



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

PROVA DE INGRESSO NO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
PROCESSO DE SELEÇÃO: 2º semestre de 2019

15 de Julho de 2019.

INSTRUÇÕES (LEIA ATENTAMENTE):

- Coloque o seu **código** em **todas** as folhas de prova.
- **Não escreva o seu nome** em qualquer uma das folhas de questões e nem nas folhas de respostas: **não se identifique**, a não ser pelo código apresentado ao final destas instruções. Qualquer outro símbolo, palavra, marca ou sinal que possa levar à sua identificação lhe conferirá nota zero na prova escrita.
- A prova terá duração máxima de 04 (quatro) horas.
- A prova contém 04 (quatro) blocos de questões referentes às áreas de Química Analítica, Química Inorgânica, Físico-Química e Química Orgânica.
- Cada bloco é composto por 03 (três) questões. Escolha apenas **2 (duas)** questões de cada bloco para serem resolvidas e corrigidas. Identifique-as claramente.
- Caso você responda a todas as questões de um bloco, serão corrigidas apenas as 2 (duas) primeiras.
- Responda todas as questões na folha de resposta entregue a você pertinente a cada bloco de questões. Nomeie cada resposta com o bloco pertinente, o número da questão e os sub-itens, se for o caso.
- As provas poderão ser resolvidas a lápis, desde que a resposta esteja perfeitamente legível e destacada com clareza.
- Procure organizar os seus resultados, particularmente no que diz respeito aos cálculos, para facilitar a correção.

Código do Candidato: _____

CLASSIFICAÇÃO PERIÓDICA DOS ELEMENTOS

Com massas atômicas referidas ao isótopo 12 do Carbono

1 IA											13	14	15	16	17	2 VIII A	
1 H 1,01	2 IIA											5 B 10,8	6 C 12,0	7 N 14,0	8 O 16,0	9 F 19,0	10 Ne 20,2
3 Li 6,94	4 Be 9,01											13 Al 27,0	14 Si 28,1	15 P 31,0	16 S 32,1	17 Cl 35,5	18 Ar 39,9
11 Na 23,0	12 Mg 24,3	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 VIIIB	9 VIII	10 VIII	11 IB	12 IIB						
19 K 39,1	20 Ca 40,1	21 Sc 45,0	22 Ti 47,9	23 V 50,9	24 Cr 52,0	25 Mn 54,9	26 Fe 55,8	27 Co 58,9	28 Ni 58,7	29 Cu 63,5	30 Zn 65,4	31 Ga 69,7	32 Ge 72,6	33 As 74,9	34 Se 79,0	35 Br 79,9	36 Kr 83,8
37 Rb 85,5	38 Sr 87,6	39 Y 88,9	40 Zr 91,2	41 Nb 92,9	42 Mo 96,0	43 Tc (99)	44 Ru 101	45 Rh 103	46 Pd 106	47 Ag 108	48 Cd 112	49 In 115	50 Sn 119	51 Sb 122	52 Te 128	53 I 127	54 Xe 131
55 Cs 133	56 Ba 137	57-71 Série dos Lantanídeos	72 Hf 179	73 Ta 181	74 W 184	75 Re 186	76 Os 190	77 Ir 192	78 Pt 195	79 Au 197	80 Hg 201	81 Tl 204	82 Pb 207	83 Bi 209	84 Po (210)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	89-103 Série dos Actinídeos	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Uun	111 Uuu	112 Uub						

Série dos Lantanídeos

57 La 139	58 Ce 140	59 Pr 141	60 Nd 144	61 Pm (147)	62 Sm 150	63 Eu 152	64 Gd 157	65 Tb 159	66 Dy 163	67 Ho 165	68 Er 167	69 Tm 169	70 Yb 173	71 Lu 175
------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	--------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------

Série dos Actinídeos

89 Ac (227)	90 Th 232	91 Pa (231)	92 U 238	93 Np (237)	94 Pu (242)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (254)	100 Fm (253)	101 Md (256)	102 No (253)	103 Lr (257)
--------------------------	------------------------	--------------------------	-----------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

Número Atômico
Símbolo
Massa Atômica () = N° de massa do isótopo mais estável

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
Prova para Ingresso no Curso de Mestrado Acadêmico – 2º Semestre de 2019

Código do Candidato: _____

BLOCO QUÍMICA ANALÍTICA

Obs.: Considere o número correto de algarismos significativos em seus cálculos e na resposta final de cada questão.

