

一般化学

- Chemistry -

第1回 化学へのアプローチ

東京工業大学 元素戦略研究センター
高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所
山浦淳一

講義の進め方

- 進行はスライドと教科書併用で進行
 - *マクマリー一般化学(東京化学同人)
- スライド上にのせるKey wordをメモ
 - *小テストに出るので聞き漏らさずメモを取る
- 講義の最後に小テストを行う
- 授業中の質問への正答は点数加算対象
- 期末テストを行う
- 点数かさ上げは行わない
- Qは皆さんへの質問と教科書読み上げ (1点)
- Eは実験実演か動的図の提示です
- 講義中はSlackを立ち上げ、そこにQ回答者は学籍番号と名前を記入

一般化学の位置づけ

高校化学



一般化学

高校化学の復習と確認
専門教科への基礎固め

専門教科

物理化学

熱力学の法則
統計分布
平衡状態
酸化還元

有機合成
分子構造
反応原理

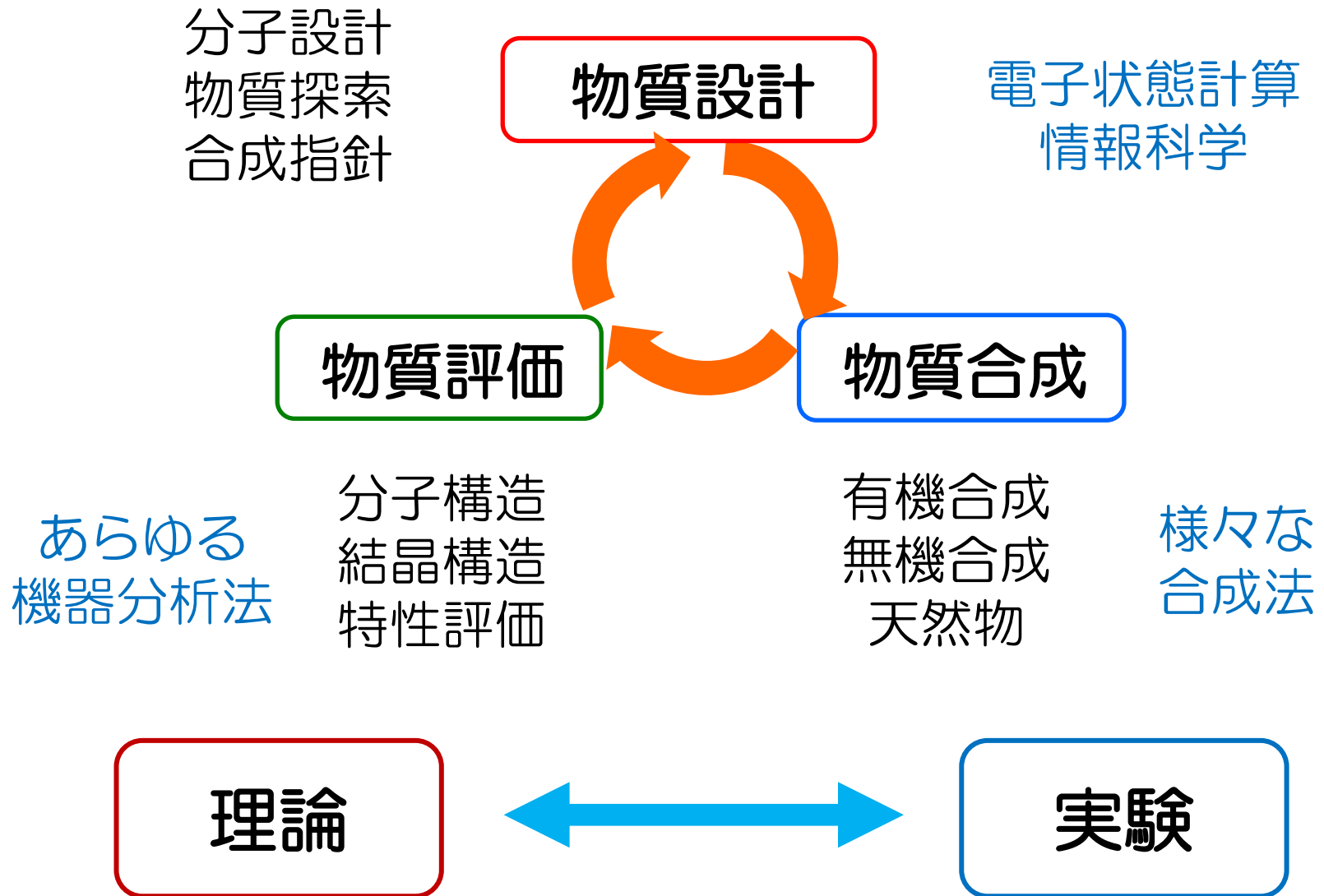
有機化学

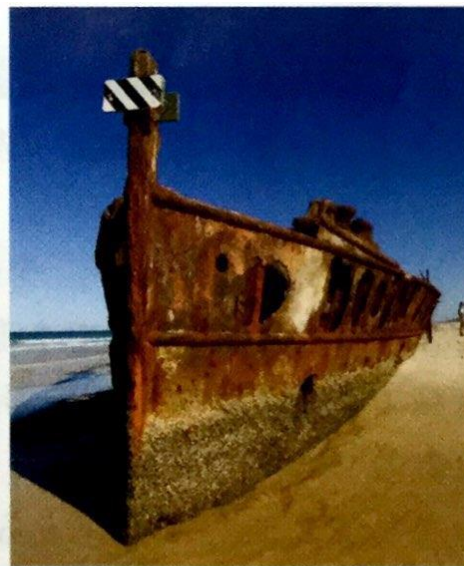
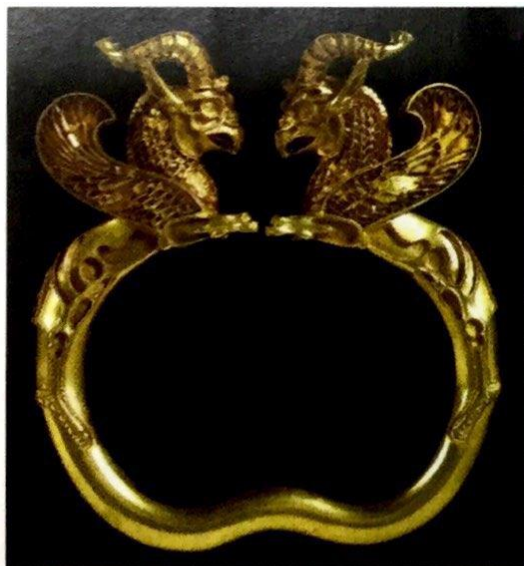
分析化学、結晶化学
物性化学、錯体化学

無機化学

結晶構造
電子構造
材料物性
元素の性質

化学の魅力とは？





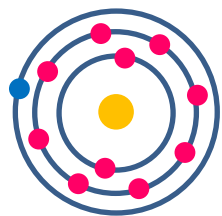
金は最も高価な元素の一つで、その美しさと腐食しにくさのために古代から尊ばれてきた。

鉄は構造建築材料として広く用いられているが、容易に腐食する。

Q. このような物質の性質を調べる方法を
思いつく限り挙げてください

*Don't be shy.

本講義の目指すところ



基礎化学

元素

物理化学

物性



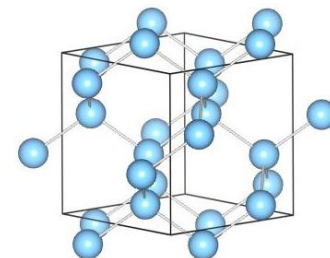
一般化学

錯体化学



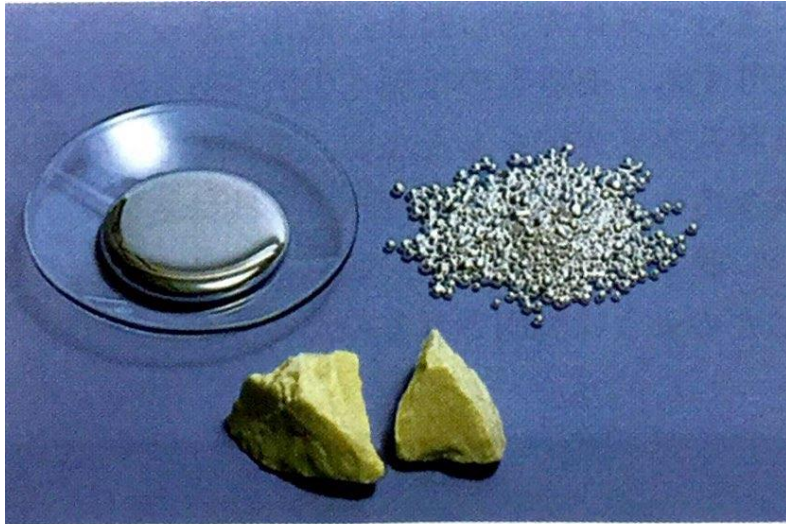
反応

構造

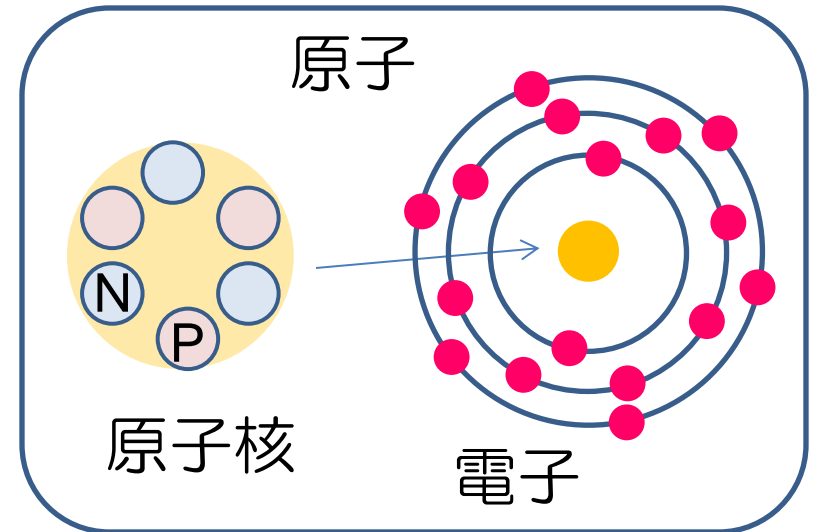


有機化学 分析化学 無機化学

本講義で化学の楽しさを知る認識する



水銀，銀，硫黄（左上から時計回りに）。



化学という学問の基礎となるのが元素

- 元素固有の化学的、物理的性質を調べる
- 原子の並びやその並び方の規則を調べる
- 物質のミクロやマクロの性質を調べる

*原子は粒に、元素は種類に着目するときで使い分ける

元素は現在**118種類**(天然90、人工28)

*人工のものは粒子加速器で作る

ニホニウムの発見 (日本発アジア初)

理化学研究所仁科加速器研究センターで発見された
113番元素が2015年に新元素であると認定。

この元素は10年近い年月をかけ、
困難な中**3原子**を合成・発見しました。
また**寿命も約1000分の2秒**とみじかく、
瞬く間にほかの元素へと壊変する。



49 インジウム In	50 スズ Sn	51 アンチモン Sb	52 テルル Te
81 タリウム Tl			84 ポロニウム Po
113  ニホニウム Nh	115 フルロビウム Fl	117 テネシウム Ts	116 リバモリウム Lv

クラーク数と希少金属

クラーク数
(地表付近の比率)

1	O	50%
2	Si	26
3	Al	7.6
4	Fe	4.7
5	Ca	3.4
6	Na	2.6
7	K	2.4
8	Mg	1.9
9	H	0.83
10	Ti	0.46

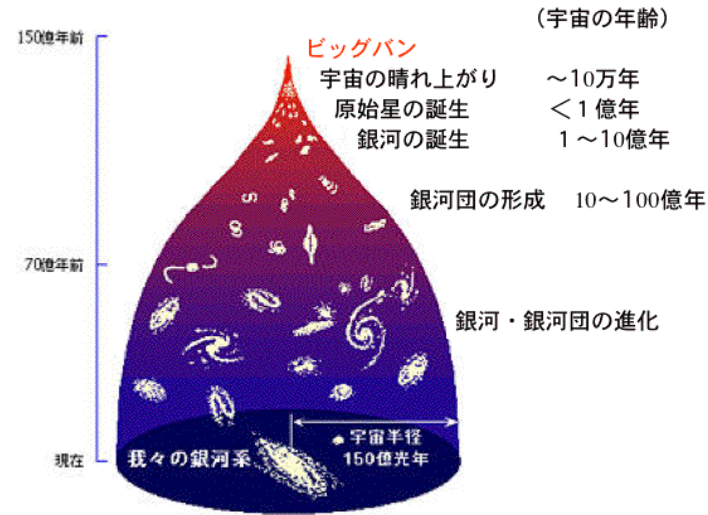
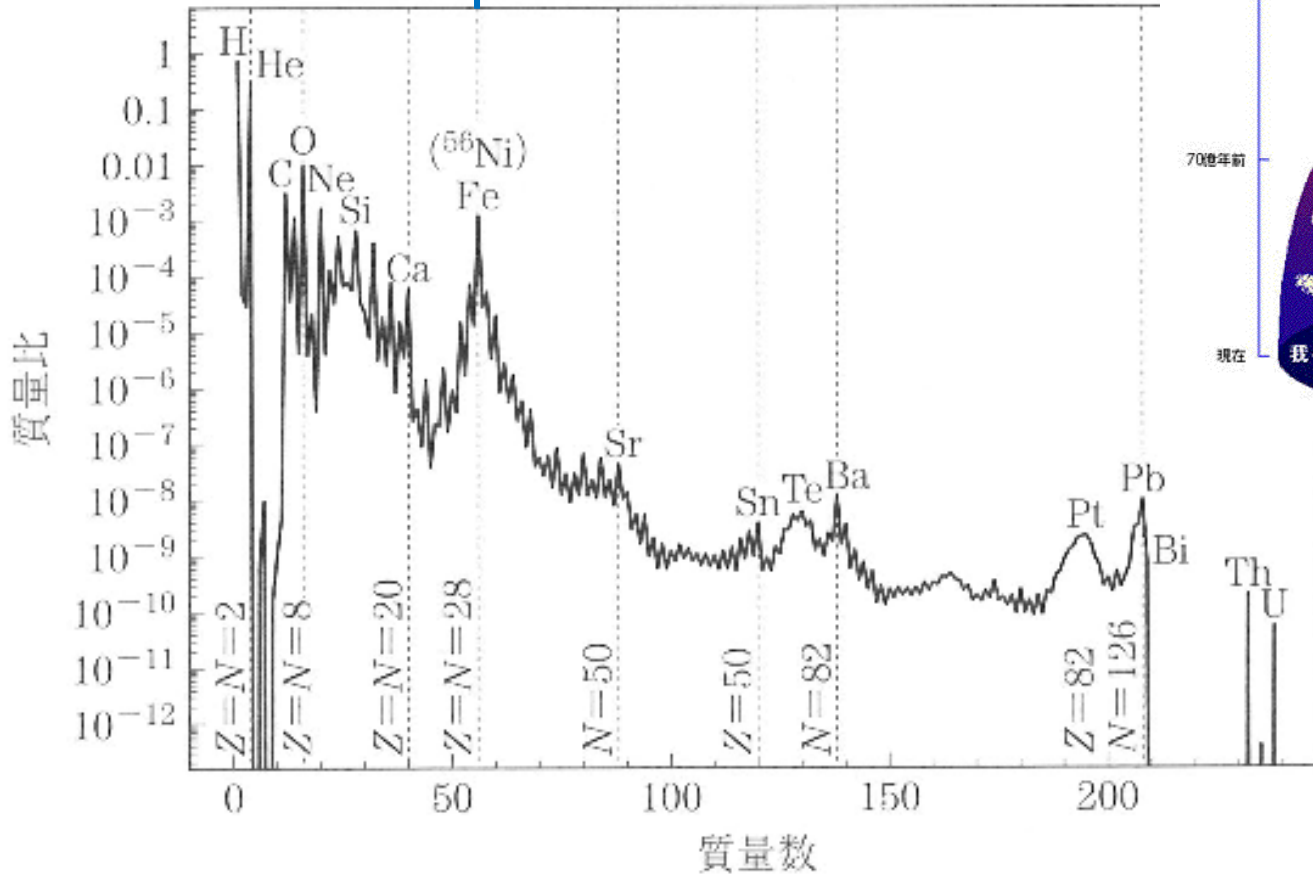
Q. クラーク数を見て気づくことは → Feより重いものがない

宇宙創成と元素

核融合



超新星爆発



- 鉄は核融合の終着点
- 鉄以降は超新星爆発で作られる

図 1.1 太陽系核種の質量比分布。点線は陽子(Z)および中性子(N)のマジックナンバーを示す。

キーワード

元素の存在比は宇宙の進化と関連

元素はいかにしてつくられたか

元素記号

教科書1.2

元素の名前は簡略化のため1~2文字で表す(元素記号)

H = hydrogen

He = helium

Li = lithium

N = nitrogen

C = carbon

O = oxygen

F = fluorine

Ne = neon

Na = natrium (sodium)

Al = aluminum

Mg = magnesium

K = kalium (potassium)

Ti = titanium

Mn = manganese

Pt = platinum

Au = aurum (gold)

Hg = hydrargyrum (mercury)

Pb = plumbum (lead)

W = Wolfram (tungsten)

Fe = ferrum (iron)

元素と周期表

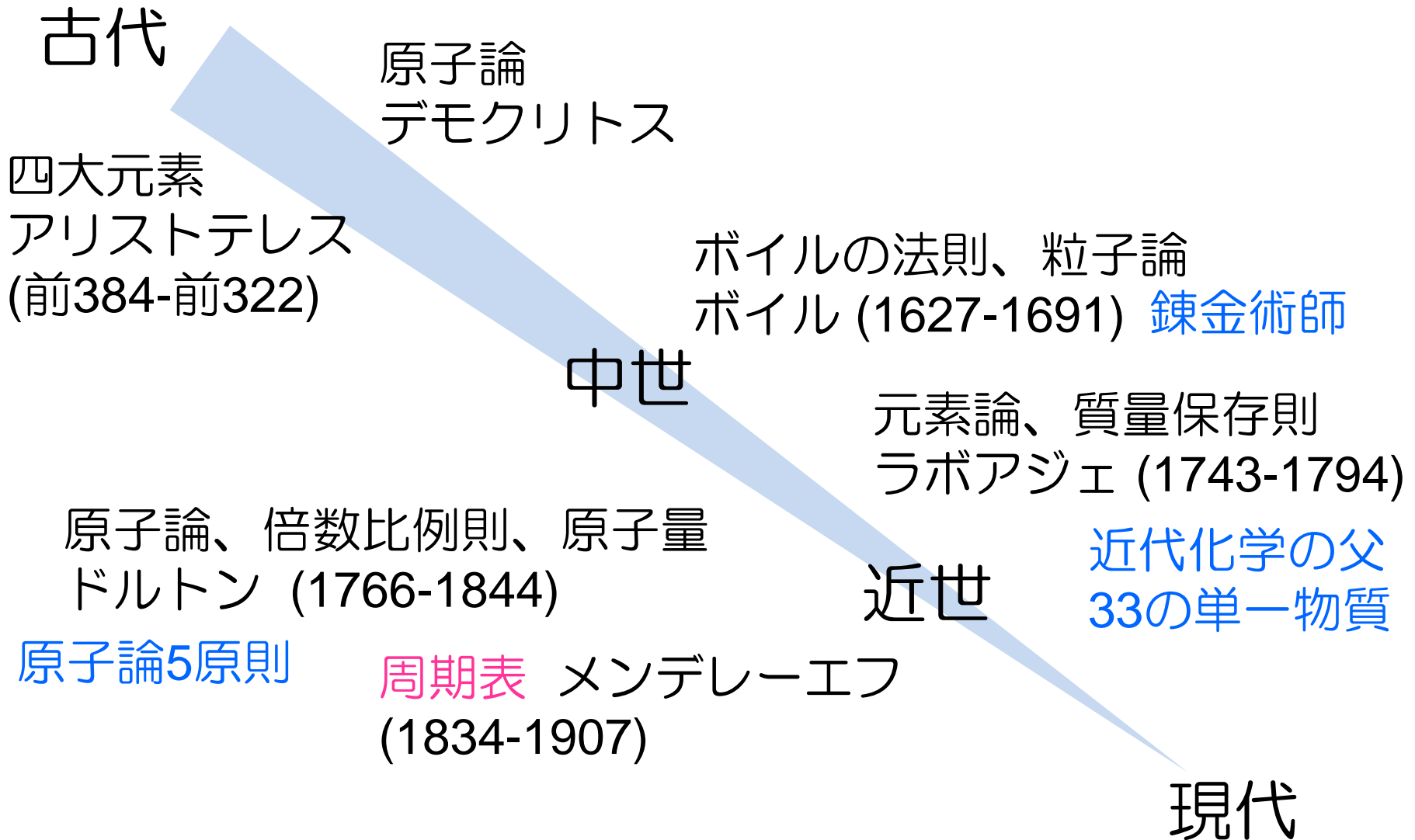
教科書1.3

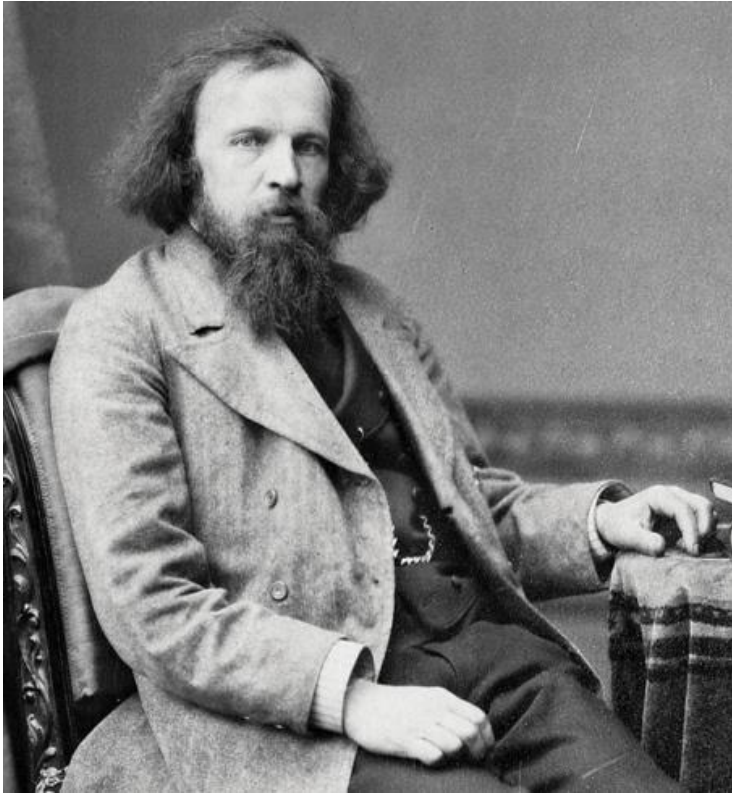
- 物質は何からできている?の答えの一つが周期表
- 周期表を理解することは自然を理解すること



元素探求史

教科書1.3





ドミトリ・メンデレーエフ
(1834-1907)
ロシアの化学者

1867-1890年 大学で無機化学
の講義の傍ら教科書を執筆

1866年にニューランズが
「オクターブの法則(8番目
ごとに似た性質の元素)」を提唱

1869年「元素の性質と原子量
の相関」を発表

カードゲームで元素を整理し
夢の中で周期表を思いついた
と言われている

周期表と周期律

周期律：一定周期で元素の良く似た性質が現れること

周期表：周期律をグループ化して表にしたもの

		Ti=50	Zr=90	?=180
		V=51	Nb=94	Ta=182
		Cr=52	Mo=96	W=186
		Mn=55	Rh=104	Pt=197
		Fe=56	Rn=104	Ir=198
		Ni,Co=59	Pl=106	Os=199
H=1		Cu=63	Ag=108	Hg=200
Be=9	Mg=24	Zn=65	Cd=112	
B=11	Al=27	?=68	Ur=116	Au=197
C=12	Si=28	?=70	Sn=118	
N=14	P=31	As=75	Sb=122	Bi=210
O=16	S=32	Se=79	Te=128	
F=19	Cl=35	Br=80	I=127	
Li=7,Na=23	K=39	Rb=85	Cs=133	Tl=204
	Ca=40	Sr=87	Ba=137	Pb=207
	?=45	Ce=92		

*一部省略

メンデレーエフは、
左の周期表を作る中で
未知元素の存在と性質を
予測した

→直後にGa,Sc,Ge発見

周期律で変化する性質
価電子数、原子半径、
イオン半径、イオン化E

価電子数が元素の性質を
決定付けている **キーワード**

周期表と周期律

教科書1.3

典型元素



典型元素(main group element)

遷移元素
(transition element)

↑ 周期 ↓

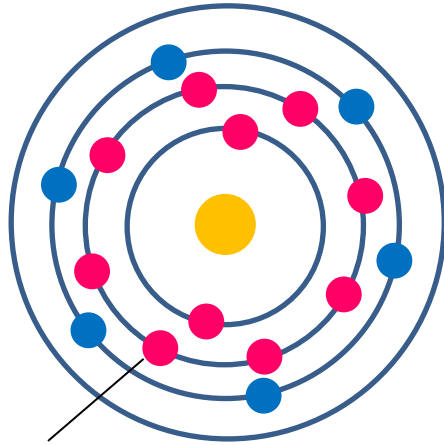
主要族		遷移金属族										主要族						
1	1A	2											13	14	15	16	17	18
1	H	2A											3A	4A	5A	6A	7A	8A
2	3	4											5	6	7	8	9	10
	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	11	12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Na	Mg	3B	4B	5B	6B	7B	8B		1B	2B	Al	Si	P	S	Cl	Ar	
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	55	56	57~	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
	Cs	Ba	71	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	87	88	89~	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116		118
	Fr	Ra	103	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn						
ランタノイド	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71			
	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
アクチノイド	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103			
	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr			

(b) の色分け



同じ族(典型元素)は最外殻の電子数が同じ=性質が似る
 同じ周期(第3周期まで)は最外殻が同じ

周期表と周期律



電子

	電子が入れる席は内側から
K殻	電子が2個入れる
L殻	電子が8個入れる
M殻	電子が18個入れる
N殻	電子が32個入れる
O殻	電子が50個入れる

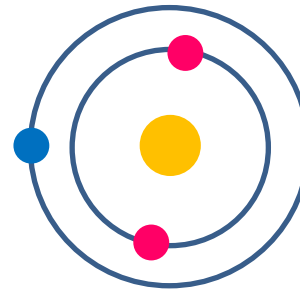
同じ族(典型元素)は最外殻の電子数が同じ=性質が似る
*最外殻にある電子を価電子と呼ぶ

同じ周期(第3周期まで)は最外殻が同じ

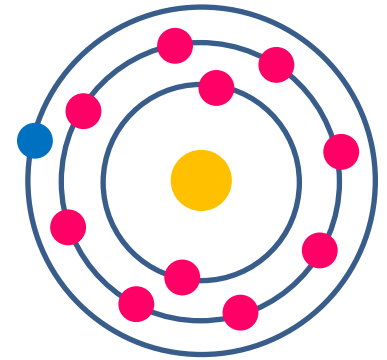
アルカリ金属

教科書1.4

alkali metal (Li, K, Na, Rb, Cs...)



Li



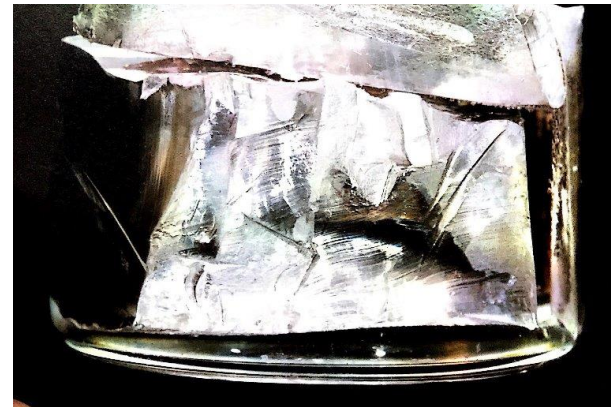
Na

特徴

- 周期表第1族(一番左側)
- 金属だが柔らかく軽い (Li~K)
- 反応性が非常に高く水と(激しく)反応する

用途

- 電池材料
- 塩
- 苛性ソーダ
- 原子炉の冷却材



金属Na

炭素とケイ素

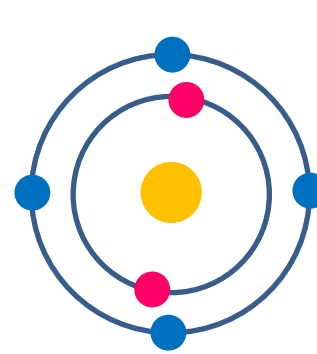
carbon & silicon

特徴

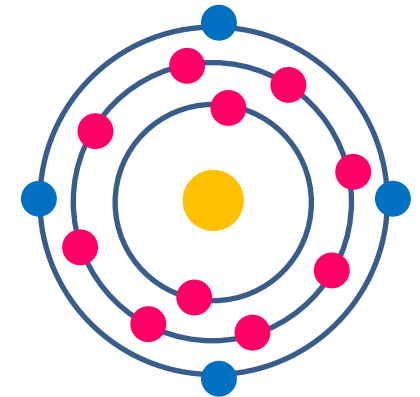
- 周期表第14族
- 最大4つの原子と結びつく
- 直線、平面、立体でつながる多様な構造を形成

