

Ֆիզիկայի հանրապետական փուլ

Տեսական փուլի առաջադրանքները, լուծումները և գնահատման չափանիշները 240 րոպե (4 ժամ)

12-րդ դասարան

1) ρ խտությամբ նյութից պատրաստում են կոն և սեպ: Երկու մարմիններն էլ բաց ենթ թողնում μ մոլային զանգվածով մթնոլորտում, որի մոլեկուլները կարելի է համարել միատեսակ միատում իդեալական գազի մասնիկներ: Մթնոլորտային ճնշումը P_0 է, իսկ ջերմաստիճանը՝ T_0 :

1.1. Որքա՞ն է մոլեկուլների կոնցենտրացիան օդում: [0.5 միավոր]

Խնդրի մնացած մասում համարել մոլեկուլների կոնցենտրացիան հավասար 1.1 կետում ստացված արժեքին: Եթե չեք կարողացել ստանալ այն, համարեք կոնցենտրացիան n :

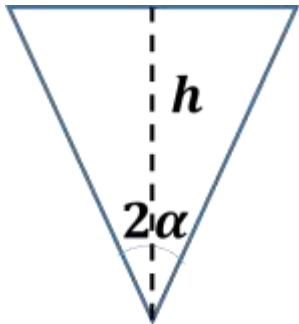
1.2. v արագությամբ իրար զուգահեռ շարժվող մոլեկուլների S մակերեսով փունջը բախվում է իր շարժման ուղղության նկատմամբ α անկյուն կազմող հարթությանը: Ի՞նչ ուժով է ազդում մոլեկուլների այս փունջը հարթության վրա: Պետք է նշեք մոլեկուլների կողմից հարթության վրա ազդող ուժի ուղղությունը կամ պրոյեկցիաները: Մոլեկուլների միմյանց հետ բախումները կարող եք անտեսել: [2 միավոր]

Այս մասում կփորձենք հասականալ, թե գլանաձև համաչափ մարմնի վրա ազդող դիմադրության ուժն է ավելի մեծ, թե՞ սեպաձև մարմնի վրա: Այս մասում օդի մոլեկուլները կարելի է համարել անշարժ: Քննարկվող h բարձրությամբ համասեռ կոնի ծնորդը կոնի առանցքի հետ կազմում է α անկյուն: Համասեռ կոնը պատրաստված է ρ խտությամբ նյութից: Կոնը պահում են օդում այնպես, որ նրա առանցքն ուղղաձիգ է և բաց են թողնում առանց սկզբնական արագության:

2.1 Ինչքա՞ն կլինի v արագությամբ սուր ծայրով ներքև իջնող կոնի վրա ազդող դիմադրության ուժը: [1 միավոր]

2.2 Ինչքա՞ն կլինի կոնի կայունացված արագությունը: [1 միավոր]

Կոնի ծավալը հավասար է $V = \frac{1}{3} \pi R^2 h$, որտեղ R -ը կոնի հիմքի շառավիղն է:



2.3 Ինչքա՞ն կլինի h բարձրությամբ համասեռ սեպի կայունացված արագությունը: Սեպի գագաթի անկյունը 2α է, իսկ նյութի խտությունը՝ ρ : Սեպն իրենից ներկայացնում է հավասարասրուն եռանկյուն հիմքով ուղղանկյունանիստ: [1 միավոր]

2.4 Որակապես նկարեք մարմինների արագության՝ ժամանակից կախման գրաֆիկները: Օրդինատների առանցքով դրեք $v/v_{սեպ}$, որտեղ $v_{սեպ}$ -ը սեպի կայունացված արագությունն է: (գրաֆիկի վրա պետք է նշել բոլոր բնութագրիչ կետերը: Օրինակ՝ մաքսիմումի կամ մինիմումի կետ, ասիմպտոտների, ջարդման կամ շրջման կետերը): [1 միավոր]

3,1 Կոնը օդում սուր ծայրը դեպի ներքև պահելու համար տակից փչում են մոլեկուլների փունջ, որի կտրվածքի մակերեսը S է (հավասար կոնի հիմքի մակերեսին): Ի՞նչ օգտակար հզորություն պետք է ծախսի պոմպը, որպեսզի պահի կոնը օդում: Օգտակար հզորությունը արտահայտել ρ, h, n, m, α մեծություններով: Օգտակար հզորություն է համարվում պոմպի կողմից օդի մոլեկուլներին միավոր ժամանակում փոխանցված կինետիկ էներգիան: [2 միավոր]

