

ზურაბ ბართაია

ძირითადი ამოცანის დაზუსტება, განზოგადება და გადაწყვეტა ფიზიკის გაკვეთილზე

რა საგანია ფიზიკა? - აი, კითხვა, რომლითაც იწყება ფიზიკის შესწავლა და რომლის პასუხიც ყოველი თემის დაწყებისას ზუსტდება, შემდგომ კი ხდება მისი განზოგადება: რას შეისწავლის ფიზიკა?

ფიზიკის როგორც მეცნიერების ზოგადი განსაზღვრება ასეთია:

ფიზიკა არის მეცნიერება ბუნებაში არსებული მოძრაობებისა და სხეულთა ურთიერთქმედების უზოგადესი კანონების შესახებ. ფიზიკა სწავლობს ურთიერთქმედებათა სახეებს, ადგენს მათ შორის კავშირს, მიზეზშედეგობრიობის საფუძველზე განიხილავს სხეულთა ურთიერთქმედებასა და მოძრაობას შორის დამოკიდებულებას.

რა არის მოძრაობა? ამ კითხვაზე ამომწურავი პასუხის გაცემა შეუძლებელია. ყოველი ახალი თემის შესწავლისას ცნების არეალი ფართოვდება, ხდება დამახასიათებელი პროცესების აღწერა, მათი თვისებრივი და რაოდენობრივი შესწავლა, გაანალიზება და შედეგების შეფასება.

რამდენი სახის მოძრაობაა ცნობილი? თანამედროვე ფიზიკა გამოყოფს მოძრაობის შემდეგ სახეებს: 1. მექანიკური, 2. სითბური, 3. ელექტრული, 4. ელექტრომაგნიტური, 5. ოპტიკური, 6. ატომისა და ატომის ბირთვში მიმდინარე ფიზიკური პროცესები და ა. შ. თითოეულ შემთხვევაში მოძრაობას აქვს სპეციფიკური ხასიათი, ამიტომ ის ასე შეიძლება აღწეროთ:

თუ ხდება სხეულთა ერთმანეთის მიმართ მანძილის ცვლილება (ან ათვლის სისტემის მიმართ სხეულთა მდებარეობის ცვლილება), თუ იცვლება სხეულის შინაგანი აგებულების სტრუქტურა ან მისი აგრეგატული მდგომარეობა, თუ ხდება სხეულთა შორის ურთიერთქმედება, თუ დაიკვირვება სინათლის გამოსხივებისა და შთანთქმის პროცესები, სინათლის გავრცელებასთან დაკავშირებული მოვლენები, თუ საქმე გვაქვს ატომისა და ატომბირთვის გარდაქმნებთან დაკავშირებულ პროცესებთან, მაშინ ვასკვნით, რომ გვაქვს მოძრაობა.

რა არის ფიზიკის ძირითადი ამოცანა? ფიზიკის ძირითადი ამოცანის ზოგადი განსაზღვრა შეუძლებელია - ისიც, თემის სფეციფიკიდან გამომდინარე, კონკრეტულია და თემის შინაარსის მოთხოვნილების შესაბამისად დაისმის, ირკვევა მისი გადაწყვეტის გზები, ხდება ამოცანაში დასახული პრობლემის თვისებრივი და რაოდენობრივი შეფასება.

ფიზიკაში არსებული მოძრაობებიდან უმარტივესი, მექანიკური მოძრაობა, ასე განიმარტება: **სხეულის მდებარეობის ცვლილება სხვა სხეულის (ათვლის სისტემის) მიმართ.**

მექანიკის ძირითადი ამოცანა კინემატიკის შესწავლის დაწყებისთანავე ყალიბდება და ის ასეთია: **ვიპოვოთ მოძრავი სხეულის მდებარეობა დროის ნებისმიერი მომენტისთვის ან განვსაზღვროთ მისი საბოლოო მდებარეობა.**

მექანიკური მოძრაობის დროს სავალდებულო არ არის სხეულის შინაგანი სტრუქტურის ცოდნა. მისი ძირითადი ამოცანის გადასაწყვეტად საჭიროა:

1. ათვლის სისტემის შერჩევა,

2. მოძრაობის მიმართულების განსაზღვრა,

3. საწყისი მდებარეობის ცოდნა,

4. მოძრაობის ხასიათის დადგენა, მისი მახასიათებელი სიდიდეების არჩევა და განსაზღვრა,

5. მოძრაობის ხასიათიდან გამომდინარე, შესაბამისი ფორმულების შერჩევა (თუ ამოცანა რაოდენობრივი ხასიათისაა) და მოძრავი სხეულის მდებარეობის განსაზღვრა დროის ნებისმიერი მომენტისთვის, ან საბოლოო მდებარეობის პოვნა.

რა უნდა გავაკეთოთ გაკვეთილზე დასახული ამოცანის გადასაწყვეტად?

გარდა იმისა, რომ უნდა მივაწოდოთ მოსწავლეებს საგაკვეთილო თეორიული მასალა, საჭიროა, გაკვეთილი გაჯერებული იყოს თვისებრივი, რაოდენობრივი, კვლევითი და სხვა ხასიათის ამოცანებითა და სავარჯიშოებით, რომელთა მოთხოვნა იქნება ისეთი, როგორც მექანიკის ძირითად ამოცანაშია ასახული და მის გადაწყვეტას მოითხოვს.

როგორ ვარჩევ ამ პრობლემის გადასაწყვეტ ამოცანებს და როგორ ვიყენებ მათ საგაკვეთილო პროცესში:

ა-1 (თვისებრივი) - გადამალული ნივთის მისაგნებად შერჩეულ იქნა ხუთი მოსწავლე. მათ დაურიგდათ ბარათები, რომლებზეც მოცემულია ნივთის მისაგნებად საჭირო ინფორმაცია. რომელი მოსწავლე მიაგნებს ნივთს, თუ მათი მითითებებია:

1. გაიარე ჩრდილოეთით 120 მ, დასავლეთით - 80 მ.

2. სკოლის წინ მდებარე ანძიდან ჩრდილოეთით გაიარე 120 მ, შემდეგ - კიდევ 80 მ.

3. სკოლის წინ მდებარე ანძიდან გაიარე 120 მ, შემდეგ - კიდევ 80 მ დასავლეთით.

4. სკოლის წინ მდებარე ანძიდან ჩრდილოეთით გაიარე 120 მ, შემდეგ - დასავლეთით 80 მ.

5. სკოლის წინ მდებარე ანძიდან დასავლეთით გაიარე 80 მ, შემდეგ - ჩრდილოეთით 120 მ.

(პასუხი: მიაგნებენ მე-4 და მე-5 ბარათების მქონე მოსწავლეები).

ა-2 (რაოდენობრივი) - კოორდინატთა სათავიდან 3 მ-ით დაშორებული წერტილი გადაადგილდება 15 მ-ით. რა მდებარეობა შეიძლება ეკავოს წერტილს? რა დამატებითი პირობებია საჭირო, რომ ზუსტად განვსაზღვროთ წერტილის მდებარეობა?

(პასუხი: წერტილის კოორდინატი შეიძლება იყოს 18 მ, -12 მ, 12 მ, -18 მ.)

