

化学基礎，化学基礎演習 2017年度

この冊子は教科書ではない。1～4講のプリントには多少の説明があるが，これは指定教科書の購入が間に合わない学生を想定してのことである。教科書を購入した学生については，詳しい解説は指定教科書を参照せよ。このため，5講以降は説明は殆どない。

回数	講義日	内容 (予定)
1	4月5日	第1講
2	4月11日	第2講
3	4月12日	第3講
4	4月18日	第4講
5	4月19日	第5講
6	4月25日	第6講
7	4月26日	第7講
8	5月2日	第8講
9	5月9日	第9講
10	5月10日	第10講
11	5月16日	確認試験[1]
12	5月17日	第11講
13	5月23日	第12講
14	5月24日	第13講
15	5月30日	第14講
16	5月31日	第15講
17	6月6日	確認試験[2]
18	6月7日	第16講
19	6月13日	第17講
20	6月14日	第18講
21	6月20日	第19講
22	6月21日	第20講
23	6月27日	第21講
24	6月28日	確認試験[3]
25	7月4日	過去問 (三年前の試験問題) を解いてみよう
26	7月5日	過去問 (二年前の試験問題) を解いてみよう
27	7月11日	過去問 (昨年度の試験問題) を解いてみよう
28	7月12日	試験日 (試験前に出題意図を説明)
29	7月18日	試験解説日
30	7月19日	発展的な内容，もしくは基礎的事項の確認

http://chem.ru.dendai.ac.jp/Ruike/ru_i.ke.html

図 1: 2017 年度化学基礎 (類家担当クラス) スケジュール

1 教科書

下記の教科書を使用する。必ず購入して下さい。

- 野村浩康編，大学化学への入門—演習問題を中心に—，学術図書出版

2 評価に関すること

[1] 授業への取り組み点と試験の点数を 35 : 65 の割合で評価して評点をつける。

- (a) ただし，試験の素点が $(0.65 \times \text{期末試験点数} + 0.35 \times \text{授業への取り組み点})$ を上回る場合においては，試験の素点を評点とする。

[2] 試験

- (a) 試験とは 7 月 12 日に実施される期末試験を意味する。

[3] 授業への取り組み点

- (a) 出席，小テスト，宿題，確認試験で評価する。
(b) 講義では必ず宿題を出す。所定の用紙（その都度配布する）に解答し，提出すること。
(c) 類家の担当するクラスは，理解度をはかるために，確認試験を 3 回実施する。これは授業への取り組み点に含める。

[4] 出席，遅刻，欠席について

- (a) 講義の開始チャイム前に着席していれば出席で，それ以降は遅刻とする。ただし，このルールはあまり厳密に「運用」するつもりはない。厳密なルールを規定しておく意味で念のために明示した。
(b) 遅刻はそれなり（講義開始直後に遅れて来た学生と，後 5 分で終了という時間に講義室に入った学生を同じ遅刻として扱うのは，いかにも不公平感がある。類家がそれなりに判断する）に減点する。
(c) やむを得ない理由による欠席（病欠や忌引き）は所定の規則に従って欠席届けを提出せよ。その場合には，欠席扱いとはしない（その日の平常点は，該当する日の平常点の平均点を与える）。ただし，個別に補習などは行わない。

3 連絡に関すること

本講義の連絡事項は，基本的に講義中に行う。欠席した場合などは，友人に聞くなどするように。

4 化学基礎演習に関すること

このクラスは，化学基礎演習（類家担当クラス）と同時に履修する必要がある。単独での履修による単位認定はない。

化学基礎演習は授業への取り組み点のみで評価する。

科目名	学年	学系	学籍番号	氏名
化学基礎 第1講	1			

目的 有効数字を理解する。

2章 化学における計算と物理量，物質質量

- 2.1 化学における基本的な計算法と数値の取扱い (1)(2)

1 物理量

長さや質量，速度など物理的な性質を表す量を物理量という。物理量は数値に単位をつけて表される。例えば，長さは 10 cm とか 2000 km のように表す。形式的には，物理量は数値と単位の積で表されると考えると便利である。

$$\text{物理量} = \text{数値} \times \text{単位}$$

1.1 物理量の演算

物理量はそれぞれで四則演算が可能である¹。もちろん，足し算と引き算は同じ物理量どうしでなくては計算できない²。掛け算，割り算は違う物理量どうしの計算が可能で，数値は数値，単位は単位で計算するのが便利である。例えば，時速 50 km/h で 0.50 時間走ったら，走行距離がいくつになるかを計算する場合，次のようにする。

$$\begin{aligned}
 50 \text{ km/h} \times 0.50 \text{ h} &= \underbrace{50 \times 0.50}_{\text{数値}} \times \underbrace{\frac{\text{km}}{\text{h}} \times \text{h}}_{\text{単位}} \\
 &= 25 \text{ km}
 \end{aligned}$$

2 有効数字の基本事項

2.1 有効数字

比較的単純な測定精度の表し方は，有効数字による表示法である。有効数字とは，ある測定結果をその測定精度に合わせて表示するために必要な数字と定義される。どのような測定においても，測定値の最後の桁には少なくとも ± 1 の不確かさが存在するので，有効数字には，確定的なすべての桁数に加えて，それに続く不確かかな 1 桁が含まれる。

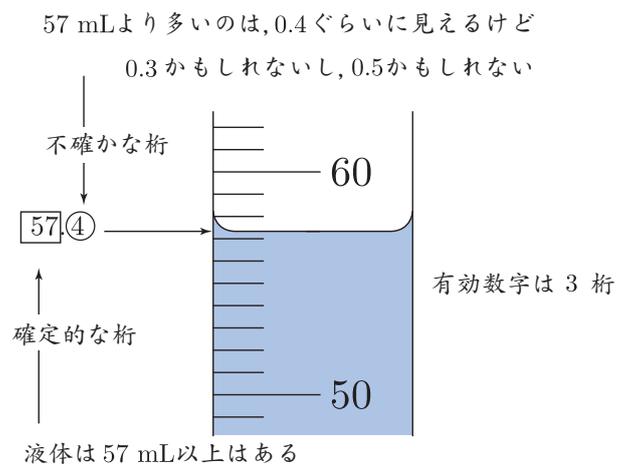


図 1: メスシリンダーの目盛りの読み方と有効数字

¹ここでは扱わないが，加減乗除以外の微分などの演算も可能である。

²10 km - 20 sec に意味が無いのは明らかだろう

2.2 有効数字が何桁あるのかを勘定する規則

[1] 数値を左から見ていき、0でない最初の数字が有効数字のはじめの数字となり、その後は、0も含めて最後の数字までが有効数字になる。

例1 0.00452 では、有効数字は「4, 5, 2」の3桁であり、「4」より上の「0」は有効数字ではない。

例2 30.5 では、有効数字は「3, 0, 5」の3桁であり、「0」も有効数字である。

例3 7.0, 7.00, 7.000 では、有効数字はそれぞれ2桁, 3桁, 4桁である。

[2] 数値を左から見ていき、0でない最初の数字が1もしくは2の場合には、それを1/2桁と数える。

例4 0.00152 では、有効数字は「1, 5, 2」の3桁である³が、最初の1は1/2桁と勘定するので、より正確には $2\frac{1}{2}$ 桁、もしくは2桁半である。(最初の例と比べてみよ。)

[3] 十、百、千などを表すゼロは、有効数字なのか、位取りなのかは分からない。この場合には精度を明確に示す必要がある。

例5 100 の有効数字は、1桁かもしれなし、3桁かもしれない。3桁の場合には、 1.00×10^2 のように有効数字を明示する。この表式を指数形式という。1.00の部分を仮数部といい、位取りを表す 10^2 を指数部という。仮数部の小数点以上は1桁にするのが普通である。

[4] 有効数字の桁数は、単位の取り方とは無関係である。

例6 31.7 mg の有効数字は3桁であるが、単位を変えて「0.0317 g」、「 $3.17 \times 10^4 \mu\text{g}$ 」と表示してもよい。ただし、「31700 μg 」と表示すると、「7」より下位のゼロが有効数字なのか、位取りなのか不明瞭になるので避ける。

[5] 実験値ではない値、例えば、実験の回数、百分率を求めるための100、原子価を示す数、定義の中で与えられる数(1 kg は1000 g の1や1000)などは有効数字を考えなくてよい。これらは絶対数と呼ばれる。

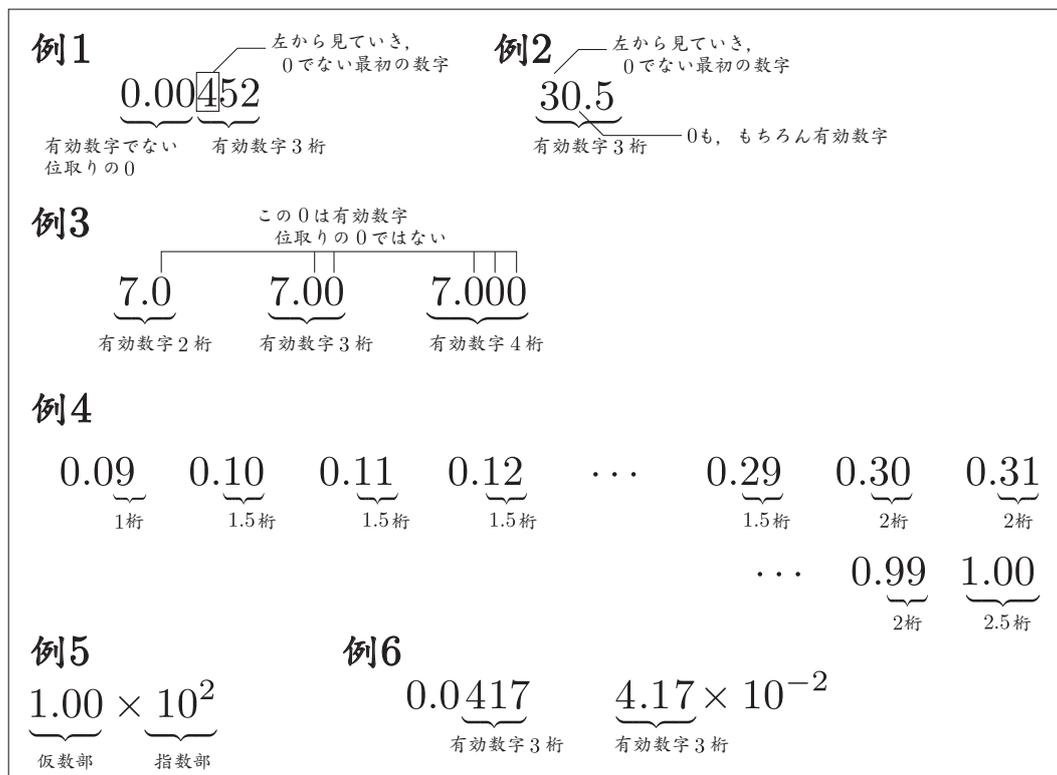


図 2: 有効数字の勘定の仕方

³3桁としても間違いではない。

[1] 次の数値の有効数字が何桁なのか答えなさい。

(a) 305

(b) 25.6

(c) 3.500

(d) 0.1

(e) 0.001

(f) 0.0103

(g) 0.01030

[2] 次の非指数形式の数は指数形式で表し，指数形式の数は非指数形式で表しなさい。(22 頁：例題 5)

(a) 0.000548

(b) 96500 (ただし有効数字 3 桁)

(c) 0.28×10^{-3}

(d) 0.125×10^5

2.3 数字の丸め方

- [1] 測定値を有効数字に合わせて表示する場合、有効でない最初の数値を切り上げたり切り捨てたりする。この操作を数字を丸めるといふ。
- [2] 数値を丸めるときは、四捨五入による。ただし、丸めようとする桁の数値がちょうど5の時は、その前の桁の数字が偶数なら切り捨て、奇数なら切り上げる⁴。

例 1 $9.43 = 9.4$ (四捨)

例 2 $9.47 = 9.5$ (五入)

例 3 $8.65 = 8.6$ (丸めようとする数字が5の場合：切り捨て)

例 4 $8.75 = 8.8$ (丸めようとする数字が5の場合：切り上げ)

- [3] 数値は計算途中で丸めずに、最終結果において一度だけ丸める。ただし、連続する計算途中で桁数が増して複雑になる場合には、有効数字より1桁多く残し、それ以降の数字を切り捨てる。

例 5 計算途中で $5.6789\dots$ を得て、有効数字が3桁だった場合には、その時点で 5.67 とせずに、もう一桁残して 5.67_8 とする。

2.4 有効数字の四則演算

加法と減法 二つ以上の値を加減するときは、演算の結果得られた値の小数点以下の桁数を、元の値の中で小数点以下の桁数の最も少ないものに合わせる。

例 1 「 $6.72 + 0.542 + 10.3$ 」の時、単純に合計すると「 17.562 」となる。この場合は、小数点以下の桁数の最も少ない「 10.3 」に小数点以下の桁数を合わせて「 17.6 」と表示する。

乗法と除法 二つ以上の値を乗除するときは、演算の結果得られた値の有効数字は、元の値の中で最小の有効数字に合わせる。

例 2 「 $1.61 \times 2.434 / 0.23456$ 」を計算すると、「 $16.70677\dots$ 」となる。この場合は、最小の有効数字である「 1.61 」に有効数字を合わせて「 16.7 」と表示する。

⁴有効でない最初の桁の数値が0であれば丸める必要はない。有効でない最初の桁の数値が5未満なら切り捨て、5以上なら切り上げる丸めを四捨五入といい、JIS Z 8401で規則Bとして定められている。しかし、切り捨てられるのは「1,2,3,4」の4つであるのに対して、切り上げられるのは「5,6,7,8,9」と5つもある。これでは、統計的に切り上げられる確率が高くなり、あまりよい状況ではない。そこで、最近接偶数への丸めという聞き慣れない丸め方がある。これは、有効でない最初の桁の数が5より小さいなら切り捨て、5より大きいなら切り上げ、ちょうど5なら切り捨てと切り上げのうち結果が偶数となる方へ丸める、という丸め方である。これはJIS Z 8401で規則Aとして定められていて、規則B(四捨五入)より「望ましい」とされている。

[1] 有効数字に気をつけて，次の計算をなさい。計算結果だけでなく，かける数，かけられる数，割る数，割られる数などの有効桁を1つ1つチェックしなさい。

(a) 3.5×4.65

(b) 5.50×0.04

(c) $78.58 \div 5687$

(d) $0.60 \div 76.456$

(e) $456.7 + 34.3$

(f) $58.0 + 2$

[2] 有効数字を考慮して，有効桁数と相対精度を答えなさい。（34頁：2章の問題，化学における基本的な計算 A1）

(a) 52.40 g

(b) 15.4 mL

[3] 有効数字に注意して次の計算をなさい。(34 頁：2 章の問題，化学における基本的な計算 A2)

(a) $(568.2 + 623.15 + 2000.4) \times 15.1$

(b) $(864.23 - 800.1) \times 0.558$

科目名	学年	学系	学籍番号	氏名
化学基礎 宿題	1			

2 第1講の宿題

- 有効数字に注意して次の計算を下さい。(21頁：例題2, 例題3.)

[1] $2259 \div 236$

[2] $25.3 + 1.536 + 0.1285$

[3] $258.25 - 250.1$

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 第2講	1			

目的 有効数字を理解する。

2章 化学における計算と物理量, 物質量

- 2.1 化学における基本的な計算法と数値の取扱い (1)(2)

2.5 有効数字の四則演算 2

有効数字の取扱いは前回の講義で説明した通りであるが、何故そのように扱うのか簡単に説明する。理解することは重要であるが、毎回ここで示す様な計算をする必要はない。

2.5.1 かけ算, 割り算

□例題 2(a) **112.5 × 0.025**

$$112.4 \times 0.024 < 112.5 \times 0.025 < 112.6 \times 0.026$$

$$2.6976 < 2.8125 < 2.9276$$

$$\mathbf{2.6976} < \mathbf{2.8125} < \mathbf{2.9276}$$

$$\mathbf{2.6976} < \mathbf{2.8125} < \mathbf{2.9276}$$

$$2.69 \xleftrightarrow{0.12} 2.81 \xleftrightarrow{0.11} 2.92$$

2.81 ± 0.12 ← 誤り：差が0.1以上あるのに2.81まで示す意味が無い

$$2.8 \pm 0.1$$

□例題 2(b) **2259 ÷ 236**

$$\frac{2258}{237} < \frac{2259}{236} < \frac{2260}{235}$$

$$9.5274... < 9.5720... < 9.6170...$$

$$\mathbf{9.5274...} < \mathbf{9.5720...} < \mathbf{9.6170...}$$

$$\mathbf{9.5274...} < \mathbf{9.5720...} < \mathbf{9.6170...}$$

$$9.52 \xleftrightarrow{0.05} 9.57 \xleftrightarrow{0.04} 9.61$$

9.57 ± 0.05 これでも OK だし

9.6 ± 0.1 もっと謙虚に、これでも OK

2.5.2 足し算, 引き算

□例題 3(a) $25.3 + 1.536 + 0.1285$

$$\begin{array}{r} 25.3 \\ 1.536 \\ + 0.1285 \\ \hline 26.9645 \\ 27.0 \end{array}$$

□例題 3(b) $258.25 - 250.1$

$$\begin{array}{r} 258.25 \\ - 250.1 \\ \hline 8.15 \end{array}$$

[1] 次の数値の有効数字の桁数を答えなさい。(立屋敷哲, 溶液の化学と濃度計算, 丸善, 12 頁)

- (a) 345.6
- (b) 0.002
- (c) 1.203
- (d) 345
- (e) 68.0
- (f) 4×10^3
- (g) 0.0089

[2] 次の数値を有効数字 2 桁で示しなさい。(立屋敷哲, 溶液の化学と濃度計算, 丸善, 12 頁)

- (a) 1.345
- (b) 5.47
- (c) 34.2
- (d) 274
- (e) 6.530
- (f) 0.04321
- (g) 0.7158
- (h) 0.1254

[3] 次の計算結果を有効数字に注意して示せ。(立屋敷哲, 溶液の化学と濃度計算, 丸善, 14 頁を少し改良)

(a) $25+1.278+127.1+5.45$

(b) $19.57-1.286$

(c) $1.23+0.12345$

(d) 13.6×0.004

(e) $67.1 \div 561$

3 体積の単位換算

化学を学ぶ場合、体積の単位換算に習熟しなくてはならない。苦手な学生が多いが、難しくはない。1 m³ が何 cm³ かを考えるには、1 m = 100 cm の両辺を3乗すれば良い。

$$\begin{aligned}1 \text{ m} &= 100 \text{ cm} \\1^3 \text{ m}^3 &= 100^3 (\text{cm})^3 \quad \text{両辺を3乗した} \\1 \text{ m}^3 &= 10^6 \text{ cm}^3 \quad (\text{cm})^3 \text{を cm}^3 \text{と書いた}\end{aligned}$$

次に、1 mL が何 cm³ かを考えると、

$$\begin{aligned}1 \text{ mL} &= 1 \times 10^{-3} \text{ L} \quad \text{m (ミリ)} \rightarrow 10^{-3} \text{とした} \\&= 1 \times 10^{-3} \times 10^3 \text{ cm}^3 \quad \text{L} \rightarrow 10^3 \text{ cm}^3 \text{とした} \\&= 1 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

と計算できる。注意すべき点は

- 1 L は 10³ cm³ : 定義
- cm³ は (cm)³ を意味し、c · m³ ではない。
- cm³, cc, mL は全て同じ量¹。

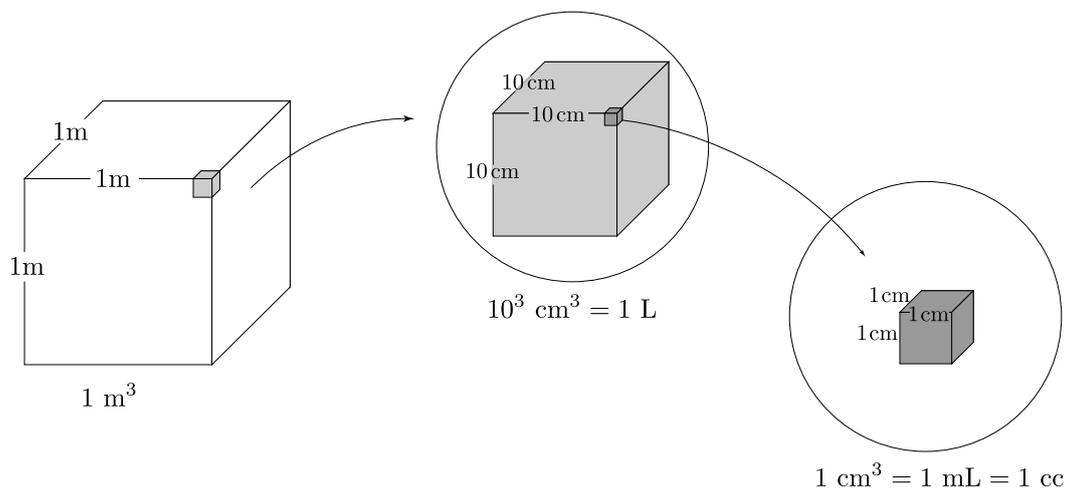


図 1: 体積 : 1 m³, 1 L, 1 cm³

4 物理量の表記

物理量は、数値と単位で表す。例えば、1 m³ とか、1 kg のように。数値と単位の間には半角スペースを入れないのは、ただ2つだけで単位が%か°Cのときだけである。

¹cc は cubic centimeter の略。日本語に直せば、立方センチメートル。すなわち、cm³ のこと。

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 宿題	1			

5 第2講の宿題

- 有効数字に注意して次の計算をなさい。答えは指数形式で表しなさい。(34頁：2章の問題, 化学における基本的な計算 A3)

[1] $5.6 \times 10^{-8} \times 2.11 \times 10^5$

[2] $4.6 \times 10^6 \div (2.00 \times 10^{-3})$

[3] $0.0001225 + 0.000005$

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 第3講	1			

目的 物質を分類する。

原子の構造を理解し、原子量の定義について考える。

教科書 1章 化学の歴史と物質の構成

- 1.1 化学の歴史, 1.2 物質の構成, 1.3 原子の構造

1 物質の構成

1.1 純物質と混合物

初めて化学を勉強する学生は、脚注¹を参照せよ。

- 次の物質を純物質と混合物に分けなさい²。(16頁：1章の問題, 物質の構成 A1)

- [1] 酸素
- [2] 空気
- [3] 食塩
- [4] 食塩水
- [5] 氷水

1.2 単体と化合物

- 次の物質を単体と化合物に分けなさい。(10頁：例題1)

- [1] 塩化ナトリウム
- [2] 蒸留水
- [3] 酸素
- [4] ダイヤモンド
- [5] 二酸化炭素

¹初めて化学を勉強する人は、酸素が純物質か混合物かなんて分かるはずがない(常識として知っていると便利だが)。ましてや、食塩なんて非常に微妙である。高校で化学を選択している人が、この類いの問題をすらすらと解いていたとしても、それは慣れているだけ。気にしない気にしない。純物質、混合物の違い、単体と化合物の違いを概念として理解したら、ここで示した練習問題2題で慣れることが肝要である。あとは知識の量の問題であって、理解しているかどうかといった本質的な問題ではない。

²純物質とは、1種類の物質(単体、もしくは化合物)で出来ているもの。複数の物質が混ざっているものを混合物という。単体とは1種類の元素で出来ている物質であり、複数の元素からなる物質を化合物という。

2 原子量

2.1 質量数

- 原子の質量はほとんど中性子と陽子の質量で決まる。
→ (中性子の数) + (陽子の数) を質量数³と呼ぶ。

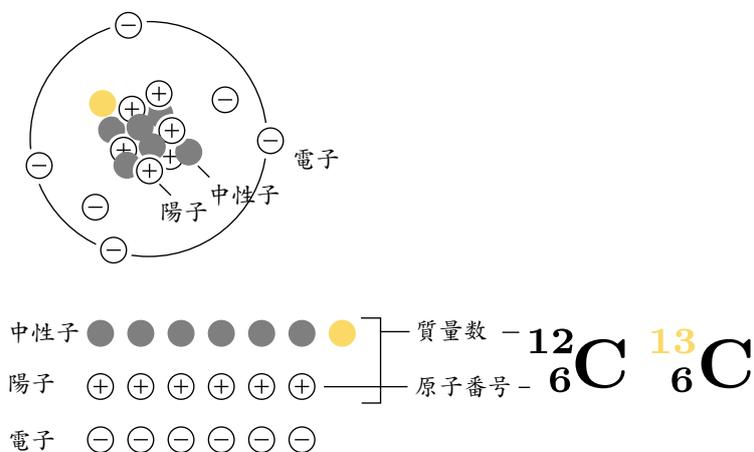


図 1: 原子の構造

表 1: 原子を構成する電子, 陽子, 中性子の質量と電気量

	質量 [g]	電気量 [C]
電子	9.109×10^{-28}	-1.602×10^{-19}
陽子	1.673×10^{-24}	1.602×10^{-19}
中性子	1.675×10^{-24}	0

- 次の各原子を構成する陽子 p, 中性子 n, 電子 e⁻ の数を答えなさい。(13 頁: 例題 6)

[1] ¹⁴N

[2] ²⁰Ne

2.2 原子の質量と質量欠損

原子を構成する陽子, 中性子, 電子の質量の総和と原子の質量の実測値とは一致しない。

$$\begin{aligned}
 M(\text{計算}) &= Z(m_e + m_p) + (A - Z)m_n \\
 &= 6 \times (9.1095 \times 10^{-31} + 1.67265 \times 10^{-27}) + (12 - 6) \times 1.67495 \times 10^{-27} \\
 M(\text{実測}) &= 1.99268 \times 10^{-26} \\
 \Delta M &= M(\text{計算}) - M(\text{実測}) \\
 &= 1.643 \times 10^{-28} \text{ kg}
 \end{aligned}$$

原子の質量は実測により決定する必要があることが分かる。

³あくまで数であって質量ではない。敢えて単位を付けるとすれば「ヶ」だろう。

元素	同位体	質量数	質量 ⁴ (g)
H	¹ H	1	1.67356×10^{-24}
	² H	2	3.34455×10^{-24}
C	¹² C	12	1.99268×10^{-23}
	¹³ C	13	2.15929×10^{-23}
N	¹⁴ N	14	2.32530×10^{-23}
	¹⁵ N	15	2.49087×10^{-23}
Na	²³ Na	23	3.8175×10^{-23}

2.3 相対質量

- ¹²C の本当の質量は $1.99268 \dots \times 10^{-23}$ g である。

→ 非常に小さいので○g という絶対値を使うのをやめて、相対的な値で表すことにする。

→ 相対的な値で表した原子の質量を相対質量と呼ぶ。この原子の相対質量の基準には ¹²C を用い、その質量を 12 とする⁵。すると、他の原子の相対質量は次のようにして求められる。例えば ¹⁴N の相対質量 x は、

$$(1.99268 \times 10^{-23}) : 12 = (2.32530 \times 10^{-23}) : x$$

の比例関係から $x = 14.0031$ を得る。

元素	同位体	質量数	質量 (g)	相対質量
H	¹ H	1	1.67356×10^{-24}	1.00782
	² H	2	3.34455×10^{-24}	2.01410
C	¹² C	12	1.99268×10^{-23}	12.0000 (定義)
	¹³ C	13	2.15929×10^{-23}	13.0034
N	¹⁴ N	14	2.32530×10^{-23}	14.0031
	¹⁵ N	15	2.49087×10^{-23}	15.0001
Na	²³ Na	23	3.8175×10^{-23}	22.99

2.4 原子量

- 同位体の存在を考慮して同一元素での相対質量の平均値を取ることにより原子量⁶を定義する。例えば、炭素原子の原子量は次のように計算する。

$$\begin{aligned} C &= 12.0000 \times \frac{98.90}{100} + 13.0034 \times \frac{1.10}{100} \\ &= 12.011 \end{aligned}$$

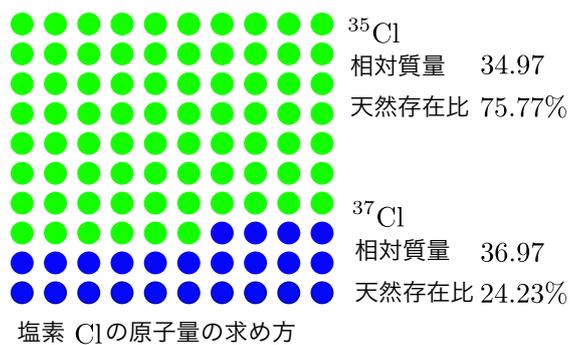
元素	同位体	質量数	質量 (g)	相対質量	天然存在比	原子量
H	¹ H	1	1.67356×10^{-24}	1.00782	99.985	1.0079
	² H	2	3.34455×10^{-24}	2.01410	0.015	
C	¹² C	12	1.99268×10^{-23}	12.0000 (定義)	98.90	12.011
	¹³ C	13	2.15929×10^{-23}	13.0034	1.10	
N	¹⁴ N	14	2.32530×10^{-23}	14.0031	99.634	14.007
	¹⁵ N	15	2.49087×10^{-23}	15.0001	0.366	
Na	²³ Na	23	3.8175×10^{-23}	22.99	100	22.99

⁴原子の質量を有効数字 6 桁で表記しているものは意外と少ない。ここに載せた値は、田中政志、佐野充による”原子・分子の現代化学”，学術図書出版社，1990 の表 1-2 からの抜粋である。

⁵相対値なので単位はない。g とか kg とか g/mol とか単位を付ける人がいるが間違いである。

⁶くどいようだが相対値である相対質量の平均値なのでこちらにも単位はない。

- 図2の空欄に数値を記入して、^{塩素}Clの原子量を求よ。



$$34.97 \times \frac{\boxed{}}{\boxed{}} + 36.97 \times \frac{\boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{}$$

図2: 原子量

- 天然に存在する銅には ⁶³Cu (相対質量 62.9) が 69.0 %, ⁶⁵Cu (相対質量 64.9) が 31.0 % 混在している。銅の原子量を求めよ。

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 宿題	1			

3 第3講の宿題

[1] 次の純物質を単体と化合物に分けなさい。(16頁：1章の問題, 物質の構成 A 2)

- (a) 水素
- (b) 酸素
- (c) 水
- (d) 一酸化炭素
- (e) 二酸化炭素
- (f) 金
- (g) 塩化水素
- (h) 塩素
- (i) アンモニア
- (j) 銀

[2] 以下の文中の (ア) ~ (エ) に適切な語句を記入せよ。(16頁：1章の問題, 原子の構造 A 7)

原子の中心には正の電荷をもつ核があり, そのまわりを負の電荷をもつ電子が運動している。原子核は, 正の電荷を持つ (ア) と電荷を持たない (イ) からできている。原子核中の (ア) の数と原子核のまわりの電子の数は等しいため, 原子全体は中性である。

原子核を構成する (ア) と (イ) の質量はほぼ等しい。電子の質量はその約1840分の1できわめて小さい。したがって, 原子の質量は (ア) と (イ) の質量の和でほぼ決まる。そこで, (ア) と (イ) の数の和を (ウ) という。

原子には (ア) の数は同じであるが (イ) の数が違うものがある。このような原子を互いに (エ) であるという。

[3] 次の同位体の陽子の数と中性子の数を求めよ。(17頁：1章の問題, 物質の構成 A 10)

- (a) ^{12}C
- (b) ^{13}C
- (c) ^{35}Cl
- (d) ^{37}Cl

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 第4講	1			

目的 物質質量, 分子量, モル質量を理解する。

教科書 2章 化学における計算と物理量, 物質質量

- 2.2 物理量, 物質質量とその表現 (1)(2)^a (3)(4)(5)(6)(7)

^a(2)「物理量と次元」の章で次元を尋ねる形式では出題しない。

3 物質質量 (mol)

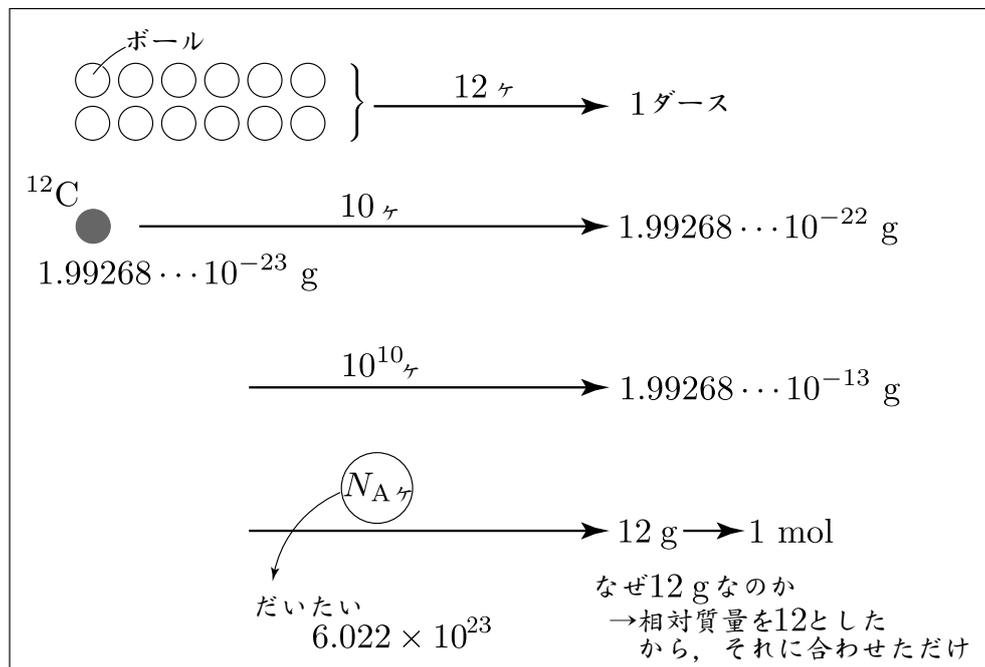


図 1: 各原子の相対質量に g 単位をつけた量だけを量りると, その中には N_A ヶの原子が含まれる。

- 12 g の ^{12}C に含まれる原子の数と同じ数の粒子集団を 1 mol と定義する。

→ 具体的には $6.022 \dots \times 10^{23}$ ヶでこれをアヴォガドロ数という (数値は測定精度による。定義ではない)。

[1] 13.0034 g の ^{13}C には何個の ^{13}C 原子が含まれているか。

[2] 12.011 g の C (炭素) には何個の C (炭素) 原子が含まれているか。

[3] ^{14}N をアヴォガドロ数個集めたら何 g か。

[4] ^{15}N をアヴォガドロ数個集めたら何 g か。

[5] N (窒素原子) 14.007 g には何個の N (窒素) 原子が含まれているか。

- 物質量は次の式で計算できる。

$$\text{物質量 (mol)} = \frac{\text{物質を構成する単位粒子の数}}{6.02 \times 10^{23}}$$

[6] 野球ボール 24ヶは何ダースか。

[7] 野球ボール 6ヶは何ダースか。

[8] 野球ボール 0.25 ダースは何ヶか。

[9] 酸素原子 12.04×10^{23} ヶは何 mol か。

[10] 酸素原子 3.01×10^{23} ヶは何 mol か。

[11] 酸素原子 0.500 mol には何ヶの原子が含まれるか。

アボガドロ数の疑問 個数を具体的に指定せず、12 g の ^{12}C に含まれる原子の数と同じ数の粒子集団などと、なぜこんなマドロコしい表現をするのだろうか。「定義だから」と言ってしまうばもともこないのだが、なぜこんな遠回りな表現をするのかを考えることには意味がある。mol の説明によく引き合いに出されるダースは mol に比べれば話は簡単、12ヶで1ダースである。つまり、「モノが12ヶ集まるとそれを1ダースと言う」と表現できる。これに準ずれば、「モノがアボガドロ数ヶ集まればそれを **1mol** という」と表現できる。これは正しい。こちらが理解しやすければこちらの表現で理解してもよい。しかし、「アボガドロ数ヶっていったい幾つなの？」って聞かれると、やっぱり「12 g の ^{12}C に含まれる原子の数と同じ数」という答えになる。これが定義だからだ。しつこく、「で、いったい幾つなの？」って聞かれたら、「現状では $6.0221415(10) \times 10^{23}$ という値が推奨されている」と答えるのが正しい。科学技術の進歩とともにアボガドロ数は変わっている。

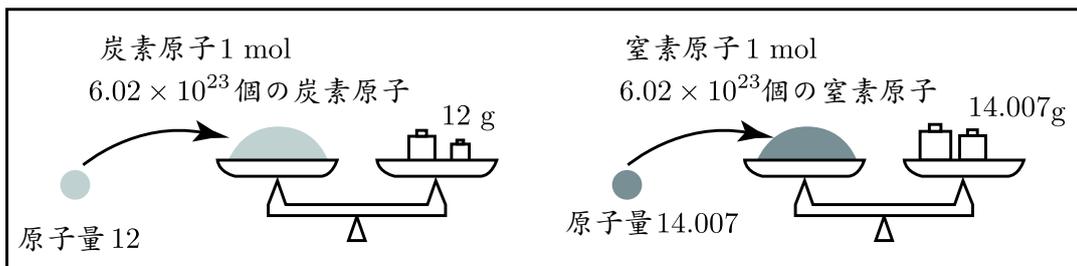


図 2: 質量数 12 の炭素原子 ^{12}C 12 g は、 ^{12}C を 6.02×10^{23} 個含み、これを 1 mol と呼ぶ。原子量は $^{12}\text{C} = 12$ を基準とした相対質量であるから、他の原子についても、原子量に g 単位をつけた質量の中には、原子が 6.02×10^{23} 個含まれており、物質量は 1 mol になる。

4 分子量

分子の相対質量を原子と同じ基準で表した値を分子量という。

$$\text{分子量} = \sum_i (\text{元素 } i \text{ の原子量}) \times (\text{元素 } i \text{ の個数})$$

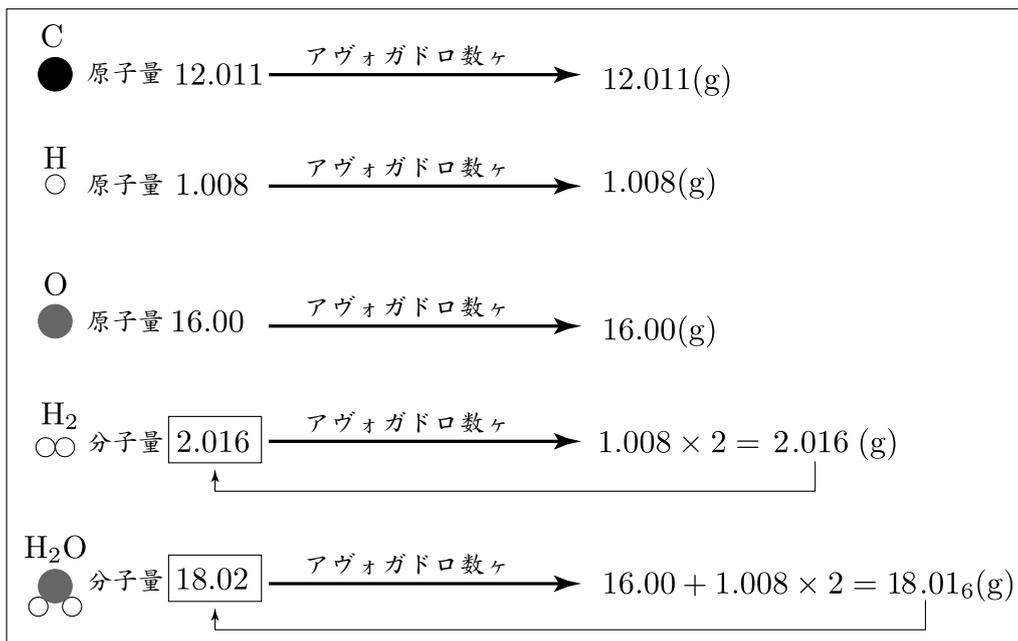


図 3: 構成原子の原子量の和が分子量となる。

- 以下の物質の分子量を求めよ。原子量はテキストの周期表を参照せよ。(14 頁: 例題 8)

[12] 水素 H₂

[13] 酸素 O₂

[14] 水 H₂O

[15] 塩化水素 HCl

[16] メタノール CH₃OH

5 モル質量

- 物質を構成する粒子 1 mol あたりの質量をモル質量といい、原子量、分子量、式量などの数値に単位 g/mol をつけた量になる。モル質量は原子量、分子量と同じ数値であるが、g/mol という単位をつけて新たにモル質量と定義すると、質量さえ分かればその物質の物質量が形式的に次式から計算できる。これが、モル質量を定義する最も大きな理由である。

$$\rightarrow \text{物質量 } n(\text{mol}) = \frac{\text{質量 } m(\text{g})}{\text{モル質量 } M_w(\text{g/mol})}$$

[17] 56.04 g の窒素分子 N₂ は何 mol に相当するか。

化学式

図3に示したように、水という分子は酸素 ● と水素 ○ が ●○ という具合に結合して出来ている。水分子ならこのような表記法でも問題ないが、複雑な分子を表そうとすると、そうも言ってもらえない。そこで、元素記号を用いて H₂O と表す約束をする。下付きの 2 は H が 2 つあることを表している。

化学の基本法則

本日の課題は講義の内容とは一見全く関係のないような化学の基本法則についての問題であるが、もちろん、これらは深い関係がある。ただし、本講義で化学の基本法則については詳しく解説はしない。テキストの 10 頁のあたりを読んで、課題をこなしてほしい。化学の基本法則と呼ばれるものは、(法則名をあらわに示すことは無いかもしれないが) これからの講義の中でゆっくと解説していく。

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 宿題	1			

6 第4講の宿題

[1] 次の記述に最も関係のある法則名と発見者の名前を書け。ただし、同一の解答もある。

(11頁：例題3, 16頁：1章の問題, 物質の構成 A 5改)

- (a) 0℃, 101.3 kPa の一酸化炭素 2 L と酸素 1 L が反応すると, 0℃, 101.3 kPa の二酸化炭素 2 L が生成する。
- (b) 水素 0.6 g と酸素 4.8 g がちょうど化合すると, 水 5.4 g ができる。
- (c) 0℃, 101.3 kPa で 1 L を占める酸素の分子数は, 0℃, 101.3 kPa で 50 mL を占める酸素の分子数の 20 倍である。
- (d) 炭素が燃焼して生じる二酸化炭素も, 炭酸水素ナトリウムに塩酸を加えて生ずる二酸化炭素も, 含まれる炭素の質量分率は 27.3 % である¹。
- (e) 水と過酸化水素に含まれる酸素の質量百分率はそれぞれ 88.8 %, 94.1 % である。したがって, 水素 1 g に結合する酸素の質量比は, 1 : 2 である。
- (f) 0℃, 1 atm ではどんな気体でも, 22.4 L 中に 6.0×10^{23} 個の分子を含む。
- (g) 1 体積の窒素と 3 体積の水素が反応して, 2 体積のアンモニアを生ずる。
- (h) 一酸化炭素中の炭素は 42.9 %, 二酸化炭素中の炭素は 27.3 % である。したがって, 炭素の一定質量と化合する酸素の質量比は 1 : 2 となる。

¹ここで述べている反応を理解する必要はない。単に, 異なる 2 通りの方法で生成した二酸化炭素を比べているだけ。

[2] 以下の文中の〔ア〕～〔オ〕に適切な語句を記入せよ。(16頁：1章の問題、物質の構成 A 6)

1774年、ラヴォアジエは当時としては最高精度の天秤を用い化学反応と質量の関係を研究し、〔ア〕の法則が成立することを示した。1799年、プールのストは純粋な化合物の精密な測定から、異なる元素が結合して化合物が生成する場合、それがいつ、どこで、どのようにして作られても成分元素の質量の比が一定であるという〔イ〕の法則を見いだした。さらに1803年、ドルトンは2種類の元素から生成するいくつかの化合物間に、一方の元素の一定量と化合する他の元素の量は互いに簡単な整数比をなすという〔ウ〕の法則が成立することを提唱するとともに、物質は原子からなるという考え方を打ち出した。そして1808年にはこれまでの法則などを集大成する形で〔エ〕説を公表した。この〔エ〕説は〔ア〕、〔イ〕および〔ウ〕などの法則を説明するために不可欠の仮説として直ちに認められた。おなじ1808年、ゲイ・リュサックは気体どうしの間で起こる反応の研究から〔オ〕の法則を発表した。ほとんどの気体反応はこの法則に従い、〔エ〕説で説明できたが、単体気体間の反応は〔エ〕説で説明できなかったためドルトンは最後まで〔オ〕の法則を認めなかった。

〔エ〕説と〔オ〕の法則の間の矛盾の解決策として、1811年、アボガドロは気体の体積とその中に含まれている分子数に関する仮説と、単体気体に関する仮説の2つを提出した。1番目の仮説はほぼ認められたが、2番目のものはその後50年間認められなかった。1858年、カニッツァローは水素を含むいくつかの気体化合物の密度とその化合物中の水素の質量百分率を測定し、アボガドロの2つの仮説を証明するとともに、原子量、分子量の概念を確立した。

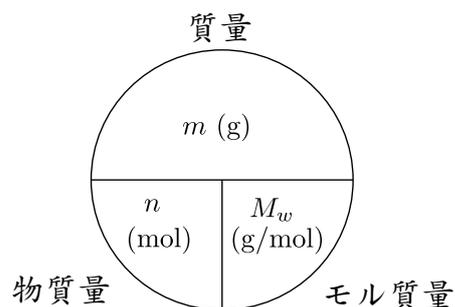
科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 第5講	1			

目的 物質量の概念を理解し，計算できるようになる。

教科書 2章 化学における計算と物理量，物質量

- 2.2 物理量，物質量とその表現 (1)(2)^a (3)(4)(5)(6)(7)

^a(2) 「物理量と次元」の章で次元を尋ねる形式では出題しない。



6 物質の量の計算

6.1 物質量 n (mol) を問うパターン..... $n = \frac{m}{M_w}$

[1] 水素 (H_2) が 9.0 g ある。この水素の物質量を求めよ。(27 頁：例題 15)

[2] 水 (H_2O) 100 g (1.00×10^2 g) の物質量を求めよ。(34 頁：2 章の問題，物質量と濃度 A 9.4 改)

[3] 16.3 g の二酸化硫黄 (SO_2) の物質量を求めよ。(34 頁：2 章の問題，物質量と濃度 A 10.1 改)

6.2 質量 m (g) を問うパターン..... $m = n \times M_w$

[1] 5.00 mol の NaCl は何 g か。(27 頁：例題 14)

[2] 過酸化水素 (H_2O_2) の 2.50 mol は何 g か。(34 頁：2 章の問題，物質量と濃度 A 9.2)

[3] 0.500 mol の水 (H_2O) の質量を求めよ。(34 頁：2 章の問題，物質量と濃度 A 10.2)

6.3 分子量 (モル質量 M_w (g/mol)) を問うパターン..... $M_w = \frac{m}{n}$

[1] 0.2500 mol が 85.5 g である物質の分子量を求めよ。(34 頁：2 章の問題, 物質質量と濃度 A 10.3)

6.4 分子の個数を問うパターン

これは、実質的には「物質質量を問うパターン」と同じである。違うところは、物質質量を求めた後に、アボガドロ数 $N_A = 6.022 \times 10^{23}/\text{mol}$ を掛けて個数に直すところだけである。物質質量が露^{あらわ}に与えられている場合は、アボガドロ数を掛けるだけですむ。

[1] 2.60 mol のアルミニウム (Al) 中のアルミニウム原子の数はいくつか。(34 頁：2 章の問題, 物質質量と濃度 A 9.1)

[2] 0.200 mol の水 (H_2O) には、何個の水分子が含まれているか。(27 頁：例題 11)

[3] 0.40 mol の塩化カルシウム (CaCl_2) には、何個の塩素原子 Cl が含まれているか。(27 頁：例題 12 改)

[4] 1.00 mg のエタノール ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) には、何個の分子が含まれているか。(27 頁：例題 16)

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 宿題	1			

7 第5講の宿題

[1] 1.8 L の水の (a) 質量と (b) 物質量を答えなさい。ただし、水の密度は $1.00 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 、モル質量は $18.0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ とする。

[2] NaOH の式量は 40.0 である。以下の設問に答えなさい。(立屋敷哲, 溶液の化学と濃度計算, 丸善, 24 頁)

(a) NaOH の 80 g (有効数字 2 桁) は何 mol か。

(b) NaOH の 400 g (有効数字 3 桁) は何 mol か。

[3] NaCl の式量は 58.44 である。以下の設問に答えなさい。(立屋敷哲, 溶液の化学と濃度計算, 丸善, 26 頁)

(a) NaCl の 2.000 mol は何 g か。

(b) NaCl の 10.00 mol は何 g か。

(c) NaCl の 0.200 mol は何 g か。

(d) NaCl の n mol は何 g か。

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 第6講	1			

目的 溶液の濃度計算（溶解度を含む）をマスターする。

教科書 2章 化学における計算と物理量，物質質量

- 2.3 溶液の濃度とその表現， 2.4 化学反応とその化学量論的表現

化学で用いる5種類の濃度表現

- 質量%濃度： $wt-\%$ (wt-%)
- 体積%濃度： $vol-\%$ (vol-%)
- (溶質の) 容量モル濃度： c ($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ or $\overset{\text{モラー}}{\text{M}}$)
- (溶質の) 質量モル濃度： c^* ($\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$)
- モル分率： x (単位なし)

1 質量%濃度，溶解度

$$wt-\% = \frac{\text{溶質の質量}}{\text{溶液の質量}} \times 100 = \frac{\text{溶質の質量}}{\text{溶質の質量} + \text{溶媒の質量}} \times 100$$

[1] 水 $100 (= 1.00 \times 10^2)$ g に水酸化ナトリウム NaOH 20.0 g (式量 40.0) を溶かした時の質量%濃度を求めよ。(30頁：例題 25)

[2] 20.0 wt-%塩化ナトリウム水溶液が $100 (= 1.00 \times 10^2)$ g ある。この水溶液に含まれる塩化ナトリウム NaCl の物質質量を求めよ。ただし，塩化ナトリウムの式量は 58.44 とする。(30頁：例題 27)

[3] 塩化マグネシウム MgCl_2 の水への溶解度は 60°C で 61.0 である。塩化マグネシウムの 60°C における飽和水溶液は何 wt-%か。(35頁：2章の問題，物質質量と濃度 A 19)

[4] 塩化カリウム KCl の 40 °C における飽和水溶液は 27.1 wt-% の塩化カリウムを含む。塩化カリウムの 40 °C における溶解度を計算せよ。(35 頁：2 章の問題，物質と濃度 A 20)

[5] 塩化カリウム KCl の溶解度は 20 °C で 34.4，80 °C で 51.0 である。(31 頁：例題 32)

(a) 20 °C における飽和溶液の質量%濃度を求めよ。

(b) 80 °C における飽和溶液 100 ($= 1.00 \times 10^2$) g を 20 °C に冷やすと何 g の結晶が析出するか。

2 溶質の質量モル濃度

$$m = \frac{\text{溶質の物質質量 (mol)}}{\text{溶媒の質量 (kg)}}$$

[1] 水 100 ($= 1.00 \times 10^2$) g に水酸化ナトリウム NaOH 20.0 g (式量 40.0) を溶かした時の質量モル濃度を求めよ。(30 頁：例題 25)

[2] 10.00 wt-% の硫酸 (H_2SO_4) 水溶液の質量モル濃度を求めよ。(31 頁：例題 30)

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 宿題	1			

3 第6講の宿題

[1] 塩化マグネシウム MgCl_2 の水への溶解度は 60°C で 61.0 である。塩化マグネシウムの 60°C における飽和水溶液の質量モル濃度を求めなさい。(35 頁：2 章の問題，物質と濃度 A 19)

[2] 80°C の塩化カリウム飽和水溶液が 80.0 g ある。この溶液の水分を完全に蒸発させたら、塩化カリウムが 27.1 g 残った。塩化カリウムの 80°C における溶解度を計算せよ。(35 頁：2 章の問題，物質と濃度 A 21)

[3] ショ糖の 100°C における溶解度は 485 である。 100°C のショ糖の飽和水溶液 300 mL を 20°C まで冷却したら何 g のショ糖が析出するか。ただし、 100°C の飽和水溶液の密度は 1.45 gcm^{-3} 、 20°C における溶解度は 204 である。(35 頁：2 章の問題，物質と濃度 A 22) 難

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 第7講	1			

目的 溶液の濃度計算（溶解度を含む）をマスターする。

教科書 2章 化学における計算と物理量，物質質量

- 2.3 溶液の濃度とその表現， 2.4 化学反応とその化学量論的表現

化学で用いる5種類の濃度表現

- 質量%濃度： $wt-\%$ (wt-%)
- 体積%濃度： $vol-\%$ (vol-%)
- (溶質の) 容量モル濃度： c ($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ or $\overset{\text{モラー}}{\text{M}}$)
- (溶質の) 質量モル濃度： c^* ($\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$)
- モル分率： x (単位なし)

3 溶質の容量モル濃度 $c = \frac{\text{溶質の物質質量 (mol)}}{\text{溶液の体積 (L)}}$

[1] 水酸化ナトリウム NaOH 20.0 g (式量 40.0) を水に溶かし，全量を 500 mL とした。この溶液の容量モル濃度を求めよ。

[2] 0.200 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ の水酸化ナトリウム水溶液 400 mL 中に含まれる水酸化ナトリウムの物質質量，質量を求めよ。(30 頁：例題 26)

[3] 0.100 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ のシュウ酸水溶液を 200 mL 調製するためには，シュウ酸二水和物 $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ が何 g 必要か。(31 頁：例題 31)

[4] 10.00 wt-%の硫酸 (H_2SO_4) 水溶液の密度は $1.064 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ である。容量モル濃度を求めよ。(31 頁 : 例題 30)

[5] 炭酸ナトリウムの結晶 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 28.6 g を水に溶かして 100.0 g にした。この溶液の密度を測定したら、 $1.105 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ を得た。次の 2 問に答えよ。ただし、式量は $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 106$, $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} = 286$ とする。(35 頁 : 2 章の問題, 物質量と濃度 A25)

(a) この溶液は, Na_2CO_3 について何 wt-%か。

(b) この溶液の容量モル濃度を計算せよ。

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 宿題	1			

4 第7講の宿題

[1] $0.5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ の NaOH 水溶液がある。(立屋敷哲, 溶液の化学と濃度計算, 丸善, 30 頁)

(a) 1 L 中に NaOH は何 mol あるか。

(b) 2 L 中に NaOH は何 mol あるか。

(c) 10 L 中に NaOH は何 mol あるか。

[2] $2.00 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ の NaCl 水溶液 1.00 L には何 g の NaCl が含まれているか。ただし, NaCl の式量は 58.44 とする。
(立屋敷哲, 溶液の化学と濃度計算, 丸善, 32 頁, 改)

[3] 硫酸銅五水和物 $\text{CuSO}_4\cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$ (式量 250) 0.500 g を水に溶かして 100 mL とした。この溶液の容量モル濃度を求めなさい。(35 頁: 2 章の問題, 物質と濃度 A 32)

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 第8講	1			

目的 溶液の濃度計算（溶解度を含む）をマスターする。

教科書 2章 化学における計算と物理量, 物質量

- 2.3 溶液の濃度とその表現, 2.4 化学反応とその化学量論的表現

化学で用いる5種類の濃度表現

- 質量%濃度: $wt-\%$ (wt-%)
- 体積%濃度: $vol-\%$ (vol-%)
- (溶質の) 容量モル濃度: c ($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ or $\overset{\text{モラー}}{\text{M}}$)
- (溶質の) 質量モル濃度: c^* ($\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$)
- モル分率: x (単位なし)

4 溶質のモル分率

$$x_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \quad x_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2} \quad x_1 + x_2 = 1$$

[1] 水 2 mol にエタノール 3 mol を加えた溶液の水のモル分率 $x_{\text{水}}$ とエタノールのモル分率 $x_{\text{エタ}}$ を求めよ。

[2] 水 (H_2O) 36 g にエタノール ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) 138 g を加えた溶液の水のモル分率 $x_{\text{水}}$ とエタノールのモル分率 $x_{\text{エタ}}$ を求めよ。ただし、水の分子量を 18, エタノールの分子量を 46 とする。

[3] アセトン (CH_3COCH_3) 50.0 g, 水 (H_2O) 50.0 g からなる溶液のアセトンのモル分率を求めよ。ただし、水の分子量を 18.0, アセトンの分子量を 58.0 とする。(35 頁: 2章の問題, 物質量と濃度 A33)

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 宿題	1			

6 第8講の宿題

[1] 18.6 wt-%のアンモニア水の密度は $0.930 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ である。この水溶液の容量モル濃度と質量モル濃度を求めよ。ただし、アンモニアの化学式は NH_3 である。(35頁：2章の問題，物質と濃度 A 23)

[2] シュウ酸二水和物 $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 60.0 g を溶かして 1.00 L にした溶液の密度は $1.02 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ である。この溶液のシュウ酸の wt-%濃度，容量モル濃度を求めなさい。ただし，シュウ酸二水和物の式量を 126，シュウ酸の式量を 90 とする。(35頁：2章の問題，物質と濃度 A 27)

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 第9講	1			

目的 化学反応を化学反応式で書けるようになる。

教科書 2章 化学における計算と物理量, 物質質量

- 2.4 化学反応とその化学量論的表現

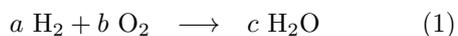
1 化学反応式

[1] 水素分子 (H_2) と酸素分子 (O_2) が反応して水分子 (H_2O) が生成する反応を反応式で書きなさい。

(33頁: 例題 33)

解法

与えられた化学反応式を



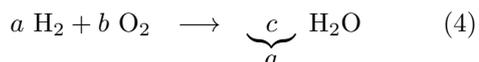
と仮定して, 係数 a, b, c を決定しよう。まずは H 原子のバランスを考えると,

$$2a = 2c \quad (2)$$

が成り立つ。これより (当たり前だが) $c = a$ を得る。そこで, 化学反応式を次のように書き換えよう。



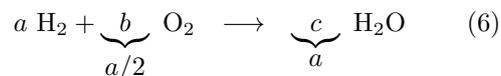
実際に計算する時には, わざわざ新たに化学反応式を書き直す必要はなく, 最初に書いた化学反応式を



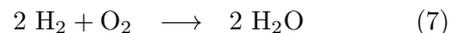
と書き換えるだけで良い。次に O 原子のバランスを考えると,

$$2b = a \quad (5)$$

が成り立つ。これから $b = a/2$ を得るので, 化学反応式は



となる。全ての係数に a が含まれるの両辺を a で割り, 係数を整数にするために両辺に 2 を書けると次式を得る。



[2] メタン (CH_4) が酸素と反応して二酸化炭素と水が生成する反応を反応式で書きなさい。

(36頁: 2章の問題, 化学反応式 A34)

[3] エタン (C_2H_6) が酸素分子と反応して二酸化炭素と水が生成する反応を反応式で書きなさい。

(36 頁 : 2 章の問題, 化学反応式 A34)

[4] ブタン (C_4H_{10}) 1 mol を完全燃焼させると水は何 g 生成するか。ただし, 水の分子量は 18 とする。

(33 頁 : 例題 34)

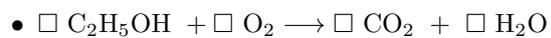
[5] 過酸化水素 (H_2O_2) を分解すると酸素と水が生成する反応を反応式で書きなさい。

(36 頁 : 2 章の問題, 化学反応式 A35)

[6] 塩化バリウム (BaCl_2) 水溶液に希硫酸 (H_2SO_4) を加えると、硫酸バリウム (BaSO_4) が生成する反応を反応式で書きなさい。(36 頁 : 2 章の問題, 化学反応式 A35)

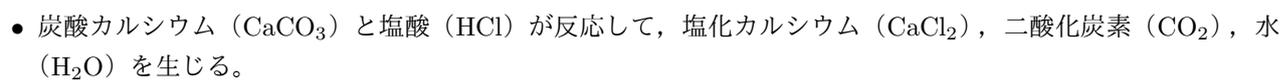
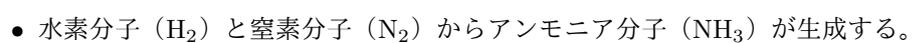
[7] アルミニウム (Al) を酸素中で燃やすと酸化アルミニウム (Al_2O_3) が生成する反応を反応式で書きなさい。(36 頁 : 2 章の問題, 化学反応式 A35)

[8] □ に係数を入れて次の反応式を完成させなさい。(36 頁 : 2 章の問題, 化学反応式 A37)





[9] 次の反応について化学反応式を書け (立屋敷哲, 溶液の化学と濃度計算, 丸善, 20–24 頁)

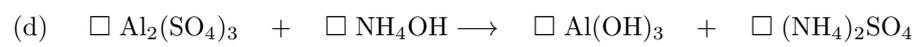


科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 宿題	1			

2 第9講の宿題

[1] 次の反応の係数を求め、反応式を完成させよ。(36頁：2章の問題，化学反応 A 36,37(2))





科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 第10講	1			

目的 原子の中の電子配置を理解する^a。

3章 原子の電子配置

- 3.1 原子の電子配置, 3.2 周期律と周期表, 3.3 周期表と元素の性質

^aspd 軌道などは化学 A で扱うので、ここでは省く。

	1	2		13	14	15	16	17	18
(K)	H								He
(L)	Li	Be		B	C	N	O	F	Ne
(M)	Na	Mg		Al	Si	P	S	Cl	Ar
(N)	K	Ca						Br	Kr

図 1: 周期表の一部。

[1] 次の元素の電子配置を示しなさい。(42 頁: 例題 1)

- ${}_{2}\text{He}$
- ${}_{7}\text{N}$
- ${}_{15}\text{P}$

[2] 元素の性質の周期性をもとに、次の各問に答えよ。(42 頁: 例題 2)

- C, F, Al, Mg を最外殻電子の多い順に並べなさい。
- He, Li, C, Ne をイオン化エネルギーの大きいものから順に並べなさい。

[3] 原子番号が 3, 9, 10, 16, 19, 28 の元素について次の各問に答えなさい。(42 頁: 例題 3)

- 希ガスはどれか。
- 原子番号 8 の原子と化学的性質の似た元素はどれか。
- 互いに同族元素はどれとどれか。
- 遷移元素はどれか。
- 最も陽イオンになりやすい元素はどれか。
- 最も陰イオンになりやすい元素はどれか。

[4] 窒素の同位体 ^{15}N に関する次の文章の空欄に正しい数値、または語句を入れなさい。(47 頁：3 章の問題，原子の電子配置 A 4)

- ^{15}N は (a) 個の陽子と (b) 個の中性子，および (c) 個の電子で構成されている。これらの電子のうち，(d) 個は最も外側の殻である L 殻に入っている。最も外側の殻の電子を (e) または (f) という。Ne では (e) の数は 8 だが，(f) は 0 であり，少しややこしい（単に言葉の定義の問題なのだが）。

[5] 次の文章を読んで，各問に答えなさい。(47 頁：3 章の問題，原子の電子配置 A 6)

- 原子の中で電子は原子核を中心に運動する。そして原子核は正電荷を持つ陽子と電荷を持たない (1) から構成されている。例えば， ^7_3Li の原子核は (2) 個の陽子と (3) 個の (1) から成り立っている。電子は殻構造に分かれて収容され，この殻はエネルギーの低い順に K 殻，(4) 殻，(5) 殻と呼ばれ，それぞれの殻の最大電子数は 2，(6)，(7) 個である。ヘリウム原子 He やネオン原子 Ne のような希ガスでは，それぞれの殻に最大収容数の電子を収容する。フッ素原子 F は (8) 個，ナトリウム原子 Na は (9) 個の (10) が存在するが，ヘリウム原子 He やネオン原子 Ne は (10) が 0 であり，化学的に不活性となる。

(a) 上の空欄 (1) ~ (10) にあてはまる語句，記号，数字を記入しなさい。

(b) 下記の設問について解答せよ。

- 3 つの希ガス原子 He, Ne, Ar についてイオン化エネルギーの小さい順に並べなさい。
- 塩化物イオン Cl^- とカリウムイオン K^+ の全電子数はアルゴン原子 Ar と同数で，Ar 型の安定な電子配置をとる。 Cl^- と K^+ のイオン半径を比較したとき，どちらが小さいか。また，その理由を 20 字程度で説明せよ。

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 宿題	1			

1 第10講の宿題

[1] 化学式に含まれる原子が持つ電子の総数が最小のものはどれか。(47頁:3章の問題, 原子の電子配置 A 1(c))

(a) CO_2

(b) NO_2

(c) O_3

(d) SiO_2

(e) SO_2

[2] 次の文中の に適当な語句, 数式あるいは数値を入れよ。(48頁:3章の問題, 原子の電子配置 A 7)

原子の原子核を構成する粒子には, 1単位の正電荷を持つ (a) と電荷を持たない (b) とがある。原子の質量は原子核に集中していて, 原子核を構成するこの2つの粒子の全数, すなわち (c) にほぼ比例する。

普通の水素原子の原子核は1個の (d) から構成され, 原子は, この原子核とそのまわりにある1単位の負電荷を持つ1個の (e) とで構成される。水素原子の同位体である (f) 原子の原子核には, さらに1個の (g) がある。

普通の水素原子の相対質量は1.0078であり, 一方, (f) 原子の相対質量は2.0141である。存在率はそれぞれ99.985%および0.015%であるので, 水素原子の原子量は, 有効数字4桁で表して (g) である。

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 第11講	1			

目的 化学結合を原子中の電子配置と関連づけて理解する。

4章 化学結合

- 4.1 原子間に働く力, 4.2 イオン結合, 4.3 共有結合, 4.4 分子からなる物質^a, 4.5 金属結合

^a双極子モーメントは出題しない。

[1] 次の物質の化学結合の様子を電子式で表し、1分子中に非共有電子対が何対あるか答えなさい。(59頁：4章の問題, 化学結合 A1改)

(a) アンモニア NH₃



(b) 酸素 O₂



(c) 窒素 N₂



(d) クロロホルム CHCl₃

(e) 二酸化炭素 CO₂

(f) 酢酸 CH₃COOH

[2][1] の物質の構造式を示しなさい。

[3] 次の物質の結合の様子を構造式で示しなさい。(59 頁：4 章の問題, 化学結合 A2)

(a) エタン C_2H_6

(b) エチレン C_2H_4

(c) 過酸化水素 H_2O_2

(d) メタノール CH_3OH

[4] 次の化合物について、3 原子以上の分子については形（直線形、折れ線形、三角すい形、正四面体など）を答え、極性分子を選びなさい。(59 頁：4 章の問題, 化学結合 A3)

(a) 二酸化炭素

(b) 酸素

(c) メタン

(d) アンモニア

(e) 水

(f) 塩化水素

(g) 塩素

[5] 水分子は水素イオンと配位結合してオキソニウムイオンを作る。オキソニウムイオンの結合の様子を電子式で表しなさい。(59 頁：化学結合 A4)

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 宿題	1			

1 第11講の宿題

[1] 原子間結合には、イオン結合、共有結合、金属結合などがある。金属結合では最外殻電子（価電子）は特定の原子や隣接した原子間結合に固定されることなく、陽イオンの間を自由に動き回っており、このような電子を自由電子と呼ぶ。これらの原子間結合に関し、次の (a)~(b) の間に答えよ。(59 頁：4 章の問題, 化学結合 A5)

(a) 次の i~vi の各分子の指定された原子のうち、結合に使われていない電子をその原子の最外殻に 4 個もつものはどれか。

- i. NH_3 の N 原子
- ii. N_2 の N 原子
- iii. H_2O の O 原子
- iv. CH_4 の C 原子
- v. C_2H_2 の C 原子
- vi. CCl_4 の Cl 原子

(b) 次の記述のうち、正しいのはどれか。

- i. アンモニア分子において、窒素原子は 3 個の水素原子がつくる正三角形の中心に位置している。
- ii. 単結合、二重結合および三重結合で 2 個の原子間に共有されている電子数はそれぞれ 1 個、2 個、3 個である。
- iii. 水素原子と酸素原子が結合して水分子を作るときの結合は、水素結合である。
- iv. アンモニウムイオン NH_4^+ において、水素イオンと窒素原子との結合は電子対の共有による結合で、窒素原子の孤立電子が共有電子対になる。
- v. 水酸化ナトリウム NaOH は、ナトリウムと酸素と水素の各原子の 1 個ずつが共有結合によって結合している。

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 第12講	1			

目的 化学結合を原子中の電子配置と関連づけて理解する。

4章 化学結合

- 4.1 原子間に働く力, 4.2 イオン結合, 4.3 共有結合, 4.4 分子からなる物質^a, 4.5 金属結合

^a双極子モーメントは出題しない。

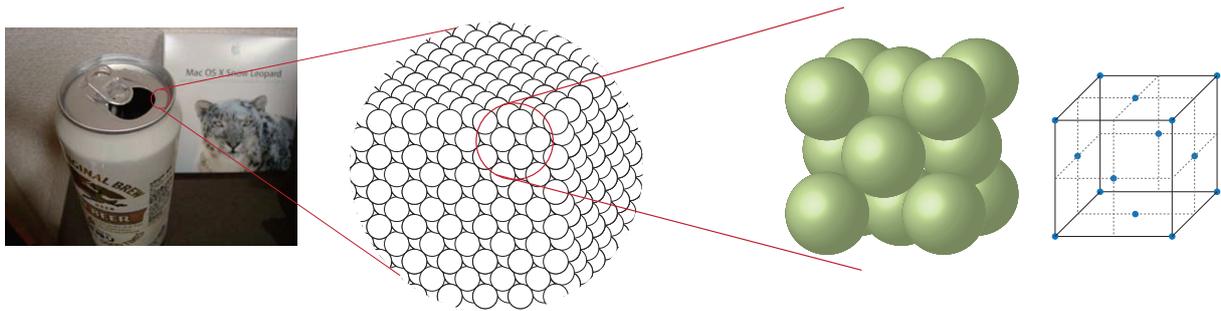


図 1: 金属をミクロな視点で観察すると、そこには結晶構造が見えてくる。ビールの缶はアルミニウムでできている。このアルミニウムはアルミニウム原子が整然と、そしてある規則に従って整列した結晶構造をとっている。

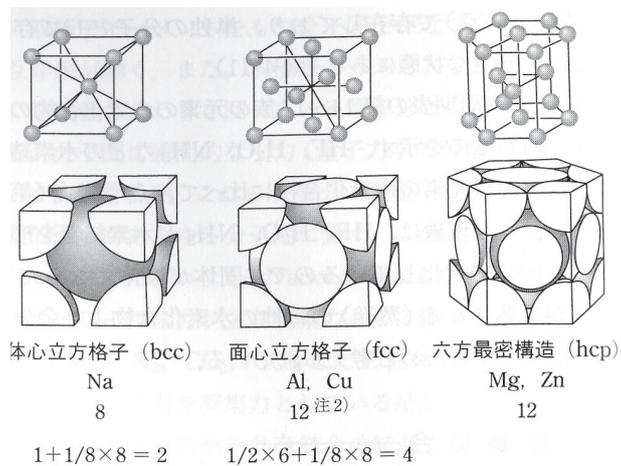


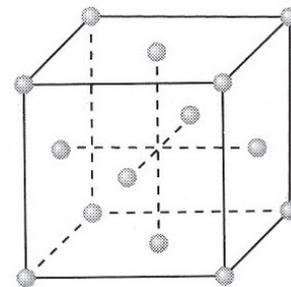
図 4-14 金属の結晶構造とその特徴

ほとんどの金属は図に示した体心立方格子 (**bcc**) body centered cubic, 面心立方格子 (**fcc**) face centered cubic, 六方最密充填 (**hcp**) hexagonal closed packing のいずれかの結晶構造をとる。体心立方格子と面心立方格子においては、それぞれの結晶構造において単位格子に 2 個, 4 個相当の原子を含む。

体心立方格子: 単位格子の 8 つの隅にある原子は、自分自身の体積の 1/8 を単位格子に納めている。(もちろん, 残りの 7/8 は別の格子に入れている。) 8 つの隅に 1/8 個相当の原子が収まっているのだから, $8 \times 1/8 = 1$ 個の原子が単位格子中に収容されていることが分かる。さらに, 体心の位置に 1 個まるまる原子が収まっているから, 合計 2 個相当の原子が単位格子中に収容されていることになる。

面心立方格子: 単位格子の 8 つの隅にある原子は、自分自身の体積の 1/8 を単位格子に納めている。8 つの隅に 1/8 個相当の原子が収まっているのだから, $8 \times 1/8 = 1$ 個の原子が単位格子中に収容されていることが分かる。さらに, 面心のある原子は自分自身の体積の 1/2 を単位格子に納めている。単位格子は 6 面体であるから, $6 \times 1/2 = 3$ 個相当の原子が面心の位置にあると勘定できる。これより, 合計 4 個相当の原子が単位格子中に収容されていることになる。

図は原子番号 29 の銅の結晶である。次の各問に答えなさい。(60 頁： 4 章の問題，化学結合 B1)



[1] このような配列をした結晶格子をなんというか。

[2] この結晶を構成する銅原子が接する原子数はいくつか。

[3] この立方体には何個相当の銅原子が含まれているか。

[4] 銅原子の原子量を M ，アボガドロ数を N_A としたとき，この立方体に含まれる銅原子の総質量はいくつか。

[5] 銅の密度 d を $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ で表しなさい。ただし，原子半径を r [cm] とする。

[6] 立方体中の銅原子の体積百分率を求めなさい。

図1は金属ナトリウム，図2は金属アルミニウムの単位格子を示したものである。次の問に答えなさい。(61頁：4章の問題，化学結合 B6)

[1] 図1と図2の単位格子の名称を答えなさい。

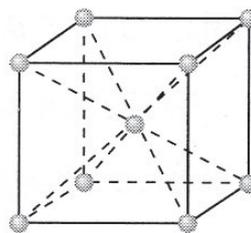


図1

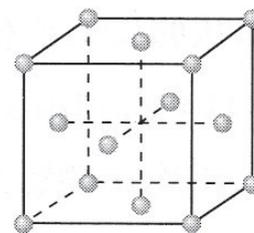


図2

[2] 図1と図2の単位格子では，それぞれ1個の原子は他の何個の原子と接しているか。

[3] 図1と図2の単位格子に含まれている原子の数はそれぞれ何個か。

[4] アルミニウムの単位格子は1辺が 4.00\AA である。アルミニウムの密度 $[\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}]$ を有効数字3桁で求めなさい。ただし，アルミニウムの原子量は26.98であり， $1\text{\AA} = 10^{-8}\text{ cm}$ である。

難 黒鉛は図1に示すように炭素原子が網目状の層を形成し、その層が図2、図3に示す位置関係でA面とB面がABABと交互に積層した構造をしている。黒鉛結晶における炭素原子間の距離は図中に与えられた値であるとする。

ただし、 $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ である。(61頁：4章の問題，化学結合 B9)

[1] 黒鉛結晶を図3の太線で示されている四角柱に分割したとき、この四角柱の体積を (m^3) を求めよ。

[2] B面の原子のうち、図3中の1で表される炭素原子はそれぞれの1/6がこの四角柱に含まれる。図中の2, 3, 4で表される炭素原子はそれぞれのどれだけがこの四角柱に含まれているか答えよ。

[3] 以上から、黒鉛結晶の密度 ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$) を求めよ。

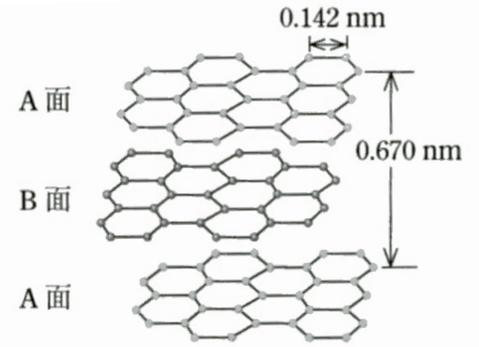


図1 黒鉛の結晶構造

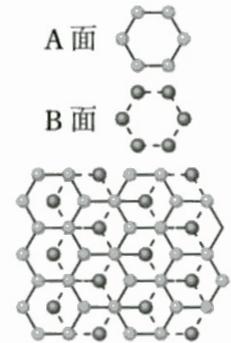


図2 黒鉛の積層構造

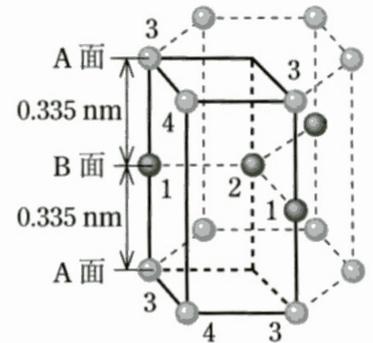


図3 黒鉛結晶中の炭素原子の配列

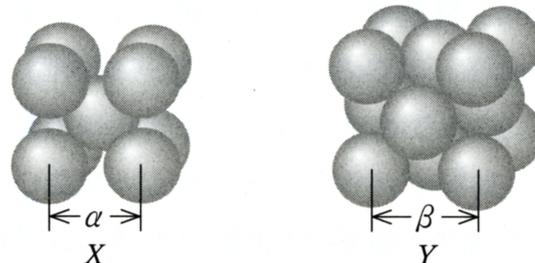
科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 宿題	1			

1 第12講の宿題

- [1] 金属 X と Y の結晶は右図のような単位格子からなる構造をしている。これについて次の問いに答えよ。

(61 頁：4 章の問題，化学結合 B4)

- (a) Y の結晶では，1 つの原子と接している原子はいくつか。



- (b) X と Y の結晶の単位格子の 1 辺の長さが等しく ($\alpha = \beta$) X の原子量は Y の原子量の $1/2$ 倍であるとき，X と Y の密度の比 ($d_X : d_Y$) を計算せよ。

- [2] 原子半径を r ，単位格子の 1 辺の長さを l ，単位格子中の原子の数を N ，結晶の密度を d ，原子量を M ，アボガドロ数を N_A としたと体心立方格子について次の問題に答えよ。(60 頁：4 章の問題，化学結合 B2)

- (a) この結晶における r と l の関係を求めよ。また，金属リチウムの結晶はこの単位格子であり，この単位格子の 1 辺の長さは $3.5 \times 10^{-1} \text{ nm}$ である。リチウム原子の半径を nm 単位でもとめよ。

- (b) この結晶の密度を求める式を求めよ。また，上のリチウムの結晶密度を求めよ。ただし，リチウムの原子量を 6.93 とする。

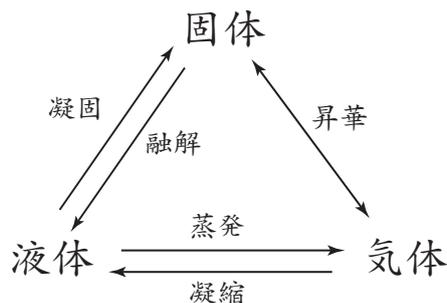
科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 第13講	1			

目的 物質の三態について復習する。

教科書 5章 物質の三態

- 5.1 物質の三態, 5.2 状態の変化^a, 5.3 蒸発熱, 融解熱, 昇華熱

^aGibbs の相律は出題しない。



[1] 物質を作っている全ての粒子はたえず運動している。固体、液体、気体の違いは、物質を構成している粒子の運動の様子と集まり方の違いで説明できる。以下の (a)~(c) の状態は、固体、液体、気体のいずれの状態か。(67頁:5章の問題, 物質の三態 A1)

- (a) 粒子は一定の位置を中心に振動し、それぞれの粒子の平均の位置は変化しない。
- (b) 粒子が離ればなれになること無く、自由に移動している。
- (c) 粒子の運動がきわめて激しく、粒子が離ればなれになって広い空間を自由に飛び回っている。

[2] 以下の文中の (ア) ~ (ク) に適切な語句を記入しなさい。(67頁:5章の問題, 物質の三態 A2)

- 純物質は、温度と圧力により固体、液体、気体のいずれかの状態をとる。固体では、分子、原子、イオンなどの粒子が規則正しく並んだ (ア) の状態と、不規則に並んで位置を占めた (イ) の状態がある。固体から液体に変化することを (ウ) といい、この温度を (エ) という。(ウ) に必要な熱量を (オ) 熱と呼ぶ。さらに液体が気体になる変化を (カ) と呼び、(カ) に必要な熱量を (キ) 熱と呼ぶ。固体から液体を経由しないで気体になる変化を (ク) と呼ぶ。

[3] 蒸気圧曲線（黒），昇華曲線（青），融解曲線（赤）を塗り分けなさい。

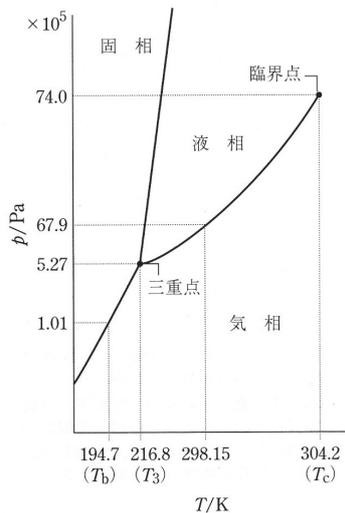


図 5-3 二酸化炭素 CO₂ の状態図

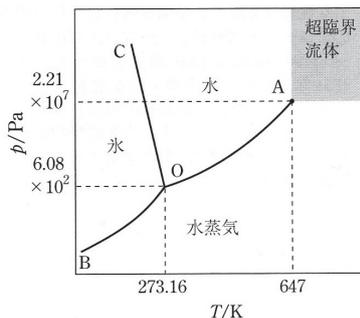
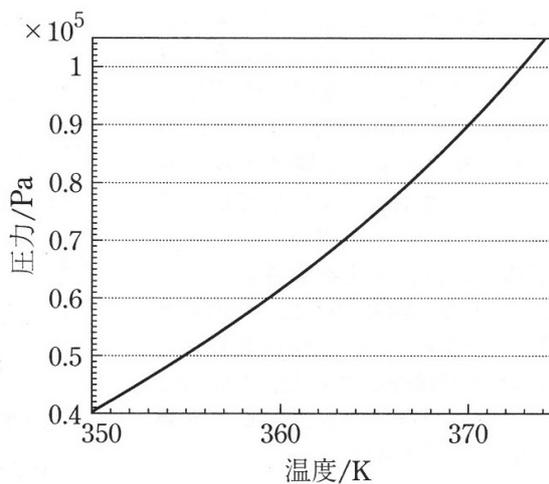
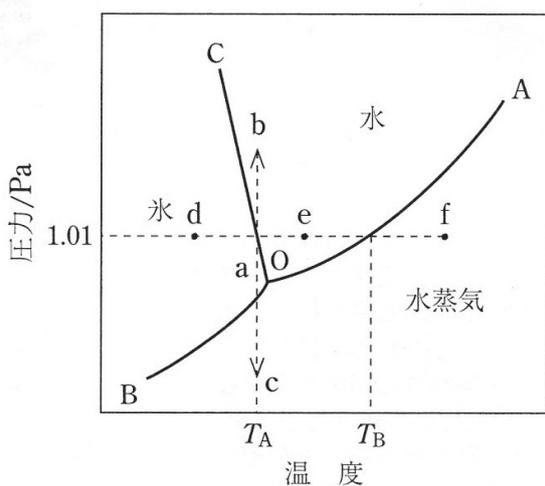


図 5-4 水 H₂O の状態図 (水の融解曲線が温度に対して、右下がりなのは水の異常性のひとつである)

[4] 下記の左図は水の状態図を表す。また、右図はその状態図の一部を拡大したものである。次の設問に答えなさい。
(67 頁：5 章の問題，物質の三態 B2))



(a) $1.01 \times 10^5\text{ Pa}$ で状態変化をするとき， T_A, T_B は何°Cか。

(b) 富士山頂の気圧は $0.64 \times 10^5\text{ Pa}$ である。富士山頂での水の沸点は何°Cか。

(c) 水の蒸発と沸点の関係について説明しなさい。

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 宿題	1			

1 第13講の宿題

[1] 以下の文中の ~ に適当な語句を記入せよ。(67頁：5章の問題，物質の三態 B1)

氷を 0°C 以下で長時間放置しておくとき、水を経由しないで直接気体になり、やがて氷は消失してしまう。この現象を という。氷が水になるとき周囲から吸収するエネルギーを 熱、水が気体になるときに周囲から吸収するエネルギーを 熱という。水を氷にするときに放出する 熱は 熱に等しく、水蒸気を水にするときに放出する 熱は 熱に等しい。 によって奪われる熱は 熱と 熱の和に等しいと考えることができる。

[2] 固体の二酸化炭素（ドライアイス）について、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ と $67.9 \times 10^5 \text{ Pa}$ で温度を上げたときの変化を説明せよ。(66頁：例題1)

[3] 氷について、圧力を上げると融点はどうに変化するか。(66頁：例題3)

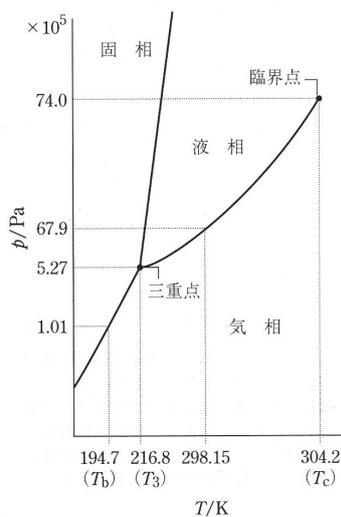


図5-3 二酸化炭素 CO_2 の状態図

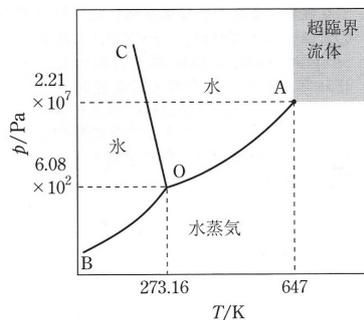


図5-4 水 H_2O の状態図(水の融解曲線が温度に対して、右下がりなのは水の異常性のひとつである)

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 第14講	1			

目的 理想気体の状態方程式の意味を理解し、使い方をマスターする。

6章 気体の状態方程式

- 6.1 理想気体, 6.2 理想気体の状態方程式と気体定数

ボイルの法則 $pV = \text{一定} \rightarrow p_1V_1 = p_2V_2$

シャルルの法則 $\frac{V}{T} = \text{一定} \rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

ボイルーシャルルの法則 $\frac{pV}{T} = \text{一定} \rightarrow \frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}$

理想気体の状態方程式 $pV = nRT$

- p (Pa) : 圧力
- V (m³) : 体積
- n (mol) : 物質質量
- $R=8.314(\text{JK}^{-1}\text{mol}^{-1})$: 気体定数
- T (K) : 絶対温度=摂氏温度 + 273.15

[1] 1.01×10^5 Pa (= 1 atm) において, 水の融点は 0°C , 沸点は 100°C である。それぞれを絶対温度で表しなさい。(70 頁: 例題 1)

[2] ある気体が 27°C , 1.00×10^5 Pa で, 6.0 L を占めている。(70 頁: 例題 2)

(a) 温度を変えず 2.00×10^5 Pa とすると, 体積は何 L になるか。

(b) 圧力を変えず 127°C とすると, 体積は何 L になるか。

(c) 圧力を 2.0×10^5 Pa, 温度を 127°C とすると, 体積は何 L になるか。

[3] $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $1.01 \times 10^5\text{ Pa}$ で 44.8 L の理想気体がある。この気体の物質量を求めなさい。(71 頁：例題 3)

[4] $27\text{ }^{\circ}\text{C}$, $1.22 \times 10^5\text{ Pa}$ で 41.0 L の理想気体がある。この気体の物質量を求めなさい。(71 頁：例題 4)

- [5] 27 °Cにおいて, 10.0 L の容器に酸素を入れたら圧力が 1.25×10^5 Pa になった。酸素の物質量を求めなさい。(71 頁 : 例題 5)

- [6] ある気体の 6.4 g は, 27 °C, 1.01×10^5 Pa で 3.6 L の体積を占めた。この気体の分子量を求めなさい。(71 頁 : 例題 7)

ヒント : 理想気体の状態方程式と $n = \frac{m}{M}$ を組み合わせれば, $pV = \frac{m}{M}RT$ が得られる。

- [7] 2.3 gのエタノールを蒸発させ、その蒸気全体を 97 °Cにすると、775 mmHg で 1490 mL の体積を占めた。エタノールの分子量を求めなさい。ただし、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$ とする。(71 頁：例題 8)

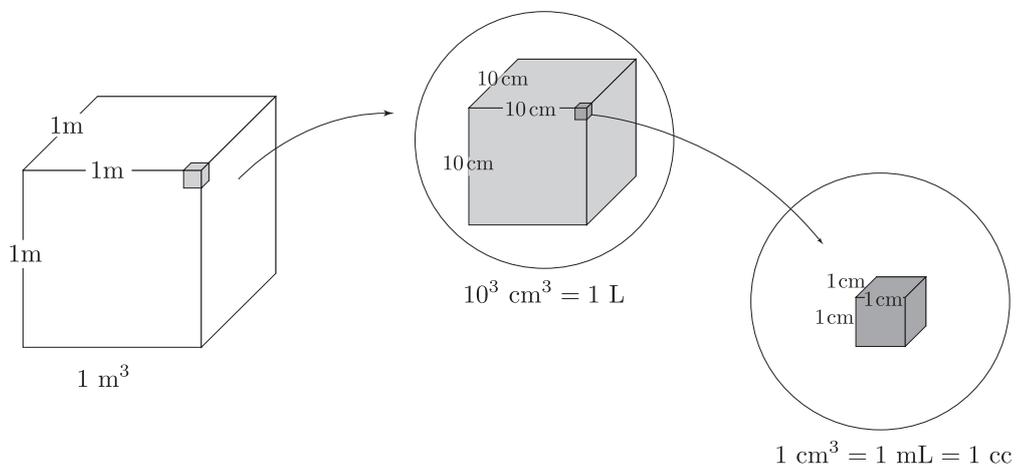


図 1: $1 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ L}$, $1 \text{ L} = 10^3 \text{ mL}$

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 宿題	1			

1 第14講の宿題

[1] 50.0 L の容器に充填された二酸化炭素が 304 K で 11.1 MPa の圧力を指している。この容器に充填された二酸化炭素の質量は何 kg か。(80 頁：6 章の問題，気体の状態方程式 A6)

[2] 質量 100 kg のエチレン (C_2H_4) を 37 °C, 1.00×10^3 Pa になるように容器に充填したい。必要な容器の容積を求めなさい。(80 頁：6 章の問題，気体の状態方程式 A13)

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 第15講	1			

目的 混合気体の全圧と分圧について理解する。

教科書 6章 気体の状態方程式

- 6.3 気体の混合と分圧の法則（ドルトンの法則），6.4 実在気体，6.5 実在気体の状態方程式

ドルトンの分圧の法則

$$p = p_A + p_B : \quad p_A = \frac{n_A}{n_A + n_B} p, \quad p_B = \frac{n_B}{n_A + n_B} p$$

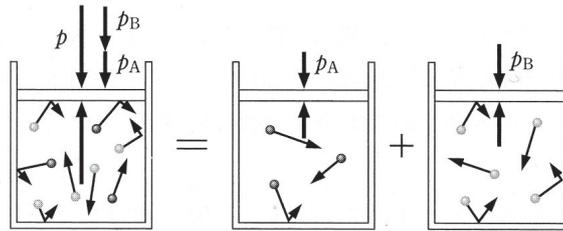


図 6-3 ドルトンの分圧の法則

- [1] 気体 A, B, C の混合気体における A, B, C の分圧をそれぞれ p_A , p_B , p_C とすると，混合気体の全圧 p はどのように表されるか。（73 頁：例題 10）
- [2] 温度を一定に保ったまま， 1.0×10^5 Pa の酸素 2.0 L と 2.0×10^5 Pa の窒素 3.0 L を 5.0 L の密閉容器にいれた。このとき，酸素と窒素の分圧と混合気体の全圧を求めなさい。（73 頁：例題 12）
- [3] 27°C ， 1.00×10^5 Pa の窒素 6.0 L と 27°C ， 2.00×10^5 Pa の水素 3.0 L を 5.0 L の密閉容器にいれ，全体を 77°C に保った。このとき，窒素と水素の分圧と混合気体の全圧を求めなさい。（73 頁：例題 13）

[4] 水素および窒素を満した容量 1.00 L の容器がある。0 °C において水素の分圧を 400 mmHg, 窒素の分圧を 200 mmHg として, 混合気体の質量を求めなさい。(81 頁 : 6 章の問題, 気体の状態方程式 A27)

[5] 二酸化炭素 66 g, 水素 8.0 g, 一酸化炭素 70 g を 27 °C において 40 L の容器に入れると, 全圧は何 Pa になるか。また, その全圧を 8.0×10^5 Pa にするには何°C に熱すればよいか。ただし, 二酸化炭素, 水素, 一酸化炭素の分子量をそれぞれ, 44, 2.00, 28 とする。(81 頁 : 6 章の問題, 気体の状態方程式 A28)

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 宿題	1			

1 第15講の宿題

[1] 60.0 L の容器に充填した $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $1.500 \times 10^7\text{ Pa}$ の空気の質量を求めよ。空気を酸素と窒素が 1 : 4 で混合した理想気体として計算せよ。(80 頁 : 6 章の問題, 気体の状態方程式 **A19**)

[2] 40 L の容器中に 10.0 vol-% の二酸化炭素を含有する $1.00 \times 10^7\text{ Pa}$, $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ の混合ガスがある。ガス中に含まれる二酸化炭素は何 g か。(80 頁 : 6 章の問題, 気体の状態方程式 **A22**)

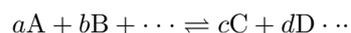
科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 第16講	1			

目的 反応速度と化学平衡について理解する。

教科書 9章 反応速度と化学平衡

- 9.1 反応速度と反応次数, 9.2 速度定数の温度変化と活性化エネルギー,
9.3 可逆反応と化学平衡, 9.4 質量作用の法則, 9.5 ルシャトリエの法則

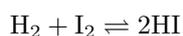
質量作用の法則



$$\frac{[C]^c [D]^d \dots}{[A]^a [B]^b \dots} = K_c \quad \text{濃度平衡定数}$$

$$\frac{(p_C)^c (p_D)^d \dots}{(p_A)^a (p_B)^b \dots} = K_p \quad \text{圧平衡定数}$$

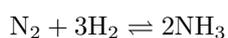
[1] 1.00 L の容器に 2.50 mol の H_2 と 2.50 mol の I_2 を入れて一定温度に保った。



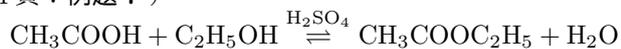
上式の反応が平衡状態に達したとき, H_2 が 0.50 mol でした。この反応の平衡定数 K_c を求めなさい。(103 頁: 例題 3)

[2] 前問で, 6.0 mol の H_2 と 4.5 mol の I_2 を入れた場合, 平衡状態における各気体の物質量を求めなさい。(104 頁: 例題 4)

[3] 質量作用の法則を用いて, 次の反応の平衡定数を表す式を書きなさい。(104 頁: 例題 6)



- [4] 酢酸とエタノールに硫酸を作用させると、次のように脱水縮合して酢酸エチルを生成するが、同時に生成した酢酸エチルの加水分解も生じる。(104 頁：例題 7)



(a) 酢酸エチルの生成に対する平衡定数を表す式を書きなさい。

(b) 平衡定数の単位を確認せよ。

(c) 酢酸 3.0 mol にエタノール 3.0 mol を加えると、酢酸エチルは何 mol 合成できるか。反応温度において、 $K_c = 4$ とする。

- [5] 一酸化窒素は酸素と反応し、二酸化窒素を生じる。 $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$

1.01×10^5 Pa, 10°C で一酸化窒素 1.00 mol と酸素 1.00 mol を 2.00 L の容器に入れて反応させると、平衡状態では一酸化窒素の濃度が 0.30 mol L^{-1} であった。(104 頁：例題 8)

(a) 平衡状態における各気体の濃度を求めなさい。

(b) この可逆反応の平衡定数 K_c を求めなさい。

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 宿題	1			

19 第16講の宿題

- [1] 130 °C, 1.01×10^5 Pa で五塩化リンが解離平衡に達したときには, 五塩化リン 0.717 mol に対して三塩化リンと塩素はともに 0.283 mol の割合になっている。この解離の圧平衡定数を求めよ。(107 頁: 9 章の問題, 化学平衡 A6)



- [2] 1.01×10^5 Pa, 1200 K で $\text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{I}$ における圧平衡定数 K_p は 7.29×10^3 Pa である。この温度における I_2 の解離度はいくらか。(107 頁: 9 章の問題, 化学平衡 A9)

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 第17講	1			

目的 反応速度と化学平衡について理解する。

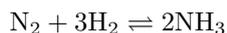
教科書 9章 反応速度と化学平衡

- 9.1 反応速度と反応次数, 9.2 速度定数の温度変化と活性化エネルギー, 9.3 可逆反応と化学平衡, 9.4 質量作用の法則, 9.5 ルシャトリエの法則

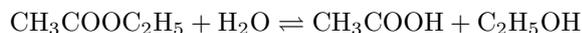
ルシャトリエの原理 (平衡移動の原理)

- [1] 濃度の変化: ある物質の濃度を大きくすると, その濃度を小さくする方向に進む。
- [2] 温度の変化: 温度を上げると吸熱反応が, 下げると発熱反応が進む。
- [3] 圧力の変化: 気体の関与する平衡状態において, 圧力を上げると気体の分子数が減少する方向へ, 圧力を下げると気体の分子数が増える方向へ進む。

[1] アンモニアの気相合成では, 収率を高めるには圧力をどうすれば良いか。(105頁: 例題 11)



[2] エステルの加水分解の収率を高めるには水量をどうすれば良いか。(105頁: 例題 12)



[3] 触媒を加えると, 平衡はどのように変化するか。(105頁: 例題 13)

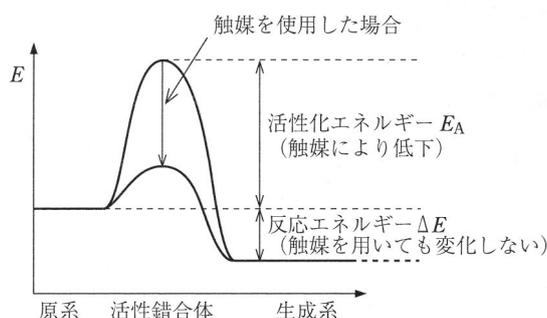


図 9-1 原系 (反応前) と生成系 (反応後) のポテンシャルエネルギーの様子

[4] 次の反応に関する記述のうち、正しいものはどれか。(108 頁：9 章の問題，反応速度と平衡移動の原理 A15)

- (a) 化学反応は，一般に温度が上昇するとその速度が大きくなる。
- (b) 吸熱反応は，一般に低温の方が平衡的に有利である¹。
- (c) 分子数が減少する反応は，一般に高圧の方が平衡的に有利である。
- (d) 固体と気体が直接反応する化学反応は存在しない。

[5] 次の反応のうち，圧力を上げると平衡が右に移動するものはどれか。(108 頁：9 章の問題，反応速度と平衡移動の原理 A17)

- (a) $\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}$
- (b) $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$
- (c) $\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2$
- (d) $\text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_4$
- (e) $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$
- (f) $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO} + 3\text{H}_2$

[6] 四酸化二窒素は次のように解離して，二酸化窒素に変化する。 $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$

この可逆反応の圧平衡定数 K_p は各気体の分圧を用いると，次のように表せる。

$$K_p = \frac{(p_{\text{NO}_2})^2}{(p_{\text{N}_2\text{O}_4})}$$

1.00 mol の N_2O_4 を 180 kPa において放置すると， NO_2 が 1.60 mol 生成したときに平衡になった。(104 頁：例題 9)

- (a) このときの N_2O_4 の解離度はいくつか。

- (b) K_p の値はいくつか。

¹平衡的に有利とは，平衡が右（生成系）に移動することを意味する。

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 宿題	1			

1 第17講の宿題

[1] 次の (a), (b), (c) の記述のうち、正しいものはどれか。(108 頁：9 章の問題，反応速度と平衡移動の原理 A16)

- (a) 発熱反応は，高温ほど平衡的に有利である。
- (b) 化学反応の速度は，一般に温度が低下すると小さくなる。
- (c) $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ の合成反応は高圧ほど平衡的に有利である。

[2] 平衡に関する次の記述のうち，正しいものはどれか。(108 頁：9 章の問題，反応速度と平衡移動の原理 A19)

- (a) 化学平衡は温度のみに影響される。
- (b) 発熱反応で，温度を上げると平衡は右（生成系）に移動する。
- (c) 気体の物質量が減る反応で，圧力を増すと平衡は右（生成系）に移動する。

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 第18講	1			

目的 酸・塩基と電離平衡について理解する。

教科書 10章 酸・塩基と電離平衡

- 10.1 イオンと電解質, 10.2 酸・塩基と塩, 10.3 電離平衡, 10.4 水のイオン積と水素イオン指数 pH

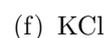
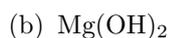
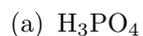
表 1: 酸, 塩基の定義

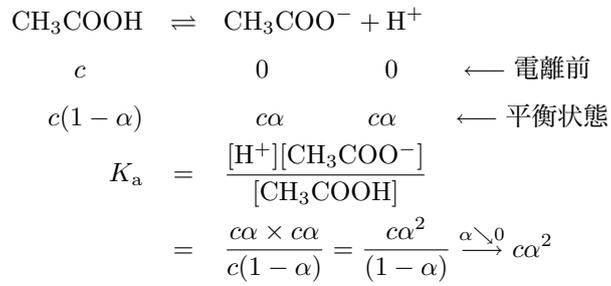
アレニウスの定義		
酸	水素イオン (H ⁺) を放出するもの $\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$	
塩基	水酸化物イオン (OH ⁻) を放出するもの $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$	
ブレンステッド - ローリーの定義		
酸	水素イオンを与えるもの	$\text{HCl} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-$
塩基	水素イオンを受け取るもの	
ルイスの定義		
酸	電子対を受け取るもの	$\text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3 \rightarrow [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$
塩基	電子対を与えて化学結合を作るもの	

表 2: 酸, 塩基の強弱

弱酸	酢酸 (CH ₃ COOH) などの有機酸, 炭酸 (H ₂ CO ₃)	弱塩基	アンモニア水 (NH ₃), アミン類
強酸	塩酸 (HCl), 硫酸 (H ₂ SO ₄), 硝酸 (HNO ₃)	強塩基	アルカリ金属の水酸化物 (KOH, NaOH)

[1] 次の化合物を酸, 塩基, 塩に分類し, 水溶液は酸性か塩基性か, 典型的な酸と塩基については何価なのかを答えなさい。(113頁:例題1)

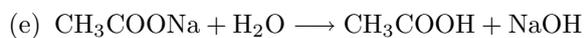
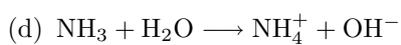
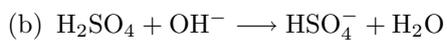
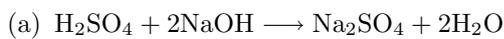




[2] 酢酸の 0.100 mol L^{-1} 溶液の電離度 α は 0.0165 である。電離平衡定数を求めなさい。(単位も付すること。)(114 頁：例題 2)

[3] 上で求めた酢酸の電離平衡定数から 0.50 mol L^{-1} 溶液の電離度を求めなさい。(114 頁：例題 3)

[4] 次の反応で、反応物のうち、酸の働きをするものはどれか。(124 頁：10 章の問題、酸塩基と電離平衡 A1)



科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 宿題	1			

1 第18講の宿題

[1] 次の塩を水に溶かしたとき、その水溶液は酸性、中性、塩基性のいずれを示すか。(124頁：10章の問題，酸塩基と電離平衡 A2)

(a) NaHCO_3

(b) CuSO_4

(c) NaCl

(d) NaHSO_4

(e) NaNO_3

[2] 0.100 mol/L の酢酸 CH_3COOH は何%電離するか。ただし、酢酸の電離平衡定数は $K_a = 2.75 \times 10^{-5}$ である。計算は弱酸近似を用いて良い。(124頁：10章の問題，酸塩基と電離平衡 A8)

[3] フェノール ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$) の 0.0100 mol/L の溶液は 25 °C で 0.316 % 電離している。25 °C でのフェノールの電離平衡定数を求めよ。計算は弱酸近似を用いて良い。(124頁：10章の問題，酸塩基と電離平衡 A9)

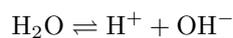
科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 第19講	1			

目的 酸・塩基と電離平衡について理解する。

教科書 10章 酸・塩基と電離平衡

- 10.5 塩基の電離平衡, 10.6 弱酸・弱塩基の pH, 10.7 酸と塩基の中和, 10.8 塩の溶解平衡, 10.9 緩衝溶液

水のイオン積



$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]}$$

$$K[\text{H}_2\text{O}] = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$$

$$= K_w$$

$$= 1.01 \times 10^{-14} (\text{molL}^{-1})^2 (25^\circ\text{C}) \quad \text{ただし, pH 計算の際には } 1 \times 10^{-14} \text{ としてよい。}$$

水素イオン指数 pH

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$$

[1] 0.100 mol L⁻¹ 塩酸 (α = 1 とする) の pH を求めなさい。(115 頁: 例題 4)

[2] 0.100 mol L⁻¹ 水酸化ナトリウム水溶液 (α = 1 とする) の pH を求めなさい。(115 頁: 例題 5)

[3] 次の各溶液を pH の小さい順にならべなさい。(124 頁: 10 章の問題, 酸塩基と電離平衡 A4)

(a) 0.1 mol L⁻¹ の塩酸

(b) 0.1 mol L⁻¹ の硫酸

(c) 0.1 mol L⁻¹ の酢酸

(d) 0.1 mol L⁻¹ の酢酸に同量の 0.1 mol L⁻¹ 酢酸ナトリウムを混ぜた溶液

[4] 次の物質を 0.1 mol L^{-1} 水溶液にした時, pH の大きい順にならべなさい。(124 頁 : 10 章の問題, 酸塩基と電離平衡 A3)

- (a) KOH
- (b) H_2SO_4
- (c) CH_3COOH
- (d) NaCl
- (e) CH_3COONa

[5] 次の各問に答えなさい。(124 頁 : 10 章の問題, 酸塩基と電離平衡 A5)

(a) 0.050 mol L^{-1} の塩酸の pH はいくつか。

(b) pH=1 の塩酸に水を加えて 1000 倍に薄めた時の pH を答えなさい。

(c) pH=3 の水溶液の水素イオン濃度は, pH=5 の水溶液の水素イオン濃度の何倍か。

(d) 20°C では 0.02 mol L^{-1} の酢酸水溶液中の酢酸の電離度は 0.015 である。この水溶液の pH を求めなさい。

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 宿題	1			

1 第19講の宿題

[1] pH2 の塩酸と pH3 の塩酸を同体積ずつ混合したときの pH を求めよ。(124 頁：10 章の問題，酸塩基と電離平衡 A5(7))

[2] 安息香酸 (C_6H_5COOH) 水溶液の 25 °C おける電離平衡定数 K_a は 1.00×10^{-4} mol/L である。0.100 mol/L の安息香酸水溶液の pH はいくらか。計算は弱酸近似を用いて良い。(124 頁：10 章の問題，酸塩基と電離平衡 A11)

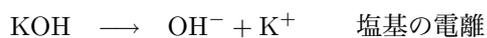
科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 第20講	1			

目的 酸・塩基と電離平衡について理解する。

教科書 10章 酸・塩基と電離平衡

- 10.5 塩基の電離平衡, 10.6 弱酸・弱塩基の pH, 10.7 酸と塩基の中和, 10.8 塩の溶解平衡, 10.9 緩衝溶液

酸と塩基の中和



中和滴定

$$\nu_{\text{A}} c_{\text{A}} V_{\text{A}} = \nu_{\text{B}} c_{\text{B}} V_{\text{B}}$$

- [1] 濃度の分からない水酸化ナトリウム水溶液 25 mL を $0.20 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ の塩酸で中和させたところ, 32 mL を要した。水酸化ナトリウムの濃度はいくつか。

- [2] 濃度の分からない希硫酸 10.0 cm^3 を完全に中和するのに, $0.100 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 水酸化ナトリウム水溶液 8.00 cm^3 を要した。希硫酸の濃度はいくつか。

[3] 10.0 %塩酸 (密度 $1.00 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) 10.0 cm^3 を完全に中和するのに必要な $0.100 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 水酸化バリウム水溶液は何 cm^3 か。

[4] pH13 の水酸化ナトリウム水溶液 150 mL と pH1 の塩酸 50 mL を混合した後、水を加えて 1000 mL にした。この水溶液の pH を求めなさい。(124 頁：10 章の問題, 酸塩基と電離平衡 A6)

[5] $1.5 \times 10^{-2} \text{ mol}$ のアンモニアを水に溶かして 1 L にした。このアンモニア水の水素イオン濃度を求めなさい。ただし、アンモニアの電離度を 3.3×10^{-2} とする。(124 頁：10 章の問題, 酸塩基と電離平衡 A7)

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 宿題	1			

1 第20講の宿題

[1] 酢酸 (0.100 mol/L) を a 液, 水酸化ナトリウム (0.200 mol/L) を b 液として次の問に答えよ。ただし, 水酸化ナトリウムの電離度は 1 とし, 酢酸の電離平衡定数は 1.74×10^{-5} mol/L とする。(125 頁: 10 章の問題, 酸塩基と電離平衡 B6)

(a) a 液 15.0 mL を中和するには b 液を何 mL 加えればよいか。

(b) a 液と b 液の pH を求めよ。

[3] 次の物質中のマンガンの酸化数はそれぞれいくつか。(132 頁：11 章の問題, 酸化還元反応 A1)

(a) Mn

(b) MnSO_4

(c) KMnO_4

(d) Mn_2O_3

(e) MnO_2

[4] 次の反応で、酸化された物質と還元された物質を示しなさい。(132 頁：11 章の問題, 酸化還元反応 A2)

(a) $2\text{KI} + \text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow \text{I}_2 + 2\text{KOH}$

(b) $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{S}$

(c) $2\text{Cu} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CuO}$

(d) $\text{CuO} + \text{H}_2 \longrightarrow \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

(e) $2\text{KMnO}_4 + 5\text{SO}_2 + 2\text{H}_2 \longrightarrow 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$

科目名	学年	学系/学科	学籍番号	氏名
化学基礎 宿題	1			

1 第21講の宿題

[1] 次に示した酸化還元反応について、 \square の係数を求め反応式を完成し、還元剤として働いているものを答えよ。(132頁：11章の問題，酸化還元反応 A3)

