

平成 17 年度前期日程入学試験学力検査問題

理 科

平成 17 年 2 月 25 日 13:30~16:00 (150 分)

物 理…… 1~14 ページ, 化 学……15~28 ページ

生 物……29~42 ページ, 地 学……43~52 ページ

志 望 学 部	試 験 科 目
理 学 部 農 学 部	物理, 化学, 生物, 地学のうちから 2 科目選択
医 学 部 歯 学 部	物理, 化学, 生物のうちから 2 科目選択
薬 学 部 工 学 部	物理(指定), 化学(指定)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで, この問題冊子, 答案紙を開いてはいけない。
2. この問題冊子は, 52 ページである。問題冊子の白紙のページや問題の余白は草案のために使用してよい。なお, ページの脱落, 印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 解答は, 必ず黒鉛筆(シャープペンシルも可)で記入し, ボールペン・万年筆などを使用してはいけない。
4. 答案紙の受験記号番号欄(1 枚につき 2 か所)には, 忘れずに受験票と同じ受験記号番号を記入すること。
5. 解答は, 必ず選択した科目の答案紙の指定された箇所に記入すること。
6. 答案紙は, 持ち帰ってはいけない。
7. 試験終了後, この問題冊子は持ち帰ること。

化 学

[注意事項] 計算のために必要な場合には、以下の数値を使用せよ。

気体定数 $R = 0.082 \text{ atm} \cdot \text{l}/(\text{mol} \cdot \text{K})$

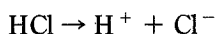
原子量 $\text{H} = 1.0 \quad \text{C} = 12.0 \quad \text{O} = 16.0 \quad \text{Cl} = 35.5$

文中の \log は常用対数を意味する。10 のべき乗に対しては、以下の数値を使用せよ。

$10^{0.2} = 1.6 \quad 10^{0.3} = 2.0 \quad 10^{0.4} = 2.5 \quad 10^{0.5} = 3.2 \quad 10^{0.6} = 4.0$

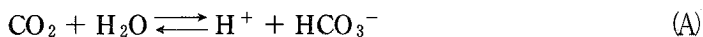
1 次の文章を読み、問1から問5に答えよ。

気体中で塩化水素(HCl)分子を



のように電離させるには、HClの結合を切ってH原子とCl原子とにするのに必要なエネルギー E_A に加えてH原子とCl原子とをそれぞれのイオン H^+ と Cl^- とにするためのエネルギー E_B が必要である。 E_B の大きさは、H原子の ア からCl原子の イ を引いた値に等しい。分子の電離に必要なエネルギーとなる E_A と E_B の和は25℃程度では気体分子の熱運動エネルギーの数百倍となり、気体中では分子の電離は起こらない。

一方、HCl分子が水に溶けると電離し、オキソニウムイオンと塩化物イオンとに分かれる。これは、電離してできたイオンがその周囲の水分子と電気的な引力によって結びついて、安定となるからである。^(a) HClの水溶液である塩酸では、HCl分子はほとんど全部電離している。これに対し、酢酸は弱酸であり電離定数が小さい。^(b) また、大気中の二酸化炭素も水に溶けると、弱い酸性を示す。^(c) これは、水溶液中で、次の平衡がなりたっているからである。



問 1 文中の空欄 ア と イ にあてはまる語句を入れよ。

問 2 水溶液中で起こる下線部(a)の現象は何とよばれるか。

問 3 文中で述べられているように、塩化水素は水溶液中で電離するが、気体の水の中では電離しない。これは、気体では分子間の平均距離が長く、イオンがその周囲の水分子と結びついた状態ができないからである。これに関連した以下の2つの問いに有効数字1桁^{けた}で答えよ。

- (1) 1.0 atm で 107 °C の気体の水の密度は、水を理想気体とすると何 g/cm^3 か。
- (2) 水分子間の平均距離は、上記(1)の水の気体中では、液体中の値の何倍になるか、計算過程を示し、答えよ。ただし、液体の水の密度は $1.0 \text{ g}/\text{cm}^3$ とする。

問 4 下線部(b)で述べた酸の電離定数は、温度によって変化する。純粋な水の温度と水素イオン指数 pH の関係を示した下の表から、水の電離定数も温度によって変化することがわかる。表を参考にして、以下の(1)から(3)の問いに答えよ。(2)と(3)は小数点以下第2位まで求めよ。

