

TAJNE SVEMIRA – CRNE RUPE

WWW.ASTRONOMIJA.CO.YU

TAJNE SVEMIRA – CRNE RUPE

SADRŽAJ

1. Pojam Crne Rupe	2.
2. Šta Je To "Crna Rupa"	3.
2.1. Specijalna Teorija Relativnosti	3.
2.2. Opšta Teorija Relativnosti	3.
2.3. Pojam Prostor-Vremena	4.
3. Nastanak Crnih Rupa	5.
3.1. Candrasekarova Granica	6.
3.2. Pulsari – Rotirajuće Neutronske Zvijezde	6.
3.3. Švarcsildova Geometrija	7.
4. Dijelovi Crne Rupe ..	8.
4.1. Horizont Događaja	8.
4.2. Singularitet ..	8.
5. Karakteristike Crne Rupe	10.
5.1. Masa, Ugaoni Moment, Naelektrisanje	10.
6. Vrste Crnih Rupa Prema Veličini	12.
6.1. Crne Rupe Sa Masom Ispod Candrasekarove Granice	12.
6.2. Galaktičke I Supergalaktičke (Supermasivne) Crne Rupe	12.
7. "Isparavanje" I Termodinamika Crnih Rupa	14.
7.1. Termodinamika Crne Rupe	14.
7.2. Kvantna Mehanika Crne Rupe – Hokingovo Zračenje	16.
8. Eksplozija Crne Rupe	18.
9. Otkrivanje Crnih Rupa	19.
9.1. Arekcion Disk.....	19.
9.2. Kvazari – "Vasijski Svjetionici"	20.
9.3. Moguća Otkrića Crnih Rupa	21.
10. Buduća Istraživanja Crnih Rupa	23.
10.1. Bijele Rupe.....	24.
10.2. Crvotočina.....	24.
11. Zaključak	26.

1. POJAM CRNE RUPE

Odakle im baš ovakvo ime ? Jednostavno, ne vide se i gutaju sve što im se nađe na domak ruke... Ovaj apstraktan pojam postoji kao mogućnost više od dvije stotine godina.

Prva osoba koja je o crnim rupama objavila studiju i to zasnovanu na Njutnovim zakonima bio je profesor sa Kembridža, John Michell, 1784. godine. On je istakao da zvijezda koja je dovoljno masivna ima snažno gravitaciono polje kojim čak i svjetlost savija ka sebi. Michell je smatrao da postoji veliki broj ovakvih zvijezda, samo što mi nismo u stanju da ih vidimo, jer svjetlost sa njih ne može doći do nas, posmatrača.

Francuski naučnik Laplas je, nezavisno od Michella, 1795. došao na sličnu zamisao i izračunao da svjetlosni zrak dovoljno masivne zvijezde ne bi bio u stanju da napusti njenu površinu. Tada je napisao : "...prema tome, nije isključeno da najsvjetlija tijela iz toga razloga postanu nevidljiva... ". Tu svoju ideju on je uključio samo u prvo i drugo izdanje svoje knjige "Sistem svijeta", da bi je u ostalim izdanjima izostavio, vjerovatno smatrajući je nebitnom.

Što se tiče samog termina, novijeg je datuma. John Viler je 1969. godine na jednom seminaru u Njujorku imenovao ovu pojavu i prvi počeo da koristi termin "**crna rupa**" kao zamjenu za "**gravitaciono kolapsiranje zvijezda**" kako su je oslovljavali u engleskoj literaturi, dok je u ruskoj ovaj termin zamijenio termin "**zamrznuta zvijezda**".

To je očito imalo magičan efekat, jer su svi ubrzo prihvatili taj termin, a i između ostalog i u naučnoj fantastici...

2. ŠTA JE TO CRNA RUPA ?

Crna rupa je jedan od mogućih zvijezdinih "ostataka" - ekstremno zakrivljena oblast prostor-vremena iz koga se, prema klasičnoj fizici, ništa, čak ni svjetlost, ne može otisnuti zbog izuzetno velike sile teže, odnosno gravitacije.

Možda je to prazan prostor, možda je to prava rupa u svemiru, a možda je ona nešto što je odsječeno od ostatka svemira, a možda ni same crne rupe, u stvari, ne postoje...

Dokazano je da postoji mogućnost njihovog postojanja, ali nema dokaza da one zaista postoje, jer se golim okom ne mogu videti čak ni kad bi gledali kroz najbolji svjetski teleskop, jer su jednostavno, nazovi, crne.

A možda su one plod mašte pojedinih fizičara...

Najjači argument za postojanje crnih rupa je taj da ako vjerujemo u Veliki Prask, onda moramo vjerovati i u crne rupe, jer su oni dio iste teorije. Crne rupe, kao i Veliki prask, jedino imaju smisla ako se objašnjavaju kombinacijom Ajnštajnovе opšte teorije relativnosti i kvantne mehanike, gdje Ajnštajnova teorija objašnjava pojave velikih razmjera i potpuno je determinisana, a kvantna mehanika svijet u malom koji sve objašnjava u okvirima vjerovatnoće, a ne tačno određenih vrijednosti. Naučnici pokušavaju da dođu i do objedinjenja ove dvije grane fizike, tzv. teorije svega (theory of everything) i da na taj način proniknu u mehanizam ovih nedovoljno objašnjenih stvari.

Teorijom relativnosti je predviđeno da kolaps zvijezde vodi u jednu tačku, stručno rečeno, u singularitet. To je apstraktni pojam koji još uvijek nije dovoljno objašnjen. Ajnštajn nije prihvatao kvantnu mehaniku. Međutim, posle njegove smrti razvoj fizike je otišao daleko u dubinu materije (mikro svijet). Stiven Hoking je taj koji uvodi kvantne efekte u razmatranje gravitacionog polja...

2.1. SPECIJALNA TEORIJA RELATIVNOSTI

Nastala je početkom XX vijeka. U suštini uopštava Njutnovu i Galilejevu, klasičnu, mehaniku.

Postulati STR su :

1. Svi fizički zakoni izražavaju se u istom obliku u svim inercijalnim sistemima referencije.
2. Brzina svjetlosti je ista u svim inercijalnim sistemima.

Ova teorija obuhvata problem sinhronizacije i istovremenosti, čije objašnjenje pokazuje da je vrijeme relativno, odnosno različito za različite posmatračе. Svaki sistem ima svoje vrijeme. Zatim, vremenski interval između dva događaja koji se dese na istom mjestu mjeren satom koji miruje u tom sistemu, je uvijek kraći od vremenskog intervala mjerenog satovima u bilo kojem drugom sistemu. To je tzv. dilatacija vremena. Iz STR je potekao i famozni paradoks blizanača.

Kvantna mehanika u skladu sa STR daje kvantnu teoriju polja.

2.2. OPŠTA TEORIJA RELATIVNOSTI

Ovom teorijom Ajnštajn je potkrijepio dva velika nedostatka STR. Prvo, u njoj se ne razmatraju neinercijalni sistemi, a drugo ne razmatra se gravitacija.

Postulati OTR su :

1. Princip ekvivalencije - teška i inertna masa su međusobno jednake, jer je ubrzanje svih tijela u gravitacionom polju jednako. Ovaj princip ukazuje na to da se dejstvo gravitacionog polja može eliminisati, barem lokalno. Takođe, ovaj princip Ajnštajn je proširio i na ekvivalenciju energije i teške mase : $E=mc^2$. Eksperimentalne potvrde ovog postulata su skretanje svjetlosti nekih zvijezda u gravitacionom polju Sunca i smanjenje frekvencije svjetlosti koju emituju zvijezde, usljed gravitacione interakcije emitovanog zračenja i date zvijezde.
2. Opsti princip relativnosti – svi referentni sistemi su međusobno ekvivalentni, a s tim važi i da su svi fizički zakoni invarijantni (nepromenljivi) u odnosu na proizvoljne transformacije koordinata (prostor-vrijeme).

Samo izračunavanje jednačina OTR je vrlo komplikovan i može se izvesti samo primjenom tzv. tenzorškog računa.

Znači, Ajnštajn je zaključio da prostor nije ravan, već zakrivljen i da lokalnu zakrivljenost stvara prisustvo mase u svemiru. Shodno tome, tijela se kroz zakrivljen prostor ne kreću pravolinijski, već slijede putanju najkraćeg rastojanja između polaznog i konačnog položaja tijela u kretanju. Te putanje se zovu geodezijske linije. To su krive bez granica. Ako je to tačno onda nema potrebe za silom gravitacije koja se prenosi trenutno, niti za objašnjenjem da su inercijalna i gravitaciona masa jednake.

Ajnštajn je ustanovio da materija određuje prostoru kako da se zakrivi, a prostor materiji kako da se kreće, što je bio nov način za opis gravitacije. Nema više sila. On je Njutnovu gravitaciju zamijenio zakrivljenim prostorom.

Zakrivljenost prostora se može demonstrirati modelom gumene mreže. Ako uzmemo rastegljivu gumenu mrežu, postavimo je horizontalno i preko nje pustimo da se kotrlja ping pong loptica uvidjećemo da se guma neće deformisati, odnosno loptica će se kretati pravolinijski. Međutim, ako pustimo da se sa jednog kraja kotrlja đule, ono će svojom težinom upasti u mrežu i iskriviti je.

Naučnici pokušavaju da ujedine OTR sa kvantnom mehanikom u kvantnu gravitaciju, koja bi trebala da objasni neke još nerazjašnjene stvari (kao što je npr. singularitet, o kome će biti riječi kasnije)

2.3. POJAM PROSTOR-VREMENA

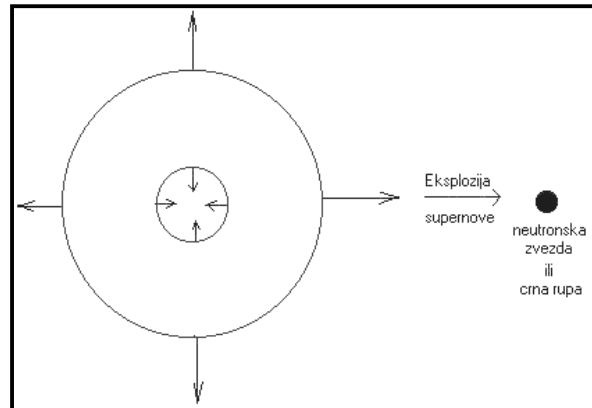
Svi na vrijeme gledaju kao na nešto što protiče bez obzira šta se dešava, ali teorija relativnosti kombinuje vrijeme i prostor i kaže da bi oni mogli biti isprepletani ili izobličeni od strane materije i energije.

