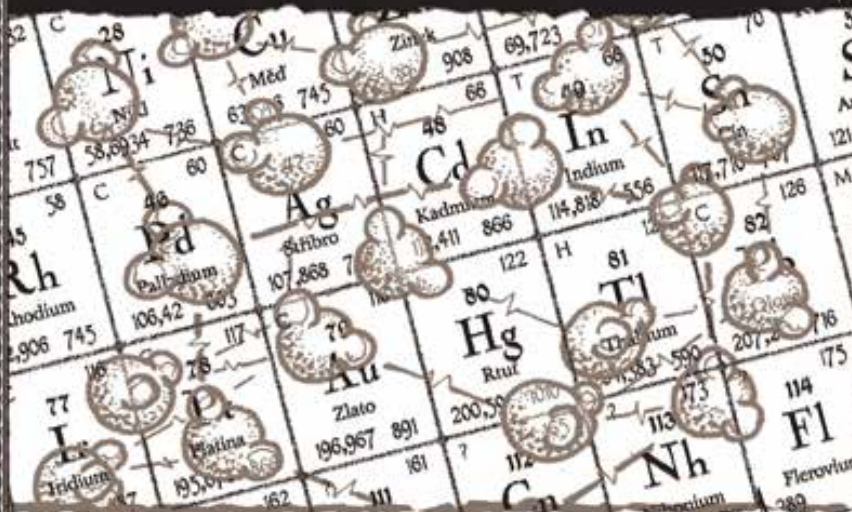


# DŮLEŽITÉ PRVKY

ATOMY, KVARKY

A JINÉ VELKÉ DROBNOSTI



*Matt Tweed*





Člověk, 1 ks. Složení: kyslík (61 %), uhlík (23 %), vodík (10 %), dusík (2,6 %), vápník (1,4 %), fosfor (1,1 %), draslík (0,2 %), síra (0,2 %), sodík (0,1 %), chlor (0,1 %), hořčík, železo, fluor, zinek a další stopové prvky.

**Matt Tweed: Důležité prvky  
Atomy, kvarky a jiné velké drobnosti**

Copyright © 2003 by Matt Tweed  
© Wooden Books Limited 2003, 2013  
Published by Arrangement with Alexian Limited.  
Translation © Jiřina Vítů, 2017  
Design and typeset by Wooden Books Ltd, Glastonbury, UK.

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této publikace  
nesmí být rozmnožována a rozšiřována jakýmkoli způsobem  
bez předchozího písemného svolení nakladatele.

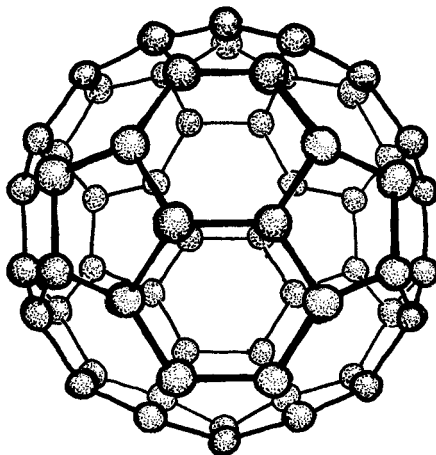
Druhé vydání v českém jazyce (první elektronické).  
Z anglického originálu *Essential Elements. Atoms, Quarks,  
and the Periodic Table* přeložila Jiřina Vítů.  
Odpovědný redaktor Zdeněk Kárník.  
Redakce Marie Černá.

Sazba a konverze do elektronické verze Michal Puhač.  
V roce 2017 vydalo nakladatelství Dokořán, s. r. o.,  
Holečkova 9, 150 00 Praha 5,  
dokoran@dokoran.cz, www.dokoran.cz,  
jako svou 905. publikaci (268. elektronická).

**ISBN 978-80-7363-854-2**

# DŮLEŽITÉ PRVKY

ATOMY, KVARKY  
A JINÉ VELKÉ DROBNOSTI



*Matt Tweed*

*S láskou...  
Děkuji rodině Blackabyových za jejich podporu  
a mamince za to, že je tak skvělá.*



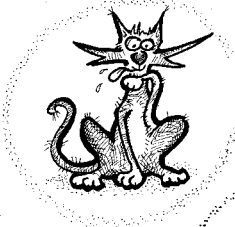
*„... to, co jest dole, jest jako to, co jest nahoře, a to, co jest nahoře, jest jako to,  
co jest dole, aby dokonány byly divy jediné věci.“*

Smaragdová deska Herma Trismegista

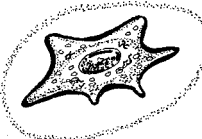
# OBSAH

Úvod	1
Počátky alchymie	2
Jdeme na to vědecky	4
Uvnitř atomu	6
Periodické tabulky	8
Teplota chemikova domova	10
Chemická vazba	12
Krystalografie	14
Vodík a helium	16
Kovy skupin I.A a II.A	18
P-prvky	20
Uhlík a křemík	22
Kyslík a síra	24
Voda a kyseliny	26
Organická chemie	28
Halogeny a vzácné plyny	30
Přechodné kovy	32
F-prvky a transurany	34
Velký třesk	36
Továrny na prvky	38
Radioaktivita	40
Atomové orbitály	42
Kvanta kvarků	44
Čtyři síly	46
Kvarky, leptony a mezony	48
Exotické částice	50
Teorie strun	52
Dodatek I: Konstanty a hadrony	54
Dodatek II: Organické sloučeniny	55
Dodatek III: Periodická tabulka prvků	56
Dodatek IV: Příklady atomových orbitalů	58

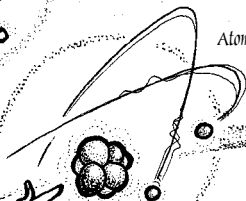
Chemikova kočka



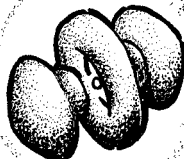
Buňka:  $10^{-5}$  metru



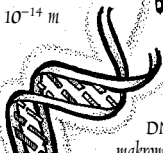
Atomové jádro:  $10^{-14}$  m



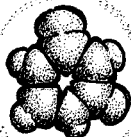
Atomový orbital:  $10^{-10}$  m



DNA  
makromolekula:  
 $10^{-8}$  m

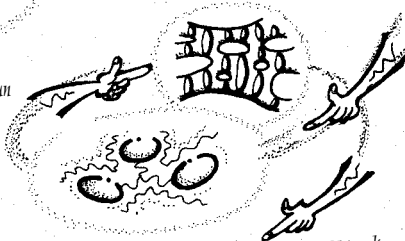


Molekula:  
 $10^{-9}$  m



Nukleony:  $10^{-15}$  m

Interakce superstrun  
a p-blan



Kvark-gluonové plazma

Hyperdimenzionální  
kvantové gravitační  
coś ???



... a tak dál

# ÚVOD

---

Náš svět vypadá na první pohled pevný a neměnný. Vše, s čím se v životě setkáváme, je ale tvořeno kvintiliony maličkých atomů z více než stovky různých prvků. Ty spolu reagují a shlukují se mnoha různými způsoby, a tím vytvářejí fantastickou mozaiku našeho vesmíru.

Podíváme-li se blíže na samotné atomy, překvapí nás, že jsou tvořeny z větší části prázdnotou. Lehoučké elektrony se proplétají okolo maličkého jádra, které je drobným pevným bodem ve středu této „energetické koule“ připomínající miniaturní galaxii. I to je ovšem pouze velmi zjednodušený popis – ve skutečnosti je atom malým kvantovým světem s podivnými pravidly, kde nic nezůstává na místě a hmota je energií. Najdeme tu celé rodiny subatomárních částic, které interferují, rekombinují se, tunelují bariéry a řídí se svými vlastními pravděpodobnostními zákony. V tomto světě vládne vysoké energie a základní interakce, které rozhodují o tom, jak se chovají hmatatelné objekty okolo nás.

Při dalším přiblížení zjistíme, že i tyto malé galaxie jsou spleteny z pomíjivých částic na hranici lidského chápání, které drží pohromadě díky zvláštním symetriím napříč dimenzemi a fungují podle složitých matematických zákonů.

Upřímně doufám, milí čtenáři, že vás tato krátká cesta do světa chemie bude bavit a něco vám přinese. A také si přeji, abychom v budoucnosti všechny tyto znalosti používali s rozumem.



# POČÁTKY ALCHYMIE

## *chemie, nebo magie?*

---

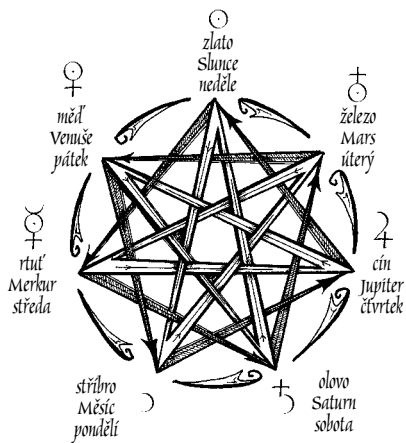
Kořeny chemie sahají daleko do temné minulosti, kdy naši předkové poprvé namíchali barevné pigmenty a malovali s nimi po stěnách jeskyní i po svých tělech. A také když objevili oheň a začali pronikat do spletitých zákoutí kulinářského umění.

Starověcí Egypťané znali sedm kovů a také nekovy jako uhlík a síru – všechny je možné získat z rud vyskytujících se v přírodě. Umění zvané *Khemia*, které podle nich lidem odhalovali andělé, přiřadilo kovům sedm tehdy známých planet a jedinečné vlastnosti (*nahore vlevo*). Starodávné indické spisy hovoří o třech *gunách*, ohni, vodě a zemi. Čínští mudrcové přidali další dvě, kov a dřevo (*nahore vpravo*).

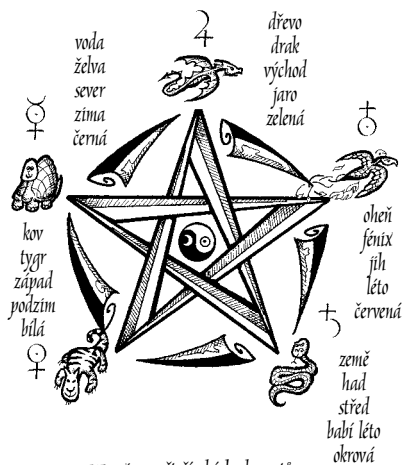
Podle řeckých filozofů se vše skládá ze čtyř živlů, ohně, vody, země a vzduchu (*dole vlevo*). Společný název jim dal Aristoteles, který ve 3. století př. n. l. přidal ještě pátý živel, *kvintesenci*, ze které jsou vytvořena nebesa. Jiný filozof, Demokritos, přišel s myšlenkou, že neustálým dělením hmoty dojdeme nakonec k dále nedělitelné částici, kterou nazval *atom*. Zavrhnut Aristotelem, zůstal atom po mnoho století zapomenut.

S rozpadem římské říše se bádání přesunulo do arabského světa pod názvem *Al-khemia*. Knihy jako Ar-Razihó *Tajemství všech tajemství* z 10. století nebo dílo Džábira ibn Hajjána zmiňují *elixír mládí*, nápoj, který může člověku zajistit nesmrtelnost a proměnit jakýkoli kov ve zlato.

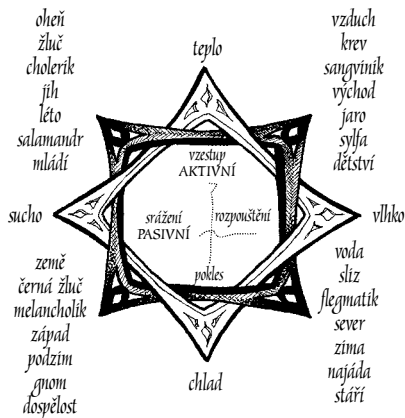
Pátrání po zázračné substancii se ve středověku rozšířilo i do Evropy, kde se Albert Veliký, Roger Bacon, Nicolas Flamel a další alchymisté 13. a 14. století pokoušeli nalézt všemocný *kámen mudrců*, také nazývaný *Gloria mundi*. Za pomoci experimentů, intuice a staré dobré náhody položili základy úžasné vědy zvané chemie.



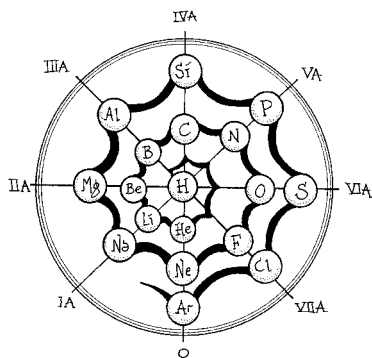
Sedm starověkých kovů. Sedm telurů známých planet.



Wu-xing: pět čínských elementů.



Čtyři živly a jim odpovídající tělesné složky.



Periodická „paučička“ prvních 18 prvků.

# JDEME NA TO VĚDECKY

## *od alchymie k chemii*

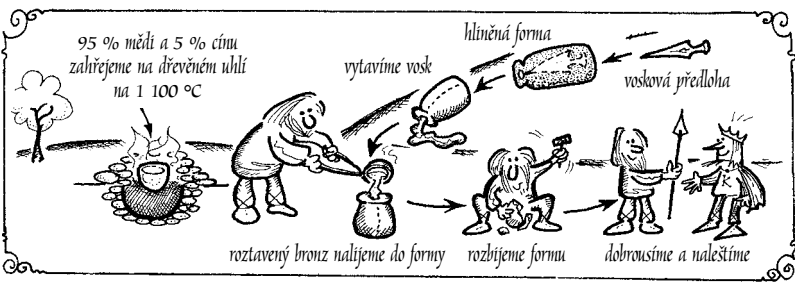
---

V 18. století se vědci konečně odpoutali od metafyziky a pomocí experimentů porovnávajících hmotnosti a objemy dokázali, že mnoho látek, které byly považovány za elementární, jsou ve skutečnosti *molekuly* složené z více prvků.

V roce 1789 Antoine Lavoisier publikoval první tabulku s dvaceti třemi prvky a již v roce 1808 vyslovil John Dalton svou atomovou teorii (která pak byla následujících padesát let ignorována).

Jak se vědecké metody zlepšovaly, nové prvky byly objevovány nebyvalou rychlostí. Dimitrij Mendělejev si všiml, že některé prvky mají podobné chemické vlastnosti, a v roce 1869 vytvořil svou proslulou periodickou tabulku, z níž předpověděl existenci scandia a germania. První náznak toho, že může existovat i něco menšího než atom, se objevil v roce 1896, kdy Becquerel nechal nevědomky ležet smolinec (uranovou rudu) na neexponované fotografické desce, čímž „omylem“ objevil radioaktivitu.

Na počátku 20. století přišel Ernest Rutherford na to, že větší část atomu tvoří prázdný prostor okolo jádra, byly objeveny atomové orbitály a Albert Einstein vyslovil svou teorii o jednotě hmoty a energie. To vedlo Maxe Plancka, Erwina Schrödingera, Nielse Bohra a další vědce k objevu podivného „vlnitého“ světa kvantové mechaniky. V roce 1932 se podařilo rozbít atomové jádro a po celý zbytek století se vědci zabývali zkoumáním subatomárního světa. V obřích srážkách do sebe nechávali narážet atomy a zkoumali nově vzniklé těžké částice i celé nové rodiny podivných částic vzniklých rozpadem atomů.



Bronz byl jednou z prvních slitin a většinou se odléval metodou ztraceného vosku.

olivový olej nebo  
zvířecí tuk

popel  
(potas)

povaříte, sešbijete sraženinu a můžete se mýt

$$C_3H_5(OOCR)_3 + 3KOH \longrightarrow C_3H_5(OH)_3 + 3K OOCR$$

triacylglycerol      hydroxid draselný      glycerol      draselné mýdlo

K objevu mýdla došlo pravděpodobně tak, že někomu upaál kus tuku do mokrého popela.

Humphrey Davy  
prvky I. a II.  
šarpy

Dimitrij  
Mendělejev  
periodická tabulka

Ramsay  
a Travers  
vzácné plyny

Marie a Pierre  
Curieovi  
radium a polonium

vědci z Berkeley  
a Dubny  
transurány

Někteří vědci, kteří přispěli k objevu nových prvků.

# UVNITŘ ATOMU

## *protony, neutrony a elektrony*

---

Atomy se skládají z malého *jádra* obklopeného jedním nebo více *elektrony*. Dvě různá znázornění atomu vidíme naproti. Jádro, které má poloměr pouhou tisícinu pikometru, se skládá ze dvou druhů částic podobné velikosti, *protonů* a *neutronů*. Protony mají kladný elektrický náboj, který je vyvážen zápornými náboji elektronů. Neutrony jsou bez náboje. Počet protonů udává *protonové číslo* prvku, na kterém závisí jméno prvku a jeho pozice v periodické tabulce.

Ačkoli má každý prvek neměnný počet protonů a elektronů, počet neutronů jednoznačně dán není a prvky mají izotopy s různým počtem neutronů. Ty mají stejné chemické vlastnosti, ale jejich jádra se někdy chovají zcela odlišně.

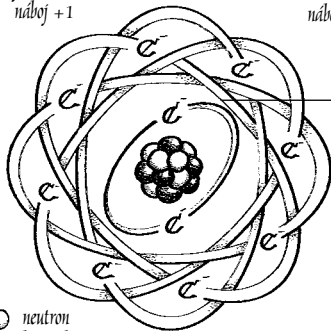
Elektrony mají téměř dvoutisíckrát menší hmotnost než protony a neutrony. Navzájem se odpuzují a zároveň jsou přitahovány kladnými protony, zatímco neutrony bez náboje je nezajímají. Aby vyvážíly všechny přitažlivé a odpuzivé síly, spojují se do elektronových párů a pohybují se okolo jádra v orbitalech, trojrozměrných útvarrech, které ve větších atomech nabývají stále složitějších tvarů. Orbitaly se zaplňují v určitém pořadí (*naproti dole*).

Atomy jsou překvapivě tvořeny z naprosté většiny prázdným prostorem. Elektron obíhající okolo jádra si můžeme představit jako čmeláka letícího okolo kočky na gumě dlouhé deset kilometrů.

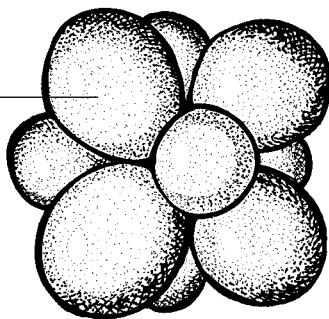


● proton  
náboj +1

⊖ elektron  
náboj -1

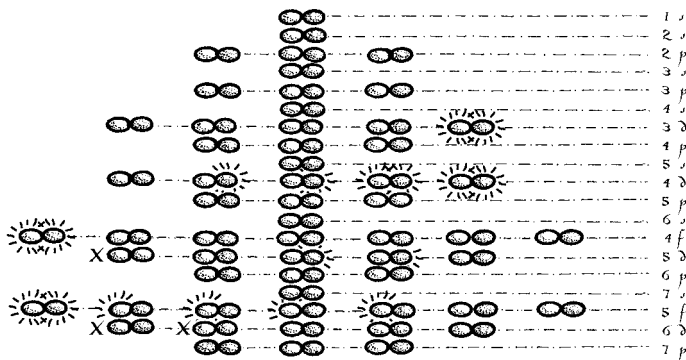


○ neutron  
bez náboje



Tradiční planetární model atomu neonu: jádro tvořené deseti protony a deseti neutrony je obklopeno deseti obíhajícími elektrony – dvěma ve vnitřní vrstvě a ostatními ve vnější.

Kvantově-mechanický model téhož atomu: zde každá bublina představuje místo, kde se s největší pravděpodobností vyskytuje elektron. Ta je dána Schrödingerovou vlnovou funkcí.



Orbitaly se zaplňují postupně od 1s. V každém řádku se orbitaly vždy nejprve z poloviny zaplní jedním elektronem (bílá kulička) a teprve poté se zaplňují elektrony s opačným spinem (černá kulička) a tvoří páry. Paprsky okolo kuliček označují elektrony nebo elektronové páry, které jsou schopny „přeskočit“ do jiného orbitálu a zpět a narušit tím jinak pevně daný pořádek. Zlato, stříbro a měď patří mezi prvky s touto zvláštní vlastností. Orbitaly d označené písmenem x se někdy zaplňují dříve než předchozí řada.

# PERIODICKÉ TABULKY

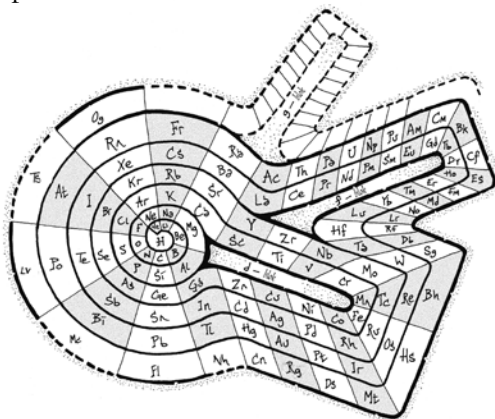
## přehledně prvek po prvku

Každý prvek má své místo v periodické tabulce prvků a existují různé varianty této tabulky, které vyzdvihují určité vlastnosti.

Spirála profesora Benfeye (*dole*) je uspořádána podle rostoucího protonového čísla, prvky stejné skupiny jsou paprsky vycházející ze středu tvořené vodíkem. Prvky jedné skupiny mají stejný počet valenčních elektronů, a tedy podobné vlastnosti. Zaplňováním vyšších orbitalů se objevují *d*- a *f*-prvky jako postranní paprsky.

Tabulka doktora Stowea (*naproti nahoře*) skládá prvky do pater podle umístění elektronů ve slupkách (vnitřní jsou nahoře) a rozmístění prvků v každém patře je dáno jejich jedinečnými kvantovými čísly.

Moderní verze původní Mendělejevovy tabulky (*naproti dole*) uspořádává skupiny do svislých sloupců a elektronové slupky do vodorovných period. Prvky jsou seřazeny zleva doprava a shora dolů podle protonového čísla.



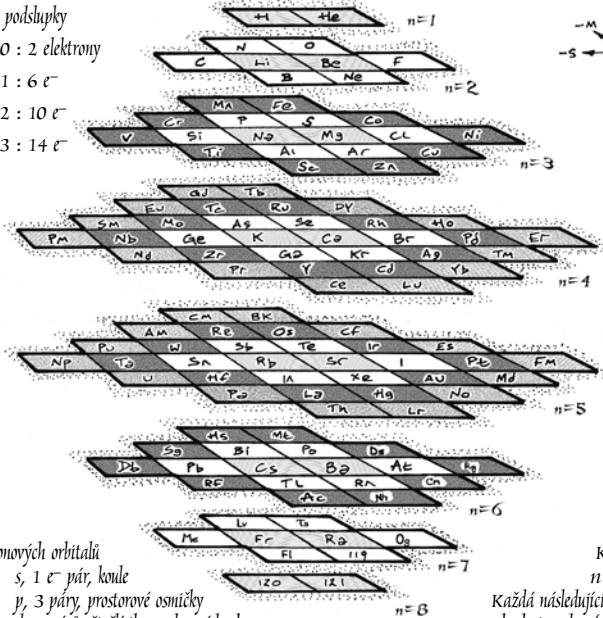
### Elektronové podslupky

s  $l = 0 : 2$  elektrony

p  $l = 1 : 6 e^-$

d  $l = 2 : 10 e^-$

f  $l = 3 : 14 e^-$





# TEPLO CHEMIKOVA DOMOVA

## *když pro sebe prvky vzplanou*

---

Věci kolem nás jsou převážně sloučeniny, kombinace různých prvků. Atomy se vážou valenčními elektrony s nejvyšší energií z poslední vrstvy, elektrony ve spodních vrstvách zůstávají nedotčeny.

Na horním obrázku vidíme *exotermickou* reakci, při které vzniká teplo. Malé množství energie z plamene aktivuje reakci a zaničují vazby v molekulách plynu. Vznikají molekuly vody s novými vazbami s nižší energií. Energie, která se uvolňuje, udržuje reakci v chodu a nakonec dojde k výbuchu a atomy se zuřivě přeskupují. Na dolním obrázku je *fotosyntéza*, *endotermická* reakce, která probíhá v rostlinách. Energií je potřeba dodávat, a to v podobě slunečního záření. Produkty tedy mají vyšší energii než reaktanty a vznikající glukóza je zásobníkem energie. Reakce probíhající opačným směrem se nazývá *respirace* neboli buněčné dýchání.

Hmota existuje v několika různých *skupenstvích (dole)*. Atomy *pevných* látek mají pevné a těsné uspořádání. Zahříváním se rozpohybují, naruší se pravidelná struktura a vznikají *kapaliny*, které mohou téci a měnit tvar. Další zahřívání rozruší i slabé vazebné interakce a částice se rychle rozletí všemi směry jako *plyn*. Při extrémních teplotách se mohou z atomů odštěpit elektrony a vzniká elektricky nabitá ionizovaná *plazma*, které najdeme například ve žhavé koróně okolo Slunce.

