Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare

OLIMPIADA LA *FIZICĂ*
etapa republicană
7-10 martie 2025

Proba teoretică **Clasa a 12**
Timp de lucru: 240 minute **Mult succes!**

PROBLEMA 1 **(10,0 p)**

O bucată de tablă din plumb, plană, subțire, cu grosimea $\delta = 2$ mm, vopsită în negru, este supusă constant acțiunii razelor solare incidente perpendicular pe planul tablei, la limita atmosferei terestre. Constanta solară măsurată la limita atmosferei terestre $C_0 = 1{,}4\ \mathrm{kW/m^2}$ reprezintă cantitatea de energie provenită de la Soare incidentă pe o unitate de suprafață într-o unitate de timp.

a) Determinați intervalul de timp t_1 în care acest corp va fi topit complet, în ipoteza că acesta nu cedează nicicum căldură, iar temperatura inițială este $T_0 = 0$ °C. Cum se va modifica expresia și valoarea lui t_1 dacă se va considera un coeficient de reflexie al plăcii $R = 0{,}20$? Cum se va modifica expresia și valoarea lui t_1 dacă unghiul de incidență al razelor solare pe planul tablei ar fi $\alpha = 30°$?

b) Totuși placa cedează căldură prin radiație, ceea ce va duce la realizarea unui echilibru termodinamic cu o temperatură constantă T_e. Determinați această temperatură de echilibru.

c) Calculați puterea electrică P_E ce ar putea fi obținută de la Soare, dacă îl vom înfășura la nivelul orbitei terestre cu o sferă (numită și sfera Dyson) de panouri fotovoltaice cu randamentul $\eta = 0{,}20$.

d) Știind că raza Soarelui este $R_S = 6{,}96\ 10^8$ m, iar temperatura suprafeței acestuia este $T_S = 5770$ K, determinați / precizați valoarea constantei solare la limita atmosferei terestre Care ar fi constanta solară la nivelul orbitei planetei Marte?

e) O velă solară cu suprafața perfect reflectorizantă, cu aria $S = 5000\ \mathrm{m^2}$ este expusă la nivelul orbitei terestre, dar departe de Pământ, astfel că radiația este incidentă este perpendiculară pe planul acestei. Deduceți expresia și obțineți valorile numerice pentru presiunea P și forța F exercitată de radiația solară asupra velei. Care ar trebui să fie raportul masa velei solare la suprafața expusă radiației, pentru ca această să fie propulsată spre exteriorul sistemului solar, din orice punct al acestuia, departe de alte corpuri sau planete?

f) Cum trebuie să se modifice expresiile obținute în punctul e) pentru a ține cont de coeficientul de reflexie, dar și de unghiul de incidență al radiației pe vela solară?

g) Care ar fi expresia pentru modulul forței exercitate de lumină pe un material transparent masiv cu indicele de refracție *n* și coeficient de reflexie nul, plasat în vid, pe care este incidentă radiația unui laser cu puterea fascicolului $P_{laser} = 5$ mW, sub unghiul α?

În toate sarcinile de mai sus, obțineți răspunsul analitic, exprimat prin mărimile implicate, și, unde este cazul, răspunsurile numerice, ținând cont de valorile date mai jos.

Densitatea plumbului este $\rho_{Pb} = 11350\ \mathrm{kg\ m^{-3}}$, căldura specifică a plumbului $c_{Pb} = 136\ \mathrm{J\ kg^{-1}\ K^{-1}}$), căldura latentă de topire a plumbului $\lambda_{Pb} = 24{,}3\ \mathrm{kJ\ kg^{-1}}$, temperatura de topire a plumbului $T_t = 328$ °C.

Raza medie a orbitei terestre $r_T = 150\ 10^6$ km, raza medie a orbitei planetei Marte $r_M = 228 \times 10^6$ km, viteza luminii în vid $c = 3{,}00 \times 10^8$ m/s, masa Soarelui $M = 1{,}99 \times 10^{30}$ kg, constanta gravitațională $\gamma = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N\ m^{-2}kg^{-2}}$.

Ar putea fi util: puterea emisă de un corp negru cu temperatura T, pe unitatea de suprafață este dată de legea Stefan Boltzmann $P = \sigma T^4$, unde $\sigma = 5{,}67 \times 10^{-8}\ \mathrm{Wm^{-2}K^{-4}}$

PROBLEMA 2 **(10,0 p)**

2a) Determinați intensitatea $\vec{E}(r)$ și potențialul câmpului electric $\varphi(r)$ ale unei sfere încărcate omogen, de rază *R*.

2b) Se decupează o cavitate sferică într-o bilă încărcată. Centrul cavității O' este depărtat de centrul sferei O cu un vector $\vec{a} = OO'$. Axa *Ox* este orientată de-a lungul vectorului $\vec{a}$ .Determinați intensitatea câmpului în interiorul cavității.

2c) Sub acțiunea unei forțe *F* care formează un unghi α cu orizontul, o bară de masă *m* se deplasează pe un plan orizontal cu un coeficient de frecare μ. Determinați valoarea extremă $F = F_m$ a forței la care accelerația barei este nulă. Arătați că pentru un unghi arbitrar modulul forței poate fi scrisă sub forma: $F(\alpha) = F_m + \Delta F(tg\alpha, \mu)$

PROBLEMA 3 **(10,0 p)**

Baza fizicii dispozitivelor semiconductoare, care fac parte din circuitele integrate, este teoria joncțiunii p-n Shockley, conform căreia densitatea de curent (raportul dintre intensitate și aria secțiunii conductorului) prin joncțiunea p-n este determinată de ecuația $j = j_S\left(exp\left(\frac{eV}{kT}\right)-1\right),(1)$. Aici e este valoarea absolută a sarcinii electronice, V este tensiunea externă, k este constanta Boltzmann, T este temperatura absolută.

j_S - definește densitatea curentului de saturație la aplicarea unui potențial invers $V < 0.$. În sens direct $V>0$ curentul crește exponențial. În sens invers $V<0$ curentul ajunge la saturație la valoarea j_S. Mărimea j_S poate fi determinată experimental.

În mediu neomogen, curentul electric este cauzat atât de drift în câmpul $\vec{E}(x)$, , cât și de difuzia purtătorilor de sarcină. Conform legii lui Ohm și legii lui Fick, densitatea curentului electronic este egală cu $j_n = e\mu_n n(x)E(x) + eD_n dn/dx$. Aici μ_n -mobilitatea electronilor, iar $n(x)$este concentrația electronilor. D_n - coeficient de difuzie. Golurile sunt caracterizate de parametrii μ_p, $p(x)$, D_p.

3a) Scrieți ecuația pentru densitatea curentului golurilor.

3b). În echilibru termodinamic, distribuția Boltzmann este îndeplinită pentru $n(x)$ и $p(x)$. $n(x) = ne^{\left(\frac{e\phi(x)}{kT}\right)}$.

Deduceți relația lui Einstein pentru coeficienții de difuzie pentru electroni și pentru goluri D_n и D_p. (caracteristică cantitativă a vitezei de difuzie, egală cu cantitatea de materie (în unități de masă) care trece într-o unitate de timp printr-o unitate de suprafață)

3c) Conform teoriei cineticii moleculare, fluxul de electroni care cad pe o unitate de suprafață a joncțiunii p-n pe unitate de timp este egal cu $\frac{1}{4}n\,v_T$. Aici viteza termodinamică medie este $\left(\frac{8kT}{\pi m_e}\right)^{1/2}$ Totuși, această formulă este adevărată dacă toți electronii au energie suficientă pentru a depăși bariera de potențial a stratului de confinare. Atunci când un semiconductor de tip n este conectat la un semiconductor de tip p, se formează o joncțiune p-n. Electronii din regiunea n difuzează în regiunea p. Donorii ionizați cu sarcină pozitivă rămân în regiunea n, iar acceptorii cu sarcină negativă rămân în regiunea p. Se formează astfel un strat de confinare al cărui câmp de contact este direcționat din regiunea n către regiunea p. Diferența de potențial de contact V_0 împiedică mișcarea electronilor. Determinați densitatea curentului electronic.