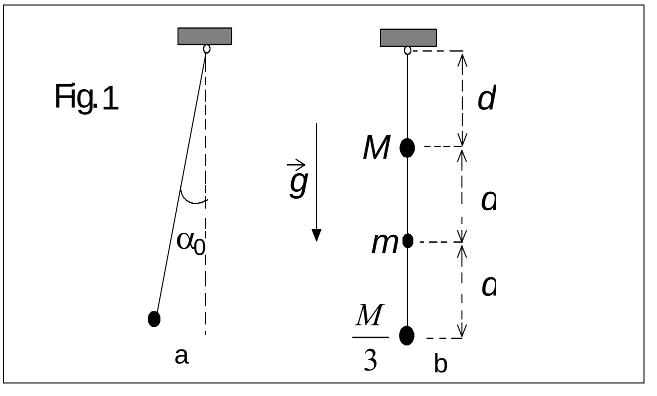
1. Pendulul matematic reprezentat în desenul a din figura 1, constituit dintr-o tijă rigidă foarte uşoară, articulată fără frecare în punctul său superior şi purtând la capătul inferior o bilă sferică cu raza foarte mică (punct material), efectuează oscilaţii armonice în plan vertical, deviaţia sa unghiulară maximă fiind $\alpha_{max} = \alpha_0 < 4^0$.

a) *Să se demonstreze* că, în condiţiile precizate, există relaţia: $\omega_{max} = \frac{2\pi}{T}\alpha_{max}$, unde ω_{max} - viteza unghiulară maximă a tijei în mişcarea de rotaţie a acesteia, T - perioada oscilaţiilor armonice ale pendulului considerat;

b) Când sfera a ajuns într-una din poziţiile sale extreme laterale, i se comunică sferei, printr-un mic impuls perpendicular pe planul oscilaţiilor, viteza v_0, egală cu viteza maximă din timpul oscilaţiilor sale armonice. *Să se stabilească* forma traiectoriei viitoare a sferei, forma suprafeţei descrisă de tija pendulului şi *să se determine* timpul după care sfera revine în poziţia extremă iniţială. Se cunoaşte acceleraţia gravitaţională, g.;



c) Pendulul fizic reprezentat în desenul b din figura 1, constituit dintr-o tijă rigidă, foarte uşoară, articulată fără frecare în capătul său superior şi pe care sunt fixate trei sfere (puncte materiale), în condiţiile precizate, efectuează oscilaţii mici în plan vertical. *Să se demonstreze* că oscilaţiile pendulului sunt armonice şi *să se determine* perioada lor. Se cunoaşte acceleraţia gravitaţională, g.

2.

a) Două lentile convergente subţiri, având distanţele focale f_1 şi respectiv f_2, sunt aşezate la distanţa D una faţă de cealaltă, aşa cum indică figura 2. Axele optice principale ale lentilelor sunt paralele, distanţa dintre ele fiind egală cu a (o valoare destul de mică faţă de f_1, f_2 şi D). Ştiind că $D < f_1$ şi f_2, *să se determine* coordonatele x şi y ale focarului principal imagine pentru acest sistem optic. Fasciculul luminos incident se propagă de la stânga spre dreapta paralel cu axele optice principale ale lentilelor. Originea axelor de coordonate se consideră în centrul optic O_2 al lentilei cu distanţa focală f_2. Ele au orientările precizate în figură.

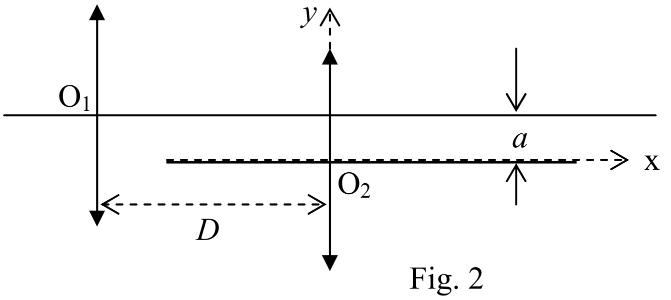


Fig. 2

b) Ochiul unui observator priveşte într-o oglindă plană (confecţionată dintr-o lamă de sticlă cu feţe plane şi paralele, având un strat subţire de azotat de argint depus pe partea inferioară) imaginea unei surse punctiforme îndepărtate S_0 , aşa cum indică figura 3.

Pentru un *anumit unghi de incidență*, intensitatea luminoasă (provenind de la sursa S_0) care ajunge în ochi în urma reflexiei directe pe suprafața sticlei (la interfața aer-sticlă), este egală cu intensitatea radiației care ajunge în ochi după reflexia pe stratul inferior cu azotat de argint. Ştiind că reflectanța energetică pe stratul de azotat de argint este $R = 0{,}93$ şi nu depinde practic de unghiul de incidență, *să se determine* reflectanța energetică r la interfața aer-sticlă. Se va admite că reflectanța energetică la interfața sticlă-aer are aceeaşi valoare ca şi cea de la interfața aer-sticlă, indiferent de valorile unghiurilor de incidență. Eventualele fenomene de absorbție se vor considera neglijabile. ***Notă***: reflectanța energetică este raportul dintre intensitatea luminii reflectate şi cea a luminii incidente.

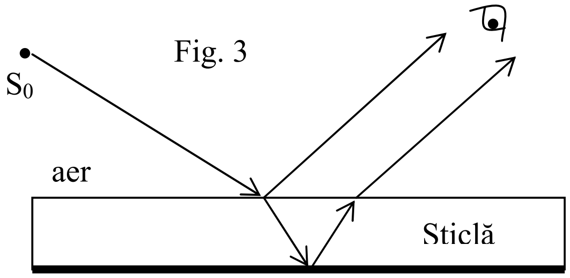


Fig. 3

c) Radiația Cerenkov este o radiație luminoasă (undă electromagnetică) emisă de o particulă încărcată electric, ce se mişcă uniform, într-un mediu substanțial (lichid) având indicele de refracție n, cu o viteză $\vec{v}$, având modulul v mai mare decât viteza de fază a luminii în acel mediu (c/n). Se ştie că radiația este emisă în direcția $\theta_C = arc\cos\dfrac{1}{n\beta}$, unde $\beta = v/c$, unghi ce se măsoară față de sensul pozitiv al vectorului $\vec{v}$. Particula se deplasează de-a lungul axului optic principal spre o oglindă sferică concavă, având raza de curbură $R > 0$. *Arătați că* indiferent de locul în care se află particula în momentul emisiei, radiația reflectată de oglindă intersectează planul său focal în punctele unui cerc. *Determinați* raza acestui cerc în funcție de R, n şi β.

3. Un punct material cu masa de repaus m_0, conectat la unul din capetele unui resort elastic, foarte uşor, cu constanta de elasticitate k, oscilează armonic de-a lungul axului longitudinal al resortului, în condiții de imponderabilitate, celălalt capăt al resortului fiind prins de un suport fix.

a) *Să se determine* perioada oscilațiilor liniare relativiste ale punctului material, dacă amplitudinea oscilațiilor sale, în sistemul laboratorului, este A. Se cunoaşte viteza luminii în vid, c. Se neglijează frecările. Se va putea considera că: $\dfrac{1}{\sqrt{1+\dfrac{k}{4m_0c^2}\left(A^2-y^2\right)}} \approx 1-\dfrac{k}{8m_0c^2}\left(A^2-y^2\right)$, unde y este elongația oscilatorului la un anumit moment.

b) *Să se demonstreze* că accelerația relativistă a unui punct material, supus acțiunii unei forțe $\vec{F}$, atunci când acesta are viteza $\vec{v}$, este: $\vec{a} = \dfrac{\vec{F}}{m} - \dfrac{\vec{F}\cdot\vec{v}}{mc^2}\vec{v}$. *Să se evidențieze* deosebirea față de varianta nerelativistă: $\vec{a} = \vec{F}/m$.

c) S*ă se determine* accelerația oscilatorului armonic liniar relativist, atunci când elongația sa este $y = A/2$.

Prof. dr. Florea Uliu
Universitatea din Craiova

Prof. dr. Mihail Sandu
Universitatea „Lucian Blaga” - Sibiu