

Ajnštajnov
kosmos

KNJIGE IZ SERIJE „VELIKA OTKRIĆA“

Mičio Kaku *Ajnštajnov kosmos:
Kako je vizija Alberta Ajnštajna promenila
spoznaju prostora i vremena*

Barbara Goldsmit *Opsesivni genije:
Unutrašnji svet Marije Kiri*

Rebeka Goldštajn *Nepotpunost:
Dokaz i paradoks Kurta Gedela*

Dejvid Foster Volas *Sve i još više:
Kratka povest beskonačnosti*

TAKOĐE OD MIČIJA KAKUA:

Hipersvemir
Paralelni svetovi
Posle Ajnštajna
Vizije



VELIKA OTKRIĆA

MIČIO KAKU

Ajnštajnov kosmos

*Kako je vizija Alberta Ajnštajna promenila
spoznaju prostora i vremena*

Prevod
Katarina i Ana Ješić



HELIKS

Naslov originala: Einstein's Cosmos, Michio Kaku
Copyright © 2004 by Michio Kaku
Translation Copyright © 2005 za srpsko izdanje, Heliks

Izdavač: Heliks, Smederevo (www.heliks.co.yu)
Za izdavača: Brankica Stojanović

Lektor: Vesna Đukić
Tehnički urednik: Bojan Stojanović

Štampa: Megraf, Beograd
Tiraž: 1000 primeraka

ISBN: 86-86059-00-7

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Narodna biblioteka Srbije, Beograd

53:929 Ajnštajn A.

115.4

531.111.4

КАКУ, Миџио

Ajnštajnov kosmos : kako je vizija
Alberta Ajštajna promenila spoznavu prostora
i vremena / Mičio Kaku ; prevod Katarina i
Ana Ješić. - Smederevo : Heliks, 2005
Beograd : Megraf). - 256 str. ; 24 cm. -
(Velika otkrića)

Prevod dela: Einstein's Cosmos / Michio
Kaku. - Tiraž 1.000. - Napomene: str.
221-235, - Bibliografija: str. 237-239. -
Registar.

ISBN 86-86059-00-7

a) Ajnštajn, Albert (1879-1955) b)
Простор c) Време
COBISS.SR-ID 125941772

Za Mišel i Alison

Sadržaj

Novo sagledavanje zaostavštine Alberta Ajnštajna 11

Zahvalnica 17

Deo I – Slika prva

Trka sa zrakom svetlosti

POGLAVLJE 1 Fizika pre Ajnštajna 21

POGLAVLJE 2 Rane godine 31

POGLAVLJE 3 Specijalna teorija relativnosti
i „godina čuda“ 55

Deo II – Slika druga

Zakrivljeno prostorvreme

POGLAVLJE 4 Opšta teorija relativnosti
i „najsrećnija misao mog života“ 85

POGLAVLJE 5 Novi Kopernik 105

POGLAVLJE 6 Veliki prasak i crne rupe 121

Deo III – Nedovršena slika Objedinjena teorija polja

| | | |
|-------------|--------------------------------------|-----|
| POGLAVLJE 7 | Objedinjenje i kvantni izazov | 137 |
| POGLAVLJE 8 | Rat, mir i $E = mc^2$ | 165 |
| POGLAVLJE 9 | Ajnštajnova proročanska zaostavština | 189 |

Napomene 221

Bibliografija 237

Indeks 241

Novo sagledavanje zaostavštine Alberta Ajnštajna

Genije. Rasejani profesor. Otac relativnosti. Mitska figura Alberta Ajnštajna – kosa razbarušena vetrom, noge bez čarapa, prevelika košulja, lula u ustima, zanesenost – slika utisnuta u sećanje svih nas. „Pop-ikona ravnopravna Elvisu Prisliju i Merilin Monro, zagonetno nas posmatra s razglednica, naslovnih strana časopisa, sa majica i džinovskih postera. Marketinški agenti s Beverli Hilsa prodaju njegovo lice za televizijske reklame. Da je živ, prezirao bi sav taj cirkus“, piše biograf Denis Brajan.¹

Ajnštajn je jedan od najvećih naučnika svih vremena, utemeljivač koji se po svom doprinosu fizici može porediti sa Isakom Njutnom. Ne iznenađuje što ga je časopis *Tajms* svrstao u pedeset najuticajnijih ljudi u proteklih sto godina.

Sobzirom na njegovo mesto u istoriji, nekoliko je dobrih razloga za nove napore da se ponovo sagleda Ajnštajnov život.

Prvo, njegove teorije su tako duboke i dalekovide da i posle više decenija često zauzimaju naslovne strane novina – zato je neophodno da pokušamo da utvrdimo njihove korene.

Dok nove generacije dostignuća nepojmljivih u dvadesetim godinama prošlog veka (sateliti, laseri, nanotehnologije, detektori gravitacionih talasa), istražuju daleke granice svemira i unutrašnjost atoma, Ajnštajnova predviđanja pomažu modernim naučnicima da dobiju Nobelovu nagradu. Čak i mrvice sa Ajnštajnovog stola otvaraju nove perspektive u nauci. Na primer, Nobelova nagrada je 1993. godina otišla u ruke dvojice naučnika što su posredno potvrdili postojanje gravitacionih talasa koje je Ajnštajn predvideo 1916. godine, tako što su analizirali kretanje binarnih neutronske zvezde na nebu. Takođe, 2001. godine Nobelovu nagradu dobila su tri fizičara koja su potvrdila postojanje Boze-Ajnštajnovih kondenzata, novog stanja materije na temperaturama bliskim apsolutnoj nuli – Ajnštajn je pretpostavio da takvo stanje materije postoji još od 1924. godine.

I druge njegove pretpostavke danas dobijaju potvrdu. Crne rupe, nekada smatrane bizarnim poglavljem Ajnštajnovе teorije, identifikovane su pomoću orbitalnog teleskopa Hubble (Hubble Space Telescope) i teleskopa za radio-talase (Very Large Array Radio Telescope). Ne samo da je potvrđeno kako Ajnštajnovi prstenovi i sočiva postoje, već oni danas predstavljaju ključne astronomske alatke za merenje nevidljivih objekata u dalekom svemiru.

Čak se i Ajnštajnovе „greške“ prihvataju kao veliki doprinos našem znanju o kosmosu. Godine 2001, astronomi su došli do ubedljivog dokaza da „kosmološka konstanta“, nekadašnja Ajnštajnova najozbiljnija zabluda, zaista predstavlja najveću koncentraciju energije u svemiru i da će odrediti konačnu sudbinu samog kosmosa. Kako se potvrde njegovih predviđanja množe, savremena eksperimentalna fizika biva „renesansa“ Ajnštajnovе zaostavštine.

Drugo, fizičari ponovo procenjuju njegov rad, posebno način razmišljanja. Dok su nekadašnji biografi detaljno proučavali Ajnštajnov život tražeći naznake porekla njegovih teorija, fizičari danas sve više prihvataju ideju da se one ne zasnivaju toliko na matematici (da ne pominjemo njegov ljubavni život!), već na jednostavnim i elegantnim slikama. Ajnštajn je često pominjao sledeće: ako nova teorija ne proističe iz fizičke slike dovoljno jednostavne da je i dete razume, verovatno je bezvredna.

Zato smo u ovoj knjizi te slike, plodove Ajnštajnovih naučničkih mašta, iskoristili kao formalni metod za opisivanje njegovih zamisli i najvećih dostignuća.

U delu I oslanjamo se na sliku koju je Ajnštajn prvi put sagledao sa šesnaest godina: kako bi mu izgledali svetlosni zraci kada bi mogao da leti uporedo s njima. Inspiracija za tu sliku verovatno je bila dečija knjiga koju je pročitao. Zamisljajući šta bi se desilo kada bismo se utrkivali sa svetlosnim zrakom, Ajnštajn je prepoznao ključnu kontradikciju između dve najveće teorije tog vremena – Njutnove teorije sila i Maxvelove teorije polja i svetlosti. Dok se trudio da razreši taj paradoks, znao je da se jedna od te dve teorije – Njutnova, kako se ispostavilo – mora pokazati netačnom. U izvesnom smislu, ta slika krije čitavu teoriju relativnosti (koja će jednog dana otkriti tajnu zvezda i nuklearne energije).

U delu II pomalja se nova slika: Ajnštajn je zamišljao planete kao klikere koji se kotrljaju po krivoj površini u čijem središtu je Sunce – to je ilustracija ideje da gravitacija izvire iz zakrivljenosti prostora i vremena. Zamenivši Njutnove sile krivinom glatke površine, Ajnštajn je naslikao svežu, revolucionarnu sliku gravitacije. U takvom novom konceptu, Njutnove „sile“ bile su iluzija koju je stvorio zakrivljeni prostor.

Posledice te jednostavne slike odvešće nas do crnih rupa, Velikog praska i kraja samog kosmosa.

Deo III nema sliku – posvećen je Ajnštajnovim neuspešnim pokušajima da osmisli sliku-vodilju u otkrivanju „objedinjene teorije polja“ koja bi mu pomogla da formuliše najveće dostignuće dvomilenijumskog istraživanja zakona materija i energije. Ajnštajna je intuicija počela da izdaje, jer njegovo vreme nije znalo ništa o silama koje su upravljale atomskim jezgrom i subatomskim česticama.

Nedovršena objedinjena teorija polja i njegova tridesetogodišnja potraga za „teorijom svega“ nikako nije bila promašaj – premda je to tek skoro shvaćeno. Ajnštajnovi savremenici smatrali su je donkihotovskom. Abraham Pais, fizičar i Ajnštajnov biograf, rekao je da je „tokom poslednjih 30 godina života aktivno istraživao, ali slava mu ne bi bila pomućena – možda bi bila i veća – da se bavio pecanjem“.² Drugim rečima, njegova zaostavština bi verovatno bila i bogatija da je ostavio fiziku između 1925. i 1955. godine.

Poslednjih desetak godina, u osvit novih teorija zvanih „teorija superstruna“ ili „M-teorija“, potraga za objedinjenom teorijom polja sve više zauzima centralno mesto u svetu fizike, pa fizičari na drugačiji način gledaju na Ajnštajnov kasniji rad i zaostavštinu. Postavljanje teorije o svemu postalo je konačan cilj čitave generacije mladih, ambicioznih naučnika. Objedinjenje, nekada smatrano grobljem karijera vremešnih fizičara, sada je dominantna tema u teorijskoj fizici.

Hteo sam da Ajnštajnovom radu u ovoj knjizi pristupim na nov, osvežen način, da njegovu neuništivu zaostavštinu prikazem možda preciznije, kroz jednostavne fizičke slike. Ajnštajnovе ideje podstakle su današnje revolucionarne

novе eksperimente u kosmosu i u naprednim fizičkim laboratorijama i osvetlile put neumornim tragačima za ispunjenjem njegovog najdragocenijeg sna – teorije svega. Čini mi se da bi se Ajnštajnu takav pristup njegovom životu i radu najviše svideo.

Zahvalnica

Želeo bih da se zahvalim na gostoprimstvu osoblju Univerzitetne biblioteke u Princetonu u kojoj sam sproveo neka istraživanja za ovu knjigu. Biblioteka čuva kopije svih Ajnštajnovih pisanih radova i deo originalnog materijala. Takođe, zahvaljujem se profesoru V. P. Nairu i Danijelu Grinbergeru iz Siti koledža u Njujorku na trudu uloženom u čitanje mog teksta i na kritičkim i korisnim komentarima. Veoma su mi koristili i razgovori sa Fredom Džeromom koji je sastavio obiman dosije FBI o Ajnštajnu. Zahvalan sam Edvinu Barberu na podršci i podstreku i Džesu Koenu na neprocenjivim uredničkim savetima i izmenama koje su znatno unapredile tekst i usmerile ga. Mnogo dugujem i Stjuartu Kričevskom koji je svih ovih godina promovisao mnoge moje naučne knjige.

DEO I

SLIKA PRVA

Trka sa zrakom svetlosti

Fizika pre Ajnštajna

Novinar je jednom prilikom zamolio Alberta Ajnštajna, najvećeg naučnog genija posle Isaka Njutna, da objasni svoju formulu uspeha. Veliki mislilac je zastao za trenutak i potom odgovorio: „Ako je A uspeh, rekao bih da je formula $A = X + Y + Z$, gde X označava rad, a Y igru“.¹

„Šta označava Z?“, upitao je novinar.

„Da treba držati jezik za zubima“, glasio je odgovor.

Fizičarima, kraljevima, kraljicama i običnim ljudima, Ajnštajn je bio drag zbog svoje čovečnosti, velikodušnosti i smisla za humor, koje je ispoljavao i kada se borio za mir u svetu i kad je istraživao tajne kosmosa.

Dok je velikan fizike šetao ulicama Prinštona, čak bi se i deca sjatila da ga vide, a on ih je za uzvrat zasmeyavao tako što je mrdao ušima. Ajnštajn je pogotovo voleo da ćaska sa jednim petogodišnjakom koji se pridruživao misliocu u pešačenju do Instituta za napredne studije. Dok su se jednog dana šetali, Ajnštajn je iznenada prasnuo u smeh. Kada je majka upitala dečaka o čemu su to razgovarali, on je odgovorio: „Pitao sam

Ajnštajna da li se danas okupao.“ Majka se užasnula, ali je Ajnštajn uzvratio: „Drago mi je da mi neko postavi pitanje na koje umem da odgovorim.“

Fizičar Džeremi Bernstajn je jednom rekao da „ko god je lično upoznao Ajnštajna, nije mogao da se otme utisku o plemenitosti ovog čoveka. Kada se govorilo o njemu, uvek se ponavljao epitet ‘čovečan’, ...jednostavna priroda koju je bilo lako zavoleti.“²

Ajnštajn, podjednako ljubazan prema prosićima, deci i aristokratiji, takođe je bio velikodušan prema svojim prethodnicima u slavnom hramu nauke. Premda naučnici, kao i svi drugi kreativci, umeju da budu strahovito ljubomorni na svoje suparnike i da upadaju u sitne zađevce, Ajnštajn je poreklo ideja koje je zastupao tražio u radovima divova fizike, kao što su Isak Njutn i Džejms Klark Maksvel. Njihovi su portreti bili vidno istaknuti na njegovom stolu i po zidovima. Njutnova teorija mehanike i gravitacije i Maksvelova teorija o svetlosti, činile su dva stuba nauke u osvit dvadesetog stoleća. Gotovo celokupno znanje fizike tog doba, bilo je sadržano u dostignućima ova dva fizičara.

Lako je prevideti da pre Njutna nije bilo valjanog objašnjenja za kretanje tela na zemlji i na nebu. Mnogi su verovali da sudbine ljudi određuju zlonamerni duhovi i demoni. O veštičarenju, magiji i praznoverju, vatreno se raspravljalo čak i u najčuvenijim prestonicama znanja u Evropi. Nauka kakvu danas poznajemo, nije postojala.

Grčki filozofi i poglavito hrišćanski teolozi, pisali su da se tela kreću zato što su vođena željama i emocijama nalik na ljudske. Prema Aristotelovim sledbenicima, tela u pokretu će napokon usporiti, jer će se „umoriti“. Tela padaju na tlo zato što „čeznu“ da se sjedine sa Zemljom, pisali su.

Čovek koji će uvesti red u ovaj haotični svet duhova, po temperamentu i naravi bio je Ajnštajnova suprotnost. Dok je Ajnštajn velikodušno poklanjao svoje vreme i davao jezgrovite izjave za štampu, Njutn je bio poznat po svojoj zatvorenosti i sklonosti ka paranoji. Duboko sumnjičav prema drugima, žestoko se sukobljavao sa ostalim naučnicima oko prevlasti i te su zavade dugo trajale. Njegova ćutljivost bila je legendarna. Dok je bio član britanskog parlamenta, tokom zasedanja 1689–90. godine, zabeleženo je da se samo jednom obratio dostojanstvenom skupu: osetio je promaju i zatražio od vratara da zatvori prozor. Prema biografu Ričardu S. Vestfalu, Njutn je bio „izmučen čovek, krajnje neurotične prirode, koji je uvek, a pogotovo u srednjem dobu, bio na ivici nervnog sloma.“³

Kada je reč o nauci, Njutn i Ajnštajn bili su istinski majstori, po mnogu čemu nalik jedan na drugog. Obojica su mogli opsesivno da provedu nedelje i mesece u vrhunskoj koncentraciji do granice fizičke iscrpljenosti i sloma. Obojica su tajne kosmosa videli kao jednostavne slike.

Godine 1666, kada je imao dvadeset tri godine, Njutn je rasterao duhove koji su progonili aristotelovski svet, uvodeći novu mehaniku zasnovanu na *silama*. Njutn je postavio tri zakona kretanja, po kojima se tela kreću zato što ih odbijaju ili privlače sile koje se mogu precizno izmeriti i izraziti jednostavnim jedinačinama. Umesto da traći vreme na razmišljanje o željama tela koja se kreću, Njutn je bio u stanju da zbroji sile koje na tela deluju i tako izračuna njihove putanje, počev od lišća koje pada i puhora od maslačka, do topovske đuladi i oblaka. To nisu bila puka akademska razmatranja, jer su omogućila utemeljenje industrijske revolucije, za koje je snaga parnih mašina što pokreću ogromne lokomotive i brodove, stvorila nova carstva. Mostovi, brane i neboderi, mogli su se graditi pouzdanije jer su

ljudi bili u stanju da izračunaju opterećenje svake cigle i grede. Pobjeda Njutnove teorije beše tako velika, da je on s pravom bio obožavan za života. Aleksandar Poup je uskliknuo:

Priroda i zakoni njeni, u tami behu skriveni.

Bog reče: „Neka bude Njutn“, i svetlosti bi.

Njutn je primenio svoju teoriju sila na čitav kosmos, postavljajući novu teoriju gravitacije. Voleo je da pripoveda o tome kako se vratio na porodično imanje u Vulsdorpu u Linkolnširu pošto je zbog izbijanja epidemije kuge zatvoren univerzitet u Kembridžu. Jednog dana, videvši kako jabuka pada s grane, postavio je sudbonosno pitanje: ako jabuka pada, da li i Mesec pada? Može li sila gravitacije koja deluje na jabuku na Zemlji, biti ista sila koja upravlja kretanjem nebeskih tela? Bila je to jeres, jer se onda pretpostavljalo da planete leže na nepomičnim sferama koje se pokoravaju nebeskim zakonima. A ti su zakoni bili savršeni, nasuprot zakonima greha i iskupljenja koji upravljaju poročnom prirodom čovečanstva.

U trenutku spoznaje, Njutn je shvatio da može objediniti zemaljsku i nebesku fiziku u jednu sliku. Sila koja privlači jabuku ka Zemlji, mora da bude ista sila koja doseže do Meseca i vodi ga po njegovoj putanji. Njutn je tako nabasao na novu viziju gravitacije. Zamišljao je kako sedi na vrhu planine i baca kamen. Uvideo je da što snažnije hitne kamen, dalje će ga dobaciti. Onda je postavio sudbonosno pitanje: šta će se dogoditi ako baci kamen takvom brzinom da se on nikada ne vrati? Shvatio je da kamen koji neprekidno pada pod uticajem gravitacije ne bi pao na Zemlju, već bi kružio oko nje, vratio se u jednom trenutku do bacača i udario ga

u potiljak. Njutn je potom zamenio kamen Mesecom koji neprestano pada, nikada ne dosegnuvši tlo, zato što se poput kamena kreće oko Zemlje po kružnoj orbiti. Mesec ne miruje na nebeskoj sferi, kao što je Crkva mislila, već je u stalnom slobodnom padu, baš kao kamen ili jabuka, vođen silom gravitacije. Bilo je to prvo objašnjenje kretanja u Sunčevom sistemu.

Dve decenije kasnije, 1682. godine, čitav London je bio užasnut i oduševljen blistavom kometom koja je svetlela na noćnom nebu. Njutn je pažljivo pratio kretanje komete pomoću reflektujućeg teleskopa (jedan od njegovih izuma), i ustanovio da se ono savršeno slaže sa jednačinama, ako se pretpostavi da je kometa u slobodnom padu i da na nju deluje gravitacija. Uz pomoć astronoma amatera Edmunda Haleja, mogao je tačno predvideti povratak komete (docnije nazvana Halejeva), što je bilo prvo predviđanje o kretanju kometa. Zakoni gravitacije koje je Njutn upotrebio da bi proračunao kretanje Halejeve komete i Meseca, i danas važe – pomoću njih NASA sa zapanjujućom tačnošću dovodi svoje kosmičke sonde do Urana i Neptuna.

Sudeći po Njutnu, sile deluju trenutno. Ukoliko bi Sunce iznenada nestalo, Njutn je verovao da bi Zemlja trenutno bila izbačena iz svoje orbite i da bi se zaledila u dubinama prostora. Svako bi u kosmosu tačno znao u kom je trenutku Sunce iščezlo. To znači da je moguće sinhronizovati sve časovnike tako da jednoliko otkucavaju svuda u kosmosu. Sekund na Zemlji traje isto kao sekund na Marsu i Jupiteru. Poput vremena, i prostor je apsolutan. Metar na Zemlji dugačak je isto koliko metar na Marsu i Jupiteru. Ne menja svoju dužinu ni na jednom mestu u kosmosu. Sekundi i metri su, prema tome, isti ma gde se nađemo u prostoru.

Njutn je svoje zamisli utemeljio na zdravorazumskom stajnovištu o *apsolutnom prostoru i vremenu*. Po Njutnu, prostor i vreme činili su apsolutni referentni sistem prema kome procenjujemo kretanje svih tela. Kada putujemo vozom, čini nam se da se voz kreće a da je Zemlja nepomična. Međutim, pošto se zagledamo u drveće koje promiče pored prozora, možemo promišljati da li voz miruje, a drveće se kreće. Pošto izgleda da se u vozu ništa ne pomera, možemo se zapitati šta se doista kreće, voz ili drveće? Njutn je tvrdio da apsolutni referentni sistem odgovara na ovo pitanje.

Njutnovi zakoni opstali su kao temelji fizike čitava dva stoleća. Kada su krajem devetnaestog veka novi pronalasci, poput telegrafa i sijalice, izmenili velike evropske gradove, proučavanje elektriciteta iznedrilo je nov koncept u nauci. Da bi objasnio zagonetne sile elektriciteta i magnetizma, škotski fizičar Džejms Klark Maksvel razvio je tokom šezdesetih godina devetnaestog veka, na Kembričkom univerzitetu, teoriju svetlosti koja nije imala uporište u Njutnovim silama, već u novom konceptu nazvanom *polja*. Ajnštajn je pisao da je koncept polja „najdublji i najplodniji koji je fizika videla posle Njutna“.⁴

Polja možemo uočiti ako nanesimo opiljke gvožđa na list papira. Ukoliko postavimo magnet ispod papira opiljci će se, kao čarolijom, rasporediti po mreži nalik na paukovu, s linijama koje vode od severnog do južnog magnetnog pola. Svaki magnet je, dakle, okružen magnetnim poljem – nevidljivim nizom linija sila koje prožimaju čitav prostor.

Elektricitet takođe stvara polja. Na sajmovima nauke, deca se smeju kada dodirnu izvor statičkog elektriciteta a kosa im se nakostreši. Vlasi kose prate nevidljive linije električnog polja koje proishode iz izvora elektriciteta.

Opisana polja su sasvim drugačija od sila koje je uveo Njutn. Sile, govorio je Njutn, deluju trenutno u čitavom prostoru, pa bi se poremećaj u nekom delu kosmosa trenutno osetio u čitavom kosmosu. Po Maksvelovom izvanrednom opažanju, magnetno i električno delovanje ne putuju trenutno, kao Njutnove sile, već se kreću konačnom brzinom. Njegov biograf, Martin Goldman, pisao je kako je „ideja o vremenu koje treba da prođe da bi se osetilo dejstvo magneteta... Maksvela pogodila kao grom iz vedra neba.“⁵ Maksvel je slikovito pokazao da će, protresemo li magnet, proteći vreme dok se opiljci gvožđa ne pomere.

Zamislite paukovu mrežu koja treperi na vetru. Kada vetar poremeti deo mreže, talas se širi čitavom mrežom. Za razliku od sila, vibracije po paukovim mrežama i poljima putuju konačnom brzinom. Maksvel je odlučio da izračuna brzine magnetnog i električnog delovanja. U jednom od najvećih prodora u nauci iz devetnaestog veka, upotrebio je ovu zamisao da otkrije tajnu svetlosti.

Iz predašnjeg rada Majkla Faradeja i drugih naučnika, Maksvel je znao da magnetno polje koje se kreće može da proizvede električno polje, i obrnuto. Generatori i motori, zaslužni za elektrifikaciju sveta u kome živimo, direktna su posledica ove dvojnosti. (Ovo načelo se koristi i za rad električnih uređaja u našim domovima. Voda koja pada s vrha brane okreće lopaticu turbine, a ona okreće magnet. Pokretno magnetno polje goni elektrone u žicama i oni naponskim vodovima putuju sve do utičnica u našim sobama. Na sličan način elektricitet iz utičnica stvara magnetno polje u električnom usisivaču koje prisiljava motor da se vrti.)

Zahvaljujući Maksvelovoj genijalnosti, dva efekta su objedinjena. Ako promenljivo magnetno polje može da stvori

električno polje i obrnuto, možda bi oba polja mogla da sačine ciklično kretanje u kome se električno i magnetno polje neprestano pretvaraju jedno u drugo. Maksvel je brzo uvideo da bi ova naizmeničnost mogla da napravi pokretnu kompoziciju električnih i magnetnih polja koja trepere u skladu, pretvarajući se jedno u drugo u beskonačnom talasu. Potom je izračunao brzinu ovog talasa.

Na svoje zaprepašćenje, iznašao je da je brzina talasa ravna brzini svetlosti. Zatim je izrekao možda najsmeliju tvrdnju u devetnaestom veku: *to jeste svetlost*. Maksvel je proročki obzna- nio svojim kolegama: „*Ne možemo izbeći zaključak da se svetlost sastoji od transversalnih talasa u istoj sredini koja uzrokuje elek- trične i magnetne pojave.*“⁶ Nakon istrajnog razmišljanja o pri- rodi svetlosti koje je trajalo milenijumima, naučnici su najzad razumeli njene najdublje tajne. Nasuprot Njutnovim silama čije je dejstvo bilo trenutno, polja su putovala konačnom brzinom – brzinom svetlosti.

Maksvelov rad sažet je u osam komplikovanih parcijalnih diferencijalnih jednačina (poznatih kao „Maksvelove jedna- čine“), koje već sto pedeset godina svaki elektroinženjer i fizičar neizostavno uči napamet. Od nedavno se može kupiti majica koja u punom sjaju predstavlja svih osam jednačina. Prethodi im napis „U početku, Bog reče...“, a nakon jedna- čina dolazi „... i bi svetlost.“

Do kraja devetnaestog veka, eksperimentalne potvrde Njutnove i Maksvelove teorije bile su tako uspešne, da su neki fizičari sa sigurnošću predviđali kako su Njutn i Maksvel odgovorili na sva pitanja o kosmosu koje je vredelo posta- viti. Kada je Maks Plank (začetnik kvantne teorije) upitao svog tutora da li da postane fizičar, dobio je odgovor da se okuša na nekom drugom polju, jer je fizika u osnovi dovršena

nauka. Nema ničeg novog što se može otkriti, dodao je. Ove reči ponovio je i lord Kelvin, veliki fizičar devetnaestog veka, proglašivši da je fizika u biti celovita, osim nekoliko oblačaka na horizontu koji nisu mogli biti objašnjeni.

Nedostaci Njutnovog sveta svake su godine bivali sve očiti. Otkriće radioaktivnosti i rad Marije Kiri na izdvajanju radijuma, uzdrмали su naučni svet i privukli pažnju javnosti. Čak i stotinak grama ove retke, svetlucave supstance, moglo je da osvetli zamračenu prostoriju. Marija Kiri je pokazala da naizgled neograničene količine energije mogu proisteći iz nepoznatih izvora duboko unutar atoma, uprkos zakonu o održanju energije po kome energija ne može biti stvorena niti uništena. Ovi „oblačići“ uskoro će pokrenuti dve najveće revolucije dvadesetog veka, teoriju relativnosti i kvantnu teoriju.

Zbunjivalo je to što je propao svaki pokušaj da se objedine Njutnova mehanika i Maksvelova teorija. Ova potonja je potvrdila da je svetlost talas, ali je ostavila otvoreno pitanje šta je prostiranje talasa. Naučnici su znali da se svetlost može prostirati u vakuumu (to jest putovati stotinama miliona svetlosnih godina kroz vakuum kosmosa), ali pošto je vakuum definisan kao „ništa“, iz toga proishodi paradoks da su i talasi ništa!

Njutnova fizika je pokušala da odgovori na ovo pitanje; uveden je postulat po kome se svetlost sastoji od talasa koji osciluju u nevidljivom „eteru“, nepomičnom gasu što ispunjava kosmos. Smatralo se da je eter apsolutni referentni sistem prema kome se mere sve brzine. Pošto se Zemlja okreće oko Sunca, a Sunce oko centra galaksije, skeptik bi mogao da kaže kako je nemoguće ustanoviti šta se zaista kreće. Njutnovi sledbenici su na ovu primedbu tvrdili da se Sunčev sistem kreće u odnosu na statični eter, tako da se može razabrati koje se telo odista kreće.

Međutim, eter je počeo da poprima sve čudnovatija svojstva. Fizičari su, na primer, znali da se talasi kreću brže u gušćoj sredini. Zvuk putuje brže u vodi nego u vazduhu. Pošto svetlost putuje nezamislivom brzinom (300.000 kilometara u sekundi), to znači da eter mora biti izvanredno gust kako bi provodio svetlost. Ali, kako je to moglo da bude tačno, kada se pretpostavljalo da je eter ređi od vazduha? S vremenom je eter postao gotovo mistična supstanca: bio je u apsolutnom mirovanju, bez težine, nevidljiv, s viskoznošću ravnoj nuli, pa ipak jači od čelika i neprimetan za bilo koji instrument.

Počev od 1900. godine, nedostatke Njutnove mehanike bilo je sve teže objasniti. Svet je bio spreman za revoluciju, ali ko će je povesti? Premda su mnogi fizičari bili svesni pukotina u teoriji etera, stidljivo su pokušavali da ih popune po Njutnovom uzorku obrasca. Pošto nije imao šta da izgubi, Ajnštajn je napao samu srž problema i primetio da su *Njutnove sile i Maksvelova polja međusobno nekompatibilni*. Jedan od dva stuba nauke mora da padne. Kada jedan stub konačno bude pao, preinačiće se više od dve stotina godina fizike i to će dovesti do revolucije u spoznaji kosmosa i svesti o samoj stvarnosti. Njutnovu fiziku srušiće Ajnštajn pomoću slike koju i dete može da razume.

INDEKS

A

- Adler, Fridrih, 48, 71, 102
afina teorija polja, 180
Ajnštajn, Albert
 akademska zvanja, 71-73,
 76-79
 detinjstvo, 32-37
 dosije FBI o, 176-77
 filozofska interesovanja, 35-36,
 118-119
 fizičke pretnje, 115
 ideje koje je promovisao,
 111-114, 179
 izgled, 11, 40, 73, 109, 171
 kao univerzitetski predavač,
 72-73, 77-78, 93, 169
 kao violinista, 31, 39-40
 karakter, 21-23, 32-34, 37, 39,
 78, 113
 kritika od strane
 matematičara, 100-101
 mentor, 34-35
 nadimci, 32-33, 39
 neformalna studijska grupa
 koju je osnovao, 51
 Nobelova nagrada, 47, 77, 116
 odbijanje da bude predsednik
 Izraela, 186
 odnos prema etici, 119
 otpor prema autoritetu i, 34,
 44, 46, 48
 pacifizam, 101, 107-108,
 115-116, 165-66
 ponovno otkrivanje jevrejskih
 korena, 111-114, 228*n*
 portret na staklu, 118
 povreda ruke, 44
 pripisana lenjost, 44, 68
 problemi s govorom
 rano zanimanje za matema-
 tiku, 35
 rođenje, 31
 romantične veze, 39-41, 44-46,
 48-49, 79-81

- slava, 11, 108-109, 111-120,
144-145, 229n
- smrt, 187
- svetske turneje, 112-118
- školoavanje, 32-33
- švajcarsko državljanstvo, 38, 47
- traženje posla, 46-49
- u Zavodu za patente, 49, 56,
67-68, 71, 86
- zamišljene fizičke slike, 13, 23,
36, 41-42, 49-50, 57-58, 69,
139, 145, 182
- zdravstveni problemi, 103
- Ajnštajn, Elza Lovental, 79-81,
112, 229n
- brak sa Ajnštajnom, 103
- karakter, 80
- na svetskoj turneji, 117
- odnos sa Ajnštajnom, 80-81
- smrt, 170-71
- u opservatoriji Maunt Wilson,
126
- Ajnštajn, Hans, 50, 79-80
- Ajnštajn, Herman, 31-32, 36-37,
47-48, 50
- Ajnštajn, Jakov, 31, 36
- Ajnštajn, Maja. *Videti* Vinteler,
Maja Ajnštajn
- Ajnštajn, Eduard, 73, 79-80, 91
- Ajnštajn, Mileva Marić, 44-46, 59,
66, 111, 170
- brak sa Ajnštajnom, 50
- karakter, 45, 78, 80
- neuspeh na završnom ispitu, 46
- novac od Nobelove nagrade, 117
- prepiska sa Ajnštajnom, 45-46,
48-49
- preziranje od strane
muževljeve rodbine, 45-47,
79
- razvod, 78-81
- religiozni stavovi, 34, 119-120
- smrt, 186
- Ajnštajn, Polin Koh, 31, 37, 40,
44-46, 80, 106
- Ajnštajn-Grosmanova teorija, 96-98
- Ajnštajn-Hilbertova akcija, 100
- Ajnštajn-Rozenov most, 162-163,
206
- Ajnštajnova kuća, 66
- Ajnštajnova sočiva i prstenovi, 12,
132-133, 200-201, 205-206
- akcija, 100
- Alfer, Ralf, 186
- Annalen der Physik*, 59
- antigravitacija, 123, 203
- antimaterija, 106, 230n
- Antirelativistička liga, 111
- antisemitizam, 111, 114-115,
165-169
- apsolutna nula, 12, 124, 146-147,
185-186, 190-191
- Aristotel, 23
- Aspe, Alen, 194
- astronauti, 87
- atomi, 14, 29, 51, 58, 67, 75,
140, 173
- dejstvo etera na, 53
- eksperimentalni dokaz, 64-66
- peta dimenzija kao manja od,
142-143
- u Boze-Ajnštajnovim konden-
zatima, 12, 146, 190-191
- atomska bomba, projekat, 171-179
- bombardovanje Japana,
178-179
- i atomska energija kao pretnja,
175-176
- Nemačka, 172-178

projekat Menhetn, 175-179
 Ruzvelt i, 175
videti i nuklearna energija
 atomski laseri, 190-191
 atomski satovi, 75, 196-197

B

Baki, Tomas, 181
 Bel, Džon, 161, 194, 234*n*
 Ben-Gurion, David, 186
 Bentli, Ričard, 121-122
 Bergman, Valentin, 182
 Berlin, Univerzitet u, 78-79, 101,
 108, 226*n*-227*n*
 Bern, Univerzitet u, 71
 Bernštajn, Aron, 40
 Bernštajn, Džeremi, 22, 183
 Beso, Ana Vinteler, 38
 Beso, Mikele, 38, 56-57, 59, 186
 Bete, Hans, 175
 Bjankijevi identiteti, 100
 Blumenfeld, Kurt, 112
 Bog, 35, 47, 57, 119-120, 137, 145,
 153-154, 157, 180, 182,
 193, 202
 Bolcman, Ludvig, 66, 146, 185
 Boljaji, Janoš, 93
 Bor, Nils, 73, 148, 150, 152,
 154-157, 160, 162, 174, 183
 polemika sa Ajnštajnom,
 154-157, 192, 195
 Born, Maks, 59, 151-154,
 226*n*-227*n*
 Boze, Satjendra Nat, 146, 215
 Boze-Ajnštajnovi kondenzati, 12,
 146, 190-191
 bozoni, 215
 Brajan, Denis, 11
 Braun, Jan, 201

Braun, Robert, 65
 Braunovo kretanje, 65
 brzina svetlosti, 28-29, 43, 89-90,
 129, 131
 beskonačno velika masa pri,
 61-62, 224*n*
 kao granična brzina, 60-61,
 85-86, 224*n*
 kao konstanta, 55-56, 61-62,
 67, 85-86, 139, 161
 putovanje brzinom većom od,
 160-161, 224*n*
 u Majklson-Morlijevom
 eksperimentu, 52-53, 71
 u Maksvelovoj teoriji polja, 13,
 22, 27-29, 56-57
 u teoriji etera, 30, 52-54
 u vakuumu, 42
 Bus, Vanevar, 176
 Biland, Hans, 37

C

Ciceron, 35
 ciklon B, gas, 168
 cionizam, 112-113, 228*n*
 Ajnštajnova turneja za priku-
 pljanje novca za, 113-114
 Cirihi, Univerzitet u, 49
 Ajnštajn kao profesor na, 71-73
 Ajnštajnov doktorat, 66
 Ciriška politehnička škola, 37,
 42-48, 55, 68, 76, 93
 Collège de France, 114
 crne rupe, 12, 14, 88, 127-131,
 161, 199, 205-208
 formiranje, 130-131
 horizont događaja, 129,
 206-208
 kao centri galaksija, 205-206

- kao vrata u paralelni kosmos, 207-208
 kao vremeplovi, 207-208
 kvantne čestice kao, 163-164
 masa, 205
 rotacija, 205-208
 svojstva, 129-130
 Švarcšildov poluprečnik, 129-131
 crveni pomak, 125-127
 gravitacioni, 96-97, 196
 crvotočine, 163-164, 208
- Č**
- Čaplin, Čarli, 118
 Čedvik, Džejms, 173
 Čerčil, Vinston, 166
- D**
- Dalen, Nils Gustaf, 77
 Darvin, Čarls, 108
 de Broj, Luj, 147, 154
 de Siter, Viljem, 123-24, 126
 De Valera, Emon, 180
 Degenhart, Jozef, 31
 dekoherencija, 205
 determinizam, 153-154, 231*n*
 Dike, R. H., 201
 diferencijalna geometrija (tenzorski račun), 93-95
 dimenzije
 četiri, 68, 126-127, 141, 150, 214, 218-219
 deset, 213-214, 234*n*-235*n*
 diferencijalna geometrija, 93-94
 jedanaest, 214, 218, 234*n*-235*n*
 pet, 141-144
 Dirak, Pol Adrijan Moris, 149-150, 230*n*
- Drugi svetski rat, 143, 165-67
 duhovitost, 21, 39, 109, 118, 176-177
 Dukas, Helen, 50, 79, 171, 179, 210
 Dajson, Friman, 180
 Dajson, ser Frenk, 107
- DŽ**
- Džilet, Džordž Fransis, 110
- E**
- Edington, Artur, 105-108, 130, 141, 144
 Edison, Tomas, 31
 $E = mc^2$, 66-67, 78
 kao $E = \pm mc^2$, 160-61, 230*n*
 nuklearna fizija i, 186
 elegancija, u fizici, 70, 99, 180
 elektricitet, 26-29, 31-32, 36, 40, 61, 137-138, 212, 215, 217
 četvrta dimenzija i, 70
 i solarna energija, 63
 statički, 26
 videti i teorija polja, Maksimalova
 elektroni, 71, 139, 143-144, 146, 148-153, 230*n*
 spin, 149, 159-160
 elektronika, 63, 145
 energija, 73, 96, 155, 207-209
 četvrta dimenzija i, 70
 kvanti, 63-64
 negativna, 208
 nuklearna. *Videti* nuklearna energija
 očuvanje, 29, 61-62
 svetlosnih talasa, 63-64
 tamna, 123-124, 202-205
 videti i $E = mc^2$

Engleska, 24-25, 105-110, 112,
114, 129, 137-138, 151,
166, 168, 199, 201
epicikle planeta, 54
Epikur, 51
EPR eksperiment, 159-160, 194,
234*n*
Erenfest, Pol, 89-90, 156, 170
Erenfestov paradoks, 89-90
eterski vetar, 52-54, 58, 199
Euklidska geometrija, 35, 89, 93
Everet, Hju, 193
Exposition du système du monde
(Laplas), 129

F

Faradej, Majkl, 27, 31-32, 137-138
Fejnmen, Ričard, 196
Fermi, Enriko, 174-175, 178, 212,
215
Fermijeva sila, 131
fermioni, 215
Ficdžerald, Džordž, 53-54, 58, 61
filozofija, 35-37, 118-119
fizička realnost i, 119
starih Grka, 22
Fleksner, Abraham, 169
Folsing, Albreht, 39
fotino, 217
fotoelektrični efekat, 63-64, 71,
111, 116
fotoni, 63-64, 66, 73, 111, 149,
152-153, 190, 197
Francuska, 114, 168, 199
Fridman, Aleksandar, 124-126,
204
Friš Oto, 173
Frojdlih, Edvin Finli, 96

G

Galilej, 87
Gamov, Džordž, 185, 201
Gaus, Karl Fridrih, 93
Gedel, Kurt, 184, 207
generatori neutrona, 75, 164, 217
geometrija, 138-139, 162, 214
diferencijalna (tenzorski
račun), 93-94
euklidovska ravanska, 35,
89-90, 93
neeuclidovska, 93
postrimanovska, 144
superprostor, 215-16
zakrivljenih površina, 89-94
Gerlah, Valter, 149
globalni satelitski sistem
pozicioniranja, 77
Goldman, Martin, 27
gravitacija, 130, 156, 206, 211-212,
217, 219, 226*n*
crne rupe i, 128-129
kao privlačna sila, 121-123
Njutnova teorija o, 22, 24-25,
86, 88, 90-92, 96, 98-99,
107, 121-122, 129, 131,
139, 162-163
odbojna antigravitacija
naspram, 123, 203
slobodan pad i, 25, 86-87
spin, 215
teorija polja i, 89
u udaljenom svemiru, 87
ubrzanje usled, 87-88, 137-138
zakon obrnute srazmernosti
kvadratu rastojanja, 163,
218-219

- gravitacija, opšta teorija
 relativnosti, 70-71,
 85-103, 137, 211-212
 Ajnštajn-Hilbertova akcija, 100
 Ajnštajn-Grosmanova teorija o,
 96-98
 eksperimentalni dokaz, 96-99,
 105-107, 109-110, 196-203
 gravitacioni crveni pomak i,
 97, 196-197
 i perihel Merkura, 96-99
 Mahov princip i, 96, 98
 princip ekvivalencije u, 87-88,
 139, 144
 Ričijev tenzor i, 96, 98, 123
 skretanje svetlosti, 88, 96-99,
 105-107, 132-133, 197-198
 videti i kosmologija; objedi-
 njena teorija polja
 zakrivljeni prostor i vreme, 13,
 89-99
- gravitacioni talasi, 131-132, 149
 eksperimentalan dokaz, 12,
 132, 198-200, 218
- Gret, Vilhelm, 172
 Grinštajn, Džesi, 197
 Gros, Dejvid, 214
 Grosman, Marsel, 44, 49, 76, 92-93
 netačna teorija gravitacije,
 96, 98
- Gut, Alan, 204
- H**
- Haber, Fric, 168
 Habl, Edvin, 118, 124-127
 Hablova konstanta, 126
 Hajzenberg, Verner, 150, 152-154,
 161
 objedinjena teorija polja, 183
- vođa nemačkog projekta
 atomske bombe, 177-78
- Haksli, Tomas, 108
 Halejeva kometa, 25
 Hals, Rasel, 198
 Han, Oto, 173
 Hardi, G. H., 180
 Harding, Voren G., 113
 Hartek, Pol, 172
 Hedin, Sven, 116
 Herblok, 187
 Herc, Hajnrih, 63
 Hercog, Albin, 38
 Herman, Robert, 186
 Hilbert, Dejvid, 100
 hipersfera, 127
 hipersvemir, 214, 218
 Hitler, Adolf, 166, 175, 179
 Hofman, Baneš, 62
 Hojl, Fred, 127
 Hoking, Stiven, 203
 pretpostavka o zaštiti
 hronologije, 209
- Holdejn, lord, 114
 Hubble Space Telescope, 12, 201,
 205
- I**
- infracrveno zračenje, 185-86
 invarijansa skaliranja, 140
 „Istraživanje prirode etra u mag-
 netnom polju“ (Ajnštajn),
 40
- J**
- Jang-Milsova polja, 143, 211
 Japan, 116, 199
 bombardovanje atomskom
 bombom, 178-179

K

- kajzer Vilhelm, Institut za fiziku,
77, 178
- Kaluca, Teodor, 141, 213, 218-219
- Kant, Imanuel, 35-37, 119
- Karol, Luis, 110, 163
- Kazimirov efekat, 208
- Kelvin, Vilijam Tomson, lord, 29
- Ker, Roj, 206
- Keterle, Volfgang, 190-191
- Kiri, Marija, 29, 62, 74, 76, 174
- Klajn, Feliks, 100-101
- Klajn, Oskar, 141, 213, 218-219
- Klajner, Alfred, 49, 66
- Komitet atomskih fizičara za
rešavanje hitnih pitanja,
179
- Kopernik, 53-54, 86, 108, 204
- Kornel, Erik A., 190-191
- kosmologija, 121-133, 179,
184-186, 190, 201-201
- Ajnštajnova sočiva i prstenovi u,
12, 132-133, 200-201,
205-206
- gustina svemira u, 124-125
- inflatorni svemir u, 204
- konačan svemir naspram
beskonačnog u, 121-122,
126-127
- Njutnova teorija gravitacije i,
121-122
- Olbersov paradoks u, 122
- prazan svemir u, 124-126
- skupljajući svemir u, 121-124,
203-204
- svemir s jednom galaksijom u,
122, 125
- šireći svemir u, 122-127, 185,
202-203
- teorija velikog praska u, 14,
127-128, 132, 161, 184-
185, 200-204, 216-217
- videti i* crne rupe; gravitacioni
talasi; paralelni univer-
zumi
- kosmološka konstanta, 12,
123-124, 126, 203-205
- kosmos, 95, 120, 182, 191, 230*n*
- apsolutni, 25-26, 51, 57-58,
91, 184
- brzina svetlosti kao najveća u,
60, 85-86, 224*n*
- galaksija Mlečni put kao, 122,
125
- kao nelokalan, 159-161
- konačna sudbina, 124-125
- kritična gustina, 124-125
- skupljanje, 58, 60-62, 68
- starost, 127
- stvaranje, 88, 100-101, 127-128
- širenje, 127-128, 202-205
- videti i* teorija o eteru;
kosmologija
- vakuum, 29
- kosmos s jednom galaksijom u,
122, 125
- kovarijansa, 70, 94
- opšta, 98-100, 123, 139, 142,
144, 203, 214-215, 226*n*
- Kraljevsko astronomsko društvo,
105, 107
- Krauč, Henri, 108
- Kromelin, Endru, 106
- kvantna fizika, 28, 67, 101, 111,
130-133, 138, 141-142,
144-147, 179-182, 190-
196, 204, 210-213, 220
- Ajnštajn-Rozenov most u,
162-164, 206

- antimaterija u, 149-151
 Boze-Ajnštajnovi kondenzati u,
 12, 146-147, 190-191
 frekvencije i, 64
 kauzalnost u, 154, 184-185
 Kazimirov efekat u, 208
 koncept dualnosti i, 72
 kopenhaška škola, 154-163,
 191-196
 nelokalni svemir, 151-161
 solitoni, 163
 standardni model, 211-212
 svetlost u, 63-64
 Šredingerova talasna jednačina i,
 148-149, 150-152, 154
 talasi materije i, 147-151,
 157-159, 190-191
videti i princip neodređenosti
 kvantni brojevi, 131, 149-150, 164
 kvantni računari, 191
- L**
- Lajbkneht, Karl, 114
 Lajbus, Rudolf, 115
 Laplas, Pjer-Simon, 129, 205
 laseri, 189-191, 196, 198-200, 218
 Laue, Maks fon, 67
 Lemetr, Žorž, 124, 126-127, 204
 Lenard, Filip, 64, 111, 115-116
 Lengvin, Pol, 74
 lepota, u fizici, 70, 99, 180
 Leverje, Irben, 97
 Luis, Gilbert, 64
 LHC (Large Hadron Collider),
 217, 219
 LIGO, projekat, 199-200
 Lindberg, Čarls, 117
 LISA, sateliti, 200, 218
 Lobačevski, Nikolaj, 93
 Lorenc, Hendrik, 53-54, 58-59,
 61, 106
 Lorenc-Ficdžeraldove kontrakcije,
 53-54, 58, 61
 Lorencove kovarijantne jednačine,
 70, 94
 Lorencove transformacije, 58,
 60-61, 70, 94, 139, 214
 Lovental, Elza. *Videti* Ajnštajn,
 Elza Lovental
 Luitpold, gimnazija, 33
- M**
- magnetizam, 26-28, 40, 61,
 137-138, 211-212, 215, 217
 četvrta dimenzija i, 69
 rana fasciniranost Ajnštajna,
 33, 36
videti i teorija polja,
 Maksvelova
 Mah, Ernst, 51, 65, 123
 Mahov princip, 96, 98, 225*n*
 Majkl, Džon, 129-130, 218
 Majklson, Albert, 52-53, 58, 71,
 199, 223*n*
 Majtner, Lize, 173-174, 176
 Maksvel, Džejms Klark, 22, 26-29,
 31-32, 146-147
videti i teorija polja,
 Maksvelova
 Maksvelove jednačine, 28, 42, 89,
 141
 specijalna teorija relativnosti i,
 56, 58, 60-61, 139, 223*n*
 u četvorodimenzionalnoj
 matematici, 70
 Mandl, Rudi, 132
 Marić, Mileva. *Videti* Ajnštajn,
 Mileva Marić

