

(一般前期)

平成 21 年度 入学 試験 問題

(2 科目 選択)

理 科

(物理, 化学, 生物)

注 意 事 項

1. 解答は必ず別に配布する解答用紙に記入すること.
2. 物理, 化学, 生物の中から2科目のみ解答すること.

化学 (問題用紙 1)

必要があれば、次の値を使用せよ。原子量: H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0, N = 14.0, S = 32.0, Na = 23.0, アボガドロ定数 $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$, $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$

I 次の問(1)～問(2)に答えよ。

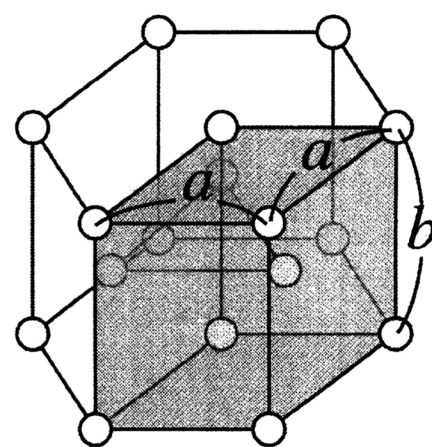
問(1) マグネシウムに関して以下の空欄 **A** ～ **G** にあてはまる最も適切な数字を記入せよ。

(a) 天然には相対質量が 24.0, 25.0, 26.0 のマグネシウムの同位体がそれぞれ存在比 79.0%, 10.0%, 11.0% で存在する。

このことからマグネシウムの原子量を有効数字 3 桁で表すと **A** になる。

(b) 質量数 26 のマグネシウムの原子核は **B** 個の陽子と **C** 個の中性子によって形成されている。また K 殻, L 殻, M 殻と呼ばれる電子殻に、それぞれ 2 個, **D** 個, および **E** 個の電子が詰まっている。

(c) 金属マグネシウムは固体状態で右図の様な六方最密構造を有する。ここで灰色で示した部分(底辺が菱形の四角柱)を単位格子とした場合、各単位格子には正味 2 個のマグネシウム原子が含まれている。単位格子の一边をそれぞれ $a = 0.32 \text{ nm}$, $b = 0.52 \text{ nm}$ とした時のマグネシウムの密度を有効数字 2 桁で表すと **F** (g/cm^3) である。ただし、ここでマグネシウムの原子量は 24 として計算せよ。



六方最密構造

(d) 硫酸マグネシウム七水和物 1 mol を水 300 g に溶解させた。この水溶液を加熱して 70 g の水を蒸発させた後、冷却したところ、 20°C で結晶が析出し始めた。このことから無水硫酸マグネシウムの 20°C での溶解度を有効数字 3 桁で求めると **G** ($\text{g}/100 \text{ g 水}$) である。ここで MgSO_4 の分子量を 120 として計算せよ。

問(2) ある金属イオンを含む水溶液 A に対し、以下の操作 1～操作 4 を行った。空欄 **H** ～ **L** に適切な語句や式を、**M** には 30 字以内の適切な文章を記入せよ。

操作 1 水溶液 A を白金線につけ、ガスバーナーの炎の中に入れると、白金線の先から青緑色の炎が現れた。

操作 2 水溶液 A に少量のアンモニア水を加えたところ、青白色の沈殿を生じた。

操作 3 操作 2 の溶液にさらに過剰のアンモニア水を加えると沈殿は溶け、深青色の溶液に変化した。

操作 4 鉄くぎを水溶液 A に浸したところ、表面に水溶液 A に含まれるイオンが金属として析出してきた。

(a) 操作 1 の様な現象を一般に **H** という。

(b) 操作 2 の反応をイオン反応式で表すと **I** と記述できる。

(c) 操作 3 において溶液中に主に生成している陽イオンを化学式で記すと **J** である。また、**J** の様な金属イオンと有機分子の **K** 結合からなる化合物を一般に **L** イオンという。

(d) 操作 4 の現象がおこるのは **M** ためである。

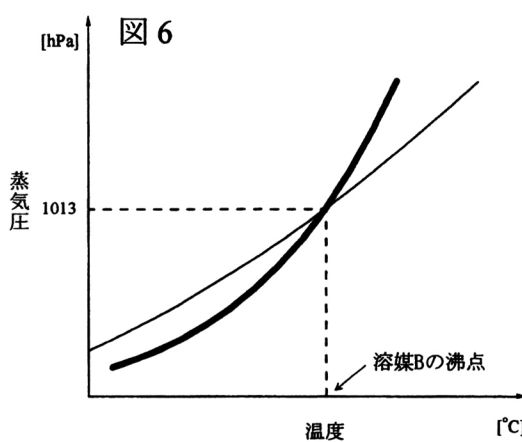
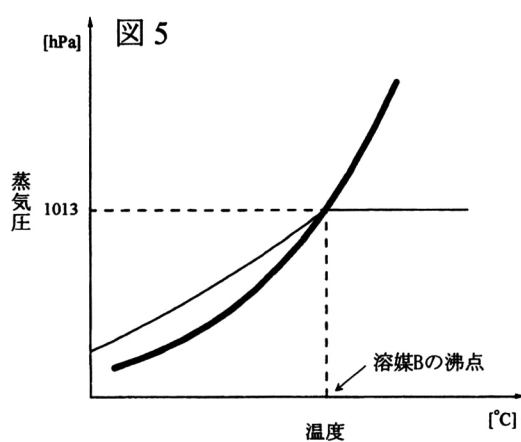
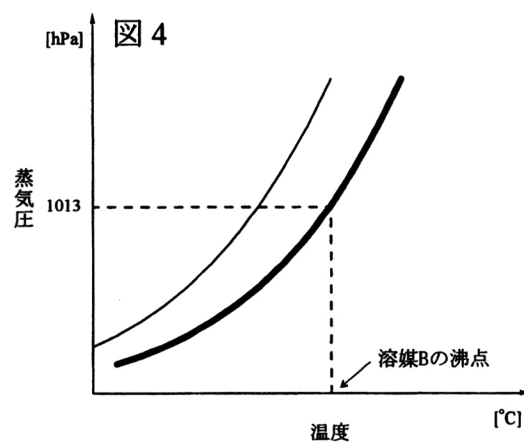
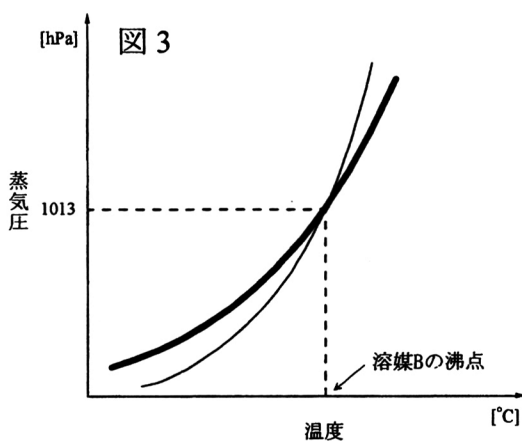
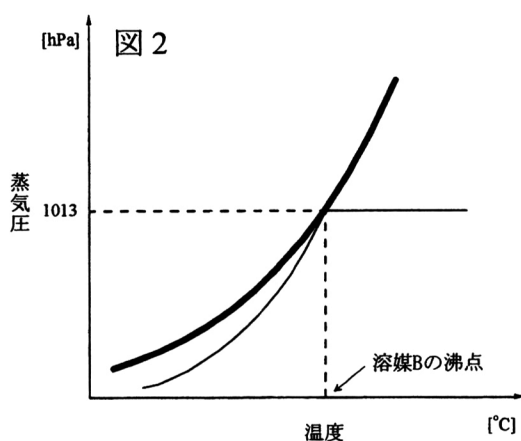
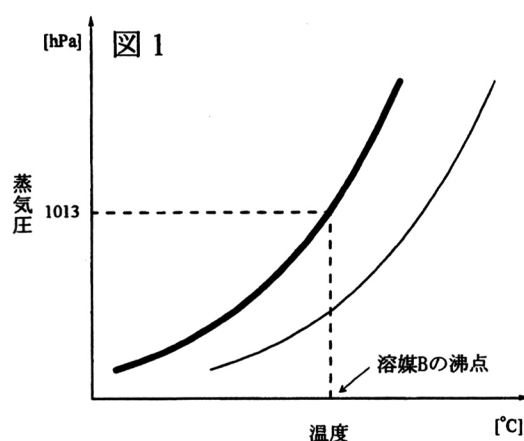
化 学 (問題用紙 2)

II 次の文の空欄 1 ~ 6 に当てはまる最も適切な数式を, 7, 11 ~ 13 に当てはまる最も適切な数字を, 8 ~ 10 に当てはまる最も適切な語句をそれぞれ示せ。また, 14 には最も適切な文章を 50 字以内で記せ。ただし, 全ての溶液は希薄溶液として扱う。

(1) x (g)の不揮発性非電解質化合物 A (分子量 M_A) を y (g)の溶媒 B (分子量 M_B) に溶解して溶液 C を調製した。溶媒 B の密度を d_B (g/cm^3), 溶液 C の密度を d_c (g/cm^3) とすると, 溶液 C の体積 V は 1 (cm^3) と表され, 溶液 C における A の質量パーセント濃度は 2 (%), モル濃度は 3 (mol/l), 質量モル濃度は 4 (mol/kg) と表される。

(2) 溶媒 B のモル凝固点降下を K_f とすると, 溶液 C の凝固点降下度は 5 ($^{\circ}\text{C}$) と表され, 凝固点を 1°C 下げるために必要な x は 6 と表される。今, 溶液 C と同様に y (g)の溶媒 B に不揮発性の非電解質化合物 D を x (g)溶解し溶液 D を調製したところ, 溶液 D の密度は d_D (g/cm^3) となり, 溶液 C と比べて凝固点降下度が 2 倍になった。溶質 D が溶液中で分解や会合をしていないとすると, 溶質 D の分子量は M_A の 7 倍であることがわかる。

(3) 溶媒 B と溶液 C を比べると, 蒸気圧が高いのは 8 であり, 沸点が高いのは 9 である。つまり同条件下で比較すると蒸発しやすいのは 10 である。下の図には溶媒 B (太線) と溶液 C (細線) の蒸気圧の温度依存性が示してある。溶液 C の典型的な蒸気圧の温度依存性を示すのは図 11 である。

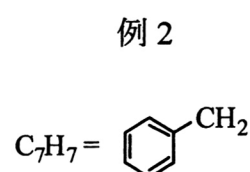
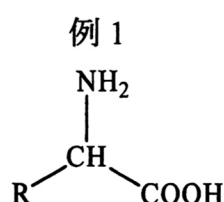


(4) ショ糖 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ を用いて凝固点を変化させる実験を行う。溶媒として水を 100 g 用いると, 凝固点を 1.0°C 下げるためには 12 (g)のショ糖を溶解すればよい。また同様に, 硫酸ナトリウム十水和物 ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) を溶質とする場合, 凝固点を 1.0°C 下げるためには 13 (g)の硫酸ナトリウム十水和物を溶解すればよい。ただし, 水のモル凝固点降下は 1.85, それぞれの溶媒・溶液の密度は 1.0 (g/cm^3) とし, 硫酸ナトリウム十水和物は完全に溶解し電離しているものとして, それぞれ少数第一位まで決定せよ。

(5) このように溶液の沸点や凝固点の変化を利用して溶質分子の分子量を決定することは簡便な方法であるが, たんぱく質のような高分子の分子量決定には適さない。この理由は 14 だからである。

化 学 (問題用紙 3)

III 例 1 に示すように、 α 位にアミノ基を持つカルボン酸を α -アミノ酸という。3 種類の α -アミノ酸①, ②, ③がある。分析の結果、①はグリシン($R=H$)、②はフェニルアラニン($R=C_6H_5$, 例 2)であった。③の元素分析の結果、炭素含量(質量%)は 40.4%であり、また、③に含まれる炭素数は5個以下であった。③に含まれる窒素をすべてアンモニアに変えて定量したところ、0.560 g の③から 6.28×10^{-3} mol のアンモニアが発生した。以上のことから以下の問(1)~問(6)に答えよ。なお、, , ~ , ~ には最も適切な数字を記せ。また、, , には有機化合物の構造式を例にならって記せ。 には問(6)の理由を 50 字以内で示せ。



問(1) ①, ②の炭素含量をそれぞれ , に、③の構造式を に示せ。ただし、炭素含量は有効数字 3 桁で答えよ。

問(2) ①, ②, ③の α -アミノ酸の中で、不斉炭素原子を有するものは 種類であり、不斉炭素原子を持たないものは 種類である。

問(3) ③と同じ分子式を持ち、さらに、カルボキシル基を有する化合物には③を含めて 種類の構造異性体が存在し、これらの中で不斉炭素原子を有するものは 種類である。また、不斉炭素原子を持たない化合物の構造全てを 内に示せ。

問(4) α -アミノ酸 3 個が 2 個のアミド結合(-CONH-)によりつながった化合物をトリペプチドと言う。①, ②, ③からなるトリペプチドには 種類の構造異性体が存在する。

問(5) α -アミノ酸 2 個が 1 個のアミド結合によりつながった化合物をジペプチドと言う。①, ②, ③のうち、異なる 2 種類の α -アミノ酸からなるジペプチドには 種類の構造異性体が存在する。芳香環を含むペプチドに濃硝酸を加えて過熱すると黄色を呈するが、この反応をキサントプロテイン反応と言う。上記 のジペプチドの中で、キサントプロテイン反応を示すものは 種類で、また、キサントプロテイン反応を示さないものは 種類である。キサントプロテイン反応を示さないジペプチドの構造全てを 内に例 1 にならって示せ。

問(6) キサントプロテイン反応により黄色を呈する理由を 内に 50 字以内で記せ。