

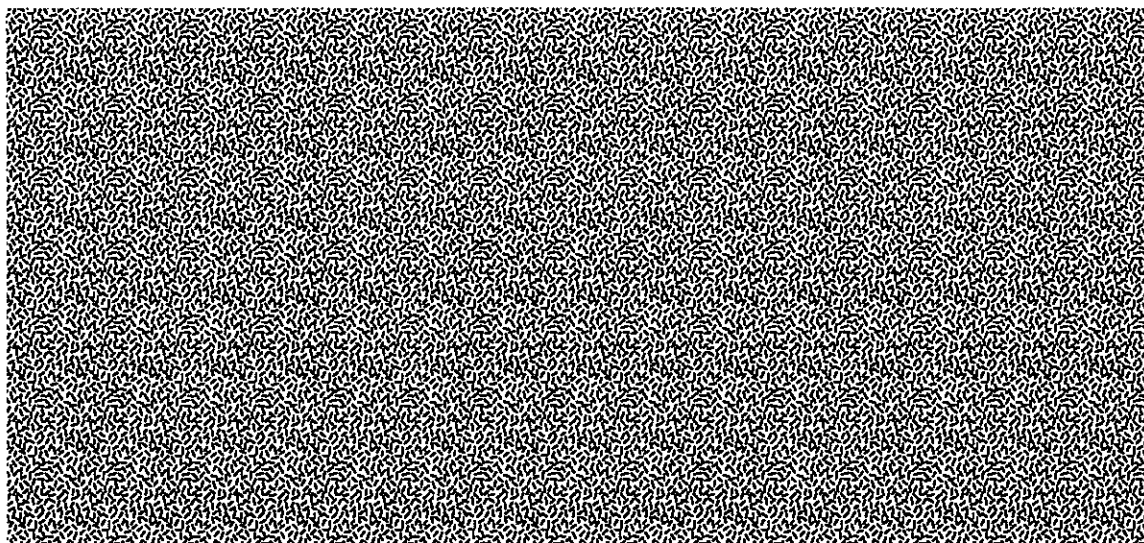
2026—(A)

▲化学問題

13:00～14:15 (75分)

受験についての注意

1. 試験開始の合図があるまで、問題を見てはいけません。
2. 化学の試験用紙は、問題用紙1部(12ページ)、記述式解答用紙(1)1枚、記述式解答用紙(2)1枚、記述式解答用紙(3)1枚、記述式解答用紙(4)1枚から構成されています。過不足があれば監督者に申し出てください。
なお、記述式解答用紙はセットになっています。監督者の指示に従って、解答用紙を破ったりしないよう注意して、ミシン目に沿って1枚ずつ切り離してください。
3. 試験中に試験用紙の印刷の不鮮明、ページの欠落、乱れおよび解答用紙の汚れなどに気づいた場合は、監督者に申し出てください。
4. 監督者の指示に従って、記述式解答用紙(4枚)の受験番号の記入欄に受験番号をそれぞれ2カ所(計8カ所)記入してください。また、氏名欄に氏名をそれぞれ1カ所(計4カ所)記入してください。
5. 解答はすべてHBの黒鉛筆またはHBで0.5mm以上の芯のシャープペンシルで記入してください。
6. 解答用紙は丁寧に取扱いってください。
7. 解答は、解答用紙の問題番号を十分に確認のうえ、解答用紙の各問指定の枠内に記入してください。解答用紙の裏面にはいっさい記入してはいけません。下書きなどには問題用紙の余白を利用してください。
8. 解答中以外の解答用紙は必ず裏返しに置いてください。
9. 受験中は不審な行動をとってはいけません。不正行為があれば当該年度の全入学試験を無効とします。
10. 試験時間の途中で退場することはできません。
ただし、気分が悪いなど身体の調子が悪くなった場合は、手を挙げて監督者に申し出てください。
11. 試験終了の合図と同時に解答をやめてください。
12. 問題用紙は試験終了後、持ち帰ってください。

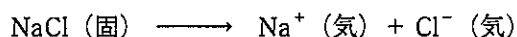


解答はすべて別紙の解答用紙に記入しなさい

〔 I 〕 以下の文を読み、問いに答えよ。なお、原子量は Na : 23.0, Cl : 35.5, K : 39.1, I : 126.9, Cs : 132.9 とする。

食塩は古くから調味料や保存料として使われてきた。食塩の主成分である塩化ナトリウムは、ナトリウムイオンと塩化物イオンが規則的に配列し、 力によって結びついている。このような結晶を 結晶という。

結晶を構成するイオンを完全に引き離して気体にするために必要なエネルギーを格子エネルギーとよぶ。格子エネルギーは、電荷の間に働く 力に依存する。このため、イオン間の距離が 場合や電荷が 場合に格子エネルギーは大きくなる。格子エネルギーは 結晶の安定度の目安となり、一般に格子エネルギーと融点・沸点には相関がある。塩化ナトリウムの格子エネルギーは、次式におけるエンタルピー変化 ΔH に相当する。



(a) 上式の ΔH を直接実験で求めることは難しいが、いくつかの段階に分けて考えることで求めることができる。

次に、塩化ナトリウム水溶液について考える。ナトリウムイオンと塩化物イオンがそれぞれ水分子と結びつく現象を という。(b) 陽極に炭素、陰極に鉄を用いて、塩化ナトリウム水溶液を電気分解すると、陽極では が発生し、陰極では が発生する。工業的には塩化ナトリウム水溶液を電気分解することで が製造されている。 は水に溶かすと塩基性を示す。

問 1. 文中の空欄 ～ に適切な語句を記せ。ただし、 および には「大きい」または「小さい」のいずれかを入れよ。

問2. 図1に塩化ナトリウム型結晶の単位格子と塩化セシウム型結晶の単位格子を示す.

- (1) 塩化ナトリウム結晶の単位格子の一边の長さは 0.56 nm である. 互いに接しているナトリウムイオンと塩化物イオンの中心間の距離 $[\text{nm}]$ を有効数字2桁で求めよ.
- (2) 塩化ナトリウム結晶, ヨウ化カリウム結晶, 塩化セシウム結晶を, 密度が高い順に並べよ. なお, ヨウ化カリウム結晶および塩化セシウム結晶の単位格子の一边の長さはそれぞれ 0.71 nm , 0.41 nm とする.

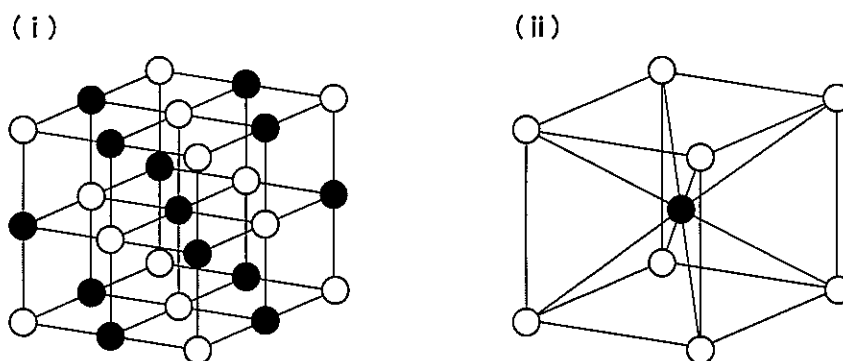


図1. (i) 塩化ナトリウム型結晶の単位格子, (ii) 塩化セシウム型結晶の単位格子
いずれも白丸が陰イオンで, 黒丸が陽イオンである.

問3. 次の値AとBの大小関係を答えよ. 解答欄のAとBの間に不等号を書き入れること.

- (1) A: ナトリウムイオン (Na^+) のイオン半径, B: ナトリウムの原子半径
- (2) A: 塩化物イオン (Cl^-) のイオン半径, B: 塩素の原子半径
- (3) A: ナトリウムイオン (Na^+) のイオン半径, B: 塩化物イオン (Cl^-) のイオン半径
- (4) A: 塩化ナトリウムの融点, B: 塩化カリウムの融点
- (5) A: 塩化ナトリウムの融点, B: 塩化水素の融点

問 4. 下線部 (a) について, 以下の①～⑤の ΔH をもとに塩化ナトリウムの格子エネルギー [kJ/mol] を有効数字 3 桁で求めよ.

- ① NaCl (固) の生成エンタルピー -411 kJ/mol
- ② Na (固) の昇華エンタルピー $+92 \text{ kJ/mol}$
- ③ Cl_2 (気) の結合エネルギー $+243 \text{ kJ/mol}$
- ④ Na (気) のイオン化エネルギー $+496 \text{ kJ/mol}$
- ⑤ Cl (気) の電子親和力 -349 kJ/mol

問 5. 下線部 (b) において, 陽極で起こる反応, および陰極で起こる反応を, 半反応式 (電子 e^- を用いた反応式) で表せ.

問 6. ク の溶解エンタルピーを求める実験を行った. 純水が入った発泡ポリスチレン製の容器に, 固体の ク を 0.10 mol 入れて 100 g の水溶液を調製すると, 水溶液の温度は時間とともに図 2 のように変化した. 純水に ク を入れた時間を 0 秒 とし, そのときの温度を $24.0 \text{ }^\circ\text{C}$ とする. また, 水溶液の比熱は $4.2 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ とする. ク の溶解エンタルピー [kJ/mol] を有効数字 2 桁で求めよ.

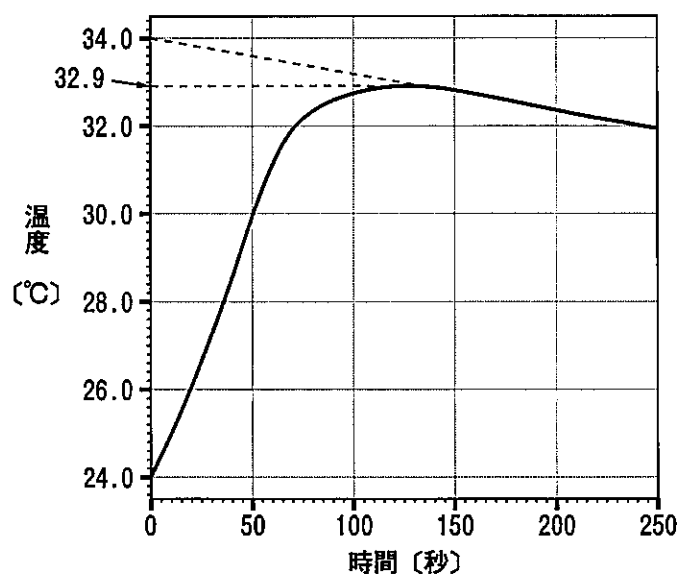


図 2. ク の溶解に伴う温度変化

—— このページは白紙です。 ——

〔Ⅱ〕以下の文を読み、問いに答えよ。なお、原子量はH：1.0、N：14.0、O：16.0とする。

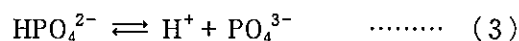
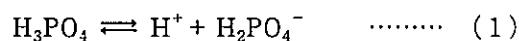
非金属元素である窒素NとリンPは周期表で ア 族に属し、価電子を イ 個持ち、原子価は ウ である。これらの元素は生命活動に欠かすことができない元素であるとともに工業的にも重要な元素である。(a) 窒素 N_2 は空気中に体積比で約 78% 含まれている。単体の窒素は常温では無色・無臭の気体であり、化学反応を起こしにくい。窒素の化合物であるアンモニアは硝酸や肥料の原料として使われている。(b) 実験室においてアンモニアは塩化アンモニウムと水酸化カルシウムを混合し、加熱して得ることができる。工業的には四酸化三鉄 Fe_3O_4 を主成分とする触媒を用いて窒素 N_2 と水素 H_2 を直接反応させて合成する。この方法を エ 法という。(c) 窒素は様々な割合で酸素と結合し、 NO_x と表される窒素酸化物をつくる。これらの物質は大気汚染の原因ともなっている。実験室において、(d) 一酸化窒素は銅に希硝酸を反応させてつくる。また、(e) 二酸化窒素は銅に濃硝酸を反応させてつくる。

(f) 硝酸は工業的に以下の①～③の過程を経る オ 法で製造される。

- ① 白金を触媒として NH_3 を NO にする。 $4NH_3 + 5O_2 \longrightarrow 4NO + 6H_2O$
② NO を空気中で酸化し、 NO_2 にする。 $2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$
③ NO_2 と水を反応させて硝酸とする。 $3NO_2 + H_2O \longrightarrow 2HNO_3 + NO$

硝酸は酸化作用が強く、イオン化傾向の小さい金属とも反応する。さらに濃硝酸と濃塩酸を体積比 1：3 で混合した溶液は カ と呼ばれ、金を溶かすことができる。

リンは地球上では主にリン酸カルシウムとして存在している。リン酸カルシウムと硫酸を反応させるとリン酸二水素カルシウムと硫酸カルシウムの混合物が得られ、これは過リン酸石灰とよばれ肥料として用いられている。単体のリンを空気中で燃焼させると十酸化四リンが生成する。十酸化四リンは吸湿性が高く、乾燥剤として用いられている。十酸化四リンに水を加え、加熱するとリン酸を得ることができる。(g) リン酸は水溶液中で次のように 3 段階に電離する。



また、式 (1)、(2)、(3) の電離定数はそれぞれ $K_1 = 10^{-2.1} \text{ mol/L}$ 、 $K_2 = 10^{-7.2} \text{ mol/L}$ 、 $K_3 = 10^{-12.7} \text{ mol/L}$ である。

問 1. 空欄 ア ～ ウ に適切な数字を, エ ～ カ に適切な語句を記せ.

問 2. 下線部 (a) に関連して, 空気は窒素 N_2 と酸素 O_2 のみで構成され, その物質質量比が $N_2 : O_2 = 80 : 20$ であると仮定する. このとき, 空気の平均分子量と標準状態における密度 $[g/L]$ をそれぞれ有効数字 2 桁で答えよ. なお, 気体はすべて理想気体として振る舞うものとする.

問 3. 下線部 (b) を化学反応式で示せ.

問 4. 窒素 N_2 , アンモニア NH_3 をそれぞれ電子式で示せ.

問 5. 下線部 (c) に関連して, 窒素酸化物には一酸化窒素, 一酸化二窒素, 二酸化窒素, 三酸化二窒素, 四酸化二窒素などがある. それぞれの物質の窒素の酸化数を答えよ.

問 6. 下線部 (d), (e) を化学反応式で示せ. また, 生じた気体を捕集するには上方置換, 水上置換, 下方置換のどれが最も適当かそれぞれ答えよ.

問 7. 下線部 (e) に関連して, 銅と濃硝酸は反応するが, 鉄, アルミニウム, ニッケルを濃硝酸に入れても反応が進まない. この理由を説明せよ.

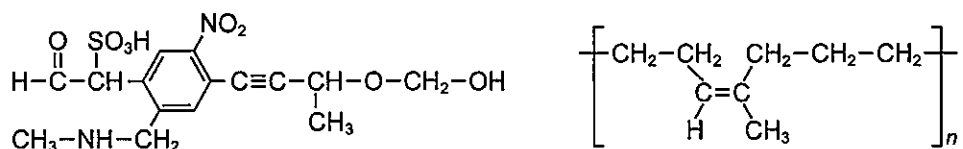
問 8. 下線部 (f) に関連して, 5.1 kg のアンモニアから得ることができる硝酸の最大量は何 kg か. 有効数字 2 桁で答えよ. なお, 過程③で生じた NO はすべて過程②で再利用されるものとする.

問 9. 下線部 (g) に関連した以下の問いに答えよ.

(1) H_3PO_4 , $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} , H^+ のモル濃度 $[mol/L]$ をそれぞれ $[H_3PO_4]$, $[H_2PO_4^-]$, $[HPO_4^{2-}]$, $[PO_4^{3-}]$, $[H^+]$ とする. このとき, $[H_2PO_4^-]$, $[HPO_4^{2-}]$, $[PO_4^{3-}]$ について, K_1 , K_2 , K_3 , $[H_3PO_4]$, $[H^+]$ のうち必要なものを用いて表せ.

(2) リン酸水溶液の pH が 2.0, 7.0, 12.0 のとき, それぞれの場合において, (A) H_3PO_4 , (B) $H_2PO_4^-$, (C) HPO_4^{2-} , (D) PO_4^{3-} の濃度が高い順に (A)～(D) の記号を並べよ.

- 〔Ⅲ〕 以下の問いに答えよ。なお、原子量はH：1.0、C：12.0、N：14.0、O：16.0、S：32.0とする。
構造式を示す場合は、以下の例にならって記述せよ。



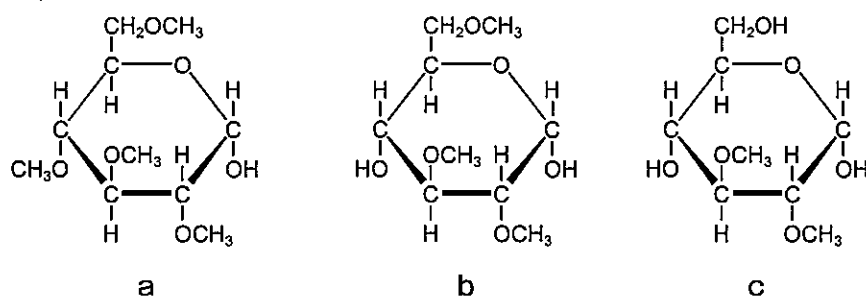
- 問1. 分子式が $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_2$ で構造が互いに異なるエステルA～Dがある。これらは、いずれもベンゼン環を含む化合物である。以下の文を読み、(1)～(4)に答えよ。

エステルAには光学異性体が存在する。エステルBを加水分解すると、化合物EとFが得られた。化合物Eに_(a)ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて反応させると黄色沈殿が生じた。エステルCを加水分解すると、化合物GとHが得られた。銅を触媒として化合物Gを空气中で酸化すると化合物Iが得られた。化合物Iはフェノール樹脂や尿素樹脂の原料となる。化合物Hを酸化して得られた化合物Jを化合物Kと 重合させると高分子化合物Lが得られた。高分子化合物Lはペットボトルや衣料用繊維として日常生活で広く利用されている。エステルDを加水分解すると、化合物MとNが得られた。化合物Mを濃硫酸と加熱すると分子内脱水反応が進行し、化合物Oが得られた。化合物Oを 重合すると熱可塑性樹脂Pが得られた。化合物Nを_(b)アンモニア性硝酸銀水溶液に加えて加熱すると、銀が析出した。この反応から化合物Nは 作用を示すことがわかる。

- (1) エステルA～Dおよび化合物E～Pの構造式を示せ。ただし、エステルAの2つの光学異性体は区別しなくてよい。
- (2) 下線部(a)の反応の名称を答えよ。また、生じた黄色沈殿を化学式で示せ。
- (3) 下線部(b)の反応の名称を答えよ。
- (4) 空欄 ～ に適切な語句を記せ。

問2. 以下の文を読み、(1)～(3)に答えよ.

アミロペクチンは α -グルコースが重合したものであり、アミロースと異なり枝分かれ構造をもつ. アミロペクチンのヒドロキシ基をメチル化すると、グリコシド結合に関与していないヒドロキシ基がメトキシ基 ($-\text{OCH}_3$) に変換される. アミロペクチン 1.62 g のすべてのヒドロキシ基をメチル化してから加水分解したところ、化合物 **a** ($\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}_6$)、**b** ($\text{C}_9\text{H}_{18}\text{O}_6$)、**c** ($\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_6$) がそれぞれ 0.118 g, 2.00 g, 0.104 g 得られた.



- (1) このアミロペクチンの分子量が 4.86×10^5 であるときの平均重合度はいくらか. 有効数字 3 桁で答えよ.
- (2) 化合物 **a**～**c** の分子数の比を答えよ. ただし, 化合物 **a** を 1 として整数で答えること.
- (3) このアミロペクチン分子中に存在する枝分かれの数は 1 分子当たり何個か. 整数で答えよ.

—— このページは白紙です。 ——

——— このページは白紙です。 ———

—— このページは白紙です。 ——