



# 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 2015

2ª Prova – 29/07/2015

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

**D2**

Candidato

D2

**Q1** - Calcular os seguintes itens:

(a) A densidade de entropia  $s$  do campo de radiação de um corpo negro usando as seguintes relações entre a densidade de energia,  $u$ , pressão de radiação de cavidade,  $p$ , e a temperatura absoluta  $T$ : (1,0 ponto)

$$p = \frac{1}{3}u, \quad u = \sigma T^4,$$

onde  $\sigma$  é uma constante.

(b) Use os resultados do item (a) e desenhe as linhas isotérmicas e adiabáticas para um ciclo de Carnot. (1,0 ponto)

Considere o ciclo de Carnot do item (b) e calcule:

(c) O calor absorvido ou liberado pelo sistema durante o processo isotérmico. (1,0 ponto)

(d) O trabalho realizado durante o ciclo. (1,0 ponto)

**Q2** - Considere um sistema de  $N$  átomos não interagentes com spin  $S = 1$  em equilíbrio à temperatura  $T$  na presença de um campo magnético externo  $H$ . A energia de cada átomo depende da projeção do spin na direção do campo na forma  $E_m = -g\mu_B H m$ , com  $m = -1, 0, +1$ .

(a) Calcule a função de partição para  $N$  átomos não-interagentes. (1,0 ponto)

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

(c) Qual é a entropia por átomos nos limites  $T \rightarrow 0$  e  $T \rightarrow \infty$ ? (1,0 ponto)

**Q3**- Uma caixa tridimensional contém um tipo estranho de matéria cujas partículas são não interagentes, mas possuem uma relação de dispersão modificada,  $\varepsilon(\vec{p}) = A|\vec{p}|^\alpha$ , onde  $A > 0$  e  $\alpha > 0$  são parâmetros desconhecidos. Suponha que as partículas não tem graus de liberdade internos ativos.

(a) Encontre a função de partição para  $N$  partículas distinguíveis. (1,5 pontos)

(b) Mostre que a equação de estado (relação entre pressão, volume e temperatura) não depende de  $A$  ou  $\alpha$ . (1,0 ponto)

(c) Calcule a energia interna do gás e a capacidade térmica. (1,0 ponto)

**Q4**- Um dispositivo está formado por dois condutores esféricos concêntricos de raios  $r_1$  e  $r_2$  ( $r_1 < r_2$ ). O condutor externo está aterrado e o interno está a potencial  $V$ . Calcular os seguintes itens:

a) O potencial eletrostático e o campo elétrico em todo o espaço se  $V = V_0$ . A densidade superficial de carga sobre cada condutor. (2,0 pts)

b) O potencial eletrostático e o campo elétrico em todo o espaço se  $V = V_0 \cos\theta$ . A densidade superficial de carga sobre cada condutor. (2,0 pts)

c) Em ambos os casos, é possível construir um capacitor na região entre  $r_1$  e  $r_2$ ? Qual a capacitância? (1,0 pt)

**Q5-** Um fio reto e longo transporta uma corrente  $I$  está no mesmo plano de uma espira retangular de lados  $a$  e  $b$ . A espira afasta-se com velocidade  $\vec{v}$  perpendicular ao fio, como mostra a Figura 1. No instante em  $t = 0$ , a espira está a uma distância  $D$  do fio.

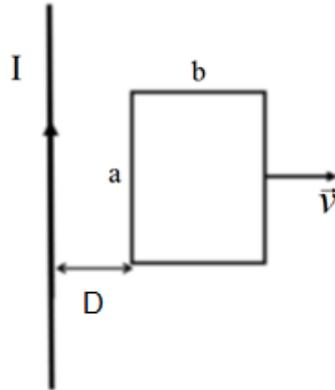


Figura 1

A espira tem resistência  $R$ . Determine:

- O fluxo magnético através da espira na posição indicada na figura. Este fluxo aumenta ou diminui com o tempo? Explique. (1,5 pts)
- A f.e.m. induzida em função do tempo. (1,0 pt)
- A intensidade e o sentido da corrente induzida na espira em função do tempo. Qual o critério para determinar o sentido da corrente induzida? (1,0 pt)
- Considere um círculo de raio  $\sqrt{ab/\pi}$  no lugar da espira retangular, calcular o fluxo magnético pela mesma e comente as diferenças. (1,5 pts)

**FÓRMULAS ÚTEIS:**

$$\int_{-\infty}^{+\infty} dx e^{-ax^2} = \sqrt{\frac{\pi}{a}}$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} dx e^{-ax^2} x^2 = \frac{\sqrt{\pi}}{2a^{\frac{3}{2}}}$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} dx e^{-x^b} x^2 = \frac{\Gamma(3/b)}{b}$$

$$F = U - TS = -kT \ln(Z)$$

$$\bar{X} = kT \frac{\partial}{\partial x} \ln(Z)$$

$$C = \frac{\partial \bar{E}}{\partial T}$$

$$dU = TdS - pdV + \mu_i dN_i$$

$$Z = \sum_i e^{-\frac{E_i}{kT}}$$

$$Z(T, V, N) = \frac{1}{N! h^{3N}} \int d^{3N} q d^{3N} p e^{-\frac{H(p, q)}{kT}}$$

$$\int_0^\pi d\theta \sin \theta P_\ell(\cos \theta) P_{\ell'}(\cos \theta) = \frac{2}{2\ell + 1} \delta_{\ell\ell'}$$

$$\Phi(r, \theta) = \sum_{\ell=0}^{\infty} \left( A_\ell r^\ell + \frac{B_\ell}{r^{\ell+1}} \right) P_\ell(\cos \theta)$$

$$P_0(\cos \theta) = 1, P_1(\cos \theta) = \cos \theta, P_2(\cos \theta) = \frac{3}{2} \cos^2 \theta - \frac{1}{2}$$

Exame de Seleção – Programa de Pós-Graduação em Física – 2015.2

<b>Candidato</b>	<b>D2</b>	<b>Questão</b>	<b>Q1</b>
------------------	-----------	----------------	-----------

<b>Candidato</b>	<b>D2</b>	<b>Questão</b>	<b>Q2</b>
------------------	-----------	----------------	-----------

<b>Candidato</b>	<b>D2</b>	<b>Questão</b>	<b>Q3</b>
------------------	-----------	----------------	-----------

<b>Candidato</b>	<b>D2</b>	<b>Questão</b>	<b>Q4</b>
------------------	-----------	----------------	-----------

Exame de Seleção – Programa de Pós-graduação em Física – 2015.2

<b>Candidato</b>	<b>D2</b>	<b>Questão</b>	<b>Q5</b>
------------------	-----------	----------------	-----------