

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVI
 CHIȘINĂU, 18 martie 2023

cl. 11

Problema I – (10,0 puncte)

I. Într-un tub de sticlă cu lungimea $L = 100\text{ cm}$, închis din ambele capete se găsesc, de o parte și de altă a unui piston cu lungimea $l = 6\text{ cm}$ și greutatea $G = 20\text{ N}$, cantități egale de gaz $\nu = 0,012\text{ mol}$, la aceeași temperatură $T = 300\text{ K}$. Tubul este așezat vertical.

Forțele de frecare se neglijează. Să se considere $g = 10\text{ m/s}^2$ și $R = 8,31\text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$.

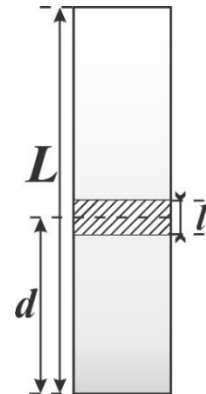


Fig. I-1.

Să se găsească:

- I.1. expresia și valoarea pentru poziția de echilibru a pistonului (distanța d de la baza de jos a cilindrului până la centrul pistonului) (3,0 puncte)
- I.2. în ce condiții la îndepărtarea pistonului de la poziția de echilibru și apoi eliberarea lui, oscilațiile pistonului pot fi approximate cu oscilații armonice; (5,0 puncte)
- I.3. perioada oscilațiilor armonice în condițiile din punctul I.2. (2,0 puncte)

Задача I – (10,0 балла)

I. В запаянной с обеих концов стеклянной трубке длиной $L = 100\text{ см}$, при температуре $T = 300\text{ К}$ находится газ. Трубка разделена поршнем на две части, так что в каждой из них находится равное количество газа $\nu = 0,012$ моля. Поршень имеет высоту $l = 6\text{ см}$ и вес $G = 20\text{ Н}$. Трубка расположена вертикально.

Трением пренебречь. Принять: $g = 10\text{ м/с}^2$ и $R = 8,31\text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$.

Найдите:

- I.1. выражение и значения высоты для положения равновесия поршня (расстояние d отсчитывается от низа трубки до середины высоты поршня); (3,0 балла)
- I.2. условия, при которых колебания поршня можно считать гармоническими, после того как поршень отклонили от положения равновесия и отпустили; (5,0 балла)
- I.3. период гармонических колебаний поршня для случая описанного в пункте I.2. (2,0 балла)

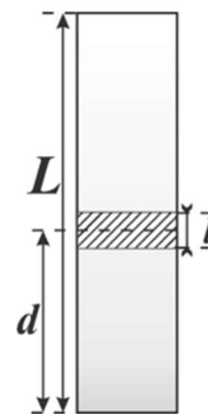


Рис. I-1.

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
Agencia Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVI
 CHIȘINĂU, 18 martie 2023

cl. 11

SOLUȚIE

I.1. Condiția de echilibru: $\vec{F}_1 + G + \vec{F}_2 = 0$ 0,5

$OX : -F_1 - G + F_2 = 0$

$F_1 = p_1 S, F_2 = p_2 S$

$(p_2 - p_1)S = G$ (1)

$pV = \nu RT_0 \rightarrow p = \frac{\nu RT_0}{V}$ 0,3

$V = S \cdot L$

Înlocuim în (1) și obținem:

$\nu RT_0 \left(\frac{1}{L_2} - \frac{1}{L_1} \right) = G$ sau $G = \nu RT_0 \frac{L_1 - L_2}{L_1 L_2}$ (2) 0,5

Din desen $L_1 = L - L_2 - l$ punem în (2)

$G = \nu RT_0 \frac{L - 2L_2 - l}{(L - L_2 - l)L_2}$ 0,5

Notăm $A = \frac{\nu R t}{G}$

$L_2^2 - (2A + L - l)L_2 + A(L - l) = 0$

$L_2^{1,2} = \frac{2A + L - l}{2} \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{4A(L - l)}{(2A + L - l)^2}} \right)$ (3a)

Sensul fizic are doar semnul "-"

$L_2 = \frac{2A + L - l}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4A(L - l)}{(2A + L - l)^2}} \right)$ (3) 0,5

$d = L_2 + \frac{l}{2}$

$d = \frac{2A + L - l}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4A(L - l)}{(2A + L - l)^2}} \right) + \frac{l}{2}$ 0,5

