

化 学

(解答番号 ~)

必要があれば、原子量は次の値を使うこと。

H 1.0 O 16 S 32 Ag 108 Pb 207

気体は、実在気体とことわりがない限り、理想気体とみなせるものとする。

第 1 問 次の問い(問 1 ~ 5)に答えよ。(配点 20)

問 1 次の記述ア・イの両方に当てはまる化合物として最も適当なものを、後の
①~④のうちから一つ選べ。

ア 二重結合をもつ。

イ 水に溶けた水溶液は弱い酸性を示す。

① 臭化水素

② 二酸化炭素

③ エチレン(エテン)

④ 過酸化水素

問 2 粘土のコロイド粒子を含む溶液に直流電圧をかけて電気泳動を行ったところ、コロイド粒子は陽極側に移動した。このコロイド溶液に、次の①～⑤の水溶液を加えたとき、最も少量でコロイド粒子を凝析させることができるものはどれか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、水溶液のモル濃度はすべて同じとする。 2

- | | |
|---|----------------------------|
| ① 塩化カリウム KCl | ② 塩化カルシウム CaCl_2 |
| ③ 塩化アルミニウム AlCl_3 | ④ 硫酸マグネシウム MgSO_4 |
| ⑤ グルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ | |

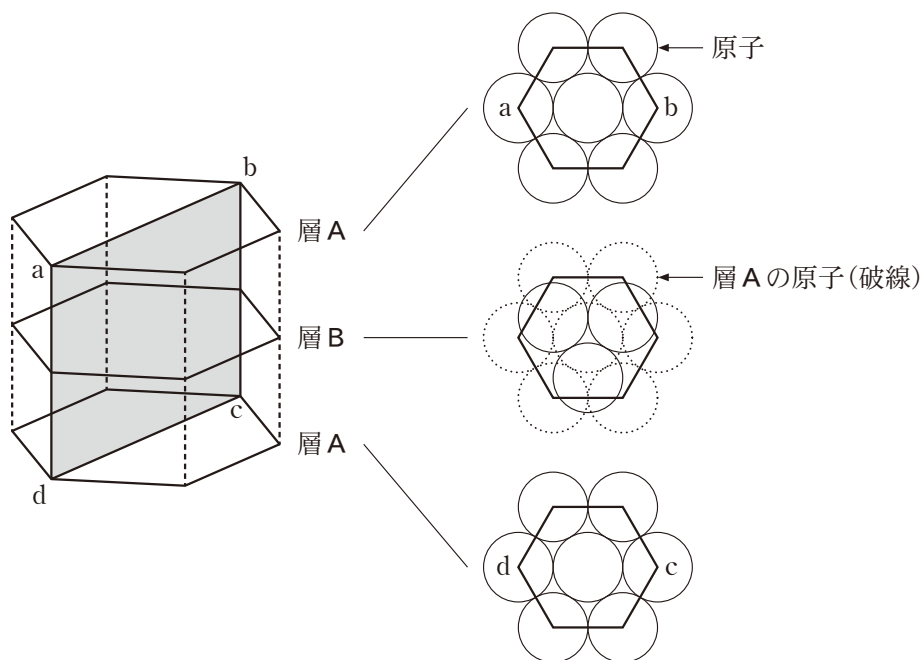
問 3 固体の溶解度に関連する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 3

- ① 固体の溶解度は、溶液の温度が高くなるほど大きくなるものが多い。
- ② 水和水(結晶水)をもつ物質の水への溶解度は、水 100 g に溶ける無水物(無水塩)の質量(g)の最大値で表す。
- ③ 飽和溶液中に溶質の固体が共存するとき、溶質の固体を構成しているイオンや分子が固体を離れて溶液中に移動することはない。
- ④ 温度による物質の溶解度の違いを利用し、固体を析出させることで、物質を精製する方法を再結晶という。

化学

問 4 ある金属単体は図1のように、層Aと層Bの2層の繰り返しによって形成される六方最密構造の結晶格子をとる。この結晶格子の四つの頂点 a, b, c, d を含む面を考える。その面に正しく原子の中心が配置された図として最も適当なものを、後の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、選択枝中の●は原子の中心位置を表している。

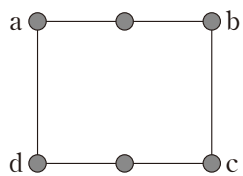
4



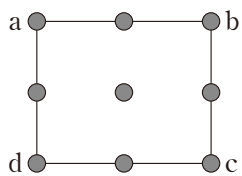
層A, 層Bにおける原子の配列(上から見た図)

図1 六方最密構造の結晶格子

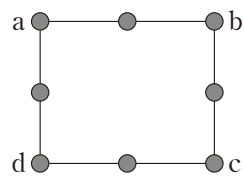
①



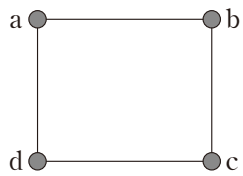
②



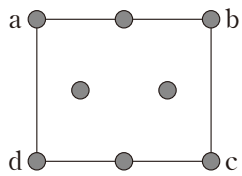
③



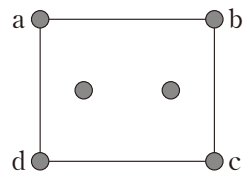
④



⑤



⑥



化学

問 5 「アルコールロケット」の実験に関する次の文章を読み、後の問い(a・b)に答えよ。

「アルコールロケット」の実験では、上面を切り取ったスチール缶にプラスチック製のカップをかぶせた容器内にエタノール C_2H_5OH を入れる(図2, ア)。その後、容器内でエタノールが蒸発してから、火花で点火して起こるエタノールの燃焼反応を利用してカップを飛ばす(図2, イ)。

なお、容器の内部は、エタノールを入れる前には大気圧 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の空気で満たされており、その体積は 249 mL であるとする。

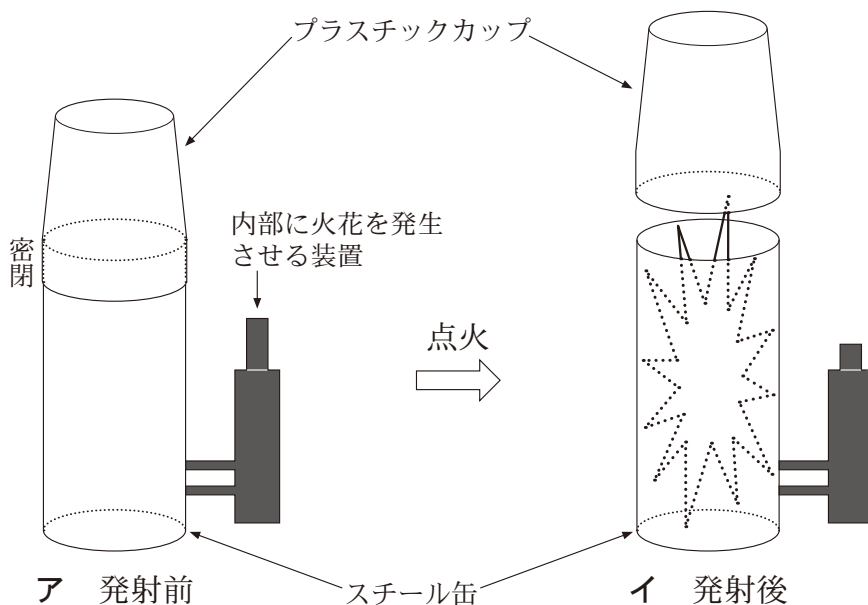


図2 「アルコールロケット」の実験の模式図

化 学

- a** エタノールは次の式(1)に従って酸素 O_2 と反応する。エタノールを加える前にアルコールロケットの容器内部(体積 249 mL)は空気で満たされている。その空気中の O_2 と過不足なく反応するエタノールの物質量(mol)はいくらか。最も適当な数値を、後の①~⑥のうちから一つ選べ。

ただし、空気は体積比で 20 % の O_2 と 80 % の窒素 N_2 からなる混合気体であり、その他の気体は含まれないものとする。また、容器内の圧力は 1.0×10^5 Pa, 温度は $27^\circ C$, 気体定数は $R = 8.3 \times 10^3$ Pa \cdot L/(K \cdot mol) とする。 5 mol



- | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① 2.0×10^{-4} | ② 3.3×10^{-4} | ③ 6.7×10^{-4} |
| ④ 2.0×10^{-3} | ⑤ 3.3×10^{-3} | ⑥ 6.7×10^{-3} |

- b** $27^\circ C$ の空気で満たされているアルコールロケットの容器に、**a** で求めた量の液体のエタノールを加えてから、点火して燃焼反応を起こさせる。その結果、容器内部の圧力が上昇してカップが吹き飛ばされる。カップが飛ぶ直前に、内部の気体の温度が 3600 K になるとすれば、そのときの容器内部の気体の圧力は大気圧の何倍になるか。最も適当な数値を、次の①~④のうちから一つ選べ。

なお、エタノールが完全燃焼すると、容器内部は N_2 や、**a** の式(1)に従って生成した気体の二酸化炭素 CO_2 と水蒸気 H_2O で満たされ、気体の物質量の総和はエタノールを入れる前の 1.13 倍に増加する。この過程は瞬時に起こるので、スチール缶やカップに気体からの熱はほとんど伝わらない。また、燃焼の前後で容器内部の体積は変化せず、液体のエタノールを加えても容器内の空気量は変化しないものとする。 6 倍

- | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① 1.2×10^1 | ② 1.4×10^1 | ③ 1.3×10^2 | ④ 1.5×10^2 |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|

化学

第2問 次の問い(問1～4)に答えよ。(配点 20)

問1 エンタルピーに関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 一定圧力下において、化学反応に伴って放出あるいは吸収する熱量を反応エンタルピーという。
- ② 反応エンタルピーは、生成物がもつエンタルピーから反応物がもつエンタルピーを引いたものである。
- ③ 溶質が溶媒に溶解するときに発熱した場合は、溶解エンタルピーは正の値である。
- ④ 一酸化炭素 CO の生成エンタルピーは、黒鉛 C と CO の燃焼エンタルピーから求めることができる。

問2 硝酸銀 AgNO_3 と硝酸鉛(Ⅱ) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ の混合水溶液を、炭素電極を用いて電気分解した。陰極に析出した金属を分析したところ、金属単体の質量として、銀 Ag が 108 mg、鉛 Pb が 207 mg 含まれていた。電気分解に用いた電気量は何 C か。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、ファラデー定数を $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。なお、陰極に流れた電子はすべて Ag と Pb の析出に使われ、その他の反応は起きていないものとする。

C

- ① 96.5 ② 193 ③ 290 ④ 386 ⑤ 483

問 3 気体の五酸化二窒素 N_2O_5 は、次の式(1)に示すように分解して、二酸化窒素 NO_2 と酸素 O_2 を生じる。



ある一定の温度において、体積が一定の容器内で N_2O_5 の分解反応の実験を行ったところ、表1の結果が得られた。 N_2O_5 の分解反応の反応速度式が $v = k[\text{N}_2\text{O}_5]$ で表されるとしたとき、この温度での k の値として最も適当な数値を、後の①～④のうちから一つ選べ。 9 /min

表1 N_2O_5 のモル濃度，平均濃度，濃度変化

反応開始からの時間 (min)	N_2O_5 のモル濃度 ($\times 10^{-3}$ mol/L)	N_2O_5 の平均濃度 ($\times 10^{-3}$ mol/L)	N_2O_5 の濃度変化 ($\times 10^{-3}$ mol/L)
0	12.4		
10	9.2	10.8	- 3.2
20	6.8	8.0	- 2.4
30	5.0	5.9	- 1.8
40	3.8	4.4	- 1.2
50	2.8	3.3	- 1.0

- ① 3.0×10^{-2} ② 3.0×10^{-1} ③ 3.4 ④ 3.4×10^1

化 学

問 4 電解質水溶液において、少量の酸または塩基が混入しても、水素イオン指数 pH をほぼ一定に保つはたらきを緩衝作用という。緩衝作用は食品や化粧品などの pH を一定に保ち、品質を安定化する目的で利用されている。電解質水溶液や緩衝作用を示す水溶液(緩衝液)に関する次の問い(a～c)に答えよ。

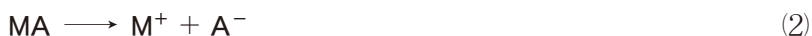
a 次の電解質ア～ウを水溶液にしたとき、酸性を示すものはどれか。すべてを正しく選択しているものとして最も適当なものを、後の①～⑦のうちから一つ選べ。

ア NH_4NO_3 イ NaHSO_4 ウ NaHCO_3

- ① ア ② イ ③ ウ ④ ア, イ
⑤ ア, ウ ⑥ イ, ウ ⑦ ア, イ, ウ

b 緩衝液の緩衝作用は、電離平衡の視点から説明できる。次の文章中の空欄 ・ に当てはまる語句の組合せとして最も適当なものを、後の①～⑧のうちから一つ選べ。

弱酸 HA と、HA の塩 MA (M はアルカリ金属を表す) を同じ濃度で含む水溶液を考える。式(2)に示すように MA は水溶液中でほぼ完全に電離する。



一方、HA は一部が電離して、式(3)のような平衡状態となる。



そのため、この混合水溶液中には H^+ と比較して HA と A^- が多量に存在している。

この混合水溶液に少量の H^+ (酸の水溶液) を加えると、式(3)の平衡は

エ に移動し、 **オ** する。そのため、 $[H^+]$ の増加が抑えられる。

また、少量の OH^- (塩基の水溶液) を加えると、式(4)の平衡が移動して、 $[OH^-]$ の増加が抑えられる。



以上のように、pH の値はほぼ一定に保たれる。

	エ	オ
①	左 側	$[HA]$ と $[A^-]$ がともに増加
②	左 側	$[HA]$ が増加し、 $[A^-]$ が減少
③	左 側	$[HA]$ が減少し、 $[A^-]$ が増加
④	左 側	$[HA]$ と $[A^-]$ がともに減少
⑤	右 側	$[HA]$ と $[A^-]$ がともに増加
⑥	右 側	$[HA]$ が増加し、 $[A^-]$ が減少
⑦	右 側	$[HA]$ が減少し、 $[A^-]$ が増加
⑧	右 側	$[HA]$ と $[A^-]$ がともに減少

化 学

c 少量の酸や塩基を加えても緩衝作用を示し、pH がほとんど変化しない水溶液として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 12

- ① 0.1 mol/L アンモニア水と 0.1 mol/L 塩酸を体積比 1 : 1 で混合した水溶液
- ② 0.1 mol/L アンモニア水と 0.1 mol/L 塩酸を体積比 2 : 1 で混合した水溶液
- ③ 0.1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液と 0.1 mol/L 塩酸を体積比 1 : 1 で混合した水溶液
- ④ 0.1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液と 0.1 mol/L 酢酸水溶液を体積比 1 : 1 で混合した水溶液

化 学

第 3 問 次の問い(問 1 ~ 5)に答えよ。(配点 20)

問 1 水素原子の酸化数が水 H_2O とは異なる化合物として最も適当なものを，次の①~④のうちから一つ選べ。 13

① NaH

② NH_3

③ H_2O_2

④ HF

問 2 リンに関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを，次の①~⑤のうちから一つ選べ。 14

① リンは，生体内の核酸に含まれている。

② 赤リンは，空气中で自然発火するので，水中に保管する。

③ 黄リンや赤リンは，乾燥空气中で燃焼させると，十酸化四リンを生じる。

④ 十酸化四リンは，吸湿性が強く，乾燥剤として利用されている。

⑤ リン酸は，3価の酸である。

問 3 ある金属 M(原子量 m)の硫酸塩は、組成式 $\text{MSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (式量 $m + 222$)の水和物をつくる。この水合物 2.46 g を加熱して無水物 MSO_4 (式量 $m + 96$)にしたところ、質量は 1.20 g になった。この金属 M の原子量 m として最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 15

① 24

② 40

③ 52

④ 56

⑤ 64

化 学

問 4 遷移元素に関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

16

- ① 周期表で典型元素以外が遷移元素である。
- ② 遷移元素は、周期表で第4周期からはじめて現れる。
- ③ 第6周期までの遷移元素は、すべて金属元素である。
- ④ 第4周期の遷移元素の原子では、最外殻電子の数は1または2個である。
- ⑤ 遷移元素の錯イオンの配位数は、4のみである。

問 5 硫化水素 H_2S は、無色で有毒な気体である。さまざまな金属イオンを含む水溶液に H_2S を通じると、金属硫化物の沈殿が生じる。水溶液が酸性か塩基性かによって沈殿する金属イオンの種類が異なるため、 H_2S は金属イオンの分離に用いられる。次の問い(a・b)に答えよ。

a H_2S を通じた際の水溶液中の $[\text{S}^{2-}]$ と $[\text{H}^+]$ の関係は、電離定数 K を用いて式(1)のように表すことができる。

$$[\text{S}^{2-}] = \frac{K[\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]^2} \quad (1)$$

0.010 mol/L の鉄(II)イオン Fe^{2+} を含む水溶液から硫化鉄(II) FeS の沈殿を得たい。 $[\text{H}_2\text{S}]$ が 0.10 mol/L のとき、 FeS の沈殿を生じさせるためには、水溶液中の $[\text{H}^+]$ はいくらより小さい必要があるか。その数値として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、この実験を行う温度において、 H_2S の電離定数は $K = 1.0 \times 10^{-21} (\text{mol/L})^2$ とし、 FeS の溶解度積は $2.5 \times 10^{-9} (\text{mol/L})^2$ とする。

$$[\text{H}^+] < \boxed{17} \text{ mol/L}$$

- ① 4.0×10^{-16} ② 1.4×10^{-9} ③ 2.0×10^{-8} ④ 2.0×10^{-7}

化 学

- b Ag^+ , K^+ , Zn^{2+} , Fe^{3+} を含む酸性水溶液がある。これらの金属イオンを分離するために、 H_2S 、水酸化ナトリウム NaOH 水溶液、アンモニア水を用いて、図 1 に示す手順で実験を行った。その結果、沈殿 A、ろ液 B、沈殿 C、ろ液 D として 4 種類の金属イオンをそれぞれ分離できた。この実験の操作 I ~ III の組合せとして最も適当なものを、後の①~⑥のうちから一つ選べ。
- 18

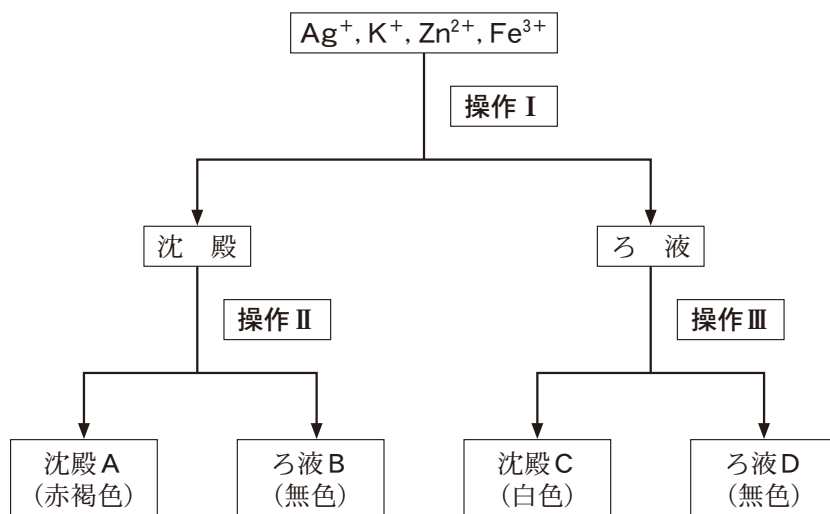


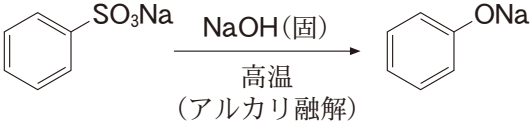
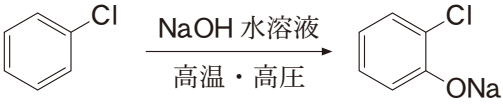
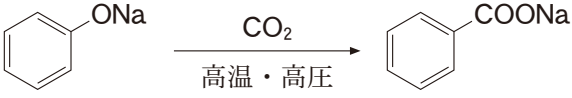
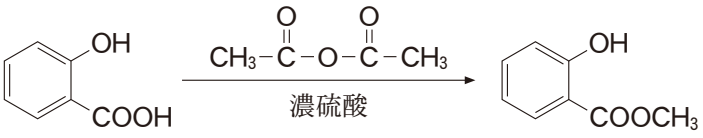
図 1 金属イオンを分離する手順

	操作Ⅰ	操作Ⅱ	操作Ⅲ
①	H ₂ S を通じる	NaOH 水 溶 液 を過剰に加える	アンモニア水を 過剰に加える
②	H ₂ S を通じる	アンモニア水を 過剰に加える	NaOH 水 溶 液 を過剰に加える
③	NaOH 水 溶 液 を過剰に加える	H ₂ S を通じる	アンモニア水を 過剰に加える
④	NaOH 水 溶 液 を過剰に加える	アンモニア水を 過剰に加える	H ₂ S を通じる
⑤	アンモニア水を 過剰に加える	H ₂ S を通じる	NaOH 水 溶 液 を過剰に加える
⑥	アンモニア水を 過剰に加える	NaOH 水 溶 液 を過剰に加える	H ₂ S を通じる

化学

第4問 次の問い(問1～5)に答えよ。(配点 20)

問1 反応①～④のうち正しいものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 19

①	 $\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_3\text{Na} \xrightarrow[\text{(アルカリ融解)}]{\text{NaOH(固), 高温}} \text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}$
②	 $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl} \xrightarrow[\text{高温・高圧}]{\text{NaOH 水溶液}} \text{C}_6\text{H}_4(\text{Cl})\text{ONa}$
③	 $\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa} \xrightarrow[\text{高温・高圧}]{\text{CO}_2} \text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$
④	 $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COOH} \xrightarrow[\text{濃硫酸}]{\text{CH}_3\text{CO}-\text{O}-\text{CO}-\text{CH}_3} \text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COOCH}_3$

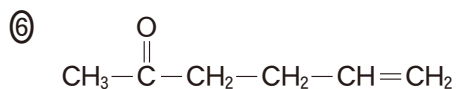
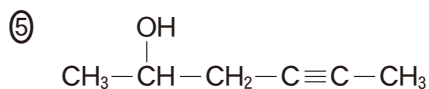
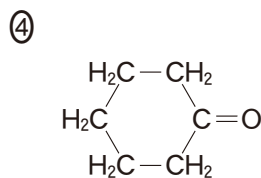
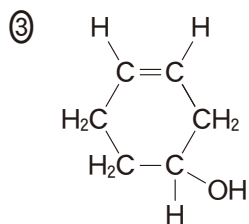
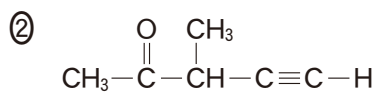
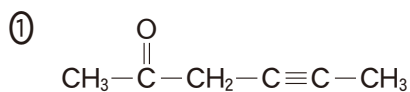
問 2 次の記述 I ~ IV のすべてに当てはまる化合物はどれか。最も適当なものを、
後の①~⑥のうちから一つ選べ。 20

I 分子式は $C_6H_{10}O$ である。

II 臭素水を脱色する。

III 不斉炭素原子をもつ。

IV ヨードホルム反応を示す。



化 学

問 3 分子式 C_4H_8 をもつ化合物のうち、アルケンである構造異性体はいくつあるか。また、その中で立体異性体がある構造異性体はいくつあるか。正しい数を、次の①～⑩のうちから一つずつ選べ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。

構造異性体の数

21

立体異性体がある構造異性体の数

22

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

問 4 糖類に関する記述として下線部に誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 23

- ① 二糖は、2分子の単糖が脱水縮合した化合物であり、この反応でできた結合をグリコシド結合という。
- ② マルトース $C_{12}H_{22}O_{11}$ は麦芽糖ともよばれ、デンプンをアミラーゼで加水分解すると生じる。
- ③ 甘味料や化粧品の保湿成分として用いられているトレハロース $C_{12}H_{22}O_{11}$ は、2分子の単糖が還元性を示す部分どうしで脱水縮合しているため、銀鏡反応を示さない。
- ④ アミロースは、ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液(ヨウ素溶液)により青～濃青色を示す。これは多数の β -グルコースで構成されたらせん構造の中に I_2 や I_3^- などが取り込まれるためである。
- ⑤ もち米のデンプンは、ほぼ 100 % アミロペクチンでできている。

b グルタチオンを構成するアミノ酸のうち、グリシンを用いる実験を行った。次の図1は、グリシンの酸性水溶液に水酸化ナトリウム NaOH 水溶液を滴下したときの pH の変化を示している。

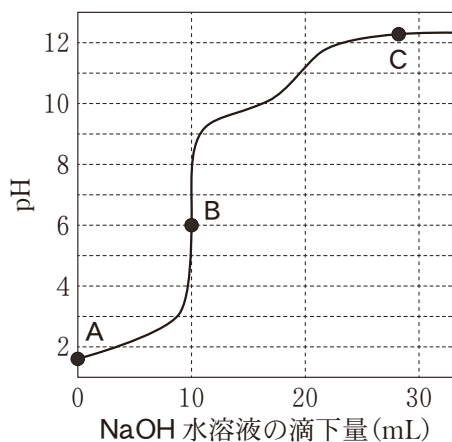
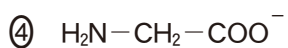
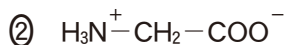


図 1

図1の点 A, B, C において、グリシンはどの構造で最も多く存在しているか。最も適当なものを、次の①~④のうちから一つずつ選べ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。

A B C



化 学

第5問 身のまわりに使われている化学物質に関連する次の問い(問1～3)に答えよ。(配点 20)

問1 無機物質に関する次の問い(a・b)に答えよ。

a 酸化数が+6のクロム(6価クロム)の化合物は有毒ではあるものの、これまで酸化剤として多用されていた。現在、6価クロムの使用は制限されているが、その他のクロムは有用な物質としてさまざまな利用がなされている。

クロムおよびその化合物に関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

28

- ① クロムは、空气中で酸化被膜をつくり不動態となるので、鉄さび防止のため、めっきに用いられる。
- ② ステンレス鋼は鉄を主成分とする合金であり、クロムを含む。
- ③ クロム酸イオン CrO_4^{2-} を含む水溶液に塩基を加えると二クロム酸イオン $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ を生じ、酸性にすると再び CrO_4^{2-} に戻る。
- ④ 水溶液中でクロム酸イオンは鉛(II)イオンと反応し、クロム酸鉛(II) PbCrO_4 の黄色沈殿を生じる。

- b ケイ素は酸素の次に地殻中に多く存在する元素であり、ケイ素の化合物は古くから土器や陶磁器、ガラスなどに用いられてきた。高純度のケイ素 Si は半導体の性質をもち、集積回路や自然エネルギー利用に有用な太陽電池に用いられている。このように、高純度の Si およびその化合物の活用は重要である。

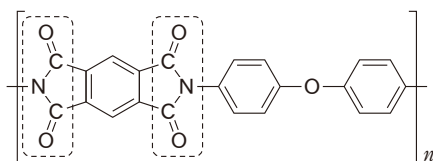
ケイ素やその酸化物に関する記述として下線部に誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 29

- ① Si の結晶はダイヤモンドと同じく 正四面体構造をもつ共有結合の結晶 である。
- ② アモルファスシリコンでは、Si 原子が不規則に配列している。
- ③ 高純度の Si の表面に生じる絶縁体である SiO_2 は、十分な量の高純度の フッ化水素酸 (HF 水溶液) を用いて溶解することにより、 H_2SiF_6 として除くことができる。
- ④ 通信用海底ケーブルの光ファイバーには、繊維状に加工した 高純度の Si が用いられている。

化学

問 2 合成高分子に関する次の文章を読み、後の問い(a・b)に答えよ。

高分子材料は一般に電気絶縁性が高い。集積回路の絶縁保護膜材料などとして使用されているポリイミドは、強度や耐熱性に優れた高分子化合物として知られる。次に示す化合物 A は代表的なポリイミドであり、2種類の単量体が破線枠で示した結合(イミド結合)によってつながることで合成できる。



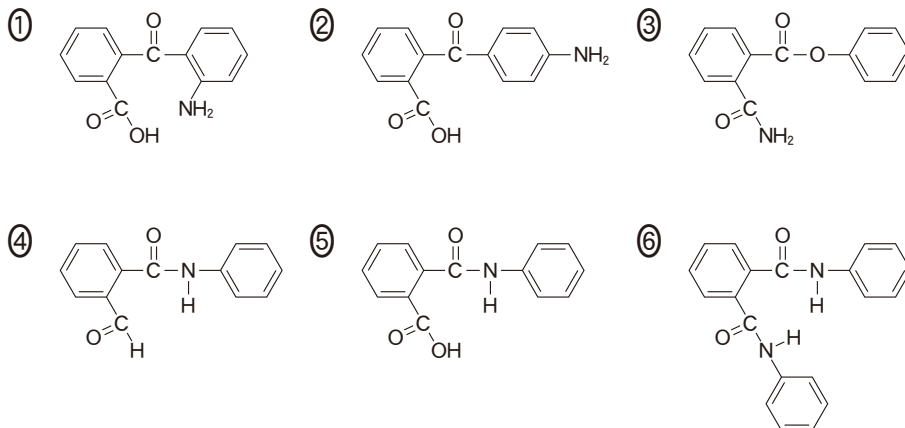
A

式(1)はイミド結合をもつ化合物 C を合成する 2 段階の反応を示している。無水フタル酸とアニリンが反応すると化合物 B が生成し、これが分子内脱水反応することにより、イミド結合が形成される。



a 化合物 B として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

30

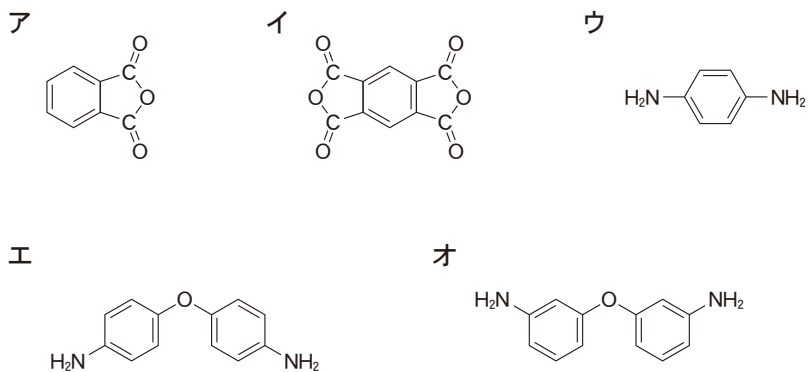


b 化合物 A は、式(1)のイミド結合を形成する反応を利用して合成される。

次に示す化合物ア～オのうち、どの二つが A の原料として用いられるか。

組合せとして最も適当なものを、後の①～⑥のうちから一つ選べ。

31



- ① ア, ウ ② ア, エ ③ ア, オ
 ④ イ, ウ ⑤ イ, エ ⑥ イ, オ

化 学

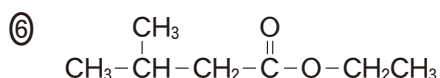
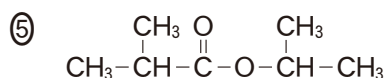
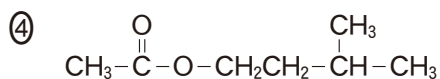
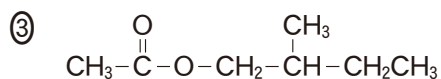
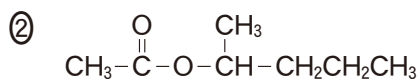
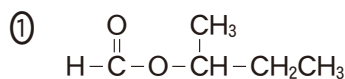
問 3 エステルは自然界に多くみられる化合物の一つであり，果実の香りの多くがエステルによる。例えば，バナナの香り成分には酢酸エチルが含まれている。エステルに関する次の問い(a・b)に答えよ。

a 化合物①～⑥は，いずれも香料として利用されているエステルである。このうち，次の条件Ⅰ～Ⅲをすべて満たすエステルの構造式として最も適当なものを，後の①～⑥のうちから一つ選べ。 32

Ⅰ 加水分解すると，二つの化合物DとEが生成する。

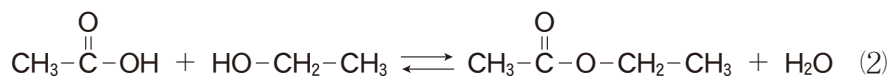
Ⅱ 化合物Dは，アセトアルデヒドを酸化しても得られる。

Ⅲ 化合物Eを酸化するとケトンが得られる。



- b カルボン酸とアルコールから酸を触媒として脱水縮合するエステルの合成反応は、可逆反応である。酢酸 4.0 mol とエタノール 5.0 mol を用いて、式(2)の反応を平衡に達するまで行ったところ、酢酸エチルが 3.0 mol 生成した。この反応の平衡定数 K はいくらか。最も適当な数値を、後の①～⑨のうちから一つ選べ。ただし、反応物と生成物の蒸発はないものとする。

33



- ① 1.0 ② 1.5 ③ 2.0 ④ 2.5 ⑤ 3.0
⑥ 3.5 ⑦ 4.0 ⑧ 4.5 ⑨ 5.0