

平成 27 年度入学者選抜学力検査問題

理 科

(医 学 部)

科 目	頁 数
物 理 基 礎・物 理	2 頁 ~ 7 頁
化 学 基 礎・化 学	9 頁 ~ 13 頁
生 物 基 礎・生 物	15 頁 ~ 20 頁

注 意 事 項 I

この冊子には物理, 化学, 生物の問題がのっている。そこから 2 科目を選択し, 解答すること。

注 意 事 項 II

- 1 試験開始の合図があるまでこの冊子を開いてはいけない。
- 2 試験開始の合図のあとで問題冊子の頁数を確認すること。
- 3 解答にかかる前に必ず受験番号を記入すること。
- 4 解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。
所定の欄以外に記入したものは無効である。
- 5 問題冊子は持ち帰ってよい。

化学基礎・化学

I 次の文章を読み、以下の問1～問10に答えよ。

a炭化カルシウムをアルミニウム箔で包み、一部に穴をあけて水に入れると、気体 A が発生する。 bこの気体 A を赤褐色の臭素水に通すと液体の色は脱色される。硫酸水銀(II)を触媒として、気体 A に水を反応させると、不安定な (ア) 型の化合物 B を経て、その異性体である安定な (イ) 型の化合物 C が生成する。 c以前、この反応は工業的に化合物 C を製造する方法であったが、d現在は、別の方法により化合物 C の製造が行われている。また、e気体 A は酸素を十分に供給して完全燃焼させると、高温の炎を生じ、鉄材の切断や溶接などに用いられる。 気体 A と同じ不飽和炭化水素の仲間にプロピンがある。 f硫酸水銀(II)を触媒として、プロピンに水を反応させると、不安定な化合物 D を経て主生成物である化合物 E が生成する。

問 1 空欄 (ア) と (イ) にあてはまる語を、それぞれ記せ。

問 2 下線部 a の化学反応式を記せ。ただし、気体 A は構造式を用いて記すこと。

問 3 下線部 a の反応で、15.0 mL の気体 A が標準状態で発生したとき、何 g の炭化カルシウムを消費したか、有効数字 2 桁で求めよ。また、必要があれば次の原子量 $\text{Br} = 80$, $\text{Ca} = 40$, $\text{O} = 16$, $\text{C} = 12$ および $\text{H} = 1.0$ の値を使い、計算過程も記すこと。

問 4 下線部 b の脱色する過程で、1 分子の気体 A に 1 分子の臭素が反応して生じる全ての幾何異性体を、構造式で記せ。

問 5 化合物 B と化合物 C の構造式を、それぞれ記せ。

問 6 下線部 c で、この方法が使われなくなった理由を答えよ。

問 7 下線部 d の方法の化学反応式を記せ。また、使用する触媒も記すこと。

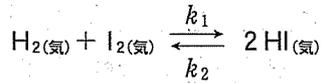
問 8 下線部 e の高温の炎の名称を答えよ。

問 9 下線部 e で気体 A が燃焼したときの燃焼熱を求めよ。ただし、水は液体として生じるものとし、水の蒸発熱は 44 kJ/mol とする。また、水 $\text{H}_2\text{O}_{(液)}$ 、二酸化炭素 $\text{CO}_{2(気)}$ および気体 A の生成熱は、それぞれ 242 、 394 および -227 kJ/mol とする。

問 10 下線部 f の化合物 D と化合物 E の構造式を、それぞれ記せ。

II 次の文章を読んで、以下の問1～問3に答えよ。

0.500 mol/Lの水素 $\text{H}_2(\text{気})$ と 0.500 mol/Lのヨウ素 $\text{I}_2(\text{気})$ を密閉容器に入れ、ある温度でヨウ化水素 $\text{HI}(\text{気})$ の生成反応を、時間ゼロ(0)として開始した。充分長い時間(t_e)が経過すると、反応は、平衡状態に達する。このときの化学平衡は次のようになる。



