

# Energija

*Energija se pojavlja v dveh tipičnih oblikah. Pozitivne oblike energije (elektromagnetno valovanje, kinetična energija ...) ustvarjajo dinamiko vesolja. Negativne oblike energije (vezalne energije) s svojo zmožnostjo povezovanja omogočajo ustvarjanje in obstoj snovi.*

Energija je mlad pojem, ki se ga uporablja šele kakih dvesto let. Pogled na energijo se še oblikuje. Za začetek si na primeru skušam ustvariti osnovno predstavo o energiji.

Zamislim si padec asteroida na Zemljo. Namišljen asteroid se počasi približuje našemu planetu. Ko se mu dovolj približa, ga pritegne njegovo gravitacijsko polje in asteroid pade nanj.

Opazovani asteroid naj bo trden in odporen na visoke temperature. Ob padcu na Zemljo se zaradi trenja z zrakom sicer segreje, vendar naj zaradi odpornosti ne zgori. Asteroid torej tudi ob padcu ohranja svojo maso in obliko.



V primeru padca asteroida se potencialna energija pretvori najprej v kinetično in nato v toploto.

Slika 2.1

Potencialna energija asteroida se ob njegovem padcu spremeni v kinetično, ko zaide v ozračje, pa se zaradi trenja z zrakom njegova kinetična energija spremeni v toploto. Pojav opazimo kot utrinek na nebu.

Po padcu asteroida nastane toplota, ki je po količini energije enaka zmanjšanju potencialne energije.

*Kaj je vesolje žrtvovalo za nastalo toploto?*

Po padcu asteroida ugotavljam dvoje:

- vesolje je **bogatejše** za nekaj toplote in
- **siromašnejše** za nekaj potencialne energije.

Obogatitev vesolja s toploto je merljiva in predstavljiva. Težje si predstavljam, kaj pomeni, da je vesolje siromašnejše za nekaj

potencialne energije. Ne vem, s koliko potencialne energije je vesolje razpolagalo na začetku in koliko le-te je v vesolju ostalo po padcu asteroida.

Ne razmišljam namreč, koliko potencialne energije je v vesolju in ali je lahko zmanjka. Vedno nas zanima le razlika, na primer za koliko se je spremenila potencialna energija asteroida ob padcu na Zemljo.

Pojem potencialne energije praviloma uporabljamo tako, da si svobodno izberemo neko izhodiščno nično potencialno energijo. Tak svoboden izbor nične potencialne energije pa pomeni, da nam celotna **potencialna energija vesolja ne predstavlja neke trajne vrednosti**.

Sprašujemo se na primer, kakšna je masa celotnega vesolja, redko pa si zastavljamo vprašanje, kakšna je količina vse potencialne energije vesolja. Potentialna energija je nekaj prikritega.

Zastavlja se torej vprašanje, kaj trajno prepoznavnega je vesolje žrtvovalo za nastanek toplote pri opisanem padcu asteroida.

## Pojavne oblike energij

Vesolje za nastanek toplote v opisanem primeru morda res ni žrtvovalo nič trajno prepoznavnega. Toda posledično se takoj zastavlja vprašanje, ali je bila toplota ob padcu asteroida mogoče ustvarjena kar tako, iz nič?

Bolj verjetno kot to, da je toplota nastala iz nič, je, da je vesolje za nastanek toplote žrtvovalo nekaj, kar v njem sicer trajno obstaja, vendar mi tega ne zaznavamo kot trajno vrednoto. Videenje vesolja preko zaznav nam, kot je bilo povedano v prvem poglavju, omejuje celovit pogled na vesolje. Vesolje je za nastanek toplote lahko žrtvovalo nekaj prikritega.

### *Kinetična in prožnostna energija*

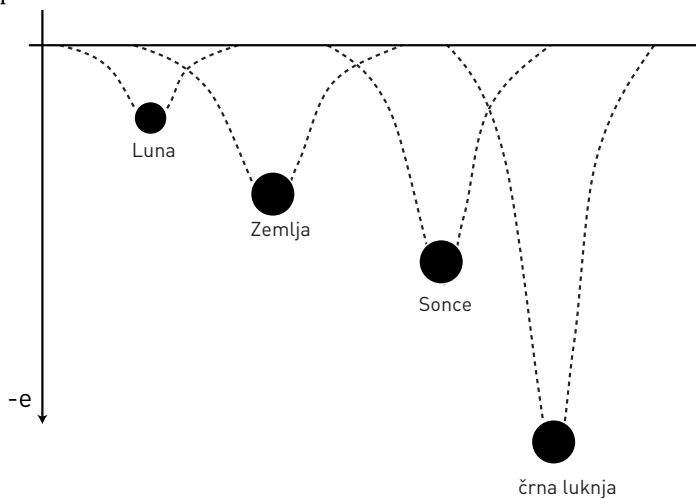
Lažje kot potencialno si znamo predstavljati kinetično energijo. Kadar neki masni delec drvi po prostoru in naleti na oviro, želi s silo obdržati hitrost in smer leta. S silo na poti poskuša odstraniti oviro in ohraniti hitrost, s tem pa opravlja delo. Kinetična energija se tako pretvarja v opravljeno delo.

Delo lahko opravlja tudi prožnostna energija, ki jo ima urina vzmet.

Z opravljanjem dela tako gibajoči delec kot vzmet izgubljata energijo. Ko se delec ustavi in ko se vzmet odvijje, delec in vzmet nimata več energije in nista več sposobna opravljati dela. Oblike energij so torej bolj in manj predstavljive.

### *Potencialna energija je hipotetična danost*

Ni nujno, da omenjeni asteroid pade ravno na Zemljo. Lahko pade na Luno, na Sonce ali v črno luknjo, kot to kaže Slika 2.2, ali pa nikamor.



Slika 2.2

Kakšno potencialno energijo ima asteroid v teh primerih, je odvisno od tega, kam je namenjen. Gravitacija nebesnih teles ter s tem tudi potencialna energija in globina padca asteroida sta v različnih primerih različna.

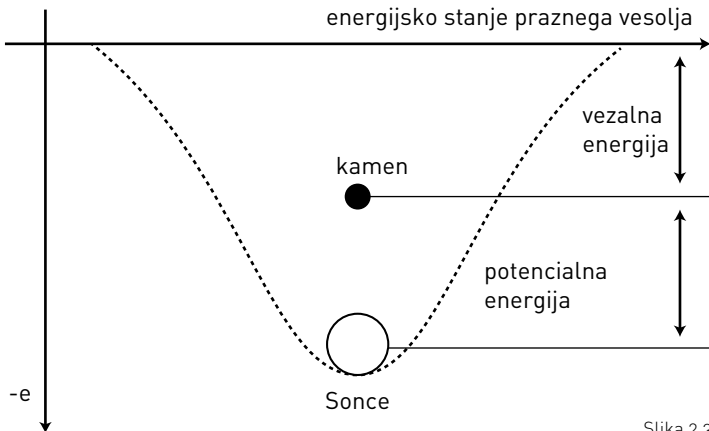
Ocena količine potencialne energije, ki jo premore v vesolju tavajoč asteroid, je torej odvisna od tega, kam bo asteroid padel, če bo sploh kam padel. Potentialna energija je torej le hipotetična možnost morebitnih energijskih sprememb.

### *Vežalna energija*

Hipotetične vrednosti energij so pogosto obvladljive le z uporabo verjetnostnega računa. Iščem torej bolj enoumen pogled na energijska stanja, kot mi ga daje pojem potencialne energije. Iščem pogled na energijo, ki bo čim manj odvisen od verjetnosti in izhodišč oziroma predpostavk.

O energiji asteroida lahko razmišljam na dva načina. Razmišljam lahko:

- kaj se z asteroidom hipotetično lahko dogodi ali
- kaj se z asteroidom v energijskem smislu že dogaja.



Slika 2.3

Tisto, kar se v energijskem smislu asteroidu že dogaja in je mogoče tudi enoumno meriti, je njegov padec do določene globine, kot to prikazuje Slika 2.3.

Po praznem prostoru tavajoč asteroid, ki ni vezan na kakršno koli gravitacijsko polje, je svoboden. Toda s padcem asteroida do določene globine v gravitacijsko polje, na primer s padanjem proti Soncu, ta postane ujetnik gravitacije, v tem primeru Sončeve. Ujetništvo asteroida je resnično in merljivo, ne le hipotetično.

### *Vezalna energija je energijski dolg*

Vezalna energija ni sposobna opravljati dela. Celo več, če hoče asteroid po padcu v gravitacijsko polje gravitaciji pobegniti, mora od nekje dobiti povrnjen tisti del energije, ki se je ob padanju v gravitacijskem polju spremenil v kinetično energijo ali v toploto.

Asteroid lahko dobi vrnjeno potencialno energijo na primer tako, da ne pade na površino Sonca, ampak Sonce le obide.

V primeru oddaljevanja asteroida od Sonca po obkrožitvi le-tega, se hitrost asteroida zaradi gravitacije zmanjšuje. Kinetična energija se s tem spreminja nazaj v potencialno in na koncu morda osvobodi asteroid ujetništva Sončeve gravitacije.

Od količine vezalne energije kometa je odvisno, koliko energije je treba kometu zagotoviti, da ga osvobodimo gravitacijskih polj.

Vezalna energija je fizikalno jasno opredeljen pojem, zato v nadaljevanju namesto hipotetične potencialne energije uporabim pojem vezalne energije, ki mi omogoča enoumno opisovanje energijskih stanj.

### *Padec asteroida ustvari toplotno in vezalno energijo*

Na osnovi pojma vezalne energije, ob opuščanju pojma potencialne energije, lahko na Sliki 2.1 prikazan primer enoumno opišemo takole: Ob padcu asteroida na Zemljo:

- se ustvari energija v obliki toplote,
- vzporedno s toploto se ustvari tudi energijski dolg v obliki vezalne energije.

Ob padcu asteroida lahko govorim o v paru nastali toploti in energijski zadolženosti v obliki vezalne energije.

## Pozitivne in negativne oblike energije

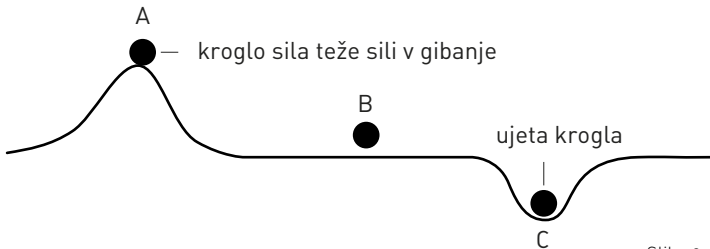
*Slovar slovenskega knjižnega jezika* pravi, da je energija sposobna opraviti delo. To vsekakor velja za kinetično energijo, toploto, prožnostno energijo in tudi za nekatere druge oblike energije.

Ob padcu asteroida na Zemljo pa opažam tudi vezalno energijo, ki je v fizikalnem smislu prepoznavna energijska danost, vendar ni sposobna opravljati dela.

*Sposobnost opravljati delo je le ena od lastnosti energij*

Na Sliki 2.4 je prikazan primer treh krogel z različnimi lastnostmi, ki izhajajo iz njihovih energijskih stanj.

Kroglo A sila teže z vrha grbine spodbuja h gibanju po klancu navzdol. Energija krogle A je sposobna opraviti delo.



Slika 2.4

Krogla B leži na ravnini. Nanjo zato ne deluje nobena sila, ki bi jo spodbujala h kotaljenju. Nobena sila je pri kotaljenju tudi ne ovira. Če na kroglo B deluje neka zunanja sila, začne krogla po ravnini slediti zunanji sili.

Potencialna energija bo krogli B mogoče (ali tudi ne) ponujena, če se bo po naključju pojavila na robu kotalnje. Če se tam ne bo pojavila, iz kotalnje izhajajoča potencialna energija zanjo nima nobenega pomena.

Krogla C na Sliki 2.4 leži v energijski kotalnji. Na dnu kotalnje ima krogla najmanjšo možno energijo glede na geometrijske danosti in glede na obstoječe gravitacijsko polje.

Krogla C na dnu kotalnje nima nobene potencialne energije, ima pa prepoznavno količino vezalne energije.

Vezalna energija kroglo C ovira pri gibanju. Skušala jo obdržati na dnu kotalnje, tudi takrat, kadar jo skušamo premakniti z zunanjo silo.

Krogla C lahko kotalnjo zapusti le tako, da ji od zunaj dovedemo manjkajočo energijo. Dovedena energija ji namreč omogoči dvig iz kotalnje nazaj na ravnino. Krogla C je torej ujetnik energijske kotalnje.

Krogla C se na dnu kotalnje ne more niti svobodno gibati, kaj šele da bi bila sposobna opravljati kakršno koli delo.

### *Energijsko stanje krogel A, B in C je različno*

Energijska stanja krogel A, B in C so naslednja:

- Krogla A **je energijsko obogatena**. Težnja narave k zmanjšanju energije kroglo sili v gibanje po strmini navzdol. Krogla A je na svoji poti sposobna opravljati delo.
- Krogla B **je energijsko nevtralna**. Ne vsebuje energije niti ni obremenjena z vezalno energijo. Energijska nevtralnost ji omogoča svobodo. Njeno energijsko stanje je niti ne sili h gibanju niti je pri tem ne ovira.



- Krogla C je **energijsko osiromašena**. Njena energijska zadolženost, vezalna energija, jo veže na dno kotanje.

Za celovito razumevanje energijskega dogajanja moram pojem energije razširiti, saj ugotovitev, da je energija sposobna opraviti delo, ne opisuje vseh lastnosti energije.

Na osnovi opisanega primera lahko zaključimo dvoje:

- **energija je** v nekaterih primerih **sposobna opravljati delo**,
- v primeru **vezalne energije** energija predstavlja **vezivo**.

### *Dve energijski danosti vesolja*

Energije, ki so sposobne opravljati delo in vezalne energije so si v osnovnih lastnostih podobne. Tako ene kot druge oblike energije ustvarjajo vesolje. Po drugi strani pa se nekatere lastnosti energije in vezalne energije pomembno razlikujejo. Prav je, da te razlike poudarimo.

Da bi ločevali energijo od vezalne energije, ju je smiselno ločevati že pri označevanju. Pojem energije, ki ga običajno označujemo s črko E, zato razgradim v dva pojma:

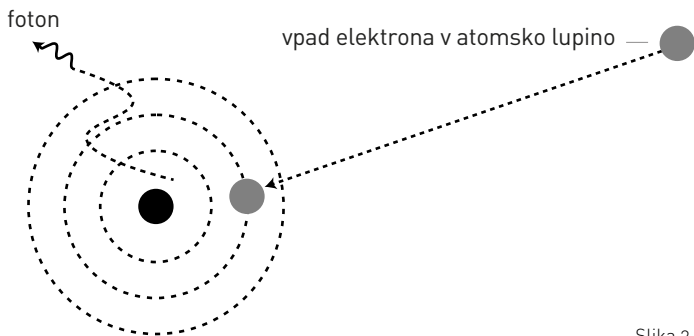
- kadar govorim o pozitivnih oblikah energije, energijah, ki so sposobne opravljati delo, jih označim z  ${}^w\mathbf{E}$ ,
- kadar govorim o vezalni energiji, to je energiji, ki ne more opravljati dela, o energiji, katere vloga je povezovanje (na primer snovnih tvorbo), jo označim z  ${}^b\mathbf{E}$ .

${}^w\mathbf{E}$  in  ${}^b\mathbf{E}$  sta torej dve komplementarni obliki energije, vsaka s svojo pojavno obliko in vsako s svojo vlogo in namenom.

### *Padec elektrona v atomsko lupino*

Predstavo o prepletenosti in povezanosti takega energijskega dogajanja, ki vsebuje tako pozitivno obliko energije ( ${}^w\mathbf{E}$ ) kot ve-

zalno energijo ( ${}^bE$ ), nam lahko poglobi primer ujetega elektrona v atomski lupini na Sliki 2.5.



Slika 2.5

Kadar se elektron ujame v atomsko lupino, se zgodi dvoje:

- atom odda foton ( ${}^wE$ ), ki odpotuje po vesolju in
- ustvari se vezalna energija ( ${}^bE$ ), ki poveže elektron in atomsko jedro v skupno celoto.

Ob padcu elektrona v krožnico atoma nastaneta foton in enaka količina negativne vezalne energije. Elektron ne more zapustiti atoma, dokler ga na njegovo jedro veže vezalna energija.

Elektron lahko zapusti atom tako, da od nekje dobi manjkajočo energijo. Foton se na primer lahko vrne, zadene v elektron in ga izbije iz krožnice atoma.

Akcija in reakcija, vzpon in padec, poskus in napaka, nato pa sprememba – to je ritem našega življenja. Iz prevelikega samozaupanja strah, iz strahu bolj jasan pogled na nov up. Iz upa napredek.

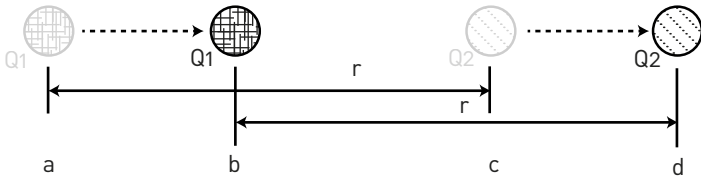
— Bruce Barton

Tako kot se ob vpadu elektrona v atomsko lupino v paru ustvarita foton in vezalna energija ( ${}^w\mathbf{E}$  in  ${}^b\mathbf{E}$ ), tako se ob zbitju elektrona iz atomske lupine vrtni foton in vezalna energija medsebojno izničita.

## Energijska stanja prostora

Za celovito razumevanje energije je enako pomembno razumevanje podobnosti med oblikami energij kot razumevanje njihovih medsebojnih razlik. Ob naslednjem primeru razmišljam, kaj skupnega lahko opazim pri vseh oblikah energije.

Na Sliki 2.6 je prikazan pozitiven električni naboj  $Q_1$ , ki je v hodišču na točki a. Drugi pozitiven električni naboj  $Q_2$  je na točki c.



Slika 2.6

Naboj  $Q_1$  ustvarja v točki c električno polje  $E = Q_1/(4\pi\epsilon r^2)$ . Naboj se zato med seboj odbijata s silo  $F = E \cdot Q_2$ .

V nadaljevanju naboj  $Q_1$  potisnem iz točke a v točko b. Naboj  $Q_2$  tačas miruje v točki c. Ker med nabojema deluje odbojna sila, moram pri potiskanju naboja  $Q_1$  premagovati neko silo na neki poti. V fizikalnem smislu torej opravljam delo. Nabojema s potiskanjem naboja  $Q_1$  proti naboju  $Q_2$  dodajam energijo.

Nabojema se s premikom naboja  $Q_1$  proti naboju  $Q_2$  poveča skupna elektrostatična energija v vrednosti opravljenega dela.

V drugem delu poskusa naboju  $Q_2$  omogočim premik iz točke c v točko d. Ker na naboj  $Q_2$  deluje odbojna sila v smeri gibanja,

naboj  $Q_2$  na poti iz točke c v točko d lahko opravlja delo. Naboj  $Q_2$  v času gibanja vrača v premik naboja  $Q_1$  vloženo energijo. Ob premiku iz točke c v točko d naboj  $Q_2$  opravi toliko dela, kolikor energije sem pred tem vložil v premikanje naboja  $Q_1$  iz točke a v točko b.

Po premikih obeh nabojev se vzpostavi začetno energijsko stanje. Naboj sta ob koncu poskusa enako oddaljena, kot sta bila na začetku poskusa, nanju deluje enaka sila in vsebujeta enako količino energije.

### *Energija in energijsko polje*

Energijo, ki sem jo v prvem delu poskusa (s premikanjem naboja  $Q_1$ ) vložil v naboj  $Q_1$ , je vrnil naboj  $Q_2$ . Energija je z naboja  $Q_1$  prešla na naboj  $Q_2$ . Pri tem sta bila naboja ves čas oddaljena drug od drugega, med njima je bil ves čas prazen prostor.

Ker je energija prešla z enega naboja na drugega, to pomeni, da prostor okrog nabojev ni energijsko nevtralen. Prehod energije z enega naboja na drugega si lahko predstavljam le tako, da prostor med njima vsebuje neko energijo v obliki elektrostatičnega energijskega polja.

### *Energija preplavlja prostor*

Elektrostatični naboj omogoča ujetost elektrostatične energije okrog naboja. Ujeta energija ni le v točki naboja, temveč je predvsem v prostoru v okolici naboja, in sicer v obliki energijskega polja.

Dokler je neki naboj v prostoru sam, te energije ne more niti oddati niti sprejeti, zato energije v prostoru ne opazim. Kadar pa se v bližini tega naboja pojavi še en naboj, se ta znajde v električnem polju prvega naboja, pri čemer opazimo, kako energija električnega polja preplavlja prostor.

Vsak delček navidezno praznega prostora torej lahko vsebuje energijo v obliki energijskega polja.

## Energijska valovanja

Drug primer energijske napolnitve prostora opazim, kadar z električnim tokom v neko kovino ritmično dovajam in iz nje odvajam električni naboj; dobim anteno radijskih valov.

V vesolje usmerjeno anteno radijskega oddajnika za kratek čas spustim električni signal. Antena odda elektromagnetni val, kot to prikazuje Slika 2.7.



energijski valovi

Slika 2.7

Elektromagnetni valovi potujejo po vesolju še dolgo po tem, ko antena neha oddajati signal.

Prostor torej ne vsebuje le elektrostatičnih oblik energijskih polj. Opažamo tudi različne oblike energijskih valovanj in nihanj. Tudi svetloba je na primer ena od oblik elektromagnetnega energijskega valovanja.

Svetloba ali druga elektromagnetna valovanja za svoje valovanje ne potrebujejo medija, ne potrebujejo neke snovne osnove, ki bi valovala (zraka, vode, etra ...). Elektromagnetno valovanje preprosto pomeni energijsko zapolnitev prostora.

## Energijska razsežnost prostora

Vsaka točka v prostoru torej lahko vsebuje energijo v obliki energijskega polja. Vsaka točka prostora mora zato imeti pripadajoče lastnosti, ki omogočajo gostovanje energije v njej. Lastnosti prostora, ki omogočajo gostovanje energije v njem, lahko pojmuje mo kot energijsko razsežnost prostora.

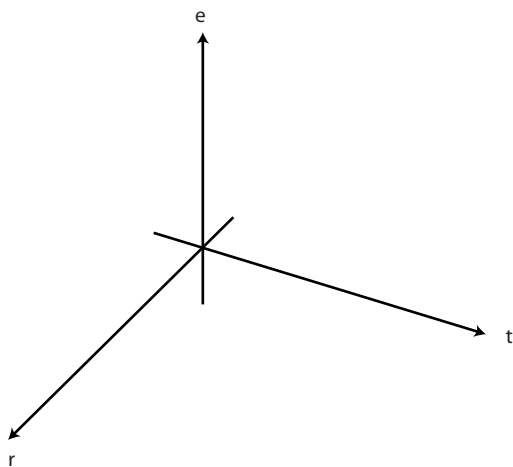
Energijske zakonitosti prostora niso pogojene s tem, ali v neki točki energija obstaja ali ne. So generične lastnosti prostora kot takega. Namen energijske razsežnosti prostora je, da omogoča nastanitev energije v prostoru.

### *Prostor ima več kot tri razsežnosti*

Vsako točko prostora določajo tri prostorske koordinate  $(x, y, z)$ . Prostor omogoča, da se v vsaki točki prostora pojavijo energijska polja. Prostor mora zato poleg treh prostorskih razsežnosti (in časovne razsežnosti kot četrte) imeti še peto, to je energijsko razsežnost **e**. Ta omogoča in dovoljuje, da se v vsaki točki prostora **naseli** energijsko polje, zato jo imenujem **energijska razsežnost prostora**.

### *Večrazsežni koordinatni sistem*

Energijsko razsežnost prostora lahko ponazorim v obliki koordinate v koordinatnem sistemu, kot prikazuje Slika 2.8.



Slika 2.8

Kadar hočemo ustvariti nekaj velikega, moramo tudi sanjati, ne le delovati; treba je verjeti, ne le načrtovati.

— *Anatole France*

Tri prostorske koordinate ( $x$ ,  $y$  in  $z$ ) prikažem na eni koordinatni osi v obliki krajevnega vektorja  $r$ , čas prikažem na drugi koordinatni osi, na osi  $t$ .

Če energijske razsežnosti prostora, ne glede na to, koliko jih je in kakšne so, združim na podoben način kot prostorske, dobim energijsko razsežnost prostora  $e$ .

## Zakovitosti energijske razsežnosti prostora

Tako kot prostorske razsežnosti temeljijo na osnovnih prostorskih aksiomih, ki jih opisuje geometrija, v primeru energijske razsežnosti prostora opazim osnovne energijske zakonitosti. V nadaljevanju so opisane izstopajoče med njimi.

### *Energijski vozli in pripadajoča energijska polja*

Elektrostatični naboj, na primer negativni naboj elektrona, je v točki zgoščena elektrostatična energija. Tudi masa elektrona je navsezadnje ena od oblik energije ( $E = mc^2$ ), ki je v tej točki.

Oblike energij, ki so zavozlane v točki, pa niso le lastnost te točke. Vsak energijski vozle, energijski naboj v svoji okolici ustvarja energijsko polje, kot to prikazuje Slika 2.9.



Slika 2.9

Meritve kažejo, da gostota energijskega polja okrog energijske točke pada s kvadratom oddaljenosti od opazovane energijske točke.

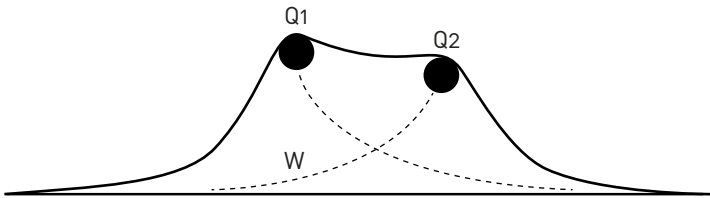
Zakovitost padanja energijskega polja okrog energijske točke (energijske singularnosti) pomeni minimalno energijsko stanje opazovane energijske točke in polja okrog nje.

### *Narava teži k minimalni energiji*

Energija, tako energijski vozli kot njim pripadajoča energijska polja, se v prostoru v okviru danih možnosti vsakič namesti tako, da je skupna energija polja čim manjša.

V primeru nabojev  $Q_1$  in  $Q_2$ , ki ju prikazuje Slika 2.10, opazim, da zblíževanje dveh istosmernih električnih nabojev zahteva dodajanje energije, oddaljevanje pa nabojev zmanjšuje njuno skupno energijo. Narava teži k zmanjševanju energije ter s tem naboja sili k razmikanju.





Slika 2.10

Energijsko polje v prostoru se s premikanjem nabojev preoblikuje. Vsak delček energijskega polja išče in se skuša umestiti tako, da zmanjšuje skupno energijo opazovanega polja.

V primeru več energijskih vozlov v prostoru, kot prikazuje Slika 2.10, se obdajajoče skupno energijsko polje vsakič uredi v minimalno energijsko stanje.

### *Sila udejanja težnjo narave k zmanjševanju energije*

**Sila** je mehanizem oziroma način, ki premika ali skuša premikati energijske vozle in energijska polja po prostoru in s tem udejanja zmanjševanje energije.

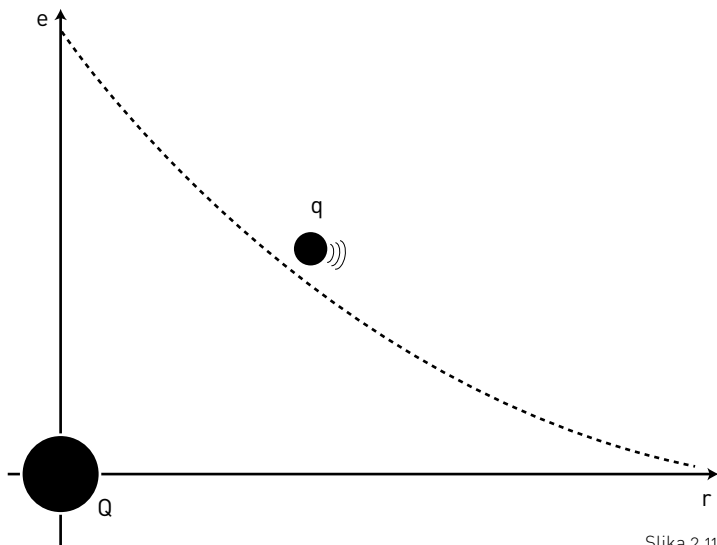
Če v naravi ne bi delovala sila, bi bila težnja narave po minimalni energiji le neuresničljiva iluzija.

### *Energijske poševnine*

Energijska polja v prostoru in težnjo narave k zmanjševanju energije si lahko predstavljamo kot energijske naklone prostora.

Nekje v prostoru si zamislim električni naboj  $Q$ , obdan z elektrostatično energijo, kot to prikazuje Slika 2.11.

Na različnih oddaljenostih od naboja  $Q$  ima prostor različno energijsko gostoto.



Slika 2.11

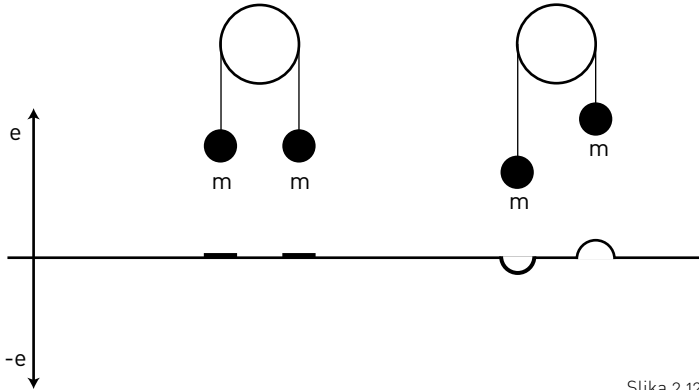
Naklon (gradient) energijske gostote si lahko predstavljam kot energijsko zakrivljen prostor.

Kadar se na tem energijskem naklonu znajde drug energijski vozle (naboj  $q$ ), ga sila poriva po energijskem naklonu v smeri zmanjševanja energije.

## Vežalna energija

Na osnovi pridobljenih spoznanj o lastnostih energijskih poljih si skušam poglobiti predstavo o energiji s še enim primerom.

Zamislim si dve uteži, obešeni čez škripec, kot kaže leva stran Slike 2.12. Uteži sta enako težki in na isti višini. Posledično imata obe enako potencialno energijo, ki jo na energijskem diagramu, prikazanem na dnu Slike 2.12, označim kot nično potencialno energijo.



Slika 2.12

V nadaljevanju uteži zamaknem tako, kot kaže desna stran Slike 2.12. Če odmislim trenje in druge energijske izgube pri premiku uteži, je skupna energija levega in desnega sistema uteži enaka. Skupna potencialna energija obeh uteži se s premikom uteži ne spremeni.

S spremembo položaja uteži pa se spremeni potencialna energija posamezne uteži. Energijski diagram pod desnim škripcem zato prikazuje zmanjšano energijo leve uteži in povečano energijo desne.

Potencialna energija posamezne uteži se po njunem zamiku razlikuje, skupna potencialna energija obeh uteži pa ostaja ves čas enaka.

### *Razširitev modela na energijsko ravnino*

Sliko energijskega prostora, ki ga v zelo poenostavljeni obliki prikazuje model uteži na Sliki 2.12, v nadaljevanju posplošim.

V posplošenem modelu naj vodoravna ravnina predstavlja energijsko homogen (zaradi lažjega razumevanja dvorazsežni) prostor, prostor, v katerem vsaka točka vsebuje enako količino

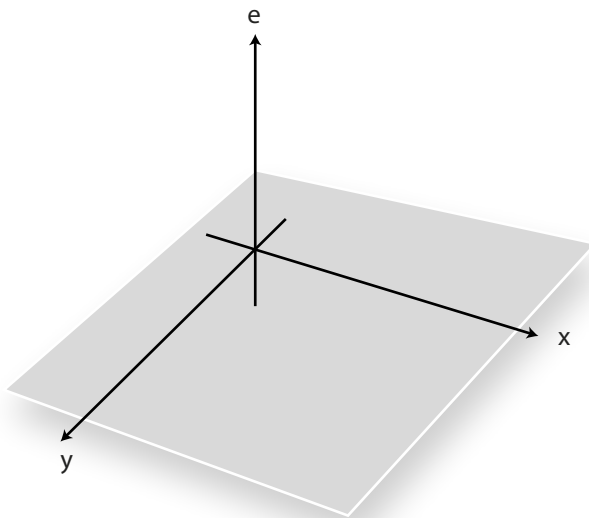
energije. Tak prostor je na primer prazen prostor, ki ne vsebuje nobene energije in nobenih snovnih delcev.

Tako kot na Sliki 2.12 pod levim škripcem enako energijsko stanje obeh uteži predstavlja premica, tako v diagramu na Sliki 2.13 enako energijsko stanje prostora predstavlja energijska ravnina.

V energijsko homogenem prostoru, na primer v praznem prostoru, imajo vse točke opazovane ploskve enako energijsko vrednost ( $e$ ) v navpični smeri, kot to prikazuje Slika 2.13.

V splošnem prostor, ki vsebuje različne oblike energij (tudi v obliki snovi), opišemo z ukrivljeno ploskvijo, ki ima na koordinati  $e$  v vsaki točki  $(x, y)$  tolikšen odmik od vrednosti nič, kolikor energije je v opazovani točki.

Na Sliki 2.13 prikazana predstava o porazdeljenosti energij je sprejemljiva, ni pa preprosta.



Slika 2.13

Vedno verjamemo več, kot imamo dokazov. Jaz pač verjamem.  
Najbolj ustvarjalno v nas je to, da v nekaj verjamemo.

— *Robert Frost*

### *Koordinatno izhodišče nične energije*

Na opazovani ravnini si lahko poljubno izberem koordinatno izhodišče, kjer imata koordinati ploskve  $x$  in  $y$  vrednost nič.

Tako kot si za prostorski koordinati  $x$  in  $y$  lahko izberem koordinatno izhodišče, si lahko izberem tudi nično energijsko stanje na osi  $e$ .

Na osi  $e$  si kot nično energijsko stanje ( $e = 0$ ) lahko izberem tisto energijsko stanje prostorske točke, v kateri ne najdemo niti snovi niti energije.

Nično energijsko stanje je v tem primeru torej popolnoma prazen prostor, prostor brez prisotnosti snovnih delcev, brez energijskih polj in brez energijskih valovanj. Na Sliki 2.13 prikazana ravnina v tem primeru predstavlja energijsko popolnoma prazen dvorazsežni prostor.

Morda se bo kdo vprašal, zakaj naj bi bila nična energija prostora ravno v praznem prostoru, daleč od galaksij. Zakaj nična energija ne bi bila na primer v gravitacijskem polju na Zemlji, na Soncu ali v črni luknji, na dnu neke energijske kotanje, kot prikazuje Slika 2.2.

Vprašanje je podobno tistemu, zakaj Zemlja ni središče vesolja. V začetnem razumevanju je Zemlja namreč bila središče vesolja (geocentrično vesolje), pozneje je bilo središče vesolja Sonce (heliocentrično vesolje) in šele nekaj stoletji je Zemlja eden od planetov enega od sončnih sistemov v eni do galaksij.

Navsezadnje bi bila Zemlja še vedno lahko središče vesolja. Ob izhodišču, da Zemlja miruje v središču vesolja pa bi bile enačbe gibanj nebesnih teles tako rekoč neobvladljivo zapletene. Razumevanje gibanja nebesnih teles je neprimerno bolj razumljivo, če Zemljo razumemo kot enega od planetov v enem osončju ene od galaksij.

Ko smo opustili model geocentričnega in heliocentričnega vesolja, so se šele odprle prave možnosti za razumevanje vesolja.

### *Isčem čim bolj razumljiv model razumevanja energije*

Podobno je pri razumevanju energije. V osnovi lahko katero koli energijsko stanje neke točke prostora označim kot nično energijsko stanje.

Toda če vprašanje razširim in se vprašam, katero nično energijsko stanje opazovane točke je najbolj naravno in omogoča najboljši pogled v razumevanje energijskih danosti vesolja, izbor ni več trivialen.

V iskanju čim bolj razumljivega predstavitvenega modela energije za nadaljnja razmišljanja privzamem miselni model, v katerem ravnina na Sliki 2.13 pri energijski vrednosti  $e = 0$  predstavlja prazen prostor.

Po izbranem modelu v splošnem energija v poljubni točki prostora lahko zavzame pozitivne ( ${}^wE$ ) ali negativne ( ${}^bE$ ) energijske vrednosti.

Kadar se v neki točki prostora pojavi pozitivna oblika energije ( ${}^wE$ ), to na Sliki 2.12 označim kot točko nad označeno ravnino. Če pa je vrednost energije v opazovani točki negativna ( ${}^bE$ ), točko narišem pod označeno ravnino.

Naj osvežim definicijo označevanja energij. Z  ${}^wE$  označujemo pozitivne oblike energij, energije, ki so sposobne opravljati delo.

Z označbo  ${}^bE$  označujem vezalne energije, katerih funkcija je povezovanje; te energije dela niso sposobne opravljati.

### *Preozek miselni model lahko ovira razumevanje energijskega dogajanja*

V povezavi s pojmom energija običajno uporabljamo le miselne modele, v katerih energija nastopa kot količina s pozitivno vrednostjo  ${}^wE$ . Celovitejše razumevanje energije mi ponuja miselni model, ki dopušča tako pozitivne kot negativne energijske vrednosti.

Če bi se razširjeni miselni model izkazal za preširokega in odvečnega, ga lahko pozneje zožim, še vedno se lahko omejim le na pozitivne oblike energij  ${}^wE$ . Toda razširjenega modela razumevanja energijskih stanj ne smem zavračati, dokler ne utemeljim njegove odvečnosti.

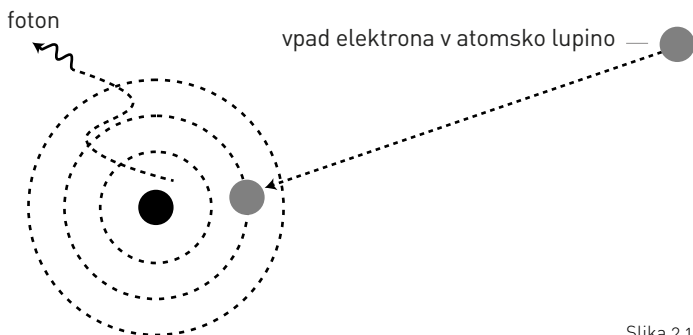
Na osnovi razširjenega modela razumevanja energijske razsežnosti prostora se vračam k razumevanja vpada elektrona v atomsko lupino.

## **Zlom energijske ravnine**

V prostranstva praznega vesolja v mislih na veliki medsebojni oddaljenosti namestim elektron in vodikovo atomsko jedro. Oba naj svobodno tavata po praznem prostoru.

V nekem trenutku se elektron po naključju približa vodikovemu jedru ter nato vpade v tirnico atomskega jedra, kot prikazuje Slika 2.14. Pri tem v paru nastaneta vezalna energija in foton.

Pred padcem elektrona v atomsko lupino sta obstajala elektron in atomsko jedro, vsak s svojo maso in energijo, po padcu



Slika 2.14

pa se v paru dodatno pojavita še vezalna energija z energijsko vrednostjo  ${}^bE$  in foton z energijsko vrednostjo  ${}^wE$ .

Zaradi lažjega razumevanja ločim izhodiščni energiji (masi) elektrona in atomskega jedra od nastalega fotona ( ${}^wE$ ) in vezalne energije ( ${}^bE$ ).

Izhodiščni energiji (masi) atomskega jedra in elektrona naj bosta ves čas eksperimenta enaki, zato jima v nadaljevanju ne posvečam pozornosti. Osredotočim se le na energijske spremembe, to je na nastali foton in na nastalo vezalno energijo.

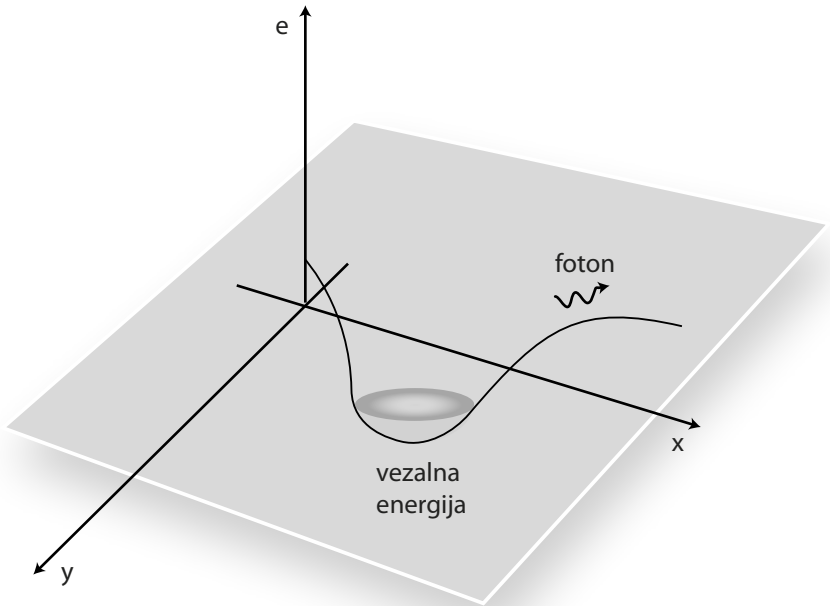
Energijske spremembe ob padcu elektrona v atomsko lupino pripišem fotonu in vezalni energiji. Ti dve energijski spremembi prikažem v energijski ravnini, kot to prikazuje Slika 2.15.

*Vezalno energijo lahko pojmujem kot energijski dolg, kot energijsko kotanjo*

Vezalna energija in foton pred padcem elektrona v atomsko lupino ne obstajata, zato sta njuni energiji pred miselnim poskusom enaki nič.

Nastanek fotona pomeni pojav energije ( ${}^wE$ ). Foton predstavlja pozitivno obliko energije, saj je sposoben opravljati delo, na primer segreti vodo v sončnem zbiralniku.





Slika 2.15

Pojav vezalne energije ( ${}^bE$ ), kot komplement nastanku fotona, pomeni zmanjšanje energije elektrona ob njegovem padcu v atomsko lupino, tako kot to kaže pozicija C na Sliki 2.4.

Ker je izhodiščna vezalna energija elektrona enaka nič, se manjšanje energije lahko dogaja le v smeri porajanja negativne energije.

Vezalno energijo elektrona moram torej razumeti kot energijski dolg oziroma kot energijski primanjkljaj.

### *Pojav energije in vezalne energije iz nič*

Ob padcu elektrona v atomsko lupino opazim nastanek dveh komplementarnih energijskih tvorb:

- pozitivne energije ( ${}^wE$ ) v obliki fotona in
- negativne energije ( ${}^bE$ ) v obliki vezalne energije.

Pojavi se nekaj podobnega kot pri premiku uteži na škripcu, prikazanem na Sliki 2.12.

V modelu energijske ravnine ta pojav lahko prikažem kot zlom energijske ravnine, kot ga prikazuje Slika 2.15. Tak zlom prostora nastane brez dodajanja ali odzemanja zunanje energije, zgolj na osnovi srečanja na primer elektrona z vodikovim jedrom. Ob njem se na novo ustvari prav toliko energije, kot je negativne vezalne energije.

$${}^wE + {}^bE = 0$$

Vsota nastale pozitivne energije ( ${}^wE$ ) in negativne energije ( ${}^bE$ ) je ves čas in v vsakem trenutku enaka nič. Ob padcu elektrona v atomsko lupino se energija celotnega sistema ne spremeni, ustvarita pa se foton in vezalna energija.

Ugotavljam, da pred poskusom ni obstajal niti foton niti vezalna energija. Oba se ustvarita ob padcu elektrona v atomsko lupino.

Če pustim ob strani ves čas enako in nespreminjajočo se izhodiščno energijo atomskega jedra in elektrona, sta foton in vezalna energija nastala tako rekoč iz nič.

Nastala sta foton (energijska grbina) in vezalna energija, ki je po količini energije enaka energiji fotona, vendar ima negativno vrednost (energijska kotanja).

Kakršno koli pot si izberete, bo to dogodivščina in ne dolgčas, če bo le vaše obzorje segalo čez golo varnost in povprečje.

— David Sarnoff

Prostor je s padcem elektrona v atomsko lupino dobil novo energijsko brazdo. Rodila se je nova prepoznavna energijska danost prostora. Skupna količina energije v vesolju se pri tem ni spremenila.

### *Foton in vezalna energija se po nastanku razideta*

Foton in vezalna energija se po videzu in lastnostih razlikujeta. Vezalna energija ostaja vezana z atomom, foton pa s svetlobno hitrostjo zapusti atom. Opažam ju kot dve neodvisni energijski tvorbi.

Zaradi zloma prostora in s tem razdvojite pozitivnih in negativnih oblik energij lahko v vesolju ponekod najdemo več energije, drugod pa več vezalne energije. Slednje je več na primer v atomskih jedrih, črnih luknjah itd.

### *Vezalna energija je avtonomna danost*

Atomsko jedro vsebuje tako energijo kot vezalno energijo. V masi atomskega jedra vsebovana energija pa ne more poravnati energijskega dolga, ki se skriva v vezalni energiji tega atomskega jedra. V atomu ves čas obstajata tako pozitivna energija  ${}^{\text{w}}E$  kot negativna vezalna energija  ${}^{\text{b}}E$ .

Negativno energijo atomskega jedra – to je energijsko zadolženost tega jedra – lahko poravna le neka zunanja energija, na primer kinetična energija hitrega delca, ki se zaleti v atomsko jedro in ga razbije.

## **Električna polja**

Predhodni zapisi govorijo o pozitivnih in negativnih vrednostih energij. Pozitivne in negativne oblike energij pa se pomembno

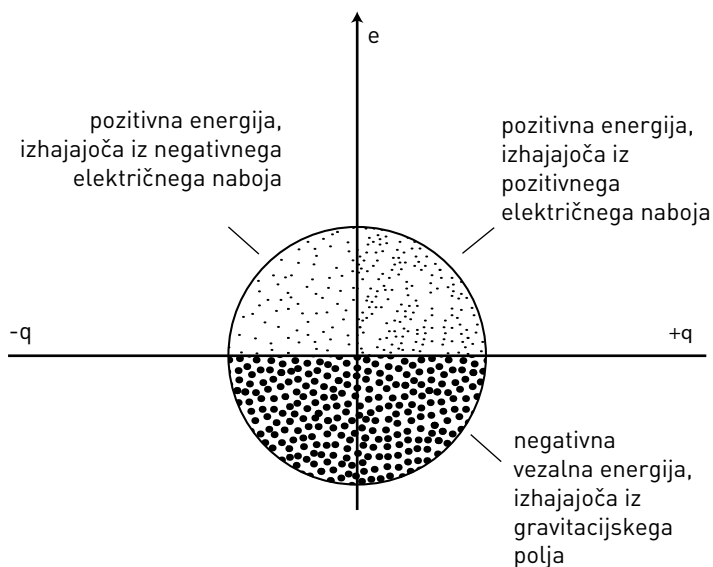
razlikujejo od pozitivnega in negativnega električnega naboja. Da bi razumeli temeljne lastnosti energije, moramo razumeti, v čem se pozitivne in negativne oblike energij razlikujejo od pozitivnih in negativnih električnih nabojev in njihovih polj.

V opazovani točki prostora je poleg energije v obliki gravitacijskega polja lahko tudi električno polje kot še ena od oblik energijskega polja.

Električno polje ustvarja pozitivni ali negativni električni naboj. Dva pozitivna naboja ali dva negativna električna naboja se odbijata, pozitivni in negativni električni naboj se privlačita.

### *Lastnosti energijskih polj*

Ko govorimo o pozitivni in negativni obliki energij ter o pozitivnih in negativnih električnih poljih, govorimo o dveh avto-



Slika 2.16

Modreci niso mnenja, da je blagoslov, če človek ničesar ne stori narobe. Prepričani so, da je velika človekova krepost skrita v zmožnosti, da zna popraviti svoje napake.

— *Vang Jang Ming*

nomnih energijskih pojmih. Slika 2.16 prikazuje eno od možnih predstav ločevanja med njima.

Horizontalna os predstavlja ločitev med pozitivnimi in negativnimi oblikami energij. Nad to osjo so prikazane pozitivne oblike energij, pod njo pa negativne oblike energij.

Vertikalna os ločuje med pozitivnim in negativnim električnim nabojem, in sicer neodvisno od ločitve na pozitivne in negativne energije.

Na Sliki 2.16 je negativna energijska vrednost gravitacijskega polja prikazana v področju negativnih energijskih vrednosti pod vodoravno osjo.

Vsa energija, ki jo vsebuje električno polje, ne glede na to, ali to polje izhaja iz pozitivnega ali iz negativnega električnega naboja, je nad horizontalno osjo, v območju pozitivnih energij.

### *Pozitivno in negativno električno polje predstavljata pozitivne oblike energij*

Dva pozitivna električna naboja napolnjujeta prostor s pozitivno energijo. Približevanje pozitivnih energij glede na Sliko 2.10 pomeni povečanje skupne energije prostora, zato se naboja odbijata.

Enako dva negativna električna naboja napolnjujeta prostor s pozitivno energijo ter se med seboj prav tako odbijata. Negativni električni naboj je oblika pozitivne energije  ${}^wE$  in **ne** oblika negativne energije  ${}^bE$ .

Pozitivni in negativni električni naboj pa se med seboj privlačita. To privlačneje dveh različno polariziranih nabojev na prvi pogled ustvarja dvom o tem, da sta tako pozitivni kot negativni električni naboj pozitivni energiji. Na srečo imamo tudi druge pokazatelje, ki potrjujejo, da pozitivni in negativni električni naboj, vsak zase, predstavljata pozitivne oblike energij. Oglejmo si enega od teh pokazateljev.

### *Sprostitev električnih nabojev*

Kadar se združita dve pozitivni energiji  ${}^wE$ , kot sta to pozitivni in negativni električni naboj, se njuna energija spremeni v neko drugo obliko energije. Rečemo, da se njuna energija sprosti. Primer take sprostitve je udar strele. Ob združitvi pozitivnih in negativnih električnih nabojev se sprosti energija v obliki toplote, svetlobe (blisk), zvoka (grom).

Nekaj drugega se zgodi, kadar se združita energija  ${}^wE$  in negativna energija  ${}^bE$ . Energija in negativna energija ob združitvi dokončno izgineta. Ker imata energiji različni vrednosti, ena pozitivno, druga negativno, se združita tako, da po združitvi za njima nič ne ostane. V celoti se izničita. Energija in negativna energija se združita, brez groma, bliska, eksplozije ali drugih dejavnikov, ki bi nakazovali eno od oblik energije, ki ostane po združitvi.

### *Večrazsežne energijske danosti*

V primeru električno nabitih delcev prihaja med delcema do delovanja dveh sil, pri čemer:

- ena od sil izhaja iz privlačne gravitacijske sile,
- druga pa izhaja iz električnega naboja delcev.

Celotna sila med delcema je vsota sil, ki izhaja iz energijskega stanja delcev, ter sila, ki izhaja iz električnega naboja delcev.

Razdajati se, upoštevati druge in jim dati priznanje, ohranjati duhovno gibkost za zorenje in učenje – vse to poraja srečo, harmonijo, zadovoljstvo in ustvarjalnost.

— Jack C. Jewell

Okrog snovnega delca lahko torej hkrati najdemo več različnih energijskih polj, ki hkrati delujejo na te delce.

Podobno kot imamo v primeru prostora več prostorskih razsežnosti  $(x, y, z)$ , imamo tudi na področju energijskih zakonitosti več energijskih razsežnosti, ki določajo energijske lastnosti prostora.

Ena razsežnost govori na primer o pozitivnih in negativnih vrednostih energije, druga, električna razsežnost, pa o električni polarizaciji.

Vsaka od energijskih razsežnosti (električna polja, gravitacija, tudi močne jedrske sile in druge) na svoj način energijsko oblikuje prostor. Nekatere energijske razsežnosti omogočajo nastajanje elektromagnetnega valovanja, druge nastajanje atomskih jeder in mase itn.

### *Imeni elektrostatičnih nabojev sta zavajajoči*

Pojem, negativni električni naboj predstavlja miselno past, saj obstaja nevarnost, da negativni električni naboj v mislih nehote napačno enačimo z negativno energijo. Tega pa ne smemo. Negativni električni naboj nima nič skupnega s pojmom negativne energije.

Električna naboja bi bilo namesto pozitivni in negativni naboj bolj smiselno imenovati na primer levi in desni, rdeči in zeleni, naboj A in B ali z drugima nevtralnima imenoma, ki ne bi spominjala na pozitivno in negativno obliko energije.

## *Zaključek*

Če v vesolju obstajajo pozitivne in negativne oblike energij, se pojavi vprašanje, kakšna je energijska bilanca vesolja. Ko od vseh pozitivnih oblik energije odštejemo vse negativne oblike vezalnih energij, se pojavi vprašanje, kakšna je razlika. Je v vesolju več pozitivnih oblik energije ali več negativnih? Ali pa je energijska bilanca vesolja morda celo uravnotežena? Te teme se lotevam v naslednjem poglavju.