

解答に際して

**I** ~ **V** の解答は、すべて解答用紙の所定の欄に記入しなさい。

**I**

問1～問6に答えなさい。【配点 37】

問1 次の(a)～(c)の現象に関連の深い状態変化の名称を、それぞれ答えなさい。

- (a) 氷を冷凍庫内で長い間放置していたら、小さくなった。
- (b) 冬場、長時間暖房をつけていたら、部屋の窓ガラスに水滴がついた。
- (c) 洗濯物を屋外に干したら乾いた。

問2 次の①～⑤の記述のうち正しいものをすべて選び、番号で答えなさい。

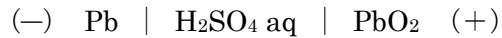
- ① 化学反応の際、物質が熱エネルギーを放出するかわりに光を発する現象は化学発光と呼ばれる。
- ② 正反応が吸熱反応であるとき、正反応の活性化エネルギーより、逆反応の活性化エネルギーのほうが小さい。
- ③ 燃料電池は、燃焼によって発生する熱エネルギーを電気エネルギーに変換するものである。
- ④ 発熱反応では、反応物の生成熱の総和が生成物の生成熱の総和より大きい。
- ⑤ 一定温度で、密閉容器内で熱運動している気体の粒子が持つエネルギーは、すべての粒子で同じである。

問3 (1), (2) に答えなさい。ただし、分子はすべて気体とし、結合エネルギーは下表の値を用いなさい。

結合	結合エネルギー [kJ/mol]
H - H	436
Cl - Cl	243
N $\equiv$ N	945
N - H (NH <sub>3</sub> )	391

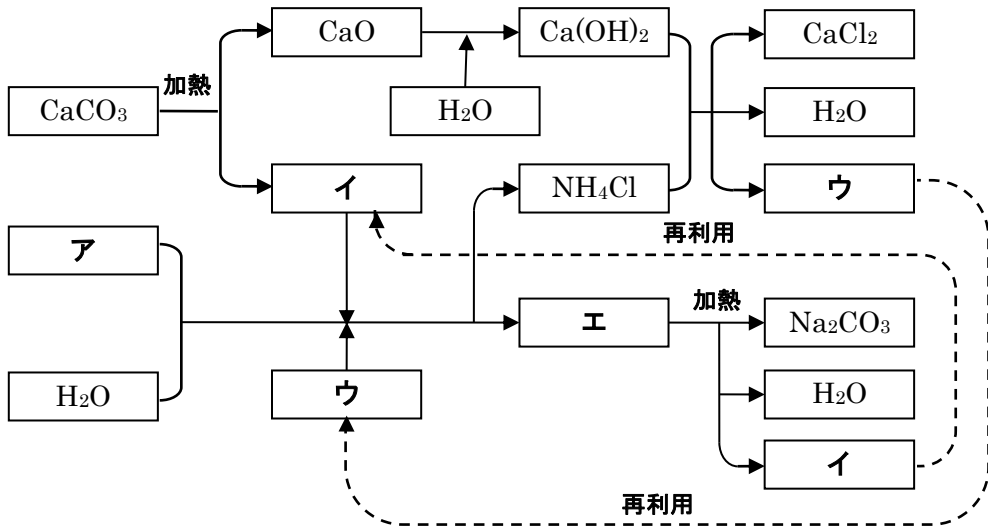
- (1) 1 mol の水素と 1 mol の塩素から 2 mol の塩化水素が生成するときの反応熱は 185 kJ である。1 mol の塩化水素をすべて水素原子と塩素原子に分解するのに必要なエネルギー [kJ] を求め、整数で答えなさい。
- (2) アンモニアの生成熱 [kJ/mol] を求め、有効数字 3 桁で答えなさい。

問4 鉛蓄電池の電池式は下のよう表すことができる。ある鉛蓄電池を 5.0 A の電流で放電させたところ、負極の質量が 9.6 g 増加した。(1)～(4)に答えなさい。ただし、原子量は H = 1.00, O = 16.0, S = 32.0, Pb = 207, ファラデー定数は  $9.65 \times 10^4$  C/mol とする。



- (1) 放電時、負極で起こる反応を電子  $e^-$  を含むイオン反応式で示しなさい。
- (2) 放電させた時間は何秒であったか、整数で答えなさい。
- (3) 放電によって正極の質量は何 g 変化したか、有効数字 2 桁で答えなさい。
- (4) 放電によって電解液の硫酸の濃度はどうなったか、次の①～③から選び、番号で答えなさい。
- ① 高くなった      ② 低くなった      ③ 変わらなかった

問5 下図は炭酸ナトリウムの工業的な製法の概略を示したものである。図中の  
ア ~ エ に適切な化学式を入れなさい。



問6 (1) ~ (3) に答えなさい。

(1) ヨウ素デンプン反応を**示さないもの**を1つ選び、番号で答えなさい。

- ① アミロース                      ② グリコーゲン                      ③ セルロース  
 ④ アミロペクチン

(2) セルロースを完全に加水分解したとき得られるものを1つ選び、番号で答えなさい。

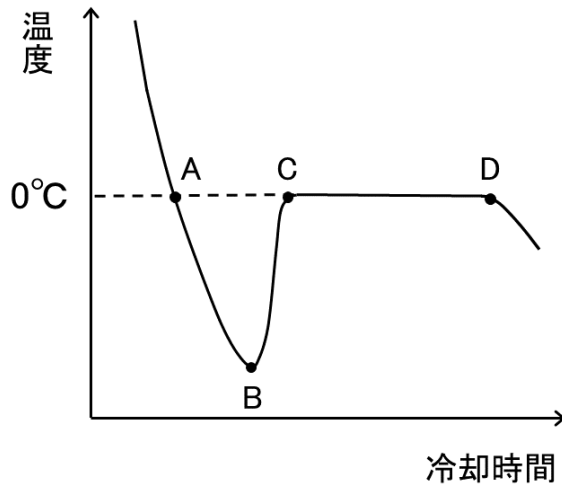
- ① グルコース                      ② フルクトース                      ③ ガラクトース  
 ④ リボース                      ⑤ マンノース

(3) 還元性を示すものを1つ選び、番号で答えなさい。

- ① セルロース                      ② ラクトース                      ③ デンプン  
 ④ グリコーゲン                      ⑤ スクロース

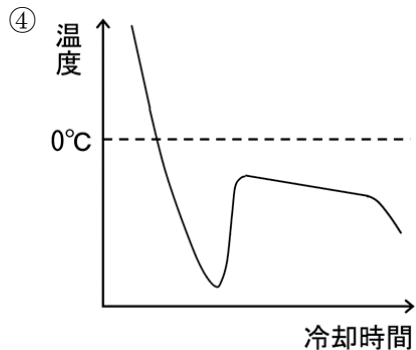
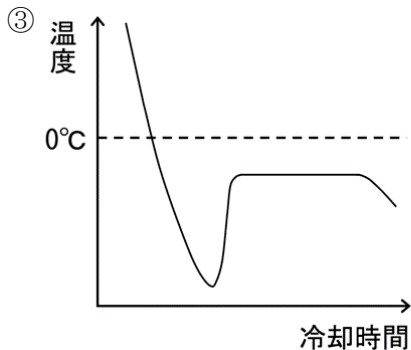
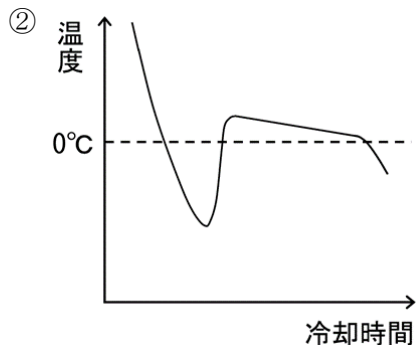
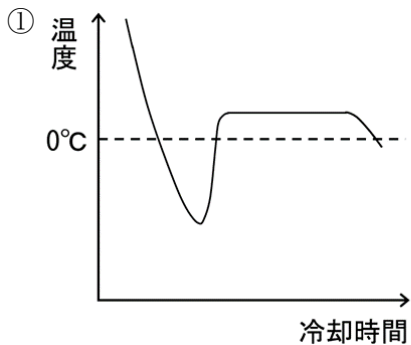
## II

下図は、大気圧下で純粋な水を冷却したときの水の温度と冷却時間の関係を示したもの(冷却曲線)である。問に答えなさい。【配点 12】



- 問 1 水の凝固が始まるのは、図中の A~D のどの点か，記号で答えなさい。
- 問 2 図中の AB 間の状態は何とよばれているか。
- 問 3 図中の CD 間の状態を最も適切に表しているものを①~③から選び，番号で答えなさい。
- ① 液体のみで固体は存在しない。
  - ② 固体と液体の両方が存在している。
  - ③ 固体のみで液体は存在しない。

問4 純粋な水に不揮発性の非電解質を溶かしたときの冷却曲線として最も適切なものはどれか。①～④から選び、番号で答えなさい。



問5 分子量 180 の非電解質 3.6 g を純粋な水 200 g に溶解した。この水溶液の凝固点 [°C] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。ただし、水のモル凝固点降下を  $1.85 \text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$  とする。

### Ⅲ

次の文章を読み、問に答えなさい。【配点 16】

元素 A, B, C, D は周期表第 2 周期から第 5 周期の 17 族元素のいずれかである。①それらのうち B と C の単体は常温で気体であった。 A~D の単体それぞれに②水を反応させると、C の単体は気体を発生させながら激しく反応した。③B や D も一部が反応したが、A はほとんど反応しなかった。 また、これらの単体に常温で水素を反応させたところ、C は冷暗所でも爆発的に反応し、B は光を当てると爆発的に反応したが、A と D はほとんど反応しなかった。A, B, C, D それぞれ 1 原子と水素 1 原子からなる化合物のうち、④C の化合物が最も沸点が高かった。⑤A の陰イオンを含む水溶液に B あるいは D の単体を水に溶かした液を加えると、いずれの場合も A の単体が生じた。

問 1 下線部①に関連して、A と D の単体は常温でどのような状態で存在するか、それぞれ答えなさい。

問 2 下線部②の C の単体に水を反応させたときの反応を化学反応式で示しなさい。

問 3 下線部③について、B の単体と水との反応を化学反応式で示しなさい。



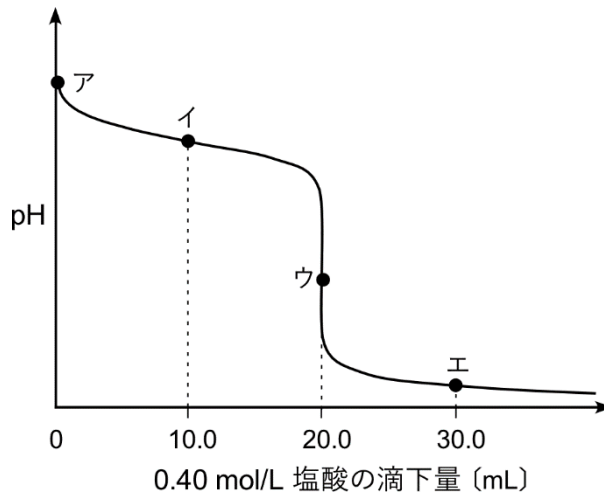
問4 下線部④の C と水素からなる化合物の沸点が高い理由を簡潔に述べなさい。

問5 下線部⑤について, A の陰イオンと D の単体との反応をイオン反応式で示しなさい。

# IV

次の文章を読み、間に答えなさい。ただし、25°Cにおけるアンモニアの電離定数  $K_b$  および水のイオン積  $K_w$  をそれぞれ  $2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 、 $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$  とする。必要なら、 $\log_{10} 2 = 0.30$ 、 $\log_{10} 3 = 0.48$  を用いなさい。【配点 20】

0.40 mol/L アンモニア水溶液 20.0 mL をコニカルビーカーにとり、25°C でかきまぜながら同濃度の塩酸を滴下し、混合液の pH を測定したところ、下図に示すような滴定曲線が得られた。



点ウの中和点においてこの混合液は塩化アンモニウムの水溶液とみなすことができ、電離しているアンモニウムイオンの一部は水と反応して、(a) 式に示すような平衡状態にある。



このとき水溶液中の水のモル濃度  $[\text{H}_2\text{O}]$  は十分に大きく一定であるとみなすことができる。そこで水の濃度を (a) 式の平衡定数  $K$  に掛けた  $K[\text{H}_2\text{O}]$  を  $K_h$  と表すと、(b)式が得られる。

$$K[\text{H}_2\text{O}] = K_h = \boxed{1} \quad \dots\dots(b)$$

この  $K_h$  を加水分解定数という。一方、 $[H_3O^+][OH^-] = K_w$  であることから、加水分解定数  $K_h$  を  $K_b$  と  $K_w$  を用いて表すと

$$K_h = \boxed{2} \quad \dots\dots(c)$$

となる。この関係を用いて点ウの pH を計算することができる。

いま、 $C$  [mol/L] のアンモニウムイオンのうち  $x$  [mol/L] だけ加水分解したとすると、平衡時のアンモニアとオキシニウムイオンの濃度はいずれも  $x$  [mol/L] となる。また、平衡時のアンモニウムイオンの濃度は  $C-x$  [mol/L] であるが、 $C$  に比べて  $x$  は十分に小さいので  $C-x \doteq C$  と近似できる。この近似を用いて  $K_h$  を  $C, x$  で表すと

$$K_h = \boxed{3} \quad \dots\dots(d)$$

となる。以上よりオキシニウムイオン濃度は、 $C, K_b, K_w$  で表すことができ

$$[H_3O^+] = \boxed{4} \quad \dots\dots(e)$$

となる。

問 1 滴定開始前の点アでの pH を求め、小数第 1 位まで答えなさい。

問 2 点イ付近では、少量の塩酸が加えられても pH の変化はわずかである。このような水溶液の pH がほぼ一定に保たれる作用を何というか答えなさい。

問 3  $\boxed{1}$  ~  $\boxed{4}$  に適切な式を入れなさい。

問 4 点ウおよび点エでの pH をそれぞれ求め、小数第 1 位まで答えなさい。

V

実験 1～4 を行って化合物 **F** を合成した。次の文章を読み、問に答えなさい。ただし、構造式は例にならって書きなさい。【配点 15】

実験 1 濃硝酸と濃硫酸の混合物にベンゼンを攪拌しながら加え、その液を加温するとベンゼンの水素原子 1 個が  基に置換した化合物 **A** が得られた。

実験 2 反応容器に実験 1 で合成した **A** と粒状のスズを入れ、これに濃塩酸を加えて、よく攪拌しながら加温した。反応終了後、液体部分を他の容器に移し、6 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を加えていくと反応液が乳濁した。この乳濁液にジエチルエーテルを加え抽出を行った後、ジエチルエーテルだけを除くと化合物 **B** が得られた。

実験 3 **B** の希塩酸溶液を氷冷し、亜硝酸ナトリウムを加えると化合物 **C** が生成した。**C** の水溶液の温度を上げると、気体 **D** と有機化合物 **E**、および塩化水素が生成した。

実験 4 冷却した **C** の水溶液にナトリウムフェノキシドの水溶液を加えると橙赤色の化合物 **F** が得られた。

問 1 実験 1 の  に適切な語句を入れなさい。

問 2 実験 2 の下線部で起こっている有機化合物の変化を化学反応式で示しなさい。ただし、有機化合物は構造式で示しなさい。

問 3 化合物 C の構造式を書きなさい。

問 4 実験 3 で生成した気体 D と有機化合物 E の名称をそれぞれ答えなさい。

問 5 化合物 F の構造式を書きなさい。

(例)

