UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

FUNDAÇÃO Instituída nos termos da Lei nº 5.152, de 21/10/1996 – São Luís – Maranhão

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA

Exame de Seleção

Mestrado e Doutorado em Física

2º Semestre de 2013

2ª Prova – 14/08/2013

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

Av. dos Portugueses, S/N – Campus Universitário do Bacanga – São Luís – MA – 65.080-040

Fone: (098) 3301-8204 – Fax: (098) 3301-8204

Candidato	

Q1 - Um mol de um gás ideal sofre uma expansão isotérmica reversível de volume V_1 para $2V_1$.

(a) Qual é a mudança na entropia do gás? (0.75 pontos)

(b) Qual é a mudança na entropia do universo? (0.5 pontos)

(c) Suponha que a mesma expansão ocorre como uma expansão livre:

(d) Qual é a mudança na entropia do gás? (0.75 pontos)

(e) Qual é a mudança na entropia do universo? (0.5 pontos)

Q2 - Considere um sistema de dois átomos, cada um tendo apenas três estados quânticos de energias $0, E, 2E$. O sistema está em contato com um reservatório de calor a temperatura T. Derive a função de partição canônica Z para este sistema, se as partículas obedecem:

(a) a estatística clássica e são distinguíveis. (0.5 pontos)

(b) a estatística clássica e são indistinguíveis. (0.75 pontos)

(c) a estatística de Fermi-Dirac. (0.75 pontos)

(d) a estatística de Bose-Einstein. (0.5 pontos)

Q3 - Para um oscilador harmônico com massa m e frequência angular ω, calcule a função de partição canônica.

(a) clássica *(1.0 ponto)*

(b) quântica *(1.0 ponto)*

(c) Considere agora um sistema consistindo de N osciladores. Derive a função de partição canônica quântica e calcule, como uma função da temperatura, as seguintes quantidades termodinâmicas:

(d) a energia interna. Discuta o comportamento no limite de altas e baixas temperaturas. *(1.0 ponto)*

(e) a entropia. Discuta o comportamento no limite de altas e baixas temperaturas. *(1.0 ponto)*

(f) a capacidade calorífica. Discuta o comportamento no limite de altas e baixas temperaturas. *(1.0 ponto)*

Q4 - Considere uma esfera metálica de raio R, oca, com carga Q_1 positiva em sua superfície.

(a) Escreva o potencial elétrico e campo elétrico gerado por esta esfera em todo espaço. [Valor: 0,6 pt]

(b) É correto afirmar que uma carga de prova positiva q desloca-se de uma região de menor potencial para região de maior potencial? Explique? O que é verdadeiro para cargas de prova negativas? [Valor: 0,7 pt]

(c) Considere agora a presença de outra esfera, concêntrica à primeira, de raio $r_0 < R$, e dotada de carga Q_0 (positiva). Determine o potencial elétrico e campo gerado por estas duas esferas em todo o espaço. [Valor: 1,0 pt]

(d) O gerador de Vaan Graaf é constituído por duas esferas metálicas concêntricas, de raios r_0 e R, contendo cargas Q_0 e Q_1 positivas. Tais esferas estão interligadas por um fio condutor fino. Explique o princípio de funcionamento deste artefato. O que ocorre com qualquer carga q (positiva) adicionada à esfera interna?? Explique. [Valor: 1,2 pt]

Q5 - Considere as equações de Maxwell no vácuo em um meio genérico de índice de refração n:

$$\nabla \times \vec{H} - \frac{\partial}{\partial t}\vec{D} = \vec{j}, \qquad (1)$$
$$\nabla \times \vec{E} + \frac{\partial}{\partial t}\vec{B} = 0, \qquad (2)$$
$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho, \qquad (3)$$
$$\nabla \cdot \vec{B} = 0, \qquad (4)$$

onde $\vec{B} = \mu\vec{H}$, $\vec{D} = \varepsilon\vec{E}$.

(a) Qual destas equações está associada à lei de Faraday? Demonstre sua afirmação usando teorema integral. [Valor: 0,75 pt]

(b) Qual destas equações está associada à lei de Ampere? Demonstre sua afirmação usando teorema integral. [Valor: 0,75 pt]

(c) Suponha que a equação (4) fosse escrita (no vácuo) como $\nabla \cdot \vec{B} = \rho_m$. Qual a consequência física desta equação? Determine o campo $\vec{B}$ em todo o espaço. Escreva este campo vetorialmente e faça um mapa vetorial do mesmo. [Valor: 1,0 pt]

(d) Reescreva as equações de Maxwell no vácuo para os campos $\vec{B}$ e $\vec{E}$, considerando $\rho \neq 0, \vec{j} \neq 0$. Use $\mu_0\varepsilon_0 = 1/c^2$. Nesta situação, compare a lei de Gauss para o campo elétrico no vácuo e no meio dielétrico. Qual a principal modificação induzida pela presença do meio dielétrico? Qual seu efeito físico sobre o campo gerado por uma carga q pontual? [Valor: 1,0 pt]

(e) Partindo das equações de Maxwell no vácuo, do item anterior, escreva equações de onda para os campos $\vec{B}$ e $\vec{E}$ aplicando o operador rotacional nas eqs. (1) e (2). Qual a velocidade de propagação destas ondas? [Valor: 1,0 pt]

(f) Considere as equações de onda encontradas no item (d) na ausência de fontes, $\rho = 0, \vec{j} = 0$. Suponha que os campos elétrico e magnético possuem uma dependência harmônica da forma, $\vec{E}(r,t) = \vec{E}_0 e^{i(\vec{k}\cdot\vec{r}-\omega t)}$, $\vec{B}(r,t) = \vec{B}_0 e^{i(\vec{k}\cdot\vec{r}-\omega t)}$, onde $\vec{E}_0$ e $\vec{B}_0$ são vetores constantes. Reescreva as equações de Maxwell nesta situação em termos de $\vec{E}_0$ e $\vec{B}_0$, $\vec{k}$, ω. Qual relação de ω em função de $\vec{k}$ (relação de dispersão)? [Valor: 1,0 pt]

(g) Na situação descrita no item (f), identifique o vetor $\vec{k}$, e o situe espacialmente em relação aos campos $\vec{B}$ e $\vec{E}$. Escreva $\vec{B}_0$ em função de $\vec{E}_0$. Existe alguma situação em que os campos $\vec{B}$ e $\vec{E}$ deixam de ser ortogonais a $\vec{k}$. Explique qual, se houver. [Valor: 1,0 pt]