12TH INTERNATIONAL JUNIOR SCIENCE OLYMPIAD

IJSO-2015

December 2(Wed)-11(Fri), 2015 I Daegu, Republic of Korea

Questões Teóricas

– Caderno de Questões –

6 de dezembro de 2015

NÃO vire a página antes do apito.

Caso contrário, você será penalizado.

QUESTÕES

1. Você tem 5 minutos para ler as "REGRAS DA PROVA", as "INSTRUÇÕES PARA A PROVA" e as "INSTRUÇÕES DE USO DA CALCULADORA" nas páginas 1 a 3.

2. NÃO comece a responder às questões antes do apito de início da prova! Caso contrário, você será penalizado.

REGRAS DA PROVA

1. NÃO é permitido o uso de qualquer outro material além de remédios pessoais.

2. Sente-se no lugar designado para você.

3. Verifique se os materiais fornecidos pela organização (caneta, calculadora e caderno de rascunho) estão na sua mesa.

4. NÃO comece a responder às questões antes do apito de início da prova.

5. NÃO é permitida a saída da sala durante a prova, exceto em caso de emergência. Neste caso, você será acompanhado por um supervisor.

6. NÃO perturbe os outros competidores. Caso necessite de ajuda, levante a mão e espere a chegada de um supervisor.

7. Dúvidas sobre as questões da prova não podem ser discutidas. Você deve permanecer no seu lugar até o final da duração da prova, mesmo que você já a tenha terminado.

8. Ao término da duração da prova, você ouvirá um apito final. NÃO escreva nada no Caderno de Respostas após este apito. Deixe a prova, o Caderno de Respostas e os materiais fornecidos (caneta, calculadora e caderno de rascunho) organizados na sua mesa. NÃO deixe a sala antes de todos os Cadernos de Respostas serem coletados.

QUESTÕES

INSTRUÇÕES PARA A PROVA

1. Após o apito de início da prova, você terá 3 horas e 30 minutos para resolver as questões da prova.
2. Utilize apenas a caneta fornecida (não use lápis).
3. O Caderno de Respostas apresenta 13 páginas. Levante a mão, se você sentir falta de alguma página.
4. Escreva AGORA seu nome, código, país e assinatura na primeira página do Caderno de Respostas e o seu nome e código nas páginas seguintes.
5. Leia atentamente cada questão e escreva as respostas corretas no espaço correspondente no Caderno de Respostas.
6. Quando as unidades são fornecidas no Caderno de Respostas, certifique-se de que sua resposta esteja na unidade indicada.
7. Apenas o seu Caderno de Respostas será corrigido. Antes de escrever suas respostas no Caderno de Respostas, use o caderno de rascunho.
8. Regras de pontuação: Marcado em cada questão.
9. O número total de questões é 6. Confira se seu caderno está completo (12 páginas, página 5 – página 16) logo após o apito inicial. Levante a mão caso alguma página esteja faltando.

INSTRUÇÕES DE USO DA CALCULADORA

1. Ligar: Pressione [ON/C].

2. Desligar: Pressione [2ndF] [ON/C].

3. Limpando dados: Pressione [ON/C].

4. Adição, subtração, multiplicação e divisão

Exemplo 1) $45 + \frac{285}{3}$

[ON/C] *45* [+] *285* [÷] *3* [=] ***140.***

Exemplo 2) $\frac{18+6}{15-8}$

[ON/C] [(] *18* [+] *6* [)] [÷] [(] *15* [−] *8* [)] [=]

3,428571429

Exemplo 3) $42 \times (-5) + 120$

[ON/C] *42* [×] *5* [+/−] [+] *120* [=] ***-90.***

[ON/C] *42* [×] [(] [−] *5* [)] [+] *120* [=] ***-90.***

5. Exponencial

Exemplo 1) $8{,}6^{-2}$

[ON/C] *8.6* [y^x] *2* [+/−] [=] ***0.013520822***

Exemplo 2) $6{,}1 \times 10^{23}$

[ON/C] *6.1* [×] *10* [y^x] *23* [=] ***6,1 x 10^{23}***

6. Para apagar um número/função, mova o cursor até o número/função que deseje apagar, então pressione [DEL]. Se o cursor estiver localizado no canto direito de um número/função, a tecla [DEL] funcionará como uma Tecla “back space”.

