

D 3 物理 D 4 化学 D 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。

物理学科は物理指定

応用生物科学科と経営工学科は、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 19 ページまであります。
化学の問題は、20 ページより 30 ページまであります。
生物の問題は、31 ページより 52 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、所定の解答用マークシートにマークしたものが採点されます。
- (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

- 1 次に示す(1)～(6)の工業的製法によって最終的に得られる物質をA欄に、A欄に関連する用途または性質をB欄に示してある。これらの用語に最も関連の深いものをA欄、B欄の組み合わせとして解答用マークシートにマークしなさい(番号の中の0という数字も必ずマークすること)。(18点)

- (1) 接触法
- (2) 電解精錬
- (3) オストワルト法
- (4) 融解塩電解
- (5) ソルベー法
- (6) ハーバー・ボッシュ法

A 欄

- | | | |
|-------------|--------------|------------|
| 01 水 素 | 02 ヘリウム | 03 窒 素 |
| 04 酸 素 | 05 フッ素 | 06 塩 素 |
| 07 フッ化水素 | 08 硫化水素 | 09 二酸化炭素 |
| 10 アンモニア | 11 オゾン | 12 塩 酸 |
| 13 硝 酸 | 14 硫 酸 | 15 リン酸 |
| 16 二酸化硫黄 | 17 水酸化ナトリウム | 18 硫酸ナトリウム |
| 19 炭酸ナトリウム | 20 炭酸カルシウム | 21 硫酸バリウム |
| 22 水酸化カルシウム | 23 炭酸水素ナトリウム | 24 クロム |
| 25 アルミニウム | 26 ス ズ | 27 鉛 |
| 28 白 金 | 29 金 | 30 銀 |
| 31 銅 | | |

B 欄

- 1 不動態を形成させることができる。また、火薬、染料、医薬品の製造などに用いられる。
- 2 気球用ガスや極低温の実験などに利用される。
- 3 乾燥剤として用いられ、脱水作用もある。
- 4 腐卵臭をもち、有毒である。強い還元性がある。
- 5 刺激臭があり、その水溶液は弱塩基性を示す。その塩は窒素肥料として使われている。
- 6 赤色の光沢をもち、長く風雨にさらすと、緑青が生じる。
- 7 水や酸に溶けず、X線をよく吸収するので、X線撮影の造影剤に用いられる。
- 8 両性元素である。少量の銅との合金はジュラルミンと呼ばれて航空機の機体などに用いられている。
- 9 特異臭があり、分解しやすく、このときに強い酸化作用を示す。そのため、毒性があり、殺菌・消毒作用をもつ。
- 10 この十水和物を空気中に放置すると、風解する。ガラスなどの原料である。

- 2 次の記述(1)～(3)の(i)～(iii)にあてはまる数値を、有効数字が2桁になるように3桁目を四捨五入して求め、次の形式で解答用マークシートにマークしなさい。指数 c がゼロの場合の符号 p には+をマークしなさい。なお、気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。

$$\boxed{a} \cdot \boxed{b} \times 10^{\boxed{p} \boxed{c}}$$

$\uparrow$ $\uparrow$
 小数点 正負の符号

なお、必要ならば、下記の数値を用いなさい。 (15点)

標準状態での気体 1 mol の体積 : 22.4 L

平方根の概数値 : $\sqrt{2} = 1.4$, $\sqrt{3} = 1.7$, $\sqrt{5} = 2.2$

- (1) エタン(気)、水(液)および二酸化炭素(気)の生成熱は、それぞれ 84 kJ/mol, 286 kJ/mol, 394 kJ/mol である。これらの値から標準状態で 2.24 L のエタン(気)が完全燃焼するときの発熱量は $\boxed{\text{(i)}}$ kJ と求まる。
- (2) 1 mol の黒鉛を昇華させ、単原子の気体の炭素とするためには、705 kJ の熱量が必要である。H—H の結合エネルギーを 432 kJ/mol, メタンの生成熱を 75 kJ/mol とすると、メタンの C—H の結合エネルギーは $\boxed{\text{(ii)}}$ kJ/mol と求まる。
- (3) 1.0 mol/L の塩酸中では、水の電離で生じた水素イオン濃度 ($[\text{H}^+]$) は無視できるが、 1.0×10^{-7} mol/L の塩酸中では、水の電離で生じた $[\text{H}^+]$ が無視できなくなる。たとえば 1.0×10^{-7} mol/L の塩酸中の塩化水素の電離で生じた $[\text{H}^+]$ は 1.0×10^{-7} mol/L である。また、水の電離で生じた $[\text{H}^+]$ を a [mol/L] とすると、全水素イオン濃度は $(a + 1.0 \times 10^{-7})$ mol/L と表される。水のイオン積を用いて a の値を求め、これをもとにして 25℃ における 1.0×10^{-7} mol/L の塩酸中の全水素イオン濃度を計算すると $\boxed{\text{(iii)}}$ mol/L となる。なお、25℃ における水のイオン積は 1.0×10^{-14} mol²/L² である。

右のページは白紙です。

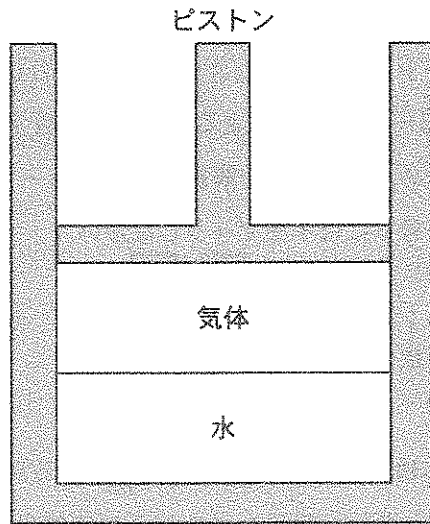
- 3 次の記述(1), (2)を読み, (ア)~(カ)にあてはまる最も適当なものをA欄より選び, その番号を解答用マークシートにマークしなさい(番号の中の0という数字も必ずマークすること)。ただし, 気体はすべて理想気体と考えてよく, 水の体積は圧力, 温度により変化しないものとする。さらに, 水の飽和蒸気圧は十分に低く無視できるものとする。なお, 必要ならば, 下記の数値を用いなさい。

(18点)

原子量の概数値: N 14.0, O 16.0

標準状態での気体 1 mol の体積: 22.4 L

- (1) 図のようにピストン付きの容器の中に, 窒素と 3.00 L の水が封入されているとする。20℃で 1.00×10^5 Pa の窒素は, 水 1.00 L に 6.80×10^{-4} mol 溶ける。図中のピストンを用いて, 20℃で窒素の圧力を 8.00×10^5 Pa に保ったとき, この水に溶けている窒素の質量は (ア) の法則に従い, (イ) g と算出できる。またこのとき溶けている窒素の体積は標準状態の気体に換算すると, (ウ) L となる。
- (2) 図のようにピストン付きの容器の中に, 窒素と酸素を物質質量比 4 : 1 の割合で混合した気体 n [mol] と水 1 L が封入されているとする。ピストンを用いて, 容器の温度を T [K], 容器の圧力を P [Pa] に保持したところ, 気体の体積は V [L] となった。 T [K] における, 酸素の分圧を P_0 [Pa], 気体定数を R [Pa·L/(K·mol)] とすると, 気体中の酸素の物質質量 n_A [mol] は (エ) と表される。このとき, 水中の酸素の物質質量 n_B [mol] は, (ア) の法則を用いて, (オ) と計算される。これらを用いて P_0 [Pa] を算出すると, (カ) となる。ただし, 1.00×10^5 Pa の酸素の水への溶解量は T [K] において Z [g] であるとする。



図

A 欄

01 シャルル	02 ボイル	03 アレニウス	04 ルシャトリエ
05 ヘンリー	06 ハーバー	07 オストワルド	08 ボッシュ
09 0.0054	10 0.016	11 0.046	12 0.073
13 0.12	14 0.18	15 0.19	16 0.37
17 0.46	18 0.73	19 0.91	20 0.92
21 1.1	22 1.9	23 3.7	24 4.6
25 $\frac{P_0 V}{RT}$	26 $\frac{4 P_0 V}{RT}$	27 $\frac{P_0 V}{4 RT}$	28 $\frac{P_0 V}{5 RT}$
29 $\frac{5 P_0 V}{RT}$	30 $32 Z P_0$	31 $3.2 \times 10^6 Z P_0$	32 $\frac{1}{32 Z P_0}$
33 $\frac{Z P_0}{3.2 \times 10^6}$		34 $\frac{Z}{3.2 \times 10^6 P_0}$	
35 $\frac{nRT}{V + 3.2 \times 10^6 ZRT}$		36 $\frac{nRT}{5 V + 3.2 \times 10^6 ZRT}$	
37 $\frac{nRT}{3.2 \times 10^6 V + 5 ZRT}$		38 $\frac{3.2 \times 10^6 nRT}{3.2 \times 10^6 V + 5 ZRT}$	
39 $\frac{3.2 \times 10^6 nRT}{1.6 \times 10^7 V + 5 ZRT}$		40 $\frac{3.2 \times 10^6 nRT}{8.0 \times 10^7 V + 5 ZRT}$	

- 4 次の記述(1)、(2)を読み、(ア)～(ウ)に最も適当なものをA欄から選び、その番号を解答用マークシートにマークしなさい(番号の中の0という数字も必ずマークすること)。また、(i)～(iii)にあてはまる数値を有効数字が2桁になるように3桁目を四捨五入して求め、次の形式で解答用マークシートにマークしなさい。指数 c がゼロの場合の符号 p には+をマークしなさい。

$$\boxed{a} \cdot \boxed{b} \times 10^{\boxed{p} \boxed{c}}$$

↑
小数点
↑
正負の符号

(15 点)

- (1) 1分子の反応物Aが1分子の生成物Bとなる反応 $[A \rightarrow B]$ を考えてみる。
 Aの濃度は $[A]$ と表し、時刻 t_1 における反応物の濃度を $[A]_1$ とする。時刻 t_2 までに濃度が $[A]_2$ まで減少し、その間に生成物Bの濃度 $[B]$ が $[B]_1$ から $[B]_2$ まで増加したとすると、この間における反応速度 v は (ア) あるいは (イ) で与えられる。

なお、1分子の反応物Aが2分子の生成物Bとなる反応 $[A \rightarrow 2B]$ では、Aの減少速度とBの生成速度の比は $v_A : v_B =$ (ウ) となる。

- (2) 反応物や生成物の濃度を用いて反応速度を表した式を反応速度式という。例えば、過酸化水素水に少量の触媒を加えて $[2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2]$ のように分解する際、一定温度ではその分解反応の速度は過酸化水素の濃度に比例することが知られている。このときの反応速度式は $v = k[H_2O_2]$ で表され、式中の k は反応速度定数と呼ばれる。ある温度において過酸化水素の濃度の時間変化を測定したところ、表のようになった。過酸化水素の分解速度を v 、平均濃度を $\overline{[H_2O_2]}$ とすると、5分～10分までの過酸化水素の分解において求められる v は (i) mol/(L・min)、10分～15分までの $\overline{[H_2O_2]}$ は (ii) mol/Lとなる。なお、15分～20分までの v と $\overline{[H_2O_2]}$ から k を求めると (iii) /min と計算される。

表 過酸化水素水の濃度変化

時間 t (min)	0	5	10	15	20
濃度 $[\text{H}_2\text{O}_2]$ (mol/L)	1.08	0.720	0.490	0.320	0.210

A 欄

$$01 \quad - \frac{[A]_2 - [A]_1}{t_2 - t_1}$$

$$02 \quad \frac{[A]_2 - [A]_1}{t_2 - t_1}$$

$$03 \quad \frac{[B]_2 - [A]_1}{t_2 - t_1}$$

$$04 \quad \frac{[A]_2 + [A]_1}{t_2 - t_1}$$

$$05 \quad - \frac{[B]_2 - [B]_1}{t_2 - t_1}$$

$$06 \quad \frac{[B]_2 - [B]_1}{t_2 - t_1}$$

$$07 \quad \frac{[A]_2 - [B]_1}{t_2 - t_1}$$

$$08 \quad 1 : 1$$

$$09 \quad 1 : 2$$

$$10 \quad 1 : 4$$

$$11 \quad 1 : 8$$

5 次の記述を読み、(ア)~(オ)に最も適当なものをA欄から選びその番号を解答用マークシートにマークしなさい。

なお、必要ならば、下記の数値を用いなさい。(17点)

原子量の概数値：H 1.0, C 12.0, N 14.0, O 16.0

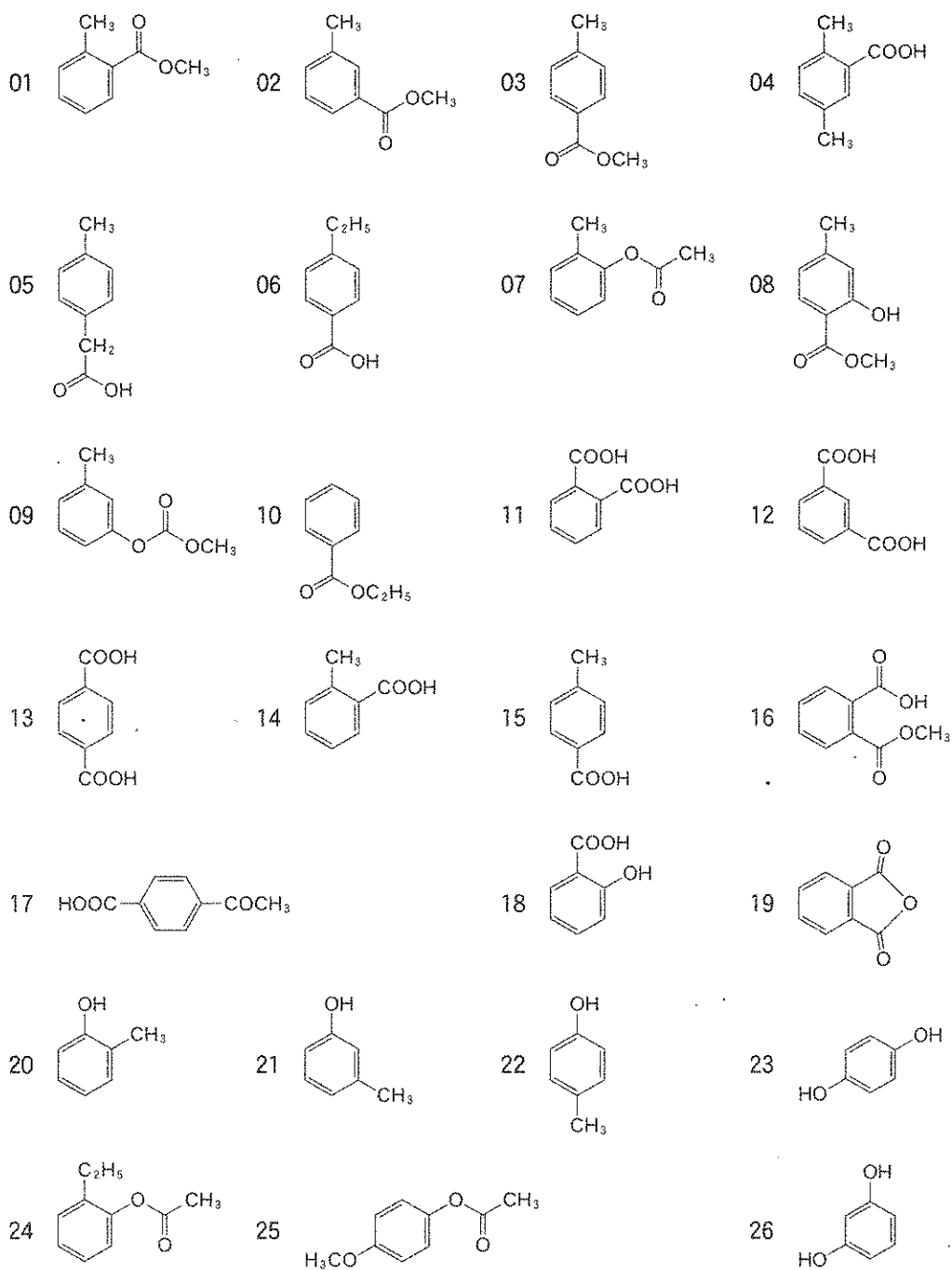
芳香族化合物 A, B は同じ分子式をもつ異性体であり、それぞれ C, H, O から成り、ベンゼン環 1 つを含む炭素数 15 以下の分子である。A, B それぞれ、15.0 mg を完全燃焼させたところ、二酸化炭素が 39.6 mg, 水が 9.0 mg 生成した。

A を加水分解すると C と D が得られた。C を過マンガン酸カリウムで酸化すると E が得られ、E を加熱すると分子内脱水反応により F が生成した。

一方、B を加水分解すると G と H が得られた。H は還元性をもたない酸である。また、B を酸化してから加水分解するとサリチル酸が得られた。

- (1) A の構造は であり、B の構造は である。
- (2) D と F を反応させると が得られる。
- (3) G の構造は である。 を酸化してから加水分解してもサリチル酸が得られる。

A 欄



- 6 次の記述を読み、(ア)、(イ)にあてはまる数値を有効数字が2桁になるように3桁目を四捨五入して求め、次の形式で解答用マークシートにマークしなさい。指数 c がゼロの場合の符号 p には+をマークしなさい。また、(ウ)には2桁の整数を解答用マークシートにマークしなさい。(ウ)が1桁の場合、十の位には0をマークしなさい。

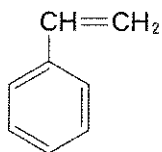
$$\boxed{a} \cdot \boxed{b} \times 10^{\boxed{p} \boxed{c}}$$

↑ 小数点
 ↑ 正負の符号

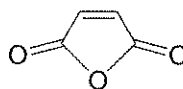
なお、必要ならば、下記の数値を用いなさい。 (17点)

原子量の概数値：H 1.0, C 12.0, N 14.0, O 16.0

スチレンと無水マレイン酸はいずれも二重結合を持ち、重合して高分子を作ることができる。スチレンと無水マレイン酸を混合し重合反応を行ったところ、両方のモノマー由来の構造を含む高分子化合物を得た。この高分子について以下の問いに答えなさい。ただし高分子の末端は無視してよい。すなわち、高分子鎖の分子量は高分子を構成している分子の繰り返しの数だけで決まり、また、高分子の末端は高分子の反応に関与しないと考えることにする。



スチレン

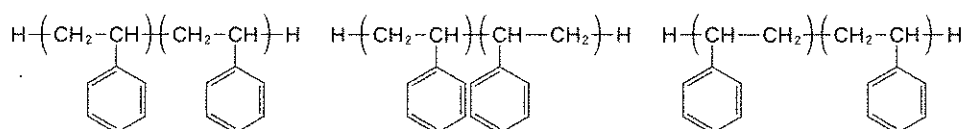


無水マレイン酸

- (1) スチレンと無水マレイン酸を含む高分子のうち分子量が 1.01×10^5 である一本の高分子鎖(I)について考える。この高分子(I) 10.1 g に塩基性条件で水を反応させたところ、高分子(II)が得られた。このとき高分子(I)を完全に反応させるために要した水は 0.90 g であった。高分子(I)中に含まれるスチレンの数は (ア) である。

(2) 高分子(I)に少量のアニリンを加え温和な条件で反応させたところ、高分子鎖の一部にアニリンが付加した高分子(III)が得られた。このとき、高分子(I)の中の、アニリンと反応できる官能基のうち何%がアニリンと反応したのか(反応率)調べるために、高分子(III)にさらに水を完全に付加させたのち、水酸化ナトリウムで中和した。中和に要した水酸化ナトリウムの物質量は付加したアニリンの物質量の7倍であった。このときの反応率は (イ) %である。

(3) スチレン2分子を結合させたときの異性体の数を考えると



のようにフェニル基の結合している炭素の位置によって3つの異性体が考えられる。

いま、スチレン2分子と無水マレイン酸2分子からなる短い鎖長の化合物(IV)について考える。アニリンが化合物(IV)と完全に反応したときに得られる化合物(V)には (ウ) 個の異性体が考えられる。ただし、立体異性体は考慮しなくてよく、これらの化合物(IV)、(V)の両末端には同じ種類の官能基が置換しているものとする。