

5 3 5 4 5 5 【医 学 科】

理 科 問 題

2025(令和7)年度

【注意事項】

1. この問題冊子は「理科」である。
2. 理科は2科目を解答すること。試験時間は2科目合計で180分である。
3. 試験開始の合図まで、この問題冊子を開いてはいけない。ただし、表紙はあらかじめよく読んでおくこと。
4. 試験開始後すぐに、以下の5.に記載されていることを確認すること。
5. この問題冊子の印刷は1ページから20ページまであり、解答用紙は問題冊子中央に9枚はさみこんである。

科 目	問 題	解答用紙
物 理	1 ページから 6 ページ	3 枚 (53-1, 53-2, 53-3)
化 学	7 ページから 11 ページ	3 枚 (54-1, 54-2, 54-3)
生 物	12 ページから 20 ページ	3 枚 (55-1, 55-2, 55-3)

6. 問題冊子に落丁、乱丁、印刷不鮮明な箇所等があった場合および解答用紙が不足している場合は、手をあげて監督者に申し出ること。
7. 試験開始後、解答する科目の解答用紙の所定欄に、受験番号と氏名を記入すること（1枚につき受験番号は2箇所、氏名は1箇所）。
8. 解答は必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。解答用紙の裏面に記入してはいけない。
9. 解答する科目の問題番号に対応した解答用紙に解答していない場合は、採点されない場合もあるので注意すること。
10. 解答する字数に指定がある場合は、句読点も1字として数えること。英数字を記入する場合は、1字分のマス目に2文字まで記入してよい。
11. 問題冊子の中の白紙部分は下書き等に使用してよい。
12. 解答用紙を切り離したり、持ち帰ってはいけない。解答しない科目の解答用紙も提出すること。
13. 試験終了時刻まで退室を認めない。試験中の気分不快やトイレ等、やむを得ない場合には、手をあげて監督者を呼び、指示に従うこと。
14. 試験終了後は問題冊子を持ち帰ること。



54 化学

7 ページから 11 ページ



〔 I 〕 次の文章を読み、下記の問いに答えなさい。

濃度 M [mol/L]、体積 V [mL] の酢酸 CH_3COOH 水溶液に対して、濃度 M [mol/L] の水酸化ナトリウム NaOH 水溶液を用いて 25°C で滴定すると、溶液の pH は図 1 に示すように変化した。ここで、 NaOH 水溶液の滴下量を x [mL] とする。 CH_3COOH は以下に示すように電離し、電離定数を K_a とする。

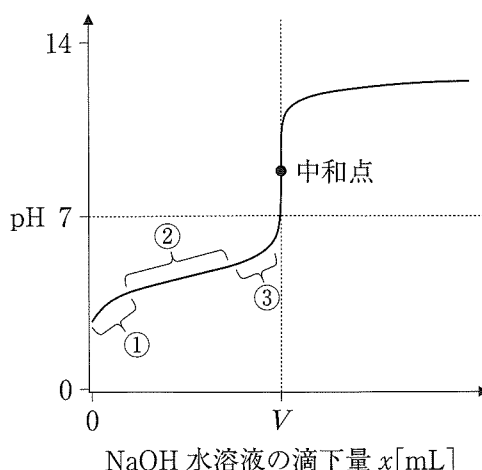
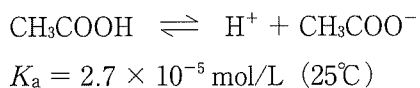


図 1 CH_3COOH 水溶液と NaOH 水溶液の中和滴定曲線

図 1 の中和滴定曲線は計算によって表すことができる。i) 滴定前 ($x = 0$)、ii) 中和点前 ($0 < x < V$)、iii) 中和点 ($x = V$)、iv) 中和点後 ($x > V$) という 4 段階に分け、それぞれに適した近似を用いると、pH 変化を簡便に計算することができる。以下では、近似を用いた pH の計算について考える。なお、水のイオン積は K_w とする。

