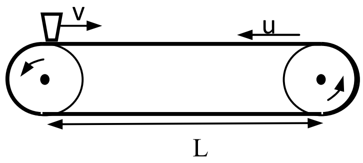
2009-2010 ուստարվա ֆիզիկայի հանրապետական օլիմպիադայի տեսական փուլի խնդիրները և լուծումները

9 դասարան



1 «Անվերջ» ժապավենը շարժվում է երկու R շառավղով գլանի միջոցով, որոնց կենտրոնների հեռավորությունը L է (տե՛ս նկ): v արագությամբ շարժվող կավիճը կպնում է ժապավենի վերին շերտին: Ժապավենի հանդիպակած u արագության ի՞նչ նվազագույն արժեքի դեպքում կավճի հետքը ժապավենի վրա կլինի անընդհատ:

Լուծում: Ժամանակը, որը պահանջվում է կավճին L ճանապարհ անցնելու համար, պետք է հավասար լինի այն ժամանակին, որի ընթացքում ժապավենի վրա կավիճի սկզբնակետը կհասնի կավճի ժապավենից պոկվելու կետին: Այսպիսով ունենք

$$\frac{L}{\mathrm{v}}=\frac{L+2\pi R}{u}\Rightarrow u=\mathrm{v}\frac{L+2\pi R}{L}:$$

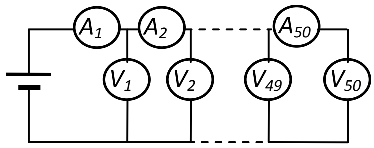
2. Ջրով լցված գլանաձև անոթի մեջ իջեցրին փայտե չորսու, որը լողում էր ջրում: Ջրի մակարդակը բարձրացավ $h=1,5$սմ-ով: Այնուհետև չորսուի վրա դրեցին սառույցի տիթեղ: Արդյունքում չորսուն լրիվ ընկղմվեց ջրի մեջ, իսկ սառույցի թիթեղը՝ իր ծավալի $k=0,6$ մասով: Երբ սառույցը հալվեց, ջրի ծավալը դույլում ավելացավ $V_1=0,9$լ-ով: Գտեք փայտի խտությունը: Ջրի խտությունը $\rho_ջ=1$գ/սմ^3 է, սառույցինը՝ $\rho_{\text{ս}}=0,9$գ/սմ^3: Դույլի հիմքի մակերեսը $S=200$սմ^2 է:

Լուծում: Փայտի ընկղմված մասի ծավալը հավասար է Sh, և քանի որ փայտը լողում է, $m_{\text{փ}}=\rho_0 Sh$: Սառույցի կտորը դնելուց հետո հավասարակշռության պայմանից ունենք

$$\left(m_{\text{փ}}+m_{\text{ս}}\right)g=\rho_ջ g\left(\frac{m_{\text{փ}}}{\rho_{\text{փ}}}+k\frac{m_{\text{ս}}}{\rho_{\text{ս}}}\right)\Rightarrow\rho_{\text{փ}}=\rho_ջ\frac{1}{1+\frac{m_{\text{ս}}}{m_{\text{փ}}}\left(1-k\frac{\rho_ջ}{\rho_{\text{ս}}}\right)}:$$

Հաշվի առնելով, որ $m_{\text{ս}}=\rho_0 V_1$, կստանանք՝

$$\rho_{\text{փ}}=\rho_ջ\frac{1}{1+\frac{V_1}{Sh}\left(1-k\frac{\rho_ջ}{\rho_{\text{ս}}}\right)}=0,5\text{ գ/սմ}^3:$$



3. Նկարում բերված շղթան կազմված է 50 տարբեր ամպերմետրից և 50 միանման վոլտմետրից: Առաջին ամպերմետրի ցուցմունքը $I_1=9,5$մԱ, երկրորդինը՝ $I_2=9,2$մԱ, առաջին վոլտմետրինը՝ $U_1=9,6$Վ: Օգտվելով այս տվյալներից, գտեք բոլոր վոլտմետրերի ցուցմունքների գումարը:

Լուծում: Առաջին վոլտմետրով անցնող հոսանքի ուժը՝ $I_{\mathrm{v}}=I_1-I_2=0,3$մԱ, հետևաբար դրա դիմադրությունը՝ $R_V=V_1/I_V$: Յուրաքանչյուր վոլտմետրի ցուցմունքը հավասար է դրանով անցնող հոսանքի ուժի և դիմադրության արտադրյալին, ուստի

$$U=V_1+V_2+\ldots+V_{50}=I_{V1}R_V+I_{V2}R_V+\ldots+I_{V50}R_V=\left(I_{V1}+I_{V2}+\ldots+I_{V50}\right)R_V:$$

Այժմ հաշվի առնենք, որ $I_{V1}+I_{V2}+\ldots+I_{V50}=I_1$, կստանանք

$$U=I_1\cdot V_1/I_V=V_1\frac{I_1}{I_1-I_2}=9,6\cdot 9,5/0,3=30,4\text{Վ}:$$

4. Անոթը, որը պարունակում է $t = 10^0 C$ ջերմաստիճանի $V = 200$ լ ջուր, սկսեցին տաքացնել դրա մեջ զոնվող ջեռուցչով: $\tau_0 = 10$ր հետո, երբ ջրի ջերմաստիճանը հավասարվեց $t_1 = 50^0 C$ -ի, անոթի մեջ սկսեցին ավելացնել $t = 10^0 C$ ջուր հաստատուն $V_1 = 10$ լ/ր արագությամբ: Կեռա՞ ջուրը անոթում, թե ոչ: Եթե ոչ, ապա ինչպիսի՞ն կլինի ջրի վերջնական ջերմաստիճանը անոթում: Ի՞նչ արագությամբ պետք է լցնել ջուրը, որպեսզի հնարավոր լինի այն եռացնել: Ջերմային կորուստներն անտեսեք:

Լուծում: Նախ որոշենք ջեռուցչի հզորությունը: Ունենք

$$N\tau_0 = c\rho_0 V\left(t_1 - t\right) \Rightarrow N = \frac{c\rho_0 V\left(t_1 - t\right)}{\tau_0}:$$

Եթե ջուրն ավելացնելիս անոթի ջրի ջերմաստիճանը կայունանում է, անհրաժեշտ կլինի որ հզորությունը բավարար լինի ավելացված ջրի ջերմաստիճանը մինչև այդ նույն ջերմաստիճանը բարձրացնելու համար: Եթե կայունացած ջերմաստիճանը նշանակենք θ, ապա այդ պայմանը $\tau_1 = 1$ր ժամանակի համար կլինի $N\tau_1 = c\rho_0 V_1\left(\theta - t\right)$, որտեղից ստանում ենք

$$\theta = t + \frac{V}{V_1}\frac{\tau_1}{\tau_0}\left(t_1 - t\right) = 10 + \frac{200}{10}\frac{1}{20}\cdot 40 = 90^0 C:$$

Դա նշանակում է որ տրված ջրի հոսքի դեպքում առավելագույն ջերմաստիճանը կլինի $90^0 C$, ուստի ջուրը հնարավոր չի լինի եռացնել: Եթե ընդունենք, որ վերջնական ջերմաստիճանը հավասար է $100^0 C$, կստանանք որ

$$V_1' = V\frac{t_1 - t}{\theta - t}\frac{\tau_1}{\tau_0} = 200\cdot\frac{40}{90}\cdot\frac{1}{20} = \frac{80}{9}\text{ լ/ր}:$$

5. Երեք հեծանվորդ մեկնարկում են միևնույն կետից մեկը մյուսից $\tau = 1$ր հետո, առաջինը A-ն, հետո B-ն, և վերջապես C-ն: Նրանք շարժվում են շրջանագծային ճանապարհով, նույն ուղղությամբ, հաստատուն արագություններով: Յուրաքանչյուր հեծանվորդ մեկ պտույտը կատարում է 2 ր-ից ավել ժամանակում: Անցնելով երեք լրիվ պտույտ, A-ն առաջին անգամ հասնում է B-ին մեկնարկման կետում, իսկ ևս $\tau = 3$ր հետո վազանցում է C-ին երկրորդ անգամ: B-ն 4 լրիվ պտույտ կատարելուց հետո առաջին անգամ հասնում է C-ին մեկնարկման կետում: Ինչքա՞ն ժամանակում է կատարում մեկ պտույտը A հեծանվորդը:

Լուծում: Նշանակենք մարզիկների մեկ պտույտ կատարելու ժամանակները համապա-տասխանաբար t_A, t_B և t_C: Համաձայն խնդրի պայմանի A-ն առաջին անգամ հասնում է B-ին երեք լրիվ պտույտ կատարելուց հետո, ինչը նշանակում է, որ այդ պահին B-ն կատարել էր երկու լրիվ պտույտ և դրա համար B-ին պահանջվել էր $\tau = 1$ր քիչ ժամանակ, քանց A-ին, ուստի ունենք $3t_A = 2t_B + \tau$: $3t_A + \tau_1$ ժամանակ հետո A-ն երկրորդ անգամ հասնում է C-ին, որն այդ պահին կատարել էր A-ից երկու անգամ քիչ պտույտ: Հետևաբար ունենք $\frac{3t_A + \tau_1}{t_A} = \frac{3t_A + \tau_1 - 2\tau}{t_C} + 2$: B-ն 4 լրիվ պտույտ կատարելուց հետո, առաջին անգամ C-ին հասնելու պայմանն է $4t_B = 3t_C + \tau$: Տեղադրելով թվային արժեքները ստանում ենք

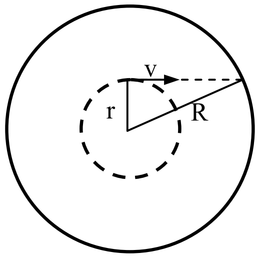
$$3t_A = 2t_B + 1,\ 4t_B = 3t_C + 1,\ \frac{3}{t_A} + 1 = \frac{3t_A + 1}{t_C}:$$

Առաջին երկու հավասարումից ստանում ենք $t_C = 2t_A - 1$: Տեղադրելով t_C-ն վերջին հավասարման մեջ ստանում ենք հավասարում t_A-ի համար՝ $t_A^2 - 4t_A + 3 = 0$, որի արմատներն են $t_A = 1$ր, $t_A = 3$ր: Խնդրի պայմանին բավարարում է $t_A = 3$ր:

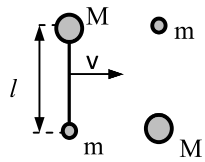
10 դասարան

1. R շառավղով հորիզոնական սկավառակի կենտրոնից ինչ-որ հեռավորության վրա սոսնձված փոքր մարմինը պոկվում է և շարժվելով առանց շփման ընկնում է սկավառակից պտտման պարբերությանը հավասար ժամանակում:Կենտրոնից ի՞նչ հեռավորության վրա էր սոսնձված մարմինը:

Լուծում: Եթե մարմինը գտնվում է ω անկյունային արագությամբ պտտվող սկավառակի կենտրոնից r հեռավորության վրա, նրա արագությունը $\mathrm{v}=\omega r$ և սկավառակից ընկնելու համար նա պետք է անցնի $\sqrt{R^2-r^2}$ ճանապարհ: Դրա համար պահանջվում է $\frac{\sqrt{R^2-r^2}}{\mathrm{v}}$ ժամանակ: Խնդրի պայմանի համաձայն $\frac{\sqrt{R^2-r^2}}{\omega r}=\frac{2\pi}{\omega}$, որտեղից կստանանք $r=\frac{R}{\sqrt{1+4\pi^2}}$:

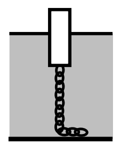


2. l երկարությամբ անկշիռ ձողի ծայրերին միացված են M և m զանգվածով գնդիկներ: Համակարգը շարժվելով ձողին ուղղահայաց v արագությամբ, բախվում է անշարժ M և m զանգվածներով գնդիկներին, որոնք միաժամանակ կպնում են համապատասխանաբար m և M գնդիկներին (տե՛ս նկ.): Գտեք ձողի լարման ուժը դրանից հետո:



Լուծում: Բացարձակ ոչ առաձգական բախումից հետո վերևի գնդիկները կշարժվեն $\frac{M\mathrm{v}}{M+m}$ արագությամբ, իսկ ներքևի գնդիկները՝ $\frac{m\mathrm{v}}{M+m}$ արագությամբ: Զանգվածների կենտրոնը կշարժվի $\frac{M\mathrm{v}+m\mathrm{v}}{2(M+m)}=\frac{\mathrm{v}}{2}$ արագությամբ: Եթե դիտարկենք շարժումը զանգվածների կենտրոնի հետ կապվածհաշվարկման համակարգում, մարմինները կպտտվեն ձողի կենտրոնում գտնվող զանգվածների կենտրոնի նկատմամբ $\mathrm{v}_1=\frac{\mathrm{v}}{2}-\frac{m\mathrm{v}}{M+m}=\frac{M-m}{M+m}\frac{\mathrm{v}}{2}$ արագությամբ: Ձողի T լարման ուժը գտնում ենք Նյուտոնի օրենքից՝ $T=(M+m)\frac{\mathrm{v}_1^2}{l/2}=\frac{(M-m)^2\mathrm{v}^2}{2l(M+m)}$:

3. S հատույթի մակերեսով գլանաձև փակ անոթին ամրացված է m զանգվածով, L երկարությամբ պողպատե շղթա: Շղթան ձգված է և սկզբնական վիճակում դրա քառորդ մասը գտնվում է գետնին: Ինչքա՞ն պետք է բարձրանա ջրի մակարդակը ջրավազանում, որպեսզի շղթան լրիվ բարձրանա գետնից: Ջրի խտությունը ρ_0 է, պողպատինը՝ ρ:



Լուծում: Եթե գլանը ընկղմված է ջրի մեջ h_1-ով, հավասարակշռության պայմանից ունենք

$$\rho_0\left(Sh_1+\frac{3}{4}\frac{m}{\rho}\right)g=\left(M+\frac{3}{4}m\right)g, \tag{1}$$

որտեղ M-ը գլանի զանգվածն է:

Երբ ջրի մակարդակը բարձրանում է և շղթան լրիվ պոկվում է գետնից, ստանում ենք

$$\rho_0\left(Sh_2+\frac{m}{\rho}\right)g=(M+m)g, \tag{2}$$

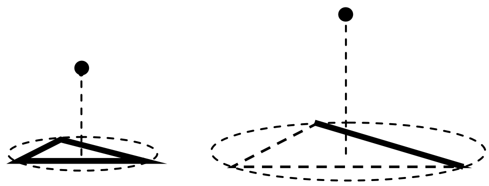
որտեղ h_2-ը ջրի մեջ գլանի ընկղմված մասի բարձրությունն է:

Քանի, որ ջրամբարի սկզբնական խորությունը հավասար էր $\frac{3}{4}L+h_1$, իսկ վերջնականը՝ $L+h_2$, հետևաբար մակարդակի բարձրացումը հավասար է $\Delta H=\frac{1}{4}L+h_2-h_1$: (1) և (2) երկու հավասարումներից ստանում ենք՝

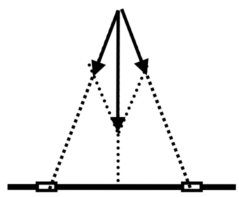
$$\rho_0\left(S\left(h_2-h_1\right)+\frac{1}{4}\frac{m}{\rho}\right)=\frac{1}{4}m,$$

որտեղից $h_2-h_1=\frac{m}{4\rho_0 S}\left(1-\frac{\rho_0}{\rho}\right)$, և $\Delta H=\frac{1}{4}L+\frac{m}{4\rho_0 S}\left(1-\frac{\rho_0}{\rho}\right)$:

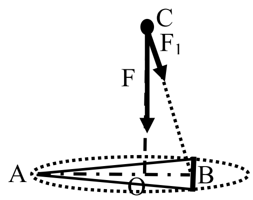
4. Հավասարակողմ եռանկյան կողմերը ρ գծային խտությամբ ձողեր են: Եռանկյանն արտագծած շրջանագծի շառավիղը R է: Շրջանագծի կետրոնով անցնող և դրա հարթությանն ուղղահայաց առանցքին, կենտրոնից R հեռավորության վրա գտնվող m զանգվածի վրա, եռանկյունին ազդում է F ուժով: Ի՞նչ ուժով կազդի 3ρ գծային խտությամբ ձողը, որը տեղադրված է $2R$ արտագծած շրջանագծի շառավղով հավասարակողմ եռանկյան կողմերից մեկի երկայնքով, շրջանագծի կետրոնով անցնող և հարթությանն ուղղահայաց, առանցքին կենտրոնից $2R$ հեռավորության վրա գտնվող m զանգվածի վրա:



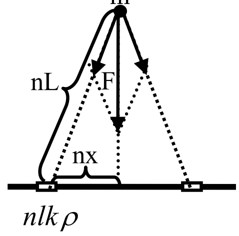
Լուծում: Դիտարկենք, ինչ ուժով է ազդում մեկ ձողն իր միջնուղղահայացի վրա գտնվող կետում տեղադրված կետային զանգվածի վրա: Համազոր ուժն ստանալու համար պետք է ձողը բաժանել այնպիսի փոքր հատվածների, որ դրանց փոխազդեցությունը կետային զանգվածի հետ նկարագրվի նյութական կետերի փոխազդեցության բաձևով: Եթե մենք դիտարկենք ձողի միջնակետի նկատմամբ համաչափ հավասար հատվածներ, դրանք կազդեն նյութական կետի վրա մոդուլով հավասար ուժերով, որոնց համազորն ուղղված կլինի միջնուղղահայացով: Ուստի ամբողջ ձողի կողմից նյութական կետի վրա ազդող ուժը ուղղված կլինի միջնուղղահայացի երկայնքով:



Այժմ դիտարկենք խնդիրը: Եթե մեկ ձողի կողմից m զանգվածի վրա ազդող ուժը F_1 է, իսկ երեք ձողի կողմից ազդող ուժերի համազորը համաձայն խնդրի պայմանի F է, ապա պարզ է, որ F_1-ի պրոյեկցիան վերջինիս վրա կլինի $F_1\cos\alpha=\frac{F}{3}$, որտեղ $\alpha=\angle OCB$: Հաշվի առնելով, որ $OC=AO$, $OB=AO:2$, ստանում ենք, որ $\cos\alpha=\frac{2}{\sqrt{5}}$: Այսպիսով, $F_1=\frac{F\sqrt{5}}{6}$:



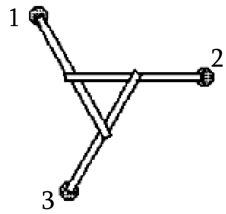
Նկատենք, որ եռանկյան հարթությանը զուգահեռ F_1-ի բաղադրիչը մնացած երկու ձողի նման բաղադրիչների հետ կազմում է 120^0 անկյուն և հավասար է մոդուլով դրանց, ուստի այդ երեք բաղադրիչի գումարը կլինի զրո:



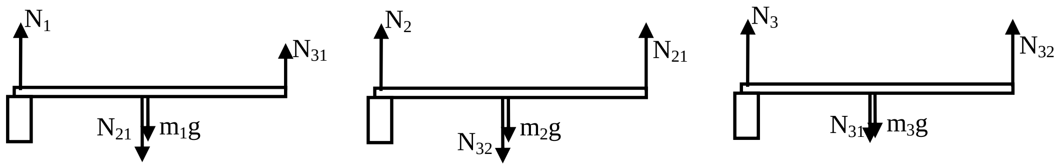
Խնդրի հարցին պատասխանելու համար դիտարկենք նկարում պատկերված ձողի մեկ հատվածի փոխազդեցության ուժը m զանգվածով մարմնի հետ: Եթե ձողի գծային չափսերը, ինչպես նաև նյութական կետի հեռավորությունը ձողից, մեծացնենք n անգամ, ապա նկարում բոլոր հեռավորությունները կմեծանան n անգամ: Հաշվի առնելով, որ ձողի գծային խտությունը մեծացել է $k=3$ անգամ, կստանանք որ այդ դեպքում այդ հատվածի և m զանգվածի փոխազդեցության ուժը կլինի

$F = G\dfrac{mnlk\rho}{\left(nL\right)^2} = \dfrac{k}{n}G\dfrac{ml\rho}{L^2}$: Այսպիսով, ձողի յուրաքանչյուր հատվածին համապատասխանող հատվածը երկրորդ դեպքում ազդում է $\dfrac{k}{n}$ անգամ մեծ ուժով: Ուստի դիտարկվող դեպքում ձողը կազդի m զանգվածով մարմնի վրա $\dfrac{3}{2}F_1 = \dfrac{F\sqrt{5}}{4}$ ուժով:

5. Տարբեր զանգվածներով, նույն երկարությամբ երեք համասեռ ձող դասավորված են այնպես, ինչպես ցույց է տրված նկարում: Յուրաքանչյուր ձողի մեկ ծայրը հենվում է սյան վրա, մյուսը՝ մեկ ուրիշ ձողի կենտրոնի վրա: Սյուների բարձրությունները նույնն են: Ի՞նչ ուժերով են ազդում ձողերը սյուների վրա: Ձողերի զանգվածներն են $m_1 = 1$կգ, $m_2 = 2$կգ, $m_3 = 3$կգ:



Լուծում: Նկարում պատկերված են ձողերի վրա ազդող ուժերը: Դրանց հավասարակշռության պայմաններից ունենք.



$$N_1 + N_{31} = N_{21} + m_1 g,\ N_2 + N_{21} = N_{32} + m_2 g,\ N_3 + N_{32} = N_{31} + m_3 g,$$

$$2N_{31} = N_{21} + m_1 g,\ 2N_{21} = N_{32} + m_2 g,\ 2N_{32} = N_{31} + m_3 g:$$

Այդ հավասարումներից ստանում ենք $N_1 = N_{31}$, $N_2 = N_{21}$, $N_3 = N_{32}$:

Եթե վերջին երեք հավասարումից առաջինի երկու կողմը բազմապատկենք 4-ով, երկրորդինը՝ 2-ով և գումարենք երեք ստացված հավասարումների աջ և ձախ մասերը, կստանանք՝

$$7N_{31} = 4m_1 g + 2m_2 g + m_3 g \Rightarrow N_1 = \frac{1}{7}\left(4m_1 g + 2m_2 g + m_3 g\right):$$

Նույն ձևով կստանանք $N_2 = \dfrac{1}{7}\left(4m_2 g + 2m_3 g + m_1 g\right)$, $N_3 = \dfrac{1}{7}\left(4m_3 g + 2m_1 g + m_2 g\right)$:

Տեղադրելով թվային արժեքները կստանանք (g=10մ/վ^2)՝

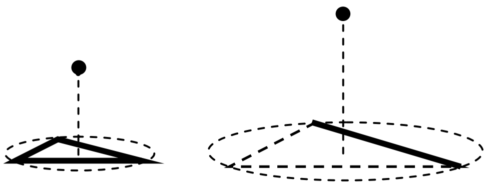
$$N_1 = \frac{110}{7}\text{Ն},\ N_2 = \frac{150}{7}\text{Ն},\ N_3 = \frac{160}{7}\text{Ն}:$$

Եթե m_2-ը և m_3-ը փոխենք տեղերով, կստանանք

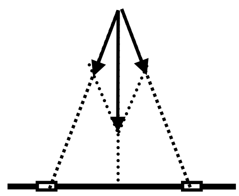
$$N_1 = \frac{120}{7}\text{Ն},\ N_2 = \frac{130}{7}\text{Ն},\ N_3 = \frac{170}{7}\text{Ն}:$$

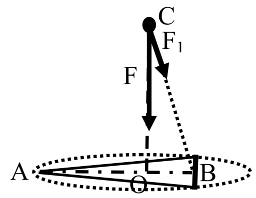
11 դասարան

1. Հավասարակողմ եռանկյան կողմերը ρ գծային խտությամբ լիցքավորված ձողեր են : Եռանկյանը արտագծած շրջանագծի շառավիղը R է: Շրջանագծի կենտրոնով անցնող և դրա հարթությանն ուղղահայաց առանցքին, կենտրոնից R հեռավորության վրա գտնվող Q լիցքի վրա, եռանկյունին ազդում է F ուժով: Ի՞նչ ուժով կազդի 3ρ գծային խտությամբ լիցքավորված ձողը, որը տեղադրված է $2R$ արտագծած շրջանագծի շառավղով հավասարակողմ եռանկյան կողմերից մեկի երկայնքով, շրջանագծի կենտրոնով անցնող և հարթությանը ուղղահայաց առանցքին, կենտրոնից $2R$ հեռավորության վրա գտնվող, Q լիցքի վրա :

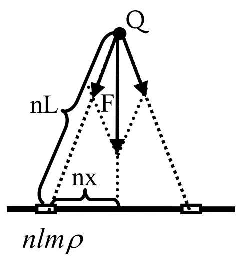


Լուծում: Դիտարկենք, ինչ ուժով է ազդում մեկ լիցքավորված ձողն իրա միջնուղղահայացի վրա գտնվող կետում տեղադրված կետային լիցքի վրա: Համազոր ուժն ստանալու համար պետք է ձողը բաժանել այնպիսի փոքր հատվածների, որ դրանց փոխազդեցությունը կետային լիցքի հետ նկարագրվի կետային լիցքերի փոխազդեցության բանաձևով: Եթե մենք դիտարկենք միջնակետի նկատմամբ համաչափ հավասար հատվածներ, դրանք կազդեն կետային լիցքի վրա մոդուլով հավասար ուժերով, որոնց համազորն ուղղված կլինի միջնուղղահայացով: Ուստի ամբողջ ձողի կողմից կետային լիցքի վրա ազդող ուժը կլինի ուղղված միջնուղղահայացի երկայնքով:

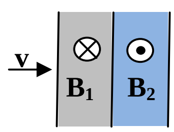




Այժմ դիտարկենք խնդիրը: Եթե մեկ ձողի կողմից Q լիցքի վրա ազդող ուժը F_1 է, իսկ երեք ձողի կողմից ազդող ուժերի համազորը համաձայն խնդրի պայմանի F է, ապա պարզ է, որ F_1-ի պրոյեկցիան վերջինիս վրա կլինի $F_1 \cos\alpha = \dfrac{F}{3}$, որտեղ $\alpha = \angle OCB$: Հաշվի առնելով, որ $OC = AO$, $OB = AO:2$, ստանում ենք, որ $\cos\alpha = \dfrac{2}{\sqrt{5}}$: Այսպիսով, $F_1 = \dfrac{F\sqrt{5}}{6}$: Նկատենք, որ եռանկյան հարթությանը զուգահեռ F_1-ի բաղադրիչը մնացած երկու ձողի նման բաղադրիչների հետ կազմում է 120^0 անկյուն և մոդուլով հավասար է դրանց, ուստի այդ երեք բաղադրիչի գումարը կլինի զրո:



Խնդրի երկրորդ հարցին պատասխանելու համար դիտարկենք նկարում պատկերված ձողի մեկ հատվածի փոխազդեցության ուժը Q լիցքի հետ: Եթե ձողի գծային չափսերը, ինչպես նաև նյութական կետի հեռավորությունը ձողից, մեծացնենք n անգամ, ապա նկարում բոլոր հեռավորությունները կմեծանան n անգամ: Հաշվի առնելով, որ ձողի լիցքի գծային խտությունը մեծացել է $m = 3$ անգամ, կստանանք որ այդ դեպքում այդ հատվածի և Q լիցքի փոխազդեցության ուժը կլինի $F = k\dfrac{mnQl\rho}{(nL)^2} = \dfrac{m}{n}k\dfrac{Ql\rho}{L^2}$: Այսպիսով ձողի յուրաքանչյուր հատվածին համապատասխանող հատվածը երկրորդ դեպքում ազդում է $\dfrac{m}{n}$ անգամ մեծ ուժով: Ուստի դիտարկվող դեպքում ձողը Q լիցքի վրա կազդի $\dfrac{3}{2}F_1 = \dfrac{F\sqrt{5}}{4}$ ուժով:

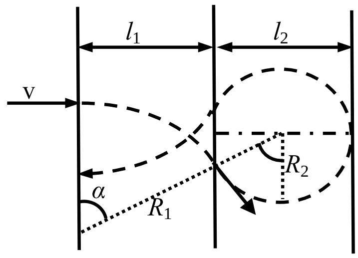


2. Մագնիսական դաշտը կազմված է երկու տիրույթներից, որոնցում մագնիսական դաշտը համասեռ է: Առաջին տիրույթի լայնքը $l_1 = 5$ սմ է, մագնիսական դաշտի ինդուկցիան՝ $B_1 = 10^{-3}$ Տլ, երկրորդի լայնքը $l_2 = 5$ սմ է, ինդուկցիան՝ $B_2 = 2 \cdot 10^{-3}$ Տլ:

ա) Ինչպիսի՞ նվազագույն արագության դեպքում դաշտի տիրույթին ուղղահայաց ուղղությամբ շարժվող էլեկտրոնը կանցնի մագնիսական դաշտի մյուս կողմը:

բ) Ինչքա՞ն ժամանակ էլեկտրոնը կգտնվի մագնիսական դաշտում:

Լուծում: ա) Համասեռ մագնիսական դաշտում լիցքավորված մասնիկը շարժվում է շրջանագծով, որի շառավիղը $R = \dfrac{m\text{v}}{qB}$ է: Քանի որ մագնիսական դաշտը չի փոխում մասնիկի արագության մոդուլը, իսկ երկրորդ միջավայրում մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի մոդուլը ավելի մեծ է և ուղղված է առաջին միջավայրի ինդուկցիային հակառակ ուղղությամբ, արագության սահմանային դեպքում, երբ մասնիկը վերադառնում է սկզբնական տիրույթը, այն շարժվում է նկարում բերված հետագծով: Ունենք $R_1 = \dfrac{m\text{v}}{qB_1}$, $R_1 \sin\alpha = l_1$:Մասնիկը կանցնի երկրորդ տիրույթ, եթե $R_1 > l_1 \Rightarrow \text{v}_1 = \dfrac{qB_1 l_1}{m}$:

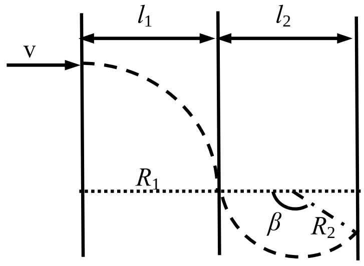


Եթե մասնիկը մտել է երկրորդ տիրույթ α անկյան տակ, ապա շարժվելով $R_2 = \dfrac{m\text{v}}{qB_2}$ շառավղով նա դուրս կգա աջ մասից, երբ $R_2 \sin\alpha + R_2 > l_2$: Տեղադրելով վերջինիս մեջ R_2 և $\sin\alpha = \dfrac{qB_1 l_1}{m\text{v}}$ կստանանք՝

$$l_1 \frac{B_1}{B_2} + \frac{m\text{v}}{qB_2} > l_2 \Rightarrow \text{v}_2 > \frac{q}{m}\left(B_2 l_2 - B_1 l_1\right):$$

Մասնիկը կանցնի մագնիսական դաշտի մյուս կողմը, եթե նրա արագությունը $\text{v} \geq \max\{\text{v}_1, \text{v}_2\}$:

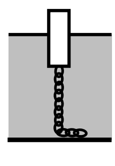
բ) Եթե $\text{v} = \text{v}_2$ ($B_2 l_2 > 2B_1 l_1$), ապա հաշվի առնելով, որ մագնիսական դաշտում մասնիկի պտտման անկյունային արագությունը՝ $\omega = \dfrac{\text{v}}{R} = \dfrac{qB}{m}$ և, որ $\alpha = \arcsin\dfrac{qB_1 l_1}{m\text{v}}$, ստանում ենք, որ սահմանաին դեպքում մասնիկը կգտնվի դաշտերում



$$t = \frac{\alpha}{\omega_1} + \frac{\pi/2 + \alpha}{\omega_2} = \frac{m}{q}\left[\left(\frac{1}{B_1} + \frac{1}{B_2}\right)\arcsin\frac{B_1 l_1}{B_2 l_2 - B_1 l_1} + \frac{\pi}{2B_2}\right]$$ ժամանակ:

Այն դեպքում, երբ $\text{v} = \text{v}_1$ ($B_2 l_2 < 2B_1 l_1$), $t = \dfrac{\pi/2}{\omega_1} + \dfrac{\beta}{\omega_2} = \dfrac{m}{q}\left[\dfrac{\pi}{2B_1} + \dfrac{1}{B_2}\arccos\left(\dfrac{B_1 l_1 - B_2 l_2}{B_1 l_1}\right)\right]$: Եթե $B_2 l_2 = 2B_1 l_1$, $\text{v} = \text{v}_1 = \text{v}_2$, $t_1 = t_2 = \dfrac{m}{q}\left[\dfrac{\pi}{2B_1} + \dfrac{\pi}{B_2}\right]$:

3. S հատույթի մակերեսով գլանաձև փակ անոթին ամրացված է m



զանգվածով, L երկարությամբ պողպատե շղթա: Շղթան ձգված է և սկզբնական վիճակում դրա քառորդ մասը գտնվում է գետնին: Ինչքա՞ն պետք է բարձրանա ջրի մակարդակը ջրավազանում, որպեսզի շղթան լրիվ բարձրանա գետնից: Ջրի խտությունը ρ_0 է, պողպատինը՝ ρ:

Լուծում: Եթե գլանը ընկղմված է ջրի մեջ h_1-ով, հավասարակշռության պայմանից ունենք

$$\rho_0\left(Sh_1+\frac{3}{4}\frac{m}{\rho}\right)g=\left(M+\frac{3}{4}m\right)g\,, \qquad (1)$$

որտեղ M-ը գլանի զանգվածն է:

Երբ ջրի մակարդակը բարձրանում է և շղթան լրիվ պոկվում է գետնից, ստանում ենք

$$\rho_0\left(Sh_2+\frac{m}{\rho}\right)g=\left(M+m\right)g\,, \qquad (2)$$

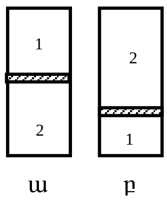
որտեղ h_2-ը ջրի մեջ գլանի ընկղմված մասի բարձրությունն է:

Քանի, որ ջրամբարի սկզբնական խորությունը հավասար էր $\frac{3}{4}L+h_1$, իսկ վերջնականը՝ $L+h_2$, հետևաբար մակարդակի բարձրացումը հավասար է $\Delta H=\frac{1}{4}L+h_2-h_1$: (1) և (2) երկու հավասարումներից ստանում ենք՝

$$\rho_0\left(S\left(h_2-h_1\right)+\frac{1}{4}\frac{m}{\rho}\right)=\frac{1}{4}m\,,$$

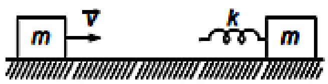
որտեղից $h_2-h_1=\frac{m}{4\rho_0 S}\left(1-\frac{\rho_0}{\rho}\right)$, և $\Delta H=\frac{1}{4}L+\frac{m}{4\rho_0 S}\left(1-\frac{\rho_0}{\rho}\right)$:

4. Ծանր մխոցը ազատ շարժվում է գազով լցված գլանաձև անոթում: Նկ.ա-ում պատկերված ուղղաձիգ դիրքում այն բաժանում է գլանի ծավալը 1:1 հարաբերությամբ: Երբ գլանը շուռ են տալիս 180^0-ով, այն բաժանում է ծավալը 3:1 հարաբերությամբ: Ի՞նչ հարաբերությամբ կբաժանի մխոցը գլանի ծավալը վերջինիս հորիզոնական դիրքում: Պրոցեսները իզոթերմ են:



Լուծում: 1 և 2 գազերի համար գրենք Բոյլի-Մարիոտի օրենքը՝ $p_1V=p_1'\frac{V}{2}$, $p_2V=p_2'\frac{3V}{2}$: Մխոցի հավասարակշռության պայմանից ունենք $p_2-p_1=\frac{Mg}{S}=p_1'-p_2'$, որտեղ M-ը մխոցի զանգվածն է, S-ը՝ դրա մակերեսը: Այդ հավասարումներից կստանանք $\frac{p_2}{p_1}=\frac{9}{5}$, իսկ քանի որ սկզբնական վիճակում գազերը զբաղեցնում էին հավասար ծավալներ, դա նշանակում է, որ նյութի քանակները՝ $\frac{\nu_2}{\nu_1}=\frac{9}{5}$: Հորիզոնական վիճակում գազերի ճնշումները հավասար են իրար, ուստի դրանց զբաղեցրած ծավալները կհարաբերվեն ինչպես նյութի քանակները՝ $\frac{V_2''}{V_1''}=\frac{9}{5}$:

5. m զանգվածով երկու չորսու գտնվում են ողորկ հորիզոնական սեղանի վրա: Դրանցից մեկը սոսնձված է սեղանին և պոկվում է երբ դրա վրա ազդում է հորիզոնական F ուժ, ինչից հետո շարժվում է սեղանով առանց շփման: Այդ չորսուին ամրացված է k կոշտությամբ



անկշիռ զսպանակ: Ազատ չորսուին հաղորդում են դեպի երկրորդ չորսուն ուղղված v արագություն: Գտեք չորսուների արագությունները բախումից հետո և բախման տևողությունը:

Լուծում: Քանի որ սոսնձված մարմինը պոկվում է սեղանից, երբ նրա վրա ազդող հորիզոնական ուժը հավասարվում է F -ի, ստանում ենք, որ եթե շարժվող չորսուի $\frac{m\mathrm{v}^2}{2}$ կինետիկ էներգիան փոքր է $\frac{F^2}{2k}$ -ից, երկրոդ չորսուն չի պոկվի, իսկ առաջինն անդրադառնալով կշարժվի հակառակ ուղղությամբ նույն v արագությամբ: Այսպիսով, եթե $\mathrm{v} \le \frac{F}{\sqrt{mk}} = \mathrm{v}_0$, առաջին մարմինը $t = \pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ ժամանակ հետո կշարժվի սկզբնականին հակառակ ուղղությամբ v արագությամբ, իսկ սոսնձվածը կմնա իր տեղում:

Եթե սկզբնական արագությունը՝ $\mathrm{v} > \mathrm{v}_0$, այն պահին, երբ երկրորդ չորսուն կպոկվի սեղանից, առաջինը կունենա v_1 արագություն, որը որոշվում է էներգիայի պահպանման օրենքից՝

$$\frac{m\mathrm{v}^2}{2} = \frac{F^2}{2k} + \frac{m\mathrm{v}_1^2}{2} \Rightarrow \mathrm{v}_1 = \sqrt{\mathrm{v}^2 - \frac{F^2}{mk}}:$$

Այդ պահից հետո համակարգի զանգվածների կենտրոնը շարժվում է $\frac{\mathrm{v}_1}{2}$ արագությամբ, ուստի չորսուները զանգվածների կենտրոնի համակարգում շարժվում են միմյանց ընդառաջ $\frac{\mathrm{v}_1}{2}$ արագություններով: Այդ համակարգում լրիվ էներգիան հավասար է $\frac{F^2}{2k} + 2\cdot\frac{m\left(\mathrm{v}_1/2\right)^2}{2}$, հետևաբար զսպանակի բացվելուց հետո մարմինների v_2 արագությունները այդ համակարգում կլինեն $\mathrm{v}_2 = \frac{1}{2}\sqrt{\mathrm{v}^2 + \frac{F^2}{km}}$: Այսպիսով, սկզբնական համակարգում սոսնծված չորսուի արագությունը բախումից հետո կլինի $\frac{\mathrm{v}_1}{2} + \mathrm{v}_2$, իսկ առաջին չորսուն կշարժվի հակառակ ուղղությամբ $\mathrm{v}_2 - \frac{\mathrm{v}_1}{2}$ արագությամբ:

Մինչև երկրորդ չորսուի պոկվելը տեղի է ունենում տատանողական շարժում $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ հաճախությամբ, որի դեպքում $\mathrm{v}(t) = \mathrm{v}\cos\omega t$, ուստի մինչև արագությունը դառնա v_1 կանցնի $t_1 = \frac{1}{\omega}\arccos\frac{\mathrm{v}_1}{\mathrm{v}}$ ժամանակ: Չորսուն պոկվելուց հետո տատանումների պարբերությունը փոխվում է՝ $\omega_1 = \sqrt{\frac{2k}{m}}$, արագության լայնույթը v_2 է, և արագությունը $\frac{\mathrm{v}_1}{2}$ -ից զրո դառնալու համար պահանջվում է $t_2 = \frac{1}{\omega_1}\arcsin\frac{\mathrm{v}_1}{2\mathrm{v}_2}$ ժամանակ ու նորից մինչև v_2 -ը աճելու ժամանակը կլինի $t_3 = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{2k}}$: Արդյունքում լրիվ բախման ժամանակը՝

$$t = t_1 + t_2 + t_3 = \sqrt{\frac{m}{k}} \arccos \frac{\mathrm{v}_1}{\mathrm{v}} + \sqrt{\frac{m}{2k}} \arcsin \frac{\mathrm{v}_1}{2\,\mathrm{v}_2} + \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{2k}} :$$

2009-2010 ուստարվա ֆիզիկայի հանրապետական օլիմպիադայի փորձնական փուլի խնդիրները

9-րդ դասարան

1. Որոշեք գնդասեղի զանգվածը և աղաջրի խտությունը
Սարքեր և նյութեր. Փորձանոթ, ջուր, աղաջուր, փրփրապլաստ, քանոն, գնդասեղներ:

2. Ուսումնասիրեք ջերմահաղորդման պրոցեսը և պարզել, թե ինչպես է ջերմային կորուստների հզորությունը կախված տաք ջրի և սենյակի ջերմաստիճանների տարբերությունից:
Սարքեր և նյութեր. փորձանոթ, տաք ջուր, ջերմաչափ, ժամացույց, միլիմետրական թուղթ:

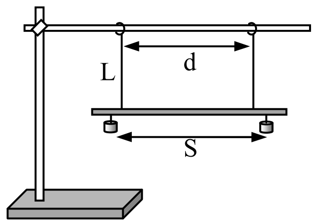
10-րդ դասարան

1. Ուսումնասիրեք ջերմահաղորդման պրոցեսը և պարզել, թե ինչպես է ջերմային կորուստների հզորությունը կախված բաց անոթի և շրջապատի ջերմաստիճանների տարբերությունից: Համեմատել այդ կախումը գոլորշու ճնշման` ջերմաստիճանից կախվածության հետ:
Սարքեր և նյութեր. փորձանոթ, տաք ջուր, ջերմաչափ, ժամացույց, միլիմետրական թուղթ, ճնշման աղյուսակ:

2. Որոշեք ամրակի շուրթերն իրար սեղմող ուժը
Սարքեր և նյութեր. տախտակ ճախարակով, կշռաքարերի հավաքածու, թուղթ, թել, մետաղալար, բեռներ, ամրակ, սքոչ

11-րդ դասարան

1. Որոշեք պտտական ճոճանակի պարբերության կախումը թելի L երկարությունից, թելերի d հեռավորությունից և բեռների միջև S հեռավորությունից:
Սարքեր և նյութեր. Ամրակալան` թաթիկներով, մետաղե ձող, թել, քանոն, փայտե ձող ամրակներով, բեռներ, վայրկյանաչափ



2. Որոշեք մետաղադրամերի բախման ժամանակ անջատված ջերմաքանակի հարաբերությունը դրանց սկզբնական էներգիային:
Սարքեր և նյութեր. Ամրակալան թաթիկով, ճկուն քանոն, 10 դրամանոց երկու մետաղադրամ, քանոն, թղթեր: