

化 学

(解答番号 ~)

必要があれば，原子量は次の値を使うこと。

H	1.0	Li	7	C	12	N	14
O	16	Ca	40	Co	59		

気体は，実在気体とことわりがない限り，理想気体として扱うものとする。

第1問 次の問い(問1～5)に答えよ。(配点 20)

問1 分子間で水素結合を形成しない化合物はどれか。最も適当なものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- | | | |
|---------|---------|-------|
| ① 酢酸 | ② エタノール | ③ メタン |
| ④ フッ化水素 | ⑤ フマル酸 | |

問 2 気体の溶解度に関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 2

- ① 1.0×10^5 Pa のもとで、一定量の水に溶ける二酸化炭素 CO_2 の物質量は、温度が高くなると大きくなる。
- ② 0°C のもとで、一定量の水に溶ける水素 H_2 の体積 (0°C , 1.013×10^5 Pa に換算した値) は、水に接する H_2 の圧力を 1.0×10^5 Pa から 2.0×10^5 Pa にすると 2 倍になる。
- ③ 0°C のもとで、一定量の水に溶けるアンモニア NH_3 の物質量は、水に接する NH_3 の圧力を 1.0×10^5 Pa から 2.0×10^5 Pa にしても 2 倍にはならない。
- ④ 0°C で 1.0×10^5 Pa の酸素 O_2 が接している水 1 L に溶ける O_2 の物質量と、 0°C で 1.0×10^5 Pa の空気が接している水 1 L に溶ける O_2 の物質量は異なる。

化学

問 3 次の図1は、二酸化炭素 CO_2 の状態図である。

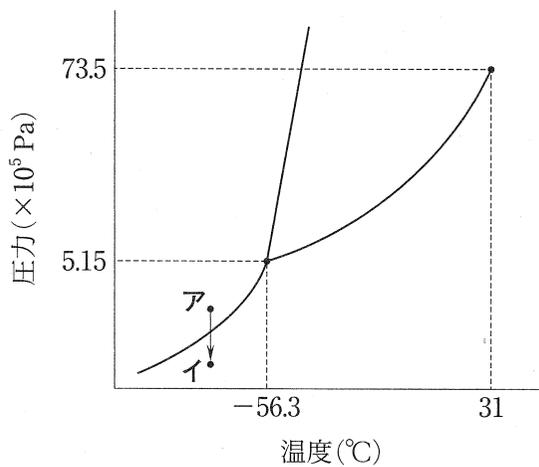
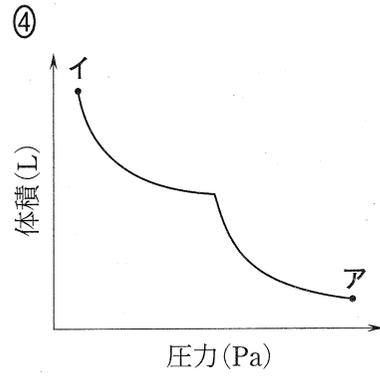
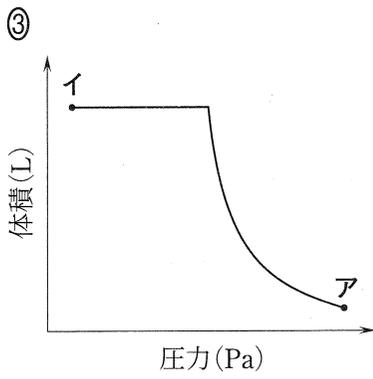
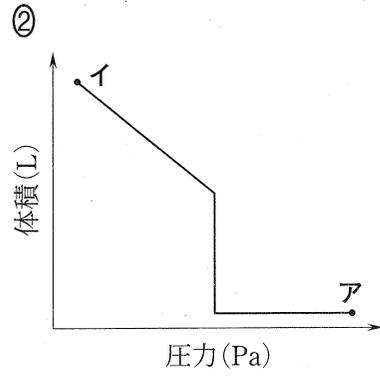
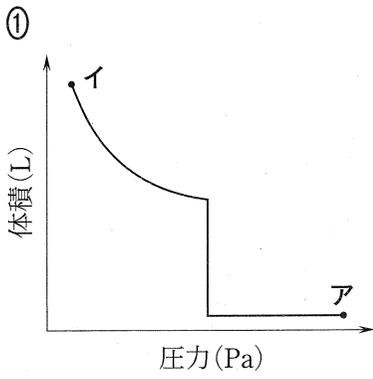


図1 CO_2 の状態図(模式図)

一定量の CO_2 を図1中の点アの状態から、温度一定で圧力を徐々に下げて点イの状態にする。この過程における CO_2 の体積と圧力の関係を表すグラフの概形として最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。 3



化学

問 4 図 2 は、水分子のみを通す半透膜で中央が仕切られた断面積 1.0 cm^2 の U 字管を用いて、水溶液の浸透圧に関する実験を行った様子を示したものである。図 2 (a) のように、U 字管の I 側に $c \text{ (mol/L)}$ の塩化カルシウム CaCl_2 水溶液 100 mL 、II 側に純水 100 mL を入れて、温度を $T \text{ (K)}$ に保ち十分な時間放置したところ、図 2 (b) のように I 側と II 側の液面の高さの差が $h \text{ (cm)}$ になった。このときの I 側の水溶液の浸透圧 $\Pi \text{ (Pa)}$ を表す式はどれか。最も適当なものを、後の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、気体定数は $R \text{ (Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol}))$ とする。また、 CaCl_2 は水溶液中で完全に電離しており、 CaCl_2 水溶液は十分に希薄であるものとする。 4 Pa

