

ՖԻԶԻԿԱ 11-րդ ԴԱՍԱՐԱՆ
ՀԱՆՐԱՊԵՏԱԿԱՆ ՓՈՒԼ 2024-2025 ուս. տարի
Տևողությունը – 240 րոպե: Մաղթում ենք հաջողություն:

1) Չորս լիցք (3 միավոր)

Չորս q լիցքով լիցքավորված միատեսակ m զանգվածով մասնիկներ պահվում են a կողմով քառակուսու գագաթներում: Հայտնի է, որ լիցքերի վրա այլ ուժեր, բացի միմյանց հետ փոխազդեցության ուժերից բացակայում են:

ա) Ինչքա՞ն է յուրաքանչյուր լիցքի գտնվելու տեղում մյուս երեքի դաշտի պոտենցիալը: [1 միավոր]

բ) Լիցքերը բաց են թողնում: Ինչքա՞ն է յուրաքանչյուր լիցքի արագությունը, երբ դրանք իրարից անվերջ հեռու են: [2 միավոր]

Լուծում

ա) $\varphi = 2 \frac{kq}{a} + \frac{kq}{\sqrt{2}a}$ [1 միավոր]

բ) Պոտենցիալ էներգիան կլինի՝

$E_{պ} = 4 \frac{q\varphi}{2}$ [1 միավոր]

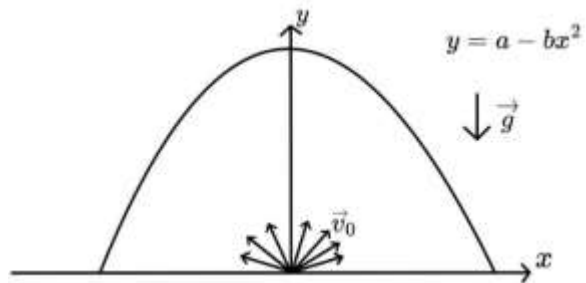
Խնդրի համաչափությունից հետևում է, որ բոլորի արագությունները նույնն են: [0,5 միավոր]

$4 \frac{mv^2}{2} = 4 \frac{q\varphi}{2}$

$v = \sqrt{\frac{q\varphi}{m}}$ [0,5 միավոր]

2) Ծորիդը փոսում (3.5 միավոր)

V_0 սկզբնական արագությամբ XOY հարթության մեջ կամայական $a > 0$ անկյան տակ նետված մարմինների հետագծերն ընկած են երևակայական պարաբոլի ներսում: Այդ պարաբոլը տրվում է $y = a - b x^2$ հավասարումով:



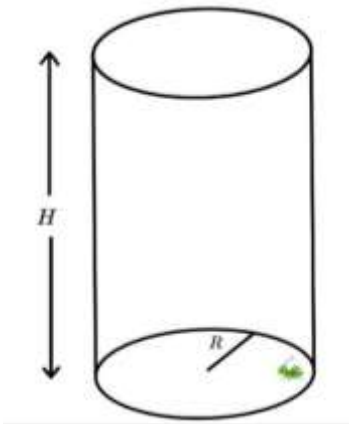
ա) Գտնել a -ն և b -ն, արտահայտված V_0 -ով և g -ով:

[2 միավոր]

Ծորիդը ընկել է հորը, որը ունի R

շառավղով և H բարձրությամբ գլանի տեսք (տես նկարը): Սկզբնական վիճակում նա գտնվում է կողմնային մակերևույթի և հատակի անկյունում: Ծորիդը կարող է թռչել հորիզոնի նկատմամբ ցանկացած անկյան տակ: Ծորիդի հետագծի հարթությունը համընկնում է գլանի առանցքով ու ծորիդի սկզբնակետով անցնող հարթության հետ: Ծորիդը չի կարող թռնել ուղղաձիգ վեր կամ քայլել: Ազատ անկման արագացումը g է:

բ) Օգնեք ծորիդին հասկանալ, թե ինչ նվազագույն արագությամբ պետք է թռնի, որպեսզի մեկ ցատկով կարողանա դուրս գալ հորի միջից: [1.5 միավոր]



Լուծում

1. Պարզ է, որ այդ պարաբոլի գագաթը գտնվում է գտնվում է գետնից $h_{max} = \frac{V_0^2}{2g}$ [0.5 միավոր] բարձրության վրա և այդ կետում $x = 0$: Իսկ պարաբոլի և գետնի հատման կետը հենց ամենամեծ հեռահասության կետն է, որը հավասար է $L_{max} = \frac{V_0^2}{g}$ [0.5 միավոր], և այդ կետում $y = 0$:

Տեղադրենք h_{max} և L_{max} պարաբոլի հավասարման մեջ և լուծենք:

$$\begin{cases} a - 0 = h_{max} \\ a - b L_{max}^2 = 0 \end{cases}$$

Լուծելով այս համակարգը կստանանք $a = \frac{V_0^2}{2g}$, $b = \frac{g}{2V_0^2}$ [0.5 + 0.5 միավոր]:

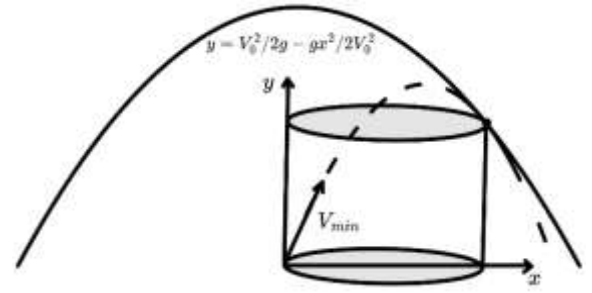
$$y = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{g}{2V_0^2} x^2 \quad (1)$$

2. Որպեսզի նրա արագությունը լինի նվազագույնը հորից դուրս գալու համար, պետք է որ ծղրիղը թռնելուց հետո հայտնվի անմիջապես փոսի ու գետնի սահմանին, ընդ որում այդ կետը պետք է գտնվի նաև նախորդ կետում մեր գտած պարաբոլի վրա, այլապես այդ արագությունը չի լինի նվազագույնը (նկար 1):

Ծղրիղի վայրէջքի կետը ունի $(2R, H)$ [0.5 միավոր] կոորդինատը: Տեղադրենք այդ կոորդինատները 1 հավասարման մեջ:

$$H = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{g}{2V_0^2} 4R^2 \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

Լուծելով այս հավասարումը V_0 -ի նկատմամբ կստանանք $V_{min} = \sqrt{g(H + \sqrt{H^2 + 4R^2})}$: [0.5 միավոր]



3) Ինքնատատանումներ (4.5 միավոր)

Համաձայն ջերմափոխանակության օրենքների՝ տաք առարկան ջերմություն է փոխանցում շրջակա ավելի սառը միջավայրին որոշակի հզորությամբ՝

$$P = k(T_0 - T_l),$$

որտեղ T_0 -ն օբյեկտի ջերմաստիճանն է, T_l -ը շրջակա միջավայրի ջերմաստիճանն է, իսկ k -ն հաստատուն գործակից է: Մեր խնդրում լաբորատորիայում ջերմաստիճանը $T_l = 270$ Կ է: Դիտարկենք մի ռադիոդետալ, որի R դիմադրությունը կախված է իր T ջերմաստիճանից այնպես, ինչպես ցույց է տրված ստորև բերված նկարում (մասշտաբը պահպանված չէ):

Ռադիոդետալի ջերմունակությունը $C = 2$ Ջ/Կ է: Նկատելք,

որ գրաֆիկի կորը միարժեք չի՝ ունենք հիստերեզիս: Ցածր ջերմաստիճանից տաքացնելիս դիմադրության գրաֆիկն ավելի ցածր է, իսկ բարձր ջերմաստիճանից հովացնելիս՝ ավելի բարձր:

Երբ այս ռադիոդետալը միացվում է $V_1 = 50$ Վ լարման աղբյուրին, նրա ջերմաստիճանը կայունանում է $T_1 = 350$ Կ ջերմաստիճանում:

ա) Ինչքա՞ն է k գործակիցի թվային արժեքը: [1 միավոր]

Երբ այս ռադիոդետալը միացվում է $V_1 = 70$ Վ լարման աղբյուրին, նրա ջերմաստիճանը չի կայունանում, և դրանով անցնող հոսանքի ուժը տատանումներ է կատարում:

բ) Բացատրեք թե ինչու են առաջանում տատանումներ: [1 միավոր]

գ) Գնահատե՞ք այս տատանումների պարբերությունը: Կարող եք համարել, որ ջերմաստիճանը տատանվում է $T_{av} = 380.5$ Կ արժեքի շուրջ: [2.5 միավոր]

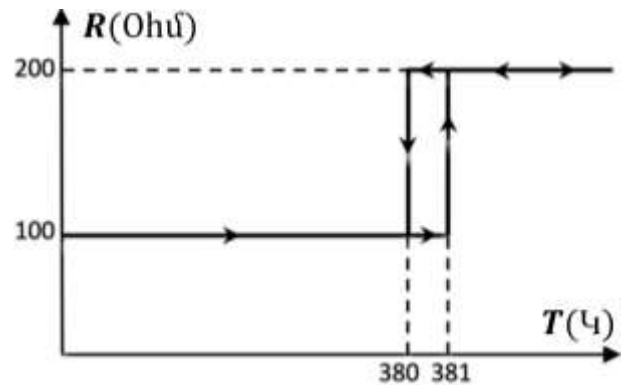
Լուծում

ա) $\frac{V_1^2}{R_{min}} = k(T_1 - T_l)$ [0.5 միավոր]

$$k = 0.3125 \frac{\text{Վ}^2}{\text{Կ}} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

բ) Տատանումներ առաջանում են քանի որ [1 միավոր]

գ) Միջին ջերմաստիճանը վերցնենք 380.5 Կ:



$$C(T_{max} - T_{min}) = \left(\frac{v_2^2}{R_{min}} - k(T_{av} - T_l) \right) \tau_1 \text{ [0.5 + 0.5 միավոր]}$$

$$C(T_{min} - T_{max}) = \left(\frac{v_2^2}{R_{max}} - k(T_{av} - T_l) \right) \tau_2 \text{ [0.5 միավոր]}$$

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 = C(T_{max} - T_{min}) \left(\frac{1}{\frac{v_2^2}{R_{min}} - k(T_{av} - T_l)} + \frac{1}{k(T_{av} - T_l) - \frac{v_2^2}{R_{max}}} \right) \text{ [0.5 միավոր]}$$

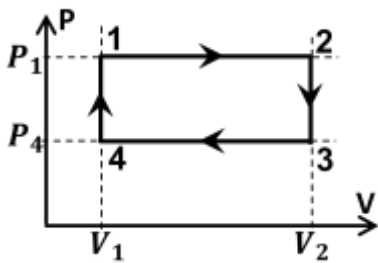
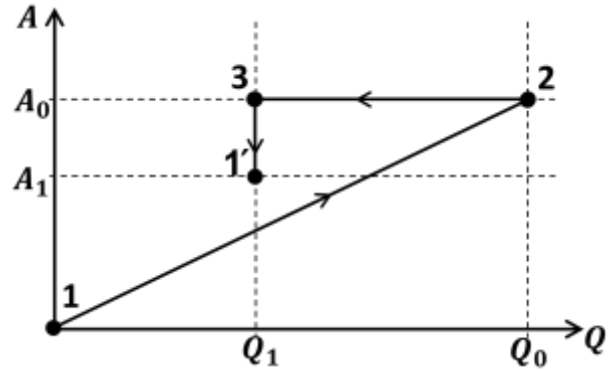
$$\tau = 0.34 \text{ վ [0.5 միավոր]}$$

4) A – Q թե՞ P – V (6 միավոր)

Նկարում բերված է P – V կոորդինատային համակարգում միատոմ իդեալական գազի հետ ընթացող շրջանային պրոցեսի գրաֆիկը A – Q առանցքների վրա:

ա) Այս շրջանային պրոցեսի ՕԳԳ-ն 30% է: Ինչքա՞ն է A₁-ի արժեքը, եթե Q₀ = 100Ջ. [0.5 միավոր]

բ) Հայտնի է, որ 1 – 2 պրոցեսն իզոթեր է: Գծել այս պրոցեսի որակական գրաֆիկը P – V առանցքների վրա: Նշել պրոցեսի տեսակը բոլոր հասվածներում: [1 միավոր]



գ) Դիցուք P – V դիագրամում բերված է միատոմ իդեալական գազի հետ կատարվող ուղղանկյուն շրջանային պրոցեսի գրաֆիկ, որի ՕԳԳ = η, իսկ 12 պրոցեսում գազին փոխանցվել է Q₀ ջերմաքանակ: Նաև հայտնի է, որ ներքին էներգիայի փոփոխության մոդուլը 23 պրոցեսի ընթացքում եղել է ΔU₀: Կառուցել նշված պրոցեսի գրաֆիկը A – Q կոորդինատներում՝ նշելով յուրաքանչյուր վիճակին համապատասխանող կոորդինատների արժեքները: [4.5 միավոր]

Լուծում

$$\text{ա) } \text{ՕԳԳ} = \frac{A_1}{Q_0} = 0.3$$

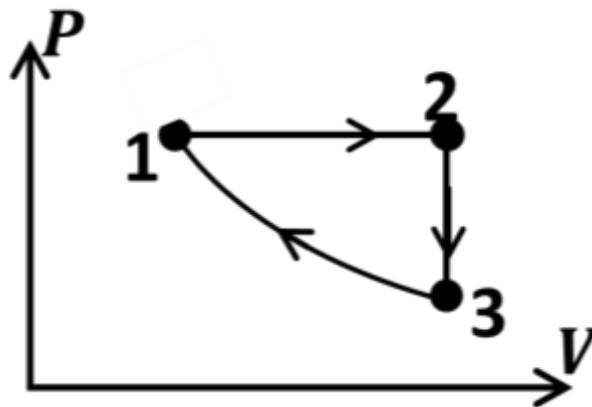
$$A_1 = Q_0 * 0.3 = 30 \text{ Ջ [0.5 միավոր]}$$

բ) 12 իզոթեր

23 իզոխոր

31 ադիաբատ

[0.5 + 0.5 միավոր]



գ) 1 վիճակին համապատասխանող կոորդինատները կլինեն՝

$$A_1 = 0; Q_1 = 0 \text{ [0.5 միավոր]}$$

2 վիճակին համապատասխանող կոորդինատները կլինեն՝

$$A_2 = 0.4Q_0; Q_2 = Q_0 \text{ [0.5 միավոր]}$$

3 վիճակին համապատասխանող կոորդինատները կլինեն՝

$$A_3 = A_2 + A_{23} = A_2 = 0.4Q_0; Q_3 = Q_0 - \Delta U_0 \text{ [0.5 միավոր]}$$

4 վիճակին համապատասխանող կորոդինատները գտնելու համար, հաշվի առնենք, որ

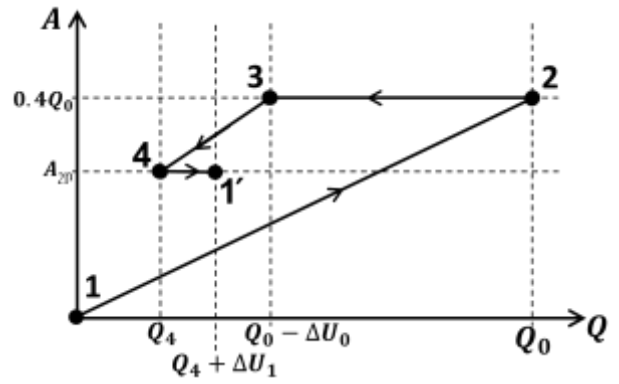
$$\begin{cases} \frac{A_{1n}}{Q_0 + \Delta U_1} = \eta \\ \frac{0.4Q_0 - A_{1n}}{Q_0 - \Delta U_0 - Q_4} = 0.4 \text{ [0.5 + 0.5 + 0.5 միավոր]} \\ Q_4 + \Delta U_1 = A_{1n} \end{cases}$$

Այս համակարգից ստանում ենք՝

$$\Delta U_1 = \frac{0.4\Delta U_0 - 0.6\eta Q_0}{\eta - 0.4\eta + 0.4} \text{ [0.5 միավոր]}$$

4 վիճակին համապատասխանող կորոդինատներն են՝

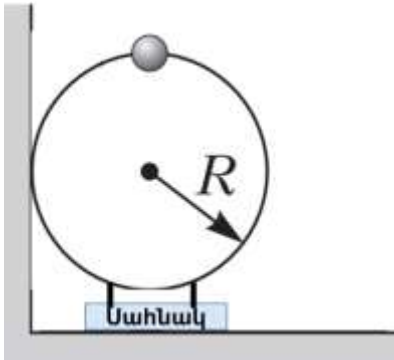
$$\begin{aligned} A_4 &= A_{1n} = \eta \cdot (Q_0 + \Delta U_1); Q_4 = A_{1n} - \Delta U_1 \\ &= \eta Q_0 + (\eta - 1)\Delta U_1 \text{ [0.5 միավոր]} \end{aligned}$$



1' վիճակին համապատասխանող կորոդինատները կլինեն՝

$$A_{1'}, A_{1n} = \eta \cdot (Q_0 + \Delta U_1); Q_{1'}, Q_{1n} = \eta \cdot (Q_0 + \Delta U_1) \text{ [0.5 միավոր]}$$

5) Օղակաշարժիչ (8 միավոր)



M զանգվածով և R շառավղով սահնակին ամրացված օղակը դրված է ողորկ պատի և ողորկ հատակի անկյունում: m զանգվածով հուլունքը գտնվում է օղակի գագաթում: Հուլունքը բաց թողնելուց հետո, այն առանց շփման սկսում է սահել օղակի աջ կիսաշրջանագծով:

ա) Հուլունքը օղակի կենտրոնին միացնող շառավիղ վեկտորի ուղղաձիգի հետ կազմած, ինչ անկյան դեպքում օղակը կպոկվի պատից: [2 միավոր]

բ) Ինչքա՞ն է հուլունքի արագությունը օղակի պատից պոկվելու պահին: [0.5 միավոր]

գ) Ինչքա՞ն է հուլունքի կենտրոնաձիգ արագացումը օղակի պատից պոկվելու պահին: [0.5 միավոր]

դ) Ինչքա՞ն է հուլունքի արագությունը այն պահին, երբ հուլունքը օղակի կենտրոնին միացնող շառավիղը հորիզոնական է $\beta = 90^\circ$: [3 միավոր]

ե) Ինչքա՞ն է հուլունքի վրա օղակի կողմից ազդող հակազդեցության ուժը դ) կետում նկարագրված պահին: [2 միավոր]

Լուծում

ա) Էներգիայի պահպանման օրենքից, միևնույն պահպանվելը

$$m \cdot \frac{v^2}{2} = mg(R - R \cdot \cos(\alpha)) \text{ [0.5 միավոր]}$$

$$\frac{mv^2}{R} = mg \cdot \cos(\alpha) - N \text{ [0.5 միավոր]}$$

Այս երկուսից՝

$$N = mg(3 \cos(\alpha) - 2)$$

Պոկվելու պայմանն է՝ $N = 0$, [0.5 միավոր] այստեղից՝ $\cos(\alpha_0) = \frac{2}{3}$: [0.5 միավոր]

b) $v_0^2 = gR \cdot \cos(\alpha_0) = \frac{2}{3}gR \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2}{3}gR} \text{ [0.5 միավոր]}$

c) $a = \frac{v^2}{R} = \frac{2}{3}g \text{ [0.5 միավոր]}$

d) Նշանակենք հոլունքի արագության ուղղաձիգ բաղադրիչը v_1 -ով, իսկ հորիզոնական բաղադրիչը u -ով:
 Հոլունքի արագությունը կլինի $v_{\text{ը}}^2 = v_1^2 + u^2$ [0.5 միավոր]

$$\begin{cases} mv_0 \cdot \cos(\alpha_0) = (m + M)u & [1 \text{ միավոր}] \\ \frac{mv_0^2}{2} + mgR\cos(\alpha_0) = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{(m + M)u^2}{2} + mgR \cdot \cos(90^\circ) & [0.5 \text{ միավոր}] \end{cases}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgR\cos(\alpha) = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{(m + M)u^2}{2}$$

$$v_0^2 + 2gR\cos(\alpha) - \frac{(m + M)u^2}{m} = v_1^2$$

$$\begin{aligned} v_1^2 &= \frac{2}{3}gR + 2gR\frac{2}{3} - \frac{(m + M)}{m} \left(\frac{mv_0 \cdot \cos(\alpha_0)}{(m + M)} \right)^2 = \frac{2}{3}gR + 2gR\frac{2}{3} - \frac{m}{m + M} \frac{2}{3}gR \left(\frac{2}{3} \right)^2 = \frac{2}{3}gR \left(1 + 2 - \frac{m}{m + M} \left(\frac{2}{3} \right)^2 \right) \\ &= \frac{2}{3}gR \left(3 - \frac{m}{m + M} \left(\frac{2}{3} \right)^2 \right) \end{aligned}$$

$$v_{\text{ը}}^2 = v_1^2 + u^2 = \frac{2}{3}gR \left(3 - \frac{m}{m + M} \left(\frac{2}{3} \right)^2 \right) + \left(\frac{m}{m + M} \right)^2 \frac{2}{3}gR \cdot \left(\frac{2}{3} \right)^2 = \frac{2}{3}gR \left(3 - \frac{m}{m + M} \left(\frac{2}{3} \right)^2 + \left(\frac{m}{m + M} \right)^2 \left(\frac{2}{3} \right)^2 \right)$$

[1 միավոր, 0.5 միավոր եթե ճիշտ ստացվել է v_1 կամ u
 – երից որևէ մեկը, միջանկյալ հաշվարկները չեն գնահատվում]

$$e) \begin{cases} Ma_x = N & [0.5 \text{ միավոր}] \\ m \left(a_x - \frac{v_1^2}{R} \right) = -N & [1 \text{ միավոր}] \end{cases} \Rightarrow \frac{mM}{m + M} \frac{v_1^2}{R} = N \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$