

# PROGRAMA NACIONAL OLIMPIADAS DE QUÍMICA

## XVI OLÍMPIADA DE QUÍMICA DO RIO GRANDE DO NORTE

### PROVA OBJETIVA E DISCURSIVA

# MODALIDADE A2

2ª série

TABELA PERIÓDICA DOS ELEMENTOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIIB	VIIIIB			IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
1	1 H 1,0																	2 He 4,0
2	3 Li 7,0	4 Be 9,0											5 B 11,0	6 C 12,0	7 N 14,0	8 O 16,0	9 F 19,0	10 Ne 20,0
3	11 Na 23,0	12 Mg 24,0											13 Al 27,0	14 Si 28,0	15 P 31,0	16 S 32,0	17 Cl 35,5	18 Ar 40,0
4	19 K 39,0	20 Ca 40,0	21 Sc 45,0	22 Ti 48,0	23 V 51,0	24 Cr 52,0	25 Mn 55,0	26 Fe 56,0	27 Co 57,0	28 Ni 59,0	29 Cu 63,5	30 Zn 65,5	31 Ga 69,5	32 Ge 72,5	33 As 75,0	34 Se 79,0	35 Br 80,0	36 Kr 84,0
5	37 Rb 85,5	38 Sr 87,5	39 Y 89,0	40 Zr 91,0	41 Nb 93,0	42 Mo 96,0	43 Tc (97)	44 Ru 101,0	45 Rh 103,0	46 Pd 106,5	47 Ag 108,0	48 Cd 112,5	49 In 115,0	50 Sn 118,5	51 Sb 122,0	52 Te 127,5	53 I 127,0	54 Xe 131,5
6	55 Cs 133,0	56 Ba 137,5	* La	72 Hf 178,5	73 Ta 181,0	74 W 184,0	75 Re 186,0	76 Os 190,0	77 Ir 192,0	78 Pt 195,0	79 Au 197,0	80 Hg 200,5	81 Tl 204,5	82 Pb 207,0	83 Bi 209,0	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
7	87 Fr (223)	88 Ra (226)	** Ac	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (264)	108 Hs (277)	109 Mt (268)	110 Ds (271)	111 Rg (272)							

\*SÉRIE DOS LANTANÍDIOS

57 La 139,0	58 Ce 140,0	59 Pr 141,0	60 Nd 144,0	61 Pm (145)	62 Sm 150,5	63 Eu 152,0	64 Gd 157,5	65 Tb 159,0	66 Dy 162,5	67 Ho 165,0	68 Er 167,5	69 Tm 170,0	70 Yb 173,0	71 Lu 175,0
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

\*\*SÉRIE DOS ACTINÍDIOS

89 Ac (227)	90 Th 232,0	91 Pa (231)	92 U 238,0	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No 259	103 Lr (262)
-------------------	-------------------	-------------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	------------------	--------------------

<b>Nº Atômico</b>
<b>SÍMBOLO</b>
<b>Massa Atômica</b>
(arredondada ± 0,5)

Fonte: IUPAC, 2005.

# PARTE OBJETIVA

## QUESTÃO 1

A fabricação do iogurte é controlada pelo processo de coalhadura. Basicamente, trata-se de fazer o leite estragar de uma maneira bastante específica. O processo tem início com a pasteurização do leite, em que a temperatura é aumentada. O calor ajuda a eliminar qualquer bactéria indesejada presente no leite e inicia o trabalho de quebrar as proteínas para que elas formem a retícula molecular que faz parte do coração do iogurte. Na sequência, o leite é resfriado a 37°C, e nesse ponto ele está pronto para o processo que, para muitos, define um iogurte: a fermentação. Isso porque essa temperatura é ideal para a proliferação de duas importantes bactérias: *Lactobacillus delbrueckii* e *Streptococcus thermophilus*. Conforme elas aumentam, elas transformam a lactose em ácido láctico. As proteínas presentes começam a notar a diferença e seus grumos começam a se soltar. Dessa forma, elas se liberam e se unem a outras proteínas, formando uma espécie de rede, que por sua vez retém água e glóbulos de gordura. O leite virou iogurte.

[http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/08/150825\\_vert\\_fut\\_segredos\\_iogurte\\_ml](http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/08/150825_vert_fut_segredos_iogurte_ml). Acesso em: 26 ago. 2015 (adaptado).

Com base nas informações contidas no texto acima, analise as afirmações que se seguem:

- I. Na fabricação do iogurte ocorrem processos químicos e físicos**
- II. O iogurte é uma solução coloidal do tipo emulsão**
- III. O pH dos iogurtes é sempre menor que 7,0**
- IV. O iogurte não apresenta vestígios de bactérias devido ao processo de pasteurização por qual ele passa**

São **CORRETAS** apenas as afirmações:

- (a) I e III
- (b) II e III
- (c) II e IV
- (d) I, II e III
- (e) I, III e IV

## QUESTÃO 2

Para avaliar a eficiência do tratamento de resíduos de efluentes domésticos, pode-se quantificar o teor de nitrogênio total e de suas diferentes frações, como nitrogênio amoniacal, nitratos e nitritos. A determinação do nitrogênio total orgânico baseia-se na digestão da amostra com ácido sulfúrico concentrado, resultando na formação de água, dióxido de carbono e amônia (NH<sub>3</sub>). A amônia é fixada na forma de sulfato de amônio, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, sendo posteriormente destilada pela adição de uma base forte, e recolhida em excesso de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Visando avaliar o tratamento de resíduos de efluentes domésticos de certa estação, procedeu-se à conversão, em amônia, de todo o nitrogênio contido em uma amostra de 1,000 g de biossólido, retirada após tratamento realizado na estação. A amônia foi recolhida em 50,00 mL de uma solução de ácido sulfúrico 0,1 mol·L<sup>-1</sup>, sendo que o excesso de solução de ácido sulfúrico consumiu 10,00 mL de solução de NaOH 0,2 mol·L<sup>-1</sup>. O teor total de nitrogênio nessa amostra é de:

- (a) 5,60%
- (b) 11,20%
- (c) 22,40%
- (d) 26,40%
- (e) 52,80%

### QUESTÃO 3

Uma prática bastante comum empregada em festas e churrascos é a adição de sal ao gelo com o intuito de acelerar o processo de resfriamento de bebidas. Na prática ocorre a diminuição da temperatura de congelamento da água, fenômeno conhecido como crioscopia, devido ao fato de que:

- (a) Os íons presentes no sal atraem fortemente as moléculas de água, dificultando a organização dos cristais de gelo
- (b) A dissolução do sal é um processo exotérmico que retira calor do sistema
- (c) O sal reage com o gelo, em uma reação com absorção de energia
- (d) O sal induz maior produção de gelo por parte da água líquida
- (e) A mistura de sal e gelo retém o calor do sistema de maneira eficiente, impedindo que sua energia seja dissipada

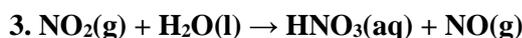
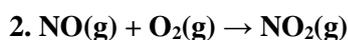
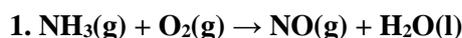
### QUESTÃO 4

Em 1º de janeiro de 2014 começou a valer a obrigatoriedade da presença de *airbag* nos veículos novos produzidos no Brasil. A medida criada pelo Contran visa à redução do número de acidentes fatais nas estradas brasileiras. Os *airbags* de automóveis são inflados durante uma colisão pela explosão da azida de sódio,  $\text{NaN}_3$ , segundo a reação:  $2\text{NaN}_3(\text{s}) \rightarrow 2\text{Na}(\text{s}) + 3\text{N}_2(\text{g})$ . Que massa de azida de sódio seria necessária para inflar um *air bag* de 25,0 L a uma pressão de 1,3 atm e temperatura de 25 °C (298 K), considerando  $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ?

- (a) 57,6 g
- (b) 86,5 g
- (c) 111,7 g
- (d) 133,0 g
- (e) 172,9 g

### QUESTÃO 5

O ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), quando diluído, é incolor e, quando concentrado, possui uma coloração amarelo pálido, decorrente da decomposição parcial do ácido em  $\text{NO}_2$ . Esse composto entra em ebulição a 83 °C e frequentemente é utilizado na fabricação de fertilizantes e explosivos. É produzido em três estágios, cujas reações abaixo representadas não se encontram balanceadas.



Partindo-se de 6 mol de  $\text{NH}_3$  e admitindo rendimento de 50% em cada uma das reações, a quantidade de  $\text{HNO}_3$  produzido, em mol, será:

- (a) 0,5
- (b) 1,0
- (c) 1,5
- (d) 2,0
- (e) 3,0

## QUESTÃO 6

O noni é um fruto que vem sendo bastante utilizado na medicina popular para o tratamento e cura de diversas enfermidades, incluindo o câncer. Abaixo, segue o trecho de uma reportagem publicada no portal G1 em 06 de junho de 2013 a respeito desse fruto:

*As pesquisas da Embrapa começaram em 2008. O agrônomo explica que o noni começou a ser pesquisado depois que se tornou popular nas feiras livres e que a fruta tem atraído a atenção da população porque é rica em nutrientes. “É rica em vitamina C e antioxidantes e a Embrapa vendo isso, começou a trabalhar no desenvolvimento agrônômico da fruta”, diz João Alencar.*

*Apesar do entusiasmo da população, a Vigilância Sanitária faz um alerta. Não existe nenhum produto industrializado a base de noni permitido no Brasil e todo alimento deve ter autorização da Anvisa, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, para ser comercializado.*

Pesquisas realizadas no início da década passada evidenciaram a presença de diversos compostos antioxidantes no noni, em especial o composto damnacantal, que contém apenas átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio. Um dos métodos utilizados para a determinação de sua fórmula molecular foi a análise da massa de  $\text{CO}_2$  e água produzida a partir da combustão do damnacantal. Sabendo que a combustão de 1,000 g desse composto produz 2,497 g de  $\text{CO}_2$  e 0,319 g de  $\text{H}_2\text{O}$ , determine a fórmula empírica, que nesse caso, é também a fórmula molecular do damnacantal presente no noni.

- (a)  $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{O}_5$
- (b)  $\text{C}_{12}\text{H}_{32}\text{O}_3$
- (c)  $\text{C}_{18}\text{H}_{22}\text{O}_5$
- (d)  $\text{C}_{15}\text{H}_{20}\text{O}_3$
- (e)  $\text{C}_{14}\text{H}_{12}\text{O}_3$

## QUESTÃO 7

A água é uma substância de vital importância para a existência de vida em nosso planeta. À temperatura ambiente e pressão atmosférica ao nível do mar, a água encontra-se na fase líquida. Outras substâncias, como  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  e  $\text{CO}_2$ , apesar de possuírem maior massa molar, apresentam ponto de ebulição inferior à água, 78 e  $-78^\circ\text{C}$ , respectivamente. A justificativa para esse fato se deve:

- (a) Às ligações entre átomos de moléculas diferentes de água são muito fortes; por isso, a água encontra-se na fase líquida nessas condições.
- (b) À massa da molécula de água é grande em relação ao seu tamanho; por isso, a água é compactada e torna-se líquida.
- (c) À densidade da água é maior que a soma da densidade do gás oxigênio e do gás hidrogênio; por isso, a massa é maior e faz com que as moléculas se aproximem, formando a fase líquida.
- (d) Às ligações covalentes polares entre os átomos de hidrogênio e de oxigênio são mais fortes do que as covalentes apolares entre os átomos de hidrogênio; assim, a repulsão é maior do que a atração, formando a fase líquida.
- (e) Às ligações iônicas presentes na molécula de água; ao invés de formarem uma fase sólida, formam uma fase líquida.

## QUESTÃO 8

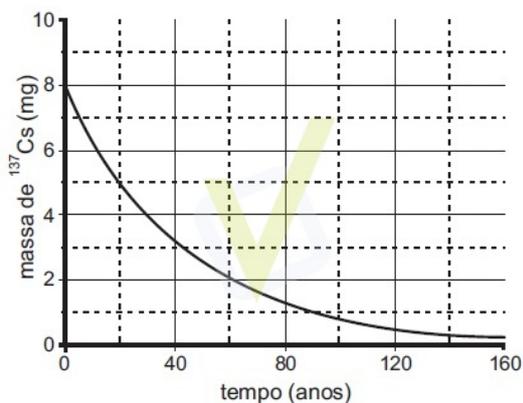
Os equipamentos de mergulho e trajes espaciais contém uma substância química que é capaz de absorver o  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  exalados e liberar gás  $\text{O}_2$ , reciclando dessa maneira o ar respirável no interior do traje e evitando que o mergulhador ou astronauta se intoxique com o  $\text{CO}_2$  exalado. A substância presente nesses tipos de traje é:

- (a)  $\text{KO}_2$
- (b)  $\text{Na}_2\text{O}_2$
- (c)  $\text{Na}_2\text{O}$
- (d)  $\text{NaOH}$
- (e)  $\text{KCl}$

## QUESTÃO 9

O desastre nuclear na Central Nuclear de Fukushima I, ocorrido em 11 de março de 2011, tornou-se o maior desastre nuclear desde o acidente nuclear de Chernobil, em abril de 1986, e o segundo (depois de Chernobil) a chegar ao nível 7 na Escala Internacional de Acidentes Nucleares. A falha ocorreu quando a usina foi atingida por um tsunami provocado por um terremoto de magnitude 9,0. O vazamento de água radioativa proveniente dos tanques subterrâneos de armazenamento contaminou o solo e a água nas proximidades, tendo os níveis de Césio-137 ultrapassado em 200 vezes o nível permitido.

A partir dos dados de decaimento para o  $^{137}\text{Cs}$  mostrados abaixo, podemos concluir que seu tempo de meia vida e a partícula emitida em seu decaimento são, respectivamente:



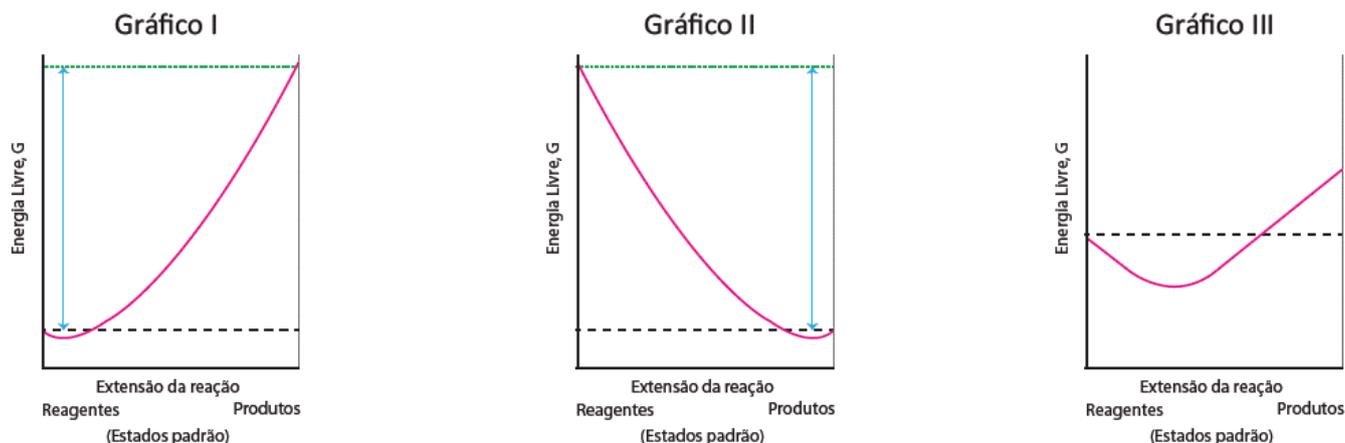
Decaimento do césio-137



- (a) 30 anos e partícula alfa
- (b) 30 anos e partícula beta
- (c) 40 anos e partícula alfa
- (d) 40 anos e partícula beta
- (e) 120 anos e partícula alfa

## QUESTÃO 10

Os gráficos abaixo representam valores de Energia Livre de Gibbs, de acordo com a extensão da reação, em três situações distintas.



Com relação a esse tema, assinale a opção que descreve corretamente o comportamento representado em cada um dos gráficos acima.

- (a) No gráfico I, a reação é espontânea e os produtos são favorecidos em relação aos reagentes; no gráfico II, a reação não é espontânea e os reagentes são favorecidos em relação aos produtos; no gráfico III, os produtos e os reagentes são igualmente favorecidos.
- (b) No gráfico I, a reação não é espontânea e os produtos são favorecidos em relação aos reagentes; no gráfico II, a reação é espontânea e os reagentes são favorecidos em relação aos produtos; no gráfico III, os produtos são favorecidos em relação aos reagentes.
- (c) No gráfico I, a reação é endotérmica e os produtos são favorecidos em relação aos reagentes; no gráfico II, a reação é exotérmica e os reagentes são favorecidos em relação aos produtos; no gráfico III, a reação não é espontânea e os produtos são favorecidos em relação aos reagentes.
- (d) No gráfico I, a reação não é espontânea e os reagentes são favorecidos em relação aos produtos; no gráfico II, a reação é espontânea e os produtos são favorecidos em relação aos reagentes; no gráfico III, os produtos e os reagentes são favorecidos de forma aproximada.
- (e) No gráfico I, a reação não está em equilíbrio e os reagentes são favorecidos em relação aos produtos; no gráfico II, a reação não é espontânea e os reagentes são favorecidos em relação aos produtos; no gráfico III, a reação é espontânea e os produtos e reagentes são igualmente favorecidos.

## PARTE DISCURSIVA

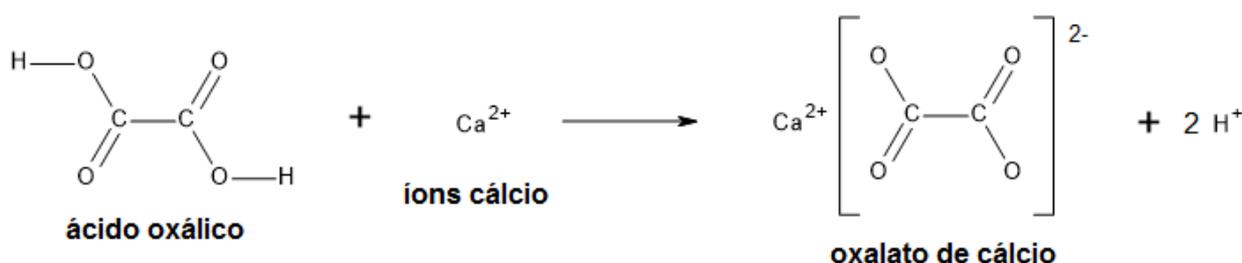
### QUESTÃO 11

Os cálculos renais são formados por problemas genéticos, hábitos alimentares ou infecção urinária. As pedras nos rins se formam quando o ácido úrico, o fósforo e o cálcio estão tão acumulados que podem se unir e formar cristais em qualquer parte da via urinária. Quem sofre de cálculo renal deve ficar atento a dois tipos de ácido: o oxálico (oxalato) e o fítico. Estes ácidos atrapalham o organismo a absorver o cálcio, que fica livre nas vias urinárias, formando os temíveis cristais. O ácido oxálico está presente no espinafre, no manjericão, no quiabo, na beterraba, no amendoim e na pimenta, afirma. Já o fítico faz parte da composição do feijão e do grão de bico.

Disponível em: <http://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2014/11/nutricionista-fala-sobre-alimentos-que-ajudam-evitar-calculos-renais.html>.

Acesso em: 08 set. 2015 (adaptado).

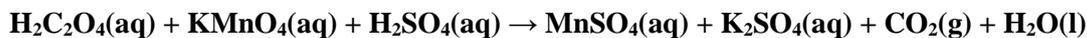
(a) O principal constituinte do cálculo renal é o oxalato de cálcio, que é formado no interior do organismo a partir da reação abaixo. Quantos miligramas de cálcio poderiam ser removidos do organismo após a ingestão de 340 mg de ácido oxálico?



(b) Indique a quantidade de ligações sigma e de ligações pi presentes na estrutura do ácido oxálico.

(c) Escreva a distribuição eletrônica para o íon  $\text{Ca}^{2+}$ .

(d) A quantidade de ácido oxálico presente nos alimentos pode ser determinada a partir de uma titulação redox, onde ocorre a seguinte reação não balanceada:



Balanceie esta equação.

### QUESTÃO 12

De acordo com a Organização Mundial de Saúde, 1,1 bilhão de pessoas no mundo não tem acesso à água potável. Uma forma de garantir a potabilidade da água seria a utilização de métodos de purificação e tratamento da água. O método mais comum é a desinfecção, que faz uso de substâncias como o hipoclorito de sódio e o ozônio capazes de eliminar os microrganismos presentes na água. Outro procedimento que é bastante utilizado é a floculação ou coagulação, em que as partículas sólidas se aglomeram em flocos para que sejam removidas mais facilmente. Este processo consiste na formação e precipitação de hidróxido de alumínio que é insolúvel em água e "carrega" as impurezas para o fundo do tanque. Associado aos dois métodos citados anteriormente geralmente é realizada a filtração da água utilizando carvão ativado.

(a) Desenhe a estrutura de Lewis para o hipoclorito de sódio ( $\text{NaClO}$ ) e o ozônio ( $\text{O}_3$ ).

(b) No processo de purificação da água por floculação deve-se primeiro alcalinizar a água a partir da adição de um sal básico conhecido como barrilha (carbonato de sódio) que se dissolve em água, gerando o íon carbonato (**REAÇÃO 1**), que por sua vez entra em equilíbrio com a água gerando íons bicarbonato e hidróxido. (**REAÇÃO 2**). Com o pH básico, adiciona-se o sulfato de alumínio, que irá se dissolver na água e depois precipitar na forma de hidróxido de alumínio, deixando os íons sulfato em solução (**REAÇÃO 3**). Escreva a equação química balanceada para as Reações 1, 2 e 3.

(c) Explique como atua o carvão ativado para a remoção de impurezas presentes na água e indique se este é um processo físico ou químico.

### QUESTÃO 13

Estudo da Organização das Nações Unidas revelou que o  $\text{NO}_2$  agora é o gás mais importante a exaurir o ozônio e o terceiro mais poderoso gás de efeito estufa emitido na atmosfera. Na tendência atual, as concentrações de  $\text{NO}_2$  aumentarão 83% em 2050 em comparação com níveis de 2005, afirmaram especialistas. O  $\text{NO}_2$  existe naturalmente na atmosfera em quantidades traço, liberadas como parte da troca de nitrogênio entre a terra e o ar. Mas seus níveis aumentaram nas últimas décadas, puxadas sobretudo por fertilizantes nitrogenados produzidos industrialmente, pela poluição do transporte rodoviário e emissões da indústria química. O gás causa danos às moléculas protetoras de ozônio na atmosfera, que ajudam a proteger a Terra da radiação ultravioleta nociva.

<http://noticias.terra.com.br/ciencia/clima/onu-faz-soar-alerta-sobre-danos-do-oxido-nitroso-a-camada-de-ozonio,a313f090e2572410VgnCLD2000000dc6eb0aRCRD.html> Acesso em: 13 de dez. 2014 (adaptado)

O dióxido de nitrogênio é capaz de reagir com o ozônio de acordo com a reação abaixo:



- (a) Calcule a entalpia de formação,  $\Delta H_f^\circ$ , para o  $\text{NO}_2(\text{g})$ , em  $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Dados:  $\Delta H_f^\circ$  para o  $\text{O}_3(\text{g}) = 143 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,  $\Delta H_f^\circ$  para o  $\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) = 11 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ .
- (b) Calcule o valor de  $\Delta G^\circ$  a  $25^\circ\text{C}$  e aponte se esta reação é espontânea ou não.
- (c) Sugira uma explicação para o valor negativo de  $\Delta S^\circ$  para esta reação.
- (d) Utilize os dados da tabela abaixo para determinar a lei de velocidade da reação entre o  $\text{NO}_2(\text{g})$  e o  $\text{O}_3(\text{g})$ .

$[\text{NO}_2(\text{g})]$ , em $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	$[\text{O}_3(\text{g})]$ , em $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	Velocidade, em $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$
0,0015	0,0025	$4,8 \times 10^{-8}$
0,0022	0,0025	$7,2 \times 10^{-8}$
0,0022	0,0050	$1,4 \times 10^{-7}$

- (e) Calcule o valor da constante de velocidade da reação e forneça sua unidade.