

BAREM A. MECANICĂ

Subiectul I (15 puncte)

1. d) 3 puncte
2. c) 3 puncte
3. b) 3 puncte
4. c) 3 puncte
5. d) 3 puncte

Subiectul II (15 puncte)

- a) Reprezentarea corectă a tuturor forțelor 2.5 puncte

- b) Expresia principiului II al dinamicii (fără tensiuni):

$$(m_1 + m_2 + m_3) \vec{a} = \vec{G}_1 + \vec{G}_2 + \vec{G}_3 + \vec{N}_1 + \vec{F}_f; \quad \vec{G}_1 + \vec{N}_1 = 0 \quad \dots\dots\dots 1 \text{ puncte}$$

Expresia accelerației:

$$a = g \left(\frac{m_2 - \mu m_1 - m_3}{m_1 + m_2 + m_3} \right) \quad \dots\dots\dots 1.5 \text{ puncte}$$

$$a = 3,5 \text{ m/s}^2 \quad \dots\dots\dots 0.5 \text{ puncte}$$

- c) Principiul II pentru corpul B:

$$m_2 \vec{a} = \vec{G}_2 + \vec{T}_{12} \quad \dots\dots\dots 1 \text{ puncte}$$

Expresia tensiunii T_{12} :

$$T_{12} = m_2(g - a); \quad T_{12} = 32,5 \text{ N} \quad \dots\dots\dots 1.5 \text{ puncte}$$

Principiul II pentru corpul C:

$$m_3 \vec{a} = \vec{G}_3 + \vec{T}_{13} \quad \dots\dots\dots 1 \text{ puncte}$$

Expresia tensiunii T_{13} :

$$T_{13} = m_3(g + a); \quad T_{13} = 27 \text{ N} \quad \dots\dots\dots 1.5 \text{ puncte}$$

- d) Principiul II al sistemului care urcă cu viteză constantă (accelerația $\vec{a} = 0$):

$$g(m_2 - \mu m_1 - m'_3) = 0; \quad m'_3 = m_2 - \mu m_1 \quad \dots\dots\dots 1.5 \text{ puncte}$$

Diferența de masă:

$$\Delta m' = m'_3 - m_3; \quad \Delta m' = 2,8 \text{ kg} \quad \dots\dots\dots 1 \text{ puncte}$$

Principiul II al sistemului care coboară cu viteză constantă (acclerația $\vec{a} = 0$):

$$g(m_3'' - \mu m_1 - m_2) = 0; \quad m_3'' = m_2 + \mu m_1 \quad \dots\dots\dots \quad \mathbf{1.5 \text{ puncte}}$$

Concluzia:

$$m_3'' > m_3' \Rightarrow \text{cea mai mică valoare a masei suplimentare este } 2,8 \text{ kg} \quad \dots\dots\dots \quad \mathbf{0.5 \text{ puncte}}$$

Subiectul III (15 puncte)

a) Reprezentarea corectă a tuturor forțelor $\dots\dots\dots$ **1 puncte**

Principiul II:

$$m\vec{a} = \vec{F} + \vec{G} + \vec{F}_f; \quad G_n = N + F \sin \beta \quad \dots\dots\dots \quad \mathbf{1 \text{ puncte}}$$

Expresia forței de frecare:

$$F_f = \mu(mg \cos \alpha - F \sin \beta) \quad \dots\dots\dots \quad \mathbf{0.5 \text{ puncte}}$$

Expresia accelerației:

$$a = \frac{F \cos \beta - mg \sin \alpha - \mu(mg \cos \alpha - F \sin \beta)}{m} \quad \dots\dots\dots \quad \mathbf{1 \text{ puncte}}$$

b) Mișcare uniformă $\Rightarrow \vec{a} = 0$;

Principiul II:

$$F \cos \beta - \mu(mg \cos \alpha - F \sin \beta) - mg \sin \alpha = 0 \quad \dots\dots\dots \quad \mathbf{0.5 \text{ puncte}}$$

Expresia forței F :

$$F = \frac{mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha}{\cos \beta + \mu \sin \beta} \quad \dots\dots\dots \quad \mathbf{0.5 \text{ puncte}}$$

Expresia lucrului mecanic al forței F :

$$AB = \Delta r = \frac{h}{\sin \alpha}; \quad L_F = F \Delta r \cos \beta \quad \dots\dots\dots \quad \mathbf{1 \text{ puncte}}$$

$$L_F = mgh \frac{1 + \mu \operatorname{ctg} \alpha}{1 + \mu \operatorname{tg} \beta} \quad \dots\dots\dots \quad \mathbf{0.5 \text{ puncte}}$$

Expresia lucrului mecanic al forței de frecare F_f :

$$L_{F_f} = F_f \Delta r \cos \pi \quad \dots\dots\dots \quad \mathbf{0.5 \text{ puncte}}$$

$$L_{F_f} = -\mu mgh \operatorname{ctg} \alpha + \mu mgh \frac{(1 + \mu \operatorname{ctg} \alpha)}{\mu + \operatorname{ctg} \beta} \quad \dots\dots\dots \quad \mathbf{0.5 \text{ puncte}}$$

Expresia lucrului mecanic al normalei la suprafață N :

$$L = N \Delta r \cos \frac{\pi}{2} = 0 \quad \dots\dots\dots \quad \mathbf{0.5 \text{ puncte}}$$

Expresia lucrului mecanic al greutății G :

$$L_G = G\Delta r \cos\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right) = -Gh = -mgh \dots\dots\dots \mathbf{1 \text{ puncte}}$$

c) Mișcare uniform accelerată $\Rightarrow \vec{a} \neq 0$;

Expresia forței F :

$$F = \frac{ma + mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha}{\cos \beta + \mu \sin \beta} \dots\dots\dots \mathbf{0.5 \text{ puncte}}$$

Expresia lucrului mecanic al forței F :

$$L_F = F\Delta r \cos \beta \dots\dots\dots \mathbf{0.5 \text{ puncte}}$$

$$L_F = m h \frac{\left(\frac{a}{\sin \alpha} + g + \mu g \operatorname{ctg} \alpha\right)}{1 + \mu \operatorname{tg} \beta} \dots\dots\dots \mathbf{1 \text{ puncte}}$$

Expresia lucrului mecanic al forței de frecare F_f :

$$L_{F_f} = F_f \Delta r \cos \pi \dots\dots\dots \mathbf{0.5 \text{ puncte}}$$

$$L_{F_f} = -\mu m g h \operatorname{ctg} \alpha + \mu m h \frac{\left(\frac{a}{\sin \alpha} + g + \mu g \operatorname{ctg} \alpha\right)}{\mu + \operatorname{ctg} \beta} \dots\dots\dots \mathbf{0.5 \text{ puncte}}$$

Expresia lucrului mecanic al normalei la suprafață N :

$$L_N = N\Delta r \cos \frac{\pi}{2} = 0 \dots\dots\dots \mathbf{0.5 \text{ puncte}}$$

Expresia lucrului mecanic al greutății G :

$$L_G = G\Delta r \cos\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right) = -Gh = -mgh \dots\dots\dots \mathbf{0.5 \text{ puncte}}$$

d) Teorema de variație a energiei cinetice (considerăm viteza inițială zero):

$$\Delta E_c = E_{cf} - E_{ci} = E_{cf} = L_{\text{tot}} \dots\dots\dots \mathbf{0.5 \text{ puncte}}$$

$$E_{cf} = L_G + L_F + L_{F_f} \dots\dots\dots \mathbf{0.5 \text{ puncte}}$$

Expresia vitezei:

$$v = \sqrt{2h} \sqrt{-g - \mu g \operatorname{ctg} \alpha + \mu \frac{g + \mu g \operatorname{ctg} \alpha + \frac{a}{\sin \alpha}}{\mu + \operatorname{ctg} \beta} + \frac{g + \mu g \operatorname{ctg} \alpha + \frac{a}{\sin \alpha}}{1 + \mu \operatorname{tg} \beta}} \dots\dots\dots \mathbf{1.5 \text{ puncte}}$$

BAREM

B. ELEMENTE DE TERMODINAMICĂ (45 puncte)

Subiectul I.

Nr.	Soluție	Punctaj
I.1.	d.	3p
I.2.	b.	3p
I.3.	a.	3p
I.4.	c.	3p
I.5.	c.	3p
Total Subiectul I		15p

Subiectul II.

Nr.	Soluție	Punctaj
II.a.	Ecuția de stare a gazului ideal se poate exprima/deduce ca: $p\mu = \rho RT$	1p
	Densitatea amestecului se poate exprima ca: $\rho = \frac{p\mu}{RT}$	1p
	În Sistemul Internațional, temperatura se exprimă ca: $T = 200$ K, iar presiunea $p = 3324$ Pa	1p
	Numeric, densitatea amestecului are valoarea: $\rho = 5 \text{ g/m}^3$	1p
II.b.	Masa molară medie a amestecului se poate exprima în funcție de fracția molară x a heliului (sau procentului de heliu) ca: $\bar{\mu} = x\mu_2 + (1 - x)\mu_1$	1p
	Fracția molară de heliu/procentul de hidrogen din amestec este: $x_1 = \frac{\mu_2 - \bar{\mu}}{\mu_2 - \mu_1}$ Numeric: $x_1 = 0,75 = 75\%$	1p
	În amestec fiind $\nu = 2$ moli, rezultă că sunt $x_1\nu = 1,5$ moli de hidrogen, iar masa de heliu va fi dată de: $m_1 = x_1\nu\mu_1$	1p
	Numeric, masa de hidrogen este: $m_2 = 3 \text{ g}$	1p
II.c.	Numărului de molecule se poate exprima în funcție de numărul de moli: $N = \nu N_A$	1p
	Ecuția de stare a gazului ideal: $pV = \nu RT$	1p
	Exprimarea mărimii cerute: $n = \frac{N}{V} = \frac{pN_A}{RT}$	1p
	Numeric, concentrația (numărul de particule pe unitatea de volum) este: $n = 1,204 \cdot 10^{24} \frac{\text{molecule}}{\text{m}^3}$	1p
II.d.	În amestec se regăsesc 1,5 moli de hidrogen și 0,5 moli de heliu. Dacă se mai introduc y moli de heliu, se vor regăsi 1,5 moli de hidrogen și $0,5 + y$ moli de heliu, în total $2 + y$ moli. Astfel, se pot calcula noile fracții molare: $x_1' = \frac{1,5}{2 + y}$ $x_2' = \frac{0,5 + y}{2 + y}$	1p
	Noua masă molară medie a amestecului se poate scrie ca: $\mu' = x_1'\mu_1 + x_2'\mu_2$ și soluționarea ecuației pentru y dă: $y = 1$ mol	1p
	Calculul numeric al masei de hidrogen adăugate: $m = y\mu_2 = 4 \text{ g}$	1p
Total Subiectul II		15p

Subiectul III.

Nr.	Soluție	Punctaj
III.a.		2p
		2p
III.b.	Lucrul mecanic pe transformarea 1-2: $L_{12} = \nu RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = -\nu RT_1 \ln \varepsilon,$	0,5p
	Calculul numeric al lucrului mecanic pe transformarea 1-2: $L_{12} \cong -5820 \text{ J}.$	0,5p
	Lucrul mecanic pe transformarea 2-3: $L_{23} = p_2(V_3 - V_2) = p(V_1 - V_2),$	0,5p
	Exprimarea lui L_{23} în funcție de temperatura T_1 și ε : $L_{23} = p_2(V_3 - V_2) = p_2(V_1 - V_2) = (\varepsilon - 1)p_2V_2 = (\varepsilon - 1)\nu RT_2 = (\varepsilon - 1)\nu RT_1$	0,5p
	Calculul numeric al lucrului mecanic pe transformarea 2-3: $L_{23} = 12471 \text{ kJ}.$	0,5p
	Lucrul mecanic pe transformarea 3-1: $L_{31} = 0,$	0,5p
	Exprimarea lucrului mecanic total ca: $L = L_{12} + L_{23} + L_{31}.$	0,5p
	Calculul numeric al lucrului mecanic total: $L = 6651 \text{ J}.$	0,5p
III.c.	Scrierea formulei randamentului unui ciclu: $\eta = \frac{L}{Q_{abs}}$ sau $\eta = 1 - \frac{ Q_{ced} }{Q_{abs}}$	0,5p
	Căldură se absoarbe doar pe transformarea 2-3: $Q_{abs} = Q_{23} = \nu C_p(T_3 - T_2) = \nu C_p(T_3 - T_1).$	0,5p
	Legea transformării izobare (transformarea 2-3): $\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3}.$	1p
	Ținând cont că $T_1 = T_2$ și $V_3 = V_1$, se poate exprima temperatura T_3 : $T_3 = \frac{T_2 V_3}{V_2} = \frac{T_1 V_1}{V_2} = \varepsilon T_1.$ Căldura se poate scrie: $Q_{abs} = \nu C_p(\varepsilon - 1)T_1.$	1p
	Expresia finală a randamentului: $\eta = \frac{2}{5} \left(1 - \frac{\ln \varepsilon}{\varepsilon - 1} \right).$	0,5p
	Calculul randamentului: $\eta \cong \frac{16}{75} \cong 0,213 = 21,3\%.$	0,5p
III.d.	Identificarea temperaturilor extreme: $T_R = T_1, T_C = T_3.$	1p
	Formula randamentului ciclului Carnot: $\eta_c = 1 - \frac{T_R}{T_C}.$	0,5p
	Exprimarea randamentului în funcție de mărimile cunoscute: $\eta_c = 1 - \frac{T_3}{T_1} = 1 - \frac{1}{\varepsilon}.$	0,5p
	Calculul randamentului ciclului Carnot: $\eta_c = \frac{3}{4} = 0,75 = 75\%.$	1p
Total Subiectul III		15p

BAREM DE EVALUARE ȘI DE NOTARE

C. PRODUCEREA ȘI UTILIZAREA CURENTULUI CONTINUU

(45 puncte)

Subiectul I

Nr. item	Soluție, rezolvare	Punctaj
1.	b.	3p
2.	c.	3p
3.	d.	3p
4.	c.	3p
5.	c.	3p
TOTAL pentru subiectul I		15p

Subiectul II

Punctaj

a.	Fiecare muchie a cubului este un rezistor cu rezistența $R = \rho \frac{L}{S}$ 1p $R = 21.64 \text{ m}\Omega$ 0.5p Schema electrică desfășurată a cubului este Tensiunea electrică între punctele A și H este $U = R \frac{I}{3} + R \frac{I}{6} + R \frac{I}{3} = R \frac{5I}{6} \quad \mathbf{1p}$ De aici rezultă rezistența echivalentă $R_{echiv} = \frac{5R}{6}$ 1p $R_{echiv} = 18.04 \text{ m}\Omega$ 0.5p 2p	6p
b.	Curentul prin circuit este $I = \frac{E}{r + R_{echiv}}$ 1p	3p

	Puterea electrică este $P = R_{echiv} I^2$ $P = 0.07 \text{ W}$	1p 1p	
c.	Transferul de putere de la generator la circuitul A – H este maxim dacă $r = R_{echiv}$ $R_{echiv} = \frac{5}{6} \frac{\rho L}{S} = r$ rezultă $L = \frac{6S r}{5\rho}$ $L = 83.1 \text{ m}$	2p 1p 1p	4p
d.	Randamentul generatorului este $\eta = \frac{R_{echiv}}{r + R_{echiv}}$ În condițiile de la punctul c) $\eta = \frac{r}{2r}$ $\eta = 0.5$	1p 0.5p 0.5p	2p
TOTAL pentru subiectul al II-lea			15p

Subiectul III

Punctaj

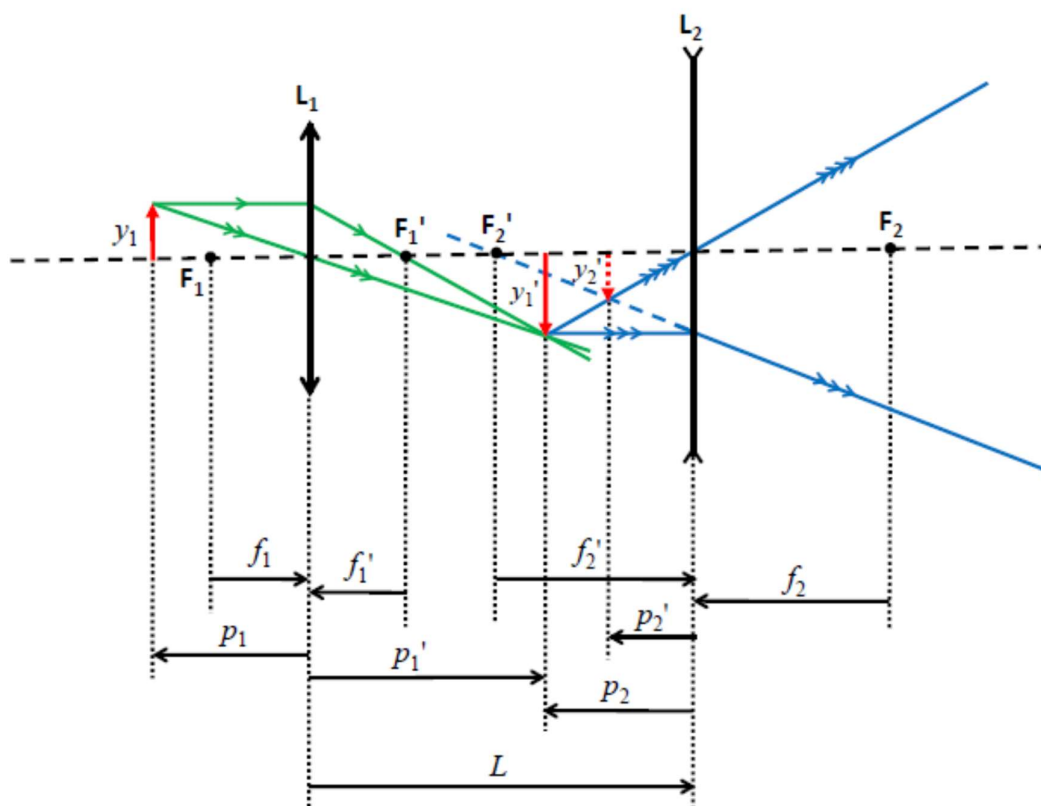
a.	$U_3 = R_3 I_1$ $U_3 = 3.6 \text{ V}$	2p 1p	3p
b.	Notăm cu I_{R1} intensitatea curentului prin R_1 și cu I_A intensitatea curentului prin ampermetru. $I_1 = I_A + I_{R1}$ $I_A R_A = I_{R1} R_1$ $I_A = \frac{I_1 R_1}{R_1 + R_A}$ $I_A = 0.4 \text{ A}$	1p 1p 1p 1p	4p
c.	$E_1 - E_2 = I_1(r_1 + r_2 + R_2 + R_3) + I_A R_A$ $E_2 = 6 \text{ V}$	3p 1p	4p
d.	Notăm cu I_2 intensitatea curentului prin R_2 , cu I_{R1} intensitatea curentului prin R_1 și cu I_A intensitatea curentului prin ampermetru. $I_{R1} R_1 = I_A R_A$ $I_2 = I_{R1} + I_A$ $E_2 = I_2(R_2 + r_2) + I_A R_A$ $I_A = \frac{E_2 R_1}{R_A R_1 + (R_A + R_1)(R_2 + r_2)}$ $I_A = 0.44 \text{ A}$	2p 1p 1p	4p
TOTAL pentru subiectul al III-lea			15p

BAREM DE CORECTARE - OPTICĂ

SUBIECTUL I **15 puncte**

1. **b** **3 puncte**
2. **c** **3 puncte**
3. **a** **3 puncte**
4. **d** **3 puncte**
5. **c** **3 puncte**

SUBIECTUL II **15 puncte**



- a) Conform figurii, între poziția p_1 a lumânării față de lentila convergentă L_1 și poziția p_1' a imaginii intermediare date de lentila L_1 , avem relația:

$$\frac{1}{p_1'} - \frac{1}{p_1} = \frac{1}{f_1} \quad \dots\dots\dots \text{1 punct}$$

$$p_1' = \frac{p_1 f_1}{p_1 + f_1} = 12 \text{ cm} \quad \dots\dots\dots \text{0,5 puncte}$$

Imaginea intermediară dată de lentila convergentă L_1 devine obiect pentru lentila divergentă L_2 , iar poziția p_2 a acesteia față de L_2 este dată de relația:

$$-p_2 = L - p_1' \quad \dots\dots\dots \text{0,5 puncte}$$

$$p_2 = -3 \text{ cm} \quad \dots\dots\dots \text{0,5 puncte}$$

Poziția p_2' a imaginii finale date de sistem, față de lentila L_2 , este dată de relația:

$$\frac{1}{p_2'} - \frac{1}{p_2} = \frac{1}{f_2} \quad \dots\dots\dots \text{2 puncte}$$

$$p_2' = \frac{p_2 f_2}{p_2 + f_2} = -2 \text{ cm} \quad \dots\dots\dots \text{0,5 puncte}$$

- b) Mărirea liniară transversală dată de L_1 este:

$$\beta_1 = \frac{y_1'}{y} = \frac{p_1'}{p_1} \quad \dots\dots\dots \text{2 puncte}$$

Înălțimea imaginii intermediare:

$$y_1' = y \frac{p_1'}{p_1} = -12 \text{ cm} \quad \dots\dots\dots \text{0,5 puncte}$$

Mărirea liniară transversală dată de L_2 este:

$$\beta_2 = \frac{y_2'}{y_1'} = \frac{p_2'}{p_2} \quad \dots\dots\dots \text{2 puncte}$$

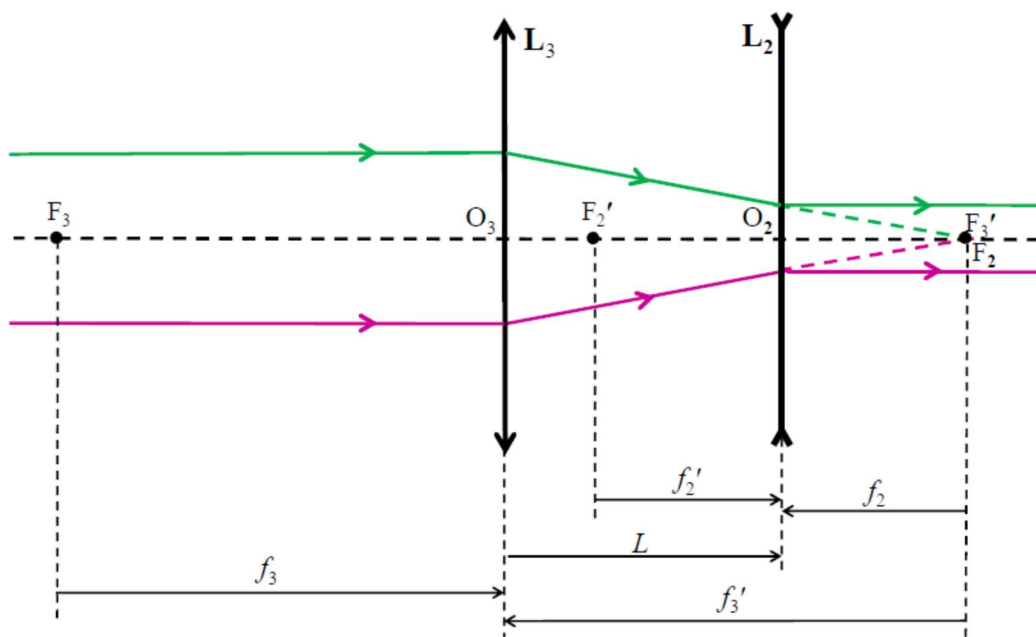
Înălțimea imaginii finale a lumânării:

$$y_2' = y_1' \frac{p_2'}{p_2} = -8 \text{ cm} \quad \dots\dots\dots \text{0,5 puncte}$$

- c) Figura prezintă construcția imaginii date de sistem $\dots\dots\dots$ **2 puncte**

Imaginea dată de sistem este *virtuală, răsturnată și mai mare decât obiectul*. $\dots\dots\dots$ **1 punct**

- d) În cazul sistemului afocal format de lentilele L_3 și L_2 , focarul imagine F_3' al lentilei L_3 trebuie să coincidă cu focarul obiect F_2 al lentilei L_2 .



$$-f'_3 = L - f_2 \Rightarrow f_3 = L - f_2 \dots\dots\dots 1,5 \text{ puncte}$$

$$f_3 = 21 \text{ cm} \dots\dots\dots 0,5 \text{ puncte}$$

SUBIECTUL III 15 puncte

a) Efectul fotoelectric se produce dac:

$$\nu \geq \nu_{\text{prag}} \quad \text{adic} \quad \lambda \leq \lambda_{\text{prag}}$$

ν fiind frecvența radiației incidente, ν_{prag} frecvența de prag corespunzătoare fotocatodului, λ lungimea de undă a radiației incidente, iar λ_{prag} lungimea de undă de prag.

Condiția de prag a efectului fotoelectric se exprimă sub forma:

$$h\nu_{\text{prag}} = L_{\text{extr}} \quad ; \quad h\frac{c}{\lambda_{\text{prag}}} = L_{\text{extr}}$$

de unde obținem lungimea de undă de prag corespunzătoare fotocatodului:

$$\lambda_{\text{prag}} = \frac{hc}{L_{\text{extr}}} \dots\dots\dots 2 \text{ puncte}$$

$$\lambda_{\text{prag}} = 412,5 \text{ nm} \dots\dots\dots 1 \text{ punct}$$

Radiația cu $\lambda_1 = 500 \text{ nm} > \lambda_{\text{prag}}$ nu va produce efect fotoelectric 1,5 puncte

Radiația cu $\lambda_2 = 350 \text{ nm} < \lambda_{\text{prag}}$ va produce efect fotoelectric 1,5 puncte

b) Energia cinetică maximă $E_{C\max}$ a fotoelectronilor emiși se obține din legea conservării energiei:

$$h\nu = L_{\text{extr}} + E_{C\max} \quad \text{sau} \quad h\frac{c}{\lambda} = L_{\text{extr}} + E_{C\max}$$

$$E_{C\max} = h\frac{c}{\lambda} - L_{\text{extr}} \quad \dots\dots\dots \mathbf{2 \text{ puncte}}$$

$$E_{C\max} = 0,88 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0,55 \text{ eV} \quad \dots\dots\dots \mathbf{1 \text{ punct}}$$

c) Tensiunea de stopare U_S a fotoelectronilor este:

$$U_S = \frac{E_{C\max}}{e} \quad \dots\dots\dots \mathbf{2 \text{ puncte}}$$

$$U_S = 0,55 \text{ V} \quad \dots\dots\dots \mathbf{1 \text{ punct}}$$

d) Viteza maximă $v_{\max}$ a fotoelectronilor emiși se obține din energia cinetică maximă a acestora:

$$E_{C\max} = \frac{m_e (v_{\max})^2}{2} \quad \Rightarrow \quad v_{\max} = \sqrt{\frac{2E_{C\max}}{m_e}} \quad \dots\dots\dots \mathbf{2 \text{ puncte}}$$

$$v_{\max} = 4,4 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \dots\dots\dots \mathbf{1 \text{ punct}}$$