

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ

**Студенттер мен жас ғалымдардың
«GYLYM JÁNE BILIM - 2023»
XVIII Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XVIII Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«GYLYM JÁNE BILIM - 2023»**

**PROCEEDINGS
of the XVIII International Scientific Conference
for students and young scholars
«GYLYM JÁNE BILIM - 2023»**

**2023
Астана**

УДК 001+37
ББК 72+74
G99

«GYLYM JÁNE BILIM – 2023» студенттер мен жас ғалымдардың XVIII Халықаралық ғылыми конференциясы = XVIII Международная научная конференция студентов и молодых ученых «GYLYM JÁNE BILIM – 2023» = The XVIII International Scientific Conference for students and young scholars «GYLYM JÁNE BILIM – 2023». – Астана: – 6865 б. - қазақша, орысша, ағылшынша.

ISBN 978-601-337-871-8

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 001+37
ББК 72+74

ISBN 978-601-337-871-8

**©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2023**

Әлішер Аружан Қажымұханқызы

arujan01th@gmail.com

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан

Ғылыми жетекші – Мырзақұлов Р:

Бұл мақалада алғашқы қара құрдымдардағы гравитациялық толқынға негізделген. Жалпы алғашқы қара құрдым дегеніміз - Үлкен жарылыстан кейін көп ұзамай ерте ғаламда пайда болған деп есептелетін қара құрдымдар болып табылады. Олар жұлдызды қара құрдымдар деп аталатын массивтік жұлдыздардың құлауынан пайда болатын қара құрдымдардан ерекшеленеді. Ал гравитациялық толқындар-бұл қара құрдымдар немесе нейтрондық жұлдыздар сияқты массивтік объектілердің үдеуінен туындаған кеңістік-уақыттағы толқындар. Екі қара құрдым біріктірілгенде, олар LIGO және Virgo сияқты гравитациялық толқын детекторлары анықтай алатын гравитациялық толқындардың жарылысын шығара алады. Бастапқы қара құрдымдар, егер олар бір-біріне қосылса, гравитациялық толқындар шығаруы мүмкін деп есептеледі. Мен бұл мақалада Бастапқы гравитациялық толқындарды алғашқы Ғаламның әртүрлі аспектілерін және оның негізгі физикалық теориясын шектеу үшін пайдалануға болатын, соның бірі - тензордың скалярға қатынасына және бұрылыс шкаласы Хаббл радиусынан шыққан кездегі SR энергетикалық инфляция шкаласына байланысты, біз осы шектеуді қарастыратын боламыз.

Бастапқы гравитациялық толқындарды алғашқы ғаламның әртүрлі аспектілерін және оның негізгі физикалық теориясын шектеу үшін пайдалануға болады. Сол шектеулердің бірі - тензордың скалярға қатынасына және бұрылыс шкаласы Хаббл радиусынан шыққан кездегі SR энергетикалық инфляция шкаласына байланысты, біз осы шектеуді қарастыратын боламыз. Алдымен Фредманның бірінші теңдеуінен [1-2]

$$H^2 = \left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{\rho}{3M_{PL}^2} - \frac{K}{a^2}, \quad (1)$$

мұндағы H - Хаббл параметрі, a - ғаламның масштаб коэффициенті, ρ - инфлатон өрісінің энергия тығыздығы, M_{PL} - Планк массасы. ал K - кеңістіктік қисықтықты сипаттайтын шама. Нүкте ғарыш уақытының туындысын білдіреді. Жазық жағдай үшін ($K = 0$) төмендейді. Сол кезде біз (2) теңдеуді аламыз

$$H^2 = \frac{\rho}{3M_{PL}^2}. \quad (2)$$

Келесі біз Ұлғайып жатқан Ғаламдағы біртекті инфлатон өрісінің қозғалыс теңдеуін жазатын болсақ,

$$\ddot{\phi} + 3H\dot{\phi} + V' = 0. \quad (3)$$

(1) теңдеуден SR жақындаған кезде инфлатон өрісінің энергия тығыздығын келесідей жуықтауға болады:

$$\rho = V(\phi), \quad (4)$$

мұндағы $V(\phi)$ - инфлатон өрісінің потенциалдық энергиясы. Мұны (1) теңдеуге ауыстырып, қайта құру арқылы біз аламыз

$$H^2 = \frac{V(\phi)}{3M_{Pl}^2} - \frac{K}{A^2}. \quad (5)$$

(5) теңдеудің екі жағында $3M_{Pl}^2$ көбейтеміз, нәтижесінде біз (6) теңдеуді аламыз

$$3M_{Pl}^2 H^2 = V(\phi) - 3M_{Pl}^2 \frac{K}{A^2}, \quad (6)$$

Инфляция кезінде K қисықтығы өте аз болғандықтан, біз оң жақтағы екінші мүшені елемеуге болады, сол кезде теңдеу келесідей жазылады.

$$3M_{Pl}^2 H^2 = V(\phi). \quad (7)$$

Бұл теңдеу Хаббл параметрін SR жуықтауындағы инфлатон өрісінің потенциалдық энергиясымен байланыстыратын теңдеу болып табылады.

Хаббл белгілі бір масштабты кесіп өткенде өлшенген осы шаманың қуат спектрі берілген

$$P_R = \frac{1}{2M_{PL}^2 \epsilon_H} \left(\frac{H}{2\pi} \right)^2. \quad (8)$$

Қисықтықтың бұзылуын бақылау деректерінің негізгі көзі СМВ бақылаулары болып табылады, олардан біз температура анизотропиясы туралы ақпарат аламыз. Ол қисықтық бұзылыстары әсер ететін СМВ поляризациясы болып саналады. Бақылаулар үшін тағы бір деректер көзі ретінде ғаламдағы материяның таралуын ала аламыз.

СМВ алынып тасталатын бастапқы қуат спектрінің статистикалық қасиеттерін екі еркін параметрмен қуат спектрі бойынша параметрлеуге болады [3]

$$P_R = A_s \left(\frac{k}{k_{pivot}} \right)^{n_s-1}, \quad (9)$$

мұндағы A_s - бастапқы қуат спектрінің амплитудасы, $n_s - 1$ - спектрлік индекс, ал $pivot$ - таңдалған қалыпқа келтіру шкаласы.

(7) теңдеуінен біз H Хаббл параметрі үшін $V(\phi)$ ретінде шеше аламыз

$$H^2 = \frac{V(\phi)}{3M_{PL}^2}. \quad (10)$$

Скалярлық қуат спектрі келесідей жаза аламыз

$$P_R = \left(\frac{1}{2M_{PL}^2} \right) \epsilon_H. \quad (11)$$

Қуат спектрінің қуат формасы бар деп есептесегенде, (9) теңдеуді жаза аламыз. Енді біз баяу орамның жуықтауын ϵ_H баяу орамның параметрін $V(\phi)$ потенциалмен және оның $V'(\phi)$ инфляция өрісіне қатысты туындысымен байланыстыру үшін қолдана аламыз

$$\epsilon_H = \left(\frac{M_{PL}^2}{2} \right) \left(\frac{V'(\phi)}{V(\phi)} \right)^2. \quad (12)$$

(12) теңдеуді (11) теңдеуге ауыстыру арқылы біз аламыз

$$A_s = \left(\frac{V}{24\pi^2 M_{PL}^4} \right) \left(\frac{V'(\phi)}{V(\phi)} \right)^2. \quad (13)$$

(10) және (12) теңдеулерді қолдана отырып, біз $V(\phi)$ және ϵ_H терминдерінде $V'(\phi)$ өрнегін алып тастай аламыз

$$V'(\phi) = \left(\frac{3M_{PL}^2 H^2}{\epsilon_H} \right) \frac{d}{d\phi} \ln(\epsilon_H), \quad (14)$$

(14) теңдеуді (13) теңдеуге қойғанда, біз аламыз

$$A_s = \left(\frac{V}{24\pi^2 M_{PL}^2} \right) \left(\frac{3M_{PL}^2 H^2}{\epsilon_H} \right) \left(\frac{d}{d\phi} \ln(\epsilon_H) \right)^2. \quad (15)$$

(1) теңдеуді және ғарыштық уақыт туындысы үшін $\frac{d}{dt} = -H \frac{d}{d\phi}$ қатынасын қолдана отырып, (15) теңдеуді келесідей қайта жаза аламыз

$$A_s = \left(\frac{V}{12\pi^2 M_{PL}^6} \right) \left(\frac{d \ln(\epsilon_H)}{dN} \right)^2. \quad (16)$$

мұндағы N - инфляцияның электронды қатпарларының саны, $N = \ln(a/a_{end})$ ретінде анықталады, мұндағы a - масштабты коэффициент, ал a_{end} - инфляцияның соңындағы масштабты коэффициенттің мәні.

