

## **Dr. sc. Saša Ceci - Tiho, o tiho govori mi svemir**

*Tiho, o tiho govori mi jesen*

*Tiho, o tiho govori mi jesen:  
Šuštanjem lišća i šapatom kiše.  
Al zima srcu govori još tiše.  
I kada sniježi, a spušta se tama,  
U pahuljama tišina je sama.*

*-- Dobriša Cesarić*

(1) Sjećam se da sam kao klinac gledao Saganov Kozmos i da je on u njemu rekao da smo mi svi napravljeni od zvjezdane tvari. Zvučalo mi je totalno fora, dok netko nije spomenuo da je i pun kontejner za smeće također napravljen od zvjezdane tvari.

(2) Ipak, nije sva čarolija time ubijena. Bila je tamo i priča o Eratostenu koji je prije cirka 2300 godina kombinacijom proračuna i eksperimenta odredio da je Zemlja kugla s opsegom od oko 40 000 kilometara. (Sorry, ravnzemljaši.)

(3) Jednom kad dobro znamo dimenziju jednog dovoljno velikog objekta možemo pokušati odrediti udaljenost do raznih nebeskih tijela.

(4) Pomaže nam paralaksa - čudesan fenomen u kojem nam se prividan položaj bliskog objekta u odnosu na one udaljenije mijenja u ovisnosti o promjeni našeg položaju. Ako znamo koliko smo promijenili položaj i možemo izmjeriti taj prividan pomak kao kut - možemo odrediti udaljenost do bližeg objekta.

(5) I tako smo krenuli određivati udaljenosti u Sunčevom sustavu uzimajući za temelj veličinu Zemlje.

(6) Ispalo je da iako je Zemlja ogromna, udaljenosti su bile puno, puno veće. I nisu sve bile jednake - Mjesec nam je bio blizu, a Sunce daleko od nas.

(7) Nikola Kopernik je skužio da je vrtinja lutajućih zvijezda (planeta) oko Zemlje užasno komplicirana, ali ako bi se umjesto toga vrtjeli oko Sunca... Galileo Galilei se složio da to ima puno više smisla, i skužio da se neka malena nebeska tijela vrte oko Jupitera. Johhanes Kepler je pronašao neke nove nepravilnosti u tim gibanjima (putanje nisu kružnice, planeti mijenjaju brzinu vrtnje) što je konačno objasnio Isaac Newton povezujući vrtnju Mjeseca oko Zemlje, Zemlje oko Sunca i padanje jabuke.

Stvari koje se događaju na nebu povinuju se istim zakonima kao stvari koje se događaju na Zemlji.

S jedne strane, ne po čemu nismo posebni. S druge, kad učimo o stvarima na Zemlji, učimo o svemiru.

(8) Kad smo odredili udaljenost do Sunca, vidjeli smo da i neke zvijezde pokazuju pomak,

paralaksu. Nisu nam sve jednako udaljene na nekom nebeskom svodu.

(9) Zvijezde su jako, jako, jako daleko.

(10) Ako su tako jako daleko, moraju biti jako sjajne da ih mi s te daljine možemo vidjeti - intenzitet svjetla pada s kvadratom udaljenosti.

(11) Cecilia Payne-Gaposchkin promatrala je svjetlost zvijezda i usporedila sa svjetlošću koja dolazi sa Sunca. Kad se pogleda spektre, vidi se od kojih se elemenata sastoje. Spektri su bili praktično identični. Zvijezde su sunca, samo su nam jako daleko. Sunce je zvijezda, samo nam je jako blizu.

(12) Postoje razne zvijezde, neke mijenjaju sjaj i frekvencija te promjene je povezana s maksimalnim sjajem - tako se može odrediti udaljenost. Uz to, ogromne su pa ih možemo primijetiti i u nakupinama zvijezda izvan naše galaksije. Tako se otkrilo da su neke od tih nakupina strašno daleko. Osim njih, tu su i posebne vrste supernova (Ia) koje uvijek jednako sjaje kad eksplodiraju.

(13) Edwin Hubble otkriva da se spektri galaksija malo razlikuju i da se neke od njih udaljavaju od nas. Spektir pokazuje crveni pomak. Što su dalje, taj pomak je veći - udaljavaju se brže. Svemir se širi.

(14) Ako se širi imao je početak - veliki prasak. Dio tvari od kojih smo mi sačinjeni nastao je trenutak nakon velikog praska, a ostatak u termonuklearnim pećima u središtima zvijezda. Elementi teži od željeza nastajali su u eksplozijama supernova.

(15) No čak i supernove ne mogu objasniti količinu nekih teških elementata poput zlata na Zemlji. Zlato i drugi tako teški elementi nastaju u sudarima neutronskih zvijezda.

(16) Vera Rubin pokazala je da se zvijezde i oblaci plina na rubovima galaksija vrte prebrzo. Da su na vrtuljku kojeg drži gravitacija, vrtuljak bi se trebao razletjeti jer gravitacija nije dovoljna. S obzirom da se ipak ne razlete, najvjerojatnije postoji neka nevidljiva - tamna materija. Većina modernih istraživanja u fizici elementarnih čestica traži tu nepoznatu tvar.

(17) Preciznim promatranjem supernova u udaljenim galaksijama utvrdilo se da se brzina njihovog udaljavanja ne usporava, već izgleda da se ubrzava. Ne znamo uzrok za taj fenomen, ali imamo ime za uzročnika - tamna energija. U eksperimentima ne znamo ni što bismo točno trebali tražiti, toliko je to šašavo.

(18) Postojali su ovakvi kozmički misteriji i ranije - Sunce je emitiralo premalo neutrina. Nisu naši proračuni bili pogrešni, već su neutriini imali neobična svojstva - imali su masu (po Standardnom modelu trebali su biti bez mase) i oscilirali su iz jednog tipa neutrina u drugi (ima ih tri tipa). Oni koji su prešli u druge tipove mi nismo mogli detektirati - zato su nam nedostajali. Možda nešto tako šašavo otkrijemo i za tamnu materiju i tamnu energiju, ali zasad nam jako izmiču.

(19) Jedno od pitanja koje nas najviše zanima iako nije fizika ni astronomija je postoji li izvanzemaljski život. Ako da, je li temelj za njega isto DNA, ili pak netko skroz druga molekula? Što ako ga nigdje nema? I što to sve znači za nas? Obje perspektive su podjednako zastrašujuće.

(20) Kad promatramo povijest istraživanja svemira, svakim novim otkrićem čini nam se da postajemo nevažniji - prvo se ništa bitno ne vrti oko Zemlje (ok, sorry Mjeseče), pa je Sunce samo još jedna zvijezda, pa je čak i naša galaksija samo jedna utopljena u bezbroju. Tko zna, možda je i cijeli naš svemir tek jedan od bezbrojnih drugih. Jesmo li zaista toliko mali i nevažni? Je li to znanstvena istina?

(21) Tu se mogu opet vratiti na Carla Sagana s početka priče, jer on je ono svoje zapravo malo drugačije rekao. Istina je da smo i mi i onaj kontejner za smeće nastali od zvjezdanog plina koji se u eksploziji razlio posvuda i izazvao nastanak Sunčevog sustava. Ali nije naša veličina u tome od čega smo sastavljeni, već u tome da smo tog svjesni - mi jesmo svemir, svemir koji je postao svjestan sebe. Mi smo oni koji otkrivamo cijelu tu priču i uživamo u tome. Jer mi jesmo svemir i svemir je u nama. I osjećamo da je to nešto važno.

*Opomena*

*Čovječe pazi da ne ideš malen  
ispod zvijezda!*

*Pusti  
da cijelog tebe prođe  
blaga svjetlost zvijezda!*

*Da ni za čim ne žališ  
kad se budeš zadnjim pogledima  
rastajao od zvijezda!*

*Na svom koncu  
mjesto u prah  
prijedi sav u zvijezde.*

*-- Antun Branko Šimić*

### **Preporuke za pogledati:**

Full Moon Silhouettes  
<https://youtu.be/ehulHtKfpuM>

Svi koji se bave astronomijom, amaterski ili profesionalno znaju da je Mjesec na horizontu samo prividno veći nego kad je visoko na nebu. Fotografije otkrivaju da ne mijenja značajno veličinu. To je optička varka. Međutim postoji način koji nije optička varka da dobijemo osjećaj da je Mjesec zapravo ogroman. Ako promatramo ljude s Mjesecom u pozadini, i onda se udaljimo jako od njih - ljudi postaju sve manji i manji, a Mjesec ostaje iste veličine. Tek tada nas udari spoznaja koliko je to nebesko tijelo zapravo veliko. Ovaj video to na prekrasan način pokazuje. Fenomenalna promjena perspektive koja nam daje dublje razumijevanje i predivna glazba.

Flight Through Orion Nebula in Visible and Infrared Light  
<https://youtu.be/fkWrjrdT3Zg>

Postoje mnoge snimke poput ove, ali ova kombinacija razumijevanja da je ovo rodilište zvijezda, vjerojatno slično poput onog u kojem je i naše Sunce rođeno, prekrasnih vizualnih rješenja vidljive i nevidljive svjetlosti, dinamike preleta iznad maglice te zaista predivne dojmive glazbe mislim da je apsolutno dobitna. Gledao sam druge takve snimke i bez glazbe, to nije to.

Možda bi bilo dobro pogledati ove i druge takve snimke s kolegama nastavnicima likovnog i glazbenog, zašto ne i hrvatskog i pokušati nekako potaknuti da se na tim predmetima prodiskutira upotreba nekih glazbenih i vizualnih rješenja npr. u Kubrickovoj 2001. Odiseji u svemiru ili nekom novijem filmu, te da se neke ovakve astronomske teme iskoriste barem za jednu zadaćnicu. I da se onda tako neka razmišljanja učenika podijele s drugima kroz neki blog, vlog, podcast, video i sl.