

# MUTLAK SIFIR GERÇEKTEN SIFIR MI?

Selçuk BAYIN\*

**1912** yılında Nernst, termodinamiğin üçüncü kanunu sonucunda bir sistemin sıcaklığını mutlak sifıra düşürmenin imkânsız olacağını söyledi. Ayrıca birbirini takip eden isotermler sıkıştırma ve ardından adiabatik genişlemeleri ile mutlak sifıra istenildiği kadar yaklaşılabileceğini de gösterdi. Mutlak sıfırın ulaşılamaz olması ise, böyle sonsuz sayıda adımın gerekmesi ile izah edildi. Bu durum fizikçiler arasında mutlak sifıra yaklaşma konusunda heyecanlı bir yarışa başlattı. Bu konudaki en son rekor ise, Lounasmaa(1) tarafından 1989 yılında  $2 \times 10^{-9}$  K olarak elde edildi.  $10^{-6}$  -  $10^{-9}$  K arasındaki fiziksel olayların  $1-10^9$  K arasındaki fiziksel olaylar kadar zengin olması beklendiğinden, mutlak sifıra yaklaşma arzusu daha uzun süre ilginç araştırmalara konu olacağına benzer.

Fizikçilerin ve filozofların ilgisini çeken bir başka problem ise, verilen bir bölgede mutlak boşluğun oluşturulmasıdır. Bir bölgede boşluk oluşturmanın yolu, o bölgedeki bütün görünen maddeleri; katıları, sıvıları ve gazları boşaltmaktır. Planck'ın bilimde devrim yapan çalışması sonucu ise, yukarıda anlatıldığı biçimde boşaltılmış bir bölgenin gene de duvarların sıcaklığında termal radyasyon ihtiva edeceği ortaya çıktı. Kısaca, bir bölgeyi tamamen boşaltmak için aynı zamanda duvarların mutlak sifıra soğutulması da gerekmektedir.

Kuantum alan teorisinin geliştirilmesi ve Casimir'in ilginç çalışması sonucunda boşluk kavramı bir kez daha değişti. Verilen bir bölgedeki duvarların sıcaklığına bağlı olan ışımaya duvarları mutlak sifıra (prensipte) soğutarak elimine etsek bile, o bölgede gene de sıfır noktası radyasyonu tabir edilen bir radyasyon bulunur. Casimir'in bu şaşırtıcı buluşunun gerçek olduğu daha sonra yapılan deneylerle kanıtlandı.

Sıfır noktası radyasyonunun bir özelliği, saf bir durumdan ibaret olmasıdır. Yani sıcaklığı gibi entropisi de sıfırdır. Gerçek deneylerde ise ne kadar küçük olurlarsa olsunlar etkileşimler vardır. Dolayısı ile verilen bir saf durumun zamanla ısısal dengeye gelmesi beklenir. Oysa, Casimir'in ilk hesaplarında kullanılan kuantum alanı etkileşmez. Bu modelde sıfır noktası radyasyonu saf halde sonsuza dek kalır. Sonra, daha gerçekçi durumlar için de Casimir etkisinin hesapları yapılmıştır.

Klasik boşluk kavramımıza bir darbe de Unruh'un çalışmaları ile gelir. Unruh, ivmesiz (inertial) bir gözlemcinin boşluk olarak gördüğü bir halin (yani gerçek parçacıkların olmadığı bir durumun) sabit bir ivme ile hareket eden bir gözlemci tarafından,  $T = (\hbar/2\pi ck) a$  sıcaklığında bir ışımaya olarak algılanacağını gösterir. Burada  $a$  ivme,  $h$  Planck sabiti,  $k$  Boltzmann sabiti ve  $c$  ise ışık hızıdır.

Boyer 1985 yılında eşdeğerlik prensibini (principle of equivalence) kullanarak Unruh'un çalışmasının ilginç bir sonucunu anlatır(2). Eşdeğerlik prensibi kütleçekimi alanında (bir noktada ve civarında) duran bir gözlemci ve sabit bir ivme ile kütleçekiminin olmadığı bir bölgede hareket eden gözlemcinin tecrübelerinin birbirinden ayırt edilemeyeceğini söyler. Bu prensibi kullanarak, Boyer yer yüzündeki kütleçekimi ivmesi ( $GM/R^2$ ) ile Unruh'un sıcaklığındaki ivmeyi değiştirir ve yer yüzünde ulaşılacak en düşük sıcaklık olarak  $\sim 4 \times 10^{-18}$  K gibi bir değer elde eder. Maalesef bu sıcaklık, laboratuvar da halen ulaşılmış en düşük sıcaklığın epey altında bir değerdir.