Prostor-vrijeme bi trebalo da ima 4 dimenzije. Zašto ? Tri prostor-vremenske dimenzije nisu dovoljne za bilo koji složeni organizam. Na primjer, posmatramo komarca koji leti po sobi i da bi ga locirali potrebne su nam tri koordinate plus jedna vremenska da bi odredili položaj komarca baš u određenom trenutku. S druge strane, ako bi postojalo više od 3 prostorne dimenzije, putanje (orbite) planeta oko Sunca ili elektrona oko jezgra bi bile nestabilne i naginjale bi spiralno ka unutra. Ostaje mogućnost da postoji više od jedne vremenske dimenzije što bi bilo užasno teško zamisliti.

3. NASTANAK CRNIH RUPA

Crne rupe su jedan od mogućih posljednjih stadijuma evolucije zvijezde tj. jedan od načina kako ona završava svoj život.

Prostor između zvijezda nije prazan. Međuzvjezdani prostor ispunjavaju oblaci gasa čiji je glavni sastojak vodonik, i čestice prašine. Taj materijal nije pravilno raspoređen u prostoru i skuplja se u pramenove pod dejstvom gravitacije. Gravitaciona sila je obrnuto proporcionalna kvadratu rastojanja između dvije čestice, a direktno proporcionalna proizvodu njihovih masa, što znači da što je gušći oblak, veća je gravitaciona sila između čestica (Njutnov zakon gravitacije). One pod dejstvom gravitacije nastavljaju da se sabijaju i počinju da rotiraju oko svoje ose. To su protozvijezde. Pod dejstvom gravitacije, protozvijezda se smanjuje postaje sve toplija. Kada dosegne dovoljno visoku temperaturu, u njenom centru počinju termonuklearne reakcije u kome se vodonik pretvara u helijum. Masa helijumovog atoma je nešto manja od mase četiri vodonikova atoma, što govori o tome da masa odlazi u vidu energije. Oslobođena energija odnosno energija dobijena sagorijevanjem goriva, može se izraziti Ajnštajnovom jednačinom $E=mc^2$ i ona predstavlja sijanje zvijezde pri čemu se emituju el-magnetni talasi svih talasnih dužina.



Zvijezda izlazi na glavni niz HR dijagrama i počinje da stari. Svo vrijeme svoga života na HR dijagramu zvijezda je u ravnoteži, odnosno u nekakvom "metastabilnom" stanju. Situacija je pomalo analogna napuhanom balonu. Postoji ravnoteža između pritiska koji pokušava da raširi balon i napetosti gume koja teži da smanji balon, odnosno, ka njenoj unutrašnjosti djeluje gravitaciona sila, ali se njoj suprotstavlja energija iz termonuklearnih reakcija tj. Fermijev pritisak. Što je zvijezda veća ona brže stari, tj. brže sagorijeva gorivo, ali bez obzira na sve životni vijek zvijezde je užasno dugačak, gdje je riječ o milijardama godina. Termonuklearne reakcije traju sve dok se sam vodonik ne istroši, odnosno dok ne dođe do formiranja gvozdá koji je najstabilniji element u Univerzumu, jer tada više nema šta u šta da se pretvara.

Naravno, do formiranja gvozdá dolazi posle niza transformacija, jer iz vodonika nastaje deuterijum, pa helijum, pa C, N, O₂ sve do Fe. U jednom trenutku Fermijev pritisak neće više biti dovoljan za odbijanje gravitacije tako da čitava zvijezda počinje polako da kolapsira. Zvijezde od 1,2 do 1,4 Sunčeve mase završiče svoju evoluciju na stadijumu bijelog patuljka. Sav višak energije i mase oslobodiće u vidu planetarne magline. Zvijezde između 1,4 i 2 Sunčeve mase završavaju kao neutronske zvijezde, a one još masivnije završavaju kao crne rupe, odnosno zvijezde sa masom iznad Candrasekarove granice, ne mogu da se održe na stadijumu neutronske zvijezde već svoje sažimanje nastavljaju. Što je zvijezda manja, gravitacija je sve veća. Neutronska zvijezda ima drugu kosmičku brzinu od $2/3c$, odnosno da bi čestica pobjegla sa njene površine morala bi da se kreće tom brzinom. Ako se materija i dalje kontrahuje, gravitacija raste i dolazi do nivoa kada se druga kosmička brzina povećava na brzinu svjetlosti (c). Kada se to dogodi vrijednost prečnika tijela je jednaka Švarcsildovom prečniku, odnosno formira se crna rupa. Neutronske zvijezde i crne rupe višak materije i energije oslobađaju u vidu eksplozije supernove. Procjenjuje se da "samo" 2% zvijezda kolapsiraju u crne rupe.

3.1. CANDRASEKAROVA GRANICA

Godine 1928. mladi diplomac Subramanijan Chandrasekar (S. Chandrasekhar) iz Indije izračunao je koliko bi zvijezda morala biti masivna da bi se suprostavila sopstvenoj gravitaciji kad istroši svoje gorivo. Zamisao se zasnivala na tome da kad zvijezda postane mala, čestice materije se veoma zbliže da, prema Paulijevom načelu isključenja, moraju imati veoma različite brzine i udaljuju se jedne od drugih pri čemu uspostavljaju ravnotežu između gravitacionog privlačenja i odbijanja. Chandrasekar je shvatio da postoji granica odbijanja što slijedi iz načela isključenja, jer teorija relativnosti nalaže da je najveća razlika u brzinama čestica neke zvijezde brzina svjetlosti. To bi značilo da kada zvijezda postane dovoljno gusta, odbijanje uzrokovano načelom isključenja bi bilo slabije od gravitacionog privlačenja. Chandrasekar je izračunao da ta granica iznosi 1,4 Sunčeve mase i ona je danas poznata kao Chandrasekarova granica.

Ako je zvijezdina masa manja od Chandrasekarove granice, ona može prestati sa sažimanjem i ostati na stadijumu bijelog patuljka, sa prečnikom sto puta manjim od Sunčevog i gustinom od 10^9 kg/m^3 .

Do sličnog otkrića došao je i ruski naučnik Lav Davidovic Landau. On je istakao da postoji još jedno moguće završno stanje zvijezde koje je manje od bijelog patuljka. Ono se odnosi na zvijezde sa masom između 1,4 i 2 Sunčeve mase. Ove zvijezde su dobile naziv neutronske zvijezde, jer kod njih prilikom sažimanja gravitacijom dolazi do sljepljivanja protona i elektrona i formiranja stabilnih neutrona koji se pod dejstvom snažne gravitacije drže u skupini i obrazuju neutronske zvijezde. One u prečniku imaju 10 do 20 kilometara, a gustina im iznosi 10^{17} kg/m^3 . Međutim, do samog otkrića neutronske zvijezde se došlo kasnije.

Šta će se desiti sa zvijezdom čija je masa iznad Chandrasekarove granice, odnosno sa zvijezdama iznad 2-3 Sunčeve mase, riješio je američki naučnik Robert Openhajmer (Robert Oppenheimer), 1939. godine.

U idealnom sfernom modelu zvijezde, koja se sažima, može doći do fenomena sabijanja koji bi zvijezdu doveo do kritičnog prečnika, gdje bi je zadesio katastrofalan gravitacioni kolaps. Dovoljno masivna kolapsirajuća zvijezda može da se sažima takvom silinom da čak ni neutroni ne bi mogli da joj se odupru. Drugim riječima, nuklearna sila bi bila nadjačana gravitacionom silom, a kada nuklearna sila popusti, nema ničeg što bi pružilo ravnotežu gravitaciji. U tom slučaju zvijezda nastavlja u beskrajno kolapsiranje pri čemu joj se zapremina dovodi do nule, a površinska gravitacija beskrajno raste. Tačnije rečeno, od oblaka prašine se formira crna rupa u čijoj se unutrašnjosti nalazi singularitet, koji mi ne možemo vidjeti jer se oko njega nalazi horizont događaja koji je propustan za informacije samo u jednom smjeru, pa iza njega ništa ne možemo vidjeti. Ovi krugovi se postepeno smanjuju i pokazuju kako masivna zvijezda kolapsira, odnosno kako smanjenjem svoga prečnika prelazi u stanje crne rupe.

3.2. PULSARI – ROTIRAJUĆE NEUTRONSKE ZVIJEZDE

Dzoseilin Bijel (Joselin Bijell) je 1967. otkrila pulsare. Primitiven su jako kratki i pravilni impulsi talasne dužine 3,7m. To je ukazivalo da izvor emitovanja mora biti veoma mali, jer velika tijela ne mogu emitovati kratke, oštre impulse, jer bi vrijeme putovanja zračenja sa različitih dijelova takvog tijela zamutilo signal. Zato je moralo biti u pitanju nešto kompaktno, objekat manji od nekoliko hiljada kilometara, a ipak na udaljenosti zvijezde.

Prvo se mislilo da su u pitanju vanzemaljci i zato su prva 4 otkrivena pulsara nazvani LGM 1-4 (LGM - little green man, odnosno mali zeleni ljudi). Pulsari su kompaktni objekti, hiljadu puta gušći od vode. U njoj su protoni i elektroni slijepljeni u neutrone. Oni nastaju prilikom eksplozije supernove, gdje u njenim donjim slojevima dolazi do implozije u objekat kao što je neutronska zvijezda (ili crna rupa). Neutronske zvijezde ako rotiraju

zovu se pulsari. Jaki su izvori radio talasa, ali njihova osa rotacije se ne poklapa sa osom magnetnog polja tako da zračenje pulsara dolazi u prekidima tj. impulsima i to onda kada je osa magnetnog polja uperena ka nama. Odavde se vidi da zračenje pulsara nije toplotno, već potiče od ubrzanog kretanja naelektrisanih čestica u magnetnom polju. Njihov prečnik je svega nekih desetina kilometara.

