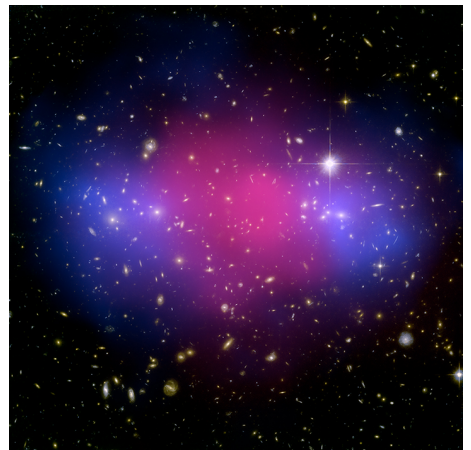


2009  
Letnik 56  
6

# OBZORNIK ZA MATEMATIKO IN FIZIKO



# OBZORNIK ZA MATEMATIKO IN FIZIKO

Glasilo Društva matematikov, fizikov in astronomov Slovenije  
Ljubljana, NOVEMBER 2009, letnik 56, številka 6, strani 193–232

**Naslov uredništva:** DMFA–založništvo, Jadranska ulica 19, p. p. 2964, 1001 Ljubljana  
**Telefon:** (01) 4766 553, 4232 460 **Telefaks:** (01) 4232 460, 2517 281 **Elektronska pošta:** Zaloznistvo@dmfa.si **Internet:** <http://www.obzornik.si/> **Transakcijski račun:** 03100–1000018787 **Mednarodna nakazila:** SKB banka d.d., Ajdovščina 4, 1513 Ljubljana **SWIFT (BIC):** SKBAS12X **IBAN:** SI56 0310 0100 0018 787

**Uredniški odbor:** Mirko Dobovišek (glavni urednik), Sašo Strle (urednik za matematiko in odgovorni urednik), Aleš Mohorič (urednik za fiziko), Irena Drevenšek Olenik, Damjan Kopal, Peter Legiša, Petar Pavešič, Marko Razpet, Nada Razpet, Peter Šemrl, Vladimir Bensa (tehnični urednik).

Jezikovno pregledal Janez Juvan.

Natisnila tiskarna COLLEGIUM GRAPHICUM v nakladi 1250 izvodov.

Člani društva prejema Obzornik brezplačno. Celoletna članarina znaša 21 EUR, za druge družinske člane in študente pa 10,50 EUR. Naročnina za ustanove je 35 EUR, za tujino 40 EUR. Posamezna številka za člane stane 3,19 EUR, stare številke 1,99 EUR.

DMFA je včlanjeno v Evropsko matematično društvo (EMS), v Mednarodno matematično unijo (IMU), v Evropsko fizikalno društvo (EPS) in v Mednarodno združenje za čisto in uporabno fiziko (IUPAP). DMFA ima pogodbo o recipročnosti z Ameriškim matematičnim društvom (AMS).

Revija izhaja praviloma vsak drugi mesec. Sofinancirata jo Javna agencija za knjigo Republike Slovenije ter Ministrstvo za šolstvo in šport.

© 2009 DMFA Slovenije – 1771

Poštnina plačana pri pošti 1102 Ljubljana

---

## NAVODILA SODELAVCEM OBZORNIKA ZA ODDAJO PRISPEVKOV

Revija Obzornik za matematiko in fiziko objavlja izvirne znanstvene in strokovne članke iz matematike, fizike in astronomije, včasih tudi kak prevod. Poleg člankov objavlja prikaze novih knjig s teh področij, poročila o dejavnosti Društva matematikov, fizikov in astronomov Slovenije ter vesti o drugih pomembnih dogodkih v okviru omenjenih znanstvenih ved. Prispevki naj bodo zanimivi in razumljivi širšemu krogu bralcev, diplomantov iz omenjenih strok.

Članek naj vsebuje naslov, ime avtorja (oz. avtorjev), sedež institucije, kjer avtor(ji) dela(jo), izvleček v slovenskem jeziku, naslov in izvleček v angleškem jeziku, klasifikacijo (MSC oziroma PACS) in citirano literaturo. Slike in tabele, ki naj bodo oštevilčene, morajo imeti dovolj izčrpen opis, da jih lahko večina razumemo tudi ločeno od besedila. Avtorji člankov, ki želijo objaviti slike iz drugih virov, si morajo za to sami priskrbeti dovoljenje (copyright). Prispevki so lahko oddani v računalniški datoteki PDF ali pa natisnjeni enostransko na belem papirju formata A4. Zaželen velikost črk je 12 pt, razmik med vrsticami pa vsaj 18 pt.

Prispevke pošljite odgovornemu uredniku ali uredniku za matematiko oziroma fiziko na zgoraj napisani naslov uredništva. Vsak članek se praviloma pošlje dvema anonimnima recenzentoma, ki morata predvsem natančno oceniti, kako je obravnavana tema predstavljena, manj pomembna pa je originalnost (in pri matematičnih člankih splošnost) rezultatov. Če je prispevek sprejet v objavo, potem urednik prosi avtorja še za izvirne računalniške datoteke. Le-te naj bodo praviloma napisane v eni od standardnih različic urejevalnikov  $\text{\TeX}$  oziroma  $\text{\LaTeX}$ , kar bo olajšalo uredniški postopek.

Avtor se z oddajo članka strinja tudi z njegovo kasnejšo objavo v elektronski obliki na internetu.

# PRIMER DIAKAVSTIKE

MARKO RAZPET

Pedagoška fakulteta  
Univerza v Ljubljani

Math. Subj. Class. (2010): 14H45, 26B15

Obravnavali bomo diakavstiko, ki nastane z lomljenjem snopa vzporednih svetlobnih žarkov na polkrožnici.

## A DIACAUSTIC CURVE

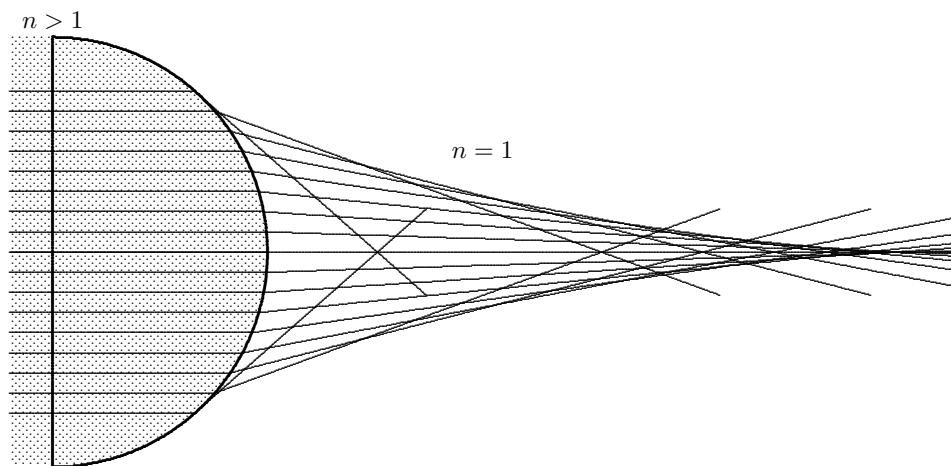
A diacaustic curve obtained by fraction of parallel rays of light on a halfcircle will be discussed.

Vzemimo lečo, ki ima obliko polkrogle, narejeno iz optičnega sredstva z lomnim količnikom  $n > 1$ . Pravokotno na ravni del leče naj pada zadosti širok snop enobarvne svetlobe. Zanima nas tisti del svetlobe, ki pride na drugo stran leče. Na ravnem delu površja leče se svetloba ne lomi, na sferičnem delu pa se lomi po lomnem zakonu, in sicer na primerno veliki krogelni kapici, na preostalem pasu pa pride do odboja nazaj v lečo, kar pa nas ne bo zanimalo. Lomljeni žarki se ne zbirajo v točki, ampak ogrinjajo *diakavstično ploskev*. Zanimal nas bo potek lomljenih žarkov v ravnini skozi os leče. Ti žarki ogrinjajo ravninsko krivuljo, ki ji pravimo *diakavstika*. Razmeroma preprosto je pripraviti fizikalni poskus za opazovanje take diakavstike.

V prispevku bomo poiskali to krivuljo v parametrični obliki v primerno izbranem koordinatnem sistemu. Problem bomo obravnavali matematično. Pri različno oblikovanih lečah dobimo različne diakavstike in eksakten račun se posreči le redkokdaj.

Na ravninsko krivuljo  $\mathcal{K}$ , ki jo vzamemo za idealno zrcalo, naj padajo vzporedni žarki ali pa žarki iz izbrane točke v ravnini krivulje. Odbiti žarki, podaljšani v premice, sestavljajo družino premic. Če obstaja ogrinjača  $\mathcal{K}'$  teh premic, jo imenujemo *katakavstika* krivulje  $\mathcal{K}$  glede na dane vpadajoče žarke. Analogno je *diakavstika* krivulje  $\mathcal{K}$  ogrinjača na tej krivulji lomljenih žarkov, podaljšanih v premice. Vedno vzamemo za vpadišnico (vpadno pravokotnico) normalo na krivuljo v točki, kamor žarek vpada in se tam odbije oziroma lomi. Izraza *katakavstika* in *diakavstika* je prvi uporabljal Jakob Bernoulli (1654–1705) leta 1693.

Obravnavali bomo primer, ko svetlobni žarki padajo pravokotno na premer  $EF$  polkrožnice in se na njej lomijo po lomnem zakonu. Pravokotni koordinatni sistem  $xy$  postavimo tako, kot kaže slika 2. Desno od polkrožnice si mislimo prazen prostor, levo od nje pa optično sredstvo z lomnim količnikom  $n > 1$ . Zanimala nas bo ogrinjača nosilk lomljenih žarkov  $TB$ . Za žarek  $AB$ , ki se lomi v točki  $T$ , je to premica  $p$ . Vpadišnica žarka  $AB$



Slika 1. Nastanek diakavstike

je poltrak  $v$  s krajiščem v točki  $O$  skozi točko  $T$ . Vpadni kot označimo z  $\alpha$ , lomni kot pa z  $\beta$ . Lomni zakon za naš žarek, zapisan v obliki matematične relacije, je

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{1}{n}.$$

Vzemimo kot  $t$ , ki ga poltrak  $v$  oklepa z osjo  $x$ , za parameter, od katerega bo odvisna enačba premice  $p$ . Kot  $t$  bomo šteli za pozitiven, če je poltrak  $v$  v prvem kvadrantu in s tem  $\alpha = t$ , negativen pa, če je  $v$  v četrtem kvadrantu in s tem  $\alpha = -t$ . Upoštevati je treba tudi, da do prehoda prek polkrožnice pride le pri pogoju  $|t| \leq \arcsin(1/n)$ .

Obravnavajmo najprej premico  $p$ , ki ustreza poltraku  $v$  v prvem kvadrantu, kjer velja relacija

$$\sin \beta = n \sin t. \quad (1)$$

Naklonski kot premice  $p$  v koordinatnem sistemu  $xy$  je očitno  $\pi + t - \beta$  in njen smerni koeficient je

$$k_p = \operatorname{tg}(\pi + t - \beta) = -\operatorname{tg}(\beta - t) = -\frac{\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} t}{1 + \operatorname{tg} \beta \operatorname{tg} t}.$$

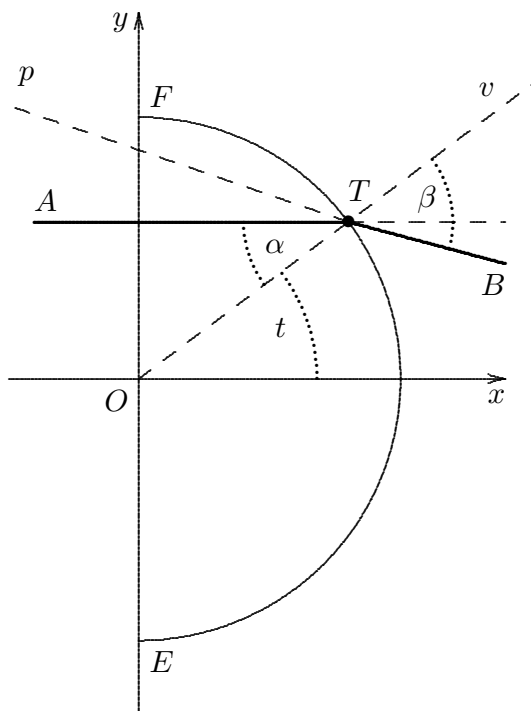
Zaradi udobnejšega računanja vpeljimo oznake:

$$s = \sin t, \quad c = \cos t, \quad \Delta = \sqrt{1 - n^2 \sin^2 t} = \sqrt{1 - n^2 s^2}.$$

Iz relacije (1) z uporabo trigonometrijske enakosti  $1 + \operatorname{ctg}^2 \beta = 1/\sin^2 \beta$  dobimo

$$\operatorname{ctg} \beta = \frac{\sqrt{1 - n^2 \sin^2 t}}{n \sin t} = \frac{\Delta}{ns}, \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{ns}{\Delta},$$

Primer diakavstike



Slika 2. Obravnava loma svetlobnega žarka v koordinatnem sistemu

za smerni koeficient  $k_p$  pa

$$k_p = -\frac{s(nc - \Delta)}{ns^2 + c\Delta}.$$

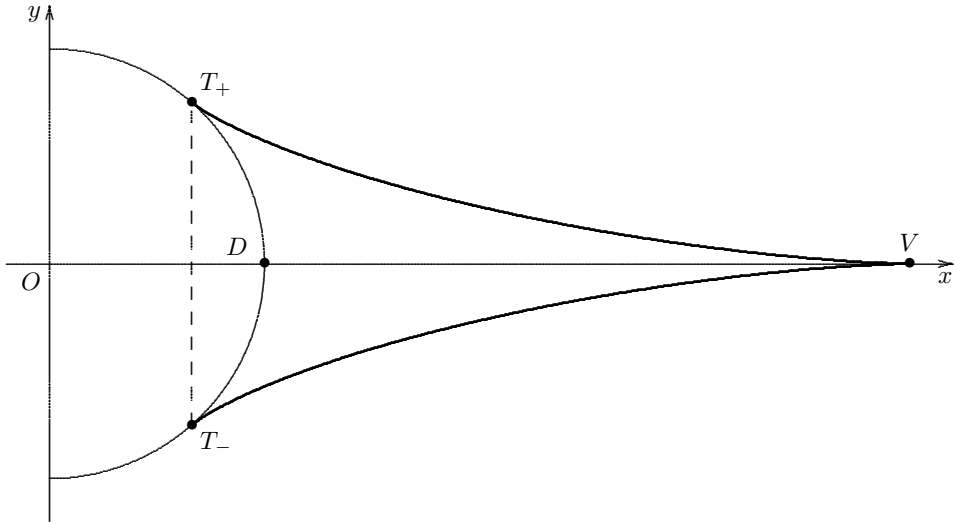
Z racionalizacijo števca v zgornjem izrazu in s poenostavljanjem imamo nazadnje:

$$k_p = -\frac{s(n^2 - 1)}{c + n\Delta}.$$

Očitno se smernemu koeficientu  $k_p$  spremeni predznak, ko iz prvega kvadranta preidemo v četrtega, kar je v skladu z zgornjim izrazom. Zato je ta veljaven pri vsakem kotu  $t$ , za katerega je  $|t| \leq \arcsin(1/n)$ .

Vzemimo polmer polkrožnice za enoto, tako da lahko zapišemo koordinate točke  $T$ :  $x_T = c$ ,  $y_T = s$ . Enačba premice  $p$  je  $y - s = k_p(x - c)$ , ki pa jo zaradi udobnejšega računanja v nadaljevanju zapišemo tako:

$$F(x, y, t) = (n^2 - 1)(x - c) + \frac{c + n\Delta}{s}(y - s) = 0. \quad (2)$$



Slika 3. Diakavstika polkrožnice glede na vzporedne žarke

Pri tem so seveda  $c, s, \Delta$  funkcije parametra  $t$ . Relacija (2) je enačba enoparametrične družine premic in njena ogrinjača je iskana diakavstika.

Na splošno do ogrinjače enoparametrične družine krivulj  $F(x, y, t) = 0$  pridemo tako, da na  $x$  in  $y$  razrešimo sistem enačb

$$F(x, y, t) = 0, \quad \frac{\partial F}{\partial t}(x, y, t) = 0. \quad (3)$$

S tem dobimo pri določenih pogojih, ki se tičejo zveznosti in diferenciability nastopajočih funkcij (glej na primer [1]), ogrinjačo v parametrični obliki:  $x = \varphi(t), y = \psi(t)$ . V našem primeru bomo upoštevali relacije za odvode:

$$s' = c, \quad c' = -s, \quad \Delta\Delta' = -n^2sc. \quad (4)$$

Druga enačba v sistemu (3) je torej:

$$\frac{\partial F}{\partial t}(x, y, t) = (n^2 - 1)s + y \left( \frac{c + n\Delta}{s} \right)' - (c + n\Delta)' = 0.$$

Ko opravimo z nakazanimi odvajanja in upoštevamo relacije (4), dobimo po krajšem računu:  $y = n^2s^3$ . Rezultat vstavimo v enačbo (2) in najdemo še:  $(n^2 - 1)x = n^2c^3 + n\Delta^3$ . S tem smo našli iskano diakavstiko v parametrični obliki. V primeru, ko ima polkrožnica polmer  $a$ , se parametrični enačbi diakavstike glasita:

$$x = \varphi(t) = \frac{na}{n^2 - 1} \left( n \cos^3 t + (1 - n^2 \sin^2 t)^{3/2} \right),$$



tudi s kakšnim računalniškim programom za dinamično geometrijo, na primer s Cabri-Geometry. Poskrbeti moramo za to, da lomljeni žarki puščajo za sabo sled, ko točko preloma  $T$  vodimo po dani krivulji  $\mathcal{K}$ .