用途

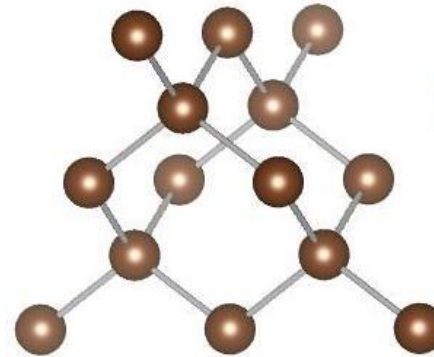
- 生命体の基本構成元素
- ガラスやセメントの材料
- 半導体や太陽電池材料



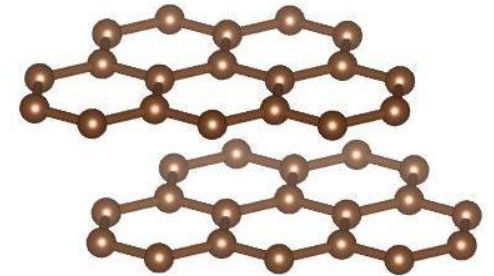
C



Si



C(diamond)



C(graphite)

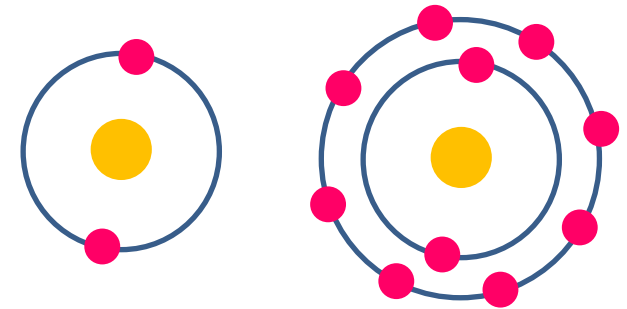
*面間はvdW

貴ガス

noble gas (He, Ne, Ar, Kr, Xe ...)

特徴

- 周期表第18族(一番右側)
- 非常に反応性が低い
- 無色の気体
- 直線、平面、立体でつながり多様な構造を形成



He

Ne

用途

- 飛行船、気球 (空気より軽くて安全)
- N₂ガスの代わりに潜水用ボンベに混合
- 低温実験やMRI(昔の)
- 放電管

遷移元素

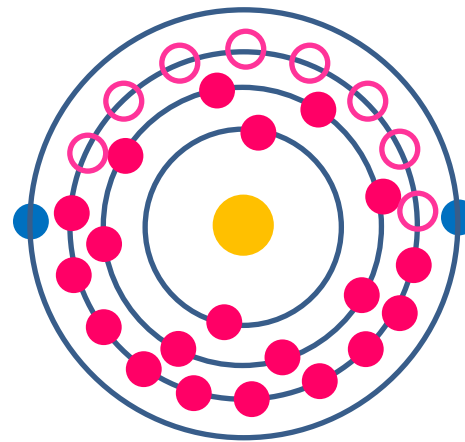
transition metal

特徴

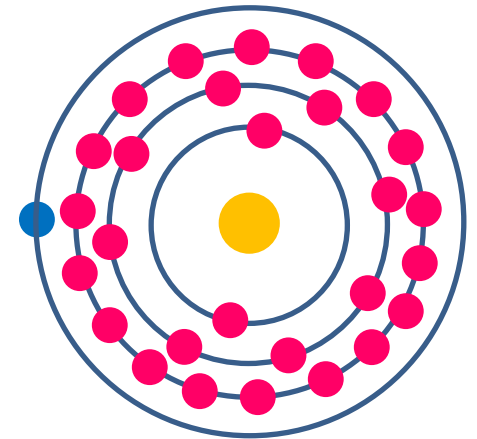
- 周期表第3~12族
- 全て金属に属する
- 化学的性質が似ている
- 原子番号変化でも最外殻の電子は変わらない

用途

- 様々な工業製品
- 様々な生活用品
- 磁石、電池材料、触媒材料



Ti



Cu

金属と非金属と半導体

	1 1A	2 2A	遷移金属族										13 3A	14 4A	15 5A	16 6A	17 7A	18 8A
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg	3 3B	4 4B	5 5B	6 6B	7 7B	8 8B		10 10B	11 11B	12 12B	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	57~ 71	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89~ 103	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113	114	115	116		118

ランタノイド	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
アクチノイド	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

(b) の色分け



- 金属(導体)：光沢があり、電気や熱をよく伝える
- 半金属(半導体)：金属ほどは電気を伝えない、低温で不導体
- 非金属(絶縁体)：電気を全く流さない

SI単位系が現在の国際標準

SI単位7つの基本量

質量	kg
長さ	m
温度	K
物質質量	mol
時間	s (sec)
電流	A
光度	cd

SI単位7つの定義量

光速	$c = 2.99792 \times 10^8 \text{ m/s}$
プランク定数	$h = 6.62608 \times 10^{-34} \text{ Js}$
電気素量	$e = 1.60218 \times 10^{-19} \text{ C}$
ボルツマン定数	$k_B = 1.38066 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
アボガドロ数	$N_A = 6.02214 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

単位

倍数の接頭語

10^{12}	T	テラ
10^9	G	ギガ
10^6	M	メガ
10^3	k	キロ
10^{-3}	m	ミリ
10^{-6}	μ	マイクロ
10^{-9}	n	ナノ
10^{-12}	p	ピコ
10^{-15}	f	フェムト

原子レベルの長さ

$$100 \text{ pm} = 0.1 \text{ nm} \\ = 10^{-10} \text{ m} = 1 \text{ \AA}$$

科学における温度

$$1 \text{ K} = -273.15 \text{ }^\circ\text{C}$$

SI単位の組み合わせで
様々な単位を導ける

面積	m^2
体積	m^3
密度	kg/m^3
エネルギー	$\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$ (J)
力	$\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ (N)
圧力	$\text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}^2$ (Pa)
仕事	$\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^3$ (W)

Q. 銅234.9 gの体積は
26.2 cm^3 である。
密度(g/cm^3)を求めよ。

Q. 金354 g($19.31 \text{ g}/\text{cm}^3$)の
体積はどのくらいか?

*次元を一致させる
(次元解析ともいう)

測定における正確さ精密さを常に意識し大事にすることが実験において極めて重要

化学において以下の計算は同じではない

① $3 \times 5 = 15$ ではなく 2×10

② $3.0 \times 5.0 = 15 = 1.5 \times 10$

①は有効数字1桁つまり、 $3 \pm 1 \times 5 \pm 1$ なので 15 ± 6

②は有効数字2桁つまり、 $3 \pm 0.1 \times 5 \pm 0.1$ なので 15 ± 0.6

従って

55.220 K(最後の桁が ± 1)と得られたとき勝手に

55.22 Kとしてはいけない

有効数字の桁数が異なる数字の計算はどうするか

$$\text{燃費} = \frac{447.0 \text{ km}}{44.3 \text{ L}} = 10.090293 \text{ km/L} = 10.1 \text{ km/L}$$



有効数字3桁
(少ない方にあわせる)



有効数字に従って数字を丸める
(計算の途中で丸めない)

Q. 問題1.16(b)を計算せよ

単位変換

エネルギーの単位で頻出する1 eVは何Jか求めよう

$$e = 1.60218 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{C} = \text{A} \cdot \text{s}$$

$$\text{V} = \text{J} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

なので

$$\begin{aligned} 1 \text{ eV} &= 1.60218 \times 10^{-19} \text{ C} \times \text{J} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \\ &= 1.60218 \times 10^{-19} \text{ A} \cdot \text{s} \times \text{J} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \\ &= \underline{1.60218 \times 10^{-19} \text{ J}} \end{aligned}$$

となる

本日の最重要ポイント

教科書1.3

典型元素



典型元素(main group element)

遷移元素
(transition element)

↑
周期
↓

主要族		遷移金属族										主要族						
1	1A	2											13	14	15	16	17	18
1	H	2A											3A	4A	5A	6A	7A	8A
2	3	4											5	6	7	8	9	10
	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	11	12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Na	Mg	3B	4B	5B	6B	7B	8B		1B	2B	Al	Si	P	S	Cl	Ar	
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	55	56	57~	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
	Cs	Ba	71	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	87	88	89~	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116		118
	Fr	Ra	103	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn						
ランタノイド	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71			
	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
アクチノイド	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103			
	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr			

(b) の色分け

 金属
  半金属
  非金属

同じ族(典型元素)は最外殻の電子数が同じ=性質が似る

第1回まとめ

大学における化学の最初として

- 周期表と周期律、その起源
- 代表的元素の性質
- 単位系の基礎
- 測定における有効数字

を学んだ

次回は「原子の構造」について
学びます

一般化学 第1回小テスト

- Q1. 第1回のキーワードを記しなさい
- Q2. 周期表は何の順番に並んでいるか、族の違いは何に起因するかを記しなさい
- Q3. 距離6150 kmを9.26 h(時間)で飛ぶ飛行機がある
平均速度を求めよ(有効数字を意識するように)
- Q4. エネルギー1 eVの温度 T は $1 k_B T$ で定義される($1 \text{ eV} = 1 k_B T$)
1eVが温度換算で何Kか求めなさい
($\text{eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$, $k_B = 1.381 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ を使うこと)