Evo nekih odnosa veličina zvijezda:

Crveni Džin : Sunce	250 : 1
Sunce : Bijeli Patuljak	100 : 1
Bijeli Patuljak : Neutronska Zvijezda	700 : 1
Neutronska Zvijezda : Crna Rupa	003 : 1

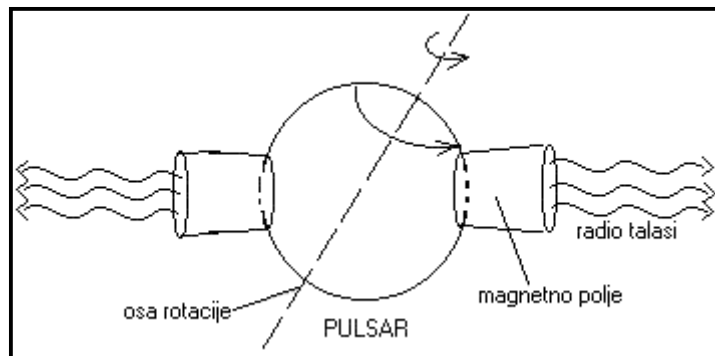
3.3. ŠVARCSILDOVA GEOMETRIJA

Karl Švarcsild (Karl Schwarchild 1873-1916) je prvi riješio Ajnštajnovu jednačinu polja gravitacije, što je dovelo do boljeg razumjevanja crnih rupa i do snažnog uticaja Ajnštajnovih jednačina na kosmologiju. Zanimljivo je to da je te jednačine riješio dok je bio na frontu, a rješenja je poštom poslao Ajnštajnu. Međutim, ubrzo je umro od bolesti koju je zaradio u ratu.

Godine 1915. kritični prečnik je nazvan Švarcsildov prečnik po samom naučniku. To je onaj prečnik na kom je čestici potrebno da se kreće brzinom svjetlosti da bi ga napustila.

$$U_{esc} = C$$

Ta zakrivljenost prostora oko nekog tijela određene mase se mijenja kao funkcija udaljenosti od središta tijela tj. duž linije prečnika.



$$R_c = \frac{2GM}{c^2}$$

G – gravitaciona konstanta, M – masa tijela, c – brzina svjetlosti

Kada se objekat nađe na Švarcsildovom radujusu ili ispod njega, svjetlost koja izvire sa njega troši svoju energiju na savlađivanje gravitacije, pri čemu joj crveni pomak postaje beskonačan. U stvari, svjetlost nikada neće napustiti svoje odredište, što znači da su zbivanja zaklonjena od spoljnog posmatrača.

On je izračunao Ajnštajnovu jednačinu samo za nerotirajuće, neutralne crne rupe, a takvih je prema procjeni malo, jer najveći broj zvijezda rotira. Zato njegove jednačine nemaju nekog većeg značaja, ali su bile prve.

4. DIJELOVI CRNE RUPE

Naučnici Karter, Hoking, Izrael i Robinson su zaključili da crna rupa mora biti jednostavna.

4.1. HORIZONT DOGAĐAJA

To je granična površina oko crne rupe. Izgleda kao sfera potpunog mraka iza koje se ništa ne može vidjeti. To je lokacija gdje je gravitacija užasno jaka da ništa ne može pobjeći. Formiran je od svjetlosti koja nije uspjela da pobjegne iz crne rupe i ostaje da lebdi na ivici. Liči na talasni front svjetlosti. Dokazali su da u trenutku formiranja crne rupe, horizont može imati nepravilan oblik i snažno vibrirati. U djeliću sekunde horizont će ipak dobiti jedinstven, gladak oblik i biće sferan ako nema rotacije, a ako ima biće spljošten na polovima, gdje stepen spljoštenosti zavisi od brzine.

Nakon kolapsa, obrazuje se jednosmjernan horizont događaja kroz koji bi čestice, zračenje itd. mogli upasti u zvijezdu, ali ništa iz nje se ne bi moglo emitovati (nalik semipermeabilnoj membrani).

Na kraju bi se obrazovao prostorno-vremenski singularitet, ne na kritičnom prečniku, nego u središtu zvijezde. Ovaj fizički fenomen bi nastavio da se odvija za posmatrača koji propada zajedno sa površinom kolapsirajuće zvijezde, jer nikakva svjetlost do spoljnog posmatrača ne bi dolazila.

4.2. SINGULARITET

Predstavljen je tačkom. U toj tački je beskonačan pritisak, gustina i zakrivljenost prostor-vremena. To je centar crne rupe. Do ovog zaključka došli su naučnici Rodzer Penrouz i Stiven Hoking, smatrajući da ovdje otkazuju svi zakoni fizike.

Sam pojam singulariteta je nije precizno određen, odnosno jako je težak za objašnjavanje, jer se ono pomalo kosi sa zdravim razumom. Matematičar Rodzer Penrouz je radio na matematiци urušavanja materije pod jakom gravitacijom, koristeći pojedine teoreme iz topologije (topologija je grana matematike koja proučava i koristi različite oblike, njihove osobine i pretvaranje jednog u drugi).

Openhajmer je zajedno sa Šnajderom dao eksplicitno rješenje Ajnštajnovih jednačina objašnjavajući da se crna rupa formira od oblaka prašine u čijoj se unutrašnjosti nalazi singularitet, ali ga mi ne vidimo, jer se oko njega nalazi horizont događaja koji je propustan samo u jednom smjeru.

- "...Priča se da su Penrouzove zamisli nadahnule slikara Esera da naslika dvije slavne zbnunjujuće slike "Vodopad" i "Uzlazno stepenište", u kojima se vide sasvim ubjedljive strukture koje, međutim, u stvarnom svijetu nikako ne bi trebalo da budu moguće... ". Može se postaviti analogija sa matematičkim singularitetom. On se nalazi u tački u kojoj se funkcija ne može definisati. Npr, jednačina $y=x^{-1}$ ima singularitet za vrijednost $x=0$, odnosno u tački $x=0$ funkcija nije određena. Nema razumnog i racionalnog rješenja. Ono ide u plus i minus beskonačnost, pa čak ako bi se funkcija definisala u beskraj, ne zna se kakva bi bila njena stopa promjene.

Ni vrijeme se u singularnosti se ne može definisati. Zakrivljenost prostor-vremena zavisi od mase. Ako bi se kosmos nalazio u jako malim dimenzijama, zakrivljenost prostora bi bila ogromna, dok ako bi se našao u jednoj tački, singularitetu, gustina mase bi bila beskrajna, tako da se jednačine vremena i prostora vise ne bi mogle primjeniti.

Rješavanjem Švarcsildovih jednačina dobijeno je da postoje dvije singularnosti, jedna u prošlosti i jedna u budućnosti. Singularitet Velikog Praska je P tipa (past), iz njega je

proistekla materije i nastao svijet, a singularitet u crnim rupama je F tipa (future), u njega materija većinski bespovratno odlazi.

- "... U matematici, singularnost je tačka u kojoj se dešava nešto patološko..."

5. KARAKTERISTIKE CRNE RUPE

5.1. MASA, UGAONI MOMENT, NAELEKTRISANJE

Nakon formiranja crne rupe, tj. nakon kolapsa zvijezde, ona se vrlo brzo smjesti u stacionarno stanje, pošto pri svakoj kretnji emisija gravitacionih talasa odnosi energiju. Za vrijeme kolapsa zvijezde i nastajanja crne rupe, sva materija se kreće jako brzo, tako da se i energija brzo odliva. Od preminule zvijezde zadržava se masa, ugaoni moment i ukupno naelektrisanje.

Može se reći da masa "remeti" gravitaciono polje i time izaziva gravitacione talase, kao što se elektromagnetni talasi mogu predstaviti periodičnim uzburkavanjima električnog polja. Ti "poremecaju" se odnose na geometriju prostor-vremena. Masa koja se nađe na putu gravitacionom talasu biće periodično zbijena, pa rastegnuta silama plime, kako talas prolazi kroz nju, jer gravitaciono polje nije uniformno. Ovo zbijanje i rastezanje prenosi energiju od izvora gravitacionog talasa do tijela koje je apsorbuje. Međutim, jačina gravitacionih talasa je mala. Oni sami još nisu detektovani na Zemlji, ali bi mogli mnogo reći o događajima koji su npr. vezani za crne rupe. Postoji jak dokaz za postojanje ovakvih talasa. Npr, u dvojnim sistemima, čiji je jedan član pulsar, period se smanjuje. Uzrok tome je to da sistem emituje gravitacione talase i tako gubi energiju.

Izrael je došao do zaključka da ako je neutralna i ne rotira, crna rupa je jednostavan objekat koji se može opisati samo jednim parametrom - svojom masom. One bi se mogle opisati posebnim oblikom Ajnštajnovih jednačina do kojih je došao još Svarcsild. To bi značilo da nije bitno da li je rupa uvukla kilogram gvožđa i kilogram platine ili kilogram grožđa i jabuka, već je bitno da je to masa od dva kilograma, jer se vrste materije ne mogu razlikovati.

Rotirajuća crna rupa nastaje od rotirajuće zvijezde. Uglavnom sve zvijezde rotiraju, pa se pretpostavlja da su i većina crnih rupa rotirajuće i odlikuju se masom i ugaonim momentom. Brzina rotiranja prilikom kolapsa se naglo povećava, što znači da crna rupa mnogo brže rotira od bivše zvijezde. Može se uspostaviti analogija sa klizačem na ledu. Dok se vrti sa raširenim rukama ima manji ugaoni moment tj. manju brzinu okretanja nego kad se vrti sa rukama uz tijelo. Takva crna rupa nije sfernog oblika, već je malo spljoštena na polovima (kao što je i Zemlja spljoštena zbog rotacije). Do ovakvih proračuna došao je Roj Ker, fizičar sa Novog Zelanda. Kod rotirajućih crnih rupa takođe postoji Švarcsildov prečnik, ali izvan njega se nalazi i tzv. stacionarna granica, koja obrazuje polutarno ispupčenje oko crne rupe koje je uslovljeno centripetalnom silom. Objekat koji se nađe na stacionarnoj granici, ali izvan Svarcsildovog prečnika samo je delimično zarobljen i ima sansi da se izbavi. Ako bi se objekat kretao u smeru rotiranja crne rupe, ona bi ispoljila težnju da ga zavrtla poput kamena iz pračke davši mu pritom više energije nego što je imao prilikom ulaska. Time se smanjuje ugaoni moment crne rupe tj. ona usporava jer je dio ugaonog momenta prešao na objekat. Kada bi se ugaoni moment istrošio ostala bi samo masa. Tada se stacionarna granica poklapa sa Švarcsildovim prečnikom.

