერაქტიული გამოკითხვა, ინდივიდუალური მუშაობა.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	მრუდწირული მოძრაობა, მრუდწირული მოძრაობის აჩქარება, ცენტრისკენული აჩქარება.
წინარე ცოდნა	მრუდწირული მოძრაობა. წირითი სიჩქარე, კუთხური სიჩქარე, პერიოდი, სიხშირე.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> მიღებული ცოდნის გასააქტიურებლად სასურველია გაახსენოთ მოსწავლეებს, რომ ნებისმიერი მრუდწირული მოძრაობა აჩქარებული მოძრაობაა, რომ აჩქარება სიჩქარის ცვლილების სისწრაფეა. <b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის გააქტიურება.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> კარგი იქნება თუ მოსწავლეებთან ერთად განიხილავთ პარაგრაფში მოცემულ მაგალითს და მიჰყვებით პარაგრაფში მოცემულ მსჯელობას. განიხილეთ სიჩქარის ცვლილება სქემის მიხედვით მიიღეთ მრუდწირული აჩქარების გამოსათვლელი ფორმულა და მიიღეთ აჩქარების გამოსათვლელი ყველა ფორმულა. <b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის გაგება, გააზრება.</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> ახალი მასალი <b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის გაგება, გააზრება. გაგების შემოწმება შესაძლებელია გაკვეთილის ბოლოს დასმული საკონტროლო კითხვებით.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. რატომაა წრეწირზე თანაბარი მოძრაობა აჩქარებული, მიუხედავად იმისა, რომ სიჩქარის მოდული უცვლელია?</li> <li>2. რატომ უწოდეს წრეწირზე მოძრავი სხეულის აჩქარებას ცენტრისკენული?</li> <li>3. რა კუთხეს ადგენს ერთმანეთთან ტრანექტორიის ნებისმიერ წერტილში მყისიერი სიჩქარე და ცენტრისკენული აჩქარება?</li> <li>4. დედამიწის ბრუნვის გამო ეკვატორზე მაცხოვრებლებს აქვთ მეტი ცენტრისკენული აჩქარება თუ საქართველოში მცხოვრებლებს? რატომ?</li> </ol> <p><b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის გაგება.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> ჯგუფური მუშაობისთვის სასურველია განიხილოთ ამოცანა 5 მოსწავლეებისთვის ინდივიდუალური მუშაობისთვის სასურველია შეირჩესამოცანები რუბრიკიდან „ამოხსენით ამოცანები“ 6,7,8,9.</p> <p><b>აქტივობა 5.</b> შეჯამება.</p>



რესურსები	სახელმძღვანელო. სასურველია გამოიყენოთ მრუდწირული მოძრაობის ანიმაციები. GeoGebra classic
შეფასების კრიტერიუმები	დამოუკიდებელი მუშაობის დროს მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი, ასევე შეიძლება გამოვიყენოთ განმავითარებელი შეფასება.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §1.14 ამოცანები რუბრიკიდან „ამოხსენით ამოცანები“ 1,2,3,4.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე შეძლებს მრუდწირული მოძრაობის შესწავლას მოდელის საშუალებით; პრობლემაზე დაფუძნებული ამოცანების გადაჭრას; სხეულთა სიჩქარის ცვლილების როლის შეფასება ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში, აჩქარებული მოძრაობის პრინციპების ცოდნის დაკავშირება სხვადასხვა პროფესიასთან/საქმიანობის სფეროსთან.

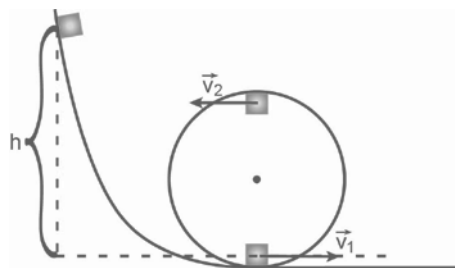
### საკონტროლო კითხვების პასუხები:

1. წრეწირზე მოძრაობისას სხეულის სიჩქარის მიმართულება წერტილიდან წერტილამდე იცვლება, ამიტომ ნებისმიერი მრუდწირული მოძრაობა აჩქარებულია.
2. წრეწირზე თანაბრად მოძრავი სხეულის (ნივთიერი წერტილის) აჩქარება, ტრაექტორიის ნებისმიერ წერტილში, მიმართულია ამ წერტილში გავლებული რადიუსის გასწვრივ წრეწირის ცენტრისკენ. ამიტომ ამ აჩქარებას, ცენტრისკენული აჩქარება ეწოდება.
3. ტრაექტორიის ნებისმიერ წერტილში სიჩქარე მიმართულია ამ წერტილში გავლებული მყისიერი მხების გასწვრივ, ხოლო აჩქარება – წრეწირის ცენტრისკენ. ამიტომ კუთხე მრუდწირული მოძრაობისას მყისიერი მხის სიჩქარესა და აჩქარებას შორის  $90^{\circ}$ -ია.
4. დედამიწაზე მცხოვრებთათვის ცენტრისკენული აჩქარება, რომელიც გამოწვევულია დედამიწის ბრუნვით, განსხვავებულია, რადგან ყველა წერტილის კუთხური სიჩქარე ერთმანეთის ტოლია, ხოლო იმ წრეწირის რადიუსები, რომელზედაც ეს წერტილები მოძრაობენ განსხვავებულია ( $a_c = \omega^2 R$ ).

### ერთად ამოვხსნათ ამოცანა:

გლუვ ღარში,  $h=3R$  სიმაღლიდან სრიალს იწყებს მცირე ზომის ძელაკი და მოძრაობას აგრძელებს  $R$  რადიუსის წრეწირზე (შემოწერს „მკვდარ მარყუჟ“). განსაზღვრეთ ძელაკის ცენტრისკენული აჩქარების მოდულები მარყუჟის ქვედა და ზედა წერტილებში. წინააღმდეგობის ძალები არ გაითვალისწინოთ.

**ამოხსნა:** თავდაპირველად ვიპოვოთ ძელაკის  $v_1$  სიჩქარის კვადრატი მარყუჟის ქვედა წერტილში. ამისათვის გავიხსენოთ მერვე კლასში ნასწავლი მექანიკური ენერჯის მუდმივობის კანონი. პოტენციალური ენერჯის ნულოვან დონედ მარყუჟის ქვედა წერტილზე გამავალი ჰორიზონტალური წრფე მივიჩნიოთ.  $E_{31}+E_{31}=E_{32}+E_{32}$ . ვინაიდან საწყისი კინეტიკური ენერჯია და საბოლოო პოტენციალური ენერჯია ნულის ტოლია, მივიღებთ:  $mgh=mv_1^2/2 \Leftrightarrow 3mgR=mv_1^2/2$  აქედან  $v_1^2=6gR$ .



ძელაკის ცენტრისკენული აჩქარება მარყუჟის ქვედა წერტილში იქნება  $a_{c1}=v_1^2/R=6g$ . მარყუჟის ზედა წერტილში ცენტრისკენული აჩქარების საპოვნელად, ჯერ ვიპოვოთ ძელაკის სიჩქარის კვადრატი ზედა წერტილში. ამისათვის საწყისი მექანიკური ენერგია გავუტოლოთ ძელაკის კინეტიკური და პოტენციალური ენერგიების ჯამს მარყუჟის ზედა წერტილში.  
 $mgh=mv^2/2+mg \cdot 2R \Leftrightarrow 3mgR=+2mgR$ .  $gR=v^2/2 \Rightarrow v^2=2gR$ . ცენტრისკენული აჩქარება ზედა წერტილში იქნება  $a_{c2}=v^2/R=2g$ .

**ამოცანების ამოხსნა:**

- ავტომობილი 72 კმ/სთ სიჩქარით მოძრაობს ხიდზე, რომელსაც წრეწირის რკალის ფორმა აქვს. ამ წრეწირის რადიუსი 100 მ-ია. რისი ტოლია ავტომობილის ცენტრისკენული აჩქარება?

ამოხსნა:

? $a$	ავტომობილის ცენტრისკენული აჩქარება
მოც.: $v = 72 \text{ კმ/სთ} = 20 \text{ მ/წმ}$ $R=100\text{მ}$	$a = \frac{v^2}{R} = \frac{400}{100} = 4\text{მ/წმ}^2$

**პასუხი:** ავტომობილის ცენტრისკენული აჩქარება 4მ/წმ<sup>2</sup>.

- კარუსელის სკამი ბრუნავს 2 რად/წმ კუთხური სიჩქარით 5 მ რადიუსის წრეწირზე. რისი ტოლია ამ სკამის ცენტრისკენული აჩქარება? სკამზე მჯდომი ბავშვის ცენტრისკენული აჩქარება?



ამოხსნა:

? $a$	სკამის და სკამზე მჯდომი ბავშვის ცენტრისკენული აჩქარება ერთმანეთის ტოლია და $a = \omega^2 \cdot R = 4 \cdot 5 = 20 \text{ მ/წმ}^2$
მოც.: $\omega = 2 \text{ რად/წმ}$ $R = 5 \text{ მ}$	

**პასუხი:** 20 მ/წმ<sup>2</sup>

- ნივთიერი წერტილის წრეწირზე ბრუნვის პერიოდი 3 წმ-ია. რისი ტოლია ამ წერტილის ცენტრისკენული აჩქარება, თუ წრეწირის რადიუსი 2,5 მ-ია? მიიჩნიეთ, რომ  $\pi^2=10$ .

ამოხსნა:

? $a$	ნივთიერი $n$ წერტილის წრეწირზე ბრუნვის აჩქარება:
მოც.: $T=3 \text{ წმ}$ $R=2,5\text{მ}$	$a = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = \frac{4 \cdot 10 \cdot 2.5}{9} = \frac{100}{9} \approx 11\text{მ/წმ}^2$

**პასუხი:**  $\approx 11\text{მ/წმ}^2$

- წრეწირზე 0,25 წმ<sup>-1</sup> სიხშირით მბრუნავი ნივთიერი წერტილის ცენტრისკენული აჩქარება 5 მ/წმ<sup>2</sup>-ია. რისი ტოლია წრეწირის რადიუსი?

ამოხსნა:

? R	ნივთიერი n წერტილის წრეწირზე ბრუნვის აჩქარება: $a = 4\pi^2 \cdot R \cdot n^2 \Rightarrow R = \frac{a}{4\pi^2 n^2} = \frac{5}{4 \cdot 10 \cdot 0.0625} = 2\theta$
მოც.: $n=0.25\text{წმ}^{-1}$ $a=5\text{მ/წმ}^2$	

**პასუხი:** წრეწირის რადიუსია 2მ.

5. რისი ტოლია კედლის საათის ისრის წვეროს წირითი სიჩქარე, თუ მისი ბრუნვის კუთხური სიჩქარე 0,1 რად/წმ-ია, წვეროს ცენტრისკენული აჩქარების მოდული კი  $2 \cdot 10^{-3}$  მ/წმ<sup>2</sup>.

ამოხსნა:

? $\vartheta$	როგორც ვიცით: $\vartheta = \omega \cdot R$ (1) $a = \omega^2 \cdot R \Rightarrow \omega \cdot R = \frac{a}{\omega}$ (2) თუ (2) გავითვალისწინებთ (1)-ში მივიღებთ $\vartheta = \frac{a}{\omega} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{0,1} = 0,02$ მ/წმ
მოც.: $\omega = 0,1$ რად/წმ $a=2 \cdot 10^{-3}$ მ/წმ <sup>2</sup>	

**პასუხი:** 0,02 მ/წმ.

6. მოთხილამურე ეშვება ფერდობზე, რომელსაც აქვს წრეწირის რკალის ფორმის ორი ჩაღრმავება. პირველის სიმრუდის რადიუსი 10 მ-ია, მეორესი კი – 40 მ. რისი ტოლია A წერტილში მოთხილამურეს ცენტრისკენული აჩქარების მოდულის შეფარდება B წერტილში ცენტრისკენული აჩქარების მოდულთან, თუ მისი სიჩქარე A და B წერტილებში შესაბამისად არის 10 მ/წმ და 8 მ/წმ.

ამოხსნა:

? $a_A / a_B$ .	A წერტილში სხეულის ცენტრისკენული აჩქარება $a_A = \frac{v_A^2}{R}$ (1), ხოლო B წერტილში $a_B = \frac{v_B^2}{R}$ (2) (1): (2) მივიღებთ: $\frac{a_A}{a_B} = \frac{\frac{v_A^2}{R_A}}{\frac{v_B^2}{R_B}} = 6.25$
მოც.: $R_A = 10\text{მ}$ $R_B = 40\text{მ}$ $v_A = 10$ მ/წმ $v_B = 8$ მ/წმ	

**პასუხი:**  $\frac{a_A}{a_B} = 6.25$

7. ავტომობილი ერთი და იმავე სიჩქარით მოძრაობდა ჯერ 100 მ რადიუსის, შემდეგ კი – 50 მ რადიუსის მოსახვევში. რამდენჯერ აღემატება ავტომობილის ცენტრისკენული აჩქარება მეორე მოსახვევში, პირველ მოსახვევში ცენტრისკენულ აჩქარებას?

ამოხსნა:

? $a_2 / a_1$	პირველ მოსახვევში ცენტრისკენული აჩქარებაა $a_1 = \frac{v_1^2}{R_1}$ (1), ხოლო მეორეში $a_2 = \frac{v_2^2}{R_2}$ (2). (2):(1) მივიღებთ $\frac{a_2}{a_1} = \frac{R_1}{R_2} = 2$
მოც.: $R_1=100\text{მ}$ $R_2=50\text{მ}$	

**პასუხი:** 2.

8. 3 მ სიგრძის თოვზე ჩამოკიდებულია საქანელა, რომელზეც ქანაობს 40 კგ მასის ბიჭი. განსაზღვრეთ ბიჭის ცენტრისკენული აჩქარება მისი ტრაექტორიის ქვედა წერტილში, თუ ამ მდებარეობაში ბიჭის კინეტიკური ენერგია 300 ჯ-ია.

ამოხსნა:

$? a$ მოც.: $R=3\text{მ}$ $m = 40\text{კგ}$ $E=300\text{ჯ}$	როგორც ვიცით, $a = \frac{v^2}{R}$ (1), ხოლო $E = \frac{m \cdot v^2}{2} \Rightarrow v^2 = \frac{2E}{m}$ (2) თუ (2)-ს გავითვალისწინებთ (1)-ში მივიღებთ $a = \frac{2E}{mR}$ (*) $\Rightarrow (*) a = \frac{2 \cdot 300}{40 \cdot 3} = 5 (\text{მ/წმ}^2)$
----------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**პასუხი:**  $a = 5 \text{ მ/წმ}^2$

9. 0,5 მ სიგრძის ძაფზე ჩამოკიდებულ ბურთულას მიანიჭეს ჰორიზონტალური 5 მ/წმ სიჩქარე, რის შედეგადაც ბურთულამ ვერტიკალურ სიბრტყეში წრეწირი შემოწერა. რისი ტოლია ბურთულის ცენტრისკენული აჩქარება წრეწირის ქვედა და ზედა წერტილებში?

ამოხსნა:

$? a_2 ; a_1$ მოც.: $R=0,5\text{მ}$	ბურთულის ცენტრისკენული აჩქარება წრეწირის ქვედა წერტილში ტოლია $a = \frac{v^2}{R}$ (1) საიდანაც $a_1 = \frac{v_1^2}{R}$ (*) $v_1 = 5 \text{ მ/წმ} \Rightarrow (*) a_1 = 25/0,5 = 50 (\text{მ/წმ}^2)$
----------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ავაგოთ ნახაზი და ვიპოვოთ აჩქარება წრეწირის ზედა წერტილში, ამისათვის გავიხსენოთ მერვე კლასში ნასწავლი მექანიკური ენერგიის მუდმივობის კანონი. პოტენციალური ენერგიის ნულოვან დონედ ქვედა წერტილზე გამავალი ჰორიზონტალური წრფე მივიჩნიოთ და დავწეროთ ენერგიის მუდმივობის კანონი  $E_{კ1} + E_{პ1} = E_{კ2} + E_{პ2}$ . ვინაიდან წრეწირის ქვედა წერტილში სხეულის პოტენციური ენერგია ნულია, ამიტომ გვექნება  $E_{კ1} = E_{კ2} + E_{პ2}$  და გვექნება

$$\frac{m v_1^2}{2} = 2mgR + \frac{m v_2^2}{2} \Rightarrow v_2^2 = v_1^2 - 4gR \text{ თუ ტოლობის ორივე მხარეს გავყოფთ } R\text{-ზე მივიღებთ } a_2 = a_1 - 4g (**) \Rightarrow (**) a_2 = 10 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}^2}$$

**პასუხი:**  $a_1 = 50 \text{ მ/წმ}^2, a_2 = 10 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}^2}$

10. 1 მ სიგრძის ძაფზე ჩამოკიდებულ ბურთულას მიანიჭეს ისეთი ჰორიზონტალური სიჩქარე, რომ ბურთულამ საწყისი დონიდან 10 სმ სიმაღლეს მიაღწია. რისი ტოლია ბურთულის ცენტრისკენული აჩქარება საწყის (სიჩქარის მინიჭების) მომენტში?

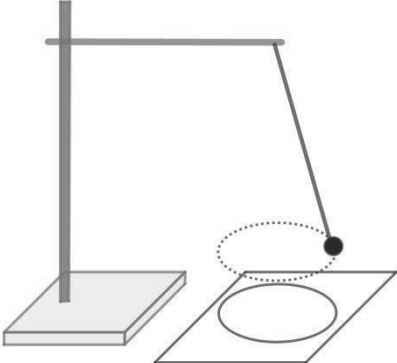
ამოხსნა:

$? a$ მოც.: $L=1\text{მ}$ $h=10\text{სმ}=0,1\text{მ}$	როგორც ვიცით $a = \frac{v^2}{l}$ (1) ბურთულას საწყისი სიჩქარის საპოვნელად ვისარგებლოთ ენერგიის მუდმივობის კანონით, ნულოვან დონედ მივიღოთ ბურთულის საწყისი მდებარეობა, მაშინ ამ მდებარეობაში სხეულს ექნება მხოლოდ კინეტიკური ენერგია, ხოლო 10სმ სიმაღლეზე მხოლოდ პოტენციალური, ამიტომ შეგვიძლია დავწეროთ $E_{კინ} = E_{პოტ}$ , ე.ი. $\frac{m v^2}{2} = mgh$ , საიდანაც $v^2 = 2gh$ (2) $(2) \rightarrow (1) a = \frac{2gh}{l} (*) \Rightarrow (*) a = 2 \text{ მ/წმ}^2$
-------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**პასუხი:**  $a = 2 \text{ მ/წმ}^2$

## §1.15. წრეწირზე სხეულის ბრუნვის მახასიათებელი სიდიდეების განსაზღვრა

(ლაბორატორიული სამუშაო)

გაკვეთილის თემა	წრეწირზე სხეულის ბრუნვის მახასიათებელი სიდიდეების განსაზღვრა
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<p>სხეულის წრეწირზე თანაბრი მოძრაობა აღიწერება შემდეგი სიდიდეებით:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ბრუნვის პერიოდი <math>T = \frac{t}{N}</math>, რომელშიც <math>N</math> დროის <math>t</math> შუალედში შესრულებული ბრუნთა რიცხვია;</li> <li>• კუთხური სიჩქარე <math>\omega = \frac{2\pi}{T}</math>;</li> <li>• წირითი სიჩქარით: <math>v = \omega R</math>, რომელშიც <math>R</math> სხეულის ბრუნვის რადიუსია;</li> <li>• ცენტრისკენული აჩქარებით: <math>a_{\text{ც}} = \frac{v^2}{R}</math> ან <math>a_{\text{ც}} = \omega^2 R</math>.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	წრეწირზე თანაბრად მოძრავი სხეულის ბრუნვის პერიოდის, წირითი და კუთხური სიჩქარეებისა და ცენტრისკენული აჩქარების განსაზღვრა.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	<p>ფიზ.საბ.7. მონაცემების გაანალიზება და არგუმენტირებული მსჯელობის საფუძველზე დასკვნების გამოტანა, ცვლადებს შორის დამოკიდებულების აღსაწერად დიაგრამებისა და გრაფიკების გამოყენება;</p> <p>ფიზ.საბ.8. მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/კანონზომიერებების საჩვენებლად;</p> <p>ფიზ.საბ.9. ცდისა და ექსპერიმენტის დაგეგმვისა და ჩატარებისას უსაფრთხოების წესების დაცვა.</p>
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, ჯგუფური მუშაობა.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	მრუდწირული მოძრაობა, პერიოდი, სიხშირე, კუთხური სიჩქარე, წირითი სიჩქარე, ბრუნვის რადიუსი, აჩქარება ცენტრისკენული აჩქარება.
წინარე ცოდნა	წრეწირზე მოძრაობა, პერიოდი, სიხშირე, წირითი და კუთხური სიჩქარე.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> ცნებების განმარტება, მასთან დაკავშირებული ფაქტებისა და თეორიული მასალის ცოდნის საფუძველზე მრუდწირული მოძრაობის მახასიათებელი სიდიდის განსაზღვრა.</p> <p><b>მიზანი:</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება. მასწავლებელი ყოფს კლასს 4-5 კაციან ჯგუფებად.</p> 

ჯგუფები ატარებენ ცდებს ითვლიან მრუდწირული მოძრაობის მახასიათებელ სიდიდეებს.

**აქტივობა 2.** ლაბორატორიული სამუშაო.

- 35-40 სმ სიგრძის ძაფის ერთი ბოლო მიაბით კაუჭიან ბურთულას, ხოლო მეორე კი დაამაგრეთ შტატივის თათზე;
- თაბახის ფურცელზე ფარგლით შემოხაზეთ 10 სმ რადიუსის წრეწირი და მკაფიოდ აღნიშნეთ მასზე წრეწირის ცენტრი. ფურცელი მოათავსეთ ბურთულას ქვეშ ისე, რომ ბურთულა აღმოჩნდეს ზუსტად წრეწირის ცენტრის თავზე.
- მოკიდეთ ძაფს ხელი დაკიდების წერტილის სიახლოვეს და ისე აამოძრავეთ, რომ ბურთულამ დაიწყოს მოძრაობა წრეწირზე, ფურცელზე დახაზულის ტოლი რადიუსით;
- წამზომის ჩართვასთან ერთად დაიწყეთ სრული ბრუნების დათვლა და გაზომეთ 10 ბრუნის შესრულებისთვის საჭირო დროის შუალედი  $t$ ;
- ცდა გაიმეორეთ 5-ჯერ და გაზომილი დროის შუალედები ჩაწერეთ რვეულში;
- გამოთვალეთ 10 ბრუნის შესასრულებლად საჭირო საშუალო დრო:

$$t_{საშ} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}{5};$$

- გამოთვალეთ ბურთულას წრეწირზე მოძრაობის საშუალო პერიოდი:

$$T_{საშ} = \frac{t_{საშ}}{N} (N = 10);$$

- ბრუნვის მახასიათებელი სიდიდეების ფორმულებით გამოთვალეთ:  $\omega_{საშ}$   $v_{საშ}$   $a_{ც_{საშ}}$ ;
- მიღებული შედეგები ჩაწერეთ რვეულში.

**აქტივობა 3.** მასწავლებელი აკვირდება მოსწავლეების მუშაობას, საჭიროების შემთხვევაში აძლევს მითითებას და ეხმარება სამუშაოს შესრულებაში.

**მიზანი:** მოსწავლეებმა შეძლონ სამუშაოს წარმატებით შესრულება,

**აქტივობა 4.** მოსწავლეები წარადგენენ ცდით მიღებული შედეგების პრეზენტაციას.

**მიზანი:** შედეგების გაცნობა.

**აქტივობა 5.** ერთად ამოვხსნათ ამოცანა.

სახელმძღვანელოში მოცემული ამოცანის ამოხსნის ნიმუშის განხილვა „ერთად ამოვხსნათ ამოცანა“. მასწავლებლის მიერ მინიშნებითა და მოსწავლეებისთვის მნიშვნელოვან კითხვებზე პასუხების გაცემით მიიყვანეთ მოსწავლეები ამოცანის ამოხსნამდე.

**მიზანი:** მაღალ სააზროვნო უნარებზე გაყვანა.

**აქტივობა 6.** ინდივიდუალური მუშაობა.

მოსწავლეები ხსნიან ამოცანას.

**მიზანი.** მიღებული ცოდნის გამოყენება. ამოცანების ამოხსნა.

**აქტივობა 7.** შეჯამება/შეფასება.

მოსწავლეები ერთობრივად აანალიზებენ ცდით მიღებულ შედეგებს. იაზრებენ დასმულ ამოცანას, ხსნიან დამოუკიდებლად, მსჯელობენ ამოცანის გადაწყვეტის გზებზე.

	მასწავლებელი იყენებს განმავითარებელ შეფასებას, ჯგუფურ, ინდივიდუალურ მუშაობას, ლაბორატორიული სამუშაოს. შეფასების რუბრიკები მასწავლებელს (დანართი) გამოკრული აქვს წინასწარ. <b>მიზანი:</b> შეძლონ მიღებული შედეგების გაანალიზება და დასკვნების გამოტანა.
რესურსები	სახელმძღვანელო, შტატივი თათით, ლითონის ბურთულა კაუჭით, თოკი, თაბახის ფურცელი, წამწამი, სახაზავი, ფარგალი.
შეფასების კრიტერიუმები	დამოუკიდებელი ჯგუფური მუშაობის უნარი, ლაბორატორიული სამუშაოს შეფასების უნარი.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	ამოცანების ამოხსნა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლეები შეძლებენ ლაბორატორიული სამუშაოს შესრულების შედეგების პრეზენტაციას, მიღებული ცოდნის გამოყენებას ამოცანების ამოხსნისას.

### §1.16. სხეულის ბრუნვა უძრავი ღერძის გარშემო

გაკვეთილის თემა	უძრავი ღერძის გარშემო სხეულის ბრუნვის შესწავლა
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<p>სხეულის წრეწირზე თანაბრი მოძრაობა აღიწერება შემდეგი სიდიდეებით:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ბრუნვის პერიოდი <math>T = \frac{t}{N}</math>, რომელშიც <math>N</math> არის დროის <math>t</math> შუალედში შესრულებული ბრუნთა რიცხვი;</li> <li>• კუთხური სიჩქარე <math>\omega = \frac{2\pi}{T}</math>;</li> <li>• წირითი სიჩქარით: <math>v = \omega R</math>, რომელშიც <math>R</math> სხეულის ბრუნვის რადიუსია;</li> <li>• ცენტრისკენული აჩქარება: <math display="block">a_{\beta} = \frac{v^2}{R} \text{ ან } a_{\beta} = \omega^2 R.</math></li> <li>• მყარი სხეულის მის ყველა წერტილს ერთი და იგივე კუთხური სიჩქარე აქვს.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	რაიმე ღერძის გარშემო მბრუნავი მყარი სხეულის ბრუნვის მახასიათებელი პარამეტრების შესახებ მსჯელობა
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	<p>ფიზ.საბ.7. მონაცემების გაანალიზება და არგუმენტირებული მსჯელობის საფუძველზე დასკვნების გამოტანა, ცვლადებს შორის დამოკიდებულების აღსაწერად დიაგრამებისა და გრაფიკების გამოყენება;</p> <p>ფიზ.საბ.8. მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/ კანონზომიერებების საჩვენებლად; ფიზ.საბ.9 ცდისა და ექსპერიმენტის დაგეგმვისა და ჩატარებისას უსაფრთხოების წესების დაცვა.</p>

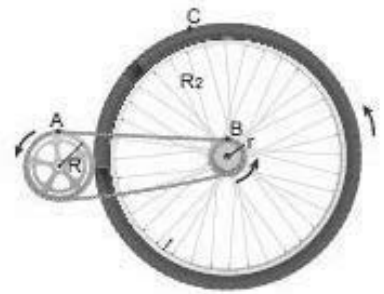
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, ჯგუფური მუშაობა.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	მრუდწირული მოძრაობა, პერიოდი, სიხშირე, კუთხური სიჩქარე, წირითი სიჩქარე, ბრუნვის რადიუსი, აჩქარება ცენტრისკენული აჩქარება.
წინარე ცოდნა	წრეწირზე მოძრაობა, პერიოდი, სიხშირე, წირითი და კუთხური სიჩქარე. ცენტრისკენული აჩქარება.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> სამიზნე ცნებების განმარტება, მასთან დაკავშირებული ფაქტებისა და თეორიული მასალის ცოდნის საფუძველზე მრუდწირული მოძრაობის მახასიათებელი სიდიდის განსაზღვრა.</p> <p><b>მიზანი:</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება.</p> <p>მასწავლებელი ყოფს კლასს 4-5 კაცთან ჯგუფებად. ჯგუფები ატარებენ ცდას: „რაიმე მყარი სხეულის საკუთარ თავთან დაკავშირებული ღერძის ირგვლივ ბრუნვის შესწავლა“.</p> <p>მოსწავლეები სხეულზე ნებისმიერად მონიშნავენ ორ წერტილს. დააფიქსირებენ მათ საწყის მდებარეობას. დააბრუნებენ სხეულს ღერძის ირგვლივ და როდესაც ერთ-ერთი წერტილი დაუბრუნდება საწყის მდებარეობას, შეამოწმებენ მეორე წერტილიც დაუბრუნდა თუ არა თავის საწყის მდებარეობას. მოსწავლეებს გამოაქვთ დასკვნა, რომ მყარი სხეულის ბრუნვისას ერთსა და იმავე დროში სხეულის ყველა წერტილი ერთი და იმავე კუთხეს შემოიწერს.</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> მასწავლებელი აკვირდება მოსწავლეების მუშაობას, საჭიროების შემთხვევაში აძლევს მითითებას და ეხმარება სამუშაოს შესრულებაში.</p> <p><b>მიზანი:</b> მოსწავლეებმა შეძლონ სამუშაოს წარმატებით შესრულება,</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> მოსწავლეები აკეთებენ ცდით მიღებული შედეგების პრეზენტაციას.</p> <p><b>მიზანი:</b> შედეგების გაცნობა.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> ერთად ამოვხსნათ ამოცანა.</p> <p>სახელმძღვანელოში მოცემული ამოცანის ამოხსნის ნიმუშის განხილვა „ერთად ამოვხსნათ ამოცანა“. მასწავლებლის მიერ მინიშნებითა და მოსწავლეებისთვის მნიშვნელოვან კითხვებზე პასუხების გაცემით მიიყვანეთ მოსწავლეები ამოცანის ამოხსნამდე.</p> <p><b>მიზანი:</b> მაღალ სააზროვნო უნარებზე გაყვანა.</p> <p><b>აქტივობა 5.</b> ინდივიდუალური მუშაობა.</p> <p>მოსწავლეები ხსნიან ამოცანას.</p> <p><b>მიზანი.</b> მიღებული ცოდნის გამოყენება. ამოცანების ამოხსნა.</p> <p><b>აქტივობა 6. შეჯამება/შეფასება.</b></p> <p>მოსწავლეები ერთობრივად აანალიზებენ ცდით მიღებულ შედეგებს. იაზრებენ დასმულ ამოცანას, ხსნიან დამოუკიდებლად, მსჯელობენ ამოცანის გადაწყვეტის გზებზე.</p> <p>მასწავლებელი აკეთებს განმავითარებელ შეფასებას. აფასებს ჯგუფურ, ინდივიდუალურ მუშაობას, ლაბორატორიული სამუშაოს. შეფასების რუბრიკები მასწავლებელს (დანართი)</p>



	გამოკრული აქვს წინასწარ. <b>მიზანი:</b> შეძლონ მიღებული შედეგების გაანალიზება და დასკვნების გაკეთება.
რესურსები	სახელმძღვანელო. მყარი სხეული, შტატივი
შეფასების კრიტერიუმები	დამოუკიდებელი და ჯგუფური მუშაობის უნარი, ლაბორატორიული სამუშაოს შეფასების უნარი.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	ამოცანების ამოხსნა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლეები შეძლებენ ლაბორატორიული სამუშაოს შესრულების შედეგების პრეზენტაციას, მიღებული ცოდნის გამოყენებას ამოცანების ამოხსნისას.

**ერთად ამოხსნათ ამოცანა:**

ველოსიპედის წამყვანი კბილანას რადიუსია  $R=20$  სმ.  $R_2= 50$  სმ რადიუსის ბორბალთან მყარად მიმაგრებული კბილანას რადიუსი –  $r=10$  სმ. რისი ტოლია ბორბლის ფერსოს (ზედაპირის) წერტილების წირითი სიჩქარე, თუ წამყვანი კბილანა ბრუნავს  $n_1=2,5$  ბრ/წმ სიხშირით? მიიჩნიეთ, რომ კბილანების დამაკავშირებელი ლითონის ლენტი უჭიმვადია და კბილანებზე არ სრიალებს.



**ამოხსნა:**

წამყვანი კბილანას A წერტილი და ბორბლის კბილანას B წერტილი ერთმანეთთან დაკავშირებულია ლენტით, რომლის სიგრძეც უცვლელია. ამიტომ A და B წერტილების წირითი სიჩქარეები ერთნაირი უნდა იყოს. ასევე ერთნაირი იქნება კბილანების ფერსოს წერტილების წირითი სიჩქარეები. A წერტილის წირითი სიჩქარე გამოისახება შემდეგნაირად:  
 $v_1=2\pi R/T_1=2\pi Rn_1$ . B წერტილის წირითი სიჩქარე:  $v_2=2\pi r/T_2=2\pi rn_2$ , რომელშიც  $n_2$  მცირე რადიუსის კბილანის ბრუნვის სიხშირეა. გავუტოლოთ ერთმანეთს:  $v_1=v_2$ .  $2\pi Rn_1=2\pi rn_2 \Rightarrow n_2=Rn_1/r=5$  (ბრ/წმ). ვინაიდან ველოსიპედის ბორბალი მყარადაა მიმაგრებული მცირე რადიუსის კბილანაზე, იგი კბილანასთან ერთად ბრუნავს და ბორბლის ბრუნვის სიხშირეც  $n_2=5$  ბრ/წმ-ის ტოლი იქნება. თუ ბორბლის ფერსოს C წერტილის წირით სიჩქარეს გამოვსახავთ ბორბლის ბრუნვის სიხშირით და რადიუსით, მივიღებთ:  $v_3=2\pi R_2n_2 \approx 15,7$  (მ/წმ).

**ამოცანები და ამოხსნები:**

- დედამიწა ბრუნავს მისი წარმოსახვითი ღერძის გარშემო, რომელიც დედამიწის ჩრდილოეთ და სამხრეთ პოლუსებზე გადის. რისი ტოლია პოლუსის წერტილების კუთხური სიჩქარე?

**ამოხსნა:** დედამიწის წარმოსახვითი ღერძი დედამიწის ჩრდილო და სამხრეთ პოლუსებზე გადის, ამიტომ ამ წერტილების კუთხური სიჩქარე 0-ის ტოლია.

2. რისი ტოლია დედამიწის ეკვატორის წერტილების წირითი სიჩქარე, თუ დედამიწის რადიუსი 6400 კმ-ია, ხოლო საკუთარი ღერძის გარშემო ბრუნვის პერიოდი 24 სთ (ერთი დღე-ღამე)?

ამოხსნა:

? $v$	წირითი სიჩქარე $v = \frac{2\pi R}{t}$ (*) $\rightarrow (*) v = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 6.4 \cdot 10^6}{86400} \approx 465 \text{ მ/წმ}$ $t = 24 \text{ სთ} = 86400 \text{ წმ}$
მოც.: $R=6400 \text{ კმ} = 6,4 \cdot 10^6 \text{ მ}$	

**პასუხი:** 465 მ/წმ

3. რამდენჯერ აღემატება ეკვატორის წერტილების ცენტრისკენული აჩქარება დედამიწის 60°-იან განედზე არსებული წერტილების ცენტრისკენულ აჩქარებას?  
 მინიშნება: მოცემული წერტილის გეოგრაფიული განედი არის კუთხე, რომელსაც ადგენს ამ წერტილზე გავლებული შვეული ეკვატორის სიბრტყესთან.

ამოხსნა:

? $\frac{\alpha_1}{\alpha_2}$	დედამიწის ეკვატორის წერტილებისა და 60°-იანი განედზე მდებარე წერტილების კუთხური სიჩქარეები ერთმანეთის ტოლია $\omega_1 = \omega_2 = \omega$ ხოლო ამ წერტილების ცენტრისკენული აჩქარება $a = \omega^2 \cdot R$ ეკვატორის წერტილების ცენტრისკენული აჩქარებაა $\alpha_1 = \omega^2 \cdot R$ , ხოლო 60°-იან განედზე მდებარე წერტილების ცენტრისკენული აჩქარება $\alpha_2 = \omega^2 \cdot R \cos 60^\circ = (\omega^2 \cdot R)/2$ $\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{\omega^2 R}{\frac{1}{2} \omega^2 R} = 2$
მოც.: $R=6400 \text{ კმ} = 6,4 \cdot 10^6 \text{ მ}$ $A=60^\circ$	

**პასუხი:** ეკვატორის წერტილების ცენტრისკენული აჩქარება დედამიწის 60°-იანი განედის წერტილების ცენტრისკენულ აჩქარებაზე 2-ჯერ მეტია.

4. რამდენჯერ აღემატება საათის ისრის წვეროს წირითი სიჩქარე, ამავე ისრის შუა წერტილის წირით სიჩქარეს?

ამოხსნა: საათის ისრის წვეროს და ამავე ისრის შუა წერტილის კუთხური სიჩქარეები ერთმანეთის ტოლია, ხოლო ამ წერტილების რადიუსები  $\frac{R_1}{R_2} = 2$ , მაშინ ამ წერტილების წირითი სიჩქარეთა ფარდობა ტოლი იქნება  $\frac{v_1}{v_2} = \frac{\omega R_1}{\omega R_2} = 2$

**პასუხი:** საათის ისრის წვეროს წერტილების წირითი სიჩქარე 2-ჯერ მეტია მისი შუა წერტილის წერტილის წირითი სიჩქარე.

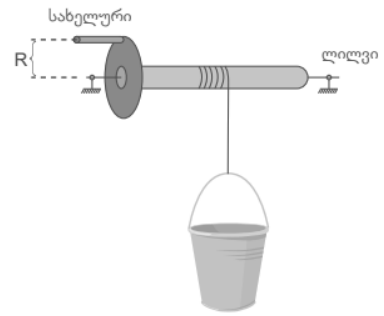
5. იპოვეთ საათის წამების მაჩვენებელი ისრის შუაწერტილის ცენტრისკენული აჩქარება, თუ ისრის სიგრძე 30 სმ-ია. მიიჩნიეთ, რომ ისარი თანაბრად ბრუნავს.

ამოხსნა:

? $a$	როგორც ვიცით $a = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = \frac{4 \cdot 10 \cdot 0,3}{3600} = 0,003 \text{ მ/წმ}^2$
მოც.: $R_1 = 30 \text{ სმ} = 0,3 \text{ მ}$ $T = 1 \text{ წთ} = 60 \text{ წმ}$	

**პასუხი:** საათის წამების მაჩვენებელი ისრის შუაწერტილის ცენტრისკენული აჩქარებაა 0,003 მ/წმ<sup>2</sup>.

6. ჭიდან წყლის ამოსაღები ჯალამბრის სახელურის რადიუსი 40 სმ-ია (სურ.1)ლილვის რადიუსი კი 10 სმ. რა წირითი სიჩქარით ამოდრავებს მოსწავლე სახელურს, თუ ლილვის ზედაპირის წერტილების ცენტრისკენული აჩქარება 0,1 მ/წმ<sup>2</sup>-ია?



ამოხსნა:

? $v$	ლილვის და სახელურის კუთხური სიჩქარე ერთმანეთის ტოლია $\omega_1 = \omega_2 = \omega$ ლილვის ცენტრისკენული აჩქარება $a = \omega^2 \cdot r \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{a}{r}}$
მოც.: $R = 40\text{სმ} = 0,4\text{მ}$	
$r = 10\text{სმ} = 0,1\text{მ}$	
$a = 0,1\text{მ/წმ}^2$	

სახელურის წირითი სიჩქარე კი  $v = \omega \cdot R$  თუ კუთხური სიჩქარის მნიშვნელობას

გავითვალისწინებთ მივიღებთ  $v = \sqrt{\frac{a}{r}} \cdot R = \sqrt{\frac{0,1}{0,1}} \cdot 0,4 = 0,4 \text{ მ/წმ}$

**პასუხი:** სახელურის წირითი სიჩქარე 0,4 მ/წმ-ია.

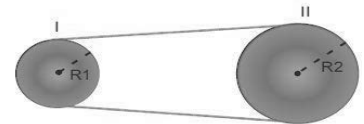
7. წინა ამოცანის პირობის მიხედვით განსაზღვრეთ ლილვზე ჩამოკიდებული სათლის სიჩქარე და ჯალამბარის სახელურის ცენტრისკენული აჩქარება.

ამოხსნა: წინა ამოცანაში მოცემული მსჯელობიდან გამომდინარე ლილვზე ჩამოკიდებული სათლის სიჩქარე  $v = \omega r = \sqrt{ar} = 0,1 \text{ მ/წმ}$ , ხოლო სახელურის ცენტრისკენული აჩქარება

$$a_1 = \frac{v^2}{R} = 0,4\text{მ/წმ}^2$$

**პასუხი:** ლილვზე ჩამოკიდებული სათლის სიჩქარეა 0,1მ/წმ, ხოლო სახელურის ცენტრისკენული აჩქარება 0,4 მ/წმ<sup>2</sup>.

8. უძრავი ღერძის მქონე ორი ჭოჭონაქი, რომელთა რადიუსები შესაბამისად არის 20 სმ და 40 სმ, ერთმანეთთან დაკავშირებულია მათზე გადადებული უჭიმვადი ღვედით. რისი ტოლია მეორე ჭოჭონაქის ბრუნვის კუთხური სიჩქარე, თუ პირველის კუთხური სიჩქარე 2 რად/წმ-ია? მიიჩნიეთ, რომ ღვედი ჭოჭონაქებზე არ სრიალებს.

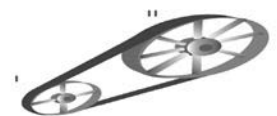


ამოხსნა:

? $\omega_2$	I და II ჭოჭონაქები ერთნაირად ბრუნავს მათზე გადადებული ღვედის საშუალებით და დისკოების წირითი სიჩქარეები ერთმანეთის ტოლია $v_1 = v_2$ (1) $v_1 = \omega_1 \cdot R_1$ (2) $v_2 = \omega_2 \cdot R_2$ (3) $\omega_1 = 2\text{რად/წმ}$ (2) $\wedge$ (3) $\rightarrow$ (1) $\omega_1 \cdot R_1 = \omega_2 \cdot R_2 \Rightarrow \omega_2 = \frac{\omega_1 \cdot R_1}{R_2} = \frac{2 \cdot 0,2}{0,4} = 1 \text{ რად/წმ}$
მოც.:	
$R_1 = 20 \text{ სმ} = 0,2 \text{ მ}$	
$R_2 = 40 \text{ სმ} = 0,4 \text{ მ}$	

**პასუხი:** მეორე ჭოჭონაქის კუთხური სიჩქარეა 1 რად/წმ.

9. უძრავი ღერძის მქონე ორი ჭოჭონაქი ერთმანეთთან დაკავშირებულია მათზე გადადებული უჭიმვადი ღვედით. ჭოჭონაქების რადიუსები შესაბამისად 31,4 სმ და 40 სმ-ია. რისი ტოლია მეორე ჭოჭონაქის ბრუნვის სიხშირე, თუ პირველის კუთხური სიჩქარე 4 რად/წმ-ია? მიიჩნიეთ, რომ ღვედი ჭოჭონაქებზე არ სრიალებს.



ამოხსნა:

$? n_2$ მოც.: $R_1 = 31,4 სმ = 0,3 მ$ $R_2 = 40 სმ = 0,4 მ$ $\omega_1 = 4 რად/წმ$	I და II ჭოჭონაქები ერთნაირად ბრუნავს მათზე გადადებული ღვედის საშუალებით და დისკოების წირითი სიჩქარეები ერთმანეთის ტოლია $v_1 = v_2 \quad (1) \quad v_1 = \omega_1 \cdot R_1 \quad (2) \quad v_2 = \omega_2 \cdot R_2 = 2\pi n_2 R_2 \quad (3)$ $(2) \wedge (3) \rightarrow (1) \omega_1 \cdot R_1 = 2\pi n_2 R_2 \Rightarrow n_2 = \frac{\omega_1 \cdot R_1}{2\pi R_2} = \frac{4 \cdot 0,314}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,4} = 0,5 წმ^{-1}$
-----------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**პასუხი:** მეორე ჭოჭონაქის ბრუნვის სიხშირეა  $0,5 წმ^{-1}$

10. დედამიწის ირგვლივ, ეკვატორის სიბრტყეში წრიულ ორბიტაზე ბრუნავს თანამგზავრი ისე, რომ იგი დედამიწის ერთი და იგივე წერტილის თავზე იმყოფება. რისი ტოლია თანამგზავრის დაშორება დედამიწის ზედაპირიდან, თუ მისი ცენტრისკენული აჩქარება  $0,22 მ/წმ^2$ -ია.  
 ამოხსნა:

$? h$ მოც.: $a = 0,22 \frac{მ}{წმ^2}$	რადგან თანამგზავრი დედამიწის ირგვლივ ისე ბრუნავს, რომ დედამიწის ერთი და იმავე წერტილის თავზე იმყოფება ე.ი. დედამიწის და თანამგზავრის კუთხური სიჩქარე და პერიოდი ერთმანეთის ტოლია $\omega_1 = \omega_2 = \frac{2 \cdot \pi}{T}$ და ამ მნიშვნელობას გავითვალისწინებთ ცენტრისკენული აჩქარების გამოსათვლელ ფორმულაში $a = \omega^2 \cdot (R + h) = \frac{4 \cdot \pi^2}{T^2} \cdot (R + h) \text{ აქედან } \Rightarrow h = \frac{a \cdot T^2}{4 \cdot \pi^2} - R, \text{ სადაც } R \text{ დედამიწის რადიუსია, ხოლო } T \text{ პერიოდი.}$
---------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**პასუხი:**  $34657 კმ$ .

## პირველი თავის შემაჯამებელი ამოცანების ამოხსნა

- ვინაიდან სხეულის კოორდინატი 20 მ-დან 10 მ-მდე 4 წამში შემცირდა, სხეულის სიჩქარის გეგმილი იქნება  $-10/4=-2,5$  (მ/წმ). თუ დავწერთ სხეულის კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების ფორმულას  $x=x_0+v_x t$ , საწყისი კოორდინატისთვის მივიღებთ:  $x_0=x-v_x t$ . მერვე წამზე სხეულის კოორდინატი 10 მ-ია. აღნიშნული მონაცემების განტოლებაში შეტანით მივიღებთ:  $x_0=10-(-2,5)\cdot 8=30$  (მ).  
პასუხი: 30 მ და -2,5 მ/წმ.
- ავტომობილის კოორდინატი 60 მ-დან 40 მ-მდე 4 წამში შემცირდა. ამიტომ, მისი სიჩქარის მოდული  $(60-40)/4=5$  (მ/წმ) იქნება. მერვე წამის მომენტში ავტომობილის კოორდინატი 40 მ-ია. კოორდინატი, რომ 0-მდე შემცირდეს, მან კიდევ 40 მ უნდა გაიაროს ღერძის საწინააღმდეგო მიმართულებით. ვინაიდან მისი სიჩქარის მოდული 5 მ/წმ-ია, იგი კიდევ 40 მ-ის გავლას 8 წამში მოახერხებს.  
პასუხი: 5 მ/წმ და 16 წმ.
- ა)  $v_x=(30-15)/(20-10)=1,5$  (მ/წმ);  
ბ) მოცემულმა წრფემ საკოორდინატო სისტემის სათავეზე, რომ გაიაროს სხეულის კოორდინატის ცვლილება პირველ 10 წამში 15 მ უნდა იყოს და, შესაბამისად, სხეულის სიჩქარე 1,5 მ/წმ-ის ტოლი უნდა გამოვიდეს. წინა ნაწილში სხეულის სიჩქარე მართლაც 1,5 მ/წმ მივიღეთ. ესე იგი მოცემული წრფე ნამდვილად გაივლის საკოორდინატო სისტემის სათავეზე;  
გ) ვინაიდან წრფივი თანაბარი მოძრაობისას სხეულის სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკის  $t$  ღერძთან დახრის კუთხის ტანგენსი ამ სხეულის სიჩქარის მოდულის ტოლია ( $v=tg \alpha$ ), ხოლო მოცემულ შემთხვევაში  $\alpha$  მახვილი კუთხეა, სხეულის სიჩქარის მოდულის გაზრდით დახრის კუთხის ტანგენსი გაიზრდება.
- ა) პირველი სხეულის სიჩქარის მოდული:  $v_1=(60-10)/5=10$  (მ/წმ); მეორე სხეულის სიჩქარის მოდული:  $v_2=(60-0)/12=5$  (მ/წმ);  
ბ) პირველი სხეული მეორეს უსწრებს 5 მ/წმ სიჩქარით, ამასთან პირველი სხეული საწყის მომენტში მეორისგან 10 მ-ით წინ იყო. ამიტომ 120 წამის შემდეგ მათ შორის მანძილი იქნება  $10+120\cdot 5=610$  მ.  
 $x_1=10+10t$ ;  $x_2=5t$ .
- ვინაიდან ახეულის კოორდინატი 10 წამში 100 მ-ით გაიზარდა, სხეულის სიჩქარის გეგმილი 10 მ/წმ-ია. კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების ფორმულა იქნება:  
 $x=-50+10t$ ; გრაფიკის დროის ღერძთან გადაკვეთის მომენტში სხეულის კოორდინატი 0-ის ტოლი გახდა, ამიტომ  $0=-50+10t \Rightarrow t=5$  წმ.
- სურათზე გრაფიკების გადაკვეთის წერტილის შესაბამისი დროის მომენტი გვიჩვენებს მათი შეხვედრის დროს. მეორე სხეულის კოორდინატი 4 წამში 60 მ-ით შემცირდა, ამიტომ მეორე სხეულის სიჩქარის გეგმილი -15 მ/წმ-ია. შესაბამისად, მეორე სხეულის კოორდინატი 30 მ-ით შემცირდებოდა  $30/15=2$  წამში. ეს კი სწორედ სხეულების შეხვედრის მომენტია. თუ პირველი სხეულის საწყისი კოორდინატი 15 მ-ია და მისი კოორდინატი 2 წმ-ის შემდეგ 30 მ-ის ტოლი გახდა, მისი სიჩქარის მოდული  $(30-15)/2=7,5$  მ/წმ-ია. პასუხი: 2 წმ და 7,5 მ/წმ.
- სხეულების შეხვედრის დროის საპოვნელად მათი კოორდინატები გავუტოლოთ ერთმანეთს:  $310-20t=40+10t \Leftrightarrow 30t=270$ .  $t=9$  წმ. მათი შეხვედრის კოორდინატის საპოვნელად მიღებული

დროის მომენტი შევიტანოთ ერთ-ერთ განტოლებაში:  $x=40+10\cdot 9=130$  (მ). პასუხი: 9 წმ და 130 მ.

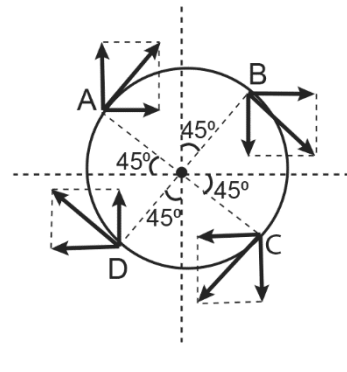
8. სხეულების შეხვედრის დროის საპოვნელად მათი კოორდინატები გავუტოლოთ ერთმანეთს:  $15t=200+10t \Leftrightarrow t=40$  წმ. შეხვედრის კოორდინატის გამოსათვლელად, მიღებული დროის მომენტი შევიტანოთ ერთ-ერთ განტოლებაში:  $x=15\cdot 40=600$  (მ). პასუხი: 40 წმ და 600 მ.

9. პირობითად მივიჩნიოთ, რომ პირველი სხეული მოძრაობს  $x$  ღერძის გასწვრივ, ხოლო მეორე -  $y$ -ის გასწვრივ. მაშინ 60 წმ-ის შემდეგ პირველის კოორდინატი იქნება  $x=60\cdot 9=540$  (მ). მეორის კოორდინატი -  $y=60\cdot 12=720$  (მ). მათ შორის მანძილი  $S=\sqrt{x^2 + y^2} = 900$  (მ).

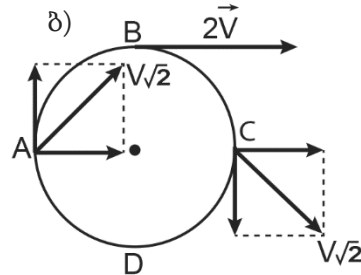
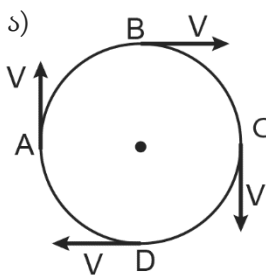
10. მატერებელი კვეტასთან მივა 30 წმ-ში. ვინაიდან შლაგბაუმი მატარებლის მისვლამდე 18 წმ-ით ადრე იკეტება, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ შლაგბაუმი საწყისი მომენტიდან 12 წამში დაიკეტება. ავტომობილისთვის საკმარისია შლაგბაუმს მის დაკეტვამდე, ანუ საწყისი მომენტიდან 12 წამში გასცდეს. შემდეგ კი 18 წამი დარჩება ლიანდაგების გადასაკვეტად, რაც ამოცანის პირობის თანახმად სრულიად საკმარისია. თუ ავტომობილი 120 მ-ით დაშორებულ შლაგბაუმს მის ჩაკეტვამდე გასცდება, ავტომობილმა სულ მცირე  $120/12=10$  მ/წმ სიჩქარით უნდა იმოძრაოს. პასუხი 10 მ/წმ.

11.  $x_{12}=x_1-x_2=50-11t-(-300+24t)=350-35t$ . პასუხი:  $x_{12}=350-35t$ .

12. სურათზე მითითებულ წერტილებში სხეულის სიჩქარის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური მდგენელები მოდულით ერთმანეთის ტოლი იქნება:



13. ა) ბორბლის ცენტრის მიმართ ოთხივე წერტილს ერთნაირი სიჩქარე ექნება;  
 ბ) დედამიწის მიმართ D წერტილი უძრავი იქნება, B წერტილის სიჩქარის მოდული  $2v$  იქნება, A და C წერტილების სიჩქარის მოდულები  $v\sqrt{2}$  იქნება.



14. როდესაც პირველი მორბენალი მწვრთნელს შეხვდება, ამ მომენტში მეორე მორბენალი მწვრთნელისგან 10 მ-ით იქნება დაშორებული. ისინი შემხვედრი მიმართულებით მიიზიან და მათ შორის მანძილი მათი სიჩქარის მოდულების ჯამით, 5 მ/წმ-ით მცირდება. შესაბამისად მეორე მორბენალი მწვრთნელს 2 წამში შეხვდება. ამ 2 წამის განმავლობაში პირველი მორბენალი მწვრთნელს 1 მ/წმ სიჩქარით შორდებოდა, ამიტომ მეორე მორბენლისა და მწვრთნელის შეხვედრის მომენტიდან პირველი მორბენალი მწვრთნელს 2 მ-ით

დაშორდება. პასუხი: მეორე მორბენლის მწვრთნელთან შეხვედრის მომენტში მორბენლებს შორის მანძილი 2 მ იქნება.

15. ლოკოკინას ბამბუკზე ასვლის დრო 2 სთ-ია. ამ დროში ბამბუკი 5 სმ-ით გაიზრდებოდა. უკან დაბრუნებისას ლოკოკინა დედამიწის ზედაპირისაგან 105 სმ-ით არის დაშორებული, ხოლო მისი დედამიწის მიმართ მოძრაობის სიჩქარე იქნება ლოკოკინის საკუთარი სიჩქარისა და ბამბუკის ზრდის სიჩქარის სხვაობა:  
50 სმ/სთ-60 სმ/24 სთ=47,5 სმ/სთ. ლოკოკინის დედამიწაზე ჩამოსვლის დრო:  $105/47,5$  სთ=2,21 სთ. პასუხი: ლოკოკინის ასვლა-ჩამოსვლის დრო 4,21 სთ-ია.
16. ვინაიდან კატერი გემს 20 მ/წმ სიჩქარით შორდება, მათ შორის მანძილი მოძრაობის დაწყებიდან 120 წამში 2400 მ-ის ტოლი იქნება.  
ა) გემთან დაკავშირებულ ათვლის სისტემაში:  $x=20t$ ;  
ბ) დედამიწასთან დაკავშირებულ ათვლის სისტემაში:  $x=15t$ .
17. ა) გემთან დაკავშირებულ ათვლის სისტემაში:  $x=7t$ ;  
ბ) მდინარესთან დაკავშირებულ ათვლის სისტემაში:  $x=11,5t$ ;  
გ) დედამიწასთან დაკავშირებულ ათვლის სისტემაში:  $x=12t$ .
18. ვინაიდან ამავალ ესკალატორზე მოძრაობისას 60 საფეხური დაითვალა, ხოლო უძრავზე - 80, ესე იგი ამავალ ესკალატორზე მოძრაობისას 20-მა საფეხურმა მოასწრო „შემალვა“. მივიღეთ, რომ ერთსა და იმავე დროში მგზავრი ესკალატორზე გადის 60 საფეხურის სიგრძის ტოლ მანძილს, ხოლო ესკალატორი 20 საფეხურისას.  
პასუხი: მგზავრის სიჩქარე 3-ჯერ მეტია ესკალატორის სიჩქარეზე.
19. დავუშვათ, მგზავრის სიჩქარე იყო  $v$  და ესკალატორის  $u$ . თუ პირველ შემთხვევაში მგზავრმა 80 საფეხური დაითვალა და  $x$  რაოდენობის საფეხურმა შეასწრო,  $80/v=x/u$  (1). როდესაც მგზავრმა სიჩქარის მოდული 2-ჯერ გაზარდა, ვთქვათ შეასწრო  $y$  რაოდენობის საფეხურმა:  $96/2v=y/u$  (2). თუ პირველ განტოლებას გავყოფთ მეორეზე მივიღებთ:  $x/5=y/3$ . ამასთან, ესკალატორის საერთო საფეხურების რაოდენობა ორივე შემთხვევაში ერთნაირია:  $x+80=y+96$ . ბოლო ორი განტოლებიდან:  $x=40$ . უძრავ ესკალატორზე ასვლისას მგზავრი დაითვლიდა  $80+40=120$  საფეხურს. პასუხი: 120 საფეხურს.
20. მაშველი ნავის მიმართ მიცურავს 0,3 მ/წმ სიჩქარით. 7 წამში მაშველი ნავს დაშორდება 2,1 მ-ით. პასუხი: 2,1 მ-ით.
21. წინა ამოცანის პირობის თანახმად მეორე მაშველის გადახტომის მომენტისთვის პირველი მაშველი ნავს დაშორებულია 2,1 მ-ით. ამიტომ მაშველებს შორის მანძილი 2,1 მ-ია. როდესაც მეორე ნავთან მიცურავს პირველი მაშველი, ამ მომენტიდან მეორე მაშველსა და მეორე ნავს შორის არსებული 2,1 მ მანძილი 0,7 მ/წმ სიჩქარით მცირდება ნულამდე. დროის შუალედი, რომლითაც მაშველები მეორე ნავთან მიცურავენ ტოლი იქნება:  $2,1/0,7=3$  წმ. პასუხი: 3 წმ. ~
22. ელენემ მეცხრე სართულზე ასვლისას გაიარა სართულებს შორის 8 შუალედი. მეხუთეზე ჩამოსვლისას 4 შუალედი. მისი გავლილი მანძილი 12 შუალედის ტოლია, ხოლო გადაადგილება 4 შუალედის. ვინაიდან აღნიშნული მანძილის გავლა და გადაადგილება ერთსა და იმავე დროში შესრულდა, გავლილი მანძილის საშუალო სიჩქარე 3-ჯერ მეტი იქნება გადაადგილების საშუალო სიჩქარეზე.
23. ვინაიდან მზის გარშემო ერთი შემობრუნებისას დედამიწა თავდაპირველ მდებარეობას უბრუნდება (მზეს ვთვლით უძრავად) მისი გადაადგილება ნულის ტოლია. შესაბამისად დედამიწის გადაადგილების საშუალო სიჩქარეც ნულის ტოლი იქნება.

24. ბურთის გადაადგილება 3 მ-ია. ამიტომ, მისი გადაადგილების საშუალო სიჩქარე 1 მ/წმ -ის ტოლი იქნება.
25. ავტომობილის აჩქარება აღვნიშნოთ  $a$ -თი. მისი სიჩქარის მოდული მოძრაობის დაწყებიდან 6 წამის ბოლოს იქნება  $6a$ , ხოლო 2 წამის ბოლოს -  $2a$ . პასუხი: 3-ჯერ მეტია.
26. ადგილიდან დაძრული თანაბარაჩქარებულად მოძრავი ავტომობილის მიერ გავლილი მანძილი  $t$  დროში გამოითვლება  $s = \frac{at^2}{2}$  ფორმულით. შესაბამისად, 8 წამში 2 წამში გავლილი მანძილების შეფარდება იქნება  $64/4=16$ . პასუხი: 16-ჯერ აღემატება.
27. ჯერ გამოვითვალოთ გავლილი მანძილის საშუალო სიჩქარე:  $150/10=15$  მ/წმ. ვინაიდან მოძრაობა თანაბარაჩქარებულა და საბოლოო სიჩქარე ნულის ტოლია, ავტომობილის საწყისი სიჩქარე იქნება 30 მ/წმ. აჩქარების მოდული იქნება სიჩქარის ცვლილების მოდულის შეფარდება სიჩქარის ცვლილებისათვის საჭირო დროსთან:  $a=30/10=3$  (მ/წმ<sup>2</sup>).
28. დაძვრიდან 2 წამში გავლილი მანძილი რიცხობრივად იქნება გრაფიკის ქვეშ მოთავსებული იმ ტრაპეციის ფართობი, რომლის დიდი ფუძე 2-ის ტოლია.  $L_1=1,5$  მ. დაძვრიდან 1 წამში გავლილი მანძილი - გრაფიკის ქვეშ მოთავსებული მართკუთხა სამკუთხედის ფართობი: 0,5 მ. პასუხი: 3-ჯერ აღემატება.
29. დაძვრიდან 3 წამში შესრულებული გადაადგილების მოდული რიცხობრივად იქნება გრაფიკის ქვეშ მოთავსებული იმ ტრაპეციის ფართობი, რომლის დიდი ფუძე 3-ის ტოლია.  $S=2,5$  მ. გადაადგილების საშუალო სიჩქარე კი იქნება:  $2,5/3 \approx 0,28$  (მ/წმ).
30. დაძვრიდან 20 წამში შესრულებული გადაადგილების მოდული რიცხობრივად იქნება გრაფიკის ქვეშ მოთავსებული იმ ტრაპეციის ფართობი, რომლის დიდი ფუძე 20-ის ტოლია.  $S=75$  მ. საშუალო სიჩქარისათვის მივიღებთ:  $75/20=3,75$  (მ/წმ).
31. ა) დროის (0 წმ-5 წმ) შუალედისათვის:  $v=1 \cdot t$ ;  
 ბ) დროის (5 წმ-15 წმ) შუალედისათვის:  $v=5$ ;  
 გ) დროის (15 წმ-20 წმ) შუალედისათვის:  $v=20-t$ ;
32. თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე იყოს  $v$ . მაშინ დაძვრისას გავლილი მანძილი რიცხობრივად იქნება  $5v$ . თანაბარი მოძრაობისას -  $300v$ , ხოლო დამუხრუჭებისას -  $5v$ . სულ გავლილი მანძილი რიცხობრივად  $310v$ -ს ტოლია. მოძრაობის დრო კი 320 წმ. გავლილი მანძილის საშუალო სიჩქარე:  $310v/320$  ამოცანის პირობის თანახმად  $38,75$  მ/წმ-ის ტოლი უნდა იყოს, აქედან  $v=40$  მ/წმ.
33. მოძრაობის პირველ ეტაპზე, როდესაც მოძრაობა თანაბარაჩქარებულა სიჩქარის დროზე დამოკიდებულებების გრაფიკი იქნება დროის ღერძის მიმართ დახრილი წრფის მონაკვეთი. შემდეგ, სანამ მოძრაობა თანაბარია გრაფიკი იქნება დროის ღერძის პარალელური წრფის მონაკვეთი. ბოლოს - ასევე დროის ღერძის მიმართ დახრილი წრფის მონაკვეთი.
34. თუ მეორე სხეულის სიჩქარე 10 წამში 10 მ/წმ-იდან 0-მდე შემცირდა, მისი სიჩქარე საწყისი მომენტიდან 5 წმ-ის შემდეგ 5 მ/წმ იქნება. იგივე სიჩქარე ექნება საწყისი მომენტიდან 5 წამის შემდეგ პირველ სხეულსაც. საწყისი მომენტიდან პირველი 5 წამის განმავლობაში ორივე სხეული მოძრაობს ღერძის დადებითი მიმართულებით. პირველი სხეულის მიერ გავლილი მანძილი რიცხობრივად იქნება მისი სიჩქარის გრაფიკის ქვეშ მოთავსებული მართკუთხა სამკუთხედის ფართობი: 12,5 მ. მეორე სხეულის მიერ საწყისი მომენტიდან 5 წამის შემდეგ მეორე სხეულის მიერ გავლილი მანძილი: 37,5 მ. ვინაიდან სხეულები საწყისი მომენტში ერთად იყო და ერთი მიმართულებით მოძრაობს, მათ შორის მანძილი საწყისი მომენტიდან 5 წამში 25 მ-ის ტოლი იქნება.



35. პირველი სხეულის აჩქარების გეგმილი იქნება  $1 \text{ მ/წმ}^2$ , მეორე სხეულის იქნება  $-1 \text{ მ/წმ}^2$ .  
საწყისი მომენტიდან  $10 \text{ წამის შემდეგ}$  მათი გავლილი მანძილები ერთნაირი იქნება.
36. თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას სხეულის აჩქარების გეგმილი:  $a = \frac{v^2 - v_0^2}{2s} = 1 \text{ მ/წმ}^2$
37. ნივთიერი წერტილის საშუალო სიჩქარე იქნება მისი საწყისი და საბოლოო სიჩქარეების ჯამის ნახევარი:  $15 \text{ მ/წმ}$ . ვინაიდან სხეული სულ ერთი მიმართულებით მოძრაობდა,  $5 \text{ წამში}$  მის მიერ შესრულებული გადაადგილების მოდული:  $75 \text{ მ-ის ტოლი}$  იქნება.
38. თითოეული ნივთიერი წერტილის აჩქარების გეგმილი  $12 \text{ მ/წმ}^2$ -ის ტოლი იქნება. მეორე სხეულის  $14 \text{ მ/წმ}^2$  იქნება. ნივთიერი წერტილების შეხვედრის მომენტის საპოვნელად მათი კოორდინატები გავუტოლოთ ერთმანეთს:  $50 + 10t + 6t^2 = 15t + 7t^2 \Rightarrow t = 5 \text{ წმ}$ .
39. ნივთიერი წერტილების სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების განტოლებები იქნება:  
 $v_1 = 12 - 12t$ ;  $v_2 = 15 + 8t$ .
40. ნივთიერი წერტილის საწყისი კოორდინატი  $25 \text{ მ-ია}$ .  $5 \text{ წამში}$  წერტილის კოორდინატი და სიჩქარის გეგმილი გახდა ნულის ტოლი. ამიტომ, საწყისი მომენტიდან  $5 \text{ წამში}$  საშუალო სიჩქარე  $25/5 = 5 \text{ მ/წმ-ია}$ . თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას საშუალო სიჩქარე საწყისი და საბოლოო სიჩქარის ჯამის ნახევარია, ამიტომ საწყისი სიჩქარის მოდული  $10 \text{ მ/წმ-ია}$ .  
ვინაიდან საწყისი მომენტის შემდეგ კოორდინატი იკლებს, საწყისი სიჩქარის გეგმილი  $-10 \text{ მ/წმ-ის ტოლი}$  იქნება. აჩქარების გეგმილი  $2 \text{ მ/წმ}^2$ -ია.
41.  $\frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{l}{t} \Rightarrow v_1 + v_2 = 10 \text{ მ/წმ}$ .  $v_2 - v_1 = at = 6 \text{ მ/წმ}$ .  $v_2 = 8 \text{ მ/წმ}$ .  $v_1 = 2 \text{ მ/წმ}$ .
42. ა)  $l = \frac{at^2}{2} \Rightarrow a = 1,6 \text{ მ/წმ}^2$ ;  
ბ)  $v = at = 16 \text{ მ/წმ}$ ;  
გ)  $a = \frac{0^2 - 16^2}{-2 \cdot 40} = 3,2 \text{ მ/წმ}^2$ .
43.  $v = \frac{400}{20} = 20 \text{ მ/წმ}$ .  $n = \frac{v}{2\pi R} = 6,7 \text{ წმ}^{-1}$ .
44.  $v = 0,5 \text{ მ/წმ}$ .  $n = \frac{v}{2\pi R} = 0,4 \text{ წმ}^{-1}$ .
45. ა) როდესაც ბრუნვის პერიოდები ერთნაირია, მათი კუთხური სიჩქარეებიც ერთნაირია, ამიტომ  $\frac{a_{c1}}{a_{c2}} = 2$ ;  
ბ)  $\frac{a_{c1}}{a_{c2}} = \frac{1}{2}$ .
46.  $v_1 = \frac{2\pi l}{t_1}$ ;  $v_2 = \frac{2\pi \cdot 3l}{t_2}$ ;  $\frac{v_1}{v_2} = 20$ .
47. ავტომობილის მოძრაობის დროა  $0,5 \text{ სთ} = 30 \text{ წმ}$ . ბრუნვათა რიცხვი იქნება  $3000 \cdot 30 = 90000$ .
48.  $v_1 = v_2$ ;  $2\pi R_1 n_1 = 2\pi R_2 n_2$ ;  $n_2 = 80 \text{ ბრ/წმ}$ .
49. დავუშვათ, ყველაზე მცირე ზომის კბილანა ბრუნავს საათის ისრის მიმართულებით. მაშინ მისი ბრუნვა გამოიწვევს დანარჩენი ორი კბილანის საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით ბრუნვას. ვინაიდან დანარჩენი ორი კბილანაც ერთმანეთთან შეხებაშია, შეუძლებელია ისინი ერთი მიმართულებით (საათის ისრის საწინააღმდეგოდ) ბრუნავდეს.
50.  $v_4 = v_3 \Rightarrow 2\pi R_4 n_4 = 2\pi R_3 n_3$ ;  $n_3 = \frac{R_4 n_4}{R_3}$ ;  $n_3 = n_2$ ;  $2\pi R_2 n_2 = 2\pi R_1 n_1 \Rightarrow$   
 $n_1 = \frac{R_2 n_2}{R_1} = \frac{R_2 R_4 n_4}{R_3 R_1} = 250 \frac{\text{ბრ}}{\text{წმ}}$ .

## თავი II

### § 2.1. დინამიკა. დინამიკის ძირითადი ამოცანა

გაკვეთილის თემა	დინამიკა. დინამიკის ძირითადი ამოცანა
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• მექანიკის ნაწილი, როელიც ადგენს მოძრაობის განმსაზღვრელ მიზეზებს, დინამიკაა.</li> <li>• ვიპოვოთ სხეულის მდებარეობა და სიჩქარე დროის ნებისმიერ მომენტში, თუ ვიცით მისი საწყისი მდებარეობა, საწყისი სიჩქარე, მასა და მასზე მოქმედი ძალები.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლეებს ეცოდინებათ: დინამიკის ამოცანა: ვიპოვოთ სხეულის მდებარეობა და სიჩქარე დროის ნებისმიერ მომენტში, თუ ვიცით მისი საწყისი მდებარეობა, საწყისი სიჩქარე, მასა და მასზე მოქმედი ძალები. ძალის ერთეული ნიუტონი.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საბ.8. მოსწავლეს შეუძლია მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/ კანონზომიერებების საჩვენებლად; ფიზ.საბ.9. ცდისა და ექსპერიმენტის დაგეგმვისა და ჩატარებისას უსაფრთხოების წესების დაცვა.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი-ლექცია, სასკოლო ცდა, ინტერაქტიული გამოკითხვა, ინდივიდუალური მუშაობა.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	დინამიკა, დინამიკის ამოცანა, ძალა, ძალის ერთეული „ნიუტონი“.
წინარე ცოდნა	ერთი სხეულის მეორეზე მოქმედება რაოდენობრივად ხასითდება ფიზიკური სიდიდით – ძალით. დინამიკაში ძალა ერთ-ერთი ძირითადი სიდიდეა ძალის ერთეული.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> ინტერაქტიული შეკითხვები მასწავლებელი ააქტიურებს მოსწავლეების მიერ მე-7 კლასში მიღებულ ცოდნას შეკითხვებით: რა არის ძალა? მოვიყვანოთ ძალის მოქმედებით სხეულის სიჩქარის შეცვლის მაგალითები, მასწავლებელს შეუძლია გამოიყენოს გაკვეთილში დასმული შეკითხვები. მოსწავლეები პასუხობენ კითხვებს. მასწავლებელი საჭიროების შემთხვევაში აზუსტებს პასუხებს</p> <p><b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის გააქტიურება.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> მასწავლებელი მოსწავლეებთან ერთად ატარებს გაკვეთილში აღწერილ ცდას: სათამაშო მშვილ-ისრის გამოყენებით. ისვრიან ისარს ჰორიზონტალურად რაიმე სიმალიდან და მონიშნავენ დაცემის ადგილს. იმეორებენ ცდა, მშვილდის ძუას უფრო ჭიმავენ ან კიდევ ამცირებენ ძუის დაჭიმვას. ცვლიან სიმალეს და ზომავენ დაცემის ადგილს, ადარებს გასროლის სიმალეს, ძალას, სიჩქარეს, გავლილ მანძილს. და აკეთებენ დასკვნებს. რომ სხეულის მოძრაობის მახასიათებელ სიდიდეებზე გავლენას ახდენს:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• მისი საწყისი მდებარეობა;</li> <li>• მისი საწყისი სიჩქარე;</li> <li>• მასზე სხვა სხეულების მოქმედება;</li> <li>• მისი მასა.</li> </ul>

	<p><b>მიზანი:</b> ცდაზე დაკვირვებით დასკვნების გაკეთება.</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> ვარაუდების გამოთქმა.</p> <p>მასწავლებელი სვამს პრობლემას, როგორი შედეგები მიიღება თუ იმავე ცდებს ქარიან ამინდში გავიმეორებთ.</p> <p>მიზანი: მოსწავლეები მსჯეობენ გამოთქამენ ვარაუდობს.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> შეჯამება.</p> <p>მოსწავლეები აერთიანებენ არსებულ და ახალად მიღებულ ცოდნას. ერთ-ერთი მოსწავლე იწყებს შეჯამებას, სხვა მოსწავლე შეავსებს, განავრცობს. მასწავლებელი აკეთებს შეფასებას, აკვირდება მოსწავლეების ჩართულობას. წინარე ცოდნის გამოყენებას, გამოთვლების სიზუსტეს, ერთეულების სწორად გამოყენებას.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო. სათამაშო პლასმასის მშვილდ-ისარი, საზომი ლენტი.
შეფასების კრიტერიუმები	შეიძლება მოვახდინოთ განმავითარებელი შეფასება, გამოვიყენოთ განმავითარებელი შეფასების მეთოდი – „მოსწავლის და მასწავლებლის უკუკავშირი“.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §2.1 დინამიკა. დინამიკის ძირითადი ამოცანა. <a href="http://tiny.cc/1bkxtz">http://tiny.cc/1bkxtz</a>
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იცის რა არის დინამიკა, იცის დინამიკის ძირითადი ამოცანა.

## § 2.2. ნიუტონის პირველი კანონი. ათვლის ინერციული სისტემები

გაკვეთილის თემა	ნიუტონის პირველი კანონი. ათვლის ინერციული სისტემები
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• სხეულის უძრაობა და წრფივი თანაბარი მოძრაობა მისი ბუნებრივი, წონასწორული მდგომარეობაა;</li> <li>• ყოველი სხეული იმყოფება უძრავ მდგომარეობაში ან მოძრაობს წრფივად და თანაბრად მანამ, ვიდრე მასზე მოქმედი ძალები არ გამოიყვანენ ამ მდგომარეობიდან;</li> <li>• არსებობს ათვლის სისტემები, რომელთა მიმართ თავისუფალი სხეულები ინარჩუნებენ მუდმივ სიჩქარეს;</li> <li>• ათვლის სისტემებს, რომელთა მიმართ ნიუტონის პირველი კანონი სრულდება, ათვლის ინერციული სისტემები ეწოდება.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლეებს ეცოდინებათ, რომ სხეული უძრავია ან მოძრაობს წრფივად და თანაბრად თუ მასზე სხვა ძალები არ მოქმედებენ ან მათი მოქმედება კომპენსირებულია.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საბ.8 მოსწავლეს შეუძლია მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/ კანონზომიერებების საჩვენებლად; ფიზ.საბ.9. ცდისა და ექსპერიმენტის დაგეგმვისა და ჩატარებისას უსაფრთხოების წესების დაცვა.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, ცდის დაგეგმვა.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	მოძრაობა, უძრაობა, წრფივი თანაბარი მოძრაობა, ძალა, ძალის ტოლქმედი, ინერციული ათვლის სისტემები, ინერცია.

წინარე ცოდნა	მე-7 კლასში შესწავლილი ინერციის მოვლენა და სხეულის (ნივთიერი წერტილის) წონასწორობის პირობა, რომელსაც შეეძლო მხოლოდ გადატანითი მოძრაობის შესრულება.
აქტივობები/დრო/ ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება. მასწავლებელი მოსწავლეებს უსვამს კითხვებს წინარე ცოდნის გასააქტიურებლად: რა არის სხეულისათვის ბუნებრივი მდგომარეობა – მოძრაობა თუ უძრაობა? მოსწავლეები პასუხობენ. <b>მიზანი:</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> მინი ლექცია. მასწავლებელი საუბრობს, ანტიკურ ხანაში, ბერძენ ფილოსოფოსს – არისტოტელეს მიაჩნდა, რომ სხეულის ბუნებრივი მდგომარეობა უძრაობაა; სხეული იმყოფება უძრავ მდგომარეობაში, თუ მასზე სხვა სხეულები არ მოქმედებენ ან მათი მოქმედება კომპენსირებულია. მოძრაობისათვის კი საჭიროა მასზე სხვა სხეულის მოქმედება, ხოლო ამ მოქმედების შეწყვეტის შემდეგ, სხეული ჩერდება. განიხილავს პარაგრაფში მოცემულ სურათს და სვამს კითხვებს სურათთან დაკავშირებით. რატომ ჩერდება სხეული, როცა მასზე სხვა სხეულის მოქმედება შეწყდება? თქვენ უკვე იცით, რომ გაჩერების მიზეზია სხეულზე მოძრაობის მიმართულების საწინააღმდეგოდ მოქმედი ხახუნის ძალა. რა მოხდება, თუ წინააღმდეგობის ძალა არ იმოქმედებს? მართალია, დედამიწის პირობებში ამის მიღწევა შეუძლებელია, მაგრამ შესაძლებელია წინააღმდეგობის ძალების მნიშვნელოვნად შემცირება. მაგალითად, ჰოკეის შაიბის ყინულზე მოძრაობისას სრიალის ხახუნის ძალა ძალიან მცირეა, შაიბაზე მოქმედი სიმძიმის ძალა კი ყინულის მხრიდან მოქმედი საყრდენის რეაქციის ძალითაა გაწონასწორებული. ნაჩვენებია მცირე დროის განმავლობაში შაიბის ყინულზე სრიალის დაკვირვების შედეგი, საიდანაც ჩანს, რომ მისი მოძრაობა თითქმის თანაბარია. თუ ყველა წინააღმდეგობა მთლიანად გაქრებოდა, შაიბა იმოძრაებდა რაგინდ დიდხანს, მუდმივი სიჩქარით. მასწავლებელი მოსწავლეებს ახსენებს: <b>სხეულის უძრაობა და წრფივი თანაბარი მოძრაობა მისი ბუნებრივი, წონასწორული მდგომარეობებია.</b> <b>მიზანი:</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> ცდის ექსპერიმენტის დაგეგმვა. მასწავლებელი მოსწავლეებთან ერთად გეგმავს და ატარებს პარაგრაფში მოცემულ ცდებს. <b>მიზანი:</b> ცდით მიღებული შედეგების ანალიზი და დასკვნების გაკეთება.</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> ახალი მასალის გაგების შემოწმება. მასწავლებელი სვამს საკონტროლო კითხვებს:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• რა მიზეზით შეიძლება აჩქარდეს წრფივად და თანაბრად მოძრავი სხეული?</li> <li>• რომელ სხეულს ვუწოდებთ თავისუფალი?</li> <li>• ათვლის რომელ სისტემებს უწოდებენ არაინერციულს?</li> </ul> <p>თუ დედამიწას ათვლის ინერციულ სისტემად მივიჩნევთ, იქნება თუ არ ინერციული, მთვარესთან დაკავშირებული ათვლის სისტემა? მოსწავლეები პასუხობენ კითხვებს, მასწავლებელი ისმენს და</p>

	<p>საჭიროების შემთხვევაში აზუსტებს.</p> <p><b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის გაგება. გამოყენება.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> ამოცანის ერთობრივი ამოხსნა ჯგუფში ან წყვილებში: სახელმძღვანელოში მოცემული ამოცანის ამოხსნის ნიმუშის განხილვა „ერთად ამოვხსნათ ამოცანა“ – ითვალისწინებს მოსწავლეების ურთიერთდახმარებას, საჭიროების შემთხვევაში მასწავლებლის დახმარებას და სახელმძღვანელოში ამოხსნილი ამოცანის გააზრებას, შემდეგ მიღებული ცოდნის გამოყენებას ახალი ამოცანის ამოსახსნელად. მასწავლებელი აკვირდება ნახაზის შესრულების პროცესს, გამოთვლების ჩატარებას აძლევს დროულ უკუკავშირს.</p> <p><b>მიზანი:</b> მოსწავლე შეძლებს ამოცანის სწორად ამოხსნას საკუთარი შეხედულებით, ჯგუფის წევრების მითითებების ან კომენტარების გათვალისწინების ან საკუთარი აზრის დამტკიცების საფუძველზე.</p> <p><b>აქტივობა 5.</b> შეჯამება. აფასებს წინარე ცოდნას, ექსპერიმენტის დაგეგმვა ჩატარების უნარებს. აკეთებს განმავითარებელ შეფასებას.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო. ურიკა, ბურთულა, დახრილი სიბრტყე. ქვიშა.
შეფასების კრიტერიუმები	წინა წლებში მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ცდის ექსპერიმენტის დაგეგმვის, ჩატარების დასკვნების გაკეთების უნარი, ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი. შესაძლებელია განმავითარებელი შეფასების გაკეთება – „მოსწავლის და მასწავლებლის უკუკავშირი“.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §2.2 ნიუტონის პირველი კანონი. ათვლის ინერციული ათვლის სისტემები. პარაგრაფის ბოლოს მოცემული ამოცანები.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან მატერიის თვისება – ინერცია, ნიუტონის პირველი კანონი.

**პარაგრაფში დასმული კითხვების პასუხები:**

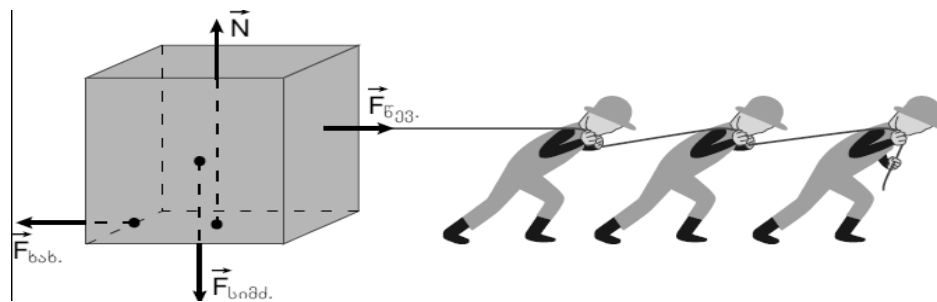
- 1. კითხვა:** რა არის სხეულისათვის ბუნებრივი მდგომარეობა – მოძრაობა თუ უძრაობა?  
**პასუხი:** სხეულის ბუნებრივი მდგომარეობაა უძრაობა ან წრფივი თანაბარი მოძრაობა.
- 2. კითხვა:** ჩვეულებრივ, რატომ ჩერდება სხეული, როცა მასზე სხვა სხეულის მოქმედება შეწყდება?  
**პასუხი:** სხეულზე მოქმედებს წინააღმდეგობის ძალა.
- 3. კითხვა:** რა მოხდება, თუ მოძრავ სხეულზე წინააღმდეგობის ძალა არ იმოქმედებს?  
**პასუხი:** სხეული გააგრძელებს წრფივ თანაბარ მოძრაობას.
- 4. კითხვა:** ყველა ათვლის სისტემაში ინარჩუნებს თავისუფალი სხეული მუდმივ სიჩქარეს?  
**პასუხი:** მხოლოდ ათვლის ინერციულ სისტემაში.

### საკონტროლო კითხვების პასუხები:

- რა მიზეზით შეიძლება აჩქარდეს წრფივად და თანაბრად მოძრავი სხეული?  
**პასუხი:** წრფივად და თანაბრად მოძრავი სხეული შეიძლება აჩქარდეს მასზე ძალის მოქმედებით.
- რომელ სხეულს ვუწოდებთ თავისუფალი?  
**პასუხი:** სხეული რომელზეც სხვა სხეულები არ მოქმედებენ.
- ათვლის რომელ სისტემებს უწოდებენ არაინერციულს?  
**პასუხი:** სისტემებს სადაც არ სრულდება ნიუტონის კანონი.
- თუ დედამიწას ათვლის ინერციულ სისტემად მივიჩნევთ, იქნება თუ არ ინერციული, მთვარესთან დაკავშირებული ათვლის სისტემა?  
**პასუხი:** მთვარესთან დაკავშირებული ათვლის სისტემა არ იქნება ინერციული.

### ერთად ამოვხსნათ ამოცანა:

სამი მუშა თანაბრად მძაბრად იჭრის ყუთს ჰორიზონტალურ იატაკზე, მასზე გამოზმული, იატაკის პარალელური თოკის საშუალებით. ყუთის მასა 100 კგ-ია, ხოლო ხახუნის კოეფიციენტი ყუთსა და იატაკს შორის – 0,2. განსაზღვრეთ ყუთზე მოქმედი ძალები.



მოც:  
 $m=100$  კგ;  
 $\mu=0,2$ ;  
 უ.ვ.  $N, F_{წვევ.}, F_{სიმძ.}, F_{ხახ.}$

ამოხსნა:

გავიხსენოთ მეშვიდე კლასის ფიზიკის კურსში ნასწავლი ზოგიერთი ძალა. ვინაიდან ყუთის მასა 100 კგ-ია, ყუთზე მოქმედი სიმძიმის ძალა იქნება  $F_{სიმძ.}=mg=1000$  (ნ). იატაკი ჰორიზონტალურია, ამიტომ ყუთზე იატაკის მხრიდან მოქმედი რეაქციის ძალა ვერტიკალურად ზევით იქნება მიმართული.

რადგან ყუთზე მხოლოდ ორი ვერტიკალური, ურთიერთსაპირისპიროდ მიმართული, ძალა მოქმედებს და ყუთი ვერტიკალური მიმართულებით არ გადაადგილდება, ნიუტონის პირველი კანონის თანახმად ამ ძალების მოდულები ერთმანეთის ტოლი უნდა იყოს.  $N=mg=1000$  (ნ). გავიხსენოთ სრიალის ხახუნის ძალის გამოსათვლელი ფორმულა:  $F_{ხახ.}=\mu N=200$  (ნ). რადგან ყუთი ჰორიზონტალური მიმართულებით თანაბრად გადაადგილდება და მასზე ურთიერთსაპირისპიროდ მიმართული ორი ჰორიზონტალური ძალა მოქმედებს, ნიუტონის პირველი კანონის თანახმად ამ ძალების მოდულებიც ერთმანეთის ტოლი უნდა იყოს:  $F_{წვევ.}=F_{ხახ.}=200$  (ნ).

## ამოცანების ამოხსნა:

1. ვთქვათ, დედამიწასთან დაკავშირებული ათვლის სისტემა ინერციულია. ინერციული იქნება თუ არა ავტომობილზე წრფივად და თანაბრად მოძრავ ავტობუსთან დაკავშირებული ათვლის სისტემა? გზის პირას მდგარ ხესთან დაკავშირებული ათვლის სისტემა?

**პასუხი:** ინერციულია; ინერციულია.

2. თუ დედამიწასთან დაკავშირებული ათვლის სისტემა ინერციულია, როგორი იქნება ავტომობილთან დაკავშირებული ათვლის სისტემა მისი დამუხრუჭებისას?

**პასუხი:** ავტომობილთან დაკავშირებული ათვლის სისტემა არაინერციულია.

3. ინერციული იქნება თუ არა მბრუნავი კარუსელის სკამთან დაკავშირებული ათვლის სისტემა თუ დედამიწასთან დაკავშირებული ათვლის სისტემა ინერციულია?

**პასუხი:** არა.

4. ახსენით, რატომაა საჭირო ავტომობილით მგზავრობისას უსაფრთხოების ღვედის გაკეთება?

**პასუხი:** რადგან ავტომობილის მკვეთრი დამუხრუჭებისას ადამიანი ინერციით არ გააგრელოს მოძრაობა.

5. ლითონის დაფაზე მიკრული მაგნიტის ასამოძრავებლად მასზე ძალით მოქმედებაა საჭირო, ხოლო ძალის მოქმედების შეწყვეტის შემდეგ მაგნიტი კვლავ ჩერდება. ხომ არ გაფიქრებინებთ ეს ფაქტი, რომ სხეულის მოძრაობისთვის აუცილებელი პირობა მასზე ძალით მოქმედებაა?

**პასუხი:** არა, რადგან მაგნიტზე მოქმედებს ხახუნის ძალაც, რომელიც ხელს უშლის მაგნიტის სიჩქარის შენარჩუნებას..

6. შეიძლება თუ არა რომ სხეული იყოს უძრავი, ან მოძრაობდეს წრფივად და თანაბრად, როდესაც მასზე მხოლოდ ერთი ძალა მოქმედებს?

**პასუხი:** არა.

7. როგორი უნდა იყოს სხეულზე მოქმედი ორი ძალის მოდული და მიმართულება, რომ ეს სხეული იყოს უძრავი ან მოძრაობდეს წრფივად და თანაბრად?

**პასუხი:** სხეულზე მოქმედი ძალები მოდულით ტოლი და მიმართულებით საპირისპირო უნდა იყოს.

8. იატაკზე უძრავად დევს 1 კგ მასის ოთხფეხა სკამი. რა ძალით აწევს იატაკი სკამის თითოეულ ფეხს, თუ სკამი იატაკს ოთხივე ფეხით ერთნაირად აწევს? (სკამის ფოტო)

**პასუხი:** სკამი იატაკზე მოქმედებს 10 ნ ძალით, ხოლო იატაკი სკამის თითოეულ ფეხს აწევს  $10\text{ნ}:4=2,5\text{ნ}$  ძალით.

9. კატერის წვევის ძალა 1 კნ-ია. რისი ტოლია მასზე მოქმედი საერთო წინააღმდეგობის ძალა, თუ კატერი წრფივად და თანაბრად მოძრაობს?

**პასუხი:** რადგან კატერი წრფივად და თანაბრად მოძრაობს მასზე მოქმედი საერთო წინააღმდეგობის ძალა 1კნ-ია

10. ნივთიერ წერტილზე მოქმედებს სამი, მოდულით ერთნაირი ჰორიზონტალური ძალა. ორ მათგანს შორის კუთხე  $120^\circ$ -ია. რა კუთხეს ადგენს მესამე ძალა თითოეულთან, თუ ნივთიერი წერტილი უძრავია?

**პასუხი:**

მესამე ძალა თითოეულ ძალასთან ადგენს  $120^\circ$ -იან კუთხეს.

### § 2.3. მასა

გაკვეთილის თემა	მასა
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ინერტულობა ყველა სხეულის დამახასიათებელი თვისებაა: სხეულის სიჩქარის შესაცვლელად საჭიროა მასზე ძალა მოქმედებდეს გარკვეული დროის განმავლობაში. რაც მეტია ეს დრო, მით უფრო ინერტულია სხეული;</li> <li>• მასა სხეულის ინერტულობის რაოდენობრივი ზომია;</li> <li>• SI-ში მასის ერთეულია 1 კილოგრამი ( 1 კგ);</li> <li>• მასა სკალარული ფიზიკური სიდიდეა;</li> <li>• სხეულის მასა შეიძლება განვსაზღვროთ სხვადასხვა ხერხით.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლეებს ეცოდინებათ, რომ მასა სხეულის ინერტულობის ზომია.რაც მეტია მასა მეტად, ინერტულია სხეული.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	<p>ფიზ.საბ.1. მატერიის დახასიათება მისი ფიზიკური თვისებების მიხედვით;</p> <p>ფიზ.საბ.2. სხეულთა ურთიერთქმედებაზე და ურთიერთქმედების შედეგებზე არგუმენტირებული მსჯელობა;</p> <p>ფიზ,საბ.8 მოსწავლეს შეუძლია მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/ კანონზომიერებების საჩვენებლად;</p> <p>ფიზ.საბ.9. ცდისა და ექსპერიმენტის დაგეგმვისა და ჩატარებისას უსაფრთხოების წესების დაცვა.</p>
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, ცდის დაგეგმვა. რესურსების, მოსაზრებების, ცოდნის გაზიარება პრობლემათა ერთობლივად გადაჭრის, გადაწყვეტილებათა ერთობლივად მიღების მიზნით
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	ინერტულობა, მეტად ინერტული, ნაკლებად ინერტული, მასა, სხეულთა ურთიერთქმედება.
წინარე ცოდნა	მე-7 კლასში შეისწავლილი ინერციის მოვლენა და სხეულის მატერიის დახასიათება მისი ფიზიკური სიდიდის მიხედვით.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება.</p> <p>მასწავლებელი საუბრობს: ყოველი სხეული იმყოფება უძრავ მდგომარეობაში ან მოძრაობს წრფივად და თანაბრად ინერციით ვიდრე მასზე მოქმედი ძალა სხეულს არ გამოიყვანს ამ მდგომარეობიდან. მაგრამ ზოგიერთი სხეულის სიჩქარის შეცვლა ადვილია, ზოგიერთის კი – შედარებით ძნელი.</p> <p>მოჰყავს მაგალითები მაგალითად: თუ ჩოგბურთის ბურთზე და იმავე ზომის ლითონის ბირთვზე ერთნაირი ძალით ვიმოქმედებთ, ლითონის ბირთვის სიჩქარე უფრო ნელა შეიცვლება, ვიდრე ჩოგბურთის ბურთის.</p> <p>შესაბამისად,ლითონის ბირთვისათვის გარკვეული სიჩქარის მისანიჭებლად საჭირო იქნება უფრო მეტი დრო, ვიდრე ჩოგბურთის ბურთისათვის. და აკეთებს დასკვნას მოსწავლეებთან ერთად რომ სხეულს, რომლის სიჩქარის ცვლილება უფრო ძნელია, მეტად ინერტულია. ე.ი. ლითონის ბირთვი უფრო მეტად ინერტულია, ვიდრე ჩოგბურთის ბურთი.</p>



	<p><b>მიზანი:</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> ცდის დაგეგმვა, ჩატარება, დასკვნების გაკეთება. მასწავლებელი სვამს კითხვას როგორ დავადგინოთ რამდენჯერ ინერტულია ერთი სხეული მეორეზე? ერთად ატარებენ ცდას, აკვირდებიან მომხდარ მოვლენას და ინტერაქტიული კითხვებით მიდიან დასკვნამდე. მოცემული ორი სხეულისთვის მოდულით ერთნაირი აჩქარების მისანიჭებლად საჭირო ძალის მოდულების შეფარდება მუდმივი სიდიდეა და დამოკიდებულია თვით სხეულებზე, კერძოდ, სხეულების თვისებაზე – ინერტულობაზე. შემოაქვთ ინერტულობის ზომის ცნება და მასის ცნება. მასის ერთეული და სხეულის მასის განსაზღვრის ხერხები.</p> <p><b>მიზანი:</b> ინერტულობის, მასის გააზრება.</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> ამოცანის ერთობრივი ამოხსნა ჯგუფში ან წყვილებში.</p> <p>სახელმძღვანელოში მოცემული ამოცანის ამოხსნის ნიმუშის განხილვა „ერთად ამოვხსნათ ამოცანა“ – ითვალისწინებს მოსწავლეების ურთიერთდახმარებას, საჭიროების შემთხვევაში მასწავლებლის დახმარებას და სახელმძღვანელოში ამოხსნილი ამოცანის გააზრებას, შემდეგ მიღებული ცოდნის გამოყენებას ახალი ამოცანის ამოსახსნელად. მასწავლებელი აკვირდება ნახაზის შესრულების პროცესს, გამოთვლების ჩატარებას აძლევს დროულ უკუკავშირს.</p> <p><b>მიზანი:</b> მოსწავლე შეძლებს ამოცანის სწორად ამოხსნას საკუთარი შეხედულებით, ჯგუფის წევრების მითითებების ან კომენტარების გათვალისწინების ან საკუთარი აზრის დამტკიცების საფუძველზე.</p> <p><b>აქტივობა 5.</b> შეჯამება. აფასებს წინარე ცოდნას, ექსპერიმენტის დაგეგმვა ჩატარების უნარებს. აკეთებს განმავითარებელ შეფასებას.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო. ორი ურიკა, ტვირთები, დინამომეტრი. .
შეფასების კრიტერიუმები	წინა წლებში მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ცდის ექსპერიმენტის დაგეგმვის, ჩატარების დასკვნების გაკეთების უნარი, ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი. შესაძლებელია განმავითარებელი შეფასების გაკეთება – „მოსწავლის და მასწავლებლის უკუკავშირი“.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §2.3 მასა. პარაგრაფის ბოლოს მოცემული ამოცანები.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იცის ფიზიკური სხეულის მახასიათებელი სიდიდე მასა, როგორც ინერტულობის ზომა.

## საკონტროლო კითხვები:

- **რა განსხვავებაა ინერციასა და ინერტულობას შორის**  
**პასუხი:** სხეულის მიერ უძრაობის ან წრფივი თანაბარი მოძრაობის შენარჩუნების მოვლენას ინერცია ეწოდება. ხოლო ინერტულობა ყველა სხეულის დამახასიათებელი თვისებაა: სხეულის სიჩქარის კონკრეტული მნიშვნელობით შესაცვლელად საჭიროა მასზე ტოლქმედი ძალა მოქმედებდეს გარკვეული დროის განმავლობაში. რაც მეტია ეს დრო, მით უფრო ინერტულია სხეული.
- **რომელი ავტომობილია უფრო ინერტული – მსუბუქი თუ სატვირთო? რატომ?**  
**პასუხი:** უფრო ინერტულია სატვირთო ავტომობილი, რადგან მისი მასა მეტია მსუბუქის მასაზე.
- **როგორ დავადგინოთ ორი სხეულიდან რომელია მეტად ინერტული?**  
**პასუხი:** ინერტულობის დასადგენად ვიმოქმედოთ სხეულებზე ერთნაირი ძალით, ერთი და იმავე დროის განმავლობაში. რომელის სიჩქარეც მეტად შეიცვლება ის ნაკლებად ინერტული იქნება.
- **რატომაა საჭირო მასის ეტალონის არჩევა?**  
**პასუხი:** ეტალონური მასის ცოდნა აუცილებელია, რათა შევძლოთ სხეულების მასის შედარება ეტალონურ მასასთან.
- **რას ნიშნავს მასის კრებადობა?**  
**პასუხი:** სისტემის მასა ამ სისტემაში შემავალი ცალკეული სხეულების მასათა ჯამის ტოლია.
- **სხეულის მასის გაგების რა ხერხებს მოიყვანდი?**  
**პასუხი:** სხეულის მასის გაგება შეიძლება:
  1. შეგვიძლია ვიპოვოთ ერთგვაროვანი სხეულის  $m$  მასა, თუ ვიცით მისი  $\rho$  სიმკვრივე და  $V$  მოცულობა ფორმულით  $m = \rho V$ .
  2. სხეულის მასის დადგენა შეიძლება ბერკეტთან სასწორზე აწონვითაც.
  3. სხეულთა ურთიერთქმედებით.

## ერთად ამოვხსნათ ამოცანა:

ადგილიდან დაძვრისას, ერთ ძრავზე მომუშავე ელმავალმა მასზე გამობმულ 6 ვაგონს გარკვეული აჩქარება მიანიჭა. ორ ძრავზე მომუშავე იგივე ელმავალი, დაძვრისას, მასზე გამობმულ 13 ვაგონს იმავე აჩქარებას ანიჭებს. რისი ტოლია ელმავლის წევის ძალების შეფარდება პირველ და მეორე შემთხვევაში? მიიჩნიეთ, რომ ელმავლისა და ვაგონების მასა ერთნაირია და მათზე მხოლოდ წევის ძალა მოქმედებს.

ამოხსნა:

ელმავლისა და თითოეული ვაგონის მასა აღვნიშნოთ  $m$ -ით. პირველ შემთხვევაში მთლიანი შემადგენლობის მასა გამოდის ელმავლისა და 6 ვაგონის მასების ჯამი, რაც ერთი და იგივე აჩქარება აქვთ, მათზე მოქმედი წევის ძალების შეფარდება მათი მასების შეფარდების ტოლი უნდა იყოს.  $F_2/F_1 = 14m/7m = 2$ .

**პასუხი:** მეორე შემთხვევაში ელმავლის წევის ძალა ორჯერ მეტია, ვიდრე პირველ შემთხვევაში.

## ამოცანების ამოხსნა:

1. რატომ ამჯობინებენ ფრენბურთელები თამაშისას შედარებით მსუბუქ სპორტულ ფეხსაცმელებს?  
**პასუხი:** ფრენბურთელებისთვის მსუბუქი ფეხსაცმლი უფრო მოსახერხებელია მისი მცირე ინერტულობის გამო.
2. როგორ ფიქრობთ, რატომ ცდილობენ ფორმულა 1-ის სპორტული ავტომობილების შემქმნელები, რომ ავტომობილის მასა მცირე იყოს?  
**პასუხი:** მცირე მასის ავტომობილი მცირე დროში შეძლებს მისი სიჩქარის დიდი მნიშვნელობით გაზრდას.
3. ბოულინგის თამაშისას, კეგლების დასანგრევად სხვადასხვა მასის ბურთების გამოყენება შეგიძლიათ. რომელი ბურთის ტყორცნაა ყველაზე ადვილი?  
**პასუხი:** უფრო ადვილია მსუბუქი ბურთის ტყორცნა, რადგან მცირე დროში შევძლებ დიდი სიჩქარის მინიჭებას.
4. ქეთიმ და გოგამ ორი ერთნაირი ქაღალდის ნავი დაამზადეს. მათ დასამძიმებლად, გოგამ პირველ ნავში 5 ცალი 20 თეთრიანი მონეტა ჩააწყო, ხოლო ქეთიმ მეორეში – 5 ცალი 10 თეთრიანი მონეტა. ჰაერის შებერვით მათ ორივე ნავი ერთნაირად ააჩქარეს. რომელმა მათგანმა შეუბერა ნავს ჰაერი უფრო ძლიერად?  
**პასუხი:** უფრო ძლიერად შეუბერა გოგამ, რადგან გოგამ ნავში ჩააწყო 5 ცალი 20 თეთრიანი მონეტა რომელთა მასა მეტი არის 5 ცალ 10 თეთრიანი მონეტის მასაზე.
5. განსხვავებული მასის სხეულების ერთნაირად ასაჩქარებლად, მეტი მასის სხეულზე პროპორციულად მეტი ძალის მოქმედებაა საჭირო. იმავეს იტყობით თუ არა მათ ერთნაირად დამამუხრუჭებელ ძალებზე?  
**პასუხი:** მეტი მასის სხეულზე პროპორციულად მეტი ძალით უნდა ვიმოქმედოთ.
6. მოტოციკლი და მსუბუქი ავტომობილი ერთნაირი აჩქარებით დაიძრა. რომლის პრავას წევის ძალაა მეტი?  
**პასუხი:** მსუბუქ ავტომობილზე მოქმედი წევის ძალა მეტია, რადგან მისი მასა მეტია მოტოციკლის მასაზე.
7. ხიდან ერთდროულად მოწყდა ორი ვაშლი, რომელთა მასა 300 გ და 150 გ-ია. მიიჩნიეთ, რომ ორივე ვაშლი თავისუფლად ვარდება. ერთნაირი იქნება თუ არა მათი აჩქარება?  
**პასუხი:** ორივე სხეულის აჩქარება ერთნაირი იქნება, რადგან მათზე მოქმედი ძალების ფარდობა მასები ფარდობის პროპორციულია.
8. უფლისწულს გარეგნულად ერთნაირი სამი მონეტა აქვს, რომელთაგან ერთი ყალბია-იგი დანარჩენებზე მსუბუქია. ბერკეტიან სასწოროზე ერთი აწონვით, როგორ უნდა დაადგინოს რომელი მონეტაა ყალბი?  
**პასუხი:** უფლისწულმა ბერკეტიანი სასწორის სხვადასხვა მხარეს უნდა მოათავსოს თითო-თითო მონეტა. თუ ბერკეტი წონასწორობაში აღმოჩნდა, მაშინ ყალბია მესამე მონეტა, ხოლო თუ წონასწორობა დაირღვა ის მონეტაა ყალბი რომლის მხარი ზემოთ აიწევს.

9. გამყიდველს სურს აწონოს ერთი შეკვრა ბრინჯი. ვინაიდან მთლიანი შეკვრა ბერკეტისანი სასწორის პინაზე არ მოთავსდა, მან პირველ პინაზე ბრინჯის გარკვეული რაოდენობა მოათავსა, რომელიც მეორე პინაზე დადებული 5 კგ-იანი საწონით გააწონასწორა. ამის შემდეგ გამყიდველმა საწონი პირველ პინაზე მოთავსებულ ბრინჯთან ერთად დადო, მეორე პინაზე კი დარჩენილი ბრინჯი მოათავსა. სასწორი კვლავ გაწონასწორდა. რა მასის ბრინჯი ყოფილა შეკვრაში?

**პასუხი:** რადგან გამყიდველმა პირველად ბრინჯი გააწონასწორა 5კგ-იანი საწონით ე.ი. ბრინჯის მასაა პირველი აწონვისას იყო 5 კგ, ხოლო როცა მეორე აწონვისას ის შეძლებდა  $5+5=10$ (კგ) ბრინჯი აეწონა. ე.ი. შეკვრაში ყოფილა  $5კგ+10კგ=15კგ$  ბრინჯი.

10. ბერკეტისანი სასწორის ერთ პინაზე დადებული 1 კგ მასის საწონი მეორე პინაზე მოთავსებულმა ბამბამ გააწონასწორა. როგორ ფიქრობთ, ბამბის მასაც 1 კგ-ია?

**პასუხი:** თუ გავითვალისწინებთ, რომ 1კგ ბამბის მოცულობა გაცილებით დიდია 1 კგ საწონის მოცულობაზე, მაშინ სასწორი, რომ გაწონასწორდეს ბამბის მასა მეტი უნდა იყოს 1 კგ-ზე (რადგან ბამბაზე მოქმედი ჰაერის მხრიდან ამომგდები ძალა მეტი იქნება საწონზე მოქმედ ამომგდებ ძალაზე).

### §2.4. ნიუტონის II კანონი

გაკვეთილის თემა	ნიუტონის მეორე კანონი
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• სხეულის აჩქარების გამომწვევი მიზეზია მასზე მოქმედი ძალა;</li> <li>• აჩქარების მიმართულება ყოველთვის ემთხვევა სხეულზე მოქმედი ძალის მიმართულებას: <math>\vec{a} \parallel \vec{F}</math>;</li> <li>• სხეულის აჩქარება პირდაპირპროპორციულია მასზე მოქმედი ძალის და უკუპროპორციულია სხეულის მასის: <math>\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}</math>;</li> <li>• SI-ში ძალის ერთეულია 1 ნიუტონი. ეს ძალა 1 კგ მასის სხეულს 1 მ/წმ<sup>2</sup> აჩქარებას ანიჭებს;</li> <li>• როდესაც სხეულზე რამდენიმე ძალა მოქმედებს, ნიუტონის II კანონის გამომსახველ ფორმულაში, <math>\vec{F}</math> ძალის ქვეშ, სხეულზე მოქმედ ძალთა ტოლქმედი იგულისხმება.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლეებს ეცოდინებათ, დინამიკის მეორე კანონი, ნიუტონის მეორე კანონი.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	<p>ფიზ.საბ.2. სხეულთა ურთიერთქმედებაზე და ურთიერთქმედების შედეგებზე არგუმენტირებული მსჯელობა;</p> <p>ფიზ.საბ.8 მოსწავლეს შეუძლია მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/ კანონზომიერებების საჩვენებლად;</p> <p>ფიზ.საბ.9. ცდისა და ექსპერიმენტის დაგეგმვისა და ჩატარებისას უსაფრთხოების წესების დაცვა.</p>
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, ცდის დაგეგმვა. რესურსების, მოსაზრებების, ცოდნის გაზიარება პრობლემათა ერთობლივად გადაჭრის, გადაწყვეტილებათა ერთობლივად მიღების მიზნით

გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	ძალა, ურთიერთქმედება,სხეული, აჩქარება, დინამიკის კანონი, ნიუტონის მეორე კანონი.
წინარე ცოდნა	მოსწავლეებმა ამ დროისათვის უკვე იციან დინამიკის პირველი კანონი, მასა, ინერცია, ინერტულობა.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება.  მასწავლებელი წინარე ცოდნის გასააქტიურებლად კლასში მოსწავლეებს ურიგებს ტესტს ინდივიდუალურად სამუშაოდ. თავად აკვირდება მიმდინარე პროცესს.  <b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის შემოწმება.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> პროვოცირება.  მასწავლებელი მოსწავლეებს ახსენებ,რომ ყველა გაჯიბრებიხართ მეგობრებს, ვინ უფრო შორს გადააგდებდა ქვას. გამარჯვებული ითვლებოდა ყველაზე ძლიერად, რადგან ფიქრობდით, რომ ის ანიჭებდა ქვას ყველაზე დიდ სიჩქარეს. ამავე დროს, თითოეული ცდილობდა რაც შეიძლება პატარა ქვა გაესროლა, რადგან გამოცდილებით იცოდა, რომ მცირე მასის ქვისათვის დიდი სიჩქარის მინიჭება და შორს გადააგდებდა უფრო ადვილია.  ყურადღებას ამახვილებინებს თუ როგორ მოძრაობს ხელი და მასთან ერთად ქვაც გასროლისას? რატომ? ისმენს მოსწავლეთა პასუხებს და საჭიროების შემთხვევაში აზუსტებს. მოჰყავს სხვა მაგალითები: აფრენისას თვითმფრინავი აჩქარებულად მოძრაობს, მისი სიჩქარე თანდათან მატულობს და სტარტიდან რაღაც დროის შემდეგ ისეთ მნიშვნელობას აღწევს, რომელიც აფრენისათვის საკმარისია. სამხედრო თვითმფრინავები აფრენას ძალიან მოკლე გარბენით და ძალიან მცირე დროში ახერხებენ. რაც იმას ნიშნავს, რომ ისინი ძალიან დიდი აჩქარებით მოძრაობენ. შედარებით დიდი მასის სამგზავრო ლაინერებს კი ამისათვის ბევრად მეტი გარბენი და დრო სჭირდებათ.  ავტომობილის ავარიული დამუხრუჭებისას ის რაც შეიძლება მოკლე მანძილზე უნდა გაჩერდეს, ანუ შენელებული მოძრაობის აჩქარება უნდა იყოს რაც შეიძლება დიდი. წინასწარ დაგეგმილი გაჩერებისას კი მძღოლს შეუძლია მდორედ გაჩეროს ავტომობილი.  ყველა ზემოთმოყვანილ მაგალითში სხეულთა აჩქარება, მათზე მოქმედი ძალითაა გამოწვეულია.  <b>მიზანი:</b> ყურადღების გააქტიურება.</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> ცდის დაგეგმვა, ჩატარება, დასკვნების გაკეთება.  მასწავლებელი მოსწავლეებთან ერთად გეგმავს ცდას და ამოწმებენ სხეულის სიჩქარის ცვლილებას ერთნაირი მასისა და სვადასხვა ძალის მოქმედებით, ერთნაირი ძალის სხვადასხვა მასაზე მოქმედებით და მოსწავლეთა დახმარებით აკეთებენ დასკვნას რომ: სხეულის აჩქარება პირდაპირპროპორციულია მასზე მოქმედი ძალის და უკუპროპორციულია სხეულის მასის: <math>\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}</math>.  <b>მიზანი:</b> შეძლონ ნიუტონის მეორე კანონის მიღება.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> ამოცანის ერთობრივი ამოხსნა ჯგუფში ან წყვილებში.  სახელმძღვანელოში მოცემული ამოცანის ამოხსნის ნიმუშის განხილვა „ერთად ამოვხსნათ ამოცანა“- ითვალისწინებს მოსწავლეების ურთიერთდახმარებას, საჭიროების შემთხვევაში მასწავლებლის დახმარებას და სახელმძღვანელოში ამოხსნილი ამოცანის გააზრებას, შემდეგ მიღებული ცოდნის გამოყენებას ახალი ამოცანის ამოსახსნელად. მასწავლებელი აკვირდება ნახაზის შესრულების</p>

	პროცეს,გამოთვლების ჩატარებას აძლევს დროულ უკუკავშირს. <b>მიზანი:</b> მოსწავლე შეძლებს ამოცანის სწორად ამოხსნას საკუთარი შეხედულებით, ჯგუფის წევრების მითითებების ან კომენტარების გათვალისწინების ან საკუთარი აზრის დამტკიცების საფუძველზე. <b>აქტივობა 5.</b> შეჯამება. აფასებს წინარე ცოდნას, ექსპერიმენტის დაგეგმვა ჩატარების უნარებს. აკეთებს განმავითარებელ შეფასებას. ინდივიდუალურ შეფასებას.
რესურსები	სახელმძღვანელო. ორი ურიკა, ტვირთები, დინამომეტრი. .
შეფასების კრიტერიუმები	წინა წლებში მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ცდის ექსპერიმენტის დაგეგმვის, ჩატარების დასკვნების გაკეთების უნარი, ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი. ინდივიდუალური შეფასება.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §2.4 ნიუტონის მეორე კანონი. საშინაო ცდა. პარაგრაფის ბოლოს მოცემული ამოცანები.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იცის დინამიკის მეორე კანონი, გეგმავენ ექსპერიმენტს, იკვლევენ და ხსნიან სხვადასხვა სირთულის ამოცანებს.

**პარაგრაფში დასმული კითხვების პასუხები:**

1. როგორ მოძრაობს ხელი და მასთან ერთად ქვაც, გასროლისას? რატომ?

**პასუხი:** ხელი და მასთან ერთად ქვა მოძრაობს აჩქარებულად.

2. როგორაა დამოკიდებული სხეულის აჩქარება მასზე მოქმედ ძალაზე?

**პასუხი:** სხეულის აჩქარება მასზე მოქმედ ძალაზე პირდაპირპროპორციულად არის დამოკიდებული.

3. როგორაა დამოკიდებული სხეულის აჩქარება სხეულის მასაზე?

**პასუხი:** სხეულის აჩქარება სხეულის მასაზე უკუპროპორციულად არის დამოკიდებული.

**საკონტროლო კითხვების პასუხები:**

**კითხვა 1.** ერთი და იგივე ძალის მოქმედებისას რომელი სხეული იღებს მეტ აჩქარებას?

**პასუხი:** ერთი და იგივე ძალის მოქმედებით მეტ აჩქარებას ღებულობს მცირე მასის სხეული.

**კითხვა 2.** რამდენჯერ უნდა შეიცვალოს სხეულზე მოქმედი ძალა, რომ მისი აჩქარება 3-ჯერ გაიზარდოს?

**პასუხი:** სხეულის აჩქარება 3-ჯერ რომ გაიზარდოს მასზე მოქმედი ძალა 3-ჯერ უნდა გაიზარდოს.

**კითხვა 3.** რა შემთხვევაში მოძრაობს სხეული თანაბარაჩქარებულად?

**პასუხი:** როცა სხეულზე მოქმედი ძალა მუდმივია სხეული თანაბარაჩქარებულად მოძრაობს.

**კითხვა 4.** რა შემთხვევაში იქნება სხეულის აჩქარება ნულის ტოლი, თუ მასზე რამდენიმე ძალა მოქმედებს?

**პასუხი:** სხეულის აჩქარება ნულია, როცა სხეულზე მოქმედი რამდენიმე ძალის ვექტორული ჯამი ნულის ტოლია.

**კითხვა 5.** რატომ უწოდებენ ნიუტონის მეორე კანონს დინამიკის ძირითად კანონს?

**პასუხი:** ნიუტონის მეორე კანონით ვიგებთ სხეულის აჩქარებას, რომელიც საშუალებას გვაძლევს გადავჭრათ მექანიკის ძირითადი ამოცანა.

**კითხვა 6.** ავტომობილის დაძვრისას საითაა მიმართული მასზე მოქმედი ძალთა ტოლქმედი?

**პასუხი:** სხეულზე მოქმედი ძალა მიმართულია ავტომობილის მოძრაობის მიმართულებით.

**ერთად ამოვხსნათ ამოცანა:**

ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მოთავსებულ 2 კგ მასის სხეულზე მოქმედება დაიწყო ზედაპირის პარალელურმა 10 ნ-ის ტოლმა ძალამ. 4 წმ-ის შემდეგ სხეულზე დამატებით 30 ნ-მა ძალამ დაიწყო მოქმედება, თავდაპირველი ძალის საპირისპირო მიმართულებით. წინააღმდეგობის ძალებს ნუ გაითვალისწინებთ და განსაზღვრეთ დაძვრიდან რა დროში გაჩერდება სხეული.

მოც:
$m=2$ კგ;
$F_1=10$ ნ;
$F_2=30$ ნ;
$t_1=4$ წმ.
უ.პ. t

**ამოხსნა:**

2 კგ მასის სხეულზე 10 ნ ძალის მოქმედებისას სხეულის მიერ შეძენილი აჩქარება იქნება  $a_1=F_1/m=5$  მ/წმ<sup>2</sup>. დაძვრიდან 4 წამი სხეულის მიერ შეძენილი სიჩქარე იქნება:  $v_1=a_1 \cdot t_1=20$  მ/წმ. ამ სიჩქარის მიმართულება კი დავმთხვევა  $F_1$  ძალის მიმართულებას, ვინაიდან თავდაპირველად სხეული უძრავი იყო და იგი აჩქარდება მასზე მოქმედი ძალების ტოლქმედის მიმართულებით. როდესაც სხეულზე 30 ნ-ის ტოლმა ძალამაც დაიწყო მოქმედება, მასზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი მოდულით  $F_2=F_2-F_1=20$  (ნ)-ის ტოლი გახდება, ხოლო მიმართულება,

ამ მომენტში სხეულის სიჩქარის მიმართულების საპირისპირო იქნება. შედეგად სხეულის სიჩქარის მოდული დაიწყებს შემცირებას. აჩქარების მოდული დაძვრიდან 4 წმ-ის შემდეგ:  $a_2=F_2/m=10$  მ/წმ<sup>2</sup>. თუ ამ მომენტიდან სხეულის გაჩერებამდე გასულ დროს აღვნიშნავთ  $t_2$ -ით და გავითვალისწინებთ, რომ სხეულის სიჩქარე ამ დროის შემდეგ 0-ის ტოლი ხდება, მივიღებთ:  $0=v_1-a_2 \cdot t_2 \Rightarrow t_2=v_1/a_2=2$  წმ.

**პასუხი:** სხეული დაძვრიდან  $t=t_1+t_2=6$  წამში გაჩერდება.

**ამოცანების ამოხსნა:**

1. ნიუტონის მეორე კანონის თანახმად, სხეულის მასა შეგვიძლია გამოვითვალოთ მასზე მოდებული ძალისა და ამ ძალის მიერ სხეულისთვის მინიჭებული აჩქარების შეფარდებით:  $m=F/a$ . ეს ჩანაწერი ნიშნავს თუ არა, რომ სხეულის მასა პროპორციულია მასზე მოდებული ძალის და უკუპროპორციულია სხეულის აჩქარების?

**პასუხი:** სხეულის მასა სხეულის ინერტულობის ზომაა და ის დამოკიდებული არ არის სხეულზე მოქმედ ძალასა და აჩქარებაზე.

2. რა აჩქარებას შეიძენს 2 კგ მასის სხეული, მასზე ერთი 8 ნ ძალის მოქმედებით?

ამოხსნა:

$?a$	$a = \frac{F}{m} (*) \rightarrow (*) a = \frac{8}{2} = 4 \text{ მ/წმ}^2$
მოც.: $m=2$ კგ $F=8$ ნ	

**პასუხი:** აჩქარება 4მ/წმ<sup>2</sup>

3. რისი ტოლია ავტომობილის მასა, თუ ჰორიზონტალური მიმართულებით მოქმედმა 10 კნ წევის ძალამ მას 10 მ/წმ<sup>2</sup> აჩქარება მიანიჭა? წინააღმდეგობის ძალებს ნუ გაითვალისწინებთ.

ამოხსნა:

? m	$a = \frac{F}{m} \Rightarrow m = \frac{F}{a} (*) \rightarrow (*) m = \frac{1000}{10} = 100 \text{ კგ}$
მოც.: $F=10 \text{ კნ}=1000 \text{ ნ}$	
$a = 10 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}^2}$	

**პასუხი:** სხეულის მასაა 100კგ

4. 1,5 ტ მასის უძრავ ავტომობილზე მოქმედება დაიწყო ჰორიზონტალური მიმართულების 6 კნ წევის ძალამ. რა მანძილს გაივლის ეს ავტომობილი პირველ 5 წამში? წინააღმდეგობის ძალებს ნუ გაითვალისწინებთ.

ამოხსნა:

? S	$S = v_0 \cdot t + \frac{at^2}{2} = \frac{at^2}{2} (1)$ $a = \frac{F}{m} (2) (2) \rightarrow (1) S = \frac{F \cdot t^2}{2m} (*)$ $t=5 \text{ წმ} \rightarrow (*) S = \frac{6000 \cdot 25}{2 \cdot 1500} = 50 \text{ მ}$
მოც.: $m=1,5 \text{ ტ}=1500 \text{ კგ}$	
$F=6 \text{ კნ}=6000 \text{ ნ}$	
$v_0 = 0 \text{ მ/წმ}$	

**პასუხი:** 50 მ.

5. 5 კგ მასის აგური ვერტიკალურად ასწიეს მსუბუქი თოკით, რომლის დაჭიმულობის ძალაც აწევსას 80 ნ-ის ტოლი იყო. რა აჩქარებით მოძრაობდა აგური? მიიჩნიეთ, რომ  $g=10 \text{ მ/წმ}^2$ . წინააღმდეგობის ძალებს ნუ გაითვალისწინებთ.

ამოხსნა:

? a	<p>აგურზე მოქმედებს ორი ძალა ერთი სიმძიმის ძალა რომელიც მიმართულია ვერტიკალურად ქვემოთ, მეორე თოკის დაჭიმულობის ძალა მიმართულია ვერტიკალურად ზემოთ, ე.ი. <math>F = F_1 - F_2 (1) F_2 = mg (2) (2) \rightarrow (1) F = F_1 - mg (3)</math> თუ აჩქარების გამოსათვლელ ფორმულაში გავითვალისწინებთ (3)-ს მნიშვნელობას მივიღებთ: <math>a = \frac{F}{m} = \frac{F_1 - mg}{m} = \frac{80 - 50}{5} = 6 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}^2}</math>.</p>
მოც.: $m=5 \text{ კგ}$	
$F_1=80 \text{ ნ}$	
$g \approx 10 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}^2}$	

**პასუხი:** 6 მ/წმ<sup>2</sup>.

6. 20 კგ მასის ყუთს ურთიერთსაპირისპირო მიმართულების ჰორიზონტალური ძალებით აწევა ორი მოსწავლე. ამ მოქმედების შედეგად ყუთმა 2 მ/წმ<sup>2</sup> აჩქარება შეიძინა. განსაზღვრეთ თითოეული მოსწავლის მხრიდან ყუთზე მოქმედი ძალა, თუ მათი მოდულები ისე შეეფარდება ერთმანეთს, როგორც 9:5.

ამოხსნა:

? F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub>	<p>როგორც სურათიდან ჩანს ყუთზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი <math>F = F_1 - F_2 (1)</math> თუ F<sub>1</sub>-ს აღვნიშნავთ 9x-ით, ხოლო F<sub>2</sub>-ს 5x-ით და გავითვალისწინებთ (1)-ში, მივიღებთ <math>F = 9x - 5x = 4x (2)</math> <math>a = \frac{F}{m} \Rightarrow F = m \cdot a = 20 \cdot 2 = 40 \text{ ნ} - \text{ს}</math> თუ F-ის ამ მნიშვნელობას გავითვალისწინებთ (2)-ში მივიღებთ <math>x=10</math>, მაშინ <math>F_1=90 \text{ ნ}</math>-ს, ხოლო <math>F_2=50 \text{ ნ}</math>-ს.</p>
მოც.: $m=20 \text{ კგ}$	
$a = 2 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}^2}$	
$F_1/F_2 = 9/5$	



პასუხი: 906, 506.

7. სხეულზე მოქმედებს ერთი ძალა. მისი მოდულის 3-ჯერ გაზრდით, სხეულის აჩქარება  $4\text{მ/წმ}^2$ -ით გაიზარდა. რა აჩქარებით მოძრაობდა სხეული ძალის გაზრდამდე?

ამოხსნა:

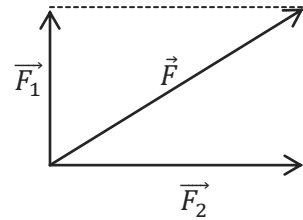
? $a_1$	სხეულის აჩქარება $F_1$ ძალის მოქმედებით $a_1 = \frac{F_1}{m}$ , $F_2$ ძალის მოქმედებით $a_2 = \frac{F_2}{m}$ . $a = a_2 - a_1 = \frac{F_2}{m} - \frac{F_1}{m} = 2 \frac{F_1}{m} \Rightarrow$ $a_1 = \frac{a}{2} = 2\text{მ/წმ}^2$
მოც.: $a = 4\text{მ/წმ}^2$ $F_2 = 3F_1$	

პასუხი: სხეულის საწყისი აჩქარებაა  $2\text{მ/წმ}^2$ .

8. 5 კგ მასის ნივთიერ წერტილზე მოქმედება დაიწყო ურთიერთმართობულად მიმართულმა ორმა ძალამ, რომელთა მოდულები 12 ნ და 16 ნ-ია. რისი ტოლი იქნება ამ ძალების მოქმედებით გამოწვეული აჩქარება?

ამოხსნა:

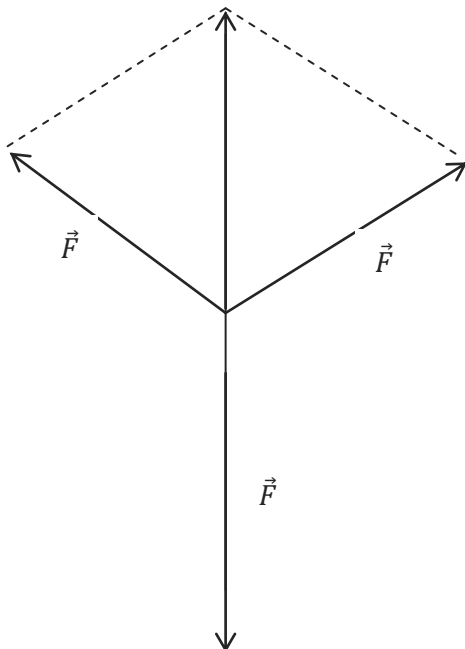
? $a$	სხეულზე მოქმედი ძალთა ტოლქმედი $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$ (1) სხეულის აჩქარება კი $a = \frac{F}{m}$ (2) თუ (2)-ში გავითვალისწინებთ (1)-ს მივიღებთ $a = \frac{20}{5} = 4\text{მ/წმ}^2$
მოც.: $m=5$ კგ	
$F_1=12$ ნ	
$F_2=16$ ნ	



პასუხი:  $4\text{მ/წმ}^2$

9. ნივთიერ წერტილზე მოქმედებს სამი კორიზონტალური ძალა. თითოეული მათგანი მიმართულია ისე, რომ დანარჩენებთან  $120^\circ$ -იან კუთხეს ქმნის. რისი ტოლი იქნება წერტილის აჩქარება, თუ ამ ძალების მოდული ერთნაირია?

ამოხსნა:



სხეულზე მოქმედი ძალთა ტოლქმედი ნულია, ამიტომ სხეულზე ძალთა ტოლქმედით მინიჭებული აჩქარება ნულია.

10.2 კვ მასის ნივთიერ წერტილზე მოქმედებს სამი ჰორიზონტალური ძალა. თითოეული მათგანი მიმართულია ისე, რომ დანარჩენებთან  $120^\circ$ -იან კუთხეს ქმნის. რისი ტოლი იქნება ამ წერტილის აჩქარება, თუ ძალთა მოდულები 20 ნ, 20 ნ და 10 ნ-ია?

**პასუხი:**  $120^\circ$ -იანი კუთხით მოთავსებული 20 ნ და 20 ნ ძალების ტოლქმედი 20 ნ-ია, ხოლო 10 ნ-ის ტოლი ძალა მიმართულია ტოლქმედის საპირისპიროდ და მათი ჯამი ტოლი იქნება 10 ნ-ის და მიმართული იქნება 20 ნ ძალის მიმართულებით (იხილეთ მე-9 ამოცანის ნახაზის).

## §2. 5. ნიუტონის მესამე კანონი

გაკვეთილის თემა	ნიუტონის მესამე კანონი
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>ერთი სხეულის ცალმხრივი მოქმედება მეორეზე შეუძლებელია, სხეულები ყოველთვის ურთიერთქმედებენ;</li> <li>სხეულები ურთიერთქმედებენ ძალებით, რომლებიც ერთი ბუნებისაა, მოდულით ტოლია და მიმართულია ერთი წრფის გასწვრივ ურთიერთსაპირისპიროდ: <math>\vec{F}_1 = -\vec{F}_2</math>;</li> <li>ურთიერთქმედების ძალები მოდებულია სხვადასხვა სხეულზე;</li> <li>ურთიერთმოქმედ სხეულთა აჩქარებების მოდულების ფარდობა მათი მასების შებრუნებული შეფარდების ტოლია: <math>\frac{a_2}{a_1} = \frac{m_1}{m_2}</math>.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლეებს ეცოდინებათ, რომ სხეულები ურთიერთქმედებენ ერთმანეთზე მოდულით ტოლი და ურთიერთ საპირისპიროდ მიმართული ძალით.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	<p>ფიზ.საბ.2. სხეულთა ურთიერთქმედებაზე და ურთიერთქმედების შედეგებზე არგუმენტირებული მსჯელობა;</p> <p>ფიზ.საბ.8. მოსწავლეს შეუძლია მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/კანონზომიერებების საჩვენებლად;</p> <p>ფიზ.საბ.9. ცდისა და ექსპერიმენტის დაგეგმვისა და ჩატარებისას უსაფრთხოების წესების დაცვა.</p>
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, ცდის დაგეგმვა. რესურსების, მოსაზრებების, ცოდნის გაზიარება პრობლემათა ერთობლივად გადაჭრის, გადაწყვეტილებათა ერთობლივად მიღების მიზნით.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	ძალა, ურთიერთქმედება, ნიუტონის მესამე კანონი.
წინარე ცოდნა	ძალა, მასა, ნიუტონის პირველი და მეორე კანონი.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების	<b>აქტივობა 1.</b> საშინაო ცდა.

ფორმები	<p>მოსწავლეები მსჯელობენ საშინაო ცდის შედეგებზე, (სავარაუდო დასკვნაა სხეულები ურთიერთქმედებენ ერთმანეთზე ტოლი და საპირისპიროდ მიმართული ძალით)</p> <p><b>მიზანი:</b> ცდის დაგეგმვა, შედეგების გაანალიზება</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> ცდის დაგეგმვა, ჩატარება, დასკვნების გაკეთება.</p> <p>მასწავლებელი მოსწავლეებთან ერთად გეგმავს, ატარებს ცდებს და აკეთებს დასკვნებს მოსწავლეებთან ერთად. სხეულები ურთიერთქმედებენ ძალებით, რომლებიც ერთი ბუნებისაა, მოდულით ტოლია და მიმართულია ერთი წრფის გასწვრივ ურთიერთსაპირისპიროდ</p> <p><b>მიზანი:</b> ცდის ანალიზი</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> ამოცანის ერთობრივი ამოხსნა ჯგუფში ან წყვილებში.</p> <p>სახელმძღვანელოში მოცემული ამოცანის ამოხსნის ნიმუშის განხილვა „ერთად ამოვხსნათ ამოცანა“ – ითვალისწინებს მოსწავლეების ურთიერთდახმარებას, საჭიროების შემთხვევაში მასწავლებლის დახმარებას და სახელმძღვანელოში ამოხსნილი ამოცანის გააზრებას, შემდეგ მიღებული ცოდნის გამოყენებას ახალი ამოცანის ამოსახსნელად. მასწავლებელმა სასურველია აჩვენოს მოსწავლეებს ამოცანაში აღნიშნული მოვლენა და მოსწავლეებთან ერთად ხსნიან შემჩნეულ მოვლენას.</p> <p><b>მიზანი:</b> მოსწავლეები მსჯელობენ ამოცანაზე და მიდიან სწორ დასკვნამდე.</p> <p><b>აქტივობა 5.</b> შეჯამება. აფასებს წინარე ცოდნას, ექსპერიმენტის დაგეგმვა ჩატარების უნარებს. აკეთებს განმავითარებელ შეფასებას.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო. ორი ურიკა, ტვირთები, დინამომეტრი. წყლიანი ჭურჭელი.
შეფასების კრიტერიუმები	წინა წლებში მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ცდის ექსპერიმენტის დაგეგმვის, ჩატარების დასკვნების გაკეთების უნარი, ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი. შესაძლებელია განმავითარებელი შეფასების გაკეთება – „მოსწავლის და მასწავლებლის უკუკა ვშირი“.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §2.5 ნიუტონის მესამე კანონი. პარაგრაფის ბოლოს მოცემული ამოცანები.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან სხეულთა ურთიერთქმედებაზე და ნიუტონის მესამე კანონი.

**საკონტროლო კითხვები:**

- რატომ არ იძვრის ადგილიდან ნავი, როდესაც მასში მჯდომი ადამიანი ნავის ბორტს აწეობა?

**პასუხი:** ნავი და ადამიანი განიხილება როგორც ერთი სხეული, ამიტომ სხეული თავის თავზე ვერ იმოქმედებს;

- რატომ ამოძრავდება ნავი, როდესაც ადამიანი მის ბორტს ნაპირიდან აწეობა?

**პასუხი:** რადგან დედამიწა უბიძგებს ადამიანს და ადამიანი კი ნავს. ნავზე მოქმედებს გარე ძალა

- ბარონი მიუნჰაუზენი ამტკიცებდა, რომ თავისი თავი ჭაობიდან თმებით ამოატრია. როგორ დაასაბუთებთ, რომ ეს შეუძლებელია?

**პასუხი:** ბარონი მიუნჰაუზენი თავის თავს ჭაობიდან ვერ ამოატრევდა რადგან მასზე გარე ძალას არ უმოქმედია.

- იზიდავს თუ არა სხეული დედამიწას?

**პასუხი:** სხეული დედამიწას იზიდავს და დედამიწა სხეულს იზიდავს, (ურთიერთქმედებენ).

- ორი სხეულის ურთიერთქმედებისას, პირველმა სხულმა მეორეზე 3-ჯერ მეტი აჩქარება შეიძინა. რომელი სხეულის მასაა მეტი და რამდენჯერ?

**პასუხი:** ურთიერთქმედ სხეულთა აჩქარებების მოდულების ფარდობა მათი მათი მასების შებრუნებული შეფარდების ტოლია, ამიტომ მეორე სხეულის მასა 3-ჯერ მეტი იქნება პირველი სხეულის მასაზე.

### ერთად ამოვხსნათ ამოცანა:

სურ. ა გამოსახულია მაგიდაზე მოთავსებული ორი ერთნაირი მაგნიტი, რომლებიც ერთმანეთს ეკვრის საპირისპირო პოლუსებით. ზედა მაგნიტი  $180^\circ$ -ით ამოატრიალეს (სურ. ბ) და მისი მდებარეობა ქვედა მაგნიტის თავზე ისე შეარჩიეს, რომ იგი ხელის გაშვების შემდეგაც უძრავი დარჩა. შეიცვალა თუ არა მაგიდაზე მაგნიტების მხრიდან დაწოლის ძალა?



### ამოხსნა:

სურ. ა გამოსახულ შემთხვევაში მაგნიტები, როგორც ერთი სხეული, მაგიდას აწვება მოდულით  $2mg$  ძალით, რომელშიც  $m$  თითოეული მაგნიტის მასაა. სურ. ბ გამოსახულ შემთხვევაში, ზედა მაგნიტი გაწონასწორებულია, ესე იგი მასზე ქვედა მაგნიტი მოქმედებს ვერტიკალურად ზევით მიმართული, მოდულით  $mg$ -ს ტოლი ძალით. ნიუტონის მესამე კანონის თანახმად, ზედა მაგნიტიც ქვედაზე მოქმედებს ვერტიკალურად ქვევით მიმართული მოდულით იმავე ( $mg$ ) ძალით. შესაბამისად, ქვედა მაგნიტი მაგიდას დააწვება საკუთარი სიმძიმის ძალისა და იმ ძალის ჯამით, რომლითაც ქვედა მაგნიტზე ზედა მაგნიტი მოქმედებს. მივიღეთ, რომ ქვედა მაგნიტი მაგიდას კვლავ  $2mg$  ძალით აწვება.

**პასუხი:** მაგიდაზე მაგნიტების მხრიდან მოქმედი ძალა არ შეიცვალა.

### ამოცანების ამოხსნა

1. მაგიდაზე მოთავსებულია 400 გ მასის წიგნი. რა ძალით იზიდავს ეს წიგნი დედამიწას?

**პასუხი:**  $400g=0,4კგ$  მასის წიგნს დედამიწა იზიდავს მოდულით  $mg=4N$ -ის ტოლი ძალით, წიგნიც დედამიწას იზიდავს  $4N$  ძალით.

2. თქვენთვის უკვე ცნობილია, რომ მზის მხრიდან მოქმედი მიზიდულობის ძალის გამო დედამიწა ბრუნავს მის გარშემო. როგორ ფიქრობთ, მზე უფრო დიდი ძალით იზიდავს დედამიწას, თუ დედამიწა – მზეს?

**პასუხი:** როგორც უკვე ცნობილია ნიუტონის მესამე კანონის თანახმად სხეულები ურთიერთქმედებენ ერთმანეთზე მოდულით ტოლი და მიმართულებით საპირისპირო ძალებით, ამიტომ რა ძალითაც დედამიწას იზიდავს მზე ისეთივე სიდიდის ძალით იზიდავს მზეს დედამიწა.

3. გოგონა თოკით ასეირნებს ძაღლს. ძაღლმა გაქცევა დააპირა და თოკი დაიჭიმა, თუმცა გოგონამ მოახერხა ძაღლის შეჩერება. როგორ ფიქრობთ, გოგონამ უფრო მეტი ძალით იმოქმედა ძაღლზე თუ ძაღლმა გოგონაზე?

**პასუხი:** გოგონამ და ძაღლმა ერთმანეთზე იმოქმედეს მოდულით ტოლი ძალით.

4. ჭერზე ჩამოკიდებულია 5 კგ მასის ჭადი. დაასახელეთ ძალები, რომლებიც მოქმედებს ჭადზე და ჭერზე. რომელი ძალები აწონასწორებს ერთმანეთს?

**პასუხი:** ჭერზე ჩამოკიდებულ ჭადზე მოქმედებს 50ნ სიმძიმის ძალა, ხოლო ჭერზე მოქმედებს ჭადის წონით გამოწვევული ძალა, რომელიც ასევე 50ნ-ია. ერთმანეთს აწონასწორებენ სიმძიმის ძალა და დრეკადობის ძალა რომელიც აღიძვრება ჭერზე ჭადის მოქმედებით.

5. დედამიწის მიზიდულობის ძალის გავლენით, ხიდან მომწყდარი ვაშლი დედამიწისკენ მიექანება. ნიუტონის მესამე კანონის თანახმად, ვაშლიც იზიდავს დედამიწას მოდულით იმავე ძალით. როგორ ფიქრობთ, ამ დროს დედამიწაც გადაადგილდება ვაშლისკენ? თუ ასეა, რატომ არაა შესაძენვეი დედამიწის გადაადგილება?

**პასუხი:** როგორც ვიცით ურთიერთმოქმედ სხეულთა აჩქარებების მოდულების ფარდობა მათი მასების შებრუნებული შეფარდების ტოლია. ე.ი დედამიწის აჩქარება იმდენჯერ ნაკლებია ვაშლის აჩქარებაზე რამდენადაც დედამიწის მასა მეტია ვაშლის მასაზე აქედან გამომდინარე დედამიწის აჩქარება ძალიან მცირეა და მისი შემჩნევა შეუძლებელია.

6. მეგობრები ზღვის სანაპიროზე თამაშობენ თოკით ერთმანეთის გადაძალვას. მათ შორის ორმოა და წაგებულია ის, ვინც ორმოში ჩავარდება. მართებულია იქნება თუ არა წინადადება: ის მოიგებს, ვინც უფრო მეტი ძალით იმოქმედებს მოწინააღმდეგეზე?

**ამოხსნა:** თოკის დაჭიმულობის ძალის მოდული ყველგან ერთნაირია. თოკი ორივე მოთამაშეზე მოქმედებს მოდულით ტოლი ძალებით, ამ ძალებს ურთიერთ საპირისპირო მიმართულება აქვთ. ნიუტონის მესამე კანონის თანახმად, ძალა რომლითაც პირველი მოთამაშე მოქმედებს თოკზე, მოდულით ტოლია ძალისა, რომლითაც თოკი მოქმედებს მოთამაშეზე და მისი საპირისპირო მიმართულება აქვთ. ეს ძალები ერთმანეთს არ აწონასწორებენ, რადგან სხვადასხვა სხეულზეა მოდებული. ე.ი. ძალები, რომლითაც მოთამაშეები მოქმედებენ თოკზე მოდულით ტოლია და მიმართულებით საპირისპირო, ამიტომ ეს ძალები ერთმანეთს აწონასწორებს. შეჯიბრის მონაწილეებზე თოკის გარდა მოქმედებს დედამიწა, რომელსაც მოთამაშეები ფეხით ეყრდნობიან, გაიმარჯვებს ის მოთამაშე, რომელიც შეძლებს მეტი ძალით იმოქმედოს დედამიწაზე.

7. სურათზე გამოსახულია ქართველი მორაგბეები („ბორჯღალოსნები“), რომლებიც შერკინებისას მოწინააღმდეგე გუნდის მორაგბეებს მხრებით აწვებიან. მართებულია თუ არა გამონათქვამი: შერკინებას ის გუნდი მოიგებს, რომელიც მეტი ძალით მიაწვება მოწინააღმდეგეს? რა გავლენას ახდენს შერკინების შედეგზე ის ჰორიზონტალური ძალა, რომლითაც მორაგბეები მოედნის მიწის დროს საფარზე მოქმედებენ?

**ამოხსნა :** ძალა რომლითაც მორაგბეები მხრებით აწვებიან ერთმანეთს მოდულით ტოლია და მიმართულება საპირისპირო აქვთ. აქ მნიშვნელოვან როლს თამაშობს

დედამიწა. მოგებული იქნება ის გუნდი რომელიც დედამიწაზე მეტი ძალით იმოქმედებს.

8. სურათზე გამოსახულია სატვირთო 1 ტონიანი მისაბმელით. ადგილიდან დაძვრისას სატვირთოს აჩქარება  $2 \text{ მ/წმ}^2$ -ია. რისი ტოლია ამ დროს მისაბმელის მხრიდან სატვირთოზე მოქმედი ძალის მოდული?

**ამოხსნა:** ნიუტონის მესამე კანონის თანახმად, რა ძალითაც მოქმედებს სატვირთო მისაბმელზე იგივე ძალით მოქმედებს მისაბმელი სატვირთოზე და ეს ძალაა  $F=ma=2\text{კნ}$ .

9. სურათზე გამოსახული სატვირთოს მასა 10 ტონაა. ადგილიდან დაძვრისას მისი აჩქარება  $2 \text{ მ/წმ}^2$ -ია. რისი ტოლია სატვირთოზე მოქმედი წვევის ძალა, თუ ამ დროს სატვირთო მისაბმელზე 2 კნ ძალით მოქმედებს?

ამოხსნა

? F	სატვირთო მოძრაობს ღერძის მიმართულებით,
მოც.: $m=10\text{ტ}=10000\text{კგ}$	სატვირთოზე
$a=2\text{მ/წმ}^2$	მოქმედი წვევის ძალა ტოლია $F=F_1+F_2$ (1) სადაც $F_2=ma$ (2)
$F_1=2\text{კნ}=2000\text{ფ}$	(2) შევიტანოთ (1) მივიღებთ $F=F_1+ma=22000\text{ფ}$

პასუხი: წვევის ძალაა 22000ფ.

10. საქანელა „აიწონა-დაიწონაზე“ სხედან 20 კგ მასის ბავშვები. შედეგად საქანელა გაწონასწორებულია. დაასახელებთ ბავშვებზე მოქმედი ძალები და ძალები, რომელთა მოქმედებით საქანელა წონასწორულ მდგომარეობაშია.

**პასუხი:** ბავშვებზე მოქმედებს  $F=mg=200\text{ფ}$  სიმძიმის ძალა, საქანელა კი გაწონასწორებულია საყრდენზე მოქმედი წონით, რომელიც 400 ნიუტონია.

## §2. 6. მსოფლიო მიზიდულობის კანონი

გაკვეთილის თემა	მსოფლიო მიზიდულობის კანონი
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>სამყაროში ნებისმიერ ორი სხეულს შორის მოქმედებს ურთიერთმიზიდვის ძალები, რომელსაც მსოფლიო მიზიდულობის ან გრავიტაციული ძალებია;</li> <li>ნებისმიერი ორი სხეული ურთიერთმიზიდება ძალით, რომლის მოდული პირდაპირპროპორციულია მათი მასების ნამრავლის და უკუპროპორციულია მათ შორის მანძილის კვადრატის: <math display="block">F = G \frac{m_1 m_2}{r^2};</math> </li> <li>გრავიტაციული მუდმივა რიცხობრივად ტოლია იმ ძალის მოდულის, რომლითაც მიიზიდებიან 1 მ მანძილით დაშორებული თითო კილოგრამი მასის მქონე სხეულები. მისი მნიშვნელობა ტოლია: <math>G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ ნ} \cdot \text{მ}^2 / \text{კგ}^2</math>;</li> <li><math>F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}</math> ფორმულა ძალის ზუსტ მნიშვნელობას გვაძლევს: <ul style="list-style-type: none"> <li>ა) ნივთიერი წერტილებისათვის,</li> <li>ბ) ერთგვაროვანი სფერული სხეულებისათვის,</li> <li>გ) ერთგვაროვანი სფერული სხეულისა და მის</li> </ul> </li> </ul>

	<p>რადიუსთან შედარებით ბევრად მცირე ზომის სხეულისათვის. ამასთან, სფერული სხეულის შემთხვევაში მანძილი აითვლება მისი ცენტრიდან;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• გრავიტაციული ძალა ცენტრულია.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლეებს ეცოდინებათ მსოფლიო მიზიდულობის ძალა და მასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	<p>ფიზ.საბ.2. სხეულთა ურთიერთქმედებაზე და ურთიერთქმედების შედეგებზე არგუმენტირებული მსჯელობა;</p> <p>ფიზ.საბ.8. მოსწავლეს შეუძლია მოდელის შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/ კანონზომიერებების საჩვენებლად;</p> <p>ფიზ.საბ.9. ცდისა და ექსპერიმენტის დაგეგმვისა და ჩატარებისას უსაფრთხოების წესების დაცვა.</p>
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი ლექცია, ცდის დაგეგმვა. რესურსების, მოსაზრებების, ცოდნის გაზიარება პრობლემათა ერთობლივად გადაჭრის ჯგუფური მუშაობით.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	ძალა, მიზიდულობის ძალა, თავისუფალი ვარდნა, გრავიტაციული ურთიერთქმედება, გრავიტაციული მუდმივა, სფერული სხეულები, მიზიდულობის კანონი.
წინარე ცოდნა	ძალა, მასა, ნიუტონის პირველი , მეორე კანონი მესამე კანონი.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება მასწავლებელი სვამს პროვოცირებულ შეკითხვებს, რომლითაც ამოწმებს კლასის მზაობას გავითილისთვის.</p> <p><b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის გააზრება, გაგება.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> მინი ლექცია. მასწავლებელი მოსწავლეებს მოუთხოვრებს პატარა ისტორიას ნიუტონის ცხოვრებიდან.</p> <p><b>მიზანი.</b> პროვოცირება, ინტერესის აღძვრა.</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> ცდის დაგეგმვა, ჩატარება, დასკვნების გაკეთება. მასწავლებელი მოსწავლეებთან ერთად ატარებს ცდას ნიუტონის მილების საშუალებით, აკვირდებიან სხეულთა ვარდნას აერსა და ვაკუუმში და აკეთებენ დასკვნას. ასევე კარგი იქნება თუ გამოვიყენებთ ვიდეოს Bowling Ball and Feathers Dropped in Air and then Vacuum</p> <p><b>მიზანი:</b> ცდის ანალიზი.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> მასწავლებელი საუბრობს სხეულთა შორის ურთიერთქმედებაზე ადგენს დამოკიდებულებას სხეულთა მასებზე და მათ შორის მანძილზე, აყალიბებს მსოფლიო მიზიდულობის ძალას, განსაზღვრავს გრავიტაციულ მუდმივას და მის ფიზიკურ აზრს, მოჰყავს ექსპერიმენტები, რომლის საშუალებით იქნა განსაზღვრული მისი მნიშვნელობა.</p> <p><b>მიზანი:</b> ბუნების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ძალის გაცნობა, გაგება, გააზრება.</p>

	<p><b>აქტივობა 3.</b> ამოცანის ერთობრივი ამოხსნა ჯგუფში ან წყვილებში.</p> <p>სახელმძღვანელოში მოცემული ამოცანის ამოხსნის ნიმუშის განხილვა „ერთად ამოვხსნათ ამოცანა“ – ითვალისწინებს მოსწავლეების ურთიერთდახმარებას, საჭიროების შემთხვევაში მასწავლებლის დახმარებას და სახელმძღვანელოში ამოხსნილი ამოცანის გააზრებას, შემდეგ მიღებული ცოდნის გამოყენებას ახალი ამოცანის ამოსახსნელად. მასწავლებელმა სასურველია აჩვენოს მოსწავლეებს ამოცანაში აღნიშნული მოვლენა და მოსწავლეებთან ერთად ხსნიან შემჩნეულ მოვლენას.</p> <p><b>მიზანი:</b> მოსწავლეები მსჯელობენ ამოცანაზე და მიდიან სწორ დასკვნამდე.</p> <p><b>აქტივობა 5.</b> შეჯამება. აფასებს წინარე ცოდნას, ექსპერიმენტის დაგეგმვა ჩატარების უნარებს. აკეთებს განმავითარებელ შეფასებას.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო. ნიუტონის მილი.
შეფასების კრიტერიუმები	ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი. შესაძლებელია განმავითარებელი შეფასების გაკეთება – „მოსწავლის და მასწავლებლის უკუკა ვშირი“.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §2.6 მსოფლიო მიზიდულობის კანონი. პარაგრაფის ბოლოს მოცემული ამოცანები. საშინაო ცდა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან მსოფლიო მიზიდულობის კანონი, ბუნების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ძალა გრავიტაციული ძალა.

**საკონტროლო კითხვების პასუხები.**

- საიდან ვასკვნით, რომ სხეულზე დედამიწის მხრიდან მოქმედი მიზიდვის ძალა სხეულის მასის პროპორციულია?

**პასუხი:** ცდები გვიჩვენებს, რომ თავისუფალი ვარდნისას ყველა სხეულის აჩქარება ერთნაირია. ამიტომ ნიუტონის მეორე კანონიდან გამომდინარე, ყველა სხეულზე მისი მასის პროპორციული ძალა უნდა მოქმედებდეს.

- რატომაა ორ სხეულს შორის მსოფლიო მიზიდულობის ძალა ორივე სხეულის მასის პროპორციული?

**პასუხი:** სხეულები ურთიერთმიზიდებიან მოდულით ტოლი ძალებით. რომელიც პროპორციულია სხეულთა მასების. გამომდინარე აქედან, ორ სხეულს შორის მოქმედი გრავიტაციული მიზიდულობის ძალა მათი მასების ნამრავლის პირდაპირპროპორციულია:

$$F \sim m_1 \cdot m_2$$

- ორ სხეულს შორის მანძილის n-ჯერ გაზრდა როგორ შეცვლის მათ შორის გრავიტაციულ ძალას?



**პასუხი:** სხეულებს შორის მანძილის  $n$ -ჯერ გაზრდა მათი მასების შეუცვლელად გამოიწვევს ურთიერთქმედების ძალის შემცირებას  $n^2$ -ჯერ.

- თქვენ უკვე იცით, რომ დედამიწა მის ზედაპირზე მყოფ 5 კგ მასის სხეულს 50 ნ ძალით იზიდავს. რა ძალით იზიდავს ეს სხეული დედამიწას? რაზეა ეს ძალა მოდებული და საითაა ის მიმართული?

**პასუხი:** სხეული დედამიწას იზიდავს 50ნ ძალით მოდებულია დედამიწაზე და მიმართულია სხეულისკენ.

- მთვარეს აჩქარებას დედამიწა ანიჭებს. იძენს თუ არ აჩქარებას დედამიწაც?

**პასუხი:** მთვარე და დედამიწა ურთიერთმიზიდება ძალებით რომელიც მოდულით ტოლი და მიმართულებით საპირისპიროა. დედამიწაც ამ ძალის მოქმედებით იძენს აჩქარებას.

- რატომ ჰქვია  $G$ -ს მსოფლიო მიზიდულობის მუდმივა?

**პასუხი:** რადგან  $G$  ერთნაირია სამყაროში არსებული ნებისმიერი ორი სხეულის გრავიტაციული ურთიერთქმედებისას.

- რა სიდიდეების გაზომვაა საჭირო გრავიტაციული მუდმივას მნიშვნელობის საპოვნელად?

**პასუხი:** გრავიტაციული მუდმივა, რომ ვიპოვოთ უნდა გავზომოთ, ურთიერთქმედების ძალა, წერტილოვან სხეულთა მასები და სხეულთა მაცათა ცენტრებს შორის მანძილი.

- რატომ არ არის შესამჩნევი ერთმანეთის გვერდზე მდგარ ორ ტანკერს შორის მიზიდვის ძალა, მიუხედავად იმისა, რომ მათ საკმაოდ დიდი მასები აქვს?

**პასუხი:**  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ ნ} \cdot \text{მ}^2 / \text{კგ}^2$ . როგორც ვხედავთ, გრავიტაციული მუდმივა ძალიან მცირე სიდიდეა, სწორედ ამიტომ ვერ ვამჩნევთ ჩვენს გარშემო მყოფ სხეულებს შორის მიზიდვას.

### ერთად ამოვხსნათ ამოცანა:

ორი ერთნაირი, ერთგვაროვანი ბირთვი ერთმანეთს ეხება. რამდენჯერ გაიზრდება ბირთვებს შორის მიზიდულობის ძალა, თუ მათ სიმკვრივეს 8-ჯერ გავზრდით?

განიხილეთ ორი შემთხვევა:

- ა) როდესაც ბირთვების მასა უცვლელია;
- ბ) როდესაც ბირთვების რადიუსი უცვლელია.

### ამოხსნა:

ა) როდესაც ბირთვების მასა უცვლელია და მათი სიმკვრივე 8-ჯერ იზრდება,  $\rho = m/V$  ფორმულიდან ჩანს, რომ თითოეული ბირთვის მოცულობა 8-ჯერ შემცირდება. ვინაიდან ბირთვის მოცულობა გამოითვლება ფორმულით:  $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ , მოცულობის 8-ჯერ შემცირებისას თითოეული ბირთვის რადიუსი 2-ჯერ შემცირდება. ვინაიდან ბირთვები ერთმანეთს ეხება, ბირთვების ცენტრებს შორის მანძილიც 2-ჯერ შემცირდება. მსოფლიო მიზიდულობის კანონიდან გამომდინარე,  $F = Gm^2/R^2$ , ბირთვების ცენტრებს შორის მანძილის 2-ჯერ შემცირება მათ შორის მიზიდულობის ძალის 4-ჯერ გაზრდას გამოიწვევს.

ბ) როდესაც ბირთვების რადიუსი უცვლელია და მათი სიმკვრივე 8-ჯერ იზრდება,  $\rho = m/V$  ფორმულიდან ჩანს, რომ თითოეული ბირთვის მასაც 8-ჯერ იზრდება. მათ ცენტრებს შორის მანძილი უცვლელია. ამიტომ,  $F = Gm^2/R^2$  ფორმულიდან გამომდინარე, ბირთვებს შორის მიზიდულობის ძალა 64-ჯერ გაიზრდება.

### ამოხსენი ამოცანები:

1. დააკვირდით გრავიტაციული მიზიდვის ძალის გამოსათვლელ ფორმულას და იმსჯელეთ, რა შემთხვევაში იქნება ორ მასიურ სხეულს შორის მიზიდვის ძალა ნულის ტოლი და რა შემთხვევაში – მაქსიმალური.

ამოხსნა:

ორ მასიურ სხეულს შორის მიზიდულობის ძალა ნულისკენ მიისწრაფის როცა ეს სხეულები უსასრულოდ დაშორდებიან ერთმანეთს, ხოლო მაქსიმალური იქნება როცა მათ მასათა ცენტრებს შორის მანძილი იქნება ყველა შესაძლო მნიშვნელობაზე მცირე (თუ სხეულები წერტილოვანია, ან სფერული).

2. როგორ შეიცვლება ორ ერთგვაროვან ბირთვს შორის მიზიდვის ძალა, თუ ბირთვებს შორის მანძილს 2-ჯერ გავზრდით?

ამოხსნა:

სხეულებს შორის მიზიდულობის ძალა გამოითვლება ფორმულით  $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ ,

ფორმულიდან ჩანს, რომ ბირთვებს შორის ურთიერთქმედების ძალა მანძილის კვადრატის უკუპროპორციულად იცვლება, ე.ი. მანძილის ორჯერ გაზრდა გამოიწვევს ურთიერთქმედების ძალის 4-ჯერ შემცირებას.

3. ორ ერთგვაროვან ბირთვს შორის მიზიდულობის ძალის მოდულია  $F$ . რისი ტოლი გახდება ბირთვებს შორის მიზიდვის ძალა, თუ პირველი ბირთვის მასას 2-ჯერ გავზრდით, მეორისას კი – 3-ჯერ, ხოლო ბირთვებს შორის მანძილს უცვლელად დავტოვებთ.

ამოხსნა:

სხეულებს შორის მიზიდულობის ძალა გამოითვლება ფორმულით  $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ ,

ფორმულიდან ჩანს, მიზიდულობის ძალა სხეულის მასების ნამრავლის

პირდაპირპროპორციულია, ამიტომ რადგან ერთი სხეულის მასა 2-ჯერ იზრდება, მეორის კი 3-ჯერ მიზიდვის ძალა გაიზრდება 6-ჯერ.

4. მთვარისაკენ მიმავალი კოსმოსური ხომალდი, დედამიწიდან გარკვეული მანძილით დაშორების შემდეგ, ძრავს გამორთავს და მოძრაობას მთვარის მიზიდულობის ძალის მოქმედებით აგრძელებს. რატომ არაა შესაძლებელი, რომ ხომალდი თავიდანვე მთვარის მიზიდულობის ძალით გაფრინდეს?

ამოხსნა:

მთვარისკენ მიმავალ კოსმოსურ ხომალზე მოქმედი დედამიწის მიზიდულობის ძალა მცირდება და იზრდება მთვარის მხრიდან მიზიდულობის ძალა, გარკვეული მანძილიდან მთვარის მიზიდულობა მეტი ხდება დედამიწის მიზიდულობაზე და შემდეგ შეიძლება გააგრძელოს მოძრაობა მთვარის მიზიდულობით მაგრამ სანამ დედამიწის მიზიდულობაა მეტი ეს შეუძლებელი იქნება რადგან ძალთა ტოლქმედი დედამიწისკენ არის მიმართული.

5. ვთქვათ, ცნობილია დედამიწის მასა ( $M_{დედ}$ ), მთვარის მასა ( $M_{მთვ}$ ) და მათ ცენტრებს შორის მანძილი ( $R$ ). დედამიწისა და მთვარის შემაერთებელ წრფეზე, დედამიწის ცენტრიდან რა მანძილზე უნდა იყოს ხელოვნური თანამგზავრი, რომ მასზე დედამიწისა და მთვარის მხრიდან მოქმედმა მიზიდულობის ძალებმა ერთმანეთი გააბათილონ?

ამოხსნა:

? x	ვთქვათ დედამიწიდან x მანძილზე დედამიწიდან და მთვარიდან
მოც.: M <sub>დედ</sub>	ხელოვნურ თანამგზავრზე მოქმედი მიზიდულობის ძალების
M <sub>მთვ</sub>	მოდულები ერთმანეთის ტოლი და მიმართულებით საპირისპიროა
R	ამიტომ შეგვიძლია დავწეროთ F <sub>1</sub> =F <sub>2</sub>
	$G \frac{M_{დედ}m}{x^2} = G \frac{M_{მთვ}m}{(R-x)^2} \Rightarrow x = \frac{\sqrt{M_{დედ}}}{\sqrt{M_{დედ}} + \sqrt{M_{მთვ}}} R$

**პასუხი:** დედამიწიდან  $x = \frac{\sqrt{M_{დედ}}}{\sqrt{M_{დედ}} + \sqrt{M_{მთვ}}} R$  მანძილზე ძალები ერთმანეთს გააბათილებს

6. შესაძლებელია თუ არა, რომ თანამგზავრი არ იყოს მთვარისა და დედამიწის შემაერთებელ წრფეზე და მასზე დედამიწისა და მთვარის მხრიდან მოქმედმა მიზიდულობის ძალებმა ერთმანეთი გააბათილოს? პასუხი დაასაბუთეთ.

ამოხსნა:

თუ თანამგზავრი არ მდებარეობს დედამიწისა და მთვარის შემაერთებელი წრფეზე მაშინ, თანამგზავრზე დედამიწის მხრიდან მოქმედი F<sub>დედ</sub> ძალასა და მთვარის მხრიდან თანამგზავრზე მოქმედ F<sub>მთვ</sub> ძალებს შორის კუთხე იქნება α ძალთა ტოლქმედი ტოლი

იქნება  $F = \sqrt{F_{დედ}^2 + F_{მთვ}^2 + 2F_{დედ}F_{მთვ} \cos \alpha} \geq 0$  ე. ი. თანამგზავრზე მოქმედმა ძალებმა

გააბათილონ ერთმანეთი თუ ისინი იქნებიან ერთ წრფეზე, სხვა მდებარეობის დროს ვერ გააბათილებენ.

7. ორ ერთნაირ, ერთგვაროვან ბირთვს შორის მიზიდულობის ძალის მოდულია F. რისი ტოლი გახდება პირველ ბირთვზე მოქმედი მიზიდულობის ძალა, თუ ბირთვების ცენტრების შემაერთებელი მონაკვეთის შუა წერტილში მესამე ისეთსავე ბირთვს მოვათავსებთ?

ამოხსნა:

ორ ერთნაირ ბირთვს შორის ურთიერთქმედების ძალა ტოლი იქნება  $F = Gm^2/R^2$

თუ ამ ბირთვების შემაერთებელი მონაკვეთის შუა წერტილში მესამე ისეთსავე ბირთვს მოვათავსებთ მოვათავსებთ ამ ბირთვებზე მოქმედი მიზიდულობის ძალა

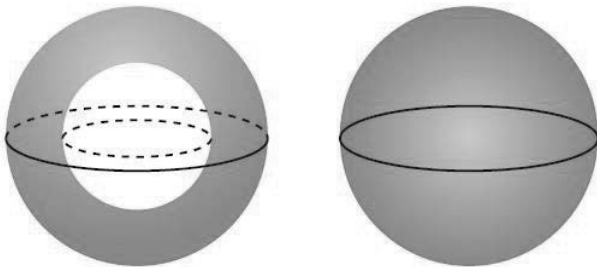
$F_1 = F_2 + F$ , სადაც F<sub>2</sub> მესამე ბირთვთან მიზიდულობის ძალა იქნება  $F_2 = 4 Gm^2/R^2$  ე. ი.

$F_1 = 5 Gm^2/R^2 = 5F$ .

პასუხი: 5F.

8. M მასის მქონე ორ ერთგვაროვან ბირთვს შორის მიზიდულობის ძალის მოდულია F. რისი ტოლი გახდება მათ შორის ურთიერთქმედების ძალა, თუ ერთ-ერთი ბირთვიდან ამოჭრით M/3 მასის ბირთვს ისე, რომ ამოჭრილი ბირთვის ცენტრი თავდაპირველი ბირთვის ცენტრს ემთხვეოდეს?

ამოხსნა:

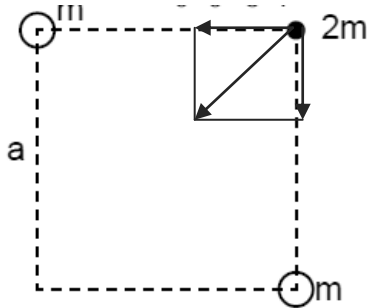


ორ ერთნაირ ბირთვს შორის მიზიდულობის ძალა  $F$ ,  $F = GM^2/R^2$ , ერთი ბირთვიდან  $M/3$ მასის ბირთვის ამოჭრისას დარჩენილი ნაწილის მასა იქნება  $2M/3$  და რადგან მიზიდულობის ძალა მასის პროპორციულია მაშინ მიზიდულობის ძალა იქნება  $F_1 = 2F/3$ .

**პასუხი:**  $F_1 = 2F/3$ .

9. კვადრატის ორ მოპირდაპირე წვეროში მოთავსებულია  $m$  მასის მქონე ორი ერთგვაროვანი ბირთვი. რისი ტოლი იქნება კვადრატის მესამე წვეროში მოთავსებული  $2m$  მასის ნივთიერ წერტილზე მოქმედი ძალა, თუ კვადრატის გვერდის სიგრძე  $a$ -ს ტოლია?

ამოხსნა:

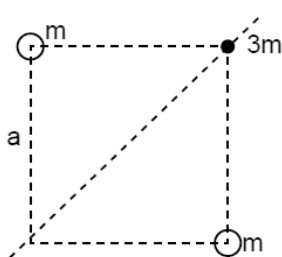


კვადრატის წვეროზე მოთავსებულ  $2m$  მასის ნივთიერ წერტილზე მოქმედი ძალა,  $m$  მასის მქონე ორი ერთგვაროვანი ბირთვით გამოწვეული მიზიდულობის ძალების ჯამის ტოლია  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$  სადაც  $|\vec{F}_1| = |\vec{F}_2|$   $F_1 = G \frac{2m^2}{a^2}$  ამ ძალების ჯამი კი შეიძლება ვიპოვოთ პითაგორას თეორემით  $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = F_1 \sqrt{2} = G \frac{2\sqrt{2}m^2}{a^2}$

**პასუხი:**  $2m$  მასის ნივთიერ წერტილზე მოქმედი ძალაა  $F = G \frac{2\sqrt{2}m^2}{a^2}$

10.  $a$  გვერდის მქონე კვადრატის ორ მოპირდაპირე წვეროში მოთავსებულია  $m$  მასის ორი ერთგვაროვანი ბირთვი, მესამე წვეროში კი  $3m$  მასის ნივთიერი წერტილი. ამ წერტილისაგან რა მანძილზე და სად უნდა მოვათავსოთ  $2m$  მასის ერთგვაროვანი ბურთულა, რომ ნივთიერი წერტილი წონასწორულ მდგომარეობაში აღმოჩნდეს?

ამოხსნა:



კვადრატის წვეროზე მოთავსებულ  $3m$  მასის ნივთიერ წერტილზე მოქმედი ძალა,  $m$  მასის მქონე ორი ერთგვაროვანი ბირთვით გამოწვეული მიზიდულობის ძალების ჯამის ტოლია  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$  სადაც  $|\vec{F}_1| = |\vec{F}_2|$   $F_1 = G \frac{3m^2}{a^2}$  ამ ძალების ჯამი კი შეიძლება ვიპოვოთ პითაგორას თეორემით

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = F_1 \sqrt{2} = G \frac{3\sqrt{2}m^2}{a^2}$$

$2m$  მასის სხეული კი უნდა მოვათავსოთ  $3m$  მასის ნივთიერ წერტილიდან  $F$  ძალის საპირისპიროდ  $x$  მანძილზე და ტოლი უნდა იყოს ამ ძალის

$$F = G \frac{3m \cdot 2m}{x^2} = G \frac{3\sqrt{2}m^2}{a^2} \Rightarrow X = a\sqrt{2}$$

**პასუხი:**  $2m$  მასის სხეული  $3m$  მასის სხეულიდან უნდა მოვათავსოთ  $a\sqrt{2}$  კვადრატის დიაგონალის საპირისპირო მხარეს.

## § 2.7. თავისუფალი ვარდნის აჩქარება

გაკვეთილის თემა	თავისუფალი ვარდნის აჩქარება
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• თავისუფალი ვარდნის აჩქარება არ არის დამოკიდებული სხეულის მასაზე და დედამიწის მოცემულ წერტილში ყველა სხეულისათვის ერთნაირია:  <math display="block">g = G \frac{M}{R^2}, g \approx 9,8 \text{ მ/წმ}^2;</math> </li> <li>• სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა სხეულის მასისა და თავისუფალი ვარდნის აჩქარების ნამრავლის ტოლია:  <math display="block">\vec{F}_{სიმძ} = m\vec{g};</math> </li> <li>• თავისუფალი ვარდნის აჩქარება დედამიწის ზედაპირიდან h სიმაღლეზე ტოლია: <math>g = G \frac{M}{(R+h)^2};</math></li> <li>• თავისუფალი ვარდნის აჩქარების ცვლილებას განაპირობებს:             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) დედამიწის დღელამური ბრუნვა;</li> <li>2) დედამიწის არასფერული ფორმა;</li> <li>3) დედამიწის არათანაბარი სიმკვრივე.</li> </ol> </li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლეებს ეცოდინებათ თავისუფალი ვარდნა, თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, სიმძიმის ძალა, გრავიმეტრიული დაზვერვა.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საბ.2. სხეულთა ურთიერთქმედებაზე და ურთიერთქმედების შედეგებზე არგუმენტირებული მსჯელობა; ფიზ.საბ.8. მოსწავლეს შეუძლია მოდელის შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/ კანონზომიერებების საჩვენებლად.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი ლექცია, რესურსების, მოსაზრებების, ცოდნის გაზიარება პრობლემათა ერთობლივად გადაჭრის ჯგუფური მუშაობით.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	ძალა, მიზიდულობის ძალა, თავისუფალი ვარდნა, თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, სიმძიმის ძალა, გრავიმეტრიული დაზვერვა.
წინარე ცოდნა	მსოფლიო მიზიდულობის ძალა, გრავიტაციული მუდმივა.
აქტივობები/დრო/ ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება              მასწავლებელი სვამს პროვოცირებულ შეკითხვებს, რომლითაც ამოწმებს კლასის მზაობას გავითილისთვის.</p> <p><b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის გააზრება, გაგება.</p> <p><b>აქტივობა 2</b> მინი ლექცია              მასწავლებელი საუბრობს რომ, მსოფლიო მიზიდულობის ძალის ერთ-ერთი კერძო შემთხვევაა ძალა, რომლითაც დედამიწა იზიდავს მისი ზედაპირის მახლობლად მყოფ სხეულს, რომ სიმძიმის ძალის როლი უდიდესია დედამიწის ისეთი სახით ფორმირებაში, როგორც ის დღეს არსებობს. მაგალითად, ამ ძალის გამოა, რომ დედამიწას გარშემო ატმოსფერო აკრავს, მოდის წვიმა, მიედინება მდინარეები და მრავალი სხვა. სიმძიმის ძალას ითვალისწინებს ადამიანი ყოველდღიურ ცხოვრებაში, მაგალითად, ხიდების, გვირაბების, შენობების, ანძების, ავტომობილების აგებისას. ამიტომ, საჭიროა ვიცოდეთ რაზეა დამოკიდებული სიმძიმის ძალის მოდული და ერთნაირია თუ არა მისი მნიშვნელობა დედამიწის სხვადასხვა წერტილში.</p> <p><b>მიზანი.</b> პროვოცირება, ინტერესის აღძვრა.</p>

	<p><b>აქტივობა 3.</b> ამოცანის ერთობრივი ამოხსნა ჯგუფში ან წყვილებში. სახელმძღვანელოში მოცემული ამოცანის ამოხსნის ნიმუშის განხილვა „ერთად ამოვხსნათ ამოცანა“- ითვალისწინებს მოსწავლეების ურთიერთდახმარებას, საჭიროების შემთხვევაში მასწავლებლის დახმარებას და სახელმძღვანელოში ამოხსნილი ამოცანის გააზრებას, შემდეგ მიღებული ცოდნის გამოყენებას ახალი ამოცანის ამოსახსნელად. მასწავლებელმა სასურველია აჩვენოს მოსწავლეებს ამოცანაში აღნიშნული მოვლენა და მოსწავლეებთან ერთად ხსნიან შემჩნეულ მოვლენას.</p> <p><b>მიზანი:</b> მოსწავლეები მსჯელობენ ამოცანაზე და მიდიან სწორ დასკვნამდე.</p> <p><b>აქტივობა 5.</b> შეჯამება. აფასებს წინარე ცოდნას, ჯგუფური მუშაობის უნარებს. იყენებს განმავითარებელ შეფასებას.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო.
შეფასების კრიტერიუმები	ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი . შესაძლებელია განმავითარებელი შეფასების გაკეთება – „მოსწავლის და მასწავლებლის უკუკავშირი“.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §2.7 თავისუფალი ვარდნის აჩქარება. პარაგრაფის ბოლოს მოცემული ამოცანები. Bowling Ball and Feathers Dropped in Air and then Vacuum
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან თავისუფალი ვარდნა, თავისუფალი ვარდნის აჩქარება.

### საკონტროლო კითხვების პასუხები:

- რაზეა დამოკიდებული თავისუფალი ვარდნის აჩქარების მნიშვნელობა?  
**პასუხი:** თავისუფალი ვარდნის აჩქარება დამოკიდებულია დედამიწის მასასა და დედამიწის რადიუსზე  $g = G \frac{M}{R^2}$ .
- რისი ტოლი გახდება თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, თუ სხეულს დედამიწის ზედაპირიდან რადიუსის ტოლ სიმაღლეზე ავიტანთ?  
**პასუხი:** რადგან თავისუფალი ვარდნის აჩქარება  $g = G \frac{M}{R^2} \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$ , ხოლო დედამიწის ზედაპირიდან რადიუსის ტოლ მანძილზე  $g_1 = G \frac{M}{(2R)^2} = \frac{g}{4} = 2.5 \text{ მ/წმ}^2$
- სად უფრო მეტია თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, პოლუსზე, თუ ეკვატორზე?  
**პასუხი:** პოლუსებზე თავისუფალი ვარდნის აჩქარება  $9,83 \text{ მ/წმ}^2$ -ის ტოლია, ეკვატორზე –  $9,78 \text{ მ/წმ}^2$ -ის რაც განპირობებულია, ეკვატორული და პოლარული რადიუსების სხვაობით.
- გრავიმეტრიული დაზვერვით  $g$ -ს მნიშვნელობა იმავე ადგილზე, ჩვეულებრივთან შედარებით მცირე აღმოჩნდა. რა დასკვნას გამოიტანდი?  
**პასუხი:**  $g$ -ს მნიშვნელობის შემცირება შეიძლება გამოწვეული იყოს წიაღში ნავთობის ან ბუნებრივი აირის არსებობით.
- პლანეტის რა მონაცემები უნდა იცოდე, რომ იპოვო თავისუფალი ვარდნის აჩქარება ამ პლანეტაზე?  
**პასუხი:**  $g = G \frac{M}{R^2}$  თავისუფალი ვარდნის აჩქარება პლანეტაზე, რომ განვსაზღვროთ უნდა ვიცოდეთ პლანეტის მასა და რადიუსი.

**ამოცანების ამოხსნა:**

1. რამდენჯერ მეტია თავისუფალი ვარდნის აჩქარება დედამიწის ზედაპირზე, ვიდრე მისი ზედაპირიდან 200 კმ სიმაღლეზე?

ამოხსნა:

თავისუფალი ვარდნის აჩქარება დედამიწის ზედაპირზე გამოითვლება ფორმულით

$$g = G \frac{M}{R^2}, \text{ ხოლო დედამიწის ზედაპირიდან } g_1 = G \frac{M}{(R+h)^2}, \text{ აქედან გამომდინარე}$$

$$\text{შევვიძლია დავწეროთ } \frac{g_1}{g} = \frac{R^2}{(R+h)^2} \Rightarrow g_1 = \frac{R^2}{(R+h)^2} \cdot g \approx 9.4 \text{ მ/წმ}^2$$

**პასუხი:**  $g_1 \approx 9.4 \text{ მ/წმ}^2$

2. როგორ ახსნით დედამიწის გრავიტაციული ველის შესუსტებას დედამიწიდან დაშორების ზრდის მიხედვით?

ამოხსნა:

გრავიტაციული ურთიერთქმედება მანძილის კვადრატის უკუპროპორციულად იცვლება, რაც იწვევს ველის შესუსტებას.

3. კომეტა, რომელიც დედამიწიდან ძალიან დიდი მანძილით იყო დაშორებული, უახლოვდება დედამიწას. როგორ იცვლება მისი აჩქარება ამ მოძრაობისას?

4. რისი ტოლია თავისუფალი ვარდნის აჩქარება დედამიწის ზედაპირიდან მის რადიუსზე 4-ჯერ მეტ სიმაღლეზე?

ამოხსნა:

თავისუფალი ვარდნის აჩქარება დედამიწის ზედაპირზე გამოითვლება ფორმულით

$$g = G \frac{M}{R^2}, \text{ ხოლო დედამიწის ზედაპირიდან } g_1 = G \frac{M}{(R+R/4)^2} = G \frac{16M}{25R^2} = \frac{16}{25} g \approx 6.4 \text{ მ/წმ}^2,$$

**პასუხი:**  $g_1 \approx 6.4 \text{ მ/წმ}^2$ .

5. დედამიწის ზედაპირიდან რა სიმაღლეზე ავიდა კოსმოსური ხომალდი, თუ ამ სიმაღლეზე თავისუფალი ვარდნის აჩქარება 96%-ით ნაკლებია, ვიდრე დედამიწის ზედაპირზე?

ამოხსნა:

ვიცით თავისუფალი ვარდნის აჩქარება დედამიწის ზედაპირთან  $g = G \frac{M}{R^2}$ , ვთქვათ

თავისუფალი ვარდნის აჩქარება x მანძილზე არის  $g_1$ ,

$$g_1 = G \frac{M}{(R+x)^2} = g \cdot \frac{100\% - 96\%}{100\%} = g \cdot \frac{1}{25} \Rightarrow x = 5 \sqrt{G \frac{M}{g}} - R = 4R$$

**პასუხი:**  $x=4R$

6. მარსის მასა დაახლოებით დედამიწის მასის 1/10-ნაწილია, ხოლო რადიუსი – დედამიწის რადიუსზე 2-ჯერ ნაკლები. რამდენჯერ მეტია თავისუფალი ვარდნის აჩქარება დედამიწის ზედაპირზე, ვიდრე – მარსის ზედაპირზე?

ამოხსნა:

$? \frac{g_{დედ}}{g_{მარ}}$	$g_{დედ} = G \frac{M_{დედ}}{R_{დედ}^2} = G \frac{10M_{მარ}}{2R_{მარ}^2} = 5g_{მარ}$
მოც.: $M_{დედ}=10M_{მარ}$ $R_{დედ}=2R_{მარ}$	

**პასუხი:**  $g_{დედ} = 5g_{მარ}$

7. ოთხი ერთნაირი მასის პლანეტა განლაგებულია კვადრატის წვეროებზე. რისი ტოლი იქნება მათ მიერ შექმნილი თავისუფალი ვარდნის აჩქარებების ჯამი კვადრატის ცენტრში?

ამოხსნა:

კვადრატის ცენტრში თავისუფალი ვარდნის აჩქარება ნულის ტოლია, რადგან რადგან ამ წერტილში გრავიტაციული ძალების ჯამი ნულის ტოლია.

8. დედამიწისა და მთვარის მასები, შესაბამისად  $6 \cdot 10^{24}$  კგ და  $7.4 \cdot 10^{22}$  კგ-ია. მათ შორის მანძილი დაახლოებით – 384 000 კმ. დედამიწისა და მთვარის ცენტრების შემაერთებელ წრფეზე, დედამიწისგან რა მანძილზე გაუტოლდებიან ერთმანეთს მთვარისა და დედამიწის თავისუფალი ვარდნის აჩქარების მოდულები?

$\begin{array}{l} ? x \\ M_{დედ}=6 \cdot 10^{24} \text{ კგ} \\ M_{მთვ}=7,4 \cdot 10^{22} \text{ კგ} \end{array}$	$g_{დედ} = G \frac{M_{დედ}}{x^2} \quad (1)$ $g_{მთვ} = G \frac{M_{მთვ}}{(R-x)^2} \quad (2)$
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------

$R=384000 \text{ კმ}=3,84 \cdot 10^8 \text{ მ}$  (1) და (2) განტოლებების გაუტოლებით მივიღებთ

$$g_{დედ} = g_{მთვ} \quad x = \frac{\sqrt{M_{დედ}}}{\sqrt{M_{დედ}} + \sqrt{M_{მთვ}}} R = 3,4 \cdot 10^8 \text{ მ}$$

**პასუხი:**  $3,4 \cdot 10^8 \text{ მ}$

9. რამდენჯერ განსხვავდება ერთმანეთისაგან თავისუფალი ვარდნის აჩქარება იმ ორი პლანეტის ზედაპირზე, რომელთა რადიუსები ერთნაირია, ხოლო ერთ-ერთის სიმკვრივე 2-ჯერ აღემატება მეორის სიმკვრივეს?

ამოხსნა:

ვიცით რომ თავისუფალი ვარდნის აჩქარება  $g = G \frac{M}{R^2} = G \frac{\rho V}{R^2}$ , რადგან პლანეტების რადიუსები ტოლი, ხოლო ერთის სიმკვრივე 2-ჯერ მეტია მეორის სიმკვრივეზე ამიტომ ერთ პლანეტაზე, რომლის სიმკვრივე მეტია მასზე აჩქარება 2-ჯერ მეტია ვიდრე მეორეზე.

10. რამდენჯერ განსხვავდება ერთმანეთისაგან თავისუფალი ვარდნის აჩქარება იმ ორი პლანეტის ზედაპირზე, რომელთა მასები ერთნაირია, ხოლო ერთ-ერთის სიმკვრივე 8-ჯერ მეტია მეორისაზე?

მინიშნება: სფეროს მოცულობა გამოითვლება ფორმულით  $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ , რომელშიც R სფეროს რადიუსია.

ამოხსნა:

თავისუფალი ვარდნის აჩქარება  $g = G \frac{M}{R^2} = G \frac{\rho V}{R^2} = G \frac{\rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{R^2} = G \frac{4 \rho \pi R}{3}$ , რადგან თავისუფალი ვარდნის აჩქარება დამოკიდებულია პლანეტის სიმკვრივეზე, ამიტომ თავისუფალი ვარდნის აჩქარება იმ ორ პლანეტაზე, რომელთა რადიუსი ერთმანეთის ტოლია მეტია მეტი სიმკვრივის პლანეტაზე და იმდენჯერ რამდენჯერაც მათი სიმკვრივეების ფარდობა. 8-ჯერ მეტი სიმკვრივის მქონე პლანეტაზე თავისუფალი ვარდნის აჩქარება 8-ჯერ მეტია ვიდრე მეორეზე.

**პასუხი:** ერთზე თავისუფალი ვარდნის აჩქარება 8-ჯერ მეტია ვიდრე მეორეზე.



**§ 2.8. მოძრაობა სიმძიმის ძალის მოქმედებით: თავისუფლად ვარდნილი და ვერტიკალურად ასროლილი სხეულის მოძრაობა**

გაკვეთილის თემა	მოძრაობა სიმძიმის ძალის მოქმედებით: თავისუფლად ვარდნილი და ვერტიკალურად ასროლილი სხეულის მოძრაობა
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• თუ ვერტიკალზე მოძრავ სხეულზე მხოლოდ სიმძიმის ძალა მოქმედებს, ის მოძრაობს თანაბარჩქარებულად <math>\vec{g}</math> აჩქარებით;</li> <li>• სიმძიმის ძალის მოქმედებით ვერტიკალზე მოძრავი სხეულის სიჩქარის გეგმილი და კოორდინატი გამოისახება ფორმულებით: <math>v_y = v_{0y} + g_y t</math>, <math>y = y_0 + v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}</math>;</li> <li>• შვეულად, უსაწყისო, ან ქვემოთ მიმართული საწყისი სიჩქარით ვარდნილი სხეულის სიჩქარის მოდული და გავლილი მანძილი გამოითვლება ფორმულებით: <math>v = v_0 + gt</math>; <math>h = v_0 t + \frac{gt^2}{2}</math>; <math>h = \frac{v^2 - v_0^2}{2g}</math>; <math>h = \frac{v_0 + v}{2} t</math>;</li> <li>• ვერტიკალურად ზევით ასროლილი სხეულის სიჩქარის მოდული და გავლილი მანძილი მაქსიმალური სიმაღლის მიღწევამდე გამოითვლება ფორმულებით: <math>v = v_0 - gt</math>; <math>h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}</math>; <math>h = \frac{v_0^2 - v^2}{2g}</math>; <math>h = \frac{v_0 + v}{2} t</math>;</li> <li>• ვერტიკალურად ასროლილი სხეულის მაქსიმალურ სიმაღლეზე ასვლის დრო და ასროლის წერტილამდე ქვევით ვარდნის დრო ერთმანეთის ტოლია;</li> <li>• სხეულის ასროლის საწყისი სიჩქარე მოდულით ტოლია იმ სიჩქარის, რომელიც მას ასროლის წერტილში დაბრუნებისას აქვს.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლეებს ეცოდინებათ მოძრაობა სიმძიმის ძალის მოქმედებით: თავისუფლად ვარდნილი და ვერტიკალურად ასროლილი სხეულის მოძრაობა.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საბ.2. სხეულთა ურთიერთქმედებაზე და ურთიერთქმედების შედეგებზე არგუმენტირებული მსჯელობა; ფიზ.საბ.8 მოსწავლეს შეუძლია მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/ კანონზომიერებების საჩვენებლად.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ეტაპობრივად კონსტრუირებას წინარე ცოდნაზე დაფუძნებით. ხელს უწყობდეს ცოდნათა ურთიერთდაკავშირებას და ორგანიზებას.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	სიმძიმის ძალით სხეულის მოძრაობა, აჩქარებული მოძრაობა, აჩქარება, სიმაღლე, მაქსიმალური სიმაღლე, კოორდინატის დროზე დამოკიდებულება.
წინარე ცოდნა	ნიუტონის კანონები, თანაბარჩქარებული მოძრაობა, სიჩქარის, სიმაღლის, კოორდინატის დროზე დამოკიდებულება.
აქტივობები/დრო/ ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება მასწავლებელი სვამს პროვოცირებულ შეკითხვებს, რომლითაც ამოწმებს კლასის მზადყოფნას კიდევ ერთი თანაბარჩქარებული მოძრაობის შესახებ.</p> <p><b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის გააზრება, გაგება.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> მინი ლექცია მასწავლებელი მოსწავლეებთან ერთად ადგენს თუ რა</p>

	<p>პირობებში შეიძლება მივიჩნიოთ სხეულის ვარდნა თანაბარ-აჩქარებულად მივიჩნიოთ. ვერტიკალზე მოძრაობა შეიძლება თანაბრაჩქარებულად მივიჩნიოთ, თუ დავუშვებთ რომ:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. სხეული მოძრაობს დედამიწის ზედაპირის მახლობლად. ამ შემთხვევაში დედამიწის სიმრუდე შეიძლება უგულებელვყოთ, ხოლო თავისუფალი ვარდნის აჩქარება მუდმივად მივიჩნიოთ;</li> <li>2. სხეული მცირე ზომისაა, მძიმეა და მცირე სიჩქარით მოძრაობს. ამ შემთხვევაში ჰაერის წინააღმდეგობის ძალის გავლენა მოძრაობაზე შეიძლება უგულებელვყოთ;</li> <li>3. ათვლის სისტემა, რომელიც დაკავშირებულია დედამიწის ზედაპირზე მყოფ სხეულთან, ინერციულია.</li> </ol> <p><b>მიზანი:</b> ცოდნის ტრანსფერი.</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> ცოდნის ტრანსფერი მასწავლებელი განიხილავს თანაბრაჩქარებულ მოძრაობას და აკეთებს კავშირებს წრფივ თანაბრაჩქარებულ მოძრაობასა და თავისუფალ ვარდნას შორის და წერს ყველა შესაბამის ფორმულებს.</p> <p><b>მიზანი:</b> თანამედროვე რეალობის სივრცესა და დროში გააზრება და ინტერპრეტირება.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> ამოცანის ერთობრივი ამოხსნა ჯგუფში ან წყვილებში. სახელმძღვანელოში მოცემული ამოცანის ამოხსნის ნიმუშის განხილვა „ერთად ამოვხსნათ ამოცანა“ – ითვალისწინებს მოსწავლეების ურთიერთდახმარებას, საჭიროების შემთხვევაში მასწავლებლის დახმარებას და სახელმძღვანელოში ამოხსნილი ამოცანის გააზრებას, შემდეგ მიღებული ცოდნის გამოყენებას ახალი ამოცანის ამოსახსნელად. მასწავლებელმა სასურველია აჩვენოს მოსწავლეებს ამოცანაში აღნიშნული მოვლენა და მოსწავლეებთან ერთად ხსნიან შემჩნეულ მოვლენას.</p> <p><b>მიზანი:</b> მოსწავლეები მსჯელობენ ამოცანაზე და მიდიან სწორ დასკვნამდე.</p> <p><b>აქტივობა 5.</b> შეჯამება. აფასებს წინარე ცოდნას, ჯგუფურ და ინდივიდუალურ მუშაობას.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო.
შეფასების კრიტერიუმები	ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი. შესაძლებელია განმავითარებელი შეფასების გაკეთება – „მოსწავლის და მასწავლებლის უკუკა ვშირი“.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §2.8 საშინაო ცდა. პარაგრაფის ბოლოს მოცემული ამოცანები. საშინაო ცდა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან სხეულთა თავისუფალი ვარდნა, და პოულობენ სხეულთა სიჩქარეს, დროის ნებისმიერ მომენტში, ვარდნის სიმაღლეს, კოორდინატს დროის ნებისმიერ მომენტში.

## საკონტროლო კითხვების პასუხები:

- რატომაა რთული ჰაერში მოძრაობის შესწავლა?  
**პასუხი:** რეალურ პირობებში სხეულზე გარდა სიმძიმის ძალისა სხვა ძალებიც მოქმედებს ამიტომ რთულია სხეულის მოძრაობის შესწავლა.
- რა დაშვებები უნდა გავაკეთოთ, რომ სხეულის ვერტიკალზე მოძრაობა  $\vec{v}$  აჩქარების მქონე თანაბარაჩქარებულ მოძრაობად მივიჩნიოთ?  
**პასუხი:** ვერტიკალზე მოძრაობა შეიძლება თანაბარაჩქარებულად მივიჩნიოთ, თუ დავუშვებთ რომ:
  1. სხეული მოძრაობს დედამიწის ზედაპირის მახლობლად. ამ შემთხვევაში დედამიწის სიმრუდე შეიძლება უგულებელვყოთ, ხოლო თავისუფალი ვარდნის აჩქარება მუდმივად მივიჩნიოთ;
  2. სხეული მცირე ზომისაა, მძიმეა და მცირე სიჩქარით მოძრაობს. ამ შემთხვევაში ჰაერის წინააღმდეგობის ძალის გავლენა მოძრაობაზე შეიძლება უგულებელვყოთ;
  3. ათვლის სისტემა, რომელიც დაკავშირებულია დედამიწის ზედაპირზე მყოფ სხეულთან, ინერციულია.
- რას ნიშნავს ვერტიკალურად ასროლილი სხეულის აჩქარება  $-9,8 \text{ მ/წმ}^2$ -ია?  
**პასუხი:** სხეულის სიჩქარე ყოველ წამში იცვლება  $9,8 \text{ მ/წმ}$ -ით.
- მთვარის ზედაპირიდან ვერტიკალურად ზევით ასროლილი სხეული  $8 \text{ წმ}$ -ის შემდეგ ჩამოვარდა. რა დროის განმავლობაში მიძრაობდა ის ზევით? ქვევით?  
**პასუხი:** სხეულის ზემოთ და ქვემოთ მოძრაობის დრო ერთმანეთის ტოლია და ის  $4 \text{ წმ}$ -ის ტოლია.

## ამოცანების ამოხსნა

1. რა მანძილს გაივლის უსაწყისო სიჩქარით თავისუფლად ვარდნილი ბურთულა  $5 \text{ წმ}$ -ში?  
 $g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$ .

ამოხსნა:

$h$	
მოც.: $t=5 \text{ წმ}$	$h = \frac{gt^2}{2} = \frac{10 \cdot 25}{2} = 125$
$g=10 \text{ მ/წმ}^2$	
$v_0 = 0 \text{ მ/წმ}$	

**პასუხი:** უსაწყისო სიჩქარით ვარდნილი სხეული გაივლის  $125$  მეტრს.

2. ვერტიკალურად ზევით  $10 \text{ მ/წმ}$  სიჩქარით აისროლეს მცირე ზომის ბურთულა. რა დროში მიაღწევს იგი მაქსიმალურ სიმაღლეს? რისი ტოლია ეს სიმაღლე? ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ ( $g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$ ).

ამოხსნა:

ვერტიკალურად ზემოთ ასროლილი სხეულის სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების განტოლებას აქვს შემდეგი სახე .  $v = v_0 - gt$  . რადგან სხეულის მაქსიმალურ სიმაღლეზე

ასვლის დროს სიჩქარე ხდება ნულის ტოლი აქედან გამომდინარე ზემოთ მოძრაობის დრო იქნება  $0=10-10t$  და აქედან  $t=1$ წმ-ს.

ბოლო ასვლის მაქსიმალურსიმაღლე კი  $h = \frac{v_0+v}{2} t=5$ მ

**პასუხი:** სხეული მაქსიმალურ სიმაღლეს მიაღწევს 1 წმ-ში და ასვლის მაქსიმალური სიმაღლეა 5მ.

3. სახურავიდან 2 წმ-ის ინტერვალით მოწყდა წყლის ორი წვეთი. რა მანძილი იქნება წვეთებს შორის მეორე წვეთის მოწყვეტის მომენტში? რა მანძილი იქნება წვეთებს შორის მეორე წვეთის მოწყვეტის მომენტიდან 3 წამის შემდეგ? წვეთის მოძრაობა თავისუფალ ვარდნად მიიჩნეთ ( $g \approx 10$  მ/წმ<sup>2</sup>).

ამოხსნა:

<p>? <math>h_1, h_2</math>          მოც.: <math>t_1=2</math> წმ  <math>t_2=3</math>წმ</p>	<p>რადგან წვეთი სახურავს წყდება უსაწყისო სიჩქარით მეორე წვეთის მოწყვეტის მომენტში პირველ წვეთს გავლილი ექნება <math>h_1 = \frac{gt^2}{2} = 20</math>მ          ხოლომეორე წვეთის მოწყვეტის მომენტიდან პირველ წვეთს გავლილი აქვს <math>h = \frac{g(t_1+t_2)^2}{2} = 125</math>მ მეორე ქვეთი 3 წამში გაივლის <math>h_3 = \frac{gt_2^2}{2} = 45</math>მ მათ შორი მანძილი ამ დროისთვის კი იქნება <math>h_2 = h - h_3 = 80</math>მ.</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**პასუხი:** 20მ, 80მ.

4. დიდი სიმაღლიდან თავისუფლად ვარდნას იწყებს ბურთულა ( $g \approx 10$  მ/წმ<sup>2</sup>). განსაზღვრეთ:

ა) ვარდნის დაწყებიდან პირველ წამში გავლილი მანძილი:  $h = \frac{gt^2}{2} = 5$ მ;

ბ) ვარდნის დაწყებიდან ორ წამში გავლილი მანძილი:  $h = \frac{gt^2}{2} = 20$ მ;

გ) ვარდნის დაწყებიდან მეორე წამში გავლილი მანძილი:  $20 - 5 = 15$ მ;

დ) ვარდნის დაწყებიდან მესამე წამში გავლილი მანძილი: 25 მ;

ე) როგორ შეეფარდება ზემოთაღნიშნული მანძილები ერთმანეთს: 1: 3: 5.

5. ვერტიკალურად ზევით 30 მ/წმ სიჩქარით აისროლეს სხეული. ასროლიდან რა დროის შემდეგ იქნება სხეული საწყისი დონიდან 25 მ სიმაღლეზე? ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ ( $g \approx 10$  მ/წმ<sup>2</sup>).

ამოხსნა:

რადგან კოორდინატის დროზე დამოკიდებულებას აქვს სახე  $y = y_0 + v_0t + \frac{gt^2}{2}$

და ამ ფორმულაში გავითვალისწინებთ სიდიდეებს მივიღებთ  $25 = 0 + 30t - \frac{10t^2}{2}$

აქედან  $t_1=1$ წმ და  $t_2=5$ წმ.

**პასუხი:** სხეული 25მ სიმაღლეზე იქნება მოძრაობის დაწყებიდან 1 და 5 წამის შემდეგ.

6. უსაწყისო სიჩქარით ვერტიკალურად თავისუფლად ვარდნილმა სხეულმა ვარდნის ბოლო წამში 55 მ გაიარა. რა დროის განმავლობაში ვარდებოდა სხეული?  $g \approx 10$  მ/წმ<sup>2</sup>.

ამოხსნა

? t	ვთქვათ სხეული ვარდება t წმ-ის განმავლობაში და გადის h მანძილს, მაშინ (t-1) წამში გაივლის $h_2 = \frac{a(t-1)^2}{2}$ რადგან ბოლო წამში გავლილი მანძილი $h_1 = 55$ -ია შეგვიძლია დავწეროთ $h = h_1 + h_2$ , სადაც მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ $\frac{gt^2}{2} = h_1 + h_2 = \frac{(t-1)^2}{2}$ . აქედან გამომდინარე t=6წმ.
-----	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**პასუხი:** 6 წმ.

7. უსაწყისო სიჩქარით ვერტიკალურად თავისუფლად ვარდნილმა სხეულმა ვარდნის ბოლო წამში 45 მ გაიარა. რა სიჩქარე ჰქონდა სხეულს ვარდნის დაწყებიდან სამი წამის შემდეგ?  $g \approx 10$  მ/წმ<sup>2</sup>.

ამოხსნა:

მე-6 ამოცანიში მოცემული გზით ვიპოვოთ ვარდნის დრო. ვარდნის დრო არის 5წმ, მაშინ ვარდნის დაწყებიდან სამი წამის შემდეგ სხეულის სიჩქარე  $30 \text{ მ/წმ} < v \leq 50 \text{ მ/წმ}$ .

8. ვერტიკალურად ზევით 40 მ/წმ საწყისი სიჩქარით აისროლეს ბურთულა. რამდენით მეტია ბურთულის მიერ 6 წამში გავლილი მანძილი მისი გადაადგილების მოდულზე? ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ ( $g \approx 10$  მ/წმ<sup>2</sup>).

ამოხსნა:

ღერძი მივმართოთ ვერტიკალურად ზემოთ, ათვლის წერტილად ავირჩიოთ გასროლის წერტილი და დავწეროთ კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების განტოლება მოძრაობის დროის გამოსათვლელი ფორმულა  $t = \frac{v-v_0}{-g}$ , ნიშნულ ფორმულებში თუ გავითვალისწინებთ ცნობილ სიდიდეებს მივიღებთ  $t=4$ წმ-ს,  $h=80$ მ,  $y=60$ მ. აქედან გამომდინარე რადგან გადაადგილებაა საწყისი და ბოლო წერტილების შემაერთებელი წრფის მიმართული მონაკვეთია, აქედან გამომდინარე გადაადგილება იქნება 60მ, გავლილი მანძილი კი  $(80+80-60=100)$ მ.

**პასუხი:** გადაადგილებაა 60მ, გავლილი მანძილი კი 100მ.

9. 30 მ სიმაღლის აივნებიდან ვერტიკალურად ზევით 20 მ/წმ სიჩქარით აისროლეს ბურთი. დედამიწის ზედაპირიდან რა სიმაღლეზე გახდება მისი სიჩქარის გეგმილი -30 მ/წმ-ის ტოლი, თუ ღერძი ვერტიკალურად ზევითაა მიმართული? დედამიწის ზედაპირიდან რა სიმაღლეზე იქნება ამ დროს ბურთი? ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ ( $g \approx 10$  მ/წმ<sup>2</sup>).

ამოხსნა:

ღერძი მივმართოთ ვერტიკალურად ზემოთ, ათვლის წერტილად ავირჩიოთ დედამიწის ზედაპირი და დავწეროთ კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების განტოლება

$$v = v_0 - gt, (1) \quad y = y_0 + v_0 t - \frac{gt^2}{2} = 30 + 20t - 5t^2 (2)$$

(1)-დან ვიპოვოთ დრო  $-30=20-10t, \Rightarrow t = 5$  წმ (2)-დან კი  $y=5$ მ.

**პასუხი:** 5წმ, 5მ.

10. 30 მ სიმაღლის აივნებიდან ვერტიკალურად ზევით 30 მ/წმ სიჩქარით აისროლეს ბურთულა. იმავდროულად, დედამიწის ზედაპირიდან 40 მ/წმ საწყისი სიჩქარით აისროლეს მეორე ბურთულა. ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ ( $g \approx 10$  მ/წმ<sup>2</sup>) და განსაზღვრეთ:
- საწყისი მომენტიდან რა დროში იქნებიან ისინი ერთსა და იმავე სიმაღლეზე;
  - რა მაქსიმალურ სიმაღლეს მიაღწევს თითოეული;
  - რა დროის ინტერვალით დაეცემა თითოეული დედამიწის ზედაპირზე.

**ამოხსნა:**

ღერძი მივმართოთ ვერტიკალურად ზემოთ, ათვლის წერტილად ავირჩიოთ დედამიწის ზედაპირი და დავწეროთ სხეულების კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების განტოლებები

$$y_1 = v_0 t - \frac{gt^2}{2} \text{ სახით } y_1 = 30 + 30t - 5t^2$$

$$y_2 = 40t - 5t^2$$

ა) პირველი და მეორე სხეულების ერთსა და იმავე სიმაღლეზე ყოფნის დრო, რომ განვსაზღვროთ გაუტოლოთ მათი განტოლებები ერთმანეთს.

$$y_1 = y_2$$

$$30 + 30t - 5t^2 = 40t - 5t^2 \text{ აქედან } t = 3 \text{ წმ}$$

ბ) პირველი სხეულის ასვლის მაქსიმალური სიმაღლე  $h_1 = v_0 t + \frac{v_1^2 - v_0^2}{-2g} = 30 + 45 = 75 \text{ (მ)}$

მეორე სხეულის ასვლის მაქსიმალური სიმაღლე  $h_2 = \frac{v_2^2 - v_0^2}{-2g} = 80 \text{ მ}$

გ) დედამიწაზე დაცემის მომენტში სხეულის კოორდინატი ნულია თუ კოორდინატს გაუტოლებ ნულს შევძლებთ ვიპოვიოთ თითოეული სხეულისთვის დედამიწაზე დაცემის დროს  $y_1 = 30 + 30t - 5t^2 = 0 \Rightarrow 6 + 6t - t^2 = 0 \Rightarrow t_1 = 3 + 2\sqrt{15} \text{ (წმ)}$

$$y_2 = 40t - 5t^2 = 0 \Rightarrow t_2 = 8 \text{ წმ}$$

დედამიწაზე სხეულთა დაცემის ინტერვალია  $t_2 - t_1 = 5 - 2\sqrt{15} \text{ (წმ)}$ .

**პასუხი:** შეხვედრის დრო 3წმ, ასვლის მაქ. სიმაღლე 75მ, 80მ. დედამიწაზე დავარდნის დროის ინტერვალი:  $5 - 2\sqrt{15} \text{ (წმ)}$ .

**§ 2.9 მოძრაობა სიმძიმის ძალის მოქმედებით:**

**ჰორიზონტალურად გასროლილი სხეულის მოძრაობა**

გაკვეთილის თემა	მოძრაობა სიმძიმის ძალის მოქმედებით: ჰორიზონტალურად გასროლილი სხეულის მოძრაობა
<p>თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ჰორიზონტალურად გასროლილი სხეულის მოძრაობა შევეულად თავისუფალი ვარდნისა და ჰორიზონტალური თანაბარი მოძრაობის ერთობლიობაა;</li> <li>ერთი და იმავე სიმაღლიდან უსაწყისო და ჰორიზონტალურად მიმართული საწყისი სიჩქარით ვარდნილი სხეულების ვარდნის დრო ერთნაირია.</li> <li>h სიმაღლიდან ჰორიზონტალურად <math>\vec{v}_0</math> სიჩქარით გასროლილი სხეულის ვარდნის დრო, გასროლის სიშორე და საბოლოო სიჩქარის მოდული, შესაბამისად, გამოისახება ფორმულებით: <math display="block">t_g = \sqrt{\frac{2h}{g}}, l = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}; v = \sqrt{v_0^2 + 2gh};</math> </li> <li>ჰორიზონტალურად <math>\vec{v}_0</math> სიჩქარით გასროლილი სხეული მოძრაობს იმ პარაბოლის ტოტზე, რომლის განტოლებაა <math display="block">y = \frac{g}{2v_0^2} \cdot x^2.</math> </li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	ჰორიზონტალურად გასროლილი სხეულის მოძრაობის შესწავლა როცა სხეულზე სიმძიმის ძალა მოქმედებს.

ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საბ.2. სხეულთა ურთიერთქმედებაზე და ურთიერთ-ქმედების შედეგებზე არგუმენტირებული მსჯელობა; ფიზ.საბ.6. თვისებრივი და რაოდენობრივი მონაცემების სხვადასხვა ფორმით ჩაწერა და ორგანიზება. ფიზ.საბ.8 მოსწავლეს შეუძლია მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/ კანონზომიერებების საჩვენებლად.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ეტაპობრივად კონსტრუირება წინარე ცოდნაზე დაფუძნებით. ხელს უწყობდეს ცოდნათა ურთიერთდაკავშირებას და ორგანიზებას.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	მოდრაობის დამოუკიდებლობის პრინციპი, ვერტიკალური მოძრაობა, ჰორიზონტალური მოძრაობა. სიჩქარის და აჩქარების გეგმილები. ფრენის დრო, ფრენის სიშორე.
წინარე ცოდნა	თავისუფალი ვარდნა, ვერტიკალური მოძრაობა სიმძიმის ძალის მოქმედებით.
აქტივობები/დრო/ ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება მოსწავლეები მსჯელობენ, აყალიბებენ აზუსტებენ ცდით მიღებულ შედეგებს.</p> <p><b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის გააზრება, გაგება.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> მინი ლექცია მასწავლებელი მოსწავლეთა დახმარებით გეგმავს პარაგრაფს. მითითებულ ცდას აკვირდებიან, აღწერენ ცდით მიღებულ შედეგებს და აკეთებენ დასკვნებს:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ორივე ბურთულა შვეული მიმართულებით თანაბარ-აჩქარებულად, ერთნაირი აჩქარებით მოძრაობს.</li> <li>2. ბურთულა ჰორიზონტალური მიმართულებით მოძრაობს თანაბრად.</li> </ol> <p><b>მიზანი.</b> ცოდნის ტრანსფერი.</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> ამოცანის ერთობრივი ამოხსნა ჯგუფში ან წყვილებში.</p> <p>სახელმძღვანელოში მოცემული ამოცანის ამოხსნის ნიმუშის განხილვა „ერთად ამოვხსნათ ამოცანა“ – ითვალისწინებს მოსწავლეების ურთიერთდახმარებას, საჭიროების შემთხვევაში მასწავლებლის დახმარებას და სახელმძღვანელოში ამოხსნილი ამოცანის გააზრებას, შემდეგ მიღებული ცოდნის გამოყენებას ახალი ამოცანის ამოხსნელად. მასწავლებელმა სასურველია აჩვენოს მოსწავლეებს ამოცანაში აღნიშნული მოვლენა და მოსწავლეებთან ერთად ხსნიან შემჩნეულ მოვლენას.</p> <p><b>მიზანი:</b> თანამედროვე რეალობის სივრცესა და დროში გააზრება და ინტერპრეტირება</p> <p><b>აქტივობა 5.</b> შეჯამება. აფასებს წინარე ცოდნას, ჯგუფურ და ინდივიდუალურ მუშაობას.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო, რკინის დრეკადი ფირფიტა ბურთულები დამჭერი, ჩაქუჩი.

შეფასების კრიტერიუმები	ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი. თანამედროვე რეალობის სივრცესა და დროში გააზრება და ინტერპრეტირება, შესაძლებელია განმავითარებელი შეფასების გაკეთება – „მოსწავლის და მასწავლებლის უკუკა ვშირი“.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §2.9, საშინაო ცდა. პარაგრაფის ბოლოს მოცემული ამოცანები. საშინაო ცდა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან მოძრაობა სიმძიმის ძალის მოქმედებით: ჰორიზონტალურად გასროლილი სხეულის მოძრაობა და შეუძლიათ მიღებული ცოდნის პრაქტიკაში გამოყენებას.

### საკონტროლო კითხვების პასუხები:

- რას ნიშნავს მოძრაობის დამოუკიდებლობის პრინციპი?  
**პასუხი:** ნებისმიერი რთული მოძრაობა შეიძლება წარმოვადგინოთ, როგორც რამდენიმე შედარებით მარტივი მოძრაობების ჯამი.
- რატომ არის გასროლილი სხეულის მოძრაობა ჰორიზონტალური მიმართულებით.  
**პასუხი:** თანაბარი, ხოლო ვერტიკალური მიმართულებით თანაბარაჩქარებული?  
სხეულზე მოქმედი ძალის გეგმილი ჰორიზონტალურ ღერძზე ნულია რაც იმას ნიშნავს რომ სხეულის სიჩქარე არ იცვლება, ხოლო ძალის გეგმილის მოდული ვერტიკალურ ღერძზე ძალის მოდულის ტოლია.
- რისი ტოლია ჰორიზონტალურად გასროლილი სხეულის სიჩქარის ჰორიზონტალური მდგენელი დროის ნებისმიერ მომენტში?  
**პასუხი:** ჰორიზონტალურად გასროლილი სხეულის სიჩქარის ჰორიზონტალური მდგენელი დროის ნებისმიერ მომენტში სხეულის საწყისი სიჩქარის ტოლია.
- როგორ ტრაექტორიაზე იმოდრავებს თვითმფრინავიდან გადმოშტარი პარაშუტისტი გადმოშტომიდან მცირე დროის განმავლობაში?  
**პასუხი:** მცირე დროის განმავლობაში იმოდრავებს ინერციით საწყისი სიჩქარის მიმართულებით.
- როგორ შეიცვლება გასროლის სიშორე, თუ გასროლა ვაკუუმის ნაცვლად ჰაერში მოხდება?  
**პასუხი:** ვაკუუმის ნაცვლად ჰაერში სხეულის გასროლისას გასროლის სიჩქარე შემცირდება, რადგან გასროლილ სხეულზე იმოქმედებს ჰაერის წინააღმდეგობის ძალა.
- რატომ უმიზნებს მსროლელი შორს მყოფ სამიზნეს ოდნავ ზევით?  
**პასუხი:** ამით მსროლელი ითვალისწინებს ნატყორცნ სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალის გავლენას (ქვემოთ დაშვებას).

### ამოცანების ამოხსნა

- ერთი და იმავე სიმაღლიდან ჰორიზონტალური მიმართულებით ისვრიან ორ ბურთულას: პირველს – 10 მ/წმ სიჩქარით, მეორეს – 20 მ/წმ-ით. შეადარეთ მათი დედამიწამდე ვარდნის დროები. ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ.  
ამოხსნა:  
ერთი და იმავე სიმაღლიდან გასროლილი სხეულის ვარდნის დრო არ არის დამოკიდებული გასროლის სიჩქარეზე ამიტომ მათი ვარდნის დრო ერთმანეთის ტოლია.



2. 20 მ სიმალიდან ჰორიზონტალური მიმართულებით გაისროლეს ბურთულა. რა დროში დაეცემა იგი დედამიწის ზედაპირზე? ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ ( $g \approx 10$  მ/წმ<sup>2</sup>).

ამოხსნა:

20 მ სიმალიდან გასროლილი სხეულის ვარდნის დრო გამოითვლება ფორმულით

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 2 \text{ წმ} - t$$

**პასუხი:** 2წმ

3. რა სიმალიდან უნდა გავისროლოთ ტყვია ჰორიზონტალური მიმართულებით, რომ დედამიწაზე დაეცემისას მისი სიჩქარის ვერტიკალური მდგენელის მოდული 20 მ/წმ-ის ტოლი იყოს? ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ ( $g \approx 10$  მ/წმ<sup>2</sup>).

ამოხსნა:

ჰორიზონტალური მიმართულებით გასროლილი სხეულის სიჩქარის ვერტიკალური მდგენელი შეიძლება ვიპოვოთ  $h = \frac{v^2 - v_0^2}{2g} = \frac{v^2}{2g} \Rightarrow h = 20 \text{ მ}$

**პასუხი:** 20 მ.

4. ცათამბრჯენის 125 მეტრი სიმალის აივნიდან ჰორიზონტალური მიმართულებით სათამაშო დამბაჩიდან ისროლეს „ტყვია“. რისი ტოლი უნდა იყოს ტყვიის საწყისი სიჩქარე, რომ მისი სიჩქარე დედამიწის ზედაპირზე დაეცემის მომენტში 60 მ/წმ-ის ტოლი იყოს? ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ ( $g \approx 10$  მ/წმ<sup>2</sup>).

ამოხსნა:

? $v_0$	h სიმალიდან დაშვების მომენტში სიჩქარის მოდული
მოც.: $v = 60 \text{ მ/წმ}$	ტოლია $v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$ აქედან გამომდინარე
$h = 125 \text{ მ}$	$v_0^2 = v^2 - 2gh = 1100 \quad v_0 \approx 33 \text{ მ/წმ}$

**პასუხი:** 33მ/წმ .

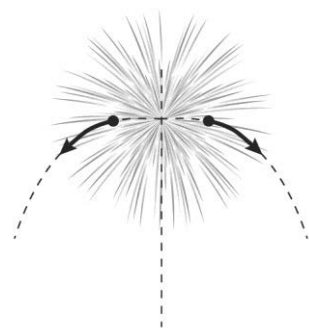
5. ცათამბრჯენის 125 მეტრი სიმალის აივნიდან ჰორიზონტალური მიმართულებით სათამაშო დამბაჩიდან ისროლეს „ტყვია“. ტყვიის საწყისი სიჩქარე 20 მ/წმ-ია. რისი ტოლი იქნება მისი ფრენის სიშორე? ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ ( $g \approx 10$  მ/წმ<sup>2</sup>)

ამოხსნა:

? S	ფრენის სიშორე გამოითვლება ფორმულით
მოც.: $h = 125 \text{ მ}$	$S = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}} = 20 \cdot \sqrt{\frac{250}{10}} = 100 \text{ მ}$
$v_0 = 20 \text{ მ/წმ}$	
$g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$	

**პასუხი:** ფრენის სიშორეა 100 მ.

6. ვერტიკალურად ასროლილი ფოიერვერკის კაფსულა მაქსიმალურ სიმაღლეზე ასვლისას გასკდა ორ თანაბარ ნაწილად. თითოეულმა შეიძინა ჰორიზონტალური, ურთიერთსაპირისპიროდ მიმართული 10 მ/წმ სიჩქარე. რა სიმაღლეზე გასკდა ფოიერვერკი, თუ ნამსხვრევები დედამიწის ზედაპირზე დავარდნისას ერთმანეთისაგან 60 მ მანძილით არიან დაშორებული? ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ ( $g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$ ).



ამოხსნა:

$? h$ მოც.: $v_0 = 10 \text{ მ/წმ}$ $S = 60 \text{ მ}$ $g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$	$s = 2s_1 = 2v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}} \Rightarrow h = \frac{s^2 g}{8v_0^2} = \frac{3600 \cdot 10}{8 \cdot 100} = 45 \text{ მ}$
-----------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**პასუხი:** ფოიერვერკი გასკდა 45მ სიმაღლეზე.

7. გარკვეული სიმაღლიდან ჰორიზონტალურად მიმართული 12 მ/წმ სიჩქარით გაისროლეს ბურთულა, რომელიც დედამიწაზე დაეცა 1 წმში. რისი ტოლი იქნება ბურთულის მიერ შესრულებული გადაადგილების მოდული? ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ ( $g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$ ).

ამოხსნა:

ამოხსნა:

$? s$ მოც.: $v_0 = 12 \text{ მ/წმ}$ $t = 1 \text{ წმ}$ $g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$	გადაადგილება საწყისი და ბოლო წერტილების შემაერთებული წრფის მიმართული მონაკვეთია, მისი პოვნა შესაძლებელია პითაგორას თეორემის თანახმად. გადაადგილების კვადრეტი ტოლია ვარდნის სიმაღლის კვადრატისა და ფრენის სიშორის კვადრატების ჯამის ტოლია.
-----------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

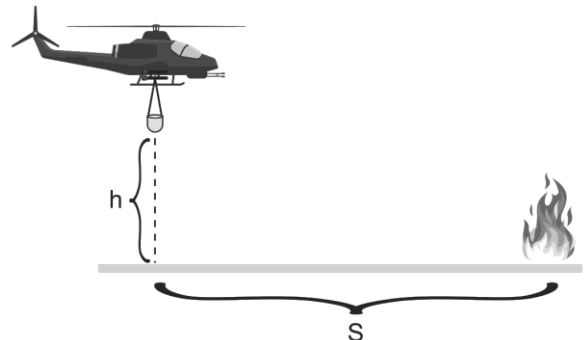
$$s^2 = s_1^2 + h^2 \quad (1), \text{ სადაც } s_1 = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (2), h = \frac{gt^2}{2} \quad (3)$$

$$h = 5 \text{ მ}, s_1 = 12 \text{ მ}$$

თუ (1) ფორმულაში გავითვალისწინებთ ვარდნის სიმაღლისა და ფრენის სიშორის მნიშვნელობას მივიღებთ  $s = 13 \text{ მ}$

**პასუხი:** გადაადგილებაა 13 მ.

8. სახანძრო ვერტმფრენი 15 მ/წმ სიჩქარით მიფრინავს ჰორიზონტალურად ისე, რომ მისი წყლით სავსე რეზერვუარი დედამიწის ზედაპირიდან 180 მ სიმაღლეზეა. ხანძრის კერიდან რა S მანძილის დაშორებით უნდა გახსნას რეზერვუარი პილოტმა, რომ წყალი ზუსტად მიზანს დაესხას? ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ ( $g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$ ).

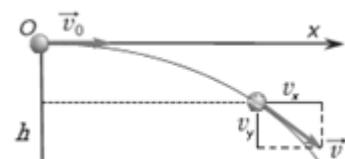


ამოხსნა:

$? S$ მოც.: $v_0 = 15 \text{ მ/წმ}$ $h = 180 \text{ მ}$ $g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$	ფრენის სიშორე შეიძლება განვსაზღვროთ ფორმულით $s = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ე.ი. ესაა ის მანძილი რომელზეც უნდა გახსნას რეზერვუარი, რომ ზუსტად მიზანს დაესხას. $s = 15 \cdot 6 = 90 \text{ მ}$ , მანძილზე.
------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**პასუხი:** 90მ მანძილზე.

9. მოდულით რა სიჩქარით დაეცემა დედამიწის ზედაპირზე 80მ სიმაღლიდან, ჰორიზონტალურად 30 მ/წმ სიჩქარით გასროლილი ბურთულა? რისი ტოლი იქნება იმ კუთხის ტანგენსი, რომელსაც შეადგენს ბურთულის სიჩქარე ჰორიზონტალურ მისი დაცემის მომენტში? ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ ( $g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$ ).



ამოხსნა:

?  $\alpha$

მოც.:  $v_0 = 30 \text{ მ/წმ}$

$h=80 \text{ მ}$

$g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$

გასროლის წერტილთან დაუკავშიროთ კოორდინატთა ღერძები ჰორიზონტალურად Ox ღერძი და ვერტიკალურად ქვევით მიმართული oy ღერძი დაცემის წერტილში  $v_x = 30 \text{ მ/წმ}$ -ს, ხოლო  $v_y = \sqrt{2gh} = 40 \text{ მ/წმ}$ , მაშინ  $\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{4}{3}$   $\alpha = \arctg 3/4$ . ხოლო სხეულის სიჩქარე  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 50 \text{ მ/წმ}$

**პასუხი:** დედამიწაზე დაცემის სიჩქარეა  $50 \text{ მ/წმ}$ , ხოლო დაცემის კუთხე  $\alpha = \arctg 3/4$ .

10. წყალმომარაგების მილს გაუჩნდა  $3 \text{ სმ}^2$  ფართობის მქონე ნახვრეტი, რომლიდანაც წყლის ჭავლი  $10 \text{ მ/წმ}$  სიჩქარით ჰორიზონტალურად გამოედინება. განსაზღვრეთ ჰაერში მოთავსებული წყლის მასა, თუ ნახვრეტი დედამიწის ზედაპირიდან  $45 \text{ მ}$  სიმაღლეზეა. ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ ( $g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$ ).

ამოხსნა:

?  $m$

მოც.:  $S=3 \text{ სმ}^2$

$v = 10 \text{ მ/წმ}$

$h=45 \text{ მ}$

ჰაერში მოთავსებული წყლის მასაა  $m=\rho V$ , სადაც  $V$  არის წყლის ვარდნის  $t$  დროის განმავლობაში ნახვრეტიდან გამოსული წყლის მოცულობა (წყლის ვარდნის დროში იგულისხმება მისი მცირე ნაწილის ნახვრეტიდან დედამიწამდე ვარდნის დრო).  $V = s \cdot v \cdot t$ , სადაც  $s$  ნახვრეტის განიკვეთის ფართობია,  $v$  მისგან წყლის გამოდინების სიჩქარე. ე.ი.  $m=\rho svt$ . ვინაიდან  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ; მივიღებთ  $m=\rho s v \sqrt{\frac{2h}{g}} = 1000 \cdot 3 \cdot 10^{-4} \cdot 10 \sqrt{\frac{90}{10}} = 9 \text{ კგ}$

**პასუხი:**  $9 \text{ კგ}$ .

## § 2.10 მოძრაობა სიმბიმის ძალის მოქმედებით: ჰორიზონტისადმი კუთხით გასროლილი სხეულის მოძრაობა

გაკვეთილის თემა	მოძრაობა სიმბიმის ძალის მოქმედებით: ჰორიზონტისადმი კუთხით გასროლილი სხეულის მოძრაობა
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ჰორიზონტისადმი კუთხით გასროლილი სხეულის მოძრაობა შვეული მიმართულებით <math>\vec{g}</math> აჩქარებით თანაბარაჩქარებული და ჰორიზონტალურად თანაბარი მოძრაობის ერთობლიობაა;</li> <li>• ჰორიზონტისადმი <math>\alpha</math> კუთხითა და <math>\vec{v}_0</math> საწყისი სიჩქარით გასროლილი სხეულის უმაღლეს წერტილში ასვლისა და ფრენის მთლიანი დრო, შესაბამისად, გამოითვლება ფორმულებით: <math>t_{\text{ასვ.}} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}</math>, <math>t = 2t_{\text{ასვ.}} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}</math>;</li> <li>• ჰორიზონტისადმი <math>\alpha</math> კუთხითა და <math>\vec{v}_0</math> საწყისი სიჩქარით გასროლილი სხეულის ასვლის სიმაღლე და ფრენის სიშორე, შესაბამისად, გამოისახება ფორმულებით: <math>h_{\text{მაქს.}} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}</math>, <math>l = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}</math>;</li> <li>• ფრენის სიშორე მაქსიმალურია, როცა გასროლის <math>\alpha</math> კუთხე <math>45^\circ</math>-ის ტოლია;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ჰორიზონტისადმი <math>\alpha</math> კუთხით და <math>v_0</math> სიჩქარით გასროლილი სხეული მოძრაობს პარაბოლაზე, რომლის განტოლებაა: <math>y = -\frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} x^2 + tg \alpha \cdot x</math>;</li> <li>• რეალურ პირობებში ფრენის სიშორე გამოთვლილზე ნაკლებია.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	ჰორიზონტისადმი კუთხით გასროლილი სხეულის მოძრაობის შესწავლა
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	<p>ფიზ.საბ.2. სხეულთა ურთიერთქმედებაზე და ურთიერთქმედების შედეგებზე არგუმენტირებული მსჯელობა;</p> <p>ფიზ.საბ.6. თვისებრივი და რაოდენობრივი მონაცემების სხვადასხვა ფორმით ჩაწერა და ორგანიზება.</p> <p>ფიზ.საბ.8 მოსწავლეს შეუძლია მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/ კანონზომიერებების საჩვენებლად.</p>
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ეტაპობრივად კონსტრუირება წინარე ცოდნაზე დაფუძნებით. ხელს უწყობდეს ცოდნათა ურთიერთდაკავშირებას და ორგანიზებას.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	ასვლის მაქსიმალური სიმაღლე, ფრენის დრო, ფრენის სიშორე, ტრაექტორიის განტოლება.
წინარე ცოდნა	სხეულის მოძრაობა სიმძიმის ძალის მოქმედებით.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება მასწავლებელი კითხულობს საშინაო დავალებას და აკეთებენ საშინაო დავალების პრეზენტაციას.</p> <p><b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის, გაგება, გააზრება.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> მეტაკოგნიტური პაუზა მასწავლებელი მოსწავლეებს ახსენებს თუ როგორ შეჰყავს თამაშში ბურთი მეკარეს. ის ბურთს ჰორიზონტისადმი კუთხით მიმართულ სიჩქარეს ანიჭებს, ბურთი მაღლა ადის და საკმაოდ შორს, მოწინააღმდეგის ნახევარზე ვარდება. ის ერთდროულად ორ მოძრაობას ასრულებს – მოძრაობს როგორც შვეული, ასევე ჰორიზონტალური მიმართულებით. როგორ უნდა დავარტყათ ბურთს, რომ ის რაც შეიძლება შორს გაფრინდეს? მოსწავლეებთან ერთად იკვლევს ჰორიზონტისადმი კუთხით გასროლილი სხეულის მოძრაობას ატარებენ ცდას, გამოყავთ სხეულის სიაჩქარის, გეგმილის, კოორდინატის, ტრაექტორიის, განტოლებებს, ადგენენ ასვლის მაქსიმალური სიმაღლეს, ფრენის დროს და ფრენის სიშორეს.</p> <p><b>მიზანი.</b> კუთხით გასროლილი სხეულის მოძრაობის შესწავლა.</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> ამოცანის ერთობრივი ამოხსნა ჯგუფში მასწავლებელი მოსწავლეებთან ერთად ასრულებს დავალებას და მისი შესრულებისას „ხმამაღლა ფიქრობს“ იმაზე, თუ როგორ შეასრულოს ეს აქტივობა წინმსწრები მეტაკოგნიტური პაუზა, ანუ დავალების</p>

	შესრულებამდე დაფიქრება და მსჯელობა გადასადგმელ ნაბიჯებზე – მას შემდეგ, რაც მოსწავლეები გაეცნობიან დავალების პირობას, მათ ჯგუფურად უნდა განსაზღვრონ ის გზა, რომლითაც დავალებას შეასრულებენ, სახელდობრ: დეტალურად აღწერონ დავალების შესრულების ეტაპები ჯგუფებმა უნდა წარმოადგინონ თავიანთი ნამუშევრები და იმსჯელონ შერჩეული გზებისა თუ სტრატეგიების მიზანშეწონილობაზე. <b>მიზანი:</b> თანამედროვე რეალობის სივრცესა და დროში გააზრება და ინტერპრეტირება <b>აქტივობა 5.</b> შეჯამება. აფასებს წინარე ცოდნას, ჯგუფურ და ინდივიდუალურ მუშაობას.
რესურსები	სახელმძღვანელო, შტატივი, წყლიანი ჭურჭლი, მილი, წყლის აუზი.
შეფასების კრიტერიუმები	ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი. თანამედროვე რეალობის სივრცესა და დროში გააზრება და ინტერპრეტირება, შესაძლებელია განმავითარებელი შეფასების გაკეთება – „მოსწავლის და მასწავლებლის უკუკა ვშირი“.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §2.10, პარაგრაფის ბოლოს მოცემული ამოცანები.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლეებს უკვე ეცოდინება სხეულის სიმძიმის ძალის მოქმედებით.

**საკონტროლო კითხვების პასუხები:**

- როგორ იცვლება ჰორიზონტისადმი კუთხით გასროლილი სხეულის სიჩქარის ვერტიკალური მდგენელი გასროლის მომენტიდან დაცემის მომენტამდე?  
**პასუხი:** ჰორიზონტისადმი კუთხით გასროლილი სხეულის სიჩქარის ვერტიკალური მდგენელი გასროლის მომენტიდან იცვლება კანონით  $v_y = v_0 \sin \alpha - gt$
- რისი ტოლი იქნება რაიმე დონიდან  $\vec{v}_0$  სიჩქარით კუთხით გასროლილი სხეულის სიჩქარის მოდული იმავე დონეზე დაცემის მომენტში?  
**პასუხი:** სხეულის სიჩქარის მოდული დაცემის მომენტში მისი გასროლის სიჩქარის მოდულის ტოლი იქნება.
- მოდრაობის დამოუკიდებლობის პრინციპით, მართებულია თუ არა  $h_{max} = \frac{v_0^2}{2g}$  ფორმულა?  
**პასუხი:** მართებულია. ჰორიზონტისადმი კუთხით გასროლილი სხეულის მოძრაობ რთული მოძრაობაა, ის შეიძლება წარმოვადგინოთ, როგორც ვერტიკალური ღერძის მიმართ აჩქარებულად, და ჰორიზონტალურად თანაბრად.
- რა მსგავსება და განსხვავებაა ჰორიზონტალურად და ჰორიზონტისადმი კუთხით გასროლილ სხეულის მოძრაობებს შორის?  
**პასუხი:** ჰორიზონტისადმი კუთხით გასროლილი სხეულის მოძრაობა რთული მოძრაობაა, მოძრაობების დამოუკიდებლობის პრინციპის მიხედვით ის დავშალოთ შედარებით მარტივ ორ მოძრაობად სიმძიმის ძალის მოქმედებით და x ღერძის გასწვრივ თანაბარი მოძრაობა, ჰორიზონტალურად გასროლილი სხეულის მოძრაობაც ასევე რთული მოძრაობაა მისი

დაშლა შესაძლებელია წარმოვადგინოთ როგორც სხეულის მოძრაობა სიმძიმის ძალის მოქმედებით და თანაბრად და წრფივად  $x$  ღერძის მიმართ, ჰორიზონტალურად გასროლილი სხეულის მოძრაობა კუთხით გასროლილი სხეულის მოძრაობის ნაწილია.

**ამოცანების ამოხსნა:**

1. ჰორიზონტისადმი კუთხით გასროლილი თოვლის გუნდა დედამიწაზე დაეცა 6 წამის შემდეგ. რა დრო მოანდომა გუნდამ მაქსიმალურ სიმაღლეზე ასვლას? ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ.

ამოხსნა:

რადგან ჰაერის წინააღმდეგობა არ უნდა გავითვალისწინოთ ასვლის დრო ჩამოსვლის დროს ტოლია, ამიტომ გუნდა მაქსიმალურ სიმაღლეზე ასვლას მოანდომა 3წმ.

2. 30 მ/წმ საწყისი სიჩქარით ჰორიზონტისადმი კუთხით გასროლილმა ბურთულამ მაქსიმალურ სიმაღლეს მიაღწია 1,5 წამში. ჰორიზონტისადმი რა კუთხით გაუსვრიათ ბურთულა? ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ ( $g \approx 10$  მ/წმ<sup>2</sup>).

? $\alpha$	როდესაც სხეული იყო ტრეექტორიის უმაღლეს წერტილში მისი $V_y = 0$
t=1.5 წამი	$V_y = V_{0y} + at = V_0 \cdot \sin \alpha - gt = 0 \rightarrow t = (V_0 \cdot \sin \alpha) / g \rightarrow \sin \alpha = (t \cdot g) / V_0$
$v_0 = 30$ მ/წმ	$V_0 = 0.5$ ე.ი $\alpha = 30^\circ$
$g \approx 10$ მ/წმ <sup>2</sup>	პასუხია $0^\circ$

3. ჰორიზონტისადმი რა კუთხით უნდა მიანიჭოს სიჩქარე მეკარემ ბურთს, რომ ბურთი რაც შეიძლება შორს დაეცეს მოედანზე? ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ.

? $\alpha$	$x = x_0 + V_{0x}t + \frac{at^2}{2}$ (1)
t=1.5 წამი	$x_0 = 0$ (2)
t	$a = 0$ (3)
$g \approx 10$ მ/წმ <sup>2</sup>	$V_{0x} = V_0 \cdot \cos \alpha$ (4)
	$(2) \wedge (3) \wedge (4) \rightarrow (1) x = V_0 \cos \alpha \cdot t$ (5)
	წინა ამოცანების ამოხსნებიდან გამომდინარე : $t = 2(V_0 \cdot \sin \alpha) / g$ (6)
	$(6) \rightarrow (5) x = (V_0 \cos \alpha \cdot 2 \cdot V_0 \cdot \sin \alpha) / g = (V_0^2 \cdot \sin 2\alpha) / g$
	რადგან ჩვენ გვინდა რომ ყველაზე დიდი მანძლი გაიაროს $\sin 2\alpha = 1$ , ესე იგი $\alpha = 45^\circ$ გრადუსი.

პასუხია:  $45^\circ$  -იანი კუთხით უნდა გავისროლოთ სხეული.

4. ჰორიზონტისადმი გარკვეული კუთხით გასროლილი სხეულის ფრენის დრო 10 წამია. განსაზღვრეთ სხეულის ასვლის მაქსიმალური სიმაღლე. ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ ( $g \approx 10$  მ/წმ<sup>2</sup>).

როგორც უკვე ვიცით წინა ამოცანებიდან გამომდინარე  $t$  უმაღლეს წერტილამდე ფრენის დრო  $t = 10 / 2 = 5$  წამს. ხოლო  $y$  – კოორდინატის დროზე დამოკიდებულობის ფორმულა უკვე ვიცით რომ არის :  $y = V_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - (gt^2) / 2$  აქ შევიტანოთ 5 წამის მნიშვნელობა და მივიღებთ  $y = V_0 \cdot \sin \alpha \cdot 5 - (g \cdot 25) / 2$

პასუხია:  $y = V_0 \cdot \sin \alpha \cdot 5 - 12.5 g$

5. ქვემეხიდან ჰორიზონტისადმი  $45^\circ$ -იანი კუთხით გასროლეს ჭურვი. განსაზღვრეთ ჭურვის სიჩქარე გასროლის მომენტში, თუ მისი ფრენის სიშორე 1 კმ-ია. ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ ( $g \approx 10$  მ/წმ<sup>2</sup>).

?  $V_0$  როგორც უკვე გამოვთვალეთ  $x = V_0 \cdot \cos \alpha \cdot t$  (1)

$$L = 1000 \text{ მ } t = (2 \cdot V_0 \cdot \sin \alpha) / g \quad (2)$$

$$a = 45 \text{ გრადუსი } (1) \rightarrow (2) \quad x = L = (v_0^2 \sin 2\alpha) / g$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{Lg}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{10000} = 100 \text{ მ/წმ}$$

**პასუხია:** 100 მ/წმ

6. ბაჩანამ მე-5 სართულის აივნიდან, შურდულიდან ჰორიზონტისადმი  $30^\circ$ -იანი კუთხით 8 მ/წმ სიჩქარით გასროლა კენჭი. ათვლის სათავედ კენჭის საწყისი მდებარეობა მიიჩნეთ.

ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ ( $g \approx 10$  მ/წმ<sup>2</sup>) და განსაზღვრეთ:

- კენჭის საწყისი სიჩქარის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური მდგენელები;
- ერთ წამში ჰორიზონტალური და ვერტიკალური მიმართულებით კენჭის მიერ შესრულებული გადაადგილება;
- კენჭის მიერ 1 წამში შესრულებული გადაადგილების მოდული.

ამოხსნა:

$$a) v_x = v \cdot \cos \alpha = 8 \cdot \cos 30^\circ \approx 6,8 \text{ მ/წმ}$$

$$v_y = v \cdot \sin \alpha = 8 \cdot \sin 30^\circ = 4 \text{ მ/წმ}$$

$$b) s_x = v \cdot \cos \alpha \cdot t = 6,8 \text{ მ}$$

$$s_y = v \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = -1 \text{ მ}$$

$$g) s = \sqrt{s_x^2 + s_y^2} \approx 6,9 \text{ მ}$$

7. ჰორიზონტისადმი  $45^\circ$ -იანი კუთხით გასროლილი 2 კგ მასის ბურთულის კინეტიკური ენერჯია ტრაექტორიის უმაღლეს წერტილში 100 ჯ-ია. რისი ტოლია ბურთულის გასროლის საწყისი სიჩქარე? ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ ( $g \approx 10$  მ/წმ<sup>2</sup>).

? $\mu$  ტრაექტორიის უმაღლეს წერტილში სხეულს აქვს მხოლოდ

$a = 45^\circ$  ჰორიზონტალური სიჩქარე, მისი ვერტიკალური სიჩქარე 0-ია.

$$m = 2 \text{ კგ } \text{ამიტომ } E_{\text{კინ}} = \frac{mv_x^2}{2} \Rightarrow v_x = \sqrt{\frac{2E_{\text{კინ}}}{m}} = 10 \text{ მ/წმ}$$

$g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$   $v_x$  კი თავის მხრივ ტოლია  $v_x = v \cdot \cos \alpha$  საიდანაც

$$E_{\text{კინ}} = 100 \text{ ჯ } v = \frac{v_x}{\cos \alpha} = 10\sqrt{2} \approx 14 \text{ მ/წმ}$$

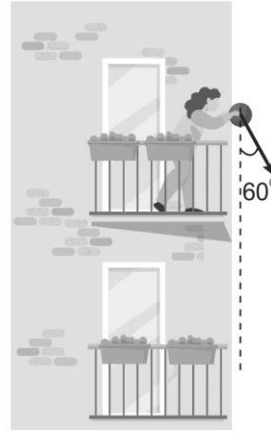
**პასუხია:** 14 მ/წმ

8. ერთი და იგივე საწყისი სიჩქარით გასროლეს ორი სხეული. პირველი, ჰორიზონტისადმი  $30^\circ$ -იანი კუთხით, მეორე –  $60^\circ$ -იანი კუთხით. რისი ტოლია მათი ფრენის სიშორეების შეფარდება?

ამოხსნა:

$\begin{array}{l} ? \frac{L_1}{L_2} \\ \text{მოც.: } \alpha = 30^\circ \\ \beta = 60^\circ \end{array}$	<p>ფრენის სიშორე შეიძლება გამოვთვალოთ ფორმულით</p> $L = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}, \text{ მაშინ } L_1 = \frac{2v_0^2 \sin 30^\circ \cos 30^\circ}{g} = \frac{v_0^2 \sin 60^\circ}{g},$ <p>ხოლო <math>L_2 = \frac{2v_0^2 \sin 60^\circ \cos 60^\circ}{g} = \frac{v_0^2 \sin 120^\circ}{g}</math> და <math>\frac{L_1}{L_2} = 1</math></p> $v_{01} = v_{02} = v_0$
---------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

9. 30 მ სიმაღლის აივნებიდან ვერტიკალისადმი  $60^\circ$ -იანი კუთხით და 10 მ/წმ სიჩქარით, ქვევით ისროლეს ბურთი. რა დროში დაეცემა ბურთი დედამიწაზე?



სურ. 2. 61

$? t$ $v_0 = 10 \text{ მ/წმ}$ $h = 30 \text{ მ}$ $\alpha = 60^\circ$	$h = v_{0y} \cdot t + \frac{gt^2}{2} = v_0 \cos 60^\circ t + \frac{gt^2}{2} \quad (1)$ თუ (1) განტოლებაში გავითვალისწინებ სიდიდეებს მივიღებთ $5t^2 + 5t - 30 = 0$ ანუ $t^2 + t - 6 = 0$ ამ კვადრატული განტოლების ამოხსნით მივიღებთ $t = 2 \text{ წმ}$
-------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**პასუხია:** ბურთი 2 წამში დაეცემა.

10. ჰორიზონტისადმი რა კუთხით გაისროლეს სხეული, თუ მისი ფრენის სიშორე ასვლის მაქსიმალურ სიმაღლეზე 4-ჯერ მეტია? ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ.

ამოხსნა:

$? \alpha$ მოც.: $L=4h$ $L=4h$	როგორც ვიცით $L = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}$ , ხოლო $h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$ , რადგან მივიღებთ $\text{tg } \alpha = 1$ $\alpha = 45^\circ$
-----------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**პასუხი:** ჰორიზონტისადმი  $45^\circ$ -იანი კუთხით.

### § 2.11 პირველი კოსმოსური სიჩქარე

გაკვეთილის თემა	პირველი კოსმოსური სიჩქარე
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• სიჩქარეს, რომელიც უნდა მივანიჭოთ სხეულს იმისათვის, რომ მან იმოდროს პლანეტის გარშემო წრიულ ორბიტაზე, პირველი კოსმოსური სიჩქარე ეწოდება;</li> <li>• პირველი კოსმოსური სიჩქარე დედამიწის ზედაპირიდან <math>h</math> სიმაღლეზე გამოისახება ფორმულებით: <math>v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}</math> და <math>v = \sqrt{\frac{gR^2}{R+h}}</math>;</li> <li>• პირველი კოსმოსური სიჩქარე დედამიწის ზედაპირიდან მცირე სიმაღლეზე გამოისახება ფორმულებით:  <math>v = \sqrt{\frac{GM}{R}}</math> და <math>v = \sqrt{gR}</math> ;</li> <li>• პირველი კოსმოსური სიჩქარე დედამიწის ზედაპირის მახლობლად 7,9 კმ/წმ-ის ტოლია.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	ვიპოვოთ სიჩქარე, რომლითაც სხეული შეძლებს მოძრაობის გაგრძელებას დედამიწის გარშემო წრიულ ორბიტაზე.



ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	<p>ფიზ.საბ.2. სხეულთა ურთიერთქმედებაზე და ურთიერთქმედების შედეგებზე არგუმენტირებული მსჯელობა;</p> <p>ფიზ.საბ.6. თვისებრივი და რაოდენობრივი მონაცემების სხვადასხვა ფორმით ჩაწერა და ორგანიზება.</p> <p>ფიზ.საბ.8. მოსწავლეს შეუძლია მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/ კანონზომიერებების საჩვენებლად;</p> <p>ფიზ.საბ.10. საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებისა და ტექნოლოგიების მიღწევების ყოველდღიურობასთან დაკავშირება;</p> <p>ფიზ.საბ.11. საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების სხვადასხვა პროფესიასთან დაკავშირება.</p>
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	<p>ეტაპობრივად კონსტრუირება წინარე ცოდნაზე დაფუძნებით. ხელს უწყობდეს ცოდნათა ურთიერთდაკავშირებას და ორგანიზებას.</p>
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	<p>სიმძიმის ძალა, გრავიტაციული ურთიერთქმედების ძალა, ჰორიზონტალურად გასროლილი სხეულის მოძრაობა. პირველი კოსმოსური სიჩქარე, ელიფსი.</p>
წინარე ცოდნა	<p>სიმძიმის ძალა, მსოფლიო მიზიდულობის კანონი, სხეულთა მოძრაობა სიმძიმის ძალის მოქმედებით.</p>
აქტივობები/დრო/ ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება</p> <p>მასწავლებელი სვამს მაპროვოცირებელ კითხვებს წინარე ცოდნის გასაქტიურებლად.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>როგორ მოძრაობენ ჰორიზონტალურად გასროლილი სხეულები?</li> <li>რა მოხდება თუ გავზრდით სხეულის გასროლის სიჩქარეს.</li> </ol> <p><b>მიზანი:</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება.</p> <p><b>აქტივობა 2:</b> მოგზაურობა ისტორიაში</p> <p>მასწავლებელი საუბრობს 1957 წლის 4 ოქტომბერს ყაზახეთში მდებარე ტიურატამის პოლიგონიდან სტარტი აიღო რაკეტამ უჩვეულო ტვირთით – მცირე ზომის ლითონის ბურთი ოთხი გრძელი ანტენით. ეს ბურთი გახდა დედამიწის პირველი ხელოვნური თანამგზავრი.</p> <p>ხელოვნური თანამგზავრის იდეა პირველმა ჩამოაყალიბა ისააკ ნიუტონმა თავის ფუნდამენტურ ნაშრომში „ნატურალური ფილოსოფიის მათემატიკური საწყისები“ (Philosophia Naturalis Principia Mathematica, 1687): „მაღალი მთიდან ჰორიზონტალურად გასროლილი ქვა, სიმძიმის ძალის ზეგავლენით, გადაუხვევს სწორხაზოვანი გზიდან და შემოხაზავს რა მრუდწირულ ტრაექტორიას, საბოლოოდ დაეცემა დედამიწაზე. თუ მას გავისვრით უფრო დიდი სიჩქარით, მაშინ ის დაეცემა უფრო შორს“. აგრძელებს რა თავის წარმოსახვით ექსპერიმენტს, ნიუტონი მიდის იმ დასკვნამდე, რომ ჰაერის წინააღმდეგობის არარსებობისა და დიდი სიჩქარის შემთხვევაში, სხეული შეიძლება საერთოდ არ ჩამოვარდეს მიწაზე. ის დაიწყებს წრიული ტრაექტორიის შემოხაზვას და დარჩება დედამიწიდან ერთსა და იმავე სიმაღლეზე. ამ შემთხვევაში სხეული გადაიქცევა დედამიწის ხელოვნურ თანამგზავრად.</p> <p><b>მიზანი:</b> ინტერესის გამოწვევა.</p> <p><b>აქტივობა:</b> პროვოცირება</p> <p>მასწავლებელი სვამს კითხვას მაინც რა სიჩქარე უნდა მივანიჭოთ სხეულს ჰორიზონტალურად, რომ ის დედამიწის ხელოვნურ თანამგზავრად იქცეს?</p>

	<p>და უკეთ წარმოდგენის მიზნით მოსწავლეებს აჩვენებს ბმულს <a href="http://shorturl.at/hiFJO">shorturl.at/hiFJO</a> <a href="http://shorturl.at/pHLOX">shorturl.at/pHLOX</a></p> <p>მასწავლებელი განმარტავს პირველ და მეორე კოსმოსურ სიჩქარეს, და გამოჰყავს პირველი კოსმოსური სიჩქარის გამოსათვლელი ფორმულა <math>v=\sqrt{gR}</math>.</p> <p><b>მიზანი:</b> ინტერესის აღძვრა.</p> <p><b>აქტივობა 4:</b> ჯგუფური მუშაობა.</p> <p>მასწავლებელი ქმნის ჯგუფებს, აძლევს დავალებას და აკვირდება მათ მუშაობას.</p> <p><b>პირველი ჯგუფი:</b> როგორ გამოთვლი დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრის ბრუნვის პერიოდს, თუ იცი პირველი კოსმოსური სიჩქარე? რისი ტოლია მისი მნიშვნელობა?</p> <p><b>მეორე ჯგუფი:</b> როგორ ფიქრობთ, გამოდგება თუ არა ხელოვნურ თანამგზავრზე ჩატარებული მსჯელობა დედამიწის გარშემო მთვარის მოძრაობის აღსაწერად?</p> <p><b>მესამე ჯგუფი</b> შესაძლებელია თუ არა ხელოვნური თანამგზავრი დედამიწის ზედაპირიდან ისეთ სიმაღლეზე მოძრაობდეს, რომ მისი ბრუნვის პერიოდიც 24 სთ იყოს? რისთვის შეიძლება ასეთი ხელოვნური თანამგზავრის გამოყენება?</p> <p>მოსწავლეები აკეთებენ პრეზენტაციას.</p> <p><b>მიზანი:</b> მოსწავლეების მაღალ საზოგადოებრივ უნარებზე გაყვანა.</p> <p><b>აქტივობა 5.</b> ამოცანის ერთობრივი ამოხსნა.</p> <p>სახელმძღვანელოში მოცემული ამოცანის ამოხსნის ნიმუშის განხილვა ჯგუფებში.</p> <p><b>მიზანი:</b> მიღებული ცოდნის პრაქტიკაში გამოყენება.</p> <p><b>აქტივობა.</b> შეჯამება. აფასებს წინარე ცოდნას, ჯგუფურ მუშაობას.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო, პროექტორი, ინტერნეტი.
შეფასების კრიტერიუმები	ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი. თანამედროვე რეალობის სივრცესა და დროში გააზრება და ინტერპრეტირება, შესაძლებელია განმავითარებელი შეფასების გაკეთება – „მოსწავლის და მასწავლებლის უკუკავშირი“.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §2.11, საშინაო ცდა. პარაგრაფის ბოლოს მოცემული ამოცანები.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან რას ნიშნავს პირველი კოსმოსური სიჩქარე, რომელ ფიზიკურ სიდიდეებზე არის დამოკიდებული პირველი კოსმოსური სიჩქარე. არის მათი მოძრაობის ტრაექტორია.