Ақырында, біз (16) теңдеуді $V(\phi)$ - инфляциялық потенциал үшін өрнекті скалярлық қуат спектрінің бақыланатын мәндері және ϵ_H - баяулау параметрі тұрғысынан алу үшін пайдалана аламыз

$$V = \left(\frac{2\pi^2}{3} \right) A_s M_{PL}^4 \epsilon_H^2. \quad (17)$$

(17) теңдеуді (15) теңдеуге ауыстыру арқылы біз аламыз

$$A_s = \left(\frac{8\pi}{3} \right) \left(\frac{\epsilon_H}{\pi} \right)^2 \left(\frac{d \ln(\epsilon_H)}{dN} \right)^2, \quad (18)$$

ϵ_H үшін шешіп, оны (17) теңдеуге ауыстыра отырып, біз (19) өрнекке келеміз

$$V = 24\pi^2 M_{PL}^4 A_s \epsilon_H . \quad (20)$$

Бастапқы тензорлық бұзылулардың амплитудасы скалярлық бұзылулардың амплитудасымен салыстырғанда қатынас түрінде ұсынылуы мүмкін, яғни тензордың скалярға қатынасы

$$r = \frac{P_T}{P_R} , \quad (21)$$

(2.21) көмегімен және Планк ынтымақтастығымен берілген скалярлық амплитудасын ескере отырып, энергия шкаласы болады

$$V = (1.88 \times 10^{16} GeV)^4 \frac{r}{0.1} . \quad (22)$$

осылайша, r инфляция үшін энергетикалық шкаланы қамтамасыз етеді. Біз бұл жерде SR инфляциясы кезінде қуат спектрін анықтап, содан кейін жиынтық масштабта қолданамыз.

Біз бұл жұмыста бастапқы гравитациялық толқындардан алынған ақпарат, соның ішіндегі бастапқы гравитациялық толқындарды алғашқы ғаламның әртүрлі аспектілерін және оның негізгі физикалық теориясын шектеу үшін пайдалануға болатын, сол шектеудің бірі - тензордың скалярға қатынасына және бұрылыс шкаласы Хаббл радиусынан шыққан кездегі SR энергетикалық инфляция шкаласына байланысты, осы шектеуді қарастырдым. Алдымен Фредманның бірінші теңдеуінен және ұлғайып жатқан Ғаламдағы біртекті инфлатон өрісінің қозғалыс теңдеуін қолданылды. Хаббл белгілі бір масштабты кесіп өткенде өлшенген осы шаманың қуат спектрі берілген, сол қуат спектрі бойынша параметрлеу арқылы Хаббл параметрі үшін $V(\phi)$ ретінде шештік. Содан кейін скалярлық қуат спектрін жаздық. $V(\phi)$ - инфляциялық потенциал үшін өрнекті скалярлық қуат спектрінің бақыланатын мәндері және ϵ_H - баяулау параметрі тұрғысынан алу үшін пайдаланылды. ϵ_H біз V қою арқылы шешімін табамыз. Қорытындылай келе, шектеулердің бірі - тензордың скалярға қатынасына және бұрылыс шкаласы Хаббл радиусынан шыққан кездегі SR энергетикалық инфляция шкаласына байланысты. Ескере отырып, SR инфляциясы кезінде (7) теңдеу қолданылады, ал қуат спектрінің (8) және (9) арақатынасы бар, содан кейін жиынтық масштабты жазып алдық.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Guzzetti et al. In: La Rivista del Nuovo Cimento 39.9 (Aug. 2016), 399â495. issn: 0393697X, 0393697X. arXiv: 1605.01615v3 [astro-ph.CO].
2. Christian T. Byrnes and Philippa S. Cole. Lecture notes on inflation and primordial black holes. 2021. arXiv: 2112.05716 [astro-ph.CO].
3. Primordial black holes and gravitational waves from inflation Johannes Halkoaho Particle Physics and Astrophysical Sciences Cosmology