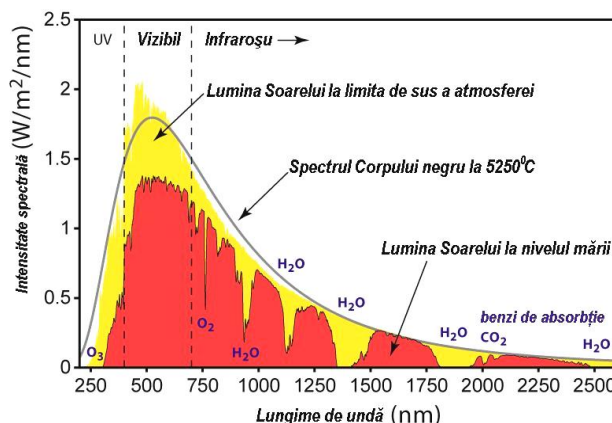
**Problema I (10 puncte)****Modelarea climei terestre**

Schimbarea climei și încălzirea globală, viețuirea speciei umane în condiții climaterice noi, au devenit subiecte de interes public în ultimele decenii.

La scară cosmică singurele fenomene care intervin în echilibrul energetic al Pământului sunt absorbția și emisia radiației. Se poate spune că starea climei terestre se datorează echilibrului delicat dintre energia pe care Pământul o iradiază spre spațiul cosmic și energia pe care planeta noastră o captează de la formidabila sursă de energie care este Soarele.

Un corp care absoarbe radiația electromagnetică ce ajunge la suprafața sa, indiferent de lungimea de undă a acestei radiații și care emite radiație electromagnetică în funcție de temperatura suprafeței sale se numește corp negru. Un corp negru emite energie cu o distribuție spectrală specifică, dependentă de temperatura proprie. Linia plină, lisă, din graficul din imaginea de mai sus evidențiază distribuția spectrală a emisiei de energie a Soarelui (echivalent unui corp negru cu temperatura).

Dacă I reprezintă energia totală (în întreg spectrul) emisă de unitatea de suprafață a unui corp negru în unitatea de timp, iar T este temperatura absolută a corpului negru, atunci legea Stefan – Boltzmann statuează că $I = \sigma \cdot T^4$. În această expresie $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ este constanta Stefan – Boltzmann.



A. Energia provenită de la Soare determină un flux energetic $w_s = 1370 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, pe o sferă cu raza egală cu distanța de la Pământ la Soare. Utilizează o modelare simplă, în care energia este preluată de la Soare și este disipată de Pământul considerat un corp negru și determină temperatura T_p pe care ar avea-o Pământul, în conformitate cu acest model.

B. Modelarea simplă de la punctul A se bazează pe ipoteza că Pământul este un corp negru. Ipoteza este nerealistă, deoarece toate imaginile luate din spațiu arată Pământul ca un corp luminos. Atmosfera terestră (mai ales norii) reflectă aproximativ 24% din energia care vine de la Soare, iar suprafața Pământului (mai ales de zonele cu ghețuri) reflectă încă 6% din energia incidentă. Caracteristica numită albedo măsoară raportul dintre fluxul energetic reflectat și fluxul energetic incident. Consideră că albedo-ul terestru este $A = 30\%$ și determină temperatura Pământului, utilizând un nou model, care ia în considerare reflexia parțială a luminii provenite de la Soare.

C. În timp ce Soarele emite energie mai ales în domeniul vizibil, temperatura relativ scăzută a suprafeței terestre face ca emisia Pământului să fie localizată în zona infraroșie a spectrului. O modelare mai atentă a climei ia în considerare proprietățile atmosferei. Aceasta este un amestec de gaze cu proprietăți absorbante specifice. Spectrul prezentat în imaginea de mai sus evidențiază că în diferite domenii spectrale unele dintre gazele atmosferice pot absorbi radiație. Caracterizarea absorbției pe domenii spectrale se poate face prin introducerea coeficienților de absorbție în vizibil α_{vis} și respectiv în infraroșu α_{ir} , exprimați prin raportul dintre energia care trece prin atmosferă și energia care pătrunde în atmosferă. Dacă radiația este complet absorbită atunci $\alpha = 0$, iar dacă radiația nu este absorbită de loc $\alpha = 1$. Determină temperatura Pământului T_p într-un model care se ia în considerare reflexia parțială a luminii provenite de la Soare (albedoul $A = 0,3$) și proprietățile absorbante ale atmosferei ($\alpha_{vis} = 0,8$ și $\alpha_{ir} = 0,1$).

D. Folosind modelul de la punctul C calculează temperatura la suprafața Pământului, în situația în care albedoul și coeficienții de absorbție au valorile indicate în tabelul 1. Completează acest tabel cu valorile temperaturii la suprafața Pământului pe care le-ai obținut.

Caz	1	2	3	4
w_s	1370	1370	1370	1370
α_{vis}	1	1	1	1
α_{ir}	1	1	0	0
A	0,3	0	0	0,3
T''_p (K)				
T'''_p (°C)				

Tabel 1

E. Presupune că distanța dintre Pământ și Soare ar crește cu 1% . Care ar fi temperatura Pământului în acest caz (conform modelului de la punctul C), dacă $A = 0,3$, $\alpha_{ir} = 0,3$ și $\alpha_{vis} = 0,6$.

F. Presupune că în urma unor explozii nucleare în Sahara o parte din nisip s-ar transforma într-o „ o oglindă de sticlă” . Estimează suprafața pe care ar trebui să o aibă o astfel de oglindă pentru ca temperatura Pământului să scadă cu 1% . Folosește modelarea de la punctul C.

G. Într-o zi însorită de vară, la amiază vrei să aprinzi o bucată de hârtie concentrând razele de lumină provenite de la Soare cu ajutorul unei lupe cu distanța focală $f = 150 \text{ mm}$ și diametrul $D = 50 \text{ mm}$.

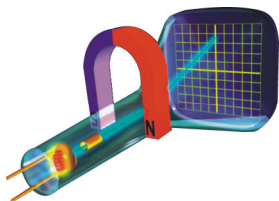
Cunoscând:

- diametrul unghiular al Soarelui $\alpha = 4,6 \text{ mrad}$;
- fluxul termic primit de Pământ de la Soare $J_s = 1400 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- temperatura mediului înconjurător $T_0 = 300 \text{ K}$;
- masa unității de suprafață a bucății de hârtie $\rho_\sigma = 80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$;
- căldura specifică a hârtiei $c = 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;
- raportul dintre puterea absorbită și cea incidentă $\gamma = 10^{-2}$;
- temperatura de aprindere a hârtiei $T_{\text{aprindere}} = 505 \text{ K}$

estimează intervalul de timp după care foaia de hârtie se va aprinde.

Subiect propus de:

Delia DAVIDESCU – Centrul Național pentru Curriculum și Evaluare în Învățământul Preuniversitar – Ministerul Educației Cercetării și Inovării



Problema a II– a (10 puncte)

Rachete balistice

Dacă viteza cu care trebuie lansată o rachetă balistică intercontinentală, de la polul Nord geografic al Pământului, pentru a ajunge într-un punct de pe Ecuatorul terestru, trebuie să aibă valoarea minimă, atunci traiectoria sa trebuie să fie un sector al elipsei pe care am reprezentat-o în desenul *a* din figura 1, având centrul Pământului (O) în unul din focarele acesteia (F_2), iar celălalt focar (F_1) să se afle la mijlocul distanței dintre punctul de lansare și punctul de aterizare ale rachetei.

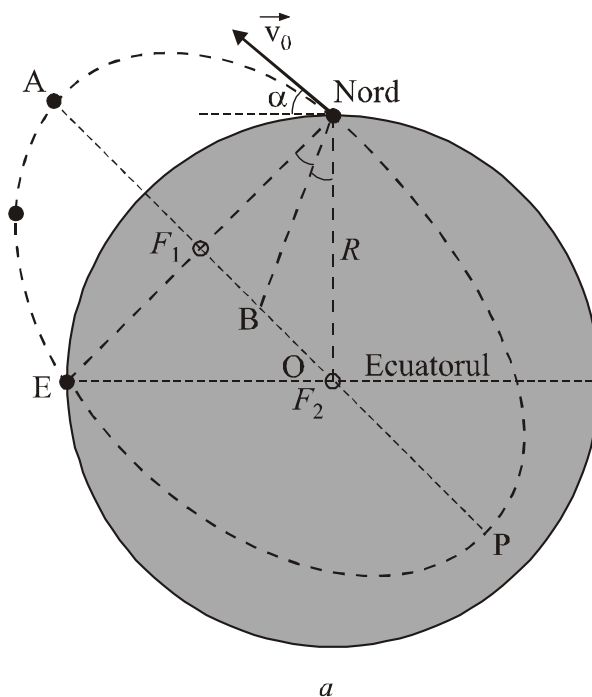
a. Să se determine elementele vectorului, reprezentând viteza inițială necesară acestei lansări. Se cunosc: raza Pământului, R ; accelerația gravitațională terestră la sol, g_0 .

b. Să se determine viteza rachetei în punctul A, reprezentând apogeul orbitei eliptice și altitudinea sa în acel moment.

c. Să se studieze, sub aceleași aspecte, și varianta reprezentată în desenul *b*, când racheta balistică intercontinentală trebuie să ajungă la polul geografic Sud al Pământului, evoluând pe un sector al unei alte elipse, având centrul Pământului (O) în unul din focare (F_2).

d. De la cei doi poli ai Pământului se lansează simultan două rachete balistice, cu aceleași viteze inițiale, orientate pe orizontală. După timpul t rachetele ajung la distanță maximă una față de cealaltă. Să se determine această distanță. Se cunosc: accelerația căderii libere la suprafața Pământului, g_0 ; raza Pământului, R .

e. Să se identifice elemente de adevăr sau ipoteză și de legendă evidențiate în sigla Olimpiadei Naționale de Fizică, desfășurată la Rm. Vâlcea în zilele de 1 – 6 februarie, 2009.



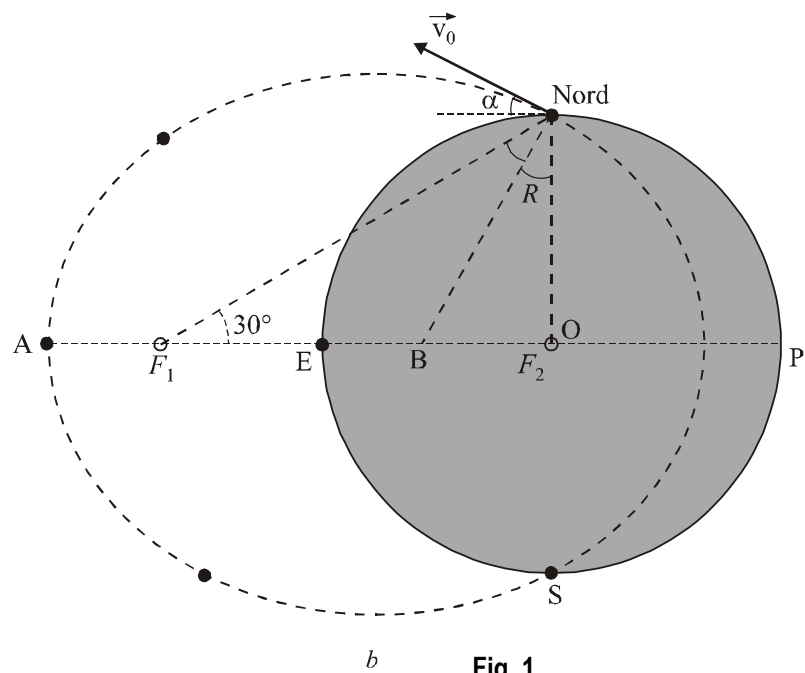
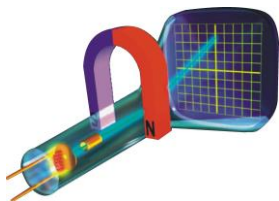


Fig. 1

Problemă propusă de :
Prof. dr. Mihail Sandu Călimănești

**Problema a III-a****A. Coeficient termic al rezistenței (5 puncte)**

Conductivitatea electrică a materialelor σ în materiale în care conducția electrică este asigurată de electronii liberi depinde direct proporțional de concentrația n a purtătorilor de sarcină electrică și de mobilitatea acestora μ (mobilitatea este coeficientul de proporționalitate dintre viteza de drift a electronilor și intensitatea câmpului electric care determină apariția deplasării ordonate a purtătorilor de sarcină). Lărgimea benzii interzise E_g se definește ca energia necesară unui electron pentru a deveni liber în cristalul semiconductor (prin trecerea de pe cel mai înalt nivel energetic ocupat în banda de valență pe cel mai de jos nivel liber din banda de conducție). Această energie poate fi furnizată termic sau prin alte modalități.

Pentru semiconductori puri, concentrația de purtători liberi crește puternic cu temperatura conform relației

$$n \approx T^{3/2} \cdot \exp(-E_g / (2k_B \cdot T))$$

Tot pentru semiconductori puri, la temperaturi absolute T ridicate mobilitatea scade cu creșterea temperatura $\mu \sim T^{-3/2}$.

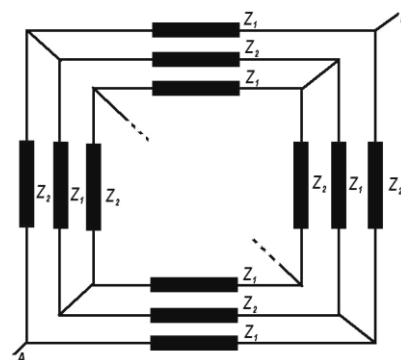
În concluzie, rezistența electrică variază cu temperatura. Coeficientul termic al rezistenței α reprezintă variația relativă a rezistenței electrice raportată la o mică variație a temperaturii. Se presupun cunoscute: $c = 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $h = 6,64 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$; $k_B = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$.

Pentru germaniu pur, la temperaturi foarte joase, lungimea de undă de prag pentru apariția efectului fotoelectric este $\lambda_{\text{prag}} = 1,7 \mu\text{m}$

1. Determină lărgimea benzii interzise (exprimată în eV) a germaniului pur.
2. Determină coeficientul termic al rezistenței germaniului la temperatura camerei.

B. .. și circuit de curent alternativ (5 puncte)

Rețeaua din figură este alcătuită dintr-un număr care tinde la infinit de celule pătrate având pe laturi impedanțe Z_1 și Z_2 , legate în modul sugerat în desenul alăturat. Consideră situația în care impedanța Z_1 este o bobină (eventual reală) iar impedanța Z_2 este un condensator ideal. Circuitul este legat la o sursă de tensiune electrică alternativă pentru care valoarea instantanee a tensiunii are expresia $u(t) = U\sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t)$ - unde U este o constantă iar pulsația ω poate fi variată. Oricare ar fi valoarea inițială a pulsației, puterea reactivă a circuitului, necunoscută, rămâne neschimbată la dublarea pulsației. Puterea activă a circuitului are valoarea P .

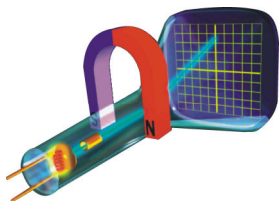


- a. Determină în funcție de Z_1 și Z_2 expresia impedanței echivalente Z_{AB} a rețelei.
- b. Determină valoarea puterii reactive a circuitului
- c. Determină expresiile impedanțelor Z_1 și Z_2 în funcție de P , U și $\omega_0 = 1/\sqrt{C \cdot L}$ (capacitatea C a condensatorului și inductanța L a bobinei care nu sunt cunoscute).

Subiect propus de:

Dr. Constantin COREGA – Liceul Emil Racoviță Cluj

Dr. Adrian DAFINEI – Facultatea de Fizică a Universității din București



Problema a IV-a (10 puncte)

Metodele uzuale (măsurarea cu șublerul sau cu micrometrul) nu pot fi utilizate pentru determinarea diametrelor fibrelor optice. Pe de o parte, aceste metode deteriorează local fibra optică, iar pe de altă parte, ele nici nu pot oferi precizia necesară. O metodă practică, de mare precizie, care se utilizează în mod frecvent, este metoda interferometrică. Dispozitivul experimental, redat în figura 1, este format dintr-o sursă coerentă de lumină monocromatică (de pildă, laser He-Ne de mică putere), cu lungimea de undă λ cunoscută, doi polarizori rotitori identici (P_1 și P_2) și un goniometru cu lunetă (reglată pentru vizare la infinit).

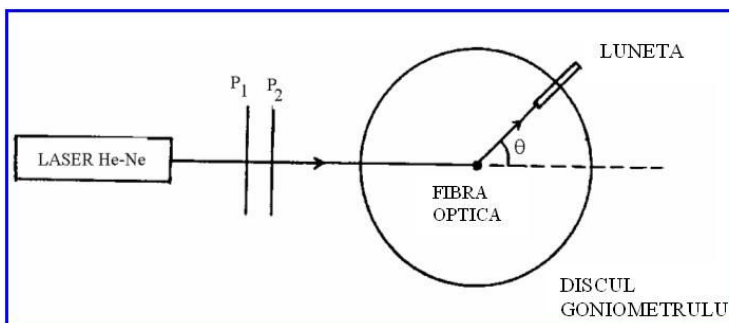


Figura 1

Discul raportor al goniometrului se află în plan orizontal iar luneta, montată rigid (solidar) cu vernierul, are axul optic orientat radial (direcția ocular-obiectiv trece prin verticala ridicată în centrul discului). Cu ajutorul unei menghine de foarte mici dimensiuni (sau, în lipsa acesteia, cu ajutorul unei bucăți de plastilină) se fixează în centrul discului goniometrului, în poziție verticală (ca în figura 2), o bucată de fibră optică de câțiva centimetri (numai miezul său, fără mantaua protectoare, care, în prealabil, a fost eliminată prin dizolvare în acetonă). Indicele de refracție (n) al miezului fibrei, același peste tot, se presupune cunoscut.

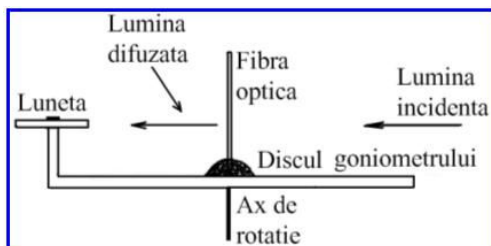


Figura 2

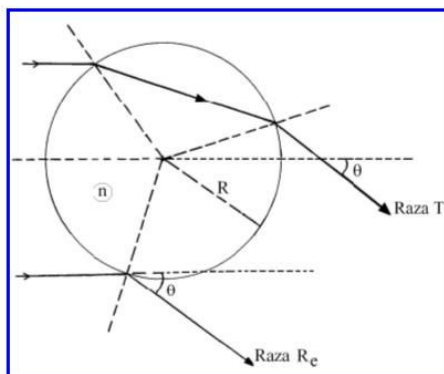


Figura 3

Pentru determinarea diametrului D al miezului fibrei se procedează în felul următor. Radiația laser incidentă (fascicul paralel orizontal) cade pe fibra optică, a cărei secțiune cu plane orizontale, are formă circulară (vezi figura 3). Radiația împrăștiată în diferite direcții θ (raportate față de prelungirea fasciculului incident) este analizată cu ajutorul lunetei. Se recomandă a se lucra cu intensități luminoase mici (pentru protejarea retinei; la nevoie pot fi folosiți ochelari speciali, de protecție), într-un interval unghiular (θ_m, θ_M) destul de larg, din domeniul $\theta < 80^\circ$. Razele de lumină notate cu T (transmisă prin fibră) și R_e (reflectată la interfața aer/miez), paralele între ele, având direcția θ , interferă la infinit. Franjele astfel generate pot fi observate cu ajutorul lunetei (reglată corespunzător).

a. Știind că în intervalul unghiular (θ_m, θ_M) , convenabil ales de experimentator, au putut fi numărate N minime de interferență, să se stabilească formula generală $D = D(N, n, \lambda, \theta_m, \theta_M)$ a dependenței diametrului D al miezului fibrei de mărimile din interiorul parantezelor, având semnificațiile deja precizate.

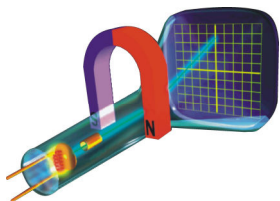
b. Considerând că goniometrul utilizat permite aprecierea interfranței unghiulare cu o eroare relativă de $1/6$, și admitând că lungimea de undă λ și numărul N sunt exact cunoscute, să se stabilească legătura dintre eroarea relativă $(\varepsilon_D \equiv \Delta D / D)$ cu care s-a determinat diametrul D al miezului fibrei și numărul N de minime de intensitate luminoasă din intervalul unghiular investigat.

c. Aplicație numerică: $\theta_m = 18,73^\circ$, $\theta_M = 76,68^\circ$, $N = 266$, $\lambda = 633\text{nm}$, $n = 1,457$.

Precizări: Polarizorii (P_1, P_2) de pe direcția fasciculului incident, care se pot roti în jurul axelor lor centrale (orizontale), servesc la modificarea stării de polarizare și a intensității luminoase. α). Metoda descrisă este eficientă (contrast mare al franjelor de interferență) atunci când razele R_e și T au intensități comparabile. De aceea, planul de polarizare al fasciculului incident pe fibră trebuie să conțină axa fibrei. Altfel spus, lumina incidentă trebuie să aibă polarizare TM („transversal magnetică”). Polarizorii servesc acestui scop. Direcțiile de transmisie sunt „așezate” vertical pentru ambii polarizori. β). Pentru a localiza direcția fixă a fasciculului incident (în lipsa fibrei), direcțiile de transmisie ale polarizorilor sunt „așezate” paralel. Fasciculul laser fiind intens, el nu trebuie să fie privit pe direcția sa ! De aceea, se scoate ocularul lunetei și se recepționează spotul luminos pe un mic ecran (bucată de carton). Pentru a putea număra, fără riscuri majore, minimele de interferență din intervalul ales, în lumină TM, polarizorii se așează aproape „în cruce” (direcțiile lor de transmisie sunt acum cvasi-perpendiculare, primul polarizor având transmisie orizontală). γ). În instalațiile performante de acest gen nu se privește cu ochiul (în locul ocularului se află un detector cvasipunctiform, de mare sensibilitate, cuplat la un numărător).

Problemă propusă de

Profesor universitar dr. Florea ULIU, Facultatea de Fizică, Universitatea din Craiova



Problema a IV-a (10 puncte)

FOAIE DE RĂSPUNSURI

a. ► Diferența de drum optic a razelor T și R_e este:

(Δ) =

► Formula care permite calcularea diametrului ($D=2R$), al fibrei, în funcție de numărul N al minimelor (numărate) din intervalul unghiular dintre θ_m și θ_M are forma:

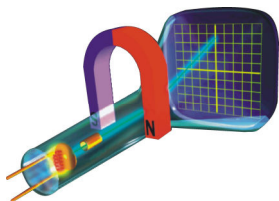
D=

b. ► Dependența erorii relative $\varepsilon_D = \Delta D/D$ (de determinarea diametrului fibrei) de numărul N al minimelor din intervalul unghiular dintre θ_m și θ_M are forma generală:

c. În aplicația numerică:

► D=

► ε_D =



Problema a V – a (10 puncte)

Plăci săltărețe

Două plăci de masă m_1 și m_2 sunt legate printr-un resort de constantă elastică k și masă neglijabilă ca în figura 1. Dacă se apasă pe direcția verticală corpul de masă m_1 cu o forță $F' = n \cdot F$ unde $n > 1$ iar F este forța minimă cu care trebuie apăsat corpul m_1 pentru ca lăsând liber sistemul, corpul m_2 să se desprindă de la suprafața orizontală, să se afle:

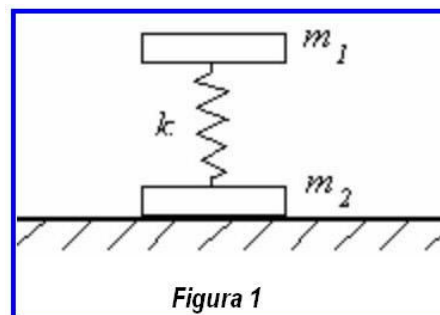


Figura 1

- Viteza corpului de masă m_1 în momentul desprinderii
- Înălțimea maximă până la care se ridică centrul de masă al sistemului
- Perioada și amplitudinea cu care oscilează sistemul după desprindere
- Câte oscilații efectuează sistemul până centrul de masă se ridică la înălțimea maximă.

La rezolvarea problemei se vor neglija forțele de rezistență.

Problemă propusă de

Conferențiar universitar dr. Cristian CIUCU, Facultatea de Fizică, Universitatea din București

Conferențiar universitar dr. Igor EVTODIEV, Facultatea de Fizică, Universitatea de Stat din Moldova