Descrierea CIP a Bibliotecii Naţionale a României
ULIU, FLOREA
Teme experimentale şi probleme de fizică aplicată : pentru pregătirea olimpiadelor şi concusurilor şcolare de fizică / Florea Uliu. - Ed. a 6-a. - Deva : Editura Emia, 2023
Conţine bibliografie
ISBN 978-973-753-569-6

53

LIBRIS | We know books

Referenţi ştiinţifici:
Prof. dr. Mihail Sandu, Colegiul Tehnic pentru Turism, Călimănești
Prof. dr. Gabriel Florian, Colegiul Național "Carol I", Craiova

Corectura: Prof. univ. dr. Florea Uliu, ing. Titu Radu

Tehnoredactare computerizată: Prof. univ. dr. Florea Uliu, ing. Titu Radu

Coperta: ing. Titu Radu, inf. Teodora Elena Radu

Toate drepturile rezervate Editurii EMIA şi autorului. Nici o parte din acest volum nu poate fi copiată fără permisiunea scrisă a Editurii EMIA şi autorului. Drepturile de distribuţie în străinătate aparţin în exclusivitate editurii.
© 2023 by Editura EMIA

All rights reserved. The distribution of this book outside Romania, without the written permission of EMIA is strictly prohibited

Apărut: 2020
Tipărit în România

EDITURA EMIA
Str. Mareşal Averescu, bl. 20, cod 330011
Deva, Hunedoara, România
telefon: +40 254 230 246
email: office@emia.ro
www.emia.ro

FLOREA ULIU

TEME EXPERIMENTALE ȘI PROBLEME DE FIZICĂ APLICATĂ

(Pentru pregătirea Olimpiadelor și Concursurilor școlare de fizică)

Ed. a 6-a

Editura EMIA

LIBRIS | We know books

63. И.И. Бажанский, Приморские олимпиады школьников по физике (2008 – 2913 гг.). Изд. Дальневосточного университета, Владивосток, 2013;
64. С.Н. Манида, Физика. Решение задач повышенной сложности. Изд. Санкт-Петербургского университета, Санкт-Петербург, 2004;
65. А.В. Чудновский, Ю.М. Григорьев, В.М. Муравьев, В.Ф. Потапов, Теоретические задачи по физике. Международная олимпиада «Туймаада», 1994 – 2012, Изд. МЦНМО, Москва, 2013;
66. С.Б. Вениг, М.Н. Куликова, В.Н. Шевцов, Олимпиадные задачи по физике, Изд. Центр «Вентана-Граф», Саратов, 2007;
67. W. GOROSKOVSKII, Polskie fiziceskie olimpiadî, Izd. Mir, Moskva, 1982;
68. * * *, Colecţia revistei "КВАНТ" (1974-2016).

CUPRINS

Din partea autorului..... pag. 5

Capitolul I: MECANICĂ..... pag. 7
I.1.Poate fi determinată densitatea unui corp solid fără a i se măsura masa şi volumul?; I.2.Determinarea densităţii unui lichid; I.3.Determinarea densităţii unui material plastic; I.4.Densitatea plastelinei; I.5.Cum se poate determina densitatea aerului folosind o coală de hârtie A_4 !; I.6.Densitatea polipropilenei; I.7.Densitatea unor lichide necunoscute; I.8.Densitatea radierei (gumei de şters); I.9.Calculul unei densităţi medii; I.10.Tot despre densităţi; I.11.Un naufragiat; I.12.Masa nisipului; I.13.Un centru de greutate; I.14.Alt centru de greutate; I.15.Încă un centru de greutate; I.16.Cum putem determina poziţia centrului de greutate pentru o placă sector de cerc?; I.17.Plierea unui triunghi echilateral; I.18.Tot un centru de greutate; I.19. Determinarea lungimii unui fir de aţă cu masa de un gram; I.20.Hidrostatică: legea lui Arhimede (şi nu numai !); I.21.O cutie aproape goală, în echilibru; I.22.Despre valuri şi geamanduri; I.23.Bărcuţa de carton; I.24.O cutie neagră; I.25.Castele de nisip; I.26.Suprafaţa corpului uman; I.27.Caracteristici ale unui resort; I.28.Grinda plutitoare; I.29.Mişcare într-un mediu vâscos; I.30.Tensiunea dintr-un fir rulat; I.31.Preţul unei răsturnări; I.32.O cutie cu chibrituri; I.33.Tot o cutie cu chibrituri; I.34.Un coeficient de frecare (nisip pe nisip); I.35.Un dop paralelipipedic; I.36.Un lucru mecanic minim; I.37.Sfera şi cubul; I.38.Un vas cilindric cu bile; I.39.Un experiment imaginar; I.40.Coeficient de restituire; I.41.Cum pluteşte pe apă o minge de ping-pong; I.42.Saltul puricelui; I.43.Frecare metal pe metal; I.44.Raportul maselor a două monede; I.45.Fizica mişcării relative şi geometria triunghiului; I.46.O interesantă problemă de cinematică; I.47.Trei biciclişti prieteni; I.48.O problemă pentru Leonard Messi!; I.49.Un pendul matematic "agăţat"; I.50.Cutia de chibrituri; I.51.Mişcări uniforme; I.52.Viteza maximă a furnicii; I.53.Aruncare pe oblică; I.54.Legea Kepler II; I.55.Legea Kepler III; I.56.Viteze extreme; I.57.Vectorul Runge-Lenz-Laplace (sau vectorul excentricităţii); I.58.Trecere de pe cerc pe elipsă; I.59.Puncte caracteristice pe elipsă; I.60.Orbita de transfer a lui Hohmann; I.61.Un satelit; I.62.Modulul şi orientarea unei acceleraţii; I.63.Saltul cosaşului; I.64.Viteza unei unde transversale; I.65.Putere mecanică (variaţie în timp şi variaţie în spaţiu); I.66.Cum se poate determina aria unui triunghi cu ajutorul cronometrului!; I.67.Cântăriri (monede de aur şi monede false); I.68.Echilibrul unui disc suspendat; I.69.O cinematică interesantă; I.70.Maximul lungimii unei tije.

Capitolul II: FIZICĂ MOLECULARĂ..... pag. 81
II.1.Determinarea presiunii atmosferice; II.2.Ceainicul fierbător; II.3.Topirea unui ţurţure; II.4.Un experiment realizat de doi elevi; II.5.La picnic !; II.6.Ingenoisul Ionel; II.7.Amestec de apă cu gheaţă; II.8.Zahăr cubic; II.9.Un pahar Berzelius; II.10.Calorimetrie; II.11.Încălzitor electric; II.12.Călduri specifice; II.13.Călduri specifice, călduri latente; II.14.Umiditatea zăpezii; II.15.Tot calorimetrie; II.16.Umiditatea aerului; II.17.Se topesc ţurţurii !; II.18.Volumul unei cavităţi

LIBRIS | We know books

invizibile; II.19.O seringă cu piston (dar fără ac); II.20.Vapori de apă; II.21.Un termometru lăcuit; II.22.Un ceainic şi un elev curios; II.23.Determinarea coeficientului de vâscozitate al unui lichid necunoscut; II.24.Oala sub presiune; II.25.Fierul de călcat; II.26.Tensiuni în fire şi tensiuni superficiale; II.27.Un alt pahar Berzelius; II.28.Energia valurilor; II.29.Lucrări subacvatice; II.30.Din nou, despre vaporii de apă; II.31.Bile fierbinţi; II.32.Trei vase cubice; II.33.Variaţii procentuale; II.34.Bec, piston, lentilă, gaze; II.35.Politrope; II.36.Un ciclu termodinamic triunghiular; II.37.Un proces mai aparte; II.38.Trei politrope frigorifice; II.39.Un ciclu cu o ramură parabolică; II.40.Ciclul de jos al problemei precedente; II.41.Un ciclu cu doar două ramuri; II.42.Când începe fierberea?; II.43.Steaua Magilor!; II.44.Un triunghi isoscel; II.45.Rombul mono- şi bi-atomic; II.46.Un ciclu cu două pante negative; II.47.O formă redusă a ciclului precedent; II.48.Bule de apă cu săpun; II.49.O distribuţie statistică boltzmanniană; II.50.Curba spinodală a gazelor Van der Waals; II.51.O fiolă cu eter; II.52.O construcţie geometrică; II.53.Evaporare; II.54.Pneul unui automobil; II.55.Un boiler eficient; II.56.Un amestec gazos; II.57.Alt ciclu termodinamic.

Capitolul III: ELECTRICITATE ŞI MAGNETISM..... pag. 143

III.1.Potenţial electric radial; III.2.Suprafaţă sferică echipotenţială; III.3.Câmpul electric al unei baghete încărcate uniform; III.4.O problemă simplă de electrostatică; III.5.Un dipol electric; III.6.Câmp electrostatic; III.7.Prelucrarea unor date; III.8.Semisferă încărcată electric; III.9.Sferă goală; III.10.Trei plăcuţe; III.11.Interacţiune electrostatică; III.12.Mici oscilaţii; III.13.Inel circular; III.14.Cuburi metalice; III.15.Inel cu mărgele; III.16.Condensator cu dipol rigid; III.17.Pământ plat; III.18.Plutire; III.19.Potenţialul electric al unei distribuţii liniare; III.20.Manevră instantanee; III.21.Sferă şi inel; III.22.Diferenţe de potenţial; III.23.Un alt fel de interacţie coulombiană; III.24.Pe diagonalele unui hexagon; III.25.Electrostatică; III.26.Descărcarea unui condensator; III.27.Kirchhoff electrostatic; III.28.Un condensator plan exotic; III.29.O cutie neagră cu rezistori; III.30.Siguranţe fuzibile; III.31.Metoda celor două voltmetre; III.32.Altă cutie neagră; III.33.O combinaţie stea+triunghi (în cutie neagră); III.34.Putere electrică; III.35.Triunghi şi stea; III.36.Un paradox aparent; III.37.Cum putem determina rezistenţa unui rezistor?; III.38.Ceasul din turn; III.39.O reţea; III.40.Un semicilindru conductor; III.41.Topim gheaţă (furnizând energie electrică); III.42.Un element neliniar; III.43.O rezistenţă variabilă; III.44.Reţeaua "Terrella"; III.45.Cutie neagră cu caracter rezistiv; III.46.O reţea cu rezistoare identice; III.47.Cutii negre echivalente; III. 48.Suma tensiunilor; III.49.Trei ipostaze diferite; III.50.Un circuit cu diode; III.51.Puteri degajate într-o reţea simplă; III.52.Puteri şi randamente; III.53.Serie cu voltmetre; III.54.Două bile; III.55.O înfăşurare spiralică; III.56.Particulă în mediu vâscos; III.57.Discul lui Corbino; III.58.Un câmp magnetic mai deosebit; III.59.Trei câmpuri reciproc perpendiculare; III.60.Diagramă Argand; III.61.Un circuit RLC paralel; III.62.Un circuit RLC serie; III.63.Un solenoid; III.64.Un alt solenoid; III.65.Diferite geometrii; III.66.O formă de mişcare; III.67.Adâncime de pătrundere; III.68.Viteza limită a unei particule; III.69.Inducţie electromagnetică; III.70.Doi electroni şi o unică traiectorie;
III.71. Dezintegrarea unei particule.

Capitolul IV: OPTICĂ..... pag. 209

IV.1.Becul din tavan; IV.2.Indicele de refracţie al unui lichid; IV.3.Lamă cu reflexie; IV.4.Determinăm indici de refracţie (două metode); IV.5.O lubeniţă aproape sferică; IV.6.Unghi diedru cu oglinzi plane; IV.7.Un tub cilindric cu lentilă în interior; IV.8.O lentilă şi un ecran; IV.9.O construcţie geometrică; IV.10.Un experiment interesant cu prisma optică; IV.11.Focalizare perfectă; IV.12.Oglindă elipsoidală; IV.13.Oglindă hiperboloidală; IV.14.O oglindă plană cu groasime apreciabilă; IV.15.Lentilă în furcă; IV.16.Lentile cu caracteristici geometrice; IV.17.Lentilă divergentă; IV.18.Lichid transparent necunoscut; IV.19.O reţetă de construcţie geometrică (puncte conjugate optic); IV.20.O prismă pe apă; IV.21.O oglindă cilindrică; IV.22.Curcubeul în laborator; IV.23.Un pix hexagonal; IV.24.Un experiment uşor de realizat; IV.25.Cum putem determina indicele de refracţie al unui lichid folosind o reţea de difracţie; IV.26.Determinarea indicelui de refracţie al unei lame cu feţe plan-paralele; IV.27.Lamă tăiată oblic şi argintată la unul din capete; IV.28.Recondiţionare, refolosire; IV.29.Lentile lipite; IV.30.Secţionare şi răsturnare; IV.31.De la Kepler (lunetă) la Huygens (microscop); IV.32.Convergenţa unei lentile subţiri; IV.33.Un cub; IV.34.Traversarea unei prisme; IV.35.Lentilă plutind pe apă; IV.36.O veioză; IV.37.Trei tăviţe; IV.38.Un pahar cu apă pe post de lupă; IV.39.Două oglinzi sferice; IV.40.Un semicilindru transparent; IV.41.Aria unei umbre de pe ecran; IV.42.Viziune directă cu patru prisme reflectătoare; IV.43.Oglinda Anei; IV.44.O lentilă groasă; IV.45.În aer şi într-un lichid; IV.46.Folii reflectorizante; IV.47.Artur Conan Doyle ştia optică geometrică; IV.48.Lentile Fresnel; IV.49.Luna şi marea; IV.50.O bijuterie; IV.51.Un con de sticlă; IV.52.Imaginea unui cub; IV.53.Imaginea unui paralelipiped; IV.54.O placă subţire şi imaginea sa; IV.55.Vectorii viteză în Optica geometrică; IV.56.Mărire transversală şi mărire longitudinală; IV.57.O sferă de sticlă; IV.58.Cinci prisme în serie; IV.59.Un peştişor într-un acvariu sferic; IV.60.O lentilă plutitoare; IV.61.O lentilă şi o oglindă plană; IV.62.Raze X; IV.63.Un mediu neomogen cu simetrie cilindrică; IV.64.Lamelă polarizantă.

Capitolul V: DIVERSE..... pag. 281

V.1.Forţe atractive de tip $1/r^2$; V.2.Încă o lege referitoare la mişcarea planetelor în jurul Soarelui?; V.3.Structura internă a Pământului; V.4.Atmosfera terestră; V.5.Cum cade o picătură de apă într-o atmosferă saturată cu vapori de apă?; V.6.De ce nu cad norii?; V.7.Zborul rachetei cu apă; V.8.De ce "cântă" un furtun când este rotit repede deasupra capului?; V.9.Forţe de tracţiune (lentă sau smucită?); V.10.Ciocniri succesive; V.11.Un model discret referitor la formarea avalanşelor; V.12.O mişcare interesantă; V.13.Platforme orizontale cu resorturi; V.14.Deformarea unui resort; V.15.Filtre de cafea; V.16.Un mecanism interesant; V.17.Puţin tenis de câmp (sau, despre numărul lui Reynolds); V.18.Sănii trase de câini (în lumea laponilor); V.19.De la Polul Nord la Ecuator; V.20.Este posibilă o cădere cu acceleraţie superioară lui g?; V.21.Calcul vectorial în cinematică; V.22.O interesantă problemă de cinematică; V.23.Plimbarea degetelor arătătoare (de la cele două mâini) pe sub o bară orizontală; V.24.Un loc geometric mai puţin cunoscut; V.25.Un experiment pentru determinarea timpului minim; V.26.Efect Doppler; V.27.Oscilaţii pe verticală, cu ciocniri; V.28.Lampa cu neon; V.29.Rolul axului

LIBRIS We know

optic secundar; V.30.Stigmatismul dioptrului sferic; V.31.Pe ce planetă şi în ce condiţii ne-am putea vedea ceafa?; V.32.Împrăştiere Rutherford; V.33.De pe Pământ spre Venus!; V.34.Scheme electrice analoage; V.35.Liniile de câmp ale inducţiei magnetice; V.36.Câmpul magnetic terestru.

BIBLIOGRAFIE..... pag. 345

LIBRIS We know books

care au menirea de a desemna un Lot restrâns, format din elevii cu cele mai bune performanțe, adică Lotul reprezentativ, care participă apoi, în acel an, la Olimpiadele internaționale.

Cartea de față se bazează pe o parte din materialele de Mecanică, Fizică moleculară, Optică și Electricitate și magnetism, strânse de mine de-a lungul a 33 de ani de activitate cu elevii olimpici și păstrate pe diskete, pe CD-uri sau DVD-uri, pe stickuri sau în calculatorul personal. În mod concret, lucrarea conține: a) un număr apreciabil de lucrări de laborator propuse la diverse concursuri naționale de Fizică; b) câteva expuneri mai extinse ale unor „idei lucrative" sau ale unor teme mai puțin uzuale, avute în vedere cândva, pentru elaborarea unor probleme de baraj/selecție; c) câteva probleme teoretice cu premize sau cu scop final practic-aplicative; d) un număr semnificativ de probleme teoretice, unele surprinzătoare, cu grad ridicat de dificultate (avute în vedere pentru a fi utilizate la probele de concurs sau la cele de selecție ale loturilor) . Cam jumătate din problemele din carte au fost folosite ca subiecte propuse la diverse concursuri. Alte probleme nu au fost utilizate niciodată ca probleme de concurs.

Problemele și temele propuse în cele cinci capitole ale cărții au fiecare un nume, ales (mai mult sau mai puțin inspirat) în acord cu conținutul lor. Problemele sunt fie originale, concepute de autor, sau în colaborare, fie sunt reformulări sau modificări ale unor probleme ce fac parte din așa-numitul „fond internațional", existent în literatura de specialitate și adaptate programei școlare de la noi.

Toate temele și problemele prezentate în carte au dezvoltări/rezolvări detaliate. Marea lor majoritate se adresează elevilor din ciclul liceal (clasele IX-XII), însă circa 10% dintre acestea se adresează cu precădere elevilor din clasele gimnaziale în care se studiază Fizica (clasele VI-VIII).

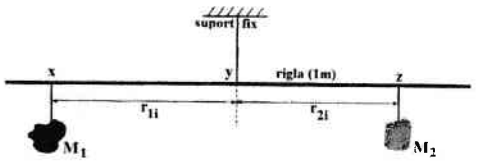
Mulțumesc cu deosebit respect, și pe această cale, distinsei Doamne Paulina Popa, om de aleasă ținută intelectuală, Director general al Editurii EMIA din Deva, pentru interesul constant manifestat față de lucrările noastre și pentru permanentul sprijin pe care ni l-a acordat.

Craiova, 14 septembrie 2017 Prof.univ.dr. Uliu Florea

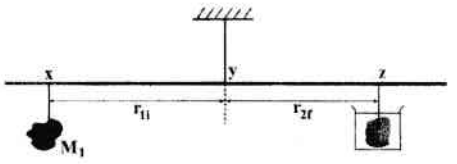
CAPITOLUL I
MECANICĂ

I.1.Poate fi determinată densitatea unui corp solid fără a i se măsura masa și volumul?

Răspunsul este afirmativ. Redăm mai jos o metodă concretă prin care putem determina densitatea corpului M_2 din desenele alăturate. Un corp M_1 este fixat pe o tijă rigidă, foarte ușoară, cu lungimea de un metru. Deplasăm corpul M_2 în lungul tijei până când tija rămâne în echilibru, în poziție orizontală. În această situație $M_1 g r_{1i} = M_2 g r_{2i}$, (1) și măsurăm distanțele r_{1i} și r_{2i} pe tija cu gradațiuni. Apoi, păstrăm corpul M_1 în poziție nemodificată și, cu corpul M_2 cufundat complet într-un lichid cunoscut (apa, de exemplu), readucem tija în poziție orizontală de echilibru. În acest caz $M_1 g r_{1i} = (M_2 g - F_a) r_{2f}$, (2), unde $F_a = \rho_\ell V_2 g$, (3). Din relațiile (1) - (3) rezultă $\rho_\ell g V_2 r_{2f} = g(M_2 r_{2f} - M_1 r_{1i}) = g M_2 (r_{2f} - r_{2i})$. Cele două părți ale acestei duble egalități ne dau imediat formula $\rho_\ell = M_2 / V_2 = \rho_\ell \left(1 - r_{2i}/r_{2f}\right)^{-1}$. Densitatea ρ_ℓ a lichidului în care a fost imersat corpul M_2 se presupune cunoscută iar distanțele r_{2i} și r_{2f} se măsoară ușor. Observăm că nu este necesară cunoașterea distanței r_{1i}.



Din păcate, această metodă poate fi utilizată numai atunci când corpul „de studiat" este mai dens decât lichidul utilizat pentru imersare (adică $\rho_2 > \rho_\ell$).



Totuși, metoda poate fi extinsă/completată devenind utilizabilă și în cazul $\rho_2 < \rho_\ell$. Pe lângă corpurile M_1 și M_2 (dar, acum, cu $\rho_2 < \rho_\ell$), mai avem nevoie și de un al treilea corp (M_3), cu densitatea mai mare decât cea a lichidului utilizat ($\rho_3 > \rho_\ell$).

Pe tot parcursul experimentului poziția pe riglă a corpului M_1 rămâne nemodificată. Etapele experimentului precum și relațiile matematice care descriu echilibrul ce se realizează sunt următoarele:

LIBRIS | We know books

1). Echilibrarea lui M_1 cu corpul M_3 suspendat în aer: $M_1 r_{1i} = M_3 r_{31}$, (omitem intenționat scrierea lui g);

2). Echilibrarea lui M_1 cu corpul M_3 cufundat complet în lichid: $M_1 r_{1i} = (M_3 - \rho_\ell V_3) r_{32}$;

3). Echilibrarea lui M_1 cu ansamblul $M_3 + M_2$ suspendat în aer: $M_1 r_{1i} = (M_3 + M_2) r_{33}$;

4). Echilibrarea lui M_1 cu ansamblul $M_3 + M_2$ cufundat în lichid: $M_1 r_{1i} = [M_3 + M_2 - \rho_\ell (V_2 + V_3)] r_{34}$.

Din relațiile de la 1) și 2) rezultă $V_3 = (M_3 / \rho_\ell r_{32})(r_{32} - r_{31})$, (5).

Din relațiile de la 1) și 3) rezultă $M_2 = (M_3 / r_{33})(r_{31} - r_{33})$, (6).

Din relațiile de la 3) și 4) [cu utilizarea relațiilor (5) și (6)] găsim relația

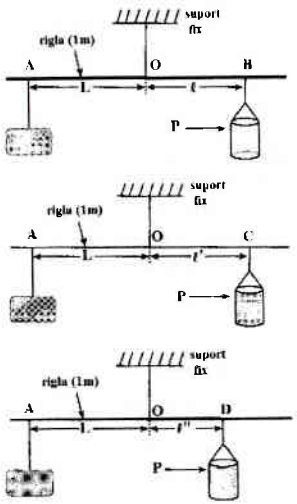
Astfel densitatea necunoscută este dată de formula

$$\rho_2 = \frac{M_2}{V_2} = \rho_\ell \frac{r_{32} r_{34} (r_{31} - r_{33})}{r_{31} r_{32} r_{34} - r_{31} r_{32} r_{33} - r_{32} r_{33} r_{34} + r_{31} r_{33} r_{34}} \quad (7).$$

Așadar, sunt necesare doar măsurători de distanțe pe tija gradată precum și cunoașterea densității ρ_ℓ.

I.2.Determinarea densității unui lichid

Este necesară o tijă rigidă, foarte ușoară, cu lungimea de un metru, un corp solid destul de masiv (cu masa M) și un vas cilindric cu masa m, gol în interior, cu un marcaj în partea superioară (litera P în desenele alăturate). Corpul solid, atârnat de tijă în partea stângă, se menține în poziția fixă A, la distanța $L = AO$ de mijlocul său (O). Vasul gol echilibrează "balanța" în poziția B când $OB = \ell$. Putem scrie $ML = m\ell$. În etapa a doua, vasul se umple cu apă până la reperul P (masă M_1) și se atârnă din nou de tijă. Echilibrul se realizează când distanța până la locul de atârnare este $OC = \ell'$. Avem relația $ML = (m + M_1)\ell'$. Desigur, putem scrie $M_1 = V\rho_1$. Se golește vasul de apa din el, se usucă interiorul său, și tot până la reperul P se umple vasul cu lichidul necunoscut (masă $M_2 = V\rho_2$). Echilibrul se realizează când vasul este



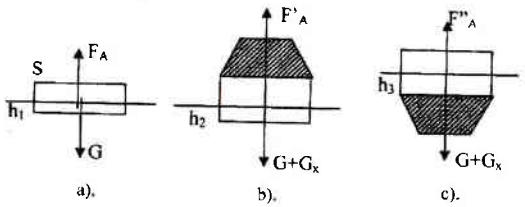
atârnat în partea dreaptă la distanța $OD = \ell''$. Acum putem scrie $ML = (m + M_2)\ell''$. Din relațiile primelor două echilibrări găsim $M_1 = m(\ell / \ell' - 1)$. Din relațiile referitoare la prima și la a treia echilibrare obținem $M_2 = m(\ell / \ell'' - 1)$. Egalăm cele două expresii ale rapoartelor M_1 / M_2 și, în cele din urmă, găsim expresia densității necunoscute $\rho_2 = \rho_1 (\ell / \ell'' - 1) / (\ell / \ell' - 1)$. Așadar, totul se reduce la măsurarea unor distanțe pe tija instalației. *Metoda a fost elaborată de profesorul indian K.N. Chattopadhyay.*

I.3.Determinarea densității unui material plastic

Aveți la dispoziție următoarele materiale: un vas adânc cu apă, o cutie cilindrică (sau paralelipipedică), un segment de tub (țeavă) din material plastic cu dimensiuni comparabile cu cele ale cutiei, câteva fire elastice subțiri, o riglă, un creion. Vi se cere să imaginați o metodă practică prin care să puteți determina densitatea materialului plastic din tub (*metoda aparține profesorului Florin Anton din Iași*).

Rezolvare

Experimentul se desfășoară în trei etape, schițate în desene. Cutia utilizată poate fi o săpunieră cu pereți subțiri, ce plutește pe apă (a). Putem scrie $G = F_A$, astfel că $m = Sh_1\rho_a$. Apoi, cu 1-2 fire elastice subțiri fixăm tubul de plastic lipit de cutie, realizând plutirea (b). Avem relația $G + G_x = F'_A$. De aici, folosind relația precedentă găsim $m_x = S(h_2 - h_1)\rho_a$. Combinația "cutie+tub" din experimental (b) o așezăm în poziție inversă și realizăm plutirea (c). Acum $G + G_x = F''_A$, respectiv $V_x = S(h_2 - h_3)$. Din aceste relații rezultă imediat $\rho_x = \rho_a (h_2 - h_1)/(h_2 - h_3)$. Așadar, totul depinde de precizia măsurării celor trei adâncimi de scufundare h_j, $j = 1,2,3$.



I.4.Densitatea plastilinei

Cum s-ar putea determina densitatea plastilinei având la dispoziție următoarele: o bucată de plastilină de bună calitate (modelabilă), un vas cilindric conținând apă (cam ¾ din capacitatea sa), o riglă cu gradațiuni, un bețișor lung de lemn și câteva șervețele Se cunoaște $\rho_{apa} = 1 g/cm^3$.

LIBRIS | We know books

Rezolvare

Se modelează plastilina sub o formă aproape sferică şi se introduce în vasul cu apă. Fie h_1 creşterea nivelului apei din vas. Pentru volumul plastilinei putem scrie $V_p = Sh_1$. Folosind beţişorul se scoate plastilina din apă. Apoi, ea se modelează sub forma unei bărcuţe care se aşează pe suprafaţa apei din vas. De data aceasta creşterea nivelului apei din vas este $h_2 (< h_1)$. Egalitatea dintre greutatea plastilinei şi forţa arhimedică se scrie sub forma $m_p g = \rho_p V_p g = \rho_{apa} V_{dizlocuit} g$, cu $V_{dizlocuit} = Sh_2$. În cele din urmă găsim că $\rho_p = \rho_{apa}(h_2 / h_1)$.

I.5.Cum se poate determina densitatea aerului folosind o coală de hârtie A4!

Dispuneţi de o coală de hârtie, de un cronometru şi de o ruletă adecvată. O coală de hârtie de Xerox, format A_4, are cam 5 grame (corect $4{,}99 grame$). Această valoare a masei se obţine cunoscând densitatea de $80 g/m^2$ a coalei de hârtie precum şi dimensiunile standard ale unei coli. Ea cade liber, în poziţie orizontală, pe o distanţă de $1m$, cam în $1{,}2\sec$. În cădere liberă, fără viteză iniţială, distanţa de $1m$ ar fi parcursă în timpul $t = \sqrt{2x/g} \approx 0{,}45\sec$. Putem trage concluzia că există o importantă forţă de frecare, datorată aerului. În timpul δt ea parcurge pe verticală, în jos, spaţiul $\delta \ell = v\delta t$, dezlocuind un volum de aer $\delta V = S\delta \ell$, adică o masă de aer $\delta m = \rho \delta V = \rho S v \delta t$. Aici $S \approx 0{,}062 m^2$ este ariei unei coli. Coala pierde impulsul $v\delta m$, care este preluat de aerul împins (care se mişcă el însuşi cu viteza v). Pentru forţa de rezistenţă putem scrie expresia $F_{rez} = \delta p / \delta t = v\delta m / \delta t = \rho S v^2$. Ecuaţia de mişcare a colii are forma $m_c(\delta v / \delta t) = m_c g - F_{rez}$. Deci $\delta v / \delta t = g - (\rho S / m_c) v^2$. Mişcarea colii este accelerată, însă pentru foarte puţin timp – cam $0{,}1\sec$. Apoi, coala coboară uniform ($a_c = \delta v / \delta t = 0$) cu o viteză $v_s \approx 0{,}83 m/s$. Valorile numerice s-au obţinut prin multe măsurători minuţioase, efectuate cu ruleta şi cronometrul. Din $v_s = (0{,}83 m/s) = (m_c g / \rho S)^{1/2}$, rezultă $\rho = m_c g / (0{,}83)^2 S$. Cu $g = 9{,}81 m/s^2$ şi $m_c \approx 4{,}99 gr$, obţinem $\rho \approx 1{,}14 kg/m^3$.

I.6.Densitatea polipropilenei

În ultimii ani, pentru realizarea instalaţiilor interioare de distribuţie pentru apa potabilă şi pentru apa caldă din apartamente, în locul ţevilor de pexal se

utilizează din ce în ce mai mult ţevile de polipropilenă (un polimer al propilenei, cu proprietăţi fizice remarcabile).

Aveţi la dispoziţie o bucată, nu prea lungă, dintr-o astfel de ţeavă şi o riglă gradată în milimetri, cu masa cunoscută, scrisă pe verso cu un CD marker. Vi se cere să determinaţi densitatea materialului din care este confecţionată ţeava.

Precizare: Pentru creşterea rezistenţei mecanice (dar nu numai a celei mecanice !) în masa de polipropilenă este introdusă şi o inserţie de fibră compozită. Privind secţiunile transversale de la cele două capete ale bucăţii de ţeavă, puteţi observa această inserţie (de culoare verde sau roşie) în masa de polipropilenă (de culoare albă). Având în vedere această neomogenitate de compoziţie a ţevii, ceea ce se poate determina este (în realitate) o densitate medie a «amestecului» (în care, totuşi, polipropilena este materialul dominant).

Referatul pe care îl veţi întocmi va avea următoarele părţi:

1). Prezentarea şi argumentarea fizică a metodei imaginate, propuse şi utilizate pentru determinarea densităţii ţevii;

2). Tabele cu valorile mărimilor măsurate experimental (cel puţin patru determinări experimentale pentru fiecare mărime) şi calcularea, pe baza acestora, a densităţii materialului («amestecului») din care este confecţionată ţeava;

3). Prezentarea tuturor surselor de erori sesizate în experimentul realizat;

4).Rezolvarea următoarelor probleme:

4.A. Considerând că eroarea relativă cu care se determină volumul ţevii este $\varepsilon_V = \Delta V / V = 2\%$ şi că eroarea relativă cu care se determină masa ţevii este $\varepsilon_m = \Delta m / m = 3\%$, aflaţi domeniul valorilor admise pentru densitatea ρ a ţevii, determinată în experimentul realizat.

4.B. Ţinând cont de intervalul stabilit la punctul A, răspundeţi la întrebarea: ce fracţiune din volumul ţevii s-ar afla în apă dacă ea s-ar introduce într-un vas cu apă? Se cunoaşte $\rho_{apa} = 1000 kg/m^3$.

Rezolvare

1. Prezentarea metodei şi a modului de lucru.

► Folosind rigla se determină lungimea ℓ a ţevii (vezi figura).

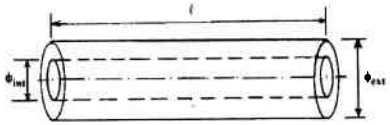
► Folosind rigla se determină diametrele exterior (ϕ_{ext}) şi interior (ϕ_{int}) ale ţevii.

► Cu formula volumului unui cilindru drept [$V = \pi r^2 \ell = (\pi/4)\phi^2 \ell$], făcând diferenţa $V_{ext} - V_{int} = (\pi/4)[\phi^2_{ext} - \phi^2_{int})\ell \equiv V$ se determină volumul ţevii (a părţii cărnoase).

LIBRIS We know books

►Din cele 4-5 determinări distincte (vezi Tabelul 1) se calculează un volum mediu $\overline{V} = (1/N)\sum_{i=1}^{N} V_i$ pentru bucata de ţeavă

►Se apreciază lungimea reală a riglei (L), adăugând celor $30cm$ ai gradaţiilor şi cei câţiva milimetri de la stânga gradaţiei 0 şi de la dreapta gradaţiei 30 .



►Făcând raportul dintre masa M a riglei (inscripţionată cu CD-markerul pe verso-ul riglei şi determinată anterior cu o balanţă de foarte mare precizie) şi lungimea sa reală (L) obţinem densitatea liniară de masă $\lambda = M/L$ (la numitorul fracţiei se va putea utiliza valoarea medie $\overline{L}$).

Cum se determină masa ţevii?

►Se aşează segmentul de ţeavă, în poziţie verticală, la unul din capetele riglei, localizând respectiva poziţie – vezi a doua figură. Aflată în întregime pe masa de lucru, în direcţie perpendiculară pe muchia mesei, rigla se poziţionează cu capătul pe care se află ţeava spre exteriorul mesei. Cu multă fineţe şi cu mare atenţie se deplasează rigla spre exterior până când o aducem în poziţia în care ea are tendinţa să se rotească în jurul muchiei O de la marginea mesei (asemenea unui braţ de balanţă pe „cuţitul" de sprijin). Determinăm astfel distanţele y şi x .

►Scriem condiţia de echilibru pentru momentele forţelor (greutăţilor): $mgx + m_1 g(y/2) = m_2 g(L-y)/2$,

unde $m_1 = \lambda y$ şi $m_2 = \lambda(L-y)$, cu $\lambda = M/L$, se referă la masele celor două segmente de riglă iar m este masa ţevii.

►După împărţirea prin g şi introducerea valorilor $m_1 = (M/L)y$ şi $m_2 = (M/L)(L-y)$ în relaţia de mai sus, putem explicita masa ţevii obţinând în final $m = M(L-2y)/2x$. (*).

►Din cele 4-5 determinări distincte (vezi Tabelul 2) se calculează, pentru ţeavă, o masă medie $\overline{m} = (1/N)\sum_{i=1}^{N} m_i$.

►În cele din urmă, densitatea (medie a) ţevii se determină cu formula $\overline{\rho} = \overline{m}/\overline{V}$.

Observaţie: La masa M inscripţionată pe riglă s-ar putea adăuga câteva sutimi de gram, datorate cernelii cu care s-a scris. De aceea, având în vedere direct proporţionalitatea $\overline{m} \propto M$, în realitate, densitatea polipropilenei este mai mare decât cea dată de formula de mai sus.

2. Forma tabelelor cu date experimentale

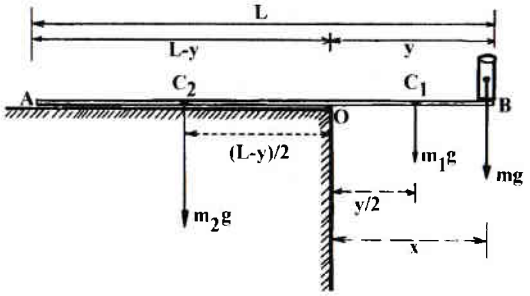
Tabelul nr. 1 (Determinarea volumului ţevii).

Nr. crt.	ℓ (mm)	ϕ_{ext} (mm)	ϕ_{int} (mm)	$V = (\pi/4)[\phi^2_{ext} - \phi^2_{int}]$ (mm^3)	$\overline{V}$ (mm^3)

Tabelul nr. 2 (Determinarea masei ţevii)).

Nr. crt.	L (mm)	x (mm)	y (mm)	Masa m [conform (*)] (grame)	$\overline{m}$ (grame)

Pentru a îmbunătăţi precizia determinării lui x linia verticală (de culoare roşie) de pe ţeavă trebuie aşezată exact în dreptul unei gradaţii de pe riglă. Pentru a îmbunătăţi precizia determinării lui y se realizează, pe ciornă, cu un creion foarte bine ascuţit, „o scală" de 20-30 mm. Cu ajutorul ei se determină, chiar de la început, numărul suplimentar de mm de la capete. El se are în vedere la determinarea lungimii L a riglei, dar şi a distanţei y.



3. Surse de erori.

♦ Imprecizie (de circa 0,5 mm) la determinarea lungimilor pentru ţeavă şi riglă;

♦ Imprecizie la determinarea diametrelor ϕ ale ţevii; ar fi fost necesară o măsurare mai precisă a lor, cu şublerul sau cu micrometrul;

♦ Posibile neuniformităţi longitudinale ale diametrelor ϕ ale ţevii, care produc erori în evaluarea volumului;

♦ Un anumit subiectivism,când estimarea numărului suplimentar de mm de la cele două capete (rigla are o lungime mai mare de 300 mm) se face „din ochi");

♦ Imprecizie la determinarea lui x (adică a mijlocului ţevii, aşezată pe riglă în poziţie verticală);

♦ La unele ţevi, secţiunea transversală de la capete nu e chiar perpendiculară pe axul ţevii. De aceea, ţeava nu poate sta chiar vertical pe riglă;

LIBRIS We know books

♦ Graba sau/şi nerăbdarea (deplasarea prea rapidă a riglei spre exteriorul mesei nu permite o corectă apreciere a momentului în care rigla începe să se rotească spre exterior). Aceasta face ca distanţele x şi y să fie apreciate eronat;

♦ Între riglă şi masa de lucru este posibilă o uşoară aderenţă (electrostatică, de exemplu, datorată frecării), fapt care poate determina erori în aprecierea momentului echilibrului (adică a valorilor lui x şi y).

4. Soluţiile problemelor propuse.

4.A.

►Dacă $\overline{V}$ este valoarea medie a volumului ţevii, rezultată din determinările efectuate (şi trecute în tabelul la punctul 2)), domeniul de valori pentru volum (care ţine cont de eroarea relativă ε_V) este cuprins între $V_{\min} = \overline{V} - \overline{V}\varepsilon_V = 0{,}98\overline{V}$ şi $V_{\max} = \overline{V} + \overline{V}\varepsilon_V = 1{,}02\overline{V}$.

►În mod analog, dacă $\overline{m}$ este masa medie a ţevii, rezultată din determinările efectuate, şi avem în vedere şi eroarea relativă specificată, domeniul de valori pentru masa ţevii este cuprins între $m_{\min} = \overline{m} - \overline{m}\varepsilon_m = 0{,}97\overline{m}$ şi $m_{\max} = \overline{m} + \overline{m}\varepsilon_m = 1{,}03\overline{m}$.

►După efectuarea acestor calcule, deducem valorile extreme ale densităţii $\rho_{\min} = m_{\min}/V_{\max} = (97/102)(\overline{m}/\overline{V}) = (97/102)\overline{\rho} \approx 0{,}951\overline{\rho}$,respectiv $\rho_{\max} = m_{\max}/V_{\min} = (103/98)(\overline{m}/\overline{V}) = (103/98)\overline{\rho} \approx 1{,}051\overline{\rho}$.

4.B.

►Egalând forţa de greutate a ţevii $G = mg = \rho V g$ (dirijată vertical, în jos) cu forţa arhimedică $F_A = m_{apa}g = \rho_{apa}V_x g$ (dirijată vertical, în sus) obţinem fracţiunea $f \equiv V_x/V = \rho/\rho_{apa}$.

►Ţinând cont de valorile extreme ale lui ρ, deduse mai sus, fracţiunea f este cuprinsă între $f_{\min} \approx 0{,}951\overline{\rho}/\rho_{apa}$ şi $f_{\max} \approx 1{,}051\overline{\rho}/\rho_{apa}$.

I.7.Densitatea unor lichide necunoscute

Un elev experimentator dispune de două lichide miscibile diferite, netoxice, cu volumul de doi litri fiecare, dar cu densităţile necunoscute (să le notăm cu ρ_1 şi ρ_2). Lichidele se află în vase cilindrice identice, destul de largi, cu gradaţiuni exterioare fine, confecţionate din sticlă transparentă. Aflarea directă a densităţilor cu ajutorul areometrului existent în laboratorul şcolar nu este posibilă deoarece coloanele de lichide din vase nu sunt suficient de înalte (cufundarea verticală a instrumentului nu este posibilă). Pentru a afla densităţile lichidelor ingeniosul elev a procedat în felul următor. La început, a turnat 250 ml de lichid din primul vas în al doilea vas şi a constatat că, de

data aceasta, pentru amestecul de lichide obţinut, a putut utiliza areometrul. În continuare a mai turnat de şapte ori câte 250 ml de lichid din primul vas în al doilea, diluând succesiv amestecul şi măsurând de fiecare dată densitatea sa cu ajutorul areometrului. Rezultatele experimentului sunt redate în tabel. Folosind aceste date şi o coală de hârtie milimetrică, aflaţi densităţile ρ_1 şi ρ_2 ale lichidelor.

Precizare: Consideraţi că nu există pierderi de lichid în timpul manevrelor de decantare dintr-un vas în celălalt vas şi că cele datorate aderării la pereţii areometrului se pot neglija.

$V_{turnat}(litri)$	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
$\rho_{amestec}\ (kg/m^3)$	1100	1074	1040	1016	996	974	960	940

Rezolvare

Folosim notaţia $V_0 = 2\ell$ (volumul iniţial al fiecărui lichid). Densitatea amestecului din al doilea vas poate fi scrisă în felul următor $\rho = \dfrac{\rho_1 V_{turnat} + \rho_2 V_0}{V_{turnat} + V_0}$.

La numărătorul fracţiei adunăm şi scădem (în acelaşi timp) cantitatea $\rho_1 V_0$.

Obţinem $\rho = \dfrac{\rho_1 V_{turnat} + \rho_2 V_0 + \rho_1 V_0 - \rho_1 V_0}{V_{turnat} + V_0} = \rho_1 + (\rho_2 - \rho_1)\dfrac{V_0}{V_{turnat} + V_0}$.

Folosind mărimea adimensională $x \equiv \dfrac{V_0}{V_{turnat} + V_0}$, avem dependenţa liniară $\rho(x) = \rho_1 + (\rho_2 - \rho_1)x$.

Cu ajutorul datelor din tabel, completate cu valorile corespunzătoare ale lui x, reprezentăm pe hârtia milimetrică dreapta $\rho(x)$. Mai jos se redau valorile lui x.

0,89	0,80	0,73	0,67	0.62	0,57	0,53	0,50

Observăm că ordonata la origine a acestei drepte (valoarea lui ρ pentru $x = 0$) ni-l determină pe ρ_1. Panta dreptei $k \equiv \rho_2 - \rho_1$, ne determină cealaltă densitate, anume $\rho_2 = k + \rho_1$.

Valori numerice acceptate ca fiind corecte/plauzibile: $\rho_1 \in (720 \div 770) kg/m^3$, respectiv $\rho_2 \in (1130 \div 1180) kg/m^3$. Pentru panta dreptei $k \in (380 \div 430) kg/m^3$.

LBPIS We know books

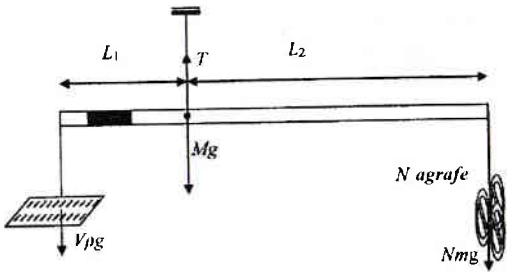
I.8.Densitatea radierei (gumei de șters)

Aveți la dispoziție următoarele: un stativ cu braț orizontal, o gumă de șters (radieră) destul de voluminoasă, o tijă neomogenă (țeavă subțire din material plastic, cu lungimea de 40-50 cm (dar necunoscută) și cu grosimea cam de 1,5-2 cm), câteva (4-6) fire de ață subțire, destul de rezistentă, cu lungimea cam de 50-60 cm fiecare, o cutie plină cu agrafe de birou, un vas cu apă (pet cu partea superioară decupată), un cui subțire, șervețele (pentru a putea menține curată masa de lucru).

Vi se cere să determinați densitatea radierei cunoscând densitatea apei $\rho_{apa} = 1000 kg/m^3$. Explicați și argumentați etapele metodei propuse.

Rezolvare

Mai întâi se localizează centrul de greutate (CG) al tijei (țevii). Se leagă strâns de tijă, în locul respectiv, un fir de ață care, apoi, se fixează de brațul orizontal al stativului. Tija va rămâne în echilibru, în poziție orizontală. Cu ajutorul unui fir de ață, la unul din capetele tijei se atârnă radiera și cu un alt fir de ață, la celălalt capăt al tijei se echilibrează balanța cu N_1 agrafe. Fie L_1 și L_2 lungimile brațelor (de la CG la capetele tijei) spre locul unde este atârnată radiera, respectiv agrafele care echilibrează balanța. Echilibrul momentelor ne permite să scriem $V\rho_x g L_1 = N_1 mg L_2$. Aici m este masa unei agrafe. Apoi, cufundăm complet radiera în vasul cu apă și reechilibrăm balanța cu N_2 agrafe. Acum, intervenind și forța arhimedică, putem scrie $V(\rho_x - \rho_{apa})gL_1 = N_2 mgL_2$. Raportul acestor relații, în care brațele $L_{1,2}$ nu s-au modificat, ne dă în final $\rho_x = \rho_{apa}\cdot(1 - N_2/N_1)^{-1}$.

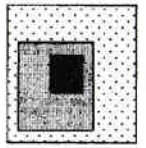


Indicație. Pentru a face ca tija (o țeavă) să fie neomogenă, propunătorii temei vor introduce pe țeavă (cam la un sfert din lungimea ei) o piuliță metalică adecvată care se fixează acolo împingând din cele două părți dopuri groase de plastilină. Se verifică cu atenție stabilitatea fixării piuliței. La cele două capete țeava va avea mici orificii străpunse pentru a lega bine ața cu agrafe și ața cu radiera (care poate fi și ea străpunsă cu un cui subțire-acest lucru îl vor face elevii). Sunt preferabile radiere paralelipipedice mai măricele (pentru ca efectul forței arhimedice să se

facă simțit). Se preferă agrafe metalice cu cămașă de material plastic, nu prea lungi. Vasul trebuie să conțină în interior cam 0,5-0,8 litri de apă iar de la nivelul apei până în partea de sus a vasului să mai fie câțiva (3-4) centimetri (când radiera se cufundă complet, apa din vas să nu curgă afară, peste marginile vasului).

I.9.Calculul unei densități medii

Un cub cu latura a, confecționat dintr-un material omogen cu densitatea ρ, este învelit în argilă omogenă, cu densitatea 4ρ, formându-se astfel un cub cu latura $2a$. Peste argila acestui cub se lipește o plastilină omogenă cu densitatea 2ρ, până când se formează un cub cu latura $3a$. Ce valoare are densitatea medie a acestei construcții neomogene (arătată în figura alăturată)?



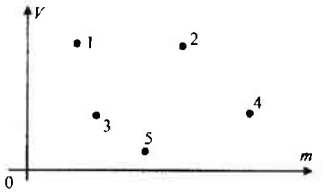
Rezolvare

Folosim notația $a^3 = V$. Construcția are componentele: $V \leftrightarrow \rho$, $8V - V = 7V \leftrightarrow 4\rho$ și $27V - 8V = 19V \leftrightarrow 2\rho$. Densitatea medie este $\overline{\rho} = \sum m_i / \sum V_i = (\rho V + 4\rho 7V + 2\rho 19V)/(V + 7V + 19V) =$

$= \rho(1 + 28 + 38)/(1 + 7 + 19) = (67/27)\rho \approx 2{,}48\rho$.

I.10.Tot despre densități

Într-un laborator școlar, elevul Andrei a făcut măsurători pentru volumul și masa a cinci corpuri, confecționate însă doar din patru materiale diferite. Reprezentând pe un grafic valorile măsurate ale maselor și volumelor corpurilor, Andrei a omis să mai noteze și corpul la care se refereau respectivele valori (vezi figura). Densitățile celor patru materiale din care sunt confecționate corpurile au valorile: $\rho_{Me} = 0{,}7 g/cm^3$, $\rho_{Al} = 2{,}7 g/cm^3$, $\rho_{Fe} = 7{,}8 g/cm^3$, respectiv $\rho_{Pb} = 11{,}3 g/cm^3$ (Me = lemn de mesteacăn; Al =aluminiu; Fe =fier; Pb =plumb). Răspundeți la următoarele întrebări:

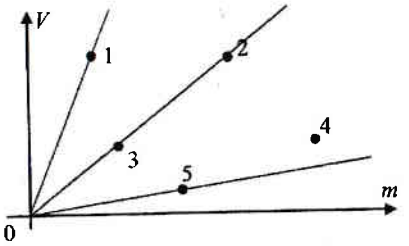


a). Din ce este confecționat corpul cu cea mai mare masă ; b). Ce număr (de pe grafic) are corpul cu cea mai mică densitate? c). Ce număr are corpul confecționat din plumb? d). Care sunt cele două corpuri confecționate din același material?

LIBRIS We know books

Rezolvare

Cea mai mare masă o are corpul 4. Se știe că densitatea este definită prin relația $\rho = m/V$ și de aici $V = (1/\rho)m$, cu m pe post de abscisă și V pe post de ordonată. Unim punctele 2 și 3 și prelungind dreapta respectivă constatăm că ea trece prin origine. Aceasta ne spune că $\rho_2 = \rho_3$, rapoartele $(V/m)_2$ și $(V/m)_3$ fiind aceleași (triunghiuri asemenea, cu vârful în O). Din relația $V = (1/\rho)m$ rezultă că atunci când densitatea este mare, înclinarea dreptei (ce trece prin origine) față de axa absciselor este mică. Astfel tragem concluzia că punctul 5 corespunde Plumbului iar punctul 1 corespunde lemnului de mesteacăn. Continuând raționamentul putem spune că corpurile 2 și 3 sunt confecționate din aluminiu iar corpul 4 este confecționat din fier.



I.11.Un naufragiat

Naufragiat pe o insulă pustie, Robinson Crusoe și-a confecționat o plută folosind doi bușteni cu aceeași masă dar din lemne de esențe diferite. Unul din bușteni avea densitatea $\rho_1 = (4/5)\rho_{apă}$ iar celălalt avea densitatea $\rho_2 = (5/4)\rho_{apa}$. A plutit (da sau nu !) această plută ? Masa și volumul lianei cu care au fost legați bușteni sunt neglijabile.

Rezolvare

Volumele bușteni lor sunt $V_{1,2} = m/\rho_{1,2}$. Densitatea medie a ceea ce s-a dorit a fi o plută este

$$\overline{\rho} = 2m/(V_1 + V_2) = 2m/(m/\rho_1 + m/\rho_2) =$$
$$= 2\rho_1\rho_2/(\rho_1 + \rho_2) = 2(20/41)\rho_{apa} = (40/41)\rho_{apa} < \rho_{apa}.$$

Pluta a plutit!

I.12.Masa nisipului

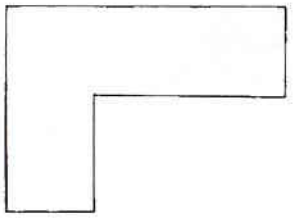
Aveți la dispoziție o mensură (vas cilindric cu gradațiuni volumice laterale), o eprubetă, un vas cu apă, o cantitate de nisip cu masa necunoscută, două șervețele. Cum puteți determina masa nisipului (a unei porții de nisip) ? Se cunoaște $\rho_{apa} = 1g/cm^3$.

Rezolvare

Se introduce eprubeta în apă în poziție verticală. Ea se cufundă în apă doar parțial. Volumul părții aflate în apă este dat de creșterea nivelului apei din mensură. Putem scrie $m_e g = \rho_{apa}(\Delta V)_1 g$. Se introduce în eprubetă o porție (nu prea mare) de nisip. Acum, reintrodusă în apă, echilibrul eprubetei se stabilește când este satisfăcută relația $(m_e + m_{nisip})g = \rho_{apa}[(\Delta V)_1 + (\Delta V)_2]g$. Aici, conținutul parantezei drepte se citește pe gradațiunile mensurii. Din cele două relații obținem $m_{nisip} = \rho_{apă}(\Delta V)_2$. Observație: Pentru a putea determina masa întregii cantități de nisip, acesta se împarte în câteva porții, având grijă ca fiecare porție să fie destul de mică (eprubeta cu nisipul fiecărei porții să nu se scufunde!).

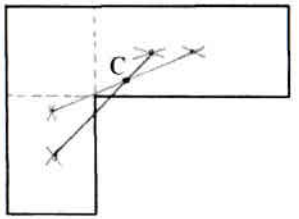
I.13.Un centru de greutate

Folosind o riglă și un creion bine ascuțit vi se cere să determinați cât mai exact centrul de greutate al plăcii din figura. Placa are unghiuri drepte, este omogenă și are grosimea constantă. Cum veți proceda? Argumentând fizic metoda, explicați procedeul utilizat și arătați cum ați localizat centrul de greutate al plăcii.



Rezolvare

Placa sub forma literei L este formată prin alipirea a două plăci dreptunghiulare, inegale ca lungime. Centrele lor de greutate se află la intersecția diagonalelor (chiar în mijlocul respectivelor dreptunghiuri). Centrul plăcii sub forma literei L se află desigur pe dreapta ce unește centrele celor două plăci dreptunghiulare. Brațele literei L nu sunt însă egale. De aceea, alegerea celor două plăci dreptunghiulare lipite se poate face în două moduri distincte (vezi liniile punctate de pe desenul alăturat). Punctul C (de intersecție al celor două linii drepte) este centrul de greutate al plăcii sub formă de L.



I.14. Alt centru de greutate

Plăcuța de carton omogen și de grosime constantă *MNPQ* din desen, este un pătrat cu latura a Vi se cere să decupați din ea o porțiune *MNVM* sub formă de triunghi isoscel, în așa fel încât centrul de greutate al porțiunii rămase *NPQMVN* să coincidă cu locul de unde a plecat vârful V al triunghiului