(ただし、 k_1 は正反応の、 k_2 は逆反応の、それぞれ速度定数である。)

- t_1 時間経過したところで、水素濃度 $[\text{H}_2]$ が0.400 mol/Lに減少していた。このときのヨウ化水素濃度 $[\text{HI}]$ は、 mol/Lである。
- t_2 時間経過したところで、ヨウ素濃度 $[\text{I}_2]$ が0.300 mol/Lまで減少していた。このときの $[\text{HI}]$ は、 mol/Lである。
- t_3 時間経過したところで、 $[\text{I}_2]$ が0.200 mol/Lまで減少していた。このときの $[\text{HI}]$ は、 mol/Lである。
- ところで、 t_x 時間経過したとき、 $[\text{H}_2]$ と $[\text{HI}]$ が等しくなっていた。このときの $[\text{I}_2]$ は、 mol/Lであった。
- 正反応速度 v_1 および逆反応速度 v_2 は、それぞれ $v_1 = k_1[\text{H}_2][\text{I}_2]$ および $v_2 = k_2[\text{HI}]^2$ と表される。 t_e 時間後は、正反応速度 v_1 と逆反応速度 v_2 がことから、ヨウ化水素生成反応の平衡定数 K は、次のように表すことができる。

$$K = \frac{\text{}}{\text{}} = \frac{k_1}{\text{}}$$

ここで、 K の値を49.0とすると、 t_e 時間後の $[\text{H}_2]$ 、 $[\text{I}_2]$ および $[\text{HI}]$ は、それぞれ, および mol/Lとなる。

問1 空欄～にあてはまる数値(有効数字3桁)または語を、それぞれ記せ。

問2 空欄～にあてはまる適切なものを次の①～⑳から選び、それぞれ番号で答えよ。

- | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|---|
| ① k_1 | ② k_2 | ③ k_1k_2 | ④ $[\text{H}_2]$ |
| ⑤ $[\text{I}_2]$ | ⑥ $[\text{HI}]$ | ⑦ $[\text{H}_2]^2$ | ⑧ $[\text{I}_2]^2$ |
| ⑨ $[\text{HI}]^2$ | ⑩ $[\text{H}_2][\text{I}_2]$ | ⑪ $[\text{I}_2][\text{HI}]$ | ⑫ $[\text{H}_2][\text{HI}]$ |
| ⑬ $k_1[\text{H}_2][\text{I}_2]$ | ⑭ $k_2[\text{H}_2][\text{I}_2]$ | ⑮ $k_1[\text{HI}]^2$ | ⑯ $k_2[\text{HI}]^2$ |
| ⑰ $k_1[\text{H}_2]$ | ⑱ $k_1[\text{I}_2]$ | ⑲ $k_2[\text{HI}]$ | ⑳ $k_1k_2[\text{H}_2][\text{I}_2][\text{HI}]^2$ |

問 3 時間 0 , t_1 , t_2 , t_3 および t_e での $[H_2]$ と $[HI]$ の数値を使って、図 1 にデータをプロットし、滑らかな曲線を引いて $[H_2]$ と $[HI]$ の時間経過を作図せよ。また、時間 t_x は、横軸の適切な位置に記すこと。ただし、時間 0 での $[H_2]$ と $[HI]$ のデータは既にプロット済みである。

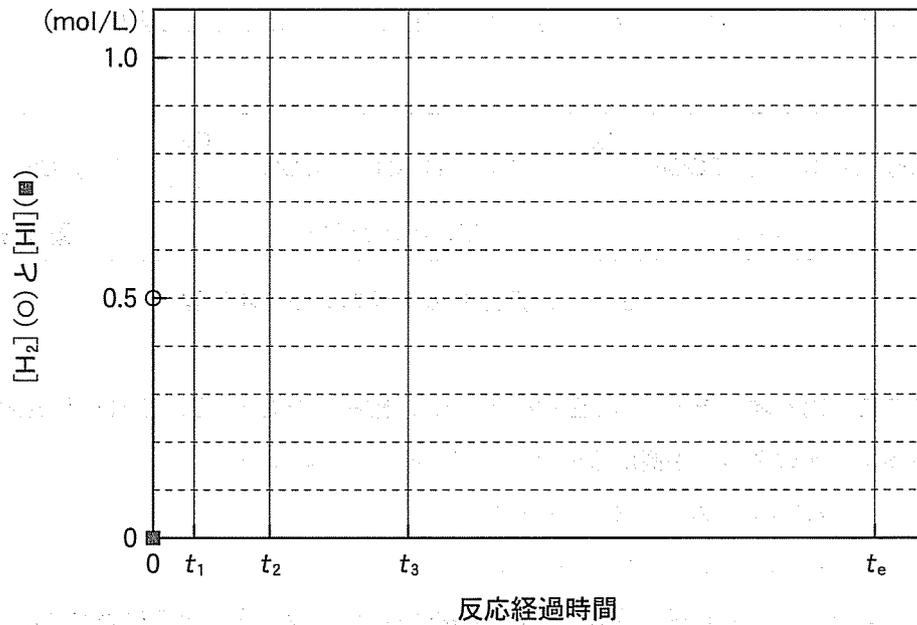


図 1 HI の生成反応の時間経過と $[H_2]$ および $[HI]$

Ⅲ 次の文章を読み、以下の問1～問6に答えよ。(ただし、必要に応じ、 $\log 2.0 = 0.30$, $1 \times 10^{0.3} = 2.0$ を用いて計算すること。)

アラニン塩酸塩($\text{CH}_3\text{-CH}(\text{NH}_3\text{Cl})\text{-COOH}$)を水に溶解すると、その多くは陽イオンになるが、pHを変化させることにより、双性イオンや陰イオンにもなる(図2)。また、水溶液中では、イオン化していないアラニン分子は、存在しないものと考えてよい。

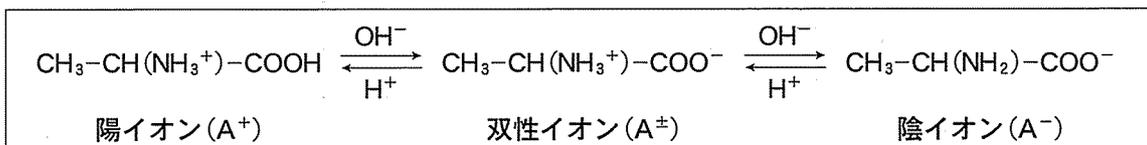
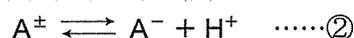
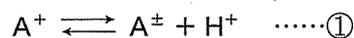


図2 水溶液中のアラニンのイオン型

ここで、陽イオンを A^+ 、双性イオンを A^\pm 、陰イオンを A^- と、それぞれ表記すると、この電離平衡は、次の2つの平衡から成り立っていることがわかる。



これより、式①の電離定数 K_1 と式②の電離定数 K_2 は、次のように表される。

$$K_1 = \frac{[\text{A}^\pm][\text{H}^+]}{[\text{A}^+]}$$

$$K_2 = \frac{[\text{A}^-][\text{H}^+]}{[\text{A}^\pm]}$$

そこで、0.100 mol/L アラニン塩酸塩水溶液 10.0 mL を 0.100 mol/L NaOH 水溶液を用いて 25℃ で滴定した(図3)。この結果から、電離定数 K_1 と K_2 は、それぞれ次のように求められた。

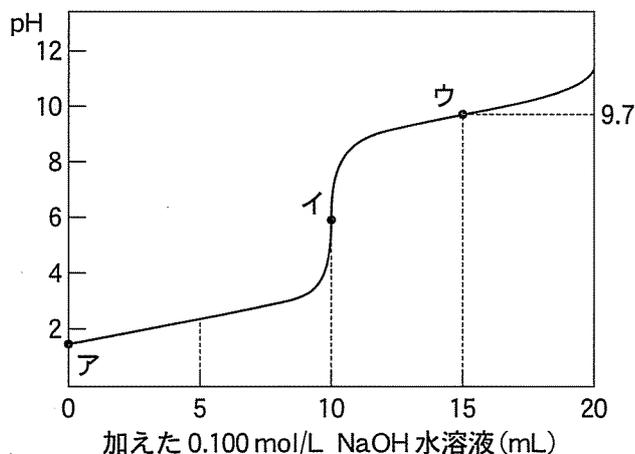


図3 0.100 mol/L アラニン塩酸塩水溶液の滴定曲線

$$K_1 = 5.0 \times 10^{-3} (\text{mol/L})$$

$$K_2 = 2.0 \times 10^{-10} (\text{mol/L})$$

また、図4のようにpH 9.7の緩衝溶液に浸したろ紙様シートの中央に図3 ●点イのアラニン水溶液に浸した木綿糸を置き、しばらく通電し電気泳動した。その後、 (あ) 溶液をろ紙に噴霧し、ドライヤーで加熱乾燥したところ、 図5(a)のようにアラニンが赤紫色に呈色した。

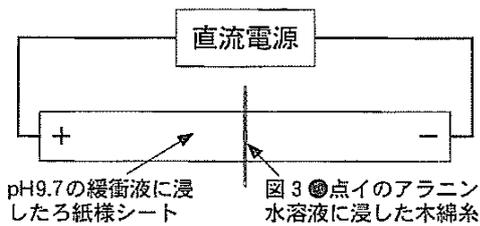


図4 アラニンの電気泳動

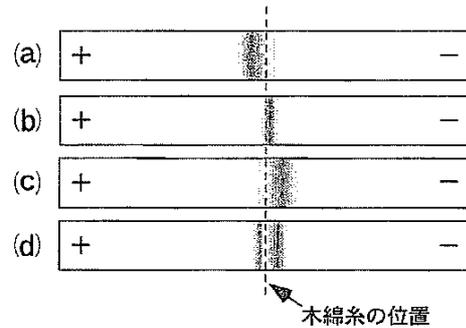


図5 アラニンの電気泳動像の例

- 問1 水溶液中にあるアミノ酸イオン混合物の電荷が全体としてゼロになるときのpHを等電点という。25℃におけるアラニンの等電点を有効数字2桁で求めよ。
- 問2 図3 ●点アと●点ウにおける双性イオン(A[±])の濃度を、有効数字2桁でそれぞれ求めよ。また、●点アにおけるpHも有効数字2桁で求めよ。
- 問3 空欄 (あ) にあてはまる試薬名を記せ。
- 問4 下線部で、ろ紙様シートを浸す緩衝液のpHを問1の等電点の値に変えて同様に電気泳動した場合、アラニンは木綿糸の位置から動かなかった。それでは、緩衝液のpHを4.3にした場合にはアラニンの呈色パターンはどのようになるか、図5の(a)~(d)のうち最も近いものを1つ選び、a~dの記号で答えよ。また、それを選んだ理由も記せ。
- 問5 図3 ●点イの水溶液5mLを試験管に取り、水酸化ナトリウム1粒と沸騰石を加えて加熱した。溶液が温まったところで濃塩酸を付けたガラス棒を試験管の口に近づけたところ、白煙を生じた。この白煙の物質名を答えよ。
- 問6 下の枠内に記した物質の水溶液のうち、水酸化ナトリウムを加えて塩基性にした後、薄い硫酸銅(II)水溶液を少量加えると赤紫色に呈色するものを2つ選び、物質名で答えよ。また、この呈色反応の名称を答えよ。

グリシン、グリセリン、デンプン、アミラーゼ、フェニルアラニン、スクロース、システイン、卵白、グルタミン酸、グリコーゲン、アラニン、デキストリン