

# Torneio Virtual de Química

## 2011

*3ª fase*

### **LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO:**

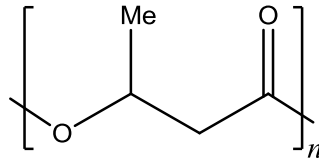
- 01) Esta prova é composta por questões objetivas e subjetivas.
- 02) A parte objetiva é composta por 5 (cinco) questões com 4 (quatro) itens cada, sendo que apenas um deve ser assinalado. Todas essas questões devem ser respondidas.
- 03) A parte subjetiva é composta por oito questões abertas das quais se devem escolher apenas 4 (quatro) questões para serem respondidas.
- 04) Cada questão subjetiva vale no máximo 20 (vinte) pontos e cada objetiva 4 (quatro) pontos.
- 05) Cada questão subjetiva deve ser resolvida na mesma folha de resposta, podendo ser utilizado o verso da folha.
- 06) A pontuação de cada item das questões subjetivas está junto a letra deste item.
- 07) A prova contém uma tabela periódica e duas folhas de dados.
- 08) É recomendado o uso de calculadora.
- 09) O participante deverá entregar somente o caderno de respostas devidamente preenchido.
- 10) Esta prova tem duração de 4 horas. O aluno deverá permanecer em sala no mínimo 1 hora.
- 11) É vetado utilização de qualquer aparelho de comunicação durante a prova.
- 12) A prova é individual, sendo proibida qualquer forma de consulta.

Apoio:



TVQ – 2011  
Questões objetivas

**Problema 1:** Devido às recentes preocupações com os problemas ambientais, muitos estudos têm sido feitos em busca de alternativas menos danosas. Uma dessas alternativas é o Poli-hidroxi-butirato(PHB), utilizado como reserva energética pela bactéria *Ralstonia eutrophus*. Este polímero vem sendo utilizado em suturas médicas internas, principalmente devido à sua biodegradabilidade, o que faz com que não precise ser removido. A estrutura do PHB é representada a seguir:



Sobre o PHB, marque a alternativa correta:

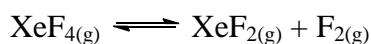
- a) O PHB pode ser classificado como um poliéster.
- b) As suas cadeias interagem entre si por ligações de hidrogênio, que são muito fortes, o que o fornece características como dureza e elasticidade.
- c) É altamente solúvel em água.
- d) Mesmo tendo carbonos assimétricos, a desordem do polímero faz com que os centros estereogênicos se compensem e o polímero não apresente atividade óptica.

**Problema 2:** Tem-se uma solução aquosa de  $33300 \text{ mg/m}^3$  de um sal e outra de  $33,3 \text{ mg/m}^3$  do mesmo sal. Ambas as soluções estão separadas entre si por uma membrana permeável apenas à água. Sabe-se que essas soluções obedecem à lei de Morse e o sal é  $\text{CaCl}_2$ . Ambas as soluções estão a  $27^\circ \text{C}$ .

Baseado nas informações, assinale a alternativa falsa:

- a) A pressão osmótica da solução mais concentrada é  $2245 \text{ Pa}$ .
- b) Água tenderá a passar da solução menos concentrada para a mais concentrada.
- c) Se uma pressão de  $3 \text{ kPa}$  for aplicada no lado da solução diluída, esta tenderá a ficar mais diluída. Por isso essa metodologia é usada na dessalinização da água do mar.
- d) Independentemente do volume das soluções, água passará de uma solução a outra de modo a diminuir a diferença de concentrações entre si.

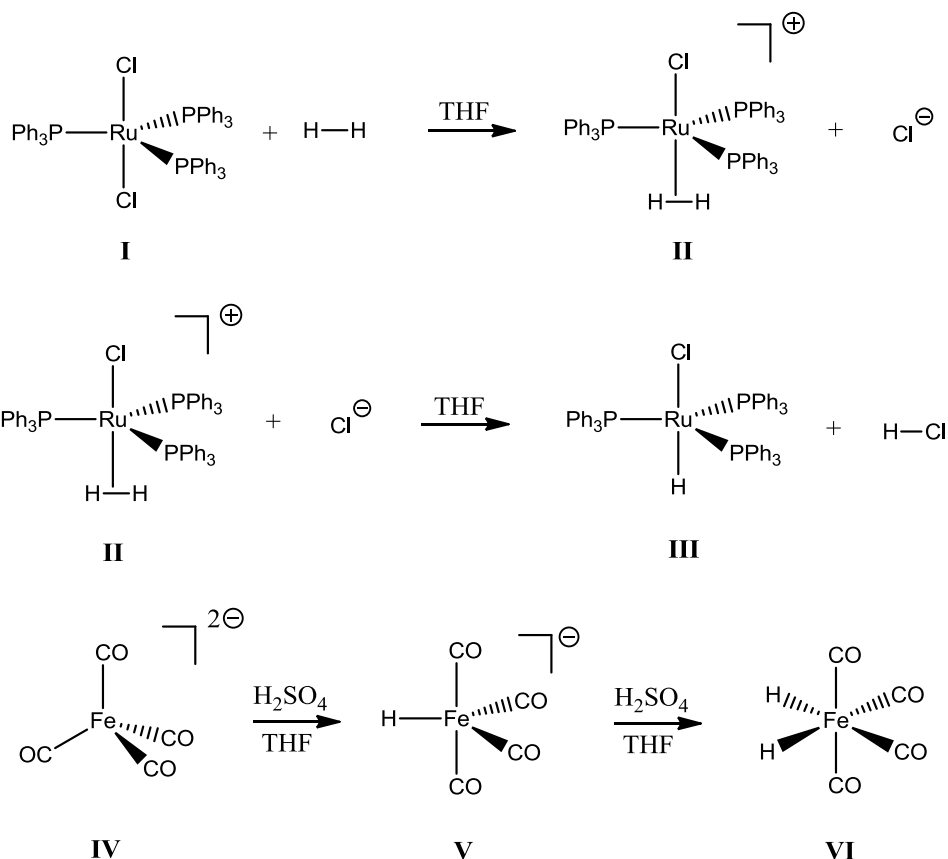
**Problema 3:** Considere o seguinte equilíbrio :



Assinale a alternativa verdadeira:

- O aumento da pressão total do recipiente necessariamente deslocaria o equilíbrio para a esquerda.
- Sabendo que a reação é endotérmica, é possível afirmar que a ligação Xe-F é mais forte que F-F.
- A força da ligação Xe-F é a mesma no  $\text{XeF}_2$  e  $\text{XeF}_4$ .
- Apesar de possuírem diferentes geometrias de pares de elétrons,  $\text{F}_2$  e  $\text{XeF}_2$  apresentam a mesma geometria molecular.

**Problema 4-** Observe as reações abaixo:



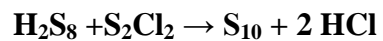
THF é um solvente orgânico.

Considerando os dois sistemas descritos, assinale a alternativa verdadeira.

- II** é um ácido de Brønsted-Lowry.
- V** é uma base de Arrhenius.

- c) **I** e **II** são par ácido-base de Brønsted-Lowry.  
d) **IV** é um ácido de Lewis.

**Problema 5** - Considere a seguinte reação:



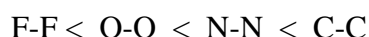
Sabe-se que todas as ligações S-S são equivalentes no  $S_{10}$ .  
Marque a alternativa falsa:

- a) Os ângulos das ligações SSS para o  $H_2S_8$  e o  $S_{10}$  são muito próximos.  
b) Nesta reação, o NOX do hidrogênio e do cloro variam.  
c)  $S_2Cl_2$  é estruturalmente similar ao peróxido de hidrogênio.  
d)  $S_{10}$  é um composto cíclico.

TVQ – 2011  
Questões discursivas

**Problema 1-** Linus Pauling (Prêmio Nobel de 1954) fez inúmeras contribuições para o entendimento das ligações químicas, introduzindo conceitos como os de hibridização e eletronegatividade, fundamentando a sua teoria da ligação de valência que, juntamente com a teoria do orbital molecular, é um modelo ainda vigente para o estudo das ligações químicas.

a)(6,0) A ordem genérica de comprimentos e energias das seguintes ligações simples é dada seguir:

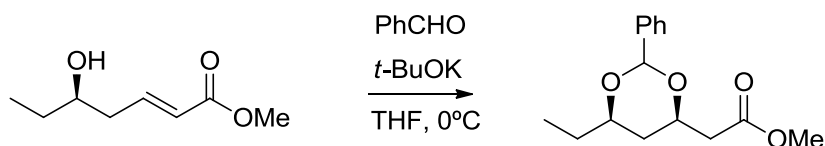


Explique este comportamento.

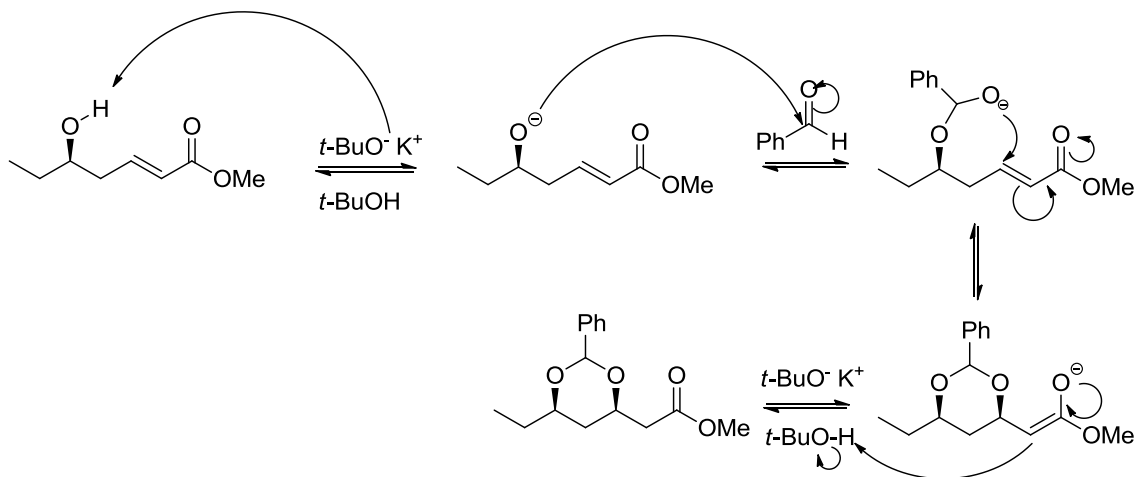
b)(5,0) Mostre as estruturas de ressonância do cátion  $N_5^+$ , e justifique a geometria observada.

c)(9,0) Mostre as estruturas de Lewis, a geometria molecular, geometria dos pares de elétrons e a hibridização do átomo central das seguintes espécies:  $ClF_3$ ,  $XeOF_2$ ,  $SF_5^-$ ,  $PCl_3Br_2$  e  $SNF_3$ . Justifique sua escolha caso haja possibilidade de estereoisomeria.

**Problema 2-** Várias moléculas com atividade biológica importante possuem diversos estereocentros. Quando um centro já está definido, existe uma estratégia chamada indução assimétrica, onde a estereoquímica dos demais estereocentros podem ser definidas a partir do primeiro. Um destes tipos de indução é mostrado a seguir:

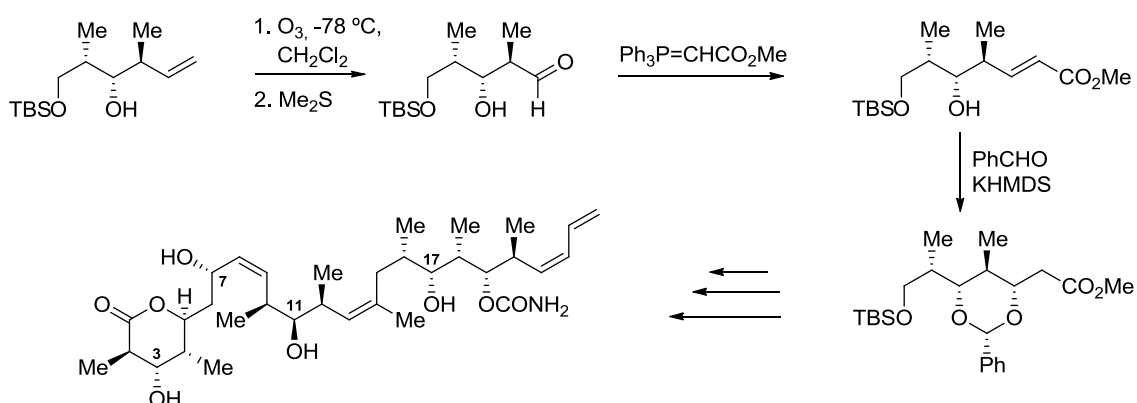


O mecanismo desta reação é mostrado a seguir:



a)(10,0) Uma vez que todas as etapas do mecanismo são reversíveis, o único produto observado é o termodinamicamente mais estável. Mostre a estereoquímica do produto final, deixando claras as configurações *R* ou *S* de seus três estereocentros e o raciocínio utilizado.

Numa das sínteses do discodermolídeo, composto que possui atividade antiproliferativa de algumas linhagens tumorais. Parte de sua síntese é mostrada a seguir:



Dentre os diversos estudos realizados a fim de compreender a importância da presença de cada um dos grupos funcionais do Discodermolídeo para sua atividade biológica, foram feitos estudos de esterificação seletiva de suas hidroxilas, dos quais os resultados são mostrados abaixo. O  $IC_{50}$  é a concentração mínima necessária para inibir em 50% a taxa de proliferação das células tumorais.

Molécula	$IC_{50}$ (nM)
Discodermolídeo	3,6
3-OAc	3,8
7-OAc	0,8
3,7-OAc	0,8
3,11-OAc	164
3,17-OAc	524

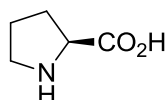
Como a síntese desta molécula é extremamente complexa, foram realizados inúmeros trabalhos visando obter um composto de estrutura mais simples, com atividade biológica comparável ou melhor. Estes estudos são chamados de simplificação molecular.

b)(7,0) Considerando exclusivamente estas informações, diga quais as duas hidroxilas mais prováveis de poder serem modificadas num trabalho de simplificação molecular de modo a não prejudicar sua atividade biológica, deixando claro seu raciocínio.

c)(3,0) Qual o tipo de força intermolecular que o discodermolideo deixa de ter com o sítio ativo das enzimas envolvidas quando acetilado? Compare a intensidade relativa

