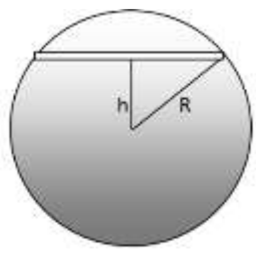
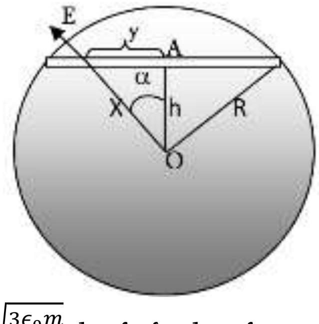
Ֆիզիկայի հանրապետական օլիմպիադա
Հանրապետական փուլ
240 րոպե (4 ժամ)
11-րդ դասարան

11-1. Երբ ավտոմեքենայի մեկ պատուհանի էլեկտրական շարժիչը միացված է, մեկ դռան ապակին ներքևից վերև է բարձրանում t_1 ժամանակում: Եթե միաժամանակ միացնեք երկու պատուհանի երկու էլեկտրական շարժիչները, ապա պատուհանները կբարձրանան t_2 ժամանակում ($t_2 > t_1$):
1) Որքա՞ն t_3 ժամանակ կպահանջվի, որպեսզի մեքենայի երեք պատուհանները բարձրանան երեքի շարժիչների միաժամանակյա աշխատանքի դեպքում:
2) Որքա՞ն t_4 ժամանակում միաժամանակ կբարձրանան մեքենայի բոլոր չորս պատուհանները:
Ցուցումներ. համարեք, որ ապակին բարձրացնելու համար անհրաժեշտ ուժը անկախ է բարձրացման արագությունից և պատուհանի էլեկտրական շարժիչի քարշի F ուժն ուղիղ համեմատական է դրանով անցնող հոսանքի ուժին, էլկետրական շարժիչները սնվում են ավտոմեքենայի մարտկոցից, որն ունի որոշակի ներքին դիմադրություն:
Լուծում. Մեկ շարժիչի աշխատելու դեպքում էներգիայի պահպանման օրենքը տալիս է $IU = I^2(R + r) + \frac{sF}{t_1}$:
Այստեղ U –ն մարտկոցի լարումն է, r-ը դրա ներքին դիմադրությունը, R-ը շարժիչի փաթույթները դիմադրությունն է, I –ն ապակիները հավասարաչափ բարձրացնելու համար պահանջվող հոսանքի ուժն է, որի դեպքում ապահովվում է պահանջվող քարշի ուժը՝ $F = \beta I$,
β-ն համեմատականության գործակից է, s-ը ապակու տեղափոխությունը բարձրացման ժամանակ:
Երկու ապակի բարձրացնելիս մարտկոցով հոսող հոսանքի ուժը երկու անգամ ավելի մեծ է և էներգիայի պահպանման օրենքը ընդունում է հետևյալ տեսք:
$2IU = (2I)^2(R/2 + r) + \frac{2sF}{t_2}$:
Երեք շարժիչի դեպքում
$3IU = (3I)^2(R/3 + r) + \frac{3sF}{t_3}$,
Չորս շարժիչի դեպքում՝
$4IU = (4I)^2(R/4 + r) + \frac{4sF}{t_4}$:
Առաջին երեք հավասարումներից ստանում ենք.
$\frac{1}{t_3} - \frac{1}{t_2} = \frac{1}{t_2} - \frac{1}{t_1}$,
որտեղից $t_3 = \frac{t_1 t_2}{2t_1 - t_2}$: Նմանապես ստանում ենք $t_4 = \frac{t_1 t_2}{3t_1 - 2t_2}$.
Հավասարումներից երևում է, որ իդեալական մարտկոցի դեպքում (r=0) բոլոր հավասարումները ունեն նույն տեսքը, ինչը նշանակում է, որ այդ դեպքում բոլոր ժամանակները նույնն են:

