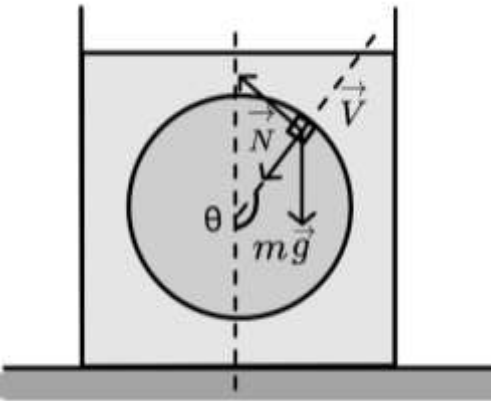


Թռչկոտում (11 և 12 դասարաններ)

1. Պարզ է, որ չորսուկի հետագծի վերին կետում չորսուկի և խորանարդի փոխազդեցության ուժը գրոյանում է: Էներգիայի պահպանման օրենքից ստանում ենք $m \frac{V^2}{2} + 2mgR = m \frac{V_0^2}{2}$ (1) [0.5 միավոր]



Ըստ Նյուտոնի երկրորդ օրենքի $\frac{mV^2}{R} = mg(2)$:

Լուծելով այս 2 հավասարումները կստանանք

$$V_{min} = \sqrt{5gR} [0.5 \text{ միավոր}]:$$

2. Գրենք Էներգիայի պահպանման և Նյուտոնի երկրորդ օրենքները ինչ-որ θ պահին:

$$m \frac{V^2}{2} + mgR(1 - \cos \theta) = m \frac{V_0^2}{2} \quad (3) \quad \text{և}$$

$$m \frac{V^2}{R} = N - mg \cos \theta \quad (4) \quad [1 \text{ միավոր}]$$

Արտահայտելով V^2 -ն 3-րդ հավասարումից և տեղադրելով 4-ում

կստանանք

$$N(\theta) = m \frac{V_0^2}{R} + mg(3 \cos \theta - 2) \quad (5) \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

3. Խորանարդի գետնից չափվելու պայմանն է $N_y \leq Mg$ [0.5 միավոր]: Պարզ է, որ չորսուկի վրա ազդող հակազդեցության ուժի ուղղաձիգ դեպի վեր ուղղված բաղադրիչը կարելի է արտահայտել հետևյալ ձևով

$$N_y = -N(\theta) \cos \theta, \text{ այսինքն } N_y = -(m \frac{V_0^2}{R} + mg(3 \cos \theta - 2)) \cos \theta \quad (6) \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

Բացելով փակագծերը կստանանք $N_y = -3mg \cos \theta^2 - m \frac{V_0^2}{R} \cos \theta + 2mg \cos \theta$:

Կատարենք $\cos \alpha = u$ նշանակումը: Կունենանք հետևյալ արտահայտությունը

$$N_y = f(u) = -3mgu^2 - m \frac{V_0^2}{R} u + 2mgu \quad (7): \text{ Այն իր առավելագույն արժեքին է հասնում}$$

$$u' = \frac{2gR - V_0^2}{6gR} \text{ կետում:} [0.5 \text{ միավոր}]$$

$V_0 = \sqrt{5gR}$ դեպքում $u' = \frac{2gR - V_0^2}{6gR} = \frac{-1}{2}$, այսինքն $\theta = 120^\circ$ [0.5 միավոր]: Տեղադրելով $\theta = 120^\circ$ N_y -ի արտահայտության մեջ, կստանանք $N_{y_{max}} = \frac{3mg}{4}$:

Հետևաբար ըստ խորանարդի չափվելու պայմանից $\frac{M}{m} \geq \frac{3}{4}$ [0.5 միավոր]:

Խցանահան (5 միավոր)

Քվադրատատիկ ընդարձակման ընթացքում գազի ճնշման ծավալից կախման գրաֆիկը տրվում է գծային օրենքով՝

$$P = kV + b \quad [0.5 \text{ միավոր, էթե կառուցված է գրաֆիկը}]$$

Նշանակենք անոթի պարունակության ծավալը $V_0 = S \cdot l_0$:

Ճնշման արժեքը սկզբում $P_{սկզբ} = \frac{5}{2}P_0$ է: Հավասարակշռության պայմանից՝

$$(P_{սկզբ} - P_0) \cdot S = \frac{2P_0 S}{l_0} x$$

Ստանում ենք, որ $x = 0.75l_0$, որտեղից էլ $V_{սկզբ} = 0.25 \cdot V_0$

[0.5 միավոր]

Տեղադրելով սկզբնակետի և վերջնակետի արժեքները $P = kV + b$ հավասարման մեջ կստանանք՝ $k = -2 \frac{P_0}{V_0}$ և $b = 3P_0$, այսպիսով հավասարումը կլինի՝

$$P = -2 \frac{P_0}{V_0} V + 3P_0 \quad [1 \text{ միավոր}]$$

Գազի ստացած ջերմաքանակը մինչև ինչ որ V ծավալին ընդարձակվելը՝

$$Q = \frac{(V - \frac{V_0}{4})(P + \frac{5}{2}P_0)}{2} + \frac{3}{2}PV - \frac{3}{2} \cdot \frac{5}{8}P_0V_0 = 2PV - \frac{1}{8}PV_0 + \frac{5}{4}P_0V - \frac{5}{4}P_0V_0 \quad [1 \text{ միավոր}]$$

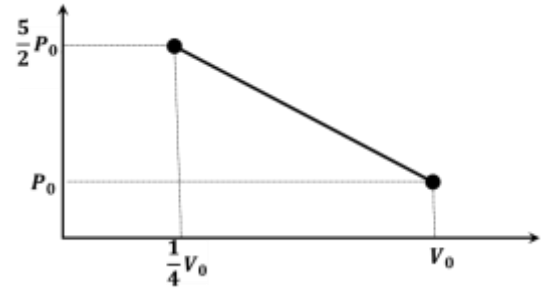
Տեղադրելով P -ի արտահայտությունը կստանանք՝

$$Q = -4 \frac{P_0}{V_0} V^2 + \frac{30}{4} P_0 V - \frac{13}{8} P_0 V_0 \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

Որպեսզի հասկանանք, թե ինչքան ջերմաքանակ է փոխանցվել գազին պետք է գտնենք այս քառակուսի եռանդամի առավելագույն արժեքը **[0.5 միավոր]**, որը այն ստանում է $V = \frac{15}{16} V_0$ **[0.5 միավոր]** ծավալի դեպքում:

Տեղադրելով Q -ի արտահայտության մեջ կստանանք՝

$$Q = \frac{121}{64} P_0 V_0 \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

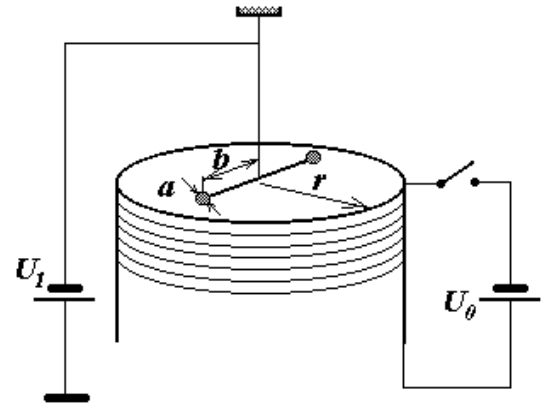


ճոճանակը: (5 միավոր)

$$\varphi = \varphi_0 * \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right)$$

1) Ճոճանակի տատանման անկյունային արագության լայնույթը կապված շեղման անկյան լայնույթի հետ ստանդարտ $\omega_0 = \frac{v_0}{R} = \varphi_0 * \frac{2\pi}{T}$ բանաձևով, այնպես ինչպես, որ լայնույթը կապված է արագության լայնույթի հետ զսպանակավոր ճոճանակում: Հասկանալի է, որ ձողի սկզբնական անկյունային արագությունը կապված է գնդիկների սկզբնական գծային արագության հետ $\omega_0 = \frac{v_0}{R}$ բանաձևով և հանդիսանում է տատանման անկյունային արագության լայնույթը: Այսպիսով

$$\omega_0 = \frac{v_0}{R} = \varphi_0 * \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \varphi_0 = \frac{T\omega_0}{2\pi} \text{ [0.5 միավոր]}$$



