

Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova
Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LV

CHIȘINĂU, 22– 25 ,martie 2019

Proba teoretică ORF 2019

clasa a 10

Rezolvări

Problema 1

(10,0 puncte)

P1.A. Un corp cu masa m și densitatea ρ_{corp} , cade pe exoplanetă de la înălțimea H (vezi NB), mișcându-se mai întâi în atmosfera gazoasă densă cu densitatea ρ_1 , apoi scufundându-se până la adâncimea h într-un lichid cu densitatea ρ_2 . Accelerația căderii libere pe exoplanetă \bar{g}_p se consideră cunoscută. Neglijând forța de rezistență și considerând că scufundarea corpului în lichid au loc momentan, iar $\rho_{corp} > \rho_2 > \rho_1$, determinați:

P1.A1. Viteza corpului v la intrarea corpului în lichid; **(1,0 puncte)**

P1.A2. Lucrul sumăr al forțelor de tensiune superficială și de rezistență a lichidului, dacă viteza corpului la adâncimea h este v_0 ; **(1,5 puncte)**

P1.A3. Considerând, că forța de rezistență a lichidului este orientată în direcție opusă mișcării și este proporțională cu modulul vitezei: $F_r = -\alpha v$, determinați valoarea coeficientului de rezistență α , dacă începând cu adâncimea h corpul se mișcă uniform; **(1,5 puncte)**

P1.A4. Într-un punct A a exoplanetei corpurile nu produc umbră. În același timp în punctul B , aflat la distanța L de punctul A , razele de lumină provenite de la stea cad pe exoplanetă sub unghiul γ . Determinați masa M_p și raza R_p a exoplanetei. Constanta gravitațională G se consideră cunoscută. **(2,0 puncte)**

NB: Exoplanetă – planeta din afara sistemului nostru solar.

P1.B. Într-un vas izolat ermetic se află un gaz ideal. Partea superioară a vasului are o ramificare în formă de tub subțire, întrarea în care este închisă ermetic cu un dop de formă cilindrică cu masa m și densitatea ρ (Vezi Fig. P1.B.).

Lungimea dopului este h . Tubul formează cu peretele vasului unghiul α . Partea superioară a tubului este deschisă. Aerul din exteriorul vasului se află la o presiune normală p_0 . Gazul din vas începe să fie încălzit.

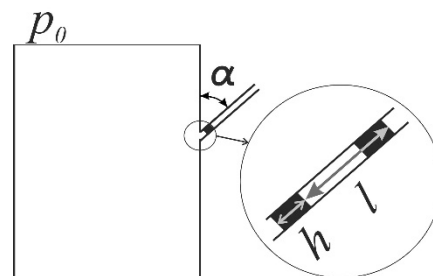


Figura P1.B.

P1.B1. Determinați valoarea forței de frecare totală F_{fr} , dacă la presiunea p a gazului dopul începe mișcarea în tub; **(2,0 puncte)**

P1.B2. Parcurgând distanța l în interiorul tubului, dopul s-a oprit (vezi Fig. P1.B.). Determinați lucrul A , care a fost efectuat la deplasarea dopului. **(2,0 puncte)**

Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova
Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LV

CHIȘINĂU, 22– 25 ,martie 2019

Proba teoretică ORF 2019

clasa a 10

Rezolvări

Soluție:

P1.A1. Este necesar de a lua în considerație forța Arhimede, care acționează asupra corpului în mediul gazos:

$$F_{A,g} = \rho_1 \frac{m}{\rho_{corp}} g_p, \quad (0,3 \text{ p})$$

$$mgH = \frac{mv^2}{2} + F_{A,g} \cdot H \quad (0,5 \text{ p})$$

$$v = \sqrt{2g_p H \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_{corp}} \right)} \quad (0,2 \text{ p})$$

P1.A2. Notăm lucrul sumar prin A . Conform legii conservării energiei:

$$mg_p (H + h) = m \frac{v_0^2}{2} + F_{A,g} H + F_{A,l} h + A \quad (0,5 \text{ p})$$

$$F_{A,l} = \rho_2 \frac{m}{\rho_{corp}} g_p$$

$$A = mg_p H \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_{corp}} \right) + mg_p h \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_{corp}} \right) - m \frac{v_0^2}{2} \quad (1,0 \text{ p})$$

