

化 学

解答範囲は、解答番号 から までです。

大問Ⅰの解答範囲は、解答番号 から までです。

Ⅰ 次の(1)～(3)の文章を読んで、(1)の文章については後の問い(問1～問4)に、(2)の文章については後の問い(問5～問7)に、(3)の文章については後の問い(問8～問10)に、それぞれ答えなさい。

必要であれば、原子量および定数は次の値を用いなさい。

H = 1.0, C = 12, O = 16, K = 39, Ca = 40, Mn = 55

気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$

問題文中の気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。

(1) 私たちの身の回りにはさまざまな物質が存在している。物質は純物質と混合物に分類され、純物質は構成元素の数によってさらに分類される。まず、1種類の元素からできている純物質を【1-A】といい、水素や酸素、ヘリウム、【2-A】、【2-B】のような例が挙げられる。一方、水や二酸化炭素、【2-C】、【2-D】などのように、2種類以上の元素から構成されている純物質を【1-B】といい、構成されている元素の【1-A】に分けることができる。【1-A】と元素は同じ名称で呼ばれることが多いが、【1-A】は実際に存在する物質を示し、^①元素は物質の構成成分を示す。

物質の分離・精製にはさまざまな手法が用いられる。黒インクに含まれる各色素を分離する場合は【3-A】、砂とナフタレンの混合物から、溶媒を用いずにナフタレンを取り出す場合には【3-B】、原油から、ガソリンや灯油を分離する場合には【3-C】、すりつぶした大豆から、溶媒にヘキサンを使って大豆油を取り出す場合には【3-D】、砂の混ざった海水から、砂粒を取り除く場合には【3-E】などの手法が用いられる。

問1 空所【1-A】、【1-B】に当てはまる最も適当なものを、次の中からそれぞれ一つずつ選びなさい。

空所【1-A】は、解答番号

空所【1-B】は、解答番号

- | | | |
|------|-------|-------|
| ① 分子 | ② 単体 | ③ 電子 |
| ④ 原子 | ⑤ 中性子 | ⑥ 化合物 |
| ⑦ 陽子 | ⑧ 気体 | ⑨ 液体 |

問2 空所【2-A】～【2-D】に当てはまる組合せとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

	【2-A】	【2-B】	【2-C】	【2-D】
①	ベンゼン	ナトリウム	石油	石灰水
②	ダイヤモンド	オゾン	アンモニア	水酸化ナトリウム
③	窒素	鉄	アルミニウム	牛乳
④	エチレン	オゾン	塩化ナトリウム	水酸化ナトリウム
⑤	ダイヤモンド	ベンゼン	水酸化ナトリウム	石油
⑥	エチレン	ダイヤモンド	石油	アルミニウム
⑦	窒素	ナトリウム	塩化ナトリウム	アルミニウム
⑧	ナトリウム	ベンゼン	牛乳	石灰水
⑨	エチレン	窒素	塩化ナトリウム	アンモニア

問3 空所【3-A】～【3-E】に当てはまる最も適当なものを、それぞれ次の中から一つずつ選びなさい。

空所【3-A】は、解答番号

空所【3-B】は、解答番号

空所【3-C】は、解答番号

空所【3-D】は、解答番号

空所【3-E】は、解答番号

- | | | |
|--------|------------|-------------|
| ① 透析 | ② 分留(分別蒸留) | ③ 昇華法 |
| ④ 抽出 | ⑤ 再結晶 | ⑥ クロマトグラフィー |
| ⑦ 炎色反応 | ⑧ ろ過 | |

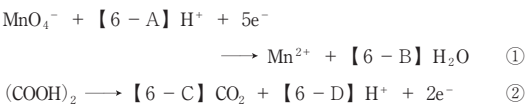
問4 以下の(ア)～(エ)に示す二重線の語句に関して、下線部①と同様の意味で用いられている組合せとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

- (ア) 水を電気分解すると、水素と酸素が生じる。
(イ) 牛乳には、カルシウムが多く含まれている。
(ウ) 空気には窒素が約80%含まれている。
(エ) 砂糖は、炭素や水素、酸素からなる物質である。

解答番号

- ① (ア)と(イ)
② (ア)と(イ)と(ウ)
③ (ア)と(イ)と(ウ)と(エ)
④ (イ)と(ウ)と(エ)
⑤ (イ)と(ウ)
⑥ (ウ)と(エ)
⑦ (ア)と(エ)
⑧ (イ)と(エ)

(2) 2.0×10^{-1} mol/L のシュウ酸標準液を 25 mL とり、適当量の希硫酸を加え温めてから、濃度が不明の過マンガン酸カリウム水溶液をビュレットで滴下したところ、20 mL 加えたところで、過マンガン酸カリウム水溶液の【 4 】色が消えなくなった。このことから、この過マンガン酸カリウム水溶液の濃度は【 5 】mol/L であったと考えられた。ただし、希硫酸中で過マンガン酸イオンおよびシュウ酸は次のように働く。



問5 空所【 4 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 10

- ① 黄 ② 緑 ③ 黄緑 ④ 赤紫
- ⑤ 橙 ⑥ 青 ⑦ 黒

問6 空所【 5 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 11

- ① 2.0×10^{-3} ② 2.0×10^{-2} ③ 2.0×10^{-1}
- ④ 1.0×10^{-3} ⑤ 1.0×10^{-2} ⑥ 1.0×10^{-1}
- ⑦ 5.0×10^{-3} ⑧ 5.0×10^{-2} ⑨ 5.0×10^{-1}

(3) カルシウム 4.0 g に水 8.0 g を加えると、【 7 】と【 8 】が生じる。この化学反応が完全に進むと、発生する気体の体積は 0℃、 1.013×10^5 Pa で【 9 】L である。また、反応せずに残る物質は【10-A】であり、その質量は【10-B】g である。

問8 空所【 7 】、【 8 】に当てはまる最も適当なものを、次の中からそれぞれ一つずつ選びなさい。ただし、解答の順序は問わない。

空所【 7 】は、解答番号 13

空所【 8 】は、解答番号 14

- ① 酸化カルシウム ② 炭酸
- ③ 水酸化カルシウム ④ 水素
- ⑤ リン酸カルシウム ⑥ アンモニア
- ⑦ 炭酸カルシウム ⑧ 酸素
- ⑨ 硫酸カルシウム

問9 空所【 9 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 15

- ① 0.11 ② 0.22 ③ 0.34 ④ 1.1 ⑤ 2.2
- ⑥ 3.4 ⑦ 11 ⑧ 22 ⑨ 34

問7 空所【6-A】～【6-D】に当てはまる組合せとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 12

	【6-A】	【6-B】	【6-C】	【6-D】
①	4	2	2	2
②	4	2	3	3
③	4	2	4	4
④	4	2	5	5
⑤	8	4	2	2
⑥	8	4	3	3
⑦	8	4	4	4
⑧	8	4	5	5

問10 空所【10-A】、【10-B】に当てはまる組合せとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 16

	【10-A】	【10-B】
①	カルシウム	0.5
②	カルシウム	1.0
③	カルシウム	1.5
④	カルシウム	2.0
⑤	水	1.1
⑥	水	2.2
⑦	水	3.3
⑧	水	4.4

大問Ⅱの解答範囲は、解答番号 17 から 31 までです。

Ⅱ 次の文章を読んで、後の問い(問1～問9)に答えなさい。

原子、分子、イオンなどの構成粒子が三次元的に規則正しく繰り返して配列した固体を結晶という。結晶は、構成粒子の種類とその結びつき方によって、金属結晶、イオン結晶、分子結晶、共有結合結晶の4種類に大別される。

金属結晶は、金属元素の原子が金属結合で結びついた結晶である。金属結晶の主な構造には、体心立方格子、面心立方格子、六方最密構造がある。それぞれの配位数と単位格子中の原子の数は表1となる。

表1 金属結晶の構造と配位数および単位格子中の原子の数

	体心立方格子	面心立方格子	六方最密構造
配位数	【1-A】	【1-B】	【1-C】
単位格子中の原子の数	【2-A】	【2-B】	【2-C】

イオン結晶は陽イオン、陰イオンがイオン結合によって結びついた結晶である。イオンの価数や、陽イオンと陰イオンの大きさの比などにより、様々な構造をとる。図1に陽イオンAと陰イオンBからなるイオン結晶の単位格子の例およびその一部を示す。

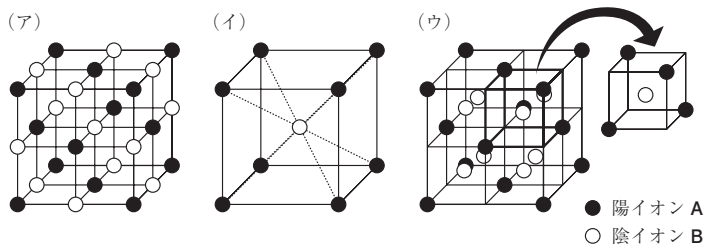


図1 陽イオンAと陰イオンBからなるイオン結晶の単位格子およびその一部

単位格子中のイオンの数から、組成式を A_xB_y (x, y はそれぞれ整数) のように示すことができる。図1のそれぞれの単位格子の組成式の x と y は、(ア) の場合 $x = \text{【 3 】}$ 、 $y = \text{【 4 】}$ 、(イ) の場合 $x = \text{【 5 】}$ 、 $y = \text{【 6 】}$ 、(ウ) の場合 $x = \text{【 7 】}$ 、 $y = \text{【 8 】}$ である。ある化合物は、図1(ア)と同じ単位格子(立方体)を示し、一辺が $5.6 \times 10^{-8} \text{ cm}$ であった。このとき、陽イオンA一個が直接接している陰イオンBの数は【 9 】個である。また、陰イオンBのイオン半径を $1.2 \times 10^{-8} \text{ cm}$ とすると、陰イオンBに接している陽イオンAのイオン半径は【 10 】 $\times 10^{-8} \text{ cm}$ である。

分子結晶は、多数の分子が分子間力で規則正しく配列している。アルミニウム、ナフタレン $C_{10}H_8$ 、ドライアイス CO_2 、二酸化ケイ素、氷 H_2O 、ミョウバン $AlK(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ 、ヨウ素、白金のうち、分子結晶となる物質は【 11 】つある。

共有結合結晶では、多数の原子が共有結合で結びついた構造を有している。一般に分子結晶と比べたとき、共有結合結晶の融点は【12-A】。

また、固体物質の硬さは【12-B】、水に【12-C】。代表例としてダイヤモンドがあげられる。ダイヤモンドの特徴として【 13 】などがある。図2に代表的な共有結合結晶の単位格子(立方体)と、その一部を抜き出したものを示す。

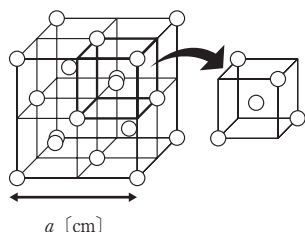


図2 代表的な共有結合結晶の単位格子(立方体)と、その一部

ある元素の原子だけからなる共有結合結晶が図2の単位格子をとり、一片の長さ $a \text{ [cm]}$ 、密度 $d \text{ [g/cm}^3\text{]}$ の立方体とする。この原子のモル質量 M は、アボガドロ定数 $N_A \text{ [/mol]}$ を用いて、 $M = \text{【 14 】}$ [g/mol] で表すことができる。また、最も近い原子の中心間距離 l は $l = \text{【 15 】}$ [cm] と表すことができる。

問1 空所【1-A】～【1-C】に当てはまる組合せとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 17

	【1-A】	【1-B】	【1-C】
①	4	4	8
②	4	6	12
③	6	4	8
④	6	8	4
⑤	6	8	12
⑥	8	6	12
⑦	8	8	4
⑧	8	12	12
⑨	12	4	8
⑩	12	6	12

問2 空所【2-A】～【2-C】に当てはまる組合せとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

18

	【2-A】	【2-B】	【2-C】
①	2	4	2
②	2	6	4
③	4	2	6
④	4	6	2
⑤	6	2	4
⑥	6	4	2

問3 空所【3】～【9】に当てはまる最も適当なものを、次の中からそれぞれ一つずつ選びなさい。ただし、同じ選択肢を何度選んでもよい。通常は x および y が1のとき省略するが、ここでは x および y が1のときは⑩を選びなさい。

空所【3】は解答番号

19

空所【4】は解答番号

20

空所【5】は解答番号

21

空所【6】は解答番号

22

空所【7】は解答番号

23

空所【8】は解答番号

24

空所【9】は解答番号

25

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
- ⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9

問4 空所【10】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

26

- ① 1.2 ② 1.6 ③ 2.2 ④ 2.4 ⑤ 2.8
- ⑥ 3.2 ⑦ 4.4

問5 空所【11】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

27

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4
- ⑤ 5 ⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8

問6 空所【12-A】～【12-C】に当てはまる組み合わせとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

28

	【12-A】	【12-B】	【12-C】
①	高い	かたく	溶けにくい
②	高い	かたく	溶けやすい
③	高い	やわらかく	溶けにくい
④	高い	やわらかく	溶けやすい
⑤	低い	かたく	溶けにくい
⑥	低い	かたく	溶けやすい
⑦	低い	やわらかく	溶けにくい
⑧	低い	やわらかく	溶けやすい

問7 空所【13】に当てはまらないものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

29

- ① 自由電子がなく電気伝導性がない
- ② 層状にはがれやすい
- ③ ケイ素と同じ結晶構造をもつ
- ④ 結晶内の炭素間の結合には極性が生じない

問8 空所【14】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

30

- ① $\frac{a^3 d N_A}{4}$ ② $\frac{a^3 d N_A}{6}$ ③ $\frac{a^3 d N_A}{8}$
- ④ $\frac{4}{a^3 d N_A}$ ⑤ $\frac{6}{a^3 d N_A}$ ⑥ $\frac{8}{a^3 d N_A}$
- ⑦ $\frac{a^3 N_A}{4d}$ ⑧ $\frac{a^3 N_A}{6d}$ ⑨ $\frac{a^3 N_A}{8d}$

問9 空所【15】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

31

- ① $\frac{\sqrt{2}}{2}a$ ② $\frac{\sqrt{2}}{4}a$ ③ $\frac{\sqrt{2}}{6}a$ ④ $\frac{\sqrt{2}}{8}a$
- ⑤ $\frac{\sqrt{3}}{2}a$ ⑥ $\frac{\sqrt{3}}{4}a$ ⑦ $\frac{\sqrt{3}}{6}a$ ⑧ $\frac{\sqrt{3}}{8}a$

大問Ⅲの解答範囲は、解答番号 32 から 45 までです。

Ⅲ 次の(1)～(3)の文章を読んで、(1)の文章については後の問い(問1～問4)に、(2)の文章については後の問い(問5、問6)に、(3)の文章については後の問い(問7～問9)に、それぞれ答えなさい。

必要であれば、原子量は次の値を用いなさい。

H = 1.0, C = 12, O = 16

(1) 有機化合物の主な構成元素は骨格をつくる炭素Cをはじめ、水素H、酸素O、窒素N、硫黄S、ハロゲン元素などである。元素全体からすると、構成元素の種類は決して多くないが、有機化合物の種類は無機化合物よりも非常に多い。これは、原子価が【 1 】の炭素原子どうしが鎖状や環状に共有結合して分子を形成するためである。このとき、共有結合は単結合だけでなく、二重結合や三重結合となることもある。この炭素どうしの共有結合を比較すると、単結合は、二重結合よりも結合距離が【 2 - A】、結合エネルギーは【 2 - B】。また、炭素原子は、酸素や窒素などの他の非金属元素の原子とも安定な共有結合を形成する。炭素－酸素結合をもつ有機化合物としてはエタノールやアセトンがあり、炭素－窒素結合をもつものとしては【 3 】がある。酸素原子や窒素原子は、有機化合物の性質や反応性に影響をおよぼす官能基に含まれることもある。エタノールは、酸素原子をヒドロキシ基にもち、様々な反応を起こす。例えば、130～140℃に加熱した濃硫酸にエタノールを加えると【 4 】で表される有機化合物が主に生成し、氷酢酸とエタノールの混合物に触媒として濃硫酸を

加えて加熱すると【 5 】で表される有機化合物が主に生じる。

問1 空所【 1 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 32

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 0 |

問2 空所【 2 - A】、【 2 - B】に当てはまる最も適当な組み合わせを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 33

	【 2 - A】	【 2 - B】
①	長く	大きい
②	長く	小さい
③	短く	大きい
④	短く	小さい

問3 空所【 3 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 34

- ① グリシンやアニリン
- ② グルコースやニトロセルロース
- ③ 酢酸やクロロベンゼン
- ④ 酢酸エチルやニトロベンゼン
- ⑤ パルミチン酸やベンゼンスルホン酸
- ⑥ フェノールやサリチル酸

問4 空所【 4 】、【 5 】に当てはまる最も適当なものを、次の中からそれぞれ一つずつ選びなさい。

空所【 4 】は、解答番号 35

空所【 5 】は、解答番号 36

- | | |
|---|---|
| ① $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ | ② $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ |
| ③ $\text{CH}_3\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ | ④ $\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_3$ |
| ⑤ $\text{CH}_3\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_3$ | ⑥ $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2\text{CH}_3$ |
| ⑦ $\text{CH}_3\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2\text{CH}_3$ | ⑧ $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_3$ |
| ⑨ $\text{CH}_3-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2\text{CH}_3$ | |

(2) 有機化合物には、分子式が同じであっても構造が異なる化合物が存在することがあり、これらを互いに異性体であるという。異性体は、構造異性体と立体異性体に大きく分類され、立体異性体はさらにシス・トランス異性体(幾何異性体)と鏡像異性体に分類される。構造異性体は、構成原子のつながり方の違いや不飽和結合の位置の違い、官能基の違いなどにより生じる。例えば、官能基の違いにより生じる構造異性体の関係にあるのは、【 6 】である。シス・トランス異性体は炭素原子間の二重結合が回転できないために生じ、【 7 】がこの異性体の関係にある。鏡像異性体は、分子内の不斉炭素原子の存在により生じる立体異性体で、相当するのは【 8 】の関係である。一般に、融点や密度などのほとんどの物理的性質は、構造異性体どうしでは【 9 - A】なり、シス・トランス異性体どうしでは【 9 - B】なり、鏡像異性体どうしでは【 9 - C】なる。

問5 空所【 6 】～【 8 】に当てはまる最も適当なものを、次の中からそれぞれ一つずつ選びなさい。

空所【 6 】は、解答番号

空所【 7 】は、解答番号

空所【 8 】は、解答番号

- ① L-アラニンとD-アラニン
- ② エタノールとジメチルエーテル
- ③ エチレングリコール (1,2-エタンジオール) とグリセリン (1,2,3-プロパントリオール)
- ④ ^{オルト}*o*-キシレンと^{オルト}*o*-クレゾール
- ⑤ グルコースとマルトース
- ⑥ シュウ酸とL-乳酸
- ⑦ フェノールと安息香酸
- ⑧ ブタンと^{トランス}*trans*-2-ブテン
- ⑨ フマル酸とマレイン酸

問6 空所【9－A】～【9－C】に当てはまる最も適当な組み合わせを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

	【9－A】	【9－B】	【9－C】
①	同じに	同じに	同じに
②	同じに	同じに	異
③	同じに	異	同じに
④	同じに	異	異
⑤	異	同じに	同じに
⑥	異	同じに	異
⑦	異	異	同じに
⑧	異	異	異

(3) エチレン (エテン) から水素原子が1個取れた炭化水素基 $\text{CH}_2=\text{CH}-$ をビニル基と呼ぶ。このビニル基をもつ有機化合物から、多くの高分子化合物が合成されている。ビニル基をもつ酢酸ビニルは、適切な触媒を用いて、【 10 】に酢酸を付加させると生成する。酢酸ビニルの【 11 】により、ポリ酢酸ビニルが生じる。これを水酸化ナトリウム水溶液で【 12 】すると、ポリビニルアルコール (PVA) が得られる。PVAの親水コロイド溶液を細孔から硫酸ナトリウム水溶液中に押し出して紡糸した後、ホルムアルデヒド水溶液を作用させて【 13 】するとビニロンが生じる。この【 13 】では、PVAの構成単位2つのヒドロキシ基にホルムアルデヒド1分子が作用し、1分子の水が脱離する。実際には、PVAにあるすべてのヒドロキシ基を反応させるのではなく、一部を反応させる。重合度が 5.0×10^3 であるPVAのヒドロキシ基の30%について、このホルムアルデヒドとの反応が進行した場合、得られるビニロンの分子量は【 14 】 $\times 10^5$ となる。

問7 空所【 10 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- ① アクリロニトリル
- ② アセチレン (エチン)
- ③ アセトン
- ④ エタン
- ⑤ エチレン
- ⑥ 塩化ビニル
- ⑦ ギ酸
- ⑧ プロピレン (プロペン)

問8 空所【 11 】～【 13 】に当てはまる最も適当なものを、次の中からそれぞれ一つずつ選びなさい。

空所【 11 】は、解答番号

空所【 12 】は、解答番号

空所【 13 】は、解答番号

- ① アセタール化
- ② アセチル化
- ③ 加硫
- ④ 加水分解 (けん化)
- ⑤ 縮合重合
- ⑥ スルホン化
- ⑦ ニトロ化
- ⑧ 熱分解
- ⑨ 付加重合
- ⑩ 付加縮合

問9 空所【 14 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- ① 1.5
- ② 2.3
- ③ 3.0
- ④ 3.8
- ⑤ 4.5
- ⑥ 5.2
- ⑦ 6.1
- ⑧ 6.8
- ⑨ 7.6
- ⑩ 9.0