

〔1〕 次の文章を読み、問1～問3に答えよ。(20点)

原子中の電子はいくつかの電子殻に分かれて存在しており、原子核に近いものからK殻、L殻、M殻、N殻と呼ぶ。カルシウムの場合、K殻に2個、L殻に8個、M殻に〔ア〕個、N殻に〔イ〕個の電子が存在する。酸素の場合、最外殻の電子数は〔ウ〕個である。原子から電子を取り出すのに必要なエネルギーを〔エ〕という。一方、原子が電子を受け取るときに放出するエネルギーを〔オ〕と呼ぶ。カルシウムは電子を出して陽イオンとなり、安定なイオンの価数は〔カ〕である。酸素は電子を受け取って陰イオンとなる。カルシウムと酸素が安定なイオンとなったとき、カルシウムは〔キ〕原子と、酸素は〔ク〕原子と同じ電子配置をとる。静電的な引力で形成される化学結合を〔ケ〕と呼ぶ。

窒素および酸素は水素との間で最外殻電子を出し合って結合を形成する。このような化学結合を〔コ〕、最外殻電子のうち、この結合にあずかる電子の対を〔サ〕、結合にあずからない電子の対を〔シ〕と呼ぶ。異なった原子で構成される分子では、原子間で電子のかたよりがあがり、原子が〔ソ〕を引きつける強さの尺度として〔ズ〕が用いられている。

問 1. 文中の〔ア〕～〔ス〕に適切な数値または語句を入れよ。

問 2. アンモニアと水の分子の形を下の a～h からそれぞれ選び、記号で答えよ。また、それぞれについて極性の有無を記せ。

- a. 直線形            b. 平面三角形        c. 折れ線形            d. 三角錐形  
e. 平面四角形        f. 正四面体形        g. 正八面体形        h. 四角錐形

問 3. 下の表は分子の分子量と融点・沸点の関係を示している。一般に、分子量が大きいほど融点・沸点が高い。酸素とメタノールは同じ分子量であるが、メタノールの方が融点・沸点が高い。その理由を 30 字以内で述べよ。

表

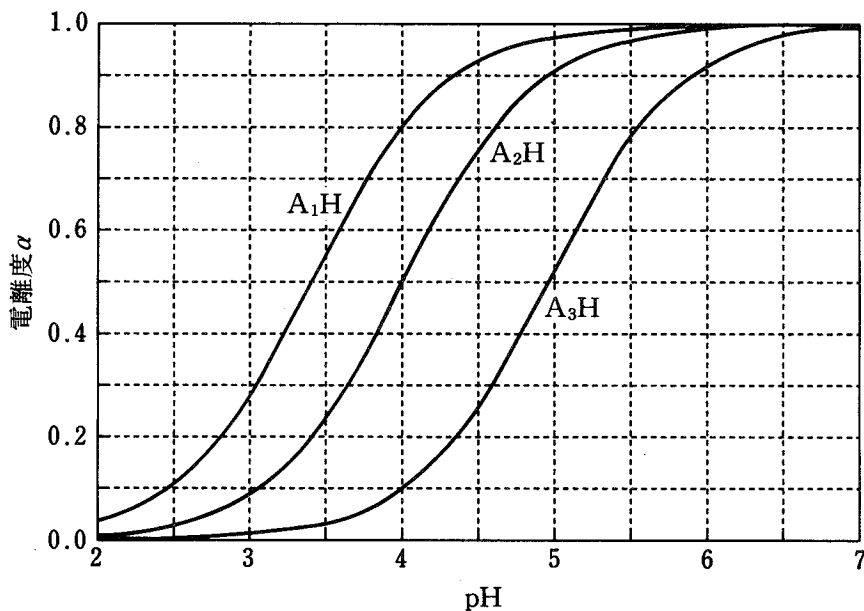
分 子	分子量	融点(°C)	沸点(°C)
水            素	2	-259	-253
窒            素	28	-210	-196
酸            素	32	-218	-183
メ タ ノ ー ル	32	-98	65
塩            素	71	-101	-34
臭            素	160	-7	59

〔2〕 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。(20点)

水溶液中で弱酸 AH は電離し、式(1)のような電離平衡が成立している。



弱酸の電離度  $\alpha$  は、共存する強酸、強塩基あるいは塩の濃度に依存し、AH が全く電離していないときの 0 から完全に電離したときの 1 までの値をとる。下図は 3 種類の弱酸、 $\text{A}_1\text{H}$ 、 $\text{A}_2\text{H}$ 、 $\text{A}_3\text{H}$  について、溶液の  $\text{pH}(= -\log[\text{H}^+])$  を変えたとき、それらの電離度が変化する様子を示したものである。電離定数を  $K_a(= [\text{A}^-][\text{H}^+]/[\text{AH}])$ 、水のイオン積を  $K_w(= [\text{H}^+][\text{OH}^-])$  とする。



問 1. 弱酸 AH のナトリウム塩 ANa を水に溶かすと AH が生成する。その反応式を示せ。

問 2. 濃度  $c$  [mol/l] の ANa の水溶液がある。溶液中の水素イオン濃度  $[H^+]$  を電離定数  $K_a$ 、水のイオン積  $K_w$  および濃度  $c$  を用いて表せ。ただし、 $[AH] \ll [A^-]$  の近似を用いよ。

問 3. 電離定数は  $\log K_a = -\text{pH} + \log F(\alpha)$  と表すことができる。ここで  $F(\alpha)$  は電離度  $\alpha$  の関数である。 $\log K_a = -\text{pH}$  が成立するときの  $\alpha$  の値を示せ。

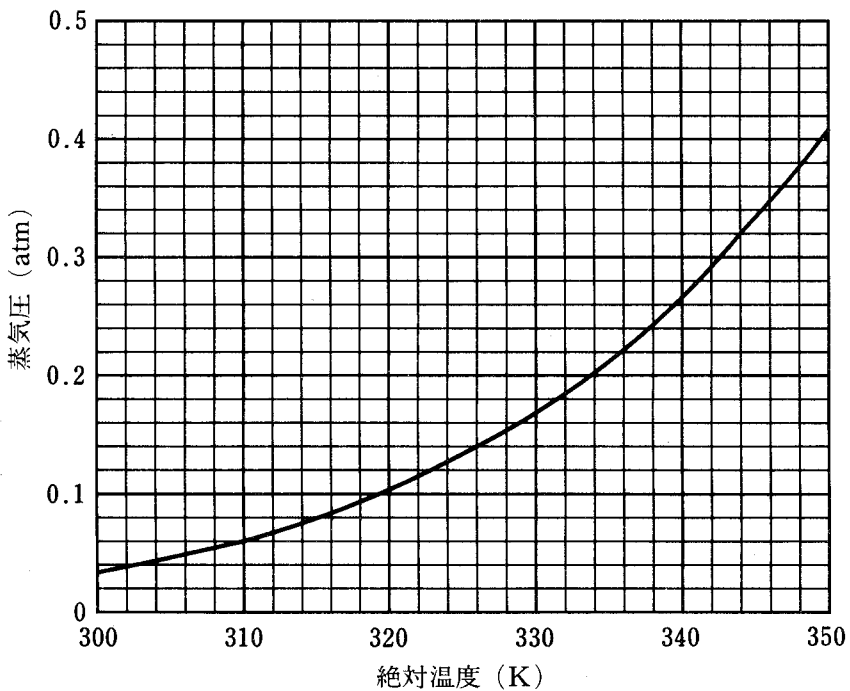
問 4.  $A_1H$ ,  $A_2H$ ,  $A_3H$  の中で電離定数が最も小さい酸を記せ。

問 5.  $A_2Na$  を 0.20 mol 含む溶液と HCl を 0.10 mol 含む溶液を混合し、水を加えて 1 l とした。この溶液の pH を、有効数字 2 桁で図から求めよ。

問 6.  $A_1Na$  を  $1.0 \times 10^{-3}$  mol,  $A_2Na$  を 0.20 mol および HCl を 0.10 mol 含む溶液を混合し、水を加えて 1 l とした。この溶液中での  $A_1H$  の電離度を、有効数字 2 桁で図から求めよ。

〔3〕 次の文章を読み，問1～問4に答えよ。(18点)

内容積  $0.82\text{ l}$  の容器にヘリウムを  $0.10\text{ mol}$ ，水を  $0.010\text{ mol}$  入れ，密閉状態にした。ただし，気体はすべて理想気体とし，容器の内容積は温度や圧力が変化しても変わらないものとする。液体状態の水の体積は，容器の内容積と比較して無視できる。また，ヘリウムの水への溶解は無視する。下図の曲線は，水の蒸気圧と絶対温度の関係を示したものである。



問 1. 温度を 350 K にしたときの容器内のヘリウムと水の分圧を有効数字 2 桁で求めよ。

問 2. 容器内に液体状態の水が存在しない温度範囲では、水の分圧を絶対温度で割った値は定数となる。この定数を有効数字 2 桁で求めよ。

問 3. 容器内に液体状態の水が存在しない温度から、徐々に容器内の温度を下げていくと、ある温度で液体状態の水が出現する。この温度は次の a ~ e のどの温度領域に含まれるか、記号で答えよ。

a. 300 K ~ 309 K

b. 310 K ~ 319 K

c. 320 K ~ 329 K

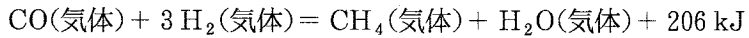
d. 330 K ~ 339 K

e. 340 K ~ 349 K

問 4. 温度を 310 K にしたときの容器内の水の分圧、および液体状態の水の物質量を有効数字 2 桁で求めよ。

〔4〕 次の文章(I)と(II)を読み, 問1～問5に答えよ。(20点)

(I) メタンは一酸化炭素と水素から合成できる。その反応の熱化学方程式は次の通りである。

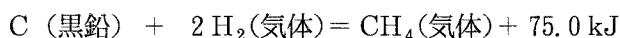
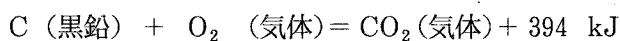
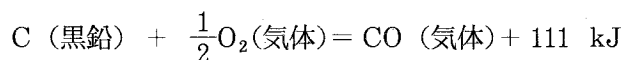
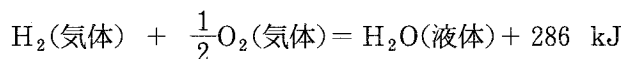


問1. 平衡をメタン生成の方向に移動させるには, どのように条件を変化させればよいか。次のa～fのうちから適当と思われる条件をすべて選び, 記号で答えよ。

- a. 圧力を高くする。    b. 圧力を低くする。    c. 温度を高くする。  
d. 温度を低くする。    e. 水素を加える。    f. 少量の窒素を加える。

問2. メタンが生成する反応速度は, 温度を高くすると大きくなるか, それとも小さくなるか。理由も含めて語句「運動エネルギー」を用いて50字以内で答えよ。

(II) メタンと一酸化炭素からなる混合気体を 27.3°C, 1 気圧で 12.32 l とり, これを完全に燃焼させたところ, 384.7 kJ の熱量を発生し, 14.4 g の水を生じた。ただし, H<sub>2</sub>O(液体), CO(気体), CO<sub>2</sub>(気体), CH<sub>4</sub>(気体)の生成反応の熱化学方程式は, それぞれ次の通りである。



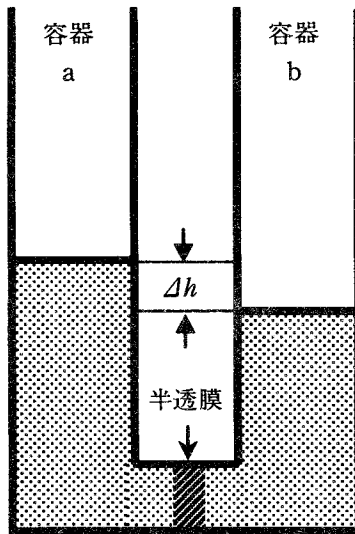
問 3. メタンが燃焼する際の熱化学方程式を示せ。

問 4. 混合気体中のメタンおよび一酸化炭素の物質量はそれぞれいくらであったか。有効数字 2 桁で求めよ。

問 5. H-H の結合エネルギーは 435 kJ/mol であり, 炭素(黒鉛)を原子状にばらばらにするのに必要なエネルギーは 720 kJ/mol である。メタンの生成反応の熱化学方程式を利用して, C-H の結合エネルギーを有効数字 3 桁で求めよ。

〔5〕 次の文章を読み、問1～問4で最も適切な答えを、それぞれ(ア)～(オ)のうちから一つ選び、記号で答えよ。(15点)

水に溶ける高分子を用いて、次のような浸透圧の実験を行った。下図のように半透膜で仕切られた二つの容器aとbを用意した。容器aとbに各々400 mlの水を入れたところ、二つの容器における水面の高さは同じであった。ここで、分子量が120,000とわかっている高分子Aを容器aに2g加えて溶かし、静かに放置しておいたところ、図のように水面の高さの差( $\Delta h$ )が1 cm となった。これを状態(I)とする。ただし、この半透膜は分子量2,000以下の分子を通すことができる。また、水面の高さの差( $\Delta h$ )が生じることによる各容器内の溶液の体積変化は無視する。



問1. 状態(I)において、分子量60,000の高分子Bを容器bに加えて溶かしたところ、二つの容器の水面の高さが等しくなった。これを状態(II)とする。

(1) 容器bに加えた高分子Bの質量は、何gと推定されるか。

- (ア) 1g      (イ) 2g      (ウ) 4g      (エ) 8g      (オ) 16g

(2) 高分子 A は水溶性多糖であった。状態(I)において、この多糖を加水分解する酵素を容器 a に加えて放置したとき、水面の高さの差( $\Delta h$ )はどのように変化するか。ただし、この酵素による 1 回の分解反応によって、多糖の鎖は途中で二つに切断され、この反応は多糖が単糖に分解されるまで続くものとする。

- (ア) 変化しない。
- (イ) 増大し、一定値になる。
- (ウ) 減少し続ける。
- (エ) 初めは増大するが、その後減少し、一定値になる。
- (オ) 初めは減少するが、その後増大し、一定値になる。

問 2. 状態(II)において、分子量が未知の高分子 C を容器 a に 2 g 加えて溶かしたところ、水面の高さの差( $\Delta h$ )が 0.5 cm になった。これを状態(III)とする。高分子 C の分子量は、おおよそいくらであるか。

- (ア) 30,000
- (イ) 60,000
- (ウ) 120,000
- (エ) 240,000
- (オ) 480,000

問 3. 状態(III)において、容器 b に 800 ml の水を加えて静かに放置した。このとき、水面の高さの差( $\Delta h$ )は、おおよそいくらになるか。

- (ア) 0.17 cm
- (イ) 0.25 cm
- (ウ) 0.5 cm
- (エ) 1.5 cm
- (オ) 2 cm

問 4. 高分子 C とホルムアルデヒドを反応させると、ビニロンを作ることができる。高分子 C の名称は何か。

- (ア) ポリ塩化ビニル
- (イ) ポリビニルアルコール
- (ウ) ポリ酢酸ビニル
- (エ) ポリアクリロニトリル
- (オ) ナイロン

〔6〕 次の文章を読み、問1～問3に答えよ。(16点)

炭素、水素および酸素からなる化合物 A を 29 mg とり、完全に燃焼させたところ、二酸化炭素 66 mg と水 27 mg が生じた。化合物 A の分子量は 58 であった。

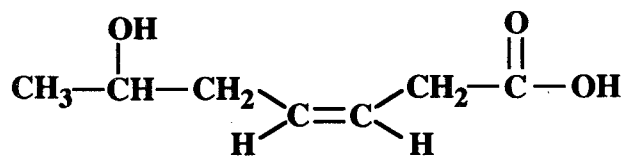
化合物 A をアンモニア性硝酸銀水溶液に加えて加熱すると、銀が析出した。この反応後の溶液を酸性にしたところ、化合物 B が生成していた。

化合物 A を還元すると、無色の液体である化合物 C が生じた。化合物 B と化合物 C の混合液に少量の濃硫酸を加えて加熱すると、果実のにおいに似た芳香のある化合物 D が得られた。

化合物 C と同じ分子式をもつ化合物 E を酸化すると、無色で揮発性の高い液体である化合物 F が生成した。

化合物 C に濃硫酸を加えて加熱すると、無色の気体 G が発生した。高分子化合物 H は化合物 G の付加重合により合成され、フィルムや電子レンジ用の容器などを作るのに使われている。

問 1. 化合物 B, D および G の構造式を下の例にならって記せ。



問 2. 化合物 C と E のように分子式が同じで, 分子の構造が違う化合物を, 互いに何と呼ぶか, その名称を記せ。

問 3. 化合物 F と高分子化合物 H の名称を記せ。

〔7〕 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。(16点)

化合物 A の分子式は  $C_{14}H_{18}N_2O_5$  である。化合物 A にアミド結合を加水分解する酵素を作用させると、化合物 B と C が得られた。B は分子式  $C_4H_7NO_4$  であった。中性水溶液中での電気泳動によって、B は陽極側へ、C は陰極側へ移動した。

次に、C を酸で加水分解したところ、化合物 D および E が得られた。 E はフェーリング液とは反応しない物質で、工業的には、一酸化炭素と水素から高温・高圧下、触媒を用いて合成される。 B および D は、一般に、天然に存在するタンパク質を 6 mol/l 塩酸中で加熱して得られる生成物中に見いだされる。D の水溶液に濃硝酸を加えて加熱すると黄色になった。さらに、アンモニア水を加えて塩基性になると橙黄色になった。

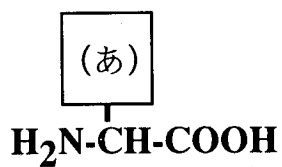
問 1. 下線部 (ア) で切断された結合の名称を答えよ。

問 2. 下線部 (イ) の合成反応を化学反応式で示せ。

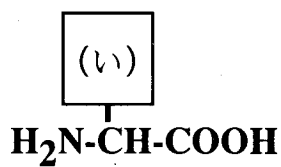
問 3. 化合物 B および D の等電点はいずれの範囲にあるか。次の a～c のうちからそれぞれ選び、記号で答えよ。

- a. pH 3～5                      b. pH 5～7                      c. pH 7～10

問 4. 化合物 B と D の構造について、(あ) と (い) にあてはまる官能基を図 1 の (a)～(j) のうちからそれぞれ選び、記号で答えよ。



化合物B



化合物D

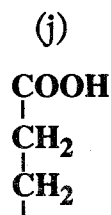
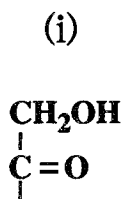
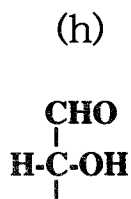
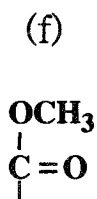
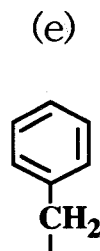
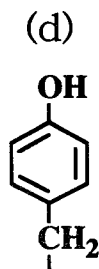
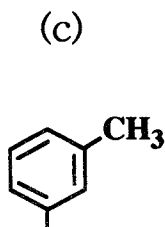
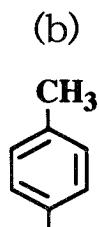


図1 官能基の構造