

計算問題については答えだけでなく、解き方の説明も書くこと。

問題 1 (1) 次の表の空欄を満たしなさい。

元素名	元素記号	原子番号	原子量 概数値	陽子数	中性子数	K 殻中の 電子数	L 殻中の 電子数
水素	H	1	1	1	0	1	0
重水素	$^2\text{H}$ (D)	1	2	1	1	1	0
三重水素	$^3\text{H}$ (T)	1	3	1	2	1	0
ヘリウム	He	2	4	2	2	2	0
リチウム	Li	3	6.9	3	4	2	1
リチウムイオン	$\text{Li}^+$	3	6.9	3	4	2	0
ネオン	Ne	10	20.2	10	10	2	8

(2) 三重水素(トリチウム)の化学的な性質について述べなさい。

陽子 1 個、中性子 2 個、電子 1 個からなる水素の放射性同位体である。

半減期 12 年で  $\beta$  線を放出し、 $^3_2\text{He}$  となる。

その化学的性質は電子の数で決まるので水素( $^1\text{H}$ )とほとんど同じであるが、質量が大きいため反応速度などは水素( $^1\text{H}$ )よりも遅くなる。

問題 2 次の物質あるいは気体の分子量を求めよ。アボガドロ数は  $6 \times 10^{23}$  とする。説明文および計算式とともに解答しなさい。

(1) 8.0 g 中に  $1.2 \times 10^{23}$  個の分子が含まれている物質。

$1.2 \times 10^{23}$  個の分子はアボガドロ数で割ると  $1/5$  モルに相当する。

$1/5$  モルが 8.0 g なので、1モルは 40 g であり、分子量は 40 である。

(参考：アルゴンは分子量=原子量 40)

(2) 標準状態における密度が 0.90 g/L である気体。

標準状態で 1 モルの気体の体積は 22.4 L だから、この気体 1 モルの質量は、 $0.90 \times 22.4 = 20.2$  g である。

したがって分子量は 20.2 である。

(参考：ネオンは分子量=原子量 20.2)

## 問題 3

0.1 mol/L のシュウ酸水溶液を正確に調製する方法を、使用するガラス器具のことも含めて述べなさい。ただしシュウ酸化合物としては  $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  を使用する。

1 mol のシュウ酸  $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  の式量は、

$(12+16 \times 2+1) \times 2 + 18 \times 2 = 45 \times 2 + 36 = 126$  である。

0.1 mol のシュウ酸は 12.6 g なので、12.6 g のシュウ酸を精密天秤で計り取る。これをビーカーに入れ、約 100mL から 200mL の純水に溶かしたのち、ロートとガラス棒を使って 1 L のメスフラスコ中に移し、少量の純水でビーカー内に残ったシュウ酸溶液を完全にメスフラスコ中に移す。純水をメスフラスコ中に足し、ゆすって混合したのち、標線の位置まで正確に純水を加える。最後にすり合わせの蓋をしてフラスコを倒立して中身の溶液をよく混合する。

## 問題 4

0.1 mol/L のシュウ酸水溶液 20mL を硫酸で酸性にして、未知濃度の過マンガン酸カリウム溶液で酸化還元滴定したところ、10mL で終点に達した。この過マンガン酸カリウム溶液の濃度(mol/L)を求めなさい。計算式とともに解答しなさい。ただしシュウ酸 1 mol は 2 mol の電子を放出し、過マンガン酸カリウム 1 mol は 5 mol の電子を受容する。

還元剤および酸化剤の分子 1 個あたりで移動する電子の数を  $n_1$ 、 $n_2$ 、還元剤および酸化剤の濃度を  $c_1$ 、 $c_2$  mol / L、中和点における還元剤および酸化剤の消費量を  $v_1$ 、 $v_2$  ml とすると、下記の関係が成立する。

$$n_1 \times c_1 \times v_1 = n_2 \times c_2 \times v_2$$

したがって、 $c_2$  のみが未知数で、他の値はわかっているので

$$2 \times 0.1 \times 20 = 5 \times c_2 \times 10$$

$$c_2 = 4 / 50 = 0.08 \text{ mol/L}$$

過マンガン酸カリウム溶液の濃度は、0.08 mol/L である。

## 問題 5

(1) 中和滴定を行うとき、酸の標準溶液としては塩酸よりもシュウ酸水溶液を用いる方が良い。これは何故か、理由を述べなさい。

塩酸は非常に危険な刺激性・腐蝕性の液体であり、揮発性もあるので、正確な量を計り取ることができない。シュウ酸は安全で安定な化合物であり、吸湿性もないので正確に計り取ることができる。また水によく溶ける。したがって酸の標準溶液を作るのに適している。

(2) 0.1 mol/L のシュウ酸標準液 10mL を 0.1 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定すると、何 mL で中和点に達するか？計算式とともに解答しなさい。

シュウ酸は 2 価の酸であり、水酸化ナトリウムは 1 価の塩基である。

酸および塩基の価数を  $n_1$ 、 $n_2$ 、

酸および塩基の溶液の濃度を  $c_1$ 、 $c_2$  mol/L、

中和点における酸および塩基溶液の消費量を  $v_1$ 、 $v_2$  ml とすると、

下記の関係が成立する。

$$n_1 \times c_1 \times v_1 = n_2 \times c_2 \times v_2$$

ここでは、 $v_2$  のみが未知数で他の値はわかっているので

$$2 \times 0.1 \times 10 = 1 \times 0.1 \times v_2$$

$$v_2 = 2 / 0.1 = 20 \text{ mL}$$

0.1 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液の消費量は 20 mL である。

## 問題 6

1 (mol/L) の塩化ナトリウム (NaCl) 水溶液 1 L に 2 本の白金電極を挿し、0.1A の直流電流を 160 分 50 秒流した。ファラデー定数は  $9.65 \times 10^4$  C/mol である。

(1) 流れた電気量は何 C (クーロン) で何 mol の電子に相当するか？

計算式とともに解答しなさい。

$$\text{電気量 } C \text{ (クーロン)} = \text{電流 (A)} \times \text{秒 (s)}$$

160 分 50 秒は  $60 \times 160 + 50 = 9650$  秒なので、流れた電気量は、

$$0.1 \text{ (A)} \times 9650 \text{ (s)} = 965 \text{ (A} \cdot \text{s)} = 965 \text{ (C)}$$

ファラデー定数で割ると、 $965 \div (9.65 \times 10^4) = 1.0 \times 10^{-2}$  mol の電子に相当する。

(2) 陰極と陽極で生成する物質はそれぞれ何か？

電子  $e^-$  との化学反応式も示しなさい。

陰極：



塩素ガスが発生する。

陽極：



水素ガスが発生するとともに水酸化物イオンの濃度が增大する。

(3) 反応終了後、溶液の pH はいくつになっているか？

説明文および計算式とともに解答しなさい。

1 L 中に 0.01 mol の水酸化物イオンが生成するので、水酸化物イオン濃度は  $[\text{OH}^-] = 0.01$  mol/L となる。

水のイオン積は  $[\text{OH}^-][\text{H}^+] = 10^{-14}$  だから、水素イオン濃度は、 $[\text{H}^+] = 10^{-14} / [\text{OH}^-] = 10^{-14} / 10^{-2} = 10^{-12}$  mol/L

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = 12$$

溶液の pH は 12 になる。

問題 7

ギブスの自由エネルギーの変化量( $\Delta G$ )とエンタルピー変化 ( $\Delta H$ )、エントロピー変化 ( $\Delta S$ ) および絶対温度 ( $T$ ) の関係を式で示しなさい。

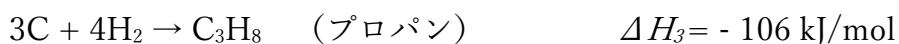
さらに、ギブスの自由エネルギーの変化量は熱力学的にどのような意味を持っているか説明しなさい。

$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$  の関係がある。

物質の化学変化の方向はエンタルピー変化 ( $\Delta H$ ) のみでは説明できず、エントロピー変化 ( $\Delta S$ ) も加算したギブスの自由エネルギーの変化量( $\Delta G$ )によって説明できる。発熱反応( $\Delta H < 0$ )およびエントロピー増大反応 ( $\Delta S > 0$ ) は自然に進行しやすいが例外もある。 $\Delta G < 0$  の反応は必ず自発的に進行する。

問題 8

二酸化炭素と水とプロパンの生成エンタルピーは下記のとおりである。



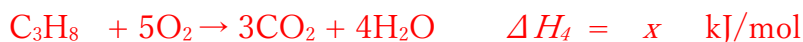
(1)  $\text{C}_3\text{H}_8$  が燃焼して  $\text{CO}_2$  と  $\text{H}_2\text{O}$  になるときの化学反応式を書きなさい。



(注：反応前後で原子の数が等しくなるようにする。)

(2) その燃焼エンタルピー  $\Delta H_4$  を求めなさい。説明文および計算式とともに解答しなさい。

原子の数が釣り合うように、上記の各反応式を書き換えると、



ヘスの法則により  $3 \times \Delta H_1 + 4 \times \Delta H_2 = \Delta H_3 + \Delta H_4$

$$\Delta H_4 = (-1182 - 1144) - (-106) = -2220 \text{ kJ/mol} \text{ である。}$$

「入門化学（化学）」の講義を終えて 2024年7月31日

非常勤講師 筒木 潔

4ヶ月にわたる入門化学（化学）の受講、お疲れ様でした。私も無事に16コマの講義を終えることができほっとしています。今年は大学の行事や祝日で授業日程が遅れることがほとんどなかったのも、今までで一番早く7月末日に講義を終えることができました。

私が化学の基礎を勉強したのは、高校から大学の教養課程までの時期とすると、すでに54年から56年前のことになります。化学の基礎の内容は、明治時代の初期ぐらいにはすでに明らかにされていたことなので、昔私が勉強したことと、皆さんが今度勉強したことに実質的な違いがあるわけではありませんが、単位が国際単位に統一され、各種の法則のあらわし方がそれに伴って新しくなり、また以前は教科書の中であまり出てこなかった用語が使われるなど、いろいろ重要な変化がありました。私も入門化学の非常勤講師を務めることによってこれらのことを新たに学習することができ、大変良かったと思います。

化学の内容で私自身が疑問に思っていたことは、地球のエントロピーは増大しつづけるのかということです。エントロピーが増大するということは乱雑さが増すということです。自然も社会も放っておけば乱雑さが増すばかりだと思えば、虚しい気持ちになります。しかし、地球上のすべての生命活動はエントロピーを減少させています。最初に無機物を有機物に変えてエントロピーを減少させているのは植物などの独立栄養生物ですが、動物などの従属栄養生物は植物が合成した有機物をもらって自分自身の体を再合成しています。地球上のすべての生物は、地球のエントロピーを減少させる働きをしているのです。人間はその影響力を増して、生態系の破壊をもたらしていますが、すべての生命活動を大切に扱って、地球の乱雑さの減少すなわちエントロピーの減少を促進することが重要なのではないのでしょうか。

「入門化学」の講義ファイルの最後に「自然・社会・農業・土壌のしくみとエントロピー増大の法則」というファイルを載せておきました。興味があれば読んでみてください。

入門化学で勉強したことが、大学でのこれからの学習に少しでも役に立ってくれることを願っています。畜大で楽しく有意義な学生生活を送ってください。