

Дәріс 7.

Қараңғы материя және қараңғы энергия

Дәрістің мақсаты – қараңғы материя мен қараңғы энергия ұғымдарын түсіндіру, олардың ашылу тарихын, қасиеттерін, түрлерін, галактикалардың айналу қисықтарын қарастыру.

Дәрістің жоспары:

1. Қараңғы материя мен қараңғы энергияның анықтамалары, ашылу тарихы.
2. Қараңғы материяның түрлері.
3. Галактикалардың айналу қисықтары.

Қараңғы материя мен қараңғы энергияның анықтамалары, ашылу тарихы

Қараңғы материя –электромагниттік сәуле шығармайтын, сонымен бірге онымен мүлдем әрекеттеспейтін, тікелей бақылаулар жүргізуге мүмкіндік бермейтін заттың ерекше түрі. Алайда, бұл зат гравитациялық өзара әсерлесуде көрінеді [1, 2].

Қараңғы материя терминін алғаш рет неміс астрономы Фриц Цвикки қолданды, ол 1937 жылы жарияланған Вероника шоқжұлдызындағы Кома шоғырындағы сегіз галактиканың радиалды жылдамдығын өлшеу бойынша жұмысында галактикаларды ұшып кетуден сақтау үшін толық масса көрінетін массадан 500 еседен артық болуы керек екенін көрсетті.

60-жылдардың аяғында Карнеги институтының астрономы Вера Рубин спиральды галактикалардағы жұлдыздардың көпшілігі орбитада шамамен бір бұрыштық жылдамдықпен қозғалатынын анықтады, бұл қараңғы материяның бар екенін білдірді. Зерттеу барысында жасырын массаның бар екендігін толық растайтын тағы бірнеше тәуелсіз жұмыстар жарияланды.

Hubble ғарыштық телескопының көмегімен C1 0024+17 галактикалар шоғырындағы қараңғы материяның "сақинасының" бейнесі алынды (Сурет-1). Бүгінгі таңда бұл қараңғы материяның бар екендігінің ең сенімді және көрнекі дәлелдерінің бірі болып табылады. Бұл жағдайда жасырын масса гравитациялық линзаның рөліне қатысады, бұл бірдей объектілерден жалған кескіндердің болуын және бастапқы көздің жарықтығын жоғарылатуды түсіндіреді. Мұндай сақинаның қалыптасуы екі алып галактикалық шоғырлардың соқтығысуымен байланысты.



Сурет-1. C1 0024+17 Галактика шоғырының кескіні

Сондай – ақ, ғаламның математикалық моделіне материяның (энергияның) тағы бір түрі - ғаламның үдемелі кеңеюін түсіндіретін қараңғы энергия (dark energy) енгізілді. Қараңғы энергия-бұл бүкіл ғаламды толтырып жатқан және оның үдемелі кеңеюінің себебі болып табылатын энергияның жұмбақ түрі. Қараңғы энергия өзін ауырлыққа қарсы түр ретінде көрсетеді, оларды тартудың орнына басқа заттарды итереді. Бұл оны гравитациялық күштер тартатын карапайым заттардан ерекшелендіреді.

Қараңғы энергияның таңғажайып қасиеттерінің бірі-оның тығыздығы уақыт өте келе, ғаламның кеңеюі кезінде тұрақты болып қалады. Бұл дегеніміз, ғаламның көлемінің ұлғаюымен әр текше метрдегі кара энергия мөлшері өзгеріссіз қалады.

Қараңғы энергия әлемдегі барлық энергияның шамамен 70% құрайды. Бұл оны энергияның басым түріне айналдырады және оның одан әрі дамуы мен құрылымын анықтайды.

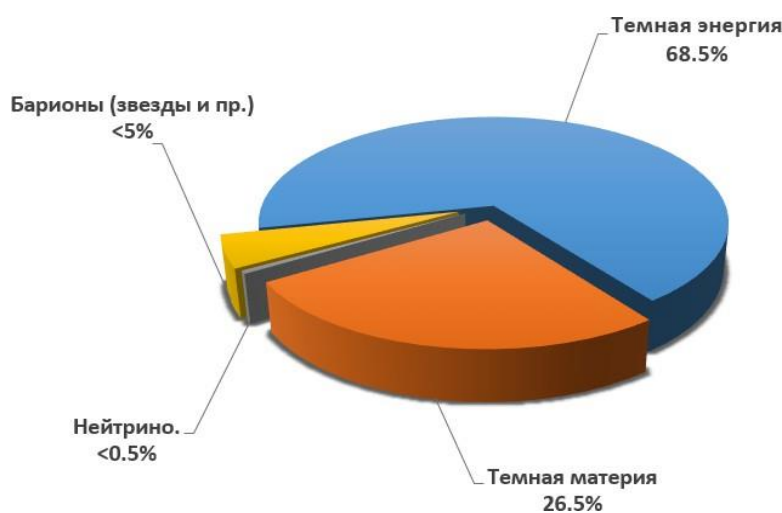
Қараңғы энергияның таңғажайып қасиеттерінің бірі-оның ғаламның кеңеюіне әсері болып табылады. Бақылауларға сәйкес, ғалам үдеумен кеңейеді және кара энергия бұл процесте шешуші рөл атқарады.

