



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

Doutorado em Física

2º Semestre de 2023

2ª Prova – 09/09/2023

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

Q1 - Considere 1 mol de gás ideal em um processo reversível, composto por 4 etapas exibidas na Fig.1, que constituem o ciclo de Otto, que reproduz aproximadamente as etapas de um motor à gasolina. As curvas AB e CD são adiabáticas.

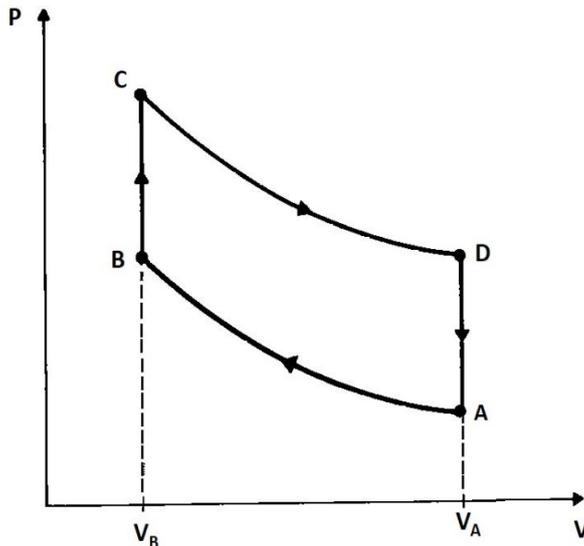


Fig 1: Ciclo de Otto

- Identifique a etapa do ciclo em que ocorre absorção de calor pelo sistema. Identifique em qual etapa ocorre liberação de calor. Identifique os pontos de temperatura máxima e mínima desse ciclo. Justifique. **(1.5)**
- Para o trecho $A \rightarrow B$ calcule a variação de energia interna, o trabalho e a variação de calor (em termos de V_A , V_B , P_B). A variação da energia interna é positiva ou negativa? Use a 1ª lei da termodinâmica, se necessário. **(1.5)**
- Para o trecho $B \rightarrow C$, calcule a variação de energia interna, o trabalho realizado e a variação de calor (em termos de V_B , P_C , P_B). Esse calor é positivo ou negativo? Use a 1ª lei da termodinâmica, se necessário. **(1.0)**
- Para o trecho $C \rightarrow D$, calcule a variação de energia interna, o trabalho realizado e a variação de calor (em termos de V_A , V_B , P_C). A variação da energia interna é positiva ou negativa? Use a 1ª lei da termodinâmica, se necessário **(1.5)**
- Calcule o trabalho total do sistema em função de V_A , V_B , P_C , P_B . **(1.0)**

- f) O rendimento de uma máquina térmica é dado pela razão entre o calor absorvido pelo ciclo (calor positivo) e o trabalho total executado. Calcule o rendimento do motor que opera no ciclo da Fig.1. **(1.0)**
- g) Mostre que o rendimento pode ser expresso em termos apenas de V_A , V_B e γ . **(1.0)**
- h) Avalie e discuta a variação de entropia nas 4 etapas do ciclo e no ciclo inteiro. **(1.5)**

Dicas: Por convenção, o calor absorvido por um ciclo é positivo.

$C_p - C_V = R$, $C_p = \gamma C_V$, onde C_p (capacidade térmica por mol à pressão constante) e C_V (capacidade térmica por mol a volume constante). 1º Lei: $dU = dQ - dW$.

Q2 - Considere duas esferas metálicas concêntricas, a esfera interna tem raio a e a externa um raio b .

Então, uma carga Q é colocada sobre a esfera interna e a esfera externa é mantida a um potencial V_0 , nessas condições e considerando a região entre as esferas:

- a) Encontrar a densidade de carga sobre cada uma das superfícies. **(1.0)**
- b) Sob quais condições o sistema forma um capacitor? Nesse caso, qual é a capacitância do sistema? **(1.0)**

Agora, considere que o espaço entre as esferas é preenchido com um material isolante de constante dielétrica ϵ , então,

- c) Quais serão as densidades superficiais de carga nas superfícies esféricas para valores arbitrários de Q , V_0 e ϵ ? **(1.0)**
- d) Quais serão as densidades superficiais de carga de polarização nas superfícies esféricas para valores arbitrários de Q , V_0 e ϵ ? **(1.0)**
- e) Sob quais condições o sistema forma um capacitor? Nesse caso, qual é a capacitância do sistema? **(1.0)**

Q3- As equações de Maxwell são dadas por

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \vec{D} &= \rho, & \nabla \times \vec{E} + \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} &= 0, \\ \nabla \cdot \vec{B} &= 0, & \nabla \times \vec{H} &= \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t},\end{aligned}$$

onde o vetor deslocamento \vec{D} e o campo magnético \vec{H} são definidos como

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P} \quad \text{e} \quad \vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M},$$

respectivamente. Considerar um material linear, homogêneo e isotrópico

Exame de Seleção – Programa de Pós-Graduação em Física – 2023.2

($\vec{D} = \epsilon \vec{E}$ e $\vec{B} = \mu \vec{H}$) cujas constantes eletromagnéticas (permissividade elétrica, permeabilidade magnética e condutividade) são quantidades complexas,

$$\epsilon = \epsilon_R + i\epsilon_I, \quad \mu = \mu_R + i\mu_I, \quad \sigma = \sigma_R + i\sigma_I.$$

- a) Se $\rho = 0$ e $\vec{J} = \sigma \vec{E}$, onde σ é a condutividade elétrica do material, mostrar que as componentes dos campos elétrico e magnético satisfazem a seguinte equação diferencial **(1.5)**

$$\nabla^2 \psi - \mu \sigma \frac{\partial \psi}{\partial t} - \mu \epsilon \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = 0.$$

[Dica: Usar a identidade vetorial $\nabla \times (\nabla \times \vec{V}) = \nabla(\nabla \cdot \vec{V}) - \nabla^2 \vec{V}$ nas equações de Faraday e Ampere-Maxwell para obter as equações dos campos elétrico e magnético, respectivamente.]

- b) Considerando a solução de onda plana $\psi_0 \exp(ikz - i\omega t)$ demonstrar que $k = \alpha + i\beta$, com $\alpha, \beta \in \mathbb{R}$. Calcular α e β . **(1.5)**
- c) Se o material é estritamente não condutor, mostrar que ainda é possível ter $\beta \neq 0$, e que haverá uma diferença de fases entre o campo elétrico \vec{E} e o campo magnético \vec{B} . **(2.0)**

Exame de Seleção – Programa de Pós-Graduação em Física – 2023.2

Candidato	D1	Questão	Q1
------------------	-----------	----------------	-----------

Exame de Seleção – Programa de Pós-Graduação em Física – 2023.2

Candidato	D1	Questão	Q2
------------------	-----------	----------------	-----------

Exame de Seleção – Programa de Pós-Graduação em Física – 2023.2

Candidato	D1	Questão	Q3
------------------	-----------	----------------	-----------