

[問題 1] 次の文章を読み、以下の設問 1～7 中の空欄  ～  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  $\log_{10}2 = 0.30$  とする。

酢酸のように、水溶液中で一部しか電離しない酸を弱酸という。水溶液中の酢酸は以下に示す電離平衡の状態になっている。



水溶液中の電離の程度は、電離度  $\alpha$  で表され、この時の平衡定数は電離定数と呼ばれる。強酸の電離度は、ほぼ 1 であるのに対して、弱酸の電離度は 1 よりもかなり小さい。また、酸や塩基を水溶液中に少量加えただけでも水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  は、約  $1 \text{ mol/L}$  から  $1 \times 10^{-14} \text{ mol/L}$  という非常に大きな変化を示すので、水溶液の酸性の強弱は、 $[\text{H}^+]$  の代わりに  $\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$  を用いて表す。一方、弱酸とその塩の混合水溶液は、少量の酸や塩基を加えても pH があまり変化しない。(a) このように pH をほぼ一定に保つ作用を緩衝作用という。

設問 1. 酢酸水溶液を水で希釈した後では、希釈する前に比べて電離度と電離定数はそれぞれどう変化するか。変化の組み合わせとして、最も適切なものは  である。ただし、水溶液の温度は一定であるとする。

	電離度	電離定数
①	増加する	増加する
②	増加する	変わらない
③	増加する	減少する
④	変わらない	増加する
⑤	変わらない	変わらない
⑥	変わらない	減少する
⑦	減少する	増加する
⑧	減少する	変わらない
⑨	減少する	減少する

設問 2. 酢酸の電離度  $\alpha$  が 0.050 のとき、 $0.010 \text{ mol/L}$  の酢酸水溶液の pH は  .  である。

設問 3.  $0.010 \text{ mol/L}$  の酢酸水溶液を水で 100 万倍に希釈したとき、この溶液の pH に最も近い値は  である。ただし、水のイオン積： $K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$  とする。

- ① 5.5                      ② 6.0                      ③ 6.5                      ④ 7.0                      ⑤ 7.5  
 ⑥ 8.0                      ⑦ 8.5                      ⑧ 9.0                      ⑨ 9.5



[問題2] 次の文章を読み、以下の設問1～6中の空欄 (9) ～ (14) 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。

反応物のモル濃度と反応速度の関係を表した式を反応速度式といい、比例定数  $k$  を反応速度定数という。反応速度定数は反応の種類が同じで、温度が一定ならば一定の値となる。また、同じ反応でも、反応の条件を変えた場合には、反応速度定数の値は変化する。例えば、気体の五酸化二窒素  $N_2O_5$  は分解して二酸化窒素  $NO_2$  と酸素  $O_2$  を生じるが、この分解反応は温度が上がることにより反応速度が大きくなる。このように、(a) 反応速度定数  $k$  は温度に依存している。次に、反応物の濃度と反応速度の関係について考えると、反応物の濃度が大きいほど、分子が互いに衝突する回数が (ア) なるため、反応速度は (イ) なる。気体の場合は、(ウ) が大きくなるほど反応速度が大きくなる。

A と B から C が生成する反応について、A と B の初濃度を変えて、反応初期の C の生成速度  $v$  を求めたところ、表1の結果が得られた。実験1と実験3を比較すると、B の初濃度は変わらずに A の初濃度を (エ) 倍にすると、生成速度  $v$  は (オ) 倍になっていることから、生成速度  $v$  は A の濃度の (カ) に比例している。同様に、実験1と実験2を比較することで、B の濃度と生成速度  $v$  の関係もわかる。この反応の反応速度式は (キ) で表されると推定できる。

表1 A と B の初濃度と反応初期の C の生成速度との関係

	A の初濃度 (mol/L)	B の初濃度 (mol/L)	反応初期の C の 生成速度 $v$ [mol/(L·s)]
実験1	0.20	0.30	$1.2 \times 10^{-2}$
実験2	0.20	0.60	$2.4 \times 10^{-2}$
実験3	0.40	0.30	$4.8 \times 10^{-2}$
実験4	0.60	0.60	(ク)

設問1. 反応速度と反応条件に関する次の記述のうち、最も適切なのは (9) である。

- ① 一般に、固体が反応するとき、固体の表面積が小さい方が反応速度は大きくなる。
- ② 触媒が存在すると、反応エンタルピーが下がるために、反応速度は大きくなる。
- ③ 生体内で触媒として働くタンパク質を酵素といい、反応温度が高いほど反応速度は大きくなる。
- ④ 過酸化水素の分解反応のときに加える塩化鉄(Ⅲ)水溶液は均一触媒であり、少量を加えるだけで反応速度は大きくなる。

設問2. 下線部(a)について、ある化学反応は、温度が 10 K 上がるごとに反応速度が 2 倍になる。

したがって、この化学反応の場合、温度を 40 K 上げたときの反応速度は、温度を上げる前の反応速度の (10) 倍である。

- |     |       |      |      |     |
|-----|-------|------|------|-----|
| ① 1 | ② 1.5 | ③ 2  | ④ 3  | ⑤ 4 |
| ⑥ 6 | ⑦ 8   | ⑧ 10 | ⑨ 16 |     |

設問 3. (ア) ~ (ウ) に入る語句の組み合わせとして、最も適切なのは **(11)** である。

	(ア)	(イ)	(ウ)
①	少なく	大きく	分子量
②	少なく	大きく	分圧
③	少なく	小さく	分子量
④	少なく	小さく	分圧
⑤	多く	大きく	分子量
⑥	多く	大きく	分圧
⑦	多く	小さく	分子量
⑧	多く	小さく	分圧

設問 4. (エ) ~ (カ) に入る語句および数値の組み合わせとして、最も適切なのは **(12)** である。

	(エ)	(オ)	(カ)
①	0.5	0.5	平方根
②	0.5	2	平方根
③	0.5	2	2乗
④	2	2	平方根
⑤	2	2	2乗
⑥	2	4	2乗
⑦	4	2	平方根
⑧	4	2	2乗
⑨	4	4	4乗

設問 5. 反応物 A の濃度を [A]，反応物 B の濃度を [B] として表すと、(キ) に入る反応速度式は **(13)** である。

- ①  $v = k[A][B]$       ②  $v = k[A]^2[B]$       ③  $v = k[A][B]^2$       ④  $v = k[A]^2[B]^2$   
 ⑤  $v = k[A]^3[B]^2$       ⑥  $v = k[A]^2[B]^3$       ⑦  $v = k[A]^2[B]^4$       ⑧  $v = k[A]^4[B]^2$

設問 6. 反応物 A と B の初濃度をどちらも 0.60 mol/L とした実験 4 において、表 1 中の (ク) に入る数値として最も近いのは **(14)** である。

- ①  $2.4 \times 10^{-2}$       ②  $3.6 \times 10^{-2}$       ③  $4.8 \times 10^{-2}$       ④  $6.0 \times 10^{-2}$   
 ⑤  $7.2 \times 10^{-2}$       ⑥  $9.6 \times 10^{-2}$       ⑦ 0.14      ⑧ 0.22

[問題3] 次の文章を読み、以下の設問1～6中の空欄 (15) ～ (23) 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。