შეიძლება გამოვიყენოთ უფრო რთული ამოცანა, მაგ.:

ა-3 - სხეული A (-3, -2) წერტილიდან 10 მ-ით გადაადგილების შემდეგ აღმოჩნდა B (x, y) წერტილში, ცნობილია რომ: $y = 2x$. რა მდებარეობა შეიძლება ეკავოს სხეულს?

მითითება: ვისარგებლოთ ორ წერტილს შორის მანძილის გამოსათვლელი ფორმულით

$\sqrt{(x - X_0)^2 + (Y - Y_0)^2}$ მასში სათანადო მონაცემების ჩასმისა და $y = 2x$ ფორმულის გათვალისწინებით გამარტივების შემდეგ მივიღებთ განტოლებას. $5x^2 + 14x - 87 = 0$ განტოლების ამოხსნით მივიღებთ სხეულის კოორდინატებს C (3, 6) D (-5, 6, -11, 2).

II. თანაბარი წრფივი მოძრაობა - თეორიული მასალიდან გამომდინარე, თანაბრად მოძრავი სხეულის კოორდინატი დროის ნებისმიერი მომენტისათვის განისაზღვრება ფორმულით $x(t) = x_0 + vt$ (1), სადაც x_0 სხეულის საწყისი მდებარეობის კოორდინატია, v - თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე, t - მოძრაობის დრო. (1)-

ფორმულით დროის ნებისმიერ მომენტში ზუსტად შეიძლება განისაზღვროს სხეულის მდებარეობა.

ა-4 - დამკვირვებელმა დააფიქსირა, რომ მისგან 5 მ-ზე მდებარე წერტილიდან თანაბრად მოძრავი წერტილი 10 წმ-ის შემდეგ დაშორებული იყო 45 მ-ით. შეადგინეთ დამკვირვებლის მიმართ სხეულის მოძრაობის განტოლება და განსაზღვრეთ მისი მდებარეობა მოძრაობაზე დაკვირვებიდან 14 წმ-ის შემდეგ.

მითითება: საწყისი კოორდინატი $X_0 = -5$ მ, ვინაიდან სხეული დამკვირვებლისგან დაშორებულია 45 მ-ით, მისი კოორდინატი 10 წმ-ის შემდეგ შეიძლება იყოს:

ა) $X_1 = 45$ მ ან ბ) $X_2 = -45$ მ.

ა) შემთხვევაში სიჩქარე $V = \frac{45 - (-5)}{10} = 5 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}}$ შესაბამისი განტოლება იქნება: $X(T) = -5 + 5T$

და სხეულის მდებარეობა 14 წმ-ში დამკვირვებლის მიმართ იქნება $X(14) = -5 + 70 = 65$ მ.

ბ) შემთხვევაში სიჩქარე $V = \frac{-45 - (-5)}{10} = -4 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}}$ შესაბამისი განტოლება იქნება: $X(T) = -5 - 4T$

და სხეულის მდებარეობა 14 წმ-ში დამკვირვებლის მიმართ იქნება $X(14) = -5 - 56 = -61$ მ.

მე-7 კლასის სახელმძღვანელოებში აპრობირებულია ამოცანა, რომლის გავრცობილ ვარიანტს მე-9 კლასისთვის აქვს საინტერესო სახე:

ა-5 - მონადირისგან 5 მ-ით დაშორებულმა მწევარმა შეამჩნია მისგან 30 მ-ით დაშორებული

კურდღელი და დაიწყო მისკენ მოძრაობა $20 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}}$ სიჩქარით, იმავედროულად კურდღელი

გაიქცა $15 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}}$ სიჩქარით. ჩათვალით, რომ თითოეულის მოძრაობა ხდება წრფის გასწვრივ და შეადგინეთ მწევრისა და კურდღლის მოძრაობის განტოლებები, თუ ათვლის წერტილად მივიჩნევთ მონადირის მდებარეობას.

. რამდენ ხანში დაეწევა მწევარი კურდღელს?

მონადირისგან რა მანძილზე დაეწევა მწევარი კურდღელს?

მითითება: მწევრის მოძრაობის განტოლება იქნება $X_1(T) = 5 + 20T$, კურდღლის $X_2(T) = 35 + 15T$. შეხვედრისას $X_1(T) = X_2(T)$ ჩასმითა და გამარტივებით მივიღებთ, რომ მწევარი კურდღელს დაეწევა 6 წმ-ში მონადირისგან 125 მ-ით დაშორებულ წერტილში.

III. როგორ მოვახერხოთ მექანიკის ძირითადი ამოცანის გადაწყვეტა წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობის შემთხვევაში?

წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას კოორდინატის დროზე დამოკიდებულებების განტოლებას აქვს შემდეგი სახე: $X(T) = X_0 + V_0T + \frac{aT^2}{2}$ (2) აქ X_0 და V_0 , შესაბამისად, საწყისი კოორდინატი და საწყისი სიჩქარეა, ხოლო a - აჩქარება. ამ განტოლების დადგენის შემდეგ ვიყენებ შემდეგი შინაარსის ამოცანებს.

ა-6 - ორი ველოსიპედისტი იწყებს მოძრაობას ერთმანეთის შესახვედრად. ათვლის წერტილიდან პირველი ველოსიპედისტის მდებარეობაა -100 მ, მისი სიჩქარეა $8 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}}$

აჩქარება $-1,2 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}^2}$ მეორე ველოსიპედისტის მდებარეობაა 200 მ, სიჩქარე $-12 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}}$. ის

მოძრაობს შენელებულად, $0,8 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}^2}$ აჩქარებით. დაწერეთ ველოსიპედისტთა მოძრაობის განტოლებები და იპოვეთ მათი შეხვედრის დრო და ადგილი.

მითითება: პირველი ველოსიპედისტისთვის $X_0 = -100\vartheta$, $V_0 = 8\frac{\vartheta}{\text{წმ}}$, $a = 1,2\frac{\vartheta}{\text{წმ}^2}$. მისი მოძრაობის განტოლებაა $X_1(T) = -100 + 8T + 0,6T^2$ (3)

მეორე ველოსიპედისტისთვის $X_0 = 200\vartheta$, $V_0 = -12\frac{\vartheta}{\text{წმ}}$ (წინააღმდეგ შემთხვევაში შეხვედრა არ მოხდებოდა). $a = -0,8\frac{\vartheta}{\text{წმ}^2}$. მისი მოძრაობის განტოლებაა $X_2(T) = 200 - 12T - 0,4T^2$. (4)

შეხვედრისას $X_1(T) = X_2(T)$ აქ (3) და (4)-ს გათვალისწინებით და გამარტივებით მივიღებთ განტოლებას $T^2 + 20T - 300 = 0$. მისი ამოხსნით ვადგენთ შეხვედრის დროს $T_{\vartheta} = 10\text{წმ}$ – და შეხვედრის ადგილს. $X_{\vartheta} = X_1(10) = -100 + 80 + 60 = 40\vartheta$.

