

Zulo beltzak: histori pixka bat (eta II)

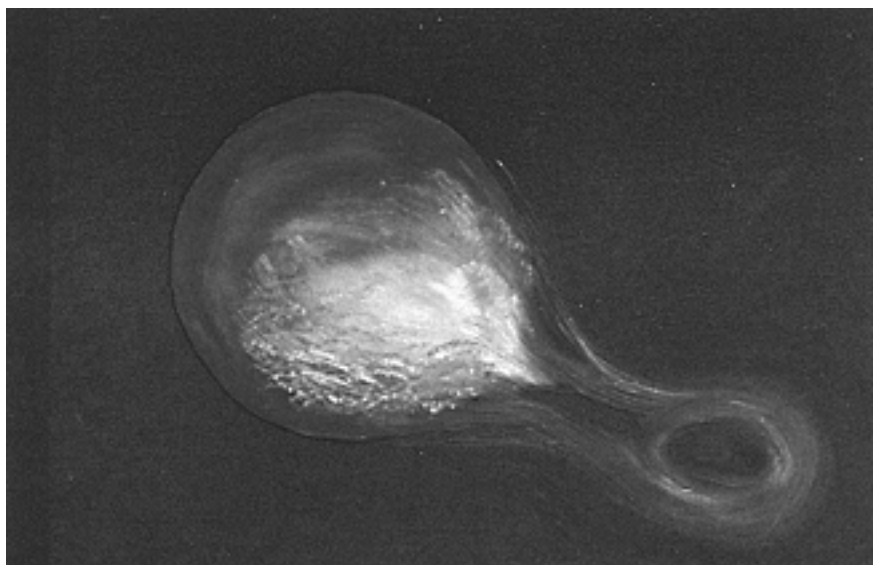
Jesus Arregi

Zulo beltzak bazirela iradokitzen zuten lanak ez ziren aintzakotzat hartu, haien berezitasunen antzekorik zuen inolako astorik ezagutzen ez zelako. Y. Hagihara-k, adibidez lan bat aurkeztu zuen 1931n, Schwarzschild-ek aurkitutako erlatibitate orokorreko teoriaren emaitzaren geodesiko denak kalkulatu. Ondorioak ateratzeko orduan, Hagiharak berak zioenez oso zaila zen zulo beltzak egotea, Eguzkiak beste masa leukakeen zulo beltz baten bolumena kontutan harturik, dentsitateak urarena baino 10^{17} aldiz handiagoa izan beharko lukeelako. Orduan ezagutzen zen dentsitaterik handieneko izarrarena (Sirius izenekoaren lagun den nano zuriarena) ordea, urarena baino $6 \cdot 10^4$ aldiz handiagoa besterik ez zen.

Hala ere, gerta ohi den bezala, astrofisikari denak ez ziren iritzi berekoak. O. Lodge-k, 1923an, dentsitatearen arazoa erlatibizatu egin zuen neurri handi batean, honako adibide hau aurkeztuz: Eguzkia zulo beltz bihurtzeko bere masa 3 km-ko erradioko esfera batera sartu beharko balitzateke, edo Lurraren kasuan bere masa guztia 1 cm-ko erradioko esfera batera sartu beharko bagenu ere, izar-talde bat kontsideratuz arazoa ez da hain larria. Adibidez, $10^{16} M_{\odot}$ (M_{\odot} ,

Eguzkiaren masa) masako izar-multzo bat 1.000 argi-urteko erradioko bolumenean sar liteke, dentsitatea 10^{-15} g/cm^3 -koa izanik. Honelako materi multzoa egoteak ez dirudi ezinezkoa, eta zulo beltzaren mugan dabil. Dena den, erlatibitate-teoriarekin batera gartzzen hasi zen mekanika kuantikoa erabilita, laster ireki ziren bideak oso dentsitate handiko gorputz txikiak egon zitezkeela auresanez, edo, gutxienez, aukera emanez. 1931.ean S. Chandrasekhar-ek eta ia aldiberean L. D. Landau-k, nano zuriek izan dezaketen masarentzat goi-muga bat dagoela frogatu zuten. Nano zuriaren masa Eguzkiarena baino 1,4 aldiz handiagoa bada, grabitatearen presioak, izarrari eusten dion elektroien presio

endekatua baino handiagoa delako, uzkurpena eragiten du. Baldintza horietan protoiak eta elektroiak bat egiten dira neutroiak emanez. Neutroien presio endekatuak kolapsoa saihestu egiten du, lehenengo aldiz Landau-k auresan zuenez neutroi-izarra sortzen delarik. Hurrengo urteetan R. Oppenheimer-ek neutroi-izarren teoria osoa garatu zuen. 1939an, H. Snyder eta G. Volkhoff-ekin artikulua bana argitaratu zuen gai horretaz. Frogatu ere frogatu zuen neutroien presio endekatuak ere goi-muga bat zuela (bi edo hiru Eguzki-masaren ingurukoa). Muga horretatik gorako neutroi-izarrak uzkurtu egiten dira eta zulo beltz izeneko egoera bitartean ez dago beste geltokirik.



Zulo beltzaren simulazioa.

EFEMERIDEAK

EGUZKIA: martxoaren 20an, 14 h 40 min-tan (UT) Ariesen sartzen da. Udaberria hasiko da.

ILARGIA

	ILGORA	ILBETE	ILBEHERA	ILBERRI
eguna	1 eta 31	8	15	23
ordua (UT)	15 h 46 min eta 4 h 10 min	9 h 46 min	4h 16 min	7 h 14 min

PLANETAK

MERKURIO: ez da erraza izango martxoan zehar ikustea. Hala ere, bigarren hamabostaldian iluntzean saia gintezke.

ARTIZARRA: hurrengo apirilean behe-konjuntzioko posiziotik pasatuko da. Beraz, martxoan zehar altuera galduz doa zeruan eta hila-ren bukaeran galdu egingo dugu.

MARTITZ: ia gau guztian zehar ikusi ahal izango dugu. Ilundu orduko bistan izango dugu eta gauean desagertu arteko bidea egingo du zeruan zehar.

JUPITER: martxoaren 30ean Jupiter oposizioan dago. Beraz, hilean zehar gau osoan ikusi ahal izango dugu baldintza onetan.

SATURNO: konjuntziotik ateratzen ari da. Iluntzean agertzen hasiko da gero eta lehenago. Martxoaren azkenaldera ilundu orduko zeruan izango dugu.

Lan hauen ondoren Bigarren Mundu Gerrak eragindako parentesi luze bat zabaldu zen astrofisikaren arlo honi dagokionez. Zulo beltzak ikustezin izateak eta orduko tresnen bidez inola ere detekta ezin izateak, parentesia gehiago luzatu zuen. Baina behaketa-kopurua handiagotu eta, batez ere, kalitatea hobetu zenean, astrofisikariek berriz ere arlo hau garatzeari ekin zioten, eta hirurogeigarreneko markada oso aberatsa izan zen. 1967an J. A. Wheeler-ek erabili zuen lehenengo aldiz "zulo beltz" izena. Urte berean W. Israel-ek biraketarik gabeko zulo beltzak erabat esferikoak direla frogatu zuen. Esferaren erradioa, hau da, zulo beltzeko gertaeren mugarainoko erradioa masaren menpe baino ez dago, eta beraz, masa bereko bi zulo beltz guztiz berdinak izango lirarteke. Ordurako, ordea, R. Kerr-ek biraketa-higidura duten zulo beltzei buruzko azterketa egin zuen 1963an argitaratutako bere lanaren arabera biraketa-abiadura konstantea bada, zulo beltzaren

neurriak eta eitea beren masa eta biraketa-abiaduraren menpekoak dira. Eiteari dagokionez, biratzen ari diren zulo beltzak ere, Eguzkia edo Lurra bezala, ekuatorean zabaldu egiten direla esan dezakegu, diametro polarra txikiagoa izanik. Zer esanik ez, biraketa-abiaduraren balioak ezin daitezke mugagabe handiak izan. Biraketa azkarregiak izarra desegingo luken bezala, zulo beltzaren izatea ere galaraziko luke. Adibide gisa, Eguzkia halako hiru masako zulo beltz baten biraketa-abiadura ez da uste 5.000 bira/s baino askoz handiagoa izan daitekeenik.

Orain arte zulo beltzek izan litzaketen ezaugarri elektromagnetikoak ez ditugu ezertarako aipatu, baina, zalantzarik gabe, kontutan hartzeko berezitasunak dira. Azken batez, izarrak, eta eskuarki zulo beltzak era ditzaketen astroek, aktibitate elektromagnetiko nabaria izaten dute. Honetaz oharturik, karga elektrikoa oso goiz azaldu zen zulo beltzen azterketaren garapenean. 1916an H. Reissner-ek

eta, independenteki, 1918an G. Nordstrom-ek, erlatibitate orokorreko teoriaren ekuazioak askatu zituzten masa kargadunaren kasurako. Eraitza hauek Schwarzschild-enari erantsiz gero, zulo beltz kargatuaren deskribapena ematen digute. Kasu honetan ere, goimuga definitu behar dugu zulo beltz batek izan dezakeen kargari dagokionez. Bestela, zeinu bereko karga arteko aldarapen-indarrak zulo beltza galaraziko luke. Zehazki esanda, karga zulo beltzaren masarekiko proportzionala da, eta Eguzkiaren masa baino hamar aldiz handiagoa denean 10^{20} C ingurukoa izan daitekeela uste da.

Dena den, ez da uste neutroa ez den zulo beltzik aurki daitekeenik. Indar elektrikoa grabitatorioa baino askoz ere bortitzagoa denez, zulo beltzaren kontrako karga duen materia indar handiz erakarriko litzateke, karga berekoa aldentuko litzatekeen bezalaxe. Beraz, laster lortuko litzateke oreka. Hala ere, biratzen ari diren Kerr-en zulo beltzen azterketa ere egin zen 1965ean.

Laburtuz, bada, zulo beltz egonkorren espazio/denbora geometria, eta ondorioz propietate denak, deskribatzeko hiru parametro baino ez direla behar esan dezakegu: masa, momentu angeluarra eta karga. Ondorioz, lau motako zulo beltzak baino ez dira bereizten: biraketa eta kargarik gabea, biraketarik gabea baina kargatua, kargarik gabe biratzen ari dena eta karga eta biraketa-higidura dituen. Kargari buruz esan duguna gogoratuz eta Unibertsoan ikusten diren astro guztiek biraketa-higidura dutela kontutan hartuz, grabitateak eragindako uzkurpenaren emaitza natural eta bakarra hirugarrena dela esan dezakegu.

Oraindik gauza interesgarri asko esan daiteke zulo beltzen jokarari buruz, eta horretan saiatuko gara hurrengo alean. Oraingoz, bukatzeko, beste ohar bat baino ez. Zulo beltzaren berezitasun guztiak aipatutako hiru parametroetara laburtu ahal izateak zulo beltzak ez duela inolako "memoriarik" adierazten digu, hau da, zulo beltza aztertuta ezin dugu hura sortu duen gorputz edo dena delakoaren berezitasunik ezagutu, masa, biraketa-higidura eta agian gutxi-gorabehera karga izan ezik. Sortzailearen izaerari buruz ezin dugu ia ezer esan.