

Kako otkrivamo tajne Svemira?



Nikola Godinović (Sveučilište u Splitu, FESB)*

Nikola Godinović predstojnik Zavoda za matematiku i fiziku na FESB, predaje kolegije fizike na prediplomskom, diplomskom i doktorskom studiju. Bavi se eksperimentalnom fizikom elementarnih čestica i astročestičnom fizikom radeći unutar dvije velike međunarodne znanstvene kolaboracije: Compact Muon Solenoid (CMS) sa sjedištem na CERN-u, Ženeva u okviru LHC projekta i MAGIC kolaboracije koja upravlja dvama najvećim teleskopom kozmičkog gama zračenja sa sjedištem na kanarskom otoku La Palmi.

Što zapravo radimo promatrajući nebo? Pokušavamo prikupiti i analizirati što veći dio spektra elektromagnetskog zračenja. Zvuči zakučasto? Ako kažemo da je vidljiva svjetlost dio elektromagnetskog zračenja, stvari postaju nešto jasnije. A ako kažemo i to da je u spektru elektromagnetskog zračenja dio vidljive svjetlosti jednak djeliću od 3 milimetra na dužini od 1000 kilometara, postaje jasnije koliko je, do nedavno, bio uzak naš procjep kroz koji smo škiljili prema tajnama prirode. Spektar elektromagnetskog zračenja čine radiovalovi, mikrovalovi, infracrveno zračenje, svjetlo, ultraljubičasto, rendgensko i gama zračenje. Svaki pojedini dio spektra elektromagnetskog zračenja, od radiovalova do gama zraka, glasnik je fizikalnih procesa koji se zbivaju u izvoru zračenja. U 20. smo stoljeću naša čula smo višestruko izoštrili sve moćnijim optičkim teleskopima, koje su slijedili teleskopi radiovalova, pa teleskopi infracrvenog, mikrovalnog, rendgenskog, gama zračenja... Svi oni promatraju svemir kroz svoj djelić elektromagnetskog spektra i govore nam nešto o događajima u tom svemiru.

Astronomija je jedna od najstarijih znanosti. Sve su drevne civilizacije promatrale nebeski svod i bilježile pravilnosti u gibanju nebeskih tijela, što je već i tada imalo svrhovitu primjenu u predviđanju vremenskih promjena i definiranju kalendara. Na poticaj Međunarodne astronomske unije (IAU), UNESCO je 2009. godinu proglasio Međunarodnom godinom astronomije. Ovim se globalnim događajem obilježava 400 godina od kako je Galileo Galilei teleskop vlastite izrade usmjerio u nebo i započeo sustavna opažanja. Iako nije prvi napravio teleskop, Galileo Galilei je svojim opažanjima zauvijek promijenio našu sliku o Svemiru i od 1609. naovamo, Svemir je znatno napućenije i zanimljivije mjesto: Galileo je uočio da naš Mjesec nije gladak, da oko Jupitera kruže 4 mjeseca (Slika 1.), da Venera pokazuje mijene kao Mjesec, te da na nebeskom svodu ima znatno više od nekoliko tisuća zvijezda, jedan mjesec i 5 planeta koliko je vidljivo golim okom. Vlastodršci u Veneciji bili su oduševljeni mogućnostima magične drvene cijevi s dvije leće koja daleke predmete čini bliskima pa su nagradili Galilea dva puta većim prihodima i stalnim profesorskim mjestom na sveučilištu u Padovi.

Vidljiva svjetlost – sićušan dio elektromagnetskog spektra

Galilei je svojim teleskopom vidio samo sićušan dio elektromagnetskog zračenja iz Svemira kojeg zovemo svjetlo jer izaziva osjet vida u našem oku. Udio svjetla u spektru elektromagnetskog zračenja je kao djelić od 3 milimetra na dužini od 1000 kilometara! Sve do 20 stoljeća, preostali, kolosalni dio spektra elektromagnetskog zračenja bio je nedostupan opažanju. Zato se vjerovalo da je Svemir vječan, nepromjenjiv i da se sastoji od samo jedne galaktike koja ima nekoliko milijuna zvijezda. Kako se razvijala znanost i tehnologija, otvarali su se i novi prozori za promatranje Svemira kroz druge dijelove spektra elektromagnetskog zračenja, te je današnja slika Svemira sasvim drugačija. Svemir nije oduvijek, prije 13,7 milijardi godina zbio se događaj, Veliki Prask, kojim je započela evolucija svemira kreacijom čestica iz čiste energije. Djelić sekunde nakon Velikog Praska Svemir je sićušan i vruć. U toj primordijalnoj jari materija može postojati samo u svojoj najelementarnijoj formi, u obliku elementarnih čestica, kvarkova i leptona. Kako se Svemir širi, hladi se i formiraju se sve složenije strukture: neutroni i protoni, jezgre, atomi, zvijezde, galaktike i skupine galaktika. Današnji vidljivi dio Svemira sastoji se od 100 milijardi galaktika od kojih svaka ima oko 100 milijardi zvijezda i vjerojatno toliko planeta. Galaktiku na okupu drži gravitacijska sila tajnovite tamne tvari, a još tajnovitija tamna energija kontinuirano ubrzava širenje svemira.

