

OLYMPIC VẬT LÝ SINH VIÊN TOÀN QUỐC LẦN THỨ XXII
ĐỀ THI LÝ THUYẾT

Thời gian làm bài: 180 phút.

Câu 1. (10 điểm) Một tụ điện phẳng có khoảng cách giữa hai bản tụ là d , được đặt trong không khí và nối với nguồn điện một chiều có hiệu điện thế U . Trong khoảng không gian giữa hai bản tụ điện có từ trường đều với vector cảm ứng từ có độ lớn B và hướng như hình 1.1

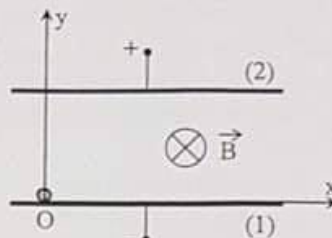
($\vec{B} = -B\vec{k}$ với \vec{k} là vector đơn vị hướng theo trục Oz). Một electron có khối lượng m và điện tích với độ lớn e , xuất phát từ gốc tọa độ O trên bản tích điện âm (bản 1) với vận tốc ban đầu bằng không. Giả thiết các bản tụ điện có kích thước đủ dài. Bỏ qua trọng lực của electron. Xét chuyển động của electron trong mặt phẳng xOy .

a. Tìm biểu thức sự phụ thuộc của vận tốc của electron vào thời gian t .

b. Tại thời điểm t , electron có tọa độ (x, y) và tốc độ v . Tìm biểu thức của v theo e, U, m, d và y .

c. Tìm phương trình chuyển động của electron trong hệ tọa độ xOy .

d. Hiệu điện thế U phải thỏa mãn điều kiện gì để electron có thể đến được bản dương (bản 2).



Hình 1.1

Câu 2. (10 điểm) Trong mùa đông giá lạnh, đất bị đóng băng đến độ sâu 2,0 m. Ở độ sâu $H = 1$ m có một ống đồng dẫn nước dài $L = 100$ m, bán kính $r = 0,20$ m và thành ống có độ dày $h = 5,0$ mm. Nước trong ống bị đóng băng với nhiệt độ của băng trong ống và của nền đất quanh ống là $T_0 = -10^\circ\text{C}$. Để hoạt động cấp nước bình thường, người ta làm nóng ống dẫn nước bằng cách đặt vào hai đầu ống một điện áp không đổi $U_0 = 220$ V.

1. Giả sử nền đất đóng băng không dẫn điện và nhiệt lượng do nguồn điện cung cấp chỉ để làm nóng băng trong ống, hãy xác định khoảng thời gian t_1 mà băng trong ống tan hết. Biết khối lượng riêng, nhiệt dung riêng và nhiệt lượng tan chảy riêng của băng lần lượt là $\rho_b = 900$ kg/m³, $c_b = 2100$ J/kgK và $\lambda_b = 330$ kJ/kg. Nhiệt dung riêng của ống có thể bỏ qua. Điện trở suất của đồng là $\gamma_d = 1,7 \cdot 10^{-8}$ $\Omega \cdot \text{m}$. Nước trong đường ống không dẫn điện.

2. Xung quanh đường ống là nền đất đóng băng gồm 10% thể tích là băng và 90% thể tích là đất. Cho rằng 50% nhiệt lượng do nguồn điện cung cấp được dành cho việc làm nóng nền đất xung quanh đường ống và làm tan chảy băng trong nền đất đó. Độ dẫn nhiệt của đất đóng băng nhỏ hơn độ dẫn nhiệt của đất đã tan băng nhiều lần.

a. Hãy xác định khoảng thời gian t_2 mà băng trong ống tan hết.

b. Bán kính x của hình trụ chứa phần đất đã tan băng trong nền đất xung quanh ống dẫn phụ thuộc vào thời gian như thế nào?

c. Vẽ hình dạng đồ thị của sự phụ thuộc $x(t)$ coi khối lượng riêng của nền là $\rho_n = 2500$ kg/m³, nhiệt dung riêng của nền là $c_n = 840$ J/kg.độ.

3. Nền đất đóng băng không dẫn điện nhưng khi băng trong đất bắt đầu tan, nền đất trở nên dẫn điện với điện trở suất $\gamma_n = 2,0 \cdot 10^{-68}$ $\Omega \cdot \text{m}$.

a. Tìm quy luật phụ thuộc của điện trở R_n của nền đất tan băng vào thời gian. Coi rằng nhiệt lượng do dòng điện tỏa vào nền đất chỉ dùng để làm nóng chính nền đất đó.

b. Hãy xác định nhiệt lượng nền đất đã nhận (ngoài phần đã tỏa ra ở ống dẫn nước) trong khoảng thời gian kể từ khi đặt nguồn điện vào đường ống cho đến khi băng trong ống tan hết. Biết rằng nước trong ống không dẫn điện.

Câu 3. (10 điểm)

1) Ánh sáng đơn sắc kết hợp có bước sóng λ chiếu vuông góc qua 3 khe rất hẹp (bỏ qua độ rộng của khe) S_1, S_2 và S_3 như hình 2.1. Khoảng cách giữa hai khe liên tiếp là d . Vectơ cường độ điện trường của sóng ánh sáng tới 3 khe biến thiên điều hòa theo thời gian theo quy luật $E = E_0 \sin \omega t$. Bỏ qua sự mất mát năng lượng khi ánh sáng truyền từ các khe tới màn quan sát. Khoảng cách d giữa các khe rất nhỏ so với khoảng cách từ các khe tới màn quan sát.

a. Tìm biểu thức cường độ sáng tại một điểm P trên màn quan sát theo I_0, λ, d và θ trong đó I_0 là cường độ ánh sáng tại O, θ là góc xác định vị trí của điểm P trên màn quan sát.

b. Từ biểu thức của cường độ sáng tìm được trong ý 1a hãy xác định góc θ ứng với các vị trí của các cực đại chính, cực đại phụ và cực tiểu. Xác định tỉ số giữa cường độ của cực đại chính và cực đại phụ.

2) Bây giờ ta xét sự nhiễu xạ của ánh sáng qua một khe S có độ rộng a rất nhỏ so với chiều dài của nó như hình 2.2. Ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ chiếu vuông góc tới khe. Vectơ cường độ điện trường của sóng ánh sáng tới khe biến thiên điều hòa theo thời gian theo quy luật $E = E_0 \sin \omega t$. Khoảng cách từ khe tới màn quan sát rất lớn so với kích thước của khe.

a. Tìm biểu thức cường độ sáng tại một điểm P trên màn quan sát theo I_0, λ, a và θ trong đó I_0 là cường độ ánh sáng tại O, θ là góc xác định vị trí của điểm P trên màn quan sát.

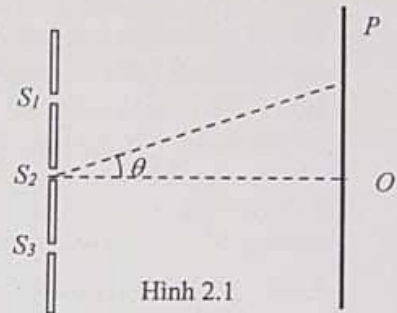
b. Từ biểu thức cường độ sáng tìm được trong ý 2a hãy xác định góc θ ứng với vị trí các cực tiểu và phương trình xác định góc θ ứng với vị trí các cực đại phụ.

c. Giả sử gần đúng các cực đại phụ nằm chính giữa các cực tiểu liên tiếp trên màn. Hãy ước tính tỉ số của cường độ của cực đại phụ bậc 1 và bậc 2 so với cường độ của cực đại tại O . Nhận xét kết quả thu được.

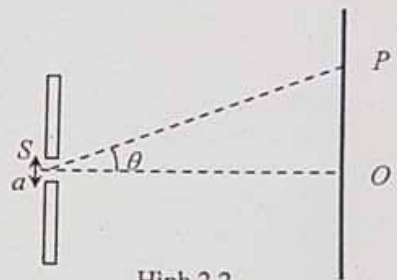
3) Các khe S_1, S_2 và S_3 trong ý 1 có độ rộng bằng a . Tìm biểu thức cường độ sáng tại điểm P trên màn theo I_0, λ, d, a và θ trong đó I_0 là cường độ ánh sáng tại O, θ là góc xác định vị trí của điểm P trên màn quan sát.

Câu 4. (10 điểm)

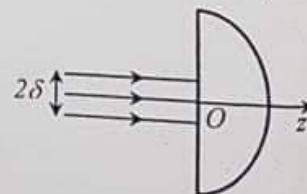
Một bán cầu thủy tinh trong suốt bán kính R , có chiết suất n , được giữ cố định trong không khí (chiết suất bằng 1). Một chùm sáng laser đơn sắc có công suất P , chiếu tới vuông góc và phân bố đều ở khu vực trung tâm mặt phẳng của bán cầu như hình 4.1. Bán kính của tiết diện của chùm laser là $\delta (\delta \ll R)$. Cả bán cầu thủy tinh và chùm tia laser đều đối xứng trục đối với trục z . Coi bán cầu thủy tinh không hấp thụ ánh sáng laser. Bề mặt của bán cầu được phủ một lớp mỏng vật liệu trong suốt sao cho sự phản xạ có thể bỏ qua được khi ánh sáng đi vào và đi ra khỏi bán cầu thủy tinh. Quang trình của chùm ánh sáng laser qua lớp bề mặt không phản xạ cũng có thể bỏ qua. Bỏ qua các số hạng bậc $(\delta/R)^3$ hoặc cao hơn. Tốc độ ánh sáng trong chân không là c . Tìm lực do chùm laser tác dụng lên bán cầu thủy tinh theo P, R, n, δ và c .



Hình 2.1



Hình 2.2



Hình 4.1