

2025 年度工学部入学前学習
スタートアップ講座

化学

共通教育センター



はじめに

合格、おめでとうございます。そして数ある大学の中から本学をお選びくださり、誠にありがとうございます。本講座では入学前の時間を有効に活用いただくため、大学生活への準備として基礎的な学習を題材に、実際に大学の授業を体験していただくことが目的です。長い授業時間や授業の進度などを体感していただければ幸いです。演習問題なども多く用意いたしましたので、復習や知識の確認にお役立てください。

講師：共通教育センター・准教授 木村 良一

場所：山陽小野田市立山口東京理科大学 713 教室

日時：2025年3月15日（土）

1 時限目 11：00～12：00

2 時限目 13：00～13：50

3 時限目 13：50～15：20

4 時限目 15：30～17：00

対面講義参加者は、筆記用具（赤ペン含）持参

講義予定

1 時限目 11:00～12:00 (対面とオンライン授業開始)

<目的>

<教養教育・初年度学部教育>

<高校化学の復習>

1. 化学基礎
2. 物質
3. 無機物質
4. 有機化合物

2 時限目 13:00～13:50 (自主学習)

<化学力試し>：事前に配布した「入学前学習」【1～14】を解いてみてください。

3 時限目 13:50～15:20 (授業再開)

<化学力試し>：解説と答え合わせ。

<大学の化学へⅠ>

1. 安全データシート
2. 原子の構造
3. 原子の電子配置
4. 周期表

4 時限目 15:30～17:00

<大学の化学へⅡ>：資料なし

1. 物理化学 (熱力学と量子論)
2. 生命科学の化学 (生理学と生化学)

後日：講習終了後課題の提出

1 時限目

<目的>

スクーリング「大学における、大学教員による、大学の時間割での授業体験」
“株式会社 ナガセ”の大学教養基礎講座とは別に行う。
(化学に関しては応用化学科・数理情報科学科のみがナガセのテキストを使用)

<教養教育（*）・初年度学部教育>

機械工学部・電気工学部

ナガセ：なし

1年時科目：**基礎化学***（モル濃度、原子・元素、化学結合、酸化と還元、高分子）、
化学実験（電気工学科のみ選択可）

応用化学科

ナガセ：希薄溶液の性質・酸と塩基、有機化学（脂肪族化合物・芳香族化合物）
熱力学、化学平衡、酸化還元と電池

1年時科目：基礎化学（化学反応）、化学（分子軌道論）、化学実験（全般基礎）、
無機化学*、無機化学演習、有機化学1、有機化学演習、応用化学入門

数理情報科学科

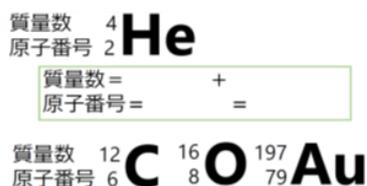
ナガセ：**化学結合と分子・結晶、原子量・モル・化学反応式、分子間力と結晶、
生体を構成する分子**

1年時科目：**物理化学（熱力学、量子論）、生化学（タンパク質、遺伝、細胞、代謝）**

<高校化学の復習> 大学の化学への準備

1. 化学基礎

a. 原子の構造



問. 下の原子の原子番号。質量数、陽子の数、中性子の数を述べよ。



b. イオン化エネルギー

原子から電子を取り去るエネルギー：**イオン化エネルギー**（小：陽イオンになりやすい）

電子1個を取り入れるときに放出するエネルギー：**電子親和力**（大：陰イオンになりやすい）

c. 金属の性質

金属元素：金属光沢あり、陽イオンになりやすい。

非金属元素：金属元素以外（例外：希ガスはイオン化しない、水素は陽イオンになりやすい）

d. 化学結合

4 大化学結合：イオン結合、水素結合（?）、ファンデルワールス力、電荷移動結合

→共有結合（配位結合）>イオン結合>金属結合（>>水素結合>ファンデルワールス結合）

e. モル濃度計算

希薄溶液の性質

- ・蒸気圧降下 同温における溶液の蒸気圧は、溶媒の蒸気圧よりも なる。
- ・沸点上昇 溶液の沸点は、溶媒の沸点よりも なる。
- ・凝固点降下 溶液の凝固点は溶媒の凝固点よりも なる。
- ・浸透圧 溶液と溶媒の液面を するために加える圧力。

$$\text{質量（重量）パーセント濃度（\%）} = \frac{\text{溶質の質量（g）}}{\text{溶液の質量（g）}} \times 100（\%）$$

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

$$\text{質量モル濃度（mol/kg）} = \frac{\text{溶媒に溶かした溶質の物質質量（mol）}}{\text{溶媒の質量（kg）}}$$

問.

濃塩酸のモル濃度の算出 濃塩酸（HCl）の質量パーセント濃度は 36.0 % である。その濃塩酸の体積モル濃度を計算しなさい。ただし HCl の分子量は 36.46、36.0 % HCl の密度は 1.18 g/mL である。

濃硝酸のモル濃度の算出 濃硝酸（HNO₃）の質量パーセント濃度は 60.0 % である。その濃硝酸の体積モル濃度を計算しなさい。ただし HNO₃ の分子量は 63.01、60.0 % HNO₃ の密度は 1.38 g/mL である。

シュウ酸二水和物水溶液のちょうせい シュウ酸二水和物を量り取り、純水に溶解し、精確に 0.0500 mol/L のシュウ酸二水和物を 250.00 mL ちょうせいしたい。ちょうせいの適切な漢字を書きなさい。また、シュウ酸二水和物の量り取り量を求めなさい。なお、シュウ酸二水和物の分子量は 126.07 である。

f. 酸と塩基・pH

3つの定義

アレニウスの酸と塩基

酸化数 (1つの原子の酸化状態を表す数)

単体の酸化数は0、単原子からなるイオンは電荷と同じ

水素は化合物中では+1、過酸化物中では-1

酸素は化合物中では-2、過酸化物中では-1

化合物の全体の電荷は各原子の総和

pH: 水素イオン濃度 $[H^+]$ /mol L⁻¹

g. 酸化還元反応

電気量の計算:

ネルンストの式 ~酸化還元を決める~

$$E = E_0 - \frac{RT}{nF} \ln \frac{[Red]}{[Ox]}$$

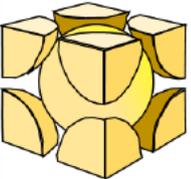
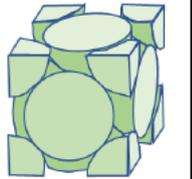
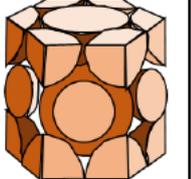
酸化還元反応



E : 酸化還元電位, E_0 : 標準酸化還元電位
 R : 気体定数, 8.315 J/(mol · K), T : 絶対温度, 298.15 K
 n : 移動電子数, F : ファラデー定数, 96500 C/mol
 $[Red]$: 還元型化学種のモル濃度
 $[Ox]$: 酸化型化学種のモル濃度

2. 物質

a. 金属の結晶格子

	体心立方格子	面心立方格子	六方最密構造
単体格子の構造			
単体格子内の原子数	2	4	2
配位数	8	12	12

問. 単体格子の1辺が a cm の体心立方格子をつくる原子量 M の物質がある. この物質の密度を d g/mL とし、この物質の原子1個の質量 w を求めなさい. また、アボガドロ定数 N_A を求めなさい.

b. 気体の性質

ボイル・シャルルの法則

一定量の気体の体積 v は、圧力 P に反比例し、絶対温度 T に比例する。

$$\frac{Pv}{T} = C \quad (c \text{ は物質質量によって決まる定数})$$

問. 300 K, 1.0×10^5 Pa で 10 L の気体は、600 K, 4.0×10^5 Pa で何 L になるか。

気体の状態方程式

標準状態 (0 °C, 1.013×10^5 Pa) における 1 mol の気体の体積は 22.4 L である。よって気体定数 $R = c$ とすると、ボイル・シャルル法則より、

$$\frac{Pv}{T} = C \rightarrow Pv = RT$$

$$R = (1.013 \times 10^5 \text{ Pa} \times 22.4 \text{ L/mol}) / 273 \text{ K} = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$$

アボガドロの法則から、温度と圧力が一定の場合、物質質量 n mol の気体の体積 V は、1 mol の気体の体積 v の n 倍であるから、 $V = nv$ である。これを上式に代入すると、気体の状態方程式が得られる。

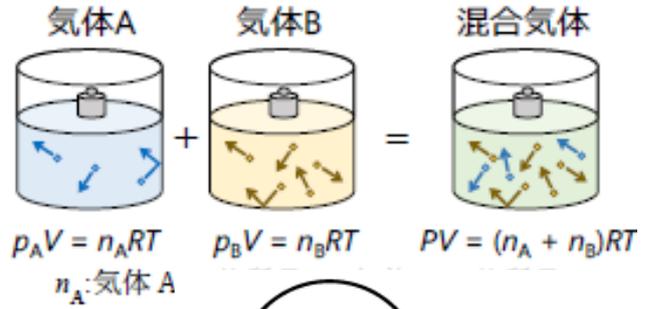
$$Pv = nRT = \frac{W}{M}RT \quad (\text{モル質量 } M \text{ g/mol, 気体の質量 } w \text{ g の場合})$$

問. 内容積 0.42 L の密閉できる真空の容器に、揮発性の液体 1.0 g を入れ、77 °C に保った。その後、液体は完全に蒸発して気体となり、容器内の圧力は 1.5×10^5 Pa となった。気体定数を $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ として、この気体の分子量を求めなさい。

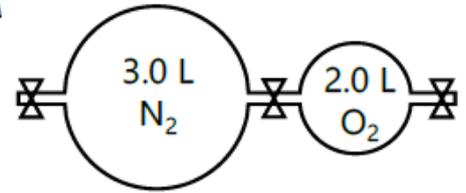
ドルトンの分圧の法則

互いに反応しない気体 A と B がある。ある温度 T で容積 V の容器に気体 A だけを入れたとき、 p_A の圧力、同じ容器に気体 B を入れたとき、 p_B の圧力を示したとする。この気体 A と B を容積 V の容器に入れて混合した際の全圧 P は、 $P = p_A + p_B$ で表され、 p_A 及び p_B は各気体の分圧を示す。

このように同温・同容積の容器内の混合気体について、混合気体の全圧は各成分の気体の分圧の和に等しい。この関係をドルトンの分圧の法則という。



問. 図のような 3.0 L の容器 A に 2.0×10^5 Pa の窒素 (N_2) が, 2.0 L の容器 B に 3.0×10^5 Pa の酸素 (O_2) が入っている. 温度一定で中央のコックを開き, N_2 と O_2 を混合したときの容器内の N_2 と O_2 分圧及び混合気体の全圧を求めなさい.



c. コロイド溶液

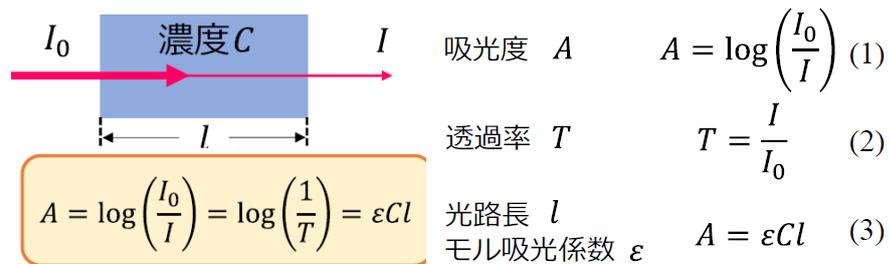
問. 直径が $10^{-9} \sim 10^{-7}$ m 程度で, 粒子が他の物質に分散しているものを(ア)という. 分散させている物質を(イ)といい、(イ)が液体のものをコロイド溶液または(ウ)という。(ウ)が流動性を失い, 固まったものを(エ)という(エ)が溶媒を失ったものを(オ)というア～エに当てはまる語句の番号を下記の①～⑤から選択しなさい.

- ①コロイド ②ゾル ③ゲル ④分散媒 ⑤キセロゲル

d. 分析化学

ランベルト・ベールの法則 (昨年の共通テストに出題されましたね！)

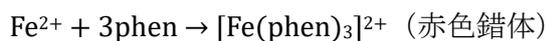
入射光強度 I_0 , 透過光強度 I とすると, 吸光度 A とは式(1)の関係が成り立つ. また, 透過率 T と I_0 及び I との関係は式(2)として表され, 光路長 l , 濃度 C の物質が吸収する光の度合いは, 吸光度として式(3)の関係が成り立つ.



まとめると, 吸光度 A は濃度 C に比例する. これをランベルト・ベールの法則という.

問. 鉄(II) (Fe^{2+}) は, 1,10-フェナントロリン (phen) と 1 : 3 で反応し, 赤色の Fe^{2+} -

phen 錯体を形成し，510 nm に極大吸収波長をもつ．



河川水中の Fe^{2+} を調べるために，濃度を段階的に変化させた Fe^{2+} と phen で錯形成させた溶液を作り，これらの溶液の 510 nm における吸光度を測定した．また同様に試料溶液 A として河川水も phen と反応させ，先の溶液と同様に吸光度を測定した．測定した試料溶液 A は，河川水に phen などの試薬を加え，最終的には元の河川水を 2 倍希釈した溶液になっている．測定結果を表に示す． Fe^{2+} と phen は定量的に反応し，共存物質による妨害はないものとする．以下の問いに答えなさい．横軸に Fe^{2+} 濃度，縦軸に吸光度をプロットした図を書きなさい．また，河川水中の Fe^{2+} 濃度を求めなさい．

表 Fe^{2+} -phen 錯体の吸光度の測定結果

Fe^{2+} 濃度 / mg L^{-1}	吸光度
0.0	0.000
1.0	0.120
2.5	0.300
4.0	0.480
試料溶液 A	0.150



e. 反応速度

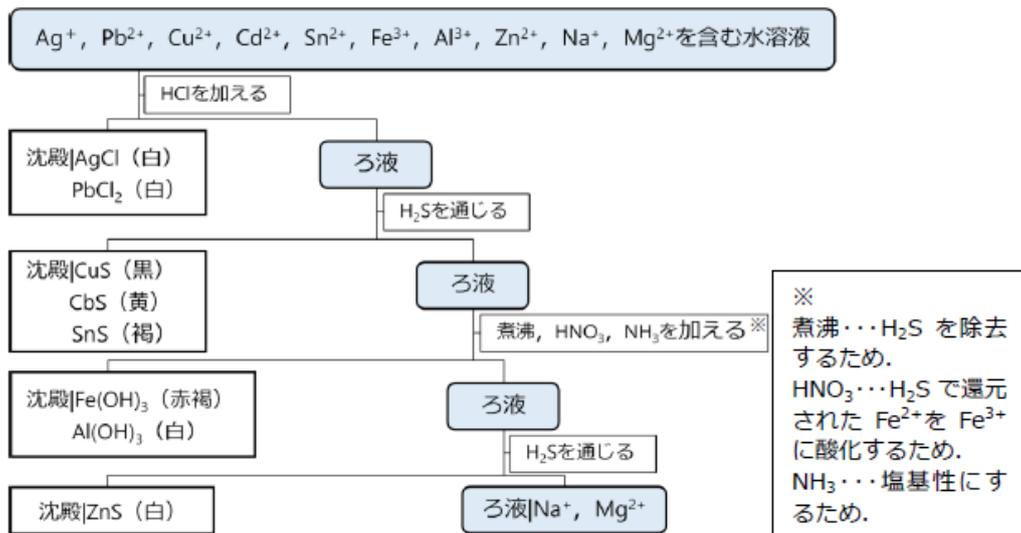
問．過酸化水素 (H_2O_2) の分解実験を行ったところ，下表のような結果が得られた．(a) 0～2 分，(b) 2～4 分，(c) 4～6 分，(d) 6～8 分における H_2O_2 の平均分解速度を求めなさい．

表 1 過酸化水素の分解実験における時間と過酸化水素濃度変化

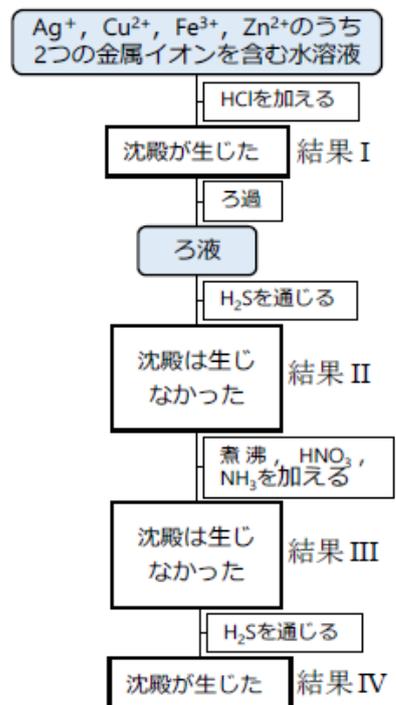
時間/分	0	2	4	6	8
$[\text{H}_2\text{O}_2]/\text{mol/L}$	0.100	0.654	0.442	0.294	0.202

3. 無機物質

金属イオンの反応と分離



問. 金属イオン Ag⁺, Cu²⁺, Fe³⁺, Zn²⁺の硝酸塩のうち、2つを含む水溶液がある. この水溶液に対して右図に示す操作を行ったところ、結果 I~IV を得た. 溶液中にふくまれる 2つの金属イオンとして最も適当なものを選びなさい.

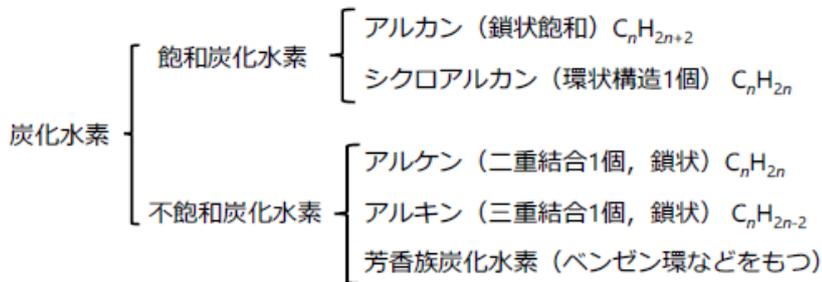


4. 有機化合物

a. 炭化水素の分類・鏡像異性体

炭化水素・・・炭素と水素だけから構成された有機化合物。

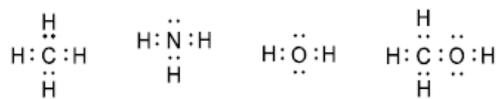
炭化水素の分類



有機化合物の色々な表記方法

例	エタン	酢酸
組成式（実験式）	CH_3	CH_2O
分子式	C_2H_6	$C_2H_4O_2$
示性式	CH_3CH_3	CH_3COOH
構造式		
(略式)構造式	CH_3-CH_3	$CH_3-C(=O)OH$

ルイス構造式



オクテット則

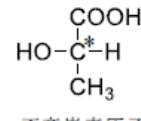
最外殻電子の数が8個になると化合物やイオンが安定に存在するという経験則。

鏡像異性体

乳酸は，中心の炭素元素が，カルボキシ基，ヒドロキシ基，メチル基，水素と全て異なる官能基を持つ．このように4つの異なる官能基を有する炭素原子を不斉炭素原子という．不斉炭素原子をもつ化合物は立体的な配置の異なる2種類の化合物が存在する．立体構造が実像と鏡像のように互いに重ね合わせることができない立体異性体を鏡像異性体という．（化学的性質はほぼ同じで，光に対する性質が異なる．）

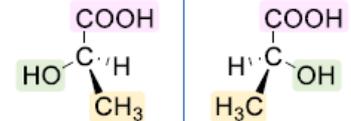
乳酸 $CH_3CH(OH)COOH$

構造式



不斉炭素原子を"*"で表す。

立体構造



鏡像異性体

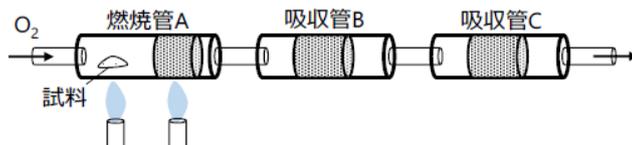
問. 次の文の（ ）内に適する語を入れなさい。

アルカンの一般式は（ ）で表され，炭素数が4以上になると，分子式が同じで構造の異なる（ ）が存在する．アルカンの水素原子は，紫外線を当てるとハロゲンなどと（ ）反応する．アルケンの一般式は（ ）で表され，（ ）結合を1個持つ．また，アルキンの一般式は（ ）で表され，（ ）結合を1個持つ．これらの不飽和炭化水素はすべて（ ）結合からなるアルカンとは異なり，（ ）反応を起こしやすい．

b. 組成式の決定

問. 図のような装置で, 燃焼管 A に炭素, 水素, 酸素だけからなる試料 (有機化合物) 16.5 mg を入れ, 乾燥した酸素中で完全に燃焼させた. 燃焼管 A には, 試料を完全に燃焼させるための物質が充填されている. また, 燃焼により生じた気体を捕集するため, あらかじめ質量を測定しておいた吸収管 B, 吸収管 C を取り付けた.

(1) 燃焼管 A に充填されている物質, 吸収管 B 及び C に充填されている物質の番号を下記から選択しなさい.



- ① 酸化銅(II), CuO ② 塩化カルシウム, CaCl_2
③ ソーダ石灰, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaOH , KOH 等

(2) 吸収管 B は発生気体捕集後, 質量が 13.5 mg 増加し, 吸収管 C は 33.0 mg 増加した. この試料の組成式を求めなさい.

b. 原子の構造

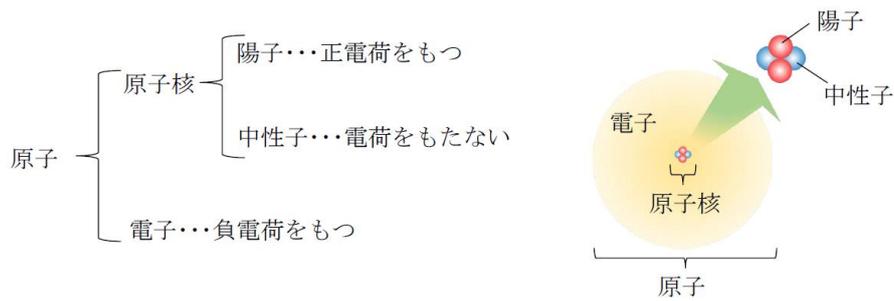


表1 原子の構成粒子

粒子	記号	質量 / kg	電荷 / C
中性子 neutron	n	1.675×10^{-27}	0
陽子 proton	p	1.673×10^{-27}	1.602×10^{-19}
電子 electron	e	9.109×10^{-31}	-1.602×10^{-19}

c. 原子番号と質量数

$$\begin{matrix} \text{質量数} \\ \text{原子番号} \end{matrix} \text{元素記号} = \frac{A}{Z}E$$

質量数 $A = \text{陽子の数} + \text{中性子の数}$
 原子番号 $Z = \text{陽子の数}$
 Z と E は同じ組み合わせ

水素の場合 ${}^1_1\text{H}$

ヘリウムの場合 ${}^4_2\text{He}$

炭素の場合 ${}^{12}_6\text{C}$

酸素の場合 ${}^{16}_8\text{O}$

原子番号が等しく、中性子の数が異なる原子を互いに同位体 (isotope) という。

3. 原子の電子配置

a. 電子の存在位置と4つの量子化

主量子数 n ・・・軌道とエネルギーの大きさを決める。(1, 2, 3, ...)

方位量子数 l ・・・軌道の形状を決める。(0, 1, 2, ..., $n-1$)

磁気量子数 m ・・・軌道の方向を決める。($-1 \leq m \leq 1$)

スピン量子数 s ・・・電子の自転の方向を決める。(±1/2)

表2 n に対する電子殻

n	1	2	3	4	5, 6, 7
電子殻	K	L	M	N	O, P, Q
電子数	2	8	18	32	50, 72, 98

表3 l に対する電子軌道

l	0	1	2	3	4, 5, 6
軌道	s	p	d	f	g, h, i
電子数	2	6	10	14	18, 22, 26

主量子数 n	方位量子数 ℓ	磁気量子数 m	スピン量子数 s
$n=1$	$\ell=0$	$m=0$	$\{s = \pm 1/2\}$
$n=2$	$\ell=1 \dots \dots \dots$	$m=1 \dots \dots \dots$	$\{s = \pm 1/2\}$
		$m=0 \dots \dots \dots$	$\{s = \pm 1/2\}$
$n=2$	$\ell=0 \dots \dots \dots$	$m=-1 \dots \dots \dots$	$\{s = \pm 1/2\}$
		$m=0 \dots \dots \dots$	$\{s = \pm 1/2\}$
$n=3$	$\ell=2 \dots \dots \dots$	$m=2 \dots \dots \dots$	$\{s = \pm 1/2\}$
		$m=1 \dots \dots \dots$	$\{s = \pm 1/2\}$
		$m=0 \dots \dots \dots$	$\{s = \pm 1/2\}$
		$m=-1 \dots \dots \dots$	$\{s = \pm 1/2\}$
		$m=-2 \dots \dots \dots$	$\{s = \pm 1/2\}$
	$\ell=1 \dots \dots \dots$	$m=1 \dots \dots \dots$	$\{s = \pm 1/2\}$
		$m=0 \dots \dots \dots$	$\{s = \pm 1/2\}$
		$m=-1 \dots \dots \dots$	$\{s = \pm 1/2\}$
	$\ell=0 \dots \dots \dots$	$m=0 \dots \dots \dots$	$\{s = \pm 1/2\}$

図2 4つの量子数の関係 ($n=3$ まで)

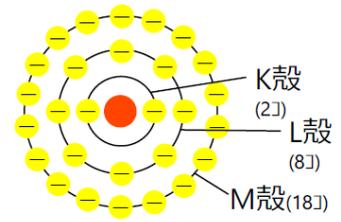


図3 原子モデルと電子殻軌道 (M殻まで)
各殻の電子の収容数は、 $2 \times n^2$.

4つの量子数を決めるルール

n は $n = 1, 2, 3 \dots$. (自然数)

l は $l = n - 1$ と 0 . (正の整数と 0 のみ)

m は l が 0 のとき 0 . また、 m は l が 1 以上の時、正負の値と 0 を含む.

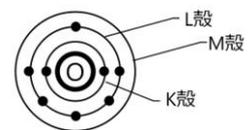
s は m の値それぞれに対し、 $\pm 1/2$ の 2 個.

問. 次の原子の電子配置を例に従って書きなさい.

- (1) ${}_6\text{C}$ (2) ${}_{19}\text{K}$ (3) ${}_{24}\text{Cr}$ (4) ${}_{29}\text{Cu}$

ex) ${}_8\text{O}$

$1s^2 2s^2 2p^4$
または、 $[\text{He}] 2s^2 2p^4$



b. 電子軌道の広がり

主量子数 n が規定する，原子が持つ K 殻，L 殻などの電子殻は，方位量子数 l が規定する，s 軌道，p 軌道，d 軌道などの軌道の集合体である．図 3 のような原子モデルは，電子配置や価電子などを考える上でイメージしやすいが，量子論によると電子のような小さな粒子は，粒子の性質と波の性質を合わせ持つ．原子の形（電子が存在する形）は，電子が存在する確率密度によって表される．図 4 に示すように，電子は原子核を原点として，軸方向や面方向に広がった s 軌道，p 軌道，d 軌道という形をもっており，電子は各軌道に 90% の確率で存在している．

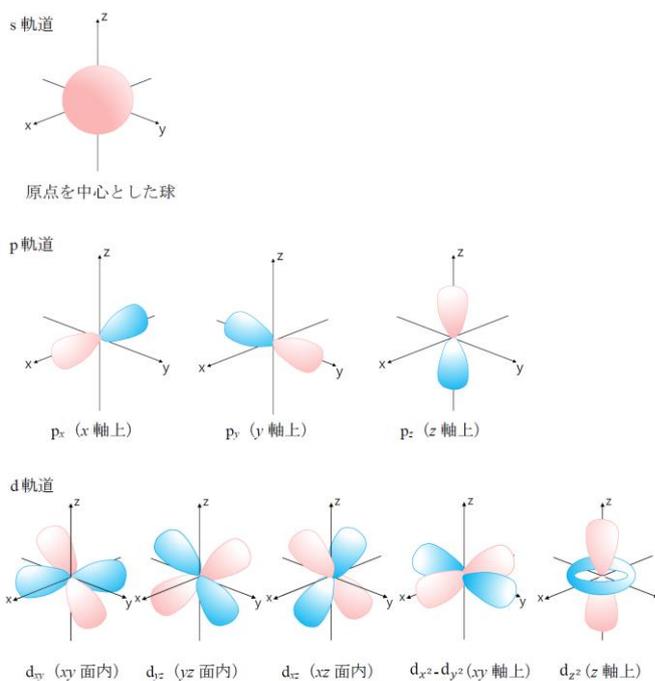


図 4 電子軌道の形

c. 軌道のエネルギー準位と電子配置

原子番号と電子数は等しく，水素は電子を 1 つ，ヘリウムは電子を 2 つ持っている．電子は原子番号の増加とともに，軌道に順番に入る．電子が入る各軌道の相対的なエネルギー準位は連続しておらず，図 5 に示すように飛び飛びのエネルギー準位となっている．連続的ではなく，飛び飛びのエネルギー準位となっていることを，量子化という．電子間の遮蔽効果¹⁾²⁾から $4s < 3d$ となっているため，遷移元素では 3d に電子が入り，遷移金属の性質に大きく寄与する．各軌道の 1 つの線には，電子が上下の矢印で 2 つまで入る．数字が主量子数 n を示し，同時に $n = l$ のとき K 殻， $n = 2$ のとき L 殻・・・と表 2 に示したように，電子殻に対応している．また，電子殻への電子の収容数も K 殻 2 個，L 殻 8 個・・・になることがわかる．カリウムは原子番号が 19 であり，電子を 19 個持つが，K 殻に 2 個，L 殻に 8 個，M 殻に 8 個入った後，M 殻の収容電子数が 18 個にも関わらず，電子軌道のエネルギー準位から，19 番目の電子が 3d 軌道に入らず 4s 軌道に入る．

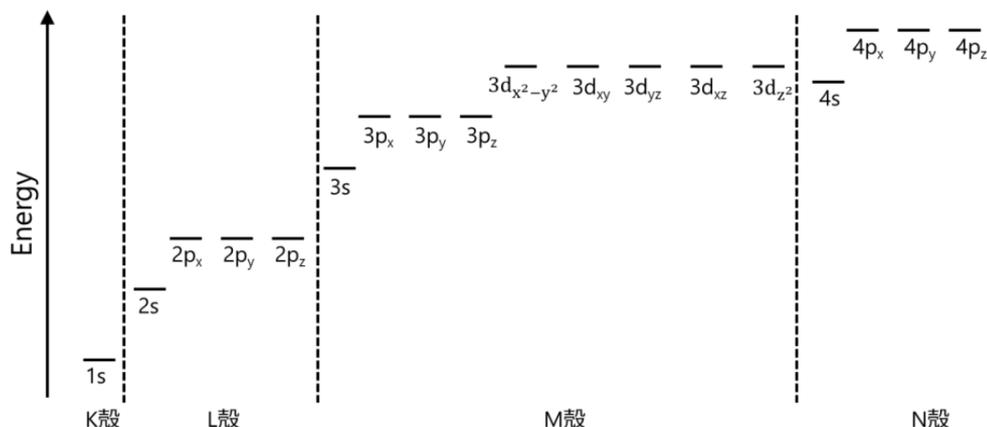


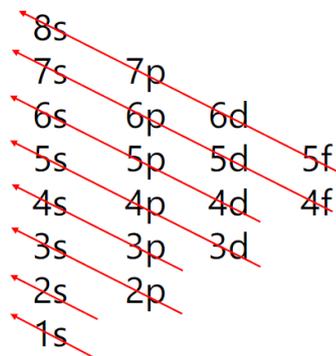
図 5 電子軌道のエネルギー準位

各軌道に入る電子のルール

1. 電子はエネルギー準位の低い軌道から入る。
2. 各軌道の1つの線には、電子が上下の逆向きの矢印で2つまで入る。
→ 2つ以上の電子（フェルミ粒子）は、同一の量子状態を占めることはできない。同一軌道内に2つ電子がある場合、その電子のスピンは逆向きで入る。
→ パウリの排他原理
3. 同一軌道内に1つずつ電子が入っている場合は、同じ矢印（スピン）の向きで入る。
→ フントの規則

各軌道への電子の入り方と表記方法

sの列 pの列 dの列 fの列
1s~8s 2p~7p 3d~6d 4f~5f



電子の収容数			
s軌道	p軌道	d軌道	f軌道
2個	6個	10個	14個

図6 軌道に入る電子の順序

例)

表4 H~Alまでの電子配置

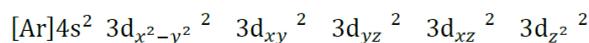
元素	電子数	軌道	略
H	1	1s ¹	-
He	2	1s ²	-
Li	3	1s ² 2s ¹	[He] 2s ¹
Be	4	1s ² 2s ²	[He] 2s ²
B	5	1s ² 2s ² 2p ¹	[He] 2s ² 2p ¹
C	6	1s ² 2s ² 2p ²	[He] 2s ² 2p ²
N	7	1s ² 2s ² 2p ³	[He] 2s ² 2p ³
O	8	1s ² 2s ² 2p ⁴	[He] 2s ² 2p ⁴
F	9	1s ² 2s ² 2p ⁵	[He] 2s ² 2p ⁵
Ne	10	1s ² 2s ² 2p ⁶	-
Na	11	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ¹	[Ne] 3s ¹
Mg	12	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ²	[Ne] 3s ²
Al	13	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ¹	[Ne] 3s ² 3p ¹

元素	1s	2s	2p	3s	3p
C	↑↓	↑↓	↑ ↑ —		
Na	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑	
Ar	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓

図7 スピンによる電子配置の表記例

図5に示したような方向も含めた軌道を用いた、より詳細な電子配置の表記方法もある。

例) ³⁰Zn



4. 周期表

1869年、メンデレーフは、当時発見されていた63元素を原子量の順に並べ、さらに性質が似た元素が並ぶようにまとめ、現在の周期表の原型を作った。メンデレーフは周期表において、当時未発見の16元素は空欄とし、存在と原子量を予言していた。16元素のうち、9元素が発見されている。現在の周期表は、原子番号順に元素を並べたものであり、s軌道、p軌道、d軌道などに、同じ数の電子を持つ元素は似た性質を持ち、縦の並びの“族”でまとめられている。

(最外殻電子(価電子)数が等しい。)また、主量子数が等しい元素は、横の並びの“周期”でまとめられている。周期表は元素の大きさやイオン化エネルギー、電子親和力、電気陰性度など、様々な性質、傾向を知る上で便利である。第1族、第2族及び第12族から第18族は典型元素とよばれ、第3族から第11族までの元素はd軌道やf軌道に電子が充填される元素であり、遷移金属元素とよばれる。また水素を除く第1族はアルカリ金属、第2族はアルカリ土類金属、第15族はニクトゲン、第16族はカルコゲン、第17族はハロゲン、第18族は貴ガスとよばれている。

表5 周期表 (第4周期まで)

族	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
第1周期	H																	He
第2周期	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
第3周期	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
第4周期	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr

縦の並び“族”は、第1~18族までであり、横の並び“周期”は第1~7周期までである。

典型元素 遷移元素

a. 価電子

価電子は電子配置における最外殻電子を示し、原子の化学的性質は、価電子が大きく影響する。第1族のアルカリ金属は最外殻のs軌道に1つ電子を持ち、価電子数は1であり、第2族のアルカリ土類金属は最外殻のs軌道に2つ電子を持ち、価電子数は2となる。貴ガスであるヘリウムとネオンは最外殻電子が電子収容数の最大まで入っており、これを閉殻という。一方、Ar以降の希ガスは、最外殻電子は満たされておらず、s軌道及びp軌道が閉殻となっている。価電子は最外殻電子であるが、貴ガスの場合、価電子数は0とする。図8に示すように、価電子を“・”で表し、元素記号の周りに表記するLewis構造式がある。

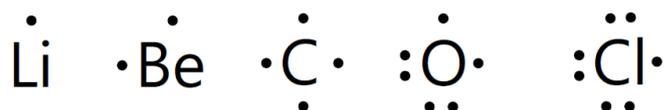


図8 Lewis構造式 (電子式)

b. 原子半径とイオン半径

同一周期における原子半径は、原子番号の増加に伴い原子核の正電荷が増加するため、電子が引き付けられ、原子半径は小さくなる。一方、同族では、原子番号の増加に伴い最外殻の電子と原子核間距離が増加するため、原子半径は大きくなる。表 5 の周期表と関連づけた原子半径の大きさの傾向を図 9 に示す。

族	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 周期 原子半径大	H	→																He
2 周期	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3 周期	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
第 4 周期	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr

図 9 周期表における原子半径の傾向

一方、イオン半径はアルカリ金属やアルカリ土類金属などの陽イオンになりやすい原子の場合、電子を失うことで 1 つ前の周期及び 1 つ内側の電子殻が最外殻となり、貴ガスの電子配置になる。これより、最外殻が小さくなり、電子を失ったものの原子核からの正電荷は変化しないため、より原子核に引き付けられ、陽イオンになりやすい元素のイオン半径は小さくなる (図 10)。一方、陰イオンになりやすいカルコゲン、ハロゲンは、電子を得ることで同一周期の貴ガスの電子配置になる。最外殻の大きさは変化しないが、電子の増加による電子同士の反発が生じ、陰イオンになりやすい元素のイオン半径は大きくなる (図 11)。



図 10 陽イオン性元素のイオン半径

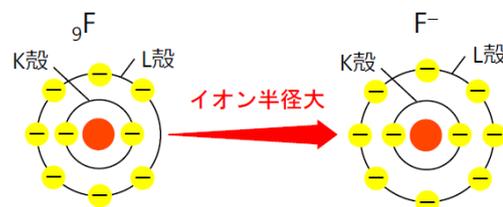


図 11 陰イオン性元素のイオン半径

c. イオン化エネルギー

図 5 に示した 電子軌道のエネルギー準位図のように、電子は量子化されている。図 12 に示したように、最もエネルギー準位の低い E_1 の状態、基底状態に電子がある場合を考える。基底状態の電子に外部からエネルギー (光や熱) を与えると、電子はエネルギーを得て、得たエネルギー分 ($E_2 - E_1$) だけ高いエネルギー状態 E_2 に励起される。励起された電子が遷移したエネルギー準位を、励起状態という。得たエネルギーがさらに大きい場合 ($E_3 - E_1$ や $E_4 - E_1$ など)、さらに上のエネルギー準位 E_3 、 E_4 に遷移する。電子を遷移させ、軌道を超えるようなより大きなエネルギーを与えると、電子は放出され、イオン化する (図 13)。このように、気体状の原子またはイオンから電子を取り去るのに必要なエネルギーをイオン化エネルギーという。

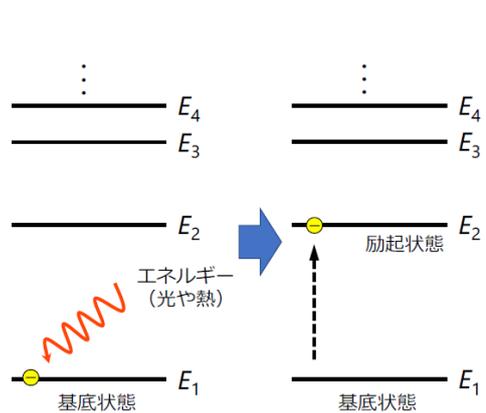


図 12 外部からのエネルギー (光や熱) による基底状態の電子の励起

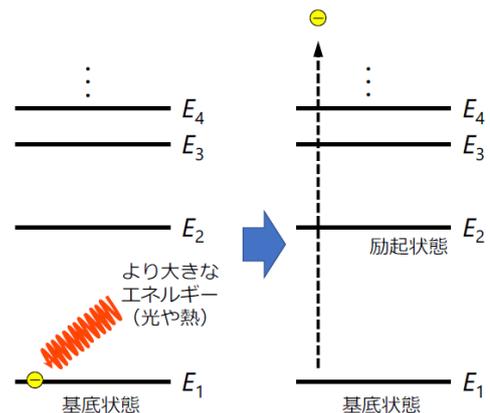


図 13 より大きなエネルギーによる基底状態の電子の放出 (イオン化)

第 1 族のアルカリ金属は、最外殻電子を 1 つ失うことで貴ガス構造と同様な電子配置 (閉殻構造) を取るため安定化する。第 2 族のアルカリ土類金属も同様に 電子を 2 つ失うことで貴ガス構造と同様な電子配置 を取り、安定化する。従って、アルカリ金属及びアルカリ土類金属はそれぞれ 1 価の陽イオン及び 2 価の陽イオンになりやすい。1 つ目の電子を取り去るのに必要なエネルギーを第 1 イオン化エネルギーといい、さらに 2 つ目の 電子を取り去るのに必要なエネルギーを第 2 イオン化エネルギーという。一般的に 第 1 イオン化エネルギーは 同一周期では原子番号の増加に伴い増加し、 貴ガスで極大となる。また、 同族 におけるイオン化エネルギーは、 原子番号の増加とともに減少する。

d. 電子親和力

真空中で中性の原子が電子を得る際に放出するエネルギーは電子親和力とよばれる。電子親和力は 1 価の陰イオンへのなりやすさの尺度となる。同一周期における電子親和力は、電子を 1 つ得ることで 1 価の陰イオンとなり貴ガスの電子配置をとって安定化するハロゲンが最も大きい。同族のハロゲンである、フッ素と塩素の電子親和力を比較すると、塩素の方が大きい。これはフッ素の最外殻が L 殻であり、塩素の最外殻である M 殻よりもサイズが小さいため、フッ素が電子を 1 つ取り込んだ際、塩素が 1 つ電子を取り込んだ場合と比較して電子間の反発が大きくなるためである。同族の酸素と硫黄も同様な理由で、硫黄の方が電子親和力は大きい。

e. 電気陰性度

結合している異なる2つの原子A, B間において、それぞれの原子が結合にあずかる電子を引き付ける力には差があり、この力の尺度を電気陰性度という。この原子A, Bにおいて、原子Aの方が原子Bよりも電子を強く引き付けるとすると、電子は原子Aの方に偏る。この電荷の偏りを微小という意味を示す δ (デルタ) を使って電子を引き付けて

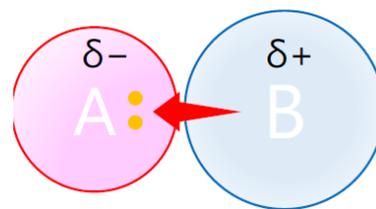


図14 化合物ABの分極

いる原子側を δ^- 、逆側の原子を δ^+ と表し、このような電荷の偏りを分極という(図14)。電気陰性度の差が大きいほどその物質はイオン結合性が強くなり、その差が小さい場合は共有結合性が強くなる。分極をもたらす物質の極性は、溶解(溶媒和)や反応性とも関係しているため重要な指標である。電気陰性度は周期表の右上にある元素ほど大きい傾向があり、フッ素が最大である(表6)。

表6 電気陰性度

電気陰性度→大

族	1	2	13	14	15	16	17
第1周期	H 2.2						
第2周期	Li 1.0	Be 1.6	B 2.0	C 2.6	N 3.0	O 3.4	F 4.0
第3周期	Na 0.9	Mg 1.3	Al 1.6	Si 1.9	P 2.2	S 2.6	Cl 3.2
第4周期	K 0.8	Ca 1.0	Ga 1.6	Ge 1.8	As 2.0	Se 2.4	Br 3.0
第5周期	Rb 0.8	Sr 1.0	In 1.7	Sn 1.8	Sb 1.9	Te 2.1	I 2.7

大↑電気陰性度

4 時間目

<大学の化学へII>

1. 物理化学(熱力学と量子論)
2. 生命科学の化学(生理学と生化学)