P1.A3. La adâncimea h accelerația mișcării devine nulă, de aceea:

$$mg_p - \rho_2 \frac{m}{\rho_{corp}} - \alpha v_0 = 0 \quad (1,0 \text{ p})$$

$$\alpha = \frac{mg_p}{v_0} \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_{corp}} \right) \quad (0,5 \text{ p})$$

P1.A4. Deoarece distanța până la stea este mult mai mare decât raza exoplanetei, fasciculul de lumină incident poate fi considerat paralel în orice punct al suprafeței exoplanetei. În acest caz γ este unghiul dintre razele exoplanetei OA și OB, unde O – centrul exoplanetei (vezi Fig.1S-1A.). (0,5 p)

Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova
Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LV

CHIȘINĂU, 22– 25 ,martie 2019

Proba teoretică ORF 2019

clasa a 10

Rezolvări

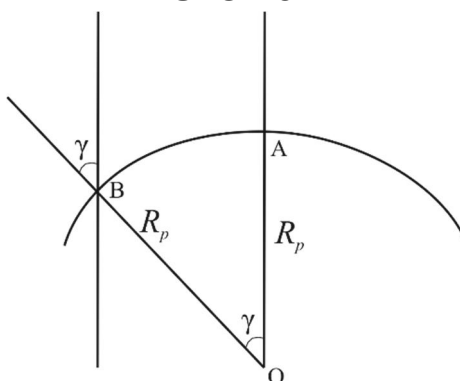


Fig. 1S-1A.

$$\frac{\gamma}{2\pi} = \frac{L}{2\pi R_p} \quad (0,4 \text{ p})$$

$$R_p = L/\gamma \quad (0,1 \text{ p})$$

Din legea atracției universale:

$$G \frac{mM_p}{R_p^2} = mg_p \quad (0,8 \text{ p})$$

$$M_p = \frac{R_p^2 g_p}{G} = \frac{L^2 g_p}{G\gamma^2} \quad (0,2 \text{ p})$$

P1.B

Asupra dopului acționează următoarele forțe: forța de presiune a gazului \vec{F}_{gaz} , forța de presiune a aerului atmosferic \vec{F}_{aer} , forța de greutate $m\vec{g}$, forța de reacție a suportului \vec{N} și forța de frecare \vec{F}_{fr} , unde \vec{F}_{fr} este forța rezultantă a forțelor de frecare elementare (vezi Fig.1S-1B). (0,5 p)

Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova
 Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LV

CHIȘINĂU, 22– 25 ,martie 2019

Proba teoretică ORF 2019

clasa a 10

Rezolvări

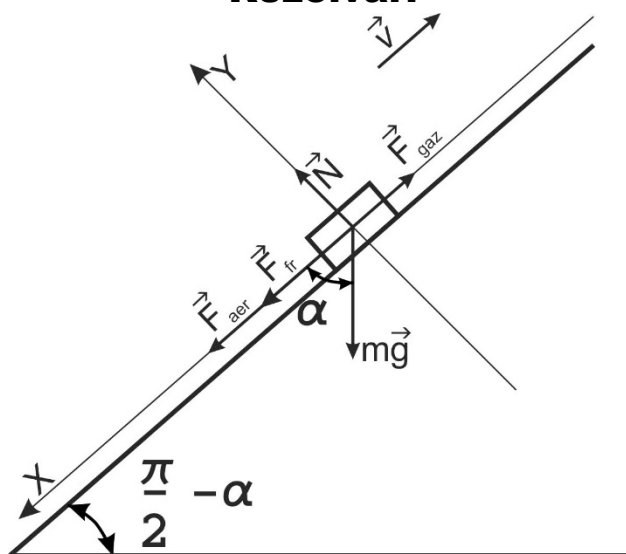


Fig 2S-1B.