ა-7 - $5\frac{\vartheta}{\text{წმ}}$ მუდმივი სიჩქარით მოძრაობა სხეულმა დაიწყო თანაბარაჩქარებული მოძრაობა და 50 მ-ის გავლის შემდეგ მისი სიჩქარე გახდა $15\frac{\vartheta}{\text{წმ}}$. ათვლის წერტილად მივიჩნიოთ ის ადგილი, რომელიც დაშორებულია აჩქარებულად მოძრაობის დაწყებიდან 10 მ-ით. შეადგინეთ მოძრაობის განტოლება, განსაზღვრეთ აჩქარებულად მოძრაობის დაწყებიდან 10 წმ-ის შემდეგ: 1. სხეულის სიჩქარე, 2. გავლილი მანძილი, 3. სხეულის მდებარეობა.

მითითება: აქ $X_0 = 10\vartheta$, $V_0 = 5\frac{\vartheta}{\text{წმ}}$, $S = 50\text{მ}$; მაშინ $a = \frac{v^2 - v_0^2}{2S} = 2\frac{\vartheta}{\text{წმ}^2}$. ამიტომ

$$X(T) = X_0 + V_0T + \frac{aT^2}{2} = 10 + 5T + T^2 \quad S(T) = V_0T + \frac{aT^2}{2} = 5T + T^2 \quad V(T) = V_0 + aT = 5 + 2T$$

$$\text{შესაბამისად } X(T_1) = X(10) = 160\vartheta, \quad S(T_1) = S(10) = 150\vartheta, \quad V(T_1) = V(10) = 25\frac{\vartheta}{\text{წმ}}$$

ცოდნის განმტკიცების ან ცოდნის ათვისების ხარისხის კონტროლის მიზნით შეიძლება, მოსწავლეებს მივცეთ ასეთი ამოცანა:

ა-8 - თანაბრად მოძრაობა ავტომობილმა მოძრაობის დაწყებიდან 6 წმ-ში გაიარა 60 მ. შემდეგ 2 წმ-ში მისი სიჩქარე გახდა $12\frac{\vartheta}{\text{წმ}}$. ათვლის წერტილად მიიჩნიეთ:

- ა) ავტომობილის მდებარეობა მოძრაობაზე დაკვირვების მომენტში;
 - ბ) აჩქარებული მოძრაობის დაწყების წერტილი (ადგილი).
- განსაზღვრეთ: 1. ავტომობილის თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე და 2. აჩქარება.
3. თითოეული შემთხვევისთვის შეადგინეთ მოძრაობის განტოლებები.
4. განსაზღვრეთ ავტომობილის მდებარეობა მოძრაობის დაწყებიდან 20 წმ-ში.

IV. როგორ გადავწყვიტოთ მექანიკის ძირითადი ამოცანა თავისუფალი ვარდნისათვის:

თავისუფალი ვარდნა თანაბარაჩქარებული მოძრაობის საინტერესო სახეა. თავისუფალი ვარდნის აჩქარება გამოწვეულია დედამიწა-სხეულის მიზიდულობით. თავისუფალი ვარდნის აჩქარების სიდიდე სხეულის მასაზე არ არის დამოკიდებული, ის იცვლება დედამიწაზე ადგილმდებარეობის მიხედვით. $9,78\frac{\vartheta}{\text{წმ}^2} \leq g \leq 9,83\frac{\vartheta}{\text{წმ}^2}$

პრაქტიკული გამოთვლებისათვის მიღებულია $g \approx 10\frac{\vartheta}{\text{წმ}^2}$ ტოლად.

თავისუფლად ვარდნილი სხეულის კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების ფორმულაა

$$Y(T) = Y_0 + V_0 T + \frac{gT^2}{2} \quad (3)$$

მოსწავლეების დიდ ინტერესს შემდეგი ამოცანა:

ა-9 - 9 მ და 63 სმ სიმაღლის კლდიდან 1,4 წმ-ში ჩამოვარდა დათვი, რა ფერის

შეიძლება იყოს ის?

ცნობილია, რომ ბუნებაში არსებობენ შემდეგი ფერის დათვები: 1. შავი (ბარიბალი), 2. ყავისფერი (გრიზლი) 3. მუქი ყავისფერი (მურა), 4. ნაცრისფერი (კოალა), 5. თეთრი (პოლარული)

შენიშვნა: $g_3 = 9,83 \frac{m}{წმ^2}, g_7 = 9,78 \frac{m}{წმ^2}$ ისარგებლეთ მეასედი სიზუსტის მიახლოებით.

მოსწავლეების გაოცებას იწვევს ამოცანის მოთხოვნა, ბევრი მიიჩნევს, რომ ის კომიკური და არასერიოზულია. არადა სწორედ ამ კომიკურობასა და არასერიოზულობაშია ინტრიგა. აღსანიშნავია ისიც, რომ ეს ძალიან საინტერესო ამოცანაა გეოგრაფიული ადგილმდებარეობის განსაზღვრავად.

მითითება: ამოხსნის პროცესი მარტივია, ფორმულიდან $h = \frac{gt^2}{2}$ აქედან $g = \frac{2h}{t^2}$ მონაცემთა ჩასმითა და გამარტივებით მივიღებთ $g = 9,83 \frac{m}{წმ^2} g$ - ასეთი მნიშვნელობა აქვს პოლუსების მიმდებარედ, აქ კი თეთრი დათვები ცხოვრობენ.

ა-10 - ცნობილ საბავშვო ლექსში „ვაშლი და შაქარა“ აღწერილია ხის კენჭეროდან მოწყვეტილი ვაშლის ვარდნა. დაწერეთ ვაშლის მოძრაობის განტოლება. შეაფასეთ ხის სიმაღლე, თუ ვაშლი მიწაზე დაეცა 1,2 წმ-ში.

მითითება: ვაშლის საწყისი სიჩქარე 0-ის ტოლია: $V_0 = 0$.

1. მივმართოთ $-y(t)$ - ღერძი ვერტიკალურად ზევით (ნახ.1 ა) მაშინ (3) - განტოლება ასე ჩაიწერება:

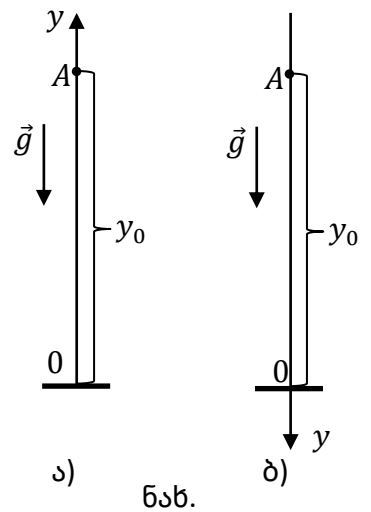
$$y(t) = y_0 - \frac{gt^2}{2}$$

2. მივმართოთ $-Y(T)$ - ღერძი ვერტიკალურად ქვევით (ნახ. 1 ბ) მაშინ (3) განტოლება ასე ჩაიწერება:

$$y(t) = \frac{gt^2}{2} - y_0$$

მიწაზე დავარდნისას $y(t) = 0$ მაშინ გვექნება

$y_0 = \frac{gt^2}{2}$ ჩასმით მივიღებთ 7,056 მ-ს. ამრიგად, ხის სიმაღლე 7 მ-ზე მეტია.



