



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 2018

2ª Prova – 13/06/2018

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

D10

Candidato

D10

Q1 - Considere dois objetos com capacidades térmicas iguais dados por $C(T) = \frac{a}{T}$ onde T representa a temperatura e a a constante de proporcionalidade. Se suas temperatura iniciais forem T_{10} e T_{20} ($T_{20} > T_{10}$) e entrarem em equilíbrio térmico (mantendo ambos o volume constante) enquanto fornece o maior trabalho possível a fonte de trabalho reversível. Calcule:

- a) **(2,0 pts.)** Qual a temperatura final de equilíbrio.?
- b) **(2,0 pts.)** Qual é o trabalho máximo que pode ser transferido a fonte de trabalho reversível no caso que $T_{20} = 3T_{10}$?

Q2 - Considere as descrições dos sistemas termodinâmicos seguintes.

- a) **(2,0 pts.)** A multiplicidade de um sistema com energia U que ocupa um volume V é representado por $g(U, V) = A \exp[B(UV)^{(1/2)}]$, onde A e B são constantes. Determine a entropia em função da temperatura, volume e das constantes.
- b) **(2,0 pts.)** Seja um sistema com apenas dois níveis de energia acessíveis E_1 e E_2 no equilíbrio térmico com um reservatório a temperatura T , sendo o nível menos energético (E_1) não degenerado e o mais energético (E_2) duplamente degenerado.
- (i) Determine a energia interna média do sistema; e
- (ii) A probabilidade do nível menos energético estar ocupado no limite de alta temperatura
($T \gg E_1, T \gg E_2$).
- c) **(2,0 pts.)** O Hamiltoniano de N osciladores harmônicos distinguíveis de frequência ω contém dois termos para cada partícula: (i) $\frac{p^2}{2m}$ e (ii) $\frac{1}{2}m\omega^2 q^2$, onde m, p e q denotam, respectivamente, a massa, momento e posição da partícula. Calcule a energia interna.

Fórmulas:

$$U = F + TS; \quad p = -\frac{\partial F}{\partial V};$$

$$S = -\frac{\partial F}{\partial T}; \quad \mu = \frac{\partial F}{\partial N};$$

$$2 \cosh(x) = \exp(x) + \exp(-x);$$

$$Z(T, V) = \frac{1}{h^3} \int d^3 q d^3 p \exp(-\beta h(q, p)).$$

Q3 - Sejam P_1 e P_2 dois pontos no espaço, na presença de um campo elétrico. A definição de diferença de potencial (d.d.p.) eletrostático é dada por,

$$V(P_2) - V(P_1) = - \int_{P_1(C)}^{P_2} \vec{E} \cdot d\vec{l},$$

onde C representa o caminho da integração de linha.

- a) **(1,0 pts)** Conhecendo-se o campo elétrico no espaço e o potencial no ponto P_1 , é possível determinar univocamente o potencial em qualquer ponto P_2 do espaço? Sim ou não? Por que? Explique.
- b) **(1,0 pts)** Considere um campo elétrico uniforme do tipo $\vec{E} = E\hat{x}$, determine a expressão da variação do potencial no espaço. É possível afirmar que “o potencial sempre cresce (tornando-se mais positivo) à medida que se caminha na direção e sentido do campo elétrico”? Reescreva essa frase corretamente, caso você discorde da mesma.
- c) **(1,0 pts)** Considere agora um campo elétrico coulombiano,

$$\vec{E}(r) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r^2} \hat{r}.$$

Determine o potencial eletrostático em todo espaço, usando adequadamente um “potencial de referência”. Explique sua escolha do potencial de referência.

- d) **(0,5 pts)** No entorno de uma carga pontual negativa é possível afirmar que “o potencial sempre cresce (tornando-se mais negativo) à medida que se afasta de tal carga”? Corrija tal frase, se necessário.
- e) **(1,5 pts)** O gerador **Van de Graaff** é constituído por duas esferas metálicas concêntricas, de raios R_1 e R_2 , sendo $R_2 > R_1$, que podem ser interligadas por um fio condutor. Supondo a presença de uma carga q_1 na esfera interna, e q_2 na externa. Determine o potencial eletrostático em todo espaço enquanto o fio condutor interligante ainda não estiver ligado.
- f) **(2,0 pts)** Comparando o valor do potencial nas duas superfícies, explique a física do mecanismo que permite o funcionamento deste artefato. Explique tudo que for necessário para esse artefato funcionar. Explique o que esse artefato é capaz de fazer e como.
- g) **(1,0 pts)** Considere uma superfície condutora de forma arbitrária, conexa, e carregada (contendo carga $+Q_T$). Use a lei de Gauss para determinar o campo elétrico dentro, nas vizinhanças externas desta superfície e também em pontos muito distantes desta superfície.
- h) **(2,0 pts)** Considere uma superfície condutora com região pontiaguda, tal qual a mostrada na Fig. 1, contendo carga Q_T . O ponto de partida é o potencial calculado na superfície de duas

esferas isoladas, **distantes**, de raios R_1 e R_2 , sendo $R_1 \gg R_2$, com cargas q_1 e q_2 , onde $Q_T = q_1 + q_2$, tal qual representado na Fig.2. Descreva (numericamente e qualitativamente) que ocorre quando tais esferas isoladas são interligadas por dois fios condutores, replicando aproximadamente o cenário da Fig.1. Calcule as cargas finais em cada esfera em função de Q_T . Usando esse “toy-model”, explique e descreva o chamado “efeito das pontas”. Represente o campo elétrico nas proximidades da superfície da Fig.1.

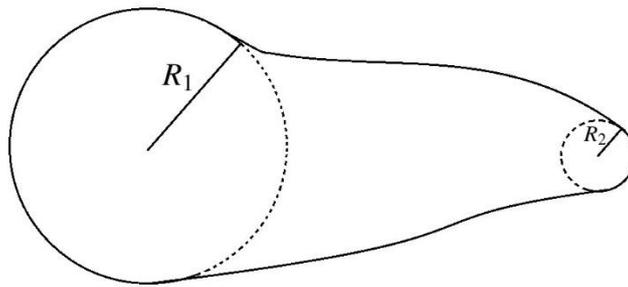


Fig. 1: Superfície condutora pontiaguda

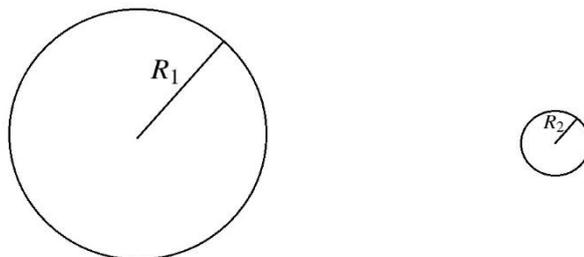


Fig. 2: Duas esferas condutoras distantes, carregadas

Exame de Seleção – Programa de Pós-graduação em Física – 2018.2

Candidato	D10	Questão	Q1
------------------	------------	----------------	-----------

Exame de Seleção – Programa de Pós-graduação em Física – 2018.2

Candidato	D10	Questão	Q2
------------------	------------	----------------	-----------

Exame de Seleção – Programa de Pós-graduação em Física – 2018.2

Candidato	D10	Questão	Q3
------------------	------------	----------------	-----------