

2013 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, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, Al = 27.0,
P = 31.0, S = 32.1, Cl = 35.5, Ca = 40.1, Cu = 63.6, Zn = 65.4
気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$
ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$
アボガドロ定数： $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

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) 次のイオン(a)~(c)と同じ電子数をもつ希ガスの原子の組み合わせとして正しいものはどれか。該当するものを、以下の解答群から1つ選びなさい。

- (a) Ca^{2+}
- (b) S^{2-}
- (c) Na^+

[解答群]

| | (a) | (b) | (c) |
|---|-----|-----|-----|
| ① | Ne | Ne | Ne |
| ② | Ne | Ne | Ar |
| ③ | Ne | Ar | Ne |
| ④ | Ne | Ar | Ar |
| ⑤ | Ar | Ne | Ne |
| ⑥ | Ar | Ne | Ar |
| ⑦ | Ar | Ar | Ne |
| ⑧ | Ar | Ar | Ar |

(2) 最新のインクジェットプリンターは、その微細孔から射出される液滴1滴が1 pL (ピコリットル, 10^{-12} L) まで微細化されているため、高精細な印刷が可能である。この液滴が水のみから構成されている場合、液滴1滴の中に含まれる水分子の数は何個か。最も近いものを、以下の解答群から1つ選びなさい。なお、水の密度は 1 g/cm^3 とする。

[解答群]

- ① 3×10^{10} 個 ② 3×10^{11} 個 ③ 3×10^{13} 個 ④ 3×10^{14} 個
⑤ 6×10^{11} 個 ⑥ 6×10^{12} 個 ⑦ 6×10^{14} 個 ⑧ 6×10^{15} 個

- (3) 化石燃料を燃焼させると、その中に含まれる硫黄成分の大半は二酸化硫黄となる。二酸化硫黄が大気中に排出されると、水や酸素との反応により硫酸に変化し、酸性雨の原因となる。ある火力発電所において、二酸化硫黄を体積で0.10%含む気体が毎時 $8.0 \times 10^5 \text{ m}^3$ (標準状態換算) 排出されているとき、この二酸化硫黄が最終的にすべて硫酸に変わったとすると、生成される硫酸は毎時何 kg となるか。最も近いものを、以下の解答群から1つ選びなさい。

[解答群]

- | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| ① $3.5 \times 10^{-1} \text{ kg}$ | ② 3.5 kg | ③ 35 kg |
| ④ $3.5 \times 10^2 \text{ kg}$ | ⑤ $3.5 \times 10^3 \text{ kg}$ | ⑥ $3.5 \times 10^4 \text{ kg}$ |
| ⑦ $3.5 \times 10^5 \text{ kg}$ | ⑧ $3.5 \times 10^6 \text{ kg}$ | |

(4) ハロゲンに関する次の記述(a)~(c)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。

(a) ハロゲンの単体はすべて単原子分子である。

(b) ヨウ素の単体は常温・常圧で固体であり、これ以外のハロゲンの単体は常温・常圧で気体である。

(c) ハロゲン原子の電気陰性度は、原子番号が大きくなるにともない、小さくなる。

[解答群]

| | (a) | (b) | (c) |
|---|-----|-----|-----|
| ① | ○ | ○ | ○ |
| ② | ○ | ○ | × |
| ③ | ○ | × | ○ |
| ④ | ○ | × | × |
| ⑤ | × | ○ | ○ |
| ⑥ | × | ○ | × |
| ⑦ | × | × | ○ |
| ⑧ | × | × | × |

(5) 25℃と71℃における水のイオン積 K_w は下の表のとおりである。71℃の純水中の $[H^+]$ は25℃の純水中の $[H^+]$ の何倍か。最も近いものを、以下の解答群から1つ選びなさい。

| 温度 [℃] | 25 | 71 |
|-------------------|------------------------|------------------------|
| $K_w [(mol/L)^2]$ | 1.00×10^{-14} | 1.60×10^{-13} |

[解答群]

- ① 0.10 ② 0.25 ③ 0.40 ④ 1.0
⑤ 1.6 ⑥ 4.0 ⑦ 10 ⑧ 16

- (6) 銅と亜鉛の合金である黄銅は、装飾品などに広く利用されている。黄銅の試料片 0.490 g を濃硝酸に溶かして得た溶液中に、一對の白金電極を浸して電気分解を行ったところ、溶液中の銅(II)イオンを金属銅として完全に析出させるのに、 9.65×10^2 C の電気量を要した。この実験中に流れた電子はすべて銅イオンの還元反応に使われたと仮定し、黄銅中に含まれていた銅の質量パーセントとして最も近いものを、以下の解答群から1つ選びなさい。

[解答群]

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

(7) 金属イオンとして、(a) Zn^{2+} のみを含む水溶液、(b) Cu^{2+} のみを含む水溶液、
(c) Al^{3+} のみを含む水溶液がある。

(A) 少量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると白色沈殿が生成し、さらに多くの水酸化ナトリウム水溶液を加えると再び溶解する。

(B) 少量のアンモニア水を加えると白色沈殿が生成し、さらに多くのアンモニア水を加えると再び溶解する。

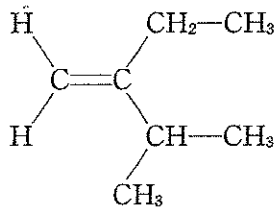
(A)と(B)の2つの条件を満たすのは、どの水溶液か。該当するものを、以下の解答群から1つ選びなさい。

[解答群]

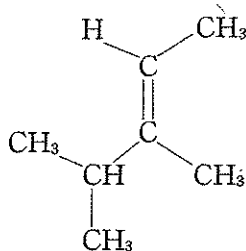
- ① (a), (b), (c)
- ② (a), (b)
- ③ (a), (c)
- ④ (b), (c)
- ⑤ (a)
- ⑥ (b)
- ⑦ (c)
- ⑧ 該当するものはない

(8) 化合物(a)~(c)のうち、一分子の水素を付加させると、不斉炭素原子を持つ化合物になるものはどれか。該当するものを、以下の解答群から1つ選びなさい。

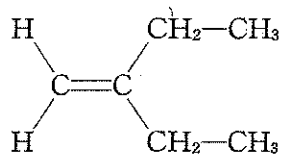
(a)



(b)



(c)



[解答群]

① (a), (b), (c)

② (a), (b)

③ (a), (c)

④ (b), (c)

⑤ (a)

⑥ (b)

⑦ (c)

⑧ 該当するものはない

- (9) 1.0 mol/kg の(a)ショ糖水溶液, (b)リン酸三カリウム水溶液, (c)硫酸ナトリウム水溶液, (d)塩化ナトリウム水溶液がある。これらの水溶液を, それぞれ十分かき混ぜながら, 室温からゆっくり冷却していくとき, 水溶液が凝固する順番として正しいものはどれか。該当するものを, 以下の解答群から1つ選びなさい。なお, (a)→(b)は(a)の次に(b)が凝固することを示す。

[解答群]

- ① (a)→(c)→(b)→(d)
- ② (a)→(c)→(d)→(b)
- ③ (a)→(d)→(b)→(c)
- ④ (a)→(d)→(c)→(b)
- ⑤ (b)→(c)→(a)→(d)
- ⑥ (b)→(c)→(d)→(a)
- ⑦ (b)→(d)→(a)→(c)
- ⑧ (b)→(d)→(c)→(a)

- (10) アジピン酸 (図1) と過剰量のヘキサメチレンジアミン (図2) を用いて縮合重合を行ったところ、分子鎖の両末端にアミノ基を持つ直鎖状の6,6-ナイロン (平均分子量 4640) が合成できた。この6,6-ナイロンの分子内にある末端アミノ基の数とアミド結合の数の比を1:Xとしたとき、Xとして最も近いものを、以下の解答群から1つ選びなさい。

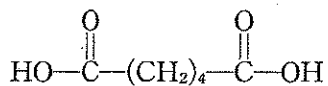


図1 アジピン酸



図2 ヘキサメチレンジアミン

[解答群]

① 10

② 20

③ 30

④ 40

⑤ 50

⑥ 60

⑦ 70

⑧ 80

II 下の図は炭酸ナトリウムの工業的製造法であるアンモニアソーダ法（ソルベー法）の概要を示している。実線は製造工程，点線は回収工程を表す。以下の問い(1)～(5)に答えなさい。(20点)

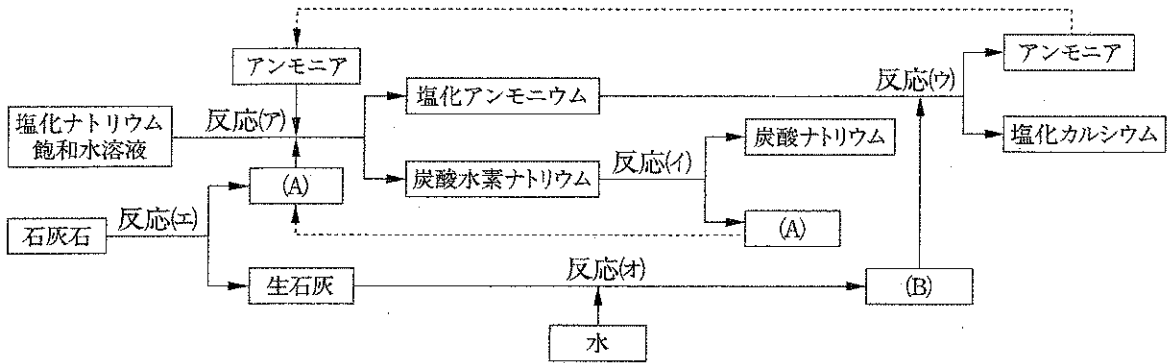


図3 炭酸ナトリウムの工業的製造法

問い

(1) 反応(ア)において，生成物である塩化アンモニウムと炭酸水素ナトリウムを分離するのに，両者のどのような性質の違いを利用しているか。最も適切なものを，以下の解答群から1つ選び，その番号を書きなさい。

[解答群]

- ① 融点 ② 沸点 ③ 溶解度
- ④ 分子量 ⑤ 密度 ⑥ 比熱

(2) 化合物(B)の化学式を書きなさい。
 (3) 反応(ア)，(イ)の化学反応式を書きなさい。
 (4) 反応(ア)で使用する(A)のうち，反応(エ)で発生する(A)は何%を占めるか。ただし，反応(イ)で発生する(A)は100%回収し利用できるものとする。
 (5) 炭酸ナトリウムの無水物を10.6 kg 製造するためには，原料となる塩化ナトリウム飽和水溶液が少なくとも何L必要か。有効数字2桁で答えなさい。ただし，

塩化ナトリウム飽和水溶液の質量パーセント濃度を 26.5%，密度を 1.2 g/cm^3 とし，各反応は完全に進行するものとする。

III 新入生のAさんと友人Bさんの次の会話を読み、文中の空欄(1)、(2)に適した化学反応式を書きなさい。また、空欄(3)~(5)に適した数値を有効数字2桁で答えなさい。

(20点)

A 「せっかく中央大学に通うことになったので、充実したキャンパスライフを送るために、大学の近くにアパートを借りることにしたんだ。ガスを利用する手続きをしたら、ここでは実家で使っているLPガスではなく、都市ガスを使うらしいね。」

B 「都市ガスの主成分はメタンだね。その完全燃焼の化学反応式は

(1) だね。」

A 「たしかLPガスの主成分はプロパンで、その完全燃焼の化学反応式は

(2) だったね。」

B 「燃焼熱は、メタンに対してプロパンは2.5倍だそうだよ。」

A 「ということは、どちらも標準状態の理想気体とすると、同じ体積あたりだったら、メタンに対してプロパンは (3) 倍、熱を発生するんだね。」

B 「同じ質量あたりだったら、メタンに対してプロパンは (4) 倍、熱を発生することになるね。」

A 「同じ二酸化炭素排出量あたりで比較したらどうなるだろう？」

B 「ちょっと難しいなあ。化学反応式をよくながめて、同じ量の二酸化炭素を排出すると考えた場合の熱を比較すればよいから…。そうか、メタンに対してプロパンは (5) 倍、熱を発生することになるね。」

A 「どちらも似たような燃料だと思っていたけれど、見方を変えるといろいろと違って見えてくるんだね。」

IV 次の文章を読み、以下の問い(1)~(7)に答えなさい。ただし、構造式は図4の例にならって書きなさい。(20点)

分子式 $C_4H_8O_2$ のエステルAに、希硫酸を加えて加熱すると加水分解が起こり、炭素数の同じ二種類の化合物Bと化合物Cが得られた。化合物Bに炭酸水素ナトリウム水溶液を加えたところ、気体Dが発生した。また、化合物Cに単体のナトリウムを加えると、気体Eが発生した。一方、化合物Bは適切な触媒を用いてアセチレンと反応させることで、重合しやすいエステルFになる。化合物Cはリン酸を触媒に用いてエチレンと水を反応させても得られる。一方、化合物Cは適切な触媒を用いて酸化すると銀鏡反応を示す化合物Gになるが、化合物Gは $PdCl_2$ と $CuCl_2$ を触媒として二種類の気体からも合成できる。

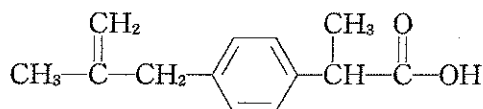


図4 構造式の例

問い

- (1) エステルAの名称を書きなさい。
- (2) 気体Dの名称を書きなさい。
- (3) 気体Dをナトリウムフェノキシドと高温・高圧下で反応させ、希硫酸で処理して得られる化合物の構造式を書きなさい。
- (4) 気体Eの名称を書きなさい。
- (5) エステルFの構造式を書きなさい。
- (6) 下線部(ア)の化学反応式を書きなさい。触媒は書かなくてよい。ただし、有機化合物は構造式で示しなさい。
- (7) 下線部(イ)の二種類の気体のうち、分子量の大きい方の気体の名称を書きなさい。