**პარაგრაფში დასმული კითხვების პასუხები:**

- მაინც რა სიჩქარე უნდა მივანიჭოთ სხეულს ჰორიზონტალურად, რომ ის დედამიწის ხელოვნურ თანამგზავრად იქცეს?

**პასუხი:** მივანიჭოთ ისეთი სიჩქარე, რომლითაც დედამიწაზე არ დაეცემა.

- როგორ გამოთვლი დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრის ბრუნვის პერიოდს, თუ იცი პირველი კოსმოსური სიჩქარე? რისი ტოლია მისი მნიშვნელობა?

**პასუხი:** როგორც ცნობილია ხელოვნური თანამგზავრი დედამიწის გარშემო ბრუნავს წრიულ ორბიტაზე, წრიულ ტრაექტორიაზე სხეულის პერიოდი გამოითვლება ფორმულით

$T = \frac{2\pi(R+h)}{v}$  თუ გვეცოდინება სიმაღლე რა სიმაღლეზე მიმოექცევა თანამგზავრი დედამიწის გარშემო, მაშინ სიჩქარის პოვნაც ადვილი იქნება.

- როგორ ფიქრობთ, გამოდგება თუ არა ხელოვნურ თანამგზავრზე ჩატარებული მსჯელობა დედამიწის გარშემო მთვარის მოძრაობის აღსაწერად?

**პასუხი:** მთვარე დედამიწის ბუნებრივი თანამგზავრია, რომელიც ისეთივე მოძრაობას ასრულებს დედამიწის გარშემო წრიულ ორბიტაზე, როგორსაც ხელოვნური თანამგზავრი, ამიტომ ხელოვნურ თანამგზავრზე ჩატარებული მსჯელობა გამოდგება მთვარის მოძრაობის აღსაწერად.

- შესაძლებელია თუ არა ხელოვნური თანამგზავრი დედამიწის ზედაპირიდან ისეთ სიმაღლეზე მოძრაობდეს, რომ მისი ბრუნვის პერიოდიც 24 სთ იყოს? რისთვის შეიძლება ასეთი ხელოვნური თანამგზავრის გამოყენება?

**პასუხი:** შესაძლებელია ხელოვნური თანამგზავრი დედამიწის ზედაპირიდან ისეთ სიმაღლეზე მოძრაობდეს, რომ მისი ბრუნვის პერიოდიც 24 სთ იყოს ამისთვის სიმაღლე რომელზეც თანამგზავრი უნდა იმყოფებოდეს უნდა გამოვთვალოთ ფორმულიდან  $T = \frac{2\pi(R+h)}{v}$  სადაც R დედამიწის რადიუსია, T=24სთ-ს, v - კი პირველი კოსმოსური სიჩქარე.

- აქედან გამოთვლილი სიმაღლე ტოლია 3594კმ-ის, ასეთი თანამგზავრი უნდა მოძრაობდეს ეკვატორის სიბრტყეში. ასეთი თანამგზავრების საშუალებით შესაძლებელია: სატრანსპორტო საშუალებათა ნავიგაცია (მოძრაობის მართვა), კავშირგაბმულობა, ინტერნეტი, ამინდის პროგნოზირება, დაკვირვება დედამიწის ზედაპირზე, შორეული კოსმოსის კვლევა და მრავალი სხვა.

### საკონტროლო კითხვები:

- რა მოხდება თუ 10 კმ სიმაღლიდან ჰორიზონტალურად პირველი კოსმოსური სიჩქარით გავისვრით სხეულს?

**პასუხი:** პირველი კოსმოსური სიჩქარე გამოითვლება ფორმულით  $v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$

სიმაღლის ზრდასთან ერთად, პირველი კოსმოსური სიჩქარე იკლებს. 10კმ სიმაღლეზე კი ტოლი იქნება 7,91 მ/წმ.

- რა პირობა განსაზღვრავს პირველი კოსმოსური სიჩქარის მნიშვნელობას?

**პასუხი:** პირველი კოსმოსური სიჩქარის მნიშვნელობას განსაზღვრავს დედამიწის მიზიდულობის ძალა.

- რა ძალა აკავებს დედამიწის ხელოვნურ თანამგზავრს წრიულ ორბიტაზე?

**პასუხი:** დედამიწისა და ხომალდს შორის გრავიტაციული მიზიდულობის ძალა.

- რატომ არ ვარდებიან დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრები დედამიწაზე რამდენიმე ათეული წლის შემდეგაც კი?

როგორც ვიცით, თანამგზავრის სიჩქარე ისეთია, რომ ის თავისუფალი ვარდნის გამო რამდენადაც უახლოვდება დედამიწის ზედაპირს, იმდენითვე დედამიწის ზედაპირი სიმრუდის გამო შორდება მას. ვინაიდან თანამგზავრები მოძრაობენ უჰაერო სივრცეში, მათი სიჩქარის მოდული წრიულ ორბიტაზე ბრუნვისას უცვლელია, ამიტომ ზემოთ მოყვანილი პირობა ყოველთვის სრულდება.

## ამოცანების ამოხსნა

1. რატომაა დედამიწის ზედაპირის მახლობლად მბრუნავი ხელოვნური თანამგზავრის ცენტრისკენული აჩქარება, დედამიწის ზედაპირთან თავისუფალი ვარდნის აჩქარების ტოლი?

ამოხსნა: ორივე აჩქარება გამოწვეულია დედამიწის მიზიდულობის ძალით. ვინაიდან, ამ შემთხვევაში მანძილი დედამიწის ზედაპირიდან თანამგზავრამდე ბევრად ნაკლებია დედამიწის რადიუსზე, სიმძიმის ძალით გამოწვეული აჩქარება ამ მანძილზე ყველგან ერთნაირი იქნება.

2. როგორ ფიქრობთ, დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრის ეკვატორიდან აღმოსავლეთისკენ გაშვებას უფრო მეტი ენერგია სჭირდება, თუ ეკვატორიდან დასავლეთისაკენ?

ამოხსნა:

რადგან დედამიწა ბრუნავს დასავლეთიდან აღმოსავლეთისკენ, ხელოვნური თანამგზავრის დასავლეთისკენ გაშვებას უფრო მეტი ენერგია დასჭირდება.

3. დედამიწის ზედაპირიდან ერთი და იმავე სიმაღლეზე, ეკვატორულ სიბრტყეში ბრუნავს ორი ხელოვნური თანამგზავრი. პირველი – აღმოსავლეთიდან დასავლეთის მიმართულებით, მეორე კი – დასავლეთიდან აღმოსავლეთის მიმართულებით. რომელი მოგვეჩვენება უფრო სწრაფად მოძრავი დედამიწიდან დაკვირვებისას?

ამოხსნა:

დედამიწა ბრუნავს დასავლეთიდან აღმოსავლეთისკენ ამიტომაც პირველი, რომელიც ბრუნავს აღმოსავლეთიდან დასავლეთისკენ, მოგვეჩვენება უფრო სწრაფად მოძრავი დედამიწიდან დაკვირვებისას.

4. რისი ტოლია დედამიწის ზედაპირის მახლობლად მბრუნავი ხელოვნური თანამგზავრის ბრუნვის პერიოდი?

ამოხსნა:

როგორც ვიცით წრეწირზე მოძრავი სხეულის პერიოდი გამოითვლება  $T=2\pi R/v$  (1)

$$v = \sqrt{GM/R} \quad (2) \quad (2) \rightarrow (1) \quad T=2\pi R\sqrt{GM/R} \quad (*) \rightarrow (*) \quad T \approx 90 \text{წთ.}$$

**პასუხი:** 90 წუთი

5. რამდენჯერ მეტია დედამიწის ზედაპირის მახლობლად მბრუნავი ხელოვნური თანამგზავრის სიჩქარე, დედამიწის რადიუსის ტოლ სიმაღლეზე მბრუნავი თანამგზავრის სიჩქარეზე?

ამოხსნა:

$v_1 = \sqrt{gR}$  (1) – დედამიწის ზედაპირის მახლობლად მბრუნავი ხელოვნური თანამგზავრის სიჩქარე;

$v_2 = \sqrt{GM/(R+h)}$  (2) – დედამიწის რადიუსის ტოლ სიმაღლეზე მბრუნავი თანამგზავრის სიჩქარე;

$$h=R \quad (3) \quad (2) \quad v = \sqrt{GM/2R} = \sqrt{gR/2} \quad (4)$$

(1)/(4) მივიღებთ  $\sqrt{2}$

**პასუხი:**  $\sqrt{2}$ -ჯერ.

6. რისი ტოლია დედამიწის რადიუსის ტოლ სიმაღლეზე მბრუნავი ხელოვნური თანამგზავრის კუთხური სიჩქარე და ბრუნვის პერიოდი?

ამოხსნა:  $T=2\pi R/v$  (1)  $v=\sqrt{GM/(R+h)}$  (2)  $h=R$  (3) (3)→(2)  $v=\sqrt{GM/2R}=\sqrt{gR/2}=\sqrt{gR}/\sqrt{2}$  (4)  
 (4) → (1)  $T=2\pi R\sqrt{2/gR}$  (\*) (\*)  $T=(2\cdot 3,14\cdot 6371\cdot 1000\cdot 1,4)/7934\approx 118$  წთ  
 $\omega=2\pi/T$  (\*\*) (\*\*\*)  $\omega\approx 8,8\cdot 10^{-4}$  მ/წმ  
**პასუხი:**  $\approx 8,8\cdot 10^{-4}$  მ/წმ  $\approx 118$  რად/წმ

7. მარსის მასა დაახლოებით დედამიწის მასის 1/10-ნაწილია, ხოლო რადიუსი- დედამიწის რადიუსზე 2-ჯერ ნაკლები. რამდენჯერ აღემატება დედამიწისთვის პირველი კოსმოსური სიჩქარე მარსის პირველ კოსმოსურ სიჩქარეს?

ამოხსნა:

$$v_1=\sqrt{GM/R} - \text{დედამიწის პირველი კოსმოსური სიჩქარე (1)}$$

$$v_2=\sqrt{(GM/10)/(R/2)}=\sqrt{GM/5R} - \text{მარსის პირველი კოსმოსური სიჩქარე (2) (1)/(2) მივიღებთ } \sqrt{5}$$

**პასუხი:**  $\sqrt{5}$ -ჯერ.

8. რისი ტოლია დედამიწის ზედაპირიდან დედამიწის რადიუსის ტოლ სიმაღლეზე მბრუნავი ხელოვნური თანამგზავრის კინეტიკური ენერგია?

ამოხსნა:

$$E=\frac{mv^2}{2} \quad (1) \quad v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}} \quad (2) \quad h = R \quad (3), (3) \rightarrow (2) \quad v = \sqrt{\frac{GM}{2R}} = \sqrt{\frac{gR}{2}} \quad (4)$$

$$(4) \rightarrow (1) \quad E=(m \cdot gR/2)/2=mgR/4 \quad (*)$$

9. ორი პლანეტას ერთნაირია რადიუსი აქვს, მაგრამ პირველის სიმკვრივე 4-ჯერ მეტია მეორისაზე. რამდენჯერ აღემატება პირველი პლანეტის პირველი კოსმოსური სიჩქარე მეორისას?

მინიშნება: სფეროს მოცულობა გამოითვლება ფორმულით- $V=4/3 \pi R^3$ , რომელშიც R სფეროს რადიუსია.

ამოხსნა:

გამოვიყვანოთ სიჩქარის სიმკვრივეზე დამოკიდებულების ფორმულა

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{\frac{4\rho\pi R^3}{3R}} = R \cdot \sqrt{\frac{4\pi\rho}{3}} \quad \text{რადგან } v=R \cdot \sqrt{\frac{4\pi\rho}{3}} \quad \text{აქედან } \Rightarrow, \text{ რომ სიჩქარეთა ფარდობა იქნება 2.}$$

**პასუხი:** 2-ჯერ.

10. კალკულატორის დახმარებით გამოთვალეთ, დედამიწის ცენტრიდან რა სიმაღლეზე უნდა ბრუნავდეს ხელოვნური თანამგზავრი ეკვატორულ სიბრტყეში, რომ იგი ყოველთვის დედამიწის ერთი და იმავე წერტილის თავზე იმყოფებოდეს?

ამოხსნა: ხელოვნური თანამგზავრი ეკვატორულ სიბრტყეში, რომ ყოველთვის დედამიწის ერთი და იმავე წერტილის თავზე იმყოფებოდეს, უნდა ბრუნავდეს დედამიწის პერიოდით.

$$T_1 = (2\pi(R+h))/v \quad (1)$$

$$v = \sqrt{GM/(R+h)} \quad (2)$$

$$(2) (1) \quad T_1 = (2\pi(R+h))/\sqrt{GM/(R+h)} = (2\pi(R+h))\sqrt{(R+h)}/\sqrt{GM} \quad (3)$$

$$GM=gR^2 \quad (4)$$

$$(4) (3) \quad T_1 = (2\pi(R+h))\sqrt{(R+h)}/(R\sqrt{g}) \quad (5); \quad T_2=24 \text{ სთ} = 86400 \text{ წმ.} \quad (6)$$

$$(5) = (6) \quad (2\pi(R+h))\sqrt{(R+h)}/(R\sqrt{g})=86400 \text{ (წმ);}$$

$$(2\cdot 3,14(6400000+h))\sqrt{(6400000+h)}/(6400000\cdot \sqrt{10})=86400 \text{ (წმ)}$$

$$h = 3.6\cdot 10^7 \text{ მ} = 3.6\cdot 10^4 \text{ კმ}$$

**პასუხი:**  $3.6\cdot 10^4$  კმ

## § 2.12. დრეკადობის ძალა. სხეულის წონა

გაკვეთილის თემა	დრეკადობის ძალა. სხეულის წონა
<p>თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ძალას, რომელიც აღიძვრება სხეულის დეფორმაციისას და მიმართულია სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების წანაცვლების საწინააღმდეგოდ, დრეკადობის ძალა ეწოდება;</li> <li>დრეკადობის ძალა სხეულის ნაწილაკებს შორის აღძრული ძალის გამოვლენას;</li> <li>წაგრძელებისა და შეკუმშვის დრეკადი დეფორმაციებისას, დრეკადობის ძალა პირდაპირპროპორციულია სხეულის წაგრძელების: <math>F_{დრ} = -kx</math>;</li> <li>ძალას, რომლითაც სხეული, აწვება საყრდენს ან ჭიმავს საკიდელს, წონა ეწოდება;</li> <li>სიმძიმის ძალა მოდებულია სხეულზე, ხოლო წონა საყრდენზე ან საკიდელზე.</li> <li>სიმძიმის ძალა გრავიტაციული ძალაა, სხეულის წონა კი – დრეკადობის;</li> <li>ვერტიკალურად ზევით მიმართული აჩქარებით მოძრაობის სხეულის წონა, მეტია იმავე სხეულის წონაზე წონასწორულ მდგომარეობაში: <math>P = m(g + a)</math>;</li> <li>ვერტიკალურად ქვევით მიმართული აჩქარებით მოძრაობის სხეულის წონა, ნაკლებია იმავე სხეულის წონაზე წონასწორულ მდგომარეობაში: <math>P = m(g - a)</math>;</li> <li>აჩქარებული მოძრაობით გამოწვეულ სხეულის წონის ცვლილებას, გადატვირთვა ეწოდება:</li> </ul> $Q = \frac{P}{mg}$
<p>გაკვეთილის მიზანი</p>	<p>გავაცნოთ მოსწავლეებს კიდევ ერთი ძალის მოქმედებით გამოწვეული შედეგი დეფორმაცია და კიდევ ერთი ბუნების ძალა დრეკადობის ძალა</p>
<p>ესგ-შედეგი, ინდიკატორები</p>	<p>ფიზ.საბ.2. სხეულთა ურთიერთქმედებაზე და ურთიერთქმედების შედეგებზე არგუმენტირებული მსჯელობა;</p> <p>ფიზ.საბ.6. თვისებრივი და რაოდენობრივი მონაცემების სხვადასხვა ფორმით ჩაწერა და ორგანიზება.</p> <p>ფიზ.საბ.8. მოსწავლეს შეუძლია მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/კანონზომიერებების საჩვენებლად;</p> <p>ფიზ.საბ.11. საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების სხვადასხვა პროფესიასთან დაკავშირება.</p>
<p>გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები</p>	<p>ეტაპობრივად კონსტრუირება წინარე ცოდნაზე დაფუძნებით. ხელს უწყობდეს ცოდნათა ურთიერთდაკავშირებას და ორგანიზებას .</p>
<p>გამოყენებული საკვანძო ტერმინები</p>	<p>დეფორმაცია, დრეკადი დეფორმაცია, პლასტიკური დეფორმაცია, ჭიმვის, კუმშვის, ძვრის გრეხის ღუნვის დეფორმაცია, წონა.</p>
<p>წინარე ცოდნა</p>	<p>ძალა სხეულის სიჩქარის ცვლილების მიზეზია, სიმძიმის და გრავიტაციული ძალა.</p>
<p>აქტივობები/დრო/ ორგანიზების ფორმები</p>	<p><b>აქტივობა 1.</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება მოსწავლეები მსჯელობენ, აყალიბებენ აზუსტებენ ცდით მიღებულ შედეგებს. და იძლევიან პასუხებს ცდაში დასმულ კითხვებზე</p> <p><b>მიზანი:</b> ცდის შედეგების გაანალიზება.</p>

	<p><b>აქტივოვა 2.</b> მინი ლექცია.  მასწავლებელი სვამს პარაგრაფში დასმულ კითხვას და მოსწავლეთა დახმარებით გეგმავს პარაგრაფით მითითებულ ცდებს აკვირდებიან, აღწერენ ცდით მიღებულ შედეგებს და გამოაქვთ დასკვნები: რომ არსებობს ორი სახის დეფორმაცია დრეკადი და პლასტიკური, განიხილავენ დრეკადი დეფორმაციის გამომწვევ მიზეზებს შემოაქვთ წონის ცნება და აზუსტებენ მისი მოდების ადგილს და ერთეულს.</p> <p><b>მიზანი.</b> მოსწავლეებმა გაიფართოონ წარმოდგენები ბუნების ძალებზე.</p> <p><b>აქტივოვა 3.</b> ამოცანის ერთობრივი ამოხსნა ჯგუფში ან წყვილებში.  სახელმძღვანელოში მოცემული ამოცანის ამოხსნის ნიმუშის განხილვა „ერთად ამოვხსნათ ამოცანა“ – ითვალისწინებს მოსწავლეების ურთიერთდახმარებას, საჭიროების შემთხვევაში მასწავლებლის დახმარებას და სახელმძღვანელოში ამოხსნილი ამოცანის გააზრებას, შემდეგ მიღებული ცოდნის გამოყენებას ახალი ამოცანის ამოსახსნელად. მასწავლებელმა სასურველია აჩვენოს მოსწავლეებს ამოცანაში აღნიშნული მოვლენა და მოსწავლეებთან ერთად ხსნიან შემჩნეულ მოვლენას.</p> <p><b>მიზანი:</b> თანამედროვე რეალობის სივრცესა და დროში გააზრება და ინტერპრეტირება</p> <p><b>აქტივოვა 5.</b> შეჯამება. აფასებს წინარე ცოდნას, ჯგუფურ და ინდივიდუალურ მუშაობას.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო, რკინის დრეკადი ფირფიტა ბურთულები დამჭერი, ჩაქუჩი.
შეფასების კრიტერიუმები	ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი. თანამედროვე რეალობის სივრცესა და დროში გააზრება და ინტერპრეტირება, შესაძლებელია განმავითარებელი შეფასების გაკეთება – „მოსწავლის და მასწავლებლის უკუკა ვშირი“.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §2.12, პარაგრაფის ბოლოს მოცემული ამოცანები.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან დეფორმაციის სახეები, მათი გამომწვევი მიზეზები, დრეკადობის ძალა ჰუკის კანონი, წონა და უწონობა.

**გაკვეთილში დასმული კითხვის პასუხი**

გაკვეთილზე გიორგის დასმული კითხვა „თვითმფრინავის აფრენის დროს ვიგრძენი, რომ რაღაც ძალა მაწვებოდა და უფრო მაგრად ვეფლობოდი სავარძელში, თითქოს უფრო დავმძიმდი. დაშვებისას კი პირიქით, თითქოს რაღაც ძალა ზემოთ მექაჩებოდა და სავარძელს ნაკლებად ვეყრდნობოდი. რა ძალაა ეს? რამ გამოიწვია ჩემი დამძიმება ან შემსუბუქება?“

**პასუხი:** ამ კითხვაზე მოსწავლეები პასუხის გაცემას სავარაუდოდ გაკვეთილის ბოლოს შეძლებენ, როცა უკვე ეცოდინებათ წონა და აჩქარებულად მოძრაობის სხეულის წონას. ვერტიკალურად ზევით მიმართული აჩქარებით მოძრაობის სხეულის წონა, მეტია იმავე სხეულის წონაზე წონასწორულ მდგომარეობაში და ვერტიკალურად ქვევით მიმართული აჩქარებით მოძრაობის სხეულის წონა, ნაკლებია იმავე სხეულის წონაზე წონასწორულ მდგომარეობაში.

**საკონტროლო კითხვების პასუხები**

- ყოველთვის შესაძლებელია თუ არა დეფორმაცია? მოიყვანეთ მაგალითები.  
**პასუხი:** დეფორმაცია ყოველის არ შეიძლება, მაგ.: წიგნი დევს მაგიდაზე, ამ შემთხვევაში მაგიდის დეფორმაცია არ შეიძლება.

- როგორ გესმით წინადადება: „დრეკადობის ძალა ეწინააღმდეგება დეფორმაციას“?  
**პასუხი:** დრეკადობის ძალა აღიძვრება სხეულის დეფორმაციისას და მიმართულია მისი ნაწილაკების გადაადგილების საწინააღმდეგოდ, ცდილობს სხეულს შეუნარჩუნოს ფორმა და მოცულობა.
- გაჭიმვისა და კუმშვის დეფორმაციების გარდა კიდევ რა სახის დეფორმაციები არსებობს?  
**პასუხი:** არსებობს გრეხის, ღუნვის და ძვრის დეფორმაციები.
- რას ნიშნავს: ზამბარის სიხისტა 50 ნ/სმ ?  
**პასუხი:** 50 ნ ძალის მოქმედებით ზამბარა წაგრძელდება ან შეიკუმშება 1წ-ით.
- რა განსხვავებებია სიმძიმის ძალასა და წონას შორის?  
**პასუხი:** სიმძიმის ძალა მოდებულია სხეულზე, ხოლო წონა საყრდენზე ან საკიდელზე. სიმძიმის ძალა გრავიტაციული ძალაა, სხეულის წონა კი – დრეკადობის.
- რა შემთხვევაშია სხეულის წონა მოდულით სიმძიმის ძალაზე მეტი?  
**პასუხი:** ვერტიკალურად ზევით მიმართული აჩქარებით მოძრაობის სხეულის წონა, მეტია იმავე სხეულის წონაზე წონასწორულ მდგომარეობაში და ასევე სიმძიმის ძალაზე.
- რას ნიშნავს უწონობა და რა შემთხვევაშია სხეული უწონობის მდგომარეობაში?  
**პასუხი:** სხეულის მდგომარეობას, რომლის დროსაც მისი წონა ნულის ტოლია, უწონობის მდგომარეობა ეწოდება. ამ მდგომარეობაში სხეულზე მხოლოდ სიმძიმის ძალა მოქმედებს, და პირიქით: თუ სხეული მოძრაობს მხოლოდ სიმძიმის ძალის მოქმედებით ის უწონობის მდგომარეობაშია.  
 უწონობის მდგომარეობაში სხეული არა აწვება საყრდენს და სხეულის ნაწილებიც არ აწვებიან ერთმანეთს. ორბიტაზე მზრუნავ კოსმოსურ სადგურში მყოფი ადამიანი, ვერ გრძნობს თავის წონას, ხელიდან გაშვებული საგანი არ ვარდება. ამის მიზეზი ისაა, რომ სიმძიმის ძალა ყველა სხეულს ერთნაირ აჩქარებას ანიჭებს.
- უწონობას ხშირად უჰაერო სივრცეში ყოფნასთან აიგივებენ. თქვენ რას ფიქრობთ?  
**პასუხი:**
- როგორ უნდა მოძრაობდეს სხეული, რომ მისი წონა ორჯერ შემცირდეს?  
**პასუხი:** სხეულის წონა 2-ჯერ რომ შემცირდეს სხეულმა  $g/2$  აჩქარებით უნდა იმოძრაოს ვერტიკალურად ქვემოთ.
- როგორ უნდა მოძრაობდეს სხეული, რომ მისი წონა ხუთჯერ გაიზარდოს?  
**პასუხი:** სხეულის წონა 5-ჯერ რომ გაიზარდოს სხეულმა  $4g$  აჩქარებით უნდა იმოძრაოს ვერტიკალურად ზემოთ.

**ამოცანების ამოხსნები:**

1. რისი ტოლია იატაკზე მდგარი 20 კგ მაგიდის წონა?

? p	p=mg(*)
m=20 კგ	->(*) p=20*10=200 ნ
g=10 მ/წმ <sup>2</sup>	

**პასუხი:** 200 ნ.



2. ერთ ფეხზე მდგომმა ყანჩამ მიწაზე მეორე ფეხიც დადგა. შეადარეთ ერთმანეთს მისი წონა მეორე ფეხის დადგამდე და დადგმის შემდეგ.



? $p_1/p_2$	$P_1=mg$ (1)
$g=10$	$P_2=mg$ (2)
$m$	$(1)/(2) mg/mg=1$

3. ფერდობიდან ციგით დაშვებისას თეკლა გორაკს გადაევლო და მცირე დროით ჰაერში აღმოჩნდა. რისი ტოლია მისი წონა ჰაერში ყოფნისას?



**პასუხი:**

ჰაერში ყოფნისას სხეული არ ეყრდნობა არფერს შესაბამისად არ არსებობს საყრდენის რეაქციის ძალა შესაბამისად სხეული უწონობის მდგომარეობაშია.

4. 500 ნ/მ სიხისტის ზამბარაზე უძრავად ჰკიდია 10 კგ მასის წყლით სავსე სათლი. განსაზღვრეთ ზამბარის დეფორმაციის სიგრძე და წყლიანი სათლის წონა.

? $x, p$	$F=kx$ (1)
$k=500$ ნ/მ	$F=mg$ (2)
$m=10$ კგ	$F=p$ (3)
$g=10$ მ/წმ <sup>2</sup>	$(2) \rightarrow (1) mg=kx \Rightarrow x=mg/k(*)$
	$(3) \rightarrow (2) mg=p(**)$
	$\rightarrow (*) x=10*10/500=1/5$ მ
	$\rightarrow (**) p=10*10=100$ ნ

**პასუხი:** 1/5მ 100ნ

5. ლიფტი დაიძრა ვერტიკალურად ქვევით 2 მ/წმ<sup>2</sup> აჩქარებით. რამდენით შემცირდა ლიფტში მყოფი 50 კგ მასის მგზავრის წონა? მიიჩნიეთ, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>.

? $p$	$p=m(g-a)$ (*)
$a=2$	მ/წმ <sup>2</sup> $\rightarrow (*) p=50*(10-2)=50*8=400$
$g=10$ მ/წმ <sup>2</sup>	$p_{თავ.}=mg(**)$
$m=50$ კგ	$\rightarrow (**) p_{თავ.}=50*10=500$
	$500-400=100$ ნ

**პასუხი:** 100 ნ-ით.

6. კოსმოსურმა ხომალდმა დაიწყო აფრენა ვერტიკალურად ზევით  $a=2g$  აჩქარებით. სტარტიდან მცირე დროის შემდეგ აჩქარების მოდული 1,5-ჯერ შემცირდა. რამდენჯერ შემცირდა კოსმონავტის წონა?  $G$  თავისუფალი ვარდნის აჩქარებაა.

? $p_1/p_2$	$p_1=m(g+a)$ (1)
$a=2g$	$p_2=m(g+a_1)$ (2)
$a_1=4g/3$	$(1)/(2) p_1/p_2=(g+a)/(g+a_1)$ (*)
$g=10$ მ/წმ <sup>2</sup>	$\rightarrow (*) p_1/p_2=(3g)/(7g/3)=9/7$
$m$	

**პასუხი:** 9/7 ჯერ.

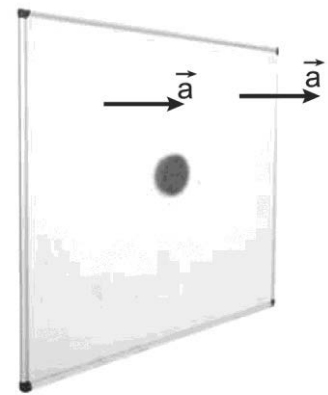
7. 10 კგ მასის სხეულს ამოძრავებენ ვერტიკალურად ზევით 2 მ/წმ<sup>2</sup> აჩქარებით მასზე გამოზბმული 1000 ნ/მ სიხისტის ზამზარით. რისი ტოლია ზამზარის დეფორმაცია და სხეულის წონა? მიიჩნით, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>.

? x,p	$F=kx(1)$
$k=1000$ ნ/მ	$F-mg=ma$
$m=10$ კგ	$F=mg+ma(2)$
$g=10$ მ/წმ <sup>2</sup>	$F=p(3)$
$a=2$ მ/წმ <sup>2</sup>	$(2) \rightarrow (1) \quad mg+ma=kx \Rightarrow x=m(g+a)/k(*)$
	$(3) \rightarrow (2) \quad m(g+a)=p(**)$
	$\rightarrow (*) \quad x=10 \cdot 12 / 500 = 12 / 50 = 6 / 25$ მ
	$\rightarrow (**) \quad p=10 \cdot 12 = 120$ ნ

პასუხი: 6/25მ 120ნ.

8. 500 გ მასის მაგნიტი ვერტიკალურ ლითონის დაფას 20 ნ ძალით ეკვრის. რისი ტოლი გახდება მაგნიტის წონა, თუ დაფას ვერტიკალურ მდგომარეობაში დავტოვებთ და ავამოძრავებთ ჰორიზონტალური მიმართულებით 10 მ/წმ<sup>2</sup> აჩქარებით?

განიხილეთ დაფის ამოძრავების ორი შემთხვევა: დაფიდან მაგნიტის მიმართულებით და მაგნიტიდან დაფის მიმართულებით.



სურ. 2. 79

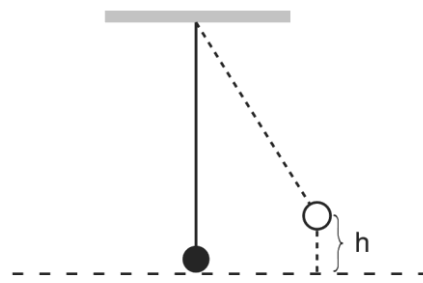
? p
$m=500$ გ
$F=20$ ნ

9. მიიჩნით, რომ დედამიწა ერთგვაროვანი სფეროა და განსაზღვრეთ რამდენჯერ განსხვავდება სხეულის წონა პოლუსზე ეკვატორზე წონასთან შედარებით. დედამიწის რადიუსი 6400 კმ-ია, ბრუნვის პერიოდი 24 სთ, ხოლო თავისუფალი ვარდნის აჩქარება პოლუსზე 9,83 მ/წმ<sup>2</sup>.

? $p_1/p_2$	$p_1=g_1m_1(1)$
$g_1=9,83$ მ/წმ <sup>2</sup>	$p_2=m_1(g_2-a)(2)$
$R=6400$ კმ= $6400000$ მ	$g_2=Gm/R^2(3)$
$m=6 \cdot 10^{24}$ კგ	$a=v^2/R(4)$
$T=24$ სთ= $86400$ წმ	$v=S/T=2\pi R/T(5)$
	$(5) \rightarrow (4) \quad a=4\pi^2R^2/T^2 \cdot R=4\pi^2R/T^2(6)$
	$(6) \wedge (3) \rightarrow (2) \quad p_2=Gmm_1/R^2 - m_1 4\pi^2R/T^2(7)$
	$\rightarrow (1) \quad p_1=9,83 \cdot m_1$
	$\rightarrow (7) \quad p_2=9,7 \cdot m_1 - m_1 4\pi^2 \cdot 6400000 / 86400^2 \approx 9,6 \cdot m_1$
	$p_1/p_2=9,83/9,6 \approx 1,02$

10.2 მ სიგრძის თოკზე დავიდებული 10 კგ მასის სხეული გადახარეს ისე, რომ სხეულმა საწყისი დონიდან  $h=20$  სმ-ით აიწია. რა წონას უნდა უძლებდეს თოკი, რომ სხეულის საწყის მდებარეობაში დაბრუნებისას არ გაწყდეს? მიიჩნიეთ, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>

მინიშნება: გამოიყენეთ მე-8 კლასში ნასწავლი მექანიკური ენერჯის მუდმივობის კანონიც.



სურ. 2. 80

? P	$mgh=mv^2/2$
$m=10$ კგ	$v=\sqrt{2gh}$ (1)
$g=10$ მ/წმ <sup>2</sup>	$P=m(g+a)$ (2)
$l=2$ მ	$a=v^2/l$ (3)
$h=20$ სმ=0,2 მ	(1)->(3) $a=2gh/l$ (4)
	(4)->(2) $P=m(g+2gh/l)$ (*)
	-> (*) $P=10*(10+2)=120$ ნ

**პასუხი:** 120 ნ.

## § 2.13 მყარი სხეულების დეფორმაცია. დეფორმაციის სახეები

გაკვეთილის თემა	მყარი სხეულების დეფორმაცია. დეფორმაციის სახეები
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• სხეულის ფორმის ცვლილების მიხედვით დეფორმაცია იყოფა გაჭიმვის (კუმშვის), ღუნვის, გრეხის და ძვრის დეფორმაციად;</li> <li>• გაჭიმვის (კუმშვის) დეფორმაციას ახასიათებენ აბსოლუტური წაგრძელებით – <math>\Delta l</math>, და ფარდობითი წაგრძელებით – <math>\epsilon = \Delta l / l</math>; მ,</li> <li>• სხეულის მექანიკური ძაბვა ეწოდება ფიზიკურ სიდიდეს, რომელიც ტოლია დრეკადობის ძალის ფარდობისა იმ განიკვეთის ფართობთან, რომელზეც ისაა განაწილებული: <math>\sigma = F_{\text{დრ}} / S</math>. მექანიკური ძაბვა იზომება პასკალებში;</li> <li>• ფარდობითი წაგრძელება და მექანიკური ძაბვა იმ ნივთიერების მახასიათებელია, რომლისგანაც სხეულია დამზადებული;</li> <li>• ღუნვა გაჭიმვისა და კუმშვის დეფორმაციათა ერთობლიობაა;</li> <li>• გრეხა ძვრის დეფორმაციაა.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	დეფორმაციის სახეებზე დაკვირვება შესწავლა.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	<p>ფიზ.საბ.2. სხეულთა ურთიერთქმედებაზე და ურთიერთქმედების შედეგებზე არგუმენტირებული მსჯელობა;</p> <p>ფიზ.საბ.6. თვისებრივი და რაოდენობრივი მონაცემების სხვადასხვა ფორმით ჩაწერა და ორგანიზება.</p> <p>ფიზ.საბ.8. მოსწავლეს შეუძლია მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/ კანონზომიერებების საჩვენებლად.</p>
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ეტაპობრივად კონსტრუირება წინარე ცოდნაზე დაფუძნებით. ხელს უწყობდეს ცოდნათა ურთიერთდაკავშირებას და ორგანიზებას.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	დეფორმაცია, დრეკადი დეფორმაცია, პლასტიკური დეფორმაცია, ჭიმვის, კუმშვის, ძვრის გრეხის ღუნვის დეფორმაცია, იუნგის მოდული, მექანიკური ძაბვა.
წინარე ცოდნა	დრეკადობის ძალა სხეულის წონა
აქტივობები/დრო/ ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება მასწავლებელი სვამს ინტერაქტიულ კითხვებს:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ყოველთვის შესაძლებელია თუ არა დეფორმაცია? მოიყვანეთ მაგალითები.</li> <li>• როგორ გესმით წინადადება: „დრეკადობის ძალა ეწინააღმდეგება დეფორმაციას“?</li> <li>• გაჭიმვისა და კუმშვის დეფორმაციების გარდა კიდევ რა სახის დეფორმაციები არსებობს?</li> <li>• რა განსხვავებებია სიმძიმის ძალასა და წონას შორის?</li> <li>• რა შემთხვევაშია სხეულის წონა მოდულით სიმძიმის ძალაზე მეტი?</li> <li>• რას ნიშნავს უწონობა და რა შემთხვევაშია სხეული უწონობის მდგომარეობაში?</li> <li>• უწონობას ხშირად უჭაერო სივრცეში ყოფნასთან აიგივებენ. თქვენ რას ფიქრობთ?</li> </ul> <p>ისმენს მოსწავლეთა პასუხებს და საჭიროების შემთხვევაში აზუსტებს.</p> <p><b>მიზანი:</b> შემოწმება.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> დეფორმაციის სახეები. მასწავლებელი განიხილავს დეფორმაციის სახეებს ცალ ცალკე,</p>

	<p>ახდენს დეფორმაციის სახეების ჩვენებას დეფორმაციის ხელსაწყო საშუალებით. და ახასიათებს თითოეულს და შემოაქვს, აბსოლუტური, წაგრძელების, ფარდობითი, წაგრძელების, მექანიკური ძაბვისა და იუნგის მოდულის ცნება და წერს ჰუკის კანონს.</p> <p><b>მიზანი.</b> მოსწავლეებმა შეძლონ შემდეგში დეფორმაციის გააზრება.</p> <p><b>აქტივობა 3:</b> ამოცანის ერთობრივი ამოხსნა ჯგუფში ან წყვილებში. სახელმძღვანელოში მოცემული ამოცანის ამოხსნის ნიმუშის განხილვა „ერთად ამოვხსნათ ამოცანა“ – ითვალისწინებს მოსწავლეების ურთიერთდახმარებას, საჭიროების შემთხვევაში მასწავლებლის დახმარებას და სახელმძღვანელოში ამოხსნილი ამოცანის გააზრებას, შემდეგ მიღებული ცოდნის გამოყენებას ახალი ამოცანის ამოსახსნელად. მასწავლებელმა სასურველია აჩვენოს მოსწავლეებს ამოცანაში აღნიშნული მოვლენა და მოსწავლეებთან ერთად ხსნიან შემჩნეულ მოვლენას.</p> <p><b>მიზანი:</b> თანამედროვე რეალობის სივრცესა და დროში გააზრება და ინტერპრეტირება.</p> <p><b>აქტივობა 5.</b> შეჯამება. აფასებს წინარე ცოდნას, ჯგუფურ და ინდივიდუალურ მუშაობას.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო, დეფორმაციის ხელსაწყო.
შეფასების კრიტერიუმები	ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი. თანამედროვე რეალობის სივრცესა და დროში გააზრება და ინტერპრეტირება, შესაძლებელია განმავითარებელი შეფასების გაკეთება – „მოსწავლის და მასწავლებლის უკუკავშირე“.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §2.13, პარაგრაფის ბოლოს მოცემული ამოცანები.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან დეფორმაციის სახეები, მათი გამომწვევი მიზეზები, დრეკადობის ძალა, აბსოლუტური და ფარდობითი წაგრძელება, მექანიკური ძაბვა, იუნგის მოდულის ფიზიკური აზრი. ჰუკის კანონი.

**საკონტროლო კითხვები:**

- რატომ არ აქვს ფარდობით წაგრძელებას განზომილება?  
**პასუხი:** ფარდობითი წაგრძელება  $= \frac{\Delta l}{l}$ , ამიტომ მას არ აქვს განზომილება.
- როგორ გადაადგილდებიან ერთმანეთის მიმართ პარალელურ სიბრტყეებზე განლაგებული ატომთა ფენები, როდესაც სხეულს ვჭიმავთ?  
**პასუხი:** პარალელურ სიბრტყეებში მოთავსებული ატომთა ფენები პარალელურად გადაადგილდებიან ტოლი მანძილებით იზრდება მათ შორის მანძილი და წარმოიქმნება მიზიდულობა.
- რატომაა ლუნვის დეფორმაცია გაჭიმვისა და კუმშვის დეფორმაციათა ერთობლიობა?  
**პასუხი:** 2.85 და 2.86 ნახაზე გამოსახული ღეროს ზედა AB ზედაპირის შემადგენელი ნაწილაკები ერთმანეთს მიუახლოვდებიან—მოხდება შეკუმშვა, ხოლო ღეროს ქვედა CD ნაწილის შემადგენელი ნაწილაკები ერთმანეთს დაშორდებიან – მოხდება გაჭიმვა. ე. ი. ლუნვის დეფორმაციისას სხეულის ნაწილი იკუმშება, ნაწილი – იჭიმება.
- რატომ არ იცვლება სხეულის სიმტკიცე ლუნვაზე მისი შუა ფენის მოცილებით?  
**პასუხი:** რადგან ეს ფენები არ განიცდიან დეფორმაციას.

- როგორ გადაადგილდებიან ერთმანეთის მიმართ პარალელურ სიბრტყეებზე განლაგებული ატომთა ფენები ძვრის დეფორმაციისას?

**პასუხი:** ერთმანეთის პარალელურად თითქოს გასრიალდნენ ერთმანეთის ზედაპირზე.

1. 500 ნ/მ სიხისტის რეზინის ზონარზე უძრავად კიდია 10 კგ მასის წყლით სავსე სათლი. რისი ტოლია ზონარის აბსოლუტური წაგრძელება? მიიჩნიეთ, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>.

ამოხსნა:  $F=kx \Rightarrow x=F/k=mg/k=0.2$ მ

**პასუხი:** 0,2მ

2. 2 მ სიგრძისა და 400 ნ/მ სიხისტის მქონე რეზინის ზონარზე უძრავადაა ჩამოკიდებული 10 კგ მასის სხეული. რისი ტოლია ზონარის ფარდობითი წაგრძელება? მიიჩნიეთ, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>.

ამოხსნა:  $\epsilon=\Delta l/l$  სადაც  $\Delta l=mg/k=0.25$ მ მაშინ  $\epsilon=\Delta l/l=0,0125$ .

**პასუხი:** 0,125.

3. რეზინის ზონარზე უძრავადაა დაკიდებული სხეული. ის ჩამოხსნეს და ზონარზე ორჯერ მეტი მასის ტვირთი დაკიდეს. შედეგად ზონარი გაიჭიმა და ტვირთი გაჩერდა. შეადარეთ ერთმანეთს ზონარის ფარდობითი წაგრძელებები პირველ და მეორე შემთხვევაში.

**პასუხი:** მეორედ ფარდობითი წაგრძელება 2-ჯერ მეტი იქნება.

4. 10 სმ<sup>2</sup> განივკვეთის ფართობის მქონე ერთგვაროვან ღეროზე დაკიდებულია 50 კგ მასის ბირთვი. რისი ტოლია ღეროში აღძრული მექანიკური ძაბვა? ღეროს მასას ნუ გაითვალისწინებთ. მიიჩნიეთ, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>.

ამოხსნა: მექანიკური ძაბვა  $\sigma = \frac{F_{დრ}}{S} = \frac{mg}{S} = 500000$ პა

**პასუხი:** 500000პა

5. 1000 აგურისაგან აშენებულია 5 მ სიგრძისა და 10 სმ სისქის კედელი. რისი ტოლია კედლის ქვედა ფენაში აღძრული მექანიკური ძაბვა, თუ კედლის თითოეული ფენა 25 ცალი 5 კგ-იანი აგურისგან შედგება? აგურების დამაკავშირებელი ხსნარის მასას ნუ გაითვალისწინებთ. მიიჩნიეთ, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>.

ამოხსნა:  $\sigma = \frac{F_{დრ}}{S}$  (1)  $s = l \cdot d$  (2)  $m = m_1 \cdot n$  (3)  $F_{დრ} = mg$  (3)

6. როგორი სახის დეფორმაციას განიცდის სკამის ვერტიკალური ფეხები და ჰორიზონტალური ფიცარი, როცა მასზე გოგონა ზის?

**პასუხი:** სკამის ფეხები განიცდის კუმშვის დეფორმაციას. ჰორიზონტალური ფიცარი ღუნვის დეფორმაციას.

7. როგორი სახის დეფორმაციას განიცდის საქანელას თოკები და დასაჯდომი ფიცარი, როდესაც მასზე ბიჭი ქანაობს?

**პასუხი:** სურათი 2.90 თოკები განიცდის ჭიმვის, დასაჯდომი ფიცარი კუმშვის დეფორმაციას.

8. როგორი სახის დეფორმაციას განიცდის სანათის საკიდის AB ღერო? BC ღერო? რა მიმართულებით მოქმედებს B წერტილზე AB ღეროში აღძრული დრეკადობის ძალა? BC ღეროში აღძრული დრეკადობის ძალა?

**პასუხი:** სურათი 2.91 AB ღეროში აღძვრება ჭიმვის დეფორმაცია, BC ღეროში კუმშვის დეფორმაცია. B წერტილზე AB ღეროში აღძვრული დრეკადობის ძალა მიმართულია B-დან A-სკენ, ხოლო B წერტილზე მოქმედი C B ღეროში აღძვრული დრეკადობის ძალა B-დან გარეთ.

9. სურათზე მოცემულია კრონშტეინი, რომელზეც ფანარია დაკიდებული. რა მიმართულებით მოქმედებს B წერტილზე AB გვარლში აღძრული დრეკადობის ძალა?  
BC ღეროში აღძრული დრეკადობის ძალა?  
**პასუხი:** სურათი 2.92 B წერტილზე მოქმედი AB გვარლში აღძრული დრეკადობის ძალა მიმართულია B-დან A-სკენ, ხოლო BC გვარლში B-დან გარეთ.
10. სურათზე გამოსახულია კედელში ჩამაგრებული წრიული განივკვეთის ღერო. მასზე შემოხვეულ თოკზე დაკიდებულია მძიმე ტვირთი. როგორი სახის დეფორმაციას განიცდის ღერო? თოკი?  
**პასუხი:** ღერო განიცდის ღუნვას, თოკი ჭიმვის დეფორმაციას.

## § 2.14 იუნგის მოდული. ლაბორატორიული სამუშაო

(ლაბორატორიული სამუშაო)

გაკვეთილის თემა	იუნგის მოდული. ლაბორატორიული სამუშაო
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• სხეულის სიხისტე პირდაპირპროპორციულია განივკვეთის ფართობის და უკუპროპორციულია მისი სიგრძის: <math>k = E \frac{S}{l}</math>;</li> <li>• რაიმე ნივთიერების იუნგის მოდული რიცხობრივად ტოლია ამ ნივთიერებისგან დამზადებული 1 მ წიბოს მქონე კუბის სიხისტის;</li> <li>• სხეულის მცირე დეფორმაციებისას, მექანიკური ძაბვა პირდაპირპროპორციულია ფარდობითი წაგრძელების: <math>\sigma = E \varepsilon</math>.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	სხეულის სიხისტის განმსაზღვრელი ფიზიკური სიდიდეების დადგენა.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	<p>ფიზ.საბ.7. მონაცემების გაანალიზება და არგუმენტირებული მსჯელობის საფუძველზე დასკვნების გამოტანა, ცვლადებს შორის დამოკიდებულების აღსაწერად დიაგრამებისა და გრაფიკების გამოყენება;</p> <p>ფიზ.საბ.8. მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/კანონზომიერებების საჩვენებლად;</p> <p>ფიზ.საბ.9. ცდისა და ექსპერიმენტის დაგეგმვისა და ჩატარებისას უსაფრთხოების წესების დაცვა.</p>
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი ლექცია უსაფრთხოების წესებზე, ჯგუფური მუშაობა.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	მექანიკური ძაბვა, სიხისტე, წაგრძელება.
წინარე ცოდნა	დრეკადობის ძალა, დეფორმაციის სახეები ჰუკის კანონი.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> სამიზნე ცნებების განმარტება, მათან დაკავშირებული ფაქტებისა და თეორიული მასალის ცოდნის საფუძველზე სხეულის სიხისტის განმსაზღვრელი ფიზიკური სიდიდეების დადგენა.</p> <p><b>მიზანი:</b> სიხისტის განმსაზღვრელი ფიზიკური სიდიდეების დადგენა. მასწავლებელი ყოფს მოსწავლეებს 4-5 კაციან ჯგუფებად აცნობს სამუშაოს მიზანს, უთითებს საჭირო ადგილს სადაც დახვდებათ საჭირო ხელსაწყოები დაახლოებით 50 სმ სიგრძის რეზინის ზონარი (შეიძლება ავიღოთ ორი ერთნაირი ზამბარა ან ორი ერთნაირი დრეკადი ღერო), შტატივი, საწონების ნაკრები, სახაზავი ან საზომი ლენტი.</p>

**მუშაოს მსვლელობა:**

- რეზინის ზონარი შუაზე გადაკვეთთ და გაზომეთ მიღებული სიგრძე  $l$ ;
- ზონარი გადაკვეცვის ადგილით შტატივის თათში ჩაამაგრეთ. ზონარის ერთ ბოლოზე ჩამოკიდეთ  $m$  მასის ტვირთი. მისი მასა ისე შეარჩიეთ, რომ ზონარის წაგრძელება იყოს მცირე;
- გაჭიმულ ზონარში აღძრული დრეკადობის ძალა მოდულით ტოლი იქნება ტვირთზე მოქმედი სიმძიმის ძალის. გამოთვალეთ ეს ძალა:  $F_{დრ} = F_{სიმ} = mg$ ;
- გაზომეთ ზონარის  $\Delta l$  წაგრძელება;
- ჰუკის კანონის გამოყენებით გაზომეთ ნახევარი ზონარის სიხისტე:
 
$$k = \frac{F_{დრ}}{\Delta l};$$
- ცდა რამდენჯერმე გაიმეორეთ და მონაცემები შეიტანეთ რვეულში, ამ ნიმუშის მიხედვით შედგენილ ცხრილში:

ზონარის სიგრძე $l$ (მ)	ტვირთის მასა $m$ (კგ)	დრეკადობის ძალა $F_{დრ}$ (ნ)	ზონარის წაგრძელება $\Delta l$ (მ)	სიხისტე $k$ ნ/მ

- გაშალეთ ზონარი და ერთი ბოლოთი კვლავ ჩაამაგრეთ შტატივის თათში. ამით ზონარის სიგრძე გაორმაგდება და გახდება  $2l$  (თუ ცდას დრეკადი ღეროთი ჩაატარებთ, ისინი მიმდევრობით გადააბით ერთმანეთს);
- გაშლილ ზონარზე დაკიდეთ იგივე მასის ტვირთი. ამით ზონარში აღძრული დრეკადობის ძალის სიდიდე იგივე დარჩება. ცდა გაიმეორეთ და გამოთვალეთ მთლიანი ზონარის სიხისტე;
- შეადარეთ ერთმანეთს ნახევარი და მთლიანი ზონარის სიხისტეები და გამოიტანეთ დასკვნა.  
თუ ცდას საკმარისად ზუსტად ჩაატარებთ, მიიღებთ, რომ ზონარის სიგრძის ორჯერ გადიდებით, მისი სიხისტე ორჯერ შემცირდება:

$$k' = \frac{k}{2},$$

ანუ, სხეულის სიხისტე მისი სიგრძის უკუპროპორციულია:

$$k \sim \frac{1}{l}.$$

გავაგრძელოთ ლაბორატორიული სამუშაო:

ზონარი კვლავ გადაკვეთთ შუაში და გადაკვეცვის ადგილით ჩაამაგრეთ შტატივის თათში;

- ორივე ნაწილზე ერთად ჩამოკიდეთ ისეთი მასის ტვირთი, რომ წაგრძელება ისეთივე იყოს, როგორც პირველ ცდაში. ცდა გაიმეორეთ და გამოთვალეთ ორმაგი სისქის ზონარის სიხისტე;
- შეადარეთ ერთმანეთს ნახევარი და ორმაგი სისქის ზონარების სიხისტეები და გამოიტანეთ დასკვნა.

თუ ცდას საკმარისად ზუსტად ჩაატარებთ, მიიღებთ, რომ ზონარის განიკვეთის ფართობის ორჯერ გაზრდით, სიხისტე ორჯერ გაიზრდება:

$$k'' = 2k,$$

ანუ, სხეულის სიხისტე მისი განიკვეთის ფართობის პირდაპირპროპორციულია:

$$k \sim S$$

ორივე დასკვნის გაერთიანებით მივიღებთ:

სხეულის სიხისტე პირდაპირპროპორციულია განიკვეთის ფართობის და



უკუპროპორციულია მისი სიგრძის:

$$k \sim \frac{S}{l}$$

იმისათვის, რომ პროპორციულობიდან ტოლობაზე გადავიდეთ, შემოვიტანოთ პროპორციულობის კოეფიციენტი, რომელიც არ არის დამოკიდებული არც სიგრძეზე და არც განივკვეთის ფართობზე. ის დამოკიდებული იქნება მხოლოდ იმ ნივთიერების დრეკად თვისებებზე, რომლისგანაც სხეულია დამზადებული. პროპორციულობის კოეფიციენტს,  $E$  ასოთი აღნიშნავენ და იუნგის მოდულს უწოდებენ, ინგლისელი ფიზიკოსის, თომას იუნგის პატივსაცემად მამასადამე,

$$k = E \frac{S}{l}. (1)$$

დავადგინოთ იუნგის მოდულის განზომილება. ამისათვის (1)

ფორმულიდან გამოვსახოთ  $E$ :

$$E = \frac{kl}{S}$$

აქედან გამომდინარეობს, რომ იუნგის მოდულის განზომილებაა:

$$[E] = \frac{[k][l]}{[S]} = \frac{N \cdot m}{m^2} = \frac{N}{m^2} = Pa \text{ (პასკალი)}.$$

ახლა გავარკვიოთ იუნგის მოდულის ფიზიკური აზრი. წარმოვიდგინოთ, რომ გვაქვს რაიმე ნივთიერებისაგან დამზადებული 1 მ სიგრძისა და 1 მ<sup>2</sup> განივკვეთის ფართობის მქონე სხეული. (1) ტოლობიდან

გამომდინარეობს, რომ ამ ნივთიერების იუნგის მოდული რიცხობრივად სხეულის სიხისტის ტოლია. ასეთივე სიგრძე და განივკვეთის ფართობი აქვს 1მ წიბოს მქონე კუბს. ამიტომ,

რაიმე ნივთიერების იუნგის მოდული რიცხობრივად ტოლია ამ ნივთიერებისგან დამზადებული 1 მ წიბოს მქონე კუბის სიხისტის.

ჩავწეროთ ჰუკის კანონი იუნგის მოდულის გამოყენებით. ამისათვის ჰუკის კანონში,  $F_{დრ} = k\Delta l$ , ჩავსავათ სიხისტის მნიშვნელობა (1)

ტოლობიდან, გვექნება

$$F_{დრ} = E \frac{S}{l} \Delta l. (2)$$

ამ ტოლობის ორივე მხარე გავყოთ სხეულის განივკვეთის  $S$  ფართობზე. მივიღებთ:

$$\frac{F_{დრ}}{S} = E \frac{\Delta l}{l}. (3)$$

წინა პარაგრაფიდან გავიხსენოთ, რომ  $\epsilon = \frac{\Delta l}{l}$  არის სხეულის ფარდობითი წაგრძელება,  $\sigma = \frac{F_{დრ}}{S}$  კი – მექანიკური ძაბვა. ამიტომ გვექნება:

$$\sigma = E \epsilon. (4)$$

სხეულის მცირე დეფორმაციებისას, მექანიკური ძაბვა პირდაპირპროპორციულია ფარდობითი წაგრძელების.

ეს არის ჰუკის კანონი, ოღონდ ჩაწერილი ნივთიერებისათვის და არა სხეულისათვის.

და შესასრულებელი სამუშაოს ინსტრუქცია.

**აქტივობა 3.** მასწავლებელი აკვირდება მოსწავლეების მუშაობას, საჭიროების შემთხვევაში აძლევს მითითებას და ეხმარება სამუშაოს შესრულებაში.

**მიზანი:** მოსწავლეებმა შეძლონ სამუშაოს წარმატებით და უსაფრთხოდ შესრულება.

**აქტივობა 4.** შეჯამება/შეფასება

მოსწავლეები აანალიზებენ ცდით მიღებულ შედეგებს.

	<p>აღწერა: კლასთან ერთობლივი ინტერაქციით ხდება შეჯამება. მასწავლებელი აკეთებს განმავითარებელ შეფასებას ლაბორატორიული სამუშაოს შეფასების რუბრიკის მიხედვით (დანართი) რომელიც შემუშავებული და გამოკრული აქვს წინასწარ.</p> <p><b>მიზანი:</b> შეძლონ მიღებული შედეგების გაანალიზება და დასკვნების გაკეთება.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო.დაახლოებით 50 სმ სიგრძის რეზინის ზონარი (შეიძლება ავიღოთ ორი ერთნაირი ზამბარა ან ორი ერთნაირი დრეკადი დერო), შტატივი, საწონების ნაკრები, სახაზავი ან საზომი ლენტი. და შესასრულებელი სამუშაოს ინსტრუქცია.
შეფასების კრიტერიუმები	დამოუკიდებელი ჯგუფური მუშაობის უნარი, ლაბორატორიული სამუშაოს შეფასების უნარი, რომელიც შემუშავებული აქვს.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	ამოცანების ამოხსნა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე შეძლებს ბოლოს მოსწავლე შეძლებს მოახდინოს ცდის შედეგების შეჯამება და შედარება ჯგუფებში მიღებულ შედეგებთან და გამოთვლების საიმედოობაზე.

**საკონტროლო კითხვების პასუხები:**

- რამდენჯერ შეიცვლება ზამბარის სიხისტე,თუ მას ნახევარს მოვაჭრით?  
**პასუხი:** ზამბარის სიხისტე გაიზრდება 2-ჯერ.
- რამდენჯერ შეიცვლება ბაგირის სიხისტე, თუ მას ორჯერ გავამსხვილებთ?  
**პასუხი:** ბაგირის ორჯერ გადიდებით სიხისტე 2-ჯერ იზრდება.
- როგორ შეეფარდება ერთი და იგივე მასალისაგან დამზადებული ღეროების იუნგის მოდულები, თუ პირველი ღეროს სიგრძე ორჯერ აღემატება მეორეს სიგრძეს?  
**პასუხი:** იუნგის მოდული არ არის დამოკიდებული მასალის გეომეტრიულ ზომებზე.
- რა ერთეულებში იზომება იუნგის მოდული?  
**პასუხი:** პასკალი
- რა სახე აქვს ჰუკის კანონს ნივთიერებისათვის?  
**პასუხი:**  $F_{დრ} = E \frac{\Delta l}{l}$

**ამოცანების ამოხსნები:**

- რეზინის ერთგვაროვან ზონარს მისი სიგრძის მეათედი მოაჭრეს. რამდენჯერ გაიზარდა ზონრის სიხისტე?

? $k_{საბ}/k$	$l/l_{საბ}=10/9$ (1)
მოც:	$k_1 \rightarrow$ მოჭრილი ზამბარის $l/10$ სიგრძის ზამბარის სიხისტე
$l/l_{საბ}=10/9$	$l/(1-l_{საბ})=10 \Rightarrow k=k_1/10$ (2)
	$l_{საბ}/(1-l_{საბ})=9 \Rightarrow k_{საბ}=k_1/9$ (3)
	$k_{საბ}/k=(k_1/9)/(k_1/10)=(1/9)/(1/10)=10/9$

პას: 10/9 ჯერ

- ზამბარაზე უძრავად ჰკიდია ტვირთი. რამდენჯერ შემცირდება ზამბარის დეფორმაცია, თუ იმავე ტვირთს ორ, პარალელურად დაკიდებულ ისეთივე ზამბარებზე დაკვიდებთ?

? $x/x_{საბ}$	$k_1=n \cdot k$ (1)
მოც:	$F=mg$ (2)
$n=2$	$F=k \cdot x$ (3)
$g=10$ მ*წმ <sup>-2</sup>	$F=k_1 \cdot x_{საბ}$ (4)
$m$	(2)=(3) $k \cdot x=k_1 \cdot x_{საბ}$ (5)
$k$	(1) $\rightarrow$ (5) $k \cdot x=nk \cdot x_{საბ}$
	$x=n \cdot x_{საბ}$
	$x/x_{საბ}=n=2$

პას: 2 ჯერ.

- ზამბარა მასზე უძრავად დაკიდებული ტვირთით წაგრძელდა 10 სმ-ით. რისი ტოლი იქნება ზამბარის წაგრძელება, თუ იმავე ტვირთს მასთან მიმდევრობით გადაბმულ ისეთივე ზამბარაზე ჩამოკვიდებთ?

? $x_{საბ}$	$F=mg$ (2)
მოც:	$k_1=k/n$ (1)
$n=2$	$F=k \cdot x$ (3)
$g=10$ მ*წმ <sup>-2</sup>	$F=k_1 \cdot x_{საბ}$ (4)
$m$	(2)=(3) $k \cdot x=k_1 \cdot x_{საბ}$ (5)
$k$	(1) $\rightarrow$ (5) $k \cdot x=(k/n) \cdot x_{საბ}$
$x=0,1$ მ	$x=x_{საბ}/n$
	$x_{საბ}=n \cdot x$ (*)
	$\rightarrow$ (*) $x_{საბ}=2 \cdot 0,1=0,2$

პას: 0,2 მ

- რეზინის ზონრის სიგრძე და განივკვეთის ფართობი, შესაბამისად, 1 მ და 1 სმ<sup>2</sup>-ია. რისი ტოლია ზონრის სიხისტე, თუ რეზინის იუნგის მოდული  $0.02 \cdot 10^9$  ნ/მ<sup>2</sup>-ია?

? $k$	$k=s \cdot E/l$ (*)
მოც:	$\rightarrow$ (*) $k=1 \cdot 10^{-4} \cdot 0,02 \cdot 10^9 / 1 =$
$s=1$ სმ <sup>2</sup> $=1 \cdot 10^{-4}$ მ <sup>2</sup>	$=0,02 \cdot 10^5 = 2000$ ნ/მ
$E=0,02 \cdot 10^9$ ნ/მ <sup>2</sup>	

პას: 2000 ნ/მ

5. რეზინის ზონარზე, რომლის სიგრძე და განივკვეთის ფართობი, შესაბამისად, 2 მ და 1 სმ<sup>2</sup>-ია, კიდია 10 კგ მასის ტვირთი. განსაზღვრეთ ზონრის წაგრძელება, თუ რეზინის იუნგის მოდული 0.02·10<sup>9</sup> ნ/მ<sup>2</sup>-ია. მიიჩნიეთ, რომ g=10 მ/წმ<sup>2</sup>.

? x	F=kx
მოც:	x=F/k (1)
l=2მ	F=mg (2)
s=1სმ <sup>2</sup> =1*10 <sup>-4</sup> მ <sup>2</sup>	k=s·E/l (3)
m=10 კგ	(3) <sup>(2)</sup> ->(1) x=mg·s/l·E (*)
E=0,02*10 <sup>9</sup> ნ/მ <sup>2</sup>	->(*) x=10*10 <sup>2</sup> /10 <sup>-4</sup> *0,02*10 <sup>9</sup> =200/2·10 <sup>3</sup>
g=10 მ/წმ <sup>2</sup>	=200/2000=0,1 მ

**პასუხი:** 0,1 მ

6. განსაზღვრეთ ალუმინის მექანიკური ძაბვა, თუ მისი ფარდობითი წაგრძელების მოდული 0.001-ის ტოლია. ალუმინის იუნგის მოდული 70·10<sup>9</sup> ნ/მ<sup>2</sup>-ია.

? σ	σ=Δl·E/l (*)
მოც:	->(*) σ=0.001*70*10 <sup>9</sup> =70*10 <sup>6</sup> პა
Δl/l=0.001	პას: 70*10 <sup>6</sup> პა
E=70*10 <sup>9</sup>	

7. სურათზე გამოსახულია ერთმანეთის პარალელურად დაკიდებული სამი ერთნაირი, k=1000 ნ/მ სიხისტის მსუბუქი ზამბარა. რისი ტოლია თითოეული ზამბარის წაგრძელება, თუ მათზე ჩამოკიდებული ტვირთის მასა 60 კგ-ია? მიიჩნიეთ, რომ g=10 მ/წმ<sup>2</sup>.

? x	F=k <sub>ჯამი</sub> *x
მოც:	x=F/k <sub>ჯამი</sub> (1)
k=1000 ნ/მ	k <sub>ჯამი</sub> =n*k (2)
n=3	F=mg (3)
m=60 კგ	(2) <sup>(3)</sup> ->(1) x=mg/nk (*)
g=10 მ/წმ <sup>2</sup>	->(*) x=60*10/1000*3=20/100=2/10=1/5=0.2 მ

**პასუხი:** 0,2მ

8. სურათზე გამოსახულია პარალელურად განთავსებული ერთნაირი k<sub>1</sub>=500 ნ/მ სიხისტის ორი ზამბარა და მათზე მიმდევრობით გადაბმული k<sub>2</sub>=1000 ნ/მ სიხისტის ზამბარა. რისი ტოლია ამ სისტემის ჯამური სიხისზე?

? k <sub>საბ</sub>	სურათზე გამოსახული ორი k <sub>1</sub> სიხისტის ზამბარა განთავსებულია პარალელურად, ამიტომ მათი საერთო სიხისტე $k = k_1 + k_1 = 1000$ ნ/მ.
მოც:	$\Rightarrow k = k_1/2$
k <sub>1</sub> =500 ნ/მ	ხოლო სისტემის სრული სიხისტისთვის $\frac{1}{k_{საბ}} = \frac{1}{k} + \frac{1}{k_2} \Rightarrow k_{საბ}=500$ ნ/მ
k <sub>2</sub> =1000 ნ/მ	
n=2	

**პასუხი:** 500 ნ/მ

9. რისი ტოლი იქნება სურათზე გამოსახული ზამბარების წაგრძელებები, თუ სისტემაზე დაკიდებული ტვირთის მასა 50 კგ-ია? ზამბარების სიხისტეები  $k_1=5000$  ნ/მ და  $k_2=4000$  ნ/მ-ია. მიიჩნიერთ, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>.

ამოხსნა:

$k_2$  სიხისტის ზამბარას ჭიმავს 500 ნ ძალა, ამიტომ მისი წაგრძელება  $500/4000=12,5$  სმ.

$k_1$  სიხისტის ორივე ზამბარას ერთად ჭიმავს 500 ნ ძალა. რადგან ზამბარები ერთნაირია, ამ შემთხვევაში შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ, რომ თითოეულს ჭიმავს 250 ნ ძალა.

ამიტომ თითოეულის წაგრძელება იქნება:  $250/5000=5$  სმ.

მეორე ამოცანის პირობით განსაზღვრული სიხისტე  $k_{საბ} = 500$  ნ/მ

ხოლო წაგრძელება იქნება  $x=F/k_{საბ}=mg/k_{საბ}=1$ მ.

10. სურათზე გამოსახულია ორი ერთნაირი  $k_1=2000$  ნ/მ სიხისტისა და მათზე ორჯერ გრძელი,  $k_2=4000$  ნ/მ სიხისტის ზამბარებისაგან შედგენილი სისტემა. რისი ტოლია სისტემის ჯამური სიხისტე? რისი ტოლი იქნება თითოეული ზამბარის წაგრძელება, თუ სისტემაზე ჰორიზონტალურად მიმართული 80 ნ ძალით ვიმოქმედებთ?

? $k, x_1, x_2$	$k_1$ სიხისტის ზამბარები მიმდევრობით არის შეერთებული, ამიტომ
მოც: $n=2$ $k_1=2000$ ნ/მ $F=80$ ნ	მათი სიხისტე იქნება $k= k_1/2$ (1) ხოლო მათთან $k_2$ სიხისტის ზამბარა პარალელურადაა განთავსებული. მათი საბოლოო სიხისტე კი $k' = k_1/2+k_2=5000$ ნ/მ

### § 2.15. გაჭიმვის დიაგრამა

გაკვეთილის თემა	გაჭიმვის დიაგრამა
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• მექანიკური ძაბვის ფარდობით წაგრძელებაზე დამოკიდებულობის გრაფიკს, გაჭიმვის დიაგრამა ეწოდება;</li> <li>• მექანიკური ძაბვის მაქსიმალურ მნიშვნელობას, რომლის დროსაც დამოკიდებულება <math>\sigma</math>-სა და <math>\epsilon</math>-ს შორის ჯერ კიდევ პირდაპირპროპორციულია, პროპორციულობის ზღვარი ეწოდება;</li> <li>• მექანიკური ძაბვის მაქსიმალურ მნიშვნელობას, რომლის დროსაც დეფორმაცია ჯერ კიდევ დრეკადია, დრეკადობის ზღვარი ეწოდება;</li> <li>• ძაბვის ზრდის გარეშე დეფორმაციის ზრდის მოვლენას, მასალის დენადობა ეწოდება;</li> <li>• მექანიკური ძაბვის მნიშვნელობას, რომლის დროსაც ჯერ კიდევ ადგილი აქვს მასალის დენადობას, დენადობის ზღვარი ეწოდება;</li> <li>• მექანიკური ძაბვის მაქსიმალურ მნიშვნელობას, რომელიც შეიძლება შეიქმნას მასალაში მისი რღვევის დაწყებამდე, სიმტკიცის ზღვარი ეწოდება;</li> <li>• სიმტკიცის ზღვარის შეფარდებას იმ მაქსიმალურ ძაბვასთან, რომელიც შეიძლება შეიქმნას სხეულში, სიმტკიცის მარაგი ეწოდება: <math>n = \frac{\sigma_{სზ}}{\sigma_{მაქს}}</math>.</li> </ul>

გაკვეთილის მიზანი	<ul style="list-style-type: none"> <li>გაჭიმვის დიაგრამის შესწავლა</li> </ul>
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	<p>ფიზ.საბ.2. სხეულთა ურთიერთქმედებაზე და ურთიერთქმედების შედეგებზე არგუმენტირებული მსჯელობა;</p> <p>ფიზ.საბ.8 მოსწავლეს შეუძლია მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/ კანონზომიერებების საჩვენებლად;</p> <p>ფიზ.საბ. 10.საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებისა და ტექნოლოგიების მიღწევების ყოველდღიურობასთან დაკავშირება;</p> <p>ფიზ.საბ.11.საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების სხვადასხვა პროფესიასთან დაკავშირება.</p>
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ეტაპობრივად კონსტრუირება წინარე ცოდნაზე დაფუძნებით. ხელს უწყობდეს ცოდნათა ურთიერთდაკავშირებას და ორგანიზებას.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	დეფორმაცია, დრეკადი დეფორმაცია, პლასტიკური დეფორმაცია, ჭიმვის, კუმშვის, ძვრის გრეხის ღუნვის დეფორმაცია, იუნგის მოდული, მექანიკური ძაბვა.
წინარე ცოდნა	დრეკადობის ძალა სხეულის წონა
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება</p> <p>მასწავლებელი სვამს ინტერაქტიულ კითხვებს:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. რამდენჯერ შეიცვლება ზამბარის სიხისტე, თუ მას ნახევარს მოვაჭრით?</li> <li>2. რამდენჯერ შეიცვლება ბაგირის სიხისტე, თუ მას ორჯერ გავამსხვილებთ?</li> <li>3. როგორ შეეფარდება ერთი და იგივე მასალისაგან დამზადებული ღეროების იუნგის მოდულები, თუ პირველი ღეროს სიგრძე ორჯერ აღემატება მეორეს სიგრძეს?</li> <li>3. რა ერთეულებში იზომება იუნგის მოდული?</li> <li>4. რა სახე აქვს ჰუკის კანონს ნივთიერებისათვის?</li> </ol> <p>კარგი იქნება თუ მასწავლებელი გაკვეთილზე გაარჩევს საშინაო დავალების ამოცანებს.</p> <p>ისმენს და საჭიროების შემთხვევაში აკეთებს პასუხების დაზუსტებას. ისმენს მოსწავლეთა პასუხებს და საჭიროების შემთხვევაში აზუსტებს</p> <p><b>მიზანი:</b> შემოწმება.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> პროვოცირება. ინტერესის აღძვრა.</p> <p>მასწავლებელი ახსენებს მოსწავლეებს რომ, მათ დავადგინეს, რომ სხეულის მცირე დეფორმაციებისას მექანიკური ძაბვა პირდაპირპროპორციულია ფარდობითი წაგრძელების – <math>\sigma = E \epsilon</math>. დეფორმაცია მცირეა მაშინ, თუ <math>\Delta l</math> აბსოლუტური წაგრძელება გაცილებით ნაკლებია საწყის <math>l</math> სიგრძეზე, ანუ, როცა <math> \epsilon  \ll 1</math>.</p> <p>მაგრამ რეალურ შემთხვევებში, დეფორმაცია შეიძლება საკმაოდ დიდი იყოს. რა ემართება ამ დროს სხეულის შემადგენელ ნივთიერებას?</p> <p><b>მიზანი:</b> ინტერესის გამოწვევა.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> მინი ლექცია.</p> <p>მასწავლებელი განიხილავს თუ რა ემართება დეფორმაციისას მასალის შემადგენელ ნაწილებს. და განიხილავს მისი ექსპერიმენტული კვლევის მეთოდებს, აგებს გაჭიმვის</p>

დიაგრამას და განიხილავს). მცირე დეფორმაციებისათვის მექანიკურ ძაბვასა და ფარდობით წაგრძელებას შორის დამოკიდებულებას, საუბრობს და განმარტავს: მექანიკური ძაბვის მაქსიმალურ მნიშვნელობას, რომლის დროსაც დამოკიდებულება  $\sigma$ -სა და  $\varepsilon$ -ს შორის პირდაპირ-პროპორციულია, პროპორციულობის ზღვარი ეწოდება –  $\sigma_{პრ}$ . ძაბვის შემდომი გაზრდისას, გარკვეულ უბანზე – AB, სხეული შეინარჩუნებს დრეკად თვისებებს, თუმცა დამოკიდებულება  $\sigma$ -სა და  $\varepsilon$ -ს შორის აღარ იქნება წრფივი. მექანიკური ძაბვის მაქსიმალურ მნიშვნელობას, რომლის დროსაც დეფორმაცია ჯერ კიდევ დრეკადია, დრეკადობის ზღვარი ეწოდება –  $\sigma_{დრ}$ . თუ მექანიკური ძაბვა მეტი გახდება, ვიდრე დრეკადობის ზღვარი, ძაბვის მოხსნის შემდეგ, სხეული აღარ დაუბრუნდება საწყის მდგომარეობას. ადგილი ექნება ნარჩენ დეფორმაციას – დეფორმაცია გახდება პლასტიკური. AB უბნის შემდეგ, დრეკადობის ზღვართან ძალიან ახლოს, ძაბვა მიაღწევს ისეთ მნიშვნელობას, როდესაც დეფორმაცია დაიწყებს ზრდას ძაბვის ზრდის გარეშე. ამ მოვლენას მასალის დენადობა ეწოდება. ეს პროცესი, მაგალითად სპილენძისათვის, რამდენიმე წუთის განმავლობაში გრძელდება – BC უბანი. მექანიკური ძაბვის მნიშვნელობას, რომლის დროსაც ჯერ კიდევ ადგილი აქვს მასალის დენადობას, დენადობის ზღვარი ეწოდება –  $\sigma_{დ}$ . მასალის დენადობის დამთავრების შემდეგ, დეფორმაციის გაზრდისათვის საჭირო იქნება მექანიკური ძაბვის გაზრდა – CD უბანი. მაგრამ დადგება მომენტი, როდესაც ძაბვა დაიწყებს კლებას, ხოლო დეფორმაცია ზრდას. მასალაში აღძრული დრეკადობის ძალა ვეღარ უმკლავდება გარეშე ძალას, იწყება მასალის რღვევა. მექანიკური ძაბვის მაქსიმალურ მნიშვნელობას, რომელიც შეიძლება შეიქმნას მასალაში მისი რღვევის დაწყებამდე, სიმტკიცის ზღვარი ეწოდება –  $\sigma_{ს.ზ.}$ .

ასევე ყურადღებას ამახვილებს: უფრო დეტალურად შევჩერდეთ დენადობის BC უბანზე. თუ ძაბვას მოვხსნით C წერტილში (დენადობის დასრულების შემდეგ), საკმაოდ დიდი ნარჩენი დეფორმაცია გვექნება, ანუ შეიძლება მოვახდინოთ მასალის დეფორმაცია მისი რღვევის გარეშე. რაც უფრო დიდი იქნება ეს უბანი, უფრო დიდი იქნება ეს დეფორმაცია. მასალას, რომელსაც დენადობის დიდი უბანი აქვს, პლასტიკური მასალა ეწოდება. ასეთებია, მაგალითად, ტყვია, რკინა ალუმინი და სხვა. პლასტიკური მასალებისაგან დეფორმაციით სხვადასხვა ფორმის სხეულებს ამზადებენ. მასალას, რომელსაც პატარა დენადობის უბანი აქვს (ან საერთოდ არ აქვს), მყიფე მასალა ეწოდება. ასეთი მასალისაგან დამზადებული სხეულები მცირე დეფორმაციების დროსაც კი იმტვრევა. ასეთებია, მაგალითად, მინა, თიხა, ფაიფური, თუჯი და სხვა.

**მიზანი:** თანამედროვე რეალობის სივრცესა და დროში გააზრება და ინტერპრეტირება

**აქტივობა 5.** მოსწავლეები აფასებენ გაკვეთილზე მიღებულ ინფორმაციას და მსჯელობენ სიმტკიცის ზღვარზე და სიმტკიცის მარაგზე.

რესურსები	სახელმძღვანელო
შეფასების კრიტერიუმები	ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი. თანამედროვე რეალობის სივრცესა და დროში გააზრება და ინტერპრეტირება
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §2.15
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლემ იცის მასალის მექანიკური თვისებები და გაჭიმვის დიაგრამა.

### საკონტროლო კითხვები:

- რა შემთხვევაში მიიჩნევა დეფორმაცია მცირედ?

**პასუხი:** დეფორმაცია მცირეა მაშინ, თუ  $\Delta l$  აბსოლუტური წაგრძელება გაცილებით ნაკლებია საწყის  $l$  სიგრძეზე, ანუ, როცა  $|\epsilon| \ll 1$ .
- როგორ აგებენ გაჭიმვის დიაგრამას?

**პასუხი:** ექსპერიმენტულად სწავლობენ. ატარებენ ცდებს, ცდების მონაცემები ჯერ შეაქვთ ცხრილებში და შემდეგ აგებენ მექანიკური ძაბვის ფარდობით წაგრძელებაზე დამოკიდებულობის გრაფიკს, რომელსაც გაჭიმვისგაჭიმვის დიაგრამას უწოდებენ.
- რა განსხვავებაა გაჭიმვის დიაგრამაზე OA და AB უბნებს შორის?

**პასუხი:** დიაგრამაზე OA უბანი შეესაბამება მცირე დეფორმაციებისათვის მექანიკურ ძაბვასა და ფარდობით წაგრძელებას შორის პირდაპირპროპორციულ დამოკიდებულებას, ხოლო AB უბანზე, სხეული შეინარჩუნებს დრეკად თვისებებს, თუმცა დამოკიდებულება  $\sigma$ -სა და  $\epsilon$ -ს შორის აღარ იქნება წრფივი.
- რას ნიშნავს მასალის რღვევა?

**პასუხი:** მასალაში აღმრული დრეკადობის ძალა ვეღარ უმკლავდება გარეშე ძალას, იწყება მასალის რღვევა.
- რომელ მასალას უწოდებენ პლასტიკურს? მყიფეს?

**პასუხი:** მასალას, რომელსაც დენადობის დიდი უბანი აქვს, პლასტიკური მასალა ეწოდება. მასალას, რომელსაც პატარა დენადობის უბანი აქვს (ან საერთოდ არ აქვს), მყიფე მასალა ეწოდება.
- როგორ ფიქრობთ, შეიცვლება თუ არა, მექანიკური ძაბვის ზღვრული მნიშვნელობები მასალის ტემპერატურის ცვლილებით?

**პასუხი:** შეიცვლება, შემცირდება.
- მალლივი ხიდიდან გადმოხტომისას გამოყენებული ბაგირის სიმტკიცის მარაგი უფრო მეტი უნდა იყოს, თუ საქანელას ბაგირისა?

