Exame de Seleção

Mestrado e Doutorado em Física

1º Semestre de 2014

2ª Prova – 05/02/2014

Mecânica Estatística e Eletromagnetismo

Instruções

- Cada prova tem duração de 4 horas.
- Não se identifique no caderno de respostas.
- Não é permitido consulta a materiais bibliográficos que não o formulário entregue junto com a prova, o qual deve ser devolvido no final da prova.
- Não é permitida a utilização de equipamentos eletrônicos tais como celulares, calculadoras e outros.
- Responda a questão na folha indicada para cada questão.
- Caso seja necessário utilizar mais de uma página, solicite uma folha extra, registrando seu código e questão nos campos indicados.
- Para borrão, utilize as folhas indicadas como borrão no final de cada caderno de prova. É importante salientar que as respostas contidas nessas folhas não serão consideradas.

Candidato

Candidato	

Q1 - Termodinâmica de um sistema magnético

Uma porção de n moles de uma substância paramagnética é usada como sistema termodinâmico para construir uma máquina de Carnot. A equação de estado dessa substância é

$$H = nD\frac{H}{T},$$

onde H é o campo magnético, T é a temperatura absoluta e D é uma constante característica da substância.

(a) Mostre que a energia interna e capacidade calorífica C_M dependem apenas da temperatura, isto é, não dependem da magnetização. (0,5 pontos)

(b) Considere agora que $C_M = C$ é constante. Faça um esboço do diagrama de um ciclo de Carnot no plano $(H - M)$. (0,5 pontos)

(c) Calcule o calor total absorvido pela máquina de Carnot correspondente. (1,0 ponto)

(d) Calcule o trabalho realizado pela máquina de Carnot correspondente. (1,0 ponto)

(e) Verifique a eficiência do ciclo de Carnot. (1,0 ponto)

Q2 - Gás ideal no ensemble canônico

Um gás ideal consistindo de N massas pontuais está contido em um recipiente de volume V.

(a) Determine a função de partição do sistema. (0,5 pontos)

(b) Calcule energia livre de Helmholtz. (0,5 pontos)

(c) Calcule a entropia e o potencial químico e comente seus respectivos comportamentos assintóticos no limite de altas e baixas temperaturas. (1,0 ponto)

(d) Calcule a energia interna e o calor específico e comente seus respectivos comportamentos assintóticos no limite de altas e baixas temperaturas. (1,0 ponto)

Suponha agora que o gás ideal está contido em um cilindro de raio R e comprimento L. O cilindro roda em torno de seu eixo com uma velocidade angular constante ω, está em equilíbrio térmico a temperatura T e não sofre efeitos de gravitação. O Hamiltoniano que descreve o movimento em um sistema de coordenadas rodando é $\bar{H} = H - \omega L$, onde H é o Hamiltoniano no sistema de coordenadas em repouso e L é o momento angular.

(e) Escreva o Hamiltoniano do sistema na sua forma explícita. (1,0 ponto)

(f) Calcule a distribuição de densidade do gás ideal no interior do cilindro. (1,0 ponto)

(g) Calcule a função de partição do sistema. (1,0 ponto)

Dados úteis:

Primeira lei da Termodinâmica:

$$dU = đQ - đW$$

Trabalho generalizado:

$$đW = pdV - JdL - \sigma dA - \vec{E}\cdot d\vec{P} - \vec{H}\cdot d\vec{M} - \phi dq - \sum_j \mu_j dN_j$$

Q3 - Cargas estáticas são distribuídos ao longo do eixo $-x$ (unidimensional) no intervalo $-a \le x \le a$. A densidade de carga ρ é

$$\begin{cases} \rho(x'), & |x'| \le a, \\ 0, & |x'| > a. \end{cases}$$

a) Escreva uma expressão para o potencial eletrostático $\Phi(x)$ num ponto x do eixo em termos de $\rho(x')$. (1,0 ponto)

b) Deduza uma expansão multipolar para o potencial para $x > a$. (1,0 ponto)

c) Para cada configuração de carga dada na Figura. 1, encontrar (3,0 pontos)

i. a carga total $Q = \int \rho\, dx'$,

ii. o momento dipolar $P = \int x'\rho\, dx'$,

iii. o momento quadrupolar $Q_{xx} = 2\int (x')^2 \rho\, dx'$,

iv. o termo principal (em potências de $1/x$) do potencial no ponto $x > a$.

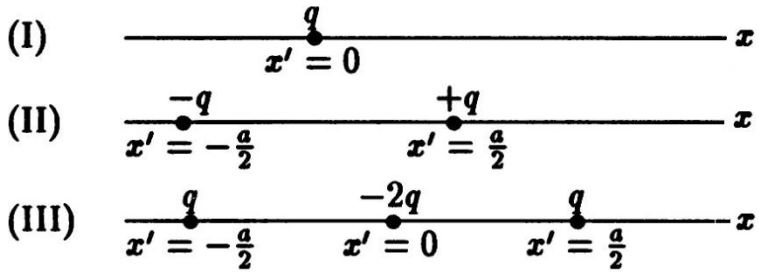

Figura 1

Q4 - Um capacitor cilíndrico tem um condutor interno de raio r_1 e um condutor externo do raio r_2. O condutor externo esta aterrado e o condutor interno esta submetido a um potencial positivo V_0. Calcular em termos de V_0, r_1 e r_2,

a) o campo elétrico em r ? $(r_1 < r < r_2)$ (1,0 ponto)

b) qual é o potencial de r ? (1,0 ponto)

c) Se uma pequena carga Q negativa que está inicialmente em r se desloca para r_1, em quanto muda a carga sobre o condutor interno? (1,0 ponto)

Q5 - Uma força constante F é aplicada a um fio de massa m e longitude ℓ. O fio parte do repouso. O fio se move através de uma região onda há um campo magnético uniforme B. O plano de movimento do fio é perpendicular ao campo magnético. Suponha que não há atrito nos contatos e que a autoindutância do circuito pode ser ignorado (vide Figura 2).

a) Calcular a velocidade do fio, como uma função do tempo. (1,0 ponto)

b) Calcular a corrente através da resistência R, como uma função do tempo. Qual é o sentido da corrente? (1,0 ponto)

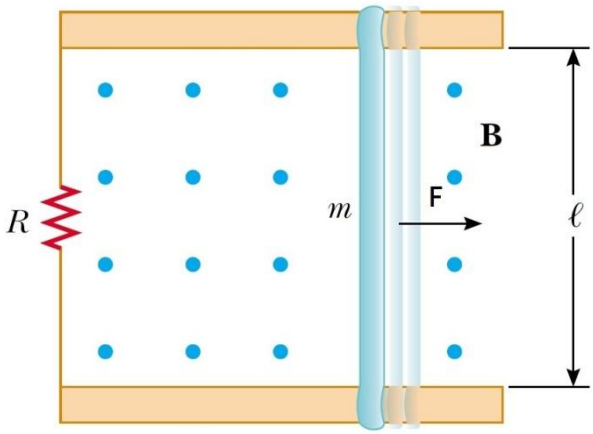

Figura 2

Exame de Seleção – Programa de Pós-Graduação em Física – 2014.1

Candidato		**Questão**	**Q1**

Candidato		**Questão**	**Q2**

Candidato		**Questão**	**Q3**

Candidato		**Questão**	**Q4**

Candidato		**Questão**	**Q5**