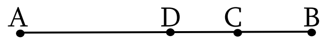
2011 թ. ֆիզիկայի հանրապետական օլիմպիադայի մարզային փուլ. 9-րդ դասարան

1. Ջրով լցված կալորաչափի մեջ 0^0C սառույցի կտոր իջեցնելիս հաստատվում է t_1=65,5^{0}C վերջնական ջերմաստիճան: Երբ կալորաչափի մեջ իջեցնում են նույնանման սառույցի կտոր, հաստատվում է t_2=53,5^{0}C: Քանի՞ այդպիսի սառույցի կտոր կարելի է լրիվ հալեցնել այդ կալորաչափի մեջ, եթե ջրի սկզբնական ջերմաստիճանը t_0=80^{0}C: Կալորաչափի ջերմունակությունն անտեսեք:

Լուծում: Առաջին սառույցի կտորն իջեցնելուց հետո ջերմային հաշվեկշռի հավասարումը տալիս է՝ $\mathrm{C}(t_0 - t_1) = \lambda m + C_1 t_1$, որտեղ C -ն կալորաչափի ջրի ջերմունակությունն է, C_1 -ը՝ սառույցի հալելուց ստացված ջրի ջերմունակությունը, λm -ը՝ սառույցի մեկ կտորը հալեցնելու համար պահանջվող ջերմաքանակը: Երկրորդ կտորը գցելու արդյունքը կլինի նույնը, ինչ միաժամանակ երկու կտորը գցելուց հետո: Ուստի ունենք $\mathrm{C}(t_0 - t_2) = 2\lambda m + 2C_1 t_2$: Եթե գցենք n կտոր, և դրանք լրիվ հալվեն, վերջնական ջերմաստիճանը կլինի $0^0\mathrm{C}$, հետևաբար ջերմային հաշվեկշռի հավասարում կլինի $\mathrm{C}t_0 = n\lambda m \Rightarrow n = \dfrac{\mathrm{C}t_0}{\lambda m}$: Առաջին երկու հավասարումից ունենք $\mathrm{C}\left((t_0 - t_2)t_1 - 2(t_0 - t_1)t_2\right) = \lambda m 2(t_1 - t_2)$, որտեղից ստանում ենք $n = \dfrac{2t_0(t_1 - t_2)}{\left((t_0 - t_2)t_1 - 2(t_0 - t_1)t_2\right)}$: Տեղադրելով թվային արժեքներն ստանում ենք $n \approx 10,4$: Այսպիսով այդ ջրում լրիվ կհալվի 10 այդպիսի սառույցի կտոր:

2. Հեծանվորդը և մրցավազորը մարզվելու ժամանակ բազմաթիվ անգամ անցնում են A և B վայրերի միջև հեռավորությունը: Միաժամանակ սկսելով շարժումը A վայրից, նրանք առաջին անգամ հանդիպեցին մի կետում, որը բաժանում է A և B վայրերի միջև հեռավորությունը 4:1 հարաբերությամբ:
   ա) Որտե՞ղ կհանդիպեն նրանք երկրորդ անգամ:

բ) Հնարավո՞ր է արդյոք, որ նրանց հանդիպման վայրը լինի B-ն:



Լուծում: ա) Դիցուք մարզիկները առաջին անգամ հանդիպում են C կետում: Համաձայն խնդրի պայմանի, $AC : CB = 4:1$: Եթե նշանակենք $CB = s$, ապա $AC = 4s$, $AB = 5s$: Մինչև առաջին հանդիպումը հեծանվորդն անցել է $6s$ ճանապարհ, նույն ժամանակում մռցավազողն անցել է $4s$: Հետևաբար նրաց արագությունները հարաբերվում են ինչպես $6s : 4s = 3 : 2$: Ենթադրենք, որ նրանց երկրորդ հանդիպումը կայանում է D կետում: C կետից հետո հեծանվորդն անցնում է $AC + AD$ ճանապարհը, իսկ մրցավազորը՝ $CB + BD + = CB + AB - AD$: Հաշվի առնելով, որ այդ ճանապարհները հարաբերվում են ինչպես $3 : 2$, ստանում ենք $4s + AD = 1,5(6s - AD)$, որտեղից՝ $AD = 2s$: Այսպիսով երկրորդ հանդիպման կետը բաժանում է A և B վայրերի միջև հեռավորությունը 2:3 հարաբերությամբ:

բ) Ենթադրենք մարզիկները հանդիպում են B վայրում: Այդ դեպքում դրանցից յուրաքանչյուրը պետք է անցներ AB ճանապարհը կենտ անգամ՝ $L_1 = (2n+1)AB$, $L_2 = (2k+1)AB$, իսկ այդ ճանապարհների հարաբերությունը պետք է լինի $3 : 2$, ուստի կստանանք՝

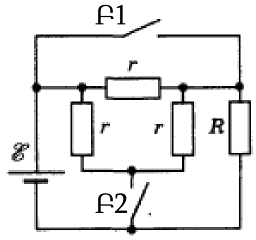
$(2n+1)AB = \dfrac{3}{2}(2k+1)AB \Rightarrow 2(2n+1) = 3(2k+1)$, ինչը հնարավոր չէ:

Ուստի մեր ենթադրությունը սխալ է, և մարզիկները երբեք չեն հանդիպի B վայրում:

3. Տախտակը լողում է ջրում: Երբ նրա վրա դրեցին ինչ-որ բեռ, տախտակի ընկղմված մասի ծավալը մեծացավ 20%-ով: Երբ տախտակի վրա դրեցին նույնանման երկրորդ բեռը, ընկղմված մասի ծավալը մեծացավ ևս մեկ լիտրով: Որոշեք տախտակի զանգվածը:

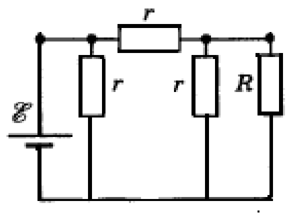
Լուծում: Տախտակի լողալու պայմանն է $Mg = \rho Vg$, որտեղ M-ը տախտակի զանգվածն է, ρ-ն ջրի խտությունը, V-ն՝ ընկղմված մասի ծավալը: Երբ տախտակի վրա դնում ենք m զանգվածով բեռ, լողալու պայմանն է՝ $(M+m)g = \rho(V+0,2V)g$: Այդ հավասարումներից կստանանք $M = 5m$, $m = 0,2V\rho$: Երկրորդ բեռը դնելուց ընկղմված մասի ծավալը կմեծանա նույն չափով, ուստի $0,2V = 1$լ: Հետևաբար $m = 1$կգ, իսկ տախտակի զանգվածը՝ $M = 5$կգ:

4. Նկարում պատկերված շղթայում R դիմադրությունն ընտրեք այնպես, որ այդ դիմադրությունով հոսանքի ուժը այն դեպքում, որ Բ1 բանալին փակ է, իսկ Բ2՝ բաց, երեք անգամ ավելի մեծ լինի քան հոսանքի ուժը այն դեպքում, երբ Բ2 բանալին փակ է, իսկ Բ1՝ բաց: Հոսանքի աղբյուրի դիմադրությունն անտեսեք:



Լուծում: Առաջին դեպքում R դիմադրությունը միացված է անմիջապես հոսանքի աղբյուրի սանդղակներին, ուստի հոսանքի ուժը նրանում կլինի $I_1 = \mathcal{E} / R$:

Երկրորդ դեպքում ունենք նկարում պատկերած շղթան: Այդ շղթայում R դիմադրությունը պարունակող հատվածի ընդհանուր դիմադրությունը՝



$R_1 = r + \dfrac{rR}{r+R}$, հոսանքի ուժն այդ տեղամասում՝ $I_2 = \mathcal{E} / R_1$, իսկ R

դիմադրությունով անցնող հոսանքի ուժը հավասար է $I_R = I_2 \dfrac{r}{R+r} = \dfrac{\mathcal{E}}{2R+r}$:

Հանաձայն խնդրի պայմանի ունենք $I_1 = 3I_R \Rightarrow \dfrac{\mathcal{E}}{R} = 3\dfrac{\mathcal{E}}{2R+r}$, որտեղից կստանանք $R = r$:

2011 թ. ֆիզիկայի հանրապետական օլիմպիադայի մարզային փուլ. 10-րդ դասարան

1. Ուղղագիծ շարժում կատարող մարմնի տեղափոխության պրոյեկցիաները դիտման առաջին, երկրորդ, երրորդ և չորրորդ վայրկյաններում հավասար են՝ համապատասխանաբար, 1, 4, 7,10 մ: Արդյո՞ք այդ մարմինը կատարում է հավասարաչափ արագացող շարժում:

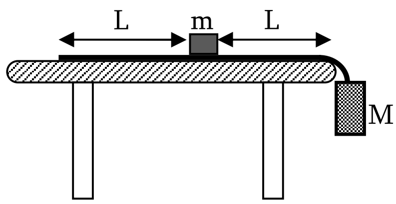
Լուծում: Հավասարաչափ արագացող շարժում կատարող մարմնի առաջին վայրկյանում ($\tau = 1$վ) տեղափոխության պրոյեկցիան շարժման առանցքի վրա հավասար է $S_1 = \mathrm{v}_0\tau + a\tau^2/2$: Երկրորդ վայրկյանի սկզբում նրա արագությունը $\mathrm{v}_2 = \mathrm{v}_0 + a\tau$ է, ուստի երկրորդ վայրկյանում տեղափոխությունը կլինի $S_2 = (\mathrm{v}_0 + a\tau)\tau + a\tau^2/2$: Նույնանման $S_3 = (\mathrm{v}_0 + 2a\tau)\tau + a\tau^2/2$, $S_4 = (\mathrm{v}_0 + 3a\tau)\tau + a\tau^2/2$: Ստացված հավասարումներից հետևում է, որ հավասարաչափ արագացող շարժման ժամանակ $S_k - S_{k-1} = a\tau^2$ և հաստատուն է: Խնդրի պայմանում այդ տարբերությունը 3 մ է, ուստի այդ շարժումը կարող է լինել հավասարաչափ արագացող եթե $a = 3$մ/վ²: Այդ դեպքում առաջին վայրկյանում կատարած տեղափոխությունից կստանանք $\mathrm{v}_0 = 1 - 3/2 = -0{,}5$մ/վ:

2. Երկու մարմին միաժամանակ նետում են մոդուլով միևնույն սկզբնական արագությունով. մեկը՝ ուղղաձիգ դեպի վեր, մյուսը՝ ուղղաձիգ դեպի ներքև: Մարմիններն ընկնում են գետնին մեկը մյուսից t ժամանակ հետո: Որոշեք մարմինների սկզբնական արագությունը: Օդի դիմադրությունն անտեսեք:

Լուծում: Հաշվի առնելով, որ վեր նետված մարմինը վերադառնում է սկզբնակետը ունենալով մոդուլով նույն արագությունը, հասականալի է որ նա այդ կետից կհասնի գետնին նույն ժամանակում, ինչ առաջին մարմինը: Ուստի թրանց գետնի վրա ընկնելու ժամանակները տարբերվում են այն ժամանակով, որը պահանջվում է վեր նետած մարմնին սկզբնակետը վերադառնալու համար:

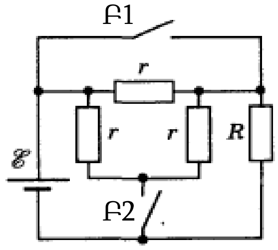
Այսպիսով $t = 2\dfrac{\mathrm{v}}{g} \Rightarrow \mathrm{v} = \dfrac{gt}{2}$:

3. Սեղանի վրա փռված է 2L երկարության ժապավեն, որի ծայրին կախված է M զանգվածով բեռ (տես նկ.): Սեղանի վրա, ժապավենի մեջտեղում, դրված է m զանգվածով չորսու: Բոլոր հպվող մակերևույթների միջև շփման գործակիցը նույնն է՝ μ=0,2: M/m-ի ի՞նչ արժեքների դեպքում m զանգվածով բեռը չի ընկնի սեղանից: Ժապավենի զանգվածն անտեսեք:

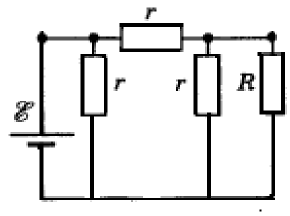


Լուծում: m զանգվածով չորսուի վրա հորիզոնական ուղղությամբ ազդում է μmg ուժ, ժապավենի վրա ազդում է $2\mu mg$ ուժ հակառակ ուղղությամբ: Ժապավենի արագացումը սեղանի նկատմամբ հավասար է $a_1 = \dfrac{Mg - 2\mu mg}{M} = g\left(1 - 2\mu\dfrac{m}{M}\right)$, չորսուինը՝ $a_2 = \mu g$: Հետևաբար ժապավենի նկատմամբ չորսուն շարժվում է դեպի ձախ՝ $a = g\left(1 - 2\mu\dfrac{m}{M} - \mu\right)$: Ժապավենի վրայից չորսուն կընկնի t ժամանակից՝ $L = at^2/2$: Այդ պահին նա կունենա $\mathrm{v} = a_2 t$ արագություն և կգտնվի սեղանի եզրից $L - a_2 t^2/2$ հեռավորության վրա: Հետագա շարժման ընթացքում նա մինչև կանգ առնելը կանցնի S ճանապարհ՝ $S = \mathrm{v}^2/(2a_2) = a_2 t^2/2$: Չորսուն չի ընկնի սեղանից, եթե $S \le L - a_2 t^2/2 \Rightarrow L \ge a_2 t^2$: Ստացված հավասարումներից ստանում ենք, որ չորսուն չի ընկնի սեղանից, եթե $a \ge 2a_2$, այսինքն $1 - 2\mu\dfrac{m}{M} - \mu \ge 2\mu$: Այստեղից ստաբում ենք, որ դա տեղի կունենա, երբ $\dfrac{M}{m} \ge \dfrac{2\mu}{1 - 3\mu} = 1$:

4. Նկարում պատկերված շղթայում R դիմադրությունն ընտրեք այնպես, որ այդ դիմադրությունով հոսանքի ուժը այն դեպքում, որ Բ1 բանալին փակ է, իսկ Բ2՝ բաց, երեք անգամ ավելի մեծ լինի քան հոսանքի ուժը այն դեպքում, երբ Բ2 բանալին փակ է, իսկ Բ1՝ բաց: Հոսանքի աղբյուրի դիմադրությունն անտեսեք:



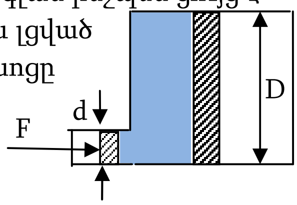
<u>Լուծում:</u> Առաջին դեպքում R դիմադրությունը միացված է անմիջապես հոսանքի աղբյուրի սանդղակներին, ուստի հոսանքի ուժը նրանում կլինի $I_1 = \mathcal{E} / R$: Երկրորդ դեպքում ունենք նկարում պատկերած շղթան: Այդ շղթայում R դիմադրությունը պարունակող հատվածի ընդհանուր դիմադրությունը՝ $R_1 = r + \frac{rR}{r+R}$, հոսանքի ուժն այդ տեղամասում՝ $I_2 = \mathcal{E} / R_1$, իսկ R դիմադրությունով անցնող հոսանքի ուժը հավասար է



$I_R = I_2 \frac{r}{R+r} = \frac{\mathcal{E}}{2R+r}$:

Համաձայն խնդրի պայմանի ունենք $I_1 = 3I_R \Rightarrow \frac{\mathcal{E}}{R} = 3\frac{\mathcal{E}}{2R+r}$, որտեղից կստանանք $R = r$:

5. D տրամագծով գլանաձև անոթի հատակին միացված է d տրամագծով գլան ինչպես ցույց է տրված նկարում: Դրանց մեջ շփումով շարժվում են մխոցներ, որոնց միջև լցված է ջուր: Համակարգը գտնվում է հավասարակշռության վիճակում: Մեծ մխոցը սկսում է շարժվել, երբ փոքր մխոցի վրա ազդում են F ուժով: Ի՞նչ ուժով պետք է ազդել մեծ մխոցի վրա, որպեսզի փոքր մխոցը շարժվի: Ջրի խտությունը ρ է, ազատ անկման արագացումը՝ g:



<u>Լուծում:</u> Փոքր մխոցի վրա ազդող ուժերի հավասարակշռության պայմանն է $F - F_1 - p_1\pi d^2/4 = 0$, որտեղ F_1-ը փոքր մխոցի շփման ուժն էանոթի պատերին, p_1-ը, ճնշումը հեղուկում՝ փոքր մխոցի կենտրոնում: Մեծ մխոցը կշարժվի, եթե $p_2\pi D^2/4 - F_2 \geq 0$, որտեղ F_2-ը մեծ մխոցի շփման ուժն էանոթի պատերին, p_2-ը, ճնշումը հեղուկում՝ մեծ մխոցի կենտրոնում: Ունենք $p_2 - p_1 = -\rho g\left(D-d\right)/2$:

Այսպիսով, մեծ մխոցը կշարժվի երբ բավարարվի $\frac{4F_2}{\pi D^2} - \frac{4\left(F-F_1\right)}{\pi d^2} = -\frac{\rho g\left(D-d\right)}{2}$ պայմանը: Եթե մենք ազդելով մեծ մխոցի վրա f ուժով կշարժենք փոքր մխոցը, նույնանման պայմանը կլինի

$\frac{4F_1}{\pi d^2} = \frac{4\left(f-F_2\right)}{\pi D^2} + \frac{\rho g\left(D-d\right)}{2}$: Ստացված հավասարումներից հետևում է, որ $\frac{4f}{\pi D^2} = \frac{4F}{\pi d^2} - \rho g\left(D-d\right)$:

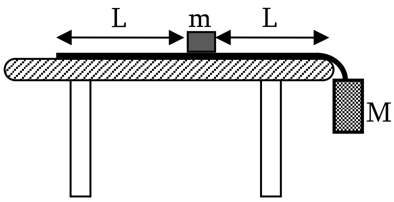
Ուստի $f = \left(F - \rho g\left(D-d\right)\frac{\pi d^2}{4}\right)\frac{D^2}{d^2}$: Նկատենք, որ $F > F_1 \geq \rho g\left(D - \frac{d}{2}\right)\frac{\pi d^2}{4}$, ինչը նշանակում է, որ $f > 0$:

2011 թ. ֆիզիկայի հանրապետական օլիմպիադայի մարզային փուլ. 11-րդ դասարան

1. Ուղղագիծ շարժում կատարող մարմնի տեղափոխության պրոյեկցիաները դիտման առաջին, երկրորդ, երրորդ և չորրորդ վայրկյաններում հավասար են, համապատասխանաբար, 1, 4, 7,10 մ: Արդյո՞ք այդ մարմինը կատարում է հավասարաչափ արագացող շարժում:

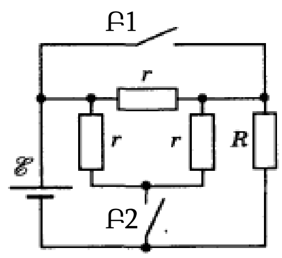
Լուծում: Հավասարաչափ արագացող շարժում կատարող մարմնի առաջին վայրկյանում ($\tau = 1$վ) տեղափոխության պրոյեկցիան շարժման առանցքի վրա հավասար է $S_1 = \mathrm{v}_0 \tau + a\tau^2/2$: Երկրորդ վայրկյանի սկզբում նրա արագությունը $\mathrm{v}_2 = \mathrm{v}_0 + a\tau$ է, ուստի երկրորդ վայրկյանում տեղափոխությունը կլինի $S_2 = (\mathrm{v}_0 + a\tau)\tau + a\tau^2/2$: Նույնանման $S_3 = (\mathrm{v}_0 + 2a\tau)\tau + a\tau^2/2$, $S_4 = (\mathrm{v}_0 + 3a\tau)\tau + a\tau^2/2$: Ստացված հավասարումներից հետևում է, որ հավասարաչափ արագացող շարժման ժամանակ $S_k - S_{k-1} = a\tau^2$ և հաստատուն է: Խնդրի պայմանում այդ տարբերությունը 3 մ է, ուստի այդ շարժումը կարող է լինել հավասարաչափ արագացող եթե $a = 3$մ/վ²: Այդ դեպքում առաջին վայրկյանում կատարած տեղափոխությունից կստանանք $\mathrm{v}_0 = 1 - 3/2 = -0,5$ մ/վ:

2. Սեղանի վրա փռված է 2L երկարության ժապավեն, որի ծայրին կախված է M զանգվածով բեռ (տես նկ.): Սեղանի վրա, ժապավենի մեջտեղում, դրված է m զանգվածով չորսու: Բոլոր հպվող մակերևույթների միջև շփման գործակիցը նույնն է՝ μ=0,2: M/m-ի ի՞նչ արժեքների դեպքում m զանգվածով բեռը չի ընկնի սեղանից: Ժապավենի զանգվածն անտեսեք:

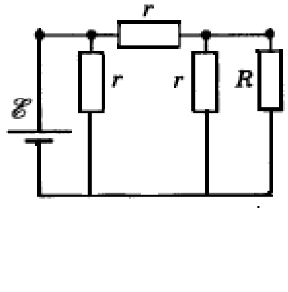


Լուծում: m զանգվածով չորսուի վրա հորիզոնական ուղղությամբ ազդում է μmg ուժ, ժապավենի վրա ազդում է $2\mu mg$ ուժ հակառակ ուղղությամբ: Ժապավենի արագացումը սեղանի նկատմամբ հավասար է $a_1 = \dfrac{Mg - 2\mu mg}{M} = g\left(1 - 2\mu\dfrac{m}{M}\right)$, չորսուինը՝ $a_2 = \mu g$: Հետևաբար ժապավենի նկատմամբ չորսուն շարժվում է դեպի ձախ՝ $a = g\left(1 - 2\mu\dfrac{m}{M} - \mu\right)$: Ժապավենի վրայից չորսուն կընկնի t ժամանակից՝ $L = at^2/2$: Այդ պահին նա կունենա $\mathrm{v} = a_2 t$ արագություն և կգտնվի սեղանի եզրից $L - a_2 t^2/2$ հեռավորության վրա: Հետագա շարժման ընթացքում նա մինչև կանգ առնելը կանցնի S ճանապարհ՝ $S = \mathrm{v}^2/(2a_2) = a_2 t^2/2$: Չորսուն չի ընկնի սեղանից, եթե $S \le L - a_2 t^2/2 \Rightarrow L \ge a_2 t^2$: Ստացված հավասարումներից ստանում ենք, որ չորսուն չի ընկնի սեղանից, եթե $a \ge 2a_2$, այսինքն $1 - 2\mu\dfrac{m}{M} - \mu \ge 2\mu$: Այստեղից ստաբում ենք, որ դա տեղի կունենա, երբ $\dfrac{M}{m} \ge \dfrac{2\mu}{1 - 3\mu} = 1$:

3. Նկարում պատկերված շղթայում R դիմադրությունն ընտրեք այնպես, որ այդ դիմադրությունով հոսանքի ուժը այն դեպքում, որ Բ1 բանալին փակ է, իսկ Բ2՝ բաց, երեք անգամ ավելի մեծ լինի քան հոսանքի ուժը այն դեպքում, երբ Բ2 բանալին փակ է, իսկ Բ1՝ բաց: Հոսանքի աղբյուրի դիմադրությունն անտեսեք:



Լուծում: Առաջին դեպքում R դիմադրությունը միացված է անմիջապես հոսանքի աղբյուրի սանդղակներին, ուստի հոսանքի ուժը նրանում կլինի $I_1 = \mathcal{E}/R$: Երկրորդ դեպքում ունենք նկարում պատկերած շղթան: Այդ շղթայում R դիմադրությունը պարունակող հատվածի ընդհանուր դիմադրությունը՝ $R_1 = r + \dfrac{rR}{r + R}$, հոսանքի ուժն այդ տեղամասում՝ $I_2 = \mathcal{E}/R_1$,



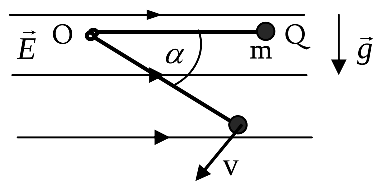
իսկ R դիմադրությունով անցնող հոսանքի ուժը հավասար է $I_R = I_2 \dfrac{r}{R+r} = \dfrac{\mathcal{E}}{2R+r}$:

Համաձայն խնդրի պայմանի ունենք $I_1 = 3I_R \Rightarrow \dfrac{\mathcal{E}}{R} = 3\dfrac{\mathcal{E}}{2R+r}$, որտեղից կստանանք $R = r$:

4. Երկու կողմից փակ ուղղաձիգ գլանը ծանր ջերմամեկուսիչ շարժական մխոցով բաժանված է երկու հավասար մասի: Գլանի վերևի կեսում գտնվում է ջրածին՝ P ճնշման տակ T ջերմաստիճանում, իսկ ներքևի կեսում՝ թթվածին, որի ջերմաստիճանը 2T է: Գլանը շրջում են հատակով դեպի վեր և, որպեսզի մխոցը գլանը նորից բաժանի երկու հավասար մասերի, ջրածնի ջերմաստիճանը թողնում են նույնը, իսկ թթվածինը սառեցնում մինչև T/2 ջերմաստիճան: Որոշեք թթվածնի ճնշումն առաջին և երկրորդ դեպքերում: Գլանի պատերի հետ մխոցի շփումն անտեսեք:

<u>Լուծում:</u> Դիտենք թթվածնի ճնշումն սկզբնական վիճակում p_1 է, վերջնական վիճակում՝ p_2: Քանի որ երկու դեպքում էլ մխոցը բաժանում է ծավալը երկու հավասար մասի, թթվածնի հետ կատարվել է իզոխոր պրոցես, հետևաբար $\dfrac{p_1}{2T} = \dfrac{p_2}{T/2} \Rightarrow p_2 = p_1/4$: Մխոցի հավասարակշռության պայմանից ստանում ենք, որ $p_1 - p = p - p_2$, քանի որ ջրածնի վիճակը չի փոխվել, իսկ նա սկզբում զբաղեցնում էր վերևի կեսը, հետո ներքևինը: Ստացված հավասարումներից կստանանք $p_1 = 1,6p$, $p_2 = 0,4p$:

5. Q լիցքով և m զանգվածով գնդիկը ամրացված ե O կետի շուրջ պտտվող L երկարությամբ անկշիռ ձողի ծայրին: Համակարգը գտնվում է $\vec{E}$ լարվածությամբ համասեռ հորիզոնական էլեկտրական դաշտում: Սկզբնական պահին գնդիկը արագություն չունի և ձողը հորիզոնական է (տես նկ.): Գտեք գնդիկի առավելագույն արագությունը շարժման ընթացքում:



<u>Լուծում:</u> Եթե ձողը շեղվել է սկզբնական դիրքից α անկյունով և գնդիկը ձեռք է բերել v արագություն, ապա բագությունը կարող ենք գտնել գրելով, որ արտաքին ուժերի աշխատանքների գումարը հավասար է կինետիկ էներգիայի փոփոխությանը: Հաշվի արնելով, որ այդ դեպքում էլեկտրական դաշտի կատարած աշխատանքը՝ $A_c = -QEL(1-\cos\alpha)$, իսկ ծանրության ուժի աշխատանքը՝ $A_g = mgL\sin\alpha$, կստանանք՝

$$\frac{m\mathrm{v}^2}{2} = mgL\sin\alpha - QEL(1-\cos\alpha) = mgL\sin\alpha + QEL\cos\alpha - QEL:$$

Արագությունը կլինի առավելագույնն այն անկյան դեպքում երբ առաջին երկու անդամների գումարը կլինի առավելագույնը: Հիշենք, որ $a\cos\alpha + b\sin\alpha = \sqrt{a^2+b^2}\cos(\alpha-\varphi)$, որտեղ $tg\varphi = b/a$: Այժմ կարող ենք գրել

$$\frac{m\mathrm{v}^2}{2} = mgL\sin\alpha + QEL\cos\alpha - QEL =$$

$$= \sqrt{(mgL)^2 + (QEL)^2}\cos(\alpha-\varphi) - QEL \le \sqrt{(mgL)^2 + (QEL)^2} - QEL,$$

որտեղ $tg\varphi = \dfrac{mgL}{QEL}$: Այսպիսով արագությունը կլինի առավելագույնը, երբ $\alpha = \varphi$ և հավասար է

$\mathrm{v}_{\max} = \sqrt{2L\left(\sqrt{g^2 + \left(\dfrac{QE}{m}\right)^2} - \dfrac{QE}{m}\right)}$: Նկատենք, որ $\alpha = \varphi$ դիրքը համապատասխանում է գնդիկի հավասարակշռության դիրքին: