

理 科

理科は **物 理** **化 学** **生 物** のうち2科目を選択受験のこと。

物 理 …… 1頁 **化 学** ……19頁 **生 物** ……35頁

問題Ⅰはマークシート方式，Ⅱは記述式である。

Ⅰの解答はマークシートに，Ⅱの解答は解答用紙に記入すること。

〔注 意 事 項〕

1. 監督者の指示があるまでは，この問題冊子を開かないこと。
2. マークシートは，コンピュータで処理するので，折り曲げたり汚したりしないこと。
3. マークシートに，氏名・受験番号を記入し，科目選択・受験番号をマークする。
マークがない場合や誤って記入した場合の答案は無効となる。

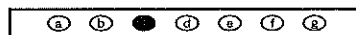
受験番号のマーク例(13015の場合)

受 験 番 号				
1	3	0	1	5
万位	千位	百位	十位	一位
	○	●	○	○
●	○	○	●	○
○	○	○	○	○
○	●	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	●
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○

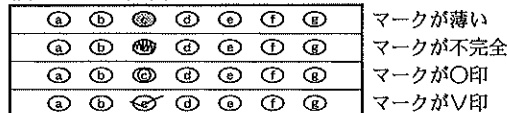
4. マークシートにマークするときは，HBまたはBの黒鉛筆を用いること。誤ってマークした場合には，消しゴムで丁寧^{ていねい}に消し，消し^{ていねい}くずを完全に取り除いたうえで，新たにマークし直すこと。
5. 下記の例に従い，正しくマークすること。

(例えばcと答えたいとき)

正しいマーク例



誤ったマーク例



6. 各科目とも基本的に正解は一つであるが，科目によっては二つ以上解答を求めている場合があるので設問をよく読み解答すること。
7. 解答は所定の位置に記入すること。

問題訂正

理科「化学」 19ページ

I 第1問 問2

[訂正前]

ケイ素には ^{28}Si , ^{29}Si , ^{30}Si の3つの安定同位体が存在する。また、酸素にも ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O の3つの安定同位体が存在する。それらの安定同位体から形成される二酸化ケイ素は、異なる質量のものが何種類あるか。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。

[訂正後]

ケイ素には ^{28}Si , ^{29}Si , ^{30}Si の3つの安定同位体が存在する。また、酸素にも ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O の3つの安定同位体が存在する。二酸化ケイ素(SiO_2)を一つの単位として考えるとすると、それらの安定同位体から形成される二酸化ケイ素は、異なる質量のものが何種類あるか。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし、各原子の相対質量はその質量数に等しいものとする。

[変更点]

- (1) [二酸化ケイ素(SiO_2)を一つの単位として考えるとすると]を補足。
- (2) [各原子の相対質量はその質量数に等しいものとする]の条件を補足。

化 学

I 以下の問題(第1問~第4問)の答えをマークシートに記しなさい。必要なら原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $N = 14$, $O = 16$, $Na = 23$, $Mg = 24$, $Al = 27$, $S = 32$, $Cl = 35$, $Fe = 56$, $Cu = 64$, $Ag = 108$ とし, 気体定数 R は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$ を用いなさい。気体は全て理想気体として扱うものとする。

第1問 次の各問いに答えなさい。(解答番号 ~)

問1 塩化マグネシウムを構成するすべてのイオンに存在する M 殻の電子数の合計はいくつか。正しいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 8 ② 10 ③ 14
④ 16 ⑤ 18 ⑥ 20

問2 ケイ素には ^{28}Si , ^{29}Si , ^{30}Si の3つの安定同位体が存在する。また, 酸素にも ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O の3つの安定同位体が存在する。それらの安定同位体から形成される二酸化ケイ素は, 異なる質量のものが何種類あるか。正しいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 5 ② 6 ③ 7
④ 9 ⑤ 12 ⑥ 18

問3 塩化ナトリウムと塩化マグネシウムの混合物 3.4 g を水に溶かし, 充分量の硝酸銀を加えたところ 9.9 g の沈殿を生じた。混合物中の塩化マグネシウムの質量は何 g か。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。

g

- ① 0.26 ② 0.87 ③ 1.3
④ 1.6 ⑤ 2.6 ⑥ 3.2

問 4 2種類の炭化水素 A, B がある。A, B どちらか一方の炭化水素 1 mol に触媒を用いて水素を付加させると 2 mol の水素が付加した。A を完全燃焼させると、生じる二酸化炭素と水の物質量は同じであった。また、1 mol の B を完全燃焼させると発生した二酸化炭素と水の合計は 7 mol であり、1 mol の A と 2 mol の B を完全燃焼させると発生した水の合計は 11 mol であった。次の問い(a), (b)に答えなさい。

(a) A の分子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_4

② C_3H_6

③ C_4H_6

④ C_4H_8

⑤ C_5H_8

⑥ C_5H_{10}

(b) B の分子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_4

② C_3H_6

③ C_4H_6

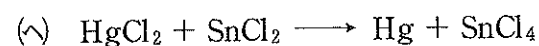
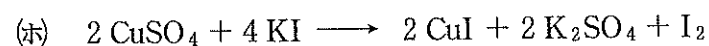
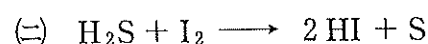
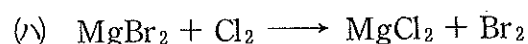
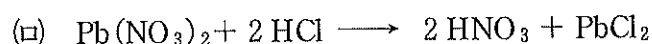
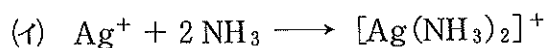
④ C_4H_8

⑤ C_5H_8

⑥ C_5H_{10}

第2問 次の各問いに答えなさい。〔解答番号 ~ 〕

問1 (イ)~(ハ)の反応のうち酸化還元反応ではないものはどれか。正しい組み合わせを①~⑥の中から一つ選びなさい。



① (イ)

② (ニ)

③ (ヘ)

④ (イ), (ロ)

⑤ (ロ), (ハ)

⑥ (ホ), (ヘ)

問2 空気中に放置してあった硫酸鉄(Ⅱ)水溶液がある。この試料水溶液について次の実験を行った。ただし、この水溶液には沈殿がみとめられなかった。

【実験Ⅰ】 試料水溶液 10.0 mL に充分量の臭素水を加えて煮沸し、鉄(Ⅱ)イオンをすべて鉄(Ⅲ)イオンに酸化した。つぎに、充分量のアンモニア水を加えて生じた沈殿をろ過し、水で洗った後、沈殿を加熱し乾燥させた。乾燥後の酸化鉄(Ⅲ)粉末の質量は 0.640 g であった。

【実験Ⅱ】 試料水溶液 10.0 mL を硫酸酸性下、0.100 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ、終点までに 12.0 mL 必要とした。

次の問い(a)~(d)に答えなさい。

(a) 【実験Ⅱ】で終点での溶液の変化はどのようになるか。最も適切なものを

①~⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 溶液の色が赤紫色から無色に変化する。
- ② 溶液の色が無色から赤紫色に変化する。
- ③ 褐色の沈殿が生成しはじめる。
- ④ 白色の沈殿が生成しはじめる。
- ⑤ 溶液の色が青緑色から褐色に変化する。
- ⑥ 溶液の色が褐色から青緑色に変化する。

(b) 試料水溶液 10.0 mL 中の鉄(Ⅱ)イオンと鉄(Ⅲ)イオンの物質量の総和は何 mol か。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。

mol

- ① 1.00×10^{-3}
- ② 2.00×10^{-3}
- ③ 4.00×10^{-3}
- ④ 6.00×10^{-3}
- ⑤ 8.00×10^{-3}
- ⑥ 1.60×10^{-2}

(c) 試料水溶液中に鉄(Ⅱ)イオンは質量百分率で全鉄イオンの何%存在するか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 %

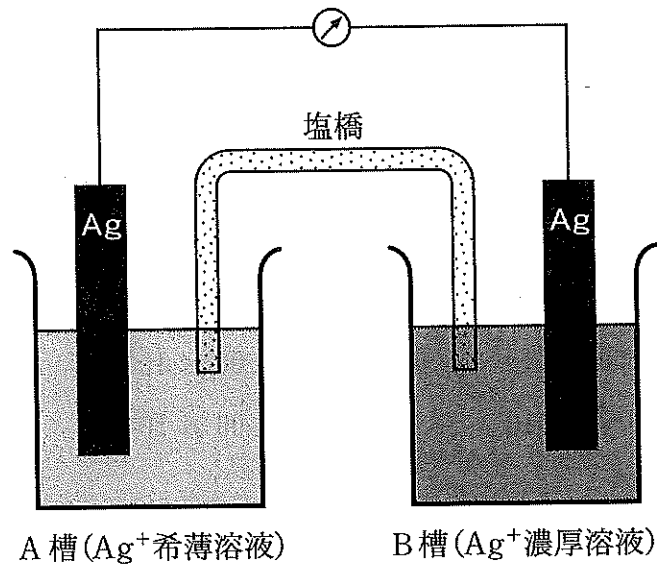
- ① 5.00
- ② 10.0
- ③ 12.5
- ④ 25.0
- ⑤ 62.5
- ⑥ 75.0

(d) 試料水溶液 10.0 mL 中の鉄(Ⅲ)イオンは標準状態で何 mL の酸素が鉄(Ⅱ)イオンと反応して生じたか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 mL

- ① 11.2
- ② 22.4
- ③ 33.6
- ④ 39.2
- ⑤ 42.6
- ⑥ 44.8

問 3 仕切り板のある容器の片側に AgNO_3 溶液を、もう一方に水を入れておき、仕切り板を取り外すと AgNO_3 溶液は水で希釈される。この反応は自発的に起こる反応なので、放出されるエネルギーを電気エネルギーに変えることができる。

濃度の異なる 2 種類の AgNO_3 溶液をつくり、それぞれに銀電極を浸した。イオンが移動できるように 2 つの電極槽を塩橋 (KNO_3 溶液を寒天で固め U 字管に詰めたもの) でつなぎ、電極を導線をつなぐと電流が流れ、両電極槽の Ag^+ 濃度が等しくなるまで続く。



この電池の起電力 E は、希薄溶液 (A 槽) の Ag^+ 濃度を C_A mol/L、濃厚溶液 (B 槽) の Ag^+ 濃度を C_B mol/L とすると、 25°C では次式のようになる。

$$E = -0.059 \log_{10} \frac{C_A}{C_B}$$

次の問い(a)~(c)に答えなさい。ただし、温度は 25 °C とする。

(a) 電流が流れているとき、この電池に関する(i)~(v)の記述で正しいものはどれか。正しい組み合わせを①~⑥の中から一つ選びなさい。 6

- (i) 電流は A 槽から B 槽に流れる。
- (ii) A 槽では電極の質量が増加する。
- (iii) B 槽では電極の質量が増加する。
- (iv) A 槽では酸化反応が起こっている。
- (v) 起電力は減少していく。
- (vi) NO_3^- イオンは塩橋を通して A 槽から B 槽に移動する。

- | | | |
|-------------------|---------------------|--------------------|
| ① (i), (ii) | ② (iii), (vi) | ③ (iv), (v) |
| ④ (ii), (iv), (v) | ⑤ (iii), (iv), (vi) | ⑥ (iii), (iv), (v) |

(b) AgNO_3 希薄溶液の濃度が $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ 、 AgNO_3 濃厚溶液の濃度が 2.00 mol/L のとき、起電力 E は何 V になるか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。ただし、必要なら $\log_{10} 2 = 0.300$ 、 $\log_{10} 3 = 0.477$ 、 $\log_{10} 5 = 0.700$ としなさい。 7 V

- | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ① 5.90×10^{-2} | ② 8.90×10^{-2} | ③ 1.07×10^{-1} |
| ④ 1.36×10^{-1} | ⑤ 1.77×10^{-1} | ⑥ 4.77×10^{-1} |

(c) AgCl の溶解度積を求めるために AgCl 飽和水溶液と $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の Ag^+ 水溶液で電池を組み立て、その起電力 E を測った。塩橋を \parallel で表すと、電池式は次のようになる。

電池式： $(-)\text{Ag} \mid \text{AgCl}(\text{飽和水溶液}) \parallel \text{Ag}^+(1.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}) \mid \text{Ag}(+)$

$E = 0.177 \text{ V}$ であったとすると AgCl の溶解度積は何 mol^2/L^2 か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし、起電力の測定で電流は流れなかったものとする。 mol^2/L^2

① 1.00×10^{-10}

② 1.34×10^{-9}

③ 2.07×10^{-8}

④ 1.00×10^{-5}

⑤ 1.44×10^{-4}

⑥ 1.93×10^{-4}

第3問 アルミニウムに関して次の各問いに答えなさい。

(解答番号 ~)

問1 次の記述(イ)~(ニ)で正しいものの組み合わせを①~⑥の中から一つ選びなさい。

- (イ) 酸化アルミニウムは塩酸に溶けない。
- (ロ) 水酸化アルミニウムは水酸化ナトリウム水溶液に溶ける。
- (ハ) 酸化アルミニウムは鉄により還元されない。
- (ニ) 単体のアルミニウムは濃硝酸と反応し溶ける。

- ① (イ), (ロ)
- ② (イ), (ハ)
- ③ (イ), (ニ)
- ④ (ロ), (ハ)
- ⑤ (ロ), (ニ)
- ⑥ (ハ), (ニ)

問2 アルミニウムの単体の工業的な製造法に関する問い(a)~(c)に答えなさい。

(a) 文中の ~ に当てはまる最も適切な語句を①~⑩の中から一つずつ選びなさい。ただし、同じ番号を何度選んでも良い。

アルミニウムの鉱石であるボーキサイトを精製してアルミナと呼ばれる純粋な酸化アルミニウム Al_2O_3 をつくる。これに氷晶石 Na_3AlF_6 を混ぜて熔融し、電極に炭素を用いて約 $1000\text{ }^\circ\text{C}$ で電気分解すると にアルミニウムが析出し、他極には 及び が発生する。
 は より分子量が小さい。この操作を という。

- ① 陽極
- ② 陰極
- ③ F_2
- ④ CO_2
- ⑤ CO
- ⑥ H_2
- ⑦ 電気精錬
- ⑧ 融解塩電解
- ⑨ イオン交換膜法
- ⑩ アルカリ融解

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="5"/>

(b) 上記の文章において発生する気体(ロ)と(ハ)の物質質量比が 18 : 1 とすると、1 mol の電子が導線を通ったときに発生する気体(ロ)は何 mol か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし、流れた電流はすべて気体(ロ)と(ハ)の発生に使われたとする。 mol

- ① 0.025 ② 0.05 ③ 0.1
④ 0.2 ⑤ 0.45 ⑥ 0.9

(c) 工業的には銅もアルミニウムと同様に純度の低い粗銅から電気分解により製造される。仮に純度 90.0 % の粗銅を用いて純銅を製造したとする。同じ質量のアルミニウムを得るには銅の何倍の電気量が必要とされるか。最も近い値または正しい答えを①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし、陰極に流れた電気はすべて金属の析出に使われたとする。

