



ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԴՊՐՈՑԱԿԱՆ ՕԼԻՄՊԻԱԴԱ - 2025

ԵՐԿՐՈՐԴ ՓՈՒԼԻ ԽՆԴԻՐՆԵՐԻ ՀՈՒԾՈՒՄՆԵՐԸ

1. Երկու մասնիկներ միաժամանակ սկսում են շարժվել ծանրության համասեռ $\vec{g}$ դաշտում: Նրանց սկզբնական v_0 արագությունները մեծությամբ հավասար են և ընկած են միևնույն ուղղաձիգ հարթության մեջ: Դրանցից մեկի արագության վեկտորը հորիզոնական ուղղության հետ կազմում է α անկյուն, իսկ մյուսինը՝ 2α անկյուն: Շարժման սկզբից հաշված, որքա՞ն ժամանակ անց մասնիկների արագությունները կլինեն համուղղված: Դիմադրության ուժերն անտեսել: (*4 միավոր*)

Լուծում.

Խնդրում դիտարկվող երկու մասնիկներն էլ շարժվում են հաստատուն արագացմամբ, որը հավասար է ազատ ազման $\vec{g}$ արագացմանը: Նրանց արագությունների պրոեկցիաները հորիզոնական x և ուղղաձիգ y առանցքների վրա հավասար են.

$$v_{1x} = v_0 \cos \alpha, \quad v_{1y} = v_0 \sin \alpha - gt, \quad (1)$$

$$v_{2x} = v_0 \cos 2\alpha, \quad v_{2y} = v_0 \sin 2\alpha - gt :$$

Քանի որ ժամանակի ինչոր τ պահի արագությունները եղել են համուղղված, հետևաբար.

$$\frac{v_{1y}}{v_{1x}} = \frac{v_{2y}}{v_{2x}},$$

կամ հաշվի առնելով (1) առնչությունները τ պահի համար կստանանք՝

$$\operatorname{tg} \alpha - \frac{g\tau}{v_0 \cos \alpha} = \operatorname{tg} 2\alpha - \frac{g\tau}{v_0 \cos 2\alpha} :$$

Որոշ եռանկյունաչափական ձևափոխություններից հետո, այս հավասարումից կստանանք պատասխանը՝

$$\tau = \frac{v_0}{g} \frac{\frac{\operatorname{tg} 2\alpha - \operatorname{tg} \alpha}{\frac{1}{\cos 2\alpha} - \frac{1}{\cos \alpha}}}{\frac{1}{\cos 2\alpha} - \frac{1}{\cos \alpha}},$$

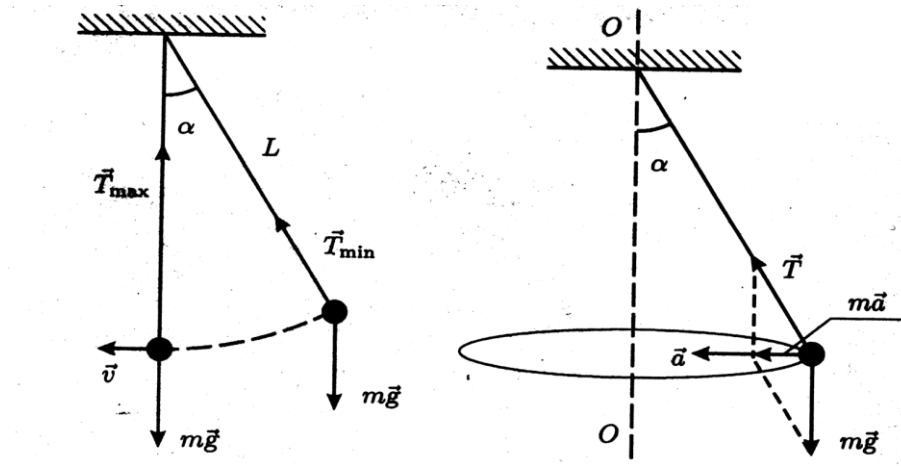
$$\operatorname{tg} 2\alpha - \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin 2\alpha}{\cos 2\alpha} - \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{\sin \alpha}{\cos 2\alpha \cos \alpha},$$