Od radio do gama zračenja

Spektar elektromagnetskog zračenja (Slika 2.) čine radiovalovi, mikrovalovi, infracrveno zračenje, svjetlo, ultraljubičasto, rendgensko i gama zračenje. Radiovalovi i svjetlost prolaze kroz atmosferu do površine Zemlje dok sav ostali dio spektra biva apsorbiran u atmosferi. Svaki pojedini dio spektra elektromagnetskog zračenja, od radiovalova do gama zraka, glasnik je fizikalnih procesa koji se zbivaju u izvoru zračenja. Zbog kvantne naravi prirode, svaki izvor elektromagnetskog zračenja može emitirati samo cijeli broj najmanje moguće količine energije koju zovemo foton. Što je srednja energija po jednom fizikalnom procesu u izvoru zračenja manja, to je energija emitiranog fotona manja. Tako izvor radiovalova emitira fotone čije su energije milijun milijardi puta manje od energija fotona koje emitira izvor gama zračenja. Iako jedno te isto fizikalno načelo upravlja generiranjem elektromagnetskih valova iz svih dijelova spektra, očito je da su fizikalni procesi u kojima nastaju fotoni iz pojedinog dijela elektromagnetskog spektra različiti, pa mjerenje elektromagnetskog zračenja svemirskog izvora razotkriva fizikalne procese koji se zbivaju u izvoru. Zato se svaki dio spektra elektromagnetskog zračenja jednoznačno može povezati s temperaturom tijela koji ga emitira.

Tri revolucije optičke astronomije

U svojoj povijesti, koja je vjerojatno stara koliko i povijest homo sapiensa, optička astronomija je doživjela nekoliko revolucija. Za prvu revoluciju zaslužan je Galilei, koji je prvi teleskopom opažao i bilježio gibanje nebeskih tijela. Izum fotografije potaknuo je drugu revoluciju i učinio da astronomija postane prava znanstvena disciplina, objektivna, mjerljiva, ponovljiva a uz to još i znatno osjetljivija. Sve do pojave fotografije astronomi crtaju svoja opažanja (Slika 1.). Oko se nakon pola sata prilagodi na mrak i dostigne svoju maksimalnu osjetljivost i daljnjim se promatranjem osjetljivost ne povećava pa slabašni

izvori svjetla zauvijek ostaju nevidljivi. Fotografija, za razliku od oka, akumulira efekt izloženosti svjetlu te s dužom ekspozicijom postaje osjetljivija pa tako može zabilježiti i slabašne izvore svjetla nevidljive ljudskom oku. Godine 1840. J. W. Draper je napravio prvu fotografiju Mjeseca. Treća revolucija je zamjena klasične fotografije silicijskim čipom (CCD kamera) koji je znatno osjetljiviji jer može detektirati jedan jedini foton, najmanju moguću količinu svjetla. Uz metode opažanja i sakupljanja podataka razvijala se tehnika i tehnologija izgradnje teleskopa sve većih promjera leća/zrcala kako bi mogli sakupiti što veću količinu svjetla i time povećali osjetljivost.

Uskoro 'svemirsko kino'

Teleskop radi na istom načelu kao i oko. Ograničena moć razlučivanja oka definirana je valnom duljinom svjetlosti i promjerom zjenice oka. Što je promjer zjenice veći, to je mogućnost razlučivanja veća za danu valnu duljinu. Na sličan način na koje naše oko detektira svjetlo, rade i teleskopi, koji isto imaju „zjenicu“, pa što je otvor teleskopa veći to je razlučivanje bolje. Razvoj svemirske tehnologije omogućio je i lansiranje teleskopa u orbitu iznad zemljine atmosfere te još više povećao osjetljivost. Hubble Space teleskop (HST) kruži oko zemlje na visini od 600 km, ima promjer zrcala od 2,4 m i može razlučiti dva objekta razmaknuta 1 cm na udaljenosti od 100 km, Slika 3. Do 2015. godine planira se izgraditi Large Synoptic Survey Telescope (LSST) koji će imati promjer zrcala 8,4 m i biti opremljen kamerom od 3,2 milijarde piksela te će moći snimiti cijelo nebo unutar samo 3 noći. Za očekivati je da ćemo uskoro na web-u imati sliku Svemira u realnom vremenu, u biti film nebeskog svoda, „svemirsko kino“, koji će nam omogućiti da kontinuirano pratimo promjene u bliskom i dalekom Svemiru. Podaci koje će sakupljati LSST omogućit će da se napravi trodimenzionalna mapa svemira izuzetne dubine i oštine. Hubble Space teleskop koji opaža svemir kroz prozor vidljivog i ultraljubičastog dijela spektra 2013. godine zamijenit će James Webb Space teleskop (JWST) koji će opažati u infracrvenom području. Najveće oko za opažanje svemira bit će European Extra Large Telescope (E-ELT) čija konstrukcija počinje sljedeće godine. Koštat će 950 milijuna EUR-a, imat će zrcalo promjera 42 m, a opažat će svemir u infracrvenom i vidljivom dijelu spektra. E-ELT će zahvaljujući 18 puta boljoj rezoluciji od HST moći razlučiti zvijezde u dalekim galaktikama, direktno vidjeti ekstrasolarne planete, preciznije mjeriti brzinu širenja svemira, i raspodjelu tamne materije a možda i otkriti sasvim nove i neočekivane pojave u svemiru.

Radioastronomija – TV program vanzemaljaca?

Prvi radioteleskopi pojavili su se 30-tih godina dvadesetog stoljeća. Amerikanac Karl Guthe Jansky izgradio je radio antenu koja je mogla detektirati radiovalove frekvencije 20,5 MHz (valne duljine 14,5 metara) i 1933. godine detektirao radiovalove iz centra naše galaktike. Radiovalovi prolaze kroz međuzvezdani plin i prašinu i kroz zemljinu atmosferu bez značajnije distorzije tako da daju jasniju sliku zvijezda i galaksija nego što se može dobiti opažanjem u optičkom području. Različita svemirska tijela emitiraju radiovalove različitih valnih duljina. Kako planeti emitiraju toplinsko zračenje u području radiovalova, pomoću radioteleskopa izmjerena je temperatura svih planeta i mjeseca u Sućevom sustavu. Brzo rotirajuće neutronske zvijezde te pobuđeni atomi i molekule u međuzvezdanom plinu i prašini emitiraju radiovalove. Preciznim mjerenjem valne

duljine radiovalova valova otkriveno je postojanje više od 100 molekula (vodena para, metanol, amonijak, ugljični dioksid, ...) u dalekim međuzvezdanim nakupinama plina i prašine. Program SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) traži vanzemaljski inteligentni život promatrajući svemir kroz prozor radiovalova (vješto iskorišteno u holivudskom filmskom hitu „Kontakt“). Fotoni radiovalova su iznimno male energije i zato su neophodne parabolične antene ogromnih površina da bi sakupile što veći broj fotona radiovalova. Parabolična antena radioteleskopa Arecibo u Puerto Ricu je promjera 305 m, što je efektno iskorišteno i u jednom filmu iz James Bond serije. Planira se izgradnja ogromnog opservatorija radiovalova, Square Kilometre Array (SKA) čija će aktivna površina biti milijun kvadratnih kilometra (16 puta veća od površine Hrvatske), a bit će napučena tisućama radioteleskopa za sinkrono mjerenje radiovalova iz dalekog svemira. Opservatorij SKA bi trebao započeti s radom 2020. godine i sakupljati podatke 50 godina, a vrijednost mu je 1,4 milijarde dolara. SKA će mjeriti radiovalove u području od 70 MHz do 10 GHz i možda dati odgovor na pitanje jesmo li sami u Svemiru? Tko zna, možda ćemo jednog dana gledati televiziju neke vanzemaljske civilizacije upravo zahvaljujući SKA opservatoriju.

