

粒子概念

初等理科（化学分野）第1週目

なぜこの授業で**粒子**概念？

- 小学校では原子・分子をあらわには取り扱わない
 - 原子・分子を実感できる身近な教材がない
- 化学は原子・分子の科学
- 小学校指導要領解説（平成20.06）
 - 「A物質・エネルギー」の指導に当たっては、(中略)「エネルギー」，「**粒子**」といった科学の基本的な見方や概念を柱として，内容の系統性が図られている(中略)ことに留意する

小学校学習指導要領解説 理科編

第2章
理科の
目標及び
内容

2
理科の
内容区分

図1 小学校・中学校理科の「エネルギー」「粒子」

学 年	エネルギー			
	エネルギーの見方	エネルギーの保存	エネルギー資源の有効利用	
第3学年	風やゴムの動き ・風の動き ・ゴムの動き	光の性質 ・光の反射・鏡光 ・光の通る方と明るさや暗かさ	磁石の性質 ・磁石に引きつけられる物 ・異極と同極	電気の通り道 ・電気を通すつなぎ方 ・電気を通す物
第4学年		電気の働き ・乾電池の数とつなぎ方 ・光電池の働き		
第5学年	振り子の運動 ・振り子の運動☆	電流の働き ・電気の検出、電気の変化〔小5から移行〕 ・電線の働き〔小5から移行〕		
第6学年	てこの規則性 ・てこのつり合いと働き〔小5から移行〕 ・てこのつり合いの規則性〔小5から移行〕 ・てこの利した働き	電気の利用 ・電圧・電流 ・電気の交換〔電・音・熱などへの交換〕		

実数 粒子 移行項目。☆印は、選択から必修とする項目。

学 年	粒 子			
	粒子の存在	粒子の結合	粒子の保存性	粒子のもつエネルギー
第3学年				物と重さ ・形と重さ ・体積と重さ
第4学年	空気と水の性質 ・空気の圧力 ・水の圧力			金属、水、空気と温度 ・温度と体積の変化 ・湯まじりの違い ・水の三態変化
第5学年				物の溶け方 ・物が水に溶ける量の関係 ・物が水に溶ける量の変化 ・重さの保存
第6学年	燃焼の仕組み ・燃焼の仕組み	水溶液の性質 ・酸性、アルカリ性、中性 ・気体が溶けている水溶液		

第2章
理科の
目標及び
内容

図2 小学校・中学校理科の「生命」「地球」を柱とした学習内容

学 年	生 命			
	生物の構造と機能	生物の多様性	生命の連続性	生物と環境のかかわり
第3学年	昆虫と植物 ・昆虫の成長と体のつくり ・植物の成長と体のつくり			身近な自然の観察 ・身の回りの生物の様子 ・身の回りの生物と環境とのかかわり
第4学年	人の体のつくりと運動 ・骨と筋肉 ・骨と筋内の働き〔関節の働きをきかむ〕	季節と生物 ・動物の活動と季節 ・植物の成長と季節		
第5学年			植物の発芽、成長、結実 ・種子の中の養分 ・発芽の条件 ・成長の条件 ・植物の受粉、結実	動物の誕生 ・卵の中の成長☆ ・水中の小さな生物 ・母体内の成長☆
第6学年	人の体のつくりと働き ・呼吸 ・消化・吸収 ・血液循環 ・主な臓器の存在〔肝臓、小腸、大腸、肝臓、胃臓、心臓〕	植物の養分と水の通り道 ・でんぷんのでき方 ・水の通り道		生物と環境 ・生物と水、空気とのかかわり ・食べ物による生物の関係

地球 移行項目。☆印は、選択から必修とする項目。

学 年	地 球			
	地球の内部	地球の表面	地球の気候	地球の宇宙
第3学年				太陽と地面の様子 ・日陰の位置と太陽の動き ・地面の暖かさや湿り気の違い
第4学年				天気の様子 ・天気による1日の気温の変化〔小5から移行〕 ・水の自然蒸発と結露
第5学年	流水の動き ・流れる水の動き〔侵食、渾濁、堆積〕 ・川の上流・下流と川原の石 ・雨の降り方と増水			月と星 ・月の形と動き ・星の明るさ、色 ・星の動き
第6学年	土地のつくりと変化 ・土地の構成物と地層の広がり ・地層のでき方と化石 ・火山の噴火や地震による土地の変化☆			天気の変化 ・雲と気圧の変化 ・天気の変化の予測

小学校学習指導要領解説 理科編

実線は、新規項目、破線は、移行項目。☆印は、選択から必修とする項目。

粒子

粒子の存在	粒子の結合	粒子の保存性	粒子のもつエネルギー
		物と重さ ・形と重さ ・体積と重さ	
空気と水の性質 ・空気の圧縮 ・水の圧縮			金属、水、空気と温度 ・温度と体積の変化 ・温まり方の違い ・水の三態変化
		物の溶け方 ・物が水に溶ける量の限度 ・物が水に溶ける量の変化 ・重さの保存	
燃焼の仕組み 燃焼の仕組み	水溶液の性質 ・酸性、アルカリ性、中性 ・気体が溶けている水溶液 ・金属を変化させる水溶液		

小学校理科の物質とエネルギーのうち「**粒子**」に区分される単元

本授業で扱う内容

物質のすがた ・身の回りの物質とその性質 (プラスチックを含む) ・気体の発生と性質	水溶液 ・物質の溶解 ・溶解度と再結晶	状態変化 ・状態変化と熱 ・物質の融点と沸点
--	----------------------------------	-------------------------------------

物質の成り立ち	化学変化
----------------	-------------

物質が“粒子”でできている
というのはどういうことか

物質が“粒子でできている”とはどういうことか？

- 身の回りのものが粒子でできていることをイメージしてみよう。
- もし粒子でできていないなら、どのようなものでできているように見えるのか？
 - 粒子はつぶつぶ
 - つぶつぶの反対は？
- 物質が連続体だったらどうなるか？

Quiz 1

- 紙を構成している物質が非常に小さな粒子(原子)の集合体であると考えたとき正しくないのは次のどれか？
 1. 紙を構成する物質は切れ目無くつながっている
 2. 紙には非常に小さな区切り（もしくは隙間）がある。
 3. 紙を非常に鋭利なナイフで切ると、どちらの切り口にも原子がのこる。
 4. 紙を半分、さらに半分、さらに半分...と繰り返し切っていくと、いずれ紙ではなくなる。

真に“連続”であること

- 数学における“連続”の概念

- Dedekindの切断

- 直線を切ると一方に切断された点が一方に属し，もう一方には属さない。
- 数直線を $x=1$ で切ると $x < 1$ と $x \geq 1$ に分かれる。つまり， $x=1$ という点は後者にしか属さない。ところが前者の切り口は $x = 0.999999... = 1$



“隣り”が無い



粒子概念とは

- 物質は**不連続**
- 切断すれば**双方に“端っこ”**の粒子がある
- あるものにはかならずその**“隣”**がある
- 1番目, 2番目, 3番目. . . と**番号付け**ができる。

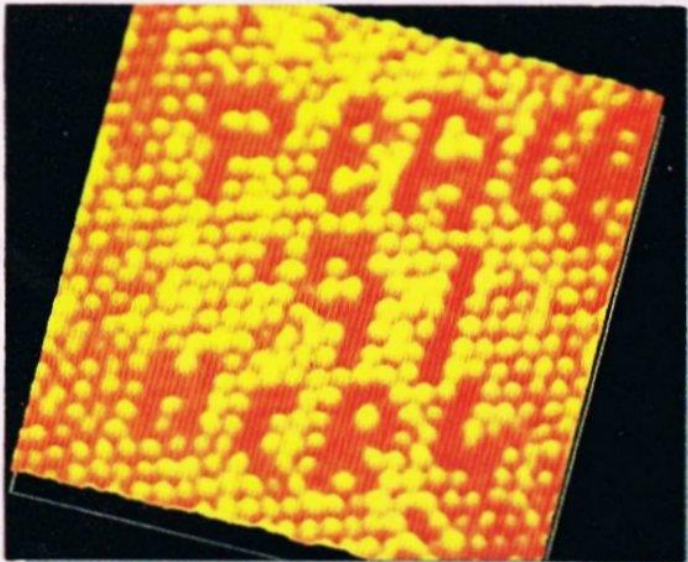
etc...

それが実在の物質である
という考え方

原子というのはどんなものか

ところで原子は本当にあるのか？

原子



走査型トンネル顕微鏡 (STM) により二硫化モリブデンの硫黄原子をはぎとり、文字 (PEACE'91) をえがいている。

個々の断片的な証拠は疑う余地有り。

しかし現状では...

- 原子の存在を仮定すると、現在知られている現象をすべて説明できる
- 科学理論全体からは存在を疑う余地はほとんどない

原子の構造

- 原子=
原子核+電子
 - 原子核は正の電荷
 - 電子は負の電荷
- 原子核=
陽子+中性子
 - 陽子は正の電荷
 - 中性子は電荷無し
- 陽子(中性子)=
クォーク×3個



原子の属性

- **原子番号**：原子核の陽子の数
 - 原子の種類を決める
- **質量数**：陽子と中性子の数の和
 - 電子は非常に軽いので質量に影響少ない
 - 個々の原子の質量
- **同位体**：原子番号が同じで質量数が異なる原子
- **原子量**：質量数を同位体存在比で平均した値
 - 地球上の各元素に対する平均質量

原子の種類

- 名前のついているのは118個
- 原子量は2~4年ごとに改訂
- 必要に応じて元素記号を記憶する必要有り

元素の周期表(2011)

周期\族	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	族ノ番号	
1	1 H 水素 1.00784- 1.00811																		2 He ヘリウム 4.002602	1
2	3 Li リチウム 6.938- 6.957	4 Be ベリリウム 9.012182												5 B ホウ素 10.806- 10.821	6 C 炭素 12.0096- 12.0116	7 N 窒素 14.00643- 14.00728	8 O 酸素 15.999- 15.99977	9 F フッ素 18.9984032	10 Ne ネオン 20.1797	2
3	11 Na ナトリウム 22.98976928	12 Mg マグネシウム 24.3050												13 Al アルミニウム 26.9815386	14 Si ケイ素 28.084- 28.086	15 P リン 30.973762	16 S 硫黄 32.059- 32.076	17 Cl 塩素 35.446- 35.457	18 Ar アルゴン 39.948	3
4	19 K カリウム 39.0983	20 Ca カルシウム 40.078	21 Sc スカンジウム 44.955912	22 Ti チタン 47.887	23 V バナジウム 50.9415	24 Cr クロム 51.9961	25 Mn マンガン 54.938045	26 Fe 鉄 55.845	27 Co コバルト 58.933195	28 Ni ニッケル 58.6934	29 Cu 銅 63.546	30 Zn 亜鉛 65.38	31 Ga ガリウム 69.723	32 Ge ゲルマニウム 72.63	33 As ヒ素 74.9216	34 Se セレン 78.96	35 Br 臭素 79.904	36 Kr クリプトン 83.798	4	
5	37 Rb ルビウム 85.4678	38 Sr ストロンチウム 87.62	39 Y イットリウム 88.90585	40 Zr ジルコニウム 91.224	41 Nb ニオブ 92.90638	42 Mo モリブデン 95.96	43 Tc テクネチウム (99)	44 Ru ルビジウム 101.07	45 Rh ロジウム 102.90550	46 Pd パラジウム 106.42	47 Ag 銀 107.8682	48 Cd カドミウム 112.411	49 In インジウム 114.818	50 Sn スズ 118.710	51 Sb アンチモン 121.760	52 Te テルル 127.60	53 I ヨウ素 126.90447	54 Xe キセノン 131.293	5	
6	55 Cs セシウム 132.9054519	56 Ba バリウム 137.327	57-71 ランタノイド	72 Hf ハフニウム 178.49	73 Ta タンタル 180.94788	74 W タングステン 183.84	75 Re レニウム 186.207	76 Os オスマニウム 190.23	77 Ir イリジウム 192.217	78 Pt 白金 195.084	79 Au 金 196.966569	80 Hg 水銀 200.59	81 Tl タリウム 204.382- 204.393	82 Pb 鉛 207.2	83 Bi ビスマス 208.98040	84 Po* ポロニウム (210)	85 At* アスタチン (210)	86 Rn* ラドン (222)	6	
7	87 Fr* フランシウム (223)	88 Ra* ラウランシウム (226)	89-103 アクチノイド	104 Rf* ラザフォード (267)	105 Db* ドブニウム (268)	106 Sg* シーボーグ (271)	107 Bh* ボヘリウム (272)	108 Hs* ハウンジウム (277)	109 Mt* メンデルレービウム (278)	110 Ds* ダウジウム (281)	111 Rg* ローレンジウム (283)	112 Cn* コペンハーゲン (285)	113 Nh* ニホジウム (286)	114 Fl* フルロジウム (289)	115 Uup* ユビコリウム (289)	116 Uuq* ユビクニウム (292)	117 Uup* ユビヘリウム (293)	118 Uuo* ユビオクニウム (294)	7	
			ランタノイド	57 La ランタン 138.90547	58 Ce セリウム 140.116	59 Pr プラセオジウム 140.90765	60 Nd ネオジム 144.242	61 Pm プロメチウム (145)	62 Sm サマリウム 150.36	63 Eu ユウロピウム 151.964	64 Gd ガドリニウム 157.25	65 Tb テルビウム 158.92535	66 Dy ジスプロシウム 162.500	67 Ho ホルミウム 164.93032	68 Er エルビウム 167.259	69 Tm テリウム 168.93421	70 Yb イットリビウム 173.054	71 Lu ルテチウム 174.9668		
			アクチノイド	89 Ac* アクチニウム (227)	90 Th* トリウム 232.03806	91 Pa* プロトアクチニウム 231.03688	92 U* ウラン 238.02891	93 Np* ネプツニウム (237)	94 Pu* プルトニウム (239)	95 Am* アメリシウム (243)	96 Cm* キュリウム (247)	97 Bk* バークリウム (247)	98 Cf* カリフォルニウム (251)	99 Es* エーレンバウム (252)	100 Fm* フェルミウム (257)	101 Md* メンデルレービウム (258)	102 No* ノーベリウム (259)	103 Lr* ローレンジウム (262)		

注1：元素記号の右肩の*はその元素には安定同位体が存在しないことを示す。そのような元素については放射性同位体の質量数の一例を()内に示した。ただし、Bi、Th、Pa、Uについては実数で特定の同位体組成を有する原子量が与えられる。
 注2：この周期表には最新の原子量(原子量委員会(2011))が示されている。原子量は単一の数値あるいは変動範囲で示されている。原子量が範囲で示されている10元素には複数の安定同位体が存在し、その組成が天然において大きく変動するため単一の数値で原子量が与えられない。その他の74元素については、原子量の不確かさは示された数値の最後の数値である。

備考：原子番号104番以降の超アクチノイドの周期表の位置は暫定的である。

Quiz 2

- 次の文章で正しいものはどれか。
 1. 電子の質量はゼロである。
 2. 原子番号は電子の数を表している。
 3. 原子においては、ほとんどすべての質量が原子核に集中している。
 4. 中性子の数が等しい原子のことを同位体という。

物質を構成する分子とは
どんなものか

分子とは何か？

- 複数の原子が結合して一つの粒子に



- 原子が単独でいるよりも、何かしら分子を作っている方が安定であることが多い
-
- 化学変化では原子の組合せが変化



- 分子内の原子の組合せの変化が典型的
- 反応式の両辺で各元素は同数の原子を含む

様々な分子

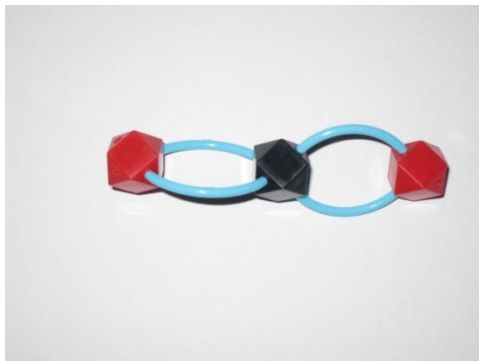
- 単原子分子
 - ヘリウム(He), ネオン(Ne), アルゴン(Ar)
- 二原子分子
 - 窒素(N₂), 酸素(O₂), フッ素(F₂)
 - 塩化水素(HCl), 一酸化炭素(CO)
- 多原子分子
 - 二酸化炭素(CO₂), 水(H₂O), アンモニア(NH₃)
 - メタン(CH₄), エタン(C₂H₆), プロパン(C₃H₈)
 - メタノール(CH₃OH), エタノール(C₂H₅OH)
 - 酢酸(CH₃COOH), 硫酸(H₂SO₄), 硝酸(HNO₃)

その他の分子性物質

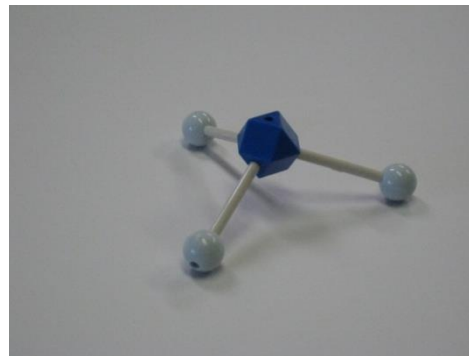
- 高分子物質：同種の物質が多数つながった分子
 - ポリエチレン(C_2H_4)_n, ポリプロピレン(C_3H_6)_n
 - ポリスチレン, ポリエチレンテレフタレート
 - タンパク質, デンプン
 - DNA, RNA

分子の形

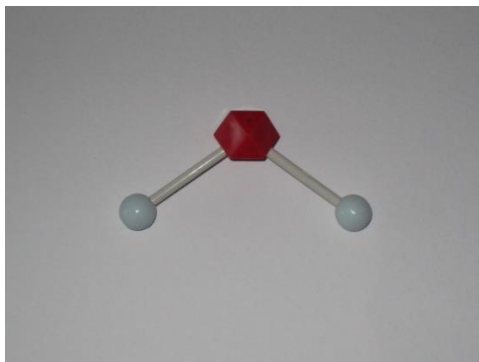
- 二酸化炭素(CO_2)



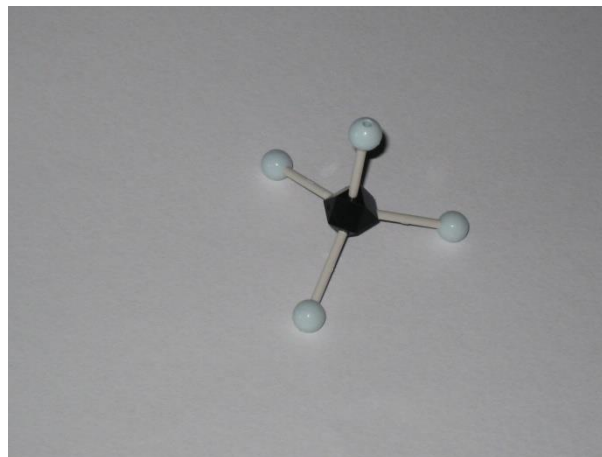
- アンモニア(NH_3)



- 水(H_2O)



- メタン(CH_4)



Quiz 3

- 次にあげた水の性質のうち、水分子が折れ曲がっていることと直接関係ないのはどれか。
 1. 水の沸点は同程度の分子量を持つアンモニアやメタンよりもはるかに高い。
 2. 水を冷却すると結晶化して氷になる。
 3. 弱い水流に帯電したプラスチックなどを近づけると、明らかにプラスチックに引き寄せられる。
 4. 氷は同じ温度の水よりも密度が小さい。

物質量の概念

物質について

- 粒子概念では**個数**が問題
 - 物質内の原子・分子数は**多すぎて扱いにくい**
- 原子・分子1個の平均質量
 - H : 1.67×10^{-27} kg, O : 26.6×10^{-27} kg
 - H₂O : 29.9×10^{-27} kg, CO₂ : 73.1×10^{-27} kg
 - 値が**小さすぎて扱いにくい**

そこでモルの登場

質量数を基準にした質量（原子量）から粒子の個数の基準(単位)を決めた

“モル” (物質質量) について

- 1 mol の物質質量

- 質量数12の炭素原子12 g に含まれる原子数($N_A = 6.02 \times 10^{23}$ 個)と同数の粒子を含む集団を物質質量 1 mol と定義

要するに

12個を1ダースと呼ぶように
 6.02×10^{23} 個を1 molと呼んだ

と思えばまず間違いない

“モル” (物質質量)について

- 物質の量を表す方法
 - 物質に働く “重さ” で表現：質量(kg)
 - 物質に含まれる “粒子の数” で表現：物質質量(mol)
- 化学反応などの量的関係



- 質量での表現
 - 水素 3.34×10^{-27} kg と酸素 53.2×10^{-27} kg が反応して水 56.5×10^{-27} kg ができる
- 粒子数での表現
 - 水素分子2個と酸素分子1個が反応して水分子2個ができる
- 物質質量での表現
 - 水素 2 mol と酸素 1 mol が反応して水 2 mol ができる

まとめ

- すべての物質は原子や分子からなる
 - 少なくとも現代科学の到達点に於いて正しい
- 原子はそれ以上分解できないものではない
 - 原子は原子核と電子から，原子核は陽子と中性子からなる
 - 原子番号，質量数，同位体，...
- 実際の物質は原子が組合わされてできた分子からできていることが多い。
 - これにより物質の多様性が現れる
 - 分子構造もそれぞれに様々
- モルは粒子の個数を扱うのに便利な方法