**პასუხი:** მალლივი ხიდიდან გადმოხტომისას გამოყენებული ბაგირის სიმტკიცის მარაგი მეტი უნდა იყოს.



## § 2.16. ხახუნის ძალა

გაკვეთილის თემა	ხახუნის ძალა
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ხახუნის ძალას, რომელიც აღიძვრება ერთი სხეულის მეორე სხეულის ზედაპირზე სრიალისას, სრიალის ხახუნის ძალა ეწოდება;</li> <li>• სრიალის ხახუნის ძალის მოდული საყრდენის რეაქციის ძალის პირდაპირპროპორციულია: <math>F_b = \mu N</math>;</li> <li>• სრიალის ხახუნის ძალა არ არის დამოკიდებული მოხახუნე სხეულების შეხების ზედაპირის ფართობზე, ის დამოკიდებულია ნივთიერებებზე, რომლისგანაც არიან დამზადებული მოხახუნე სხეულები, მათი ზედაპირების დამუშავების ხარისხზე და სხვა;</li> <li>• სხეულზე მოქმედი უძრაობის ხახუნის ძალა, მოდულით იმ ძალის ტოლია, რომელიც მის ამოძრავებას ცდილობს;</li> <li>• ერთნაირ პირობებში, გორვის ხახუნის ძალა სრიალის ხახუნის ძალაზე მცირეა;</li> <li>• უძრაობის ხახუნის ძალა სითხეებსა და აირებში თითქმის ნულის ტოლია.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	მოსწავლეს შეუძლია განსაზღვროს ხახუნის ძალა და გამოიყენოს მიღებული ცოდნა პრობლემის გადაწყვეტის დროს ადეკვატურად.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	<p>ფიზ.საბ.7. მონაცემების გაანალიზება და არგუმენტირებული მსჯელობის საფუძველზე დასკვნების გამოტანა, ცვლადებს შორის დამოკიდებულების აღსაწერად დიაგრამებისა და გრაფიკების გამოყენება;</p> <p>ფიზ.საბ.6. თვისებრივი და რაოდენობრივი მონაცემების სხვადასხვა ფორმით (ცხრილებით, დიაგრამებით, გრაფიკებით და სხვ.) ჩაწერა და ორგანიზება; მონაცემების ორგანიზებისთვის ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენება;</p> <p>ფიზ.საბ.8. მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/კანონზომიერებების საჩვენებლად;</p>
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი-ლექცია, ინტერაქტიული გამოკითხვა, ინდივიდუალური მუშაობა.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	ხახუნის ძალა, უძრაობის, სრიალის გორვის ხახუნის ძალები. წინააღმდეგობების ძალების დამოკიდებულება გარემოზე სხეულის ფორმაზე.
წინარე ცოდნა	სხეულზე მოქმედი ძალა სხეულის სიჩქარის შეცვლის მიზეზია, სიმძიმის ძალა, მსოფლიო მიზიდულობის ძალა
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> კითხვა-პასუხი. წინარე ცოდნის გასააქტიურებლად კითხვა-პასუხის გზით გავახსენოთ მოსწავლეებს რომ სხეულის სიჩქარის შეცვლის მიზეზი სხეულზე მოქმედი ძალაა, გავახსენოთ სხეულთა მოძრაობა გრავიტაციული, სიმძიმისა და დრეკადობის ძალების მოქმედებით</p> <p><b>მიზანი:</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება.</p> <p><b>აქტივობა 2: ცდა</b> .კარგი იქნება თუ მოსწავლეებთან ერთად განიხილავთ პარაგრაფში მოცემულ მაგალითს და დინამომეტრის საშუალებით განვსაზღვრავთ ხის ძელაკსა და მაგიდას შორის</p>

	<p>ხახუნის ძალის მნიშვნელობას და ხახუნის ძალის მნიშვნელობის დამოკიდებულებას ზედაპირის მართობულად მოქმედ ძალაზე, მოსწავლეები ატარებენ იკვლევებს და აზუსტებენ რა არის ხახუნის ძალა, რომელ სიდიდეებზე არის დამოკიდებული რამდენი სახის ხახუნის ძალა არსებობს</p> <p><b>აქტივობა 3. ამოცანათა ამოხსნა.</b> ახალი მასალის გაგების შემოწმება. ვარჯიში ამოცანათა ამოხსნაზე. 2.16 (7)</p> <p><b>მიზანი:</b> ახალი მასალის განმტკიცება. ფორმულების ადეკვატური გამოყენება.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> ვენის დიაგრამა. განვიხილოთ ხახუნის ძალა , როგორც სასარგებლო, როგორც საზიანო: ანალიზის უნარის განვითარება.</p> <p><b>აქტივობა 5.</b> გასასვლელი ბილეთი. ტესტი. ღია და დახურული შეკითხვა. <b>მიზანი:</b> ფაქტობრივი ცოდნის შემოწმება.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო. ხის ძელაკი, დინამომეტრი, სახაზავი. GeoGebra classic
შეფასების კრიტერიუმები	დამოუკიდებელი მუშაობის დროს მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი , ასევე შეიძლება მოვახდინოთ განმავითარებელი შეფასება.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან § ამოცანები რუბრიკიდან „ამოხსენით ამოცანები“ 2.16 1,2,5,6
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე შეძლებს ხახუნის ძალის განსაზღვრას, მოძრაობის დროს მის როლს. მექანიკის ძირითადი ამოცანის გადაწყვეტას.

### საკონტროლო კითხვების პასუხები:

- ხახუნის ძალის წარმოქმნის რა მიზეზებს დაასახელებდი?  
**პასუხი:** ხახუნის ძალის წარმოქმნის მიზეზებია: შემხებ ზედაპირთა სიმკისე და შემხები სხეულების მოლეკულათა მიზიდულობა
- როდის არის ორ სხეულს შორის უძრაობის ხახუნის ძალა ნულის ტოლი?  
**პასუხი:** უძრაობის ხახუნის ძალა სითხეებსა და აირებში თითქმის ნულის ტოლია.
- სხეულის ამოძრავება უფრო ძნელი, თუ მისი გასრიალება?  
**პასუხი:** სხეულის ამოძრავება უფრო ძნელია ვიდრე მისი გასრიალება.
- თუ სხეული ზედაპირს სიმძიმის ძალის ტოლი ძალით აწევს, რომელი ფორმულით გამოითვლება სრიალის ხახუნის ძალა.  
**პასუხი:**  $F_b = \mu F_{წნ}$
- რომელი ბორბალი უფრო ადვილად გორავს, მატარებლის თუ ავტომობილის?  
**პასუხი:** მატარებლის. როგორც ბორბლის, ასევე საყრდენის (გზის) დეფორმაცია ბევრად ნაკლებია მატარებლის შემთვევაში, ვიდრე ავტომობილის შემთვევაში.
- როგორ ფიქრობთ, ხახუნის ძალის არსებობა სასარგებლოა, თუ საზიანო?

**პასუხი:** ხახუნის ძალა შეიძლება სასარგებლოც იყოს და საზიანოც. მექანიზმების მუშაობისას ის ზიანის მომტანია – იწვევს დეტალების ცვეთას, მათ გახურებას, ენერჯის დანაკარგებს. ამიტომ მოხახუნე ზედაპირებს აპრიალებენ, ფარავენ საპოხი საშუალებებით, სრიალს ხახუნს, გორვის ხახუნით ცვლიან და ა.შ.

ხახუნის ძალის არ არსებობის შემთხვევაში ქვეითი და ავტომობილი ადგილიდან ვერ დაიძვრებოდა და მოძრავი კი ვერ გაჩერდებოდა. ამიტომ ხახუნის ძალის გასზრდელად ფეხსაცმლის ლანჩს და საბურავებს რელიეფურს აკეთებენ, მოლიპულ გზებზე ყრიან ქვიშას.

• რას უწოდებენ გარემოს წინააღმდეგობის ძალას? რაზეა დამოკიდებული ეს ძალა?

**პასუხი:** გარემოს წინააღმდეგობის ძალას უწოდებენ წინააღმდეგობას სითხეებში და აირებში, რაც დამოკიდებულია გარემოს თვისებებზე, სხეულის განიკვეთის ფორმაზე, მის მიმართ სხეულის მოძრაობის სიჩქარეზე.

**ამოცანების ამოხსნები:**

1. გარემოში წინააღმდეგობის ძალა დამოკიდებულია სხეულის მოძრაობის სიჩქარეზე, სიჩქარის გაზრდით იზრდება წინააღმდეგობის ძალა და რაღაც დროისთვის სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა და წინააღმდეგობის ძალა ტოლი ხდება და სხეული იწყებს თანაბარ მოძრაობას.

2. სითხეში მოძრაობისას სიჩქარის გაზრდით იზრდება წინააღმდეგობის ძალა, რაც განაპირობებს იმას რომ გემები ვერ აწვითარებენ დიდ სიჩქარეს.

3. მატარებელი გამორთული ძრავით ვერ იმოძრავებს თანაბრად ,რადგან მასზე მოქმედებს გორვის ხახუნის ძალა.

4. გარემოს წინააღმდეგობის ძალა დამოკიდებულია გარემოს თვისებებზე წყალში მეტია წინააღმდეგობის ძალა ვიდრე ჰაერში.

5. ავტომობილის დამუხრუჭებისას მასზე მოქმედებს სრიალის ხახუნის ძალა, რაც სხეულს ანიჭებს აჩქარებას შეგვიძლია დავწეროთ

$$ma = \mu mg \Rightarrow a = \mu g = 6 \frac{m}{წმ^2}$$

6. სხეულის აჩქარება , როცა მასზე მხოლოდ ხახუნის ძალა მოქმედებს

$$a = \mu g = 5m/წმ^2 \text{ სხეული ,რომლის სიჩქარეა } 30m/წმ \text{ გაჩერდება}$$

$$t = \frac{v}{a} = \frac{30}{5} = 6წმ - \text{ში.}$$

7. როგორც უკვე ვიცით სამუხრუჭე მანძილი გამოითვლება ფორმულით

$$s = \frac{v^2}{2a} \text{ (1) ხოლო } a = \mu g \text{ (2)}$$

თუ (2)->(1) მივიღებთ  $s = \frac{v^2}{2\mu g} = 90m$

8. ჰორიზონტალურ ზედაპირზე სხეულის თანაბარი მოძრაობისას მასზე მოქმედი წევის ძალა და წინააღმდეგობის ძალა ერთმანეთის ტოლია, რადგან სხეული 100 ნ ძალის მოქმედებით თანაბრად იწყებს მოძრაობას მაშინ წინააღმდეგობის ძალა 100ნ, როცა სხეულზე იმოქმედებს

300ნ წევის ძალა, ძალთა ტოლქმედი იქნება 200ნ და მიმართული იქნება ტოლქმედის მიმართულებით და აჩქარება  $a=200/20=10\text{მ/წმ}^2$ .

9. ყუთზე მოქმედებს წევის ძალა და წინააღმდეგობის ძალა რომელთაც ერთმანეთის საწინააღმდეგო მიმართულება აქვს და ტოლქმედი ძალა ტოლი იქნება  $F=F_1 - \mu mg = ma \Rightarrow a = \frac{F_1 - \mu mg}{m} = \frac{180 - 80}{20} = 5\text{მ/წმ}^2$  და  $t=2\text{წმ}$ -ში გავლილი მანძილი კი  $s = \frac{at^2}{2} = 10\text{მ}$

10. ყუთზე მოქმედებს წევის ძალა და წინააღმდეგობის ძალა რომელთაც ერთმანეთის საწინააღმდეგო მიმართულება აქვს და ტოლქმედი ძალა ტოლი იქნება  $F=F_1 - \mu mg = ma \Rightarrow a = \frac{F_1 - \mu mg}{m} = \frac{180 - 20}{10} = 16\text{მ/წმ}^2$  100მეტრ მანძილზე სხეული შეიძენს სიჩარეს რომელიც გამოითვლება ფორმულით  $v = \sqrt{2as} = 40\sqrt{2}$ , როცა სხეულზე ძალა მოქმედების მიმართულებას შეცვლის სხეულზე მოქმედი ძალთა ტოლქმედი იქნება

$$F^I = F_1 + \mu mg = 200\text{ნ}$$

და დამამუხრუჭებელი აჩქარება ტოლი იქნება  $20\text{მ/წმ}^2$  და სხეული გაჩერდება

$$t = 40 \frac{\sqrt{2}}{20} = 2\sqrt{2} = 2,8\text{წმ} - \text{ში}$$

### § 2.17 სხეულების მოძრაობა რამდენიმე ძალის მოქმედებით: გადაბმული სხეულების მოძრაობა

გაკვეთილის თემა	სხეულების მოძრაობა რამდენიმე ძალის მოქმედებით: გადაბმული სხეულების მოძრაობა
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>ერთმანეთთან გადაბმული სხეულებიდან თითოეულის მოძრაობა მასთან მიმართული სხვა სხეულით (სხეულებით) არის შეზღუდული;</li> <li>გადაბმული სხეულები ერთმანეთთან დაკავშირებულ სხეულთა სისტემას ქმნიან;</li> <li>გადაბმული სხეულების მოძრაობისას, დინამიკის ამოცანის გადასაწყვეტად, თითოეული სხეულისათვის უნდა დავწეროთ ნიუტონის მეორე კანონი და მათგან შევადგინოთ განტოლებათა სისტემა;</li> <li>გადაბმულ სხეულებზე ამოცანების ამოხსნისას, ვაკეთებთ გარკვეული დაშვებებს: სხეულების თოკით გადაბმისას, მისი სიგრძის ცვლილებას და მასას მხედველობაში არ ვიღებთ, თოკის დაჭიმულობას მთელ სიგრძეზე ერთნაირად მივიჩნევთ, უგულებელვყოფთ ჭოჭონაქის მასას და ჭოჭონაქის ღერძთან ხახუნს;</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	შეისწავლონ სხეულის მოძრაობა რამდენიმე ძალის მოქმედებით: გადაბმული სხეულების მოძრაობა.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საბ.2. სხეულთა ურთიერთქმედებაზე და ურთიერთქმედების შედეგებზე არგუმენტირებული მსჯელობა; ფიზ.საბ.8 მოსწავლეს შეუძლია მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/ კანონზომიერებების საჩვენებლად; ფიზ.საბ. 10.საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებისა და

	ტექნოლოგიების მიღწევების ყოველდღიურობასთან დაკავშირება; ფიზ.საბ.11.საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების სხვადასხვა პროფესიასთან დაკავშირება.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ეტაპობრივად კონსტრუირება წინარე ცოდნაზე დაფუძნებით. ხელს უწყობდეს ცოდნათა ურთიერთდაკავშირებას და ორგანიზებას .
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	მოდრაობა, დაჭიმულობის ,სიმძიმის, ზედაპირის დრეკადობის ძალა, აჩქარება, წონასწორობა.
წინარე ცოდნა	მოსწავლეებმა ამ დროისთვის უკვე იციან: სიმძიმის ძალა, დრეკადობის ძალა, მსოფლიო მიზიდულობის ძალა.
აქტივობები/დრო/ ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება</p> <p>მასწავლებელი სვამს ინტერაქტიულ კითხვებს, რომლითაც ახსენებს მოსწავლეებს: თუ რომელი ძალები შეისწავლენ, და როგორი ბუნების არიან ეს ძალები?</p> <p>2. რა არის სხეულის წონასწორობა და რა განაპირობებს სხეულის სიჩქარის შეცვლას.</p> <p>მასწავლებელი ისმენს მოსწავლეთა პასუხებს და საჭიროების შემთხვევაში აზუსტებს</p> <p><b>მიზანი:</b>შემოწმება.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> მინი ლექცია</p> <p>მასწავლებელი მასწავლებელი საუბრობს, რომ ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში ხშირად საქმე გვაქვს ისეთი სხეულების მოძრაობასთან, რომლებიც ერთმანეთთან გადაბმულია ბაგირით, ზამბარით, თოკით, მყარი ღეროთი. ასეთებია, მაგალითად, სატვირთო მანქანა და მისაბმელი; მატარებლის ვაგონები; ვერტმფრენი და მასზე ბაგირით ჩამოკიდებული ტვირთი; სკუტერი და მასთან ბაგირით მიბმული წყლის მოთხილამურე; უძრავ ჭოჭონაქზე გადადებული თოკის ბოლოებზე ჩამოკიდებული ტვირთები და მრავალი სხვა.</p> <p>ერთმანეთთან გადაბმული სხეულებიდან თითოეულის მოძრაობა მასთან მიბმული სხვა სხეულით (სხეულებით) შეზღუდულია, ანუ, ისინი ქმნიან სხეულთა ერთ მთლიან სისტემას. მაგალითად, ვერტმფრენი და მასზე დაკიდებული ტვირთი სხეულთა ერთობლიობას ქმნის, რომელშიც ვერტმფრენის მოძრაობას ზღუდავს ტვირთი და – პირიქით.</p> <p>გადაბმული სხეულების შემთხვევაში დინამიკის ძირითადი ამოცანის ამოხსნისათვის საჭიროა თითოეული სხეულისათვის, დავწეროთ ნიუტონის მეორე კანონი. ამისათვის კი უპირველესად უნდა განვსაზღვროთ თითოეულ სხეულზე მოქმედი ძალები. ასევე უნდა დავწეროთ პირობები, რომლებიც სისტემის განტოლებებს ერთმანეთთან დააკავშირებს.</p> <p>ამოხსნის გასამარტივებლად საჭიროა გავაკეთოთ გარკვეული დაშვებებიც. მაგალითად, სხეულების თოკით გადაბმისას, თოკის სიგრძის ცვლილება და მისი მასა უგულებელვყოთ. ასევე, მხედველობაში არ მივიღოთ ჭოჭონაქის მასა და ჭოჭონაქის თავის ღერძთან ხახუნის ძალაც. ასეთ შემთხვევაში მთელ სიგრძეზე თოკის დაჭიმულობა შეიძლება ერთნაირად მივიჩნიოთ – როდესაც თოკი გადადებულია ჭოჭონაქზე, მისი დაჭიმულობა ჭოჭონაქის ორივე მხარეს ერთნაირი იქნება.</p> <p><b>მიზანი.</b> პროვოცირება.</p> <p><b>აქტივობა 3:</b> ჯგუფური მუშაობა:</p>

	<p>მასწავლებელი მოსწავლეებთან ერთად განიხილავს გადაბმული სხეულების მოძრაობის ორი შემთხვევა:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ორი ტვირთი, რომელთა მასებია <math>m_1</math> და <math>m_2</math> (<math>m_2 &gt; m_1</math>), გადაბმულნი არიან უჭიმვადი და უწონო თოკით. თოკი გადადებულია უწონო ჭოჭონაქზე. ჩვენი ამოცანაა დავადგინოთ რისი ტოლია სხეულთა აჩქარებები და თოკის დაჭიმულობის ძალა.</li> <li>2. ორი ძელაკი, რომელთა მასებია <math>m_1</math> და <math>m_2</math>, გადაბმულნი არიან უჭიმვადი და უწონო თოკით. ძელაკები დევს ჰორიზონტალურ მაგიდაზე. ვთქვათ, ძელაკებსა და მაგიდის ზედაპირს შორის ხახუნის კოეფიციენტი <math>\mu</math>-ს ტოლია. რა აჩქარებით იმოძრავენ ძელაკები, თუ ერთ-ერთ მათგანს მოვდებთ ჰორიზონტალურად მიმართულ <math>\vec{F}</math> ძალას?</li> </ol> <p>მიზანი: შეძლონ მოსწავლეებმა ერთმანეთთან დაკავშირებული სხეულების მათემატიკური მოდელირება.</p> <p><b>აქტივობა:</b> წყვილებში მუშაობა</p> <p>სახელმძღვანელოში მოცემული ამოცანის ამოხსნის ნიმუშის განხილვა „ერთად ამოვხსნათ ამოცანა“ – ითვალისწინებს მოსწავლეების ურთიერთდახმარებას, საჭიროების შემთხვევაში მასწავლებლის დახმარებას და სახელმძღვანელოში ამოხსნილი ამოცანის გააზრებას, შემდეგ მიღებული ცოდნისგამოყენებას ახალი ამოცანის ამოსახსნელად. მასწავლებელმა სასურველია აჩვენოს მოსწავლეებს ამოცანაში აღნიშნული მოვლენა და მოსწავლეებთან ერთად ხსნიან შემჩნეულ მოვლენას.</p> <p><b>მიზანი:</b> თანამედროვე რეალობის სივრცესა და დროში გააზრება და ინტერპრეტირება.</p> <p><b>აქტივობა 5.</b> შეჯამება. აფასებს წინარე ცოდნას, ჯგუფურ და წყვილებში მუშაობის უნარებს.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო.
შეფასების კრიტერიუმები	ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი . თანამედროვე რეალობის სივრცესა და დროში გააზრება და ინტერპრეტირება, შესაძლებელია განმავითარებელი შეფასების გაკეთება – „მოსწავლის და მასწავლებლის უკუკა ვშირი“.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §2.17, პარაგრაფის ბოლოს მოცემული ამოცანები.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან: სხეულთა სისტემები. და მათი მოძრაობის შესწავლა მათემატიკური მოდელირებით.

**საკონტროლო კითხვები**

- გადაბმული სხეულების რომელ მაგალითებს დაასახელებთ?  
**პასუხი:** სატვირთო მანქანა და მისაბმელი; მატარებლის ვაგონები; ვერტმფრენი და მასზე ბაგირით ჩამოკიდებული ტვირთი ; სკუტერი და მასთან ბაგირით მიბმული წყლის მოთხილამურე; უძრავ ჭოჭონაქზე გადადებული თოკის ბოლოებზე ჩამოკიდებული ტვირთები და მრავალი სხვა.
- რატომ ქმნის გადაბმული სხეულები სხეულთა ერთიან სისტემას?

**პასუხი:** ერთმანეთთან გადაბმული სხეულებიდან თითოეულის მოძრაობა მასთან მიბმული სხვა სხეულით (სხეულებით) შეზღუდულია, ანუ, ისინი ქმნიან სხეულთა ერთ მთლიან სისტემას.

- რატომ მოქმედებს თოკი ერთი და იმავე მოდულის დაჭიმულობის ძალით მისი საშუალებით გადაბმულ სხეულებზე?

**პასუხი:** სხეულები ერთმანეთთან ურთიერთქმედებენ მოდულით ტოლი და მიმართულების საწინააღმდეგობალებით.

- რა შემთხვევაში შეიძლება ტოლად მივიჩნიოთ გადაბმული სხეულების აჩქარების მოდულები?

**პასუხი:** რადგან სხეულები უჭიმვადი თოკით არიან გადაბმულნი, ამიტომ მათი აჩქარებების მოდულები ტოლია:

- რა მოსაზრებაზე დაყრდნობით შეიძლება პირველ მაგალითში სისტემის შექმნის გარეშე დავწეროთ  $(m_2 - m_1)g = (m_2 + m_1)a$  განტოლება?

**პასუხი:** თოკის მთელ სიგრძეზე დაჭიმულობა შეიძლება ერთნაირად მივიჩნიოთ – როდესაც თოკი გადადებულია ჭოჭონაქზე და მისი დაჭიმულობა ჭოჭონაქის ორივე მხარეს ერთნაირი იქნება.

- რა მოსაზრებაზე დაყრდნობით შეიძლება მეორე მაგალითში სისტემის შექმნის გარეშე დავწეროთ  $F - \mu m_1 g - \mu m_2 g = a(m_1 + m_2)$  განტოლება?

**პასუხი:** თოკის დაჭიმულობას მთელ სიგრძეზე ერთნაირად მივიჩნევთ.

**ამოცანების ამოხსნები:**

- სურათზე გამოსახულია ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მოთავსებული, მსუბუქი ძაფით გადაბმული  $m_1=10$  კგ და  $m_2=8$  კგ მასის ორი სხეული. 8 კგ-იან სხეულზე მოქმედება დაიწყო მარჯვნივ მიმართულმა, მოდულით 36 ნ-ის ტოლმა ჰორიზონტალურმა ძალამ. განსაზღვრეთ სხეულების აჩქარება და ძაფის დაჭიმულობის ძალა. ზედაპირსა და სხეულებს შორის ხახუნს ნუ გაითვალისწინებთ.

ამოხსნა: მოცემულ სხეულთა სისტემისთვის დავწეროთ ნიუტონის მეორე კანონი.

$T, a = ?$ მოც: $m_1 = 10 \text{ კგ}$ $m_2 = 8 \text{ კგ}$ $F = 36 \text{ ნ}$	$\vec{F} = m\vec{a} \quad (1)$ $m = m_1 + m_2 \quad (2)$ $(2) \rightarrow (1) F = (m_1 + m_2) * a \Rightarrow a = \frac{F}{m_1 + m_2} \quad (*)$ $\rightarrow (*) a = \frac{36}{8 + 10} = \frac{36}{18} = 2 \text{ მ/წმ}^2$
-------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

თოკის დაჭიმულობის საპოვნელად მაგალითად პირველი სხეულისათვის დავწეროთ ნიუტონის მეორე კანონი:

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (1) \quad m = m_1 \quad (2) \quad F = T \quad (3) \quad (3) \wedge (2) \rightarrow (1) T = m_1 a \quad (**)$$

$$\rightarrow (**) T = 10 * 2 = 20 \text{ ნ}$$

**პასუხი:**  $a = 2 \text{ მ/წმ}^2, T = 20 \text{ ნ}$

2. სურათზე გამოსახულია  $m_1=15$  კგ და  $m_2=10$  კგ მასის ორი სხეული, რომლებიც გადაბმულია მსუბუქი ძაფით. 10 კგ-იან სხეულზე მოქმედებენ მარჯვნივ მიმართული, მოდულით 125 ნ ძალით. რა დაჭიმულობას უნდა უძლებდეს გადასაბმელი ძაფი, რომ იგი არ გაწყდეს? ზედაპირსა და სხეულებს შორის ხახუნის ძალას ნუ გაითვალისწინებთ.

ამოხსნა: მოცემულ სხეულთა სისტემისთვის დავწეროთ ნიუტონის მეორე კანონი.

$T, a = ?$	$\vec{F} = m\vec{a} \quad (1)$
მოც: $m_1 = 15$ კგ $m_2 = 10$ კგ $F = 125$ ნ	$m = m_1 + m_2 \quad (2)$
	$(2) \rightarrow (1) F = (m_1 + m_2) \cdot a \Rightarrow a = \frac{F}{m_1 + m_2} \quad (*)$
	$\mapsto (*) a = \frac{125}{15 + 10} = \frac{125}{25} = 5 \text{ მ/წმ}^2$

თოკის დაჭიმულობის საპოვნელად მაგალითად პირველი სხეულისათვის დავწეროთ ნიუტონის მეორე კანონი:

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (1) \quad m = m_1 \quad (2) \quad F = T \quad (3) \quad (3) \wedge (2) \rightarrow (1) T = m_1 a \quad (**)$$

$$\mapsto (**) T = 15 \cdot 5 = 75 \text{ ნ}$$

ანუ თოკმა უნდა გაუძლოს 75 ნ დაჭიმულობას რომ არ გაწყდეს.

3. ჰორიზონტალურ ლიანდაგზე მოძრაობს 20 ვაგონისგან შემდგარი მატარებელი. თითოეული ვაგონის მასა 30 ტონაა. რისი ტოლია მე-15 და მე-16 ვაგონებს შორის გადაბმის დაჭიმულობის ძალა, თუ თითოეულ ვაგონზე მოქმედი წინააღმდეგობის ძალაა 1 კნ, ხოლო მატარებლის აჩქარება 1 მ/წმ<sup>2</sup>-ია.

ამოხსნა:

$T_{15-16} = ?$	დავწეროთ ნიუტონის მეორე კანონი მთლიანი სისტემისთვის:
მოც: $n = 20$	$\vec{F} = nm\vec{a} \quad (1)$
$m = 30000$ კგ	$F = F - F_{\text{წინ}} n \quad (2)$
$a = \frac{1 \text{ მ}}{\text{წმ}^2}$	$(2) \rightarrow (1) F - F_{\text{წინ}} n = nma \Rightarrow F = F_{\text{წინ}} n + nma \quad (*)$
$F_{\text{წინ}} = 1000$ ნ	$\mapsto (*) F = 1000 \cdot 20 + 20 \cdot 30000 \cdot 1 = 20000 + 600000 = 620000 \text{ ნ}$

დავწეროთ ნიუტონის მეორე კანონი ბოლოდან მეთექვსმეტე ვაგონამდე სისტემისთვის:

$$\vec{F} = n_1 m \vec{a} \quad (1)$$

$$F = F - F_{\text{წინ}} n_1 - T \quad (2)$$

$$(2) \rightarrow (1) F - F_{\text{წინ}} n_1 - T = n_1 m a \Rightarrow T = F - F_{\text{წინ}} n_1 - n_1 m a \quad (**)$$

$$\mapsto (**) T = 620000 - 1000 \cdot 5 - 5 \cdot 30000 \cdot 1 = 465000 \text{ ნ}$$

**პასუხი:**  $T = 465000 \text{ ნ}$



4. მსუბუქი ძაფით გადაბმულ  $m_1=5$  კგ და  $m_2=2$  კგ მასის სხეულებს ამოძრავებენ ვერტიკალურად ზევით მიმართული ძალით. განსაზღვრეთ ამ ძალის მოდული და სხეულების აჩქარება, თუ ძაფის დაჭიმულობის ძალა 40 ნ-ია. მიიჩნიეთ, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>. ამოხსნა:

$ F , a = ?$	დავწეროთ ნიუტონის მეორე კანონი ქვედა სხეულისათვის:
მოც: $m_1 = 5$ კგ	$\vec{F} = m_2 \vec{a} \quad (1)$
$m_2 = 2$ კგ	$F = T - m_2 g \quad (2)$
$g = 10$ მ/წმ <sup>2</sup>	$(2) \rightarrow (1) T - m_2 g = m_2 a \Rightarrow a = \frac{T - m_2 g}{m_2} \quad (*)$
$T = 40$ ნ	$\rightarrow (*) a = \frac{40 - 2 * 10}{2} = \frac{20}{2} = 10$ მ/წმ <sup>2</sup>
	დავწეროთ ნიუტონის მეორე კანონი ზედა სხეულისათვის:
	$\vec{F} = m_1 \vec{a} \quad (1) \vec{F} = F - m_1 g \quad (2)$
	$(2) \rightarrow (1) F - m_1 g = m_1 a \Rightarrow F = m_1 a + m_1 g \quad (**)$
	$\rightarrow (**) F = 5 * 10 + 5 * 10 = 100$ ნ

**პასუხი:**  $a = 10$  მ/წმ<sup>2</sup>,  $F = 100$  ნ

5. სურათზე გამოსახულია 2 კგ მასის თოკით გადაბმული  $m_1=10$  კგ და  $m_2=2$  კგ მასის ორი სხეული. 10 კგ მასის სხეულზე მოდებულია ვერტიკალურად ზევით მიმართული 168 ნ ძალა. განსაზღვრეთ თოკის დაჭიმულობის ძალა პირველ და მეორე სხეულთან გადაბმის წერტილებში. მიიჩნიეთ, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>.

მინიშნება: თოკი  $m_1$  და  $m_2$  მასის სხეულებს შორის მოთავსებულ მესამე სხეულად მიიჩნიეთ.

ამოხსნა:

$T_1, T_2 = ?$	დავწეროთ ნიუტონის მეორე კანონი მთლიანი სისტემისათვის:
მოც: $m_1 = 10$ კგ	$\vec{F} = m \vec{a} \quad (1) \quad m = m_1 + m_2 + m_3 \quad (2)$
$m_2 = 2$ კგ	$F = F - m_1 g - m_2 g - m_3 g \quad (3)$
$m_3 = 2$ კგ	$(3) \wedge (2) \rightarrow (1) F - m_1 g - m_2 g - m_3 g = (m_1 + m_2 + m_3) a \Rightarrow$
$F = 168$ ნ	$\Rightarrow a = \frac{F - m_1 g - m_2 g - m_3 g}{m_1 + m_2 + m_3} \quad (*)$
$g = 10$ მ/წმ <sup>2</sup>	$\rightarrow (*) a = \frac{168 - 10 * 10 - 2 * 10 - 2 * 10}{10 + 2 + 2} = 2$ მ/წმ <sup>2</sup>
	დავწეროთ ნიუტონის მეორე კანონი ქვედა სხეულისთვის:
	$\vec{F} = m_2 \vec{a} \quad (1) F = T_2 - m_2 g \quad (2) \quad (2) \rightarrow (1)$
	$T_2 - m_2 g = m_2 a \Rightarrow T_2 = m_2 a + m_2 g \quad (*)$
	$\rightarrow (*) T_2 = 2 * 2 + 2 * 10 = 24$ ნ
	დავწეროთ ნიუტონის მეორე კანონი ზედა სხეულისთვის:
	$\vec{F} = m_1 \vec{a} \quad (1) \vec{F} = F - T_1 - m_1 g \quad (2)$
	$(2) \rightarrow (1) F - T_1 - m_1 g = m_1 a \Rightarrow T_1 = F - m_1 a - m_1 g \quad (*)$
	$\rightarrow (*) T_1 = 168 - 10 * 2 - 10 * 10 = 48$ ნ

**პასუხი:**  $a T_1 = 48$  ნ,  $T_2 = 24$  ნ

6. სურათზე გამოსახულია უძრავ ჭოჭონაქზე გადადებულ მსუბუქ ძაფზე დაკიდებული ერთნაირი  $m$  მასის სხეულები. ჭოჭონაქის ღერძთან ხახუნს ნუ გაითვალისწინებთ და განსაზღვრეთ:

- სხეულთა სისტემის აჩქარება;
- ჭოჭონაქზე გადადებული ძაფის დაჭიმულობის ძალა;
- ჭოჭონაქის მარცხენა მხარეს მყოფი სხეულების დამაკავშირებელი ძაფის დაჭიმულობის ძალა;
- ჭოჭონაქის მხრიდან ჭერზე მოქმედი ძალა.

ამოხსნა:

$a, T, T_1, F$	ა) დავწეროთ ნიუტონის მეორე კანონი მთლიანი სისტემისათვის: $\vec{F} = mm_{br} \vec{a}$ (1) $F = 2mg - mg$ (2) $m_{br} = 3m$ (3) $(3) \wedge (2) \rightarrow (1) mg = 3ma \Rightarrow a = \frac{g}{3}$ (*) $\mapsto (*) a = \frac{10}{3} \approx 3,3 \text{ მ/წმ}^2$
მოც: $m$	
	ბ) დავწეროთ ნიუტონის მეორე კანონი მარცხენა სისტემისათვის: $\vec{F} = m_{br} \vec{a}$ (1) $F = 2mg - T$ (2) $m_{br} = 2m$ (3) $(3) \wedge (2) \rightarrow (1) 2mg - T = 2ma \Rightarrow T = 2mg - 2ma$ (**) $\mapsto (**) T = 2 * m * 10 - 2 * m * 3.3 = 20m - 6.6m = 13.4m \text{ ნ}$
	გ) დავწეროთ ნიუტონის მეორე კანონი მარცხენა სისტემის ქვედა სხეულისათვის: $\vec{F} = m \vec{a}$ (1) $F = T_1 - mg$ (2) (2) $\rightarrow (1) T_1 - mg = ma \Rightarrow T_1 = ma + mg$ (***) $\mapsto (**) T_1 = m * 3.3 + m * 10 = 13.3m \text{ ნ}$
	დ) ჭერზე მოქმედი ძალა არის ჭოჭონაქის ორივე მხარეს მოქმედი ძალათა ჯამი: $F = F_1 + F_2$ (1) $F_1 = mg$ (2) $F_2 = 2mg$ (3) $(3) \wedge (2) \rightarrow (1) F = 3mg = 3 * m * 10 = 30m$

**პასუხი:**  $a = 3,3 \text{ მ/წმ}^2, T = 13.4m, T_1 = 13.3m, F = 30m$

7. სურათზე გამოსახული სხეულების მასები ერთნაირია და 10 კგ-ის ტოლია. განსაზღვრეთ სხეულთა სისტემის აჩქარება და თითოეული ძაფის დაჭიმულობის ძალა. ხახუნის ძალებს და ძაფების მასას ნუ გაითვალისწინებთ. მიიჩნიეთ, რომ  $g=10 \text{ მ/წმ}^2$ .

ამოხსნა:

$a, T_1, T_2 = ?$	დავწეროთ ნიუტონის მეორე კანონი მთლიანი სისტემისათვის: $F = m3ma$ (1) $F = mg$ (2) (2) $\rightarrow (1) mg = 3ma \Rightarrow a = \frac{g}{3}$ (*) $\mapsto (*) a = \frac{10}{3} \approx 3.3 \text{ მ/წმ}^2$
მოც: $m = 10 \text{ კგ}$ $g = 10 \text{ მ/წმ}^2$	
	დავწეროთ ნიუტონის მეორე კანონი ჩამოკიდებული სხეულისთვის: $F = mma$ (1) $F = mg - T_1$ (2) (2) $\rightarrow (1) mg - T_1 = ma \Rightarrow T_1 = mg - ma$ (*) $\mapsto (*) T_1 = 67 \text{ ნ}$
	დავწეროთ ნიუტონის მეორე კანონი მარცხენა სხეულისათვის: $F = mma$ (1) $F = T_2$ (2) (2) $\rightarrow (1) T_2 = ma$ (*) $\mapsto (*) T_2 = 33 \text{ ნ}$

8. (მეშვიდე ამოცანის სურათზე) გამოსახული სხეულთა მასები  $m_1=5 \text{ კგ}$ ,  $m_2=5 \text{ კგ}$  და  $m_3=20 \text{ კგ}$ -ია. ხახუნის კოეფიციენტი მაგიდის ზედაპირსა და სხეულებს შორის 0,2-ია. რისი ტოლია სხეულთა სისტემის აჩქარება? ჭოჭონაქის ღერძთან ხახუნს ნუ გაითვალისწინებთ. მიიჩნიეთ, რომ  $g=10 \text{ მ/წმ}^2$ .

$a = ?$	დავწეროთ ნიუტონის მეორე კანონი მთლიანი სისტემისათვის: $\vec{F} = m\vec{a}$ (1) $m = m_1 + m_2 + m_3$ (2) $F = m_3g - F_{b\>b}$ (3) $F_{b\>b} = \mu m_1g + \mu m_2g$ (4) $(4) \rightarrow (3) F = m_3g - \mu m_1g - \mu m_2g$ (5) $(5) \wedge (2) \rightarrow (1) m_3g - \mu m_1g - \mu m_2g = (m_1 + m_2 + m_3) a \Rightarrow$
მოც: $m_1 = 5 \text{ კგ}$ $m_2 = 5 \text{ კგ}$ $m_3 = 20 \text{ კგ}$ $g = 10 \text{ მ/წმ}^2$ $\mu = 0.2$	

$$a = \frac{m_3g - \mu m_1g - \mu m_2g}{m_1 + m_2 + m_3} (*)$$

$$\mapsto (*) a = \frac{20 \cdot 10 - 0.2 \cdot 5 \cdot 10 - 0.2 \cdot 5 \cdot 10}{5 + 5 + 20} = \frac{200 - 10 - 10}{30} = \frac{180}{30} = 6 \text{ მ/წმ}^2$$

პასუხი:  $a = 6 \text{ მ/წმ}^2$

9. სურათზე გამოსახული სხეულთა მასებია  $m_1=10$  კგ,  $m_2=5$  კგ და  $m_3=5$  კგ. ხახუნის ძალებს, ასევე ძაფების მასას ნუ გაითვალისწინებთ და განსაზღვრეთ:

ა) სხეულთა აჩქარება;

ბ) რამდენით მეტია მარჯვენა ძაფის დაჭიმულობის ძალა მარცხენა ძაფის დაჭიმულობის ძალაზე? მიიჩნიეთ, რომ  $g=10 \text{ მ/წმ}^2$ .

ამოხსნა:

$a, T_1/T_3 = ?$ მოც: $m_1 = 10 \text{ კგ}$ $m_2 = 5 \text{ კგ}$ $m_3 = 20 \text{ კგ}$ $g = 10 \text{ მ/წმ}^2$	ა) დავწერთ ნიუტონის მეორე კანონი მთლიანი სისტემისათვის: $\vec{F} = m\vec{a} \quad (1)$ $\vec{F} = m_1g - m_3g \quad (2)$ $m = m_1 + m_2 + m_3 \quad (3)$
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$$(3) \wedge (2) \rightarrow (1) \quad m_1g - m_3g = (m_1 + m_2 + m_3)a \Rightarrow a = \frac{m_1g - m_3g}{m_1 + m_2 + m_3} (*)$$

$$\mapsto (*) a = \frac{10 \cdot 10 - 5 \cdot 10}{10 + 5 + 5} = \frac{50}{20} = 2.5 \text{ მ/წმ}^2$$

ბ) დავწერთ ნიუტონის მეორე კანონი მარჯვენა და მარცხენა სხეულებისთვის:

$$\vec{F} = m_1\vec{a} \quad (1)$$

$$\vec{F} = m_3\vec{a} \quad (1)$$

$$\vec{F} = m_1g - T_1 \quad (2)$$

$$\vec{F} = T_3 - m_3g \quad (2)$$

$$(2) \rightarrow (1)$$

$$(2) \rightarrow (1)$$

$$m_1g - T_1 = m_1a \Rightarrow T_1 = m_1g - m_1a \quad (*) \quad T_3 - m_3g = m_3a \Rightarrow T_3 = m_3g + m_3a \quad (*)$$

$$\mapsto (*) T_1 = 10 \cdot 10 - 10 \cdot 2.5 = 75\delta$$

$$\mapsto (*) T_3 = 5 \cdot 10 + 5 \cdot 2.5 = 62.5\delta$$

$$\frac{T_1}{T_3} = \frac{75}{62.5} = 1.2$$

პასუხი:  $a = 2.5 \text{ მ/წმ}^2, \frac{T_1}{T_3} = 1.2$

10. (მეცხრე ამოცანის სურათზე) გამოსახული სხეულების მასებია  $m_1=20$  კგ,  $m_2=5$  კგ და  $m_3=10$  კგ. ხახუნის კოეფიციენტი  $m_2$  მასის სხეულსა და ჰორიზონტალურ ზედაპირს შორის 0,6-ია. ჭოჭონაქების ღერძთან ხახუნს, ასევე ძაფების მასას ნუ გაითვალისწინებთ და განსაზღვრეთ:

ა) სხეულების აჩქარება;

ბ) თითოეული ძაფის დაჭიმულობის ძალა.

მიიჩნიეთ, რომ  $g=10 \text{ მ/წმ}^2$ .

ამოხსნა:

$$a, T_1, T_3 = ?$$

მოც:  $m_1 = 20 \text{ კგ}$   
 $m_2 = 5 \text{ კგ}$   
 $m_3 = 10 \text{ კგ}$   
 $g = 10 \text{ მ/წმ}^2$   
 $\mu = 0.6$

ა) დავწეროთ ნიუტონის მეორე კანონი მთლიანი

$$\vec{F} = m \vec{a} \quad (1)$$

$$\vec{F} = m_1 g - m_3 g - \mu m_2 g \quad (2)$$

$$m = m_1 + m_2 + m_3 \quad (3)$$

$$(3) \wedge (2) \rightarrow (1) \quad m_1 g - m_3 g - \mu m_2 g = (m_1 + m_2 + m_3) a \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = \frac{m_1 g - m_3 g - \mu m_2 g}{m_1 + m_2 + m_3} \quad (*)$$

$$\mapsto (*) \quad a = \frac{20 \cdot 10 - 10 \cdot 10 - 0.6 \cdot 5 \cdot 10}{20 + 5 + 10} = \frac{70}{35} = 2 \text{ მ/წმ}^2$$

ბ) დავწეროთ ნიუტონის მეორე კანონი მარჯვენა და მარცხენა სხეულებისთვის:

$$\vec{F} = m_1 \vec{a} \quad (1)$$

$$\vec{F} = m_3 \vec{a} \quad (1)$$

$$\vec{F} = m_1 g - T_1 \quad (2)$$

$$\vec{F} = T_3 - m_3 g \quad (2)$$

$$(2) \rightarrow (1)$$

$$(2) \rightarrow (1)$$

$$m_1 g - T_1 = m_1 a \Rightarrow T_1 = m_1 g - m_1 a \quad (*) \quad T_3 - m_3 g = m_3 a \Rightarrow T_3 = m_3 g + m_3 a \quad (*)$$

$$\mapsto (*) \quad T_1 = 20 \cdot 10 - 20 \cdot 2 = 160 \text{ ნ}$$

$$\mapsto (*) \quad T_3 = 10 \cdot 10 + 10 \cdot 2 = 120 \text{ ნ}$$

პას:  $a = 2 \text{ მ/წმ}^2, T_1 = 160 \text{ ნ}, T_3 = 120 \text{ ნ}$

## § 2.18. მოძრაობა დახრილ სიბრტყეზე

გაკვეთილის თემა	მოძრაობა დახრილ სიბრტყეზე
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• თუ სხული დახრილ სიბრტყეზე მისრიალებს ზევიდან ქვევით, მხოლოდ სიმძიმის, სრიალის ხახუნის და რეაქციის ძალების მოქმედებით, მისი აჩქარების მოდული გამოისახება ფორმულით <math>a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)</math>;</li> <li>• თუ სხული გლუვ დახრილ სიბრტყეზე მისრიალებს ზევიდან ქვევით, მხოლოდ სიმძიმისა და რეაქციის ძალების მოქმედებით, მისი აჩქარების მოდული გამოისახება ფორმულით <math>a = g \sin \alpha</math>;</li> <li>• თუ სხული დახრილ სიბრტყეზე თანაბრად მისრიალებს ზევიდან ქვევით, მხოლოდ სიმძიმის, სრიალის ხახუნის და რეაქციის ძალების მოქმედებით, მაშინ <math>\mu = \tan \alpha</math>;</li> <li>• თუ სხული დახრილ სიბრტყეზე მისრიალებს ქვევიდან ზევით, მხოლოდ სიმძიმის, სრიალის ხახუნის და რეაქციის ძალების მოქმედებით, მისი აჩქარების მოდული გამოისახება ფორმულით <math>a = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)</math></li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	მოსწავლეებმა შეისწავლონ სხეულის მოძრაობა დახრილ სიბრტყეზე. მექანიკის ძირითადი ამოცანა დახრილ სიბრტყეზე მოძრაობისას.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საბ.2. სხეულთა ურთიერთქმედებაზე და ურთიერთქმედების შედეგებზე არგუმენტირებული მსჯელობა; ფიზ.საბ.8 მოსწავლეს შეუძლია მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/ კანონზომიერებების საჩვენებლად; ფიზ.საბ. 10.საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებისა და ტექნოლოგიების მიღწევების ყოველდღიურობასთან დაკავშირება.

გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ეტაპობრივად კონსტრუირება წინარე ცოდნაზე დაფუძნებით. ხელს უწყობდეს ცოდნათა ურთიერთდაკავშირებას და ორგანიზებას.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	დახრილი სიბრტყე, ხახუნის კოეფიციენტი, ხახუნის ძალა, ჩამომსრიალებელი ძალა. აჩქარება.
წინარე ცოდნა	მოსწავლეებმა ამ დროისთვის უკვე იციან: სიმძიმის ძალა, დრეკადობის ძალა, სხეულის მოძრაობარამდენიმე ძალის მოქმედებით.
აქტივობები/დრო/ ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება</p> <p>მასწავლებელი სვამს ინტერაქტიულ კითხვებს, რომლითაც ახსენებს მოსწავლეებს: თუ რომელი ძალები შეისწავლეს და როგორი ბუნების არიან ეს ძალები?</p> <p>2. რა არის სხეულის წონასწორობა და რა განაპირობებს სხეულის სიჩქარის შეცვლას.</p> <p>მასწავლებელი ისმენს მოსწავლეთა პასუხებს და საჭიროების შემთხვევაში აზუსტებს.</p> <p><b>მიზანი:</b> შემოწმება.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> მინი ლექცია</p> <p>მასწავლებელი მასწავლებელი საუბრობს, აქამდე ჩვენ ვიხილავდით სხეულის მოძრაობას მხოლოდ ჰორიზონტალურ საყრდენზე. მაგრამ ხშირად სხეულები მოძრაობენ ისეთ საყრდენზე, რომელიც ჰორიზონტთან ნულისაგან განსხვავებულ კუთხეს ქმნის. მაგალითად, ავტომობილის მოძრაობა აღმართზე ან დაღმართზე, მძიმე ტვირთის გადაადგილება საყრდენზე ავტომობილის ძარაზე ატანისას, მოთხილამურეს მოძრაობა ტრამპლინზე დაშვებისას, ბავშვის დაშვება სასრიალოზე და სხვა</p> <p><b>მიზანი.</b> პროვოცირება.</p> <p><b>აქტივობა 3:</b> ჯგუფური მუშაობა:</p> <p>მასწავლებელი მოსწავლეებთან ერთად განიხილავს სხეულის დახრილ სიბრტყეზე მოძრაობას. ამოცანა ჰორიზონტისადმი <math>\alpha</math> კუთხით დახრილ სიბრტყეზე სრიალებს <math>m</math> მასის მქონე ძელაკი. დახრილი სიბრტყის ზედაპირსა და ძელაკს შორის ხახუნის კოეფიციენტი <math>\mu</math>. ვიპოვოთ აჩქარება, რომლითაც ძელაკი ეშვება მასწავლებელი მოსწავლეებთან ერთად აგებს ნახაზს, და განიხილავს სხეულზე მოქმედ ძალებს, სხეულს უკავშირებს კოორდინატთა ღერძებს, წერს ნიუტონის მეორე კანონს და აგეგმილებს შერჩეულ ღერძებზე ინტერაქტიული კითხვებით პოულობენ დახრილ სიბრტყეზე აჩქარების გამოსათვლელ ფორმულას.</p> <p><b>მიზანი:</b> შეძლონ მოსწავლეებმა მოსწავლეებმა დახრილ სიბრტყეზე სხეულის მოძრაობის მათემატიკური აღწერა.</p> <p><b>აქტივობა 3:</b> წყვილებში მუშაობა</p> <p>სახელმძღვანელოში მოცემული ამოცანის ამოხსნის ნიმუშის განხილვა „ერთად ამოვხსნათ ამოცანა“ – ითვალისწინებს მოსწავლეების ურთიერთდახმარებას, საჭიროების შემთხვევაში მასწავლებლის დახმარებას და სახელმძღვანელოში ამოხსნილი ამოცანის გააზრებას, შემდეგ მიღებული ცოდნის გამოყენებას ახალი ამოცანის ამოსახსნელად. მასწავლებელმა სასურველია აჩვენოს მოსწავლეებს ამოცანაში აღნიშნული მოვლენა და მოსწავლეებთან ერთად ხსნიან შემჩნეულ მოვლენას.</p>

	<p><b>მიზანი:</b> თანამედროვე რეალობის სივრცესა და დროში გააზრება და ინტერპრეტირება</p> <p><b>აქტივობა 4:</b> ინდივიდუალური მუშაობა. მასწავლებელი მოსწავლეებს აძლევს ინდივიდუალურად სამუშაოდ ამოცანებს პარაგრაფში მითითებული ამოცანებიდან.</p> <p><b>მიზანი:</b> ცოდნის გამოყენება</p> <p><b>აქტივობა 5:</b> შეჯამება. აფასებს წინარე ცოდნას, ჯგუფურ და ინდივიდუალურ მუშაობის უნარებს.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო.
შეფასების კრიტერიუმები	ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი . თანამედროვე რეალობის სივრცესა და დროში გააზრება და ინტერპრეტირება, შესაძლებელია განმავითარებელი შეფასების გაკეთება – „მოსწავლის და მასწავლებლის უკუკა ვშირი“.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §2.18, პარაგრაფის ბოლოს მოცემული ამოცანები.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან: დახრილ სიბრტყეზე მოთავსებულ სხეულზე მოქმედი ძალები, შეუძლია მოძრაობის განტოლების დაწერა.

### საკონტროლო კითხვების პასუხები:

- იმოდრავებს თუ არა ერთნაირი აჩქარებით, სხვადასხვა მასის ორი ერთნაირი ძელაკი დახრილ სიბრტყეზე, მხოლოდ სიმძიმის, სრიალის ხახუნის და რეაქციის ძალების მოქმედებით?

**პასუხი:** დახრილ სიბრტყეზე მოძრავი სხეულის აჩქარება გამოითვლება ფორმულით

$a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$  საიდანაც ჩანს, რომ აჩქარება არ არის დამოკიდებული სხეულის მასაზე.

- რა პირობა უნდა შესრულდეს, რომ დახრილ სიბრტყეზე დადებული სხეული არ ჩამოსრიალდეს?

**პასუხი:** სხული დახრილ სიბრტყეზე უძრავად არის, როცა  $\mu > \tan \alpha$ ;

- ძელაკს დახრილი სიბრტყის გასწვრივ, ზევით მიმართული სიჩქარე მიაწიჭეს. გარკვეული მანძილის გავლის შემდეგ, ის შეჩერდა და უკან ჩამოსრიალდა. რომელ მოძრაობას დასჭირდება მეტი დრო?

**პასუხი:** სხეულის ქვემოთ მოძრაობას მეტი დრო წირდება ვიდრე ზემოთ მოძრაობას.

### ამოცანების ამოხსნა:

1. ჰორიზონტისადმი  $30^\circ$ -იანი კუთხით დახრილი სიბრტყის უმაღლესი წერტილიდან სრიალს იწყებს ძელაკი. განსაზღვრეთ ძელაკის აჩქარება და დახრილი სიბრტყის სიგრძე, თუ ძელაკი მასზე 2 წამში ჩამოსრიალდა. წინააღმდეგობის ძალებს ნუ გაითვალისწინებთ. მიიჩნით, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>.

ამოხსნა:

როცა სხული დახრილ სიბრტყეზე მისრიალებს ზევიდან ქვევით, მხოლოდ სიმძიმის და რეაქციის ძალების მოქმედებით, მისი აჩქარების მოდული გამოისახება ფორმულით

$$a = g \sin \alpha = 5 \text{ მ/წმ}^2$$

ძელაკის სიგრძე შეგვიძლია გამოვთვალოთ ფორმულით  $s = \frac{at^2}{2} = 10 \text{ მ}$

2. რისი ტოლი უნდა იყოს ჰორიზონტისადმი  $30^\circ$ -იანი კუთხით დახრილ სიბრტყის ზედაპირსა და ძელაკსა შორის ხახუნის კოეფიციენტი, რომ ძელაკი სიბრტყეზე თანაბრად სრიალებდეს?

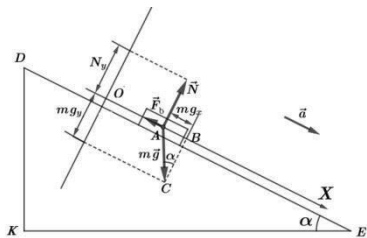
**პასუხი:**  $\mu = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sqrt{3}}{3}$

3. ჰორიზონტისადმი  $30^\circ$ -იანი კუთხით დახრილ სიბრტყეზე უძრავად დევს 10 კგ მასის ძელაკი. რისი ტოლია ძელაკზე მოქმედი ხახუნის ძალის მოდული? მიიჩნეთ, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>.

**პასუხი:** რადგან დახრილ სიბრტყეზე მოთავსებულ სხეულზე მხოლოდ მხოლოდ სიმძიმის, ხახუნის და ზედაპირის რეაქციის ძალები მოქმედებს  $F_b = mg \sin \alpha = 50$  ნ

4. დაამტკიცეთ, რომ თუ ძელაკსა და დახრილ სიბრტყის ზედაპირს შორის ხახუნის კოეფიციენტი მეტია სიბრტყის ჰორიზონტის მიმართ დახრის კუთხის ტანგენსზე, ძელაკი სიბრტყეზე უძრავი იქნება.

ამოხსნა:



სხეულზე მოქმედი  $m\vec{g}$  სიმძიმის,  $\vec{N}$  საყრდენის რეაქციისა და  $\vec{R}$  ხახუნის ძალები გამოსახულია სურათზე, დახრილ სიბრტყეზე სხეული უძრავია, როდესაც

$$\vec{N} + m\vec{g} + \vec{R} = 0 \quad (1)$$

$$(1) \Rightarrow \text{გვ. (X): } mgsin\alpha - R = 0 \Rightarrow R = mgsin\alpha \quad (2)$$

$$\text{გვ. (Y): } N - mg\cos\alpha = 0 \Rightarrow N = mg\cos\alpha \quad (3)$$

$$\text{უძრავი ხახუნის ძალა აკმაყოფილებს პირობას: } R \leq \mu N \quad (4)$$

$$(2) \wedge (3) \rightarrow (4) \Rightarrow mgsin\alpha \leq \mu mg\cos\alpha \Rightarrow \mu \geq \operatorname{tg} \alpha$$

თანაბრად ჩამოსრიალებისას ხახუნის ძალა მოდულით სრიალის ხახუნის ძალის ტოლია და (4)-ში გვექნება ტოლობის ნიშანი, შედეგად, (\*)  $\Rightarrow \mu \geq \operatorname{tg} \alpha$

5. ჰორიზონტისადმი  $45^\circ$ -იანი კუთხით დახრილი სიბრტყის უმაღლესი წერტილიდან სრიალს იწყებს ძელაკი. ხახუნის კოეფიციენტი ძელაკსა და დახრილი სიბრტყის ზედაპირს შორის 0,15-ია. განსაზღვრეთ ძელაკის ჩამოსასრიალებლად საჭირო დრო და ძელაკის სიჩქარე დახრილი სიბრტყის ბოლოს, თუ მისი სიგრძე 3 მ-ია. მიიჩნეთ, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>.

ამოხსნა:

რადგან როდესაც სხეული დახრილ სიბრტყეზე მისრიალებს ზევიდან ქვევით, მხოლოდ სიმძიმის, სრიალის ხახუნის და რეაქციის ძალების მოქმედებით, მისი აჩქარების მოდული გამოსახება ფორმულით  $a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \approx 0,6$  მ/წმ<sup>2</sup>

$$t = \sqrt{\frac{2h}{a}} = \sqrt{10} \approx 3 \text{ წმ}, \text{ ბოლო სიჩქარე } v = at = 1,8 \text{ მ/წმ}$$

6. გლუვი დახრილი სიბრტყის ქვედა წერტილში მოთავსებულ ძელაკს მიანიჭეს სიბრტყის პარალელური ისეთი სიჩქარე, რომ ძელაკი დახრილი სიბრტყის უმაღლეს წერტილამდე ავიდა და შემდეგ უკან ჩამოსრიალდა. შეადარეთ ერთმანეთს ძელაკის ზევით და ქვევით მოძრაობის დროები.

ამოხსნა:

თუ სხეული დახრილ სიბრტყეზე მისრიალებს ქვევიდან ზევით, მხოლოდ სიმძიმის, სრიალის ხახუნის და რეაქციის ძალების მოქმედებით, მისი აჩქარების მოდული

გამოისახება ფორმულით  $a = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$  და დრო რომელიც მის ზედა წერტილში ასასრიალებლად არის საჭირო ტოლია  $t_1 = \sqrt{\frac{2L}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}}$  (1)

როცა სხული დახრილ სიბრტყეზე მისრიალებს ზევიდან ქვევით, მხოლოდ სიმძიმის, სრიალის ხახუნის და რეაქციის ძალების მოქმედებით, მისი აჩქარების მოდული გამოისახება ფორმულით  $a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$  და დრო რომელიც მის ქვედა წერტილში ჩამოსასრიალებლად არის საჭირო  $t_2 = \sqrt{\frac{2L}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}}$  (2)

თუ (1)/(2) მივიღებთ  $\frac{t_1}{t_2} = \sqrt{\frac{\sin \alpha - \mu \cos \alpha}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}}$  (\*)

7. მქისეზედაპირიანი დახრილი სიბრტყის ქვედა წერტილში მოთავსებულ ძელაკს მიანიჭეს სიბრტყის პარალელური სიჩქარე. ძელაკი სიბრტყის გარკვეულ წერტილამდე ავიდა, სადაც მას დაადეს მეორე ძელაკი. ამის შემდეგ იგი უკან ჩამოსრიალდა. შეადარეთ ერთმანეთს ზევით და ქვევით მოძრაობის დროები.

**პასუხი:** რადგან სხეული დახრილ სიბრტყეზე სიბრტყის პარალელურად მხოლოდ სიმძიმის ძალის მოქმედებით მოძრაობს, ამიტომ ასვლა-ჩამოსვლის დრო ტოლი იქნება.

8. ჰორიზონტისადმი  $45^\circ$ -იანი კუთხით დახრილ სიბრტყის ქვედა წერტილში მოთავსებულ ძელაკს მიანიჭეს სიბრტყის პარალელური ისეთი სიჩქარე, რომ ძელაკი დახრილი სიბრტყის უმაღლეს წერტილამდე ავიდა და შემდეგ უკან ჩამოსრიალდა. ქვევიდან ზევით ასრიალებისას, მისი აჩქარების მოდული  $1,5$ -ჯერ მეტია, ვიდრე ქვევით ჩამოსრიალებისას. განსაზღვრეთ ხახუნის კოეფიციენტი სხეულსა და დახრილ სიბრტყის ზედაპირს შორის.

ამოხსნა:

თუ სხული დახრილ სიბრტყეზე მისრიალებს ქვევიდან ზევით, მხოლოდ სიმძიმის, სრიალის ხახუნის და რეაქციის ძალების მოქმედებით, მისი აჩქარების მოდული გამოისახება ფორმულით  $a_{\uparrow} = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$  (1)

როცა სხული დახრილ სიბრტყეზე მისრიალებს ზევიდან ქვევით, მხოლოდ სიმძიმის, სრიალის ხახუნის და რეაქციის ძალების მოქმედებით, მისი აჩქარების მოდული გამოისახება ფორმულით  $a_{\downarrow} = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$  (2)

(1)/(2) მივიღებთ  $\mu = 0,2$

**პასუხი:**  $\mu = 0,2$

9.  $4$  მ სიმაღლისა და  $5$  მ სიგრძის დახრილი სიბრტყის ქვედა წერტილში მდებარე ძელაკს მიანიჭეს სიბრტყის პარალელური  $9$  მ/წმ საწყისი სიჩქარე. ამ მომენტიდან რა დროის შემდეგ დაიწყებს ძელაკი უკან ჩამოსრიალებას, თუ ხახუნის კოეფიციენტი ძელაკსა და დახრილ სიბრტყეს შორის  $1/6$ -ია? მიიჩნეთ, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>.

ამოხსნა:

თუ სხული დახრილ სიბრტყეზე მისრიალებს ქვევიდან ზევით, მხოლოდ სიმძიმის, სრიალის ხახუნის და რეაქციის ძალების მოქმედებით, მისი აჩქარების მოდული გამოისახება ფორმულით  $a_{\uparrow} = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$  სადაც  $\sin \alpha = \frac{h}{l} = 0,8$ , მაშინ

$\cos \alpha = 0,6$   $a_{\uparrow} = \frac{9g}{\text{წმ}^2}$  ძელაკი ჩამოსრიალებას დაიწყებს  $t = 1$  წმ – ის შემდეგ.

**პასუხი:**  $1$  წმ.



10. 4 მ სიმაღლისა და 5 მ სიგრძის დახრილი სიბრტყის ქვედა წერტილში მდებარე ძელაკს მიანიჭეს სიბრტყის პარალელური 9 მ/წმ საწყისი სიჩქარე. რა სიჩქარე ექნება ძელაკს საწყის წერტილში დაბრუნებისას, თუ ხახუნის კოეფიციენტი ძელაკსა და დახრილ სიბრტყეს შორის 1/6-ია? მიიჩნეთ, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>.

ამოხსნა:

მე-9 ამოცანაში მიღებული შედეგით სხეულია წმ-ში ავა  $L = \frac{v+v_0}{2} \cdot t = 4.5$  მ – ზე

ქვემოთ ჩამოსრიალებისას კი იმოდრავებს აჩქარებით  $a_{\phi} = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 7$  მ/წმ<sup>2</sup>

აჩქარებით და 4,5მ მანძილზე ჩამოსრიალებისას შეიძენს სიჩქარეს  $v = \sqrt{2aL} = 3\sqrt{7}$

პასუხი:  $3\sqrt{7}$

### § 2.19 მოძრაობა მოსახვევში

გაკვეთილის თემა	მოძრაობა მოსახვევში
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ჰორიზონტალურ გზაზე ავტომობილის მოხვევას მის საბურავებსა და გზის საფარს შორის აღძრული უძრაობის ხახუნის ძალა იწვევს;</li> <li>• მოსახვევში მოძრაობის მაქსიმალური სიჩქარე გამოითვლება ფორმულით: <math>v_{\text{მაქს}} = \sqrt{(\mu Rg)}</math>;</li> <li>• ჰორიზონტალურ გზაზე მოტოციკლის მოხვევისას შვეულიდან დახრის კუთხის ტანგენსი გამოითვლება ფორმულით: <math>\text{tg}\alpha = v^2/Rg</math>;</li> <li>• რაც უფრო დიდია მოსახვევში მოტოციკლის სიჩქარე, დასაშვებ მაქსიმალურ მნიშვნელობამდე, მით უფრო დიდი კუთხით უნდა დაიხაროს ის ვერტიკალიდან;</li> <li>• მოხვევის გასაადვილებლად, გზის პროფილს, მოხვევის მხარეს ხრიან.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	მოსწავლეებმა შეისწავლონ ყოველდღიურ ცხოვრებაში ყველაზე მეტად გავრცელებული მოძრაობის სახე მოსახვევში მოძრაობა.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საბ.2. სხეულთა ურთიერთქმედებაზე და ურთიერთქმედების შედეგებზე არგუმენტირებული მსჯელობა; ფიზ.საბ.8 მოსწავლეს შეუძლია მოძვლების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/ კანონზომიერებების საჩვენებლად; ფიზ.საბ. 10. საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებისა და ტექნოლოგიების მიღწევების ყოველდღიურობასთან დაკავშირება.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ეტაპობრივად კონსტრუირება წინარე ცოდნაზე დაფუძნებით. ხელს უწყობდეს ცოდნათა ურთიერთდაკავშირებას და ორგანიზებას.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	მოსახვევი, ცენტრისკენული აჩქარება, ხახუნის ძალა, მაქსიმალური სიჩქარე.
წინარე ცოდნა	მოსწავლეებმა ამ დროისთვის უკვე იციან: სიმძიმის ძალით მოძრაობა, სხეულის მოძრაობარამდენიმე ძალის მოქმედებით, გადამბული სხეულებისა და დახრილ სიბრტყეზე სხეულის მოძრაობა.
აქტივობები/დრო/	<b>აქტივობა 1.</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება

<p>ორგანიზების ფორმები</p>	<p>მასწავლებელი მასწავლებელი კარგი იქნება გაკვეთილზე თუ განიხილავს საშინაო დავალების ,რამდენიმე ამოცანას. მოსწავლეები აკეთებენ მასწავლებლის მიერ შერჩეულ ამოცანებს. მასწავლებელი ისმენს და საჭიროების შემთხვევაში და აზუსტებს ამოხსნებს.</p> <p><b>მიზანი:</b> შემოწმება.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> მინი ლექცია</p> <p>მასწავლებელი საუბრობს, მოძრაობა მოსახვევში ძალიან ხშირად გვხვდება ყოველდღიურ ცხოვრებაში, მაგალითად, სხვადასხვა ტრანსპორტის მოძრაობისას. მოხვევისას სხეული გარკვეული რადიუსის წრეწირის რკალზე მოძრაობს. თქვენ იცით, რომ ასეთი მოძრაობისას სხეულს ცენტრისკენული აჩქარება აქვს. ნიუტონის მეორე კანონის თანახმად კი, ცენტრისკენული აჩქარების არსებობისათვის საჭიროა სხეულზე ცენტრისკენ მიმართული ძალა მოქმედებდეს. რამდენიმე ძალის მოქმედების შემთხვევაში კი, წრეწირის ცენტრისკენ მიმართული უნდა იყოს ამ ძალების ტოლქმედი.</p> <p>ამახვილებს გაკვეთილის ძირითად კითხვაზე ყურადღებას როგორ უხვევს სხეული მოსახვევში და რა ძალა უზრუნველყოფს მოხვევას?</p> <p><b>მიზანი.</b> პროვოცირება.</p> <p><b>აქტივობა 3:</b> მასწავლებელი განიხილავს მოსახვევში მოძრაობის რამდენიმე შემთხვევას:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ვთქვათ, R რადიუსიან მოსახვევში მოძრაობს ავტომობილი მოდულით მუდმივი v სიჩქარით. მის საბურავებსა და გზის საფარს შორის ხახუნის კოეფიციენტი <math>\mu</math>-ს ტოლია. დავადგინოთ, რა ძალა აიძულებს ავტომობილს მოუხვიოს და რა მაქსიმალური სიჩქარით შეიძლება იმოძრაოს მან, რომ არ მოსრიდეს.</li> <li>ვისაც ველოსიპედით გივლიათ, თხილამურებით ან ციგურებით გისრიალიათ, შეამჩნევდით, რომ მოსახვევში მისი ცენტრისაკენ იხრებით. რატომ არის აუცილებელი დახრა? რამდენად შეიძლება დავიხაროთ შვეულიდან, რომ გვერდზე არ დავეცეთ?</li> </ol> <ul style="list-style-type: none"> <li>• მასწავლებელი ინტერაქტივით ახერხებს დასკვნების გაკეთებას: ჰორიზონტალურ გზაზე ავტომობილის მოხვევას მის საბურავებსა და გზის საფარს შორის აღძრული უძრაობის ხახუნის ძალა იწვევს;</li> <li>• მოსახვევში მოძრაობის მაქსიმალური სიჩქარე გამოითვლება ფორმულით: <math>v_{max} = \sqrt{\mu Rg}</math>;</li> <li>• ჰორიზონტალურ გზაზე მოტოციკლის მოხვევისას შვეულიდან დახრის კუთხის ტანგენსი გამოითვლება ფორმულით: <math>tg\alpha = \frac{v^2}{Rg}</math>;</li> <li>• რაც უფრო დიდია მოსახვევში მოტოციკლის სიჩქარე, დასაშვებ მაქსიმალურ მნიშვნელობამდე, მით უფრო დიდი კუთხით უნდა დაიხაროს ის ვერტიკალიდან;</li> <li>• მოხვევის გასაადვილებლად, გზის პროფილს, მოხვევის მხარეს ხრიან.</li> </ul> <p><b>მიზანი:</b> თანამედროვე რეალობის სივრცესა და დროში გააზრება და ინტერპრეტირება</p> <p><b>აქტივობა 4:</b> ინდივიდუალური მუშაობა.</p> <p>მასწავლებელი მოსწავლეებს აძლევს ინდივიდუალურად სამუშაოდ ამოცანებს პარაგრაფში მითითებული ამოცანებიდან.</p>
----------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<b>მიზანი:</b> ცოდნის გამოყენება <b>აქტივობა 5.</b> შეჯამება. აფასებს წინარე ცოდნას, ჯგუფურ და ინდივიდუალურ მუშაობის უნარებს.
რესურსები	სახელმძღვანელო.
შეფასების კრიტერიუმები	ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი . თანამედროვე რეალობის სივრცესა და დროში გააზრება და ინტერპრეტირება , შესაძლებელია განმავითარებელი შეფასების გაკეთება – „მოსწავლის და მასწავლებლის უკუკა ვშირი“.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §2.19, პარაგრაფის ბოლოს მოცემული ამოცანები.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან: მოსახვევში მოძრაობა.

**საკონტროლო კითხვები:**

- შეძლებს თუ არა, ავტომობილი აბსოლუტურად გლუვ ყინულზე მოხვევას?

**პასუხი:** ჰორიზონტალურ გზაზე ავტომობილის მოხვევას მის საბურავებსა და გზის საფარს შორის აღძრული უძრაობის ხახუნის ძალა იწვევს, ამიტომ აბსოლუტურად გლუვ ყინულზე ავტომობილი მოხვევას ვერ შეძლებს.

- რატომ იხრება მოტოციკლისტი მოხვევის დროს?

**პასუხი:** მოტოციკლისტისა და მოტოციკლის მასათა ცენტრი მის სიმძიმის ცენტრს ემთხვევა. სიმძიმის ძალა გადის მასათა ცენტრზე, ამიტომ ის მოტოციკლს B წერტილის მიმართ ვერ მოატრიალებს. ე.ი. მოტოციკლისტი ისე უნდა გადაიხაროს, რომ დახრის შედეგად გაჩენილი უძრაობის ხახუნის  $\vec{F}_x$  ძალისა და საყრდენის რეაქციის  $\vec{N}$  ძალის ტოლქმედის მოქმედების წრფემაც მასათა ცენტრზე გაიაროს, ანუ მიმართული იყოს AB წრფის გასწვრივ. ასეთ შემთხვევაში მოტოციკლი არ ამოტრიალდება, ხოლო მოსახვევის ცენტრისკენ მიმართული  $\vec{F}_x$  ძალა გამოიწვევს მის მოძრაობას წრეწირის რკალზე.

- რა დანიშნულება აქვს მატარებლის ბორბლის რებორდს?

**პასუხი:** რებორდი საშუალებას არ აძლევს მატარებელს ლიანდაგებიდან გადავიდეს.

- რატომ არის მატარებლის ბორბლის გარე მხარეს რადიუსი უფრო მცირე, ვიდრე შიდა მხარისა?

**პასუხი:** მატარებლის ბორბლის გარე მხარის რადიუსი ნაკლებია შიგა მხარის რადიუსზე, რადგან მატარებლის მოხვევა იყოს უსაფრთხო.

**ამოცანების ამოხსნა:**

1. რატომ ამცირებენ ავტომობილის მძღოლები სიჩქარეს მოსახვევთან მიახლოებისას?

**პასუხი:** მოსახვევში მოძრაობის მაქსიმალური სიჩქარე დამოკიდებულია საბურავებსა და გზას შორის ხახუნის ძალაზე ამიტომ სიჩქარე უნდა შევამციროთ.

2. რატომაა უფრო საყურადღებო წვიმიან ამინდში ავტომობილით მოსახვევში შესვლა, ვიდრე – მშრალ ამინდში?

**პასუხი:** სველ ამინდში ხახუნის ძალა უფრო მცირეა ვიდრე მშრალში, ამიტომ წვიმიან ამინდში მოხვევა უფრო საყურადღებოა.

3. გზის ჰორიზონტალური მოსახვევის დასაწყისში დგას დასაშვები სიჩქარის მაქსიმალური მნიშვნელობის ნიშანი. როგორ ფიქრობთ, რატომ ვრცელდება ეს შეზღუდვა ყველა ავტომობილზე? რატომ არაა საჭირო, რომ სხვადასხვა მასის ავტომობილებისთვის დასაშვები სიჩქარის მაქსიმალური მნიშვნელობა სხვადასხვა იყოს?

**პასუხი:** მაქსიმალური სიჩქარე რომლითაც შეუძლია თანაბრად იმოძრაოს ავტომობილმა მოსახვევში ისე, რომ არ მოსრივდეს, განისაზღვრება ფორმულით

$$v_{\text{მაქს}} = \sqrt{\mu Rg}. \text{ აქედან ჩანს, რომ ეს სიჩქარე არ არის დამოკიდებული ავტომობილის მასაზე.}$$

4. ავტომობილი უხვევს 100 მ რადიუსის ჰორიზონტალურ მოსახვევში. მაქსიმუმ რისი ტოლი უნდა იყოს მისი სიჩქარე, რომ იგი ასფალტზე არ მოსრივდეს? ხახუნის კოეფიციენტი საბურავებსა და ასფალტის ზედაპირს შორის 0,625-ია.  $g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$ .

ამოხსნა: სიჩქარის მოდულის მაქსიმალური მნიშვნელობა

$$v_{\text{მაქს}} = \sqrt{(\mu Rg)} = 25 \text{ მ/წმ.}$$

5. 50 ტ მასის ელმავალი 18 კმ/სთ სიჩქარით უხვევს 100 მ რადიუსის ჰორიზონტალურ მოსახვევში. რა ძალით მოქმედებს ლიანდაგი ელმავლის თვლის რეზორდზე?

ამოხსნა:

$$F = ma(1) \quad a = \frac{v^2}{R} (2) \quad (2) \rightarrow (1) \quad F = m \cdot \frac{v^2}{R} = 12,5 \text{ კნ}$$

6. ჰორიზონტალურ მბრუნავ დისკოზე დევს მცირე ზომის მონეტა. დისკოს ბრუნვის სიხშირის რა მნიშვნელობისთვის გასრიალდება მონეტა დისკოზე, თუ ხახუნის კოეფიციენტი დისკოს ზედაპირსა და მონეტას შორის 0,2-ია? მიიჩნიეთ, რომ  $\pi^2 \approx g$ .

ამოხსნა:

? n	<p>დისკოზე მოთავსებულ მონეტაზე მოქმედებს სიმძიმის ძალა, ხახუნის ძალა და დისკოს ბრუნვით გამოწვეული ცენტრისკენული ძალა.</p> <p><i>მონეტა გასრიალდება დისკოზე როდესაც მასზე მოქმედი ჰორიზონტალური ძალები ერთმანეთს გაუტოლდება</i></p> <p><math>ma = \mu mg \quad a = \mu g</math>, სადაც ცენტრისკენული აჩქარებაა და ტოლია <math>a = 4\pi^2 R n^2</math> თუ <math>a</math> – ს ამ მნიშვნელობას გავითვალისწინებ</p> <p>(1) ფორმულაში მივიღებთ <math>n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\mu g}{R}}</math></p>
<p>მოც.: <math>\mu = 0,2 \alpha = 45^\circ</math> <math>\pi^2 \approx g</math></p>	

7. ჰორიზონტალურ მბრუნავ დისკოზე, ბრუნვის ღერძიდან 20 სმ მანძილზე დევს მცირე ზომის მონეტა. როდესაც დისკოს ბრუნვის სიხშირე ორჯერ გაზარდეს, მონეტაზე მოქმედი უძრავობის ხახუნის ძალის მოდული 6 ნ-ით გაიზარდა. რისი ტოლი იყო უძრავობის ხახუნის ძალის მოდული თავდაპირველად?

ამოხსნა:

მე-6 ამოცანის მიხედვით ჰორიზონტალურ დისკოზე მოთავსებულ მონეტაზე მოქმედი ხახუნის ძალა ტოლია ცენტრისკენული ძალის, რადგან მონეტა უძრავის

$$F_1 = m4\pi^2 R n_1^2 \quad \text{ხოლო როცა სიხშირე გაიზარდა 2 – ჯერ ხახუნის ძალა}$$

$$\text{ტოლი გახდება } F_2 = 4m4\pi^2 R n_1^2 = 4F_1 \text{ ვიცით, რომ } F_2 - F_1 = 6F_1 \Rightarrow F_1 = 2F_1$$

ამოხსნა:  $F_1$

8. გზის ჰორიზონტალურ უბანზე, მოსახვევში მოძრაობს მოტოციკლი ისე, რომ მისი საბურავები ასფალტზე გასრიალების ზღვარზეა. რისი ტოლი უნდა იყოს მოტოციკლის ვერტიკალიდან გადახრის კუთხის ტანგენსი, რომ იგი არ გადაბრუნდეს? ხახუნის კოეფიციენტი მოტოციკლის საბურავებსა და ასფალტის ზედაპირს შორის 0,7-ია.

ამოხსნა:

როგორც ვიცით მოსახვევში მოძრაობისას  $tg\alpha = \frac{F_b}{N} = \frac{m\frac{v^2}{R}}{mg} = \frac{v^2}{Rg} = \frac{a}{g} = \frac{\mu g}{g} = \mu$

**პასუხი:**  $tg\alpha = \mu$

9. გზის ჰორიზონტალურ უბანზე, 40 მ რადიუსის მოსახვევში უხვევს მოტოციკლი ისე, რომ იგი ვერტიკალიდან 45°-იანი კუთხითაა გადახრილი. განსაზღვრეთ მოტოციკლის სიჩქარე. მიიჩნეთ, რომ  $g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$ .

? $v$	მოსახვევში მოძრაობისას $tg\alpha = \frac{v^2}{Rg}$ აქედან
მოც.: $R=40$ $\alpha = 45^\circ$ $g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$	$v = \sqrt{gRtg\alpha} = 20 \text{ მ/წმ}$

**პასუხი:** 20მ/წმ.

10. რატომ არის ჩქაროსნული გზის პროფილი მოსახვევში ჰორიზონტის მიმართ დახრილი?  
**პასუხი:** მოხვევის გასაადვილებლად.

## § 2.20. არქიმედეს კანონი

გაკვეთილის თემა	არქიმედეს კანონი
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<p><b>დასკვნები:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• სითხეში (აირში) ჩაძირულ სხეულზე მოქმედი ამომგდები ძალა მოდულით ამ სხეულის მიერ გამოდევნილ სითხეზე (აირზე) მოქმედი სიმძიმის ძალის ტოლია: <math>F_b = \rho g V</math>;</li> <li>• თუ სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა მოდულით ამომგდებ ძალაზე მეტია (<math>\rho_{სხ} &gt; \rho_{სით}</math>), სხეული იძირება;</li> <li>• თუ სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა მოდულით ამომგდები ძალის ტოლია (<math>\rho_{სხ} = \rho_{სით}</math>), ჩაძირულ მდგომარეობაში მყოფი სხეული სითხეში ნებისმიერ ადგილას წონასწორობაში იქნება;</li> <li>• თუ სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა მოდულით ამომგდებ ძალაზე ნაკლებია (<math>\rho_{სხ} &lt; \rho_{სით}</math>), სხეული წყლის ზედაპირზე ამოვა და იტივტივებს.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	მოსწავლეს შეუძლია განსაზღვროს ამომგდები ძალა, სიმძიმის ძალა და გამოიყენოს ფორმულები პრობლემის გადაწყვეტის დროს ადეკვატურად.

