

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
Agencia Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVII

CHIȘINĂU, 17– 20 martie 2023

Proba teoretică ORF 2023,

clasa a 10

Problema 1

(10,0 p)

P1. O bilă elastică de dimensiuni mici cade liber de la o anumită înălțime pe suprafața unui plan înclinat neted ce formează un unghi $\alpha = 45^\circ$ cu orizontală. După ciocnirea cu planul înclinat bila sare, modulul vitezei bilei rămâne neschimbat, iar unghiul de reflexie este egal cu unghiul de incidență. În momentul ciocnirii cu suprafața, viteza bilei este $v_0 = 5 \text{ m/s}$.

NB. Rezistența aerului se va neglija, accelerația căderii libere este $g = 10,00 \text{ m/s}^2$, $\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$.

P1.1. Reprezentați schematic traiectoria mișcării bilei și indicați mărimile care sunt discutate în **P1.2-P1.5**. **(1 p)**

P1.2. Determinați înălțimea h de unde a căzut bila pe planul înclinat. **(1 p)**

P1.3. Determinați la ce distanță s de la locul primei atingeri a planului înclinat bila se va ciocni de plan a doua oară. **(3 p)**

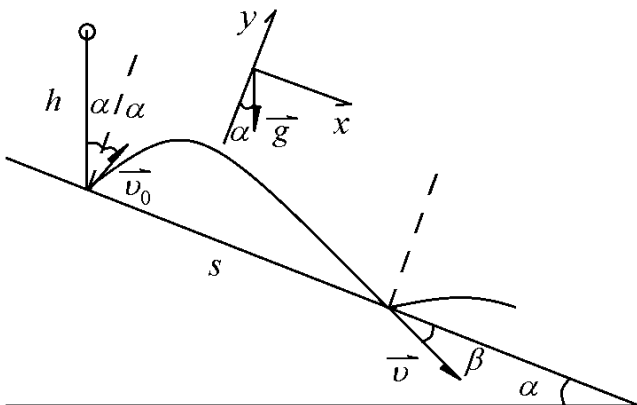
P1.4. Determinați viteza v a bilei în momentul celei de-a doua ciocniri cu planul înclinat. **(2 p)**

P1.5. Determinați unghiul β dintre vectorul vitezei bilei și planul înclinat în momentul celei de-a doua ciocniri cu planul înclinat. *Notă:* rezultatul poate fi prezentat sub forma unei funcții trigonometrice. **(1 p)**

P1.6. Care trebuie să fie unghiul de înclinare a planului pentru ca vectorul vitezei bilei după ciocnirea a doua să fie direcționat orizontal? **(2 p)**

Soluție:

P1.1. Figura este prezentată în formă generală pentru o valoare arbitrară a unghiului α . **(1 p)**



P1.2. **(1 p)**

Varianta 1: $\frac{mv_0^2}{2} = mgh \Rightarrow h = \frac{v_0^2}{2g}$

$\Rightarrow h = 1,25$

Varianta 2: $h = \frac{gt^2}{2}, \quad v_0 = -gt \Rightarrow$

$h = \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow h = 1,25 \text{ m}$

Varianta 3: formula lui Galilei $s = \frac{v_0^2 - v_{\text{initiala}}^2}{2a} \Rightarrow h = \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow h = 1,25 \text{ m}$

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
 Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVII
 CHIȘINĂU, 17– 20 martie 2023

Proba teoretică ORF 2023,

clasa a 10

P1.3.

(3 p)

$$x = v_0 \sin \alpha t + \frac{g \sin \alpha t^2}{2} \qquad s = v_0 \sin \alpha t + \frac{g \sin \alpha t^2}{2} \qquad (1 \text{ p})$$

$$y = v_0 \cos \alpha t - \frac{g \cos \alpha t^2}{2} \qquad 0 = v_0 \cos \alpha t - \frac{g \cos \alpha t^2}{2} \qquad (1 \text{ p})$$

$$t = \frac{2v_0}{g} \quad (0,5 \text{ p}) \quad \Rightarrow \quad s = \frac{2v_0^2 \sin \alpha}{g} + \frac{2v_0^2 \sin \alpha}{g} = \frac{4v_0^2 \sin \alpha}{g} \quad \Rightarrow s = 7,1 \text{ m} \quad (0,5 \text{ p})$$

P1.4.