Mikrovalna astronomija

Mikrovalno zračenje emitiraju tijela na vrlo niskim temperaturama od samo nekoliko stupnjeva iznad apsolutne nule. Ovo zračenje gotovo da ne prolazi kroz atmosferu pa sustavna promatranja Svemira kroz mikrovalni prozor započinju s pojavom satelita. Mikrovalnim teleskopima na satelitima Cosmic Background Explorer (COBE) koji je započeo mjerenja 1992. godine, a naslijedio ga je Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP), napravljena su vrlo precizna mjerenja kozmičkog mikrovalnog zračenja, te je utvrđeno da mikrovalno zračenje ispunjava cijeli Svemir pa odatle i pridjev 'kozmičko'. Mikrovalno kozmičko pozadinsko zračenje je jedan od stupova na kojem počiva teorija Velikog Praska. Radi se o fosilnom ostatku prvog svjetla koje se moglo slobodno propagirati kroz Svemir u trenutku kad dolazi do formiranja atoma, što se zbiva kad se Svemir ohladi na oko 3000 K. Taj se događaj zbio samo 370 tisuća godina nakon Velikog Praska. Konstantno širenje i hlađenje Svemira utječe na ovo prvo svjetlo pa se valna duljina ovog primordijalnog zračenja stalno povećava i u ovom trenutku evolucije svemira opažamo ga u mikrovalnom području. Mjerenje mikrovalnog kozmičkog zračenja u biti je mjerenje temperature Svemira, te je današnja temperatura Svemira oko 2,7 Kelvina (oko -271 °C). WMAP teleskop izmjerio je temperaturu dubokog Svemira s preciznošću od milijuntog dijela stupnja, Slika 5. Nedavno je Europska Svemirska Agencija (ESA) raketom Ariane V lansirala teleskop mikrovalnog zračenja Planck, koji će još preciznije i oštrije izmjeriti temperaturu svemira i tako dati detaljniji sliku Svemira starog samo 370 tisuća godina. Mjerenje kozmičkog mikrovalnog zračenja (Slika 3.) omogućilo je precizno utvrđivanje starosti svemira (13,7 milijardi godina s točnošću od 1 %) te ukazalo na do tada nepoznate sastavnice Svemira: tamnu tvar i tamnu energiju.

Astronomija gama zračenja

Svemir je jedinstveni laboratorij u kojem se odvijaju procesi na energijama koje više stotina milijuna puta nadmašuju energije koje se postižu u najsnažnijim akceleratorima.

Kozmički akceleratori su: supermasivne crne rupe u središtima galaktika koje svojom snažnom gravitacijskom silom privlače okolnu materiju i tako ubrzavaju čestice do ogromnih energija, brzo rotirajuće neutronske zvijezde čija snažna magnetskom polja ubrzavaju čestice te udarni val pri gravitacijskom urušavanju umirućih zvijezda, sloviti proces poznat kao eksplozija supernove,.... Pri takvim dramatičnim procesima nastaje kozmičko zračenje kojeg čine nabijene čestice i gama zrake energija milijune puta većih od energija koje se postižu u laboratorijima. Precizno mjerenje spektra gama zračenja omogućuje nam razumijevanje fizikalnih procesa u najekstremnijim uvjetima, na temperaturama i gustoćama koje se ne mogu postići u laboratoriju. Kako atmosfera apsorbira gama zrake, taj najsilovitiji dio elektromagnetskog spektra sve do nedavno se jedino mogao opažati pomoću detektora na satelitima. Detektori na satelitima mogu opažati samo najniži dio spektra gama zraka jer imaju malu detekcijsku površinu a broj gama zraka koje padaju na zemlju jako brzo opada s porastom energije gama zraka. U zadnjih dvadesetak godina razvila se tehnika detekcije pomoću gama teleskopa na zemlji. Teleskopi gama zraka detektiraju slabi, plavičasti, kratkotrajni bljesak svjetlosti u trajanju od nekoliko milijarditih dijelova sekunde kojeg izazove gama zraka pri ulasku u atmosferu. MAGIC kolaboracija upravlja dvama zasad najvećim teleskopima gama zračenja, a tek odškrinuti prozor u Svemir najsilovitijih procesa još će više odškrinuti budući europski opservatorij Cherenkov Telescope Array (CTA) kojeg će činiti stotinjak teleskopa gama zračenja tipa MAGIC i tako omogućiti detaljno studiranje materije u najekstremnijim uvjetima pri temperaturama i gustoći energije koje je nemoguće ostvariti u laboratorijima.

Astrofizika i društvo

Tehnike i metode detekcije u astrofizici zahtijevaju razvoj brojnih novih tehnologija u uskoj suradnji s industrijom. Također, ulaganja u fundamentalna istraživanja, pa tako i u astrofiziku, nadilaze nacionalnu razinu u financijama i ljudskim potencijalima i zahtijevaju velike međunarodne/globalne kolaboracije. Zahtjevi koji se postavljaju pred detektore, elektroniku za sakupljanje podataka te količinu i brzinu obrade prikupljenih podataka su takvi da često na komercijalnom tržištu nema uređaja koji imaju zahtijevana svojstva. U uskoj suradnji s industrijom potrebno je pomaknuti granice tehnologije ili ovladati novim tehnologijama koje industrija dalje razvija dok se ne dostigne industrijska razina proizvodnje, a time i primjena najnovije tehnologije u drugim područjima ljudske djelatnosti - medicini, tehnicima... Ovakav obrazac suradnje znanosti i industrije pokazao se kao glavna pokretačka snaga najnovijih tehnologija. Razvoja tehnologije ne bi bilo bez vrhunskog obrazovanja i usvajanja vještina koje se stječu radom u područjima koja se bave istraživanjem fundamentalnih zakona prirode.