<p>ესგ-შედეგი, ინდიკატორები</p>	<p>ფიზ.საბ.7. მონაცემების გაანალიზება და არგუმენტირებული მსჯელობის საფუძველზე დასკვნების გამოტანა, ცვლადებს შორის დამოკიდებულების აღსაწერად დიაგრამებისა და გრაფიკების გამოყენება;          ფიზ.საბ.6. თვისებრივი და რაოდენობრივი მონაცემების სხვადასხვა ფორმით (ცხრილებით, დიაგრამებით, გრაფიკებით და სხვ.) ჩაწერა და ორგანიზება; მონაცემების ორგანიზებისთვის ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენება;          ფიზ.საბ.8. მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/კანონზომიერებების საჩვენებლად;</p>
<p>გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები</p>	<p>ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი-ლექცია, ინტერაქტიული გამოკითხვა, ინდივიდუალური მუშაობა.</p>
<p>გამოყენებული საკვანძო ტერმინები</p>	<p>ძალის ტოლქმედი, ძალის მდგენელები, ცურვის პირობები, ძალის დამოკიდებულება სხეულის მოცულობასა და სითხის სიმკვრივეზე.</p>
<p>წინარე ცოდნა</p>	<p>სკალარული სიდიდე, ვექტორული სიდიდე,წრფივი თანაბარი მოძრაობა, გადაადგილება, სიმძიმის ძალა, დრეკადობის ძალა.</p>
<p>აქტივობები/დრო/ ორგანიზების ფორმები</p>	<p><b>აქტივობა 1.</b> საშინაო ცდა.          კარგი იქნება თუ გაკვეთილს დავიწყებთ საშინაო ცდით, მოსწავლეები განიხილავენ ცდას რომელიც ჩაატარეს სწორძირიანი წყლიანი ჭურლით და რამოდენიმე ვაშლით. მსჯელობენ და აანალიზებენ ცდით მიღებულ შედეგებს.  <b>აქტივობა 2.</b> კითხვა-პასუხი. წინარე ცოდნის გასააქტიურებლად კითხვა-პასუხის გზით გავახსენოთ მოსწავლეებს გავახსენოთ ძალის ცნება, ტოლქმედი ძალა და მისი მიმართულება, სხეულის ქცევა ტოლქმედი ძალის მოქმედებისას.  <b>მიზანი:</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება.  <b>აქტივობა 2: ცდა</b> .კარგი იქნება თუ მოსწავლეებთან ერთად განიხილავთ პარაგრაფში მოცემულ მაგალითს და დინამომეტრის, ხის ძელაკისა და წყლიანი წურჭლის და სასხმელიანი ჭურჭლის დახმარებით. მოსწავლეები შეიმუშავენ კითხვებს, დაგეგმვენ ცდას და გამოვთვლიან წყლის მიერ სხეულზე მოქმედ ამომგდები ძალის სიდიდეს , შეადარებენ მის მიერ გამოდევნილ წყლის მასას. ბოლოს კი გამოიტანენ სათანადო დასკვნებს.  <b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის გაგება, გააზრება.  <b>აქტივობა 3. ამოცანათა ამოხსნა.</b> ახალი მასალის გაგების შემოწმება.          ვარჯიში ამოცანათა ამოხსნაზე.  <b>მიზანი:</b> ახალი მასალის განმტკიცება. ფორმულების ადეკვატური გამოყენება.  <b>აქტივობა 4.</b> ვენის დიაგრამა.          შევადართ: მექანიკური მუშაობა და სიმძლავრე. მიზანი: ანალიზის უნარის განვითარება.  <b>აქტივობა 5.</b> გასასვლელი ბილეთი.  <b>ტესტი:</b> ღია და დახურული შეკითხვა.  <b>მიზანი:</b> ფაქტობრივი ცოდნის შემოწმება.</p>

რესურსები	სახელმძღვანელო. ხის ძელაკი, დინამომეტრი, ბრტყელძირიანი წყლიანი ჭურჭელი. GeoGebra classic
შეფასების კრიტერიუმები	დამოუკიდებელი მუშაობის დროს მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი, ასევე შეიძლება მოვახდინოთ განმავითარებელი შეფასება.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან § ამოცანები რუბრიკიდან „ამოხსენით ამოცანები“ 2.20. 1,2,6,7
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე შეძლებს არქიმედეს ამომგდები ძალის გააზრებას და ფორმულების გამოყენებას პრაქტიკული ამოცანების ამოხსნისას.

**საკონტროლო კითხვების პასუხები:**

- დამოკიდებული თუ არა, არქიმედეს ძალა სხეულის ფორმაზე?  
**პასუხი:** სითხეში ჩაშვებულ სხეულზე მოქმედი არქიმედეს ამომგდები ძალა დამოკიდებულია სხეულის ფორმაზე.
- რა არის ამომგდები ძალის წარმოქმნის მიზეზი?  
**პასუხი:** ამომგდები ძალის გამომწვევი მიზეზია სითხის მხრიდან სხეულზე მოქმედი წნევა.
- ერთი და იმავე მასის ალუმინისა და ტყვიის ბირთვებიდან, რომელზე იმოქმედებს მეტი ამომგდები ძალა? რატომ?  
**პასუხი:** ცალსახა პასუხის გაცემა შეუძლებელია, მაგრამ თუ ბირთვები ერთგვაროვანია, მაშინ ალუმინის ბირთვის მოცულობა მეტი იქნება ტყვიის ბირთვის მოცულობაზე, ამიტომ სითხეში ჩაშვებისას ალუმინის ბირთვზე მოქმედი ამომგდები ძალა მეტი იქნება, ვიდრე ტყვიის ბირთვზე მოქმედი ამომგდები ძალა.
- რატომ ტივტივებს ნავთობი წყლის ზედაპირზე?  
**პასუხი:** ნავთობის სიმკვრივე ნაკლებია წყლის სიმკვრივეზე.

**ამოცანების ამოხსნა:**

1. წყალში ცურავს 5 კგ მასის სფერო. რისი ტოლია სფეროზე მოქმედი ამომგდები ძალის მოდული? მიიჩნიეთ, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>.  
**პასუხი:** სხეულის ცურვის პირობაა თუ სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა მოდულით ამომგდები ძალის ტოლია, ჩადირულ მდგომარეობაში მყოფი სხეული სითხეში ნებისმიერ ადგილას წონასწორობაში იქნება ე.ი.  $F_s = F_b = mg = 50$   
პასუხი. 50 ნიუტონი
2. განსაზღვრეთ წყალში ჩადირულ 10 სმ<sup>3</sup> მოცულობის სხეულზე მოქმედი ამომგდები ძალის მოდული. მიიჩნიეთ, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>.  
ამოხსნა: სითხეში ჩაშვებულ სხეულზე სითხის მხრიდან მოქმედი ამომგდები ძალა

$$F_s = \rho g V = 1000 \cdot 10 \cdot 0,00001 = 0,15$$

3. განსაზღვრეთ წყალზე მოტივტივე ყინულის წყალში ჩაძირული ნაწილისა და წყლის ზემოთ არსებული ნაწილის მოცულობების შეფარდება.

ამოხსნა: რადგან ყინული წყალში ტივტივებს, მასზე მოქმედი ამომგდები ძალა და სიმძიმის ძალა ტოლია:  $F_s = F_b$  (1)

$$F_s = \rho_{\text{ყ}} g V_{\text{ყ}} \quad (2) \quad F_b = \rho_{\text{გ}} g V \quad (3) \quad (2) \wedge (3) \Rightarrow (1) \frac{\rho_{\text{ყ}}}{\rho_{\text{გ}}} = \frac{V}{V_{\text{გ}}} \Rightarrow V_{\text{გ}} = \frac{\rho_{\text{ყ}}}{\rho_{\text{გ}}} V \quad (4)$$

ჩვენ უნდა ვიპოვოთ წყალზე მოტივტივე ყინულის წყალში ჩაძირული ნაწილისა და წყლის ზემოთ არსებული ნაწილის მოცულობების შეფარდება წყლის ზემოთ მოტივტივე ნაწილის მოცულობასთან. წყლის ზემოთ მოტივტივე ნაწილის მოცულობა  $V' = V - V_{\text{გ}} = V \frac{\rho_{\text{ყ}} - \rho_{\text{გ}}}{\rho_{\text{გ}}}$  (5)

$$(5): (4) \frac{V'}{V_{\text{გ}}} = \frac{V \frac{\rho_{\text{ყ}} - \rho_{\text{გ}}}{\rho_{\text{გ}}}}{\frac{\rho_{\text{ყ}}}{\rho_{\text{გ}}} V} = \frac{\rho_{\text{ყ}} - \rho_{\text{გ}}}{\rho_{\text{გ}}} = \frac{1}{9}$$

**პასუხი:** 1/9.

4. შეიცვლება თუ არა წყლის დონე სათლში, თუ მასში ჩასხმულ წყალზე მოტივტივე ყინულის ნაჭერი მთლიანად დადნება?

**პასუხი:** არ შეიცვლება.

5. ჭურჭელში ჩასხმულ წყალზე ტივტივებს ყინულის ნაჭერი, რომელშიც ჩაყინულია ტყვიის მცირე ზომის ბურთულა. როგორ შეიცვლება წყლის დონე ჭურჭელში, როდესაც ყინული დადნება?
6. თავდია წყლით სავსე ცილინდრული ჭურჭლის ფსკერზე ჩაძირულია ლითონის სფერო. შეიცვლება თუ არა სფეროზე მოქმედი ამომგდები ძალის მოდული, თუ წყლის ზედაპირზე ატმოსფერული წნევა მოიმატებს?

**პასუხი:** არ შეიცვლება რადგან წნევა ყველა მიმართულებით ერთნაირად შეიცვლება.

7. წყლისა და ნავთის გამყოფ საზღვარზე წონასწორულ მდგომარეობაშია  $900 \text{ კგ/მ}^3$  სიმკვრივის ბურთულა. განსაზღვრეთ ბურთულის წყალში და ნავთში მოთავსებული ნაწილების მოცულობების შეფარდება.

**პასუხი:**

რადგან ბურთულა იმყოფება წყლისა და ნავთის გამყოფ საზღვარზე ბურთულაზე მოქმედი სიმძიმის ძალა და წყლისა და ნავთის მხრიდან მასზე მოქმედი ამომგდები ძალათა ტოლქმედი ნულის ტოლი

$$mg = \rho_{\text{წყ}} g V_{\text{წყ}} + \rho_{\text{ნავ}} g V_{\text{ნავ}} \quad \rho V g = \rho_{\text{წყ}} g V_{\text{წყ}} + \rho_{\text{ნავ}} g (V - V_{\text{წყ}}) \Rightarrow V_{\text{წყ}} = \frac{\rho - \rho_{\text{ნავ}}}{\rho_{\text{წყ}} - \rho_{\text{ნავ}}} V \quad (1)$$

$$V_{\text{ნავ}} = \frac{\rho - \rho_{\text{წყ}}}{\rho_{\text{წყ}} - \rho_{\text{ნავ}}} V \quad (2)$$

$$(1): (2) \frac{V_{\text{წყ}}}{V_{\text{ნავ}}} = \frac{\rho - \rho_{\text{ნავ}}}{\rho - \rho_{\text{წყ}}}$$

8. ერთმანეთზე წვრილი ძაფით გადაბმული  $V$  და  $2V$  მოცულობის ბურთულები ჩაძირეს წყალში და რეზინის ზონრით მიაბეს ფსკერზე. რამდენჯერ მეტია ზონრის დაჭიმულობის ძალის მოდული ბურთულების შემაერთებელი ძაფის დაჭიმულობის ძალის მოდულზე?



ამოხსნა (ამოცანის ამოხსნისას ვთვლი რომ ბურთულების მასას მხედველობაში არ ვღებულობთ):

? T	სითხის მხრიდან 2V მოცულობის სხეულზე მოქმედი ამომგდები ძალა
მოც.: V	$F_{s1} = \rho g 2V$
2V	ხოლო V მოცულობის სხეულზე კი $F_{s2} = \rho g V$ , მაშინ ზონრის დაჭიმულობის ძალა $F_1 = 3 \rho g V$ , ხოლო ძაფის დაჭიმულობის ძალა $F_2 = 2 \rho g V$ და $F_1/F_2 = 1.5$

**პასუხი:**  $F_1/F_2 = 1.5$

9. წყალში 0.5 მ სიღრმეზე დამაგრებულია მცირე ზომის ბურთულა, რომლის სიმკვრივე 800 კგ/მ<sup>3</sup>-ია. რა სიჩქარით ამოხტება ბურთულა წყლის ზედაპირიდან, თუ მას გავათავისუფლებთ? ბურთულაზე მოქმედი წყლის წინააღმდეგობის ძალები უგულებელყავით. მიიჩნიეთ, რომ  $g = 10$  მ/წმ<sup>2</sup>.

ამოხსნა:

? $\vartheta$	წყალში მოთავსებულ ბურთულაზე მოქმედებს სიმძიმის ძალა, წყლის მხრიდან ბურთულაზე მოქმედი ამომგდები ძალა, ამ ორი ძალის ტოლქმედი ბურთულას ანიჭებს აჩქარებას $a = \frac{F_2 - F_1}{m}$ (1), სადაც $F_1 = \rho_1 g V$ (2), ხოლო $F_2 = \rho g V$ (3)
მოც.: $h = 0.5$ მ	$m = \rho V$ (4) (2),(3) $\wedge$ (4) $\Rightarrow$ (1) მივიღებთ, რომ $a = \frac{\rho_1 - \rho}{\rho} = 0.2$ მ/წმ <sup>2</sup> 0,5 მ
2V	სიმაღლეზე გამოსვლისას ბურთულას სიჩქარე იწება
$\rho = 800$ კგ/მ <sup>3</sup>	$v = \sqrt{2ah} = \sqrt{0.2} = 0.45$ მ/წმ.
$g = 10$ მ/წმ <sup>2</sup>	

10. რა სიღრმეზე იყო დამაგრებული წყალში 950 მ<sup>3</sup> სიმკვრივის ბურთულა, თუ გაათავისუფლების შემდეგ წყლიდან 1 წამში ამოვიდა? ბურთულაზე მოქმედი წყლის წინააღმდეგობის ძალები უგულებელყავით. მიიჩნიეთ, რომ  $g = 10$  მ/წმ<sup>2</sup>.

ამოხსნა:

მე-9 ამოცანის მსჯელობის მიხედვით ბურთულას აჩქარება ტოლი იქნება

$$a = \frac{\rho_1 - \rho}{\rho} = 0,05 \text{ მ/წმ}^2 \quad h = \frac{at^2}{2} = 0.025 \text{ მ}$$

**პასუხი:** 0,025 მ.

## მეორე თავის შემაჯამებელი ამოცანების ამოხსნა

1. შეუძლებელია, რადგან მასზე მოქმედ ძალთა ტოლქმედის გეგმილი ჰორიზონტალურ ღერძზე ნულისგან განსხვავებულია.

2. შეუძლებელია, რადგან მეთევზეც ნავზე დგას.

3. 100 ნ.

$$4. \frac{M}{m} = \frac{a_{\beta}}{a_{\varphi}} = \frac{\omega^2 \cdot r}{\omega^2 \cdot R} = \frac{r}{R} = 4 \quad M = 4m = 40 \text{ (კგ)}$$

$$5. m_{\beta\gamma} \cdot a_1 = (m_{\beta\gamma} + m_{\gamma\beta}) \cdot a_1 \quad m_{\gamma\beta} = \frac{m_{\beta\gamma} \cdot (a_1 - a_2)}{a_2} = \frac{2000 \cdot (2 - 1.6)}{1.6} = 500 \text{ (კგ)}$$

$$6. F \cdot t = m \cdot v - m \cdot v_0 \quad t = \frac{m \cdot v}{F} = \frac{0.4 \cdot 30}{600} = 0.02 \text{ (წმ)}$$

$$7. m_{\beta\delta} \cdot a_1 = m_{\beta\gamma} \cdot a_2 = (m_{\beta\delta} + m_{\beta\gamma}) \cdot a_3$$

$$a_3 = \frac{m_{\beta\delta} \cdot a_1}{m_{\beta\delta} + m_{\beta\gamma}} = \frac{m_{\beta\delta} \cdot a_1}{m_{\beta\delta} + m_{\beta\delta} \cdot \frac{a_1}{a_2}} = \frac{a_1}{1 + \frac{a_1}{a_2}} = 0,1 \left( \frac{\text{მ}}{\text{წმ}^2} \right)$$

$$8. s_1 = \frac{a_1 \cdot t^2}{2} \quad s_2 = \frac{a_2 \cdot t^2}{2} \quad m_{\beta\gamma} \cdot a_1 = (m_{\beta\gamma} + m_{\gamma\beta}) \cdot a_2 \quad m_{\beta\gamma} = \frac{m_{\gamma\beta} \cdot a_2}{a_1 - a_2} \quad a_1 = 1.5 \cdot a_2 \quad m_{\beta\gamma} = \frac{m_{\gamma\beta} \cdot a_2}{1.5a_2 - a_2} = 2 \cdot m_{\gamma\beta} \\ m_{\beta\gamma} = 40 \text{ ტ.}$$

$$9. F_{1x} = m \cdot a_{1x} = 4 \cdot 1 = 4 \text{ (ნ)} \quad F_{2x} = m \cdot a_{2x} = 0 \quad F_{3x} = m \cdot a_{3x} = 4 \cdot (-1) = -4 \text{ (ნ)}$$

$$10. s = \frac{g \cdot n^2}{2} - \frac{g \cdot (n-1)^2}{2} = \frac{g}{2} (2n - 1) = 5(2n - 1)$$

$$11. h_1 = \frac{v_{01}^2}{2g} \quad h_2 = \frac{(3v_{01})^2}{2g} \quad \frac{h_2}{h_1} = 9.$$

$$12. v_{01}^2 = 2gh_1 \quad v_{02}^2 = 2gh_2 \quad \frac{v_{02}}{v_{01}} = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}} = 4$$

$$13. v_1 = gt_1 \quad v_2 = gt_2 \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{t_1}{t_2} = 3$$

$$14. h_1 = \frac{gt_1^2}{2} \quad h_2 = \frac{gt_2^2}{2} \quad \frac{h_1}{h_2} = \frac{t_1^2}{t_2^2} = 16$$

$$15. t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 5 \quad \Delta h = \frac{g \cdot t^2}{2} - \frac{g \cdot (t - \Delta t)^2}{2} = 80 \text{ (მ)}$$

$$16. \text{ვარდნის დრო } t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 6 \quad h_1 : h_2 : h_3 : h_4 : h_5 : h_6 = 1 : 3 : 5 : 7 : 9 : 11 \quad \frac{h_5 + h_6}{h_1 + h_2} = 5$$

$$17. h_1 = \frac{gt_1^2}{2} = 45 \text{ (მ)} \quad h_2 = \frac{v_{02}^2}{2g} = 20 \text{ (მ)} \quad \text{სხვის დრო } t' = \frac{v_{02}}{g} = 2 \text{ (წმ)}$$

$$\text{ვარდნის დრო } t'' = \sqrt{\frac{2(h_1 + h_2)}{g}} = \sqrt{13} \text{ (წმ)} \quad \text{დაცემის დრო } t = t' + t'' = 2 + \sqrt{13} \text{ (წმ)}$$

$$18. t' = \frac{v_0}{g} = 1(\text{წმ}) \quad t' = t'' \quad \Delta t = 2 \text{წმ}$$

$$19. h_2 = \frac{(v_{01} + v_{02})^2}{2g} = 5(\text{მ}) \quad h_{\text{ბაქს}} = h_1 + h_2 = 125(\text{წმ}) \quad t_1 = \frac{v_{01} + v_{02}}{g} = 1(\text{წმ}) \quad t_2 =$$

$$\sqrt{\frac{2h_{\text{ბაქს}}}{g}} = 5(\text{წმ})$$

$$t = t_1 + t_2 = 6(\text{წმ})$$

$$20. \text{ათვლის სხეულად ავირჩიოთ საჰაერო ბურთი. } v = v_{\text{ბბ}} - v_{\text{ბურთი}} = 10 \left( \frac{\text{მ}}{\text{წმ}} \right) \quad h = \frac{v^2}{2g} = 5(\text{მ})$$

$$21. \frac{v_0}{3} = v_0 - g \cdot t \quad t = 2 \text{წმ} \quad h = \frac{v_0^2 - (\frac{v_0}{3})^2}{2g} = \frac{900 - 100}{20} = 40(\text{მ})$$

$$22. y = v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2} \quad v_y = v_{0y} + g_y t$$

$$h_2 = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{400}{20} = 20(\text{მ}) \quad h = h_1 + h_2 = 80(\text{მ}) \quad t' = \frac{v_0}{g} = 2(\text{წმ}) \quad t'' = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 4(\text{წმ})$$

$$t = t' + t'' = 6(\text{წმ})$$

$$23. t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 3(\text{წმ}) \quad l = v_0 \cdot t = 15(\text{მ})$$

$$24. l_1 = l_2 \quad v_{01} \cdot \sqrt{\frac{2h_1}{g}} = v_{02} \cdot \sqrt{\frac{2h_2}{g}} \quad \frac{v_{02}}{v_{01}} = \sqrt{\frac{h_1}{h_2}} = \sqrt{2}$$

$$25. h = l = v_0 \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad h = \frac{2v_0^2}{g} = 80(\text{მ})$$

26. X ღერძი მიემართოთ ჰორიზონტალურად-მარცხნიდან მარჯვნივ.

Y ღერძი მიემართოთ ჰორიზონტალურად ზევით.

სხეულთა კოორდინატები დროის მიხედვით იცვლებიან შემდეგი კანონით:

$$x_1 = v_0 \cdot t \quad x_2 = -v_0 \cdot t \quad x_1 - x_2 = 2v_0 \cdot t$$

$$y_1 = v_0 \cdot t - \frac{gt^2}{2} \quad y_2 = -v_0 \cdot t - \frac{gt^2}{2} \quad y_1 - y_2 = 2v_0 \cdot t$$

$x_1 - x_2 = y_1 - y_2$  სხეულების მიერ შექმნილი ოთხკუთხედის დიაგონალების სიგრძეებია. მათი ტოლობა ნიშნავს, რომ ეს ოთხკუთხედი კვადრატია.

$$27. h_{\theta} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}; \quad s = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g};$$

$$\frac{h_{\theta}}{s} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \cdot \frac{g}{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha} = \frac{\sin \alpha}{4 \cos \alpha} = \frac{\text{tg } \alpha}{4} = \frac{\text{tg } 45^\circ}{4} = \frac{1}{4}; \quad s = 4h = 200(\text{მ}).$$

$$28. h_{\theta} = \frac{v_{0y}^2}{2g} = \frac{(g \frac{t}{2})^2}{2g} = \frac{g^2 t^2}{8g} = \frac{gt^2}{8} = 80(\text{მ}).$$

შეიძლება ამოვხსნათ ასეც: მაქსიმალური სიმალიდან ვარდნას სხეული მთელი დროის

ნახევარს – 4 წმ-ს მოანდომებს, ამიტომ  $h_{\theta} = \frac{g(\frac{t}{2})^2}{g} = \frac{10 \cdot 4^2}{2} = 80(\text{მ}).$

29. გასროლის საწყისი სიჩქარის ჰორიზონტალური მდგენელი არ იცვლება; სიჩქარის ვერტიკალური მდგენელი დაცემისას მოდულით ისევე  $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$  -ის ტოლია, მაგრამ შვეულად ქვევით არის მიმართული. ამიტომ სხეულის სიჩქარის მოდული დაცემისას 17 მ/წმ იქნება და მიმართული იქნება ჰორიზონტისადმი  $22^\circ$ -იანი კუთხით ქვევით.

30. საწყისი სიჩქარის ვერტიკალური მდგენელი  $v_{0y} = v_0 \sin \alpha = 60 \cdot \frac{1}{2} = 30$  (მ/წმ). მაქსიმალურ სიმაღლეზე სხეული ავა  $t = \frac{v_{0y}}{g} = 3$  (წმ) = ში. ამიტომ საძიებელ სიმაღლეზე იგი იყო გასროლიდან  $t = 3 - \frac{2}{2} = 2$  (წმ)-ის შემდეგ. შესაბამისად,  $h = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} = 30 \cdot 2 - \frac{10 \cdot 4}{2} = 40$  (მ).

31. ბურთულას ასვლისა და ქვევით დაშვების დრო  $t = \sqrt{\frac{2h_0}{g}} = 2$  (წმ). სრული ფრენის დრო კი 4 წმ.  $v_{0y} = gt = 20$  (მ/წმ);  $v_{0x} = \frac{S}{2t} = 24$  (მ/წმ);  $v_y = v_{0y} - g \cdot 3 = 20 - 10 \cdot 3 = -10$  (მ/წმ). ნიშანი მინუსი იმის მაჩვენებელია რომ 3 წმ-ის შემდეგ ბურთულა ქვევით ეშვება., მისი სიჩქარის მოდული  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 26$  (მ/წმ).

32.  $g = G \frac{M}{R^2} = G \frac{\rho V}{R^2} = G \frac{\rho \frac{4}{3} \pi R^3}{R^2} = \frac{4}{3} G \rho \pi R = \frac{4}{3} 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 2500 \cdot 3,14 \cdot 5 \cdot 10^6 \approx 3,5$  (მ/წმ<sup>2</sup>).

33.  $g = G \frac{M}{R^2}$ ;  $\frac{g}{5} = G \frac{M}{(R+h)^2}$ ;  $5 = \frac{(R+h)^2}{R^2}$ ;  $R\sqrt{5} = R + h$ ;  $h = R(\sqrt{5} - 1) \approx 7910$  (კმ).

34.  $G \frac{Mm}{(R+h)^2} = ma_G$ ;  $a_G = G \frac{M}{(R+h)^2}$ ;  $g = G \frac{M}{R^2}$ ;  $\frac{g}{a} = \frac{(R+h)^2}{R^2} = 9$ ;  
 $R + h = 3R$ ;  $h = 2R = 12\ 800$  (კმ).

35.  $T = \frac{2\pi(R+h)}{v} = \frac{2\pi(R+h)}{\sqrt{\frac{GM}{R+h}}} = \frac{2\pi(R+h)^{3/2}}{R\sqrt{g}}$ ;  $24 \cdot 5 \cdot 3600 = \frac{2\pi(6,4 \cdot 10^6 + h)^{3/2}}{6,4 \cdot 10^6 \cdot \sqrt{10}}$ ;  $h \approx 120\ 000$  კმ.

36.  $S_2 = 10S_1$   $l_1 = 10l_2$   $k_1 = E \cdot \frac{S_1}{l_1}$   $k_2 = E \cdot \frac{S_2}{l_2}$   $\frac{k_2}{k_1} = \frac{S_2}{S_1} \cdot \frac{l_1}{l_2} = 100$   
 გაიზრდება 100 - ჯერ.

37.  $S_1 = 2S_2$   $l_2 = 2l_1$   $k_1 = E \cdot \frac{S_1}{l_1}$   $k_2 = E \cdot \frac{S_2}{l_2}$   $\frac{k_2}{k_1} = \frac{S_2}{S_1} \cdot \frac{l_1}{l_2} = \frac{1}{4}$   
 შემცირდება 4 - ჯერ.

38.  $kx = ma$   $x = \frac{ma}{k} = \frac{1600 \cdot 0,625}{100000} = 0,01$  (მ)

39. რა სიჩქარით უნდა მოძრაობდეს ავტომობილი ამოზნექილ ხიდზე, რომლის სიმრუდის რადიუსი 250 მ-ია, რომ მისი წონა ხიდის ზედა წერტილში გავლისას ნულს გაუტოლდეს?

<p>მოც. <math>r = 250</math> მ</p> <p style="text-align: center;"><math>g = 10</math> მ/წმ<sup>2</sup></p> <p style="text-align: center;"><math>P = 0</math></p> <hr style="border: 0.5px solid black;"/> <p style="text-align: center;"><math>v = ?</math></p>	<p style="text-align: center;"><math>P = m(g - a_G)</math></p> <p style="text-align: center;"><math>a_G = \frac{v^2}{r}</math></p> <p style="text-align: center;"><math>m \left( g - \frac{v^2}{r} \right) = 0</math></p> <p style="text-align: center;"><math>v = \sqrt{gr} = \sqrt{10 \text{ მ/წმ}^2 \cdot 250 \text{ მ}} = 50 \text{ მ/წმ}</math></p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

40. მკვეთრი დამუხრუჭების დაწყებიდან რა დროში გაჩერდება 25 მ/წმ სიჩქარით მოძრავი ავტომობილი, თუ სრიალის ხახუნის კოეფიციენტი ავტომობილის საბურავებსა და გზის საფარს შორის 0,5-ია? მიიჩნიეთ, რომ დამუხრუჭების შემდეგ გაჩერებამდე ავტომობილის ოთხივე ბორბალი სრიალებს ( $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>).

მოც.  $v_0 = 25$  მ/წმ

$$v = 0$$

$$g = 10 \text{ მ/წმ}^2$$

$$\mu = 0,5$$

---


$$t = ?$$

$$F_x = ma_x$$

$$F_x = -\mu mg$$

$$ma_x = -\mu mg$$

$$a_x = -\mu g$$

$$v_x = v_{0x} + a_x t$$

$$0 = v_0 - \mu g t$$

$$t = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{25 \text{ მ/წმ}}{0,5 \cdot 10 \text{ მ/წმ}^2} = 5 \text{ წმ}$$

41. 25 მ სიმალიდან ვარდნას იწყებს სხეული და დედამიწის ზედაპირს 2.5 წამში ეცემა. მიიჩნიეთ, რომ სხეულზე მოქმედი ჰაერის წინააღმდეგობის ძალა მუდმივი სიდიდეა და განსაზღვრეთ სიმძიმის ძალის რა ნაწილს შეადგენს იგი ( $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>).

მოც.  $t = 2,5$  წმ

$$g = 10 \text{ მ/წმ}^2$$

$$h = 25 \text{ მ}$$

---


$$\frac{F_f}{mg} = ?$$

$$h = \frac{at^2}{2}$$

$$a = \frac{2h}{t^2} = 8 \text{ მ/წმ}^2$$

$$\frac{F_f}{mg} = \frac{m(g - a)}{mg} = \frac{1}{5}$$

42. რა მინიმალური ძალა უნდა მოვდოთ ჰორიზონტისადმი 45<sup>0</sup>-იანი კუთხით დახრილ ფიცარზე მოთავსებულ 20 კგ მასის ყუთს, რომ იგი ფიცარზე თანაბრად ავასრიალოთ? ხახუნის კოეფიციენტი ფიცრის ზედაპირსა და ყუთს შორის 0,2-ია. მიიჩნიეთ, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>.

$$F - \mu N - mg \sin \alpha = 0$$

$$N = mg \cos \alpha$$

$$F - \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha = 0$$

$$F = mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \approx 170 \text{ ნ}$$

43. დახრილ სიბრტყეზე რომლის სიგრძე და სიმაღლე შესაბამისად 1 მ და 20 სმ-ია უძრავად დევს 5 კგ მასის ძელაკი. ძელაკი დინამომეტრით ჯერ ზევით თანაბრად აასრიალეს, შემდეგ კი ქვევით თანაბრად ჩამოასრიალეს. მიიჩნიეთ, რომ ყუთზე ორივე შემთხვევაში სიბრტყის პარალელური ძალით მოქმედებდნენ და განსაზღვრეთ დინამომეტრის ჩვენებათა სხვაობა ( $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>).

თანაბრად ასრიალებისას —  $F_1 = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha$

თანაბრად ჩამოსრიალებისას —  $F_2 = \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha$

$$F_1 - F_2 = 2 mg \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{h}{l}$$

$$F_1 - F_2 = 2 mg \frac{h}{l} = 2 \cdot 5 \text{ კგ} \cdot 10 \text{ მ/წმ}^2 \cdot \frac{0,2 \text{ მ}}{1 \text{ მ}} = 20 \text{ ნ}$$

44. ჰორიზონტისადმი  $45^\circ$ -იანი კუთხით დახრილ სიბრტყეზე დადებული ძელაკი უძრავად, რომ შევაკაოთ საკმარისია მასზე მოვდოთ სიბრტყის გასწვრივ ზევით მიმართული  $100 \text{ ნ}$  ძალა. იმავე ძელაკის ზევით თანაბრად ასასრიალებლად კი  $200 \text{ ნ}$  ძალაა საჭირო. განსაზღვრეთ ხახუნის კოეფიციენტი ძელაკსა და დახრილ სიბრტყეს შორის.

$$\text{უძრავად გასაჩერებლად — } F_1 = mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$\text{ზევით ასასრიალებლად — } F_2 = mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}{\sin \alpha - \mu \cos \alpha}$$

$$F_2 - F_1 = \mu(F_1 + F_2)$$

$$\mu = \frac{F_2 - F_1}{F_1 + F_2} = \frac{1}{3}$$

45. ჰორიზონტისადმი  $30^\circ$ -იანი კუთხით დახრილ სიბრტყეზე მოთავსებული  $10 \text{ კგ}$  მასის ტვირთზე გამოზმული მსუბუქი და უჭიმვადი თოკი გადადებულია ჭოჭონაქზე. თოკის მეორე ბოლოზე დაკიდებულია  $10 \text{ კგ}$  მასის მეორე ძელაკი. ხახუნის ძალები ჭოჭონაქის ღერძთან და დახრილ სიბრტყესთან არ გაითვალისწინოთ და განსაზღვრეთ სხეულების აჩქარება ( $g=10 \text{ მ/წმ}^2$ ).

$$\begin{cases} mg - T = ma \\ T - mgs \sin \alpha = ma \end{cases}$$

$$a = \frac{g(1 - \sin \alpha)}{2} = 2,5 \text{ მ/წმ}^2$$

46. ჰორიზონტისადმი  $30^\circ$ -იანი კუთხით დახრილი გლუვი სიბრტყის წვეროდან სრიალს იწყებს ძელაკი. იმავე სიმაღლიდან ვერტიკალური მიმართულებით ვარდნას იწყებს ბურთულა. შეადარეთ ერთმანეთს ბურთულისა და ძელაკის სიჩქარეები დახრილი სიბრტყის ფუძესთან ჩამოსვლისას ( $g=10 \text{ მ/წმ}^2$ ).

ვარდნილი სხეულისთვის —

$$h = \frac{v_1^2}{2g} \Rightarrow v_1 = \sqrt{2gh}$$

ჩამოსრიალებული სხეულისთვის —  $l = 2h$

$$a = g \sin \alpha = \frac{g}{2}$$

$$2h = \frac{v_2^2}{2a} = \frac{v_2^2}{g}$$

$$v_2 = \sqrt{2gh}$$

$$v_1 = v_2$$

47. ჰორიზონტისადმი  $30^\circ$ -იანი კუთხით დახრილი გლუვი სიბრტყის წვეროდან სრიალს იწყებს ძელაკი. იმავე სიმაღლიდან ვერტიკალური მიმართულებით ვარდნას იწყებს ბურთულა. განსაზღვრეთ ბურთულისა და ძელაკის სიბრტყის ფუძესთან ჩამოსვლის დროების შეფარდება ( $g=10 \text{ მ/წმ}^2$ ).

ვარდნილი სხეულისთვის —

$$h = \frac{gt_1^2}{2} \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

ჩამოსრიალებული სხეულისთვის —  $l = 2h$

$$a = g \sin \alpha = \frac{g}{2}$$

$$2h = \frac{at_2^2}{2}$$

$$2h = \frac{gt_2^2}{4} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{8h}{g}}$$

$$\frac{t_2}{t_1} = 2$$

48. უძრავ ჭოჭონაქზე გადადებულ უჭიმვად მსუბუქ თოკზე ჩამოკიდებულია ორი ტვირთი, რომელთა მასები  $m_1=20$  კგ და  $m_2=10$  კგ-ია. წინააღმდეგობის ძალები არ გაითვალისწინოთ და განსაზღვრეთ ძალა, რომლითაც ჭოჭონაქი მოქმედებს ჭერზე ( $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>).

I სხეულისთვის —  $m_1g - T = m_1a$

II სხეულისთვის —  $m_2g - T = -m_2a$

$$\begin{cases} m_1g - T = m_1a \\ m_2g - T = -m_2a \end{cases} \Rightarrow a(m_1 + m_2) = g(m_1 - m_2)$$

$$a = g \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} = 10 \text{ მ/წმ}^2 \frac{20\text{კგ} - 10\text{კგ}}{20\text{კგ} + 10\text{კგ}} = \frac{10}{3} \text{ მ/წმ}^2$$

$$m_1g - T = m_1a \Rightarrow T = m_1(g - a) = 20\text{კგ} \cdot \left(10 \text{ მ/წმ}^2 - \frac{10}{3} \text{ მ/წმ}^2\right) = \frac{400}{3} \text{ ნ}$$

$$F = 2T = \frac{800}{3}$$

49. უძრავ ჭოჭონაქზე გადადებულ საკმარისად გრძელ, უჭიმვად და მსუბუქ თოკზე ჩამოკიდებულია ორი ტვირთი, რომელთა მასები  $m_1=20$  კგ და  $m_2=10$  კგ-ია. თავდაპირველად ორივე ტვირთი უძრავია და ერთ სიმაღლეზე იმყოფება. წინააღმდეგობის ძალები არ გაითვალისწინოთ და განსაზღვრეთ ტვირთების გათავისუფლებიდან რა დროში დაშორდებიან ისინი ერთმანეთს 20 სმ-ით ( $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>)?

I სხეულისთვის —  $m_1g - T = m_1a$

II სხეულისთვის —  $m_2g - T = -m_2a$

$$\begin{cases} m_1g - T = m_1a \\ m_2g - T = -m_2a \end{cases} \Rightarrow a(m_1 + m_2) = g(m_1 - m_2)$$

$$a = g \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} = 10 \text{ მ/წმ}^2 \frac{20\text{კგ} - 10\text{კგ}}{20\text{კგ} + 10\text{კგ}} = \frac{10}{3} \text{ მ/წმ}^2$$

$$h_1 = h_2 = h = 0,1 \text{ მ}$$

$$h = \frac{at^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,1 \cdot 3}{10}} \text{ წმ} = \sqrt{0,06} \text{ წმ}$$

50. უძრავ ჭოჭონაქზე გადადებულ უჭიმვად და მსუბუქ თოკზე ჩამოკიდებულია ორი ტვირთი, რომელთა მასები  $m_1=10$  კგ და  $m_2=4,5$  კგ-ია.  $m_2$  მასის ტვირთზე დევს  $m_3 = 0,5$  კგ მასის მცირე ზომის საწონი. განსაზღვრეთ ძალა, რომლითაც საწონი აწვება ტვირთს მათი გათავისუფლების შემდეგ.

$$\begin{cases} m_1g - T = m_1a \\ T - m_2g - P = m_2a \\ P - m_3g = m_3a \end{cases} \Rightarrow a = \frac{m_1 - m_2 - m_3}{m_1 + m_2 + m_3} g$$

$$P = \left( m_3 + \frac{m_1 - m_2 - m_3}{m_1 + m_2 + m_3} \right) g = 10 \text{ ბ}$$

51. 21 ვაგონისაგან შემდგარი შემადგენლობა ჰორიზონტალურ ლიანდაგზე დაიდრა  $a$  აჩქარებით. განსაზღვრეთ რამდენჯერ აღემატება პირველ და მეორე ვაგონებს შორის გადაბმის დაჭიმულობის ძალა მეთერთმეტე და მეთორმეტე ვაგონებს შორის გადაბმის დაჭიმულობის ძალას. წინააღმდეგობის ძალები არ გაითვალისწინოთ.

$$F = 21ma \Rightarrow a = \frac{F}{21m}$$

$$T_1 = 20 ma = 20 m \frac{F}{21m} = \frac{20}{21} F$$

$$T_2 = 10 ma = 10m \frac{F}{21m} = \frac{10}{21} F$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{20}{21} \cdot \frac{21}{10} = 2$$

$$52. \begin{cases} 2h = \frac{a_2 t^2}{2} \\ h = \frac{a_1 t^2}{2} \end{cases} \Rightarrow \frac{a_2}{a_1} = 2$$

$$a_1 = a; a_2 = 2a$$

$$\begin{cases} 2T - mg = ma \\ mg - T = 2ma \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2T - mg = ma \\ 2mg - 2T = 4ma \end{cases} \Rightarrow 5ma = mg \Rightarrow a = 2 \text{ მ/წმ}^2$$

$$a_1 = 2 \text{ მ/წმ}^2; a_2 = 4 \text{ მ/წმ}^2.$$



## თავი III

### § 3.1. სხეულის იმპულსი

გაკვეთილის თემა	სხეულის იმპულსი
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• სხეულის მასის ნამრავლს მის სიჩქარეზე, სხეულის იმპულსი ეწოდება: <math>\vec{p} = m\vec{v}</math>;</li> <li>• სხეულის იმპულსს მისი სიჩქარის მიმართულება აქვს;</li> <li>• SI-ში სხეულის იმპულსის ერთეულია 1 კგ·მ/წმ.</li> <li>• ძალის ნამრავლს მისი მოქმედების დროზე, ძალის იმპულსი ეწოდება — <math>\vec{F}t</math>;</li> <li>• სხეულის იმპულსის ცვლილება სხეულზე მოქმედი ძალის იმპულსს ტოლია: <math>\vec{F}t = \vec{p} - \vec{p}_0</math>. ეს ფორმულა გამოსახავს ნიუტონის მეორე კანონს, ჩაწერილს იმპულსის გამოყენებით.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	მოსწავლე გაეცნობა ახალ ფიზიკურ სიდიდეს იმპულსს, იმპულსს, როგორც ვექტორულ სიდიდეს, იმპულსის ერთეულს.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	<p>ფიზ.საბ.7. მონაცემების გაანალიზება და არგუმენტირებული მსჯელობის საფუძველზე დასკვნების გამოტანა, ცვლადებს შორის დამოკიდებულების აღსაწერად დიაგრამებისა და გრაფიკების გამოყენება;</p> <p>ფიზ.საბ.6. თვისებრივი და რაოდენობრივი მონაცემების სხვადასხვა ფორმით (ცხრილებით, დიაგრამებით, გრაფიკებით და სხვ.) ჩაწერა და ორგანიზება; მონაცემების ორგანიზებისთვის ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენება;</p> <p>ფიზ.საბ.8. მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/კანონზომიერებების საჩვენებლად;</p>
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი-ლექცია, ინტერაქტიული გამოკითხვა, ინდივიდუალური მუშაობა.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	ძალა, აჩქარება, ძალის იმპულსი, სხეულის იმპულსი
წინარე ცოდნა	სხეულზე მოქმედი ძალა სხეულის სიჩქარის შეცვლის მიზეზია, ძალის ერთეული, ძალა ვექტორული სიდიდეა, ნიუტონის მეორე კანონი, აჩქრება.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> კითხვა-პასუხი. წინარე ცოდნის გასააქტიურებლად კითხვა-პასუხის გზით გავახსენოთ მოსწავლეებს რომ სხეულის სიჩქარის შეცვლის მიზეზი სხეულზე მოქმედი ძალაა, გავახსენოთ სხეულთა მოძრაობა გრავიტაციული, სიმძიმისა და დრეკადობის ძალების მოქმედებით</p> <p><b>მიზანი:</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება.</p> <p><b>აქტივობა 2:</b> მექანიკის ძირითადი ამოცანა .</p> <p>კარგი იქნება თუ გაიხსენებთ მოსწავლეებთან ერთად მექანიკის ძირითად ამოცანას. ზოგად შემთხვევაში ეს ძალიან რთული ამოცანაა და ჩვენ ის მხოლოდრამდენიმე კერძო შემთხვევაში ამოვხსენით. კერძოდ, მაშინ როდესაც:</p> <p>ა) სხეულზე ძალები არ მოქმედებს ან მოქმედ ძალთა ტოლქმედი ნულის ტოლია — სხეული უძრავია ან მოძრაობს თანაბრად;</p> <p>ბ) სხეულზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი ნულისაგან</p>

	<p>განსხვავებულია, მუდმივია და სხეული მოძრაობს თანაბარაჩქარებულად; გ)სხეულზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი ნულისაგან განსხვავებულია, მოდულით მუდმივია, მაგრამ ყოველთვის მიმართულია სხეულის მოძრაობის მართობულად — სხეული თანაბრად ბრუნავს წრეწირზე.</p> <p><b>აქტივობა 3:</b> მაგალითი.  მასწავლებელი განიხილავს ამოცანას :ხშირად სხეულზე მოქმედი ძალა იცვლება. ამ დროს რთულია სხეულის აჩქარების, სიჩქარის და კოორდინატის პოვნა. განვიხილოთ მაგალითი: ბურთი მიფრინავს და ეჯახება კედელს. დაჯახებამდე ბურთზე მხოლოდ სიმძიმის ძალა მოქმედებს და მისი მოძრაობა თანაბარაჩქარებულია. მაგრამკედელთან შეჯახების დაწყებისთანავე ბურთი იწყებს დეფორმირებას. დეფორმაცია თანდათან იზრდება, რის გამოც იზრდება ბურთში აღძრული დრეკადობის ძალაც. ამ ძალის ცვლილების კანონზომიერების დადგენა რთულია, ამიტომ ჩვენ ვერ დავადგენთ კედელთან ურთიერთქმედების განმავლობაში ბურთის აჩქარებასა და სიჩქარეს. მაგრამ, ხშირად, ჩვენ ბურთის აჩქარება, სიჩქარე და კოორდინატი დაჯახების პროცესში არც გვანტერესებს. ჩვენთვის უფრო საინტერესო კედლიდან ასხლეტის მომენტში ბურთის სიჩქარის ცოდნაა, ანუ სისტემის საწყისი მონაცემებით მისი საბოლოო მონაცემების განსაზღვრა.  ამ და სხვა მაგალითებზე დაყრდნობით მასწავლებელს შემოაქვს ძალის იმპულსის, სხეულის იმპულსის და იმპულსის ერთეულის ცნება. და წერს რა არის იმპულსი.</p> <p><b>აქტივობა 3. ამოცანათა ამოხსნა.</b> ახალი მასალის გაგების შემოწმება. ვარჯიში ამოცანათა ამოხსნაზე.  3.1 (7,8,9)</p> <p><b>მიზანი:</b> ახალი მასალის განმტკიცება. ფორმულების ადეკვატური გამოყენება.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> ერთად ამოვხსნათ ამოცანა მასწავლებელი ხმამაღლა ფიქრობს და ბავშვებსაც ასწავლის ფიქრს ამოცანის გადაწყვეტისას.</p> <p><b>აქტივობა 5.</b> გასასვლელი ბილეთი. ტესტი. ღია და დახურული შეკითხვა.</p> <p><b>მიზანი:</b> ფაქტობრივი ცოდნის შემოწმება.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო. GeoGebra classic
შეფასების კრიტერიუმები	დამოუკიდებელი მუშაობის დროს მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი ,ასევე შეიძლება მოვახდინოთ განმავითარებელი შეფასება.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §3.1 ამოცანები რუბრიკიდან „ამოხსენით ამოცანები“ 3.1
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე შეძლებს განსაზღვროს იმპულსი, ძალის იმპულსი, იმპულსის ერთეული. და გამოიყენოს ამოცანების ამოხსნისას.

**რეკომენდაცია** მოსწავლის წიგნში აღწერილი ცდის ჩასატარებლად. აიღეთ წვრილი რეზინის ზონარი. მისი ერთი ბოლო დაამაგრეთ შტატივის თათში, მეორე ბოლოზე კი თანდათან გაზარდეთ ჩამოკიდებული ტვირთის მასა, მის გაწყვეტამდე. დააფიქსირეთ აღნიშნული მასა. შემდეგ აიღეთ წვრილი ძაფი და მისი სისქის გაორმაგებით, გასამმაგებით, გაოთხმაგებით და ა.შ. შეარჩიეთ მისი ისეთი სისქე, რომელიც იმავე დატვირთვაზე გაწყდება. ამით თქვენ აირჩევთ ერთნაირი სიმტკიცის რეზინის ზონარსა და ძაფს. შემდეგ ცდა შერჩეული სისქის ძაფითა და რეზინის ზონრით ისევე ჩაატარეთ, როგორც მოსწავლის წიგნშია აღწერილი.

**საკონტროლო კითხვები:**

- რა შემთხვევაშია მოსახერხებელი მექანიკის ძირითადი ამოცანის ამოსახსნელად იმპულსის გამოყენება?  
**პასუხი:** როდესაც სხეულზე მოქმედი ძალა არის ცვლადი.
- შეიძლება თუ არა, მოძრავ ავტობუსს და მატარებელს, მოდულით ერთნაირი იმპულსი ჰქონდეთ?  
**პასუხი:** მოძრავ ავტობუსსა და მატარებელს, შეიძლება ქონდეთ ერთნაირი იმპულსი.
- რა არის ძალის იმპულსის განზომილება?  
**პასუხი:** ძალის იმპულსის ერთეულია ნიუტონი-წამი.
- ფარდობითია თუ არა იმპულსი? რატომ?  
**პასუხი:** რადგან სხეულის სიჩქარე ფარდობითია, ამიტომ იმპულსიც ფარდობითია.
- რატომა არის შეუძლებელი სხეულის იმპულსის მყისიერად შეცვლა?  
**პასუხი:** სხეულს აქვს ინერტულობის თვისება შეინარჩუნოს თავისი სიჩქარე.

**ამოცანების ამოხსნა:**

1. ერთი და იმავე სიმალიდან ვარდნას იწყებს ხიდან მოწყვეტილი ორი კაკალი. ერთი ეცემა ფხვიერ ნიადაგზე, მეორე - ქვაზე. რომელი კაკლის გატეხვაა მეტად მოსალოდნელი და რატომ?

**პასუხი:** ქვაზე დაცემული კაკლის გატეხვაა მეტად მოსალოდნელი.

2. განსაზღვრეთ 5 კგ მასის სხეულის იმპულსი, თუ მისი სიჩქარე 18 კმ/სთ-ია.

ამოხსნა:

$P = m \cdot v$	$P = 5 \text{ კგ} \cdot 5 \text{ მ/წმ}$
მოც.: კგ $v = 18 \text{ კმ/სთ} = 5 \text{ მ/წმ}$	

**პასუხი:** 25 კგმ/წმ.

3. 0,1 კგ მასის ნივთიერი წერტილი ბრუნავს წრეწირზე მოდულით 5 მ/წმ სიჩქარით. განსაზღვრეთ:

ა) ამ წერტილის იმპულსის ცვლილების მოდული წრეწირზე ბრუნვის პერიოდის განმავლობაში: 0

ბ) იმპულსის ცვლილების მოდული ბრუნვის პერიოდის ნახევრის განმავლობაში:  
1კგმ/წმ

გ) იმპულსის ცვლილების მოდული ბრუნვის პერიოდის მეოთხედში:  
 $\sqrt{2}$

4. ვერტიკალურად ვარდნილი რეზინის ბურთი იატაკზე 10 მ/წმ სიჩქარით დაეცა და მოდულით იმავე სიჩქარით, ვერტიკალურადვე აირეკლა. რისი ტოლია ბურთის იმპულსის ცვლილების მოდული?

**პასუხი:** სხეულის იმპულსის ცვლილებაა 20მ.

5. რისი ტოლი გახდება უსაწყისო სიჩქარით ვერტიკალურად ვარდნილი 200 გ მასის სხეულის იმპულსის მოდული 5 მ მანძილის გავლის შემდეგ? მიიჩნეთ, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>.

ამოხსნა:

? P	$P=mv = m\sqrt{2gh}=2კგმ/წმ$
მოც.: $m=200გ=0,2კგ$	
$S=5მ$	
$g=10$ მ/წმ <sup>2</sup>	

**პასუხი:** 2კგმ/წმ.

6. გლუვ ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მდებარე 20 კგ მასის სხეულზე მოქმედება დაიწყო 100 ნ-ის ტოლმა ძალამ. რისი ტოლი გახდება სხეულის სიჩქარე 5 წამის შემდეგ?

ამოხსნა:

? v	$Ft = mv \Rightarrow v = \frac{Ft}{m} = 1მ/წმ$
მოც.: $m=20კგ$	
$F=100ნ$	
$t=5წმ$	

**პასუხი:** 1მ/წმ.

7. გლუვ ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მოსრიალე სხეულზე მოქმედება დაიწყო მოძრაობის მიმართულების მქონე 60 ნ-ის ტოლმა ძალამ. შედეგად სხეულის სიჩქარის მოდული 0,5 წმ-ში 2 მ/წმ-დან 8 მ/წმ-მდე გაიზარდა. განსაზღვრეთ სხეულის მასა.

ამოხსნა:

? m	$Ft=mv_2 - mv_1 \Rightarrow m = \frac{Ft}{v_2-v_1} = 5კგ$
მოც.: $F=60ნ$	
$t=0,5წმ$	
$v_1 = 2მ/წმ$	
$v_2 = 8მ/წმ$	

**პასუხი:** 5კგ.

8. 500 გ მასის რეზინის ბურთი 10 მ/წმ ჰორიზონტალური სიჩქარით ეჯახება ვერტიკალურ კედელს და იმავე მოდულის სიჩქარით ჰორიზონტალურადვე ირეკლება. განსაზღვრეთ კედლის მხრიდან ბურთზე მოქმედი საშუალო ძალა, თუ ბურთის კედელთან შეჯახების ხანგრძლივობა წამის მეათედია.

ამოხსნა:

? F	$Ft = mv_2 - mv_1 = 2mv \Rightarrow F = \frac{2mv}{t} = 100\text{ ნ}$
მოც.: $m=500\text{ გ}=0,5\text{ კგ}$	
$v = 10\text{ მ/წმ}$	
$t=0,1\text{ წმ}$	

**პასუხი:** 100 ნ.

9. ჰორიზონტალურ იატაკზე უძრავად მდებარე სხეულზე მოქმედება დაიწყო ჰორიზონტალურმა 200 ნ-ის ტოლმა ძალამ, რომელმაც 5 წამის შემდეგ შეწყვიტა სხეულზე მოქმედება. განსაზღვრეთ, ამ მომენტიდან რა დროში გაჩერდება სხეული, თუ მასზე იატაკის მხრიდან მოქმედი სრიალის ხახუნის ძალის მოდული 80 ნ-ია.

ამოხსნა:

? F	$F_1 t_1 = F_2 t_2 \Rightarrow t_2 = \frac{F_1 t_1}{F_2} = 12,5\text{ წმ}$
მოც.: $F_1=200\text{ ნ}$	
$t_1=5\text{ წმ}$	
$F_2=80\text{ ნ}$	

**პასუხი:** 12,5 მ/წმ

10. ჰორიზონტალურ იატაკზე უძრავად მდებარე 20 კგ მასის სხეულზე მოქმედება დაიწყო ჰორიზონტალურმა 200 ნ-ის ტოლმა ძალამ. 6 წამის შემდეგ ძალის მიმართულება საპირისპიროთი შეცვალეს. განსაზღვრეთ, ამ მომენტიდან რა დროში გაჩერდება სხეული, თუ ხახუნის კოეფიციენტი მასსა და იატაკს შორის 0,2-ია. მიიჩნიეთ, რომ  $g=10\text{ მ/წმ}^2$ .

ამოხსნა:

? $t_2$	$F_1 t_1 = F_2 t_2 = \mu g m t_2 \Rightarrow t_2 = \frac{F_1 t_1}{\mu g m} = 25$
მოც.: $F_1=200\text{ ნ}$	
$t_1=5\text{ წმ}$	
$g=10\text{ მ/წმ}^2$	
$\mu = 0,2$	

**პასუხი:** 25 წმ.

### § 3.2 იმპულსის მუდმივობის კანონი. რეაქტიული მოძრაობა

გაკვეთილის თემა	იმპულსის მუდმივობის კანონი. რეაქტიული მოძრაობა
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ისეთ სხეულთა ჯგუფს, რომელთა მოძრაობა ერთმანეთთანაა დაკავშირებულია, მექანიკური სისტემა ეწოდება;</li> <li>• მექანიკური სისტემის იმპულსის ცვლილება სისტემაში შემავალ სხეულებზე მოქმედი გარე ძალების ტოლქმედის იმპულსის ტოლია;</li> <li>• მექანიკურ სისტემას, რომელზეც გარე ძალები არ მოქმედებს, ან მათი მოქმედება კომპენსირებულია, ჩაკეტილი სისტემა ეწოდება;</li> <li>• ჩაკეტილ სისტემაში შემავალ სხეულთა იმპულსების ჯამი მუდმივია ამ სხეულებს შორის ნებისმიერი ურთიერთქმედების დროს:  <math display="block">\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \dots + \vec{p}_n = \overline{const};</math> </li> <li>• სხეულთა დაჯახებას, რომლის შედეგად სხეულები ერთიანდებიან და იქცევიან როგორც ერთი სხეული, აბსოლუტურად არადრეკადი დაჯახება ეწოდება;</li> <li>• სხეულის მოძრაობას, რომელიც აღიმკვრება სხეულიდან მისი ნაწილის გარკვეული სიჩქარით გამოტყორცნის შედეგად, რეაქტიული მოძრაობა ეწოდება;</li> <li>• მოწყობილობას, რომელიც ქმნის რეაქტიულ ძალას, რეაქტიული ძრავა ეწოდება.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	მოსწავლე შეძლებს გაკვეთილის დასასრულს, იმპულსის ცნების გააზრებას, ძალის იმპულსის, სხეულის იმპულსის, იმპულსის ერთეულის და მის შემდგომ პრაქტიკაში გამოყენებას. ანალიზის უნარის განვითარება.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	<p>ფიზ.საბ.7. მონაცემების გაანალიზება და არგუმენტირებული მსჯელობის საფუძველზე დასკვნების გამოტანა, ცვლადებს შორის დამოკიდებულების აღსაწერად დიაგრამებისა და გრაფიკების გამოყენება;</p> <p>ფიზ.საბ.6. თვისებრივი და რაოდენობრივი მონაცემების სხვადასხვა ფორმით (ცხრილებით, დიაგრამებით, გრაფიკებით და სხვ.) ჩაწერა და ორგანიზება; მონაცემების ორგანიზებისთვის ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენება;</p> <p>ფიზ.საბ.8. მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/კანონზომიერებების საჩვენებლად;</p>
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	სწავლების კონსტრუქტივისტური მეთოდის გამოყენება, გონებრივი იერიში, ფრონტალური შეკითხვები, მინი-ლექცია, ინტერაქტიური გამოკითხვა, ინდივიდუალური მუშაობა.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	წრფივი თანაბარჩქარეული მოძრაობა, ნიუტონის მე-2 კანონი, ჩაკეტილი სისტემა, დრეკადი დეფორმაცია.
წინარე ცოდნა	წრფივი თანაბარჩქარეული მოძრაობა, აჩქარება, სიჩქარე, აჩქარებისა და სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკები. კოორდინატი, F ძალის ტოლქმედი, საშუალო მნიშვნელობა, ნულოვანი დონე, ჩაკეტილი სისტემა.

	დრეკადობის ძალა, მისი ბუნება. კოორდინატების სხვაობა. $X=X(t)$ გრაფიკი. პოტენციური ენერგია, კინეტიკური ენერგია, მექანიკური ენერგია.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> გონებრივი იერიში.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>რა შემთხვევაშია მოსახერხებელი მექანიკის ძირითადი ამოცანის ამოსახსნელად იმპულსის გამოყენება?</li> <li>შეიძლება თუ არა, მოძრავ ავტობუსს და მატარებელს, მოდულით ერთნაირი იმპულსი ჰქონდეთ?</li> <li>რა არის ძალის იმპულსის განზომილება?</li> <li>ფარდობითია თუ არა იმპულსი? რატომ?</li> <li>რატომ არის შეუძლებელი სხეულის იმპულსის მყისიერად შეცვლა?</li> </ul> <p><b>მიზანი:</b> ინტერესის გამოწვევა მოცემული თემის მიმართ.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> კითხვა-პასუხი. ინტერაქტიული სწავლების მეთოდის გამოყენების გზით ხდება წინარე ცოდნის გააქტიურება და ასახსნელი თემის, ცნების ფორმირება.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>იწვევს თუ არა მექანიკური სისტემის შიდა ძალები, მისი იმპულსის ცვლილებას?</li> <li>ნიშნავს თუ არა, იმპულსის მუდმივობის კანონი, სისტემის ცალკეული სხეულის იმპულსის მუდმივობას?</li> <li>რა პირობებში შეიძლება ჩაითვალოს რეალური მექანიკური სისტემა, სხეულთა ჩაკეტილ სისტემად?</li> <li>რაში მდგომარეობს რეაქტიული ძალის განსაკუთრებულობა?</li> <li>თოფის გასროლისას რატომ არის საჭირო კონდახის მხარზე მიბჯენა?</li> </ul> <p><b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის გაგება, გააზრება.</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> ამოცანათა ამოხსნა. სახელმძღვანელოს ამოცანის განხილვა §22-ის მე-7 ამოცანა.</p> <p><b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის განმტკიცება, თეორიული მასალის პრაქტიკაში გამოყენება. ანალიზის უნარის განვითარება.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> „3-2-1“ სტრატეგია. აღწერე: სამი საკითხი რაც გაიგე, 2-რაზეც მეტი გინდა იცოდე, 1-რაც ვერ გაიგე.</p> <p><b>მიზანი:</b> ანალიზის უნარისა და წიგნზე მუშაობის უნარის განვითარება.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> გასასვლელი ბილეთი. ტესტი, ღია და დახურული შეკითხვები</p> <p><b>მიზანი:</b> ცოდნის ხარისხის დადგენა.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო. GeoGebra classic
შეფასების კრიტერიუმები	დამოუკიდებელი მუშაობის დროს მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი, ასევე შეიძლება მოვახდინოთ განმავითარებელი შეფასება.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §3.2 ამოცანები რუბრიკიდან „ამოხსენით ამოცანები“ 1,2,3,4. საშინაო ცდა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე შეძლებს იმპულსის მუდმივობის კანონის გააზრებას და მის გამოყენებას პრაქტიკაში.

### საკონტროლო კითხვების პასუხები:

- იწვევს თუ არა მექანიკური სისტემის შიდა ძალები, მისი იმპულსის ცვლილებას?  
**პასუხი:** მექანიკური სისტემის შიდა ძალები, მისი იმპულსის ცვლილებას არ იწვევს.
- ნიშნავს თუ არა, იმპულსის მუდმივობის კანონი, სისტემის ცალკეული სხეულის იმპულსის მუდმივობას?  
**პასუხი:** იმპულსის მუდმივობის კანონის თანხმად, ჩაკეტილ სისტემაში შემავალი ცალკეული სხეულის იმპულსი შეიძლება შეიცვალოს, მაგრამ ამ სხეულების იმპულსების ჯამი უცვლელი დარჩება.
- რა პირობებში შეიძლება ჩაითვალოს რეალური მექანიკური სისტემა, სხეულთა ჩაკეტილ სისტემად?  
**პასუხი:** მექანიკურ სისტემას, რომელზეც გარე ძალები არ მოქმედებს, ან მათი მოქმედება კომპენსირებულია, ჩაკეტილი სისტემა ეწოდება.
- რაში მდგომარეობს რეაქტიული ძალის განსაკუთრებულობა?  
**პასუხი:** რეაქტიული ძალის განსაკუთრებული თვისება იმაში მდგომარეობს, რომ ის წარმოიქმნება სხეულის ნაწილების ურთიერთქმედების შედეგად, გარე სხეულებთან ურთიერთქმედების გარეშე.
- თოფის გასროლისას რატომ არის საჭირო კონდახის მხარზე მიბჯენა?  
**პასუხი:** თოფის გასროლისას საჭიროა კონდახის მხარზე მიბჯენა, რათა უკუცემის ძალით თავი არ დავიზიანოთ.

### ამოხსენით ამოცანები:

1. დედამიწისას მზარდი სიჩქარით უახლოვდება კომეტა. ახსენით, იცვლება თუ არა:  
ა) კომეტის იმპულსი;  
ბ) დედამიწისა და კომეტისაგან შემდგარი სისტემის იმპულსი.

**პასუხი:** ა) რადგან სიჩქარე მზარდია, იზრდება კომეტის იმპულსიც.  
ბ) რადგან სისტემა ჩაკეტილია, ჯამური იმპულსი არ იცვლება.

2. პლასტილინის უძრავ ბურთულას შეეჯახა და შეეწება ისეთივე მასის პლასტილინის მეორე ბურთულა. განსაზღვრეთ მათი ერთობლივი მოძრაობის სიჩქარე თუ შეწებებამდე მერე ბურთულის სიჩქარე 10 მ/წმ იყო.

$$\frac{U=?}{\text{მოც.: } V=10 \text{ მ/წმ}} \quad \left| \quad mV = 2mU \Rightarrow U = \frac{V}{2} = 5 \text{ მ/წმ} \right.$$



3. 20 გ მასის პლასტილინის ბურთულა მოძრაობს 30 მ/წმ სიჩქარით. იგი ეჯახება და ეწეება 10 გ მასის უძრავ პლასტილინის ბურთულას. რისი ტოლი გახდება მათი ერთობლივი მოძრაობის სიჩქარე დაჯახების შემდეგ?

$U=?$ $m_1 = 20\text{გრ}$ $= 0,02\text{კგ}$ $v = 30\text{მ/წმ}$ $m_2 = 10\text{გრ}$ $= 0,01\text{კგ}$	$m_1 v = (m_1 + m_2)U$ $U = \frac{m_1}{m_1 + m_2} v = \frac{0,02}{0,03} v = \frac{2}{3} * 30 = 20\text{მ/წმ}$
-------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4. ერთი წრფის გასწვრივ, ერთი მიმართულებით მოძრაობს ორი აბსოლუტურად არადრეკადი ბურთულა. პირველის მასა და სიჩქარე შესაბამისად:  $m_1=100\text{ გ}$  და  $v_1=20\text{ მ/წმ}$  - ხოლო მეორის:  $m_2=200\text{ გ}$  და  $v_2=5\text{ მ/წმ}$ -ია. განსაზღვრეთ მათი ერთობლივი მოძრაობის სიჩქარე დაჯახების შემდეგ.

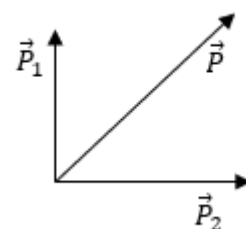
$U=?$ $m_1 = 100\text{გრ}$ $= 0,1\text{კგ}$ $v_1 = 20\text{მ/წმ}$ $m_2 = 200\text{გრ}$ $= 0,2\text{კგ}$ $v_2 = 5\text{მ/წმ}$	$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2)U$ $\frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} = U = \frac{0,1 * 20 + 0,2 * 5}{0,3} = \frac{3}{0,3} = 10\text{მ/წმ}$
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5. ერთი წრფის გასწვრივ, შემხვედრი მიმართულებით მოძრაობს ორი აბსოლუტურად არადრეკადი ბურთულა. პირველის მასა და სიჩქარე შესაბამისად:  $m_1=300\text{ გ}$  და  $v_1=20\text{ მ/წმ}$ , ხოლო მეორის:  $m_2=200\text{ გ}$  და  $v_2=15\text{ მ/წმ}$ -ია. განსაზღვრეთ მათი ერთობლივი მოძრაობის სიჩქარე დაჯახების შემდეგ.

$U=?$ $m_1 = 300\text{გრ}$ $v_1 = 20\text{მ/წმ}$ $m_2 = 200\text{გრ}$ $v_2 = 5\text{მ/წმ}$	$m_1 v_1 - m_2 v_2 = (m_1 + m_2)U$ $U = \frac{m_1 v_1 - m_2 v_2}{m_1 + m_2} = \frac{0,3 * 20 - 0,2 * 5}{0,5} = \frac{5}{0,5} = 10\text{მ/წმ}$
--------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

6. ურთიერთმართობული მიმართულებით მოძრაობს ორი პლასტილინის ბურთულა, რომელთა მასები 20 გ და 30 გ-ია, ეწეება ერთმანეთს და მოძრაობას აგრძელებს 2 მ/წმ სიჩქარით. რისი ტოლი იყო 30 გ მასის ბურთულის სიჩქარის მოდული დაჯახებამდე, თუ ამ დროს 20 გ მასის ბურთულის სიჩქარის მოდული 3 მ/წმ იყო?

$V_1=?$ $m_1 = 20\text{გრ}$ $U = 2\text{მ/წმ}$ $m_2 = 30\text{გრ}$ $V_2 = 3\text{მ/წმ}$	$\vec{P} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2$ $(m_1 + m_2)^2 U^2 = m_1^2 V_1^2 + m_2^2 V_2^2$ $\frac{(m_1 + m_2)^2 U^2 - m_2^2 V_2^2}{m_1^2} = V_1^2$
-----------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

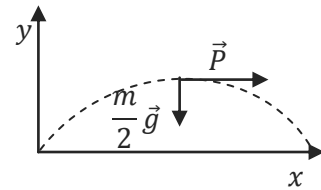


7. ვერტიკალურად ასროლილი ჭურვი მაქსიმალურ სიმაღლეზე ასვლისას გასკდა ორ თანაბარ ნაწილად, რომელთაგან ერთმა მოძრაობა დაიწყო ვერტიკალურად ქვევით მიმართული 20 მ/წმ სიჩქარით. მოდულით რა სიჩქარით და რა მიმართულებით დაიწყებდა მოძრაობას მეორე ნაწილი?

**პასუხი:** რადგან ჭურვი გასკდა მაქსიმალურ სიმაღლეზე. მისი იმპულსი 0-ის ტოლია. შესაბამისად, გამსკდარი ჭურვის ჯამური იმპულსიც 0-ის ტოლია. მეორე ნატეხი წავა პირველის საპირისპირო მიმართულებით, მოდულით იგივე სიჩქარით.

8. ჰორიზონტისადმი  $60^\circ$ -იანი კუთხით 20 მ/წმ საწყისი სიჩქარით გასროლილი ჭურვი მაქსიმალურ სიმაღლეზე ასვლისას გასკდა ორ თანაბარ ნაწილად, რომელთაგან ერთმა მოძრაობა დაიწყო უსაწყისო სიჩქარით, ვერტიკალურად ქვევით. რა სიჩქარით და რა მიმართულებით გააგრძელებს მოძრაობას ჭურვის გასკდომის შემდეგ მისი მეორე ნაწილი? ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ.

$\frac{U=?}{\alpha = 60^\circ}$	$mV \cos \alpha = \frac{m}{2}U + \frac{m}{2}0$
$V = 20 \text{ მ/წმ}$	$\frac{1}{2}mV = \frac{1}{2}mU \Rightarrow U = V = 20 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}}$



ნატეხი გააგრძელებს სვლას  $\vec{P}$  მიმართულებით.

9. ჰორიზონტისადმი მახვილი კუთხით გასროლილი ჭურვი მაქსიმალურ სიმაღლეზე ასვლისას გასკდა ორ თანაბარ ნაწილად, რომელთაგან ერთმა მოძრაობა დაიწყო უსაწყისო სიჩქარით, ვერტიკალურად ქვევით. ჭურვი რომ არ გამსკდარიყო მისი ფრენის სიშორე იქნებოდა L. გასროლის წერტილიდან რა მანძილზე დაეცემა ჭურვის თითოეული ნაწილი? ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ.

**პასუხი:** რადგან პირველმა ნატეხმა ვარდნა მაქსიმალური სიმაღლიდან დაიწყო, შუა ფრენისას ის დაეცემა გასროლის წერტილიდან  $\frac{L}{2}$  მანძილზე, ხოლო რადგან მეორე ნატეხმა სიჩქარე გააორმაგა, ის კიდევ L მანძილზე იფრენს და დაეცემა  $\frac{3}{2}L$  მანძილზე.

10. ტბაში უძრავად იმყოფება 200 კგ მასის ნავი, რომელზეც დგას 50 კგ მასის მეთევზე. რა სიჩქარით ამოძრავდება ნავი დედამიწის მიმართ, თუ მეთევზე ნავზე, მის მიმართ 1 მ/წმ სიჩქარით ამოძრავდება? წყლის მხრიდან ნავზე მოქმედი წინააღმდეგობის ძალას ნუ გაითვალისწინებთ.

$\frac{U=?}{m = 50 \text{ კგ}}$	$\text{რადგან სისტემა ჩაკეტილი: } mV = MU \quad U = \frac{m}{M}V = 0.2 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}}$
$M = 200 \text{ კგ}$	
$V = 1 \text{ კგ}$	

### § 3.3. მექანიკური მუშაობა. სიმძლავრე.

გაკვეთილის თემა	მექანიკური მუშაობა. სიმძლავრე
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• თუ სხეულზე მოქმედებს მუდმივი F ძალა და სხეული ძალის მოქმედების მიმართულებით S ით გადაადგილდება, ამ დროს სრულდება მექ. მუშაობა რომელიც ძალისა და გადაადგილების მოდულთა ნამრავლის ტოლია, ძალისა და გადაადგილების ვექტორებს შორის კუთხის კოსინუსზე;</li> <li>• თანაბარჩქარეული მოძრაობისას შესრულებული გადაადგილების გეგმილი;</li> <li>• როდესაც თანაბარჩქარეული მოძრაობის სიჩქარის მოდული ზრდადია, მაშინ გადაადგილების მოდული ტოლია: <math>s = \frac{v_0+v}{2} t</math>; <math>s = v_0 t + \frac{at^2}{2}</math> <math>s = \frac{v^2-v_0^2}{2a}</math> ;</li> <li>• როდესაც თანაბარჩქარეული მოძრაობის სიჩქარის მოდული კლებადია, მაშინ გადაადგილების მოდული ტოლია: <math>s = \frac{v_0+v}{2} t</math>; <math>s = v_0 t - \frac{at^2}{2}</math>; <math>s = \frac{v_0^2-v^2}{2a}</math></li> <li>• სიმძლავრე დროის ერთეულში შესრულებული მუშაობის ტოლია.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	მოსწავლეს შეუძლია განსაზღვროს მექანიკური მუშაობა, ასევე სიმძლავრე. მუშაობისა და სიმძლავრის ფორმულების ადეკვატური გამოყენება ამოცანათა ამოხსნისას.
ესგ-შედგვი, ინდიკატორები	<p>ფიზ.საბ.7. მონაცემების გაანალიზება და არგუმენტირებული მსჯელობის საფუძველზე დასკვნების გამოტანა, ცვლადებს შორის დამოკიდებულების აღსაწერად დიაგრამებისა და გრაფიკების გამოყენება;</p> <p>ფიზ.საბ.6. თვისებრივი და რაოდენობრივი მონაცემების სხვადასხვა ფორმით (ცხრილებით, დიაგრამებით, გრაფიკებით და სხვ.) ჩაწერა და ორგანიზება; მონაცემების ორგანიზებისთვის ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენება;</p> <p>ფიზ.საბ.8. მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/ კანონზომიერებების საჩვენებლად;</p>
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი-ლექცია, ინტერაქტიული გამოკითხვა, ინდივიდუალური მუშაობა.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	F ძალის ტოლქმედი, ძალის მდგენელები, კუთხის კოსინუსი გადაადგილების დროზე დამოკიდებულების განტოლება, გავლილი მანძილი, სიჩქარე, სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების განტოლება, მუშაობის სისწრაფე დროის ერთეულში.
წინარე ცოდნა	სკალარული სიდიდე, ვექტორული სიდიდე, წრფივი თანაბარი მოძრაობა, გადაადგილება, გავლილი მანძილი, აჩქარება, სიჩქარე, SI ერთეულთა სისტემა.
აქტივობები/დრო/ ორგანიზების ფორმები	<b>აქტივობა 1.</b> კითხვა-პასუხი. წინარე ცოდნის გასააქტიურებლად კითხვა-პასუხის გზით გავახსენოთ მოსწავლეებს მუშაობის ცნების ფიზიკური შინაარსი, როდის არ სრულდება მექ. მუშაობა, როდის არის დადებითი, როდის უარყოფითი. გავახსენოთ ძალის ცნება, ტოლქმედი ძალა და მისი მიმართულება. სიმძლავრის ფიზიკური აზრი.

	<p><b>მიზანი:</b> წინარე ცოდნის გააქტიურება.</p> <p><b>აქტივობა 2: ცდა</b> .კარგი იქნება თუ მოსწავლეებთან ერთად განიხილავთ პარაგრაფში მოცემულ მაგალითს და დინამომეტრის,ხის ძელაკისა და სახაზავის დახმარებით მოსწავლეები შეიმუშავენ კითხვებს, დაგეგმვენ ცდას და გამოთვლიან F მუდმივი ძალის მიერ შესრულებულ მუშაობას.წამზომის დახმარებით კი განსაზღვრავენ მუშაობის სისწრაფეს. ბოლოს კი გააკეთებენ სათანადო დასკვნებს</p> <p><b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის გაგება, გააზრება.</p> <p><b>აქტივობა 3. ამოცანათა ამოხსნა.</b> ახალი მასალის გაგების შემოწმება.</p> <p>ვარჯიში ამოცანათა ამოხსნაზე.</p> <p>3.3:</p> <p><b>მიზანი:</b> ახალი მასალის განმტკიცება. ფორმულების ადეკვატური გამოყენება.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> ვენის დიაგრამა.</p> <p>შევადართ: მექანიკური მუშაობა და სიმძლავრე. მიზანი: ანალიზის უნარის განვითარება.</p> <p><b>აქტივობა4.</b> გასასვლელი ბილეთი.</p> <p>ტესტი. ღია და დახურული შეკითხვა.</p> <p><b>მიზანი:</b> ფაქტობრივი ცოდნის შემოწმება.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო. ხის ძელაკი,დინამომეტრი, სახაზავი, წამზომი. GeoGebra classic
შეფასების კრიტერიუმები	დამოუკიდებელი მუშაობის დროს მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი ,ასევე შეიძლება მოვახდინოთ განმავითარებელი შეფასება.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან § ამოცანები რუბრიკიდან „ამოხსენით ამოცანები“ 3.3. 1,2,6,7
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე შეძლებს მუშაობის და სიმძლავრის ცნებების გააზრებას და ფორმულების გამოყენებას პრაქტიკული ამოცანების ამოხსნისას, ასევე მოძრაობის დროს მექანიკის ძირითადი ამოცანის გადაწყვეტას.

### საკონტროლო კითხვების პასუხები:

- რომელი ძალა ასრულებს ყოველთვის უარყოფით მუშაობას?

**პასუხი:** ხახუნის ძალა

- რა შემთხვევაში არ ასრულებს სიმძიმის ძალა მუშაობას?

**პასუხი:** სიმძიმის ძალა მუშაობას არ ასრულებს ჰორიზონტალურ ზედაპირსა და შერეულ ტრაექტორიაზე.

- ზამზარის გაჭიმვისას რა ნიშანი აქვს დრეკადობის ძალის მუშაობას?

**პასუხი:** ზამზარის გაჭიმვისას დრეკადობის ძალის მუშაობას აქვს უარყოფითი ნიშანი.

- რას გვიჩვენებს სიმძლავრის რიცხვითი მნიშვნელობა?

**პასუხი:** დროის ერთეულში შესრულებულ მუშაობას.

- რატომ ამცირებს ველოსიპედისტი სიჩქარეს, კბილანური გადაცემით აღმართზე ასვლისას?

**პასუხი:** ველოსიპედისტი კბილანური გადაცემით აღმართზე ასვლისას სიჩქარეს ამცირებს, რადგან იზრდება გამწევი ძალა.

**ამოხსენით ამოცანები:**

1. ჰორიზონტალურ თოვლიან ბილიკზე ბიჭი მიასრიალებს ციგას მასზე გამობმული თოკით ისე, რომ თოკი ჰორიზონტთან  $\alpha=30^\circ$ -იან კუთხეს ადგენს. განსაზღვრეთ ციგის 20 მ მანძილზე გასრიალებისას ბიჭის მიერ შესრულებული მუშაობა, თუ ციგაზე გამობმული თოკის დაჭიმულობის ძალის მოდული 50 ნ-ია.

$\frac{A=?}{F = 50\text{ნ}}$ $S = 20\text{მ}$ $\alpha = 30^\circ$	$A = FScos\alpha = 50 * 20 * \frac{\sqrt{3}}{2} = 500\sqrt{3}\text{ჯ}$
-------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------

2. ჰორიზონტალურ თოვლიან ბილიკზე ბიჭი თანაბრად მიასრიალებს ციგას მასზე გამობმული თოკით ისე, რომ თოკი ჰორიზონტთან  $\alpha=30^\circ$ -იან კუთხეს ადგენს ციგაზე გამობმული თოკის დაჭიმულობის ძალა 100 ნ-ია. განსაზღვრეთ:

ა) ციგაზე მოქმედი ხახუნის ძალა;

ბ) ციგაზე მოქმედი ხახუნის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა ციგის 50 მ მანძილზე გასრიალებისას.

$\frac{A=?}{T = 100\text{ნ}}$ $\alpha = 30^\circ$	<p>ა) რადგან ციგა თანაბრად მოძრაობს <math>F_b = Tcos\alpha = 50\sqrt{3}</math></p> <p>ბ) <math>S=50\text{მ}</math></p> <p>რადგან ხახუნის ძალა გადაადგილების საპირისპიროდაა მიმართული</p> $A = -F_b S = -50\sqrt{3} * 50 = -2500\sqrt{3}\text{ჯ}$
---------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3. 10 მ სიგრძისა და  $30^\circ$ -იანი კუთხით დახრილი სიბრტყის უმაღლესი წერტილიდან სიბრტყის ფუძემდე ჩამოსრიალდა 5 კგ მასის ძელაკი. განსაზღვრეთ ძელაკზე მოქმედი სიმძიმის ძალის მუშაობა ( $g=10\text{ მ/წმ}^2$ ).

$\frac{A=?}{m = 5\text{კგ}}$ $l = 10\text{მ}$ $\alpha = 30^\circ$	$A = mgh = mg(l\sin\alpha) = mgl\sin30^\circ = 5 * 10 * 10 * \frac{1}{2} = 250\text{ჯ}$
-------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------

4.  $\alpha=60^\circ$ -იანი კუთხით დახრილი სიბრტყის ქვედა წერტილიდან სიბრტყის წვერომდე აასრიალეს ძელაკი მასზე მოდებული ჰორიზონტალური 100 ნ ძალით. განსაზღვრეთ ამ ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა, თუ სიბრტყის სიგრძე 5 მ-ია.

$\frac{A=?}{F = 100\text{ნ}}$ $l = 5\text{მ}$ $\alpha = 60^\circ$	$A = Flcos\alpha = 100 * 5 * \frac{1}{2} = 250\text{ჯ}$
-------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------

5.  $\alpha=30^\circ$ -იანი კუთხით დახრილი სიბრტყის ქვედა წერტილიდან სიბრტყის წვერომდე ასრიალეს 10კგ მასის ძელაკი მასზე მოდებული ჰორიზონტალური ძალით. განსაზღვრეთ ძელაკზე მოქმედი სიმძიმის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა, თუ სიბრტყის სიგრძე 5 მ-ია.

$A=?$	$A = -mgh \sin \alpha$
$m = 10 \text{ კგ}$	$A = -mgl \sin \alpha = -10 * 10 * 5 * \frac{1}{2} = -250 \text{ ჯ}$
$l = 5 \text{ მ}$	
$\alpha = 30^\circ$	

6. მამა გოგონას ასეირნებს ჰორიზონტალურ ბილიკზე სათამაშო ავტომობილით, რომელსაც ჰორიზონტისადმი  $60^\circ$ -იანი კუთხით მიმართული 100 ნ ძალით აწვება. განსაზღვრეთ მამის მიერ შესრულებული მუშაობა გოგონას 200 მ მანძილზე გასეირნებისას.

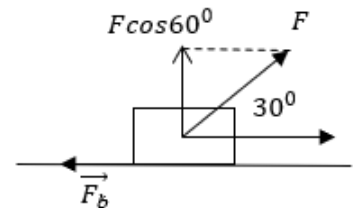
$A=?$	$A = Fl \cos \alpha = 100 * 200 * \frac{1}{2} = 10 \text{ კჯ}$
$F = 100 \text{ ნ}$	
$l = 200 \text{ მ}$	
$\alpha = 60^\circ$	

7. ორი მუშა მიასრიალებს ყუთს. ერთი მას აწვება ჰორიზონტალური მიმართულებით 100 ნ ძალით, მეორე კი - ჰორიზონტისადმი  $30^\circ$ -იანი კუთხით მიმართული 160 ნ ძალით. განსაზღვრეთ თითოეული მუშის მიერ შესრულებული მუშაობა ყუთის 30 მ მანძილზე გასრიალებისას.

