

近代化学の成立

1600～物理・数学の発展、1700～分析・計測技術の向上、質量や長さの標準の制定、情報化(論文雑誌の出現)、電池の発見と気体の理論の成立、など。

原子

原子: 物質を構成する、化学的方法でそれ以上小さくできない粒子。いくつか電子をとりぞくことは可能だが、すべての電子をはぎとったり、原子核を壊すためには、桁違いのエネルギーが必要。

化学が扱うのは、**静電相互作用(クーロン力)による結合**。

	原子核	原子	分子、金属、イオン結晶(固体)	水(液体)	ドライアイス(気体)
構成要素	陽子、中性子	原子核、電子	原子	水分子	CO ₂ 分子
束ねる力	強い相互作用	静電引力	静電引力(化学結合)	静電引力(水素結合)	静電引力(vdW力*)
分解温度	10 ⁸ ~ 10 ⁹ K	10 ⁴ ~ 10 ⁵ K	10 ³ ~ 10 ⁴ K	373 K (100°C)	216 K (-57°C)

* vdW = van der Waals.

原子の構造

原子は非常に小さな原子核と、その周辺を回る電子からなる。

原子核の直径は、原子そのものの大きさの10000分の1。

原子核は中性子と陽子がいくつか集まったもの。

陽子は正の電荷(静電気量)を帯び、電子は負の電荷を帯びている。中性子は電荷を持たない。

陽子の電荷と電子の電荷は同じ大きさなので、電子の個数と陽子の個数は等しい。

この静電引力(クーロン力)が電子を原子核の周囲に捕獲している。

質量は、陽子、中性子はほぼ同じ、1.67x10⁻²⁷kg。電子は陽子の1800分の1しかない。

原子番号と質量数

陽子の個数を原子番号、陽子と中性子の個数の和を質量数。

詳しい元素記号の書き方(例、炭素: 原子番号6、質量数12)

¹²₆C

相対質量

原子炭素(陽子6、中性子6)の原子質量の1/12を1 amu(原子質量単位)とする。

¹²C = 12 amu, ¹³C = 13 amu, ¹⁶O = 16 amu

原子量

自然界の元素の平均質量をamuで表したものの。

同位体がある場合は、同位体比で平均した原子質量を原子量とする。

同位体の存在比は、太陽系全域でほとんど変わらない。

元素、原子、単体

元素 = 化学的に変換したり壊したりできない最小単位で、物質の基本構成要素。抽象的

「原子番号26の元素はFe(鉄)です」

原子 = 元素の基本単位である粒子。元素の物理的実体。

「原子は電子と原子核からできています」

単体 = 単一の原子種だけでできた物質。化合物に対比する語。

「一円玉はAlの単体だが、10円玉は化合物(合金)である」

分子

分子: 独立に存在することができる、単一または複数の原子からなる、電氣的に中性な物質の最小単位

「molecule」。共有結合した原子の一団。

例: Ar, H₂O, O₂, CO₂, C₆H₁₂O₆(糖)、DNAは2本の巨大分子。

分子量

分子量は、分子に含まれる原子の原子量の和。単位はDa(Dalton) $1 \text{ amu} = 1 \text{ Da}$ 。

水 18 Da、 CO_2 44 Da、DNA (1億残基対) 660億 Da

アボガドロ数 N_A

炭素12の12gの中に含まれる原子の個数。 $N_A = 6.02 \times 10^{23}$

分子量 x の分子を N_A 個集めると $x \text{ g}$ になる。

同じ原子や分子 N_A 個の集まりを、1モルと呼ぶ。炭素12の1モルの質量は12 g。分子量18の水 1モル(= N_A 個)の質量は18 g。分子量660億のDNAの1モルの質量は??

物質のさまざまな分類

- 単体と化合物
- 混合物と純物質
- 有機物と無機物

物質の状態変化

同じ物質でも状態(固体、液体、気体)が違くと、全く違う性質を持つ。

状態は温度、圧力によって変化する。

固体のなかにもいろんな異なる状態があるし、液体と固体の中間的な状態(液晶、プラスチック相、ガラス)もある。三態だけではない!

Q&A

コーラを何回もふったら、中身は吹き出るのはないのか?

はい。間違いなく吹き出ます。ですので、教室では実演しません。でも、その原因が、みなさんがたぶんイメージしているものとは違う、ということです。

たぶん、コーラを振れば振るほど内圧が高くなって、いずれは破裂する、というイメージをもっているのではないかと思います。でも、前回の説明の通り、毎秒3回振ったとしても、たった 24 J (訂正)- 96 J 程度のエネルギーが与えられるだけで、それが全部コーラに吸収されても、温度は 0.01 K - 0.05 K しか上がりません。100秒間振り続けてやっと 1°C です。この程度の温度上昇が原因で吹きでるとしたら、夏にコーラを飲めば、冬よりもはるかに激しく吹きでるはずですが、実際には夏でも冬でも、振らない限り吹きでません。では温度は上がっていないけれど、振ることで内圧だけ上がるのではないかと考えるかもしれません。ここからは少し熱力学の知識が必要ですが、ある温度で静かに置いたコーラは、その温度での平衡状態にあると考えて良いでしょう。コーラは二酸化炭素の水溶液とみなせますから、ある温度で、ある体積に水と加圧した二酸化炭素をとじこめると、一定量が水に溶け、残りが気体として残って、全体の体積が一定圧力(平衡圧)になります。これを振ると、わずかのエネルギーが加わりますが、それによって圧力もわずかに上昇するだけのはずです。

「いや、コーラの中には、振る前から、本来溶けるよりもたくさんの二酸化炭素が溶けているので、振るとそれが気体になって圧力が上がるはずだ」と思うかもしれませんが。確かに、工場で作った直後はそうかもしれませんが。しかし、そのような状態は安定ではありませんから、長い時間放置すると(ふたを開ける前に)平衡に戻っていると考えられます。

「じゃあ、振ることで、気体だった二酸化炭素が過剰に水に溶けこみ、ふたを開けるとそれがとけきれなくなってふきだすのだ」という考えはどうでしょう。でもこれも変なのです。ふたをあけずに静かに置いてある状態では、気体の二酸化炭素と水に溶けた二酸化炭素は平衡状態だったはず。それを振るだけで、片方からもう一方に二酸化炭素を大量に移動させることができるとは考えにくいのです。ついでに言えば、この場合は振れば振るほど気体が溶けこむので、内圧が下がり、ボトルがへこむのが観察されるはず。逆

に、水の中の気体が振ること外に出てくるなら、ふればふるほど内圧は上がりますが、液体の中に溶けこんだ気体は減るので、ふたを開けた時には吹きこぼれにくくなるでしょう。
これ以上説明すると楽しみが減ってしまうので、もうしばらく説明は保留します。自分で仮説を立ててみてください。

原子力発電や地熱発電のしくみは？

これらは熱源は違いますが、熱で湯をわかしてその蒸気でタービン(風車)を回して発電する、という点では共通です。原子力発電というと超ハイテクな印象がありますが、熱源以外は19世紀の蒸気機関と同じ原理で動いていると言えます。燃料電池が化学エネルギーをそのまま電流に変えるように、核分裂のエネルギーをそのまま仕事として回収できればもっと効率は良くなるはずですが、今のところそのような技術はありません。

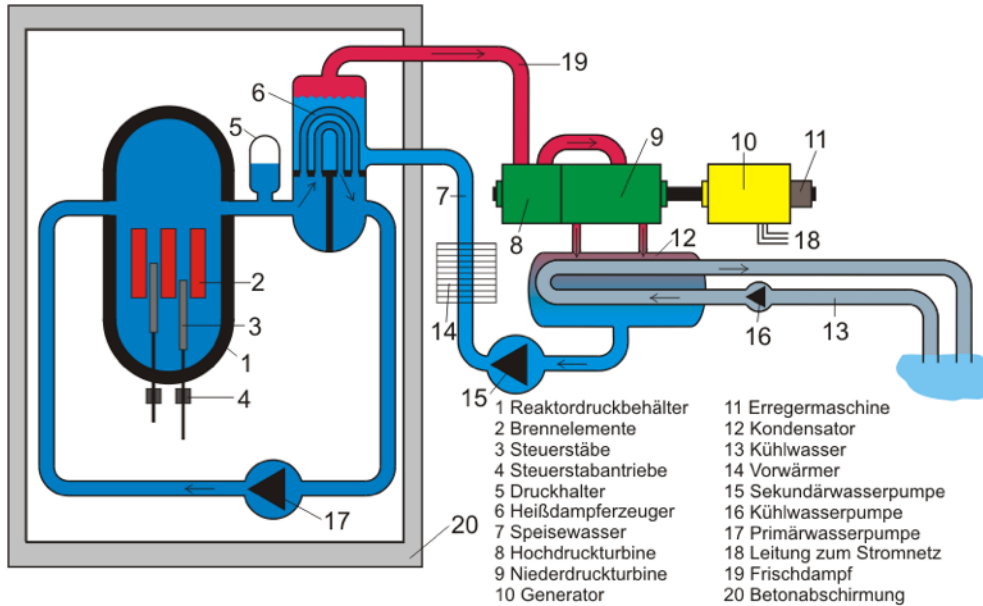


図: 典型的な原子炉の内部構造。原子炉本体は圧力鍋(1)の中に入っていて100°C以上の温度の湯を作っている。蒸気発生器(6)で湯を沸騰させて水蒸気にし、タービン(8,9)に送りこんで発電機(10)を回している。排熱は二次冷却水(13)を循環させて捨てる。

アンケート集計

高校で選択した理科の科目は？

物理と化学 118

生物と化学 18

物理 2

物理と化学と地学基礎 2

物理と化学と生物と地学基礎 1

物理を習っていない人でもわかるような説明をめざします。

気になる人のために: コーラを振った時の仕事について

質量 m (密度はほぼ 1 なので、体積は $0.001m \text{ m}^3$) のコーラのボトルを毎秒 n 回、振幅 A m で振るものとします。ペットボトルは直線上を往復運動し、その軌跡は正弦運動で表せるものと仮定すると、ペットボトルの位置 $x(t)$ は、

$$x(t) = A \cos(2n\pi t) \tag{1}$$

と書けます。これを時間で微分すると、速度が得られます。

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = -2An\pi \sin(2n\pi t) \tag{2}$$

さらに時間で微分すると、加速度が得られます。

$$a(t) = \frac{dv(t)}{dt} = -4An^2\pi^2 \cos(2n\pi t) \tag{3}$$

運動方程式 $F = ma$ より、力は加速度と質量の積ですから、このような軌道を描くようにペットボトルを動かすには、力 $F(t) = ma(t)$ を加える必要があります。

ある時刻にペットボトルに加える仕事 (=力と移動距離の積) は

$$F(t)dx(t) = ma(t) \frac{dx(t)}{dt} dt \tag{4}$$

$$= ma(t)v(t)dt \tag{5}$$

ボトルは1ストローク ($1/n$ 秒) の $1/4$ の時間 ($1/4n$ 秒) は加速され、その次の $1/4n$ 秒は減速されますが、加速でも減速でも同じようにボトルに対して仕事がなされるので、最初の $1/4n$ 秒だけ考えることとし、その間の仕事を積分すると、

$$W = \int_{t=0}^{1/4n} ma(t)v(t)dt \tag{6}$$

$$= 8m(-A)^2n^3\pi^3 \int_{t=0}^{1/4n} \sin(2n\pi t) \cos(2n\pi t)dt \tag{7}$$

$$= 4mA^2n^3\pi^3 \int_{t=0}^{1/4n} \sin(4n\pi t)dt \tag{8}$$

$$= -mA^2n^2\pi^2 [\cos(4n\pi t)]_0^{1/4n} \tag{9}$$

$$= 2mA^2n^2\pi^2 \tag{10}$$

1秒の仕事は、これを $4n$ 倍して $8mA^2n^3\pi^2$ となります。

ペットボトルの質量 0.5 kg 、振幅 0.3 m 、毎秒 3 回振るとすると、 $W = 96 \text{ J}$ (訂正します) が得られました。これは約 24 カロリーに相当します。コーラはほぼ水なので、 1 g を 1 K あたためるのに 1 カロリー必要ですから、 24 カロリーでは 0.5 kg の水は 0.05 K しかあたたまりません。

(間違っていたらごめんなさい。)