

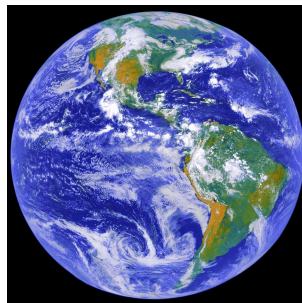
Slika sveta

Nebesna telesa - Atomi in molekule - Snovne spremembe - Elektroni in jedra - Elektromagnetni valovi - Protoni, nevtroni in nevtrini - Razvoj sveta

Svet okoli nas je poln teles. Bližnjih se lahko dotaknemo z roko, oddaljena zgolj vidimo z očmi. S svojo lego označujejo telesa prostorske točke in s spremembami lege določajo časovne trenutke. Od okolja niso ločena, ampak z njim izmenjujejo vplive, sile. Nekatera telesa povzročajo v okolici večje spremembe kot druga: rečemo, da imajo večjo energijo. Povzemimo, kakšna telesa najdemo v svetu, kako so zgrajena in kakšne sile vladajo med njimi!

Nebesna telesa

Zemlja Pregled sveta začnimo doma: ljudje živimo na površini velike krogle, *Zemlje*. Gore in doline, ki jih vidimo okrog sebe, so le drobne praske na njenem obličju. Zemlja je pokrita s plitvimi morji in obdana s tanko plastjo ozračja, ki se z višino hitro redči.



Pogled na Zemljo iz vesoljske ladje. Polmer Zemlje znaša 6,4 tisoč kilometrov. Mesec je trikrat manjši od nje in jo obkroža na oddaljenosti 60 njenih polmerov. Svetloba potrebuje za pot do Meseca 1 sekundo. (NASA - National Aeronautics and Space Administration)

Sonce, Mesec in zvezde - nebesna telesa - so tudi snovne krogle, nekatere večje in druge manjše. Vse plavajo po prostoru.

Sončni sistem Zemlja ni pri miru, ampak kroži okrog Sonca v izbrani ravnini, *ekliptiki*. Hkrati se vrti okoli osi skozi svoje središče. Os je usmerjena poševno, ne pravokotno, iz ekliptike. Zaradi vsega tega imamo na Zemlji sever in jug, sončne vzhode in zahode, dneve in noči, zime in poletja. Z enim vrtljajem je določen naš dan in z enim obkroženjem naše leto. Na svoji krožni poti Zemlja ni sama, ampak se okrog nje giblje manjši spremljevalec, Mesec.

Poleg Zemlje potujejo okrog Sonca še druga okrogla telesa, *planeti*, vsi približno v ekliptiki in vsi v isti smeri, eni bližje in drugi bolj daleč. Na nebu jih vidimo kot zvezde premičnice. Čim dalje so, tem počasneje se gibljejo in tem več časa potrebujejo za en obhod. Okoli nekaterih planetov krožijo njihove *lune*. Mesec je Zemljina luna. Sonce je mnogo večje in masivnejše od planetov, in ti so večji in masivnejši od svojih lun.

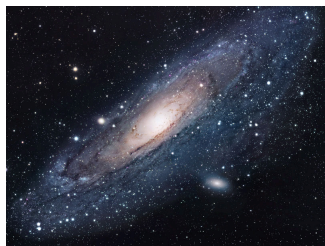


Prehod planeta Venere čez Sonce, gledan z Zemlje. Razdalja Sonce-Zemlja znaša 150 milijonov kilometrov. Venera je tako velika kot Zemlja in je od Sonca oddaljena za 0,7 njene razdalje. Svetloba potrebuje od Sonca do Zemlje 8 minut. Najbližja zvezda je 4 svetlobna leta daleč.
(European Southern Observatory)

Galaksije in jate Zvezde so zelo oddaljena sonca. Okrog mnogih krožijo planeti. Po prostoru niso posejane kar tako, ampak skupaj z našim Soncem sestavljajo

orjaško in številčno gručo, ki ima obliko diska in se vrti, *Galaksijo*. Vzdolžni pogled skozi njo se na nebu kaže kot Mlečna cesta. Razdalje med zvezdami so mnogo večje od razsežnosti njihovih planetarnih sistemov. V središču Galaksije so praviloma številčnejše in na obrobju redkejšje.

Naša Galaksija ni edina svoje vrste, marveč je le ena izmed neštevilnih drugih. *Galaksije* so različnih oblik in velikosti. Skoraj vsaka je vpeta v lasten kroglast oblak iz nevidne snovi. V središču mnogokatera skriva še nevidno masivno kroglo, črno luknjo. Tako se kaže kot morski val ponoči: viden je le njegov beli greben. Tudi galaksije niso raztrosene enakomerno, ampak so združene v večje enote, *jate*. Te se med seboj oddaljujejo. Čim bolj so narazen, tem hitreje bežijo. Pravzaprav se širi sam vesoljski prostor. Galaksije in planetarni sistemi zvezd, ki jih nosi s sabo, pa se pri tem ne večajo.



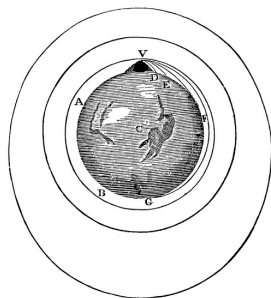
Najbližja sosednja galaksija. Vsebuje 100 milijard zvezd, njen polmer znaša 100 tisoč svetlobnih let, od nas pa je oddaljena 2,5 milijona svetlobnih let. (NASA - National Aeronautics and Space Administration)

Gravitacijsko polje

Vsako telo, na primer Zemlja, spreminja prostor v svoji okolici. Ta se pokaže kot *gravitacijsko polje*, ki določa drugim telesom v njem, kako naj se gibljejo. Polje točkastega telesa (takega, ki je majhno v primerjavi z opazovanimi razdaljami) je krogelno simetrično in privlači druga telesa k svojemu izvoru. Učinek pojema z oddaljenostjo.

Masivnejša telesa so obdana z močnejšimi polji. Polje razsežnega telesa je sestavljeno iz polj njegovih točkastih delov. Izven slojevite krogle - zvezde ali planeta - je takšno, kot da bi bila vsa masa združena v njenem središču.

Zemljin vpliv na njenem površju občutimo z mišicami kot težo predmetov ali vidimo njegove učinke ob metanju kamnov. Podobno je na Mesecu, le da so telesa tam lažja in padanje počasnejše. Mesec in Sonce povzročata na Zemlji plimovanje morja. Sonce ukrivlja poti planetov, da ne odletijo proč. Planeti počnejo isto z lunami. Gravitacija je odgovorna tudi za kroglasto obliko planetov in zvezd, za združevanje zvezd v galaksije in jate ter za nasprotovanje širjenju vesolja.



Gibanje teles v težnem polju Zemlje. Čim hitrejši je vodoravni izstrelek, tem dalje proč pade na tla. S hitrostjo 8 kilometrov na sekundo Zemljo že povsem obkroži. Za to potrebuje dobro uro. Mesec se v šibkejšem polju giblje počasneje in potrebuje za en obhod 27 dni. (Newton, I.: *Principia*)

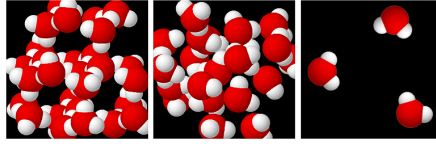
Svetlobni žarki Sonce in ostale zvezde sevajo v vse smeri *svetlobne žarke*. Tiste, ki vpadejo v naše oči, vidimo, to je, vidimo njihove sevalce. Druga telesa vidimo zato, ker se žarki od njih odbijajo. Kaj sta snov in svetloba in kako sta med seboj povezani, bo po korakih prikazano v nadaljevanju. Žarki se po praznem prostoru širijo premočrtno; pravzaprav ravne črte utelešajo. V bližini masivnih teles, recimo Sonca, se rahlo

ukrivijo, podobno kot tiri planetov. Kar se kaže kot ukrivljena pot skozi ravni prostor, je pravzaprav ravna pot skozi ukrivljeni prostor. Prostor se torej ne le razteza, ampak (ponekod) tudi ukrivlja. Ukrivljeni prostor, to je gravitacijsko polje.

Hitrost svetlobnih žarkov je zelo velika in ni odvisna od gibanja izvora ali opazovalca. Nobeno telo ali vpliv sil v naravi se ne more gibati hitreje. S takšno hitrostjo potujejo tudi spremembe v gravitacijskem polju, na primer proč od dvojice zvezd, ki krožita druga okoli druge. Oddaljena nebesna telesa zmeraj vidimo vzdolž žarkov in takšna, kot so bila, ko so jih izsevala ali odbila. Bolj kot so oddaljena, mlajša vidimo. Nebo je okno v preteklost.

Atomi in molekule

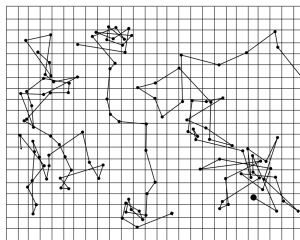
Delci snovi Telesa so sestavljena iz zelo drobnih okroglih delcev, *atomov*. Ti se pri kratkih razdaljah medsebojno privlačijo, ko pa se dovolj stisnejo drug ob drugega, se odbijajo. Atomov je okrog sto vrst. Istovrstni atomi so med seboj (skoraj) popolnoma enaki. Enaki ali različni atomi se združujejo v gruče, *molekule*. Pri tem so zelo izbirčni: nekateri se spajajo in drugi ne; in kadar se spajajo, delajo to le v izbranih številskih razmerjih in nobenih drugih. Različne snovi so sestavljene iz različnih molekul. Posebej preproste so prvinske snovi, elementi: ti vsebujejo zgolj istovrstne atome. Čiste snovi vsebujejo le molekule ene vrste, zmesi pa molekule več vrst. Marsikatero vrsto okusimo z jezikom ali zavohamo z nosom.



Molekule vode, prikazane z modeli. Molekula vode je sestavljena iz enega atoma kisika (rdeč) in dveh atomov vodika (bel). V ledu (levo) so molekule med seboj trdno povezane, v tekoči vodi (sredina) drsijo druga ob drugi in v pari (desno) so razpršene. Premeri atomov imajo velikostno stopnjo 0,1 nanometra (milijardinke metra). (Campbell, N.)

Delci v gibanju

Molekule se neprestano gibljejo. To gibanje občutimo s kožo kot temperaturo. Pri počasnem gibanju molekule ne spreminjajo medsebojne lege, nihajo le njihovi atomi okrog ravnovesnih leg: snov je trdna. Pri močnejšem gibanju molekule spreminjajo medsebojno lego, vendar se držijo druga druge: snov je tekoča. Pri še močnejšem gibanju se molekule medsebojno ločijo in razpršijo: snov je plinasta. Nekatere rahlo zvezane molekule prej razpadejo. Gibanje molekul - v trdnini, tekočini ali plinu - se s trki prenaša iz bolj živahnih območij v manj živahna: toplota se širi in temperature se izenačujejo. V doseženem ravnovesju se lažje molekule gibljejo hitreje od težjih.



Kaotično gibanje drobnih delcev v vodi. Delci so kroglice s premerom 1 mikrometra (milijoninke metra). Prikazane so lege treh delcev vsakih 30 sekund. Mrežni razmik znaša 3 mikrometre. (Perrin, J.: Ann. de Chemie et de Physique)

Pri udaru dveh kosov snovi, na primer ob padcu kamna na tla ali pihanju vetra skozi krošnje dreves, se molekule na mestu stika zbližajo in zgostijo. Zgoščina se nato prenaša s trki po okolišnji snovi, večinoma po zraku. To so *zvočni valovi*. Če pridejo v uho, jih slišimo. Različno dolge valove slišimo kot različne tone. Zveni in šumi so njihove mešanice. Predolgih in prekratkih valov ne slišimo.

Snovi na Zemlji

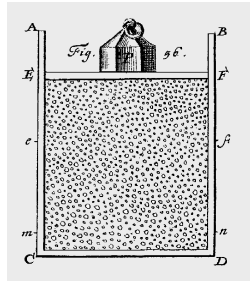
V razmerah, kakršne vladajo na zemeljski površini, so nekatere snovi plinaste, druge tekoče in tretje trdne. Zrak, ki ga dihamo, je mešanica plinov. Večino tvorijo dvoatomne dušikove molekule in manjšino dvoatomne kisikove. Morja, jezera in reke so iz vode; njene molekule vsebujejo po en atom kisika in dva atoma vodika. Na morski obali najdemo kristale soli, ki so prepletene skladovnice natrijevih in klorovih atomov, in v vulkanskih žrelih brezoblično ali kristalno žveplo. Talne kamenine so mešanica najraznovrstnejših snovi. Za človeštvo sta pomembna črni premog, večinoma sestavljen iz ogljikovih atomov, in rude, ki vsebujejo kovine, zlasti spojine bakra ali železa s kisikom ali žveplom.

Pri običajnih zemeljskih temperaturah so raznovrstni atomi že zadovoljno združeni s svojimi partnerji v razne spojine in vlada splošni mir. Če se pa kje iz kakršnegakoli razloga poviša temperatura, se vezi med partnerji zrahljajo in lahko pride do njihovih prerazporeditev: snovi medsebojno reagirajo.

Snovne spremembe

Stiskanje in raztezanje

Molekule zraka, zaprte v posodi s preničnim batom na vrhu, trkajo obenj in se odbijajo; to se kaže kot pritisk nanj. Da ostane bat pri miru, mora z druge strani nanj delovati enako velik pritisk; povzročata ga teža bata in teža zračnega stolpca nad njim. Pritisk je tem večji, čim več molekul je stlačenih v prostorninsko enoto in čim hitreje se gibljejo. Če potisnemo bat navzdol, zgotovimo molekule in jim povečamo hitrost: zrak se segreje. Če ga povlečemo navzgor, razredčimo molekule in jim zmanjšamo hitrost: zrak se ohladi. Tudi obratno je res: če zrak segrevamo, se bat premakne navzgor, in če ga ohlajamo, se pomakne navzdol.



Plin v posodi s preničnim batom. Bat miruje. Navzdol ga tišči teža uteži (in zračnega stolpca nad njim), navzgor pa trkanje in odbijanje zaprtih molekul plina. (Bernoulli, D.: *Hydrodynamica*)

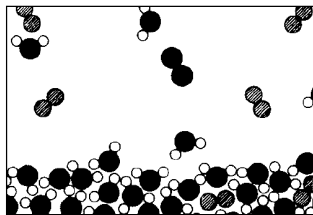
Majhen del ozračja je pravzaprav tudi "zaprt" v posodi, katere stene tvori kar okolišnji zrak. Njegova teža je enaka vzgonu zaradi razlike pritiskov na dnu in vrhu. Če se segreje ob vročih tleh, se raztegne, zredči in zaradi vzgona začne dvigovati. Ob tem se razbremenjuje teže zračnega stolpca nad seboj in se še naprej razteza, hladi in dviguje, dokler ne doseže temperature okolice. To je zračna konvekcija, ki jo izkoriščajo ptice. Če so v zraku vodne

molekule, se tudi one ohlajajo in kondenzirajo v kapljice. Tako nastajajo kopasti oblaki.

Konvekcija je posebej razsežna in močna ob vročem ekvatorju. Tam povzroča prizemno stekanje in višinsko raztekanje zraka. Zaradi vrtenja Zemlje se stekajoči zrak odklanja vstran in na vsaki strani ekvatorja ustvarja pas vzhodnih vetrov, pasatov. Severneje in južneje pa se tvori pas planetarnega zahodnika. Oboje s pridom izkoriščajo čezoceanski jadranci.

Izhlapevanje in kondenzacija

Na gladini morja so nekatere molekule vode dovolj hitre, da se iztrgajo privlaku sosed in odletijo proč: voda izhlapeva. Čim bolj topla je voda, tem izdatnejše je izhlapevanje. Ker odhajajo le najhitrejše molekule, se zmanjšuje povprečna hitrost preostalih: voda se ohlaja. Če je prostor nad gladino odprt, se izhlapevanje nadaljuje. Mokre na vetru nas zato zebe. Če pa je prostor zaprt, se tam nabira čedalje več vodne pare; njene molekule pogosteje trkajo ob gladino in se vračajo nazaj v tekočino, dokler se ne vzpostavi ravnotežje med izhlapevanjem in kondenzacijo. Pritisk vodne pare je odvisen le od temperature.



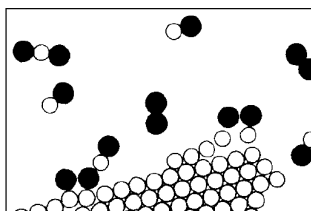
Izhlapevanje vode. Spodaj je gladina vode in nad njo zrak. V zraku so molekule dušika, kisika in izhlapele vode. Kisikovi atomi so črni, dušikovi sivi in vodikovi beli.

(Feynman, R.: *Lectures on Physics*)

Gorenje in oksidacija

Tudi kos ogljika na zraku nima miru: nenehno ga bombardirajo molekule kisika. Če obenj trči

dovolj "vroča" molekula, se njena atoma vsak zase povežeta s po enim ogljikovim atomom in nastaneta dve molekuli ogljikovega monoksida. Privlak med kisikovim in ogljikovim atomom je namreč precej močnejši kot privlak med dvema kisikovima ali dvema ogljikovima atomoma; njun tlesk skupaj strese, to je segreje, vso okolico. Obe monoksidni molekuli nato odletita proč. Ko katera od njiju trči s prosto molekuljo kisika, iz nje izruva en atom in zraste v dioksidno molekuljo. Preostali atom kisika se pripoji k neki drugi monoksidni molekuli.



Gorenje oglja v kisiku. Atomi ogljika so beli in atomi kisika črni. Nastajajo molekule ogljikovega monoksida in dioksida. (Feynman, R.: *Lectures on Physics*)

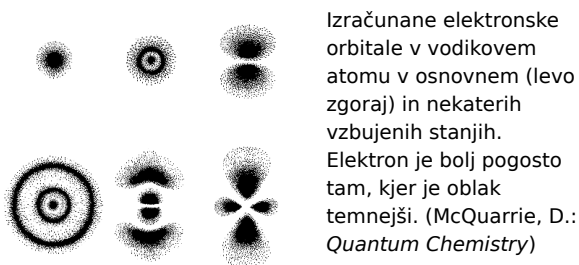
Pri opisani reakciji med ogljikom in kisikom se sprošča toplota, ki začetno reakcijo pospešuje in vzdržuje, dokler ne zmanjka surovin. Toplote je toliko, da nastaja plamen: vroča plinska mešanica atomov in molekul, ki trkajo in sevajo svetlobne žarke. To je gorenje, burno spajanje snovi s kisikom. Tudi druge snovi se spajajo s kisikom iz zraka, oksidirajo; primer je rjavenje železa, ki pri tem pridobiva na teži.

Elektroni in jedra

Zgradba atoma Atomi, gradniki snovi, so tudi sami sestavljeni. Vsak atom je zgrajen iz drobnega in težkega *jedra* ter iz okolišnjega oblaka lahkih delcev, *elektronov*. Vsi elektroni so med seboj enaki. Različni atomi jih imajo različno število.

Najpreprostejši je vodik, ki ima le en elektron. Sledi mu helij z dvema. Zadnji je uran z dvaindevetdesetimi elektroni. Atomi so povsod po vesolju enaki. Sonce in njemu podobne zvezde so sestavljene večinoma iz vodika in helija, Zemlja in njej slični planeti pa večinoma iz težjih elementov.

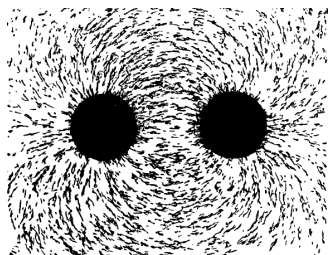
Na prvi pogled je atom pomanjšana slika planetarnega sistema. Razlika je v tem, da se planeti gibljejo po ostrih tirih, gibanje elektronov pa je razmazano v oblake. Vsak elektron namreč kaže svoj obstoj z "razpršeno" lego in z "razpršeno" hitrostjo. Manjši kot je razsip lege, večji je razsip hitrosti. Pri gibanju okrog jedra je razsip lege tako velik, da tira ni. Vsak snovni delec, ne le elektron, kaže tovrstno nedoločenoost: lažji kot je, bolj jo kaže. Vendar so kamni in planeti tako težki, da so njihovi razsipi nezaznavni.



Atomi niso nezdroljivi, kakor bi sklepali po njihovem imenu. Če dovolj močno trkajo, se nekaj elektronov odcepi iz oblaka: snov postane plazma, mešanica elektronov in okleščanih atomov, *ionov*. Taka je površina zvezd. V notranjosti zvezd so trki tako siloviti, da atomi

izgubijo vse elektrone. Tamkajšnja snov je mešanica golih jeder in prostih elektronov.

Električno polje Elektroni in jedra so obdani s polji *električne sile*: elektroni in jedra se zaradi nje privlačijo, elektroni med seboj in jedra med seboj pa se odbijajo. Rečemo, da imajo elektroni negativni *naboj* in jedra pozitivnega ter da se raznoimenski naboji privlačijo in istoimenski odbijajo. Večji kot je naboj, močnejše je njegovo polje. Vsi elektroni imajo enak naboj. Naboj jedra je nasprotno enak vsoti nabojev na elektronih. Električna sila pojema z oddaljenostjo od svojega izvora, podobno kakor gravitacija, a je od nje neprimerno močnejša. Daleč proč od atoma se učinki njegovega pozitivnega in negativnega naboja medsebojno izničujeta, v bližini pa ne povsem. Tu prevladuje polje zunanjih elektronov in je odgovorno za tvorjenje molekul. V kovinah atomi oddajo zunanje elektrone v skupno elektronsko morje, kjer se prosto gibljejo.

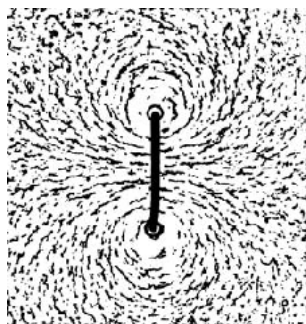


Električno polje med dvema nasprotno nabitima krogla. Polje je vidno zaradi natrosenih opilkov iz mavca, ki postanejo električni dipoli in se obrnejo v smer električnih silnic. (Pohl, R.: *Einführung in die Physik*)

Pri stiku ali drgnjenju dveh snovi se lahko nekaj elektronov preseli iz ene v drugo: snovi postaneta nasprotno naelektreni ter se privlačita. Ko s plastičnim glavnikom češemo lase, se glavnik naelektri negativno in privlači pozitivno naelektrene lase. Privlači pa tudi

drobna nevtralna telesa, na primer padajoče kapljice v curku vode. V vodni molekuli sta namreč središči pozitivnega in negativnega naboja razmaknjeni; pravimo, da tvori molekula *električni dipol* oziroma da je polarna. Pozitivni del molekule se zato obrne proti glavniku. In ker njegovo polje pojema z oddaljenostjo, je privlak na pozitivnem delu molekule večji od odboja na negativnem delu.

Magnetno polje V atomskem oblaku gibajoči se elektron ustvarja poleg električnega polja še eno, magnetno polje: to se kaže kot *magnetna sila*, ki deluje na druge električne naboje, vendar samo tedaj, ko se gibljejo. Sila je odvisna od smeri in hitrosti gibanja. Magnetno polje krožečega elektrona ima podobno obliko kot polje električnega dipola. Njegov izvor si zato predstavljamo kot *magnetni dipol*. Različno oblikovani elektronski oblaki predstavljajo različno velike in različno usmerjene magnetne dipole.



Magnetno polje krožne zanke, po kateri teče električni tok, ki ga poganja galvanski člen izza slike. Polje je vidno zaradi opilkov iz železa, ki postanejo magnetni dipoli in se obrnejo v smer magnetnih silnic. (Pohl, R.: *Einführung in die Physik*)

Poleg orbitalnega magnetnega polja ustvarja elektron še drugo, spinsko magnetno polje, prav kakor da bi se vrtel okrog svoje osi. To polje je vedno enako močno: vsi elektroni imajo enake

spinske magnetne dipole. Tudi jedra imajo magnetne dipole, ki pa so mnogo manjši od elektronskih. Izvori posameznih polj se sestavljajo v celoten magnetni dipol atoma. Pri tem so paroma usmerjeni v nasprotnih smereh in se zato večinoma izničujajo.

Če je snov plinasta ali tekoča, kažejo magnetni dipoli njenih molekul v vse smeri. V nekaterih trdninah, na primer v magnetitu, pa so delno poravnani. Palica iz magnetita, magnet, je utelešenje magnetnega dipola. Dva takšna magneta se med seboj pritegneta, odbijeta ali zasučeta, kakor pač sta že postavljena. Ko magnetu približamo kos čistega železa, se v njem prisotni magnetni dipoli deloma poravnajo: železo se namagneti in začuti privlak.

Tudi Zemlja je velik magnet, usmerjen približno vzdolž vrtilne osi. Izvor njenega polja so konvektivni tokovi staljenega železa v notranjosti, v katerih se vzbujajo in vzdržujejo električni tokovi. To je električni dinamo. Prosto obešena magnetna igla, kompas, se zato postavi v smer sever-jug. Tudi Sonce je obdano z magnetnim poljem, ki ga povzročajo tokovi v plazmi. Polja zvezd se združujejo v galaktična polja.

Elektromagnetni valovi

Izvori sevanja Kadar je snov dovolj vroča, recimo v plamenu ognja ali na Soncu, se ob trkih elektronski oblak marsikaterega atoma deformira in se nato povrne v prejšnjo obliko. Rečemo, da elektron s trkom preide iz osnovnega v vzbujeno stanje in potem spontano nazaj. Pri vračanju njegovo električno in magnetno polje vzvalovita. Motnja

ima obliko valovnega paketa, v katerem se obe polji prepletata, in zapusti atom. Rečemo, da elektron izseva delec elektromagnetnega valovanja, *foton*. Poleg atomov sevajo fotone še molekule, kadar se jim zmanjšata nihanje atomov ali hitrost vrtenja, ter prosti elektroni v plazmi, kadar se upočasnjujejo ob trkih z atomi in ioni. Tako seva, na primer, ionizirani medzvezdni plin blizu vročih zvezd.



Strele iz nevihtnega oblaka v tla. Spodnji del oblaka je naelektrjen pozitivno in tla negativno. Med njima steče električni tok, ki ionizira molekule v zraku. Ob rekombinaciji te sevajo svetlobo. (Anon)

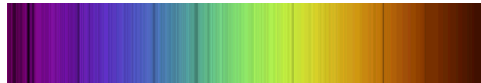
Fotoni se med seboj razlikujejo po tem, kako hitro valovijo, to je, kakšno frekvenco imajo. Višja kot je frekvenca fotona, krajša je njegova valovna dolžina in več energije nosi s seboj. Nekatere frekvence vidimo z očmi; to je vidna svetloba različnih barv. Bela svetloba je njihova pravnjna mešanica. Rdeča svetloba ima nižjo frekvenco kot vijolična. Rahlo nižje (infrardeče) frekvence začutimo s kožo kot toploto in rahlo višje (ultravijolične) nas porjavijo. Preostalih frekvenc, nizkih (radijski valovi) in visokih (žarki gama), s čutili ne zaznavamo. Vse vrste elektromagnetnih valov poimenujemo kar svetloba. Svetlobni žarki, to so dež fotonov.

Frekvenca izsevane svetlobe je odvisna od gibanja sevalca in opazovalca: če se oddaljujeta, je zmanjšana, in če se približujeta, je povečana. Sprememba frekvence narašča s hitrostjo.

Sevanje iz oddaljenih galaksij, ki se hitro oddaljujejo, je že močno spremenjeno.

Svetlobni spektri

Segreta gosta telesa, kjer so trki med atomi/ioni pogosti, na primer žareč kos oglja ali Sonce, sevajo fotone vseh frekvenc. Energija izsevanih fotonov na ploščinsko in časovno enoto ter njihova porazdelitev po frekvencah sta odvisna le od temperature telesa. Največ fotonov se izseva pri vršni frekvenci, ki s temperaturo narašča. Kos oglja v ognju žari najprej rdeče, potem rumeno in končno belo. Bolj je vroč, več fotonov oddaja. Sonce seva najmočneje zeleno in rumeno svetlobo, vendar ga – zaradi pravnje primesi drugih barv – z vrhov gora vidimo belega. Bolj vroče zvezde so modrikaste in bolj hladne so rdečkaste.



Sončni spekter. Bela sončna svetloba je mešanica iz raznobarnih sestavin, od rdeče do vijolične. Njihove valovne dolžine znašajo med 800 in 400 nanometri. Pri prehodu skozi trikotno stekleno prizmo se valovi razlomijo v spekter. Temne črte v njem kažejo, kateri valovi manjkajo, ker so se absorbirali v Sončevi zunanji plasti. (Canadian Space Agency)

Segreti razredčeni plini, kjer so trki med atomi/ioni redki, recimo izparjeni kristali soli v plamenu sveče, ne sevajo vseh frekvenc, ampak le izbrane. Vsaka vrsta atomov ali molekul ima svoj značilni nabor sevanih frekvenc, po katerih jih prepoznamo; to je njihov prstni odtis. Posamična frekvenca pripada ustreznemu prehodu sevalca iz višjega vzbujenega stanja v kakšno nižje stanje. Natrijeva para seva lepo

rumeno svetlobo. Ko zvezni spekter svetlobe prehaja iz notranjosti zvezde skozi njen plinski ovoj, tamkajšnji atomi absorbirajo svoje značilne frekvence in jih potem izsevajo na vse strani; v prepuščeni svetlobi zato umanjajo. S tem kaže snov svojo prisotnost.

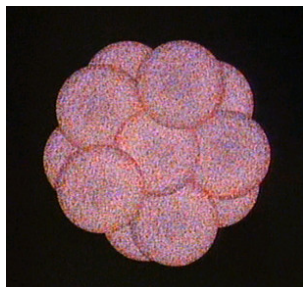
Svetloba in snov Ko prehaja svetloba skozi snov, njeno električno in magnetno polje vplivata na nabite delce, da povečajo svoje gibanje in nato preko trkov z okolico snov segrevajo. Kako to poteka, je odvisno od frekvence valov in od vrste snovi. Radijski valovi v kovinah poganjajo električne tokove in v nekovinah vrtijo polarne molekule. Infrardeča svetloba vzbuja nihanja atomov v molekulah in vidna svetloba elektronske prehode v atomih. Ultravijolična svetloba in žarki gama pa izbijajo proste elektrone iz kovin ter zunanje in notranje elektrone iz vseh vrst atomov. Kolikor večje so spremembe, toliko več fotonov se pri tem porabi in izgine. Pravimo, da se svetloba absorbira.

Zemeljsko ozračje je prepustno za vidno sončno svetlobo. Ko ta vpada na tla, se večinoma absorbira. Segreta tla sevajo predvsem infrardeče valove, vendar je ozračje zanje povečini neprepustno in se zato od njih segreva. Najbolj so za to krive molekule vodne pare in ogljikovega dioksida. Brez njih bi bilo na Zemlji precej bolj mrzlo.

Protoni, nevtroni in nevtrini

Zgradba jedra Jedra so sestavljena iz drobnih okroglih delcev, *nukleonov*. Vsak nukleon je obdan s poljem *jedrske sile*, ki privlači druge nukleone. Sila ima kratek doseg. Ali je to prava sila ali morda zgolj

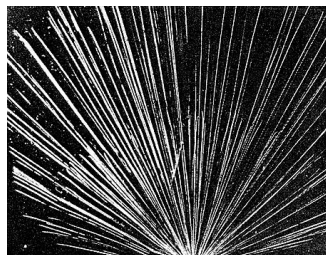
zunanjemu preostane kakšna druga sila med notranjimi deli nukleonov, na tej gradniški stopnji ni pomembno. Nukleonov je dvoje vrst: prvi, *protoni*, so obdani še s poljem električne sile, drugi, *nevtroni*, pa ne. Tako se protoni in elektroni privlačijo z električno silo, nevtroni in elektroni pa drug na drugega ne vplivajo. V jedru je natanko toliko protonov, kot je elektronov v oblaku. Naboj protona je nasprotno enak naboju elektrona. Nevtronov je približno toliko, kot je protonov. So malta, ki preprečuje, da bi se pozitivno nabiti zidaki razleteli na vse strani. Jedra istega elementa imajo enako število protonov, po številu nevtronov pa se lahko razlikujejo. Pravimo, da so to njegovi *izotopi*. Najmočnejše so zvezana jedra železa. Tako protoni kot nevtroni imajo lastne magnetne dipole, ki prispevajo k dipolu jedra.



Atomsko jedro ogljika, kakor si ga zamišljamo. Jedro je sestavljeno iz 6 protonov in 6 nevtronov. Premeri atomskih jeder so stotisočkrat manjši od premerov atomov. (Morrison, P.: *Powers of Ten*)

Radioaktivnost Ker ima jedrska sila kratek doseg, so velika jedra šibko zvezana in spontano razpadajo. Uran 238 (številka pove, koliko ima nukleonov) v kamninah razpade tako, da izstrelimo stabilno gručo dveh protonov in dveh nevtronov, helijevo jedro. To je *radioaktivnost* alfa, ki segreva notranjost Zemlje. Podobno razpadajo tudi nekateri drugi težki elementi. Nastali element je lahko tudi sam

nestabilen in razpada naprej. Tako nastanejo razpadne verige vse do zadnjih, stabilnih produktov.



Žarki alfa. Košček radioaktivne snovi oddaja delce alfa (helijeve jedra), ki puščajo kondenzacijske sledi v meglični komori. Sled izgine, ko se delec zaradi trkov z okolico upočasni in ustavi. (Cavendish Laboratory, Cambridge)

Nevtroni niso obstojni, ampak občasno razpadajo na protone in elektrone. To v večini jeder ni nič hudega, saj bližnji protoni sproti polovijo nastale elektrone ter se spremenijo v nevtrone. Sestava jedra zato ostaja nespremenjena. Če pa jedro vsebuje velik presežek nevtronov nad protoni, kakšen nevtron le uspe razpasti. Jedro se spremeni (dobi nov proton), pri čemer izseva elektron ter (skoraj) brezmasni in električno nevtralni delec, *neutrino*. Tako razpada na primer ogljik 14 v odmrlih rastlinah. To je radioaktivnost beta.

Po razpadu alfa ali beta je jedro ponavadi v vzbujenem stanju. Ko se povrne v osnovno stanje, izseva visokofrekvenčni foton gama. Primer je kobalt 60 po razpadu beta. To je radioaktivnost gama. Pri njej se jedra ne spreminjajo.

Pri vsaki radioaktivnosti se število začetnih radioaktivnih jeder počasi zmanjšuje. Čas, v katerem pade na polovico, je neodvisen od začetnega števila jeder in je značilnost

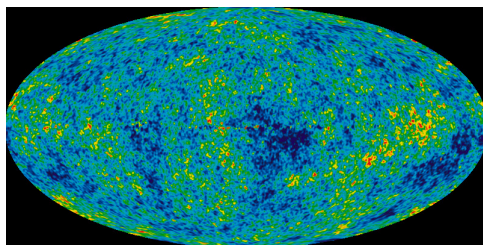
posameznega elementa. To je njegov razpolovni čas.

Zlivanje jeder V notranjosti Sonca in zvezd so temperature plazme tako visoke, da gola vodikova jedra, protoni, ob trkih premagujejo medsebojno električno odbojnost in prihajajo v doseg jedrske sile. Ta jih združuje - zliva - z velikim tleskom in okolica se segreva. Končni izid po več raznovrstnih trkih je, da iz štirih protonov in dveh elektronov nastane helijevo jedro. Pri tem se rodijo žarki gama in nevtrini. Plazma se najprej segreva in nato ohlaja z izsevanjem fotonov; ti si izkomoščijo svojo pot na površje in tako zvezde sevajo. Z nadaljnjimi trki v sredici nastajajo tudi težja jedra.

Razvoj sveta

Veliki pok Nekoč je bilo celotno vesolje majhna, gosta in vroča kepa protonov, nevtronov, elektronov, nevtrinov in fotonov, ki se od takrat širi in ohlaja. Najprej so se nukleoni zaradi jedrske sile začeli združevati v jedra: večina protonov je ostala prostih, manjšina pa se je z nevtroni združila v helijeva jedra. Pri tem nastali nevtrini so se pridružili že obstoječim in odtlej živeli brez omembe vrednih stikov s preostalo snovjo. Nato so se jedra in elektroni zaradi električne sile združili v atome. S tem je postala snov prosojna za svetlobo in obstoječi fotoni so, po zgledu nevtrinov, tudi zaživeli bolj ali manj svobodno. Slednjič so se plinski oblaki iz atomov zaradi gravitacijske sile zgostili v galaksije, zvezde in planete.

S širjenjem vesolja so se raztezali tudi prvobitni fotoni in iz fotonov gama postali mikrovalovi. Danes prežemajo vse vidno vesolje kot ostanek velikega poka.



Mikrovalovno sevanje iz celotnega neba. Sevanje je zgoščeno okrog valovne dolžine 2 milimetra. Prikazana so odstopanja od povprečne jakosti. Ta odstopanja so manjša od tisočinke. Sevanje je preostanek velikega poka pred 14 milijardami let. (NASA - National Aeronautics and Space Administration)

Življenje zvezd Kakor vidimo okrog sebe otroke, odrasle in ostarele ljudi, tako vidimo v vesolju tudi zvezde vseh starosti. Pri veliki večini sta izsev - energija izsevanih fotonov iz celotne površine na časovno enoto - in temperatura tesno povezana: bolj vroče zvezde imajo tudi večji izsev. To so odrasle zvezde, ki se dolgo časa ne spreminjajo. Večina preostalih zvezd pa je dveh vrst: prve imajo nizko temperaturo in velik izsev (*rdeče velikanke*) in druge visoko temperaturo in nizek izsev (*bele pritlikavke*). Oboje so ostarele zvezde.

Zvezde nastajajo iz plinskih oblakov, ki se zgostijo zaradi lastne gravitacije in pri tem toliko segrejejo, da se v njih vžgejo jedrske reakcije. Tedaj je gravitacijski privlak ustavljen z nasprotnim pritiskom plazemskega in ftonskega plina. Usoda zvezde je povsem določena z njeno

začetno maso. Če je masa premajhna, se nastajajoča zvezda sploh ne prižge. Večja kot je masa, močnejše zvezda seva in krajše je njeno življenje. Zvezda z maso Sonca se proti koncu življenja napihne v hladno rdečo velikanko z vročim jedrom; ko zmanjka goriva (najprej vodika, potem helija in nazadnje ogljika), se jedro sesede v belo pritlikavko z golimi atomi, ovojnico pa odpihne kot meglico v medzvezdni prostor. Bela pritlikavka še nekaj časa sveti in na koncu ugasne; postane *črna pritlikavka*. Zvezda z dosti večjo maso od Sončeve pa se na koncu, ko porabi gorivo, najprej sesede in segreje, nato pa eksplodira s silno močjo. Pri tem nastajajo najtežji elementi. To je *supernova*, ki za kratek čas zasveti kot cela galaksija. Njen preostanek je gosta *nevtronska zvezda*. V njej so vsi elektroni potisnjeni v protone. Zelo masivne supernove končajo kot *črne luknje*: prostor okoli sebe tako ukrivijo, da iz njega ne more pobegniti niti svetloba.



Eksplodizija supernove. Leta 1054 je na nebu za kratek čas zablestela nova zvezda. Njen preostanek je danes viden kot razpenjajoča se meglica s premerom 10 svetlobnih let. (NASA - National Aeronautics and Space Administration)

Razvoj planetov

Planetni sistem zvezde se rojeva skupaj z njo iz istega vrtečega se oblaka. Hladni delci v zunanjem delu oblaka se ob trkih sprjemljejo in rastejo. Ko so dovolj veliki, z gravitacijo privlačijo manjše kose in pometajo svojo pot. Končno jih

povečana gravitacija stisne v krogle, pri čemer se njihova notranjost segreje. Nastanejo planeti. Kamniti planeti, kakršna je Zemlja, se zaradi vročine stalijo, lažje snovi se dvignejo na površje in težje potonejo. Sčasoma se površina s sevanjem ohladi in strdi. Medtem se osrednje sonce prižge, izpari preostali prah v svoji okolici in z vetrom iz nabitih delcev odpihne pline. Če je kakšen planet pravšen, se na njem polagoma razvije življenje. In vsaj na enem planetu v vesolju se je izoblikovala tehnološko napredna civilizacija ter spoznala dovršen del sveta in svoje mesto v njem. Lahko nas veseli, da smo njen del. □

Ponatis iz: *Življenje in tehnika*, 2013, No. 11, pp. 34-40 in No. 12, pp. 28-35.