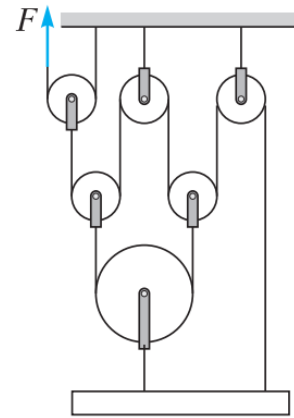


ფიზიკა. XI-XII კლასები.

II ტური. 2025-2026 სასწავლო წელი.

1. (5 ქულა) ტვირთების ასაწევად იყენებენ სისტემას, რომელიც შედგება უძრავი და მოძრავი მასიური ჭოჭონაქებისა და უმასო თოკებისაგან. ამ სისტემას ახასიათებენ ძალაში k მოგებით, რომელიც ტოლია ტვირთზე მოქმედი სიმძიმის ძალის შეფარდებისა ტვირთის თანაბრად ასაწევად საჭირო F ამწევ ძალასთან, ანუ $k = \frac{Mg}{F}$. ნახატზე გამოსახულია სისტემა, რომელიც შედგება 6 ჭოჭონაქისგან. თოკები ჩავთვალოთ უჭიმვადად. ხახუნი ჭოჭონაქების ღერძთან უგულვებელყავით. ერთ ჰორიზონტზე მყოფი ორი ჭოჭონაქი ერთნაირია.



დავუშვათ, M მასის ტვირთის თანაბრად აწევისას ძალაში მოგებაა $k=4$. განსაზღვრეთ:

- 1) რისი ტოლია ძალაში k_1 მოგება ამ სისტემით $M_1=3,5M$ მასის ტვირთის თანაბრად აწევისას;
- 2) რისი ტოლია ამ სისტემის $k_{\max}$ მაქსიმალური ძალაში მოგება ტვირთების თანაბრად აწევისას;
- 3) რა მასის ტვირთებისათვის გვადლევს ეს სისტემა ძალაში მოგებას.

ამოხსნა:

შუა ჭოჭონაქებზე გადადებული ძაფის დაჭიმულობის ძალა იქნება $2F - m_1g$, სადაც m_1 ზედა მარცხენა ჭოჭონაქის მასაა. თანაბარი მოძრაობის გამო გვაქვს: $5(2F - m_1g) = 2m_2g + m_3g + Mg$, სადაც m_2 თითოეული შუა ჭოჭონაქის მასაა, ხოლო m_3 ქვედა ჭოჭონაქის მასაა. ამრიგად

$$10F = 5m_1g + 2m_2g + m_3g + Mg$$

რადგან $F = \frac{Mg}{4}$, ამიტომ გამოვა, რომ $5m_1g + 2m_2g + m_3g = 1,5Mg$ (1 ქულა)

- 1) $M_1=3,5M$ მასის ტვირთის თანაბრად აწევსას

$$10F_1 = 1,5Mg + 3,5Mg = 5Mg, \quad k_1 = \frac{M_1g}{F_1} = \frac{3,5Mg}{0,5Mg} = 7 \quad (1 \text{ ქულა})$$

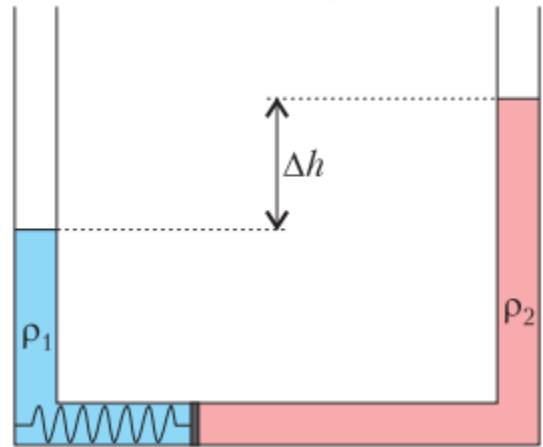
$$2) 10F_x = 1,5Mg + M_xg, \quad k_x = \frac{M_xg}{F_x} = \frac{10M_xg}{1,5Mg + M_xg}. \quad (1 \text{ ქულა})$$

