

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVI
CHIȘINĂU, 20 martie 2022

Proba teoretică ORF 2022,

clasa a 12

Problema 1

(10,0 p.)

1A. Un fascicol de lumină paralel, cu lungimea de undă λ , cade normal pe o rețea de difracție. Găsiți dispersia unghiulară a rețelei $d\vartheta/d\lambda$ în funcție de unghiul de difracție ϑ . - (2,0 p.)

1B. Să se găsească energia cinetică K a ionilor de heliu He^+ , dacă deplasarea Doppler de 26 nm se observă sub unghiul de $\vartheta = \pi/6$ față de direcția fascicolului de ioni. Radiația emisă de ionii de heliu corespunde tranziției între nivelele cu $n = 4, n = 12$, unde n este numărul cuantic principal. - (4,0 p.)

1C. Două bobine sunt deapănate pe același miez. Curentul din una din bobine induce câmp magnetic și în cealaltă bobină. Inductanțele bobinelor sunt egale respectiv cu L_1 și L_2 . Să se găsească inductanța mutuală a bobinelor L_{12} , $\Phi_1 = L_1 J_1 + L_{12} J_2$, $\Phi_2 = L_2 J_2 + L_{12} J_1$. - (4,0 p.)

Problema 2

(10,0 p.)

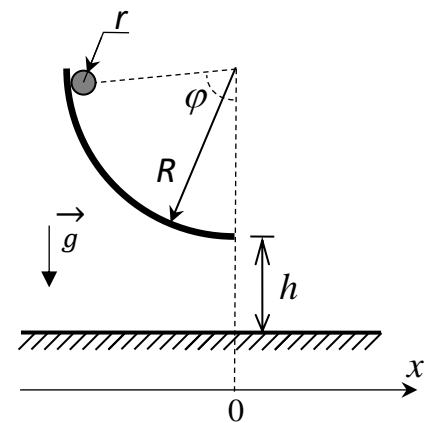
O bilă sferică de masă m având raza r se rostogolește fără alunecare de pe o pantă ce are forma unui arc de circumferință de rază R , pantă fiind plasată la înălțimea h (vezi Figura) în raport cu planul orizontal al mesei. Momentul de inerție a bilei este $I = 0,4 mr^2$. Viteza inițială a bilei este zero, iar unghiul inițial de lansare acesteia pe pantă este ϕ_0 . Componenta normală a reacțiunii suportului este deplasată de la centrul bilei la distanța k . Viteza bilei pe pantă depinde de unghiul ϕ conform expresiei

$$v^2(\phi) = \frac{10}{7} R_c g (a_1 \cos \phi + a_2 \sin \phi + a_3 e^{a\phi}).$$

2A. a) Găsiți parametrii a_1, a_2, a_3, a . - (4,0 p.)

b) Analizați și explicați ce se întâmplă în cazul când $k = 0$. - (1,0 p.)

2B. Găsiți coordonata x_1 ce corespunde primei ciocniri a bilei de planul orizontal. În calitate de referință pentru determinarea coordonatei x , considerați marginea pantei. Analizați cazul limită $a \ll 1$ - (1,0 p.). Determinați pierderile de energie a bilei la mișcarea pe pantă - (1,0 p.) și numiți cauza acestor pierderi.



Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVI
CHIȘINĂU, 20 martie 2022

Proba teoretică ORF 2022,

clasa a 12

2C. Găsiți distanța între prima și a doua ciocnire a bilei de planul orizontal, considerând că prima ciocnire a bilei de masă este una absolut elastică și viteza unghiulară a bilei după ciocnire este nulă, dacă:

- a) nu se consideră rotația bilei - (1,0 p.)
- b) se consideră rotația bilei - (2,0 p.).

Explicați rezultatul obținut.

Problema 3

(10,0 p.)

3A. Să analizăm corpul solid ce constă din gaz format de electronii liberi (plasmă de electroni) cu concentrația n și ioni pozitivi în nodurile rețelei cristaline astfel încât $en = \rho_{ion}$.

- a) Estimați raportul energiei potențiale de interacțiune între electroni V la energia lor cinetică în semiconductor K reieșind din parametrii: $n = \frac{3}{4\pi} \cdot 10^{18} cm^{-3}$, $T = 300K$, $\varepsilon = 10$. - (1,0 p.). Să deplasăm gazul electronic ca un tot întreg la distanța x . Câmpul electric ce apare la deplasarea acestora impune electronii să se miște în direcția opusă deplasării. În rezultatul inerției acestora, electronii trec peste poziția lor de echilibru. Repetarea acestui proces rezultă în oscilațiile plasmei.
- b) Găsiți frecvența oscilațiilor plasmei (frecvența plasmatică). - (2,0 p.).
- c) Estimați energia cuantelor de oscilație (plasmonilor) în metale și semiconductori. - (1,0 p.).

3B. Deplasarea plasmei analizată în **3A.** este cauzată de forțe externe.

- a) Găsiți lucrul A_e efectuat la deplasarea gazului electronic raportat la un electron. - (1,0 p.).
Fluctuațiile (abaterele de la echilibru) $\Delta x = x - \langle x \rangle$ sunt caracterizate de abaterea pătratică medie $\langle (\Delta x)^2 \rangle = \langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2$, deoarece $\langle \Delta x \rangle = 0$.
- b) Considerând că lucrul A_e este determinat nu de forțele externe, ci de fluctuația termică a energiei electronilor $\sqrt{\langle (\Delta E)^2 \rangle}$, $\langle v^4 \rangle = 15(kT/m)^2$, găsiți deplasarea electronului x . - (2,0 p.).

3C. *Ecranarea câmpurilor electrice în plasma electronică.*

Să analizăm un plan încărcat pozitiv, plasat în plasmă având densitatea de sarcină de suprafață σ . Efectul de margine se va neglija. Conform teoremei lui Gauss $\oint_S E(x) dS = \frac{Q}{\varepsilon \varepsilon_0}$, $E(x) = (\sigma + \sigma_{ind}(x))/2\varepsilon \varepsilon_0$. Având în

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVI
CHIȘINĂU, 20 martie 2022

Proba teoretică ORF 2022,

clasa a 12

vedere simetria problemei, sarcina indusă depinde de o singură coordonată x , ce este considerată de la plan. În regim de câmp neomogen $E(x) = -\frac{d\phi(x)}{dx}$. Aici $\phi(x)$ - este potențialul câmpului în plasmă, $E(x)$ - este intensitatea câmpului electric. În afară de câmpul planului încărcat electric, asupra electronilor acționează și câmpul ionilor rețelei cristaline. Sarcina ionilor este fixă, iar electronii sunt mobili și în echilibru termodinamic sunt distribuiți conform distribuției Boltzmann $n(x) = n \exp\left(-\frac{U(x)}{kT}\right) \cong n\left(1 - \frac{U(x)}{kT}\right)$. $U(x)$ - este energia potențială a electronului.

a) Găsiți potențialul câmpului electric $\phi(x)$ luând în considerație sarcina electrică indusă. Demonstrați că $\phi(x) = \phi_0 e^{-x/\lambda_D}$. Determinați mărimile ϕ_0 - (1,0 p.), λ_D - (1,0 p.)

b) Găsiți forma potențialului coulombian în cazul ecranării (potențialul Yukawa). - (0,5 p.).

Analizați cazul limită, când sarcina indusă este egală cu zero. - (0,5 p.).

Probleme propuse de:

dr. hab., prof. univ. Alexandr Cliucanov

dr., conf. cerc. Sergiu Vatavu

Universitatea de Stat din Moldova