QUESTÕES

NÃO vire a página antes do apito inicial.

Caso contrário, você será penalizado.

QUESTÕES

I. Teste de Demanda Química de Oxigênio (COD)

O teste de Demanda Química de Oxigênio (COD) é usado comumente para medidas indiretas da quantidade de compostos orgânicos na água. As maiores aplicações do COD estão relacionadas à determinação da quantidade de poluentes orgânicos encontrados na superfície da água (por exemplo em lagos e rios) ou efluentes, tornando COD uma medida útil da qualidade da água. É expressa em ppm (partes por milhão), que indica *a massa de moléculas de oxigênio (em mg) consumida na oxidação dos poluentes por litro de solução.* A base para o teste COD é que quase todos os compostos orgânicos podem ser completamente oxidados a CO_2 com um forte agente oxidante em meio ácido.

A quantidade de moléculas de oxigênio necessária para a oxidação de um composto orgânico a CO_2 e água é dada por:

$$C_aH_bO_c + x\,O_2 \longrightarrow a\,CO_2 + \frac{b}{2}H_2O \quad (1)$$

Dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) é um forte agente oxidante e é usado para oxidar compostos orgânicos na determinação COD em meio ácido. A reação líquida do $K_2Cr_2O_7$ com um composto orgânico é dada por:

$$C_aH_bO_c + y\,Cr_2O_7^{2-} + z\,H^+ \longrightarrow a\,CO_2 + \frac{b+z}{2}H_2O + 2y\,Cr^{3+} \quad (2)$$

O procedimento geral para o teste COD está descrito a seguir.

(A) Uma solução de $K_2Cr_2O_7$ (com uma concentração conhecida) é adicionada a uma solução contendo poluentes orgânicos. $K_2Cr_2O_7$ oxida o poluente orgânico pela reação (2).

(B) Depois de oxidar completamente os poluentes orgânicos, a concentração residual de $K_2Cr_2O_7$ é determinada pela titulação com Fe^{2+}. Na titulação, Fe^{2+} é oxidado a Fe^{3+} e $Cr_2O_7^{2-}$ é reduzido a Cr^{3+}. Esta titulação permite que se descubra a quantidade de $Cr_2O_7^{2-}$ usado na oxidação dos poluentes na solução.

(C) Usando a quantidade de $K_2Cr_2O_7$ obtida no passo (B), a quantidade teórica de moléculas de oxigênio necessárias para oxidar a mesma quantidade dos poluentes pode ser calculada pela comparação de x e y nas equações (1) e (2). Isto é chamado COD.

QUESTÕES

[Questões]

I-1. Na determinação do COD do $K_2Cr_2O_7$ consumido na oxidação dos poluentes orgânicos, é pedida a razão molar entre O_2 e $K_2Cr_2O_7$ usado na oxidação de 1 mol de poluente orgânico. A razão molar pode ser determinada pela comparação de x e y nas equações (1) e (2) depois do seu balanceamento. O procedimento a seguir será útil.

I-1-1. [0,5 ponto] Expresse x em termos de a, b e c completando o balanceamento na equação (1).

I-1-2. [0,5 ponto] Expresse z em termos de y balanceando as cargas na equação (2).

I-1-3. [0,5 ponto] Expresse y em termos de a, b e c completando o balanceamento na equação (2).

I-1-4. [0,5 ponto] Expresse x em termos de y comparando as suas respostas.

I-2. Para determinar o COD de uma solução aquosa contendo um poluente desconhecido, 2,60 x 10^{-4} mol de $K_2Cr_2O_7$ foi adicionado a 10,0 mL uma solução poluída. Depois da oxidação se completar, 1,20 x 10^{-3} mol de Fe^{2+} foi consumido na titulação do $K_2Cr_2O_7$ residual.

I-2-1. [1,0 ponto] Qual é o coeficiente f na equação balanceada abaixo, que representa a reação entre $Cr_2O_7^{2-}$ e Fe^{2+} em meio ácido?

$$Cr_2O_7^{2-} + f\ Fe^{2+} + 14\ H^+ \longrightarrow 2\ Cr^{3+} + f\ Fe^{3+} + 7\ H_2O$$

I-2-2. [1,0 ponto] Quantos mols de $K_2Cr_2O_7$ foram consumidos na oxidação dos poluentes em 10,0 mL de solução poluída?

I-2-3. [1,0 ponto] Qual é o COD da amostra desconhecida em ppm? A massa molar do O_2 is 32,0 g/mol.

I-2-4. [2,0 pontos] Se o poluente desconhecido fosse C_6H_6, qual seria a quantidade de poluente em miligramas por litro de solução e o volume de CO_2 produzido durante a oxidação completa de 1,00 L de solução a 298 K e 1,00 atm. A massa molar de C_6H_6 é 78,0 g/mol e a constante dos gases R = 0,0821 L·atm/mol·K. (Assuma que CO_2 é um gás ideal.)

I-2-5. [1,0 ponto] Quantos mols de Cr^{3+} existiam imediatamente antes e depois da titulação com Fe^{2+}?

I-3. [2,0 pontos] Quando 10 mg de cada um dos compostos abaixo são completamente dissolvidos em 1,0 L de água, qual composto produz o maior COD e qual é o seu valor? (As massas molares do C, H e O são 12, 1,0 e 16 g/mol, respectivamente.)

HCOOH (ácido fórmico)	CH_3OH (metanol)	CH_3CHO (acetaldeído)

II. Salto de Esqui

Os jogos olímpicos de inverno serão realizados em fevereiro de 2018 em PyeongChang, na Coreia do Sul. Uma das competições dos jogos olímpicos de inverno é o salto de esqui, onde o esquiador desce uma rampa de aceleração, salta do ponto de lançamento com a maior velocidade possível e atinge a rampa de pouso a uma máxima distância possível do ponto de lançamento. A figura II-1 esquematiza a rampa de salto de esqui, que está dividida em quatro partes: rampa de aceleração, salto, voo e pouso.

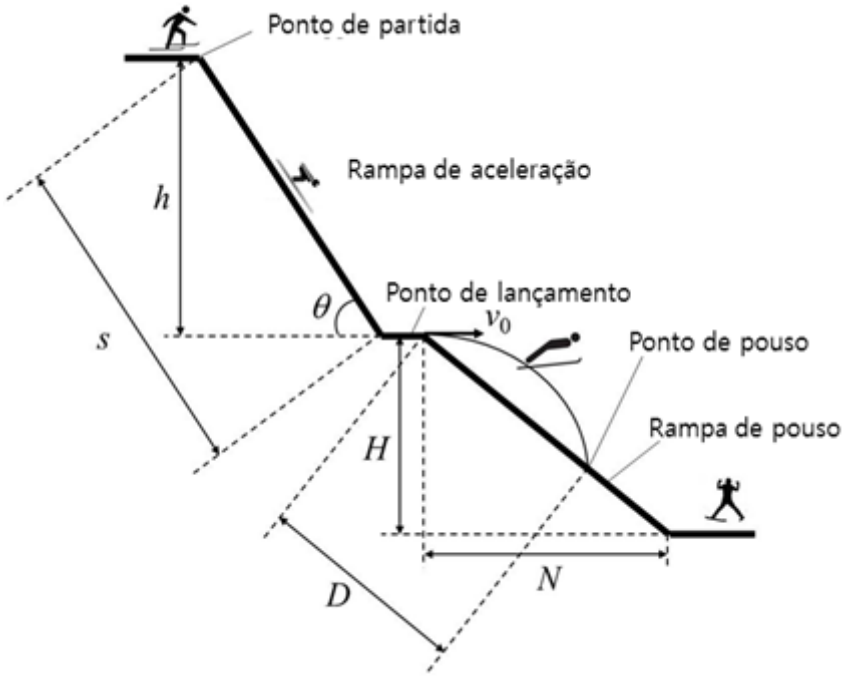


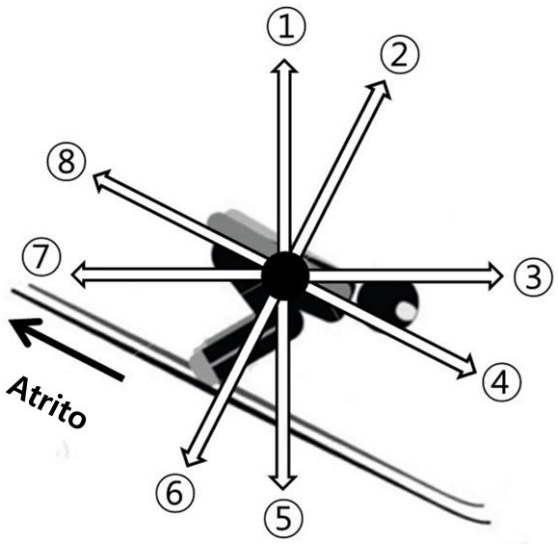
Figura II-1. Salto de esqui

Durante a fase da rampa de aceleração, o esquiador tenta minimizar o atrito para maximizar a sua aceleração adquirida, com a intenção de obter uma velocidade máxima e, com isso, um salto de maior alcance. θ, s e h são o ângulo de inclinação, o comprimento e a altura da rampa de aceleração, respectivamente. H e N são a altura e o comprimento horizontal da rampa de pouso, respectivamente. Desta forma, a inclinação (k) da rampa de pouso é dada por $k = \frac{H}{N}$. Denota-se a aceleração da gravidade por g. Admita que a velocidade (v_0) do esquiador no ponto de lançamento é horizontal.

QUESTÕES

[Questões]

II-1. [0,75 ponto] Quais das seguintes setas representam as direções da força gravitacional, da força normal e da força de resistência do ar, respectivamente, exercidas sobre o esquiador durante o seu movimento na rampa de aceleração?



II-2. [1,5 ponto] Se a velocidade do esquiador imediatamente após terminar de percorrer a rampa de aceleração é v, calcule o coeficiente de atrito cinético μ entre o esqui e a neve nessa fase do movimento. Determine μ em termos de h, g, s, v e θ. (Despreze a resistência do ar.)

II-3. [1,5 ponto] Considere agora que a velocidade no instante do lançamento do esquiador seja v_0. Qual é o tempo de voo (t) do movimento entre o ponto de lançamento e ponto de pouso? Determine t em termos de k, g e v_0. (Despreze a resistência do ar.)

II-4. [1,25 ponto] Qual é a distância D entre o ponto de lançamento e o ponto de pouso? Determine D em termos de k, g e v_0. (Despreze a resistência do ar.)

III. Experimento de Thomson dos raios cátodicos

[Experimento de Thomson]

Em 1897, Thomson mostrou que os raios catódicos são compostos de partículas negativamente carregadas, chamadas de elétrons. Thomson calculou que a massa dessas partículas é muito menor do que a dos átomos e que elas possuíam grande razão entre carga e massa (e/m), onde e e m são a carga e a massa do elétron, respectivamente.

A Figura III-1 representa um diagrama esquemático do experimento de Thomson dos raios catódicos para determinar a razão e/m do elétron. Em um tubo de alto-vácuo, dois pares de eletrodos de metal (L_1-M_1 e L_2-M_2) são posicionados ortogonalmente um ao outro. São aplicadas diferenças de potencial V_1 entre L_1 e M_1, e V_2 entre L_2 e M_2, respectivamente. Na região entre L_2 e M_2, um campo magnético uniforme de intensidade B é aplicado na direção perpendicular ao plano da figura e apontando para dentro da página (ilustrado por 'X' na figura a seguir).

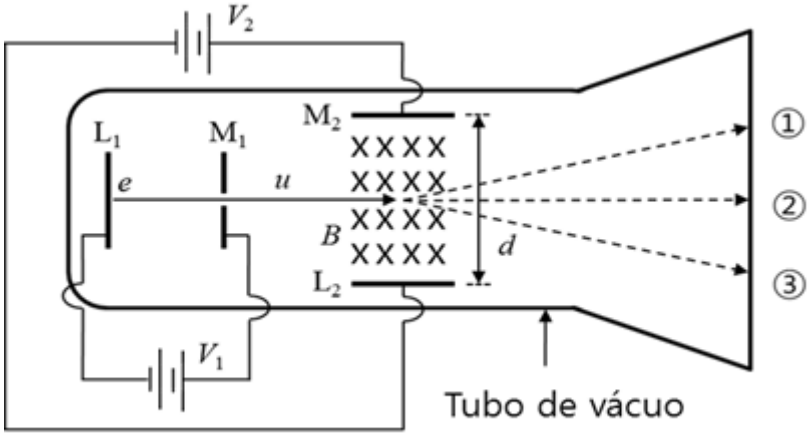


Figura III-1. Experimento de Thomson

Quando L_1 é aquecido, os elétrons são ejetados do cátodo quente (L_1) e acelerados pela diferença de potencial V_1 e atravessam uma fenda em M_1 com velocidade u. Os elétrons continuam seu movimento na região compreendida entre L_2 e M_2 e finalmente atingem a tela no final do tubo. Durante o movimento dos elétrons entre L_2 e M_2, que estão separados de uma distância d entre si, apenas o campo elétrico (V_2/d) e o campo magnético B produzem forças sobre os elétrons.

[Cargas em campos elétricos e magnéticos]

A Figura III-2 mostra uma partícula de carga q em um campo elétrico uniforme entre dois eletrodos planos e paralelos. A intensidade do campo elétrico (*E)* está relacionada com a distância (*d)* e a diferença de potencial elétrico (*V)* entre os eletrodos segundo a equação (1). Quando a partícula é posicionada no campo elétrico, a intensidade da força elétrica exercida sobre ela é dada pela equação (2). A energia potencial de uma partícula de carga **positiva** é qV e *0* quando ela está localizada nos eletrodos positivo (+) e negativo (-), respectivamente.

$$E = \frac{V}{d} \quad (1)$$

$$F_{\text{elétrica}} = qE \quad (2)$$

A Figura III-3 mostra uma partícula de carga **positiva** q e velocidade u dentro de um campo magnético uniforme de intensidade *B*. Na figura, o campo magnético está orientado perpendicularmente ao plano da mesma, apontando para fora da página (ilustrado por '∘' na figura). Nessa situação, a força magnética exercida na partícula aponta para cima e o seu valor pode ser determinado por

$$F_{\text{magnética}} = quB \quad (3)$$

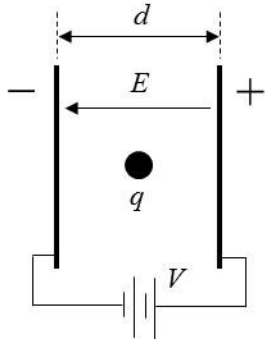


Figura III-2. Carga no campo elétrico

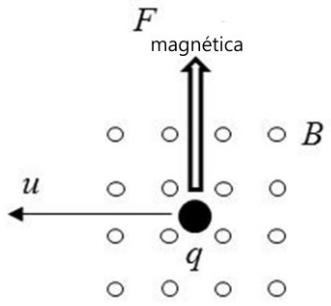


Figura III-3. Carga positiva no campo magnético

QUESTÕES

[Questões] Responda às questões a seguir sobre o experimento de Thomson (**ver Figura III-1**).

III-1. [1,0 ponto] Calcule a velocidade do elétron u em termos de e, m, e V_1, no instante em que o elétron atravessa a fenda em M_1.

III-2. Depois que o elétron atravessa a região entre L_2 e M_2,

III-2-1. [1,0 ponto] Se apenas o campo elétrico estivesse presente, isto é, $V_2 \neq 0$ e $B = 0$, qual dos traços ①, ② ou ③ da Figura III-1 poderia representar a trajetória do elétron?

