

K 4 化 学

この冊子は、化学の問題で 1 ページより 19 ページまであります。

〔注 意〕

- (1) 試験開始の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
- (2) 監督者から受験番号等記入の指示があったら、解答用マークシートに受験番号と氏名を記入し、さらに受験番号をマークしてください。
- (3) 解答は、所定の解答用マークシートにマークしたものが採点されます。
- (4) 解答用マークシートについて
 - ① 解答用マークシートは、絶対に折り曲げてはいけません。
 - ② マークには黒鉛筆(HBまたはB)を使用してください。
指定の黒鉛筆以外でマークした場合、採点できないことがあります。
 - ③ 誤ってマークした場合は、消しゴムで丁寧に消し、消しくずを完全に取り除いたうえで、新たにマークしてください。
 - ④ 解答欄のマークは、横 1 行について 1 箇所に限ります。
2 箇所以上マークすると採点されません。
あいまいなマークは無効となるので、はっきりマークしてください。
 - ⑤ 解答用マークシートに記載されている解答上の注意事項を、必ず読んでから解答してください。
- (5) 試験開始の指示があったら、初めに問題冊子のページ数を確認してください。
ページの落丁・乱丁、印刷不鮮明等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- (6) 問題冊子は、試験終了後、持ち帰ってください。

(下書き用紙)

(下書き用紙)

各設問の計算に必要ならば，下記の数値を用いなさい。

原子量：H 1.0, C 12.0, N 14.0, O 16.0, Al 27.0, Si 28.1, S 32.1, Cl 35.5,

Br 80.0, Ag 108, Pb 207

ファラデー定数： 9.65×10^4 C/mol

アボガドロ定数： 6.02×10^{23} /mol

気体定数： 8.31×10^3 Pa·L/(K·mol)

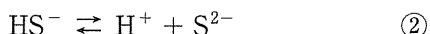
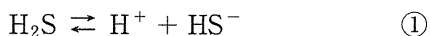
標準状態における理想気体のモル体積：22.4 L/mol

特段の記述がない限り，気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。

(下書き用紙)

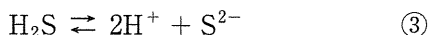
- 1 次の記述の(ア)～(キ)にあてはまる最も適当なものを A 欄より選び、その番号を解答用マークシートにマークしなさい(番号の中の 0 という数字も必ずマークすること)。(16 点)

(1) 硫化水素 H_2S は弱酸であり、水溶液中で 2 段階に電離する。



2 価の金属イオン X^{2+} と硫化物イオン S^{2-} が難溶性の硫化物 XS を形成するとき、その溶解度は水溶液の pH に依存する。①と②の平衡反応を考慮すると、例えば、酸性の水溶液中では、硫化物イオンの濃度は (ア) なるので、硫化銅(Ⅱ)のように溶解度積が十分に (イ) が、硫化亜鉛のように溶解度積が比較的 (ウ) 。一方、塩基性水溶液中では、硫化物イオンの濃度は (エ) なるので、 (オ) 。

(2) ①と②の平衡反応をまとめると、以下の平衡反応③になる。



この可逆反応の平衡定数を $K[(\text{mol/L})^2]$ 、水素イオン濃度を $[\text{H}^+](\text{mol/L})$ 、硫化水素の濃度を $[\text{H}_2\text{S}](\text{mol/L})$ 、硫化物 XS の溶解度積を $K_{\text{sp}}[(\text{mol/L})^2]$ としたとき、硫化物 XS の飽和溶液中における X^{2+} の濃度は (カ) $[\text{mol/L}]$ になる。

(3) 1 価の金属イオン Y^+ と硫化物イオン S^{2-} が難溶性の硫化物 Y_2S を形成しているとき(硫化物 Y_2S の溶解度積も $K_{\text{sp}}[(\text{mol/L})^3]$ とする)、 Y_2S の飽和溶液中における Y^+ の濃度は (キ) $[\text{mol/L}]$ になる。

A 欄

- | | |
|--|--|
| 01 高 く | 02 低 く |
| 03 大きな硫化物は沈殿する | 04 小さな硫化物は沈殿する |
| 05 大きな硫化物は沈殿しない | 06 小さな硫化物は沈殿しない |
| 07 硫化銅(Ⅱ)と硫化亜鉛はともに沈殿する | |
| 08 硫化銅(Ⅱ)は沈殿するが, 硫化亜鉛は沈殿しない | |
| 09 硫化銅(Ⅱ)は沈殿しないが, 硫化亜鉛は沈殿する | |
| 10 硫化銅(Ⅱ)と硫化亜鉛はともに沈殿しない | |
| 11 $\frac{K_{\text{SP}}[\text{H}^+]}{K[\text{H}_2\text{S}]}$ | 12 $\frac{K[\text{H}^+]}{K_{\text{SP}}[\text{H}_2\text{S}]}$ |
| 13 $\frac{K_{\text{SP}}[\text{H}_2\text{S}]}{K[\text{H}^+]}$ | 14 $\frac{K[\text{H}_2\text{S}]}{K_{\text{SP}}[\text{H}^+]}$ |
| 15 $\frac{K_{\text{SP}}[\text{H}^+]^2}{K[\text{H}_2\text{S}]}$ | 16 $\frac{K[\text{H}^+]^2}{K_{\text{SP}}[\text{H}_2\text{S}]}$ |
| 17 $\frac{K_{\text{SP}}[\text{H}_2\text{S}]}{K[\text{H}^+]^2}$ | 18 $\frac{K[\text{H}_2\text{S}]}{K_{\text{SP}}[\text{H}^+]^2}$ |
| 19 $\sqrt{\frac{K_{\text{SP}}[\text{H}^+]}{K[\text{H}_2\text{S}]}}$ | 20 $\sqrt{\frac{K[\text{H}^+]}{K_{\text{SP}}[\text{H}_2\text{S}]}}$ |
| 21 $\sqrt{\frac{K_{\text{SP}}[\text{H}_2\text{S}]}{K[\text{H}^+]}}$ | 22 $\sqrt{\frac{K[\text{H}_2\text{S}]}{K_{\text{SP}}[\text{H}^+]}}$ |
| 23 $\sqrt{\frac{K_{\text{SP}}}{K[\text{H}_2\text{S}]}} [\text{H}^+]$ | 24 $\sqrt{\frac{K}{K_{\text{SP}}[\text{H}_2\text{S}]}} [\text{H}^+]$ |
| 25 $\sqrt{\frac{K_{\text{SP}}[\text{H}_2\text{S}]}{K}} \frac{1}{[\text{H}^+]}$ | 26 $\sqrt{\frac{K[\text{H}_2\text{S}]}{K_{\text{SP}}}} \frac{1}{[\text{H}^+]}$ |

- 2 次の記述の(i)~(vi)にあてはまる数値を有効数字が2桁になるように3桁目を四捨五入して求め、次の形式で解答用マークシートにマークしなさい。指数 c が0の場合の符号 p には+をマークしなさい。(21点)

$$\boxed{a} \cdot \boxed{b} \times 10^{\boxed{p} \boxed{c}}$$

小数点 正負の符号

- (1) 45 g のグルコース($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)を水に溶かして500 mLにすると、密度 1.02 g/cm^3 の水溶液ができた。この水溶液のモル濃度は $\boxed{\text{(i)}}$ mol/L であり、質量パーセント濃度は $\boxed{\text{(ii)}}$ % である。
- (2) 1.2 g の酢酸を水に溶かして200 mLとした水溶液のpHは3.0であった。この酢酸水溶液の電離度は $\boxed{\text{(iii)}}$ である。
- (3) 5.4 g のアルミニウムに塩酸を加えたところ、アルミニウムがすべて反応して水素が発生した。反応した塩化水素は $\boxed{\text{(iv)}}$ mol であり、発生した水素は標準状態で $\boxed{\text{(v)}}$ L である。
- (4) モル濃度が $5.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ のシュウ酸水溶液 10.0 mL に十分な量の希硫酸を加えて温め、モル濃度が不明の過マンガン酸カリウム水溶液をビュレットで滴下したところ、15.0 mL 加えたところで過マンガン酸カリウムの赤紫色が消失しなくなり、溶液が赤紫色になった。このことから、過マンガン酸カリウム水溶液のモル濃度は $\boxed{\text{(vi)}}$ mol/L であることがわかる。

- (5) 十分に容量が大きく，かつ十分に充電された鉛蓄電池を， 0.40 A の一定電流で 32 分 10 秒間放電したとき，電解液の質量は (vii) g 減少した。

- 3** 次の記述の(1)～(4)を読み、(ア)～(オ)にあてはまる最も適当なものをA欄より、(a)～(c)にあてはまる最も適当な組み合わせをB欄より選び、その番号を解答用マークシートにマークしなさい(番号の中の0という数字も必ずマークすること)。ただし、同じ番号を何回用いてもよい。また、(i)、(ii)にあてはまる数値を有効数字が2桁になるように3桁目を四捨五入して求め、次の形式で解答用マークシートにマークしなさい。指数 c が0の場合の符号 p には+をマークしなさい。(15点)

$$\boxed{a} \cdot \boxed{b} \times 10^{\boxed{p} \boxed{c}}$$

↑
小数点
↑
正負の符号

- (1) ケイ素 Si は (ア) 族に属しており、地殻中において (イ) 番目に多く存在する。その結晶の電気伝導性から (ウ) に分類され、高純度のケイ素は (エ) 電池に用いられる。また、二酸化ケイ素の結晶を約 2000℃で融解し、凝固させると (オ) が得られる。
- (2) ケイ素の結晶はダイヤモンドと同じ結晶構造である。ケイ素の密度が 2.33 g/cm³、ダイヤモンドの密度が 3.51 g/cm³ であるとき、ケイ素の単位格子の体積はダイヤモンドの単位格子の体積の (i) 倍である。
- (3) 一酸化炭素は、高温では強い (a) があり、鉄の製錬などに利用される。二酸化炭素は大気中に含まれる気体であり、実験室では石灰石を (b) と反応させて発生させ、(c) により捕集する。

(4) 気体状態の二酸化炭素の生成熱を、以下の値を用いて求めると、

(ii) kJ/mol となる。

C=O の結合エネルギー 803 kJ/mol

O=O の結合エネルギー 498 kJ/mol

炭素(黒鉛)の昇華熱 718 kJ/mol

A 欄

- | | | | |
|---------------|----------|----------|----------|
| 01 1 | 02 2 | 03 3 | 04 4 |
| 05 13 | 06 14 | 07 15 | 08 16 |
| 09 導 体 | 10 半 導 体 | 11 絶 縁 体 | 12 不 動 態 |
| 13 燃 料 | 14 太 陽 | 15 空 気 | 16 二 次 |
| 17 シリカゲル | 18 石英ガラス | 19 水ガラス | |
| 20 アモルファスシリコン | | | |

B 欄

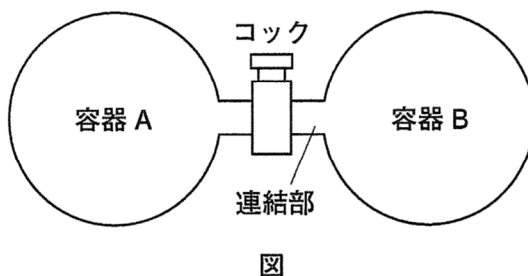
- | | | |
|-------------|---------|----------|
| 01 (a) 酸化作用 | (b) 希塩酸 | (c) 水上置換 |
| 02 (a) 還元作用 | (b) 希塩酸 | (c) 水上置換 |
| 03 (a) 酸化作用 | (b) 希塩酸 | (c) 下方置換 |
| 04 (a) 還元作用 | (b) 希塩酸 | (c) 下方置換 |
| 05 (a) 酸化作用 | (b) 希塩酸 | (c) 上方置換 |
| 06 (a) 還元作用 | (b) 希塩酸 | (c) 上方置換 |
| 07 (a) 酸化作用 | (b) 希硫酸 | (c) 水上置換 |
| 08 (a) 還元作用 | (b) 希硫酸 | (c) 水上置換 |
| 09 (a) 酸化作用 | (b) 希硫酸 | (c) 下方置換 |
| 10 (a) 還元作用 | (b) 希硫酸 | (c) 下方置換 |
| 11 (a) 酸化作用 | (b) 希硫酸 | (c) 上方置換 |
| 12 (a) 還元作用 | (b) 希硫酸 | (c) 上方置換 |

- 4 次の記述の(i)～(iv)にあてはまる数値を有効数字が2桁になるように3桁目を四捨五入して求め、次の形式で解答用マークシートにマークしなさい。指数 c が0の場合の符号 p には+をマークしなさい。(12点)

$$\boxed{a} \cdot \boxed{b} \times 10^{\boxed{p} \boxed{c}}$$

↑
小数点
↑
正負の符号

下図のように、丈夫な容器 A と B (ともに容積 1.0 L) が連結されている。連結部のコックを閉じた状態では容器 A と容器 B 中の気体は互いに移動できず、コックを開いた状態では容器 A と容器 B 中の気体は互いに自由に移動できるようになるとする。気体はすべて理想気体とみなし、温度は 300 K とする。連結部の容積は無視できるものとする。必要であれば、300 K における水の飽和蒸気圧を $3.6 \times 10^3 \text{ Pa}$ として計算しなさい。



- (1) 連結部のコックが閉じた状態で、容器 A にはプロパン (C_3H_8) 1.0 mmol、窒素 20.0 mmol、酸素 9.0 mmol の混合気体が、容器 B には気体の窒素 13.0 mmol が入っている。このとき、容器 A 内のプロパンの分圧は (i) Pa である。ただし、 $1 \text{ mmol} = 1 \times 10^{-3} \text{ mol}$ である。

- (2) 連結部のコックを閉じた状態で、容器 A 内でプロパンを完全燃焼させた。
その後、容器 A 内の温度を 300 K に戻すと、液体の水を生じた。このとき、
容器 A 内の圧力は (ii) Pa である。なお、液体の水の体積は無視できる
ものとする。
- (3) (2)の操作の後、連結部のコックを開けて十分に時間を経過させたところ、容
器 A 内の液体の水の一部が気化した。このとき、容器内の圧力は (iii) Pa
であり、気体として容器内に存在する水は (iv) mol である。なお、液体
の水の体積は無視できるものとする。

- 5 次の記述の(ア)～(ケ)にあてはまる最も適当なものをA欄より、(a)～(e)にあてはまる最も適当なものをB欄より選び、その番号を解答用マークシートにマークしなさい(番号の中の0という数字も必ずマークすること)。ただし、同じ番号を何回用いてもよい。また、(i)～(iii)にあてはまる数値を有効数字が2桁になるように3桁目を四捨五入して求め、次の形式で解答用マークシートにマークしなさい。指数 c が0の場合の符号 p には+をマークしなさい。(23点)

$$\boxed{a} \cdot \boxed{b} \times 10^{\boxed{p} \boxed{c}}$$

↑
小数点
↑
正負の符号

(ア) は無色の液体で水と任意の割合で溶け、飲料に利用されるほか、消毒剤や溶剤などにも用いられる。130～140℃に加熱した (イ) に (ア) を加えると (a) 反応を起こして、(ウ) が得られる。また、(ア) と (イ) を160～170℃に加熱すると脱水反応を起こし、(エ) を生じる。臭素水に多量の (エ) を加えると (b) 反応が起こり、臭素水の色 ^(x) が消える。

(エ) に対して触媒を用い酸素雰囲気下で (c) 反応させると、(オ) が生成する。(オ) ^(y) にアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて穏やかに加熱すると、銀イオンが (オ) により (d) され、反応容器の内壁に銀の付着が確認される。この反応容器に希塩酸を加えて酸性にすると、(オ) が (e) された (カ) を生じる。

(カ) に脱水剤を加えて加熱すると、(キ) が得られる。(キ) ^(z) に (ク) を反応させると、(ケ) と (カ) が生成する。

(1) 下線部(x)について以下の記述を読み、(i)にあてはまる数値を答えなさい。

1.20 g の臭素を 20 mL の水に溶解させた臭素水に、標準状態で 0.180 L の

(工)

を吹き込ませたところ、臭素水の色が消失し、化合物 A が

(i)

g 生成した。

(2) 下線部(y)について以下の記述を読み、(ii)にあてはまる数値を答えなさい。

(オ)

に十分な量のアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて穏やかに加熱し

たところ、1.62 g の銀が析出した。消費された (オ) の質量は (ii) g

である。ただし、1 mol の (オ) が反応すると電子 2 mol を放出する。ま

た、(オ) は完全に (カ) のイオンになったものとする。

(3) 下線部(z)について以下の記述を読み、(iii)にあてはまる数値を答えなさい。

2.50 g の (ク) に十分な量の (キ) を加えて、穏やかに加熱したと

ころ、解熱鎮痛薬である (ケ) が 2.60 g 得られた。この質量は (ケ)

が完全に得られた場合に予想される質量の (iii) % にあたる。

A 欄

- | | | | |
|----|------------------------|----|-------------|
| 01 | メタノール | 02 | エタノール |
| 03 | 1-プロパノール | | |
| 04 | 1,2-エタンジオール(エチレングリコール) | | |
| 05 | 1,2,3-プロパントリオール(グリセリン) | | |
| 06 | フェノール | 07 | ホルムアルデヒド |
| 08 | アセトアルデヒド | 09 | プロピオンアルデヒド |
| 10 | ベンズアルデヒド | 11 | アセトン |
| 12 | エチルメチルケトン | 13 | ジメチルエーテル |
| 14 | エチルメチルエーテル | 15 | ジエチルエーテル |
| 16 | エテン(エチレン) | 17 | プロペン(プロピレン) |
| 18 | 2-メチルプロペン | 19 | 1-ブテン |
| 20 | ニトログリセリン | 21 | アセチルサリチル酸 |
| 22 | サリチル酸メチル | 23 | ピクリン酸 |
| 24 | 濃塩酸 | 25 | 濃硝酸 |
| 26 | 濃硫酸 | 27 | ギ酸 |
| 28 | 酢酸 | 29 | マレイン酸 |
| 30 | フタル酸 | 31 | 無水酢酸 |
| 32 | 無水マレイン酸 | 33 | 無水フタル酸 |
| 34 | 酢酸エチル | 35 | サリチル酸 |

B 欄

- | | | | | | | | |
|---|----|---|----|---|----|---|----|
| 1 | 酸化 | 2 | 還元 | 3 | 重合 | 4 | 縮合 |
| 5 | 融解 | 6 | 付加 | 7 | 置換 | | |

(下書き用紙)

- 6 次の記述の(ア)～(コ)にあてはまる最も適当なものをA欄より選び、その番号を解答用マークシートにマークしなさい(番号の中の0という数字も必ずマークすること)。また、(i)にあてはまる数値を有効数字が2桁になるように3桁目を四捨五入して求め、次の形式で解答用マークシートにマークしなさい。指数*c*が0の場合の符号*p*には+をマークしなさい。(13点)

$$\boxed{a} \cdot \boxed{b} \times 10^{\boxed{p} \boxed{c}}$$

↑
小数点
↑
正負の符号

国産初の合成繊維であるビニロンは、原料である (ア) を (イ) 重合した後、けん化して得られる高分子Aを (ウ) で処理することで得られる。ビニロンは30～40%の (エ) 構造を含んでおり、水に (オ) な繊維である。また、ビニロンには多数の (カ) 構造が残っているので、適度な吸湿性を示す。

一方、(キ) から (ク) 重合により得られる合成繊維ポリエチレンテレフタレート(PET)には吸湿性がほとんどない。また、PETはペットボトルなどの合成樹脂としても利用される。PETは加熱により原料になる物質まで分解し、再び化学工業の原料として再利用する (ケ) や、加熱成形して再利用する (コ) が行われている。

高分子の分子量は、高分子溶液の浸透圧を測定することで求められる。例えば、2.00 g の高分子Aを100 mLの水に溶かした溶液の温度300 Kにおける浸透圧を測定したところ250 Paであった。高分子Aの分子量をモル質量としてファンツホッフの法則に適用すると、高分子Aのモル質量は (i) g/mol と求められる。

A 欄

- | | |
|-------------------------------------|-----------------|
| 01 ビニルアルコール | 02 酢酸ビニル |
| 03 塩化ビニル | |
| 04 フタル酸と 1, 2-エタンジオール(エチレングリコール) | |
| 05 フタル酸と 1, 2, 3-プロパントリオール(グリセリン) | |
| 06 テレフタル酸と 1, 2-エタンジオール(エチレングリコール) | |
| 07 テレフタル酸と 1, 2, 3-プロパントリオール(グリセリン) | |
| 08 付 加 | 09 開 環 |
| 10 縮 合 | 11 ホルムアルデヒド |
| 12 アセトアルデヒド | 13 アセトン |
| 14 $-O-CH_2-O-$ | 15 $-O-CO-CH_3$ |
| 16 $-OH$ | 17 可 溶 |
| 18 不 溶 | 19 マテリアルリサイクル |
| 20 ケミカルリサイクル | 21 サーマルリサイクル |

