

◇ 化 学

化 4－1～化 4－16 まで 16 ページあります。

必要があれば、原子量および定数は次の値を使うこと。

H=1.0, C=12, N=14, O=16, Na=23, S=32, Cl=35.5

標準状態での気体のモル体積を 22.4 L/mol とする。

アボガドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$

気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

第 1 問 次の文章 (A・B) を読み、後の問い(問 1~7)に答えよ。

[解答番号 ~]

A 水は栄養素ではないが、生物にとって不可欠なものである。生命維持に必要な水は 1 日当たり約 2 L であり、このうち(a)飲料水として約 1 L を摂取している。成人では体重の約 60 %を水が占めており、生命活動に必要な電解質が溶解し、その濃度が維持されている。点滴などに用いられる生理食塩水は、塩化ナトリウムを水に溶かしたものであり、1 L 中に 3500 mg のナトリウムイオンを含む。

問 1 1.0 L の生理食塩水に含まれる塩化ナトリウムの質量は何 g か。最も適当な数値を、後の選択肢から一つ選べ。 g

- ① 1.0 ② 3.5 ③ 7.0 ④ 8.9 ⑤ 13.5

問 2 生理食塩水に関する記述として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。

- ① 純粋な水と同じ温度で凍る。
② 二酸化炭素を吹き込むと、白濁する。
③ ナトリウムイオンの数は、塩化物イオンの半分である。
④ 黄色の炎色反応を示す。

問 3 下線部(a)に関連して、次の 3 種類のミネラルウォーターX～Zについて、次の実験 1・2 を行い、結果を表 1 に整理した。コップ A～C に入っているミネラルウォーターの組合せとして最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。ただし、ミネラルウォーターに溶けているカルシウムイオン、マグネシウムイオン以外の陽イオンは無視できるものとする。また、硬度は、カルシウム塩、マグネシウム塩の含有量を表すものとする。 3

ミネラルウォーターX： pH 9.0 硬度 60 mg/L
 ミネラルウォーターY： pH 7.2 硬度 30 mg/L
 ミネラルウォーターZ： pH 7.0 硬度 1900 mg/L

実験 1：BTB 溶液を加えて色を観察した。

実験 2：直流電源をつないだ装置で、電流が流れるか調べた。

表 1 実験結果

	実験 1	実験 2
コップ A	緑	電流が流れた
コップ B	緑	ほとんど電流が流れなかった
コップ C	青	ほとんど電流が流れなかった

	コップ A	コップ B	コップ C
①	X	Y	Z
②	X	Z	Y
③	Y	X	Z
④	Y	Z	X
⑤	Z	X	Y
⑥	Z	Y	X

B 元素，単体，原子，分子に関する次の問いに答えよ。

問 4 カルシウム，窒素などの語句は，元素を示す場合と単体を示す場合の両方に用いられる。次の文の下線を付した語が，元素ではなく単体の意味に用いられているものとして最も適当なものを，後の選択肢から一つ選べ。 4

- ① 骨や歯には，カルシウムが含まれている。
- ② 空気には，窒素が含まれている。
- ③ 酒やみりんに含まれるアルコール(エタノール)には，水素が含まれている。
- ④ 味噌や醤油には，ナトリウムが含まれている。

問 5 次の物質に関する記述として誤りを含むものを，後の選択肢から一つ選べ。 5

- ① ケイ素の結晶は，ダイヤモンドと同じ正四面体構造をもつ共有結合結晶である。
- ② 二酸化ケイ素の結晶中では，1 個のケイ素原子は 2 個の酸素原子と結合している。
- ③ 銀は，電気をよく導く。
- ④ 金は，すべての金属の中で展性・延性が最大である。

問 6 M 殻に 6 個の価電子をもつ原子として最も適当なものを，後の選択肢から一つ選べ。 6

- | | | |
|------|-----|-----|
| ① C | ② N | ③ O |
| ④ Si | ⑤ P | ⑥ S |

問 7 次の分子ア～ウを非共有電子対の数が多い順に並べたものはどれか。最も適当なものを，後の選択肢から一つ選べ。 7

ア メタン イ 塩化水素 ウ 二酸化炭素

- | | | |
|---------|---------|---------|
| ① ア>イ>ウ | ② ア>ウ>イ | ③ イ>ア>ウ |
| ④ イ>ウ>ア | ⑤ ウ>ア>イ | ⑥ ウ>イ>ア |

第 2 問 次の問い(問 1～6)に答えよ。〔解答番号 8 ～ 14〕

問 1 次の文中の ア ～ ウ に当てはまる語句や数値の組合せとして最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 8

現在用いられている ア の基準は イ であり、 イ 1 個の質量を ウ とした相対質量が用いられている。多くの元素には 2 種以上の同位体が存在するが、それぞれの同位体の相対質量と、それらの自然界における存在率がわかれば、その元素について原子 1 個の平均の相対質量を計算することができる。これをその元素の ア という。

	ア	イ	ウ
①	原子番号	質量数 1 の水素原子	1
②	原子番号	質量数 12 の炭素原子	12
③	原子番号	質量数 13 の炭素原子	13
④	原子量	質量数 1 の水素原子	1
⑤	原子量	質量数 12 の炭素原子	12
⑥	原子量	質量数 13 の炭素原子	13
⑦	物質質量	質量数 1 の水素原子	1
⑧	物質質量	質量数 12 の炭素原子	12
⑨	物質質量	質量数 13 の炭素原子	13

問 2 含まれている水素原子の数が最も多いものとして最も適当なものを，後の選択肢から一つ選べ。 9

- ① 3.0×10^{23} 個の水素分子
- ② 標準状態において 11.2 L の体積を占めるアンモニア
- ③ 18 g の水
- ④ 1 mol のアンモニアと 1 mol の塩化水素から生成した塩化アンモニウム

問 3 質量パーセント濃度 98 %，密度 1.84 g/cm^3 の濃硫酸のモル濃度〔mol/L〕として最も適当な数値を，後の選択肢から一つ選べ。

10 mol/L

- ① 18 ② 24 ③ 36 ④ 48 ⑤ 57

問 4 次の化学反応式のうち下線を付した物質が酸化剤としてはたらいっている化学反応式を，後の選択肢から一つ選べ。 11

- ① $\underline{\text{Br}_2} + 2\text{KI} \longrightarrow 2\text{KBr} + \text{I}_2$
- ② $\underline{\text{BaCO}_3} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{BaSO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- ③ $\underline{\text{NH}_4\text{Cl}} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{NH}_3 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
- ④ $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\underline{\text{CO}} \longrightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$

問 5 次の図 2-1 は、熱運動する一定数の気体分子 A について、100, 300, 500 K における A の速さと、その速さを持つ分子の数の割合の関係を示したものである。図 2-1 から読み取れる内容に関する記述として最も適切なものを、後の選択肢から一つ選べ。 12

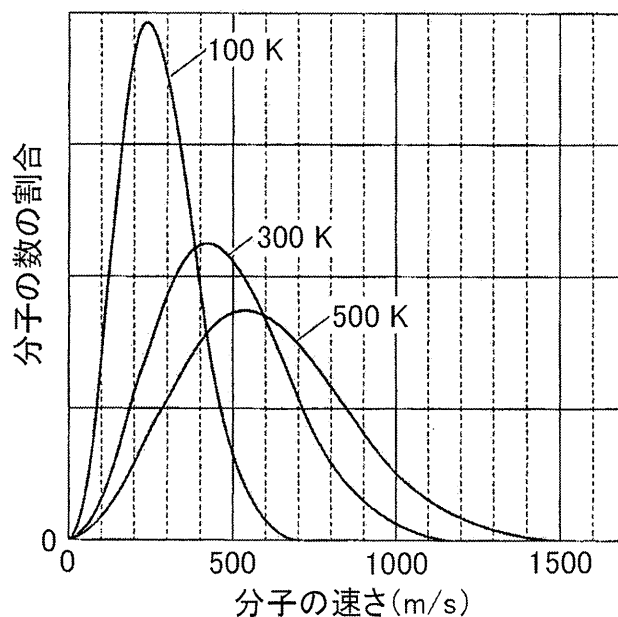


図 2-1 各温度における気体分子 A の速さと
その速さをもつ分子の割合の関係

- ① 100 K では、約 240 m/s の速さを持つ分子しか存在しない。
- ② 500 K では、1000 m/s を超える速さを持つ分子は存在しない。
- ③ 100 K から 500 K に温度を上昇させると、分子の速さの分布が幅広くなる。
- ④ 500 K から 100 K に温度を低下させると、約 300 m/s の速さを持つ分子の割合は低下する。

問 6 濃度未知のシュウ酸(COOH)₂水溶液 10.0 mL を、ホールピペットを用いてコニカルビーカーにはかり取った。(a) 約 10 mL の純水をコニカルビーカーに加えた。指示薬としてフェノールフタレイン溶液を 2,3 滴加え、0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液をビュレットから滴下した。19.88 mL 滴下したところでコニカルビーカー内の溶液がわずかにピンク色に変色した。次の問い (a・b) に答えよ。

a 下線部(a)において純水の体積を正確に計り取らなくてよい理由として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 13

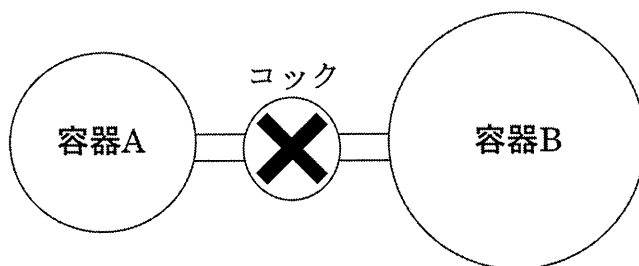
- ① 純水をホールピペットで正確に 10.0 mL 測り取ることが難しいため。
- ② 純水を加える量に変動があっても、コニカルビーカー内のシュウ酸の濃度は変化しないため。
- ③ 純水を加える量に変動があっても、コニカルビーカー内のシュウ酸の物質量は変化しないため。
- ④ 純水を加える量に変動があっても、コニカルビーカー内のシュウ酸の濃度および物質量が変化しないため。

b 濃度未知のシュウ酸水溶液の濃度 [mol/L] として最も適当な数値を、後の選択肢から一つ選べ。 14 mol/L

- ① 0.0497 ② 0.0994 ③ 0.198 ④ 0.944
- ⑤ 0.497

第3問 次の問い(問1～5)に答えよ。〔解答番号 15 ～ 21〕

問1 次の図3-1に示すように、内容積が8.3 Lの容器Aと16.6 Lの容器Bがコックで接続されている。二つの容器をいったん真空にした後、コックを閉じた。次の問い(a・b)に答えよ。ただし、温度は60 °C で一定に保たれており、この温度における水の飽和蒸気圧は 2.0×10^4 Pa である。



a コックを閉じた状態で、容器A内に1.8 gの水を封入して放置したとき、容器A内の圧力は何 Pa となるか。最も適当な数値を、後の選択肢から一つ選べ。

15 Pa

- | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① 3.3×10^3 | ② 1.1×10^4 | ③ 2.0×10^4 |
| ④ 3.3×10^4 | ⑤ 6.6×10^4 | ⑥ 2.0×10^5 |

b 次に、コックを開いて放置したとき、容器全体の圧力は何 Pa となるか。最も適当な数値を、後の選択肢から一つ選べ。 16 Pa

- | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① 3.3×10^3 | ② 1.1×10^4 | ③ 2.0×10^4 |
| ④ 3.3×10^4 | ⑤ 6.6×10^4 | ⑥ 2.0×10^5 |

問2 0 °C の水 1.0 L に 1.0×10^4 Pa の酸素 O₂ を接触させると、酸素は 0 °C、 1.0×10^4 Pa のもとで測って 0.050 L 溶ける。0 °C の水 2.0 L に 2.0×10^5 Pa の酸素 O₂ を接触させると酸素は何 L 溶けるか。最も適当な数値を、後の選択肢から一つ選べ。ただし、求める酸素の体積は 0 °C、 2.0×10^5 Pa のもとで測定するものとする。 17 L

- | | | |
|---------|--------|--------|
| ① 0.075 | ② 0.10 | ③ 0.15 |
| ④ 0.20 | ⑤ 0.30 | ⑥ 0.40 |

問3 物質の状態に関する記述として誤りを含むものを、後の選択肢から一つ選べ。 18

- ① ピストン付きの密閉容器を用いて、気体の温度を一定にしたまま体積を小さくしたとき、単位時間・単位面積あたりに容器の壁に衝突する分子の数は増える。
- ② 固体から液体へ状態が変化したとき、この物質を構成する分子は融解熱に相当するエネルギーを得て、移動できるようになる。
- ③ 蒸気圧が一定の密閉容器内では、液体の表面から飛び出した分子は再び液体中に戻ることはない。
- ④ 温度を上げると気体中の分子の拡散が速くなるのは、気体の分子がエネルギーを得て、その熱運動が活発になるからである。

問 4 水分子の間には強い水素結合がはたらいているため、氷になったときは図 3-2 のように正四面体の規則正しい構造をとる。このとき酸素原子は図 3-3 に示すダイヤモンド型結晶構造をとるように並ぶ。図 3-3 は氷の単位格子を示したもので●は酸素原子を表している。次の問い(a・b)に答えよ。

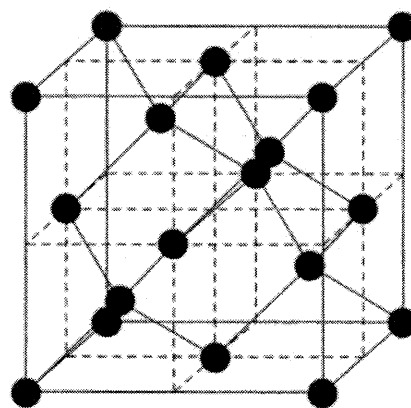
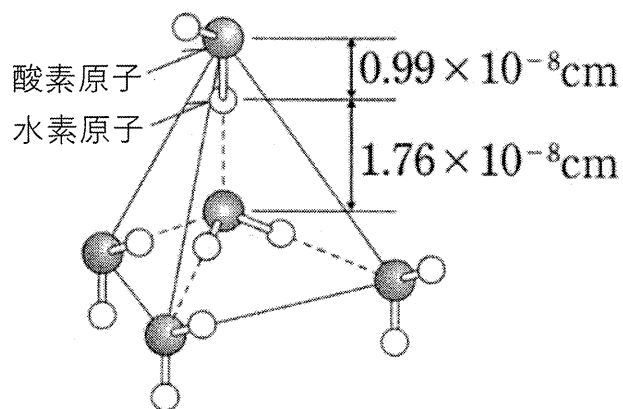


図 3-2 水分子の結晶構造

図 3-3 氷の単位格子（酸素原子のみを表す）

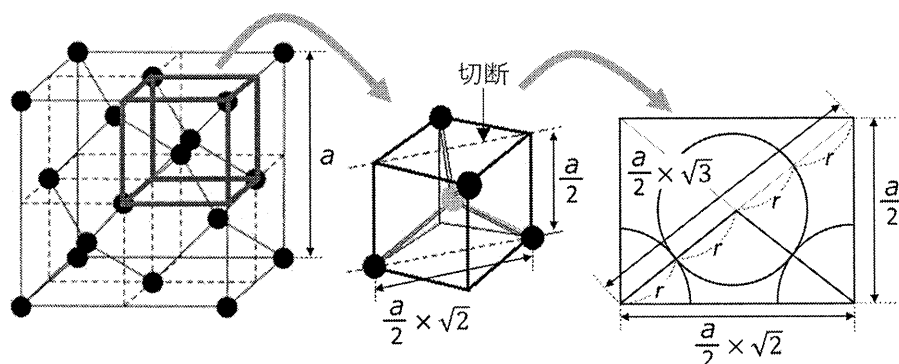


図 3-4 氷の単位格子の一边を求めるための参考図

a 単位格子に含まれる酸素原子の数として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 19

- ① 4 ② 6 ③ 8 ④ 9

b 図 3-4 は、氷の単位格子の手前上 1/4 区画の立方体を取り出し（中央）、それを点線で示す切断面で切ったときの断面図（右）を示している。氷の単位格子の一辺の長さ $a[\text{cm}]$ としたとき、水分子の酸素原子間の距離は $2r$ に相当し、その距離は図 3-2 から $(0.99+1.76) \times 10^{-8} \text{ cm}$ である。氷の単位格子の一辺の長さ $a[\text{cm}]$ として最も適当な数値を、後の選択肢から一つ選べ。 20 cm

- ① $\frac{2}{3}\sqrt{3} \times 10^{-8}$ ② $\frac{4}{3}\sqrt{3} \times 10^{-8}$ ③ $\frac{8}{3}\sqrt{3} \times 10^{-8}$ ④ $\frac{11}{3}\sqrt{3} \times 10^{-8}$

問 5 次に示す水溶液ア～ウを、凝固点降下度の大きい順に並べたものとして最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。ただし、凝固点降下の大きさは、一定量の溶媒に溶けている溶質粒子の総数に比例し、電解質は水溶液中で完全電離しているものとする。 21

ア 0.010 mol/kg の塩化ナトリウム水溶液

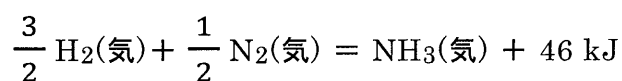
イ 0.010 mol/kg の塩化カルシウム水溶液

ウ 1000 g の水に 7.2 g のグルコースを溶かした水溶液（グルコースの分子量を 180 とする）

- ① ア>イ>ウ ② ア>ウ>イ ③ イ>ア>ウ
④ イ>ウ>ア ⑤ ウ>ア>イ ⑥ ウ>イ>ア

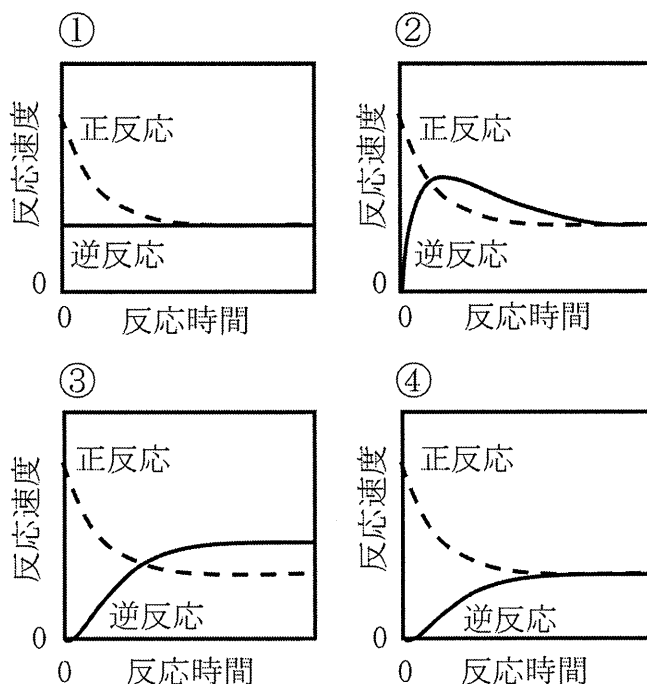
第 4 問 次の問い(問 1～5)に答えよ。〔解答番号 22 ～ 28〕

問 1 NH_3 (気) 1 mol 中の N-H 結合をすべて切断するのに必要なエネルギー [kJ] として最も適当な数値を、後の選択肢から一つ選べ。ただし、 $\text{H}-\text{H}$ および $\text{N}\equiv\text{N}$ の結合エネルギーはそれぞれ 436 kJ/mol, 945 kJ/mol であり、 NH_3 (気) の生成熱は次の熱化学方程式で表されるものとする。 22 kJ

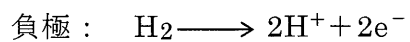
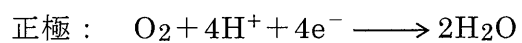


- | | | |
|--------|--------|--------|
| ① 360 | ② 391 | ③ 1080 |
| ④ 1170 | ⑤ 2160 | ⑥ 2330 |

問 2 一定温度、一定体積の密閉容器内で、 H_2 (気) と I_2 (気) を混合したところ HI (気) が生成して平衡状態に達した。混合してから平衡状態に達するまでの正反応(破線)と逆反応(実線)の反応速度の変化として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。ただし、正反応の反応速度は HI の生成速度、逆反応の反応速度は HI の分解速度とする。 23



問 3 放電時の両極における酸化還元反応が、次の式で表される燃料電池がある。



この燃料電池の放電で、18.0 g の水が生成したとき、消費された水素の質量〔g〕と、流れた電子の物質量〔mol〕はそれぞれいくらか。最も適当な数値の組合せを、後の選択肢から一つ選べ。ただし、流れた電子はすべて水の生成に使われたものとする。

24

	消費された水素の質量〔g〕	流れた電子の物質量〔mol〕
①	1.0	0.50
②	1.0	1.0
③	1.0	2.0
④	2.0	0.50
⑤	2.0	1.0
⑥	2.0	2.0

問 4 物質 A と B は次式のように反応して物質 C を生成する。



この反応の反応速度 v は、反応速度定数を k 、A と B のモル濃度をそれぞれ $[A]$ 、 $[B]$ とすると、 $v = k[A][B]$ で表される。

濃度がともに 0.040 mol/L の A と B の水溶液を同体積ずつ混合して、温度一定のもとで、反応時間と C の濃度の関係を調べたところ図 4-1 のようになり、最終的に C の濃度は 0.020 mol/L になった。

同様の実験を A の水溶液の濃度のみを 2 倍に変えて行ったとき、反応開始直後の反応速度はどのようになるか。また、最終的な C の濃度 $[\text{mol/L}]$ はいくらになるか。最も適当なものを、後の選択肢からそれぞれ一つずつ選べ。

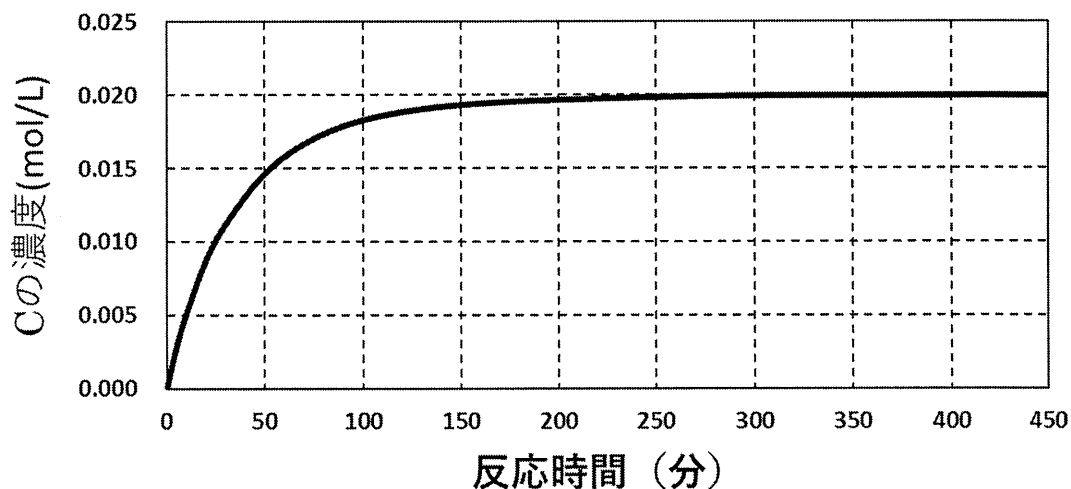


図 4-1 反応時間の経過と C の濃度の関係

反応開始直後の反応速度

25

- ① 図 4-1 の反応開始直後の反応速度と同じ
- ② 図 4-1 の反応開始直後の反応速度の半分
- ③ 図 4-1 の反応開始直後の反応速度の 2 倍
- ④ 図 4-1 の反応開始直後の反応速度の 4 倍

最終的な C の濃度

26

mol/L

- ① 0.010
- ② 0.020
- ③ 0.030
- ④ 0.040

問 5 濃度不明の $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ の硫酸酸性水溶液 5.00 mL に 0.150 mol/L の $(\text{COOH})_2$ 水溶液を加えていった。このとき、発生した CO_2 の物質量と $(\text{COOH})_2$ 水溶液の滴下量の関係は図 4-2 のようになった。この反応における $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ と $(\text{COOH})_2$ のはたらきは、電子を含む次のイオン反応式で表される。次の問い(a・b)に答えよ。

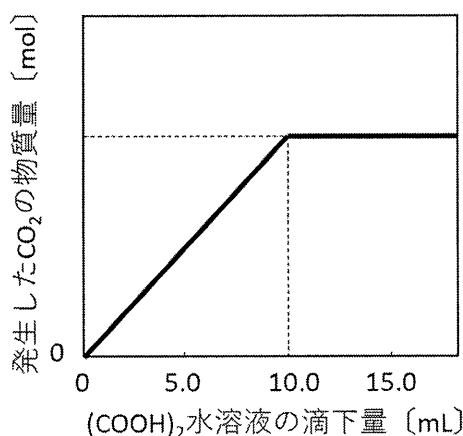
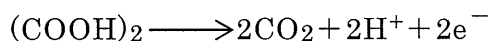
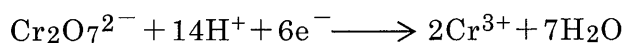


図 4-2 発生した CO_2 の物質量と $(\text{COOH})_2$ 水溶液の滴下量の関係

- a イオン反応式より、 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ と $(\text{COOH})_2$ が過不足なく反応するとき、その物質量比として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。

$$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 : (\text{COOH})_2 = \boxed{27}$$

- ① 1 : 1 ② 1 : 2 ③ 1 : 3
④ 2 : 1 ⑤ 2 : 3 ⑥ 3 : 2

- b $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 水溶液の濃度 [mol/L] として最も適当な数値を、後の選択肢から一つ選べ。 $\boxed{28}$ mol/L

- ① 0.0500 ② 0.100 ③ 0.150
④ 0.200 ⑤ 0.300 ⑥ 0.900