

理科は **物 理** **化 学** **生 物** のうち 2 科目を選択受験のこと。

物 理 …… 1 頁 **化 学** ……16 頁 **生 物** ……29 頁

問題 **I** はマークシート方式, **II** は記述式である。

I の解答はマークシートに, **II** の解答は解答用紙に記入すること。

[注 意 事 項]

1. 監督者の指示があるまでは, この問題冊子を開かないこと。
2. マークシートは, コンピュータで処理するので, 折り曲げたり汚したりしないこと。
3. マークシートに, 氏名・受験番号を記入し, 科目選択・受験番号をマークする。
マークがない場合や誤って記入した場合の答案は無効となる。

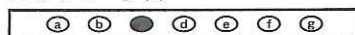
受験番号のマーク例(13015の場合)

受 験 番 号				
1	3	0	1	5
万位	千位	百位	十位	一位
①	①	●	①	①
●	①	①	●	①
②	②	②	②	②
③	●	③	③	③
④	④	④	④	④
⑤	⑤	⑤	⑤	●
⑥	⑥	⑥	⑥	⑥
⑦	⑦	⑦	⑦	⑦
⑧	⑧	⑧	⑧	⑧
⑨	⑨	⑨	⑨	⑨

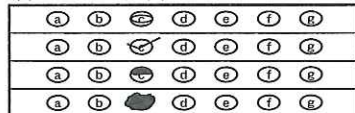
4. マークシートにマークするときは, HB または B の黒鉛筆を用いること。誤ってマークした場合には, 消しゴムで丁寧^{ていねい}に消し, 消し^{ていねい}くずを完全に取り除いたうえで, 新たにマークし直すこと。
5. 下記の例に従い, 正しくマークすること。

(例えば c と答えたいとき)

正しいマーク例



誤ったマーク例



○をする
✓をする
完全にマークしない
枠からはみ出す

6. 各科目とも基本的に正解は一つであるが, 科目によっては二つ以上解答を求めている場合があるので設問をよく読み解答すること。
7. 解答は所定の位置に記入すること。

問 題 訂 正

化 学

問題 Ⅱ の 27 ページ、上から 8 行目 (表の下)

(誤) 次の各問いに答えなさい。必要なら、圧力の換算には次の値を用いなさい。



(正) 次の各問いに答えなさい。ただし、両極で発生する気体の電解液への溶解は無視できるものとする。必要なら、圧力の換算には次の値を用いなさい。

化 学

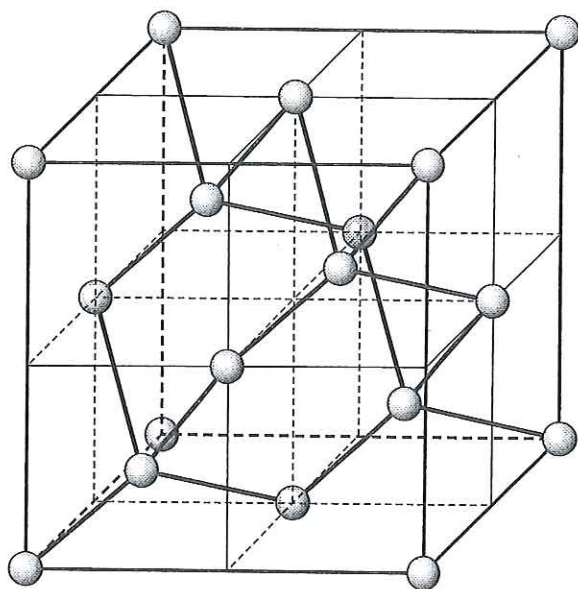
必要なら次の値を用いなさい。原子量：H = 1.00, B = 10.8, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Si = 28.1, S = 32.0, Cl = 35.5, K = 39.0, Ag = 108, アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$, 気体定数 $R : 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ 。すべての気体は理想気体として扱うものとする。なお、 $1 \text{ hPa} = 1 \times 10^2 \text{ Pa}$ である。

I 以下の問題(第1問から第3問)の答えをマークシートに記しなさい。

第1問 次の各問いに答えなさい。〔解答番号 1 ~ 11 〕

炭素原子は周期表では第(Ⅱ)族, 第(Ⅱ)周期に属する典型元素であり, (Ⅱ)個の価電子を持つ。

炭素の単体には黒鉛, ダイヤモンド, フラーレンなどの同素体が存在する。黒鉛は炭素原子が正(Ⅱ)角形の各頂点に位置し, この平面構造が層状に重なっている。各炭素原子は(Ⅱ)個の炭素原子と共有結合し, 共有結合に用いられない価電子が自由電子的に振る舞うため電気伝導性が良い。ダイヤモンドは炭素原子が正四面体の中心と各頂点に位置し, 図に示すような単位格子の結晶構造を持ち, 極めて硬い物質である。



問 1 次の問い(a)~(d)に答えなさい。

- (a) 文中の空欄(イ)に当てはまる数字はいくつになるか。正しいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。

(イ)
1

- ① 12 ② 13 ③ 14 ④ 15 ⑤ 16 ⑥ 17

- (b) 文中の空欄(ロ)~(ホ)に当てはまる数字はいくつになるか。正しいものを①~⑥の中から一つずつ選びなさい。ただし同じ番号を何度使用しても構わない。

(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)
2	3	4	5

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

- (c) ダイヤモンドの単位格子に含まれる炭素原子は何個になるか。正しいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。

6

 個

- ① 4 ② 8 ③ 10 ④ 12 ⑤ 16 ⑥ 18

- (d) ダイヤモンドの単位格子の一辺の長さを W (nm) とした時、炭素—炭素間の結合距離を W を用いて表すとどのようなになるか。正しいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。

7

 nm

- ① $\frac{W}{2}$ ② $\frac{W}{4}$ ③ $\frac{\sqrt{2}}{2} W$
 ④ $\frac{\sqrt{2}}{4} W$ ⑤ $\frac{\sqrt{3}}{2} W$ ⑥ $\frac{\sqrt{3}}{4} W$

問 2 ケイ素は炭素と同族元素であり，ダイヤモンド型の結晶構造を持つ。ケイ素単体は天然には存在せず，二酸化ケイ素を主成分とするケイ砂や石英として存在する。二酸化ケイ素を(へ)と混ぜて高温で融解し，生成した物質に水を加えて熱すると水ガラスが得られる。水ガラスに(ト)を作用させ，加熱により脱水するとシリカゲルが得られる。次の問い(a)，(b)に答えなさい。

(a) ダイヤモンドとケイ素，それぞれの結晶中での結合距離を比較するにはどのような情報が必要か。正しい組み合わせを①～⑥の中から一つ選びなさい。

8

- ① アボガドロ定数と炭素，ケイ素の原子量
- ② アボガドロ定数と炭素，ケイ素の結晶密度
- ③ 炭素，ケイ素の原子番号と結晶密度
- ④ 炭素，ケイ素の原子量と結晶密度
- ⑤ アボガドロ定数と炭素，ケイ素の原子番号
- ⑥ 炭素，ケイ素の原子番号と原子量

(b) 文中の空欄(へ)，(ト)に当てはまる化合物として正しいものを①～⑥の中から一つずつ選びなさい。ただし同じ番号を何度使用しても構わない。

(へ)	(ト)
9	10

- ① 水酸化ナトリウム
- ② 塩 酸
- ③ 塩化ナトリウム
- ④ 水
- ⑤ 塩化カルシウム
- ⑥ クロロホルム

問 3 高純度ケイ素は半導体材料として集積回路や太陽電池などに利用される。

高純度なケイ素にごく微量の不純物を加えると電気伝導性が大きく変わる。ホウ素のような3つの価電子を持つ原子を不純物として添加し、一部ケイ素と置き換えると、ケイ素とホウ素の共有結合で電子が不足した状態になり、電子を受け入れられる場所(正孔)が生じ、半導体としての電気伝導性が増す。5.0 cm 四方で厚さ $100\ \mu\text{m}$ のこの半導体中に正孔が 4.0×10^{18} 個存在しているとすると、不純物としてのホウ素原子の物質量の割合は半導体全体の何%含まれていることになるか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。ただしケイ素の単位格子一辺の長さを $0.356\ \text{nm}$ とし、ホウ素を添加しても結晶構造は変化しないものとする。 11 %

- | | | |
|---------|---------|---------|
| ① 0.025 | ② 0.040 | ③ 0.050 |
| ④ 0.25 | ⑤ 0.40 | ⑥ 0.50 |

第2問 次の各問いに答えなさい。〔解答番号 1 ~ 9 〕

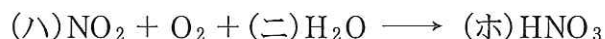
酸性雨の原因となる大気汚染物質は石炭などの化石燃料を燃焼させた時に生じる。無水状態での組成が質量割合で炭素 90.0 %，水素 4.76 %，窒素(イ) %，硫黄(ロ) %，その他反応に関与しない物質 3.20 % の石炭 1.00 kg を酸素中で完全に燃焼させた。この時発生する窒素酸化物はすべて二酸化窒素であり，硫黄酸化物はすべて二酸化硫黄であるとし，反応生成物はすべて気体として存在すると考える。すべての気体は理想気体として振る舞い，水への溶解度はヘンリーの法則に従うものとする。また必要であれば $\log 2 = 0.30$ ， $\log 3 = 0.48$ ， $\log 5 = 0.70$ を用いなさい。

問 1 反応生成物の全排出気体のうち，二酸化炭素の体積割合は 75.0 % であった。この石炭に含まれる窒素(イ) % はいくつになるか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 1 %

- | | | |
|---------|---------|---------|
| ① 0.160 | ② 0.320 | ③ 0.350 |
| ④ 0.640 | ⑤ 0.700 | ⑥ 1.40 |

問 2 石炭の燃焼によって排出された二酸化窒素をすべて回収し，水と反応させると気体が発生した。さらにこの発生した気体を酸素と反応させた。次の問い(a)，(b)に答えなさい。ただし二酸化窒素と四酸化二窒素の平衡は考えないとする。

(a) 下線部の 2 つの反応をまとめると，次のように 1 つの式で表すことができる。



係数(ハ)～(ホ)に当てはまる数字として正しいものを①～⑥の中から一つずつ選びなさい。ただし同じ番号を何度使用しても構わない。

(ハ)	(ニ)	(ホ)
2	3	4

① 2 ② 3 ③ 4 ④ 5 ⑤ 6 ⑥ 7

(b) (a)に示した反応を完全に進行させて生じた硝酸に、水を加えて10 Lとし、そのうち20 mLを適当な指示薬を用いて中和するには0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液が何 mL 必要か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選ばなさい。 mL

① 5.0 ② 10 ③ 15 ④ 20 ⑤ 25 ⑥ 30

問 3 石炭の燃焼によって排出された二酸化硫黄をすべて回収し、体積を変動させることができる可変容器に水 800 mL と共に封入した。次の問い(a)～(d)に答えなさい。

(a) 一定温度において、圧力 P で一定量の水に溶解する二酸化硫黄の体積と比較し、圧力 $2P$ で同量の水に溶解する二酸化硫黄の体積は、それぞれの圧力において比較すると何倍となるか。正しいものを①～⑥の中から一つ選ばなさい。 倍

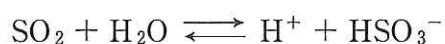
① $\frac{1}{2}$ ② 1 ③ 2 ④ P ⑤ $2P$ ⑥ R

(b) 容器内の温度を 27°C に保ち、容器の体積を 3.57 L とした時、水に溶解している二酸化硫黄の物質量はいくつか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選ばなさい。ただし、1000 hPa、 27.0°C において水 100 mL に二酸化硫黄は 8.00 g 溶解すると考え、気体の溶解に伴う液体の体積変化は無視できるものとする。 mol

① 0.020 ② 0.100 ③ 0.180
④ 0.200 ⑤ 1.00 ⑥ 1.80

- (c) 容器にさらに水を加え、二酸化硫黄をすべて水に溶かして、二酸化硫黄の水溶液を全量 1.00 L とした。この水溶液の pH はいくつになるか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。ただしこの時の水溶液の温度は 25 °C である。また、二酸化硫黄は水中で以下のような平衡状態にあるとし、解離定数 K を 1.00×10^{-2} mol/L とする。

8



- | | | |
|--------|--------|--------|
| ① 1.30 | ② 1.35 | ③ 1.40 |
| ④ 1.70 | ⑤ 2.20 | ⑥ 2.50 |

- (d) (c)の溶液を 20 倍に希釈した後、それを 20 mL とり、 1.0×10^{-2} mol/L のヨウ素溶液を徐々に加えていくと、はじめは滴下したヨウ素溶液の色が消え、ヨウ素溶液の色が消えなくなったところで滴下を中止した。この時の溶液の pH はいくつになるか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。ただしこの時の水溶液の温度は 25 °C であり、反応によって生じた酸はすべて強酸で完全に解離しているとする。

9

- | | | |
|--------|--------|--------|
| ① 1.30 | ② 1.35 | ③ 1.40 |
| ④ 1.70 | ⑤ 2.20 | ⑥ 2.50 |

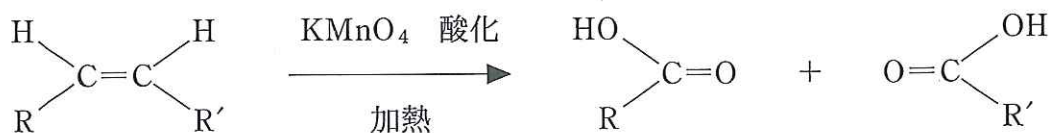
第3問 油脂 A に関する次の各問いに答えなさい。

[解答番号 1 ~ 9]

実験1：油脂 A 9.12 g を完全にけん化するのに必要な水酸化カリウムは 1.68 g であった。そこで得られた反応液を酸性にすることで、直鎖脂肪酸 B, C, D の3種類が得られた。脂肪酸 D の炭素数は B より2だけ大きく、C の炭素数とは異なっている。

実験2：油脂 A 2.28 g を白金触媒の存在下で水素と完全に反応させると、標準状態(0°C, 1.013×10^5 Pa)に換算して 168 mL の水素が消費された。反応後、水酸化カリウムで完全にけん化してから、反応液を酸性にすると2種類の脂肪酸のみが得られた。

実験3：実験1で得た脂肪酸 B, C, D の混合物をメタノールと完全に反応させ、生成したエステルを中性下で過マンガン酸カリウム水溶液と共に加熱し酸化すると脂肪酸 C のみが反応し、あらたに3種類の化合物 E, F, G を生成した。その中で G のみがジカルボン酸であった。また、E と G は炭素数が等しく、E の分子量は G の 0.746 倍であった。なお、過マンガン酸カリウム水溶液は中性下での加熱により、脂肪酸の炭素間二重結合を以下の様に酸化切断しカルボン酸とするが、エステルとは反応しないことが知られている。また、脂肪酸 B, C, D は三重結合を持たない。



問 1 実験 1 では脂肪酸 B, C, D 以外にもう一つ別の化合物も生じる。その化合物に関する次の記述①～⑥のうち最もふさわしいものを一つ選びなさい。

1

- ① エタノールに濃硫酸を加えて約 130 ℃ に熱すると得ることが出来る。
- ② ヘキサメチレンジアミンと反応させると分子同士が連続的に結合して、合成繊維が出来る。
- ③ 無色で粘りけがある液体で、合成樹脂やダイナマイトの原料となる。
- ④ 水溶液に、ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を少量加え温めると、黄色結晶が生じる。
- ⑤ 1-プロパノールを適当な酸化剤で酸化すると得られる。
- ⑥ テレフタル酸と縮合重合させると、ポリエチレンテレフタレートという高分子化合物が生じる。

問 2 油脂 A の分子量として最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。

2

- ① 766 ② 858 ③ 874
- ④ 912 ⑤ 1004 ⑥ 1058

問 3 油脂 A はいくつの二重結合を持っているか。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。

3

- ① 1 ② 2 ③ 3
- ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

問 4 脂肪酸 B の分子量として最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。

4

- ① 266 ② 278 ③ 282
- ④ 284 ⑤ 291 ⑥ 312

問 5 脂肪酸 D の炭素数はいくつか。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。

- | | | |
|------|------|------|
| ① 12 | ② 14 | ③ 16 |
| ④ 18 | ⑤ 20 | ⑥ 22 |

問 6 化合物 G の炭素数はいくつか。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。

- | | | |
|-----|-----|-----|
| ① 3 | ② 4 | ③ 5 |
| ④ 6 | ⑤ 7 | ⑥ 8 |

問 7 化合物 E の分子量として最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。

- | | | |
|------|-------|-------|
| ① 43 | ② 59 | ③ 74 |
| ④ 88 | ⑤ 102 | ⑥ 116 |

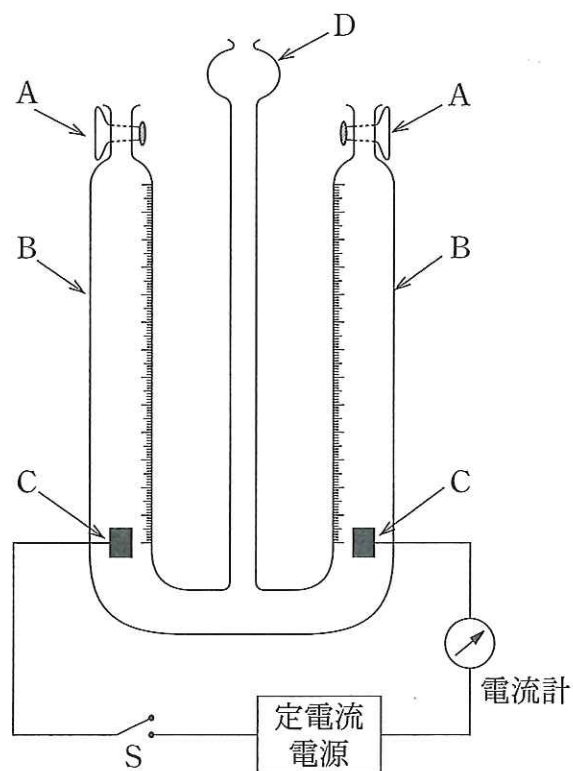
問 8 化合物 F の分子量として最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。

- | | | |
|-------|-------|-------|
| ① 116 | ② 130 | ③ 126 |
| ④ 146 | ⑤ 160 | ⑥ 188 |

問 9 油脂 A において、各脂肪酸の結合位置の違いに基づく異性体はいくつ存在するか。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。もし、光学異性体が存在するのであれば、光学異性体も数に加えることとする。

- | | | |
|-----|-----|-----|
| ① 2 | ② 3 | ③ 4 |
| ④ 5 | ⑤ 6 | ⑥ 7 |

Ⅱ 電気分解によりファラデー定数を求める実験を行った。実験装置は図 2 のように、上部にすり合わせのコック A が付いた U 字型のガラス管 B の両側の下部に白金電極 C を封じ込んであり、中央部にはろうと型のガラス管 D が付いている。電極は定電流直流電源に接続されている。



実験は次のように行った。

- (i) 2つのコック A を開いて外気に通じ、D から電解液として 10 % 硫酸水溶液を注ぎ込み、U 字管 B の両側の液面がコックの位置まで達するように電解液で満たしてから両側のコックを閉じた。

(ii) スイッチ S を入れて電流一定で電気分解を行った。適当な時間で電気分解を止め、電解時間 t [min]、電解電流 i [A]、U 字管にたまった気体の体積 V [mL] (陰極側)、中央の管 D の液面と U 字管の液面との水位の差 h [cm] (陰極側)、室温 k [°C]、大気圧 P_A [Pa] を測定した。

測定値は、10 % 硫酸水溶液の密度 d_1 [g/cm³]、水銀の密度 d_2 [g/cm³]、27 °C における 10 % 硫酸水溶液の飽和蒸気圧 $P_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ [Pa]、電子 1 個がもつ電気量の絶対値 e [C]、気体定数 R [Pa・L/(K・mol)] と共に、表にまとめて示した。

電解時間, t [min]	12.0
電解電流, i [A]	0.600
陰極側気体体積, V [mL]	55.0
中央管 D と陰極側液面との水位差, h [cm]	42.0
大気圧, P_A [Pa]	102000
気温, k [°C]	27
10 % 硫酸水溶液の飽和蒸気圧 (27 °C), $P_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ [Pa]	3333
10 % 硫酸水溶液の密度 (27 °C), d_1 [g/cm ³]	1.06
水銀の密度 (27 °C), d_2 [g/cm ³]	13.5
電子 1 個がもつ電気量の絶対値, e [C]	1.60×10^{-19}
気体定数, R [Pa・L/(K・mol)]	8.31×10^3

次の各問いに答えなさい。必要なら、圧力の換算には次の値を用いなさい。

$$1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}, \quad 1 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg}, \quad 1 \text{ cmHg} = 1.333 \times 10^3 \text{ Pa}$$

問 1 装置中央のガラス管 D は電解液を注入する役目および管内の圧力の増加を抑制する役目があるが、他にどのような役割があるか。30 字以内で記せ。

問 2 表のデータを用いて次の問い(a)~(c)に答えなさい。

(a) U字管にたまった水素ガスの分圧 P_{H_2} [Pa] を求めなさい。解答は表に与えられている各数値の記号 (t , i , など) を使った式と計算値 (有効数字 3 桁) を答えなさい。

(b) 発生した水素の物質質量 n [mol] を求めなさい。解答は計算値 (有効数字 3 桁) で答えなさい。

(c) この実験から得られるファラデー定数 F [C/mol] を求めなさい。解答は計算値 (有効数字 3 桁) で答えなさい。

問 3 この実験から得られるアボガドロ定数 N_A [/mol] を求めなさい。解答は問 2 で求めた水素の物質質量を n とし、表に与えられている各数値の記号 (t , i , など) を使った式と計算値 (有効数字 3 桁) を答えなさい。