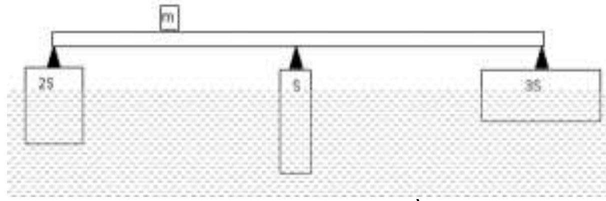
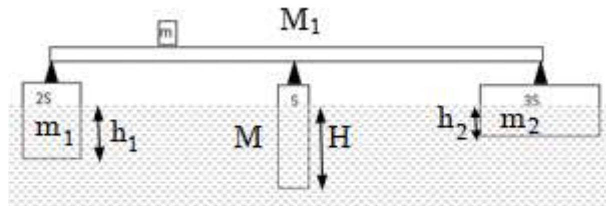
Ֆիզիկա հանրապետական փուլ – լուծումներ
11-րդ դասարան

1. Լճի վրա կառուցվել է պոնտոնային կամուրջ՝ տախտակի տեսքով, երեք լողացող հենարանների վրա (տե՛ս նկարը): Հենարանները միմյանցից հավասարահեռ են: Հենարանների հատույթների մակերեսները համապատասխանաբար $2S$, S և $3S$ են, որտեղ $S = 1.0$ մ² է: Առանց արտաքին բեռի կամուրջը հորիզոնական է: Որքա՞ն է 3S մակերեսով հենակն «ընկղմվում» ջրի մեջ, եթե $2S$ և S մակերեսներով հենարանների մեջտեղում դրվում է $m = 116$ կգ զանգվածով մարմին: Ջրի խտությունը՝ $\rho = 1000$կգ/մ^3



Լուծում: Նշանակումները նշված են նկարում: Երբ լրացուցիչ բեռ չկա, համակարգի հավասարակշռության պայմաններն են.



$\{m_1g - \rho gh_1 \cdot 2S\}L = \{m_2g - \rho gh_2 \cdot 3S\}L$,
$m_1g - \rho gh_1 \cdot 2S + m_2g - \rho gh_2 \cdot 3S - \rho gH \cdot S = Mg + M_1g$:
Եթե լրացուցիչ բեռը դնելուց հետո կենտրոնական գլանը իջնում է x_1-ով, իսկ աջ նոր հորիզոնական դիքից աջ գլանը բարձրանում է x_2-ով, ապա կենտրոնական կետի նկատմամբ մոմենտների հավասարումից ունենք $\{m_1g - \rho g(h_1 + x_1 + x_2) \cdot 2S\}L + mgL/2 = \{m_2g - \rho g(h_2 + x_1 - x_2) \cdot 3S\}$L, իսկ ուժերի գումարի զրո լինելու պայմանն է
$m_1\text{g} - \rho\text{g}(h_1 + x_1 + x_2) \cdot 2\text{S} + \text{mg} + m_2\text{g} - \rho\text{g}(h_2 + x_1 - x_2) \cdot 3\text{S} - \rho g(H + x_1) \cdot S = Mg + M_1g$:
Առաջին պայմանից, հաշվի առնելով մինչև բեռը դնելու պայմանը, ստանում ենք
$-\rho g(x_1 + x_2) \cdot 2S + mg/2 = -\rho g(x_1 - x_2) \cdot 3S \rightarrow x_1 + \alpha/2 = 5x_2$,
որտեղ $\alpha = \frac{m}{\rho S}$:
Երկրորդ հավասարումից ստանում ենք
$-\rho\text{g}(x_1 + x_2) \cdot 2\text{S} + \text{mg} - \rho\text{g}(x_1 - x_2) \cdot 3\text{S} - \rho g x_1 \cdot S = 0 \rightarrow -6x_1 + x_2 + \alpha = 0.$

Լուծելով համակարգը ստանում ենք $x_2 = \frac{4\alpha}{29}, x_1 = \frac{11\alpha}{58}$: Այժմ կարող ենք գտնել աջ պոնտոնի լրացուցիչ ընկղումը՝

$$x_1 - x_2 = \frac{3\alpha}{58} = 6\text{մմ}$$

2. Անկշիռ, բարակ մխոցը ազատ շարժվում է երկու ծայրը փակ 1 լիտրանոց անոթում: Մխոցի տակ գտնվող տարածք ներմուծվում են $m_1 = 0{,}1$ գ ջուր, մխոցից վերևի տարածություն՝ ազոտի $m_2 = 0{,}5$գ զանգված: Ի՞նչ հարաբերությամբ կբաժանի մխոցն անոթի ծավալը, եթե համակարգը տաքացնեն մինչև 100^0C:

Լուծում: Դիցուք գալորշին մխոցի տակ հագեցած է: Այդ դեպքում դրա ճնշումը 100^0C-ում $p = 10^5$Պա է: Ազոտի ճնշումը նույնպես $p = 10^5$Պա է և դարա զբաղեցրած ծավալը կլինի
$V_{N_2} = \frac{\nu RT}{p} = \frac{0.5}{28} \cdot 8.3 \cdot 373/10^5 = 5.5 \cdot 10^{-4}$մ$^3 = 0.55$լ:
Ուրեմն ջուրը զբաղեցնում է $V_ջ = 0.55$լ: Եթե ջրի ճնշումը $p = 10^5$Պա է, դրա զանգվածը պետք է լինի նվազագույնը $m = M_ջ \cdot \frac{pV_ջ}{RT} = 18 \cdot \frac{10^5 \cdot 4.5 \cdot 10^{-4}}{8.3 \cdot 373} = 2.6 \cdot 10^{-3} = 2.6$գ:
Քանի որ համաձայն խնդրի պայմանի մխոցի տակ կա միայն 0,1գ ջուր, ենթադրությունը որ գոլորշաին հագեցած է սխալ է և ջուրը լրիվ գոլորշիանում է: Ունենք որ ազոտի և գոլորշու ճնշումները ու ջերմաստիճանները հավասար են, դրանց զբաղեցրած ծավալները համեմատական են նյութերի քանակին.

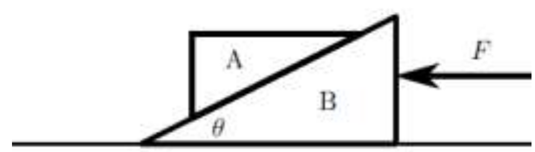
$$\frac{V_{N_2}}{V_{\text{Չ}}} = \frac{m_2/M_2}{m_1/M_1} = \frac{0.5 \cdot 18}{0.1 \cdot 28} = 3.2{:}\,1$$

3. $-q$ լիցքով և m զանգվածով մասնիկն առանց սկզբնական արագության t ժամանակում հասնում է $+Q$ լիցքով և R շառավղով անշարժ գնդին դրա կենտրոնից L հեռավորությունից: Ինչքա՞ն ժամանակում կհասնի այդ լիցքը ազատ, $+Q$ լիցքով, M զանգվածով և R շառավղով գնդին նույն հեռավորությունից:

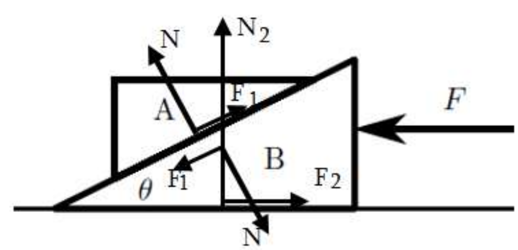
Լուծում: Եթե L_1 հեռավորության վրա լիցքերի պոտենցիալ էներգիայի փոփոխությունը U է, ապա անշարժ մեծ գնդի դեպքում $-q$ լիցքի արագությունը $v = \sqrt{\frac{2U}{m}}$ և հեռավորությունը փոխվում ΔL-ով

$\Delta t = \frac{\Delta L}{v}$ ժամանակում: Երբ մեծ գունդը նույնպես շարժվում է, ապա էներգիայի պահպանումից ունենք $U = \frac{p^2}{2m} + \frac{p^2}{2M}$, որտեղ p – ն գնդիկի իմպուլսն է: Այստեղից ստանում ենք, $v_1 = \sqrt{\frac{2U}{m(M+m)}M}$ և այդ արագությամբ նա պետք է անցնի ΔL – ի $\Delta L \frac{M}{M+m}$ մասը: Դրա համար պահանջվում է $\Delta t_1 = \frac{\Delta L}{v_1}\frac{M}{M+m} = \Delta t\sqrt{\frac{M}{M+m}}$ ժամանակ: Լրիվ ճանապարհը անցնելու ժամանակները նույնպես կհարաբերվեն՝ է $t_1 = t\sqrt{\frac{M}{M+m}}$

4. Երկու սեպ տեղադրված են հորիզոնական մակերևույթի վրա (տե՛ս նկ.): Սեպերի միջև շփման գործակիցը μ է, ներքևի B սեպի և հորիզոնական մակերևույթի միջև շփման գործակիցը՝ նույնպես μ , իսկ սեպի անկյունը θ է: Վերին A սեպի զանգվածը m է, ներքևի սեպի զանգվածը՝ $M = 2\,m$: Ներքևի սեպի ձախ նիստին ուղղահայաց կիրառվում է F ուժ, ինչպես ցույց է տրված նկարում: Որոշեք F ուժի արժեքների տիրույթը, որի դեպքում վերին սեպը չի սահի ներքևի սեպի վրայով: Արտահայտեք ձեր պատասխանը m, g, θ, ու μ -ի միջոցով:



Լուծում: Նկարում ցույց են տրված համակարգում ազդող ուժերը այն դեպքի համար, երբ վերևի սեպի վրա ազդող F_1 շփման ուժը ուղղված է սեպի երկայնքով դեպի վեր: Եթե համակարգը շարժվում է առանց հարաբերական շարժման, $F - \mu N_2 = (M+m)a$: Քանի որ $N_2 = (M+m)g$, ստանում ենք



$a = \frac{F}{M+m} - \mu g$:

Վերևի սեպի համար ունենք.$N\cos\theta + F_1\sin\theta = mg, N\sin\theta - F_1\cos\theta = ma$: Այստեղից ստանում ենք $N = mg\cos\theta + ma\sin\theta$, $F_1 = mg\sin\theta - ma\cos\theta$: Քանի որ F_1 դադարի շփման ուժ է՝ $F_1 \le \mu N$, wusti

$\mathrm{mg}\sin\theta - \mathrm{ma}\cos\theta \le \mu(\mathrm{mg}\cos\theta + \mathrm{ma}\sin\theta) \rightarrow m\mathrm{a} \ge \frac{\mathrm{mg}(\sin\theta - \mu\cos\theta)}{\mu\sin\theta + \cos\theta}$:

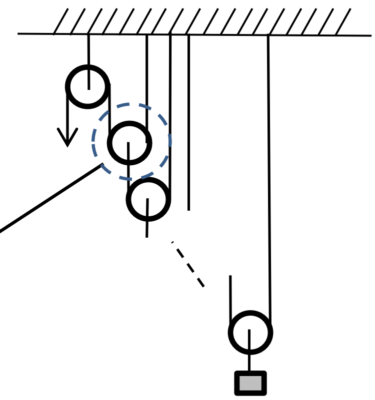
Օգտվելով նախորդ արտահայտությունից ստանում ենք, որ եթե շփման ուժը ուղղված է դեպի վերի համակարգի վրա ազդող ուժը

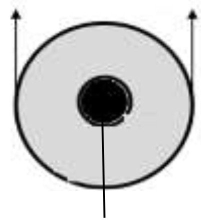
$$F \ge (m+M)g\,\frac{(1+\mu^2)tg\theta}{(1+\mu)tg\theta}:$$

Երբ F –ը մեծանում է և շփման ուժը ուղղված է դեպի ներքև նույնանման հաշվարկներով ստանում ենք, որ վերևի սեպը չի շարժվում ներքևինի նկատմամբ եթե

$$F \leq (m+M)g\frac{2\mu + (1-\mu^2)tg\theta}{(1-\mu)tg\theta}:$$

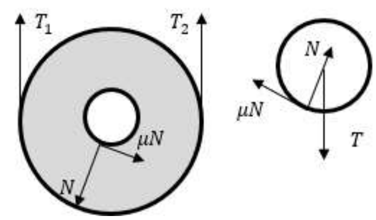
5. Համակարգը բաղկացած է մեկ անշարժ և n շարժական անկշիռ ճախարակներից՝ ինչպես ցույց է տրված նկարում: Ճախարակի շառավիղը R է, դրա առանցքինը՝ r, իսկ ճախարակի անցքը մի փոքր մեծ է առանցքից: Ճախարակի և իր առանցքի մեջ առկա է շփում՝ շփման μ գործակցով: Թելերի և ճախարակների, ինչպես նաև թելերի և առանցքների միջև սահք չկա: Գտեք այդ համակարգի ՕԳԳ-ն:





Լուծում:

Դիտարկենք շարժական ճախարակը, որի առանցքից կախված թելն ունի T լարվածություն: Առանցքի վրա հավասարակշռությունից ունենք.



$$\begin{cases} N\sin\alpha = \mu N\cos\alpha \\ N\cos\alpha + \mu N\sin\alpha = T \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \operatorname{tg}\alpha = \mu \\ \mu N = T\dfrac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}} \end{cases}$$

Որտեղ α-ն N-ի՝ ուղղաձիգի հետ կազմած անկյունն է: Այստեղ մոմենտներ գրելը միանշանակ սխալ է, քանի որ թելի առաջացրած մոմենտի մասին ոչինչ հայտնի չէ: Ճախարակի վրա հավասարակշռությունից և մոմենտներից ունենք.

$$\begin{cases} T_1 + T_2 = T \\ RT_1 - RT_2 = r\mu N \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T_1 = \dfrac{T}{2}\left(1 + \dfrac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}}\dfrac{r}{R}\right) \\ T_2 = \dfrac{T}{2}\left(1 - \dfrac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}}\dfrac{r}{R}\right) \end{cases}$$

Ակնհայտ է, որ n շարժական ճախարակներից հետո թելի լարվածությունը կլինի

$$T_n = \frac{mg}{2^n}\left(1 + \frac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}}\frac{r}{R}\right)^n$$

Անշարժ ճախարակի համար հավասարումները նույնն են, ու դրանից հետո թելի լարումը կլինի.

$$T_{\text{կ}} = \frac{mg}{2^n}\frac{\left(1 + \dfrac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}}\dfrac{r}{R}\right)^{n+1}}{1 - \dfrac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}}\dfrac{r}{R}}$$

Բեռը l-ով բարձրացնելու համար պետք է քաշել թելը $2^n l$-ով, և ՕԳԳ-ի համար կստանանք.

$$\eta T_{\text{կ}} \cdot 2^n l = mgl \Rightarrow \eta = \frac{1 - \dfrac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}}\dfrac{r}{R}}{\left(1 + \dfrac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}}\dfrac{r}{R}\right)^{n+1}}$$