

2012 年度 入学 試験 問題

化 学

(試験時間 13:15~14:45 90分)

1. この問題は、入学願書提出時に選択した科目の問題です。科目名を確認のうえ、解答してください。
2. 解答用紙は、記述解答用紙とマーク解答用紙の2種類がありますので注意してください。
3. 解答は、必ず解答欄に記入してください。なお、解答欄以外に書くと無効となりますので注意してください。
4. 解答は、HBの鉛筆またはシャープペンシルを使用し、訂正する場合は、プラスチック製の消しゴムを使用してください。特に、マーク解答用紙には鉛筆のあとや消しくずを残さないでください。また、折りまげたり、汚したりしないでください。記述解答用紙の下敷きにマーク解答用紙を使用することは絶対にさけてください。
5. 解答用紙には、受験番号と氏名を必ず記入してください。
6. マーク解答用紙の受験番号および受験番号のマーク記入は、コンピュータ処理上非常に重要なので、誤記のないよう特に注意してください。

問題 I の解答は、マーク解答用紙の指定された欄にマークしなさい。問題 II, III, IV の解答は、記述解答用紙の解答欄に書きなさい。必要な場合は、次の値を用いなさい。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, Na = 23.0, Mg = 24.3, S = 32.1,

Cl = 35.5, K = 39.1, Fe = 55.9, Ag = 108

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

I 以下の問い(1)~(10)の解答は、それぞれの解答群のどれに該当するか。番号を選んでマークしなさい。(40点)

問い

- (1) 天然のマグネシウムには質量数が 24, 25, 26 の 3 種類の同位体がある。質量数が 26 の同位体の存在比 (%) と質量数が 25 の同位体の存在比 (%) の差は 1.0% で、質量数が 26 の同位体の方が多い。マグネシウムの原子量を 24.3 とすると、質量数が 24 の同位体の存在比は何%か。該当するものを、以下の解答群から 1 つ選びなさい。

[解答群]

- ① 約 55% ② 約 60% ③ 約 65% ④ 約 70%
⑤ 約 75% ⑥ 約 80% ⑦ 約 85% ⑧ 約 90%

(2) 下の表は元素の周期表の一部である。下記の記述(a)~(d)について、正しい組み合わせはどれか。該当するものを、以下の解答群から1つ選びなさい。

	1族	2族	13族	14族	15族	16族	17族	18族
第1周期	(ア)							(イ)
第2周期	(ウ)	(エ)	(オ)	(カ)	(キ)	(ク)	F	Ne
第3周期	(ケ)	(コ)	Al	(サ)	(シ)	(ス)	(セ)	(ソ)
第4周期	(タ)	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr

- (a) 原子半径の大きい方から順に並べると (ア) > (ウ) > (ケ) > (タ) である。
- (b) イオン化エネルギーが大きい方から順に並べると (ア) > (ウ) > (ケ) > (タ) である。
- (c) (コ) の安定なイオンの電子配置は Ne 原子の電子配置と同じである。
- (d) 価電子の数の多い方から順に並べると (サ) > (シ) > (ス) > (セ) > (ソ) である。

[解答群]

	(a)	(b)	(c)	(d)
①	正	正	誤	誤
②	誤	正	正	誤
③	誤	誤	正	正
④	正	誤	正	誤
⑤	正	正	誤	正
⑥	正	誤	正	正
⑦	誤	正	正	正
⑧	正	正	正	正
⑨	誤	誤	誤	誤

- (3) 圧力を一定に保ちながら、自由に内容積が変えられる容器がある。この容器に、50.0 L の酸素（気体）を標準状態（温度 0°C 、圧力 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ ）で入れた。容器内部の電極を用いて放電したところ、一部の酸素がオゾンに変わり、同温同圧で 45.5 L になった。生成したオゾンの物質量は何 mol か。該当するものを、以下の解答群から 1 つ選びなさい。

[解答群]

- ① 0.10 mol ② 0.15 mol ③ 0.20 mol ④ 0.25 mol
⑤ 0.30 mol ⑥ 0.35 mol ⑦ 0.40 mol ⑧ 0.45 mol

- (4) 次の方法で合成される気体A～Dを、その中に含まれる窒素原子の酸化数の大きい順に並べ、その順序として適切なものを、以下の解答群から1つ選びなさい。ただし、 $A > B$ はAの窒素の方がBの窒素より酸化数大きいことを表す。

気体A：銅に希硝酸を加えて発生させる。水に溶けにくい気体。

気体B：銅に濃硝酸を加えて発生させる。水に溶けやすい気体。

気体C：工業的には、鉄を主成分とした触媒を用いて、 500°C 、高圧で窒素と水素から直接合成される。無色で空気より軽い。

気体D：亜硝酸アンモニウムを熱分解して発生させる。工業的には、液体空気の分留で得る。

[解答群]

- | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| ① $A > B > C > D$ | ② $A > B > D > C$ | ③ $A > D > B > C$ |
| ④ $B > D > A > C$ | ⑤ $B > A > D > C$ | ⑥ $B > A > C > D$ |
| ⑦ $D > B > A > C$ | ⑧ $D > A > B > C$ | |

- (5) もしも、ベンゼンの異性体として図1に示すような化合物が存在するとしたら、二つの水素を臭素で置き換えた化合物の異性体はいくつ存在するか。四辺形の各頂点は炭素原子であり、すべての炭素-炭素結合の長さは等しく、すべての原子は同一平面にあると仮定する。最もふさわしいものを、以下の解答群から1つ選びなさい。

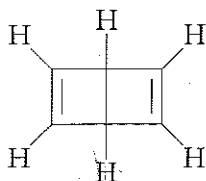


図1

[解答群]

- | | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 |
| ⑤ 5 | ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 |
| ⑨ 9 | | | |

(6) 周期表で第2周期以下の元素の電気陰性度は、希ガスを除くと、同一周期では、原子番号が大きくなるほど電気陰性度は(ア)くなり、同族では、一般に原子番号が(イ)くなるほど電気陰性度は大きくなる傾向がある。2原子からできている分子において、両原子の電気陰性度の差が(ウ)ときは無極性分子、差が(エ)ときは極性分子である。一般に異種の2原子からできている結合X-Yは、電気陰性度の差が(オ)いときは共有結合性が強く、(カ)いときはイオン結合性が強い。

(ア)から(カ)までの空欄に入る語の正しい組み合わせを、以下の解答群から1つ選びなさい。

[解答群]

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)	(カ)
①	大き	小さ	ある	ない	大き	小さ
②	大き	小さ	ある	ない	小さ	大き
③	大き	小さ	ない	ある	大き	小さ
④	大き	小さ	ない	ある	小さ	大き
⑤	小さ	大き	ある	ない	大き	小さ
⑥	小さ	大き	ある	ない	小さ	大き
⑦	小さ	大き	ない	ある	大き	小さ
⑧	小さ	大き	ない	ある	小さ	大き

(7) 銀の結晶構造は面心立方格子，すなわち結晶格子をつくる立方体の各頂点と，立方体を形成する各面の中心に，それぞれ原子が1個ずつ位置する最密構造である。銀の原子半径を0.144 nm とすると，銀の密度 ρ [g/cm³] として最も適切な値を，以下の解答群から1つ選びなさい。ただし，銀原子は球とみなし，各原子は最も近い距離にある原子と接しているものとする。また，銀原子1個の質量は 1.79×10^{-22} g である。計算の際に必要なであれば， $\sqrt{2} = 1.41$ ， $0.144^3 = 2.99 \times 10^{-3}$ を使用しなさい。

[解答群]

- ① 3 g/cm³ ② 5 g/cm³ ③ 8 g/cm³ ④ 11 g/cm³
⑤ 13 g/cm³ ⑥ 16 g/cm³ ⑦ 18 g/cm³ ⑧ 21 g/cm³

- (8) 温度 T [°C] で、容積 V [L] の容器の中に、分子量 M_1 と M_2 の 2 種類の気体が、それぞれ m_1 [g] と m_2 [g] 入っている。容器中に水滴が存在しているのが観察されたので、2 種類の気体の他に、水蒸気も飽和していると考えられる。この温度の飽和水蒸気圧を p [Pa] とすると、容器内の全圧として正しいものを、以下の解答群から 1 つ選びなさい。ただし、これらの気体の水への溶解度は無視できるものとする。

[解答群]

- ① $\left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}\right) \frac{R}{V} (T + 273) + p$
- ② $\left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}\right) \frac{R}{V} (T + 273) - p$
- ③ $(m_1 M_1 + m_2 M_2) \frac{R}{V} (T + 273) + p$
- ④ $(m_1 M_1 + m_2 M_2) \frac{R}{V} (T + 273) - p$
- ⑤ $(m_1 M_1 + m_2 M_2 + p) \frac{R}{V} (T + 273)$
- ⑥ $(m_1 M_1 + m_2 M_2 - p) \frac{R}{V} (T + 273)$
- ⑦ $\left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}\right) \frac{RT}{V} + p$
- ⑧ $\left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}\right) \frac{RT}{V} - p$

(9) 図2に示したオリゴ糖の一方にある末端グルコースの単位は還元性を示すので、このオリゴ糖 1 mol にフェーリング液を十分量加え、穏やかに加熱すると、1 mol の酸化銅(I)が赤色沈殿として生成する。このオリゴ糖 8.3 g にフェーリング液を十分量加え、穏やかに加熱したところ、0.010 mol の酸化銅(I)が得られた。この結果から、このオリゴ糖は何個のグルコースがつながってできた構造であるといえるか。最も適切なものを、以下の解答群から1つ選びなさい。

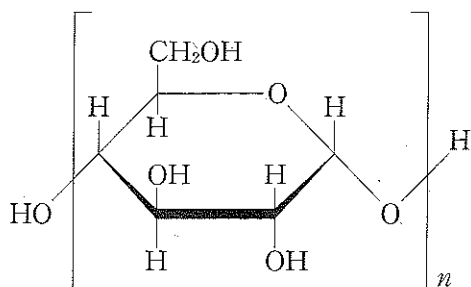


図2 オリゴ糖の構造式

[解答群]

① 3

② 4

③ 5

④ 6

⑤ 7

⑥ 8

⑦ 9

⑧ 10

- (10) 分子量 256 の飽和脂肪酸について考える。分子の形が棒状で並びやすい性質を持ったこの脂肪酸は、水面上でカルボキシル基を水側に向けてすき間なく配列し、ちょうど 1 分子の厚みを持った薄い膜、すなわち単分子膜を形成する。質量 w [g] のこの脂肪酸を水面上に展開して作成した単分子膜全体の面積が B [cm²] であった時、脂肪酸 1 分子が占める面積を a [cm²] とすると、アボガドロ定数 N_A [/mol] は次のどの式から求められるか。以下の解答群から 1 つ選びなさい。

[解答群]

- ① $Bw/256a$ ② $Ba/256w$ ③ $a/256Bw$ ④ $wa/256B$
⑤ $256a/Bw$ ⑥ $256w/Ba$ ⑦ $256Bw/a$ ⑧ $256B/wa$

II 図3は塩の溶解度を示している。以下の問い(1)~(5)に答えなさい。また、溶解している各成分はすべて解離しているものとする。(20点)

問い

- (1) 100 gの水に、 K_2SO_4 を飽和させた65℃の水溶液がある。これを24℃までゆっくり冷却していくと、析出するのは何gか。整数で答えなさい。
- (2) (1)の操作で得られた水溶液から析出物を取り除いた後、この24℃の水溶液に60 gの K_2SO_4 の結晶を加えた。24℃に保ったまま、加えた K_2SO_4 を溶解させるためには、少なくとも水を何g加えなければならないか。整数で答えなさい。
- (3) 100 gの水に、(a) KCl, (b) NaCl, (c) K_2SO_4 をそれぞれ飽和させた80℃の(a)~(c)の3種類の水溶液がある。(a)~(c)の水溶液を27℃まで冷却したとき、析出する塩の質量が多い順に並んでいるものを、以下の解答群から1つ選び、その番号を解答欄に書きなさい。ただし、 $a > b$ はaの方がbより析出量が多く、 $a = b$ はaとbの析出量が等しいことを表す。

[解答群]

- ① $a > b > c$ ② $a > c > b$ ③ $b > a > c$ ④ $b > c > a$
⑤ $c > a > b$ ⑥ $c > b > a$ ⑦ $a = b > c$ ⑧ $c > a = b$

- (4) (3)の操作の後、それぞれの析出した塩を取り除き、この27℃の水溶液(a)~(c)を水が蒸発しないように注意して加熱していくとき、沸点が高い順に並んでいるものを、以下の解答群から1つ選び、その番号を解答欄に書きなさい。ただし、 $a > b$ はaの方がbより沸点が高く、 $a = b$ はaとbの沸点が等しいことを表す。

[解答群]

- ① $a > b > c$ ② $a > c > b$ ③ $b > a > c$ ④ $b > c > a$
⑤ $c > a > b$ ⑥ $c > b > a$ ⑦ $a = b > c$ ⑧ $c > a = b$

- (5) 100 g の水に、 MgSO_4 を飽和させた 80°C の水溶液がある。この溶液をゆっくり 30°C まで冷却させたとき、析出する結晶が $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ であるとするとき、結晶の質量は何 g か。整数で答えなさい。

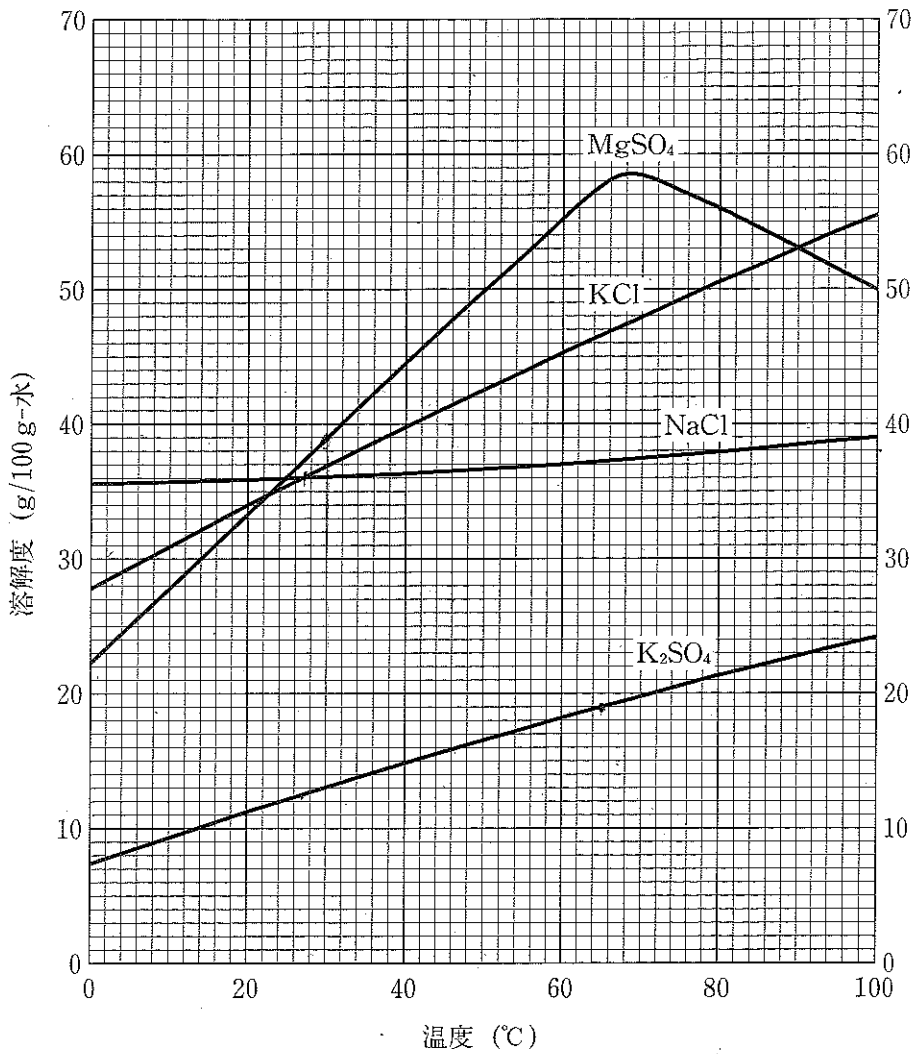
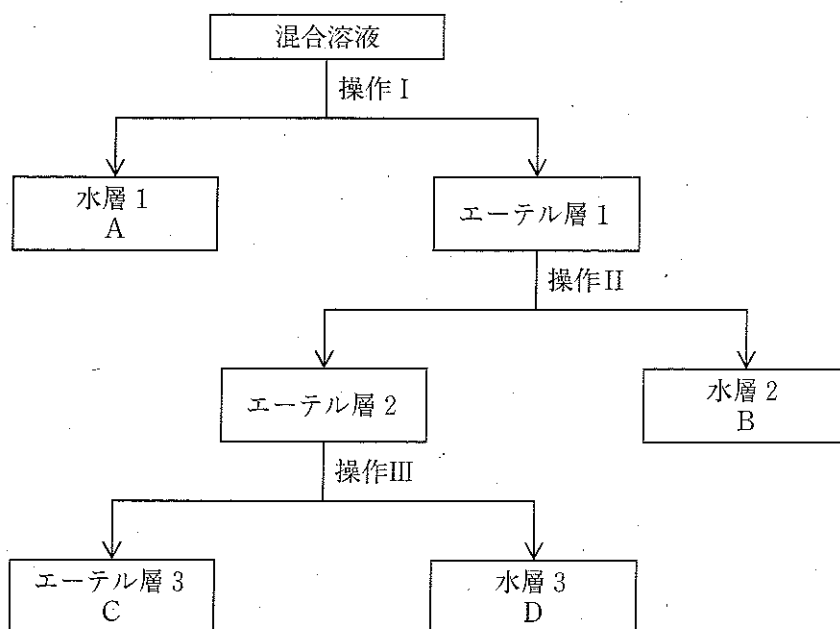


図3 溶解度曲線

III かクレゾール、クロロベンゼン、安息香酸、アニリンをエーテルに溶かした混合溶液がある。これらは、下の図に示す操作I～IIIにより分離することができる。操作I～IIIは、図の下に記したa～cの操作をいずれか1回ずつ行うこととする。例えば、操作Iがaの場合、操作II、IIIはそれぞれ、bまたはcとなる。操作a～cを組み合わせることにより、上記の有機化合物をA～Dのいずれかに1つずつ分離することができる。以下の問いに答えなさい。(20点)

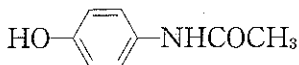


[操作]

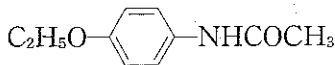
- 希塩酸と振り混ぜ、水層とエーテル層を分離する。
- 水酸化ナトリウム水溶液と振り混ぜ、水層とエーテル層を分離する。
- 炭酸水素ナトリウム水溶液と振り混ぜ、水層とエーテル層を分離する。

問い

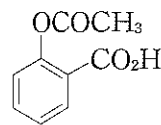
- (1) 水層とエーテル層を振り混ぜて、分離操作を行うために必要なガラス器具を、下の解答群アの中から1つ選び、番号を解答欄に書きなさい。
- (2) 操作Iがaの場合、Bはどれか、解答群イの中から1つ選び、番号を解答欄に書きなさい。
- (3) 操作Iがaの場合、Aを水層から分離する方法として、ふさわしいものを解答群ウの中から1つ選び、番号を解答欄に書きなさい。
- (4) 操作IIがaの場合、Bはどれか、解答群イの中から1つ選び、番号を解答欄に書きなさい。
- (5) 操作IIがaの場合、Aを水層から分離する方法として、ふさわしいものを解答群ウの中から1つ選び、番号を解答欄に書きなさい。
- (6) 操作IIIがaの場合、Bはどれか、下の解答群イの中から1つ選び、番号を解答欄に書きなさい。
- (7) 操作IIIがaの場合、Cをエーテル層から分離する方法として、ふさわしいものを解答群ウの中から1つ選び、番号を解答欄に書きなさい。
- (8) (i)アセトアミノフェン、(ii)フェナセチン、(iii)アセチルサリチル酸のエーテル混合液を、上記と同じ方法に従いながら、操作Iがaの場合で分離すると、化合物(i)~(iii)はそれぞれ、A~Dのいずれに分離されるか、記号を解答欄に書きなさい。



(i)アセトアミノフェン



(ii)フェナセチン



(iii)アセチルサリチル酸

[解答群ア]



①



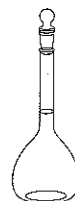
②



③



④



⑤

[解答群イ]

- ① かクレゾールまたはその塩 ② クロロベンゼン
③ 安息香酸またはその塩 ④ アニリンまたはその塩

[解答群ウ]

- ① 水酸化ナトリウム水溶液を加え、溶液をアルカリ性にし、化合物を遊離させる。
② 希塩酸を加え、溶液を酸性にし、化合物を遊離させる。
③ 二酸化炭素を加え、化合物を遊離させる。
④ 蒸留する。
⑤ 昇華する。

IV 次の文章を読み、以下の問い(1)~(4)に答えなさい。数値は有効数字2桁で答えなさい。(20点)

地殻中の金属元素の質量濃度を比較すると、鉄は、の次に多く存在する元素であり、地球上の岩石中に酸化物や硫化物として多量に含まれている。鉄の製錬は、耐火れんが製の溶鉱炉の中で行われる。上部から鉄鉱石(赤鉄鉱 Fe_2O_3 など)を、コークス(C)、石灰石(CaCO_3)とともに入れ、下方から 1250°C の熱風を吹き込むと、炉内でコークスが燃焼し 2000°C 近くの高温となり、発生した一酸化炭素により Fe_2O_3 が段階的に される。

石灰石を入れる理由は、鉄鉱石に含まれる不純物のケイ砂を、 CaCO_3 の熱分解で生じた と反応させ、ケイ酸カルシウム(スラグという)として除去するためである。スラグは融解した鉄の上に浮かび、鉄の酸化も防止する。

こうして溶鉱炉から得られた鉄は と呼ばれる。質量比で約4%の炭素や、微量の硫黄やリンなどの不純物も含み、硬いが、もろく、展性・延性に乏しい。比較的融解しやすいので、鋳物に用いられる。溶けた を溶鉱炉から転炉に移し、高温で酸素を吹き込むと、炭素などの不純物は燃焼して除かれる。これによって、炭素の含有量が1.7%以下の強靱で弾性のある鋼が得られる。

鉄にクロムやニッケルを添加してつくられる合金を一般に といい、腐食されにくいので、食器や台所用品、構造材などとして広く利用されている。

問い

- (1) ~ に適切な語句を入れなさい。
- (2) 溶鉱炉の中で、二酸化炭素がコークスと接触して一酸化炭素が発生する化学反応式を書きなさい。
- (3) 下線部(ア)について、実際の反応は多段階で進むが、これを1つの化学反応式で書きなさい。
- (4) 質量比で4.0%の不純物を含む 2.0t を製造するためには、 Fe_2O_3 の含有量80%の赤鉄鉱が何t必要か。ただし、赤鉄鉱には Fe_2O_3 以外の鉄化合物は含まれないものとする。