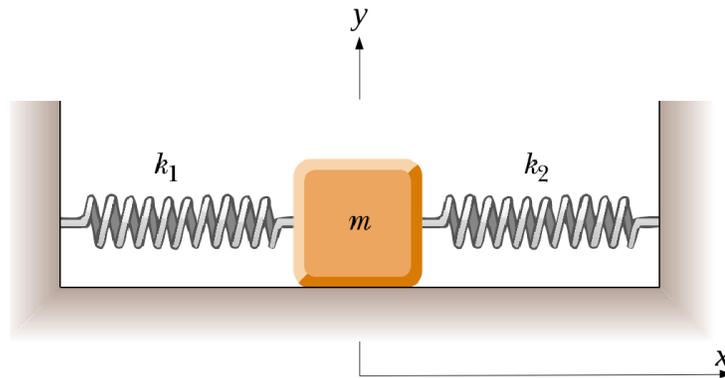


Provinha 1 – Física 2 (4302112) – IFUSP – agosto de 2017 – DIURNO

Nome: _____ N° USP: _____ Turma/Prof.: _____

- Não é permitido o uso de calculadoras ou celulares.
- Justifique sucintamente as respostas com frases curtas e/ou deduções, esquemas etc. Respostas sem justificativa não serão consideradas.

1. Considere uma massa m presa a duas molas ideais de constantes elásticas k_1 e k_2 , como mostrado na figura abaixo. Com a massa em repouso, as molas encontram-se totalmente relaxadas, nos seus comprimentos naturais. O sistema pode ser perturbado apenas longitudinalmente (ao longo do eixo x). Quando a massa está em movimento, atua sobre ela uma pequena força viscosa de amortecimento, de módulo $|\rho v|$, sendo v a velocidade instantânea da massa. O atrito de deslizamento é irrelevante.



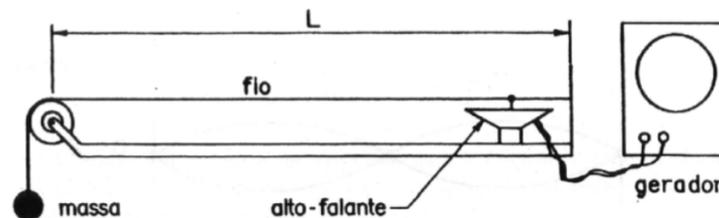
- (a) Obtenha a equação diferencial que descreve o movimento da massa sob ação das duas molas e da força viscosa de amortecimento. (Não é necessário resolver a equação diferencial.)
- (b) Qual a frequência natural ω_0 de oscilação do sistema, ou seja, aquela com que o sistema oscilaria na ausência da força viscosa? Dê sua resposta em termos das grandezas definidas no enunciado.
- (c) Considere agora que, além da força viscosa de amortecimento, uma força externa harmônica, do tipo $F(t) = F_0 \sin(\omega t)$, seja aplicada longitudinalmente à massa.
- Qual é a forma da solução **estacionária** (solução particular da equação não homogênea) da equação diferencial para o movimento longitudinal da massa? (Não é necessário discutir a solução geral.)
 - Utilizando o formalismo dos números complexos, ou seja, “complexando” as expressões da força externa harmônica e da solução estacionária, deduza a expressão para a amplitude de oscilação estacionária provocada pela força externa em função da frequência ω dessa força. (Não utilize uma fórmula pronta para a amplitude.)
 - Esboce o gráfico da amplitude de oscilação estacionária como função da frequência ω da força externa, indicando o valor aproximado de ω que torna a amplitude de oscilação a maior possível.

Provinha 2 – Física 2 (4302112) – IFUSP – setembro de 2017 – DIURNO

Nome: _____ Nº USP: _____ Turma/Prof.: _____

- Não é permitido o uso de calculadoras ou celulares.
- Justifique sucintamente as respostas com frases curtas e/ou deduções, esquemas etc. Respostas sem justificativa não serão consideradas.
- Registre seu raciocínio de forma legível, utilizando os espaços adicionais disponíveis, caso necessário.

1. Em preparação para o projeto experimental deste semestre, um grupo de alunos fez alguns testes com o experimento de cordas vibrantes, representado esquematicamente no diagrama abaixo. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$.



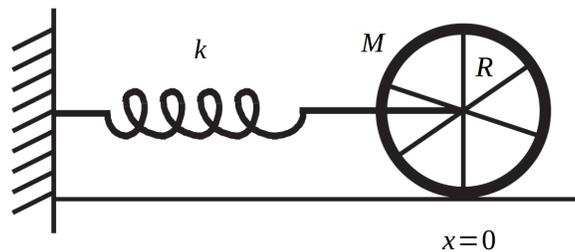
- Inicialmente eles procuraram um fio que, quando utilizado no experimento, produzisse 440 Hz (a nota musical “lá”) como frequência fundamental de vibração, f_1 . Qual deveria ser o comprimento do fio, se a velocidade das ondas no fio é de 330 m/s?
- Considerando-se o comprimento do item anterior, qual deve ser a massa utilizada para tracionar o fio de modo a manter a nota “lá”? Uma amostra desse mesmo fio com 10 metros de comprimento tem massa de 8/9 gramas.
- Durante o teste, a frequência de vibração foi aumentada a partir de f_1 e os alunos conseguiram observar até um máximo de 4 nós ao longo do fio (sem contar os nós das extremidades). Quais foram a máxima frequência observada e o respectivo comprimento de onda?
- Se o fio for substituído por outro com metade da densidade linear original, como deve ser alterada a força de tração para se obter como nova frequência fundamental o segundo harmônico de f_1 ?

Prova 1 — Física 2 (4302112) — IFUSP — 13/09/2017 — Diurno

Nome: _____ N° USP: _____ Turma/Prof.: _____

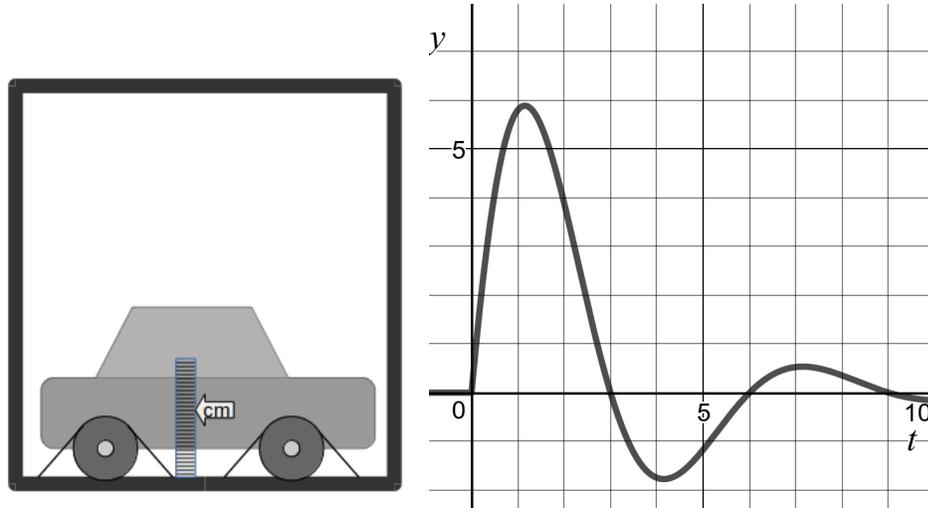
- Não é permitido o uso de calculadoras ou celulares.
- Justifique sucintamente as respostas com frases curtas e/ou deduções, esquemas etc. Respostas sem justificativa não serão consideradas.

1. O eixo de uma roda é preso a uma mola de constante elástica k e massa desprezível. A roda tem raio R e massa total M . A massa da roda é praticamente toda concentrada em sua borda. A roda gira sem deslizar, ou seja, seu centro de massa translada da mesma distância segundo a qual sua circunferência gira. O centro de massa da roda executa um movimento harmônico simples na direção horizontal, em torno da posição de equilíbrio $x = 0$.



- (a) [1,0 ponto] Encontre uma expressão para a energia mecânica do sistema roda mais mola, em termos de k , M , x e $\dot{x} = dx/dt$, para um instante genérico da oscilação. Como a massa da roda é concentrada em sua borda, você pode supor que seu momento de inércia para rotação em torno do eixo é MR^2 .
- (b) [0,5 ponto] Utilizando o princípio de conservação da energia, derive a equação diferencial para o movimento da roda.
- (c) [0,5 ponto] Qual é a frequência angular de pequenas oscilações em torno do equilíbrio?

2. Um elevador de carga sobe com velocidade constante transportando um automóvel em um estacionamento de muitos andares. Ao chegar ao último andar, o elevador para bruscamente, no instante $t = 0$. A altura y (em cm) do centro de massa do automóvel foi registrada no gráfico abaixo por um dispositivo fixo ao elevador, desde o instante $t = -1$ s. Os pneus do carro estão fixamente atados por fitas ao chão do elevador. Escolha uma alternativa de cada conjunto e justifique fisicamente.



[0,5 ponto] Os amortecedores do carro:

- () Estão bons, porque o carro efetua um movimento com amortecimento crítico.
 () Não estão muito bons, porque o movimento é característico de um amortecimento subcrítico.
 () Estão ruins, porque o carro efetua um movimento com amortecimento supercrítico.

Justificativa:

[0,5 ponto] A magnitude da velocidade do elevador, antes de parar:

- () Era superior a 6 cm/s.
 () Era inferior a 2 cm/s.
 () Não é possível determinar a partir do gráfico do movimento do carro.
 () Nenhuma das anteriores.

Justificativa:

3. Examine novamente o movimento do centro de massa do carro descrito na questão anterior. Em todos os itens, **justifique suas respostas**.

(a) [0,5 ponto] Indique abaixo a expressão que melhor corresponde à solução da equação do oscilador harmônico amortecido apropriada para a descrição daquele movimento para $t \geq 0$. Nas expressões, os parâmetros físicos γ e ω são reais e positivos, todas as grandezas estão em unidades do SI, e $e = \exp(1) \simeq 2,7$.

$y(t) = 10e^{-\gamma t/2} \cos(\omega t)$

$y(t) = 10e^{-\gamma t/2} \text{sen}(\omega t)$

$y(t) = e^{-\gamma t/2} \cos(\omega t)$

$y(t) = e^{-\gamma t/2} \text{sen}(\omega t)$

(b) [0,5 ponto] Estime, com base no gráfico, o valor do parâmetro que representa a frequência angular dessa solução.

(c) [1,0 ponto] Um colega de Física II estimou que o parâmetro de amortecimento dessa solução é $\gamma = 0,8$. Esse valor é plausível, com base no comportamento apresentado no gráfico? Justifique.

(d) [0,5 ponto] O mesmo colega afirma que, se não houvesse amortecimento, o período do movimento de oscilação seria de 6 s. Ele está correto? Em caso negativo, você afirmaria que esse período seria maior ou menor do que esse valor? Justifique.

4. Uma onda transversal senoidal move-se ao longo de um cabo muito extenso, no sentido decrecente da coordenada x . A distância vertical entre o ponto mais alto e o ponto mais baixo da onda é de 40 cm. Em magnitude, sua velocidade de propagação é de 2 m/s, com frequência de oscilação de 5 Hz.
- (a) [1,0 ponto] Escreva a função $u(x,t)$ que representa a onda ao longo de todo o cabo e em todos os instantes, sabendo que em $x = 0$ e $t = 0$ o deslocamento do cabo era nulo.
- (b) [0,5 ponto] O que aconteceria com a velocidade de propagação da onda caso a frequência de oscilação fosse dobrada, mantendo fixa a tensão no cabo? Explique.

5. A equação para propagação de uma onda transversal em uma corda tensionada é dada por

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} u(x,t) - \frac{\mu}{F_T} \frac{\partial^2}{\partial t^2} u(x,t) = 0,$$

sendo μ a densidade linear da corda e F_T a magnitude da força que a traciona. Sejam duas cordas feitas do mesmo material, tendo a primeira corda diâmetro duas vezes maior do que a segunda. Sobre essas cordas aplicam-se trações F_{T1} e F_{T2} , respectivamente. Produzem-se, nessas duas cordas, ondas harmônicas com frequências temporais iguais. Com base nessas informações, selecione as alternativas verdadeiras, justificando-as.

[0,5 ponto] Se as trações forem iguais nas duas cordas:

- () As velocidades de propagação das ondas nas cordas serão iguais.
- () A velocidade de propagação das ondas na primeira corda será menor do que na segunda.
- () A velocidade de propagação das ondas na primeira corda será maior do que na segunda.

Justificativa:

[0,5 ponto] Para que as velocidades de propagação das ondas sejam iguais:

- () As trações nas cordas devem ser iguais.
- () A tração na primeira corda deve ser duas vezes maior do que a tração na segunda corda.
- () A tração na primeira corda deve ser duas vezes menor do que a tração na segunda corda.
- () A tração na primeira corda deve ser quatro vezes maior do que a tração na segunda corda.
- () A tração na primeira corda deve ser quatro vezes menor do que a tração na segunda corda.

Justificativa:

[0,5 ponto] Sendo iguais as velocidades de propagação, o comprimento das ondas produzidas na primeira corda é:

- () Metade daquele na segunda corda.
- () Igual àquele na segunda corda.
- () O dobro daquele na segunda corda.

Justificativa:

6. [1,5 ponto] Mostre que $u(x,t) = (Ce^{ikx} + De^{-ikx}) e^{i\omega t}$, com C e D constantes quaisquer, é solução da equação de onda

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} u(x,t) = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} u(x,t),$$

desde que as constantes ω e k satisfaçam $\omega/k = v$.

Provinha 3 – Física 2 (4302112) – IFUSP – outubro de 2017 – DIURNO

Nome: _____ N° USP: _____ Turma/Prof.: _____

- Não é permitido o uso de calculadoras ou celulares.
- Justifique sucintamente as respostas com frases curtas e/ou deduções, esquemas etc. Respostas sem justificativa não serão consideradas.
- Registre seu raciocínio de forma legível, utilizando os espaços adicionais disponíveis, caso necessário.

1. Enquanto corre, uma estudante de 60 kg gera energia térmica a uma taxa de 1200 W. Para que a corredora mantenha uma temperatura corporal constante de 37°C , essa energia deve ser removida por mecanismos como a transpiração. Se esses mecanismos falharem e não houver transferência de energia para fora do corpo da estudante na forma de calor, por quanto tempo a estudante poderia correr até que sua temperatura atinja o valor de crítico de 44°C , em que as proteínas no corpo começam a se degradar? Suponha que o calor específico de um corpo humano típico seja de 4000 J/kg/K .

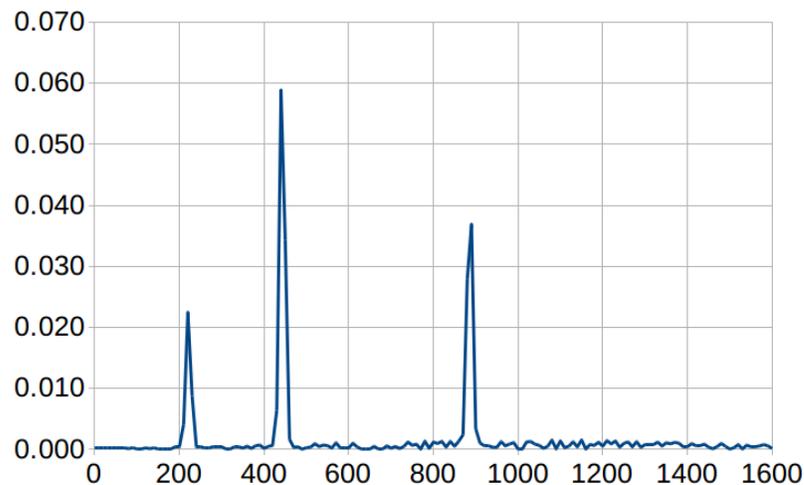
2. Um sistema contém 4 osciladores distintos e 5 quanta de energia.
- (a) Quantos são os microestados disponíveis para esse sistema?
 - (b) Qual é a probabilidade de observar um estado em que o primeiro dos osciladores abrigue dois quanta de energia?
 - (c) Qual é, em unidades da constante de Boltzmann k_B , a entropia do estado em que o primeiro dos osciladores abriga dois quanta de energia?

Prova 2 — Física 2 (4302112) — IFUSP — 25/10/2017 — Diurno

Nome: _____ N° USP: _____ Turma/Prof.: _____

- Não é permitido o uso de calculadoras ou celulares. Respostas podem ser expressas em termos de funções não polinomiais com argumentos numéricos, como $\ln(4,12)$ ou $\cos(1,2^\circ)$.
- Justifique sucintamente as respostas com frases curtas e/ou deduções, esquemas etc. Respostas sem justificativa não serão consideradas.
- Forneça resoluções claras e legíveis. Utilize os espaços adicionais disponíveis, se necessário.

1. [0,5 ponto] A análise das ondas sonoras associadas a um certo instrumento musical produziu o espectro de Fourier mostrado na figura abaixo, em unidades arbitrárias, em função da frequência medida em hertz.



Assinale entre as alternativas abaixo a que melhor descreve a dependência temporal da onda combinada na posição do detetor que produziu o espectro, interpretando C como uma constante e admitindo todas as grandezas expressas em unidades do SI, com t representando o tempo.

- () $C [\text{sen}(220t) + \text{sen}(440t) + \text{sen}(880t)]$
() $C [\text{sen}(2\pi \times 220t) + \text{sen}(2\pi \times 440t) + \text{sen}(2\pi \times 880t)]$
() $C [2\text{sen}(220t) + 5\text{sen}(440t) + 3\text{sen}(880t)]$
() $C [2\text{sen}(2\pi \times 220t) + 5\text{sen}(2\pi \times 440t) + 3\text{sen}(2\pi \times 880t)]$

Justifique sua resposta.

2. [2,0 pontos] Duas ondas com números de onda próximos, k_1 e k_2 (com $k_1 < k_2$), propagam-se em um meio no qual a relação entre a frequência angular e o número de onda pode ser aproximada por $\omega(k) = b\sqrt{k}$, sendo b uma constante positiva. A função de onda resultante da combinação das duas ondas é proporcional a $\cos(\bar{k}x - \bar{\omega}t) \cos(\delta_k x - \delta_\omega t)$, sendo \bar{k} a média de k_1 e k_2 , $\bar{\omega}$ a média de $\omega_1 = \omega(k_1)$ e $\omega_2 = \omega(k_2)$, $\delta_k = \bar{k} - k_1$ e $\delta_\omega = \bar{\omega} - \omega_1$. Note que $|\delta_k| \ll \bar{k}$ e $|\delta_\omega| \ll \bar{\omega}$.
- (a) Na expressão $\cos(\bar{k}x - \bar{\omega}t) \cos(\delta_k x - \delta_\omega t)$, qual termo estaria associado a uma “envoltória” e com qual velocidade se propagaria essa envoltória, em termos de k_1, k_2 e b ? Qual é o que representaria o “outro termo”, e qual seria sua respectiva velocidade de propagação, em termos de k_1, k_2 e b ?
- (b) Com base na “relação de dispersão” $\omega(k)$, obtenha a fórmula geral para as velocidades de fase, v_f , e de grupo, v_g , em função de k , e explique qual delas é a maior. Se forem iguais, explique o porquê.
- (c) Em qual sentido se move a envoltória da função de onda resultante? Explique.
- (d) Esboce um diagrama mostrando o gráfico de $\omega(k)$ em função de k e indicando ou representando $k_1, k_2, \bar{k}, \omega_1, \omega_2, \bar{\omega}$, bem como v_f e v_g associadas a \bar{k} .

3. [1,5 ponto] Dois submarinos estão em movimento sobre uma mesma linha, e nos sentidos indicados pelas setas na figura abaixo. O submarino A move-se com uma velocidade de magnitude v_A e o submarino B, com uma velocidade de magnitude v_B . O submarino A emite uma onda sonora de frequência f . A velocidade de propagação dessa onda sonora na água é v_{som} .



A expressão geral para a frequência sonora modificada pelo efeito Doppler quando a fonte e o observador estão em movimento é dada por

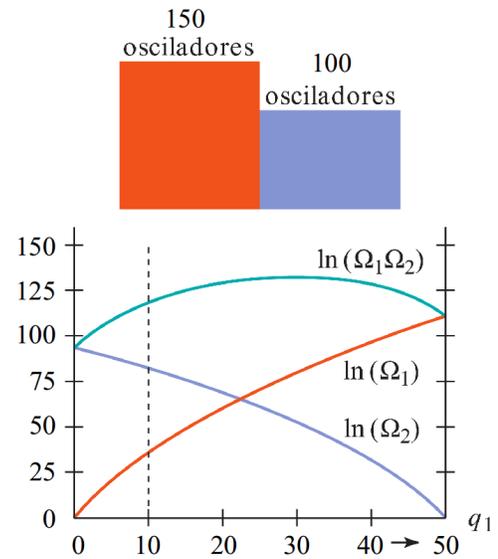
$$f' = \left(\frac{1 \pm \frac{v_{\text{obs}}}{v_{\text{som}}}}{1 \pm \frac{v_{\text{fonte}}}{v_{\text{som}}}} \right) f,$$

sendo f a frequência emitida, v_{obs} a magnitude da velocidade do observador e v_{fonte} a magnitude da velocidade da fonte. A escolha de sinais depende da situação física.

- Qual é a frequência da onda sonora detectada pelo submarino B? Se for utilizar a expressão geral fornecida acima, comece por **indicar** e **justificar** a escolha apropriada de sinais.
- Parte da onda sonora emitida pelo submarino A é refletida pelo submarino B e, por conta disso, detectada pelo submarino A. Qual é a frequência da onda sonora refletida detectada pelo submarino A? Se for utilizar a expressão geral fornecida acima, comece por **indicar** e **justificar** a escolha apropriada de sinais.

4. [2,0 pontos] Um total de 500 g de água a 77°C são derramados em uma panela de alumínio cuja massa é 1000 g e a temperatura inicial é 26°C . Para simplificar os cálculos, suponha que o calor específico da água é 4 J/K/g e o do alumínio é 1 J/K/g .
- (a) Depois de um curto tempo, quando a panela e a água já atingiram o equilíbrio térmico, qual é a temperatura da água?
- (b) Em seguida, você coloca a panela em um fogão elétrico. Enquanto o fogão está aquecendo a panela, você usa um mixer para agitar a água, realizando 30 kJ de trabalho, e a temperatura da água e da panela aumenta para 75°C . Qual é a transferência de energia devido a uma diferença de temperatura que ocorreu do fogão para o sistema formado pela água mais a panela?
- (c) Que hipóteses simplificadoras você teve que fazer para responder às perguntas anteriores?
- A energia térmica da água não muda.
 - A energia térmica do alumínio não muda.
 - A única troca de calor entre o sistema (água mais panela) e o entorno foi a que ocorreu pela interação com o fogão elétrico.
 - As capacidades térmicas tanto da água como da panela são praticamente constantes no intervalo de temperatura envolvido.
- (d) Qual foi a variação da entropia da água na etapa do item (a)?

5. [2,0 pontos] Considere dois pequenos sólidos de Einstein, feitos do mesmo material e contendo respectivamente 150 osciladores e 100 osciladores, que compartilham uma energia total equivalente a 50 quanta. A figura representa, para o sólido 1, o sólido 2 e o sistema combinado formado pelos dois sólidos, curvas do logaritmo do número de microestados correspondentes às possíveis divisões dos 50 quanta de energia entre os dois sólidos, em função do número q_1 de quanta no sólido 1, para o sólido 1 (Ω_1), o sólido 2 (Ω_2) e o sistema combinado ($\Omega_1\Omega_2$). Responda às perguntas abaixo, **justificando suas respostas com base em princípios físicos**.



- (a) É correto afirmar que a entropia do sistema combinado é igual ao produto das entropias de cada sólido? Por quê?
- (b) Se logo antes dos sólidos serem postos em contato, havia $q_1 = 10$ quanta no sólido 1 (situação correspondente à linha tracejada na figura), qual dos dois sólidos possuía a maior temperatura? Por quê?
- (c) Qual é a condição satisfeita por Ω_1 e Ω_2 no equilíbrio térmico?
- (d) Quantos quanta de energia haverá no bloco 1 uma vez estabelecido o equilíbrio térmico?

6. [2,0 pontos] Em um certo sólido macroscópico isolado, o número de microestados correspondentes a uma energia térmica E é dado por $\Omega(E) = \exp(bE^{3/4})$, sendo b uma constante positiva.

- (a) Calcule a entropia desse sólido como função da temperatura.
- (b) Expresse a dependência da energia térmica do sistema com sua temperatura T .
- (c) Calcule a capacidade térmica do sólido em função da temperatura.

Provinha 4 – Física 2 (4302112) – IFUSP – novembro de 2017 – DIURNO

Nome: _____ N° USP: _____ Turma/Prof.: _____

- **Não é permitido o uso de calculadoras ou celulares. Respostas podem ser expressas em termos de funções não polinomiais com argumentos numéricos, como $\ln(4, 12)$ ou $\cos(1, 2^\circ)$.**
- **Justifique sucintamente as respostas com frases curtas e/ou deduções, esquemas etc. Respostas sem justificativa não serão consideradas.**
- **Registre seu raciocínio de forma legível, utilizando os espaços adicionais disponíveis, caso necessário.**

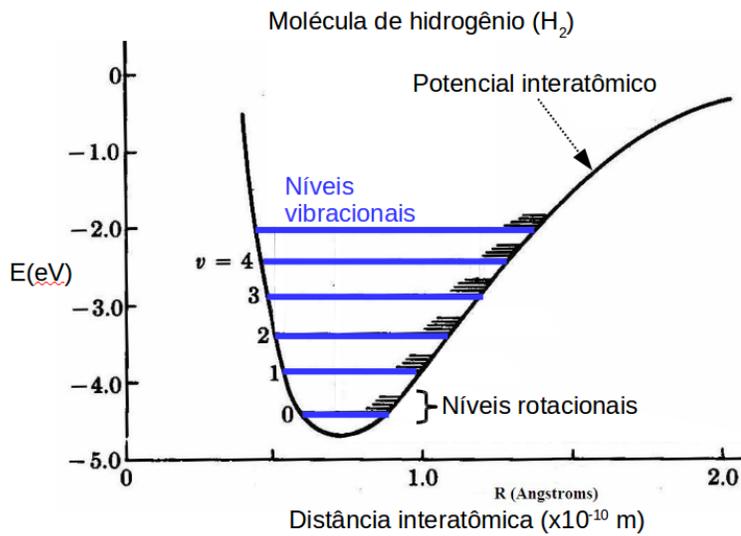
1. Nas CNTP, o caminho livre médio das moléculas do gás hidrogênio (H_2 , $A_{H_2} = 2$) é 2,3 vezes maior que o das moléculas do gas Kriptônio (Kr , $A_{Kr} = 84$).

(a) Qual das duas moléculas apresenta um diâmetro efetivo maior? Explique.

(b) Qual destes dois tipos de gases apresenta um tempo médio entre colisões moleculares maior? Explique.

(c) Um recipiente contendo um destes gases, inicialmente nas CNTP, é comprimido até a metade do volume, mantendo-se a temperatura constante. O que acontece com o respectivo caminho livre médio? E com a pressão? Explique com base no modelo cinético dos gases.

- (d) Observe o diagrama de energia da molécula de H_2 . Qual seria aproximadamente (com base no princípio da equipartição da energia, e negligenciando a possibilidade de dissociação da molécula) a razão entre os calores específicos molares a volume constante do H_2 e do Kr ao redor da temperatura T_1 tal que $k_B T_1 = 3eV$? Obs. 1: o primeiro estado excitado do Kr tem cerca de 10 eV de energia.



- (e) A uma certa temperatura a probabilidade de encontrar uma molécula do gás H_2 no estado fundamental (E_0) é 20 vezes maior do que encontrá-la no primeiro estado excitado vibracional (E_1 , sem rotação) a uma energia de excitação de $E^* = E_1 - E_0$. Qual seria esta temperatura?

Prova 3 — Física 2 (4302112) — IFUSP — 6/12/2017 — Diurno

Nome: _____ N° USP: _____ Turma/Prof.: _____

- **Não é permitido o uso de calculadoras ou celulares. Respostas podem ser expressas em termos de funções não polinomiais com argumentos numéricos, como $\ln(4,12)$ ou $\cos(1,2^\circ)$.**
- **Justifique sucintamente as respostas com frases curtas e/ou deduções, esquemas etc. Respostas sem justificativa não serão consideradas.**
- **Forneça resoluções claras e legíveis. Utilize os espaços adicionais disponíveis, se necessário.**

1. [1,5 ponto] Um feixe gasoso de moléculas de O_2 (massa molar de 32 g) com velocidade de 250 m/s atinge uma parede a um ângulo de 30° em relação à normal, a um fluxo de $1 \text{ mol}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$. Estime a pressão exercida pelo feixe gasoso sobre a parede, explicitando as hipóteses que utilizar.

