

平成 27 年度入学試験問題(後期)

理 科(化 学)

新教育課程 化学基礎, 化学

旧教育課程 化学 I, 化学 II

【注 意 事 項】

1. 試験開始の合図があるまで, この問題冊子を開いて見てはならない。
2. あらかじめ選択を届け出た科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
3. 問題冊子は全部で7ページある。落丁, 乱丁, 印刷の不鮮明な箇所等がある場合には, 申し出ること。
4. 解答用紙を別に配布している。解答は, 問題と同じ科目, 同じ番号の解答用紙に記入すること。指定の箇所以外に記入したものは無効である。
5. ①②③④の全ての問題に解答すること。
6. 解答用紙の指定された欄に, 学部名と受験番号を記入すること。
7. 配布された解答用紙は, 持ち帰らないこと。
8. 配布された問題冊子は, 持ち帰ること。

必要があれば、原子量および定数は次の値を使うこと。

H = 1.00 C = 12.0 N = 14.0 O = 16.0

Al = 27.0 Cl = 35.5 Ca = 40.0 Ni = 58.7

Au = 197

アボガドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$

気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

- 1 以下の文章を読み、各問いに答えよ、ただし、計算問題については、計算の過程を示し、答えは有効数字3桁で求めよ。

27℃、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ の状態の窒素で満たした内容積が10.0 Lの密閉容器に、炭酸カルシウムを入れ、塩酸と反応させた。窒素や発生した気体はすべて理想気体とみなせ、水への溶解は無視できるものとする。

問 1 下線①の反応を化学反応式で記せ。

問 2 炭酸カルシウム100.0 gと塩酸101.4 gを混合し、反応させた。質量パーセント濃度36.0%の塩酸を使用したとすると、発生した気体の体積は27℃、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ の状態に換算すると何Lになるか。計算して求めよ。ただし、水の蒸気圧は無視できるものとする。

問 3 反応完了後の密閉容器内の水は何gになるか。計算して求めよ。

問 4 反応が終了した後の容器内の27℃における圧力を求めよ。ただし、反応後の容器内に存在する液体などの体積や水の蒸気圧は無視できるものとする。

2 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

塩酸とアンモニア水の中和滴定について、以下のような実験を行った。

(実験1) 濃アンモニア水を約2 mL はかりとり、純水でおよそ0.1 Lに希釈した。この希アンモニア水10.00 mLをホールピペットによってはかりとり、^①コニカルビーカーに移し、メチルオレンジを1~2滴加えた。コニカルビーカー内に0.500 mol/Lの塩酸水溶液を^②ビュレットにより徐々に加えていくと、6.40 mL滴下したところで、^③コニカルビーカー内の溶液の色が〔ア〕から〔イ〕に変化した。

(実験2) 実験1で濃度を決定した希アンモニア水を正確に希釈して、0.200 mol/Lアンモニア水を作成した。pHメーターを固定したコニカルビーカー内に、作成した0.200 mol/Lアンモニア水5.00 mLを移し、0.100 mol/Lの塩酸水溶液をビュレットから徐々に加えながらpHを測定して、中和滴定曲線(図)を作成した。

なお、この実験で用いた塩酸は完全に電離しているものとし、水のイオン積 K_w は $1.00 \times 10^{-14}(\text{mol/L})^2$ であり、また、 $10^{-11.3} = 5.00 \times 10^{-12}$ 、 $\log_{10} 5.00 = 0.700$ とする。

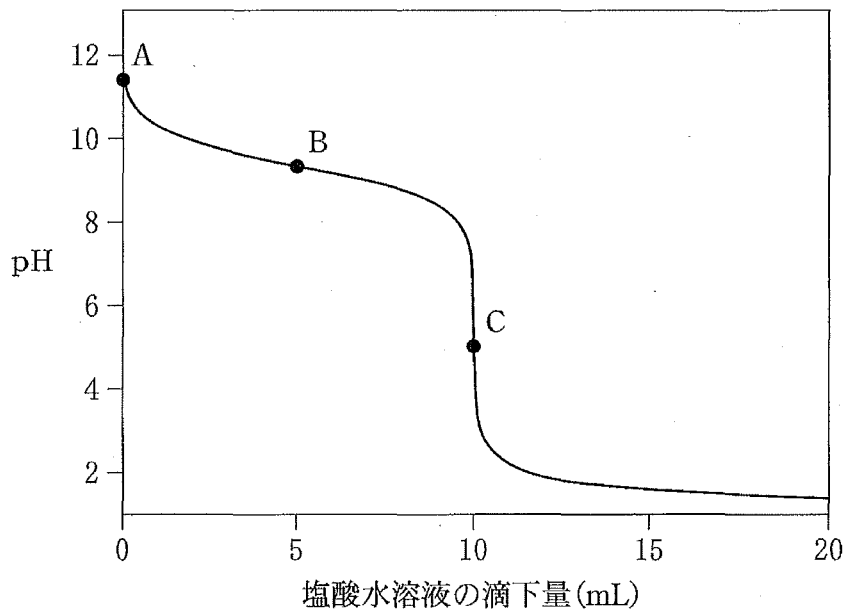


図 中和滴定曲線

- 問 1 説明文中の〔 〕内のアとイにあてはまる適切な語を入れよ。
- 問 2 実験 1 で用いた下線①～③の器具のうち、内壁が純水でぬれた状態で使用しても、中和点までの塩酸滴下量に影響を及ぼさない器具をすべて記号で答えよ。
- 問 3 実験 1 の滴定結果から、実験 1 の滴定に用いた希アンモニア水の濃度を計算せよ。答えは有効数字 2 桁で求めよ。
- 問 4 図中の A 点の pH は 11.3 であった。実験 2 の滴定に用いたアンモニアの電離度 α を求めよ。計算の過程を示し、答えは有効数字 2 桁で求めよ。
- 問 5 アンモニアの塩基電離定数 K_b を求めよ。答えは有効数字 2 桁で求めよ。
- 問 6 図中の B 点における塩酸水溶液の滴下量は 5.00 mL である。B 点における pH を計算せよ。計算の過程を示し、答えは小数点以下第 1 位まで求めよ。
- 問 7 図中の C 点(中和点)の pH が酸性側(pH < 7)となるのはなぜか。反応式を用いて理由を答えよ。

3 [I], [II]の各問いに答えよ。

[I] 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

水は、水素結合を作る最も代表的な分子である。水分子内のO-H結合においては、O原子とH原子の〔ア〕が互いに大きく異なるため、〔ア〕の大きい方に〔イ〕電子対が引き寄せられ、原子間に電荷の偏りが生じる。このとき、結合に極性があると言う。さらに、1つの水分子における〔ウ〕に^①帯電したH原子が、他の水分子における〔エ〕に帯電したO原子と静電気力によって互いに引き付け合い、これによって分子間の水素結合が形成される。

1個の水分子は、H原子を2個持つとともに、分子内のO-H結合には関与しない〔オ〕電子対をO原子上に2組持っている。各々のH原子が他の水分子における1組の〔オ〕電子対に対して水素結合すると考えると、水分子が多数集まったとき、分子1個に対して他の分子との水素結合が〔カ〕個まで形成されると言える。特に、水の固体つまり氷では、各々の水分子が他の〔カ〕個の分子と水素結合することによって、水分子が規則正しく配列した結晶構造をとる。

この氷の構造に基づいて、氷が水に浮く理由を説明することができる。氷の構造においては、H原子とO原子が交互に水素結合して〔キ〕を形づくりながら立体的に連なっており、この構造中のO原子に着目すると、〔カ〕個のO原子が〔キ〕形の頂点に位置し、その中心に1個のO原子が位置している。すなわち、氷の結晶では、1個の水分子に対して、〔カ〕個の水分子が〔キ〕の頂点方向から水素結合しており、液体の水と比べて分子間のすき間が〔ク〕。したがって、液体の水が氷になると〔ケ〕が大きくなり、その結果として〔コ〕が小さくなる。このため、氷は水に浮く。

問1 説明文中の〔 〕内のアからカにあてはまる適切な語または数字を入れよ。

問 2 下線①について、分子によっては、個々の原子間結合には極性があるが分子全体ではそれらが打ち消し合う場合がある。これに該当する分子として適切なものを、次の(A)から(F)の選択肢の中から全て選び、記号で答えよ。

- (A) 一酸化炭素 (B) 二酸化炭素 (C) メタン
(D) 塩化水素 (E) 臭素 (F) アンモニア

問 3 説明文中の〔 〕内のキからコにあてはまる適切な語を、次の(A)から(L)の選択肢の中から一つずつ選び、記号で答えよ。

- (A) 正四面体 (B) 正八面体 (C) 立方体 (D) 直方体
(E) 大きい (F) 小さい (G) 体積 (H) 質量
(I) 物質質量 (J) 分子量 (K) 密度 (L) 圧力

〔II〕 以下の各問いに答えよ。

問 1 金属原子が他の原子と形成する結合として、(1)金属結合と(2)イオン結合がある。それぞれの結合によって構成される結晶の特徴として適切なものを、次の(ア)から(オ)の選択肢の中から全て選び、記号で答えよ。

- (ア) 電気を通しやすい。
(イ) 電気を通しにくい。
(ウ) 強く叩くと砕ける。
(エ) 強く叩くと薄く延びる。
(オ) 水によく溶ける。

問 2 次の(1)から(3)の量を求めよ。計算の過程を示し、答えは有効数字 2 桁で求めよ。

- (1) 単体のニッケル 6.0 mg の物質質量 [mol]
(2) 酸化アルミニウム 1.5 mol に含まれる原子の総数 [個]
(3) 金原子 1 個当たりの質量 [g]

4 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

化合物 A, B, C はいずれも分子式 $C_5H_{10}O_2$ を有するエステルである。これらの化合物を用いて以下の実験を行った。

実験 1 化合物 A, B, C をそれぞれ 希硫酸中で加熱した ところ、化合物 A から化合物 D と化合物 G が、^①化合物 B から化合物 E と化合物 H が、化合物 C から化合物 F と化合物 I が得られた。

実験 2 化合物 A, B, C のうち、化合物 A にのみ 光学異性体が存在する ことがわかった。^②

実験 3 化合物 D, E, F にそれぞれ炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると気体が発生した。

実験 4 化合物 D, E, F のうち、化合物 D のみ アンモニア性硝酸銀水溶液と反応して銀鏡が生じた。^③

実験 5 化合物 G, H, I にそれぞれヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて反応させると、化合物 G と化合物 I のみ 黄色の固体が生じた。^④

実験 6 化合物 G, H, I をそれぞれ過マンガン酸カリウムで酸化すると、化合物 G からケトンが得られた。また、化合物 H から最終的に化合物 F が、化合物 I から最終的に化合物 E がそれぞれ得られた。

問 1 下線①の反応名を答えよ。この反応で硫酸はどのようなはたらきをしたのか答えよ。

問 2 下線②は、化合物 A のどのような化学構造上の特徴によるものか答えよ。

問 3 実験 3 の結果からわかる化合物 D, E, F に含まれる官能基名を記せ。

問 4 下線③の反応は、化合物のどのような特徴によるものか答えよ。

問 5 下線④で生じた固体の分子式とその名称を記せ。

問 6 化合物 A, B, C の構造式を記せ。

問 7 化合物 I に濃硫酸を加えて加熱すると、130 °C では化合物 J が主に生成し、170 °C まで加熱すると、化合物 K が主に得られた。化合物 J および化合物 K の構造式とその名称を記せ。