

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

**Студенттер мен жас ғалымдардың
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»
XIX Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XIX Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»**

**PROCEEDINGS
of the XIX International Scientific Conference
for students and young scholars
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»**

**2024
Астана**

УДК 001

ББК 72

G99

«ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024» студенттер мен жас ғалымдардың XIX Халықаралық ғылыми конференциясы = XIX Международная научная конференция студентов и молодых ученых «ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024» = The XIX International Scientific Conference for students and young scholars «ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024». – Астана: – 7478 б. - қазақша, орысша, ағылшынша.

ISBN 978-601-7697-07-5

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

ББК 72

G99

ISBN 978-601-7697-07-5

**©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2024**

8. Scandurra G., Smulko J., Kish L. B. Fluctuation-Enhanced Sensing: Review of Practical Issues //arXiv preprint arXiv:2004.01083. – 2020.

9. Daniel S. et al. A review of DNA functionalized/grafted carbon nanotubes and their characterization //Sensors and Actuators B: Chemical. – 2007. – Т. 122. – №. 2. – С. 672-682.

УДК 524.834

БАРРОУ ГОЛОГРАФИЯЛЫҚ КВАНТТЫҚ ХРОМОДИНАМИКА ЕЛЕС КҮҢГІРТ ЭНЕРГИЯСЫНЫҢ ТЕРМОДИНАМИКАСЫ

Шегебаева Ұлбосын Жұмабайқызы

ulbosyn.shegebayeva@mail.ru

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университетінің

Физика-техникалық факультеті «Жалпы және теориялық физика» кафедрасының
студенті, Астана, Қазақстан

Ғылыми жетекшісі – Алтайбаева А.Б

Абстракция

Бұл мақалада Барроу кванттық хромодинамика (КХД) голографиялық күңгірт энергиясының термодинамикасын қарастырамыз. Көзге көрінетін горизонтты ғаламның горизонты ретінде пайдаланып, Барроу энтропиясының термодинамикалық салдарын ескере отырып, КХД елес күңгірт энергиясын қайта құрдық және көкжиек энтропиясын анықтадық.

Кіріспе

Радиусы бұрын көрсетілген максималды қашықтыққа тең жүйе ретінде қарастырылатын бүкіл Ғаламның энтропиясының қара құрдым сияқты оның ауданына пропорционал болуы голографияны ғарыштық қолданудың негізгі құрамдас бөлігі болып табылады. Алайда, 1902 жылы Гиббс Больцман-Гиббс теориясын бөлу функциясы әр түрлі болатын жүйелерге қолдануға болмайтынын байқады, енді біз гравитациялық жүйелер осы санатқа жататынын білеміз [1]. Бұл бөлімде Барроу энтропиясына негізделген гравитациялық-термодинамикалық теория гипотезасын қолдана отырып, модификацияланған Фридман тендеулерін құру әдісі келтірілген. Біз көрінетін көкжиекті қоршаған көкжиек ретінде қарастыратынымызды айттық. Динамикалық көрінетін горизонт термодинамикалық шекара ретінде қызмет етеді деп есептесек, біз жалпыланған екінші заңның қолданылуын зерттейміз. Біздің мақсатымызға жету үшін көрінетін көкжиекте Барроу энтропиясы бар деп ойлаймыз.

Барроу КХД голографиялық күңгірт энергиясының термодинамикасы

Біз $a_0 = a(t=t_0) = 1$ деп санаймыз. Хокинг температурасынан кейін көрінетін көкжиектің Хейвард температурасы бойынша анықталады.

$$T_h = -\frac{1}{2\pi \dot{\tilde{r}}_a} \left(1 - \frac{\dot{\tilde{r}}_a}{2H \tilde{r}_a} \right) \quad (1)$$

немесе [4, 5] бойынша:

$$T_h = \frac{1}{2\pi \dot{\tilde{r}}_a} - \frac{1}{4\pi H \tilde{r}_a} \quad (2)$$

Бұл екі T_h формасы егжей-тегжейлі қарастырылды [6]. (2) формула $\frac{\dot{\tilde{r}}_a}{2H\tilde{r}_a} < 1$ болжамын қажет етеді. Біздің жағдайда $1 - \frac{\dot{\tilde{r}}_a}{2H\tilde{r}_a} = \frac{2a^{2\Delta}c}{2a^{2\Delta}c + a^2C_1\alpha(1+\Delta)} > 0$. Сондықтан (2) теңдеуді қарастырамыз.

