

氏名:

コード番号:



34回 国際化学オリンピック
フロニンゲン、2002年7月8日(月)
実験問題

Chemistry and the Quality of Life go Hand in Hand

N-アセチルフェニルアラニンのメチルエステルの酵素による加水分解反応

ベンジルヒダントインの合成

錠剤中に含まれる鉄の定量

氏名:

コード番号:

解答前の諸注意

- 実験室にいる間は常に安全メガネか、使用の認められた自分のメガネを着用していること。ピペットを使用する際は吸引装置しか使用してはならない。実験室内ではいかなる食物を食べることも厳重に禁止されている。
- 参加者は安全に実験をし、マナーよく振る舞い、実験室内や装置などをきれいに利用するように心がけること。これらのルールを守れない人は減点される可能性がありますので注意すること。安全に関する質問などがある場合には遠慮なく実験補助員に尋ねること。
- 実験室に入ったら、非常口および安全シャワーの位置を確認すること
- 実験を開始する前に、説明書を注意深く読み実験計画や解答用紙の形式などをよく考えること。実験器具の場所なども事前に確認すること。実験を開始するまでに 15 分間の確認時間が取ってある。
- 開始の合図があるまで実験を開始してはいけません。
- 実験および実験結果の解答用紙への記録のすべてを 5 時間で完了すること。終了時間の 15 分前に合図があります。終了の指示があったら、ただちに作業を終えること。合図があつてから 5 分以内に作業を終えられないと失格となり実験問題の得点は 0 点となります。
- **実験問題は 3 つの課題から構成されている。与えられた時間を有効に使うためには、うまく実験計画を立ててから開始することが重要です。3 つの実験の内容をよく読んでからおこなうことにより、実験を短時間のうちに手際よく済ませることができるでしょう。**
- 解答用紙の正しい位置に氏名、実験台に表示されている受験番号（コード番号）を記入すること。
- すべての解答は、解答欄の枠内に書かなければなりません。枠外に解答を記入しても採点の対象とはならないので注意すること。解答用紙の裏側には何も書いてはいけません。もしも、実験の記録などに紙が必要であったり、解答用紙の交換を希望するときには、実験補助員に申し出てください。
- すべての実験が終了したら、すべての用紙を用意された封筒の中に入れてください。次に封筒に封をして下さい。封印された封筒内にある用紙のみが採点の対象となります。
- 許可があるまでは試験（実験）室を離れてはなりません。離れるときには封印された解答用紙入りの封筒に対する引き替え券を発行します。
- 用意された実験器具および計算機のみを使用すること
- 周期表のコピーが問題用紙に添付されています。

氏名:

コード番号:

- 数値を記入する解答の有効数字では実験誤差の評価の規則に従う必要があります。正確に計算できなかった場合には、たとえ実験の操作が正しく行われても、減点の対象となります。
- この試験では5枚の解答用紙があります。
- 英語版の問題用紙がほしい場合には申し出てください。

氏名:

コード番号:

安全

準備問題集に記載された「安全に関するルール」を正しく守って実験を行なってください。

残ったり、こぼしたりした薬品、ガラス廃棄物の始末

有機物の口液、洗浄液、およびその他の廃棄物は、廃棄用のビーカーまたは瓶に入れること。

薬品やその他の廃棄物は、適切な廃棄物入れに捨てること。破損したガラスなどは廃棄物入れバケツに入れること。

あと片付け

実験台はウエットティッシュできれいに拭いてください。

テキサスインスツルメンツ TL-83 プラス計算機の使用法

化学オリンピックでは、次に示す説明だけで十分に使用できます。この計算機は化学オリンピック用にテキサスインスツルメンツ社から寄贈されたものです。非常に多くの計算機能が実際には利用できます。これらは説明書に記載されていますが、本日の操作は下記のもので十分です。

電源入: 'ON' ボタンを押す

電源切: '2nd' ボタンを先におしてから 'ON' ボタンを押す。

足し算、引き算、掛け算、割り算は通常通りです:

足し算の例: 数値 1 + 数値 2 'enter'