Naelektrisanje materije u crnoj rupi je obično nula, jer je zvijezda uglavnom elektroneutralna. Odnosno, ako je upadnuta materija elektroneutralna crna rupa neće imati naelektrisanje i obrnuto. Ovakav slučaj je proučavan od strane naučnika Rajsnera i Nordstrema.

Hoking je 1971. godine, došao do zaključka da svaka rotirajuća crna rupa ima svoju osu simetrije.

Iz svega toga slijedi teorija "bez dlaka" ("no-hair" teorema), jer veličina i oblik crne rupe zavise samo od mase i brzine rotiranja, a ne od prirode tijela. To bi značilo da su sve informacije o kolapsirajućem tijelu izgubljene, ali i da crna rupa ipak nije sasvim crna.

Međutim, kvantnom gravitaciom se radi na tome da se detekcijom gravitacionih talasa ipak možda dođe do nekakve informacije o preminuloj zvijezdi i sazna šta se nalazi unutar crne rupe.

6. VRSTE CRNIH RUPA PREMA VELIČINI

6.1. CRNE RUPE SA MASOM ISPOD CANDRASEKAROVE GRANICE

Moguće je i da postoje crne rupe sa masama znatno manjim od Sunčeve. One ne bi mogle da nastanu usljed gravitacionog kolapsa, zato što im se mase nalaze ispod Candrasekarove granice, već jedino ako im je materija sabijena do ogromnih gustina veoma velikim spoljnim pritiscima. Na primjer, ovakvi uslovi mogu da nastanu u izuzetno velikoj vodoničnoj bombi. John Viler je izračunao da ako bi se iz svih okeana na Zemlji uzela teška voda (jedinjenje teškog vodonikovog izotopa - deuterijuma i kiseonika. (D₂O)), mogla bi se napraviti vodonična bomba koja bi u toj mjeri sabila materiju u središtu da bi tu nastala crna rupa. Naravno, to je samo zamisao, jer niko ne bi ostao kao očevidac.

Praktična mogućnost na koju je 1971. godine ukazao Stiven Hoking jeste da je spoljna sila te veličine postojala u trenutku Velikog Praska i prilikom formiranja Vasiona. Dijelovi materije su se međusobno sudarali i mogli su biti podvrgnuti stravičnim temperaturama i pritiscima sa svih strana što je moglo da uslovi da se masa sabije u nedogled. Vasiona nije bila ravnomjerna i jednoobrazna, već nejednake gustine što je gotovo sigurno jer se u protivnom ne bi ni galaksije ni drugi objekti obrazovali. Životni vijek crne rupe mase Sunca bi bio 10⁶⁶ godina, dok bi praiskonske crne rupe živjele 10 milijardi godina, što znači da su nastale otprilike kad i Veliki Prask. Te "praiskonske" crne rupe se mogu otkriti jedino njihovim uticajem na okolinu i ne zna se koliko ih ima. Pretpostavlja se da su rijetke. One su jako masivne tj. izgledaju kao da je masa planine sabijena u zapreminu manju od jednog milion milionitog dijela centimetra, što odgovara veličini jezgra atoma.

Prema Ajnštajnovoj teoriji relativnosti svako tijelo bilo koje mase (osim mase manje od 10⁻⁵ g. Za to postoje složeni teorijski razlozi), odnosno bilo koje gravitacije koje oko nje vlada, bi moglo postati crna rupa ako se njena masa sabije do Švarcsildovog prečnika. Sabijanjem mase rasla bi i gravitacija sve dok druga kosmička brzina ne nadmaši brzinu svjetlosti. Na primjer, Zemlja bi postala crna rupa ako bi se smanjila otprilike do veličine bisera; Mont Everest bi morao da se sabije u veličinu atoma.

6.2. GALAKTIČKE I SUPERGALAKTIČKE (SUPERMASIVNE) CRNE RUPE

Njutnovom teorijom gravitacije je lako izračunati eliptične putanje u sistemu dva tačkasta tijela. Međutim, za tijela velikih masa i dimenzija mora se koristiti Ajnštajnova teorija i složen račun. Tijela neće opisivati prave elipse, jer prečesiraju tj. obrću se tako da opisuju rozete. Dva tijela postaju sve čvršće vezana i sabijaju se na manju zapreminu. U prirodi postoje mnoga prostrana tijela koja će se spojiti u jedno, ako to ne ometu drugi procesi. Što je broj članova u sistemu veći to je proračun komplikovaniji.

Obična galaksija sadrži oko hiljadu milijardi tijela tako da je jako teško predvidjeti njihovo ponašanje. To je sistem koga čini gusto centralno jezgro sastavljeno iz zvijezda s manje gustim zvijezdanim haloom oko sebe, odnosno manjim brojem zvijezda razbacanim unaokolo. Vremenom će se i ta konfiguracija mijenjati. Tijela će se sudarati, neka će steći veću brzinu, većina će ostati u galaksiji, dok će neke postati dio haloa, a neke će čak sudarima dostići toliku brzinu da će napustiti galaksiju. Ostatak zvijezda će izgraditi veoma gušto centralno jezgro, koje će se sabijati u sve manju zapreminu, stapaće se u veće zvijezde, i srasti će u crnu rupu. Prilikom formiranja jedne ovakve supermasivne crne rupe, bliski sudari će proizvesti neku vrstu vatrometa, tj. centar galaksije će isijavati svjetlost i druge oblike zračenja. Okolina centra galaksije će ličiti na kvazar, jer će crna rupa gutati okolne zvijezde svojom plimskom gravitacijom, a one će zauzvrat emitovati energiju kao kvazari, spuštajući se u rupu. Ako se pretpostavi da galaktička crna rupa proguta samo 1% zvijezda, a da 99% zvijezda uspije da pobjegne,

crna rupa će imati masu oko milijardu puta veću od Sunčeve i Svarcsildov prečnik od oko 3 milijardi km (2-3 svjetlosna časa).

Širenjem svemira vjerovatno da će neke galaksije ostati u skupini pod uticajem međusobne gravitacije. Ako se uzme u obzir jato galaksija koje se sastoji od stotinu galaksija vremenom će se svaka galaksija svesti na galaktičku crnu rupu, a u dugom vremenskom periodu jato će u cjelini evoluirati u jednu supergalaktičku crnu rupu, čiji će Svarcsildov prečnik biti oko 300 milijardi km (jedna svjetlosna nedjelja). Za sve ove događaje potrebno je vrijeme od milijardu milijardi do milijardu milijardi milijardi godina. Uopšteno govoreći, potrebno je oko 10^{27} godina za nastajanje galaktičkih i supergalaktičkih crnih rupa.

7. "ISPARAVANJE" I TERMODINAMIKA CRNIH RUPA

Predviđanje singulariteta ukazuje na to da opšta teorija relativnosti nije kompletna, zato što su singulariteti tačke odsječene iz prostor-vremena, jer se u njima ne može odrediti jednačina polja niti predvideti šta slijedi iz njih. Crne rupe se kao primjer singulariteta u budućnosti (tipa F) objašnjavaju tzv. Penrouzovim cosmic censorship-om.

Prema klasičnoj teoriji sve što se dešava u singularitetu crne rupe ne utiče na spoljašnji svijet, jer je njena unutrašnjost skrivena od spoljašnjih posmatrača. Takođe je čisto klasičnom teorijom uviđeno da gravitacija ima promenljivu, koja se ponaša kao entropija. Ta promenljiva zavisi od Penrouzove cosmic censorship hipoteze.

Prvo ćemo uzeti u obzir slab oblik kosmičkog senzorsipa (*weak cosmic censorship*). On je ispravan ako su zadovoljena 2 uslova. Ti uslovi označavaju to da singularitet ne može uticati na posmatrače i svijet van crne rupe i da se nijedan singularitet ne može videti sa velikih razdaljina.

Ako su uslovi zadovoljeni, onda u regionu prostor-vremena mora postojati dio koji predstavlja crnu rupu.

Jači oblik kosmičkog senzorsipa (*stronger form of cosmic censorship*) predstavlja to da je prostor-vrijeme globalno hiperbolično.

Horizont događaja može imati svoj početak u prošlosti, ali nema svoj kraj u budućnosti. Prateći uslove slabog kosmičkog senzorsipa dolazi se do zaključka da horizont događaja može ostati isti ili se povećati s vremenom, ali ne smanjiti. Isto tako, kada bi se dvije crne rupe spojile Svarcsildov prečnik novonastale rupe bi bio veći od zbira prečnika prvobitnih crnih rupa.

Takvo ponašanje je veoma slično entropiji drugog zakona termodinamike. Entropija se nikad ne može smanjiti i entropija čitavog sistema je veća od sume entropija dijelova sistema. (npr. U jednoj kutiji nalazi kiseonik, a u drugoj azot. Ako se ove dvije kutije spoje u jednu gasovi će se međusobno miješati i entropija dobijenog sistema će biti veća tj. stanje sistema će biti manje stabilno nego kad su gasovi bili odvojeni.)

7.1. TERMODINAMIKA CRNE RUPE

Tokom '70. godina Bardin (*Bardeen*), Brendon (*Brandon*), Karter (*Carter*) i Hoking (*Hawking*) su sastavili četiri zakona mehanike crnih rupa.

Nultni zakon (*Zeroth law*) : Površinska gravitacija - K je ista na čitavoj površini crne rupe, nezavisno od vremena, ukoliko je sistem u ravnoteži. Dok je u termodinamici temperatura ta koja je konstantna.

Prvi zakon (*The First Law of Black Hole Mechanics*) analogan je prvom zakonu termodinamike koji govori o promjeni unutrašnje energije, odnosno entropije sistema. Površinska gravitacija je mjera jačine gravitacionog polja na horizontu događaja.

