

Güneşten yayılan ışığın şiddeti ve frekansı 6000 santigrat derecedeki bir kara cisimden yayılması beklenen ışık değeriyle aynıdır. Bu da, güneşin sıcaklığının da 6000 santigrat derece olduğunu gösterir. Peki bu kara cisim nedir ve bu cisimle nasıl yıldızların bu sıcaklık değerleri tespit edilebiliyor?
Pavel Tolmacı

“Siyah Cisim” terimi kuramsal olarak tanımlanan ideal bir nesne için kullanılıyor. Eğer bir cisim, üzerine düşen tüm ışığı soğuruyorsa, bu cisim “siyah cisim” olarak adlandırılıyor. Bu ifadeyle kastedilen cismin bize siyah görünmesi değil, çünkü tanım sadece cismin üzerine düşen, dış kaynaklı ışıktan bahsediyor; cismin kendi ürettiği ışıktan değil. Güneş gibi yıldızlar, ideal olmasa bile, siyah cisim tanımına uyuyorlar. Yıldız atmosferindeki yoğun gazlar, yıldızın üzerine düşen ışığın çoğunu soğuruyorlar (bu ışığın az da olsa bir kısmı yansdığından, yıldızlar da ideal siyah cisimler değildir).

Doğada ideal siyah cisimler pek yok. Her madde, üzerine düşen ışığın çok az da olsa bir kısmını yansıtır veya geçirir. Örneğin, kömür, üzerine düşen görünür ışığın büyük bir kısmını soğurmasına karşın, yüzde 3 kadarlık bir kısmını yansıtıyor. Bunun yanında, siyah cismin elektromanyetik spektrumdaki bütün ışıklar için siyah olması, yani sadece görünür ışığı değil, morötesi ve kızılötesiindeki her ışığı soğurması gerek. Kömür gibi olağan cisimler bu anlamda da siyahlıktan uzak.

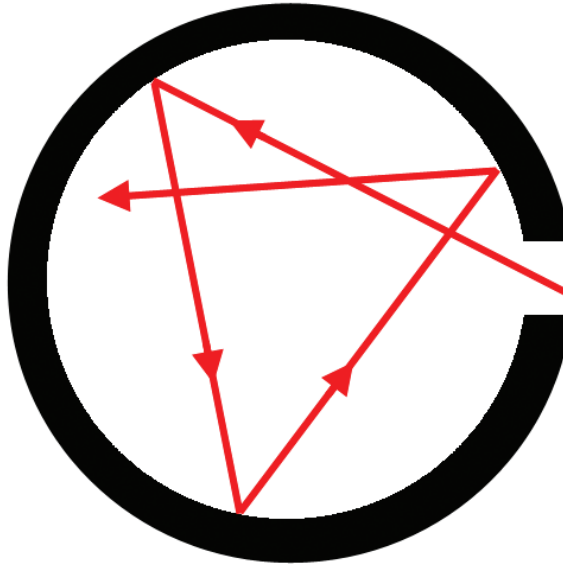
Her ne kadar ideal bir siyah cisim olmasa da, ideale çok yaklaşmak mümkün. İçi oyuk bir cismin üzerinde, oyuğa açılan küçük bir delik açalım. Delikten içeriye giren ışık, iç duvarlara değdikten sonra kısmen yansısın bile, yeniden iç duvarlara çarpar. Bu şekilde çok sayıda yansıma geçiren ışınlar büyük oranda soğurulur. Bu ışınların sadece çok küçük bir kısmı deliğe yönelip dışarıya kaçabilir. Bu nedenle cismin üzerindeki delik (ama cismin geri kalan yüzeyi değil), ideale çok yakın bir siyah cisim gibi düşünülebilir. Yapılan düşünce deneyleri için de ideale istendiği kadar yaklaşılması yeterli. Buna ek olarak, bu tip delikler, siyah cisim ışımasının deneysel olarak ölçülmesinde kullanılıyorlar.

Bu kavramı ilk ortaya atan kişi Alman fizikçisi Gustav Kirchhoff. Kirchhoff, cisimlerin yaydığı ışımının (mangal kömürü, ampul, Gü-

neş gibi) termodinamik özelliklerini kuramsal olarak inceleyen ilk kişi. Bu çalışmalarının sonucunda Kirchhoff, aynı sıcaklıkta olan cisimlerden daha siyah olanların daha çok ışımaya yaptığını buldu. Bu, ideal siyah cisimlerin, aynı sıcaklıktaki diğer bütün cisimlerden daha fazla ışımaya yapması anlamına geliyor.

Yani bir cismin daha siyah olması demek, daha parlak olması demek. İlk bakışta çelişkili görünen bu ifade, “parlak” kelimesinin cismin kendi yaydığı (yansıttığı değil) ışık için kullandığımızı ve bu nedenle de oldukça mantıklı olduğunu belirtelim. (Aksi takdirde, sadece yansıyan ışığa bakarsak, doğal olarak daha siyah olan cisimler daha siyah görünecektir.)

Örneğin, mavi rengi soğuran bir cisim düşünelim. Kuantum kuramına göre bu şu demek: Cismin moleküllerinin çok sayıda enerji düzeyi var. Bu düzeylerden belli iki tanesinin arasındaki enerji farkı, mavi ışığın fotonlarının



enerjisine eşit. Eğer moleküllerden biri düşük olan düzeydeyse ve bu sırada foton moleküle çarparsa, foton soğurulur ve molekül daha üstteki düzeye geçer (soğurulma).

Işıma bunun tam tersi. Bu durumda moleküllerden bazıları üst düzeydedir ve bir foton yayararak alttaki düzeye geçer. Açığa çıkan fotonun enerjisi, enerji düzeyleri arasındaki farka eşit olduğundan, ışımaya sonucu üretilen ışığın bir kısmı da mavi olmalı. Kısacası, soğurma ve ışımaya birbirlerinin tersi süreçler ve aralarında yukarıda bahsettiğimiz ilişki var. Bu nedenle, cisimler sadece soğurabildikleri renklerde ışımaya yaparlar. Mavi ışığı soğuran bir cisim (yani mavi ışık altında siyah görünen bir cisim), bu renkte iyi ışımaya yapar. Buna karşılık mavi bir cisim (yani mavi ışık altında mavi görünen bir cisim), bu renkte çok az ışımaya yapar.

Yukarıdakilere şunları da ekleyebiliriz: Sıcaklığı ne olursa olsun (mutlak sıfır hariç) bütün cisimler ışımaya yapar (çünkü, mutlaka üst düzeylerde bulunan moleküller vardır). Sıcaklık artarsa, cismin yaydığı ışımaya miktarı da artar. (Çünkü, sıcaklığın artması demek, cismin daha fazla enerjiye sahip olması demektir. Bu da üst enerji düzeylerinde bulunan moleküllerin sayısının ve dolayısıyla ışımaya miktarının artması anlamına gelir.) Oda sıcaklığında bulunan kömür de bir ışımaya yapıyor ama bu bizim fark edebileceğimiz derecede güçlü bir ışımaya değil ve büyük çoğunluğu da kızılötesi bölgede. Koz halindeki kömürdeyse ışımaya, artan sıcaklık nedeniyle, fark edebileceğimiz bir şiddete ulaşıyor. Ampullerin veya Güneş’in de ışık yaymalarının nedeni bu: Görebildiğimiz şiddette ışımaya yapabilecek kadar sıcak olmaları.

Doğal olarak, Kirchhoff’un zamanında (19. yy ortaları) kuantum kuramı yoktu. O, bütün çıkarımlarını, düşük sıcaklıktan yüksek sıcaklığa ısı aktarımı olamayacağını ifade eden termodinamiğin ikinci yasasına dayandırmıştı. Kirchhoff’un kullandığı tipik bir düşünce deneyi şöyle: Duvarları mükemmel yansıtıcı aynalarla donatılmış bir odaya aynı sıcaklıkta bir siyah cisim, bir de normal cisim koyalım. Bu cisimlerin yaydığı ışımaya miktarı aynıdır. İkinci yasanın çığırınması için, net ısı aktarımının sıfır olması gerek. Yani, cisimler soğurulma ile ne kadar enerji alıyorsa, aynı miktar enerjiyi ışımaya ile vermeli. Cisimlerin simetrik yerleştirildiklerini düşünelim, yani her ikisi üzerine birim zamanda aynı miktar enerji düşüyor. Bu, daha fazla soğurduğu için, siyah cismin daha çok ışımaya yapması anlamına geliyor. Buradan normal cismin yaydığı ışımaya miktarını, soğurma oranına ve siyah cisme göre bulabiliriz. Örneğin, kömür üzerine düşen ışığın % 97’sini soğuruyorsa, kömürün yaydığı ışımaya miktarı aynı sıcaklıktaki bir siyah cismin ışımaya miktarının % 97’si kadardır. Bu nedenle, siyah cisimler, cisimlerin ışımaya özelliklerini belirleme açısından standart bir referans olarak kullanılıyorlar.

İki küçük not: (1) Kara delikler tanım itibarıyla ideal siyah cisimler. Bunların yaydığı siyah cisim ışımaya miktarı Hawking ışımaya olarak adlandırıyoruz. (2) Kirchhoff, siyah cisim ışımaya miktarının sadece cismin sıcaklığına bağlı olduğunu, yayılan enerjinin dalgaboyuna dağılımı gibi özelliklerinin evrensel olduğunu göstermişti (Güneş’in sıcaklığını belirlemede bu dağılım kullanılıyor). Bu dağılımı kuramsal olarak türetmeyi amaçlayan Max Planck, 1900 yılında kuantum kuramının doğmasına neden olmuştu.