「かっこ」はテンキーの 8 と 9 の上にあるキーを用います

関数の \ln , \log , x^{-1} および x^2 はキーが用意されています。

e^x はまず、'2nd' をおしてから 'ln' を押し、数値を入力してから 'enter' キーを押してください。

10^x はまず '2nd' を押してから 'log' を押し、; 数値を入力してから 'enter' キーを押してください。

\sqrt{x} はまず '2nd' を押してから 'x²' を押し、数値を入力してから 'enter' キーを押してください。

$e = 2.71828$ の数値を入れるにはまず、'2nd' を押してから ':-' ボタンを押してください。

$\pi = 3.14$ の数値を入れるには '2nd' を押してから '^' ボタンを押してください。

一般に、黄色の文字で書かれた関数を使うには最初に '2nd' (黄色ボタン) を押してから使用する関数のボタンを押すことにより計算します。

'clear' をおせばスクリーンの数値はクリアされます。

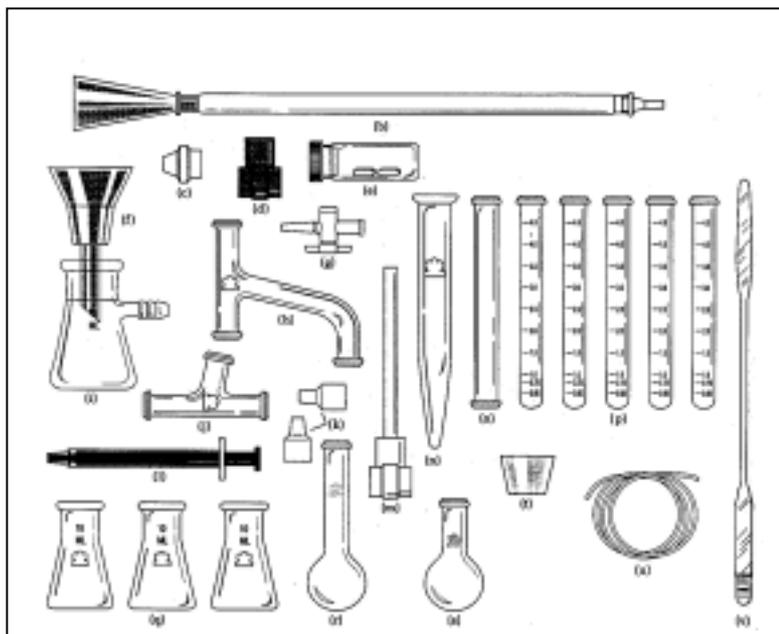
氏名:

コード番号:

薬品、ガラス器具および実験装置:

Microscale glassware kit

- (a) 温度計 (実験台上にある)
- (b) クロマトグラフィー管
- (c) 温度計アダプター
- (d) 温度計接合用器具
- (e) 磁気攪拌子 (二個入り)
- (f) 吸引漏斗
- (g) 二方コック
- (h) 蒸留頭部 60 mm
- (i) 吸引フラスコ 25 mL
- (j) 枝分れ管 (ト字管)
- (k) ゴムストッパー 8 mm
- (l) ポリエチレン製シリンジ 1 mL
- (m) 支持棒つきコネクタ
- (n) 遠心分離用試験管 15 mL
- (o) 精留塔
- (p) 反应用試験管 10 x 100 mm
- (q) 三角フラスコ 10 mL
- (r) 長首丸底フラスコ 5 mL
- (s) 丸底フラスコ 5 mL
- (t) 濾過用アダプタ
- (u) テフロン製チューブ 1/16"
- (v) ミクロ薬さじ



Glassware and equipment

砂浴 (砂は別途用意)	1	
三角フラスコ (50 mL)	1	
ビュレット (50 mL)	1	
ビュレット固定具	1	
クランプホルダーとクランプ	2	
支持台	2	
乳鉢と乳棒	1	
ビーカー 100 mL	1	
メスシリンダー 10 mL	1	
メスフラスコ 250 mL	1	
メスフラスコ 100 mL	2	
ガラス製ロート	1	
メスピペット 10 mL	2	
ピペット吸引具	1	
パストゥールピペット	10	
パストゥールピペット用吸引ゴム	3	
薬包紙	20	(天秤の近くの @ に置いてある in location Zernicke)
マグネチックスターラー	1	
磁気攪拌子	1	(in location Zernicke in サンプル瓶の中)
ピンセット	1	

