

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 32 (2004/2005)

Številka 5

Strani 21-23

Damjan Štrus:

VERIŽNI EKSPERIMENT

Ključne besede: fizika, svetovno leto fizike, verižni eksperiment, popularizacija fizike.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/32/1601-Strus.pdf>

© 2005 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.

Verižni eksperiment

■ EKSPERIMENT št. 1 Z vodo do elektrike

Avtor eksperimenta: **Matjaž Ivančič**,
Oddelek za fiziko, FMF, Univerza v Ljubljani.

Začetek tega eksperimenta je začetek celotne demo verige. Izbrano količino vode vlijemo v Tantalovo čašo, ki se do določene višine polni, potem pa kar naenkrat vsa voda odteče iz nje (zakaj se to zgodi, si obvezno preberi v nadaljevanju). Voda iz čaše odteka v plastenko A, ki je z vrvico preko škripca povezana s plastenko B, v kateri je približno 0,5 litra vode – sistem Atwoodovega padala. Količina vode, ki odteče v plastenko A, je malenkost večja kot v plastenki B, tako da se sistem prevesi: plastenka A povleče plastenko B navzgor, sama pa se pri tem spusti na električno stikalo. Stikalo sproži ventilator, ki je usmerjen proti jadrnici na kolesih. Ta se zaradi odzivanja zraka od njenega jadra začne gibati proti koncu proge (proga je narejena iz plastičnega podstavka korita za rože), kjer zadene ob drugo stikalo, ki izklopi ventilator in hkrati vklopi električno ključavnico (uporabljena je ključavnica za centralno zaklepanje avtomobila). Ključavnica sune kroglico, postavljeno na vrh klanca, da se odkotali po njem in na dnu sproži mehanski časovnik (timer), ki je povezan s svetlečo diodo (LED).

Mehanski časovnik je sestavljen iz mehanskega nihala, ki zaniha, ko kroglica trči vanj. Hkrati kroglica s svojo težo sproži stikalo, ki vklopi LED, ko pa se nihajoča palica vrne nazaj v ravnovesno lego, kroglico izbije, s tem sprosti stikalo, ki izklopi LED.

■ Tantalova čaša

Antični Grki so dejali, da je pri pitju potrebna zmernost in da se čaše ne sme dolivati do roba.



Najverjetneje iz te zgodbe izhaja tudi Tantalova čaša: to je posebna čaša, v katero lahko nalivamo kapljevino (ne da bi čaša puščala), dokler le-ta ne doseže izbranega nivoja. Ko pa kapljevina preseže izbrani nivo, začne »sama od sebe« iztekati iz čaše in vsa izteče. Zagotovo je to pojav, ki takoj pritegne vsakega opazovalca, ne glede na njegovo fizikalno žilico. Princip delovanja čaše je sila enostaven: deluje namreč na principu NATEGE (uporabljamo ga pri pretakanju vina iz soda v sod, bencina iz posode v rezervoar).

Gotovo so že Grki tudi ugotovili, da se največ stvari naučimo, če jih poizkusimo sami. Torej, vzameš plastenko, ki ji z olfa nožem odrežeš približno $\frac{1}{4}$ zgornjega dela. Potrebuješ pa še 30 cm dolgo prozorno cevko (notranji premer 4 mm zadoščča). Na robu med stransko ploskvijo in dnom izrežeš luknjico tolikšne velikosti, da lahko en konec prozorne





cevke potisneš skozi. Poskrbi, da cevka dobro tesni. Drugi konec cevke zavij v obliki narobe postavljene črke U proti dnu plastenke. Tako je tvoja Tantalova čaša narejena in pripravljena za polnjenje. Ko vanjo počasi nalivaš vodo, opazuj, kako se gladina vode v plastenki dviga, hkrati s plastenko pa se polni tudi navzdol obrnjen del prozorne cevke – gladina vode v cevki je v vsakem trenutku enaka gladini vode v plastenki. V trenutku, ko se voda v cevki prelije čez vrh in izrine ves zrak iz cevi, natega »potegne«. Zrak sedaj pritiska na gladino vode v plastenki in potiska vodo skozi cevko. Ko v cevko pride zrak, voda preneha iztekati.

Še kapljica fizike za pojasnitev delovanja: na spodnji sliki si na vrhu U cevi zamislimo element kapljevine, ki je za h_1 nad gladino vode v plastenki in za h_2 nad koncem cevi, iz katerega izteka voda. Na ta element deluje, denimo z desne strani tlak $p_D = p_0 - \rho g h_1$, ki ga potiska v levo. Temu nasprotuje kapljevina na levi strani, ki pritiska v desno s tlakom $p_L = p_0 - \rho g h_2$.

Razlika tlakov $\Delta p = p_D - p_L = \rho g (h_2 - h_1)$ potiska namišljeni element v levo.

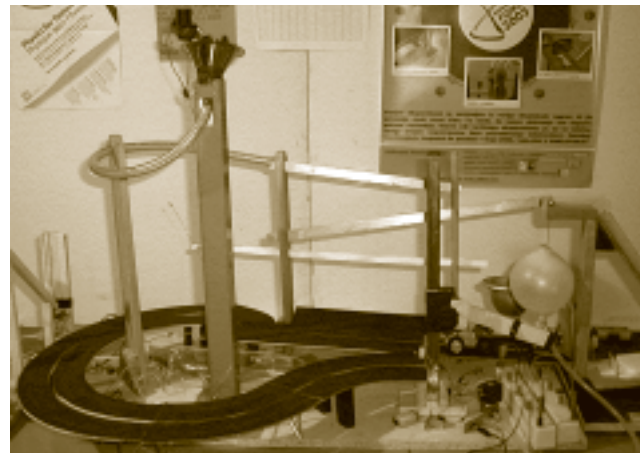
Natega ne »potegne« vode, če je vrh U cevkve za več kot 10m nad gladino vode, bi pa »potegnila«, če bi pretakali bencin. Če ne veš zakaj, povprašaj najbližjega fizika!



■ EKSPERIMENT št. 2 Avtomobilček in balon

Avtorji eksperimenta: **Jure Drobnak, Mitja Blažinčič** in **Peter Blažič**, Oddelek za fiziko, FMF, Univerza v Ljubljani.

Končni dogodek prvega eksperimenta – vklopljena svetleča dioda – je začetni dogodek drugega. Svetloba, ki jo oddaja LED, povzroči prevajanje fotodiode. Sklene se tokokrog, ki sprosti kovinsko kroglico, da se začne kotaliti po žlebu in na koncu žleba pade v lijak. Na dnu lijaka kroglica sklene kontakt, ki požene avtomobilček na daljinsko vodenje, da od dirja po zavitem dirkališču in se na koncu proge zaleti v sti-



kalo. To stikalo odpre električni ventil, ki povezuje plastenko s stisnjenim zrakom in balonček.

Preko sproščenega električnega ventila zrak iz plastenke odteka v balonček in ga napihuje.

Ko prostornina balončka dovolj naraste, se balonček dotakne navpično postavljene kovinske palčke in jo začne potiskati skozi luknjico, na kateri sedi kroglica. Balonček se napihne do te mere, da kovinska palčka odrine kroglico, ki predstavlja začetek tretjega eksperimenta, o katerem bomo pisali v naslednji številki Preseka.

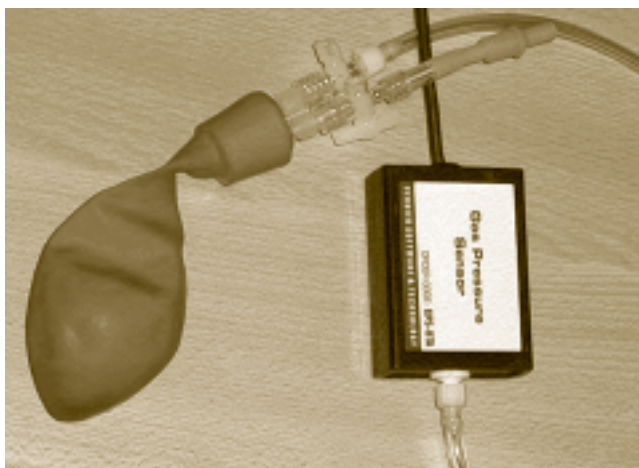
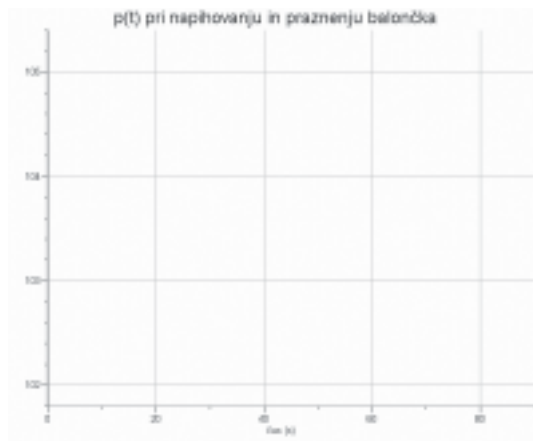
■ Napihovanje balončka

Gre za pojav, ki ga vsi srečujemo že od malih nog in na prvi pogled izgleda preprost: napihnen balon se spusti proti tlam, če smo ga napolnili s plinom, ki je gostejši od okoliške snovi, ali dvigne, če je polnjen s plinom, ki je redkejši od okoliške snovi.

Proces napihovanja pa v resnici skriva kar nekaj zanimivih fizikalnih dejstev. Na zelo preprost način lahko pogledamo, kako se spreminja tlak v balončku med napihovanjem. Spodnja desna slika prikazuje balon, povezan z merilnikom tlaka in cevko, preko katere balon napihujemo in nato praznimo, zgornja pa grafični prikaz meritve tlaka v realnem času (v resnici nas zanima samo potek tlaka; ponavljanje meritev pokaže, da čas napihovanja na grafu ni pomemben, oblika krivulje se ne spreminja).

Balon napihujemo z usti preko plastične cevke (vpih za vpihom), kar ima za posledico, da je krivulja nazobčana – med dvema vpihoma nekaj zraka uide iz balona.

Krivulja na grafu dokazuje že znano: tlak v balončku se ob začetku pihanja zelo poveča, zato se ob napihovanju balona najbolj namučimo na začetku (spomnite se, kako težko je napihniti predvsem podolgovate balone). Ob nadaljnjem



enakomernem napihovanju tlak pada, dokler se ne ustali (v našem primeru pri vrednosti okoli 104 kPa). Kljub temu, da še naprej pihamo v balon in se njegova prostornina povečuje, ostaja tlak v balonu skoraj nespremenjen. Ob času 50 sekund prenehamo z napihovanjem in balon se prične prazniti: tlak se le malo zmanjšuje, tik preden pa se balon »izprazni«, tlak naraste (špica ob koncu grafa, ki je posledica elastičnih lastnosti in oblike balona), nato pa hitro pade na začetno vrednost.

Kaj pa tlak med napihovanjem balona, dokler le-ta ne počni? Prejšnja meritev je pokazala, da se tlak v balonu med napihovanjem ne spreminja – prostornina balona se povečuje. Ta meritev pokaže, da se ob še nadaljnjem napihovanju prične tlak v balonu povečevati – material se je začel upirati raztegovanju. Balon je skoraj dosegel največjo prostornino in se kljub napihovanju le zelo malo povečuje. Ko tlak (skoraj) doseže največjo vrednost, dosežemo mejo natezne trdnosti materiala, naša meritev se ob močnem puku konča, tlak pa v trenutku pade.

Izračunajmo še, kakšne so spremembe prostornine balona pri eksperimentu Avtomobilček in balon.

S tlačilko natlačimo zrak v plastenko s prostornino poldrugega litra, da je v njej tlak 2,5 bara. Ko stikalo odpre ventil, ta omogoči zraku, da se iz plastenke razširi in napihne balonček. Gre za hiter proces, kjer ni časa za izmenjavo toplote; preko ventila se tlak v plastenki in balončku izenači skoraj hipoma, tako da lahko spremembo v balončku obravnavamo kot adiabatno. Za takšno spremembo pa velja $p_0 V_0^\kappa = p_1 V_1^\kappa$ ali v drugi obliki $T_0 V_0^{\kappa-1} = T_1 V_1^{\kappa-1}$.

Izračunamo lahko, kolikšno prostornino bo zavzel zrak, ko se bo iz plastenke razširil v balonček. Upoštevamo podatke: začetni tlak $p_0 = 2,5$ bara, začetna prostornina zraka $V_0 = 1,5$ l in končni tlak $p = 1$ bar (v resnici je le malo večji od zunanjega zračnega tlaka). κ predstavlja razmerje specifičnih toplot ($\kappa = \frac{c_p}{c_v}$) in če za zrak predpostavimo, da je sestavljen iz dvoatomnega plina, vzamemo vrednost $\kappa = 1,4$. Končna prostornina zraka $V_1 = 2,9$ l. Izračunamo lahko tudi na kolikšno temperaturo se pri razpenjanju zrak ohladi, začetna temperatura $T_0 = 298$ K in za končno temperaturo dobimo $T_1 = 229$ K.

Temu hitremu začetnemu razpenjanju sledi še vzpostavljanje termičnega ravnovesja z okolico, ko se zrak segreva na sobno temperaturo. To opazimo kot zelo počasno naraščanje prostornine balona, spremembo pa obravnavamo približno kot izobarno $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$. Ko upoštevamo, da velja $T_2 = T_0$, dobimo za končno prostornino zraka $V_2 = 3,8$ l in končno prostornino balona 2,3 l. Če predpostavimo, da je balonček krogla, je njegov premer dobrih 16 cm, kar se izkaže tudi ob verižnem eksperimentu.

Damjan Štrus