III-2-2. [1,0 ponto] Se apenas o campo magnético estivesse presente, isto é, $V_2 = 0$ e $B \neq 0$, qual dos traços ①, ② ou ③ da Figura III-1 poderia representar a trajetória do elétron?

III-3. [1,5 ponto] Thomson ajustou o campo elétrico ($V_2 \neq 0$) e o campo magnético ($B \neq 0$) de tal forma que os elétrons viajam em linha reta (traço ②) com velocidade constante e igual a u. Nessa condição, qual seria o valor da velocidade u do elétron? Determine u em termos de V_2, B e d.

III-4. [0,5 ponto] Compare os resultados dos itens **III-1** e **III-3** e determine a razão carga-massa (e/m) do elétron em termos de V_1, V_2, B e d.

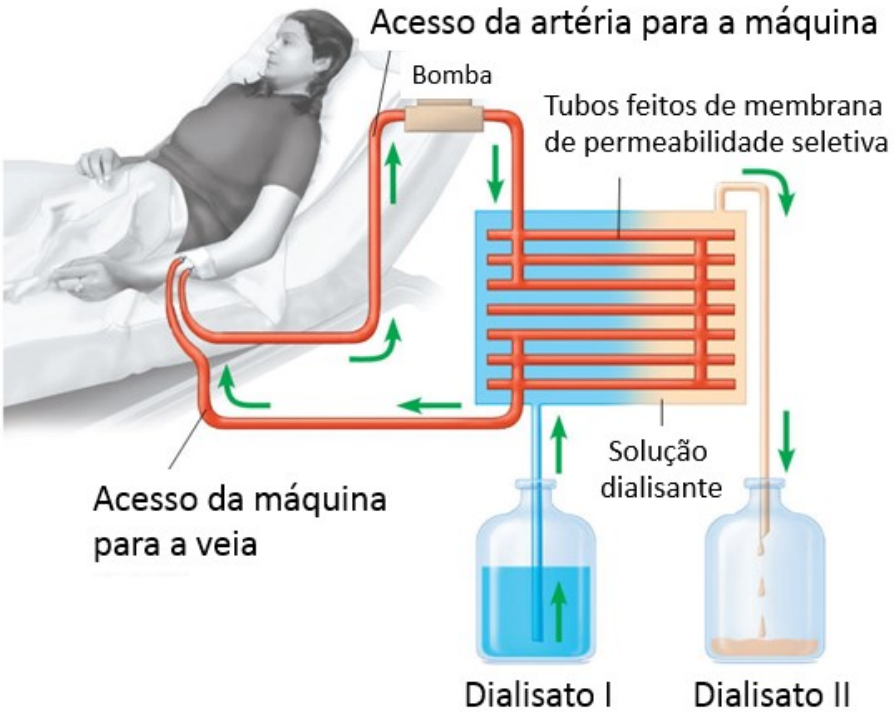
IV. Sistema Excretor

A tabela mostra os constituintes de amostras do néfron coletadas de uma pessoa saudável.

(unidade: g/100mL)

Constituintes	Plasma sanguíneo	Urina primitiva (filtrado glomerular)	Urina
Água	90 ~ 93	90 ~ 93	95
X	8	0	0
Y	0,1	0,1	0
Sais minerais	0,9	0,9	0,9 ~ 3,6
Z	0,03	0,03	2,0

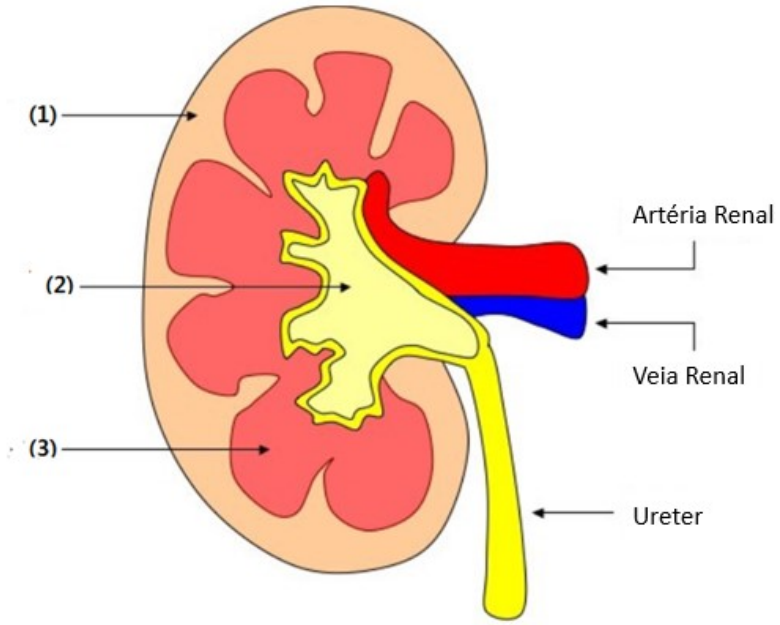
A figura mostra uma máquina de hemodiálise. (A permeabilidade da membrana glomerular e da membrana da máquina de hemodiálise é a mesma.)



QUESTÕES

[Questões]

IV-1. [1,0 ponto] Qual das três partes do rim indicadas abaixo faz um papel similar ao da máquina de hemodiálise?



IV-2. [1,5 ponto] Quais são as concentrações de X, Y e Z no dialisato I? (0,5 ponto cada resposta)

IV-3. [1,5 ponto] Entre as opções I, II e III, o que ocorre com as substâncias X, Y e Z no rim de uma pessoa saudável? (Mais de uma opção pode ser possível) (0,5 ponto cada resposta)

I. Reabsorção	II. Filtração	III. Nenhuma das anteriores

V. Genética

Ao estudar a condição genética de uma família, foi verificado que um alelo mutante era diferente do alelo selvagem por causa da substituição de apenas um par de bases (pb). Também foi verificado que esta substituição removeu o local de reconhecimento da enzima de restrição I, que está presente no alelo selvagem. (Uma enzima de restrição reconhece uma sequência de DNA específica e a corta. Esta sequência é chamada "local de reconhecimento da enzima de restrição".) A Figura V-1 mostra o heredograma de uma família, mostrando esta condição genética.

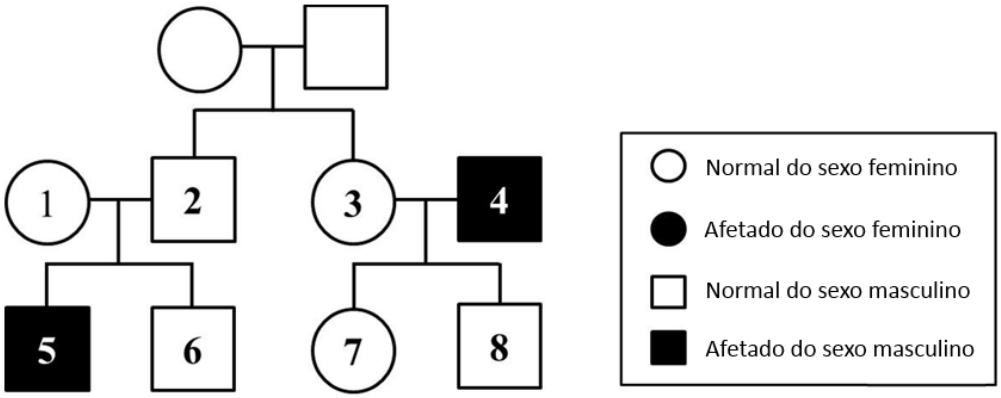


Figure V-1. Heredograma

Após isolar o DNA de quatro indivíduos (5, 6, 7 e 8) no heredograma, 1500 pb de DNA de cada indivíduo foram amplificados, incluindo o local afetado pela mutação, com uma moderna técnica de DNA. O DNA amplificado foi digerido usando a enzima de restrição I e os tamanhos resultantes dos fragmentos de DNA foram analisados. Os resultados dos experimentos da digestão de DNA estão apresentados na Tabela V-1.

Tabela V-1. Resultados dos experimentos da digestão de DNA.

Indivíduos		5	6	7	8
Tamanhos dos fragmentos	1500pb	+	–	+	+
	900pb	–	+	+	+
	600pb	–	+	+	+

(+ : presente, – : ausente)

QUESTÕES

[Questões]

V-1. [1,0 ponto] Com base nessas informações, qual dos seguintes é o tipo de herança desta condição genética?

① Dominante ligado ao X	② Recessivo ligado ao X	③ Dominante ligado ao Y
④ Recessivo ligado ao Y	⑤ Dominante autossômico	⑥ Recessivo autossômico
⑦ Herança mitocondrial		

V-2. [1,0 ponto] Se os indivíduos 1 e 2 tiverem outro descendente, qual a probabilidade de que este descendente seja do sexo feminino e afetado?

V-3. [1,0 ponto] A região próxima ao local de reconhecimento da enzima de restrição I no DNA selvagem amplificado e a região correspondente no DNA mutante amplificado foram sequenciadas e comparadas. O experimento mostrou que a mutação não apenas removeu o local de reconhecimento da enzima de restrição I no alelo mutante, mas também criou um novo local de reconhecimento da enzima de restrição II. Os locais de reconhecimento para as duas enzimas de restrição são indicados abaixo.

Enzima de restrição I reconhece: 5'-TACGGT-3'
Enzima de restrição II reconhece: 5'-AGGTCA-3'

Com base nos resultados, se uma parte de uma fita da sequência de DNA selvagem determinada aqui for [5'-----TACGGTCA-----3'], qual é a sequência da parte correspondente do DNA no alelo mutante?

VI. Circulação Sanguínea

A Figura VI-1 mostra a variação de pressão e volume sanguíneo no ventrículo esquerdo em função do tempo.

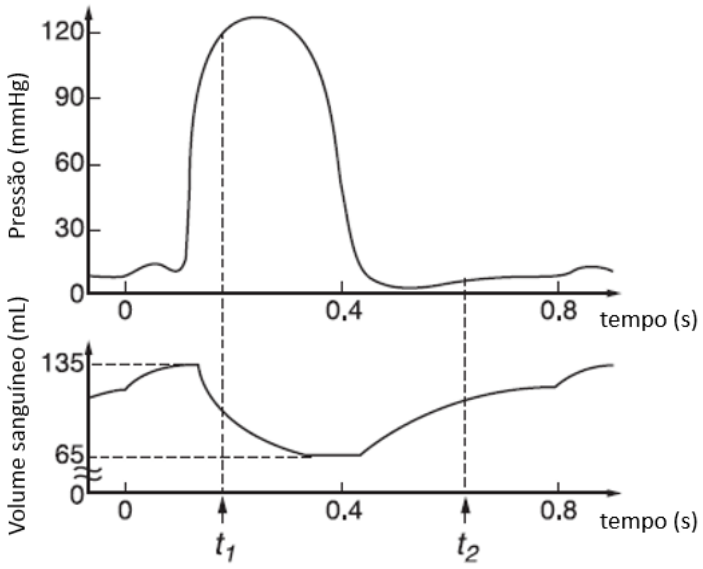


Figura VI-1. Variação de pressão e volume sanguíneo em função do tempo

[Questões]

VI-1. [1,0 ponto] Em t_1 e t_2, indique se a válvula semilunar esquerda e a válvula atrioventricular esquerda estão abertas ou fechadas. (Marque '○' para indicar "aberto" e '×' para indicar "fechado" no Caderno de Respostas)

VI-2. [1,0 ponto] Qual é a frequência cardíaca (batidas por minuto) na situação ilustrada pela Figura VI-1? (Responda com precisão de dois algarismos significativos.)

VI-3. [1,0 ponto] O débito cardíaco é definido como o volume de sangue ejetado por ventrículo por unidade de tempo. Calcule o débito cardíaco (L/min) nesta condição. (Responda com precisão de dois algarismos decimais.)