

- A - O exame possui 08 questões analítico expositivas, nem total de 100 pontos.
- B - Para responder às questões, utilize APENAS o espaço destinado para cada uma das questões na folha de resposta.
- C - Para cada questão deverá ser utilizada uma folha de resposta. Não utilize o verso da folha de respostas.
- D - Para resolução é permitido o uso apenas de lápis, borracha, caneta e régua.
- E - Não é permitido o uso de calculadoras, celulares ou tabelas.
- F - A sua identificação é feita apenas na folha de respostas.

**D1.** Até o começo do Séc. XX, sabia-se muito pouco sobre qual seria o processo de geração de energia do Sol. As primeiras tentativas de explicação associavam à produção da sua energia com a queima de um combustível no Sol, como carvão, por exemplo.

Hoje sabemos que a fonte de energia do Sol é a fusão nuclear, mas em 1846, Julius Robert Mayer (1814 - 1878), físico e médico alemão e um dos fundadores da termodinâmica, enviou à Academia Francesa de Ciências um trabalho em que utilizava suas ideias sobre conservação de energia para tentar explicar a produção do calor solar. Mayer propunha que a queda de meteoritos sobre o Sol geraria uma grande quantidade de calor, capaz de produzir o aquecimento de sua superfície.

Vamos testar a teoria de Mayer. Sabemos que a potência total emitida pelo Sol é cerca de  $3,6 \times 10^{26}$  J/s. Suponha, em primeira aproximação, que ao cair no Sol um meteorito transforme toda a sua Energia Cinética em calor. A velocidade final da queda pode ser considerada igual à velocidade de escape do Sol, ou seja,  $v \approx 600$  km/s. Sendo assim:

a) Calcule qual deveria ser a taxa de queda de meteoritos (em kg/s) necessária para se obter a potência total emitida pelo Sol;

b) Qual deveria ser a frequência de queda (em anos) de uma massa de meteoritos equivalente à massa da Terra ( $\sim 6,0 \times 10^{24}$  kg) para manter a emissão energética do Sol?

Considere que  $1 \text{ ano} \approx 3 \times 10^7 \text{ s}$ .

**D2.** O Efeito Doppler é um fenômeno físico observado nas ondas quando emitidas ou refletidas por um objeto que está em movimento com relação ao observador. Este efeito foi primeiramente percebido com sons, que é uma onda mecânica, mas também pode ser observado em ondas eletromagnéticas, tornando possível a determinação da velocidade de estrelas e galáxias. Sendo assim, ocorre um desvio para o vermelho ("redshift") no caso de um emissor de luz estar se

afastando do observador (redução da frequência), ou um desvio para o azul ("blueshift") no caso de um emissor estar se aproximando do observador (aumento da frequência), como no quadrinho abaixo em que um carro da cor verde muda de cor por conta do Efeito Doppler.

É possível demonstrar que o comprimento de onda observado  $\lambda$  está relacionado com o comprimento de onda da fonte  $\lambda_0$  através da seguinte relação, não relativística:

$$\lambda = \lambda_0 \left(1 + \frac{v}{c}\right)$$

Onde  $v$  é a velocidade da fonte emissora, em relação ao observador e  $c$  é a velocidade da luz (300 mil km/s).

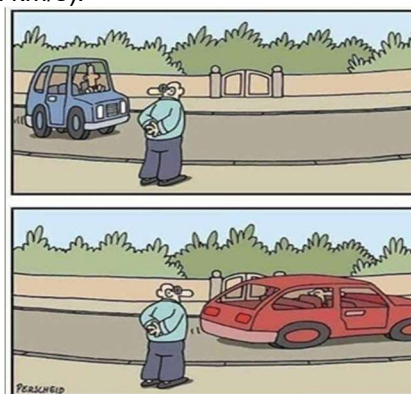


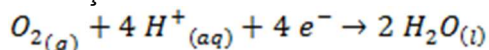
Imagem: Martin Perscheid.

a) Calcule as velocidades de aproximação e de afastamento que o carro deveria ter para que esse efeito pudesse ser observado pelo indivíduo que está parado na calçada. Considere os seguintes comprimentos de onda: vermelho (400 nm), verde (550 nm) e azul (700 nm).

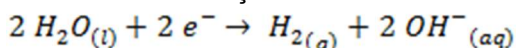
b) A linha de emissão H-alfa foi observada na Galáxia de Andrômeda com o comprimento de onda de  $\lambda = 655$  nm. Em laboratório, o comprimento de onda medido de H-alfa vale  $\lambda_0 = 657$  nm. Sendo assim, qual é a velocidade radial da Galáxia de

Andrômeda? Ela está se aproximando ou se afastando de nós? Justifique.

**D3.** A química das águas naturais (lagos, rios, mares, etc.) pode ser racionalizada pelo uso do diagrama de Pourbaix. Este diagrama é uma representação dos potenciais de redução colocados em função do pH do meio, através do uso da equação de Nernst. A Figura mostra um diagrama de Pourbaix onde as retas representam as reações de oxidação e redução da água. Na linha superior temos, em função do pH, o potencial da semi-reação:



que possui, em pH = 0 e 25 °C, um potencial de +1,23 V. Adicionalmente, a linha inferior representa o potencial da semi-reação:



cujo potencial nas mesmas condições é 0,00 V (é equivalente ao potencial do eletrodo padrão de hidrogênio). O diagrama mostrado indica a região delimitada entre os pH 4 e 9, correspondentes aos valores comuns para as águas naturais, e desta forma, temos uma ferramenta conveniente para a discussão da estabilidade termodinâmica de diversas espécies nos diferentes corpos aquáticos, o que é particularmente útil em ciências do meio ambiente e ciências da corrosão.

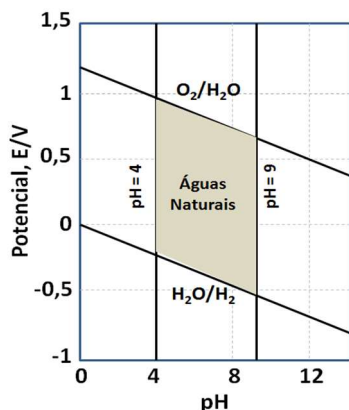
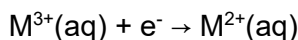


Imagem: Equipe ONC

a) Considerando a semi-reação genérica:



e as condições, pH = 0 e 25 °C, se o potencial desta semi-reação genérica for maior do que +1,23 V, qual a espécie é um oxidante mais forte,  $M^{3+}$  ou a água? Justifique sucintamente.

b) Mostre a equação e calcule a diferença de potencial para reação redox entre o par  $Li^+/Li$  e a água, num pH = 0 e 25 °C. Nestas condições a semi-reação:



3,04 V.

c) As espécies cujo potencial esteja situado abaixo da linha inferior do diagrama de Pourbaix da água são oxidantes mais fracos do que a água. Esta afirmação é verdadeira ou falsa? Justifique sucintamente.

d) Em pH = 8, um par redox (de uma semi-reação) com potencial +0,50 V pode existir em um corpo aquático natural? Justifique sucintamente.

**D4.** Uma célula combustível é um dispositivo eletroquímico que converte a energia química de um combustível e um agente oxidante (em geral, o oxigênio) em eletricidade através de um par de reações de redução-oxidação. Elas são diferentes da maioria das baterias, pois requerem o fornecimento contínuo do combustível e oxigênio para manter a reação química, enquanto os produtos da reação são removidos. Na célula combustível do tipo hidrocarboneto-oxigênio (ver Figura) ocorre a combustão de um hidrocarboneto por intermediação de uma solução básica.

