

# PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik **20** (1992/1993)

Številka 1

Strani 12-19

Lidija Babič:

## FIZIKA V DELIH JULESA VERNA

Ključne besede: Jules Verne, fizika, Jules Verne: Hector Servadac.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/20/1115-Babic.pdf>

© 1992 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.

## FIZIKA V DELIH JULESA VERNA

Francoskega pisatelja Julesa Verne mladi bralci prav gotovo dobro poznajo. Napisal je šestinpetdeset romanov, ki sestavljajo ciklus "Nenavadna potovanja". V teh romanih so predstavljene zgodbe, ki si jih je pisatelj izmislil, ko je zasledoval nova znanstvena odkritja in tehnične iznajdbe.

S tem sestavkom se bomo pomudili pri manj znanem, a zato nič manj zanimivem romanu Hector Servadac, njegova popotovanja in prigode skozi osončje.

Naj vam najprej na kratko predstavim vsebino dela: V noči med 31. decembrom in 1. januarjem je neznan komet zadel ob Zemljo in odtrgal od nje nekaj delov. V vesolje je ponesel tudi šestintrideset ljudi, med njimi stotnika francoske vojske Hectorja Servadaca in njegovega ordonanca Ben Zufa, rusko posadko na ladji Dobrina, ki sta ji poveljevala grof Tomašev in poročnik Prokop, zagrizenega astronoma profesorja Palmyrina Rosetta in goljufivega trgovca Isaca Hakhabuta. Profesor je izračunal, da se bo komet, ki ga je poimenoval Galija, ponovno srečal z Zemljo po natanko dveh zemeljskih letih. Vesoljski popotniki so iz delov ladje zgradili balon, se pol ure pred izračunanim časom trka dvignili v zrak in ...

Tedaj sta se obe atmosferi pomešali med seboj. Pojavila se je velikanska gmota oblakov, pare in hlapovi so se nakopičili okoli njih. Popotniki v gondoli niso videli ničesar več, ne pod seboj ne nad seboj. Zazdelo se jim je, da jih obdaja velikanski plamen, da jim je zmanjkalo pod nogami vsake opore, in ne da bi vedeli kako, ne da bi si mogli to razložiti, so se znašli na zemeljskih tleh. V omedlevici so zapustili zemeljsko oblo in onesveščeni so se spet vrnili nanjo!

O balonu ni bilo več sledu!

Galija pa je hkrati bežala pošev, v tangenti od njih proč, in je proti vsakemu pričakovanju zemeljsko oblo samo oplazila, nato pa izginila proti vzhodu v vesolje.

Poglejmo si najprej, kako se je profesor lotil računanja mase in velikosti "svojega" kometa. Poročnik Prokop mu je posredoval podatke o obsegu kometa, ki jih je dobil na raziskovalni vožnji (takrat so še mislili, da so na Zemlji).

"Iz tega, da se je *Dobrina*," je dejal stotnik Servadac, "vrnila na izhodišče, ne da bi bila spremenila smer, moramo torej sklepati, da znaša obod zemeljskega sferoida samo še dva tisoč tristo dvajset kilometrov!"

Od tod ni bilo težko izračunati polmera, ki je znašal 370 km. A prepustimo besedo zopet Julesu Vernu.

"Gospodje," je Palmyrin Rosette povzel besedo, "najprej moram ugotoviti, koliko tehta na Galiji zemeljski kilogram. Ker ima Galija manjšo maso od Zemlje, je manjša tudi njena privlačnost in zavoljo tega vsak predmet na njeni površini tehta manj, kot bi tehtal na površini Zemlje. Dognati pa moramo, kakšna je razlika med tema težama."

"Ali imate kakšno brzotehtnico in utež za en kilogram?" je vprašal. "To je vse, kar potrebujemo. Pri brzotehtnici označuje težo jeklen jeziček ali pa vzmet, ki delujeta po načelu prožnosti ali napetosti. Sila privlačnosti torej nikakor ne vpliva nanju. Če namreč obesim težo zemeljskega kilograma na mojo brzotehtnico, bo igla natanko označila, koliko tehta ta kilogram na površini Galije. Tako bom torej spoznal razliko med privlačnostjo Galije in privlačnostjo Zemlje. Zato ponavljam svoje vprašanje: ali imate brzotehtnico?"

Poslušalci Palmyrina Rosetta so se povprašali z očmi. Nato se je Hector Servadac obrnil k Ben-Zufu, saj je znal naštetih na pamet ves material, ki ga je premogla kolonija.

"Niti brzotehtnice nimamo niti uteži za en kilogram," je rekel.

