

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik **13** (1985/1986)

Številka **4**

Strani 212-217

Janez Strnad:

TO IN ONO O BALONIH IN OB NJIH

Ključne besede: fizika.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/13/790-Strnad.pdf>

© 1986 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2010 DMFA - založništvo

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

TO IN ONO O BALONIH IN OB NJIH

Baloni na znamkah zbudijo našo radovednost, da se vprašamo, kdaj je človek z njimi prvič poletel. Baloni so se pojavili kot nasledek raziskav, ki so postavile temelj današnje kemije. Tedaj fizika in kemija še nista bili tako izrazito ločeni, kot sta dandanes. Nekatere od tedanjih raziskovalcev štejemo za fizike. Zanimivo je oboje: zgodovina prvih poletov z baloni in odkritja, ki so privedla do teh poletov.

Balon lebdi v zraku, ko so v ravnovesju vse sile, ki delujejo nanj. Zemlja deluje na stene balona, to je na ovojnico, z morebitnim tovorom in na plin v ovojnici s *težo* navpično navzdol. Enako velika sila mora delovati navpično navzgor. To je sila okolnega zraka na balon — *vzgon*. Po Arhimedovem zakonu je vzgon enak teži izpodrinjenega zraka. Potemtakem mora biti masa plina, ovojnice in tovora enaka masi izpodrinjenega zraka. Ovojnica in tovor zavzame ta zelo majhno prostornino. Vzeti smemo, da ima plin v balonu enako prostornino kot izpodrinjeni zrak. Iz enačbe

$$m_{\text{plin}} + m_{\text{ovojnica in tovor}} = m_{\text{zrak}}$$

izhaja, ko jo delimo s prostornino balona V ,

$$\rho_{\text{plin}} + m_{\text{ovojnica in tovor}} / V = \rho_{\text{zrak}}$$

Gostota je masa na prostorninsko enoto in enačba zahteva, da je gostota plina v balonu ρ_{plin} manjša od gostote zraka ρ_{zrak} . Tlak zraka in plina je enak.

Zahtevo lahko izpolnimo na dva načina. Zrak v balonu segrejemo na temperaturo, ki je višja od temperature okolnega zraka. Gostota plina je namreč tem manjša, čim višja je njegova temperatura. Pri *balonih na vroč zrak* je pač zrak v balonu bolj vroč kot zunaj. Vroč zrak se ohlaja, zato tak balon leti le kratek čas, če z grelcem sproti ne grejemo zraka v njem. V zadnjem času je zaživel športno balonarstvo z baloni, ki imajo v odprtini na dnu plinski gorilnik. Baloni se dvignejo v zrak in veter jih odnese na dokajšnje razdalje.

Namesto vročega zraka lahko uporabimo plin, ki ima pri dani temperaturi manjšo gostoto od zraka. Ni težko ugotoviti, kateri plini so uporabni. Gosto-

ta plina je namreč sorazmerna z maso kilomola, ki narašča z naraščajočim vrstnim številom. Če ne upoštevamo spojin (na primer metana CH_4 z maso kilomola 16 kg in nekaterih drugih) sta pripravna za polnjenje balonov le *vodik* in *helij*. Žlahtni plin helij so odkrili leta 1868 na Soncu in 1895 na Zemlji. V zadnjem času uporabljajo za polnjenje velikih balonov samo helij, ker za razliko od vodika ni vnetljiv. Zrakoplove, to je balone s trdnim ogrodjem in z motorji, gradijo zadnje čase bolj za prenašanje reklam kot za potovanja. Obstaja pa več načrtov, kako bi zrakoplove zopet uporabili za prevoz različnih tovorov na velike razdalje.

		vodik	helij	dušik	kisik
vrstno število elementa		1	2	7	8
masa kilomola atomov	v kg	1	4	14	16
število atomov v molekuli		2 (H_2)	1 (He)	2 (N_2)	2 (O_2)
masa kilomola molekul	v kg	2	4	28	32

Preglednica najlažjih elementov, ki so v navadnih okoliščinah v plinastem stanju. Zrak je mešanica 4/5 dušika in 1/5 kisika (in malenkosti žlahtnih plinov, vodne pare, ogljikovega dioksida ...) in masa povprečnega kilomola zraka meri 29 kg.

O velikih balonih sta prva razmišljala brata Joseph–Michel in Jacques–Etienne Montgolfier, tovarnarja papirja iz Annonaya blizu Lyona v Franciji. Pomislila sta, da bi se papirnata vreča, napolnjena z dimom, dvignila v zrak. Poskus poleti leta 1782 je uspel in naslednje poletje sta naredila v Annonayu poskus z večjo platneno ovojnico, prevlečeno s papirjem. Pod ovojnico s premerom 13 metrov z maso okoli 250 kilogramov sta sežigala otepe slame. Balon se je dvignil in v desetih minutah preletel več kot dva kilometra.

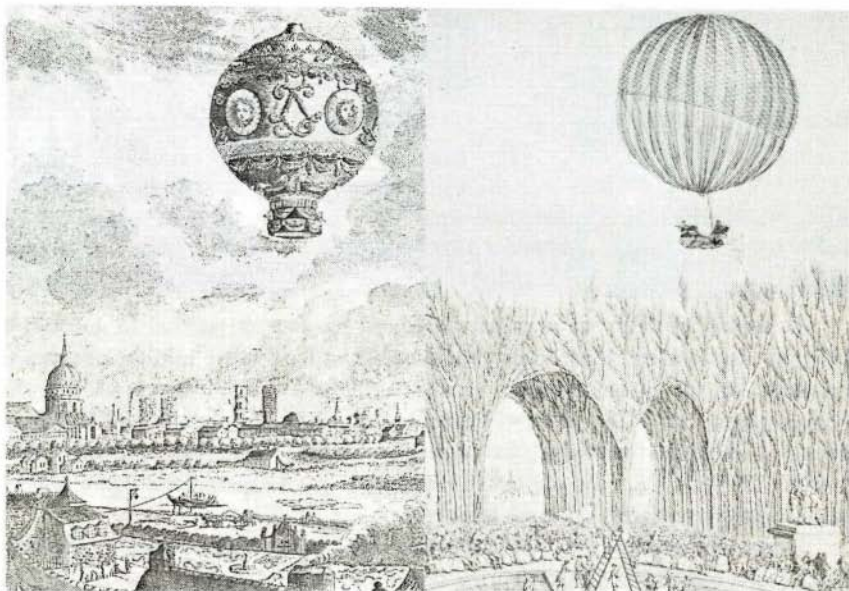
Brata Montgolfiera sta dobila tekmeca v fiziku Jacquesu Charlesu. Avgusta 1783 je na Marsovem polju v Parizu nadzoroval velikopotezni poskus s prvim vodikovim balonom. Ovojnico iz svile, prepojene z raztopino gumija, s premerom 4 metre so polnili z vodikom več dni. Porabili so 250 litrov žveplove kisline in 500 kilogramov železovih opilkov. Balon je ostal v zraku tri četrt ure in preletel 24 kilometrov. Vodik je pač uhajal skozi ovojnico in balon je čez nekaj časa pristal. Pri tem je tako prestrašil prebivalce bližnjega mesteca, da so ga strgali na kosce.

Brata Montgolfiera nista hotela zaostati. Samo tri tedne pozneje se je pred kraljevim dvorom in Ludvikom XVI. dvignil njun balon, ki sta ga napolnila z vročim dimom v borih desetih minutah. Lepo poslikana ovojnica je nosila klet-

ko z ovco, petelinom in raco. Po preletu kakih treh kilometrov je balon rahlo pristal z nepoškodovanimi živalmi. Te so odigrale vlogo psičke Lajke v sovjet-skem sputniku.

Prvič se je dvignil človek v zrak z balonom na vrvici oktobra 1783. Ravnatelj znanstvenega muzeja je z Montgolfierovim balonom dosegel višino 30 metrov in ostal na njej več kot štiri minute. Že novembra pa je poletel skupaj s še enim potnikom v 25 minutah okoli 6 kilometrov daleč čez Pariz (slika 1). Ta polet štejejo za prvi polet balona s človeško posadko kakor štejejo Gagarinov polet za prvi polet umetnega satelita s človeško posadko.

Tudi Charles je pripravil polet s človeško posadko. Decembra je skupaj s še enim potnikom iz Pariza v dveh urah preletel razdaljo okoli 40 kilometrov (sli-



Slika 1. Prvi polet balona na vroč zrak bratov Montgolfierov s človeško posadko nad Parizom 21. novembra 1783. Z balonom sta letela ravnatelj znanstvenega muzeja Pilatre de Rozier in markiz d'Arlandes. Risba iz tedanjega časa kaže več kot 20 metrov visoki balon nad pariškimi strehami. (levo)

Slika 2. Prvi polet z vodikom polnjenega balona s človeško posadko nad Parizom 1. decembra 1783. Z balonom sta letela Jacques Charles in njegov asistent N.N. Robert. Risba iz tedanjega časa kaže vzlet balona v Tuilerijah. (desno)

Sliki sta vzeti iz članka: A.F. Scott, *The invention of the balloon and the birth of chemistry*, Scientific American 250 (1984) 102 (1).

ka 2). Nato je potnika izkrcal in v nadaljevanju poleta dosegel višino nad 3000 metrov. Januarja 1784 je Joseph Montgolfier s prvim "potniškim" balonom popeljal sedem potnikov na dobre četrte ure trajajoč izlet v višino 1000 metrov. Balon je meril v višino več kot 60 metrov. Naslednje leto so z baloni že preleteli Rokavski preliv. Tako je človek prvič osvojil ozračje.

Francozom so z oklevanjem sledili Angleži. Šele uporaba v vojaške namene je razširila zanimanje za balone po vsem svetu. Benjamin Franklin je tedaj zapisal: "Kot vidite, se zdi iznajdba balona zelo pomembna. Morda bo prepričala vladarje o nesmiselnosti vojn. Tudi najmočnejši izmed njih namreč ne bo mogel obraniti svojih ozemelj. Pet tisoč balonov, od katerih lahko vsak ponese dva moža, ne more stati več kot pet bojnih ladij. Kje je vladar, ki bi mogel po svoji deželi tako na gosto razmestiti vojaštvo, da deset tisoč mož izpod oblakov ne bi napravilo neomejene škode, preden bi mogel zbrati moč, ki bi jih zavrnila?" Podobno upanje so gojili ljudje vselej, ko so iznašli novo orožje. Žal se doslej še ni uresničilo.

Opisana balonska mrzlica je sledila pomembnim odkritjem, ki so postavila temelje sodobne kemije. Dandanes bi rekli, da so bili baloni plod uporabnih raziskav na osnovi temeljnih raziskav. O slednjih kaže na kratko poročati. V tem času se je kemija rešila alkimijske zablode, da sestavljajo snov štirje "elementi" — ogenj, zrak, voda, zemlja. Zabloda je izvirala še od starogrških mislecev. Za vsako snov naj bi bili značilni deleži štirih elementov v njej. Ker naj bi se ti elementi lahko neomejeno spreminjali drug v drugega, bi bilo vsako snov mogoče spremeniti v vsako drugo, na primer svinec v zlato.

Tedaj so gorenje pojasnjevali s *flogistonom*. Na začetku 18. stoletja je nemški kemik in zdravnik Georg Stahl trdil, da gorljive snovi vsebujejo nevidni flogiston (grško gorljivi), ki ga ob gorenju oddajajo. Dandanes se zdi nauk o flogistonu nenavaden, vendar pa pri tem spregledamo, da je glede na meglene predstave o štirih elementih pomenil precejšen korak naprej k podrobnemu opisu kemijskih pojavov.

Prepričanje o štirih elementih se je prvič zamajalo že prej. Do začetka 17. stoletja so poznali od plinov samo zrak. Če je nastal kak plin, na primer pri alkoholnem vrenju, so ga imeli kratkomalo za zrak. Tedaj pa je Jan van Helmont pridobil pline, ki jih sicer ni podrobneje raziskal, a se je vsekakor prepričal, da so se razlikovali od zraka. Šele on je vpeljal pojem *plina*.

Sredi 18. stoletja je Anglež Joseph Black, znan po tem, da je prvi strogo ločil toploto od temperature, odkril "vezani zrak", po naše ogljikov dioksid. Dobil ga je, ko je učinkoval s kislinami na magnezijev karbonat. Z vodno raztopino apna se je prepričal, da nastane ta plin tudi pri gorenju in alkoholnem vrenju. Ugotovil je, da ugasi plamen in da v njem miš pogine.

Anglež Henri Cavendish, znan po tem, da je prvi izmeril gravitacijsko konstanto, je namesto magnezijevega karbonata uporabil železo. Nastali plin je lovil v živalske mehurje in ugotovil, da je mnogo lažji od zraka, medtem ko je "vezani zrak" težji. Ker je zmešan z zrakom eksplodiral, ga je imenoval "vnetljivi zrak".

Anglež Joseph Priestley je z lečo zbral sončno svetlobo na rdečem precipitatu, ki je nastal ob "gorenju" (danes bi rekli oksidaciji) živega srebra in ki so ga alkimisti dobro poznali. Nastali plin je spodbujal gorenje in miš je živela v njem dvakrat dlje kot v enaki količini zraka. Kot zagovornik nauka o flogistonu si je predstavljal, da je živo srebro ob gorenju oddalo flogiston zraku in ga je precipitat ob spremembi v živo srebro dobil nazaj od zraka. Nastali plin je zato imenoval "deflogistonirani zrak". Priestley je tudi raztopil "vezani zrak" v vodi in tako dobil sodavico, ki se je hitro razširila po vsem svetu.

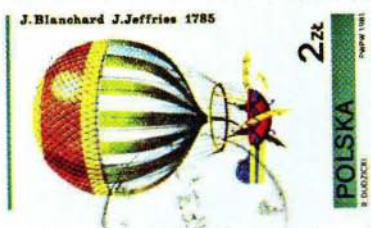
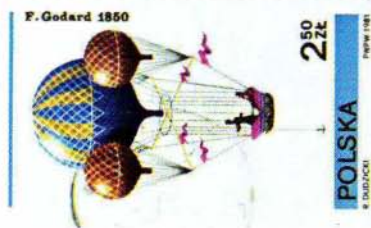
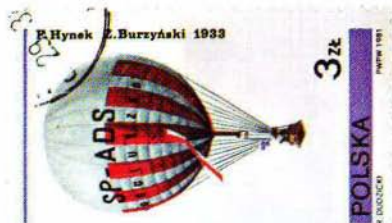
Zdaj moramo omeniti še Francoza Antoina Laurenta Lavoisiera, čeprav njegova odkritja nimajo neposredne zveze s prvimi baloni. Leta 1772 je podvomil o nauku o flogistonu. Ugotovil je namreč, da se fosfor in žveplo pri gorenju spremenita v snovi z večjo maso. Sklepal je, da je tako tudi pri gorenju kovin. Gorenje je pojasnil kot spajanje s kisikom, kakor je imenoval "deflogistonirani zrak". Velika Lavoisierova zasluga je bila v tem, da je v kemijo uvedel natančno tehtanje. Tako je prišel do zakona o ohranitvi mase, ki pravi, da mase ne moremo ne ustvariti ne uničiti.

