

選 択 科 目

(医 学 部)

— 2 月 2 日 —

物 理 }
化 学 } この中から 1 科目を選択して解答しなさい。
生 物 }

科 目	問 題 の ペ ー ジ
物 理	1 ~ 5
化 学	6 ~ 11
生 物	12 ~ 20

選択した科目の解答用紙をビニール袋から取り出し、解答はすべて選択した科目の解答用紙に記入して提出しなさい。

解答に必要な場合は、以下の値を用いなさい。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, S = 32.1, Cl = 35.5, K = 39.1, Ti = 47.9,

Fe = 55.9, 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： $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$,

$\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$

1

金属チタンと水素が反応すると、ある化合物をつくり、その結晶構造は下の図1のような単位格子をもっている。この単位格子中では、チタン原子は図2のように面心立方格子と同じ結晶構造をとり、水素原子は図3のように立方体を8等分してできる8つの小立方体の中心に存在している。以下の各問いに答えなさい。

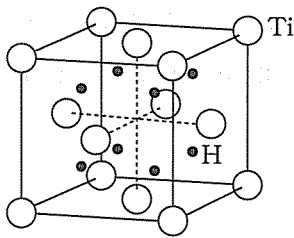


図1 化合物の単位格子

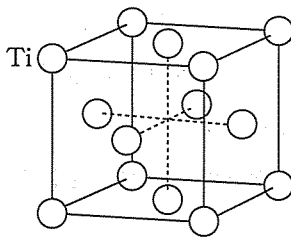


図2 化合物中のチタンの原子配置

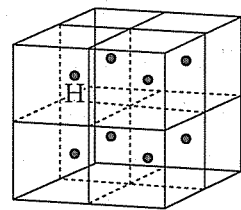


図3 化合物中の水素の原子配置

問1 この化合物の組成式を解答欄に書きなさい。

問2 チタンの原子半径が $1.50 \times 10^{-8} \text{ cm}$ であるとき、この化合物の単位格子の一辺の長さ [cm] 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、チタン原子は互いに接しているものとし、水素原子の大きさは無視してよい。

- a. 1.50×10^{-8} b. 2.13×10^{-8} c. 3.00×10^{-8} d. 4.26×10^{-8} e. 4.50×10^{-8}
f. 6.39×10^{-8}

問3 この化合物の単位格子に占める水素原子の数から、この化合物の 1 cm^3 あたりに含まれる水素の質量 (水素の密度) [g/cm^3] 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。

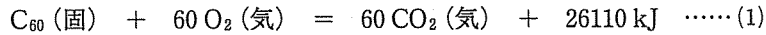
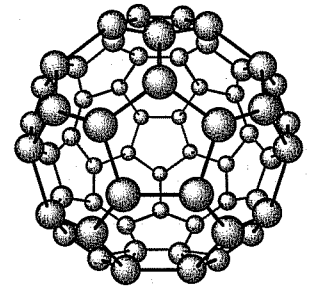
- a. 4.31×10^{-2} b. 6.14×10^{-2} c. 8.61×10^{-2} d. 1.23×10^{-1} e. 1.72×10^{-1}
f. 2.46×10^{-1}

問4 問3でもとめた水素の密度は、標準状態 (0°C , $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$) における気体の水素の密度と比べて何倍か。その数値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、気体の水素は理想気体とする。

- a. 4.83×10^2 b. 6.80×10^2 c. 9.65×10^2 d. 1.36×10^3 e. 1.93×10^3
f. 2.72×10^3

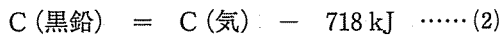
2 つぎの文を読み、以下の各問いに答えなさい。ただし、燃焼熱、昇華熱は 25℃、 1.01×10^5 Pa のときの値である。

ダイヤモンドや黒鉛は、炭素の同素体としてよく知られている。近年、 と呼ばれる新たな炭素の同素体が発見され、その燃焼熱が測定された。代表的な である C_{60} 分子は、右図に示すようなサッカーボール型の構造をとっており、その燃焼は、つぎの熱化学方程式 (1) で表される。



ここで、ダイヤモンドの燃焼熱は 396 kJ/mol、黒鉛の燃焼熱は 394 kJ/mol であるので、黒鉛から C_{60} をつくる反応を表す熱化学方程式は となる。また、1 モルの炭素原子に含まれる化学エネルギーの絶対値は、 C_{60} とダイヤモンドで kJ 異なっていることがわかる。

また、炭素(黒鉛)の昇華は、つぎの熱化学方程式 (2) で表される。



以上のことより、ダイヤモンドの C-C 原子間の結合エネルギーは、 kJ/mol と求められる。

問 1 空欄 に当てはまる最も適切な語句をカタカナで解答欄に書きなさい。

問 2 空欄 に当てはまる熱化学方程式を解答欄に書きなさい。

問 3 空欄 に当てはまる最も適切な値を 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. 2 b. 39 c. 2074 d. 2076 e. 2468 f. 25714

問 4 空欄 に当てはまる最も適切な値を 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. 198 b. 358 c. 394 d. 396 e. 718 f. 26110

3

以下の各問いに答えなさい。

問1 純粋なシュウ酸二水和物の結晶を水に溶かして、正確に 18.0 mL とした。この溶液に硫酸を加えて酸性にしたところ、体積が 24.0 mL となった。このようにして作製したシュウ酸水溶液をすべて三角フラスコに入れ、 5.00×10^{-3} mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液を加えてわずかに色に変化するまで滴定したところ、15.0 mL を要した。

- (1) この滴定実験で生じる化学反応式を解答欄に書きなさい。
- (2) 滴定の前後のシュウ酸水溶液の色の変化として最も適切なものを 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. 無色→黄色	b. 無色→赤紫色	c. 無色→青色	d. 黄色→無色
e. 赤紫色→無色	f. 青色→無色		
- (3) この反応において酸化剤として働く原子の元素記号と酸化数の変化をそれぞれ解答欄に書きなさい。
- (4) 溶かしたシュウ酸二水和物の質量 [g] を有効数字 3 桁で解答欄に書きなさい。

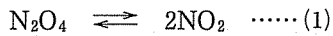
問2 水和水をもつ硫酸鉄(Ⅱ)の結晶 0.250 g を水に溶かして正確に 50.0 mL とし、 1.00×10^{-2} mol/L の過マンガン酸カリウムの硫酸酸性水溶液で滴定したところ、22.5 mL を要した。この硫酸鉄(Ⅱ) 1 mol あたりの水和水の物質質量 [mol] として最も適切な値を a ~ h の中から一つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

- | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 | f. 6 | g. 7 | h. 8 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|

4

つぎの文を読み、以下の各問いに答えなさい。ただし、気体はすべて理想気体とする。

温度が一定のとき、四酸化二窒素は一部が解離して二酸化窒素を生じ、つぎの式(1)で表される平衡状態になる。



四酸化二窒素および二酸化窒素を用いて以下の実験1～3を行った。

実験1：四酸化二窒素と二酸化窒素の混合気体を図1のように二つの容器に入れて中央で連結し、(1)式で表される平衡状態にした。その後、左側の容器を氷水冷し右側の容器を温め容器内の気体の色の変化を観察したところ、温水側の気体の色が氷水側の気体の色よりも濃くなった。

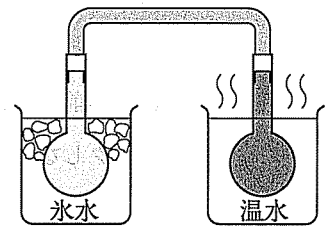


図1

実験2：図2のようなピストン付きの容器に0.20 molの四酸化二窒素を入れ、温度を27℃に保って容器の体積を2.0 Lとしたところ、四酸化二窒素の20%が二酸化窒素に解離して、気体は(1)式で表される平衡状態に達した。

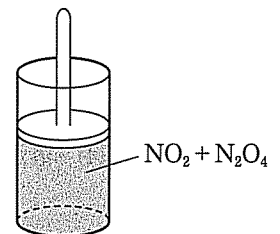


図2

実験3：実験2と同様に、ピストン付の容器に0.20 molの四酸化二窒素を入れ、温度を27℃に保って容器の体積を20 Lとしたところ、気体は(1)式で表される平衡状態に達した。

問1 実験1の結果を参考にして、四酸化二窒素の生成反応が発熱反応の場合は解答欄の記号aに、吸熱反応の場合は解答欄の記号bにマークしなさい。

問2 実験2で平衡状態に達したときの濃度平衡定数 K_c を有効数字2桁で求め、その単位とともに解答欄に書きなさい。

問3 実験2で平衡状態に達したときの気体の全圧 [Pa] 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 : 2.7×10^4 b : 5.4×10^4 c : 1.0×10^5 d : 2.0×10^5 e : 3.0×10^5
 f : 4.0×10^5

問4 実験2で平衡状態に達したときの気体の圧平衡定数 K_p を有効数字2桁で求め、その単位とともに解答欄に書きなさい。

問5 実験3で平衡状態に達したとき、四酸化二窒素の何%が二酸化窒素に解離したか。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 : 10 b : 20 c : 30 d : 40 e : 50 f : 60

5 有機化合物は炭素といくつかの元素からできている。有機化合物の成分元素は、燃焼などの操作を行い、元素が反応した結果生じる色をもとに確認することができる。以下の A 群には成分元素、B 群には操作方法、C 群には操作による確認反応で生じる色を示している。A 群のそれぞれの成分元素の確認について、最も適切な組み合わせとなるように B 群と C 群の a～e の中から一つずつ選び、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、同じ記号を複数回使用してもよい。

A 群：成分元素

炭素 水素 窒素 塩素 硫黄

B 群：操作方法

- a. 完全燃焼させ、発生する気体を石灰水に通じる
- b. 焼いた銅線につけて燃焼させる
- c. ナトリウムを加えて加熱・融解した後、生成物を水に溶かして酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加える
- d. 完全燃焼させ、生成物を硫酸銅(Ⅱ)無水物に接触させる
- e. 水酸化ナトリウムを加えて加熱し、生じた気体に湿らせた赤色リトマス紙を近づける

C 群：確認反応で生じる色

a. 黒色 b. 青緑色 c. 青色 d. 白色 e. 黄色

6 つぎの文を読み、以下の各問いに答えなさい。ただし、気体はすべて理想気体とする。

化合物 X は、炭素、水素、塩素、酸素からなり、ヒドロキシ基をもつ有機化合物である。この化合物 X の元素分析値は、質量パーセントで炭素：38.10%，水素：7.41%，塩素：37.57%であった。また、この化合物 X を 378 mg はかりとり、体積 800 mL の真空容器に入れ 127℃ に加熱すると、すべて気化して圧力は 16.6 kPa を示した。

問 1 化合物 X の分子量を求め、有効数字 3 桁で解答欄に書きなさい。

問 2 化合物 X の分子式を求め、解答欄に書きなさい。

問 3 問 2 で得られた分子式からなる化合物の構造異性体の数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. 3 b. 4 c. 5 d. 6 e. 7 f. 8

問 4 構造解析の結果、化合物 X は不斉炭素原子をもたず、塩素とヒドロキシ基が同一炭素原子に結合していなかった。化合物 X の構造式または示性式を解答欄に書きなさい。

7 つぎの文を読み、以下の各問いに答えなさい。

ベンゼンとプロペンを反応させて得られる を経由して合成される の製法は、単に を製造できるばかりか、この反応で副生する の工業的製法として①も価値が高く優れた方法である。 はヒドロキシ基を有し、水酸化ナトリウム水溶液と反応して となる。

一方、アニリンの塩酸溶液に0～5℃で亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると が得られる。 は水溶液中5℃以下では安定であるが、温度が高いと分解して を生成する。 の水溶液に の水溶液を加えると、赤橙色の が析出する。

問1 空欄 に当てはまる化合物の構造式または示性式を解答欄に書きなさい。

問2 空欄 に当てはまる化合物の名称を解答欄に書きなさい。

問3 空欄 に当てはまる化合物の名称を解答欄に書きなさい。

問4 下線部①の製法の名称を解答欄に書きなさい。

問5 空欄 ～ に当てはまる化合物の構造式または示性式をそれぞれ解答欄に書きなさい。