

A 3 物理

A 4 化学

A 5 生物

この冊子は、**物理**、**化学** および **生物** の問題を 1 冊にまとめてあります。

電子応用工学科は物理指定

材料工学科は、物理または化学のどちらかを選択

生物工学科は、物理・化学・生物のいずれかを選択

物理の問題は、1 ページより 16 ページまであります。

化学の問題は、17 ページより 31 ページまであります。

生物の問題は、32 ページより 58 ページまであります。

[注 意]

- (1) 試験開始の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
- (2) 監督者から受験番号等記入の指示があったら、解答用紙に志望学科と受験番号を記入してください。また、解答用マークシートに受験番号と氏名を記入し、さらに受験番号と志望学科をマークしてください。
- (3) 解答は、所定の解答用紙に記入したもの及び解答用マークシートにマークしたものだけが採点されます。
- (4) 解答用マークシートについて
 - ① 解答用マークシートは、絶対に折り曲げてはいけません。
 - ② マークには黒鉛筆(HBまたはB)を使用してください。指定の黒鉛筆以外でマークした場合、採点できないことがあります。
 - ③ 誤ってマークした場合は、消しゴムで丁寧に消し、消しくずを完全に取り除いたうえ、新たにマークしてください。
 - ④ 解答欄のマークは、横 1 行について 1 箇所に限ります。2 箇所以上マークすると採点されません。あいまいなマークは無効となるので、はっきりマークしてください。
 - ⑤ 解答用マークシート上部に記載されている解答上の注意事項を、必ず読んでから解答してください。
- (5) 試験開始の指示があったら、初めに問題冊子のページ数を確認してください。ページの落丁・乱丁、印刷不鮮明等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- (6) 問題冊子は、試験終了後、持ち帰ってください。

化 学

[注 意]

- (1) 問題の中で特に指定のない限り、計算に必要な場合は、次の値を用いなさい。

元素記号	H	C	N	O	Na	Al	S	Cl	K	Ag
原子量	1.00	12.0	14.0	16.0	23.0	27.0	32.1	35.5	39.1	108

アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

気体定数： $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol}) = 8.21 \times 10^{-2} \text{ atm} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

$(1.013 \times 10^5 \text{ Pa} = 1.00 \text{ atm})$

ファラデー定数： $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

- (2) 問題の中で特に指定のない限り、気体は理想気体として扱いなさい。
- (3) 数値で解答する場合は、問題の中で特に指定のない限り、解答の有効数字が2ケタになるように計算し、問題の中で指定された形式で解答用マークシートの適切な数字または正負の符号をマークしなさい。ただし、解答の指数部分が0の場合には+0とマークしなさい。
- (4) 問題によって答え方が違います。問題を十分に注意して読みなさい。
- (5) 計算にはこの問題冊子の余白部分を利用しなさい。

1

次の設問(1)、(2)に答えなさい。

(13 点)

(1) 次の(A)～(G)の文章について、その正誤を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

- (A) 周期表の 1 族、2 族および 12 族から 18 族までに属する元素は典型元素と呼ばれ、同族の典型元素は最外殻電子数が同じであることから化学的性質が似ている。
- (B) 周期表の水素以外の 1 族元素はアルカリ金属と呼ばれ、その単体は融解塩電解によって得ることができる。
- (C) 周期表の 17 族の元素はハロゲンと呼ばれ、ハロゲンの原子は 7 個の価電子を持つことから 1 価の陰イオンになりやすい。
- (D) 周期表の 12 族の亜鉛の酸化物である酸化亜鉛 ZnO は両性酸化物であり、水に溶けやすい。
- (E) 周期表の 13 族のアルミニウムの水酸化物 Al(OH)_3 は酸には溶けるが、強塩基には溶けない。
- (F) 単体が金属光沢をもち、電気や熱を導きやすい性質を持つ元素は金属元素と呼ばれ、金属元素の原子は一般的に陽イオンになりやすい性質を持つ。
- (G) 陽性が強い元素ほどイオン化エネルギーは大きく、陰性が強い元素ほど電子親和力は大きくなる。

(2) 次の(i)~(vi)の実験に関する文章を読み、元素 A から F として最も適切なものを解答群の中から 1 つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。同じ番号を複数回選んでもよいものとする。ただし、適切なものが無い場合には十と一の位の両方に 0 をマークしなさい。

- (i) 元素 A を含む水溶液を白金線につけてガスバーナーの外炎(酸化炎)に入れたところ、炎が青緑になった。
- (ii) 塩基性水溶液中に元素 B を含む褐色の沈殿物がある。ここに、過剰にアンモニア水を加えると沈殿物は溶解し、無色の溶液となった。
- (iii) 元素 C を含む水溶液に硝酸銀水溶液を加えると水に溶けにくい銀の化合物である白色固体が生じた。
- (iv) 元素 D の水酸化物を溶解させた水溶液に二酸化炭素を吹き込むと白色の沈殿物が生じ、さらに過剰に二酸化炭素を吹き込むとこの白色の沈殿物は溶解した。
- (v) 銀白色の元素 E の単体は冷水と反応しなかったが、熱水とは反応した。
- (vi) 元素 F を含む硫酸酸性水溶液は橙赤色であったが、この溶液に過酸化水素を吹き込むと緑色になった。

解答群

01 水 素	02 塩 素	03 ナトリウム
04 クロム	05 銅	06 コバルト
07 窒 素	08 硫 黄	09 銀
10 鉄	11 金	12 酸 素
13 カルシウム	14 マグネシウム	15 ベリリウム

2

次の設問(1)～(3)に答えなさい。

(19 点)

- (1) 次の文章の (ア) ～ (キ) にあてはまる語句として最も適切なものを解答群より選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。ただし、同じ番号を複数回選んでもよいものとする。

陽イオンと陰イオンが静電的な引力(クーロン力)により結びついて形成される結合をイオン結合と呼ぶ。イオン結合の強さは陽イオンと陰イオンの価数の積が (ア) ほど強く、両イオン間の距離が短いほど (イ)。陽イオンと陰イオンがイオン結合により規則正しく配列した固体をイオン結晶と呼び、一般的に硬いがもろく、水に溶けやすい。物質が陽イオンと陰イオンに分かれる現象を (ウ) という。水に溶解して (ウ) する物質を (エ) と呼び、 (ウ) しない物質を非 (エ) と呼ぶ。例えばイオン結晶である塩化ナトリウムは水に溶けるときに全てナトリウムイオンと塩化物イオンに (ウ) する。水分子は (オ) 分子であるために (エ) の水溶液ではイオンとの間に静電的な引力が働き、イオンは水分子に取り囲まれて他のイオンと距離をとる。この現象を (カ) という。イオン結晶は (キ) 分子の溶媒には溶けにくい。

解答群

- | | | |
|---------|--------|--------|
| 01 拡散 | 02 電離 | 03 大きい |
| 04 小さい | 05 電解質 | 06 水素化 |
| 07 加水分解 | 08 水和 | 09 高 |
| 10 低 | 11 極性 | 12 無極性 |
| 13 酸化 | 14 沈殿 | 15 弱い |
| 16 強い | | |

- (2) 塩化ナトリウムは、ナトリウムイオンと塩化物イオンが1 : 1 の割合で結合してできた電氣的に中性な化合物である。塩化ナトリウムの結晶構造を図1に示す。いま、一辺の長さが1.0 cm の立方体の塩化ナトリウム結晶がある。この結晶中に含まれる塩化ナトリウム NaCl の物質量を求めなさい。ただし、この結晶は図1に示すようにナトリウムイオンと塩化物イオンが規則正しく配列したものである。また、 $(564)^3 = 1.79 \times 10^8$ として計算しなさい。

$$\text{NaCl の物質量} = \boxed{\text{(a)}} \cdot \boxed{\text{(b)}} \times 10^{\boxed{\text{(p)}} \boxed{\text{(c)}}} \text{ [mol]}$$

↑ 小数点
 ↑ 正負の符号

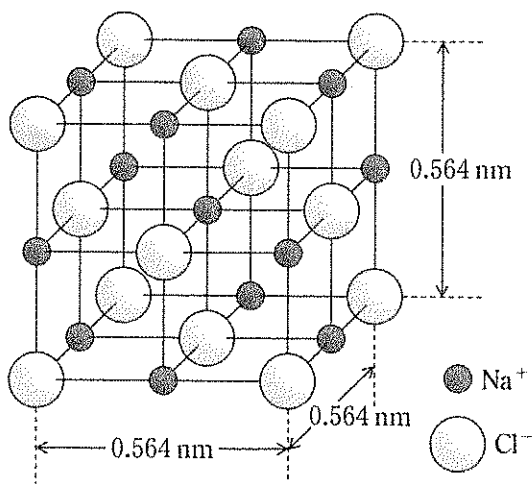


図1 塩化ナトリウムの結晶構造

(3) 70℃の硝酸カリウム飽和水溶液 100 g を 10℃ まで冷却した。冷却完了までの間に一部の水が蒸発し、硝酸カリウムが 50.0 g 析出した。

70℃の硝酸カリウム飽和水溶液 100 g に含まれる硝酸カリウム KNO_3 の物質量を求めなさい。ただし、硝酸カリウムの水に対する溶解度は 10℃ で 22.0, 70℃ で 140 とする。

また、冷却までの間に蒸発した水の質量を求めなさい。ただし、析出した硝酸カリウムは無水塩として扱うものとする。

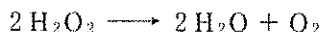
$$\begin{array}{l} \text{KNO}_3 \text{ の物質量} = \boxed{\text{(a)}} \cdot \boxed{\text{(b)}} \times 10^{\boxed{\text{(p)}} \boxed{\text{(c)}}} \text{ [mol]} \\ \qquad \qquad \qquad \uparrow \qquad \qquad \qquad \uparrow \\ \qquad \qquad \qquad \text{小数点} \qquad \qquad \qquad \text{正負の符号} \\ \\ \text{蒸発した水の質量} = \boxed{\text{(d)}} \cdot \boxed{\text{(e)}} \times 10^{\boxed{\text{(q)}} \boxed{\text{(f)}}} \text{ [g]} \\ \qquad \qquad \qquad \uparrow \qquad \qquad \qquad \uparrow \\ \qquad \qquad \qquad \text{小数点} \qquad \qquad \qquad \text{正負の符号} \end{array}$$

右のページは白紙です。

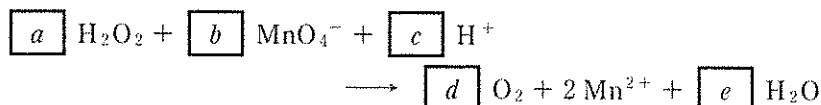
3 次の文章を読み、以下の設問(1)～(6)に答えなさい。

(18 点)

過酸化水素水溶液中で、 H_2O_2 は水と酸素に分解する。



この反応の活性化エネルギーは触媒が無い場合には 75 kJ/mol で、室温では反応は非常にゆっくりと進行する。しかし、適切な触媒を加えると、室温でも反応はかなり急速に進行するようになる。また、 H_2O_2 は硫酸で酸性にした水溶液中で、強い酸化剤である過マンガン酸カリウムと反応して酸素を発生する。硫酸酸性下での過酸化水素と過マンガン酸カリウムのイオン反応式は次のように表される。



まず、 $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 300.0 K で濃度が不明な過酸化水素水溶液の濃度を求める実験を行った。濃度が不明な過酸化水素水溶液のうち、 50.0 mL をビーカーにとって硫酸酸性水溶液とし、 0.100 mol/L 過マンガン酸カリウム水溶液を少しずつ滴下した。 200.0 mL を加えたところで過酸化水素がすべて消費されて、反応が完了した。

次に、過酸化水素の分解反応の反応速度を調べる実験を行った。下線部(D)の実験で濃度を求めた過酸化水素水溶液 10.0 mL を試験管にとり、少量の触媒を加え、 $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 300.0 K で過酸化水素の分解反応を行った。過酸化水素の分解反応に伴って発生する酸素を水上置換により捕集した。過酸化水素の分解反応の反応時間とその時間までに捕集した酸素の量を記録し、次表の実験結果を得た。

表 各反応時間までに捕集した酸素の量

反応時間〔分〕	捕集した酸素の量〔mL〕
0.0	0.0
5.0	27.6
10.0	49.1
15.0	65.8
20.0	78.8

(1) 下線部(A)の活性化エネルギーに関する次の説明文(ア)～(ウ)について、その正誤を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

(ア) 一般に、反応時の温度が高くなると活性化エネルギーが小さくなる。したがって、反応時の温度を高くすると反応速度は大きくなる。

(イ) 一般に、活性化エネルギーの大きい反応ほど反応時の温度を高くしなければ反応が起こらない。したがって、活性化エネルギーの大きい反応ほど反応熱が大きくなる。

(ウ) 同じ化学反応において、活性化エネルギーの大きい反応経路を通る反応より、活性化エネルギーの小さい反応経路を通る反応の方が反応速度は大きい。

(2) 下線部(B)の触媒として、過酸化水素の分解反応を促進するものを解答群からすべて選び、そのカッコ内の数字の和を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。十の位が必要ない場合には0をマークしなさい。また、適切なものがない場合は十の位、一の位の両方に0をマークしなさい。

解答群

- | | |
|---------------|-----------------|
| (1) 水 | (2) 過酸化水素 |
| (4) ニクロム酸カリウム | (8) 硫化水素 |
| (16) ヨウ化カリウム | (32) 酸化マンガン(IV) |

(3) 下線部(C)の過酸化水素と過マンガン酸カリウムのイオン反応式について、化学式の係数 $a \sim e$ として正しいものを次の1～5より選んで解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

	a	b	c	d	e
1	5	2	6	5	8
2	3	2	5	5	8
3	4	3	5	6	10
4	3	3	5	6	10
5	3	3	6	5	10

- (4) 下線部(D)の実験について、濃度が不明な過酸化水素水溶液の濃度を求めなさい。ただし、室温での過酸化水素の分解は無視できるものとする。

$$\boxed{(a)} \cdot \boxed{(b)} \times 10^{\boxed{(p)} \boxed{(c)}} \text{ [mol/L]}$$

↑
小数点
↑
正負の符号

- (5) 下線部(E)の過酸化水素の分解反応の反応速度を調べる実験について、過酸化水素の濃度が反応開始時(反応時間が0分の時)の半分になる時間として正しいものを次の1～5より選んで解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。ただし、触媒を加えて実験を開始するまでの過酸化水素の分解は無視できるものとする。

1	0分以上5分未満
2	5分以上10分未満
3	10分以上15分未満
4	15分以上20分未満
5	20分以上

- (6) 下線部(F)の酸素と同様に水上置換による捕集が適切な気体を解答群からすべて選び、そのカッコ内の数字の和を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。十の位が必要ない場合には0をマークしなさい。また、適切なものがない場合は十の位、一の位の両方に0をマークしなさい。

解答群

- | | | |
|-----------|------------|------------|
| (1) 水素 | (2) 窒素 | (4) 塩素 |
| (8) アンモニア | (16) 一酸化窒素 | (32) 二酸化窒素 |

右のページは白紙です。

(16 点)

(1) グルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 8.1 g を水 100 g に溶かした。この溶液の質量モル濃度を求めなさい。

$$\text{質量モル濃度} = \boxed{\text{(a)}} \cdot \boxed{\text{(b)}} \times 10^{\boxed{\text{(p)}} \boxed{\text{(c)}}} \text{ [mol/kg]}$$

(2) シュウ酸二水和物 $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.63 g を水に溶かして 100 mL の溶液にした。この溶液のモル濃度を求めなさい。

$$\text{モル濃度} = \boxed{\text{(a)}} \cdot \boxed{\text{(b)}} \times 10^{\boxed{\text{(d)}} \boxed{\text{(c)}}} \quad [\text{mol/L}]$$

↑
↑
 小数点 正負の符号

(3) アルミニウム 9.72 g と過不足なく反応する 1.5 mol/L 硫酸の体積を求めなさい。

$$\text{体 積} = \boxed{(a)} \cdot \boxed{(b)} \times 10^{\boxed{(d)} \boxed{(c)}} \text{ [L]}$$

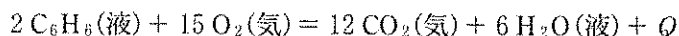
(4) 濃度未知の酢酸水溶液 100 mL の中和に 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 150 mL を要した。この酢酸水溶液のモル濃度を求めなさい。

$$\text{モル濃度} = \boxed{\text{(a)}} \cdot \boxed{\text{(b)}} \times 10^{\boxed{\text{(d)}} \boxed{\text{(c)}}} \quad [\text{mol/L}]$$

↑
↑
 小数点 正負の符号

右のページは白紙です。

- (5) 298.15 K, 1.013×10^5 Pa においてベンゼンを完全に燃焼させると、気体の二酸化炭素と液体の水が生成する。そのときのベンゼンの燃焼熱を 3.2×10^6 J とし、298.15 K, 1.013×10^5 Pa における次の熱化学方程式中の反応熱 Q を求めなさい。



$$\text{反応熱 } Q = \boxed{\text{(a)}} \cdot \boxed{\text{(b)}} \times 10^{\boxed{\text{(p)}} \boxed{\text{(c)}}} \text{ [kJ]}$$

↑
小数点
↑
正負の符号

- (6) 300 K, 7.5 kPa, 831 mL の気体の物質量を求めなさい。

$$\text{物質量} = \boxed{\text{(a)}} \cdot \boxed{\text{(b)}} \times 10^{\boxed{\text{(p)}} \boxed{\text{(c)}}} \text{ [mol]}$$

↑
小数点
↑
正負の符号

- (7) 0.297 mol/L の酢酸の電離度は 0.010 であった。この酢酸の電離定数を求めなさい。

$$\text{電離定数} = \boxed{\text{(a)}} \cdot \boxed{\text{(b)}} \times 10^{\boxed{\text{(p)}} \boxed{\text{(c)}}} \text{ [mol/L]}$$

↑
小数点
↑
正負の符号

- (8) 5.0×10^{-3} mol/L 硝酸銀水溶液 100 mL に対して、白金電極を用いて 0.50 A の一定電流で 3 分 13 秒の間、電気分解を行った。陰極に析出する銀の質量を求めなさい。

$$\text{質 量} = \boxed{\text{(a)}} \cdot \boxed{\text{(b)}} \times 10^{\boxed{\text{(p)}} \boxed{\text{(c)}}} \text{ [g]}$$

↑
小数点
↑
正負の符号

右のページは白紙です。

- 5 次の文章を読み、空欄 (a) ~ (i) にあてはまる数値を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。(18 点)

分子式が C_4H_8O である化合物の異性体の数を数える。環構造をもたない飽和化合物であるならば、酸素の数 x にかかわらず $C_nH_{2n+2}O_x$ の分子式になる。よって、与えられた分子式の化合物には、二重結合か環構造が 1 つ存在することになる。

まず、炭素－酸素二重結合 ($C=O$) をもつカルボニル化合物が (a) 種類存在する。このとき直鎖状と枝わかれ状の炭素鎖があることに注意する必要がある。

次に、炭素－炭素二重結合 ($C=C$) をもつ構造を 4 つのグループに分けて考える。1 つ目のグループは、4 つの炭素でできた直鎖状炭素鎖の末端に二重結合のある構造を共通にもつものであり、ヒドロキシ基が結合する位置の違いで異性体は (b) 種類存在することがわかる。そのうち不斉炭素をもつ異性体は 1 対の光学異性体が存在するため、それらを 2 種類と数えなければならない。また、そのうちのいくつかは炭素－炭素二重結合にヒドロキシ基が直接結合する不安定な構造である。そのため、前述の対応するカルボニル化合物が主成分である平衡混合物として、わずかに存在するものである。さらに、シス・トランス異性体が 1 対含まれるので、それらを 2 種類と数えなければならない。

2 つ目のグループは、4 つの炭素でできた直鎖状炭素鎖の末端ではなく中央に炭素－炭素二重結合のある構造を共通にもつものであり、ヒドロキシ基を結合させる位置の違いで異性体は (c) 種類存在することがわかる。ただし、これらはシス・トランス異性体の区別をしないで数えてしまうと (d) 種類となる。

3 つ目のグループは、枝わかれ状の炭素鎖で炭素－炭素二重結合のある構造を共通にもつものであり、ヒドロキシ基を結合させる位置の違いで異性体は (e) 種類存在する。ただし、これらの異性体にシス・トランス異性体は存在しない。

4 つ目のグループは共通の構造として、炭素－炭素二重結合をもつエーテルに

分類される化合物であり、異性体は (f) 種類存在する。4 個の炭素でできた 4 種類のアルケンを書き、炭素-炭素単結合に酸素を挿入して異なる異性体になるものを数えると、すべてを容易に数えることができる。

最後に、環状化合物について考える。分子を構成するすべての炭素と酸素が環状になった 5 員環構造をもつ異性体は (g) 種類存在する。4 員環構造をもつ異性体には、炭素のみからなる 4 員環構造をもつ異性体と酸素を含む 4 員環構造をもつ異性体が存在するため、合わせて (h) 種類となる。ただし、不斉炭素をもつ異性体は 1 対の光学異性体が存在するため、それらを 2 種類と数えなければならない。ほかにも、3 員環構造をもつ異性体が存在するが、ここでは考えないことにする。

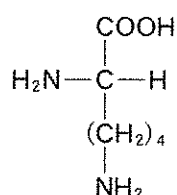
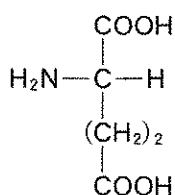
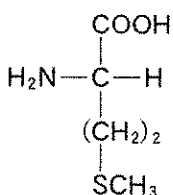
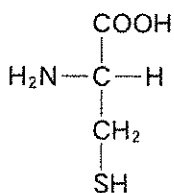
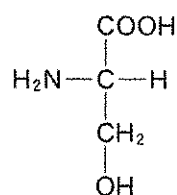
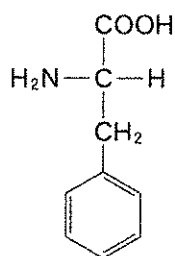
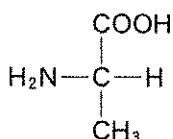
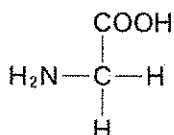
以上のすべての異性体から、3 員環構造をもつ異性体を除いた異性体のなかで、炭素-酸素-炭素の結合をもち、エーテルに分類される異性体は (i) 種類であり、ヒドロキシ基をもちアルコールに分類される異性体は 13 種類である。

6

次の設問(1)および(2)に答えなさい。

(16 点)

- (1) 下図に示性式で示した α -アミノ酸のうち、下の(ア)~(ク)の条件にあう α -アミノ酸の数を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。



- (ア) 不斉炭素をもつ
 (イ) 酸性アミノ酸である
 (ウ) ニンヒドリンと反応して呈色する
 (エ) α -アミノ酸の水溶液に固体の水酸化ナトリウムを加えて加熱し、酢酸鉛(II)水溶液を加えると、黒色沈殿を生じる
 (オ) ペプチド結合をもつ
 (カ) ベンゼン環をもつ
 (キ) 塩基性アミノ酸である
 (ク) 分子量が 89 のアラニンより分子量が大きい

(2) 炭水化物に関する次の(ケ)~(タ)の文章について、その正誤を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

- (ケ) 単糖であるグルコース、フルクトース、ガラクトースの分子式は、すべて同じである。
- (コ) 二糖であるマルトース、スクロース、ラクトースは、すべて還元力がある。
- (サ) 多糖であるアミロース、アミロペクチン、グリコーゲンは、ヨウ素デンプン反応に陽性であり、すべて同じ色に呈色する。
- (シ) セルロースを酵素セルラーゼで加水分解したセロビオースを酵素インベルターゼで加水分解すると2分子のグルコースが得られる。
- (ス) グルコースは水溶液中では2種類の環状構造である α -グルコースおよび β -グルコースと微量の鎖状構造の分子が平衡状態にある混合物となるが、還元性はこの鎖状構造に起因する。
- (セ) デンプンやセルロースを希硫酸で加水分解したのち、精製して得た単糖は、酵母がもつ酵素群チマーゼの働きで、得られた単糖1分子あたり2分子のエタノールに変換することができる。
- (ソ) デンプンにヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えて加熱することにより、無色の溶液に顕著な呈色反応が起こる。これをヨウ素デンプン反応という。
- (タ) デンプンを希硫酸で部分的に加水分解するとマルトースより分子量の大きな多糖の混合物が得られる。これをグリコーゲンという。