

QUÍMICA

TERMODINÂMICA



Exercícios de Fixação

01. Ar atmosférico, cujo volume molar é $0,02771 \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ a 0°C e 1 bar, pode ser considerado um gás ideal com $C_v = \frac{5}{2}R$.

Inicialmente, ar está a 25°C e 1 bar. Ele é comprimido para 5 bar e 25°C através de dois processos mecanicamente reversíveis, porém diferentes. Calcule q , \bar{G} , ΔH e ΔU em cada trajetória.

- A) Resfriamento a pressão constante seguido por aquecimento a volume constante.
B) Aquecimento a volume constante seguido por resfriamento a pressão constante.

02. A seguir, considere $C_v = 20,8$ e $C_p = 29,1 \text{ J mol}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ para o nitrogênio gasoso.

- A) Três moles de nitrogênio a 30°C , contidos em um vaso rígido, são aquecidos até 250°C . Que quantidade de calor é necessária se o vaso possui capacidade calorífica desprezível? Se o vaso possui massa igual a 100 kg com calor específico de $0,5 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, que quantidade de calor será necessária?
B) Quatro moles de nitrogênio a 200°C estão contidos em um dispositivo pistão/cilindro. Que quantidade de calor deve ser extraída deste sistema, que é mantido a pressão constante, para resfriá-lo até 40°C , se a capacidade calorífica do pistão e do cilindro for desprezível?

03. Deduza a equação para o trabalho na compressão isotérmica reversível de 1 mol de gás em um dispositivo pistão/cilindro, se o volume molar do gás é dado por:

$$V = \frac{RT}{P} + b$$

onde b e R são constantes positivas.

04. Um quilograma de ar é aquecido reversivelmente, a pressão constante, de um estado inicial de 300K e 1 bar até que o seu volume triplique. Calcule W , Q , ΔU e ΔH para o processo. Admita que o ar obedeça a relação $PV/T = 83,14 \text{ bar cm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ e que $C_p = 29 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

05. Um mol de um gás ideal, com $C_p = (7/2)R$ e $C_v = (5/2)R$, sofre uma expansão de $P_1 = 8 \text{ bar}$ e $T_1 = 600\text{K}$ para $P_2 = 1 \text{ bar}$ pelas seguintes trajetórias:

- A) volume constante.
B) temperatura constante.
C) adiabaticamente.

Admitindo reversibilidade mecânica, calcule W , Q , ΔU e ΔH em cada processo.

06. Um gás ideal, com $C_p = (5/2)R$ e $C_v = (3/2)R$, é levado de $P_1 = 1 \text{ bar}$ e $V_1^t = 12 \text{ m}^3$ para $P_2 = 12 \text{ bar}$ e $V_2^t = 1 \text{ m}^3$ através dos seguintes processos mecanicamente reversíveis:

- A) compressão isotérmica.
B) compressão adiabática, seguida por resfriamento a pressão constante.
C) compressão adiabática, seguida por resfriamento a volume constante.
D) aquecimento a volume constante, seguido por resfriamento a pressão constante.
E) resfriamento a pressão constante, seguido por aquecimento a volume constante.

Calcule Q , W , ΔU e ΔH em cada um desses processos.

07. Um gás ideal, inicialmente a 30°C e 100 kPa, passa pelo seguinte processo cíclico em um sistema fechado:

- A) Em processos mecanicamente reversíveis, ele primeiramente é comprimido adiabaticamente para 500 kPa, então resfriado a pressão constante de 500 kPa até 30°C e, por fim, expandido isotermicamente ao seu estado original.
B) O ciclo atravessa exatamente as mesmas mudanças de estado, porém cada etapa é irreversível com uma eficiência de 80% comparada ao processo mecanicamente reversível correspondente.

Calcule Q , W , ΔU e ΔH em cada etapa do processo e no ciclo. Considere $C_p = (7/2)R$ e $C_v = (5/2)R$.

08. Um metro cúbico de um gás ideal, a 600 K e 1000 kPa, sofre uma expansão para cinco vezes o seu volume inicial como se segue:

- A) através de um processo isotérmico, mecanicamente reversível.
B) através de um processo adiabático, mecanicamente reversível.
C) através de um processo adiabático irreversível, no qual a expansão ocorre contra uma pressão de 100 kPa.

Em cada caso, calcule a temperatura e a pressão finais e o trabalho realizado pelo gás. $C_p = 21 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.



Exercícios Propostos

01. (UFU) Um botijão de cozinha contém gás sob alta pressão. Ao abrimos esse botijão, percebemos que o gás escapa rapidamente para a atmosfera. Como esse processo é muito rápido, podemos considerá-lo como um processo adiabático.

Considerando que a Primeira Lei da Termodinâmica é dada por $\Delta U = Q - W$, onde ΔU é a variação da energia interna do gás, Q é a energia transferida na forma de calor e W é o trabalho realizado pelo gás, é **correto** afirmar que:

- A) a pressão do gás aumentou e a temperatura diminuiu.
B) o trabalho realizado pelo gás foi positivo e a temperatura do gás não variou.
C) o trabalho realizado pelo gás foi positivo e a temperatura do gás diminuiu.
D) a pressão do gás aumentou e o trabalho realizado foi negativo.

02. (UEPG) A 1ª Lei da Termodinâmica pode ser entendida como uma afirmação do princípio da conservação da energia. Sua expressão analítica é dada por $\Delta U = Q - \mathcal{G}$, onde ΔU corresponde à variação da energia interna do sistema, Q e \mathcal{G} , respectivamente, calor trocado e trabalho realizado.
- Sobre a 1ª Lei da Termodinâmica aplicada a transformações abertas, assinale o que for **correto**.
- (01) O sistema pode receber trabalho sem fornecer calor e sua energia interna aumenta.
 (02) O sistema pode receber calor sem realizar trabalho e sua energia interna aumenta.
 (04) O sistema pode, simultaneamente, receber calor e trabalho e sua energia interna aumenta.
 (08) O sistema pode realizar trabalho sem receber calor e sua energia interna diminuir.
 (16) O sistema pode fornecer calor sem receber trabalho e sua energia interna diminuir.
03. (Uece) Pode-se afirmar **corretamente** que a energia interna de um sistema constituído por um gás ideal:
- A) diminui em uma expansão isotérmica.
 B) aumenta em uma expansão adiabática.
 C) diminui em uma expansão livre.
 D) aumenta em uma expansão isobárica.
04. Quantas calorías são necessárias para elevar a temperatura de 48 g de oxigênio, de 10 °C até 150 °C:
- A) a volume constante?
 B) a pressão constante?
05. Quantas calorías devem ser retiradas de 56 g de nitrogênio para reduzir sua temperatura de 180 °C a 0 °C, com o volume permanecendo constante?
06. Uma amostra de nitrogênio, com 63 g e a 100 °C, é colocada em contato com 75 g de água a 25 °C. Qual será a temperatura final do nitrogênio e a da água, admitindo que o gás permaneça em pressão constante durante o processo de uniformização da temperatura? Admita o valor 6,9 cal/mol · °C para o C_p do nitrogênio.
07. Um vaso, com 10 L, contém 10 g de oxigênio a 100 °C. No frasco são introduzidas 10 g de hidrogênio, a 20 °C. Qual será a temperatura final da mistura de hidrogênio e de oxigênio, admitindo que não ocorra perda de calor no frasco? Admita os valores de 7,0 cal/mol · °C e 7,1 cal/mol · °C para os C_p do hidrogênio e do oxigênio.
08. Quantos joules de energia serão necessários para aquecer 50 g de oxigênio, a pressão constante, de 20 °C até 120 °C? Quanto tempo levará o aquecimento para ser feito, caso o calor seja fornecido por uma corrente elétrica de 1,2 ampères, fornecida por uma fonte com potencial de 2 volts?
09. Calcule ΔH e ΔE para a vaporização reversível de 100 g de benzeno no seu ponto normal de ebulição (use $\Delta H_{\text{vap}} = 94,3$ cal/g).
10. Admitindo o valor médio de 0,347 cal/g · °C para a capacidade calorífica específica (calor específico) da acetona, calcule a quantidade de calor necessária para transformar meio mol de acetona líquida, no seu ponto de ebulição normal a vapor, sob pressão de 1,0 atm, e a 100 °C.
11. Calcule ΔH e ΔE para a mudança de temperatura de 25 °C a 125 °C, de 10 g de hidrogênio usando:
- A) a capacidade calorífica média do gás.
 B) a capacidade calorífica em função da temperatura e integrando esta função entre as temperaturas inicial e final.
12. São dadas 8 g de oxigênio a 27 °C, com o volume de 5 L. Este gás expande-se isotermicamente e reversivelmente até que seu volume atinge 25 L. Qual é o valor do trabalho realizado? Dê a resposta em atmosferas-litro, em ergs, em calorías e em joules.
13. Uma amostra de nitrogênio, com 7 g, a 1 atm, é comprimida isotérmica e reversivelmente até que seu volume seja reduzido à metade do valor inicial. Calcule o trabalho que deve ser feito sobre o gás para efetuar esta compressão. A temperatura é 27 °C.
- Considere todos os gases como perfeitos, a menos que exista informação em contrário.
14. Calcule o trabalho que uma pessoa deve realizar para elevar um corpo de massa de 1,0 kg a uma altura de 10 m na superfície:
- A) da Terra ($g = 9,81$ m s⁻²).
 B) da Lua ($g = 1,60$ m s⁻²).
15. Quando estamos interessados em fontes de energia biológicas e metabolismo, precisamos saber, entre outras coisas, o trabalho que um organismo realiza para executar suas atividades vitais. Quanta energia um pássaro de 200 g metaboliza para realizar um voo ascendente de 20 m nas vizinhanças da superfície da Terra? Despreze todas as perdas devidas à fricção, a imperfeições fisiológicas e ao ganho de energia cinética.
16. Calcule o trabalho necessário para uma pessoa de 65 kg subir a uma altura de 4,0 m na superfície da Terra.
17. O centro de massa de uma coluna cilíndrica de líquido está localizado na metade do comprimento da coluna. Calcule o trabalho necessário para elevar uma coluna de mercúrio (densidade 13,6 g cm⁻³), de diâmetro 1,00 cm, a uma altura de 760 mm na superfície da Terra ($g = 9,81$ m s⁻²).
18. Todos estamos familiarizados com os princípios gerais de operação de um motor de combustão interna: a queima do combustível empurra o pistão. Pode-se imaginar um motor que use outras reações além das de combustão; neste caso, precisamos saber quanto trabalho pode ser realizado. Uma reação química ocorre num vaso de seção reta uniforme, de 100 cm², provido de um pistão. Em virtude da reação, o pistão se desloca 10 cm contra a pressão externa de 100 kPa. Calcule o trabalho feito pelo sistema.
19. O trabalho realizado por um motor pode depender de sua orientação no campo gravitacional, pois a massa do pistão é relevante quando a expansão é vertical. Uma reação química se passa num vaso de seção reta uniforme de 55,0 cm², provido de pistão de massa igual a 250 g. Em virtude da reação, o pistão se desloca:
- A) horizontalmente.
 B) verticalmente de 155 cm contra a pressão externa de 105kPa.
- Calcule o trabalho feito pelo sistema em cada caso.
20. Uma amostra de 4,50 g de metano gasoso ocupa o volume de 12,7 L a 310 K.
- A) Calcule o trabalho feito quando o gás se expande isotermicamente contra uma pressão externa constante de 200 Torr até o seu volume aumentar de 3,3 L.
 B) Calcule o trabalho se a mesma expansão for realizada isotérmica e reversivelmente.

