

2024 年 度

問題冊子

教 科	科 目	ページ数
理 科	化 学	10

試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。

解答の書き方

1. 解答は、すべて別紙解答用紙の所定欄に、はっきりと記入すること。
2. 解答を訂正する場合には、きれいに消してから記入すること。
3. 解答用紙には、解答、志望学部及び受験番号のほかは、いっさい記入しないこと。

注 意 事 項

1. 試験開始の合図の後、すべて(5枚)の解答用紙に志望学部及び受験番号を必ず記入すること。
2. 理科の選択科目は、出願時に選択したものと異なるものについて解答してはいけない。
3. 下書き用紙は、片面だけ使用すること。
4. 試験終了時には、解答用紙を必ずページ順に重ね、机の上に置くこと。解答用紙は、解答していないものも含め、すべて(5枚)を回収する。
5. 試験終了後、問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ること。

必要があれば，原子量は次の値を使うこと。

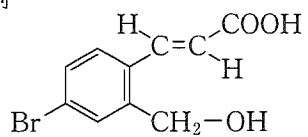
H 1.0 C 12.0 N 14.0 O 16.0 S 32.1

Fe 55.9

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

有機化合物の構造式は，以下の例にならって示すこと。

例



〔Ⅰ〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。なお、すべての気体は理想気体としてふるまい、気体の液体への溶解および液体の体積は無視できるとし、水の蒸気圧は 27°C で $3.6 \times 10^3 \text{ Pa}$ 、エタノールの蒸気圧は 27°C で $1.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ 、 87°C で $1.2 \times 10^5 \text{ Pa}$ とする。また、計算問題については計算過程も示しなさい。数値を解答する場合は、有効数字 2 桁で答えなさい。

密閉容器に液体を入れておくと、単位時間に蒸発して気体(蒸気)になる分子の数と、逆に気体から凝縮して液体になる分子の数がやがて等しくなって、実際に変化が起きているにもかかわらず、見かけ上蒸発が止まって見える状態になる。このような状態を平衡状態といい、気体と液体の変化では、とくに(ア)という。

固体・液体・気体が平衡状態で共存する点を(イ)という。温度と圧力を大きくしていくと、あるところで気体と液体の区別がつかない状態となる。このときの温度と圧力を(ウ)という。温度、圧力ともに(ウ)を超えた状態を(エ)状態とよび、(エ)状態にある物質を、(オ)という。

問 1 文章中の(ア)～(オ)に、適切な語句を入れなさい。

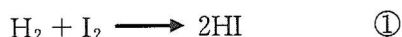
問 2 エタノール($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) 2.30 g と空気 28.8 g を、 8.3 L の容器に入れて、温度を 27°C に保った。空気は窒素と酸素のみからなる混合気体として、その混合比率が物質量の比で $4:1$ であるとする。

- (1) 容器内に液体として存在するエタノールの質量(g)を求めなさい。
- (2) 容器内の圧力(Pa)を求めなさい。
- (3) 容器の温度を 87°C にした。容器内の圧力(Pa)を求めなさい。
- (4) 容器内で電気火花を飛ばし、エタノールを完全に燃焼させた。
化学反応式を書きなさい。
- (5) 燃焼後の容器を 27°C まで冷却した。容器内の圧力(Pa)を求めなさい。

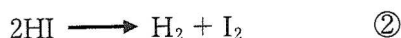
試験問題は次に続く。

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

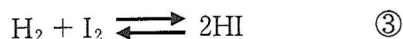
ある温度に保った容積一定の密閉容器に、同じ物質量の H_2 と I_2 の混合気体を入れると気体のヨウ化水素 HI が生じる。



この反応は可逆反応であり、生成した HI の一部は、分解して H_2 と I_2 になる。



この状態で長時間放置すると、やがて容器内の H_2 、 I_2 、 HI の物質量の割合が一定に保たれた平衡状態になる。



このとき、反応①を正反応、反応②を逆反応とする。

最初の H_2 の濃度、および反応開始後、時間 t_1 、 t_2 における H_2 の濃度を、以下の表のように、 c_0 、 c_1 、 c_2 とする。ただし $0 < t_1 < t_2$ で、 $0 \sim t_2$ の間は、生成する HI が少なく、逆反応の影響は無視できるものとする。また、 H_2 、 I_2 、 HI は常に気体状態で、理想気体としてふるまうものとする。表中の (sec) は、秒のことを表す。

時間(sec)	0	t_1	t_2
H_2 の濃度 (mol/L)	c_0	c_1	c_2

問 1 以下の結合エネルギーの値を用いて反応①の反応熱(kJ)を計算し、整数値で答えなさい。なお、計算過程も示しなさい。

$\text{H}-\text{H}$: 436 kJ/mol, $\text{I}-\text{I}$: 153 kJ/mol, $\text{H}-\text{I}$: 299 kJ/mol

- 問 2 (1) (i) 反応開始後 $0 \sim t_1$ 間の H_2 の平均の濃度 $\bar{c}_{0-1}$ を c_0, c_1 で表しなさい。
- (ii) 反応開始後 $0 \sim t_1$ 間の H_2 が減少する平均の反応速度 $\bar{v}_1$ を c_0, c_1, t_1 で表しなさい。
- (2) (i) 反応開始後 $t_1 \sim t_2$ 間の H_2 の平均の濃度 $\bar{c}_{1-2}$ を c_1, c_2 で表しなさい。
- (ii) 反応開始後 $t_1 \sim t_2$ 間の H_2 が減少する平均の反応速度 $\bar{v}_2$ を c_1, c_2, t_1, t_2 で表しなさい。
- (3) $\bar{v}_2$ を $c_0, c_1, c_2, \bar{v}_1$ で表しなさい。

- 問 3 (1) 平衡状態にある $\text{H}_2, \text{I}_2, \text{HI}$ の濃度を $[\text{H}_2], [\text{I}_2], [\text{HI}]$ とする。化学平衡③の平衡定数 K を $[\text{H}_2], [\text{I}_2], [\text{HI}]$ で表しなさい。
- (2) 最初の H_2 と I_2 の物質量はいずれも 1.00 mol で、平衡状態の HI の物質量が 1.60 mol であるとき、平衡定数 K を、有効数字 2 桁 で求めなさい。なお、計算過程も示しなさい。

- 問 4 今、平衡状態にある密閉容器の温度を下げると、平衡は、反応①、②のどちらの方向に移動すると思われるか。番号(①または②)で答えなさい。また、その理由を 120 字以内で説明しなさい。ただし「 H_2 」, 「 I_2 」, 「+」, 「 $\rightarrow$ 」などは 1 文字とする。

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

周期表の1, 2, 12～18族の元素を(ア)元素, 3～11族の元素を(イ)元素という。なかでも(ウ)元素は全て金属元素で、鉄や銅など日常生活や工業で重要なものが多い。

鉄は鉄鉱石と高炉内でコークスから生じる一酸化炭素(気体)を反応させてつく^①る。また、鉄は希硫酸と反応して気体を発生しながら溶けるが、濃硝酸には溶けない。これは、金属表面に緻密な酸化被膜が生じて内部を保護するため、このような状態を(エ)態という。

一方、銅の単体は特有の赤色光沢をもつ金属である。銅(Ⅱ)イオンを含む水溶液に塩基を少量加えると青白色沈殿が生成し、この沈殿にアンモニア水を加えると溶解して深青色溶液となる。^②^③

問 1 (ア)～(エ)に適切な語句を答えなさい。ただし、同じ語句を繰り返し用いてもよい。

問 2 下線部①に示した、赤鉄鉱(Fe_2O_3) (固体)から単体の鉄(固体)が生成する反応について、化学反応式を示しなさい。

問 3 下線部②について、イオン反応式を示しなさい。

問 4 下線部③について、イオン反応式を示しなさい。

問 5 硫酸鉄(Ⅲ) ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) には、水和水を有さない無水和物と、何種類かの水和水がある。硫酸鉄(Ⅱ)七水和物と、水和水の数が不明な何種類かの硫酸鉄(Ⅲ)水和水の混合物 0.168 g を完全に水に溶解させて、水溶液 20.0 mL を調製した。この水溶液を空気に触れることなく 10.0 mL はかりとり、0.00400 mol/L の過マンガン酸カリウムの硫酸酸性水溶液で滴定したところ、12.5 mL 滴下したところで終点となった。一方、残った 10.0 mL の水溶液に対して、ある方法で含まれている鉄(Ⅱ)イオンおよび鉄(Ⅲ)イオンを完全に酸化鉄(Ⅲ)に変換したところ、0.0250 g が得られた。

- (1) 鉄(Ⅱ)イオンと過マンガン酸イオン間の反応について、イオン反応式を示しなさい。
- (2) 混合物に含まれていた硫酸鉄(Ⅱ)七水和物の物質質量(mol)を、有効数字 3 桁で答えなさい。なお、計算過程も示しなさい。
- (3) 混合物に含まれていた硫酸鉄(Ⅲ)水和水の平均のモル質量(g/mol)を、有効数字 2 桁で答えなさい。なお、計算過程も示しなさい。

問 6 鉄(Ⅲ)イオンを含む酸性水溶液に少量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ の赤褐色沈殿が生成し始めた。沈殿が生成し始めた時点での水素イオン濃度(mol/L)を、有効数字 2 桁で答えなさい。なお、鉄(Ⅲ)イオンの濃度は 0.010 mol/L で一定であり、水のイオン積は $1.0 \times 10^{-14}(\text{mol/L})^2$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ の溶解度積は $1.0 \times 10^{-38}(\text{mol/L})^4$ であるとする。

〔Ⅳ〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

分子式 $C_{12}H_{16}O_2$ をもつ化合物(A)とその構造異性体(B), (C), (D)をそれぞれ加水分解したところ、化合物(A)からは化合物(E)と化合物(F)、化合物(B)からは化合物(E)と化合物(G)、化合物(C)からは化合物(E)と化合物(H)、化合物(D)からは化合物(E)と化合物(I)が得られた。

化合物(F), (G), (H), (I)に酸化剤を作用させたところ、化合物(F)と(G)からはアルデヒドが生じ、化合物(H)からはケトンが生じたが、化合物(I)からは酸化生成物が生じなかった。

化合物(F)の沸点は化合物(G)の沸点よりも高い。

化合物(E)の分子量は100より大きく、ニッケル触媒存在下で常圧の H_2 と反応しない。化合物(E)に濃硝酸と濃硫酸の混合物を加えて加熱すると、理論上、最大2種類の一置換体が得られるが、実際には主に1種類の一置換体が生じる。
①

問 1 化合物(E) 81.6 mg を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 211.2 mg と水 43.2 mg が生じた。

- a) 化合物(E)の組成式と分子式を答えなさい。
- b) 化合物(E)の性質として正しいものを以下の選択肢から一つ選びなさい。
- ① $FeCl_3$ 水溶液を加えると紫色に呈色する。
 - ② フェーリング液を加えて加熱すると赤色沈殿を生じる。
 - ③ $K_2Cr_2O_7$ を加えると黒色沈殿を生じる。
 - ④ 炭酸水素ナトリウムと反応してナトリウム塩を生じる。
- c) 化合物(E)を $KMnO_4$ で酸化した時に生じる生成物の構造式を示しなさい。

問 2 化合物(F), (G), (H), (I)のうち不斉炭素原子をもつものはどれか答えなさい(複数回答可)。

問 3 化合物(A)，(B)，(C)，(D)の構造式をそれぞれ示しなさい。ただし、鏡像異性体は区別しない。

問 4 下線部①で、化合物(E)から主に生じる一置換体の構造式を示しなさい。

〔V〕 下記の 9 種類の化合物について、各問いに答えなさい。

- (ア) コラーゲン (イ) 雲母 (ウ) ポリエチレンテレフタレート
(エ) セルロース (オ) ナイロン 66 (カ) 水晶 (キ) デンプン
(ク) フェノール樹脂 (ケ) シリカゲル

問 1 上記化合物は、有機高分子化合物と、(a)無機化合物に大別できる。これらのうち、前者は、(b)合成有機高分子化合物、(c)天然有機高分子化合物に分類できる。上記の物質を(a)、(b)、(c)の 3 つに分類しなさい。

問 2 ヘキサメチレンジアミン $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$ とアジピン酸 $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$ とを加熱しながら、生成する水を除去すると、縮合重合が起こり、ナイロン 66 が得られた。ナイロン 66 の平均分子量を 4.52×10^4 とすると、この分子 1 個の中に平均して何個のアミド結合が含まれるか求めなさい。有効数字 3 桁で解答し、計算過程も示しなさい。

問 3 以下の設問に答えなさい。有効数字 3 桁で解答し、計算過程も示しなさい。

- (1) セルロース $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_3]_n$ 32.4 g を無水酢酸と反応させて、全てトリアセチルセルロース $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OCOCH}_3)_3]_n$ にした。トリアセチルセルロースは理論上何 g 生成するか求めなさい。
- (2) 無水酢酸は理論上、何 g 必要か求めなさい。

問 4 シリカゲルの生成方法について、次の文中の _____ に当てはまる、最も適切な語句を選択しなさい。(複数回用いても良い。不使用の語句も含まれる。)

NaCl, ケイ酸ナトリウム, 脱水, 水, 水ガラス, 塩酸, ケイ酸, 固体,
ゲル, コロイド, 水酸化ナトリウム, 冷却, 乳酸, 昇華, アモルファス金属

二酸化ケイ素を _____ (a) _____ とともに加熱すると, _____ (b) _____ を生じる。これに水を加えて加熱すると, _____ (c) _____ になる。この水溶液に _____ (d) _____ を加えると, _____ (e) _____ の _____ (f) _____ 状沈殿が生じる。これを加熱して _____ (g) _____ すると, シリカゲルになる。