$k_x = \frac{10}{1,5 \frac{M}{M_v} + 1}$ აქედან ვხედავთ, რომ k_x მით უფრო მეტია, რაც უფრო ნაკლებია $\frac{M}{M_x}$ და მაქსიმალურია,

როდესაც $\frac{M}{M_x}$ შეგვიძლია ჩავთვალოთ ნულის ტოლად, $k_{\max} = 10$ (1 ქულა)

3) $k_x > 1$ ანუ $\frac{10M_{xg}}{1,5M_g + M_{xg}} > 1 \Rightarrow M_x > M/6$ (1 ქულა)

2. (5 ქულა) S განივკვეთის ფართობის მქონე მილი მოღუნულია ისე, რომ აქვს ნახატზე გამოსახული ფორმა. მილის ჰორიზონტალურ ნაწილში მოთავსებულია პატარა დგუში, რომელიც ზამბარითაა მიმაგრებული მილის მარცხენა კედელთან. მილის მარცხენა მუხლში ასხია ρ_1 სიმკვრივის სითხე, ხოლო მარჯვენაში - ρ_2 სიმკვრივის სითხე. სითხეების დონეთა სხვაობაა Δh , ხოლო ზამბარა არაა დეფორმირებული. ზამბარის სიხისტე ისეა შერჩეული, რომ მარცხენა მუხლში ρ_1 სიმკვრივის სითხის დამატება სითხეების დონეთა სხვაობას არ ცვლიდეს.



1) განსაზღვრეთ ზამბარის სიხისტე;

2) რა მოცულობის ρ_2 სიმკვრივის სითხე უნდა

ჩავასხათ მილის მარცხენა მუხლში, რომ მუხლებში სითხეების ზედა დონე გათანაბრდეს?

დგუშსა და მილს შორის ხახუნი უგულებელყავით. სითხე ვერ გადადის ერთი მუხლიდან მეორეში და არ იღვრება მილიდან. ზამბარის მოცულობა უგულებელყავით.

ამოხსნა:

1) სითხეების საწყისი სიმაღლეები მილის მარცხენა და მარჯვენა მუხლებში იყოს, შესაბამისად, h_1 და h_2 . დავწეროთ დგუშის საწყისი წონასწორობის პირობა:

$$\rho_1 g h_1 S = \rho_2 g h_2 S \quad (1)$$

სითხის დამატების შემდეგ, დგუშის გადაადგილება იყოს x , ამდენითვე აიწევდა სითხის დონე მარჯვენა მუხლში, ასევე მარცხენა მუხლში (რადგანაც დონეთა სხვაობა არ შეიცვალა). დავწეროთ დგუშის წონასწორობის პირობა სითხის დამატების შემდეგ:

$$\rho_1 g (h_1 + x) S = \rho_2 g (h_2 + x) S + kx \quad (2)$$

ამ ტოლობებიდან მიიღება, რომ $k = (\rho_1 - \rho_2) g S$

2) დავუშვათ, რომ ρ_1 სიმკვრივის სითხის დონემ დაიწია x -ით (ადვილი მისახვედრია, რომ დონეების გათანაბრებისას ეს სითხე დარჩებოდა მარცხენა მუხლში), ამდენითვე გადაადგილდებოდა დგუში და ამდენითვე აიწევდა მარჯვენა მუხლში სითხის დონე. რადგანაც ზედა დონეები გათანაბრდა, დამატებული ρ_2 სიმკვრივის სითხის სიმაღლე ყოფილა $(2x + \Delta h)$.