Jednom je netko duhovito izjavio kako je začuđen što ima ljudi koji pokušavaju razumjeti Svemir, dok se on izgubi i u vlastitom gradu. Očito da je u ljudskoj naravi i da istražuje i da se zabavlja, a u astrofizici ima i jednog i drugog.

OKVIR 1.

Što još ne znamo?

Razumijevanje zakona prirode i prostor-vremena na najelementarnijoj razini omogućilo je interpretaciju prikupljenih podataka iz svih dijelova elektromagnetskog spektra, te u

zadnjih 100 godina drastično izmijenilo sliku Svemira. Ipak, postoje još mnoga fundamentalna pitanja na koje ne znamo odgovore: što je tamna tvar koja čini 25 % a što tamna energija koja čini 70 % Svemira, koliko su česti ekstrasolarni planeti, jesmo li sami u Svemiru, kako je došlo do formiranja galaktika? Što su kozmički akceleratori koji ubrzavaju čestice do energije koje su milijune puta veće od energija koje se postižu u najsnažnijem akceleratoru na svijetu, Large Hadron Collider (LHC) u Centru za europska nuklearna istraživanja (CERN) u blizini Ženeve. Odgovori se nalaze u dalekoj prošlosti svemira.

OKVIR 2.

13 milijardi godina u prošlost

Svi elektromagnetski valovi putuju konačnom brzinom, brzinom svjetlosti, 300 000 km/s, te opažanje sve daljih i daljih izvora znači opažanje fizikalnih procesa u izvoru koji su dogodili u sve daljoj prošlosti te generirali zračenje koje je tek sada stiglo do naših teleskopa. Na svom putu kroz Svemir, zbog širenja Svemira i astronomskih udaljenosti zračenje slabi, pa zaviriti u sve dalju prošlost Svemira mogu samo iznimno osjetljivi teleskopi, slika 4. Današnji teleskopi detektiraju zračenje koje je bilo emitirano prije više od 13 milijardi godina.

OKVIR 3.

Hrvatski znanstvenici u MAGIC kolaboraciji

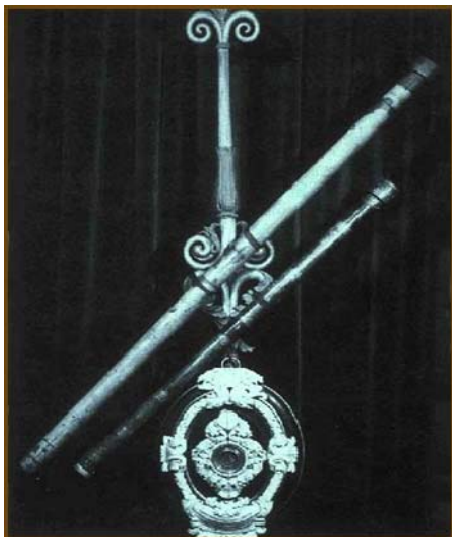
Grupa fizičara sa Sveučilišta u Splitu (Željko Antunović, Nikola Godinović, Ivica Puljak) i Rijeci (Dijana Dominis Prester, Tomislav Terzić) te s Instituta R. Bošković u Zagrebu (Dario Hrupec, Tihomir Surić) od nedavno je član MAGIC (Major Atmospheric Gamma-ray Imaging Cherenkov) kolaboracije koja upravlja dvama najvećim teleskopima gama zračenja, Slika 6. Hrvatska grupa u MAGIC kolaboraciji čije su učlanjenje podržale sve tri matične institucije i Ministarstvo znanosti, radi na analizi mjerenja gama zračenja koje nastaje prilikom urušavanja materije u supermasivne crne rupe u središtima galaktika, sudjeluje u opažanjima te doprinosi unaprjeđenju softvera za analizu podataka i uvođenju novih metoda analize.

OKVIR 4.