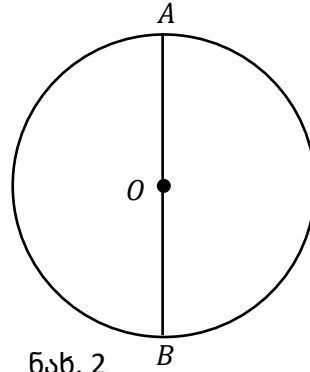
V. როგორ ვახერხებ წრეწირზე თანაბრად მოძრავი (მბრუნავი) წერტილის საბოლოო მდებარეობის განსაზღვრას:

აქ შეიძლება ვისარგებლოთ ფორმულით $\varphi = \varphi_0 + \omega t$ (4)

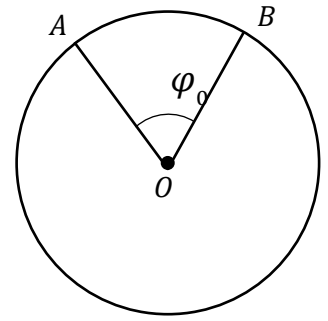
სამწუხაროდ, ამ ფორმულაზე და, საერთოდ, ამ თემაზე მექანიკის ძირითადი ამოცანა მივიწყებულია. არსად წერია არც ეს ფორმულა და არც ამოცანები მასზე, არადა მარტივი ფორმულაა (1) ფორმულის ანალოგიის საფუძველზე.

ა-11 - წრეწირზე თანაბრად მოძრავი სხეულის კუთხური სიჩქარეა $\pi \frac{რად}{წმ}$, ცენტრისკენული აჩქარება - $3\pi^2 \frac{m}{წმ^2}$. იპოვეთ წერტილის ბრუნვის: 1. პერიოდი; 2. სიხშირე; 3. რადიუსი; 4. წირითი სიჩქარე; 5. სად აღმოჩნდება წერტილი მოძრაობის დაწყებიდან (საწყისი მდებარეობიდან) 1 წმ-ის შემდეგ? რა მდებარეობა ექნება წერტილს ამ დროში?

მითითება: $a = \omega^2 R$ - ფორმულიდან
 $R = \frac{a}{\omega^2} = 3\text{მ}$; $\omega = \frac{2\pi}{T}$ აქედან $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\text{წმ}$. $v = \frac{1}{T} = 0,5\text{წმ}^{-1}$, $V = \omega R = 3\pi \frac{\theta}{\text{წმ}}$ $\varphi(t) = \omega t = \pi t$, როცა $t = 1\text{წმ}$ -ს $\varphi(t) = \pi \frac{\text{რად}}{\text{წმ}} = \pi$. ე. ი. წერტილი A - საწყისი მდებარეობიდან არის დიამეტრულად საპირისპირო B - წერტილში (ნახ. 2) ამასთან, ცხადია $S = \omega R = 3\pi \text{მ} - \text{ს}$.



ნახ. 2



ნახ. 3

ა-12 - 2 მ რადიუსის წრეწირზე წმ პერიოდით. მან მოძრაობა დაიწყო B რომელიც საწყისი A მდებარეობიდან გადახრილია

მოძრაობს წერტილი 2 წერტილიდან (ნახ. 3),

$\varphi_0 = \frac{\pi}{5}$ რადიანი კუთხით. იპოვეთ: 1. ბრუნვის სიხშირე, 2. კუთხური სიჩქარე, 3. წირითი სიჩქარე, 4. ცენტრისკენული აჩქარება, 5. ბრუნთა რიცხვი და წერტილის მდებარეობა $t_1 = 10$ წმ-ში, 6. დაწერეთ შემობრუნების კუთხის დროზე დამოკიდებულების ფორმულა და მის მიხედვით განსაზღვრეთ სხეულის მდებარეობა (შემობრუნების კუთხე რად-ებში და გრ-ებში), როცა: $t_2 = 0,5$ წმ-ს, $t_3 = 0,8$ წმ-ს, $t_4 = 1,8$ წმ-ს, $t_5 = 2$ წმ-ს.

მითითება: $1 v = \frac{1}{T} = 0,5 \text{წმ}^{-1}$, $2. \omega = \frac{2\pi}{T} = \pi \frac{\text{რად}}{\text{წმ}}$ $3. v = \omega R = 2\pi$ $4. a = \omega v = 2\pi^2 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}^2}$. $5. N = \frac{t_1}{T} = 5$

ბრ. ამრიგად, წერტილი იქნება იქ, საიდანაც დაიწყო მოძრაობა.

6. შემობრუნების კუთხის დროზე დამოკიდებულების განტოლება, (4) ფორმულიდან გამომდინარე, ასეთია:

$$\varphi(t) = \frac{\pi}{5} + \pi t \quad (5)$$

როცა $t_2 = 0,5$ წმ, მაშინ $\varphi(0,5) = \frac{\pi}{5} + \frac{\pi}{2} = \frac{7}{10}\pi$ რად = 118°

როცა $t_3 = 0,8$ წმ, მაშინ $\varphi(0,8) = \frac{\pi}{5} + \frac{3\pi}{5} = \frac{4}{5}\pi$ რად = 144°

როცა $t_4 = 1,8$ წმ, მაშინ $\varphi(1,8) = \frac{\pi}{5} + \frac{9\pi}{5} = 2\pi$ რად = 360° ე. ი. მბრუნავი წერტილი საწყისი A წერტილშია.

როცა $t_5 = 2$ წმ, მაშინ $\varphi(2) = \frac{\pi}{5} + 2\pi = \frac{11}{5}\pi$ რად = 396° ანუ 36° -ით არის შემობრუნებული საწყისი A მდებარეობიდან, ე. ი. B წერტილშია.

VI. გარდა განხილული ამოცანებისა, საგაკვეთილო პროცესში სისტემატურად ვიყენებ კვლევითი ხასიათის ამოცანებს, რომელთაგან ბევრის შინაარსი აპრობირებულია სახელმძღვანელოებში და გარდაქმნილია ისე, რომ მორგებულია ძირითად მოთხოვნებს, უმეტესობა ორიგინალურია.

კინემატიკის ძირითადი ცნებები: ნივთიერი წერტილი, ათვლის სისტემა, გზა და გადაადგილება.

1. შეიძლება თუ არა, დედამიწა ჩავთვალოთ ნივთიერ წერტილად, როცა გამოსათვლელია:

ა) დედამიწიდან მზემდე მანძილი?

ბ) დედამიწის მიერ გზის გარშემო ორბიტაზე ერთ თვეში გავლილი მანძილი?

გ) ეკვატორის სიგრძე?

დ) თავისი ღერძის გარშემო დედამიწის დღეღამური ბრუნვისას ეკვატორის წერტილის სიჩქარე?

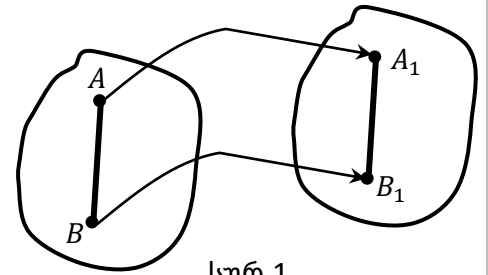
ე) მზის გარშემო ორბიტაზე დადამიწის მოძრაობის სიჩქარე?

2. კოსმოსური ხომალდი მოძრაობს დედამიწის მახლობელ წრიულ ობიექტზე. შეიძლება თუ არა, ხომალდი ჩავთვალოთ ნივთიერ წერტილად:

ა) ნებისმიერი დამკვირვებლის მიმართ?

ბ) კოსმონავტის მიმართ, რომელიც იმყოფება ღია კოსმოსში ხომალდთან ერთად?

გ) დედამიწაზე მყოფი დამკვირვებლის მიმართ?



სურ.1

3. სხეულის A და B წერტილები მოძრაობენ ისე, როგორც ნაჩვენებია სურ. 1-ზე.

ა) ასრულებს თუ არა სხეული გადატანით მოძრაობას?

ბ) შეიძლება თუ არა, ეს სხეული ჩავთვალოთ ნივთიერ წერტილად? რატომ?

4. ველოსიპედი აბრუნებს სატერფულს. როგორ მოძრაობას ასრულებს ამ დროს სატერფული, გადატანით თუ ბრუნვით? როგორ მოძრაობას ასრულებს კორპუსი?

5. რატომ ამბობენ, რომ მზე ჩადის და ამოდის? რას იღებენ ამ დროს ათვლის სისტემა?

6. რით განსხვავდება ერთმანეთისგან ათვლის სისტემა და კოორდინატა სისტემა?

7. რით განსხვავდება სხეულის მოძრაობის ტრაექტორია მისი მოძრაობის გრაფიკისგან?

8. მოძრავი ვაგონის რომელი ნაწილია უძრავი და რომელი მოძრავი გზის მიმართ? ვაგონის კედლების მიმართ? ვაგონის რომელი წერტილები მოძრაობს მოძრაობის საწინააღმდეგოდ?

9. ცნობილია, რომ ორი მოძრავი ნივთიერი წერტილის ტრაექტორიები გადაიკვეთება. ეჯახებიან თუ არა ეს წერტილები ერთმანეთს?

10. ნივთიერი წერტილის ერთი მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლისას გადაადგილების სიდიდე გავლილი მანძილის (L) ტოლი აღმოჩნდა. შეიძლება თუ არა, რომ ა) $S > L$; ბ) $S = L$; გ) $S < L$? როგორ ტრაექტორიაზეა ეს შესაძლებელი?

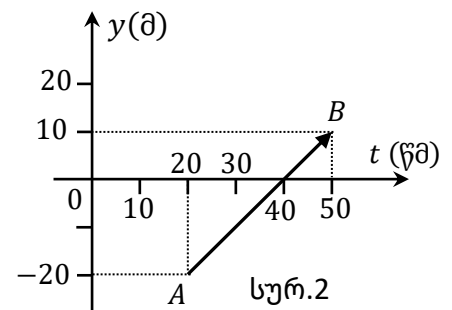
11. რის მიხედვით ვიხდით ფულს ტაქსით / თვითმფრინვით მგზავრობისას, გზის თუ გადაადგილების?

12. სხეული გადაადგილდა A-დან B წერტილში (სურ. 2). განსაზღვრეთ:

ა) საწყისი და საბოლოო მდებარეობის კოორდინატები;

ბ) გადაადგილების გეგმილები კოორდინატა ღერძებზე.

შეასრულა თუ არა სხეულმა 50 მ გადაადგილება?



სურ.2

13. სხეული გადაადგილდა A(0, -2)-დან B(-4, 1) წერტილში.

ა) ააგეთ ნახაზი.

ბ) განსაზღვრეთ გადაადგილების გეგმილები საკოორდინატო ღერძებზე.

გ) გადაადგილდა თუ არა სხეული 5 მ-ით?

14. ავტომობილმა პირდაპირ გაიარა 5 კმ, შემდეგ, შემობრუნდა რა 90° -იანი კუთხით,

კიდევ გაიარა 12 კმ. იქნება თუ არა ავტომობილის გავლილი მანძილი და გადაადგილება შესაბამისად ტოლი. ა) 13 მ-ის, 17 მ-ის, ბ) 17 მ-ის, 13 მ-ის, გ) 17 მ-ის, 14 მ-ის?

15. 3 მ სიმალიდან ჩამოვარდნილი ბურთი იატაკიდან ახტა 1 მ სიმაღლეზე. არის თუ არა ბურთის მიერ გავლილი მანძილი გადაადგილებაზე ა) 2, ბ) 0,5, გ) 3-ჯერ მეტი?

16. ჩოგბურთელთა შეჯიბრებაზე ჩოგბურთელმა ერთი ბურთი მოაწოდა 2,5 მ სიმალიდან. ის დაეცა მოედნის ზედაპირის მისდამი 30° -იანი კუთხით. მოწინააღმდეგემ ეს ბურთი მიიღო 1,5 მ სიმაღლეზე. არის თუ არა ბურთის გადაადგილება გავლილ მანძილზე ა) 2 მ-ით, ბ) 1 მ-ით, გ) 0,5 მ-ით ნაკლები?

17. სხეულის A (-3,4) წერტილიდან B (5,10)-მდე გადაადგილებისას გავლილი მანძილი აღმოჩნდა ა) 10 მ, ბ) 12 მ. იყო თუ არა მოძრაობის ტრანექტორია წრფე?

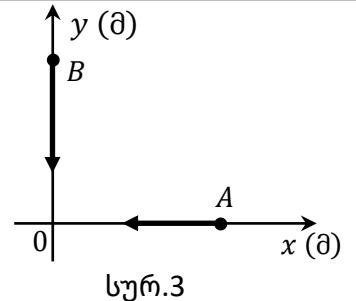
18. სხეული A (-3,-2) წერტილიდან 10 მ-ით გადაადგილების შემდეგ აღმოჩნდა B (x, y) წერტილში. ცნობილია, რომ $y=2x$. შეიძლება თუ არა, წერტილის საბოლოო მდებარეობა იყოს: ა) c (3,6), ბ) 8 (-5,8,-11,6) წერტილები? რატომ?

19. დამკვირვებელმა გაელვების შემდეგ ქუხილი გაიგონა 15 წმ-ში. დაადგინეთ: მოხდა თუ არა მოვლენა დამკვირვებლისგან ა) 5 კმ-ზე მეტ, ბ) 5 კმ-ზე ნაკლებ მანძილზე (მიიღეთ $v_{\text{გ}} = 340\text{მ/წმ}$).

20. შეძლებს თუ არა 200 მ სიგრძის ხიდის გავლას 72 კმ/სთ სიჩქარით მოძრავი 120 მ სიგრძის მატარებელი: ა) 10 წმ-ში? ბ) 16 წმ-ში? ჩაითვლება თუ არა ამ შემთხვევაში ის ნივთიერ წერტილად? რატომ?