P1.B1.

În momentul demarării mișcării dopului, rezultanta forțelor este nulă :

$$\vec{F}_{gaz} + \vec{F}_{aer} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{fr} = 0 \quad (0,5 \text{ p})$$

Proiecția pe axa OX :

$$F_{aer} + F_{fr} + mg \cos \alpha - F_{gaz} = 0, \quad (0,25 \text{ p})$$

$$F_{aer} = p_0 S = p_0 \frac{m}{\rho h}, \quad (0,25 \text{ p})$$

$$F_{gaz} = p \frac{m}{\rho h} \quad (0,25 \text{ p})$$

$$F_{fr} = F_{gaz} - F_{aer} - mg \cos \alpha$$

$$F_{fr} = (p - p_0) \frac{m}{\rho h} - mg \cos \alpha \quad (0,25 \text{ p})$$

P1.B2.

$$A = A_{aer} + A_{mg} + A_{F_{fr}} \quad (0,5 \text{ p})$$

$$A_{aer} = p_0 S \cdot l = p_0 \frac{m}{\rho h} \cdot l \quad (0,4 \text{ p})$$

Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova
Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LV
CHIȘINĂU, 22– 25 ,martie 2019

Proba teoretică ORF 2019

clasa a 10

Rezolvări

$$A_{Fr} = F_{fr} \cdot l = \left((p - p_0) \frac{m}{\rho h} - mg \cos \alpha \right) \cdot l \quad (0,4 \text{ p})$$

$$A_{mg} = mg \cos \alpha \cdot l \quad (0,4 \text{ p})$$

Atunci:

$$A_{gaz} = \left(\frac{p_0}{\rho h} + \frac{p - p_0}{\rho h} - g \cos \alpha + g \cos \alpha \right) ml = p \frac{m}{\rho h} l \quad (0,3 \text{ p})$$

Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova
Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LV
CHIȘINĂU, 22– 25 ,martie 2019

Proba teoretică ORF 2019

clasa a 10

Rezolvări

Problema 2

(10,0 puncte)

În apă, având temperatura $t_1 = 0^\circ\text{C}$, a fost aruncată o bucată de gheață, având temperatura $t_2 < t_1$. În interiorul acestei bucăți de gheață se află o placă din aluminiu, având temperatura de asemenea egală cu t_2 . Gheața cu placa de aluminiu încep să fie încălzite cu ajutorul încălzitorului, schema electrică a căruia este prezentată în Fig. P2.1.

P2.1. Determinați rezistența electrică a încălzitorului, dacă rezistența părților lui componente este R , $2R$ și $3R$ (vezi Fig. P2.1), iar rezistența firelor de conexiune poate fi neglijată; **(3,0 puncte)**

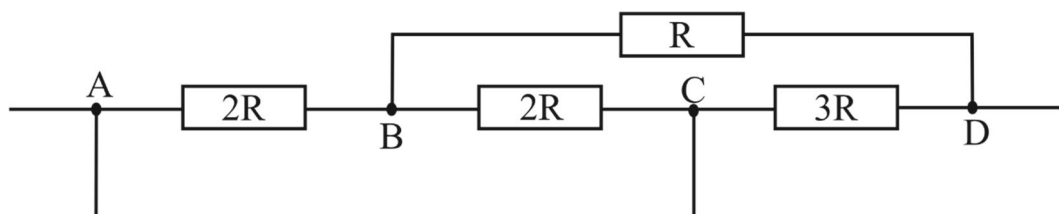


Figura P2.1.