氏名:

コード番号:

薬さじ	1
ねじ付きサンプル瓶(大) TLC 用	1
薄層クロマト用ガラスプレート(5_10 cm)	4
薄層クロマト用ガラス毛细管 (キャピラリ)	TLC (サンプル瓶の中) 5
分光光度計測定用セル 1.000 cm	2
ガラス棒	1
サンプル管	4
ストップウォッチ	1
ジッパー付ビニール袋	2

薬品

N-アセチルフェニルアラニンメチルエステル(NAcPheOMe)	500 mg (± 1 mg)
(S)-フェニルアラニン (Phe)	500 mg (± 1 mg)
シアン酸ナトリウム(NaOCN)	300 mg
α-キモトリプシン水溶液(0.05%)	10 mL のサンプル瓶, 実験補助員から貰うこと
鉄錠剤 (封筒に入っている)	1 pill
メタノール (MeOH)	20 mL
塩酸 (HCl) 4 M	50 mL
水酸化ナトリウム(NaOH) 0.1 M	70 mL (ファクターの値が問題用紙に記載されている)
水酸化ナトリウム(NaOH) 1 M	3 mL 小さいサンプル瓶
プロピルレッド溶液 (0.02% in ethanol)	3 mL 小さいサンプル瓶
緩衝液 pH=8	150 mL
塩酸ヒドロキシルアミン水溶液 (H ₂ NOH.HCl)	10 mL
100 g L ⁻¹	
1,10-フェナントロリン溶液 1 g L ⁻¹	20 mL
ジイソプロピルエーテル	50 mL
アセトン (高純度)	10 mL
TLC 展開液 (2% ギ酸/酢酸エチル)	20 mL
pH-試験紙	4 片
大流量ろ過助剤	5 g
アセトン入り洗瓶 (洗浄用)	250 mL
脱イオン水入り洗瓶	500 mL

共通実験器具

清掃用ペーパー
スポンジ
ブラシ
廃棄物入れコンテナ
パラフィルム

共通実験装置

ホットプレート (only in location Zernicke)
超音波洗浄器
真空ポンプ
分光光度計器
天秤
紫外線ランプ

氏名:

コード番号:

R and S phrases

Acetone

Formula C_3H_6O
Molecular weight 58.08
Melting point $-95\text{ }^\circ\text{C}$
Boiling point $56\text{ }^\circ\text{C}$
Density 0.79 g/cm^3

- R11 Highly flammable
S9 Keep container in a well-ventilated place
S16 Keep away from sources of ignition
S23 Do not breathe vapour
S33 Take precautionary measures against static discharges



Di-isopropyl ether

Formula $C_6H_{14}O$
Molecular weight 102.17
Melting point $-85\text{ }^\circ\text{C}$
Boiling point $68\text{ }^\circ\text{C}$
Density 0.72 g/cm^3

- R11 Highly flammable
R19 May form explosive peroxides.
R66 Repeated exposure may cause skin dryness or cracking
R67 Vapours may cause drowsiness and dizziness
S9 Keep container in a well-ventilated place
S16 Keep away from sources of ignition – No smoking
S29 Do not empty into drains
S33 Take precautionary measures against static discharges



Ethanol

Formula C_2H_6O
Molecular weight 46.08
Melting point $-114\text{ }^\circ\text{C}$
Boiling point $78\text{ }^\circ\text{C}$
Density 0.78 g/cm^3

- R11 Highly Flammable
S7 Keep container tightly closed
S16 Keep away from sources of ignition



Ethyl acetate

Formula $C_4H_8O_2$
Molecular weight 88.10
Melting point $-84\text{ }^\circ\text{C}$
Boiling point $76\text{ }^\circ\text{C}$
Density 0.90 g/cm^3

