MINISTERUL EDUCAŢIEI, CERCETĂRII, TINERETULUI ŞI SPORTULUI
INSPECTORATUL ŞCOLAR JUDEŢEAN - ILFOV

OLIMPIADA NAŢIONALĂ DE FIZICĂ

Ediţia a 48-a; 1 – 6 aprilie 2012

PROBA PRACTICĂ

XII B

Lucrarea B
Problema 1. Radiosonde spaţiale în atmosferele unor planete necunoscute

Un satelit special a fost lansat de pe Pământ, spre un Sistem Planetar aflat în afara Sistemului Solar, având ca obiectiv culegerea şi transmiterea de informaţii referitoare la atmosferele, constituite din CO_2, a două planete necunoscute $(P_1; P_2)$. Când satelitul a trecut prin apropierea fiecărei planete, de pe acesta a fost lansată câte o radiosondă. Coborând uniform spre fiecare planetă, pe direcţii verticale, radiosondele $(R_1; R_2)$ au transmis informaţii referitoare la presiunile atmosferice ale celor două planete.

Graficul presiunii, *p*, exprimată în unităţi convenţionale, în funcţie de durata coborârii, *t*, exprimată în secunde, pentru atmosfera planetei P_1, este prezentat în figura 1. Ajungând pe suprafaţa planetei P_1, radiosonda spaţială R_1 a determinat şi a transmis pe satelit valorile pentru acceleraţia gravitaţională şi pentru temperatura de la baza atmosferei: $g_0 = 10\ \mathrm{ms^{-2}}$; $T_0 = 700\ \mathrm{K}$.

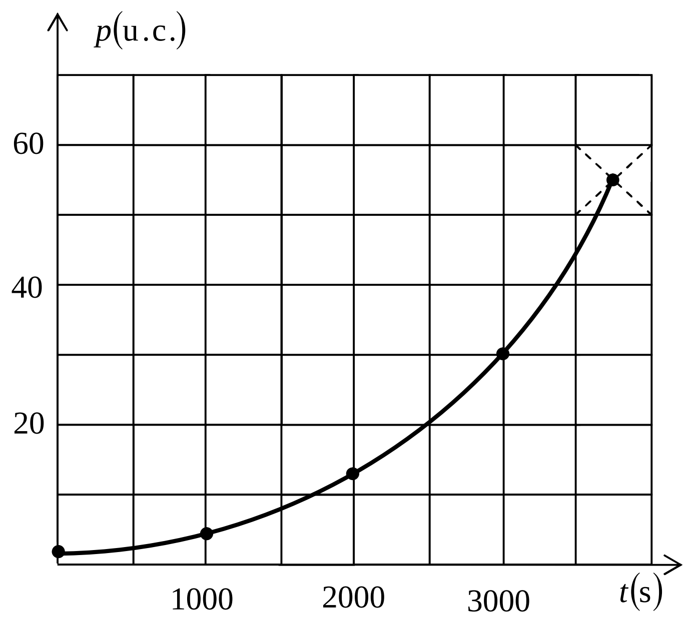


Fig. 1

Cerinţe

a) *Să se determine* altitudinea h_0 de la care radiosonda spaţială R_1 a început coborârea uniformă şi transmiterea informaţiilor spre satelit.

b) *Să se determine* temperatura atmosferei planetei P_1 la altitudinea $h = 39{,}6\ \mathrm{km}$. Se cunosc: constanta universală a gazelor perfecte, $R = 8{,}3\ \mathrm{J/molK}$; masa molară a CO_2, « $= 44\ \mathrm{g/mol}$.

c) Graficul presiunii, *p*, exprimată în unităţi convenţionale, în funcţie de durata coborârii, *t*, exprimată în secunde, pentru atmosfera planetei P_2, este prezentat în figura 2. Ajungând pe suprafaţa planetei P_2, radiosonda spaţială R_2 a determinat şi a transmis pe satelit valorile pentru acceleraţia gravitaţională şi pentru temperatura de la baza atmosferei: $g_0 = 8\ \mathrm{ms^{-2}}$; $T_0 = 750\ \mathrm{K}$.

Să se traseze graficele dependenţelor $p = f(h)$ şi $T = f(h)$ pentru atmosfera planetei P_2, dacă aceasta este constituită tot din CO_2.

Se va considera că acceleraţiile gravitaţionale sunt constante de-a lungul sectoarelor pe care coboară cele două radiosonde.

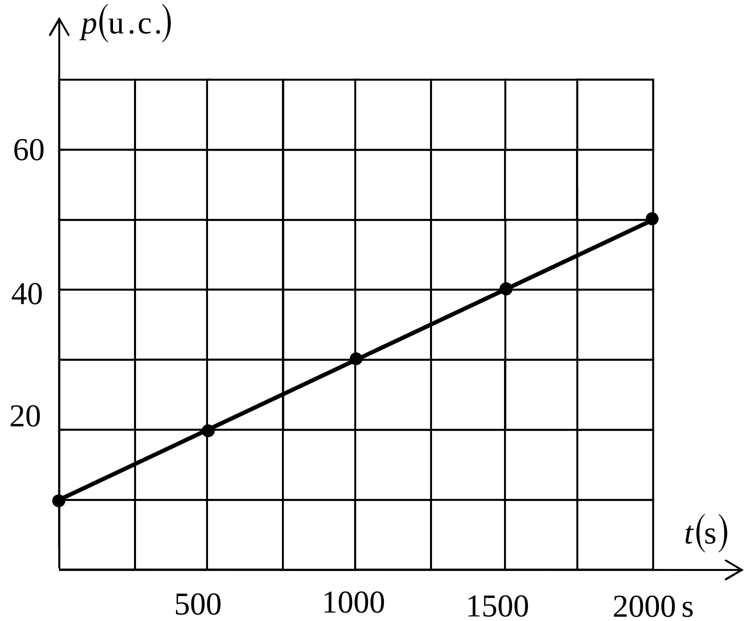
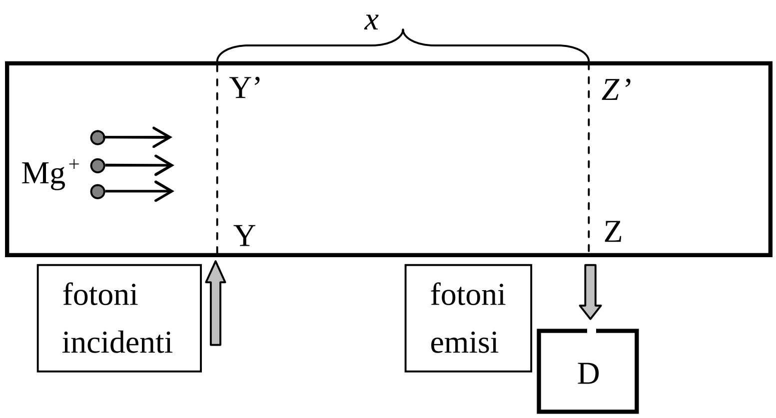


Fig. 2

Lucrarea B
Problema 2. Ioni de magneziu $(\mathbf{Mg^+})$ iradiaţi

Un fascicol de ioni de Mg^+, acceleraţi sub o diferenţă de potenţial $U = 100$ kV, parcurge un tub vidat, aşa cum indică figura alăturată. În secţiunea YY' fascicolul de ioni este intersectat de un fascicol de fotoni cu energiile $E_1 = 10$ eV, producându-se excitarea ionilor Mg^+.



Cu un detector D, prevăzut cu un colimator îngust, se înregistrează numărul de fotoni N_f, cu energiile E_1, emişi din fascicolul de ioni la distanţa x faţă de secţiunea YY’, conform tabelului alăturat.

x (cm)	2	4	6	8	10
$N_f(x)$	905	465	215	108	51

Se ştie că:

- dacă N_0 este numărul iniţial al ionilor de Mg^+ excitaţi, atunci, după un timp t numărul ionilor existenţi încă în stare excitată este dat de expresia: $N(t) = N_0 e^{-t/\tau}$, unde τ este timpul mediu de viaţă al unui ion în stare excitată;

- numărul fotonilor emişi de fascicolul de ioni în secţiunea ZZ’, la distanţa x faţă de secţiunea YY’, este dat de expresia: $N_f(x) = K\dfrac{N(t)}{\tau}$, unde K este o constantă de proporţionalitate.

Cerinţe

a) *Să se determine* timpul mediu de viaţă al stării excitate, de energie E_1, al ionului de Mg^+.

b) *Să se determine* valoarea constantei de proporţionalitate K, ştiind că $N_0 = 10^{20}$.

c) Dacă în secţiunea YY’ fascicolul de ioni de Mg^+ este iradiat cu fotoni de energie $E_2 = 11{,}6\ \mathrm{eV}$, se constată că distanţa de-a lungul căreia numărul de fotoni cu energia E_2, emişi din fascicol scade la jumătate, este de $n = 7$ ori mai mică decât în cazul anterior. *Să se determine* timpul mediu de viaţă al stării de excitaţie E_2, pentru ionul de Mg^+.

Se dau: $A_{Mg} = 24$; $1\,\mathrm{u} = 1{,}67 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg}$; $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C}$. Se ştie că: $\ln 1890 = 7{,}544$.

Lucrare propusă de prof. dr. Mihail Sandu
G.Ş.E.A.S. Călimăneşti

MINISTERUL EDUCAŢIEI, CERCETĂRII, TINERETULUI ŞI SPORTULUI
INSPECTORATUL ŞCOLAR JUDEŢEAN - ILFOV
OLIMPIADA NAŢIONALĂ DE FIZICĂ
Ediţia a 48-a; 1 – 6 aprilie 2012
PROBA PRACTICĂ

XII B

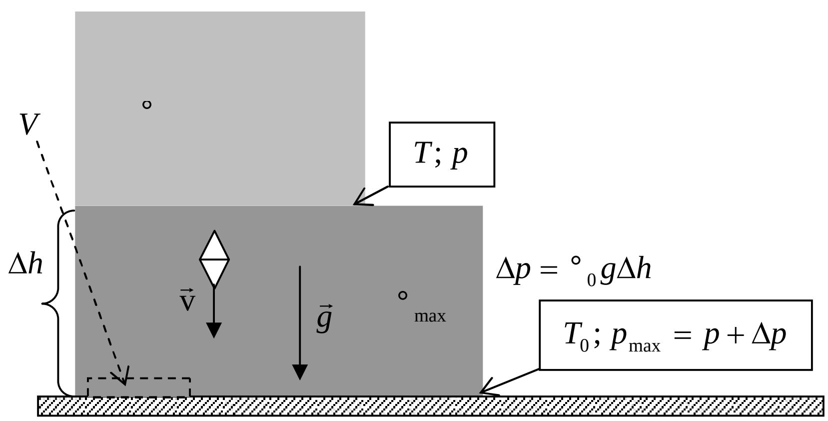
Lucrarea B

Problema 1 – Rezolvare – Barem de notare – 5,00 puncte

a) 1,50 puncte

Presiunea şi densitatea atmosferei planetei cresc atunci când altitudinea scade. Presiunea exercitată de atmosferă pe suprafaţa planetei este $p_{\max}$.

În figura alăturată este reprezentată o porţiune din pătura gazoasă foarte subţire, cu grosimea Δh, de la baza atmosferei planetei P_1, paralelă cu suprafaţa orizontală a planetei, acolo unde densitatea gazului atmosferic se poate considera constantă, $°_{\max}$. În interiorul acestei pături, atât presiunea atmosferică, cât şi temperatura sunt variabile. La baza ei, acolo unde presiunea este $p_{\max}$, temperatura gazului este T_0.



În aceste condiţii se poate scrie că:

$$p_{\max} = p + \Delta p;$$
$$\Delta p = °_{\max} g_0 \Delta h,$$

unde Δp este variaţia presiunii atmosferice datorată ultimei variaţii, Δh, a altitudinii, iar g_0 este acceleraţia gravitaţională în apropierea suprafeţei planetei P_1;

$$\Delta h = \frac{\Delta p}{°_{\max} g_0}.$$

În aceeaşi figură este reprezentată şi pătura gazoasă imediat superioară, acolo unde densitatea se poate considera constantă, $°$. La baza ei, presiunea atmosferică este p, iar temperatura este T.

Pentru un volum oarecare de gaz, V, de la baza păturii inferioare, în interiorul căruia se află ν moli de gaz, unde se poate considera că atât presiunea, $p_{\max}$, cât şi temperatura, T_0, sunt constante, în acord cu legea Mendeleev – Klapeyron, rezultă:

$$p_{\max} V = \nu R T_0 = \frac{m}{«} R T_0;$$

$$p_{max}' = \frac{m}{V} RT_0 = \rho_{max} RT_0;$$

$$\rho_{max} = \frac{p_{max}'}{RT_0}.$$

Pe ultimul sector al traseului său, înainte de atingerea suprafeţei planetei P_1, radiosonda se deplasează uniform pe distanţa Δh din imediata apropiere a suprafeţei planetei P_1, cu viteza $\vec{v}$, în intervalul de timp Δt, astfel încât:

$$\Delta h = v\,\Delta t;$$

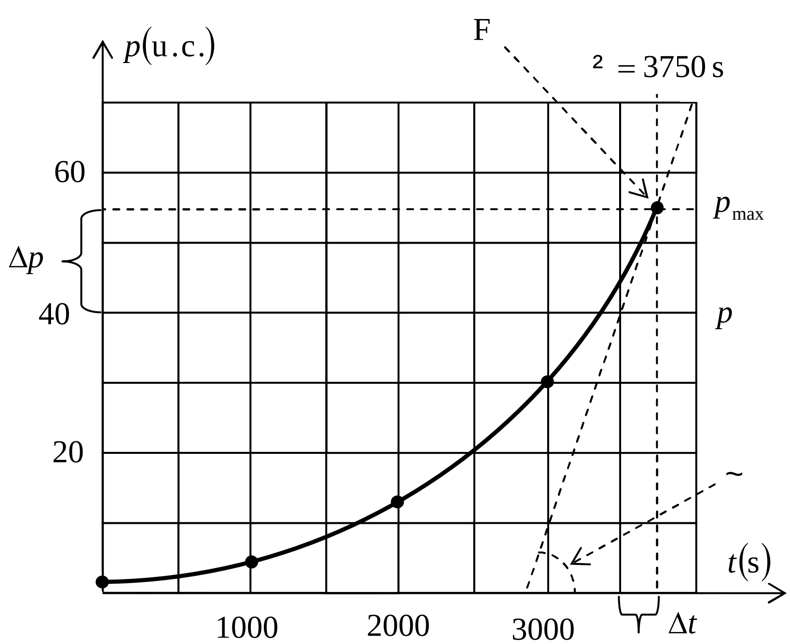
$$\Delta h = \frac{\Delta p}{\rho_{max} g_0}; \; \rho_{max} = \frac{p_{max}'}{RT_0};$$

$$\frac{\Delta p}{\rho_{max} g_0} = v\,\Delta t; \; v = \frac{\Delta p}{\rho_{max} g_0 \Delta t}; \; v = \frac{\Delta p}{\frac{p_{max}'}{RT_0} g_0 \Delta t};$$

$$v = \frac{RT_0 \Delta p}{g_0\, p_{max}' \Delta t},$$

unde, în acord cu figura alăturată, corespunzător punctului final al graficului, F, ale cărui coordonate sunt $(\tau; p_{max})$, tangenta trigonometrică a unghiului α dintre tangenta geometrică la grafic şi axa t este:

$$\tan\alpha = \frac{\Delta p}{\Delta t}.$$



Deoarece în expresia:

$$v = \frac{RT_0 \Delta p}{g_0\, p_{max}' \Delta t},$$

intervine raportul $\dfrac{\Delta p}{p_{\max}}$, nu sunt importante unităţile de măsură folosite în grafic pe axa p, acolo unde ele au fost considerate “unităţi convenţionale”. Determinând din grafic:

$$\frac{\Delta p}{p_{\max}\Delta t},$$

rezultă:

$$\mathrm{v} = \frac{\Delta p}{p_{\max}\Delta t}\frac{RT_0}{g_0\,«};$$

$\dfrac{\Delta p}{p_{\max}\Delta t}$	$\dfrac{15\,\mathrm{u.c.}}{55\,\mathrm{u.c.}\,250\,\mathrm{s}} = \dfrac{3}{2750}\dfrac{1}{\mathrm{s}}$	$\dfrac{45\,\mathrm{u.c.}}{55\,\mathrm{u.c.}\,750\,\mathrm{s}} = \dfrac{3}{2750}\dfrac{1}{\mathrm{s}}$

$$\mathrm{v} = \frac{3}{2750}\frac{1}{\mathrm{s}}\frac{8{,}3\,\dfrac{\mathrm{J}}{\mathrm{molK}}\,700\,\mathrm{K}}{10\,\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\,44\,\dfrac{10^{-3}\ \mathrm{kg}}{\mathrm{mol}}} = 14{,}4\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}};$$

$$H_0 = \mathrm{v}²\,;\ ² = 3.750\ \mathrm{s};$$

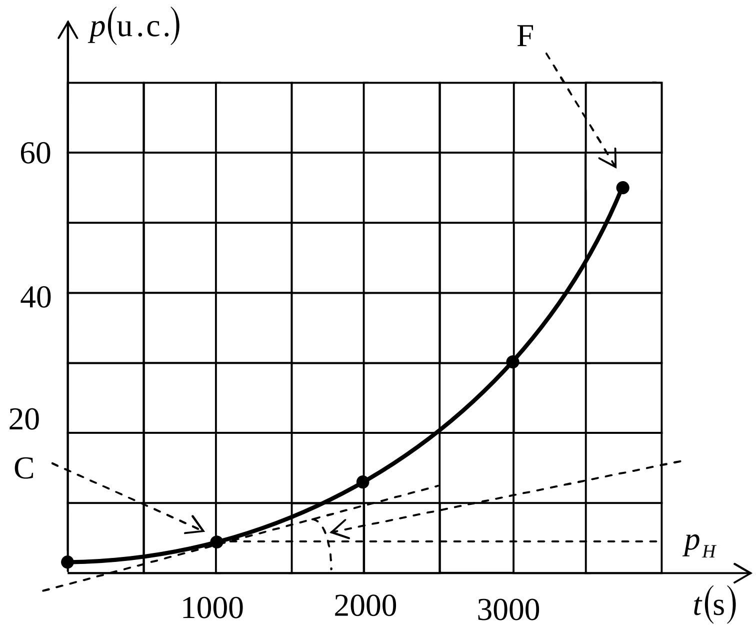
$$H_0 = 54.000\,\mathrm{m} = 54\,\mathrm{km}.$$

b) 1,50 puncte

Coborând de la altitudinea iniţială, $h_0 = 54\,\mathrm{km}$, cu viteza $\mathrm{v} = 14{,}4\,\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, radiosonda a ajuns la altitudinea $h = 39{,}6\,\mathrm{km}$, durata parcurgerii distanţei $h_0 - h = 14{,}4\,\mathrm{km}$, fiind:

$$t = \frac{h_0 - h}{\mathrm{v}} = \frac{14400\,\mathrm{m}}{14{,}4\,\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}} = 1000\,\mathrm{s}.$$

Graficul din figura alăturată permite să notăm că, după cele 1000 s de coborâre a radiosondei, la altitudinea $h = 39{,}6\,\mathrm{km}$, presiunea atmosferică este $p_h = 4\,\mathrm{u.c.}$, coordonate care corespund punctului curent C de pe grafic.



În aceste condiţii, corespunzător punctului C de pe grafic, calculăm:

$$\tan \quad = \left(\frac{\Delta p}{\Delta t}\right)_{\mathrm{C}};$$

$$\left(\frac{\Delta p}{p\Delta t}\right)_{\mathrm{C}} = \frac{1}{p_h}\left(\frac{\Delta p}{\Delta t}\right)_{\mathrm{C}} = \frac{1}{4\,\mathrm{u.c.}}\frac{3\,\mathrm{u.c.}}{500\,\mathrm{s}} = \frac{3}{2000}\frac{1}{\mathrm{s}};$$

$$\left(\frac{\Delta p}{p\Delta t}\right)_{\mathrm{C}} = p_h\left(\frac{\Delta t}{\Delta p}\right)_{\mathrm{C}} = 4\,\mathrm{u.c.}\frac{500\,\mathrm{s}}{3\,\mathrm{u.c.}} = \frac{2000}{3}\mathrm{s};$$

$$\mathrm{v} = \left(\frac{\Delta p}{p\Delta t}\right)_{C}\frac{RT_h}{g_0\text{«}};$$

$$\mathrm{v} = \frac{1}{p_h}\left(\frac{\Delta p}{\Delta t}\right)_{C}\frac{RT_h}{g_0\text{«}};$$

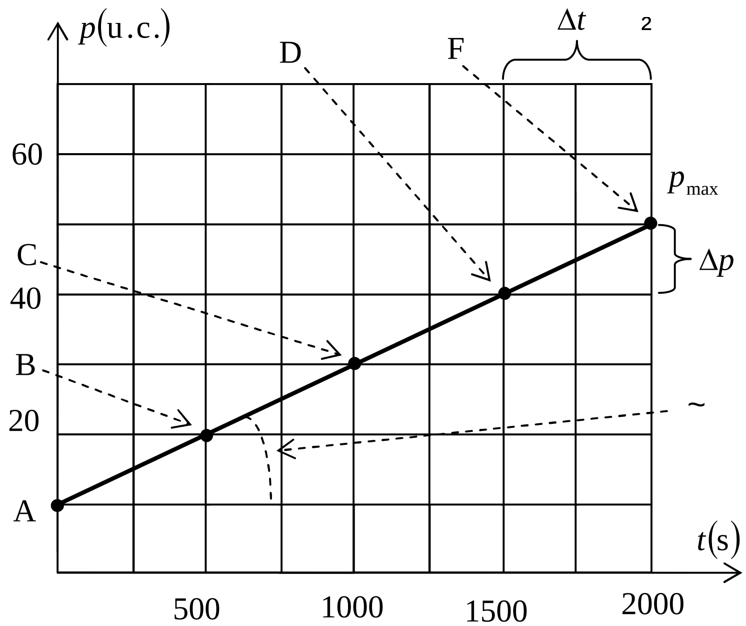
$$T_h = \frac{\mathrm{v}\,g_0\text{«}}{\frac{1}{p_h}\left(\frac{\Delta p}{\Delta t}\right)_{C}R};\ T_h = p_h\left(\frac{\Delta t}{\Delta p}\right)_{\mathrm{C}}\frac{\mathrm{v}\,g_0\text{«}}{R};$$

$$T_h = \frac{2000}{3}\mathrm{s}\,\frac{14{,}4\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}44\,\frac{10^{-3}\ \mathrm{kg}}{\mathrm{mol}}}{8{,}3\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{molK}}};$$

$$T_h = 508{,}9\,\mathrm{K}.$$

c) 1,50 puncte

În acord cu cele demonstrate în varianta anterioară, corespunzător punctelor F, D, C, B şi A de pe graficul prezentat în figura alăturată, rezultă:



$$\mathrm{v} = \frac{\Delta p}{p_{\max}\Delta t}\,\frac{RT_0}{g_0\text{«}};$$

$$\mathrm{v} = \frac{10\,\mathrm{u.c}}{50\,\mathrm{u.c.}\,500\,\mathrm{s}}\,\frac{8{,}3\dfrac{\mathrm{J}}{\mathrm{molK}}\,750\,\mathrm{K}}{8\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\,44\dfrac{10^{-3}\,\mathrm{kg}}{\mathrm{mol}}} \approx 7\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}};$$

$$h_0 = \mathrm{v}^2 = 7\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\,2000\,\mathrm{s} = 14.000\,\mathrm{m} = 14\,\mathrm{km};$$

$$h_{\mathrm{F}} = 0;$$

$$\mathrm{F}\left(p = 50\,\mathrm{u.c.};\, h = 0\,\mathrm{km};\, T = 750\,\mathrm{K}\right);$$

$$T_{\mathrm{D}} = p_{\mathrm{D}}\left(\frac{\Delta t}{\Delta p}\right)_{\mathrm{D}}\,\frac{\mathrm{v}\,g_0\text{«}}{R} = 593{,}7\,\mathrm{K};$$

$$h_{\mathrm{D}} = h_0 - 7\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}1500\,\mathrm{s} = 14\,\mathrm{km} - 10.500\,\mathrm{m} = 3{,}5\,\mathrm{km};$$

$$\mathrm{D}\left(p = 40\,\mathrm{u.c.};\, h = 3{,}5\,\mathrm{km};\, T = 593{,}7\,\mathrm{K}\right);$$

$$T_{\mathrm{C}} = p_{\mathrm{C}}\left(\frac{\Delta t}{\Delta p}\right)_{\mathrm{C}}\,\frac{\mathrm{v}\,g_0\text{«}}{R} = 445{,}3\,\mathrm{K};$$

$$h_{\mathrm{C}} = h_0 - 7\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}1000\,\mathrm{s} = 14\,\mathrm{km} - 7.000\,\mathrm{m} = 7\,\mathrm{km};$$

$$\mathrm{C}\left(p = 30\,\mathrm{u.c.};\, h = 7\,\mathrm{km};\, T = 445{,}3\,\mathrm{K}\right);$$

$$T_{\mathrm{B}} = p_{\mathrm{B}}\left(\frac{\Delta t}{\Delta p}\right)_{\mathrm{B}}\,\frac{\mathrm{v}\,g_0\text{«}}{R} = 296{,}8\,\mathrm{K};$$

$$h_{\mathrm{B}} = h_0 - 7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\,500\,\mathrm{s} = 14\,\mathrm{km} - 3.500\,\mathrm{m} = 10{,}5\,\mathrm{km};$$

$$\mathrm{B}\left(p = 20\,\mathrm{u.c.};\, h = 10{,}5\,\mathrm{km};\, T = 296{,}8\,\mathrm{K}\right);$$

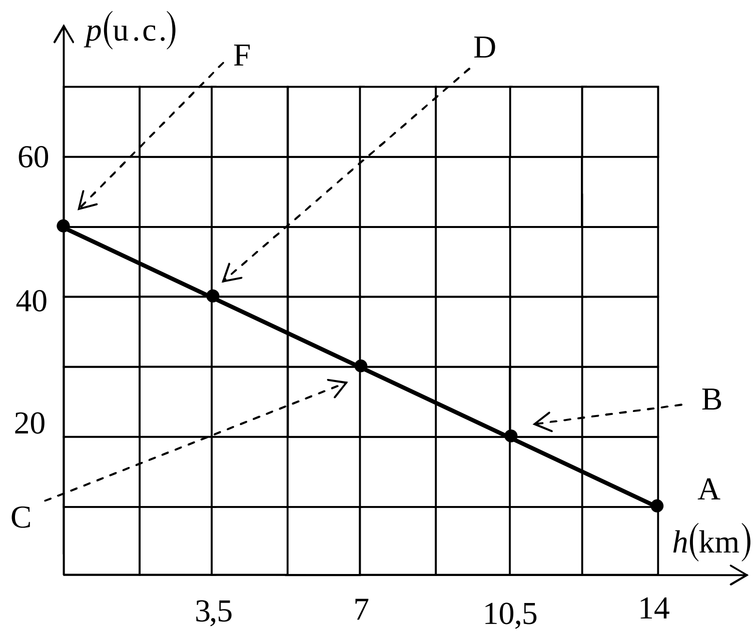
$$T_{\mathrm{A}} = p_{\mathrm{A}}\left(\frac{\Delta t}{\Delta p}\right)_{\mathrm{A}}\,\frac{\mathrm{v}\,g_0\,«}{R} = 148{,}4\,\mathrm{K};$$

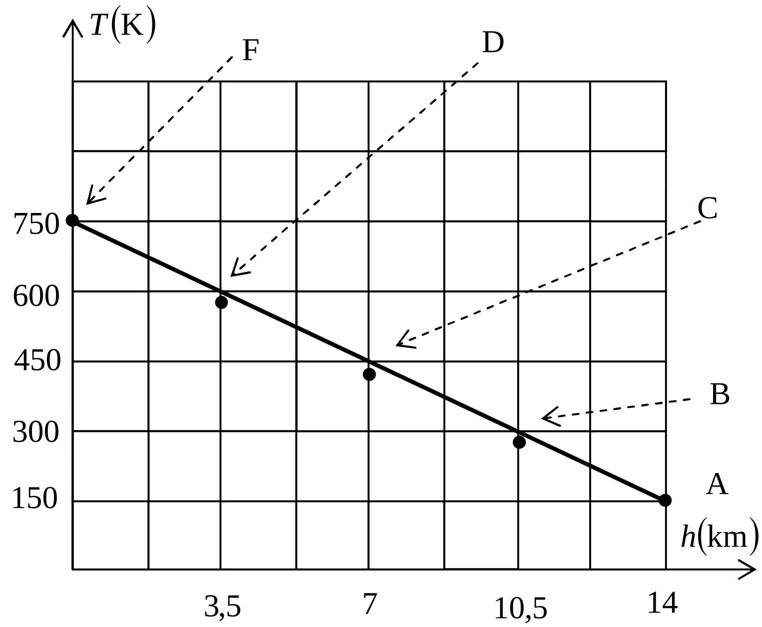
$$h_{\mathrm{A}} = 14\,\mathrm{km};$$

$$\mathrm{A}\left(p = 10\,\mathrm{u.c.};\, h = 14\,\mathrm{km};\, T = 148{,}4\,\mathrm{K}\right).$$

Utilizând datele din tabelul alăturat, graficele dependenţelor $p = f(h)$ şi $T = f(h)$ pentru planeta P_2 sunt cele reprezentate în desenele alăturate.

t	0	500 s	1000 s	1500 s	2000 s
p	10 u.c.	20 u.c.	30 u.c.	40 u.c.	50 u.c.
h	14 km	10,5 km	7 km	3,5 km	0
T	148,4 K	296,8 K	445,3 K	593,3 K	750 K





Oficiu ……………………………………………………………………0,50 puncte

Lucrarea B
Problema 2 – Rezolvare – Barem de notare – 5,00 puncte

a) 1,50 puncte

Viteza unui ion de Mg^+ accelerat sub tensiunea *U*, se calculează din:

$$\frac{m\mathrm{v}^2}{2} = eU,$$

unde *m* este masa ionului de Mg^+;

$$\mathrm{v} = \sqrt{\frac{2eU}{m}} = \sqrt{\frac{2eU}{A_{\mathrm{Mg}}u}} = \sqrt{\frac{2\cdot 1{,}6\cdot 10^{-19}\ \mathrm{C}\cdot 10^5\ \mathrm{V}}{24\cdot 1{,}67\cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg}}} = 8{,}93\cdot 10^5\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$$

Dacă N_0 este numărul ionilor de Mg^+, aflaţi în stare excitată la momentul iniţial, atunci numărul ionilor existenţi încă în stare excitată după timpul *t* este dat de expresia:

$$N(t) = N_0 e^{-t/\tau_1},$$

unde τ_1 este timpul mediu de viaţă al stării excitate cu energia E_1.

Numărul fotonilor cu energia E_1 emişi de fascicolul de ioni în secţiunea ZZ', la distanţa *x* faţă de secţiunea YY', este:

$$N_{\mathrm{f}}(x) = K\frac{N(t)}{\tau_1} = K\frac{N_0}{\tau_1}e^{-x/\mathrm{v}\tau_1}.$$

Rezultă:

$$\ln N_{\mathrm{f}}(x) = \ln\left(K\frac{N_0}{2_1}\right) - \frac{x}{\mathrm{v}2_1};$$

$$\ln N_{\mathrm{f}}(x) = y;$$

$$-\frac{1}{\mathrm{v}2_1} = a;$$

$$\ln\left(K\frac{N_0}{2_1}\right) = b;$$

$$y = ax + b,$$

unde coeficienţii a şi b se determină fie prin metoda celor mai mici pătrate, fie din graficul dependenţei $y = f(x)$, adică din graficul dependenţei $\ln N_{\mathrm{f}}(x) = f(x)$.

Utilizând metoda celor mai mici pătrate, precum şi informaţiile din tabelul alăturat, rezultă:

x (cm)	2	4	6	8	10
$N_{\mathrm{f}}(x)$	905	465	215	108	51
$\ln N_{\mathrm{f}}(x)$	6,80	6,14	5,37	4,68	3,93

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i \sum_{i=1}^{n} y_i - n\sum_{i=1}^{n} x_i y_i}{\left[\sum_{i=1}^{n} x_i\right]^2 - n\sum_{i=1}^{n} x_i^2};$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i \sum_{i=1}^{n} x_i y_i - \sum_{i=1}^{n} x_i^2 \sum_{i=1}^{n} y_i}{\left[\sum_{i=1}^{n} x_i\right]^2 - n\sum_{i=1}^{n} x_i^2},$$

unde $n = 5$;

$$\sum_{i=1}^{5} x_i = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 30 \text{ cm};$$

$$\sum_{i=1}^{5} y_i = y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 = 26{,}92;$$

$$\sum_{i=1}^{5} x_i y_i = x_1 y_1 + x_2 y_2 + x_3 y_3 + x_4 y_4 + x_5 y_5 = 147{,}12 \text{ cm};$$

$$\left[\sum_{i=1}^{5} x_i\right]^2 = (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5)^2 = 900 \text{ cm}^2;$$

$$\sum_{i=1}^{5} x_i^2 = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 + x_5^2 = 220 \text{ cm}^2;$$

$$a = \frac{(30\text{ cm})\cdot 26{,}92 - 5\cdot 147{,}12\text{ cm}}{900\text{ cm}^2 - 5\cdot 220\text{ cm}^2} = \frac{72\text{ cm}}{-200\text{ cm}^2} = -0{,}36\frac{1}{\text{cm}} = -36\frac{1}{\text{m}};$$

$$b = \frac{(30\text{ cm})\cdot 147{,}12\text{ cm} - 220\text{ cm}^2\cdot 26{,}92}{-200\text{ cm}^2} = \frac{1508{,}8}{200} = 7{,}544;$$

$$-\frac{1}{\mathrm{v}{}^{2}{}_{1}} = a;\ a = -36\frac{1}{\mathrm{m}};$$

$$^{2}{}_{1} \approx 3\cdot 10^{-8}\ \mathrm{s}.$$

Dacă se utilizează graficul dependenţei $\ln N_{\mathrm{f}} = f(x)$, reprezentat în figura alăturată, rezultă:

$$\tan\sim = -a;$$

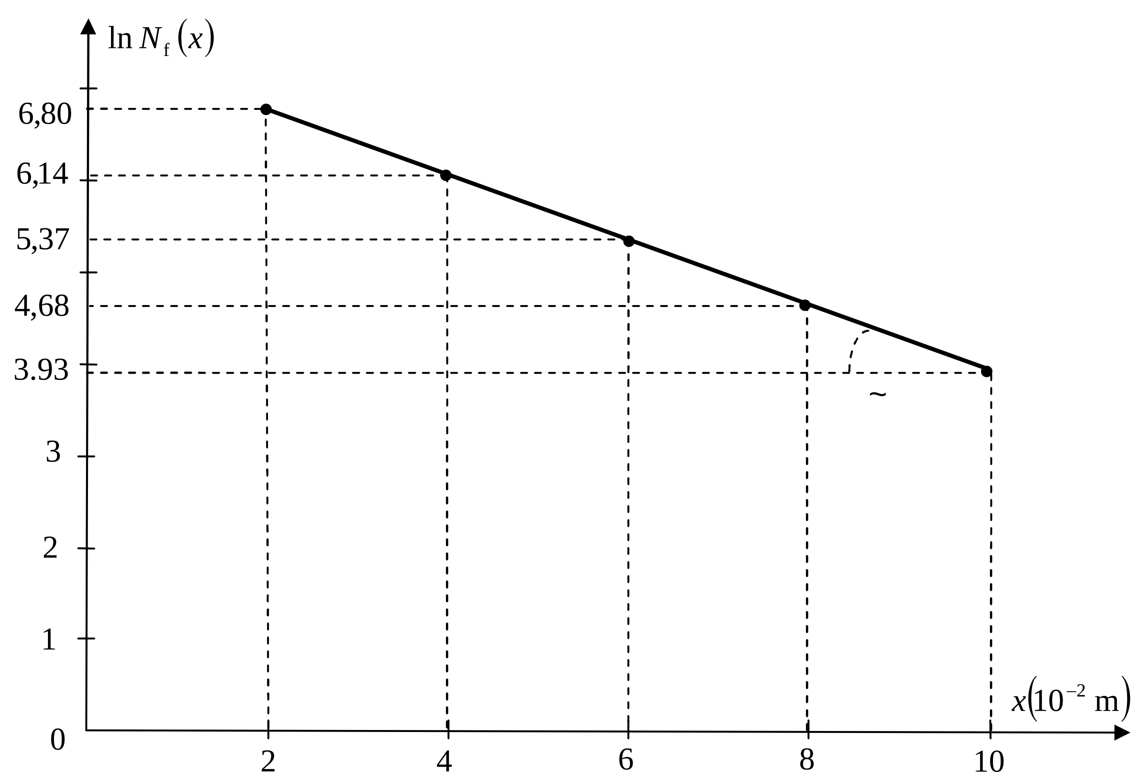
$$\tan\sim = \frac{\Delta(\ln N_{\mathrm{f}})}{\Delta\,\mathrm{x}} = \frac{6{,}80 - 3{,}93}{8\cdot 10^{-2}\ \mathrm{m}} = \frac{2{,}87}{8\cdot 10^{-2}}\frac{1}{\mathrm{m}} = 35{,}875\frac{1}{\mathrm{m}};$$

$$\frac{1}{\mathrm{v}{}^{2}{}_{1}} = \tan\sim;$$

$$^{2}{}_{1} = \frac{1}{\tan\sim\ \mathrm{v}} = \frac{1}{35{,}875\frac{1}{\mathrm{m}}\cdot 8{,}93\cdot 10^{5}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}} = \frac{10^{-5}}{35{,}875\cdot 8{,}93}\mathrm{s} \approx 3{,}1\cdot 10^{-8}\ \mathrm{s}.$$

Pentru mai multe determinări se utilizează datele înscrise în tabelul alăturat.

Nr. det.	$\Delta(\ln N_{\mathrm{f}})$	Δx	$\tan\sim$	$^{2}{}_{1}$
1	2,87	$8\cdot 10^{-2}$ m	35,875	$3{,}1\cdot 10^{-8}$ s
2	2,12	$6\cdot 10^{-2}$ m	35,333	$3{,}2\cdot 10^{-8}$ s
3	1,43	$4\cdot 10^{-2}$ m	35,75	$3{,}1\cdot 10^{-8}$ s
4	0,66	$2\cdot 10^{-2}$ m	33,00	$3{,}4\cdot 10^{-8}$ s



b) 1,50 puncte

$$\ln\left(K\frac{N_0}{\tau_1}\right)=b;$$

$$b=7{,}544;\ \ln\left(K\frac{N_0}{\tau_1}\right)=7{,}544;$$

$$K\frac{N_0}{\tau_1}=e^{7{,}544};$$

$$K=\frac{1889{,}37\tau_1}{N_0}=5{,}67\cdot 10^{-25}\ \text{s}.$$

c) 1,50 puncte

Când numărul de fotoni cu energia E_1 emişi din fascicolul ionilor de Mg^+ excitaţi scade la jumătate, înseamnează că numărul ionilor de Mg^+ excitaţi scade la jumătate, astfel încât, pentru distanţa x_1 unde se întâmplă acest fapt, obţinem:

$$N(t)=N_0e^{-t/\tau_1};$$

$$N(t_1)=\frac{N_0}{2}=N_0e^{-t_1/\tau_1};$$

$$2^{-1}=e^{-t_1/\tau_1};\ \ln 2=\frac{t_1}{\tau_1}=\frac{x_1}{\tau_1\text{v}};$$

$$x_1=\tau_1\text{v}\ln 2.$$

Asemănător, atunci când excitarea ionilor de Mg^+ se face cu fotoni având energia E_2, al căror timp mediu de viaţă este τ_2, reducerea la jumătate a numărului de fotoni emişi prin dezexcitare se face la distanţa:

$$x_2=\tau_2\text{v}\ln 2.$$

În aceste condiţii, rezultă:

$$\frac{x_1}{x_2}=\frac{\tau_1\text{v}\ln 2}{\tau_2\text{v}\ln 2}=\frac{\tau_1}{\tau_2};$$

$$\tau_2=\frac{\tau_1x_2}{x_1}=\frac{\tau_1}{\frac{x_1}{x_2}}=\frac{\tau_1}{n};$$

$$\tau_2\approx 0.42\cdot 10^{-8}\ \text{s}.$$

Oficiu ………………………………………………………………………0,50 puncte