Problema I (10 puncte)

Condensatorul „în pană"

Un condensator plan are armături orizontale, pătrate cu laturile de lungime ℓ și cu masa m fiecare. Distanța dintre armături este h. Armătura superioară este fixă, iar armătura inferioară se poate roti în jurul uneia dintre laturi.

Numim condensator „în pană" de unghi α, condensatorul obținut prin rotirea armăturii inferioare cu unghiul α.

Consideră că unghiul α este mereu suficient de mic, pentru ca liniile de câmp să rămână paralele între armături (și – practic – perpendiculare pe armături) și neglijează curbarea liniilor de câmp de la marginea plăcilor. Armătura inferioară se rotește astfel încât volumul delimitat între plăcile condensatorului să crească. Mediul dintre armăturile condensatorului este aerul ($\varepsilon_{r,aer} \cong 1$). Se cunosc permitivitatea dielectrică a vidului ε_0 și accelerația gravitațională g.

Sarcina de lucru nr. 1

În cadrul sarcinii de lucru nr. 1 vei avea în vedere faptul că se neglijează greutatea armăturii mobile.

1.a.	Dedu expresia capacității C_α a condensatorului „în pană". Exprimă rezultatul în funcție de mărimile specifice condensatorul plan cu armături orizontale și de unghiul α.	(2,0p)

Pentru a răspunde la următoarele cerințe din cadrul sarcinii de lucru nr. 1, ai în vedere să exprimi rezultatele în funcție de mărimile specifice condensatorul plan cu armături orizontale, de unghiul α și de tensiunea electrică U_0.

1.b.	Scrie expresia mărimii sarcinii electrice Q_α acumulată pe fiecare dintre armăturile condensatorului cu capacitatea C_α, dacă acesta este conectat la o sursă de tensiune electrică U_0.	(0,5p)

1.c.	Scrie expresia energiei electrostatice W_α acumulate în condensatorul cu capacitatea C_α, conectat la sursa de tensiune U_0.	(0,5p)

Pentru rotirea armăturii inferioare a condensatorului plan cu unghiul α, astfel încât volumul dintre armături să crească, este necesară efectuarea unui lucru mecanic.

1.d.	Determină expresia lucrului mecanic necesar pentru rotirea armăturii, dacă sursa de tensiune U_0 rămâne conectată la condensator, în cursul rotirii.	(2,0p)

1.e.	Determină expresia lucrului mecanic necesar pentru rotirea armăturii, dacă sursa de tensiune este deconectată de la condensator, înainte de începerea rotirii.	(1,0p)

Sarcina de lucru nr. 2

În cadrul sarcinii de lucru nr. 2 vei avea în vedere faptul că nu se mai neglijează greutatea armăturii mobile și vei presupune că $\varepsilon_0 \cdot \ell^2 \cdot U_0^2 \Big/ \left(2m \cdot g \cdot h^2\right) > 1$.

Consideră că armătura mobilă a condensatorului este inițial blocată în poziție orizontală și condensatorul este încărcat la tensiunea U_0.

2.a.	Determină modulul și sensul forței F care trebuie aplicată pe direcție verticală în centrul armăturii mobile pentru ca, după decuplarea de la sursă, armăturile condensatorului să rămână paralele. Exprimă rezultatul în funcție de mărimile specifice condensatorul plan cu armături orizontale și de tensiunea electrică U_0.	(3,5p)

Consideră o nouă situație, în care sub armătura mobilă se montează două resorturi identice, verticale, având fiecare constanta de elasticitate k. Resorturile au capetele lor de jos fixate pe un suport imobil; capetele lor de sus sunt fixate de armătura mobilă în cele două colțuri ale acesteia, care nu se află pe axa de rotație.

2.b.	Dedu expresia deformării resorturilor, dacă - datorită acțiunii determinate de această deformare - plăcile condensatorului rămân orizontale, paralele, după decuplarea condensatorului de la sursă și deblocarea armăturii mobile. Exprimă rezultatul în funcție de mărimile specifice condensatorul plan cu armături orizontale, de tensiunea electrică U_0 și de constanta de elasticitate k.	(0,5p)

Foaie de Răspunsuri

Problema I

Condensatorul „în pană ”

1.a.	$C_\alpha =$	2,0p
1.b.	$Q_\alpha =$	0,5p
1.c.	$W_\alpha =$	0,5p
1.d.	$L_{conectat} =$	2,0p
1.e.	$L_{separat} =$	1,0p
2.a.	$F =$ Sensul forței verticale:	3,5p
2.b.	$\delta =$	0,5p
	Total	10p

Problema a II-a (10 puncte)

La cabană

În cursul transferului de energie termică, fluxul termic Φ printr-o suprafață reprezintă cantitatea de căldură care traversează acea suprafață în unitatea de timp.

Densitatea de curent termic reprezintă fluxul termic prin unitatea de arie transversală (așezată perpendicular pe direcția curgerii energiei termice). Densitatea de curent termic se reprezintă printr-un vector $\vec{j}_Q$ a cărui direcție și sens sunt cele ale curgerii energiei termice.

Fluxul termic printr-un perete cu grosimea ℓ, care are temperaturile fețelor t_{Mare}, t_{mic} și aria suprafeței S, peretele fiind construit dintr-un material cu conductivitatea termică λ, are expresia $\Phi = \lambda \cdot S \cdot (t_{Mare} - t_{mic}) / \ell$. Mărimea $\Re = (1/\lambda) \cdot (\ell / S)$ se numește rezistență termică. Folosind rezistența termică, se poate scrie relația $t_{Mare} - t_{mic} = \Re \cdot \Phi$, similară legii lui Ohm pentru electricitate.

În general, datorită fenomenului de convecție apărut în stratul de fluid aflat în contact termic cu o porțiune dintr-un perete solid având aria S, temperatura t_s a peretelui nu este aceeași cu temperatura t_f a fluidului. Densitatea de curent termic de la corpul cald către corpul rece la interfața solid fluid este proporțională cu diferența de temperatură dintre solid și fluid $j_Q = h \cdot |t_s - t_f|$. Coeficientul de convecție h este caracteristic fluidului și variază în funcție de condițiile exterioare (ca, de exemplu, din cauza vântului). Se poate defini rezistența termică la interfața solid fluid prin relația $\Re = 1/(h \cdot S)$.

O cabană este formată dintr-o încăpere cubică având latura cu lungimea $L = 4,00\,m$. Acoperișul cabanei are forma unei piramide regulate pătrate, cu latura bazei $L = 4,00\,m$ și cu înălțimea $H = 1,50\,m$.

Sarcina de lucru nr. 1 - Izolația termică a cabanei

Sarcina de lucru nr.1 îți propune să analizezi câteva probleme legate de izolația termică a cabanei.

Văzuți dinspre interior, pereții cabanei sunt constituiți dintr-un strat de tencuială de grosime $\ell_1 = 4,00\,cm$, un strat izolator de polistiren de grosime $\ell_2 = 10,0\,cm$ și un zid de beton de grosime $\ell_3 = 24,0\,cm$. Conductivitățile termice ale materialelor celor trei constituenți sunt respectiv $\lambda_1 = 0,70\,W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}, \lambda_2 = 0,04\,W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}, \lambda_3 = 1,60\,W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$. Temperaturile aerului din interiorul și din exteriorului cabanei sunt respectiv $t_i = 19,0\,°C$ și $t_e = -1,00\,°C$, iar coeficientul de convecție $h = 6,00\,W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ este același pentru ambele fețe ale peretelui.

1.a.	Determină expresia și valoarea fluxul termic printr-o suprafață cu aria $S = 1,00\,m^2$ a peretelui cabanei.	(1,5p)

1.b.	Dedu expresiile temperaturilor t_1 și t_2 ale feței interioare, respectiv exterioare a peretelui cabanei. Calculează valorile acestor temperaturi.	(1,0p)

1.c.	Determină expresia și valoarea fluxului termic prin suprafața cu aria $S = 1{,}00\,m^2$ a peretelui cabanei, în situația în care stratul de polistiren din perete lipsește. Compară rezultatul obținut cu cel determinat în cadrul sarcinii de lucru 1.a.	(0,5p)

Presupune că scurgerea de căldură din interiorul cabanei se face numai prin cei patru pereți. Consideră că densitatea fluxului termic ce caracterizează scurgerea de căldură este aceeași pentru oricare regiune a pereților.

1.d.	Determină valoarea cantității de căldură Q_P pierdută de cameră în timpul $\tau = 3{,}60 \cdot 10^3\,s$.	(0,5p)

1.e.	Dedu valoarea masei de apă caldă cu temperatura $t_P = 60{,}0°C$ care, prin răcire lentă până la temperatura $t_i = 19{,}0°C$ în timpul $\tau = 3{,}60 \cdot 10^3\,s$ compensează pierderea de căldură prin pereți. Consideră că apa caldă se află într-un vas ℧ cu capacitate calorică neglijabilă și că în cursul transferului de căldură de la apa caldă la aerul din cameră temperatura din interiorul camerei nu variază. Căldura specifică a apei este $c = 4{,}20 \cdot kJ / kg \cdot K$.	(0,5p)

Sarcina de lucru nr. 2 - Distributia de temperatură într-un tub cilindric

În cadrul sarcinii de lucru nr. 2 vei analiza distribuția de temperatură dintr-un tub cilindric prin care circulă apă caldă.

Fețele internă și externă ale unui tub cilindric lung au razele $a = 1{,}00\,cm$ și $b = 1{,}50\,cm$. Prin tub circulă apă caldă și fețele tubului se află la temperaturile $t_i = 60{,}0°C$ și $t_e = 19{,}0°C$. Conductivitatea termică a materialului tubului este λ.

2.a.	Precizează care este direcția liniilor de curent termic în tubul cilindric și argumentează răspunsul.	(1,0p)

2.b.	Scrie o expresie adecvată a densității de curent termic în peretele tubului cilindric și specifică semnificația mărimilor din expresia pe care ai indicat-o.	(0,5p)

2.c.	Dedu expresia temperaturii la distanța $r = 1{,}25\,cm$ de axul tubului cilindric și calculează valoarea acestei temperaturi.	(2,0p)

Sarcina de lucru nr. 3 – Panouri solare termice

În cadrul sarcinii de lucru nr. 3 ți se propune să analizezi posibilitatea folosirii unor panouri solare termice la cabană.

Un panou solar termic este un recipient paralelipipedic cu pereții negri, plin cu apă, având un capac asemănător unei ferestre prin care pătrund razele soarelui. Recipientul are pereți perfect izolați din punct de vedere termic. Capacul prin care este captată energia radiată de Soare reprezintă „un perete” între panou și exterior; prin acest perete panoul pierde căldură.

Expresia căldurii pierdută de panou este $Q = \kappa \cdot S \cdot \Delta t \cdot \tau$. În expresie κ este o constantă a panoului, S este suprafața ferestrei panoului, τ este timpul de funcționare, iar Δt este diferența dintre temperatura panoului și cea a mediului exterior.

Atunci când temperatura exterioară este $\theta_{ext,1} = 20,0^0 C$, iar temperatura apei din recipient este $t_P = 60,0°C$ panoul expus la Soare funcționează cu randamentul $\eta_1 = 50,0\%$.

3.a.	Determină expresia randamentului η_2 al panoului solar termic, atunci când temperatura exterioară devine $\theta_{ext,2} = -1,00°C$ și toate celelalte caracteristici ale panoului rămân neschimbate. Calculează valoarea acestui randament.	(1,5p)

Se propune montarea pe acoperișul cabanei a unor panouri termice. Aceste panouri ar urma să asigure masa de apă caldă la temperatura $t_P = 60,0°C$, care prin răcire lentă până la temperatura $t_i = 19,0°C$, ar compensa pierderea de căldură prin pereții cabanei în timpul zilei.

În cele ce urmează folosește o modelare simplă și consideră că în medie, ziua, densitatea fluxului de energie solară incidentă pe panourile solare termice este $J_S = 1,00 \cdot 10^2\ W \cdot m^{-2}$ și că radiația solară incidentă este tot timpul normală pe suprafata fiecărui capac al panourilor termice. De asemenea, presupune și că circulația prin tuburi a apei fierbinți între panouri și vasul $\mho$ se face fără pierderi de căldură.

3.b.	Estimează procentul f din aria acoperișului care ar trebuie acoperit cu panouri solare termice astfel încât, ziua, prin funcționarea acestor panouri să se compenseze pierderile de căldură prin pereții cabanei.	(1,0p)

© Subiect propus de:

Adrian DAFINEI, PhD

eFizică!

28 Martie 2021

Foaie de Răspunsuri

Problema a II – a
La cabană

1.a.	Expresia fluxului termic: $\Phi =$ Valoarea: $\Phi =$	1,5p
1.b.	Expresiile temperaturilor: $\begin{cases} t_1 = \\ t_2 = \end{cases}$ Valorile temperaturilor: $\begin{cases} t_1 = \\ t_2 = \end{cases}$	1,0p
1.c.	Expresia: $J_{Q'} =$ Valoarea: $J_{Q'} =$	0,5p
1.d.	$Q_p =$	0,5p
1.e.	$m =$	0,5p
2.a.	Precizarea direcției liniilor de curent termic în tubul cilindric și argumentarea răspunsului	1,0p
2.b.	$\vec{J}_Q =$	0,5p
2.c.	Expresia temperaturii: $t_r =$ Valoarea: $t_r =$	2,0p
3.a.	Expresia: $\eta_2 =$ Valoarea: $\eta_2 =$	1,5p
3.b.	$f =$	1,0p
	Total	10p