დავწეროთ დგუშის წონასწორობის პირობა:

$$\rho_1 g (h_1 - x) S + \rho_2 g (2x + \Delta h) S = \rho_2 g (h_2 + x) S + kx \quad (3)$$

(2) და (3) ტოლობებიდან მიიღება, რომ $x = \frac{\rho_2 \Delta h}{2(\rho_1 - \rho_2)}$

დამატებული სითხის მოცულობა იქნება:

$$\Delta V = S(\Delta h + 2x) = \frac{\rho_1 \Delta h S}{\rho_1 - \rho_2}$$

შეფასების სქემა:

დაწერილია დგუშის წონასწორობის პირობა ნებისმიერი რაოდენობის სითხის დამატების შემთხვევაში - 1 ქულა

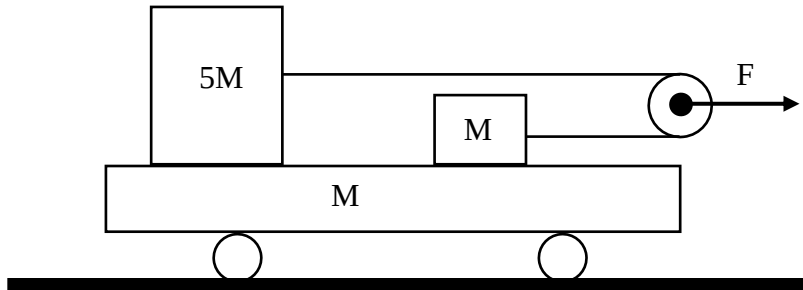
ნაპოვნია სიხისტე - 1 ქულა

სითხეების სიმაღლეები დაკავშირებულია დგუშის გადადგილებასთან - 1 ქულა

დაწერილია დგუშის წონასწორობის პირობა - 1 ქულა

ნაპოვნია დამატებული სითხის მოცულობა - 1 ქულა

3. (5 ქულა) ჰორიზონტალურ მაგიდაზე მოთავსებულია M მასის ურიკა. მასზე დევს უმასო ჭოჭონაქზე გადადებული ძაფით შეერთებული $5M$ და M მასების ძელაკები (იხ. ნახ.). ძელაკებსა და ურიკის ზედაპირს შორის ხახუნის კოეფიციენტი $\mu=0,1$. ჭოჭონაქზე მოსდეს ჰორიზონტალურად მიმართული ისეთი F ძალა, რომ ურიკის აჩქარება აღმოჩნდეს $a=0,2g$, სადაც g თავისუფალი ვარდნის აჩქარებაა. ძაფის ნაწილები ამ დროს ჰორიზონტალურია. გამოსახეთ F ძალა M -ით და g -თი. რისი ტოლია ამ დროს ძელაკების და ჭოჭონაქის აჩქარებები? გამოსახეთ ისინი g -თი. ურიკასა და მაგიდას შორის ხახუნი უგულვებელყავით.



ამოხსნა:

თუ არცერთი ძელაკი არ გასრიალდა ურიკაზე, მაშინ მათი და ურიკის აჩქარება იქნებოდა $0,2g$. ჭოჭონაქზე მოქმედი გამწევი ძალა იქნებოდა $1,4Mg$. ძაფის დაჭიმულობის ძალა იქნებოდა $0,7Mg$. დიდ ძელაკზე მოქმედი ხახუნის ძალა იქნებოდა $5Ma - 0,7Mg = 0,3Mg$. პატარა ძელაკზე მოქმედი ხახუნის ძალა იქნებოდა $0,7Mg - Ma = 0,5Mg$. პირობის თანახმად, დიდ ძელაკზე მოქმედი ხახუნის ძალა არ შეიძლება იყოს $5\mu Mg = 0,5Mg$ -ზე მეტი, ხოლო პატარა ძელაკზე მოქმედი ხახუნის ძალა არ შეიძლება იყოს $\mu Mg = 0,1Mg$ -ზე მეტი. დიდ ძელაკს ხახუნი ეყოფოდა, მაგრამ პატარას არა. მაშასადამე, ეს შემთხვევა გამოირიცხა.

(1 ქულა)

თუ ორივე ძელაკი სრიალებს ურიკაზე, მაშინ ურიკის აჩქარება იქნებოდა

$$\frac{5\mu Mg + \mu Mg}{M} = 6\mu g = 0,6g. \text{ ეს ასე არ არის, ამიტომ ეს შემთხვევაც გამოირიცხა. (1 ქულა)}$$

ამრიგად, დიდი ძელაკი მოძრაობს ურიკასთან ერთად, ხოლო მცირე ძელაკი სრიალებს მასზე. მცირე ძელაკის აჩქარება იყოს a_1 , ჭოჭონაქის a_2 . მცირე ძელაკსა და ურიკას შორის მოქმედი სრიალის ხახუნის ძალა ძელაკს ექაჩება უკან, ურიკას კი წინ. გამოვიყენოთ ნიუტონის მეორე კანონი სისტემისათვის დიდი ძელაკი + ურიკა (ისინი ერთად მოძრაობს) და პატარა ძელაკისთვის:

$$\frac{F}{2} + \mu Mg = 6Ma \Rightarrow \frac{F}{2} + 0,1Mg = 1,2Mg \Rightarrow F = 2,2Mg \text{ (1 ქულა)}$$

$$\frac{F}{2} - \mu Mg = Ma_1 \Rightarrow a_1 = \frac{1,1Mg - 0,1Mg}{M} = g \text{ (1 ქულა)}$$

ძაფის სიგრძის უცვლელობის გამო. გვაქვს:

$$\frac{a_2 t^2}{2} - \frac{a t^2}{2} + \frac{a_2 t^2}{2} - \frac{a_1 t^2}{2} = 0 \Rightarrow a_2 = \frac{a + a_1}{2} = 0,6g \text{ (1 ქულა)}$$

4. (5 ქულა) სქემაზე გამოსახული C ტევადობის კონდენსატორი დამუხტულია U ძაბვამდე, 2C ტევადობის კი განმუხტულია.

1) განსაზღვრეთ R წინაღობაზე გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა K_1 ჩამრთველის ჩართვის შემდეგ.

2) გადამუხტვის დამთავრების შემდეგ ჩართეს K_2 ჩამრთველი. რა დროში განახევრდება ძაბვა C ტევადობის კონდენსატორზე, თუ 2C ტევადობის კონდენსატორზე ძაბვა განახევრდა T დროში?

ამოხსნა:

1) K_1 ჩამრთველის ჩართვის შემდეგ

კონდენსატორები აღმოჩნდება პარალელურად შეერთებული. მათი საერთო ტევადობაა 3C, ხოლო საერთო მუხტია $q=CU$ (1 ქულა). ენერგიის მუდმივობის კანონის თანახმად, სრული გამოყოფილი სითბოა:

$$Q = \frac{CU^2}{2} - \frac{(CU)^2}{2 \cdot 3C} = \frac{CU^2}{3} \quad (1 \text{ ქულა})$$

ეს სითბო რეზისტორებზე განაწილდება მათი წინაღობის პირდაპირპროპორციულად, ამიტომ

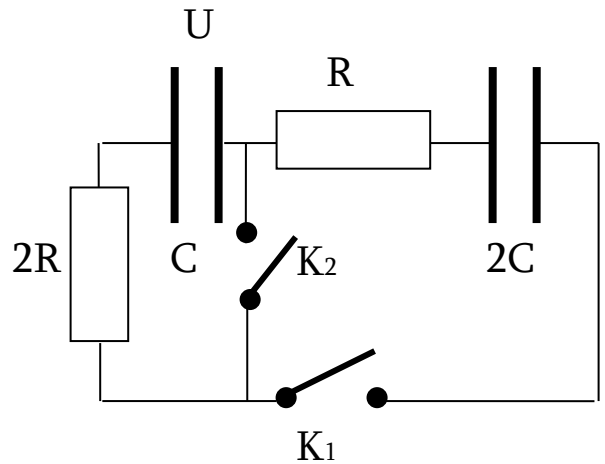
$$Q_R = \frac{QR}{3R} = \frac{Q}{3} = \frac{CU^2}{9} \quad (1 \text{ ქულა})$$

შესაძლებელია ამოხსნა დაეყრდნოს მუხტის მუდმივობას კონდენსატორებზე გადანაწილებისას და მათზე საბოლოო ძაბვის ტოლობას. ამოხსნის ეს გზაც შეფასდება ჯამში 3 ქულით.

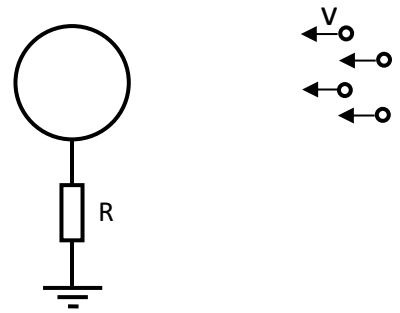
2) კონდენსატორებზე ძაბვები ტოლია, ამიტომ 2C ტევადობის კონდენსატორის მუხტი 2-ჯერ მეტია C ტევადობის კონდენსატორის მუხტზე. C ტევადობის კონდენსატორი განიმუხტება 2R წინაღობაზე, ხოლო 2C ტევადობის კონდენსატორი განიმუხტება R წინაღობაზე, ამიტომ 2-ჯერ მეტი მუხტის მქონე კონდენსატორი განიმუხტება 2-ჯერ მეტი დენით. ადვილი გასააზრებელია, რომ ასე გრძელდება განმუხტვის მთელი პროცესის განმავლობაში. მაშასადამე, ძაბვების განახევრების დრო ერთმანეთის ტოლია ანუ C ტევადობის კონდენსატორზეც ძაბვა განახევრდა T დროში. (2 ქულა)

ერთი ქულა იწერება იმ შემთხვევაში, თუ შენიშნა ან მუხტების ტოლობა ან განმუხტვის დენების 2-ჯერ განსხვავება.

შესაძლოა აპლიკანტმა იცის, რომ განმუხტვის პროცესის სისწრაფეს განსაზღვრავს წინაღობისა და ტევადობის ნამრავლი და დაეყრდნო მათ ტოლობას ორივე კონდენსატორისათვის. ამ შემთხვევაშიც 2 ქულა იწერება.



5. (5 ქულა) ლითონის a რადიუსიანი ბურთულა დამიწებულია R წინაღობის რეზისტორით. ბურთულას ეცემა ელექტრონების ნაკადი. დამყარებულ რეჟიმში ბურთულას წამში ხვდება n ცალი ელექტრონი. ელექტრონების სიჩქარე ბურთულასგან ძალიან შორს არის v , ელექტრონის მასაა m , მისი მუხტის მოდულია e , ხოლო კულონის მუდმივაა k . უგულებელყავით ნაკადში ელექტრონების ურთიერთქმედება. დედამიწის პოტენციალი და პოტენციალი ბურთულასგან ძალიან შორს ნულის ტოლად ჩათვალეთ.



განსაზღვრეთ დამყარებულ რეჟიმში:

- 1) ბურთულაში გამოყოფილი სიმძლავრე;
- 2) ბურთულას მუხტი.

ამოხსნა:

1) დამყარებულ რეჟიმში ბურთულასთან დაჯახებული ელექტრონების საწყისი კინეტიკური ენერგიის ნაწილი სითბოს სახით გამოიყოფა რეზისტორში, ხოლო ნაწილი - ბურთულაში. ენერგიის მუდმივობის კანონის თანახმად $nmv^2/2 = Q_1 + Q_2$, სადაც

$Q_1 = I^2 R t$, ხოლო $Q_2 = Pt$. (1 ქულა)

დამყარებულ რეჟიმში t დროში რეზისტორში გაივლის იმდენი ელექტრონი, რამდენიც ეჯახება ბურთულას ამ დროში, ამიტომ რეზისტორში დენის ძალაა $I = nte/t = ne$ (1 ქულა)

ბურთულაში გამოყოფილი სიმძლავრისთვის მიიღება $P = nmv^2/2 - (ne)^2 R$ (1 ქულა)

2) ომის კანონის თანახმად $\phi_0 - \phi = IR$, სადაც ϕ_0 დედამიწის პოტენციალია, ხოლო ϕ - ბურთულას პოტენციალი. (1 ქულა)

$\phi_0 = 0$, $\phi = kq/a$, $I = ne$, ამიტომ გვაქვს: $-kq/a = neR$, საიდანაც $q = -neRa/k$ (1 ქულა)