Neutrinska astronomija i astronomija gravitacijskih valova

Uz fotone, neutrini su najbrojnije čestice u Svemiru. Neutrini su elementarne čestice iznimno male mase koji jure gotovo brzinom svjetlosti kroz svemirska prostranstva i jako prodorni, prolaze gotovo nesmetano kroz milijune i milijune kilometara olova bez ikakve smetnje pa ih je zato iznimno teško detektirati. Ipak, razvijene su ingeniozne metode za detekciju neutrina, tako da danas govorimo i o neutrinskoj astronomiji, koja detektira neutrine generirane u središtu našeg Sunca pri fuzijskim procesima i neutrine nastale prilikom gravitacijskog kolapsa umirućih zvijezda (eksplozija supernove). Izazov za sljedeći milenij je zaviriti u najraniji svemir detekcijom primordijalnih neutrina nastalih samo jednu sekundi nakon Velikog Praska, kojih prema današnjoj kozmološkoj teoriji ima preko 100 u svakom kubičnom metru svemira. Trenutno u svijetu ima dvadesetak neutrinskih opservatorija od kojih su najpoznatiji Super-Kamiokande u Japanu, IceCube veličine 1 kubnog kilometra u izgradnji na Južnom Polu te podvodni neutrinski

opservatorij ANTARES u blizini Francuske obale. Prema Einsteinovoj općoj teoriji relativnosti, masa zakrivljuje prostor-vrijeme, a ubrzano gibanje mase uzrokuje „mrežkanje“ prostor-vremena koje se širi u formi gravitacijskog vala. Gravitacijski valovi nisu direktno opaženi jer je njihov učinak iznimno mali. Samo ubrzanje masa astronomskih veličina: srastanje dviju galaksija, sudar dvije crne rupe, binarni sistem od dvije neutronske zvijezde te fantastično brza ekspanzija svemira koja se desila djelić sekunde nakon Velikog Praska može proizvesti dovoljno snažne gravitacijske valove na granici detekcije današnjim metodama i tehnologijama. Detektirati gravitacijske valove znači biti u stanju izmjeriti promjenu udaljenosti između dvije točaka koja je milijune puta manja od promjera jezgre atoma a današnja tehnika i metode mjerenja udaljenosti pomoći lasera približavaju se toj granici. Za gravitacijskim valovima tragaju opservatoriji: Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory (LIGO) u Americi, VIRGO (Italija/Francuska), GEO (Njemačka/Velika Britanija) i TAMA (Japan). Planira se 2011 godine lansirati svemirski opservatorij gravitacijskih valova Laser Interferometer Space Antenna (LISA).

