

ASTROFIZIKADAGI KOMPAKT OBYEKTTLAR

Hoshimov Husanboy Anvarjon o'g'li

Farg'ona davlat universiteti

ANNOTATSIYA

Bu ishda kompakt obyektlar haqida ma'lumot beriladi. Astrofizikadagi kompakt obyektlarning o'zaro bog'liqligi va kelib chiqish jarayoni tushuntiriladi. Shuningdek, oq mitti, neytron yulduz, qora o'ra haqida malumotlar keltirilgan.

Kalit so'zlar: Kompakt obyekt, qora o'ra, neytron yulduz.

АННОТАЦИЯ

В данной работе приведены сведения о компактных объектах. Объясняется взаимосвязь и процесс возникновения компактных объектов в астрофизике, приводятся сведения о белых карликах, нейтронных звездах и черных дырах.

Ключевые слова: компактный объект, черная дыра, нейтронная звезда.

ABSTRACT

In this work, information is given about compact objects. The interrelationship and origin process of compact objects in astrophysics is explained. Information about white dwarfs, neutron stars, and black holes is also presented.

Keywords: Compact object, black hole, neutron star.

KIRISH

Kompakt ob'ektlar tarifi ko'ra "ixcham" ma'nosini anglatadi. Astrofizikada esa kompakt ob'ektlar deganda oq mittilar, neytron yulduzlar va qora o'ralar tushuniladi. Barcha kompakt ob'ektlar radiusiga qaraganda judda katta massaga va yuqori zichlikga ega. Yulduzlar o'z evolyutsiyasining oxirida massalarining katta kichikligiga qarab oq mittilarga, neytron yulduzlar yoki pulsarlarga aylanishi yoki qora o'ra bo'lib qolishi mumkin.

$$\eta = \frac{U}{E} = \frac{GMm}{rmc^2} = \frac{GM}{rc^2} \quad (1)$$

	Ob'ekt turi	Massa (M) ($M_{\odot}$)	Masofa R. (km)	Kompaktlik
	Yer	3×10^{-6}	6 000	7×10^{-10}
	Quyosh	1	696 000	2×10^{-10}
	Oq mitti	$\sim 0.1 \rightarrow 1.4$	$\sim 10\,000$	$10^{-4} \rightarrow 10^{-3}$
	Neytron yulduz	$\sim 1 \rightarrow 3$	~ 10	$\sim 0.2-0.4$
	Yulduz	≥ 3	8.9	1

	qora o'rasi			
	Superm assiv qora o'ra	$\sim 10^6 \rightarrow 10^9$	20 AU	1

1-jadval. Bazi ob'ektlarning kompatlilik darajasi ko'rsatilgan

Yadro yonilg'si yonib bo'lgan yulduzning to'liq energiyasi E yulduz radiusining funksiyasi ekanligini aniqlaymiz. Bunday yulduz, yadro yonilg'isi to'liq yonib bo'lganidan keyin ham, nurlanishda davom etadi va $E(R)$ energiya minimal qiymatga erishmaguncha siqiladi. Sistemaning to'liq energiyasi zarrachalarning $n < E_K >$ umumiy kinetik energiyasi bilan W gravitatsion potentsial energiyaning yeg'indisiga teng bo'ladi:

$$E(R) = n < E_K > + W = E_K + W \quad (2)$$

$E_K = n < E_K >$ - sistemaning to'liq kinetik energiyasi. Massasi M ga teng bo'lgan sferik qobiqning gravitatsion potentsial energiyasi $W = -\frac{GM^2}{2R}$ ga teng, bir jinsli qattiq shar uchun esa

$$W = -\frac{3}{5} \frac{GM^2}{R} \quad (3)$$

bo'ladi.

Yulduz massa soni A ga teng bo'lgan atomlardan tashkil topgan va undagi nuklonlarning to'liq soni n ga teng bo'lsa, yulduzda n/A ta yadrolar bo'ladi. Xar bir yadro Z protonlar va $A-Z$ neytronlarga ega, shuningdek, $x = \frac{Z}{A} \cong 1/2$, ya'ni yadrodagi praton va neytronlar soni taxminan o'zaro teng bo'lsin. U holda yulduzdagi elektronlar (pratonlar) soni $n_e = xn$ ga, yulduzning to'liq massasi esa $M \approx nm_p$ ga teng bo'ladi ($m_p = m_n$).