2) Հոսանքը կոճում կարելի է համարել կայունացված, երբ $e^{-\frac{R}{L}t}$ անդամը 1-ի մոտ կարելի է անտեսել: Այդ ժամանակ

$$I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{\mathcal{E}}{\rho \frac{2\pi r \cdot h/d}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2}} = \frac{2000}{1.7 \cdot 10^{-8} \frac{4 \cdot 2\pi \cdot 15 \cdot 10^{-2} \cdot 60 \cdot 10^{-2}}{\pi \cdot d^3}} = \frac{2000}{1.7 \cdot \frac{8 \cdot 15 \cdot 60}{5^3 \cdot 10^{-9}} \cdot 10^{-12}} = \frac{2000}{9.79 \cdot 10^{-2}} = 2.04 \cdot 10^4 \text{ Ա [0.5 միավոր]}$$

3) Հարցվող ժամանակը գտնելու համար պետք է լուծենք հետևյալ հավասարումը՝

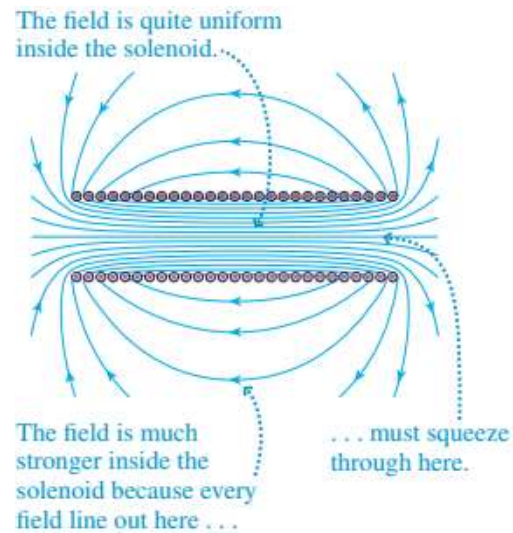
$$0.9 \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{\mathcal{E}}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right)$$

$$e^{\frac{R}{L}t} = 10 \Rightarrow \frac{R}{L}t = 2.3 \Rightarrow t = \frac{2.3L}{R}$$

Տեղադրելով թվային արժեքները, կստանանք

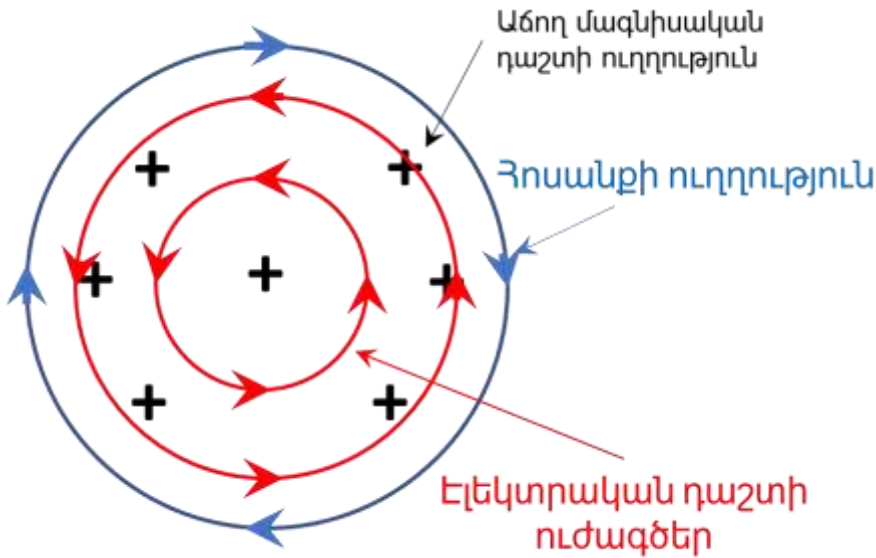
$$t = \frac{2.3L}{R} = \frac{2.3 \cdot 2.13 \cdot 10^{-3}}{9.79 \cdot 10^{-2}} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ վ [0.5 միավոր]}$$

4) Նկարել կոճի ստեղծած մագնիսական դաշտի ուժագծերը: Գծագրի վրա պետք է նշված լինի հոսանքի ուղղությունը: [0.5 միավոր]



Ենթադրենք հոսանքը ուղղված է ժամ սլաքին հակառակ ուղղությամբ: Այդ դեպքում մակաձված մագնիսական դաշտը ուղղված կլինի դեպի վեր (օգտագործելով աջ ձեռքի կանոնը):