すべての物質は、それぞれ化学エネルギーを持っている。化学反応が起こり、反応物が生成物に変化すると、反応物が持っている化学エネルギーと生成物が持っている化学エネルギーとの差が熱として現れることになる。熱を放出する反応を発熱反応といい、熱を吸収する反応を吸熱反応という。一定圧力下で起こる化学反応に伴って放出または吸収される熱量は、反応エンタルピーと呼ばれ、エンタルピーの変化量  $\Delta H$  は以下の式のように表される。発熱反応では  $\Delta H$  は (ア) の値となる。

$$\Delta H = [(\text{イ}) \text{のエンタルピーの和}] - [(\text{ウ}) \text{のエンタルピーの和}]$$

化合物 1 mol が、その成分元素の安定な単体から生成するときのエンタルピー変化を、生成エンタルピーという。安定な単体の生成エンタルピーを、(エ) kJ/mol とおく。反応に関係する各物質の生成エンタルピーの値から、その反応の反応エンタルピーを求めることができる。例えば、メタン  $\text{CH}_4$ (気)、酸素  $\text{O}_2$ (気)、二酸化炭素  $\text{CO}_2$ (気)、水  $\text{H}_2\text{O}$ (液)の生成エンタルピーから、(a) メタンの燃焼反応における反応エンタルピーを求めることができる。このように (b) 反応エンタルピーは、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。この法則を利用すると、実際に測定することが難しい反応の反応エンタルピーでも、別の反応の反応エンタルピーから計算で求めることができる。反応エンタルピーは、(c) 反応の種類によって、さまざまな名称で呼ばれ、着目する物質 1 mol あたりのエンタルピー変化で表される。

設問 1. (ア) ～ (エ) に入る語句と数値の組み合わせとして、最も適切なのは (15) である。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
①	正	生成物	反応物	0
②	正	生成物	反応物	1
③	正	反応物	生成物	0
④	正	反応物	生成物	1
⑤	負	生成物	反応物	0
⑥	負	生成物	反応物	1
⑦	負	反応物	生成物	0
⑧	負	反応物	生成物	1

設問 2. 「窒素  $\text{N}_2$ (気)と水素  $\text{H}_2$ (気)からアンモニア  $\text{NH}_3$ (気) 1 mol が生成するとき、46 kJ の熱が放出される」という化学変化の化学反応式に反応エンタルピーを書き加えた式として、最も適切なのは (16) である。

- ①  $\text{N}_2(\text{気}) + 3\text{H}_2(\text{気}) \longrightarrow 2\text{NH}_3(\text{気}) \quad \Delta H = 46 \text{ kJ}$
- ②  $\frac{1}{2}\text{N}_2(\text{気}) + \frac{3}{2}\text{H}_2(\text{気}) \longrightarrow \text{NH}_3(\text{気}) \quad \Delta H = 46 \text{ kJ}$
- ③  $\text{N}_2(\text{気}) + \text{H}_2(\text{気}) \longrightarrow \text{NH}_3(\text{気}) \quad \Delta H = 46 \text{ kJ}$
- ④  $\text{N}_2(\text{気}) + 3\text{H}_2(\text{気}) \longrightarrow 2\text{NH}_3(\text{気}) \quad \Delta H = -46 \text{ kJ}$
- ⑤  $\frac{1}{2}\text{N}_2(\text{気}) + \frac{3}{2}\text{H}_2(\text{気}) \longrightarrow \text{NH}_3(\text{気}) \quad \Delta H = -46 \text{ kJ}$
- ⑥  $\text{N}_2(\text{気}) + \text{H}_2(\text{気}) \longrightarrow \text{NH}_3(\text{気}) \quad \Delta H = -46 \text{ kJ}$

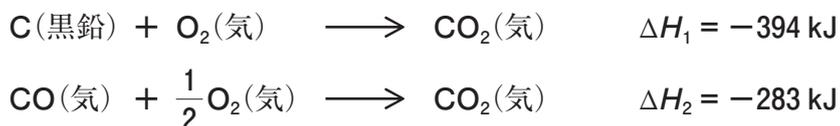
設問 3. 下線部(a)について、メタン  $\text{CH}_4$ (気)、二酸化炭素  $\text{CO}_2$ (気)、水  $\text{H}_2\text{O}$ (液)の生成エンタルピーが、それぞれ  $-75 \text{ kJ/mol}$ ,  $-394 \text{ kJ/mol}$ ,  $-286 \text{ kJ/mol}$  であるとき、液体の水の生成を伴うメタンの燃焼反応における反応エンタルピーは (17)  $\text{kJ/mol}$  である。

