

Vesolje

Vpliv hitrosti vira svetlobe in gravitacije na hitrost svetlobe v temeljih spremeni pogled na vesolje.

V tem poglavju skušam razumeti oddaljeno vesolje. Bolj kot so opazovane galaksije oddaljene, manj možnosti imamo za njihovo neposredno zaznavo. Pri zelo oddaljenih galaksijah običajno zaznamo le bolj ali manj svetlo točko ali oblaček ter bolj ali manj zamaknjene spektralne črte v svetlobi iz opazovane galaksije.

Oddaljenost, hitrost in druge lastnosti opazovane točke ali oblačka na nebu, ki nam predstavlja oddaljeno nebesno telo, skušamo običajno ugotoviti posredno, glede na njeno oddaljenost oziroma njegovo svetlost, glede na zamik spektralnih črt ter seveda poznavanje lastnosti svetlobe.

O lastnostih neke galaksije, zvezde ali planeta torej sklepamo na osnovi nekih predpostavk. Aktualni miselni modeli, preko katerih astronomi sklepajo o lastnostih opazovanih galaksij, praviloma temeljijo na predpostavki o vseh razmerah enaki hitrosti svetlobe.

Lastnosti svetlobe

V tem poglavju bomo o oddaljenih nebesnih telesih razmišljali na osnovi lastnosti svetlobe, pri čemer hitrost izvora svetlobe vpliva le na frekvenco svetlobe in gravitacija le na njeno valovno dolžino, kot je opisano v predhodnih poglavjih.

Naj na kratko ponovim bistvene lastnosti svetlobe: na njeno hitrost na ponoru vplivata:

- nelinearno gravitacijsko polje in
- hitrost vira svetlobe.

Vpliv gravitacije in hitrosti vira svetlobe na hitrost svetlobe, kot jo opaža opazovalec na ponoru, so prikazani v spodnji tabeli.

	na frekvenco	na valovno dolžino
hitrost vira svetlobe	vpliva	ne vpliva
sprememba gravitacijskega polja	ne vpliva	vpliva

Hitrost vira svetlobe vpliva na frekvenco svetlobe, ne pa tudi na njeno valovno dolžino. Obratno sprememba gravitacijskega polja vpliva na valovno dolžino svetlobe, na njeno frekvenco pa ne.

Neodvisno spreminjanje frekvence svetlobe od sprememb njene valovne dolžine skladno z enačbo $c = f \cdot \lambda$ pomeni različne hitrosti svetlobe.

V prejšnjih poglavjih opisane merilne metode omogočajo:

- merjenje valovne dolžine svetlobe, pri čemer rezultat ni odvisen od frekvence svetlobe, kot to prikazuje Slika 8.6 v poglavju *Hitrost svetlobe*, ter
- merjenje frekvence svetlobe, pri čemer rezultat ni odvisen od valovne dolžine svetlobe, kot je to prikazano na Sliki 9.12 v prejšnjem poglavju.

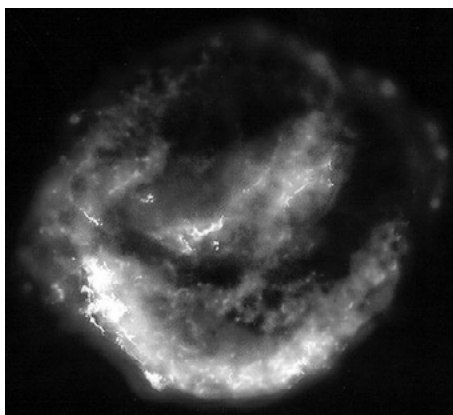
Ta izhodišča so drzna, zato so, kot rečeno, podrobno opisana in utemeljena v predhodnih poglavjih. Tu jih zato le povzgam, ker so bistvena za razumevanje strukture vesolja.

Supernova

Za začetek si oglejmo, kako na osnovi izhodišč o spremenljivi hitrosti svetlobe zaznavamo pojave na supernovi.

Supernova je zvezda, ki eksplodira. Ob njeni eksploziji nastane izjemno svetla plazma, ki v nekaj tednih ali mesecih postane nevidna.

Do eksplozije zvezde lahko privede dvoje: masivna zvezda se lahko sesede sama vase, ali pa bela pritlikavka kopiči snov zvezde spremljevalke, dokler ne preseže kritične Chandrasekharjeve meje, kar povzroči termonuklearno eksplozijo.



Slika 10.1

V obeh primerih zvezda večino snovi izvrže v okolico. Na Sliki 10.1 vidimo ostanke Keplerjeve supernove SN 1604.

Rdeči premik se nenehno povečuje

Ena od izmerjenih lastnosti supernov¹ še posebno vzbuja pozornost. Astronomi ugotavljajo, da se rdeči zamik spektralnih črt su-

¹ <http://en.wikipedia.org/wiki/Supernova>.

pernovne povečuje ves čas njenega zaznavanja. Nenehno povečevanje rdečega premika spektralnih črt svetlobe iz supernove lahko opazamo mesece ali celo leta. Za začetek si oglejmo, kako astronomi utemeljujejo izmerjen rdeči premik spektralne črte supernove.

Temna energija

V literaturi je nenehno povečevanje rdečega premika spektralnih črt svetlobe iz supernove pojasnjeno kot nenehno pospeševanje opazovane supernove stran od Zemlje. Obstajal naj bi neki neznani izvor, ki naj bi supernovo nenehno pospeševal. Fiziki ga imenujejo temna energija², čeprav ne vedo, kaj naj bi to bilo.

Literatura navaja, da vse supernove v vseh opaženih primerih pospešujejo natančno stran od Zemlje; nobena ne pospešuje proti Zemlji.

Ker Zemlja v vesolju ni privilegirana, lahko sklepam, da enako sliko pospešenega oddaljevanja supernove vidijo tudi vsi drugi opazovalci v vesolju. Če neko supernovo opazuje več opazovalcev z različnih strani v vesolju, bo glede na poznana opazovanja supernov vsak od njih opazil pospeševanje supernove stran od sebe. Pri tem ni pomembno, od kod v vesolju supernovo opazuje.

Postavi se vprašanje, ali supernova sploh resnično pospešuje, če jo vsak opazovalec, iz katere koli smeri, vedno vidi pospeševati stran od sebe. V razmišljanjih moramo torej dopustiti možnost, da je pospeševanje supernove lahko le navidezno, le opazovalčeva fiktivna zaznava.

Sliko supernove dobivamo postopoma

Razmislimo o tem navideznem pospeševanju supernove. Svetloba se zaradi hitrosti plazme, ki jo supernova ustvari ob ekspl-

² Type Ia Supernova Cosmology with ADEPT;
<http://www.pha.jhu.edu/~bfalck/SeminarPres.html>.

ziji, giblje s svetlobno hitrostjo glede na delce v plazmi, iz katerih je bila izsevana. Glede na opazovalca na Zemlji se ne giblje s svetlobno hitrostjo, temveč hitreje ali počasneje od le-te, odvisno kam in s kakšno hitrostjo se je gibal delec plazme, ki je oddal opazovano svetlobo. Svetloba se gledano s ponora giblje s svetlobno hitrostjo, spremenjeno za hitrost gibanja vira svetlobe.

Svetloba, ki prihaja iz supernove, ima lahko hitrost 1,001 c, kadar delček plazme, ki odda svetlobo, odleti od središča eksplozije supernove proti opazovalcu na Zemlji s hitrostjo 0,001 c. Kadar delec plazme ob eksploziji supernove odleti stran od opazovalca na Zemlji s hitrostjo 0,001 c, bo svetloba proti opazovalcu na Zemlji potovala s hitrostjo 0,999 c.

Časovni zamik prispetja fotonov

Na supernovah, ki so od Zemlje oddaljene milijone svetlobnih let, se lahko dogajajo hipne eksplozije, ki pa jih na Zemlji zaradi različnih hitrosti svetlobe ne opazimo kot hipne pojave. Čim bolj je supernova oddaljena, toliko bolj različne hitrosti svetlobe na poti do opazovalca časovno razvlečejo svetlobni pojav.

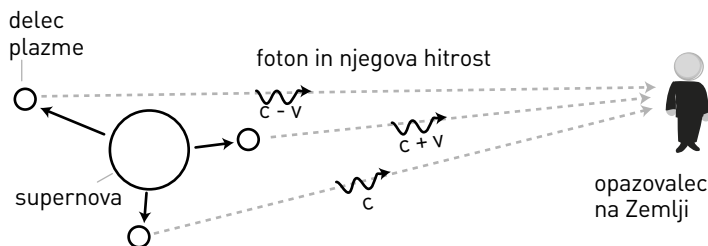
Trajanje časovnega pojava, kot ga opazujemo na Zemlji, v vesolju pa se dogodi hipno, določa enačba:

$$t = \Delta v \cdot r/c^2$$

pri čemer je:

- **t** – čas opazovanja hipnega nebesnega pojava v zaznavi na Zemlji izraženo v sekundah,
- **Δv** – razlike v hitrostih delcev plazme na opazovanem nebesnem telesu v m/s,
- **r** – razdalja od Zemlje do opazovanega nebesnega telesa v m,
- **c** – hitrost svetlobe v m/s.

Enačba izhaja iz ugotovitve, da se svetlobna žarka, ki izhajata iz različnih delcev v plazmi, vsako sekundo potovanja medsebojno oddaljita za razliko dolžin poti, ki ju opravita v eni sekundi pri različnih hitrostih.



Slika 10.2

Dva fotona, ki eksplozijo supernove zapustita sočasno, eden s hitrostjo $0,999 c$ in drugi s hitrostjo $1,001 c$ glede na Zemljo, bo sta za enako razdaljo, na primer 10.000 svetlobnih let, potrebovala različen čas. Kot kaže naslednji izračun, bo počasnejši foton do Zemlje potoval približno teden dni dlje kot hitrejši.

$$\mathbf{Dv} = 2 \cdot 300.000 \text{ m/s} = 600.000 \text{ m/s}$$

$$\mathbf{r} = 10 \text{ svetlobnih let} = 10 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 365 \cdot 86400 = 9,46 \cdot 10^{16} \text{ m}$$

$$\mathbf{t} = (600.000 \text{ m/s} \cdot 9,46 \cdot 10^{16} \text{ m}) / 9 \cdot 10^{16} \text{ m}^2/\text{s}^2 = 630000 \text{ s} = 175 \text{ ur} = 7,3 \text{ dneva}$$

Dolgo trajanje eksplozije supernove torej opažamo zaradi različnih hitrosti svetlobnih žarkov iz supernove na poti do Zemlje, in ne zaradi dolgega trajanja same eksplozije. Četudi se eksplozija supernove dogodi hipno, jo bomo zaradi različnih potovalnih hitrosti svetlobe na Zemlji opazovali tedne, mesece ali celo leta.

Povečevanje rdečega zamika

Na Zemljo najprej prispe svetloba iz delcev plazme, ki se ob eksploziji proti Zemlji usmerijo z največjo hitrostjo. Hitrost teh fotonov je svetlobna hitrost, povečana za hitrost delcev plazme, ki so izsevali te fotone.

Ti delci imajo zaradi približevanja Zemlji lahko celo modri frekvenčni zamik spektralnih črt. Če pa se supernova od Zemlje oddaljuje, njena hitrost zmanjša ali celo izniči modri frekvenčni zamik spektralne črte.

Prvim fotonom iz supernove čez nekaj časa sledijo fotoni, ki izhajajo iz počasnejših delcev plazme. Ti imajo manjšo hitrost in lahko zamujajo nekaj ur ali dni. Ker pa ti fotoni prihajajo iz počasnejših delcev, pri njih opazamo tudi drugačen frekvenčni zamik spektralne črte.

Fotoni imajo iz ure v uro, iz dneva v dan večji rdeči frekvenčni zamik, ker prihajajo iz vse počasnejših delcev plazme, pozneje pa celo iz delcev, ki so bili ob eksploziji iz supernove izvrženi v nasprotni smeri, torej v smeri stran od opazovalca na Zemlji.

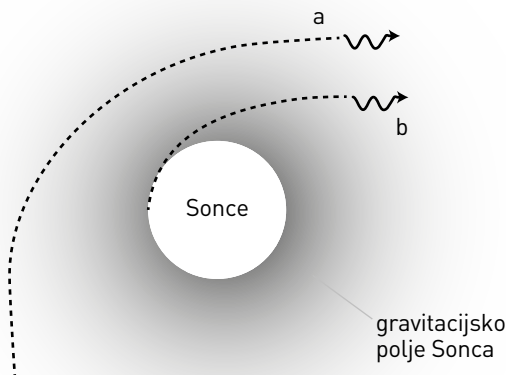
Večanje rdečega premika svetlobe iz supernove torej ni posledica kakršnega koli pospeševanja supernove kot celote, temveč je le posledica postopnega prihajanja svetlobe od supernove, najprej najhitrejše svetlobe iz tistih delcev, ki so bili iz eksplozije izvrženi proti opazovalcu na Zemlji, pozneje iz počasnejše svetlobe iz počasnejših delcev ter nazadnje svetlobe iz delcev, ki so iz eksplozije odleteli stran od opazovalca.

Eksplozija supernove se lahko dogodi hipno. Različne hitrosti svetlobe pa nam svetlobni pojav supernove zaradi velikih razdalj časovno raztegnejo.

Za pojasnjevanje dogajanja na supernovi torej ne potrebujemo temne energije; pojasnim ga lahko na osnovi znanih fizikalnih zakonitosti ter spoznanja o vplivu hitrosti izvora svetlobe na hitrost svetlobe.

Aktivno galaktično središče

Tabela na začetku poglavja povzema, da na hitrost svetlobe ne vpliva le hitrost vira, temveč tudi nelinearno gravitacijsko polje.



Slika 10.3

Kadar svetloba zaide v snovni medij: zrak, steklo ..., spremeni valovno dolžino in hitrost. Podobno se zgodi tudi, kadar zaide v gravitacijsko polje ali drugo energijsko polje.

Sončeva gravitacija

Slika 10.3 prikazuje, kako Sončeva gravitacija spremeni smer žar-ka a.

Sončeva gravitacija je nelinearno energijsko polje, podobno, kot je tudi snovni medij nelinearno energijsko stanje prostora.

Tako kot na spremembo valovne dolžine in s tem hitrosti svetlobe vpliva gravitacija, ki je ena od oblik nelinearnega ener-gijskega polja, vpliva tudi snovni medij kot druga oblika neline-arnega energijskega stanja prostora. V poglavju *Gravitacija* je pojasnjeno, da je gravitacijsko polje energijsko polje okrog ma-snega delca.

Gravitacijski zamik spektralne črte

Žarek a na Sliki 10.3 se torej zaradi gravitacije krivi na osnovi podobnih zakonitostih, kot se žarek b lomi zaradi prehoda svetlobe iz vakuumu v zrak in obratno.

Ker zakonitosti loma žarkov a in b na Sliki 10.3 temeljijo na istih fizikalnih osnovah, lahko tudi zrak kot medij krivi žarek na način, kot to prikazuje žarek a, gravitacija pa lahko krivi žarek na način, kot to prikazuje žarek b.

Članek pod naslovom »Gravitational Redshift«³ v *Wikipediji* omenja, da je bil z meritvami prepoznani rdeči zamik valovne dolžine spektralne črte v svetlobi iz Sonca kot posledica Sončeve gravitacije.

Lažje kot v svetlobi s Sonca zaznamo gravitacijski zamik spektralne črte v svetlobi z dvojnimi zvezd. Adams je že leta 1925 izmeril gravitacijski zamik spektralne črte zvezde Sirius.

Vpliv gravitacije na valovno dolžino svetlobe še nazorneje kažejo pojavi na nebesnih telesih, kot so aktivna galaktična središča, kvazarji in pulzarji.

Rojevanje fotonov v gravitaciji

Galaksije v svojih središčih vsebujejo črne luknje. Črna luknja je masivno telo, ki s svojo močno gravitacijo povezuje in zaokrožuje galaksijo. Črne luknje so tako masivne in ustvarjajo tako močno gravitacijo, da preprečujejo svetlobi, da bi jih zapustila.

V nekaterih primerih pa je središče galaksije manj masivno ter ustvarja manjšo, čeprav še vedno veliko gravitacijo. Tako galaktično središče izsevanih fotonov ne more zadržati. Takšno, od črne luknje manj masivno središče galaksije, astronomi imenujejo aktivno galaktično središče.

3

http://en.wikipedia.org/wiki/Gravitational_redshift.

Na nebu je precej galaksij z velikim rdečim premikom

Na nebu opažamo nebesna telesa, pri katerih ima iz njih izhajajoča svetloba dvojno valovno dolžino. Foton, ki ima v tipičnem spektru vodika valovno dolžino 486 nm, do Zemlje iz velike gravitacije lahko prispe s še enkrat večjo valovno dolžino. Namesto modrega fotona na izvoru z valovno dolžino 486 nm na Zemlji opazimo prihod infrardečega fotona z valovno dolžino 972 nm.



Slika 10.4

Največji rdeči premiki so še večji. Opažena so nebesna telesa z rdečim premikom med pet in deset.

Značilno za nebesna telesa z velikim rdečim premikom so zelo svetla aktivna središča. Leta 1994 je Hubblov teleskop omogočil razkrivanje galaksije M87, ki jo prikazuje Slika 10.4.

Gravitacija spremeni valovno dolžino izsevanega fotona

Ko govorimo o rdečem premiku, moramo jasno povedati, ali govorimo o **frekvenčnem zamiku** spektralne črte, ki nastane kot posledica hitrosti vira svetlobe, ali o **spremembi valovne dolžine**

spektralne črte, ki nastane kot poledica izhoda svetlobe iz gravitacijskega polja, tako kot to izhaja iz tabele na začetku poglavja.

Velika sprememba valovne dolžine spektralne črte pomeni, da fotoni prihajajo iz velike gravitacije. Rdeči zamik valovne dolžine pa ne govori o hitrosti vira svetlobe. To nam kaže frekvenčni zamik spektralne črte, ki pa je avtonomna lastnost svetlobe.

Če upoštevamo hipotezo o v vseh razmerah enake hitrosti svetlobe, sta frekvenčni zamik in sprememba valovne dolžine spektralne črte soodvisna. Če pa upoštevamo lastnosti gibanja svetlobe, kot so povzete v tabeli na začetku poglavja, se frekvenčni zamik in sprememba valovne dolžine spektralne črte pojavljata avtonomno, neodvisno drug od drugega, vsak iz svojih razlogov.

Paradoks galaksije M87

Če velik rdeči zamik spektralne črte neupravičeno pripišemo hitrosti galaksije M87 in ne njeni gravitaciji, dobimo nesmiselne rezultate.

Po Hubblovem zakonu bi moral plin okrog galaksije M87 krožiti s hitrostjo 550 km/s, mnogo večjo hitrostjo od krožilnih hitrosti zvezd v kateri koli galaksiji. Na osnovi Newtonovega gravitacijskega zakona bi lahko sklepali, da bi morala biti v središču galaksije M87 črna luknja z maso 3 milijard naših Sonc. Rezultat je popolnoma izven pričakovanj.

Curki snovi, ki se širijo iz središča galaksije M87, bi se na osnovi Hubblovega zakona morali gibati tako rekoč s svetlobno hitrostjo. Ni razlage in pojasnil, kako naj bi delec grozljivo močni gravitaciji galaksije M87 pobegnil s svetlobno hitrostjo.

Že v šestdesetih letih prejšnjega stoletja so fiziki trdili, da Hubblov zakon ne more biti osnova za pojasnjevanje omenjenih dogajanj v aktivnih galaktičnih središčih.

Na osnovi izmerjenega velikega rdečega zamika valovne dolžine spektralne črte iz aktivnih galaktičnih središč lahko sklepamo, da svetloba izhaja iz močnega gravitacijskega polja. Aktivna galaktična središča so torej zelo masivna.

NGC1365

Gravitacijski rdeči premik, to je sprememba valovne dolžine spektralne črte, je še bolj opazen v primeru spiralnih galaksij.

V vesolju obstajajo spiralne galaksije, katerih gravitacijsko polje v njihovem središču je mnogo močnejše kot na koncu krakov galaksije. Ker svetloba ob spremembi gravitacije spremeni valovno dolžino in s tem spremeni rdeči premik valovne dolžine spektralne črte, lahko pričakujemo drugačen rdeči premik spektralne črte iz središča galaksije, kjer obstaja močna gravitacija, od tistega, ki se pojavi na krakih galaksije, kjer je gravitacija manjša.



Slika 10.5

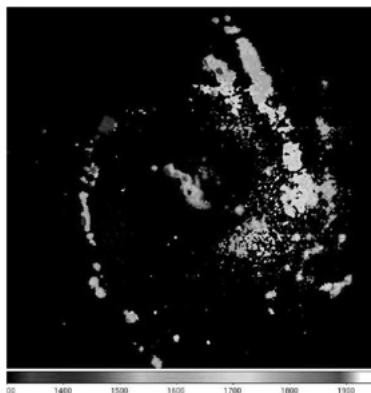
Septembra 2006 je Eric Burgh s Fabry-Pérotovim interferometrom meril spremembe valovnih dolžin spektralne črte v spiralni galaksiji NGC1365 tako, da je zamik spektralne črte meril v vsaki točki galaksije posebej. Galaksijo prikazuje Slika 10.5.

Izmerjeni rezultati so pokazali večji rdeči zamik valovne dolžine spektralne črte v središču galaksije, kjer je gravitacijsko polje največje, ter vse manjše zamike valovne dolžine spektralne črte proti obrobju galaksije, kjer se gravitacijsko polje zmanjšuje. Izmerjeni rezultati so prikazani na Sliki 10.6.

Velikost zamika valovne dolžine spektralne črte je ponazorjena z barvami oziroma sivinami. Slika z rdečo barvo v sredini in zeleno modrimi barvami v okolici ilustrira razlike zamika spektralne črte, odvisne od jakosti gravitacijskega polja.

Rezultati nazorno kažejo vpliv gravitacije na valovno dolžino svetlobe.

Avtor meritve razliko zamika spektralnih črt iz nerazumljivega razloga pripisuje različnim hitrostim posameznih delov galaksije, kar pa ni sprejemljivo.



Slika 10.6

Središče galaksije se od Zemlje ne more oddaljevati z drugačno hitrostjo kot njeni kraki, saj opazamo, da središče ne pobegne svojim krakom.

Za ugotavljanje hitrosti v opazovani galaksiji ne smemo meriti valovnih dolžin.

Hitrosti v galaksiji ugotavljamo na osnovi merjenja frekvenčnega zamika spektralne črte, na primer z instrumentom, ki je prikazan na Sliki 9.11 v prejšnjem poglavju.

Kvazar

Kvazarji so skrivnostna nebesna telesa. Teleskopi ne pokažejo njihove jasne slike, tudi njihove fotografije so precej nejasne. Še več, kvazarji nudijo manj izrazite, bolj zabrisane spektralne črte kot druga nebesna telesa.

V izhodišču pustim torej ob strani velikost, hitrost in oddaljenost kvazarjev. Osredotočim se na njihovo izstopajočo lastnost, na njihovo utripanje.

Utripanje kvazarja

V vesolju opažamo eksplozije. Primer takšne eksplozije je prej omenjena supernova. Njena eksplozija je včasih tako močna, da delce snovi raztrosi po vesolju.

Toda včasih je gravitacija nebesnega telesa premočna, da bi delci po eksploziji lahko pobegnili v prostranstva vesolja. Lahko se dogodi, da po eksploziji padajo nazaj na to nebesno telo. V tem primeru govorimo o kvazarju.

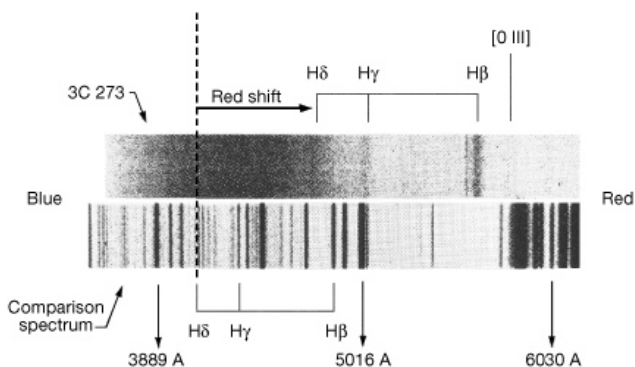
Masa kvazarja se s padanjem snovi nazaj nanj znova povečuje in po daljšem času, na primer po nekaj tisočletjih, se lahko vnovič (ali pa tudi ne) ustvarijo pogoji za naslednjo eksplozijo.

Nejasnost spektralnih črt

Kvazar izbruha snov tako, da le-ta ostane v njegovem gravitacijskem polju. Na različnih višinah je sevajoča plazma v različno močnih gravitacijskih poljih.

Ko izbruhana snov po eksploziji s področja velike gravitacije preide na področje manjše gravitacije, lahko pričakujemo spremembo zamika valovne dolžine spektralnih črt, podobno kot se dogodi na galaksiji NCG1365, ki jo prikazuje Slika 10.6.

Svetlobni delci plazme sevajo svetlobo na različnih višinah, saj so v različno močnih gravitacijskih poljih. Valovna dolžina na Zemljo prispele spektralne črte svetlobe je posledično lahko različno zamaknjena, zato je spektralna črta razmazana. Pri kvazarjih so torej spektralne črte bolj ali manj razmazane, s tem pa bolj ali manj prikrite, kot prikazuje Slika 10.7.



Slika 10.7

Koliko so spektralne črte izrazite oziroma neizrazite, je odvisno od višine, do katere se dviguje snov ob eksploziji ter od svetlobne emisije delcev na različnih višinah. Če se delci ob eksplozijah dvignejo v precej zmanjšano gravitacijo in če na vsej poti oddajajo svetlobo s približno enako svetilnostjo, so spektralne črte kvazarja lahko razmazane do neprepoznavnosti.

Fotografiranje kvazarja

Podobno kot pri supernovi tudi pri kvazarju svetloba zaradi različnih lokalnih hitrosti in zaradi različne gravitacije za pot od

izvora do opazovalca na Zemlji porabi različno časa, kot to prikazuje Slika 10.2. Fotoni, ki so kvazar zapustili sočasno, lahko do nas pripotujejo z zamikom, ki je lahko dolg tedne, mesece, leta ali celo stoletja.

Slike različnih zaporednih izbruhov se lahko zaradi različnih zakasnitev svetlobe na Zemlji celo prekrivajo. Svetloba poznejšega izbruha lahko prehiti svetlobo predhodnega. Počasnejši fotoni lahko na Zemlji še prikazujejo zgodnejši izbruh, medtem ko hitrejši fotoni istočasno že prikazujejo poznejšega.

Svetlobe več izbruhov se zaradi različnih hitrosti svetlobe na Zemlji v nekem trenutku prekrivajo in onemogočijo fotografske posnetke posameznega izbruha kvazarja.

Pulzar

Kvazar se ob določenih pogojih lahko spremeni v pulzar. Zamislim si oblak žareče snovi, ki po eksploziji kvazarja

Oblak žareče plazme,
ki pada na masivno
nebesno telo.



masivno
nebesno
telo

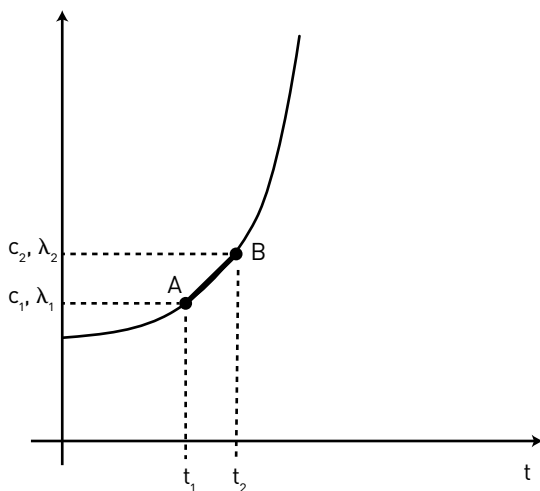
Slika 10.8

pada nazaj nanj, kot to prikazuje Slika 10.8. Žareča plazma s tem pada v vse večjo gravitacijo.

Plazma ob padanju zaradi gravitacijske sile pospešuje. Gostota gravitacijskega polja, v katerem je padajoča plazma, se povečuje eksponentno.

Valovna dolžina in hitrost svetlobe, ko zapusti padajočo plazmo in kvazar, je odvisna od gravitacijskega polja, v katerem je bila izsevana.

Hitrost svetlobe iz padajočega oblaka plazme, s katero svetloba potuje do Zemlje, se zaradi povečevanja gravitacije s časom eksponentno povečuje, kot to prikazuje diagram na Sliki 10.9. Diagram prikazuje odvisnost hitrosti svetlobe iz omenjenega oblaka plazme na poti proti Zemlji v odvisnosti od časa.



Slika 10.9

Fotoni se na poti preHITEVajo

Ker se hitrost svetlobe s povečevanjem gravitacije in s časom povečuje, na Zemljo lahko prej prispe hitrejša svetloba, ki je bila

izsevana pozneje, na primer po času t_2 v večjem gravitacijskem polju, kot počasnejša svetloba iz iste plazme v času manjše gravitacije, ki je bila izseva pred časom t_1 .

Oblika oblaka padajoče plazme, moč gravitacije, višina oblaka nad masivnim nebesnim telesom in še druge okoliščine lahko povzročijo različne spremembe hitrosti svetlobe iz opazovanega telesa, s tem pa pester oblike prehitevanja ali zaostajanja svetlobe z različnih višin plazme.

V zaznavanju plazme na Zemlji lahko v nekem času proces padanja plazme na masivno nebesno telo opazimo celo v obratnem časovnem vrstnem redu kot dvigovanje plazme. Zaradi večje hitrosti svetlobe iz večje gravitacije najprej vidimo oblak na nižji lokaciji, čeprav oblak v resnici pada, potem pa njegovo ‚dvigovanje‘, saj fotoni z višjih lokacij oblaka zaostajajo.

Sočasen prihod fotonov

Ni nujno, da se fotoni ravno prehitevajo. Možne so vse kombinacije: da se prehitevajo, da se dohitevajo ali niti to.

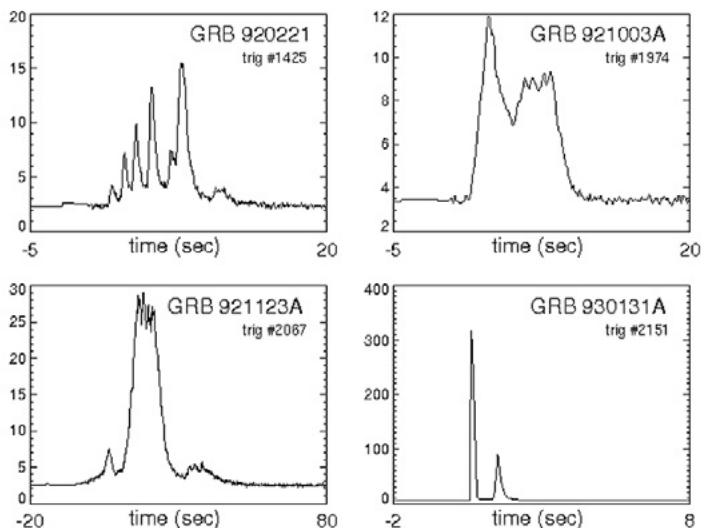
Posebno je zanimiva tista kombinacija hitrosti fotonov, ko se fotoni pod določenimi pogoji padanja plazme dohitevajo ravno toliko, da fotoni, ki so bili izsevani na oblaku plazme v nekem daljšem časovnem obdobju, na Zemljo prispejo sočasno.

To se dogodi naključno. Zaradi različnih hitrosti svetlobe iz plazme proti Zemlji se lahko vsa na Zemljo prispela svetloba iz časovnega obdobja med časoma t_1 in t_2 na Sliki 10.9 združi v eno časovno točko. Tak pojav zaznamo kot svetlobni izbruh oziroma Gamma-ray bursts – GRBs, ki ga prikazuje Slika 10.10 in je povzeta po Wikipediji.

Gamma-ray bursts (GRBs)

Astronomi lahko te oblike svetlobnih izbruhov spremljajo vsak dan. V čim krajšo časovno obdobje je na Zemlji združena sve-

tloba iz nekega obdobja sevanja v vesolju, tem bolj svetel je tak pojav. Na Sliki 10.10 so štirje primeri takega pojava, ko se svetloba iz nekega daljšega časovnega obdobja iz oblaka plazme na Zemlji pojavi v le nekaj sekundah.



Slika 10.10

Taki svetlobni izbruhi si iz iste padajoče plazme lahko (rafasto) sledijo drug za drugim. Drug za drugim se na različnih višinah plazme ustvarjajo pogoji za svetlobni izbruh. Tako ciklično ponavljanje svetlobnih izbruhov imenujemo pulzar.

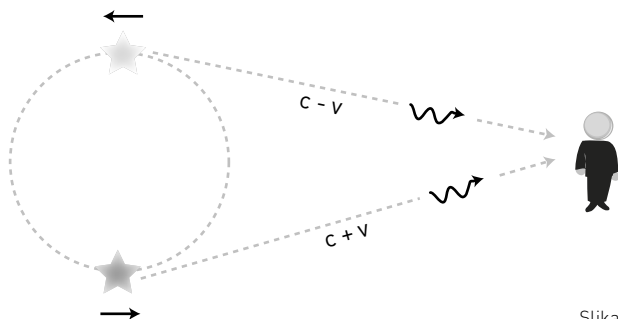
Gravitacija vsem frekvencam enako spremeni valovno dolžino

Svetlobni izbruh vsebuje pester nabor frekvenc ali valovnih dolžin elektromagnetnih valov oziroma svetlobe. To, da vse valovne dolžine sodelujejo pri svetlobnem izbruhu, da svetlobni izbruh ni vezan le na določene izbrane valovne dolžine, nam daje nove podatke o vplivu gravitacije na spremembo valovne dolžine.

Pogoji za ustvarjanje svetlobnega izbruha na celotnem frekvenčnem področju kažejo, da se svetlobi na vsem frekvenčnem področju za enak faktor spremeni hitrost kot posledica spremenjene gravitacije.

Dvojne zvezde

V vesolju pogosto opazamo, da dve zvezdi krožita druga okrog druge, kot to prikazuje Slika 10.11. Za eno zaokrožitev zvezd je lahko potrebnih od nekaj dni do več stoletij.



Slika 10.11

Svetloba iz dvojne zvezde proti opazovalcu potuje z večjo hitrostjo od svetlobne, kadar se zvezda na krožnici opazovalcu približuje, oziroma z manjšo hitrostjo na nasprotni strani, čez pol kroga, kadar se zvezda oddaljuje.

Zvezde glede na opazovalca v splošnem krožijo pod različnimi nakloni. Opazovalec je lahko pravokotno na krožnico dvojne zvezde. V tem primeru se hitrost svetlobe iz zvezd glede na opazovalca na Zemlji ne spreminja.

Zvezdi lahko krožita v isti ravnini, kot je opazovalec na Zemlji. V tem primeru lahko ena zvezda celo povzroči mrk druge.

Najbolj običajen primer je kroženje zvezd pod nekim poljubnim kotom, kar je opisano v nadaljevanju.

Fotoni iz zvezde se dohitevajo in celo prehitevajo

Hitrost svetlobe na poti od zvezde do Zemlje je odvisna od hitrosti zvezde v nekem trenutku. V primeru kroženja zvezd se hitrost vsake od zvezd glede na opazovalca na Zemlji nenehno spreminja. V različnih časih izsevani žarki svetlobe iz opazovane zvezde imajo različne hitrosti, torej se lahko dohitevajo in celo prehitevajo.

Ob izbranih pogojih lahko do opazovalca na Zemlji hkrati prispe počasnejša svetloba, ki je izšla iz zvezde v fazi oddaljevanja, in hitrejša svetloba iz iste zvezde, ko zvezda čez čas preide v fazo približevanja. Na Zemlji takrat isto zvezdo vidimo hkrati na obeh straneh krožnice.

V naslednji fazi se lahko dogodi, da zaradi ravno pravšnjih zaostankov svetlobe zvezde sploh ne vidimo. Njena svetlost postane neznatna.

Posledično opazamo dvojno zvezdo enkrat svetlejšo, drugič temnejšo. Tako videnje je značilno predvsem, kadar dvojno zvezdo opazujemo z zadostne razdalje, tako da obe zvezdi opazimo le kot piko na nebu.

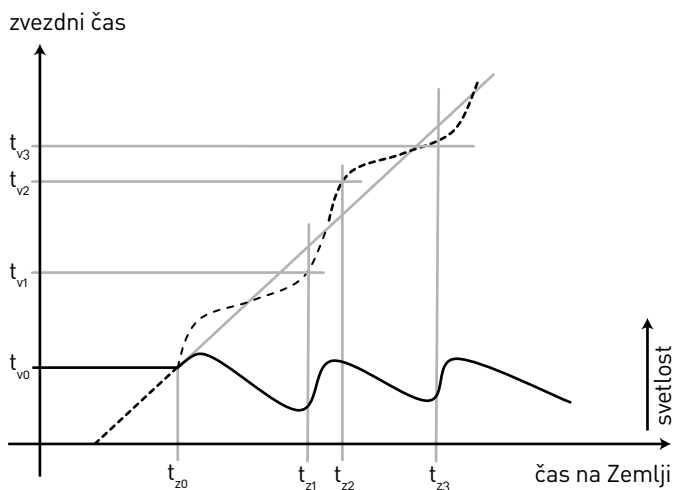
Vpliv kroženja zvezde na svetlost dvojne zvezde

Opisani pojav utripanja svetlosti dvojne zvezde lahko celoviteje pojasnimo na diagramu na Sliki 10.12. Diagram na vodoravni osi prikazuje potek časa na Zemlji, na navpični osi pa potek časa na opazovani dvojni zvezdi. Če zvezda glede na Zemljo miruje, na Zemlji vidimo linearen potek dogodkov, torej enak potek dogodkov, kot se odvija na zvezdi. Dogodki so le časovno zamaknjeni,

spremljamo jih s takšno časovno zakasnitvijo, kolikor svetloba potrebuje za pot od zvezde do Zemlje.

Kadar pa opazujemo dvojno zvezdo, zvezda zaradi kroženja glede na Zemljo praviloma spreminja hitrost. Kadar se zvezda Zemlji približuje, svetloba k nam prispe hitreje in dogodke iz približujoče se zvezde vidimo prej kot v primeru, kadar se zvezda na krožnici oddaljuje. Svetloba za pot od oddaljujoče se zvezde potrebuje več časa kot od približujoče se zvezde, zato dogodke z oddaljujoče se zvezde vidimo pozneje.

Časovni interval na zvezdi, ki traja na primer od časa t_{v1} do t_{v2} , na Zemlji lahko vidimo kot krajši interval, na primer od časa t_{z1} do t_{z2} . Obratno krajši časovni interval na zvezdi, na primer t_{v2} do t_{v3} , na Zemlji lahko traja dlje kot na zvezdi.



Slika 10.12

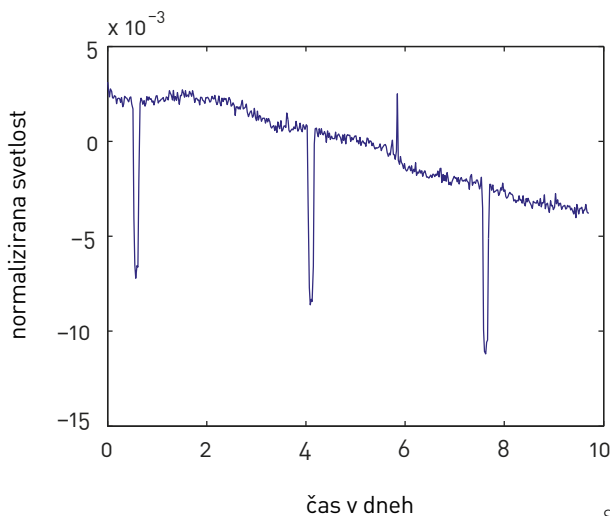
Zvezda na izvoru ves čas oddaja enako močno svetlobo, ves čas ima enako svetilnost. Kadar se svetloba iz nekega obdobja na zvezdi na Zemlji zgosti v krajše obdobje, je zvezda videti svetlej-

ša. Kadar pa se svetloba z zvezde na Zemlji razpotegne v daljše obdobje, je zvezda videti temnejša.

Preslikavo poteka zvezdnega časa v zemeljski čas na Sliki 10.12 prikazuje črtkana krivulja, opaženo nihanje svetlosti dvojne zvezde, kot ga opažamo na Zemlji, pa ponazarja zvezna krivulja v obliki žage pod krivuljo poteka časa.

Keplerjeva fotometrija

Z dovolj občutljivo merilno opremo lahko ugotovimo, da se praviloma vsem zvezdam bolj ali manj spreminja svetlost, kar je posledica njihovega cikličnega približevanja in oddaljevanja od opazovalca zaradi kroženj zvezd v galaksijah.



Slika 10.13

Za merjenje neznatnih sprememb svetlosti zvezd je specializiran satelit Kepler⁴, ki ga je NASA utirila v Zemljino orbito marca 2009. Satelit naj bi na osnovi neznatnih mrkov zvezd, ki jih pov-

⁴ <http://kepler.nasa.gov/>

zročajo planeti, ko ob kroženju zaidejo pred zvezdo, omogočal ugotavljanje prisotnosti planetov ob zvezdah.

V članku⁵ na njihovi internetni strani so prikazani rezultati meritve svetlosti ene od zvezd ob zasenčenju zvezde s planetom na vsakih 3,52 dneva, kar prikazuje diagram na Sliki 10.13 z navzdol obrnjenimi špicami.

Za naše razmišljanje je zasenčenje zvezde s planetom manj pomembno. Zanima nas trend padanja svetlosti zvezde od enega do drugega zasenčenja, kadar zvezda ni zasenčena.

Če bi se zvezdi zmanjševala svetlost bodisi zaradi hlajenja bodisi zaradi vse večje oddaljenosti tako močno, kot to prikazuje diagram, taka zvezda ne bi preživela niti milijon let, kar je le hipec v njeni milijardni življenjski dobi.

Trend zmanjševanja svetlosti zvezde je posledica trenutnih hitrosti svetlobe ob spreminjajoči se hitrosti zvezde zaradi kroženja zvezde v prostoru. Čez nekaj časa, ko se hitrost zvezde spremeni in se zvezda po krožnici začne gibati v drugo smer, se svetlost zvezde znova povečuje, kot prikazuje Slika 10.12.

Zvezda z masivnim planetom

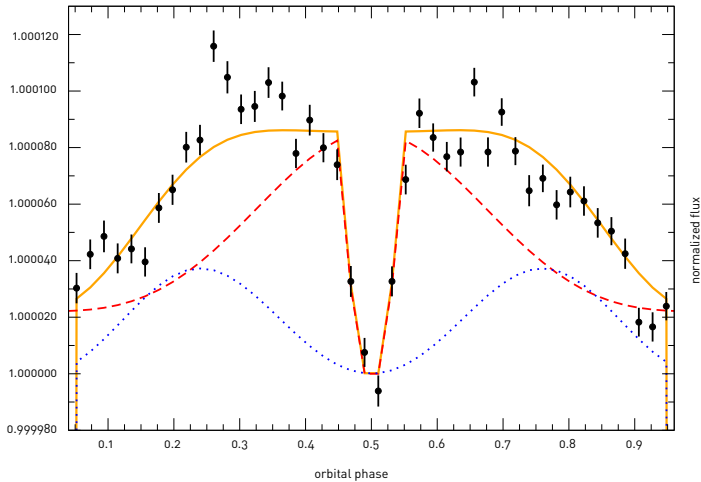
Še bolj nazoren primer vpliva hitrosti zvezde na njeno svetlost lahko najdemo v članku⁶, ki opisuje planet HAT-P-7. Diagram svetlosti in delni mrk zvezde ob prehodu planeta pred zvezdo prikazuje Slika 10.14.

Pozornost usmerim na čas pred in po mrku. Pred mrkom se svetlost zvezde poveča, za mrkom pa zmanjša, kot kaže neprekinjena črta.

Pred mrkom je planet pred zvezdo in s svojo privlačnostjo zvezdo pospešuje proti sebi ter hkrati proti opazovalcu na Ze-

5 »Discovery and Rossiter-McLaughlin Effect of Exoplanet Kepler-8b«; http://arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/1001/1001.0416v1.pdf.

6 »The Discovery of Ellipsoidal Variations in the Kepler Light Curve of HAT-P-7«; http://arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/1001/1001.0413v1.pdf.



Slika 10.14

mlji. Pozneje izsevani žarki dohitevajo prej izsevane žarke in svetlost zvezde se poveča. Obraten proces se dogaja po prehodu planeta za zvezdo, ko se svetlost zvezde zmanjšuje.

Matematičen zapis krivulje dvojne zvezde

Predstavo o spreminjanju svetlosti zvezde lahko dopolnimo in poglobimo, če si na grobo skušamo predstavljati še matematični zapis krivulje, prikazane na Sliki 10.12.

Svetloba za pot od dvojne zvezde porabi 'dolžino poti' delje- no s 'hitrostjo svetlobe' časa, ravno toliko časa zamuja slika dvoj- ne zvezde na Zemlji.

Hitrost svetlobe iz dvojne zvezde je: $c + v \cdot \cos(\omega \cdot t)$, pri čer- mer je c svetlobna hitrost iz mirujočega vira, v hitrost kroženja zvezde, ω krožilna hitrost zvezde, t pa kaže potek časa na zvezdi.

Oddaljenost dvojne zvezde je $d + r \cdot \sin(\omega \cdot t)$, pri čemer je d oddaljenost težišča dvojne zvezde od Zemlje in r radij kroženja dvojne zvezde.

V enačbi ni upoštevana morebitna enakomerna hitrost približevanja ali oddaljevanja težišča dvojne zvezde. Ta hitrost na utripanje zvezde nima pomembnejšega vpliva.

Svetloba iz zvezde zamuja torej $(c + v \cdot \cos(\omega \cdot t)) / (d + r \cdot \sin(\omega \cdot t))$ časa.

Spreminjanje svetlosti dvojne zvezde je proporcionalno odvodu prikazane enačbe časa preleta svetlobe iz dvojne zvezde.

Rezultat odvoda zgornje funkcije kaže na amplitudo utripanja svetlosti dvojne zvezde, ki je trigonometrična funkcija in kaže, da je sprememba svetlosti zvezde sorazmerna z:

- oddaljenostjo dvojne zvezde,
- obodno hitrostjo rotiranja zvezde ter
- trigonometrično funkcijo, ki je odvisna od krožilne hitrosti in oddaljenosti dvojne zvezde.

Pri majhnih oddaljenostih so spremembe svetlosti majhne in dokaj sinusne oblike. Pri večjih oddaljenostih in večjih hitrostih se amplitude utripanja svetlosti dvojne zvezde povečujejo, spreminja pa se tudi oblika vzorca pojavljanja in upadanja svetlosti.

Enačba pokaže, da se vzorec svetlosti dvojne zvezde pojavlja na različne načine, pogosto v obliki žage oziroma ribje plavuti.

Dvojne zvezde izkazujejo oddaljenost

Na osnovi enačb torej lahko izračunamo pričakovane oblike vzorca pojavljanja svetlosti dvojne zvezde. Velja pa tudi obratno; če izmerimo in poznamo vzorec utripanja svetlobe, lahko po matematični enačbi sklepamo na oddaljenost dvojne zvezde.

Vzorci utripanja svetlosti zvezde so pri različnih hitrostih in oddaljenostih zvezd različno prepoznavni, zato je oddaljenost zvezde v nekih okoliščinah lažje prepoznavati, v drugih pa težje. Na srečo imamo dokaj različne hitrosti kroženja dvojnih zvezd

na različnih oddaljenostih. Vsaka kombinacija je optimalna za merjenje oddaljenosti zvezd na neki razdalji, deset tisoče dvojnih zvezd pa marsikje po vesolju.

Kefeide in razsežnosti vesolja

Leta 1784 sta astronoma Goodriche in Pigott opazila zvezde, ki se jim vsakih nekaj dni spreminja svetlost. Opazila sta vzorce spreminjanja svetlosti, kot so prikazani na Sliki 10.12, in poskušala pojasniti vzroke zanje.

Goodriche in Pigott sta izhajala iz izhodišča, da je hitrost svetlobe v vseh razmerah enaka, zato sta menila, da te zvezde spreminjajoče svetlosti ne morejo biti dvojne.

Sklepala sta, da je spreminjanje svetlosti zvezde posledica segrevanja in ohlajanja zvezde. Ta hipotetični način utripanja zvezde je poznan pod imenom kefeida.

Dvojno zvezdo in kefeido opazamo na enak način. Razlika med njima je le v tolmačenju vzrokov utripanja. Opis kefeide temelji na izhodišču o v vseh razmerah enake hitrosti svetlobe. V primeru dvojne zvezde pa tolmačenje istega pojava temelji na spremenljivi hitrosti svetlobe.

Svetlost kefeid oziroma dvojnih zvezd

Leta 1912 je Henrietta Swan Leavittova opazovala kefeide oziroma dvojne zvezde in odkrila povezavo med njihovo svetlostjo v stanju največje svetlosti in frekvenco njenega utripanja. Opazovala je namreč dvojne zvezde v Magellanovem oblaku in ugotovila, da svetlejšje zvezde utripajo počasneje kot manj svetle. Na osnovi te ugotovitve je poskušala najti zakonitost za vsaj grobo ocenjevanje oddaljenosti zvezd.

Hubble

Delo Leavittove je nadaljeval Edwin Hubble. Lastnosti bližnjih galaksij je raziskoval tako, da je primerjal rdeči premik spektralne črte vidne svetlobe iz teh galaksij z oddaljenostjo galaksij.

Hubble ni ločeval frekvenčnega rdečega premika spektralne črte od gravitacijskega rdečega premika valovne dolžine spektralne črte. Rdeči premik spektralne črte je zato neupravičeno povezal z radialnimi gibanji galaksij, ne glede na to, ali ta izhaja iz gibanja galaksije in Dopplerjevega zakona ali iz gravitacijskega rdečega zamika valovne dolžine spektralne črte.

Gravitacijski zamik spektralne črte je bil v Hubblovem času znan

V Hubblovem času je bil gravitacijski zamik spektralne črte znan. W. S. Adams je že leta 1925 izmeril gravitacijske zamike spektralne črte zvezde Sirius, torej nekaj let, preden je Hubble meril rdeče premike bližnjih galaksij in jih pripisal zgolj hitrosti opazovanega telesa, ne pa tudi oziroma predvsem gravitaciji.

Hubble je leta 1929 izmeril rdeče zamike spektralnih črt 18 bližnjih galaksij. Gravitacijskega zamika spektralne črte ni upošteval, zato je menil, da se galaksije praviloma od nas oddaljujejo. Neutemeljeno je nadaljeval s sklepanjem, da je hitrost oddaljevanja galaksij sorazmerna z oddaljenostjo in da galaksije nenehno pospešujejo.

Hitrost in oddaljenost daljnih galaksij še nista izmerjeni

Vprašanje oddaljenosti in hitrosti galaksij zaradi neupoštevanja gravitacijskega rdečega premika v Hubblovih meritvah ostaja odprto. Ne vemo, koliko so od nas oddaljene galaksije, niti ne vemo, kako hitro se gibljejo in kam.

Na vprašanje oddaljenosti in hitrosti oddaljenih galaksij in zvezd znanost torej še nima odgovora. Nekaj možnosti za te meritve dajejo dvojne zvezde, kot je to opisano ob primeru dvojnih zvezd. Še več možnosti za te meritve bo danih, ko bomo avtonomno izmerili frekvenčne zamike spektralnih črt, kot je prikazano na Sliki 9.11 v prejšnjem poglavju. Velik del vesolja bo zaradi krivih trajektorij poti svetlobe po prostoru nam še tudi po tem dolgo prikrit, tudi ko bomo posebej merili frekvenčni zamik spektralne črte in zamik valovne dolžine.

Znanstvene paradigme in njihove revolucije

Predhodni zapisi vsebujejo kar nekaj izhodišč, ki v aktualnih znanstvenih teorijah niso splošno priznana. Preden nadaljujem razmišljanja o astronomskih pojavih, bom na hitro pogledal, kako filozofi razumejo neskladja v znanstvenih teorijah, odpravo teh neskladij ali celo revolucije znanstvenih teorij.

Ameriški zgodovinar in doktor filozofije znanosti Thomas Kuhn je leta 1963 izdal knjigo z naslovom *Struktura znanstvenih revolucij*. Kuhn meni, da se bo neka znanstvena teorija oziroma paradigma ne glede na to, kako uspešna je, vselej srečevala s pojavi, ki se z njo ne skladajo. Po njegovem mnenju znanstveniki teorije praviloma jemljejo kot nekaj nevprašljivega. Če najdejo dejstva, ki tej teoriji nasprotujejo, vzroka za to ne iščejo v teoriji, ampak v opaženih dejstvih. Dokler je anomalij malo, jih skušajo prezreti. Ko jih je čedalje več, se pojavi občutek krize. Približno v obdobju ene generacije pride do revolucionarnega premika iz ene znanstvene teorije oziroma paradigme v drugo.

Kuhn je med znanstveniki povzročil razburjenje s trditvijo, da nove teorije pogosto ne temeljijo na objektivnih dejstvih, ampak je privzetje nove teorije stvar zaupanja in vere. Kuhn zatrjuje, da je prenos zvestobe z ene teorije na drugo spreobrnitev,

ki pa ne more biti izsiljena. Omenja pritisk, ki ga znanstveniki izvajajo drug na drugega. Če ima neka znanstvena teorija zelo vplivne zagovornike, je verjetneje, da bo hitreje široko sprejeta.

Veliki pok

Aktualna predstava o vesolju govori, da se je vesolje začelo z velikim pokom. Ta predstava v veliki meri temelji na Hubblovih meritvah vesolja, predvsem na njegovi hipotezi o oddaljevanju galaksij. Te meritve pa, kot rečeno, niso osnovane na temeljih, da bi jim lahko zaupali.

Ko bodo izmerjeni pospeški, hitrosti in oddaljenosti daljnih galaksij, lahko celo pričakujemo drugačno razporeditev galaksij in drugačne hitrosti galaksij od tistih, ki jih je izmeril Hubble, to pa bi lahko vodilo celo do temeljnih sprememb predstav o nastanku in zgradbi vesolja.

Matematični model velikega poka

Matematični model velikega poka je prvi predstavil ruski matematik Aleksander Friedmann na osnovi Einsteinove teorije relativnosti. Podoben model je v začetku dvajsetega stoletja neodvisno od Friedmanna razvil belgijski kozmolog Georges Lemaitre. Toda čeprav oba modela velikega poka temeljita na Einsteinovi teoriji relativnosti, jima je Einstein ostro nasprotoval.

Konkurenčna modela vesolja

V splošnem se je v dvajsetem stoletju bil boj med zagovorniki velikega poka in zagovorniki stacionarnega modela vesolja.

Da bi bila razprava o modelu vesolja znanstveno osnovana, so astronomi sredi dvajsetega stoletja izdelali sedem kriterijev, po

katerih so se odločali o verodostojnosti enega ali drugega modela. Kriteriji so bili: razširjanje vesolja, nastanek atomov, nastanek galaksij, porazdelitev galaksij, starost vesolja, izvor mikrovalovnega sevanja in izvor snovi.

Razširjajoče se vesolje

Prvi kriterij in eden ključnih za potrditev velikega poka kot modela vesolja je bil kriterij razširjajočega se vesolja. Na osnovi Hubbleovega zakona so astronomi menili, da se vesolje pospešeno širi, kar naj bi bil ključni dokaz, da je vesolje nastalo ob velikem puku.

Hitrosti in oddaljenosti galaksij še ne poznamo, še niso izmerjene. Ločenih meritev spremembe valovne dolžine in frekvenčnega zamika spektralne črte nimamo, zato ne vemo, ali se vesolje sploh širi. Ta kriterij torej še nima odgovora. Iz istega razloga ne poznamo razporeditve galaksij, ne poznamo razvrščenosti mladih in starejših galaksij.

Mali pok

Povzročitelja velikega poka ne poznamo. Več možnosti za pojasnitev nastanka snovi imamo v stacionarnem vesolju, če si osvežimo nekatera spoznanja iz poglavja o energiji, v katerem je pojasnjeno, da obstajajo pozitivne in negativne oblike energij.

Narava teži k čim manjši energiji. Tudi kadar je neko energijsko stanje opazovanega sistema negativno, narava teži k še manjši energiji, to je k povečevanju negativne energije opazovanega sistema. Negativna energija je namreč tisto vezivo snovi, zaradi katerega snov postane kompaktna in povezana, s poglobljanjem vezalne energije pa se njena kompaktnost še povečuje.

Oglejmo si vodikov atom kot osnovni snovni gradnik. V njem negativna vezalna energija prevladuje nad pozitivno energijo.

Težnja k zmanjševanju energije pomeni, da narava teži k temu, da tudi prazen prostor skuša zmanjšati svojo energijo. Ker ima vodikovo jedro manjšo energijo od praznega prostora, temeljne energijske zakonitosti težijo k temu, da se prazen prostor zlomi in spremeni v vodikovo jedro. Dogodi se 'mali pok', ob katerem nastane vodikovo jedro in en elektromagnetni val kozmičnega sevanja.

Igla na vodni površini

Zgornja trditev potrebuje ilustracijo. Zamislim si kovinsko iglico, ki jo pazljivo položim na vodno površino. Površinske napetosti jo lahko obdržijo na vodi, čeprav je težja od vode.

Plavanje iglice na vodi ni njeno minimalno energijsko stanje. Težnja narave k minimalnemu energijskemu stanju skuša iglico potopiti. Motnja, majhen sunek sile v iglico ali majhen valček, iglico potopi, s tem pa se zmanjša njena energija.

Podobno je tudi s praznim prostorom. Ta ne predstavlja minimalnega energijskega stanja. Vsak atom ima zaradi svoje negativne vezalne energije manjšo energijo kot prazen prostor. Ilustrativno si slednjega lahko predstavljamo kot množico na vodi plavajočih kovinskih iglic.

Iglice plavajo, vsake toliko časa pa se kaka od njih zaradi zunanje motnje potopi. Podobno tudi prazen prostor ostaja prazen, vsake toliko časa pa se zlomi in nastane vodikov atom. S tem se zmanjša energija opazovane točke prostora v smeri ustvarjanja negativne vezalne energije, skladno s težnjo narave po zmanjševanju energije.

Kvantne zakonitosti preprečujejo stihijsko zmanjševanje energije

Kvantne zakonitosti ovirajo, da bi se na primer vodikova jedra masovno in nenadzorovano povezovala v helijeva jedra.

Helijev atom ima na primer manjšo energijo kot vodikov, ima večjo negativno vezalno energijo kot vodikov atom, zato energijske zakonitosti vodikove atome spodbujajo k temu, da se povežejo v helijev atom. Združitev odda odvečno energijo v obliki svetlobe, kot to vidimo pri zlivanju jeder na Soncu.

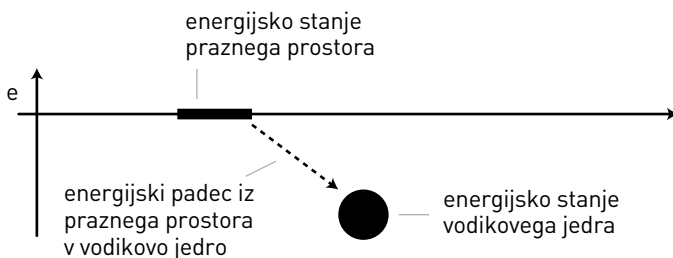
Kvantne zakonitosti poskrbijo, da se ti prehodi dogajajo nadzorovano. Za spajanje vodikovih jeder na Soncu in s tem za preskok kvantnih ovir je potrebnih petnajst milijonov stopinj Celzija.

Podobno se tudi prazen prostor zaradi kvantnih zakonitosti ne lomi nenadzorovano v vodikova jedra. Včasih pa se zaradi kvantnega šuma prazen prostor kljub temu zlomi in občasno spontano iz nič ob malem poku nastane vodikov atom. Ob tem nastane tudi nekaj pozitivne energije v obliki elektromagnetnega valovanja, ki jo zaznavamo v obliki kozmičnega šuma.

Prostor se občasno zlomi

Kvantni šum dovoljuje, da se vsake toliko časa prazna prostorska točka zlomi in ustvari posamezno vodikovo jedro.

Prof. Tomaž Zwitter v knjigi *Pot skozi vesolje* na strani 31 opisuje, da prostor med zvezdami ni prazen. V vsakem kubičnem centimetru prostora med galaksijami je kakih 10 do 100 atomov vodika. Kvantni šum očitno ravno tolikokrat zmoti prazen prostor, da ustvarja omenjeno število vodikovih atomov.



Slika 10.15

Ob vsakokratnem nastanku vodikovega atoma se zmanjša energija za toliko, kolikor več energije ima prazen prostor v primerjavi z vodikovim atomom. Presežek energije se, kot rečeno, sprosti v obliki elektromagnetnega vala, kar ustvarja kozmični šum.

Kozmični šum

V vesolju opazamo sedemcentimetrške elektromagnetne valove, ki bi lahko bili posledica razpadanja praznega prostora v vodikova jedra. Ker se v prostoru po na Sliki 10.15 opisanem načinu nenehno ustvarjajo vodikova jedra, stalno nastaja tudi tako imenovan kozmični šum. Atomi vodika se tvorijo po vsem prostoru, zato je tudi jakost kozmičnega šuma iz vseh smeri enaka.

V teoriji velikega poka mikrovalovno sevanje ozadja pripisujejo odmevu velikega poka. Pri tem pa se zastavi kar nekaj vprašanj.

Zaznam lahko le tisto svetlobo oziroma kozmični šum, ki je usmerjen proti meni. Tudi žarek, ki poleti mimo mene, je za moje zaznave izgubljen.

Kozmični šum potuje od izvora s svetlobno hitrostjo. Dopuščam lahko celo možnost, da kozmični šum potuje s svetlobno hitrostjo, spremenjeno za hitrost razširjanja vesolja ali za vpliv gravitacije.

Če privzamem, da je veliki pok nehal sevati kozmični šum najpozneje milijon let po svojem začetku, bi zadnje kozmično sevanje prišlo do opazovalca oziroma bi šlo mimo njega v naslednjih milijon letih. Kozmično sevanje bi v milijon letih ugasilo kot žarnica, ko jo izključimo.

Tudi če privzamem, da se hitrost približevanja svetlobe k opazovalcu zmanjša zaradi razširjanja vesolja ali drugih že omenjenih vzrokov, na primer zgolj na 0,001 c, bi kozmični šum ugasnil najpozneje v milijardi letih. Takrat bi do opazovalca prispeli žarki iz najbolj oddaljenih delov vesolja.

Razširjanje vesolja pomeni tako razširjaje prostora med galaksijami kot razširjanje prostora med fotoni. Naša galaksija v fazi razvoja vesolja zaradi razširjanja le-tega torej ni mogla prehitovati in neke počakati kozmičnega šuma.

Za današnje opazovanje kozmičnega šuma iz časa velikega poka obstajata le dve možnosti, in sicer:

- da se svetloba oziroma kozmični šum zadržuje v prostoru med nebesnimi telesi tako, da zaradi zakrivljenosti prostora kroži med galaksijami in ne pobegne iz vesolja, ali
- da se vesolje širi mnogo hitreje od svetlobne hitrosti.

Trajektorije poti svetlobe

Astronomi ugotavljajo, da kozmični šum ‚odmeva‘ po vesolju. Ker se nima od česa odbijati in s tem odmevati, je ta odmev, kot rečeno, lahko le vrtnčenje kozmičnega šuma zaradi različnih ukrivljenosti prostora, ki ta šum zadržujejo med nebesnimi telesi. Če pa dopuščamo take zavoje v potovanju kozmičnega šuma, moramo dovoljevati tudi podobno vrtnčenje katere koli svetlobe po vesolju.

Dopuščati moramo, da se tako vrtniči tudi svetloba, ki jo oddaja naše Sonce. S tem pa poti svetlobe ustvarjajo tako imenovane trajektorije svetlobe, ki nam omogočajo, da naše Sonce opazimo na mnogih mestih v vesolju, na različnih oddaljenostih od nas in s tem v različnih razvojnih stopnjah. Svetloba v tem primeru odleti od Sonca in po različnih krajših ali daljših zankah po vesolju pripotuje na Zemljo.

Tvorjenje galaksij

Zelo enakomerna porazdelitev kozmičnega šuma v vseh smereh vesolja daje prednost spontanemu in stalnemu nastajanju vodikovih jeder po celem vesolju kot pa teoriji velikega poka. Enakomerna porazdelitev kozmičnega šuma kaže na to, da prazen

prostor ves čas nadzorovano razpada na vodikove atome in kozmični elektromagnetni šum.

Nastajanje vodikovih atomov v prostoru lahko nekje naključno ustvari za malenkost večje število atomov kot drugje. Gravitacija jih začne dodatno zgoščevati in začne se ustvarjati galaksija na način, kot to opisuje splošna astronomska literatura, tudi prof. Zwitter in prof. Strnad v svojih knjižicah *Pot skozi vesolje* oziroma *Mala zgodovina vesolja*.

Vesolje se je lahko začelo s popolnoma praznim prostorom, zgolj s težnjo narave k zmanjševanju energije, kvantnimi in drugimi zakonitostmi. Sledilo je naključno rojevanje vodikovih jeder. Ta proces nastajanja vodikovih jeder poteka ves čas še danes.

Ko nam uspe pojasniti pojavljanje vodikovih jeder v vesolju, pa znamo pojasniti tudi nastajanje nebesnih teles in razvoj vesolja.

Zaključek

Na področju astronomije nas torej čaka še veliko meritev. Dokler nimamo izmerjenih strukture vesolja, razporeditve in oddaljenosti galaksij ter njihovih hitrosti, je nesmiselno in prerano karikšno koli opredeljevanje za določen model vesolja.

Osnovni namen tega poglavja ni vpogled v astronomijo, temveč prikaz, kako bodo predhodno spoznane lastnosti svetlobe vplivale na opazovanje astronomskih pojavov.

V tem in preteklih poglavjih smo posvečali pozornost predvsem svetlobi. Elektromagnetna valovanja pa so tudi radijska valovanja. V nadaljevanju me torej zanima, kako prepoznane lastnosti svetlobe lahko vplivajo tudi na spoznanja o gibanju radijskih valov.

Radijskim valovanjem je namenjeno poglavje o radijskem elektromagnetnem valovanju, še prej pa si bom ogledal, kakšen vpliv imajo poznane lastnosti gibanja svetlobe na Einsteinovo teorijo relativnosti.