



Laureati Nobela za kemiju 2014. su **Eric Betzig** s Medicinskog instituta Howard Hughes u Virginiji, **Stefan W. Hell** s Instituta Max Planck za biofizičku kemiju u Njemačkoj i **William E. Moerner** sa sveučilišta Stanford u Kaliforniji, za svoj radu u finom podešavanju optičkih mikroskopa, kako bi se molekularni proces mogao promatrati u realnom vremenu

Atom i kemijski element

- Udruživanjem istovrsnih atoma nastaju *jednostavne čiste tvari* ili *elementarne tvari*, a spajanjem raznovrsnih atoma nastaju *složene čiste tvari* ili *kemijski spojevi*.
- Elementarna tvar je jedan od oblika postojanja kemijskog elementa u prirodi. Usprkos tome, elementarna tvar obično se naziva *kemijskim elementom*.

- Ovisno o vrsti veze među atomima, elementarne su tvari *metali* (kovine) i *nemetali* (nekovine).
- Do danas je poznato 114 vrsta atoma odnosno kemijskih elemenata, više od 600 njihovih elementarnih tvari i milijuni njihovih kemijskih spojeva.
- JONAS JAKOB BERZELIUS (19. st.) predlaže tzv. *kemijske simbole elemenata*, tj. kratice njihovih imena. Simbol je početno slovo, uz, eventualno, još jedno slovo latinskog imena elementa.
Fe, Cu, Pb, Sn, Hg, Ag, Au, S ...

- Elementi svrstani u niz po rastućem broju protona njihovih atoma koji počinje s elementom vodikom, a završava, za sada, sa 116. elementom (livermorium)

čine **PERIODNI SUSTAV ELEMENATA**

- 113, 115, 117 i 118 čekaju IUPAC-ovu potvrdu

IUPAC Periodic Table of the Elements

The table displays the periodic table with elements grouped by color: noble gases (yellow), halogens (orange), chalcogens (light green), transition metals (blue), and main group elements (green). Elements 113, 115, 117, and 118 are marked with an asterisk, indicating they are not yet officially named.

Key:
 atomic number
 Symbol
 name
 standard atomic weight

Notes:
 - IUPAC 2011 Standard atomic weights abridged to four significant digits (Table 4 published in Pure Appl. Chem. 85, 1047-1078 (2013); <http://dx.doi.org/10.1351/PAC-REP-13-03-02>). The uncertainty in the last digit of the standard atomic weight value is listed in parentheses following the value. In the absence of parentheses, the uncertainty is one in that last digit. An interval in square brackets provides the lower and upper bounds of the standard atomic weight for that element. No values are listed for elements which lack isotopes with a characteristic isotopic abundance in natural terrestrial samples. See PAC for more details.
 - "Aluminium" and "caesium" are commonly used alternative spellings for "aluminum" and "cesium."
 - Claims for the discovery of all the remaining elements in the last row of the Table, namely elements with atomic numbers 113, 115, 117 and 118, and for which no assignments have yet been made, are being considered by a IUPAC and IUPAP Joint Working Party.
 For updates to this table, see iupac.org/reports/periodic_table/. This version is dated 1 May 2013.
 Copyright © 2013 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

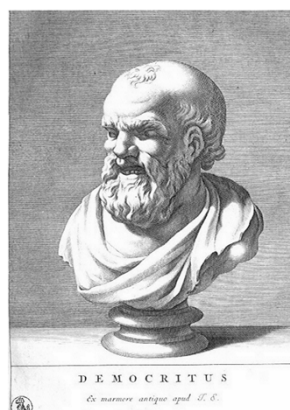
INTERNATIONAL UNION OF
PURE AND APPLIED CHEMISTRY

- Svi elementi odnosno njihovi atomi imaju **internacionalna latinska imena**, no oni najčešći u prirodi, čije su elementarne tvari od davnine poznate, imaju u nas i **narodna imena**.
- **Latinska imena** elemenata: ferrum, cuprum, plumbum, stannum, hydrargyrum, argentum, aurum, sulphur, carboneum itd.
- **narodna imena**: željezo, bakar, olovo, kositar, živa, srebro, zlato, sumpor, ugljik itd.

- Mišljenje da se stvari sastoje od mnoštva vrlo sitnih i dalje nedjeljivih čestica atoma (grč. atomos = nedjeljiv), zastupali su već stari filozofi 5 stoljeća p.n.e.

Leukip i njegov učenik **Demokrit**

- Prvi model atoma pripisuje se Demokritu. Pošto u to doba nije bilo nikakvih saznanja o strukturi atoma, atomi su zamišljeni kao jako malene nedjeljive kuglice.



- Grčki filozof **Aristotel** mislio je da je materija kontinuirana.

500.g.pr.Kr - **Leukip** dolazi do pomisli na atom

400.g.pr.Kr - **Demokrit** uvodi naziv *atomos* (nedjeljiv)

1661.g. - **Robert Boyle** - svaka se materija može rastaviti na elemente

1671.g. - **Isaac Newton** - različita gustoća stvari je posljedica različite ispunjenosti atoma

1758.g. - **Ruđer Bošković** - atomi su nematerijalne točke bez dimenzije, ali s inercijom (atomi < molekule < kristali)

1772.g. - **Antoine Laurent Lavoisier** - priroda izgrađuje materiju kombinirajući različite elemente

1804.g. - **John Dalton** - atom je nevidljiva, nedjeljiva kuglica

1897.g. - **Joseph James Thomson** - atom je pozitivno nabijena kuglica u kojoj se gibaju negativno nabijeni elektroni

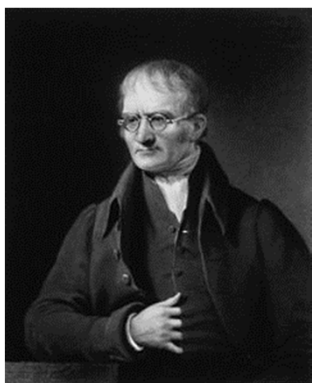
1911.g. - **Ernest Rutherford** - atom je nalik Sunčevu sustavu, sastoji se od pozitivno nabijene jezgre oko koje kruže elektroni

1913.g. - **Niels Bohr** - elektroni se gibaju po energetskim razinama

•U 18. stoljeću **RUGJER BOŠKOVIĆ** u knjizi **Theoria philosophiae naturalis redacta ad unicum legem virium in natura existentium (1761.)** iznio je teoriju da su primarni elementi materije **nedjeljive točke bez mase**. Različitim grupiranjem tih točkastih atoma Bošković objašnjava postojanje i strukturu različitih tvari.



Izdavanje marke prigodom 300. obljetnice rođenja Ruđera Boškovića obrazložio je i papa **Benedikt XVI**: "Jezuit Bošković bio je fizičar, astronom, matematičar, arhitekt, filozof ; njegovo postojanje pokazuje mogućnost kako živjeti u harmoniji znanosti i vjere".



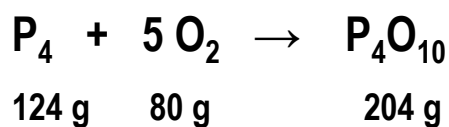
•Početkom 19. st. **John Dalton** postavlja teoriju o atomima u obliku postulata u knjizi **A new system of chemical philosophy (1808.)**

•tim postulatima prethodila su otkrića kemijskih zakona spajanja po masi

2. zakoni kemijskog spajanja po masi

2.1 zakon o održavanju mase

- Otkrio ga je potkraj 18. stoljeća francuski kemičar A. L. LAVOISIER:
Nikakve promjene ne mogu se opaziti u ukupnoj masi svih tvari koje sudjeluju u nekoj kemijskoj reakciji.



11

- Njemački kemičar H. LANDOLT potvrdio je oko 100 godina nakon Lavoisiera, točnost tog zakona veoma preciznim mjerenjem mase reakcijske posude s reakcijskim sustavom prije i poslije kemijske reakcije.
- Točnost njegovih mjerenja bila je $1:10^7$, tj. u reakcijskoj smjesi od 10 g nije se mogla opaziti promjena mase manja od 10^{-6} g.
- Nikakve promjene u masi sistema nakon kemijske reakcije Landolt nije ustanovio na velikom broju kemijskih reakcija.
- Zakon ne mora biti ispravan pri još većoj točnosti mjerenja mase.

- Prema Einsteinovoj jednadžbi ekvivalencije mase i energije mora pri svakoj kemijskoj reakciji u kojoj dolazi do promjene energije doći i do odgovarajuće promjene mase prema jednadžbi : $m = E / c^2$.
- Tako se, pri izgaranju $10 \text{ g} = 10^{-2} \text{ kg}$ fosfora razvija toplinska energija od $2.4 \times 10^5 \text{ J}$. Toj energiji odgovara gubitak mase od $2.7 \times 10^{-9} \text{ g}$.
- taj gubitak ne možemo ustanoviti vaganjem.
- zato je zakon o održanju mase ispravan za kemijske reakcije.

zakon o održavanju mase → zakon o održanju materije i energije

- Ako je reakcijski sistem potpuno zatvoren, pa se iz njega ne gubi energija, onda je suma mase i energije podijeljene kvadratom brzine svjetlosti uvijek stalna.
- Dakle, ***ukupna masa i energija u svemiru je stalna.***

Zakon stalnih omjera masa

- 1799. god. JOSEPH PROUST:
- Neki određeni kemijski spoj uvijek sadrži iste kemijske elemente spojene u istom stalnom omjeru masa.
- Ili, atomi elemenata spajaju se u kemijske spojeve u stalnim omjerima masa.
- Npr. voda je sastavljena od kisika i vodika s uvijek istim omjerom masa

$$m(\text{kisika}) : m(\text{vodika}) = 8 : 1.$$

- Tvari stalnoga kemijskog sastava nazivamo *daltonidima*.
- Tvari pokazuju malu promjenljivost u svom sastavu, koji ovisi o načinu pripreme, nazivaju se *bertolidima*. Bertolidi su mnogi spojevi metala s metalom (intermetalni spojevi), metala s nemetalima (oksidi, sulfidi i hidridi) i metaloidima.

Zakon umnoženih omjera masa

- Otkrio 1802. god. JOHN DALTON
- Kada dva elementa tvore više nego jedan kemijski spoj, onda se mase jednog elementa koji se spaja s jednom te istom masom drugog elementa odnose kao mali cijeli brojevi (1:2:3 itd.).

- Za ilustraciju zakona može poslužiti 5 dušikovih oksida, koji nastaju spajanjem atoma elemenata dušika i kisika. Tako se 100 g dušika spaja sa:
 - 57 g kisika u didušikov oksid (N_2O)
 - 114 g kisika u dušikov oksid (NO)
 - 171 g kisika u didušikov trioksid (N_2O_3)
 - 228 g kisika u dušikov dioksid (NO_2)
 - 285 g kisika u didušikov pentoksid (N_2O_5).
- mase kisika** koje se spajaju s jednom te istom masom dušika odnose se **1:2:3:4:5**

Zakon spojnih masa

1789. JEREMIAS BENJAMIN RICHTER

- Mase dviju elementarnih tvari (ili jednostavni umnošci tih masa) koje reagiraju s određenom masom neke treće elementarne tvari, reagiraju i međusobno, a isto tako i s određenom masom neke četvrte elementarne tvare.

Tako se 1 g vodika spaja sa 3 g ugljika u metan, a sa 8 g kisika u vodu. Prema tome, 3 g ugljika moraju reagirati sa 8 g kisika. I stvarno, na taj način nastaje ugljikov dioksid. Isto tako mora reagirati 3 g ugljika, odnosno 8 g kisika i s nekom drugom elementarnom tvari određene, ali jednake mase, npr. sa 35.5 g klora, pri čemu nastaju ugljikov tetraklorid, odnosno diklorov oksid.



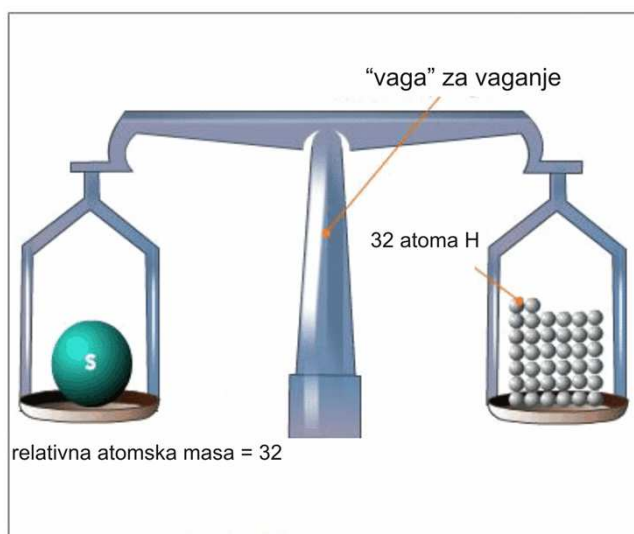
Mase elementarnih tvari s kojima one ulaze u međusobne kemijske reakcije nazivaju se *spojnim masama* ili *ekvivalentnim masama*.

Daltonovu atomsku teoriju možemo sažeti u slijedeće postulate:

- Atomi su stvarne najsitnije čestice materije koje se pri kemijskoj reakciji ne mogu dalje dijeliti .
- Atomi jednog te istog elementa međusobno su slični i jednake mase.
- Atomi različitih elemenata imaju različita svojstva i različite su mase.
- Atomi različitih elemenata međusobno se kombiniraju (različito slažu) u stalnim jednostavnim omjerima praveći kemijske spojeve
- Pri kemijskoj reakciji atomi se preraspoređuju između reagirajućih i nastalih tvari

- Spajaju li se atomi elemenata u jednostavnim brojčanim omjerima, onda su brojčani omjeri masa tih elemenata uvijek jednaki omjeru masa spojenih atoma.
- Zato je Dalton uveo pojam *relativne atomske mase* (A_r), koju je nazvao *atomskom težinom*. Definirao ju je kao omjer mase atoma (m_a) elementa i mase atoma vodika ($m_a(\text{H})$).

$$A_r = \frac{m_a}{m_a(\text{H})}$$



ZAKON KEMIJSKOG SPAJANJA PO VOLUMENU I AVOGADROV ZAKON

- ***Gay-Lussacov zakon spojnih volumena:***
- JOSEPH LOUIS GAY-LUSSAC [Ge-Lisak] 1805.
- Volumeni plinova koji međusobno reagiraju ili nastaju kemijskom reakcijom stoje u omjeru malih cijelih brojeva kada su mjerenja obavljena pri stalnom tlaku i temperaturi.

- 1 dm³ kisika + 2 dm³ vodika → 2 dm³ vodene pare.
- 1 dm³ kisika + 2dm³ ugljikovog monoksida → 2dm³ ugljikovog dioksida.

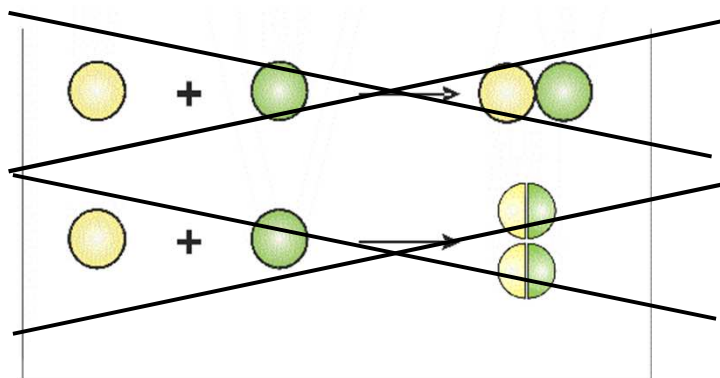
- Ako atomi međusobno reagiraju u jednostavnim cjelobrojnim omjerima čak je i Dalton zaključio da bi jednaki volumeni različitih plinova trebali sadržavati isti broj atoma
- Međutim to je u suprotnosti s Daltonovom atomskom teorijom

vodik + klor $\rightarrow$ klorovodik

$1 \text{ dm}^3 \text{ vodika} + 1 \text{ dm}^3 \text{ klora} \rightarrow 2 \text{ dm}^3 \text{ klorovodika.}$

Sadrže li isti volumeni jednak broj **atoma**, vrijedi:

$N \text{ atoma vodika} + N \text{ atoma klora} \rightarrow 2 N \text{ čestica klorovodika}$

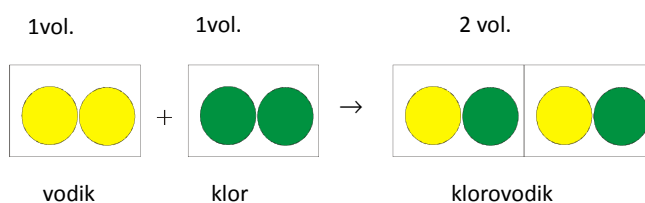


Avogadrova hipoteza o molekulama

- **AMEDEO AVOGADRO (1811)** je pretpostavio da najmanje čestice nekog plina nisu slobodni atomi, već skupine malog broja atoma. Te skupine atoma nazvao je *molekulama* (lat. molliculus = sitan).
- Na temelju te pretpostavke o postojanju molekula Avogadro postavlja hipotezu (danas **zakon**):
plinovi jednakog volumena pri istoj temperaturi i tlaku sadrže isti broj molekula.

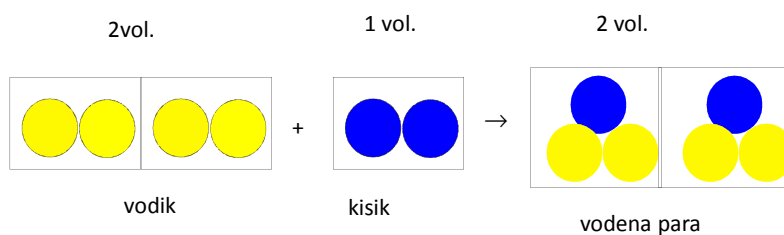
- Iz Gay-Lussacova zakona spojnih volumena i Avogadrove hipoteze možemo odrediti broj atoma u molekuli plina.

Spajanje vodika i klora u klorovodik



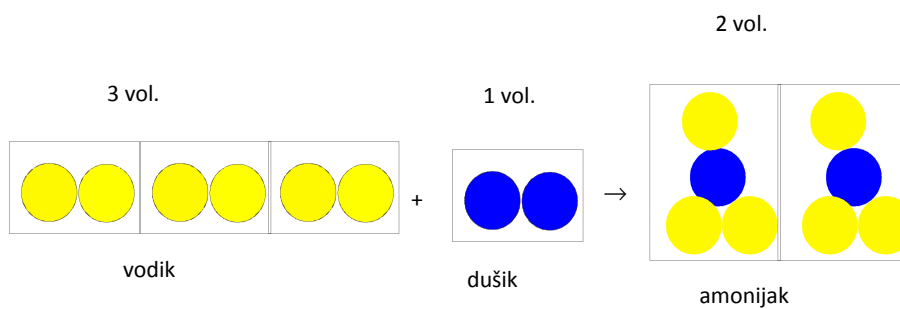
Molekula klorovodika *mora imati* 1 atom klora i 1 atoma vodika

Spajanje vodika i kisika u vodenu paru



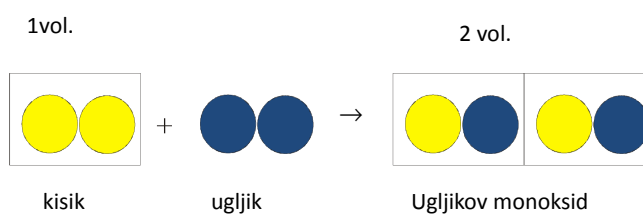
Molekula vodene pare *mora imati* 1 atom kisika i 2 atoma vodika

Spajanje vodika i dušika u amonijak



Molekula amonijaka *mora imati* 1 atom dušika i 3 atoma vodika

Gay-Lussacov zakon i Avogadrova hipoteza vrijede i onda kada uz plinove sudjeluju pri reakciji čvrste i tekuće (kapljevite) tvari



Spajanje plinovitog kisika s čvrstim ugljikom u plinoviti ugljikov monoksid

- Znamo li sada relativne atomske mase (A_r) atoma u molekuli plina onda možemo iz broja atoma (l) u molekuli izračunati i *relativnu molekulsku masu* (M_r), jer je masa molekule (m_f) jednaka sumi masa atoma (m_a) prisutnih u njoj :

$$m_f = \sum_{i=1}^l m_{a,i}$$

- To, naravno, vrijedi i za relativne mase:

$$M_r = \sum_i A_{r,i}$$

Na primjer, kako je:

$$m_f(\text{HCl}) = m_a(\text{H}) + m_a(\text{Cl}),$$

to je:

$$M_r(\text{HCl}) = A_r(\text{H}) + A_r(\text{Cl}),$$

$$\text{odnosno: } M_r(\text{HCl}) = 1.008 + 35.453 = 36.461$$

- Iz Avogadrova zakona mogu se izvesti daljnja dva važna zaključka :
- 1. Ako isti volumeni različitih plinova pri stalnim vanjskim uvjetima sadrže isti broj molekula, onda se njihove mase odnose kao mase molekula tih plinova, odnosno kao relativne molekulske mase tih plinova.
- 2. Važi i obrnuto: Ako isti volumeni različitih plinova pri stalnim vanjskim uvjetima sadrže isti broj molekula, onda isti broj molekula bilo kojeg plina zauzima pri stalnim vanjskim uvjetima iste volumene.

				
volumen plina	10.0 dm ³	10.0 dm ³	10.0 dm ³	10.0 dm ³
tlak plina	101325 Pa	101325 Pa	101325 Pa	101325 Pa
temperatura plina	0 °C	0 °C	0 °C	0 °C
Masa plina	0.893 g	14.286 g	12.500 g	7.143 g
odnosi masa	1.000	15.998	13.998	7.999
relativna atomska masa	1	16	14	--
relativna molekulska masa	2	32	28	16
broj molekula plina	X	X	X	X

				
masa plina	2.000 g	32.00 g	28.000 g	16.000 g
tlak plina	101325 Pa	101325 Pa	101325 Pa	101325 Pa
temperatura plina	0 °C	0 °C	0 °C	0 °C
Volumen plina	22.4 dm³	22.4 dm³	22.4 dm³	22.4 dm³
broj molekula plina	Avogadrov broj	Avogadrov broj	Avogadrov broj	Avogadrov broj
množina molekula	1 mol	1 mol	1 mol	1mol

broj od 6.02×10^{23} molekula (atoma ili općenito- broj čestica) nazivamo 1 molom (1 mol)
 $n = 1 \text{ mol}$; $N = 6.02 \times 10^{23}$