

Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București
5 martie 2023

pagina 1 din 3

Oamenii de știință proiectează de mult timp edificarea unei stații intermediare de transport a materialelor care vor ajuta la construirea de așezări umane în spațiul circumterestru extra atmosferic. Un grup de tineri fizicieni în devenire au încercat să rezolve unele probleme legate de o astfel de stație, pe care au denumit-o TOR, și pe care au decis să o considere amplasată în Stratosferă urmând să aibă forma unui tor.

Subiectul I – Măsurători în fluide

În cadrul unui proiect, un grup de elevi, construiesc o machetă dotată cu senzori care să facă măsurători și să trimită date către centrul de comandă. Macheta este lansată în atmosferă. Parametrii constructivi ai machetei sunt prezentați în figura 1. Torul (inel cilindric) este umplut cu heliu care are densitatea $\rho = 44 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$ și plutește la înălțimea h , unde densitatea aerului este $\rho_{\text{aer}} = 320 \text{ g/m}^3$.

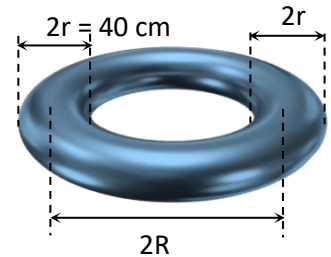


Figura 1

- a) În timpul ascensiunii, doi dintre senzori au transmis datele din tabelul următor:

h (km)	0	2	4	6	8	10	12	14	16
p (hPa)	1013	820	650	510	400	320	240	180	140

Precizează forțele care acționează asupra torului în urcare și reprezintă grafic dependența presiunii atmosferice p de înălțimea h .

- b) Calculează raza R pentru care torul poate pluti la înălțimea h , știind că masa învelișului din care a fost realizat torul și a aparatului montată pe el este $m = 1,1 \text{ kg}$. Se cunoaște formula de calcul pentru volumul torului $V_{\text{tor}} = (\pi r^2)(2\pi R)$.
- c) Pentru a înțelege mișcarea corpurilor în fluide, elevii ancorează în apa unui lac un cilindru omogen de volum $V_C = 1200 \text{ cm}^3$ a cărui densitate este $\rho_c = 0,90 \text{ g/cm}^3$ (vezi figura 2). Ei constată că densitatea apei din lac depinde de adâncime conform relației $\rho = \rho_0 + \beta h$, unde $\rho_0 = 1,0 \text{ g/cm}^3$, $\beta = 10^{-4} \text{ g/cm}^4$. Calculează diferența de presiune dintre bazele cilindrului și tensiunea din firul, inextensibil și de masă neglijabilă, prin intermediul căruia este ancorat corpul. Consideră accelerația gravitațională $g_0 = 10 \text{ N/kg}$.
- d) Pentru a urca materiale pe TOR se utilizează baloane transportoare. Analizând urcarea unui balon de masă $M = 4,95 \text{ kg}$ în atmosferă, elevii au constatat că la o anumită înălțime, unde densitatea aerului este $\rho_{\text{aer}} = 0,1 \text{ kg/m}^3$ și accelerația gravitațională este $g = 9,74 \text{ N/kg}$, balonul având volumul $V = 50 \text{ m}^3$, a atins o viteză limită v . Știind că forța de rezistență la urcarea prin atmosferă este de forma $\vec{F}_r = -k\vec{v}$, unde $k = 0,5 \text{ kg/s}$, determină viteza limită v .

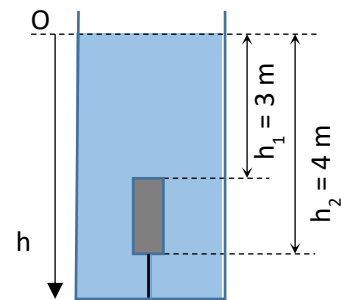
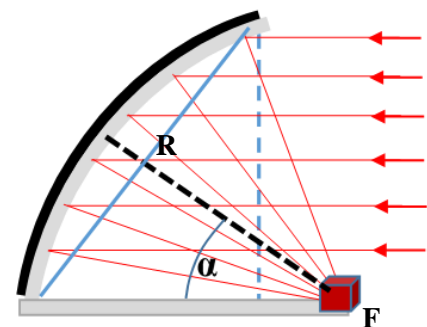


Figura 2

Subiectul II - Fenomene termice

Pe stația TOR (situată la altitudinea de 25 de kilometri, în Stratosferă, la temperatura mediului $t_0 = -50^\circ\text{C}$) oamenii folosesc "cuptoare" solare pentru a-și prepara apă caldă. Un cuptor are o oglindă parabolică (vezi figura alăturată), cu axul orientat la $\alpha = 60^\circ$ față de direcția razelor solare. Conturul oglinzii este de forma unui cerc cu raza $R = 4,5 \text{ m}$ și reflectă razele solare în focar, unde se află un creuzet (vas termorezistent), în care se află sare de bucătărie, cu masa $m_s = 200 \text{ kg}$. O suprafață de arie $S_u = 0,585 \text{ m}^2$, a oglinzii, este umbrată de dispozitivele instalației. Energia radiantă provenită de la Soare în unitatea de timp, ce cade normal pe unitatea de suprafață este o "constantă solară" și are valoarea $E_0 = 1380 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$. Sarea absoarbe energia cu un



1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unei probleme, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 1 la 10. Punctajul final reprezintă suma acestora.

Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București
5 martie 2023

pagina 2 din 3

randament $\eta = 75\%$ până se topește integral. Topitura este folosită pentru a încălzi apa, care este păstrată în recipiente paralelipipedice identice, la presiunea atmosferică normală, cu dimensiunile la interior:

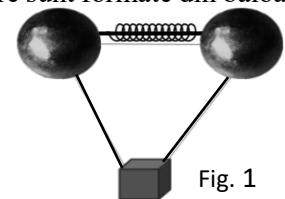
$V_{rec} = 16 \cdot 10^3 \text{ cm}^3$, și amplasate în exteriorul stației, la umbră. Pentru măsurarea temperaturilor pe stația TOR, s-a construit un termometru special cu scară liniară, gradată în $^{\circ}\text{Tor}$, având ca puncte termometrice de referință: $\theta_{min} = 0^{\circ}\text{Tor}$, corespunzătoare temperaturii $t_0 = -50^{\circ}\text{C}$ de pe scara Celsius, respectiv $\theta_{max} = 100^{\circ}\text{Tor}$, corespunzătoare temperaturii $t_t = 800^{\circ}\text{C}$.

- Dedu expresia matematică și valoarea numerică a duratei τ de topire integrală a sării din creuzet.
- Află, justificând răspunsul, dacă un recipient cu apă poate fi adus la temperatura $t^* = 100^{\circ}\text{C}$ cu energia luată de la sarea topită, fără ca aceasta să se solidifice integral.
- Dedu expresiile matematice ale relațiilor de echivalență dintre temperaturile din scările Tor și Celsius, dintre intervalele de temperatură de pe cele două scări, precum și câte $^{\circ}\text{Tor}$ are un om sănătos, care are temperatura de $36,5^{\circ}\text{C}$.

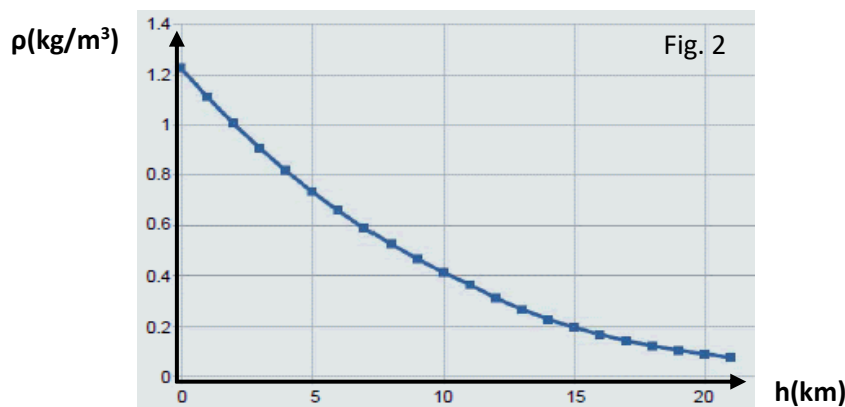
Se consideră cunoscute: $c_s = 880 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$, căldura specifică a sării de bucătărie; $t_t = 800^{\circ}\text{C}$, temperatura de topire a sării; $\lambda_s = 520 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$, căldura latentă specifică de topire a sării; $\rho_g = 0,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ densitatea gheții; $c_g = 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$, căldura specifică a gheții; $\lambda_g = 3,4 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$, căldura latentă specifică de topire a gheții; $c_a = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$, căldura specifică a apei.

Subiectul III – Interacțiuni electrostatice

Diverse corpuri pot fi duse în straturile superioare ale atmosferei cu "transportoare" care sunt formate din baloane sferice fixate cu tije. Baloanele sunt rigide și se pot electriza uniform pe suprafața lor, datorită deplasării prin atmosferă. Forța de rezistență din partea aerului poate fi neglijată.



- Un astfel de transportor este alcătuit din două baloane sferice, fiecare cu raza $R = 1,5 \text{ m}$ și masa $m = 0,5 \text{ kg}$, fixate între ele cu un resort ușor, izolator, de lungime $l_0 = 3 \text{ m}$ (în stare nedeformată) având constanta de elasticitate $k = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ și două cabluri neelastice de masă neglijabilă, cu lungimea $l = 3 \text{ m}$ (vezi figura 1). Resortul rămâne permanent orizontal, ca în figura 1. Știind că transportorul ridică o cutie cu materiale de masă $M = 10,4 \text{ kg}$ și dimensiuni neglijabile, determină înălțimea la care sistemul transportor-cutie va fi în echilibru. Sistemul este dotat atât cu dispozitive de măsură, cât și cu dispozitive de transmitere a datelor. În urma prelucrării datelor experimentale, s-a trasat graficul densității aerului în funcție de altitudine, reprezentat în figura 2.



- Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
- În cadrul unei probleme, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
- Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuția subiectelor către elevi.
- Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
- Fiecare subiect se punctează de la 1 la 10. Punctajul final reprezintă suma acestora.

Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București
5 martie 2023

pagina 3 din 3

- b) Pentru sistemul transportor-cutie de la punctul a) se constată că unghiul dintre cabluri și resortul orizontal este $\alpha = 45^\circ$. Determină sarcina electrică a celor două baloane știind constanta electrostatică a aerului $k_e \cong 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$ și accelerația gravitațională $g \cong 9,76 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.
- c) Câmpul electric poate accelera corpurile electrizate. Pentru a studia acest aspect, au fost fixate două bile sferice de mase $m = 0,5 \text{ kg}$ și raze $r = 10 \text{ cm}$, la capetele unui resort ușor de lungime nedeformată $a = 1 \text{ m}$, iar sistemul a fost plasat pe un plan orizontal neted și izolator. Apoi, fiecare dintre cele două bile a fost electrizată cu o sarcină electrică q și s-a observat că cele două bile ating viteza maximă atunci când resortul are lungimea $b = 2a$. Determină viteza maximă atinsă de bile știind că bilele sferice se electricează uniform pe suprafață, iar resortul are constanta de elasticitate $K = 150 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.
- d) Un alt tip de transportor este alcătuit din trei baloane sferice fiecare cu raza $R = 1,5 \text{ m}$, fixate între ele cu trei tije de lungime $l = 4 \text{ m}$ și trei cabluri cu lungimea $l_1 = 5,5 \text{ m}$ care ridică o cutie (vezi figura 3). Transportorul are forma unui tetraedru regulat. Știind că baloanele se pot încărca cu sarcini electrice egale cu $q = 20 \text{ mC}$, calculează forța cu care acționează câmpul electric produs de cele trei baloane asupra cutiei, considerând că aceasta este punctiformă și are sarcina electrică $q_0 = 1 \text{ mC}$.

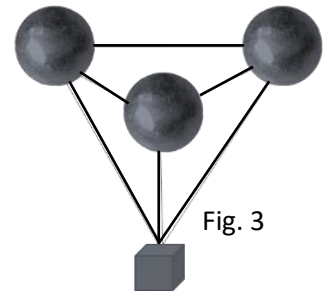


Fig. 3

Notă: Volumul închis de o sferă cu raza R este $V = \frac{4\pi R^3}{3}$.

Subiectele au fost propuse de:
Prof. Corina Dobrescu, Colegiul Național de Informatică „Tudor Vianu” – București,
Prof. Ion Băraru, Colegiul Național „Mircea cel Bătrân” – Constanța,
Prof. Florin Măceșanu, Școala Gimnazială „Ștefan cel Mare” – Alexandria,
Prof. Victor Stoica, Inspectoratul Școlar al Municipiului București

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unei probleme, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 1 la 10. Punctajul final reprezintă suma acestora.