QUESTÃO 1

Uma alíquota de 10 mL de uma amostra contendo um ácido monoprotico fraco (HA_1) foi adicionada a um erlenmeyer com 50 mL de água e em seguida titulada com 11,35 mL de uma solução de NaOH $0,09984 \text{ mol L}^{-1}$. O mesmo procedimento foi adotado para uma outra amostra contendo um outro ácido monoprotico fraco (HA_2) sendo gastos 10,65 mL da solução de NaOH. Foram observados pontos estequiométricos com pH de 7,7 e 8,5 para HA_1 e HA_2 , respectivamente.

(a) Calcule a concentração em mol L^{-1} para HA_1 e HA_2 , na solução original.

(b) Esboce o perfil da curva de titulação (pH vs. Volume de NaOH) indicando no gráfico o ponto estequiométrico e escolha na Tabela abaixo o indicador visual mais adequado para cada uma das titulações. Justifique sua resposta.

Nome do indicador	intervalo de pH (zona de transição)	Mudança de cor
Violeta de metila	0,1 - 1,5	amarelo a azul
Violeta de metila	1,5 - 3,2	azul a violeta
Alaranjado de metila	3,1 - 4,4	vermelho a alaranjado
Vermelho de metila	4,2 - 6,3	vermelho a amarelo
Azul de bromotimol	6,0 - 7,6	amarelo a azul
Vermelho de cresol	6,8 - 8,4	amarelo a vermelho
Fenolftaleína	8,2 - 10,0	incolor a vermelho
Amarelo de alizarina	10,1 - 12,1	amarelo a lilás

(c) Qual o valor da constante de equilíbrio (K_b) para a reação de hidrólise dos ânions A_1^- e A_2^- no ponto estequiométrico? **Obs.:** considerar os efeitos de diluição.

(d) Qual é o valor do pK_a para cada ácido e qual deles é o mais forte?

Dado: $K_w = [H^+][OH^-] = 1,0 \times 10^{-14}$

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
Prova para Ingresso no Curso de Mestrado Acadêmico – 2º Semestre de 2019

Código do Candidato: _____

QUESTÃO 2

Uma alíquota de 5,00 mL de uma solução contendo íons Mn^{2+} ($MM = 54,94 \text{ g mol}^{-1}$) foi diluída para um volume final de 25 mL com água destilada. Desta nova solução, 2,00 mL foram adicionados a um erlenmeyer contendo 50 mL de uma solução tampão $\text{pH} = 9,00$ e titulados com uma solução padrão de EDTA $0,05030 \text{ mol L}^{-1}$, sendo gastos 8,48 mL (V_{PF}).

- (a)** Calcule o teor de Mn^{2+} , em % (m/v), na amostra original.
- (b)** Escreva a equação química envolvida na titulação e calcule a concentração, em mol L^{-1} , de íons Mn^{2+} livre na solução titulada, quando $V = 0,5 \times V_{\text{PF}}$.
- (c)** A constante de formação absoluta (K_f) do complexo $[\text{MnY}]^{2-}$ é $6,2 \times 10^{13}$. Comente sobre a relação entre K_f e a constante de formação condicional (K_f') e calcule seu valor em $\text{pH} 9,00$. *Dado:* $\alpha_{\text{Y}^{4-}} = 0,051$ (em $\text{pH} = 9,00$).
- (d)** Calcule a concentração de íons Mn^{2+} livre na solução titulada, quando $V = V_{\text{PF}}$ (em $\text{pH} = 9,00$).

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
Prova para Ingresso no Curso de Mestrado Acadêmico – 2º Semestre de 2019

Código do Candidato: _____

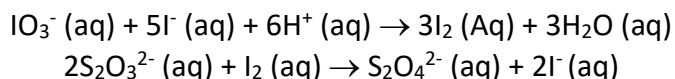
QUESTÃO 3

A análise de Kjeldahl é utilizada para medir o teor de nitrogênio em compostos orgânicos, que são digeridos em ácido sulfúrico fervente, formando íons amônio, que por sua vez são destilados na forma de NH_3 para um recipiente que contém um ácido padrão. Uma massa de 210 mg de um fertilizante nitrogenado, foi devidamente digerida e destilada para um recipiente contendo 25 mL de uma solução de HCl $0,04973 \text{ mol L}^{-1}$. A retrotitulação do HCl em excesso, requereu 8,45 mL de uma solução de NaOH $0,09951 \text{ mol L}^{-1}$.