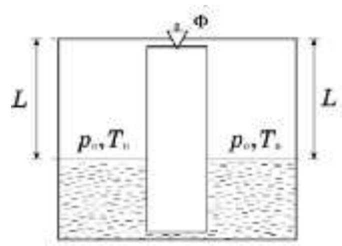


11-2. R շառավղով համասեռ լիցքավորված գնդում կենտրոնից h հեռավորության վրա փորված է նեղ ուղիղ անցք: Գնդի լիցքի ծավալային խտությունը՝ $\rho > 0$: Գունդը ֆիքսված է և դրա լիցքը չի բևեռացվում: Անցքի մուտքի մոտ դնում են դիպոլ (երկբևեռ), որը կազմված է թեթև, կոշտ, անհաղորդիչ ձողի ծայրերում ամրացված նույն զանգվածի երկու լիցքավորված գնդիկներից, և բաց են թողնում: Որոշ $t_{\text{դ}}$ ժամանակ անց այն հայտնվում է անցքի հակառակ ծայրում: Երբ նույնն արվում է գնդիկներից մեկի հետ, այն թռչում է խողովակով $t_{\text{գն}}$ ժամանակի ընթացքում: Որոշե՛ք դիպոլի բազուկի l երկարությունը՝ ընդունելով $l \ll R$: Առաջին դեպքում նշեք դիպոլի գնդիկներից ամենամոտիկի լիցքի նշանը, իսկ երկրորդ դեպքում՝ լիցքավորված գնդիկի նշանը: Գնդիկների տրամագիծը գրեթե հավասար է անցքի տրամագծին: Ցուցում. Դիպոլը նույն մեծության, բայց տարբեր նշանով երկու էլեկտրական լիցքերի համակարգ է, որոնք գտնվում են միմյանցից ֆիքսված l (դիպոլային բազուկ) հեռավորության վրա:

Լուծում: Գնդի կենտրոնից x հեռավորության վրա դաշտի լարվածությունը հավասար է $E = \frac{\rho}{3\epsilon_0}x$: Անցքի առանցքի երկայնքով դաշտի լարվածության բաղադրիչը հավասար է $E' = Esin\alpha = \frac{\rho}{3\epsilon_0}\, xsin\alpha = \frac{\rho}{3\epsilon_0}y$: Դա նշանակում է, որ եթե դիպոլը տեղադրվի խողովակի մեջ բացասական լիցքով, ապա դրա վրա կազդի ուժ $q\frac{\Delta E'}{\Delta y}l = \frac{\rho q l}{3\epsilon_0} = const = 2ma$: Ուստի դիպոլը շարժվում է հաստատուն արագացումով և ունենք $2\sqrt{R^2 - h^2} = \frac{at_{\text{դ}}^2}{2}$: Եթե անցքի մուտքի մոտ տեղադրենք բացասական q լիցք, դրա վրա կազդի դեպի հավասարակշռության A կետ վերադարձնող ուժ, որն ուղիղ համեմատական է y շեղմանը $\frac{\rho q}{3\epsilon_0}$ գործակցով: Հետևաբար, այդ գնդիկը կկատարի ներդաշնակ տատանումներ $T = 2\pi\sqrt{\frac{3\epsilon_0 m}{\rho q}}$ պարբերությամբ: Գնդիկը կհասնի անցքի մյուս ծայրին $t_{\text{գն}} = \frac{T}{2} = \pi\sqrt{\frac{3\epsilon_0 m}{\rho q}}$ ժամանակում: Ստացված հավասարումներից կստանանք $l = 2\sqrt{R^2 - h^2} \cdot \left(\frac{2}{\pi}\frac{t_{\text{գն}}}{t_{\text{դ}}}\right)^2$:



11-3. Երկու ուղղաձիգ նույնական բալոններ միացված են ներքևից՝ աննշան փոքր ծավալի խողովակով: Վերին խողովակում կա Φ փական, որը սկզբնական վիճակում բաց է: Գլանների մեջ լցված է ρ խտության հեղուկ: Բալոնների L բարձրությամբ մնացած ծավալը լցված է p_0 ճնշմամբ և սենյակային T_0 ջերմաստիճանով գազով: Պահպանելով ձախ բալոնում գազի ջերմաստիճանը, աջ բալոնում գազը տաքացրին մինչև T ջերմաստիճան և փակեցին փականը: Ջեռուցիչը անջատեցին: Երբ աջ բալոնի օդը սառչեց մինչև սենյակային ջերմաստիճան, բալոններում հեղուկի մակարդակների տարբերությունը դարձավ $2h$: Գտե՛ք T ջերմաստիճանը, եթե ձախ բալոնում գազի ջերմաստիճանը մշտապես մնացել է սենյակային: Ազատ անկման արագացումը g է:



Լուծում: Դիցուք $S -$ ը բալոնների հատույթների մակերեսն է, ν գազի մոլերի ընդհանուր քանակը, R գազային հաստատունը:
Սկզբնական վիճակի համար իդեալական գազի վիճակի հավասարումը հետևյալն է. $2p_0SL = \nu RT_0$: Երբ փականը բաց է, գազի ճնշումը ձախ և աջ կողմում նույնն է, նշենք այդ p:
Կիրառելով վիճակի հավասարումը բաց փականի դեպքում յուրաքանչյուր բալոնին տարբեր ջերմաստիճանների դեպքում ստանում՝ $pSL = \nu_1RT_0$; $pSL = \nu_2RT$, որտեղ ν_1 և ν_2 մոլերի քանակն է ձախ և աջ բալոններում: Քանի որ մոլերի ընդհանուր թիվը անփոփոխ է, ապա $\nu_1 + \nu_2 = \nu$: Այստեղից մենք արտահայտում ենք ճնշումը $p = \frac{2p_0T}{T + T_0}$: Փականը փակելուց հետո աջ ու ձախ կողմում գազի մոլերի քանակը մնում է նույնը: Վերջում

