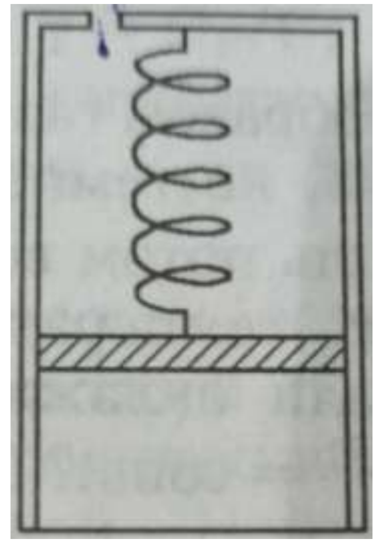
ՖԻԶԻԿԱՅԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏԱԿԱՆ ՕԼԻՄՊԻԱԴԱ

Մարզային փուլ – 19.01.24թ. տևողությունը 180 րոպե (3 ժամ)

11-րդ դասարան



1) Մեկ մոլ իդեալական գազը փակված է գլանում անկշիռ մխոցի տակ: Մխոցը անկշիռ զսպանակով ամրացված է գլանի վերին մասին: Երբ զսպանակը դեֆորմացված չէ, մխոցով փակված գազի V_0 ծավալը ենթարկվում է $P_0S^2 = kV_0$ պայմանին, որտեղ P_0-ն մթնոլորտային ճնշումն է, S-ը՝ մխոցի մակերեսը, k-ն՝ զսպանակի կոշտությունը: Մխոցից վերև միշտ պահպանվում է մթնոլորտային ճնշում: Գլանի պատերը և մխոցը չունեն ջերմունակություն: Գազը սկսում են տաքացնել: Որոշել այս պայմաններում գտնվող մեկ մոլ գազի ջերմունակության թվային արժեքը (պրոցեսի ջերմունակությունը): Գազային ունիվերսալ հաստատունը՝ $R = 8.31\frac{\text{Ջ}}{\text{մոլ}\cdot\text{Կ}}$

Ցուցում՝ գազի ջերմունակությունը այսպիսի պրոցեսի ընթացքում հաստատուն է:

Ելնելով $P_0S^2 = kV_0$ պայմանից, հեշտ է դուրս ստանալ մխոցով սահմանափակված գազի սյան բարձրությունը՝

$$H_0 = \frac{P_0S}{k}$$

Ենթադրենք տաքացրել ենք գազը մինչև T ջերմաստիճանը, որից հետո գազի սյան բարձրությունը դարձել է H: Մխոցի հավասարակշռության պայմանից կստացվի՝

$$kx + P_0S = PS$$

Տեղադրելով P_0-ի արտահայտությունը՝

$$k(H - H_0) + kH_0 = kH = PS$$

Այստեղից՝

$$kH^2 = PSH = PV = \nu RT \text{ **(1 միավոր)**}$$

Ջերմաստիճանի շատ փոքր աճի դեպքում ունենք՝

$$k \cdot 2H\Delta H = \nu R\Delta T$$

Հասկանալի է, որ ΔH-ն էլ է շատ փոքր: Մխոցի շատ փոքր ΔH-ով բարձրանալու ընթացքում կատարված աշխատանքը կլինի (աշխատանքը որոշելու ճիշտ մեթոդը **(1 միավոր)**)՝

$$\Delta W = kH\Delta H = \frac{\nu R\Delta T}{2} \text{ **(0.5 միավոր)**}$$

Ներքին էներգիայի փոփոխությունը կլինի $\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$ **(0.5 միավոր)**