(a) Calcule o teor de nitrogênio total (% m/m) na amostra de fertilizante. *Dado: MM (nitrogênio) = $14,01 \text{ g mol}^{-1}$.*

O próprio Kjeldahl, em 1880, teve dificuldade de distinguir com luz artificial o ponto final da titulação de retorno, usando vermelho de metila como indicador. Ele poderia ter desistido do trabalho noturno, mas acabou optando por concluir a análise de uma maneira diferente. Após destilar a amônia em solução padronizada de HCl, ele adicionou uma mistura em excesso de KIO_3 e KI ao ácido que foi então titulada com solução de tiosulfato, usando amido como indicador.

(b) Explique como esse procedimento permite determinar o teor de nitrogênio na amostra original. Utilize as reações químicas abaixo para fundamentar sua explicação.



(c) Obtenha uma relação entre o número de mols de NH_3 e tiosulfato.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
Prova para Ingresso no Curso de Mestrado Acadêmico – 2º Semestre de 2019

Código do Candidato: _____

BLOCO QUÍMICA INORGÂNICA

QUESTÃO 1

(A) Explique por que varia e como varia, em geral, o tamanho dos átomos ao longo de um período da tabela periódica. Como a variação do raio ao longo desse período se correlaciona com a primeira energia de ionização observada para os átomos dos elementos desse período?

(B) Baseado no conhecimento sobre as tendências dos tamanhos dos elementos ao longo da Tabela periódica explique por que a densidade dos elementos aumenta do K ao V.

(C) Considerando as espécies ClF_4^{1-} , XeOF_4 e SOF_4 , responda as questões solicitadas em **(a)** a **(d)**.

(a) Dê a estrutura de Lewis para os átomos centrais das espécies. Represente todos os pares de elétrons, incluindo os não compartilhados. SE a espécie apresentar estruturas de ressonância faça o mesmo para cada estrutura para cada uma delas.

(b) Segundo a Teoria da Repulsão dos Pares de Elétrons na Camada de Valência (VSEPR) desenhe a geometria molecular de pares de elétrons (GMPE) e a geometria molecular (GM) esperada das espécies mostrando em seu desenho os valores de ângulos esperados entre as ligações e todos os pares de elétrons.

(c) Segundo a teoria da ligação de valência, qual é a hibridização esperada para os átomos centrais das espécies?

(d) Calcule as cargas formais dos átomos em cada espécie. SE a espécie apresentar estruturas de ressonância faça o mesmo para cada estrutura para cada uma delas.

(D) Com relação aos compostos **(i)** a **(iii)**: **(a)** escreva o nome de cada composto e **(b)** responda quais são os possíveis tipos de isomeria mostrando os isômeros resultantes.

(i) $[\text{Pt}(\text{PEt}_3)_3\text{NCS}]^{1+}$,

(ii) $[\text{CoBr}(\text{NH}_3)_5]\text{SO}_4$,

(iii) $\text{FeCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$?

Obs.: PEt_3 = trietilfosfina = $\text{P}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$

(E) Explique porque a molécula de oxigênio é paramagnética. Exemplifique a sua explicação usando o diagrama de orbitais moleculares esperados para essa molécula.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
Prova para Ingresso no Curso de Mestrado Acadêmico – 2º Semestre de 2019

Código do Candidato: _____

QUESTAO 2

(A) Qual dos seguintes elementos apresentam a maior diferença entre a primeira e a segunda energia de ionização: C, Li, N e Be. Explique a sua resposta.

(B) explique por que a primeira energia de ionização do Ca é maior do que a do potássio, enquanto que a segunda energia de ionização do Ca é menor do que a do potássio.

(C) Dada a molécula de **NO₂F** dê as respostas solicitadas.

(a) Represente a estrutura de Lewis (incluindo os pares de elétrons não compartilhados) para todas as estruturas de ressonância para a molécula.

(b) Calcule as cargas formais de todos os átomos da molécula em cada uma das estruturas de ressonância.

(c) Identifique a(s) estrutura(s) de ressonância dominante(s) justificando sua escolha.

(d) Segundo a teoria da ligação de valência, qual é a hibridização esperada para o átomo central da molécula na sua(s) estrutura(s) de ressonância(s) dominante(s)?

(e) Segundo a Teoria da Repulsão dos Pares de Elétrons na Camada de Valência (VSEPR) desenhe a geometria molecular de pares de elétrons e a geometria molecular esperada para a(s) estrutura(s) dominante(s) e mostre em seu desenho os valores de ângulos esperados entre as ligações e todos os pares de elétrons envolvidos na molécula.

(D) Com relação aos íons octaédricos nas configurações de (i) a (v), responda as questões.

(a) Desenhe os diagramas de desdobramento de energia dos orbitais segundo a Teoria do Campo Cristalino e represente a distribuição dos elétrons d nos orbitais para as espécies de (i) a (v) em um campo cristalino octaédrico.

(b) Sabendo-se que a energia de estabilização de campo ligante (EECL) é uma medida da energia global resultante da ocupação dos orbitais d em relação as suas energias medias qual é o valor de EECL (em termos de Δ_o) para íons octaédricos nas configurações de (i) a (v).

(c) Dê um exemplo de um complexo (neutro, catiônico ou aniônico) para cada um dos íons octaédricos nas configurações de (i) a (v).

(i) d^3

(ii) d^5 spin alto

(iii) d^9

(iv) d^6 spin alto

(v) d^6 spin baixo

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
Prova para Ingresso no Curso de Mestrado Acadêmico – 2º Semestre de 2019

Código do Candidato: _____

QUESTÃO 3

(A) Coloque as seguintes espécies em ordem crescente de energia de ionização e explique sua resposta: Cl, Ca²⁺ e Cl¹⁻

(B) A hiperventilação pode causar um aumento no pH do sangue. Uma maneira de diminuir o pH do sangue é expirar/respirar com a boca dentro de um saco de papel, assim reciclando o ar que é exalado.

(a) Porque esse procedimento diminui o pH do sangue? Mostre seu raciocínio usando equação química pertinente.

(b) Com relação a espécie química íon carbonato responda:

(i) dê a estrutura de Lewis e represente todos os pares de elétrons, incluindo os não compartilhados. SE a espécie apresentar estruturas de ressonância faça o mesmo para cada estrutura para cada uma delas;

(ii) segundo a Teoria da Repulsão dos Pares de Elétrons na Camada de Valência (VSEPR) desenhe a geometria molecular de pares de elétrons e a geometria molecular esperada da espécie mostrando em seu desenho os valores de ângulos esperados entre as ligações e todos os pares de elétrons;

(iii) segundo a teoria da ligação de valência, qual é a hibridização esperada para o átomo central da espécie?

(iv) calcule as cargas formais dos átomos na espécie e

(v) mostre a equação da reação de formação do íon hidrogenocarbonato coerente com os itens (i) a (iv) acima respondidos.

(C) Considerando as espécies CN¹⁻ e F₂:

(a) desenhe os orbitais moleculares resultantes das combinações em fase e fora de fase dos orbitais atômicos da camada de valência;

(b) preveja qual a ordem de ligação esperada para cada espécie;

(c) preveja o caráter magnético (diamagnético ou paramagnético);

(d) mostre no diagrama de OM desenhado quem são os orbitais de fronteira e

(e) ordene as espécies em ordem crescente de valor de energia de dissociação de ligação esperada.

(D) Escreva a fórmula das seguintes espécies e desenhe-as coerente com as fórmulas dadas.

(i) cis-diaquadicloroplatina(II)

(ii) diaminotetra(isotiocianato)cromato(III)

(iii) tris(etilenodiamino)ródio(III)

(iv) bromopentacarbonilmanganês(I)

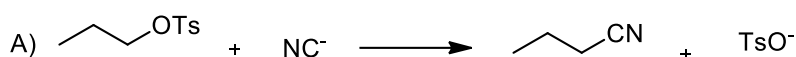
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
Prova para Ingresso no Curso de Mestrado Acadêmico – 2º Semestre de 2019

Código do Candidato: _____

BLOCO QUÍMICA ORGÂNICA

Questão 1

Sobre as reações **A** e **B** apresentadas abaixo, responda as questões abaixo.