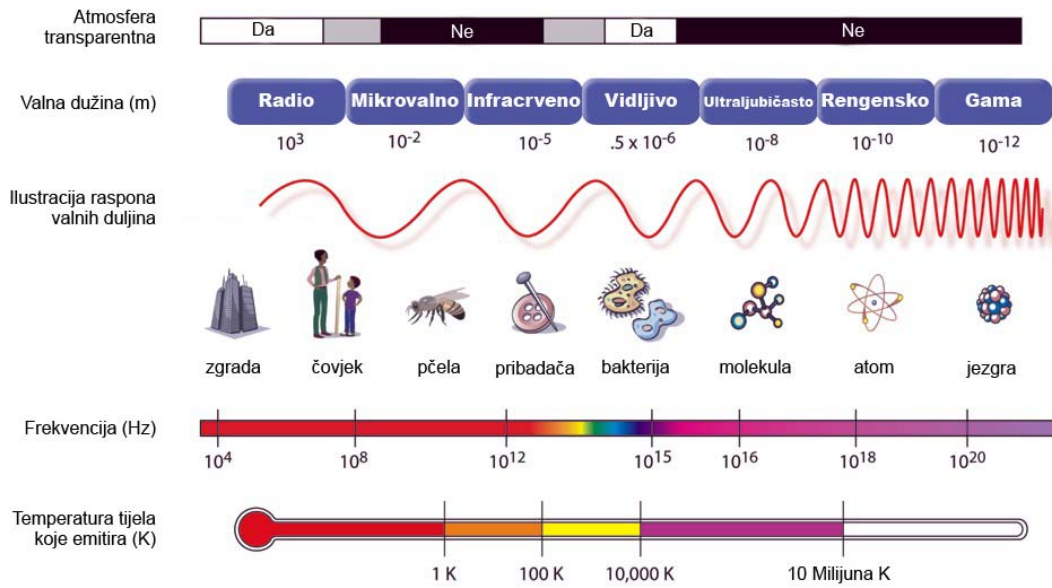


Otkriveni mjeseci
1610

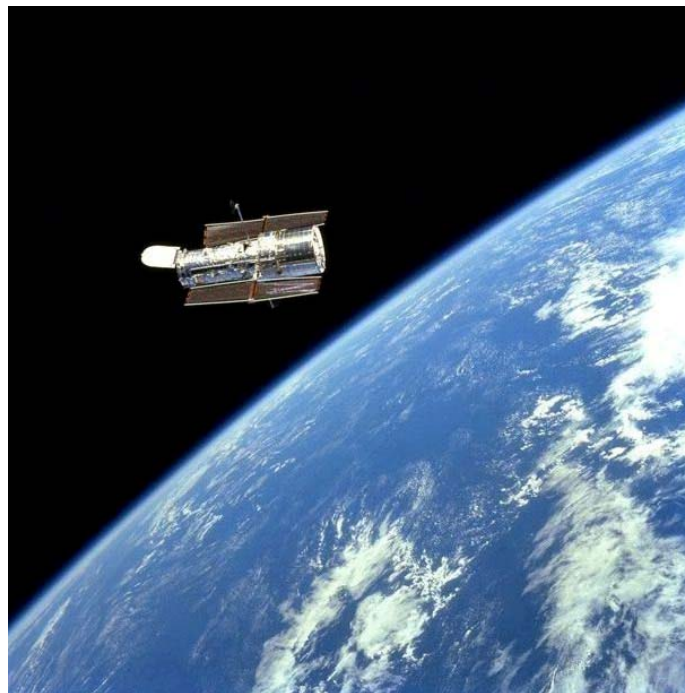
20. prosin.	○ **
30. siječ.	** ○ *
2. velj.	○ ** *
3. marec	○ * *
3. trav.	* ○ *
4. trav.	* ○ **
6. trav.	** ○ *
8. trav. H. 17.	* * * ○
10. trav.	* * * ○ *
11.	* * ○ *
12. trav. H. 17.	* ○ *
17. trav.	* ** ○ *
14. svib.	* * * ○ *

Slika 1. Desno, teleskop kojeg je 1609. godine napravio Galileo Galilei i s kojim je zauvijek promijenio našu sliku Svemira. Lijevo, crteži Galilea kojima je zabilježio svoja opažanja četiri mjeseca (križići) koji kruže oko Jupitera (kružić).

