

GENERALIZED 2ND LAW OF THERMODYNAMICS IN D-DIMENSIONAL FRAMEWORK*Arzu Coruhlu Tanisman¹, Mustafa Salti^{1*}, Hilmi Yanar¹ and Oktay Aydogdu¹*¹Department of Physics, Faculty of Arts and Sciences, Mersin University, Mersin, 33343, Turkeyarzucoruhlu@hotmail.com, msalti@mersin.edu.tr, hilmiyanar@mersin.edu.tr,
oktaydogdu@mersin.edu.tr

* Corresponding author: msalti@mersin.edu.tr

Investigating the generalized form of thermodynamical laws is one of the significant issues in theoretical physics today. Jacobson [1] was the first scientist who introduced a gravity-thermodynamics relation and he rewritten the general relativistic field equations [2] on the local Rindler horizons [1]. After this pioneering study, this important puzzle has been extended to the cosmological perspective. Cai and Kim [3], in 2005, proved that the general relativistic Friedmann equation can be obtained from the first law thermodynamics. On the other hand, the recent astrophysical observations have shown that our universe entered in an accelerated expansion phase [4-7]. This significant phenomenon is one of the well-established notions in modern cosmology and it is generally accepted [4-7] that the main reason of entering the speedy expansion territory is two exotic dark contents (dark matter and dark energy). The above conclusions motivated us to discuss whether the 2nd law of thermodynamics is valid in D-dimensional Friedmann-Robertson-Walker type framework. We also discuss our theoretical results numerically in order to get cosmological interpretations for the future of our universe.

Key words: *Cosmology, extra dimensions, dark energy, thermodynamics.*

Acknowledgement: The study was supported by the Research Fund of Mersin University in Turkey with project No. 2018-2-TP2-2988.

D-BOYUTLU ÇERÇEVEDE TERMODİNAMİĞİN GENELLEŞTİRİLMİŞ 2. YASASI

Arzu Coruhlu Tanisman¹, Mustafa Saltı^{2*}, Hilmi Yanar³ and Oktay Aydogdu⁴

Fizik Bölümü, Fen-Edebiyat Fakültesi, Mersin Üniversitesi, Mersin, 33343, Turkey

arzuruhlu@hotmail.com, msalti@mersin.edu.tr, hilmiyanar@mersin.edu.tr,
oktaydogdu@mersin.edu.tr

* Sorumlu yazar: msalti@mersin.edu.tr

Termodinamiğin ikinci yasasının araştırılması günümüz kuramsal fiziğinin önemli konularından bir tanesidir. Jacobson [1] kütleçekim-termodinamik ilişkisini öneren ilk bilim insanıdır ve kendisi genel görelilik alan denklemlerini [2] yerel Rindler ufku kullanarak [1] yeniden yazmıştır. Bu öncü çalışmadan sonra, burada bahsedilen önemli bulmaca kozmolojik bakış açısına genişletilmiştir. Cai ve Kim [3], 2005 yılında, genel görelilikte yazılan Friedmann denklemlerinin termodinamiğin birinci yasasından elde edilebileceğini ispatladılar. Diğer yandan, güncel astrofizik gözlemleri evrenimizin ivmeli genişleme fazına geçtiğini göstermiştir [4-7]. Bu önemli olgu çağdaş kozmolojinin iyi bilinen kavramlarından bir tanesidir ve genel olarak ivmeli genişleme aşamasının nedeninin iki gizemli içerikten (karanlık madde ve karanlık enerji) kaynaklandığı kabul edilmektedir [4-7]. Bahsi geçen bu sonuçlar bizi termodinamiğin 2. yasasının D-boyutlu Friedmann-Robertson-Walker tipi çerçevede geçerli olup olmadığını araştırmaya yönlendirmiştir. Ek olarak, evrenimizin geleceği hakkında kozmolojik yorumlamalar elde etmek için kuramsal sonuçlarımızı sayısal olarak ta tartıştık.

Anahtar sözcükler: *Kozmoloji, ilave boyutlar, karanlık enerji, termodinamik.*

Teşekkür: Bu çalışma 2018-2-TP2-2988 numaralı proje kapsamında Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

References/Kaynaklar

- [1] Jacobson, T., Thermodynamics of Spacetime: The Einstein Equation of State, *Phys. Rev. Lett.*, 75 (1995), pp. 1260.
- [2] Einstein, A., The Foundation of the General Theory of Relativity, *Sitzungsber. Preus. Akad. Wiss. Berlin (Math. Phys.)*, 47 (1915), pp. 778.
- [3] Cai, R.G. and Kim, S.P., First Law of Thermodynamics and Friedmann Equations of Friedmann-Robertson-Walker Universe, *JHEP*, 02 (2005), 050.
- [4] Riess, A.G., et al., Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant, *Astron. J.*, 116 (1998), pp. 1009-1038.
- [5] Bernardis, P. de, et al., A Flat Universe from High-Resolution Maps of the Cosmic Microwave Background Radiation, *Nature*, 404 (2000), pp. 955.
- [6] Perlmutter, S., et al., Measurements of Omega and Lambda from 42 High-Redshift Supernovae, *Astrophys. J.*, 517 (1999), pp.565.
- [7] Ade, P.A.R., et al., Planck 2013 results. XVI. Cosmological parameters, *Astron. and Astrophys.*, 571 (2014), A16.