

〔物理基礎・物理〕〔化学基礎・化学〕〔生物基礎・生物〕

(時間：2出題科目で120分)

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 出題科目、ページ及び選択方法は、下表のとおりです。

出 題 科 目	ページ	選 択 方 法
〔物理基礎・物理〕	1～3	左の3出題科目のうちから、あらかじめ届け出た2出題科目について解答しなさい。
〔化学基礎・化学〕	4～6	
〔生物基礎・生物〕	7～9	

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定の欄に記入しなさい。
- 5 問題冊子の余白は計算等に用いて構いません。
- 6 試験終了後、解答用紙のみを回収します。

# 化学基礎・化学

〔1〕 金属を含む化合物 A～E に関する次の文章(1)～(6)を読み、下の問い(問1～3)に答えよ。

- (1) A, B の酸性水溶液に硫化ナトリウム水溶液を加えると、黒色沈殿を生じた。
- (2) A, B, C, D の水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えると、A, C, D は白色沈殿を、B は褐色沈殿を生じた。さらに、水酸化ナトリウム水溶液を過剰に加えると、A, C の沈殿は溶解した。
- (3) B の水溶液に E の水溶液を加えると、白色沈殿が生じて、この沈殿はアンモニア水に溶けた。
- (4) C の水溶液に D の水溶液を加えると、白色沈殿<sup>(a)</sup>が生じて、この沈殿はアンモニア水に溶けなかった。
- (5) E の水溶液にアンモニアと二酸化炭素を十分に通じると、白色沈殿<sup>(b)</sup>が生じた。この化合物は胃腸薬やベーキングパウダーなどに使用される。
- (6) D の水溶液に二酸化炭素を通じると、白濁した。さらに、過剰に通じると、その白濁は消失して無色透明な溶液になった。

問1 A, B, C, D, E に該当する化合物を以下の①～⑤からそれぞれひとつずつ選び、数字で答えよ。

- ① NaCl                      ② AgNO<sub>3</sub>                      ③ Ca(OH)<sub>2</sub>                      ④ Pb(OCOCH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>                      ⑤ Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>

問2 下線部(a), (b)に該当する白色沈殿物の化学式を書け。

問3 文章(6)では、水溶液中に溶解する二酸化炭素の濃度に応じて、白濁とその消失が起こる可逆な化学反応を示す。これに該当する可逆な反応式を書け。

〔2〕 銅に関する次の文章を読み、下の問い(問1～4)に答えよ。

銅は展性や延性に富み、熱・電気の伝導性が大きい。銅に不純物が含まれると、電気抵抗が大きくなるため、電線には不純物が少ない純銅(純度 99.99 % 以上)を使う必要がある。純銅を得るために、粗銅板(純度約 99 %, 不純物として銀, 鉄, 金, 亜鉛を含むとする)<sup>(a)</sup>を陽極、純銅板を陰極として、硫酸酸性の硫酸銅水溶液中、低電圧(0.3 V 程度)で電気分解をおこなう。この操作を銅の電解精錬という(図1)。粗銅中に含まれる不純物のうち ア と イ はイオン化して溶液中に溶けるが、ウ と エ はイオン化せずに陽極の下に沈殿する。この沈殿物は オ と呼ばれる。

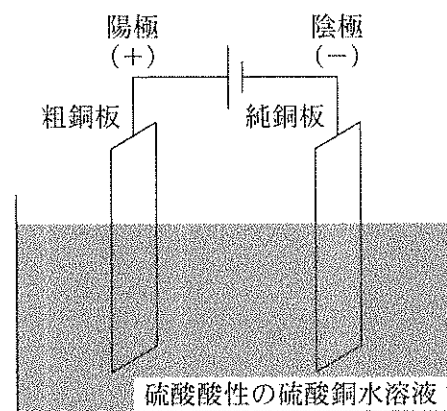


図1 銅の電解精錬の模式図

単体の銅を空气中で加熱すると、黒色の酸化銅( A )になる。酒石酸イオンと水酸化ナトリウムを含む硫酸銅水溶液に、アルデヒドを加えて加熱すると赤色の酸化銅( B )が生成する。このアルデヒドの還元作用を検出する カ 液は、還元糖にも適用される。<sup>(b)</sup>

問1 文中の ア ～ エ に適切な元素名を、オ と カ に適切な語句を書け。

問2 ( A )と( B )に適切な化学式を書け。

問3 下線部(a)の陽極と陰極で起こる銅イオンおよび電子の動きの方向を解答用紙の図に記載して、銅の電解精錬における酸化還元反応について説明せよ。説明には、必要に応じて電子 e<sup>-</sup> を含む反応式も用いてよい。

問4 下線部(b)は図2に示した α-グルコースの水溶液に適用されるが、その還元作用を示すしくみを説明せよ。説明には、必要に応じて構造式、反応式、図なども用いてよい。

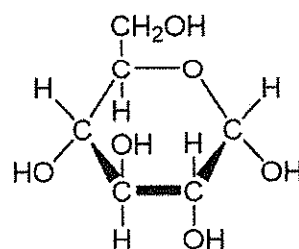
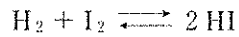


図2 α-グルコースの構造

[3] 次の文章を読み、下の問い(問1～6)に答えよ。有効数字3桁まで解答すること。

水素  $\text{H}_2$  とヨウ素  $\text{I}_2$  (気体) を密閉容器に入れて加熱すると、両者が反応してヨウ化水素  $\text{HI}$  (気体) が生成する。この反応は可逆反応であり、生成したヨウ化水素は分解反応を起こす。これらの化学変化は次の反応式で示すことができる。



問1 この反応の平衡定数  $K$  を表す式を書け。

問2 体積 1.00 L の密閉容器に、水素とヨウ素(気体)をそれぞれ 1.00 mol 入れ、一定温度に保ち、平衡状態に達した。平衡定数が 49.0 のとき、ヨウ化水素の濃度 (mol/L) を求めよ。

問3 この反応における右向き(正)の反応の速度定数を  $k_1$  としたとき、右向き(正)の反応の反応速度  $v_1$  は  $v_1 = k_1[\text{H}_2][\text{I}_2]$  と表される。一方、左向き(逆)の反応の反応速度  $v_2$  は、速度定数を  $k_2$  としたとき  $v_2 = k_2[\text{HI}]^2$  と表される。平衡状態において  $k_1$  と  $k_2$  の間にはどのような関係があるか。式で答えよ。

問4 この反応のエネルギー状態を書き表すと図3のようになる。 $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{HI}$  の反応の活性化エネルギーが 175 kJ、反応熱が 9.00 kJ のとき、逆反応  $2\text{HI} \rightarrow \text{H}_2 + \text{I}_2$  の活性化エネルギーを求めよ。

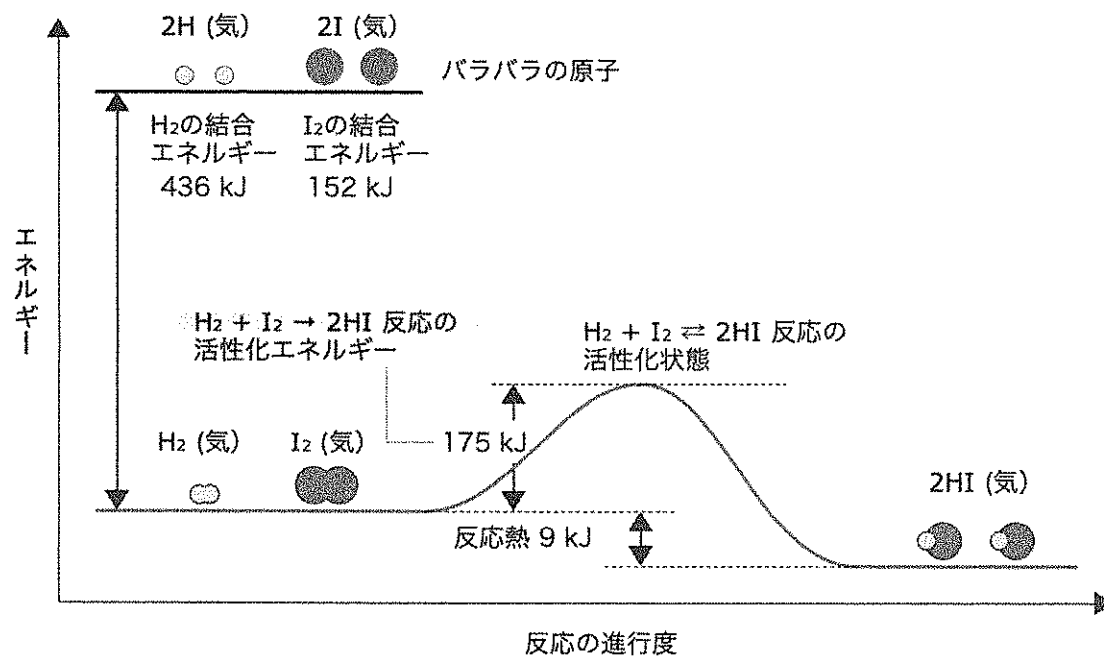


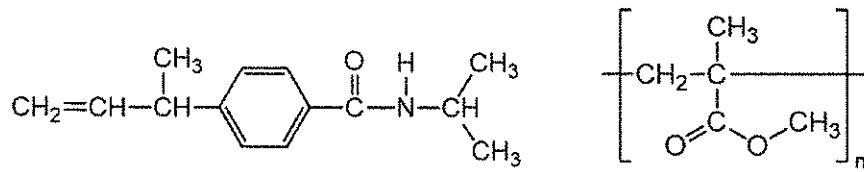
図3 ヨウ化水素の生成分解反応の進行とエネルギー変化

問5  $\text{H}_2$  の結合エネルギーが 436 kJ、 $\text{I}_2$  の結合エネルギーが 152 kJ のとき、 $\text{HI}$  の結合エネルギーを求めよ。

問6 問3の反応速度式、ならびに問4の反応エネルギー図に基づいて、ヨウ化水素の生成分解反応のしくみについて考えられることを述べよ。説明には、必要に応じて化学式、反応式、図なども用いてよい。

[ 4 ] 有機化合物や高分子化合物に関する次の文章(1)~(3)を読み、下の問い(問1~7)に答えよ。構造式は次の例のように示せ。

原子量は次の値を用いること。C = 12.01, H = 1.01, O = 16.00



構造式の例：

(有機化合物)

(高分子化合物)

- (1) 化合物 A は、 $-23^\circ\text{C}$  の沸点をもつ炭化水素である。白金やパラジウムを触媒として、1 mol の化合物 A と 2 mol の水素との反応が完全に進行すると、化合物 B を生成する。活性を弱めた触媒(表面を不活性化したパラジウム)を用いて、化合物 A に 1 mol の水素が反応すると、化合物 C が得られる。化合物 C は元素分析により炭素 85.63 %、水素 14.37 % で構成される。化合物 C を単量体とした付加重合<sup>(a)</sup>が起きると、高分子化合物 D を生成する。高分子化合物 D は一般に使用されている不織布マスクの本体やボトル容器のキャップとして使われる。
- (2) 化合物 C を低温でオゾンと反応させた後、亜鉛で還元すると、化合物 C の不飽和結合が開裂した化合物 E と化合物 F が得られる(オゾン分解)<sup>(b)</sup>。化合物 E と化合物 F をそれぞれアンモニア性硝酸銀水溶液に加えて穏やかに加熱すると、銀が析出する。また、化合物 E の分子量は化合物 F の分子量より小さい。
- (3) 酸や塩基を触媒として、化合物 E とフェノールの付加反応と縮合反応が繰り返して起こる重合反応(付加縮合)<sup>(c)</sup>によって合成される樹脂はフェノール樹脂(ベークライト)と呼ばれる。フェノール樹脂は電気絶縁性、耐熱性に優れ、電気部品、機械部品や加熱器具の持ち手などに利用される。

問 1 化合物 A, B の構造式を示せ。

問 2 化合物 C の構造式を示せ。化合物 C には構造異性体 C' が存在する。その名称を書け。

問 3 高分子化合物 D の構造式と名称を示せ。

問 4 下線部(a)と同様な重合反応で得られる高分子化合物を以下の①~⑥から 2 つ選び、数字で答えよ。

- |              |                 |           |
|--------------|-----------------|-----------|
| ① ナイロン 6     | ② ポリエチレンテレフタレート | ③ ナイロン 66 |
| ④ ポリアクリロニトリル | ⑤ メラミン樹脂        | ⑥ ポリスチレン  |

問 5 化合物 E, F の構造式を示せ。

問 6 下線部(b)のオゾン分解に代えて、化合物 C を過剰量の硫酸酸性過マンガン酸カリウム  $\text{KMnO}_4$  水溶液に加えたとき、化合物 C から化学変化して最終的に生成する 3 つの化合物 を化学式で書け。なお、化合物は構造式で示してもよい。

問 7 高分子化合物 D は、熱を加えると軟化し、冷却すると硬化する熱可塑性高分子として分類される。一方、下線部(c)のフェノール樹脂は、初めは軟らかい樹脂状で型に入れて熱を加えると硬化する熱硬化性高分子として知られている。フェノール樹脂が熱硬化性を示す理由を説明せよ。