Buna rağmen eşdeğerlik prensibinin böyle basit uygulamaları, bazen bir noktayı açıklamak için yararlı olsa da bizi yanlış neticelere itebilir. Örneğin, ışığın güneşin yanından geçenken sapma miktarı, eşdeğerlik prensibi ve Newton potansiyeli kullanılarak bulunursa, Einstein alan denklemleri çözülerek bulunacak olan gerçek değerden iki kat daha küçük olur.

Kozmolojide kullanılan Friedmann uzaylarında termodinamik parametreler ile bazı geometrik parametreler arasındaki benzerlikten yararlanılarak Boyer'in sıcaklığından daha geçerli olabilecek bir sıcaklık bulunur(3). Bu çalışmada kapalı Friedmann (kapalı evren) geometrisi üzerinde kütlelesiz konformal skalar alan detaylı bir biçimde incelenir ve kuantum boşluk salınımlarının renormalize edilmiş enerji momentum tensörünün sıcaklığı  $T = \frac{1}{2\pi} (\hbar c/k)$

( $1/R$ ) olan termal radyasyondan farksız olduğu gösterilir. Burada,  $R$  evrenin yarı çapıdır. Daha sonra bölgesel termodinamik kavramı kullanılarak, zamanla ve uzayla yeterli kadar yavaş değişen uzay-zamanlar için de geçerli olabilecek bir kütleçekimsel sıcaklık tanımı önerilir. Bu sıcaklık küresel simetrik cisimlere uygulandığında, yıldızın yüzeyindeki kütleçekimsel sıcaklık kara delik limitinde, yani yıldızın yüzeyi Schwarzschild yarı çapına yaklaştığında, Hawking'in karadelikler için bulduğu kütleçekimsel sıcaklığa aynen indirgenir. Dünya üzerinde yapılacak deneyler için ise, bu formül ulaşılacak en düşük sıcaklık olarak Boyer'in sıcaklığından üç mertebe daha büyük olan  $\sim 10^{-15}$  K verir. Bunun ise gözlemlenme şansı çok daha fazladır.

Son olarak, gravitasyonel sıcaklık ve dolayısı ile gravitasyonel entropinin kaynağına değineceğiz. Bilindiği gibi istatistik mekanikte entropi, verilen bir makro-durumu meydana getirebilecek mikro-durumların sayısının logaritmasına orantılı olarak tanımlanır. Einstein gravitasyon teorisinde ise, gravite evrenseldir ve verilen bir sistemin gravitasyonel

\* Doç.Dr., ODTÜ Fizik Bölümü.

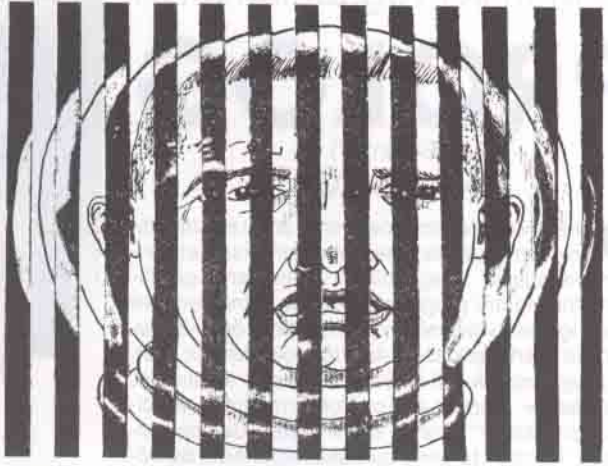
## TAŞIT TUTMASINA KARŞI YENİ METOTLAR

Pensilvanya Hershey Tıp Merkezi'nden Kenneth L. Koch ve arkadaşları, taşit ve deniz tutmasının nasıl meydana geldiğini daha iyi anlamak ve etkili bir tedavi metodu bulmak için çaba sarfediyorlar.