(2 p)

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \qquad (0,5 \text{ p})$$

$$v_x = v_{0x} + g \sin \alpha t = v_0 \sin \alpha + g \sin \alpha t = \sin \alpha (v_0 + gt) \qquad (0,5 \text{ p})$$

$$v_y = v_{0y} - g \cos \alpha t = v_0 \cos \alpha - g \cos \alpha t = \cos \alpha (v_0 - gt) \qquad (0,5 \text{ p})$$

Din **P1.3:** $t = \frac{2v_0}{g}$

$$v = \sqrt{\sin^2 \alpha (v_0 + gt)^2 + \cos^2 \alpha (v_0 - gt)^2} = \sqrt{\sin^2 \alpha \cdot 9v_0^2 + \cos^2 \alpha \cdot v_0^2} = v_0 \sqrt{9 \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

$$v = 5\sqrt{5} = 11,2 \text{ (m/c)} \qquad (0,5 \text{ p})$$

P1.5.

(1 p)

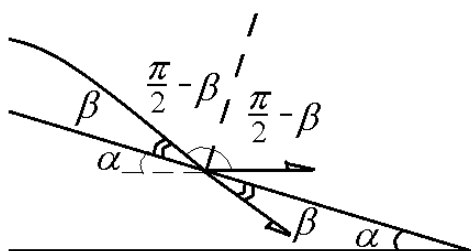
$$\operatorname{tg} \beta = \frac{v_y}{v_x} = \operatorname{ctg} \alpha \frac{v_0 - gt}{v_0 + gt} \quad (0,5 \text{ p}) \quad \Rightarrow \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{v_y}{v_x} = \operatorname{ctg} \alpha \frac{v_0 - 2v_0}{v_0 + 2v_0} = -\frac{1}{3} \operatorname{ctg} \alpha \quad (0,5 \text{ p})$$

$$\operatorname{tg} \beta = -\frac{1}{3}, \qquad \beta = \operatorname{arctg}(-0,33)$$

$$\beta = -18,26^\circ, \text{ modulul } \beta = 18,26^\circ \text{ (calculul este opțional)}$$

P1.6.

(2 p)



Figura

(0,5 p)

$$\alpha + \beta + \left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) + \left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) = \pi \quad \Rightarrow \quad \alpha = \beta \quad (1 \text{ p})$$

$$\text{Din P1.5: } \operatorname{tg} |\beta| = \frac{1}{3} \operatorname{ctg} \alpha \quad \Rightarrow$$

$$3 \operatorname{tg} \alpha = \operatorname{ctg} \alpha \quad \Rightarrow \quad 3 \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} \quad \Rightarrow$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3} \quad \Rightarrow \quad \alpha = 30^\circ \quad (0,5 \text{ p})$$

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVII
CHIȘINĂU, 17– 20 martie 2023

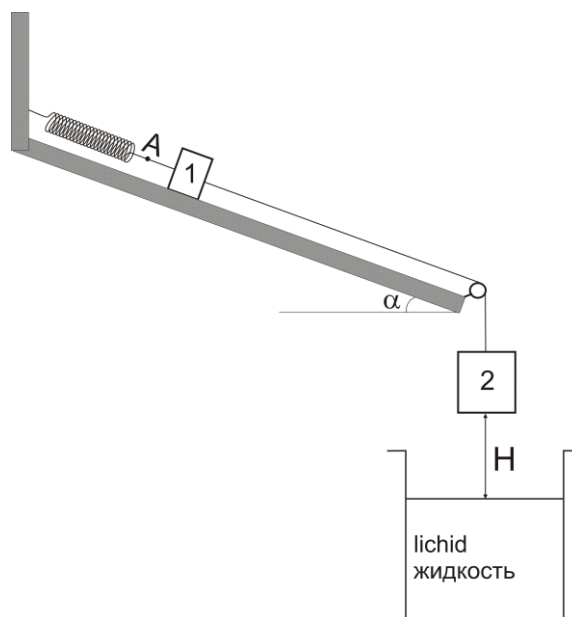
Proba teoretică ORF 2023,

clasa a 10

Problema 2

(10,0 p)

P2. Un corp 1 este poziționat pe un plan înclinat cu rugozități și este fixat de peretele vertical prin intermediul unui arc cu coeficientul de elasticitate κ . Corpul 2 este atașat de corpul 1 printr-un fir imponderabil (după cum este prezentat în figură). Planul formează unghiul α cu orizontală, coeficientul de frecare între corpul 1 și plan este egal cu μ , masa primului corp este m , iar a celui de al doilea este de n ori mai mare decât a corpului 1, densitatea corpurilor este ρ . Planul înclinat și vasul sunt considerate fixe. Rezistența aerului se va neglija.



P2.1. Reprezentați schematic și enumerați toate forțele ce acționează asupra corpurilor 1 și 2. **(1 p)**

P2.2. Determinați alungirea arcului Δl , dacă este cunoscut că sistemul de corpuri se află în echilibru.

(2 p)

P2.3. Peste cât timp t corpul 2 va atinge nivelul lichidului în vasul ce se află sub el, dacă se va tăia firul în punctul A? Distanța de la corpul 2 până la suprafața lichidului la momentul începutului mișcării este cunoscută și este egală cu H . Considerați că distanța de la corpul 1 până la capătul planului înclinat este mai mare decât distanța de la corpul 2 până la fundul vasului. Forța de rezistență din partea atmosferei dense poate fi neglijată.

(2,5 p)

P2.4. Determinați densitatea lichidului ρ_{lic} , dacă este cunoscut că, după scufundarea completă în lichid, corpul a început să se miște uniform.

(1,5 p)

P2.5. Care va fi temperatura lichidului t_f în vas după scufundarea corpului, dacă este cunoscut că temperaturile inițiale ale corpului și lichidului au fost t_2 și t_1 respectiv ($t_2 > t_1$), iar toată energia cinetică a corpului obținută după scufundare s-a transformat în căldură. Capacitățile termice ale corpului și lichidului sunt cunoscute și sunt egale respectiv cu C_2 și C_1 .

(3 p)

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
 Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVII
 CHIȘINĂU, 17– 20 martie 2023

Proba teoretică ORF 2023,

clasa a 10
(10,0 p)

Problema 2

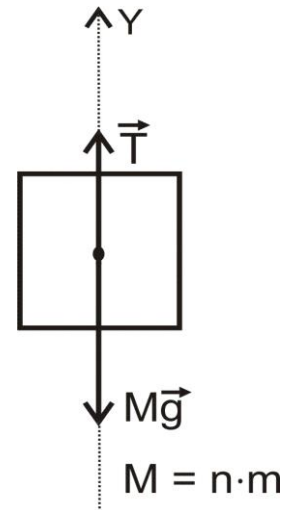
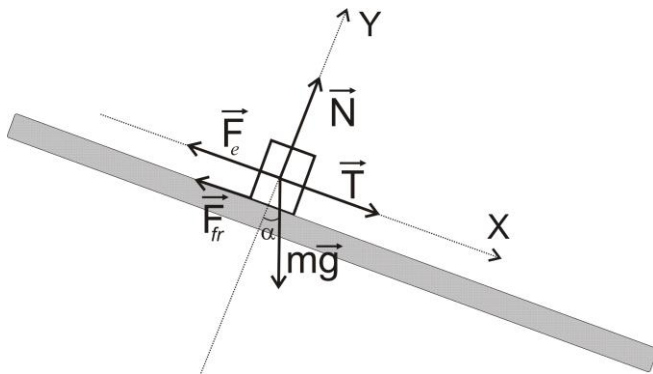
Soluție

P2.1.

(1 p)

Pentru corpul 1:

Pentru corpul 2:



Câte **0,1 p** pentru fiecare forță indicată corect; **0,3 p** pentru imagini corecte

P2.2.

(2 p)

Pentru corpul 1: $\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_e + \vec{F}_{fr} + \vec{T} = 0$ (0,5 p)

Proiecția pe axa OX: $mg\sin\alpha - F_e - F_{fr} + T = 0$ (1) (0,25 p)

Proiecția pe axa OY: $N - mg\cos\alpha = 0$ (2) (0,25 p)

Pentru corpul 2: $nm\vec{g} + \vec{T} = 0$

Proiecția pe axa OY: $-nmg + T = 0$ (3) (0,25 p)

Luând în considerație că prin definiție:

$F_e = k \cdot \Delta l;$ (0,1 p)

$F_{fr} = \mu \cdot N;$ (0,1 p)

$F_{fr} = \mu \cdot mg\cos\alpha$ (0,15 p)

din Eq. (1) – (3) obținem: $mg\sin\alpha - k \cdot \Delta l - \mu \cdot mg\cos\alpha + nmg = 0$ (0,2 p)

$\Delta l = \frac{mg}{k}[\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha + n]$ (0,2 p)

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

CHIȘINĂU, 17– 20 martie 2023

Proba teoretică ORF 2023,

clasa a 10

P.2.3.

(2,5 p)

Pentru corpul 1: $\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{fr} + \vec{T} = m\vec{a}_1$

Proiecția pe axa OX: $mgsin\alpha - F_{fr} + T = ma_1$ (5) (0,25 p)

Proiecția pe axa OY: $N - mg\cos\alpha = 0$ (6)

Pentru corpul 2: $nm\vec{g} + \vec{T} = nm\vec{a}_2$

Proiecția pe axa OY: $-nm\vec{g} + T = -nma_2$ (7) (0,25 p)

Luând în considerație că $a_1 = a_2 = a$, obținem: (0,25 p)

$-nm\vec{g} + ma - mg(sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha) = -nma$ (0,5 p)

$$a = g \frac{sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha + n}{n + 1}$$

(0,25 p)

$$H = \frac{at^2}{2}$$

(0,5 p)

$$t = \sqrt{\frac{2H}{a}} = \sqrt{\frac{2H(n + 1)}{g(sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha + n)}}$$

(0,5 p)

P.2.4.

(1,5 p)

Pentru corpul 1: $\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{fr} + \vec{T} = 0$

Proiecția pe axa OX: $mg \cdot sin\alpha - F_{fr} + T = 0$ (7) (0,25 p)

Proiecția pe axa OY: $N - mg \cdot \cos\alpha = 0$ (8) (0,25 p)

Pentru corpul 2: $nm\vec{g} + \vec{F}_{A,lic} + \vec{T} = 0$

$-nm\vec{g} + \rho_{lic} \cdot \frac{n \cdot m}{\rho} \cdot g + T = 0$ (9) (0,25 p)

Din Eq. (7) – (9): $-nm\vec{g} + \rho_{lic} \cdot \frac{n \cdot m}{\rho} \cdot g + \mu \cdot mg \cdot \cos\alpha - mg \cdot sin\alpha = 0$ (0,5 p)

$$\rho_{lic} = \rho \cdot \left[1 + \frac{sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha}{n} \right]$$

(0,25 p)

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
 Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVII
 CHIȘINĂU, 17– 20 martie 2023

Proba teoretică ORF 2023,

clasa a 10

Notă:

Densitatea poate fi obținută și din condiția:

$F_{A,lic} = F_e$, unde $F_e = k\Delta l = mg[\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha + n]$ este forța elastică din punctul **P.2.2**.

Atunci:

$$\rho_{lic} \cdot \frac{n \cdot m}{\rho} \cdot g = mg[\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha + n]$$

$$\rho_{lic} = \rho \cdot \left[1 + \frac{\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha}{n} \right]$$

P.2.5.

(3 p)

$$Q_1 + Q_2 = \frac{nmv^2}{2}$$

(0,5 p)

$$Q_1 = C_1(t_f - t_1)$$

(0,5 p)

$$Q_2 = C_2(t_f - t_2)$$

(0,5 p)

$$v = at = a\sqrt{\frac{2H}{a}} = \sqrt{2aH}$$

(0,25 p)

Utilizând accelerația a din **P.2.3** obținem pentru v :

$$v = \sqrt{2gH \left[\frac{\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha + n}{n + 1} \right]}$$

(0,25 p)

$$C_1(t_f - t_1) + C_2(t_f - t_2) = \frac{nmv^2}{2}$$

(0,25 p)

$$t_f = \frac{\frac{mv^2}{2} + C_1 \cdot t_1 + C_2 \cdot t_2}{C_1 + C_2}$$

(0,5 p)

$$t_f = \frac{mgH \left[\frac{\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha + n}{n + 1} \right] + C_1 \cdot t_1 + C_2 \cdot t_2}{C_1 + C_2}$$

(0,25 p)

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
 Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVII
 CHIȘINĂU, 17– 20 martie 2023

Proba teoretică ORF 2023,

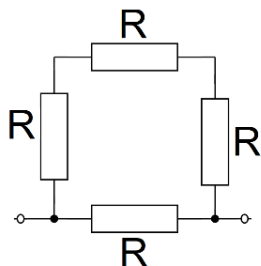
clasa a 10

Problema 3

(10,0 p)

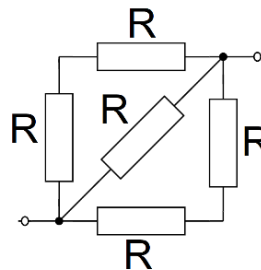
P3. A. Determinați rezistența totală a circuitului în schemele prezentate în figurile 3a, 3b, 3c și 3d. Reprezentați schemele echivalente.

P3.1. Figura 3a:



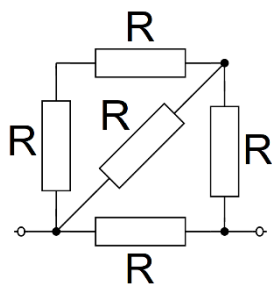
(1 p)

P3.2. Figura 3b:



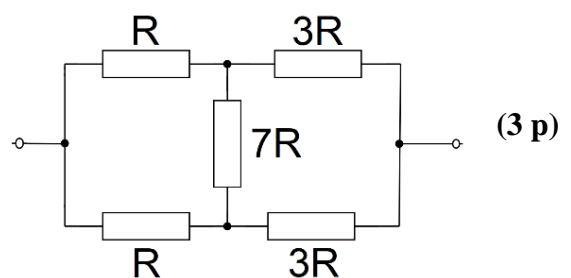
(1,5 p)

P3.3. Figura 3c:



(2,5 p)

P3.4. Figura 3d:



(3 p)

P3. B. Determinați puterea disipată în circuitul prezentat în schema 3d, dacă este cunoscut că prin punctul A trece curentul de intensitate I .

(2 p)

Soluție:

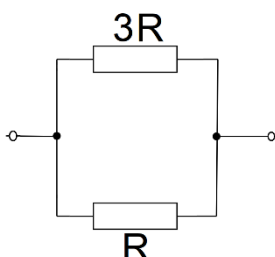
Problema 3

(10,0 p)

P3. A.

P3.1. Schema echivalentă:

(1 p)



(0,5 p)

$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{3R} + \frac{1}{R} = \frac{4}{3R}$$

$$R_{tot} = \frac{3}{4}R$$

(0,5 p)

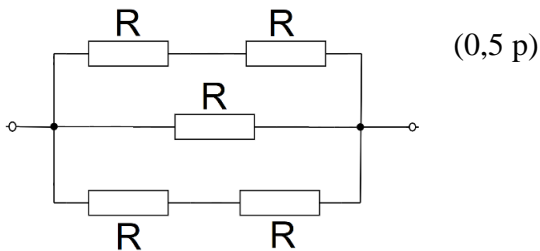
Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
Agencia Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVII
 CHIȘINĂU, 17– 20 martie 2023

Proba teoretică ORF 2023,

clasa a 10

P3.2. Schema echivalentă:

(1,5 p)



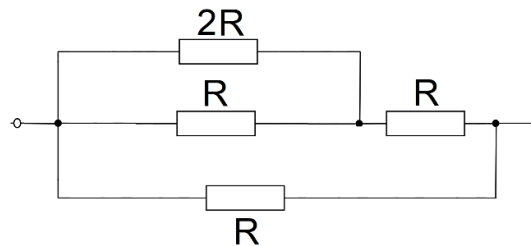
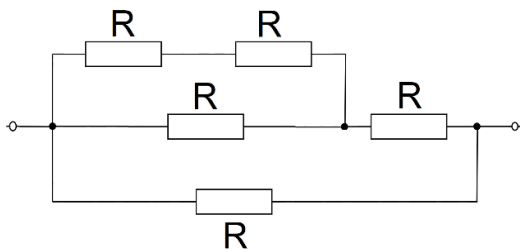
$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{2R} = \frac{4}{2R} = \frac{2}{R}$$

$$R_{tot} = \frac{R}{2}$$

(1,0 p)

P3.3. Schema echivalentă:

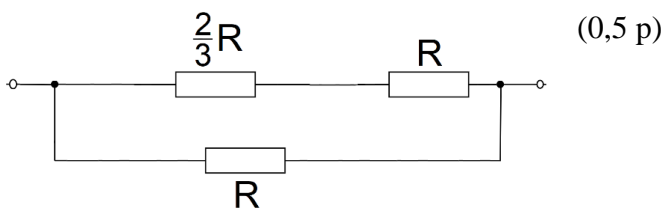
(2,5 p)



(0,5 p)

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{R} = \frac{3}{2R} = \frac{3}{2R} \Rightarrow R_1 = \frac{2}{3}R$$

(0,5 p)



$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{R_1 + R} + \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{2}{3}R + R} + \frac{1}{R} = \frac{3}{5R} + \frac{1}{R} = \frac{8}{5R}$$

$$R_{tot} = \frac{5}{8}R$$

(1,0 p)

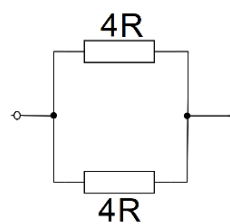
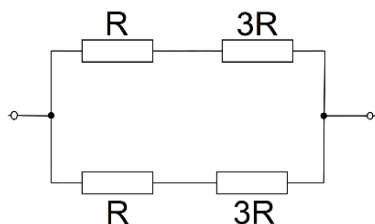
P3.4.

(3 p)

Circuitul electric este simetric față de axa orizontală \Rightarrow potențialele electrice la ambele capete ale rezistorului cu rezistența $7R$ sunt aceleași. Prin urmare, acest rezistor $7R$ poate fi exclus din circuitul electric.

Varianta 1

Schema echivalentă:



(2,0 p)

$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{R + 3R} + \frac{1}{R + 3R} = \frac{2}{4R} = \frac{1}{2R}$$

$$R_{tot} = 2R$$

(1,0 p)

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

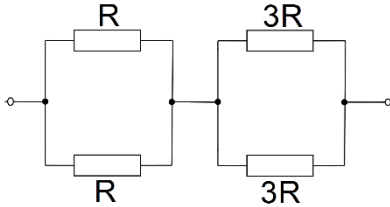
CHIȘINĂU, 17– 20 martie 2023

Proba teoretică ORF 2023,

clasa a 10

Varianta 2

Schema echivalentă:



(2,0 p)

$$R_{tot} = \frac{R}{2} + \frac{3R}{2} = 0,5R + 1,5R = 2R$$

$$R_{tot} = 2R$$

(1,5 p)

P3. B.

(2 p)

Conform schemei 3d, prin rezistențe R și $3R$ (ramura inferioară) trece curentul I . Deoarece schema electrică posedă simetrie față de axa orizontală, prin rezistențe R și $3R$ (ramura superioară) de asemenea trece curentul de intensitate I .

$$P = I_{tot}^2 \cdot R_{tot} \quad (0,5 \text{ p})$$

$$I_{tot} = 2 \cdot I \quad (1,0 \text{ p})$$

$$P = 8 \cdot I^2 \cdot R \quad (0,5 \text{ p})$$