Profesor je pokazal svojo nejevoljo s tem, da je močno udaril z nogo ob tla.

"Ampak zdí se mi," je odgovoril Ben-Zuf, "da vem, kje bi se dobila brzotehtnica, če že ne utež."

"Kje pa?"

"V Hakhabutovi tartani."

V ladjici stiskaškega trgovca Hakhabuta so dobili na posodo tehtnico, namesto kilogramske uteži pa je služilo štirideset kovancev po pet frankov.

"No, gospodje, tehle štirideset kovancev bom zdaj obesil na kavelj tehtnice – in ker ta poskus opravljam tu na Galiji, bomo videli, koliko tehta na Galiji."

Nato je skupino kovancev obesil na kavelj, igla tehtnice je zanihala, se ustavila in pokazala na oštevilčenem krogu 133 gramov.

Kaj lahko izračunamo iz teh podatkov?

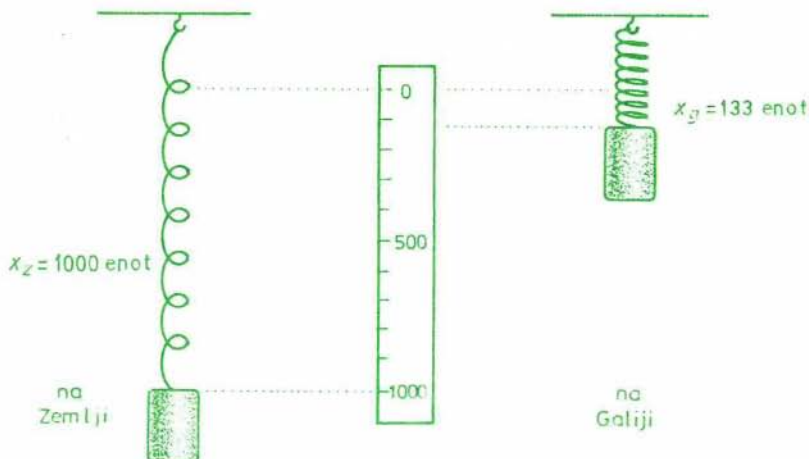
Zaradi enostavnosti predpostavimo, da bi se vzmet na Zemlji raztegnila za 1000 enot, na Galiji se je pa le za 133 enot.

Po Hookovem zakonu je obakrat raztek vzmeti sorazmeren s težo:

$$kx_z = mg_z, \quad kx_g = mg_g.$$

Razmerje raztezkov je torej po Hookovem zakonu enako razmerju gravitacijskih pospeškov:

$$\frac{x_z}{x_g} = \frac{g_z}{g_g}. \quad (1)$$



Torej je gravitacijski pospešek na Galiji  $1,3 \text{ m/s}^2$  oziroma kar 7,5 krat manjši kot na Zemlji.

Gravitacijski pospešek pa obenem opisuje tudi jakost gravitacijskega polja

$$g_g = \frac{GM}{R^2},$$

kjer je  $g_g$  gravitacijski pospešek na površini kometa Galija,  $G$  gravitacijska konstanta,  $M$  masa kometa in  $R$  polmer. S pomočjo gornje zveze lahko izračunamo maso kometa Galija

$$M = \frac{g_g R^2}{G} = \frac{1,3 \text{ ms}^{-1} \cdot (370 \text{ km})^2}{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}} = 2,7 \cdot 10^{21} \text{ kg}. \quad (2)$$

Jules Verne je maso kometa izračunal po drugi poti, preko znane prostornine in gostote. Prostornine ni težko izračunati, če predpostavimo, da je komet kroglja

$$V_g = \frac{4\pi R^3}{3} = 2,1 \cdot 10^{17} \text{ m}^3.$$

“Saj je res,” je dejal poročnik Prokop. “Ker že poznamo prostornino Galije, bomo brez težav ugotovili tudi maso, samo da nam bo znana še gostota.”

To poročnikovo sklepanje je bilo pravilno in je bilo treba zares izračunati samo še gostoto Galije.

In to je profesor tudi storil. Vzel je v roko kos skale, izrezan iz gmote vulkana, kos, ki je imel natančno kubični decimeter prostornine.

"Torej stehajmo ta kos," je dejal profesor. "To je prav tako, kakor če bi obesil komet na kavelj svoje tehtnice."

Kos skale so torej obesili na tehtnico in igla je pokazala na oštevilčenem krogu kilogram in štiristo trideset gramov.

Podatka 1430 gramov ne gre jemati dobesedno. Tehtnica je bila namreč umerjena na Zemlji, tako da je trgovec Hakhabut takoj sklepal na maso blaga. Tehtanje pa je bilo izvedeno na Galiji, ki privlači telesa z manjšo silo kot Zemlja. Izračunajmo torej, za koliko bi se raztegnila vzmet na Zemlji. Uporabimo še enkrat zvezo (1), le da tokrat računamo  $x_z$ :

$$x_z = \frac{g_z}{g_g} \cdot x_g = \frac{9,8 \text{ ms}^{-2}}{1,3 \text{ ms}^{-2}} \cdot 1430 = 11 \cdot 10^3.$$

Raztezek 11 tisoč enot bi na Zemlji pomenil maso 11 kg.

Če ima torej  $1 \text{ dm}^3$  snovi maso 11 kg, je gostota snovi  $11 \text{ kg/dm}^3$ . Komet Galija je torej dvakrat gostejši od Zemlje, katere povprečna gostota je  $5,5 \text{ kg/dm}^3$ .

Pisatelj pa je v tem delu zagrešil tudi hudo napako. Najprej pa zopet iz besedila izluščimo podatke, ki jih bomo potrebovali.

"Gospod profesor, ali se bomo še vrnili na Zemljo in kdaj se bo to zgodilo?"

"Vam se torej zelo mudi?" je odgovoril Palmyrin Rosette.

"To, kar vas je vprašal Isac, gospod," se je tedaj oglasil poročnik Prokop, "bi rad povedal nekoliko bolj znanstveno."

"Kar dajte."

"Rekli ste, da se je nekdanji tir Galije spremenil?"

"O tem ni dvoma."

"Ali je novi tir, nova krivulja, po kateri se giblje komet, hiperbolična, zaradi česar bo komet zašel neskončno daleč v zvezdni svet in ni upanja na vrnitev?"

"Ne!" je odgovoril Palmyrin Rosette.

"Ta tir naj bi bil torej eliptičen!"

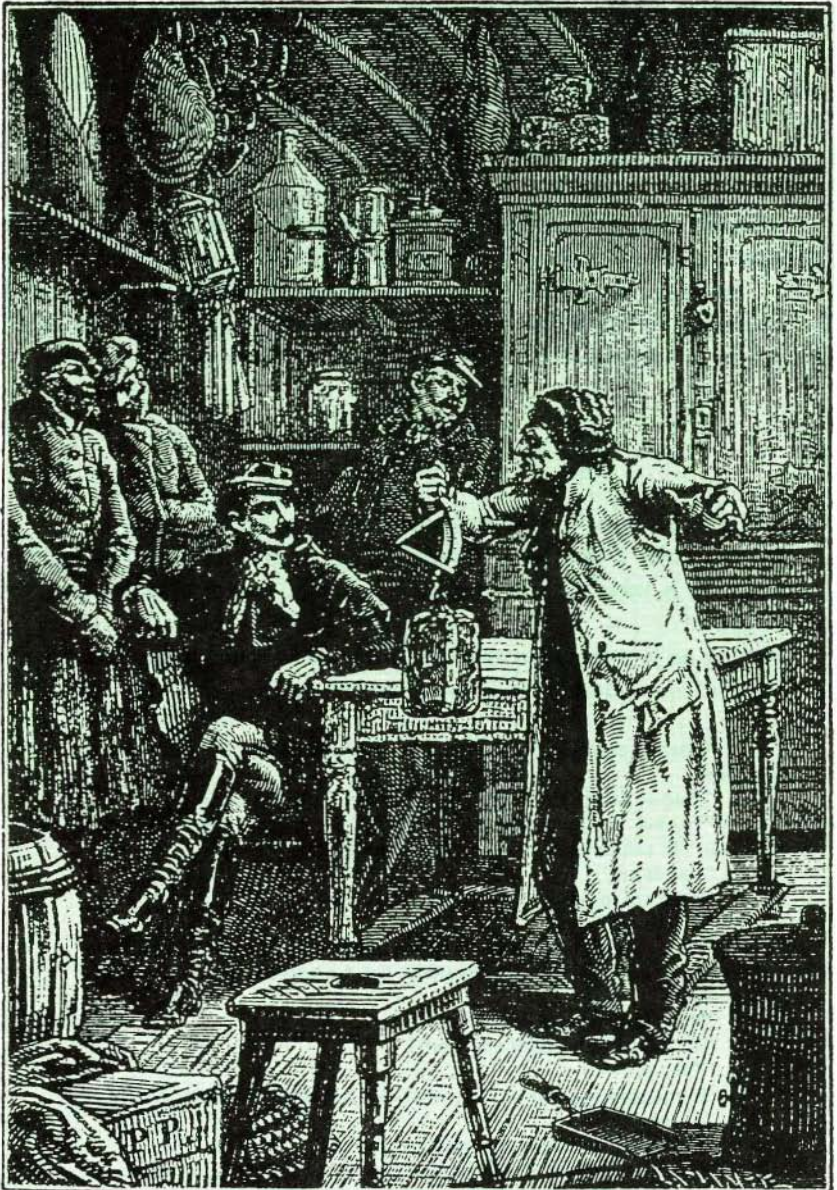
"Tako je."

"In njegova raven bi vedno sovpadala z ravnijo zemeljske orbite?"

"Absolutno."

"Galija naj bi bila torej periodičen komet?"

"Da, in to komet kratkega obdobja, s kratko obhodno dobo, ker opravi svojo krožno pot okoli Sonca, če upoštevamo motnje, katere povzročajo Jupiter, Saturn in Mars, natančno v dveh letih."



Izvedeli smo, da je obhodni čas Galije natanko dve zemeljski leti. In še:

Pet dni zatem, 15. januarja, je Galija dospela do afelija na koncu velike osi svojega tira in tedaj je bila oddaljena od Sonca sto dvajset milijonov milj.

### ŠTIRINAJSTO POGlavJE

NAM DOKAZUJE, DA LJUDJE NISO USTVARJENI ZA TO, DA BI LAHKO KROŽILI DVESTO MILIJONOV MILJ DALEČ OD SONCA

Galija se je torej od tega dne naprej začela spet počasi vračati na svoji eliptični krivulji proti Soncu in to z rastočo hitrostjo.

Pozornega bralca bosta zbudla v oči nasprotujoča si podatka za oddaljenost Galije od Sonca. V afeliju (to je točka, ko je telo najdlje od Sonca) naj bi bila oddaljena 120 milijonov milj, naslov štirinajstega poglavja pa navaja 200 milijonov milj. Se je zmotil pisatelj ali prevajalec? Najbolje bo, če si pogledamo taisti odlomek nepreveden:

Cinq jours plus tard, le 15 janvier, Gallia passait à son aphélie, à l'extrémité du grand axe de son orbite, et elle gravitait alors à deux cent vingt millions de lieues du soleil.

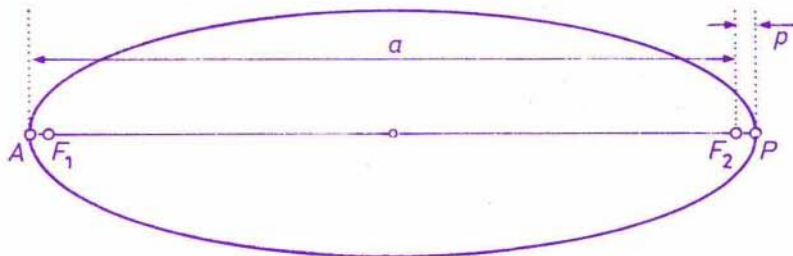
### XIV

QUI PROUVE QUE LES HUMAINS NE SONT PAS FAITS POUR GRAVITER À DEUX CENT VINGT MILLIONS DE LIEUES DU SOLEIL

GALLIA allait donc, à partir de ce jour, remonter peu à peu sur sa courbe elliptique et avec une vitesse croissante.

Očitno gre za napako prevajalca. Pa še prevod za tiste, ki ne znate francosko: "deux cent vingt millions de lieues" je 220 milijonov milj.

Za lažje razumevanje si narišimo sliko, ki kaže tirnico kometa okoli Sonca.  $F_1$  in  $F_2$  sta gorišči elipse. V gorišču  $F_2$  je Sonce. Točka  $P$  predstavlja



perihelij (takrat je telo Soncu najbliže), točka  $A$  pa afelij, ko je telo najdlje od Sonca. Razdalja  $AF_2$  je 220 milijonov milj.

Po enem izmed Keplerjevih zakonov velja za vsa telesa v našem sončnem sistemu, da je kvadrat obhodnega časa sorazmeren tretji potenci razdalje. Kvocient  $t_0^2/r^3$  mora potemtakem za vsa telesa imeti enako vrednost. Pod "razdaljo" je mišljena velika polos elipse:  $\overline{AP}/2$ .

Lotimo se računanja perihelija za komet Galijo. Primerjali bomo čas obhoda in razdaljo za Zemljo in Galijo

$$\frac{t_{0g}^2}{r_g^3} = \frac{t_{0z}^2}{r_z^3}$$

Obhodna časa poznamo. Spomnimo se, da Galija pride okoli Sonca v dveh zemeljskih letih. Velika polos Zemljine tirnice okoli Sonca je 150 milijonov kilometrov. Za Galijo pa poznamo le razdaljo od afelija do Sonca ( $a$ ), iščemo pa razdaljo od perihelija do Sonca ( $p$ ). Veliko polos bomo zapisali takole

$$r_g = \frac{1}{2}(a + p).$$

Zdaj moramo le še milje spremeniti v kilometre. Milj je več "vrst". Pisatelj je uporabljal staro francosko miljo. Preberimo zopet odlomek iz knjige:

Prodreti tudi niso mogli v še bolj oddaljen Uranov svet, vendar je bilo videti glavni planet tega sveta, dvaindevetdesetkrat večji od Zemlje, s katere je viden, kadar ji je najbližji, samo kot zvezda šeste velikosti, tedaj zelo razločno s prostim očesom. Ni pa bilo videti nobenega izmed njegovih šestih satelitov, ki ga spremljajo na njegovem eliptičnem tiru, na poti okoli Sonca, ki jo opravi v 84 letih in na kateri je povprečno 729 milijonov milj oddaljen od Sonca.

Podatek 84 let za obhodni čas Urana okoli Sonca še vedno drži, pa zaupajmo podatku za povprečno razdaljo. Ta je danes ocenjena na  $28,7 \cdot 10^8$  km. Sklenemo lahko:

$$729 \text{ milijonov milj} \dots\dots\dots 28,7 \cdot 10^8 \text{ km}$$

Od tod ni težko izračunati, da je ena francoska milja 3,94 km. 220 milijonov milj je torej 867 milijonov kilometrov.

Zdaj pa nastavimo enačbo z neznanko  $p$ :

$$\frac{t_{0g}^2}{\left(\frac{a+p}{2}\right)^3} = \frac{t_{0z}^2}{r_z^3}$$



kjer je  $t_{0g} = 2$  leti,  $t_{0z} = 1$  leto,  $r_z = 150$  milijonov km in  $a = 867$  milijonov km.

Od tod sledi

$$p = 2r_z \sqrt[3]{\left(\frac{t_{0g}}{t_{0z}}\right)^2} - a = -4 \cdot 10^8 \text{ km.}$$

Negativen rezultat pomeni, da komet s takimi podatki, kot si jih je zamislil Jules Verne, v našem sončnem sistemu ni mogoč. Ali povedano drugače, komet s tako kratkim obhodnim časom (2 zemeljski leti) ne bi mogel oditi tako daleč. Pisateljeva napaka je res huda.

Preden pa zaključimo tale sestavek, si preberite še naslednje vrstice:

"Zato ker ... zato ker ..." je zamrmral Isac Hakhabut, "ker moja tehtnica morda ne ... kaže čisto prav!"

Komaj je Žid izustil te besede, ga je Palmyrin Rosette že zgrabil za grlo. Stresel ga je in davil.

"Lopov!" je zakričal.

"Na pomoč!" je zastokal Isac.

Toda astronom ni odnehal. Res je, da Ben-Zuf ni hotel poseči vmes. Nasprotno – še spodbujal ju je in se krohotal pri tem. V njegovih očeh sta bila drug drugega vredna.

Stotnik Servadac, grof Timašev in poročnik Prokop, ki so zaslišali hrup, so prihiteli pogledat, kaj se godi.

Ločili so Isaca od profesorja.

"Za kaj gre?" je vprašal Hector Servadac.

"Veste," je odgovoril Palmyrin Rosette, "ta cigan nas je hotel oslepariti z napačno tehtnico, s tehtnico, ki kaže več, kot je prava teža!"

"Ali je to res, Isac?"

"Je ... ni ... gospod guverner!" se je glasil odgovor "on ... da!"

"Ta slepar je prodajal blago po napačni teži," je čedalje srditeje nadaljeval profesor, "in ko sem stehal svoj komet z njegovo tehtnico, sem zato dobil večjo težo, kot je v resnici."

Ko je na Zemlji ta tehtnica kazala težo enega kilograma, je v resnici tehtal tisti predmet samo sedemsto petdeset gramov. Zato je bilo treba od teže, izračunane na tej osnovi za Galijo, odšteti kar četrtno.

Palmyrin Rosette, zadovoljen, da je premikastil Isaca Hakhabuta, kot se je spodobilo, se je takoj lotil dela, da bi popravil račune.

Če ste še pri volji za računanje, se lotite tega tudi vi. Če pa ne, si ob priliki sposodite knjigo, saj boste našli v njej še obilo zanimivih odlomkov za fizikalno razmišljanje.