- 5) Նկարել կոճի ներսում մակաձված էլեկտրական դաշտի ուժագծերը: Կոճի ներսում մագնիսական դաշտը համարել համասեռ: Գծագրի վրա պետք է նշված լինի հոսանքի ուղղությունը: [0.5 միավոր]



Քանի որ մագնիսական դաշտը ժամանակի ընթացքում մեծանում է ապա մագնիսական դաշտի փոփոխությունը նույնպես ուղղված կլինի դեպքի վեր, իսկ համապատասխան մակաձված էլեկտրական դաշտը՝ ժամ սլաքի ուղղությամբ (օգտագործելով աջ ձեռքի կանոնը):

- 6) Տեղադրելով թվային արժեքները խնդրում բերված բանաձևի մեջ, կստանանք՝

$$B_0 = \mu_0 I \cdot \frac{1}{d} = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2.04 \cdot 10^4 \cdot \frac{1}{5 \cdot 10^{-3}} = 5.12 \text{ Տլ} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

- 7) Գտնել ճոճանակի ոլորման առավելագույն անկյունը, կոճը լարման աղբյուրին միացնող բանալին փակելուց հետո:

Փոփոխական մագնիսական դաշտում առաջանում է մրրկային էլեկտրական դաշտ, որն էլ իմպուլս է հաղորդում գնդիկներին: Գնդիկին փոխանցվող իմպուլսը կլինի՝

$$mv = \int_0^{t_0} qE \cdot dt \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

Իսկ մակաձված էլեկտրական դաշտը կլինի՝

$$E = \pi r^2 \frac{dB}{dt} \cdot \frac{1}{2\pi r} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

$$mv = \int_0^{t_0} q\pi r^2 \frac{dB}{dt} \cdot \frac{1}{2\pi r} \cdot dt = q \frac{r}{2} \int_0^{t_0} \frac{dB}{dt} \cdot dt = qB \frac{r}{2} = q \frac{B_0 r}{2} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

$$mv = 10^{-8} \frac{5.12 \cdot 15 \cdot 10^{-2}}{2} = 3.84 \cdot 10^{-9} \text{ կգ} \cdot \text{մ/վ}$$

Հաշվի առնելով, որ հոսանքի կայունացման ժամանակը $5 \cdot 10^{-2}$ վ \ll 150 վ, կարող ենք պնդել, որ սկզբնական արագություն գնդիկին հաղորդվել է մեկ ակնթարթում:

$$\varphi_0 = \frac{Tv}{2\pi r} = \frac{Tp}{2\pi r m} = \frac{150 \cdot 3.84 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 3.14 \cdot 0.15 \cdot 0.14 \cdot 10^{-3}} = 4.37 \cdot 10^{-3} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

Միլիկենի փորձը

Մաս Ա

ա) Եթե անտեսում ենք Արքիմեդյան ուժը՝

$$\begin{cases} mg = kr v_0 \\ \frac{U}{h} q - mg = kr v \end{cases} \Rightarrow \frac{U}{d} q = mg \left(1 + \frac{v}{v_0}\right) \quad [1 \text{ միավոր}]$$

$$q = \frac{d}{U} mg \left(1 + \frac{v}{v_0}\right) = \frac{d}{U} \frac{4\pi r^3 \rho g}{3} \left(1 + \frac{v}{v_0}\right)$$

սյունյակը լրացնելով [1.5 միավոր]