- R11 Highly flammable
R36 Irritating to the eyes



氏名:

コード番号:

- R66 Repeated exposure may cause skin dryness or cracking
R67 Vapours may cause drowsiness and dizziness
S16 Keep away from sources of ignition – No smoking
S26 In case of contact with eyes, rinse immediately with plenty of water and seek medical advise
S33 Take precautionary measures against static discharges



Hydrochloric acid

Formula HCl
Molecular weight 36.46
Density 0.909

- R11 Highly flammable
R37/37 Irritating to eyes, respiratory system and skin

38

- S16 Keep away from sources of ignition – No smoking
S26 In case of contact with eyes, rinse immediately with plenty of water and seek medical advise
S45 In case of accident or if you feel unwell, seek medical advise immediately (show the label where possible)
S7 Keep container tightly closed



Hydroxylamine hydrochloride

Formula $H_3NO.HCl$
Molecular weight 69.49
Melting point $155\text{ }^{\circ}C$
Density 1.67 g/cm^3

- R22 Harmful if swallowed
R36/38 Irritating to eyes and skin
R43 May cause sensitisation by skin contact
R48/22 Harmful: danger of serious damage to health by prolonged exposure if swallowed
R50 Very toxic to aquatic organisms
S22 Do not inhale dust
S24 Avoid contact with skin
S37 Wear suitable gloves
S61 Avoid release to the environment.



Methanol

Formula CH_4O
Molecular weight 32.04
Melting point $-98\text{ }^{\circ}C$
Boiling point $65\text{ }^{\circ}C$
Density 0.79 g/cm^3

- R11 Highly flammable
R23-25 Toxic by inhalation, in contact with skin and if swallowed
R39/23 Toxic: danger of very serious irreversible effects through
24/25 inhalation, in contact with skin and if swallowed
S7 Keep container tightly closed



氏名:

コード番号:

- S16 Keep away from sources of ignition –No smoking
S36/37 Wear suitable protective clothing and gloves
S45 In case of accident or if you feel unwell, seek medical advice immediately (show the label where possible)

1,10-Phenanthroline

Formula $C_{12}H_8N_2$
Molecular weight 180.20
Melting point 117-120 °C

- R25 Toxic when swallowed
R50/53 Very toxic to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment
S45 In case of accident or if you feel unwell, seek medical advice immediately (show the label where possible)
S60 This material and its container must be disposed of as hazardous waste
S61 Avoid release to the environment



L-Phenylalanine

Formula $C_9H_{11}NO_2$
Molecular weight 165.19
Melting point 270-275 °C

- S24/25 Avoid contact with skin and eyes

Sodium Cyanate

Formula NaOCN
Molecular weight 65.00
Melting point 550 °C

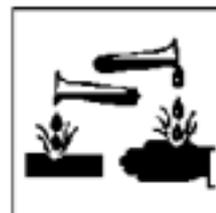
- R22 Harmful if swallowed
R52/53 Harmful to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment
S24/25 Avoid contact with skin and eyes
S61 Avoid release to the environment



Sodium hydroxide

Formula NaOH
Molecular weight 40.00
Melting point 318 °C

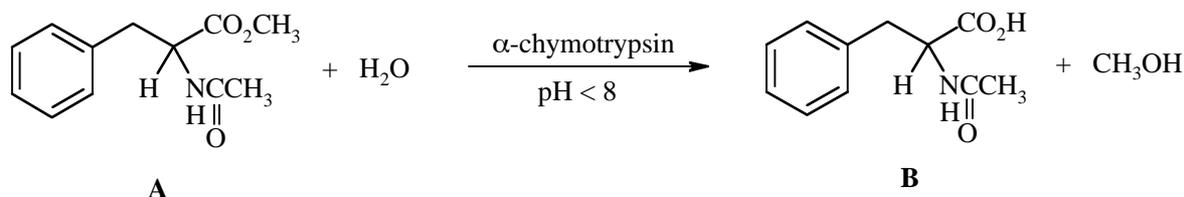
- R35 Causes severe burns
S26 In case of contact with eyes, rinse immediately with plenty of water and seek medical advice
S37/39 Wear suitable gloves and eye/face protection
S45 In case of accident or if you feel unwell, seek medical advice immediately (show the label where possible)



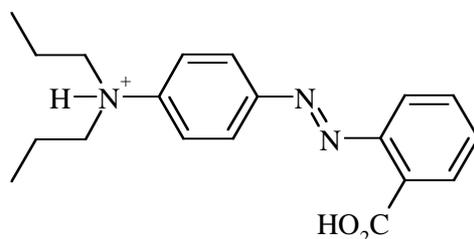
N-アセチルフェニルアラニンのメチルエステルの酵素による加水分解反応

はじめに

α -キモトリプシンは天然型の α -アミノ酸だけを選択的に認識するタンパク質分解酵素であり、エステルの加水分解を行う触媒である。この実験では、N-アセチルフェニルアラニンのメチルエステル**A**のラセミ混合物（天然型(S体)とその鏡像異性体(R体)の1:1混合物)の加水分解反応(図式)について実験する。



N-アセチルフェニルアラニン**B**の生成速度は、プロピルレッドを指示薬として用い、0.100 M水酸化ナトリウムで滴定することにより追跡することができる。



Propyl red (protonated form)
At pH < 5: pink; at pH > 6: yellow

プロピルレッド (プロトン化されたかたち)
pH < 5でピンク色、pH > 6で黄色

実験操作

注意：必要な量の α -キモトリプシンは、実験補助員に頼めばサンプル瓶に入れてもらえる。

N-アセチルフェニルアラニンのメチルエステル**A**のラセミ混合物 [500 mg、正確な質量 (± 1 mg) は、NacPheOMe と記したサンプル瓶のラベルに示されている。] の全量を 50 mL の三角フラスコに移し、メタノール (約 2.5 mL) に溶かす。次に、プロピルレッド (0.02%エタノール溶液) を 4 滴加える。 α -キモトリプシン (蒸留水に 0.05%溶かした溶液) を 10 mL 一度に加え反応速度測定の実験を開始する。(同時にストップウォッチを押して反応時間測定を開始する。)

反応混合物がピンク色になったら、すぐに 0.100 mol/l の水酸化ナトリウム水溶液を、溶液が黄色になるまで滴下する。溶液がピンク色に戻ったら、フラスコを振り混ぜながら、溶液が黄色になるのに必要十分な量の水酸化ナトリウム水溶液を滴下する(注意：はじめのうちは、色の変化は非常に頻繁に起こる)。およそ 5 分おきに、ビュレットの液量を記録する。

反応は 75 分間追跡する。この酵素による触媒反応が進行する様子をわかりやすくするために、消費された水酸化ナトリウムの量(mL)と時間の関係を示すグラフを作る。

氏名:

コード番号:

第34回国際化学オリンピック実験課題

解答用紙1

配点12点

N-アセチルフェニルアラニンのメチルエステルの酵素による加水分解反応

	1	2	3	4	5	6
配点%	10	30	30	10	10	10

1 反応開始時の *N*-アセチルフェニルアラニンのメチルエステル (A液:混合物) の量
mg = mmol

2 時間 (分) と水酸化ナトリウムの消費量 (mL、精度±0.05 mL) を下の表に記録しなさい。
最後の測定は75分後まで行いなさい。

時間(分)															75
NaOH (mL)															

3 与えられたグラフ用紙に、消費された水酸化ナトリウムの量(mL)と時間の関係を示すグラフを作りなさい。

x 軸は時間 (分) : 1 cm につき 5 分

y 軸は水酸化ナトリウムの量 (mL) 1 cm につき 1.0 mL

4 実験で消費された水酸化ナトリウムの量は、何 mmol 単位で計算しなさい。

解答:

計算式:

氏名:

コード番号:

N-アセチルフェニルアラニンのメチルエステルの酵素による加水分解反応 (つづき)

解答用紙 2

5 加水分解された *N*-アセチルフェニルアラニンのメチルエステル **A** の割合を mol% で計算しなさい。

解答:

計算式

6 あなたの実験結果をもっともよく表している説明を下から選び、左の□に印を付けなさい。

- この酵素の触媒作用による加水分解反応では *N*-アセチル-(*R*)-フェニルアラニンが生じ、*N*-アセチル-(*S*)-フェニルアラニンのメチルエステルが残る。
- この酵素の触媒作用による加水分解反応では、*N*-アセチル-(*R,S*)-フェニルアラニンが生じる
- この酵素の触媒作用による加水分解反応では、*N*-アセチル-(*S*)-フェニルアラニンが生じ、*N*-アセチル-(*R*)-フェニルアラニンのメチルエステルが残る
- この酵素の触媒活性は、反応が進行するにつれて低下し、最後には消失する。

氏名:

コード番号:

最終的に得られた生成物C、その中間体であるB、出発原料のA（上の注意書きを見よ）を用いてTLC分析をおこなう。このために、少量の試料それぞれを少量のアセトンに溶かす。これらの溶液をキャピラリー（用意してある極細のガラス管）を用いてTLCプレート上に吸着させる。同じ分析を、2枚のTLCプレートを用いて行う。展開溶媒には2%のギ酸を含む酢酸エチルを用いる。展開の後、TLCプレートに紫外線ランプを用いることにより分析する。鉛筆を使い、展開を開始した線、溶媒が展開した最上部、および紫外線ランプをあてることにより発色したスポットを、はっきりとわかるように記録する。TLC分析の結果を、解答用紙にスケッチして記録する。これらのR_f値を計算せよ。最後に、2つの中で良い方のTLCプレートをパラフィルムで包み、ジッパーつきのビニール袋のなかに入れて、置いておくこと。

最終生成物であるCは、事前に空の重量を計量した）サンプル瓶（ラベルに空重量を記載）に移し、重量をはかり、収率を計算する。

試験官が、合成したベンジルヒダントインの品質を調べる。（融点などを自動測定器を用いて調べる）

氏名:

コード番号:

34th IChO 実験操作

解答用紙 3

配点 18 点

ベンジルヒダントインの合成

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

出発原料 **A** の重量を記載せよ(サンプル瓶のラベルを見よ):

mg

空のサンプル瓶の重量を記載せよ:
(サンプル瓶のラベルを見よ: 君の生成物)

mg

1 君の合成した生成物 **C** の入ったサンプル瓶の重量を記載せよ:

mg

2 得られた ベンジルヒダントイン **C** の重量:

mg

ベンジルヒダントイン **C** の収率を計算せよ:

答え: %

計算式:

3 尿素誘導体 **B** の R_f 値

答え:

計算式:

4 ベンジルヒダントイン **C** の R_f 値

答え:

計算式:

氏名:

コード番号:

ベンジルヒダントインCの合成 (つづき) 解答用紙 4

5 TLCのスケッチ図を下の枠内に書き写せ



6 TLC分析により得られる結論を示せ:

化合物 B:

- は純粋な化合物である
- A を不純物として含んでいる
- 多数の副生成物を含んでいる

化合物 C:

- は純粋な化合物である
- B を不純物として含んでいる
- A および B を不純物として含んでいる
- 多数の副生成物を含んでいる

7 ベンジルヒダントイン C の性状, 君の生成物として適切なものを記載せよ.

- 白色
- 淡黄色
- ねばねばしている
- 結晶
- 粉末状

8 ベンジルヒダントイン C の融点が、後から試験官により測定されここに記載されます。(何も書かなくてよい) - °C

君が分析に用いた TLC プレート (実験操作の項を見よ) を氏名と受験番号 (コード番号) を記載した封筒に入れ置いておくこと。

氏名:

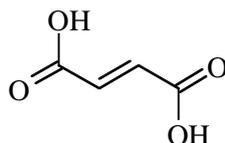
コード番号:

錠剤に含まれる鉄の定量

説明

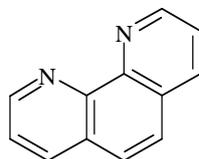
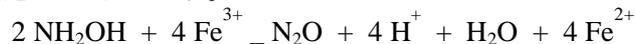
鉄は酸素を身体のすべてに運搬するヘモグロビン生成に必須の成分である。また多くの代謝反応にきわめて重要な役割を果たしている。鉄分の不足は血液中のヘモグロビン濃度の低下によって生じる貧血症の原因となる。鉄欠乏症は世界でもっともよく見られる無機栄養分の欠乏症である。鉄分不足を減らす一つの方法は鉄分を含む錠剤を服用することである。

実験で使用する錠剤中の有効な成分はフマル酸の鉄(II)塩中の二価の鉄イオンである。この二価の有機鉄化合物以外にも、錠剤には成型剤などの化合物が含まれている。フマル酸の構造は次の通りである。



フマル酸

二価の鉄イオンは1,10-フェナントロリンとオレンジ色(または赤色)の錯体(化学式 $[(C_{12}H_8N_2)_3Fe]^{2+}$)を形成することが知られている。従ってこの錯体の510 nmにおける吸光度(pH=8)の緩衝液中)の測定は錠剤中の鉄の量を決定する有効な手段です。1,10-フェナントロリンは二価の鉄イオンとしか結合しませんが、二価の鉄イオンは容易に酸化して三価の鉄イオンに変化してしまいます。従って鉄の量を正確に分析するためにはヒドロキシルアミン塩酸塩を加えて三価の鉄を二価の鉄に還元しなくてはなりません。この還元反応を単純化すると次の様な化学反応式になります。



1,10-フェナントロリン

手順

(電子) 天秤を使って錠剤を1 mg 単位で正確に秤量する。この錠剤を乳鉢を使って注意深く粉末になるまですりつぶした後、全量を100 mLビーカーに移す。そのとき少量の蒸留水を使って中身を完全に移す。4 mol/Lの塩酸5 mLを加える。次にホットプレート上でビーカーの中身を約60°Cまで加熱する。すると溶液が黄色に変化する。

次にビーカーを超音波洗浄機中で最低5分間振とうする。その時ビーカーは発泡スチロールで固定すること。次に吸引ろ過装置の組み立てを行う。そして吸引ロートのフィルターの上に大流量ろ過補助剤を少量のせ、水を用いて湿らせた後、軽く押さえて圧縮する。懸濁液を吸引ろ過する。大流量ろ過補助剤の層を最後に十分量の蒸留水を加えて洗うこと。ろ過液を250 mLメスフラスコに注意しながら移し、蒸留水を加えて振り混ぜながら250 mLまで希釈する。この溶液から10 mLをピペットでとり、100 mLのメスフラスコに移す。これに蒸留水を加え中身を振り混ぜながら100 mLまで希釈する。

氏名:

コード番号:

この溶液から 10 mL をピペットで取り別の 100 mL メスフラスコに移す。続いて 10 mL の 1,10-フェナントロリン溶液と 1 mL ヒドロキシルアミン塩酸塩溶液を加える。そして緩衝液(pH=8)で 100 mL まで希釈する。

この溶液の 510nm における吸光度を 1.000 cm の測定用セルを用いて分光光度計で測定する。この時に水を対照 (ブランク) として用いる。

錠剤中の鉄の量を 510nm における鉄 (II) フェナントロリン錯体のモル吸光係数 (または分子吸光係数 ϵ) を基に計算しなさい。510nm における鉄 (II) フェナントロリン錯体のモル吸光係数は $11100 \text{ (mol/L)}^{-1}\text{cm}^{-1}$ です。

重要

吸光度の誤差を補正するために、それぞれの分光光度計の上に補正係数が表示されています。鉄錯体溶液の正確な吸光度を得るためには使用した分光光度計の補正係数を実験で得た吸光度にかけなくてはなりません。

氏名:

コード番号:

第34回国際化学オリンピック実験問題

解答用紙5

配点 10点分

錠剤中の鉄の定量

	1	2	3	4	5
配点%	15	40	20	10	15

1 錠剤の重量

mg

使用した分光光度計の番号

補正係数

2 分光光度計の測定値:

; 補正した吸光度:

AU

3 測定セル中の鉄(II) フェナナントロリン錯体の濃度:

mmol L⁻¹

計算式:

4 錠剤中の二価の鉄イオンの総量:

mg

計算式:

5 錠剤中の鉄の重量%を計算しなさい

解答:

計算式:

氏名:

コード番号:



Periodic Table of Elements

Atomic weights based on $^{12}\text{C} = 12$
(Numbers) = most stable isotope

s block		d block Transition Metals										f block										p block		VIII																																																																																		
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107
H 1.0079	He 4.0026	Li 6.941	Be 9.0122	B 10.811	C 12.011	N 14.007	O 15.999	F 18.998	Ne 20.180	Na 22.990	Mg 24.305	Al 26.982	Si 28.086	P 30.974	S 32.066	Cl 35.453	Ar 39.948	K 39.098	Ca 40.078	Sc 44.956	Ti 47.88	V 50.942	Cr 51.996	Mn 54.938	Fe 55.847	Co 58.933	Ni 58.69	Cu 63.546	Zn 65.39	Ga 69.723	Ge 72.61	As 74.922	Se 78.96	Br 79.904	Kr 83.80	Rb 85.468	Sr 87.62	Y 88.906	Zr 91.224	Nb 92.906	Mo 95.94	Tc (98)	Ru 101.07	Rh 102.91	Pd 105.42	Ag 107.87	Cd 112.41	In 114.82	Sn 118.71	Sb 121.75	Te 127.60	I 126.90	Xe 131.29	Cs 132.91	Ba 137.33	*La 138.91	*Ce 140.12	*Pr 140.91	*Nd 144.24	*Pm (145)	*Sm 150.36	*Eu 151.97	*Gd 157.25	*Tb 158.93	*Dy 162.50	*Ho 164.93	*Er 167.26	*Tm 168.93	*Yb 173.04	*Lu 174.97	Fr (223)	Ra 226.03	**Ac 227.03	Unq (261)	Unp (262)	Unh (263)	Uns (?)	Os 190.2	Ir 192.22	Pt 195.08	Au 196.97	Hg 200.59	Tl 204.38	Pb 207.2	Bi 208.98	Po (209)	At (210)	Rn (222)	Th 232.04	Pa 231.04	U 238.03	Np 237.05	Pu 244	Am (243)	Cm (247)	Bk (247)	Cf (251)	Es (252)	Fm (257)	Md (258)	No (259)	Lr (262)	*Lanthanides	**Actinides		

氏名:

コード番号:

Scientific Committee of the 34th International Chemistry Olympiad

Chairperson:

Prof.dr. B. Zwanenburg

University of Nijmegen

Section Theory:

Prof.dr.ir. H. van Bekkum

Delft University of Technology

Prof.dr. H.P.J. Bloemers

University of Nijmegen

Prof.dr. F.B. van Duijneveldt

University of Utrecht

Prof.dr. J.B.F.N. Engberts

University of Groningen

Dr. G.A. van der Marel

University of Leiden

Prof.dr. E.W. Meijer

Eindhoven University of Technology

Prof.dr. A. Meijerink

University of Utrecht

Prof.dr. A. Oskam

University of Amsterdam

Prof.dr. J. Schoonman

Delft University of Technology

Prof.dr. A.J. Schouten

University of Groningen

Ms. Prof.dr. N.H. Velthorst

Free University, Amsterdam

Prof.ir. J.A. Wesselingh

University of Groningen

Section Practical:

Prof.dr. J.F.J. Engbersen

Twente University of Technology

Dr. E. Joling

University of Amsterdam

Dr. A.J.H. Klunder

University of Nijmegen

Dr. A.J. Minnaard

University of Groningen

Dr. J.A.J.M. Vekemans

Eindhoven University of Technology

Mr.Ing. T. van Weerd

University of Nijmegen

Dr. W.H. de Wolf

Free University, Amsterdam

Consultants:

Drs. P. de Groot

Drs. A.M Witte

Drs. W. Davids

Secretariat:

Dr. R. Ruinaard

J. Brinkhorst

Ms. M.V. Versteeg

University of Nijmegen