

Helen Čerski

Oluja u šolji čaja

**Fizika u svakodnevnom
životu**

Prevela
Ksenija Vlatković

■ Laguna ■

Naslov originala

Helen Czerski

STORM IN A TEACUP

Copyright © Copyright @ 2016 by Helen Czerski

All rights reserved including the rights of reproduction
in whole or in part in any form.

Translation copyright © 2020 za srpsko izdanje, LAGUNA



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.

Mojim roditeljima,
Suzan i Janu

Na fakultetu sam neko vreme spremala ispit iz fizike u kući svoje nane, otresite severnjakinje koja se iznenadila kad sam joj rekla da izučavam strukturu atoma.

„Stvarno?“, kazala je. „A šta ćeš posle s tim?“

Vrlo dobro pitanje.

Sadržaj

Uvod.	11
Kokice i rakete: gasni zakoni	23
Sve što leti, mora da padne: gravitacija	52
Malo je lepo: površinski napon i viskoznost	79
Trenutak u vremenu: put do ravnoteže	109
Stvaranje talasa: od vodenih do vaj-faj.	138
Zašto patkama nije hladno na nogama? Ples atoma . .	172
Kašike, spirale i Sputnjik: zakoni rotacije	203
Kad se suprotnosti privlače: elektromagnetizam	233
Pronalaženje prave perspektive.	275
Izjave zahvalnosti	299
O autorki	303

Uvod

Živimo na ivici, zaposeli smo granični pojas između planete Zemlje i ostatka svemira. Kad je noć vedra, možemo da se divimo bezbrojnim sjajnim zvezdama, poznatim i trajnim, jedinstvenim orijentirima u našem delu kosmosa. Svaka ljudska civilizacija posmatrala je zvezde, ali niko ih nije dodirnuo. Zemlja, naš dom, sušta je suprotnost: neuredna, promenljiva, uvek prepuna noviteta i raznoraznih stvari koje svakog dana dodirujemo i hvatamo. I pravo je mesto da otkrijete, ako vas zanima, šta je to što pokreće svemir. Fizički svet je zapanjujuće raznovrstan, ali u osnovi svega su isti principi i isti atomi, samo spojeni na drugačije načine, a zahvaljujući tome postoji bogatstvo ishoda. Ali u toj raznovrsnosti nema slučajnosti. Naš svet je prepun istih modela.

Sipajte mleko u čaj, kratko promešajte sadržaj i pojavice se vrtlog, dve tečnosti će se kovitlati jedna oko druge, jedva se dodirujući. Bura u šoljici čaja potrajaće svega nekoliko sekundi pre nego što se te dve tečnosti potpuno ne sjedine. Ali ipak ste stigli da uočite pojavu, i to je kratak podsetnik da dve tečnosti prilikom mešanja daju divnu spiralnu šaru

umesto da se smesta spoje. Isti model može se javiti i na drugim mestima, iz istog razloga. Ako gledate Zemlju iz svemira, primetićete vrlo slične vrtloge oblaka, koji nastaju kad topao i hladan vazduh zaplešu zajedno valcer umesto da se odmah pomešaju. U Velikoj Britaniji se ovi vazdušni virovi redovno kovitlaju iz pravca zapada, s Atlantika, i izazivaju čuveno britansko promenljivo vreme. Nastaju na granici između ledenog polarnog vazduha severa i toplog tropskog s juga. Hladan i topao vazduh jure se ukруг, i na satelitskim snimcima jasno se raspoznaje zavojiti obrazac koji prave. Ove vazdušne kovitlace nazivamo depresijama ili ciklonima, i kako se krajevi vrtloga brzo okreću, tako izazivaju nagle smene vetra, kiše i sunca.

Možda se čini da ne postoji čvrsta veza između rotirajuće oluje i vrtloga koji se javi kad mešate mleko i čaj, ali sličnost tih modela nije slučajna. I nit je koja vodi do nečeg mnogo fundamentalnijeg. U osnovi obe pojave krije se ista sistemaska baza svih sličnih formacija, koje su generacije ljudi otkrivale, ispitivale i testirale eksperimentalno. I taj proces otkrivanja jeste ono što čini nauku: stalno prečišćavanje i preispitivanje naših objašnjenja i uporedo s tim iskopavanje svega onoga što tek treba objasniti.

Ponekad se model lako uoči na drugim mestima. Ali ne tako retko vezu treba tražiti malo dublje, i samim tim je zadovoljstvo veće kad je konačno nađete. Na primer, verovatno ste ubeđeni da između škorpija i biciklista nema mnogo sličnosti. Ali i jedni i drugi koriste isti naučni trik za preživljavanje, samo se način razlikuje.

Noći bez mesečine su hladne i tihe u pustinji Severne Amerike. Čini se da je nemoguće bilo šta naći na tlu budući da do njega dopire samo slabašna svetlost zvezda. Zato ako tražite konkretno blago, morate da krenete u mrak s

posebnom baterijskom lampom. To je baterijska lampa koja baca svetlo koje mi ne vidimo: takozvano ultraljubičasto ili „crno svetlo“. Dok šetate snopom svetla po tlu, ne možete da odredite na šta pada jer ga ne vidite. Ali onda primetite blesak i u mračnoj pustinji iznenada zaigra tračak sablasne plavo-zelene svetlosti. To je škorpija.

Eto kako entuzijasti pronalaze škorpije. Ove crne arah-nide imaju u svom egzoskeletu pigmente koji upijaju ultraljubičasto, za nas nevidljivo, zračenje i odbijaju svetlo koje vidimo. Reč je o veoma domišljatoj tehnici, mada, ako se plašite škorpija, neće vas naterati da skaćete do neba od oduševljenja. Ovaj svetlosni trik se zove fluorescencija. Škorpijin plavo-zelena svetlucanje smatra se adaptivnim mehanizmom zahvaljujući kome ona u sumrak uspeva da pronade najbolje skrovište. Ultraljubičasto svetlo je sve vreme prisutno, ali u sumrak, kad sunce nestaje iza horizonta, gasne i većina vidljivog svetla, pa ostaje samo ultraljubičasto. To znači da će škorpija, koja nije u zaklonu, sijati i biti lako uočljiva jer oko nje nema ničeg što svetli plavo ili zeleno. Ako i najmanji njen deo ostane otkriven, odaće ga sjaj, pa će škorpija znati da mora bolje da se sakrije. Reč je o jednom elegantnom i efikasnom signalnom sistemu – barem je takav bio dok se nisu pojavili ljudi s ultraljubičastim baterijskim lampama.

Srećom po arahnofobe, fluorescenciju ne morate da tražite u pustinji u kojoj žive škorpije – pojava je prilično uobičajena i tokom oblačnog gradskog jutra. Pogledajte ponovo savesne bicikliste koji poštuju bezbednosne propise: njihove upadljive jakne deluju neobično svetlo u odnosu na okolinu. Maltene sijaju, što je zapravo tačno. Po tmurnom danu, oblaci zaklanjaju vidljivo svetlo, ali ultraljubičasti zraci se i dalje probijaju do nas. Boja u jaknama visoke vidljivosti upija

ultraljubičasto i emituje vidljivo zračenje. Posredi je potpuno isti trik koji škorpije izvode, ali biciklisti ga koriste iz suprotnih pobuda. Oni žele da svetle; što jače sijaju, to su uočljiviji i samim tim bezbedniji. Fluorescencija je uglavnom besplatna za ljude; budući da ne opažamo ultraljubičasto zračenje, ništa ne gubimo kad ga upotrebimo na koristan način.

Pojava je sama po sebi zadivljujuća, ali mene posebno oduševljava što jedan gram fizike, kao što je ovaj, nije samo zanimljiva naučna činjenica: to je oruđe koje možete da nosite sa sobom. I da upotrebite kad vam zatreba. U ovom slučaju ista fizička pojava obezbeđuje opstanak i škorpijama i biciklistima. Ali čini i da tonik sija pod ultraljubičastim svetlom jer je kinin fluorescentan. Na tome počiva i čarolija izbeljivača za rublje i fluorescentnih markera. Sledeći put kad naiđete na podvučeni pasus, setite se da se fluorescentno mastilo takođe ponaša kao detektor ultraljubičastog zračenja; iako ove zrake ne opažate direktno, znaćete da su tu jer će mastilo svetleti.

Fiziku sam studirala zato što ona objašnjava pojave koje mene zanimaju. I omogućava mi da uočim oko sebe mehanizme koji pokreću naš svakodnevni svet. Još je bolje to što mi omogućava da neke pojave sama objasnim. Iako sam po struci fizičar, do mnogih otkrića došla sam izvan laboratorije i bez pomoći kompleksnih kompjuterskih programa ili skupih eksperimenata. Pronalasci koji su me ispunili najvećim zadovoljstvom desili su se kad se uopšte nisam bavila naukom već se bavljala običnim stvarima oko sebe. Kad imate osnovna znanja iz fizike, svet se pretvara u vaš poligon za igru.

Ponekad se na naučna otkrića do kojih se došlo u kuhinji, bašti ili na gradskoj ulici gleda s dozom prezrenja. Ona se posmatraju kao izvor zabave za decu, trećerazredna zanimacija

važna za mlade, ali bez prave vrednosti za odrasle. Odrastao čovek će kupiti knjigu o svemiru jer to su prave teme za velike. Ali svi koji imaju takav stav gube iz vida jednu važnu činjenicu: u osnovi svega je ista fizika. Upotrebom tostera možete da naučite najbazičnije fizičke zakone, samo što je prednost tostera ta što ga verovatno imate u kući, pa sami možete da analizirate kako radi. Fizika je sjajna upravo zbog toga što su njeni mehanizmi univerzalni: oni deluju i u vašoj kuhinji i u najudaljenijem kutku svemira. Dobra strana tostera jeste ta što dok njega posmatrate možete da shvatite kako uspeva da ispeče vaš hleb a da pritom ne morate razbijate glavu oko temperature svemira. Ali čim objasnite model, počinjete da ga uočavate na raznim stranama, neki put i u najimpresivnijim dostignućima ljudskog društva. Izučavanjem nauke u svakodnevnom životu koristite direktan put do nakupljenog znanja o svetu koje je potrebno svakom građaninu koji želi u potpunosti da učestvuje u svom društvu.

Jeste li se ikad zapitali kako da proverite da li je jaje kuvano ili živo a da mu prethodno ne slomite ljusku? Postoji jednostavan način. Spustite jaje na glatku, čvrstu površinu i zavrte ga. Posle nekoliko sekundi načas prstom dodirnite ljusku i zaustavite obrtanje. Jaje može ostati nepomično. Ali može da nastavi da se vrti, posle sekundu ili dve. Živo i kuvano jaje izgledaju spolja isto, ali njihova unutrašnjost se razlikuje i ona odaje tajnu. Kad dodirnete kuvano jaje, zaustavljate celoviti čvrst objekat. Ali kad zaustavite sirovo jaje, zaustavljate samo opnu. Tečnost u njemu ne prestaje da se vrtloži, i posle sekunde ili dve, jaje nastavlja da se okreće, samo što taj pokret sad dolazi iznutra. Ako ne verujete meni, uzmite jaje i probajte sami. Postoji princip u fizici da će predmet nastaviti da se kreće na isti način dok ga ne odgurnete ili ne povučete. U ovom slučaju, ukupna količina rotacije

belanceta ostaje ista jer nije imala razloga da se promeni. I to je poznato kao održanje momenta impulsa. Ali on ne deluje samo na jaja.

Svemirski teleskop Hابل, oko koje juri oko naše planete od 1990, napravio je hiljade i hiljade spektakularnih snimaka iz kosmosa. Šalje nam slike Marsa, Uranovih prstenova, najstarijih zvezda u Mlečnom putu, božanstveno nazvanih galaksija Sombrero i džinovska Rakova maglina. Ali dok slobodno lebdite svemirom, kako zadržite položaj kad usmerite pogled na tako sićušne tačke svetlosti? Kako znate u kom pravcu tačno gledate? Hابل ima šest žiroskopa, i svaki je točak koji se okrene oko svoje ose 19.200 puta u sekundi. Održanje momenta impulsa znači da se ti točkici neprekidno vrte istim tempom jer ih ništa ne usporava. I pravac ose rotacije i dalje ostaje potpuno isti jer nema razloga da se promeni. Žiroskopi pokazuju referentni pravac, tako da Hablova optika može da drži u fokusu udaljeni objekat koliko god je potrebno. Fizički princip koji je upotrebljen za određivanje pravca u jednom od najsavremenijih tehnoloških dostignuća naše civilizacije možemo demonstrirati s jajetom u našoj kuhinji.

Upravo zato i volim fiziku. Sve što naučite možete iskoristiti na drugom mestu, i sve je jedna velika pustolovina jer ne znate šta vas sledeće čeka. Koliko je nama poznato, fizički zakoni koje opažamo ovde na zemlji važe svuda u svemiru. Mnoge suštinske pojedinosti o našem svemiru dostupne su svima. I sami ih možete testirati. Ono što možete da naučite s jajetom prouzrokovano je istim principom, koji možete primeniti svuda. Izadite napolje ojačani ovom sitneži od znanja i svet će vam izgledati drugačije.

U prošlosti su se informacije čuvale više nego danas. Svaki gram znanja stečen je teškom mukom i stoga je bio

dragocen. Danas živimo na obali okeana znanja i svaki čas neki cunami preti da nam pomuti zdrav razum. Ako već uspevate da se održite na površini, zašto biste tragali za novim saznanjima i samo sebi komplikovali život? Sjajan je taj svemirski teleskop Hابل, ali ako ne može da spusti pogled na zemlju onda kad kasnite na sastanak jer ne možete da nađete ključeve, šta vas briga za njega?

Mi ljudi smo znatiželjni u pogledu sveta, i mnogo se radujemo kad god zadovoljimo tu svoju znatiželju. To osećanje je još izraženije kad god sami nešto odgonetnemo, ili ako putovanje do otkrića podelimo s drugima. A fizički principi koje otkrijemo kroz igru mogu se kasnije primeniti i na novu medicinsku tehnologiju, vremensku prognozu, mobilne telefone, odeću koja se sama čisti i fuzione reaktore. U savremenom svetu često morate da donosite kompleksne odluke: Isplati li se platiti više kompaktnu neonsku sijalicu? Da li je bezbedno da držim mobilni pored kreveta dok spavam? Može li se verovati vremenskoj prognozi? Zašto je važno da li moje naočare za sunce imaju polarizujuća stakla? Sami bazični principi ne daju specifične odgovore, ali obezbeđuju kontekst potreban za postavljanje pravih pitanja. Ako smo uz to navikli da sami zaključujemo kako nešto radi, nećemo se osećati bespomoćno kad odmah ne nađemo odgovor. Znaćemo da treba samo još malo da mućnemo glavom i dođemo do rešenja. Da bismo razumeli svet ključno je da umemo kritički da razmišljamo, posebno kad nas reklamni oglašivači i političari na sav glas ubeđuju da oni poseduju sva znanja. Potrebno je da umemo da analiziramo dokaze i da sami zaključimo da li se slažemo s onim što tvrde. Ovde nije u pitanju samo naš svakodnevni život. Mi smo odgovorni za svoju civilizaciju. Glasamo na izborima, odlučujemo šta ćemo kupiti i kako ćemo živeti, i svi kolektivno učestvujemo

u putovanju čovečanstva. Niko ne može da razume svaki pojedinačni delić našeg složenog sveta, ali bazični principi su izuzetno korisno sredstvo koje imamo.

Zbog svega toga verujem da je igranje fizičkim igračkama sveta oko nas mnogo važnije od obične zabave, mada sam veliki pristalica i zabave radi zabave. Nauka ne znači samo prikupljanje činjenica; reč je o logičkom procesu razumevanja načina na koji stvari funkcionišu. Poenta nauke jeste da svi mogu da vide rezultate i da dođu do razumnog zaključka. Isprva će se zaključci možda razmimoilaziti, ali zato nastavite da prikupljate podatke koji će vam pomoći da odaberete jedan opis sveta, dok se konačno zaključci ne preklope. Po tome se nauka razlikuje od ostalih disciplina – naučne hipoteze moraju iznositi specifična proverljiva predviđanja. To znači da ako imate ideju kako nešto funkcioniše, sledeći je korak da smislite šta proizlazi iz te vaše ideje. Konkretno, treba pažljivo potražiti posledice koje je moguće ispitati, još bolje, one koje možete da opovrgnete. Ako vaša hipoteza izdrži svaki test koji smislimo, rezervisano se slažemo da je to verovatno dobar model koji objašnjava kako svet funkcioniše. U nauci uvek pokušavamo da dokažemo da nismo u pravu jer to je najbrži put da utvrdimo kako stvari zaista stoje.

Ne morate biti školovani naučnik da biste eksperimentisali sa svetom. Poznavanje nekoliko osnovnih principa fizike poslužiće vam kao dobar putokaz u pokušaju da sami objasnite mnoge pojave. Ponekad proces uopšte ne mora da bude organizovan jer se delići slagalice sami slažu na svoje mesto.

Jedno od mojih omiljenih traganja za objašnjenjem počelo je razočaranjem: napravila sam džem od borovnice koji je ispao ružičast. Jarko, ciklama ružičast. To se dogodilo pre nekoliko godina, kad sam živela na Roud Ajlandu, i

završavala poslednje pripreme pred povratak u Veliku Britaniju. Uglavnom sam sve već bila obavila, ali ostao mi je još jedan zadatak koji sam zacrtala da uradim pre odlaska. Uvek sam volela borovnice – pomalo su egzotične, ukusne, prekrasne i šašavo modre. Na većini mesta gde sam živela bile su iritirajuće retke, ali na Roud Ajlandu su rasle kao lude. Poželela sam bila da deo letnjeg borovničastog bogatstva pretvorim u plavi džem koji ću poneti u Veliku Britaniju. I zato sam jedno od poslednjih jutara provela berući ih i razvrstavajući.

Najvažnija i najuzbudljivija odlika džema od borovnica svakako je to što je plav. Barem sam mislila da je tako. Ali priroda je imala druge planove. Za džem koji se krčkao u šerpi moglo se reći mnogo toga, ali svakako ne i da je plav. Napunila sam tegle, ukus je zaista bio fin. Ali otputovala sam nazad u Veliku Britaniju, noseći svoj ružičasti džem puna razočaranja i neverice.

Šest meseci kasnije prijatelj me je zamolio da mu pomognem da reši jednu istorijsku zagonetku. Spremao je televizijsku emisiju o vešticama, pa mi je ispričao kako postoje zapisi o „vračarama“ koje su kuvale peteljke verbene u vodi i onda tom tečnošću premazivale ljudima kožu kako bi utvrdile da li su začarani. Zanimalo ga je da li su na taj način i nehotice sistematski nešto merile. Posle kraćeg istraživanja ustanovila sam da je možda bio u pravu.

Cvetovi ružičaste verbene, baš kao i crveni kupus, crvene pomorandže i razni drugi crveni i ružičasti plodovi, sadrži hemijski sastojak po imenu antocijanin. Ti antocijanini su pigmenti i oni biljkama daju jarku boju. Postoji nekoliko različitih varijanti, zbog čega se i boje donekle razlikuju, ali reč je o sličnoj molekularnoj strukturi. To, međutim, nije sve. Na boju će takođe uticati i kiselost tečnosti u kojoj se

molekul nalazi – i to je ono što nazivamo pH vrednošću. Molekuli pomalo menjaju oblik, a samim tim i boju u zavisnosti od toga da li je okruženje kiselije ili alkalnije. Oni su indikatori, prirodna verzija lakmusa.

I kad to znate, možete se mnogo lepo zabaviti u kuhinji. Treba prvo da skuvate u vodi biljku, recimo malo crvenog kupusa, da biste izvukli boju, i tu vodu (koja će biti ružičasta) ćete sačuvati. Dodajte malo sirćeta, i ona postaje crvena. Rastvor praška za pranje veša (izuzetno alkalnog) pretvara je u žutu ili zelenu. Koristeći samo sredstva koja imate u svojoj kuhinji možete dobiti čitav dugin spektar. Verujte mi: probala sam. I volim to otkriće jer se antocijanini nalaze svuda, i svima su dostupni. Nije vam potrebna hemijska aparatura!

Moguće je, dakle, da su vračare, koristeći cvetove verbene, testirale pH vrednost kože, a ne začaranost. Boja rastvora od verbene bi na koži svakog čoveka poprimala drugačiju nijansu jer kiselost kože prirodno varira. Ružičastu vodu od kupusa pretvorila bih u plavu, ako sam dobro znojava posle dugog trčanja, ali ako nisam vežbala, voda je ostajala ista. Te vračare možda su primetile da se kod različitih ljudi pigmenti verbene ponašaju na različiti način, a onda su samo tome dodale svoje tumačenje. Nikad to nećemo sigurno znati, ali meni se čini kao razumna pretpostavka.

Toliko što se tiče prošlosti. Ali onda sam se setila borovnica i svog džema. Borovnice su plave jer sadrže antocijanine. Džem ima samo četiri sastojka – voće, šećer, vodu i limunov sok. Sok od limuna omogućava da pektin, koji se prirodno nalazi u voću, obavi svoj posao i stegne džem. A to čini jer je... kiseo. Moj džem od borovnica ispao je ružičast jer su se kuvane borovnice ponašale kao lakmus velik kao šerpa. Morao je da bude ružičast da bi se džem fino stegnuo. Uzbuđenje što sam to konačno objasnila skoro da je izbrisalo razočaranje zbog toga što nikad neću dobiti plavi džem.

Skoro. No ipak je otkriće da se od jednog voća može dobiti čitav spektar duginih boja pravo blago koje vredi žrtve.

U ovoj knjizi ću pokušati da povežem sitnice koje svakog dana vidamo s velikim svetom u kome živimo. Protutnjaćemo kroz fizički svet, i pokazati kako se kroz igranje kobicama, mrljama od kafe i magnetima za frižider mogu bolje razumeti Skotova ekspedicija, medicinski testovi i u budućnosti rešiti naše energetske potrebe. Nauka se ne bavi tamo *nekima već nama*, i svako od nas može da se upusti u tu pustolovinu na svoj način. Na početku svakog poglavlja bavim se nekom običnom pojavom iz našeg okruženja, nečim što smo sto puta videli, ali o čemu nikad nismo razmišljali. Do kraja svakog poglavlja videćemo kako isti modeli objašnjavaju neka od najvažnijih naučnih i tehnoloških otkrića našeg doba. Svaka ta mala potraga je sama po sebi vredna, ali prava vrednost se otkriva tek kad svaki delić slagalice dođe na svoje mesto.

Postoji još jedna dobra strana toga što znate kako svet funkcioniše, samo što naučnici ne govore previše često o tome. Kad otkrijete šta pokreće ovaj svet, promeniće se i vaša perspektiva. Svet je mozaik fizičkih modela, i onog časa kad shvatite osnove, počinjete da primećujete kako se ti modeli uklapaju. Nadam se da ćete, dok budete čitali ovu knjigu, zahvaljujući naučnim saznanjima iz sledećih poglavlja početi da gledate svet drugim očima. U poslednjem poglavlju ispitujem kako se ovi modeli prepliću i formiraju troslojni sistem za održavanje života – ljudsko telo, našu planetu i civilizaciju. Ne morate da se složite s mojim stanovištem. Suština nauke jeste u tome da eksperimentišete sami s ovim principima, da uzmete u obzir sve dostupne dokaze i da onda dođete do sopstvenog zaključka.

Tečnost u šolji je samo početak.

Prvo poglavlje

Kokice i rakete

Gasni zakoni

Niko ne misli da je eksplozija u kuhinji dobra ideja. Ali samo ponekad, male eksplozije mogu da proizvedu nešto ukusno. Osušena zrna kokičara sadrže mnogo finih hranljivih sastojaka – ugljene hidrate, proteine, gvožđe i kalijum – čvrsto upakovanih u tvrdnu zaštitnu opnu. Potencijal zrna je primamljiv, ali da bi ono postalo jestivo, mora doći do potpunog preuređenja. Eksplozija je prava stvar, ali zgodno je što zrno nosi u sebi klicu sopstvenog uništenja. Prethodne večeri sam se malo bavila balističkim kivanjem i napravila sam kokice. Svaki čovek se obraduje kad otkrije da tvrda, neprivlačna spoljašnjost krije u sebi mekanu suštinu – ali zbog čega se ta suština u ovom slučaju pretvori u meku pahulju umesto da se razleti na deliće?

Kad se ulje u šerpi dovoljno zagrejalo dodala sam punu kašiku zrna kokičara, stavila poklopac i otišla da pristavim vodu za čaj. Napolju je besnela jaka oluja i teške kišne kapi udarale su u prozor. Kokičar je ležao u ulju i tiho šištao. Delovalo je da se ništa ne događa, ali u šerpi je već počela igranka. U svakom zrnu kokičara postoji klica iz koje niče

nova biljka, i endosperm, koji predstavlja hranu za tu novu biljku. Endosperm sadrži skrob u zrnima i 14 procenata vode. Kad su se zrna našla u vreloom ulju, voda je počela da se pretvara u paru. Zagrejani molekuli se brže kreću, i što je zrno postajalo toplije, to je sve veći broj molekula vode isparavao i zviždao unutra. Evolutivna svrha opne kokičara jeste da je sačuvao zrno od spoljašnjih napada, ali ono sad treba da izdrži unutrašnju pobunu – pa se ponaša kao mini ekspres lonac. Molekuli vode koji su isparili sad su zarobljeni unutra i nemaju kud, pa podižu pritisak. Molekuli gasa neprekidno naleću jedni na druge i zabijaju se u unutrašnju stranu opne, ali kako broj molekula raste i kako se povećava brzina njihovog kretanja, tako sve jače udaraju opnu iznutra.

Ekspres lonac je dobar zato što se hrana efikasno kuva u vrućoj pari, pa isto važi i za kokice. Dok sam tražila kesice čaja, granule skroba su se kuvanjem pretvorile u gusto zbijenu lepljivu smesu, a pritisak je nastavio da raste. Opna kokičara može da izdrži veliko napinjanje, ali u jednoj tački popušta. Kad je temperatura unutar zrna porasla do skoro 180 stepeni i pritisak se gotovo udesetostručio u odnosu na normalan pritisak vazduha oko nas, gusta smesa je nadomak pobede.

Malo protresam šerpu i čujem iznutra prvo potmulo praskanje. Posle nekoliko sekundi kao da iz šerpe štekće rafalna paljba, a poklopac poigrava od rikošetiranja. I posle svakog praska usledi snažno šištanje pare ispod ivice poklopcu. Načas se odmičem da bih sipala vodu u šolju, i za tih nekoliko sekundi poklopac izložen baražnoj vatri se podiže i pahuljice poleću uvis.

Kad dođe do katastrofe, tada stupaju nova pravila. Do te tačke, nepromenljiva količina vodene pare nema kud,

pa pritisak koji vrši na unutrašnju stranu opne raste s porastom temperature. Ali kad čvrsta opna konačno popusti, unutrašnjost zrna je izložena atmosferskom pritisku u šerpi i ne postoje više zapreminsko ograničenje. Skrobasta smesa i dalje je puna vrelih molekula koji čekićaju sve oko sebe, samo što ih s druge strane ništa više ne zadržava. I zato se eksplozivno šire dok se unutrašnji pritisak ne izjednači sa spoljašnjim. Gusto zbijena bela masa narasta u belu pahulju, dok se čitava unutrašnjost zrna ne izvrne; kako se hladi, pahulja se ukružuje. I tako se završava preobražaj.

Kad sam preručila iskokane kokice u posudu pronašla sam nekoliko nesrećnih slučajeva. Crna, sagorela neraspuknuta zrna tužno su zveckala na dnu šerpe. Ako je opna oštećena, vodena para izlazi napolje kako se zrno zagreva i nikad se ne stvori dovoljno jak pritisak. Kokičar zato i puca za razliku od drugih zrna jer sva ostala imaju poroznu opnu. Ako je zrno previše suvo, možda zato što je ubrano u pogrešnom trenutku, unutra neće biti dovoljno vode da nabije pritisak od koga će eksplodirati opna. Bez snažne eksplozije, nejestiva zrna ostaju nejestiva.

Ponela sam činiju savršeno iskokanih pahulja i čaj do prozora odakle sam gledala oluju.

Razaranje nije nužno loše.

Lepota je u jednostavnosti. A još je lepše kad se ta lepota sažme iz složenosti. Meni se čini da su zakoni koji objašnjavaju ponašanje gasova slični optičkim iluzijama, kod kojih u prvi mah vidite jedan crtež, a kad trepnete pojavi se sasvim drugi.

Svet u kome živimo sazdan je od atoma. Oko svake od tih sićušnih čestica materije postoji poseban obruč negativno naelektrisanih elektrona, pratilaca teškog i pozitivno

naelektrisanog jezgra u središtu. Hemija objašnjava kako ti pratioci dele između sebe brigu o više atoma i menjaju svoj raspored, uvek se pridržavajući strogih pravila kvantnog sveta i držeći jezgro zarobljeno u većim strukturama nazvanim molekuli. Dok ovo kucam, u vazduhu koji udišem postoje parovi atoma kiseonika (svaki par je jedan molekul kiseonika) koji se kreću brzinom od 1.448 kilometara na sat i sudaraju se s parovima azota čija je brzina 321 km/h, a možda se čak odbiju o molekule vode koji je brži od 1.609 km/h. Sve to deluje užasno haotično i složeno – različiti atomi, različiti molekuli, različite brzine – a u svakom kubnom centimetru vazduha postoji oko 30.000.000.000.000.000.000 (3×10^{19}) pojedinačnih molekula, koji se između sebe sudare milijardu puta u sekundi. Možda mislite kako je pravi trenutak da ostavite ovu knjigu i da uzmete da čitate štivo o hirurgiji na mozgu, ekonomskoj teoriji ili nasilnim upadima u superkomputere. Nešto jednostavnije, u svakom slučaju. Verovatno ni pioniri koji su otkrivali ponašanje gasova nisu imali predstavu o tome u šta se upuštaju. Neznanje ima svojih prednosti. Ideja da postoje atomi istinski je prihvaćena u nauci tek početkom XIX veka, a apsolutni dokaz njihovog postojanja pojavio se tek negde 1905. Daleke 1662. Robert Bojl i njegov asistent Robert Huk imali su samo stakleno posuđe, živu, malo zarobljenog vazduha i dovoljno veliko neznanje. I utvrdili su da kad se poveća pritisak na vazdušni džep, njegova zapremina se smanjuje. Ovo je Bojlov zakon, i on kaže da je pritisak gasa obrnuto proporcionalan zapremini. Vek kasnije Žak Šarl je utvrdio da je zapremina gasa direktno proporcionalna njegovoj temperaturi. Ako se temperatura udvostruči, udvostručuje se i zapremina. To je gotovo neverovatno. Kako tolika atomska kompleksnost može da se svede na nešto tako jednostavno i dosledno?!

Helen Čerski
OLUJA U ŠOLJI ČAJA

Za izdavača

Dejan Papić

Urednik

Srđan Krstić

Lektura i korektura

Vladimir Stokić, Saša Novaković, Dragoslav Basta

Slog i prelom

Saša Dimitrijević

Dizajn korica

Lidija Šijačić

Tiraž

2.000

Beograd, 2020.

Štampa i povež

Artprint MEDIA, Novi Sad

Izdavač

Laguna, Beograd

Resavska 33

Klub čitalaca: 011/3341-711

www.laguna.rs

e-mail: info@laguna.rs

CIP – Katalogizacija u publikaciji
Narodna biblioteka Srbije, Beograd

53(02.062)

ЧЕРСКИ, Хелен, 197-

Oluja u šolji čaja : fizika u svakodnevnom životu / Helen Čerski ; prevela Ksenija Vlatković. - Beograd : Laguna, 2020 (Novi Sad : Artprint media). - 301 str. ; 20 cm

Prevod dela: Storm in a Teacup / Helen Czarski. - Tiraž 2.000. - Napomene uz tekst. - O autorki: str. [303].

ISBN 978-86-521-3824-1

a) Физика (популарна наука)

COBISS.SR-ID 20970761