

化 学

計算のために必要があれば、次の値を用いなさい。

原子量：H 1.00 C 12.0 N 14.0 O 16.0

アボガドロ数： 6.02×10^{23}

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

絶対零度： -273°C

気体はすべて理想気体とする。

I 以下の文章(Ia), (Ib), (Ic)を読み、問1～3に答えなさい。(配点21点)

(Ia) 電気陰性度の低い元素は最外殻に存在する価電子の数が ア く、その原子同士が結合する場合、多数の原子が互いに価電子を共有する状態にある。このような状態にある電子を イ といい、これらの原子が結合してできた物質には特徴的な性質がある。原子がこのように結合している状態を ウ 結合という。

(A) 一般に、このような結合を有する物質は原子同士が規則正しく配列する構造をもつことが知られており、その物質の密度から構造が推測できることが多い。

(Ib) 次に、下線部(B)の性質をもつ元素Aのみからなる物質について以下の実験を行った。まず、この物質を加熱すると、比較的低い温度で完全に気化することがわかった。そこで、ある一定体積の容器を真空にして質量を測定した後、273 K にて常圧($1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ とする)の窒素ガスを満たしたところ、その質量は28.0 g 増加した。その後、この容器に窒素を満たしたまま、元素Aからなる物質1.15 g を導入し、加熱してすべて気化させた。このときの容器内の温度と圧力は1365 K、および $5.25 \times 10^5 \text{ Pa}$ であった。

(Ic) さらに、固体状態においてこの物質を構成している原子の配列の規則性を調べたところ、いずれの原子にも周りに8つの原子がそれぞれ等距離の位置に隣接しており、その距離は $3.46 \times 10^{-8} \text{ cm}$ であった。また、互いに隣接する原子がなす角度はいずれも等しいことが分かった。

問 1 文章(Ia)に関する以下の問に答えなさい。

- (1) ア ～ ウ にあてはまる最も適切な語句をそれぞれ答えなさい。
- (2) 下線部(A)に当てはまる性質として適当ではないものを以下からすべて選び、記号で答えなさい。
- (a) 酸化されにくい
 - (b) 表面が光沢を示す
 - (c) 熱を伝えやすい
 - (d) 高い電気伝導率を示す
 - (e) 密度が高い

問 2 文章(Ib)に関する以下の問に答えなさい。

- (1) ここで加えた元素 A からなる物質の物質量は何 mol か答えなさい。ただし、この物質が気化する前の体積は容器の体積に比べて十分に小さいので、無視できるものとする。
- (2) この実験結果を基にして、この元素 A の原子量を求めなさい。

問 3 文章(Ic)に関する以下の問に答えなさい。

- (1) この物質を構成している原子の配列の規則性を示す最小単位を図示しなさい。
- (2) 固体状態でこの物質 1.00 mol が占める体積(cm^3)を有効数字 3 桁で求めなさい。ただし、値を求める過程も示しなさい。

Ⅱ 以下の文章を読み、問 1 ～ 7 に答えなさい。(配点 21 点)

ア の気体である二酸化窒素 NO_2 が、イ の気体である四酸化二窒素 N_2O_4 に変化する反応の反応熱を $Q \text{ kJ}$ とすると、熱化学方程式は次式で表される。



また、この反応は次の化学反応式で表されるとおり、右左どちらの方向にも進む。このような反応を ウ といい、温度、圧力、濃度などの変化にともない平衡移動が起こる。



この反応について、圧力変化と平衡移動の関係を確認するため、以下の実験を行った。

操作 1：図 1 に示すとおり、シリンダー内に温度 T 、圧力 P_1 の状態(状態 1)で 4.00 l の試料気体を封入した。

操作 2：図 2 に示すとおり、温度 T を一定に保ったまま圧力が P_2 の状態(状態 2)になるまで徐々に圧縮を行い、そのときの体積 V_x を測定した。

実験は 2 回行い、1 回目は気体の窒素 N_2 を、2 回目は状態 1 で平衡状態にある NO_2 と N_2O_4 の混合気体を試料として封入した。実験の結果、窒素および混合気体を用いて実験を行ったときに得られた V_x の値は、それぞれ V_A 、 V_B であった。なお、2 回目の実験で封入した混合気体の状態 1 における平衡定数は $K = 25.0 \text{ (mol/l)}^{-1}$ 、 NO_2 のモル濃度は $5.00 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$ であった。

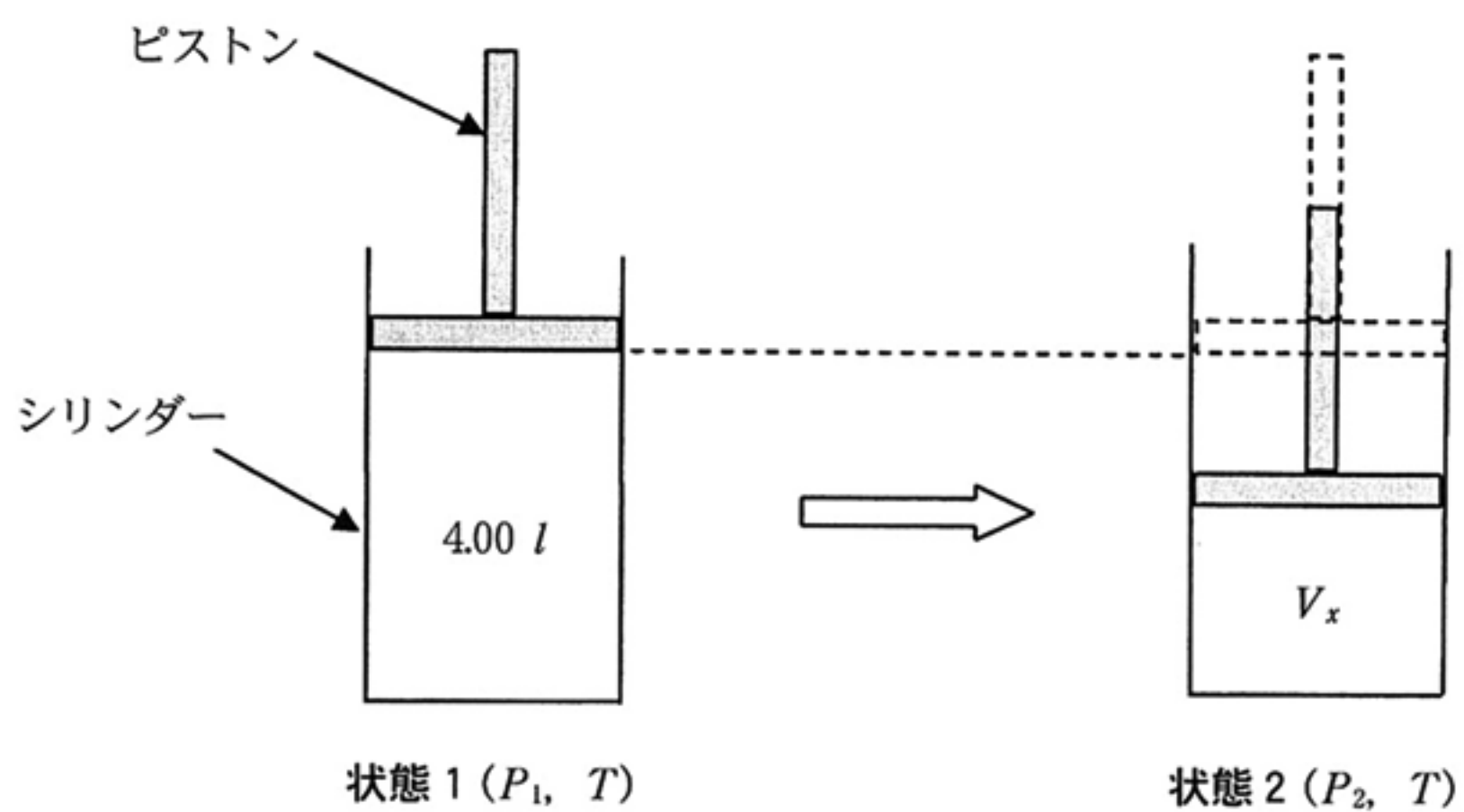


図 1

図 2

問 1 熱化学方程式(1)における反応熱 Q の値を求めなさい。ただし、 NO_2 (気)の生成熱は -33.2 kJ/mol 、 N_2O_4 (気)の生成熱は -9.2 kJ/mol とする。

問 2 空欄 ア , イ に入る適切な色と ウ に入る最も適切な語句を示しなさい。

問 3 平衡状態にある NO_2 と N_2O_4 の混合気体中におけるそれぞれの成分のモル濃度を $[\text{NO}_2]$ 、 $[\text{N}_2\text{O}_4]$ とするとき、反応式(2)における平衡定数 K を表す式を示しなさい。

問 4 下線部について、圧力を一定に保ったまま温度を上げた場合、反応式(2)で示される反応の平衡は右左どちら向きに移動するか。次の(a)~(e)の中から正しいものを選び、その記号を答えなさい。

- | | |
|------------------|------------------|
| (a) 吸熱反応であるので左向き | (b) 吸熱反応であるので右向き |
| (c) 発熱反応であるので左向き | (d) 発熱反応であるので右向き |
| (e) 平衡の移動は起こらない | |

問 5 実験操作 1 の状態 1 における NO_2 、 N_2O_4 および N_2 の物質量はそれぞれ何 mol かを答えなさい。

問 6 状態 1 から状態 2 へ変化したとき、 NO_2 と N_2O_4 の混合気体の全物質量は減少する。その減少量 $y \text{ mol}$ を V_A および V_B を用いた式で表しなさい。

問 7 混合気体の状態 2 における平衡定数を K' とするとき、状態 1 における平衡定数 K との大小関係として正しいものを(a)~(c)より選び記号で答えなさい。

- (a) $K' > K$, (b) $K' = K$, (c) $K' < K$

Ⅲ ともに炭素数が 18 で鎖状の一価カルボン酸である飽和脂肪酸 X, および不飽和脂肪酸 Y について, 以下の問 1 ~ 5 に答えなさい。(配点 15 点)

問 1 飽和脂肪酸 X を完全燃焼した際の化学反応式を書きなさい。

問 2 飽和脂肪酸 X 2.84 g を完全燃焼した際に発生した二酸化炭素は何 g か, 有効数字 3 桁で答えなさい。

問 3 不飽和脂肪酸 Y 0.03 mol を完全燃焼したところ, 8.10 g の水が発生した。Y の分子式を書きなさい。

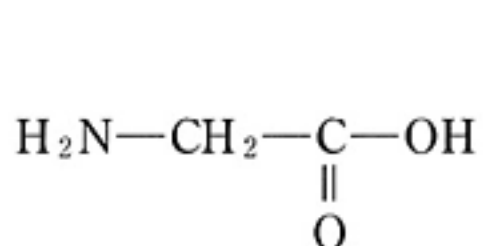
問 4 問 3 の反応が起こった際に消費された酸素の量は何 g か, 有効数字 3 桁で答えなさい。

問 5 飽和脂肪酸 X, 不飽和脂肪酸 Y に関する次の記述(a)~(f)について正しいものをすべて選び, 記号で答えなさい。

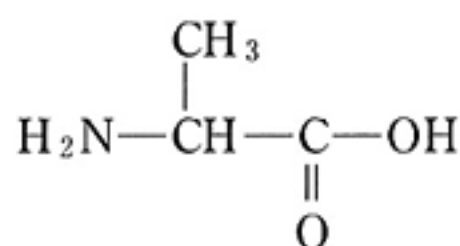
- (a) X, Y ともにヨウ素を加えると付加反応が起こる
- (b) X はポリエステルまたはナイロンの原料として用いられる
- (c) X, Y ともにフェーリング液と加熱しても, Cu_2O の沈澱は生じない
- (d) Y をグリセリンと反応させて得られた油脂はエステル的一种であり, 有機溶媒にはほとんど溶けない
- (e) X は二重結合をもたない分子である
- (f) Y に触媒を用いて水素を付加すると, 融点が高くなる

Ⅳ 次の文章を読み、問 1 ～ 5 に答えなさい。(配点 18 点)

α -アミノ酸のうちグリシンとアラニンは以下の構造式で表すことができる。



グリシン



アラニン

アラニンには 炭素原子があるため、L 体および D 体と呼ばれる 2 種類の 異性体が存在するが、グリシンにはこれらは存在しない。ペプチドは 2 個以上の アミノ酸がペプチド結合によって結びついた化合物 である。自然界の生物中にはこれらのアミノ酸が多数結合した が存在し、その例として触媒機能をもった が知られている。 は反応の を下げることで反応速度を高める働きをする。一方、比較的少数のアミノ酸が結合したペプチドは人工的に合成することも可能であり、溶媒などの条件によってペプチド結合間で 結合し、 中に存在するものと同様の α -ヘリックス構造と呼ばれるらせん状構造となるものもある。さらに、直鎖状ペプチドの両端に存在するアミノ基とカルボキシル基をペプチド結合でつなぐことで、環状ペプチドを合成することも可能である。例えば、4 分子のグリシンをペプチド結合で直鎖状につないだペプチドを環状にする場合、模式的に表すと次のようになる。

グリシン—グリシン—グリシン—グリシン

↓

グリシン—グリシン

| |

グリシン—グリシン

問 1 空欄 ア ～ カ にあてはまる最も適切な語句を記入しなさい。

問 2 下線部について、グリシンとアラニンが結合した直鎖状ジペプチドの構造式すべてを示しなさい。ただし、アラニンの L 体と D 体は区別しなくてよい。

問 3 グリシンとアラニン一つずつからなる直鎖状ジペプチドは何種類合成可能であるか答えなさい。ただし、アラニンは L 体または D 体のいずれも使うことができる。

問 4 グリシンおよび L 体のアラニンのみからなり、それぞれを少なくとも一つ含み、4 分子が直鎖状につながったペプチドは何種類合成可能であるか答えなさい。

問 5 グリシンおよび L 体のアラニンのみからなり、それぞれを少なくとも一つ含み、6 分子が環状につながった環状ペプチドは何種類合成可能であるか答えなさい。