

化 学

(1) 次の文章を読んで、続く問いに答えよ。

電気陰性度は、その原子が異なる原子と共有結合するときの共有電子対を引き寄せる強さの度合いであり、イオン化エネルギーや電子親和力と関係している。イオン化エネルギーは、原子から電子を取り去る際に (①) エネルギーであり、電子親和力は、原子が電子を受け取り、陰イオンになる際に (②) エネルギーである。電気陰性度は、原子のイオン化エネルギーが (③) く、原子の電子親和力が (④) い原子の元素ほど、大きくなる傾向がある。

1) 文章中の (①) ~ (④) に該当するものを、以下の (a) ~ (d) のうちから、それぞれ1つ選び、記号で答えよ。なお、同じ記号を複数回選んでもよい。

(a) 必要な (b) 放出される (c) 大きい (d) 小さい

2) 以下の (a) ~ (f) の原子の中で、電気陰性度が最大のものと最小のものを、それぞれ1つ選び、記号で答えよ。

(a) C (b) H (c) O (d) N (e) F (f) Cl

3) 以下の (a) ~ (d) の共有結合の中で、極性が最大のものと最小のものを、それぞれ1つ選び、記号で答えよ。

(a) C-H (b) F-H (c) O-H (d) Cl-H

4) 以下の【分子】(ア) ~ (オ) の5種類の分子の形を、以下の【形】(a) ~ (e) から、最も適するものを、それぞれ1つ選び、記号で答えよ。なお、同じ記号を複数回選んでもよい。また、極性分子を【分子】(ア) ~ (オ) から、すべて選び、記号で答えよ。

【分子】(ア) 水 (イ) 二酸化炭素 (ウ) アンモニア

(エ) メタン (オ) 塩化水素

【形】(a) 直線形 (b) 折れ線形 (c) 正三角形

(d) 三角錐形 (e) 正四面体形

- (2) 次の文章を読んで、続く問いに答えよ。なお、計算結果は有効数字3桁で示せ。また、必要があれば、原子量は $\text{Al}=27.0$ 、 $\text{Cu}=63.5$ を用いよ。

電解質の水溶液に電極を浸し、外部の電源に接続して直流電流を通じると、電極表面で酸化還元反応が起きる。この操作は、電気分解（または電解）という。イギリスの化学者・物理学者のマイケル・ファラデーは、「電気分解において、電極で変化する物質の物質量は、流れた電気量に比例する」などの『ファラデーの電気分解の法則（ファラデーの法則）』を見出した。また、電子 1 mol がもつ電気量の絶対値はファラデー定数とよばれ、次の実験により求めることが可能である。

【ファラデー定数を求める実験】

陰極と陽極の両方に銅板を用い、硫酸銅(Ⅱ)水溶液に一定の電流を一定時間流すことで電気分解をおこない、電気分解前後の銅板の質量変化から求める。

こうした電気分解は、工業的に様々なことに利用されている。例えば、粗銅から純銅を得る銅の (①) がある。粗銅自体は、黄銅鉱にコークスやケイ砂を混ぜて加熱し、生じたスラグを取り除いたのち、転炉内で酸素を吹き込むことで得られる。このとき、無色で刺激臭を有する有害な (②) が気体として生じる。得られた粗銅板と純銅板を電極に用い、電解液に硫酸銅(Ⅱ)の硫酸酸性溶液を用いて、 $50\sim 60^\circ\text{C}$ 、 $0.2\sim 0.5\text{ V}$ の低電圧で電気分解をおこなうと、純銅板上に純度 99.99% 以上の純銅が析出する。このとき、粗銅中の不純物である鉄やニッケルは、銅よりも (③) が大きいので、硫酸銅(Ⅱ)の硫酸酸性溶液中に溶け出すが、粗銅中の銀は銅よりも (③) が小さく、単体のまま (④) として電気分解槽内に堆積する。

そのほか、単体のアルミニウム製造にも、電気分解が利用されている。まず、ボーキサイトを精製して酸化アルミニウム(アルミナ)をつくり、次に、陰極と陽極の両方に炭素棒を用いてアルミナを電気分解して得ている。このとき、通常、アルミナの融点は約 2050°C と高いが、約 1000°C で融解させた氷晶石を溶媒とし、これにアルミナを少しずつ加えることで (⑤) が起こり、約 950°C で混合物を融解させている。生じた融解状態のアルミニウムは、融解状態の氷晶石よりも密度が高いため、電解槽の底に溜まり、これを抜き取って、単体のアルミニウムが得られる。

- 1) 文章中の (①) ~ (⑤) に最も適する語句または物質名を、それぞれ答えよ。
- 2) 文章中の【ファラデー定数を求める実験】に関して、陽極および陰極での反応を、電子 e^- を含むイオン反応式で、それぞれ答えよ。

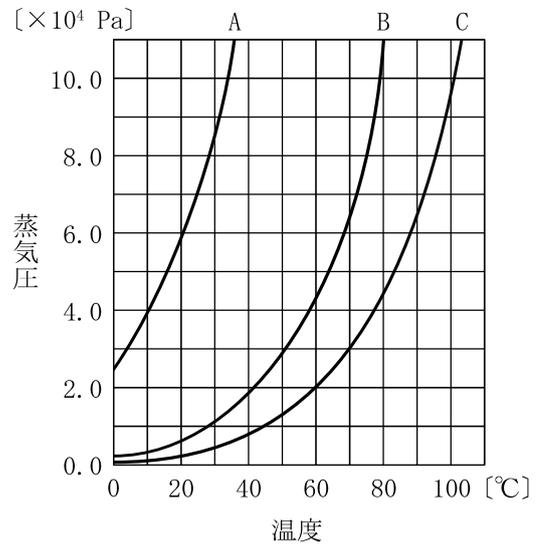
- 3) 文章中の【ファラデー定数を求める実験】において、実際に、1.00 A の電流で、10 分間電気分解をおこなったところ、片方の銅板の質量は、電気分解前後で 0.198 g 減った。流れた電流は全て銅の溶出に使用されたものとして、この実験結果からファラデー定数 C/mol を答えよ。
- 4) 文章中の下線部に示すアルミナの電気分解に関して、この陽極上で起こりうる電子 e^- を含んだ 2 種類のイオン反応式を、それぞれ答えよ。
- 5) 文章中の下線部に示すアルミナの電気分解に関して、30.0 A の電流を 8 分 1 秒間流した場合、得られるアルミニウムの質量は何 g か、答えよ。なお、このとき流した電流はすべてアルミニウムの製造に用いられるものとし、ファラデー定数は 3) で解答した 有効数字 3 桁の値 を用いよ。

(3) 次の文章〔I〕および〔II〕を読んで、続く問いに答えよ。

〔I〕

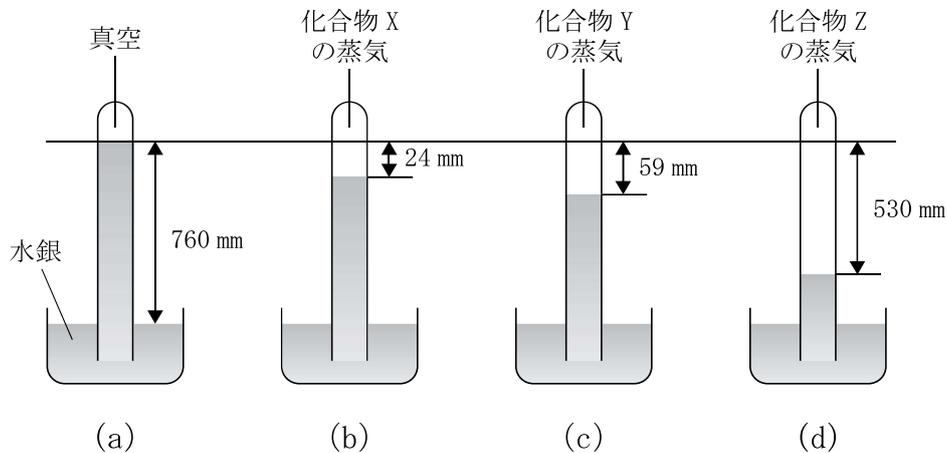
右図は、3種類の物質 A, B, C の蒸気圧曲線である。

- 1) 30℃での物質 A, B, C の蒸気圧 [Pa] は、それぞれ、およそいくつか、答えよ。
- 2) 6.0×10^4 Pa では、A, B, C はそれぞれ、およそ何℃で沸騰するか、答えよ。
- 3) 物質 A, B, C のうち、分子間力が最も小さいものはどれか、記号で答えよ。
- 4) 外気圧が 8.0×10^4 Pa の山頂では、物質 C はおよそ何℃で沸騰するか、答えよ。
- 5) 温度 60℃, 外気圧 3.0×10^4 Pa で、物質 B と C は、それぞれ、どのような状態で存在するか。固体、液体、気体の中から適するものを、それぞれ答えよ。



[II]

液体の飽和蒸気圧は、下図に示すような装置で測定できる。



大気圧 1.0×10^5 Pa, 温度 25°C で、次の実験【操作 1】および【操作 2】をおこなった。

【操作 1】 一端を閉じたガラス管に水銀を満たして倒立させると、管の上部は真空になった。このとき、水銀柱の高さは 760 mm になった [(a)]。

【操作 2】 【操作 1】 ののち、ガラス管の下端から上部の空間に、化合物 X, Y, Z の液体をそれぞれ注入した。気液平衡に達したとき、水銀柱の高さは、それぞれ 24 mm, 59 mm, 530 mm 下がった [(b), (c), (d)]。

- 6) 文章中の化合物 X, Y, Z のうち、最も低い飽和蒸気圧を示す化合物を、記号で答えよ。また、その飽和蒸気圧 [Pa] を答えよ。なお、計算結果は有効数字 2 桁で示せ。ただし、ガラス管内に残っている液体の体積と質量は無視できるものとする。

(4) 次の文章を読んで、続く問いに答えよ。

片栗粉の主成分である糖 A は、冷水にはほとんど溶けないが、熱水には溶けてコロイド溶液になる。また、糖 A にアミラーゼとよばれる酵素を作用させると、二糖である糖 B に分解され、希硫酸で完全に加水分解すると、単糖である糖 C になる。

水溶液中の糖 C は、環状構造と鎖状構造のものが平衡状態で存在しており、糖 C の鎖状構造には (①) 基とよばれる、還元性を示す構造がある。

砂糖の主成分である糖 D は糖 C と糖 E が結合した構造をもつ二糖であり、糖 D の水溶液に (②) とよばれる酵素を作用させると、糖 C と糖 E の等量混合物である (③) とよばれる糖が得られる。(③) は糖 D より甘味が強いことから、工業的に生産されたものが、アイスクリームなどの甘味料として用いられる。

1) 文章中の (①) ~ (③) に当てはまる語句を、それぞれ答えよ。

2) 以下の (ア) ~ (オ) のうち、糖 E を最も多く含むものを1つ選び、記号で答えよ。

- (ア) ハチミツ (イ) 寒天 (ウ) サトウキビ
(エ) 乳汁 (オ) 米

3) 次の (a) ~ (d) の記述について、正しいものには○を、誤っているものには×を、解答欄に記入せよ。

- (a) 糖 A は、ヨウ素液を加えると青紫色を呈し、加熱すると色が消える。
(b) 糖 B とガラクトースは、構造異性体の関係にある。
(c) 環状構造の糖 C は、舟形の立体構造をしている。
(d) 環状構造の糖 E は、六員環構造と五員環構造が存在する。

4) 環状構造と鎖状構造の糖 C の立体異性体の数を、それぞれ答えよ。

5) 文章中の糖 D が還元性を示さない理由を、簡潔に説明せよ。また、糖 D 以外で還元性を示さない二糖を答えよ。

6) 同じ質量の糖 A と糖 B に対し、それぞれ、希硫酸を加えて加熱し、完全に加水分解をおこなった。このとき得られる糖 C について、糖 A から得られた糖 C と、糖 B から得られた糖 C の質量比を、最も簡単な整数比で答えよ。なお、高分子化合物の末端は無視してよいものとする。また、必要があれば、原子量は H=1.0, C=12, O=16 を用いよ。