(1) 「i) 滴定前」の pH について次の文章を読み、問いに答えなさい。

滴定前の溶液には、 H_2O と CH_3COOH しか含まれない。このとき、 CH_3COOH から生成する a と b は同濃度である。また、 K_a の値から、c の濃度は a と b の濃度に比べて著しく大きいため、c の濃度は d [mol/L] と近似できる。一方、 H_2O から生成する a の濃度は、 CH_3COOH から生成する a の濃度より著しく小さいため、無視できる。以上より、滴定前の $\text{pH} =$ e となる。

(ア) 空欄 a ～ c に当てはまる化学式またはイオン式を答えなさい。

(イ) 空欄 d に当てはまる濃度を答えなさい。

(ウ) 空欄 e に当てはまる数式を示しなさい。ただし、数式は M , V , x , K_a , K_w の全てまたはいずれかを用いて表すものとする。数式の導出の過程も示すこと。

(2) 「ii)中和点前」の pH について次の文章を読み、問いに答えなさい。

図 1 に示すように、(A)滴定開始後は pH が比較的大きく上昇し(区間①)、その後、(B)pH の変化は緩やかになるが(区間②)、(C)中和点直前で再び pH が大きく上昇する(区間③)。区間①～③では、 CH_3COO^- の濃度は滴下した NaOH の濃度に、 CH_3COOH の濃度は中和されていない残りの CH_3COOH の濃度に等しいと近似できる。これらの近似より、中和点前の $\text{pH} = \boxed{\text{f}}$ となる。

(ア) 下線部 (A)～(C) について、これらの一連の現象に関わる化学反応式を示し、その化学反応式を用いて下線部 (A)～(C) のそれぞれの現象を説明しなさい。なお、化学反応式は複数示しても構わない。

(イ) 空欄 $\boxed{\text{f}}$ に当てはまる数式を示しなさい。ただし、数式は M , V , x , K_a , K_w の全てまたはいずれかを用いて表すものとする。数式の導出の過程も示すこと。

(ウ) 下線部 (B) において、pH の変化が最小となるときの NaOH 水溶液の滴下量を求めなさい。また、なぜその滴下量で pH の変化が最小になるのか、理由を答えなさい。

(3) 「iii)中和点」の pH について次の文章を読み、問いに答えなさい。

中和点では、中和反応で生じる塩の影響により、水酸化物イオン OH^- が水素イオン H^+ よりも多く存在するため、pH は塩基性を示す。 OH^- は塩の加水分解によって生じる。このとき OH^- の濃度は、加水分解によって生じる $\boxed{\text{g}}$ の濃度に等しい。また、 $\boxed{\text{g}}$ と $\boxed{\text{h}}$ の濃度の和は $\boxed{\text{i}}$ の濃度に等しいが、 $\boxed{\text{h}}$ の濃度は $\boxed{\text{g}}$ の濃度より著しく大きいため、 $\boxed{\text{h}}$ の濃度は $\boxed{\text{i}}$ の濃度に等しいと近似できる。以上より、中和点の $\text{pH} = \boxed{\text{j}}$ となる。

(ア) 空欄 $\boxed{\text{g}}$ ～ $\boxed{\text{i}}$ に当てはまる化学式またはイオン式を答えなさい。なお、(1)の(ア)で答えた化学式またはイオン式が入ることもある。

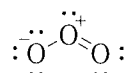
(イ) 空欄 $\boxed{\text{j}}$ に当てはまる数式を示しなさい。ただし、数式は M , V , x , K_a , K_w の全てまたはいずれかを用いて表すものとする。数式の導出の過程も示すこと。

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、下記の問いに答えなさい。ただし原子量は、 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$ とする。

必須アミノ酸である化合物 **A** の構造異性体である化合物 **B** を、無水酢酸と反応させたところ化合物 **C** が得られた。(A)化合物 **C** を水酸化ナトリウム水溶液で加水分解すると、 α -アミノ酸である化合物 **D** ($C_3H_7NO_2$)、および化合物 **E** が得られた。また、化合物 **C** を硝酸と硫酸で反応させたところ化合物 **F** が得られた。化合物 **F** を水酸化ナトリウム水溶液で反応させると、化合物 **D** と化合物 **G** が得られた。