(2) теңдеуге $\tilde{r}_a = \left(a^{2-2\Delta}C_1 + \frac{2c}{\alpha(1+\Delta)} \right)^{\frac{1}{1-\Delta}}$ теңдеуді пайдаланып, көрінетін көкжиекке байланысты температураны аламыз:

$$T_h = -\frac{a^{2\Delta}c \left(a^{2-2\Delta}C_1 + \frac{2c}{\alpha(1+\Delta)} \right)^{\frac{1}{1-\Delta}}}{2a^{2\Delta}c\pi + a^2C_1\pi\alpha(1+\Delta)} \quad (3)$$

Осыдан кейін [2, 3] біз берілген жағдай үшін энтропияны есептеуге көшеміз. Көрінетін горизонттағы термодинамиканың бірінші заңы гравитациялық термодинамика гипотезасын қолдану үшін келесі шарттарды қанағаттандырады деп қабылдаймыз:

$$dE = T_h dS_h + WdV \quad (4)$$

Ұлғайып жатқан әлем көлемінің өзгеруіне байланысты жұмыс тығыздығы $W = \frac{\rho - p}{2}$ [2, 7] арқылы берілген. (4) теңдеуде $E = pV$ көрінетін горизонттағы әлемнің жалпы энергиясын білдіреді, ал T_h және S_h сәйкесінше, көрінетін көкжиекке байланысты температура мен энтропия [2]. Көрінетін көкжиектің ауданы $A = 4\pi\tilde{r}_a^2$. Сәйкес, $V = \frac{4}{3}\pi\tilde{r}_a^3$ -көрінетін көкжиектің ауданы алатын көлем. $E = pV$ -ден

$$dE = r\pi\tilde{r}_a^2\rho d\tilde{r}_a - 4\pi\tilde{r}_a^3 p dt. \quad (5)$$

Сақталу теңдеуін пайдаланып, оны келесі түрде қайта жазуға болады

$$\dot{E} = 4\pi\tilde{r}_a^2(\rho\dot{\tilde{r}}_a - \tilde{r}_a H(\rho + p)) \quad (6)$$

Жоғарыда келтірілген теңдеу көрінетін көкжиекте қамтылған әлемнің жалпы энергиясының уақыттық туындысы болып табылады. Біздің зерттеуімізде елес күңгірт энергия мен күңгірт материя бар голографиялық Барроу КХД қарастырамыз. Осылайша (36) теңдеуді екі құраушыға бөлеміз:

$$\dot{E}_{EK\exists} = 4\pi\tilde{r}_a^2(\rho_{EK\exists}\dot{\tilde{r}}_a - \tilde{r}_a H(\rho_{EK\exists} + p_{EK\exists})) \quad (7)$$

$$\dot{E}_{KM} = 4\pi\tilde{r}_a^2(\rho_{KM}\dot{\tilde{r}}_a - \tilde{r}_a H(\rho_{KM})) \quad (8)$$

Горизонт энтропиясының уақыт туындысы Барроу энтропиясын дифференциалдау арқылы алынады

$$\dot{S}_h = \left(\frac{4\pi}{A_0} \right)^{1+\frac{\Delta}{2}} (2+\Delta) \tilde{r}_a^{1+\Delta} \dot{\tilde{r}}_a \quad (9)$$

Хабблдың қалпына келтірілген параметрін $H^2 = \left(a^{2-2\Delta} C_1 + \frac{2c}{\alpha(-1+\Delta)} \right)^{-\frac{2}{-1+\Delta}}$ ескере отырып,

Барроу голографиялық күңгірт энергия мен күңгірт материя үшін \dot{E} келесідей:

$$\dot{E}_{EK\check{a}, \text{реконст.}} = \frac{16a^{2+2\Delta} c C_1 \pi^2 \alpha^2 \left(a^{2-2\Delta} C_1 + \frac{2c}{\alpha(-1+\Delta)} \right)^{-\frac{25}{-1+\Delta}} (-1+\Delta^2)}{3(2a^{2\Delta} c + a^2 C_1 \alpha(1+\Delta))^2} \quad (10)$$

және

$$\dot{E}_{KM, \text{реконст.}} = - \frac{4\pi^2 \rho_{m0} \left(a^{2-2\Delta} C_1 + \frac{2c}{\alpha(1+\Delta)} \right)^{-\frac{26}{-1+\Delta}} (2a^{2\Delta} c - a^2 C_1 \alpha(1+\Delta))}{2a^{3+2\Delta} c + a^5 C_1 \alpha(1+\Delta)}. \quad (11)$$

(9) теңдеуге $\tilde{r}_a = \left(a^{2-2\Delta} C_1 + \frac{2c}{\alpha(-1+\Delta)} \right)^{\frac{1}{1-\Delta}}$ және $\dot{\tilde{r}}_a = \frac{2a^2 C_1 \alpha(-1+\Delta)}{2a^{2\Delta} c + a^2 C_1 \alpha(-1+\Delta)}$ теңдеулерін

