

化 学

必要なら次の値を用いなさい。原子量：H = 1.0, Li = 6.9, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, S = 32.1, Cl = 35.5, Cu = 63.5, Zn = 65.4, Ba = 137, Pt = 195, Pb = 207。アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$, 気体定数： $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$, ファラデー定数： $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ 。すべての気体は理想気体として扱うものとする。

I 以下の問題(第1問から第4問)の答えをマークシートに記しなさい。

第1問 次の各問いに答えなさい。[解答番号 1 ~ 6]

問 1 次のA~Hの化合物がある。

- (A) KCl (B) CaCO₃ (C) CH₃Cl (D) CuCl₂
 (E) SiO₂ (F) (NH₄)₂SO₄ (G) CH₂=CHCl (H) CH₃COONa

塩化アンモニウムと同じようにイオン結合と共有結合の両方からなっているものはどれか。正しい組み合わせを①~⑧の中から一つ選びなさい。

1

- ① A, D ② B, H ③ B, F ④ A, C, E
 ⑤ B, C, G ⑥ B, F, H ⑦ E, F, H ⑧ B, F, G

問 2 以下の性質を示す固体A, B, C, Dがある。

物質	融点(°C)	沸点(°C)	固体状態での 電気伝導性	液体状態での 電気伝導性	水への溶解性
A	81	218	なし	なし	溶けない
B	801	1413	なし	あり	溶ける
C	1538	2862	あり	あり	溶けない
D	1650	2230	なし	なし	溶けない

A, B, C, Dはそれぞれ(イ)イオン結晶, (ロ)分子結晶, (ハ)共有結合の結晶, (ニ)金属の結晶, のいずれかに相当する。最も適切な組み合わせを①～⑧の中から一つ選びなさい。

2

	A	B	C	D
①	イ	ロ	ハ	ニ
②	イ	ロ	ニ	ハ
③	ロ	イ	ハ	ニ
④	ロ	イ	ニ	ハ
⑤	ハ	ニ	イ	ロ
⑥	ハ	イ	ロ	ニ
⑦	ニ	ハ	ロ	イ
⑧	ニ	ロ	イ	ハ

問 3 コロイドについての文章(イ)～(ニ)のうち間違いを含まないものの組み合わせを①～⑩の中から一つ選びなさい。

3

- (イ) コロイド溶液を顕微鏡で観察した時に見える粒子の不規則な動きはブラウン運動と呼ばれ、コロイド粒子自身の熱運動によって生じる。
- (ロ) コロイド溶液を冷却したり加熱したりした時に、流動性を失って全体が固まったものをゾルという。
- (ハ) 疎水コロイドは少量の電解質によって沈殿させることができるが、同じ濃度では加えるイオンの価数が小さい方が有効である。
- (ニ) 親水コロイドに多量の電解質を加えると、水和している水が取り除かれコロイド粒子が沈殿することを塩析という。

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| ① イ | ② ロ | ③ ハ | ④ ニ |
| ⑤ イ, ロ | ⑥ イ, ハ | ⑦ イ, ニ | ⑧ ロ, ハ |
| ⑨ ロ, ニ | ⑩ ハ, ニ | | |

問 4 次の(イ)~(ホ)の操作でおこる pH 変化は(A)~(C)のいずれかである。その組み合わせとして正しいものを①~⑧の中から一つ選びなさい。ただし、操作中の温度は一定であり、溶液の体積変化は無視できるとする。 4

【操作】

- (イ) 水に酸化カルシウムを溶かす。
- (ロ) 塩化ナトリウム水溶液を電気分解したときの陰極付近の電解液。
- (ハ) 希塩酸に塩化ナトリウムを溶かす。
- (ニ) 酢酸水溶液に酢酸ナトリウムを溶かす。
- (ホ) 水に塩素を溶かす。

【pH 変化】

- (A) 大きくなる。
- (B) ほとんど変化がない。
- (C) 小さくなる。

	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
①	A	C	C	C	B
②	A	A	B	A	C
③	A	C	B	C	A
④	B	C	A	B	B
⑤	B	A	B	A	C
⑥	C	B	C	B	A
⑦	C	B	A	C	B
⑧	C	A	B	A	C

問 5 メタンとエチレンの混合気体がある。これを完全に燃焼させた時、燃焼に必要な酸素の体積は混合気体の 2.8 倍であった。ただし気体の体積は標準状態(0℃, 1.013×10^5 Pa)で測定したものとし、燃焼によって発生した物質はすべて気体であるとする。次の問い(a), (b)に答えなさい。

(a) 混合気体中のメタンの体積は何パーセントか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 %

① 2.8 ② 10 ③ 14 ④ 15 ⑤ 20 ⑥ 50

(b) 混合気体 67.2 mL を完全に燃焼させた時にできる水蒸気の質量は何 mg か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 mg

① 54 ② 81 ③ 108 ④ 135 ⑤ 162 ⑥ 216

第2問 3種類の金属、亜鉛、銅、白金の混合物がある。この金属混合物について
次の各問いに答えなさい。[解答番号 ~]

問 1 この金属混合物を試料として次の実験を行った。

[I] 混合物に充分量の希硝酸を加えて反応させた。

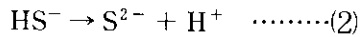
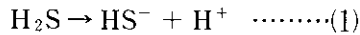
[II] 実験[I]で得られた溶液を蒸発乾固し、乾固物に希塩酸を加えて完全に溶解した。この水溶液^(イ)に硫化水素を通じると沈殿が生じた。生じた沈殿をろ過し、ろ液を蒸発乾固し、乾固物をアンモニア水に溶かしてから再び硫化水素^(ロ)を通じた。

次の問い(a)~(d)に答えなさい。

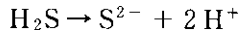
(a) 実験[I]についての記述で最も適切なものを①~⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 金属はすべて溶けた。この時、気体は発生しなかった。
- ② 金属はすべて溶けて、無色の気体を発生した。気体は水に溶けて酸性を示した。
- ③ 金属の一部は溶けずに残った。この時、無色の気体が発生し、空気に触れると褐色に変化した。褐色の気体は圧力を加えると褐色が薄くなっていった。
- ④ 金属の一部は溶けずに残った。この時、無色の気体が発生し、空気に触れると褐色に変化した。褐色の気体は圧力を加えると褐色が濃くなっていった。
- ⑤ 金属の一部は溶けずに残った。この時、気体は発生しなかった。
- ⑥ 金属の一部は溶けずに残った。この時、無色の気体が発生した。発生した気体は容易に水に溶けて塩基性を示した。

(b) 硫化水素は水溶液中で次のように電離する。



(1)の電離定数を K_1 、(2)の電離定数を K_2 とすると、



の電離定数 K は

$$K = K_1 \cdot K_2$$

となる。

実験[II]、下線部(i)の水溶液の塩酸濃度が 0.30 mol/L で、 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} の濃度がそれぞれ $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ だったとすると、硫化水素を通じた後の (i) Zn^{2+} 、(ii) Cu^{2+} の濃度はそれぞれ最初の濃度の何%となるか。最も近い値をそれぞれ①~⑥の中から一つずつ選びなさい。

ただし、溶液中の硫化水素は飽和していて、その濃度は 0.10 mol/L で、硫化亜鉛の溶解度は $1.47 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$ 、硫化銅(II)の溶解度は $2.55 \times 10^{-15} \text{ mol/L}$ であり、 $K_1 = 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ 、 $K_2 = 1.1 \times 10^{-15} \text{ mol/L}$ とする。

(i) Zn^{2+} の濃度(最初の濃度に対する百分率)

① 1.8 %

② 18 %

③ 37 %

④ 73 %

⑤ 87 %

⑥ 100 %

(ii) Cu^{2+} の濃度(最初の濃度に対する百分率)

① $5.3 \times 10^{-4} \%$

② $2.1 \times 10^{-4} \%$

③ $1.1 \times 10^{-3} \%$

④ 1.1 %

⑤ 2.1 %

⑥ 5.3 %

問 2 金属混合物を試料として次の実験を行った。

[Ⅲ] 金属混合物 5.00 g に希塩酸を充分加えて反応させた。

[Ⅳ] 反応後、ろ過して固形物と溶液に分けた。固形物に充分量の濃硫酸を
加えて加熱した。

[Ⅴ] 反応後、ろ過して固形物と溶液に分けた。

次の問い(a), (b)に答えなさい。

(a) 下線部(ハ)で発生した気体は、 27°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ で1.23 Lであった。また、下線部(ニ)で発生した気体をすべて水に溶かし、過酸化水素で完全に酸化した。この水溶液に充分量の塩化バリウムを加えて生じた沈殿は4.66 gであった。下線部(ホ)の固形物の質量は何gか。最も近い値を

①～⑥の中から一つ選びなさい。

① 0.32

② 0.46

③ 1.10

④ 2.73

⑤ 3.91

⑥ 4.54

(b) 下線部(ヘ)の溶液を水で希釈してアンモニア水を徐々に加えていくと沈殿が出来はじめる。さらにアンモニア水を少量加えると沈殿の一部が溶けて溶液の色が濃青色になった。ここに塩化アンモニウム水溶液を加えた時の変化の様子で最も適切なものを①～⑥の中から一つ選びなさい。

① 沈殿の量、溶液の色に変化はなかった。

② 沈殿がさらに溶けて、溶液の濃青色が濃くなる。

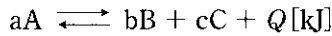
③ 沈殿が増えて、溶液の色は薄くなる。

④ 沈殿がさらに溶けて、溶液の色は薄くなる。

⑤ 沈殿が増えて、溶液の色が濃くなる。

⑥ 沈殿の色が濃青色に変化する。

第3問 分子式がA, B, Cで表される気体が以下のような可逆反応を示し, 平衡状態に達しているとする。ただし, a, b, cは係数であり, Qは反応熱である。



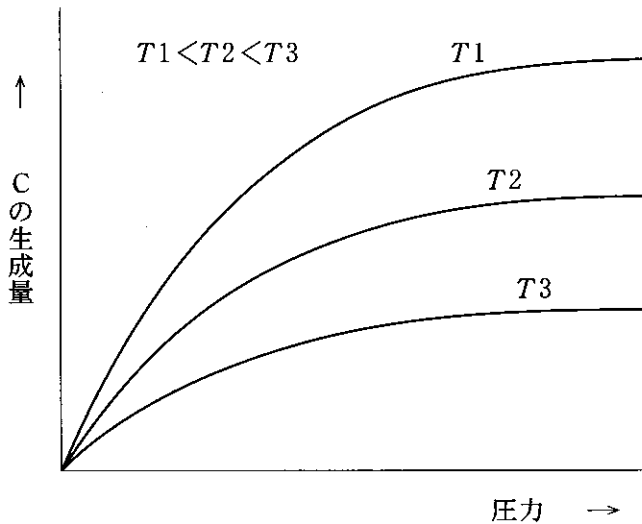
一定の温度条件下では, 各物質の平衡時のモル濃度[A], [B], [C]の間に

$$\frac{[\text{B}]^b[\text{C}]^c}{[\text{A}]^a} = Kc \text{ (} Kc \text{ は濃度平衡定数)}$$

が成立する。

次の各問いに答えなさい。[解答番号 ~]

問1 この反応において, 絶対温度 T_1, T_2, T_3 における, 圧力と平衡時のCの生成量の関係を図に示した。a, b, c, Qの条件として正しいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。ただし, $T_1 < T_2 < T_3$ であるとする。



① $a < b + c, Q < 0$

② $a < b + c, Q > 0$

③ $a = b + c, Q < 0$

④ $a > b + c, Q < 0$

⑤ $a > b + c, Q > 0$

⑥ $a = b + c, Q = 0$

問 2 係数 a , b , c がそれぞれ $a = 1$, $b = 2$, $c = 1$ であった時、温度 727°C 一定の条件下、真空中に排気した密閉容器に気体 A を入れ、反応前の容器内の圧力を測定すると 100 Pa であった。その後反応が進み平衡に達した時の圧力は 180 Pa に変化していた。この時生成された B の物質量は $1.00 \times 10^{-5}\text{ mol}$ であった。次の問い (a)~(e) に答えなさい。

(a) 気体の分圧で表した平衡定数を圧平衡定数 K_p という。モル濃度で表した濃度平衡定数 K_c と圧平衡定数 K_p の関係を示した正しい式を次の①~⑥の中から一つ選びなさい。ただし、 T は絶対温度、 R は気体定数である。

- ① $K_p = K_c$ ② $K_p = K_c RT$ ③ $K_p = K_c (RT)^2$
 ④ $K_p = \frac{K_c}{RT}$ ⑤ $K_p = \frac{K_c}{(RT)^2}$ ⑥ $K_p = \frac{1}{K_c}$

(b) 最初に入れた気体 A の物質量はいくらか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 mol

- ① 0.80×10^{-5} ② 1.00×10^{-5} ③ 1.25×10^{-5}
 ④ 1.80×10^{-5} ⑤ 2.00×10^{-5} ⑥ 2.50×10^{-5}

(c) 平衡時の気体 A の分圧はいくらになるか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 Pa

- ① 10 ② 60 ③ 90 ④ 100 ⑤ 135 ⑥ 180

(d) この平衡状態に達した反応系に、体積、温度を一定のまま、新たに気体 A を加えたところ、気体 B の分圧が 160 Pa となって再び平衡に達した。新たに加えた気体 A の物質量はいくらか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 mol

- ① 1.25×10^{-5} ② 2.25×10^{-5} ③ 3.75×10^{-5}
 ④ 5.75×10^{-5} ⑤ 6.25×10^{-5} ⑥ 8.75×10^{-5}

(e) (d)での新たな平衡状態に次の(イ)~(ハ)のような変化を与えると気体 A の物質量はどうか。正しい組み合わせを①~⑥の中から一つ選びなさい。

6

- (イ) 温度を一定に保ち、体積を変動させ、全圧を 800 Pa にする。
- (ロ) 温度、全圧を一定に保ち、アルゴンを加え、体積を 2 倍にする。
- (ハ) 温度、体積を一定に保ち、アルゴンを加える。

	(イ)	(ロ)	(ハ)
①	減少	増加	変化なし
②	減少	変化なし	増加
③	増加	減少	変化なし
④	増加	変化なし	減少
⑤	変化なし	増加	増加
⑥	変化なし	減少	減少

第4問 炭素、水素、酸素からなる化合物A及びBは同じ分子式を持つ化合物であり、それぞれ6.25 mgを完全燃焼させると、二酸化炭素15.4 mgと水4.05 mgが得られる。化合物A、B各々に水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めて加水分解し、ついでそれぞれの反応液を酸性にするとAからは化合物C、D、Eが、Bからは化合物F、G、Hが生成した。

化合物Cを加熱した酸化銅(II)で酸化すると、無色・刺激臭の気体 (イ) を、さらに (イ) を酸化すると無色・刺激臭の液体 (ロ) を生じる。(ロ) は水に溶けて酸性を示し、アンモニア性硝酸銀水溶液を (ハ) して銀を析出させる。

化合物DとFはベンゼン環に2つの置換基がある化合物である。

化合物C、E、F、Hに単体のナトリウムを加えるとすべて反応して水素が発生し、また塩化鉄(III)水溶液を加えるとFのみ呈色した。

化合物D、Gはジカルボン酸であり、化合物Dはナフタレンを触媒を用いて酸化することでも得られる。

次の各問いに答えなさい。[解答番号 ~]

問1 化合物A、Bに共通する組成式として正しいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。

- ① C_3H_5O ② $C_4H_{10}O$ ③ $C_5H_8O_2$
 ④ $C_6H_{11}O_2$ ⑤ $C_7H_9O_2$ ⑥ $C_8H_{12}O_3$

問2 文中の空欄(イ)、(ロ)、(ハ)に当てはまる語句として正しいものを①~⑩の中から一つずつ選びなさい。ただし同じ番号を何度使用しても構わない。

(イ)	(ロ)	(ハ)
<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>

- ① ジメチルエーテル ② ホルムアルデヒド ③ 還元
 ④ アセトアルデヒド ⑤ 酢酸 ⑥ 乳酸
 ⑦ 脱水 ⑧ エチレン ⑨ ギ酸
 ⑩ 酸化

問 3 化合物 E は分子内に一つ酸素原子を持つ。以下の問い (a)~(c) に答えなさい。

(a) 化合物 E の候補として考えられるものはいくつ存在するか。①~⑥の中から一つ選びなさい。ただし光学異性体および幾何異性体を区別しないこととする。

① 5 ② 6 ③ 7 ④ 8 ⑤ 9 ⑥ 10

(b) (a) の候補の中で、穏やかに酸化させると銀鏡反応を示すようになる候補はいくつ存在するか。①~⑥の中から一つ選びなさい。ただし光学異性体および幾何異性体を区別しないこととする。

① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

(c) (b) の候補の中で、分子内に不斉炭素原子を一つ持つ候補はいくつ存在するか。①~⑥の中から一つ選びなさい。

① 0 ② 1 ③ 2 ④ 3 ⑤ 4 ⑥ 5

問 4 化合物 G は組成式が $C_2H_3O_2$ で表され、分子量が 118 である。また化合物 H を酸化するとケトンが得られるとすると、化合物 F として考えられるものはいくつ存在するか。①~⑥の中から一つ選びなさい。

① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

II イオン化傾向が最も大きな金属として、リチウム(Li)が知られている。同じ金属が正極であった時、リチウムを負極に用いると最も大きな起電力が得られる。それを利用したのがリチウム電池であり、現在ボタン電池などとして幅広く用いられている。リチウム電池の代表的なものは金属リチウムと二酸化マンガンをそれぞれ負極、正極とし、電解質としてはリチウム塩を用い、また電解液としてリチウム塩を溶解できる有機溶媒を用いている。リチウム電池に関する次の各問いに答えなさい。

問 1 この電池が電解液として有機溶媒を用いる理由を 30 字以内で記しなさい。

問 2 電池の性能は、起電力の他に取り出せる電気量(放電容量)も大切な要素となる。基本的には電極の単位重量あたりできるだけ多くの電子の出し入れが出来る物質が電極材料として優れている。リチウムはその点でも優れた電極材料である。放電容量の表示法として、 X アンペアの電流を 1 時間流せる量で示す方法があり、 X [Ah] と表す。今、負極に用いられたリチウムが電池全体の放電容量を決めているとし、その電極反応が完全に進行するものと仮定する。その時の理論的に取り出せる放電容量は、リチウム 1.0 g では何 Ah となるか。有効数字 2 桁で示しなさい。

問 3 ダニエル電池において、問 2 と同じように負極の亜鉛が電池全体の放電容量を決めているとし、電極反応が完全に進行するものと仮定する。その時に理論的に取り出せる放電容量は亜鉛 1.0 g ではリチウムの何倍であるか。有効数字 2 桁で示しなさい。

問 4 図の様に 3 個のリチウム電池を直列につないだものを、互いに並列に 2 列にした回路を作り、鉛蓄電池の充電を試みた。一定時間充電したところ、鉛蓄電池の電解質中の硫酸質量が 1.96 g 増加した。この時、回路中のリチウム電池 1 個あたり、リチウムの質量は何 mg 減少したか。有効数字 2 桁で示しなさい。ただし、各電池での反応は 100 % の効率で進むものとする。

