

# SEDAM KRATKIH LEKCIJA IZ FIZIKE

KARLO ROVELI

Preveo  
Goran Skrobonja

■ Laguna ■

Naslov originala

Carlo Rovelli

SETTE BREVI LEZIONI DI FISICA

Copyright ©2014 Adelphi Edizioni S.p.A., Milano  
Translation copyright © 2016 za srpsko izdanje, LAGUNA

# SEDAM KRATKIH LEKCIJA IZ FIZIKE



Kupovinom knjige sa FSC oznakom pomažete razvoj projekta  
odgovornog korišćenja šumskih resursa širom sveta.

NC-COC-016937, NC-CW-016937, FSC-C007782

© 1996 Forest Stewardship Council A.C.

# Sadržaj

*Predgovor* 9

PRVA LEKCIJA:  
Najlepša teorija na svetu 11

DRUGA LEKCIJA:  
Kvanti 19

TREĆA LEKCIJA:  
Arhitektura kosmosa 27

ČETVRTA LEKCIJA:  
Čestice 35

PETA LEKCIJA:  
Zrna svemira 41

ŠESTA LEKCIJA:  
Verovatnoća, vreme i toplota crnih rupa 51

I NA KRAJU:  
Mi sami 63

## Predgovor

Ove lekcije napisane su za one koji znaju malo ili nimalo o savremenoj nauci. One zajedno predstavljaju brz pregled najfascinantnijih aspekata velike revolucije koja se dogodila u fizici u dvadesetom veku, i pitanja i tajni koje je ta revolucija otvorila. Jer nauka nam pokazuje kako da bolje razumemo svet, ali nam isto tako otkriva koliko je ogromno prostranstvo onoga što se još ne zna.

Prva lekcija je posvećena opštoj teoriji relativnosti Alberta Ajnštajna, „najlepšoj teoriji na svetu“. Druga je posvećena kvantnoj mehanici, gde se kriju oni aspekti moderne fizike koji najviše zbunjuju. Treća je posvećena kosmosu: arhitekturi vaseljene koju nastanjujemo; četvrta njenim elementarnim česticama. Peta se bavi kvantnom gravitacijom: tekućim pokušajima da se konstruiše sinteza najvećih otkrića iz dvadesetog veka. Šesta se odnosi na verovatnoću i toplotu crnih rupa. Poslednji deo knjige vraća nas nama samima, i

postavlja pitanje kako je moguće razmišljati o našoj egzistenciji u svetlu neobičnog sveta koji fizika opisuje.

Lekcije su proširena verzija niza članaka koje je autor objavio u nedeljnom dodatku italijanskih novina *Sole 24 ore*. Želeo bih da posebno zahvalim Armandu Masarentiju, koji je zaslužan za otvaranje kulturnih stranica nedeljnih novina za nauku, i za to što je dozvolio da se osvetli uloga ovog integralnog i vitalnog aspekta naše kulture.

## PRVA LEKCIJA

# NAJLEPŠA TEORIJA NA SVETU

Albert Ajnštajn je u mladosti proveo godinu dana u besciljnom gluvaranju. Nigde ne možete stići bez „gubljenja“ vremena – a to je nešto što roditelji tinejdžera, nažalost, obično zaboravljaju. Nalazio se u Paviji. Pridružio se porodici pošto je napustio nastavu u Nemačkoj, nesposoban da istrpi strog režim u svojoj tamošnjoj srednjoj školi. Bilo je to na početku dvadesetog veka, i u Italiji je tada započela industrijska revolucija. Njegov otac, inženjer, gradio je prve električne centrale na ravnicima Padove. Albert je čitao Kanta i povremeno odlazio na predavanja na Pavijski univerzitet: iz zadovoljstva, pošto tamo nije bio upisan, niti je morao da razmišlja o ispitima. Tako nastaju ozbiljni naučnici.

Posle toga, upisao se na Ciriški univerzitet i uronio u studije fizike. Nekoliko godina kasnije, 1905, poslao je tri članka najprestižnijem naučnom časopisu iz tog perioda: *Annalen der Physik*. Svaki od njih bio

je vredan Nobelove nagrade. Prvi dokazuje da atomi zaista postoje. Drugi postavlja prvi temelj za kvantnu mehaniku, o čemu ću govoriti u sledećoj lekciji. Treći predstavlja njegovu prvu teoriju relativnosti (danas poznatu kao „specijalna relativnost“), teoriju koja izlaže to da vreme ne prolazi istovetno za svakoga: dva jednojajčana blizanca ustanoviće da su različite starosti ukoliko je jedan od njih brzo putovao. Ajnštajn je preko noći postao čuveni naučnik i različiti univerziteti su mu ponudili zaposlenje. Ali nešto ga je mučilo: uprkos momentalnoj slavi njegova teorija relativnosti ne uklapa se u ono što znamo o gravitaciji, konkretno o tome kako stvari padaju. On je to shvatio kada je pisao jedan članak u kojem je sumirao svoju teoriju, i počeo je da se pita treba li revidirati zakon „univerzalne gravitacije“, kako ga je formulisao otac fizike lično, Isak Njutn, da bi se on uklopio u novi koncept relativnosti. Bacio se na rešavanje tog problema. Za to će mu biti potrebno deset godina. Deset godina mahnitih studija, pokušaja, grešaka, zbrke, pogrešnih članaka, briljantnih ideja, loše postavljenih zamisli.

Konačno, u novembru 1915, odlučio je da objavi članak sa kompletnim rešenjem: novom teorijom relativnosti koju je nazvao „Opštom teorijom relativnosti“, njegovim remek-delom i „najlepšom teorijom na svetu“, kako je to rekao veliki ruski fizičar Lav Landau.

Postoje apsolutna remek-dela koja nas izuzetno dirnu: Mocartov *Rekvijem*; Homerova *Odiseja*; Sikstinska kapela; *Kralj Lir*. Potpuno razumevanje njihove briljantnosti može da zahteva dugo šegrtovanje, ali nagrada je čista lepota – i ne samo to, već i otvaranje

naših očiju za svet iz nove perspektive. Ajnštajnov dragulj, opšta teorija relativnosti, remek-delo je tog nivoa.

Sećam se koliko sam bio uzbuđen kada sam počeo da shvatam ponešto od nje. Bilo je leto. Nalazio sam se na plaži kod Kondofurija u Kalabriji i čvario se na mediteranskom suncu, na poslednjoj godini univerzitetskih studija. Pošto mu nastava ne odvraća pažnju, čovek najbolje uči na raspustu. Učio sam uz pomoć knjige koju su na ivicama izgrizli miševi, zato što sam je noću koristio kako bih pokrio rupe tih sirotih stvaranja u prilično oronuloj, hipijevskoj kući u umbrijskim brdima, gde sam se povlačio posle tegobnih univerzitetskih predavanja u Bolonji. Malo-malo pa sam podizao pogled sa knjige i gledao u svetlucavo more: činilo mi se da zaista vidim zakrivljenje prostora i vremena koje je Ajnštajn zamišljao. Kao nekom čarolijom: kao da mi je neki prijatelj u uho šapnuo neku izuzetnu skrivenu istinu, najednom podigavši zar stvarnosti, i otkrio jednostavniji, dublji poredak. Još otkad smo otkrili da je Zemlja okrugla i okreće se kao luda čigra, shvatamo da stvarnost nije onakva kakvom nam se ukazuje: kad god načas ugledamo neki njen novi aspekt, to je iskustvo duboko emocionalno. Još jedan zar spadne.

Ali među brojnim skokovima napred u našem razumevanju, koji su sledili jedan za drugim tokom istorije, Ajnštajnov je možda nenadmašan. Zašto?

Ponajpre, zato što kad jednom shvatite kako ona funkcioniše, teorija vas svojom jednostavnošću ostavlja bez daha. Izneću sažetak te zamisli.

Njutn je pokušao da objasni zbog čega stvari padaju i zašto se planete okreću. On je zamislio postojanje

„sile“ koja privlači sva materijalna tela jedna drugima, i nazvao je „silom gravitacije“. Kako se ta sila ispoljava između međusobno udaljenih stvari, kada između njih nema ničega, bilo je nepoznato – a veliki otac savremene nauke bio je obazriv i nije iznosio hipotezu za to. Njutn je takođe zamišljao da se tela kreću kroz prostor te da je taj prostor velika prazna posuda, ogromna kutija u kojoj se nalazi vasseljena, neizmerna struktura kroz koju se svi objekti kreću pravolinijski sve dok neka sila ne natera njihovu putanju da se zakrivi. Od čega se sastoji taj „prostor“, ta posuda za svet koju je Njutn izmislio, on nije umeo da objasni. Ali nekoliko godina pre Ajnštajnovog rođenja, dva velika britanska fizičara Majkl Faradej i Džejms Maksvel dodali su ključni sastojak Njutnovom hladnom svetu: elektromagnetno polje. To polje je stvarni entitet koji, raspršen posvuda, prenosi radio-talase, ispunjava prostor, može da vibri- ra i oscilira kao površina jezera, i „prenosi“ električnu silu. Ajnštajn je još od mladosti bio fasciniran tim elektromagnetnim poljem koje je okretalo rotore u elektranama sagrađenim rukama njegovog oca, i ubrzo je počeo da shvata kako gravitacija, kao elektricitet, mora takođe da se prenosi nekim poljem: sigurno postoji nekakvo „gravitaciono polje“, analogno „električnom polju“. On se usredsredio na poimanje načina na koji to „gravitaciono polje“ funkcioniše, i kako bi se ono moglo opisati jednačinama.

I u tom trenutku mu je sinula izuzetna zamisao, naprosto genijalna: gravitaciono polje nije raspršeno kroz prostor; gravitaciono polje jeste sam taj prostor. To je zamisao opšte relativnosti. Njutnov „prostor“

kroz koji se stvari kreću i „gravitaciono polje“ jedno su te isto.

To je trenutak prosvetljenja. Značajno pojednostavljenje sveta: prostor nije više nešto odvojeno od materije, on je jedna od „materijalnih“ komponenti sveta. Entitet koji se leluja, opruža, krivi, izuvija. Ne nalazimo se unutar nevidljive krute infrastrukture: uronjeni smo u džinovsku elastičnu puževu kućicu. Sunce savija prostor oko sebe, a Zemlja se ne okreće oko njega usled neke tajanstvene sile, već zato što hita pravo kroz prostor koji se naginje, kao kliker koji se kotrlja u levku. Ne postoje tajanstvene sile generisane u centru levka, već se kliker kotrlja zahvaljujući tome što su zidovi zakrivljeni. Planete kruže oko Sunca, a stvari padaju, zato što se prostor krivi.

Kako možemo da opišemo ovo zakrivljenje prostora? Karl Fridrih Gaus, najistaknutiji matematičar devetnaestog veka, takozvani „knez među matematičarima“, napisao je matematičke formule kako bi njima opisao dvodimenzionalne krivolinijske površine, poput površina brda. Onda je zatražio od jednog svog nadarenog studenta da generalizuje tu teoriju tako da ona obuhvati i prostore u tri ili više dimenzija. Dotični student, Bernard Riman, izradio je impresivnu doktorsku tezu koja se činila potpuno beskorisnom. Rezultat Rimanove teze bilo je to da svojstva zakrivljenog prostora hvata poseban matematički objekt koji danas poznajemo kao Rimanovo zakrivljenje, i obeležavamo ga slovom „R“. Ajnštajn je napisao jednačinu koja kaže da je R jednako energiji materije. To će reći: prostor se krivi tamo gde je materija. I to je to. Jednačina staj