Եթե հաշվի առնենք Արքիմեդյան ուժը՝

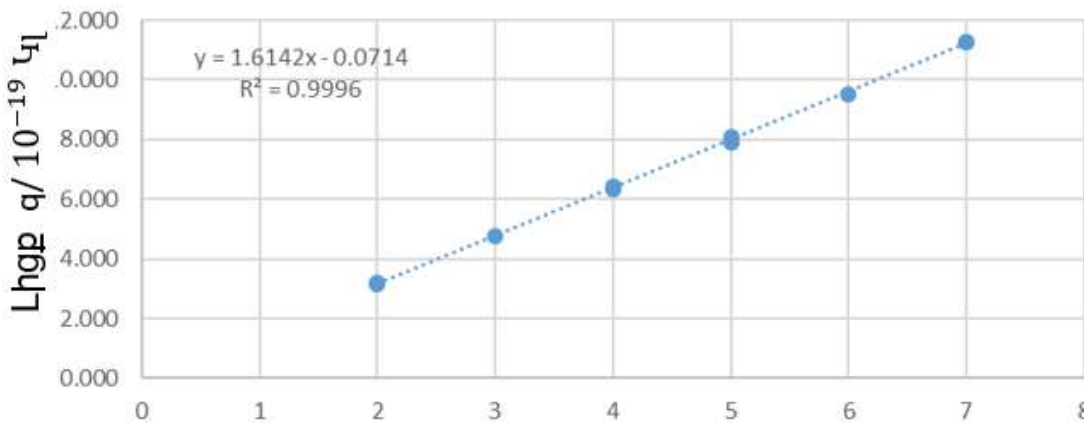
$$q = \frac{d}{U} \frac{4\pi r^3 (\rho - \rho_{\text{ող}}) g}{3} \left(1 + \frac{v}{v_0}\right)$$

№	r մկմ	v0 մմ/վ	U կՎ	v1 մմ/վ	q x 10 ^{^-19} Կլ	n
1	1.30	0.19	5.00	0.18	3.196	1.997
2	1.70	0.32	5.00	0.51	9.519	5.949
3	1.70	0.32	5.00	0.24	6.423	4.014
4	1.20	0.16	5.00	0.23	3.146	1.966
5	1.40	0.22	5.00	0.29	4.752	2.970
6	2.00	0.44	5.00	0.39	11.273	7.046
7	1.60	0.28	5.00	0.46	8.086	5.054
8	1.50	0.25	5.00	0.38	6.353	3.971
9	2.20	0.53	5.00	0.22	11.256	7.035
10	1.40	0.22	5.00	0.63	7.920	4.950

Հազարավոր փորձարարական տվյալներից պարզ երևում էր, որ լիցքի արժեքները ընդհատ են։”

բ) Վերը բերված աղյուսակի նախավերջին սյունյակից երևում է, որ լիցքերի տարբերությունը մոտավորապես պատիկ է $1.6 \cdot 10^{-19}$ Կուլոնին: Բաժանելով լիցքի արժեքները այս մեծության վրա կստանանք Էլեկտրոնների պակասորդի թիվը յուրաքանչյուր կաթիլում: Այդ թվերը լրացված են աղյուսակի վերջին սյունյակում (կլորացված չեն): Համարել ճիշտ բոլոր արժեքները, որոնք մինչև ամբողջ թիվ կլորացնելիս տալիս են ճիշտ պատասխան: [1 միավոր]

լիցք և պակասորդ



Էլեկտրոնների թվի պակասորդ

գ) Վերը բերված գրաֆիկից երևում է, որ կախվածությունը գծային է: Գրաֆիկի թեթույունը հավասար է տարրական լիցքին, հաշվարկները ցույց են տալիս, որ դա հավասար է 1.6, ինչը վկայում է, որ տարրական լիցքը $1.6 \cdot 10^{-19}$ Կլ: Համարել, ճիշտ բոլոր աչժեքները, որոնք ընկած են $1.58 \cdot 10^{-19} \text{Կլ} < q < 1.62 \cdot 10^{-19} \text{Կլ}$ տիրույթում: [1,5 միավոր]

Մաս B: Ամեն ինչ այսբան հեշտ չէ

ա) Ստացե՛ք բանաձև, որը արտահայտում է r շառավղով կաթիլի շառավղի նվազման արագությունը՝ կախված հեղուկի մակերևույթից գոլորշիացման q արագությունից և հեղուկի խտությունից: Այս մեծությունների միավորները բերված են աղյուսակում: [1 միավոր]

$$\frac{dm}{dt} = \rho \cdot 4\pi r^2 \cdot \frac{dr}{dt} = 4\pi r^2 q \Rightarrow \frac{dr}{dt} = \frac{q}{\rho} \Rightarrow \Delta r = \frac{q}{\rho} \Delta t = \frac{q}{\rho} \cdot \frac{d}{v} \quad [1 \text{ միավոր}]$$

բ) Օգտագործելով աղյուսակ 2-ում բերված տվյալները՝ $r = 1.3$ մկմ շառավղով կաթիլի օրինակի վրա բացատրե՛ք, թե ինչու է յուղի օգտագործումը մեծացնում ճշտությունը: [2 միավոր]

