

化学問題

(60分)

〈注意〉 化学の受験者は、次の表に従って4題を解答してください。

必答問題	選択問題	選択問題の出題内容
1, 2, 3	4と5の2題から1題	4: 無機物質 5: 有機化合物

解答は化学の解答用紙に記入してください。

必要があれば、原子量および定数は次の値を使うこと。

原子量 H 1.0 He 4.0 C 12 O 16 Na 23 S 32

Cl 35.5 Cu 64

アボガドロ定数 $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$

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

ファラデー定数 $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

気体は、実在気体とことわりがない限り、理想気体として扱うものとする。

【化学 必答問題】

1 次のⅠ～Ⅲの各問いに答えよ。(配点 25)

Ⅰ 次の各問いに答えよ。

問1 ある原子Xの中性子の数は、Xの陽子の数より1個多い。Xの原子番号をaとするとき、Xの質量数をaを用いて表せ。

問2 結晶が共有結合の結晶(共有結合結晶)であるものを、次の1～5のうちから一つ選び、番号で答えよ。

1 マグネシウム

2 ヨウ素

3 二酸化炭素

4 二酸化ケイ素

5 酸化マンガン(Ⅳ)

II 次の各問いに答えよ。

問3 燃料電池自動車は、タンクに水素が詰められており、ガソリンではなく水素を燃料として水だけを排出して走るのので、環境にやさしいとされている。容積 120 L のタンクに水素が 7.0×10^7 Pa の圧力が入っているとき、同温で大気圧 1.0×10^5 Pa における体積に換算すると、水素の体積は何 L になるか。有効数字2桁^{けた}で答えよ。

問4 上空に浮かんでいる熱気球には、球皮とよばれる袋に温められた空気が詰められている。内容積 2.5×10^6 L の球皮に 87°C 、 6.0×10^4 Pa の空気が詰められているとき、球皮の中に詰められている空気の質量は何 kg になるか。ただし、空気の平均分子量は 29 とし、有効数字2桁で答えよ。

問5 理想気体と実在気体に関する記述として適当なものを、次の1～5のうちから二つ選び、番号で答えよ。ただし、解答の順序は問わない。

- 1 理想気体は、分子自身に体積はあるが分子間力ははたらかない仮想の気体である。
- 2 理想気体は、冷却や圧縮により凝縮することはない。
- 3 実在気体は、高温・低圧条件で理想気体に近づく。
- 4 実在気体の中には、理想気体の状態方程式が厳密に成り立つものがある。
- 5 0°C 、 1.013×10^5 Pa において、1 mol の実在気体の体積は、気体の種類によらず同じである。

Ⅲ 次の文章を読み、下の各問いに答えよ。

多数の粒子が規則正しく配列している固体を結晶といい、構成粒子や結合様式の種類によって結晶の構造もさまざまである。たとえば、(ア) イオン結晶である塩化ナトリウム NaCl の単位格子は図 1 のような配列の立方体、金属結晶である (イ) 鉄 Fe の単位格子は図 2 のような配列の立方体になる。ここで図 1 および図 2 中の○や●は、イオンや原子の中心の位置を表しており、実際は最近接の粒子どうしが接した構造となっている。

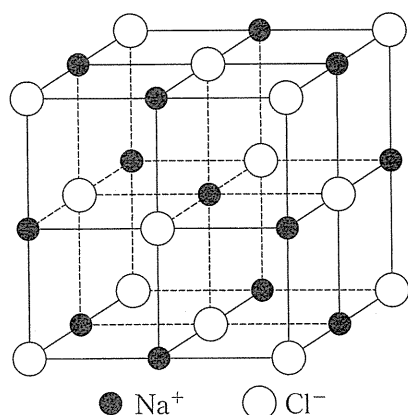


図 1

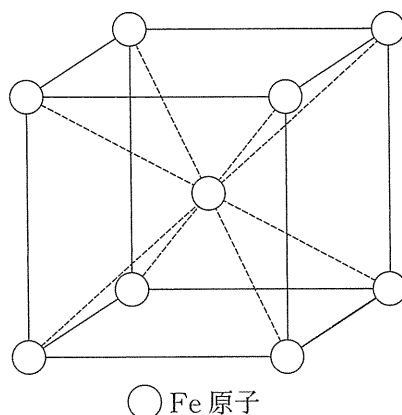


図 2

問6 文章中の下線部(ア)に関して、次の(1)・(2)の各問いに答えよ。

- (1) 塩化ナトリウムの結晶格子では、1個の Cl⁻は何個の Na⁺と接しているか。
- (2) イオン結晶の性質に関する記述として誤りを含むものを、次の **1**～**4**のうちから一つ選び、番号で答えよ。

- 1 結晶全体では、電氣的に中性である。
- 2 結晶は電気をよく通す。
- 3 化学式は組成式で表される。
- 4 強い力を加えると、特定の面に沿って割れる。

問7 文章中の下線部(イ)について、鉄のモル質量を M [g/mol]、鉄原子の半径を r [cm]、アボガドロ定数を N_A [/mol]として、鉄の結晶の密度 d [g/cm³]を、 M , r , N_A を用いた式で表せ。ただし、根号はそのまま用いて表せ。

【化学 必答問題】

2 次の I・II の各問いに答えよ。(配点 30)

I 次の各問いに答えよ。

問1 1 mol の硫酸銅(II)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 中の原子や分子、イオンに関する記述として誤りを含むものを、次の 1~4 のうちから一つ選び、番号で答えよ。

- 1 銅(II)イオンと硫黄原子はいずれも 1 mol ずつ含まれている。
- 2 酸素原子は 4 mol 含まれている。
- 3 水素原子は 6.0×10^{24} 個含まれている。
- 4 水分子は 90 g 含まれている。

問2 ある気体の密度を 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ で測定すると 1.25 g/L であった。この気体の分子量はいくらか。有効数字 3 桁で答えよ。

問3 水溶液の調製についての記述として最も適当なものを、次の 1~5 のうちから一つ選び、番号で答えよ。

- 1 水溶液を正確に希釈する際は、メスシリンダーを用いる。
- 2 正確な体積の水溶液をはかりとる場合は、こまごめピペットを用いる。
- 3 水溶液を 10 倍に希釈する場合には、希釈前の水溶液 10 mL をはかりとり、水を加えて 100 mL にする。
- 4 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液をつくるときは、1.0 L の水に 4.0 g の水酸化ナトリウムを溶かす。
- 5 10% の塩化ナトリウム水溶液をつくるときは、100 g の水に 10 g の塩化ナトリウムを溶かす。

問4 黄銅は、銅を主成分とする亜鉛との合金である。黄銅中の銅の質量を求めるために、次の実験を行った。

実験

黄銅 0.50 g を濃硝酸に加え、黄銅をすべて溶かした。得られた水溶液を純水で希釈し、この水溶液に硫化水素を通じると、硫化銅(II) CuS の沈殿が 0.45 g 得られた。

黄銅 0.50 g に含まれていた銅の質量は何 g か。有効数字2桁で答えよ。ただし、水溶液中の銅(II)イオンは、すべて CuS として沈殿したものとする。

II 次の文章を読み、下の各問いに答えよ。

銅は、熱伝導性、電気伝導性に優れているため、鍋や電線などに広く用いられている。銅の精製技術は産業革命によって大きく飛躍し、現在は、銅鉱石から得られた粗銅から純度の高い銅(純銅)を得るために、粗銅を陽極とし、硫酸酸性の硫酸銅(II)水溶液を電解液にして電気分解を行い、陰極に純銅を析出させる、電解精錬という方法がとられている。

問5 電解精錬において、純銅板で起こる変化を、電子 e^- を含むイオン反応式で表せ。

問6 電解精錬が十分に進んだ後、粗銅板の下に金属の沈殿物が確認された。このような沈殿物が生じる理由について述べた次の文中の空欄 に当てはまる記述を、「大きい」または「小さい」のいずれかの語を必ず用いて 15 字以内で答えよ。

理由

金属は、陽イオンにならないため。

問7 次の文章を読み、下の(1)・(2)の各問いに答えよ。

図1のように、燃料電池を使用して、銅板を電極とし、電解液に硫酸酸性の硫酸銅(Ⅱ)水溶液を用いて電気分解の実験を行った。燃料として、 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ で4.48 Lの水素を消費したとき、陰極の銅板に8.32 gの銅が析出した。

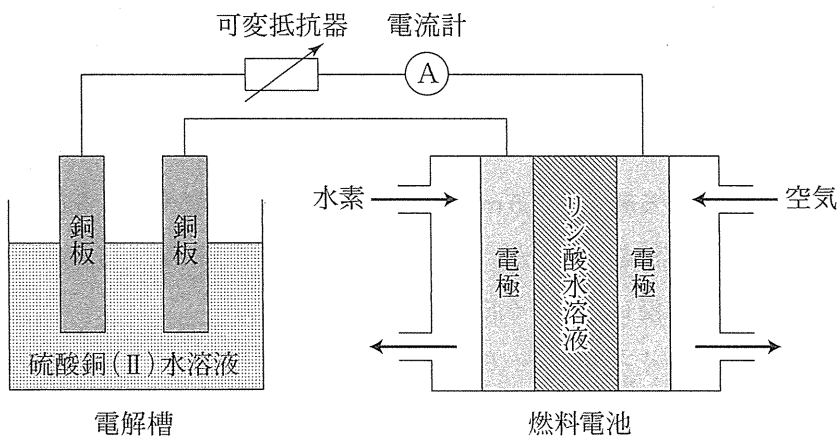


図 1

- (1) このとき燃料電池の正極に必要な空気の体積は 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ で何Lか。有効数字3桁で答えよ。ただし、空気は体積比で窒素80%、酸素20%の混合気体であるものとし、空気中の酸素はすべて反応に使われるものとする。
- (2) この電気分解の実験では、燃料電池が放電した電気量の一部が銅の析出に使われている。銅の析出に使われた電気量は、燃料電池が放電した電気量の何%であったか。整数で答えよ。なお、燃料電池では、反応した水素による化学エネルギーはすべて電気エネルギーに変換されるものとする。

【化学 必答問題】

3 次のⅠ・Ⅱの各問いに答えよ。(配点 25)

Ⅰ 次の文章を読み、下の各問いに答えよ。

ハヤトさんは学校の化学の授業でコロイドについて学習し、その性質に興味をもった。そこで、次の実験1のようにして実際に授業で習った手順でコロイド溶液をつくり、実験2～4のようにコロイドの性質について調べてみた。

実験1 沸騰している純水に、1.5 mol/Lの塩化鉄(Ⅲ)水溶液 30 mLを加え、水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液をつくった。さらに、このコロイド溶液を半透膜であるセロハン袋に入れて水に浸し、コロイド溶液を精製した。

実験2 実験1でつくったコロイド溶液に硫酸ナトリウム水溶液を少量加えると、(ア)沈殿が生じた。

実験3 実験1でつくったコロイド溶液に横から強い光を当てると、(イ)光の進路が輝いて見えた。

実験4 実験1でつくったコロイド溶液を 300 mL はかりとり、浸透圧を 27℃で測定したところ、415 Paであった。

問1 文章中の下線部(ア)・(イ)でみられた現象の名称として最も適当なものを、次の1～6のうちからそれぞれ一つずつ選び、番号で答えよ。

- | | | |
|--------|----------|----------|
| 1 透析 | 2 凝析 | 3 塩析 |
| 4 電気泳動 | 5 ブラウン運動 | 6 チンダル現象 |

問2 実験2において、0.020 mol/Lの硫酸ナトリウム水溶液を 100 mL つくるのに必要な硫酸ナトリウム十水和物 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (モル質量 322 g/mol) の質量は何 g か。有効数字2桁で答えよ。

問3 実験4の結果より、このコロイド溶液 300 mL 中に含まれるコロイド粒子の物質量は何 mol か。有効数字2桁で答えよ。ただし、この溶液中にはコロイド粒子と水以外のものは存在せず、溶液中のコロイド粒子は電離しないものとする。

II 次の各問いに答えよ。

問4 反応速度に関する記述として誤りを含むものを、次の**1**～**4**のうちから一つ選び、番号で答えよ。

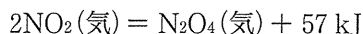
- 1** 可逆反応において、反応が進むと、見かけの反応速度が小さくなるのは、正反応と逆反応の反応速度の差が小さくなるためである。
- 2** 反応物の濃度が大きくなると反応速度が大きくなるのは、反応する粒子どうしが単位時間に衝突する回数が増加するためである。
- 3** 触媒を用いると反応速度が大きくなるのは、反応の経路が変わり、活性化エネルギーが大きくなるためである。
- 4** 温度が上昇すると反応速度が大きくなるのは、活性化エネルギー以上のエネルギーをもつ粒子の割合が増加する影響が大きいためである。

問5 2種類の物質を同じ物質質量ずつ水に溶かして水溶液をつくったとき、緩衝液として使用できるものを、次の**1**～**5**のうちから二つ選び、番号で答えよ。ただし、解答の順序は問わない。

- 1** CH_3COOH と CH_3COONa
- 2** NaOH と HCl
- 3** NaOH と NH_3
- 4** H_2SO_4 と NaHSO_4
- 5** NH_3 と NH_4Cl

問6 次の文章を読み、下の(1)・(2)の各問いに答えよ。

二酸化窒素 NO_2 (赤褐色) が四酸化二窒素 N_2O_4 (無色) に変化する反応は、可逆反応である。 NO_2 を容器に入れ、温度と圧力を一定に保つと、 NO_2 と N_2O_4 が一定の割合となり平衡状態に達する。この反応は次の熱化学方程式で表される。



- (1) 真空中に排気した反応容器に NO_2 のみを入れ、温度を T_1 [°C] に保ってしばらく放置すると、一部の NO_2 が N_2O_4 に変化し、平衡状態に達した。このときの変化において、 NO_2 の物質量を縦軸に、反応時間を横軸にとって NO_2 の物質量の時間変化をグラフにすると、図1の破線のようになった。この反応を、温度以外の条件を同じにして T_2 [°C] ($T_1 < T_2$) で行くと、平衡状態に達したときは T_1 [°C] のときとくらべて混合気体の色が濃い状態であった。 T_2 [°C] のときのグラフの概形を、解答欄の図に実線で表せ。

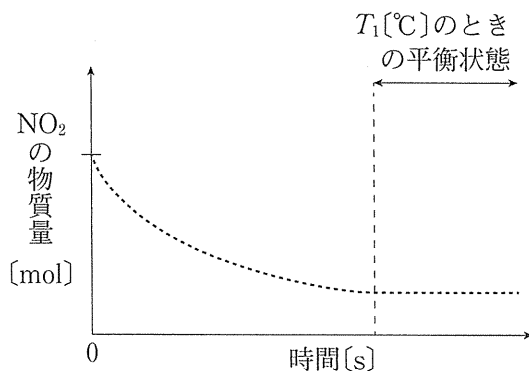


図 1

- (2) 反応容器に NO_2 を入れ、温度を一定に保ち、平衡状態に達したとき、反応容器内の全圧は $2.4 \times 10^5 \text{ Pa}$ であり、最初の NO_2 の 40% が N_2O_4 に変化していた。このときの圧平衡定数 K_p [Pa^{-1}] を、有効数字 2 桁で答えよ。

【注意】 4 は選択問題です。

4 : 無機物質 5 : 有機化合物	2 題から 1 題を選択
-----------------------	--------------

【化学 選択問題】

4 次の各問いに答えよ。(配点 20)

問1 貴ガス(希ガス)に関する記述として誤りを含むものを、次の1~4のうちから一つ選び、番号で答えよ。

- 1 貴ガスの原子はすべて価電子の数が0である。
- 2 ヘリウムはすべての気体の中で最も密度が小さい。
- 3 ネオンはガス中で放電すると発光するため、ネオンサインとして用いられている。
- 4 アルゴンは大気中に窒素、酸素に次いで多く含まれている。

問2 硫酸の製造に関する次の文章中の空欄 **a** ・ **b** に当てはまる化学式と数値の組合せとして最も適当なものを、下の**1**～**6**のうちから一つ選び、番号で答えよ。

硫酸は工業的には次の方法で製造されている。

- ① 石油精製の過程で得られる硫黄の燃焼によって、 SO_2 をつくる。
- ② 触媒として **a** を用いて、 SO_2 と O_2 から SO_3 をつくる。
- ③ SO_3 を濃硫酸に吸収させて発煙硫酸とし、これを希硫酸でうすめて濃硫酸とする。

以前、日本では黄鉄鉱(主成分 FeS_2)の燃焼によって SO_2 をつくって硫酸を製造していた。黄鉄鉱から硫酸をつくる場合、理論上、 FeS_2 1 mol から硫酸は **b** mol 得ることができる。

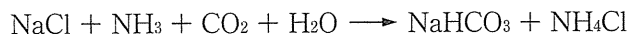
	a	b
1	Pt	0.5
2	Pt	1
3	Pt	2
4	V_2O_5	0.5
5	V_2O_5	1
6	V_2O_5	2

問3 ケイ素やその化合物に関する記述として最も適当なものを、次の**1**～**4**のうちから一つ選び、番号で答えよ。

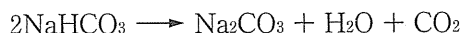
- 1** ケイ素は岩石や鉱物の成分元素として、地殻中に最も多く含まれる。
- 2** 二酸化ケイ素に塩酸を加えると、よく溶ける。
- 3** 二酸化ケイ素と炭酸ナトリウムを反応させると、ケイ酸ナトリウムが得られる。
- 4** ケイ酸ナトリウムに水を加えて加熱すると、シリカゲルができる。

問4 炭酸ナトリウムは、工業的にアンモニアソーダ法(ソルバー法)で製造される。次の操作1および操作2は、アンモニアソーダ法の一部である。

操作1 塩化ナトリウムの飽和水溶液にアンモニアと二酸化炭素を吸収させ、炭酸水素ナトリウムを析出させる。



操作2 沈殿した炭酸水素ナトリウムを熱分解し、炭酸ナトリウムを得る。



アンモニアソーダ法で、塩化ナトリウムのうち40%が炭酸ナトリウムに変化したとすると、100 kgの炭酸ナトリウムを得るには、塩化ナトリウムは何kg必要か。有効数字2桁で答えよ。

問5 マグネシウムとカルシウムはいずれも周期表の2族に属する元素であるが、その性質にはよく似たものと、似ていないものがある。マグネシウムとカルシウムのいずれにも当てはまる記述を、次の1~5のうちから二つ選び、番号で答えよ。ただし、解答の順序は問わない。

- 1 原子は2価の陽イオンになりやすい。
- 2 単体は常温の水と反応しない。
- 3 硫酸塩は水によく溶ける。
- 4 炭酸塩は水に溶けにくい。
- 5 塩の水溶液は炎色反応を示す。

問6 次の文章を読み、下の(1)・(2)の各問いに答えよ。

アルミニウムや亜鉛の単体は、酸と強塩基のどちらの水溶液とも反応し、水素を発生して溶ける。このように、酸とも強塩基とも反応して塩をつくる金属を、c金属という。

たとえば、アルミニウムは水酸化ナトリウム水溶液と、次のように反応する。



(1) 文章中の空欄 c に当てはまる語を、漢字2字で答えよ。

(2) アルミニウムが塩酸に溶ける変化を、化学反応式で表せ。

【注意】 5 は選択問題です。

4 : 無機物質 5 : 有機化合物	2題から1題を選択
-----------------------	-----------

【化学 選択問題】

5 次の各問いに答えよ。(配点 20)

問1 表1は、有機化合物(試料)の成分元素と、その検出操作および確認方法についての記述をまとめたものである。下線部に誤りを含むものを、表1中の1~4のうちから一つ選び、番号で答えよ。

表 1

	成分元素	検出操作および確認方法
1	炭素	試料を完全燃焼させて、発生した気体を <u>石灰水に通すと、石灰水は白濁する。</u>
2	窒素	試料を水酸化ナトリウムとともに加熱し、発生した気体を湿った <u>青色リトマス紙に触れさせると、赤変する。</u>
3	硫黄	試料を単体のナトリウムとともに加熱し、生成した物質に <u>酢酸鉛(II)水溶液を加えると、黒色沈殿が生じる。</u>
4	塩素	試料を加熱した銅線につけ、 <u>炎に入れると、青緑色の炎色反応がみられる。</u>

問2 図1のような実験装置を用いて、炭素、水素、酸素のみからなる有機化合物を完全燃焼させ、発生した気体の質量を測定し、元素分析を行った。実験開始時に図1中の **a** ~ **c** で示される物質の組合せとして最も適当なものを、下の1~4のうちから一つ選び、番号で答えよ。

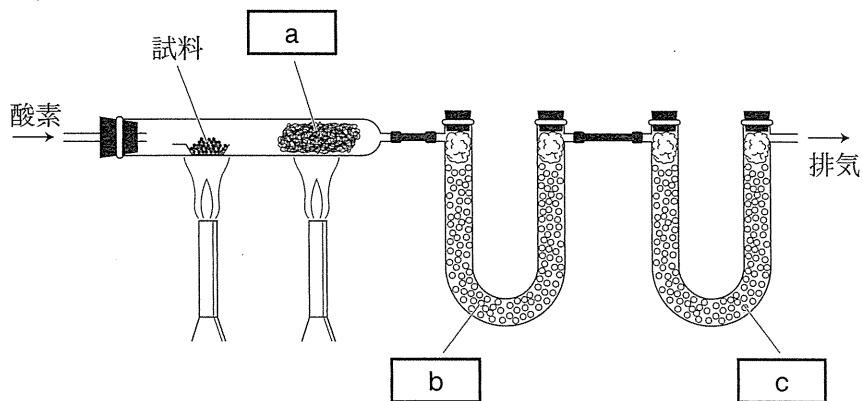
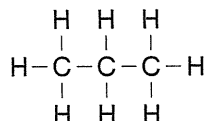


図 1

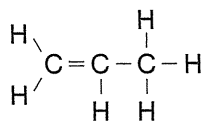
	a	b	c
1	銅	塩化カルシウム	ソーダ石灰
2	銅	ソーダ石灰	塩化カルシウム
3	酸化銅(Ⅱ)	塩化カルシウム	ソーダ石灰
4	酸化銅(Ⅱ)	ソーダ石灰	塩化カルシウム

問3 常温で臭素水に加えると、臭素の色が脱色される炭化水素を、次の**1**～**5**のうちからすべて選び、番号で答えよ。ただし、解答の順序は問わない。

1



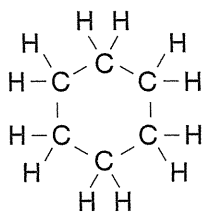
2



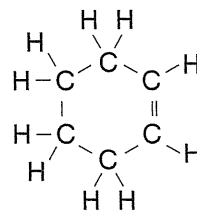
3



4



5



問4 炭化水素についての記述として誤りを含むものを、次の**1**～**5**のうちから一つ選び、番号で答えよ。

- 1** メタンと塩素を容器に封入して光を当てると、クロロメタンが生成する。
- 2** 濃硫酸を 160～170℃に加熱しながらエタノールを加えていくと、エチレンが生成する。
- 3** アセチレンを赤熱した鉄に触れさせると、3分子のアセチレンからベンゼンが生成する。
- 4** リン酸触媒を用いてエチレンに水を反応させると、アセトアルデヒドが生成する。
- 5** 酢酸ナトリウムの無水物を水酸化ナトリウムとともに加熱すると、メタンが生成する。

問5 ある炭化水素 8.40 mg を完全燃焼させると、二酸化炭素が 26.4 mg 生じた。この炭化水素に含まれる炭素の質量百分率は何%か。整数で答えよ。

問6 分子式が C_5H_{10} で表される鎖式炭化水素の異性体は、何種類あるか。ただし、シス-トランス異性体(幾何異性体)も区別して数えるものとする。