$d = 42.79 \text{ cm}$ sau $d = 42.8 \text{ cm}$ 0,2

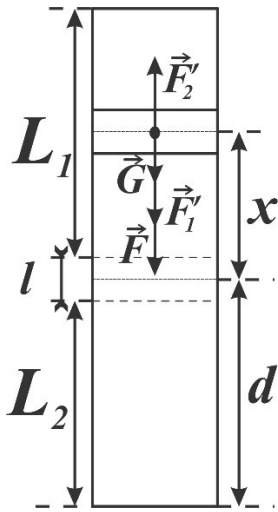
NB: Dacă elevul a primit ec. 3a, dar: (i) a luat în considerație și semnul "+" se depunctează cu 0,2p.; (ii) a luat în considerație doar semnul "+" acordă doar 0,2 pentru ec. 3a.

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
 Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVI
 CHIȘINĂU, 18 martie 2023

cl. 11

I.2.

0.6



$$\vec{F} + \vec{F}_1' + \vec{F}_2' + \vec{G} = 0$$

0,5

$$\vec{F} = F_2' - F_1' - \vec{G}$$

0,5

$$L_2 = d - \frac{l}{2}$$

0,2

$$F = \nu RT \frac{L - 2d - 2x}{\left(d - \frac{l}{2} + x\right)\left(L - d - \frac{l}{2} + x\right)} - \nu RT \frac{L - 2d}{\left(d - \frac{l}{2}\right)\left(L - d - \frac{l}{2}\right)}$$

1,0

$$\text{Condiții } x \ll d - \frac{l}{2} \text{ și } x \ll L - d - \frac{l}{2} \Rightarrow x \ll \frac{L - l}{2}$$

1,0

$$x \ll 47 \text{ cm}$$

0,2

$$F = -\nu RT \frac{x}{\left(d - \frac{l}{2}\right)\left(L - d - \frac{l}{2}\right)}$$

1,0

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVI
CHIȘINĂU, 18 martie 2023

cl. 11

I.3.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad 0,2$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{G}{k \cdot g}} \quad 0,2$$

$$F = -kx \quad 0,1$$

$$k = \frac{2\nu RT}{-\left(d - \frac{l}{2}\right)\left(L - \frac{l}{2} - d\right)} \quad 1,0$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{G\left(d - \frac{l}{2}\right)\left(L - \frac{l}{2} - d\right)}{2\nu RTg}} \quad 0,3$$

$$T = 0.534s \quad 0,2$$

Problema II – (10,0 puncte)

II. Un inel cu raza $R = 14,1\text{cm}$ din sârmă subțire este încărcat cu sarcina electrică $q = -10\text{nC}$ și așezat pe un suport orizontal din material izolator.

Să se determine:

II.1. distanța de la centrul inelului pe verticală până la punctul, în care intensitatea câmpului electric este maximală; (3,5 puncte)

II.2. viteza unei bile cu masa $m = 10\text{mg}$ și sarcina electrică $Q = -10\text{nC}$ în punctul, unde intensitatea câmpului electric este maximală, dacă bila este lansată din centrul inelului vertical în sus cu viteza inițială $v_0 = 1,4\text{m/s}$; (4,5 puncte)

II.3. masa bilei m_0 , pentru care viteza să devină egală cu 0 în punctul în care intensitatea câmpului electric creat de inel este maximă (pentru condițiile și viteza inițială v_0 din II.2). (2,0 puncte)

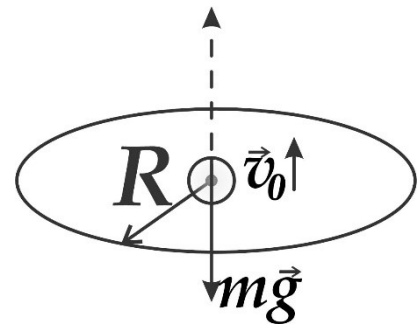


Fig. II-1

Задача II – (10,0 балла)

II. Кольцо из тонкой проволоки радиусом $R = 14,1\text{см}$ с зарядом $q = -10\text{нКл}$ находится на непроводящей горизонтальной поверхности.

Определите:

II.1. расстояние по вертикали от центра кольца до точки, где напряженность электрического поля максимальна; (3,5 балла)

II.2. скорость шарика массой $m = 10\text{мг}$ и зарядом $Q = -10\text{нКл}$ в точке, где напряженность электрического поля максимальна, если шарик запущен из центра кольца вертикально вверх с начальной скоростью $v_0 = 1,4\text{м/с}$. (4,5 балла)

II.3. массу шарика m_0 , для которой скорость станет равной 0 в точке, где напряженность электрического поля максимальна (при условии и начальной скорости v_0 из пункта II.2). (2,0 балла)

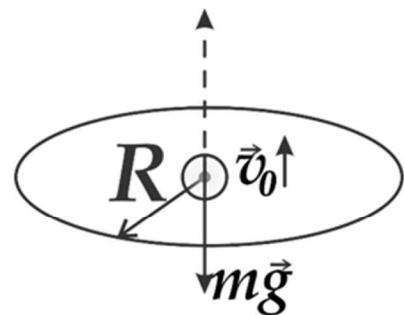


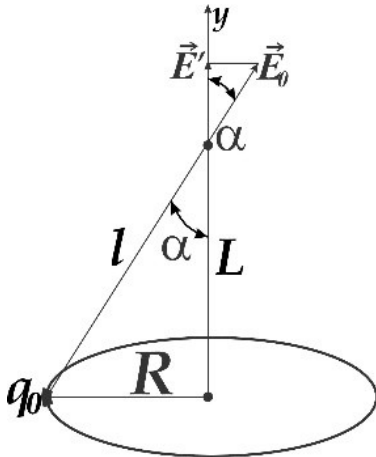
Рис. II-1

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
 Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVI
 CHIȘINĂU, 18 martie 2023

cl. 11

Soluție

0.2



$$E_0 = \frac{k_0 q_0}{l^2}$$

0,1

$$E' = E_0 \cos \alpha$$

$$\begin{cases} E = \sum E' \\ q = \sum q_0 \end{cases}$$

0,1 + 0,1

$$\sum E' = \frac{k_0}{l^2} \cos \alpha \sum q_0$$

$$\sum E' = \frac{k_0 q}{l^2} \cos \alpha$$

0,4

$$\frac{R}{l} = \sin \alpha; \quad \sum E' = \frac{k_0 q}{R^2} \sin^2 \alpha \cos \alpha$$

0,8

$$\frac{dE}{d\alpha} = 0$$

0,2

$$\frac{dE}{d\alpha} (\sin^2 \alpha \cos \alpha) = 2 \sin \alpha \cos^2 \alpha - \sin^3 \alpha = 0$$

$$\sin \alpha = 0, \alpha = 0 -$$

$$2 \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 0 \rightarrow \sin \alpha = \sqrt{2/3}$$

0,2

$$E_{\max} = \frac{2k_0 q}{3\sqrt{3}R^2}$$

0,7

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{R}{L}$$

$$L = \frac{R}{\sqrt{2}}$$

0,5

$$L = 10 \text{ cm}$$

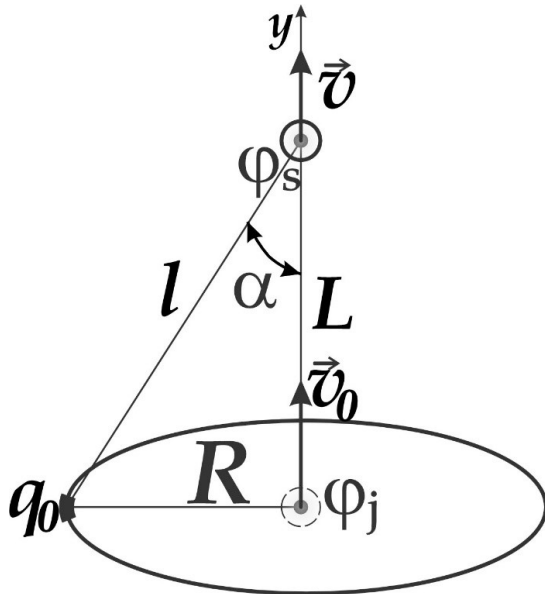
0,2

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
 Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVI
 CHIȘINĂU, 18 martie 2023

cl. 11

II.2.

0.3



$$\Delta W_c = -\Delta W_p \quad 0,2$$

$$\Delta W_c = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} \quad 0,5$$

$$\Delta W_p = \Delta W_{PG} + \Delta W_{PC}$$

$$\Delta W_{PG} = mgL - mg \cdot 0 = mgL \quad 0,5$$

$$\Delta W_{PC} = Q(\varphi_s - \varphi_j) \quad 0,2$$

$$\Delta W_{PC} = mgL + Q(\varphi_s - \varphi_j) \quad 0,5$$

$$\varphi = \frac{k_0 q}{l} \quad 0,5$$

$$\frac{R}{l} = \sin \alpha$$

$$\varphi = \frac{k_0 q}{R} \sin \alpha \quad 0,1$$

$$\varphi = \frac{k_0 q}{\sqrt{R^2 + L^2}} \quad 0,2$$

$$\varphi_s = \frac{\sqrt{2} k_0 q}{\sqrt{3} R} \text{ și } \varphi_j = \frac{k_0 q}{R} \quad 0,2$$

$$\Delta W_p = \frac{mgR}{\sqrt{2}} - \frac{k_0 q Q}{R} \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \right) \quad 0,5$$

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mgR}{\sqrt{2}} - \frac{k_0 q Q}{R} \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \right) \quad 0,2$$

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVI
CHIȘINĂU, 18 martie 2023

cl. 11

$$v^2 - v_0^2 = -\sqrt{2}gR + \frac{2k_0qQ}{mR} \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}\right)$$

$$v = \sqrt{v_0^2 - \sqrt{2}gR + \frac{2k_0qQ}{mR} \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}\right)} \quad 0,4$$

$$v = 0.44m/s \text{ sau } v = 0.4m/s \quad 0,2$$

II.3.

Condiție $v = 0$

$$v_0^2 = \sqrt{2}gR + \frac{2k_0qQ}{mR} \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}\right) \quad 0,5$$

$$m_0 = \frac{2k_0qQ}{(\sqrt{2}gR - v_0^2)R} \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}\right) \quad 1,3$$

$$m_0 = 5.83 \cdot 10^{-6} kg \quad 0,2$$

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVI
CHIȘINĂU, 18 martie 2023

cl. 11

Problema III – (10,0 puncte)

III. Două sfere metalice, identice, de dimensiuni foarte mici și mase egale cu $m = 40\text{mg}$ fiecare, sunt atârinate de două fire izolatoare inextensibile și imponderabile, având fiecare lungimea $l = 10\text{cm}$. Distanța dintre punctele (aflate la aceeași înălțime) în care sunt fixate capetele firelor este $d = 4\text{cm}$. În situația în care firele sunt verticale sferile sunt încărcate cu sarcini electrice egale și de același semn. După aceasta, sferile se deplasează și rămân în echilibru, tensiunea în fire devinind $T = 0,8\text{mN}$.

Rezistența și permitivitatea relativă a aerului se neglijează. Să se considere $k_0 = 9 \cdot 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ și $g = 10 \text{m/s}^2$.

Să se găsească:

- III.1. expresia sarcinii electrice și valoarea acestei pentru fiecare sferă; (4,5 puncte)
III.2. lucrul mecanic efectuat de forțele electrice pentru a aduce sferile din poziția inițială în poziția finală; (3,5 puncte)
III.3. ce parte din sarcina electrică inițială va rămâne pe fiecare sferă, dacă a treia sferă identică cu cele două considerate, inițial neîncărcată electric, este adusă în contact pe rând, separat cu fiecare din cele două încărcate. (2,0 puncte)

Задача III – (10,0 балла)

III. Две одинаковые очень маленькие металлические сферы каждая массой $m = 40\text{мг}$, подвешены на непроводящих невесомых нерастяжимых нитях длиной $l = 10\text{см}$. Расстояние между нитями в точках подвеса $d = 4\text{см}$ (нити подвешены на одной высоте). Изначально нити со сферами подвешены вертикально. В вертикальном положении нитей сферы зарядили одинаково и одноименно, в результате они отклонились от первоначального положения и остались в равновесии, а натяжение нитей стало равным $T = 0,8\text{мН}$.

Сопротивлением и диэлектрической проницаемостью воздуха пренебречь. Принять $k_0 = 9 \cdot 10^9 \text{Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$ и $g = 10 \text{м/с}^2$.

Найдите:

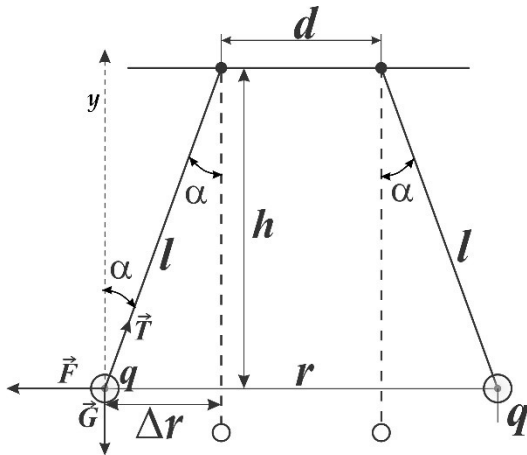
- III.1. выражение электрического заряда и его значение для каждой сферы (4,5 балла)
III.2. механическую работу, совершенную электрическими силами при отведении сфер от начального положения до конечного положения. (3,5 балла)
III.3. какая часть начального электрического заряда останется на каждой из сфер, если третью незаряженную сферу, равную по массе и размеру первым двум, привели в контакт поочередно с каждой из сфер. (2,0 балла)

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
 Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVI
 CHIȘINĂU, 18 martie 2023

cl. 11

Soluții

III.1.