$A_1, A_2 = ?$	$A_1 = F_1 l = 3000 \text{ ჯ}$
$F_1 = 100 \text{ ნ}$	$A_2 = F_2 l \cos \alpha = 4800 * \frac{\sqrt{3}}{2} = 2400\sqrt{3}$
$l = 30 \text{ მ}$	
$F_2 = 160 \text{ ნ}$	
$\alpha = 30^\circ$	

8. ორი მუშა მიასრიალებს 48 კგ მასის ყუთს. ერთი მას აწვება ჰორიზონტალური მიმართულებით, მეორე კი - ჰორიზონტისადმი  $30^\circ$ -იანი კუთხით მიმართული 160 ნ ძალით. განსაზღვრეთ ყუთზე მოქმედი ხახუნის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა ყუთის 30 მ მანძილზე გასრიალებისას, თუ ხახუნის კოეფიციენტი ყუთსა და იატაკის ზედაპირს შორის 0,4-ია ( $g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$ ).

$A = ?$	$F_b = \mu N \quad N = mg - F \cos 60^\circ$
$m = 48 \text{ კგ}$	$F_b = (mg - F \cos 60^\circ) \mu$
$F = 160 \text{ ნ}$	
$l = 30 \text{ მ}$	$A = -\mu (mg - F \cos 60^\circ) l = -4800 \text{ ჯ}$
$\mu = 0,4$	
$\alpha = 30^\circ$	



9. განსაზღვრეთ 1000 ნ/მ სიხისტის ერთი ბოლოთი მიმაგრებულ ზამბარაში აღძრული დრეკადობის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა, თუ მის მეორე ბოლოზე მოდებული ძალით ზამბარის წაგრძელება 5 სმ-დან 20 სმ-მდე გაიზარდა.

$A = ?$	$A = -k(x_2 - x_1) = k(x_1 - x_2) = -1000 * 0.15 = -150 \text{ ჯ}$
$x_1 = 5 \text{ სმ}$	
$x_2 = 20 \text{ სმ}$	
$k = 1000 \text{ ნ/მ}$	

10. კატერი მოძრაობს ტბაში 25 მ/წმ მუდმივი სიჩქარით. განსაზღვრეთ მისი ძრავას სიმძლავრე ცხენის ძალებში, თუ კატერზე მოქმედი წყლის წინააღმდეგობის ძალა 2 კნ-ია.

$N = ?$ $V = 25 \text{ მ/წმ}$ $F = 2000 \text{ ნ}$	$N = FV = 50 \text{ კვტ}$
----------------------------------------------------	---------------------------

### 3.4. თეორემა კინეტიკური ენერჯის შესახებ

გაკვეთილის თემა	თეორემა კინეტიკური ენერჯის შესახებ.
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• მექანიკური მუშაობის ფორმულა თანაბარჩქარებული მოძრაობის დროს <math>A = F \cdot \cos \alpha</math>;</li> <li>• ნიუტონის II კანონი: <math>a = F/m</math></li> <li>• თანაბარჩქარებული მოძრაობისას შესრულებული გადაადგილების გეგმილი, შემდეგი ფორმულით გამოითვლება: <math>s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}</math>;</li> <li>• როდესაც თანაბარჩქარებული მოძრაობის სიჩქარის მოდული ზრდადია, მაშინ გადაადგილების მოდული ტოლია: <math>s = \frac{v_0 + v}{2} t</math>; <math>s = v_0 t + \frac{at^2}{2}</math>; <math>s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}</math>;</li> <li>• როდესაც თანაბარჩქარებული მოძრაობის სიჩქარის მოდული კლებადია, მაშინ გადაადგილების მოდული ტოლია: <math>s = \frac{v_0 + v}{2} t</math>; <math>s = v_0 t - \frac{at^2}{2}</math>; <math>s = \frac{v_0^2 - v^2}{2a}</math>;</li> <li>• თანაბარჩქარებული მოძრაობისას სხეულის კოორდინატის დროზე დამოკიდებულებას შემდეგი სახე აქვს:  <math display="block">x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}</math>;</li> <li>• თანაბარჩქარებული მოძრაობისას, საშუალო სიჩქარე საწყისი და საბოლოო სიჩქარეების საშუალო არითმეტიკულის ტოლია:  <math display="block">v_{საშ} = \frac{v_{0x} + v_x}{2}</math></li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	წრფივი თანაბარჩქარებული მოძრაობის დროს მოსწავლემ შეძლოს გამოთვალოს სხეულზე მოქმედი ტოლქმედი ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა და დააკავშიროს იგი კინეტიკური ენერჯის ცვლილებას, შეადგინოს სათანადო განტოლება.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საბ.7. მონაცემების გაანალიზება და არგუმენტირებული მსჯელობის საფუძველზე დასკვნების გამოტანა, ცვლადებს შორის დამოკიდებულების აღსაწერად დიაგრამებისა და გრაფიკების გამოყენება; ფიზ.საბ.6. თვისებრივი და რაოდენობრივი მონაცემების სხვადასხვა ფორმით (ცხრილებით, დიაგრამებით, გრაფიკებით და სხვ.) ჩაწერა და ორგანიზება; მონაცემების ორგანიზებისთვის ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენება; ფიზ.საბ.8. მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/კანონზომიერებების საჩვენებლად;
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	სწავლების კონსტრუქტივისტული მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი-ლექცია, ინტერაქტიული გამოკითხვა, ინდივიდუალური მუშაობა.

გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობა, ტოლქმედი ძალა, გავლილი მანძილის დროზე დამოკიდებულების განტოლება, გადაადგილების გამოსათვლელი ფორმულა როცა ამოცანაში დრო არ გვაქვს მითითებული, ნიუტონის მეორე კანონი, ენერჯის ცვლილება, კინეტიკური ენერჯის ცვლილების დამოკიდებულება, მექანიკური მუშაობის სიდიდეზე ვექტორი, გეგმილი.
წინარე ცოდნა	წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობა, აჩქარება, სიჩქარე, ტოლქმედი ძალა, ნიუტონის მეორე კანონი, აჩქარებისა და სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკები. ჩაკეტილი სისტემა
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> გონებრივი იერიში. ინტერესის გამოწვევა ახალი მასალის ახსნის პროცესში.</p> <p>ბილიარდის ბურთულას მაგალითის განხილვა. კითხვა: შეასრულა თუ არა მუშაობა ბილიარდის ბურთულამ?</p> <p><b>მიზანი:</b> მოსწავლეთა მოტივაცია</p> <p><b>აქტივობა 2. კითხვა-პასუხი.</b> წინარე ცოდნის გასააქტიურებლად, კითხვა-პასუხის გზით, სასურველია გავახსენოთ მოსწავლეებს ნიუტონის II კანონი, გადაადგილება თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას, როცა ამოცანაში დრო არ ვიცით.</p> <p>მოსწავლეებთან ერთად განიხილოთ პარაგრაფში მოცემულ მაგალითი, მათთან ერთად დასვამთ კითხვებს და გააკეთებთ დასკვნებს.</p> <p><b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის გაგება, გააზრება.</p> <p><b>აქტივობა 3. ცხრილის ანალიზი.</b> ახალი მასალის გაგების შემოწმება.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. თუ სხეულზე მოქმედი ძალის ტოლქმედი, გადაადგილების თანამიმართულია, დადებითია თუ უარყოფითი შესრულებული მუშაობა?</li> <li>2. როგორია ამ დროს კინეტიკური ენერჯის ცვლილება?</li> <li>3. იზრდება თუ მცირდება კინეტიკური ენერჯია? მოსწავლეები თავად მოიფიქრებენ შეკითხვებს.</li> </ol> <p><b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის გაგება.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> ამოცანათა ამოხსნა: ნასწავლი მასალის გამოყენება პრაქტიკული ამოცანების ამოხსნისას. ფორმულების ადეკვატურად გამოყენება.</p> <p><b>აქტივობა 5.</b> გასასვლელი ბილეთი.</p> <p><b>ტესტი.</b> ღია და დახურული შეკითხვები</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო. GeoGebra classic
შეფასების კრიტერიუმები	დამოუკიდებელი მუშაობის დროს მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი „ასევე შეიძლება მოვახდინოთ განმავითარებელი შეფასება.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §3.3 ამოცანები რუბრიკიდან „ამოხსენით ამოცანები“ 6,7,8,9,10
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე შეძლებს სხეულზე მოქმედი ტოლქმედი ძალის მიერ, შესრულებული მუშაობის დაკავშირებას კინეტიკური ენერჯის ცვლილებასთან.



### საკონტროლო კითხვების პასუხები:

- რამდენჯერ გაიზრდება სხეულის კინეტიკური ენერგია სიჩქარის 3-ჯერ გაზრდისას?  
**პასუხი:** სხეულის კინეტიკური ენერგია, სიჩქარის 3-ჯერ გაზრდისას, გაიზრდება -9 ჯერ.
- რატომა მართებული თეორემა კინეტიკური ენერგიის შესახებ, ნებისმიერი ბუნების ძალისათვის?

**პასუხი:** სხეულზე მოქმედი ძალების ტოლქმედის მიერ შესრულებული მუშაობა, სხეულის კინეტიკური ენერგიის ცვლილების ტოლია. ამ დებულებას, ეწოდება თეორემა კინეტიკური ენერგიის შესახებ. რადგან ეს თეორემა ნიუტონის მეორე კანონის გამოყენებით მივიღეთ, ამიტომ იგი მართებულია ნებისმიერი ბუნების ძალისათვის.

- როგორ შეიცვლება მოძრავი სხეულის კინეტიკური ენერგია, თუ მასზე მხოლოდ სრიალის ხახუნის ძალა მოქმედებს? რატომ?  
**პასუხი:** თუ მოძრავ სხეულზე მხოლოდ სრიალის ხახუნის ძალა მოქმედებს, ამ სხეულზე მოქმედი კინეტიკური ენერგია შემცირდება, რადგან ხახუნის ძალა ყოველთვის მოძრაობის საპირისპიროდ მოქმედებს.
- როგორ შეიცვლება ვარდნილი სხეულის კინეტიკური ენერგია, თუ მასზე მხოლოდ სიმძიმის ძალა მოქმედებს?  
**პასუხი:** ვარდნილ სხეულზე, რომელზეც მხოლოდ სიმძიმის ძალა მოქმედებს, კინეტიკური ენერგია გაიზრდება.

### ამოხსენით ამოცანები:

1. რამდენი ჯოულით გაიზრდება სხეულის კინეტიკური ენერგია, თუ მასზე მოქმედი წევის ძალა 200 ჯ მუშაობას შეასრულებს, ხოლო მასზე მოქმედი წინააღმდეგობის ძალა - (-150 ჯ)-ს?

$$\begin{array}{l|l} A=? & A = A_1 + A_2 = 200 - 150 = 50 \text{ჯ} \\ A_1 = 200 \text{ჯ} & \\ A_2 = -150 \text{ჯ} & \end{array}$$

2. გლუვ ჰორიზონტალურ ღარში 50 სმ/წმ სიჩქარით მიგორავს 200 გ მასის ლითონის ბურთულა. გოგონამ მასთან მაგნიტის მიახლოებისას ბურთულის სიჩქარე 1 მ/წმ-მდე გაზარდა. წინააღმდეგობის ძალებს ნუ გაითვალისწინებთ და განსაზღვრეთ ბურთულაზე მაგნიტის მხრიდან მოქმედი მიზიდულობის ძალის მუშაობა.

$$\begin{array}{l|l} A=? & A = \frac{mV_2^2}{2} - \frac{mV_1^2}{2} = \frac{m}{2} (V_2^2 - V_1^2) = \frac{m}{2} * \frac{3}{4} = \frac{0.2}{2} * \frac{3}{4} = \frac{3}{40} \text{ჯ} \\ m = 0.2 \text{კგ} & \\ V_1 = 0.5 \text{მ/წმ} & \\ V_2 = 1 \text{მ/წმ} & \end{array}$$

3. ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მოსრიალე ყუთის სიჩქარე 16 მ/წმ-ია. ხახუნის ძალის მოქმედების გამო ყუთის სიჩქარე 30 მ-ის გავლის შემდეგ 4-ჯერ შემცირდა. განსაზღვრეთ ხახუნის კოეფიციენტი. მიიჩნეთ, რომ  $g=10 \text{მ/წმ}^2$ .

$\mu = ?$	$\mu mgl = \frac{m}{2}(V_1^2 - V_2^2) \Rightarrow \mu = \frac{(V_1^2 - V_2^2)}{2gl} = 0.4$
$l = 30\vartheta$	
$V_1 = 16\vartheta/\text{წმ}$	
$V_2 = \frac{V_1}{4}$	

4. 15 მ/წმ სიჩქარით მოძრავ 500 კგ მასის მოტორიან ნავზე მოქმედი წევის ძალა 2,5 კნ-ია. განსაზღვრეთ ნავის სიჩქარე 100 მეტრის გავლის შემდეგ. წყლის წინააღმდეგობის ძალას ნუ გაითვალისწინებთ.

$V_2 = ?$	$A = Fl = \frac{mV_2^2}{2} - \frac{mV_1^2}{2} Fl + \frac{mV_1^2}{2} = \frac{mV_2^2}{2}$ $\frac{2Fl + mV_1^2}{m} = V_2^2 = 3 * 225 \Rightarrow V_2 = 15\sqrt{3} (\vartheta/\text{წმ})$
$l = 100\vartheta$	
$V_1 = 15\vartheta/\text{წმ}$	
$m = 500\text{კგ}$	
$F = 2500\text{ნ}$	

5. ტროლეიბუსის კინეტიკური ენერჯია  $E_0$  –ის ტოლია. მასზე მოქმედება დაიწყო მუდმივმა წევის ძალამ, რის შედეგადაც ტროლეიბუსის სიჩქარე 3-ჯერ გაიზარდა. განსაზღვრეთ წევის ძალა, თუ ამ ძალის მიმართულებით გავლილი მანძილი  $l$ -ის ტოლია. წინააღმდეგობის ძალებს ნუ გაითვალისწინებთ.

$F = ?$	$E_1 = \frac{mV_1^2}{2} = E_0 \quad E_2 = \frac{mV_2^2}{2} = \frac{9mV_1^2}{2} = 9E_0$ $A = E_2 - E_1 = 8E_0 \quad A = Fl$ $Fl = 8E_0 \Leftrightarrow F = \frac{8E_0}{l}$
$l$	
$E_0$	
$\frac{V_2}{V_1} = 3$	

6. ჰორიზონტალურ გზაზე 15 კგ მასის ველოსიპედით 45 კგ მასის ბიჭი მოძრაობს 10 მ/წმ სიჩქარით. რა მუშაობა უნდა შეასრულოს ბიჭმა, რომ მისი სიჩქარე 1,5-ჯერ გაიზარდოს? წინააღმდეგობის ძალებს ნუ გაითვალისწინებთ.

$A = ?$	$A = \frac{(m+M)V_2^2}{2} - \frac{(m+M)V_1^2}{2} = \frac{M+m}{2}(V_2^2 - V_1^2) = 3750 \text{ჯ}$
$m = 15\text{კგ}$	
$M = 45\text{კგ}$	
$V_2 = 1,5V_1$	
$V_1 = 10\vartheta/\text{წმ}$	

7. გზის ჰორიზონტალურ უბანზე 20 მ/წმ სიჩქარით მიმავალმა ავტომობილმა დაიწყო სიჩქარის გაზრდა თანაბარაჩქარებულად და 125 მ მანძილის გავლის შემდეგ მისი სიჩქარე 30 მ/წმ-ის ტოლი გახდა. განსაზღვრეთ ავტომობილის ძრავას წევის ძალა თუ ავტომობილის მასა 1,5 ტ-ია. წინააღმდეგობის ძალებს ნუ გაითვალისწინებთ.

$F = ?$	$A = Fl \quad A = \frac{m}{2}(V_2^2 - V_1^2)$ $Fl = \frac{m(V_2^2 - V_1^2)}{2} \quad F = \frac{m(V_2^2 - V_1^2)}{2l} = 3000\text{ნ}$
$m = 1,5\text{ტ}$	
$l = 125\vartheta$	
$V_2 = 30\vartheta/\text{წმ}$	
$V_1 = 20\vartheta/\text{წმ}$	

8. ჰორიზონტალურ გზაზე მიმავალმა 2 ტ მასის ავტომობილმა დაიწყო სიჩქარის გაზრდა მოდულით 5 მ/წმ<sup>2</sup> აჩქარებით. განსაზღვრეთ ავტომობილის კინეტიკური ენერჯიის ცვლილება 100 მ მანძილის გავლის შემდეგ. წინააღმდეგობის ძალებს ნუ გაითვალისწინებთ.

$\Delta E = ?$	$\Delta E = A$
$m = 2\text{ტ}$	$A = Fl = mal$
$l = 100\text{მ}$	$F = ma$
$a = 5\text{მ/წმ}^2$	$\Delta E = mal = 2000 * 5 = 10^6\text{ჯ} = 1\text{მგჯ}$

9. 1 კნ ტოლქმედი ძალის მოქმედებით ამ ძალის მიმართულებით 40 მ მანძილზე სხეულის გადაადგილებისას მისი კინეტიკური ენერჯია 5-ჯერ გაიზარდა. განსაზღვრეთ სხეულის კინეტიკური ენერჯიის საწყისი და საბოლოო მნიშვნელობა.

$E_1, E_2 = ?$	$E_2 - E_1 = F_{\text{ტ}} * l$
$F_{\text{ტ}} = 1\text{კნ}$	$4E_1 = F_{\text{ტ}} * l \Rightarrow E_1 = \frac{F_{\text{ტ}} * l}{4} = \frac{1000 * 40}{4} = 10\text{კჯ}$
$l = 40\text{მ}$	$E_2 = 5E_1 = 50\text{კჯ}$
$E_2 = 5E_1$	

10. 800 ნ ტოლქმედი ძალის მოქმედებით ამ ძალის მიმართულებით 40 მ მანძილზე 80 კგ მასის სხეულის გადაადგილებისას მისი კინეტიკური ენერჯია 3-ჯერ გაიზარდა. განსაზღვრეთ სხეულის სიჩქარე საწყის მომენტში.

$V_1 = ?$	$Fl = E_2 - E_1 \Rightarrow Fl = 2E_1$
$F = 800\text{ნ}$	$E_1 = \frac{Fl}{2} = 16000\text{ჯ} \Rightarrow E_1 = \frac{mV_1^2}{2} \Rightarrow V_1 = \sqrt{\frac{2E_1}{m}} = 20\text{მ/წმ}$
$l = 40\text{მ}$	
$E_2 = 3E_1$	
$m = 80\text{კგ}$	

### § 3.5 თეორემა პოტენციალური ენერჯიის შესახებ

გაკვეთილის თემა	თეორემა პოტენციალური ენერჯიის შესახებ
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>თანაბარაჩქარებული მოძრაობა;</li> <li>ტოლქმედი ძალა;</li> <li>ნიუტონის კანონები;</li> <li>დრეკადობის ძალა; ჰუკის კანონი, დრეკადობის ძალის საშუალო მნიშვნელობა <math>F</math> დრ./2;</li> <li>დეფორმაციის ფორმები: დრეკადი და პლასტიკური;</li> <li>თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას შესრულებული გადაადგილების გეგმილი, შემდეგი ფორმულებით გამოითვლება: <math>s = x_2 - x_1</math>, <math>s_x = \frac{v_{0x} + v_x}{2} t</math>; <math>s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}</math>;</li> <li><math>s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}</math>; კოორდინატის სხვაობა <math>X_1 - X_2</math></li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• როდესაც თანაბარაჩქარებული მოძრაობის სიჩქარის მოდული ზრდადია, მაშინ გადაადგილების მოდული ტოლია: <math>s = x_2 - x_1</math>, <math>s = \frac{v_0 + v}{2} t</math>; <math>s = v_0 t + \frac{at^2}{2}</math> <math>s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}</math> ;</li> <li>• როდესაც თანაბარაჩქარებული მოძრაობის სიჩქარის მოდული კლებადია, მაშინ გადაადგილების მოდული ტოლია: <math>s = \frac{v_0 + v}{2} t</math>; <math>s = v_0 t - \frac{at^2}{2}</math>; <math>s = \frac{v_0^2 - v^2}{2a}</math> ;</li> <li>• თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას სხეულის კოორდინატის დროზე დამოკიდებულებას შემდეგი სახე აქვს:  <math display="block">x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}</math> </li> <li>• თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას, საშუალო სიჩქარე საწყისი და საბოლოო სიჩქარეების საშუალო არითმეტიკულის ტოლია: <math>v_{საშ} = \frac{v_{0x} + v_x}{2}</math></li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	<p>მოსწავლე შეძლებს ზამბარაში აღძრული დრეკადობის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობის გამოთვლას. სიმძიმის ძალის მუშაობის გამოთვლას. მოსწავლე ხსნის არის თუ არა დამოკიდებული სიმძიმისა და დრეკადობის ძალის მუშაობები ტრექტორიის ფორმაზე, ნულოვანი დონის არჩევაზე. ანალიზის უნარის განვითარება.</p>
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	<p>ფიზ.საბ.7. მონაცემების გაანალიზება და არგუმენტირებული მსჯელობის საფუძველზე დასკვნების გამოტანა, ცვლადებს შორის დამოკიდებულებების აღსაწერად დიაგრამებისა და გრაფიკების გამოყენება;</p> <p>ფიზ.საბ.6. თვისებრივი და რაოდენობრივი მონაცემების სხვადასხვა ფორმით (ცხრილებით, დიაგრამებით, გრაფიკებით და სხვ.) ჩაწერა და ორგანიზება; მონაცემების ორგანიზებისთვის ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენება;</p> <p>ფიზ.საბ.8. მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/კანონზომიერებების საჩვენებლად;</p>
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	<p>სწავლების კონსტრუქტივისტური მეთოდის გამოყენება, გონებრივი იერიში, ფრონტალური შეკითხვები, მინი-ლექცია, ინტერაქტიური გამოკითხვა, ინდივიდუალური მუშაობა.</p>
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	<p>წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობა, გავლილი მანძილის დროზე დამოკიდებულების განტოლება, გადაადგილების დროზე დამოკიდებულების განტოლება, კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების განტოლება, დეფორმირებული დრეკადი სხეულის პოტენციური ენერგია, დედამიწის ზედაპირიდან აშ სიმაღლეზე აწეული სხეულის პოტენციური ენერგია, ნულოვანი დონე, ჩაკეტილი სისტემა, დრეკადი დეფორმაცია.</p>
წინარე ცოდნა	<p>წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობა, აჩქარება, სიჩქარე, აჩქარებისა და სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკები. კოორდინატი, F ძალის ტოლქმედი, საშუალო მნიშვნელობა, ნულოვანი დონე, ჩაკეტილი სისტემა. დრეკადობის ძალა, მისი ბუნება. კოორდინატების სხვაობა. <math>X = X(t)</math> გრაფიკი. პოტენციური ენერგია, კინეტიკური ენერგია, მექანიკური ენერგია.</p>
აქტივობები/დრო/ ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> გონებრივი იერიში.  რა პრინციპით მუშაობს გუგულიანი საათი?  რომელი მექანიზმის მუშაობას უზრუნველყოფს - m1 ტვირთი? M2 ტვირთი?</p>

	<p><b>მიზანი:</b> ინტერესის გამოწვევა მოცემული თემის მიმართ.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> კითხვა-პასუხი. ინტერაქტიული სწავლების მეთოდის გამოყენების გზით ხდება წინარე ცოდნის გააქტიურება და ასახსნელი თემის , ცნების ფორმირება.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>როგორი ბუნების არის დრეკადობის ძალა?</li> <li>განიხილე წიგნში მოცემულ მაგალითში მექანიკური მუშაობა, დააკავშირე ენერჯის ცვლილებასთან?</li> <li>II მაგალითის მიხედვით იმსჯელე, მუშაობის შესრულების უნარსა და ნაწილაკების ურთიერთქმედებას შორის.</li> <li>რას გვიჩვენებს m მასის სხეულის პოტენციალური ენერჯია?</li> <li>როგორ ვიპოვოთ m მასის სხეულის პოტენციალური ენერჯია, რა უნდა შევარჩიოთ?</li> <li>მოიყვანე მაგალითები ენერჯის ცვლილებასა და ტოლქმედი ძალის მიერ შესრულებულ მუშაობას შორის კავშირის შესახებ.</li> <li>აღწერე რომელია დამოკიდებული ცვლადი და რომელი დამოუკიდებელი ცვლადი პოტენციალური ენერჯის გამოსათვლელ ფორმულაში.</li> </ol> <p><b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის გაგება, გააზრება.</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> ამოცანათა ამოხსნა. სახელმძღვანელოს ამოცანის განხილვა. აღწერე მაგალითის მიხედვით( იხ. ნახაზი) რას უდრის შეკრულ ტრაექტორიაზე ტოლქმედი ძალის მუშაობა</p> <p><b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის განმტკიცება, თეორიული მასალის პრაქტიკაში გამოყენება. ანალიზის უნარის განვითარება.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> „ 3-2-1“ სტრატეგია. აღწერე: სამი საკითხი რაც გაიგე, 2--რაზეც მეტი გინდა იცოდე, 1-რაც ვერ გაიგე</p> <p>მიზანი: ანალიზის უნარისა და წიგნზე მუშაობის უნარის განვითარება.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> გასასვლელი ბილეთი. ტესტი, ღია და დახურული შეკითხვები</p> <p>მიზანი: ცოდნის ხარისხის დადგენა.</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო. GeoGebra classic
შეფასების კრიტერიუმები	დამოუკიდებელი მუშაობის დროს მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი ,ასევე შეიძლება მოვახდინოთ განმავითარებელი შეფასება.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §3.4 ამოცანები რუბრიკიდან „ ამოხსენით ამოცანები“ 1,2,3,4 . საშინაო ცდა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე შეძლებს „თანაბარაჩქარებული მოძრაობის დროს მექანიკის ძირითადი ამოცანის გადაწყვეტას. ტლქმედი ძალის მიერ შესრულებული მექანიკური მუშაობის გამოთვლას და მის დაკავშირებას სხეულის ენერჯის ცვლილებასთან.

ხშირად ლიტერატურაში ტერმინი „პოტენციური“ და „პოტენციალური“ ერთი და იგივე მნიშვნელობით გამოიყენება. „პოტენციური“ მომდინარეობს სიტყვისაგან - პოტენცია, რომელიც უნარს, შესაძლებლობას ნიშნავს. ამ მიდგომით კინეტიკური ენერგიაც პოტენციური ენერგიაა, ვინაიდან მოძრავ სხეულსაც აქვს მუშაობის შესრულების უნარი. ამიტომ სასურველია მოძრაობასთანა დაკავშირებული ენერგია გაიმიჯნოს ენერგიისაგან, რომელიც სხეულებს ურთიერთქმედების გამო აქვთ. ტერმინი „პოტენციალური“ კი სწორედ სხეულთა ურთიერთქმედების ენერგიას ასახავს. ის კონსერვატული ძალების/პოტენციალური ველების მუშაობასთანა დაკავშირებული. ასეთია, მაგალითად დრეკადობის ძალა და სიმძიმის ძალა.

### საკონტროლო კითხვების პასუხები:

- ბატუტიდან ახტომისას რომელი ძალა ასრულებს დადებით მუშაობას და რომელი— უარყოფითს?  
**პასუხი:** ბატუტიდან ახტომისას დადებით მუშაობას ასრულებს ბატუტის დრეკადობის ძალა, ხოლო უარყოფითს - სიმძიმის ძალა.
- არის თუ არა დამოკიდებული სიმძიმის ძალის მუშაობა სხეულის ტრაექტორიის ფორმაზე?  
**პასუხი:** სიმძიმის ძალის მუშაობა სხეულის ტრაექტორიის ფორმაზე არ არის დამოკიდებული.
- როგორი ბუნებისაა სიმძიმისა და დრეკადობის ძალები?  
**პასუხი:** სიმძიმის ძალა და დრეკადობის ძალა კონსერვატული ძალებია.
- დამოკიდებულია თუ არა ტრაექტორიის ფორმაზე სრიალის ხახუნის ძალის მუშაობა?  
**პასუხი:** სრიალის ხახუნის ძალის მუშაობა დამოკიდებულია ტრაექტორიის ფორმაზე.
- დამოკიდებულია თუ არა პოტენციალური ენერგიის ცვლილება ნულოვანი დონის არჩევაზე?  
**პასუხი:** პოტენციალური ენერგიის ცვლილება ნულოვანი დონის არჩევაზე არ არის დამოკიდებული.

### ამოხსენით ამოცანები:

1. რისი ტოლია დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრის პოტენციალური ენერგიის ცვლილება დედამიწის ირგვლივ წრიულ ორბიტაზე ერთი შემობრუნებისას?  
**პასუხი:** რადგან თანამგზავრი უბრუნდება საწყის წერტილს და შესაბამისად საწყის სიმაღლეს, პოტენციალური ენერგიის ცვლილება 0-ის ტოლია.
2. რისი ტოლია 50 კგ მასის ბიჭზე მოქმედი სიმძიმის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა საცხოვრებელი კორპუსის მესამე სართულიდან მერვე სართულზე ლიფტით ასვლისას? კიბით ასვლისას? სართულებს შორის სიმაღლე ერთნაირია და 3 მ-ის ტოლია ( $g=10 \text{ მ/წმ}^2$ ).

$A=?$ $m = 50 \text{ კგ}$ $h = 15 \text{ მ}$	$A = mgh = 7500 \text{ ჯ}$ შესრულებული მუშაობა არის 7,5 კჯ ნებისმიერ შემთხვევაში.
----------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

3. ერთი ბოლოთი დამაგრებული 800 ნ/მ სიხისტის ზამბარა გაჭიმულია 5 სმ-ით. რა მუშაობა უნდა შევასრულოთ, რომ ზამბარა კიდევ 3 სმ-ით გავჭიმოთ? რა მუშაობას შეასრულებს ამ დროს დრეკადობის ძალა?

$A=?$ $k = 800 \text{ ნ/მ}$ $x_1 = 5 \text{ სმ}$ $x_2 = 8 \text{ სმ}$	$A = k \left( \frac{x_2^2 - x_1^2}{2} \right) = 400 \left( \left( \frac{8}{100} \right)^2 - \left( \frac{5}{100} \right)^2 \right) = 1,56 \text{ ჯ}$ დრეკადობის ძალა ასრულებს – A მუშაობას.
--------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4. ორ ვერტიკალურ ზამბარაზე დაკიდებული ტვირთები წონასწორობაშია. ამ დროს პირველი ზამბარის წაგრძელება 4-ჯერ მეტია მეორისაზე. განსაზღვრეთ პირველი ზამბარის პოტენციალური ენერჯის შეფარდება მეორის პოტენციალურ ენერჯასთან, თუ:

ა) ზამბარაზე დაკიდებული ტვირთების მასა ერთნაირია;

ბ) პირველ ზამბარაზე დაკიდებული ტვირთის მასა 4-ჯერ მეტია მეორისაზე.

$A=?$ $x_1 = 4x$ $x_2 = x$	ა) $k_1 x_1 = mg = 4k_1 x \quad 4k_1 = k_2$ $k_2 x_2 = mg = k_2 x \quad k_1 = \frac{k_2}{4}$ $E_1 = \frac{k_1 x_1^2}{2} = \frac{k_2}{4} * \frac{16x^2}{2} = 4k_2 x^2$ $E_2 = \frac{k_2 x^2}{2} \frac{E_1}{E_2} = 8$ ბ) $k_1 x_1 = 4mg \quad 4k_1 x = 4mg \quad k_1 x = k_2 x$ $k_2 x_2 = mg \quad k_2 x = mg \quad k_1 = k_2$ $E_1 = \frac{16k_1 x^2}{2}$ $E_2 = \frac{k_2 x^2}{2} \frac{E_1}{E_2} = 16$
----------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5. 50 მ სიმალიდან ჰორიზონტალური მიმართულებით გაისროლეს 2 კგ მასის სხეული. განსაზღვრეთ სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა გასროლიდან 2 წამში. წინააღმდეგობის ძალებს ნუ გაითვალისწინებთ ( $g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$ ).

$A=?$ $m = 2 \text{ კგ}$ $h = 50 \text{ მ}$ $t = 2 \text{ წმ}$	$\frac{gt^2}{2} = l = 20 \text{ მ}$ $A = mgl = 20 * 10 = 400 \text{ ჯ}$
-------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------

6. ჰორიზონტისადმი  $30^\circ$ -იანი კუთხით  $40$  მ/წმ საწყისი სიჩქარით შურდულიდან გაისროლეს კენჭი. ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ ( $g \approx 10$  მ/წმ<sup>2</sup>) და განსაზღვრეთ:
- კენჭის პოტენციალური ენერჯიის ცვლილება გასროლიდან  $1$  წამში;
  - კენჭის პოტენციალური ენერჯიის ცვლილება გასროლიდან  $2$  წამში;
  - კენჭზე მოქმედი სიმძიმის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა გასროლიდან  $3$  წამში.

$\begin{aligned} A=? \\ \alpha = 30^\circ \\ V = 40 \text{ მ/წმ} \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{ა) } y &= V_{0y}t * \frac{gt^2}{2} \quad V_{0y} = 20 \text{ მ/წმ} \quad t = 1 \text{ წმ} \\ y &= 20 * 1 - 5 = 15 \text{ მ} \quad \Delta E = E_2 - E_1 = mgy \\ \text{ბ) } t &= 2 \text{ წმ}, y = 20 * 2 - 20 = 20 \text{ მ} \quad \Delta E = mgy \\ \text{გ) } t &= 3 \text{ წმ}, y = 20 * 3 - 5 * 9 = 15 \text{ მ} \quad A = -mgy \end{aligned}$
---------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7. ვერტიკალურად ასროლილი  $2$  კგ მასის სხეულის კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების განტოლებას აქვს შემდეგი სახე:  $h=20+40t-5t^2$ , რომელშიც დრო იზომება წამებში, ხოლო კოორდინატი მეტრებში. განსაზღვრეთ სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა გასროლიდან  $5$  წამში.

$\begin{aligned} A=? \\ h \\ = 20 + 40t \\ - 5t^2 \\ m = 2 \text{ კგ} \\ t = 5 \text{ წმ} \end{aligned}$	$\begin{aligned} t &= 5 \text{ წმ} \quad h = 20 + 200 - 5 * 25 = 220 - 125 = 95 \text{ მ} \\ h_0 &= 20 \text{ მ} \quad A = -mg(h - h_0) = 20 * (-75) = -1.5 \text{ კჯ} \end{aligned}$
----------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

8.  $15$  მ სიღრმის ტბის ფსკერიდან ზედაპირზე ამოტივტივდა  $10$  სმ<sup>3</sup> მოცულობის კორპის ბურთულა. განსაზღვრეთ არქიმედეს ძალისა და სიმძიმის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობები ამ მოძრაობისას ( $g \approx 10$  მ/წმ<sup>2</sup>).

$\begin{aligned} A_0, A_1=? \\ h = 15 \text{ მ} \\ V = 10 \text{ სმ}^3 \end{aligned}$	$A_0 = \rho_0 V g h \quad A_1 = -\rho_{\text{კორპ}} V g h$
---------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------

9. როგორ იცვლება წყლისა და ლითონის ბურთულის ჯამური პოტენციალური ენერჯია, როდესაც ლითონის ბურთულა წყალში იძირება?

**პასუხი:** როცა ბურთულა წყალში იძირება, წყლის დონე და შესაბამისად მისი სიმძიმის ცენტრი მაღლა იწევს, ამიტომ ჯამური ენერჯიის ცვლილება  $0$ -ის ტოლია.

10. როგორ იცვლება კორპის ბურთულისა და წყლის ჯამური პოტენციალური ენერჯია, როდესაც კორპის ბურთულა წყლიდან ამოდის?

**პასუხი:** როდესაც ბურთულა ამოტივტივდება, წყლის სიმძიმის ცენტრი დაბლა იწევს, ამიტომ ჯამური პოტენციური ენერჯია არ იცვლება.



### §3.6. ენერჯის მუდმივობის კანონი

გაკვეთილის თემა	ენერჯის მუდმივობის კანონი
<p>თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• სხეულის ან სისტემის ენერჯია, არის სხეულის ან სხეულთა სისტემის მუშაობის შესრულების უნარი.</li> <li>• ჩაკეტილი სისტემა--ერთმანეთთან ურთიერთქმედებენ მხოლოდ ამ სისტემაში შემავალი სხეულები.</li> <li>• კინეტიკური ენერჯია რიცხობრივად სხეულის მასისა და სიჩქარის კვადრატის ნამრავლის ტოლია;</li> <li>• პოტენციური ენერჯია : <math>E = kx^2/2</math>, <math>E = mgh</math></li> <li>• სრული მექანიკური ენერჯია: მოძრაობის კინეტიკური და ურთიერთქმედების პოტენციური ენერჯის ჯამის ტოლია;</li> <li>• შინაგანი ენერჯია , არის სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების მოლეკულების ან ატომების მოძრაობის კინეტიკური და ურთიერთქმედების პოტენციური ენერჯიების ჯამი.</li> <li>• ტოლქმედი ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა კინეტიკური ენერჯის ცვლილების ტოლია <math>A = E_2 - E_1</math>;</li> <li>• მუშაობა პოტენციური ენერჯის ცვლილების ტოლია საპირისპირო ნიშნით <math>A = -(E_2 - E_1)</math></li> <li>• თანაბარჩქარებული მოძრაობისას შესრულებული გადაადგილების გეგმილი, შემდეგი ფორმულებით გამოითვლება: <math>s_x = \frac{v_{0x} + v_x}{2} t</math>; <math>s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}</math>; <math>s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}</math> ;</li> <li>• როდესაც თანაბარჩქარებული მოძრაობის სიჩქარის მოდული ზრდადია, მაშინ გადაადგილების მოდული ტოლია: <math>s = \frac{v_0 + v}{2} t</math>; <math>s = v_0 t + \frac{at^2}{2}</math> ; <math>s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}</math> ;</li> <li>• როდესაც თანაბარჩქარებული მოძრაობის სიჩქარის მოდული კლებადია, მაშინ გადაადგილების მოდული ტოლია: <math>s = \frac{v_0 + v}{2} t</math>; <math>s = v_0 t - \frac{at^2}{2}</math> ; <math>s = \frac{v_0^2 - v^2}{2a}</math> ;</li> <li>• თანაბარჩქარებული მოძრაობისას სხეულის კოორდინატის დროზე დამოკიდებულებას შემდეგი სახე აქვს: <math>x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}</math> ;</li> <li>• თანაბარჩქარებული მოძრაობისას, საშუალო სიჩქარე საწყისი და საბოლოო სიჩქარეების საშუალო არითმეტიკულის ტოლია: <math>v_{საშ} = \frac{v_{0x} + v_x}{2}</math></li> </ul>
<p>გაკვეთილის მიზანი</p>	<p>მოსწავლე შეძლებს ენერჯის მუდმივობის კანონის ფორმულის გამოყენებას, პრაქტიკული ღირებულების განსაზღვრას. გრაფიკების აგებას.</p>
<p>ესგ-შედეგი, ინდიკატორები</p>	<p>ფიზ.საბ.7. მონაცემების გაანალიზება და არგუმენტირებული მსჯელობის საფუძველზე დასკვნების გამოტანა, ცვლადებს შორის დამოკიდებულების აღსაწერად დიაგრამებისა და გრაფიკების გამოყენება;</p> <p>ფიზ.საბ.6. თვისებრივი და რაოდენობრივი მონაცემების სხვადასხვა ფორმით (ცხრილებით, დიაგრამებით, გრაფიკებით და სხვ.) ჩაწერა და ორგანიზება; მონაცემების ორგანიზებისთვის ინფორმაციულ- საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენება;</p> <p>ფიზ.საბ.8. მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/ კანონზომიერებების საჩვენებლად;</p>

გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი-ლექცია, ინტერაქტიური გამოკითხვა, ინდივიდუალური მუშაობა. ვენის დიაგრამა.გრაფიკი.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობა, გავლილი მანძილის დროზე დამოკიდებულების განტოლება, გადაადგილების დროზე დამოკიდებულების განტოლება, კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების განტოლება, გავლილი მანძილის, კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების განტოლება. ენერგია. კინეტიკური ენერგია, პოტენციალური, შინაგანი ენერგია, მუშაობა, ტემპერატურა, ნივთიერება, მოლეკულები, ატომები.ჩაკეტილი სისტემა, სრული მექანიკური ენერგია, ხახუნის ძალა, მსოფ. მიზიდულობის ძალა, დრეკადობის ძალა.
წინარე ცოდნა	თეორემა კინეტიკური ენერგიის შესახებ, თეორემა პოტენციალური ენერგიის შესახებ. შინაგანი ენერგია. ენერგიის გარდაქმნა, ჩაკეტილი სისტემა, სრული მექანიკური ენერგია. ერთეულთა სისტემები. ტემპერატურა. წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობა, აჩქარება, სიჩქარე, აჩქარებისა და სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკები. ენერგიის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი.
აქტივობები/დრო/ ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> კითხვა-პასუხი. ინტერაქტიური მეთოდი.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. აღწერე ენერგიის გარდაქმნა პარაშუტის და ლიფტის მოძრაობის მაგალითზე. განიხილე ჩაკეტილი სისტემა. როცა სხეულები ურთიერთქმედებენ მსოფლიო მიზიდულობის და დრეკადობის ძალებით. ხახუნის ძალა უგულებელყოფილია.</li> <li>2. ჩაწერე თეორემა კინეტიკური ენერგიის შესახებ?</li> <li>3. რას უდრის სხეულის მუშაობა როცა სხეულები სიმძიმის ძალით ან დრეკადობის ძალით ურთიერთქმედებენ, ჩაკეტილ სისტემაში?</li> <li>4. გაატოლე ტოლობის მარჯვენა მხარეები, გაუტოლე ურთი-ერთქმედებამდე; კინეტიკური და პოტენციური ენერგიების ჯამი, ურთიერთქმედების შემდეგ კინ. და პოტენციური ენერგიების ჯამს;</li> <li>5. რა შედეგი მიიღე რას უდრის სრული მექანიკური ენერგია?</li> <li>6. გაიხსენე ნივთიერების ააგებულება.</li> <li>7. რას უდრის სხეულის შინაგანი ენერგია?</li> <li>8. რას უდრის სრული ენერგია?</li> <li>9. ჩაწერე ფორმულა</li> </ol> <p><b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის ფორმირება.</p> <p><b>აქტივობა 2.</b> ამოცანის ამოხსნა. <math>h</math> სიმალიდან ვერტიკალურად ქვემოთ მოძრავი <math>m</math> მასის სხეულის მოძრაობის აღწერა. რა სიჩქარით დაეცემა სხეული დედამიწაზე. ჰაერის წინააღმდე-გობის ძალა უგულებელყოფილია.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. რა შემთხვევაში ექნება ვერტმფრენს დედამიწის მიმართ მხოლოდ პოტენციალური ენერგია? პოტენციალური ენერგიაც და კინეტიკურიც?</li> <li>3. რომელს უფრო მეტი შინაგანი ენერგია აქვს: ცხელ წყალს, თუ იმავე მასის ცივ წყალს? რატომ?</li> <li>4. თუ სხეულთა ჩაკეტილი სისტემის კინეტიკური ენერგია 25 ჯოულით გაიზარდა, როგორ შეიცვლება მისი პოტენციალური ენერგია?</li> </ol>

	<p>5. ჰაერში ვარდნილი სხეულის სრული მექანიკური ენერგია მცირდება. რომელი გარე ძალის მუშაობის შედეგია ეს? სად „გაქრა“ დაკარგული მექანიკური ენერგია?</p> <p><b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის გაგება, გააზრება. ფორმულის ადეკვატური გამოყენება.</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> ვენნის დიაგრამა.</p> <p>შეადარე მასის სხეულის:</p> <p>ა) კინეტიკური და პოტენციური ენერგიები  ბ) სრული მექ. ენერგია და შინაგანი ენერგია</p> <p><b>მიზანი:</b> ანალიზის უნარის განვითარება.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> გასასვლელი ბილეთი.</p> <p>ტესტი: ღია და დახურული შეკითხვები.</p> <p><b>მიზანი:</b> ნასწავლი მასალის შეჯამება განმტკიცება.</p> <p><b>აქტივობა 5.</b> საშინაო დავალება მოსწავლეებისთვის ინდივიდუალური მუშაობისთვის სასურველია შეირჩეს ამოცანები რუბრიკიდან „ამოხსენით ამოცანები“ 3.5. 1,2,3,4,5</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო. GeoGebra classic
შეფასების კრიტერიუმები	დამოუკიდებელი მუშაობის დროს მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი. საკითხის გაგება, გამოყენება და ანალიზის უნარი, ასევე შეიძლება მოვახდინოთ განმავითარებელი შეფასება.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §3.5 ამოცანები რუბრიკიდან „ამოხსენით ამოცანები“ 7,8.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე შეძლებს ენერგიის მუდმივობის კანონის გააზრებას და კანონის პრაქტიკული ღირებულების გაცნობას.

**საკონტროლო კითხვების პასუხები:**

- რა შემთხვევაში ექნება ვერტმფრენს დედამიწის მიმართ მხოლოდ პოტენციალური ენერგია? პოტენციალური ენერგია და კინეტიკურიც?

**პასუხი:** ვერტმფრენს დედამიწის მიმართ მხოლოდ პოტენციალური ენერგია ექნება, როდესაც დედამიწის მიმართ იქნება უძრავი. ხოლო პოტენციალური ენერგია და კინეტიკურიც ექნება, როდესაც დედამიწის ზედაპირიდან გარკვეულ სიმაღლეზე მიფრინავს.
- რომელს უფრო მეტი შინაგანი ენერგია აქვს: ცხელ წყალს, თუ იმავე მასის ცივ წყალს? რატომ?

**პასუხი:** ცხელ წყალს უფრო მეტი შინაგანი ენერგია აქვს, რადგან მისი მოლეკულების მოძრაობის კინეტიკური ენერგია მეტია ცივი წყლის მოლეკულების მოძრაობის კინეტიკურ ენერგიაზე.

- თუ სხეულთა ჩაკეტილი სისტემის კინეტიკური ენერგია 25 ჯოულით გაიზარდა, როგორ შეიცვლება მისი პოტენციალური ენერგია?  
**პასუხი:** პოტენციალური ენერგია შემცირდება 25 ჯოულით.
- ჰაერში ვარდნილი სხეულის სრული მექანიკური ენერგია მცირდება. რომელი გარე ძალის მუშაობის შედეგია ეს? სად „გაქრა“ დაკარგული მექანიკური ენერგია?  
**პასუხი:** ჰაერში ვარდნილი სხეულის სრული მექანიკური ენერგია შემცირდა გარემოს წინააღმდეგობის ძალის მუშაობის შედეგად. დაკარგული მექანიკური ენერგია გარდაიქმნა სხეულის და ჰაერის შინაგან ენერგიად.

**ამოხსენით ამოცანები:**

1. ვერტიკალურად ზევით 20 მ/წმ საწყისი სიჩქარით აისროლეს მცირე ზომის ბურთულა. ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ და განსაზღვრეთ რა მაქსიმალურ სიმაღლეზე ავა იგი ( $g \approx 10$  მ/წმ<sup>2</sup>).

$\begin{aligned} h &= ? \\ V &= 20 \text{ მ/წმ} \\ g &= 10 \text{ მ/წმ}^2 \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{ფრენის დრო } t &= \frac{V}{g} = 2 \text{ წმ} \\ h &= Vt * \frac{gt^2}{2} = 2 * 20 - 5 * 4 = 200 \text{ (მ)} \end{aligned}$
------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2. ვერტიკალურად ზევით 20 მ/წმ საწყისი სიჩქარით აისროლეს მცირე ზომის ბურთულა. ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებთ და განსაზღვრეთ რა სიმაღლეზე გახდება სხეულის პოტენციური ენერგია კინეტიკურზე 3-ჯერ მეტი ( $g \approx 10$  მ/წმ<sup>2</sup>).

$\begin{aligned} E_{pot} &= 3E_k \\ V &= 20 \text{ მ/წმ} \end{aligned}$	$\begin{aligned} \frac{mV^2}{2} &= E_{pot} + E_k \\ \frac{mV^2}{2} &= E_k + \frac{E_k}{3} \\ \frac{mV^2}{2} &= \frac{4}{3}mgh \quad h = \frac{3V^2}{8g} = \frac{3 * 400}{80} = 15 \text{ მ} \end{aligned}$
-------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3. ვერტიკალურად ასროლილი 2 კგ მასის სხეულის კინეტიკური ენერგია 5 მ სიმაღლეზე ასვლისას 1,5-ჯერ შემცირდა. განსაზღვრეთ სხეულის სხეულის კინეტიკური ენერგია ასროლის მომენტში. წინააღმდეგობის ძალებს ნუ გაითვალისწინებთ ( $g \approx 10$  მ/წმ<sup>2</sup>).

$\begin{aligned} E_k &= \frac{2}{3}E_0 \\ h &= 5 \text{ მ} \\ m &= 2 \text{ კგ} \end{aligned}$	$\begin{aligned} E_k + mgh &= E_0 \\ \frac{2}{3}E_0 + mgh &= E_0 \\ mgh &= \frac{1}{3}E_0 \\ E_0 &= 3mgh = 300 \text{ ჯ} \end{aligned}$
------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

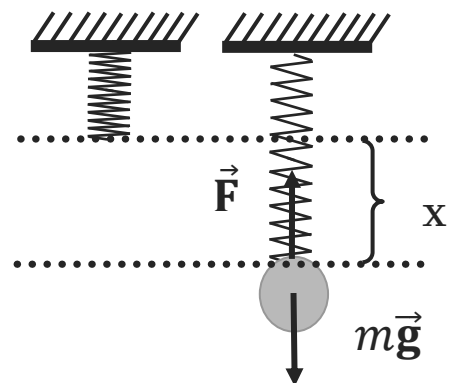
4. გლუვ ჰორიზონტალურ მაგიდაზე დევს 5 კგ მასის ორი ერთნაირი ბირთვი. მათ შორის მოათავსეს 4000 ნ/მ სიხისტის 10 სმ-ით შეკუმშული მსუბუქი ზამბარა. განსაზღვრეთ ტვირთების სიჩქარე მათი ზამბარიდან მოცილების შემდეგ.

$V=?$	$\frac{kx^2}{2} = 2 * \frac{mV^2}{2}$
$m = 5 \text{ კგ}$	
$x = 10 \text{ სმ}$	$V = x \sqrt{\frac{k}{2m}} = 0.1 * \sqrt{8000} = \sqrt{8} \text{ (მ/წმ)}$
$k = 4000 \text{ ნ/მ}$	

5. გლუვ ჰორიზონტალურ მაგიდაზე დევს 1,25 კგ 5 კგ მასის ორი ბირთვი. მათ შორის მოათავსეს 4000 ნ/მ სიხისტის 10 სმ-ით შეკუმშული მსუბუქი ზამბარა. განსაზღვრეთ ტვირთების სიჩქარე მათი ზამბარიდან მოცილების შემდეგ.

$V=?$	$m_1V_1 = m_2V_2$
$m_1 = 1.25 \text{ კგ}$	$V_1 = 4V_2 = 4V$
$m_2 = 5 \text{ კგ}$	$\frac{kx^2}{2} = \frac{16m_1V^2}{2} + \frac{m_2V^2}{2}$
$x = 0.1 \text{ მ}$	
$k = 4000 \text{ ნ/მ}$	$V = \sqrt{\frac{k}{16m_1+m_2}} * x = 0.1 \sqrt{\frac{4000}{25}} = \sqrt{\frac{8}{5}} \text{ (მ/წმ)}$
	$V_1 = 4\sqrt{\frac{8}{5}} \quad V_2 = \sqrt{\frac{8}{5}} \text{ (მ/წმ)}$

6. ჭერზე მიმაგრებულ არადეფორმირებულ მსუბუქ ზამბარაზე ჩამოკიდეს ბურთულა. სურათზე გამოსახულია ბურთულის მდებარეობა იმ მომენტში, როდესაც ზამბარაში აღძრული დრეკადობის ძალა, მოდულით ბურთულაზე მოქმედ სიმძიმის ძალას გაუტოლდა. რისი ტოლია ბურთულის კინეტიკური ენერგია ამ მდებარეობაში, თუ საწყის მომენტში ბურთულის დედამიწასთან ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგია 200 ჯ იყო. ნულოვან დონედ ბურთულის ახლანდელი მდებარეობა მიიჩნეთ.

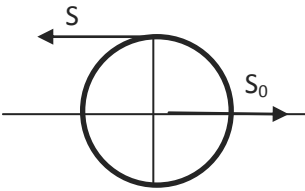


ამოხსნა: საწყის მომენტში სისტემის ჯამური ენერგია 200 ჯ-ია. სურათზე გამოსახულ მდებარეობაში ზამბარის პოტენციალური ენერგია 100 ჯ-ია, ამიტომ ამ მომენტში ბურთულის კინეტიკური ენერგიაც 100 ჯ იქნება (იხ. „ერთად ამოვხსნათ ამოცანა“)  
**პასუხი:** 100 ჯ.

7. რა მინიმალური ჰორიზონტალური სიჩქარე უნდა მივანიჭოთ მსუბუქ ძაფზე დაკიდებულ მცირე ზომის ბურთულას, რომ იგი საკიდის სიმაღლეზე გადაიხაროს ( $g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$ )? წინააღმდეგობის ძალებს ნუ გაითვალისწინებთ.

$$\frac{mV^2}{2} = mgL \quad V = \sqrt{2gL}$$

8. ჰორიზონტალური მიმართულების რა მინიმალური სიჩქარე უნდა მივანიჭოთ მცირე ზომის ძელაკს R რადიუსიანი მკვდარი მარყუჟის ქვედა წერტილში, რომ მარყუჟის შემო-წერისას იგი ღარს არ მოწყდეს? ხახუნისა და წინააღმდეგობის ძალებს ნუ გაითვალისწინებთ ( $g \approx 10$  მ/წმ<sup>2</sup>).



$$\frac{mV_0^2}{2} = mg \cdot 2R + \frac{mV^2}{2}$$

$$\frac{mV^2}{R} = mg \frac{V^2}{R} = g V^2 = gR$$

$$mV_0^2 = 4mgR + mgR \quad V_0^2 = 5gR \quad V_0 = \sqrt{5gR}$$

9. რა მინიმალური სიმაღლიდან უნდა დაიწყოს სრიალი მცირე ზომის ძელაკმა, რომ R რადიუსიანი მკვდარი მარყუჟის შემოწერისას იგი ღარს არ მოწყდეს. ხახუნისა და წინააღმდეგობის ძალებს ნუ გაითვალისწინებთ.

**პასუხი:** წინა ამოცანიდან გამომდინარე:  $V_0 = \sqrt{5gR} \quad mgh = \frac{mV_0^2}{2} \quad h = \frac{5}{2}R$

10.  $h=4R$  სიმაღლიდან საწყისი სიჩქარის გარეშე სრიალს იწყებს m მასის მცირე ზომის ძელაკი და შემოწერს R რადიუსიან მკვდარ მარყუჟს. ხახუნისა და წინააღმდეგობის ძალებს ნუ გაითვალისწინებთ და განსაზღვრეთ:

ა) ძელაკის სიჩქარე მარყუჟის ქვედა წერტილში;

ბ) ძელაკის სიჩქარე მარყუჟის ზედა წერტილში;

გ) მარყუჟის ქვედა და ზედა წერტილებში ძელაკზე მარყუჟის მხრიდან მოქმედი რეაქციის ძალის მოდულების სხვაობა.

$V=?$ $n = 4R$ $R, m$	<p>ა) <math>mg \cdot 4R = \frac{mV_0^2}{2}; \quad V_0 = \sqrt{8gR}</math></p> <p>ბ) <math>\frac{mV_0^2}{2} = mg \cdot 2R + \frac{mV^2}{2}</math></p> <p><math>4mgR = 2mgR + \frac{mV^2}{2}; \quad V = 2\sqrt{gR}</math></p> <p>გ) <math>N_1 - mg = m \frac{V_0^2}{R}; \quad N_1 = 9mg</math></p> <p><math>N_2 + mg = m \frac{V^2}{R}; \quad N_2 = 3mg; \quad N_1 - N_2 = 6mg</math></p>
-----------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### §3.7. მყარი სხეულის წონასწორობა. წონასწორობის პირველი პირობა

გაკვეთილის თემა	მყარი სხეულის წონასწორობა. წონასწორობის პირველი პირობა
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<p>დროის განმავლობაში სხეულის უძრავობის ან თანაბარი მოძრაობის მდგომარეობის შენარჩუნებას, სხეულის წონასწორობა ეწოდება;</p> <p>სხეულის ისეთ მოდელს, რომელიც საერთოდ არ დეფორმირდება, აბსოლუტურად მყარი სხეული ეწოდება;</p> <p>როდესაც მყარი სხეული გაწონასწორებულია, მაშინ მასზე მოდებული გარე ძალების გეომეტრიული ჯამი (ტოლქმედი) ნულის ტოლია.</p>
გაკვეთილის მიზანი	<p>მოსწავლე შეძლებს შეძლებენ სხეულის წონასწორობის პირობის დადგენას, გადატანითი და ბრუნვითი მოძრაობის დროს.</p>
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	<p>ფიზ.საბ.7. მონაცემების გაანალიზება და არგუმენტირებული მსჯელობის საფუძველზე დასკვნების გამოტანა, ცვლადებს შორის დამოკიდებულებების აღსაწერად დიაგრამებისა და გრაფიკების გამოყენება;</p> <p>ფიზ.საბ.6. თვისებრივი და რაოდენობრივი მონაცემების სხვადასხვა ფორმით (ცხრილებით, დიაგრამებით, გრაფიკებით და სხვ.) ჩაწერა და ორგანიზება; მონაცემების ორგანიზებისთვის ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენება;</p> <p>ფიზ.საბ.8. მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/კანონზომიერებების საჩვენებლად.</p>
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	<p>ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი-ლექცია, ინტერაქტიული გამოკითხვა, ინდივიდუალური მუშაობა. ვენნის დიაგრამა.გრაფიკი.</p>
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	<p>წონასწორობა, წონასწორობის პირობა, გადატანითი მოძრაობა, ბრუნვითი მოძრაობა, აბსოლუტურად მყარი სხეული, ძალთა გეომეტრიული ჯამი. ვექტორების ჯამი.</p>
წინარე ცოდნა	<p>მე-8 კლასში შეწავლილი სტატიკა. გადატანითი მოძრაობა, ბრუნვითი მოძრაობა, ნიუტონის პირველი კანონი წონასწორობის კანონი. ნიუტონის მეორე კანონი.</p>
აქტივობები/დრო/ ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> კითხვა-პასუხი. ინტერაქტიული მეთოდი. მასწავლებელი ინტერაქტიული მეთოდით ახსენებს მოსწავლეებს,მექანიკურ მოძრაობას, გადატანით მოძრაობას, ბრუნვით მოძრაობას, წონასწორობას, წონასწორობის პირობას.</p> <p><b>მიზანი:</b> პროვოცირება.</p> <p><b>აქტივობა 2:</b> მინი ლექცია</p> <p>მასწავლებელი განიხილავს თუ სხეულზე მოქმედმა ძალამ, დიდი დეფორმაცია გამოიწვია და სხეული ვეღარ იბრუნებს საწყის ზომებსა და ფორმას, მაშინ წონასწორობის პირობები შესასწავლი იქნება „ახალი“ სხეულისათვის. ასეთი შემთხვევების განხილვა საკმაოდ რთულია, ამიტომ ჩვენ განვიხილავთ ისეთ ამოცანებს, რომლებშიც სხეულის დეფორმაცია უმნიშვნელოა და მისი უგულებელყოფა</p>

	<p>შეიძლება. სხეულის ისეთ მოდელს, რომელიც საერთოდ არ დეფორმირდება, აბსოლუტურად მყარი სხეული ეწოდება. და ამ მოდელზე დაყრდნობით აყალიბებს წონასწორობის პირობას.</p> <p><b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის ფორმირება.</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> ამოცანის ამოხსნა.</p> <p>მასწავლებელი განიხილავს ჯგუფთან ერთად ამოცანას რუბრიკით „ერთად ამოვხსნათ ამოცანა“</p> <p><b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის გაგება, გააზრება. ფორმულის ადეკვატური გამოყენება.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> დამოუკიდებელი მუშაობა</p> <p>მასწავლებელი არჩევს ამოცანებს და სთავაზობს ბავშვებს დამოუკიდებლად გადაწყვიტონ პრობლემები.</p> <p><b>მიზანი:</b> ანალიზის უნარის განვითარება.</p> <p><b>აქტივობა 5.</b> გასასვლელი ბილეთი.</p> <p>ტესტი, ღია და დახურული შეკითხვები.</p> <p><b>მიზანი:</b> ნასწავლი მასალის შეჯამება განმტკიცება.</p> <p><b>აქტივობა 6.</b> საშინაო დავალება მოსწავლეებისთვის ინდივიდუალური მუშაობისთვის სასურველია შეირჩეს ამოცანები რუბრიკიდან „ამოხსენით ამოცანები“ 3.7. 1,2,3,4,5</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო. GeoGebra classic
შეფასების კრიტერიუმები	დამოუკიდებელი მუშაობის დროს მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი. საკითხის გაგება, გამოყენება და ანალიზის უნარი, ასევე შეიძლება მოვახდინოთ განმავითარებელი შეფასება.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §3.7 ამოცანები რუბრიკიდან „ამოხსენით ამოცანები“ 7,8.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე სხეულის წონასწორობის პირობის დადგენას და მის გამოყენებას სხადასხვა პრობლემის გადაწყვეტისთვის.

### საკონტროლო კითხვების პასუხები

1. რატომ ვიხილავთ აბსოლუტურად მყარი სხეულის წონასწორობას?

**პასუხი:** რადგან თუ სხეული ძალის მოქმედებით დეფორმირდება და სხეული ფორმას ვეღარ იბრუნებს, მაშინ წონასწორობის პირობები შესასწავლი იქნება „ახალი“ სხეულისათვის. ასეთი შემთხვევების განხილვა საკმაოდ რთულია, ამიტომ ჩვენ განვიხილავთ ისეთ ამოცანებს, რომლებშიც სხეულის დეფორმაცია უმნიშვნელოა და მისი უგულებელყოფა შეიძლება. სხეულის ისეთ მოდელს, რომელიც საერთოდ არ დეფორმირდება, აბსოლუტურად მყარი სხეული უწოდეთ.



2. რას ნიშნავს, რომ სხეულის ყველა შემადგენელი ნაწილი გაწონასწორებულია?  
**პასუხი:** სხეულის თითოეულ წერტილზე მოქმედი გარე და შიდა ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია.
3. რატომ არის სხეულის ყველა წერტილზე მოქმედი შიდა ძალების ვექტორული ჯამი ნულის ტოლი?  
**პასუხი:** ნიუტონის მესამე კანონის თანახმად, ნებისმიერ შიდა ძალას შეესაბამება მოდულით ტოლი და საპირისპიროდ მიმართული ძალა. მართალია ეს ძალები სხეულის სხვადასხვა წერტილზეა მოდებული, მაგრამ ყველა წერტილზე მოქმედი შიდა ძალების ვექტორული ჯამი ნულის ტოლი იქნება.
4. ჭეშმარიტია თუ არა, მესამე დასკვნის შეზღუდვები დებულება? რატომ?  
**პასუხი:** არ არის ჭეშმარიტი, რადგან როდესაც მყარი სხეული გაწონასწორებულია, მაშინ მასზე მოდებული გარე ძალების გეომეტრიული ჯამი(ტოლქმედი) ნულის ტოლია. ეს აუცილებელი პირობაა, მაგრამ არასაკმარისი.

**ამოცანების ამოხსნა:**

1. ჰორიზონტალურ იატაკზე მოთავსებულ 20 კგ მასის ყუთზე მოქმედებს იატაკის პარალელური 100 ნ ძალა. განსაზღვრეთ ყუთზე მოქმედი სიმძიმის, რეაქციისა და ხახუნის ძალების მოდულები, თუ ხახუნის კოეფიციენტი ყუთსა და იატაკის ზედაპირს შორის 0,6-ია. მიიჩნიეთ, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>.

**პასუხი:**

ჰორიზონტალურ იატაკზე მოთავსებულ 20 კგ მასის ყუთზე მოქმედი სიმძიმის ძალა და საყრდენის რეაქციის ძალების მოდულები ტოლია და მიმართულია ურთიერთსაპირისპიროდ

$$F = mg = 200\text{ნ}$$

$$N = 200\text{ნ}$$

ხახუნის ძალა რომელიც იატაკსა და ყუთს შორის აღიმკვრება 100ნ-ია.

2. ჰორიზონტალისადმი 30<sup>0</sup>-იანი კუთხით დახრილ სიბრტყეზე უძრავად დევს ძელაკი, რომლის მასა 5 კგ-ია. განსაზღვრეთ ძელაკზე მოქმედი სიმძიმისა, რეაქციისა და ხახუნის ძალების მოდულები.

**ამოხსნა:**

ძელაკზე მოქმედი სიმძიმის ძალა  $F = mg = 50\text{ნ}$ -ია, რეაქციის ძალა  $N=mg \cos\alpha \approx 43\text{ნ}$ , მასზე მოქმედი ხახუნის ძალა  $F_f = mg \sin\alpha = 25\text{ნ}$ .

3. ძაფზე ჩამოკიდებული 10 კგ მასის ბურთულა კედელზე მავთულით მიაბეს ისე, რომ ძაფმა ვერტიკალთან 30<sup>0</sup>-იანი კუთხე შეადგინა. განსაზღვრეთ ძაფსა და მავთულში აღძრული დაჭიმულობის ძალების მოდულები. მიიჩნიეთ, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>.

**ამოხსნა:**

სისტემა წონასწორობაში იმყოფება. ბურთულას ცენტრთან დავაკავშიროთ კოორდინატთა ღერძები  $Ox$  ღერძი მივმართოთ მარჯვნივ  $Oy$  ღერძი ვერტიკალურად ზემოთ, დავწეროთ

წონასწორობის პირობა  $\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + m\vec{g} = 0$  (1) (1) განტოლება დავაგეგმილოთ Ox და Oy ღერძებზე მივიღებთ  $T_2 \sin 30^\circ = T_1$  (2)  $T_2 \cos 30^\circ = mg$  (3). (3) – დან =>

$$T_2 = \frac{mg}{\cos 30^\circ} = \frac{50}{\frac{\sqrt{3}}{2}} \approx 58 \text{ ნ} \quad T_1 \approx 29 \text{ ნ}$$

**პასუხი:** 58 ნ, 29 ნ.

4. ვერტიკალურად დამაგრებულ ბოძს ზედა წერტილში გამოაბეს მავთული, რომელიც ჰორიზონტალურადაა დაჭიმული  $T=500$  ნ ძალით. ბოძი, რომ არ წაქცეულიყო, იგი მიწაზე ბაგირით დაამაგრეს, რომელიც ჰორიზონტთან  $60^\circ$ -იან კუთხეს ადგენს. განსაზღვრეთ ბაგირში აღძრული დაჭიმულობის ძალის მოდული.

ამოხსნა:

დავწეროთ წონასწორობის პირობა  $\vec{T} + \vec{F} = 0$  (1) Ox ღერძი მივმართოთ  $\vec{T}$  დაჭიმულობის ძალის გაცწვრივ ჰორიზონტალურად და დავაგეგმილოთ (1) განტოლება მასზე მივიღებთ:

$$F \cos \alpha = T \Rightarrow F = \frac{T}{\cos \alpha} = \frac{500}{\frac{1}{2}} = 1000 \text{ ნ}$$

**პასუხი:** 1 კნ.

5. საქანელაზე, რომელიც ჩამოკიდებულია 4 თოკზე, ზის 40 კგ მასის ბავშვი. დასაჯდომი ფიცრის მასას ნუ გაითვალისწინებთ და განსაზღვრეთ თითოეული თოკის დაჭიმულობის ძალის მოდული. მიიჩნით, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>.

ამოხსნა:

სისტემა წონასწორობაშია ამიტომ შეგვიძლია დავწეროთ  $4\vec{T} + m\vec{g}=0$  თუ ღერძს მივმართავთ ვერტიკალურად ზემოთ და დავაგეგმილებთ მივიღებთ თითოეულ თოკში აღძრული თოკის დაჭიმულობის ძალას  $T=mg/4=100$  ნ

**პასუხი:** 100 ნ.

6. მყარი ღერო ჩამოკიდებულია ორ თოკზე, რომლებიც ვერტიკალიდან  $30^\circ$ -იანი კუთხითაა გადახრილი. ღეროს მასა მასზე დაკიდებულ ტვირთთან ერთად 17 კგ-ია. განსაზღვრეთ თითოეულ თოკში აღძრული დაჭიმულობის ძალის მოდული. მიიჩნით, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>.

ამოხსნა:

რადგან სისტემა წონასწორობაშია, დავწეროთ წონასწორობის პირობა  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + m\vec{g} = 0$  ათვლის წერტილად ღეროს მასათა ცენტრი და ox ღერძი მივმართოთ ვერტიკალურად ზემოთ, Ox ღერძი ღეროს გასწვრივ ჰორიზონტალურად მარჯვნივ და დავაგეგმილოთ ძალები ღერძებზე. Ox-ზე მივიღე  $F_1 \sin \alpha - F_2 \sin \alpha = 0 \Rightarrow F_1 = F_2 = F$  (1) Oy ღერძზე დაგეგმილებისას

$$2F \cos \alpha - mg = 0 \Rightarrow F = \frac{mg}{2 \cos \alpha} = \frac{170}{\sqrt{3}} \approx 100 \text{ ნ}$$

**პასუხი:** 100 ნ.

7. სურათებზე გამოსახული თოკები ერთნაირია. რომელ სურათზე გამოსახული თოკების გაწყვეტაა მეტად მოსალოდნელი, თუ მათზე დამაგრებული ღეროც და ღეროზე ჩამოკიდებული ტვირთებიც ერთნაირი იქნება?

**პასუხი:** ა) სურათზე გამოსახული თოკების გაწყვეტაა მეტად მოსალოდნელი ( $F = \frac{mg}{2 \cos \alpha}$ ), ვიდრე ბ) სურათზე მოცემული თოკების ( $F = \frac{mg}{2}$ )

8. ნივთიერ წერტილზე მოდებულია სამი ჰორიზონტალური ძალა, რომელთაგან თითოეული დანარჩენ ორთან  $120^\circ$ -იან კუთხეს ადგენს. ორი მათგანის მოდული  $100$  ნიუტონია. რისი ტოლია მესამე ძალის მოდული, თუ ნივთიერი წერტილი წონასწორულ მდგომარეობაშია?  
**პასუხი:**  $100$  ნ.

9. სურათზე გამოსახულია BC ღეროსა და AB გვარლზე დაკიდებული  $2$  კგ მასის სანათი. რისი ტოლია გვარლსა და ღეროში აღძრული დაჭიმულობის ძალის მოდულები, თუ AB გვარლი ვერტიკალთან  $60^\circ$ -იან კუთხეს ადგენს? მიიჩნიეთ, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup>.  
 ამოხსნა:

დავწეროთ წონასწორობის პირობა  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + m\vec{g} = 0$  (1), ათვლის წერტილად სანათის მასათა ცენტრი ავირჩიოთ და Oy ღერძი მივმართოთ ვერტიკალურად ზემოთ, Ox ღერძი ჰორიზონტალურად მარჯვნივ და დავაგეგმილოთ ძალები ღერძებზე. Ox-ზე

დაგეგმილებისას მივიღებთ  $F_1 - F_2 \sin \alpha = 0 \Rightarrow F_1 = F_2 \sin \alpha$  (2)

Oy ღერძზე დაგეგმილებისას კი  $F_1 \cos \alpha - mg = 0 \Rightarrow F_1 = \frac{mg}{\cos \alpha} = 40$  ნ (3)

თუ (3)  $\rightarrow$  (2), ვიპოვიტ  $F_2 \approx 23$  ნ.

**პასუხი:**  $40$  ნ და  $23$  ნ.

10. სურათზე გამოსახულია ABC კრომშტეინზე დაკიდებული სანათი. BC ღეროში აღძრული დაჭიმულობის ძალის მოდული  $100$  ნ-ია. განსაზღვრეთ სანათის მასა და AB ღეროში აღძრული დაჭიმულობის ძალა, თუ BC ღერო ვერტიკალთან  $60^\circ$ -იან კუთხეს ადგენს.  
 ამოხსნა:

დავწეროთ კრომშტეინზე დაკიდებული სანათისთვის წონასწორობის პირობა

$\vec{F}_{AB} + \vec{F}_{BC} + m\vec{g} = 0$  (1), ათვლის წერტილად სანათის მასათა ცენტრი ავირჩიოთ და Oy ღერძი მივმართოთ ვერტიკალურად ზემოთ, Ox ღერძი ჰორიზონტალურად მარჯვნივ და დავაგეგმილოთ (1) განტოლება ღერძებზე. Ox-ზე დაგეგმილებისას მივიღებთ

$F_{AB} + F_{BC} \sin \alpha = 0$

$\Rightarrow F_{AB} = F_{BC} \sin \alpha = 85$  ნ (1)

Oy ღერძზე დაგეგმილებისას კი  $F_{BC} \cos \alpha - mg = 0 \Rightarrow m = F_{BC} \cos \alpha / g = 5$  კგ (2)

**პასუხი:**  $5$  კგ.

### §3.8 მყარი სხეულის წონასწორობის მეორე პირობა

გაკვეთილის თემა	მყარი სხეულის წონასწორობის მეორე პირობა
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• დროის განმავლობაში სხეულის უძრავობის ან თანაბარი მოძრაობის მდგომარეობის შენარჩუნებას, სხეულის წონასწორობა ეწოდება;</li> <li>• სხეულის ისეთ მოდელს, რომელიც საერთოდ არ დეფორმირდება, აბსოლუტურად მყარი სხეული ეწოდება;</li> <li>• როდესაც მყარი სხეული გაწონასწორებულია, მაშინ მასზე მოდებული გარე ძალების გეომეტრიული ჯამი (ტოლქმედი) ნულის ტოლია;</li> <li>• მყარი სხეულის წონასწორობისას მასზე მოქმედი გარე ძალების მომენტების ჯამი ნებისმიერი ღერძის მიმართ ნულის ტოლია;</li> <li>• მყარი სხეული გაწონასწორებულია, თუ მასზე მოქმედი გარე ძალების ტოლქმედი და ამ ძალების მომენტების ჯამი ნებისმიერი ღერძის მიმართ ნულის ტოლია.</li> </ul>
გაკვეთილის მიზანი	მოსწავლე შეძლებს შეძლებენ სხეულის წონასწორობის პირობის დადგენას, გადატანითი და ბრუნვითი მოძრაობის დროს. ძალის მახრუნებელი მომენტის დადგენას განსაძღვრას და მის პრაქტიკაში გამოყენებას.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	<p>ფიზ.საბ.7. მონაცემების გაანალიზება და არგუმენტირებული მსჯელობის საფუძველზე დასკვნების გამოტანა, ცვლადებს შორის დამოკიდებულებების აღსაწერად დიაგრამებისა და გრაფიკების გამოყენება;</p> <p>ფიზ.საბ.6. თვისებრივი და რაოდენობრივი მონაცემების სხვადასხვა ფორმით (ცხრილებით, დიაგრამებით, გრაფიკებით და სხვ.) ჩაწერა და ორგანიზება; მონაცემების ორგანიზებისთვის ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენება;</p> <p>ფიზ.საბ.8. მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/ კანონზომიერებების საჩვენებლად;</p>
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდის გამოყენებით, ფრონტალური შეკითხვები, მინი-ლექცია, ინტერაქტიური გამოკითხვა, ინდივიდუალური მუშაობა. ვენის დიაგრამა.გრაფიკი.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	წონასწორობა, წონასწორობის პირობა, გადატანითი მოძრაობა, ბრუნვითი მოძრაობა, აბსოლუტურად მყარი სხეული, ძალთა გეომეტრიული ჯამი. ვექტორების ჯამი.ძალის მომენტი, მომენტების ჯამი, მომენტის ერთეული.
წინარე ცოდნა	მე-8 კლასში შეწავლილი სტატიკა. გადატანითი მოძრაობა, ბრუნვითი მოძრაობა, ნიუტონის პირველი კანონი წონასწორობის კანონი. ნიუტონის მეორე კანონი. წონასწორობის პირველი პირობა.
აქტივობები/დრო/ ორგანიზების ფორმები	<p><b>აქტივობა 1.</b> კითხვა-პასუხი. ინტერაქტიური მეთოდი. მასწავლებელი ინტერაქტიული მეთოდით ახსენებს მოსწავლეებს, გადატანით მოძრაობას, ბრუნვით მოძრაობას, წონასწორობას, წონასწორობის პირობას.</p> <p>ჭეშმარიტია თუ არა, მესამე დასკვნის შებრუნებული დებულება? რატომ?</p> <p><b>მიზანი:</b> პროვოცირება.</p>

	<p><b>აქტივობა 2.</b> ცდა.  კარგი იქნება თუ მოსწავლეებთან ერთად განიხილავთ პარაგრაფში მოცემულ მაგალითს და დინამომეტრის, ხის ძელაკისა და სახაზავის დახმარებით მოსწავლეები შეიმუშავენ კითხვებს, დაგეგმვენ ცდას და შეისწავლიან ძალის შაშუალებით სხეულის მობრუნებას უძრავი ღერძის გარშემო გააკეთებენ სათანადო დასკვნებს. კარგი იქნება თუ გამოვიყენებთ ასევე ვირტუალურ ლაბორატორიას.  <a href="https://tinyurl.com/x74anzpj">https://tinyurl.com/x74anzpj</a></p> <p><b>აქტივობა 2:</b> მინი ლექცია.  მასწავლებელი საუბრობს სხეულის წონასწორობაზე, მბრუნებელ ძალასა, ძალის მხარზე, ძალის მომენტზე, განსაზღვრავს ძალის მხარს და მომენტს, შემოაქვს ძალის მომენტის ერთეული, აყალიბებს წონასწორობის მეორე პირობას.  <b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის ფორმირება.</p> <p><b>აქტივობა 3.</b> ამოცანის ამოხსნა.  მასწავლებელი განიხილავს ჯგუფთან ერთად ამოცანას რუბრიკით „ერთად ამოვხსნათ ამოცანა“  <b>მიზანი:</b> ახალი ცოდნის გაგება, გააზრება. ფორმულის ადეკვატური გამოყენება.</p> <p><b>აქტივობა 4.</b> დამოუკიდებელი მუშაობა  მასწავლებელი არჩევს ამოცანებს და თავაზობს ბავშვებს დამოუკიდებლად გადაწყვიტონ პრობლემები.  <b>მიზანი:</b> ანალიზის უნარის განვითარება.</p> <p><b>აქტივობა 5.</b> გასასვლელი ბილეთი.  ტესტი, ღია და დახურული შეკითხვები.  <b>მიზანი:</b> ნასწავლი მასალის შეჯამება განმტკიცება.</p> <p><b>აქტივობა 6.</b> საშინაო დავალება მოსწავლეებისთვის ინდივიდუალური მუშაობისთვის სასურველია შეირჩეს ამოცანები რუბრიკიდან „ამოხსენით ამოცანები“ 3.8. 1,2,3,4,5</p>
რესურსები	სახელმძღვანელო. GeoGebra classic
შეფასების კრიტერიუმები	დამოუკიდებელი მუშაობის დროს მიღებული ცოდნის გამოყენების უნარი. ახალ მასალაზე დაყრდნობით პრობლემის გადაწყვეტის უნარი. საკითხის გაგება, გამოყენება და ანალიზის უნარი, ასევე შეიძლება მოვახდინოთ განმავითარებელი შეფასება.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის:	სახელმძღვანელოდან §.3.8 ამოცანები რუბრიკიდან „ამოხსენით ამოცანები“ 7,8.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლე შეძლებს სხეულის წონასწორობის პირობის დადგენას და მის გამოყენებას სხვადასხვა პრობლემის გადაწყვეტისთვის.

### საკონტროლო კითხვების პასუხები:

1. როდესაც მყარ სხეულს აქვს რეალური უძრავი ბრუნვის ღერძი, მისი წონასწორობისათვის რატომაც საკმარისი მხოლოდ მომენტების ჯამის ნულთან ტოლობა?

**პასუხი:** უძრავი ბრუნვის ღერძში აღძრული რეაქციის ძალა უზრუნველყოფს იმას, რომ სხეული გადატანით მოძრაობას ვერ შეასრულებს, რის გამოც სხეულს შეუძლია მხოლოდ ბრუნვა. ამ შემთხვევაში კი წონასწორობისათვის საკმარისია შესრულდეს მხოლოდ ერთი პირობა - მომენტების ჯამის ნულთან ტოლობა.

2. ჭეშმარიტია თუ არა, მეორე დასკვნის შებრუნებული მტკიცება ნებისმიერი სხეულისათვის?

**პასუხი:** მეორე პირობის შებრუნებული დასკვნა წონასწორობისთვის საკმარისი არ არის. წონასწორობისთვის საკმარისია წონასწორობის ორივე პირობა ერთად, რომ მყარი სხეული გაწონასწორებულია, თუ მასზე მოქმედი გარე ძალების ტოლქმედი და ამ ძალების მომენტების ჯამი ნებისმიერი ღერძის მიმართ ნულის ტოლია.

### ამოცანების ამოხსნები:

1. ჰორიზონტალურ იატაკზე დევს ერთგვაროვანი 20 კგ მასის ღერო. რა მინიმალური ძალა უნდა მოვდოთ მის ერთ ბოლოს, რომ იგი იატაკს მცირედით ავაცილოთ? მიიჩნიეთ, რომ ღერო იატაკზე არ სრიალებს ( $g \approx 10$  მ/წმ<sup>2</sup>).

ამოხსნა:

ღეროზე მოქმედებს სიმძიმის ძალა, რომელიც მის გეომეტრიულ ცენტრზეა მოდებული, ღეროს თავისუფალ ბოლოზე მოქმედებით, ღერო მეორე ბოლოს მიმართ დაიწყებს შემობრუნებას და მინიმალური ძალა ტოლი იქნება  $F = mg/2$ .

2. ორ სადგამზე ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში გაწონასწორებულია  $L=2$  მ სიგრძისა და 60 კგ მასის ერთგვაროვანი ძელი. მანძილი თითოეული სადგამიდან ძელის უახლოეს ბოლომდე  $d_1=20$  სმ და  $d_2=40$  სმ-ია. მიიჩნიეთ, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup> და განსაზღვრეთ:

ა) რა მინიმალური ძალა უნდა მოვდოთ ძელის მარცხენა ბოლოს, რომ იგი მარცხენა სადგამიდან წამოვწიოთ;

ბ) რა მინიმალური ძალა უნდა მოვდოთ ძელის მარჯვენა ბოლოს, რომ იგი მარჯვენა სადგამიდან წამოვწიოთ?

