

化 学

必要があれば，原子量および定数は以下の値を使いなさい。

H 1.0

C 12

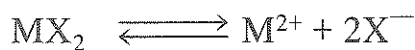
O 16

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

1 浸透圧と凝固点に関する以下の問いに答えなさい。ただし、計算においては、計算過程も書き、有効数字2桁で答えなさい。

(1) 内径が等しく左右対称のU字管の中央部を水分子しか通らない半透膜で仕切った装置が3つある。U字管の一方に水 100 mL を入れ、U字管のもう一方に希薄でモル濃度が等しい①グルコース水溶液、②塩化ナトリウム水溶液、および③塩化カルシウム水溶液 100 mL をそれぞれ入れてしばらく放置したのちに管の液面高さを測定した。このとき、U字管の左右の液面の高さの差が大きい順に①～③を左から並べなさい。

(2) (1)と同様の半透膜で仕切ったU字管の一方に塩化ナトリウム水溶液 (0.15 mol/L) を 100 mL 入れ、もう一方に分子量 200 の仮想的な物質 MX_2 4.0 g を水に溶解させ、全量を 100 mL にしてU字管のもう片方に入れた。しばらく放置したのちに両方の管の水面高さに変化がないとすると、 MX_2 の電離度 α を求めなさい。ただし、 MX_2 は水溶液中で以下のように電離する。



(3) タンパク質 1.0 g を 100 mL の水に完全に溶解させたとき、この水溶液の浸透圧が 7°C で 360 Pa であった。このとき、タンパク質の分子量を求めなさい。ただし、タンパク質は非電解質とし、その体積は無視できるものとする。

(4) (3)のタンパク質水溶液の凝固点 ($^\circ\text{C}$) を答えなさい。ただし、水の密度、モル凝固点降下 K_f および凝固点は、それぞれ 1.0 g/cm^3 , $1.9 \text{ K}\cdot\text{kg/mol}$ および 0°C とする。

(5) 圧力計の最小目盛りが 1 Pa、温度計の最小目盛りが 1°C であるとする。タンパク質の分子量を測定する場合、浸透圧と凝固点降下を用いる方法のうち、どちらが適しているか答えなさい。また、その理由を測定装置の最小目盛りを考慮して説明しなさい。

2 硫黄の単体とその化合物に関する次の文章を読んで以下の問いに答えなさい。

硫黄は周期表の 族に属する典型元素であり、原子は価電子を 個もち、 価の陰イオンになりやすい。硫黄は非金属元素とは 結合を、金属元素とは 結合をつくる。

硫黄は多くの元素と化合物をつくり、地殻中に鉱物として多量に存在するが、自然界で単体としても分布する。単体の硫黄には 硫黄、 硫黄、 硫黄などの同素体がある。また、硫黄は硫酸、医薬品、農薬などの製造に広く利用されている。

硫化水素は、腐卵臭をもつ 色の有毒な気体であり、①硫化鉄(II)に希硫酸を加えて発生させる。②金属イオンを含む水溶液に硫化水素を通じると、電離してできた硫化物イオンが金属イオンと反応して、水に溶けにくい硫化物の沈殿を生成する。

二酸化硫黄は、③(無臭・刺激臭)をもつ無色の有毒な気体であり、亜硫酸ナトリウムに希硫酸を加えて発生させる。二酸化硫黄は、酸化還元反応の際、硫化水素のような強い 剤には 剤としてはたらく。

硫酸は肥料や薬品の製造、鉛蓄電池などに広く使われており、工業的には 法とよばれる方法で製造される。濃硫酸は無色で水よりも粘性の④(小さい・大きい)液体であり、水に溶かすと希硫酸になる。希硫酸は強い酸性を示し、イオン化傾向が水素より⑤(小さい・大きい) ⑥金属と反応して水素を発生する。

(1) 上記の文章中の ～ にあてはまる適切な語句または数値を答えなさい。

(2) 下線部①の反応により硫化水素を発生させるときの化学反応式を示しなさい。

- (3) 下線部②のように、金属イオン (Ag^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Al^{3+}) を含む水溶液に硫化水素を通じる際、酸性・中性・塩基性のいずれの溶液でも沈殿する金属イオンを3つ答えなさい。
- (4) 下線部③～⑤について、括弧内の語句のうち正しいものを答えなさい。
- (5) 下線部⑥のように、希硫酸が金属と反応して水素を発生する際の化学反応式を、金属が亜鉛である場合について示しなさい。

3 電池に関する以下の問いに答えなさい。

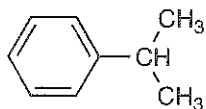
酸化還元反応に伴って発生する化学エネルギーを、電気エネルギーとして取り出す装置を電池という。電池から電流を取り出すことを **ア** という。2つの電極のうち、電子が流れ出して表面で **イ** 反応が起こる電極を **ウ** 極、電子が銅線に流れ込んで表面で **エ** 反応が起こる電極を **オ** 極という。また、2つの電極間の電位差を **カ** という。**ア** した電池に、その電池の **カ** よりも大きな電圧をかけると **ア** と①逆の反応を起こす電池を **キ** 電池という。鉛蓄電池はこの代表である。**ア** 時に、鉛蓄電池の **ウ** 極で起こる反応と、② **オ** 極で起こる反応によって電池として機能する。鉛蓄電池が **キ** 電池として機能するのは両極で生じる **ク** が水に難溶のためである。**ク** は③水にわずかに溶けて電離する。この電離平衡の④平衡定数を **ケ** と呼ぶ。

- (1) **ア** ~ **ケ** にあてはまる適切な語句や化合物名を答えなさい。
- (2) 下線部①について、鉛蓄電池と同様に **カ** を回復できる電池を次の中から1つ選びなさい。
- (ア) リチウムイオン電池 (イ) アルカリマンガン電池 (ウ) 空気電池
(エ) ニッケルマンガン電池 (オ) リチウム電池
- (3) 下線部②の反応について、電子 e^- を含むイオン反応式を用いて書きなさい。
- (4) 鉛蓄電池の **ア** により、2.0 molの電子が流れるとき、生成する水の質量を計算過程も含めて有効数字2桁で答えなさい。
- (5) 下線部③について、溶解平衡のイオン反応式を書きなさい。

- (6) 下線部④について、この化合物の平衡定数は 20°C で $7.2 \times 10^{-8} (\text{mol/L})^2$ である。鉛イオンの濃度を $1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ とした場合、 20°C において鉛蓄電池中で鉛イオンと共に を形成する陰イオンの濃度を計算過程も含めて有効数字2桁で答えなさい。

- 4 ベンゼン環を含み同一の分子式 $C_8H_{10}O$ で表される化合物がいくつかある。これらの化合物はすべて塩化鉄(III)水溶液によって呈色しない。このような化合物について以下の問いに答えなさい。なお、構造式は例にならって示しなさい。

(構造式の例)



- (1) 分子式 $C_8H_{10}O$ の化合物を完全燃焼させたときの化学反応式を書きなさい。また、この化合物 24.4 mg を用いた時に生成する二酸化炭素と水の質量を計算しなさい。ただし、計算過程も書きなさい。
- (2) ヨードホルム反応を示す化合物の構造式を 1 つ書きなさい。
- (3) ナトリウムと反応させても水素を発生しない化合物の構造式を 5 つ書きなさい。
- (4) 分子内脱水反応を起こす化合物の構造式を 2 つ書きなさい。
- (5) 酸化反応を行った後、加熱すると分子内で脱水反応が起こり、無水フタル酸を与える化合物の構造式を 1 つ書きなさい。
- (6) 上記(2)から(5)のどの条件にも合わない化合物の構造式を 2 つ書きなさい。