$$\frac{1}{\cos 2\alpha} - \frac{1}{\cos \alpha} = \frac{2\cos(\alpha/2)\cos(3\alpha/2)}{\cos 2\alpha \cos \alpha},$$

$$\tau = \frac{v_0 \cos(\alpha/2)}{g \sin(3\alpha/2)}:$$

2. Ինչ-որ մոլորակի վրա կարելի է իրականացնել հետևյալ փորձը: $L = 3$ մ երկարությամբ մաթեմատիկական ճոճանակի հարթ տատանումների ժամանակ թելի լարման առավելագույն ուժը նվազագույնից տարբերվում է $k = 4$ անգամ, եթե թելի թեքման անկյունն ուղղաձիգի նկատմամբ հավասար է ինչ-որ α -ի: Ուղղաձիգի նկատմամբ այդպիսի α անկյուն է կազմում ճոճանակի թելը, երբ այն պտտվում է $T = 4$ վ պարբերությամբ կախման կետով անցնող ուղղաձիգ առանցքի շուրջը: Որքա՞ն է տվյալ մոլորակի վրա ազատ անկման արագացումը: (5 միավոր)

Լուծում.



Նկարում ցուցադրված է տրված հարթ տատանումներ կատարող ճոճանակի երկու ծայրահեղ դիրքերը: Ուղղահայացից կամայական φ շեղման անկյան համար կիրառենք Նյուտոնի երկրորդ օրենքը թելի ուղղությամբ պրոյեկցիաներով՝

$$\frac{mv^2(\varphi)}{L} = T(\varphi) - mg \cos \varphi, \quad \text{կամ} \quad T(\varphi) = \frac{mv^2(\varphi)}{L} + mg \cos \varphi,$$

որտեղ $v(\varphi)$ - ն ճոճանակի գնդիկի արագությունն է, իսկ $T(\varphi)$ -ն թելի լարման ուժն է կամայական φ շեղման անկյան համար: Քանի որ v արագությունն ու $\cos \varphi$ -ն աճում են

$\varphi = \alpha$ առավելագույն շեղման դիրքից $\varphi = 0$ հավասարակշռության դիրք անցման դեպքում, ապա

$$T_{max} = mg + \frac{mv^2}{L} \quad (1)$$

$$T_{min} = mg \cos \alpha : \quad (2)$$

Հավասարակշռության դիրքում v արագությունը գտնում ենք, օգտագործելով էներգիայի պահպանման օրենքը՝

$$\frac{mv^2}{2} = mgL(1 - \cos \alpha) : \quad (3)$$

(1), (2), և (3)-ից ստանում ենք

$$\cos \alpha = \frac{3}{k+2} = \frac{1}{2} : \quad (4)$$

Այժմ դիտենք նկարում պատկերված ճոճանակի պտտողական շարժումը (կոնաձև ճոճանակ)։ Բեռի $\vec{a}$ արագացումն ուղղված է դեպի OO պտտման առանցքը։ $\vec{T}$ -ն թելի լարման ուժն է։ Նյուտոնի երկրորդ օրենքով

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T} :$$

Նկարից երևում է, որ

$$ma = mgtg\alpha : \quad (5)$$

Կենտրոնաձիգ արագացումը

$$a = \omega^2 L \sin \alpha : \quad (6)$$

(5), (6), և (4)-ից ստանում ենք՝

$$g = \omega^2 L \cos \alpha = \frac{3}{k+2} \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 L = 3.7 \text{ մ/վրկ}^2$$

Նկատենք, որ Մերկուրի մոլորակում ազատ անկման արագացումը հավասար է $g = 3.92 \text{ մ/վրկ}^2$:

- Երկու կալորիմետրեր լցված են $m_1 = m_2 = 1$ կգ զանգվածներով տարբեր ջերմաստիճանի ջրեր։ Տաք ջրի $\Delta m = 0,2$ կգ զանգվածն ավելացնում են սառին, խառնում և ջերմային հավասարակշռություն հաստատվելուց հետո նույն զանգվածով ջուր վերադարձնում են «տաք» կալորիմետր։ Չորս անգամ պրոցեսը կրկնելուց հետո, ստացվում է, որ տաք ջրի ջերմաստիճանը դարձել է $t'_2 = 57,5^\circ \text{C}$, իսկ սառինը՝ $t'_1 = 41,5^\circ \text{C}$: Գտնել ջրերի սկզբնական

ջերմաստիճանները: Կալորիմետրի ջերմունակությունը և ջերմային կորուստներն անտեսել: (*5 միավոր*)

Լուծում.

Սկզբնական ջրերի ջերմաստիճանները նշանակենք t_2 և t_1 ($t_2 > t_1$): Հաշվենք ի՞նչ t_3 ջերմաստիճան կհաստատվի սառը ջրով կալորիմետրում, եթե այնտեղ ավելացնենք Δm զանգվածով ջուր: Ջերմային հաշվեկշռի հավասարումից կստանանք՝

$$cm(t_3 - t_1) = c\Delta m(t_2 - t_3),$$

որտեղ c -ն ջրի տեսակարար ջերմունակությունն է: Հետևաբար՝

$$t_3 = \frac{mt_1 - \Delta mt_2}{m + \Delta m}:$$

Կատարենք նշանակում՝ $p = \frac{\Delta m}{m} = \frac{1}{5}$ և t_3 -ը գրենք $t_3 = \frac{t_1 - pt_2}{1+p}$ տեսքով:

Այժմ գտնենք, թե ի՞նչ t_4 ջերմաստիճան կհաստատվի, եթե Δm զանգվածով ջուրը վերադարձնենք «տաք» կալորիմետր: Գրենք ջերմային հաշվեկշռի հավասարումը՝

$$c(m - \Delta m)(t_2 - t_4) = c\Delta m(t_4 - t_3):$$

Որտեղից՝

$$t_4 = \frac{(m - \Delta m)t_2 + \Delta mt_3}{m} = pt_3 + (1 - p)t_2 = \frac{pt_1 + t_2}{1+p}:$$

Մեկ անգամ լցնելու և վերադարձնելու հետևանքով կալորիմետրերի ջերմաստիճանների տարբերությունը կլինի՝

$$t_4 - t_3 = (t_2 - t_1) \frac{1-p}{1+p}:$$

Առաջնորդվելով օրինաչափությամբ՝ երկրորդ լցնելու և վերադարձնելու պրոցեսից հետո ջերմաստիճանների տարբերությունը կլինի՝ $t_6 - t_5$, և եթե t_2 -ը փոխարինենք t_4 -ով, իսկ t_1 -ը՝ t_3 -ով, ապա՝

$$t_6 - t_5 = (t_4 - t_3) \frac{1-p}{1+p} = (t_2 - t_1) \left(\frac{1-p}{1+p} \right)^2:$$

Այսպիսով՝ յուրաքանչյուր անգամ լցնելուց և վերադարձնելուց հետո ջերմաստիճանային տարբերությունը փոխվում է $\frac{1-p}{1+p}$ անգամ: Չորս անգամ պրոցեսը կրկնելու դեպքում ջերմաստիճանային փոփոխությունը կորոշվի՝

$$t'_2 - t'_1 = (t_2 - t_1) \left(\frac{1-p}{1+p} \right)^4 = \frac{16}{81} (t_2 - t_1):$$

Հետևաբար՝

$$t_2 - t_1 = \frac{81}{16} (t'_2 - t'_1) = 81^\circ\text{C}:$$

Եթե տաք և սառը ջրերն ամբողջությամբ խառնեինք, ապա կհաստատվեր՝ $\theta = \frac{t'_2 - t'_1}{2} = \frac{57,5 + 41,5}{2} = 49,5^\circ\text{C}$: Քանի որ ջիր զանգվածները հավասար են, ապա հավասարակշռության θ

ջերմաստիճանից սառը և տաք ջրերի ջերմաստիճանները պետք է շեղված լինեն հավասար չափով: Այսպիսով՝

$$t_2 = \theta + \frac{t_2 - t_1}{2} = 90^\circ\text{C}, \text{ իսկ } t_1 = \theta - \frac{t_2 - t_1}{2} = 9^\circ\text{C}:$$

4. $N = 20$ պղնձյա գալարներից բախկացած, $l_1 = 4$ սմ և $l_2 = 8$ սմ կողմերով ուղղանկյունաձև շրջանակը, $n = 50$ Հց հաճախությամբ պտտվում է $B = 0,5$ Տլ ինդուկցիայով համասեռ մագնիսական դաշտում: Շրջանակի պտտման առանցքն անցնում է նրա հանդիպակաց կողմերի միջնակետերով և ուղղահայաց է մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի $\vec{B}$ վեկտորին: Հաղորդալարի տրամագիծը $d = 0,5$ մմ է, իսկ պղնձի տեսակարար դիմադրությունը՝ $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Օմ·մ: Որքա՞ն է ջերմային հզորությունը, որն անջատվում է շրջանակին միացված $R = 1$ Օմ դիմադրությամբ բեռի վրա: (6միավոր)

Լուծում.

Ընդունենք, որ պտտման առանցքն անցնում է l_1 երկարություն ունեցող կողմերի կենտրոններով: Այդ դեպքում շրջանակի l_2 երկարությամբ կողմերը շարժվում են մագնիսական դաշտում՝ հետևյալ գծային արագությամբ

$$v = \omega \frac{l_1}{2} = 2\pi n \frac{l_1}{2} = \pi n l_1,$$

և շրջանակի յուրաքանչյուր գալարում ստեղծվում է ինդուկցիայի ԷԼՇՈւ

$$E_1 = 2Bl_2 v \sin \alpha = 2\pi B n l_1 l_2 \sin \alpha ,$$

որտեղ α -ն l_2 կողմերի շարժման արագության ուղղության և մագնիսական ինդուկցիայի գծերի միջև եղած անկյունն է: Այստեղ նկատի է առնվել, որ ինդուկցիայի ԷԼՇՈւ-ն ի հայտ է գալիս շրջանակի միայն l_2 երկարությամբ երկու կողմերում:

$\alpha = \omega t$ անկյունը կախված է ժամանակից, այնպես որ շրջանակում ստեղծվող ինդուկցիայի ԷԼՇՈւ-ն կլինի փոփոխական: Բազմապատկելով մեկ գալարում ստացված ԷԼՇՈւ-ն գալարների թվով, գտնենք շրջանակի ԷԼՇՈւ-ն՝

$$E = 2\pi n B N l_1 l_2 \sin \omega t:$$

$l_1 l_2$ արտադրյալը իրենից ներկայացնում է շրջանակի մակերեսը, հետևաբար

$$E = 2\pi n B N S \sin \omega t$$

Գրանցման այս ձևն ավելի ընդհանուր է, քանի որ ԷԼՇՈւ-ն կախված է միայն շրջանակի մակերեսից, այլ ոչ թե՝ նրա ձևից:

Ինդուկցիայի ԷԼՇՈւ-ն հասնում է իր լայնությանին արժեքին t' պահին, երբ $\sin \omega t' = 1$ և

$$E_0 = 2\pi n B N S :$$

Ինդուկցիայի ԷԼՇՈւ-ի գործող արժեքն է

$$E_q = \frac{E_0}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}\pi n B N S$$

Հոսանքի որոշման համար գտնենք շրջանակի լարի դիմադրությունը՝

$$r = \frac{8\rho N(l_1+l_2)}{\pi d^2}:$$

Շղթայում հոսանքի գործող արժեքն է

$$I_q = \frac{E_q}{R+r} = E_q / \left(R + \frac{8\rho N(l_1+l_2)}{\pi d^2} \right) = 5A:$$

Դիմադրության վրա անջատվող ջերմային հզորությունը հավասար է

$$P = I_q^2 R = 25 \text{ Վտ} :$$

ԵՊՀ ֆիզիկայի ինստիտուտի տնօրեն՝

Խ. Վ. Ներկարարյան

Առարկայական հանձնաժողովի նախագահ՝

Ռ. Բ. Ալավերդյան