Նախ հաշվենք, թե ինչ արագություն կունենար նույն չափի և նույն լիցքով ջրի կաթիլը.

$$mg = \frac{4\pi r^3 \rho g}{3} = kr v_0 \Rightarrow \frac{v_0}{r^2 \rho} = const$$

$$\frac{v_{\text{նուր}}}{\rho_{\text{նուր}}} = \frac{v_{\text{յուղ}}}{\rho_{\text{յուղ}}} \Rightarrow v_{\text{նուր}} = \rho_{\text{նուր}} \cdot \frac{v_{\text{յուղ}}}{\rho_{\text{յուղ}}} = 0.208 \frac{\text{մմ}}{\text{վ}} \quad [1 \text{ միավոր}]$$

Այնուհետև հաշվենք, թե ինչքան կփոխվեն ջրի և յուղի կաթիլների չափերը լիցքավորված թիթեղների միջև անցնելու ընթացքում:

$$\Delta r_{\text{նուր}} = \frac{q}{\rho} \cdot \frac{d}{v} = \frac{2,78 \cdot 10^{-4}}{1000} \cdot \frac{10^{-2}}{0.208 \cdot 10^{-3}} \text{մ} = 1.34 \cdot 10^{-5} \text{մ} = 13.4 \text{մկմ} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

$$\Delta r_{\text{յուղ}} = \frac{q}{\rho} \cdot \frac{d}{v} = \frac{2,80 \cdot 10^{-9}}{910} \cdot \frac{10^{-2}}{0.19 \cdot 10^{-3}} \text{մ} = 1.62 \cdot 10^{-10} \text{մ} = 0.162 \text{նմ} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

Տեսնում ենք, որ ջրի գոլորշացումն շատ ավելի էական է, և դրա համար նույնիսկ կիրառելի չէ շառավղի փոփոխությունը փոքր համարելու մոտավորությունը:

գ) Առանց լապլասյան ճնշումը հաշվի առնելու լիցքի համար արտահայտությունը կստացվի

$$q = \frac{d}{U} \frac{4\pi r^3 \rho g}{3} \left(1 + \frac{v}{v_0}\right)$$

Լապլասյան ΔP ճնշումը փոքրացնում է կաթիլի ծավալը $\beta \cdot \Delta P$ անգամով, և, հետևաբար, մեծացնում խտությունը $\beta \cdot \Delta P$ անգամով: Արդյունքում, օգտվելով վերևի բանաձևից երևում է, որ ստացված լիցքի արժեքն էլ կմեծանա $\beta \cdot \Delta P$ անգամով [0.5 միավոր]: Այսպիսով,

$$\frac{\Delta q}{q} = \frac{\Delta \rho}{\rho_0} = \beta \cdot \Delta P = \beta \cdot \frac{2\sigma}{r} = 7,0 \cdot 10^{-10} \text{Պա}^{-1} \cdot \frac{2 \cdot 30 \frac{\text{մՆ}}{\text{մ}}}{1.3 \text{մկմ}} = 3.23 \cdot 10^{-5} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

և մակերևույթային լարվածության հաշվի առնելը էական ճշտում չի մտցնում:

դ) Իրականում օդի կողմից կաթիլի վրա ազդում է Արքիմեդյան ուժ: Քա՞նի տոկոս ճշտում է ավելացնում կաթիլի լիցքի արժեքի մեջ Արքիմեդյան ուժի հաշվի առնելը: [1 միավոր]

Արքիմեդյան ուժի հաշվի առնելը նույնպես էֆեկտիվորեն փոփոխություն է մտցնում խտության մասում՝

$$q = \frac{d}{U} \frac{4\pi r^3 (\rho - \rho_{\text{օդ}}) g}{3} \left(1 + \frac{v}{v_0}\right) \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

և նախորդ կետի պես կստանանք

$$\frac{\Delta q}{q} = \frac{\Delta \rho}{\rho_0} = -\frac{\rho_{\text{օդ}}}{\rho_0} = -\frac{1.29 \text{կգ/մ}^3}{910 \text{կգ/մ}^3} = -1.41 \cdot 10^{-3} \quad [0.5 \text{ միավոր}]$$

(նշանի կորուստի համար միավոր չի հանվում):