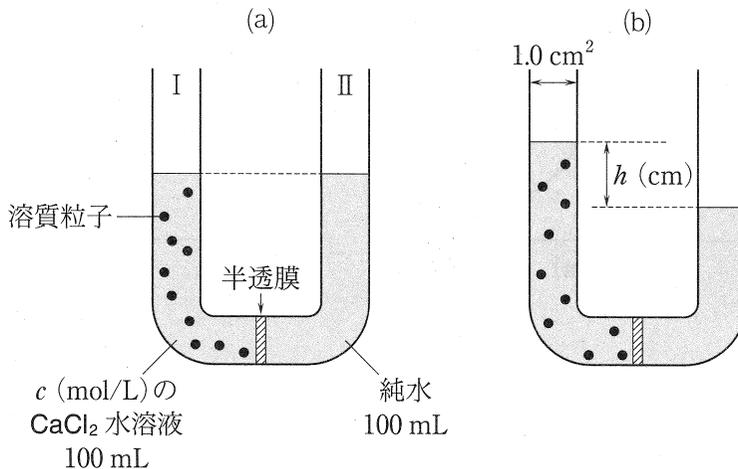


図 2 水溶液の浸透圧に関する実験の様子

- | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ① cRT | ② $3cRT$ | ③ $\frac{100cRT}{100+h}$ |
| ④ $\frac{300cRT}{100+h}$ | ⑤ $\frac{200cRT}{200+h}$ | ⑥ $\frac{600cRT}{200+h}$ |

問 5 蒸気圧および混合物の分離に関する次の文章を読み、後の問い(a・b)に答えよ。

ベンゼン C_6H_6 (液)と二硫化炭素 CS_2 (液)の混合溶液 X をある温度で密閉容器に入れて放置すると、 C_6H_6 と CS_2 はともに気液平衡の状態になった。このときの C_6H_6 (気)の分圧を P_A (Pa)、 CS_2 (気)の分圧を P_B (Pa)とすると、式(1)、(2)が成り立つ。ただし、この温度での純粋な C_6H_6 と CS_2 の蒸気圧をそれぞれ P_A^0 (Pa)、 P_B^0 (Pa)とし、混合溶液中での C_6H_6 と CS_2 のモル分率(混合物の全物質量に対する成分物質の物質量の割合)をそれぞれ x_A 、 x_B とする。

$$P_A = x_A \times P_A^0 \quad (1)$$

$$P_B = x_B \times P_B^0 \quad (2)$$

図 3 は、混合気体中の C_6H_6 (気)のモル分率を y_A 、 CS_2 (気)のモル分率を y_B とし、気相(均一な気体状態の部分)と液相(均一な液体状態の部分)のモル分率、気相の分圧の関係を示したものである。

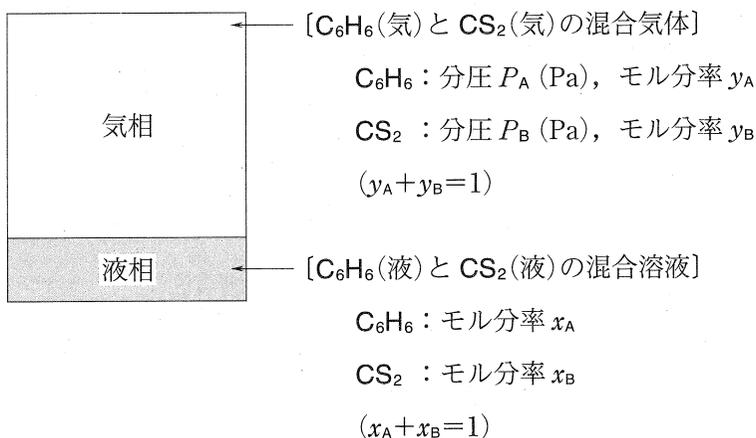


図 3 C_6H_6 と CS_2 の気液平衡時の様子

化 学

図4は、圧力が 1.0×10^5 Paで一定のもとで、 C_6H_6 と CS_2 の組成比と沸点の関係を示した図である。曲線Iは混合溶液の組成と沸点の関係を表し、曲線IIは沸騰しているときの温度と蒸気の組成の関係を表したものである。

例えば、 C_6H_6 のモル分率 x_A が0.4、 CS_2 のモル分率 x_B が0.6で温度 $40^\circ C$ の混合溶液(点(i))を加熱すると、曲線Iより $53^\circ C$ で沸騰することが読み取れる(点(ii))。また、この温度において平衡状態にある気相中の蒸気の組成は曲線IIより、 C_6H_6 のモル分率 y_A が0.12、 CS_2 のモル分率 y_B が0.88であることが読み取れる(点(iii))。この混合気体を冷却してすべて凝縮させると、 C_6H_6 のモル分率が0.12の液体が得られる。

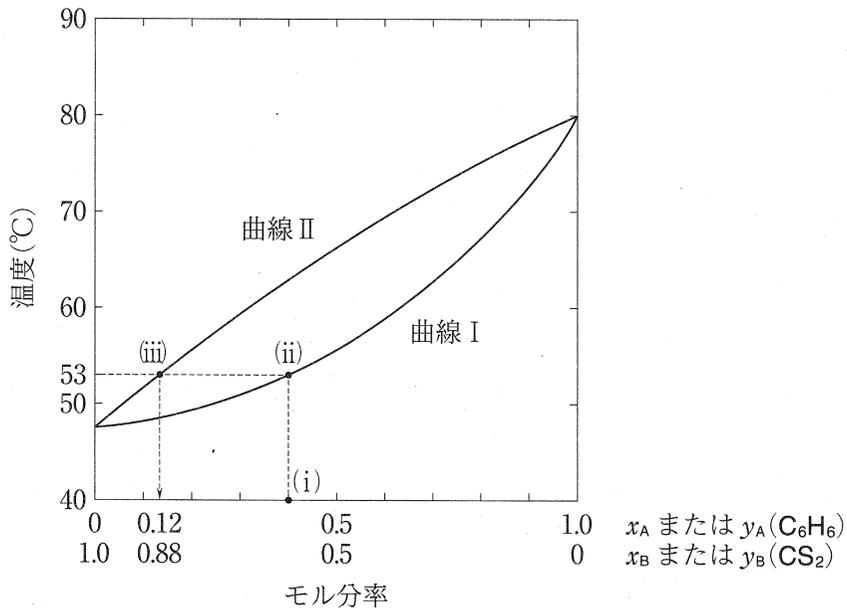


図4 C_6H_6 - CS_2 二成分系の沸点図

a t (°C)で C_6H_6 と CS_2 の混合溶液が気液平衡の状態にある。この混合溶液中の C_6H_6 と CS_2 の物質質量比 ($C_6H_6 : CS_2$) が 2 : 1 であるとき、混合気体中の C_6H_6 と CS_2 の分圧の比 ($C_6H_6 : CS_2$) として最も適当なものを、次の①~⑤のうちから一つ選べ。ただし、 t (°C)での純粋な C_6H_6 の蒸気圧は 1.2×10^4 Pa, 純粋な CS_2 の蒸気圧は 4.8×10^4 Pa である。 5

- ① 1 : 1 ② 1 : 2 ③ 1 : 4
 ④ 2 : 1 ⑤ 4 : 1

b 次の文章中の空欄 ア ~ ウ に当てはまる数値、物質、語の組合せとして最も適当なものを、後の①~⑥のうちから一つ選べ。ただし、沸騰している間も、溶液の組成は変化しないものとする。 6

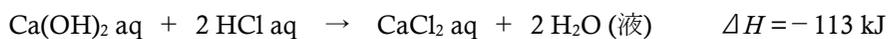
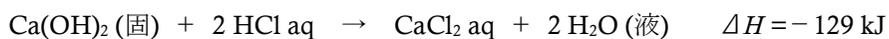
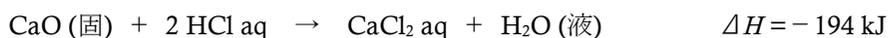
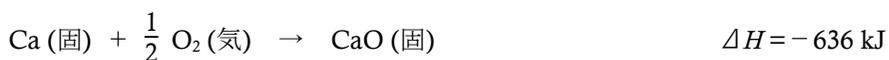
圧力が 1.0×10^5 Pa において、 C_6H_6 (液)と CS_2 (液)の混合溶液 X 中の C_6H_6 (液)のモル分率 x_A が 0.8 のとき、この混合溶液の沸点は ア °C であり、このとき得られた気体を凝縮させると、始めの混合溶液 X よりも イ のモル分率が大きい溶液が得られる。この溶液を再び加熱すると、沸点は前より ウ なり、得られた気体を再び凝縮させる。この手順を繰り返すと、沸点の低い成分を留出させることができる。このような方法により、液体の混合物から各成分を分離する操作を分留という。

	ア	イ	ウ
①	67	C_6H_6	低 く
②	67	CS_2	低 く
③	67	CS_2	高 く
④	75	C_6H_6	低 く
⑤	75	C_6H_6	高 く
⑥	75	CS_2	高 く

化 学

第 2 問 次の問い(問 1～5)に答えよ。(配点 20)

問 1 次の反応に関する記述として**誤りを含むもの**はどれか。最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。 7



- ① 酸化カルシウム CaO (固) の生成エンタルピーは、 -636 kJ/mol である。
- ② CaO (固) 1 mol が水 $\text{H}_2\text{O (液)}$ と反応して水酸化カルシウム $\text{Ca(OH)}_2 \text{(固)}$ が生成するときの反応エンタルピーは、 -65 kJ である。
- ③ 同じ質量の CaO (固) と $\text{Ca(OH)}_2 \text{(固)}$ を、それぞれ塩酸に溶かすときに発生する熱量は、 CaO (固) の方が大きい。
- ④ $\text{Ca(OH)}_2 \text{(固)}$ を水に溶かすと、温度が低下する。

問 2 ヨウ化鉛(Ⅱ) PbI_2 は水に難溶な黄色の結晶であり、 PbI_2 の沈殿が生じている水溶液では、次の式(1)の平衡が成り立ち、その溶解度積 K_{sp} は式(2)のように表される。



$$K_{\text{sp}} = [\text{Pb}^{2+}][\text{I}^-]^2 \quad (2)$$

温度が 25°C で一定の条件下で、 $4.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の硝酸鉛(Ⅱ)水溶液 50 mL と $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ のヨウ化カリウム水溶液 50 mL を混合したところ、 PbI_2 の沈殿が生じ、水溶液中の Pb^{2+} のモル濃度 $[\text{Pb}^{2+}]$ は $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ になった。 25°C において、 PbI_2 の K_{sp} は何 $(\text{mol/L})^3$ か。最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、式(1)の反応以外は起こらなかったものとし、また、沈殿の生成によって水溶液の体積は変化しなかったものとする。

$(\text{mol/L})^3$

- | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① 1.0×10^{-9} | ② 9.0×10^{-9} | ③ 1.6×10^{-8} |
| ④ 2.5×10^{-8} | ⑤ 4.9×10^{-8} | ⑥ 1.0×10^{-7} |

化 学

問 3 リチウムイオン電池は、スマートフォンや電気自動車に利用されている二次電池であり、負極にはリチウムと黒鉛からなる物質 Li_xC_6 、正極にはコバルト酸リチウム $\text{Li}_{(1-x)}\text{CoO}_2$ が用いられる。これらはいずれも層状の構造をもち、放電時や充電時にリチウムイオン Li^+ が負極と正極の物質間を移動する。この移動による負極と正極の物質中での Li^+ の組成の変化を、一定の値を用いて一般的に表すことはできないため、化学式において、 Li^+ の組成は $x(0 \leq x < 1)$ を用いて表される。

リチウムイオン電池を放電すると、次の図 1 に示すように、電池内部では Li^+ が負極側から正極側に移動する。

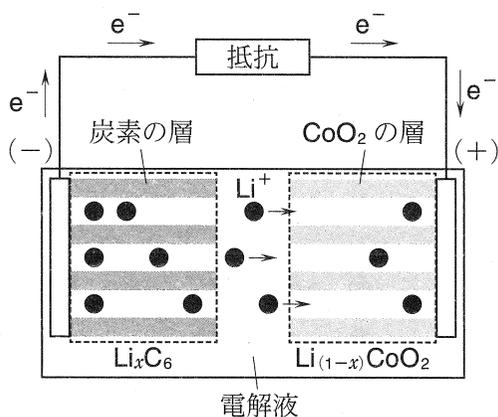
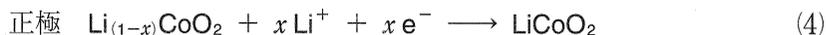
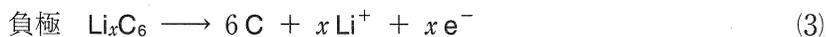


図 1 リチウムイオン電池の放電

放電時の負極と正極の反応は、それぞれ式(3)、(4)の電子を含むイオン反応式で表される。



化 学

あるスマートフォン用のリチウムイオン電池に、取り出せる電気量の最大値が 4825 mAh と記載されていた。これは、482.5 mA (0.4825 A) の電流を 10 時間流したときの電気量に相当する。式(3), (4)の x について、完全に充電した状態から完全に放電するまでの変化は、 $x = 0.5$ で表されるものとする、完全に放電したとき、このリチウムイオン電池の正極の LiCoO_2 (式量 98) の質量は何 g になるか。最も適当な数値を、次の①~⑥のうちから一つ選べ。ただし、完全に放電した状態での正極は純粋な LiCoO_2 とみなしてよい。また、ファラデー定数は $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。 g

① 8.8

② 18

③ 35

④ 49

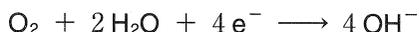
⑤ 98

⑥ 196

化学

問 4 次の文章中の空欄 **ア** ~ **エ** に当てはまる語および気体の種類の組合せとして最も適当なものを、後の①~⑧のうちから一つ選べ。 **10**

水酸化ナトリウム NaOH は、工業的に塩化ナトリウム NaCl 水溶液の電気分解（イオン交換膜法）で製造されている。イオン交換膜法における消費電力量を減らすために、一方の電極に酸素 O₂ を供給する方式のものが研究開発されている。図 2 は、その装置を模式的に示したものである。**ア** イオン交換膜を用いた電気分解により、O₂ が供給される **イ** 極では次の反応が起こる。



ウ 極では気体の **エ** が発生する。また、**イ** 極側の水溶液に水酸化ナトリウム NaOH が生じ、この水溶液を濃縮すると固体の NaOH が得られる。

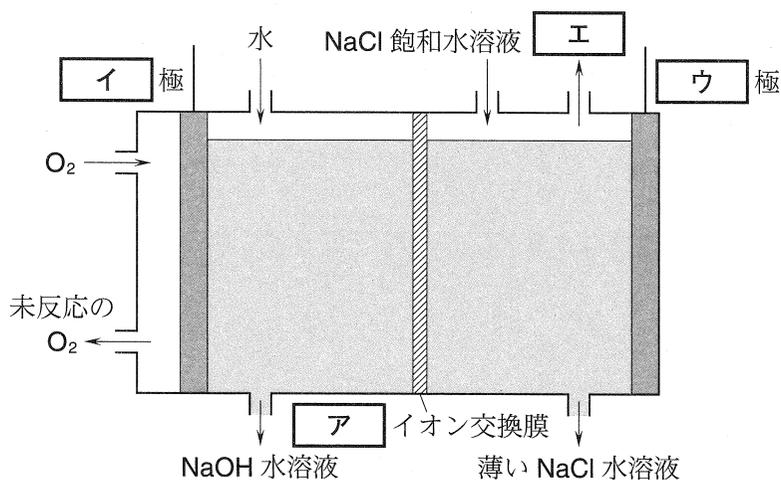


図 2 一方の電極に酸素を供給する方式のイオン交換膜法

	ア	イ	ウ	エ
①	陽	陽	陰	塩 素
②	陽	陽	陰	水 素
③	陽	陰	陽	塩 素
④	陽	陰	陽	水 素
⑤	陰	陽	陰	塩 素
⑥	陰	陽	陰	水 素
⑦	陰	陰	陽	塩 素
⑧	陰	陰	陽	水 素

化学

問 5 次の式(5)は、気体 A 2 分子から気体 B b 分子と気体 C 1 分子が生じる可逆反応の化学反応式である。この反応に関する後の問い(a・b)に答えよ。



- a ピストン付きの容器に一定量の A を封入し、圧力を $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保ちながら温度を 200 K から 500 K の範囲で変化させたときの、温度と平衡状態における混合気体の体積の関係を、次の図 3 に実線で示す。

