

令和6年度 理工学群 総合型選抜

化 学 $\frac{1}{6}$

[解答にあたっての注意]

必要があれば、次の値を用いること。

鉄の原子量：56

気体定数： $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

$\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$, $\pi = 3.14$

I 次の文章を読んで、問1～5に答えよ。

金属の結晶では、原子が規則正しく配列している。図1に、鉄、銅、マグネシウムの結晶格子を示す。これらは、左から順番に（ア）格子、（イ）格子、（ウ）構造と呼ばれる。

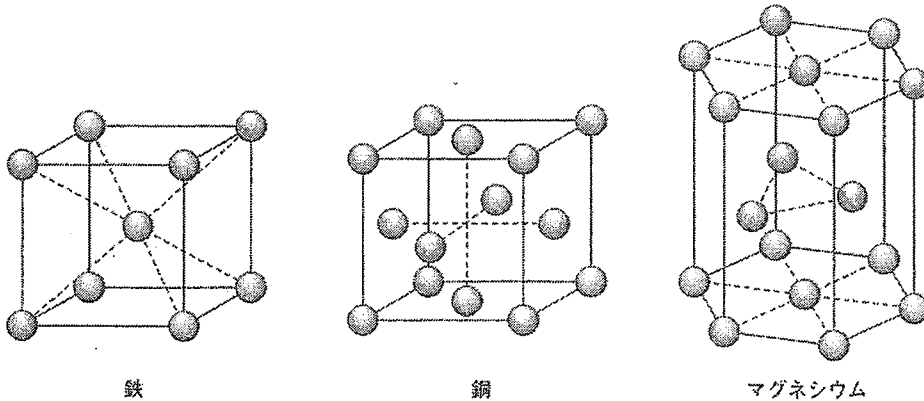


図1

- 問1 空欄（ア）～（ウ）に適切な語句を入れよ。
- 問2 図1の各単位格子中に含まれる原子の数をそれぞれ答えよ。
- 問3 鉄の単位格子の一辺は $2.9 \times 10^{-8} \text{ cm}$ である。鉄の原子半径は何 cm であるか。有効数字2桁で答えよ。ただし、結晶内では最接近の原子は互いに接しているものとする。
- 問4 鉄の単位格子中の原子の占める割合（充填率）を有効数字2桁で答えよ。ただし、結晶内では最接近の原子は互いに接しているものとする。
- 問5 鉄の結晶の密度は何 g/cm^3 か。有効数字2桁で答えよ。ただし、鉄の単位格子の一辺は $2.9 \times 10^{-8} \text{ cm}$ とする。

令和6年度 理工学群 総合型選抜

化 学 2/6

II 問1～5に答えよ。

問1 14族元素の水素化合物についてあてはまる説明をすべて選べ。また、その中で分子量の最も小さな分子の名称と分子式を答えよ。

(ア) すべて無極性分子である。

(イ) 正四面体の分子構造である。

(ウ) 分子量が同程度の16族元素の水素化合物よりも沸点が高い。

(エ) すべて多原子分子である。

(オ) 非共有電子対をもつ。

問2 14族元素の水素化合物は分子量が大きいほど沸点が高くなる傾向がある。その理由を答えよ。

問3 分子量が同じ程度であるにもかかわらず、15族のリンの水素化合物は14族のケイ素の水素化合物よりも高い沸点を示す。その理由を答えよ。

問4 15, 16, 17族元素の水素化合物では、同族の水素化合物の中で分子量の最も小さな分子が著しく高い沸点を示す。各族の中で分子量の最も小さな水素化合物の分子式を示し、その理由を答えよ。

問5 次の選択肢のうち、18族元素またはその単体についてあてはまる説明をすべて選べ。

(ア) 単原子分子である。

(イ) 最外殻電子は2個または8個である。

(ウ) 同じ周期の元素の中ではイオン化エネルギーが最も低い。

(エ) 価電子をもたない。

(オ) 常温常圧で同体積のとき、分子量が大きいほど分子数は少なくなる。

令和6年度 理工学群 総合型選抜

化学 $\frac{3}{6}$

Ⅲ 次の文章を読んで、問1～7に答えよ。

図2のように、コック付きの細い管でつながれた容器Aと容器Bがあり、容器Aおよび容器Bの容積はそれぞれ1.0 L、0.50 Lである。容器Aには 1.2×10^5 Paの一酸化炭素と 6.0×10^4 Paの酸素の混合気体が充填されており、容器Bには0.50 Lの水が充填されている。なお、初期状態として、コックは閉じられており、容器AおよびBの温度は 0°C に保たれている。初期状態の容器AおよびBに対して①～③の操作を順に行った。

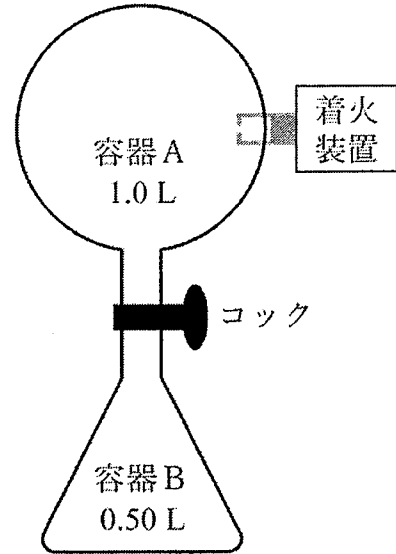
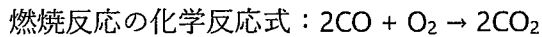


図2

①容器A内の混合気体に対して着火装置を用いる燃焼反応を行い、反応物を完全に消費した。



②容器全体の温度を 0°C に保った。

③コックを開け、容器全体の温度を 0°C で保持したままよく振り、容器A内の気体を容器B内の水に十分に溶解した。

ここでは、 0°C の水は常に液体状態であるとし、容器Aと容器Bをつなぐ管の体積および 0°C における水の飽和蒸気圧については無視する。また、2つの容器の変形はないものとする。解答にあたって、必要であれば表1の値を用いよ。

表1 水1 mLに対する二酸化炭素の溶解度

(標準状態での体積、二酸化炭素の圧力が 1.0×10^5 Pa のとき)

温度 [$^\circ\text{C}$]	0	20	40	60	80
溶解度 [mL]	1.71	0.87	0.53	0.37	0.28

令和6年度 理工学群 総合型選抜

化 学 $\frac{4}{6}$

- 問1 操作①の前の容器A内における一酸化炭素および酸素の物質量を、それぞれ有効数字2桁で求めよ。
- 問2 操作②の後の容器A内における二酸化炭素の圧力および物質量を、それぞれ有効数字2桁で求めよ。
- 問3 操作③の後に容器B内の水に溶解する二酸化炭素の物質量を x [mol] として、容器内における二酸化炭素の圧力を、 x を用いて表せ。
- 問4 一定温度で、溶解度の小さい気体が一定体積の水に溶解する物質量は容器内の圧力に (ア) する。この関係は (イ) の法則と呼ばれる。空欄 (ア) および (イ) に適切な語句を入れよ。
- 問5 問4の関係と、気体が溶解すれば容器内の圧力が変化することを考慮し、水に溶解した二酸化炭素の物質量 x を有効数字2桁で求めよ。
- 問6 操作③後の容器内の圧力を有効数字2桁で求めよ。
- 問7 表1に示すように、水に対する二酸化炭素の溶解度は水温の上昇とともに低下する。一般に、他の気体においても同様の傾向を示す。気体の溶解度がこのような傾向を示す理由を説明せよ。

令和6年度 理工学群 総合型選抜

化 学 $\frac{5}{6}$

IV 次の文を読んで、問1～5に答えよ。

濃度未知の過酸化水素水を(a)正確に 20.0 mL はかり取ってコニカルビーカーに移した後、希硫酸で酸性にしてから(b)0.100 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液を滴下して酸化還元滴定を行った。

問1 下線(a)および(b)の操作に最も適した器具を図3の①～⑧の中から一つずつ選び、それぞれ番号と名称を答えよ。

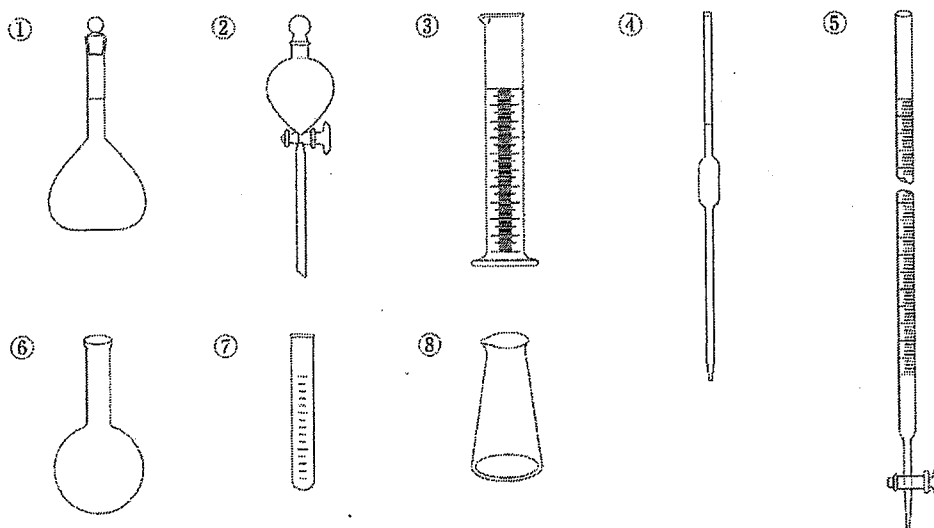


図3

- 問2 滴定開始から終点に到達するまでの間に過マンガン酸イオンおよび過酸化水素それぞれに起こる反応を、電子 e^- を含むイオン反応式で示せ。また、この酸化還元反応全体の化学反応式を示せ。
- 問3 この酸化還元反応は、指示薬を添加せずとも目視で終点を決定することができる。どのように終点を決定できるか、説明せよ。
- 問4 滴定開始から終点に到達するまでに要した過マンガン酸カリウム水溶液の体積は 14.9 mL だった。下線(a)ではかり取った溶液における過酸化水素のモル濃度を有効数字2桁で求めよ。
- 問5 過酸化水素は、ヨウ化カリウムとの酸化還元反応において、過マンガン酸カリウムとの反応とは逆の役割を担う。硫酸酸性条件における過酸化水素とヨウ化カリウムの反応の化学反応式を示せ。

令和6年度 理工学群 総合型選抜

化 学 6/6

V 次の文章を読んで、問1～8に答えよ。

物質が液体中に溶け込む現象を溶解という。このとき、溶け込んでいる物質を（ア）、溶かしている液体を（イ）と呼ぶ。砂糖（スクロース）や食塩（塩化ナトリウム）は、水によく溶ける。これは物質が水中でバラバラになり、(a)水和されるためである。(b)ヨウ素は水に溶けにくいが、ヘキサンなどの無極性溶媒にはよく溶ける。一方、デンプンは水中で直径1～数百 nm の大きさの粒子で分散する。このような溶液のことを（ウ）溶液と呼ぶ。(c)塩化鉄(III)の水溶液を沸騰水に加えると得られる赤褐色の溶液もこの一種である。この溶液にレーザー光のような強い光を照射すると、光の進路が明るく輝いて見える。(d)また、この溶液をセロハン膜でできた袋に密封し、水を入れたビーカーにしばらく浸すと、袋内の一部はビーカー内の水の方へ移動する。このような操作を（エ）と呼ぶ。

問1 空欄（ア）～（エ）にあてはまる語句を答えよ。

問2 下線(a)はどのような状態か。スクロースと塩化ナトリウムの場合でそれぞれ説明せよ。

問3 塩化ナトリウムは水によく溶けるが、炭酸カルシウムや硫酸バリウムは水に溶けにくい。このような違いが現れる理由を答えよ。

問4 下線(b)の理由を答えよ。

問5 デンプンの（ウ）溶液に大量の塩化ナトリウムを加えると、どのように変化するか。観測される現象とその名称、理由を答えよ。

問6 下線(c)で起こる変化を化学反応式で示せ。

問7 下線(d)の操作の後にセロハン膜の内側に残った物質および外に出て行った物質のうち、水以外の化合物は何か。それぞれ化合物名で答えよ。

問8 下線(d)の操作の後に得られたセロハン袋の中の溶液に直流電圧をかけると、陰極側に色のついた溶液が移動した。この理由を答えよ。