温度(°C)	純水の pH
5	7.36
15	7.17
25	7.00
35	6.84

- (1) 水分子が電離するときの反応は、(a)吸熱反応か(b)発熱反応か、どちらであるかを選んで、解答欄の記号を○で囲め。また、その根拠を55字以内で答えよ。指定字数には句読点を含む。
- (2) $[\text{OH}^-]$ を水酸化物イオンのモル濃度とすると、15 °C における純水の $-\log[\text{OH}^-]$ の値はいくらか。

- (3) ある希薄水溶液の pH は、35℃で7.40であった。この水溶液の $-\log[\text{OH}^-]$ の値はいくらか。

問 5 下線部(c)に関連して問う。5℃で、窒素と二酸化炭素からなる全圧 1 atm の混合気体と接した水の pH を測定し、次ページの図 1 の結果を得た。図中の P_{CO_2} (atm) は混合気体中の二酸化炭素の分圧である。 $\log P_{\text{CO}_2} = -3.0$ のときに水溶液中に溶けた二酸化炭素の全量をモル濃度に換算すると、 5.4×10^{-5} mol/l であった。この値は、(A)式の平衡からわかるように、水溶液中に二酸化炭素のまま存在している物質のモル濃度 $[\text{CO}_2(\text{水中})]$ と炭酸水素イオンのモル濃度 $[\text{HCO}_3^-]$ との和である。図 1 を参考にして、以下の(1)から(4)の問いに答えよ。(3)と(4)については、計算過程も示せ。なお、炭酸水素イオン HCO_3^- の電離と水の電離は無視できる。

- (1) 図の直線から、 $\text{pH} = a \times \log P_{\text{CO}_2} + b$ の関係が得られる。定数 a と b の数値を有効数字 2 桁で求めよ。
- (2) $\log P_{\text{CO}_2} = -3.0$ のときの $[\text{HCO}_3^-]$ を有効数字 1 桁^{けた}で求めよ。
- (3) 次式で定義される(A)式の電離定数 K_a の値を有効数字 1 桁^{けた}で求めよ。また、計算過程も示せ。

$$K_a = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}^+]}{[\text{CO}_2(\text{水中})]}$$

ここで、 $[\text{H}^+]$ は水素イオンのモル濃度である。

- (4) 上の(1)から(3)で求めた数値を用いて、 $[\text{CO}_2(\text{水中})]$ を P_{CO_2} の関数として表せ。また、計算過程も示せ。

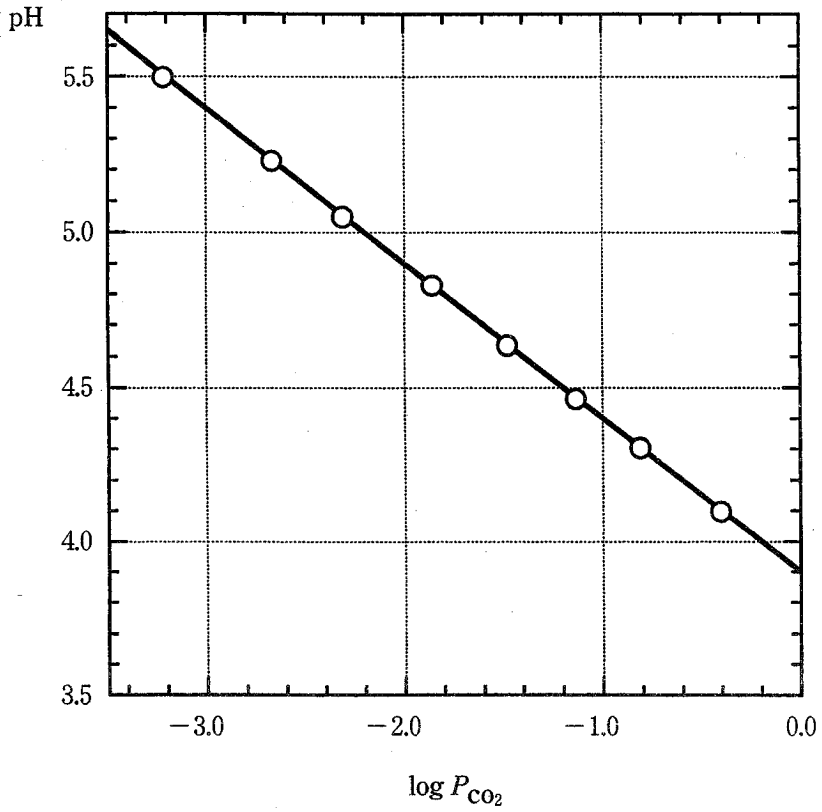


図1 二酸化炭素の分圧 P_{CO_2} (atm) と 5 °C の水の pH との関係
(実験値を○で示す)

2 次の文章を読み、問1から問5に答えよ。

ボルタ電池発明の8年後、ロシアの科学者ロイスは、ルーブル銀貨とスズ片と^(a)を塩水でぬらした布をはさんで重ね、これを74組繰り返して積みあげたロイス電池を作製した。ロイスはこの電池を用いて図1に示す実験装置を組み立てた。2本のガラス管を水で湿らせた粘土に突き立て、ガラス管を水で満たした後、ロイス電池のルーブル銀貨とスズ片とから引いた導線の先端を、それぞれのガラス管中の水にさしこんで電圧をかけた。しばらくすると、ルーブル銀貨から引いた^(b)導線の先端をさしこんだガラス管内では濁りが上昇するようすが観察され、微細な粘土粒子が移動していることが分かった。一方、ガラス管内の水に、塩をごく^(c)少量だけ加えた場合には、電圧をかけても濁りの上昇は観察されなかった。

図1の実験装置で電気が運ばれるのは、導線部分では が移動し、ガラス管内の水と粘土の中では が移動するからである。また、ロイス電池のように、電池の電極にはイオン化傾向の異なる2種類の金属が用いられ、正極と負極の間に生じる電位差を電池の という。負極の金属が同じで正極の金属が異なる2種類の電池を比べると、電池の は正極の金属のイオン化傾向が ほど大きくなる。

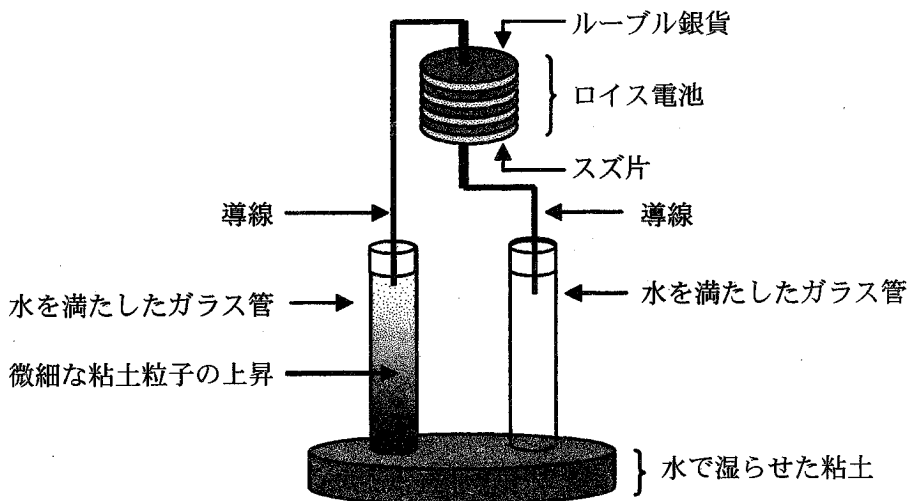


図1 ロイスの実験装置の概略

問 1 文中の空欄 **ア** から **エ** にあてはまる適切な語句を書け。

問 2 下線部(a)に関して、以下の問いに答えよ。

- (1) ロイス電池の正極と負極とに使われている金属をそれぞれ元素記号で書け。
- (2) ロイス電池の正極と負極とで生じる変化をそれぞれ電子 e^- を用いた反応式で書け。

問 3 下線部(b)に述べた粘土粒子がおびていた電荷の符号は正か負か、解答欄中の適切な語句を選び、○で囲め。また、選んだ理由を 30 字以内で書け。指定字数には句読点を含む。

問 4 下線部(c)に関連して問う。濁りが上昇しなくなるのに必要な塩の量は、加える塩の種類によって異なった。以下の a, b, c の 3 種類の塩について、同じモル濃度の水溶液を作り、濁りが上昇しなくなるまでガラス管内の水にわずかずつ加えたとき、加えた量が最も少なくてすんだ塩はどれか、塩の化学式を書け。また、量が少なくてすんだ理由を 40 字以内で書け。指定字数には句読点を含む。

a 塩化ナトリウム b 塩化亜鉛 c 塩化アルミニウム

問 5 以下の問いに答えよ。

- (1) 電極には、電気を通しやすい金属のほかに非金属の炭素もよく利用される。炭素の同素体のうち、炭素電極として利用される同素体の名称を書け。
- (2) 酸化作用の強い酸素の同素体の名称を書け。また、この同素体をヨウ化カリウム水溶液に通じるときの反応を、化学反応式で書け。
- (3) 炭素電極を用い、塩化ナトリウムの固体や酸化アルミニウムと氷晶石との混合物を高温に加熱して電気分解すると、ナトリウムやアルミニウムの

単体が陰極で析出する。このような電気分解法を何と呼ぶか、その名称を書け。

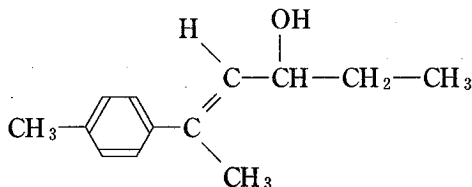
(4) 塩化ナトリウムは低温では電気を通さないが、800℃以上に加熱して電圧をかけると電気を通すようになる。なぜ電気を通すようになるのか、その理由を40字以内で書け。指定字数には句読点を含む。

(5) アルミニウムは酸とも塩基とも反応する。このような性質を持つ元素を何と呼ぶか、その名称を書け。また、アルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液との反応を、化学反応式で書け。

(6) 金属イオンが配位子と結合すると錯イオンを生じ、錯イオンの形は金属イオンの種類や配位数によって異なる。銅、亜鉛、銀のそれぞれのイオンとアンモニアとで生じる錯イオンで、錯イオンの形が直線形となるもののイオン式を書け。

3 次の文章を読み、問1から問9に答えよ。構造式は下記の例にならって書け。

ただし光学異性体は区別しない。



分子量 102 の化合物 **A** について元素分析を行い、構成元素の重量百分率を計算したところ、炭素：70.6%，水素：13.7%，酸素：15.7% であった。**A** を水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素と反応させると、黄色沈殿を生じた。また、**A** を濃硫酸と加熱すると、数種類の炭化水素からなる混合物 **Z** となった。**Z** に含まれる化合物の分子量は、すべて 84 であった。**Z** に臭素水を加えると臭素水の赤褐色が消失し、また、白金触媒を用いて水素を反応させると、分子量 86 の単一の化合物 **B** となった。^(a) 化合物 **B** に、光を当てながら塩素を反応させたところ、5 種類の化合物 **C**、**D**、**E**、**F**、**G** が生成した。これらの分子量はすべて 120.5 であった。なお、化合物 **C** から **G** では、光学異性体を含む立体異性体を区別しない。

問 1 化合物 **A** の分子式を書け。

問 2 混合物 **Z** に含まれる化合物の分子式を書け。

問 3 化合物 **B** の分子式を書け。

問 4 化合物 **B** と同じ分子式を持つ構造異性体は、**B** を含めていくつあるか。

問 5 化合物 **B** の構造式を書け。

問 6 化合物 A の構造式を書け。

問 7 混合物 Z の中に、互いに幾何異性体の関係にある化合物 H, I が含まれていた。H あるいは I のどちらか一つの構造式を書け。

問 8 下線部(a)と(b)は同じ種類の反応に分類される。これらを一般に何反応と呼ぶか。

問 9 (1) 化合物 C から G の中で、不斉炭素原子を持つものの数を答えよ。なければ 0 と書け。

(2) 不斉炭素原子を持つものがあればそのうち 1 つの構造式を書け。

(3) 不斉炭素原子を持たないものがあればそのうち 1 つの構造式を書け。

なお、(2)、(3)について該当する化合物がなければ、解答欄になしと書け。