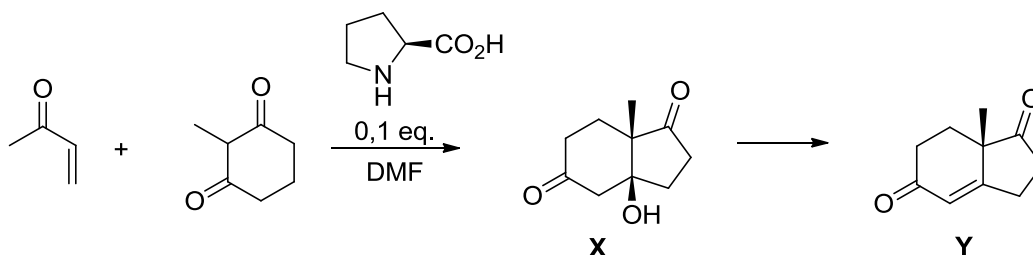
deste tipo de força intermolecular com a de outras duas, colocando as três em ordem crescente.

**Problema 3-** A (*S*)-prolina é um aminoácido natural capaz de catalisar diversas reações. Há sínteses de diversas biomoléculas quirais catalisadas por este aminoácido que servem de alicerce para várias teorias sobre a origem da homoquiralidade (pureza enantiomérica) nas biomoléculas e para a síntese de moléculas complexas em condições prebióticas.



(*S*)-Prolina

A anelação de Robinson assimétrica catalisada por prolina foi *redescoberta* na virada do século XX e deu origem à organocatálise, que menos de uma década após seu surgimento tornou-se um dos três pilares da catálise, juntamente com a catálise por metais de transição e a biocatálise.

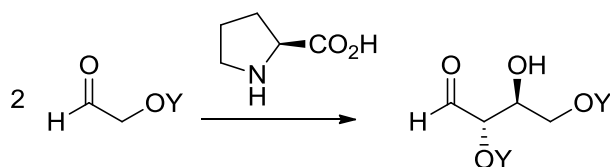


O Mecanismo das reações catalisadas por prolina foi intensamente estudado, e hoje acredita-se que a origem das enantioseletividades observadas se deve à possibilidade do grupo carboxila da prolina fazer uma forte ligação de hidrogênio numa das faces do anel de prolina, direcionando ataques eletrofílicos por esta face.

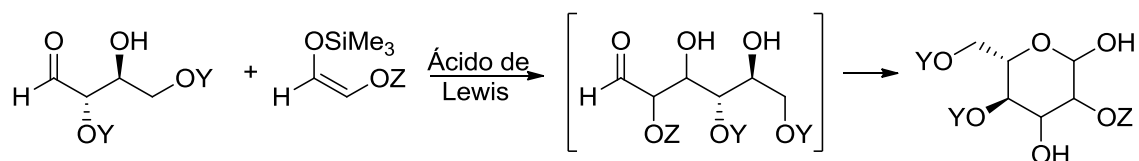
a)(4,0) Mostre todos os estereoisômeros de **X** e **Y**, indicando a configuração de todos os carbonos estereogênicos.

b)(7,0) Considerando a reação acima catalisada pela (*R*)-prolina, qual a estereoquímica esperada dos produtos obtidos? Há mudança na geometria da dupla ligação C=C de **Y**?

A dimerização de aldeídos pode ser catalisada por prolina e foi aplicada de forma elegante na síntese de monossacarídeos fundamentais para a manutenção do metabolismo de praticamente todos os organismos.

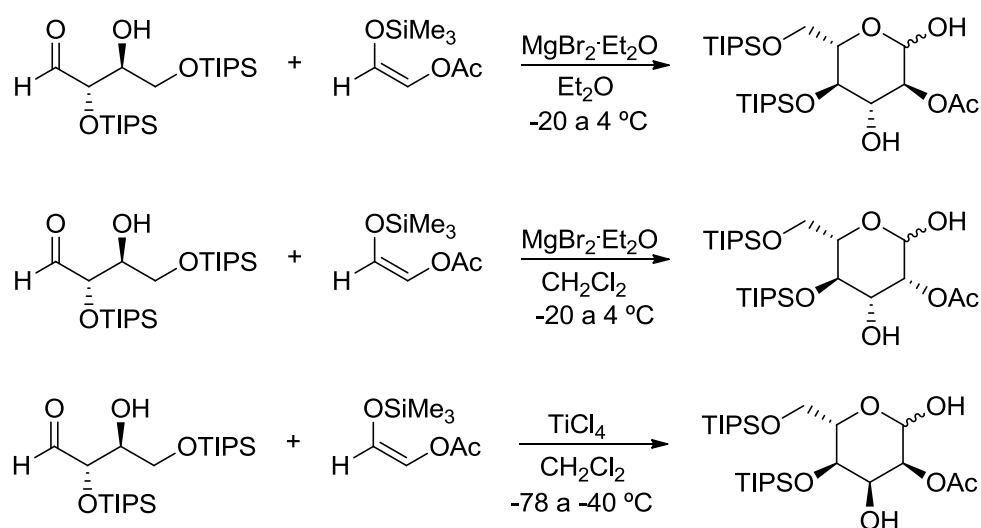


A reação geral de síntese de Aldohexoses (aldeídos polihidroxilados de seis carbonos) por esta metodologia é mostrada a seguir:



O carbono da carbonila do aldeído intermediário sofre um ataque nucleofílico de uma das hidroxilas, formando um hemiacetal. A hidroxila do hemiacetal é chamada de anomérica. Os isômeros com configuração R ou S neste carbono estão em equilíbrio pois esta reação é reversível e o ataque a carbonila pode acontecer em qualquer de suas faces.

A síntese de três aldohexoses com dois grupos de proteção distintos é mostrada a seguir:



Para a síntese de diversos produtos naturais contendo algum sacarídeo ligado a sua estrutura, é interessante utilizar sacarídeos com suas hidroxilas contendo grupos de proteção que possam ser clivados em condições diferentes. O grupo acetato, por exemplo, pode ser clivado na presença de  $K_2CO_3$  em MeOH, enquanto o TIPS (triisopropilsilil,  $SiPr_3$ ) em HF/MeCN.

Na representação mostrada, é chamado de anômero  $\alpha$  aquele cuja hidroxila anomérica está abaixo do plano e de  $\beta$  aquele em que esta se encontra acima do plano.

c)(9,0) Sabendo que os dois anômeros da glicose possuem três hidroxilas *cis*, e que o anômero  $\alpha$  da manose e o  $\beta$  da alose possuem 4 hidroxilas *cis*, mostre as estruturas da glicose, manose e alose.



**Problema 4-** Reações de óxido redução são essenciais para o funcionamento de dispositivos eletrônicos e muitos processos bioquímicos. A energia envolvida numa reação redox está diretamente relacionada com a diferença de potencial desta reação.

a)(6,0) Qual a reação que ocorre quando se adiciona uma barra de cobre metálico a uma solução contendo  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ? E se ao invés de uma barra de cobre, fosse adicionada uma barra de ferro? Em ambos os casos deixe claro o raciocínio utilizado.

Em solução aquosa o íon  $\text{Cu}^+$  é instável, sofrendo uma reação chamada de desproporcionamento, mostrada a seguir:

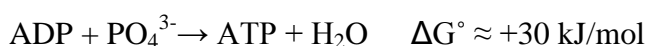


b)(6,0) Explique a razão desta instabilidade do  $\text{Cu}^+$ , baseado nos três potenciais de redução do cobre.

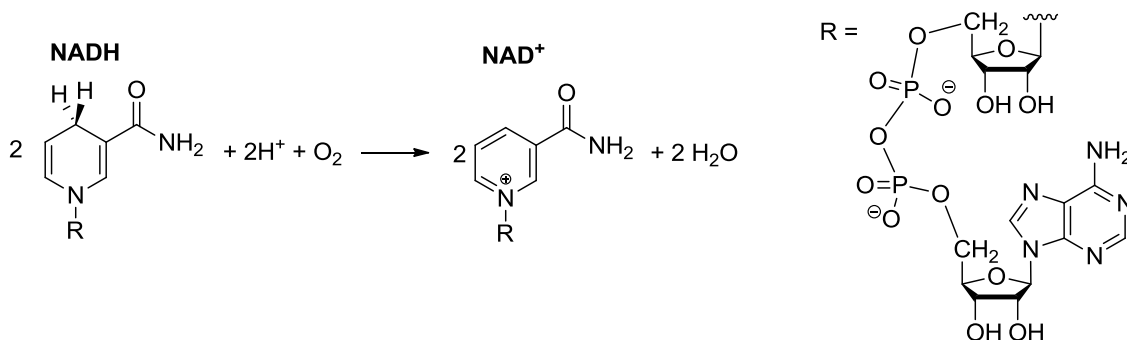
Apesar de instáveis quando livres em solução aquosa, em organismos vivos os íons  $\text{Cu}^+$  existem complexados a proteínas e são de extrema importância em diversos processos redox. Estas enzimas complexadas a metais são chamadas de metaloenzimas.

As metaloenzimas são algumas das espécies que realizam as transferências de elétrons na cadeia respiratória dos organismos, a qual é responsável por fornecer energia para a manutenção dos processos bioquímicos. Cada metaloenzima possui um potencial de redução diferente, formando uma espécie de gradiente de potenciais de redução.

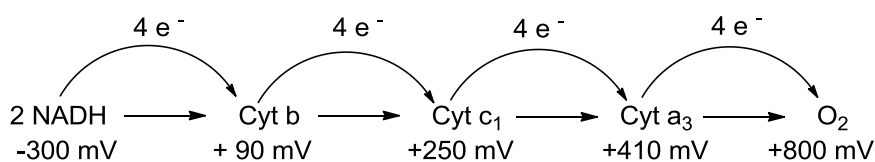
Este gradiente de potenciais permite que reações que liberem grandes quantidades de energia possam ser aproveitadas para a síntese de ATP (adenosina trifosfato), composto usado pelo organismo para “armazenar energia”, para que esta possa ser utilizada para realizar praticamente todas as reações químicas não espontâneas necessárias para manutenção do organismo.



Vários agentes oxidantes e redutores auxiliam estas proteínas, acelerando as etapas de transferência de elétrons. Dentre estes temos o NADH, cuja reação de oxidação pelo oxigênio, o oxidante terminal de toda cadeia respiratória aeróbica, é mostrada a seguir:

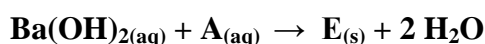
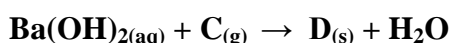
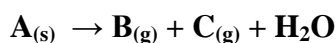


Um exemplo simplificado da cadeia respiratória é mostrado a seguir, onde os potenciais mostrados são os potenciais de redução de cada espécie, e os intermediários são algumas das metaloproteínas envolvidas no processo:



c)(8,0) Estime o número máximo de moléculas de ATP que podem ser liberadas a cada passo desta cadeia respiratória simplificada, considerando que a cada passo são transferidos 4 elétrons.

**Problema 5-** Considere a seguinte sequência de reações:

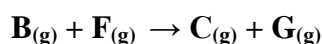


O sólido **A**, quando calcinado, forma os gases **B** e **C**, e água. Ao borbulhar-se **C** numa solução aquosa de hidróxido de bário observa-se a formação de um precipitado **D**. Quando **A** é dissolvido em hidróxido de bário, observa-se a formação de um outro precipitado, **E**.

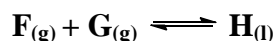
A reação de 224 mL de **C**, nas CNTP, forma 1,97 g de **D**. A massa de **A** que produziu esse mesmo volume de **C**, quando dissolvida em uma solução de hidróxido de bário, leva à formação 2,25 g de um precipitado **E**.

a) (9,0) A partir das informações dadas, encontre os compostos de **A** a **E**.

Tem-se agora que **B** reage com um outro gás **F**, formando **C** e **G**, conforme a equação:



A baixas temperaturas **F** e **G** sofrem o equilíbrio:



b) (5,0) Sabendo que  $M(\mathbf{C})/M(\mathbf{B}) = M(\mathbf{F})/M(\mathbf{G}) + 3,8\%$ , sendo **M** massa molar, encontre os compostos **F**, **G** e **H**.

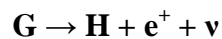
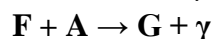
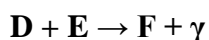
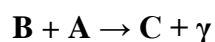
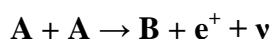
c) (6,0) Mostre as duas estruturas possíveis de **H** e dê a hibridação para todos os átomos que estão ligados a no mínimo dois átomos.

**Problema 6-** Aos processos de geração dos vários elementos químicos presentes no Universo, dá-se o nome de nucleossíntese. Durante este processo ocorrem reações

nucleares, que podem envolver liberação de diversas partículas (como  $\alpha$ ,  $\beta$  ou pósitrons), além de fusões e fissões nucleares.

Para que se formem elementos pesados, colossais quantidades de energia são necessárias, e tais condições somente se verificam em algumas estrelas ou supernovas. Em virtude disso, elementos leves (do Hidrogênio ao Na) são muito mais abundantes. A estabilidade do núcleo também contribui, como pode ser observado pela grande abundância de Fe no Universo.

A seguir é apresentada uma sequência de reações nucleares que ilustram a formação de alguns elementos leves (foram atribuídas letras arbitrárias para cada núclídeo, não havendo necessariamente correlação com o símbolo do respectivo elemento).



Observações:

- O símbolo  $\nu$  representa um neutrino, partícula subatômica com carga nula e massa ínfima;
- $e^+$  representa um pósitron, antipartícula do elétron, com mesma massa deste e carga oposta;
- $\gamma$  representa a emissão de radiação gama, fótons emitidos pelo núcleo.

a) **(10,0)** Sabendo que **A** e **B** são isótopos, encontre todos os núcleos da sequência dada acima explicitando o raciocínio empregado.

b) **(7,0)** A partir da tabela de massas exatas, calcule a energia de cada reação.

c) **(3,0)** Dentre as reações da sequência dada, qual(is) não pode(m) ser usada(s) para geração de energia em uma estrela? Explique.

**Problema 7-** Ao se estudar as transições eletrônicas entre orbitais, é necessário o conceito de números quânticos, tais como  $l$ , número quântico secundário, ou  $m$ , número quântico magnético.

O número quântico secundário( $l$ ) classifica um orbital segundo sua distribuição espacial. Para os elementos conhecidos  $l$  pode assumir os valores de 0, 1, 2 ou 3 sendo denominados de orbitais s, p, d ou f, respectivamente. O número quântico magnético classifica segundo sua orientação espacial, com valores variando de  $-l$  a  $+l$ .

Deve-se ainda considerar a presença ou ausência de campo magnético externo aos orbitais. Na ausência, os orbitais estão degenerados, ou seja, orbitais de mesmo  $l$  possuem mesma energia. Por exemplo, a transição de um elétron de um orbital  $s$  para qualquer um dos três orbitais  $p$  de mesmo nível eletrônico será equivalente, pois tem a mesma energia.

Em uma situação em que os orbitais não são degenerados, inúmeras transições são possíveis. Por exemplo, para a passagem de um elétron de  $l=0$  para  $l=1$ , seriam possíveis três transições: do único orbital de  $s$  para qualquer um dos três orbitais de  $p$ , apresentando diferentes energias para cada uma.

Levando em conta tais informações, responda aos itens.

a) **(4,0)** Na presença de um campo magnético externo, os orbitais de mesmo  $l$  e  $m$  diferente não são degenerados. Neste caso, quantas são as transições possíveis de  $l=2$  para  $l=3$ ? Explique.

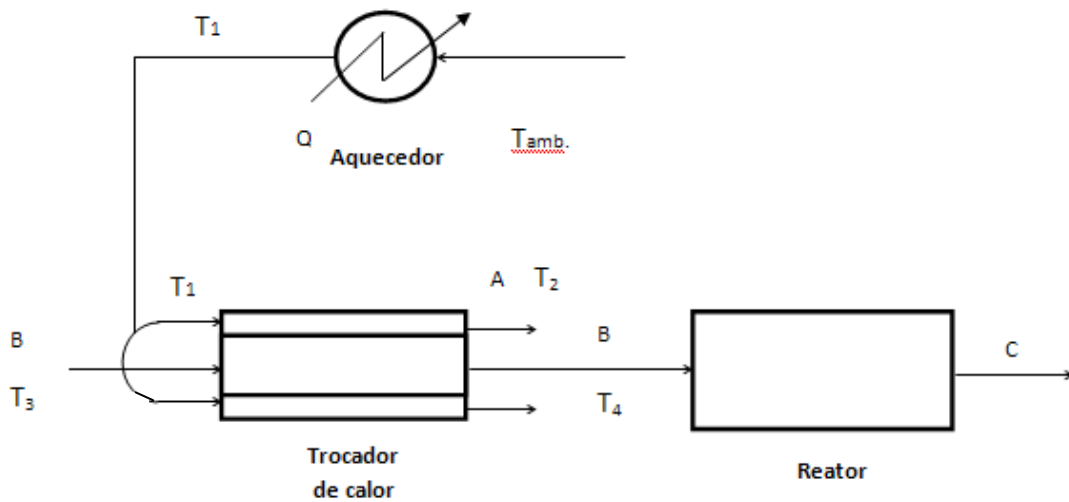
Certas restrições para as transições eletrônicas surgem ao se considerar a direção do campo elétrico da luz incidente (se esta for polarizada), que fornece energia para a transição eletrônica. Essas restrições são conhecidas como regras de seleção. Quando o campo elétrico da luz incidente é paralelo ao campo magnético externo, somente são possíveis transições nos casos em que  $m$  não varia (Regra de Seleção  $\Delta m = 0$ ). Se o campo elétrico da luz incidente é perpendicular ao campo magnético externo, para uma transição ser possível é necessário que a variação de  $m$  seja de  $+1$  ou  $-1$  (Regra de Seleção  $\Delta m = \pm 1$ ).

b) **(8,0)** Considere que se incidiu uma luz com campo elétrico paralelo ao campo magnético externo. Para esta situação, quantas são as transições possíveis de  $l=2$  para  $l=3$ ? Explique.

c) **(8,0)** Considere que se incidiu uma luz com campo elétrico perpendicular ao campo magnético externo. Para esta situação, quantas são as transições possíveis de  $l=2$  para  $l=3$ ? Explique.

**Problema 8-** O balanço de massa, consequência da lei de Lavoisier, e o balanço de energia, proposto por Clausius e Thomson (Lord Kelvin), são essenciais para o projeto de sistemas químicos.

Considere o sistema a seguir:



O líquido aquecedor **A** está inicialmente à  $T_{amb}$  ( $25^{\circ}\text{C}$ ) e é aquecido por um aquecedor elétrico, que fornece uma potência  $Q$  para o líquido, o qual tem sua temperatura elevada para  $T_1$ .

Em seguida, o líquido **A** passa por um trocador de calor bitubular (formado de dois tubos concêntricos) onde fornece calor a uma mistura reacional **B**, também líquida, que não pode ser aquecida diretamente pelo aquecedor. Ao fim, o líquido **A** sai do trocador a uma temperatura  $T_2$ . Destaca-se que **A** e **B** possuem fluxos na mesma direção e não entram em contato, trocando apenas calor entre si.

A mistura reacional **B** entra no trocador a uma temperatura  $T_3$  de  $20^{\circ}\text{C}$  e sai a uma temperatura  $T_4$  de  $60^{\circ}\text{C}$ , adequada para um bom andamento da reação que se seguirá no reator.

Na sequência, a mistura **B** chega a um reator isotérmico coberto por um catalisador bastante sensível à temperatura. Em temperaturas abaixo de  $50^{\circ}\text{C}$  e acima de  $65^{\circ}\text{C}$  não ocorre nenhuma reação. A reação ocorre apenas no sentido da formação de produtos.

Sabe-se que **A** transfere todo calor possível para **B** e que  $T_1 > T_{amb}$  e  $T_1 > T_2$ . O líquido **A** possui um fluxo de massa de  $0,1 \text{ kg/s}$  e **B** possui fluxo de massa de  $0,5 \text{ kg/s}$ . O calor específico de **A** é  $20 \text{ J/Kg}\cdot^{\circ}\text{C}$  e o de **B** é  $5 \text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$ .

a) **(8,0)** Buscando-se economizar energia, procura-se que  $Q$  seja mínimo. Qual o valor de  $T_1$ ,  $T_2$  e  $Q$  para que essa condição seja satisfeita?

Define-se **conversão** ( $X$ ), para um dado reagente, como a percentagem do número de mols deste que reagiu em relação ao número de mols inicial. Matematicamente:

$$X = \frac{n_{inicial} - n_{final}}{n_{inicial}} \times 100\%$$

Sabe-se que **B** é composto por dois isômeros ( $a_1$  e  $a_2$ ) em igual proporção. Ao entrarem no reator estes formam um dímero ( $a_1a_2$ ), que é o único produto gerado.

b) **(8,0)** Considere que a massa molar de  $a_1$  é 125 g/mol e que na saída o fluxo total, somando produto e possíveis sobras de reagentes, é de 2,5 mol/s. Escreva a reação de formação do dímero e dê os valores de conversão ( $X$ ) de cada reagente e o número de mols de reagentes e produtos na saída do reator.

c) **(4,0)** Buscando aumentar a produção de dímero, alguns estudantes deram as seguintes sugestões:

-Aumentar o fluxo mássico de B, sem aumentar a potência utilizada no aquecedor, nem alterar a proporção dos seus componentes. Neste caso haverá maior quantidade de matéria nos reagentes, o que implicará na formação de maior quantidade de produtos.

-Aumentar a potência utilizada no aquecedor sem aumentar o fluxo mássico de B, o que aumentaria a temperatura de A e conseqüentemente da mistura reacional, levando a maiores conversões.

Critique a validade das afirmações dos estudantes.

## Dados:

**Constante de Faraday:**  $F = 96485 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$

**Carga elementar do elétron:**  $Q_e = 1,602176565 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

**Unidade de Massa Atômica :**  $u = 1,660538921 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

**Massa do próton:**  $m_p = 1,672621777 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

**Massa no nêutron:**  $m_n = 1,674927351 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

**Massa do elétron:**  $m_e = 9,10938291 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

**Número de Avogadro:**  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

**Constante Universal dos gases:**  $R = 8,314 \text{ kPa}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} = 0,0821 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

**Velocidade da Luz:**  $c = 299792458 \text{ m/s}$ ;

**Energia de 1 Eletronvolt:**  $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

**Equação de Einstein:**  $E = \Delta m \cdot c^2$

**Lei de Morse:**  $\Pi = iMRT$ , onde  $\Pi$  é a pressão osmótica,  $M$  é molaridade e  $i$  o fator de Van't Hoff

**Massa Molar** =  $\sum(\text{Massa Exata de cada isótopo}) \times (\text{Abundância})$

**Relação entre energia livre de Gibbs e a diferença de potencial de uma reação de óxido redução :**  $\Delta G^\circ = -nFE^\circ$ , onde  $n$  é o número de elétrons envolvidos na reação.

**Primeira Lei da Termodinâmica:**  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$

### Potenciais Padrão de redução

Par redox	E°
Fe <sup>3+</sup> / Fe <sup>2+</sup>	+ 0,77 V
Fe <sup>2+</sup> / Fe	- 0,44 V
Cu <sup>2+</sup> / Cu <sup>+</sup>	+ 0,15 V
Cu <sup>2+</sup> / Cu	+ 0,34 V
Cu <sup>+</sup> / Cu	+ 0,52 V

### Massa exata de Nuclídeos

Isótopo(n° de massa)	Massa exata (u)	Isótopo(n° de massa)	Massa exata (u)
H (1)	1.00782503	C (14)	14.00324199
H (2)	2.01410178	N (13)	13.00573861
H (3)	3.01604928	N (14)	14.00307400
He (3)	3.01602932	N (15)	15.00010890
He (4)	4.00260325	O (16)	15.99491462
Li (6)	6.01512279	O (17)	16.99913170
Li (7)	7.01600455	O (18)	17.99916100
Be (7)	7.01692983	F (18)	18.00093796
Be (8)	8.00530510	F (19)	18.99840322
Be (9)	9.01218220	Ne (20)	19.99244018
Be (10)	10.01353382	Ne (21)	20.99384668
B (10)	10.01293699	Ne (22)	21.99138511
B (11)	11.00930541	Na (22)	21.99443643
C (12)	12.00000000	Na (23)	22.98976928
C (13)	13.00335484		



