

理科 試験問題

平成 21 年 3 月 12 日

自 10 時 00 分

至 12 時 30 分

答案作成上の注意

- 1 試験開始の合図があるまでは、この問題冊子の中を見てはならない。
- 2 配布されるものは、この問題冊子（8 ページ）のほかに、解答用紙（4 枚）と下書き用紙（1 枚）である。
- 3 解答用紙には問題番号 I, II, III, IV が指定してある。それぞれの問題の解答は、指定した解答用紙に記入すること。
- 4 監督官の指示に従って、すべての解答用紙と下書き用紙の所定の場所に受験番号を記入すること。
- 5 配布した解答用紙は、持ち出してはならない。
- 6 配布した問題冊子および下書き用紙は各自で持ち帰ること。
- 7 必要な場合には次の値を用いること。

原子量

H = 1.0 N = 14 O = 16 S = 32 Cu = 64

- 8 計算問題を解答する場合には、有効数字に注意して、必要ならば四捨五入すること。

このページは白紙です。

〔 I 〕 次の文章を読み、問 1～問 4 の答えを解答欄に記入せよ。

固体の種類によって、水への溶解度はさまざまであり、塩化ナトリウムやスクロースのように比較的水に溶けやすいものもあれば、硫化銀のようにほとんど溶けないものもある。固体の液体への溶解度は、通常、100 g の溶媒に溶ける溶質の最大質量 [g] で表す。一般に、温度が高いほど溶解度が大きくなる物質が多い。たとえば、硫酸銅(II)の溶解度は、水 100 g に対して、20 °C で 20 g、60 °C で 40 g である。一方、気体の液体への溶解度は、一般に温度が高いほど小さくなる。気体の液体への溶解度は、通常、 1.01×10^5 Pa の気体が溶媒と接しているとき、溶媒 1 mL 中に溶け込む気体の体積 [mL] を標準状態での体積に換算して表す。たとえば、気体の窒素の水 1 mL への溶解度は、20 °C で 0.016 mL、60 °C で 0.010 mL である。また、アンモニアや塩化水素のように水と反応して電離する気体を除くと、一定温度で一定量の溶媒に溶ける気体の質量は、溶媒に接しているその気体の圧力に比例して増加することも知られている。

問 1. 下線部で例として示した塩化ナトリウム (NaCl) およびスクロース

($C_{12}H_{22}O_{11}$) はなぜ水に溶けやすいか、水分子との相互作用がわかるように概略図を図示して、簡単に説明せよ。

問 2. 60 °C の硫酸銅飽和水溶液 140 g を 20 °C に冷却すると、硫酸銅(II)五水和物は何 g 析出するか。有効数字 2 桁で答えよ。計算の過程も示すこと。

問 3. 気体の液体への溶解度が、温度が高いほど小さい理由を説明せよ。

問 4. 空気を体積比 4:1 の窒素と酸素の混合気体とみなすと、 5.05×10^5 Pa の空気と接している 20 °C の水 10 L には、窒素が何 g 溶けているか。有効数字 2 桁で答えよ。計算の過程も示すこと。

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、問 1～問 7 の答えを解答欄に記入せよ。

周期表の 17 族の典型元素を〔ア〕という。〔ア〕の原子はすべて 7 個の価電子をもち、電子 1 個を取り入れて一価の陰イオンになりやすい。

固体のヨウ素は〔イ〕色をした光沢がある結晶であり、おだやかに加熱すると〔ウ〕して気体になる。(あ)ヨウ素は水にはあまり溶けないがヨウ化カリウム水溶液にはよく溶けて赤褐色の溶液になる。この溶液はヨウ素・ヨウ化カリウム溶液ないしヨウ素溶液とよばれる。加熱して溶解したデンプン (α -デンプン) の水溶液に、ヨウ素・ヨウ化カリウム溶液 (ヨウ素溶液) を滴下すると〔エ〕色を示すが、この反応は〔オ〕反応とよばれる。

常温で気体の塩素は〔カ〕色をしており、刺激臭があり、空気より重く、(い)さらし粉に濃塩酸を加えると発生する。塩素は水と反応して塩化水素 (塩酸) と次亜塩素酸を生じる。また(う)塩素は赤熱した銅と激しく化合して、塩化銅(II)の黄土色の煙を生じる。(え)湿ったヨウ化カリウム・デンプン紙に、塩素を少し触れさせると〔エ〕色になる。

フッ素原子は全元素中で〔キ〕が最も大きい。常温で気体のフッ素は淡黄褐色をしており、ほとんどの単体を酸化して化合物を形成する。またフッ素は水素と爆発的に反応し、〔ク〕を生成する。(お)〔ク〕の水溶液は、ガラスの成分である二酸化ケイ素と反応するので、ポリエチレンの容器などに保存する。

問 1. 文章中の〔ア〕～〔ク〕に適切な語句を記せ。

問 2. 下線部 (あ) に記された、ヨウ素がヨウ化カリウム水溶液に溶解する際の化学反応式を記せ。

問 3. アセトンにヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を混ぜて加熱すると黄色の沈殿が得られた。この反応の名称と沈殿物の化学式を記せ。

問 4. 下線部 (い) に記された塩素の発生法を表す化学反応式を記し、捕集法もわかるように実験装置を図示せよ。また、なぜそのような捕集法を用いるのか説明せよ。

問 5. 下線部 (う) に記された変化を化学反応式で記せ。また、塩素と銅はそれぞれどちらが酸化剤としてはたらくか化学式で記せ。

問 6. 下線部 (え) に記された変化を化学反応式で記せ。また、塩素とヨウ素はそれぞれどちらが酸化剤としてはたらくか化学式で記せ。

問 7. 下線部 (お) に記された変化を化学反応式で記せ。

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、問 1～問 5 の答えを解答欄に記入せよ。なお、解答の有効数字は 2 桁とする。

気体の水素 H_2 と気体のヨウ素 I_2 を密閉容器に入れて加熱すると、反応して気体のヨウ化水素 HI を生成する。



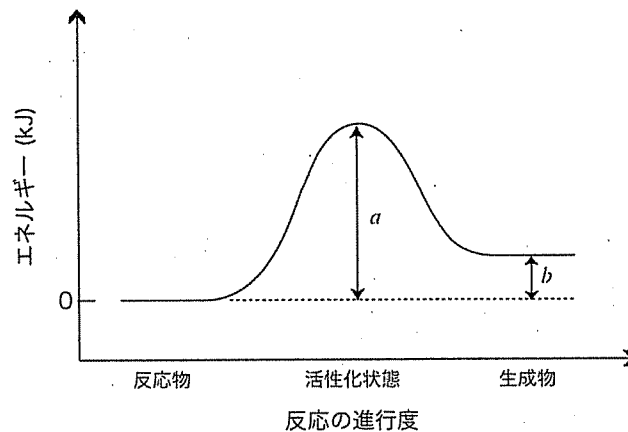
この反応は、常温付近で単に H_2 (気) と I_2 (気) を混合してもほとんど進行しない。これは、この化学反応が進行するためには、高エネルギーの活性化状態を経由する必要があるためである。反応物がこの活性化状態となるのに必要なエネルギーを活性化エネルギーという。1.0 mol の H_2 (気) と 1.0 mol の I_2 (気) から 2.0 mol の HI (気) を生成する式(1)の反応の活性化エネルギーは 174 kJ であり、この活性化状態から 2.0 mol の HI (気) を生成するときに 184 kJ のエネルギーを放出する。

問 1. 1.0 mol の H_2 (気) と 1.0 mol の I_2 (気) から 2.0 mol の HI (気) が生成するときに吸収あるいは放出される正味のエネルギーはいくらか。kJ 単位で答え、吸収か放出を○印で囲んで選択せよ。

問 2. 問 1 で求めた値を用いて、式(1)の化学反応の熱化学方程式を記せ。

問 3. H-H および I-I の結合エネルギーはそれぞれ 436 kJ/mol, 151 kJ/mol である。 H-I の結合エネルギーを kJ/mol 単位で求めよ。

問 4. (1)の反応は、白金触媒 Pt を用いると活性化エネルギーが 49 kJ まで低下する。
 以下の図例にしたがい、触媒を用いない場合と白金触媒を用いたときの式(1)の
 化学反応の進み方とエネルギーを図に示せ。なお、反応物のエネルギーを縦軸の
 0 kJ にとり、目盛の数値を適宜記入すること。また反応物と活性化状態および反
 応物と生成物との間のエネルギー差（それぞれ例の中の a , b に相当）を図中に記
 入すること。



問 5. (1)の反応は可逆反応であり、以下のように記される。



反応条件を保ったまま長時間放置しておくと、この可逆反応は平衡状態になる。

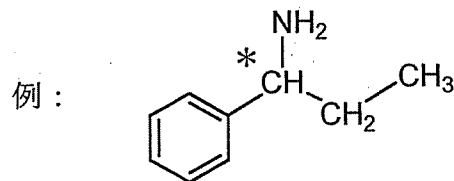
(i) 式(2)の可逆反応の平衡状態は、以下の(a)~(c)のどれに対応するか、記号で答えよ。

- (a) H_2 と I_2 の分子数の和が、 HI の分子数と等しい状態
- (b) 正反応と逆反応の反応速度が等しい状態
- (c) 反応が停止している状態

(ii) H_2 (気), I_2 (気), HI (気) の濃度をそれぞれ $[\text{H}_2]$, $[\text{I}_2]$, $[\text{HI}]$ と表すとき、式(2)の可逆反応の平衡定数 K_c を表す式を示せ。

(iii) 一定容積の密閉容器に、ある量の H_2 (気) と HI (気) を入れて一定温度に保ったところ、この容器内で式(2)が平衡状態に達した。このとき、容器中の全分子の物質量は 9.0 mol となっており、そのうち I_2 (気) は 1.0 mol であった。この温度における式(2)の可逆反応の平衡定数 K_c が 18 であるとする、最初に入れた HI (気) の物質量はいくらであったか、mol 単位で答えよ。計算の過程も示すこと。

[IV] 次の文章を読み、問 1～問 6 の答えを解答欄に記入せよ。ただし、構造式は下記の例にならって記せ。また、不斉炭素がある場合には、不斉炭素上に*印を記すこと。



合成樹脂の原料や医薬品となるグリセリン(分子式： $C_3H_8O_3$)は、ひまわり油やオリブ油に代表される の 反応で得ることができる。その化学反応では、分子中に 部分と 部分をもつセッケンがグリセリンと同時に生じる。セッケンを水に溶かすと、セッケンの が集合し、 部分が内側に、 部分が外側に向いたミセルができる。油をセッケン水に入れて振り混ぜると、油は微細な小滴となって分散する。このような現象を という。

グリセリンは三つの とよばれる官能基をもち、多価アルコールに分類される。1 mol のグリセリンと 1 mol の無水酢酸とを作用させると、グリセリンの一つの の水素原子が で置換された化合物 **1** が得られる。1 mol のグリセリンと 2 mol の無水酢酸との反応では、グリセリンの二つの の水素原子が で置換した化合物 **2** が生じる。

- 問 1. ～ にあてはまる最も適切な語句を記せ。
- 問 2. 下線部の状態になる理由；つまり油がセッケン水中で分散する理由、を図を用いて説明せよ。
- 問 3. グリセリンを示性式で記せ。
- 問 4. 化合物 **1,2** にはそれぞれ二種類の **A,B** と **C,D** の構造が考えられる。それらの構造式を記せ。ただし、構造 **A,C** には不斉炭素が存在する。

- 問 5. 一価のアルコールには第一級アルコール，第二級アルコールと第三級アルコールがあるが，それらを区別する方法を記せ。
- 問 6. 水を含む酢酸から水を取り除くためには，少量の無水酢酸を脱水剤として用いる。無水酢酸が脱水剤としてはたらくことを示す化学反応式を記せ。また，無水酢酸の作用により酢酸の含水率が低下したこと(酢酸の純度が向上したこと)を確認する方法を記せ。