- (1) 化合物 **E** は炭素、水素、酸素のみからなっていた。その 23.5 mg を元素分析装置で完全燃焼させると、二酸化炭素 66.1 mg と水 13.5 mg を生じた。この試料に含まれるすべての成分元素の質量をそれぞれ答えなさい。さらに、その値を用いて化合物 **E** の分子式と分子量を求めなさい。ただし、数値は小数第 1 位まで示すものとし、計算の過程も示すこと。
- (2) 化合物 **A**～**G** の構造として適切なものを書きなさい。複数の可能性が考えられる場合は、そのうちの 1 つを答えること。また、すべての不斉炭素原子に*を付けなさい。
- (3) 化合物 **E** は塩化鉄(Ⅲ)により呈色し、炭酸水素ナトリウム水溶液に難溶であった。一方、化合物 **G** は、**E** とは異なる様子で呈色し、また炭酸水素ナトリウム水溶液への溶解性は向上した。**E** と **G** の反応性の違いについて、電荷の偏りの観点から考えられる理由を答えなさい。
- (4) 下線部(A)の加水分解反応を $Na^{18}OH$ および $H_2^{18}O$ を用いて行い、生成物を質量分析装置によって分析したところ、 ^{18}O 原子は化合物 **D** の中にあり、化合物 **E** の中にはなかった。この結果から、この反応の機構についてわかることを、化学反応式を用いて説明しなさい。解答では、反応に無関係の構造は簡略化してよい。
- (5) 化合物 **G** は、電子式(ルイス構造)で表したときに複数の共鳴構造で書くことができる。その構造を例にならって3つ以上書きなさい。ただし、共有電子対は価標で表すこと。また、共鳴が分子にもたらす一般的効果について、30 字以内で説明しなさい。

(例) オゾンの電子式



化学の試験問題〔Ⅲ〕は次に続く。

〔Ⅲ〕 溶液に関する次の文章を読み、下記の問いに答えなさい。ただし計算を含む問題は途中の計算式も示しなさい。

溶液とは液体状態にある均一な混合物のことをいう。ほぼ同じ大きさの異種分子が無秩序に混じりあった状態が溶液の典型的な状態であり、このような状態にある溶液を理想溶液という。理想溶液では、(A)混合熱の吸収発生をともなわず、エントロピー変化 ΔS (混合エントロピー)だけで均一な状態をつくっている。

ここでは、物質 n_A [mol]の溶媒 A(分子量 M_A)に物質 n_B [mol]の不揮発性の溶質 B(分子量 M_B)を混合した溶液を考える。また、溶解エンタルピー ΔH [J/mol]は、分子間相互作用のみで考えられるものとする。

図1に示すように、全組成域で次の式(ラウールの法則)が適用できる実在溶液は理想溶液とみなすことができる。

$$p = (1 - x_B)p_0 \quad \text{式①}$$

p : 溶液の蒸気圧 x_B : 溶質 B のモル分率 p_0 : 純溶媒 A の蒸気圧

実在溶液の蒸気圧は図1の実線で示すように理想溶液(破線)の蒸気圧と異なるが、希薄溶液では理想溶液とみなすことができる。図1からわかるように、(B)理想溶液の蒸気圧 p は溶質 B のモル分率 x_B に比例し、 x_B が大きくなると低くなる。また、(C)実在溶液が式①を満たす領域では、蒸気圧降下の大きさ Δp が質量モル濃度 m に比例する。この性質は溶質 B の分子量測定などに応用されている。なお、溶解エンタルピーは下記の実験①で求めることができる。

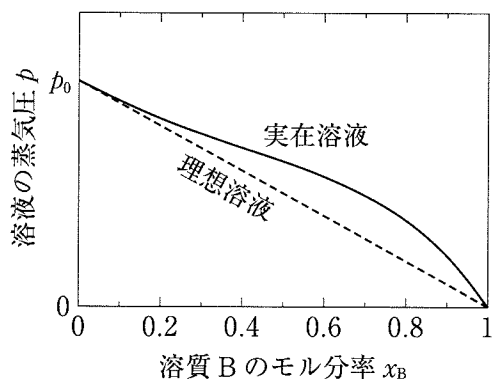


図1 溶液の蒸気圧 p と溶質 B のモル分率 x_B の関係

【実験①】 ある容器に温度 T_0 [K]の水を体積 V_w [L]入れた。そこに温度 T_0 [K]の固体物質 B を質量 w_B [g]加え、よく攪拌した。固体物質 B を水に加えた時刻を $t = 0$ とし、時間と共に水温を測定したところ、図2の結果が得られた。