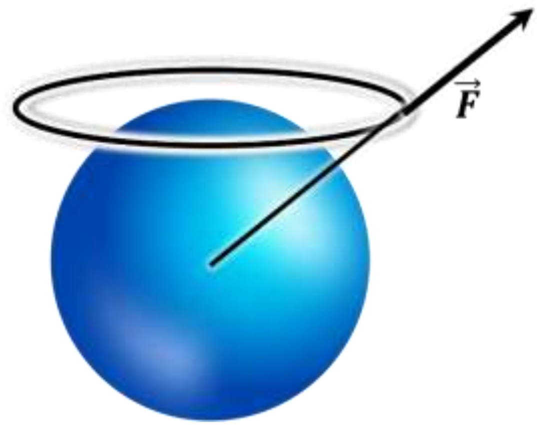
Ջերմադինամիկայի առաջին օրենքից, գազին փոխանցված ջերմաքանակը կլինի (Q-ն որոշելիս նշանների ճիշտ տեղադրում և հաշվարկ **(0.5 միավոր)**)՝

$$Q = \Delta U + \Delta W = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + \frac{\nu R\Delta T}{2} = 2\nu R\Delta T \quad (\mathbf{1} \text{ միավոր})$$

Որտեղից ունենք՝

$$C = 2\nu R \text{ ***(0.5 միավոր)***}$$

2) Հորիզոնական մեկուսիչ հենարանի վրա ամրացված է հաղորդիչ գունդը, որը կրում է Q լիցք: Գնդի կենտրոնից R հեռավորության վրա դրված է R շառավղով և m զանգվածով օղակի կենտրոնը: Օղակը չի հպվում ո՛չ մեկուսիչ հենարանին, ո՛չ էլ գնդին: Ի՞նչ լիցք է պետք հաղորդել օղակին որպեսզի այն լինի հավասարակշռության մեջ: Արդյոք կայուն կլինի այդ հավասարակշռությունը:



Օղակի ցանկացած փոքր dl տեղամասի վրա ազդող ուժը կլինի՝

$$dF = k\frac{Q\lambda dl}{R^2 + R^2} \text{ (1 միավոր)}$$

Որտեղ $\lambda = \frac{Q}{2\pi R}$, օղակի լիցքի գծային խտությունն է: Եթե օղակի բոլոր տեղամասերի վրա ազդող ուժերը գումարենք, կչեզոքացվեն հորիզոնական բաղադրիչները և կմնան միայն ուղղաձիգ բաղադրիչները՝

$$dF_y = k\frac{Q\lambda dl}{R^2 + R^2}\sin(45^0) \text{ (1 միավոր)}$$

Ամբողջ ուժը կլինի՝

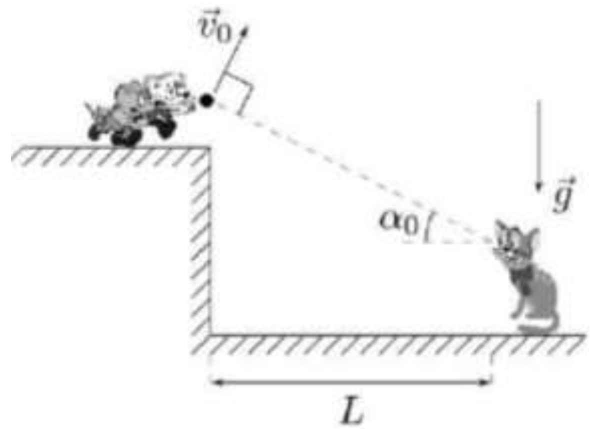
$$F_y = k\frac{Q \cdot q_{\text{օղակ}}}{2R^2} sin(45^0) = mg \quad \text{(1 միավոր)}$$

Այստեղից ստանում ենք՝

$$q_{\text{օղակ}} = \frac{2R^2 mg}{kQsin(45^0)} \quad \text{(1 միավոր)}$$

Հավասարակշռությունը անկայուն է, քանի որ փոքր ինչ շեղելուց վերադարձնող ուժեր չեն առաջանա (1 միավոր):

3) Լեոպոլդ կատուն նստած է հորիզոնական հատակին՝ ուղղաձիգ ժայռից L հեռավորության վրա (տես նկարը): Ժայռի եզրից մկները նետում են քարը $v_0 = 10$ մ/վ արագությամբ: $\vec{v}_0$ արագության վեկտորը ուղղահայաց է «մուկ-կատու» միացնող ուղղին: Լեոպոլդ կատուն և քարի շարժման հետագիծը նույն հարթության մեջ են, ազատ անկման արագացումը $g = 10$ մ/վ^2:

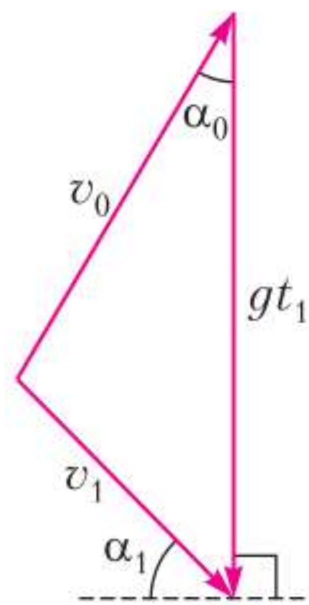


«Քար-կատու» միացնող ուղիղը հորիզոնի հետ $t = 0$ վ պահին կազմում է $\alpha_0 = 25^0$, իսկ նետումից t_1 ժամանակ անց «քար-կատու» միացնող ուղիղը հորիզոնի հետ կազմում է առավելագույն $\alpha_1 = 38^0$ անկյուն:

ա) Ինչքա՞ն է t_1 ժամանակը:

բ) Ինչքա՞ն է Լեոպոլդի և ժայռի միջև L հեռավորությունը:

Պետք է հասկանալ, որ «քար-կատու» միացնող ուղիղը հորիզոնի հետ կազմում է առավելագույն անկյուն այն պահին, երբ $\vec{v}_1$ ուղիղը ուղղված է «քար-կատու» միացնող ուղղի երկայնքով: $\vec{v}_0$, $\vec{g}t_1$, $\vec{v}_1$ վեկտորները կազմում են եռանկյունի այնպես, ինչպես պատկերված է նկարում **(1 միավոր)**: Առավելագույն անկյան դեպքում $\vec{v}_1$ վեկտորը հորիզոնի հետ կազմում է α_1 անկյուն **(0,5 միավոր)**: Սինուսների կանոնի համաձայն՝



$\frac{g t_1}{\sin\left(\frac{\pi}{2}+\alpha_1-\alpha_0\right)} = \frac{v_1}{\sin(\alpha_0)} = \frac{v_0}{\sin\left(\frac{\pi}{2}-\alpha_1\right)}$ **(0,5 միավոր)**

Այստեղից

$$t_1 = \frac{v_0}{g}\frac{sin\left(\frac{\pi}{2}+\alpha_1-\alpha_0\right)}{sin\left(\frac{\pi}{2}-\alpha_1\right)} \approx 1{,}24 \text{ վ} \quad (\mathbf{0{,}5} \text{ միավոր})$$

Համարենք կատվի գտնվելու դիրքը, որպես հաշվարկման սկզբնակետ: t_1 պահին քարի y կոորդինատը կլինի

$y = h + v_0 t_1 \cos(\alpha_0) - \frac{g t_1^2}{2}$ **(0,5 միավոր)**

h-ը ժայռի բարձրությունն է, սկզբնական տվյալներից հայտնի է, որ $h = L \cdot tg(\alpha_0)$: Իսկ կատվից քարի հեռավորությունը x առանցքով կլինի՝

$x = L - v_0 t_1 \sin(\alpha_0)$ **(0,5 միավոր)**

Խնդրի տվյալներից գիտենք՝

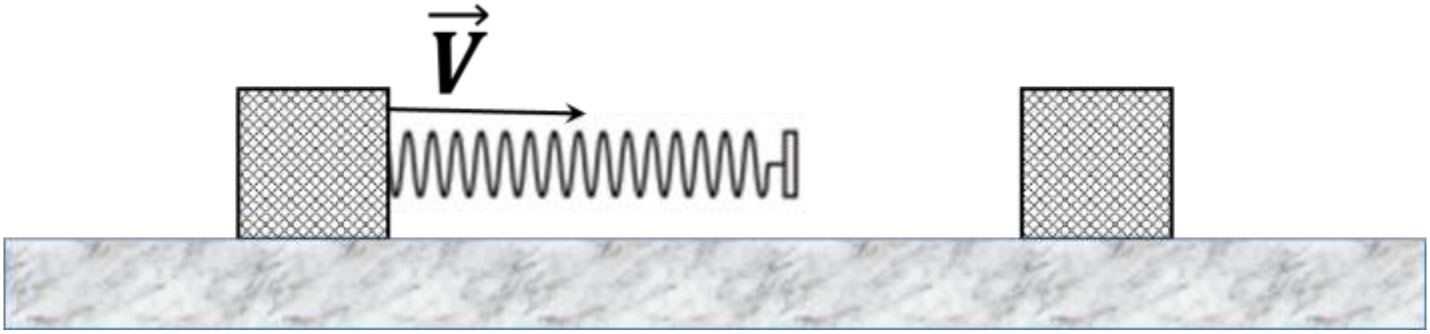
$tg(\alpha_1) = \frac{y}{x}$ **(0,5 միավոր)**