P2.2. Considerând, că toată căldura, pe care o degajă încălzitorul, se transmite sistemului gheață-aluminiu, stabiliți dependența dintre masa m_0 a gheții topite și masa m_{Al} a plăcii de aluminiu, dacă este cunoscut, că prin încălzitor în intervalul de timp τ a trecut un curent cu intensitatea I . Randamentul încălzitorului este η , masa inițială a gheții cu placă de aluminiu este M . Capacitățile termice specifice ale gheții c_{gh} și aluminiului c_{Al} , cât și valoarea căldurii specifice de topire a gheții λ , sunt cunoscute; **(3,0 puncte)**

P2.3. Calculați valoarea parametrilor în dependența m_0 de m_{Al} din punctul P2.2, dacă $M = 4\text{ kg}$, $\tau = 5\text{ min.}$, $t_2 = -4^\circ\text{C}$, $I = 400\text{ mA}$, $\eta = 80\%$, $R = 1,1\text{ k}\Omega$, $c_{gh} = 2050\text{ J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$, $c_{Al} = 920\text{ J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ și $\lambda = 3,4\cdot 10^5\text{ J/kg}$; **(1,0 puncte)**

P2.4. Utilizând valorile ale parametrilor determinați în punctul P2.3, găsiți masa plăcii de aluminiu, dacă se cunoaște, că după $\tau = 5\text{ min.}$ de funcționare a încălzitorului, gheața cu placa s-au scufundat complet în apă. Densitatea gheții $\rho_{gh} = 916\text{ kg/m}^3$, densitatea apei $\rho_{H_2O} = 1000\text{ kg/m}^3$, iar densitatea aluminiului $\rho_{Al} = 2700\text{ kg/m}^3$. Considerați că topirea gheții au loc pe suprafața sa exterioară. Tensiunea superficială se neglijează. **(3,0 puncte)**

Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova
Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LV

CHIȘINĂU, 22– 25 ,martie 2019

Proba teoretică ORF 2019

clasa a 10

Rezolvări

Soluție

P2.1. Punctele A și C ale schemei electrice a încălzitorului posedă același potențial, de aceea ele pot fi suprapuse. În rezultat obținem schema electrică echivalentă a încălzitorului (vezi Fig. 3S-2), cu ajutorul căreia rezistența încălzitorului poate fi ușor determinată : **(1,0 p)**

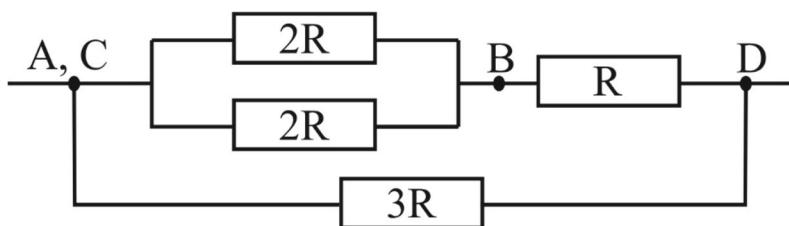


Figura 3S-2.

Rezistoarele $2R$ sunt unite în paralel, rezistența sumară fiind R . Aceasta este unită în serie cu rezistorul R , rezistența grupării fiind $R+R=2R$. În paralel cu gruparea dată este conectat rezistorul $3R$. **(1,0 p)**

Deci, rezistența încălzitorului R_{tot} se determină conform formulei:

$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{3R} \text{ sau } R_{tot} = 1,2 \cdot R. \quad (1,0 \text{ p})$$

P2.2. Căldura transmisă de încălzitor sistemului gheață-aluminiu în decursul intervalului de timp τ , este:

$$Q = \eta I^2 R_{tot} \tau = 1,2 \eta I^2 R \tau. \quad (0,5 \text{ p})$$

Această căldură se utilizează pentru încălzirea sistemului gheață-aluminiu până la 0°C , apoi pentru topirea gheții cu masa m_0 . Ecuația echilibrului termic:

$$Q = m_{Al} c_{Al} (0 - t_2) + (M - m_{Al}) c_{gh} (0 - t_2) + m_0 \lambda \quad (1,0 \text{ p})$$

Obținem expresia pentru m_0 :

$$m_0 = m_p - k m_{Al} \text{ unde:} \quad (0,5 \text{ p})$$

$$m_p = \frac{1,2 \eta I^2 R \tau - M c_{gh} |t_2|}{\lambda} \quad (0,5 \text{ p})$$

Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova
Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LV