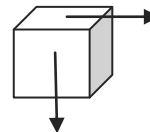
ამოხსნა:

ა) მარცხენა ბოლოზე მოქმედი ძალა აღვნიშნოთ  $F_1$ , მაშინ მარცხენა ბოლოსთვის წონასწორობის პირობა ჩაიწერება  $F_1(L-d_2) = mg(L/2 - d_2) \Rightarrow F_1 = \frac{mg(L/2 - d_2)}{L - d_2}$

ბ) მარჯვენა ბოლოზე მოქმედი ძალა აღვნიშნოთ  $F_2$ , მაშინ მარცხენა ბოლოსთვის წონასწორობის პირობა ჩაიწერება  $F_2(L-d_1) = mg(L/2 - d_1) \Rightarrow F_2 = \frac{mg(L/2 - d_1)}{L - d_1}$

3. ჰორიზონტალურ იატაკზე დევს 10 კგ მასის ერთგვაროვანი კუბი. რა მინიმალური ჰორიზონტალური ძალა უნდა მოვდოთ კუბის ზედა წახნაგს, რომ კუბმა გადაბრუნება დაიწყოს? მიიჩნიეთ, რომ კუბი იატაკზე არ სრიალებს ( $g \approx 10$  მ/წმ<sup>2</sup>).

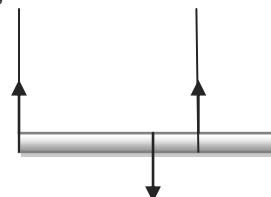
ამოხსნა: კუბის ზედა წახნაგზე ჰორიზონტალური ძალის მაბრუნებელი მომენტი ტოლია მასათა ცენტრზე მოქმედი სიმძიმის ძალის მაბრუნებელი მომენტის  $Fa=mga/2 \Rightarrow F=mg/2=50\text{ ნ}$



4. ორ ვერტიკალურ თოკზე ჩამოკიდებულია 20 კგ მასისა და 1 მ სიგრძის ერთგვაროვანი, ჰორიზონტალური ღერო. განსაზღვრეთ თოკის დაჭიმულობის ძალები, თუ მანძილი ღეროს მარჯვენა ბოლოდან მარჯვენა თოკამდე 20 სმ-ია. მიიჩნიეთ, რომ  $g=10\text{ მ/წმ}^2$ .

**პასუხი:** განვიხილოთ ღეროს წონასწორობა ჯერ მარცხენა ღეროს მიმართ, დავეწეროთ წონასწორობის პირობა  $F_1(L-d)=mg(L/2-d) \Rightarrow$

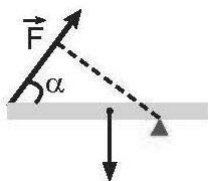
$$F_1 = \frac{mg\left(\frac{L}{2}-d\right)}{L-d}$$



ბ) მარჯვენა ბოლოზე მოქმედი ძალა აღვნიშნოთ  $F_2$ , მაშინ მარცხენა ბოლოსთვის წონასწორობის პირობა ჩაიწერება  $F_2(L-d)=mgL/2 \Rightarrow F_2 = \frac{mg(L/2-d)}{L-d}$

5. 1 მ სიგრძისა და 40 კგ მასის ერთგვაროვანი ღერო ეყრდნობა მახვილი წვეროს მქონე საყრდენს. ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში ღეროს იჭერენ მარცხენა ბოლოზე მოდებული და ჰორიზონტალურად 45°-იანი კუთხით მიმართული ძალით. განსაზღვრეთ ამ ძალის მოდული, თუ მანძილი ღეროს მარცხენა ბოლოდან საყრდენამდე 70 სმ-ია. მიიჩნიეთ, რომ  $g=10\text{ მ/წმ}^2$ .

ამოხსნა:



ძალის მოდული, რომლითაც უნდა ვიმოქმედოთ მარცხენა ბოლოზე არის

$$Fd\sin\alpha=mg(d-L/2) \Rightarrow F=\frac{mg(d-L/2)}{d\sin\alpha}$$

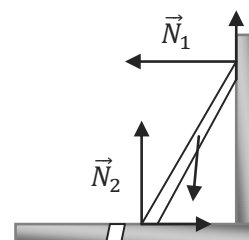
6. ხელოსანი 30 კგ მასის ერთგვაროვან ღეროს აკავებს მის ბოლოზე მოდებული და ღეროს მართობულად მიმართული ძალით ისე, რომ ღერო ჰორიზონტალურად 60°-იან კუთხეს ადგენს. განსაზღვრეთ ძალის მოდული, რომლითაც ხელოსანი ღეროზე მოქმედებს. მიიჩნიეთ, რომ  $g=10\text{ მ/წმ}^2$ .

ამოხსნა:  $F=mg/4=75\text{ ნ}$

7. წინა ამოცანის პირობის მიხედვით განსაზღვრეთ ღეროს ქვედა ბოლოზე მოქმედი საყრდენის რეაქციისა და ხახუნის ძალის მოდულები.

ამოხსნა:  $N=mg - F\sin\alpha, F_{\text{ხხ}} = F\cos\alpha.$

8. ვერტიკალურ კედელსა და ჰორიზონტალურ იატაკს ეყრდნობა გარკვეული მასის მქონე კიბე, რომლის პროფილიც გამოსახულია სურათზე. ნახაზი რვეულში გადაიხაზეთ და გამოსახეთ კიბეზე მოქმედი სიმძიმის,



მასზე კედლისა და იატაკის მხრიდან მოქმედი ხახუნისა და რეაქციის ძალები.

9. ვერტიკალურ გლუვ კედელსა და ჰორიზონტალურ იატაკს ეყრდნობა 30 კგ მასის ერთგვაროვანი კიბე, რომლის პროფილიც გამოსახულია სურათზე. კუთხე კიბესა და იატაკს შორის  $60^\circ$ -ია. მიიჩნიეთ, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup> და განსაზღვრეთ:

- ა) კიბეზე კედლის მხრიდან მოქმედი რეაქციის ძალის მოდული;
- ბ) კიბეზე იატაკის მხრიდან მოქმედი რეაქციის ძალის მოდული;
- გ) კიბეზე იატაკის მხრიდან მოქმედი ხახუნის ძალის მოდული.

ამოხსნა:  $N_1 = R = \frac{mgctg\alpha}{2}$  არის კედლის დრეკადობის (რეაქციის) ძალის მოდული,  $\vec{R}$ - ხახუნის ძალა,  $N_B = mg$  -ჰორიზონტალური ზედაპირიდან მოქმედი ნორმალური რეაქციის ძალის მოდული,  $N = \frac{mg}{2}\sqrt{4 + ctg^2\alpha}$ -საყრდენის რეაქციის ძალის მოდული,  $\vec{N} = \vec{R} + \vec{N}_B$ , იგი მიმართულია  $m\vec{g}$  -სა და  $\vec{N}_A$  - ს გაგრძელებების გადაკვეთის O წერტილისაკენ, რადგან კიბის წონასწორობისას მასზე მოქმედი ყველა ძალის მომენტების ჯამი, ნებისმიერი ღერძის მიმართ (მათ შორის, O წერტილში გამავალი ღერძის მიმართაც) ნულის ტოლია.

10. ვერტიკალურ ძაფზე ერთი ბოლოთი ჩამოკიდებული 3 კგ მასის ერთგვაროვანი ჯოხი წონასწორულ მდგომარეობაშია ისე, რომ მისი ნახევარი ჩაძირულია წყალში. მიიჩნიეთ, რომ  $g=10$  მ/წმ<sup>2</sup> და განსაზღვრეთ:

- ა) რამდენჯერ მეტია ღეროზე მოქმედი ამომგდები ძალა მის მარცხენა ბოლოზე მოქმედ ძაფის დაჭიმულობის ძალაზე;
  - ბ) ღეროზე მოქმედი ამომგდები და ძაფის დაჭიმულობის ძალები.
- პასუხი:  $F_1=2T$ .  $F_1=20$  ნ.  $T=10$  ნ.



## მესამე თავის შემაჯამებელი ამოცანების ამოხსნა

1. დავუშვათ, მეთევზე ნავის მიმართ ამძრავდა  $v$  სიჩქარით, ხოლო ნავი წყლის მიმართ  $u$ -თი. მაშინ:  $m(v-u)-Mu=0 \Rightarrow mv=(M+m)u \Rightarrow v=5u$ . ვინაიდან მეთევზე ნავის მიმართ 5-ჯერ სწრაფად მოძრაობს, ვიდრე ნავი წყლის მიმართ რა დროშიც მეთევზე ნავის მიმართ 4 მ მანძილს გაივლის, იმავე დროში ნავი წყლის მიმართ 0,8 მ-ს გაივლის.  
პასუხი: 80 სმ.
2. თუ მივიჩნევთ, რომ მეთევზეები ერთნაირი  $v$  სიჩქარით მოძრაობენ, ხოლო ნავი  $u$ -თი მივიღებთ:  $m_1(v-u)-m_2(v+u)=Mu$ . რიცხვების შეტანით მივიღებთ:  $80(v-u)-60(v+u)=240u \Rightarrow v=15u$ . რა დროშიც მეთევზე  $v$  სიჩქარით 4 მ მანძილს გაივლის, იმავე დროში ნავი გაივლის 0,2 მ-ს.  
პასუხი: 20 სმ.
3.  $m_1v_1=m_2v_2 \Leftrightarrow 0,2 \cdot 3=0,3v_2 \Rightarrow v_2=2$  მ/წმ.
4.  $m_1v_1=m_2v_2 \Leftrightarrow 50 \cdot 0,5=250 \cdot v_2 \Rightarrow v_2=0,1$  მ/წმ.
5.  $m(v-u)=Mu \Leftrightarrow 80 \cdot (2-u)=240u \Rightarrow u=0,5$  მ/წმ.
6. ჭურვის მასა გემის მასაზე ბევრად მცირეა, ამიტომ:  $mv \cdot \cos\alpha=Mu \Rightarrow u=(mv \cdot \cos\alpha)/M=1$  სმ/წმ.
7.  $m(v-u)=(M-m)u \Leftrightarrow v=20u \Rightarrow u=15$  მ/წმ.
8. ვინაიდან სხეულის მასა ბიჭის მასაზე ბევრად მცირეა:  $m(v-u)=Mu \Leftrightarrow u=v/31=0,1$  მ/წმ.  
 $Mu^2/2=0,3$  ჯ.  $\mu Mgs=0,3 \Rightarrow s=1,25$  მ.
9. პირველი ბურთულა გაჩერდება. მეორე ბურთულა გააგრძელებს მოძრაობას  $v$  სიჩქარით.
10. დაჯახების შემდეგ თითოეულის იმპულსის მოდული იყოს  $p=mv_2$ . მაშინ დაჯახებამდე იმპულსი  $mv$  და დაჯახების შემდეგ ჯამური იმპულსი  $\sqrt{2}mv_2$  ერთმანეთის ტოლია.  
 $Mv=\sqrt{2}mv_2 \Rightarrow v_2=v/\sqrt{2}=\sqrt{2}$  მ/წმ.
11.  $2m\vec{v}=2m\vec{v}_1+m\vec{v}_2$  პირობითად მივიჩნიოთ, რომ დაჯახების შემდეგ ორივე ბურთულა ერთი მიმართულებით მოძრაობს. მაშინ მათი იმპულსის გეგმილებისთვის მივიღებთ:  
 $2mv=2mv_1+mv_2 \Leftrightarrow 2v=2v_1+v_2$  (1). ვინაიდან შეჯახება აბსოლუტურად დრეკადია, მუდმივი რჩება სისტემის მექანიკური ენერგიაც:  $2mv^2/2=2mv_1^2/2+mv_2^2/2 \Leftrightarrow 2v^2=2v_1^2+v_2^2$  (2). მივიღეთ განტოლებათა სისტემა:  

$$\begin{cases} 2v = 2v_1 + v_2 \\ 2v^2 = 2v_1^2 + v_2^2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 2(v - v_1) = v_2 \\ 2(v^2 - v_1^2) = v_2^2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 2(v - v_1) = v_2 \\ 2(v - v_1)(v + v_1) = v_2^2 \end{cases}$$

ვინაიდან  $v \neq v_1$  და  $v_2 \neq 0$ , შეგვიძლია ქვედა განტოლება გავყოთ ზედა განტოლებაზე და მივიღებთ:  $v+v_1=v_2$  (3). თუ (3) განტოლებაში მიღებულ შედეგს გავითვალისწინებთ (1)-ში, მივიღებთ:  $2v=2v_1+v+v_1 \Rightarrow v_1=v/3=1$  მ/წმ. მიღებული შედეგის (3)-ე განტოლებაში შეტანით:  $v_2=4v/3=4$  მ/წმ.  $E_1=1$  ჯ;  $E_2=8$  ჯ.
12. დაჯახებამდე ბირთვებს ურთიერთსაპირისპირო და მოდულით ტოლი იმპულსები აქვთ:  $m_1v_1=m_2v_2$ . ამიტომ დაჯახების შემდეგაც ურთიერთსაპირისპირო და მოდულით ერთნაირი იმპულსი უნდა ჰქონდეთ:  $m_1v_3=m_2v_4$ . იმავეს თქმა შეიძლება ენერგიებზე, ვინაიდან დაჯახება დრეკადია:

$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 v_3^2}{2} + \frac{m_2 v_4^2}{2}$ . განტოლებათა სისტემის ამოხსნით მივიღებთ, რომ  $v_3=v_1=2$  მ/წმ;  
 $v_4=v_2=5$  მ/წმ.

14.  $\Delta p = 2mv \cdot \cos 60^\circ = 0,5$  კგ·მ/წმ;

15. ვინაიდან მოდებული  $F$  ძალის გეგმილი ვერტიკალური მიმართულებით არ აღემატება სხეულზე მოქმედ სიმძიმის ძალას, ძელი ვერტიკალური მიმართულებით არ გადაადგილდება.  $\Delta E = A = (F \cdot \cos \alpha - \mu mg)L = 1500$  ჯ.

16.  $\frac{mv^2}{2} = \frac{kx^2}{2}$ . თუ დაჯახებამდე ძელაკის სიჩქარე 2-ჯერ მეტი იქნება, ზამზარაც 2-ჯერ მეტად შეიკუმშება.  $X_2 = 10$  სმ.

17.  $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh$ ,  $\frac{mv^2}{2} = mgh$ ,  $\frac{mv_0^2}{2} = 2mgh \Rightarrow h = \frac{v_0^2}{4g} = 10$  მ;

18.  $mgh_0 = \frac{mv^2}{2} + mgh$ ,  $\frac{mv^2}{2} = mgh$ ,  $mgh_0 = 2mgh \Rightarrow h = \frac{h_0}{2} = 50$  მ;  $v^2 = 2gh \Rightarrow v \approx 44,7$  მ/წმ.

19.  $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh$ ,  $v_0^2 = v^2 + 2gh \Rightarrow v_0 \approx 14,1$  მ/წმ;

20.  $Q = \frac{mv_0^2}{2} + mgh_0 - \frac{mv^2}{2} = 1560$  ჯ;

21.  $N = Fv$ ,  $F \sim v$ ,  $N_2 = 2F \cdot 2v = 4Fv = 4N$ ; პასუხი: 4-ჯერ გაიზარდება;

22.  $N = Fv$ ,  $F \sim v^2$ , თუ სიჩქარე 2-ჯერ გაიზარდა,  $F_2 = 4F$ ,  $N_2 = 4F \cdot 2v = 8N$ . პასუხი: სიმძლავრე 8-ჯერ უნდა გავზარდოთ;

23.  $Fv = 2N \Rightarrow F = 2N/v = 360$  კნ;

24.  $A_{bcb} = \frac{mv^2}{2} - mgh_0$ ,  $-F_b l = \frac{mv^2}{2} - mgh_0 \Rightarrow F_b = \frac{mgh_0}{l} - \frac{mv^2}{2l} \approx 24$  ნ;

25.  $F \cos \alpha - mg - \mu N = 0$ ,  $\mu = 0,6$ ;

26.  $2T = \sqrt{F^2 + m^2 g^2} = 500$  ნ,  $T = 250$  ნ;

27.  $2F \cos 30^\circ = mg \Rightarrow F \approx 290$  ნ;  $T = 500$  ნ;

28.  $C$  წერტილი წონასწორულ მდგომარეობაშია. ღეროებში აღძრული დრეკადობის ძალების გეგმილები ჰორიზონტალურ ღეროზე მოდულით ერთნაირია, ამიტომ  $T_1 = T_2 = T$ .  
 ვერტიკალურ ღეროზე:  $2T \cos 60^\circ = mg$ ,  $T = 500$  ნ; პასუხი:  $T_1 = T_2 = 500$  ნ.

29. მარცხენა ტვირთის მასა იყოს  $m_1$ . მაშინ თოკის დაჭიმულობის ძალა იქნება  $m_1 g$ . მარჯვენა ტვირთზე მოქმედი ძალები აბათილებენ ერთმანეთს:  $2m_1 g \cos 60^\circ = m_2 g$ ,  $m_1/m_2 = 1$ .

30.  $2m_1 g \cos \alpha = m_2 g$  ფორმულიდან ჩანს, რომ მოძრავ ჭოჭონაქზე დაკიდებული ტვირთის მასა უნდა შევამციროთ.

## ინტეგრირებული გაკვეთილისთვის – ფიზიკა და ისტორია

### საკვანძო იდეების ისტორია

ძველი წელთაღრიცხვით V საუკუნეში	V	დემოკრიტე ატომიზმისა და მატერიალური ფილოსოფიის ერთ-ერთი დამფუძნებელი.
ძველი წელთაღრიცხვით IV საუკუნეში	IV	არისტოტელე, ცოდნას ყოფდა სამ ნაწილად: თეორიულად (ფიზიკა და მეტაფიზიკა), პრაქტიკულად (ეთიკა და პოლიტიკა) და პოეტიკურად (ხელოვნება). ალექსანდრე მაკედონელის აღმზრდელი. ფიზიკა – მეცნიერება ძალასა და ენერგიას შორის ონტოლოგიური განსხვავების შედეგად წარმოშობილი მოძრაობის შესახებ.
ძველი წელთაღრიცხვით III საუკუნეში	III	ერატოსთენემ პირველმა გაზომა დედამიწის მერიდიანის სიგრძე.
ძველი წელთაღრიცხვით III საუკუნეში	III	არქიმედემ გამოიგონა სამხედრო მანქანა, დამხმარების გარეშე ხმელეთზე გამოიყვანა და გადაადგილა ტვირთითა და მგზავრებით სავსე სავაჭრო ხომალდი ბერკეტის დახმარებით.
ახალი წელთაღრიცხვით 1656. I საუკუნეში	I	პტოლემეუსი, ალექსანდრიელი ასტრონომი, მათემატიკოსი და გეოგრაფი. შექმნა მზის სისტემის გეოცენტრული მოდელი, რომლის თანახმადაც, დედამიწა სამყაროს ცენტრი იყო.
1543		კოპერნიკი, მან დაამტკიცა, რომ სამყაროსა და პლანეტების ცენტრი მზეა. დედამიწაც, როგორც საერთო პლანეტა, ბრუნავს მზის გარშემო. ამ აღმოჩენით საფუძველი ჩაეყარა ჰელიოცენტრულ სისტემას.
1592		გალილეო გალილეი – შექმნა თერმოსკოპი.
1644		ტორიჩელი – შექმნა ბარომეტრი.
1687		ნიუტონმა გამოაქვეყნა ნაშრომი გრავიტაციის შესახებ. კარლ ლინე, შექმნა ცელსიუსის თერმომეტრი.
1724		ფარენჰაიტი, ფიზიკოსი, მის სახელს ატარებს ტემპერატურის საზომი ერთეული.
1775		ჯეიმს უატი, გამომგონებელი, მექანიკოსი, უნივერსალური ორთქლის მანქანის მშენებელი, ორთქლის ძრავამ გადამწყვეტი როლი ითამაშა „ინდუსტრიულ რევოლუციაში“.
1878		ედისონმა გამოიგონა ნათურა, ფონოგრაფი. დაიწყო პირველი მუსიკალური ჩანაწერების გაკეთება.
1889		ჯოულმა გამოაქვეყნა ლითონის გამტარში ელექტრული დენის გავლისას გამოყოფილი სითბოს რაოდენობის გამოსათვლელი კანონი და ექსპერიმენტულად დაამტკიცა, რომ სითბოს მიღება შეიძლება მექანიკური ენერგიის ხარჯზე და განსაზღვრა სითბოს მექანიკური ეკვივალენტი. ექსპერიმენტულად დაამტკიცა ენერგიის მუდმივობის კანონი.
1856		უილიამ ტომსონი, ინინასწარმეტყველა ელექტრული დენით სითბოს გადატანის მოვლენა.
1897		ტომსონმა აღმოაჩინა ელექტრონი.
1893		ნიკოლა ტესლა, გამომგონებელი, ელექტროტექნიკისა და რადიოტექნიკის განვითარებაში უდიდესი წვლილის შემტანი. შექმნა ანტენა.
1898		მარია კიური, აღმოაჩინა რადიუმი და პოლონიუმი.
1911		რეზერფორდი.
1913		ნილს ბორი.
1916		აინშტაინმა გამოაქვეყნა ფარდობითობის თეორია.
1932		ჩადვიკმა აღმოაჩინა ნეიტრონი.
1942		ფერმის ატომური რეაქტორი.
1969		მთვარეზე დაჯდომა.

1971	„ინტელმა“ შექმნა მიკროპროცესორი.
2013	ჰიგისის ბოზონი, ექსპერიმენტულად დამოწმებული ატომური კვლევების ევროპული ორგანიზაცია CERN-ის მიერ დღეს შესაძლებელია გიდის მეშვეობით ზოგიერთი მიმდინარე ცდის დათვალეფება.
დღეს მიმდინარეობს მუშაობა	M-თეორიაზე, იგივე სიმების თეორია — განვითარებადი თეორია ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკაში, რომელიც მიზნად ისახავს კვანტური მექანიკისა და ფარდობითობის ზოგადი თეორიის შერწყმას.

მოამზადეთ პრეზენტაცია ან დაურიგეთ ეს ინფორმაცია მოსწავლეებს და განიხილეთ მოსწავლეებთან ერთად, რომელი მეცნიერების აღმოჩენები, იდეები და ექსპერიმენტები დაედო საფუძვლად მე-8 კლასის კურსში განვლილი საკითხების, თემების შესწავლას.

**დისკუსია თემაზე:** თანამშრომლობის (სხვადასხვა სპეციალობის ფიზიკოსების, ხელოვნური ინტელექტის შემქმნელი ინფორმატიკის სპეციალისტების, მათემატიკოსების, ბიზნესის წარმომადგენლებისა და სახელმწიფო მოხელეების) როლი თანამედროვე ფიზიკის პრობლემებზე მუშაობისას.

დისკუსია შეიძლება წარიმართოს მომდევნო გაკვეთილებზე შემდეგ საკითხებზე:

დაფიქრდით, ყინულის დნობის კუთრი სითბო რომ უფრო ნაკლები იყოს, რას გამოიწვევდა ეს დედამიწაზე?

**მიზანი:** მოსწავლემ შეძლოს ფიზიკურ მოვლენაზე დაკვირვებისას არსებული ცოდნის გარმავება, ახალი ცოდნის მიღების ექსპერიმენტული და თეორიული მეთოდების მნიშვნელობის დანახვა. დაკვირვებისას მიღებული მონაცემების საფუძველზე ვარაუდის გამოთქმა (ჰიპოთეზის ჩამოყალიბება), ჰიპოთეზის გამოთქმა, დასაბუთება ან უარყოფა.

გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები: დისკუსია, მინილექცია, ცდა.

**აქტივობა 1. მინი-ლექცია**

**მიზანი:** ინფორმაციის მიწოდება თემაზე გამომგონებლები, ნიკოლა ტესლა ენერჯის უსადენო გადაცემა.

**აქტივობა 2. ცდა**

**მიზანი:** კვლევითი უნარების განვითარება.

გარკვეული იდეის შემოწმების სადემონსტრაციოდ ვატარებთ სახელმძღვანელოში აღწერილ ცდას. ვინიშნავთ შედეგებს და ვმსჯელობთ ჩვენი ჰიპოთეზის მართებულობაზე. შემდეგ ვეკითხებით კლასს: ხომ არ გაუჩნდა რომელიმეს რაიმე იდეა, რომლის შემოწმებასაც შევძლებთ? თუ შესაძლებელია, კლასში ვატარებთ სათანადო ცდას, ან საშინაო დავალებად ვაძლევთ შეამოწმონ თავიანთი იდეის ჭეშმარიტება.

**აქტივობა 3. დისკუსია თემაზე: ექსპერიმენტის მნიშვნელობა.**

წინარე ცოდნა: რა არის ფიზიკური მოვლენა, ფიზიკური მოვლენების მკვლევრები.

**მიზანი:** წინარე ცოდნის გააქტიურება, ინტერესის აღძვრა

აღწერა: როგორ გესმით ცნება კვლევა? ფიზიკური კვლევა? ექსპერიმენტი

რა დაგვჭირდება ცდებზე დაკვირვებისას?

მასწავლებელი აზუსტებს, რომ ფიზიკაში კვლევა ემყარება ბუნების კანონების შემეცნების ორ ძირითად მეთოდს – დაკვირვებასა და ცდას.

სადისკუსიო კითხვა: ფიზიკური ექსპერიმენტი – საფრთხე თუ განვითარების გზა?

## მათემატიკა ფიზიკისათვის

ძირითადი მათემატიკური საკითხები, რომელთა ცოდნა აუცილებელია მოცემული სახელმძღვანელოს მიხედვით ფიზიკის მე-9 კლასის კურსის შესასწავლად და ამოცანების ამოსახსნელად,

მრავალწევრი რიცხვების შეკრება, გამოკლება, გამრავლება, გაყოფა;

მოქმედებები ნილადებზე და ათნილადებზე;

რიცხვის პროცენტის პოვნა და პროცენტის მიხედვით რიცხვის მოძებნა;

შეფარდების ცნება და მისი გამოყენება;

შებრუნებული რიცხვის მოძებნა;

დიაგრამების დახაზვა და წაკითხვა;

პირდაპირპროპორციული და უკუპროპორციული დამოკიდებულებები;

ხარისხის ცნება;

რიცხვის სტანდარტული სახით ჩანერა;

ათნილადების დამრგვალება;

გამოსახულების გარდაქმნა და წრფივი და კვადრატული განტოლების ამოხსნა;

წრფივი და კვადრატული ფუნქცია, მათი გრაფიკები

ტრიგონომეტრია (მახვილი კუთხის სინუსი, კოსინუსი, ტანგენსი, კოტანგენსი)

მრავალკუთხედი, კუთხე, გვერდი;

პარალელოგრამი, დიაგონალი, სამკუთხედი, პითაგორას თეორემა.

მოქმედებები ვექტორებზე

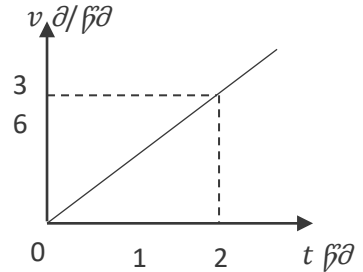
ხელსაწყობის (სახაზავი, ტრანსპორტირი, ფარგალი) გამოყენება.

## შემაჯამებელი წერის ნიმუშები

### შემაჯამებელი წერა №1

#### ვარიანტი I

1. მოცემულია თანაბარაჩქარებული მოძრაობის სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი, რისი ტოლია აჩქარება 3წმ-ის ბოლოს? (1 ქულა)



ა)  $9\text{მ/წმ}^2$

ბ)  $1,5\text{მ/წმ}^2$

გ)  $3\text{მ/წმ}^2$

დ) 0

2. რა დროში გაიზრდება  $0,2\text{ მ/წმ}^2$  აჩქარებით მოძრავი ავტომანქანის სიჩქარე 54 კმ/სთ-დან 72 კმ/სთ-მდე? (2 ქულა)

ა) 36 წმ    ბ) 2,5 წმ    გ) 3,6 წმ    დ) 25 წმ

3. მოცემულია მოძრაობის განტოლება

$x = 3 + 2t + 2t^2$  აქედან ვასკვნით, რომ (სიდიდეები მოცემულია SI სისტემის ერთეულებში). (2 ქულა)

ა)  $x_0 = 3\text{მ}, v_0 = 2\text{მ/წმ}, a = 2\text{მ/წმ}^2$

ბ)  $x_0 = 0, v_0 = 3\text{მ/წმ}, a = 2\text{მ/წმ}^2$

გ)  $x_0 = 3\text{მ}, v_0 = 2\text{მ/წმ}, a = 4\text{მ/წმ}^2$

დ)  $x_0 = 3\text{მ}, v_0 = 0, a = 4\text{მ/წმ}^2$

#### ამოხსენით ამოცანები:

4. უსაწყისო სიჩქარით დაშვებულმა მოთხილამურემ 80 მ სიგრძის ფერდობი 10 წამში გაიარა. ფერდობის შემდეგ კი მოძრაობა გააგრძელა ჰორიზონტალურ უბანზე და 40 მ მანძილის გავლის შემდეგ გაჩერდა. მიიჩნით, რომ გზის ორივე მონაკვეთზე მოთხილამურე თანაბარაჩქარებულად მოძრაობდა და განსაზღვრეთ: (3 ქულა)

ა) აჩქარების მოდული ფერდობზე დაშვებისას;

ბ) სიჩქარის მოდული ფერდობის ბოლოს;

გ) აჩქარების მოდული ჰორიზონტალურ უბანზე მოძრაობისას.

5. ტბაში  $0,2\text{ მ/წმ}$  მუდმივი სიჩქარით მცურავი ნავიდან წყალში ხტება და ნავის მოძრაობის მიმართულებით  $0,5\text{ მ/წმ}$  სიჩქარით მიცურავს მაშველი. რა მანძილით დაშორდება მაშველი ნავს 7 წამში? მიიჩნით, რომ მაშველის გადახტომისას ნავის სიჩქარე არ შეცვლილა. (2 ქულა)

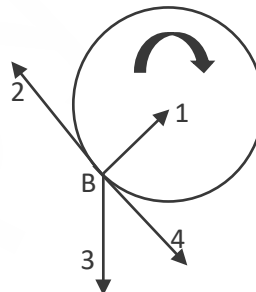
1	2	3	4	5
ბ	დ	გ	ა)1,6; ბ)16მ/წმ; გ)3,2	2,1მ

## შემაჯამებელი წერა №2

### ვარიანტი I

1. რას უდრის წუთების მაჩვენებელი ისრის ბრუნვის სიხშირის შეფარდება საათის მაჩვენებელი ისრის ბრუნვის სიხშირესთან? (2 ქულა)  
 ა) 24 ბ) 1/12 გ) 12 დ) 60

2. სხელი წრეწირზე ბრუნავს თანაბრად საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით, როგორ არის მიმართული სიჩქარე B წერტილში? (1 ქულა)  
 ა) ა ბ) 2 გ) 3 დ) 4



3. დისკოს ბრუნვისას ბრუნვის ღერძიდან  $R$  და  $\frac{R}{4}$  მანძილებით დაშორებული წერტილების კუთხული სიჩქარეების შეფარდებაა (2 ქულა)  
 ა) 4 ბ) 1/4 გ) 1 დ) 16

#### ამოხსენით ამოცანები:

4. ორი ნივთიერი წერტილიდან პირველი ბრუნავს 100სმ რადიუსის, ხოლო მეორე 50 სმ რადიუსის წრეწირზე. განსაზღვრეთ პირველის წერტილის ცენტრისკენული აჩქარების შეფარდება მეორეს ცენტრისკენულ აჩქარებასთან, თუ  
 ა) მათი ბრუნვის პერიოდები ერთნაირია;  
 ბ) მათი წირითი სიჩქარეები ერთნაირია. (3 ქულა)
5. როდესაც 50მ სიმაღლის რადიუსის მოსახვევში ავტომობილი მოძრაობს 5 მ/წმ სიჩქარით, მაშინ მისი ცენტრისკენული აჩქარების მოდული ტოლია? (2 ქულა)

1	2	3	4	5
ბ	ბ	ბ	ა) 2-ჯერ მეტი ბ) 2-ჯერ ნაკლები	0,5

## შემაჯამებელი წერა N 3

### ვარიანტი I

1. მოძებნა არასწორი მტკიცება ძალის შესახებ (1 ქულა)
  - ა) ძალა არის სხეულის აჩქარების მიზეზი;
  - ბ) ფორმულიდან  $F=ma$  ჩანს, რომ ძალა დამოკიდებულია სხეულის მასასა და აჩქარებაზე;
  - გ) ძალა ვექტორული სიდიდეა;
  - დ) ძალის ერთდროულად მიღებულია 1 ნიუტონია.
  
2. 60 ნ ძალა სხეულს  $0,3 \text{ მ/წმ}^2$  აჩქარებას ანიჭებს. რა ძალა მიანიჭებს იმავე სხეულს  $1 \text{ მ/წმ}^2$  აჩქარებას? (2 ქულა)
  - ა) 200 ნ; ბ) 180 ნ; გ) 78 ნ; დ) 60 ნ.
  
3. 50 კგ მასის სხეულზე მოქმედი ძალების ტოლქმედის მოდული 20 ნ-ია. აქედან ვასკვნით, რომ (2 ქულა)
  - ა) სხეული მოძრაობს თანაბარაჩქარებულად  $a = 2.5 \text{ მ/წმ}^2$  აჩქარებით.
  - ბ) სხეული მოძრაობს თანაბარაჩქარებულად  $a = 0.4 \text{ მ/წმ}^2$  აჩქარებით.
  - გ) სხეული მოძრაობს თანაბრად  $v = 0.4 \text{ მ/წმ}$  სიჩქარით.
  - დ) სხეული მოძრაობს თანაბრად  $v = 2,5 \text{ მ/წმ}$  სიჩქარით.

#### ამოხსენით ამოცანები:

4. F ძალა  $m_1$  მასის სხეულს ანიჭებს  $a_1$  აჩქარებას. იგივე ძალა  $m_2$  მასის სხეულს ანიჭებს  $a_2$  აჩქარებას. რისი ტოლი უნდა იყოს სხეულის მასა m, რომ იგივე F ძალამ მიანიჭოს  $(a_1 + a_2)$  აჩქარება? (2 ქულა)
  
5. მარსის მასა დაახლოებით დედამიწის მასის 1/10-ნაწილია, ხოლო რადიუსი – დედამიწის რადიუსზე 2-ჯერ ნაკლები. რამდენჯერ აღემატება დედამიწისთვის პირველი კოსმოსური სიჩქარე მარსის პირველ კოსმოსურ სიჩქარეს? (3 ქულა)

1	2	3	4	5
ბ	ა	ბ	$m = \frac{m_1 * m_2}{m_1 + m_2}$	$\sqrt{5}$ - ჯერ.



## შემაჯამებელი წერა №4

### ლაბორატორიული სამუშაო, მონაცემთა ანალიზი

დაყავით კლასი ჯგუფებად. თითოეული ჯგუფი ატარებს ექსპერიმენტს. ჯგუფის თითოეული წევრი ინდივიდუალურად ავსებს მონაცემთა ცხრილს და ამუშავებს მონაცემებს. თითოეულმა მოსწავლემ ინდივიდუალურად უნდა წარმოადგინოს მონაცემთა ანალიზის შედეგები.

#### ექსპერიმენტის ნიმუში:

**ცდა N 1:** დაახლოებით 1,5 მ სიგრძის ფიცარზე მოათავსეთ ხის ძელაკი. თანდათანობით გაზარდეთ ფიცრის დახრის კუთხე მანამ, ვიდრე ძელაკი სრიალს დაიწყებს. დააფიქსირეთ დახრის ეს კუთხე. ცდა რამოდენჯერმე გაიმეორეთ და დახრის კუთხეების საშუალო არითმეტიკული ჩაინიშნეთ რვეულში. პარაგრაფში მოყვანილი მსჯელობების თანახმად მიღებული კუთხის ტანგენსი ძელაკსა და ფიცარს შორის ხახუნის კოეფიციენტის ტოლია.

#### ცდა N2:

დახარეთ ფიცარი ჰორიზონტისადმი უფრო დიდი კუთხით. ამ შემთხვევაში მასზე დადებულ ძელაკი დასრიალდება. ჩაინიშნეთ ეს კუთხე. ფიცარზე მონიშნული ერთი ადგილიდან ძელაკი მრავალჯერ დაასრიალეთ, გაზომეთ ძელაკის ფიცრიდან (ბიძგის გარეშე) ჩამოსრიალების დროის შუალედების საშუალო არითმეტიკული. ძელაკის მიერ გავლილი მანძილითა და ამ მანძილის გასავლელად საჭირო დროის შუალედით გამოიანგარიშეთ ძელაკის აჩქარება:  $S=at^2/2$ .  $a=2S/t^2$ . ძელაკის აჩქარებით, ფიცრის დახრის კუთხით და ხახუნის კოეფიციენტით (რომელიც უკვე განსაზღვრული გავაქვს) გამოიანგარიშეთ თავისუფალი ვარდნის აჩქარება:  $a=g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \Rightarrow g=a/(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$ .

რა გარემოფაქტორები არ გაითვალისწინეთ და რის გამო შეიძლება იყოს თქვენი დასკვნები აცდენილი რეალურ სურათს?

განსხვავებულ შედეგს მიიღებდით, თუ არა ცდა, მაგალითად მარსზე, რომ ჩაგეტარებინათ? რისი დადგენა არის შესაძლებელი დედამიწის წიაღისეულთან დაკავშირებით, თუ შევძლებთ დედამიწის სხვადასხვა წერტილებში თავისუფალი ვარდნის აჩქარებების შედარებას?

პირველი ცდის მონაცემები:		დახრის კუთხეების საშუალო არითმეტიკული და ხახუნის კოეფიციენტის განსაზღვრა:
დახრის კუთხე N1		
დახრის კუთხე N2		
დახრის კუთხე N3		
დახრის კუთხე N4		
მეორე ცდის მონაცემები:		ჩამოსრიალების დროის შუალედების საშუალო არითმეტიკული და ძელაკის აჩქარების განსაზღვრა:
დახრის ახალი კუთხე		
ჩამოსრიალების დრო N1		
ჩამოსრიალების დრო N2		
ჩამოსრიალების დრო N3		
ჩამოსრიალების დრო N4		
ძელაკის მიერ გავლილი მანძილი:		
თავისუფალი ვარდნის აჩქარების განსაზღვრა:		

შეფასება					
კრიტერიუმები	პრესტრუქტურული დონე 0-1	უნისტრუქტურული დონე 2-3	მულტისტრუქტურული დონე 4-5-6	მიმართებითი დონე 7-8-9	აბსტრაქტული დონე 10
პირველ ცდაში დახრის კუთხის განსაზღვრა					
ჩამოსრიალების დროების საშუალო არითმეტიკულის განსაზღვრა					
ძელაკის მიერ გავლილი მანძილის განსაზღვრა					
თავისუფალი ვარდნის აჩქარების განსაზღვრა					
ხელისშემშლელი ფაქტორების დასახელება					
სხვადასხვა პლანეტაზე თავისუფალი ვარდნის აჩქარების განსხვავებულობაზე მსჯელობა					
თავისუფალი ვარდნის აჩქარების სხვადასხვა ადგილზე განსაზღვრით დედამიწის წიაღისეულის შესახებ ვარაუდების გამოთქმის შესაძლებლობა					

## შემაჯამებელი წერა №5

### ვარიანტი I

1. ძალის იმპულსი არის (1 ქულა)
  - ა) ძალისა და სიჩქარის ნამრავლი  $\vec{F} * \vec{v}$
  - ბ) ძალის ნამრავლი მისი მოქმედების დროზე  $\vec{F} * t$
  - გ) ძალის ნამრავლი სხეულის მასაზე  $\vec{F} * m$
  - დ) სხეულის მასის ნამრავლი ძალის მოქმედების დროზე  $m * t$
  
2. ბინის მშენებლობაზე ერთმა მექანიზმმა 100 ტონა ტვირთი V სართულზე აიტანა 20 წთ-ში, მე-2 მექანიზმმა იგივე ტვირთი V სართულზე აიტანა 15 წთ-ში, მე-3 მექანიზმმა 10 წთ-ში.  
როგორია თანაფარდობა მექანიზმების სიმძლავრეებს შორის? (2 ქულა)
  - ა)  $N_1 = N_2 = N_3$
  - ბ)  $N_1 > N_2 > N_3$
  - გ)  $N_1 < N_2 < N_3$
  - დ)  $N_1 < N_2 \quad N_3 < N_2$
  
3. 70 კგ მასის ადამიანი ადის 10 მ სიმაღლეზე კიბით, რომლის საერთო სიგრძე 20მ-ია. გამოთვალეთ სიმძიმის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა. (2 ქულა)
  - ა) 14000 ჯ    ბ) 7000 ჯ    გ) 21000 ჯ    დ) -7000 ჯ

#### ამოხსენით ამოცანები:

4. 800 ნ ტოლქმედი ძალის მოქმედებით ამ ძალის მიმართულებით 40 მ მანძილზე 80 კგ მასის სხეულის გადაადგილებისას მისი კინეტიკური ენერგია 3-ჯერ გაიზარდა. განსაზღვრეთ სხეულის სიჩქარე საწყის მომენტში. (2 ქულა)
  
5. ჰორიზონტისადმი  $30^\circ$ -იანი კუთხით დახრილ სიბრტყეზე უძრავად დევს ძელაკი, რომლის მასა 5 კგ-ია. განსაზღვრეთ ძელაკზე მოქმედი სიმძიმისა, რეაქციისა და ხახუნის ძალის მოდულები. (3 ქულა)

1	2	3	4	5
ბ	გ	დ	20 მ/წმ	505, 43 ნ, 255

## დანართები

### დანართი 1. შეფასება

**რას ითვალისწინებს შეფასების თითოეული კომპონენტი**

#### საშინაო დავალება

დავალების ტიპები: საშინაო ექსპერიმენტი, დაკვირვება ობიექტებსა და პროცესებზე, ინფორმაციის მოძიება, კონცეპტუალური რუკის შედგენა, მოდელირება, რეფერატის მომზადება და სხვა. ფასდება შემდეგი უნარები:

1. სააზროვნო უნარ-ჩვევები;
2. კვლევის უნარ-ჩვევები;
3. პრობლემის გადაჭრის უნარ-ჩვევები;
4. თვითმართვის უნარ-ჩვევები.

#### საკლასო დავალება

დავალების ტიპები: საკითხის განხილვა/დისკუსია, ექსპერიმენტი, მონაცემების აღრიცხვა/დამუშავება, მოდელირება და სხვა. ფასდება შემდეგი უნარები:

1. სააზროვნო უნარ-ჩვევები;
2. კვლევის უნარ-ჩვევები;
3. პრობლემის გადაჭრის უნარ-ჩვევები;
4. სოციალური უნარ-ჩვევები;
5. კომუნიკაციის უნარ-ჩვევები;
6. თვითმართვის უნარ-ჩვევები.

#### შემაჯამებელი დავალება

**სასწავლო წლის განმავლობაში ჩასატარებელია 5 შემაჯამებელი სამუშაო.**

შემაჯამებელი დავალების კომპონენტი უკავშირდება სწავლების შედეგს. ამ კომპონენტში უნდა შეფასდეს ერთი სასწავლო მონაკვეთის (თემა, თავი, პარაგრაფი, საკითხი) შესწავლა-დამუშავების შედეგად მიღწეული შედეგები. კონკრეტული სასწავლო ერთეულის დასრულებისას მოსწავლემ უნდა შეძლოს საგნის სტანდარტით განსაზღვრული ცოდნისა და უნარების წარმოჩენა. შესაბამისად, შემაჯამებელი დავალებები უნდა აფასებდეს სტანდარტით განსაზღვრული შედეგების მიღწევის დონეს.

სტანდარტის მოთხოვნათა შესაფასებლად რეკომენდებულია შემაჯამებელ დავალებათა მრავალფეროვანი ფორმის გამოყენება. საბუნებისმეტყველო საგნების შემაჯამებელ დავალებათა ტიპები შეიძლება იყოს: ტესტი, სხვადასხვა ტიპის სავარჯიშო,

საველე/გასვლითი სამუშაო, მოდელირება, პროექტი, პრეზენტაცია და სხვა.

#### ფასდება შემდეგი უნარები:

1. სააზროვნო უნარ-ჩვევები;
2. კვლევის უნარ-ჩვევები;
3. პრობლემის გადაჭრის უნარ-ჩვევები;
4. კომუნიკაციის უნარ-ჩვევები;
5. სოციალური უნარ-ჩვევები;
6. თვითმართვის უნარ-ჩვევები.

მოთხოვნები, რომლებსაც უნდა აკმაყოფილებდეს შემაჯამებელი დავალებები

- ✓ დავალების თითოეულ ტიპს უნდა ახლდეს შეფასების ზოგადი რუბრიკა;
- ✓ ზოგადი რუბრიკა უნდა დაზუსტდეს კონკრეტული დავალების პირობისა და განვლილი მასალის გათვალისწინებით;

✓ 10 ქულა უნდა განანიღდეს რუბრიკაში შემავალ კრიტერიუმებზე;

- ✓ მითითებული უნდა იყოს სტანდარტის ის შედეგები, რომელთა შეფასებასაც ემსახურება შემაჯამებელი დავალება.

✓

### დანართი 2. შეფასების რუბრიკების ნიმუშები

მინდა კიდევ ერთხელ მივაქციო ყურადღება ობიექტურ, გამჭვირვალე, ვალიდური შეფასების დიდ მნიშვნელობას. მასწავლებლის წიგნში მოცემული შეფასების სქემების ნიმუშების გამოყენებისას მასწავლებელს შეუძლია მისი შეცვლა საკუთარი შეხედულებისა და საჭიროების შესაბამისად, ასევე გაითვალისწინოს, რომ შეფასების რუბრიკა მოსწავლეებთან ერთად, მათი უშუალო მონაწილეობით უნდა შეიქმნას.

განიხილეთ მოსწავლის შეცდომა, როგორც მოსწავლის არასტანდარტული აზროვნების შედეგი და აუცილებლად დაინტერესდით, რატომ ფიქრობს ასე და არა სხვაგვარად, მიეცით მას შესაძლებლობა, აგვიხსნას საკუთარი პოზიცია. შეცდომის შეფასებისას ხშირად გამოიყენეთ შე-

ფასება „ვერ არა“, „ვერ“ ამ სიტყვებს შეუძლია დაეხმაროს მოსწავლეს ზრდის მენტალიტეტის ჩამოყალიბებაში და შემდგომ წინსვლაში. სასურველია, ხშირად გამოიყენოთ ურთიერთშეფასება და თვითშეფასება, რაც გაცილებით საინტერესოს ხდის საგაკვეთილო პროცესს.

საგაკვეთილო პროცესში ჩართულობა					
კრიტერიუმები	1-2 დაბალი	3-4 საშუალოზე დაბალი	5-6 საშუალო	7-8 საშუალოზე მაღალი	9-10 მაღალი
საგაკვეთილო პროცესში მოსწავლის აქტიურობა, მოსმენის კულტურა, ეთიკური ნორმების დაცვა	პასიურია, არ არის ჩართული საგაკვეთილო პროცესში, არ უსმენს მოსაუბრეს, არ იცავს ეთიკურ ნორმებს	საგაკვეთილო პროცესში ნაწილობრივია ჩართული, უჭირს ყურადღების კონცენტრირება, ვერ იცავს ეთიკურ ნორმებს	საგაკვეთილო პროცესში ნაწილობრივია ჩართული, იშვიათად უსმენს მოსაუბრეს, ვერ იცავს ეთიკურ ნორმებს	გაკვეთილზე უმეტესად აქტიურია, მობილიზებულია და უსმენს მოსაუბრეს, იცავს ეთიკურ ნორმებს	აქტიურია მთელი საკვეთის განმავლობაში, მობილიზებულია და უსმენს მოსაუბრეს, იცავს ეთიკურ ნორმებს
მოძიებული ინფორმაციის შეჯამების უნარი, ჯგუფში მუშაობა	ვერ აჯამებს ნაკითხულ ინფორმაციას, ჯგუფში მუშაობისას პასიურია	ნაწილობრივ აჯამებს ნაკითხულ ინფორმაციას, არ ან ვერ თანამშრომლობს მენეჯერსთან	ნაწილობრივ აჯამებს ნაკითხულ ინფორმაციას, ზოგ შემთხვევაში წვლილც შეაქვს ჯგუფის მუშაობაში	კარგად აჯამებს ნაკითხულ ინფორმაციას, შეაქვს წვლილი ჯგუფის მუშაობაში	აჯამებს და აანალიზებს ნაკითხულ ინფორმაციას, მნიშვნელოვანია მისი წვლილი ჯგუფის მუშაობაში

	საკითხის შესწავლის განმსაზღვრელი შეფასების სქემა			
კრიტერიუმები	1-3	4-6	7-8	9-10
სკალის დახაზვა	ვერ ხაზავს სკალას	ხაზავს სკალას, არ ხაზავს ერთეულოვან მონაკვეთს	ხაზავს სკალას, ერთეულოვანი მონაკვეთის დახაზვისას არ იცავს სიზუსტეს	ხაზავს სკალას, ერთეულოვანი მონაკვეთის დახაზვისას იცავს სიზუსტეს
მოცემული ფიზიკური სიდიდისთვის ხელსაწყოების შერჩევა	ვერ არჩევს ხელსაწყოებს	იშვიათად არჩევს ხელსაწყოებს სწორად	უმეტესად სწორად არჩევს ხელსაწყოებს	ყოველთვის სწორად არჩევს ხელსაწყოებს
გაზომვის საზღვრების დადგენა	ვერ ადგენს	იშვიათად ადგენს	უმეტესად სწორად ადგენს	ყოველთვის სწორად ადგენს
ცდომილების შეფასება	არ შეუძლია ცდომილების შეფასება	ზოგჯერ სწორად აფასებს ცდომილებას	უმეტესად სწორად აფასებს ცდომილებას	ყოველთვის სწორად აფასებს ცდომილებას

მოსწავლის კონკრეტული დავალების თვითშეფასების სქემა		
სირთულეები რა უნდა გავაუმჯობესო	სტანდარტით გათვალისწინებული დონე კრიტერიუმები	ძლიერი მხარეები რას ვაკეთებ განსაკუთრებით კარგად
	<b>კრიტერიუმი 1</b> აქტიურად მონაწილეობს და შეაქვს მნიშვნელოვანი წვლილი ყველა აქტივობაში	
	<b>კრიტერიუმი 2</b> ყოველთვის თანამშრომლობს წყვილებში/ჯგუფებში მუშაობის დროს	

საშინაო დავალების შეფასება					
ფასდება შემდეგი აქტივობები	1	2	3	4	5
მოძიებული ინფორმაციის შესაბამისობა და ორგანიზებუ- ლობა	უჭირს ინფორმა- ციის მოძიება	იყენებს მხოლოდ საკუთარ ინფორმაციას	იყენებს მხოლოდ სახელმძღვანელოს ინფორმაციას, ნაწილობრივ ორგანიზებულია	იყენებს მხოლოდ რამდენიმე საინფორ- მაციო წყაროს, მასალა ორგანიზე- ბულია	იყენებს მრავალფეროვან საინფორმაციო წყაროს, სამუშაოებს, მასალა მოსახერხებლად არის ორგანიზებული
მოძიებული ინფორმაციის ანალიზი	უჭირს ანალიზის გაკეთება	ცდილობს ანალიზის გაკეთებას	მოძიებული ინფორმაციის ნაწილობრივი ანალიზი	მოძიებული ინფორმაციის ანალიზი	მოძიებული ინფორმაციის სიღრმისეული ანალიზი
ამოცანების სისტემატურად და გააზრებულად შესრულება	არა აქვს გააზრე- ბული, არასისტე- მატურია	ნაწილობრივ აქვს გააზრებული, არასისტე- მატურია	ნაწილობრივ აქვს გააზრებული, სისტემატურია	კარგად აქვს გააზრებული, სისტემატურია	კარგად აქვს გააზრებული, სისტემატურად ამდიდრებს დამატებითი ინფორმაციით

ცდის ანალიზის ფურცელი	
მოსწავლის სახელი და გვარი	
გაკვეთილის თემა	
ცდის მიზანი	
მთავარი კითხვა რისი გაგება მაინტერესებს?	
ვარაუდი(ჰიპოთეზა) ჩემი აზრით, რა იქნება შედეგი?	
ცვლადები რომელი სიდიდის ცვლილება გამოიწვევს რომლის ცვლილებას?	
მსვლელობა როგორი თანმიმდევრობით ჩავატარებ ცდას?რას გავაკეთებ რის შემდეგ?	
შედეგები	
დასკვნა რამ გამოიწვია მიღებული შედეგი?	

თარიღი: კვლევითი პროექტი								
მოსწავლე	შეფასების კრიტერიუმები							
	პროექტის მიზანი	კვლევის გეგმის შემუშავება	საკითხთან დაკავშირებული ინფორმაციის მოძიება	კვლევის ჩატარება	მონაცემების აღრიცხვა	ანალიზი და დასკვნის გამოტანა	პრეზენტაცია	ქულათა მაქსიმალური რაოდენობა
	0-1	0-1	0-1	0-2	0-1	0-2	0-2	10
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								

თვითშეფასების სქემა	
რა ვისწავლე?	
რა იყო ჩემთვის საინტერესო?	
რა გამიჭირდა?	
რა გავაკეთე კარგად?	
რას შევცვლიდი?	

ერთობლივი მუშაობის დროს ინდივიდუალური დაკვირვების ფურცელი

ვაკვირდები მოსწავლეს

-სახელი-----გვარი-----

რას ვაკვირდები ერთობლივი მუშაობის დროს		შენიშვნები
მოსწავლის სამუშაო ჩვევები	<ul style="list-style-type: none"> <li>• მუშაობს თუ არა მოსწავლე თანმიმდევრულად დამოუკიდებლად ან სხვებთან ერთად</li> <li>• ცდილობს თუ არა იგი სხვებს დაეხმაროს?</li> <li>• რამდენად წარმატებით ცდილობს იგი ითხოვოს და მიიღოს საჭირო დახმარება? ვისგან იღებს დახმარებას?</li> <li>• არის თუ არა მოსწავლე დავალებაზე კონცენტრირებული თუ ადვილად ეფანტება ყურადღება?</li> <li>• აქტიურად ერთვება თუ არა იგი პრობლემის გადაწყვეტაში?</li> </ul>	
მოსწავლის მოსაზრებები	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ცდილობს თუ არა მოსწავლე ახსნას თავისი მოსაზრებები?</li> <li>• სერიოზულად განიხილავს თუ არა იგი სხვების წინადადებებსა და მოსაზრებებს?</li> </ul>	
კომუნიკაცია	<ul style="list-style-type: none"> <li>• საუბრობს თუ არა მოსწავლე ინფორმაციის დაზუსტებისა და სხვებთან კომუნიკაციის მიზნით?</li> <li>• კომფორტულად გრძნობს თუ არ იგი თავს როგორც „მოსაუბრის“, ისე „მსმენელის“ როლში?</li> <li>• შეუძლია თუ არა თავისუფლად წარდგეს მთელი კლასის წინაშე?</li> <li>• შეუძლია თუ არა მოსწავლეს მოხერხებულად წარმოადგინოს როგორც ჯგუფის მიერ შეთანხმებული მოსაზრება, ისე საკუთარი ნააზრევი?</li> </ul>	

### საშინაო ცდის აღწერის ოქმის ნიმუში

კრიტერიუმები	შესრულების დონე		
	დაბალი	საშუალო	მაღალი
ამოიცნობს და ასახელებს <b>თემასთან დაკავშირებულ ცნებებს</b>	მნიშვნელოვანი ხარვეზებით ამოიცნობს და ასახელებს <b>თემასთან დაკავშირებულ ცნებებს</b>	უშვებს შეცდომებს <b>თემასთან დაკავშირებული ცნებების</b> ამოცნობაში	სწორად ამოიცნობს და ასახელებს <b>თემასთან დაკავშირებულ ცნებებს</b>
აკეთებს ამოცანის შესაბამის ჩანაწერებს. ახდენს დაკვირვების ცხრილის შევსებას	ჩანაწერებს და დაკვირვების ცხრილის შევსებას ახდენს მნიშვნელოვანი ხარვეზებით	ჩანაწერებს და დაკვირვების ცხრილის შევსებას ახდენს ხარვეზებით	ყოველთვის სწორად აკეთებს ჩანაწერებს. ახდენს დაკვირვების ცხრილის შევსებას
სწორად ახერხებს თემასთან დაკავშირებული სიდიდეების ერთეულების გადაყვანას და მოქმედებების შესრულებას	ვერ პოულობს სწორად თემასთან დაკავშირებულ სიდიდეებს, ხშირად უშვებს შეცდომებს ერთეულების გადაყვანასა და მოქმედებების შესრულებაში	უმეტესად სწორად ახდენს თემასთან დაკავშირებული სიდიდეების გადაყვანას	ყოველთვის სწორად ახდენს თემასთან დაკავშირებული სიდიდეების ერთეულების გადაყვანას და მრავალკუთხედის პერიმეტრის გამოთვლას



**შეფასების რუბრიკების ნიმუშები**

მოსწავლის სახელი და გვარი	
გაკვეთილის თემა	
ცდის მიზანი	
მთავარი კითხვა რისი გაგება მაინტერესებს?	
ვარაუდი (ჰიპოთეზა) ჩემი აზრით, რა იქნება შედეგი?	
ცვლადები რომელი სიდიდის ცვლილება გამოიწვევს რომლის ცვლილებას?	
მსვლელობა როგორი თანმიმდევრობით ჩავატარებ ცდას? რას გავაკეთებ რის შემდეგ?	
შედეგები	
დასკვნა რამ გამოიწვია მიღებული შედეგი?	

**ერთობლივი მუშაობის დროს ინდივიდუალური დაკვირვების ფურცელი**

**ვაკვირდები მოსწავლეს**

- სახელი-----გვარი-----

რას ვაკვირდები ერთობლივი მუშაობის დროს		შენიშვნები
მოსწავლის სამუშაო ჩვევები	<ul style="list-style-type: none"> <li>• მუშაობს თუ არა მოსწავლე თანმიმდევრულად, დამოუკიდებლად ან სხვებთან ერთად?</li> <li>• ცდილობს თუ არა იგი სხვებს დაეხმაროს?</li> <li>• რამდენად ნარმატებით ცდილობს იგი ითხოვოს და მიიღოს საჭირო დახმარება? ვისგან იღებს დახმარებას?</li> <li>• არის თუ არა მოსწავლე დავალებაზე კონცენტრირებული თუ ადვილად ეფანტება ყურადღება?</li> <li>• აქტიურად ერთვება თუ არა იგი პრობლემის გადაწყვეტაში?</li> </ul>	
მოსწავლის მოსაზრებები	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ცდილობს თუ არა მოსწავლე ახსნას თავისი მოსაზრებები?</li> <li>• სერიოზულად განიხილავს თუ არა იგი სხვების წინადადებებსა და მოსაზრებებს?</li> </ul>	
კომუნიკაცია	<ul style="list-style-type: none"> <li>• საუბრობს თუ არა მოსწავლე ინფორმაციის დაზუსტებისა და სხვებთან კომუნიკაციის მიზნით?</li> <li>• კომფორტულად გრძნობს თუ არ იგი თავს როგორც „მოსაუბრის“, ისე „მსმენელის“ როლში?</li> </ul> <p>აქვს თუ არა მას გამბედაობა მოხსენებით წარდგეს მთელი კლასის წინაშე?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• შეუძლია თუ არა მოსწავლეს მოხერხებულად წარმოადგინოს როგორც ჯგუფის მიერ შეთანხმებული მოსაზრება, ისე საკუთარი ნააზრევი?</li> </ul>	

კრიტერიუმები	შესრულების დონე		
	დაბალი	საშუალო	მაღალი
ამოიცნობს და ასახელებს თემასთან დაკავშირებულ ცნებებს	მნიშვნელოვანი ხარვეზებით ამოიცნობს და ასახელებს თემასთან დაკავშირებულ ცნებებს	უშვებს შეცდომებს თემასთან დაკავშირებული ცნებების ამოცნობაში	სწორად ამოიცნობს და ასახელებს თემასთან დაკავშირებულ ცნებებს
აკეთებს ამოცანის შესაბამის ჩანაწერებს. ახდენს დაკვირვების ცხრილის შევსებას	ჩანაწერებს და დაკვირვების ცხრილის შევსებას ახდენს მნიშვნელოვანი ხარვეზებით	ჩანაწერებს და დაკვირვების ცხრილის შევსებას ახდენს ხარვეზებით	ყოველთვის სწორად აკეთებს ჩანაწერებს. ახდენს დაკვირვების ცხრილის შევსებას
სწორად ასრულებს თემასთან დაკავშირებული სიდიდეების ერთეულების გადაყვანას და მოქმედებების შესრულებას	ვერ პოულობს სწორად თემასთან დაკავშირებულ სიდიდეებს, ხშირად უშვებს შეცდომებს ერთეულების გადაყვანასა და მოქმედებების შესრულებაში	უმეტესად სწორად ახდენს თემასთან დაკავშირებული სიდიდეების გადაყვანას	ყოველთვის სწორად ახდენს თემასთან დაკავშირებული სიდიდეების ერთეულების გადაყვანას და მრავალკუთხედის პერიმეტრის გამოთვლას

**დანართი 3**  
**დიაგრამა ამოცანის ამოხსნისთვის**

ამოხსნა	გამოთვლა
რას გვეკითხება ამოცანა? -----	გამოთვლებისთვის საჭირო ფორმულა -----
რა მონაცემები არის მოცემული? -----	ჩანწერე მონაცემები ფორმულაში -----
რა მონაცემი გჭირდება? -----	დააკვირდი ერთეულებს და გამოთვალე -----

## ფიზიკის ცნობარი

საერთაშორისო ერთეულები, სიმბოლოები და პრეფიქსები

სიდიდე	ერთეული	სიმბოლო
მასა	კილოგრამი	კგ
სიგრძე	მეტრი	მ
დრო	წამი	წმ
ფართობი	კვადრატული მეტრი	მ <sup>2</sup>
მოცულობა	კუბური მეტრი	მ <sup>3</sup>
ძალა	ნიუტონი	ნ
წონა	ნიუტონი	ნ
წნევა	პასკალი	პა
ენერგია	ჯოული	ჯ
მუშაობა	ჯოული	ჯ
ტემპერატურა	კელვინი ცელსიუსი	K °C
სიმძლავრე	ვატი	ვტ

**ზოგიერთი ნივთიერების სიმკვრივე**

ნივთიერება	$\rho$ , კგ/მ <sup>3</sup>	$\rho$ , გ/სმ <sup>3</sup>	ნივთიერება	$\rho$ , კგ/მ <sup>3</sup>	$\rho$ , გ/სმ <sup>3</sup>
<b>მყარი ნივთიერება, 20°C (გარდა ყინულისა)</b>					
ოსმიუმი	22 600	22,6	მარმარილო	2 700	2,7
ირიდიუმი	22 400	22,4	ფანჯრის მინა	2 500	2,5
პლატინა	21 500	21,5	ფაიფური	2 300	2,3
ოქრო	19 300	19,3	ბეტონი	2 300	2,3
ტყვია	11 300	11,3	სუფრის მარი- ლი	2 200	2,2
ვერცხლი	10 500	10,5	აგური	1 800	1,8
სპილენძი	8 900	8,9	პოლიეთილენი	920	0,92
ფოლადი, რკინა	7 800	7,8	პარაფინი	900	0,9
კალა	7 300	7,3	ყინული	900	0,9
თუთია	7 100	7,1	მუხა (მშრალი)	700	0,7
თუჯი	7 000	7	ფიჭვი (მშრა- ლი)	400	0,4
ალუმინი	2 700	2,7	კორპი	240	0,24
<b>თხევადი ნივთიერება, 20°C</b>					
ვერცხლისწყალი	13 600	13,6	ნავთი	800	0,8
გოგირდმჟავა	1 800	1,8	სპირტი	800	0,8
გლიცერინი	1 200	1,2	ნავთობი	800	0,8
ზღვის წყალი	1 030	1,03	აცეტონი	790	0,79
წყალი	1 000	1	ბენზინი	710	0,71
მზესუმზირას ზეთი	930	0,93	თხევადი კალა 400°C	6 800	6,8
მანქანის ზეთი	900	0,9	თხევადი ჟანგ- ბადი -194°C	860	0,86
<b>აირადი ნივთიერება, 0°C (ნორმალური პირობებისას)</b>					
ქლორი	3,21	0,00321	ბუნებრივი აირი	0,8	0,0008
ჟანგბადი	1,43	0,00143	წყლის ორთქ- ლი 100°C	0,59	0,00059
ჰაერი	1,29	0,00129	ჰელიუმი	0,18	0,00018
აზოტი	1,25	0,00125	წყალბადი	0,09	0,00009

## საგანმანათლებლო ლექსიკონი

**ანალიზი** – ანალიზი არის სააზროვნო უნარ-ჩვევა, რომლის დროსაც ხდება მთლიანი საგნის ცალკე ნაწილების, მხარეებისა და თვისებების გამოყოფა ადამიანის წარმოდგენაში. ცნობიერებაში მთლიანი საგნის ასეთ დაშლას ანალიზი ეწოდება.

ბ. ბლუმის მიხედვით, ანალიზი არის აზროვნების ზედა დონის უნარ-ჩვევა და მასში იგულისხმება: მასალის (სტრუქტურის) შემადგენელ ნაწილებად დაყოფა: ნაწილების შედარება-შეპირისპირება, ნაწილებს შორის კავშირის ან სტრუქტურის დანახვა;

**გაკვეთილის აქტივობა** – აქტივობა არის მასწავლებლის მიერ დაგეგმილი მოსწავლეების ის ქმედებები, რომლებიც სასწავლო მიზნის მიღწევას ემსახურება. მიზნიდან გამომდინარე, მასწავლებელმა შეიძლება დაგეგმოს ერთი ან რამდენიმე აქტივობა და, ასევე, მათი ჩატარების თანამიმდევრობა.

**გაკვეთილის გეგმა (სცენარი)** – მასწავლებელი ადგენს გაკვეთილის გეგმას, რომელიც განსაზღვრავს გაკვეთილის სტრუქტურას. გაკვეთილის გეგმას გაკვეთილის სცენარსაც უწოდებენ. გაკვეთილის გეგმა მოიცავს გაკვეთილის მიზანს, შესაბამის აქტივობებს, მოსწავლეთა ორგანიზების ფორმას, დროის განაწილებას, რესურსების ჩამონათვალს და შეფასებას. გაკვეთილის ყოველი აქტივობის შესრულება (როგორც მასწავლებლის, ისე მოსწავლისა) განერილი უნდა იყოს დროში.

**გაკვეთილის სასწავლო მიზანი** – სასწავლო მიზანი არის იმ ცოდნისა და უნარ-ჩვევების ერთობლიობა, რომელსაც უნდა მივაღწიოთ გაკვეთილის ბოლოს. სასწავლო მიზანი მასწავლებლისთვის სასწავლო პროცესის დაგეგმვის მნიშვნელოვანი ინსტრუმენტია და იგი განსაზღვრავს გაკვეთილის სასწავლო აქტივობის შინაარსს. გაკვეთილის მიზანი წარმოადგენს გაკვეთილის სპეციფიკურ, გაზომვად შედეგს.

**გამოყენება** – ბ. ბლუმის მიხედვით, გამოყენება განიხილება, როგორც აზროვნების ქვედა დონის უნარ-ჩვევა და, ზოგადად, იგი გულისხმობს ადრე ათვისებული ცოდნის პრაქტიკაში გამოყენებას; კერძოდ: ცოდნის სხვადასხვა სიტუაციაში (კონტექსტში) მოხმარებას; მოდელის მიხედვით (ნასწავლი წესის მიხედვით) დავალების, სამუშაოს შესრულებას; პროცედურის განხორციელებას; კანონზომიერების მოქმედების ფარგლების განსაზღვრას.

**განმავითარებელი შეფასება** – განმავითარებელი შეფასება ემსახურება მოსწავლეთა სწავლის პროცესისა და წარმატებების გაუმჯობესებას. განმავითარებელი შეფასების დროს მოსწავლე, მასწავლებლის გამოხმაურებისა და კომენტარების დახმარებით, მუდმივად იღებს ისეთ ინფორმაციას, რომელიც საკუთარი სწავლის გათვითცნობიერებაში ეხმარება. მასწავლებლის მიზანია: ასწავლოს მოსწავლეს, როგორ ისწავლოს (სწავლის სწავლება)

**განმსაზღვრელი შეფასება** – მისი მიზანია მოსწავლეთა მიღწევების დონის შემოწმება სასწავლო მიზნებთან შეფარდებით. მაგ., განმსაზღვრელი შეფასებაა ქულა, რომელსაც მასწავლებელი წერს გაკვეთილის დროს და რომელსაც თან არ ახლავს განმარტება, თუ რა უნდა გაკეთდეს იმისთვის, რომ შედეგი გაუმჯობესდეს. განმსაზღვრელი შეფასება ტარდება სემესტრის ბოლოს, თემის დამთავრების შემდეგ, წლის ბოლოს და ა. შ.

**განსაკუთრებული საგანმანათლებლო საჭიროების მქონე მოსწავლეები** – მოსწავლეები, ხშირად შეზღუდული შესაძლებლობების მქონე პირები, რომლებიც ინდივიდუალური სასწავლო გეგმის მიხედვით სწავლობენ, რადგანაც განსაკუთრებული და სპეციფიკური საგანმანათლებლო საჭიროებები აქვთ. განსაკუთრებული საგანმანათლებლო საჭიროების მქონე მოსწავლეების ჩართვა საგანმანათლებლო პროცესში ინკლუზიური განათლების ერთ-ერთი მთავარი ამოცანაა.

**დაკვირვების ჩანაწერები** – მასწავლებელი აკვირდება მოსწავლეებს (მათი კომენტარები, აზრები, ქცევები) არა მხოლოდ კლასში, არამედ დასვენებაზე, სათამაშო მოედანზე და ა. შ. იგი აკეთებს ჩანაწერებს, გარკვეულ აღნიშვნებს მათ შესახებ. ამგვარი ჩანაწერები განმავითარებელი (მიმდინარე) შეფასების მნიშვნელოვან ნაწილს წარმოადგენს და კარგად აჩვენებს მოსწავლეების დროში განვითარებას.

**დიაგნოსტიკური შეფასება** – დიაგნოსტიკური შეფასება განმავითარებელი (მიმდინარე) შეფასების კომპონენტად განიხილება. დიაგნოსტიკური შეფასების დროს ხდება მოსწავლის გარკვეული მომენტისათვის არსებული ცოდნის დონის და უნარ-ჩვევების შეფასება, რათა ზუსტად დაიგეგმოს სწავლის პროცესი მოსწავლის სუსტი და ძლიერი მხარეების გათვალისწინებით.

**დისკუსია** – არის წამყვანსა და მსმენელებს შორის ცოდნის, შეხედულებებისა და იდეების სიტყვიერი გაცვლის პროცესი. დისკუსიას მსჯელობასაც უწოდებენ. საკლასო დისკუსია ეხმარება მოსწავლეებს საკითხის ღრმა და დეტალურ განხილვაში. კერძოდ, საკლასო დისკუსიის დროს იქმნება ისეთი ატმოსფერო, რომელშიც მოსწავლეებს შეუძლიათ აზრების ურთიერთგაზიარება, ახალი იდეების გამოთქმა, სხვისი აზრების მოსმენა და გაგება, კომუნიკაციისა და თვითგამოხატვის უნარ-ჩვევების გაუმჯობესება.

**დისკუსიის წარმართვა და დასკვნების შეჯამება** – მოსწავლეების ნახალისება, რათა მათ გამოთქვან თვითი იდეების გამამყარებელი არგუმენტები;

ჩუმი/მორცხვი მოსწავლისათვის სპეციფიკური დავალების მიცემა, რაც ხელს შეუწყობს მის მონაწილეობას, ჩართვას დისკუსიაში; ისეთი მოსწავლის შეზღუდვა, რომელიც სხვას არ აძლევს აზრის გამოთქმის საშუალებას; განხილული საკითხების შეჯამება და ძირითადი აზრების ჩამოყალიბება; მოსწავლეების იდეების განმარტება და მოსწავლეებისაგან დამატებითი კომენტარების მოთხოვნა.

**ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების ცოდნა** – შეიძლება განისაზღვროს, როგორც ციფრული ტექნოლოგიების, საკომუნიკაციო საშუალებებისა და/ან ქსელების გამოყენების უნარი მათი დანიშნულების შესაბამისად. ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიები (ისტ) იძლევა სასურველი ინფორმაციის მოპოვების, შენახვის, ერთმანეთთან დაკავშირების, შეფასების, ანალიზის, ახლის შექმნისა და გადაცემის შესაძლებლობას. ისტ-ის სწავლება მონყვეტილი არ არის სასწავლო დისციპლინების კონტექსტს.

**ინფორმაციის მოძიების პროცედურების ცოდნა** – კონკრეტულ მონაცემებთან მუშაობის ხერხების და საშუალებების ცოდნა: ა) წესებისა და კანონების ცოდნა; ბ) კლასიფიკაციებისა და კატეგორიების ცოდნა; გ) კრიტერიუმების ცოდნა; დ) მეთოდების ცოდნა; სმენითი, წერილობითი და გრაფიკული ინფორმაციის დამახსოვრება და გახსენება მსგავსი ან ზუსტი ფორმით.

**ინდიკატორი** – მაჩვენებელი, რომელიც განსაზღვრავს, რამდენად არის მიღწეული მიზანი.

**კონსტრუქტივიზმი** – სასწავლო თეორია, რომლის თანახმად, მოსწავლე აქტიურად სწავლობს სამყაროში არსებული გამოცდილების საფუძველზე და აშენებს ცოდნას, ანუ ახდენს ცოდნის კონსტრუირებას (პიაჟე), სოციალური კონსტრუქტივიზმის მოდელით (ვიგოტსკი) მოსწავლე აქტიურად სწავლობს უფროსებთან, მასწავლებელთან ურთიერთობით.

**კეთებით სწავლება** – კეთებით სწავლების ანუ პრაქტიკის მეთოდის გამოყენების დროს ხდება ზუსტი ინსტრუქციის მიწოდება ექსპერიმენტის ან სიმულაციისთვის და არა ინფორმაციის მიწოდება. იგი მიზნად ისახავს, რომ მოსწავლეებმა შეასრულონ ისეთი ქმედებები, რომლებიც ხელს უწყობს ცოდნის ან ჩვევის ფორმირებას. პრაქტიკის დროს მასწავლებელი აქტიურად იყენებს გამოხმაურებას (უკუკავშირს), რაც ხელს უწყობს იმას, რომ მოსწავლის პრაქტიკა იყოს აზრიანი და მან მართლაც გააცნობიეროს ის, რასაც აკეთებს და არა ავტომატურად (მექანიკურად).

**კრიტიკული აზროვნება** – კრიტიკული აზროვნება არის რთული სააზროვნო უნარ-ჩვევა, რომელიც მოიცავს ერთდროულად ორ ან მეტ განსხვავებულ მოსაზრებაზე ფიქრს, სხვადასხვა მოსაზრების გაგებას, რაიმე შეხედულების დასაბუთებას სხვადასხვა მიდგომების საფუძველზე და იმის გაცნობიერებას, რომ სხვასაც შეიძლება საკუთარი განსხვავებული მოსაზრება ჰქონდეს. კრიტიკულ აზროვნებას ადამიანი მიმართავს არსებული ან წარმოდგენილი მოსაზრების „ჭეშმარიტი“ ღირებულების დასადგენად. კრიტიკული აზროვნების დროს არსებითია არგუმენტების და კონტრარგუმენტების მოძიება, მთლიანი სიტუაციის გაანალიზება და, შესაბამისად, არსებული მტკიცებულებების საფუძველზე მოსაზრების შეცვლა ან ახალი მოსაზრების მიღება.

**სწავლის მოტივაცია** – ყველა აქტივობას უდევს საფუძვლად. მოტივაცია არის ქცევის განხორციელების ფსიქოლოგიური საფუძველი. რაც უფრო მეტად მოტივირებულნი არიან მოსწავლეები, მით მეტია სწავლის ხარისხი, რაც ნაკლებად არიან მოტივირებულნი, შესაბამისად, სწავლის ხარისხიც იკლებს. არსებობს შინაგანი და გარეგანი მოტივაცია. მოსწავლის სასწავლო აქტივობები შეიძლება განპირობებული იყოს მისი შინაგანი ან გარეგანი მოტივაციით.

**სტრატეგია** – მიზნის მისაღწევად გადამწყვეტი ოპერაციების მომზადების, დაგეგმვის, წარმოების, ხელმძღვანელობის ხელოვნება, ოსტატობა.

**შემოქმედებითი აზროვნება** – შემოქმედებითი აზროვნება არის რთული სააზროვნო უნარ-ჩვევა. იგი არის რაიმეს ახალი გზით კეთება ან დანახვა; შემოქმედებითი აზროვნება ხასიათდება იდეების მრავალრიცხოვნებით, მრავალფეროვნებით (მოქნილობა, საკითხის სხვადასხვა კუთხით დანახვა), მათი სიახლით (ორიგინალობით) და გარდაქმნის უნარით (ძველი იდეების საფუძველზე ახლის შექმნა).

**შეფასების გამჭვირვალობა** – გამჭვირვალობის პრინციპი ისაა, რომ მასწავლებელი მოსწავლეებს წინასწარ უნდა შეუთანხმდეს, თუ რა კრიტერიუმებით ან ინსტრუმენტებით (მაგ., შეფასების ცხრილებით, რუბრიკებით) შეფასდება მისი ნაშრომი.

**შეფასების მიზანთან შესაბამისობა (ვალიდურობა)** – შეფასება ზუსტად უნდა ზომავდეს იმას, რის შესაფასებლადაც ის არის განსაზღვრული. შეფასების მიზანს წარმოადგენს შედეგის გაზომვა, ამიტომ შეფასების მეთოდი უნდა შეირჩეს მიზნის შესატყვისად.

**შეფასების ობიექტურობა** – შეფასება არის ობიექტური, როდესაც შეფასების შედეგი არ არის დამოკიდებული შემფასებლის პიროვნულ თვისებებსა და დამოკიდებულებებზე. იგი დამოკიდებულია შეფასების სქემასა და ინსტრუმენტებზე და ნაკლებად იმ ადამიანებზე, რომლებიც შეფასებაში მონაწილეობენ. თუ შეფასების რუბრიკა იმდენად ზოგადია, რომ შესაძლებელია ერთი და იგივე ნაშრომი სხვადასხვაგვარად შეფასდეს, მაშინ ობიექტურობა ნაკლებად არის დაცული და შესაძლებელია შეფასება სუბიექტური მოსაზრებებიდან გამომდინარე ხორციელდებოდეს.

**შეფასების სანდოობა** – შეფასების კიდევ ერთი პრინციპია; შეფასება შეიძლება იყოს ობიექტური, მაგრამ არ იყოს სანდო. სანდოობა ნიშნავს, რომ შეფასების შედეგები არის განმეორებადი. ამ უკანასკნელს კი უზრუნველყოფს მკაფიო შეკითხვები, ინსტრუქციები, ერთგვაროვანი გარემო და ზუსტად შერჩეული გასაზომი კრიტერიუმები.

**შეფასების ცხრილი (რუბრიკა)** – რუბრიკა არის მკაცრად განსაზღვრული კრიტერიუმებისა და მათი გამოყენების წესების ერთობლიობა, რომლის მიხედვითაც მასწავლებელი აფასებს მოსწავლის აკადემიურ მოსწრებას ამა თუ იმ დისციპლინაში. როგორც წესი, შეფასების სქემებს, რუბრიკებს ცხრილის ფორმა აქვს. ცხრილის პირველ სვეტში მოცემულია სხვადასხვა კომპონენტი, რომელთა მიხედვითაც ხდება მოსწავლის მოსწრების შეფასება.

**შეფასების ძირითადი პრინციპები** – შეფასება სასწავლო პროცესის განუყოფელ ნაწილს შეადგენს. ის მიზანმიმართული, სისტემური და თანამიმდევრული პროცესია. მისი მთავარი დანიშნულებაა, ერთი მხრივ, სწავლების ეფექტიანი გაუმჯობესება და, მეორე მხრივ, სწავლა/სწავლების შედეგების შემოწმება-შეფასება.

**ცოდნა** – ცოდნა ნიშნავს რაიმეს შესახებ ინფორმაციის ქონას და რაიმე საქმის ან მოქმედების შესასრულებლად საჭირო ხერხების ფლობას. ბ. ბლუმის მიხედვით, ცოდნა განიხილება, როგორც აზროვნების ქვედა დონის უნარ-ჩვევა და მასში იგულისხმება: ფაქტების, წესების, პრინციპების, თეორიების, თარიღების, პროცესების, ობიექტების, სტილის, მოვლენების ცნობა და დასახელება, კონკრეტული მონაცემების, ტერმინოლოგიის, პროცედურების ცოდნა.

## გამოყენებული ლიტერატურა

1. ფიზიკა – გზამკვლევი მასწავლებლებისთვის, VII-IX კლასები, ეროვნული სასწავლო გეგმის მიხედვით.
2. 2011-2016 წლების ეროვნული სასწავლო გეგმის მიხედვით აინშტაინის ლაბორატორია – საბუნებისმეტყველო სასკოლო ექსპერიმენტების გზამკვლევი მასწავლებლებისათვის, VII-XI კლასები, 2013 წელი.
3. ფიზიკის სწავლება სკოლაში თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით.  
<http://mastsavlebeli.ge> 31 მაისი, 2018, ლალი ნადირაძე.
4. ანიტა ვულფოლკი – განათლების ფსიქოლოგია, ილია ჭავჭავაძის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, თბილისი, 2009 (Leinhardt, 2001, p. 334).
5. როგორ ვასწავლოთ მოსწავლეებს აზროვნება. მეთოდოლოგიური სახელმძღვანელო, 2007წ., თბილისი.
6. ეროვნული სასწავლო გეგმა 2018-2024 სასწავლო წლისთვის.
7. განმარტებითი ლექსიკონი განათლების სპეციალისტებისთვის (I და II ნაწილი), ეროვნული სასწავლო გეგმებისა და შეფასების ცენტრი, 2007-2008 წწ.
8. ინასარიძე მ, ლობჯანიძე ს, რატიანი მ, სამსონია ი. „მასწავლებლის საქმიანობის დანყების, პროფესიული განვითარების და კარიერული წინსვლის სქემის გზამკვლევი“, ნაწილი II, მასწავლებლის პროფესიული განვითარების ეროვნული ცენტრი, 2016.
9. შეფასების რუბრიკების მნიშვნელობა სწავლა-სწავლების პროცესში და მათი ტიპები, 28 ოქტომბერი, 2016, ნატალია ედიშერაშვილი.
10. დისკუსია, როგორიც საგანმანათლებლო რესურსი, 8 თებერვალი, 2017, ინგა ლომაძე.
11. <http://mastsavlebeli.ge/uploads/IT/avtandilll%20shurggggaia.pdf> თანამედროვე ფიზიკის საკვანძო ექსპერიმენტები, “როგორ დავგეგმოთ და განვახორციელოთ პროექტ-გაკვეთილი”, სოფიკო ლობჯანიძე [mastsavlebeli.ge](http://mastsavlebeli.ge).
12. საგანმანათლებლო ლექსიკონი <http://ncp.ge/ge/dictionary>