

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 31 (2003/2004)

tevilka 6

Strani 347-351

Janez Strnad:

## OB 125-LETNICI EINSTEINOVEGA ROJSTVA

Glavne besede: novice, fizika, fiziki, biografija, Einstein, teorija relativnosti, kvantna mehanika.

Elektronska verzija:

© 2004 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

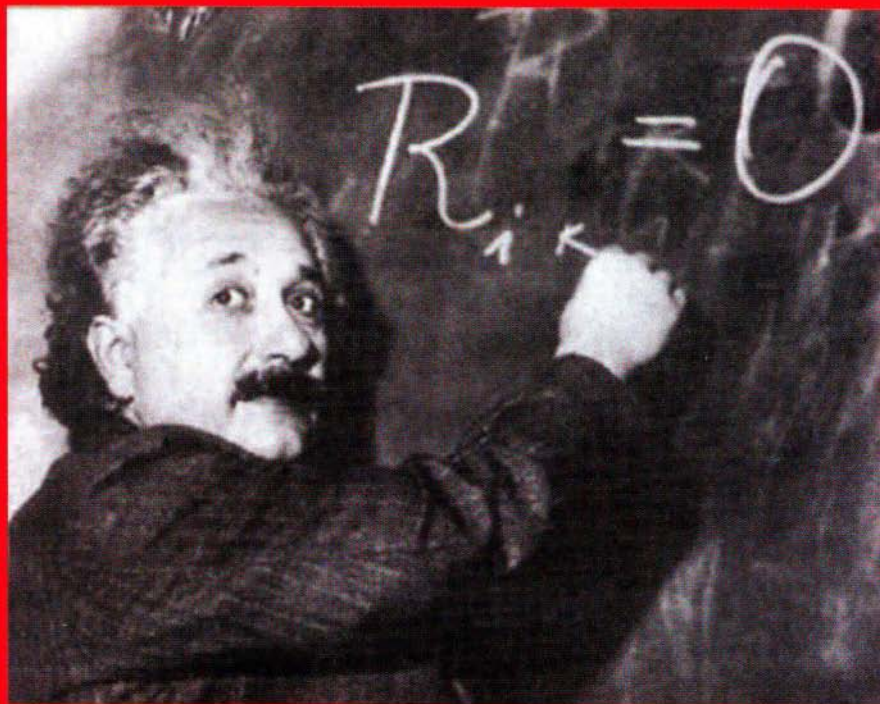
© 2010 DMFA - založnik

Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.

# PRE SEK

31 (2003 – 04)

# 6

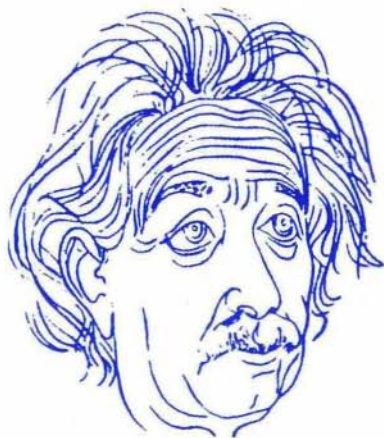


ISSN 0351-6852

DRUŠTVO MATEMATIKOV, FIZIKOV IN ASTRONOMOV SLOVENIJE

## OB 125-LETNICI EINSTEINOVEGA ROJSTVA

14. marca je minilo stoletje in četrt od rojstva Alberta Einsteina. V spomin na njegovo "čudežno leto" 1905, v katerem je šestindvajsetleten s petimi deli pretresel fiziko in ves svet, so razglasili *svetovno leto fizike 2005*. Zato bo naslednje leto mogoče veliko prebrati in slišati tudi o Einsteinovem delu in o njem. Na tem mestu zgolj nakažimo, kaj je dosegel leta 1905 in kako vsestranski je bil njegov prispevek fiziki.



Albert Einstein (1879–1955, risba J. Scharla iz leta 1946) je bil rojen v Ulmu, osnovno šolo in gimnazijo je obiskoval v Münchnu. Sprejemnega izpita na Državno tehnično visoko šolo ETH v Zürichu pa ni opravil. Potem ko je naredil zadnje leto srednje šole in opravil maturo, je na ETH študiral matematiko in fiziko in postal profesor matematike in fizike. Na lastno pobudo je osamljen raziskoval v teoretični fiziki, najprej brez stalnega delovnega mesta in potem kot uradnik na švicarskem patentnem uradu. Delal je ob omejenem dostopu do strokovne literature, ločen od univerzitetnega okolja, le ob pogovorih s prijatelji in s prvo ženo, Vojvodinko Milevo Marić. Leta 1909 je zapustil patentni urad in postal profesor v Zürichu, Pragi in zopet v Zürichu. Nato je dobil v Berlinu mesto, na katerem mu ni bilo treba predavati študentom. Leta 1933 se je preselil v Princeton v Združenih državah. Tam je umrl leta 1955.

V prvih člankih se je Einstein ukvarjal z vprašanjem, ali obstajajo molekule in kakšne sile delujejo med njimi. V naslednjih se je lotil osnovne statistične mehanike, veje fizike, ki lastnosti snovi pojasni z lastnostmi njenih gradnikov, na primer molekul. To je bila dobra priprava na pet del v "čudežnem letu", ki so med seboj povežala mehaniko, termodinamiko in elektrodinamiko. "Precej varno je reči, da ne bo, dokler bo obstajala fizika, nihče več dosegel treh večjih prebojev v enem letu."

Najprej je Einstein dopolnil zamisel Maxa Plancka, da svetloba v votlini s steno votline izmenjuje energijo v obrokih, energijskih kvantih. Trdil je, da v svetlobi energija tudi potuje v obrokih, ki jim danes rečemo fotoni. Pri fotoefektu elektron prevzame energijo fotona in je del porabi, da zapusti kristal. Pojav izkoriščajo med drugim televizijske snemalne cevi. Za razlago, ki so jo z merjenjem podprli leta 1915, je Albert Einstein leta 1922 dobil Nobelovo nagrado.

Pojasnil je tudi neurejeno gibanje drobnih smolnih kroglic, ki jih vidimo z mikroskopom. V zraku ali v vodi se zdaj s te, zdaj z druge strani v kroglico zaleti več molekul. Enačbe so bile pomembne, ker tedaj nekateri fiziki in kemiki še niso sprejeli misli, da obstajajo molekule z določeno maso in velikostjo. Šest let zatem so Jean Perrin in sodelavci Einsteinove enačbe podprli z merjenji in s tem odpravili dvome o obstoju molekul (Presek **29**, str. 204 in 274).

Einstein je nadalje razvil teorijo relativnosti. Svetloba po praznem prostoru potuje s hitrostjo, ki ni odvisna od hitrosti opazovalca glede na sveto. Dva dogodka, ki sta sočasna za kakega opazovalca, v splošnem nista sočasna za drugega opazovalca, če se ta giblje glede na prvega. Gibajoča se ura teče drugače kot mirujoča in gibajoča se telesa se skrčijo v smeri gibanja. Te ugotovitve so spremenile pogled na prostor in čas ter pripeljale do zakonov za gibanje, ki se pri veliki hitrosti razlikujejo od Newtonovih zakonov. Hitrost svetlobe v praznem prostoru je zgornja meja za hitrost delcev, energije in sporočil. V kratkem dopolnilu je Einstein izpeljal "najbolj razvpito enačbo vseh časov",  $E = mc^2$ , po kateri masi ustreza energija.

V tem letu je veliki znanstvenik sestavil še doktorsko delo o novi določitvi velikosti molekul. V njem je gradil na ugotovitvi, da se molekule raztopljene snovi, na primer sladkorja, v razredčeni vodni raztopini vedejo kot molekule plina v posodi. Poleg tega je napisal več poročil o novih knjigah.

Leta 1907 je Einstein zamisel o kvantih uporabil za gradnike, ki v kristalih nihajo okoli ravnovesnih leg. Ugotovil je, kako povprečna energija nihanja narašča z naraščajočo temperaturo. Gram snovi segrejemo za stopinjo s toploto, ki je tem manjša, čim bliže smo absolutni ničli. Ugotovitev te prve uporabe zamisli o kvantih za delce snovi so fiziki lažje sprejeli kot zamisel o fotonih.

Einstein je spoznal, da teorija relativnosti ne zajame teže ali na splošno gravitacije. Potem ga je prešinila "najsrečnejša misel", da nekdo, ki prosto pada, ne čuti teže in zanj velja teorija relativnosti. Leta 1916 je rešil vprašanje gravitacije v okviru nove teorije relativnosti, ki je dobila ime *splošna*, medtem ko je prejšnja postala *posebna*. Na poti do tega je,

ob pomoči svojega nekdanjega študentskega tovariša in tedanjega matematika Marcela, obvladal matematične težave. Enačbe posebne teorije relativnosti je mogoče pregledno zapisati, če obravnavamo čas na enaki podlagi kot tri krajevne koordinate. Dobljeni štirirazsežni prostor je raven, kar naj pomeni, da ima v vsaki točki – točka ustreza dogodku – enake lastnosti. V splošni teoriji relativnosti pa postane štirirazsežni prostor *ukrivljen*, kar pomeni, da v vsaki točki nima enakih lastnosti. Masa teles in energija v okolici točke določata te lastnosti, ki jih izrazimo z ukrivljenostjo, ukrivljenost pa določa to, kako se telo tam giblje.

V splošni teoriji relativnosti je hitrost svetlobe v praznem prostoru odvisna od gravitacije. Ura na večji nadmorski višini teče hitreje kot ura na manjši (A. Likar, *Ali natančne cezijeve ure vedno tečejo enako hitro?*, Presek 31, str. 294). Splošna teorija relativnosti je napovedala tudi to, da privlačna sila Sonca odkloni svetlobo z oddaljene zvezde pri prehodu mimo Sonca. Leta 1919 so napovedani pojav ob sončnem mrku podprli z merjenji. V času, ko so ljudje po prvi svetovni vojni iskali trdnosti, je ta uspeh Einsteinu prinesel svetovno slavo.

Leta 1917 je napovedal, da obstajajo gravitacijski valovi, ki potujejo po praznem prostoru s hitrostjo svetlobe. (Neposredno jih še ni uspelo zaznati, posredno pa so se prepričali, da obstajajo. Izmerili so energijo, ki jo zaradi valov izgubljata gosti vesoljski telesi, krožeči okoli skupnega težišča.) Istega leta je s splošno teorijo relativnosti Einstein poskusil opisati vesolje. Podobno kot Newton pred njim je naletel na težavo, da ni bilo rešitve, ki ne bi bila odvisna od časa. Tedaj so mislili, da se vesolje ne spreminja s časom, zato je tako rešitev izsilil. Enačbi je dodal člen s *kozмолоško konstanto*, ki ga je teorija dopuščala. Pozneje je člen umaknil in ga imenoval "največjo zablodo". Če ga ne bi vpeljal, bi lahko napovedal, da se vesolje širi, kar so pozneje razkrila merjenja. Mogoče bi ga potolažilo, če bi vedel, da raziskovalci vesolja te dni zopet vneto razpravljajo o kozmološki konstanti.

V letih 1916 in 1917 se je Einstein ukvarjal s sevanjem svetlobe. Pri tem je ugotovil, da sam sebi prepuščen atom izseva foton in odda energijo ter jo dobi, ko absorbira foton s pravo energijo. Poleg tega pa atom izseva tak foton, če se znajde v svetlobi, katere fotoni imajo pravo energijo. Ta tretji pojav, *stimulirano sevanje*, je bil novost, ki je po letu 1960 pripeljala do prvih laserjev. Danes izkoriščamo posebnosti svetlobe laserjev v raziskovanju, tehniki in zdravstvu.

Einstein je tudi posredno prispeval k razvoju kvantne mehanike. Leta 1924 je podprl zamisel Louisa de Brogliea, da je treba gibajočemu se elektronu prirediti nekakšno valovanje. Istega leta je zamisel Satyendranatha Boseja uporabil pri poskusu, da bi plin opisal v kvantnem duhu. Pri tem

je napovedal nenavaden pojav, da se pri zelo nizki temperaturi molekule plina združujejo in se začnejo vesti kot ena sama velika tvorba. To je Bose-Einsteinova kondenzacija, ki se je tedaj zdela nekoristen računski zaplet, danes pa z njo opišemo superprevodnost, supertekočnost in nekatere druge pojave.

Čeprav je Einstein najprej vzpodbudil razvoj kvantne mehanike, se je nazadnje od nje odvrnil. Poenostavljeno rečemo, prizadeval si je opisati gibanje elektronov v prostoru in času, podobno kot gibanje velikih teles. Vztrajno je ugovarjal prijatelju Nielsu Bohru in – čeprav ni imel prav – s tem veliko prispeval k razjasnitvi osnov kvantne mehanike.

Leta 1935 je z Borisom Podolskim in Nathanom Rosenom poskušal pokazati, da je kvantni opis nepopoln. Pri tem so izhajali od namišljenega poskusa, ki ga ponazorimo s prispodobo. Nekdo vrže eno copato na levo in drugo na desno. V trenutku, ko ugotovimo, da je na levo vrgel levo copato, vemo, da je na desno vrgel desno, čeprav je desna copata zelo daleč in je ne opazujemo neposredno. Ta *pojav Einsteina-Podolskega-Rosena* je zanimiv in danes posvečajo veliko pozornost *prepletenim stanjem*, v naši prispodobi parom copat. Na eni strani pri tem pojavu ne prenašamo sporočil, na drugi pa ga je mogoče izkoristiti za šifriranje, ki ga ni mogoče nepooblaščno razvozlati.

Že v starih časih so se pojavile domneve, da obstajajo telesa, ki jih zaradi velike gravitacije svetloba ne more zapustiti. Splošna teorija relativnosti je napovedala obstoj takih zelo gostih teles, ki so dobila ime črne luknje. Einstein je leta 1939 v članku poskušal dokazati, da črne luknje ne morejo obstajati. Danes prevladuje mnenje, da so črne luknje neizogibna razvojna stopnja zvezd z veliko maso.

Einstein si je dolgo časa prizadeval, da bi se dokopal do teorije, ki bi na enotni osnovi zajela elektromagnetizem in gravitacijo. Mislil je že, da je uspel, pa se je motil. Še danes fiziki tega cilja niso dosegli, a okvirno so prepričani, da vodi pot preko kvantne teorije polja.

Einstein se ni ukvarjal samo s teorijo. S sodelavci je izvedel tudi nekaj pomembnih poskusov in je celo sestavil gospodinjski hladilnik, za katerega je patent odkupila znana evropska tovarna.

Stran Einsteinovega dela, ki smo jo osvetlili, je za fiziko najpomembnejša. K laskavemu naslovu osebnosti 20. stoletja pa so prispevale še druge njegove dejavnosti.

Einstein je gradil na dosežkih drugih fizikov. Sam je skromno rekel, da bi drugi prej ali slej odkrili to, kar je on, na primer posebno teorijo relativnosti. Le pri splošni teoriji relativnosti, je pripomnil, bi brez njega trajalo dlje in bi morda šlo na drug način. Na poti do praktične uporabe

odkritij, ki smo jih omenili, na primer televizijskih snemalnih cevi, laserjev, superprevodnosti, so sodelovali številni fiziki in inženirji. Čeprav je svetovno leto fizike vezano na njegove uspehe iz leta 1905, se je fizika po Einsteinu razvijala z velikimi koraki. “Einstein je do konca v določenem smislu verjel v dejanskost in prvobitnost neposredno zaznanega sveta in v prostor in čas, kot ju je videl. [...] Rezultat ‘stoletja napredka’ v fiziki je, da se noben teoretični fizik ne more jemati resno, če tako misli na koncu [20.] stoletja.”

*Janez Strnad*

## ŠTEVILO HIŠ V CERKNEM LETA 1486 – Rešitev s str. 333

Označimo z  $x$  število hiš v Cerknem leta 1486. Če bi jih od teh porušili šest, bi jih bilo še  $x-6$ , kar pa mora biti kvadrat nekega naravnega števila, denimo  $m$ . Če pa bi sedem hiš na novo dozidali, bi Cerkno štelo  $x+7$  hiš, kar pa mora spet biti kvadrat nekega naravnega števila, recimo  $n$ . Tako imamo enačbi

$$x - 6 = m^2, \quad x + 7 = n^2.$$

Če od druge enačbe odštejemo prvo, dobimo

$$n^2 - m^2 = 13.$$

Če levo stran dobljene enačbe razstavimo, imamo

$$(n - m)(n + m) = 13.$$

Ker je očitno  $n > m$  in ker je 13 praštevilo, deljivo le z 1 in 13, ne gre drugače, kot da je

$$n - m = 1, \quad n + m = 13.$$

Če sedaj enačbi med seboj najprej seštejemo, nato pa še odštejemo, dobimo

$$2n = 14, \quad 2m = 12.$$

Torej je  $n = 7$  in  $m = 6$ . Nazadnje izračunamo  $x = m^2 + 6 = n^2 - 7 = 42$ . Cerkno je torej leta 1486 štelo 42 hiš. Po hipotetični spremembi pa bi jih lahko razvrstili v seznam razsežnosti  $6 \times 6$  oziroma  $7 \times 7$ .

*Marko Razpet*