

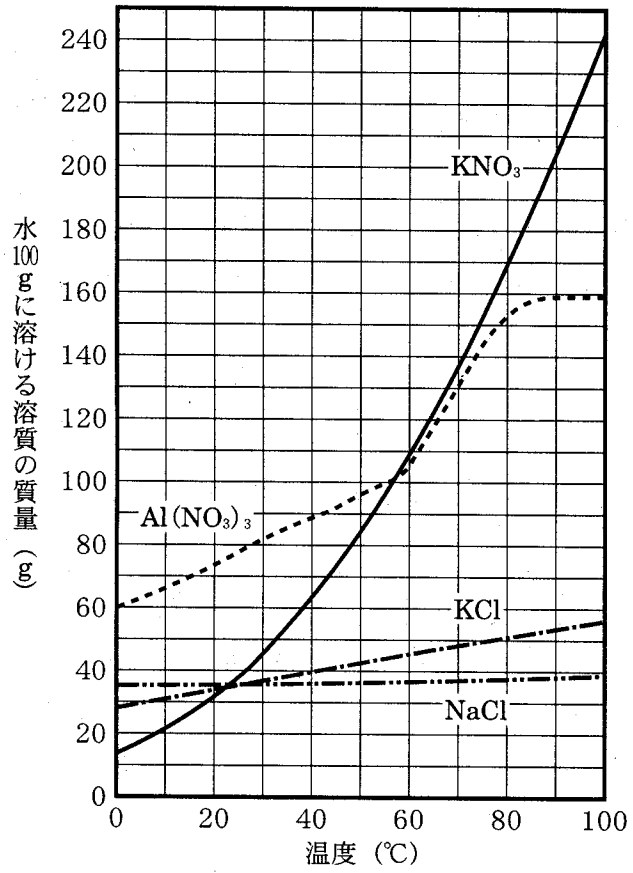
1 右に示す溶解度曲線の図を参考にして、次の問いに答えなさい。ただし、以下の操作において、水は蒸発しないものとする。(配点 16)

問 1 次の(ア)~(ウ)の物質 23 g をそれぞれ 50 g の水に加え、十分にかき混ぜた後、80℃ に保った。得られた 3 つの水溶液のうち、水溶液と結晶が平衡状態になっているものはどれか、理由とともに答えなさい。

(ア) 塩化ナトリウム (イ) 塩化カリウム (ウ) 硝酸カリウム

問 2 塩化カリウムの飽和水溶液に塩化水素ガスを通じると、結晶が析出した。その理由を説明しなさい。

問 3 硝酸アルミニウムの 60℃ における飽和水溶液 100 g を 20℃ まで冷却した。このとき析出した結晶はすべて 9 分子の水和水(結晶水)を含むとする。析出した結晶は何 g か。計算の過程も示しなさい。



2 二酸化炭素についての次の問いに答えなさい。(配点 20)

問 1 二酸化炭素の電子式を書きなさい。

問 2 二酸化炭素の分子は極性のある炭素—酸素結合をもつにもかかわらず無極性である。二酸化炭素が分子全体としては極性をもたない理由を 40 字以内で述べなさい。

問 3 二酸化炭素の分子結晶であるドライアイスは、銀や銅のような金属とは異なり、電気を導かない。その理由を 20 字以内で説明しなさい。

問 4 次の文中の ~ に適当な数値、化学式、あるいは記号を記入しなさい。ただし、気体 1 mol の体積は標準状態で 22.4 l として計算しなさい。

必要があれば、次の数値のなかから適当なものを用いなさい。

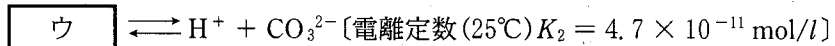
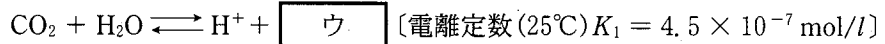
$$\log_{10} 2 = 0.3, \log_{10} 3 = 0.5, \log_{10} 7 = 0.8$$

空気中の二酸化炭素が溶解した水は弱い酸性を示す。この水溶液の水素イオン濃度 $[H^+]$ と水素イオン指数 pH を次のようにして求めることができる。

25°C で 1 atm の二酸化炭素と平衡状態にある水 1 l に溶けている二酸化炭素の体積を、標準状態での体積に換算して表すと 0.76 l である。この二酸化炭素の物質量は mol である。

二酸化炭素は空気中に体積パーセントで 0.03~0.04% 含まれているといわれる。25°C で二酸化炭素を 0.033% 含む 1 atm の空気と平衡状態にある水 1 l に溶けている二酸化炭素の物質量は、ヘンリーの法則が成り立つとして計算すると、 mol となる。

ところで、二酸化炭素の水溶液では次の二段階の電離平衡が成立する。



$K_1 \gg K_2$ なので水溶液の $[\text{H}^+]$ は第一段階の電離平衡で決まると考えてよい。

水溶液中の二酸化炭素の濃度を $C \text{ mol/l}$ 、電離度を α とすれば、

$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\boxed{\text{ウ}}]}{[\text{CO}_2]} = \frac{\boxed{\text{エ}}}{(1-\alpha)} \quad \text{と表される。}$$

25°Cで1 atmの空気と平衡状態にある水の場合、上式を α について解くと、
 $\alpha = 0.18$ が得られる。

したがって、 $[\text{H}^+]$ は $\boxed{\text{オ}}$ mol/l となる。pH を小数点以下第1位まで求めると $\boxed{\text{カ}}$ となる。

3 次の問いに答えなさい。(配点 24)

問 1 文中の ~ に最も適当な語句を入れなさい。

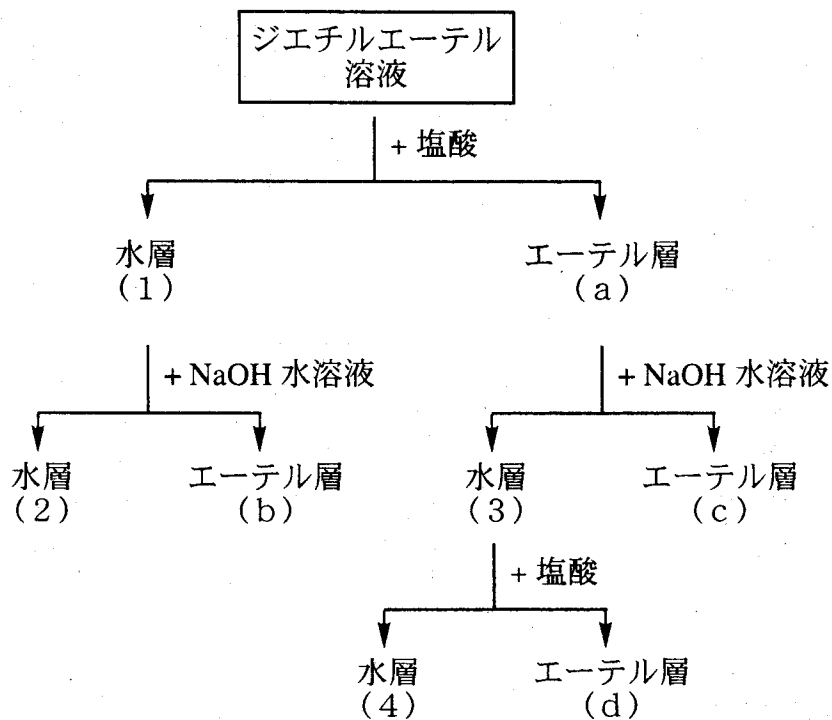
有機化合物を、分子中の炭素原子の結合様式にもとづいて分類すると、炭素原子が鎖状に結合した 化合物と、炭素原子が環状に結合した構造を含む 化合物に大別できる。さらに、 化合物はベンゼンのような構造を含む 化合物と、それ以外の 化合物に分類できる。一方、炭素原子間の結合がすべて単結合の化合物を 化合物といい、炭素原子間に二重結合や三重結合を含む化合物を 化合物という。

問 2 有機化合物 A および B は、ともに分子量 46 の炭素、水素、酸素だけからなる化合物で、それぞれ 4.6 mg を完全燃焼させたところ、どちらの場合にも二酸化炭素 8.8 mg と水 5.4 mg とが得られた。この化合物 A および B に共通する分子式を求めなさい。計算の過程も示しなさい。

問 3 問 2 の有機化合物 A は B より沸点が低く、水に溶けにくいことがわかった。A および B の構造式を示しなさい。

問 4 問 2 の有機化合物 B が水に溶けやすい理由を、20 字以内で答えなさい。

問 5 アニリン、フェノール、ニトロベンゼンを含むジエチルエーテル溶液がある。この溶液で次のような分離操作を行った。



- (1) エーテル層(b)~(d)に分けられた化合物の名称を書きなさい。
- (2) エーテル層(a)に NaOH 水溶液を加えたとき、エーテル層(a)に含まれる化合物に起こる変化を化学反応式で示しなさい。
- (3) アニリンと NaOH は、どちらがより強い塩基かを答え、その根拠となる操作中に起こった変化を化学反応式で示しなさい。

4 硫黄に関する次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(配点 20)

硫黄は自然界に単体として、また化合物として広く存在する。単体の硫黄には、結晶構造の異なる単斜硫黄や斜方硫黄のほか、非晶質のゴム状硫黄がある。このように同じ元素の単体で性質の異なる単体を互いに **ア** という。硫黄を燃やすと二酸化硫黄ができる。二酸化硫黄はふつう還元剤として作用するが、より強力な還元剤に対しては酸化剤として作用する。たとえば硫化水素水に二酸化硫黄ガスを通じると **イ** を沈殿するのは、そのためである。二酸化硫黄と空気の混合気体を、約 450℃ に熱した酸化バナジウムの触媒層に通すと、さらに化合物 **ウ** ができる。この化合物 **ウ** を濃硫酸に吸収させて発煙硫酸とし、これを希硫酸で薄めて濃硫酸をつくる。この製造法を **エ** という。硫黄 16 g を全部硫酸にしたとすると、硫酸 **オ** g が得られる。濃硫酸は粘性のある不揮発性の重い液体で、**カ** 作用がある。濃硫酸をショ糖に滴下すると黒くなるのは、そのためである。

硫黄を含むタンパク質の腐敗によって、硫化水素が生じる。硫化水素は火山ガスにも含まれる。硫化水素ガスを、金属イオンを含む水溶液に通じると、硫化物の沈殿を生じる場合が多い。⁽¹⁾ その際、溶液が中性から塩基性のときに沈殿しやすい金属イオンや、溶液が酸性のときに沈殿しやすい金属イオンなど、⁽²⁾ 沈殿する金属イオンの種類は水溶液の pH によって異なる。⁽³⁾ この性質は、金属イオンの分離・検出に利用される。

問 1 文中の ア ～ カ に、適当な語句あるいは数字を入れなさい。

問 2 試薬びんのラベルに 98.0%、密度 1.84 g/cm^3 と書かれた濃硫酸がある。

- (a) 濃度 0.10 mol/l の希硫酸を 1 l 作りたい。濃硫酸は何 ml 必要か。計算の過程も示しなさい。
- (b) 濃硫酸を水で薄めるときには、水をかき混ぜながら、その水に濃硫酸を少しずつ加える必要がある。これとは反対に、かき混ぜないで、濃硫酸に水を注ぐのは、非常に危険である。どのような危険性があるか、濃硫酸と水の密度に関連づけて説明しなさい。

問 3 ふたまた試験管を用いて硫化水素ガスを実験室で簡便につくり、下線部(1)の実験を行いたい。

- (a) 硫化鉄と希塩酸から硫化水素が発生する化学変化を、反応式で示しなさい。
- (b) ふたまた試験管内で発生した硫化水素ガスを、金属イオンを含む水溶液の入った試験管に導く実験装置の略図を描きなさい。また、ふたまた試験管を用いる利点を、簡潔に説明しなさい。

問 4 下線部(2)で、鋼板のめっき(トタン)などに用いられるある金属のイオンは、白色の硫化物(A)として沈殿する。また、下線部(3)で、充電式の電池などに用いられるある金属のイオンは、黄色の硫化物(B)として沈殿する。硫化物(A)および(B)にあてはまる、それぞれの化合物名と化学式を答えなさい。

5 地球環境を守り、また限られた資源をできるだけ有効に利用するために、ごみの分別回収とリサイクルが進められている。回収された発泡スチロール(発泡ポリスチレン)、PET ボトル、包装用の紙製品は、それぞれプラスチック製品、繊維、パルプなどに再生されている。また使用済み食用油からは、家庭でも簡単にセッケンをつくることができる。発泡スチロール、PET ボトル、紙、食用油とセッケンに関する以下の問いに答えなさい。(配点 20)

問 1 発泡スチロールは、高分子化合物①からつくられる。重合度を n として①の構造式を書きなさい。

問 2 PET ボトルからは、高分子化合物②が再生される。PET ボトルを再生して得られる②を用いて、厚さ 0.50 mm 、密度 1.4 g/cm^3 の正方形のシートをつくりたい。 28 g の②からつくることができる最も大きなシートの一辺の長さを求めなさい。計算の過程も示しなさい。ただし、このシートの厚さと密度はシート全体にわたって均一であるものとする。

問 3 紙の主成分はセルロースである。セルロースをアルカリ処理して二硫化炭素と反応させ、これを細孔から希硫酸中に押し出し繊維状にしたものが高分子化合物③、膜状にしたものが高分子化合物④である。また、セルロースに無水酢酸を作用させトリアセチルセルロースとし、これを加水分解した後にアセトンに溶かし細孔から空气中に押し出すと、高分子化合物⑤が得られる。③～⑤の名称を書きなさい。

問 4 次の ~ に最も適当な用語を書き入れなさい。また については{ }中からあてはまる化合物を2つ選びなさい。

食用油(油脂)に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、けん化されてセッケンと が生成する。 は分子中にヒドロキシル基を3つもっており、このために という一般名でよばれる。セッケンは疎水性の炭化水素基と親水性の酸のナトリウム塩とからなり、水溶液中では分子が集合して を形成する。セッケン水を酸性にすると難溶性の無色化合物が溶液表面に浮遊してくるが、この化合物は という官能基を1つもっている。油脂はこの化合物の と のヒドロキシル基が縮合し 結合してできたものなので、油脂は である。官能基 をもつ化合物としては、ほかに {酢酸エチル・ベンゼンスルホン酸・マレイン酸・サリチル酸メチル・ピクリン酸・リノール酸} などがある。