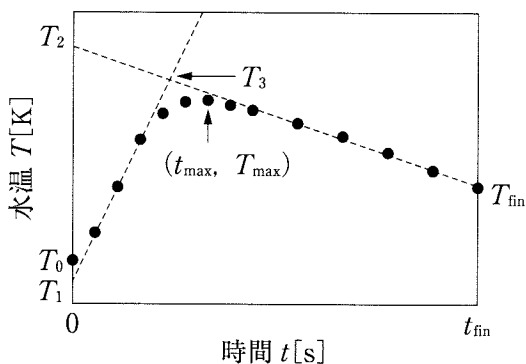


図2 水温の時間変化

各温度の説明

T_0 : 実験開始時の水温

T_1 : 初期の傾きの接線を $t = 0$ に外挿した温度

$T_{\max}$: 水温の最大値($t_{\max}$: 最大値を示した時間)

T_2 : $t_{\max}$ 以降の接線を $t = 0$ に外挿した温度

T_3 : 上記の T_1 と T_2 を求めた各直線の交点の温度

T_{fin} : 実験を終えたときの水温

(t_{fin} : 実験終了時間)

(1) 下線部(A)について問いに答えなさい。

(ア) 実験①から求められる溶解エンタルピー ΔH [J/mol] を文字式で答えなさい。使用する文字は、左ページと下記から選びなさい。なお、固体物質 B に対し水の量は十分量あり、固体物質 B はすべて溶解するものとする。

水の密度: ρ_w [g/cm³] 水の比熱: C_w [J/(g·K)] 水の分子量: M_w 物質 B の分子量: M_B

(イ) 溶解エンタルピーは、他の実験結果から計算で求めることもできる。塩化ナトリウムの固体を多量の水に溶かした際の溶解エンタルピーを下記の値を用いて求めなさい。

NaOH(固) + aq $\rightarrow$ NaOHaq : NaOH(固)の水への溶解エンタルピー	$\Delta H = -44.5$ kJ
Na(固) + $\frac{1}{2}$ H ₂ (気) + $\frac{1}{2}$ O ₂ (気) $\rightarrow$ NaOH(固)	$\Delta H = -425.6$ kJ
$\frac{1}{2}$ H ₂ (気) + $\frac{1}{2}$ Cl ₂ (気) + aq $\rightarrow$ HClaq	$\Delta H = -167.2$ kJ
Na(固) + $\frac{1}{2}$ Cl ₂ (気) $\rightarrow$ NaCl(固)	$\Delta H = -411.2$ kJ
水(液)の生成エンタルピー	$\Delta H = -285.8$ kJ
水酸化ナトリウム水溶液と塩酸の中和エンタルピー	$\Delta H = -56.5$ kJ

(ウ) 溶解エンタルピー $\Delta H \neq 0$ は、エンタルピーが「溶媒 A と溶質 B の混合前の状態」と「混合後の溶液の状態」で異なることを示している。「同種分子間にはたらく相互作用の大きさ」と「異種分子間にはたらく相互作用の大きさ」の大小関係を $\Delta H > 0$ の場合について説明しなさい。なお、図を用いても良いが、必ず文章で説明すること。

(2) 下線部(B)の原理を溶質分子を●、溶媒分子を○で表した図を用いて説明しなさい(比例関係にあることも説明しなさい)。

(3) 図1に示す実在溶液を $x_B = 0.5$ で作成した。このとき溶解エンタルピーとして考えられるものを下記選択肢の中から選びなさい。さらにそのように考えた理由を記しなさい。図を用いても良いが、必ず文章で説明すること。

【選択肢】 (a) $\Delta H < 0$ (b) $\Delta H = 0$ (c) $\Delta H > 0$

(4) 下線部(C)について問いに答えなさい。

(ア) 質量 w_A [g] の溶媒 A に n_B [mol] の溶質 B が溶解した溶液の質量モル濃度 m を n_A , M_A , n_B を用いて示しなさい。

(イ) Δp が m に比例することを数式を用いて示しなさい。

