

I 元素や化合物の性質について問 1～4 に答えなさい。(配点 18 点)

問 1 空欄 , にあてはまる適切な語句を記入しなさい。

原子がイオンになるときや、原子同士が結合するとき重要な役割を果たす、最も外側の電子殻にある電子を という。ただし、 のもつ電子配置は安定なため、その最外殻の電子は化学変化に関係せず、 とはみなされない。 の数が同じ元素は、お互いによく似た化学的性質を示し、その数は原子番号とともに周期的に変化するので、元素の化学的性質は原子番号とともに周期的に変化する。

問 2 問 1 の下線部のような周期的に変化を示す化学的性質の例として第一イオン化エネルギーをあげることができる。アルカリ金属の第一イオン化エネルギーが小さい理由を 40 字以内で説明しなさい。

問 3 O^{2-} 、 F^{-} 、 Na^{+} 、 Mg^{2+} および Al^{3+} イオンはいずれも Ne と同じ電子配置をもつ。これらのイオンの半径について以下の間に答えなさい。

(a) これらのイオンのうち、半径の最も小さなものを答えなさい。

(b) (a) で答えたイオンの半径が最も小さくなる理由を 40 字以内で説明しなさい。

問 4 同族元素の水素化合物の沸点を比較すると一般に分子量が大きくなるにしたがい沸点は高くなる。しかし、17 族元素の水素化合物(HF, HCl, HBr, HI)のなかでは HF が異常に高い沸点をもつ。

この事実を説明する次の文章を読み、空欄 ~ にあてはまる適切な語句を記入しなさい。

F の電気陰性度は大きく、H の電気陰性度との差が大きいために、HF 分子の H 原子はいくらか 電荷を帯び、F 原子はいくらか 電荷を帯びる。したがって、HF 分子の H 原子は隣の HF 分子の F 原子と静電的に引き合う。このような、H 原子と他の分子の電気陰性度の大きな原子との間に働く力を 結合という。このため、HF は 17 族元素の水素化合物のなかでは異常に高い沸点をもつ。

Ⅱ 室温で液体である物質の分子量を求めるために、次のような実験を行った。以下の問1～5に答えなさい。(配点20点)

大気圧は1.00 atm、室温は20.0℃とし、水の沸点は100℃としなさい。フラスコの体積は100℃で350 mlとしなさい。

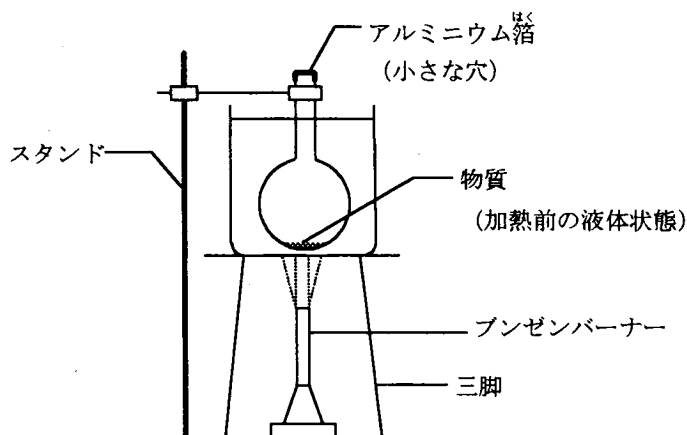


図 1

- (1) フラスコの中に液体である物質を適量入れ、針で小さな穴を開けたアルミニウム箔でフラスコの口にふたをする。
- (2) 図1に示したように、物質を入れたフラスコの口の近くまで水を張る。ブンゼンバーナーでビーカーを加熱し静かに沸騰させる。沸騰後、フラスコ内の液体が蒸発し完全に気化したことを確認する。
- (3) フラスコを静かにビーカーより取り出し、室温まで冷却する。
- (4) フラスコ内に液体が凝縮していることを確認し、フラスコの周囲の水滴を十分ぬぐい、アルミニウム箔とともに液体を含んだフラスコの重量を精密天秤で測定する。
- (5) 凝縮した液体を廃棄し、フラスコを十分乾燥する。
- (6) (1)の操作に戻り、同じフラスコと同じアルミニウム箔のふたを用いて、導入する物質の量を変え、以後(1)から(5)の操作を繰り返し、表1の結果を得た。

- (7) 凝縮した液体を廃棄し、フラスコを十分乾燥した後、ふたのアルミニウム箔^{はく}とともにフラスコを秤量したところ、127.15 gであった。

表 1

物質の導入量 (ml)	(4)での測定値 (g)
0.4	127.70
0.8	128.29
1.2	128.62
1.6	128.62

問 1 分子量を求めるために最低限必要な導入量を表 1 から選びなさい。また、その理由として最も適当と思われるものを(a)~(d)から選び、記号で答えなさい。

- (a) 少量の物質の質量を測定することは誤差が大きいです。
- (b) 多量に物質を導入すると気化が十分起こらない。
- (c) 蒸発した物質の蒸気がフラスコ内の空気を完全に追い出す。
- (d) 少量導入した場合完全に物質が気化する。

問 2 フラスコ内を 100 °C において気体として満たすことのできる物質の質量を求めなさい。

問 3 フラスコ内に充満した物質の質量を w (g)、大気圧を P (atm)、フラスコ体積を V (ml)、気体定数を R [atm · l / (K · mol)]、温度を T (K) とし、物質の分子量 M を表しなさい。ただし、蒸発した物質が理想気体であると仮定しなさい。

問 4 実験で用いた物質の分子量を計算したうえで、それともっとも近い分子量を持つ化合物を(A)~(E)から選び記号で答えなさい。

- (A) ベンゼン (C_6H_6)
- (B) ジクロロメタン (CH_2Cl_2)
- (C) クロロホルム ($CHCl_3$)
- (D) 四塩化炭素 (CCl_4)
- (E) トリクロロエチレン ($CHCl=CCl_2$)

問 5 次の文章中の空欄 ～ に当てはまる適当な語句, 数値, あるいは式を答えなさい。必要であれば問 3 で用いた記号を用いなさい。

問 4 で求めた分子量は様々な仮定のもとで計算されたものである。たとえばこの実験では, 物質の室温での蒸気圧を無視して計算している。すなわち(4)の操作で質量を測定する際, 物質はすべて となっていると仮定している。今, この物質の室温での蒸気圧を $P_m(\text{atm})$ とした場合, その分だけフラスコ内の空気が押し出される。(4)の操作で実際に測定された質量は, 押し出された空気のみだけ なる。押し出された空気の質量 $w_A(\text{g})$ は, 空気の平均分子量を M_A とすると

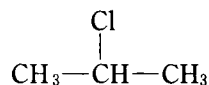
$$w_A = \text{ウ}$$

であらわされる。ただし, 空気は理想気体としてよい。

したがって, 分子量を計算する際に用いる物質の質量は, 問 3 で用いた $w(\text{g})$ ではなく, を用いなければならない。特に室温での蒸気圧の高い物質ほど影響が大きい。

Ⅲ 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。なお、構造式に関しては、例にならって簡略化したものを用いること。その際に、不斉炭素を表示する必要はない。
(配点 21 点)

例)



有機化合物は、炭素、水素、酸素などの比較的少数の元素を中心として成り立っているが、同じ分子式で表される分子であっても、何種類もの構造が考えられることが多い。しかしながら、その分子式を知るだけでその構造などに関する手がかりが得られる場合がある。例として、 $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ の分子式をもつ化合物について考えてみると、この分子式から、この分子は環の構造や不飽和結合をもたないことがわかる。さらに、この化合物は または のいずれかに分類されることもわかる。一般に、 はナトリウムと反応して水素を発生するのに対して、 はそのような反応を起こさない。

$\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ の分子式をもつ化合物の構造を明確に知るためには、それらに関するさらに詳しい情報が必要である。たとえば、いずれも $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ の分子式をもつ **A**～**D** の化合物と $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$ の分子式をもつ **E** および **F** の化合物に関して以下のことがわかっているものとする。

- (1) **A** と **B** はいずれも不斉炭素をもっているが、**C** および **D** はもっていない。
- (2) **A** および **C** はいずれも硫酸酸性の二クロム酸カリウムによって容易に酸化された。
- (3) **A** の酸化によって得られた化合物 **E** は不斉炭素をもっており、還元性を示した。
- (4) **C** の酸化によって得られた化合物 **F** は還元性を示さなかった。
- (5) **B** および **D** はいずれも硫酸酸性の二クロム酸カリウムによる酸化を受けにくかった。
- (6) **D** に酸触媒を加えてあたためると脱水反応が起こり、 C_5H_{10} の分子式をもつ化合物が得られた。

問 1 空欄 ア , イ にあてはまる適切な語句を記入しなさい。

問 2 $C_5H_{12}O$ の分子式をもつ化合物 1.0 g を完全燃焼させた時に生成する二酸化炭素の量は何 g か。有効数字 2 けたで答えなさい。

問 3 **A**～**D** の化合物の構造式を書きなさい。

問 4 **E** および **F** に共通して含まれる官能基の名称を書きなさい。

問 5 一般に $C_5H_{10}O$ の分子式をもつ化合物の構造に関してどのような類推が成り立つか、次の(a)～(f)の類推のうち、正しいものをすべて選び、記号で答えなさい。

- (a) この分子は三重結合をもっている可能性がある。
- (b) この分子はケトンである可能性がある。
- (c) この分子は二重結合をもつアルコールの可能性がある。
- (d) この分子は炭素-炭素または炭素-酸素の二重結合をもっていなければならない。
- (e) この分子は不斉炭素をもっていなければならない。
- (f) この分子はカルボン酸ではない。

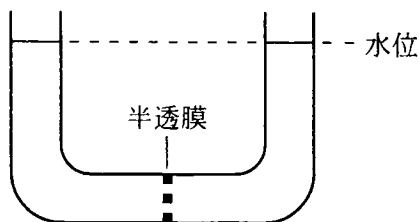
IV 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点16点)

A～Eは、以下の物質(ア)～(オ)のいずれかを溶解した水溶液である。

- (ア) ペプチドを加水分解する酵素 (イ) 糖類を加水分解する酵素
(ウ) トリペプチド (エ) デンプン
(オ) グルコース

これらの水溶液について、以下の実験を行った。

- (1) 水酸化ナトリウム水溶液と硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えたところ、A、BおよびDは赤紫色を示した。
- (2) フェーリング液を加え加熱したところ、Eは赤色の沈殿物を生じた。
- (3) 図のU字管は、分子量約3000以下の分子が通過する半透膜で仕切られている。U字管の半透膜より左側にA～Eいずれかの溶液を、右側に同量の水を入れしばらく静置したところ、AまたはEを入れた場合は左右の水位に差がなく、他の場合は左側の水位が高くなった。
- (4) Cに少量のBまたはDを混合したものをU字管の半透膜より左側に入れ、右側に同量の水を入れたところ、どちらもいったん左側の水位が上昇した。その後、Bと混合したものは上昇した水位が徐々に低下した。



問1 A、BおよびCはそれぞれどの水溶液か。(ア)～(オ)の記号で答えなさい。

問2 AにB～Eのいずれかを加えて静置した後、加えたものを除去した。その溶液を用いて(1)の反応を行ったところ、赤紫色を示さなくなった。加えたものを選び、B～Eの記号で答えなさい。

問 3 (4)の実験で**B**と混合したものについて、上昇した水位が低下した後、U字管の右側の溶液は次のどの反応に陽性であると考えられるか。(a)~(d)の記号で答えなさい。

- | | |
|---------------|-----------------|
| (a) 銀鏡反応 | (b) キサントプロテイン反応 |
| (c) ヨウ素デンプン反応 | (d) ニンヒドリン反応 |

問 4 **B**を高温に加熱した後に、(4)と同様の実験を行ったところ、水位の低下が見られなくなった。水位が低下しなくなった理由を 20 字以内で説明しなさい。