Առաջարկվում է h բարձրությամբ և r շառավղով գլանաձև հոծ ձողի մեջ փորել կոնական մարմիններ (տես նկարը) այնպես, որ **հավասարաչափ** շարժման ընթացքում դիմադրության ուժը $F_{\eta} = 0$ Ն:

3.2 Հնարավո՞ր է արդյոք այդպիսի ընտրություն: Հիմնավորեք Ձեր պատասխանը: Դրական պատասխանի դեպքում նշեք բոլոր անհրաժեշտ տվյալները: [0.5 միավոր]



1.1 Օգտվելով Մենդելեև-Կլապեյրոնի հավասարումից $P_0 V = \frac{N}{N_A} RT \Rightarrow n = \frac{N}{V} = \frac{P_0 N_A}{RT}$ [0.5 միավոր]

1.2 Յուրաքանչյուր մոլեկուլ բախումից հետո փոխում է իր իմպուլսի պրոյեկցիան սկզբնական շարժման նկատմամբ՝

$$\Delta p_x = mv(1 - \cos(2\alpha)) \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

Իսկ y-երի ուղղությամբ՝

$$\Delta p_y = mv \sin(2\alpha) \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

Միավոր ժամանակում հարթությանը բախվող մոլեկուլների թիվը կլինի՝ $\frac{\Delta N}{\Delta t} = nvS$: Այսպիսով մոլեկուլների կողմից թիթեղի վրա ազդող ուժը կլինի՝

$$\begin{cases} F_x = mv(1 - \cos(2\alpha))nvS & x \text{ ուղղությամբ} \\ F_y = mv \sin(2\alpha)nvS & x \text{ ուղղությամբ} \end{cases}$$

[0.5 + 0.5 միավոր մեծության և ուղղության համար]

2.1 Եթե կոնը իջնում է v արագությամբ կոնի վրա ազդող դիմադրության ուժը կլինի՝

$$\begin{aligned} F_x &= 2nmv^2 \sin^2(\alpha) S \quad [1 \text{ միավոր; } 0 \text{ այլ դեպքերում}] \\ F_y &= 0 \end{aligned}$$

2.2 Կայունացված շարժման ժամանակ՝

$$Mg = F_n$$

$$\frac{1}{3} hS \rho g = 2nmv^2 \sin^2(\alpha) S \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

որտեղից կայունացված շարժման արագությունը կլինի

$$v = \sqrt{\frac{\rho g h}{6nm \sin^2(\alpha)}} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

2.3 Կրկնելով նույն դատողությունները համասեռ սեպի համար, կստանանք՝

$$F_y = 2nmv^2 \sin^2(\alpha) S \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

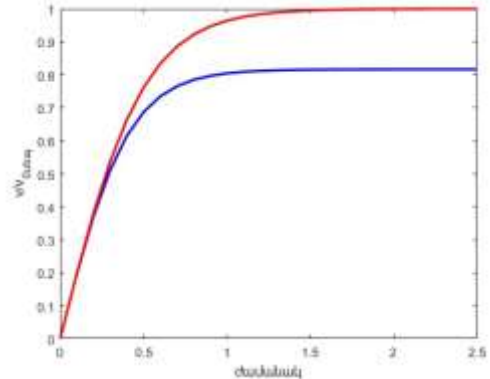
$$M_{\text{սեպ}} g = \frac{1}{2} hS \rho g$$

Որտեղից ստանում ենք՝

$$v = \sqrt{\frac{\rho g h}{4nm \sin^2(\alpha)}} \quad [0,5 \text{ միավոր; այլ դեպքում}]$$

Փաստորեն գլանաձև համաչափությունը չի ապահովում այնքան շրջի ուղիղություն, որքան ապահովում է կացինի սայրի նման սեպը:

2.4 Նկարում բերված են որակական գրաֆիկները: [1 միավոր]



