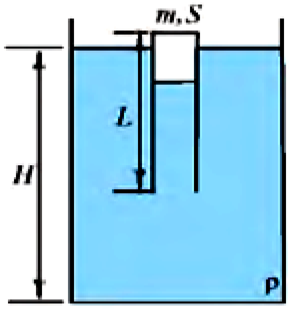
2015-2016 ուս.տ. Ֆիզիկայի հանրապետական օլիմպիադա

Հանրապետական փուլ

Տևողությունը 4 ժամ

12 դասարան

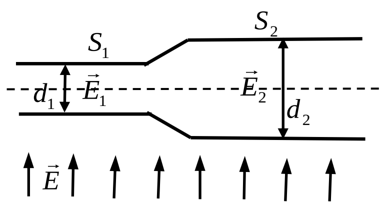
1. Բարակ պատերով L երկարությամբ ու m զանգվածով շրջված սրվակը գտնվում է H խորությամբ ջուր պարունակող անոթում: Սրվակի կտրվածքի մակերեսը S է: Սրվակի վերևում կա ինչ որ քանակի օդ: Ջերմաստիճանը դանդաղ իջեցնում են: Երբ ջերմաստիճանը դառնում է T_1 սրվակն սկսում է սուզվել ու հասնում է հատակին: Մինչև ո՞ր T_2 ջերմաստիճանը պետք է տաքացնել համակարգը որպեսզի սրվակը բարձրանա: Ընդունեք, որ ջրի ρ խտությունը կախված չէ ջերմաստիճանից և որ օդը իդեալական գազ է: Ազատ անկման արագացումը g է, մթնոլորտային ճնշումը՝ p_0:



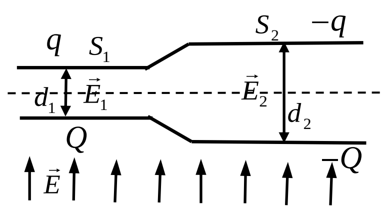
Լուծում: Լրիվ ընկղմված սրվակի վրա ազդող արքիմեդյան ուժը պայմանավորված է օդի սյան բարձրությամբ: Քանի որ հավասարակշռության դեպքում այդ ուժը հավասար է mg, ունենք $mg = \rho g h S$: Երբ սրվակը լրիվ ընկղմվեց մակերևույթի մոտ T_1 ջերմաստիճանում գազի ճնշումը հավասար էր $p_1 = p_0 + \rho g h$, Իսկ երբ նա T_2 ջերմաստիճանում սկսեց բարձրանալ ավազանի հատակից, գազի ճնշումը հավասար էր $p_2 = p_0 + \rho g\left(H + h - L\right)$: Գազի հետ կատարվել է իզոխոր պրոցես, հետևաբար

$$T_2 = T_1 \frac{p_0 + \rho g\left(H + h - L\right)}{p_0 + \rho g h} = T_1 \frac{\left(p_0 + \rho g\left(H - L\right)\right)S + mg}{p_0 S + mg}:$$

2. Երկու չլիցքավորված հաղորդիչ թիթեղ ունեն երկու ընդարձակ զուգահեռ տեղամաս, որոնց մակերեսները S_1 ու S_2 են և որոնց միջև փոքր հեռավորությունները d_1 ու d_2 են (տե՛ս նկ.): Այդ տեղամասերի միացման տիրույթը շատ փոքր է թիթեղների մակերեսից: Թիթեղների համաչափության հարթությանն ուղղահայաց միացնում են E լարվածությամբ համասեռ էլեկտրական դաշտ: Գտեք հարթ տեղամասերի միջև էլեկտրական դաշտի E_1 ու E_2 լարվածությունները:



Լուծում: Քանի որ թիթեղները չէին լիցքավորված, դրանց գումարային լիցքը պետք է լինի զրո, իսկ պոտենցիալների տարբերությունը աջ ու ձախ թիթեղների միջև հավասար են՝ $E_1 d_1 = E_2 d_2$: Դաշտերի վերադրման սկզբունքից ունենք՝

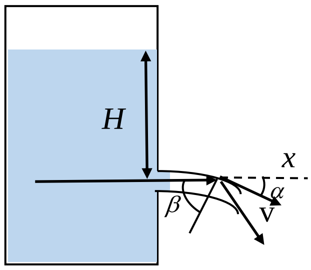


$$\begin{cases} E_1 = E + \dfrac{Q - q}{2\varepsilon_0 S_1} \\ E_2 = E - \dfrac{Q - q}{2\varepsilon_0 S_1} \end{cases} \Rightarrow E_1 S_1 + E_2 S_2 = E\left(S_1 + S_2\right):$$

Լուծելով հավասարումները ստանում ենք

$$E_1 = E\frac{\left(S_1 + S_2\right)d_2}{S_1 d_2 + S_2 d_1},\ E_2 = E\frac{\left(S_1 + S_2\right)d_1}{S_1 d_2 + S_2 d_1}$$

3. n բեկման ցուցչով հեղուկով լցված անոթի ուղղաձիգ պատում կա r շառավղով անցք: Անոթի ներսից, անցքի կենտրոնով, ուղղում են լույսի բարակ հորիզոնական փունջ: Անցքի վերնից մինչև ի՞նչ հեռավորություն պետք է դուրս հոսի հեղուկը, որպեսզի ճառագայթը դուրս գա հեղուկից ոչ մի անգամ չենթարկվելով լրիվ ներքին անդրադարձման: Հեղուկի շիթի կտրվածքի հատույթի փոփոխությունն անտեսեք, իսկ հեղուկի բեկման ցուցիչը համարեք բավականին մեծ:



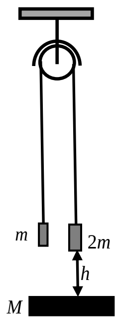
Լուծում:

Հեղուկը դուրս է գալիս անցքից $\mathrm{v}_0=\sqrt{2gH}$ արագությամբ և նրա անկման անկյունը մակերևույթի վրա ամենամեծն է հենց առաջին անկման դեպքում: Եթե անկման անկյունը լինի այնպիսին, որ նա դուրս գա հենց առաջին անկման ժամանակ, կբավարարվի խնդրի պահանջը: Հաշվի առնելով, որ մակերևույթին տարված շոշափողը համընկնում է արագության ուղղության հետ, ստանում ենք $\beta=\frac{\pi}{2}-\alpha$: Մյուս կողմից $\mathrm{v}_x=\mathrm{v}_0$, $\mathrm{v}_y=\sqrt{2gr}$:

Որպեսզի ճառագայթը բեկվի, $\sin\beta<\frac{1}{n}$: $\sin\beta=\sqrt{\frac{1}{1+\mathrm{ctg}^2\beta}}=\sqrt{\frac{1}{1+\mathrm{tg}^2\alpha}}$,

$$\mathrm{tg}\,\alpha=\frac{\mathrm{v}_y}{\mathrm{v}_x}=\sqrt{\frac{r}{H}}\Rightarrow\sin\beta=\sqrt{\frac{1}{1+\frac{r}{H}}}<\frac{1}{n}1+\frac{r}{H}>n^2\Rightarrow H<\frac{r}{n^2-1},$$

1. m ու $2m$ զանգվածով մարմինները կապված են ճախարակի վրայով գցված չձգվող թելի ծայրերին: Սկզբնական պահին մարմինները գտնվում են նույն հորիզոնականի վրա: Մարմինները բաց են թողնում: Դրանցից h հեռավորության վրա գտնվում է շատ մեծ զանգվածով M մարմինը: Դրա հետ $2m$ զանգվածով մարմնի բացարձակ առաձգական բախումից հետո M մարմինը հեռացնում են: Թելն անկշիռ, չձգվող և առաձգական է ու չի պոկվում ճախարակից:



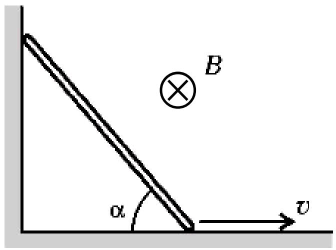
ա. Շարժումն սկսելուց ինչքա՞ն ժամանակ հետո թելը կձգվի առաջին անգամ:

բ. Շարժումն սկսելուց ինչքա՞ն ժամանակ հետո թելը կձգվի երկրորդ անգամ ու սկզբնական դիրքից ի՞նչ հեռավորության վրա դա տեղի կունենա:

Լուծում: M մարմնի հետ բախվելուց հետո երկու մարմինն էլ շարժվում են իրար հավասար՝ $mgh=\frac{3m\mathrm{v}^2}{2}\Rightarrow\mathrm{v}=\sqrt{\frac{2}{3}gh}$ արագությամբ: Դա նշանակում է, որ $t=\frac{2\mathrm{v}}{g}$ ժամանակ անց նրանք կվերադառնան իրենց տեղերը, որը 2m զանգվածով մարմնի համար ցածր է սկզբնական դիրքից h-ով: Այդ պահին պարանը ձգվում է և մարմինների միջև տեղի է ունենում բացարձակ առաձգական բախում, որի արդյունքում m զանգվածով մարմինը ստանում է դեպի վեր ուղղված $\frac{5}{3}\mathrm{v}$ արագություն, իսկ $2m$ զանգվածովը՝ դեպի վեր ուղղված $\frac{1}{3}\mathrm{v}$ արագություն: Այդ արագությունները կարելի է հեշտ ստանալ, եթե դիտարկել կենտրոնական բացարձակ առաձգական բախում:

Այդ պահից հետո դրանց հեռավորությունները սկզբնական դիրքից ժամանակի ընթացքում փոփոխվում են ինչպես՝ $x_1=-h-\frac{5\mathrm{v}}{3}+\frac{gt^2}{2}$, $x_2=h-\frac{\mathrm{v}}{3}t+\frac{gt^2}{2}$: Թելը նորից կձգվի, երբ $x_1+x_2=0$, ինչը տեղի կունենա, երբ $t_2=\frac{2\mathrm{v}}{g}$, իսկ $x_2=h+\frac{4\mathrm{v}^2}{3g}$:

5. l երկարությամբ ձողը կազմված է երկու հավասար մասից, ընդ որում վերևի կեսը համասեռ լիցքավորված է q լիցքով, ներքևինը՝ $2q$ լիցքով: Ձողը շարժվում է այնպես, որ դրա ներքևի ծայրը շարժվում է հորիզոնական մակերեսով հաստատուն v արագությամբ (տե՛ս նկ.), իսկ վերևի ծայրը սահում է ուղղաձիգ պատով: Ձողը գտնվում է B ինդուկցիայով համասեռ մագնիսական դաշտում, որը հորիզոնական է և զուգահեռ է ուղղաձիգ պատի հարթությանը: Ի՞նչ ուժով է ազդում մագնիսական դաշտը ձողի վրա այն պահին, երբ այն հորիզոնական հարթության հետ կկազմում է α անկյուն:



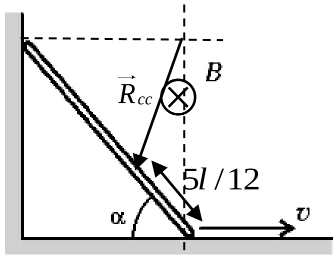
Լուծում:

Ունենք $\vec{F}_i = q_i[\vec{\mathrm{v}}_i, \vec{B}], \vec{\mathrm{v}}_i = [\vec{\omega}, \vec{R}_i]$, $\vec{F}_i = q_i[[\vec{\omega}, \vec{R}_i], \vec{B}] = [[\vec{\omega}, q_i \vec{R}_i], \vec{B}]$, հետևաբար

$\vec{F} = \sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i = [[\vec{\omega}, \sum_{i=1}^{n} q_i \vec{R}_i], \vec{B}]$: $\sum_{i=1}^{n} q_i \vec{R}_i = 3q\vec{R}_{cc}$

$$R_{cc}^2 = \left(\frac{5l}{12}\right)^2 + \left(l\sin\alpha\right)^2 - 2\cdot\frac{5l}{12}\cdot l\sin\alpha\cdot\sin\alpha =$$

$$= \left(\frac{5l}{12}\right)^2 + \frac{l^2\sin^2\alpha}{6} = \frac{l^2}{12^2}\left(25 + 24\sin^2 a\right)$$



Այսպիսով ստացանք՝

$$F = q\mathrm{v}B\frac{\sqrt{25 + 24\sin^2 a}}{4\sin\alpha}:$$