Bu araştırmada uyguladıkları test sayesinde, gönüllü adaylarda suni bir bulantı hissi ve baş dönmesi meydana geliyor. Beyindeki denge merkezine ulaşan birbirine zıt bilgiler nedeniyle yaklaşık 15 dakika içerisinde belirtiler gözlenmeye başlıyor: Baş ağrısı, baş dönmesi, nabız artışı ve mide bölgesindeki baskı hissiyle ters peristaltizm başlıyor ve mide içeriği boşalıyor.

Deniz tutması şikâyetli bulunan kişilerde, deneyin başlamasından kısa bir süre sonra, bulantı hissi de belirmeden önce, stress hormonlarından adrenalin ve noradrenalin daha sonra ise vazopressin düzeyinde aşırı bir artış gözleniyor. Bu esnada, mide üzerinden yukardan aşağıya ilerleyen elektrik dalgalarının sayısında 3-9 katlık bir artış dikkati çekiyor. Diğer taraftan kontrol grubunda, hiçbir fizyolojik değişikliğe rastlanmıyor. Koch'a göre, taşit tutması esnasında devreye giren hormonal döngüye müdahale edebilecek ve özellikle de vazopressini zamanında bloke edebilecek bir ilaçla, taşit tutmasını engellemek mümkün olacaktır.

Çinli doktorların yüzyıllardan beri taşit tutmasına karşı akupunktur tedavisi uyguladıkları biliniyor. Koch ile işbirliği yapan Sengi Hu'nun araştırmasına göre, teste tâbi tutulan zenci ve beyazların ancak % 50-60'ı etkilendiği halde, Asyalıların hemen hepsi etkileniyor. Bu farklılığı da, muhtemelen nörotransmitter sistemlerinin hassasiyetinin farklılığına, bunu da genetik bir temele dayandırıyorlar.



**Doktorlar, yukarıdaki karikatür gibi birtakım araçlar kullanarak, gönüllüler üzerinde suni bir taşit tutması hissi uyandırıyorlar. Bu tür deneylerden yola çıkarak, taşit ve deniz tutmasına karşı uygun ilaçları geliştirmeyi amaçlıyorlar (yanda).**

Çinlilerin iğnelerle yaptıklarını, Amerikalı bilim adamları elektronik bir akupunktur cihazı ile başırdılar. Ön kolun iç tarafına yerleştirilen cihaz, Neiguan Noktası adı verilen yeri zayıf bir elektrik akımıyla sürekli bir şekilde stimule ediyor. Stimulasyon sayesinde spazmlar çözülüyor. Amerikalı doktorlar, elektronik akupunktur cihazı sayesinde, testleri esnasında meydana gelen bulantının şiddetini ve sıklığını belirgin bir şekilde düşürmeyi başardılar.

**GEO, Temmuz 92'den çev.:  
Abdullah YILMAZ**

alanına bakarak ancak onun toplam enerji-momentum dağılımı hakkında bilgi sahibi olabiliriz. Verilen bir enerji-momentum dağılımını oluşturmanın ise, birçok yolu vardır. Ancak, tahmin edilebileceği gibi bu sayı, klasik gravite teorisinde sonsuzdur. Bu safhada kuvantum mekaniği devreye sokularak, büyük fakat sonlu bir sayı elde edileceği kolayca görülür. Dolayısı ile sonlu bir gravitasyonel entropinin ve buna bağlı olarak da sonlu bir gravitasyonel sıcaklığın varlığı hissedilebilir. Ne yazık ki, şu anda elimizde tutarlı bir kuvantum gravite teorisi olmadığından, bu mikro-halleri nasıl sayacağımızı bilemiyoruz. Dünyada bu yöndeki araştırmaların ge-

nel amacı ise teorik fizikte Newton, Einstein ve kuvantum mekaniğinden sonra gelebilecek yeni nesil teoriyi bulmaktır. Böyle bir teorinin henüz epey uzığında olabiliriz; ancak bu araştırmalar sonucu çıkan sinyal ise, bunun Einstein'ın gravitasyon teorisi, kuvantum teorisi ve istatistik mekaniğin ara kesitinde bir yerde olması ihtimalinin kuvvetli olmasıdır. □

### KAYNAKLAR

- (1) Lounasmaa, I.V. (1989), Physics Today, Oct. 89, s. 26.
- (2) Boyer, T.H. (1985), Scientific American, 8, s. 56.
- (3) Bayın, S.Ş. (1990), GRG, 22, 179.