

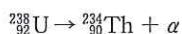
化 学 (全2の1)

全問をとおして必要があれば、次の原子量を用いよ。H = 1.0, C = 12, O = 16, Na = 23, S = 32, Cu = 64, U = 238

- 1 次の問いに答えよ。ただし、必要であれば次の数値を用いること。1 eV = 1.60×10^{-19} J, アボガドロ定数： 6.0×10^{23} /mol, 水(液)の生成熱：286 kJ/mol, 二酸化炭素(気)の生成熱：394 kJ/mol

現在、国内における電力供給は火力発電、原子力発電、水力発電など様々な発電方法を利用しており、その中でも原子力発電と火力発電はそれぞれ熱エネルギーを介して電気エネルギーを供給している。前者は放射性同位元素の核分裂により核エネルギーを熱エネルギーに変換し、また、後者は化石燃料の燃焼により化学エネルギーを熱エネルギーに変換してから、さらにそれらを電気エネルギーに変換することで発電している。これらの発電方法のもととなっている核エネルギーと化学エネルギーについて、そのエネルギー効率を比較するために次の計算を行った。

放射線による核エネルギーの例としてウランの放射性壊変について考える。ウランの同位体 ^{238}U は α 壊変によって原子核から α 線を放出し、トリウムの同位体 ^{234}Th になる。この時放出される α 線のエネルギーは 4.20×10^6 eV である。

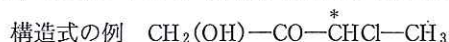


次に化学エネルギーの例として、炭化水素であるメタンの燃焼を考える。燃焼熱は 1 mol の物質が完全燃焼するときの反応熱であり、反応前後の物質の生成熱から計算することができる。

- (1) ウランの同位体 ^{238}U の陽子数、中性子数、電子数をそれぞれ答えよ。
- (2) α 線はある原子の原子核であることが知られているが、その原子名、質量数をそれぞれ答えよ。
- (3) α 線のエネルギーは通常 eV で表されるが、国際単位系(SI)におけるエネルギーの単位は J である。SI では 7 つの基本単位とそれら基本単位の積または商による組立単位によって全ての物理量が表され、長さ(m)、質量(ア)、時間(s)、電流(A)、熱力学温度(イ)、物質量(mol)、光度(cd)の 7 つが基本単位と定められている。したがって、エネルギーの単位 J を基本単位による組立単位で表すと(ウ)となる。(ア)~(ウ)に当てはまる単位を答えよ。
- (4) メタンの生成熱が 73 kJ/mol であるとき、メタンの生成熱を表す熱化学方程式を答えよ。
- (5) メタンの燃焼熱を単位をつけて答えよ。
- (6) 1 J のエネルギーを得るために必要なウランとメタンの質量はそれぞれ何 g か。有効数字 2 桁で答えよ。

- 2 炭素、水素、酸素からなる有機化合物 A にナトリウムを加えたところ水素が発生した。酸素気流下、17.2 g の有機化合物 A を完全に燃焼させ、生じた気体を塩化カルシウム管とソーダ石灰管に通じたところ、燃焼後のそれぞれの管の重量は 18.0 g と 44.0 g 増加していた。ニッケル触媒の存在下、21.5 g の有機化合物 A に水素を吹き込んだところ、標準状態で 5.60 L の水素が付加し、有機化合物 B を与えた。このとき有機化合物 A 中に含まれていた不斉炭素原子は消失した。有機化合物 A に臭素を付加させると有機化合物 C が生じ、これに引き続き硫酸酸性の二クロム酸カリウムを作用させたところ、有機化合物 D が生じた。以下の問いに答えよ。ただし、各化合物は環状構造を含まないものとする。

- (1) 有機化合物 A の分子式を求めよ。
- (2) 有機化合物 A~D の構造を、下記の例にならって記せ。さらに、その構造式において不斉炭素原子がある場合には、その炭素原子の上に*をつけて示せ。ただし、立体異性体の区別については考慮しなくてよい。



- (3) 有機化合物 C は 4 種類の立体異性体を生じる。その理由を 15 字以内で答えよ。ただし句読点は字数に含めない。

化 学 (全2の2)

3 銅は湿った空気中では赤色の酸化物である化合物 A の被膜をつくり、長く風雨にさらすと緑色の錆び(緑青)を生じる。銅を空気中で加熱すると、黒色の酸化物である化合物 B が生じる。化合物 B を希硫酸に溶かして得られる液体を濃縮すると、青色の結晶として化合物 C が析出する。化合物 C には 5 つの水分子が配位しているが、化合物 C を 250 °C 以上に加熱すると、水和水を失って白色粉末状の化合物 D となる。化合物 D の水溶液に少量のアンモニア水を加えると化合物 E の青白色の沈殿を生じる。化合物 E に過剰の濃アンモニア水を加えると、錯イオン F となって溶け、溶液は深青色を呈する。この錯イオンを含む濃厚な溶液は高分子化合物 G を溶かす性質を持っており、キュプラの製造に利用されている。以下の問いに答えよ。なお、反応式はすべて電子(e^-)を含むイオン反応式で示すこと。

- (1) 化合物 A~D の化学式を答えよ。また錯イオン F の名称を答えよ。
- (2) 下線部において、高分子化合物 G を溶かす溶液は何試薬と呼ばれるか。また、高分子化合物 G の名称を答えよ。
- (3) 20 °C で水 1000 g を使って化合物 D の飽和水溶液をつくるのに必要な化合物 C は何 g か。また、60 °C の化合物 D の飽和水溶液 280 g を 20 °C に冷却すると、何 g の化合物 C の結晶が析出するか。それぞれ有効数字 3 桁で答えよ。ただし、化合物 D の溶解度は、100 g の水に 60 °C で 40.0 g、20 °C で 20.0 g であるとする。
- (4) 0.5 mol/L の化合物 D の水溶液 1 L を入れた電解槽 X、Y がある。電解槽 X は銅板を電極とし、電解槽 Y は白金板を電極とする。銅板を電極とした電解槽 X に一定の電流を 60 分間流したところ、陰極銅板上に 1.60 g の銅が析出した。
 - (a) 同じ電気量を白金電極の電解槽 Y に流した時、白金電極の陽極で起こる反応式を示し、60 分後に陽極で発生した気体の体積は、標準状態で何 L か。有効数字 2 桁で答えよ。ただしファラデー定数は、 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。
 - (b) 白金電極の電解槽 Y に化合物 D の水溶液の代わりに、同じモル濃度の水酸化ナトリウム水溶液を入れ、一定の電流を流した。陽極と陰極で起こる反応式を示せ。

4 グルコースとフルクトースは $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ の分子式で表される代表的な単糖である。結晶中のグルコース分子は六員環構造をもつ α -グルコースと β -グルコースの 2 種類の立体異性体として存在している。水溶液中では、この 2 種類の他に少量の鎖状構造の分子が共存し 3 種類の異性体が平衡状態にある。フルクトースも水溶液中では六員環構造や鎖状構造をとり、さらに五員環構造の異性体も存在して、それらが図のような平衡状態にある。

糖質では一般に六員環構造のことをピラノース形といい、五員環構造のことを(ア)形という。鎖状のグルコース分子は(イ)基をもつため、水溶液は還元性を示す。フルクトース分子には(イ)基はないが、その水溶液はグルコースと同様に還元性を示す。2分子の α -グルコースがそれぞれのヒドロキシ基間で脱水縮合した二糖は(ウ)と呼ばれる。この(ウ)の水溶液はグルコース同様に還元性を示す。一方、 α -グルコースと β -フルクトースが脱水縮合してできた二糖は(エ)と呼ばれるが、この(エ)の水溶液は還元性を示さない。以下の問いに答えよ。

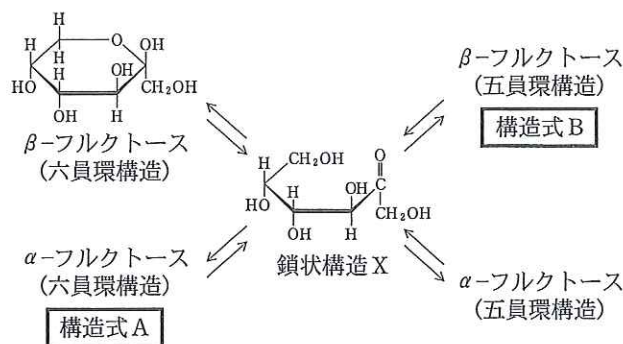


図 フルクトースの水溶液中の平衡状態

- (1) (ア)~(ウ)に当てはまる適切な語句を記せ。
- (2) 図中の A と B の構造式を図中の構造式にならって記せ。
- (3) 鎖状構造 X はそのままでは還元性を示さないが、水溶液中で容易に鎖状構造 Y という構造に変化できるため、還元性を示すようになる。鎖状構造 Y の構造式を鎖状構造 X の構造式にならって記せ。
- (4) 下線部において、共に還元性を示す 2 分子の単糖が縮合してできた二糖にも関わらず、(エ)の水溶液が還元性を示さない理由を(エ)の名称を含めて簡潔に記せ。