

Katie Mack

KONEC VSEGA

(Gledano astrofizikalno)

Katie Mack

KONEC VSEGA

(Gledano astrofizikalno)

Prevedel Niki Neubauer



UMco
20 let

Ljubljana 2021

Katie Mack
KONEC VSEGA
(Gledano astrofizikalno)

THE END OF EVERYTHING
(Astrophysically Speaking)

Copyright © Katie Mack, 2020. All rights reserved.

© za Slovenijo UMco, d. d., 2021. Vse pravice pridržane.

Prevod: Niki Neubauer
Izdajatelj in založnik: UMco, d. d.
Zbirka 'S terena'

Urednik: Samo Rugelj
Pomočnica urednika: Renate Rugelj
Oblikovanje ovitka in postavitev: Aleš Cimprič
Številčenje kazala: Neža Vilhelm
Slika na naslovnici: Depositphotos
Tisk: Primitus, d.o.o.
Naklada: 400 izvodov, 1. natis
Ljubljana 2021

V okviru določil Zakona o avtorski in sorodnih pravicah so brez pisnega dovoljenja založbe prepovedani reproduciranje, distribuiranje, javna priobčitev, predelava ali druga uporaba tega avtorskega dela ali njegovih delov v kakršnem koli obsegu ali postopku, v številni fotokopiranje, tiskanje in shranjevanje v elektronski obliki.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

524.8

MACK, Katie, 1981-

Konec vsega : (gledano astrofizikalno) / Katie Mack ; prevedel Niki Neubauer. - 1. natis. - Ljubljana : UMco, 2021. - (Zbirka S terena)

Prevod dela: The end of everything
ISBN 978-961-7050-92-9
COBISS.SI-ID 51796739

Za mojo mamo, ki je tu od vsega začetka.

Avtorica se zahvaljuje Skladu Alfreda P. Sloana
in Programu za razumevanje znanosti za velikodušno podporo
pri raziskovanju in pisanju te knjige.

Vsebina

1.	Uvod v kozmologijo	13
2.	Od velikega poka do zdaj	29
3.	Veliki stisk	69
4.	Toplotna smrt	91
5.	Veliki raztrg	129
6.	Razpad vakuuma	157
7.	Odboj	187
8.	Prihodnost prihodnosti	209
9.	Sklepna beseda	239
	Zahvale	247
	Imensko in stvarno kazalo	251

KONEC VSEGA

PRVO POGLAVJE

Uvod v kozmologijo

Pravijo, da svet bo uničil ogenj,
drugi pa, da to bo led.
Ker vem, kako užitek je opojen,
nagibam k tistim se, ki so za ogenj.
A če dvakrat moral bi umret,
toliko poznam sovraštva svet,
da vem, kako za uničenje je led
enako učinkovit in temeljit.

– Robert Frost, 1920

(prevedel Miran Hladnik)

Vprašanje, kako se bo svet končal, je že vso zgodovino predmet ugibanj in razprav med pesniki in filozofi. No, po zaslugi znanosti zdaj poznamo odgovor: svet se bo končal v ognju. Nedvomno v ognju. Čez približno pet milijard let bo Sonce nabrekli do stopnje rdeče orjakinje, zajelo orbito Merkurja in najbrž tudi Venere, od Zemlje pa bo ostala samo zoglenela, z magmo prekrita kamnina brez sleherne sledi življenja. A tudi temu jalovemu tlečemu ostanku je verjetno usojeno, da bo nazadnje spiralno padel v zunanje

plasti Sonca in raztrosil svoje atome po vrtničasti atmosferi umirajoče zvezde.

Skratka: ogenj. To je rešeno. Robert Frost je že v prvo uganil.

Vendar ni razmišljal dovolj na široko. Bil je pesnik, jaz sem kozmologinja. Proučujem vesolje kot celoto, na največji možni ravni. S te perspektive je svet majcen, sentimentalni drobci prahu, izgubljeni v širnem prostranstvu raznolikega vesolja. Tako poklicno kot osebno me zanima večje vprašanje: kako se bo končalo *vesolje*?

Vemo, da je vesolje imelo začetek. Pred približno 13,8 milijarde let je vesolje iz nepredstavljivo gostega stanja prešlo v vseobsegajočo kozmično ognjeno kroglo in nato v ohlajajočo se, brnečo utekočinjeno materijo in energijo, iz česar so nastali zametki zvezd in galaksij, ki jih zdaj vidimo okrog sebe. Oblikovali so se planeti, galaksije so trkale druga ob drugo, kozmos je zapolnila svetloba. Na kamnitem planetu v orbiti čisto navadne zvezde blizu roba neke spiralne galaksije so se razvili življenje, računalniki, politične vede in suhljati dvonožni sesalci, ki za razvedrilo berejo knjige o astrofiziki.

Ampak kaj pa sledi? Kaj se zgodi na koncu zgodbe? Smrt planeta, morda celo zvezde, bi se načeloma dalo preživeti. Čez milijarde let bi človeštvo teoretično lahko še vedno obstajalo, verjetno v neki nam neprepoznavni obliki, potem ko bi se odpravilo na potovanje v daljna prostranstva vesolja, našlo nov dom in zgradilo nove civilizacije. Smrt vesolja pa je dokončna. Kaj to pomeni za nas, in sploh za vse, kar je, če se bo nazadnje vse končalo?

DOBRODOŠLI V KONCU ČASOV

Čeprav v znanstveni literaturi najdemo nekaj klasičnih (in skrajno zabavnih) člankov, sem na izraz 'eshatologija', to je proučevanje poslednjih reči oziroma konca vsega, prvič naletela med prebiranjem o religiji.

Eshatologija – natančneje konec sveta – mnogim religijam ponuja način, da svoje verske nauke postavijo v širši okvir in predstavijo njihov pomen. Kljub vsem teološkim razlikam si krščanstvo, judaizem in islam delijo skupno vizijo o koncu časov, ko bo prišlo do dokončne preureditve sveta, dobro bo zmagalo nad zlom, božji izbranci pa bodo nagajeni.* Morda je obljuba o poslednji sodbi svojevrstno nadomestilo za žalostno dejstvo, da se ne moremo zanesti, da nam bo naš nepopolni, nepravični, samovoljni stvarni svet zagotovil dobro in vredno življenje, tudi če vse delamo, kot je prav. Precej podobno kot v romanu, ki ga zadnje poglavje lahko oživi ali pokoplje, se zdi, da tudi številne religiozne filozofije potrebujejo, da se svet konča, in da se konča 'pravično', da bi imelo življenje smisel.

Seveda pa niso vse eshatologije odrešenijske, kakor tudi vse religije ne napovedujejo konca časa. Kljub vsemu cirkusu okrog 21. decembra 2012 je bil majevski pogled na vesolje ciklični, tako kot je tudi v hindujski tradiciji, brez nekega določenega 'konca'. A cikli v teh tradicijah niso navadne ponovitve, ampak so navdahnjeni z možnostjo, da bodo reči naslednjič boljše: vse tvoje trpljenje na tem svetu je resda slabo, ampak ne skrbi, prihaja nov svet, ki

* Glede tega, kako naj bi se te nagrade podeljevale in kdo jih bo deležen, si religije niso enotne.

ne bo obremenjen s sedanjimi krivicami, ampak bo boljši, morda prav zaradi njih. Posvetne zgodbe o koncu pa se po drugi strani opirajo na širok razpon prepričanj od nihilističnega stališča, da v resnici nič ni pomembno (in da na koncu vedno prevlada ničnost), do predstave o večnem ponavljanju, da se bo vse, kar se je zgodilo, spet dogajalo, na popolnoma enak način in vedno znova.* V resnici obe ti navidez nezdružljivi teoriji navadno povezujejo s Friedrichom Nietzschejem, ki je razglasil, da je bog, ki bi lahko v veselje vnesel red in smisel, mrtev, potem pa se je ubadal s posledicami življenja v kozmosu brez končnega odrešenjskega loka.

Nietzsche seveda ni bil edini, ki je razmišljal o pomenu obstoja. Vsi, od Aristotela do Laoceja, od Simone de Beauvoir do kapitana Kirka in Buffy, izganjalke vampirjev, so se na neki točki vprašali: »Kaj vse to pomeni?« Do časa, ko to pišem, še nismo dosegli soglasja.

Ne glede na to, ali smo privrženi tej ali oni religiji ali filozofiji, bi težko zanikali, da poznavanje naše kozmične usode gotovo na določen način vpliva na naše razmišljanje o življenju in morda celo na to, kako dejansko živimo svoje življenje. Če bi radi vedeli, ali je to, kar delamo, v končni sliki stvari pomembno, se moramo najprej vprašati: Kako se bo to pokazalo na koncu? In če najdemo odgovor na to vprašanje, se takoj zastavi naslednje: Kaj to pomeni za nas zdaj? Moram v torek vseeno odnesti smeti ven, če bo veselo nekega dne umrlo?

* Na tem pristopu, a brez filozofskih podrobnosti, temelji tudi klasična znanstveno-fantastična televizijska serija *Bojna ladja Galactica* z začetka 21. stoletja.

Kar precej sem brskala po teoloških in filozofskih spisih in naletela sem na veliko zanimivih reči, kaj je smisel življenja, pa žal nisem odkrila. Morda preprosto nisem prava oseba za to. Vedno so me najmočneje privlačila vprašanja, na katera je mogoče odgovoriti z znanstvenim opazovanjem, matematiko in stvarnimi dokazi. Čeprav se mi je včasih zdelo mikavno, da bi mi kdo v neki knjigi enkrat za vselej razložil vso zgodbo o življenju in njegovem smislu, sem se zavedala, da bom lahko sprejela samo take vrste resnico, do katere bom lahko prišla po matematični poti.

POGLED NAVZGOR

V mnogih tisočletjih, odkar je človeštvo začelo razmišljati o svoji umrljivosti, se filozofske izpeljave tega vprašanja niso bistveno spremenile, se je pa spremenilo orodje, ki ga imamo na voljo za odgovor. Danes ima vprašanje o prihodnosti in končni usodi vse resničnosti trdno znanstveno podlago in odgovor nam je mučno blizu. Pa ni bilo vedno tako. V času Roberta Frosta so v astronomiji še vedno potekale burne razprave, ali je vesolje nemara v stalnem stanju in obstaja za vedno nespremenljivo. To je bila privlačna predstava, saj je naš kozmični dom prikazovala kot stabilen, gostoljuben in varen kraj za staranje. Toda odkritje velikega poka in širjenja vesolja je to možnost izključilo. Naše vesolje se spreminja in šele pred kratkim smo začeli na podlagi različnih opazovanj razvijati teorije, da bi natančneje razumeli, kako se spreminja. Ugotovitve v zadnjih nekaj letih, celo mesecih, nam končno omogočajo ustvarjati sliko daljne prihodnosti kozmosa.

To sliko bi rada delila z vami. Najboljše meritve, ki jih imamo, se ujemajo samo s peščico možnih končnih apokaliptičnih scenarijev, od katerih jih lahko nekaj potrdijo ali izključijo opazovanja, ki potekajo prav zdaj. Raziskovanje teh možnosti nam vsaj malce odstre pogled na način, kako deluje vrhunska znanost, in omogoči, da človeštvo vidimo v novi luči. Sama menim, da nas to lahko navda z določeno radostjo, kljub soočenju s popolnim uničenjem. Ljudje se kot vrsta zavedamo, da smo v celotni sliki nepomembni, toda obenem imamo možnost, da posežemo v prostranstvo praznine daleč onstran našega vsakodnevnega življenja in rešujemo temeljne skrivnosti kozmosa.

Če smem parafrazirati Tolstojev stavek, so si vsa srečna vesolja podobna, vsako nesrečno vesolje pa je nesrečno po svoje. V tej knjigi opisujem, kako lahko majhni popravki našega sedanjega, nepopolnega znanja o kozmosu privedejo do izrazito različnih poti v prihodnost, od vesolja, ki se zruši samo vase, do takega, ki se raztrga, in do takega, ki postopno podleže neizprosному širjenju mehurčka pogube. Ko bomo spoznavali, kako se je razvijalo naše razumevanje vesolja in njegovega konca, ter odkrivali, kaj to pomeni za *nas*, bomo srečali nekaj najpomembnejših konceptov v fiziki in videli, da niso povezani samo s kozmičnimi apokalipsami, ampak tudi s fiziko našega vsakodnevnega življenja.

OPREDELITVE KOZMIČNE SMRTI

Nekaterim med nami možnost kozmične apokalipse seveda že zdaj povzroča skrbi.

Nikoli ne bom pozabila trenutka, ko sem izvedela, da se lahko vesolje konča kadarkoli, morda že naslednjo sekundo. S kolegi iz letnika študija astronomije sem sedela na tleh v dnevni sobi profesorja Phinneyja, ki nas je vsak teden enkrat zvečer povabil k sebi domov na čaj in piškote. Medtem ko mu je triletna hčerka sedela v naročju, nam je razlagal, da je nenadno širjenje prostora v zgodnjem vesolju še vedno takšna skrivnost, da nimamo nobene predstave, zakaj se je začelo ali zakaj se je končalo, in nikakor ne moremo reči, da se ne bo spet zgodilo, morda prav zdaj. Nobenega zagotovila ni bilo, da ne bi moglo prav tedaj, v tisti dnevni sobi, kjer smo nedolžno grizljali piškote in srkali čaj, priti do takojšnjega raztrganja prostora, ki ga nič ne bi preživel.

Kar sapa mi je vzelo, ker naenkrat nisem mogla več zaupati trdnosti tal pod seboj. Za vedno se mi je v spomin vtisnila podoba tiste majhne deklice, ki se je v nenadoma nestabilnem kozmosu brezskrbno igrala s prstki, medtem ko se je profesor na kratko zahajljal in prešel na drugo temo.

Zdaj, ko sem uveljavljena znanstvenica, razumem tisto hahljanje. Razmišljanje o tako močnih in neustavljivih, vendar matematično natančno opisljivih procesih je lahko nekako mrakobno privlačno. Morebitne prihodnosti našega kozmosa so zarisane, izračunane in statistično razvrščene po verjetnosti na podlagi najboljših razpoložljivih podatkov. Ne moremo vedeti, ali lahko do nove silovite kozmične inflacije pride prav zdaj, toda če pride, imamo enačbe zanjo že pripravljene. Po svoje je to zelo pomirjujoče: čeprav slabotni, nemočni ljudje nimamo prav nobene možnosti, da bi kakorkoli vplivali na konec kozmosa, ga lahko vsaj začnemo razumevati.

Mnogi fiziki ostanejo neprizadeti ob neizmernosti kozmosa in silah, ki so preveč mogočne, da bi jih lahko dojali. Vse skupaj lahko zreduciraš na nekaj matematičnih enačb in nadaljuješ s svojim vsakdanom. Toda pretres in omotičnost ob spoznanju, kako krhko je vse skupaj in kako nemočna sem v tem, sta na meni pustila trajen pečat. Nekaj nenavadnega je v tem, da se odločiš za ta pogled na vesolje, ki ti vzbuja strah, a te obenem navdaja z upanjem; kot če v naročju držiš novorojenčka in začutiš krhko ravnotežje med ranljivostjo življenja in možnostjo za še nesluteno veličino. Pravijo, da se astronauti iz vesolja vrnejo z spremenjenim pogledom na svet. Temu pravijo »pregledni učinek« – ker so Zemljo videli od zgoraj, lahko docela dojamejo, kako krhka je naša majcena oaza in kako povezani bi morali biti kot vrsta in nemara edina razmišljajoča bitja v kozmosu.

Zame je razmišljanje o končnem uničenju vesolja zelo podobno. Svojevrstno intelektualno razkošje je, da lahko razmišljaš o najbolj oddaljenih prostranstvih globin časa in imaš orodje, da o tem razumno govoriš. Ko zastavimo vprašanje: »Se vse to res lahko nadaljuje za vekomaj?« posredno ocenjujemo vrednost svojega obstoja, ga podaljšujemo v nedogled v prihodnost, delamo inventuro in preverjamo svojo zapuščino. Priznavanje dokončnega konca nam da okvir, smoter, celo upanje in nam, paradoksalno, omogoči, da naredimo korak v stran od naših malenkostnih vsakodnevnih skrbi in živimo bolj polno v danem trenutku. Mor-da je to tisti smisel, ki ga iščemo.

Vsekakor se približujemo odgovoru. Ne glede na to, ali svet s politične perspektive v zdajšnjem trenutku razpada ali ne, z vidika znanosti živimo v zlati dobi. V fiziki so nam odkritja ter nova tehnološka in teoretska orodja omogočili

take skoke naprej, kakršni so bili še pred kratkim nepredstavljivi. Že desetletja dopolnjujemo spoznanja o začetku vesolja, znanstveno raziskovanje, kako se utegne vesolje končati, pa prav zdaj doživlja razcvet. Najnovejši rezultati, pridobljeni z močnimi teleskopi in trkalniki delcev, so nakazali vznemirljive (čeprav tudi zastrašujoče) nove možnosti in spremenili naše stališče, kaj je v daljni prihodnosti kozmosa možno – in kaj ni. Na tem področju poteka neverjeten napredek in nam ponuja priložnost, da stopimo na sam rob brezdanjega brezna in poškilimo v najglobljo temo. Težava je samo, da je ne moremo izmeriti in količinsko opredeliti.

Kozmologija kot veja fizike namreč ni usmerjena v iskanje smisla kot takega, ampak v odkrivanje temeljnih resnic. In ravno z merjenjem oblike vesolja, razporejenosti snovi in energije v njem ter sil, ki urejajo njegov razvoj, odkrivamo namige o globlji zgradbi resničnosti. Morda se nagibamo k temu, da napredek v fiziki povezujemo s poskusi v laboratorijih, toda marsikaj od tega, kar vemo o temeljnih zakonih, ki urejajo naravni svet, ne izvira iz samih poskusov, ampak iz razumevanja njihovega odnosa do opazovanja neba. Da so lahko fiziki določili zgradbo atoma, recimo, so morali povezati rezultate poskusov na področju radioaktivnosti z vzorci spektralnih črt v svetlobi s Sonca. Splošni gravitacijski zakon, ki ga je razvil Newton, pravi, da ista sila, ki povzroči, da kocka zdrсне po nagnjeni ploskvi navzdol, drži Luno in planete v njihovih orbitah. To je, nazadnje, privedlo do Einsteinove splošne teorije relativnosti, ki je spektakularna predelava Newtonovega gravitacijskega zakona, potrdili pa je niso z meritvami na Zemlji, ampak z opazovanji odstopanj v Merkurjevi orbiti

in navideznega položaja zvezd med popolnim Sončevim mrkom.

Danes ugotavljamo, da so modeli fizike delcev, ki smo jih razvili v desetletjih izvajanja strogih poskusov v najboljših laboratorijih na Zemlji, nepopolni, namige za to pa dobivamo z neba. Proučevanje gibanja in razporeditve drugih galaksij – kozmičnih skupkov, kot je naša Rimska cesta, ki vsebujejo na milijarde ali bilijone zvezd – je razkrilo velike vrzeli v naših teorijah fizike delcev. Ne vemo še, kakšna bo rešitev, vendar upam staviti, da bo pri reševanju teh vprašanj igralo vlogo tudi raziskovanje kozmosa. Povezava kozmologije in fizike delcev nam je že omogočila izmeriti osnovno obliko prostor-časa, narediti inventuro sestavin resničnosti in pokukati skozi čas nazaj v dobo pred obstojem zvezd in galaksij, da smo izsledili svoje izvore, ne le kot živih bitij, ampak kot snovi same.

Seveda je to vzajemen proces. Tako kot nam sodobna kozmologija širi razumevanje zelo, zelo majhnega, nam teorije in poskusi s področja fizike delcev prinašajo spoznanja o ustroju vesolja na najvišjih ravneh. Ta povezava pristopov od zgoraj navzdol in od spodaj navzgor se navezuje na bistvo fizike. Čeprav nas želi popularna kultura prepričati, da so bistvo znanosti trenutki hevreka in spektakularna odkritja novih pojavov, je napredek v našem razumevanju najpogosteje posledica tega, da obstoječe teorije izpeljemo do skrajnosti in gledamo, kako se zlomijo. Ko je Newton kotalil krogle po pobočjih gričev ali gledal, kako se planeti počasi premikajo čez nebo, se mu nikakor ni moglo posvetiti, da potrebujemo teorijo o gravitaciji, ki bo lahko vključila tudi ukrivljanje prostor-časa v bližini Sonca ali nepredstavljive gravitacijske sile v notranjosti črnih

lukenj. Niti sanjalo se mu ni, da bomo nekega dne upali, da bomo lahko izmerili učinek gravitacije na en sam nevtron.* K sreči vesolje, ki je res zelo veliko, ponuja veliko skrajnih okolij za opazovanje. Še boljše pa je, da nam omogoča proučevanje zgodnjega vesolja, časa, ko je bil ves kozmos eno skrajno okolje.

Še kratka opomba o strokovnih izrazih v tej knjigi. *Kozmologija* kot splošni znanstveni izraz pomeni proučevanje vesolja kot celote, od začetka do konca, vključno z vsem, kar ga sestavlja, s potekom njegovega razvoja skozi čas in s temeljno fiziko, ki ga ureja. V *astrofiziki* je kozmolog oseba, ki proučuje res oddaljene reči, ker (1) to pomeni gledati kar veliko vesolja in (2) ker so v astronomiji oddaljene reči tudi daleč v preteklosti, ker svetloba z njih potuje dolgo časa, včasih na milijarde let, preden nas doseže. Nekateri astrofiziki izrecno proučujejo evolucijo ali zgodnjo zgodovino vesolja, medtem ko se drugi posvečajo oddaljenim objektom (galaksijam, jatam galaksij in tako naprej) in njihovim lastnostim. V *fiziki* pa lahko kozmologija zavije v bolj teoretsko smer. Na primer, nekateri kozmologi na fizikalnih oddelkih univerz (v nasprotju z astronomskimi oddelki) proučujejo alternativne formulacije fizike delcev, ki bi se jih morda dalo uporabiti za prvo milijardinko milijardinke sekunde obstoja vesolja. Drugi proučujejo dopolnitve

* Do zdaj to počnemo z njegovim odbojem. Res. Nevtrone najprej ohladimo skoraj do absolutne ničle, potem jih upočasnimo na hitrost lahnega teka, nato pa jih odbijamo gor in dol kot pinkponk žogico na loparju. To nam nekaj pove tudi o temni energiji, skrivnostni reči, ki povzroča, da se vse naše vesolje širi čedalje hitreje. Ja, fizika je nora.

Einsteinove gravitacijske teorije, ki bi se lahko nanašale na tako hipotetične objekte, kot so črne luknje, ki lahko obstajajo samo v višjih dimenzijah vesolja. Nekateri kozmologi proučujejo cela hipotetična vesolja, ki so izrazito drugačna od našega – vesolja, v katerih ima kozmos povsem drugačno obliko, število dimenzij in zgodovino – da bi pridobili spoznanja o matematični zgradbi teorij, za katere bi *morda* lahko nekega dne ugotovili, da so pomembne za nas.*

Posledica vsega tega je, da beseda kozmologija različnim ljudem pomeni veliko različnih stvari. Kozmolog, ki proučuje evolucijo galaksij, bo lahko precej zgubljen v pogovoru s kozmologom, ki proučuje, kako lahko kvantna teorija polja doseže, da črne luknje izhlapijo. In obratno, seveda.

Sama imam rada vse. Za kozmologijo sem prvič slišala, ko sem nekako pri desetih letih naletela na knjige in predavanja Stephena Hawkinga. Govoril je o črnih luknjah in ukrivljanju prostor-časa, pa o velikem poku in celi sorti stvari, ob katerih so moji možgani delali salte nazaj. Prav požirala sem vse to. Ko sem izvedela, da se Hawking opredeljuje za kozmologa, sem vedela, kaj želim postati. Z leti sem raziskovala vse živo, prehajala sem in tja med fiziko in astronomijo, proučevala črne luknje, galaksije, medgalaktični plin, neznanke velikega poka, temno snov in

* Veliko takih teorij ustvarijo privrženci teorije strun. (Teorija strun je krovni izraz za teorije, ki poskušajo gravitacijo in fiziko delcev povezati na nove načine, vendar se večina dela na njen zdaj opira na matematične primerjave in se ne nanaša na 'resnični' svet.) Včasih se moram v pogovorih o teoriji strun ugrizniti v jezik, da ne bi rekla, da se nobeden od teh izračunov ne nanaša na *naše* vesolje. To razlagam samo za vsak primer, če je kdo od bralcev tako zbezan, kot sem bila jaz, ko sem se začela udeleževati teh pogovorov.

možnost, da vesolje nenadoma mrkne in neha obstajati.* Nekaj časa sem se, v svoji napačno porabljeni mladosti, celo ukvarjala z eksperimentalno fiziko delcev, se igračkala z laserji v laboratorijih za jedrsko fiziko (kljub temu, kar morda piše v poročilu, za tisti požar nisem bila jaz kriva) in v napihljivem čolničku veslala po 40 metrov globokem, z vodo napolnjenem podzemnem detektorju nevtrinov (tudi tista eksplozija ni bila moja krivda).

Dandanes se bolj držim teoretske strani znanosti, kar je najbrž bolje za vse. To pomeni, da ne izvajam opazovanj ali poskusov in ne analiziram podatkov, čeprav kar pogosto napovem, kaj bodo morda razkrili poskusi in opazovanja v prihodnje. Večinoma delam na področju fizike, ki se imenuje fenomenologija – nahaja se nekje vmes med razvijanjem novih teorij in njihovim dejanskim preizkušanjem. To pomeni, da iščem nove ustvarjalne načine, kako reči iz osnovnih teoretskih hipotez o zgradbi vesolja povezati s tem, kar astronomi in eksperimentalni fiziki upajo, da bodo odkrili v podatkih iz svojih opazovanj in poskusov. Zato se moram veliko učiti o vsem,** to pa je zabavno kot le kaj.

POZOR, SLEDI RAZKRITJE RAZPLETA ZGODBE!

Ta knjiga je zame izgovor, da lahko razglabljam o vprašanju, kam vse skupaj gre, kaj vse to pomeni in kaj se lahko z zastavljanjem takih vprašanj naučimo o vesolju, v katerem

* To je seveda ena od najbolj zabavnih stvari, kar sem jih kdaj raziskovala, in zato je tudi nastala ta knjiga. Ne vem, zakaj mi je to tako všeč. Mogoče je to slabo znamenje.

** In ker tu govorimo o vesolju, s tem mislim resnično VSE.

živimo. Na nobeno od teh vprašanj ni enega samega splošno sprejetega odgovora – vprašanje o usodi vsega obstoja je še vedno odprto in področje dejavnih raziskav, na podlagi katerih sprejemamo določene sklepe, se lahko drastično spremeni v odzivu na majhne popravke v naših razlagah podatkov. V tej knjigi bomo raziskali pet možnosti, ki se najpogosteje pojavljajo v razpravah med kozmologi, in poiskali najboljše trenutne dokaze v njihovo podporo ali zavrnitev.

Vsak scenarij predstavlja drugačen slog apokalipse in na podlagi različnih fizikalnih procesov, toda vsem je skupno nekaj: konec bo prišel. V vsej kozmološki literaturi, kar sem je prebrala, nisem našla niti enega resnega predloga, da bi lahko vesolje, nespremenjeno, obstajalo večno. Če ne drugega, bo prišlo vsaj do prehoda, ki bo v vsakem pogledu uničilo *vse* in povzročil, da vsaj v opazljivem kozmosu ne bo mogla obstajati kakršnakoli organizirana zgradba. V skladu s tem bom temu rekla konec (ob tem se opravičujem začasno čutečim izbruhom naključne kvantne fluktuacije,* ki morda to berejo). Nekaj scenarijev vsebuje namig na možnost, da bi se kozmos morda lahko obnovil, celo ponovil na tak ali drugačen način, toda ali bi se lahko ohranil kak rahel spomin na prejšnje različice, je stvar precej razgrete razprave, tako kot je tudi vprašanje, ali bi vsaj načeloma lahko karkoli ubežalo pred kozmično apokalipso. Trenutno se zdi najbolj verjetno, da bo konec našega otočka obstoja, znanega kot opazljivo vesolje, resnično konec. In jaz bi vam rada povedala, med drugim, kako se lahko to zgodi.

* Prosim, ne prehitajte z branjem vsaj do četrtega poglavja, ko bom skupnosti Boltzmannovih možganov posvetila dolžno pozornost.

Da ne bo kakšnih nejasnosti, bomo najprej na hitro obnovili, kako je potekal razvoj vesolja od začetka do zdaj. Potem se bomo lotili njegovega uničenja. V vsakem od petih poglavij bomo raziskali drugo možnost konca: kako bi se lahko zgodil, kakšen bi bil videti in kako nova spoznanja z različnih področij fizike vodijo od ene hipoteze do druge. Začeli bomo z velikim stiskom, spektakularnim razpadom vesolja, ki bi se pripetil, če bi zdajšnje širjenje kozmosa obrnilo nazaj. Sledita poglavji o apokalipsah zaradi temne energije. V eni se vesolje širi za vedno in postaja počasi vse bolj prazno in temno, v drugi vesolje dobesedno raztrga samo sebe. Nato je na vrsti razpad vakuuma, spontani nastanek *kvantnega mehurčka smrti*,* ki pogoltne kozmos. Nazadnje se bomo podali na spekulativno področje ciklične kozmologije, vključno s teorijami o dodatnih dimenzijah prostora, po katerih bi naše vesolje uničil trk z vzporednim vesoljem ... znova in znova. Sklepno poglavje bo vse skupaj povezalo z najnovejšimi izsledki številnih strokovnjakov, ki prav zdaj raziskujejo, kateri scenarij se zdi najverjetnejši, ter kaj lahko novi teleskopi in poskusi prispevajo, da se to vprašanje reši enkrat za vselej.

Kaj to pomeni za nas ljudi, ki živimo svoja mala življenja v vsej tej nepredstavljeni širjavi, je popolnoma drugo vprašanje. Izbor pogledov nanj bom predstavili v sklepni besedi in preverili, ali ima lahko življenje kot tako kakšno zapuščino, ki bi se ohranila po našem uničenju.**

* Strokovno se imenuje 'mehurček pravega vakuuma', kar pa, če smo pošteni, tudi zveni presneto zlovesče.

** Še en namig: ni videti obetavno.

Ne vemo še, ali se bo vesolje končalo v ognju ali ledu, ali nečem veliko bolj nezemeljskem. Vemo pa, da je velikanski, lep in resnično presunljiv kraj in da se splača, da si vzamemo nekaj časa in ga malo bolje spoznamo. Dokler še lahko.

DRUGO POGlavJE

Od velikega poka do zdaj

Začetki nakazujejo in terjajo konce.

– Ann Leckie, *Ancillary Justice*

Obožujem zgodbe o potovanju skozi čas. Lahko je godrnjati, da so časovni stroji skregani s fiziko, ali opozarjati na različna protislovja, ki se ob tem pojavijo. Ampak nekaj privlačnega je v sanjarjenju, da bi nekako našli način, ki bi nam odprl vrata v preteklost in prihodnost, da bi ju lahko spoznali in posegali vanju, da bi lahko izstopili iz tega pobeglega vlaka 'sedanjosti', ki nas neustavljivo pelje v neko neznano usodo. Linearni čas se zdi tako omejujoč, celo zapravljen – zakaj bi moral biti ves ta čas, vse te možnosti za nas za vedno izgubljene, samo zato ker so se urini kazalci pomaknili za nekaj stopinj naprej? Morda smo se privadili temu strogemu kronološkemu zatiranju, toda to ne pomeni, da nam je postalo všeč.

K sreči nam lahko pomaga kozmologija. Ne ravno v kakšnem praktičnem pomenu, seveda – še vedno govorimo o razmeroma ezoterični veji fizike, ki vam nikakor ne bo pomagala dobiti nazaj dežnik, ki ste ga včeraj pozabili na