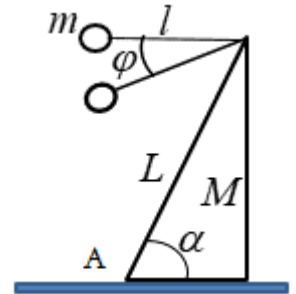


1. Հորիզոնական սեղանի վրա կա M զանգվածով համասեռ ուղղանկյուն պրիզմա: Պրիզման հենվում է սեղանին իր փոքր հիմքով (տե՛ս նկ.): Շփումը սեղանի հետ այնպիսին է, որ պրիզման չի սահում սեղանի մակերևույթով: Եռանկյան հիմքի մոտի անկյունը՝ $\alpha = 60^\circ$: Պրիզմայի վերին եզրի միջնակետում կապված թել և m զանգվածով փոքրիկ գնդիկը ամրագրված է թելի մյուս ծայրին: Գնդիկը բաց են թողնում հորիզոնական դիրքից ինչպես ցույց է տրված նկարում: Պրիզման շուտ է գալիս երբ թելը շեղվում է հորիզոնական դիրքից 20° անկյունով:
 ա) Ինչքա՞ն է զանգվածների M / m հարաբերությունը :
 բ) զանգվածների M / m ինչ հարաբերության դեպքում պրիզման չի շրջվի գնդիկի շարժման ընթացքում: {6 միավոր}



Լուծում: Նշանակենք թելի երկարությունը l ու եռանկյան ներքնաձիգ L . –ով: Երբ թելը շեղվում է հորիզոնի նկատմամբ φ -ով գնդիկի արագությունը որոշվում էր էներգիայի պահպանման օրենքից

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgl \sin \varphi, \quad v = \sqrt{2gl \sin \varphi}$$

Թելի T լարման ուժը որոշվում է Նյուտոնի երկրորդ օրենքից՝

$$T - mg \sin \varphi = m \frac{v^2}{l}, \quad \text{որտեղից} \quad T = 3mg \sin \varphi :$$

Լարման ուժի ուղղաձիգ բաղադրիչը՝ $T_{\text{ուղ}} = T \cos \varphi = 3mg \sin \varphi \cos \varphi$, իսկ հորիզոնական բաղադրիչը՝ $T_{\text{հ}} = T \sin \varphi = 3mg \sin^2 \varphi$: Ազդող ուժերի մոմենտների գումարը հավասար է

$$\begin{aligned} f(\varphi) &= T_{\text{ուղ}} \cdot L \sin \alpha - T_{\text{հ}} \cdot L \cos \alpha - Mg \cdot 2L \cos \alpha / 3 = \\ &= 3mgL \left(\sin \varphi \cos \varphi \sin \alpha - \sin^2 \varphi \cos \alpha - \frac{2M}{9m} \cos \alpha \right), \end{aligned}$$

Որտեղ հաշվի է առած որ Mg ծանրության ուժի կիրառման կետը միջնագծերի հատման կետն է:

բ) Քանի որ պրիզման շրջվում է երբ անկյունը $\varphi = 20^\circ$ ստանում ենք, որ այդ անկյան դեպքում ուժերի մոմենտների գումարը զրո է: Դա թույլ է տալիս գտնել զանգվածների հարաբերությունը

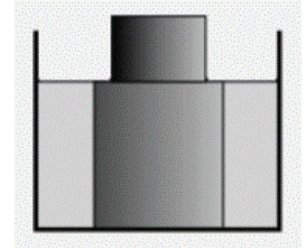
$$\frac{M}{m} = \frac{9}{2 \cos 60^\circ} \{ \sin 20^\circ \cos 20^\circ \sin 60^\circ - \sin^2 20^\circ \cos 60^\circ \} \approx 2,0$$

բ) Պրիզման չի շրջվի, եթե A կետի նկատմամբ մոմենտների գումարը փոքր լինի զրոյից բոլոր φ անկյունների դեպքում, այսինքն եթե բոլոր φ

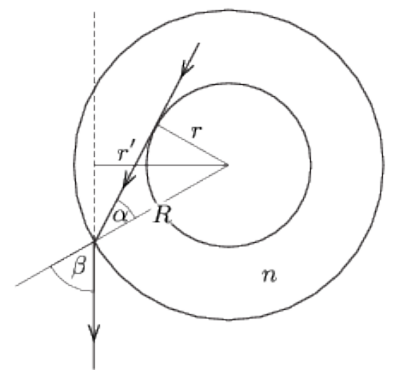
$$\frac{2M}{9m} \cos \alpha \geq \sin \varphi \cos \varphi \cdot \sin \alpha - \sin^2 \varphi \cdot \cos \alpha = \frac{\sin(2\varphi)}{2} \sin \alpha - \frac{1 - \cos(2\varphi)}{2} \cos \alpha = \frac{\cos(2\varphi - \alpha)}{2} - \frac{1}{2} \cos \alpha :$$

Հաշվի առնելով, որ $\cos \alpha = \frac{1}{2}$, ստանում ենք, որ բոլոր φ անկյունների դեպքում $\frac{M}{m} > \frac{9}{4}(2 \cos(2\varphi - \pi/3) - 1)$: Հաշվի առնելով, որ $0 \leq \varphi \leq \pi/3$ կստանանք, որ $2 \cos(2\varphi - \pi/3) \leq 2$, ուստի եթե $M = 2,25 m$ պրիզման չի շուռ գա գնդիկի շարժման ընթացքում:

2. Գլանաձև ապակե բաժակի կենտրոնում տեղադրված է անթափանց մետաղական գլան: Բաժակի մեջ գլանի շուրջ լցրած է թափանցիկ հեղուկ: Երբ դիտում ենք այդ բաժակը հեռվից, լույսի բեկման պատճառով, դրա մի մասը գլանի չափսերը հեղուկի մեջ ավելի լայն է թվում (տե՛ս նկ.): Ինչքա՞ն է գլանի երևացող տրամագիծը: Բաժակի շառավիղը 4 սմ է, մետաղական գլանի շառավիղը՝ 2,5 սմ, և հեղուկի բեկման ցուցիչը 1,5 է: {4 միավոր}



Լուծում. Եթե բաժակի պատերը շատ բարակ են, բաժակի շառավիղով որոշվում է գլանի թվացող շառավիղի աճը: Քանի որ նայում ենք բաժակին մեծ հեռավորությունից, գլանից եկող բոլոր ճառագայթները զուգահեռ են իրար: Դա նշանակում է, որ սահմանային ճառագայթը բաժակի մակերևույթին բեկվելուց հետո շոշափում է գլանը:



Բեկման օրենքից ունենք՝

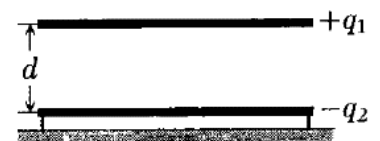
$$\sin \beta = \frac{r'}{R} = n \sin \alpha = n \frac{r}{R},$$

որտեղից ստանում ենք

$$r' = nr = 3,75 \text{ սմ.}$$

Դա նշանակում է, որ գլանի երևացող տրամագիծը 7,5 սմ է:

3. M զանգվածով q_1 դրական լիցքով լիցքավորված հարթ կոնդենսատորի թիթեղներից մեկը պահվում է երկրորդ ամրագրված բացասական $-q_2$ լիցքով թիթեղից d -ի հեռավորության վրա (տե՛ս նկ.): Յուրաքանչյուր թիթեղի մակերեսը S է: Վերին թիթեղը բաց են թողնում: Ինքա՞ն կլինի այդ թիթեղի արագությունը երբ այն հեռանա ներքևի թիթեղից $d/2$ հեռավորության վրա: Թիթեղների բախումը բացարձակ առաձգական է: {5 միավոր}



Լուծում: Ներքևի թիթեղը ազդում է վերելի թիթեղի վրա $F = q_1 \frac{q_2}{2\epsilon_0 S}$ ուժով:

Էլեկտրական դաշտի աշխատանքը բախումից առաջ հավասար է $A_1 = \frac{q_1 q_2 d}{2\epsilon_0 S}$:

Բախվելուց հետո թիթեղներից յուրաքանչյուրի վրա կա $q = (q_1 - q_2)/2$ լիցք: Վերև բարձրանալու ընթացքում էլեկտրական դաշտը թիթեղի վրա կատարում է $A_2 = \frac{(q_1 - q_2)^2 d}{16\epsilon_0 S}$: Էներգիայի պահպանման օրենքից ունենք՝

$$Mgd + A_1 + A_2 = Mgd/2 + \frac{mv^2}{2}:$$

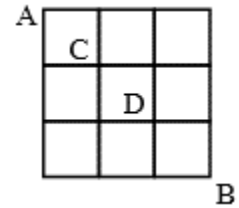
Այստեղից ստանում ենք $v = \sqrt{gd + \frac{(q_1^2 + q_2^2 + 6q_1q_2)d}{8\epsilon_0 SM}}$:

4 Որոշեք նկ.3-ում պատկերված ցանցի դիմադրությունը

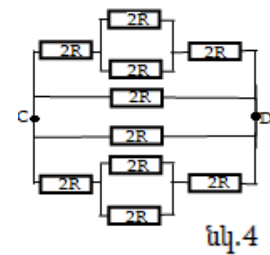
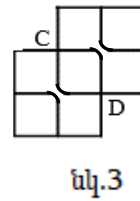
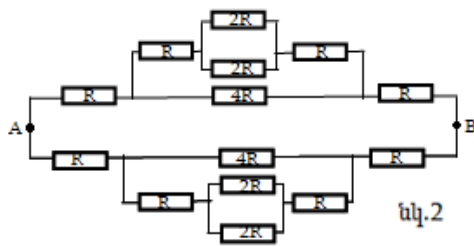
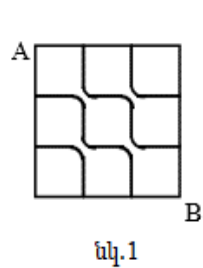
ա) A և B կետերի միջև

բ) C և D կետերի միջև:

Ցանցը կազմող քառակուսիների յուրաքանչյուր կողմի դիմադրությունը R է:



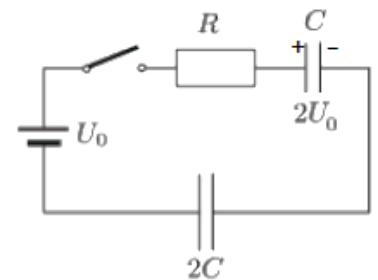
Լուծում: A ու B կետերի միջև դիմադրությունը որոշելու համար օգտվենք համաչափումներից, ինչից հետևում է, որ շղթան համարժեք է նկ.1-ում ցույց տրված ցանցի դիմադրությանը: Հաշվի առնելով, որ մեկ կողմի դիմադրությունը R է, ստանում ենք նկ.2-ի համարժեք շղթան: Դրա դիմադրությունը հավասար է $\frac{1}{2} \left(2R + \frac{3R \cdot 4R}{3R + 4R} \right) = \frac{13}{7} R$:



D և C կետերի միջև դիմադրությունը գտնում ենք նկ.3-ի համարժեք շղթայից, որին համարժեք նկ.4-ի շղթան: Դրա դիմադրությունը հավասար է

$$\frac{1}{2} \left(\frac{5R \cdot 2R}{5R + 2R} \right) = \frac{5}{7} R:$$

4. C ունակությամբ կոնդենսատորը, որի սկզբնական լարումը $2U_0$ է, միացված է շղթայում ինչպես ցույց է տրված նկարում: $2C$ ունակությամբ կոնդենսատորը լիցքավորված չէ: Անջատիչը փակելուց հետո որքան ջերմություն է անջատվում դիմադրության վրա: Մարտկոցի ԷԼՇՈւն U_0 է: {6 միավոր}

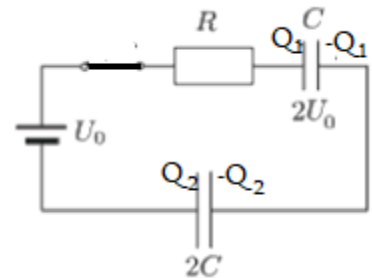


Լուծում: Նշանակենք բանալին միացնելուց հետո կոնդենսատորների թիթեղների դրական

լիցքերը Q_1 ու Q_2 : Ունենք $U_0 = \frac{Q_1}{C} - \frac{Q_2}{2C}$: Լիցքի պահպանման օրենքից ունենք $Q_1 + Q_2 = C \cdot 2U_0$: Այս երկու հավասարումներից ստանում ենք $U_0 = \frac{Q_1}{C} - \frac{2CU_0 - Q_1}{2C} \rightarrow Q_1 = \frac{4}{3} CU_0$:

Արդյունքում C ունակությամբ կոնդենսատորի լիցքը դառնում է $Q_1 = \frac{4}{3} CU_0$, իսկ $2C$ ունակությամբ կոնդենսատորի վրա լիցքը $Q_2 = \frac{2}{3} CU_0$: Դա

նշանակում է, որ ԷԼՇուով անցել է $q = \frac{2}{3} CU_0$ լիցք, լիցքավորելով այն: Էներգիայի պահպանման օրենքից ունենք՝



$$\frac{C(2U_0)^2}{2} = \frac{C(4U_0/3)^2}{2} + \frac{2C(2U_0/3)^2}{2} + \frac{2}{3}CU_0 \cdot U_0 + W,$$

որտեղ W դիմադրության վրա անջատված ջերմաքանակն է: Պարզեցնելով ստացված հավասարումը գտնում ենք $W = \frac{cU_0^2}{3}$

5. Թեթև շարժական ջերմամեկուսիչ միացրել Բաժանում է ուղղաձիգ տեղակայված փակ գլանի ծավալը երկու մասի: Միացրել տակ գտնվում են հավասարակշռության մեջ գոլորշին և ջուրը, որոնց ջերմաստիճանը պահպանվում է հաստատուն և հավասար է T_0 -ի: Միացրել վերևում կա v մոլ հելիում գազ: Հելիումին հաղորդեցին են Q ջերմաքանակ: Արդյունքում դրա ջերմաստիճանը բարձրացավ, և գոլորշիի մի մասը խտացավ:

1) Գտեք հելիումի ջերմաստիճանի փոփոխությունը

2) Ինչքա՞ն ջերմաքանակ հարկ եղավ հեռացնել ջրից և գոլորշիից:

Շոգեգոյացման տեսակարար ջերմությունը λ է, գոլորշու մոլային զանգվածը՝

μ : Շփումը և միացրել ջերմունակությունը անտեսեք:

Ընդունեք, որ խտացված գոլորշու ծավալը շատ անգամ մեծ է դրա արդյունքում ստացված ջրի ծավալից: {5 միավոր}

Լուծում: Հազեցած գոլորշու ճնշումը կախված է միայն ջերմաստիճանից, որը խնդրի համաձայն միացրել տակ հաստատուն է: Այսպիսով գոլորշու ճնշումը, ինչպես նաև հելիումի ճնշումը հաստատուն են (Հելիումը Բաժանված է գոլորշիից անկշիռ շարժական միացրել): Հաստատուն ճնշումով հելիումին հաղորդած Q ջերմաքանակը ծախսվում է դրա ներքին էներգիայի աճի և գոլորշու ճնշման դեմ կատարած աշխատանքի վրա:

$$Q = \nu C_V(T_2 - T_1) + p(V_2 - V_1) = \nu(C_V + R)(T_2 - T_1):$$

Ուստի հելիումի համար

$$\Delta T = \frac{Q}{\nu(C_V + R)} = \frac{2Q}{5\nu R}:$$

Δm զանգվածով գոլորշի խտանալու դեպքում անջատվում է $\lambda \Delta m$ ջերմաքանակ, որը և պետք է հեռացվի անոթից: Խտացված Δm զանգվածը գտնելու համար պետք է հելիումի կատարած աշխատանքը

$$A_1 = \nu R(T_2 - T_1) = \frac{QR}{C_V + R}$$

հավասարեցնել հազեցած գոլորշու կատարած աշխատանքին

$$A_2 = p(V_2 - V_1) = \frac{(m_2 - m_1)RT_0}{\mu} = \frac{\Delta m RT_0}{\mu}$$

$$\text{Այսպիսով } \frac{QR}{C_V + R} = \frac{\Delta m RT_0}{\mu}, \Delta m = \frac{Q\mu}{(C_V + R)T_0}:$$

Ջրից և գոլորշիից հեռացված ջերմաքանակը՝

$$Q_1 = \lambda \Delta m = \frac{\mu \lambda Q}{(C_V + R)T_0} = \frac{2\mu \lambda Q}{5RT_0}:$$