

[問題 1] 次の文章を読み、以下の設問 1～7 中の空欄 (1) ～ (9) にあてはまる適切な選択肢を、対応する解答欄にマークしなさい。

アンモニア  $\text{NH}_3$  の窒素原子と水素原子は、窒素原子と水素原子が電子を 1 つずつ出しあって共有することにより結合を形成している。このような結合を ( A ) という。

窒素原子と水素原子との結合において、共有電子対は ( ア ) の方へかたよっている。これは、(a) 共有電子対を引きつける強さが ( イ ) よりも ( ア ) の方が大きいためである。この共有電子対のかたよりにより、 $\text{NH}_3$  中の窒素原子はわずかに ( ウ ) の電荷を帯び、水素原子はわずかに ( エ ) の電荷を帯びている。それぞれの原子がわずかに電荷を帯びることにより、分子間で静電気力がはたらき、(b)  $\text{NH}_3$  の分子どうしが水素原子をはさんで結合を形成する。このような結合を ( B ) という。この ( B ) により、 $\text{NH}_3$  の沸点は、分子量から予想される値よりも異常に ( オ )。

(c)  $\text{NH}_3$  は塩化水素  $\text{HCl}$  と反応し、(d) 塩化アンモニウム  $\text{NH}_4\text{Cl}$  となる。この反応において、 $\text{NH}_3$  の窒素原子と  $\text{HCl}$  から生じる水素イオンは ( カ ) ことにより結合を形成する。このときに形成する  $\text{N-H}$  結合と、もとの  $\text{NH}_3$  に含まれる 3 つの  $\text{N-H}$  結合は ( キ )。

設問 1. ( A ) および ( B ) に入る結合の名称の組み合わせとして、最も適切なのは (1) である。

	( A )	( B )
①	共有結合	水素結合
②	共有結合	イオン結合
③	共有結合	金属結合
④	共有結合	配位結合
⑤	水素結合	共有結合
⑥	水素結合	イオン結合
⑦	水素結合	金属結合
⑧	水素結合	配位結合

設問 2. (ア) ~ (オ) に入る名称および語句の組み合わせとして、最も適切なのは (2) である。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
①	窒素原子	水素原子	正	負	高い
②	窒素原子	水素原子	正	負	低い
③	窒素原子	水素原子	負	正	高い
④	窒素原子	水素原子	負	正	低い
⑤	水素原子	窒素原子	正	負	高い
⑥	水素原子	窒素原子	正	負	低い
⑦	水素原子	窒素原子	負	正	高い
⑧	水素原子	窒素原子	負	正	低い

設問 3. 下線部(a)の「共有電子対を引きつける強さ」を表す語句として、最も適切なのは (3) である。

- ① イオン化エネルギー      ② 電子親和力      ③ 電気陰性度  
④ 極性      ⑤ 分子間力

設問 4. 下線部(b)と同様の結合を形成する分子として、適切なのは (4) と (5) である。

- ① 水  $H_2O$       ② エチレン  $CH_2=CH_2$       ③ ベンゼン  $C_6H_6$   
④ メタン  $CH_4$       ⑤ フッ化水素  $HF$       ⑥ アセチレン  $CH\equiv CH$

設問 5. 下線部(c)の反応の分類として、最も適切なのは (6) である。

- ① 中和反応      ② 酸化還元反応      ③ 縮合反応  
④ 脱水反応      ⑤ 重合反応

設問 6. 結晶は、分子結晶、イオン結晶、金属結晶などに分類される。下線部(d)の塩化アンモニウム  $NH_4Cl$  の結晶と同じ分類に属する結晶として、適切なのは (7) と (8) である。

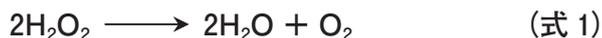
- ① ヨウ素  $I_2$       ② 硫酸ナトリウム  $Na_2SO_4$       ③ グルコース  $C_6H_{12}O_6$   
④ 銅  $Cu$       ⑤ カリウム  $K$       ⑥ 塩化カルシウム  $CaCl_2$

設問 7. (カ) および (キ) に入る文の組み合わせとして、最も適切なのは (9) である。

	(カ)	(キ)
①	電子を1つずつ出しあって共有する	区別することができる
②	電子を1つずつ出しあって共有する	区別することができない
③	窒素原子がもつ2つの電子を共有する	区別することができる
④	窒素原子がもつ2つの電子を共有する	区別することができない
⑤	水素イオンがもつ2つの電子を共有する	区別することができる
⑥	水素イオンがもつ2つの電子を共有する	区別することができない

[問題 2] 次の文章を読み、以下の設問 1～6 中の空欄 (10) ～ (18) にあてはまる適切な選択肢または数値を、対応する解答欄にマークしなさい。ただし、気体は理想気体とみなし、気体定数は  $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$  とする。また、発生した酸素は水に溶けないものとし、過酸化水素水の体積は変化しないものとする。

ある一定温度で、過酸化水素水 ( $\text{H}_2\text{O}_2$  水溶液) 10.0 mL に (a) 酸化マンガン(IV)  $\text{MnO}_2$  を加えると、式 1 の分解反応が進行した。



一定時間ごとに、(b) 発生した酸素  $\text{O}_2$  の体積を圧力  $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度  $300 \text{ K}$  のもとで測定することにより、未反応の  $\text{H}_2\text{O}_2$  の濃度を算出し、その結果を表 1 にまとめた。

表 1 発生した  $\text{O}_2$  の体積およびその値から算出された  $\text{H}_2\text{O}_2$  の分解量と未反応の  $\text{H}_2\text{O}_2$  の濃度

時間 〔s〕	発生した $\text{O}_2$ の体積 〔mL〕	分解した $\text{H}_2\text{O}_2$ の物質 〔mol〕	未反応の $\text{H}_2\text{O}_2$ の濃度 〔mol/L〕
0	0	0	3.00
30	174	$1.40 \times 10^{-2}$	1.60
60	268	$2.15 \times 10^{-2}$	0.85
90	317	$2.55 \times 10^{-2}$	(ア)

設問 1. 下線部 (a) の性質として、適切なのは (10) と (11) である。

- ① 反応速度を大きくする。
- ② 反応の活性化エネルギーを大きくする。
- ③ 反応エンタルピーを大きくする。
- ④ 反応の前後で変化しない。

設問 2. 下線部 (b) について、発生した酸素の体積が 100 mL のとき、分解した  $\text{H}_2\text{O}_2$  の物質に最も近いのは (12) mol である。

- ①  $2.0 \times 10^{-4}$
- ②  $4.0 \times 10^{-4}$
- ③  $8.0 \times 10^{-4}$
- ④  $2.0 \times 10^{-3}$
- ⑤  $4.0 \times 10^{-3}$
- ⑥  $8.0 \times 10^{-3}$

設問 3. 表 1 中の (ア) に入る値は (13) . (14) (15) である。

設問 4. 時刻  $t_1$  から  $t_2$  ( $t_1 < t_2$ ) の間で過酸化水素のモル濃度が  $C_1$  から  $C_2$  ( $C_1 > C_2$ ) に減少したとき、過酸化水素の平均の減少速度  $\bar{v}$  を表す式として、最も適切なものは (16) である。

①  $\bar{v} = \frac{C_2 - C_1}{t_2 + t_1}$

②  $\bar{v} = -\frac{C_2 - C_1}{t_2 + t_1}$

③  $\bar{v} = \frac{C_2 - C_1}{t_2 - t_1}$

④  $\bar{v} = -\frac{C_2 - C_1}{t_2 - t_1}$

⑤  $\bar{v} = (C_2 - C_1)(t_2 + t_1)$

⑥  $\bar{v} = -(C_2 - C_1)(t_2 + t_1)$

設問 5. 反応開始 30 秒から 60 秒の間の  $H_2O_2$  の平均の減少速度は (17) mol/(L·s) である。

①  $2.5 \times 10^{-3}$

②  $5.0 \times 10^{-3}$

③  $1.0 \times 10^{-2}$

④  $2.5 \times 10^{-2}$

⑤  $5.0 \times 10^{-2}$

⑥ 0.10

設問 6. 式 1 の反応速度に関する以下の記述のうち、最も適切なものは (18) である。

① 反応速度は、反応物  $H_2O_2$  の濃度にかかわらず、一定の値をとる。

② 一般に、温度を上昇させると、活性化エネルギーが減少するため、反応速度が上昇する。

③ 反応速度は、時間が経つにつれて減少する。

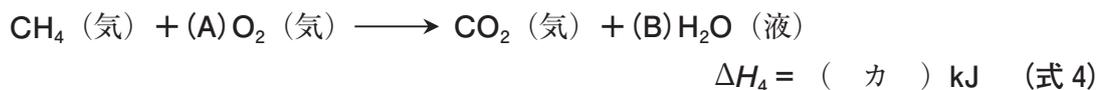
[問題3] 次の文章を読み，以下の設問1～7中の空欄 (19) ～ (30) にあてはまる適切な選択肢または数値あるいは符号を，対応する解答欄にマークしなさい。

化学反応が起こると，熱が放出または吸収される。これは，反応物がもつ化学エネルギーと生成物がもつ化学エネルギーの (ア) が熱として現れるためである。このように，一定圧力のもと，化学反応に伴って放出または吸収される熱量を反応エンタルピーといい， $\Delta H$  で表す。反応エンタルピー  $\Delta H$  は，反応の種類によって固有の名称でよばれ，着目する 1 mol あたりのエンタルピー変化量 (単位: kJ/mol) で表される。そして，生成物のもつ化学エネルギーが反応物のもつ化学エネルギーよりも (イ) 反応では，熱が放出されるため発熱反応であり， $\Delta H$  は (ウ) の値となる。

化合物 1 mol がその成分元素の単体から生成するときの反応エンタルピーを生成エンタルピーという。例えば，メタン  $\text{CH}_4$ ，二酸化炭素  $\text{CO}_2$ ，および，水  $\text{H}_2\text{O}$  の生成エンタルピーは，それぞれ  $\Delta H_1 = -75 \text{ kJ/mol}$ ， $\Delta H_2 = -394 \text{ kJ/mol}$ ，および， $\Delta H_3 = -286 \text{ kJ/mol}$  であり， $\Delta H$  を付したそれぞれの反応式は，次の式 1～3 のように表される。



一般に，反応エンタルピーは，(a) 反応の経路によらず，反応の初めの状態と終わりの状態で決まる。そのため，ある化学反応における反応エンタルピーとその反応に関する物質の生成エンタルピーの間には，(エ) の関係が成立する。例えば，メタン  $\text{CH}_4$  の燃焼反応式は，次の式 4 のように表すことができるが，(エ) の関係より，メタンの燃焼エンタルピー  $\Delta H_4$  は， $\Delta H_1$ ， $\Delta H_2$ ，および， $\Delta H_3$  を使って，(オ) の式で表される。したがって， $\Delta H_4$  は (カ) kJ/mol と求められる。



設問 1. (ア) ～ (ウ) に入る語句の組み合わせとして，最も適切なのは (19) である。

	(ア)	(イ)	(ウ)
①	和	大きい	正
②	和	大きい	負
③	和	小さい	正
④	和	小さい	負
⑤	差	大きい	正
⑥	差	大きい	負
⑦	差	小さい	正
⑧	差	小さい	負



[問題4] 次の文章【I】と【II】を読み、以下の設問1～7中の空欄(31)～(40)にあてはまる適切な選択肢または数値を、対応する解答欄にマークしなさい。ただし、原子量は  $H = 1.0$ ,  $C = 12$ ,  $O = 16$  とする。

【I】 酸や塩基の水溶液の水素イオン濃度  $[H^+]$  は、非常に広い範囲で変化するので、そのままでは扱いにくい。そこで、水溶液の酸性や塩基性の強さを表すために、 $pH$  (水素イオン指数) が用いられる。 $pH$  と  $[H^+]$  との関係は、 $pH = (ア)$  であり、 $[H^+]$  が大きくなると  $pH$  は (イ)。したがって、強酸の水溶液を水で薄めて、 $[H^+]$  を  $\frac{1}{10}$  にすると、 $pH$  は (ウ)。

設問1. (ア) に入る式として、最も適切なのは(31)である。

- ①  $\sqrt{[H^+]}$                       ②  $\frac{1}{[H^+]}$                       ③  $\log_{10}[H^+]$   
 ④  $-\sqrt{[H^+]}$                       ⑤  $-\frac{1}{[H^+]}$                       ⑥  $-\log_{10}[H^+]$

設問2. (イ) と (ウ) に入る語句の組み合わせとして、最も適切なのは(32)である。

	(イ)	(ウ)
①	大きくなる	1 小さくなる
②	大きくなる	10 小さくなる
③	大きくなる	1 大きくなる
④	大きくなる	10 大きくなる
⑤	小さくなる	1 小さくなる
⑥	小さくなる	10 小さくなる
⑦	小さくなる	1 大きくなる
⑧	小さくなる	10 大きくなる

【II】 シュウ酸標準液を用いて、濃度のわからない水酸化ナトリウム水溶液の濃度を中和滴定により求めるために、次の(A)～(C)の実験操作を行った。

(A) 0.100 mol/L シュウ酸標準液 250 mL を調製するため、シュウ酸二水和物  $(COOH)_2 \cdot 2H_2O$  (エ) g をはかりとり、100 mL のビーカーに入れて少量の水を加えて完全に溶かした。次に、この溶液とビーカーの中を洗った液を 250 mL の (オ) に移し、水を標線まで加えてよく振り混ぜた。

(B) 操作(A)で調製したシュウ酸標準液 20.0 mL を (カ) を用いてコニカルビーカーに入れ、指示薬として (キ) 溶液を 1, 2 滴加えた。

(C) 操作(B)で用意した溶液に、濃度のわからない水酸化ナトリウム水溶液を (ク) から滴下したところ、16.0 mL 加えたところで中和点に達し、溶液は (ケ) に変化した。これより、水酸化ナトリウム水溶液の濃度は (コ) mol/L であると決定することができた。



[問題 5] 次の文章を読み，以下の設問 1～8 中の空欄 (41) ～ (48) にあてはまる適切な選択肢を，対応する解答欄にマークしなさい。

有機化合物の各種溶媒に対する溶解性は，分子内に存在する置換基が持つ性質によって異なる。例えば，(ア)を有する化合物は塩基と反応して，(イ)を有する化合物は酸と反応して塩を形成し，(ウ)に溶けやすくなる。このような性質は，医薬品として利用される有機化合物の溶解性の調節にも用いられている。

また，上記のような性質を利用して，有機化合物の混合物を抽出によって分離することが可能である。例えば，アニリン，安息香酸，フェノール，ニトロベンゼンを含む有機溶媒の溶液から各成分を分離するために図 1 のような操作を行った。

アニリン，安息香酸，フェノール，ニトロベンゼン

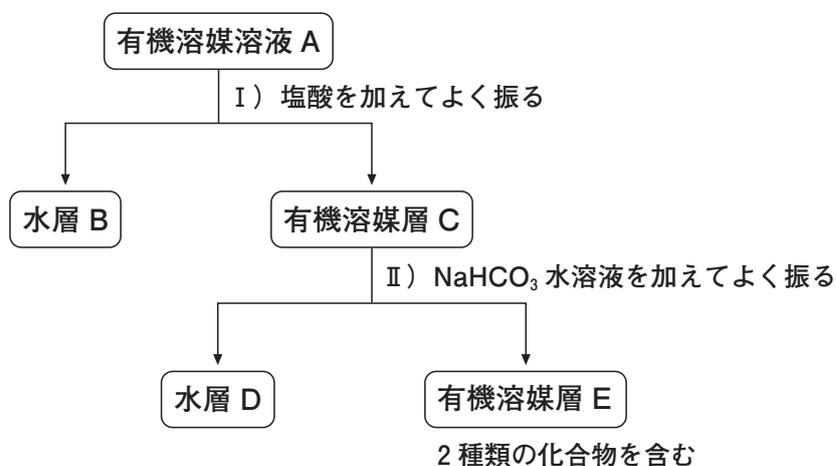


図 1 化合物の分離操作

設問 1. (ア)～(ウ)にあてはまる語句の組み合わせとして，最も適切なのは (41) である。

	(ア)	(イ)	(ウ)
①	アミノ基	ヒドロキシ基	有機溶媒
②	アミノ基	ヒドロキシ基	水
③	アミノ基	カルボキシ基	有機溶媒
④	ニトロ基	アミノ基	水
⑤	ニトロ基	カルボキシ基	有機溶媒
⑥	ニトロ基	ヒドロキシ基	水
⑦	カルボキシ基	ヒドロキシ基	有機溶媒
⑧	カルボキシ基	アミノ基	水
⑨	カルボキシ基	アミノ基	有機溶媒

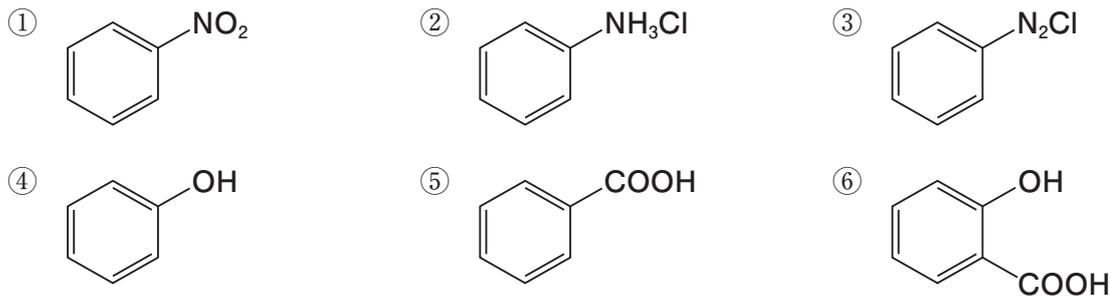
設問 2. 図 1 の分離操作に用いる実験器具として、最も適切なのは  である。

- ① 洗気びん                      ② 分液ろうと                      ③ メスシリンダー                      ④ メスフラスコ

設問 3. 図 1 の分離操作に用いる有機溶媒として、最も適切なのは  である。

- ① メタノール                      ② ジエチルエーテル                      ③ エタノール  
④ アセトン                      ⑤ ギ酸

設問 4. 水層 B に含まれる化合物の構造式として、最も適切なのは  である。

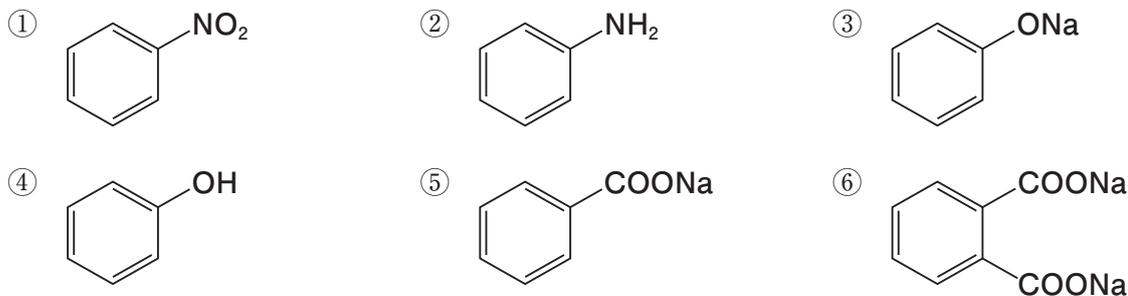


設問 5. 図 1 の操作 I) の時、誤って塩酸ではなく水酸化ナトリウム水溶液を加えてしまった。

この時、水層 B に含まれる物質として、最も適切なのは  である。

- ① アニリン塩酸塩のみ  
② ナトリウムフェノキシドのみ  
③ ニトロベンゼンのみ  
④ 安息香酸ナトリウムのみ  
⑤ ナトリウムフェノキシドとニトロベンゼン  
⑥ ナトリウムフェノキシドと安息香酸ナトリウム  
⑦ 安息香酸ナトリウムとアニリン塩酸塩  
⑧ アニリン塩酸塩とニトロベンゼン  
⑨ 安息香酸ナトリウムとアニリン塩酸塩とニトロベンゼン

設問 6. 水層 D に含まれる化合物の構造式として、最も適切なのは  である。



設問 7. 図 1 の操作Ⅱ) に関して, 炭酸, 安息香酸, フェノールの 3 つの物質の酸としての強さの順番として, 最も適切なのは  である。

- ① フェノール > 安息香酸 > 炭酸
- ② フェノール > 炭酸 > 安息香酸
- ③ 安息香酸 > 炭酸 > フェノール
- ④ 安息香酸 > フェノール > 炭酸
- ⑤ 炭酸 > フェノール > 安息香酸
- ⑥ 炭酸 > 安息香酸 > フェノール

設問 8. 有機溶媒層 E に含まれる 2 つの物質を水層と有機溶媒層に分離する操作として, 最も適切なのは  である。

- ① 塩化ナトリウム水溶液を加えて振り混ぜる。
- ② 水酸化ナトリウム水溶液を加えて振り混ぜる。
- ③ 亜硝酸ナトリウム水溶液を加えて振り混ぜる。
- ④ 希塩酸を加えて振り混ぜる。
- ⑤ 水を加えた後, 二酸化炭素を吹き込む。
- ⑥ 水を加えた後, 窒素を吹き込む。