

AKO U KOSMOSU NISMO SAMI

GDE SU VANZEMALJCI?

AKO U KOSMOSU NISMO SAMI

GDE SU VANZEMALJCI?

50 REŠENJA FERMIJEVOG PARADOKSA
I PROBLEMA VANZEMALJSKOG ŽIVOTA

Stiven Veb

Prevod
Dejan Smiljanić



Naslov originala

Stephen Webb: IF THE UNIVERSE IS TEEMING
WITH ALIENS... WHERE IS EVERYBODY?

Fifty Solutions to the Fermi Paradox
and the Problem of Extraterrestrial Life

Copyright © 2002 by Praxis Publishing Ltd.

Copyright © 2010 za srpsko izdanje, Heliks

Izdavač

Heliks

Za izdavača

Brankica Stojanović

Lektor

Aleksandra Dragosavljević

Štampa

Newpress, Smederevo

Tiraž

1000 primeraka

Prvo izdanje

Knjiga je složena
tipografskim pismom

Miller

ISBN: 978-86-86059-20-8

Smederevo, 2010.

www.heliks.rs

Posvećeno Heike

Sadržaj

<i>Predgovor</i>	xii
<i>Poglavlje 1 Pa, gde su svi?</i>	1
<i>Poglavlje 2 O Fermiju i njegovom paradoksu</i>	7
Enriko Fermi	8
Paradoks	12
Fermijev paradoks	17
<i>Poglavlje 3 Oni su ovde</i>	27
REŠENJE 1: Oni su ovde i sebe nazivaju Mađarima	28
REŠENJE 2: Oni su ovde i petljaju se u poslove ljudi	29
REŠENJE 3: Bili su ovde i o tome su ostavili dokaze	34
REŠENJE 4: Oni postoje i to smo mi – svi smo mi vanzemaljci!	44
REŠENJE 5: Scenario zoološkog vrta	47
REŠENJE 6: Scenario zabrane	50
REŠENJE 7: Hipoteza planetarijuma	52
REŠENJE 8: Bog postoji	56
<i>Poglavlje 4 Oni postoje, ali se još nisu javili</i>	63
REŠENJE 9: Zvezde su daleko	64
REŠENJE 10: Nisu imali dovoljno vremena da nas dosegnu	74
REŠENJE 11: Perkolacioni pristup	77
REŠENJE 12: Brejksvel–Fon Nojmanove sonde	82
REŠENJE 13: Mi smo solarni šovinisti	87
REŠENJE 14: Oni sede kod kuće...	88
REŠENJE 15: ...i bazaju Internetom	90
REŠENJE 16: Šalju signale, ali ne znamo kako da ih uhvatimo	92

REŠENJE 17:	Šalju signale, ali ne znamo na kojoj frekvenciji da ih hvatamo	98
REŠENJE 18:	Naša strategija traganja je pogrešna	106
REŠENJE 19:	Signal je već tu negde, među drugim podacima	110
REŠENJE 20:	Nismo dovoljno dugo slušali	111
REŠENJE 21:	Svi osluškuju, niko ne emituje	113
REŠENJE 22:	Berserkeri	116
REŠENJE 23:	Ne žele da uspostave kontakt	118
REŠENJE 24:	Oni koriste drugačiju matematiku	121
REŠENJE 25:	Oni stalno pozivaju, ali mi ne razaznajemo signal	123
REŠENJE 26:	Oni su negde, ali je kosmos čudniji no što zamišljamo	126
REŠENJE 27:	Biranje (sopstvene) katastrofe	128
REŠENJE 28:	Natrapali su na singularnost	140
REŠENJE 29:	Nebo je često oblačno	143
REŠENJE 30:	Postoji beskonačno mnogo vanzemaljskih civilizacija, ali samo jedna unutar našeg horizonta čestica: naša	144

Poglavlje 5 Oni ne postoje 147

REŠENJE 31:	Svemir je tu samo radi nas	149
REŠENJE 32:	Život se mogao pojaviti tek nedavno	153
REŠENJE 33:	Planetarni sistemi su retki	156
REŠENJE 34:	Mi smo prvi	159
REŠENJE 35:	Stenovite planete su retke	162
REŠENJE 36:	Trajno naseljive zone su uske	164
REŠENJE 37:	Jupiteri su retki	167
REŠENJE 38:	Zemlja ima optimalan „motor evolucije“	171
REŠENJE 39:	Galaksija je opasno mesto	173
REŠENJE 40:	Planetarni sistem je opasno mesto	180
REŠENJE 41:	Zemljin sistem tektonskih ploča je jedinstven	187
REŠENJE 42:	Mesec je jedinstvena pojava	191
REŠENJE 43:	Nastanak života je retkost	197
REŠENJE 44:	Prokariote retko prelaze u eukariote	213
REŠENJE 45:	Vrste koje prave oruđa su retkost	218

REŠENJE 46: Tehnološki napredak nije nužan	222
REŠENJE 47: Inteligencija koja se može meriti s ljudskom je retkost	225
REŠENJE 48: Jezik je čovekova posebnost	230
REŠENJE 49: Nastanak nauke nije nužan	238
<i>Poglavlje 6 Zaključak</i>	241
REŠENJE 50: Fermijev paradoks je razrešen...	242
<i>Napomene i preporuke za dalje čitanje</i>	251
<i>Bibliografija</i>	286
<i>Indeks</i>	294

Predgovor

Ovo je knjiga o Fermijevom paradoksu – protivrečnosti između prividnog nepostojanja vanzemaljaca i opšteg očekivanja da bi trebalo da primetimo dokaze o njihovom prisustvu. Taj paradoks me je opčinio kada sam se pre 17 godina prvi put susreo s njim i ta opčinjenost me drži i dan-danas. Tokom svih ovih godina mnogi autori (previše ih je da bih ovde navodio sva imena, mada ih možete pronaći u bibliografiji na kraju knjige) očaravali su me svojim pisanjem o paradoksu i njihov uticaj na ovu knjigu je potpuno jasan. O paradoksu sam takođe raspravljao s mnogim prijateljima i kolegama; premda ih je previše da bih ih ovde pojedinačno navodio, svi su me mnogo zadužili.

Više osoba je direktno doprinelo pisanju ove knjige i zato sada koristim priliku da im se svima zahvalim. Klajv Horvud (Praxis Publishing), Džon Votson (Springer-Verlag) i Pol Farel (Copernicus Books) spremno su podržali ovaj projekat; knjiga ne bi ugledala svetlost dana da nije bilo njihovih saveta i ohrabrivanja. (Džonu posebno treba da zahvalim što je svoje omiljeno rešenje paradoksa podelio sa mnom tokom jednog prijatnog ručka.) Stjuart Klark mi je dao mnoge korisne primedbe u ranoj fazi pisanja; Bob Mariot i Timoti Jon ulovili su mnoge greške i nelogičnosti u kasnijoj varijanti rukopisa (Bob mi je poslao i spisak sa 101 mogućim rešenjem paradoksa – od kojih bih i sam prihvatio 75); i izuzetno sam zahvalan Stivu Džiletu što je uljudio mnoge moje naučne bisere. (Ipak sam lično odgovoran za one greške koje su se provukle.) Marejke Pesler je sa svojim darom zapažanja bila izuzetan glavni urednik, a njen mukotrpan rad i rad njenog pomoćnog urednika Ane Peinter izuzetno je unapredio moj sirovi tekst. Više autora i organizacija dalo je dozvolu za reprodukovanje slika; posebno sam zahvalan Lori Gordon, Džefriju Lendis, Janu Volu, Suzani Lendrot, Rajnhardu Rejčelu, Heder Lindzi i Meredith Miler na pomoći pri dobavljanju pogodnih slika. Pol Bel je ljubazno ispravio moju pogrešnu identifikaciju Fajnmana na slici 28 i sa mnom podelio nekoliko svežih ideja o paradoksu. Želim da se zahvalim Dejvidu Glesperu što me je podsetio na zajednički događaj iz detinjstva koji je uticao na nas obojicu. Na kraju, naravno, želim da odam priznanje svojoj porodici – Heike, Ronu, Roni, Piteru, Džeki, Emili i Ebigejl – na njihovoj strpljivosti. Trošio sam vreme pišući umesto da budem s njima.

Stiven Veb

Milton Kejns, jul 2002.

1

Pa, gde su svi?

ma nešto očaravajuće u vezi s paradoksima. Nemoguće i protivrečne grafike Morica Eshera uvek obmanu oko. Poema, kao *Upozorenje deci* Roberta Grejvsa, koja se poigrava s paradoksom beskonačne regresije, čini da vam se zavrti u glavi. Paradoks leži u srži *Kvake-22* Džozefa Helera, jednog od najvećih romana 20. veka. Moj omiljeni paradoks je, međutim, onaj Fermijev.

Na Fermijev paradoks prvi put sam natrčao leta 1984. Upravo sam diplomirao na Bristolskom univerzitetu i trebalo je da letnje mesece provedem proučavajući *Kalibracione teorije u fizici čestica* Ajčisona i Heja, što je bilo obavezno štivo za početak postdiplomskih studija na Univerzitetu Mančester. Umesto da čitam tu literaturu, provodio sam dane sunčajući se na peščanim dinama Bristola i uživao u mom omiljenom štivu – *Naučnofantastičnom magazinu Isaka Asimova (IASFM)*. (Naučna fantastika je, kao kod mnogih drugih, i kod mene raspalila žeđ za naukom. U nauku sam se zaljubio čitajući dela Isaka Asimova, Artura Klarka i Roberta Hajnlajna, i gledajući filmove, kao što je *Zabranjena planeta*.¹) U dva uzastopna broja magazina te su godine objavljena dva provokativna članka iz nauke. Prvi, autora Stivena Džileta, nosio je jednostavan naslov: *Fermijev paradoks*. Drugi, oštra replika Roberta Frajtasa – *Fermijev paradoks: prava burleska*.²

Džilet je rezonovao na sledeći način. Pretpostavimo, kao što optimisti veruju, da je naša galaksija naseljena mnogim vanzemaljskim civilizacijama. (Radi uštede prostora, vanzemaljsku civilizaciju ću uglavnom označavati skraćenicom vzc – engl. ETC, *ExtraTerrestrial Civilization*.) Zatim, pošto je galaksija izuzetno stara, velike su šanse da su vanzemaljske civilizacije miliona, čak *milijardama* godina ispred nas. Ruski astrofizičar Nikolaj Kardašev

predložio je zgodan način razmišljanja o takvim civilizacijama. On zastupa mišljenje da takve civilizacije imaju jedan od tri nivoa tehnologije. Kardadževljeva civilizacija tipa 1, ili civilizacija $\kappa 1$, uporediva je s našom jer može da eksploatiše energetske resurse sopstvene planete. Civilizacija $\kappa 2$ bi već bila ispred naše: ona bi mogla da iskorišćava energetske resurse zvezde. Civilizacija $\kappa 3$ bi mogla da koristi energetske resurse svekolike *galaksije*. Prema Džiletu, većina vzc u galaksiji trebalo bi da odgovara civilizacijama $\kappa 2$ i $\kappa 3$. E, sada, sve što znamo o ovozemaljskom životu govori nam da on ima prirodnu sklonost da se širi po svom raspoloživom prostoru. Zašto bi se vanzemaljski život u tom pogledu ponašao drugačije? Nesumnjivo bi vzc želele da se sa svojih matičnih svetova prošire na čitavu galaksiju. Ključno je, međutim, to što bi tehnološki napredne vzc mogle da kolonizuju galaksiju za par miliona godina. Vanzemaljci bi trebalo da su već ovde! Galaksija bi trebalo da vrvi od života. A, ipak, ne vidimo ni trunke dokaza o postojanju vzc. Džilet je ovo nazvao Fermijevim paradoksom. (Tek nakon nekoliko meseci saznao sam zašto je Fermijevo ime vezano za ovaj paradoks, nakon što je Erik Džounis objavio kopije izveštaja iz Los Alamosa u kojima se opisuje poreklo paradoksa; ali, o tome kasnije.) Za Džileta, paradoks je upućivao na zloslutan zaključak: čovečanstvo je samo u univerzumu.

Frajtas je smatrao da su to sve same besmislice. On je Džiletovu logiku suprotstavio sledećem argumentu: leminzi se razmnožavaju velikom brzinom – oko tri nakota godišnje i do osam mladunaca u svakom. Za samo nekoliko godina ukupna masa leminga dostigla bi masu čitave zemljine biosfere. Zemlja, onda, mora da vrvi od leminga. A, ipak, većina nas nikada nije videla leminga. Da li ste *vi* ikada videli leminga? Rezonovanje u skladu s Fermijevim paradoksom dovelo bi nas do zaključka da leminzi ne postoje – pa ipak, kao što ističe Frajtas, to bi bilo apsurdno. Štaviše, on veruje da nepostojanje dokaza o vzc nije previše jak argument: da se male veštačke sonde nalaze u Asteroidnom pojasu ili neke veće u Ortovom oblaku, mi ne bismo imali izgleda da ih zapazimo. Osim toga, on smatra da je pogrešna logika koja stoji iza takozvanog paradoksa. Dva prva koraka u argumentaciji glase: (i) ako vanzemaljci postoje, trebalo bi da su već ovde; (ii) ako su vanzemaljci ovde, trebalo bi da ih zapazimo. Problem je sa ona dva „trebalo bi“. „Trebalo bi“ ne znači „moramo“, pa je zato logički neispravno obrtati smer implikacija. (Drugim rečima, činjenica da ih nismo zapazili ne dozvoljava nam da zaključimo kako oni nisu oko nas, pa ne možemo zaključivati ni da ne postoje.)

Sve dok ne pronađemo jasne dokaze za razrešenje paradoksa, svako može da slobodno sledi sopstvenu liniju argumentacije. Upravo zato je ovaj paradoks zanimljiv. U debati o Fermijevom paradoksu ulozili su toliko visoki (postojanje

ili nepostojanje vanzemaljske inteligencije), a eksperimentalna podloga argumentata tako tanana (čak i sada ne možemo biti sigurni da vzc nisu ovde), da se rasprava često dovodi do usijanja. U Džilet–Frajtasovoj polemici na početku sam se svrstao uz Frajtasa, uglavnom se oslanjajući na čiste brojke: u galaksiji postoji možda i 400 milijardi zvezda, a u čitavom kosmosu ima galaksija barem onoliko koliko i zvezda u našoj galaksiji. Još od vremena Kopernika nauka nas poučava da Zemlja ne predstavlja ništa posebno. Sledi, dakle, da Zemlja ne može biti jedini dom inteligentnog života. A ipak...

Nikako nisam mogao da se oslobodim Džiletovih argumentata. O kosmičkim čudesima čitao sam još od detinjstva. Civilizacija koja se proteže čitavom galaksijom iz trilogije *Zadužbina*, astroinženjerska čudesa *Prstenastog sveta*, enigma svemirskog broda u *Sastanku s Ramom* – sve su to bili delovi mog mentalnog univerzuma. A, ipak, gde *su bila* sva ta čudesa? Mašta SF pisaca dočarala mi je stotine mogućih kosmosa, ali su mi moji profesori astronomije razjasnili da, za sada, kad god bacim pogled u stvarni kosmos, sve što tamo vidim mogu da objasnim neumoljivim zakonima fizike. Ukratko, kosmos izgleda mrtav, a Fermi pita: gde su svi oni? Što više o njemu razmišljam, paradoks mi je značajniji.



Činilo mi se da paradoks leži u nadmetanju dva velika broja: ogromnog broja mesta potencijalno pogodnih za nastanak života i ogromne starosti kosmosa.

Prvi broj je broj planeta s pogodnim okruženjem za razvoj života. Ako prihvatimo princip osrednjosti i pretpostavimo da Zemlja ni po čemu nije posebna, sledi da postoji mnogo miliona pogodnih mesta za razvoj života u galaksiji (a mnogo milijardi takvih mesta u kosmosu). Uz toliko mnogo pogodnih mesta, život bi morao biti notorna činjenica.

Drugi broj je starost kosmosa – prema najnovijim merenjima ona iznosi nešto više od 13 milijardi godina. Da bi se razvio osećaj za toliki vremenski interval, u raspravama se obično cela istorija kosmosa sabija u standardnu dužinu ili interval. Ja ću u ovom slučaju sabiti aktuelnu starost kosmosa u standardnu zemljinu godinu: drugim rečima, „univerzalna godina“ sabija celokupnu istoriju kosmosa u ciglih 365 dana. Na ovoj vremenskoj skali, jedan sekund odgovara periodu od 400 realnih godina; to znači da se nauka Zapada unutar univerzalne godine začinje 31. decembra, jedan sekund pre ponoći. Celokupna istorija naše vrste zauzima manje od jednog časa univerzalne godine. Najranije vzc, međutim, mogle su se začeti u prvim letnjim

mesecima univerzalne godine. Ako se kolonizacija galaksije može dogoditi unutar ekvivalenta od nekoliko časova, onda bi se očekivalo da su jedna ili više tehnološki naprednih civilizacija odavno završile taj posao. Ili, ako su one već toliko ispred nas, očekivali bismo da ugledamo ili začujemo barem *neki* dokaz njihovog prisustva. Kosmos, međutim, ostaje nem. Fermijev paradoks možda ne može logično da *dokaže* kako vanzemaljci ne postoje, ali je izvesno da problem treba rešiti.

TABELA 1 U univerzalnoj godini sabijamo 13 milijardi godina u 365 dana.

„Stvarno“ vreme	Vreme u univerzalnoj godini
50 god.	0,125 s
100 god.	0,25 s
400 god.	1 s
1000 god.	2,5 s
2000 god.	5 s
10.000 god.	25 s
100.000 god.	4 min. 10 s
1 milion god.	41 min. 40 s
2 miliona god.	1 čas 23 min. 20 s
10 miliona god.	6 časova 56 min. 40 s
100 miliona god.	2 dana 21 čas 26 min. 40 s

Ne zanimam se samo ja za Fermijev paradoks. Mnogi su tokom godina nudili svoje rešenje za njega, pa sam stekao naviku da takva rešenja skupljam. Iako postoji fascinantna raspon odgovora na pitanje: „Gde su svi oni?“, svi se mogu svrstati u jednu od tri klase.

Najpre, postoje odgovori koji se zasnivaju na osnovnoj ideji da su vanzemaljci već ovde (ili da su ovde bili). To je verovatno najpopularnije predloženo rešenje paradoksa jer je izvesno da je verovanje u inteligentan vanzemaljski život veoma rasprostranjeno. U anketi koju je CNN sproveo na Internetu (1. jul 2000), od 6399 osoba koje su glasale, 82% misli da postoji inteligentan život negde u kosmosu. U doba dugodnevica 2001. godine, 94% od 94.319 osoba koje su učestvovala u anketi na adresi SETI@home verovala su u postojanje života van Zemlje. Više drugih anketa pokazuju da većina Amerikanaca veruje u postojanje letećih tanjira i njihove posete Zemlji; udeo takvih „vernika“ je, izgleda, nešto manji među Evropljanima, ali je svejedno visok.

Zatim, ima odgovora koji ukazuju na to da vzc postoje, ali da iz ovog ili onog razloga mi to još nismo zapazili. To je verovatno najpopularnija kategorija odgovora među naučnicima praktičarima.

Najzad, postoji grupa odgovora kojima se pokušava objasniti činjenica da je čovečanstvo sâmo u kosmosu ili barem sâmo u galaksiji; ne primamo signale od vanzemaljske inteligencije zato što takva inteligencija *ne postoji*.

Zadatak ove knjige je da predstavi i komentariše 50 predloženih rešenja Fermijevog paradoksa. Lista ni izbliza nije iscrpna, ali tih 50 rešenja odabrao sam kao glavne predstavnike (a i zato jer su mi bila posebno zanimljiva). Predložena rešenja dolaze od naučnika koji rade u više potpuno udaljenih oblasti nauke, ali i od pisaca naučne fantastike. U tome su pisci pokazali barem isto toliko entuzijazma koliko i naučnici, a u mnogim slučajevima su predvideli rezultate onoga što su naučnici radili.

Okvir knjige je sledeći.

Drugo poglavlje obuhvata kratku Fermijevu biografiju, s posebnim naglašavanjem njegovih naučnih dostignuća. Tu govorim o pojmu paradoksa uopšte i iznosim ukratko istorijat Fermijevog paradoksa.

U poglavljima od trećeg do petog opisujem 49 mojih omiljenih rešenja paradoksa; nisu sva ona međusobno nezavisna, i ponekad se ponekome od njih potajno vraćam, ali je svako od njih dato kao ozbiljan odgovor na Fermijevo pitanje. Odgovore sam svrstavao u tri pomenute klase: treće poglavlje sažima odgovore okupljene oko ideje da su vzc već među nama; četvrto poglavlje sadrži odgovore da vzc postoje, ali ih još nismo primetili; u petom poglavlju su odgovori okupljeni oko ideje da smo sami u kosmosu. Postoji izvesna logika po kojoj sam sređivao rešenja, ali verujem da su propratni komentari dovoljni da čitaocu omoguće samostalno zaranjanje u knjigu i odabiranje rešenja po sopstvenom ukusu. U iznošenju komentara trudio sam se da budem što manje pristrasan, čak i kada se ne slažem s nekim rešenjem (što je često bio slučaj).

Šesto poglavlje sadrži rešenje broj 50: moj lični pristup rešenju paradoksa. Taj predlog nije baš originalan, ali sumira ono što ja osećam da nam Fermijev paradoks govori o kosmosu u kome živimo.

Brojevi u eksponentu koji se pojavljuju u tekstu, odnose se na numerisane stavke u napomenama i predlozima za dalje čitanje. Pošto materijal ove knjige pokriva široku lepezu pitanja od astronomije do zoologije, i s obzirom na to da je prostor za komentare bio nužno ograničen (prosečno, na oko pet strana teksta po rešenju), priložio sam i vrlo širok spisak bibliografskih referenci. Same reference, koje se u napomenama pojavljuju kao brojevi u uglastim zagradama, obuhvataju sve, od naučnofantastičnih priča do originalnih

naučnih članaka u profesionalnim časopisima. Mnogim čitaocima će biti teško da dođu do specijalizovanih referenci, ali se nadam da će im one pomoći da barem na Internetu pronađu srodne informacije.

Knjiga je posebno namenjena širokoj publici. Jedan od predivnih aspekata Fermijevog paradoksa jeste činjenica da za njegovo shvatanje nije potrebno išta više matematike od razumevanja eksponencijalnog predstavljanja brojeva.³ Sledi da svako može da predloži rešenje Fermijevog paradoksa; ne morate imati za sobom brojne godine naučnog ili matematičkog usavršavanja da biste učestvovali u raspravi. (I zaista, kao što sam već naglasio, mnoge od najboljih ideja dolaze od sr pisaca, a ne od naučnika.) Nadam se da će neki čitalac ove knjige predložiti rešenje na kakvo niko ni u snu nije pomislio. Ako ste to vi – pošaljite mi poruku i podelite vaše oduševljenje sa mnom!

2

○ Fermiju i njegovom paradoksu

Pre nego što pogledamo različita predložena rešenja Fermijevog paradoksa, u ovom poglavlju ćemo se malo pozabaviti onim što mu je prethodilo. Najpre ukratko prikazujem biografiju Enrika Fermija koncentrišući se na nekoliko njegovih naučnih dostignuća (onih o kojima ću govoriti u nastavku knjige). Fermi je izvan nauke vodio veoma zanimljiv život, pa zainteresovane čitaoce upućujem na njegove biografije navedene napomenama. Zatim, elaboriram sâm pojam paradoksa i navodim kratke primere iz različitih oblasti. Paradoks je imao bitno mesto u intelektualnoj istoriji jer je pomagao misliocima da prošire svoje konceptualne vidike i ponekad ih primoravao da prihvate sasvim neintuitivne pojmove. Zanimljivo je uporediti Fermijev paradoks sa ovim poznatijim paradoksima. Na kraju objašnjavam kako je Fermijevo ime povezano s (njegovim) paradoksom koji je stariji nego što mnogi zamišljaju.

Enriko Fermi

Nije dobro stati na put napredovanju znanja.

Neznanje nikada nije bolje od znanja.

—Enriko Fermi

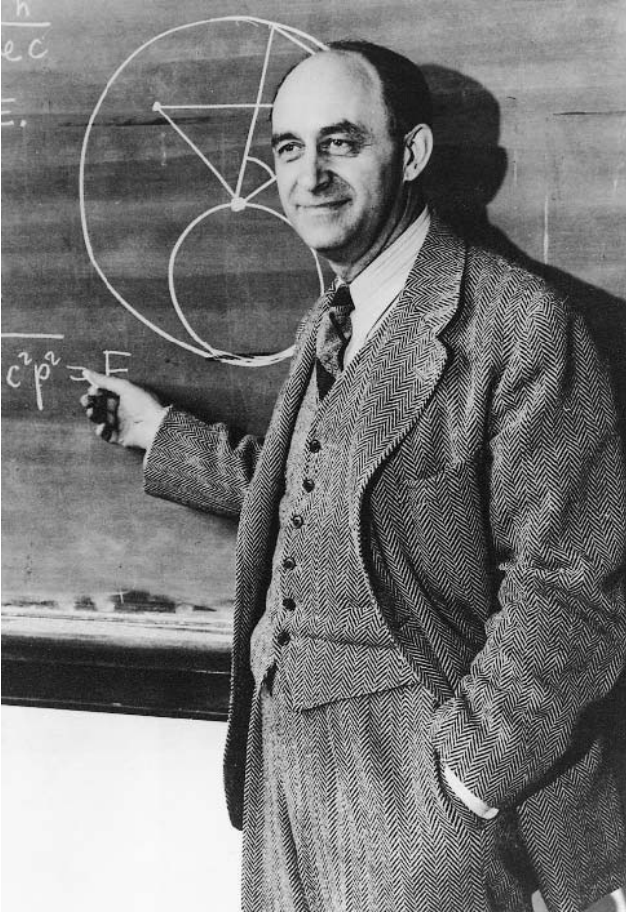
Enriko Fermi je bio najkompletniji fizičar prošloga veka – teoretičar svet-skog nivoa i prvoklasan eksperimentator. Nijedan drugi fizičar posle Fermija nije tako lako balansirao između teorije i eksperimenta i nije verovatno da će se takav uopšte naći. Polje istraživanja se previše proširilo da bi takvi skokovi bili mogući.

Fermi je rođen 29. septembra 1901. u Rimu, kao treće dete Alberta Fermija, državnog činovnika, i Ide De Gatis, učiteljice. Ispoljavao je izuzetan talenat za matematiku,⁴ a kao student fizike na Visokoj školi u Pizi ubrzo je prevazišao svoje profesore.⁵

Njegov prvi značajniji doprinos fizici bila je analiza ponašanja izvesnih fundamentalnih čestica koje čine materiju. (Te čestice – protoni, neutroni i elektroni – sada se nazivaju *fermionima* u njegovu čast.) Fermi je pokazao da pri sabijanju materije identični fermioni dolaze u međusoban bliski kontakt, zbog čega rastu odbojne sile koje sprečavaju dalje sabijanje. Ovo fermionsko odbijanje važno je za naše razumevanje tako različitih pojava kao što su termička provodljivost metala i stabilnost „belih patuljaka“.

Ubrzo nakon toga, Fermijeva teorija beta-raspada (tip radioaktivnosti kod koga masivno jezgro emituje elektrone) definitivno je zacrtala njegovu međunarodnu reputaciju. Shodno toj teoriji, uz svaki elektron je morala biti emitovana i avetinjska čestica koju je on nazvao *neutrino* – „neutralni mališa“. Nisu svi bili ubeđeni u postojanje tog hipotetičkog fermiona, ali se pokazalo da je Fermi bio u pravu. Fizičari su najzad 1956. eksperimentalno utvrdili postojanje neutrina. Iako je neutrino zbog svoje nesklonosti da reaguje s normalnom materijom i dalje zadržao atribut „avetinjski“, njegova svojstva su snažno uticala na savremene astronomske i kosmološke teorije.

Godine 1938, Fermi je dobio Nobelovu nagradu za fiziku. Nagrada mu je dodeljena delimično i za originalnu tehniku sondiranja atomskog jezgra. Ta tehnika ga je dovela do otkrića novih radioaktivnih elemenata; bombardujući prirodne elemente neutronima, stvorio je više od 40 veštačkih radioizotopa. Nagrada mu je, između ostalog, dodeljena i za metodu usporavanja neutrona. Iako to izgleda kao manje važno otkriće, ono ima izuzetne praktične primene jer su spori neutroni mnogo efikasniji za indukovanje radioaktivnosti od brzih. (Spori neutron provodi duže u susedstvu ciljnog jezgra,



SLIKA 1 Ova fotografija Enrika Fermija koji drži predavanje o teoriji atoma, pojavljuje se na poštanskoj marki od 34 centa koju je izdala Američka pošta 29. septembra 2001. u znak obeležavanja stogodišnjice Fermijevog rođenja.

pa je i veća verovatnoća da će s njim reagovati. Na sličan način, veća je verovatnoća da dobro usmerena loptica za golf upadne u rupu ukoliko se kreće sporo: brza loptica može da obiđe rupu.) Ovaj princip je iskorišćen u radu nuklearnih reaktora.

Vest o nagradi je gotovo zasenilo naglo pogoršanje političke situacije u Italiji. Pod sve jačim uticajem Hitlera, i Musolini je započeo antisemitsku kampanju. Italijanska fašistička vlada donosila je zakone koji su bili sušta kopija nacističkih Nirnberških ukaza. Zakoni nisu direktno ugrožavali Fermija i njegovo dvoje dece koji su smatrani arijevcima, ali je Fermijeva supruga Laura bila Jevrejka. Zajedno su odlučili da napuste Italiju i Fermi je prihvatio nameštenje u Americi.

Dve sedmice po dolasku u Njujork, Fermi je primio vest da su nemački i austrijski naučnici eksperimentalno demonstrirali nuklearnu fisiju. Ajnštajn

je posle malo oklevanja odlučio da napiše svoje istorijsko pismo Ruzveltu ukazujući mu na moguće posledice nuklearne fisije. Navodeći rad Fermija i njegovih saradnika, Ajnštajn je upozorio na mogućnost izazivanja lančane nuklearne reakcije u velikoj masi uranijuma – reakcije koja bi mogla osloboditi ogromnu količinu energije. Ruzvelt je pismom bio dovoljno uzdrman da usmeri fondove na program istraživanja odbrambenih mogućnosti. Fermi je bio intenzivno uključen u taj program.

Fizičari su morali da odgovore na brojna pitanja pre nego što su bili u stanju da naprave bombu, a Fermi je mnoga od njih rešio. Na dan 2. decembra 1942, u improvizovanoj laboratoriji sagrađenoj na terenu za skošće ispod zapadnih tribina Univerzitetskog stadiona u Čikagu, Fermijeva grupa je uspešno izvela prvu samoodrživu nuklearnu reakciju. Reaktor (ili atomska peć) sastojao se od šipki prečišćenog uranijuma – oko šest tona, sve u svemu – raspoređenih u matrici od grafitu. Grafit je usporavao neutrone, omogućujući im izazivanje dalje fisije i održavanje lančane reakcije. Kontrolnim šipkama od kadmijuma (jakog apsorbera neutrona) regulisana je brzina lančane reakcije. Reaktor je ušao u kritičnu fazu u 2 sata i 20 minuta popodne, a prvi test je trajao 28 minuta.⁶

Fermi je, kao neprevaziđeni poznavalac nuklearne fizike, znatno doprineo projektu Menhetn. Tog dana, 15. jula 1945, i on je u pustinji Alamo gordo prisustvovao nuklearnoj probi Trinititi, ležeći potrbuške na tlu petnaestak kilometara od nulte tačke. Kada je minuo blesak čudovišne eksplozije, skočio je na noge i ispustio pregršt papirića u vazduh. U mirnom vazduhu bi papirići brzo pali na tlo, ali kada je nekoliko sekundi posle bleska naišao i udarni talas, oni su se kretali paralelno tlu zbog potiska vazduha. I, sasvim tipično za njega, iskoristio je taj trenutak da izmeri horizontalni pomak papirića; pošto je znao udaljenost od centra eksplozije, mogao je odmah da proceni i njom oslobođenu energiju.

Fermi se posle rata vratio akademskom životu na Univerzitetu Čikaga i tu se zainteresovao za prirodu i poreklo kosmičkih zraka. Godine 1954, međutim, kod njega je konstatovan rak želuca. Emilio Segre, Fermijev dugogodišnji prijatelj i saradnik, posetio ga je u bolnici. Fermi se odmarao posle operacije i bio je prikačen na infuziju. Čak i pred sam kraj, kako dirljivo saopštava Segre, Fermi je zadržao ljubav prema posmatranju i proračunavanju: pomoću što-perice je merio protok infuzije brojeći kapi.

Enriko Fermi je umro 29. novembra 1954. u svojoj 53. godini.

Fermijevo pitanje

Fermijevi saradnici su hvalili njegovu gotovo nadljudsku sposobnost da direktno sagleda srž fizičkog problema i da ga zatim opiše običnim rečima. Zvali su ga od milja papa, jer im je izgledao nepogrešiv. Skoro isto toliki utisak je ostavljala njegova sposobnost da (izvodeći napamet složene proračune) proceni red veličine nekog rezultata. Fermi je pokušavao da usadi ovu sposobnost procenjivanja i svojim studentima. On bi, bez upozorenja, zahtevao od njih da mu ponude odgovore na naizgled nemoguća pitanja. Koliko je zrna peska na svetskim plažama? Koliko daleko može vrana da leti bez zaustavljanja? Koliko atoma Cezarovog poslednjeg daha uzmete u sebe sa svakim udisajem? Takvim „fermijevskim pitanjima“ (kako ih danas zovemo) zahtevao je od studenata da se pri procenjivanju osvrnu na razumevanje sveta i svakodnevna iskustva više nego na udžbenike i stečeno znanje.

Tako je jednom prilikom Fermi, u tipično svom stilu, pitao studente: „Koliko u Čikagu ima klavir-štamera?“ Umesto da gađamo naslepo, možemo i da kvalifikovano pogađamo na sledeći način. Prvo, pretpostavimo da u Čikagu živi tri miliona duša. (Nisam to proverio u nekom statističkom godišnjaku, ali je i sav smisao ove vežbe upravo procena – bez tačnih podataka. Čikago je velik grad, ali ne i najveći u Americi, pa možemo bezbedno zaključiti da u našoj proceni ne grešimo više od dva puta. Pošto smo pretpostavku izneli eksplicitno, možemo joj se kasnije vratiti i račun popraviti uz pouzdanije podatke.) Drugo, pretpostavimo da klavire imaju uglavnom porodice, a ne pojedinci, i zanemarimo one klavire koji se nalaze u institucijama kao što su škole, univerziteti i orkestri. Treće, ako pretpostavimo da tipična porodica ima 5 članova, onda procenjujemo da u Čikagu ima 600.000 porodica. Znamo da klavir nema svaka porodica; naša četvrta pretpostavka je da klavir ima jedna od 20 porodica. Tako dolazimo do 30.000 klavira u Čikagu. Postavimo sada pitanje: koliko je u godini dana potrebno štimovanja za 30.000 klavira? Naša peta pretpostavka je da svaki klavir treba štimovati jednom godišnje; dakle, svake godine se u Čikagu obavi 30.000 štimovanja. Šesta pretpostavka: klavir-štimer može da sredi 2 klavira na dan, a radi 200 dana godišnje. Jedan klavir-štimer, dakle, naštimuje 400 instrumenata godišnje. Da bi se redovno štimovali svi klaviri u Čikagu, u njemu mora biti, dakle, $30.000/400 = 75$ klavir-štamera. Pošto želimo samo procenu, a ne tačan broj, dobijenu cifru zaokružujemo na 100.

Kao što ćemo kasnije videti, Fermijeva sposobnost da zahvati samu srž problema manifestovala se upravo u njegovom pitanju: „Gde su svi oni?“

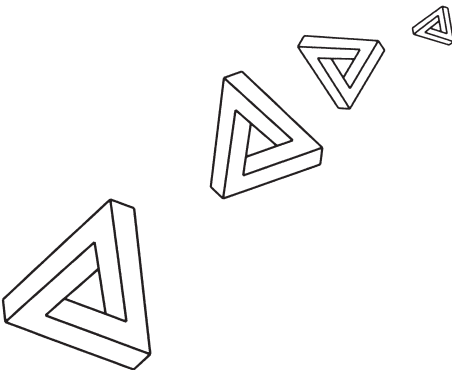
Paradoks

*Ovo su stare luckaste glavolomke
za zasmejavanje prostaka u pivnici.*
—Viljem Šekspir, *Otelo*, II čin, I scena

Naša reč *paradoks* dolazi od dve grčke reči: *para*, sa značenjem „nasuprot“ i *doksa*, sa značenjem „mišljenje“.⁷ Ona opisuje situaciju u kojoj, paralelno s jednim mišljenjem ili jednim tumačenjem, postoji i drugo, protivrečno mišljenje. Reč je dobila više fino nijansiranih značenja, ali je u svakome od njih suština u kontradikciji. Paradoks, međutim, predstavlja više od takve nelogičnosti. Kada kažete „kiša pada, kiša ne pada“, tada protivrečite sebi, ali paradoks nije samo to. Paradoks nastaje kada počnete od skupa očiglednih premisa, a zatim iz njih izvučete zaključke koji ih podrivaju. Ako imate potpuno čvrst argument koji ukazuje da napolju *mora* da pada kiša, a zatim pogledate kroz prozor i vidite da kiša *ne* pada, onda imate paradoks koji zahteva rešavanje.

Prividan paradoks, odnosno *zabluda*, često se može rešiti ako malo promislimo jer protivrečnost obično nastaje zbog omaške u lancu logike koji vodi od premisa ka zaključku.⁸ Kod pravog paradoksa, međutim, uzrok protivrečnosti nije očigledan; mogu da prođu i vekovi dok se ne uoči. Pravi paradoks ima moć da se suprotstavlja našim najomiljenijim teorijama i verovanjima. Kao što je to jednom primetio matematičar Anatol Rapaport: „Paradoksi su odigrali dramatičnu ulogu u istoriji intelekta, često zasenjujući revolucionaran razvoj nauke, matematike i logike. Uvek kad u nekoj oblasti naletimo na problem koji se ne može rešiti u važećem konceptualnom okviru, mi doživljavamo šok. Taj šok nas može prinuditi da odbacimo stari okvir i usvojimo nov“.⁹

Paradokse ćemo naći u logici, matematici i fizici, a ima ih za svačiji ukus.



SLIKA 2 Vizuelni paradoks. Ove nemoguće geometrijske slike su Penrouzovi trouglovi. One kao da prikazuju trodimenzionalna trouglasta tela, ali je takva tela nemoguće konstruisati. Svaki „rogalj“ Penrouzovog trougla je u stvari izgled pravog ugla u perspektivi. Umetnici, kao što je Esher uživaju u vizuelnim paradoksima.

Nekoliko logičkih paradoksa

Jedan stari paradoks o kome su mozgali filozofi počev od sredine 4. veka p.n.e, i koji je i danas aktuelan, jeste paradoks lažova. Najraniji izvori ga pripisuju Ebulidu iz Mileta, koji se upitao: „Čovek mi kaže da je lažov; da li je to što tvrdi – istina ili laž?“ Kako god analizirali prethodnu rečenicu, kontradikcija opstaje. Isti paradoks se pojavljuje i u Novom zavetu. Govoreći o Krićanima, sveti Pavle piše: „Jedan od njih, čak njihov prorok, kaže da Krićani uvek lažu“.¹⁰ Nije jasno da li je sveti Pavle bio svestan problema u ovoj rečenici, ali je paradoks gotovo neizbežan ako se dozvoli samoreferenciranje.

Jedna od najvažnijih alatki našeg rasuđivanja je *polisilogizam* (sorit). On među logičarima označava niz ulančanih silogizama: predikat jednog stava postaje subjekat sledećeg stava. Evo kako izgleda tipičan primer:

sve vrane su ptice;
sve ptice su životinje;
svim životinjama je za preživljavanje potrebna voda.

Prateći niz, dolazimo do logičkog zaključka: svim vranama je potrebna voda.

Polisilogizmi su važni jer nam omogućuju da zaključujemo ne ulazeći u ishod svakog mogućeg eksperimenta. (Zbog toga ne moramo da uskraćujemo vodu vranama ne bismo li saznali da one mogu da uginu od žeđi.) Međutim, ponekad polisilogizmi mogu da dovedu do apsurd: tada imamo paradoks lančanog zaključivanja. Na primer, ako se složimo da dodavanjem jednog zrna peska drugom zrnu peska ne stvaramo gomilu peska, pod pretpostavkom da nijedno samostalno zrno nije gomila, tada moramo zaključiti da nijedna dodata količina peska neće stvoriti gomilu. A, ipak, gomila raste pred našim očima. Uzrok takvih paradoksa leži u namernoj neodređenosti pojmova, kao što je „gomila“. Političari, naravno, rutinski iskorišćavaju ovakve lingvističke trikove.¹¹

Kada rezonujemo, osim lančanog zaključivanja svi rutinski primenjujemo i indukciju – donosimo opštije zaključke na osnovu pojedinačnih slučajeva. Na primer, kad god vidimo da je nešto ispušteno – ono pada *naniže*. Koristeći indukciju, predlažemo opšti zakon: kada je stvar ispuštena ona *uvek* pada naniže i nikada naviše. Indukcija je toliko moćna logička metoda da sve što baca sumnju na nju postaje zabrinjavajuće. Razmotrimo Hempelov paradoks s gavranom.¹² Pretpostavimo da je neki ornitolog, nakon više godina terenskog posmatranja, uočio stotine crnih gavrana. To je za njega dovoljan razlog da predloži hipotezu kako su „svi gavrani crni“. Ovo je standardan postupak naučne indukcije. Svaki put kada ugleda crnog gavrana, to je još jedan dokaz

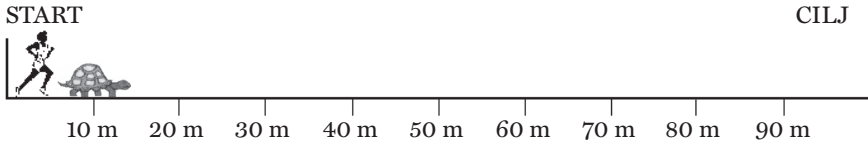
u prilog njegovoj hipotezi. Međutim, tvrdnja da su „svi gavrani crni“ logički je ekvivalentna tvrdnji da su sve „ne-crne stvari ne-gavrani“. Ako ornitolog ugleda komad bele krede, to opažanje je mali doprinos hipotezi da su sve „ne-crne stvari ne-gavrani“ – ali mora biti i dokaz njegovoj osnovnoj hipotezi da su svi gavrani crni. Zašto bi posmatranje u vezi s kredom bilo dokaz za hipotezu koja se tiče ptica? Znači li to da ornitolozi mogu da obavljaju svoj posao sedeći ispred televizora, umesto da posmatraju ptice u grmlju?

Jedan drugi logički paradoks jeste paradoks neočekivanog vešanja, kada sudija kaže osuđeniku: „Bićeš obešen jednoga dana sledeće nedelje, ali da se ne bi mnogo mučio razmišljanjem, dan vešanja će doći kao iznenađenje“. Osuđenik pomišlja da dželat neće čekati petak da izvrši sudijin nalog: takvo odlaganje znači da će svi saznati da će izvršenje biti tog dana i ono neće doći kao iznenađenje. Prema tome, petak otpada. Ali ako petak otpada, istom logikom otpada i četvrtak. Takođe i sreda, utorak i ponedeljak. Osuđenik, osokoljen, zaključuje da presuda uopšte ne može da bude izvršena. Bez obzira na to, potpuno je iznenađen kada ga pod vešala izvode u četvrtak! Opisana argumentacija koja se pod drugim imenima pojavljuje i kao „paradoks iznenađenog ispita“ i kao „paradoks predviđanja“ – ostavila je obimne pisane tragove.¹³

Nekoliko naučnih paradoksa

Iako je neretko zabavno i ponekad korisno baviti se lažovima, gavranovima i obešenim ljudima, argumenti koji sadrže logičke paradokse prečesto – barem, za moj ukus – skliznu u raspravu o preciznom značenju upotrebljenih reči. Takve rasprave su sasvim u redu – ukoliko ste filozof. Ali mene mnogo više impresioniraju paradoksi koji se mogu pronaći u nauci.

Razmotrite najstariji od svih paradoksa: Zenonov paradoks o Ahilu i kornjači.¹⁴ Ahil i kornjača se utrkuju na 100 metara. Pošto Ahil trči 10 puta brže od kornjače, u startu joj daje 10 metara „fore“. Takmičari započinju trku istovremeno, tako da kad Ahil pretrči prvih 10 metara, kornjača se pomakne za jedan metar. Za vreme dok Ahil pređe taj jedan metar, kornjača pobegne 10 centimetara; za vreme dok Ahil pređe tih 10 centimetara, kornjača odmakne jedan centimetar. I tako – u beskraj. Osećaj nam govori da će brži trkač uvek pobediti sporijeg, ali Zenon tvrdi da Ahil nikada neće stići kornjaču. Dakle, ovde postoji protivrečnost između logike i iskustva: paradoks. Trebalo je da prođe 2000 godina da bi ovaj paradoks bio rešen, ali je matematički aparat pomoću koga je to konačno uspeo, našao i brojne druge primene.¹⁵



SLIKA 3 Na početku trke Ahil se nalazi 10 metara iza kornjače. Dok Ahil pretrči tih 10 metara, kornjača otpuzi jedan metar. Dok Ahil pretrči taj jedan metar, kornjača odmakne 10 centimetara. Sledeći istu logiku, izgleda da je Ahil nikada neće stići.

Paradoks blizanaca, koji se tiče pojave dilatacije vremena iz specijalne teorije relativnosti, jedan je od najčuvenijih u fizici. Pretpostavimo da jedan od dvoje blizanaca ostaje kod kuće, dok drugi polazi na put ka dalekoj zvezdi krećući se brzinom bliskom svetlosnoj. Za onoga koji je ostao kod kuće sat blizanca koji putuje kuca sporo: bliznac-putnik stari sporije od njega. Iako ova pojava može protivrečiti zdravom razumu, ona je i eksperimentalno potvrđena. Međutim, teorija relativnosti omogućuje da i bliznac koji putuje smatra da se sâm nalazi u stanju mirovanja. S *njegovog* stanovišta, sat njegovog brata koji je ostao kod kuće otkucava sporo; on je taj koji će sporije ostariti. Pa, dakle, šta se događa kada se putnik vrati kući? Ne mogu obojica biti u pravu: ne može *svaki* od dva blizanca biti mlađi od onog drugog! Rešenje ovog paradoksa je jednostavno: zabuna nastaje zbog pogrešne primene principa relativnosti. Gledišta dva blizanca nisu međusobno zamenjiva: bliznac-putnik ubrzava do brzine svetlosti, zatim usporava na pola puta i sve to ponovi na povratku kući. Oba blizanca se slažu da bliznac koji je ostao kod kuće nije iskusio takva ubrzavanja. Tako bliznac-putnik stari sporije od blizanca koji je ostao kod kuće; kada se vrati, njegov brat će biti već star ili čak mrtav. Vanzemaljac koji posećuje Zemlju suočava se sa istom pojavom pri povratku kući: njegova braća i sestre (ako vanzemaljci imaju braću i sestre) biće stari ili odavno mrtvi. To je tužna činjenica o međuzvezdanom putovanju; iako protivreči svakodnevnom iskustvu, ona ne predstavlja paradoks.¹⁶

Jedan od najvažnijih naučnih paradoksa dobio je ime po Hajnrihu Olbersu.¹⁷ On je razmišljao o pitanju koje je čuo od mnoge dece – „Zašto je noćno nebo tamno?“ – i pokazao da tama noćnog neba predstavlja pravu misteriju. Pri rezonovanju je pošao od dve premise. Prva je da se svemir prostire u beskonačnost, a druga da su zvezde po njemu rasute nasumično. (Olbers nije znao da postoje galaksije – tek 75 godina nakon njegove smrti prepoznate su kao grupacije zvezda – ali to ne utiče na njegovo rezonovanje. Njegovi argumenti važe za galaksije, baš kao za zvezde.) Iz navedenih premisa

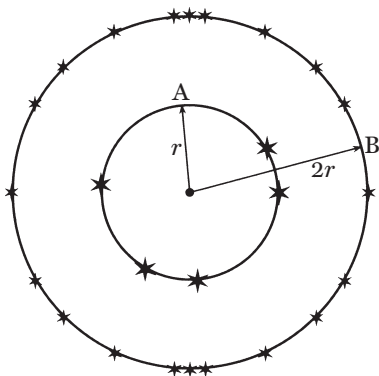
dolazimo do neugodnog zaključka: u kome god smeru da uputite pogled, on se mora zaustaviti na zvezdi – noćno nebo bi, dakle, morali biti sjajno.

Olbersov paradoks

Pretpostavimo da sve zvezde imaju isti sopstveni sjaj. (Naredni argument je jednostavniji uz ovu pretpostavku, ali zaključak ni na koji način ne zavisi od nje.) Sada zamislimo tanku sfernu ljusku zvezdanog neba (nazovimo je ljuska A) sa Zemljom u njenom centru, i drugu tanku ljusku zvezdanog neba (ljuska B), takođe sa Zemljom u centru, čiji je poluprečnik dvostruko veći od poluprečnika ljuske A. Drugim rečima, ljuska B je dvostruko dalja od nas, nego ljuska A.

Sjaj neke zvezde u ljusci B će biti samo $\frac{1}{4}$ sjaja zvezde u ljusci A. (To je zakon slabljenja intenziteta svetlosti s recipročnom vrednošću kvadrata rastojanja: ako se rastojanje svetlosnog izvora *poveća* 2 puta, njegov prividni sjaj se *smanji* $2 \times 2 = 4$ puta.) S druge strane, površina ljuske B je 4 puta veća od površine ljuske A, tako da ona sadrži i 4 puta više zvezda. Četiri puta više zvezda, svaka s $\frac{1}{4}$ sjaja: ukupan sjaj ljuske B je potpuno isti kao ukupan sjaj ljuske A! Ali, isto rezonovanje važi i za bilo koje dve ljuske neba sa zvezdama. Doprinos sjaju noćnog neba koji daje udaljena ljuska zvezda isti je kao i doprinos obližnje ljuske. Ako se svemir prostire u beskonačnost, onda i noćno nebo treba da bude beskonačno svetlo.

Ovaj argument nije sasvim ispravan: svetlost s neke veoma udaljene zvezde može da bude zaklonjena nekom bližom zvezdom. Ipak, u beskonačnom svemiru s ravnomernom raspodelom zvezda, *svaki* bačeni pogled u svemir će se uvek zaustaviti na zvezdi. Ne samo da ne bi trebalo da bude tamno, celokupno noćno nebo bi moralo biti bleštavo kao Sunce. Noćno nebo bi trebalo da nas zaslepi svojim sjajem!



SLIKA 4 Ako su zvezde ravnomerno raspodeljene po svemiru, onda će ljuska B sadržati 4 puta više zvezda od ljuske A (A je na rastojanju r , a B na rastojanju $2r$). Međutim, zvezde u ljusci A će izgledati 4 puta sjajnije od zvezda u ljusci B. Tako će ukupan sjaj dve ljuske biti isti. Pošto postoji beskonačno mnogo takvih ljusaka, noćno nebo bi trebalo da bude beskonačno sjajno. Čak i kada uvažimo da zvezde iz bližih ljusaka delimično zaklanjaju one dalje zvezde, nebo bi i dalje trebalo da bude zaslepljujuće sjajno.

Kako da razrešimo ovaj paradoks? Prvo objašnjenje na koje ćete možda odmah pomisliti jeste da oblaci gasa ili prašine zaklanjaju svetlost koja dolazi sa udaljenih zvezda. Svemir zbilja sadrži oblake prašine i oblasti s gasom, ali nas oni ne mogu „zakloniti“ od Olbersovog paradoksa: ako oblaci apsorbuju svetlost, oni će se zagrevati sve dok ne dostignu temperaturu samih zvezda. Ispostavlja se da paradoks razrešava jedno od najdramatičnijih astronomskih otkrića, a to je da kosmos ima konačnu starost. Pošto kosmos postoji samo oko 13 milijardi godina, ono što od njega vidimo od nas je udaljeno najviše 13 milijardi svetlosnih godina. Da bi noćno nebo bilo sjajno kao površina Sunca, naš pogled bi morao da prodre u kosmos barem milion puta dalje. (To što se kosmos širi takođe doprinosi objašnjenju paradoksa: svetlost iz udaljenih izvora pomera se ka crvenom kraju spektra zbog širenja, pa udaljeni objekti izgledaju manje sjajni nego što predviđa pomenuti zakon recipročnog slabljenja svetlosti. Glavno objašnjenje, međutim, ostaje konačna starost kosmosa.)

Zapanjujuće je da tokom razmišljanja o tako jednostavnom pitanju – „Zašto je noćno nebo tamno?“ – dolazimo do činjenice da se kosmos širi i da (barem zvezde i galaksije u njemu) imaju konačnu starost. Možda jednostavno Fermijevo pitanje – „Gde su svi oni?“ – upućuje na još važnije zaključke.

Fermijev paradoks

Ponekad mislim da smo sami, ponekad da nismo.

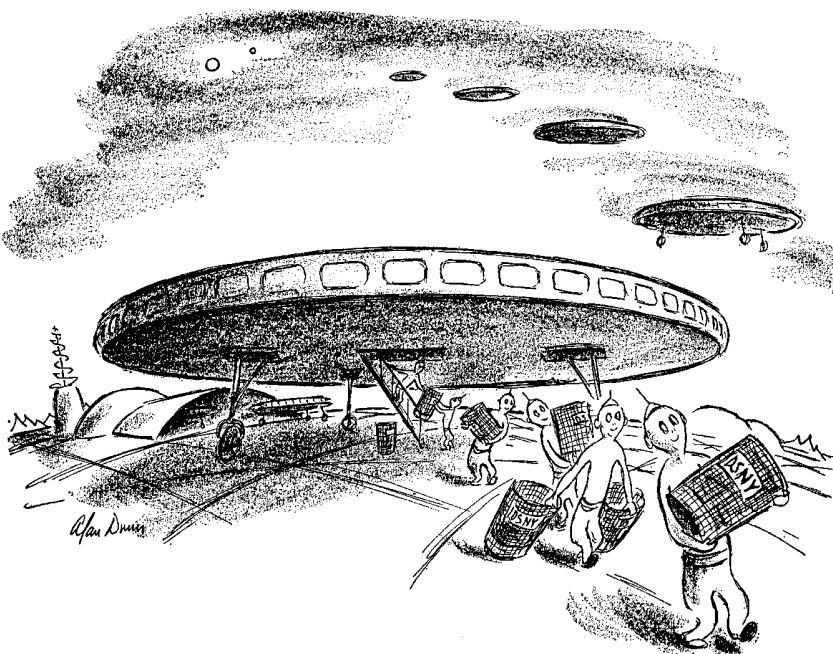
Ovako ili onako, pomisao je uznemirujuća.

—Bakminster Fuller

Zahvaljujući „detektivskom“ radu fizičara Erika Džounsa iz laboratorije u Los Alamosu, na čiji se izveštaj ovde jako oslanjam, znamo sve detalje o nastanku Fermijevog paradoksa.¹⁸



Njujorški dnevni listovi su u proleće i leto 1950. bili preplavljeni reportažama o jednoj maloj misteriji: nestanku javnih kanti za smeće. Ista godina beleži i kulminaciju izveštaja o letećim tanjirima, drugoj vesti koja je ispunjavala novinske stupce. Dvadesetog maja 1950, list *The New Yorker* objavio je karikaturu Alana Dana koji se na duhovit način pozabavio sa obe teme.



SLIKA 5 Iz razloga koji su samo njima bili jasni, vanzemaljci su se vraćali na rodnu planetu s kantama za smeće – vlasništvom Njujorške uprave za javno zdravlje.

Fermi se leta 1950. nalazio u Los Alamosu. Jednoga dana je zajedno sa Edvardom Telerom i Herbertom Jorkom krenuo u Fulerov pansion na ručak. Njihova usputna tema bili su nedavni izveštaji o pojavljivanju letećih tanjira. Ubrzo im se pridružio i Emil Konopinski i usputno ih obavestio o Danovoj karikaturi. Fermi je ironično primetio da je Danova teorija razumna jer obuhvata dve sasvim udaljene pojave: nestanak kanti za smeće i izveštaje o letećim tanjirima. Posle Fermijeve šale je usledila ozbiljna rasprava o tome da li leteći tanjiri mogu da se kreću brže od svetlosti. Fermi je pitao Telera šta misli o verovatnoći da će se do 1960. ostvariti putovanja brža od svetlosti. Fermi je primetio da je Telerova procena od jedan prema milion preniska; lično je držao da je ona bliža vrednosti jedan prema deset.

Njih četvorica su seli da ručaju i diskusija je skrenula na svakodnevne teme. Tada je, usred razgovora, i sasvim iznebuha, Fermi upitao: „Gde su svi oni?“ Njegovo društvo (Teler, Jork i Konopinski) odmah je shvatilo da on misli na vanzemaljske posetioce. I pošto je pitanje postavio Fermi, možda su osetili da je ono mnogo dublje i teže nego što izgleda na prvi pogled. Jork se priseća da je Fermi na brzinu sproveo nekoliko proračuna i zaključio da je davno trebalo da budemo posećeni, i to ne jednom.



SLIKA 6 Edvard Teler (levo) s Fermijem 1951, kratko nakon što je Fermi prvi put postavio svoje čuveno pitanje.

Iako ni Fermi, ni drugi nisu nikada objavili nijedan od ovih proračuna, možemo razumno da nagađamo u čemu su se sastojali. Mora da je najpre procenio broj vzc u galaksiji, a to je nešto što i sami možemo da uradimo. Na kraju krajeva, pitanje: „Koliko naprednih vanzemaljskih civilizacija sposobnih da komuniciraju postoji u galaksiji?“, tipično je fermijevesko!

Fermijevo pitanje: koliko postoji civilizacija sposobnih da komuniciraju?

Predstavimo simbolom N broj vzc u galaksiji koje su sposobne da komuniciraju. Da bismo odredili N , najpre moramo da znamo godišnju stopu R kojom nastaju zvezde u galaksiji. Takođe nam treba udeo f_p zvezda koje imaju planetarne sisteme i za takve sisteme broj n_e planeta sa uslovima pogodnim za život. Treba nam i udeo f_l ovih planeta na kojima se život stvarno razvija, udeo f_i ovih planeta na kojima je život razvio inteligenciju i udeo f_c inteligentnih oblika života koji su razvili kulturu sposobnu za međuzvezdanu komunikaciju. Najzad, treba nam i vreme L , u godinama, tokom koga će se ta kultura posvetiti komuniciranju. Množeći redom pobrojane faktore, dobićemo procenu za N . To možemo napisati ovako:

$$N = R \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L$$

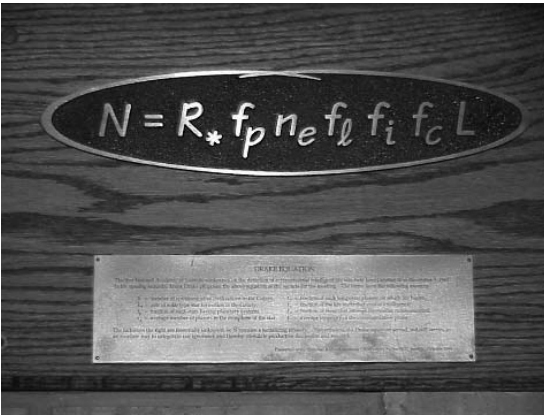


SLIKA 7 Herbert Jork, jedan iz Fermijevog društva za ručkom.

Jednačina $N = R \times f_p \times n_e \times f_i \times f_c \times L$ ne daje ništa „ispravniji“ rezultat za broj komunicirajućih vzc od jednačine $N = p_e \times n_r \times f_p \times n_i \times R$ za broj klavir-štimera u Čikagu. Ali, ako dodelimo razumne vrednosti raznim elementima jednačine – ne zaboravljajući da se takve vrednosti mogu menjati i da će se menjati kako naše znanje bude raslo – doći ćemo do procene broja vzc u galaksiji. Otežavajuća okolnost je različit stepen našeg neznanja o pojedinim faktorima u jednačini. Kada ih upitaju za vrednosti ovih faktora, astronomi daju odgovore koji se protežu od: „Prilično smo sigurni (za faktor R), preko: „Na putu smo da to rešimo“ (za faktor f_p), pa do: „Kako, dovraga, to da znamo?“ (za faktor L). Kada određujemo broj klavir-štimera u Čikagu, barem smo sigurni da naše „odokativne“ procene činilaca nisu drastično pogrešne. Takve sigurnosti, međutim, nema kad procenjujemo broj komunicirajućih vzc. Bez obzira na to, u odsustvu realnog znanja o vzc, to je jedini način da dođemo do nekakvog rezultata. (Navedena jednačina je u nauci dobila svetački oreol; poznata je kao *Drejškova jednačina*, po radioastronomu Frenku Drejku koji ju je prvi dosledno primenio.¹⁹ Drejškova jednačina je bila centralna tema jedne izuzetno uticajne konferencije o istraživanju vanzemaljske inteligencije održane 1961. u Grin Benku – 11 godina nakon Fermijevog pitanja.)



SLIKA 8 Emil Konopinski (prvi sleva), još jedan iz Fermijevog društva za ručkom.



SLIKA 9 Drejkova jednačina je način da se odredi broj komunicirajućih civilizacija u galaksiji. Drejk je jednačinu razvio u oblik koji je mogao predstavljati predložak za prvu SETI konferenciju (održanu u NRAO Grin Benk, 1961). Ova komemorativna ploča nalazi se na zidu na kome je nekada visila tabla na kojoj je prvi put ispisana jednačina.

Fermi je 1950. godine mogao znati mnogo manje o različitim faktorima navedene „jednačine“, ali je ipak mogao da inteligentno nagađa – vođen, kao i uvek, *principom osrednjosti*: nema ničeg posebnog u vezi sa Zemljom i njenim Sunčevim sistemom. Da je za stopu pojave novih zvezda u galaksiji pretpostavio brojku od jedne godišnje, ne bi mnogo pogrešio. Vrednosti od $f_p = 0,5$ (polovina zvezda ima planete) i $n_e = 2$ (zvezde s planetama u proseku imaju dve planete sa uslovima koji omogućavaju nastanak života) izgledaju „razumno“.

Drugi faktori su mnogo subjektivniji. Da je bio optimista, Fermi je mogao izabrati $f_i = 1$ (svaka planeta koja omogućava život ima život), $f_c = 1$ (kad se život razvije, izvesno ga sledi inteligentan život), $f_e = 0,1$ (1 od 10 inteligentnih oblika života razvije civilizaciju koja može i želi da komunicira) i $L = 10^6$ (civilizacije se zadržavaju u fazi komuniciranja milion godina). Da je tako razmišljao, došao bi do vrednosti $N = 10^6$. Drugim rečima, u ovom trenutku bi moglo biti oko milion civilizacija koje pokušavaju da uspostave vezu s nama. Pa zašto mi to nikako ne primećujemo? U stvari, zašto one već nisu ovde? Ako su neke od civilizacija izrazito dugovečne, mogli bismo očekivati da će kolonizovati galaksiju – i da su to već učinile davno pre nego što se na Zemlji pojavio višecelijski život. Galaksija bi trebalo da vrvi od vanzemaljskih civilizacija. Pa, ipak, mi od njih ni traga ne vidimo. Odavno bi trebalo da smo primetili njihovo postojanje, ali, ipak, nismo. Pa, gde su oni? *Gde se dedoše?* To je Fermijev paradoks.

Nije paradoks u tome da vanzemaljska inteligencija ne postoji. (Ne znam je li Fermi verovao u postojanje vanzemaljske inteligencije, ali podozrevam da jeste.) Paradoks je pre u tome da ne vidimo ni jednog jedinog znaka takve civilizacije, premda bismo to očekivali. Doista postoji objašnjenje da smo mi jedina napredna civilizacija – ali, to je samo jedno od više objašnjenja.



Pitanje zašto ne vidimo dokaze postojanja vanzemaljskih civilizacija možda izgleda trivijalno, ali, kao što i možemo očekivati iz Fermijeve primedbe, ono predstavlja duboku zagonetku. Moć ovog paradoksa ćemo možda shvatiti kad saznamo da je on nezavisno otkrivan čak *četiri* puta: on bi se ispravnije mogao zvati Ciolkovski-Fermi-Vjuing-Hartov paradoks.

Konstantin Ciolkovski, naučni vizionar koji je razvio teorijsku bazu svemirskog leta još 1903. godine, duboko je verovao u monističku doktrinu da se konačna realnost sastoji iz monolitne supstance. Ako su svi delovi kosmosa jednaki, sledi da moraju postojati planetarni sistemi slični našem i da na nekim od tih planeta postoji život.²⁰ Međutim, kada se uzme u obzir njegovo zanimanje za let u kosmos, nije neprirodno što je smatrao da će čovečanstvo sagraditi naseobine u Sunčevom sistemu i odatle se otisnuti u kosmos. Svoja osećanja je izrazio u čuvenoj rečenici: „Zemlja jeste kolevka inteligencije, ali se ne može zauvek živeti u kolenici“. Pritajeni monista u njemu je izbio kroz sledeći argument: ako *mi* težimo da naselimo kosmos, onda to isto rade i *druge* vrste. Logici se ne može pobeći i Ciolkovski je bio svestan paradoksa kada je istovremeno opstajao u tvrdnjama da će čovečanstvo krenuti u kosmos *i* da

je kosmos krcat inteligentnim životom. Davne 1933, mnogo pre nego što je Fermi postavio svoje pitanje, Ciolkovski je ukazao na to da ljudi poriču postojanje vzc jer, ako takve civilizacije postoje, (i) njihovi predstavnici bi posetili Zemlju, i (ii) poslali bi nam znake svog postojanja. Ciolkovski je jasno izneo paradoks i uz to ponudio i odgovor na njega: verovao je da napredne inteligencije – „savršena nebeska bića“ – smatraju da čovečanstvo još nije sazrelo za ostvarivanje kontakta.²¹

O tehničkim postignućima Ciolkovskog u vezi s raketama i svemirskim letom široko se raspravljalo, ali je ostatak njegovog rada uglavnom ignorisan pod sovjetskom vlašću. Stoga je tek nedavno priznat njegov doprinos u vezi sa ovim paradoksom. (Ni sam Fermi tu nije bolje prošao. U svojoj uticajnoj knjizi iz 1966 – *Inteligentan život u svemiru* (engl. *Intelligent Life in the Universe*) – Segan i Šklovski imaju i poglavlje s citatom: „Gde su svi oni?“ Citat pripisuju Fermiju, ali netačno navode da je pitanje izrečeno 1943. U jednom kasnijem članku Segan misli da je Fermijev citat „možda sumnjive autentičnosti“.)

Godine 1975, engleski inženjer Dejvid Vjuing jasno je iskazao suštinu. Citat iz njegovog članka to dobro predstavlja: „Ovo je, dakle, paradoks: sva naša logika, sav naš antiizocentrizam uveravaju nas da mi nismo jedinstveni – da oni *moraju* biti tu negde. A, ipak, mi ih ne zapažamo.“ Vjuing priznaje da je upravo Fermi prvi postavio čuveno pitanje – Gde su oni?“ – i da to pitanje vodi paradoksu. Prema mojim saznanjima, dakle, to je prvi članak koji direktno ukazuje na Fermijev paradoks.²²

Međutim, tek 1975. je članak Majkla Harta, objavljen u astronomskom časopisu *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, pobudio pravu eksploziju zanimanja za paradoks.²³ Hart je tražio objašnjenje ključne činjenice da trenutno na Zemlji nema inteligentnih bića iz kosmosa. On je za tu činjenicu predložio četiri kategorije objašnjenja. Prva kategorija sadrži „fizička objašnjenja“ koja se oslanjaju na teškoće realizovanja svemirskih putovanja. U drugoj kategoriji, takozvanih „socioloških objašnjenja“ u osnovi se pretpostavlja kako vanzemaljci namerno nisu želeli da posete Zemlju. Treća kategorija „vremenskih objašnjenja“ zasniva se na tezi da vzc nisu imale dovoljno vremena da nas dosegnu. U četvrtu kategoriju spadaju objašnjenja da su vanzemaljci možda već *bili* na Zemlji (i otišli), pa ih sada ne zapažamo. Hart je smatrao da ove kategorije iscrpljuju sve mogućnosti i zatim je efikasno pokazao kako nijedna od njih nije u stanju da objasni navedenu ključnu činjenicu, što ga je navelo da ponudi sopstveno objašnjenje – *mi smo prva civilizacija u našoj galaksiji*.

Hartov članak je raspirio žestoku raspravu koja se uglavnom vodila na stranicama pomenutog astronomskeg časopisa. Bila je to rasprava kojoj je svako mogao da se priključi – jedan od najranijih priloga je stigao pravo iz Gornjeg doma britanskog parlamenta!²⁴ Možda je najkontroverzniji predlog dao Frenk Tipler u članku s rezolutnim naslovom „Vanzemaljska inteligentna bića ne postoje“. Tipler je smatrao da bi napredne vzc mogle koristiti samoreplikujuće sonde za jeftino istraživanje ili kolonizovanje galaksije koje bi se moglo obaviti u srazmerno kratkom vremenu. Sažetak Tiplerovog rada daje suštinu: „Prema iznetoj tezi, ako vanzemaljska inteligentna bića postoje, to znači da su njihovi svemirski brodovi već u našem Sunčevom sistemu.“²⁵ Tipler je zauzeo stav da program SETI nema izgleda na uspeh i da je stoga samo traćenje vremena i novca. Njegov argument je samo dolio ulje na vatru i uveo u raspravu novu rundu argumenata. Najsmireniji i najbolji sažetak svih argumenata dao je Dejvid Brin, koji je paradoks nazvao „velikom tišinom“.²⁶

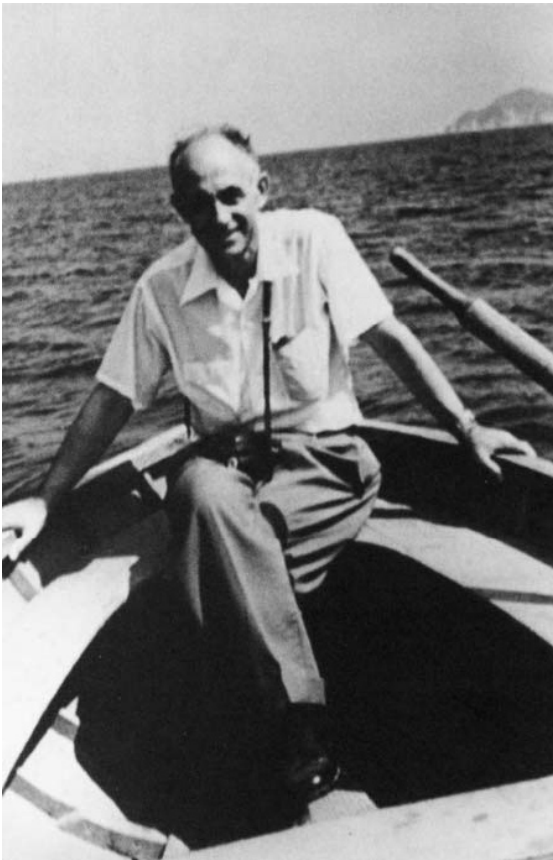
Godine 1979, Ben Cukerman i Majkl Hart organizovali su konferenciju o Fermijevom paradoksu. Diskusije su štampane u vidu zbornika²⁷ koji, premda sadrži niz različitih viđenja problema, navodi na zaključak da pretpostavljene vzc imaju način, motiv i priliku da kolonizuju galaksiju. Način: međuzvezdano putovanje izgleda moguće, premda ne lako izvodljivo. Motiv: Cukerman je pokazao kako bi neke vzc bile prisiljene na međuzvezdano putovanje zbog smrti sopstvene zvezde i da je u svakom slučaju dobra ideja ako se vrste rasprše po kosmosu za slučaj da njihova matična planeta doživi katastrofu. Prilika: galaksija je stara 13 milijardi godina, a kolonizacija se može obaviti za ciglih nekoliko miliona godina. A, ipak njih nema nigde. Da je ovo neki krimić, mogli bismo reći da imamo osumnjičenog, ali ne i leš.

Ovakvi argumenti nisu svakog ubedili. U nedavno objavljenoj knjizi matematičar Amir Acel dokazuje da je verovatnoća postojanja vanzemaljskog života 1.²⁸ Fizičar Li Smolin piše da je „argument u prilog nepostojanju inteligentnog života u kosmosu nešto najneobičnije što je čuo; to pomalo liči na tvrdnju desetogodišnjaka da seks ne postoji samo zato što se s njim još nije suočio.“²⁹ Pokojni Stiven Džej Guld, komentarišući Tiplerovu tezu da bi vzc koristile sonde za kolonizovanje galaksije, piše: „Priznajem da ne znam kako da reagujem na takav argument. Već imam dovoljno teškoća da predvidim namere i reakcije ljudi u mojoj neposrednoj blizini. Obično sam zapanjen tokovima mišljenja i postignućima ljudi iz drugačijih kultura. Neka sam proklet ako sa sigurnošću mogu da tvrdim šta bi učinio neki vanzemaljski inteligentan stvor.“³⁰

Nije teško složiti se sa ovakvim stavom. Kada razmotrim način rezonovanja u vezi s Fermijevim paradoksom, uvek se setim starog vica o inženjeru i

ekonomisti koji šetaju ulicom. Inženjer ugleda novčanicu na trotoaru, pokaže na nju i kaže: „Gle! Novčanica od sto dolara na trotoaru.“ Ekonomista nastavlja pravo, ne pogledavši naniže; „Mora da ti se učinilo. Da tamo ima novca, neko bi ga već pokupio.“³¹ Suština nauke je posmatranje i eksperimentisanje; ne možemo znati šta kosmos krije ako tamo ne pogledamo. Nema velike vajde od teoretisanja ukoliko teorija ne prođe eksperimentalnu proveru.³²

Bez obzira na to, Hartova ključna činjenica *zahteva* objašnjenje. Za vanzemaljskim civilizacijama tragamo već više od 40 godina. A neprestana tišina, uprkos intenzivnim pretragama, počinje da zabrinjava čak i neke najagilnije zagovornike programa SETI. Sve vreme zapažamo samo prirodni univerzum umesto da sasvim lako zapazimo nešto veštačko u njemu. Zašto? Pa, gde su svi oni? Fermijevo pitanje i dalje vapi za odgovorom.



SLIKA 10 Enrico Fermi isplovljava sa Elbe. Fotografija je snimljena kratko pre njegove smrti.