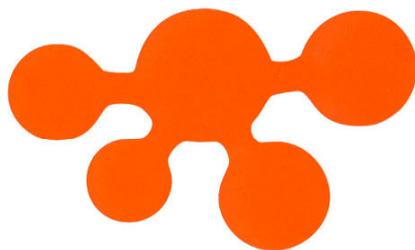


Nome:

Código do estudante:



34th International Chemistry Olympiad
Groningen, Segunda-feira, 8 de julho de 2002
Exame Prático

Química e Qualidade de Vida andam de mãos dadas

Hidrólise Enzimática de Metil *N*-Acetil-fenilalaninato

Síntese de Benzilhidantoína

Determinação do ferro em comprimidos de ferro

Observações importantes

- No laboratório deve usar sempre óculos de segurança ou os óculos pessoais caso tenham sido aprovados. Para encher a pipeta use a pêra (bomba) apropriada. É estritamente proibido comer no laboratório.
- Os participantes devem trabalhar respeitando as condições de segurança, comportar-se socialmente de forma correta e manter limpo o equipamento e o local de trabalho. A violação destas regras pode ser punida com pontos de penalização. Não hesite em perguntar ao assistente de laboratório caso tenha alguma questão em relação a procedimentos de segurança.
- Ao entrar no laboratório verifique a localização do chuveiro de segurança e das saídas de emergência.
- Por favor, leia cuidadosamente a totalidade do texto das tarefas experimentais e estude a apresentação das folhas de resposta antes de começar o trabalho experimental. Verifique a localização dos instrumentos. Tem 15 minutos para se preparar para a realização do trabalho experimental.
- Só pode dar início ao trabalho experimental quando for dado o sinal.
- Tem 5 horas para completar todas as tarefas experimentais e registrar os resultados nas folhas de resposta. Você será avisado 15 minutos antes do fim do tempo de prova. Deve interromper o trabalho logo que a ordem de término seja dada. Um atraso de 5 minutos levará ao cancelamento da tarefa, com a correspondente atribuição de zero ponto nessa tarefa.
- **Este exame prático tem três experiências. Para utilizar eficientemente o tempo disponível é necessário fazer um plano de trabalho. Leia, cuidadosamente, a descrição das três experiências. Por vezes, a realização de experiências em simultâneo pode poupar um tempo considerável.**
- Escreva o nome e o código de identificação pessoal (afixado no seu local de trabalho) nas caixas apropriadas das folhas de resposta.
- Todos os resultados devem ser escritos nas caixas de resposta das folhas de resposta. Os resultados anotados fora destes espaços não serão classificados. Não escreva no verso das folhas de resposta. Se necessitar de mais papel ou de substituir folhas de resposta, peça-o ao assistente de laboratório.
- Quando acabar o exame, coloque todas as folhas no envelope fornecido para o efeito, que deve ser selado em seguida. Só serão classificadas as folhas entregues no envelope selado.
- Não abandone o laboratório antes de lhe ser dada permissão para o fazer. Um recibo correspondente à recepção do envelope selado ser-lhe-á entregue à saída.
- Use apenas o material e a calculadora fornecidos.
- É fornecida uma cópia da tabela Periódica.
- O número de algarismos significativos nas respostas numéricas tem de estar de acordo com as regras de avaliação do erro experimental. A incapacidade de efetuar corretamente os cálculos será apenada, mesmo que a execução experimental seja impecável.
- Este exame tem 5 páginas de respostas.
- Uma versão original em inglês está disponível apenas a pedido.

Segurança

As regras descritas nos Problemas Preparatórios “safety rules” devem ser rigorosamente seguidas.

Descarte de resíduos químicos e vidrarias

Filtrados orgânicos e produtos de lavagens orgânicas e outros resíduos devem ser colocados no frasco para resíduo.

Use o recipiente apropriado para resíduo para o descarte de resíduos químicos e outros resíduos.

Vidros quebrados devem ser colocados no balde de lixo próprio.

Limpeza

A bancada de laboratório deve ser limpa com um pano úmido.

Instruções para uso da calculadora Texas Instruments TL-83 plus

As instruções seguintes são suficientes para esta Olimpíada. Esta máquina é um presente da Texas Instruments em homenagem a esta Olimpíada. A calculadora é capaz de realizar muitos e muitos cálculos, mais que o necessário para realizar este exame. Outras opções podem ser encontradas no manual, porém não serão usadas hoje.

Ligar: Pressionar o botão ‘ON’.

Desligar: Primeiro pressionar o botão ‘2nd’ e depois pressionar o botão ‘ON’.

Adição, subtração, divisão e multiplicação são feitas na forma usual:

p.ex.. adição: Numero 1 + Numero 2 ‘enter’

Parêntesis podem facilmente usados (no teclado em cima do 8 e 9 respectivamente.).

Os botões para \ln , \log , x^{-1} e x^2 estão no teclado.

Para e^x primeiro pressione o botão ‘2nd’ e depois pressione ‘ln’ ; pressione o número e ‘enter’.

Para 10^x primeiro pressione o botão ‘2nd’ e depois pressione ‘log’ ; pressione o numero e ‘enter’.

Para \sqrt{x} primeiro pressione o botão ‘2nd’ e depois pressione ‘x²’ ; pressione o número e ‘enter’.

Para o numero $e = 2.71828$ primeiro pressione o botão ‘2nd’ e depois pressione o botão ‘-:’.

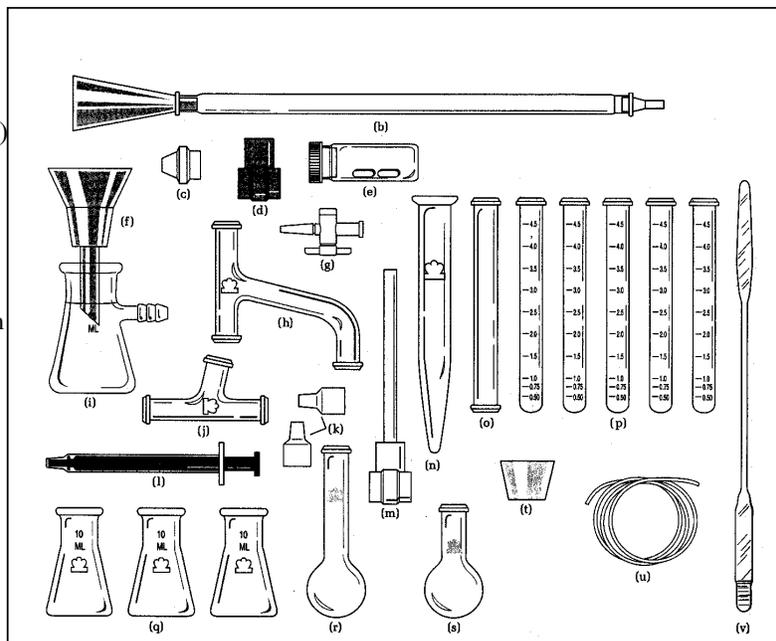
Para o numero $\pi = 3.14$ primeiro pressione o botão ‘2nd’ e depois pressione o botão ‘^’.

Em geral: as funções amarelas podem ser ativadas pressionando, primeiro, ‘2nd’ (botão amarelo) e então a função desejada amarela.

A tela pode ser limpa pressionando o botão ‘clear’ *:-.

Reagentes, material de vidro e equipamentos:**Caixa de material em microescala**

- (a) Termômetro (na bancada)
- (b) Coluna de cromatografia
- (c) Adaptador de termômetro
- (d) Conector
- (e) 2 Barras magnéticas (agitação)
- (f) Funil de Hirsch
- (g) Torneira
- (h) Cabeça de destilação 60 mm
- (i) Frasco de filtração 25 mL
- (j) Adaptador de ligação
- (k) Septo (rolha) de borracha de 8 mm
- (l) Seringa de polietileno 1 mL
- (m) Conector com suporte
- (n) Tubo de centrifuga 15 mL
- (o) Coluna de destilação
- (p) Tubo de ensaio 10 x 100 mm
- (q) Balão Erlenmeyer 10 mL
- (r) Balão de gargalo longo 5 mL
- (s) Balão de gargalo curto 5 mL
- (t) Adaptador de filtro
- (u) Tubo de PTFE 1/16"
- (v) Espátula

**Material de vidro e equipamento**

Banho de areia (areia fornecida em separado)	1	
Balão Erlenmeyer (50 mL)	1	
Bureta (50 mL)	1	
Garra para Bureta	1	
Suporte com garra	2	
Suporte universal	2	
Almofariz e pilão	1	
Béquer 100 mL	1	
Proveta (cilindro graduado) 10 mL	1	
Balão volumétrico 250 mL	1	
Balão volumétrico 100 mL	2	
Funil de vidro	1	
Pipeta graduada 10 mL	2	
Pêra (bomba de pipetar)	1	
Pipetas de Pasteur	10	
Chupetas para pipetas de Pasteur	3	
Papel de pesagem	20	(no local (Zernicke) perto das balanças)
Agitador magnético	1	
Barra magnética para agitador	1	(no local (Zernicke) em tubo de ensaio)
Par de pinças	1	
Colher	1	
Frasco (grande) com tampa de rosca para cuba de TLC	1	
Placas para TLC (Cromatografia de camada delgada)		
(5 × 10 cm)	4	
Tubos capilares para TLC (em tubo de ensaio)	5	

Nome:**Código do estudante:**

Cubetas de espectrofotômetro 1,000 cm	2
Bastão para agitação	1
Tubos de ensaio	4
Cronômetro	1
Saco plástico com feche (ziplock)	2

Reagentes

Methyl <i>N</i> -acetyl-phenylalaninate (NAcPheOMe)	500 mg (peso exato \pm 1 mg)
(S)-Phenylalanine (Phe)	500 mg (peso exato \pm 1 mg)
Sodium cyanate (NaOCN)	300 mg
α -Chymotrypsin solution (0.05% em água)	10 mL num frasco, pedir ao assistente de laboratório
Comprimido de ferro num envelope	1 comprimido
Methanol (MeOH)	20 mL
Hydrochloric acid (HCl) 4 M	50 mL
Sodium hydroxide (NaOH) 0,1 M	70 mL (ver título exato na folha de exame)
Sodium hydroxide (NaOH) 1 M	3 mL num frasco pequeno
Propyl red solution (0,02% em etanol)	3 mL num frasco pequeno
Buffer solution pH=8 (Solução tampão)	150 mL
Hydroxylamine.HCl solution ($H_2NOH.HCl$) 100 g L ⁻¹	10 mL
1,10-Phenanthroline solution 1 g L ⁻¹	20 mL
Di-isopropylether	50 mL
Acetona (pureza elevada)	10 mL
Eluente de TLC (2% formic acid in ethyl acetate)	20 mL
Papel de pH	4 pieces
Hi-flo filter aid (material para camada filtrante)	5 g
Frasco de lavagem com acetona (para lavagens)	250 mL
Frasco de lavagem com “demi” água (desmineralizada)	500 mL

Disponível para uso geral

Papel de limpeza
Esponja
Escova
Frasco para resíduos
Papel parafinado (Parafilm)

Equipamento para uso geral

Placa de aquecimento (só no local (Zernicke))
Banho ultra-sônico
Bomba de vácuo
Espectrofotômetro
Balança
Lâmpada UV

Frases R e S**Acetona**

Fórmula	C_3H_6O
Massa molar	58.08
Ponto de fusão	-95 °C
Ponto de ebulição	56 °C
Densidade	0.79 g/cm ³



- R11 Altamente inflamável
 S9 Manter em local ventilado
 S16 Manter longe de fontes de ignição
 S23 Não inalar o vapor
 S33 Tomar precauções contra descargas estáticas

Di-isopropyl ether

Fórmula	$C_6H_{14}O$
Massa molar	102.17
Ponto de fusão	-85 °C
Ponto de ebulição	68 °C
Densidade	0.72 g/cm ³



- R11 Altamente inflamável
 R19 Pode formar peróxidos.
 R66 Exposição prolongada pode provocar secura ou rachadura na pele
 R67 Vapores podem causar tonturas e náuseas
 S9 Manter em local ventilado
 S16 Manter longe de fontes de ignição
 S29 Não despejar no ralo (esgoto)
 S33 Tomar precauções contra descargas estáticas

Ethanol

Fórmula	C_2H_6O
Massa molar	46.08
Ponto de fusão	-114 °C
Ponto de ebulição	78 °C
Densidade	0.78 g/cm ³



- R11 Altamente inflamável
 S7 Manter frasco bem fechado
 S16 Manter longe de fontes de ignição

Ethyl acetate

Fórmula	$C_4H_8O_2$
Massa molar	88.10
Ponto de fusão	-84 °C
Ponto de ebulição	76 °C
Densidade	0.90 g/cm ³



- R11 Altamente inflamável
 R36 Irritante para os olhos

Nome:

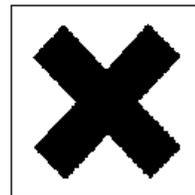
Código do estudante:

- R66 Exposição prolongada pode provocar secura ou rachadura na pele
R67 Vapores podem causar tonturas e náuseas
S16 Manter longe de fontes de ignição. Não fumar
S26 Em caso de contacto com os olhos, lavar abundantemente com água e chamar o médico.
S33 Tomar precauções contra descargas estáticas

Hydrochloric acid

Fórmula HCl
Massa molar 36.46
Densidade 0.909

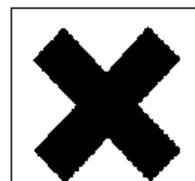
- R11 Altamente inflamável
R37/37 Irritante para os olhos, sistema respiratório e pele
S16 Manter longe de fontes de ignição. Não fumar
S26 Em caso de contacto com os olhos, lavar abundantemente com água e chamar o médico.
S45 Em caso de indisposição, chamar o médico (mostrar o rótulo, se possível)
S7 Manter frasco bem fechado



Hydroxylamine hydrochloride

Fórmula $H_3NO.HCl$
Massa molar 69.49
Ponto de fusão $155\text{ }^{\circ}C$
Densidade 1.67 g/cm^3

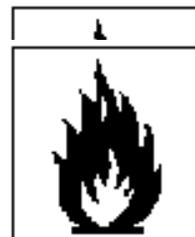
- R22 Perigoso se ingerido
R36/38 Irritante para os olhos e pele
R43 Pode causar sensibilização em contacto com a pele
R48/22 Cuidado: danos sérios para a saúde por exposição prolongada se ingerido.
R50 Muito tóxico para organismos aquáticos
S22 Não inalar as poeiras
S24 Evitar contacto com a pele
S37 Usar luvas apropriadas
S61 Evitar libertação para o ambiente.



Methanol

Fórmula CH_4O
Massa molar 32.04
Ponto de fusão $-98\text{ }^{\circ}C$
Ponto de ebulição $65\text{ }^{\circ}C$
Densidade 0.79 g/cm^3

- R11 Altamente inflamável
R23-25 Tóxico por inalação, por contacto com a pele e se ingerido
R39/23 Tóxico: perigo de danos sérios e irreversíveis por inalação, por contacto com a pele e se ingerido
S7 Manter frasco bem fechado
S16 Manter longe de fontes de ignição. Não fumar
S37 Usar luvas e roupas apropriadas
S45 Em caso de indisposição, chamar, imediatamente, o médico (mostrar o rótulo, se possível)



Nome:

Código do estudante:

1,10-Phenanthroline

Fórmula $C_{12}H_8N_2$
Massa molar 180.20
Ponto de fusão 117-120 °C



- R25 Tóxico se ingerido
R50/53 Muito tóxico para organismos aquáticos, pode causar efeitos adversos de longa duração no meio ambiente aquático
S45 Em caso de indisposição, chamar o médico (mostrar o rótulo, se possível)
S60 Este material e o seu frasco devem ser tratados como resíduos perigosos
S61 Evitar libertação para o ambiente

L-Phenylalanine

Fórmula $C_9H_{11}NO_2$
Massa molar 165.19
Ponto de fusão 270-275 °C

- S24/25 Evitar contacto com pele e olhos

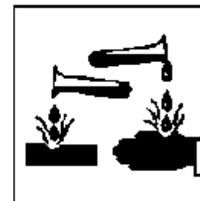
Sodium Cyanate

Fórmula NaOCN
Massa molar 65.00
Ponto de fusão 550 °C

- R22 Perigoso se ingerido
R52/53 Tóxico para organismos aquáticos, pode causar efeitos adversos de longa duração no meio ambiente aquático
S24/25 Evitar contacto com pele e olhos
S61 Evitar libertação para o ambiente

Sodium hydroxide

Fórmula NaOH
Massa molar 40.00
Ponto de fusão 318 °C

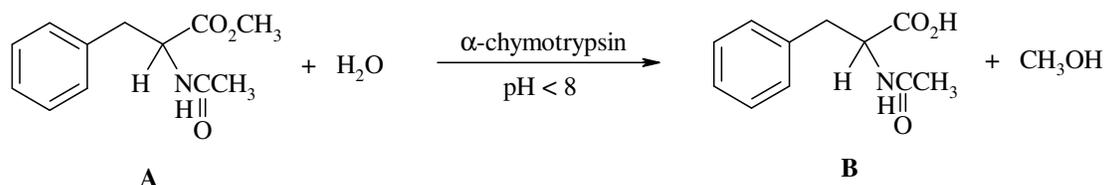


- R35 Causa queimaduras graves
S26 Em caso de contacto com os olhos, lavar abundantemente com água e chamar o médico.
S37/39 Usar luvas apropriadas e proteção para olhos/rosto
S45 Em caso de indisposição, chamar, imediatamente, o médico (mostrar o rótulo, se possível)

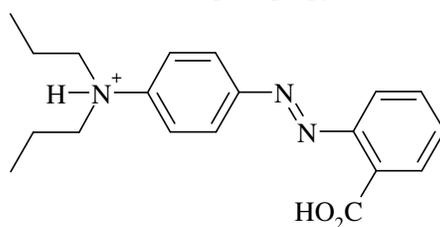
Hidrólise Enzimática de Methyl *N*-Acetyl-phenylalaninate

Introdução

α -Chymotrypsin, uma enzima protease que reconhece derivados de α -amino ácidos naturais, catalisa a hidrólise de ésteres. Neste experimento investiga-se a hidrólise enzimática de methyl *N*-acetyl-phenylalaninate racêmico **A** (Esquema).



A velocidade de formação de *N*-acetyl-phenylalanine **B** pode ser monitorada pela titulação com NaOH 0,100 M na presença de Vermelho de Propila (propyl red) como indicador de pH.



Vermelho de Propila (Propyl red) (forma protonada)
Em $\text{pH} < 5$: rosa; em $\text{pH} > 6$: amarelo

Procedimento

Nota: a quantidade de α -chymotrypsin requerida será fornecida em um frasco pelo assistente de laboratório quando solicitada..

Transferir quantitativamente a methyl *N*-acetyl-phenylalaninate racêmica **A** [500 mg, o peso exato (± 1 mg) está indicado no frasco marcado como NacPheOMe] para um Erlenmeyer de 50 mL e dissolver em metanol (~ 2.5 mL). Subseqüentemente, adicionar 4 gotas de vermelho de propila (solução 0.02% em etanol). O experimento cinético é iniciado pela adição, em uma única porção, de α -chymotrypsin (10,0 mL da solução 0.05% em água destilada) (*ligar o cronômetro*).

Quando a mistura tornar-se rosa (pink), titular imediatamente com NaOH 0,100 M até a cor mudar para amarelo. Quando a cor rosa reaparecer, adicione titulante em quantidade exatamente suficiente para restaurar a cor amarela pálido, agitando o frasco continuamente durante a adição. Registre a leitura da bureta a cada 5 minutos. (*Nota: no início a mudança de cor ocorre com muita freqüência.*)

Monitore a reação por 75 minutos. Construa um gráfico mostrando a quantidade de NaOH consumida, em mL, versus o tempo, para visualizar o curso desta reação enzimática.

Nome:

Código do estudante:

Hidrólise Enzimática ...(Cont)

Folha de respostas 2

5 Calcule o grau de hidrólise do *N*-acetil-(*R,S*)-fenilalaninato de metila **A**, em % em mol
Resposta:

Cálculos:

6 Qual das seguintes proposições esta de acordo com seus resultados experimentais? Marque no quadro a resposta correta.

- A enzima catalisa a hidrólise para dar o *N*-acetil-(*S*)-fenilalaninato de metila e a *N*-acetil-(*R*)-fenilalanina.
- A enzima catalisa a hidrólise para dar o *N*-acetil-(*R,S*)-fenilalanina.
- A enzima catalisa a hidrólise para dar o *N*-acetil-(*R*)-fenilalaninato de metilo e a *N*-acetil-(*S*)-fenilalanina
- A enzima perde sua atividade catalítica durante o curso da reação.

Nome:

Código do estudante:

Submeter o produto final **C**, seu precursor **B** e o material partida **A** (ver acima) a análise por TLC. Para este propósito, pequenas quantidades de cada composto são dissolvidas em pequeníssimas quantidades de acetona pura. Aplicar pequenas amostras destas soluções na placa de TLC, usando os tubos capilares. Realizar a análise em duplicata (duas placas de TLC, simultaneamente) em uma corrida. Correr (eluir) as placas de TLC usando uma solução a 2% de ácido fórmico em acetato de etila como eluente. Após a eluição, analisar as placas de TLC usando lâmpada de UV. Marcar a linha de partida, a linha do “front” e as manchas visíveis no UV, com um lápis. Copiar o diagrama (desenho) da placa de TLC no “Box” na folha de respostas. Determinar os valores de R_f . Finalmente, cobrir com papel parafinado (parafilm) a placa de TLC que apresentou a melhor análise e colocar no saco plástico com um fecho selante.

Transferir o produto final **C** para o frasco vazio cujo peso foi previamente determinado (o peso está indicado no rótulo). Pese o frasco com o produto e calcule o rendimento do produto **C**.

O comitê examinador checará a qualidade da benzylhydantoin que você preparou através da determinação do ponto de fusão em um aparelho automático para ponto de fusão.

Nome:

Código do estudante:

34th IChO Teste de Laboratório

Folha de Respostas 3

Valor 18 pontos

Síntese de Benzylhydantoin

	1	2	3	4	5	6	7	8
Score	10	20	10	10	20	10	10	10

Peso de seu material de partida **A** (ver no rótulo do frasco):

mg

Peso do frasco de amostra vazio:

mg

(ver no rótulo do frasco: YOUR PRODUCT)

1 Peso do frasco contendo seu produto **C**:

mg

2 Quantidade de benzylhydantoin **C** obtida:

mg

Calcular o rendimento de benzylhydantoin **C**:

Resposta: %

Cálculo:

3 Valor do R_f do derivado de uréia **B**

Resposta:

Cálculo:

4 Valor do R_f de benzylhydantoin **C**

Resposta:

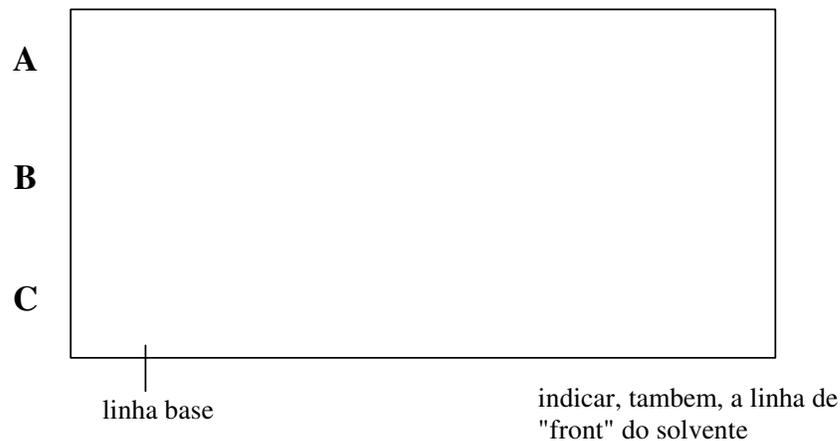
Cálculo:

Nome:

Código do estudante:

Síntese de Benzylhydantoin (Contin...) Folha de Respostas 4

5 Copiar o diagrama da placa de TLC no quadro abaixo



6 Conclusões a partir da análise por TLC:

O composto **B** é :

- puro
- contém um pouco de **A**
- contém diversos contaminantes

O composto **C** é:

- puro
- contém um pouco de **B**
- contém um pouco de **A** e **B**
- contém diversos contaminantes

7 Sobre a aparência da benzylhydantoin **C**, marque o que é apropriado para seu produto.

- Cor branca
- Cor amarelada
- Pegajoso (Sticky)
- Cristalino
- Pó

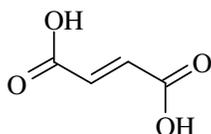
8 Ponto de fusão de benzylhydantoin **C**, que será determinado posteriormente pelo comitê examinador - °C

Coloque sua placa de TLC encoberta por parafilme (ver procedimento) em um envelope com seu Nome e Número de estudante.

Determinação de ferro em comprimidos de ferro

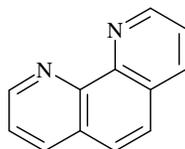
Introdução

Ferro é um componente essencial da hemoglobina, transportando oxigênio no sangue para todas as partes do corpo. Ele também desempenha papel importante em muitas reações metabólicas. A deficiência de ferro pode causar anemia como resultado dos baixos níveis de hemoglobina no sangue. Deficiência de ferro é um dos tipos de deficiência mineral nutricional mais generalizada em todo o mundo. Uma maneira de reduzir a deficiência de ferro é fazer tratamento com comprimidos de ferro. O componente ativo dos comprimidos de ferro é o ferro (II) presente como fumarato de ferro (II), o qual pode ser determinado. Além deste composto orgânico de ferro (II) as drágeas contêm outros compostos, tais como agentes ligantes. A estrutura do ácido fumárico é:



Ácido fumárico

Ferro (II) e 1,10-fenantrolina formam o complexo de cor laranja/amarelado $[(C_{12}H_8N_2)_3Fe]^{2+}$. A quantidade de ferro no comprimido pode ser medida por meio da absorvância deste complexo, determinada a 510 nm em uma (buffer) solução tampão (pH=8). Sabendo-se que a 1,10-fenantrolina liga-se somente ao ferro (II) e que o ferro (II) é rapidamente oxidado a ferro (III), cloreto de hidroxilamônio é adicionado para reduzir todo o ferro (III) para ferro (II). Um esquema de reação simplificado é:



1,10-fenantrolina

Procedimento

Utilizando-se uma balança, pesa-se um comprimido de ferro com uma precisão de 1 mg. O comprimido é cuidadosamente pulverizado em um almofariz e transferido quantitativamente para um béquer de 100 mL utilizando-se de uma pequena quantidade de água destilada. A seguir, se adiciona ácido clorídrico (5 mL, 4 M). O conteúdo do béquer é aquecido na chapa de aquecimento até aproximadamente 60 °C. A solução ficará amarela.

O béquer é então colocado em um banho ultra-sônico durante, pelo menos, 5 minutos. O béquer deve ser mantido em seu lugar apoiado em uma base de espuma. A suspensão é filtrada por sucção, usando um funil de Hirsch que deve conter uma pequena camada filtrante de “hi-flow” úmido pressionado dentro do filtro. O filtro “hi-flow” é lavado com bastante água destilada. O filtrado é cuidadosamente transferido para um balão volumétrico (250 mL) e o volume final é ajustado com a adição de água destilada e agitando-se constantemente a solução. Uma quantidade de 10 mL é pipetada desta solução e transferida para um “volumetric flask” (balão volumétrico) de 100 mL. Novamente o volume é ajustado com água destilada se agita o conteúdo de forma constante e adequada.

Desta nova solução são pipetados 10 mL e transferidos para um balão volumétrico de 100 mL. Novamente o volume é ajustado fazendo-se, também, a agitação freqüente. A seguir, adicionam-se 10

Nome:

Código do estudante:

mL da solução de 1,10-fenantrolina (10 mL) e 1 mL de solução de cloreto de hidroxilamônio. E, finalmente, o volume é ajustado com (buffer) solução tampão de (pH 8).

A absorvância desta solução é medida com um espectrofotômetro a 510 nm usando-se as cubetas de 1,000 cm e água como branco.

Calcule a quantidade de ferro na drácea de ferro com base na absorvância molar conhecida (coeficiente de extinção ϵ) do complexo de ferro(II) fenantrolina a 510 nm. A absorvância molar do complexo de ferro(II) fenantrolina a 510 nm é $11100 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$.

Importante

Para eliminar desvios na absorvância tipicamente associada a o espectrofotômetro utilizado, um fator de correção está indicado no espectrofotômetro que você está utilizando no seu experimento. A absorvância medida deve ser multiplicada por este fator de modo a obter o coreto valor da absorvância da solução do complexo de ferro.

Nome:

Código do estudante:

34th IChO Teste de Laboratório

Folha de respostas 5

Valor 10 Pontos

Determinação do ferro em comprimidos de ferro

	1	2	3	4	5
Escores	15	40	20	10	15

1 Massa do comprimido de ferro mg

Numero do espectrofotômetro

Fator de Correção

2 Leitura do espectrofotômetro: ; absorbância corrigida: AU

3 Concentração do complexo de ferro(II) fenantrolina na cubeta: mmol L⁻¹
Cálculo:

4 Quantidade total de ferro(II) no comprimido:
mg Cálculo:

5 Calcule a quantidade de ferro no comprimido, em % de massa
Resposta:
Cálculo: