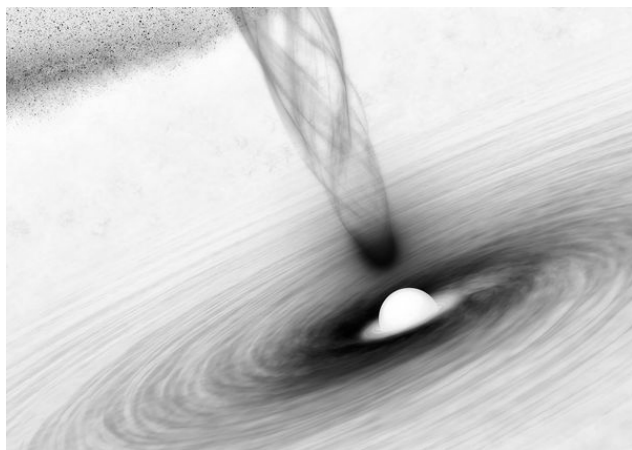




## Črne luknje

Črna luknja je območje v prostoru času, kjer težnost celo svetlobi prepreči, da bi ubežala njenemu objemu. Splošna teorija relativnosti je predvidela, da bi se dovolj masiven objekt lahko sesedel pod tlakom lastne težnosti v točko, črno luknjo. Namišljena sfera okoli črne luknje, za katero je ubežna hitrost enaka svetlobni, torej sfera brez povratka, se imenuje dogodkovno obzorje. Črna luknja se imenuje zato, ker vpije vso svetlobo, ki zadene dogodkovno obzorje.



Slika 1: Domišljajska slika rotirajoče črne luknje.

V 18. stoletju sta filozof John Michell in matematik Pierre-Simon Laplace izpostavila možnost, da težnost vpliva na svetlobni žarek. Predvidela sta, da bi lahko masivno telo z dovolj močnim težnostnim poljem zadržalo svetlobo. Moderno rešitev enačb splošne teorije relativnosti, ki je predvidela tudi obstoj črnih lukenj, je podal leta 1916 Karl Schwarzschild. Polmer dogodkovnega obzorja črne luknje se imenuje po njem Schwarzschildov polmer. Schwarzschildov polmer se izračuna po formuli

$$R_s = \frac{2GM}{c^2},$$

kjer je  $G$  gravitacijska konstanta,  $G = 6.67398 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ ,  $M$  masa zvezde in  $c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$  svetlobna hitrost.

Sloviti Albert Einstein, ki je bil poleg Davida Hilberta soustvarjalec splošne teorije relativnosti, ni verjel v obstoj črnih lukenj. Leta 1939 je zapisal, da se zvezda ne more sesesti v črno luknjo, ker se pri sesedanju zaradi ohranitve vrtilne količine povečuje njena kotna hitrost. Kot v mnogih drugih primerih, je tudi tu bil Einstein na napačni poti.

Če masa prvotne zvezde presega 10-kratno Sončevo maso, se potem, ko porabi jedrsko gorivo, začne bliskovito krčiti, preide faze, ki smo jih opisali v prejšnjih prispevkih. Ker je zvezda preveč masivna, nobeden od opisanih mehanizmov ne more zadržati sesedanja. Ko se zvezda seseda,

povratni udarni val povzroči izbruh supernove (oziroma izbruh  $\gamma$  žarkov), nato pa se zvezda pod lastnim gravitacijskim tlakom sesede v črno luknjo.

Črna Luknja je najpreprostejši in hkrati najbolj zapleten objekt. Preprost objekt zato, ker ga popolnoma določajo tri fizikalne količine: masa, vrtilna količina in naboj. Fizik John Archibald Wheeler se je v zvezi s tem slikovito izrazil, da črna luknja nima las. Vse, kar pade vanjo, izgine za vedno za dogodkovnim obzorjem.

V prejšnjem prispevku (glej februarški mesečnik o kvarkovih zvezdah) smo primerjali različna stanja izrojene zvezdne snovi z velikim atomom pri beli pritlikavki, atomskim jedrom pri nevtronski zvezdi in nukleonom pri kvarkovi zvezdi. Črno luknjo bi potemtakem lahko primerjali z elementarnim delcem, ki nima nobene notranje strukture, kot na primer elektron.

Po drugi strani pa je črna luknja najbolj zapleten objekt. Njena entropija je ogromna. Črna luknja je objekt z največjo možno entropijo pri dani prostornini, ki se šteje kot prostornina območja za dogodkovnim obzorjem. Entropija je število vseh možnih mikroskopskih stanj, pri katerih ostanejo makroskopske lastnosti nespremenjene. Entropija črne luknje se izraža s površino dogodkovnega obzorja

$$S = \frac{kc^3}{4G\hbar} A.$$

Kjer je  $k = 1.3806488 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$  Boltzmannova konstanta in  $\hbar = 6.626068 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg/s}$  Planckova konstanta. V formuli nastopajo konstante:  $c$  svetlobna hitrost (specialna teorija relativnosti),  $G$  gravitacijska konstanta (splošna teorija relativnosti), Planckova konstanta (kvantna mehanika), Boltzmannova konstanta (termodinamika) in površina dogodkovnega obzorja  $A$ . Tu se stikajo vse moderne fizikalne teorije. Obravnava zapletene mikrostrukture črne luknje in z njo njene entropije je stvar kvantne teorije gravitacije. Področje ni dovolj raziskano in se bodo matematiki in fiziki z njim ubadali v 21. stoletju.

Stephen Hawking je predpostavil, da črna luknja seva kot črno telo. To sevanje je po njem imenovano Hawkingovo sevanje. Kako lahko črna luknja seva? Prazen prostor je neizmerno morje kvantnega nemira. Tu stalno nastajajo in izginjajo virtualni delci. Če nastane par virtualnih delcev, delec-antidelec, blizu dogodkovnega obzorja, tako blizu, da se eden ujame v črno luknjo, drugi pa ji ubeži, mora leta postati pravi delec, za to pa potrebuje energijo. Da bi obveljal zakon o ohranitvi energije, mora delec dobiti energijo iz črne luknje. Torej sevanje črne luknje nastaja blizu površine dogodkovnega obzorja.

Vendar je bistvena razlika med sevanjem črnega telesa in črne luknje. Planckov zakon sevanja črnega telesa je statistične narave in velja za časovno povprečje. Samo sevanje pa je posledica trenutnega stanja sistema. Sevanje črne luknje nastaja nad dogodkovnim obzorjem in naj ne bi vedelo nič o tem, kaj se dogaja zadoj. Posledica tega je slovito informacijsko kvantno protislovje črne luknje (black

# V A B I L O

Vabimo vas na mesečni sestanek, ki bo v torek 19. 03. 2013 ob 18<sup>h</sup> v predavalnici F4 Fakultete za matematiko in fiziko, Jadranska 19, v Ljubljani. Glavni del sestanka bo predavanje:

Leonard Susskind of the Stanford Institute for Theoretical Physics discusses the indestructability of information and the nature of black holes in a lecture entitled The World As Hologram.

Leonard Susskind dela v Stansfordu na Inštitutu za Teoretično Fiziko. Govori o neuničljivosti informacije in naravi črnih lukenj v predavanju z naslovom Svet kot hologram.

Vabljeni!

*Bernard Ženko*

Dodatne informacije o tem in preteklih predavanjih najdete na <http://www.adj.si>.

hole information paradox). Vsa informacija o raznolikosti snovi in sevanja naj bi se izgubila, ko prečka mejo dogodkovnega obzorja črne luknje.

Fizik Leonard Susskind trdi, da to ni mogoče, da se informacija ne sme uničiti, medtem ko je Stephen Hawking trdil drugače. Leonard Susskind je podal poskus rešitve tega problema. Trdi, da je površina dogodkovnega obzorja hologram, kjer se zapiše informacija o objektih, ki ga prečkajo. Hawkingovo sevanje nastaja na površini dogodkovnega obzorja in odnaša to informacijo nazaj v okolje. Ideja o hologramu je nastala, ker je entropija črne luknje premosorazmerna površini dogodkovnega obzorja, za razliko od običajnega sveta, kjer je entropija premosorazmerna prostornini. To pomeni, da je dvodimenzionalna površina dovolj za opis vsega, kar se dogaja v tridimenzionalni notranjosti, podobno kot pri hologramu.

Nekaj več o tem na mesečnem predavanju, kjer bomo predstavili posnetek Susskindovega predavanja na to temo. Posnetek predavanja lahko najdete tudi na strani <http://www.youtube.com/watch?v=2DI13Hfh9tY>.

*Borut Jurčič Zlobec*

- ★ **Merkur** nizko na obzorju morda ujamemo začetku meseca, ko v ozvezdju Rib vzhaja slabo uro pred Soncem.
- ★ **Venera** se v ozvezdju Ovna prikaže šele konec meseca zvečer, ko zaide slabo uro za Soncem.
- ★ **Mars** aprila ni viden.
- ★ **Jupiter** je sprva na nebu do približno enih zjutraj, nato pa zahaja vse bolj zgodaj in konec meseca zaide kmalu po enajsti zvečer. Giblje se v ozvezdju Bika.
- ★ **Saturn** v ozvezdju Tehtnice sprva vzhaja nekaj pred deseto zvečer, v drugi polovici meseca pa je na nebu vso noč.
- ★ **Uran** aprila ni viden.

Zanimivi dogodki:

- ★ 25. aprila nastopi delni Lunin mrk, pri katerem bo Luna potovala skozi Zemljino polsenco. Mrk se začne se ob 20.03 in konča ob 00.11 naslednji dan. Polsenca bo Luno v celoti zakrivala od 21:54 do 22:21.

*Urška Pajer*

## Efemeride april 2013

(Efemeride si lahko ogledate tudi v reviji Življenje in tehnika.)

datum	Sonce		Luna		čas
	vzhod	zahod	vzhod	zahod	
01.04.	06:42	19:31	00:35	09:57	CEST
05.04.	06:34	19:36	03:47	14:26	CEST
10.04.	06:25	19:42	06:11	20:04	CEST
15.04.	06:16	19:49	09:18	--	CEST
20.04.	06:07	19:56	14:05	03:05	CEST
25.04.	05:58	20:02	19:55	05:31	CEST
30.04.	05:50	20:09	00:22	09:56	CEST

Planeti:

## Objavite prispevek!

Mesečnik potrebuje prispevke. Zato pozivam vse, ki želite kaj objaviti, da mi po elektronski pošti pošljete svoj prispevek. Prispevki so lahko raznovrstni: poročilo o opazovanju, slika, risba, zanimiva astronomska novica, predstavitev domačega observatorija ali teleskopa, skratka – karkoli astronomskega.

*Aram Karalič*

Javorniški Mesečnik izdaja Astronomsko društvo Javornik, Ljubljana / ISSN 1581-1379 / urednik Aram Karalič / izhaja v prvi polovici meseca / prejemajo ga brezplačno vsi člani Astronomskega društva Javornik / prispevke pošljite na naslov [jam@adj.si](mailto:jam@adj.si) / **ROK ZA ODDAJO PRISPEVKOV JE 7. DAN V MESECU** / prispevkov praviloma ne lektoriramo / stavljeno v L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>Xu