CHIȘINĂU, 22– 25 ,martie 2019

Proba teoretică ORF 2019

clasa a 10

Rezolvări

$$k = \frac{(c_{Al} - c_{gh})|t_2|}{\lambda} \quad (0,5 \text{ p})$$

P2.3. Utilizând valorile numerice, prezentate în punctual P2.3., obținem

$$m_p = 0,0526 \text{ kg} \quad (0,5 \text{ p})$$

$$k = -0,0133 \quad (0,5 \text{ p})$$

Dependența dintre m_0 și m_{Al} este liniară, exprimată prin formula:

$$m_0 = 0,0526 \text{ kg} + 0,0133 m_{Al}$$

P2.4. În momentul scufundării complete în apă a sistemului gheață-aluminiu și plutirii lui în interiorul lichidului, forța de greutate devine egală cu forța lui Arhimede:

$$(M - m_0)g = \rho_{H_2O} \frac{m_{Al}}{\rho_{Al}} g + \rho_{H_2O} \frac{M - m_0 - m_{Al}}{\rho_{gh}} g \quad (1,0 \text{ p})$$

$$m_{Al} \rho_{H_2O} \left(\frac{1}{\rho_{Al}} - \frac{1}{\rho_{gh}} \right) + m_0 \left(1 - \frac{\rho_{H_2O}}{\rho_{gh}} \right) = M \left(1 - \frac{\rho_{H_2O}}{\rho_{gh}} \right) \quad (0,5 \text{ p})$$

Substituim m_0 din pct. P2.3., obținem:

$$m_{Al} \rho_{H_2O} \left(\frac{1}{\rho_{Al}} - \frac{1}{\rho_{gh}} \right) + (0,0526 + 0,0133 m_{Al}) \left(1 - \frac{\rho_{H_2O}}{\rho_{gh}} \right) = M \left(1 - \frac{\rho_{H_2O}}{\rho_{gh}} \right) \quad (0,5 \text{ p})$$

$$m_{Al} \left(\frac{\rho_{H_2O}}{\rho_{Al}} (\rho_{gh} - \rho_{Al}) + 0,0133 (\rho_{gh} - \rho_{H_2O}) \right) = (M - 0,0526) \cdot (\rho_{gh} - \rho_{H_2O}) \quad (0,5 \text{ p})$$

$$m_{Al} = \frac{(M - 0,0526) \cdot (\rho_{H_2O} - \rho_{gh})}{\frac{\rho_{H_2O}}{\rho_{Al}} (\rho_{Al} - \rho_{gh}) + 0,0133 (\rho_{H_2O} - \rho_{gh})} = 0,5 \text{ kg} \quad (0,5 \text{ p})$$

Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova
Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LV

CHIȘINĂU, 22– 25 ,martie 2019

Proba teoretică ORF 2019

clasa a 10

Rezolvări

Problema 3

(10,0 puncte)

P3.A. Sistemul optic constă dintr-o lentilă convergentă cu distanța focală F și o oglindă plană, situată la distanța D de lentilă.

P3.A.1. Determinați distanța focală a acestui sistem optic; **(3,0 puncte)**

P3.A.2. În care cazuri sistemul va funcționa ca o lentilă divergentă? **(1,0 puncte)**

P3.B. Un pendul matematic cu lungimea L oscilează armonic cu amplitudinea X față de axa principală a sistemului optic «lentilă-oglină», descris în punctul P3.A. Lentila este adusă în contact cu oglinda: $D = 0$. Distanța dintre pendul și oglindă este egală cu $5F$. Pendulul oscilează în planul perpendicular planului desenului (vezi Fig. P3.B).

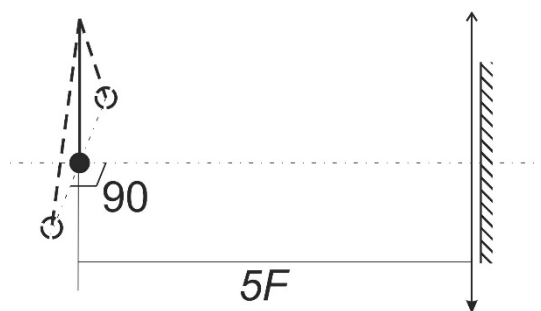


Figura P3.B.