2. (a) [1,0 ponto] Um recipiente de volume $2V$ é separado ao meio em dois compartimentos de volume V por uma membrana rígida e porosa. Inicialmente, o primeiro compartimento contém um gás (ideal) de um certo tipo de moléculas “grandes”, à pressão P_1 e à temperatura T_1 , que não são capazes de atravessar a membrana, enquanto o segundo compartimento contém outro tipo de gás (ideal), de moléculas “pequenas”, também à pressão P_1 e à temperatura T_1 , que são capazes de atravessar a membrana porosa. O recipiente tem paredes externas termicamente isolantes. O sistema é observado a partir desse instante inicial. A respeito desse processo, indique quais afirmativas abaixo são verdadeiras e quais são falsas. Justifique sucintamente cada resposta no espaço apropriado.
- () O sistema já está totalmente equilibrado e permanecerá com as mesmas pressões e temperaturas dos dois lados.
- () Passado algum tempo, o sistema entrará em equilíbrio e metade das moléculas “pequenas” estará no primeiro compartimento.
- () Acontecerá um processo irreversível ao final do qual a entropia total será máxima.
- () A entropia será máxima quando a diferença de pressão entre os dois lados da membrana for igual a $\frac{3}{2}P_1$.

() Acontecerá um processo adiabático ao final do qual a entropia permanecerá constante.

- (b) [1,0 ponto] Determine a variação de entropia da condição inicial até que o sistema (gases nos dois compartimentos) se encontre totalmente equilibrado. A resposta deve estar em termos dos parâmetros P_1 , T_1 , e V . Deduza as fórmulas que for utilizar e explique por que se aplicam ao caso em questão.

3. [2,0 pontos] Em um processo reversível, um sistema composto de 3 mols de um gás ideal monoatômico sofre compressão adiabática devido a sua interação com o entorno. Nesse processo o sistema tem sua temperatura elevada de 300 K para 400 K. Utilize para a constante universal dos gases o valor $R = 8,3 \text{ J/K/mol}$.
- (a) Esboce o diagrama P - V para esse processo. Indique o sentido em que o processo ocorre.
 - (b) Calcule o trabalho realizado sobre o sistema pelo entorno.
 - (c) Qual é a razão entre o volume final e o volume inicial do gás?
 - (d) Entre o início e o final do processo, quais são as variações de entropia do gás, do entorno e do Universo? Explique seu raciocínio.

4. [2,5 pontos] Uma máquina térmica opera ciclicamente atuando sobre um sistema composto de N moléculas de um gás ideal monoatômico. No início do ciclo o sistema encontra-se à pressão P_1 com volume V_1 , sofrendo em seguida uma expansão isotérmica até atingir um volume igual ao quádruplo de seu volume inicial. No passo seguinte o gás é comprimido isobaricamente até voltar a seu volume inicial, e por fim um processo isocórico faz com que o sistema volte a sua pressão inicial. **Para os itens abaixo, forneça respostas que dependam apenas dos dados do enunciado e de eventuais constantes físicas fundamentais.**

- (a) Esboce o diagrama P - V para esse ciclo. Indique o sentido em que o ciclo ocorre. Numere os pontos 1, 2 e 3 de acordo com o enunciado.
- (b) Determine a pressão do gás ao final da expansão isotérmica.
- (c) Qual é a energia transferida do entorno para o sistema na forma de calor durante a compressão isobárica?
- (d) Calcule o trabalho total realizado **pelo** sistema ao completar um ciclo.
- (e) Calcule a eficiência da máquina térmica.

5. [2,0 pontos] Para um fluido simples, a partir da energia interna E_{int} , da entropia S , da temperatura T , do volume V e da pressão P podemos definir a entalpia H e as energias livres de Helmholtz, F , e de Gibbs, G , como

$$H = E_{\text{int}} + PV, \quad F = E_{\text{int}} - TS, \quad G = E_{\text{int}} - TS + PV.$$

Com relação a essas grandezas, classifique como verdadeiras ou falsas as afirmativas abaixo, **justificando** suas respostas.

- () As variações de H , F e G para um dado sistema quando ele é levado de um **estado de equilíbrio 1** para outro **estado de equilíbrio 2** dependem da trajetória que os conecta.

- () Em uma **expansão livre** em um recipiente isolado, a variação da entalpia H de um gás ideal monoatômico contendo N moléculas é igual a $Nk_B T \ln(V_2/V_1)$, em que T é a temperatura do recipiente e V_1 e V_2 são os volumes inicial e final do gás.

- () Em um processo reversível que ocorre a **entropia constante** e envolve uma variação de temperatura ΔT , a variação na energia livre de Helmholtz F de um gás é igual ao trabalho realizado sobre o sistema.

- () Em um **processo irreversível** que ocorre a pressão e temperatura constantes, a energia livre de Gibbs G de um sistema sempre aumenta.