21. Numa compressão isotérmica reversível de 52 mmoles de um gás perfeito a 260 K, o volume do gás se reduz de 300 mL para 100 mL. Calcule w no processo.
22. Uma amostra de plasma sanguíneo ocupa 0,550 L a 0 °C e 1,03 bar, e é comprimida isotermicamente em 0,57% sob pressão constante de 95,2 bar. Calcule o trabalho w envolvido no processo.
23. Uma corrente de 1,34 A, proveniente de uma fonte de 110 V, circulou numa resistência, imersa num banho de água, por 5,0 minutos. Que quantidade de calor foi transferida para a água?
24. Qual é a capacidade calorífica de um líquido cuja temperatura se eleva de 5,23 °C quando recebe 124 J de calor?
25. A elevada capacidade calorífica da água é ecologicamente benéfica, pois estabiliza a temperatura dos lagos e dos oceanos. Assim, uma grande quantidade de energia deve ser perdida ou recebida para que haja uma alteração significativa na temperatura. A capacidade calorífica molar da água é de 75,3 J K⁻¹ mol⁻¹. Que energia é necessária para aquecer 250 g de água (uma xícara de café) de 40 °C?
26. Quando adicionamos 229 J de energia, sob a forma de calor, a 3,00 moles de Ar(g), a volume constante, a temperatura do sistema aumenta de 2,55 K. Calcule as capacidades caloríficas molares, a volume e a pressão constante, desse gás.
27. A capacidade calorífica do ar é muito menor do que a da água, e é necessária uma pequena quantidade de calor para alterar sua temperatura. Está é uma das razões de os desertos serem tão frios à noite, apesar de muito quentes durante o dia. A capacidade calorífica do ar, a pressão e temperatura ambiente, é de aproximadamente 21 J K⁻¹ mol⁻¹. Que energia é necessária para elevar de 10 °C a temperatura de uma sala de 5,5 m × 6,5 m × 3,0 m? Quanto tempo levaria um aquecedor com potência igual a 1,5kW para provocar essa elevação de temperatura (1 W = 1 J s⁻¹)?
28. Num experimento realizado para se determinar o valor calórico de um alimento, uma amostra foi queimada numa atmosfera de oxigênio e a temperatura do calorímetro subiu 2,89 °C. A passagem de uma corrente de 1,27 A, a partir de uma fonte de 12,5 V, no mesmo calorímetro, por um tempo de 157 s, elevou a temperatura em 3,88 °C. Qual é o calor liberado pela combustão do alimento?
29. A transferência de energia de uma região da atmosfera para outra é de grande importância em meteorologia, pois afeta as condições do tempo. Calcule o calor que deve ser fornecido a uma parcela de ar contendo 1,00 mol de moléculas para manter sua temperatura em 300 K durante uma ascensão, quando se expande, reversível e isotermicamente, de 22,0 L para 30,0 L.
30. Um animal de laboratório é obrigado a se exercitar numa esteira ergométrica acoplada a um sistema de roldanas. Durante o exercício, o animal consegue erguer uma massa de 200 g a uma altura de 1,55 m; para tanto, perde 5,0 J de energia como calor. Desprezando-se outras perdas e considerando o animal como um sistema fechado, qual é a variação de sua energia interna?
31. Um calorímetro de pequeno porte foi vedado para estudo do metabolismo de um organismo. Na fase inicial do experimento, uma corrente de 15,22 mA, de uma fonte de 12,4 V, passou por 155 s por uma resistência existente dentro do calorímetro. Qual é a variação da energia interna do calorímetro?
32. O dióxido de carbono, ainda que em pequena quantidade na atmosfera, desempenha importante papel na determinação das condições do tempo e na composição e temperatura da atmosfera.
- A) Calcule a diferença entre a entalpia molar e a energia interna molar do dióxido de carbono, considerando como gás perfeito, a 298,15 K.
- B) A entalpia molar aumenta ou diminui se considerarmos as forças intermoleculares? Para esse cálculo, considere o dióxido de carbono como um gás de Van der Waals e use os dados da Tabela 1.5.
33. Uma amostra de soro sanguíneo, de massa igual a 25 g, é resfriada de 290 K a 275 K, a pressão constante, retirando-se dela 1,2 kJ de energia sob a forma de calor. Calcule q e ΔH , e estime a capacidade calorífica da amostra.
34. Quando 3,0 moles de O₂(g) são aquecidos a pressão constante de 3,25 atm, sua temperatura aumenta de 260 K para 285 K. A capacidade calorífica molar do O₂(g), a pressão constante, é 29,4 J K⁻¹ mol⁻¹. Calcule q , ΔH e ΔU .
35. A capacidade calorífica molar a pressão constante do dióxido de carbono é 29,14 J K⁻¹ mol⁻¹. Quanto vale a sua capacidade calorífica molar a volume constante?
36. Use a informação do exercício 35 para calcular a variação:
- A) da entalpia molar.
- B) da energia interna molar, quando o dióxido de carbono é aquecido de 15 °C (a temperatura média em que o ar é inalado) até 37 °C (a temperatura do sangue e nos pulmões).
37. A capacidade calorífica de uma substância é normalmente dada na forma:
- $$C_{p,m} = a + bT + \frac{c}{T^2}$$
- Use essa expressão para fazer uma estimativa mais acurada da variação da entalpia molar do dióxido de carbono quando aquecido de 15 °C a 37 °C (como no exercício anterior). São dados $a = 44,22 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, $b = 8,79 \times 10^{-3} \text{ J K}^{-2} \text{ mol}^{-1}$ e $c = -8,62 \times 10^{-5} \text{ J K mol}^{-1}$.
- Sugestão:** Faça a integração da expressão $dH = C_p dT$.
38. Um mol de ar, inicialmente a 150 °C e 8 bar, sofre as seguintes modificações mecanicamente reversíveis. Ele expande isotermicamente até uma pressão tal que, quando é resfriado a volume constante até 50 °C, sua pressão final é de 3 bar. Admitindo o ar como um gás ideal com $C_p = (7/2)R$ e $C_v = (5/2)R$, calcule Q , W , ΔU e ΔH .
39. Um mol de um gás ideal, inicialmente a 30 °C e 1 bar, é elevado a 130 °C e 10 bar por três processos diferentes, mecanicamente reversíveis:
- Primeiramente, o gás é aquecido a volume constante até que sua temperatura seja igual a 130 °C, então ele é comprimido isotermicamente até sua pressão atingir 10 bar.
 - Primeiramente, o gás é aquecido a pressão constante até que sua temperatura seja igual a 130 °C, então ele é comprimido isotermicamente até sua pressão atingir 10 bar.
 - Primeiramente, o gás é comprimido isotermicamente até 10 bar, então, ele é aquecido a pressão constante até 130 °C.
- Calcule Q , W , ΔU e ΔH em cada caso. Considere $C_p = (7/2)R$ e $C_v = (5/2)R$. Alternativamente, considere $C_p = (5/2)R$ e $C_v = (3/2)R$.

40. Um mol de um gás ideal, inicialmente a 30 °C e 1 bar, sofre as seguintes mudanças mecanicamente reversíveis. Ele é comprimido isotermicamente até o ponto em que, quando ele é aquecido a volume constante até 120 °C, sua pressão final é de 12 bar. Considere $C_p = (7/2)R$ e $C_v = (5/2)R$.

41. Um processo é formado por duas etapas:
 1) Um mol de ar a $T = 800$ K e $P = 4$ bar é resfriado a volume constante até $T = 350$ K.
 2) O ar é então aquecido a pressão constante até a sua temperatura atingir 800 K.

Se este processo em duas etapas for substituído por uma única expansão isotérmica do ar de 800 K e 4 bar para alguma pressão final **P**, qual é o valor de **P** que faz o trabalho ser o mesmo nos dois processos? Considere reversibilidade mecânica e o ar como um gás ideal com $C_p = (7/2)R$ e $C_v = (5/2)R$.

42. Um procedimento para determinar o volume interno V_B^i de um cilindro é constituído pelas seguintes etapas. Um gás é colocado no cilindro até atingir uma pressão baixa igual a P_1 e o cilindro é conectado através de um pequeno tubo com uma válvula, a um tanque de referência com volume conhecido V_A^i onde há vácuo. A válvula é aberta e o gás escoar através do tubo para o tanque de referência. Após o sistema retornar à sua temperatura inicial, um transdutor de pressão sensível fornece um valor para a variação de pressão ΔP no cilindro. Determine o volume do cilindro V_B^i a partir dos seguintes dados:

- $V_A^i = 256$ cm³;
- $\Delta P/P_1 = -0,0639$.

- * **14:** A) 98 J
B) 16 J
 - * **15:** 39 J
 - * **16:** 2,6k J
 - * **17:** 3,03 J
 - * **18:** $-1,0 \times 10^2$ J
 - * **19:** A) 895 J
B) 899 J
 - * **20:** A) -88 J
B) -167 J
 - * **21:** $+123$ J
 - * **22:** $+2,99$ kJ
 - * **23:** $4,4 \times 10^4$ J
 - * **24:** $23,7$ J · K⁻¹
 - * **25:** 42 kJ
 - * **26:** 38 J · K⁻¹ mol⁻¹
 - * **27:** $6,1 \times 10^2$ s
 - * **28:** $1,86 \times 10^3$ J
 - * **29:** 773 J
 - * **30:** $-8,0$ J
 - * **31:** 29,3 J
 - * **32:** A) 2.479 kJ·mol⁻¹
B) diminui
 - * **33:** 80J · K⁻¹
 - * **34:** $q = +2,2$ kJ; $\Delta H = +2,2$ kJ; $\Delta U = +1,6$ kJ
 - * **35:** $20,83$ J · K⁻¹ · mol⁻¹
 - * **36:** 458 J · mol⁻¹
 - * **37:** 818 J · mol⁻¹
- Resposta com o professor.

Gabarito – Exercícios Propostos

01	02	03	04	05	06	07
C	*	D	*	*	*	*
08	09	10	11	12	13	14
*	*	*	*	*	*	*
15	16	17	18	19	20	21
*	*	*	*	*	*	*
22	23	24	25	26	27	28
*	*	*	*	*	*	*
29	30	31	32	33	34	35
*	*	*	*	*	*	*
36	37	38	39	40	41	42
*	*	–	–	–	–	–

- * **02:** 31
- * **04:** 1.076 cal; 1.494 cal
- * **05:** 1.786 cal
- * **06:** 37,9 °C
- * **07:** 24,7 °C
- * **08:** 4.638 J; 32,2 min
- * **09:** 9.430 cal; 8.530 cal
- * **10:** 4.054 cal
- * **11:** A) 3.470 cal; 2.474 cal
B) 3.478 cal; 2.482 cal
- * **12:** 9,92 atm · ℓ; $1,00 \cdot 10^{10}$ erg, 240,2 cal; 1.005J
- * **13:** 103,5 cal



Anotações

FARIAS BRITO

O PRIMEIRO EM PRIMEIROS

130 PRIMEIROS LUGARES



QUANTIDADE DE PRIMEIROS LUGARES

UFC	37
UECE	16
UVA	13
COLÉGIO NAVAL	01
NOTAS MÁXIMAS NO ENEM	15
MARINHA MERCANTE	01
OLIMP. INTERNACIONAL DE MATEMÁTICA	01
OLIMP. INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS JÚNIOR	03
OLIMP. BRASILEIRA DE FÍSICA	10
OLIMP. CEARENSE DE INFORMÁTICA	05
OLIMP. BRASILEIRA DE INFORMÁTICA	14
OLIMP. CEARENSE DE CIÊNCIAS	06
OLIMP. IBERO-AMERICANA DE FÍSICA	01
OLIMP. IBERO-AMERICANA DE QUÍMICA	01
OLIMP. BRASILEIRA DE QUÍMICA	03
UNIVERSIDADE EST. DE PERNAMBUCO (UPE)	01
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ (UFPI)	01
UNICAMP	01
TOTAL	130

E AINDA: 204 APROVAÇÕES EM VESTIBULARES ANTES DA CONCLUSÃO DO ENSINO MÉDIO

10 APROVAÇÕES EM PRIMEIRO LUGAR ANTES DA CONCLUSÃO DO ENSINO MÉDIO

37 PRIMEIROS LUGARES NA UFC



16 PRIMEIROS LUGARES NA UECE



15 NOTAS MÁXIMAS NO ENEM