пайдаланып, голографиялық Барроу КХД-ның елес күңгірт энергиясы есебінен горизонттағы энтропияның уақыттық туындысын төмендегідей аламыз

$$\dot{S}_h = \frac{2^{3+\Delta} a^2 C_1 \pi^{1+\frac{\Delta}{2}} \alpha \left(a^{2-2\Delta} C_1 + \frac{2c}{\alpha(1+\Delta)} \right)^{\frac{1}{1-\Delta}} \left(\frac{\left(a^{2-2\Delta} C_1 + \frac{2c}{\alpha(1+\Delta)} \right)^{-\frac{2}{-1+\Delta}}}{A_0} \right)^{\frac{\Delta}{2}}}{2a^{2\Delta} A_0 c + a^2 A_0 C_1 \alpha(1+\Delta) (-2+\Delta+\Delta^2)^{-1}}. \quad (12)$$

Мұнда гравитациялық термодинамикадағы динамикалық көрінетін горизонт пен ішкі сұйықтықтың температурасы тең деп қабылданған, әйтпесе температура айырмашылығына байланысты тепе-теңдіксіз термодинамика пайда болуы мүмкін еді. Осылайша, горизонт ішіндегі сұйықтықтың температурасын горизонт температурамен анықтаймыз. Термодинамиканың бірінші заңынан ол келесідей [8]

$$\dot{S}_{KM} = \frac{1}{T_h} (\rho_{KM} \dot{V} + \dot{E}_{KM}), \quad (13)$$

$$\dot{S}_{EK\check{a}} = \frac{1}{T_h} (\rho_{EK\check{a}} \dot{V} + \dot{E}_{EK\check{a}}). \quad (14)$$

Бұл жағдайда горизонт ішіндегі күңгірт энергия мен күңгірт материяның уақыт туындылары мына түрге ие болады

$$\dot{S}_{KM} = \frac{4a^{-3-2\Delta}\pi^3\rho_{m0}\left(a^{2-2\Delta}C_1 + \frac{2c}{\alpha(1+\Delta)}\right)^{-\frac{27}{-1+\Delta}}\left(-2a^{2\Delta}c + a^2C_1\alpha(1+\Delta)\right)}{c} \quad (15)$$

$$\dot{S}_{ЕКЭ} = \frac{1}{3(2a^{2\Delta}c + a^2C_1\alpha(1+\Delta))^2} \times \left(16a^2C_1\pi^2\alpha^2(1+\Delta)\left(a^{2-2\Delta}C_1 + \frac{2c}{\alpha + \alpha\Delta}\right)^{-\frac{26}{-1+\Delta}} Q \right) \quad (16)$$

$$Q = \left(\pi(1+\Delta)(2a^{2\Delta}c + a^2C_1\alpha(1+\Delta)) - \left(a^{2-2\Delta}C_1 + \frac{2c}{\alpha + \alpha\Delta}\right)^{-\frac{24}{-1+\Delta}}(6a^{2\Delta}c + a^2C_1\alpha(-1+\Delta + 2\Delta^2)) \right)$$

(12), (15) және (16) теңдеулерінде алынған энтропиялардың уақыт бойынша туындыларын қосқанда, біз толық энтропияның уақыт бойынша туындысын аламыз

$$\dot{S}_{жалпы} = A + B + C, \quad (17)$$

$$A = \frac{1}{3a^3} 4\pi \left(a^{2-2\Delta}C_1 + \frac{2c}{\alpha + \alpha\Delta} \right)^{-\frac{27}{-1+\Delta}} \left(3\pi^2\rho_{m0} \left(-2 + \frac{a^{2-2\Delta}C_1\alpha(1+\Delta)}{c} \right) \right);$$

$$B = \frac{32^{1+\Delta} a^5 C_1 \pi^{\Delta/2} \alpha (1+\Delta) (2+\Delta) \left(a^{2-2\Delta} C_1 + \frac{2c}{\alpha + \alpha\Delta} \right)^{-\frac{26}{-1+\Delta}} \left(\frac{\left(a^{2-2\Delta} C_1 + \frac{2c}{\alpha + \alpha\Delta} \right)^{-\frac{2}{-1+\Delta}}}{A_0} \right)^{\frac{\Delta}{2}}}{2a^{2\Delta} A_0 c + a^2 A_0 C_1 \alpha (1+\Delta)};$$

$$C = \frac{4a^5 C_1 \pi \alpha^2 (1+\Delta) \left(a^{2-2\Delta} C_1 + \frac{2c}{\alpha + \alpha\Delta} \right)^{-\frac{1}{-1+\Delta}} \left(\pi(1+\Delta)(2a^{2\Delta}c + a^2C_1\alpha(1+\Delta)) - \left(a^{2-2\Delta}C_1 + \frac{2c}{\alpha + \alpha\Delta}\right)^{-\frac{24}{-1+\Delta}}(6a^{2\Delta}c + a^2C_1\alpha(-1+\Delta + 2\Delta^2)) \right)}{(2a^{2\Delta}c + a^2C_1\alpha(1+\Delta))^2}$$

Горизонт ішіндегі күңгірт материя мен күңгірт энергия энтропияларының уақыт туындыларын және горизонттағы энтропия уақытының туындысын қосу арқылы біз жалпы $\dot{S}_{жалпы}$ энтропиясының уақыт туындысын аламыз. Жалпы энтропияның туындысы уақыт бойынша оң болып қалады және монотонды өсу сипатына ие болады. Бұл термодинамиканың жалпыланған екінші заңының Барроу жағдайында күңгірт энергиямен голографиялық КХД жағдайында әділеттілігін көрсетеді. Бұл кезеңде біз квинтессенциядан фантомға өтудің термодинамикалық аспектісіне түсініктеме береміз. Егер біз қазіргі ғаламның екі көшірмесін алсақ, біреуі оң, екіншісі теріс температурада болса және оларды термиялық байланысқа қойсақ, онда жылу әрқашан теріс температуралы ғаламнан оң энергиялы ғаламға түседі. Бұл фантомдық энергияның үстемдік ету уақыты, $w_{жалпы, реконст}$ сәйкес келген кезде ғарыштық эволюцияның міндетті түрде "ыстық" режимінің пайда болуын көрсетеді. Квинтессенциядан фантомдық үстем ғаламға жалпыланған екінші заңға ауысудың әсерін ескере отырып, біз қоршаған көкжиектің уақыты мен көкжиектің

ішіндегі уақыт туындысын анықтай аламыз. Шамамен $z = -0.25$ ауысу болды және сол кезде энтропия нөлге жуық болды. Біз қысқаша шолуда квинтессенция мен Фантом басым ғаламдарды қарастырдық және жалпы энтропия уақыттың кемімейтін функциясы екенін көрсеттік. Егер олай болмаса, термодинамиканың екінші заңы жарамсыз болады.

Қорытынды

Мен бұл мақалада Барроу КХД голографиялық күңгірт энергиясының термодинамикасын зерттедім. Көрінетін көкжиекті ғаламның көкжиегін қамтитын ретінде қарастыра отырып, горизонттағы энтропия мен горизонт ішіндегі сұйықтықтың уақыт туындыларын есептедім. Толық энтропия уақытының туындысын горизонт ішіндегі күңгірт материя мен күңгірт энергияның энтропия уақытының туындыларын және горизонттағы энтропия уақытының туындысын қосу арқылы алдым. Жалпы энтропия, сәйкесінше, уақыт бойынша толық энтропияның туындысы монотонды түрде артады және оң деңгейде қалады. Термодинамиканың жалпыланған екінші заңы Барроу КХД голографиялық елес күңгірт энергиясы жағдайында дұрыс. Қосымша зерттеу ретінде голографиялық күңгірт энергияның ең жалпыланған нұсқасында КХД елес күңгірт энергиясын қалпына келтіру процесін жүргізуді ұсынамын.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Saridakis, E.N., Bamba, K., Myrzakulov, R. and Anagnostopoulos, F.K., 2018. Holographic dark energy through Tsallis entropy. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, 2018(12), p.012.
2. Sheykhi, A., 2023. Modified cosmology through Barrow entropy. *Physical Review D*, 107(2), p.023505.
3. Ghosh, R., Pasqua, A. and Chattopadhyay, S., 2013. Generalized second law of thermodynamics in the emergent universe for some viable models of $f(T)$ gravity. *The European Physical Journal Plus*, 128, pp.1-11.
4. Abdolmaleki, A., Najafi, T. and Karami, K., 2014. Generalized second law of thermodynamics in scalar-tensor gravity. *Physical Review D*, 89(10), p.104041.
5. Herrera, R. and Videla, N., 2014. The generalized second law of thermodynamics for interacting $f(R)$ gravity. *International Journal of Modern Physics D*, 23(08), p.1450071.
6. Tian, D.W. and Booth, I., 2015. Apparent horizon and gravitational thermodynamics of the universe: solutions to the temperature and entropy confusions and extensions to modified gravity. *Physical Review D*, 92(2), p.024001.
7. Hayward, S.A., 1998. Unified first law of black-hole dynamics and relativistic thermodynamics. *Classical and Quantum Gravity*, 15(10), p.3147.
8. Mamon, A.A., Paliathanasis, A. and Saha, S., 2021. Dynamics of an interacting Barrow holographic dark energy model and its thermodynamic implications. *The European Physical Journal Plus*, 136(1), pp.1-14.