

解答に必要ながあれば、以下の値を用いなさい。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, Na = 23.0, P = 31.0, Cl = 35.5, Br = 79.9

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ L} \cdot \text{Pa}/(\text{mol} \cdot \text{K})$, アボガドロ定数： $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

1

つぎの文を読み、以下の各問いに答えなさい。

市販のオキシドールに含まれる過酸化水素を定量するために次の滴定実験を行った。オキシドール 10.0 mL を蒸留水で正確に 10 倍に希釈した。この希釈溶液を 10.0 mL とり、希硫酸と蒸留水を加えて 50.0 mL の硫酸酸性水溶液とした。この水溶液中に含まれる過酸化水素の濃度を求めるために、0.0300 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ、過マンガン酸カリウム水溶液 12.0 mL を加えたときに終点に達した。ただし、この反応では過酸化水素はすべて過マンガン酸カリウムと反応したものとし、他の反応は起きないものとする。

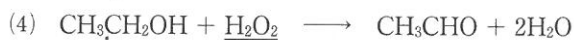
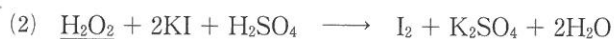
問 1 このオキシドールに含まれる過酸化水素の質量パーセント濃度 [%] として最も適切な値を a ~ e の中から一つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、希釈前のオキシドールの密度を 1.00 g/cm^3 とする。

a. 0.490 b. 1.84 c. 2.55 d. 3.06 e. 4.08

問 2 この反応で発生した気体の標準状態 (0°C , $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$) における体積 [mL] として最も適切な値を a ~ e の中から一つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

a. 12.1 b. 16.8 c. 20.2 d. 26.9 e. 32.3

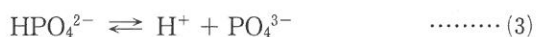
問 3 過酸化水素は、酸化剤としても還元剤としても働く。(1) ~ (4) の化学反応式について下線部の過酸化水素が酸化剤として働く場合には解答欄の記号 a に、還元剤として働く場合には解答欄の記号 b にマークしなさい。



2

つぎの文を読み、以下の各問いに答えなさい。

リン酸水溶液の化学平衡は次の3つの式により表される。



ここで、式(1)の平衡定数を K_1 、式(2)の平衡定数を K_2 、式(3)の平衡定数を K_3 、水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ を p で表す。また、リン酸と各リン酸イオンのモル濃度 $[\text{H}_3\text{PO}_4]$ 、 $[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ 、 $[\text{HPO}_4^{2-}]$ 、 $[\text{PO}_4^{3-}]$ をそれぞれ w 、 x 、 y 、 z で表すと、リン酸水溶液のモル濃度 c は式(4)で表すことができる。

$$c = w + x + y + z \quad \cdots \cdots (4)$$

各リン酸イオンのモル濃度 x 、 y 、 z をリン酸のモル濃度 w と K_1 、 K_2 、 K_3 および p で表すと、リン酸水溶液のモル濃度 c を w と K_1 、 K_2 、 K_3 および p で表した式(5)が得られる。一方、水素イオン濃度 p は x 、 y 、 z を使うと式(6)で表すことができる。式(6)に下線部①で得た式を代入して x 、 y 、 z を消去し、これを w を求める式に変形すると式(7)が得られる。

$$c = (\text{ア}) \frac{w}{p^3} \quad \cdots \cdots (5)$$

$$p = \text{イ} \quad \cdots \cdots (6)$$

$$w = \frac{p^4}{\text{ウ}} \quad \cdots \cdots (7)$$

$$c = [p, K_1, K_2, K_3 \text{ で表される式}] \quad \cdots \cdots (8)$$

式(7)を式(5)に代入することによって、リン酸水溶液のモル濃度 c を水素イオン濃度 p および平衡定数 K_1 、 K_2 、 K_3 で表すと、式(8)が得られる。

問1 下線部①の各リン酸イオンのモル濃度 x 、 y 、 z を表す式を a～f の中から一つずつ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

$$\begin{array}{llllll} \text{a. } \frac{K_1 K_2 K_3}{p^3} w & \text{b. } \frac{K_1 K_2 K_3}{p^2} w & \text{c. } \frac{K_1 K_2}{p^2} w & \text{d. } \frac{K_1 K_2}{p} w & \text{e. } \frac{K_1}{p} w & \text{f. } K_1 w \end{array}$$

問2 空欄 [ア] ～ [ウ] に当てはまる式を解答欄に書きなさい。

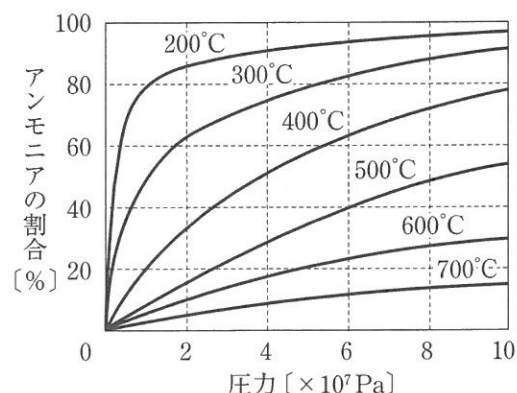
問3 あるリン酸水溶液の pH を測定したところ 2.00 であった。このリン酸水溶液の濃度 c [mol/L] を有効数字 3 桁で求め、解答欄に書きなさい。

ただし、 $K_1 = 8.00 \times 10^{-3}$ [mol/L], $K_2 = 8.00 \times 10^{-8}$ [mol/L], $K_3 = 5.00 \times 10^{-13}$ [mol/L] とする。

問4 リン酸とその塩からなる水溶液には、少量の酸や塩基を加えても pH をほぼ一定に保つ働きがある。このような作用を何というか。漢字で解答欄に書きなさい。

3 つぎの文を読み、以下の各問いに答えなさい。

窒素 N_2 と水素 H_2 からアンモニア NH_3 が生成する反応は、式 (1) で表される可逆反応である。右図は、 N_2 と H_2 を体積比 1 : 3 で混合した気体の温度と圧力を変化させて平衡状態に達したときのアンモニアの割合（物質量の百分率）を示したものである。



式 (1) の反応が右へ進むと する。このことは、圧力を一定にして温度を下げるとアンモニアの割合が することからわかる。また、温度を一定に保ち圧力を させると、平衡は全分子数が増大する方向へ移動する。そのため、アンモニアの割合を増やすためには、 である方がよい。しかし、工業的には物質を効率よく大量生産する必要があるため、鉄を主成分とする触媒を用いたうえ、反応速度のことを考慮して、 でアンモニアを合成している。

問 1 空欄 ～ に当てはまる語句を a ～ d の中から一つずつ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

- a. 発熱 b. 吸熱 c. 増加 d. 減少

問 2 空欄 および に当てはまる語句を a ～ d の中から一つずつ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

- a. 低温・低圧 b. 低温・高圧 c. 高温・低圧 d. 高温・高圧

問 3 密閉容器をアンモニアで満たし、 500°C 、 $6.0 \times 10^7 \text{ Pa}$ で平衡に達したとき、容器内は気体だけとなった。この気体すべての物質質量に対する H_2 の物質質量の割合 [%] として最も適切な値を a ～ g の中から一つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、気体はすべて理想気体とする。

- a. 11 b. 23 c. 32 d. 45 e. 55 f. 63 g. 72

4

つぎの文を読み、以下の各問いに答えなさい。

少量の濃硫酸を含むエタノールを容器中で加熱するとき、温度によって生成する物質が異なり、ア℃の場合ではエチレンが、イ℃ではジエチルエーテルが生成する。Aさんはエタノールと濃硫酸を用いて、以下のよう
にジエチルエーテルを得る実験を行った。

Aさんはエタノール 100 g を用いて実験を行うつもりであったが、誤って 100 mL のエタノールを量りとり、少量の濃硫酸を加えて実験を開始した。この密封容器をしばらくイ℃で加熱したところ、エタノールは完全に反応したが、加熱にむらがあったために、エチレンとジエチルエーテルのみからなる混合気体が生じた。生成した混合気体をすべて回収し室温に冷却したところ、エチレンはすべて気体のままで、ジエチルエーテルはすべて液体となり、容器の底にたまった。たまった液体の質量を測定し、ジエチルエーテルの収率を計算した結果、55.0 % となった。しかし、後から見直したところ、原料のエタノール 100 g を用いたと考えて収率を計算したため、100 mL 用いたこの実験の収率として誤っていることがわかった。

ここで収率とは、

$$\text{収率} [\%] = \frac{\text{実際に得られた生成物の物質量}}{\text{原料が完全に反応して得られる生成物の物質量}} \times 100$$

で表される値である。なお、エタノールの密度は 0.789 g/cm^3 とする。また、混合気体およびジエチルエーテルの回収は完全に行われたものとし、エチレンのジエチルエーテルに対する溶解度は無視できるものとする。

問 1 空欄ア およびイ に当てはまる値の組み合わせとして適切なものを a ~ f の中から一つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| a. ア 90 ~ 100, イ 130 ~ 140 | b. ア 90 ~ 100, イ 160 ~ 170 |
| c. ア 130 ~ 140, イ 160 ~ 170 | d. ア 130 ~ 140, イ 90 ~ 100 |
| e. ア 160 ~ 170, イ 90 ~ 100 | f. ア 160 ~ 170, イ 130 ~ 140 |

問 2 この実験で得られたジエチルエーテルの質量 [g] として最も適切な値を a ~ f の中から一つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

- | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| a. 34.9 | b. 44.2 | c. 45.2 | d. 55.0 | e. 69.8 | f. 88.5 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|

問 3 この実験で得られたジエチルエーテルの正しい収率 [%] として最も適切な値を a ~ f の中から一つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

- | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| a. 43.4 | b. 52.4 | c. 58.4 | d. 69.7 | e. 78.9 | f. 86.8 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|

問 4 この実験によって生じたエチレンの標準状態 (0°C , $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$) における体積 [L] として最も適切な値を a ~ f の中から一つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、エチレンは理想気体とする。

- | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| a. 5.07 | b. 8.11 | c. 11.6 | d. 16.0 | e. 18.3 | f. 21.7 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|

5

つぎの文を読み、以下の各問いに答えなさい。

脂肪酸を、(炭素数：炭素—炭素原子間の二重結合の数)で表記することとする。例えば、酢酸は(2：0)、炭素数18で炭素—炭素原子間の二重結合を2個含むリノール酸は(18：2)と表すことができる。油脂は、グリセリンに3個の脂肪酸が ア 結合によって結合した構造を有している。ある油脂 A は、グリセリンに(16：0)、(18：1) および(18：3) が1個ずつ結合した物質である。

問1 脂肪酸(18：3)の分子式を解答欄に書きなさい。

問2 空欄 ア に当てはまる語句を a～e の中から一つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

- a. エーテル b. エステル c. アミド d. 水素 e. イオン

問3 油脂 A の分子量を求め、有効数字3桁で解答欄に書きなさい。

問4 1.00 g の油脂 A をすべてけん化するのに必要な水酸化ナトリウムの質量 [g] として最も適切な値を a～f の中から一つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

- a. 4.41×10^{-2} b. 4.68×10^{-2} c. 1.32×10^{-1} d. 1.41×10^{-1} e. 3.96×10^{-1}
f. 4.22×10^{-1}

問5 1.00 g の油脂 A に臭素を完全に付加反応させたとき、反応する臭素の質量 [g] として最も適切な値を a～f の中から一つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

- a. 1.76×10^{-1} b. 1.87×10^{-1} c. 3.52×10^{-1} d. 3.74×10^{-1} e. 7.04×10^{-1}
f. 7.48×10^{-1}

6

つぎの文を読み、以下の各問いに答えなさい。

エステル A は、炭素、水素、酸素からなる分子内に 1 個の不斉炭素原子をもつ有機化合物である。このエステル A の元素分析を行った結果、質量百分率で炭素 74.2%、水素 7.8%であり、分子量は 178 であった。

エステル A を水酸化ナトリウム水溶液に加えて加熱したのち酸性にすると、融点 123℃の結晶 B と沸点 99℃の無色の液体 C が得られた。化合物 B は芳香族化合物で、その元素分析結果は、質量百分率で炭素 68.9%、水素 4.9%であり、分子量は 122 であった。一方、化合物 C を二クロム酸カリウムの希硫酸溶液に入れて温めると化合物 D が生成した。化合物 D に水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて温めると、特有のにおいをもつ黄色結晶が生じた。

問 1 化合物 B, C, D の構造式(示性式)をそれぞれ解答欄に書きなさい。

問 2 化合物 C の構造異性体は、化合物 C 以外に何種類あるか。その数を解答欄に書きなさい。

問 3 化合物 C 2.22 g にナトリウムの小片を加えると気体が発生した。気体が発生しなくなるまでナトリウムを加えたとき、発生した気体の標準状態(0℃, 1.01×10^5 Pa)における体積[mL]を有効数字 3 桁で解答欄に書きなさい。ただし、発生した気体は理想気体とする。