Бұрын ғаламның кеңеюі ауырлық күшінің әсерінен баяулайды деп ойлаған, өйткені галактикалар арасындағы тартылыс күші олардың қозғалысын бәсеңдетуі керек. Алайда, 1998 жылы ғаламның кеңеюі туралы ойымызды өзгерткен жаңалық ашылды. Астрономдар алыстағы галактикалар бізден баяулаудың орнына үдеумен алыстап бара жатқанын анықтады. Бұл бақылау Ғарыштағы қашықтықты өлшеу үшін өзіндік "стандартты шамдар" ретінде қызмет ететін Ia типті суперноваларды зерттеу негізінде жасалды. Нәтижесінде ғалымдар ауырлық күшіне қарсы тұратын және ғаламның кеңеюін жеделдететін күш бар деген қорытындыға келді. Бұл күш "қараңғы энергия"деп аталды [1, 2].

Қараңғы энергия ғаламның құрылымын қалыптастыруда маңызды рөл атқарады. Ол галактикалардың таралуына және ғаламның ірі масштабты құрылымына әсер етеді.

Қараңғы энергияның негізгі әсерлерінің бірі – оның ауырлық күшіне қарсы әсері. Бұл дегеніміз, қараңғы энергия галактикалар мен ірі масштабты құрылымдарда заттардың сығылуына және бірігуіне жол бермейді. Бір-біріне гравитациялық тартылудың орнына, галактикалар мен галактикалық шоғырлар қараңғы энергияның әсерінен бір-бірінен алыстайды.

Қазіргі астрофизикалық идеяға сәйкес, қарапайым барион материясы (галактикааралық газ, жұлдыздар және басқалар) 5% - дан аз, қара энергия 68.5%, нейтрино шамамен 0.5%, ал, қараңғы материя қалған 26.5% құрайды. Осылайша, біздің ғаламның масса-энергиясының шамамен 95%-ы бізге белгісіз массадан тұрады, оны зерттеу космология және астрофизика үшін маңызды (Сурет-2).



Сурет-2. Әлемдегі қараңғы материя мен қараңғы энергияның үлестірілуі.

Қараңғы материяның түрлері

Бүгінгі күні қараңғы материя бірнеше түрге жіктеледі, олардың әрқайсысының өзіндік кемшіліктері мен артықшылықтары бар. Ең танымал классификация – қараңғы материяны тасымалдаушы бөлшектердің жылдамдығы бойынша ыстық, жылы және суық деп бөлу.

-Ыстық қараңғы материя.

Ыстық қараңғы материя деп әлемнің эволюциялық кезеңінің басында фотондармен, электрондармен, позитрондармен толық байланыста болған және тепе-теңдіктен шыққан сәтте, өзара әрекеттесу тоқтаған кезде, олар жарық жылдамдығына жақын жылдамдықпен ұшып кеткен жеңіл бөлшектер деп саналады. Ғалымдардың айтуынша, мұндай бөлшектердің массасы электроннан 5000 есе жеңіл болуы керек. Бұған мысал ретінде нейтриноны қарастыруға болады. Бірақ та, бүгінгі таңда ыстық қараңғы материя ғаламның ауқымды құрылымына қайшы келеді.

-Суық қараңғы материя.

Суық кара материя әлемнің алғашқы сатысында релятивистік емес жылдамдықпен плазмадан бөлінген бөлшектер жатады. Ыстық модельден айырмашылығы, суық қараңғы материя, космология тұрғысынан ғаламның ауқымды құрылымын жоғары дәлдікпен сипаттайды. Дегенмен, кейбір мәліметтерде ол астрономиялық бақылауларға сәйкес келмейді.

Материяның бұл түрін тасымалдаушылар әдетте ондаған ГэВ - тен бірнеше ТэВ-ке дейінгі массалары бар аса массивті бөлшектер болып табылады. Бұл рөлге негізгі үміткер-WIMP-тер (Weakly Interactive Massive Particles) —өзара әлсіз әрекеттесетін массивтік бөлшектер.

-Жылы, қараңғы материя.

Қазіргі күні ең қолайлы – жылы қараңғы материя болып табылады. Бұл санаттағы бөлшектер суық пен ыстық арасындағы орташа жылдамдыққа ие, бірақ олар ерте сатысында релятивистік болды. Әдетте жылы қараңғы материяға жеңіл бөлшектер жатады, олардың массалары электронның массасынан 100 есе аз. Осыған мысал ретінде 1 эВ - 10 кэВ диапазонындағы массасы бар стерильді нейтриноны айтуға болады [2].

Галактикалардың айналу қисықтары

Галактикалардың айналу қисықтарының болуы – қараңғы материяның бар екендігінің ең айқын дәлелі болып табылады. Галактиканың айналу қисықтары дегеніміз – галактикадағы жұлдыздар мен газдың айналу жылдамдығының осы галактиканың центріне дейінгі қашықтыққа тәуелділігі.

Спиральды галактиканы, яғни, жұлдыздар мен газдың жалпақ диск түрінде жиналуын қарастырайық. Ол үшін алдымен Кеплер Заңын қолданайық: r радиусының шоғырындағы $M(r)$ массасы және галактиканың центрінен R қашықтықтағы $V(r)$ айналу жылдамдығы келесі қатынаспен сипатталады:

$$V^2(r) = \frac{GM(r)}{r}, \quad (1)$$

мұндағы G -гравитациялық тұрақты, ал $M(r)$ келесі түрге ие:

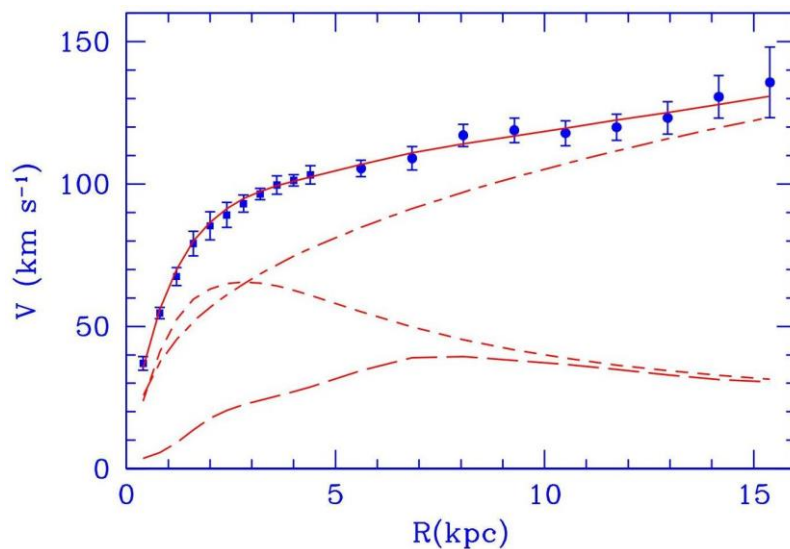
$$M(r) = 4\pi \int_0^r \rho(r)r^2 dr, \quad (2)$$

мұндағы $\rho(r)$ -заттың тығыздығының үлестірілуі.

Бақыланатын галактикалық дискінің аймағындағы $M(r) \approx const$ масса мен айналу жылдамдығы $\sim 1/\sqrt{r}$ болады.

Бірақ бақылаулар бұл тәуелділікке қайшы келеді. Шын мәнінде, галактика орталығынан алыстаған кезде жылдамдықтар $v(r) \approx const$ – азаймайтындығы анықталған. Бұған мысал ретінде, М33 галактикасын келтіруге болады (Сурет.2). Сонымен қатар, М33 галактикасынан басқа жүздеген спиральды галактикалар қарастырылған, олар үшін осыған ұқсас суреттер алынды [3]. Бұл графиктегі гало (нүктелі нүкте), жұлдызды диск (қысқа нүктелі сызық) және газдың үлесі (ұзын пунктир) көрсетілген. Галактиканың айналу қисықтарынан,

қараңғы материя көрінетін материяға толықтай дерлік үстемдік етеді деген тұжырымға келуге болады.



Сурет-2. М33 шиыршықты галактикасының айналу қисығы.

Әдебиеттер тізімі:

1. Сажин М.В. Современная космология в популярном изложении. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 240 с.
2. David Harvey, Richard Massey, Thomas Kitching, Andy Taylor, Eric Tittley "The non-gravitational interactions of dark matter in colliding galaxy clusters"// Science, Vol 347, Issue 6229 (2015)
3. Edvige Corbelli, Paolo Salucci "The Extended Rotation Curve and the Dark Matter Halo of M33"(1999) // arXiv:astro-ph/9909252