3.1 Օգտակար հզորությունը կլինի

$$P_{\text{օգտակար}} = \frac{\Delta N}{\Delta t} \frac{mv^2}{2} = nvS \frac{mv^2}{2} \quad [0.5 + 0.5 \text{ միավոր}]$$

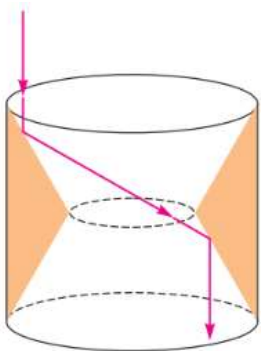
Որտեղ S-ը կոնի հիմքի մակերեսն է: Չայտնի է, որ $S = \pi h^2 t g^2(\alpha)$: Մյուս կողմից $\frac{\Delta N}{\Delta t} * 2mv \cdot \sin^2(\alpha) = Mg$ [0.5 միավոր]

Տեղադրելով արագության համար ստացված արտահայտությունը կստանանք՝

$$P_{\text{օգտակար}} = \frac{nmS}{2} v^3 = \frac{nmS}{2} \left(\frac{\rho g h}{6nm \sin^2(\alpha)} \right)^{\frac{3}{2}} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

3.2 Այո, հնարավոր է, եթե պատերի վրա փորված սեպաձև մարմինների գազաթները լինեն նույն բարձրության վրա և գլանի մեջտեղում: Այս դեպքում երկրորդ անդրադարձումից հետո մարմնի շարժման ուղղությունը վերականգնվում է, ինչի

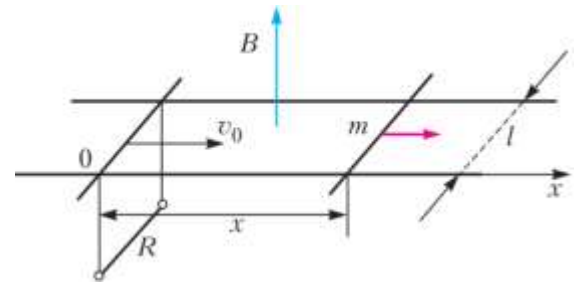
հետևանքով իմպուլսի փոփոխությունը դառնում է 0: [0.5 միավոր]



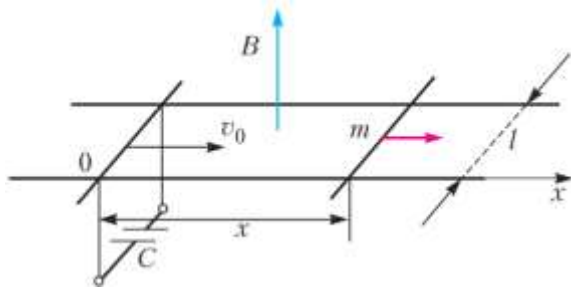
2) RLC և գույգ R

Այս խնդրում կուսուՄնասիրենք մագնիսական դաշտում երկաթե հեծանների վրա դրված ձողի շարժումը տարբեր իրավիճակներում մակածված հոսանքի ազդեցությամբ: Երկու զուգահեռ հաղորդիչ հեծանների միջև հեռավորությունը l է: Հեծանները դիմադրություն չունեն: Ամբողջ համակարգը գտնվում է ուղղահայաց համասեռ B մագնիսական դաշտում: Շփման ուժը համակարգում բացակայում է: Որպեսզի շղթան փակվի մեկ այլ կապ է պետք: Շարժման բնույթը խիստ կախված է թե ինչ կապով է փակված շղթան: Հեծանների վրա դրված է m զանգվածով առանց դիմադրության հաղորդիչ ձող, որն ուղղահայաց է հեծաններին:

ա) Հեծանները միացվում են R դիմադրությամբ դիմադրատարրով: Ձողը շարժում են հաստատուն v արագությամբ: Ինչքա՞ն է լՇու է մակածվում փակ շղթայում: (0.5 միավոր)