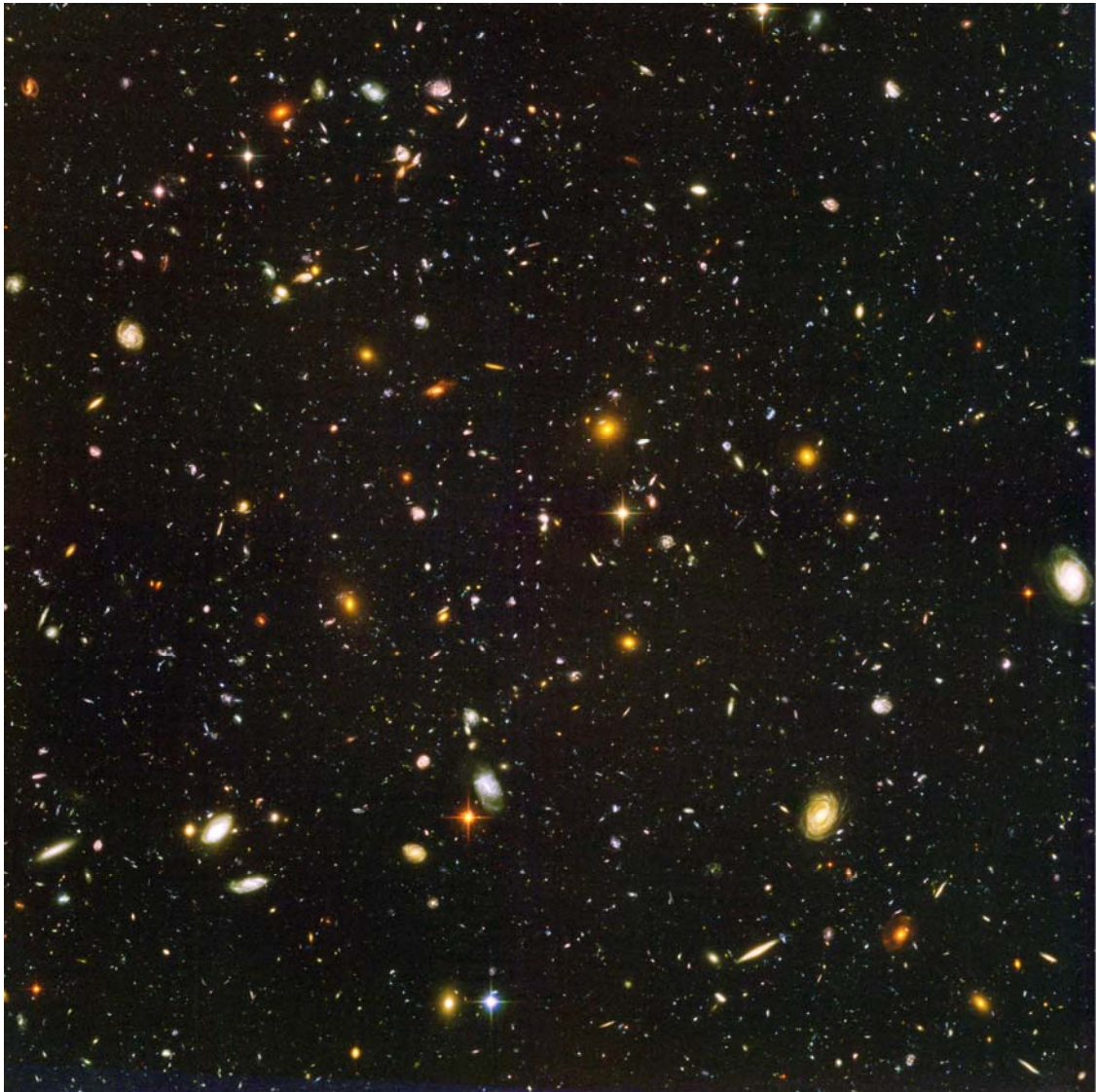
ELEKTROMAGNETSKI SPEKTAR



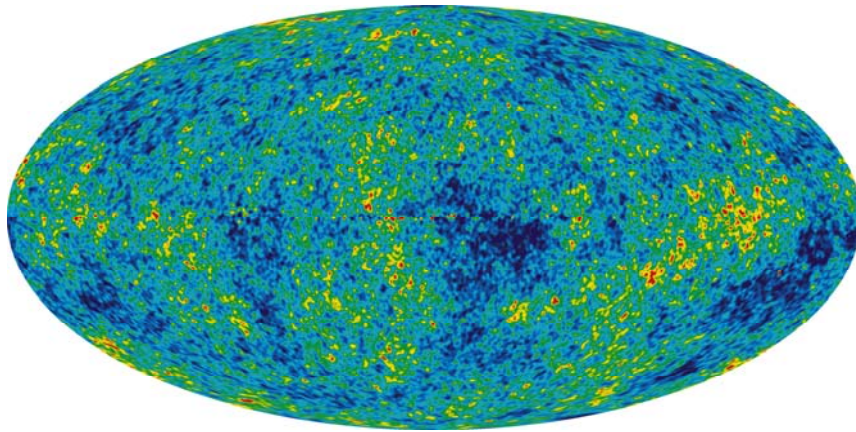
Slika 2. Spektar elektromagnetskog zračenja.



Slika 3. Hubble Space teleskop, u putanji oko zemlje na visini od 600 km.



Slika 4. Tijekom ekspozicije koja je trajala 11 dana Hubble Space teleskop (HST) uhvatio je fotone koji su napustili svoje matične zvijezde i galaktike kad je svemir bio star samo petsto milijuna godina, i nakon puta koji je trajao više od 13 milijardi godina proizveli u CCD kameri HST najudaljeniju/najraniju sliku svemira i najintragantniju sliku čovječanstva.



Slika 5. Raspodjela mikrovalnog pozadinskog zračenja u svemiru, snimljena WMAP teleskopom na satelitu. Ova je najranija slika svemira starog samo 370 000 godina. Različite boje označavaju sitne razlike od jedne stotisućinke u intenzitetu kozmičkog pozadinskog zračenja, koje predstavlja ostatak topline Velikog Praska. Sitne razlike u temperaturi pojedinih dijelova svemira odražavaju razlike u gustoći u inače homogenom Svemiru a bile su sjeme nastanka budućih galaktika i klastera galaktika. Svemir promatran kroz prozor kozmičkog mikrovalnog pozadinskog zračenja pružio nam je vrlo korisne informacije o starosti i sastavu Svemira te izazvao revoluciju ukazujući na postojanje tame tvari i tamne energije.



Dijana Dominis Prester i Tomislav Terzić
Sveučilište u Rijeci

Dario Hrupec i Tihomir Surić
Institut R. Bošković, Zagreb

Željko Antunović, Nikola Godinović i Ivica Puljak
Sveučilište u Splitu

Slika 6. Teleskopi MAGIC visoko-energijskih gama zraka, smješteni na opservatoriju na kanarskom otoku La Palmi na visini od 2200 m i članovi hrvatske MAGIC grupe.