Cavendish je pošiljal električno iskro skozi mešanico "deflogistoniranega" in "gorljivega zraka". Pri tem je nastalo malo "rose". Misli je, da je flogiston pri tem prešel iz "vnetljivega zraka" v "deflogistoniranega". Toda Lavoisier je pokazal, da je "rosa" voda. Naredil je vrsto prepričljivih poskusov. Z rdeče razžarjenim železom je dobil iz vode vodik. Odločilni poskus se mu je posrečil leta 1783, ko je v bakreni posodi segreval kose železa in določeno maso vode (razžarjeni baker ne reagira z vodno paro kot železo). S tehtanjem se je prepričal, da vodo zares sestavljata vodik in kisik. Poskus je pokopal nauk o flogistonu.

Čeprav je Cavendish prvi pridobil vodik, je Black prvi z njim napolnil mehurje in jih pustil, da so se dvignili pod strop. Brata Montgolfiera sta slišala za Blackov poskus in sta ga želela ponoviti v velikem merilu. Kot papirničarja sta pač za začetek uporabila papirnato vrečo. Pri tem sta izhajala iz zmotnega prepričanja, da pri gorenju slame nastane vodik ali kak podoben plin. Šele pozneje se je pokazalo, da se je njun balon dvignil samo zaradi višje temperature zraka v balonu. Ogljikov dioksid, ki je nastal pri gorenju, je s svojo večjo gostoto (masa kilomola 44 kilogramov) samo motil. Kot se pogosto primeri, je napačno izhodišče privedlo do uspeha.

Da se zrak razteza, ko ga segrejemo, je vedel že Galileo Galilei. To lastnost je uporabil pri svojem termoskopu, začetni razvojni stopnji termometra (*O merjenju temperature in termometrih: iz zgodovine fizike*, Presek XI, str. 34). Vendar to spoznanje ni privedlo do balonov na vroč zrak. Zanimivo je, da so zakon o tem, kako se raztezajo plini, odkrili večkrat. Guillaume Amontons je objavil svoje ugotovitve leta 1664, vendar so ostale celo stoletje brez odziva. Jacques Charles, ki je prvi poletel z vodikovim balonom, je leta 1787 neodvisno od Amontonsa spoznal, da se pri segrevanju raztezajo vsi plini enako. Do tega spoznanja sta prišla John Dalton leta 1801 in Joseph Louis Gay-Lussac leta 1802. Po slednjem imenujemo zakon, da je pri konstantnem tlaku sprememba prostornine plina sorazmerna s spremembo temperature. Gay-Lussac se je leta 1804 dvakrat dvignil z balonom, prvič v družbi s fizikom Jeanom Baptistom Biotom, drugič sam, in to na 7000 metrov. Poleti z baloni so fiziki tudi pripomogli do pomembnega odkritja vesoljskih delcev. Toda to je že druga zgodba.

Janez Strnad





Ob dvestoletnici prvega poleta balona s človeško posadko leta 1983 so izdali več znamk. Prvi dve znamki poljske serije kažeta prvi polet s človeško posadko z balonom na vroč zrak in prvi prelet Rokavskega preliva. Že leta 1785 sta ga Francoz Pierre Blanchard in Američan J. Jéffries preletela od Dovra do Calaisa. Istega leta sta poskušala poleteti Pilatre de Rozier in P. A. Romain iz Francije v Anglijo s kombinacijo balona na vodik in na vroč zrak. Toda po polurnem letu se je vodik vnel in v nesreči sta našla smrt oba letalca. Prvi znamki laoske serije kažeta prvi polet s človeško posadko vodikovega balona in prvi prelet Rokavskega preliva. Prvi dve znamki kubanske serije kažeta prvi polet s človeško posadko z vodikovim balonom in z balonom na vroč zrak. Nikaragovsko serijo so izdali leta 1977 ob petinsedemdesetletnici prvega poleta z zrakoplovom, balonom s trdnim ogrodjem in motorji. Zrakoplovom pravijo včasih kar *cepelini* po Nemcu Ferdinandu Zeppelinu, ki je okoli leta 1900 naredil prve načrte in pozneje dosegel, da so jih veliko uporabljali. (Članek na str. 212).