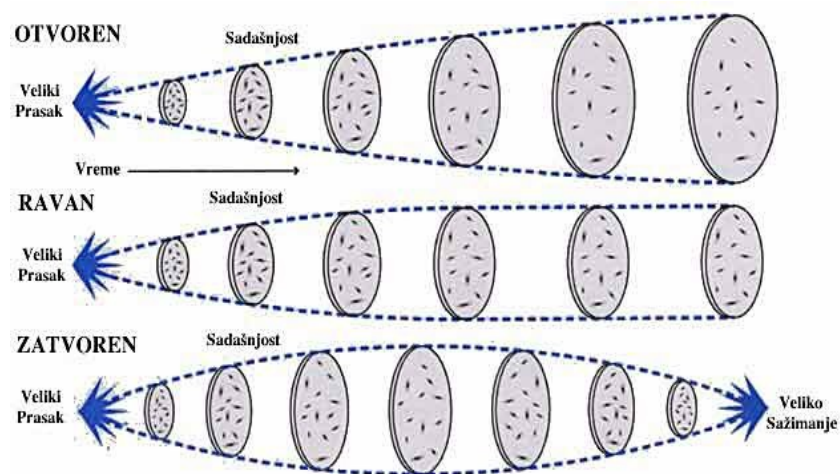


Tamna strana kosmosa

Kakav je kosmos u kome živimo? Kako je nastao i koja je njegova sudbina? Ovo su neka od mnogih pitanja na koja naučnici pokušavaju da odgovore.

Kosmološki modeli

Postoje tri kosmološka modela: otvoren, zatvoren i ravan (slika 1). Zatvoren model zasniva se na tome da se kosmos širi dovoljno sporo da gravitaciono privlačenje između galaksija uzrokuje njegovo usporavanje i konačno zaustavljanje. Tada galaksije počinju da se kreću jedna ka drugoj i kosmos počinje da se sažima. Sažimanje bi se nastavilo dok se cela vasiona ne surva u jednu kompaktnu masu, koja bi zatim ponovo eksplodirala (veliki prasak ili *Big Bang*). Ovaj model se zbog naizmeničnog širenja i skupljanja (Veliko sažimanje ili *Big Crunch*) naziva još i pulsirajući model. Kod otvorenog modela kosmos se širi toliko brzo da gravitacija ne može da ga zaustavi. Model ravnog kosmosa podrazumeva kosmos koji se širi taman tolikom brzinom da izbegne kolaps.



slika 1

Kosmološki modeli

Koji od ovih modela odgovara kosmosu zavisi od njegove srednje gustine ρ_m , jer što je veća srednja gustina, pa samim tim i masa u kosmosu, veća je i gravitaciona privlačnost.

Uvodi se i parametar gustine Ω .

$$\Omega = \frac{\rho_m}{\rho_{kr}}$$

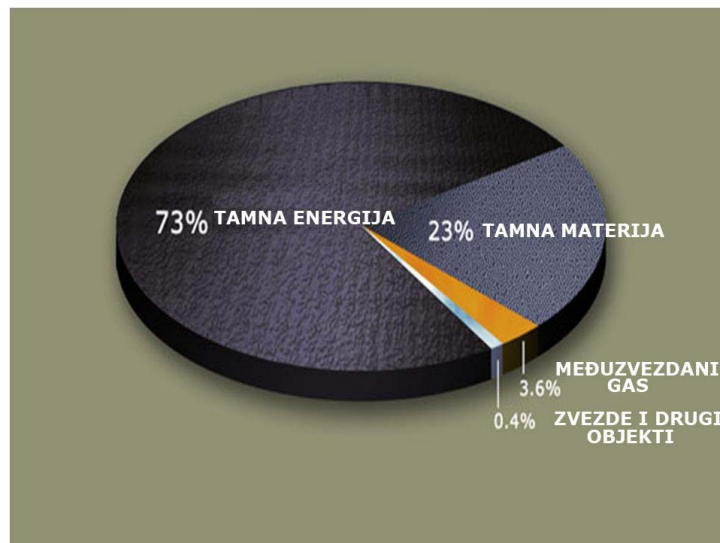
ρ_{kr} – kritična gustina materije (gustina pri kojoj bi kosmološki model bio ravan)

Ravnom kosmosu odgovara parametar gustine 1, jer je srednja gustina materije u ovom modelu jednaka kritičnoj. Kod zatvorenog modela srednja gustina je veća od kritične, a kod otvorenog manja. Parametar gustine procenjen na osnovu luminozne materije kreće se od 0.01 do 0.1 . Danas se zna da se vasiona širi, što ne odgovara modelu kosmosa sa ovalikim parametrom gustine. Ovo je navelo naučnike da pretpostave postojanje neke nove, tamne materije, koja se ne može posmatrati direktno, već samo posredno, preko njenih gravitacionih efekata. Od količine tamne materije zavisi koji kosmološki model je tačan kao i dalja sudbina vasiona.

Tamna materija

Pored luminozne materije sačinjene od protona, neutrona i elektrona, svemir se sastoji i od tzv. tamne materije. Pretpostavlja se da 25% svemira čini tamna materija, a čak 70% tamna energija (hipotetička energija koja teži da ubrza širenje kosmosa). Preostali mali deo mase svemira čini vidljiva materija (pod vidljivom materijom smatramo luminoznu materiju čije se elektromagnetno zračenje može detektovati). (slika 2)

Tamna materija ne emituje svetlost, ali je takođe i ne reflektuje, pa se zato ne može detektovati kao vidljiva materija. Međutim tamna materija ima masu, pa svojom gravitacijom utiče na okolnu vidljivu materiju i zračenje koje ona emituje. Na taj način se tamna materija može detektovati.

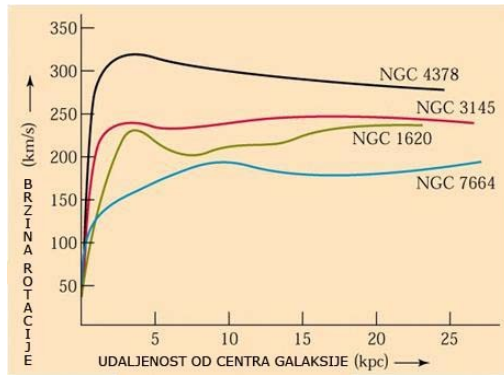


slika 2

Pretpostavljeni sastav svemira

Prvu pretpostavku o postojanju tamne materije izneo je švajcarski astrofizičar Fritz Zwicky (Fritz Zwicky) 1933. godine. On je posmatrao Koma jato galaksija i na osnovu kretanja galaksija koje su se nalazile na obodu jata, pretpostavio ukupnu masu jata. Kada je uporedio ovako pretpostavljenu masu, sa masom dobijenom na osnovu broja galaksija u jatu, kao i količine zračenja jata, uvideo je da je masa pretpostavljena na osnovu kretanja galaksija na obodu veća od mase dobijene iz broja galaksija u jatu. Ako bi ovo jato imalo masu dobijenu na osnovu njegovog zračenja, galaksije na obodu ne bi mogle da se kreću izmerenim brzinama, a da se jato ne raspadne. Zaključio je da u jatu mora postojati još nešto, što bi nadoknadilo tu masu i stvorilo dovoljno jaku gravitacionu silu, koja bi bila u stanju da zadrži galaksije na okupu. Ovaj problem je nazvan problemom mase koja nedostaje (*missing mass problem*).

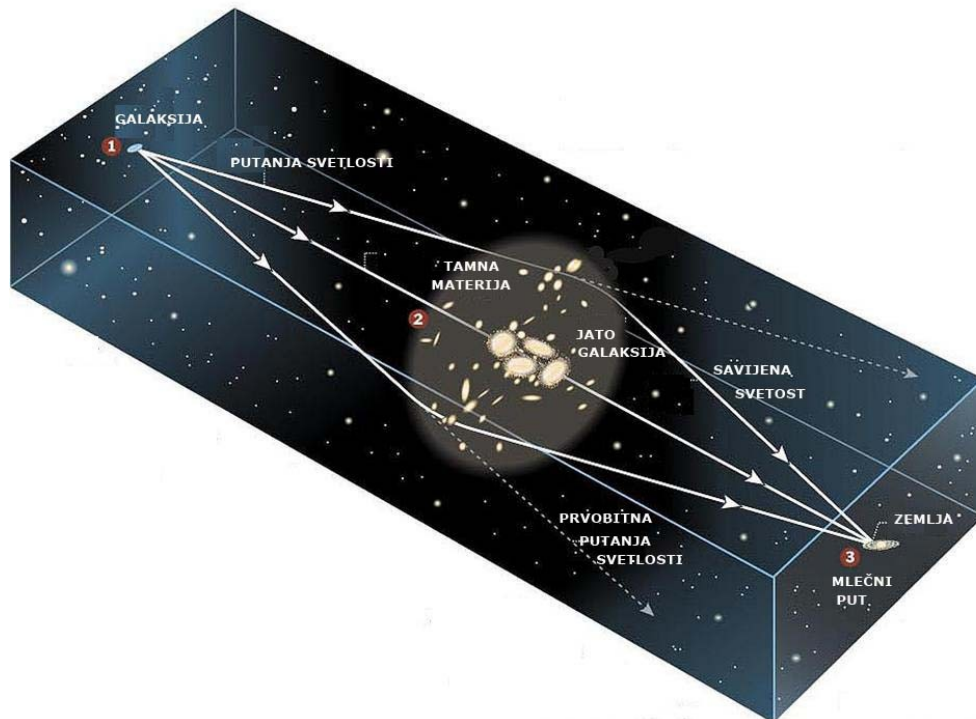
Prilikom posmatranja spiralnih galaksija i njihove rotacije, primećeno je da brzine rotacije ne opadaju znatno na velikim udaljenostima od centara galaksija (slika 3). Brzina rotacije galaksije ostaje prilično nepromenjena, čak se u nekim slučajevima i povećava. Da bi i na periferiji galaksije vladala ravnoteža između centrifugalne sile, koja potiče od rotacije i gravitacione sile materije, bilo je potrebno pretpostaviti postojanje tamne materije.



slika 3

Grafik brzine rotacije nekih galaksija

Takodje, gravitaciono polje tamne materije savija i menja putanju svetlosti galaksija koje se nalaze iza nje i na taj način stvara takozvani „efekat gravitacionih sočiva“ (slika 4). Ovo dovodi do izobličavanja izgleda posmatrane galaksije. Ovaj efekat pretpostavio je još ranije Albert Ajnštajn (*Albert Einstein*).



slika 4

Efekat gravitacionog sočiva

Od čega se sastoji ova nevidljiva, tamna materija?

Tamna materija se može podeliti na vruću (*Hot Dark Matter* – HDM) i hladnu (*Cold Dark Matter* – CDM). HDM je sačinjena od čestica sa jako malom masom, koje se zbog toga kreću brzinama bliskim brzini svetlosti (i zbog velikih brzina formiraju vrele gasove). CDM je s druge strane sačinjena od čestica sa većom masom, pa njihove brzine nisu uporedive sa brzinom svetlosti (ove čestice formiraju hladnije gasove). Čestice koje čine HDM i CDM mogu biti već poznate čestice, ali i neke hipotetičke čestice.

Jedan deo hladne tamne materije je barionska tamna materija. Ona je izgrađena od nama poznatih čestica (bariona). Njoj pripadaju npr. MACHO objekti. MACHO objekti (*massive compact halo objects*) su masivni kompaktni tamni objekti koji se nalaze u halou galaksije. Na primer MACHO objekti mogu biti braon patuljci ili crne rupe. Braon patuljci su sačinjeni od degenerisanog gasa, i za razliku od zvezda imaju premalu masu da bi u njihovim jezgrima započelo sagorevanje vodonika. Crne rupe nastaju kada materija pod dejstvom svoje gravitacije kolapsira do vrlo malih dimenzija. Zbog koncentracije ogromne mase na jako malom prostoru, gravitacija crnih rupa je toliko velika da čak ni svetlost ne može da ih napusti. MACHO objekti se detektuju pomoću efekta gravitacionog sočiva. Takođe, postojanje crnih rupa može se detektovati ako oko njih rotiraju neki drugi objekti, koje možemo da vidimo. Međutim, smatra se da barionska tamna materija predstavlja jako mali deo tamne materije.

CDM bi mogla biti sačinjena i od mnogih hipotetičkih čestica, koje se ne kreću relativističkim brzinama. Najčešće se u obzir uzimaju WIMP-ovi (*Weakly Interacting Massive Particles*) i SIMP-ovi (*Strongly Interacting Massive Particles*). Ni jedna od ovih čestica ne pripada standardnom modelu fizike čestica tj. barionskim česticama.

Čestica koja je poznata, a ulazi u sastav vruće tamne materije je neutrino. Neutrini imaju veoma malu masu, ne interaguju ni pomoću elektromagnetne, ni slabe nuklearne sile, pa ih je zato jako teško detektovati. Zbog ovoga se mogu stvratiti u tamnu materiju. Međutim obični neutrini čine malu količinu tamne materije.

Da bi se dokazalo postojanje WIMP-ova oni se moraju detektovati, međutim to je teško zbog toga što oni ne interaguju sa barionskom materijom. Postoje projekti detekcije WIMP-ova uz pomoć velikog kristala ohlađenog na apsolutnu nulu, jer se tada atomi u kristalnoj rešetki ne kreću. Ako bi neki WIMP ipak interagovao sa nekim od atoma rešetke, to bi se detektovalo u vidu toplote. Pokrenut je i projekat detekcije WIMP-ova na Antarktiku tzv. AMANDA projekat. Instrumenti za detekciju su smešteni duboko u ledu. Umesto kristala, sa kojim bi WIMP-ovi eventualno interagovali, ovde se koristi sam led.

Alternativno objašnjenje, po nekima, za problem mase, efekte gravitacionih sočiva i sl. je nepotpuno razumevanje gravitacije. Da bi se npr. objasnile velike brzine na obodima spiralnih galaksija, gravitaciono privlačenje na obodu galaksija bi moralo biti jače nego što je to po Njutnovom zakonu. MOND teorija (*Modified Newtonian Dynamics*) predlaže izmenu drugog Njutnovog zakona ($F = ma$), tako da za vrlo male vrednosti ubrzanja a sila F više nije linearno proporcionalna ubrzanju. Ovakav zakon bi mogao da objasni brzine rotacije na obodima galaksija (jer su tu ubrzanja vrlo mala).

Novija posmatranja

Britanski tim astronoma je 2005. godine, koristeći Lovell (*Lovell*) teleskop Univerziteta u Mančesteru, otkrio objekat, za koji se veruje da je galaksija sačinjena skoro u potpunosti od tamne materije. Ovaj deo kosmosa sadrži veliku količinu mase koja rotira kao galaksija, ali u njemu skoro uopšte nema zvezda (slika 5). Kako ne emituje svetlost, ova galaksija, je mogla biti nađena jedino uz pomoć radioteleskopa. Internacionalni tim iz Engleske, Francuske, Italije i Australije tražio je takve tamne galaksije uz pomoć radio talasa. U Virgo jatu (udaljenom oko 50 miliona svetlosnih godina) pronašli su ogromnu količinu vodonika sa ukupnom masom sto miliona puta većom od mase Sunca. Ova galaksija dobila je ime VIRGOHI21. Na osnovu brzine rotacije ove galaksije zaključeno je da ona mora biti hiljadu puta masivnija od mase koja se može izračunati iz posmatranog vodonika. Da je to obična galaksija bila bi jako sjajna, i čak bi se mogla posmatrati sa dobrim amaterskim teleskopom. Međutim čak i uz pomoć velikog optičkog teleskopa Isaka Njutna (*The Large Isaac Newton Optical Telescope*) u La Palmi nikakve zvezde nisu bile primećene, tako da se došlo do zaključka da je u pitanju tamna materija.



slika 5

Sliku su napravili astronomi sa Univerziteta Kardif (*Cardiff University*)/*The Isaac Newton Telescope*

Godine 2006. NASA je našla jedan od mogućih dokaza za postojanje tamne materije. Posmatrajući jato galaksija 1E0657-56 ili tzv. jato Metak (*bullet cluster*) zaključili su da je ovo jato nastalo sudarom jednog manjeg jata sa većim (slika 6). Tada je došlo do odvajanja tamne materije od obične. Ovo se desilo zbog toga što je obična materija prilikom sudara usporena kroz udare sa materijom drugog jata, dok se to nije desilo tamnoj materiji, zbog njene vrlo slabe interakcije.



slika 6

1E0657-56 (*Chandra X-ray Observatory*)

Takođe uz pomoć Habl teleskopa (*The Hubble Space Telescope*), 2007. godine otkriven je prsten tamne materije u jatu ZwCl0024+1652 (slika7). Ovo jato je takođe nastalo sudarom 2 jata pre oko 1 do 2 milijarde godina.



slika 7

ZwCl0024+1652 (Hubble; NASA, ESA, M.J. Jee i H. Ford (Johns Hopkins University))

Zaključak

O postojanju tamne materije, mišljenja su podeljena. Dolazi se do novih teorija u korist ili protiv tamne materije, međutim posmatranjem se pronalazi sve više dokaza koji podupiru pretpostavke o postojanju tamne materije. Ako uzmemo u obzir da tamna materija postoji, to bi značilo da mi čak nismo ni sačinjeni od iste materije kao i većina kosmosa. No, vreme će pokazati da li su pretpostavke o postojanju tamne materije zaista tačne ili ne.

Literatura

Hawking S. : 1993, *Black Holes and Baby Universes and Other Essays*, Transworld Publishers

Hawking S. : 1988, *A Brief History Of Time*, Bantam Dell Publishing Group

Nardo D. : 2004, *Black Holes*, Lucent Books

<http://www.crystalinks.com/darkmatter.html>

http://astrosvet.tripod.com/html3/tamna_energija.htm

http://www.sciencedaily.com/news/space_time/dark_matter/

<http://www.cfht.hawaii.edu/News/Lensing/>

<http://www.sciencedaily.com/releases/2007/10/071001112906.htm>

<http://www.sciencedaily.com/releases/2007/10/071002100235.htm>

<http://www.sciencedaily.com/releases/2007/05/070515082029.htm>

<http://www.eclipse.net/~cmmiller/DM/>