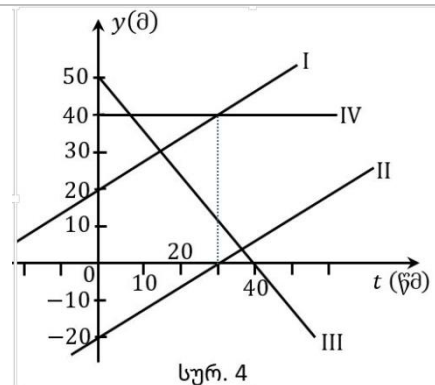
21. ველოსიპედისტმა გასავლელი გზის ნახევარი გაიარა c მ/წმ სიჩქარით. საკმარისი იქნება თუ არა სიჩქარის გაზრდა ა) 2-ჯერ, ბ) 3-ჯერ, რომ იმავე დროში გაიაროს გზის მეორე ნახევარი და უკან დაბრუნდეს?

22. A და B წერტილები (სურ. 3) მოძრაობენ x და y ღერძების გასწვრივ. $t=0$ მომენტისთვის A წერტილი კოორდინატა სათავიდან იმყოფება 5 მ მანძილზე, B – 10 მ-ზე. A წერტილის სიჩქარეა 2,5 მ/წმ, B-სი - 4 მ/წმ. დაადგინეთ: ა) შეხვდებიან თუ არა ისინი ერთმანეთს? ბ) საკმარისი იქნება თუ არა B წერტილის სიჩქარის 1 მ/წმ-ით გაზრდა, რომ ისინი ერთმანეთს შეხვდნენ?



სურ.3

23. დაწერეთ თითოეული სხეულის მოძრაობის განტოლებები (სურ. 4)-ზე მოცემული გრაფიკის მიხედვით. გადაკვეთენ თუ არა პირველი და მეორე გრაფიკები ერთმანეთს? რატომ? რა მიმართულებით მოძრაობენ სხეულები?

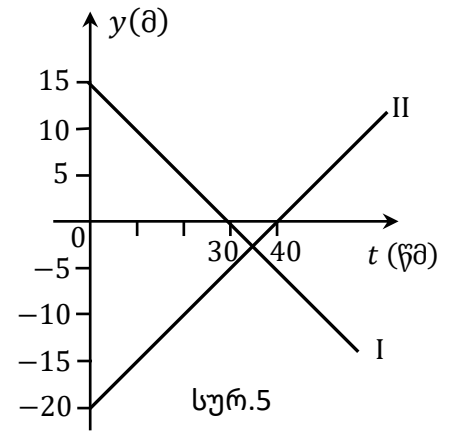


სურ. 4

24.ორი მოტოციკლისტის მოძრაობის განტოლებებია $X_1=120 - 10t$ და $X_2= -30+5t$. ააგეთ თითოეულისთვის $x=x(t)$ დამოკიდებულების გრაფიკი. დაადგინეთ, შეხვდებიან თუ არა ისინი ერთმანეთს მოძრაობის დაწყებიდან 10 წმ-ის შემდეგ ათვლის სისტემიდან 20 მ-ით დაშორებულ პუნქტში.

25. სურ. 5-ზე მოცემული გრაფიკის მიხედვით დაადგინეთ:

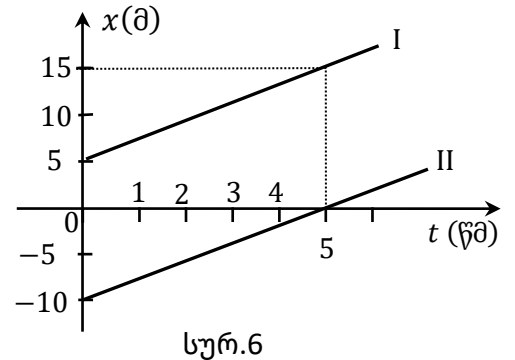
- 1) როგორ და რა მიმართულებით მოძრაობენ სხეულები;
- 2) თითოეული სხეულის მოძრაობის განტოლებები;
- 3) რაზე მიუთითებს გრაფიკთა გადაკვეთის წერტილები.



26. გზის წრფივ უბანზე მოძრაობენ მსუბუქი მანქანა, ველოსიპედისტი და ავტობუსი შესაბამისად 40 მ/წმ, 10მ/წმ, 25 მ/წმ სიჩქარით. დადგინეთ: 1. მოძრაობის განტოლებები; 2. იქნება თუ არა კოორდინატა სათავეში ავტომობილი 5 წმ-ში, ველოსიპედისტი - 10 წმ-ში, ავტობუსი - 15 წმ-ში; 3. შეხვდებიან თუ არა მსუბუქი მანქანა და ველოსიპედისტი ერთმანეთს მოძრაობის დაწყებიდან 6 წმ-ში კოორდინატა სათავედან 40 მ-ზე; მიიღეთ, რომ მსუბუქი მანქანის საწყისი კოორდინატაა 200 მ, ველოსიპედისტის - 100 მ, ავტომობილის - 300 მ.

27. გამოსახეთ მგორავი თვლის ფერსოზე მდებარე რომელიმე წერტილის მოძრაობის ტრაექტორია ა) გზის მიმართ; ბ) ბრუნვის ღერძის მიმართ,

28. სურ. 6-ზე მოცემულია დედამიწასთან დაკავშირებულ ათვლის სისტემაში ორი მოტოციკლისტი მოძრაობის გრაფიკი. გამოსახეთ ეს გრაფიკები ა) პირველ მოტოციკლისტთან დაკავშირებულ ათვლის სისტემაში; ბ) მეორე მოტოციკლისტთან დაკავშირებულ ათვლის სისტემაში.



29. მეტროს ესკალატორი ქვემოთ მოძრაობს 0,8 მ/წმ სიჩქარით. საკმარისია თუ არა, მგზავრმა 1) იმოძრაოს ესკალატორის მოძრაობის საწინააღმდეგოდ 0,8 მ/წმ სიჩქარით, რომ იყოს უძრავი დედამიწის მიმართ? 2) იმოძრაოს ქვემოთ მოძრავი ესკალატორის კიბეზე მოძრაობის საწინააღმდეგო ა) 0,8 მ/წმ, ბ) 1,6 მ/წმ სიჩქარით, რომ უძრავი იყოს ზემოთ მოძრავ ესკალატორზე მდგარი მგზავრის მიმართ?

30. ორი ავტომობილი, რომელთა შორის მანძილი 125 მ-ია, მოძრაობს ერთმანეთის შესახვედრად, შესაბამისად 54 კმ/სთ და 36 კმ/სთ სიჩქარით. მოასწრებენ თუ არა ისინი მოძრაობის დაწყებიდან ა) 3 წმ-ში; ბ) 4 წმ-ში; გ) 5 წმ-ში შეხვედრას?

31. მუხლუხა ტრაქტორი მოძრაობს 18 კმ/სთ სიჩქარით. რომელი დედამიწასთან - x თუ ტრაქტორთან x სისტემის (ღერძის) მიმართ ექნება მუხლუხოს ზედა და ქვედა წერტილების სიჩქარეები. ა) 5 მ/წმ; -5. ბ) 10 მ/წმ; 0?

32. ორ პარალელურ ლიანდაგზე ერთმანეთის საპირისპიროდ მოძრაობს ორი მატარებელი. ერთის სიჩქარე დედამიწის მიმართ 20 მ/წმ-ია, მეორის - 25 მ/წმ. დაადგინეთ: 1) დაშორდებიან თუ არა ლოკომოტივები ერთმანეთს 1 წმ-ში 45 მ-ით, თუ თავიდან ისინი ლიანდაგის მართობულ წრეზე იყვნენ. 2. არის თუ არა მეორე მატარებლის სიგრძე ა) 120 მ, ბ) 135 მ, თუ პირველში მყოფმა მგზავრმა შეამჩნია, რომ

მას მეორემ 3 წმ-ში ჩაუარა?

33. მეტროს მოძრავ ესკალატორზე მოძრავი მგზავრი ეშვება 1 წთ-ში, როცა მგზავრი იმოძრავებს 2-ჯერ მეტი სიჩქარით, ის შეიძლება დაეშვას ესკალატორზე 45 წმ-ში. ჩამოვა თუ არა ესკალატორზე უძრავად მდგარი მგზავრი: ა) 1,2 წთ-ში? ბ) 1,5 წთ-ში? გ) 2 წთ-ში?

34. დინების საწინააღმდეგოდ მცურავმა მენიჩემ ხიდის ქვეშ დაკარგა მაშველი რგოლი, 10 წთ-ის შემდეგ შეამჩნია ეს, მობრუნდა უკან და დაეწია რგოლს ხიდიდან 1,2 კმ-ის დაშორებით. დაადგინეთ, იყო თუ არა დინების სიჩქარე: ა) 0,8 მ/წმ, ბ) 1 მ/წმ, გ) 1,2 მ/წმ.

35. მეტროს ესკალატორს მასზე უძრავად მდგარი მგზავრი აჰყავს 1 წთ-ში. უძრავ ესკალატორზე მგზავრი ადის 3 წთ-ში. დაადგინეთ, შეძლებს თუ არა 45 წმ-ში იმავე სიჩქარით მოძრავი მგზავრი მოძრავ ესკალატორზე ასვლას.

36. ნავით მდინარის დინების საპირისპიროდ ორ პუნქტს შორის მგზავრობას 3-ჯერ მეტი დრო დასჭირდა, ვიდრე მათ შორის დინების მიმართულებით მოძრაობას. ამ მონაცემებით დაადგინეთ, არის თუ არა ნავის სიჩქარე დინების სიჩქარეზე 2-ჯერ მეტი.

37. მსუბუქი ავტომობილი მოძრაობს 20 მ/წმ სიჩქარით 16,5 მ/წმ-ით მოძრავი სატვირთოს უკან, მისგან 15 მ-ის დაშორებით. გასწრებისას მსუბუქი მანქანის მძღოლმა დაინახა შემხვედრი მიმართულებით 25 მ/წმ სიჩქარით მოძრავი საერთაშორისო ავტობუსი. დასაშვებია თუ არა გასწრება მაშინ, როცა მსუბუქ მანქანასა და ავტობუსს შორის მინიმალური მანძილია: ა) 400 მ? ბ) 450 მ? გ) 450-ზე მეტი, რომ გასწრების შემდეგ უსაფრთხოების ნორმების დაცვით მსუბუქი მანქანა 20 მ-ით იყოს სატვირთოზე წინ?

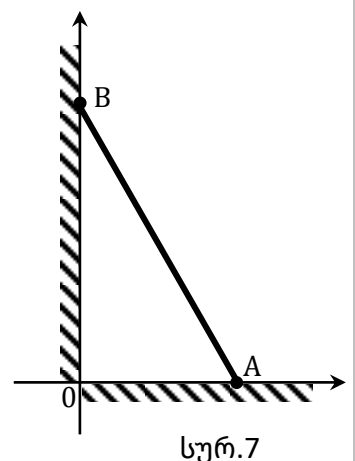
38. წვიმიან ამინდში რომელ შემთხვევაში უფრო სწრაფად აივსება მანქანის ძარაზე მოთავსებული ვედრო, როცა ავტომობილი უძრავია, თუ როცა ის მოძრაობს?

39. ვერტიკალურად ვარდნილი წვიმის წვეთი 30 მ/წმ სიჩქარით ეცემა მოძრავი მატარებლის ფანჯრის მიწას და მასზე ტოვებს კვალს, რომელიც ვერტიკალურ მიმართულებასთან ქმნის 30° -იან კუთხეს. 1. არის თუ არა კუთხე დამოკიდებული მატარებლის სიჩქარეზე? 2. ჰქონდა თუ არა მატარებელს 17 მ/წმ-ზე მეტი სიჩქარე?

40. ორი ნივთიერი წერტილი ერთი და იმავე მდებარეობიდან ურთიერთმართობული მიმართულებით მოძრაობს 4 მ/წმ და 3 მ/წმ სიჩქარით. 1. შორდებიან თუ არა ეს წერტილები ერთმანეთს ა) 4,5 მ/წმ, ბ) 5 მ/წმ სიჩქარით? 2. გადაადგილდება თუ არა ეს წერტილი მეორესთან დაკავშირებულ ათვლის სისტემის მიმართ 10 წმ-ში ა) 40 მ-ით? ბ) 50მ-ით?

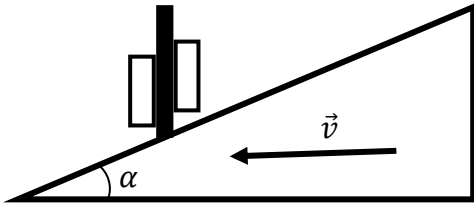
41. მოცურავს, რომლის სიჩქარე წყლის მიმართ არის $v=6$ მ/წმ. სურს გადაცუროს $e=51$ მ სიგანის $u=3$ მ/წმ. სიჩქარით მოძრავი მდინარე და მოხვდეს მეორე ნაპირზე პირველის სიმეტრიულად საპირისპირო წერტილში. დაადგინეთ: 1. საკმარისია თუ არა დინების მიმართ მოძრაობის დაწყება ა) $\varphi=60^\circ$; ბ) $\varphi=120^\circ$; გ) $\varphi=150^\circ$ -იანი კუთხით? ბ) გადაცურავს თუ არა სასურველი კურსის არჩევის შემდეგ მოცურავე მდინარეს 10 წმ-ში?

42. $AB=E$ სიგრძის ძელი ეყრდნობა ვერტიკალურ კედელს (ნახ. 7). ცნობილია, რომ A წერტილის კოორდინატია a და ძელი მოძრაობს იწყებს v მუდმივი სიჩქარით. დაამტკიცეთ, რომ: 1. ღერძის B წერტილის კოორდინატი შეიცვლება



კანონით: $y = \frac{\sqrt{E^2 - a^2}}{a}(a - vt)$, სადაც მოძრაობის t დროა. 2. დაეცემა თუ არა ძელი 2 წმ-ზე ნაკლებ დროში, როცა $a=7$ და $v=4$ მ/წმ?

