



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA

Exame de Seleção para o curso de doutorado em Física - 2019-2

**Data e horário da realização: 10/06/2019 das 14 às 17 horas**

**Instruções:**

**A prova é individual, sem consulta e terá duração máxima de três horas;**

**A prova contém 8 questões discursivas; confirme que o caderno de provas que você recebeu contém este número de questões;**

**Utilize caneta preta ou azul para escrever as soluções e deixe uma margem de pelo menos dois centímetros nas quatro bordas da folha (a prova será digitalizada);**

**Escreva apenas em um dos lados da folha;**

**Não é permitido o uso de calculadoras;**

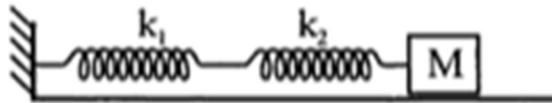
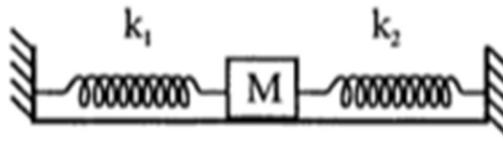
**Justifique e organize suas respostas;**

**Se necessário utilize as folhas em branco anexadas identificando claramente qual questão está sendo resolvida.**

**Bom Trabalho!!**

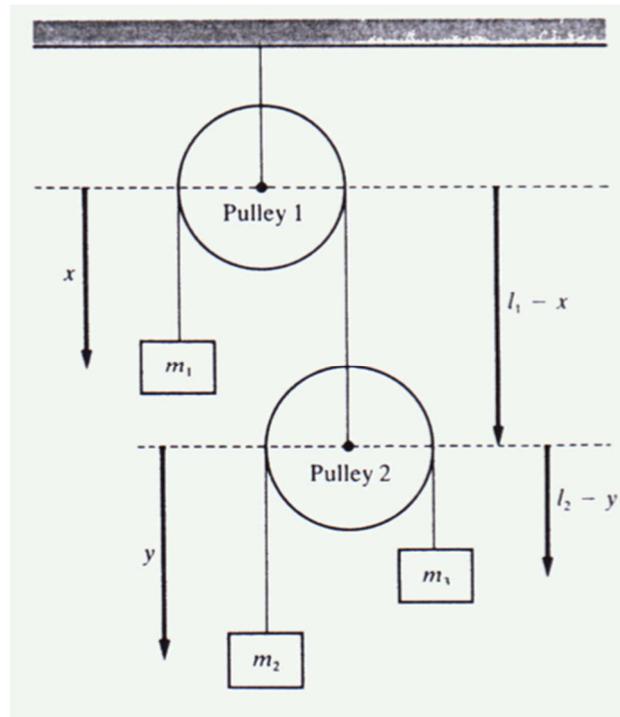
Nome: .....

1. As constantes elásticas das molas da figura abaixo são  $k_1$  e  $k_2$ . Calcule a constante  $k$  de uma mola equivalente (que produza o mesmo movimento no bloco de massa  $M$ ) para cada um dos casos mostrados.



Nome: .....

2. Considere o sistema de polias como mostrado abaixo. Use as coordenadas indicadas na figura para determinar a Lagrangeana do sistema e as equações de movimento para essas coordenadas.



Nome: .....

3. Calcule o trabalho realizado para trazer uma carga  $q$  do infinito até uma distância  $r$  do centro de uma esfera metálica de raio  $R$  carregada com uma carga  $Q$ . Considere separadamente valores de  $r$  maiores e menores que  $R$ .



Nome: .....

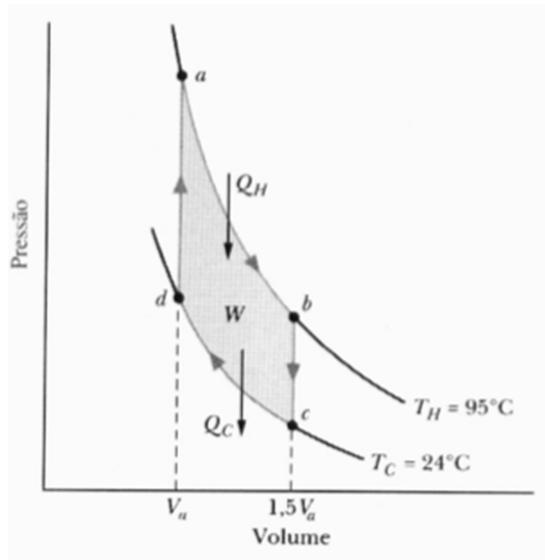
4. Uma carga pontual é colocada a uma distância  $d$  de um plano metálico infinito e aterrado. Determine o potencial elétrico deste sistema em todo espaço.



Nome: .....

5. O gráfico abaixo apresenta uma versão idealizada de um pequeno motor Stirling.  $Q_H$  representa o calor adicionado ao sistema durante a expansão isotérmica ( $ab$ ).  $Q_C$  representa o calor perdido pelo sistema durante a contração isotérmica ( $cd$ ). A máquina usa  $n = 8,1 \times 10^{-3}$  moles de um gás ideal, operando entre reservatórios de alta ( $T_H = 95^\circ\text{C}$ ) e baixa ( $T_C = 24^\circ\text{C}$ ) temperaturas e funcionando à taxa de 0,70 ciclos por segundo. Um ciclo consiste em uma expansão isotérmica ( $ab$ ), uma compressão isotérmica ( $cd$ ) e dois processos de volume constante ( $bc$  e  $da$ ). Durante o processo a volume constante  $bc$  a energia térmica é armazenada em uma parte do motor, em geral uma rede metálica. A mesma quantidade de energia é retirada da rede durante o processo a volume constante  $da$ . Pede-se:

- i. Qual o trabalho resultante da máquina por ciclo?
- ii. Qual o calor resultante transferido para o gás no trecho  $ab$ ?



Nome: .....

6. Considere um gás é constituído por  $N$  partículas distribuídas em  $V$  células (com  $N \leq V$ ). Suponha que cada célula possa estar vazia, ou ocupada por uma única partícula. O número de estados microscópicos do sistema será dado por

$$\Omega(V, N) = \frac{V!}{N!(V-N)!},$$

onde  $V!$  representa o fatorial de  $V$ .

- (a) Obtenha uma expressão para a entropia por partícula,  $s = s(v)$ , onde  $v=V/N$ ;
- (b) A partir desta equação fundamental, obtenha uma expressão para a equação de estado  $\mathbf{P/T}$ , onde  $\mathbf{P}$  representa a pressão e  $\mathbf{T}$  a temperatura.
- (c) Obtenha uma expressão para a equação de estado  $\mu/T$ , onde  $\mu$  é o potencial químico e  $T$  a temperatura.



Nome: .....

7. Construa o operador que representa o observável quântico **momento angular** a partir da definição clássica  $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$  e demonstre as seguintes relações de comutação entre suas componentes cartesianas:

$$[L_y, L_z] = i\hbar L_x; \quad [(L_x + iL_y), (L_x - iL_y)] = 2\hbar L_z \quad \text{e} \quad [\vec{L}, \vec{L}] = 0$$



Nome: .....

8. No instante  $t$ , uma partícula de massa  $m$  tem seu estado representado pela função de onda normalizada:

$$\Psi(x,t) = \exp(-iEt/\hbar) \begin{cases} A \frac{x}{a} & \text{se } 0 \leq x \leq a \\ B \frac{(b-x)}{(b-a)} & \text{se } a \leq x \leq b \\ 0 & \text{para } x \leq 0 \text{ e } x \geq b \end{cases} \quad \text{onde } A, B, a \text{ e } b \text{ são constantes.}$$

(i) Determine  $A$  e  $B$ ;

(ii) Esboce o gráfico de  $\Psi(x,0)$ ;

(iii) Qual a probabilidade de encontrar a partícula na região  $\frac{a}{2} \leq x \leq a$ ?

(iv) Determine o valor médio de  $x$ ;

(v) Determine o valor médio do momento.



Nome: .....



Nome: .....