Prvi zakon glasi :

$$\Delta E \cdot \Delta E = \frac{c^2 K \cdot \Delta A}{8\pi G + W}$$

A - površine crne rupe
W - uticaj (rad) na crnu rupu

Drugi zakon (*The Second Law of Black Hole Mechanics*) : Horizont događaja se ne može smanjiti, kao i entropija u termodinamici.

Treći zakon (*The Third Law of Black Hole Mechanics*) : Nemoguće je smanjiti površinsku gravitaciju na nulu, u bilo kom konačnom broju pokušaja.

Džejkob Bekenstajn (J.D. Bekenstein) je prvi napravio vezu između ova dva analogna koncepta. 1972. izložio je zamisao da područje horizonta događaja predstavlja mjeru entropije crne rupe, što se vidi iz drugog zakona, a iz nulnog zakona se vidi veza površinske gravitacije i temperature. On je pošao od pretpostavke da ako crna rupa ima entropiju proporcionalnu horizontu događaja, onda bi trebalo da ima i temperaturu proporcionalnu površinskoj gravitaciji, što bi dovelo do toplotnog zračenja crne rupe. Ako crna rupa dođe u kontakt sa toplotnim zračenjem koje je niže temperature od crne rupe, crna rupa će apsorbirati dio zračenja, ali prema klasičnoj teoriji, ništa neće emitovati. To bi narušilo drugi zakon termodinamike, jer bi gubitak entropije toplotnog zračenja bio veći od povećanja entropije crne rupe. Ta neravnoteža je ispravljena zaključkom da crna rupa odaje zračenje koje je također termalno. Takvo rješenje se isuviše dobro uklopilo sa teorijom da bi bilo samo obična aproksimacija. Izgleda da crne rupe zaista imaju unutrašnju gravitacionu entropiju. Riječ "unutrašnja", ukazuje na visok nivo nepredvidivosti gravitacije.

1975. Hoking i Bekenstajn su izveli jednačine entropije crnih rupa :

$$S_{cr} = constx \cdot A$$

$$S_{cr} = \frac{A}{4} \cdot \frac{kc^2}{G\hbar}$$

$$T = \frac{\hbar k}{2\pi Kc}$$

k - bolcmanova konstanta
T - površinska temperatura crne rupe

Ova rješenja u kombinaciji sa Švarcsildovim jednačinama pokazuju da su entropija i površina crne rupe proporcionalni kvadratu mase crne rupe, i da je temperatura obrnuto proporcionalna masi :

$$S_{cr} \propto m^2$$

$$A \propto m^2$$

$$T \propto \frac{1}{m}$$

Međutim, postojao je jedan kobni problem. Teorijski je dokazano da crna rupa ima entropiju, a time i temperaturu. Onda to neminovno znači da crna rupa mora odavati i nekakvo zračenje, prema Štefan-Bolcmanovom zakonu, što je bilo nemoguće za crnu rupu, jer teorijski iz nje ništa, ni svjetlost, ne može izaći. Izračunavanjem navedenih jednačina dobijene su neke vrijednosti. Masivne crne rupe imaju jako nisku temperaturu, tako da jako malo zrače. Na primjer, crna rupa veličine Sunca ima površinsku temperaturu od $1\mu K$ i životni vijek od 10^{70} . S druge strane male crne rupe su mnogo toplije, zrače više i kraćeg su vijeka. Hoking je uz pomoć kvantne teorije, opšte teorije relativnosti i termodinamike razradio ovu koncepciju. Usredsredio se na granicu između crne rupe i međuzvijezdanog prostora i tu 1974. našao dokaz, jer je ovde riječ o površini crne rupe.

7.2. KVANTNA MEHANIKA CRNE RUPE - HOKINGOVO ZRAČENJE

U teoriji kvantnog polja vakuum nije prazan. Sadrži uskomešanu masu virtuelnih čestica koje se konstantno stvaraju i anihiliraju. Hoking je razmatrao situaciju kad bi se virtuelni par stvorio u blizini horizonta događaja. Postoje tri rješenja. Prvo, obje čestice bi upale u crnu rupu. Drugo, čestice bi se anihilirale u praznom prostoru prije nego što ih uvuče crna rupa. I treće, jedna čestica toga para bi bila uvučena, dok bi se druga oslobodila u prazan prostor. To bi izgledalo kao da ju je emitovala crna rupa i naziva se Hokingovim zračenjem (*Hawking's radiation*).

Ovakva pretpostavka je u direktnoj kontradikciji onome što tvrdi klasična teorija mehanike i ona se objašnjava kvantnom mehanikom.

Svaka virtuelna čestica ima svoju antičesticu suprotnog naelektrisanja, ali iste mase. Antimaterija je slika u ogledalu materije. To je predskazao Pol Dirak, dok je to kasnije potvrdio Karl Anderson "ulovivši" trag jednog pozitrona tj. čestice koja je bila ista kao elektron, ali nenegativnog naelektrisanja. Njihovim spajanjem nastaje energija tj. nastaju čestice visokih energija, fotoni ili mezoni. One se nazivaju virtuelnim, jer se za razliku od običnih čestica ne mogu direktno detektovati. One trepere okolo tik ispod praga opažljive stvarnosti.

Princip neodređenosti predviđa da se energija bez prekida može pojavljivati i isčezavati u okviru skale određene Plankovom konstantom koji između ostalog kaže da je ako sistem postoji veoma kratko vrijeme, njegova energija je obavezno neodređena i zavisi od vremena trajanja tog sistema. Što je kraće vrijeme postojanja sistema, to je veća i neodređenost energije. Izgleda da su virtuelne čestice zbog svog ekstremno kratkog postojanja u stanju da pozajme energiju za svoje postojanje iz banke zasnovane na Hajzenbergovom principu neodređenosti. Taj fenomen je poznat kao "vakuum fluktuacija" (označava stalno ili uvijek prisutno stvaranje i anihilaciju parova virtuelnih čestica u praznom prostoru). Takođe, prema Ajnštajnovoj jednačini $E=mc^2$ ova energija se može pretvoriti u čestice i antičestice koje naizmjenično preskaču iz postojanja u nepostojanje. Ove vakuum fluktacije imaju mjerljiv efekat na fizičke procese, kao što na primjer njihovo postojanje potvrđuje mali pomak (Lambov pomak) u spektru svjetlosti, koji potiče od pobuđenih atoma vodonika.

Spektar odaslanih čestica je upravo onakav kakav bi emitovalo neko tijelo u stanju usijanja, a i crne rupe odašilju čestice upravo onom stopom koja je neophodna da bi se spriječilo narušenje drugog zakona termodinamike. To je još jedan dokaz ekvivalentnosti termodinamike i fizike crnih rupa.

Neki udaljeni posmatrač može da mjeri odbjegle čestice, ali ih ne može povezati sa onima koje su upale, jer ih ne vidi (ne vide se gdje idu, zna se samo njihova masa i naelektrisanje) i zato su, grubo govoreći, šanse za ostvarivanje Hajzenbergovog principa neodređenosti, prepolovljene. Ta odbjegla čestica odvodi malu količinu mase crne rupe, tako da se crna rupa malčice smanji. Ona čestica koja je upala se ponaša kao negativna masa i time smanjuje ukupnu masu crne rupe. Debljina barijere oko crne rupe proporcionalna njenoj veličini i što se više smanjuje čestice teže izlaze tj. gravitacija je jača.

Crna rupa što je manja, ona je toplija i više zrači, što je suprotno kod svih ostalih tijela, koja kad zrače, temperatura im se smanjuje. To je već pokazano jednačinama. Kraća je razdaljina koju čestica sa negativnom energijom treba da pređe prije nego što postane stvarna čestica (jer je gravitacija crne rupe toliko jaka da čak i stvarne pozitivne čestice može preobratiti u česticu negativne energije koja je kratkovječna (zato su stvarne čestice uvijek pozitivne energije pod normalnim okolnostima)), te je tako veći obim emitovanja, kao i prividna temperatura crne rupe.

Napuštena čestica ili antičestica koja je izbjegla upadanje u rupu može pobjeći u okolni prostor gdje se manifestuje kao zračenje iz crne rupe. Ovo zračenje ima energiju koju je moralo odnekud uzeti. Drugim riječima, virtualna čestica sada postaje prava čestica tako da njena energija ne može više poticati od energije "pozajmljene" na osnovu principa neodređenosti. Vjerovatno će se pokazati da ta energija u stvari potiče od mase crne rupe. Kad jedna od virtualnih čestica upadne u crnu rupu, ona ima negativnu energiju sa stanovišta posmatrača koji se nalazi na velikom rastojanju. Kad se ta negativna energija pridoda crnoj rupi, ona gubi dio svoje mase, a energija koja odgovara ovom smanjenju mase, pojavljuje se u vidu čestice na velikom rastojanju, tj. u vidu zračenja iz crne rupe.

Kao protivteza pozitivnoj energiji emitovanog zračenja javlja se priliv čestica negativne energije. Prema Ajnštajnovoj jednačini $E=mc^2$ energija je srazmjerna masi. Priliv negativne energije dovodi do smanjenja mase crne rupe, a kako ona gubi masu tako se smanjuje područje horizonta događaja, ali entropija se ne narušava, jer je priliv čestica u ravnoteži sa količinom emitovanih čestica.

Stvarna temperatura crne rupe ne zavisi od površinske gravitacije crne rupe.

Crna rupa Sunčeve mase ima temperaturu od oko deset milionitog dijela stepena iznad apsolutne nule. Toplotno zračenje crne rupe na ovom nivou bi bilo totalno potopljeno pozadinom i zračenjem samog svemira (pozadinsko zračenje), jer temperatura manja od temperature mikrotalasnog zračenja. Takva crna rupa više apsorbuje nego što emituje. S druge strane, crna rupa veličine protona ili neutrona koja ima masu od bilion tona bi imala temperaturu od oko 120 biliona K, što odgovara energiji od 10 miliona eV. Na ovakvoj temperaturi crna rupa bi bila u mogućnosti da stvara elektron-pozitron parove i čestice nultne mase (neutrino). Praiskonske crne rupe bi oslobađale energiju od 6 000 MW i više, što odgovara kapacitetu 6 velikih nuklearnih elektrana, odnosno one zrače gama ili rendgenskim zracima od oko 100 miliona eV, jer su one jako masivne i s tim emituju veliku količinu energije.

