



# 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

1º Semestre de 2015

2ª Prova – 22/01/2015

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

**D1**

<b>Candidato</b>	<b>D1</b>
------------------	-----------

**Q1** - Considere um gás ideal em um processo reversível.

- (a) Calcule o trabalho realizado quando o gás sofre uma expansão isotérmica (à temperatura  $T$ ) para um estado final cujo volume é  $N$  vezes o inicial. (1,0 pt)
- (b) Calcule o trabalho realizado quando o gás sofre uma expansão adiabática para um estado final cujo volume é  $N$  vezes o inicial. (1,5 pts)

**Q2** - Considere um sistema hipotético, composto por muitas partículas e cujos inúmeros estados acessíveis possuem energia igual a  $E_n = (nb + a)$ , sendo  $n$  um inteiro não negativo,  $a, b$  números reais positivos.

- (a) Calcule a função de partição para este sistema supondo-se infinitos estados acessíveis. [Valor: 1,0pt]
- (b) Calcule a energia média deste sistema. [Valor: 1,0 pt]
- (c) Calcule o calor específico deste sistema [Valor: 1,0 pt]
- (d) Conhece algum sistema físico com comportamento similar ao discutido acima? Justifique. [Valor: 1,0 pt]

**Q3**- Considere um gás monoatômico composto por  $N$  moléculas idênticas de massa  $m$ , confinado em um recipiente de volume  $V$ , em contato com um reservatório térmico à temperatura  $T$ . Seja  $\vec{r}_i$  e  $\vec{p}_i$  a posição e o momento da  $i$ -ésima partícula do gás, de modo

que a energia total do gás é escrita como  $E = \sum_i \frac{p_i^2}{2m} + U(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3, \dots, \vec{r}_N)$ , onde

$U(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3, \dots, \vec{r}_N)$  representa a energia potencial entre as partículas do gás.

- (a) Sendo a função de partição dada por  $Z = \int \{ e^{-\beta E} \} d^3\vec{r}_1 \dots d^3\vec{r}_N d^3\vec{p}_1 \dots d^3\vec{p}_N$ , calcule-a para um **gás ideal** realizando as integrações necessárias. [Valor: 2,0 pts]
- (b) Calcule a energia média do gás e a energia média por partícula. Há algum princípio da teoria cinética dos gases que pode ser lido deste resultado? Enuncie-o se houver. [Valor: 1,5 pt]

**Dicas:**

$$Z = \sum_{n=0}^{\infty} e^{-\beta E_n} \sum_{n=0}^{\infty} e^{-nx} = \frac{1}{1 - e^{-x}}, \quad \bar{E} = -\frac{\partial}{\partial \beta} \ln Z, \quad C_V = \left( \frac{\partial \bar{E}}{\partial T} \right)_V,$$

$$\bar{p} = \frac{1}{\beta} \frac{\partial}{\partial V} \ln Z, \quad \int_{-\infty}^{\infty} e^{-ax^2} dx = \sqrt{\pi/a}.$$

**Q4** - Um dispositivo está formado por dois condutores esféricos concêntricos de raios  $r_1$  e  $r_2$  ( $r_1 < r_2$ ). Um material de constante dielétrica  $\varepsilon$  preenche o espaço entre eles. O condutor externo está submetido a um potencial positivo  $V_1$  e o interno está a potencial  $-V_2$ . Calcular os seguintes itens:

- O potencial eletrostático em todo o espaço. (1,0)
- O campo elétrico em todo o espaço. (0,5)
- A densidade superficial de carga sobre cada condutor. (0,5)
- A densidade de carga de polarização para  $r_1 < r < r_2$  e as densidades superficiais de carga de polarização em  $r = r_1$  e  $r = r_2$ . (1,0)
- Sob quais condições podemos construir um capacitor na região entre  $r_1$  e  $r_2$ . Qual a capacitância? (1,5)

**Q5** - As equações de Maxwell no vácuo e na presença de fontes são

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}, \quad \nabla \times \vec{E} + \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = 0$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0, \quad \nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

- Escrever os campos elétrico e magnético em termos de duas quantidades, uma vetorial  $\vec{A}$  e a outra escalar  $\Phi$ . (0,5)
- Escrever as equações diferenciais satisfeitas pelo potencial vetor  $\vec{A}$  e pelo potencial escalar  $\Phi$ . (1,0)
- Sob qual condição de calibre os campos  $\vec{A}$  e  $\Phi$  satisfazem uma equação de onda padrão? Escreva tais equações. (1,0)
- Escrever as equações diferenciais satisfeitas pelos campos elétrico e magnético. (1,5)
- Provar que se  $\rho$  e  $\vec{J}$  forem nulos os campos  $\vec{E}$  e  $\vec{B}$  são determinados apenas pelo potencial vetor  $\vec{A}$ . (1,0)

Exame de Seleção – Programa de Pós-Graduação em Física – 2015.1

<b>Candidato</b>	<b>D1</b>	<b>Questão</b>	<b>Q1</b>
------------------	-----------	----------------	-----------

Exame de Seleção – Programa de Pós-Graduação em Física – 2015.1

<b>Candidato</b>	<b>D1</b>	<b>Questão</b>	<b>Q2</b>
------------------	-----------	----------------	-----------

<b>Candidato</b>	<b>D1</b>	<b>Questão</b>	<b>Q3</b>
------------------	-----------	----------------	-----------

<b>Candidato</b>	<b>D1</b>	<b>Questão</b>	<b>Q4</b>
------------------	-----------	----------------	-----------