

**NÚCLEO OLÍMPICO DE INCENTIVO AO CONHECIMENTO  
OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE QUÍMICA**

## 2024 – FASE III

### Caderno de Problemas

Tabela Periódica com massas atômicas relativas

1																	18
1 H 1.008																	2 He 4.003
3 Li 6.94	4 Be 9.01											13 B 10.81	14 C 12.01	15 N 14.01	16 O 16.00	17 F 19.00	18 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.30											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.63	33 As 74.92	34 Se 78.97	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.95	43 Tc -	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57-71	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po -	85 At -	86 Rn -
87 Fr -	88 Ra -	89-103	104 Rf -	105 Db -	106 Sg -	107 Bh -	108 Hs -	109 Mt -	110 Ds -	111 Rg -	112 Cn -	113 Nh -	114 Fl -	115 Mc -	116 Lv -	117 Ts -	118 Og -

57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm -	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0
89 Ac -	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -

#### Constantes consideradas

Volume molar do gás ideal:  $22,4L$  (CNTP)

Constante dos gases:  $0,0821atm \cdot L \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} = 8,3145J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$

$1atm = 1,01325bar = 1,01325 \times 10^5 Pa = 760torr$

Massa do elétron:  $9,109 \cdot 10^{-31} Kg$

Constante de Planck:  $6,626 \cdot 10^{-34} J/s$

$1eV = 1,602 \cdot 10^{-19} J$

Nome:

# Instruções

- Este caderno apresenta 20 páginas, incluindo capa, enunciado para problemas objetivos e discursivos, gabarito, linhas para resolução, rascunhos e créditos para a equipe responsável pelo simulado.
- A pontuação de cada questão objetiva, se correta, é 4 pontos. Se a questão objetiva for respondida errada, terá penalização de 1 ponto. Questões em branco não serão penalizadas. Assim, a pontuação máxima na parte I é 40 pontos.
- A pontuação de cada questão discursiva é 10 pontos, totalizando 60 pontos na parte discursiva.
- É permitido o uso de calculadora científica **não programável**. Utilize caneta azul ou preta para escrever sua resposta e marcar o gabarito.
- Esta prova tem duração de 4 horas.

**BOA PROVA!**

**PARTE I - QUESTÕES DE MÚLTIPLA ESCOLHA****QUESTÃO 1**

De acordo com a VSEPR, qual o arranjo geométrico dos pares de elétrons em torno do átomo central e a forma molecular da molécula de  $ClO_2^-$ , respectivamente?

- a) Tetraédrico e linear
- b) Tetraédrico e trigonal plano
- c) Trigonal plano e angular
- d) Angular e tetraédrico
- e) Tetraédrico e angular

**QUESTÃO 2**

O mineral berilo puro é composto de Si, O, Al e Be. 0,2024 g de berilo contém 0,0635 g de Si e 0,0102 g de Be. Sabendo disso aponte a opção que contém a fórmula do mineral berilo.

- a)  $Be_3Al_2Si_6O_{18}$
- b)  $Be_3Al_2Si_6O_{12}$
- c)  $BeAlSi_2O_6$
- d)  $Be_3Al_4Si_6O_{18}$
- e)  $Be_3Al_2Si_7O_{20}$

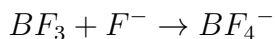
**QUESTÃO 3**

Sabendo que o  $K_{ps}$  do hidróxido de ferro é  $4 \cdot 10^{-38}$ , calcule sua solubilidade molar em água.

- a)  $1,96 \cdot 10^{-10}$
- b)  $4 \cdot 10^{-17}$
- c)  $3,40 \cdot 10^{-10}$
- d)  $4,47 \cdot 10^{-10}$
- e)  $4 \cdot 10^{-31}$

**QUESTÃO 4**

Qual a mudança na geometria molecular que ocorre na seguinte reação?



- a) De trigonal plana para tetraédrica
- b) De angular para trigonal plana
- c) De tetraédrica para octaédrica
- d) De linear para angular
- e) De angular para tetraédrica

**QUESTÃO 5**

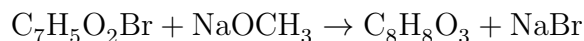
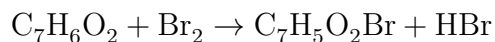
O sistema de refrigeração de um automóvel geralmente contém uma solução de anticongelante preparada pela mistura de volumes iguais de etilenoglicol,  $C_2H_4(OH)_2$  e água. A densidade do etilenoglicol é 1,113 g/mL. Qual o ponto de congelamento da mistura?

Dados: A constante crioscópica do solvente vale  $1,86 \cdot \frac{^\circ C \cdot kg}{mol}$

- a) 33,3 °C
- b) -33,3 °C
- c) -15,77 °C
- d) 15,77 °C
- e) -26,96 °C

**QUESTÃO 6**

A vanilina ( $C_8H_8O_3$ ) é um composto muito utilizado como aromatizante, com odor característico de baunilha. Ela pode ser obtida pela reação do p-hidroxibenzaldeído ( $C_7H_6O_2$ ) com o bromo molecular ( $Br_2$ ) e o metóxido de sódio ( $NaOCH_3$ ), de acordo com as seguintes reações:



Uma estudante de laboratório utilizou a síntese da vanilina para um treino experimental. Foram utilizadas 2g do p-hidroxibenzaldeído e os demais reagentes em excesso. A estudante obtiveram 1,6g de vanilina. Qual o rendimento encontrado por ela?

- a) 64%
- b) 88%
- c) 56%
- d) 80%
- e) 72%

### QUESTÃO 7

Considere a reação de combustão do monóxido de carbono, em condições ambientes (25° C e 1 atm) e de acordo com os dados da tabela abaixo.

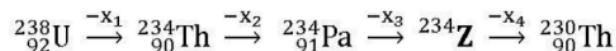
Substância	Entalpia padrão de formação ( $\text{kJ mol}^{-1}$ )	Entropia padrão ( $\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$ )
$\text{CO}_{(g)}$	-110,5	197,9
$\text{CO}_{2(g)}$	-393,7	213,8
$\text{O}_{2(g)}$	0	205,0

Sobre essa reação é correto afirmar que

- Num reator adiabático a variação da energia interna é igual à variação de entropia.
- A reação ocorre com diminuição de entropia, cujo valor de  $\Delta S^\circ$  para a reação balanceada com os menores coeficiente inteiros é  $-43,3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ .
- A reação absorve 283,2 kJ por mol de oxigênio consumido.
- Houve expansão do sistema e o trabalho produzido foi 2328 J.
- A variação de energia livre padrão para a reação balanceada com os menores coeficiente inteiros é  $-514,8 \text{ kJ mol}^{-1}$  e, portanto, a reação é espontânea.

### QUESTÃO 8

No fim do século XIX, iniciaram-se os estudos sobre a radioatividade, com a descoberta da radiação pelo físico francês Henry Becquerel, em 1896. Em sequência, os trabalhos de Pierre e Marie Curie foram fundamentais para o desenvolvimento de pesquisas no campo da radioatividade, o que rendeu a Marie dois prêmios Nobel, o de física em 1903, e o de química em 1911. Nesse contexto, analisa-se a seguinte sequência de decaimento:



$X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  e  $X_4$  são partículas/radiação emitidas pelos respectivos isótopos. A alternativa incorreta é:

- $X_1$  é atraído por uma placa carregada negativamente.
- $X_2$  é  $\beta^-$
- $X_3$   $\gamma$
- Z é um isótopo de urânio
- $X_4$  é  $\alpha$

**QUESTÃO 9**

Qual o pH e o grau de ionização, respectivamente, de uma solução 0,1 M de  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ? Dado:  $K_a = 1,8 \times 10^{-5}$

- a) 2,87 e 1,34%
- b) 2,74 e 1,80%
- c) 2,67 e 2,09%
- d) 2,59 e 2,55%
- e) 2,40 e 3,98%

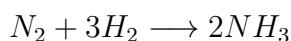
**QUESTÃO 10**

Um jovem químico decidiu realizar uma síntese orgânica em seu laboratório. Nesta síntese, ele partia de dois reagentes solubilizados em um solvente adequado e obtinha o produto na forma de um sólido extremamente fino. Para realizar a separação da mistura reacional após a reação, qual vidaria ele deve usar além do kitassato?

- a) Funil simples.
- b) Funil de Bromo.
- c) Funil de Büchner.
- d) Proveta.
- e) Micropipetaodor.

**QUESTÃO 11**

A síntese de Harber-Bosch foi extremamente revolucionária à época para a fixação de nitrogênio. Esse nitrogênio fixado na forma de amônia poderia vir a ser transformado nas mais diversas coisas, desde bombas e armamento químico, até rémedios. A reação balanceada segue abaixo:



Supondo que  $pK_b(\text{NH}_3) = 5$ , calcule o pH de uma solução 0,1M de amônia.

- a) 3
- b) 6
- c) 8
- d) 10
- e) 11

**QUESTÃO 12**

Qual é o pH de uma solução 0,10 M de acetato de amônio,  $NH_4(CH_3COO)$ ? O  $K_a$  do  $NH_4^+$  é  $5,6 \cdot 10^{-10}$  e o  $K_a$  do  $CH_3COOH$  é  $1,8 \cdot 10^{-5}$ .

- a) 2.87
- b) 5.13
- c) 7.00
- d) 8.87
- e) 10.13

**QUESTÃO 13**

A reação  $A \longleftrightarrow B$  é reversível, com  $K_{eq} = 1,00$ . A reação direta é de primeira ordem em A. Em uma reação contendo inicialmente apenas A em uma concentração inicial de  $[A]_0$ , qual gráfico será linear no decorrer da reação?

- a)  $\ln([A])$  vs tempo
- b)  $\ln([A]-0.5[A]_0)$  vs. time
- c)  $1/[A]$  vs. time
- d)  $1/([A]-0.5[A]_0)$  vs. time
- e) Não é possível determinar.

**QUESTÃO 14**

Na atualidade existem muitos métodos possíveis de serem utilizados para purificação de água para ou consumo direto, ou utilização técnica em ambientes como laboratórios. Um dos principais métodos de purificação envolve algo que é chamado de **osmose reversa**, isto é, um análogo contrário ao processo que ocorre em membranas nanoporosas como a membrana celular com solventes como a água. Com base nesse processo, assinale a alternativa que descreve corretamente as propriedades físico-químicas envolvidas nesse processo.

- a) A principal propriedade envolvida é a pressão osmótica, que é uma propriedade que cresce apenas com o adicionado de soluto a uma mistura e pode ser utilizada como um fator para purificação. Nesse caso, a pressão aplicada ao sistema deve ser maior ou igual à pressão osmótica do sistema.
- b) A principal propriedade envolvida é a pressão de vapor do soluto dissolvido, que é uma propriedade que cresce com a força iônica de uma mistura e pode ser utilizada como um fator para purificação. Nesse caso, a pressão aplicada ao sistema deve ser maior ou igual à pressão osmótica do sistema.

- c) A principal propriedade envolvida é a pressão osmótica, entendida como a pressão para um determinado soluto atravessar uma membrana semi-permeável. Nesse caso, a pressão aplicada ao sistema deve ser igual à pressão osmótica do sistema.
- d) A principal propriedade envolvida é a pressão de vapor do soluto dissolvido, que é uma propriedade que cresce a temperatura da mistura e pode ser utilizada como um fator para purificação. Nesse caso, a osmose é realizada como um método de passagem de moléculas gasosas em uma membrana semi-permeável.
- e) A principal propriedade envolvida é a pressão osmótica, que é uma propriedade que cresce apenas com o aumento da força iônica de uma mistura e pode ser utilizada como um fator para purificação. Nesse caso, a pressão aplicada ao sistema deve ser maior ou igual à pressão osmótica do sistema

### QUESTÃO 15

A reação de formação de  $NH_{3(g)}$  através da utilização de outros dois gases é um dos processos de maior importância na química industrial, por uma série de motivos. Sabendo que a reação pode ser escrita da seguinte forma e que os seguintes valores são corretos, assinale a alternativa que apresenta o valor do trabalho reversível não expansivo da reação de formação da amônia a  $25^\circ C$  e que descreve o caráter de espontaneidade da reação a  $500^\circ C$ .



	$\Delta H^\circ$	$\Delta S^\circ$
$N_{2(g)}$	$0 \text{ kJ/mol}$	$191,5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$
$H_{2(g)}$	$0 \text{ kJ/mol}$	$130,6 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$
$NH_{3(g)}$	$-46,3 \text{ kJ/mol}$	$192,3 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$

- a)  $+12,91 \text{ kJ/mol}$  e não é espontâneo em  $500^\circ C$
- b)  $-33,38 \text{ kJ/mol}$  e não é espontâneo em  $500^\circ C$
- c)  $+59,16 \text{ kJ/mol}$  e é espontâneo em  $500^\circ C$
- d)  $+58,12 \text{ kJ/mol}$  e é espontâneo em  $500^\circ C$
- e)  $-105,51 \text{ kJ/mol}$  e não é espontâneo em  $500^\circ C$



## PARTE II - QUESTÕES DISCURSIVAS

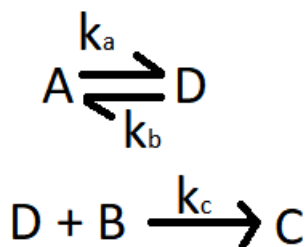
### QUESTÃO 16

Quando uma placa de cobre metálica é adicionada a uma solução concentrada de ácido nítrico percebe-se que a solução adquire uma coloração azulada e observa-se a evolução de um gás castanho.

- Indique a equação balanceada sem os íons espectadores
- Supondo que a placa de cobre tenha 56g e sejam adicionados 5l de ácido nítrico a uma concentração de 10M qual a massa de água gerada em gramas?
- Sabe-se que o sal gerado nessa reação possui pureza de 65%. Considerando que deseja-se obter 81g desse sal puro, qual deve ser a massa da placa de cobre?

### QUESTÃO 17

O estudo cinético da reação  $A + B \rightarrow C$  foi feito a fim de determinar algumas propriedades e o mecanismo da reação. Sabendo do mecanismo a seguir, responda os seguintes itens:



- Escreva a expressão de velocidade de formação de C em função da concentração de D, sabendo que a 2ª etapa é a etapa lenta da reação.
- Agora, escreva utilizando a ferramenta do pré-equilíbrio forneça uma expressão de velocidade deixando em função somente da concentração dos reagentes.
- Como  $k_c$  é muito pequena, o cientista Jurgão conseguiu isolar a espécie D e fazer um estudo do equilíbrio entre A e D. Jurgão descobriu em seus experimentos um valor de  $10^3$  para a razão  $\frac{k_a}{k_b}$  na temperatura de 298K. Jurgão colocou em um recipiente de 100ml 1 mol de A, sabendo disso, calcule a concentração no equilíbrio de A e D.
- Calcule o valor de  $\Delta G^\circ$  para a reação de equilíbrio de A e D à 298K. Sabendo que Jurgão repetiu os experimentos a 310K e obteve um valor para a razão  $\frac{k_a}{k_b}$  de  $2 \cdot 10^4$  calcule o valor de  $\Delta H^\circ$  e  $\Delta S^\circ$  para a reação. Considere que  $\Delta H^\circ$  e  $\Delta S^\circ$  são independentes da temperatura.
- Sabendo que à 298K  $k_c = 10^{-8} s^{-1} M^{-1}$ , com  $E_a = 50 kJ$ . Calcule a velocidade da reação à 273K quando a concentração inicial de  $A = B = 1M$ .

**QUESTÃO 18**

Durante sua descoberta pelo químico escocês Sir William Ramsay, o gás nobre xenônio era considerado inerte. Foi assim até que se descobriu que o xenônio reage com oxidantes fortes. Por exemplo, o xenônio reage com o gás flúor, formando uma série de fluoretos, como  $\text{XeF}_2$ ,  $\text{XeF}_4$  e  $\text{XeF}_6$ .

- Escreva a equação balanceada para a formação do tetrafluoreto de xenônio.
- Desenhe a estrutura de Lewis do tetrafluoreto de xenônio.
- Desenhe os dois arranjos tridimensionais possíveis do tetrafluoreto de xenônio e circule a estrutura mais estável. Justifique sua escolha.
- Desenhe os arranjos tridimensionais possíveis do difluoreto de xenônio e circule a estrutura mais estável.

**QUESTÃO 19**

Um estudante tinha uma amostra com volume de 100 ml de concentração desconhecida de ácido carbônico. Visando a aferição da concentração dessa amostra, esse estudante resolveu fazer uma titulação usando uma solução 0,01M de  $\text{NaOH}$ . Para realizar essa titulação, o estudante pegou uma alíquota de 10 ml da solução inicial e diluiu até 50 ml em um erlenmeyer, adicionou 3 gotas de fenolftaleína e começou a titular. O volume final da titulação foi de 19,17 ml. Sabendo que os valores do  $pK_{a1}$  e  $pK_{a2}$  são respectivamente 6,4 e 10,3, responda ao que se pede.

- Escreva as estruturas de ressonância da espécie menos hidrogenada derivada do ácido carbônico.
- Qual a concentração em g/L da amostra inicial?
- Qual o pH dessa amostra inicial?
- Qual o pH no primeiro ponto estequiométrico?
- Qual o pH no segundo ponto estequiométrico?

**QUESTÃO 20**

Em um laboratório, são diversos os métodos que podem utilizados para quantificação de materiais diversos, como espectroscopia, combustão, voltametria e, principalmente, titulometria. Dentre as possíveis titulometrias, o aspecto analisado pode variar muito, indo desde reações ácido base clássicas de arrhenius até formação de complexos e condutometria. Para esta questão, centraremos a atenção na retrotitulação.

Deseja-se titular uma solução de hidróxido de magnésio a fim de descobrir a concentração de tal composto no meio. Para tal, utiliza-se-á de excesso de ácido clorídrico para a titulação.

- a) **Descreva** o processo de titulação com excesso de titulante. Escreva todas as reações químicas que ocorrem nesse processo, partindo do ponto que fora utilizado também hidróxido de sódio.
- b) O hidróxido pode ser diretamente utilizado sem que haja um procedimento prévio de sua preparação. Justifique.
- c) Sabendo que a retrotitulação de padronização fora realizada com biftalato de potássio, que as massas pesadas na duplicata foram 0,516g e 0,515 e que os volumes de hidróxido foram 28,85mL e 28,80mL, **calcule** a concentração de hidróxido de sódio.
- d) Sabendo que os valores utilizados de volume são 29,90mL e 28,90mL, **calcule** a concentração de ácido clorídrico encontrada na titulação com sódio e ácido.

**Caderno de resposta****PARTE I****1** (A)(B)(C)(D)(E)**2** (A)(B)(C)(D)(E)**3** (A)(B)(C)(D)(E)**4** (A)(B)(C)(D)(E)**5** (A)(B)(C)(D)(E)**6** (A)(B)(C)(D)(E)**7** (A)(B)(C)(D)(E)**8** (A)(B)(C)(D)(E)**9** (A)(B)(C)(D)(E)**10** (A)(B)(C)(D)(E)**11** (A)(B)(C)(D)(E)**12** (A)(B)(C)(D)(E)**13** (A)(B)(C)(D)(E)**14** (A)(B)(C)(D)(E)**15** (A)(B)(C)(D)(E)

Corretas	
Incorretas	
Em branco	
Nota	















## Rascunho

## Rascunho

## **EQUIPE RESPONSÁVEL PELO SIMULADO**

- Artur Galiza (Coordenador e escritor).
- Fernando Garcia (escritor).
- Manuela Issi (escritor).
- Raphael Diniz (escritor).
- Luiz Viegas (escritor).
- João Guilherme Camilo (escritor).
- Hana Sousa (Template).