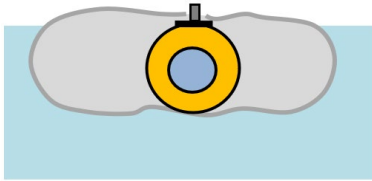


Subiectul I – Batiscaf în apă dulce și sărată

Un batiscaf miniatural, utilizat pentru experimente de scufundare, are volumul $V = 0,04 \text{ m}^3$ și densitatea medie $\rho = 1,1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Consideră accelerația gravitațională $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

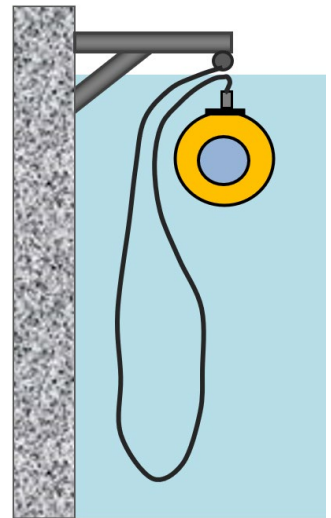


Inițial, el este prins într-un bloc de gheață cu densitatea $\rho_g = 0,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$, ce plutește la suprafața apei dintr-un lac adânc cu apă dulce, de densitate $\rho_0 = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ (vezi figura alăturată). Se știe că la ora 8:00 masa de gheață prinsă de batiscaf este $m_g = 43 \text{ kg}$, iar în fiecare minut se topește o masă $\Delta m = 50 \text{ g}$ din acea gheață.

- a) Calculează la ce oră vor începe să coboare batiscaful și gheața prinsă de el sub nivelul apei din lac.

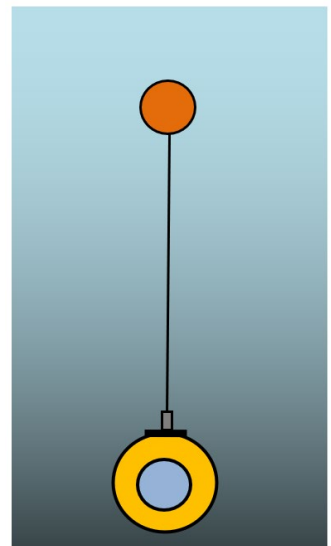
În continuare, batiscaful este testat în același lac, fiind suspendat, prin intermediul unui fir elastic ușor, cu lungimea în stare nedeformată $L_0 = 20 \text{ m}$, de un suport fix aflat la nivelul apei, ca în figura alăturată. Lăsând liber batiscaful la suprafața apei, acesta coboară pe verticală, astfel încât lungimea maximă a firului elastic în timpul mișcării este $L = 25 \text{ m}$. Neglijază forțele de rezistență la înaintare din partea apei și consideră că dimensiunea batiscafului este mică față de distanța parcursă.

- b) Determină constanta elastică a firului.
c) La ce adâncime se află batiscaful atunci când viteza sa are valoarea maximă?



Ulterior, batiscaful este transportat la mare. Datorită sărurilor dizolvate în apa mării și aportului de apă dulce din fluviu la suprafață, densitatea apei sărate a mării crește uniform pe verticală cu $\alpha = 0,002 \frac{\text{g/cm}^3}{\text{m}}$ (adică, la fiecare metru adâncime densitatea crește cu $0,002 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$), începând cu valoarea $\rho_0 = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ la suprafața apei. Pentru suspendarea batiscafului se folosește în acest caz o sferă omogenă cu densitatea $\rho_0 = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ și volumul $V_0 = 0,02 \text{ m}^3$ (vezi figura alăturată). Firul ușor ce leagă batiscaful de sferă este inextensibil și are lungimea $\ell = 20 \text{ m}$. Consideră că dimensiunile corpurilor sunt mici față de distanța dintre ele.

- d) La ce adâncime se găsește în echilibru batiscaful suspendat de sferă, în apa sărată?
e) La un moment dat, sistemul fiind în echilibru, firul de legătură dintre batiscaf și sferă se rupe. Neglijază forța de rezistență la înaintare din partea apei. Analizând forța rezultantă ce acționează asupra sa, descrie modul în care se va mișca batiscaful după ruperea firului și determină viteza maximă la care ajunge în timpul mișcării.



prof. Petrică Plitan – Colegiul Național „Gheorghe Șincai” Baia Mare

1. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
2. Fiecare subiect I, II, III se punctează de la 10 la 0 puncte.

Subiectul II – Curățenie spațială

O problemă de actualitate este faptul că spațiul cosmic din vecinătatea Pământului devine din ce în ce mai aglomerat de resturi care includ sateliți care nu se mai folosesc, șuruburi, chei pierdute etc. Aglomerarea spațiului cosmic are implicații atât pentru sateliții funcționali cât și pentru lansarea unor noi sateliți, astfel încât devine necesară eliberarea spațiului de componentele inutile. Unul dintre programele de desconggestionare a spațiului (LODR – Laser Orbital Debris Removal) propune frânarea controlată a deșeurilor spațiale astfel încât acestea, pierzând stabilitatea pe orbită, să intre și să ardă în atmosferă. Frânarea se poate realiza astfel: pe direcția și în sens opus mișcării deșeurii se trimite un puls (un fascicul de durată mică) laser care produce sublimarea parțială a învelișului satelitului. Fasciculul laser este emis de la sol către un satelit-oglină care îl reflectă spre țintă. Jetul de vapori care rezultă din sublimarea parțială a țintei acționează ca o frână, destabilizându-i orbita. Presiunea exercitată de fasciculul laser asupra satelitului se neglijează. Ca rezultat, deșeurul pierde din viteză, cade în atmosferă și, datorită frecării cu aerul, arde (asemenea unui meteorit) complet sau parțial.

Pentru simplificarea analizei, considerăm că un satelit geostaționar (a cărui perioadă de revoluție este egală cu perioada de rotație a Pământului) dezafectat ar fi alcătuit dintr-un corp principal din titan, având masa $m = 495$ kg, înconjurat de componente din cromnichel (aliaj pe care, pentru a ușura calculele, îl considerăm compus doar din $f_{Cr} = 20\%$ crom și $f_{Ni} = 80\%$ nichel – concentrații masice). Masa totală a satelitului este $M = 500$ kg.

- a) Pentru frânarea satelitului se folosește un puls laser de putere $P = 10$ kW care produce sublimarea unei mase $m_s = \frac{1}{73,6}$ kg din învelișul de cromnichel. Care este durata pulsului laser?
- b) Oglinda care redirecționează fasciculul laser este din sticlă, plană, argintată pe suprafața opusă deșeurii. La suprafața de separație dintre vid și sticlă are loc atât reflexie (un mic procent din energia incidentă se reflectă), cât și refracție.
 - b1) Să se reprezinte grafic mersul razelor de lumină în vecinătatea punctului de incidență de la suprafața de separație vid-sticlă.
 - b2) Să se stabilească relația care exprimă tangenta unghiului de incidență dacă raza reflectată este perpendiculară pe raza refractată.
 - b3) Presupunem că fasciculul laser este emis în ultimele secunde în care satelitul-oglină este văzut deasupra orizontului, înainte de a apune. Direcția pe care va ajunge fasciculul laser pe oglindă face cu direcția pe care e vizibil satelitul un unghi diferit de zero. Explicați această situație.
- c) Intrând în atmosferă, satelitul atinge la înălțimea $H = 80$ km, datorită frecării cu aerul, viteza constantă (viteza terminală) cu care continuă mișcarea spre sol. Frecarea cu aerul generează căldură și se constată că învelișul din cromnichel se topește complet exact pe durata căderii de la H . Dacă temperatura de topire a aliajului cromnichel este $T_t = 1670$ K, să se determine temperatura la care satelitul era în atmosferă la înălțimea H . Se neglijează masa pierdută prin sublimare la frânarea satelitului.

Considerăm cunoscute:

- Căldurile latente specifice de sublimare pentru crom și nichel:
 $\lambda_{sCr} = 7600 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, \lambda_{sNi} = 7300 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$
- Căldurile latente specifice de topire pentru crom și nichel:
 $\lambda_{tCr} = 404 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, \lambda_{tNi} = 293 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$
- Căldurile specifice pentru crom, nichel și titan:
 $c_{Cr} = 450 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}, c_{Ni} = 460 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}, c_{Ti} = 500 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$
- Accelația gravitațională se consideră constantă:
 $g = 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$

prof. dr. Radu Murdzek – Școala Gimnazială Bozieni, Neamț

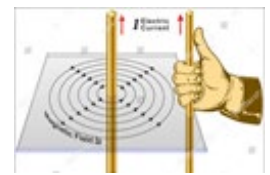
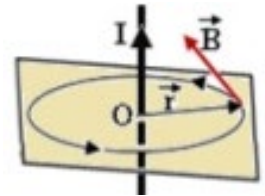
1. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
2. Fiecare subiect I, II, III se punctează de la 10 la 0 puncte.

Subiectul III – Câmpul magnetic și curentul electric

Un curent electric poate fi sursa unui câmp magnetic astfel încât orice mediu conductor, prin care există curent electric, are proprietăți magnetice. În cele ce urmează îți propunem analiza unor situații care decurg din evaluarea câmpului magnetic datorat unui curent electric și din efectele unui câmp magnetic asupra un mediu în care există curent electric.

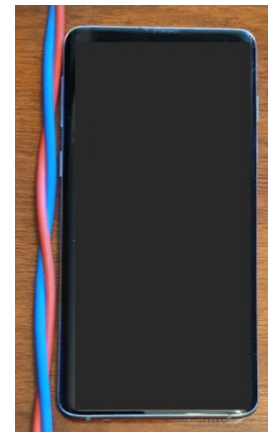
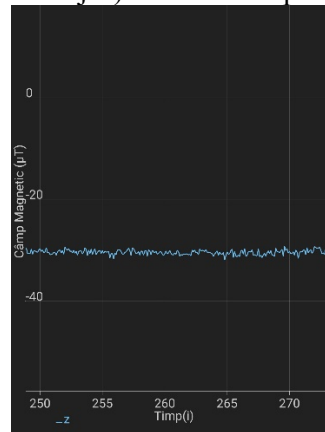
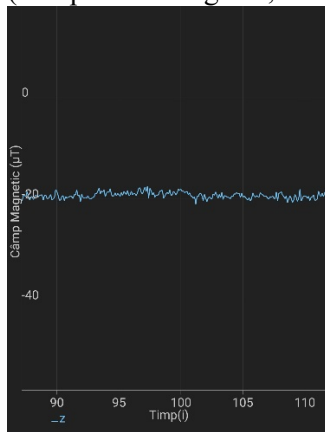
A.

Una dintre mărimile fizice vectoriale prin care se pot compara efectele produse de un câmp magnetic în diferite puncte ale sale este inducția magnetică \vec{B} . Ea se poate reprezenta, în orice punct din câmp, printr-un vector tangent la linia de câmp magnetic și în același sens cu linia de câmp. Unitatea de măsură, în S.I., se numește tesla, $\langle B \rangle_{SI} = T$. Pentru câmpul magnetic produs de un curent rectiliniu este valabilă relația (vezi figura alăturată) $B = \frac{\mu I}{2\pi r}$, unde μ este o mărime fizică care caracterizează mediul din jurul conductorului și se numește permeabilitate magnetică. Sensul lui \vec{B} poate fi determinat, formal, cu ajutorul regulii mâinii drepte ilustrată în imaginea alăturată: degetul mare arată sensul curentului electric, iar celelalte degete indică sensul liniilor de câmp magnetic.



Se conectează la bornele unei baterii electrice, cu tensiunea electromotoare E , două fire conductoare, din metale diferite, care au aceeași lungime și secțiune transversală, dar cu rezistivități electrice diferite ρ_1 , respectiv ρ_2 . Cele două fire conductoare sunt împletite pe lungimea lor astfel încât pot fi privite ca un singur fir conductor bimetalic care unește bornele bateriei electrice.

- a1) Imaginile de mai jos surprind ecranul unui smartphone care, prin intermediul senzorului său de câmp magnetic și al unei aplicații informatice instalată în telefon, măsoară și afișează valoarea inducției magnetice în locul în care se află; prima dintre imagini este obținută când circuitul format din bateria electrică și firul conductor este deschis, iar a doua, când circuitul este închis. Măsurătorile au fost efectuate astfel: conductorul și telefonul sunt pe un suport orizontal, conductorul fiind plasat lângă telefon (imaginea a treia), iar aplicația a fost setată astfel încât să afișeze pe ecran doar componenta verticală a câmpului măsurat (axa Oz pentru care se face afișarea valorii măsurate este verticală, perpendiculară pe ecranul telefonului, spre observator). Care este sensul curentului prin conductorul bimetalic din a treia imagine (în raport cu imaginea, în sus sau în jos)? Justifică răspunsul.

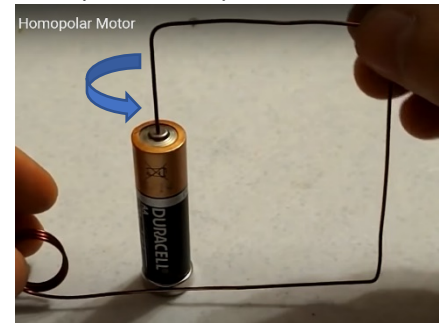


- a2) Scrie relația matematică pentru intensitatea I a curentului electric din firul conductor bimetalic în funcție de: distanța ℓ dintre fir și senzorul telefonului, permeabilitatea magnetică μ a mediului și cele două valori măsurate ale inducției magnetice.
- a3) Pentru bateria folosită se cunosc tensiunea electromotoare E și curentul de scurtcircuit I_{max} . Scrie relația matematică pentru rezistențele electrice R_1 , respectiv R_2 ale celor două fire conductoare din metale diferite în funcție de: E , ρ_1 , ρ_2 , I_{max} și I .
- a4) Atât pentru baterii, cât și pentru acumulatori este utilă cunoașterea unei mărimi specifice care este exprimată uzual în mAh (notațiile sunt cele consacrate). Precizează care este semnificația acestei mărimi (argumentează răspunsul).

1. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
2. Fiecare subiect I, II, III se punctează de la 10 la 0 puncte.

B.

Dispozitivul din imaginea alăturată este un motor electric numit *motor homopolar*. Dispozitivul este format dintr-o baterie electrică, un magnet (așezat sub baterie) ai cărui poli magnetici sunt orientați pe direcție verticală și un conductor care închide circuitul electric fiind sprijinit la un capăt pe baterie, iar în partea inferioară atingând magnetul (vezi imaginea alăturată). Bucla din stânga imaginii are rolul de a face astfel încât centrul de greutate al conductorului să fie în același plan vertical cu punctele de contact electric.

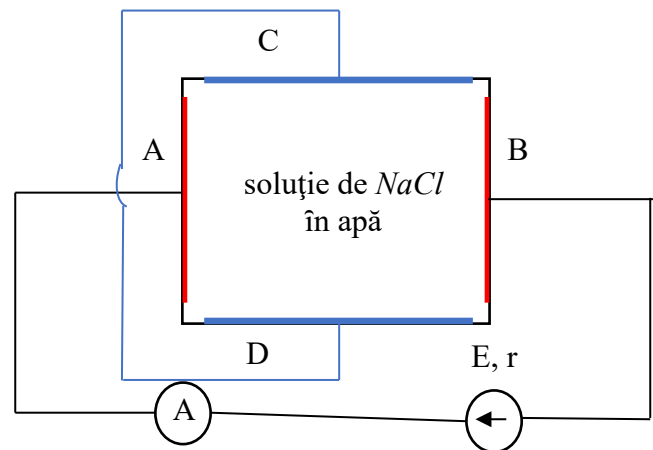


- b1) Explică modul de funcționare a acestui motor electric, evidențiind interacțiunea dintre un conductor parcurs de curent electric și un câmp magnetic.
- b2) Stabilește poziția polilor magnetici ai magnetului cunoscând că sensul de rotație al spirei conductoare este cel indicat în imagine, iar borna negativă a bateriei electrice este în contact cu magnetul (argumentează răspunsul).

C.

Disociația este un proces în urma căruia moleculele (sau compușii ionici, cum sunt sărurile) se separă în particule mai mici, cum sunt atomii, ionii sau radicalii. O soluție de $NaCl$ conține o concentrație semnificativă de ioni de Na și ioni de Cl . Cuva paralelipipedică din figură (văzută de sus) conține o astfel de soluție. Pe cele patru fețe laterale se află patru electrozi identici, din același metal și care acoperă, aproape în întregime, fețele laterale, fără să se atingă între ei. La perechea de electrozi AB se conectează o baterie electrică în circuitul căreia se află și un ampermetru considerat ideal.

Se consideră cunoscute vitezele de deplasare ale celor două tipuri de ioni datorate câmpului electric: v_{Na} , respectiv v_{Cl} . Ampermetrul indică un curent electric I .



- c1) Determină expresiile pentru intensitățile curenților I_{Na} și I_{Cl} datorate mișcării ionilor de Na , respectiv Cl în funcție de I , v_{Na} și v_{Cl} .
- c2) Scrie relația matematică a rezistenței electrice a soluției de $NaCl$, R_{sol} , în funcție de intensitatea I a curentului electric indicat de ampermetru, de tensiunea electromotoare E și de rezistența internă r a bateriei electrice.
- c3) Perechea de electrozi CD este conectată printr-un conductor electric care nu intră în contact cu conductorii de legătură care conectează perechea de electrozi AB . Se aplică un câmp magnetic uniform și constant în timp în zona cuvei și orientat perpendicular pe planul figurii. Este posibilă apariția unui curent electric prin conductorul conectat între electrozii CD ? Justifică răspunsul, ținând cont de faptul că interacțiunea dintre câmpul magnetic și un curent electric este rezultatul interacțiunii la care este supusă fiecare particulă încărcată electric aflată în mișcare.

prof. Victor Stoica – Colegiul Național de Informatică „Tudor Vianu”

1. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
2. Fiecare subiect I, II, III se punctează de la 10 la 0 puncte.