ջերմաստիճանը T_0 է ամենուր, իսկ ձախ և աջ կողմում գազի ծավալները հավասար են համապատասխանաբար $(L + h)S$ և $(L - h)S$ են: Գազի ճնշումների տարբերությունը պայմանավորված է հեղուկների մակարդակների տարբերությամբ՝ $p_1 - p_2 = 2\rho gh$: Արտահայտենք ճնշումները վիճակի հավասարումներով և սկզբնական պայմաններով՝.

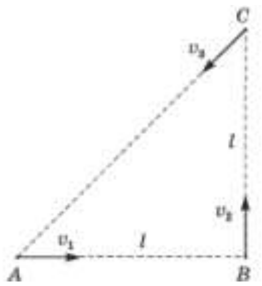
$$\frac{\nu_1 RT_0}{(L + h)S} - \frac{\nu_2 RT_0}{(L - h)S} = \frac{pL}{L + h} - \frac{pLT_0}{T(L - h)} = 2\rho gh:$$

Տեղադրելով $p = \frac{2p_0T}{T + T_0}$ ստանում ենք T-ի հավասարումը.

$$\frac{p_0LT}{(T + To)(L + h)} - \frac{p_0LT_0}{(T + To)(L - h)} = \rho gh,$$

որտեղից $T = \frac{T_0(L + h)(p_0L + \rho gh(L - h))}{(L - h)(p_0L - \rho gh(L + h))}$

11-4. Երեք կրիա, որոնք շարժվում էին դեպի մեկը մյուսի ուղղությամբ ուղղված, մոդուլով հաստատուն արագություններով, ժամանակի սկզբնապահին գտնվում էին l երկարությամբ էջով հավասարասրուն ABC ուղղանկյուն եռանկյան գագաթներում (տե՛ս նկ.): Առաջին կրիայի արագությունը $v_1 = v$, որտեղ v-ն հայտնի է, իսկ երկրորդ և երրորդ կրիաների v_2 և v_3 արագությունները հայտնի չեն: Հայտնի է, որ նրանց շարժման ընթացքում կրիաների կազմած եռանկյան անկյունները չեն փոխվում: Գտեք



1. t ժամանակը, որից հետո կրիաները կհանդիպեն;
2. երկրորդ և երրորդ կրիաների v_2 և v_3 արագությունների մոդուլները;
3. առաջին կրիայի մեկնարկային կետից ինչ հեռավորության վրա են նրանք հանդիպում:

Լուծում: Քանի որ կրիաների արագություններո ուղղված են մի կրիայից դեպի մյուսը և մոդուլով հաստատուն են, դրանց միջև հեռավորությունները փոքրանում են հաստատուն արագությամբ:

Նշանակենք AB, BC և AC հեռավորությունների փոփոխության արագությունները համապատասխանաբար v_{AB}, v_{BC} և v_{AC}: Դրանք հավասար են.

$$v_{AB} = v_1 = v, v_{BC} = v_2 + \frac{v_3}{\sqrt{2}}, v_{AC} = v_3 + \frac{v_1}{\sqrt{2}}$$

Այստեղից գտնում ենք.

$$t = \frac{l}{v}$$

Քանի որ ABC եռանկյան անկյունները մնում են հաստատուն, պահպանվում են նաև նրա կողմերի հարաբերությունները: Սա նշանակում է, որ փոփոխության արագությունները համեմատական են կողմերի երկարություններին

$\frac{v_{AB}}{AB} = \frac{v_{BC}}{BC} = \frac{v_{AC}}{AC}$

Գտնենք $v_3 -$ ը

$$\frac{v}{l} = \frac{v_3 + \frac{v}{\sqrt{2}}}{l\sqrt{2}} \rightarrow v_3 = \frac{v}{\sqrt{2}}:$$

Նույնանման ստանում ենք

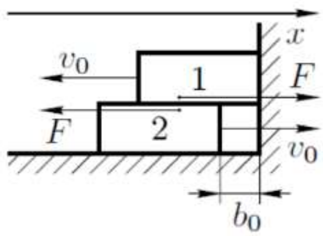
$$\frac{v}{l} = \frac{v_2 + \frac{v}{2}}{l} \rightarrow v_2 = \frac{v}{2}$$

Քանի որ երկրորդ կրիայի արագության մոդուլը միշտ երկու անգամ փոքր է առաջին կրիայի արագությունից և ուղղությունը ուղղահայաց է առաջինի արագությանը, մինչև հանդիպման կետը դրանց տեղափոխությունները փոխուղղահայաց, իսկ մոդուլները տարբերվում երկու անգամ: Եթե նշանակենք առաջինի տեղափոխությունը $\overrightarrow{s_1}$, երկրորդինը $\overrightarrow{s_2}$, ունենք $\overrightarrow{s_1} = \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{s_2}$: Այստեղից ստանում ենք

$$\overrightarrow{s_1} - \overrightarrow{s_2} = \overrightarrow{AB} \rightarrow s_1^2 + \frac{s_1^2}{4} = l^2 \rightarrow s_1 = \frac{2l}{\sqrt{5}}:$$

11-5. Համակարգը, որը բաղկացած է երկու միանման m զանգվածով չորսուներից շարժվում է հաստատուն v_0 արագությամբ ողորկ հորիզոնական հարթության երկայնքով դեպի ուղղաձիգ պատը: Վերին չորսուն շեղված է ստորինի նկատմամբ b_0 -ով (տե՛ս նկ.): Որոշ ժամանակ անց համակարգը բախվում է պատին: Յուրաքանչյուր չորսուի բախումը պատի հետ բացարձակ առաձգական է: Չորսուների միջև շփման գործակիցը μ է:
1. Որոշեք վերևի չորսուի b տեղաշարժը (մոդուլը և ուղղությունը) ներքևինի նկատմամբ երբ համակարգի բախումները պատի հետ ավարտվում են և չորսուների հարաբերական շարժումը ավարտվում է:
2. Ի՞նչ $v_{\text{վ}}$ արագությամբ կշարժվի համակարգը դրանից հետո:

Լուծում: Ուղղենք Ox կոորդինատային առանցքը արագության վեկտորի երկայնքով դեպի աջ: Ապագայում բոլոր արժեքները կպրոյեկտենք այդ առանցքի վրա՝ հաշվի առնելով նշանները: Վերին չորսուն պատին բախվելուց հետո դրա արագությունը փոխում է նշանը: Նկարում ցույց են տրված չորսուների վրա ազդող շփման ուժերը (նկարը չծանրաբեռնելու համար ռեակցիայի ուժերը չեն ցույց տրված):



$$F = \mu m g$$

Նյուտոնի երկրորդ օրենքի համաձայն չորսուների արագացումները.
$a_1 = \frac{F}{m} = \mu g$, $a_2 = -\frac{F}{m} = -\mu g$:
Վերին չորսուն շարժվում է, դանդաղում է դեպի ձախ, իսկ ստորինը՝ աջ:
Ուշադրություն դարձնենք, որ $v_2 = -v_1$: Վերին չորսուի արագացումը ներքևինի նկատմամբ

$$a_{12} = 2\,\mu g:$$

Հնարավոր է երկու դեպք.
Ներքևի չորսուն կկանգնի մինչև պատին հասնելը (դրա հետ միաժամանակ կկանգնի և վերին չորսուն): Այս դեպքում չորսուների կինետիկ էներգիան կսպառվի շփման ուժի դեմ աշխատանքով : Այստեղից որոշում ենք $b -$ ն:
$a_{12} m(b - b_0) = 0 - \frac{m(2v_0)^2}{2}$, $b = b_0 - \frac{v_0^2}{\mu g}$:
Եթե $\frac{mv_0^2}{2} \geq \mu m g b_0$ ստորին չորսուն կհասնի պատին $v_{\text{վ}}$ արագությամբ, որը կարելի է գտնել էներգիայի պահպանման օրենքից.
$\frac{mv_{\text{վ}}^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - \mu m g b_0$. Որտեղից ստանում ենք $v_{\text{վ}} = \sqrt{v_0^2 - 2\mu g b_0}$:
Պատի հետ ներքևի չորսուի բախվելուց հետո նրա արագությունը փոխում է նշանը, և այնուհետ համակարգը կշարժվի այս արագությամբ որպես մեկ ամբողջություն:
Այժմ մենք գտնենք $b -$ ն.
$a_{12}(b - b_0) = \frac{(2v_{\text{վ}})^2}{2} - \frac{(2v_0)^2}{2} = \frac{8\mu g b_0}{2}$, որտեղից $b = b_0 - \frac{8\mu g b_0}{2\cdot 2\mu g} = -b_0$:
Այսպիսով
$b = b_0 - \frac{v_0^2}{\mu g}$: $v_{\text{վ}} = 0$, երբ $v_0^2 \leq 2\mu g b_0$;
$b = -b_0$, $v_{\text{վ}} = \sqrt{v_0^2 - 2\mu g b_0}$, երբ $v_0^2 \geq 2\mu g b_0$: