

Subiectul I: Măsurări electrice

(10 puncte)

a. (2,50 p) Elevii unei grupe de laborator au conectat succesiv mai mulți rezistori, cu rezistențe electrice diferite, la bornele unei surse cu tensiunea electromotoare E și rezistența interioară r . Cu ajutorul unor instrumente de măsură de precizie, care pot fi considerate ideale, au măsurat și au reprezentat grafic tensiunea electrică la bornele sursei în funcție de intensitatea curentului electric prin sursă, obținând graficul din **Figura 1**. Utilizând datele din reprezentarea grafică $U(I)$, determină puterea electrică maximă care poate fi furnizată de către generatorul electric unui circuit exterior convenabil ales.

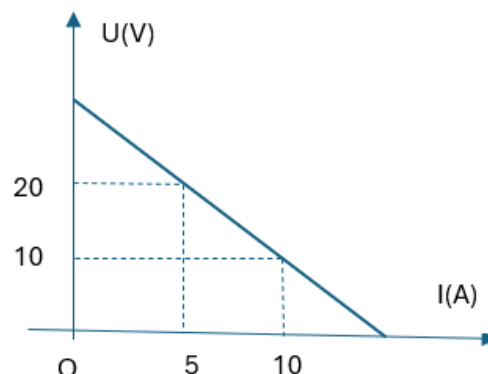


Figura 1

b. (2,50p) Aceeași sursă este utilizată pentru a determina rezistența electrică a unui bec, folosind două instrumente de măsură din laboratorul de fizică. Se conectează becul legat în serie cu ampermetrul la bornele sursei. Dacă voltmetrul se conectează la bornele becului, indicațiile celor două instrumente de măsură sunt $I_A = 2$ A și $U_V = 16$ V. Dacă voltmetrul se conectează la bornele sursei, indicațiile celor două instrumente de măsură sunt $I'_A = 1,69$ A și $U'_V = 25,35$ V. Determină rezistența electrică R_b a becului.

c. (2,50p) În condițiile în care se utilizează instrumente de măsură reale cu valori oarecare ale rezistențelor electrice R_A și R_V , precizează în care situație, din cele prezentate la punctul **b.**, intensitatea curentului electric prin sursă este mai mare. Argumentează răspunsul!

d. (2,50p) Se îndepărtează instrumentele de măsură și se conectează doar becul la bornele sursei. Becul este înlocuit ulterior cu un rezistor de rezistență electrică R , diferită de R_b . Calculează raportul randamentelor celor două circuite electrice (valoarea supraunitară), știind că puterea disipată de bec este egală cu puterea disipată de rezistorul de rezistență R .

1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, 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 notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.

Subiectul II: Pompa de căldură (10 puncte)

O pompă de căldură este un dispozitiv care extrage căldură din pământ, apă sau aer (în acest caz din aerul atmosferic) și transferă căldură în interiorul locuinței. În **Figura 2** este prezentată schema de principiu a unei pompe de căldură. Procesul principal care are loc în pompa de căldură constă în modificarea ciclică a stării de agregare (lichidă, respectiv gazoasă) a unei substanțe (agent frigorific) care circulă într-un circuit închis, proces însoțit de primire sau cedare de căldură. Agentul frigorific parcurge etapele: vaporizare (1), compresie (2), condensare (3) și expansiune (4).

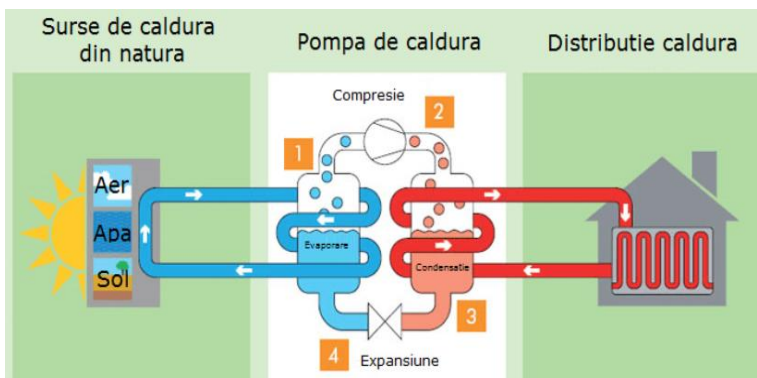


Figura 2

Compresia se realizează cu ajutorul lucrului mecanic produs de un motor care funcționează consumând energie electrică. Consideră că motorul transformă integral energia electrică consumată în lucru mecanic. Schema transferului energetic realizat de pompa de căldură este prezentată în **Figura 3**, căldura cedată în interiorul locuinței reprezentând suma dintre căldura primită din exterior și lucrul mecanic făcut de motor. Deoarece există pierderi permanente de căldură prin pereții locuinței spre exterior, pentru a menține în locuință temperatura constantă $t_0 = 20^\circ\text{C}$ este necesar ca pompa să furnizeze continuu căldură interiorului locuinței. Căldura cedată în unitatea de timp de locuință în exterior este direct proporțională cu diferența de temperatură dintre interiorul și exteriorul locuinței. Când temperatura exterioară este $t_1 = 0^\circ\text{C}$, căldura cedată în exterior prin pereții locuinței în unitatea de timp este $Q_1/\Delta\tau = 4 \text{ kJ/s}$. Valorile mărimilor energetice sunt considerate în valoare absolută.

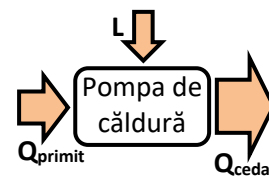


Figura 3

a. (2,50p) Câtă căldură trebuie să producă pompa în intervalul orar 11:00 – 19:00, dacă temperatura exterioară poate fi considerată constantă, $t_2 = 4^\circ\text{C}$?

b. (2,75p) O mărime ce caracterizează pompa de căldură este eficiența acesteia, reprezentând raportul dintre căldura cedată de pompă în interiorul locuinței și lucrul mecanic efectuat de motor (care implică plata energiei electrice consumate), $\varepsilon = Q_c/L$. Consideră că la temperatura exterioară $t_2 = 4^\circ\text{C}$ eficiența pompei este $\varepsilon_2 = 4$. Ce debit de aer (volumul de aer în unitatea de timp) este necesar să fie trecut prin schimbător de căldură montat în exteriorul locuinței, dacă aerul pătrunde în schimbător la temperatura t_2 și iese din acesta la $t'_2 = -1^\circ\text{C}$, toată căldura cedată de aer fiind preluată de agentul frigorific? Pentru aerul atmosferic se cunosc densitatea $\rho = 1,28 \text{ kg/m}^3$ și căldura specifică $c = 1 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$.

c. (1,50p) Studiul avansat al fenomenelor termice arată că eficiența teoretică maximă ce poate fi atinsă de o pompă de căldură corespunde unei transformări a agentului termic, numită ciclu Carnot inversat, pentru care se obține eficiența $\varepsilon_C = T_{int}/(T_{int} - T_{ext})$, unde T_{int} și T_{ext} sunt temperaturile absolute din locuință și din exterior, $T_{int} > T_{ext}$. Determină de câte ori este mai mare eficiența teoretică maximă a pompei față de cea reală, dacă temperaturile considerate sunt t_0 în interior și t_2 în exterior. Arată că, dacă temperatura din interiorul locuinței rămâne constantă, eficiența maximă a pompei teoretice scade atunci când temperatura din exterior scade.

d. (3,25p) Considerând că raportul dintre eficiența pompei teoretice și cea a pompei reale rămâne cel calculat la cerința c., determină temperatura exterioară minimă (presupusă constantă) la care pompa funcționează rentabil, păstrând în locuință aceeași temperatură t_0 . Se consideră acceptabilă funcționarea pompei dacă prețul plătit zilnic pentru energia electrică consumată de motorul acesteia nu depășește valoarea de 86,4 lei. Prețul energiei electrice este de 1,2 lei/kWh.

1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, 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 notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.

Subiectul III: Dopul special

(10 puncte)

Corpul din **Figura 4** este alcătuit din două piramide patrulatere regulate drepte care au baza comună și este confecționat dintr-un material cu densitatea ρ_0 . Latura bazei unei piramide este $L = 8 \text{ cm}$, iar înălțimea unei piramide este $L/2$.

Un vas larg are un orificiu de formă pătrată cu latura $L/2$, practicat în suprafața bazei, inițial orificiul fiind acoperit cu un capac de aceleași dimensiuni, ca în **Figura 5**. În vas se toarnă lichid cu densitatea ρ până când adâncimea lichidului din vas este a .

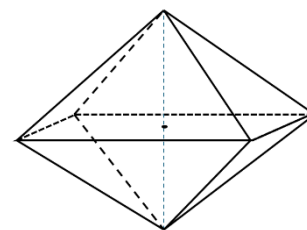


Figura 4

A. (2p) Determină expresia matematică a forței cu care lichidul apasă asupra capacului, în funcție de ρ, L, g și a .

B. (2p) Se înlocuiește capacul cu corpul așezat astfel încât să obțină orificiul ca în **Figura 6**.

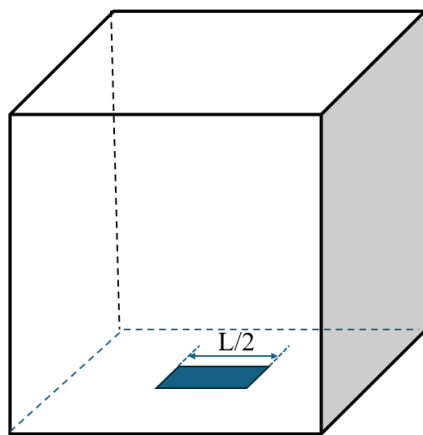


Figura 5

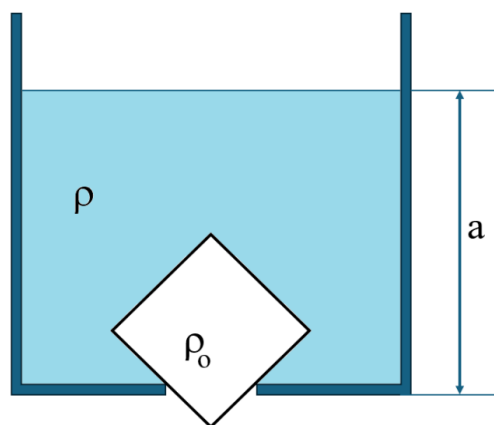


Figura 6

Se consideră situația în care $\rho = k \cdot \rho_0$ cu $k = 3$ iar inițial $a > L$. Se elimină lent lichid din vas și se constată că, pentru o valoare $a_0 > 3 \cdot L/4$ adâncimii lichidului corpul începe să urce în vas. Neglijând frecarea dintre corp și vas, determină valoarea adâncimii a_0 .

C. Se consideră situația în care ρ_0 este suficient de mare încât corpul să nu urce în vas indiferent de valoarea lui a .

C₁. (3p) Determină expresia matematică a forței F_l cu care lichidul acționează asupra corpului în funcție de ρ, L, g și a .

C₂. (2p) Folosind **Foia de răspuns** (Pagina 4 din 4 din subiect), completează tabelul de variație cu valorile forței F_l pentru cazul în care $\rho = 1500 \text{ kg/m}^3$ și $g = 10 \text{ m/s}^2$ și realizează, pe această foaie, cu datele din tabel, un grafic în care să illustrezi variația forței F_l în funcție de adâncimea a (F_l se consideră pozitivă dacă este orientată în sus). Această pagină o vei preda împreună cu foaia de lucru și o vei numerota corespunzător. **Nu** îți vei scrie numele pe Foaia de răspuns!

C₃. (1p) Estimează valoarea minimă a densității ρ_0 a corpului pentru care orificiul rămâne obturat de corp indiferent de valoarea adâncimii a a lichidului, în condițiile punctului **C₂**.

Subiecte propuse de:

prof. dr. **Ana-Cezarina MOROȘANU**, Colegiul Național „Petru Rareș”, Piatra-Neamț

prof. **Gabriela ALEXANDRU**, Colegiul Național „Grigore Moisil”, București

prof. **Emil NECUȚĂ**, Colegiul Național „Alexandru Odobescu”, Pitești

prof. **Petrică PLITAN**, Colegiul Național „Gheorghe Șincai”, Baia Mare

1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, 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 notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.