P3.B.1. Determinați la ce distanță de oglindă se află imaginea pendulului; **(2,0 puncte)**

P3.B.2. Determinați viteza v a imaginii pendulului, când el intersectează axa optică principală. La rezolvarea problemei utilizați formula, care pune în dependența funcțională viteza maximală, amplitudinea și pulsația oscilației armonice: $v_{max} = X\omega$. **(4,0 puncte)**

Soluție

P3.A. Razele de lumină, paralele axei optice principale, după refracție se vor intersecta în focarul lentilei – în punctul F . Raza, care trece prin focar a lentilei va fi sursă de lumină pentru oglindă, iar imaginea în oglindă la rândul său va fi sursă de lumină pentru reflexia repetată în lentilă. **(0,5 puncte)**

P3.A.1. Sunt posibile 2 variante: punctul F se află în fața oglinzii (vezi Fig.4S-P3.A) ori punctul F se află după oglindă (vezi Figura 5S-P3.A.)

Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova
 Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LV

CHIȘINĂU, 22– 25 ,martie 2019

Proba teoretică ORF 2019

clasa a 10

Rezolvări

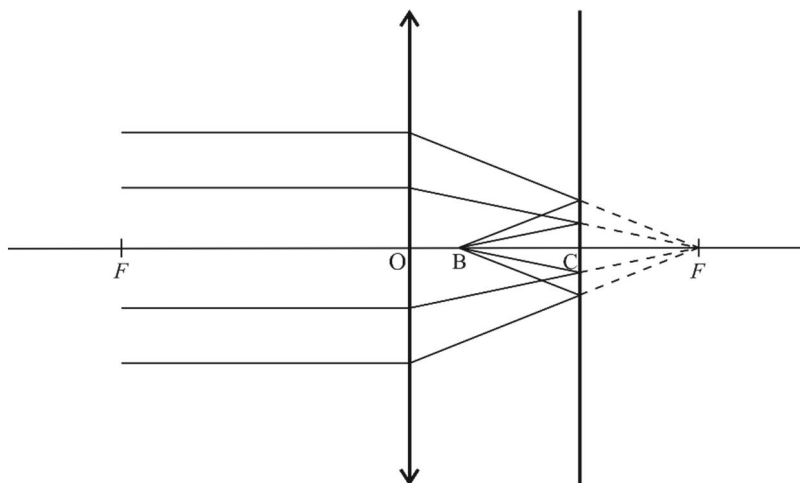


Figura 4S-P3.A.

Pentru Figura 4S-P3.A

(0,25 p)

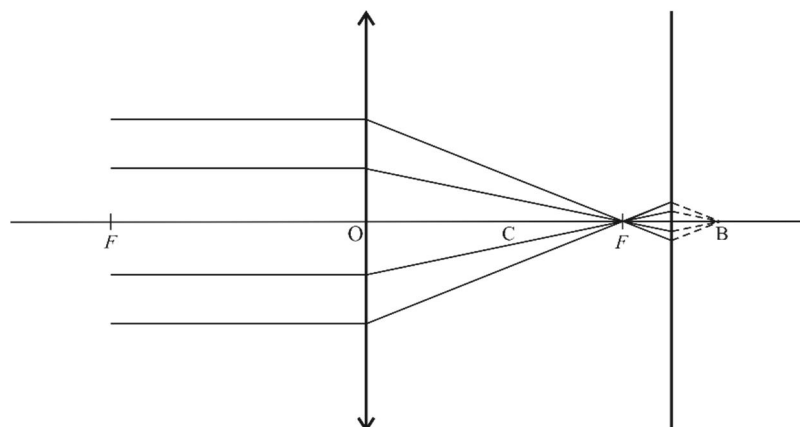


Figura 5S-P3.A.