Այս բոլոր հավասարումներից ստանում ենք՝

$L = \frac{v_0 t_1 \cos(\alpha_0) - \frac{g t_1^2}{2} + v_0 t_1 \sin(\alpha_0) tg(\alpha_1)}{tg(\alpha_1) - tg(\alpha_0)}$ **(0,5 միավոր)**

$L \approx 24.3$ մ **(0,5 միավոր)**

4) m զանգվածով բեռին ամրացված է անկշիռ զսպանակ, որի կոշտությունը k է: Զսպանակով բեռի աջ կողմում դրված է M զանգվածով բեռ: Ձախ բեռին հաղորդում են V արագություն դեպի աջ: Որքա՞ն ժամանակ է տևելու աջ մարմնի և զսպանակի միջև հպումը բախման ընթացքում: Ինչքա՞ն կլինի զսպանակի առավելագույն դեֆորմացիան: Շփումը անտեսել:



Զանգվածի կենտրոնի (**1 միավոր**) արագությունը $V_c = mV/(m+M)$ է, իսկ այդ համակարգում ձախ և աջ մարմինների արագությունները համապատասխանաբար $V_{1c} = MV/(m+M)$ և $V_{2c} = -mV/(m+M)$ են (**1 միավոր**): Զսպանակի առավելագույն դեֆորմացիան կլինի երբ մարմինները կանգնած են զ. կ. համակարգում.

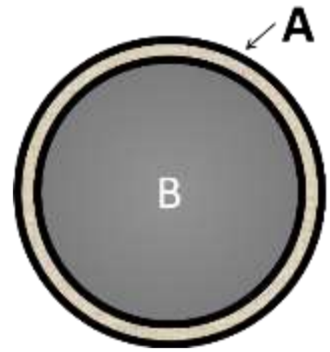
$$\frac{k x_{max}{}^2}{2} = \frac{m V_{1c}{}^2}{2} + \frac{M V_{2c}{}^2}{2} = \frac{MmV^2}{2(m+M)} \ , \qquad x_{max} = \sqrt{\frac{MmV^2}{k(m+M)}} \ (\mathbf{1}\ \text{միավոր})$$

Բախման տևողությունը որոշվում է համազգի տատանման պարբերությամբ և հավասար է դրա կեսին (զսպանակի երկու չդեֆորմացված վիճակների միջև ժամանակը) (**0,5 միավոր**): Զսպանակի այն կետը, որը համապատասխանում է զանգվածի կենտրոնին մնում է անշարժ, և դրանից աջ և ձախ ընկած մասերի տատանումները կարելի է դիտարկել իրարից անկախ (**0,5 միավոր**): Զսպանակը զ. կ. -ով բաժանվում է $M:m$ հարաբերությամբ, և ձախ մասի կոշտությունը լինում է $k(m+M)/M$ (**0,5 միավոր**): Բախման տևողությունը կլինի

$$t = \pi \sqrt{\frac{mM}{k(m+M)}} \ (\mathbf{0.5}\ \text{միավոր})$$

Նույնը կստացվի աջ մասը դիտարկելու դեպքում:

5) Բարակ, կոշտ պատերով առաձգական A գնդոլորտը ներսից պատված է ռետինե շերտով: Ռետինե շերտը և A գնդոլորտը միասին ունեն m զանգված: A գնդոլորտի ներսում, նրան համակենտրոն, գտնվում է $m/2$ զանգվածով B գնդիկը, որի պատերը բոլոր կողմերից կիպ հպվում են ռետինե շերտին (տե՛ս նկար): Ցանկացած տատանում, որը առաջանում է A+B համակարգում մարող է. տատանումներով պայմանավորված մեխանիկական էներգիան մի քանի տատանում հետո վերածվում է ջերմային էներգիայի:



ա) Համակարգը պահում ենք առաձգական հատակից h բարձրության վրա և բաց թողնում առանց սկզբնական արագության: Ի՞նչ բարձրության կհասնի այս համակարգը հատակից անդրադառնալուց հետո:

բ) Համակարգը պահում են հորիզոնի հետ 45^0 անկյուն կազմող առաձգական հարթության վերևում՝ h բարձրության վրա հարվածի կետից: Ինչքա՞ն կլինի համակարգի արագության՝ թեք հարթության հետ կազմած անկյան տանգենսը անդրադառնալուց հետո: Համարեք, որ անդրադարձման պրոցեսի վերջում տատանումները մարել են:

ա) Հատակին հասնելիս և՛ A, և՛ B գնդերն ունեն ուղղաձիգ ներքև ուղղված $v = \sqrt{2gh}$ արագություն: Անդրադառնալուց A գնդի արագությունը փոխում է ուղղությունը՝ պահելով մեծությունը հաստատուն: Անդրադառնալուց անմիջապես հետո համակարգի իմպուլսը կլինի՝

$$p_{\text{սկզբնական}} = mv - \frac{m}{2}v \ (\mathbf{1}\text{ միավոր})$$

որպես դրական ուղղություն ընդունված է դեպի վեր ուղղությունը: Ինչպես նշվեց խնդրում, այսպիսի համակարգում տատանումների մարելը արագ է: Տատանումների մարելուց հետո երկու գնդերի արագությունները կլինեն նույնը, իսկ լրիվ իմպուլսը՝

$$p_{\text{վերջնական}} = \left(m + \frac{m}{2}\right)u$$

Օգտվելով, իմպուլսի պահպանման օրենքից՝

$$u = \frac{v}{3} \ (\mathbf{0.5}\text{ միավոր})$$

Այստեղից ունենք, որ առավելագույն բարձրությունը կփոքրանա 9 անգամ՝ $h_{\text{առավելագույն}} = \frac{h}{9}$ $(\mathbf{0.5}\text{ միավոր})$:

բ) Թեք հարթությանը հարվածելիս համակարգի իմպուլսի պրոյեկցիան թեք հարթության երկայնքով (դեպի ներքևը համարվում է դրական) կլինի՝

$$p_{x\text{ սկիզբ}} = mvsin(\alpha) + \frac{m}{2}vsin(\alpha) \ \ (\mathbf{0.5}\text{ միավոր})$$

$$p_{x\text{ վերջ}} = \left(m + \frac{m}{2}\right)u_x \ \ (\mathbf{0.5}\text{ միավոր})$$

Այստեղից, բախումից հետո արագության թեք հարթության վրա պրոյեկցիան կլինի՝

$$u_x = vsin(\alpha)$$

Թեք հարթությանը ուղղահայաց բաղադրիչը կլինի (դեպի վեր ուղղությունը դրական)՝

$$p_y = mvcos(\alpha) - \frac{m}{2}vcos(\alpha) = \left(m + \frac{m}{2}\right)u_y \ \ \ (\mathbf{1}\text{ միավոր})$$

Այստեղից, բախումից հետո արագության թեք հարթությանը ուղղահայաց պրոյեկցիան կլինի՝

$$u_y = \frac{vcos(\alpha)}{3}$$

Այսպիսով, արագության հարթության հետ կազմած անկյան տանգենսը կլինի

$$tg(\beta) = \frac{u_y}{u_x} = \frac{ctg(\alpha)}{3} \ (\mathbf{0.5}\text{ միավոր})$$

$$tg(\beta) = \frac{1}{3} \ \ \ (\mathbf{0.5}\text{ միավոր})$$