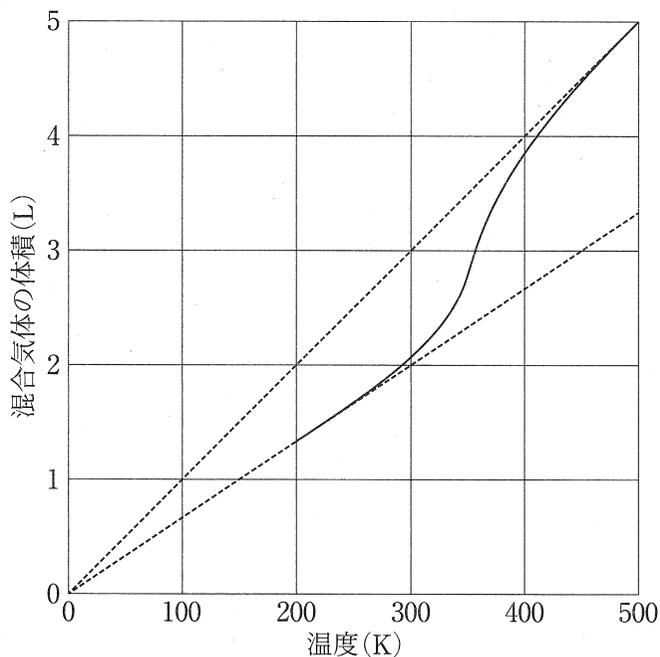


図 3 温度と平衡状態における混合気体の体積の関係

式(5)の係数 b はいくらか。また、式(5)の正反応(右向き)の反応は発熱反応、吸熱反応のいずれか。その組合せとして最も適当なものを、後の①~⑥のうちから一つ選べ。

11

	b	正反应
①	1	放热反应
②	2	放热反应
③	3	放热反应
④	1	吸热反应
⑤	2	吸热反应
⑥	3	吸热反应

化 学

- b 式(5)の正反応の反応速度 v は次の反応速度式(6)で表され、その反応速度定数 k に関して式(7)が成り立つ。

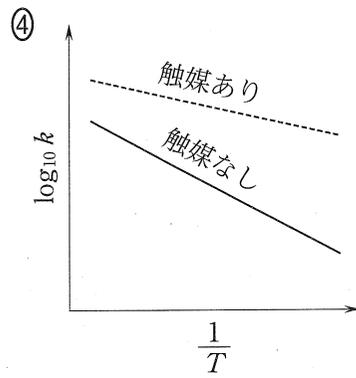
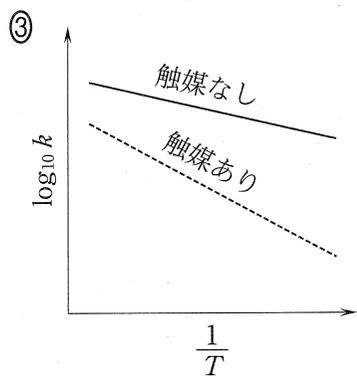
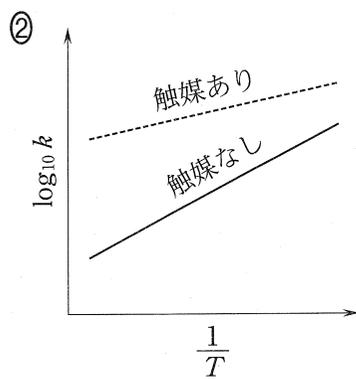
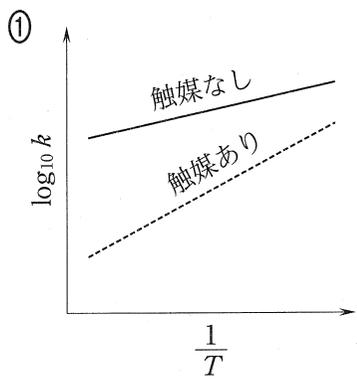
$$v = k[A] \quad (6)$$

$$\log_{10} k = -\frac{E_a}{2.30R} \times \frac{1}{T} + \log_{10} A \quad (7)$$

式(7)中の E_a (J/mol) は活性化エネルギー、 R (J/(K·mol)) は気体定数、 T (K) は絶対温度であり、 A は頻度因子とよばれ、反応の種類によって決まる定数である。

横軸に絶対温度の逆数 $\frac{1}{T}$ (/K)、縦軸に $\log_{10} k$ をとり、触媒を用いない場合のグラフを実線(—)、触媒を用いた場合のグラフを破線(……)で表した図として最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。ただし、 E_a は温度によって変化しないものとする。

12



化 学

第3問 次の問い(問1～4)に答えよ。(配点 20)

問1 非金属元素の単体に関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 13

- ① ヘリウムは気体の中で最も軽く、風船や飛行船に用いられる。
- ② 窒素は液体空気の分留で得られ、液体窒素は冷却剤として用いられる。
- ③ リンの同素体の一つである赤リンは毒性が低く、マッチの箱の摩擦面に利用される。
- ④ 酸素の同素体の一つであるオゾンは、強い酸化剤であり、殺菌などに用いられる。

問2 金属元素の単体に関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 14

- ① アルミニウムを濃水酸化ナトリウム水溶液に入れると、水素を発生しながら溶解する。
- ② 鉄を濃硝酸に入れると、表面に緻密な酸化被膜ができ、不動態になる。
- ③ 金は、王水に溶解する。
- ④ 鉛を希硫酸に入れると、激しく反応して、水素を発生しながら溶解する。

問 3 気体ア～エは、 H_2S 、 SO_2 、 NO 、 NO_2 のいずれかであり、次の記述Ⅰ～Ⅳに示す特徴をもつ。イ、エとして最も適当な気体を、それぞれ後の①～④のうちから一つずつ選べ。

イ

エ

- Ⅰ アは、水によく溶け、強い酸性を示す。
- Ⅱ イは、水に溶けにくい。
- Ⅲ ウは、腐卵臭をもち、水に溶けて弱い酸性を示す。
- Ⅳ ウの水溶液にエを通じると、白濁する。

