ფიზიკა ამოცანებში

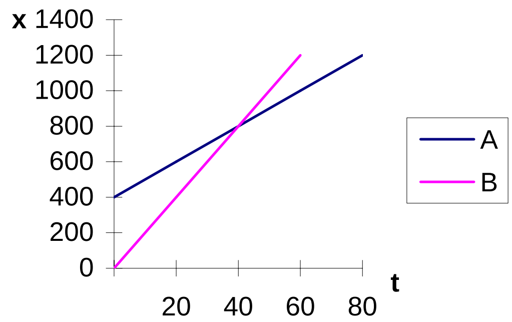
ფიზიკის სწავლების განუყოფელ ნაწილს წარმოადგენს ამოცანების ამოხსნა სწავლების ნებისმიერ ეტაპზე, იქნება ეს ელემენტარული ფიზიკის თუ სპეციალური ფიზიკური განათლების დონეზე. ფიზიკის კანონების ცოდნა მოიცავს ამ კანონების სწორად გამოყენების უნარს ამა თუ იმ ამოცანების ამოხსნისას. კანონების ღრმა ცოდნა მჟღავნდება მათი გამოყენების უნარში კონკრეტული ფიზიკური მოვლენის ანალიზის დროს. ნებისმიერი ამოცანის ამოხსნა იწყება იმ პროცესის ანალიზით, რომელიც მოცემულია ამოცანაში. ამოცანაში აღწერილი ფიზიკური პროცესის სწორად გაგება ამოცანის სწორად ამოხსნის საწინდარია, ამავე დროს ის მიუთითებს ფიზიკური კანონების გააზრების სიღრმეზე. ამოცანის ამოხსნის დაწყების წინ უმნიშვნელოვანესია გავერკვეთ ამოცანაში ჩამოყალიბებულ მონაცემებში და საძიებელ ფიზიკურ სიდიდეებში, გავერკვეთ არსებული ფიზიკური კანონებიდან რომელი მიესადაგება დასმულ ამოცანას და რატომ. სწორედ აქ მჟღავნდება ამოცანის გადაწყვეტის სწორი გზის მონახვის უნარი, რაც მიუთითებს ფიზიკური კანონების ცოდნის სიღრმეზე. ჩვენი ღრმა რწმენით ამოცანების ამოხსნა თავის მხრივ იწვევს გამოყენებული ფიზიკური კანონების უფრო ღრმად გააზრებას, იმ თითქოს და უმნიშვნელო მომენტებზე ყურადღების გამახვილებას, რომლებიც გამორჩენილ იქნა თეორიული მასალის ათვისებისას.

წინამდებარე წერილი ჩვენი ჩანაფიქრით პირველია წერილების იმ სერიიდან, რომლის მიზანი არის დაინტერესებული მკითხველის დახმარება ზემოთ მოყვანილი უნარების ათვისებაში და გაღრმავებაში.

დავიწყოთ კინემატიკით, მექანიკის ნაწილით რომლის ამოცანას შეადგენს სხეულის მდებარეობის განსაზღვრა სივრცეში და დროში, ანუ ამოცანის „გეომეტრიული" აღწერა მოძრაობის გამომწვევი მიზეზების შესწავლის გარეშე. კინემატიკის ფარგლებში დგინდება თანაფარდობა მოძრაობის მახასიათებელ ფიზიკურ (კინემატიკურ) სიდიდეებს შორის, როგორიცაა გადაადგილება, სიჩქარე, აჩქარება, მოძრაობის დრო.

მოძრაობის აღწერა, როგორც ცნობილია, მოითხოვს ათვლის სისტემის არსებობას. მოძრავი სხეულის მდებარეობა განსაზღვრულია, თუ მოცემულია მისი რადიუს–ვექტორი $\vec{r}$, როგორც დროის ფუნქცია, ან რაც იგივეა სხეულის სამი კოორდინატი x, y და z. რამდენიმე სხეულის მოძრაობის აღწერის დროს მნიშვნელოვანია შეგვეძლოს ერთმანეთთან დავაკავშიროთ სხეულთა სიჩქარეები უძრავი (დედამიწასთან დაკავშირებული) ათვლის სისტემაში მათ ფართობით სიჩარეებთან, ანუ სიჩქარეებთან სხეულებთან დაკავშირებულ ათვლის სისტემაში. განვიხილოთ შემდეგი ამოცანა:

ორი სხეულის ფარდობითი მოძრაობა: ნახ. 1–ზე მოცემულია A და B სხეულების მოძრაობის გრაფიკები უძრავი ათვლის სისტემაში. დაწერეთ A სხეულის მოძრაობის განტოლება და ააგეთ ორივე სხეული მოძრაობის გრაფიკები B სხეულთან დაკავშირებულ ათვლის სისტემაში.



ნახ.1

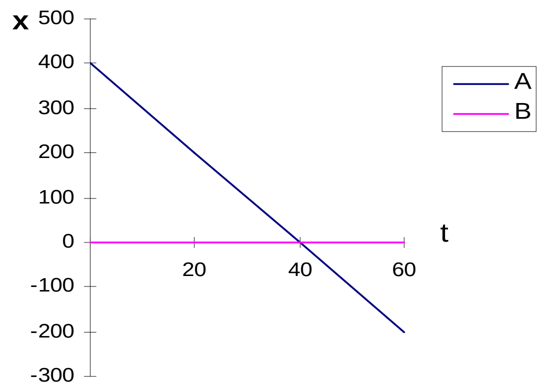
პირველ რიგში შევისწავლოთ გრაფიკები. მოცემულია სხეულების კოორდინატების დროზე დამოკიდებულების გრაფიკები უძრავი ათვლის სისტემაში. ორივე მოძრაობა არის წრფივი და თანაბარი, რადგან გრაფიკები წარმოადგენენ წრფეებს. რომ ჩავწეროთ მათი მოძრაობის განტოლებები, გვჭირდება მათი სიჩქარეები უძრავი ათვლის სისტემის მიმართ. გრაფიკებით შემოსაზღვრულია როგორც მოძრაობის დროის ინტერვალი, ისე მათი გადაადგილებები ამ დროის განმავლობაში. A სხეულის საწყისი კოორდინატია $x_{A0}=400$, ხოლო სხეული B იმყოფება კოორდინატთა სათავეში. ეს უკანასკნელი მოძრაობს უფრო სწრაფად, რადგან მისი დახრილობის კოეფიციენტი მეტია და მაშასადამე ეწევა A სხეულს. A სხეულის კოორდინატი B – თან დაკავშირებულ ათვლის სისტემაში არის $x_A - x_B$, სადაც x_A და x_B სხეულების კოორდინატებია დროის ნებისმიერ მომენტში უძრავი ათვლის სისტემის მიმართ. რადგან A სხეულის სიჩქარე გრაფიკის მიხედვით $v_A=10$ მ/წმ, ხოლო B სხეულის სიჩქარე $v_B=20$მ/წმ (გრაფიკების დახრილობის კოეფიციენტები), ეს კოორდინატები ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$x_A = 400 + 10t, \quad x_B = 20t.$$

მაშასადამე საძიებელი განტოლება იქნება

$$x = x_A - x_B = 400 - 10t.$$

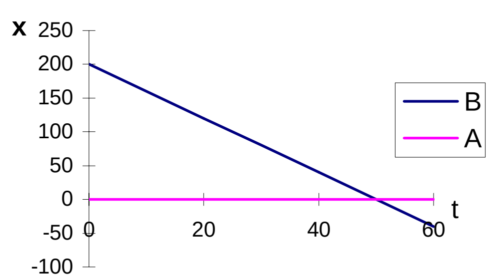
გავაანალიზოთ მიღებული განტოლება. განტოლება გვეუბნება, რომ B სხეულთან დაკავშირებულ ათვლის სისტემაში A სხეული მოძრაობს მისკენ, ანუ B სხეული მოძრაობს კოორდინატთა სათავის მიმართულებით. ამაზე მიუთითებს მინუს ნიშანი. რა თქმა უნდა B სხეული გაჩერებულია, იმყოფება სათავეში და მისი კოორდინატი არ იცვლება – გრაფიკი ემთხვევა x ღერძს. გრაფიკებს ექნებათ ნახ. 2 – ზე მოცემული სახე. მიაქციეთ ყურადღება, რომ A სხეულის კოორდინატი 40 წამის შემდეგ გახდება უარყოფითი, რაც იმას ნიშნავს, რომ იგი B სხეულს შორდება x ღერძის უარყოფითი მიმართულებით.



ნახ. 2

განვიხილოთ ახლა შებრუნებული ამოცანა. ნახ.3–ზე მოცემულია B სხეულის მოძრაობის გრაფიკი A სხეულთან დაკავშირებულ ათვლის სისტემაში.

დავწეროთ სხეულების მოძრაობის განტოლებები უძრავი ათვლის სისტემის მიმართ, თუ ა) A სხეული მოძრაობს x ღერძის დადებითი მიმართულებით 2 მ/წმ სიჩქარით; ბ) A სხეული მოძრაობს x ღერძის დადებითი მიმართულებით 6 მ/წმ სიჩქარით; გ) A სხეული მოძრაობს x ღერძის საწინააღმდეგო მიმართულებით 2 მ/წმ სიჩქარით და გაანალიზეთ მოძრაობის ხასიათი სამივე შემთხვევაში.



ნახ. 3

დროის საწყის მომენტში A სხეული იმყოფება კოორდინატთა სათავეში. გრაფიკის და ამოცანის პირობების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ სხეულებს შორის მანძილია 200 მ და მათ შორის მანძილი მცირდება. თუმცა ეს არ ნიშნავს, აუცილებლად A სხეული ეწევა B სხეულს. ეს დამოკიდებულია სხეულების საკუთარ სიჩქარეებზე, მათ მიმართულებებზე. მოცემული გრაფიკი გვეუბნება, რომ A-სთან დაკავშირებულ ათვლის სისტემაში B სხეული მოძრაობს x ღერძის საპირისპირო მიმართულებით. ამიტომ ამ ათვლის სისტემაში გრაფიკის შესაბამისი მოძრაობის განტოლება გრაფიკის დახრილობის გათვალისწინებით იქნება:

$$x = x_B - x_A = 200 - 10t\,.$$

ცხადია ამ განტოლებაში – 4მ/წმ არის B სხეულის ფარდობითი სიჩქარე A სხეულის მიმართ. მეორეს მხრივ ეს ფარდობითი სიჩქარე არის $v_B - v_A = -4$. განვიხილოთ ცალ–ცალკე პირობაში მოცემული შემთხვევები. ა) $v_A = 2$, მაშინ $v_B = -2$ და მოძრაობის განტოლებები უძრავი ათვლის სისტემის მიმართ იქნება:

$$x_A = 2t, \quad x_B = 200 - 2t.$$

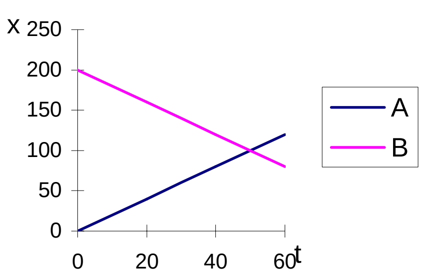
ჩანს, რომ სხეულები მოძრაობენ ერთმანეთის შემხვედრი მიმართულებით – A სხეული x ღერძის დადებითი მიმართულებით, ხოლო B სხეული მის საპირისპიროდ. ბ) $v_A = 6$, მაშინ $v_B = 2$ და მოძრაობის განტოლებები უძრავი ათვლის სისტემის მიმართ იქნება:

$$x_A = 2t, \quad x_B = 200 + 2t.$$

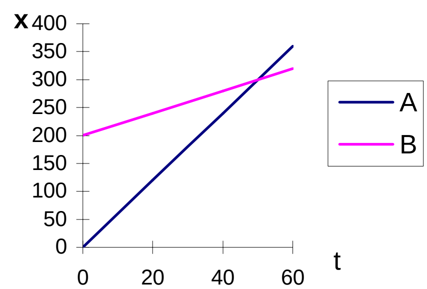
აქ კი ისინი მოძრაობენ x ღერძის დადებითი მიმართულებით და A სხეული ეწევა B სხეულს. გ) $v_A = -2$, მაშინ $v_B = -6$ და მოძრაობის განტოლებები უძრავი ათვლის სისტემის მიმართ იქნება:

$$x_A = -2t, \quad x_B = 200 - 6t.$$

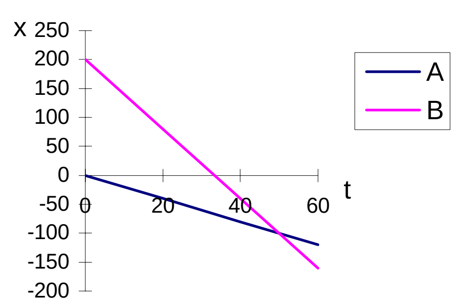
ორივე სხეული მოძრაობს x ღერძის საპირისპირო მიმართულებით და უკვე B სხეული ეწევა A სხეულს. უძრავი ათვლის სისტემაში გრაფიკები მოცემულია ნახ.4–ზე.



ნახ. 4ა



ნახ. 4ბ



ნახ. 4გ

ესკალატორზე მოძრაობა: ბიჭმა მოძრავ ესკალატორზე დაითვალა 50 საფეხური, სიჩქარის 3–ჯერ გაზრდის შემდეგ მან დაითვალა 75 საფეხური. რამდენ საფეხურს დაითვლიდა ბიჭი უძრავ ესკალატორზე მოძრაობისას?

ესკალატორზე მოძრაობა შეიძლება განვიხილოთ როგორც ესკალატორთან დაკავშირებულ მოძრავ ათვლის სისტემასთან, ასე უძრავ ათვლის სისტემასთან. პირველ რიგში გავარკვიოთ, თუ რა მიმართულებით მოძრაობდა ბიჭი ესკალატორის მიმართ. რადგან სიჩქარის გაზრდამ გამოიწვია საფეხურების რაოდენობის გაზრდა, ბიჭი მოძრაობს ესკალატორის მოძრაობის მიმართულებით. წინააღმდეგ შემთხვევაში საფეხურების რაოდენობა შემცირდებოდა. ვთქვათ საფეხურების რაოდენობა გაჩერებულ ესკალატორზე არის *n*, ბიჭის სიჩქარე მოძრავი ათვლის ისტემის მიმართ *u*, ხოლო ესკალატორის სიჩქარე უძრავი ათვლის სისტემის მიმართ *c*. შემოვიტანოთ დამატებითი სიდიდე *s* - მანძილი ესკალატორის ქვედა და ზედა წერტილებს შორის. სიდიდე n/s წარმოადგენს საფეხურების რაოდენობას ერთეულ მანძილზე. *u* სიჩქარით მოძრაობისას ბიჭმა ესკალატორზე გაიარა მანძილი $s_1 = \frac{s}{c+u}u$, ხოლო ამ დროს არბენილი საფეხურების რაოდენობა იქნება

$$\frac{n}{s}\frac{su}{c+u} = n_1 ,$$

ხოლო სიჩქარის სამჯერ გაზრდის შემდეგ

$$\frac{n}{s}\frac{3su}{c+3u} = n_2 .$$

მივიღეთ ორი განტოლება სამი უცნობით *n, c, u*, რომლებიც შეიძლება დაყვანილ იქნას განტოლებათა სისტემაზე ორი უცნობის *n* და *c/u* მიმართ. ეს განტოლებები შეიძლება გადაიწეროს შემდეგი სახით:

$$\frac{1}{n_1} = \frac{1}{n}(\frac{c}{u}+1)$$

$$\frac{1}{n_2} = \frac{1}{n}(\frac{c}{3u}+1)$$

საიდანაც, თუ გამოვრიცხავთ *c/u,* მივიღებთ:

$$n = \frac{2n_1 n_2}{3n_1 - n_2} = 100 .$$

უძრავ ესკალატორზე ბიჭი აითვლიდა 100 საფეხურს.

საშუალო სიჩქარე: ავტომობილმა გზის პირველი ნახევარი გაიარა 60კმ/სთ სიჩქარით. გზის დარჩენილი ნაწილი დროის პირველ ნახევარში გაიარა 15კმ/სთ სიჩქარით, გზის დანარჩენი ნაწილი კი - 45კმ/სთ სიჩქარით. განსაზღვრეთ ავტომობილის საშუალო სიჩქარე მთელ გზაზე.

საშუალო სიჩქარე ნებისმიერ მონკვეთზე გამოითვლება როგორც მოცემული გზის მონაკვეთზე შესრულებული გადაადგილების (წრფივი მოძრაობის შემთხვევაში იგივეა რაც მანძილი) ფარდობა ამ მანძილის გასავლელად საჭირო დროსთან. თუ გზის სხვადასხვა მონაკვეთზე სხეულის სიჩქარეები განსხვავდება, მაშინ ზოგადად უნდა შეიკრიბოს ცალკეულ მონაკვეთზე

გავლილი გზის მანძილები (ვიხილავთ წრფივ მოძრაობას) და შევაფარდოთ შესაბამისი დროების ჯამთან.

ჩვენს ამოცანაში მთელი გზა დაყოფილია სამ ნაწილად: გზის პირველი ნახევარი და დარჩენილი ნახევარი, რომელზეც სხეულმა სხვადასხვა სიჩქარით გაიარა სხვადასხვა მანძილები, მაგრამ ერთი და იგივე დროში. აღვნიშნოთ სიჩქარეები სამივე უბანზე შესაბამისად u_1, u_2 და u_3. ჩვენ შეგვიძლია გამოვიყენოთ გზის მეორე ნახევრისთვის მოცემული პირობები და ჯერ გამოვიანგარიშოთ საშუალო სიჩქარე გზის მეორე ნახევარზე. ამის შემდეგ მთელ გზაზე საშუალო სიჩქარის გამოსათვლელად გამოვიყენებთ ამ საშუალო სიჩქარეს, როგორც სიჩქარეს, რომლითაც სხეულმა გზის მეორე ნახევარი გაიარა. გზის მეორე ნახევარზე საშუალო სიჩქარე უდრის (აღვნიშნოთ იგი u) :

$$u = \frac{s_2 + s_3}{t_2 + t_3},$$

სადაც s_2 და s_3 არის მანძილები, რომლებიც ავტომობილმა გაიარა u_2 და u_3 სიჩქარეებით, ხოლო t_2 და t_3 შესაბამისი დროის მონაკეთები, ამასთან $t_2 = t_3$. რადგან $s_2 = u_2 t_2$, ხოლო $s_3 = u_3 t_3$ დროების ტოლობის პირობის გამოყენებით მივიღებთ:

$$u = \frac{u_2 + u_3}{2}.$$

გამოვიანგარიშოთ საშუალო სიჩქარე მთელ გზაზე (აღვნიშნოთ იგი v)

$$v = \frac{s}{\tau_1 + \tau_2},$$

სადაც τ_1 და τ_2 არის დროის მონაკვეთები, რომლებიც დასჭირდა შესაბამისად გზის პირველი და მეორე ნახევრების გავლას. თუ გზის პირველ ნახევარზე სიჩქარეა u_1, მაშინ $\tau_1 = \frac{s}{2u_1}$, $\tau_2 = \frac{s}{2u}$. მათი გამოყენებით საძიებელი საშუალო სიჩქარისთვის მივიღებთ:

$$v = \frac{2u_1(u_2 + u_3)}{2u_1 + u_2 + u_3} = 40\text{კმ/სთ}.$$

შეიძლება ვაჩვენოთ, რომ იგივე შედეგი მიიღება, თუ საშუალო სიჩქარეს გამოვიანგარიშოთ პირდაპირ განმარტების თანახმად. მკითხველს ვთავაზობთ გამოთვალოს სიჩქარე ფორმულით

$$v = \frac{s/2 + s_2 + s_3}{\tau_1 + t_2 + t_3}$$

და ამოცანის პირობის გამოყენებით, კერძოდ $t_2 = t_3$ და $s/2 = s_2 + s_3$.