

〔Ⅰ〕～〔Ⅶ〕の各問に答えなさい。解答はマークシートの解答欄の該当する数値または記号をマークしなさい。ただし、指定された問題では解答用紙の所定の欄に記入しなさい。必要があれば、原子量を  $H = 1.0$ ,  $C = 12.0$ ,  $N = 14.0$ ,  $O = 16.0$ ,  $S = 32.0$  とし、また、 $\log_{10}2 = 0.30$ ,  $\log_{10}3 = 0.48$  として計算しなさい。計算の答えは四捨五入して指定された桁まで求めなさい。

〔Ⅰ〕 次の設問に答えなさい。〔ア〕～〔キ〕に入る適切な数値をマークしなさい。（7点）

A. 市販の濃硫酸の濃度（質量パーセント濃度）は 96.0% で、密度は  $1.83 \text{ g/cm}^3$  である。

1.00 mol/l の硫酸溶液 1.00 l を作るには、この濃硫酸 〔ア〕〔イ〕.〔ウ〕 ml が必要である。

B. 銅粉 15.9 g を加熱し完全に酸化したところ、黒色の酸化銅(Ⅱ) 19.9 g が生成した。この酸化銅(Ⅱ)に含まれる  $^{63}\text{Cu}$  と  $^{65}\text{Cu}$  の物質量の比は 1 : 0.〔エ〕〔オ〕となる。

ただし、 $^{63}\text{Cu}$  の相対質量は 63.0,  $^{65}\text{Cu}$  の相対質量は 65.0 とする。

C. 表に硝酸カリウムの各温度における水に対する溶解度を示す。これにより、硝酸カリウムの 60℃における飽和溶液 50 g を 10℃に冷却したとき、析出する結晶は 〔カ〕〔キ〕 g であると予想できる。

表. 硝酸カリウムの溶解度 (g/100g 水)

温度	溶解度
0℃	13.3
10℃	22.0
20℃	31.6
30℃	45.6
40℃	63.9
60℃	109.0
80℃	169.0

〔Ⅱ〕以下の文を読み、問に答えなさい。ただし、水のイオン積は  $K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/l})^2$  とする。また、(1)、(4)の答えは解答用紙に書き、(2)、(3)の答えはマークしなさい。(14点)

A. 酢酸水溶液を水酸化ナトリウム水溶液で滴定する実験を行った。

操作として、まず濃度  $0.20 \text{ mol/l}$  の酢酸水溶液を器具 ア で正確に  $20.00 \text{ ml}$  はかりとり、器具 イ に入れた。これに、指示薬を加え、器具 ウ を用いて  $0.20 \text{ mol/l}$  の水酸化ナトリウム水溶液を滴下し、よくかく拌した。

なお、酢酸の電離定数  $K_a$  は  $25^\circ\text{C}$  において  $K_a = 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$  とし、温度は常に  $25^\circ\text{C}$  であるものとする。

(1) この実験に使用した ア、ウ に最も適切な器具名を答えなさい。

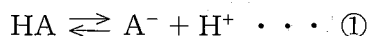
(2) この実験で、水で洗浄してぬれたままで用いてもよい器具はア、イ、ウのうちどれか。次の1～7の中から1つ選び、マークしなさい。

- |        |        |          |        |
|--------|--------|----------|--------|
| 1. アのみ | 2. イのみ | 3. ウのみ   | 4. アとイ |
| 5. アとウ | 6. イとウ | 7. アとイとウ |        |

(3)  $0.20 \text{ mol/l}$  の水酸化ナトリウム水溶液を  $5.00 \text{ ml}$  加えたとき、この混合液の pH は エ、オ であった。エ、オ に適切な数値をマークしなさい。

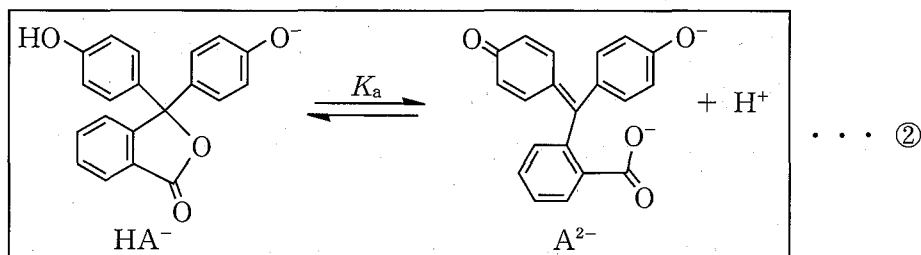
B. 中和滴定に用いる指示薬は、それ自身が弱い酸や塩基であり、電離の前後で分子の構造が変化して変色を起こす。

弱い酸である指示薬を HA で表すと、水溶液中では次のような電離平衡となる。



指示薬は分子状態 HA と電離してイオン  $\text{A}^-$  になった状態では、それぞれ特有の色を示す。指示薬を加えた水溶液の pH が変化すると式①の平衡が移動し、水溶液の色は変化する。溶液中の  $[\text{HA}]/[\text{A}^-]$  の値が 10 を超えると溶液は分子状態 HA の色を示し、0.1 より小さい値の場合は溶液はイオン状態  $\text{A}^-$  の色を示す。したがって  $0.1 \leq [\text{HA}]/[\text{A}^-] \leq 10$  の範囲では溶液中に HA と  $\text{A}^-$  の色が同時に現れる。これを指示薬の変色域という。

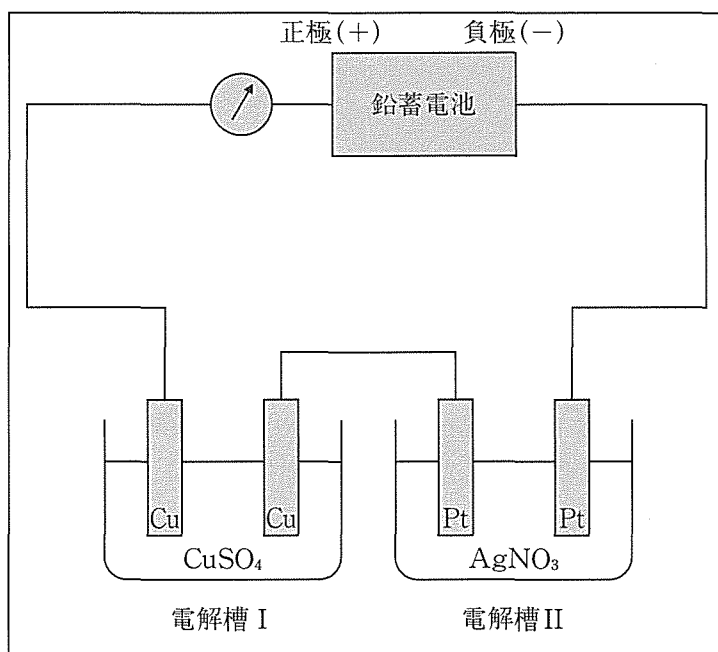
(4) フェノールフタレインの変色域も同様に考えることができ、以下のような電離平衡の式となる。



フェノールフタレインの電離定数を  $K_a = 3.2 \times 10^{-10} \text{ mol/l}$  とするとき、その変色域は  $(a) \leq \text{pH} \leq (b)$  となる。また水溶液の pH が  $(c)$  のとき  $[\text{HA}^-]$  と  $[\text{A}^{2-}]$  が等しくなる。ただし、小数点以下第2位を四捨五入しなさい。

〔Ⅲ〕 以下の文を読み，ア～ツには適切な数値または符号をマークしなさい。ただし，符号は増加の場合は＋，減少の場合は－とする。また，ファラデー定数は， $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ ， $\text{Cu} = 63.5$ ， $\text{Pb} = 207.0$ とする。(14 点)

下図に示すように電解槽 I，II を鉛蓄電池および電流計と直列に接続し，500 mA の一定電流で電気分解を行った。電解槽 I には，ある濃度の硫酸銅(II)水溶液 500 ml を入れ，銅板を電極とし，電解槽 II には，硝酸銀水溶液 500 ml を入れ，白金板を電極として用いた。電気分解終了後，鉛蓄電池の両極の質量は合わせて 0.800 g 増加した。



- (1) 放電により，鉛蓄電池の正極の質量は，アイ . ウエ g 変化した，負極の質量は，オカ . キク g 変化した。ア と オ には符号を入れなさい。
- (2) 電解槽 I の陰極の質量は，ケコ . サシ g 変化した。ケ には符号を入れなさい。
- (3) 電気分解後，電解槽 II の水溶液の pH は ス . セ であった。ただし，電気分解前の水溶液の pH は 7.0，水溶液の体積は電気分解により変化しないものとする。
- (4) 電気分解を行った時間は ソ . タチ  $\times 10^{\text{span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">ツ}}$  秒であった。ただし，ソ には 0 以外の数値を入れなさい。

〔IV〕以下の文を読み、〔ア〕～〔キ〕には適切な数値を、a～fには適切な番号をマークしなさい。  
ただし、気体定数は、 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{l} / (\text{K} \cdot \text{mol})$  とする。(14 点)

物質には、固体、液体、気体の状態があり、温度や圧力を変えると状態が変化する。図1と図2はそれぞれ水と二酸化炭素が、種々の温度、圧力においてどのような状態にあるかを示したグラフであり、状態図と呼ばれる。境界線は状態間の平衡を示している。ただし、図の軸の目盛は均等ではない。

- (1) 液体の水が存在するために必要な圧力は、最低〔ア〕.〔イ〕 $\times 10$ 〔ウ〕Paである。ただし、〔ア〕には0以外の数値を入れなさい。
- (2)  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  (1atm)のもとで、1.0gの水が温度  $T_2$  ですべて蒸発したものとする。このときに生じる水蒸気の体積は〔エ〕.〔オ〕lである。
- (3)  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ のもとで、温度  $T_1$  の氷1.0gをすべて温度  $T_2$  の水蒸気にするのに必要な熱量は〔カ〕.〔キ〕kJである。ただし、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ のもとで、氷の融解熱は6.0kJ/mol、水の蒸発熱は41kJ/mol、水1.0gの温度を1℃上昇させるのに必要な熱量は4.2Jとする。
- (4) 次のa～fに適切な語句を選択肢から選びなさい。同じ選択肢を繰り返し用いてもよい。
  - ① 富士山 ( $0.7 \times 10^5 \text{ Pa}$ ) では、おいしいご飯が炊けないと言われている。これは、飽和蒸気圧が外圧に等しくなる温度になると ( a ) が起こるためである。
  - ② 固体の水(氷)に圧力を加えていくと、融点は ( b )。
  - ③ 固体の二酸化炭素に圧力を加えていくと、融点は ( c )。
  - ④ 二酸化炭素において、平衡状態にある固体と液体では密度が大きいのは ( d ) である。
  - ⑤ 図1、図2の領域Iは ( e ) の状態で存在し、領域IIIは ( f ) の状態で存在する。

<選択肢>

- |        |        |          |       |        |
|--------|--------|----------|-------|--------|
| 1. 上がる | 2. 液体  | 3. 変わらない | 4. 気体 | 5. 凝縮  |
| 6. 固体  | 7. 下がる | 8. 昇華    | 9. 沸騰 | 10. 融解 |

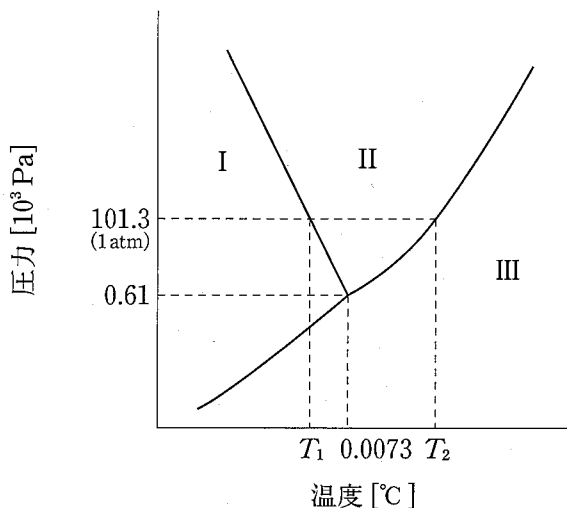


図1 水の状態図

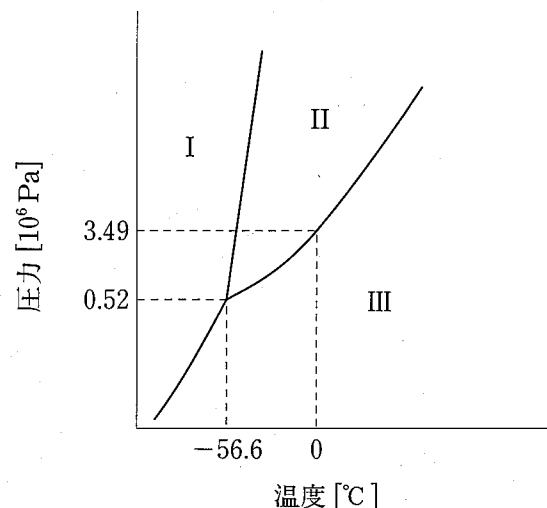
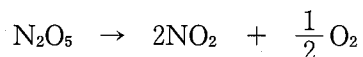


図2 二酸化炭素の状態図

〔V〕以下の文を読み、問に答えなさい。(1)の答えは解答用紙に書きなさい。(2)の イ ～ キ には適切な数値を、(3)には適切な番号をマークしなさい。(13 点)

化学反応の速さ(反応速度)は、単位時間に減少する反応物の量や、生成する生成物の量によって知ることができる。

五酸化二窒素の気体の分解反応は、次の式で表される。



- (1) 反応開始後の時間  $t_1$  における  $\text{N}_2\text{O}_5$  の濃度を  $C_1$ 、時間  $t_2$  における濃度を  $C_2$  とすると、 $t_1$  から  $t_2$  までの間における平均の反応速度  $v$  は、

$$v = \boxed{\text{式 ア}} \quad \text{と表すことができる。}$$

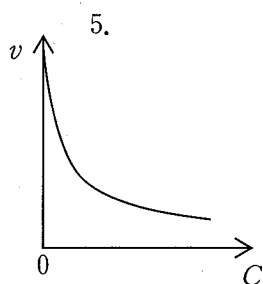
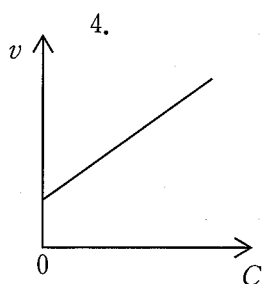
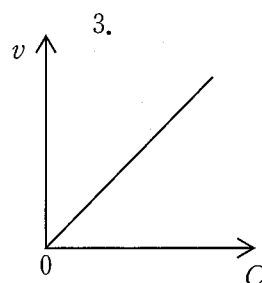
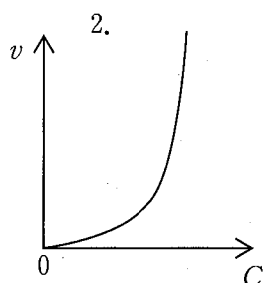
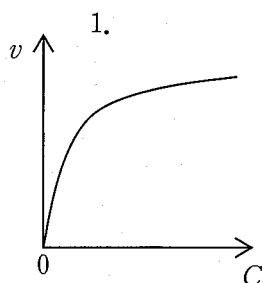
ただし  $t_1 < t_2$  とする。

- (2) 反応を開始してからの時間  $t(\text{s})$  における  $\text{N}_2\text{O}_5$  の濃度  $C(\text{mol/l})$  の関係を調べると、表のようになる。600 秒ごとの平均の反応速度は時間とともに減少するが、600 秒ごとの平均の反応速度を 600 秒ごとの平均の  $\text{N}_2\text{O}_5$  の濃度で割った値は イ . ウ  $\times 10^{-\text{エ}}$  (1/s) となり、一定である。このように、反応速度の平均値は  $\text{N}_2\text{O}_5$  の平均濃度に比例する。このときの比例定数  $k$  は反応速度定数と呼ばれる。これより、 $t = 0(\text{s})$  のときの  $\text{N}_2\text{O}_5$  の濃度(初濃度)は、オ カ . キ  $\times 10^{-3}(\text{mol/l})$  であることがわかる。ただし、イ には 0 以外の数字を入れなさい。

表.  $\text{N}_2\text{O}_5$  の分解反応における  $\text{N}_2\text{O}_5$  の濃度の時間変化

時間 $t(\text{s})$	0	600	1200	1800
濃度 $C(\text{mol/l})$	<span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">オ</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">カ</span> . <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">キ</span> $\times 10^{-3}$	$12.5 \times 10^{-3}$	$9.3 \times 10^{-3}$	$6.9 \times 10^{-3}$

- (3) 平均の反応速度を縦軸に、平均の濃度を横軸にとってグラフに表した場合、正しいものは下図のうちどれか。



〔VI〕 以下の文を読み、問に答えなさい。(25 点)

A. (1)～(8)の記述に最もよく当てはまるものをそれぞれの選択肢 1～6 より 2 つ選びマークシートの同じ行にマークしなさい。ただし、常温とは  $25^{\circ}\text{C}$ 、常圧とは  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  とする。

(1) アセトアルデヒドが主生成物として得られる反応。

1. アセチレンに水銀塩を触媒として水を加える。
2. エタノールに濃硫酸を加えて約  $130\sim 140^{\circ}\text{C}$  で熱する。
3. エタノールにフェーリング液を加えて加熱する。
4. 触媒を用いてエチレンを酸素で酸化する。
5. 酢酸エチルに水酸化ナトリウム水溶液を加えて加水分解する。
6. 酢酸カルシウムを熱分解する。

(2) 臭素水に加えると常温で速やかに臭素の色が消えるもの。

- |          |            |              |
|----------|------------|--------------|
| 1. フェノール | 2. シクロペンタン | 3. 2-メチルプロパン |
| 4. プロピン  | 5. ベンゼン    | 6. ポリエチレン    |

(3) 常温常圧で水とどんな割合でも混ざり合うもの。

- |          |              |          |
|----------|--------------|----------|
| 1. アニリン  | 2. エチレングリコール | 3. 酢酸    |
| 4. 酢酸エチル | 5. ジエチルエーテル  | 6. フェノール |

(4) カルボン酸が主生成物として得られる反応。

1. アニリンの希塩酸溶液を  $5^{\circ}\text{C}$  以下に冷やしながら亜硝酸ナトリウム水溶液を加える。
2. エタノールに濃硫酸を加えて  $160\sim 170^{\circ}\text{C}$  で熱する。
3. トルエンに濃硝酸と濃硫酸の混合物を加える。
4. ナトリウムフェノキシドを高温高圧のもとで二酸化炭素と反応させた後、希硫酸を加える。
5.  $\alpha$ -キシレンを過マンガン酸カリウムで酸化する。
6. フェノールに  $20^{\circ}\text{C}$  で濃硝酸を加える。

(5) 常温常圧で固体であるもの。

- |         |            |             |
|---------|------------|-------------|
| 1. アニリン | 2. 安息香酸    | 3. サリチル酸メチル |
| 4. スチレン | 5. ニトロベンゼン | 6. フェノール    |

(6) ベンゼンに次の操作を行ったときに芳香族化合物でなくなる反応.

1. 紫外線を照射しながら塩素と反応させる.
2. 濃硫酸と濃硝酸の混合物と反応させる.
3. 高温高压下でニッケルを触媒として水素と反応させる.
4. 水酸化ナトリウムとともに高温で融解させる.
5. 過マンガン酸カリウム水溶液と反応させる.
6. スズおよび塩酸と反応させる.

(7) 左の2つの化合物と右の記述とが正しい組み合わせ.

- |                     |                |
|---------------------|----------------|
| 1. プロパンとシクロプロパン     | 互いに構造異性体である    |
| 2. フマル酸とフタル酸        | 互いに幾何異性体である    |
| 3. 2-メチルブタンと2-ブタノール | いずれも光学異性体が存在する |
| 4. エタノールとジメチルエーテル   | 互いに構造異性体である    |
| 5. エチレンとアセチレン       | 互いに幾何異性体である    |
| 6. アラニンとフェニルアラニン    | いずれも光学異性体が存在する |

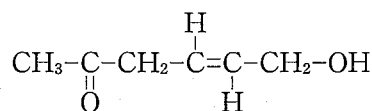
(8) フェーリング反応が陽性なもの.

- |           |          |           |          |
|-----------|----------|-----------|----------|
| 1. セルロース  | 2. デンプン  | 3. グリコーゲン | 4. スクロース |
| 5. セロビオース | 6. マルトース |           |          |

B. 以下の性質を持つ分子式  $C_5H_{10}O$  で示される化合物A, B, Cの構造式をそれぞれ1つ書きなさい. 構造式は例にならって解答用紙に書きなさい. ただし, 化合物A, B, Cは環構造をもたない.

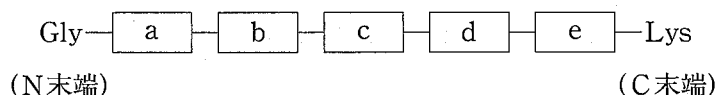
- (1) 化合物Aは, ヨードホルム反応が陽性のカルボニル化合物である. カルボニル基を水酸基に還元して, 濃硫酸とともに加熱して脱水すると, シス-トランス異性体をもたないオレフィンを生成する.
- (2) 化合物Bは, ヨードホルム反応及び銀鏡反応のいずれにも陰性のカルボニル化合物である.
- (3) 化合物Cは, 光学異性体と幾何異性体をとともにもつアルコールである. (異性体のうち1種類のみ書くこと)

例



〔Ⅶ〕以下の文を読み、問に答えなさい。(1), (2)には適切な番号を, (3) ア ~ ウ には適切な数値をマークしなさい。(13 点)

下図のように, 7 個のアミノ酸からなるペプチド P がある。



このペプチド P のアミノ酸配列を決定するために実験を行い, 以下のような結果が得られた。

- ① 構成するアミノ酸は, 表の 6 種類であった。
- ② ペプチド P の N 末端は Gly, C 末端は Lys であった。
- ③ 酵素 A は, ベンゼン環を有するアミノ酸のカルボキシル基側を加水分解により切断する酵素である。ペプチド P を酵素 A で切断したところ, A1 と A2 という 2 種類のペプチドが得られた。ペプチド A2 の N 末端は Ser であった。
- ④ 酵素 B は, Lys のカルボキシル基側を加水分解により切断する酵素である。ペプチド P を酵素 B で切断したところ, B1 と B2 という 2 種類のペプチドが得られた。
- ⑤ 実験③と④でできたペプチド A1, A2, B1, B2 に水酸化ナトリウム溶液を加えてアルカリ性にしたのち, 少量の硫酸銅(II)水溶液を加えると, A2 と B1 のみが赤紫色を呈した。
- ⑥ ペプチド A1, A2, B1, B2 に濃硝酸を加えて加熱すると, A1 と B1 のみが黄色になった。さらに黄色を呈した A1 と B1 にアンモニア水を加え, アルカリ性になると橙色を呈した。
- ⑦ ペプチド A1, A2, B1, B2 に水酸化ナトリウムを加えて加熱したのち冷却し, 酢酸鉛(II)水溶液を加えると, A2 と B2 のみが黒色沈殿を生じた。

表. ペプチド P を構成するアミノ酸

	アミノ酸	3 文字表記	分子量
1	アラニン	Ala	89
2	グリシン	Gly	75
3	システイン	Cys	121
4	セリン	Ser	105
5	チロシン	Tyr	181
6	リシン	Lys	146



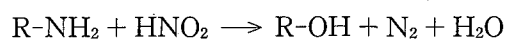
(1) 実験⑤、⑥の反応の名称を次の選択肢からそれぞれ選びなさい。

<選択肢>

- |             |                |             |
|-------------|----------------|-------------|
| 1. 硫黄反応     | 2. キサントプロテイン反応 | 3. ジアゾ化反応   |
| 4. ニンヒドリン反応 | 5. ビウレット反応     | 6. フェーリング反応 |

(2) ペプチドPの配列a～eに入るアミノ酸を表中より選び、その番号をマークしなさい。

(3) 一般的なアミノ酸の定量法に亜硝酸との反応がある。これはアミノ基1個につき亜硝酸1分子が反応した結果、1分子の窒素ガス(N<sub>2</sub>)と水(H<sub>2</sub>O)を産生することを利用している。



ここで、Rは任意の構造式をあらわす。

15.1 g のペプチドPと十分な量の亜硝酸を反応させたとき、窒素ガス ア . イ ウ g を生成する。ただし、リシンは分子内にアミノ基を2つもつアミノ酸である。また、上記の反応は酸性条件下でペプチド結合の切断はないものとする。