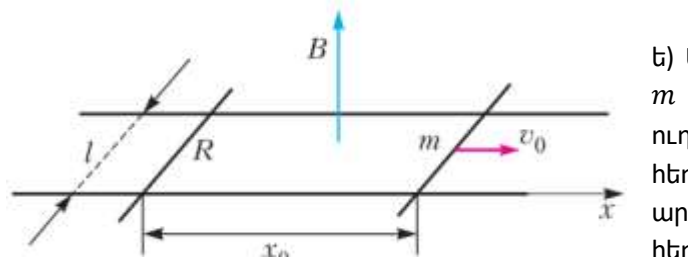
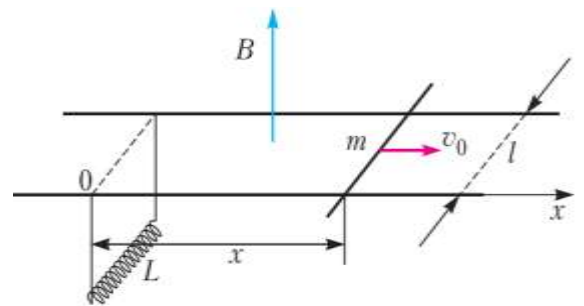


բ) Հեծանները միացված են R դիմադրությամբ դիմադրատարրով: Ձողի սկզբնական կոորդինատը՝ $x = 0$: Ձողին հաղորդվում է v_0 արագություն: Ինչքա՞ն ճանապարհ կանցնի ձողը մինչև կանգ առնելը: (2 միավոր)



գ) Այս կետում հեծանները միացված են C ունակությամբ կոնդենսատորով: Ձողին հաղորդվում է v_0 արագությամբ: Ինչպե՞ս է կախված ձողի կոորդինատը ժամանակից: (1.5 միավոր)

դ) Այս կետում հեծանները միացված են L ինդուկտիվությամբ կոճով: Ձողին հաղորդվում է v_0 արագություն: Ինչպե՞ս է կախված ձողի կոորդինատը ժամանակից: (2 միավոր)



ե) Այս կետում հեծանների վրա դրված են երկու միատեսակ m զանգվածով և R դիմադրությամբ ձողեր, որոնք ուղղահայաց են հեծաններին: Ձողերի միջև սկզբնական հեռավորությունը x_0 է: Աջ ձողին հաղորդվում է v_0 արագություն: Ինչքա՞ն կլինի ձողերի միջև վերջնական հեռավորությունը: (3 միավոր)

3) ա) Խնդրի բոլոր կետերում v արագությամբ շարժման ընթացքում մակածվում է $\mathcal{E} = Bv\ell$ էլՇու [0.5 միավոր]: Ցանկացած դեպքում շարժվող ձողի վրա ազդող ուժը կլինի $F = B\ell i = ma$:

բ) Այս կետում $Bv\ell = Ri$: Այս դեպքում $ma = -B\ell i = -\frac{(B\ell)^2}{R}v$ [0.5 + 0.5 միավոր]:

Սա սովորական դիմադրության ուժի տակ շարժման հավասարում է: Բազմապատկելով երկու կողմերը Δt -ով և գումարելով (ինտեգրելով), կստացվի $s = -\frac{m \cdot R}{(B\ell)^2}(0 - v_0) = \frac{m \cdot R}{(B\ell)^2}v_0$ [1 միավոր]

գ) Այս կետում $Bv\ell = \frac{q}{C}$: Այս դեպքում

$$ma = -B\ell i = -B\ell \frac{dq}{dt} = -B\ell \frac{d(CBv\ell)}{dt} = -C(B\ell)^2 \frac{dv}{dt} = -C(B\ell)^2 a$$
 [1 միավոր]

$$a(m + C(B\ell)^2) = 0 \Rightarrow a = 0 \text{ մ/վ}^2$$

Այսպիսով ձողը կշարժվի հավասարաչափ v_0 արագությամբ: $x = v_0 t$: [0.5 միավոր]

դ) Այս կետում $Bv\ell = L \frac{\Delta i}{\Delta t} \Rightarrow i = \frac{B\ell}{L}x$ [0.5 միավոր]: Այս դեպքում $ma = -B\ell i = -\frac{(B\ell)^2}{L}x$: [0.5 միավոր]

Սա տատանումների հավասարում է: Քանի որ մարմինը սկսում է շարժումը հավասարակշռության դիրքից ապա սկզբնական փուլը գրո է՝ $x = A \sin(\omega t)$ [0.5 միավոր],

որտեղ $\omega = \sqrt{\frac{(B\ell)^2}{mL}}$ և $A = \frac{v_0}{\omega}$: [0.5 միավոր]

ե) Այս կետում $B(v_1 - v_2)\ell = 2Ri \Rightarrow i = \frac{B(v_1 - v_2)\ell}{2R}$ [0.5 միավոր]: Այս դեպքում

$$ma_1 = -B\ell i = -\frac{(B\ell)^2(v_1 - v_2)}{2R},$$

իսկ ձախ ձողի համար ունենք $ma_2 = B\ell i$, որը պետք չի էլ գալու:

Այսպիսով ունենք՝

$$m \int_{\text{սկիզբ}}^{\text{վերջնական վիճակ}} a_1 dt = -\frac{(B\ell)^2}{2Rm} (\Delta x_1 - \Delta x_2), [0.5 միավոր]$$

որտեղ Δx_1 -ը և Δx_2 -ը համապատասխանաբար աջ և ձախ ձողերի տեղափոխություններն են, իսկ $(\Delta x_1 - \Delta x_2)$

կստացվի ձողերի միջև հեռավորության փոփոխությունը: $\int_{\text{սկիզբ}}^{\text{վերջնական վիճակ}} a_1 dt = v_{\text{վերջնական}} - v_0$: [0.5 միավոր]

Նկատենք, որ սահնակների համակարգի վրա ազդող համագոր ուժը կլինի $F_h = 0$:

Քանի որ համակարգի վրա ազդող համագոր ուժը գրո է (փակ է), ապա համակարգի իմպուլսը կպահպանվի:

Քանի որ դիմադրությունների միջով անցնող հոսանքի պատճառով անջատվում է ջերմաքանակ, ապա զանգվածի կենտրոնում մարմինների կինետիկ էներգիան կգոյանա՝ սահնակները զանգվածի կենտրոնում կանշարժանան [0.5 միավոր]:

Այսպիսով, կայունացված վիճակում սահնակները լաբորատոր համակարգում կշարժվեն $\frac{v_0}{2}$

արագությամբ [0.5 միավոր]: Ստացվում է, որ

$$\int_{\text{սկիզբ}}^{\text{վերջնական վիճակ}} a_1 dt = \frac{v_0}{2} - v_0 = -\frac{v_0}{2}$$

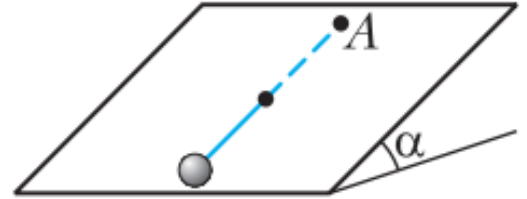
Վերևի հավասարումներից ունենք՝

$$(\Delta x_1 - \Delta x_2) = \frac{-\frac{v_0}{2}}{-\frac{(B\ell)^2}{2Rm}} = \frac{mv_0}{(B\ell)^2} R$$

Կայունացված հեռավորությունը կլինի

$$L = x_0 + \frac{mv_0}{(B\ell)^2} R [0.5 միավոր]$$

3) Կոշտ անկշիռ L երկարությամբ ձողը դրված է հորիզոնի հետ α անկյուն կազմող թեք հարթության վրա (տես նկարը): Ձողի վերին եզրը հողակապով ամրացված է թեք հարթությանը, մյուս ծայրին ամրացված է զանգվածեղ բեռը: Բեռի և թեք հարթության միջև շփման գործակիցը $\mu = \frac{tg(\alpha)}{2}$, շփումը ձողի և թեք հարթության միջև և հողակապում անտեսել: Սկզբում բեռը ամենացածր դիրքում է:



ա) Ի՞նչ նվազագույն v_1 արագություն է պետք հաղորդել բեռին,

որպեսզի բեռը հայտնվի ամենավերևի A կետում (\vec{v}_1 վեկտորը ուղղահայաց է ձողին): [2 միավոր]

բ) Ի՞նչ նվազագույն v_2 արագություն (ուղղահայաց ձողին) պետք է հաղորդել ձողին, որպեսզի մեկ լրիվ պտույտ կատարելուց հետո բեռը վերադառնա սկզբնական դիրքին: [5 միավոր]

ա) Քանի որ բեռը ամրացված է կոշտ ձողին (այլ ոչ թե թելին) ապա շարժման ընթացքում կորույթի շառավիղը կպահպանվի անկախ արագությունից: Այսպիսով ամենավերևի A կետում հայտնվելու համար բավարար է, որ բեռի v արագությունը բավարարի $v \geq 0$ պայմանին: Էներգիայի պահպանման օրենքից ունենք՝

$$\frac{mv_1^2}{2} \geq 2mgL \sin(\alpha) + |A_{2\text{փ}}| \quad [1 \text{ միավոր}]$$

որտեղ շփման ուժի աշխատանքի մոդուլն է: $|A_{2\text{փ}}| = \pi L \cdot \mu \cdot mg \cos(\alpha) = \frac{\pi L mg \sin(\alpha)}{2}$ [0.5 միավոր] :

Այսպիսով՝

$$v_1 \geq \sqrt{4gL \sin(\alpha) + \pi L g \sin(\alpha)} = \sqrt{gL \sin(\alpha)(4 + \pi)} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

բ) Մեկ լրիվ պտույտ կատարելիս, առավելագույն կետով անցնելուց հետո մարմինը դեռ դանդաղելու է մինչև A կետից հաշված որոշակի β անկյուն, որտեղ ծանրության ուժի մոմենտը գերազանցելու է շփման ուժի մոմենտին և բեռը կշարունակի պտույտը մեծացնելով կինետիկ էներգիան: β անկյունը գտնելու համար պետք է պահանջել, որ համապատասխան դիրքում թեք հարթության մեջ ծանրության ուժի ($mg \sin(\alpha) - \mu$) ձողին ուղղահայաց բաղադրիչը գերազանցի շփման ուժին (որը ուղղահայաց է ձողին):

$$mg \sin(\alpha) \sin(\beta) \geq \mu \cdot mg \cos(\alpha) = \frac{mg \sin(\alpha)}{2} \quad [1 \text{ միավոր}; 0 \text{ այլ դեպքերում}]$$

Որտեղից ստանում ենք

$$\sin(\beta) \geq \frac{1}{2} \Rightarrow \beta \geq \frac{\pi}{6} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

Որպեսզի բեռը հասնի այս դիրքին պետք է՝

$$\frac{mv_2^2}{2} \geq mg \sin(\alpha) \cdot L(1 + \cos\beta) + \frac{mg \sin(\alpha)}{2} \cdot L(\pi + \beta) \quad [1 \text{ միավոր}]$$

$$\frac{mv_2^2}{2} \geq \frac{mgL \sin(\alpha)}{2} \cdot (2 + 2\cos\beta + \pi + \beta) = 7.4 \cdot \frac{mgL \sin(\alpha)}{2}$$

Այստեղից՝

$$v_2 \geq \sqrt{7.4gL \sin(\alpha)} \quad [1 \text{ միավոր}]$$

Հաջորդ «անցումը», որտեղ շփման ուժի մոմենտը գերազանցում է ծանրության ուժի ծանրության ուժի մոմենտին $\beta_2 = \frac{5\pi}{6}$ անկյունով նկարագրվող դիրքն է: [0.5 միավոր]

Ենթադրենք թե մարմինը β անկյունով նկարագրվող դիրքում ուներ 0 կինետիկ էներգիա: Որպեսզի մարմինը հասնի ստորին դիրքին պետք է, որ

$$\Delta E_{\text{պոտ}} - A_{2\text{փ}} > 0$$

Ստուգենք

$$\Delta E_{\text{պոտ}} - A_{2\text{փ}} = mg(R + R \cos(\beta)) \cdot (\alpha) - \frac{mg \sin(\alpha)}{2} R(\pi - \beta) =$$

$$= mgR \sin(\alpha) \left(1 + \cos(\beta) - \frac{(\pi - \beta)}{2}\right) = mgR \sin(\alpha) \cdot \left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{5\pi}{12}\right) = 0.558 \cdot mgR \sin(\alpha) > 0 \quad [1 \text{ միավոր}]$$

Այսպիսով β անկյունով դիրքը հաղթահարելը բավարար է մեկ պտույտ անելու համար: