

## Znanost

## MISTERIJ SVEMIRA

# Crne nam rupe svagdašnje - jesu ili nisu, sad je pitanje?!

Dvojica teorijskih fizičara, Emil Mottola s američkog »Los Alamos« nacionalnog laboratorija i Pawel Mazur sa Sveučilišta »South Carolina«, uzburkali su nedavno duhove svojom tvrdnjom da crne rupe zapravo ne postoje. Razlog je naizgled jednostavan: crne rupe ne uzimaju u obzir još jedno veliko dostignuće ljudskog uma – kvantnu fiziku. S druge strane, Jonathan Feng s američkog Tehnološkog instituta u Massachusettsu i Alfred Shapere sa Sveučilišta u Kentuckyu tvrde kako njihovi računi pokazuju da smo možda svakodnevno »bombardirani« desecima mini-crnih rupa! Zapravo, bombardirani smo iz dubina Svemira kozmičkim zrakama izuzetno visokih energija, koje putuju gotovo brzinom svjetlosti.

## Dejan Vinković

Nedavno su se dogodile dvije zanimljive epizode u znanstvenom istraživanju crnih rupa. U jednoj epizodi postavilo se pitanje postoje li crne rupe uopće, a umjesto njih predloženo je alternativni lik pod imenom »gravastar«. U drugoj pak epizodi predlaže se kako detektirati mini-crne rupe u vlastitoj kući, u zemljinoj atmosferi.

## Pismo s ruskog fronta: »Dragi Einstein...«

Crne rupe jedan su od simbola dostignuća ljudskog uma. Bilo je potrebno načiniti izniman misaoni iskorak iz trodimenzionalnog svijeta u kojem živimo i shvatiti da su prostor i vrijeme nerazdvojna cjelina. To je po prvi puta pošlo za rukom Albertu Einsteinu početkom 20. stoljeća. Nedugo zatim, 1916. godine, njemački astronom Karl Schwarzschild šalje pismo Einsteinu iz bolnice na ruskoj fronti, gdje se liječio od bolesti koja ga je ubrzo stajala života. U pismu opisuje kako Einsteinove jednačbe gravitacije posjeduju i jedno krajnje čudno rješenje: objekt sa toliko snažnom gravitacijom da niti svjetlost ne može pobjeći iz njegovog zagrljaja. To znači da bi objekt bio potpuno nevidljiv, crn, poput crne rupe u koju se može ući, ali više nikad izći.

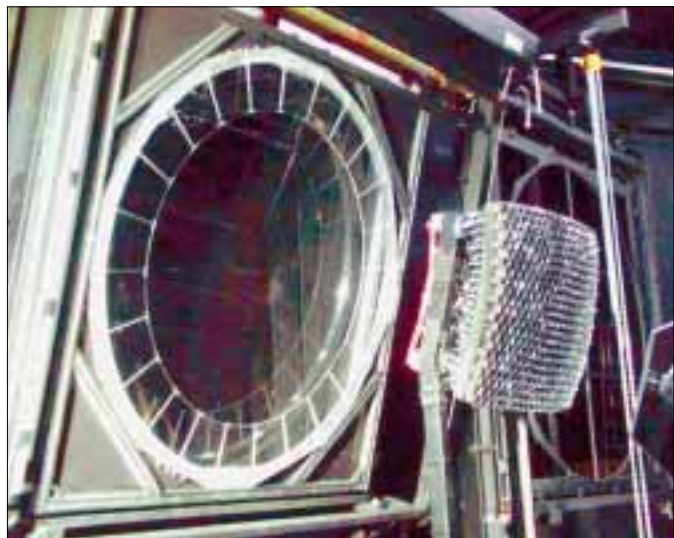
U početku se smatralo kako takvi objekti ne mogu postojati u našem svemiru i da je sve to samo akademska rasprava. Ali polako su se nizala teorijska otkrića i s vremenom znanstvenici prihvaćaju mogućnost njihovog postojanja. Crne rupe

radaju se iz velikih, masivnih zvijezda kada one umru u grandioznoj eksploziji, nazvanoj »supernova«. Ono što ostane u središtu ne može se više oduprijeti stisku vlastite gravitacije. Stoga se počinje sažimati i u jednom trenutku gustoća postaje tolika da i svjetlost biva zarobljena. Što se događa nakon toga, ne znamo, jer ne možemo više komunicirati s unutrašnjošću. Sve što »vidimo« jest granica koja razdvaja naš svemir od te unutrašnjosti. Tu granicu nazivamo horizont događaja, a čitav objekt - crna rupa.

## »Tamna« strana crnih rupa

Naravno, slijedi pitanje: a kako onda detektirati njihovo postojanje? Pa upravo pomoću gravitacijskog utjecaja na okolnu materiju. Sve što pada na crnu rupu biva zagrijano na ogromnu temperaturu i zrači velike količine energije prije negoli nestane u ništavilu. Ukoliko se radi o velikim crnim rupama, poput one u središtu naše galaksije, možemo pratiti gibanje zvijezda i uočiti kako na njih djeluje neki iznimno masivan objekt.

I dok je većina znanstvenika zadovoljna ovakvom pričom, oni kojima je proučavanje crnih rupa profesija, otkrivaju »tamnu« stranu crnih rupa. Za početak je dovoljno biti tvrdoglav i zadržati uvjerljiviji dokaz za njihovo postojanje. Zatim se postavlja pitanje ljepote crnih rupa. Naime, njihova ljepota proizlazi iz činjenice da nam je potrebno samo nekoliko parametara da bi u potpunosti definirali crnu rupu. Ali kamo su onda nestale sve one informacije, poput kemijskog sastava, koje je



Kada Pierre Auger Observatory bude zgotovljen 2004. godine, 3200 ovakvih detektora pokrivat će dva područja, svako od 3000 kvadratnih kilometara

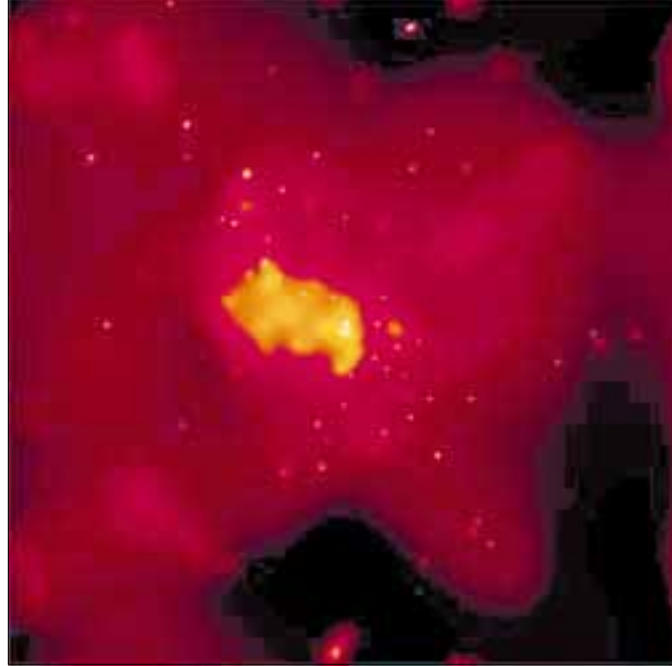
sadržavala progutana materija? Te kamo s beskonačnom energijom koju poprima svjetlost prilikom približavanja samom horizontu događaja?

## Crne rupe su mrtve, živo »gravastar«!

Dvojica teorijskih fizičara, Emil Mottola s američkog »Los Alamos« Nacionalnog Laboratorija i Pawel Mazur sa Sveučilišta »South Carolina«, uzburkali su nedavno duhove svojom tvrdnjom da crne rupe zapravo ne postoje. Razlog je naizgled jednostavan: crne rupe ne uzimaju u obzir još jedno veliko dostignuće ljudskog uma – kvantnu fiziku. Kažemo »naizgled« stoga što se ubacivanje kvantne fizike u teoriju gravitacije pokazalo jednim od najtvrdih »oraha« moderne znanosti. Mottola i Mazur smatraju kako im je to pošlo za rukom kada su crne rupe u pitanju. Rezultat je nadasve zanimljiv.

U trenutku kada je kolapsirajuća zvijezda gotovo postigla uvjete za formiranje horizonta događaja, kvantni efekti počinju mijenjati samo »tkivo« prostora i vremena. Promjene vode u potpuno novi oblik stanja prostora i vremena, stanje kakvo se dosad primjenjivalo u kvantnoj fizici samo na čestice, to jest na materiju. Tako modificiran prostor-vrijeme stvorio bi ljusku upravo na mjestu gdje bi se očekivalo horizont događaja. No, sada bez ikakvih beskonačnosti, bez sloma zakona fizike. Takav objekt nazvali su »gravastar«.

Gledajući izvana, gravastar se gotovo ne bi razlikovao od crnih rupa. Također bi bio nevidljiv. Ali crne rupe duboko su usaden koncept u svijetu fizike. Nije lako preokrenuti sve okrenuti naglavačke. Ipak, bilo bi uzbudljivo, budući da postoji niz trenutno neobjašnjenih astromskih fenomena - uključujući i čitav svemir - koje bi se potencijalno mogli objasniti »gravastarom«.



Centar naše galaksije Mliječne Staze, u kojem se krije velika crna rupa 2.6 milijuna puta masivnija od Sunca. Ova slika načinjena je u području X-zraka pomoću svemirskog teleskopa Chandra. Crna rupa nalazi se točno u središtu slike, a njezino postojanje otkriva materija koju guta i pritom zrači X-zrake

čujući i čitav svemir - koje bi se potencijalno mogli objasniti »gravastarom«.

## Prognoza za danas: prohladno s pljuskovima crnih rupa

Teorijski fizičari, međutim, već desetljećima pokušavaju ugurati gravitaciju u zajedničku kvantnu teoriju svih postojećih sila i čestica. Teorijski rezultati posljednjih godina uvjerili su mnoge fizičare u još čudniji scenarij: postojanje dodatnih dimenzija uz nama poznate tri dimenzije prostora i četvrtu dimenziju - vrijeme. Teorija kaže kako bi se takve dodatne dimenzije skrivale u nemjerljivo malenim petljama. Kao što nam prsten iz velike udaljenosti izgleda

poput kružnice, tako ne bismo ni tim mikro-petljama mogli vidjeti »debljinu«, to jest neku višu dimenziju.

I tu opet crne rupe dolaze na scenu. Jonathan Feng s američkog Massachusetts Institute of Technology i Alfred Shapere sa Sveučilišta u Kentuckyu tvrde kako njihovi računi pokazuju da smo možda svakodnevno »bombardirani« desecima minicrnih rupa! Zapravo, bombardirani smo iz dubina Svemira kozmičkim zrakama izuzetno visokih energija, koje putuju gotovo brzinom svjetlosti. Nije još uvijek poznato što stvara čestice tako visokih energija, ali kad udare u neku česticu zemljine atmosfere, stvore čitavu kaskadu egzotičnih

čestica. Kada te čestice doleće do tla, poput palačinke pokriju površinu od nekoliko kvadratnih kilometara.

Feng i Shapere tvrde kako te kozmičke zrake svojim udarom mogu stvoriti minijaturnu crnu rupu, manju od atoma. Ona bi gotovo trenutačno nestala, ali bi za sobom ostavila jedinstven »otisk« u česticama stvorenim nakon toga. Detekcija bi se pokušala za dvije godine ostvariti pomoću »Pierre Auger« opservatorija. Radi se o mnoštvu detektera koji će pokrivati dva područja od 3000 kvadratnih kilometara, jedno u Argentini, a drugo u SAD-u.

Dr. Shaperea najprije smo upitali za mišljenje o teoriji »gravastara«. »Taj je rad izuzetno zanimljiv i mogao bi imati dalekosežne implikacije ukoliko se pokaže točnim. Međutim, za donošenje odluke o točnosti teorije, trebao bih vidjeti nešto više detalja njihovih računa od dosad objavljenih«, odgovorio je Shapere. Upitali smo ga i kakva bi bila implikacija detekcije njegovih minijaturnih crnih rupa. »Bez obzira hoće li se dokazati da kozmičke zrake mogu ili ne stvoriti mikroskopske crne rupe, naučit ćemo nešto važno. Ako se detektira pljusak specifičnih čestica, imat ćemo direktan dokaz postojanja dodatnih dimenzija, uz postojeće uobičajene tri i vrijeme. S druge strane, ako se takav pljusak ne vidi, bit ćemo u mogućnosti postaviti nove gornje granice za veličinu tih dodatnih dimenzija«, zaključuje Shapere.

U svakom slučaju, crne rupe i dalje glukoju na samo dva laika, nego i fizičara. A nova uzbuđenja su na pomolu.

## NAKON ŠTO ISCRPI ZALIHU NUKLEARNOG GORIVA SUNCE ĆE SE OHLADITI I PRETVORITI U BIJELOG PATULJKA

## Bijeli patuljci, zvijezde koje nastaju pri zvjezdanoj »kliničkoj smrti«

Pod pritiskom gravitacije umiruće se zvijezde skupljaju u vrlo gusto stanje (oko 500 kilograma po prostornom centimetru), kolapsiraju, polako se hlade i zapadaju u još gušća stanja – neutronske zvijezde i crne rupe

Zajedničkim istraživanjem američkih i škotskih astronoma nedavno je u našoj galaksiji otkriveno 38 bijelih patuljaka, koji bi prema prvim rezultatima mogli činiti znatni dio, naizgled nedostajuće tamne materije u galaksiji. Tim bi se otkrićem i daljnjim istraživanjem skupine bijelih patuljaka, tvrde astronomi, moglo barem djelomično odgovoriti na pitanje o sastavu te tamne materije, pa i načinu nastanka naše galaksije. Naime, još 1933. godine znanstvenik Fritz Zwicky, objavio je da grozdovi galaksija ne sadrže dovoljno materije da se objasni njihova rotacija.

Astronomi su kasnije potvrdili Zwickyjevu tezu, procjenjujući pritom da materija koju možemo vidjeti unutar naše galaksije, a to su u pravilu zvijezde u raznim razdobljima njihova života, čine samo pet posto ukupne galaktičke mase. Prema tim istraživanjima, dakle, zaključeno je da postoji 95 posto tamne materije koju ne vidimo, a znanstvenicima je još problem od čega se ta tamna materija sastoji. Današnja znanost i pretpostavlja da jedan dio tamne materije u Svemiru čine tzv. bijeli patuljci, odnosno zvijezde koje su u svojoj dubokoj starosti. Njihovo je pak postojanje otkriveno i dokazano 1997. godine, iako se pokušajem detektiranja bijelih patuljaka još 1862. godine počeo baviti astronom i izradivao teleskopa Alvan Clark, nazvavši svoje zvijezdano otkriće »Sirius B«.

Kasnijim, još opsežnijim istraživanjima određena je i maksimalna masa koju može imati bijeli patuljak. Ona je, naime, 1,44 Sunčeve mase a naziva se Chandrasekherova granica.

Bijeli su patuljci zgusnute zvijezde velikih masa, na primjer



Bijeli patuljak imena »Jupiterov duh« udaljen je od Zemlje 1.400 svjetlosnih godina

poput pola našeg Sunca, ali veličine Zemlje. Te su zvijezde ostaci nekadašnjih »crvenih divova«, nastalih pri svojevrsnoj zvjezdanoj »kliničkoj smrti«, kada potroše sve svoje nuklearno gorivo.

Pod pritiskom gravitacije te se zvijezde skupljaju u vrlo gusto stanje (oko 500 kilograma po prostornom centimetru), kolapsiraju, polako se hlade i zatim zapadaju još gušća stanja; neutronske zvijezde i crne rupe. Takva je, naime, skoro svaka treća zvijezda u našoj blizini, no one su prilično loše vidljive zbog svoga slaba sjaja koji je tisućama puta slabiji od Sunčeva sjaja.

Smatra se da otprilike 94 posto zvijezda završi kao bijeli patuljci, a kako dalje stare to se sve više hlade. Drugim riječima, takve zvijezde više ne isijavaju svjetlost poput Sunčeve i za udaljene promatrače, kakvi smo

mi u odnosu prema galaktičkim daljinama, postaju nevidljive i dijelom spomenute tamne materije čije opsežnije istraživanje tek predstoji.

Američki astronomi su pak višegodišnjim istraživanjima dokazali da će s vremenom sav helij iz Sunčeve jezgre nestati, pa će bez »goriva« ta jezgra biti nemoćna proizvoditi zračenje koje održava gornje slojeve, nakon čega će Sunce izgubiti bitku s gravitacijom.

Sva preostala materija će se zatim smanjiti u malo tijelo, veličine Zemlje, a Sunce će postati bijeli patuljak tolike gustoće da će jedna žličica njegove materije biti teška više od jedne tone.

Bez goriva za potrebnu fuziju, Sunce će i dalje sijati, no ovaj put bez gravitacijske energije koja će se s vremenom potrošiti, a zatim će se potpuno ohladiti i pretvoriti u bijelog patuljka.

Vanja Majetić

## ANTROPOLOGIJA

## Prvotne nastambe građene su od kostura mamuta

Prve se građevine podudaraju sa zahladnjenjima i pojavom ledenih doba/ Starost najranijih dokaza o sagrađenim nastambama pračovjeka, procjenjuju se na oko dva milijuna godina/ Na nekoliko nalazišta, od kojih je najočuvanije ono u blizini mjesta Černogov u Ukrajini, nađene su kolibe sagrađene od mamutovih kostiju.

Ljudska je vrsta prešla dug put od života u pećinama i rupama do gradnje nebodera. Ipak 99 posto ljudske povijesti obilježila je »nis-kogradnja«.

Stariji preci Homo sapiensa, tražili su zaštitu od vremenskih nepogoda i grabežljivaca, nastanjujući se u prirodnim skloništa, kao što su špilje i kamene nadstrešnice. Postupno su počeli improvizirati, prilagođujući unutrašnjost svojih skloništa, da bi s vremenom počeli graditi obitavališta i na mjestima gdje nije bilo prirodnih skloništa. Kako pokazuju arheološka istraživanja, na to su ih nagnale klimatske promjene, jer se prve građevine podudaraju sa zahladnjenjima i pojavama ledenih doba.

Starost najranijih dokaza o sagrađenim nastambama pračovjeka, procjenjuju se na oko dva milijuna godina. Pronađeni su u oblasti Olduvai Gorge, u središnjoj Africi. Kamene posložene u krug, tako da drži granje koje je poslužilo za krov, tipičan je način gradnje Homo habilisa, pretka Homo sapiensa. Prema dosadašnjim spoznajama, Homo habilis je koristio oruđe, osnivao naselja, a pretpostavlja se da je otkrio i vatru, prije tri milijuna godina.

## Ostaci prve drvene kolibe stari 400 tisuća godina

Ostaci prve prave drvene kolibe otkriveni su na arheološkom nalazištu Terra Amata, u Francuskoj, blizu Nice. Arheolozi su procijenili da je koliba sagrađena prije otprilike 400 tisuća godina. U kolibi dužine osam i širine četiri metra bilo je i kameno ognjište. Arhitektura takvih koliba, procjenjuju arheolozi, nije se mnogo mijenjala u razdoblju od milijun godina. Na jednom drugom lokalitetu u blizini Nice (Grotte du Lazaret), nađeni su ostaci kolibe u unutrašnjosti špilje. Preko grana koje su podržavali kameni blokovi, bile su prebačene, životinjske kože (poput šatora). Ova građevina stara



Rekonstrukcija nastambe sibirskih lovaca iz Kamenog doba

je oko 500 tisuća godina. 11 metara je dugačka i široka 3,5 metra, a u njoj su bile dvije odvojene »sobe«, u većoj je bilo i ognjište. U isto vrijeme skupine koje su se češće selile podizale su šatore. Te su kolibe gradili neandertalci. Oni su bili lovci, a na njihovim su nalazištima uvijek nalazene i životinjske kosti, ostaci slonova, nosoroga, crvenog jelena i divovskog bika.

## Kolibe od mamutovih kostiju

S vremenom su lovci shvatili da se ulovljene životinje, osim za hranu i oruđe, te odjeću, mogu koristiti i kao »građevni« materijal za svoje domove. Na nekoliko nalazišta, od kojih je najočuvanije ono u blizini mjesta Černogov u Ukrajini, nađene su kolibe sagrađene od mamutovih kostiju, a koje su se pokrivala mamutovom kožom. I dan danas kružna baza s nekoliko kostiju još stoji. Kod Černogova nisu nađeni ostaci drugih životinja tako da se pretpostavlja da su ti neandertalski praljudi lovili isključivo mamute. Inače, znanstvenici smatraju da su mamuti prva životinjska vrsta istribebljena čovjekovom krivnjom. Posljednji primjerci mamuta (srodnika današnjeg slona), čiji su ostaci na-

đeni, datiraju od prije otprilike 40 tisuća godina. A u Sibiru je prije nekoliko godina, u ledu nađen gotovo savršeno očuvan mamut.

Najstariji nađeni ostaci Homo sapiensa stari su oko 40 tisuća godina, a otprilike u to doba udareni su i temelji »današnje« arhitekture. Homo sapiens je prvi počeo improvizirane nastambe (kolibe i šatore) zamjenjivati solidnim građevinama s čvrstim temeljima i uspravnim zidovima. S vremenom su osnivana i stalna, sve veća naselja. Najstarija nađena naselja stara su desetak tisuća godina. Nekoliko ih je nađeno u Indiji, a smatra se da je jedan od najstarijih poznatih gradova bio današnji Jerihon. Arheolozi su utvrdili da je oko cijelog grada koji bio na stijeni, bio iskopan zaštitni kanal. Jerihon je osnovan prije 10 tisuća godina, a njegov pad u ruke Izraelaca opisan je i u Bibliji.

I danas, u doba betona, čelika i stakla, postoje (iako malobrojne) skupine ljudi koji žive u kulturi kamenog doba. Bušmani, Pigmejci i Eskimi žive u nastambama čija se arhitektura nije promijenila u posljednjih nekoliko stotina tisuća godina.

Dragan Grdić