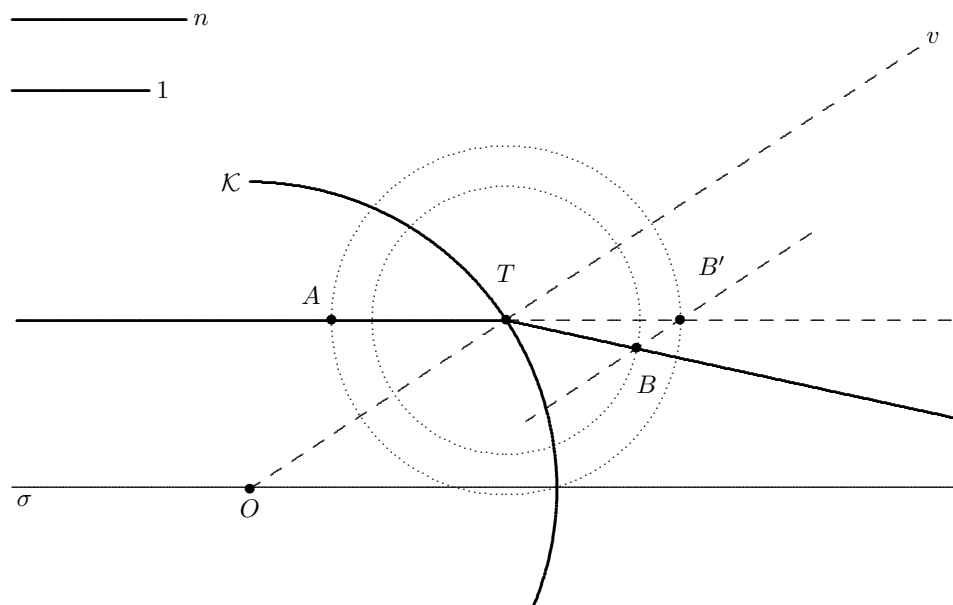
Poglejmo, kako lahko geometrijsko konstruiramo lomljeni žarek  $AB$  v točki  $T$  (slika 4), ko žarek prehaja iz optično gostejšega (nad premico  $\tau$ ) v optično redkejšo sredstvo (pod premico  $\tau$ ). Načrtamo vpadišnico  $v$  v točki  $T$  in pomožni koncentrični krožnici, ki imata središči v točki  $T$ , njuna polmera pa sta v razmerju  $n : 1$ . Če vzamemo polmer manjše krožnice za enoto, potem je polmer večje  $n$ . Skozi točko  $T$  konstruiramo premico, ki seka večjo krožnico v točkah  $A$  in  $B'$ . Nato poiščemo na manjši krožnici točko  $B$ , ki je presečišče vzporednice skozi točko  $B'$  k vpadišnici  $v$ . Nazadnje konstruiramo na  $v$  še točko  $B''$  kot pravokotno projekcijo točke  $B$  na  $v$ .

Iz opisane konstrukcije takoj dobimo enakost  $|AA'| = |BB''|$ , kar ni nič drugega kot lomni zakon:  $n \sin \alpha = \sin \beta$ .

Konstrukcija se očitno posreči le pri pogoju  $\sin \alpha \leq 1/n$ . V nasprotnem primeru ne pride do loma. Kot je znano iz fizike, pride tedaj do odboja.

Z opisano konstrukcijo v dinamični geometriji lahko lom vzporednih svetlobnih žarkov na krožnem loku predstavimo tako, da konstruiramo krožni lok  $\mathcal{K}$  s središčem v točki  $O$ . S premico  $\sigma$  izberemo smer žarkov. Na loku  $\mathcal{K}$  izberemo točko  $T$  tako, da jo lahko kasneje premikamo po  $\mathcal{K}$ . Konstruiramo vpadišnico  $v$ , to je poltrak s krajiščem v točki  $O$  skozi točko  $T$ .

Z daljicama, ki imata razmerje dolžin  $1 : n$ , izberemo razmerje lomnih



Slika 5. Geometrijska konstrukcija loma na krožnem loku



količnikov za lom svetlobnega žarka na loku  $\mathcal{K}$ . Načrtamo koncentrični krožnici polmerov  $r = 1$  in  $r = n$  s središčem v točki  $T$ . Po prej opisani metodi konstruiramo lom žarka, ki prihaja vzporedno s premico  $\sigma$  v točko  $T$ . Z drsenjem točke  $T$  po loku  $\mathcal{K}$  dobimo enoparametrično družino lomljenih žarkov, tako kot kaže slika 1.

## LITERATURA

- [1] I. Vidav, *Višja matematika I*, Matematika – fizika 6, DMFA–založništvo, Ljubljana, 2008.

## VESTI

---

### STROKOVNO SREČANJE IN OBČNI ZBOR DMFA Bled, 6. in 7. 11. 2009

Ustanovni občni zbor *Društva matematikov in fizikov LR Slovenije* v nedeljo, 30. oktobra 1949, ni bil na Bledu, temveč v fizikalni predavalnici ljubljanske univerze, Kongresni trg 11. Res pa je bilo društvo ustanovljeno ravno zaradi sodelovanja na pripravah za prvi kongres jugoslovanskih matematikov, fizikov in astronomov, ki pa je bil novembra 1949 na Bledu. Zato je bilo prav, da smo se letos zbrali na Bledu in se tako spomnili tudi 60-letnice DMFA Slovenije. Naš gostitelj je bil tokrat hotel Golf.

Strokovni del za učitelje je potekal v treh sekcijah: matematika v osnovni šoli, matematika v srednji šoli in fizika. Vodilna tema pri fiziki je bila zaradi mednarodnega leta astronomije seveda astronomija, matematiki pa smo se posvetili uporabi učnih pripomočkov.

Vzporedno je potekalo *13. slovensko srečanje o uporabi fizike* (o njem bomo poročali posebej) in *3. slovensko srečanje matematikov raziskovalcev*.

Na društvenem strežniku, kjer se prijavljajo učitelji, je bilo uradno prijavljenih 180 udeležencev, vseh skupaj (z raziskovalci, fiziki in matematiki, predavatelji, častnimi člani in povabljeni) pa nas je bilo okoli 350.

Povzetke in razporede predavanj, razen za srečanja o uporabi fizike, smo že sredi oktobra objavili na domači strani društva.

Letošnji bilten strokovnega srečanja je posvečen tudi praznovanju 60-letnice DMFA Slovenije, ki je potekalo pod skupnim naslovom „**0 do  $\infty$** “. V prvem delu smo objavili obsežnejši zgodovinski pregled delovanja društva od leta 1949–2009, pripravil ga je Milan Hladnik, in pregled delovanja nekaterih podružnic: Celja (napisal Stanislav Pirnat), Novega mesta (zapisal Dušan Modic) in Kopra (napisala Eda Okretič - Salmič). O štiridesetih letih računalništva na slovenskih šolah je kratek zapis prispeval Izidor Hafner, o MARS-u (MATematično Raziskovalno Srečanje za srednješolce) pa je pisal Boštjan Kuzman.

Vemo, da marsikatera dejavnost društva sploh ni omenjena. Zato vabimo in prosimo vse člane, da nam pomagajo pri zapolnitvi vrzeli v orisu našega dela v preteklosti.

Vsi udeleženci so letos poleg že omenjenega biltena prejeli še društveni koledar za leto 2010 na temo *od 0 do  $\infty$* .

Ker so povzetki predavanj objavljeni tako na spletni strani kot v biltenu, naj navedemo le predavatelje in naslove predavanj v enakem vrstnem redu, kot so predavali:

### Petek, 6. novembra 2009

#### Fizika:

- Mojca Čepič, Ana G. Blagotinšek, Boris Horvat, Iztok Kavkler, Matija Lokar, Primož Lukšič, Alen Orbanič, Jerneja Pavlin, Katarina Susman idr.: *Projekt NAUK – e-gradiva iz fizike za osnovne šole*
- Gorazd Planinšič, Sergej Faletič, Peter Gabrovec, Boris Horvat, Iztok Kavkler, Matija Lokar, Primož Lukšič, Timotej Marošević, Aleš Mohorič, Alen Orbanič idr.: *Projekt NAUK – e-gradiva iz fizike za srednje šole*
- Robert Repnik: *Razvoj naravoslovnih kompetenc – predstavitev projekta in dosedanjih ter pričakovanih rezultatov*
- Tomaž Kranjc: *O pokrovčku astronavta Leonova*
- Barbara Rovšek: *Enostavne sončne ure*
- Dalibor Šolar: *Projektor za opazovanje sonca – uporabna naprava pri izbirnih predmetih iz astronomije v osnovni šoli*
- Sonja Jejčič: *Opazovanje protuberanc v različnih valovnih dolžinah*
- Mitja Rosina: *Zanimivosti pri popolnem sončnem mrku*
- Mojca Čepič: *Ali je mogoče prikazati pojave ob Sončevem mrku tudi, kadar ga ni?*
- Janez Strnad: *Fizika in astronomija*
- Andreja Gomboc: *Izbruhi žarkov gama – kaj vemo o najmočnejših eksplozijah v vesolju?*
- Boris Kham: *Moje zvezdarne – Pavel Kunaver, pionir slovenske amaterske astronomije*

Stane Arh je imel v predavalnici postavljen verižni eksperiment, ki so si ga lahko udeleženci približe ogledali med odmori, dogajanje pa je popestril tudi video posnetek.

#### Matematika v osnovni šoli:

- Silva Kmetič: *Kaj pomeni nekaj razumeti?*
- Jerneja Bone in Nevenka Colja: *Uporaba številskega traku pri pouku matematike v luči fleksibilnega predmetnika*
- Damjan Kobal: *Najpomembnejši didaktični pripomoček*
- Nada Razpet: *GeoGebra, sence in matematika*

- Tatjana Hodnik Čadež in Vida Manfreda Kolar: *Didaktična sredstva kot dejavnik pouka matematike na razredni stopnji*
- Sonja Rajh: *Igre pri pouku matematike v OŠ*
- Milena Strnad: *Učna sredstva pri matematiki, opora, pomoč in dileme*
- Izidor Hafner, Primož Lukšič idr.: *Projekt NAUK – e-gradiva iz logike*
- Izidor Hafner: *Poliedrske konstrukcije pri pouku prostorske geometrije*
- Zlatan Magajna: *Učni pripomočki za razumevanje matematike in intelektualna poštenost*
- Nada Razpet: *Uporaba vrtljive zvezdne karte*

### Matematika v srednji šoli:

- Mira Jug Skledar: *Priprava nalog za ustni del poklicne mature: izziv ali nočna mora*
- Mojca Suban Ambrož: *Nekateri vidiki uporabe tehnologije pri pouku matematike in pri poklicni maturi iz matematike*
- Marko Razpet: *Učni pripomočki pri matematiki*
- Lovro Dretnik: *Uporaba programov Derive in Graph na ustnem izpitu poklicne mature iz matematike*
- Boris Horvat idr.: *Odprtokodna orodja so korak v pravo smer pri upravljanju z e-gradivi*
- Tine Golež in Gregor Bregar: *Prispevek za bolj realistično matematiko*
- Izidor Hafner: *Računalnik in pouk matematike (Demonstrations Project)*
- Damjan Kobal: *Najpomembnejši didaktični pripomoček*
- Dušan Modic: *Ni težko konstruirati trikotnika*
- Maja Alif: *O življenju na MARS-u 2009*
- Klavdija Kutnar: *Kako mlade navdušiti za matematiko*

### Matematiki raziskovalci:

#### Sveže

- Iztok Banič: *Inverzne limite inverznih zaporedij z navzgor polzvezdnimi večličnimi veznimi preslikavami*
- Jure Kališnik: *Nekomutativna diferencialna geometrija*
- Tadeja Kraner Šumenjak: *Nekateri presečni koncepti in invariante v metrični teoriji grafov*
- Primož Lukšič: *Rast v grafih*
- Marko Orel: *Ohranjevalci sosednosti na hermitskih matrikah s koeficienti iz končnega obsega*
- Aljoša Peperko: *O neenakosti za spektralni radij pozitivnih operatorjev na prostorih zaporedij*
- Tadej Starčič: *Baza Steinovih okolice vložene strogo psevdokonveksnega območja in sorodnih objektov*

- Gregor Šega: *Modeli slučajne rasti s pragom*
- Andrej Taranenko: *Elementarni benzenoidni grafi in nad njimi definirani grafi*
- Aleksandra Tepoh: *Posplošitve medianskih grafov in geodetsko število*
- Martin Vuk: *Algebraična integrabilnost konfluentnega Neumannovega sistema*
- Cui Zhang: *Classifying cubis symmetric graphs of order  $6p^3$*

#### Uporabno

- Alen Orbanić in sod.: *Razvoj prototipa novega CAD sistema za arhitekturo*
- Sanja Fidler in sod.: *Učenje in razpoznavanje vizualnih kategorij objektov s hierarhičnim pristopom*
- Borut Jurčič Zlobec: *Izosence*
- Marko Razpet: *Zakon hiperboličnega sekansa*
- Mitja Lakner in Marjeta Škapin - Rugelj: *Kontinuitetna enačba in prometni tok*
- Iztok Kavkler in sod.: *Razvoj algoritma za razvoze na omrežju GIS*
- Boris Horvat: *Dedi – Digitalna enciklopedija naravne in kulturne dediščine*
- Matija Lokar in sod.: *Projekt Nauk [Napredne učne kocke]*

#### Odmevno

- Irena Swanson: *Celostno zaprtje kolobarjev*
- Valéry Romanovsky: *Predstavitev znanstvene monografije V. G. Romanovsky in D. S. Shafer: „The Center and Cyclicity Problems: A computational Algebra Approach“ (Boston-Basel-Berlin: Birkhäuser, 2009)*

### Od 0 do $\infty$ , slavnostna akademija ob 60-letnici DMFA Slovenije

Zvečer je potekala slavnostna akademija *Od 0 do  $\infty$* , za katero je scenarij napisal in jo tudi vodil Boštjan Kuzman. Z matematično indukcijo je dokazal Osnovni izrek društvene analize: „Naj bo  $t$  poljubno leto obstoja DMFA Slovenije in  $D(t)$  množica dogodkov, ki zaznamujejo delo društva pri izbranem  $t$ . Potem  $D(t)$  za noben  $t$  ni prazna.“ Akademija se je pri  $t = 0$  pričela z uvodno besedo voditelja in nadaljevala z glasbeno točko. Zaradi odsotnosti predsednika društva, Janeza Seligerja smo nato prebrali njegov pozdravni govor. In že je bila tu točka  $t = 1$ . Po kratkem časovnem pregledu Boštjana Kuzmana in seveda glasbeni točki je sledil kratek oris starejše zgodovine DMFA Slovenije. Po  $t \rightarrow t + 1$  in glasbeni točki pa še novejša zgodovina društva, in že smo bili pri današnjem času, to je  $t = 60$ . Glasbi je sledilo voščilo častne članice Martine Koman. Voščila so poslali tudi: Janez Strnad, Dušan Modic, Darko Jamnik, Jože Grasselli, Jožica Doljenšek in Ivan Vidav, objavljena so bila na panojih v preddverju dvorane

Jupiter. Nato nas je nagovorila gospa Alenka Kovšca, državna sekretarka na Ministrstvu za šolstvo in šport. Podeljeno je bilo prvo letošnje društveno priznanje Goranu Iskriču. Sledil je nagovor dr. Mete Dobnikar, vodje sektorja za visoko šolstvo na Direktoratu za visoko šolstvo (podelila je tudi nagrado za odgovor na vprašanje: Na kaj lahko vedno računamo? Odgovor: na prste), in še druga podelitev priznanja Tomažu Parovelu. Po glasbeni točki in zahvalah prejemnikov priznanj je bil čas za pogled v neskončnost ( $t \rightarrow \infty$ ) ali, z drugimi besedami, v načrte za prihodnost. Akademija se je končala z glasbenimi točkami. Glasba je bila poglavje zase. Janez Dovč, ki je igral na harmoniko, in Boštjan Gombač, ki je igral na bodhran, klarinet, nizko piščal, pojočo žago, theremin in seveda uporabljal tudi glas, sta pričarala nepozabno doživetje, kar so potrdili tudi buren aplavz in zahteve po dodatkih.

Naj omenimo, da so se našemu vabilu odzvali tudi mag. Vinko Logaj, generalni direktor Direktorata za srednje in višje šolstvo, gospod Boris Černilec, generalni direktor Direktorata za vrtce in osnovno šolstvo, dekan Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani dr. Andrej Likar ter prodekana omenjene fakultete dr. Janez Mrčun in dr. Tomaž Zwitter.

Večer smo sklenili s predavanjem *Marice Kamplet* o opazovanju nočnega neba. Predvideno je bilo, da bomo opazovali nočno nebo s teleskopom in prostim očesom, pa nam je to preprečilo slabo vreme. Kljub temu (in poznim uram seveda) je bilo predavanje navdušene amaterske astronomke dobro obiskano in toplo sprejeto.

### Sobota, 7. novembra 2009

Dopoldne smo najprej poslušali vabljeni predavanji. **Denis Arčon**, ki je prejel Zoisovo nagrado za vrhunske znanstvene in razvojne dosežke na področju fizike, je imel predavanje z naslovom *Od fulerenov do ogljikovih nanocevk ali kako se je začela doba nanotehnologije*. Aktualna tema in način podajanja sta pritegnila poslušalce, zato je predavanju sledila tudi zanimiva diskusija.

Po kratkem odmoru je **Izidor Hafner**, prejemnik Žagarjeve nagrade za posebno uspešno vzgojno-izobraževalno, inovacijsko in organizacijsko delo v visokem šolstvu, govoril o **rombskih poliedrih**. S konkretnimi zgledi (sestavljenimi modeli in računalniškimi slikami) smo spoznavali različne poliedre in njihove lastnosti.

Popoldne smo nadaljevali program v dveh sekcijah.

#### Matematika:

- Lucijana Kračun Berc: *Uporaba družabnih iger pri pouku matematike (1. del)*
- Helena Skaza Birk: *Uporaba družabnih iger pri pouku matematike (2. del)*
- *Vabilo na matematični seminar in razgovor*

### **Fizika:**

- Tomaž Zwitter: *Sestava in nastanek Rimske ceste*
- Rok Vodmar: *Slovenska astronomska zveza*
- Luka Bole, Jaka Banko, Dalibor Šolar: *Fizikalni poskusi – plini in tlak*

Kljub popoldanskim uram je bilo na vsakem predavanju navzočih več kot 50 udeležencev.

### **Spremljevalne dejavnosti**

V preddverju dvorane Jupiter so bili razstavljeni tudi plakati. Na dveh plakatih z naslovom **Pomembni dogodki in uspehi** smo predstavili nekatere dogodke iz zgodovine društva. **Spominska obeležja najzaslužnejšim** so s sliko in besedo spomnila na obeležja naših matematikov in fizikov, s plakatom **Matematična tekmovanja v organizaciji DMFA Slovenije in Fizikalna tekmovanja v organizaciji DMFA Slovenije** pa smo na kratko predstavili tekmovalna dogajanja. Prve štiri plakate so pripravili: Marko Razpet, Milan Hladnik in Nada Razpet, zadnja dva pa Matjaž Željko.

Poster z naslovom **Predstavitev društva DMFA Koper in njegovega delovanja na področju astronomije** sta pripravila Dean Šopič in Tomaž Parovel.

Karel Šmigoc je ob vhodu hotela razstavil **navpično sončno uro** in tako udeležence spomnil, da za dežjem vedno posije sonce.

### **61. občni zbor DMFA**

Ker je bilo ob 10.50 navzočih manj kot polovica članov DMFA Slovenije, se je občni zbor v skladu s 16. členom Pravil DMFA Slovenije pričel ob 11.20.

V delovno predsedstvo so bili izvoljeni: predsednik Mitja Rosina, članici Jožica Dolenšek in Barbara Rovšek, zapisnikar Janez Krušič. Overovatelj a zapisnika sta bila Janez Strnad in Milan Hladnik.

Delovni predsednik je pozdravil navzoče in še posebej častnega člana Dušana Modica, ki je bil na zboru edini udeleženec ustanovnega sestanka društva leta 1949 v Ljubljani.

Z minuto molka smo se poklonili spominu na člana, preminula v preteklem letu: Franca Avsca in Staneta Indiharja.

Poročila o delu društva, ki so bila objavljena v biltenu 61. občnega zbora, so bila sprejeta brez razprave.

O prvem **tekmovanju v znanju astronomije** je poročal Matjaž Željko. Tekmovanje bo v decembru potekalo na dveh ravneh: (1) šolsko tekmovanje za bronasto priznanje za osnovnošolce (enotna tekmovalna skupina za 7., 8. in 9. razred) in srednješolce (ena tekmovalna skupina za 1. in 2. letnik; ena tekmovalna skupina za 3. in 4. letnik), (2) državno tekmovanje za zlato priznanje za osnovnošolce in srednješolce.

Po krajši razpravi o primernosti tekmovanja v decembru je prevladalo mnenje, da je to verjetno najprimernejši termin. V mesecih od januarja do

aprila poteka večina drugih tekmovanj in je nemogoče v ta čas uvrstiti še novo tekmovanje. Tekmovanja v znanju na splošno niso neposredno vezana na učne načrte in zato prva polovica šolskega leta ni prevelika ovira. Razmisliti je treba tudi o praktičnem delu na državnem tekmovanju, ki bo zato odvisno od vremenskih razmer in ne bo vezano na vnaprej določen dan.

Potrjen je bil tudi predlog upravnega odbora, da prijavnina na prvi stopnji tekmovanj iz matematike, fizike ter astronomije ostaja 1,20 EUR za udeleženca.

Mitja Rosina je opozoril, da je Plemljeva hiša še vedno premalo izkoriščena. Čim prej je treba poiskati društvenega skrbnika hiše, ki bi bil z Bleda ali bližnje okolice. Naj spomnimo, da bo v kratkem hiša dobila zmogljivo optično povezavo na internet.

Dušan Modic je opozoril, da je treba v društvo privabiti čim več mladih: študentov in srednješolcev.

O sklepih nadzornega odbora je poročal Mitja Rosina. V delu upravnega odbora do občnega zbora niso ugotovili nepravilnosti. Računovodsko in poslovno poročilo DMFA Slovenije za leto 2008 je bilo soglasno sprejeto brez razprave.

V skladu s Pravili DMFA Slovenije je postala nova članica upravnega odbora Mirjana Jesenek - Mori, tajnica komisije za tekmovanje v znanju astronomije. Sašo Kožuh je prosil za zamenjavo; na mestu tajnika za popularizacijo fizike v osnovni šoli ga je nadomestila Barbara Rovšek.

Poljudnoznanstveni koledar DMFA Slovenije za leto 2010 je predstavil Matjaž Željko: 12 slavnih astronomov, fizikov in matematikov je predstavljениh z naraščajočim zaporedjem (od 0 do  $\infty$ ) realnih števil, ki karakterizirajo njihovo delo. Dela znanstvenikov sta v koledarju opisala Janez Strnad in Matjaž Željko. Pripravo in natis koledarja je sofinanciralo Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo prek programa Promocija znanosti 2008 in 2009.

Strokovno srečanje in 62. občni zbor bosta v prvi polovici novembra 2010 v Portorožu (Hoteli LifeClass). Tema strokovnega srečanja bo na predlog udeležencev *Matematika in fizika v tehniki*. Za naslednje izobraževalne seminarje so predlagane teme: praštevila, eksperimenti pri fiziki, glasba in fizika.

Občni zbor se je končal ob 12.15.

Obema nagrajencema čestitamo. Vsem predavateljem hvala, ker ste pomagali pripraviti prijetno in poučno srečanje. Zahvaljujemo se študentkama Kristini Gornik in Anji Šmid, Jelki Hladnik, Luciji Željko ter vsem, ki ste pomagali pri organizaciji ter uspešni izvedbi srečanja in občnega zbora.

Na svidenje v Portorožu!

*Pripravila Nada Razpet in Janez Krušič*

## PREJEMNIKA DRUŠTVENIH PRIZNANJ ZA LETO 2009

### Goran Iskrič

Goran Iskrič je zaposlen kot laborant na Oddelku za fiziko in tehniko Pedagoške fakultete Univerze v Ljubljani. Skrbi za eksperimentalne zbirke, pripravlja eksperimente za predavanja. Pomaga pri izvedbi laboratorijskih vaj iz didaktike fizike in naravoslovja. Študentje pri njem najdejo nasvete za predstavitev seminarjev in izvedbo poskusov pri pripravah za nastope na šolah. Nepogrešljiv je pri pripravah in izvedbah državnih tekmovanj iz fizike za osnovnošolce.

Vzdržuje obsežne spletne strani, kjer lahko učitelji najdejo nasvete za izvajanje eksperimentov za dopolnitev in popestritev učnih ur, naravoslovnih dni in krožkov. Učiteljem zna predstaviti ne le nov in inovativen način uporabe že znanih pripomočkov, ampak tudi konstruirati nova preprosta uporabna učila, ki prispevajo k boljši in lažji izvedbi eksperimentov.

Goran je tudi navdušen fotograf, ki vestno dokumentira eksperimentalno delo na oddelku, lastne postavitve poskusov, zasleduje zanimive pojave v naravi in sodeluje kot fotograf pri pripravi različnih gradiv. Njegove fotografije so del učbenikov za osnovno šolo (naravoslovje, fizika), objavljene so v slovenskih revijah za naravoslovje in fiziko, najdemo jih tudi v mednarodnih publikacijah. Leta 2005 je prejel prvo nagrado za naravoslovno fotografijo, ki jo je podelila Slovenska znanstvena fundacija za izvirno postavitev modela daljnovidnega in kratkovidnega očesa.

Goran se vedno hitro odzove na prošnje študentov, bodočih učiteljev fizike in sodelavcev ter z veseljem pomaga vsem, ki se nanj obrnejo po pomoč.

### Tomaž Parovel

Tomaž Parovel je svojo pedagoško pot začel kot učitelj matematike, fizike in računalništva na OŠ Dekani pri Kopru. Sedaj poučuje na OŠ Koper. Poleg rednega pouka vodi v šoli več interesnih dejavnosti s področja fizike (fizični praktikum, astronomijo in meteorologijo) in tako učence še dodatno spodbuja k učenju. Uspešno jih pripravlja na tekmovanja v znanju fizike in kot mentor vzpodbuja pri izdelavi raziskovalnih nalog. Pomaga tudi pri organizaciji področnih tekmovanj v znanju fizike ter vrednotenju tekmovalnih nalog. Sodeluje tudi pri vrednotenju nacionalnega preverjanja znanja iz fizike.

Aktiven je pri projektih v šoli in zunaj nje. Letos je veliko časa posvetil astronomiji. V okviru projekta *100 ur astronomije* je organiziral tri javna opazovanja v koprski občini in tako omogočil pogled skozi teleskop več kot 400 osebam.

Aktivno sodeluje tudi pri projektu izobraževanja in dela z nadarjenimi učenci v osnovnih šolah koprške občine.

*Pripravili Lucijana Kračun Berc in Nada Razpet*



# TEMNA SNOV: RAZISKAVE NEVIDNEGA V DVEH KOZMOLOŠKIH SUPERPOSPEŠEVALNIKIH „IZSTRELEK“ 1E0657–56 IN MACSJ0025.4–1222

MARUŠA BRADAČ

University of California  
Davis, ZDA

PACS: 95.35.+d, 98.65.Cw, 98.65.Fz

Jata galaksij 1E0657–56 je ena izmed najbolj raziskanih jat galaksij. Na prvi pogled je bila to čisto navadna jata galaksij, sestavljena iz galaksij, vročega plina in, kot so astronomi ugotovili za jato Coma že leta 1933 [1], tudi iz temne snovi. Nova opazovanja z vesoljskima teleskopoma Chandra in Hubble pa so odkrila, da vidimo dve ogromni jati galaksij, ki sta trčili pred približno  $10^8$  leti. Gost oblak plina ima po trku obliko naboja, po kateri je jata dobila ime Izstrelek (v angleščini „Bullet Cluster“). Prav s to jato smo lahko astronomi prvič tudi izmerili lastnosti temne snovi. Trk jat je povzročil, da se je plin, ki ima velik sipalni presek (se obnaša kot plazma) upočasnil. Galaksije, ki zavzemajo majhen volumen, pa med sabo ne interagirajo, zato skoraj nemoteno preživijo takšen trk. Temna snov, kot bomo pokazali kasneje, se prav tako ni upočasnila. Ker je difuzno porazdeljena, smo ugotovili, da reagira drugače kot navadna snov in ima majhen ali ničelni sipalni presek za sipanje na temni snovi in tudi na navadni snovi. To pa ni edina jata galaksij, s katero raziskujemo lastnosti temne snovi. Jata MACS J0025.4–1222 je prav tako posledica trka dveh jat galaksij, s katero smo potrdili rezultate o obstoju in majhnem sipalnem preseku temne snovi.

## DARK MATTER: REVEALING THE INVISIBLE WITH 2 COSMIC SUPERCOLLIDERS “THE BULLET CLUSTER” 1E0657–56 AND MACSJ0025–1222

The cluster of galaxies 1E0657–56 (The Bullet Cluster) has been the subject of intense research in the last few years. On a first glance this is an ordinary cluster of galaxies, whose main components are galaxies, hot gas, and as the astronomers first discovered in 1933 from observations of the Coma cluster, also dark matter. New observations with Hubble Space Telescope (HST) and Chandra Space Telescope have revealed, that 1E0657–56 consists of two clusters of galaxies that collided approximately  $10^8$  years ago. Dense and hot gas acquired a shape of a bullet after the merger, earning it the nickname “The Bullet Cluster”. The collision of both clusters has caused the hot gas, which behaves like a plasma, to interact and slow down. Galaxies, on the other hand, span a relatively small volume and are effectively collisionless, hence they survived the collision almost undisturbed. We will show, that dark matter, just like galaxies did not slow down either. However, since the latter is smoothly distributed, we discovered that it has a small or zero dark matter-dark matter and dark matter-baryons scattering cross-section. In addition, recently we have discovered a new Bullet-like cluster, MACSJ0025–1222. This cluster exhibits many similar properties to the Bullet Cluster, and we have confirmed the result of the existence and small scattering cross-section of dark matter.

## 1. Uvod

Trenutno najbolj uveljavljen kozmološki model  $\Lambda$ CDM vsebuje kozmološko konstanto ( $\Lambda$ ) in t. i. hladno temno snov (Cold Dark Matter). To pomeni, da so delci temne snovi masivni in se zato gibljejo nerelativistično (so „hladni“) vse od takrat, ko so nastale prve galaksije, do danes. Kozmološko konstanto je prvič vpeljal Einstein, da bi dosegel statičnost vesolja. Kasneje jo je poimenoval za svojo največjo neumnost, danes pa z majhno kozmološko konstanto razložimo pospešeno širjenje vesolja. Ta članek govori le o temni snovi, več o kozmološki konstanti in modelih si lahko preberete v odlični knjigi prof. Janeza Strnada [2].

Model temne snovi privzema, da delci temne snovi ne interagirajo ali le zanemarljivo šibko interagirajo med sabo in z delci navadne snovi. Ta teorija nam tudi da zelo natančne napovedi za lastnosti galaksij in jat galaksij, ki jih z opazovanji vseskozi preverjamo. Opazovanja se odlično ujemajo s teorijo pri lastnostih velikih struktur (jate galaksij, superjate, kozmološka mreža). Več težav pa je pri opazovanjih galaksij. Domnevamo, da imamo dve šibki točki. Simulacije predvidevajo nastanek  $\sim 100$ – $1000$  satelitov okoli vsake galaksije, medtem ko jih okoli Rimske ceste vidimo le 23 [3]. Druga kritična točka je, da simulacije predvidijo zelo strm masni profil v galaksijah, opazovanja pa kažejo, da morda ni tako. Zaradi teh spoznanj so astronomi začeli razmišljati, da temna snov morda ni hladna in da nima zanemarljivega sipalnega preseka [4]. Npr. v modelu, kjer temna snov interagira sama s seboj, se centralni deli galaksij segrejejo pri formaciji in zato imajo vsaj na začetku manjšo gostoto v središču. Zaradi interakcij je tudi otežen nastanek satelitov, kar bi rešilo oba problema.

Z gravitacijskim lečenjem pa lahko te modele preizkusimo. Gravitacijsko lečenje nam omogoča, da izmerimo porazdelitev mase ne glede na to, ali sveti ali ne. Z meritvijo masne porazdelitve v jatah galaksij, kot sta 1E0657–56 in MACS J0025.4–1222, lahko ugotovimo, kako se temna snov odziva na trke in s tem izmerimo njene lastnosti pred popolnim zagonom pospeševalnika LHC. Upajmo, da nam bo ta prinesel dokončen odgovor o lastnostih, kot je masa delca temne snovi.

## 2. Jata galaksij Izstrelek ali 1E0657–56

Jata galaksij 1E0657–56 je ena najbolj vročih in najbolj rentgensko svetlih jat galaksij, kar jih poznamo. Jata ima rdeči premik  $z = 0,296$ , odkrita je bila leta 1995 [5] in od takrat je bila predmet mnogih opazovanj. Med bolj pomembnimi omenimo opazovanja z rentgenskim teleskopom Chandra, s katerim opazujemo vroč plin [6]. Ta opazovanja so nam pokazala, da sta jata trčili. Opazili smo značilni „bow shock“ (ukrivljen udarni val), ki je po-

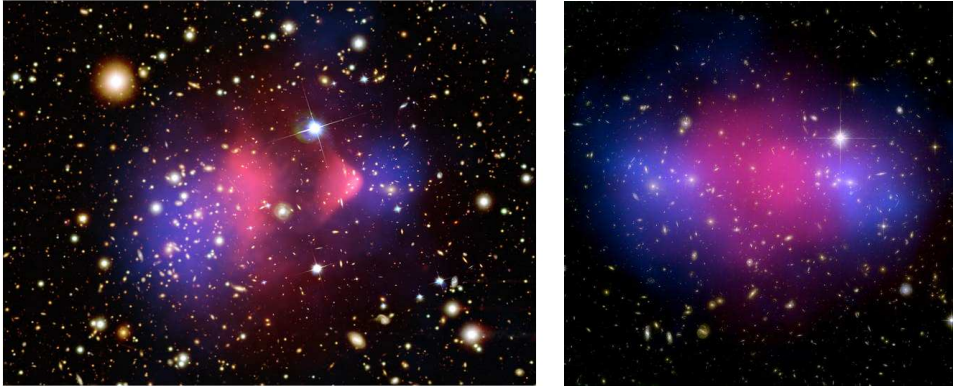
sledica potovanja gostega plina ene jate skozi manj gost plin druge jate. Na levi sliki z naslovnice se ta oblika zelo lepo vidi (rdeča barva) in spominja na izstrelek. Ta jata galaksij je zato tudi odličen laboratorij, s katerim proučujemo hidrodinamiko interakcij. Chandrina opazovanja pa so odkrila tudi Machovo valovno čelo, ki nam pove, da sta jati trčili z nadzvočno hitrostjo. Z Rankine-Hugoniotovo enačbo lahko določimo Machovo število  $M$ :

$$M = \frac{v}{c_s} = \left[ \frac{2r}{\gamma + 1 - r(\gamma - 1)} \right]^{1/2}, \quad (1)$$

kjer je  $v$  hitrost plina,  $c_s$  hitrost zvoka v plinu (pred valovnim čelom),  $r = \rho_1/\rho_0$  opisuje spremembo gostote (0 pomeni pred, 1 pa za valovnim čelom), in  $\gamma$  je adiabatni indeks ( $\gamma = 5/3$  za monoatomni plin). Chandrina opazovanja nam omogočajo meritve gostote in temperature plina, in tako so avtorji članka [6] izmerili  $r = 3,2 \pm 0,8$  in s tem Machovo število  $M = 3,4_{-0,6}^{+0,8}$ . Ker lahko izmerimo temperaturo plina in s tem hitrost zvoka v plinu, lahko izmerimo hitrost (transverzalno), s katero se plin giblje; za 1E0657–56 le-ta znaša  $4500_{-800}^{+1100}$  km/s. Ta hitrost je izjemno visoka, višja od ocenjene ubežne hitrosti (ob predpostavki sferne simetrije, ki je v tem primeru zelo groba) in so jo nekateri imeli za enega od problemov kozmološkega modela  $\Lambda$ CDM. Natančne simulacije so pokazale, da se manjša jata (galaksije + temna snov) giblje počasneje kot plin (ta je pospešen zaradi gravitacije manjše jate) in tako se težišči jat v resnici oddaljujeta s hitrostjo  $\sim 2700$  km/s [7], kar je v skladu z napovedjo modela  $\Lambda$ CDM. S spektrogramom so tudi izmerili radialno hitrost obeh jat [8]. Razlika radialnih hitrosti obeh jat je majhna  $\ll 800$  km/s v primerjavi s transverzalno, kar nam pove, da sta obe jati trčili skoraj pravokotno na našo smer opazovanja ( $< 15^\circ$ ).

Prav zaradi te lastnosti je ta jata galaksij eden najboljših laboratorijev za raziskovanja lastnosti temne snovi (in jo astronomi včasih imenujemo kozmološki superpospeševalnik). Z vesoljskim teleskopom Hubble smo dobili slike te jate tudi v vidni svetlobi. Slike so nam razkrile mnoge popačitve, ki so nastale zaradi gravitacijskega lečenja. Zaradi gravitacijskega potenciala jate galaksij se namreč pot svetlobe galaksij, ki so v ozadju jate, ukrivi. Če so te popačitve majhne (šibko lečenje), se slika galaksije (majhna elipsa) preslika v elipso. Ker ne vemo, kakšna je bila galaksija videti pred lečenjem, nam ena slika ne da nobene informacije. Če pa imamo mnogo takih galaksij, se večina elips zavrti v preferenčno smer, in tako lahko statistično izmerimo lastnosti gravitacijskega potenciala in s tem porazdelitev mase jat galaksij.

Blizu masnega središča jate galaksij pa je lečenje dovolj močno, da se svetloba od galaksije v ozadju močno ukrivi. Tudi možnih poti svetlobe je več (preslikava ni enolična). V tem primeru dobimo več (popačenih) slik iste galaksije in govorimo o močnem lečenju. Že ime nam pove, da je signal



**Slika 1.** Posnetka jat galaksij Izstrelek 1E0657–56 (levo) in MACS J0025.4–1222 (desno). Obe jati sta sestavljeni vsaka iz dveh jat galaksij, ki smo jih ujeli kmalu po trku. Na barvnih posnetkih (na naslovnici) sta dodani še modra in rdeča barva, kjer **modra** barva predstavlja dvodimenzionalno gostoto vse snovi (tudi temno snov), izmerjeno s pomočjo gravitacijskega lečenja, **rdeča** barva pa prikazuje glavno komponento barionske snovi, vroč plin. Sliki merita  $\sim 5 \times 3$  in  $\sim 3 \times 3$  ločnih minut, kar je  $1200 \times 700 \text{ kpc}^2$  pri 1E0657–56 in  $1200 \times 1200 \text{ kpc}^2$  pri jati MACS J0025.4–1222 (ki ima večji kozmološki rdeči premik in je zato bolj oddaljena). Levo: NASA/CXC/CfA/STScI/Magellan [10, 12], desno: NASA/CXC/STScI/Stanford/UCSB/ [12].

močnejši, in tako lahko še bolj natančno izmerimo porazdelitev temne in barionske snovi. Lečenje izmeri dvodimenzionalno gostoto. Z obema lečenjema (močno lečenje nam da podatke o porazdelitvi mase v masnem središču jate  $\sim 100 \text{ kpc}$ , šibko pa na večjih razdaljah, do roba jate  $\gtrsim 100 \text{ kpc}$ ) smo ob opazovanju jate 1E0657–56 ugotovili, da se središči mase temne in barionske snovi ne ujemata s središči mase barionske snovi same. Pri tem je treba upoštevati, da je barionska snov v jati sestavljena iz vročega plina in galaksij. Vendar, ker so galaksije le majhen del barionske snovi jate ( $\sim 10 \%$ ), je maksimum porazdelitve barionske snovi blizu masnega središča vročega plina. Torej če bi bila jata sestavljena le iz barionske snovi, bi videli maksimum, kjer vidimo plin, toda z lečenjem smo zaznali dva maksimuma, ki sta sovpadala s porazdelitvijo galaksij v obeh jatah [9, 10]. Temna snov pa ni porazdeljena le okoli galaksij, ampak je večinoma relativno enakomerno porazdeljena po celotni jati, manjši del pa sovpada tudi s samimi galaksijami.

Ta jata je nekaj posebnega tudi zaradi geometrije trka. Če bi jati trčili v smeri opazovanja, ne bi mogli videti in izmeriti razlike med barionsko in temno snovjo, saj bi se vsi maksimumi prekrili (lečenje in rentgenska svetloba nam ne dasta informacije o radialnih porazdelitvah). Ker pa sta trčili pravokotno na smer opazovanja, lahko izmerimo razlike porazdelitve temne in barionske snovi in s tem izmerimo lastnosti le-teh.

### 3. Sestrična Izstrelka ali MACS J0025–1222

Prav tako kot 1E0657–56, je tudi MACS J0025.4–1222 posledica trka dveh ogromnih jat galaksij. MACS J0025.4–1222 je še bolj oddaljena od nas (kozмолоški rdeči premik  $z = 0,586$ ) in je bila odkrita v MASSive Cluster Survey (MACS) [11] z optičnimi posnetki (Subaru) in kratkimi Chandrinimi opazovanji. Iskanje podobnih jat galaksij, kot je Izstrelek, smo naredili po naslednjem ključu. Iz kataloga vseh jat galaksij smo najprej izbrali tiste, ki so rentgensko svetle. Z analizo posnetkov v vidni svetlobi smo nato izbrali tiste, ki so sestavljene iz dveh jat galaksij pri enakem rdečem premiku (torej na enaki razdalji od nas in s tem gravitacijsko povezani). Nazadnje smo natančno preučili tiste, katerih središča rentgenske emisije niso sovpadala s središči obeh jat.

MACS J0025.4–1222 se je izkazala kot masivna jata, ki je prav tako nastala ob trku dveh jat pravokotno na smer opazovanja. Z daljšimi Chandrinimi opazovanji smo ugotovili, da središče plina ne sovpada s središčema obeh jat. Iz Hubblovih opazovanj močnega in šibkega lečenja pa smo ugotovili, da imata obe jati približno enako maso [12]. Središči porazdelitve skupne mase sta prav tako kot pri 1E0657–56 sovpadali s središčema porazdelitve galaksij, in obe sta bili ( $> 4\sigma$  verjetnost) oddaljeni od središča glavnine barionske snovi (vroč plin, slika 1). Izmerili smo tudi masne deleže plina in zvezd (galaksij) in ugotovili, da je masa plina v primerjavi s celotno maso  $0,09^{+0,07}_{-0,03}$ , pri zvezdah je ta delež mnogo manjši  $0,010^{+0,007}_{-0,004}$ , kar se ujema s trditvijo, da je razmerje mase galaksij in plina majhno (11 %) in kar so tudi tipične vrednosti, ki jih izmerimo pri drugih jatah galaksij. Manjkajoči in največji delež mase je tako temna snov.

Sklepamo lahko, da sta tudi ti dve jati trčili z veliko hitrostjo. Žal nam količina trenutnih Chandrinih opazovanj (38 ks, medtem ko smo 1E0657–56, ki je bližje, opazovali kar 500 ks) ne omogoča opazovanja valovnega čela in s tem meritve Machovega števila. Vendar vemo, da je morala biti hitrost nadzvočna ali vsaj blizu le-te, saj drugače ni mogoče, da bi plin tako močno interagiral, da bi videli razmik med plinom in galaksijami (ter temno snovjo). Je pa MACS J0025.4–1222 malce drugačen sistem kot 1E0657–56. Pri 1E0657–56 je šlo za trk gostega, hladnega plina, ki je prodril skozi redkejši vroč plin. Zato vidimo značilno obliko izstrelka (prav tako, kot je izstrelek mnogo gostejši od zraka). Jate galaksij, ki imajo gost, hladen plin v središču, so manj pogoste ( $\sim 10$  % vseh jat), saj potrebujejo čas med dvema trkoma, da se plin ohladi. Pri MACS J0025.4–1222 pa je šlo za trk dveh jat z vročim plinom v središču, in zato ne vidimo značilne oblike naboja. To pa seveda ne pomeni, da ni bil trk prav tako eksploziven.

#### 4. Potrditev obstoja in lastnosti temne snovi

Opazovanja velike količine snovi na mestih, kjer je masa barionske snovi zanemarljivo majhna, so nam potrdila teorijo o obstoju temne snovi. Zaradi idealne geometrije in velike hitrosti, s katero sta jati trčili, pa nam ta teorija pove še nekaj več.

Ko dve jati trčita z veliko hitrostjo, se vroč plin upočasni, saj ima velik sipalni presek za interakcijo plin-plin. Galaksije same pa so zelo redko porazdeljene po prostoru (volumen galaksij je dosti manjši od volumna celotne jate), zato tak trk preživijo skoraj nemoteno. Ugotovili smo, da to velja tudi za temno snov, kar pomeni, da mora imeti tudi ta majhen presek za sipanje temna snov-temna snov, in pa tudi temna snov-barionska snov. S simulacijami smo tako lahko postavili zgornjo mejo tega preseka na enoto mase delca temne snovi [13].

Pri 1E0657–56 nam simulacije dajo zgornjo mejo (68 % verjetnost)  $\sigma/m < 0,7 \text{ cm}^2/\text{g} = 1,3 \text{ barn}/\text{GeV}$ . Pri MACS J0025.4–1222 smo ocenili to vrednost (simulacije bodo sledile, ko obdelamo najnovejše Chandrine meritve, ki nam bodo dale odgovor o dejanski hitrosti trka) na  $\sigma/m < 4 \text{ cm}^2/\text{g} = 7 \text{ barn}/\text{GeV}$  [12]. Te vrednosti so veliko večje od večine napovedi modelov temne snovi, ki jih predpostavlja fizika osnovnih delcev (tam so predvideni sipalni preseki  $\lesssim \text{pbarn}$ ). Kljub temu so naše meritve zanimive, ker lahko sploh prvič izmerimo sipalni presek za interakcijo temna snov-temna snov. Zraven tega pa že omejuje večino kozmoloških modelov, ki so bili vpeljani kot možna razlaga problemov  $\Lambda\text{CDM}$ . Modeli, ki preprečijo preveliko nastajanje malih struktur in strmih profilov v galaksijah, zahtevajo vrednosti  $\sigma/m < 0,5 - 5 \text{ cm}^2/\text{g} = 1 - 10 \text{ barn}/\text{GeV}$  [14].

Ta opazovanja pa ovržejo še eno vrsto modelov. Da bi razložil lastnosti galaksij brez vpeljave temne snovi, je Milgrom [15] prilagodil Newtonov gravitacijski zakon (modificirana Newtonova dinamika MOND). Bekenstein [16] je ta opis razširil, da se sklada s splošno teorijo relativnosti. Preprosto povedano, ti modeli razložijo „dodatno“ gravitacijo (razlog, da imajo galaksije večjo gravitacijsko silo, kot pa bi sklepali samo na podlagi mase v zvezdah in plinu pri običajnem gravitacijskem zakonu) s spremenjenim gravitacijskim pospeškom pri majhnih pospeških (velikih razdaljah). Ampak pri jatah galaksij ti modeli odpovedo. Rešiti se jih da le z dodatno snovjo, ki ima maso vsaj 2,4-krat večjo kot barionska snov. Z „navadno“ snovjo, kot so npr. nevtrini z maso, težko dosežemo to vrednost, saj so nevtrini fermioni in zanje velja Paulijevo izključitveno načelo. Zaradi tega z njimi ne moremo doseči velikih gostot, ki jih merimo v središčih teh jat. Pri jatah, kot sta 1E0657–56 in MACS J0025.4–1222, pa pride do nove težave. Središče barionske snovi je blizu središča vročega plina. Če bi držal MOND (brez dodatne temne snovi), bi masno središče moralo biti blizu središča vročega

plina. Z gravitacijskim lečenjem pa izmerimo, da ti središči ne sovpadata. V tem primeru bi morali ne samo spremeniti vrednost gravitacijskega pospeška, ampak tudi smer gravitacijske sile. Prav zaradi tega modeli brez temne snovi do danes niso zadovoljivo razložili meritev gravitacijskega lečenja v 1E0657–56 in MACS J0025.4–1222.

## LITERATURA

- [1] F. Zwicky, *Die Rotverschiebung von extragalaktischen Nebeln*, Helv. Phys. Acta **6** (1933), str. 110–127.
- [2] J. Strnad, *Mala zgodovina vesolja*, Knjižnica Sigma 85, DMFA–založništvo, 2008.
- [3] A. V. Kravtsov, *Dark matter substructure and dwarf galactic satellites*, arXiv: 0906.3295v1, junij 2009.
- [4] J. P. Ostriker in P. Steinhardt, *New Light on Dark Matter*, Science **300** (2003) 5627, str. 1909–1913.
- [5] W. H. Tucker, H. Tananbaum in R. A. Remillard, *A search for 'failed clusters' of galaxies*, Astrophys. J. **444** (1995), str. 532–547.
- [6] M. Markevitch, A. H. Gonzalez, L. David, A. Vikhlinin, S. Murray, W. Forman, C. Jones in W. Tucker, *A Textbook Example of a Bow Shock in the Merging Galaxy Cluster 1E 0657–56*, Astrophys. J. Lett. **567** (2002) 1, str. L27–L31.
- [7] V. Springel in G. R. Farrar, *The speed of the 'bullet' in the merging galaxy cluster 1E0657–56*, Mon. Not. R. Astron. Soc. **380** (2007) 3, str. 911–925.
- [8] R. Barrena, A. Biviano, M. Ramella, E. E. Falco in S. Seitz, *The dynamical status of the cluster of galaxies 1E0657–56*, Astron. Astrophys. **386** (2002) 3, str. 816–828.
- [9] M. Bradač, D. Clowe, A. Gonzalez, P. Marshall, W. Forman, C. Jones, M. Markevitch, S. Randall, T. Schrabback in D. Zaritsky, *Strong and weak lensing united. III. Measuring the Mass Distribution of the Merging Galaxy Cluster 1ES 0657–558*, Astrophys. J. **652** (2006) 2, str. 937–951.
- [10] D. Clowe, M. Bradač, A. H. Gonzalez, M. Markevitch, S. W. Randall, C. Jones in D. Zaritsky, *A Direct Empirical Proof of the Existence of Dark Matter*, Astrophys. J. Lett. **648** (2006) 2, str. L109–L113.
- [11] H. Ebeling, E. Barrett, D. Donovan, C.-J. Ma, A. C. Edge in L. van Speybroeck, *A Complete Sample of 12 Very X-Ray Luminous Galaxy Clusters at  $z > 0.5$* , Astrophys. J. Lett. **661** (2007) 1, str. L33–L36.
- [12] M. Bradač, T. Schrabback, T. Erben, M. McCourt, E. Million, A. Mantz, S. Allen, R. Blandford, A. Halkola, H. Hildebrandt, M. Lombardi, P. Marshall, P. Schneider, T. Treu in J.-P. Kneib, *Dark Matter and Baryons in the X-Ray Luminous Merging Galaxy Cluster RX J1347.5–1145*, Astrophys. J. **681** (2008) 1, str. 187–196.
- [13] S. W. Randall, M. Markevitch, D. Clowe, A. H. Gonzalez in M. Bradač, *Constraints on the Self-Interaction Cross Section of Dark Matter from Numerical Simulations of the Merging Galaxy Cluster 1E 0657–56*, Astrophys. J. **679** (2008) 2, str. 1173–1180.
- [14] R. Davé, D. N. Spergel, P. J. Steinhardt in B. D. Wandelt, *Halo Properties in Cosmological Simulations of Self-interacting Cold Dark Matter*, Astrophys. J. **547** (2001) 2, str. 574–589.
- [15] M. Milgrom, *A Modification of the Newtonian Dynamics - Implications for Galaxy Systems*, Astrophys. J. **270** (1983), str. 384.
- [16] J. D. Bekenstein, *Relativistic gravitation theory for the modified Newtonian dynamics paradigm*, Phys. Rev. D **70** (2004) 8, 083509.

### BORIS KHAM

Gospod Boris Kham je profesor fizike na Gimnaziji Jožeta Plečnika in na Gimnaziji Vič. Širši javnosti je poznan tudi kot voditelj redne mesečne oddaje *Zanimivosti nočnega neba* (petek ob 17<sup>h</sup>) v sklopu tedenske oddaje Doživetja narave, ki poteka na Radiu Ognjišče. Prof. Kham je stalni gost oddaje že od leta 2001 in minulo poletje je bila že stota oddaja. V oddaji prof. Khama so poslušalci spoznali mnoge profesionalne in ljubiteljske astronome in se seveda veliko naučili o astronomiji. V okviru oddaje je bilo organiziranih že nekaj javnih opazovanj (Kredarica, Kurešček, ...).



Prof. Kham je v letih 1985–1987 tudi na nacionalnem radiu pripravil 12 izobraževalnih oddaj o astronomiji. Javnost je za prof. Khama slišala tudi v za slovensko šolstvo sramotni aferi Jure Janković leta 1998, ko se je kot predsednik šolske maturitetne komisije in v. d. ravnatelja Gimnazije Jožeta Plečnika ne brez posledic znašel v kolesju goljufij še danes najvplivnejših politikov. Pomembneje od tega je, da je profesor Kham priznan popularizator astronomije in naravoslovja nasploh. Napisal je ogromno poljudnih in strokovnih člankov, imel številna predavanja s področja astronomije za širšo publiko in vodil ter sodeloval je na desetinah izobraževalnih taborov



za mlade. Seznam priznanj, največ s področja popularizacije znanosti med mladimi, ki jih je prejel prof. Kham, je zelo dolg. Naj omenimo le najnovejše, to je *Prometej znanosti za odličnost v komuniciranju* za leto 2009, ki ga podeljuje *Slovenska znanstvena fundacija*. Ob iztekajočem se letu astronomije 2009 je s profesorjem Khamom za Obzornik stekel naslednji pogovor:

### **G. Kham, diplomirali ste iz fizike?**

Takrat so bile stvari drugačne, kot so danes. Leta 1969 sem po maturi na Poljanski gimnaziji začel s študijem matematike s fiziko, leta 1980 končal prvo stopnjo in začel poučevati. Potem me je prof. Marjan Hribar<sup>1</sup>, katerega hčerke sem učil, spodbudil, da sem nadaljeval študij na drugi stopnji. Študij fizike sem tako dokončal ob delu in postal profesor fizike leta 1987.

### **Poučujete fiziko na Gimnaziji Jožeta Plečnika in na Gimnaziji Vič. Ste kot profesor strogi? Vas imajo dijaki za strogega?**

Mislim, da nisem znan kot zelo strog. Posredno včasih celo slišim, da sem mil in blag. Verjamem pa, da kljub temu dijake kar nekaj naučim in da sem na področju znanja vendarle zahteven. O sebi je težko govoriti, a tako nekako si predstavljam samega sebe glede na odzive dijakov in staršev. Skratka, mislim, da dijake veliko naučim. Moj ideal je naučiti jih razumeti nekaj fizike. Včasih kakšno področje izpustimo ali ga predelamo bolj na hitro, a to predvsem zato, da se lahko v druga področja bolj poglobimo, da bi prišli do razumevanja. Pri fiziki je namreč nujno, da dijakom ostane vsaj nekaj razumevanja in da niso le „napiflani“.

### **Leto 2009 je mednarodno leto astronomije. Kaj štejete vi, kot fizik, za največje dosežke astronomije?**

Najprej želim poudariti, da se z astronomijo ukvarjam le kot amater. Zame je prelomni, če že ne največji dosežek fizike Galilejev<sup>2</sup> prvi pogled skozi teleskop. Že v 17. stoletju je opazoval Jupiter in sklepal, da je to krogla. Galilej je opazoval tudi Sonce. Poleg Galileja je bil pomemben mejnik v razvoju razumevanja vesolja Kopernikov<sup>3</sup> heliocentrični sistem. Seveda so pomembne tudi revolucionarne ideje o prostoru in času, ki so se razvile okrog Einsteina. Izjemnega pomena so tudi človeški fizični posegi v vesolje, od simboličnega

---

<sup>1</sup>Marjan Hribar, rojen 1937, je kot fizik delal na Institutu Jožef Stefan in bil profesor fizike najprej na FNT ter do svoje upokojitve na Pedagoški fakulteti Univerze v Ljubljani.

<sup>2</sup>Galileo Galilej (1564–1642) je bil italijanski fizik, matematik, astronom in filozof, ki je leta 1609 prvi opazoval nebo s teleskopom.

<sup>3</sup>Nikolaj Kopernik (1473–1543) je bil poljski ekonomist, pravnik, zdravnik, matematik in astronom. O Koperniku je bila v času od 8. 10. 2009 do 1. 11. 2009 zanimiva razstava v *Narodni in univerzitetni knjižnici* v Ljubljani, ki jo je pripravil prof. Kham.

obiska Lune, do postavitve Hubblovega teleskopa<sup>4</sup> v vesolje. S Hubblovim teleskopom je leta 1990 človeštvo dobesedno začelo gledati globoko v vesolje. Šele takrat smo tudi navadni zemljani začeli dobivati občutek za globine, dimenzije in lepote vesolja. Pred Hubblom je naše poglede v vesolje omejevala zavesa atmosfere. Izjemni dosežki so tudi posamezna odkritja, ki razkrivajo življenja oddaljenih planetov, zvezd in galaksij. Meni se je zdelo izjemno zanimivo tudi opazovanje prodiranja sonde v Titanovo<sup>5</sup> atmosfero. Zamislite si, da lahko slišimo zvoke iz Titanove atmosfere. Posamezne posnetke je mogoče dobiti celo na internetu in nekatere smo si pogledali z dijaki pri pouku. Izjemni dosežki moderne astronomske tehnike so tudi veliki teleskopi, ki jih je danes po svetu vse več in ki smo jih s pomočjo moderne tehnologije sposobni povezati. Nekaj posebnega so tudi ideje in načrti, da bi človek potoval na Mars. Vse to so dosežki vrhunske znanosti in tehnologije, ki nam razlagajo skrivnosti razvoja zvezd in vesolja. Na področju amaterske astronomije, ki je danes dosegljiva skorajda vsakemu, je tehnologija tudi prinesla neslutene možnosti. Danes lahko ljubiteljski astronom z lastno opremo odkrije supernovo ali komet. Tudi v Sloveniji je veliko astronomov amaterjev, ki se ukvarjajo z astrofotografijo in imajo izjemne posnetke. Astronomska oprema je postala tako dostopna, da si jo lahko privoščijo vsakdo, ki je pripravljen žrtvovati nekaj svojega denarja. Seveda

---

<sup>4</sup>Hubblor teleskop je v orbito ponesel *Space Shuttle* Discovery aprila 1990. Kmalu potem so znanstveniki ugotovili, da je bila na glavnem ogledalu napaka in že leta 1993 so ga v vesolju popravili, da je dosegel načrtovano zmogljivost. Zadnja zelo uspešna misija popravil in nadgradenj Hubblovega teleskopa se je končala v maju 2009. Hubblov teleskop tehta nekaj čez 11 ton (osnovna leča ima premer 2,4 m) in na orbiti, ki je približno 560 km nad zemeljskim površjem, obkroži Zemljo v dobri uri in pol. Teleskop je dobil ime po ameriškem astronomu Edwinu Powellu Hubblu (1889–1953). Hubble je zaslovel po svojem zakonu iz leta 1929 (poimenovali so ga po njem), ki pravi, da je hitrost oddaljevanja galaksij sorazmerna oddaljenosti. Ugotovitve so temeljile na dolgotrajnih opazovanjih in analizi (Dopplerjevega) premika svetlobe iz galaksij proti rdeči svetlobi. To je bilo v začetku 20. stoletja veliko odkritje kozmologije, ki je ovrglo teorijo o statičnem vesolju. Hubblov teleskop, ki je star že dvajset let, pa ni edini vesoljski teleskop. Leta 2003 je NASA poslala v orbito okrog Sonca Spitzerjev teleskop, ki tehta manj kot tona in v infrardeči svetlobi raziskuje vesolje. Spomladi leta 2009 je Evropska vesoljska agencija (ESA) v orbito poslala Herschlov teleskop. Tehta dobre tri tone ter je približno 1,5-krat močnejši (leča ima premer 3,5 m) in občutljivejši od Hubblovega teleskopa. V orbito ga je ponesla raketa Ariane 14. maja 2009 iz Francoske Gvajane. Zaradi precej bolj oddaljene orbite (približno 1 500 000 km od Zemlje) je Herschlov teleskop pokazal vso svojo zmogljivost šele proti koncu leta 2009. Trenutno je to najzmogljivejši vesoljski teleskop, ki na Zemljo že pošilja izjemne slike. Za leto 2014 načrtujejo, da bodo v orbito postavili še močnejši teleskop (poimenovan bo po Jamesu Webbu), ki je skupni projekt NASA, ESA in CSA (Kanadska vesoljska agencija). Ta teleskop bo tehtal dobrih šest ton, premer leče bo 6,5 metra in bo, podobno kot Herschlov teleskop, približno 1 500 000 km oddaljen od Zemlje.

<sup>5</sup>Titan, ena izmed osemnajstih Saturnovih lun.

je za izjemne fotografije ali celo odkritja potrebna tudi sreča, a predvsem je v astronomiji pomembna sistematičnost, natančnost, pozornost. In vse to ni težko, ko vas v opazovanje posrkajo globine in lepote dogajanja na (nočnem) nebu.

### **Kaj lahko ta globina, ta pogled med zvezde, v neskončnost daleč stran od vsakdanjosti, pove navadnemu človeku?**

Narava sama po sebi je polna zakonitosti, skrivnosti in lepote. Ljudje se čudimo in bogatimo, ko vidimo to lepoto. Skoraj vedno, ko pripovedujem ali pokažem mladim kaj novega, se čudijo. In ne pozabimo, tu ni samo astronomija. Imamo tudi mikrosvet in tudi ta je enako čudovit. Narava je tako kompleksna in tako enostavna obenem. Jaz si za zgled rad postavim prof. Pavla Kunaverja<sup>6</sup>, ki je raziskoval kraško podzemlje, bil je velik poznavalec Cerkniškega jezera, navdušen alpinist in tako zelo rad je svoj pogled usmerjal tudi v vesolje. Želim poudariti, da ni samo pogled med zvezde tisti, ki razkriva globine bivanja in vedenja, ampak da so si stvari podobne. Skorajda vseeno je, kam človek pogleda, pomembnejše je, kako gledamo. Ena sama drobna rožica je vesolje zase. Poglejte v cvet ciklame ... Vesolje me navdušuje zato, ker nikjer drugje ne začutite te globine in razsežnosti, po drugi strani pa razkriva najosnovnejše zakone fizike, ki sta jih v grobem spoznala že Kopernik in Newton<sup>7</sup>. To neverjetno spoznanje, da vse teče tako brezhbno po naravnih zakonih, je čudovito. Ta pogled v brezmejno vesolje omogoča človeku, da ne postane ozek, da ohrani zanimanje in skromnost, da se zaveda, kako majhno je vse okrog nas ... Nevarno je, da kot učitelj (ali v kakem drugem poklicu) v kopici obveznosti pozabiš na svet okrog sebe, da postaneš ozek in ne opaziš več sveta in njegovega bogastva. Ob pogledu skozi teleskop, ko se na primer zazreš v nam najbližjo galaksijo v Andromedi, ki je od nas oddaljena 2 200 000 svetlobnih let, se zaveš, kako „majhni“ so tvoji problemi. Ko gledaš zvezde, dejansko gledaš v preteklost. Gledaš na lastne oči tisto, kar se je tam dogajalo pred milijoni let. In pri tem znamo

<sup>6</sup>Pavel Kunaver (1889–1988), znan slovenski pedagog, ki se je uveljavil kot skavtski in taborniški vodja. Mlade je navduševal tudi za alpinizem, pohodništvo in astronomska opazovanja. Letos je bila v Tehniškem muzeju Slovenije v Bistri pri Vrhniki ob mednarodnem letu astronomije od 16. 9. do 3. 12. odprta zanimiva razstava *Moje zvezdarne, Pavel Kunaver, pionir slovenske amaterske astronomije*. Razstavo je pripravil prof. Kham. Razstava o Kunaverju bo skupaj z razstavo o Koperniku, ki jo je tudi pripravil prof. Kham, ponovno na ogled v okviru Plečnikovih dni v januarju 2010 na Gimnaziji Jožeta Plečnika v Ljubljani.

<sup>7</sup>Isaac Newton (1643–1727) je bil angleški fizik, matematik, astronom, filozof in teolog. Njegova knjiga *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, bolj poznana le kot *Principia*, ki je izšla leta 1687, spada med najpomembnejše knjige v zgodovini razvoja znanosti. V njej je Newton postavil temelje klasične mehanike, gravitacije in celotne klasične fizike. Skupaj z Gottfriedom Leibnizem (1646–1716) si deli zasluge za razvoj diferencialnega in integralnega računa.

ugotoviti, da se ta galaksija giblje (oziroma se je gibala) s hitrostjo 68 km/s. To neznansko čudenje, da je človeški um sposoben odkriti in razumeti te zakonitosti, te navda z občutkom smisla, lepote in veličastnosti, ki obogati človeško dušo bolj kot vsi milijoni tega sveta. Prek teh navdihov človek dobi odnos do narave in do sočloveka. Razvije si občutljivost, ki ga bogati. Nauči se spoštovati in čuvati naravo. Nas astronome na primer neznansko moti tudi svetlobno onesnaženje, na katero mnogi ljudje niti pomislijo ne. Vedenje in spoštljivost do narave nam namreč omogočata, da iz nje črpamo najlepše in najvrednejše.

**Sončni in lunin mrk sta že od praveka navduševala in strašila človeka. Po anekdoti<sup>8</sup> naj bi že Krištof Kolumb med svojimi potovanji pri odkrivanjih Amerike uporabil poznavanje astronomskih dejstev in točnega vedenja, kdaj se bo pojavil lunin mrk, s katerimi je prestrašil mornarje in domorodce, da so ga ubogali ... Letos je bil za astronome velik dogodek sončni mrk 22. 7. 2009. Mrk je bil dobro viden predvsem v Aziji. Vi ste vodili „slovensko odpravo“ v Šanghaj na Kitajsko, da bi videli ta skorajda idealni mrk. Vreme vam ni bilo naklonjeno ...**

Zakaj smo se sploh odločili, da bi šli tako daleč? To je bil v tem stoletju zadnji tako lep – to pomeni tako dolg – mrk. Sončni mrk lahko traja največ dobrih sedem minut. Letošnji mrk v Sanghaju je trajal 5 minut in 30 sekund, kar je izjemno dolgo. Zelo redko lahko vidite tako dolg mrk. Jaz sem razmeroma dolg mrk (4 minute) že videl v Egiptu. Ta izjemnost letošnjega mrka, tako dobro vidnega na Kitajskem, je bila delni motiv za potovanje

---

<sup>8</sup>Zgodb je več. Ena izmed njih pravi, da je na enem izmed potovanj, ko so se mu mornarji zaradi slabih razmer začeli upirati, le-te zbral na palubi ob jasni noči s polno luno natanko tedaj, ko je vedel, da se bo pojavil lunin mrk. Mornarjem je napovedal, da jim bo zaradi neubogljivosti z božjo pomočjo „zatemnil Luno“ ... Ob nastajajoči temi je med mornarji zavladala groza, in ko so ga rotili in mu zagotavljali, da mu bodo v prihodnje pokorni, jim je „polno luno priklical nazaj“. Druga, še bolj pogosta zgodba pa pravi, da je Kolumb lunin mrk (na dan 29. 2. 1504) izrabil za pokoravanje domorodcev, potem ko je bil zaradi poškodovanih ladij že pol leta „ujet“ na današnji Jamajki. To naj bi se zgodilo na Kolumbovem zadnjem, to je četrtem potovanju v Ameriko med odkrivanji obal Srednje Amerike. Potovanje je začel v Španiji 11. 5. 1502 s štirimi ladjami, med potjo je odprava morala zapustiti dve poškodovani ladji, preostali dve pa je Kolumb poskušal popraviti na obalah Jamajke, kjer je zasilno pristal 25. 6. 1503. Sprva so domorodci mornarje menda lepo sprejeli, pozneje so se jih pa naveličali. Ko je mornarjem grozil upor domorodcev in s tem nevarnost lakote, naj bi se Kolumb odločil za izrabo vedenja o luninem mrku, s katerim je menda domorodcem uspešno pokazal „moč njegovega boga“. Natančni podatki o luninem mrku so bili zapisani v astronomskih tabelah, ki so pokrivala leta 1475–1506 in ki jih je pred svojo smrtjo objavil nemški matematik in astronom Johannes Müller von Königsberg (1436–1476), takrat bolj poznan s svojim latinskim imenom *Regiomontanus*. Königsbergove tabele so poleg podatkov o Soncu, planetih in Luni vsebovale tudi natančne zvezdne konstelacije. Tabele so bile zato takrat mornarjem v veliko pomoč pri navigaciji in so menda spadale v „standardno opremo pametnih“ mornarjev.

tja. Željo, da bi videli mrk, smo povezali z obiskom tudi še danes delujočega astronomskega observatorija v Pekingu, kjer je delal naš astronom Ferdinand Avguštin Hallerstein<sup>9</sup> iz Mengša. Želel sem dijakom pokazati mesto, kjer je delal, in jim predstaviti veličino tega človeka. Hallerstein je delal na kitajskem dvoru v 18. stoletju in z znanstvenimi dognanji dosegel visoko stopnjo v kitajski oblastni hierarhiji. Postal je „mandarin 3. stopnje“, kar v današnjem jeziku pomeni približno minister za znanost. Do nedavnega je bilo to naši javnosti še skoraj neznano. Tretji cilj celotne odprave je bil, da bi v bližini Šanghaja našli ustrezno šolo, s katero bi se povezali in skupaj prenašali sončni mrk prek spleta. Te osnovne ideje, povezane z astronomijo, smo seveda dopolnili tudi z običajnimi ogledi Kitajske. Greh bi bil ob takem potovanju ne ogledati si tudi drugih znamenitosti Kitajske, kot so glineni vojaki<sup>10</sup> in mnogo drugih. V Šanghaju smo si ogledali tudi najvišjo stavbo<sup>11</sup>. Celotno potovanje je trajalo 13 dni, a kot rečeno, osrednja dogodka sta bila povezana z naravoslovjem, to je s sončnim mrkom in s Hallersteinom. Šolo v Šanghaju smo, kot smo želeli, dobili. V ponedeljek pred mrkom smo jih prvič obiskali in bili smo zelo lepo sprejeti. Sredi Šanghaja je bil pred šolo velik transparent v kitajščini in angleščini „DOBRODOŠLA DELEGACIJA IZ SLOVENIJE“.

Takoj smo vzpostavili internetno povezavo s Slovenijo in preizkusili, da je vse delovalo. Potem smo imeli še torek prost za miren ogled Šanghaja. Tako ponedeljek kot torek je bilo vreme lepo, a napovedi za sredo so bile slabe. V sredo smo bili že zjutraj na prizorišču, pripravljeni za ogled mrka, a bolj ko se je bližal njegov čas, slabše je bilo vreme. Povsem se je zoblacilo in le za trenutek se je ob začetku mrka pokazalo sonce. Takrat smo mrk še prenašali v svetovni splet in jasno se je še videlo, kako se temni. Potem se je ulil močan dež, in ko se je zaradi mrka začelo temniti, je nebo dobilo zanimivo sivosrebrno barvo. Povsem se je stemnilo, prižgale so se mestne luči. Zaradi močnega dežja smo snemanje in prenos po spletu morali prekiniti. Ko je močno lilo in je sredi belega dne nastala popolna tema, je bil

<sup>9</sup>Ferdinand Avguštin Hallerstein (1703–1774) je bil slovenski jezuit, misijonar, matematik in astronom.

<sup>10</sup>Leta 1974 so odkrili grobnico kitajskega cesarja Shihuangdija (260–209 pr. Kr.) iz dinastije Qin. Shihuangdi je postal vladar leta 247 pr. Kr., star komaj 12 let. Leta 221 pr. Kr. je združil približno celotno ozemlje današnje Kitajske. V svojo grobnico je dal zakopati celo „armado“ 7000 vojščakov, konjev in kočij ter kipe številnih drugih, ki naj bi predstavljali celotno strukturo takratne države od uradnikov do akrobatov. Vse figure so izdelane v naravni velikosti iz keramike, kamna in brona. Shihuangdijev grob meri približno 500 × 500 metrov, celotni mavzolej ali pokopališki kompleks pa je bil zgrajen kot mesto v mestu s skupaj okrog 12 kilometrov obzidij in s površino prek dveh kvadratnih kilometrov.

<sup>11</sup>V Šanghaju je najvišja stavba celinske Kitajske *Šanghajski svetovni finančni center*, ki je visok 492 metrov in ima 101 nadstropje.



Dobrodošlica slovenski astronomski odpravi v Šanghaju julija 2009

občutek pretresljiv – kot huda ura sredi noči. Takrat so iz zavetrja prihajali ljudje, da bi občutili ta nenavadni občutek, ko te objameta kozmični strah in groza. Seveda nismo videli čudovite *krone* in *biserov*, ki so tako lepi ob popolnih mrkih. Žal, nam pač vreme ni bilo naklonjeno. Že prejšnji dan smo se ob vremenskih napovedih spraševali, ali bi se lahko kam premaknili. Bili smo tako tudi organizirani in bi se z avtobusi lahko odpeljali nekaj sto kilometrov stran, a žal je bila napoved za celotno področje zelo slaba. Dobro so videli mrk le bližje Indiji, kjer je bilo vreme lepše, a to je bilo približno 800–900 kilometrov daleč. Spomnim se, kako je bilo pred leti, ko smo bili v Ljubljani pripravljene na opazovanje luninega mrka, pa je bila napoved zelo slaba. Po nasvetih meteorologov smo se v dveh urah odpeljali v Prekmurje, od koder smo lahko mrk lepo opazovali. Na Kitajskem pa letos, žal, kaj takega ni bilo mogoče.

**Je precej drugače prebrati o tem, kako se stemni sredi belega dne, kot je doživeti popoln sončni mrk?**

Vsekakor. To je doživetje. Seveda je odvisno od človeka, ampak občutek je izjemen. Človek doživi nekakšno nemoč in grozo. Spreleti vas srh po telesu. Nekateri, ki so to doživeli prvič, je zares stisnilo pri srcu. Nedvomno gre za poseben občutek, ko se za 5 minut sredi belega dne popolnoma stemni. Čeprav racionalno veste, za kaj gre, vas je strah. Vsekakor je vredno to doživeti in precej drugače je, če to doživite, kot če preberete v časopisu.

**Kdo je projekt financiral?**

Priprave so se začele pred dvema letoma. Imel sem dobre izkušnje s potovalno agencijo *TAO*, ki nas je leta 2006 peljala na ogled sončnega mrka v

Egipt. Pripravili smo program in poiskali najugodnejše finančne ponudbe, ki so dijakom omogočile plačilo na obroke. Plačali so le osnovne stroške potovanja, za vse druge strokovne stvari je bilo poskrbljeno. V začetku smo načrtovali, da bi odšlo na pot 20 dijakov in 5 profesorjev. Za profesorje in prevoz opreme smo iskali sponzorska sredstva, da bi bilo strokovno vodenje brezplačno. In to nam je tudi uspelo. Pri celotnem projektu nas je spodbujalo in nas tudi dobro finančno podprlo vodstvo moje matične šole. Nekaj denarja so prispevali Mestna občina Ljubljana, Mobitel, Krka, Mercator in NLB. To so bile sicer manjše vsote, a nabrali smo dovolj, da je bilo vse strokovno vodstvo pokrito in da to ni bremenilo dijakov. S seboj smo imeli kar nekaj opreme in prevoz te ni bil poceni. Pozneje se je izkazalo, da je bilo za ekskurzijo zelo veliko zanimanja. Za izlet so se zanimali tudi drugi profesorji, pa nekaj astronomov amaterjev. Tako se je število iz načrtovanih 25 potnikov povečalo na več kot 90. Tu se je spet izkazala agencija *TAO*, ki je ob tako velikem zanimanju nam, ki smo z idejo začeli, dala še dodatni popust, tako da smo tudi finančno zadevo dobro izpeljali. Zaradi povečanega zanimanja je agencija organizirala še dodatno skupino in na Kitajsko nas je tako potovalo čez 120 Slovencev. Tisti, ki smo bili v razširjeni prvi skupini, bilo nas je 90, smo izpeljali celotno strokovno ekskurzijo, tudi z ogledom Hallersteinovega observatorija.

### **Kako ste vzpostavili stik z omenjeno šolo v Šanghaju? Ste imeli stike že prej?**

Ko smo leta 2003 prenašali iz Španije delni sončni mrk<sup>12</sup>, smo se prek Unescovih šol povezali z eno od šol in stvari so dobro potekale. Podobno smo načrtovali na Kitajskem, tudi zato, da bi lahko spoznati nekaj kitajskega šolskega utripa in dijakom predstavili delo na kitajskih šolah. Najprej smo poskusili prek UNESCO, pa stvari niso potekale najbolje. Približno po dveh letih smo šele dobili šolo. Sodelovalo je tudi slovensko veleposlaništvo na Kitajskem, pa ne najbolj uspešno. Pozneje smo prek ministrstva za šolstvo in šport dobili osebo na Kitajskem, s katero smo se povezali. Tako smo prišli v stik s šanghajskimi šolskimi oblastmi, ki so določile šolo, s katero naj bi sodelovali. Začela se je zelo počasna korespondenca v angleščini, ki ni vodila nikamor. Potem smo začeli iskati vzporedne samostojne možnosti za internetni prenos prek satelita, pa tudi to ni šlo. Na šoli pa smo imeli tečaj kitajščine tudi za dijake, ki so načrtovali ekskurzijo na Kitajsko. Prosili smo kolegico, ki je vodila kitajski tečaj, da je pismo prevedla v kitajščino in korespondenco s kitajsko šolo smo poskusili nadaljevati v kitajščini. Takrat nam je uspelo navezati tudi stik z nekom, ki je imel poslovne odnose na Kitajskem, in ta nas je povezal s konkretno osebo na Kitajskem, ki je

<sup>12</sup>Sončni mrk leta 2003 je bil delno viden le iz Afrike in Španije, ne pa iz preostale Evrope.

bila potem posrednik med nami in tisto šolo. Potem pa je hitro vse gladko steklo.

**Po internetnih novicah naj bi bil v avgustu 2009 še en zanimiv astronomski dogodek, ko naj bi se zelo dobro videla Luna in Mars hkrati?**

Pogosto so razne spletne novice, ki se širijo med ljudmi, povsem nerealne. Govoriti o tem, da bo Mars na nebu videti tako velik kot Luna, je popolna neumnost. Res je, da je Mars, ko se približa Zemlji, ugoden za opazovanje. Vedeti pa moramo, da je Mars tako daleč stran, da nikakor ne more imeti tako velikega zornega kota kot Luna. Luno vidimo pod zornim kotom pol stopinje, od nas je oddaljena približno 400 000 kilometrov<sup>13</sup>. Sonce je približno 150 milijonov kilometrov oddaljeno od Zemlje in ga vidimo skoraj pod istim zornim kotom kot Luno.

**Veliko se ukvarjate s popularizacijo znanosti, posebej astronomije. Že več let imate na radiu *Ognjišče* oddajo *Zanimivosti nočnega neba* v okviru oddaje *Doživetja narave*. Veliko ste že naredili in polno zamisli imate, kako znanost približati mladim. Znanost je tako lepa, veliko zanimivega lahko da in pokaže mladim. Vzpodbuja in razvija razum in duha, znanost je nekako nadgradnja naravne radovednosti ljudi in še posebej mladih. Zato, da bi lahko približali znanost mladim, je treba imeti veliko znanja, ampak ali ni še bolj pomembna karizma, to je sposobnost učitelja, da se mladim zna približati?**

To je velik problem. Ko sem začel učiti, ko sem imel prve astronomske tabore, je bilo med mladimi veliko več navdušenja, kot ga je danes. Takrat mi je bil velik vzornik in zgled dobrega učitelja prof. Kunaver. On je bil pri vzgoji mladih s srcem in glavo, z ljubeznijo in z navdušenjem. Tudi meni se zdi najbolj pomembno, da je učitelj sam radoveden in angažiran. Da radovednost in sporočila mladim prihajajo iz notranjosti, iz lastnih izkušenj in interesa. Tudi če govorimo na primer o Newtonovem zakonu, ga ne moremo predstaviti kot neko hladno dejstvo, temveč kot globoko spoznanje, ki se v svoji globini in preprostosti že učitelju zdi nekaj izjemnega in vrednega. Nekaj, kar čuti, da je pomembno in tako zanimivo, da želi posredovati drugim. Podobno je z vsakim poskusom in z vsako malenkostjo. Najprej mora učitelj čutiti, zakaj in kako pomemben je neki proces ali neko spoznanje. Je pa seveda zelo težko, saj tudi pristno navdušenje pogosto ne pomaga in je

<sup>13</sup>Luna je od nas oddaljena približno 380 000 kilometrov. Lunin premer je približno 3475 km. Mars se Zemlji najbolj približa na nekaj manj kot 60 milijonov kilometrov, ko je najbolj oddaljen, je pa več kot 420 milijonov kilometrov daleč. Premer Marsa je okrog 6790 kilometrov. Sonce je od nas oddaljeno dobrih 8 svetlobnih minut ali približno 150 milijonov kilometrov. Premer Sonca je približno 1 390 000 km. Kvocienti med premeri in (najbližjimi) razdaljami nam dajo občutek za primerjavo zornih kotov za Luno ( $\approx 0,0091$ ), Sonce ( $\approx 0,0092$ ) in Mars ( $\approx 0,0001$ ).



le „bob ob steno“. Skratka, na učiteljevo navdušenje seveda dijaki ne odgovorijo vedno z navdušenjem. Je pa učiteljev entuziazem, po mojem mnenju, potreben pogoj, da bi lahko navdušili povprečnega mladega človeka. Za poučevanje česarkoli je nujno, da je učitelj najprej sam navdušen nad svojo stroko, da rad uči in da se v stroko in snov, ki jo poučuje, dovolj poglobi. Nemogoče se je v vse poglobiti, a vsaj včasih morajo mladi začutiti, da učitelj res globinsko razume, o čem govori. Pomembno je tudi, da zna učitelj spregovoriti z modernim jezikom, to je, da zna v svoj pouk vplesti moderne ugotovitve in pripomočke. Tudi s tem učitelj pokaže, da je v svoji stroki, ki je moderna in se razvija, doma. Jaz pri astronomiji poskušam mlade odpeljati na skupna opazovanja ali se skupaj udeležimo srečanja astronomov. Tako mladi sami doživijo delček realne in zanimive znanosti. Na primer, ko smo z mladimi šli na ogled sončnega mrka v Španijo, smo videli čudovit sončni kolobar. To je nekaj izjemnega, to je izkušnja, ki jo nobeno pripovedovanje ne more nadomestiti. Seveda, nikar ne bodimo naivni, niso šli vsi dijaki z nami v Španijo zaradi sončnega mrka. Toda na dan mrka, ko so mladi videli ta čudoviti dogodek, so se, verjamem, tudi tisti, ki jim je bil prej mrk le izgovor za pot v Španijo, streznili in iz iskrenega začudenja ostali brez diha. Človek mora izkušnjo doživeti sam, in če je učitelj mlačen, bodo redki mladi sami iskali doživetja, ob katerih ne čutijo navdiha učitelja. Zanje bo učiteljevo pripovedovanje brez navdiha pač *kr'neki*. Za učitelja je to seveda težko, saj od njega zahteva stalno delo, spremljanje novosti, vsaj včasih je treba prebrati kako strokovno literaturo in biti v lastni stroki toliko navzoč, da tudi sam še vsaj kdaj doživi nova spoznanja in čudenja, ki jih lahko prenaša na mlade.

**Ali ni zanimivo, da vemo razmeroma veliko o astronomskih objektih, ki so oddaljeni tisoče svetlobnih let, tako malo pa vemo o le nekaj sto metrov oddaljenem svetu pod morsko gladino?**

Nekatere bolj zanimajo svetlobna leta oddaljene zvezde, druge pa bolj kaj drugega. Pod morsko gladino je tudi veliko zanimivega. V Strunjanu menda pripravljajo ali že imajo podvodno učno pot, s katero bodo popularizirali podvodni svet. Podvodni svet je pač težko dostopen. A tudi za popularizacijo in poznavanje podvodnega sveta je bilo storjeno veliko. Zelo znan je bil na primer Cousteau<sup>14</sup>, ki je s svojo ladjo Calypso<sup>15</sup> naredil ogro-

<sup>14</sup>Jacques-Yves Cousteau (1910–1997) je bil svetovno znan raziskovalec morja, neutrudden ekolog, filmski producent, fotograf, znanstvenik in inovator. Bil je tudi član Francoske akademije znanosti. Tudi pri nas je bil znan po zanimivih dokumentarnih oddajah, v katerih je opisoval svoja morska raziskovanja in v katerih je bil poznan kot „Kapitan Cousteau“.

<sup>15</sup>Calypso je zaslovela kot Cousteaujeva raziskovalna ladja. Bila je zelo stara ladja, ki je v letih 1941–1947 pripadala britanski mornarici in je bila sprva „minolovec“. Pozneje je delovala kot transportna ladja na Malti, v letih 1950–1997 pa je postala Cousteaujeva

mno za popularizacijo vedenja o morskem življenju in še posebej za dvig ekološke zavesti. Po svoje pa je astronomija privlačnejša, saj je obenem lažje dostopna, po drugi strani pa „operira“ s popularnimi pojmi, kot je „neskončnost“ ... Podmorski svet pa je tudi izjemen. Samo pomislite na lepoto koralnih morij, na čudovite barve rib, ki tam živijo. In seveda je tudi v morju ogromno izjemno zanimivih vprašanj. Kako lahko na primer živijo ribe v velikih globinah, kjer vemo, da je izjemno visok pritisk. Iz opazovanja rib pa se je človek veliko naučil tudi o *fluidni dinamiki* in o gradnji ladij. Je pa seveda lažje pogledati v nebo kot v podvodni svet.

**Zanimivo je, da lahko z vesoljskimi plovili s človeško posadko potujemo do Lune in dlje, brez človeka pa celo milijarde kilometrov daleč<sup>16</sup>, svet pod morsko gladino pa nam je zaradi zakonov fizike oziroma zaradi velikega pritiska skoraj nedostopen<sup>17</sup>. Podobno tako malo vemo tudi o mikrosvetu okoli nas, po drugi strani pa seže naš „pogled do roba vesolja“. Kako bi komentirali to na videz neenakomerno zmožnost človeškega vpogleda v „božje stvarstvo“?**

To lahko le potrdim. O nekaterih stvareh vemo zelo malo. Mogoče se iz bolj ali manj znanih razlogov s temi vprašanji nismo niti mogli niti želeli ukvar-

---

raziskovalna ladja, ki je bila opremljena z mobilnim laboratorijem za raziskovanje podvodnega sveta. Leta 1996 je Calypso po nesreči zadel pristaniški vlačilec v Singapuru in se je potopila. Le teden dni zatem so jo dvignili z morskega dna. Naslednje leto je umrl Cousteau in še leto zatem so Calypso „odvlekli“ v Marseilles. Po desetletju težav in sporov o nasledstvu so ladjo skoraj povsem obnovili in naj bi služila kot „ambasador“ Cousteaujevih prizadevanj za ohranitev morskega življenja.

<sup>16</sup>Na primer, 720 kg težek Voyager 1 potuje že od leta 1977 in je prepotoval že več kot 16 000 000 000 kilometrov, torej (svetlobni) signal potuje do tja in nazaj že več kot 30 ur. Voyagerjeva naloga (gre za plovili Voyager 1 in Voyager 2) je bila raziskovanje zunanjih planetov. Podobno nalogo sta že leta 1972 začela Pioneer 10 in Pioneer 11. Vesoljska plovila Pioneer 10 in 11 ter Voyager 1 in 2 so prvi človeški objekti, ki so zapustili naše osončje. (Meje našega osončja so sicer težko določljive in so odvisne od definicije.)

<sup>17</sup>Človek se zaradi naraščajočega pritiska lahko potopi le nekaj deset metrov globoko. Na vsakih dodatnih 10 metrov globine pritisk naraste za približno 1 atmosfero. Ekstremni potapljači se z opremo za dihanje potopijo tudi do 300 metrov globoko. Klasične podmornice dosežejo globino do približno 1000 metrov. Nova tehnologija pa poseže tudi že v največje globine. Vozilo *Nereus* je spomladi 2009 doseglo najgloblje točke oceana, to je dno Marianskega jarka (Challenger Deep) blizu ameriškega otoka Guam v Tihem oceanu vzhodno od Filipinov. Dno Marianskega jarka je skoraj 11 km (10911 m) pod morsko gladino. Ime vozila *Nereus* izvira iz grške mitologije. Bog morja Nereus je bil najstarejši sin Pontusa – Morja in Gaie – Zemlje. Vozilo *Nereus* je izreden tehnološki izdelek, tehta približno 3 tone in je veliko kot avtomobil. Z matično ladjo komunicira po kot las tankem optičnem vlaknu, ki ga ima na „vitlu“ približno 40 km. *Nereus* pa ni prvi poskus človeka priti na dno najglobljih morij. Že leta 1960 sta se v te globine, sicer precej okorno, potopila ameriški mornar Don Walsh in švicarski inženir Jacques Piccard s plovilom *Trieste*, ki je bilo zgrajeno v Italiji. Podobno nalogo, sicer brez posadke, so leta 1995 opravili Japonci s plovilom *Kaiko*, ki je bilo pozneje v podobnem poskusu potapljanja leta 2003 poškodovano in je ostalo na dnu morja.

jati. Najbrž je odvisno predvsem od tega, v katero smer človeštvo usmerja svoje napore. Mogoče se nekatere stvari do nedavnega sploh niso zdele tako zanimive. Mene navdušuje razmišljanje o tem, kaj danes zmore računalnik. Na videz zmore računalnik na nekaterih področjih veliko več kot človeški um. A po drugi strani je človeški um tisti, ki je ustvaril in programiral računalnik in gre le za orodje, za pripomoček. Danes je tehnika sposobna narediti izjemne reči, na primer računalniško vodene proteze in robote, ki nadomestijo in že daleč presegajo spretnost človeških rok. A misliti računalnik vendarle ne zna. Počne le tisto, za kar ga je sprogramiral človek. Neverjetne stvari zmorejo danes računalniki in roboti, a če se poglobimo v ustroj narave, na primer v delovanje človeškega telesa, je to stvaritev, ki jo je nemogoče do konca doumeti. Pomislite samo na posamezen organ, kot je srce, kako neverjetna in kompleksna stvaritev je to. Ali če pogledate malo širše, kakšen čudovit in kompleksen ustroj je bitje, ki je sposobno samostojno najti motiv in se telesno pripraviti na to, da pripleza na vrh Mount Everesta. To so fantastični procesi in zmožnosti, najbrž enako kompleksni, kot je vesolje. A da bi jih videli v taki luči, da bi jih lahko opazovali in se jim čudili ter jih ne sprejemali kot nekaj samo po sebi umevnega, za to se je treba poglobiti v človeka in v njegovo dušo z enako predanostjo, kot se astronom posveti tisoče svetlobnih let oddaljenim vesoljskim objektom. Ne vem, mogoče nas je pogleda v nas same bolj strah kot pogleda nekaj svetlobnih let daleč. (Nasmeh.)

Če dovolite, eno še bolj „neznanstveno“ misel. Jaz sem astronomijo občudoval od mladih let. Zdela se mi je kot mikavna provokacija človeškega duha in razuma. Težko je povedati, kaj povzroči, da se neka stvar človeku zdi zanimiva ali lepa, a zagotovo se okus tudi vzgaja. Prek vzgoje se ljudje tudi bolj ali manj odgovorno odločamo, kaj je nam in še posebej, kaj bo mlajšim lepo in kaj grdo. Za kakega oblikovalca, ki je bil tako vzgojen, sva zdajle midva zagotovo zelo „klošarsko“ oblečena. Ker nisva imela takšne vzgoje, te lepote ali grdote oblek še opaziva ne. V potrošniški družbi imamo vzgojo, po kateri mnogi ljudje opazijo in poznajo na primer detajlne razlike med Oplovo astro in Volkswagnovim golfom, malokdo bi pa ločil severno od južnega zvezdnega neba. Ljudje so v imenu lepote pripravljene za Armanijevo ali Guccijevo obleko plačati več, kot bi bila cena solidnega teleskopa, skozi katerega bi lahko pol svojega življenja opazovali kozmične lepote, ki so neprimerljivo lepše od modnega hita ene sezone. Kaj dela stvari lepe? Ali ni prav v astronomiji veliko stvari, ki imajo izjemen potencial za lepoto in njeno vzgojo? Ali je ključ v človeški naravi, ki lepote ne želi videti, ampak jo hoče posedovati? Lepo Armanijevo obleko ali mercedes lahko posedujete, ne morete pa si lastiti „kozmične meglice“ ali „galaksije“?

Ne vem, to je težko vprašanje. Mislim, da je najbolj pomembno, da je človek odprt in pripravljen sprejemati lepoto. Človek mora biti pripravljen

poglobiti se v svet, ki ga obdaja, ne le zato, da bi si ga polastil, ampak predvsem, da bi ta svet odkrival in užival ob opazovanju njegove lepote. Gre za zmožnost občudovanja, pa naj gre za lep travnik, za rožo, za zvezde ali za lep avto. Če na primer gledate meglico v Orionu, jo mogoče istočasno gleda še na tisoče ljudi. Že ta misel je lepa. In kompleksnost lepote kozmične meglice je veliko večja od lepote avtomobila. Res, gre predvsem za zmožnost in odprtost za lepoto, katere bogastvo daleč presega le željo po posedovanju. Ta odprtost za lepoto je tudi odprtost za druge, za naravo in za vso našo okolico. Ljudje pa smo pogosto sebični in nam ni dosti mar za lepoto. Egoizem ljudi se kaže vsepovsod. Tudi med učitelji, ko na primer menimo, da je naš predmet najpomembnejši. Ali ko ljudje priznavamo le svoj način dela ali razmišljanja in ne sprejmemo drugačnosti. Naj navedem primer. Bili smo v Strunjanu na medpredmetnem taboru biologije, kemije, fizike in angleščine. Prišlo je do ideje, da bi šli ob obali v času, ko zahaja sonce. Pa smo šli. Bilo je 36 dijakov. Najprej sem pripravil krajši uvod z razmišljanjem o naravi in povedal nekaj zanimivosti, potem pa predlagal, da 20 minut v tišini opazujemo lepoto narave in prisluškujemo zvokom, od butanja valov do šumenja borovcev, opazujemo spreminjanje barv zahajajočega sonca, gibanje in žgolenje ptičev ... Skratka, želel sem, da bi znali prisluhniti naravi, jo z občutkom opazovati, se držati za kamen, ... in za kratek čas komunicirati le z naravo. Zdržali so, a nekateri so mi potem rekli, da je bilo to zanje preveč čustveno ... V življenju danes predvsem hitimo in prisluhniti ter potrpežljivo opazovati sploh ne znamo.

**Kot je rekel Leonardo da Vinci, treba je znati zreti, znati videti – saper vedere ...**

Da, na primer tudi pri biologiji, na bioloških taborih, ko dijake peljejo v gozd, da se znajo uvesti na tla, se dotakniti drevesa in zemlje, jo natančno opazovati in začutiti.

**Ni to tudi že nevarno? Ali ne „začutijo“ nekateri prehitro in preveč?**

Ja, seveda, čudaštev je tudi veliko. A to ni nevarno, če ohranimo razumen pogovor. Odprtost je ključna, odprtost tako za lepoto kot za argument.

**Ampak ali nismo po drugi strani ljudje še preveč odprti. Kot sem omenil prej, potrošništvo zna to odprtost spretno izrabljati. Zelo smo odprti za majhne razlike v potrošnih artiklih, za nianse razlik smo se sposobni skregati. Za obleko po zadnji modi smo pripravljeni plačati 1000 EUR. Ali ni prav ta občutljivost in odprtost ljudi pogosto izrabljena za napihovanje in ustvarjanje navideznih potreb in razlik, kjer jih vsebinsko ni in kjer gre le za finančne interese in tržno manipulacijo? Ali to ne kaže, da smo ljudje dejansko odprti in da je poleg odprtosti posameznika pomembna predvsem odgovornost staršev, vzgojiteljev in družbe, kako to odprtost izrabiti in kam jo usmeriti?**

Ja, seveda je pomembno, v kakšnem okolju človek živi. Ko se ljudje usmerijo v stvari, ki temeljijo le na bogastvu in, kot sva rekla prej, na posedovanju, je hudo. V šoli se to jasno vidi. Mladi so za to posebej občutljivi in marsikdo se ob takem odnosu do življenja, ki je dejansko brez vsebine, stre. To je tragično in pri tem gre seveda za odgovornost odraslih. To so težka moralna vprašanja. Po mojem je tisto, kar je lepo, tudi dobro, in takšno gledanje bi morali posredovati tudi mladim. Prof. Kunaver je v svojem 90. letu povedal, da je vse, kar je naredil, to, da je svoja lepa doživetja narave posredoval tudi drugim. Ta misel se me je zelo prijela.

**Pa predsedajva na nekoliko lahkotnejšo temo. Recimo, da vas na dom po telefonu pokliče prijazen glas, se predstavi in vam pove, da se na vas obrača, ker ve, da ste fizik in astronom in da bi rad vedel, kakšna je pravzaprav razlika med astronomijo in astrologijo. Kaj bi mu na kratko odgovorili?**

Rekel bi, da astrologija poskuša človeku napovedati prihodnost in da ne temelji na nikakršnih fizikalnih zakonih, ki bi kakorkoli mogli povezovati prihodnost s stanjem v vesolju. Rekel bi, da se večina astroloških napovedi ni uresničila. To ljudje hitro pozabijo. Spomnim se neke astrologinje, ki je napovedovala, kaj vse se bo zgodilo, da bo nekaj padlo na naš parlament, pa se ni nič zgodilo in seveda astrologinje ni nihče klical na zagovor. No, tudi če bi jo, kot se včasih zgodi, vam astrologi povedo neko drugo varianto s tako zavitim pomenom, da se morebiti nekaterim res zdi, da imajo stvari rep in glavo. Nisem še srečal jasnega predpisa ali formule, ki bi povezovala na primer stanje planetov z mojo prihodnostjo. Seveda je res, da med planeti in Soncem delujejo gravitacijske sile, na katere se včasih psevdoznanstveno sklicujejo astrologi, a za te sile lahko vse od Newtona naprej točno izračunamo in napovemo, kaj povzročajo. Kako pa naj bi razporedi planetov vplivali na mojo prihodnost v smislu mojega bogastva ali bolezni? To so gole špekulacije. Po drugi strani pa astronomija na podlagi fizikalnih zakonov proučuje in tudi napoveduje dogajanje v vesolju. V astronomiji na podlagi opazovanj postavljamo hipoteze, ki šele po veliki zanesljivosti in natančnem preverjanju postanejo veljavni zakoni. Na primer, na podlagi Newtonovih zakonov in opazovanj so točno napovedali vrnitev Halleyjevega kometa<sup>18</sup>. In to so storili že davno in dovolj natančno. Meni se, kar se odnosa med astrologijo in astronomijo tiče, zdi še posebej zanimiv vzornik

---

<sup>18</sup>Halleyjev komet je najbolj znan komet našega osončja. Komet, ki tehta okrog 250 milijard ton, so astronomi opazovali že vsaj od leta 240 pr. Kr. Prvi je njegovo orbito na podlagi starih zapisov in primerjanj z opazovanji kometa leta 1607 dovolj natančno izračunal angleški astronom, fizik in matematik Edmond Halley (1656–1742), ki je vrnitev kometa napovedal za leto 1758, kar se je tudi zgodilo. Halleyjev komet se vrne v „našo bližino“ vsakih 75–76 let. Zadnjič je bil viden leta 1986 in naslednjič ga bo mogoče opazovati leta 2061.

Kepler<sup>19</sup>. On je bil zato, da se je lahko preživljal, tudi astrolog. V eni izmed svojih knjig pa je napisal, da je astrologija kot izmuzljiva lisica, ki nima z realnim napovedovanjem človeške usode nobene povezave.

**Imata astrologija in astronomija sploh kaj skupnega ... ?**

Samo to, da tako astronomi kot astrologi (le navidez) dobro poznajo lego planetov in ozvezdij. Ta vedenja so danes tudi za astrologe trivialna, saj že vsak računalnik zna pokazati natančno lego na primer Marsa ali drugih planetov. Podobno je z modernimi in zelo priročnimi teleskopi, katerim le vtipkate planet ali zvezdo, pa se vam teleskop sam obrne natančno tako, da boste videli vesoljski objekt. A vse to je možno, ker znamo na podlagi fizikalnih zakonov natančno predvideti gibanja planetov in seveda Zemlje.

**Komercialna in poljudna razmišljanja astronomijo pogosto povezujejo tudi z vprašanjem zunajzemeljskih bitij – že vidim, da se držite za glavo. Je za človeka to vprašanje sploh pomembno?**

Danes lahko kar na internetu ugotovite, da so astronomi odkrili že prek 300 planetov, ki krožijo okrog zvezd zunaj našega osončja. Gotovo je teh še veliko več. Nobenih dokazov nimamo, da na kakšnem izmed njih niso podobne razmere kot na Zemlji in da se na njem ne bi moglo razviti življenje, podobno ali različno od našega. Zato se mi zdi popolnoma možno, da so kje na kakšnih oddaljenih planetih kake civilizacije. In seveda, taka civilizacija bi bila lahko tudi bolj razvita od naše. Zakaj pa ne? Poglejte, kakšne razlike v razvoju so že na Zemlji. Torej se mi zdi možnost, da so kje v vesolju druga in mogoče celo veliko bolj razvita bitja od nas, povsem mogoča. A to me nič ne moti ali skrbi.

**Kako bi videli gospodarsko krizo, vojne, mlade, stare, zdrave, bolne, zaljubljene, obupane, ... če bi jih gledali iz astronomske perspektive? Kako se vidijo vsakdanje človeške skrbi skozi teleskop?**

Danes se v veliki meri vse vrednoti skozi denar. Gospodarska kriza se dejansko pozna v šolstvu tako, da danes nobenemu še na misel ne pride, da bi razmišljal o kaki konkretni stvari, kot je na primer to, da bi zmanjšali velikost razredov. Marsikateri dijak si težko privoščijo, da gre na izlet. Med ljudmi pogosto slišim, da so astronomi sami čudaki. Res je, nekateri astronomi so posebni ljudje in se mogoče res preveč ukvarjajo z zvezdami. A po drugi strani najdete med njimi veliko iskrenega navdušenja in pripravljenosti videti, pomagati, pokazati lepoto in dobroto soljudem. Spomnim se, ko sem za svoje poslušalce organiziral opazovanje na Kureščku in sem tam spoznal tudi gospoda Sama, ki ga zelo spoštujem. Prinesel je svoj nekoliko

---

<sup>19</sup>Johannes Kepler (1571–1630) je bil nemški matematik, astronom in astrolog ter vodilna sila znanstvene revolucije 17. stoletja.

močnejši *Dobsonov* teleskop. Po poklicu je vodovodni inštalater, toda videti bi morali njegovo navdušenje za opazovanje neba. O amaterski astronomiji ogromno ve, sam je celo izboljšal svoj teleskop. Pri njem človek čuti pristno veselje in navdušenje nad življenjem. Nikjer ni nobenih znakov kakršnekoli krize, nobenega jamranja, pa čeprav si mogoče lahko privoščijo manj kot marsikdo. Skratka, gre za človeka, ki ima odnos do okolice, veselje do življenja in pristnost tistega, s čimer se rad ukvarja.

### **Katero področje astronomije vas najbolj privlači?**

Najraje prebiram o razvoju vesolja in s tem seveda o življenju zvezd. Knjiga, kot je *Pot skozi vesolje*<sup>20</sup>, ki jo je napisal prof. Zwitter, se mi zdi zelo zanimiva. Zanimivo je seveda razumeti fiziko, ki je v ozadju teorij o razvoju vesolja. S tem mislim na to, da lahko dejansko izračunate posamezna dejstva in ne razmišljate o njih le opisno. Po drugi strani pa se mi zdi izjemno zanimiva „mehanika vesolja“. Bolj enostavno povedano, to je razumevanje gravitacijskega zakona, ki ga je mogoče razložiti tudi dijakom, in to jaz zelo rad počnem. Čudovito je, ko lahko dijaki že na podlagi Newtonovih oziroma Keplerjevih zakonov dobijo občutek in razumevanje osnovnih gibanj v osončju in vesolju.

**Pred časom sem na BBC spremljal intervju z znanim okoljevarstvenikom in znanstvenikom Jamesom Lovelockom<sup>21</sup>. Ta čili in genialni devetdesetletnik pravi, da bi si bolj kot vse drugo želel poleteti v vesolje in od tam pogledati na Zemljo. Kot prominentna oseba, znanstvenik, nekdanji sodelavec NASE in član *Royal Society* je menda celo med prvimi na seznamu potnikov že za leto 2010 predvidenih javnih poletov v vesolje. Bi si tudi vi želeli takega poleta? Kako lahko tak pogled na Zemljo spremeni človeka?**

Ja, najbogatejši so si menda že plačali in rezervirali te polete. Če bi imel možnost, bi si z največjim veseljem tudi jaz ogledal naš planet iz vesolja. Gotovo je tak pogled na Zemljo nekaj posebnega. Najbrž dobiš občutek, kako majhna in nebojlena je Zemlja v vesolju, kot drobna frnikula. Verjetno človek to doživi kot posebno izkušnjo, kot posebno spoštovanje do stvarstva. O tem sem tudi nedavno veliko razmišljal, saj sem v NUK-u pripravljaval

<sup>20</sup>Tomaz Zwitter: *Pot skozi vesolje*, Modrijan, Ljubljana 2002.

<sup>21</sup>James E. Lovelock, rojen 1919, znanstvenik, izumitelj in okoljevarstvenik. Kot znanstvenik se je izkazal in prejel številne nagrade predvsem na področjih kemije in medicine. Sodelavec NASE pri razvoju programov Viking za raziskavo Marsa in detekcijo kemijskih elementov, ki bi nakazovali možnost življenja na Marsu. Futurist in avtor teorije *Gaia* o kompleksnem zemeljskem organizmu žive in nežive narave. Okoljevarstvenik, ki napoveduje katastrofične posledice življenja, kot ga živimo, in avtor številnih knjig. Zadnja knjiga: James Lovelock (2009): *The Vanishing Face of Gaia: A Final Warning: Enjoy It While You Can*. James Lovelock je že od leta 1974 član britanske Royal Society, ki spada med najstarejše akademije znanosti. Ustanovljena je bila že leta 1660.

razstavo o Koperniku<sup>3</sup>. Najbrž je bil njegov največji dosežek prav to, da je imel kreativnost in pogum videti planet Zemljo le kot frnikulo, ki kroži okrog Sonca. Ni šlo samo za velik fizikalni premik misli, sprememba je bila tudi psihološka, saj je Zemlja naenkrat izgubila svojo osrednjo vlogo v vesolju. Človeško spoznanje, da ni (več) „glavni“, je za nekatere nekaj posebnega. In najbrž te ob pogledu na Zemljo iz vesolja navda prav poseben občutek majhnosti in nepomembnosti. Drugo podobno veliko odkritje je bilo Hubblovo o gibanju galaksij in njegovo spoznanje, da niti naše Sonce in galaksija v vesolju ne pomenita nič posebnega.

**Gotovo imate svoj teleskop. Imate tudi svoj kotic v vesolju, kamor najraje pogledate?**

No, nič posebnega. Rad gledam „globoko v vesolje“. Pri srcu so mi „meglice“ v Andromedi pa v Orionu in tudi manj znane ... Prav posebna doživetja pa so mrki.

**Pogledate kdaj skozi teleskop daleč stran tudi zato, ker so bližnji problemi prehudi?**

(Vzdihljaj.) Zelo mi je pri srcu metodika in delo z mladimi. Zelo rad jih peljem na opazovanje. Zelo rad pa opazujem nebo tudi sam. Rad se odpeljem na primer na Mangartsko sedlo, seveda s teleskopom, in opazujem vso noč. Če sem razburjen, me tako opazovanje zelo pomiri. V takem opazovanju uživam. Je pa to tudi trening, saj tako obnavljaš znanje in vedenje, sicer hitro pozabiš, kje je kaj.

**Vsakdo ima svojega boga. Kakšen je bog, v katerega verjamete vi? Kakšna je njegova osebna izkaznica, s katero bi ga predstavili povprečnemu človeku? Verjamete v Boga?**

Ja, verjamem. Moja podoba Boga združuje smotrnost, lepoto, poseblja naravne zakone, logičnost mišljenja, z vidika človeka je Bog vsemogočen. Vse to lahko pripišete tudi naravi, zato ima Bog, v katerega verjamem, še eno zelo pomembno dimenzijo, to je ljubezen in upanje. To dvoje si predstavljam kot celoto, mogoče bi bil še boljši izraz *hrepenenje*. Brez tega se mi zdi, da bi bilo vse brez pomena. Z ljubeznijo se začne odnos spoštovanja in čudenja. Brez ljubezni je roža le lepa in jo lahko brezobzirno odrežete. Tudi roža je živa. Pred leti je bil v *Proteusu* objavljen zanimiv članek in od takrat sem še bolj pozoren in verjamem, da tudi rože po svoje res čutijo.

**Pomeni to hrepenenje tudi optimizem?**

Seveda, brez optimizma lahko obupamo. Včasih opazujem dijake. Nekateri tako hitro obupajo. Vsak neuspeh jih zlomi. Spomnim se dijakinje, ki je bila z življenjsko voljo čisto na koncu. Bila je popolnoma obupana, jemala



je mamila. Ko se ji je po mnogih pogovorih in po vseh mogočih oblikah pomoči povrnilo upanje, je bilo naenkrat spet vse v redu.

### **Česa se pri ljudeh bojite? Česa pri ljudeh ne marate?**

Absolutno ne maram egoizma. To, da človek vidi samo sebe, je grozno. Tudi v izobraževanju je tega veliko. Človek vidi samo svojo stvar, svoj predmet. Vse, kar ga skrbi, je, da „odbrenka“ svojo dolžnost, za nikogar ali za nič drugega mu ni mar. To, da človek, namesto da bi pomagal sočloveku, raje pogleda stran in se dela, da človeka v stiski ali potrebi ne vidi, to res sovražim. Smo skupnost ljudi in drug brez drugega ne moremo. Kjer pa je veliko egoizma, je tudi veliko zaskrbljenosti, saj se človek počuti negotovo.

### **Kaj se spleča početi v življenju?**

Vsekakor se spleča živeti za dobro. Saj je včasih dovolj le prijazna beseda, človek vas lepo nagovori, pa vam polepša dan. Srečate sitnobo, ki je z vami surova in neprijazna, pa se še vi počutite slabo. Spleča se truditi, da bi se imeli dobro, in spleča se deliti dobro z ljudmi. Spleča se z ljudmi smejeti, spleča se veseliti z njimi, plesati dobesedno in v prenesenem pomenu. Spleča se izmenjati dobro besedo in se veseliti, ne pa zamorjen ob kozarcu vina opevati svoj obup. Še posebej opažam to pri mladih. Ko dijaka na hodniku mimogrede prijazno nagovoriš, navržeš kako dobro opazko . . . , koliko lažje potem steče tudi druga komunikacija.

### **Kakšno misel bi vi poslali v vesolje<sup>22</sup> (in<sup>16</sup>), kot simbolno sporočilo človeštva?**

(Nasmeh.) Ne vem, mogoče le to, da je življenje prijetno ter polno lepote in ljubezni.

---

<sup>22</sup>Na plovilih Pioneer 10 in 11 ter Voyager 1 in 2, ki so zapustila naše osončje, so nameščene tudi zlate plošče, ki nosijo simbolična sporočila človeštva. Na Pioneerjih 10 in 11 sta zlati plaketi z znano skico moškega in ženske ter drugimi simbolnimi opisi življenja na Zemlji. Voyagerjevi zlati plošči sta že precej bolj umetelni, a prav tako simbolni kot prvi dve. Med drugim vsebujeta tudi kratek simbolni nagovor takratnega ameriškega predsednika Jimmyja Carterja, ki opisuje „poskus človeštva, da bi preživelo lastni čas in pustilo sled v prihodnosti“. Plošči vsebujeta zvočni nagovor v 55 svetovnih jezikih, nekaj deset značilnih zvokov življenja na Zemlji, glasbene posnetke različnih svetovnih kultur, na primer 1. stavek Bachovega Brandenburškega koncerta št. 2, 1. stavek 5. Beethovneve simfonije, poročno pesem iz Peruja, tradicionalno bolgarsko ljudsko pesem Balkanski valček in mnogo drugih. Vsebino plošče je za NASO izbrala posebna komisija, ki jo je vodil Carl Sagan (1934–1996). Carl Sagan je bil eden najbolj prominentnih astronomov in popularizatorjev znanosti svojega časa. Bil je profesor na harvardski in cornellski univerzi. Prejel je številna znanstvena in literarna priznanja od NASE in Ameriške akademije znanosti do Pulitzerjeve nagrade za literaturo. Voyagerjevi zlati plošči sta narejeni iz zlata in bakra in vsebujeta tudi izotope urana, ki so bili pripravljene posebej, da bi potencialni najditelji lažje določili starost posnetka in naše civilizacije.

Kakšno sporočilo pa bi naslovili na tiste, ki jih vaša misel zares lahko doseže?

Lahko je kar isto.

**Prof. Kham, hvala za pogovor.**

*Pogovor je pripravil Damjan Kobal*

## LETNO KAZALO

Obzornik za matematiko in fiziko 56 (2009)

številk 1–6, strani 1–232

### Članki — Articles

Fundamentalna grupa in $\text{coH}$ -prostori — Fundamental group and $\text{coH}$ -spaces (Aleksandra Franc) .....	1–15
Mikrofluidično vezje z mikročrpalko — Microfluidic circuit with a micro-pump (Blaž Kavčič, Dušan Babič in Igor Poberaj) .....	16–24
Iracionalnost krožne konstante — The irrationality of the circular constant (Marko Razpet) .....	41–47
Kubični zleпки z majhno prožnostno energijo — Cubic splines with small strain energy (Gašper Jaklič in Emil Žagar) .....	48–60
Balmerjeva enačba — Balmer's equation (Janez Strnad) .....	61–67
Tschirnhausova kubika — The Tschirnhaus cubic (Marko Razpet) .....	81–92
Osnovni naboj in šum — Elementary charge and noise (Janez Strnad) .....	99–106
Hadamardove matrike in misija Mariner 9 — Hadamard Matrices and Mariner 9 Mission (Aleksandar Jurišić) .....	121–135
Spominska počba Francu Hočevarju — Memorial tablet to Franc Hočevar (Marko Razpet) .....	136–143
Galilejeve lune — Jovian satellites (Galilean moons) (Aleš Mohorič) ...	145–147
Uvod v svet $p$ -adičnih števil — Introduction to the world of $p$ -adic numbers (Barbara Drinovec Drnovšek) .....	161–171
Pot na Luno — Moon travel (Janez Strnad) .....	172–179
Primer diakavstike — A diacaustic curve (Marko Razpet) .....	193–199
Temna snov: Raziskave nevidnega v dveh kozmoloških superpospeševalnikih „Izstrelek“ 1E0657–56 in MACSJ0025.4–1222 — Dark Matter: Revealing the Invisible with 2 Cosmic Supercolliders “The Bullet Cluster” 1E0657–56 and MACSJ0025–1222 (Maruša Bradač) .....	207–213

### Šola — School

Vsebinsko znanje in naravoslovno razmišljanje — Content knowledge and scientific reasoning (Janez Strnad) .....	107–113
---	---------

### Intervju — Interview

Boris Kham (pripravil Damjan Kobal) .....	214–232
---	---------

**Nove knjige — New books**

Numerična analiza (Zvonimir Bohte) .....	92–96
Osnove višje matematike I (Matej Brešar) .....	96–97
Fiziki – 6. del (Mojca Vilfan) .....	97–98
Guesstimation (Primož Ziherl) .....	113–115
Na ramenih velikanov (Janez Strnad) .....	115–117
Why is Uranus upside down? (Uroš Kostić) .....	117–118
Misija na Luno (Andrej Guštin) .....	118–119
Glej jih, zvezde! (Aleš Mohorič) .....	119
Dva učbenika za topologijo (Jaka Smrekar) .....	153–157
Topics in Graph Theory (Marko Petkovšek) .....	157–160
Matematika skozi stoletja (Marko Razpet) .....	160–XV
Velike oči, zazrte v nebo – Eyes on the Skies (Aleš Mohorič) .....	179–180
Enciklopedija števil (Borut Zalar) .....	180–181
Matematični priročnik (Marko Razpet) .....	182–183
Stric Petros in Goldbachova domneva (Marko Razpet) .....	184

**Vesti — News**

Zoisove nagrade in priznanja za znanstvenoraziskovalno delo v letu 2008	25–27
Matematične novice (Peter Legiša) .....	28–29
DMFA Slovenije v zadnjih desetih letih (Milan Hladnik) .....	29–III
Obvestilo (Janez Seliger) .....	47
Mednarodno leto astronomije 2009 (Aleš Mohorič) .....	68–71
Petnajsto mednarodno tekmovanje študentov matematike (Gregor Šega)	72–79
Strokovna ekskurzija in sindikalni izlet v okolico Trsta (Mitja Rosina) .	79
Vabilo (Janez Seliger) .....	80
3. slovensko srečanje matematikov raziskovalcev (Boštjan Kuzman in Emil Žagar) .....	VII
Novi člani društva v letu 2008 (Vladimir Bensa) .....	XI
Matematične novice (Peter Legiša) .....	143–144
Ob odprtju prenovljenega Peterlinovega paviljona (Janez Bonča) .....	148–150
Prenovljeni Peterlinov paviljon (Peter Legiša) .....	151–152
Anketni vprašalnik .....	185–186
Šestnajsto mednarodno tekmovanje študentov matematike (Marjan Jerman) .....	187–190
Matematično raziskovanje na MARSu (Boštjan Kuzman) .....	190–192
Matematične novice (Peter Legiša) .....	192–XIX
Strokovno srečanje in občni zbor DMFA (pripravila Nada Razpet in Janez Krušič) .....	199–205
Prejemnika društvenih priznanj za leto 2009 (pripravili Lucijana Kračun Berc in Nada Razpet) .....	206

**Utrinki — Miscellanea**

Kolumela: Poslovni načrt za vinograd (Peter Legiša) .....	120–XI
---	--------

# OBZORNIK ZA MATEMATIKO IN FIZIKO

LJUBLJANA, NOVEMBER 2009

Letnik 56, številka 6

ISSN 0473-7466, UDK 51 + 52 + 53

---

## VSEBINA

Članki	Strani
Primer diakavstike (Marko Razpet) .....	193–199
Temna snov: Raziskave nevidnega v dveh kozmoloških superpospeševalnikih „Izstrelek“ 1E0657–56 in MACSJ0025.4–1222 (Maruša Bradač) .....	207–213
<b>Intervju</b>	
Boris Kham (pripravil Damjan Kobal) .....	214–232
<b>Vesti</b>	
Strokovno srečanje in občni zbor DMFA (pripravila Nada Razpet in Janez Krušič) .....	199–205
Prejemnika društvenih priznanj za leto 2009 (pripravili Lucijana Kračun Berc in Nada Razpet) .....	206
Letno kazalo .....	232–XXIII

---

## CONTENTS

Articles	Pages
A diacaustic curve (Marko Razpet) .....	193–199
Dark Matter: Revealing the Invisible with 2 Cosmic Supercolliders “The Bullet Cluster” 1E0657–56 and MACSJ0025–1222 (Maruša Bradač) .....	207–213
<b>Interview</b> .....	214–232
<b>News</b> .....	199–XXIII

---

**Na naslovnici:** sta posnetka jata galaksij Izstrelek 1E0657–56 (levo) in MACSJ0025.4–1222 (desno). Vir: NASA/CXC/CfA/STScI/Magellan in NASA/CXC/STScI/Stanford/UCSB/ (glej članek na strani 207).