

Дәріс 1.

Космология. Космология пәні

Дәрістің мақсаты – Әлемнің құрылымы, пайда болуы және дамуы туралы ғылым ретіндегі негізгі тұжырымдамаларын талдау және түсіну, Әлемнің құрылымын түсіндіретін негізгі теориялар мен модельдерді қарастыру.

Дәрістің жоспары:

1. Космология пәніне кіріспе.
2. Космология ғылымының даму тарихы.
3. XX ғасырдың соңғы жылдарындағы космология.

Космология пәніне кіріспе

Космология – бұл жалпы Әлем, оның құрылымын, дамуының заңдылықтарын зерттейтін ғылым [1]. Космологияның теориялық негізін физикалық теориялар құрайды (гравитация теориясы, эл.-магн. өрістер, кванттық теория және т.б.). Сонымен қатар, космологияның негізгі зерттеу объектілеріне галактикалар, жұлдыздар, реликтік сәулелену (электромагниттік, гравитациялық-толқындық және нейтрино), планеталар, қараңғы материяның және энергияның кеңістіктегі таралуы, алыстағы аса жаңа жұлдыздардың жарқылдары жатады. Бұл галактикалық шоғырлар сияқты ірі масштабты құрылымдардың талдауын қамтиды. Бақыланатын ғаламның өлшемдері шамамен 10 миллиард жарық жылды құрайды. Бұл кеңістіктік масштабтағы ең үлкен ғылым нысаны болып табылады. Осыған байланысты космология басқа жаратылыстану пәндерінен айтарлықтай ерекшеленеді [1, 2].

Космология ғылымының қалыптасуы

Космология XX ғасырдың алғашқы онжылдықтарынан бастау алады. 1915-1917 жылдары американдық астроном Весто Сливфер галактикалардың (ол кезде тұмандықтар деп аталған) бір орында тұрмайтынын, бірақ олардың көпшілігі бізден алыстап бара жатқан кеңістікте қозғалатынын анықтады. Бұл тұжырым галактикалардың спектрлерін бақылаудан туындады: олардың қозғалысы спектрлік сызықтардың спектрдің қызыл ұшына қарай жылжуында көрінді [2].

Космология ғылым ретінде салыстырмалы түрде – XX ғасырдың басында қалыптасты. Заманауи космологияның теориялық негіздерін алғаш рет материяның изотропты және біртекті үлестірілу жағдайы үшін жалпы салыстырмалылық теңдеулерінің алғашқы шешімдерін алған орыс ғалымы А. А. Фридман жасады. "Изотропты" термині бір нүктеден байқалатын ғалам материясының қасиеттері әртүрлі бағытта бірдей екенін білдіреді. "Біртектілік" термині кеңістіктің әртүрлі нүктелеріндегі заттың қасиеттері де бірдей екенін білдіреді. Заттың негізгі сипаттамалары – бұл тығыздық, қысым және температура. Олар біртекті және изотропты түрде таралады. Әрине, жер жағдайында зат – біртектілік пен изотропиядан алыс. Жер беті мен оның үстіндегі ауа әр түрлі тығыздыққа ие. Алайда, егер біз $3 \cdot 10^{18}$ см жиегі бар текшені қарастыратын болсақ (астрономияда бұл өлшем бірлігі бір парсек деп аталады) және ондағы орташа тығыздықты есептеп, содан кейін сол текшені

жылжытсақ, онда тығыздықтың контрасты жер жағдайына қарағанда айтарлықтай аз екенін анықтаймыз. Космологияда Ғаламның шамамен біртекті және изотропты болатын масштаб, шамамен 200 Мпс [2, 3].

Фридман теориялық тұрғыдан болжаған ғаламның кеңеюін бірнеше жылдан кейін Хаббл анықтап, өзінің заңын ұсынды:

$$\vec{v} = H\vec{r}, \quad (1)$$

мұндағы v -қашықтағы нысанның жылдамдығы, H -Хаббл тұрақтысы, r -нысанға дейінгі арақашықтық. Қазіргі есептеулерге сәйкес, Хаббл тұрақтысы $H = 65 \text{ км/с} \cdot \text{Мпс}^{-1}$ шамасына тең екені анықталған. Бұл заң келесідей тұжырымдалады: егер галактикадан тыс объект бізден, мысалы, 100 Мпс-ге тең қашықтықта болса, онда ол бізден 6500 км/с жылдамдығымен алыстайды. Бұл заң біздің галактикадан өте алыс объектілер үшін жарамды екенін ерекше атап өткен жөн. Біздің галактиканы құрайтын жұлдыздар, шар тәріздес шоғырлар және басқа нысандар Хаббл Заңы бойынша қозғалмайды. Хаббл заңы тек бізден 10-20 Мпс-тен үлкен қашықтықта орналасқан галактикалар үшін орындала бастайды [1, 3].

Слайфер мен Хабблдың жаңалықтары, сондай-ақ одан әрі зерттеулер бүкіл заманауи космологиясының құрылуы мен дамуының бақылау негізін қалады. Біз қазір уақыт өте келе бұл әлемнің кеңейіп жатқаны белгілі болды. Ғаламның кеңеюі шамамен 14 миллиард жыл бұрын басталды, бұл үлкен уақыт кезеңі әлемнің жасы болып саналады. Космологиялық кеңеюді тудырған оқиға үлкен жарылыс деп аталады.

XX ғасырдың соңғы жылдарындағы космология

XX ғасырдың соңғы онжылдықтары космологияның қарқынды даму кезеңі болды. Осы уақыт ішінде реликті сәулелену, оның табиғаты және галактикааралық затпен өзара әрекеттесуі ашылып зерттелді. Ғалам эволюциясының алғашқы кезеңдері туралы мәліметтер, сонымен қатар ғаламның ірі масштабты құрылымының ұғымы және түсіндірмесі анықталды. Осының ықпалымен космологияның: неліктен біздің әлем біртекті және изотропты екені, неліктен уақыт өткен сайын кеңейетіні секілді және т.б. іргелі сұрақтарына жауап берілді.

Қазіргі космологияның тағы бір аспектісі қараңғы, көрінбейтін, материяның таралуын зерттеумен байланысты. Қараңғы материяның бар болуы күмән тудырмайды. Алайда, бұл материяның табиғаты әлі күнге дейін белгісіз. Көбіне тіпті бұл заттың ғаламда алатын формасы да белгісіз. Ол мысалы, планеталар мен жұлдыздар сияқты байланысқан денелер түрінде немесе кеңістікте таралған элементар бөлшектерден тұратын зат сияқты таратылған түрінде болуы мүмкін. Ғаламда қараңғы материяның бірнеше түрі болуы әбден мүмкін, олардың әрқайсысы басқа түрлерден ерекшеленетін белгілі бір формада болады. Гравитациялық линзалар мен ғаламның ірі масштабты құрылымын бақылау зерттеулері осы зерттеулермен тығыз байланысты.

Әлемнің ауқымды құрылымы (70-ші жылдардың аяғы, 80-ші жылдардың басы) реликтік сәулеленудің ашылуынан кейін (1992) реликті сәулеленудің

анизотропиясы анықталды [2]. Өткен ғасырдың соңғы жылдары жаңа ашылуларға толы болды. Қазір уақыттағы расталған және ғасырдың соңындағы ғылымның ең қызықты ашылуы болып табылатын құбылыс - бұл біздің ғаламның үдеумен кеңейіп келе жатқандығы. Үдемелі кеңеюді материяның ерекше түрінің - "квинтэссенцияның" болуымен түсіндіруге болады. Жер жағдайындағы материяның бұл түрі сияқты материя жоқ. Оның қасиеттері вакуумға ұқсас, бірақ нөлдік емес тығыздыққа ие. Сондай-ақ, қазіргі космологияның тағы бір қызығушылық тудыратын мәселелердің бірі-өте ерте ғаламды, оның үлкен жарылыстан кейінгі алғашқы секундтардағы эволюциясын зерттеу. Ғалам эволюциясының осы кезеңдері туралы эксперименттік деректер жоқ болса да, мұндай зерттеулердің маңызы зор.

Ғаламның кеңеюін әлемдік ғылымның классигі, орыс математигі Александр Фридман болжаған. Эйнштейн теориясын қолдана отырып, Фридман 1922-1924 жылдары әлемнің физика-математикалық моделін жасады, ол жалпы кеңею жағдайында ұсынылған болатын [3]. Бұл модельдің тікелей салдары жоғарыда айтылып өткен Хаббл бақылауларында ашылған жылдамдық пен қашықтықтың пропорционалдылық заңы болып табылады. Фридманның космологиялық моделі - қазіргі космологияның теориялық негізі. Бұл модель астрономиялық бақылау деректерімен бірге космологиялық кеңею динамикасын өте жақсы сипаттайды. Фридманның теориясын космологиялық кеңеюдің бірінші секундынан кейін бірден қолдануға болады. Осы бірінші секундтан басқа, әлемнің барлық тарихы бізге белгілі, сонымен қатар, бұл теория ғаламның болашағы туралы да айтады: ол космологиялық кеңею шексіз жалғасады деп болжайды.

1933 жылы швейцариялық-американдық астроном Фриц Цвикки ғаламдағы галактикалардың жарқыраған нысандарынан басқа, тек ауырлық күшімен байқалып, бірақ көрінбейтін, "жасырын" массалар болуы керек екенін болжады. Ол Андромеда тұмандығы немесе біздің Галактика сияқты мыңдаған жұлдызды жүйелерді қамтитын Кома галактикаларының шоғырын зерттеді. Галактикалар бұл шоғырда 1000 км/с жылдамдықпен қозғалады [4]. Оларды шоғырлар көлемінде ұстау үшін тек галактикалардың көрінетін, жарқыраған массаларын жасай алмайтын гравитация қажет екенін анықталды. Ол үшін күшті тартылыс қажет және Цвикки есептеулеріне сәйкес шоғыр галактикаларының көрінетін массаларының қосындысынан шамамен 10 есе үлкен қосымша масса қажет. Кейінірек, 1970 жылдары КСРО мен АҚШ астрономдарының күшімен жасырын массалар тек галактика шоғырларында ғана емес, сонымен қатар оқшауланған ірі галактикаларда да болуы керек екендігі анықталды. Ян Эйнасто, Вера Рубин, Джеремия Острайкер, Джим Пиблс және олардың әріптестері жасырын массалар көрінбейтін галактика галосын құрайтынын анықтады. Шындығында, спиральды галактикалардың айналу жылдамдығының центрге дейінгі қашықтыққа (айналу қисығы) тәуелділігін өлшеуге болады, ол жұлдыздар жүйесінде де, одан тыс жерлерде де байқалады (бейтарап сутегі бұлттарының қозғалысы арқылы). Галактиканың көрінетін дискісінен тыс аймақта айналу қисығы әдетте жазықтыққа айналады, яғни іс жүзінде қашықтыққа тәуелді емес. Барлық жағдайларда, бұл" жазық "

тәуелділіктің барысы жұлдыздар жүйесінде де, одан тыс жерде де жасырын заттың болуын көрсетеді, галодағы көрінбейтін заттың массасы галактиканың массасынан 3-10 есе көп болады. Бұл галолар сфералық пішінді, олардың радиустары жұлдыздық жүйелердің өлшемдерінен 5-10 есе үлкен. Андромеда тұмандығы немесе біздің Галактика сияқты ірі галактикалар 100 кпс дейінгі қашықтыққа созылатын көрінбейтін массаның таралуына батырылған жұлдызды дискіден тұрады. Бұл қараңғы гало, Цвиккидегі қосымша массалар сияқты, тек ауырлық күшімен көрінеді. Галактикалар мен шоғырлардың галосын толтыратын көрінбейтін зат қазір қараңғы материя деп аталады [2-4].

Қараңғы материяның болуын растайтын басқа қызықты эмпирикалық дәлелдер гравитациялық линзаның әсерімен байланысты. Галактикалық шоғырлар гравитация өрісі арқылы жарықтың ауытқуының Эйнштейн әсерін тудырады. Бұл жағдайда жарық көзі алыстағы галактикалар мен квазарлар болып саналады. Галактикалардың кескіндері олардың жарығы гравитациялық линзаның бір түрі ретінде қызмет ететін шоғырдың гравитациялық өрісінде өткен кезде бұрмаланады. Гравитациялық линзаның күшті және әлсіз түрлері бар. Күшті линзалау кезінде бұрмаланудың күшті болатыны соншалық, жарық көзінің бірнеше кескіні пайда болады. Бұл линза мен көздің арасындағы бұрыштық қашықтық салыстырмалы түрде аз болған кезде пайда болады. Салыстырмалы түрде үлкен бұрыштық қашықтықтарда бұрмалау айтарлықтай маңызды емес (әлсіз линзалау). Екі жағдайда да бұл әсер гравитациялық линза ретінде қызмет ететін шоғырдың массасын көрсетеді. Жүздеген мың және миллиондаған алыстағы галактикалар үшін осындай бұрмалануларды зерттей отырып, линзалар шоғырындағы массаның мөлшері мен таралуы туралы ақпарат алуға болады. Мұндай түрдегі бақылаулар шоғырларда үлкен жасырын массалар бар екенін үнемі көрсетеді.

Ширек ғасыр бұрын Я. Б.Зельдович қараңғы материя нейтринодан тұруы мүмкін деген ұғымды белсенді түрде дамытты [3]. Космологиялық нейтрино және антинейтрино ғаламда бар. Олар әлемнің жасы бір секундтан аз болған кезде затпен тепе-теңдігі бұзылды және содан бері ғарышта болды, энергияның қалған түрлерімен тек гравитациялық өзара әрекеттеседі. Олар кеңістіктің әр текше сантиметрінде орташа есеппен 300-ге жуық болуы керек. 1980 жылдардың басында зертханалық физикалық эксперимент бұл бөлшектерге нейтринолардың қара материя рөлін атқаруы үшін қолайлы массаларға ие болуға мүмкіндік бергендей болды. Алайда, қазір нейтрино массаларының едәуір аз екендігі белгілі болды, сондықтан оларды ең жақсы жағдайда қара материяның шамамен 10%-ын құрайды деп айтуға болады. Зельдовичтің идеясынан шыққан қазіргі гипотезалардың бірі-қараңғы материя негізінен нейтриноға өте ұқсас бөлшектерден тұрады: олар тұрақты, электр заряды жоқ және тек гравитациялық және әлсіз өзара әрекеттесуге қатысады. Алайда, мұндай бөлшектер массасы бойынша нейтринодан айтарлықтай ерекшеленеді: олар өте ауыр болуы керек, Протоннан шамамен 1000 есе ауыр, сондықтан мұндай бөлшектің тыныштық энергиясы шамамен 1 ТэВ құрайды. Мұндай бөлшектер осы уақытқа дейін теорияда да, физикалық экспериментте де белгілі болған жоқ. Егер олар шынымен бар болса, теория көрсеткендей, олар ғаламда

дұрыс мөлшерде болуы мүмкін. Осылайша космология қызықты болжамға келеді: табиғатта ғаламның бүкіл массасы мен энергиясының шамамен 25% - ын құрайтын, бариондардың үлесінен 4-5 есе көп болатын массивті, тұрақты, өзара әрекеттесетін элементар бөлшектер болуы керек [3].

Слайфердің алғашқы бақылауларынан және Эйнштейннің теориялық жұмысынан бастап, космология сол кездегі ғылымның абстракты болып көрінген ғылым саласынан ХХІ ғасырдың жаратылыстану ғылымдарының негізгі бағыттарының біріне айналды. Ол ғалам туралы негізгі фактілерден тұратын сенімді бақылау негізіне ие. Космология жалпы салыстырмалылық теориясын, ядролық физиканы және элементар бөлшектер физикасын қоса алғанда, барлық заманауи физикамен тығыз байланысты теорияны қалыптастырып, дамытады. Космология қазір адамзаттың жалпы мәдениетінің ажырамас бөлігіне айналатын әлемнің кең, бай және дәйекті бейнесін береді.

Әдебиеттер тізімі:

1. Вейнберг С. Гравитация и космология. – М.: Мир, 1975
2. Сажин М.В. Современная космология в популярном изложении. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 240 с.
3. Зельдович Я. Б. Теория крупномасштабной структуры Вселенной. Избранные труды. Кн. 2. — М.: Наука, 1985. — С. 280—289.
4. Пиблс Ф.Дж.Э. Структура Вселенной в больших масштабах. – М.: Мир, 1983. – 408 с.