Princip neodređenosti, takođe, implicira da se čestica mase "m" ponaša kao talas talasne dužine h/mc (h - Plankova const.). S obzirom da čestice koje formiraju crnu rupu moraju biti manje od nje, broj mogućih konfiguracija se smanjuje.

Nemoguće je da čestica pobjegne ako se kreće brzinom manjom od svjetlosti (c). Međutim, Fejnmanovo sumiranje svih mogućih istorija dozvoljava da se čestica kreće brže od svjetlosti, "c" obzirom da čestice mogu imati bilo koju putanju. Mala je vjerovatnoća da će se ona kretati dugo brže od svjetlosti, ali može ići brže od "c" na kratko, ali dovoljno dugo da se izvuče iz privlačne sile crne rupe.

Kvantna mehanika ima drugačiji pogled na realnost. Objekti nemaju samo jednu istoriju, već sve moguće istorije. Na primjer, u slučaju Šredingerove mačke postoje dvije istorije. U jednoj je mačka ubijena, a u drugoj je živa. U kvantnoj mehanici postoje obje mogućnosti, jer ako sistem ima jednu istoriju, princip neodređenosti vodi do raznih paradoksa kao što je to da čestica bude na dva mjesta u isto vrijeme.

Drugi načini za gledanje na Hokingovo zračenje je da se za onog člana koga uvuče crna rupa kaže da putuje unazad kroz vrijeme i kada dođe do trenutka kada je taj čestica-antičestica par nastao, te 2 čestice su dovoljno daleko tj. razdvojene gravitacionim poljem da ona sad putuje ka budućnosti.

8. EKSPLOZIJA CRNE RUPE

Isparavanjem crna rupa se smanjuje. Time ona postaje sve toplija i na izmaku svoje mase i energije, temperatura se brzo povećava tako da crna rupa svoj kraj bilježi praskom tj. eksplozijom.

Hoking je izračunao da bi premordijalne crne rupe mase oko 10^{11} kg, koje su mogle biti stvorene Velikim Praskom, trebale izračiti svoju energiju i time eksplodirati negdje u našoj sadašnjosti. Međutim, tako nešto još nije detektovano.

Jačina eksplozije zavisi od toga koliko različitih vrsta elementarnih čestica tamo ima. S obzirom da se danas vjeruje da postoji 6 različitih kvarkova, Hoking kaže da bi ta eksplozija bila jednaka eksploziji miliona H-bombi (vodoničnih bombi - bomba koja oslobađa energiju sjedinjavanjem vodonikovih jezgara, na visokim temperaturama, pretvarajući se u helijum). S druge strane, tu je i R. Hagedorn-ova teorija iz CERN-a koja kaže da postoji neograničen broj elementarnih čestica. Kako se crna rupa smanjuje i postaje sve toplija, emitovaće sve veći i veći broj različitih vrsta čestica i izazvala bi eksploziju 100 000 puta veću od prethodno navedene. Naravno, kada bi se riješio problem o kvarkovima gotovo bi se riješio i problem posmatranja eksplozije crne rupe.

Još uvijek niko nije otkrio samu eksploziju crne rupe.

Za velike crne rupe se pretpostavlja da ostavljaju pustoš po svemiru. Međutim, njihov životni tok je jako dugačak tako da je malo vjerovatno da će neka od njih uskoro eksplodirati, ako se uzme u obzir da su najranije nastale kad i Veliki Prask. Zato treba istraživati male tj. praiskonske crne rupe, jer one svoju energiju brzo troše.

Da bi uopšte došli u priliku da vidimo eksploziju crne rupe potrebno je pronaći način za registraciju ovih eksplozija na razdaljini od oko jedne svjetlosne godine. Osim toga, detektori gama zračenja bi morali biti veliki, a njihovo pravljenje je skupo. U ovom slučaju ne bi bilo neophodno utvrditi da svi kvanti, koji su odaslani tokom eksplozije, dolaze iz istog pravca, već bi bilo dovoljno uočiti da svi stižu u veoma kratkom razmaku, jer je to prilična pouzdanost da potiču iz iste eksplozije.

U jeftinijem slučaju, Zemljina atmosfera je dobar detektor gama zračenja praiskonskih rupa. Kada se jedan visokoenergetski kvant gama zračenja sudari sa atomima naše atmosfere, on stvara parove elektrona i pozitrona, koji bi se kretali brže od svjetlosti. Tako se izaziva elektronski pljusak. Krajnji ishod je jedan oblik svjetlosti poznat kao Cerenkovljevo zračenje, koje bi bivalo odbijano od površine Zemlje u vidu bljeskova vidljive svjetlosti (mada bi dijelom bili usporeni otporom vazduha). Eksplozivne emisije gama zračenja bi se mogle otkriti po bljeskovima svjetlosti na noćnom nebu. Bljeskovi bi se uočavali istovremeno sa dva ili više prilično odvojenih tačaka. Naučnici Nil Porter i Trevor Viks su istraživali ove pojave i zabijeležili par bljeskova, ali nijedan od njih se nije mogao u potpunosti pripisati praiskonskim crnim rupama.

9. OTKRIVANJE CRNIH RUPA

Crne rupe za sada postoje samo teorijski. One su najstabilniji objekti u svemiru. Ako postoje samo u središtima galaksija onda postoji samo jedna crna rupa u Mliječnom putu. Ako postoje i u središtima zbijenih jata onda ih u našoj galaksiji ima oko dvije stotine. Ako se, međutim, javljaju kao potencijalni pratioci u dvojnim sistemima onda ih, naravno, ima mnogo, mnogo više. A šta ako one postoje razbacane po svemiru, mi tek onda ne možemo znati njihov broj.

Crnu rupu je teško zapaziti jer ne odaje svjetlost, u stvari gotovo ništa. Ni do danas nijedna crna rupa nije zasigurno detektovana, jer se direktno teleskopom ne može vidjeti. One se gotovo sigurno otkrivaju indirektnim putem, tj. njihovim gravitacionim uticajem na okolne objekte. Novorođena crna rupa može da "luta" svemirom, usamljena i nevidljiva, ali mnoge rupe nisu same već su članovi dvojnog sistema čiji je jedan član vidljiv i tada se može detektovati njena lokacija. Ti dvojni sistemi otkrivaju se čudnim ponašanjem vidljivih tijela. Pri analizi spektra zvijezde zapaža se regularni pomak u spektralnim linijama ka plavoj (tada se zvijezda približava Zemlji) i ka crvenoj (tada se zvijezda odaljava od Zemlje) (Doplerov efekat). Izračunavanjem kolika ih gravitacija ometa može se zaključiti kakav im je nevidljivi pratilac (npr. crna rupa ili neko drugo tijelo).

9.1. AKREKSIONI DISK

Znači, crna rupa svojom gravitacijom utiče na okolne objekte, zarobljava gas i drugu materiju sa svog vidljivog pratioca. Time oko sebe formira dodatni disk tj. akrecioni disk (akrecija = sakupljanje). Otkrivanjem takvog efekta, otkriva se skriveni pratilac. Ta materija se sliva kao kroz lijevak ka crnoj rupi i dok ne dosegne horizont događaja odaje neko zračenje. Gravitaciono polje u blizini horizonta je jako veliko i materijal koji upada u crnu rupu ima veliku brzinu (blizu brzini svjetlost) i ubrzanje, čestice koje se slivaju međusobno se sudaraju i to zestokim sudarima kao u nuklearnom akceleratoru, pa zato akrecioni disk odaje elektromagnetno zračenje visokih energija, najvjerovatnije X (rendgensko) zračenje.

Oko sistema dvojnih zvijezda se može opisati osmica koja određuje domen gravitacionog dejstva svake zvijezde. "...Materija koja se nađe unutar petlje pripada zvijezdi koja se nalazi u centru te petlje. Ako se iz nekog razloga materija nađe van petlje, onda je ona izgubljena za datu zvijezdu. Posebno je interesantna tačka presjeka ove dvije petlje koju nazivamo unutrašnja Lagranzova tačka, a koja omogućava prijenos mase s jedne na drugu zvijezdu. Pretpostavimo da jedna od zvijezda iz nekog razloga počne da izbacuje materiju izvan svoje petlje. Dio te materije će proći i kroz unutrašnju Lagranzovu tačku, a to znači da će biti privučen ka drugoj zvijezdi. Ako je ova druga zvijezda mala, pridošla materija s prve zvijezde ući će u orbitu oko druge zvijezde, formirajući disk ili prsten slično Saturnu. Zbog različite brzine rotacije unutrašnjeg i spoljašnjeg sloja diska dolazi do velikog zagrijavanja gasa usljed trenja, kao i do ubrzanog pada velikih količina ove materije na površinu zvijezde... Nas svakako interesuje šta se događa ako je jedna od dvojnih zvijezda upravo crna rupa... Dodatnom analizom ponašanja akrecionog diska u cijem se centru vjerovatno nalazi crna rupa ustanovljeno je da će, pored stalnog X zračenja, ovaj sistem svakog stotog dijela sekunde izračiti u vidu bljeska dodatno intenzivno X zračenje. Magnetne sile usled spiralnog spuštavanja materije čupaju mlazove atoma. Dakle, moguće je imati direktne dokaze za postojanje crne rupe. Nažalost, teleskopi koji se nalaze na satelitu Uruhu nisu u stanju da detektuju tako brze promjene u X zračenju ." Svjetlosni zrak koji je dosta udaljen kretaće se skoro pravolinijski jer je prostor-vrijeme skoro idealno ravan. Kako se bude približavao crnoj rupi zrak će zakrivljivati svoju putanju. Na određenom rastojanju od crne rupe zrak bi bio zahvaćen u cirkularnu orbitu koja se zove fotonski krug. Razumljivo je da svaka zvijezda šalje bar nekoliko zraka na tačno određenom rastojanju od rupe, koji zato kruže ovim cirkularnim

orbitama. Ove orbite u fotonskoj sferi nisu stabilne. I najmanja perturbacija izbaciće ovaj zrak ili natrag u vasionu ili dole u rupu.



Akreциони Disk

9.2. KVAZARI - "VASIONSKI SVJETIONICI"

Kvazari, tačnije kvazi stijelarni objekti (quasi stjelarni objects) ili kvazi stijelarni radio izvori (quasi stjelarni radio sources), čije se zračenje može detektovati sa Zemlje radio-tijelaskopima, otkriveni su '60-tih godina, tačnije 1963. od strane Metjuza (T. Matthews) i Sendidza (A. Sandage). Nalaze se gotovo na samom horizontu dostupne vasionne. Liče na zvijezde promjenljivog sjaja, ali zrače i sto puta više nego neke čitave galaksije tako da bi im više odgovarao naziv "objekti sa aktivnim jezgrima". Izračivanje energije tj. X zračenja kvazara zavisi od njegove mase.

Naučnici smatraju da masu kvazara mora da nosi neko centralno tijelo, a da se energija dobija neprekidnim upadanjem nove materije u to centralno tijelo. Naučnik Ricard Lavlejs (Richard Lovelace) smatra da se u središtu kvazara nalazi crna rupa koja bi bila najstabilnije centralno tijelo i najefikasniji pokretač svih procesa u kvazarima.

Pretpostavlja se da crne rupe zrače kroz kvazare, odnosno da je zračenje kvazara u stvari zračenje akrecionog diska crne rupe. Kvazari ispuštaju uske snopove materije kroz parne jake radio izvore širine od $3-5^\circ$, što pokazuje da postoji uski kanal kroz koji se materija izbacuje. Radijacija se emituje u pravcu ose diska koji okružuje crnu rupu "kanalom" koji stvaraju jake elektromagnetne sile. To elektromagnetno polje ubrzava čestice i izbacuje ih.

Mjerenja su dokazala da se kvazari udaljavaju od Zemlje ogromnom brzinom i zato mora biti da su jako daleko, a posljedica njihovog kretanja je širenje svemira (zato su vodonične linije u emisionom spektru u velikom procentu pomjerene ka crvenoj tj. većoj talasnoj dužini).

Treba napomenuti da su posmatranjem otkriveni dvojni kvazari sa gotovo identičnim spektrima. Takvi kvazari ne bi mogli da postoje, a ta optička varka je u stvari efekat gravitacionog sočiva, gdje je samo jedan lik realan, a drugi je formiran gravitacionim sočivom.

9.3. MOGUĆA OTKRIĆA CRNIH RUPA

Decembra 1970. je lansiran satijelit Uhuru sa dva teleskopa za detektovanje samo X-zraka. U toku naredne dvije godine detektovano je preko 300 izvora X-zraka. Jedan od tih izvora je iz sazvježđa Labud (koje se sada naziva Labud X-1 (Cygnus X-1)). Ličio je na dvojnu zvijezdu sa jednim nevidljivim članom. Vidljivi član toga sistema je plava zvijezda devete magnitute (poznata kao HDE 226868), udaljena 8200 s.g. i oko 23 puta je veća od Sunca. Svakih 5,6 dana ona je pravila pun krug oko svog nevidljivog partnera, čija je masa bila 10 puta veća od Sunčeve, što je bilo previše za neutronska zvijezdu, pa su zaključili da je to vjerovatno crna rupa. Osim toga, zvijezda obično ne emituje X zračenje. (To je energija 10 000 puta veća od one koju emituje Sunce). Kad se posmatra sazvježđe Labud, taj vidljivi član tj. zvijezda je izdužena i izvitoperena, jer njen pratilac ispoljava ogromnu gravitaciju i daje joj oblik jajeta. Ako se zaista potvrdi da se tu nalazi crna rupa biće to jedno od najvažnijih otkrića savremene nauke.

Naučnici, Stiven Hoking i Kip Torn, su se opkladili u postojanje crne rupe u oblasti Labuda. Hoking je rekao da na tom mjestu ne postoji crna rupa (iako je bio ubjeđen da postoji), jer bi time dobio utješnu nagradu za čitav svoj životni trud, a to je četvorogodišnja pretplata na časopis "Privatni detektiv", dok ako bi crna rupa tu zaista postojala, on bi Tornu platio godišnju pretplatu na časopis "Penthaus", jer mu tada ne bi bilo problem da isplati opkladu s obzirom da bi otkrivanjem crne rupe postigao gotovo životni cilj. Godine 1975. su bili 80% sigurni u postojanje crne rupe u području Labuda, dok su 1987. bili 95% sigurni, da bi sledeće godine Hoking počeo sa isplaćivanjem svoje opklade.

Osim toga, vrlo je moguće da su crne rupe još LMCX-3, AO620-00, kao i LMCX-1 i SS433.



Pretpostavlja se da se i u Magelanovim oblacima nalaze crne rupe, mada su naučnici sigurni da ih ima mnogo više u svemiru. Raspolaze se i sa izvjesnim podacima da se crna rupa nalazi u centru naše galaksije (kao što je i moguće za druge galaksije), sa masom koja iznosi oko stotine hiljada Sunčevih, tvrdi Torn. Riz pretpostavlja da crne rupe iz centra galaksije nastaju otprilike u isto vrijeme kad i galaksija i to od gasa koji se sliježe u centru. Gas pređe tačku posle koje nema povratka, gdje ne može formirati zvijezdu, ali se kontrahuje u jedan oblak koji postaje vrsta superzvijezde (superstar) koja potom kolapsira u supermasivnu crnu rupu.

Da bi se otkrili X-zraci potrebni su sateliti i detektori daleko iznad Zemljine atmosfere, jer ih ona ne propušta, ili ogromni teleskopi na vrhovima visokih planina. Najbolja svijetska opservatorija se nalazi na vrhu Mauna Kea (14 000 stopa), vrhu ugašenog vulkana na Havajima.

Andrea Gez (Andrea Ghez) sa Mauna Kee pokušava da vidi samo srce galaksije. Ono je zvijezdoliko, ugaonog prečnika od 5 stepeni u kome se nalazi tačkasti izvor. Pretpostavlja se da je to supermasivna crna rupa čiji akrecioni disk zrači. Ono je udaljeno nekih 28 000 s.g. Njen vidik zamućuju čestice kosmičke prašine koje ispunjavaju međuzvjezdani prostor, ali ona se kroz njih probija infracrvenim kamerama sa džinovskog Keck-a, najvećeg teleskopa na svijetu. To otkriva čudesnu sliku. Gez kaže da je to jedinstveno mjesto u galaksiji. Koncentracija zvijezda je užasno velika, turbulencija je visoka, sile magnetnog polja su jake. Ona je najviše zainteresovana za efekat koji crna rupa ostavlja na zvijezdama, jer samu rupu, naravno, ne može vidjeti. 1995. su tačno uspostavljene pozicije zvijezda i posmatra se njihovo pomjeranje.

Utvrđeno je brzo kretanje zvijezda i to 14 000 km/s (što bi bilo 1/2% brzine svjetlosti). U svakodnevnim uslovima, to je brzina od 3000 milja po času, što bi značilo da je u blizini jak izvor gravitacije koji upravlja brzinom, odnosno kretanjem ovih zvijezda. Ta jačina je jedino analogna crnoj rupi. Prema brzini kretanja zvijezda Gez proračunava da je masa te crne rupe 2,6 miliona puta veća od Sunčeve.



Centar Galaksije

U sazvežđu Device oko 50 miliona svjetlosnih godina od Zemlje nalazi se džin od galaksije, nazvana M87. Otkrio ju je francuski astronom Sarl Mesje 1781. godine, samo par godina prije nego što je Michell pomislio na crne rupe. Zvijezde u središtu galaksije su gusto zbijene, toliko da skupa liče na jednu ogromnu zvijezdu gledano kroz mali teleskop. 1977. astronomi su detaljnije pregledali ove zvijezde i po kompaktnosti zaključili da ih drži gravitacija koja, zaključeno prema jačini, vjerovatno dolazi od crne rupe. M87 je čudna i po tome što se iz njenog centra pruža mlaz materije na hiljade s.g. u prostor. Na običnom teleskopu to se vidi slabo i blijedo, dok radio teleskop otkriva brilijantan tok energije koji zrači galaksija.

10. BUDUĆA ISTRAŽIVANJA CRNIH RUPA

Penrouzova ideja je da se buduće civilizacije smjeste na sigurnoj udaljenosti od crne rupe i da je eksploatišu tako što će u nju bacati otpad i koristiti njeno zračenje kao izvor energije. Odnosno, koristeći energiju koju rotirajuća crna rupa izbacuje sa stacionarne granice. Naravno, to je zamisao koju će ispuniti neki naši čukun čukun čukun unuci...

Crne rupe će u daljoj budućnosti istraživati svemirski brod Cygnus. Ako rupa rotira, ona oko sebe stvara vir i lansirana sonda koja bi se približavala rupi bi bila povučena tim džinovskim virom.

Svjetlost koju bi sonda slala bila bi sve crvenija, jer bi, kako Torn kaže, gravitacija zarobljavala fotone i usporavala zračenje. Rastezala bi radijaciju, čineći njihovu talasnu dužinu većom, a duži talasi čine svjetlost crvenijom.

Spuštanjem niz vir sonda bi bila raskomadana prije nego što pošalje neke informacije sa mjesta istraživanja. Kip Torn objašnjava ovu pojavu ovako : "Ovde ja sjedim. Moja glava dođe dalje od centra Zemlje nego moje grudi, tako da ima razlike u vuči. Moju glavu vuče nešto manja gravitacija od one koja vuče moje grudi. Međutim, pri prilasku crnoj rupi ta razlika u vuči postaje sve veća i veća". To je uzrok raspadanja objekata.

Plan je da sonda koja će se približavati crnoj rupi ima mogućnost rastezanja tj. izduživanja do neke granice, da bi što duže izdržala spuštanje niz vir i time skupila i poslala više podataka. Poslije određene granice gravitacija bi nastavila da je izdužuje i time bi je uništila. To rastezanje se nastavlja sve dok se objekti ne pretvore u špagetu tj. beskonačno dugu liniju. Ta pojava se zove špagetizacija (spagettification). Martin Riz kaže da se ona javlja prije dostizanja horizonta događaja.