MUHOKAMA VA NATIJALAR

Agar yulduzning massasi $0.6M_q$ dan katta bo'lsa, uning so'ngi moddasi avvalo elektron va yadrolardan iborat aynigan norelayativistik gazga so'ngra esa relyativistik gazga aylanadi. Norelyativistik xolda elektron va yadrolarning kvantmexanik energiyasi. Shuningdek yulduz shunchalik sovigan bo'lsinki uning issiqlik energiyasini ham kvantomehanik energiyasiga nisbatan hisobga olmaslik mumkin bo'lsin. U holda yulduzning to'liq energiyasi

$$E_f = \frac{p^2 f}{2m} = \frac{h^2}{8m} \left(\frac{3}{8\pi} \frac{n}{V} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (4)$$

munosabat bilan aniqlanadi, ammo massa ifodaning maxrajida bo'lgani uchun yadrolar energiyasini elektronlar energiyasiga nisbatan xisobga olmaslik mumkin bo'lsin. U holda yulduzning to'liq energiyasi 2,3,4 ifodalardan

$$E(R) = n_e \langle E_K \rangle_e + W = \frac{3}{5} n_e \langle E_f \rangle_e - \frac{3}{5} \frac{GM^2}{R} \quad (5)$$

ga teng bo'ladi $(E_f)_e$ o'rniga 3 ifodaning birinchisini (m ni m_e ga n ni xn ga almashtirgandan so'ng) qo'yib, $V = (4/3)\pi R^3$ desak (5)ni quydagi

$$E(R) = E_K + W = \frac{3}{5} \frac{xn}{R^2} \frac{h^2}{8m_e} \left(\frac{9}{4\pi^2} xn \right)^{\frac{2}{3}} - \frac{3}{5} G \frac{n^2 m_p^2}{R} \quad (6)$$

ko'rinishda yozamiz. Yadro yonilg'isi to'liq yonib bo'lganidan keyin ham yulduz nurlanishda davom etadi va uning energiyasi uzliksiz kamayib boradi. Energiya minimal qiymatga erishganida yulduzda muvozanat yuzaga keladi. Bu holda yulduzning (n/V) zichligi shu darajada kattalashadiki $p = \frac{h^2}{20m} \left(\frac{3}{\pi} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{n}{V} \right)^{\frac{4}{3}}$ bilan aniqlanuvchi kvantmehaniq bosim gravitatsion kolapisni to'xtatishga yetarli bo'ladi-yulduz oq mittiga aylanadi. Yulduz energiyasi minimal qiymatiga erishganda shu darajada sovigan bo'ladiki, issiqlik energiyasini xisobga olmaslik va (6) munosabatdan foydalanish mumkin bo'ladi. Energiyaning minimal qiymatini topish uchun $dE/dR=0$ tenglamani yechib,

$$R_{min} = \frac{xh^2}{4m_e} \left(\frac{9}{4\pi^2} xn \right)^{\frac{2}{3}} \frac{1}{Gnm_p^2} \quad (7)$$

minimal radius topiladi. Buni 6 ga qo'yib shu narsa aniq bo'ldiki $R=R_{min}$ gacha siqilgan yulduzning minimal energiyasidagi gravitatsion potensial energiyaning ulushi kinetik energiyadan ikki marta katta bo'ladi. Minimal energiya ifodasi

$$E_{min} = E(R_{min}) = -\frac{3}{5} G^2 n^3 m_p^4 \frac{2m_e}{xh^2} \left(\frac{4\pi^2}{9xn} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (8)$$

dan ko'ramizki, u manfiy shuning uchun ham bu holda yulduz muvozanat xolatda bo'ladi. Oq mittilarning o'rtacha parametrlari quydagicha : massa- $1.2 \times 10^{30} kg$, radius-9000km, o'rtacha zichlik - $400 \frac{kg}{sm^3}$ erkin tushish tezlanishi - $10^6 \frac{m}{m^2}$ ikkinchi kosmik tezlik - $4000 \frac{km}{c}$ tartibida. Ko'ramizki, oq mittining o'lchamlariga yaqin ,ammo uning massasi Yer massasidan million marta katta. Tekshirishlarning ko'rsatishicha, yadro yonilg'si yonib bo'lgan massiv yulduzlar ($M \cong 2.5 M_q$) ning gravitatsion siqilishi ulardagi modda zichligi atom yadrosiga tegishli $10^{14} \div 10^{15} \frac{g}{sm^3}$ zichliklarga yetguncha davom etadi. Bu jarayon davomida yadrolar pratonlar va neytronlarga ajralishdi. Aynigan elektronlarning energiyasi

bunday zichliklarda shunday kattalashadiki, ularning pratonlar bilan o'zaro tasirlashishi natijasida neytron va neytrinolar xosil bo'ladi:



Shu tufayli yulduz moddasidagi neytronlar miqdori sezilarli ortadi. Aynigan neytron Fermi-gazining kvantomexanik bosimi gravitatsion kolapisini to'xtatishga yetarli bo'ladi, shu tariqa neytron yulduz paydo bo'ladi. Neytron yulduzlar quydagi o'rtacha parametrlarga ega massasi $m = 2 \times 10^{30} kg$ (quyosh massasi tartibida), radiusi $10 \div 20$ km, zichligi $2 \times 10^{14} \frac{g}{sm^3}$ minimal aylanish davri $0.001c$, ikkinchi kosmik tezlik $(0.4 \div 0.5)c$ neytron yulduzlardagi modda zichligi, oq mittilar zichligi uchun topilgan

$$E(R) = \frac{3}{4} \frac{x n}{R} \frac{h c}{2} \left(\frac{9}{4 \pi^2} x n \right)^{\frac{1}{3}} - \frac{3}{5} G \frac{n^2 m_p^2}{R} \quad (10)$$

ifodaga o'xshash

$$(p_r)_n = \frac{8 \pi m_p}{3(1-x)} \left(\frac{m_p c}{h} \right)^3 = \frac{6 \times 10^{15}}{1-x} g/sm^3 \text{ formula bilan aniqlanadi. Neytron}$$

yulduz yulduzning to'liq energiyasi undagi neytronlar va elektronlarning to'liq kinetik energiyalari $(E_K)_e$ lar bilan gravitatsion potensial yeg'indisiga teng.

$$E(R,x) = (E_K)_n + (E_K)_e + W = \frac{3}{5} \frac{(1-x)n}{R^2} \frac{h^2}{8m_p} \left[\frac{9}{4\pi^2} (1-x)n \right]^{\frac{2}{3}} + \frac{3}{4} \frac{x n}{R} \frac{h c}{2} \left(\frac{9 x n}{4 \pi^2} \right)^{\frac{1}{3}} - \frac{3}{5} G \frac{n^2 m_p^2}{R} \quad (11)$$

Massasi $(M_{kr})_n$ dan katta bo'lgan neytron yulduzlar barqaror bo'lmasdan siqilishda davom etadi va oxir oqibatda qora o'raga aylanishi mumkin. Agar barcha yetarli massiv o'ta yangiliklarning portlashi qora o'raga olib kelganda edi, bizning galaktikamizdagi qora o'ralar soni bir necha o'n, xatto yuz millionga yetishi mumkin edi. Qora o'ralar mavjudligi xaqidagi fikr Eynshteyn tenglamalarining Shvartsschild tomonidan topilgan yechimlaridan topilgan. M massali yulduzdan nurlanuvchi $m = \frac{E}{c^2}$ fotonning yulduz gravitatsion maydonidagi potensial energiyasi $W = -GmM/R$ ga teng bo'ladi. Bunda E fotonning energiyasi. Foton yulduzdan chiqishda ana shu gravitatsion maydondagi potensial energiyasi

$$E > GmM/R \quad (12)$$

agar yetarli katta massa juda kichik hajimga yeg'ilgan bo'lsa, qandaydir $R=R_0$ masofada

$$E = G \frac{Mm}{R_0} = G \frac{M}{R_0} \frac{E}{c^2} \quad (13)$$

tenglik bajarilishi mumkin bu tenglikdan $R_0 = G \frac{M}{c^2}$ M massali o'ta zich ob'ektdan $R < R_0$ masofalarda bo'lgan hech qanday narsa hatto fotonlar ham uning gravitatsion tortishish kuchini yengib chiqib ketta olmaydi, demak tashqi kuzatuvchi uchun $R=R_0$ masofagach siqilgan ob'ektlar absolyut qora bo'ladi. Umumiy nisbiylik nazariyasi bajariluvchi aniq xisoblashlar R_0 masofa uchun $r_s = 2R_0 = \frac{2GM}{c^2}$ ifodani beradi bunda r_c shvartsshil radiusi yoki gravitatsion radius, radiusi r_c ga teng bo'lgan sfera hodisalar gorizonti deb yuritiladi. O'zining gravitatsion radiusi o'lchamigacha siqilgan jism o'ziga keluvchi har qanday signalni yutishi bilan o'zidan hech qanday signal chiqarmaydi. Bunday ob'ektlar qora o'ralar deb ataladi. Quyosh massasiga teng bo'lgan ob'ekt uchun $r_c = 3\text{km}$, $\rho_c = 2.5 \times 10^{16} \frac{\text{g}}{\text{sm}^3}$ ga yetadi. Ixtiyoriy jism uchun r_c va ρ_c lar

$$\rho_c = 2.5 \times 10^{16} \left(\frac{M}{M_q} \right)^2, \quad r_c = 3 \left(\frac{M}{M_q} \right) \quad \text{munosabat o'rinli bo'ladi.}$$

REFERENCES

1. Cosimo Bambi (10 Jun 2019) Astrophysical Black Holes: A Review arXiv:1906.03871v1 [astro-ph.HE]
2. A.O'.Rahimov, B.O.Otaqulov(1986) Maxusus nisbiylik nazariyasi va umumiy nisbiylik nazariyasi elementlri.
3. Daniela Pugliese and Hernando Quevedo (1 Apr 2022) Extracting information on black hole horizons arXiv:2204.00481v1 [gr-qc]