0,6

$$\vec{G} + \vec{F} + \vec{T} = 0$$

0,1

$$\left. \begin{aligned} OX: -F + T \sin \alpha &= 0 \\ OY: -G + T \cos \alpha &= 0 \end{aligned} \right\}$$

0,2

$$F^2 = T^2 - G^2 \quad \Rightarrow \quad F = \sqrt{T^2 - G^2}$$

0,5

$$F = k_0 \frac{q^2}{r^2} \quad \Rightarrow \quad q = \pm r \sqrt{\frac{F}{k_0}}$$

0,3

$$q = \pm r \sqrt{\frac{T}{k_0} \sqrt{1 - \left(\frac{G}{T}\right)^2}}$$

0,5

$$r = 2\Delta r + d, \quad \Delta r = l \sin \alpha$$

0,2

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}, \text{ iar } \cos \alpha = \frac{G}{T}$$

0,2

$$\text{Obținem } \Delta r = l \sqrt{1 - \left(\frac{G}{T}\right)^2}$$

0,3

$$r = 2l \sqrt{1 - \left(\frac{G}{T}\right)^2} + d$$

0,7

$$q = \pm \left[2l \sqrt{1 - \left(\frac{mg}{T}\right)^2} + d \right] \sqrt{\frac{T}{k_0} \sqrt{1 - \left(\frac{mg}{T}\right)^2}}$$

0,7

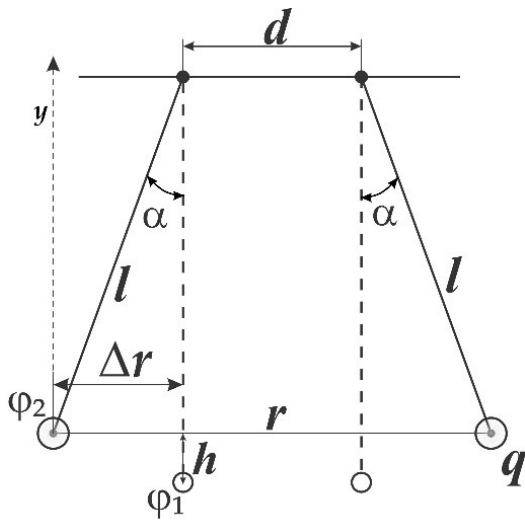
$$q = \pm 59.16 \text{ nC } \text{ sau } q = \pm 60 \text{ nC}$$

0,2

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
 Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVI
 CHIȘINĂU, 18 martie 2023

cl. 11

III.2.



0.6

$$\Delta W_{PG} = 2Gh = 2mgh \text{ variația energiei potențiale}$$

0,5

$$h = l - l \cos \alpha = l(1 + \cos \alpha)$$

0,2

$$\cos \alpha = \frac{G}{T}$$

$$\Delta W_{PG} = 2mgl \left(1 - \frac{mg}{T} \right)$$

0,3

$$\Delta W_{PC} = q(l_2 - l_1) \text{ variația energiei Coulombiene}$$

0,1

$$\varphi_1 = k_0 \frac{q}{d}$$

0,1

$$\varphi_2 = k_0 \frac{q}{r}$$

0,4

$$r = 2l \sqrt{1 - \left(\frac{mg}{T} \right)^2} + d$$

$$\Delta W_{PC} = q \left(k_0 \frac{q}{r} - k_0 \frac{q}{d} \right) = -k_0 q^2 \frac{r-d}{rd}$$

0,4

$$L = -(\Delta W_{PG} + \Delta W_{PC})$$

0,1

$$L = k_0 q^2 \frac{r-d}{rd} - 2mgl \left(1 - \frac{mg}{T} \right)$$

0,6

$$q = 60 \text{ nC}$$

$$L = 0.6 \text{ mJ}$$

0,2

III.3. $Q_1 = q/2 = \quad \dots$

0,8

$Q_2 = (q+q/2)^2 = 3q/4$

1,2