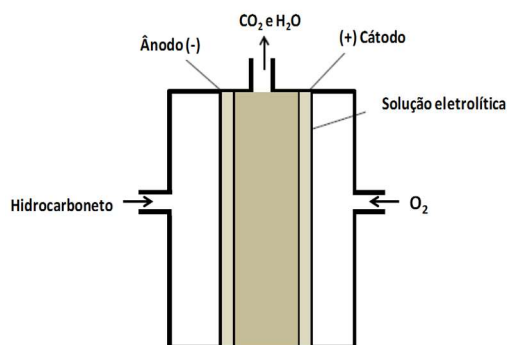
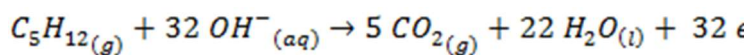
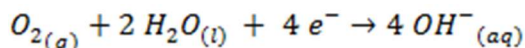


Imagem: Equipe ONC.

Usando como exemplo de hidrocarboneto, o pentano (gasoso), temos para esta célula no ânodo a reação:



E no cátodo:



A eficiência termodinâmica,  $\eta$ , da célula combustível é calculada como a razão entre a variação de energia livre de Gibbs e a variação de entalpia da reação de combustão, ou seja:

$$\eta = \frac{\Delta G}{\Delta H}$$

Com base nestas informações, responda:

a) Qual a reação global da célula combustível citada?

b) As energias livres de Gibbs padrão de formação (em  $\text{kJ mol}^{-1}$ ) a 298 K, para  $H_2O(l)$ ,  $CO_2(g)$  e  $C_5H_{12(g)}$ , são, respectivamente: -237,2; -394,4 e -8,2. Calcule a variação de energia livre de Gibbs da célula, em  $\text{kJ mol}^{-1}$ .

c) Sabendo que a entalpia de combustão padrão do pentano gasoso é  $-3535 \text{ kJ mol}^{-1}$ , qual o valor da eficiência termodinâmica da célula?

**D5.** Em um gene, a cadeia do DNA que possui a mesma sequência de bases do RNA, exceto por possuir T ao invés de U, é denominada cadeia de código (*coding strand*). A outra cadeia do DNA, que serviu de molde para a síntese do RNA, é chamada cadeia molde (*template strand*). É uma convenção

que a sequência nucleotídica dos genes publicada em trabalhos científicos e depositada em bancos de dados tenha a sequência nucleotídica escrita como se apresenta na cadeia de código. Observe o fragmento de fita-dupla de DNA abaixo:

Cadeia de código

5' ...CCAGTACCTTGGATGACGATTAACGC...3'  
3' ...GGTCATGGAACCTACTGCTAATTGCG...5'

Cadeia molde

Fonte:

[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3005345/mod\\_resource/content/1/BiologiaMolecular\\_texto04%20%288%29final.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3005345/mod_resource/content/1/BiologiaMolecular_texto04%20%288%29final.pdf)

a) O que conecta quimicamente a cadeia de código e a cadeia molde? Qual seria a sequência de bases nitrogenadas do RNA formado a partir da transcrição deste fragmento?

b) Forneça a sequência de aminoácidos gerada a partir da tradução deste fragmento.

Dado:

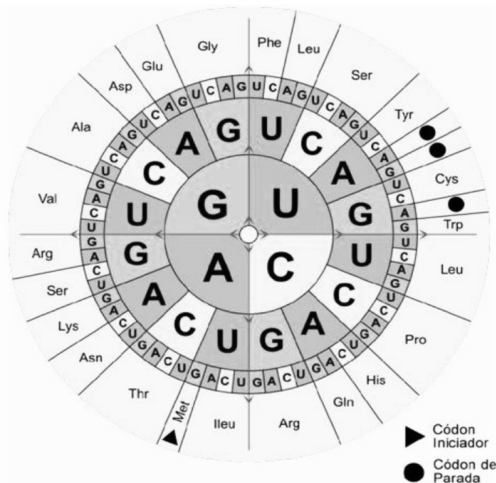


imagem: [www.mundoedu.com.br](http://www.mundoedu.com.br)

D6. Observe as figuras abaixo que mostram, de forma simplificada, a anatomia de um tubarão (a) e a de um golfinho (b):

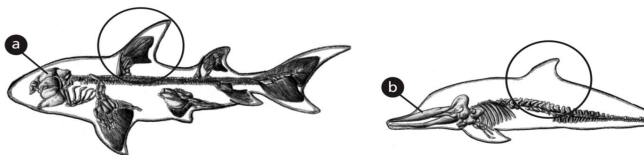


Imagem:

<https://canalcederj.cecierj.edu.br/012016/254833f0c4a78de3c95b13db03ce1c75.pdf>

a) Pela análise das figuras, pode-se concluir que as nadadeiras dorsais destes animais são produtos de evolução convergente ou divergente? Justifique a sua resposta, levando em consideração o ancestral comum destes animais.

b) Estes dois animais apresentam corpo fusiforme, ou seja, alongado e com as extremidades mais estreitas que o centro. Como este formato de corpo pode auxiliar na natação? Cite as estruturas sensitivas presentes no corpo do tubarão, e

ausentes no golfinho, explicando, brevemente, as suas funções.

D7. Um carrinho A de 1 kg estava encostado a uma mola comprimida de 40 cm. Ao liberar a mola, o carrinho A é impulsionado em direção do carrinho B de 3 kg que estava parado. Após a colisão, o carrinho B adquiriu movimento suficiente para passar pelo ponto mais alto do trecho circular vertical com velocidade mínima para não cair.

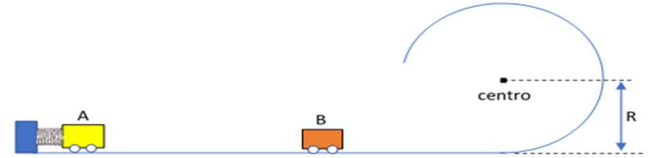


Imagem: Equipe ONC.

Considerando o caminho perfeitamente liso e a resistência do ar desprezível, determine:

- o módulo e o sentido da velocidade do carrinho A logo após a colisão.
- o coeficiente de restituição dessa colisão.
- a quantidade de calor gerado na colisão.

Dados: aceleração da gravidade =  $10 \text{ m/s}^2$   
constante elástica da mola =  $10.000 \text{ N/m}$   
raio do trecho circular:  $R = 8 \text{ m}$

D8. Uma pequena partícula de 9 mg com +3 mC foi abandonada encostada em uma placa positiva de um capacitor plano cujo campo elétrico uniforme mede  $1,8 \text{ N/C}$ . A distância entre as placas do capacitor mede 3 cm. Essa partícula passou pela placa negativa através do orifício A, sem tocar em nada, entrando em uma região semi-cilíndrica onde foi estabelecido um campo magnético uniforme  $B_1$ , conforme figura. Através do orifício Y, a partícula sai dessa região com velocidade final oposta à velocidade que entrou. Nesse momento, o campo elétrico E tinha desaparecido. Após atravessar o capacitor, sem tocar em suas placas, a partícula entra em outra região semi-cilíndrica onde foi estabelecido um campo magnético uniforme  $B_2$  cuja intensidade é o dobro da intensidade de  $B_1$ . Por fim, a partícula colidiu com uma das placas do capacitor, tudo conforme figura abaixo.

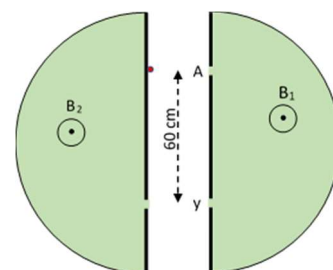


Imagem: Equipe ONC

Desprezando efeitos gravitacionais e resistência do ar, responda:

- Qual o módulo do campo magnético  $B_1$ ?
- Desprezando a espessura das placas do capacitor, qual a distância entre o local de impacto e o local onde a partícula positiva foi abandonada?