



Masa ujete energije

Povzetek

Po standardnem modelu v fiziki delcev osnovni delci nimajo mase. Nekateri delci pridobijo maso iz enega od dveh virov. Prvi je Higgsovo polje in drugi je ujeta energija. Tu nas bo zanimalo predvsem, kako dobi maso ujeta energija. Ujeli bomo foton, delec svetlobe, ki je bozon elektromagnetne interakcije.

Higgsovo polje

Higgsovo polje posreduje nekaterim elementarnim delcem maso preko Higgsovega mehanizma. Ključna ideja Higgsovega mehanizma je, da vakuum ni prazen, ampak je napolnjen s Higgsovim poljem. Higgsovo polje reagira (se pogovarja) z nekaterimi osnovnimi delci, kot so fermioni (med njimi elektroni), in z W ter Z bozoni (ti prenašajo šibko jedrsko silo). Brezmasni delci se gibljejo le s svetlobno hitrostjo. Ne morejo mirovati. Po posebni teoriji relativnosti čas za njih stoji, ker se pomikajo s svetlobno hitrostjo. Interakcija s Higgsovim poljem ovira gibanje delca. Ta se zato giblje počasneje kot svetloba, zaradi česar mu čas teče. Gibalna količina delca postane $p = mv$, kjer je v hitrost delca in m je njegova masa. To je zelo poenostavljeno povedano, kako ti delci pridobijo maso.

Ujeta energija

Masa osebe, ki tehta 70 kilogramov, je sestavljena iz 35 gramov mase elektronov in 700 gramov čiste mase kvarkov, to je fermionov, ki sestavljajo protone in nevtrone v atomih snovi. To je vsa masa, ki je posledica interakcije s Higgsovim poljem. Vsa ostala masa je posledica ujete energije gluonov, ki so bozoni, prenašalci krepke jedrske sile znotraj protonov in nevtronov. Gluoni so, enako kot fotoni, brezmasni delci. Več o tem si lahko pogledate v prispevku na <https://www.youtube.com/watch?v=Ztc6QPNUqls>.

Fotonska škatla

Pobljše si bomo ogledali, odkod sistemu z ujetim fotonom masa. Foton bomo ujeli v fotonsko škatlo, ki jo bomo predstavili s hipotetičnim brezmasnim optičnim vlaknom dane dolžine. Na koncih vlakno zapirata ogledali. Tako se foton giblje po vlaknu le sem in tja.

Na začetku optično vlakno miruje v referenčnem koordinatnem sistemu.

Energija fotona je enaka $E = h\nu$, kjer je h Planckova konstanta in ν je frekvenca fotona. Gibalna količina fotona pa je enaka $p = E/c$, kjer je c svetlobna hitrost. Foton izvaja tlak na zrcali v krajiščih vlakna, ker se odbija od njiju.

Ko vlakno miruje, je tlak fotona na obe krajišči nasprotno enak, zato je skupna gibalna količina vlakna z ujetim fotonom enaka nič.

Če se vlakno premakne vzdolž svoje osi v desno, se levo krajišče premakne nasproti prihajajočemu fotonu, in frekvenca odbitega fotona se poveča zaradi Dopplerjevega učinka. Zaradi tega se poveča energija in posledično gibalna količina fotona. Tlak na zrcalo v levem krajišču se tako poveča. Torej je za premik fotonskega vlakna potreben sunek sile. Sunek sile pa je enak gibalni količini premikajočega se vlakna $\int F dt = mv$. Iz končne hitrosti vlakna lahko izračunamo njegovo navidezno maso.

Kaj se dogaja, ko se vlakno giblje pospešeno, je natančneje opisano na <http://matematika.fe.uni-lj.si/html/people/borut/scratch/Dokumenti/emc2.pdf>.

Vlakno z ujetim fotonom tako ne dobi prave mase, kot jo dobi elektron prek Higgsovega polja, ampak se zaradi geometrije in robnih pogojev vede, kot da jo ima. Lahko rečemo, da celoten sistem tiktaka kot nekakšna fotonska ura, zato mu teče čas. Podobno dobijo dodatno maso protoni in nevtroni zaradi energije ujetih gluonov.

Borut Jurčič Zlobec

Efemeride oktober 2025

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

datum	Sonce		Luna		čas
	vzhod	zahod	vzhod	zahod	
01.10.	07:00	18:42	16:15	--	CEST
05.10.	07:06	18:34	17:47	04:41	CEST
10.10.	07:12	18:25	20:00	11:42	CEST
15.10.	07:19	18:16	00:28	16:01	CEST
20.10.	07:26	18:07	06:17	17:26	CEST
25.10.	07:33	17:59	11:49	19:37	CEST
30.10.	06:40	16:51	14:08	23:59	CET

Planeti:

- ★ **Merkur** ujamemo ob koncu meseca, ko v ozvezdju Škorpiona zahaja slabo uro za Soncem.

V A B I L O

Vabimo vas na redni mesečni sestanek Astronomskega društva Javornik, ki bo v torek 21. oktobra 2025 ob 18.00 uri. Sestanek bo potekal v prostorih Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani na Jadranski cesti 19 v predavalnici F4 (prvo nadstropje). Hkrati se bo sestanka mogoče udeležiti tudi daljavo prek povezave <https://private.vid.arnes.si/ rxdq-4sdw-8qh7>.

Pogledali si bomo dva prispevka o nevtronskih zvezdah.

Najdete ju na povezavah <https://www.youtube.com/watch?v=RrMvUL8HF1M> in <https://www.youtube.com/watch?v=4Qf21uYBmVk>.



Vabljeni!

Bernard Ženko

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

- ★ **Venera** je oktobra Danica in vzhaja okoli petih. Na začetku meseca se iz ozvezdja Leva preseli v ozvezdje Device.
 - ★ **Mars** je sprva na nebu do pol osmih, konec meseca pa v ozvezdju Tehtnice zaide že ob pol šestih.
 - ★ **Jupiter** v ozvezdju Dvojčkov najprej vzhaja okoli polnoči, konec meseca pa že okoli pol desetih.
 - ★ **Saturn** na začetku oktobra opazujemo vso noč, nato pa zahaja vse bolj zgodaj in konec meseca zaide že okoli treh. Nahaja se v ozvezdju Vodnarja.
 - ★ **Uran** sprva vzhaja okoli pol devetih, konec meseca pa že pred šesto. Giblje se v ozvezdju Bika
- Čas vzhodov in zahodov je za konec meseca podan z upoštevanjem premika ure; v noči s 25. na 26. oktober premaknemo kazalce za eno uro nazaj.

Urška Pajer

Napišite 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, kar bodo ostali člani društva z zanimanjem prebrali.

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 info@adj.si / **ROK ZA ODDAJO PRISPEVKOV JE 7. DAN V MESECU** / prispevkov praviloma ne lektoriramo / stavljeno v L^AT_EX