- ① 530                      ② 605                      ③ 891                      ④ 1210  
 ⑤ -530                      ⑥ -605                      ⑦ -891                      ⑧ -1210

設問 4. 下線部(b)の法則の名称として、最も適切なものは (18) である。

- ① ヘンリーの法則              ② ヘスの法則              ③ ファラデーの法則  
 ④ ファントホッフの法則      ⑤ ボイルの法則              ⑥ アボガドロの法則

設問 5. 以下の炭素 C (黒鉛) と一酸化炭素 CO の燃焼反応を用いて、それぞれの燃焼エンタルピーから計算すると、一酸化炭素 CO の生成エンタルピーの値は、(19) (20) (21) (22)  $\text{kJ/mol}$  である。ただし、(19) には、正(+)または負(-)の符号をマークしなさい。



設問 6. 下線部(c)に関して、一定圧力下における次の記述 A ~ C の正誤の組み合わせとして、最も適切なものは (23) である。

- A 溶解エンタルピーは、溶質 1 mol を多量の溶媒に溶解したときの熱量であり、必ず発熱する。  
 B 中和エンタルピーは、酸と塩基が中和して水 1 mol が生成するときに放出する熱量である。  
 C 蒸発エンタルピーは、液体 1 mol が気体に変化するときに放出する熱量である。

	A	B	C
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

[問題 4] 次の文章を読み，以下の設問 1～5 中の空欄  ～  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，気体定数は  $R = 8.3 \times 10^3$  [Pa·L/(K·mol)] とし，数値を  $a \times 10^n$  の形で指数表記する場合， $a$  の値は  $1 \leq a < 10$  とする。

内径が等しく左右対称の U 字管の中央部に，水分子しか通さない半透膜を取り付けた器具を用いて，浸透圧に関する実験を行うものとする。いま，半透膜を隔てて，左側に体積  $V$ (mL) の純水と，右側に分子量の分からない非電解質 0.40 g を溶かした同じ体積  $V$ (mL) の水溶液を入れたところ，図 1 に示すようにはじめの液面の高さは同じであった。これを 27 °C でしばらく放置すると，水分子は半透膜を通過して (ア) から (イ) に移動して，左側の液面が (ウ) がり，右側の液面は (エ) がった。十分な時間が経過した時の両側の液面の高さの差を測定して，水が浸透した後の水溶液の浸透圧を求めたところ  $8.3 \times 10^3$  Pa であり，水溶液の体積は 100 mL であった。一般に，希薄溶液の浸透圧は，(オ) が成り立つので，今回の実験から水が浸透した後の非電解質水溶液のモル濃度は (カ) mol/L であり，非電解質の分子量は  $1.2 \times 10^3$  と求めることができた。

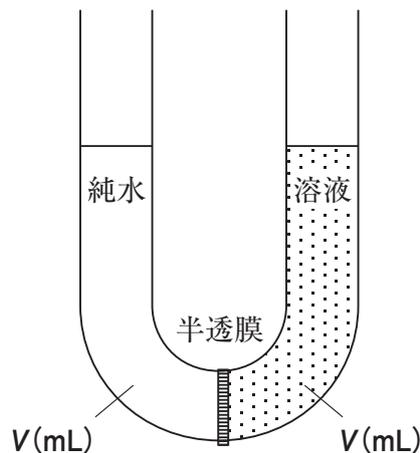


図 1 純水と非電解質を溶かした水溶液を同じ体積  $V$ (mL) ずつ入れた直後の図

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

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
①	溶液側	純水側	上	下
②	溶液側	純水側	下	上
③	純水側	溶液側	上	下
④	純水側	溶液側	下	上

設問 2. ( オ ) に入る法則の名称として、最も適切なのは  である。

- ① アボガドロの法則                      ② シャルルの法則                      ③ ドルトンの分圧の法則  
④ ヘンリーの法則                      ⑤ ファラデーの法則                      ⑥ ファントホッフの法則

設問 3. ( カ ) に入る値は  .  × 10<sup>-</sup> である。

設問 4. 次の溶質 1.0 g を溶かした水溶液 100 mL のうち、27 °C で最も浸透圧が大きいのは  である。ただし、かっこ内は分子量または式量を表すとし、電解質は完全に電離しているものとする。

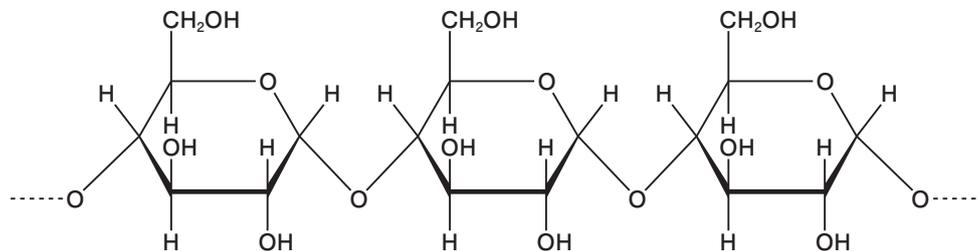
- ① 尿素  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  (60)  
② 硝酸カリウム  $\text{KNO}_3$  (101)  
③ 塩化カルシウム  $\text{CaCl}_2$  (111)  
④ グルコース  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  (180)  
⑤ 硫酸銅(Ⅱ)五水和物  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (250)

設問 5. 半透膜の中には、セロハン膜のように水以外にも小さな分子やイオンを通すが、コロイド粒子は通さないものがある。このような半透膜の性質を利用して、コロイド溶液から不要な分子やイオンを取り除く方法を表す用語として、最も適切なのは  である。

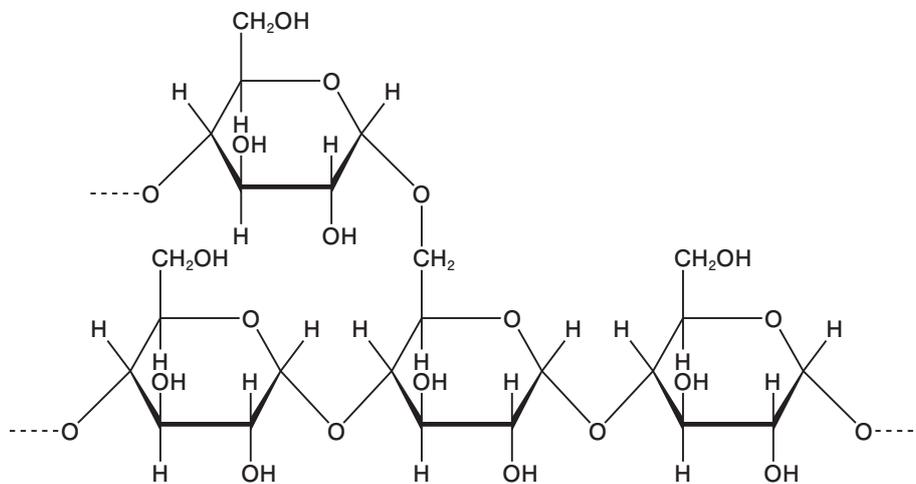
- ① 塩析                      ② 凝析                      ③ 透析                      ④ 凝縮                      ⑤ 濃縮                      ⑥ 抽出

[問題5] 次の文章を読み、設問1～6中の空欄 (31) ～ (39) にあてはまる適切な選択肢、または数字を選び、対応する解答欄にマークしなさい。ただし、原子量は  $O = 16.0$ 、 $Cu = 64.0$ 、マルトース  $C_{12}H_{22}O_{11}$  の分子量は 342 とする。

デンプンは、多数の (ア) が脱水縮合して (イ) 結合を形成して生じる高分子化合物で、温水に溶けやすいアミロースと温水に溶けにくいアミロペクチンの2種類の成分からなる。アミロースは、多数の (ア) が (ウ) に結合しているヒドロキシ基 ( $-OH$ ) どうしの脱水縮合で次々と (イ) 結合してできた高分子である。一方、アミロペクチンは、多数の (ア) が (ウ) に結合している  $-OH$  どうしの脱水縮合で結合し、かつ (エ) に結合している  $-OH$  どうしの脱水縮合によっても (イ) 結合してできる枝分かれ構造をもつ高分子である。

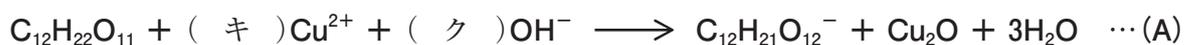


アミロースの部分構造



アミロペクチンの部分構造

デンプンにアミラーゼを作用させると、(オ) されて二糖類のマルトースになる。マルトースを水に溶かすと、一部が (カ) をもつ構造をとるため、マルトースの水溶液は還元性を示す。したがって、マルトースに十分な量のフェーリング液を加えて加熱すると、次の式(A)で表される反応が進行する。



設問 1. (ア) と (イ) に入る語句の組み合わせとして、最も適切なのは (31) である。

	(ア)	(イ)
①	$\alpha$ -グルコース	ペプチド
②	$\alpha$ -グルコース	エステル
③	$\alpha$ -グルコース	グリコシド
④	$\beta$ -グルコース	ペプチド
⑤	$\beta$ -グルコース	エステル
⑥	$\beta$ -グルコース	グリコシド
⑦	フルクトース	ペプチド
⑧	フルクトース	エステル
⑨	フルクトース	グリコシド

設問 2. (ウ) と (エ) 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。

	(ウ)	(エ)
①	1位の炭素(C1)と2位の炭素(C2)	1位の炭素(C1)と4位の炭素(C4)
②	1位の炭素(C1)と2位の炭素(C2)	1位の炭素(C1)と6位の炭素(C6)
③	1位の炭素(C1)と2位の炭素(C2)	2位の炭素(C2)と4位の炭素(C4)
④	1位の炭素(C1)と4位の炭素(C4)	1位の炭素(C1)と2位の炭素(C2)
⑤	1位の炭素(C1)と4位の炭素(C4)	1位の炭素(C1)と6位の炭素(C6)
⑥	1位の炭素(C1)と4位の炭素(C4)	2位の炭素(C2)と4位の炭素(C4)
⑦	1位の炭素(C1)と6位の炭素(C6)	1位の炭素(C1)と2位の炭素(C2)
⑧	1位の炭素(C1)と6位の炭素(C6)	1位の炭素(C1)と4位の炭素(C4)
⑨	1位の炭素(C1)と6位の炭素(C6)	2位の炭素(C2)と4位の炭素(C4)

設問 3. (オ) に入る語句として、最も適切なのは (33) である。

- ① 中和                      ② 酸化                      ③ 還元                      ④ 加水分解                      ⑤ 縮合

設問 4. (カ) に入る官能基名として、最も適切なのは (34) である。

- ① ホルミル基 (アルデヒド基)                      ② カルボキシ基                      ③ アミノ基  
④ ニトロ基                      ⑤ スルホ基

設問 5. 反応式(A)中の (キ) に入る数値は (35), (ク) に入る数値は (36) である。

設問 6. 反応式(A)において、マルトースがすべて消費されるまで加熱したのち、生じた酸化銅(I)  $\text{Cu}_2\text{O}$  の沈殿をすべて集めて乾燥させ、質量を測定したところ、2.88 g であった。反応に用いたマルトースは (37) . (38) (39) g である。