

# PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 12 (1984/1985)

Številka 4

Strani 176-180

Janez Strnad:

## O ATOMIH

Ključne besede: fizika.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/12/731-Strnad.pdf>

© 1985 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2009 DMFA - založništvo

Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.

## O ATOMIH

Zagotovo ste že slišali za *atome*, če ne v šoli, pa kje drugje. Ali imate o njih kako predstavo? Ali se zavedate, kako majhni so? Celó za raziskovalce je znano, da skrbno premislijo o kakem pojmu, ko ga prvič vpeljejo, pozneje pa se drugi z njim bolj in bolj sprijaznjujejo in ga nazadnje uporabljajo, ne da bi ga v osnovi razumeli. Nekaj takega velja najbrž tudi za atome. Danes nas to ime spremlja že od otroštva. Tako vsakdanje se nam zdi in tako smo nanj navajeni, da ga uporabljamo, ne da bi si kaj dosti razbijali glavo s predstavami.

Nekatere tuje ankete kažejo, da veliko desetletnikov povezuje atom z orožjem. Ta zveza je napačna, saj sta jedrska energija in jedrsko orožje povezana kvečjemu z atomskim jedrom, ki je še kakih stotisočkrat manjši od atoma. Štirinajstletniki imajo manj takih predsodkov, borijo pa se z različnima predstavama o atomu v fiziki in v kemiji.

Del težav, na katere naletimo, ko si hočemo atom nazorno predstavljati, izvira iz tega, da veljajo v svetu atomov drugačni zakoni za gibanje kot v svetu velikih teles. Za drugi del težav pa je krivo to, da so atomi zelo zelo majhni. Oglejmo si nekaj mogočih zdravil za težave druge vrste.

V prvem letu pri fiziki – v sedmem razredu osnovne šole – ocenimo velikost molekule olja s poskusom. Na vodo v večji posodi kanemo kapljico olja s približno prostornino  $0,1 \text{ mm}^3$ . Kapljica se razleze po gladini na okoli  $10 \text{ dm}^2$ . Če je plast olja na vodni gladini debela kako molekulo, podaja višina prizme s prostornino  $0,1 \text{ mm}^3$  in ploščino osnovne ploskve  $10 \text{ dm}^2 = 100\,000 \text{ mm}^2$  "premer" molekule:

$$0,1 \text{ mm}^3 / 100\,000 \text{ mm}^2 = 0,000\,001 \text{ mm} = 0,000\,000\,001 \text{ m} = 1 \text{ nm}$$

"Premer" molekule olja meri torej milijoninko milimetra ali milijardinko metra ali en nanometer. Premer smo dali v narekovaj, ker molekula olja ni kroglasta, ampak podolgovata.

Pisanje z ničlami ali z besedo zares opozori, da gre za zelo majhna števila, bolj kot pisanje z desetičnim eksponentom. Tako na primer S. Weinberg v uspešnici *Prve tri minute* namenoma ne uporablja desetičnih eksponentov. Vendar to ni dovolj. Dobro si je zamisliti še kak poskus z velikimi telesi, ki pokaže, kako majhni so atomi in kako številni so v telesih, s kakršnimi imamo opraviti v vsakdanjem življenju.

Enega izmed takih poskusov si je zamislil Francis William Aston, ki je znan po tem, da je po letu 1919 močno izpopolnil merjenje atomskih mas.

Prevezemimo kar malo prirejen odlomek iz knjige Milana Vidmarja:

“Koliko je vodnih molekul v kozarcu vode? Približno deset kvadrilijonov.

Oglej si število:

10 000 000 000 000 000 000 000 000

Aston je seveda upošteval težave, ki jih prinašajo velika števila, in je zato slikal dalje. Na veliko potovanje te vabi, nekam v sredino Tihega oceana. Nekam v sredino ogromnega sveta, napolnjenega z vodo. Tam zagrabi kupico in jo izlije v morje.

Vsebina kozarca izgine v neizmerni vodi. Kvadrilijoni njenih molekul se po-mešajo med bajno množico vrstnic. Vodni tokovi jih razganjajo na vse strani. Megle jih dvigajo v oblake, vetrovi jih ženejo bog ve kam. Počasi se porazgubijo na vse strani.

Počakaj, da zmelje čas nekdanjo kopico vodnih molekul do kraja. Pa si predstavlja, da so se nazadnje popolnoma enakomerno porazdelile po vsej vodi našega zemeljskega sveta. Vrni se domov. Pojdi v kuhinjo, vzemi v roko prazen kozarec in odpri pipo. Vnovič si ga napolniš z vodo. Zopet bo objel deset kvadrilijonov vodnih molekul. Kaj praviš, ali bo med njimi katera izmed onih, ki si jih vrgel v Tihi ocean?

Aston odgovarja: okroglo dva tisoč jih bo zopet v kozarcu. Neverjetno, kaj ne?”

M. Vidmar nato nadaljuje: “Ameriški fizik Swann trdi, da ima vsak človek v sebi nakaj atomov, ki so nekoč velikemu Cezarju sestavljali telo. Zdi se mu, da Napoleonovih atomov še nimajo vsi ljudje, ker ti atomi še niso imeli dovolj časa, da se popolnoma razkrope po Zemlji. Swannova slika ni nič manj poučna kot Astonova.”

Sledimo za vajo Astonovemu poskusu z računom. Da se izognemo težavam pri tipkanju Preseka, pišimo namesto ničel desetišne eksponente. Vemo, da je v enem kilomolu vode, to je v 18 kilogramih, Avogadrovo število, to je  $6.10^{26}$ , molekul. V vrčku za 3 decilitre (3 "deci") je potem  $0,3 \text{ kg} \cdot 6.10^{26} / 18 \text{ kg} = 10^{25}$  molekul. Deciliter vode ima namreč maso 0,1 kilograma. Za maso svetovnega morja najdemo v priročniku podatek  $4.10^{21}$  kg (polna masa Zemlje meri  $6.10^{24}$  kg). Tako pride na kilogram vode, ko se molekule iz našega vrčka enakomerno razdelijo po vsem svetovnem morju, okoli  $10^{25} / 1,4.10^{21} = 7100$  molekul. V vrčku za 3 decilitre je potem  $0,3 \cdot 7100 = 2100$  prvotnih molekul.

Da je bil Astonov namišljeni poskus posrečen, priča tudi to, da ga najdemo opisanega v sodobnem avstrijskem srednješolskem učbeniku fizike. Poskus si lahko samo zamislimo, zares izvesti pa ga ne moremo, saj niti ne vemo, kako

dolgo bi morali čakati, da bi se voda premešala.\* (Pri Cezarju in Napoleonu pa bi bilo treba še počakati na razkroj do anorganskih snovi.)

Kako majhni so atomi – po Presekovo

Vzemimo enakomerno vlažno platneno krpo po pranju iz pralnega stroja in jo stehtajmo s kuhinjsko tehtnico. V suhem vremenu jo na prostem obesimo na stojalo. Vsakih deset minut jo snamemo, stehtamo in obesimo nazaj.

Naša krpa s ploščino  $50\text{ cm} \cdot 60\text{ cm} = 3000\text{ cm}^2$  tehta suha 80 gramov, vlažna pa 148 gramov, tako da je v njej 68 gramov vode. Diagram kaže časovno odvisnost njene mase med sušenjem. V 1 uri ali 3600 sekundah zgubi krpa 52 gramov vode, torej vsako sekundo

$$52\text{ g}/3600 = 0,014\text{ grama} = 0,000\ 014\text{ kilograma}$$

V 18 kilogramih je  $6 \cdot 10^{26}$  molekul, tako da zapusti krpo vsako sekundo

$$(6 \cdot 10^{26} / 18\text{ kg}) \cdot 14 \cdot 10^{-6}\text{ kg} = 4,7 \cdot 10^{20}\text{ molekul}$$

Če upoštevamo dvojno površino krpe  $2 \cdot 3000\text{ cm}^2 = 6000\text{ cm}^2$ , sledi, da zapusti vsak kvadratni centimeter površine v sekundi

$$4,7 \cdot 10^{20} / 6000 = 8 \cdot 10^{16}\text{ molekul}$$

Ne preseneti nas, da je to precej več kot pri prstanu in kovancu. Spremembo mase na sekundo je neposredno komaj mogoče opaziti. Atomi in molekule so zares zelo zelo majhni.

Pripomba. Fizika sušenja perila je zelo nepregledna. Na izid vpliva veliko podatkov, na primer: temperatura in vlažnost zraka, hitrost vetra, sonce, smer in višina stojala. Pri poskusu bomo dobili nekoliko drugačen rezultat, ko ga bomo ponovili kdaj drugič. Vendar gre le za desetiški eksponent ali, kot pravimo fiziki, za velikostno stopnjo. Težko si je namreč zamisliti razmere, v katerih bi se perilo sušilo desetkrat počasneje ali desetkrat hitreje.

Sorodne pojave pa lahko opazujemo neposredno. J. L. Stull je opazil, ko je kupoval ženi ob petindvajsetletnici poroke enak prstan kot ob poroki, da se je masa prstana iz štirinajstkaratnega zlata zmanjšala za četrta grama. Hitro je izračunal, da se je vsako sekundo v petindvajsetih letih v povprečju odtrgalo od

---

\* Mogoče je ugotoviti, kako hitro se mešajo plasti v oceanu. Na površju namreč v reakcijah delcev, ki jih rodijo v vrhnjih plasteh ozračja hitri, naelektreni delci iz vesolja, nastajajo molekule vode z atomom radioaktivnega vodikovega izotopa tritija (razpolovni čas 26,3 leta) namesto navadnega atoma vodika. Treba je le potegniti vzorce vode iz različnih globlin in ugotoviti, kako pojema radioaktivnost tritija z globino.

prstana

$$0,25 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 6 \cdot 10^{26} / 120 \text{ kg} \cdot 25 \cdot 3,2 \cdot 10^7 = 1,6 \cdot 10^{12}$$

atomov. Tudi to je presenetljiv rezultat. Pri tem smo upoštevali, da je masa povprečnega kilomola zlitine iz zlata, srebra in bakra 120 kg in da je v enem letu  $3,2 \cdot 10^7$  sekund. Stull je pristavil, da so za podobna razmišljanja bolj kot prstani pripravni kovanci, ki imajo vtisnjeno letnico izdelave.

... Ob vsakem dihu izdahne človek okoli  $400 \text{ cm}^3$  zraka, tako da vsebuje en sam dih okoli  $10^{22}$  molekul. V vsem zemeljskem ozračju je okoli  $10^{44}$  molekul. Ena molekula je tedaj v enakem razmerju z dihom kot le-ta z vsem zemeljskim ozračjem. Če vzamemo, da je zadnji dih, denimo, Julija Cezarja zdaj že dodobra porazdeljen po ozračju, je verjetno, da z vsakim dihom vdihnemo eno molekulo iz tega diha. Človeška pljuča zajamejo okoli  $2000 \text{ cm}^3$  zraka, zato je verjetno, da je v pljučih vsakega izmed nas kakih pet molekul, ki jih je z zadnjim dihom izdahnili Julij Cezar ...

J. Jeans, *An Introduction to the Kinetic Theory of Gases*, Cambridge University Press, New York 1940, str. 32

citirano po A. A. Bartlett, *Examples of Atmospheric Arithmetic*, The Physics Teacher 21 (1983) 95

... Če bi vse molekule iz prgišča snega povečali do velikosti graha, bi bilo dovolj snega, da bi z njim pokrili vso površino Zemlje do vrha Eiflovega stolpa ali Rockefellerjevega centra, to je do višine 300 m ...

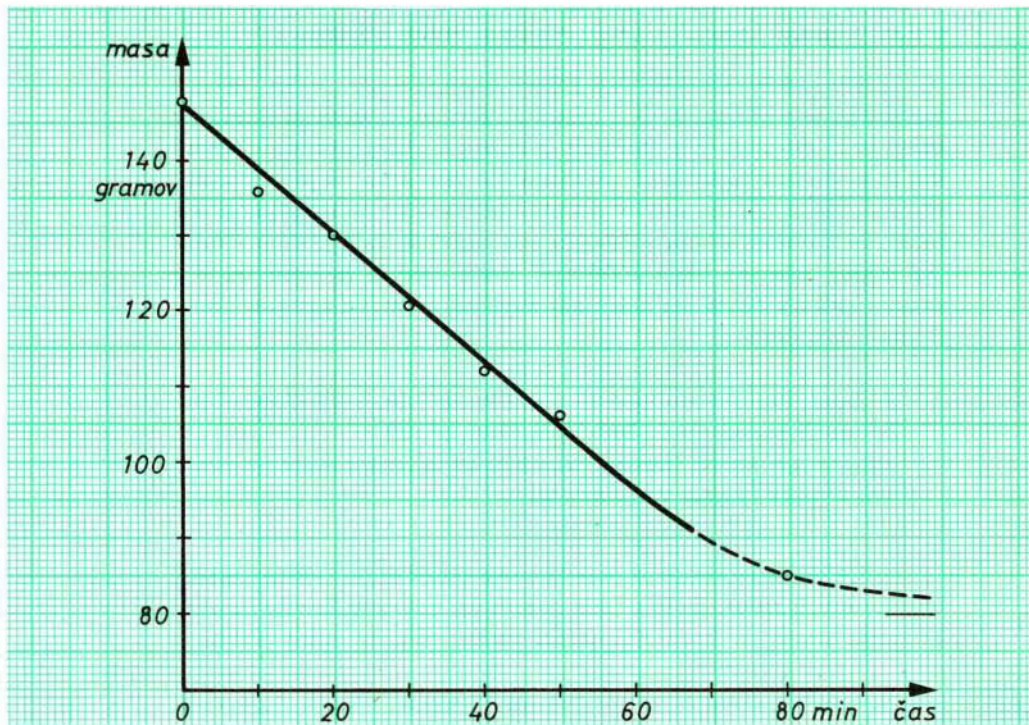
R. Howink, *Data: Mirror of Science*, American Elsevier, New York 1970, str. 26

citirano po F. T. Dietz, *More on Avogadro's Number*, The Physics Teacher 22 (1984) 515

Rečeno, storjeno. D. Nachtigallu je bilo treba samo upoštevati merjenja združenja nemške nikljeve industrije. To je namreč raziskalo, kako hitro se obrabijo kovanci za 1 nemško marko z maso 5,50 gramov iz zlitine 25% niklja in 75% bakra, ki so v obtoku od leta 1950. Preiskali so deset tisoč kovancev in ugotovili, da se masa kovanca zmanjša v povprečju za 0,0013 grama na leto. (Približno tolikšna je tudi povprečna masa umazanije na kovancu.) Ker je masa povprečnega kilomola 62 kg, zgubi kovanec vsako sekundo

$$0,0013 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 6 \cdot 10^{26} / 62 \text{ kg} \cdot 3,2 \cdot 10^7 = 4 \cdot 10^{11}$$

atomov. Če upoštevamo, da je prstan iz mehkejše zlitine kot kovanci in da kovanci lahko tudi počivajo, nas ne preseneti to, da je drugi podatek manjši od prvega.



Ni gotovo, da si bralci po branju tega prispevka bolje predstavljajo, kako majhni so atomi, upamo pa, da se med branjem niso dolgočasili.

Janez Strnad

#### Literatura

- M. Vidmar, *Oslovski most*, Ljubljana 1936,  
 R. Sexl, I. Raab, E. Streeruwitz, *Physik*, Teil 1, Dunaj 1976, str. 73,  
 J. L. Stull, *How small is an atom? (Very!)*, *Physics Teacher* 21 (1983) 458,  
 D. Nachtigall, *Zur Anthropometrie der Anzahl und Grösse von Atomen*, *Physica didactica* 11 (1984) 126.