Pentru Figura 5S-P3.A

(0,25 p)

În primul caz distanța de la lentilă până la sursa de reflecție repetată

$$OB = OC - BC = D - (F - D) = 2D - F.$$

(0,25 p)

În cazul doi, $OB = OF + FB = F + 2(D - F) = 2D - F.$

(0,25 p)

Conform formulei lentilei subțiri, determinăm poziția focarului sistemului optic „lentilă-oglină”

$$\frac{1}{OB} + \frac{1}{F'} = \frac{1}{F}$$

(1,0 p)

$$\frac{1}{2D - F} + \frac{1}{F'} = \frac{1}{F}$$

Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova
 Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LV
 CHIȘINĂU, 22– 25 ,martie 2019

Proba teoretică ORF 2019

clasa a 10

Rezolvări

$$F' = \frac{F(2D - F)}{2(D - F)} \quad (0,5 \text{ p})$$

P3.A.2 Sistemul optic va funcționa ca o lentilă divergență, când distanța focală $F' < 0$: **(0,5 p)**

$$\frac{F(2D - F)}{2(D - F)} < 0, \text{ adică}$$

$$\frac{F}{2} < D < F \quad (0,5 \text{ p})$$

Problema III.B

P3.B.1.

Deoarece $D = 0$, distanța focală a sistemului optic va fi $F/2$. **(0,25 p)**

Conform formulei lentilei subțiri, determinăm distanța b până la imaginea pendulului:

$$\frac{1}{5F} + \frac{1}{b} = \frac{2}{F} \quad (1,5 \text{ p})$$

$$b = \frac{5}{9}F \quad (0,25 \text{ p})$$

P3.B.2. Dimensiunile pendulului și a imaginii lui se determină din asemănarea triunghiurilor AOB și A_1OB_1 (vezi Fig. 6S-P3.A.):

$$\frac{A_1B_1}{AB} = \frac{A_1O}{AO} = \frac{b}{5F} = \frac{1}{9}. \quad (1,0 \text{ p})$$

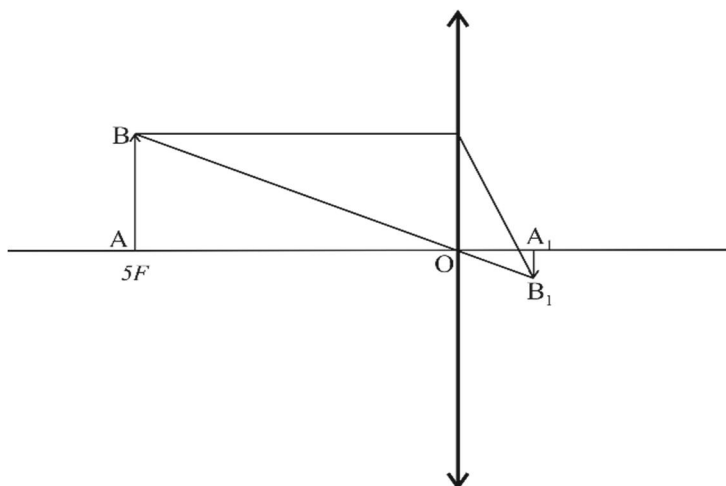


Figura 6S-P3.A.
 pagina 11 din 12

Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova
Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LV
CHIȘINĂU, 22– 25 ,martie 2019

Proba teoretică ORF 2019

clasa a 10

Rezolvări

Vitezele pendulului și a imaginii se raportează în același mod, adică $\frac{v_i}{v} = \frac{1}{9}$ (1,0 p)

Atunci,

$$v_{i,max} = \frac{1}{9} v_{max} = \frac{1}{9} X \omega \quad (1,0 \text{ p})$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{g}{L}} \quad (0,5 \text{ p})$$

$$v_{i,max} = \frac{1}{9} X \sqrt{\frac{g}{L}} \quad (0,5 \text{ p})$$

Problemele au fost propuse de:
doctor habilitat, profesor univ. **D.L. Nika**
(Universitatea de Stat din Moldova);
doctor habilitat, profesor univ. **A.A. Ciucanov**
(Universitatea de Stat din Moldova);
cercetător științific **C.I. Isacova**
(Universitatea de Stat din Moldova).