

選 択 科 目

(医 学 部)

— 2 月 2 日 —

物 理 }
化 学 } この中から 1 科目 を選択して解答しなさい。
生 物 }

科 目	問題のページ
物 理	2 ~ 8
化 学	9 ~ 16
生 物	17 ~ 26

選択した科目の解答用紙をビニール袋から取り出し、解答はすべて選択した科目の解答用紙に記入して提出しなさい。

メモ

解答に必要ながあれば、次の値を用いなさい。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, Na = 23.0, S = 32.1, Cl = 35.5, Cu = 63.6.

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： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

1 酸化と還元に関する以下の各問いに答えなさい。

問1 酸化剤・還元剤に関するA～Eの記述の中で、正しいものはどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 酸化剤は相手を酸化すると同時に、自身も酸化される。
- B. 還元剤は相手を酸化すると同時に、自身は還元される。
- C. 希硝酸は酸化剤としてはたらく、濃硝酸は還元剤としてはたらく。
- D. ヨウ化カリウムが還元剤としてはたらくと、ヨウ素が生成する。
- E. ニクロム酸カリウムは強い還元剤としてはたらく。

問2 硫酸酸性条件下において、濃度未知の過酸化水素水 10.0 mL に $2.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の過マンガン酸カリウム水溶液を滴下していくと、12.0 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薄い赤紫色になった。次の(1)と(2)に答えなさい。

- (1) この滴定で起こる反応の化学反応式を、解答欄に書きなさい。
- (2) この過酸化水素水のモル濃度は何 mol/L か。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。
- A. $2.40 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ B. $6.67 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ C. $9.60 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$
 D. $6.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ E. $1.20 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$

問3 白金電極を用いて、硫酸銅(Ⅱ)水溶液を 4.0 A の電流で 31 分 37 秒間電気分解した。次の(1)と(2)に答えなさい。

- (1) 陽極で生成する物質はどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。
- A. 水 B. 水素 C. 酸素 D. 銅 E. 二酸化硫黄
- (2) 陰極で生成する物質の質量は何 g か。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。
- A. $7.9 \times 10^{-2} \text{ g}$ B. 0.16 g C. 0.32 g D. 2.5 g E. 5.0 g

2 火山ガスや温泉に含まれる硫化水素には強い還元性があり、火山ガスに共存する二酸化硫黄を還元することができる。水溶液中では次のように電離をして、弱い酸性を示す。



式(i)と(ii)の電離定数は、それぞれ $1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ と $1.0 \times 10^{-15} \text{ mol/L}$ である。

硫化水素は多くの金属イオンと水溶液中で反応し、硫化物の沈殿を生じる。pHの違いに応じた硫化物の生成を利用して、金属イオンの分離や確認をすることができる。以下の各問いに答えなさい。

問1 硫化水素の性質や発生に関する次の(ア)～(ウ)の記述の中で、正しいものはどれか。A～Hの中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- (ア) 腐卵臭のある有色の気体である。
- (イ) 実験室では、硫化鉄(Ⅱ)に希硫酸を加えて発生させる。
- (ウ) 発生させた硫化水素は、下方置換で捕集するのが適している。

- A. (ア)のみ。 B. (イ)のみ。 C. (ウ)のみ。
- D. (ア)と(イ)のみ。 E. (ア)と(ウ)のみ。 F. (イ)と(ウ)のみ。
- G. (ア)、(イ)、(ウ)すべて。 H. すべて正しくない。

問2 硫化水素が二酸化硫黄を還元する反応の化学反応式を、解答欄に書きなさい。

問3 pHを調整した、ニッケル(Ⅱ)イオンやマンガン(Ⅱ)イオンが溶けた水溶液に、硫化水素を吹きこみながら飽和させて、沈殿の生成を観察した。次の(1)～(3)に答えなさい。ただし、硫化ニッケル(Ⅱ)NiSと硫化マンガン(Ⅱ)MnSの溶解度積は、それぞれ $1.0 \times 10^{-19} (\text{mol/L})^2$ と $1.0 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ であり、硫化水素の飽和濃度はpHによらず 0.10 mol/L とする。また、水溶液の体積や温度の変化はなく、生成する沈殿は硫化物のみ考えればよいものとする。

(1) 金属イオンを含まない硫化水素飽和水溶液中の $\text{pH} = 5.0$ における硫化物イオンの濃度は何 mol/L か。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol/L}$ B. $1.0 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$ C. $1.0 \times 10^{-12} \text{ mol/L}$
- D. $1.0 \times 10^{-11} \text{ mol/L}$ E. $1.0 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$ F. $1.0 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$

(2) $\text{pH} = 5.0$ で、濃度 $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ の硫酸ニッケル(Ⅱ)水溶液に硫化水素を吹きこみ飽和させたところ、沈殿が生じた。溶液中に残っているニッケル(Ⅱ)イオンは、はじめにあったニッケル(Ⅱ)イオンの何%か。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 0.0010% B. 0.0050% C. 0.010% D. 0.050%
- E. 0.10% F. 0.50% G. 1.0%

(3) 硫酸を加えて酸性とした、濃度 $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の硫酸マンガ(Ⅱ)水溶液に硫化水素を吹きこみながら、水酸化ナトリウム水溶液を徐々に加えて pH を上げていった。硫化マンガ(Ⅱ)の沈殿が生じ始める pH はいくらか。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 4.0 B. 5.0 C. 6.0 D. 7.0 E. 8.0 F. 9.0

3 水蒸気と一酸化炭素が反応して、水素と二酸化炭素を生成する反応は可逆反応である。



この反応の圧平衡定数を K_p と書く。圧力を一定に保った反応容器に水 $a \text{ mol}$ と一酸化炭素 $a \text{ mol}$ を入れ、温度を一定に保ったところ、式(i)の反応が進行して平衡状態に達した。このときの水と水素のモル分率を、それぞれ $x_{\text{H}_2\text{O}}$ と x_{H_2} とする。表に液体の水が生成するときの水素の燃焼熱ならびに黒鉛と一酸化炭素の燃焼熱を示す。水の蒸発熱は 44 kJ/mol である。反応容器中の物質はすべて気体であるとして、以下の各問いに答えなさい。

表 燃焼熱 [kJ/mol]

物質	燃焼熱
H ₂ (気)	286
C(黒鉛)	394
CO(気)	283

問1 H₂O(気)の生成熱は何 kJ/mol か。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. -330 kJ/mol B. -286 kJ/mol C. -242 kJ/mol D. -44 kJ/mol
E. 44 kJ/mol F. 242 kJ/mol G. 286 kJ/mol H. 330 kJ/mol

問2 式(i)で水 1 mol が反応するとき、発生あるいは吸収される熱量は何 kJ か。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 41 kJ の発熱 B. 93 kJ の発熱 C. 181 kJ の発熱 D. 255 kJ の発熱
E. 41 kJ の吸熱 F. 93 kJ の吸熱 G. 181 kJ の吸熱 H. 255 kJ の吸熱

問3 式(i)が平衡状態にあるとき、次の(ア)～(ウ)の記述の中で、正しいものはどれか。A～Hの中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- (ア) 一酸化炭素を加えると平衡は右向きに移動する。
(イ) 温度を上げると平衡は右向きに移動する。
(ウ) 式(i)の反応の濃度平衡定数は圧平衡定数と等しい。

化 学

- A. (ア)のみ。 B. (イ)のみ。 C. (ウ)のみ。
 D. (ア)と(イ)のみ。 E. (ア)と(ウ)のみ。 F. (イ)と(ウ)のみ。
 G. (ア), (イ), (ウ)すべて。 H. すべて正しくない。

問4 x_{H_2} を表した式はどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. $\frac{1}{\sqrt{K_p+1}}$ B. $\frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{K_p+1}}$ C. $\frac{\sqrt{K_p}}{\sqrt{K_p+1}}$
 D. $\frac{1}{2} \frac{\sqrt{K_p}}{\sqrt{K_p+1}}$ E. $\frac{1}{\sqrt{K_p-1}}$ F. $\frac{1}{2} \frac{\sqrt{K_p}}{\sqrt{K_p-1}}$

問5 図1に描かれた(ア)～(ウ)の3本の曲線は、 K_p , $x_{\text{H}_2\text{O}}$, x_{H_2} いずれかの温度変化を表している。図1の左の軸に K_p の値が、右の軸に $x_{\text{H}_2\text{O}}$ と x_{H_2} の値が目盛られている。 K_p , $x_{\text{H}_2\text{O}}$, x_{H_2} を表した曲線はそれぞれどれか。次の中から最も適切な組合せを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

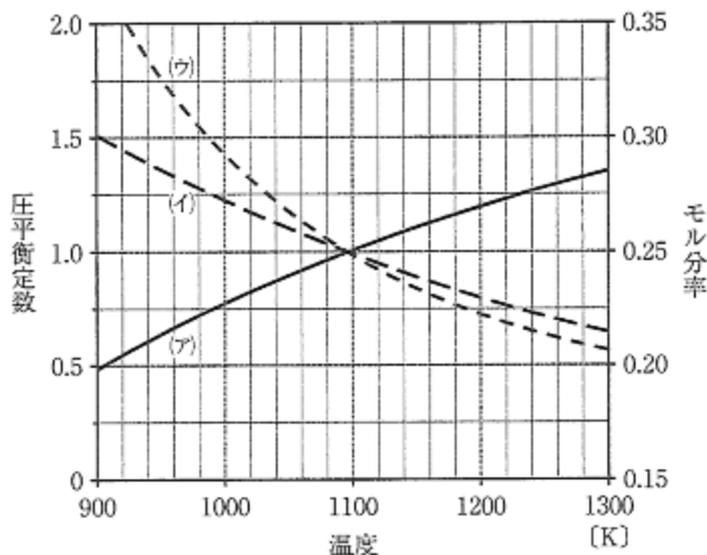


図1 圧平衡定数とモル分率の温度変化

	K_p	$x_{\text{H}_2\text{O}}$	x_{H_2}
A	(ア)	(イ)	(ウ)
B	(ア)	(ウ)	(イ)
C	(イ)	(ア)	(ウ)
D	(イ)	(ウ)	(ア)
E	(ウ)	(ア)	(イ)
F	(ウ)	(イ)	(ア)

4 多数の小さな分子(単量体)が繰り返し結合して分子量の大きな化合物になる反応を重合といい、生成した化合物を重合体という。一般に分子量が1万以上の化合物を高分子化合物という。重合体を構成する繰り返しの単位の数を重合度という。高分子化合物の分子量には、重合度にばらつきがあるので、分子量を平均した平均分子量が用いられる。以下の各問いに答えなさい。

問1 重合には付加重合、縮合重合、開環重合などの種類がある。次の(ア)～(オ)の高分子化合物の名称と重合の種類の中から、正しいものはいくつあるか。A～Fの中から最も適切な数一つを選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

	名称	重合の種類
(ア)	ナイロン6	縮合重合
(イ)	ポリスチレン	付加重合
(ウ)	アラミド	縮合重合
(エ)	ポリアクリロニトリル	開環重合
(オ)	ポリエチレンテレフタレート	付加重合

A. 0 B. 1 C. 2 D. 3 E. 4 F. 5

問2 水溶性の高分子化合物の平均分子量は浸透圧を利用することで求めることができる。図2は浸透圧を測定する装置の模式図である。この装置を用いて高分子化合物の平均分子量を求める手順1～4を以下に示す。手順1～4の空欄(ア)～(ウ)に当てはまる語句を、解答欄に書きなさい。ただし、(ア)に当てはまる語句は漢字で書きなさい。

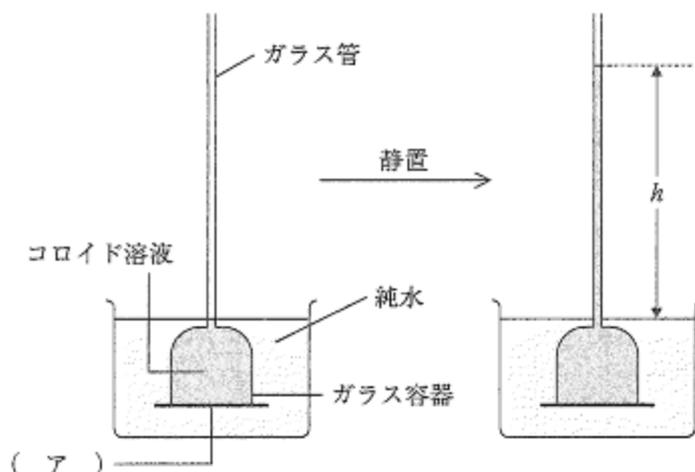


図2 浸透圧の測定装置

手順1 円筒型ガラス容器の底面に、はがれないように(ア)を接着させる。(ア)を隔てて円筒型ガラス容器の内側に高分子化合物のコロイド溶液を入れ、水中に沈めて外側の水面とガラス管内の液面を一致させる。

手順2 長時間静置すると、ガラス管内の液面が上昇し、両液面の差 h が一定の値となるので、 h からコロイド溶液の浸透圧を求める。

手順3 希薄溶液の浸透圧は、溶質の種類に無関係で、溶液の(イ)と絶対温度に比例する。また、この時の比例定数は気体定数と一致しており、気体の状態方程式と同じような関係が成り立つ。この関係を(ウ)の法則という。(ウ)の法則が成り立つとして、手順2で求めた浸透圧からコロイド溶液の(イ)を求める。

手順4 手順3で求めたコロイド溶液の(イ)から高分子化合物の平均分子量を求める。

問3 問2の手順で、非電解質のポリビニルアルコールXの重合度を求めた。Xを1.50gはかり取り、純水に溶かして試料のコロイド溶液100 mLを調製した。この試料を図2の円筒型ガラス容器に入れ、大気圧 1.01×10^5 Paの下、温度を 27°C に保って、手順1～4までの操作を行ったところ、 h は25.0 mmとなった。純水およびコロイド溶液の密度は 1.00 g/cm^3 で蒸発はせず、大気圧 1.01×10^5 Paは、真空にしたガラス管へ同じ密度の水柱を10.3 mの高さまで押し上げることができる。次の(1)と(2)に答えなさい。

(1) 試料のコロイド溶液の浸透圧は何 Pa か。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 187 Pa B. 245 Pa C. 432 Pa D. 579 Pa E. 868 Pa

(2) Xの重合度はいくらか。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 1.53×10^3 B. 2.88×10^3 C. 3.47×10^3 D. 6.87×10^3 E. 9.79×10^3

問4 高分子化合物の中には、物理的・化学的な性質を有効に利用した機能性高分子とよばれるものがある。機能性高分子に関する次の(ア)～(オ)の記述の中で、正しいものはいくつあるか。A～Fの中から最も適切な数を一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- (ア) 粉末状の樹脂の表面にスルホ基($-\text{SO}_3\text{H}$)を導入したものは、陰イオン交換樹脂として用いられている。
 (イ) ゴムノキから採取されるラテックスとよばれる樹液に水酸化ナトリウムなどのアルカリを加えて凝固させたのちに乾燥させたものを生ゴムまたは天然ゴムという。
 (ウ) ジクロロジメチルシランを原料としてつくられるシリコーンゴムは、耐熱性と耐寒性に優れ、理化学器具や医療器具などに利用されている。
 (エ) 紙おむつなどに用いられる吸水性高分子は $-\text{COONa}$ 部分をもっており、吸水によって $-\text{COONa}$ が電離すると $-\text{COO}^-$ 間の反発によって網目が拡大し水がしみこむ。
 (オ) 光に当たると重合が進み立体網目状構造となり固まる光硬化性樹脂は、光学写真のフィルムなどに利用されている。

- A. 0 B. 1 C. 2 D. 3 E. 4 F. 5

5 化合物 A、化合物 B、化合物 C は同じ分子式 $C_4H_{10}O$ をもつ。これらの構造と派生する化合物を決定する以下の実験を行った。

実験 1 それぞれにナトリウムを加えたところ、すべて水素が発生した。

実験 2 それぞれに水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えてあたためたところ、化合物 A からは黄色の沈殿物が生じたが、化合物 B と C からは沈殿が生じなかった。

実験 3 それぞれに二クロム酸カリウムと希硫酸を加え酸化したところ、化合物 A からはケトンが、化合物 B からはアルデヒドが生じたが、化合物 C は酸化されなかった。

実験 4 それぞれに濃硫酸を加えて分子内脱水をしたところ、化合物 A からは互いに異性体である化合物 X、化合物 Y、化合物 Z が生じ、生成量は X が一番少なかった。化合物 B からは化合物 X が、化合物 C からは化合物 W が生じた。

実験 5 化合物 Y と化合物 Z の沸点を測定したところ、化合物 Y は 4°C 、化合物 Z は 1°C であった。化合物 Y と化合物 Z の融点を測定したところ、化合物 Y は -139°C 、化合物 Z は -106°C であった。

実験 1～5 に関する以下の各問いに答えなさい。

問 1 分子式 $C_4H_{10}O$ で示される構造異性体のうち、ナトリウムを加えると水素を発生するものはいくつあるか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

A. 3 B. 4 C. 5 D. 6 E. 7 F. 8 G. 9

問 2 下線部の物質の化学式はどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

A. HI B. NaI C. NaIO_4 D. I_2
E. Cl_4 F. CHI_3 G. CH_2I_2 H. CH_3I

問 3 化合物 X の名称を、英語で解答欄に書きなさい。

問 4 化合物 Y と化合物 Z の沸点と融点に関する次の (ア)～(ウ) の記述の中で、正しいものはどれか。A～H の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- (ア) 化合物 Y のほうが化合物 Z より沸点が高いのは、化合物 Y の分子が極性をもつものに対して、化合物 Z の分子は無極性であるので、液体状態にあるとき、化合物 Y のほうがより強い分子間力がはたらくためである。
- (イ) 化合物 Y のほうが化合物 Z より沸点が高いのは、化合物 Y の分子の炭素鎖は直鎖状であるが、化合物 Z の分子の炭素鎖は枝分かれが多いので、液体状態では化合物 Y のほうが分子同士の接触面積が大きいためである。
- (ウ) 化合物 Z のほうが化合物 Y より融点が高いのは、化合物 Y の分子はメチル基を同じ側にもつが、化合物 Z の分子はメチル基を反対側にもつので、固体状態では化合物 Z のほうがより密に配列しやすいためである。

化 学

- A. (ア)のみ。 B. (イ)のみ。 C. (ウ)のみ。
D. (ア)と(イ)のみ。 E. (ア)と(ウ)のみ。 F. (イ)と(ウ)のみ。
G. (ア), (イ), (ウ)すべて。 H. すべて正しくない。

問5 化合物 W の構造式を、元素記号と価標を省略せずに解答欄に書きなさい。