

QUÍMICA

MÓDULO 2 FÍSICO-QUÍMICA

CAPÍTULO 2.3 TERMOQUÍMICA

EXERCÍCIOS - ENEM

AULAS 15 EXERCÍCIOS 05 ORIENTADOS 20 VESTIBULARES 30 FÁCIL 36 MÉDIO 25 DIFÍCIL 15 ENEM 44 MED



QUESTÃO 01

(ENEM 2009 1ª APLICAÇÃO) Nas últimas décadas, o efeito estufa tem-se intensificado de maneira preocupante, sendo esse efeito muitas vezes atribuído à intensa liberação de CO_2 durante a queima de combustíveis fósseis para geração de energia. O quadro traz as entalpias-padrão de combustão a 25°C () do metano, do butano e do octano.

composto	fórmula molecular	massa molar (g/mol)	(kJ/mol)
metano	CH_4	16	-890
butano	C_4H_{10}	58	-2.878
octano	C_8H_{18}	114	-5.471

À medida que aumenta a consciência sobre os impactos ambientais relacionados ao uso da energia, cresce a importância de se criar políticas de incentivo ao uso de combustíveis mais eficientes. Nesse sentido, considerando-se que o metano, o butano e o octano sejam representativos do gás natural, do gás liquefeito de petróleo (GLP) e da gasolina, respectivamente, então, a partir dos dados fornecidos, é possível concluir que, do ponto de vista da quantidade de calor obtido por mol de CO_2 gerado, a ordem crescente desses três combustíveis é

- A gasolina, GLP e gás natural.
- B gás natural, GLP e gasolina.
- C GLP, gás natural e gasolina.
- D gasolina, gás natural e GLP.
- E gás natural, gasolina e GLP.

QUESTÃO 02

(ENEM 2009 CANCELADO) Vários combustíveis alternativos estão sendo procurados para reduzir a demanda por combustíveis fósseis, cuja queima prejudica o meio ambiente devido à produção de dióxido de carbono (massa molar igual a 44 g mol^{-1}). Três dos mais promissores combustíveis alternativos são o hidrogênio, o etanol e o metano. A queima de 1 mol de cada um desses combustíveis libera uma determinada quantidade de calor, que estão apresentadas na tabela a seguir.

Combustível	Massa molar (g mol^{-1})	Calor liberado na queima (kJ mol^{-1})
H_2	2	270
CH_4	16	900
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	46	1350

Considere que foram queimadas massas, independentemente, desses três combustíveis, de forma tal que em cada queima foram liberados 5400 kJ. O combustível mais econômico, ou seja, o que teve a menor massa consumida, e o combustível mais poluente,

que é aquele que produziu a maior massa de dióxido de carbono (massa molar igual a 44 g mol^{-1}), foram, respectivamente,

- A o hidrogênio, que teve apenas 20 g de massa consumida, e o metano, que produziu 264 g de CO_2 .
- B o hidrogênio, que teve apenas 40 g de massa consumida, e o etanol, que produziu 352 g de CO_2 .
- C o etanol, que teve apenas 46 g de massa consumida, e o metano, que produziu 900 g de CO_2 .
- D o etanol, que teve apenas 96 g de massa consumida, e o metano, que produziu 176 g de CO_2 .
- E o hidrogênio, que teve apenas 2 g de massa consumida, e o etanol, que produziu 1350 g de CO_2 .

QUESTÃO 03

(ENEM 2010 1ª APLICAÇÃO) No que tange à tecnologia de combustíveis alternativos, muitos especialistas em energia acreditam que os alcoóis vão crescer em importância em um futuro próximo. Realmente, alcoóis como metanol e etanol têm encontrado alguns nichos para uso doméstico como combustíveis há muitas décadas e, recentemente, vêm obtendo uma aceitação cada vez maior como aditivos ou mesmo como substitutos para a gasolina em veículos. Algumas das propriedades físicas desses combustíveis são mostradas no quadro seguinte.

Álcool	Densidade a 25°C (g/mL)	Calor de Combustão (kJ/mol)
Metanol (CH_3OH)	0,79	- 726,0
Etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$)	0,79	- 1367,0

BAIRD, C. Química Ambiental. São Paulo: Artmed, 1995 (adaptado).

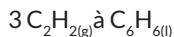
Dados: Massas molares em g/mol : H = 1,0; C = 12,0; O = 16,0. Considere que, em pequenos volumes, o custo de produção de ambos os alcoóis seja o mesmo.

Dessa forma, do ponto de vista econômico, é mais vantajoso utilizar

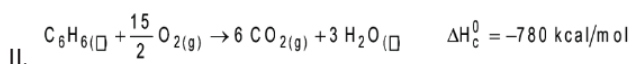
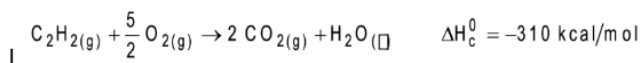
- A etanol, pois sua combustão completa fornece, aproximadamente, 23,5 MJ de energia por litro de combustível queimado.
- B metanol, pois sua combustão completa fornece, aproximadamente, 17,9 MJ de energia por litro de combustível queimado.
- C metanol, pois sua combustão completa fornece, aproximadamente, 22,7 kJ de energia por litro de combustível queimado.
- D etanol, pois sua combustão completa fornece, aproximadamente, 29,7 kJ de energia por litro de combustível queimado.
- E etanol, pois sua combustão completa fornece, aproximadamente, 33,7 MJ de energia por litro de combustível queimado.

QUESTÃO 04

(ENEM 2016 1ª APLICAÇÃO) O benzeno, um importante solvente para a indústria química, é obtido industrialmente pela destilação do petróleo. Contudo, também pode ser sintetizado pela trimerização do acetileno catalisada por ferro metálico sob altas temperaturas, conforme a equação química:



A energia envolvida nesse processo pode ser calculada indiretamente pela variação de entalpia das reações de combustão das substâncias participantes, nas mesmas condições experimentais:



A variação de entalpia do processo de trimerização, em kcal, para a formação de um mol de benzeno é mais próxima de

- A - 1090.
- B - 150.
- C - 50.
- D + 157.
- E + 470.

QUESTÃO 05

(ENEM 2014 2ª APLICAÇÃO) A escolha de uma determinada substância para ser utilizada como combustível passa pela análise da poluição que ela causa ao ambiente e pela quantidade de energia liberada em sua combustão completa. O quadro apresenta a entalpia de combustão de algumas substâncias. As massas molares dos elementos H, C e O são, respectivamente, iguais a 1 g/mol, 12 g/mol e 16 g/mol.

Substância	Fórmula	Entalpia de combustão (kJ/mol)
Acetileno	C_2H_2	- 1 298
Etano	C_2H_6	- 1 558
Etanol	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	- 1 366
Hidrogênio	H_2	- 242
Metanol	CH_3OH	- 558

Levando-se em conta somente o aspecto energético, a substância mais eficiente para a obtenção de energia, na combustão de 1 kg de combustível, é o

- A etano.
- B etanol.
- C hidrogênio.
- D metanol.
- E acetileno.

QUESTÃO 06

(ENEM 2011 1ª APLICAÇÃO) Um dos problemas dos combustíveis que contêm carbono é que sua queima produz dióxido de carbono. Portanto, uma característica importante, ao se escolher um combustível, é analisar seu calor de combustão

(ΔH_c^0), definido como a energia liberada na queima completa de um mol de combustível no estado padrão. O quadro seguinte relaciona algumas substâncias que contêm carbono e seu ΔH_c^0 .

Substância	Fórmula	(kJ/mol)
benzeno	C_6H_6 (l)	- 3 268
etanol	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (l)	- 1 368
glicose	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (s)	- 2 808
metano	CH_4 (g)	- 890
Octano	C_8H_{18} (l)	- 5 471

ATKINS, P. Princípios de Química. Bookman, 2007 (adaptado).

Neste contexto, qual dos combustíveis, quando queimado completamente, libera mais dióxido de carbono no ambiente pela mesma quantidade de energia produzida?

- A Benzeno
- B Etanol.
- C Octano.
- D Glicose.
- E Metano.

QUESTÃO 07

(ENEM 2010 1ª APLICAÇÃO) O abastecimento de nossas necessidades energéticas futuras dependerá certamente do desenvolvimento de tecnologias para aproveitar a energia solar com maior eficiência. A energia solar é a maior fonte de energia mundial. Num dia ensolarado, por exemplo, aproximadamente 1kJ de energia solar atinge cada metro quadrado de superfície terrestre por segundo. No entanto, o aproveitamento dessa energia é difícil porque ela é diluída (distribuída por uma área muito extensa) e oscila com o horário e as condições climáticas. O uso efetivo da energia solar depende de formas de estocar a energia coletada para o uso posterior.

BROWN, T. Química e Ciência Central. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

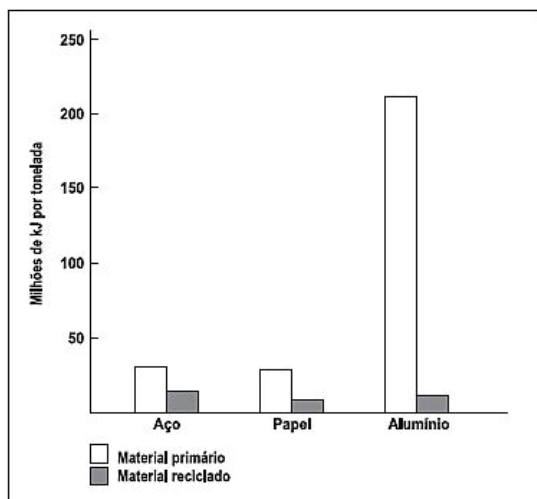
Atualmente, uma das formas de se utilizar a energia solar tem sido armazená-la por meio de processos químicos endotérmicos que mais tarde podem ser revertidos para liberar calor.

Considerando a reação: $\text{CH}_{4(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(v)} + \text{calor} \rightleftharpoons \text{CO}_{(g)} + 3\text{H}_{2(g)}$ e analisando-a como potencial mecanismo para aproveitamento posterior da energia solar, conclui-se que se trata de uma estratégia

- a) insatisfatória, pois a reação apresentada não permite que a energia presente no meio externo seja absorvida pelo sistema para ser utilizada posteriormente.
- b) satisfatória, uma vez que a reação direta ocorre com absorção de calor e promove a formação das substâncias combustíveis que poderão ser utilizadas posteriormente para a obtenção de energia e realização de trabalho útil.
- c) insatisfatória, uma vez que a a formação do gás CO que não possui conteúdo energético passível de ser aproveitado posteriormente e é considerado um gás poluente.
- d) satisfatória, uma vez que a reação direta ocorre com liberação de calor havendo ainda a formação das substâncias combustíveis que poderão ser utilizadas posteriormente para a obtenção de energia a realização de trabalho útil
- e) insatisfatória, uma vez que há formação de gases poluentes e com potencial poder explosivo, tornando-a uma reação perigosa e de difícil controle

QUESTÃO 08

(ENEM 2011 2ª APLICAÇÃO) A reciclagem exerce impacto considerável sobre a eficiência energética. Embora restaurar materiais que foram descartados também consuma energia, é possível que essa energia seja substancialmente menor. O gráfico seguinte indica a quantidade de energia necessária para a produção de materiais primários e reciclados. A maioria dos metais ocorre na crosta terrestre como óxidos que devem ser reduzidos para recuperar o metal elementar, o que consome grande quantidade de energia. As entalpias-padrão de formação dos óxidos de alumínio e ferro são, respectivamente: $-1\,675,7\text{ kJ/mol}$ e $-824,2\text{ kJ/mol}$.



SPIRO, T. G.; STIGLIANI, W. M. Química Ambiental. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2008 (adaptado).

A energia gasta na obtenção do alumínio a partir do seu material primário é maior do que a do aço, porque o alumínio

- A) apresenta somente uma valência constante, enquanto o ferro pode apresentar normalmente duas valências.
- B) apresenta entalpia de formação no seu óxido menor do que a entalpia do ferro.
- C) requer praticamente o dobro de energia para ser isolado do seu óxido do que requer o ferro, no estado padrão.
- D) requer 200 vezes mais energia para ser isolado do seu minério do que o ferro
- E) forma seu óxido absorvendo menos energia que o ferro

QUESTÃO 09

(ENEM 2011 2ª APLICAÇÃO) Considera-se combustível aquele material que, quando em combustão, consegue gerar energia. No caso dos biocombustíveis, suas principais vantagens de uso são a de serem oriundos de fontes renováveis e a de serem menos poluentes que os derivados de combustíveis fósseis. Por isso, no Brasil, tem-se estimulado o plantio e a industrialização de sementes oleaginosas para produção de biocombustíveis. No quadro, estão os valores referentes à energia produzida pela combustão de alguns biocombustíveis:

BIOCOMBUSTÍVEL	kcal/kg
Biodiesel (mamona)	8913
Biodiesel (babaçu)	9049
Biodiesel (dendê)	8946

Biodiesel (soja)	9421
Etanol (cana-de-açúcar)	5596

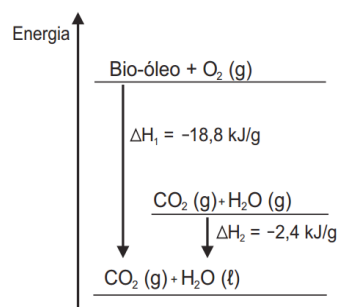
Disponível em: <http://www.biodieselecooleo.com.br>. Acesso em: 8 set. 2010 (adaptado).

Entre os diversos tipos de biocombustíveis apresentados no quadro, aquele que apresenta melhor rendimento energético em massa é proveniente

- A) da cana-de-açúcar
- B) do dendê.
- C) do babaçu.
- D) da soja.
- E) da mamona.

QUESTÃO 10

(ENEM 2015 1ª APLICAÇÃO) O aproveitamento de resíduos florestais vem se tornando cada dia mais atrativo, pois eles são uma fonte renovável de energia. A figura representa a queima de um bio-óleo extraído do resíduo de madeira, sendo ΔH_1 a variação de entalpia devido à queima de 1g desse bio-óleo, resultando em gás-carbônico e água líquida, e ΔH_2 a variação de entalpia envolvida na conversão de 1g de água no estado gasoso para o estado líquido.

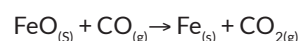


A variação de entalpia em kJ, para a queima de 5g desse bio-óleo resultando em CO₂ (gasoso) e H₂O (gasoso) é:

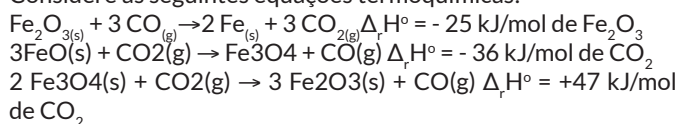
- A) -21,2.
- B) -16,4.
- C) -82,0.
- D) 106.
- E) -94,0.

QUESTÃO 11

(ENEM 2017 1ª APLICAÇÃO) O ferro é encontrado na natureza na forma de seus minérios, tais como a hematita ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), a magnetita (Fe_3O_4) e a wustita (FeO). Na siderurgia, o ferro-gusa é obtido pela fusão de minérios de ferro em altos fornos em condições adequadas. Uma das etapas nesse processo é a formação de monóxido de carbono. O CO (gasoso) é utilizado para reduzir o FeO (sólido), conforme a equação química:



Considere as seguintes equações termoquímicas:



O valor mais próximo de $\Delta_f H^\circ$, em kJ/mol de FeO, para a reação indicada do FeO (sólido) com o CO (gasoso) é

- A -14.
- B -17.
- C -50.
- D -64.
- E -100.

QUESTÃO 12

(ENEM 2017 2ª APLICAÇÃO) Os combustíveis de origem fóssil, como o petróleo e o gás natural, geram um sério problema ambiental, devido à liberação de dióxido de carbono durante o processo de combustão. O quadro apresenta as massas molares e as reações de combustão não balanceadas de diferentes combustíveis.

Combustível	Massa molar (g/mol)	Reação de combustão (não balanceada)
Metano	16	$\text{CH}_4(\text{g}) + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
Acetileno	26	$\text{C}_2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
Etano	30	$\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
Propano	44	$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
Butano	58	$\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g}) + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

Considerando a combustão completa de 58 g de cada um dos combustíveis listados no quadro, a substância que emite mais CO_2 é o

- A etano.
- B butano
- C metano
- D propano.
- E acetileno.

QUESTÃO 13

(ENEM 2018 1ª APLICAÇÃO) O carro flex é uma realidade no Brasil. Estes veículos estão equipados com motor que tem a capacidade de funcionar com mais de um tipo de combustível. No entanto, as pessoas que têm esse tipo de veículo, na hora do abastecimento, têm sempre a dúvida: álcool ou gasolina? Para avaliar o consumo desses combustíveis, realizou-se um percurso com um veículo flex, consumindo 40 litros de gasolina e no percurso de volta utilizou-se etanol. Foi considerado o mesmo consumo de energia tanto no percurso de ida quanto no de volta.

O quadro resume alguns dados aproximados sobre esses combustíveis.

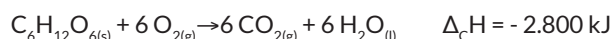
Combustível	Densidade (g mL ⁻¹)	Calor de combustão (kcal g ⁻¹)
Etanol	0,8	- 6
Gasolina	0,7	- 10

O volume de etanol combustível, em litro, consumido no percurso de volta é mais próximo de

- A 27.
- B 32.
- C 37
- D 58.
- E 67.

QUESTÃO 14

(ENEM 2018 1ª APLICAÇÃO) Por meio de reações químicas que envolvem carboidratos, lipídeos e proteínas, nossas células obtêm energia e produzem gás carbônico e água. A oxidação da glicose no organismo humano libera energia, conforme ilustra a equação química, sendo que aproximadamente 40% dela é disponibilizada para atividade muscular.



Considere as massas molares (em g mol⁻¹): H = 1; C = 12; O = 16. LIMA, L. M.; FRAGA, C. A. M.; BARREIRO, E. J. Química na saúde. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2010 (adaptado).

Na oxidação de 1,0 grama de glicose, a energia obtida para atividade muscular, em quilojoule, é mais próxima de

- A 6,2.
- B 15,6.
- C 70,0
- D 622,2.
- E 1 120,0.

QUESTÃO 15

(ENEM 2016 3ª APLICAÇÃO) Para comparar a eficiência de diferentes combustíveis, costuma-se determinar a quantidade de calor liberada na combustão por mol ou grama de combustível. O quadro mostra o valor de energia liberada na combustão completa de alguns combustíveis.

Combustível	a 25 °C (kJ/mol)
Hidrogênio	-286
Etanol	-1 368
Metano	-890
Metanol	-726
Octano	-5 471

As massas molares dos elementos H, C e O são iguais a 1 g/mol, 12g/mol e 16 g/mol, respectivamente.

Qual combustível apresenta maior liberação de energia por grama?

- A Hidrogênio
- B Etanol.
- C Metano.
- D Metanol.
- E Octano.

GABARITO

01	A	02	B	03	A	04	B	05	C
06	D	07	B	08	B	09	D	10	C
11	B	12	E	13	D	14	A	15	A