① H_2S ② SO_2 ③ NO ④ NO_2

化 学

問 4 次の文章を読み、後の問い(a ~ c)に答えよ。

KI, K_2CO_3 , K_2SO_4 , K_2CrO_4 を水に溶かして得られる水溶液 X 10.0 mL に次の操作 I ~ III を行った。

操作 I 水溶液 X に $BaCl_2$ 水溶液を十分加えたのち生じた沈殿をろ過し、沈殿 I とろ液 I に分離した。沈殿 I には化合物 A (白色)、化合物 B (白色)、化合物 C (黄色) が含まれていた。

操作 II 沈殿 I に **ア** を十分加えると、 CO_2 が発生して沈殿 I の一部が溶解した。溶け残った沈殿 II をろ過し、ろ液 II を得た。沈殿 II には、A (白色) が含まれていた。また、ろ液 II は赤橙色であった。これは、 CrO_4^{2-} が $Cr_2O_7^{2-}$ に変化したためである。

操作 III ろ液 I に **イ** を加えたところ、沈殿 III が生じた。沈殿 III には化合物 D (白色)、化合物 E (黄色) が含まれていた。

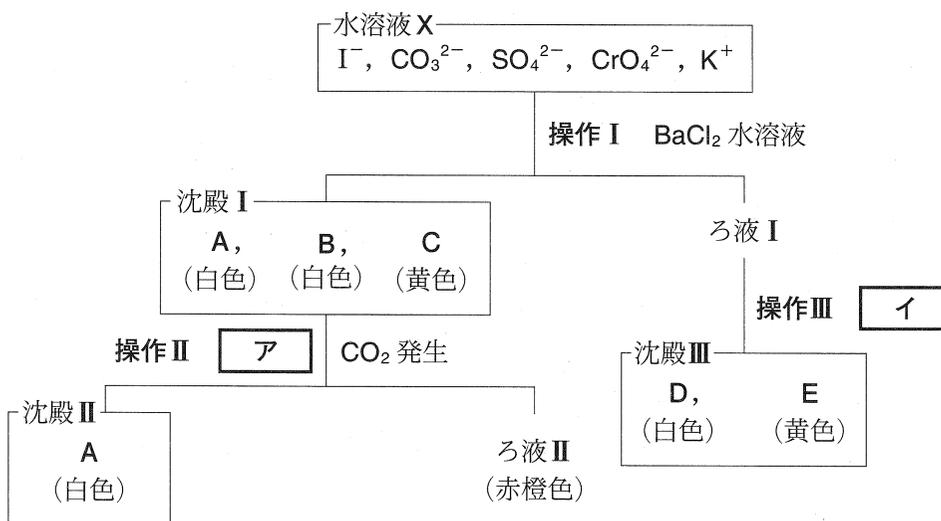


図 1 操作 I ~ III の流れ

- a 操作Ⅱで加えた試薬 **ア** と、操作Ⅲで加えた試薬 **イ** の組合せはどれか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 **17**

	ア	イ
①	NaOH 水溶液	AgNO ₃ 水溶液
②	NaOH 水溶液	塩 酸
③	AgNO ₃ 水溶液	NaOH 水溶液
④	AgNO ₃ 水溶液	塩 酸
⑤	塩 酸	NaOH 水溶液
⑥	塩 酸	AgNO ₃ 水溶液

- b 操作Ⅱで発生した CO₂ の全量を、0.100 mol/L の Ba(OH)₂ 水溶液 40.0 mL に吸収させると沈殿が生じた。上澄み液を 10.0 mL はかりとり、未反応の Ba(OH)₂ を、0.100 mol/L の塩酸で滴定したところ 18.0 mL を要した。水溶液 X 10.0 mL を得るために水に溶かした K₂CO₃ の物質量は何 mol か。最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 **18** mol

- ① 4.0×10^{-4} ② 8.0×10^{-4} ③ 1.8×10^{-3}
 ④ 3.2×10^{-3} ⑤ 3.6×10^{-3} ⑥ 6.2×10^{-3}

化 学

- c 操作Ⅱで得られたろ液Ⅱ中の $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ を、0.100 mol/L の硫酸アンモニウム鉄(Ⅱ) $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ 水溶液で滴定したところ、過不足なく反応するまでに 12.0 mL を要した。このとき、 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ と Fe^{2+} は、次の式(1)および(2)のように変化する。



水溶液 X に含まれる CrO_4^{2-} のモル濃度は何 mol/L か。最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、操作Ⅱにおいて、 CrO_4^{2-} はすべて $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ に変化したものとする。 mol/L

- ① 2.00×10^{-2} ② 4.00×10^{-2} ③ 8.00×10^{-2}
④ 1.20×10^{-1} ⑤ 2.40×10^{-1} ⑥ 4.80×10^{-1}

(下書き用紙)

化学の試験問題は次に続く。

化学

第4問 次の問い(問1～4)に答えよ。(配点 20)

問1 エタノールに関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 20

- ① 触媒の存在下でエチレン(エテン)に水を反応させると得られる。
- ② ナトリウムの単体を加えると、水素が発生する。
- ③ ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めると、黄色沈殿を生じる。
- ④ 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加えて温めると、アセトンが得られる。

問2 図1の構造式で示される不飽和炭化水素Aは、植物の精油に含まれ、香料などに利用されている。Aには、シス-トランス異性体(幾何異性体)を区別すると ア 種類の立体異性体が存在する。また、Aのすべての二重結合に触媒を用いて水素を付加させた生成物は不斉炭素原子を イ 個もつ。

空欄 ア ・ イ に当てはまる数の組合せとして最も適当なものを、後の①～⑥のうちから一つ選べ。 21

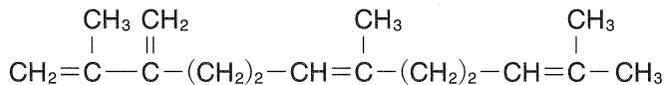


図1 不飽和炭化水素Aの構造式

	ア	イ
①	2	1
②	2	2
③	2	3
④	4	1
⑤	4	2
⑥	4	3

問 3 高分子化合物に関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 22

- ① 天然ゴム(生ゴム)を乾留(熱分解)すると、炭素間二重結合を2個もつ化合物が得られる。
- ② アミロースは、グリコーゲンよりも枝分かれの多い構造をもつ。
- ③ 尿素樹脂は、尿素とホルムアルデヒドの付加縮合によって合成される。
- ④ スルホ基をもつ陽イオン交換樹脂をカラム(円筒容器)につめて、その上部から塩化ナトリウム水溶液を流すと、流出液として塩酸が得られる。

化学

問 4 局所麻酔薬として利用されているベンゾカインは、ベンゼンのパラ二置換体であり、*p*-ニトロトルエンを出発物質とした合成経路は図2のように表される。これに関する後の問い(a ~ c)に答えよ。

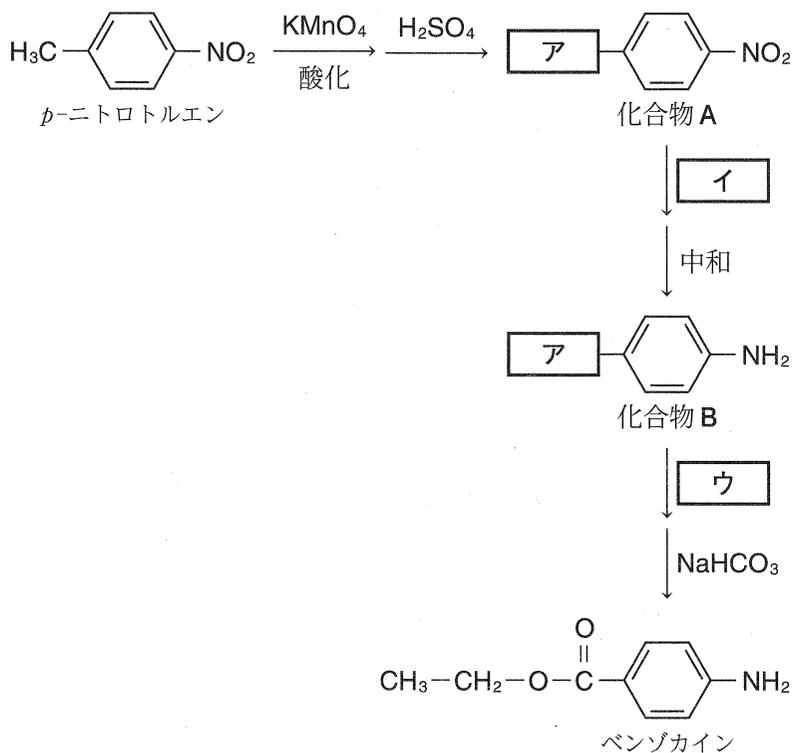


図2 ベンゾカインの合成経路

- a 図2中の空欄 **ア** ~ **ウ** に当てはまる原子団と試薬の組合せとして最も適当なものを、次の①~⑧のうちから一つ選べ。 23

	ア	イ	ウ
①	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{HO}-\text{C} \end{array}$	Sn, HCl	C ₂ H ₅ OH, H ₂ SO ₄
②	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{HO}-\text{C} \end{array}$	Sn, HCl	(CH ₃ CO) ₂ O
③	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{HO}-\text{C} \end{array}$	HNO ₃ , H ₂ SO ₄	C ₂ H ₅ OH, H ₂ SO ₄
④	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{HO}-\text{C} \end{array}$	HNO ₃ , H ₂ SO ₄	(CH ₃ CO) ₂ O
⑤	HO-CH ₂	Sn, HCl	C ₂ H ₅ OH, H ₂ SO ₄
⑥	HO-CH ₂	Sn, HCl	(CH ₃ CO) ₂ O
⑦	HO-CH ₂	HNO ₃ , H ₂ SO ₄	C ₂ H ₅ OH, H ₂ SO ₄
⑧	HO-CH ₂	HNO ₃ , H ₂ SO ₄	(CH ₃ CO) ₂ O

化 学

b ベンゾカインに関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 24

- ① ベンゼン環の水素原子1個を臭素原子1個に置き換えた化合物として、2種類のものが存在する。
- ② ナトリウムフェノキシドの水溶液を加えると、アゾ化合物が生じる。
- ③ 塩酸と亜硝酸ナトリウム水溶液を氷冷下で加えた後、加温すると窒素が発生する。
- ④ 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えても呈色しない。

c 化学反応の効率を示す指標の一つに収率がある。収率は、反応式をもとに計算して求めた生成物の量に対する、実験で得られた生成物の量の割合をいう。

図2に示した合成経路において、*p*-ニトロトルエンからAが得られる反応、AからBが得られる反応、Bからベンゾカインが得られる反応の収率を、次の図3に示すようにそれぞれ75%、60%、80%とする。

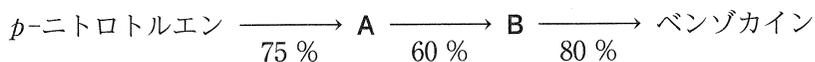


図3 *p*-ニトロトルエンからベンゾカインが得られるまでの各反応の収率

図3で示した各反応の収率に基づくと、*p*-ニトロトルエン(分子量137)6.85gから得られるベンゾカイン(分子量165)の質量は何gか。その数値を小数第1位まで次の形式で表すとき、・に当てはまる数字を、後の①~⑩のうちから一つずつ選べ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。

. g

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
 ⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 0

化 学

第5問 シリカゲルや活性炭は吸着剤として用いられ、乾燥、脱臭、物質の分離、水中の有機物の除去など、さまざまな場面で利用されている。次の問い(問1～3)に答えよ。(配点 20)

問1 シリカゲルの製法に関する次の文章中の空欄 **ア** ~ **ウ** に当てはまる語の組合せはどれか。最も適当なものを、後の①~⑧のうちから一つ選べ。

27

二酸化ケイ素 SiO_2 に **ア** を加えて加熱融解させると、ケイ酸ナトリウム Na_2SiO_3 が得られる。これに水を加えて煮沸すると、**イ** になる。

イ に **ウ** を加えて得られるゲル状の化合物を加熱して乾燥させると、シリカゲルが得られる。

	ア	イ	ウ
①	炭酸ナトリウム	ケイ酸	塩 酸
②	炭酸ナトリウム	ケイ酸	水酸化ナトリウム水溶液
③	炭酸ナトリウム	水ガラス	塩 酸
④	炭酸ナトリウム	水ガラス	水酸化ナトリウム水溶液
⑤	塩化ナトリウム	ケイ酸	塩 酸
⑥	塩化ナトリウム	ケイ酸	水酸化ナトリウム水溶液
⑦	塩化ナトリウム	水ガラス	塩 酸
⑧	塩化ナトリウム	水ガラス	水酸化ナトリウム水溶液

問 2 シリカゲルは表面に多数のヒドロキシ基をもち、水など極性分子を吸着しやすい。次の物質ア～ウのうち、極性分子であるものはどれか。すべてを正しく選んでいるものを、後の①～⑦のうちから一つ選べ。 28

ア 硫化水素

イ ジクロロメタン

ウ トランス-1,2-ジクロロエチレン

① ア

② イ

③ ウ

④ ア, イ

⑤ ア, ウ

⑥ イ, ウ

⑦ ア, イ, ウ

化学

問 3 吸着に関する量的関係がどのようになっているかを知るために文献を調べたところ、次のことがわかった。

分子 **A** を吸着することができる吸着剤がある。この吸着剤の表面には、**A** が吸着できる場所(吸着点という)が存在し、吸着点 1 か所あたり **A** が 1 個吸着することができる。**A** の吸着、および吸着した **A** の脱離の様子は、模式的に図 1 のように表すことができる。

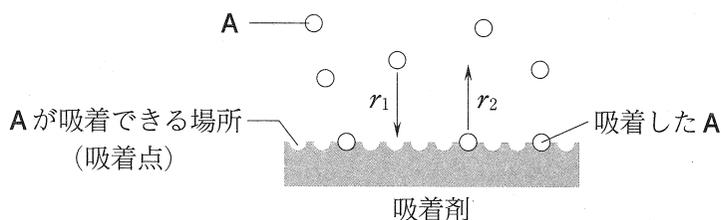


図 1 分子 **A** の吸着および脱離の様子

吸着剤 1 g あたり、 r_1 , r_2 , N_{\max} , N , C を次のように定義する。

r_1 : 単位時間あたりに、吸着する **A** の物質量 (mol/s)

r_2 : 単位時間あたりに、脱離する **A** の物質量 (mol/s)

N_{\max} : 吸着することのできる **A** の最大物質量 (mol),
すなわち、吸着点の総物質量 (mol)

N : 吸着した **A** の物質量 (mol),
すなわち、**A** が吸着した吸着点の物質量 (mol)

C : 吸着していない **A** のモル濃度 (mol/L)

r_1 は、吸着していない **A** のモル濃度と **A** が吸着していない吸着点の物質量に比例し、また r_2 は、**A** が吸着した吸着点の物質量に比例するため、次の式が成り立つ。

$$r_1 = k_1 C (N_{\max} - N)$$

$$r_2 = k_2 N \quad (k_1, k_2 \text{ は比例定数})$$

平衡状態では、 $r_1=r_2$ になるので、次の式(1)が成り立つ。

$$k_1C(N_{\max}-N)=k_2N \quad (1)$$

ここで、 $K=\frac{k_1}{k_2}$ とすると、式(1)から、次の式(2)が導かれる。

$$K=\frac{N}{C(N_{\max}-N)} \quad (2)$$

式(2)を変形すると、次の式(3)が得られる。

$$\frac{C}{N}=\frac{1}{N_{\max}}C+\frac{1}{KN_{\max}} \quad (3)$$

式(3)より、 $\frac{C}{N}$ と C は直線関係にあることがわかる。

吸着剤として活性炭を用い、活性炭に対する酢酸 CH_3COOH の吸着を調べるために、次の**実験**を行った。これに関する後の問い(a～c)に答えよ。必要があれば、次ページの方眼紙を使うこと。

実験 ビーカーを五つ用意し、それぞれに種々のモル濃度の CH_3COOH 水溶液を 10.0 mL ずつ入れた。これらのビーカーに活性炭を 1.0 g ずつ入れてしばらく放置すると、 CH_3COOH の一部が活性炭に吸着し、平衡状態に達した。

平衡時、水溶液中に残っている CH_3COOH のモル濃度 C (mol/L)、および、活性炭に吸着した CH_3COOH の物質質量 N (mol) を測定し、 $\frac{C}{N}$ を求めると、次ページの表 1 の結果が得られた。

なお、平衡状態における水溶液の体積は 10.0 mL のままであり、 CH_3COOH 以外の分子やイオンの活性炭への吸着は無視できるものとする。

化 学

表1 平衡時の CH_3COOH のモル濃度 C と吸着した CH_3COOH の物質質量 N および $\frac{C}{N}$

実験	C (mol/L)	N (mol)	$\frac{C}{N}$ (/L)
1	0.0100	1.92×10^{-4}	52.1
2	0.0500	8.33×10^{-4}	60.0
3	0.100	1.42×10^{-3}	70.4
4	0.500	3.33×10^{-3}	150
5	0.700	3.68×10^{-3}	190