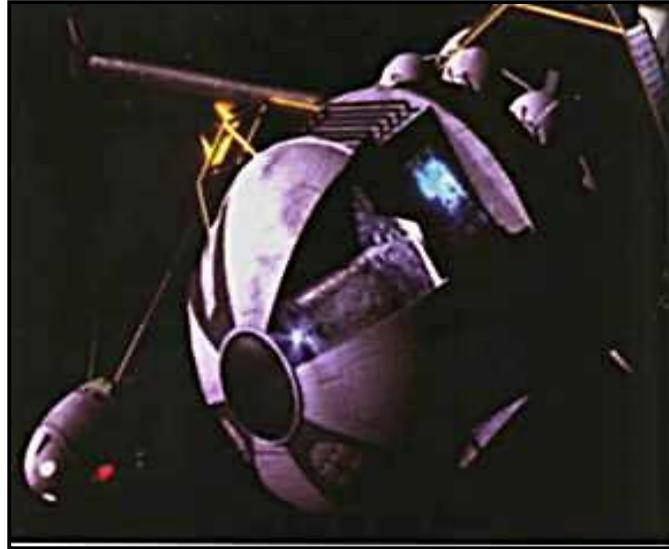
S obzirom da Ajnštajnova teorija relativnosti kaže da je vrijeme relativno i individualno, uvode se dva vremena da bi se izbjegli nesporazumi oko mjerenja vremena. Jedno vrijeme mjeri udaljeni posmatrač (koordinativno vrijeme), a drugo mjeri posmatrač koji slobodno pada (sopstveno vrijeme).

Jaka gravitacija i velike brzine uslovljavaju dilataciju vremena i pokazuje se da se zapravo na horizontu događaja vrijeme potpuno "zaustavlja". Znači, ako bi bili u mogućnosti da posmatramo kolaps zvijezde u crnu rupu, sam kolaps nećemo vidjeti. Vrijeme protiče sve sporije i kad se materija dosegne Švarcsildov prečnik vrijeme staje. U neku ruku izgleda kao da je unutrašnjost crne rupe u nekom drugom dijelu univerzuma.

Ako se baci tempirana bomba ka crnoj rupi, vidjeće se kako ona pada ka svome cilju. Međutim, na nekom rastojanju od crne rupe ona će početi da usporava da bi se potpuno zaustavila na horizontu događaja. Bez obzira koliko čekali, neće se vidjeti eksplozija. Sa stanovišta posmatrača koji zajedno sa bombom upada u crnu rupu, vrijeme bi teklo sasvim regularno, i on bi po samom ulasku u crnu rupu vidjeo eksploziju bombe, baš kako je tempirana. Slično bi se dešavalo i sa budućim svemirskim brodom Cygnus-om. Kako bi se sonda približavala crnoj rupi, ona bi se za satove na Cygnusu, koji se nalazi na sigurnoj udaljenosti, usporavala. Ako su predviđanja da ona upadne u rupu tačno u 12h, tih 12h nikada neće otkucati. Za svaku sekundu koja otkucava trebalo bi sve više i više vremena. Tih 12h je tačka koja leži beskonačno u budućnosti, odnosno, vrijeme se na horizontu događaja zaustavlja. Međutim, kad bi postojala posada u sondi koja upada, za njih bi vrijeme teklo sasvim normalno.

U realnom vremenu astronaut, koji se nalazi u sondi, i sve čestice njegovog organizma doživljavaju koban kraj u singularitetu. Zato je potrebno uvesti imaginarno vreme. Tri prostorne dimenzije i imaginarno vrijeme formiraju zatvoreni sistem prostor-vremena,

bez granica i ivica (nešto nalik Zemlji, koja također nema ni granica, ni ivica). Ono što se dešava može se izračunati u imaginarnom vremenu, jer zakoni fizike ne važe u singularnosti. Ovo bi značilo da astronaut ima dvije istorije, realnu i imaginarnu.



Sonda prije rastezanja



Sonda poslije rastezanja

10.1. BIJELE RUPE

Prema imaginarnom vremenu astronaut odlazi u bebu univerzum tj. dio kosmosa oformljen unutar matičnog univerzuma tj. njegove čestice bi se emitovale u nekom drugom dijelu svemira od strane neke bijele rupe. Zakoni fizike su takvi, da ako postoje mjesta iz kojih ništa ne može izaći, onda moraju postojati i mjesta u koja ništa ne može ući, već samo izaći i to u stanju kakvom je i ušla u crnu rupu, odnosno zračila bi onu energiju koju joj je crna rupa zaplijenila. Takva mjesta su nazvana bijele rupe. Konceptcija o bijelim rupama je prvi put izložena 1964. godine i mnogo se u nju ne vjeruje. Bijele rupe mogu biti kvazari, jer se pretpostavlja da kroz njih crne rupe emituju energiju. Međutim, postojanje bijelih rupa je malo vjerovatno jer one ne poštuju drugi zakon termodinamike...

10.2. CRVOTOČINA

Kruskal i Sekeres su 1960. godine, nezavisno jedan od drugog, došli do iznenađujućeg zaključka. Jednačine su otkrile da postoje dva, već spomenuta, singulariteta, jedan u prošlosti i jedan u budućnosti. Ali, to nije sve. Crna rupa dijeli prostor na dva dijela.

Ovo je ono što je potrebno za putovanje kroz prostor i to nevjerovatno velikom brzinom. Na prvi pogled ovakav način putovanja izgleda moguć, međutim kasnija istraživanja ukazuju da su sve ove mogućnosti nestabilne, gdje bi i najmanja pometnja, kao što je prisustvo svemirskog broda uništila crvotočinu (wormhole), prolaz koji spaja naš i neki drugi svijet. Svemirski brod bi bio uništen jakim silama. To bi bilo kao spuštanje niz

Nijagarine vodopade u buretu. Zatim, broj čestica u drugom dijelu univerzuma bi bio jednak broju čestica koje su upale u crnu rupu plus broj čestica koje je crna rupa izračila. One će biti iste vrste, ali ne mora da znači da su baš od istog upalog objekta. Ovo znači da čestice koje upadnu u crnu rupu izlaze iz nje sa skoro istom masom. Osim toga, putovanje bilo u imaginarnom vremenu i ne bi znali gdje putujemo. Očigledno je da će se teško ostvariti putovanje uz pomoć crnih rupa, tako da ipak ovakav način transporta izgleda beznadežan.

Važno je napomenuti da je ova teorija osporavana od velikog broja naučnika, ali recimo da je i Ajnštajn u početku bio osporavan, kao neko ko gotovo ruši temelje fizike i postavlja nove revolucionarne ideje. U stvari, bio je osporavan pošto je pričao o stvarima koje su na granici razumljivosti samog čovekovog razuma.

11. ZAKLJUČAK

U krajnjoj liniji, a i logički gledano, s obzirom na tok zbivanja u Vasioni, moguće je da će njen posljednji stadijum biti u obliku supermasivne crne rupe, ako se uzme u obzir da je ona krajnje posljednji stadijum kolapsa materije, a uz to i najstabilniji.

Ako se pretpostavi da će sve galaksije u Vasioni kolapsirati u crnu rupu, ona bi imala prečnik od 10 milijardi svjetlosnih godina sa gustom nekog gustog gasa. Uzimajući u obzir masu Vasiona, crna rupa koja bi nastala od sve te materije imala bi prečnik od 25 miliona svjetlosnih godina, a to je upravo prečnik svemira u kome mi živimo. Znači, moguće je da čitava Vasiona predstavlja jednu crnu rupu. To je hipoteza koju je postavio Kip Torn (Kip Thorne). Ako je to tačno onda je svemir oduvijek bio ovakav i zauvijek će ovakav ostati.

Da li je moguće da se u centru naše galaksije nalazi crna rupa ? Da, moguće je. Kolika je vjerovatnoća da nas ona uskoro "proždere" ? Mala. U stvari, gotovo nikakva uzimajući u obzir dimenzije galaksije i sporo uvlačenje materije kroz lijevak rupe. Prije će sudbinu Zemlje zapečatiti neka druga sila, kao što su pozni stadujumi Sunčeve evolucije, odnosno npr. za nekih 800-900 miliona godina će se površinska temperatura Sunca povisiti taman toliko da na Zemlji ispare oceani.

Kolika je vjerovatnoća da Sunce kolapsira u crnu rupu ? Takođe, mala. Odnosno, nikakva, zato što je Sunčeva masa ispod Candrasekarove granice. Ono bi moralo biti barem upola veće nego što je sad da bi imalo predispozicije zvijezde koja će kolapsirati u crnu rupu. Sunce će svoju evoluciju završiti na stadijumu bijelog patuljka, a to će se dogoditi nakog što mnoge i mnoge generacije prožive.

U Srednjem vijeku kartografi su obilježavali Afriku riječima : "Ovde su zmajevi". Kako su istraživači otkrivali ovaj kontinent, misterije su nestajale. Slično tome, otkrivanje svemira je oduvalo mnoge predrasude i strahove. Međutim, naučnici koji tragaju za crnim rupama su zatečeni u potpuno suprotnom stanju. Što ih više istražuju, one izgledaju monstruoznije. Pitanje je da li one zaista postoje, da li imaju moć da nadjačaju bilo koju silu i da li one duboko unutra kriju najveće tajne Svemira... Proučavanja crnih rupa postavljaju mnoga pitanja koja zalaze iza samog čovjekovog razuma i mogućnosti saznanja. Koliko je nepoznato to šta je prouzrokovalo Veliki Prask, toliko su i crne rupe nerazumljive i nedokučene.

Na Ajnštajnovu rečenicu : "Nikada neću povjerovati da se Bog igra kockicama" ("*God does not play dice*"), koju je on izjavio pošto se suočio sa odbojnošću prema kvantnoj mehanici, Hoking se kasnije nadovezao da ne samo da se igra sa njima, već ih baci tamo gdje ih ne može vidjeti...

- "...Hoće li se konačno za jednu posmatranu oblast ustanoviti da je crna rupa ? Ili će se pokazati da su crne rupe bile, ipak, samo fantazija, razvijena iz teorijskih jednačina koje nude bogate mogućnosti za mastanje, ali im je sudbina da ostanu samo teorijske !?"