



Foto: EPA-EFE/EVENT HORIZON TELESCOPE COLLABORATION

Prva fotografija crne rupe Pogled u centar galaksije M87

DR MARKO VOJINOVIC



Pre oko jednog veka, krajem 1915. godine, Albert Ajnštajn je objavio formulaciju Opšte teorije relativnosti – teorije koja opisuje gravitaciju kao osobinu zakrivljene geometrije prostora i vremena. Danas bez sumnje jedan od kamenih temeljaca moderne fizike, Opšta teorija relativnosti je formulisana Ajnštajnovim jednačinama, koje povezuju fiziku sa geometrijom: geometrija kaže materiji kako da se kreće, a materija kaže geometriji kako da se krivi. Od trenutka kada ju je Ajnštajn formulisao, pa sve do danas, ova teorija pleni kako svojom elegancijom, tako i predviđanjima čitavog niza novih pojava, koje su toliko neverovatne da nadmašuju čak i najbuđniju maštu.

Jedna od takvih pojava je crna rupa. Prvi teorijski opis crne rupe dao je Karl Švarcšild, iste 1915. godine, pronalazeći prvo rešenje Ajnštajnovih jednačina. Ne-punih pedeset godina kasnije, 1963. godine, Roj Patrik Ker uopštava Švarcšildov rezultat, i time postavlja teorijsku osnovu za astrofizičku pojavu koju će 1967. godine Džon Viler nazvati crna rupa, na osnovu njenih teorijski predviđenih osobina.

A te osobine su absolutno zapanjujuće. Crna rupa je, kratko rečeno, oblast prostora u kojoj je gravitacija toliko jaka da ništa, čak ni svetlost, ne može da izade. Zbog toga kažemo da je crna. Zatim, lopastog je oblika, i njena površina se zove horizont događaja. To je površina kroz koju se može proći samo u jednom smeru, od spolja ka unutra, dok obratno nije moguće, zbog jačine gravitacije. Zato je zovemo rupa — ono što jednom upadne unutra više ne može da izade. Crna rupa nastaje kada dovoljno velika zvezda potroši svoje

nuklearno gorivo, i zatim pod uticajem sopstvene težine „kolapsira”, tj. sažme se maltene u jednu tačku, formirajući crnu rupu. Sa tačke gledišta posmatrača koji se nalazi bezbedno daleko, na horizontu događaja crne rupe vreme prestaje da teče, i sve pojave se „zamrzavaju”. Ali sa tačke gledišta posmatrača koji upada u crnu rupu, vreme nastavlja da teče i nakon što stigne do horizonta događaja i prođe unutra. Činjenica da se ta dva posmatrača ne slazu oko toga kako vreme teče predstavlja najekstremniji primer relativnosti vremena, koju opisuje Ajnštajnova teorija.

Crna rupa može da rotira, i po tome se Kerova crna rupa razlikuje od Švarcšildove. Tada u okolini horizonta događaja dolazi do gravitacionog efekta analognom elektromagnetnoj indukciji: telo koje se nađe u okolini rotirajuće crne rupe počeće da se vrti oko nje, sve brže i brže, istovremeno prilazeći horizontu događaja sve bliže i bliže. Na taj način okolne zvezde upadaju u crnu rupu, pretvarajući se u velike usijane spiralne vrtloge koji se neverovatno velikim brzinama okreću oko crne rupe sve dok ne upadnu unutra. Svetlost od tog usijanog materijala se savija pod uticajem gra-

vitacije crne rupe, stvarajući vizuelni efekat koji ima stakleno sočivo. I tada, slično kao što kameničići i prašina sačinjavaju velelepne prstenove oko Saturna, tako i određen deo svetlosti tog usijanog gasa ostaje zarobljen u jednom prstenu koji okružuje crnu rupu, gde se nagomilava. Sa spoljašnje granice tog prstena velika količina svetlosti „beži” i — može se fotografisati!

Po prvi put u istoriji, jedna takva fotografija je pred vama. Fotografiju je sačinilo veliki međunarodni tim naučnika tzv. „Event Horizon Telescope” (EHT) kolaboracije, koristeći mrežu radio-teleskopa postavljenih na pogodnim mestima širom naše planete — u Evropi, Severnoj i Južnoj Americi, na Havajima, i na Antarktiku. Svetlost koja sa prstena crne rupe dolazi do nas nije iz vidljivog dela spektra nego iz spektra radio talasa, pa se mukotrpno prikuplja velikim tanjirastim radio antenama, a zatim kompjuterskom obradom pretvara u sliku koju vidite. Žuta oblast na fotografiji predstavlja svetlost koja beži sa svetlosnog prstena koji okružuje crnu rupu, a zbog efekta gravitacionog sočiva ta svetlost je delimično razmazana pa se zato ne vidi oštar prsten. Crno polje u sredini pred-

stavlja siluetu crne rupe — opet zbog efekta gravitacionog sočiva, ta silueta je otprilike duplo veća od samog horizonta događaja crne rupe, koji se nalazi u sredini crnog polja. Pojačan sjaj donjeg dela svetlosnog prstena nam govori da ova crna rupa rotira u smeru kazaljke na satu.

Crna rupa koja je fotografisana nalazi se u centru galaksije M87, i izuzetno je velika, ukupne mase oko 6 milijardi Sunaca. Zbog toga spada u klasu tzv. supermasivnih crnih rupa, koje se tipično formiraju u centrima galaksija. Zbog svoje enormne veličine, kao i zbog relativno malog rastojanja između naše galaksije i galaksije M87, ova crna rupa je bila najbolji kandidat za fotografisanje, bolji čak i od crne rupe u centru naše sopstvene galaksije — koja nam je mnogo bliža, ali nažalost i dosta manja od crne rupe u galaksiji M87. I naravno, detaljna analiza svih osobina crne rupe koje se mogu razlučiti sa slike savršeno se poklapa sa predviđanjima Opšte teorije relativnosti, što predstavlja svojevrsan omaž Ajnštajnovom geniju, stotinu godina nakon nastanka njegove teorije.

Razume se, ovo je tek prvi korak ka direktnim astronomskim posmatranjima crnih rupa. Tim naučnika EHT kolaboracije već radi na poboljšanju preciznosti i rezolucije svojih aparata, i u narednim godinama možemo očekivati sve kvalitetnije i brojnije fotografije crnih rupa, čime se u jednom mahu sa jedne strane testira Opšta teorija relativnosti, a sa druge pomeraju granice ljudskog znanja o Univerzumu i neverovatnim pojavama kojima se odlikuje.

Autor je član Grupe za gravitaciju, čestice i polja, Institut za fiziku u Beogradu

SVETLOST KOJA SA PRSTENA CRNE RUPE DOLAZI DO NAS NIJE IZ VIDLJIVOG DELA SPEKTRA NEGO IZ SPEKTRA RADIO TALASA, PA SE MUKOTRPNO PRIKUPLJA VELIKIM TANJIRASTIM RADIO ANTENAMA, A ZATIM KOMPJUTERSKOM OBRADOM PRETVARA U SLIKU KOJU VIDITE. U NAREDnim GODINAMA MOŽEMO OČEKIVATI SVE KVALITETNIJE I BROJNije FOTOGRAFIJE CRNIH RUPA, ČIME SE U JEDNOM MAHU SA JEDNE STRANE TESTIRA OPŠTA TEORIJA RELATIVNOSTI, A SA DRUGE POMERAJU GRANICE LJUDSKOG ZNANJA O UNIVERZUMU