- Marić, Zorka
masa, 62, 71, 95, 225*n*
 beskonačna, pri brzini
 svetlosti, 61-62, 224*n*
 crnih rupa, 205
 u principu ekvivalencije,
 87-89, 139, 144
materija, 92, 96, 124, 129, 138,
 146, 155, 162
 četvrta dimenzija i, 69
 negativna, 208
 tamna, 191, 204, 217-219
 videti i $E=mc^2$
Maunt Wilson, opservatorija, 118,
 126
mentalna bolest, 170, 186
Merkur, 206
 perihel, 96-98
MERLIN, niz radio-teleskopa, 201
mesec, 24-25, 41, 87-89, 198
mikrotalasno zračenje, 186,
 201-203
Milikan, Robert, 116
Minkovski, Herman, 44, 68-71
Mlečni put, galaksija, 122, 125-126
 crna rupa u središtu, 205
Morli, Edvard, 52, 58, 71, 199,
 237*n*
Mur, Volter, 148
- N**
nanotehnologija, 145, 191, 194
NASA, 25, 200
negativna materija i energija, 208
Nemačka, 31-37, 78, 79, 96, 108,
 117, 128, 199
 Ajnštajn kao izbeglica iz,
 166-168
 antisemitizam u, 111, 114-115,
 165-169
 arijevska fizika u, 111-112
 nacistička partija u, 165-69
 politička ubistva u, 115
 progon jevrejskih naučnika iz,
 167-169
 projekat atomske bombe,
 172-175, 177-178
 školski sistem u, 32-33, 38
 u Drugom svetskom ratu,
 101-103
Nemački univerzitet u Pragu, 73
Neptun, 25, 98
Nernst, Valter, 101
neutroni, 173
neutronske zvezde, 12, 131,
 198-199
Nikolaj, Džordž, 101
Nobelove nagrade, 12, 47, 73, 77,
 107, 111, 113, 116, 118,
 132, 148, 150, 161-162,
 167, 178, 189, 191, 198
Novikov, Igor, 210
Nueš, Jakov, 48
nuklearna energija, 13, 29,
 171-174
 lančana reakcija, 172, 174,
 177-178
 oslobođanje, 173-174
 uranijum i, 173-175, 178
nuklearne sile, 140, 143, 211, 217
- NJ**
Njutn, Isak, 11, 21, 23-26, 66, 108,
 218
 fizičke slike, 23-25, 41
 grob, 114, 151

- hypoteses non fingo*, 91
 karakter, 23
 teorija gravitacije, 22, 24-25,
 86, 88, 91-92, 96, 98-99,
 107, 121-122, 129, 139,
 141, 163
 teorija svetlosti, 63, 72
 njutnovska fizika, 13, 23-26, 28-
 30, 41-42, 67
 apsolutni prostor i vreme u,
 25-26, 52-53, 56-58, 91-92,
 183-184
 determinizam u, 153-154
 kao stub nauke, 30, 56
 Masvelova teorija polja
 naspram, 29, 139
 nedostaci, 29-30, 51-54, 56-57
 svrstavanje svetlosti u, 56-57,
 60-61
 trenutni univerzalni efekti u,
 25-29, 58, 86, 91-92, 139,
 183-184
 validnost, 162
videti teorija etera
 zakoni kretanja u, 23-24,
 97-98, 153-154
- O**
- „O elektromagnetici tela u
 pokretu“ (Ajnštajn), 59
 „O heurističkom stanovištu pro
 izvodnje i transformisanja
 svetlosti“ (Ajnštajn), 64
 „O kretanju malih čestica
 ograničenih u stacionar-
 noj tečnosti na osnovu
 molekularno-kinetičke
 teorije toplote“ (Ajnštajn),
 65-67
- objedinjena teorija polja, 14,
 132-133, 137-164,
 179-184, 187, 200, 210-220
 kvantna fizika kao deo,
 162-164
 mermer i drvo, 138, 214-16
 peta dimenzija i, 141-144
 različite verzije, 140-156,
 179-180, 183, 213-214
 teorija struna u, 14, 144, 163,
 189, 212-220, 234-235*n*
 vodeći princip za, 144-145,
 179-180, 182-183, 215
 objedinjenje putem simetrije,
 69-71, 85, 139, 214-217
 petodimenzionalna opšta
 kovarijansa u, 142
 supersimetrija u, 215-217
 u Vejllovoj teoriji, 140
 Okamova oštrica, 54
 Olbersov paradoks, 122
 Openhajmer, Robert, 130, 175,
 181, 212
 opšta teorija relativnosti, 85-103,
 137, 156-157, 159, 190,
 196-203, 212, 220
 borba oko autorstva, 100
 elegancija, 99
 Erenfestov paradoks i, 89-90
 postulati, 87
 preciznost, 199
 princip opšte kovarijanse,
 94-96, 98-100, 123, 139,
 142, 144, 203, 214-215, 226*n*
 ubrzanje u, 71, 85-88, 94-95
videti i gravitacija, opšta
 teorija
- Optika (Njtn), 88
 Osvald, Vilijam, 47, 101

P

- Pais, Abraham, 14, 183
 paradoks blizanaca, 74-75
 paradoksi, 42, 57-58, 74-76,
 196, 224*n*
 blizanaca, 74-75
 Erenfestov, 89-90
 Olbersov, 122
 putovanja kroz vreme,
 184-185, 210
 tigra i kaveza, 75-76
 paralelni univerzumi, 183-184,
 210-211, 218-219
 crne rupe kao prolazi do,
 207-208
 crvotočine i, 163-164
 u teoriji o mnoštvu svetova,
 193-196
 Pauli, Wolfgang, 141, 155
 objedinjena teorija polja,
 145-146
 Paund, Robert V., 196
 Penzijas, Arno, 201-202
 Perne, Žan, 44
*Philosophie Naturalis Principia
 Mathematica* (Njutn), 91,
 121
 planete, 13, 52, 95-96
 orbite, 24, 87, 97-98
 epicikle, 54
 Vulkan kao, 98
 Plank, Maks, 28, 64, 72, 86, 146,
 185, 193
 Hitlerov susret sa, 167-168
 nacisti i, 167-69
 naučna opozicija, 110-111
 pomračenje Sunca i, 106
 specijalna teorija relativnosti i,
 67
 Plankova konstanta, 64, 67,
 149, 153
 Podolski, Boris, 159
 Poenkare, Anri, 61
 Poup, Aleksandar, 24
 pozitroni, 150
 princip ekvivalencije, 87-88, 139,
 144
 princip neodređenosti, 151-162,
 191-196, 202
 dekoherencija u, 195-196
 EPR eksperiment i, 159-161,
 194, 234*n*
 opservacija u, 152-153,
 156-161, 192-193
 rasprava Bora i Ajnštajna o,
 154-157, 192, 195
 Šredingerov misaoni eskperi-
 ment s mačkom, 157-159
 teorija o Velikom prasku i,
 202-203
 verovatnoće u, 151-154,
 184-185
 Princeton, univerzitet, 21, 169-171,
 176, 186
 prostorvreme, 134, 198, 207, 214
 četiri dimenzije sistema, 68-
 71, 141, 150, 214, 218-219
 distorzije, na horizontu
 događaja, 129
 zakrivljen, 89-99, 213
 zakrivljen sistem, 90-91,
 138-139, 201, 207-208
 zapremina, 95-96, 123, 203
 protoni, 173, 217
 Pruska akademija nauka, 77-78, 144
 Prvi svetski rat, 101-103, 108-109,
 114
 pacifisti u, 101, 105-106, 108

Pur, Čarls Lejn, 110
 putovanje kroz vreme, 183-184,
 207-209
 crvotočine u, 208-209
 paradoksi, 184-185, 210-211

R

Rabi, Isidor Isak, 113
 Raderford, Ernst, 140, 172
 radijum, 29, 62, 171
 radioaktivnost, 29, 197
 Rajhenštajn, David, 50
 Rasel, Bertrand, 115
 Ratenau, Valter, 115
 „Razvoj stanovišta o prirodi i
 zračenju“ (Ajnštajn), 72
 Rebka, G. A., 196
 Rejli, Džon Vilijam Strut, lord, 114
 religija, 113-114, 118-120
 nauka naspram, 34, 119-120
 Rentgen, Vilhelm, 101
 Ričijev tenzor, 96, 98, 123, 141,
 203
 Riman, Bernard, 93, 95, 138, 144,
 210, 216
 Rodžers, Vil, 118
 Rotblat, Džozef, 178
 rotirajući svemir, 184
 Rozen, Natan, 131, 159, 162-164
 Rozenfeld, Leon, 160

S

Salcburška konferencija fizičara,
 72
 Saš, Aleksander, 175
 sateliti, 197, 200, 202, 205, 218
Science of Mechanics, The (Mah),
 51
 singulariteti, 128, 139, 163

Sjedinjene Američke Države, 199
 Ajnštajn kao građanin,
 169-170
 Ajnštajnova turneja po,
 112-113, 117-118
 medijska pažnja i, 108-111
videti i projekat atomske
 bombe
 Slifer, Vesto Melvin, 125
 slobodan pad, 25, 86-87
 Smut, Džordž, 202
 Snajder, Hartland, 130
 solitoni, 163
 Solovin, Moris, 51
 Solvej, Ernest, 73
 Solvejeva koferencija, 73, 155, 195
 specijalna teorija relativnosti, 13,
 57-81, 137, 160, 197
 atomska teorija i, 64-66
 brzina svetlosti kao konstanta u,
 56-60, 67, 85-86, 139, 161
 četvrta dimenzija u, 68-71,
 141, 150
 dilatacija vremena u, 56-62,
 68, 74-76
 fotoelektrični efekat u, 63-64,
 71, 111, 116
 inercijalni sistemi, 60-61
 Lorencove kovarijantne
 jednačine u, 70, 94
 Lorencove transformacije i, 58,
 60-61, 70, 94, 139, 214
 Maksvelove jednačine i, 58,
 60-61, 139, 237n
 nedostaci, 85-86
 paradoksi, 74-86, 224n
 postulati, 59-60
 reakcija naučnika na, 66-70,
 77, 80

- skupljanje svemira u, 58,
 60-62, 68
 sabiranje brzina u, 60-61
 Spinoza, Baruh, 120
 Spir, Albert, 177
 statičan svemir u, 121-123,
 126-127
Sto autora protiv Ajnštajna,
 165-166
 strune (superstrune), teorija
 (M-teorija), 14, 144, 163,
 189, 212-220, 234*n*-235*n*
 subatomske čestice, 14, 138,
 143-144, 192, 212-213
 fotografisane, 151-152
 superčestica, 217, 219
 spin, 149, 159-160, 164, 215
videti i kvantna fizika
 Sunce, 13, 25-26, 85, 91, 96, 99
 gravitacija, 87, 226*n*
 pomračenje, 88-89, 96,
 105-107, 197
 skretanje zvezdane svetlosti
 zbog, 88, 197-198
 Švarcšildov poluprečnik, 129
 temperatura na površini, 185
 Sunčev sistem, 205
 kretanje, 25-26, 153
 ptolomejski geocentričan, 54
 teorija etera i, 30
videti i planete; Sunce
 superčestice, 217
 superkosmos, 215-216
 supersimetrija, 215-217
 svetlosne čestice, 63, 72-73,
 147-148
 svetlosni talasi, 29, 41-42, 63,
 72-73, 147, 151
 svetlosni zraci, 13, 63-64, 88,
 152-153
 intenzitet, 63-64
 Majklson-Morlijev eksperi-
 ment sa, 52-53, 58, 71, 199
 u Ajnštajnovoj slici, 41-43,
 55-57, 139
 svetlost, 29, 40-43, 51, 146
 dualna priroda, 72, 147
 fotoni, 63-64, 66, 73, 111, 149,
 152-153, 190, 197
 frekvencija, 63-64, 97
 i crveni pomak. *Videti* crveni
 pomak
 Njutnova teorija, 63, 72
 skretanje, 88, 96-99, 105-107,
 132-133, 197-198
 u crnim rupama, 128-130, 205
 zamrznuta u vremenu, 41-43
- Š
- Šredinger, Ervin, 154, 160-162
 afina teorija polja, 180
 misaoni eksperiment s
 mačkom, 157-159, 192-196
 talasne jednačine, 150-151,
 154, 168-169
 Štern, Oto, 149
 Štirk, grof Karl fon, 102
 Štrasman, Fric, 173
 Švajcarska, 38-52
 Švarcšild, Karl, 128, 163, 205-206
 Švarcšildov prečnik, 129-131
 Švarcšildovo rešenje, 128-129
- T
- Tagore, Rabindranat, 117-118
 tačkaste čestice, 139
 talasi materije, 147-151, 157-159,
 190-191
 Talmund, Maks, 34, 40

- tamna energija, 123-124, 202
 tamna materija, 191, 205, 217-219
 tamne zvezde. *Videti* crne rupe
 Tejlor, Džozef, 198
 Teler, Edvard, 175
 tenzorski račun (diferencijalna geometrija), 93-95
 teorija etera, 29-30, 40, 51-54, 61, 71, 151
 Lorenc-Ficdžeraldove kontrakcije u, 53-54, 58, 61
 Majklson-Morlijev eksperiment i, 52-53, 58, 71, 199, 223*n*
 teorija mnoštva svetova, 193-194, 196
 teorija polja, Maksvelova, 13, 26-29, 72, 89, 131, 137
 brzina svetlosti u, 13, 22, 27-29, 56-57
 Jang-Milsova polja i, 106
 kao stub nauke, 30, 56
 njutnovska fizika naspram, 29, 30, 56-57, 139
 videti i objedinjena teorija polja
 vreme u, 27
 teorija relativnosti, 42, 105-133
 antisemitsko ometanje, 111
 interesovanje javnosti, 109-115
 kritika, 102, 110-112, 165-166
 medijska pažnja, 107-108, 110-112, 117
 nerazumljivost, 107, 110, 116, 175
 videti i opšta teorija relativnosti; specijalna teorija relativnosti
 Torn, Kip, 208
 tigar i kavez, paradoks, 75-76
 Tomson, Džozef, 107
 transformacije skaliranja, 140
 Truman, Hari, 178
- U**
 ubrzanje, 71, 74-75, 85, 94, 96-88
 slobodan pad i, 86-87
 vrednost gravitacionog, 87-88, 137-138
 Uran, 25, 98
 uranijum, 154, 173-174, 178
- V**
 Vahsman, Konrad, 229*n*
 Vajcman, Haim, 121, 186
 Vajman, Karl E., 190-191
 Vajnberg, Stiven, 195, 212
 Vajskopf, Viktor, 99
 Vajt, T. H., 209
 Vajthed, Alfred, 107
 vakuum, 29, 42, 123-124, 202
 van Stokum, V. J., 207
 Watson, E. M., 175
 Veber, Hajnrih, 38, 43, 47, 77
 Vejl, Herman, 140
 Veliki prasak, teorija o, 14, 127-138, 161, 180-181, 184-185, 200-204, 215-218
 veliko sažimanje, 203
 veliko smrzavanje, 124
 Vels, H. Dž., 68
 Vestfal, Ričard, 23
 Vigner, Eugen, 174, 175, 192-193
 Vilson, Robert, 201-202
 Vinteler, Jost, 38-39
 Vinteler, Maja Ajnštajn, 32, 35, 38-39, 50, 171, 186

Vinteler, Mari, 40, 45
 Vinteler, Paul, 38
 Vintetur, Tehniška škola, 48
 Viten, Edvard, 213, 248*n*
 vreme, 41, 130, 152, 156-157
 Ajnštajnova fizička slika o,
 57-58
 apsolutno, 25-26, 51, 57-58,
 91-92, 184
 u Maksvelovoj teoriji polja, 27
 u Vejllovoj teoriji, 140
 videti i prostorvreme
 vreme, dilatacija, 57-62, 68, 197,
 208-209
 paradoksi, 73-76
 Viler, Džon, 129-130, 157, 193-194

Z

„Zaključci o fenomenu
 kapilarnosti“ (Ajnštajn), 48
 Zilard, Leo, 168, 174
 zvezde, 13, 51, 95, 121-122,
 125, 239*n*
 neutronske, 12, 131, 198-199
 Olbersov paradoks, 122
 skretanje svetlosti, 88, 96, 98-
 99, 132-133
 stvaranje, 130
 tamne, 129, 205-206; *videti i*
 crne rupe

Ž

Žolio-Kiri, Frederik, 174

