

D 4 化 学

この冊子は、化学の問題で1ページより17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で、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。

(下書き用紙)

(下書き用紙)

各設問の計算に必要ならば下記の数値を用いなさい。

原子量：H 1.0, C 12.0, N 14.0, O 16.0, Na 23.0, Mn 54.9

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

(下書き用紙)

- 1 次の記述の(A)および(B)にあてはまる文をそれぞれA欄およびB欄より、(ア)~(ク)に最もよくあてはまる語をC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。同じ番号を何回用いてもよい。また、(i)および(ii)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0の場合の符号pには+をマークしなさい。(17点)

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

↑ 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。

$$\sqrt{3} = 1.73, (1.42)^2 = 2.02, (1.42)^3 = 2.86, (1.43)^2 = 2.04, (1.43)^3 = 2.92$$

ア は物質を構成する最小単位の基本粒子といえるが、多くのア は、さらに細かい粒子としてイ、ウ、エから構成されている。アを構成するイとウの数は等しいが、アがイを一つ受け取るとオに変化する。この際に(A)。

アの質量は、エの数が6である炭素アの質量を基準とした相対値として表される。炭素の代表的なカに、ダイヤモンド、黒鉛、フラーレンがある。ダイヤモンドはキ結合による結晶であり、常温における密度は 3.51 g/cm^3 である。黒鉛の密度は 2.26 g/cm^3 であり、炭素ア同士がク結合により一辺 0.142 nm の正六角形を基本とする網目状の平面層を形成し(図1(a))、各層が(i) nmの間隔で積み重なった構造をもつ(図1(b), (c))。フラーレンの結晶は、60個の炭素アからなる球状のフラーレン(C_{60})分子が、分子間力によって一辺 1.43 nm の面心立方格子を構成する分子結晶であり(図2)、密度は(ii) g/cm^3 である。つまり、フラーレン結晶の密度は(B)。

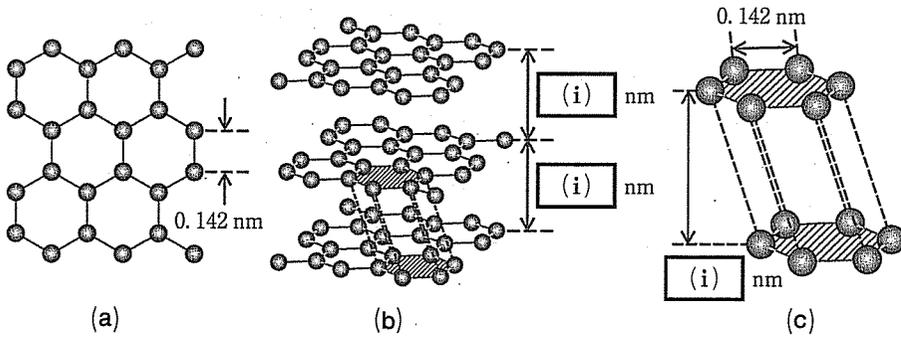


図 1

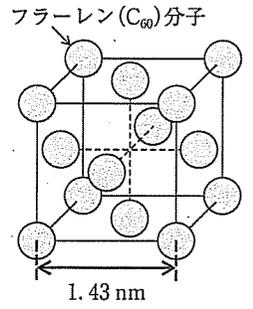


図 2

A 欄

- 1 必要となるエネルギーをイオン化エネルギーという
- 2 必要となるエネルギーを活性化エネルギーという
- 3 必要となるエネルギーを電子親和力という
- 4 必要となるエネルギーを電気陰性度という
- 5 放出されるエネルギーをイオン化エネルギーという
- 6 放出されるエネルギーを活性化エネルギーという
- 7 放出されるエネルギーを電子親和力という
- 8 放出されるエネルギーを電気陰性度という

B 欄

- 1 ダイヤモンドおよび黒鉛より小さい
- 2 ダイヤモンドより小さく、黒鉛とほぼ等しい
- 3 ダイヤモンドより小さく、黒鉛より大きい
- 4 ダイヤモンドとほぼ等しく、黒鉛より大きい
- 5 ダイヤモンドおよび黒鉛より大きい

C 欄

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| 0 イオン | 1 共有 | 2 金属 | 3 原子 |
| 4 元素 | 5 中性子 | 6 電子 | 7 同位体 |
| 8 同族体 | 9 同素体 | 10 陽子 | |

- 2 次の記述を読み、(1)~(3)の問いに答えなさい。(ア)~(エ)には、あてはまる最も適当な1~10の整数を解答用マークシートにマークしなさい。また、(i)~(v)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0の場合の符号 p には+をマークしなさい。(17点)

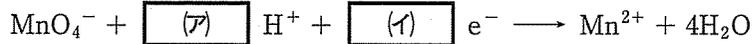
$$\boxed{a} . \boxed{b} \times 10^{\boxed{p} \boxed{c}}$$

↑ 小数点
 ↑ 正負の符号

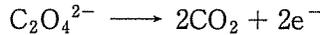
河川の有機化合物による汚染を評価する指標として、化学的酸素要求量 (Chemical Oxygen Demand : COD) がある。COD を求めるには、試料水 1 L に存在する有機化合物を過マンガン酸カリウムのような強い酸化剤によって、一定条件の下で酸化させ、次にそのときに消費された酸化剤の量を、酸素 O_2 の質量 [mg] に換算して表す。河川水の COD を分析するために、過マンガン酸カリウムとシュウ酸ナトリウムを用いて測定することを考え、以下の手順で分析操作を行った。

試料水 100 mL を三角フラスコにとり、十分な量の硫酸を加えて酸性にした後、 4.00×10^{-3} mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液を 10.0 mL 加えて沸騰水浴中で有機化合物が十分に酸化されるまで加熱した。加熱後は三角フラスコ内の溶液は濃赤紫色を呈した。その後ただちに、 1.20×10^{-2} mol/L のシュウ酸ナトリウム $Na_2C_2O_4$ 水溶液 10.0 mL を加えたところ溶液の赤紫色が消えて、無色となった。続いて、三角フラスコ内の溶液を $60^\circ C$ に保ちながら、過剰に存在しているシュウ酸を 4.00×10^{-3} mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ、5.50 mL を要した。

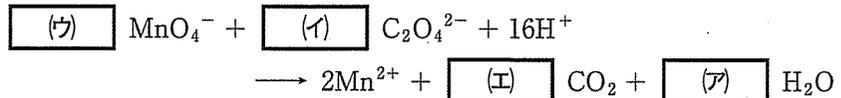
- (1) 硫酸酸性の条件では、過マンガン酸イオンは以下の反応によって酸化剤として働く。



シュウ酸ナトリウムは硫酸酸性下で以下の反応によって還元剤として働く。

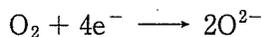


過マンガン酸カリウムとシュウ酸ナトリウムを硫酸酸性下で混合すると以下の反応により 1 mol の過マンガン酸カリウムあたり、 $\boxed{\text{i}}$ mol のシュウ酸イオンが酸化される。



- (2) 本文中に示した実験において、有機化合物以外に過マンガン酸カリウムを消費する物質は試料水中に存在しないとすると、加えた過マンガン酸カリウム水溶液のうち、 $\boxed{\text{ii}}$ mL 相当が試料水中の有機化合物と反応したことになる。したがって、試料水 1 L あたりの有機化合物と反応するのに必要な過マンガン酸カリウムの物質量は $\boxed{\text{iii}}$ mol となる。

- (3) 上記(2)で測定された有機化合物を過マンガン酸カリウムの代わりに、酸素 O_2 を酸化剤として用いて分解したとすると、酸素は以下の反応によって酸化剤として働く。



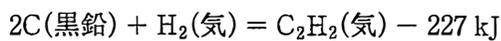
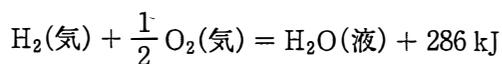
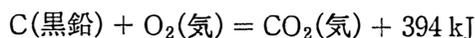
したがって、試料水 1 L あたりの有機化合物と反応するのに必要な酸素の物質量は $\boxed{\text{iv}}$ mol に相当するため、試料水中の COD は $\boxed{\text{v}}$ mg/L と求まる。

- 3 次の記述の(ア)～(エ)にあてはまる数値を求めなさい。解答は有効数字が2桁になるように3桁目を四捨五入し、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0の場合の符号 p には+をマークしなさい。 (16点)

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

↑
小数点
↑
正負の符号

- (1) 二酸化炭素, 水, ならびにアセチレンの生成熱は, それぞれ以下の式のように表される。



これらの式をもとに, アセチレンの燃焼熱は, $\boxed{\text{ア}}$ kJ/molと計算される。

- (2) 一定容積の容器に四酸化二窒素を入れて加熱し, 一定温度に保ったところ, 一定の割合で解離して二酸化窒素が生成し, 圧力 1.0×10^5 Pa で平衡状態に到達した。この時, 四酸化二窒素の分圧は 2.5×10^4 Pa であった。この温度における圧平衡定数は $\boxed{\text{イ}}$ Pa であり, 最初に容器に入れた四酸化二窒素のうち $\boxed{\text{ウ}}$ % が解離した。

- (3) 2.0 mol/L の過酸化水素水 100 mL に少量の酸化マンガン(IV)を加えたところ, 過酸化水素が分解して, 最初の2分間に酸素が 4.0×10^{-2} mol 発生した。反応開始から2分間の過酸化水素の平均分解速度は $\boxed{\text{エ}}$ mol/(L·s) である。ただし, 反応中の水溶液の体積は変化しないものとする。

(下書き用紙)

- 4 次の記述(1)~(11)を読み、(ア)~(セ)に最も適当な元素を、周期表を模したA欄から選び、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)。解答が複数ある設問では、A欄の小さい番号から順番に解答用マークシートにマークしなさい。なお、同じ番号を何回用いてもよい。

(17点)

- (1) (ア) の2価イオンは淡桃色を呈し、酸化物は一次電池の正極として用いられる。
- (2) ステンレス鋼に含まれる主な金属は、Fe以外に (イ) と (ウ) がある。
- (3) 地殻中に最も多く含まれる元素は (エ) である。
- (4) (オ) の単体は常温常圧で唯一液体である。
- (5) (カ) の単体は常温常圧で黄緑色の気体である。
- (6) ボーキサイトから得られる (キ) の単体はジュラルミンの主成分である。
- (7) (ク) の単体は湿った大気中で緑青とよばれる緑色のさびを生じる。
- (8) (ケ) の単体は常圧で最も沸点が低い単原子分子である。
- (9) 卵の殻や石灰石の主成分は (コ) と (サ) と (シ) からなる化合物である。
- (10) (ス) の硫化物は無色で腐卵臭の有毒な気体である。
- (11) (セ) の酸化物は磁気記録材料や赤色顔料に用いられる。

A 欄

族 \ 周期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	01																	02
2	Li	Be											B	03	04	05	06	07
3	Na	08											09	10	P	11	12	13
4	K	14	Sc	Ti	V	15	16	17	Co	18	19	20	Ga	21	As	Se	22	23

(下書き用紙)

5 次の記述の(ア)~(キ)にあてはまる最も適当な数値を解答用マークシートにマークし、(1)、(2)の問いに答えなさい。なお、数値が1桁のときは十の位に0をマークしなさい。(17点)

また、必要ならば下記の数値を用いなさい。

ベンゼンのモル凝固点降下：5.12 K·kg/mol

化合物 A は芳香族炭化水素であり、その1モルを完全燃焼するには12モルの酸素を要する。また、化合物 A の6.00 gを1.00 kgのベンゼンに溶解した溶液の凝固点はベンゼンの凝固点より0.256 K低下することから、化合物 A の分子式はC H となる。

化合物 A を過マンガン酸カリウムにより酸化すると化合物 B が得られる。また、化合物 A と酸素の反応により得られる生成物を分解すると、芳香族化合物である化合物 C が生じる。なお、化合物 C は化合物 B より酸性が弱い。

0.1 mol の化合物 B と 0.1 mol のエタノールを混合し、ここに触媒として硫酸
(i) を 0.001 mol 加えて、沸騰しないように穏やかに長時間加熱すると平衡に達し、
水の生成を伴って C H O の分子式を有する化合物 D が生成する。

化合物 E は化合物 A と同じ分子式を有する芳香族化合物である。化合物 E を過マンガン酸カリウムにより酸化すると、化合物 B と同じ官能基を2つ有する化合物 F が生成する。化合物 F は分子内の反応により酸無水物を生じる。

化合物 A は鉄を触媒として臭素と反応すると水素原子の1つが臭素原子で置換された化合物 G を生成する。化合物 G として 種類の構造が考えられる。また、この反応で化合物 A に代えて化合物 E を用いたときの生成物には 種類の構造が考えられる。

(1) 下線(i)に示した反応において化合物 D の生成量は反応条件(化合物 B やエタノール, 硫酸の物質質量, 加熱の温度や時間, など)に応じて変化する。次の操作①~④のうち化合物 D の生成量が下線(i)の反応のときより多くなるものの組み合わせを A 欄から選び, その番号をマークしなさい。なお, 番号の中の 0 という数字も必ずマークすること。また, 各操作において①~④に示していない反応条件は下線(i)の反応と同じであるとする。

- ① 硫酸の物質質量を 0.005 mol にする。
- ② 化合物 B の物質質量を 0.5 mol にする。
- ③ 水を 0.05 mol 加えてから反応させる。
- ④ エタノールの物質質量を 0.5 mol にする。

(2) 次の記述①~④について, 正しいものの組み合わせを A 欄から選び, その番号をマークしなさい。なお, 番号の中の 0 という数字も必ずマークすること。

- ① 化合物 A には置換基の構造が異なる異性体がある。
- ② 化合物 B はアニリンをジアゾ化してから分解しても得られる。
- ③ 化合物 E は構造が異なる 2 種類の置換基をもつ。
- ④ 化合物 F の酸無水物は触媒を用いて高温でナフタレンを酸化しても得られる。

A 欄

- | | | | |
|------------|------------|---------------|------------|
| 01 ① | 02 ② | 03 ③ | 04 ④ |
| 05 ①, ② | 06 ①, ③ | 07 ①, ④ | 08 ②, ③ |
| 09 ②, ④ | 10 ③, ④ | 11 ①, ②, ③ | 12 ①, ②, ④ |
| 13 ①, ③, ④ | 14 ②, ③, ④ | 15 ①, ②, ③, ④ | |

6 次の記述の(1)~(16)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)。必要ならば、同じ番号を何回用いてもよい。なお、複数の解答がある場合は、A欄の小さい番号から順番に解答用マークシートにマークしなさい。

(16点)

合成高分子化合物は、合成繊維、合成樹脂(プラスチック)、合成ゴム、機能性高分子化合物等に分類される。重合反応の分類において、合成繊維には複数の合成法がある。例えば、(A)ポリエチレンテレフタレート(PET)、(B)ビニロン、(C)アクリル繊維、(D)ナイロン6、(E)ナイロン66を生成する重合反応は、(A)が (1) , (B)が (2) , (C)が (3) , (D)が (4) , (E)が (5) である。なお、(B)は重合後、けん化、アセタール化して得られる。次に、合成樹脂は、(F)熱可塑性樹脂と(G)熱硬化性樹脂に分類され、(F)に含まれるものには (6) , (7) 等があり、(G)に含まれるものには (8) , (9) 等がある。また、ゴム弾性をもつ合成高分子化合物は合成ゴムとよばれ、天然ゴムの単量体である (10) に似た構造をもつ (11) や (12) を (13) させることで得られる。

従来の用途をもつ高分子化合物以外に、物理的・化学的な機能を有効に利用できる機能性高分子化合物がある。例えば、白川英樹博士らはヨウ素を加えた(ドーブした)ポリアセチレンが (14) となることを報告している。また、プリント配線、集積回路、金属の精密加工、三次元(3D)プリンター等に応用されている (15) もある。さらに、回収が難しく自然界に廃棄されるおそれのある製品には、 (16) が使われ始めている。このように、高分子化合物はますます多様化している。

A 欄

- | | | |
|----------------|--------------|------------|
| 01 縮合重合 | 02 開環重合 | 03 付加重合 |
| 04 アルキド樹脂 | 05 塩化ビニル樹脂 | 06 スチロール樹脂 |
| 07 フェノール樹脂 | 08 1,3-ブタジエン | 09 クロロプレン |
| 10 イソプレン | 11 スチレン | |
| 12 テトラフルオロエチレン | | 13 感光性高分子 |
| 14 光透過性高分子 | 15 吸水性高分子 | 16 導電性高分子 |
| 17 生分解性高分子 | | |