- ① 1.58 ② 3.20 ③ 3.56
④ 3.95 ⑤ 7.90 ⑥ 計算できない

第4問 図1のような密閉容器Ⅰ～Ⅳがコック①～③で連結された実験装置がある。コック①と②は閉じられているが、コック③は開いており、それぞれの容器には圧力計がついている。容器Ⅰ、ⅡおよびⅣはストッパーのついた抵抗なく移動するピストンが備えられ、体積・圧力を自由に変えることができ、容器Ⅲは体積を変えることができない。容器Ⅲにはシヨ糖水溶液が封入されている。装置全体は一定の温度に保たれており、コックおよび液体の体積は無視できるとする。また装置内に存在する水蒸気以外の気体はいかなる圧力でも凝縮せず、水との反応性がなく、水の蒸気圧は図2の蒸気圧曲線に従うものとする。

次の各問いに答えなさい。〔解答番号 ~ 〕

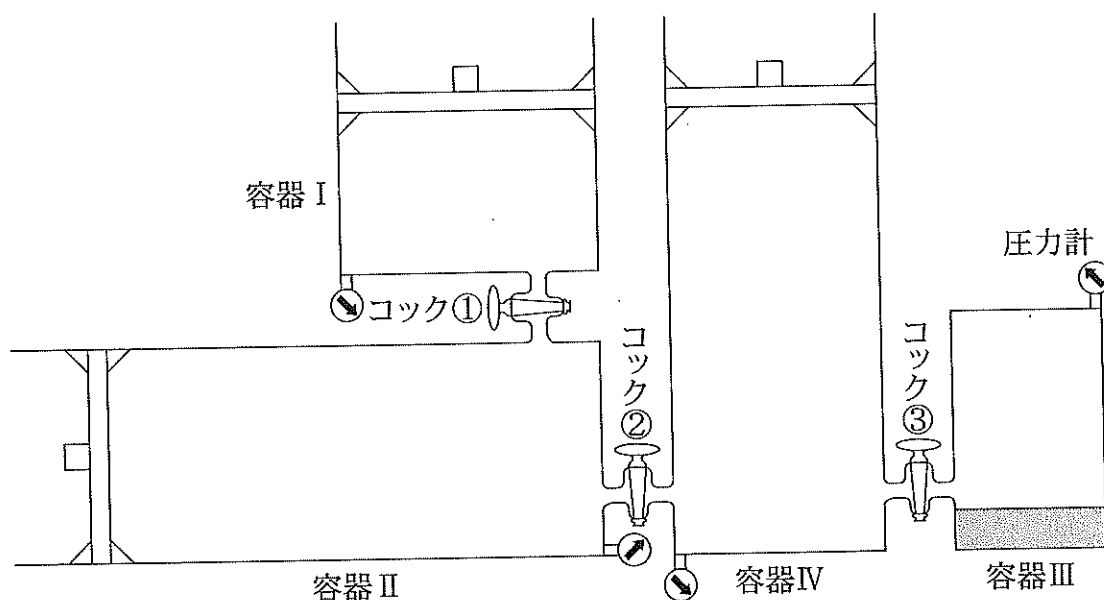


図1. 実験装置

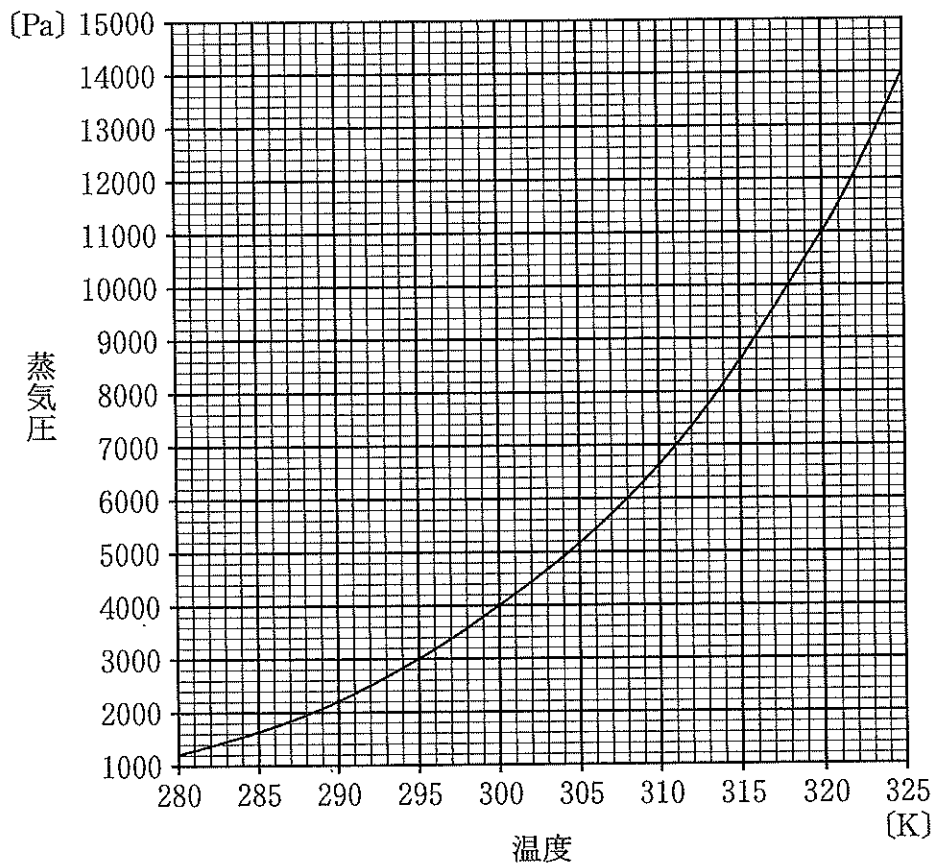
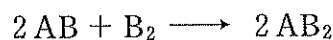


図2. 水の蒸気圧曲線

問1 ある元素AとBから成る気体分子ABおよび B_2 がある。容器Iには B_2 のみが、容器IIにはABのみが封入されている。容器Iの体積は13.28Lで容器IIの体積は26.56Lであった。容器IとIIの圧力計は共に37500Paを示している。容器IとIIのピストンのストッパーを外し、コック①を開いて容器Iの気体を容器Iのピストンを押しして全て容器IIに移し、コック①を閉じて容器IIの圧力を37500Paに保った。気体分子ABと B_2 は以下の反応のみ進行すると仮定し、完全に反応して全て気体分子 AB_2 となったとすると、容器IIの体積は何Lとなるか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 L



① 6.640

② 9.960

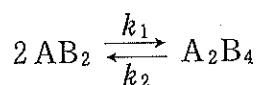
③ 13.28

④ 26.56

⑤ 39.84

⑥ 53.12

問 2 問 1 の容器 II で生成した気体分子 AB_2 は次のように反応が進み、気体分子 A_2B_4 が生成され平衡状態になる。



k_1, k_2 は反応速度定数である。また平衡に達した時の濃度平衡定数 K_c [L/mol] は以下のように示すことができる。

$$K_c = \frac{[A_2B_4]}{[AB_2]^2}$$

($[AB_2]$: AB_2 のモル濃度 [mol/L], $[A_2B_4]$: A_2B_4 のモル濃度 [mol/L])

容器 II の圧力を 37500 Pa で維持した。次の問い(a)~(d)に答えなさい。

(a) 容器 II のある瞬間における $[AB_2]$ が 0.2000 mol/L であった。この時、正反応の反応速度 $v_1 (= k_1[AB_2]^2)$ は 1.992×10^{-2} mol/(L·s) であった。反応速度定数 k_1 は何 L/(mol·s) になるか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 L/(mol·s)

- ① 3.980×10^{-2} ② 4.980×10^{-2} ③ 9.960×10^{-2}
 ④ 3.980×10^{-1} ⑤ 4.980×10^{-1} ⑥ 9.960×10^{-1}

(b) 平衡に達した時、 AB_2 の分圧が 15000 Pa であったとすると、容器 II の体積は何 L であるか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。

L

- ① 8.300 ② 16.60 ③ 24.90
 ④ 33.20 ⑤ 41.50 ⑥ 49.80

(c) 逆反応の反応速度 $v_2 (= k_2[A_2B_4])$ の反応速度定数 k_2 が 2.000×10^{-3} /s であったとすると、濃度平衡定数 K_c は何 L/mol になるか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 L/mol

- ① 4.020×10^{-3} ② 2.000×10^{-2} ③ 5.030×10^{-2}
 ④ 19.90 ⑤ 49.80 ⑥ 249.0

(d) 平衡に達した時の気体分子 AB_2 の物質質量は何 mol か。最も近い値を

①~⑥の中から一つ選びなさい。 mol

- ① 1.000×10^{-1} ② 1.250×10^{-1} ③ 2.500×10^{-1}
④ 3.000×10^{-1} ⑤ 4.000×10^{-1} ⑥ 6.000×10^{-1}

問 3 容器Ⅲにはショ糖水溶液が入っており、充分時間が経っている。容器ⅢおよびⅣに存在する気体は水蒸気のみである。コック③を閉じ、容器Ⅳのピストンのストッパーを外し、容器の体積が $\frac{1}{10}$ になるまでピストンを押し、ストッパーで固定した。この時、容器Ⅳの底には液体の水が存在していた。気体 AB_2 と気体 A_2B_4 が平衡に達している状態の容器Ⅱのピストンのストッパーを外し、コック②を開き、容器Ⅱに存在する全ての気体を容器Ⅳに移した後、コック②を閉じ、しばらく放置して平衡状態にした。この時、 AB_2 は容器Ⅳの水に x [mol]、 A_2B_4 は $\frac{x}{2}$ [mol] 溶解していた。気体として存在している AB_2 と A_2B_4 の物質質量の合計が 0.2080 mol で、気体 AB_2 の分圧が 16000 Pa であったとする。次の問い(a)~(e)に答えなさい。ただし、水溶液中での AB_2 と A_2B_4 の平衡反応、およびこれらの溶解による水の蒸気圧変化はないものとする。

(a) 容器Ⅳの水に溶解した分子 AB_2 の物質質量 x [mol] はいくつになるか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。

mol

- ① 2.000×10^{-2} ② 2.400×10^{-2} ③ 2.800×10^{-2}
④ 3.200×10^{-2} ⑤ 3.600×10^{-2} ⑥ 4.000×10^{-2}

(b) 気体として存在する A_2B_4 の物質質量は何 mol か。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。

mol

- ① 6.400×10^{-2} ② 1.280×10^{-1} ③ 1.920×10^{-1}
④ 2.560×10^{-1} ⑤ 3.200×10^{-1} ⑥ 3.900×10^{-1}

(c) 圧縮後の容器Ⅳの体積は何 L か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選
びなさい。 L

- ① 4.180 ② 8.360 ③ 12.45
④ 16.72 ⑤ 24.90 ⑥ 33.44

(d) 容器Ⅳの水蒸気の物質量は何 mol か。最も近い値を①～⑥の中から一
つ選びなさい。 mol

- ① 1.343×10^{-2} ② 2.000×10^{-2} ③ 3.450×10^{-2}
④ 2.686×10^{-2} ⑤ 4.000×10^{-2} ⑥ 6.900×10^{-2}

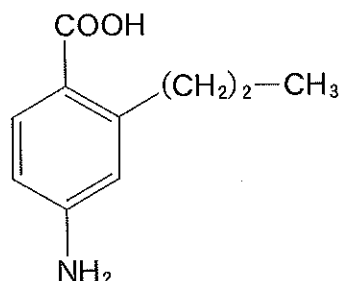
(e) 容器Ⅳの液体の水の物質量が 0.1700 mol であり、また容器Ⅲに含まれ
ているシヨ糖水溶液の質量が 342.0 g であつたとすると、溶解している
シヨ糖(分子式： $C_{12}H_{22}O_{11}$)は何 g か。最も近い値を①～⑥の中から一つ
選びなさい。ただし、容器Ⅲのシヨ糖水溶液の水の蒸気圧は、同じ温度の
純粋な水の蒸気圧とシヨ糖水溶液の水のモル分率(水の物質量 / (水の物質
量 + シヨ糖の物質量))の積で求めることができるとする。 g

- ① 8.550 ② 17.10 ③ 25.20
④ 85.50 ⑤ 171.0 ⑥ 252.0

II 次の各問いの答えを解答用紙に記しなさい。

ただし、構造式は例のように簡略化して書くこと。必要なら原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $N = 14$, $O = 16$ を用いなさい。

〔構造式の例〕



ペプチド A は炭素、水素、窒素、酸素のみからなる分子量 408 のトリペプチドである。1 mol の A を完全にメチルエステルにするには、2 mol のメタノールが必要である。この A は天然に存在する 3 種類の α -アミノ酸 x, y, z で構成されており、x は 4 個、y および z は 1 個のメチレン基(-CH₂-)を持ち、z は側鎖にベンゼン環を持っている。また、x, y, z のうち 1 つは塩基性アミノ酸である。

A について、以下の実験を行った。

【実験 1】 A について元素分析を行ったところ、炭素 55.88 %、水素 6.86 %、酸素 23.53 % (質量%) であった。

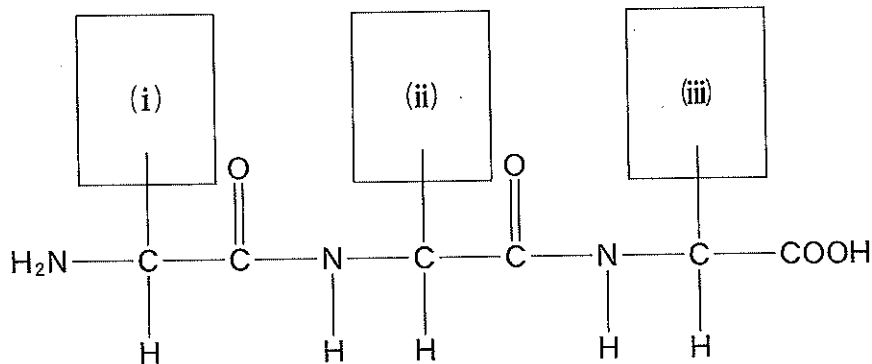
【実験 2】 塩基性アミノ酸のカルボキシ基が形成したペプチド結合を加水分解する酵素を用いて、A を処理したところ、z およびジペプチド B (分子式 $C_{10}H_{19}N_3O_5$) が生成した。

【実験 3】 A の構成アミノ酸を分離するために、イオン交換樹脂を充填させたカラムを用いた。A を塩酸で完全に加水分解して pH 2.5 ですべてのアミノ酸をカラムに吸着させた。カラムに流す溶液の pH を順次上げていったところ、アミノ酸 y, z, x の順で溶出した。なお、ここで用いたイオン交換樹脂はスチレンと *p*-ジビニルベンゼンの共重合体を濃硫酸で処理したものである。

問 1 ペプチド A の分子式を記しなさい。

問 2 α -アミノ酸 z の構造式を記しなさい。ただし、光学異性体は考慮しなくて良い。

問 3 下図にペプチド A の構造を示した。(i)~(iii)部分の構造式を記しなさい。



問 4 次の文章の に当てはまる言葉を書きなさい。

【実験 3】で用いたイオン交換樹脂は イオンと 基の水素イオンを交換して吸着するため、 基との親和性が高い化合物ほど樹脂に吸着しやすい。

問 5 【実験 3】で用いたイオン交換樹脂カラムでは、強酸性ではアミノ酸が樹脂に吸着し、強塩基性ではアミノ酸は吸着しない。この理由をアミノ酸の水溶液中での性質を踏まえて 60 字以内で説明しなさい。