43. დახრილ სიბრტყეს, რომელიც ჰორიზონტთან ქმნის 300-იან კუთხეს, ეყრდნობა ძელი, რომელსაც AB სისტემის საშუალებით შეუძლია გადაადგილდეს მხოლოდ ვერტიკალური მიმართულებით (სურ.8). იქნება თუ არა მისი სიჩქარე ა) 6,5 მ/წმ-ზე, ბ) 7,2 მ/წმ-ზე მეტი, თუ დახრილი სიბრტყე იმოძრავეს 12 მ/წმ სიჩქარით?



სურ.8

44. ვაგონს, რომლის სიგანეა 2,4 მ, ხოლო სიჩქარე - 15 მ/წმ, მოძრაობის მართობულად ესროლეს ტყვია. ტყვიის მიერ გაკეთებული ხვრელები ერთმანეთისადმი წანაცვლებულია 6 სმ-ით. დაადგინეთ: ჰქონდა თუ არა ტყვიას ა) 550 მ/წმ, ბ) 600 მ/წმ, გ) 650 მ/წმ სიჩქარე.

45. U სიჩქარით მოძრავი მდინარის ტბასთან შესართავიდან გამოვიდა ორი ნავი, რომელთა სიჩქარეები მდგარ წყალში ერთნაირია და V-ს ტოლია. ერთი ნავი მოძრაობს მდინარეზე, მეორე - ტბაზე.

ა. დაამტკიცეთ, რომ შესართავისგან S მ-ით დაშორებულ პუნქტამდე მოსვლას და უკან დაბრუნებას უფრო სწრაფად შეძლებს ტბაზე მოძრავი ნავი;

ბ. მივა თუ არა მეორე მენავე საწყის პუნქტში 4წ მ-ით ადრე, როცა $S=240$ მ. $V=5$ მ/წმ. $U=1$ მ/წმ?

46. ველოსიპედისტმა პირველ 5 წმ-ში გაიარა 20 მ, მომდევნო 15 მ იმოძრავა 5 მ/წმ სიჩქარით, შემდეგ კი 6 წმ იმოძრავა 7 მ/წმ სიჩქარით. დაადგინეთ, არის თუ არა მთელ გზაზე ველოსიპედისტის მოძრაობის საშუალო სიჩქარე 3,5 მ/წმ-ის ტოლი.

47. ავტომობილმა გასავლელი გზის პირველი ნახევარი გაიარა 10 მ/წმ სიჩქარით, მეორე ნახევარი კი 15 წმ-ით. იქნება თუ არა ავტომობილის საშუალო სიჩქარე მთელ გზაზე ა) 9 მ/წმ, ბ) 12 მ/წმ, გ) 18 მ/წმ?

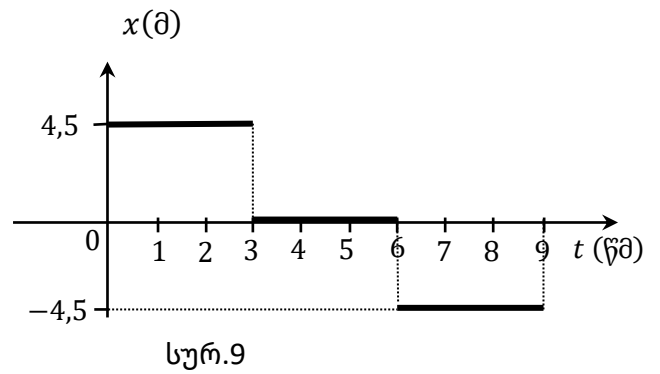
48. მგზავრმა მოძრაობისთვის საჭირო დროს ნახევარი იმოძრავა 5 მ/წმ სიჩქარით, მთელ გზაზე მისი მოძრაობის საშუალო სიჩქარე აღმოჩნდა 6 მ/წმ. უძრავია თუ არა მგზავრი დროის მესამე ნახევარში 7 მ/წმ სიჩქარით?

49. სხეულმა გასავლელი გზის ნახევარი იმოძრავა სიჩქარით, მთელ გზაზე მისი საშუალო სიჩქარე $V_{საშ} < V_1$. რომელი დასკვნაა სწორი და რატომ? ა) $V_{საშ} > V_2$; $V_1 < V_2$. ბ) $V_{საშ} > V_2$; $V_1 > V_2$. გ) $V_{საშ} < V_2$; $V_1 < V_2$. დ) $V_{საშ} < V_2$; $V_1 > V_2$.

50. სხეულმა მოძრაობისთვის საჭირო დროის ნახევარი იმოძრავა V_1 სიჩქარით, მთელ გზაზე მისი მოძრაობის საშუალო სიჩქარეა $V_{საშ} > V_1$. რომელი დასკვნაა სწორი და რატომ? ა) $V_2 > V_1$ $V_{საშ} > V_2$ -ზე; ბ) $V_2 > V_1$ $V_{საშ} < V_2$ -ზე; გ) $V_2 < V_1$ $V_{საშ} > V_2$ -ზე; დ) $V_2 < V_1$ $V_{საშ} < V_2$.

51. დაამტკიცეთ, რომ ორ პუნქტს შორის მანძილს მგზავრი უფრო სწრაფად გაივლის, თუ: 1. მოძრაობისთვის საჭირო დროის ნახევარს იმოძრავეს V_1 , ხოლო მეორე ნახევარს - V_2 სიჩქარით, იმ დროსთან შედარებით, როცა იმავე მანძილის პირველ ნახევარს გაივლის V_1 , ხოლო მეორე ნახევარს V_2 სიჩქარით.

52. სხეულის სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი მოცემულია სურ. 9 ზე. დაადგინეთ: ა. სხეულის კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი, როცა $X_0=0$; ბ. მოძრაობდა თუ არა მთელ გზაზე სხეული 1 მ/წმ საშუალო სიჩქარით?



ასეთი დავალებების სისტემური გამოყენება ძალიან უადვილებს მოსწავლეებს ფიზიკის კანონებისა და დასკვნების აღქმას.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. ფიზიკის აკრედიტებული სახელმძღვანელო, ავტორთა ჯგუფი
2. ფიზიკის ამოცანების მოქმედი და ადრეული ამოცანათა კრებულები
3. ზურაბ ბართაია. აზროვნების განვითარების აქტივობები ფიზიკის გაკვეთილზე
<http://mastsavlebeli.ge/?p=21766>
4. ზურაბ ბართაია. ბიჰევიორიზმის კონცეფცია და მისი გამოყენება სწავლებაში
<http://mastsavlebeli.ge/?p=246065>
5. ზურაბ ბართაია. პერკინსის, უზნაძის, ბლუმის თეორიები და აზროვნების განვითარება ფიზიკის გაკვეთილზე
<http://mastsavlebeli.ge/?p=28344>
6. ზურაბ ბართაია. რატომ უნდა ვიცოდეთ ფიზიკა?
<http://mastsavlebeli.ge/?p=29415>
7. ზურაბ ბართაია. რატომ უნდა ვიცოდეთ ფიზიკა? (მე-2 ნაწილი)
<http://mastsavlebeli.ge/?p=31616>