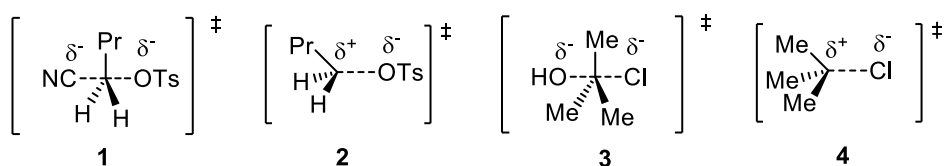
(a) Os processos representados em **A** e **B** envolvem que tipo de reação clássica em química orgânica?

(b) Qual é a equação de velocidade característica do processo **A**?

(c) Qual é a equação de velocidade característica do processo **B**?

(d) Se a concentração inicial de tosilato de propila e de cianeto forem duplicadas em **A**, o que ocorre com a velocidade da reação?

(e) Nos esquemas 1-4 mostrados abaixo, responda qual a espécie que melhor representa os estados de transição das etapas determinantes de velocidade dos processos **A** e **B**:



(f) Represente os diagramas de coordenada de reação típicos para **A** e **B**.

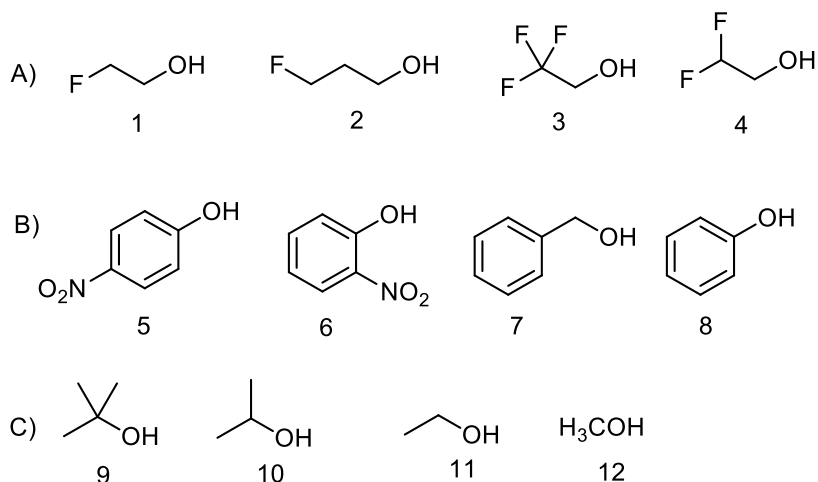
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
Prova para Ingresso no Curso de Mestrado Acadêmico – 2º Semestre de 2019

Código do Candidato: _____

Questão 2

A acidez de compostos orgânicos exerce importante influência sobre suas propriedades físicas e químicas. Analisando os compostos abaixo, responda.

(a) Ordene os compostos *de cada série (A, B e C)* em ordem crescente de acidez.

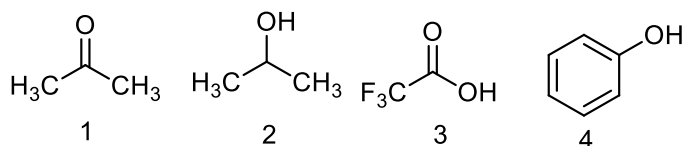


(b) Com relação aos compostos presentes nas séries **A** e **B**, indique quais fatores exercem maior influência sobre a ordem de acidez relativa atribuída.

(c) Com relação aos compostos presentes na série **C**, os alcóxidos correspondentes podem ser utilizados como bases ou como nucleófilos. Sobre estas possibilidades, responda:

- (i)** qual é o álcool cujo alcóxido é a base mais forte;
- (ii)** qual é o álcool cujo alcóxido é a base mais fraca e
- (iii)** qual é o álcool cujo alcóxido é também o nucleófilo menos reativo em reações de substituição nucleofílica envolvendo haletos terciários.

(d) A partir dos compostos 1-4 mostrados abaixo, responda:



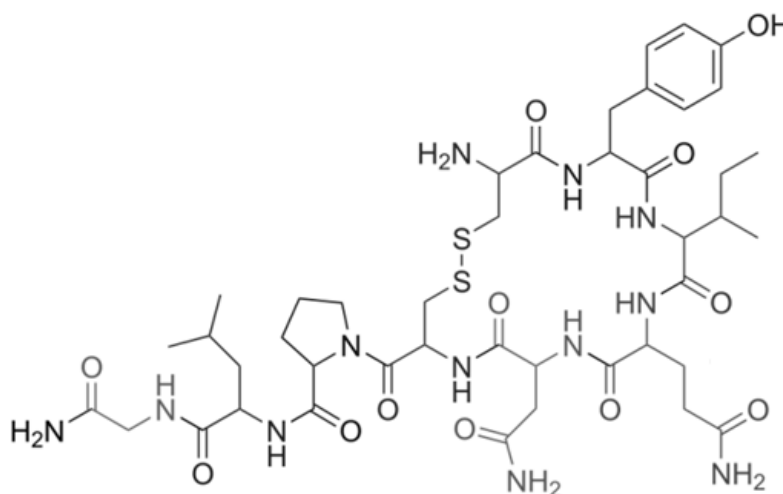
- (i)** qual composto apresenta maior acidez que a água em virtude da deslocalização do ânion em várias formas de ressonância;
- (ii)** qual composto apresenta menor acidez que a água e cujo ânion é estabilizado por ressonância e
- (iii)** qual composto é fortemente ácido em virtude da estabilização de sua base conjugada por ressonância e forte efeito indutivo.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
Prova para Ingresso no Curso de Mestrado Acadêmico – 2º Semestre de 2019

Código do Candidato: _____

Questão 3

A estereoquímica é de fundamental importância em química orgânica. Em nosso organismo, compostos com a função de “mensageiros químicos” são responsáveis por induzir a respostas de defesa e proteção, a sensação de relaxamento e bem-estar ou estão associados a sinalização relacionada ao amor por exemplo, atribuída neste caso à **Ocitocina** cuja estrutura é representada abaixo:



Sobre a **Ocitocina**, responda:

- (a) Quais grupos funcionais estão presentes na estrutura da Ocitocina?
- (b) Quantos estereocentros estão presentes na molécula?
- (c) Sabendo que os aminoácidos são naturalmente produzidos em seu enantiômero *S*, escolha um dos centros de quiralidade da Ocitocina e represente sua estrutura de acordo com esta configuração.
- (d) Com base na estrutura da Ocitocina, e na reconhecida estabilidade das ligações peptídicas frente à reações de hidrólise ou substituição por exemplo, explique a que fator este comportamento pode ser atribuído. A mesma reatividade seria esperada se a Ocitocina fosse formada por grupamentos ésteres? Explique sua resposta.

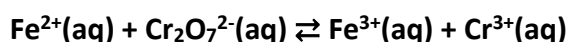
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
Prova para Ingresso no Curso de Mestrado Acadêmico – 2º Semestre de 2019

Código do Candidato: _____

BLOCO FISICO-QUÍMICA

Questão 1

Abaixo se encontra uma reação não-balanceada, assim como um Quadro (dados a 298,15 K) referente aos respectivos dados termodinâmicos. Responda as questões propostas.



composto	$\Delta H^\circ / 10^3 \text{ J mol}^{-1}$	$S^\circ / \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$	-89,1	-137,7
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq})$	-1490,3	261,9
$\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$	-48,5	-315,9
$\text{Cr}^{3+}(\text{aq})$	-831	-351
$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	-285,83	69,91
$\text{H}^+(\text{aq})$	0	0

(a) Realize o balanceamento desta reação considerando o meio ácido e encontre o valor do ΔG° .

(b) Discuta em termos de espontaneidade termodinâmica desta reação, baseando-se nos valores encontrados de ΔH° , ΔS° e ΔG° . Explique estes três parâmetros.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
Prova para Ingresso no Curso de Mestrado Acadêmico – 2º Semestre de 2019

Código do Candidato: _____

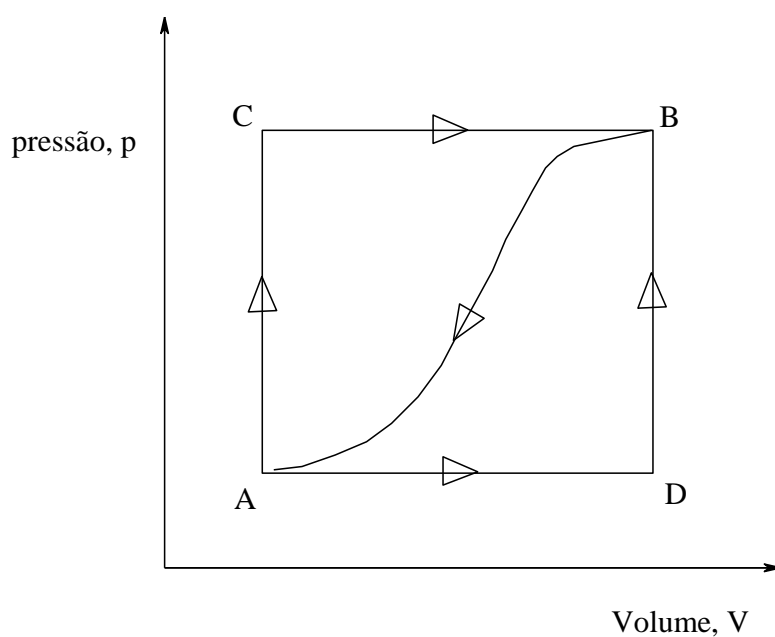
Questão 2

Abaixo é mostrado um gráfico relacionado com as variações de pressão e volume de um sistema composto de um gás ideal. Sabe-se que quando este sistema passa do estado **A** para o **B**, ao longo do processo **A→C→B**, recebe 80 J de calor e efetua 30 J de trabalho. Com base nesta informação, responda:

(a) Que quantidades de calor troca o sistema ao longo do processo **A→D→B**, sabendo-se que o trabalho efetuado pelo sistema é 10 J?

(b) Quando o sistema retorna de **B** para **A**, ao longo do processo da curva interna, o trabalho feito sobre ele é 20 J. O sistema, nesse processo (**B→A**), absorve ou libera calor? Quanto?

(c) Identifique em quais processos a variação de energia interna (ΔU) é igual ao calor trocado (q). Explique sua resposta.

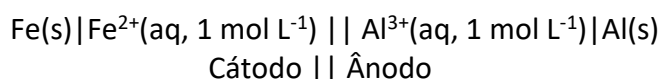


PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
Prova para Ingresso no Curso de Mestrado Acadêmico – 2º Semestre de 2019

Código do Candidato: _____

Questão 3

Considerando a montagem de uma pilha mostrada a seguir, responda aos itens propostos. Considere que $T = 298,15 \text{ K}$, $R = 8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, $E^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0,44 \text{ V}$, $E^\circ(\text{Al}^{3+}/\text{Al}) = -1,66 \text{ V}$, sendo estes os potenciais padrão de redução.



- (a) Encontre a reação global desta pilha e o valor do seu potencial padrão.
- (b) Indique como seria calculado o valor da constante de equilíbrio deste sistema. Em quais conceitos termodinâmicos estão baseados sua resposta?
- (c) Considerando hipoteticamente que esta pilha forneceu $15,5 \times 10^{-3} \text{ A}$, durante 2 horas, indique qual foi a variação de massa dos eletrodos sólidos. Dados: $\text{MM}(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g mol}^{-1}$, $\text{MM}(\text{Al}) = 26,9 \text{ g mol}^{-1}$.

Formulário:

$R = \text{constante dos gases perfeitos} = 8,31451 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

$F = \text{constante de Faraday} = 96485 \text{ C mol}^{-1}$

$$\Delta G_R^\circ = \Delta H_R^\circ - T \Delta S_R^\circ$$

$$\Delta X_R = \sum \Delta X_{\text{produtos}} - \sum \Delta X_{\text{reagentes}} \quad \text{sendo } X = G, H \text{ ou } S$$

$$\Delta U = q + W$$

$$dW = -dpV$$

$$\Delta G = -nFE$$

$$E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln \left(\frac{a_{\text{produtos}}}{a_{\text{reagentes}}} \right)$$

$$a = \gamma[C]$$

$$i = \frac{Q}{t}$$