

Mpemba Etkisi

2000 Yıllık Bulmaca Neden Çözülemiyor?

Sıcak suyun soğuk sudan daha hızlı donması olarak tanımlayabileceğimiz ve günümüzde Mpemba etkisi olarak bilinen olguyu ilk defa kayıtlara geçiren Aristo, bunun dünyanın her yerindeki insanlar tarafından bilinen bir olay olduğunu da vurgulamıştı.

1969 yılında Tanzanya'da Erasto Mpemba isimli bir ortaokul öğrencisinin dikkati sayesinde tekrar bilim dünyasının gündemine giren bu olgunun nedeni hâlâ tam olarak anlaşılmadı.

Erasto Mpemba ve arkadaşları zaman zaman okulda dondurma yapıyordu. Bunun için önce sütü kaynatıyor, daha sonra şekerle karıştırıp oda sıcaklığına kadar soğumasını bekliyor, sonra da donsun diye buzluğa koyuyorlardı. Ancak birçok öğrenci dondurma yaptığı için aralarında buzlukta yer bulma yarışı oluyordu. Erasto Mpemba bir gün yine dondurma karışımını hazırladı, ancak bir arkadaşının buzlukta yer bulabilmek için sütü kaynatmadığını görünce, o da kendi karışımını, soğumasını beklemeden, buz kalıbına döküp buzluğa yerleştirdi. Bir süre sonra kontrol ettiğinde kendi dondurmasının tamamen donduğunu, arkadaşınınkinin ise hâlâ biraz sıvı olduğunu gördü. Durumu fizik öğretmenine anlattığında bunun mümkün olamayacağı cevabını aldı. Ancak Erasto Mpemba bu merakının peşini bırakmadı ve lise eğitimi sırasında da denemeler yapmaya devam etti. Birkaç yıl sonra fizik konusunda bir konuşma yapmak için okullarına gelen, Dar Es Selaam Üniversitesi'nden Dr. Denis G. Osborne'a, benzer kaplardaki eşit hacimde ancak biri 35°C'deki diğeri ise 100°C'deki suyu buzluğa koyduğunda neden 100°C'deki suyun daha önce donduğunu sordu. Dr. Osborne inanmakta zorlansa da Erasto Mpemba deneyi birçok kez tekrar ettiği için kendisinden hayli emindi. Dr. Osborne aynı deneyi üniversitede yaptığında benzer sonuçlar gözlem-

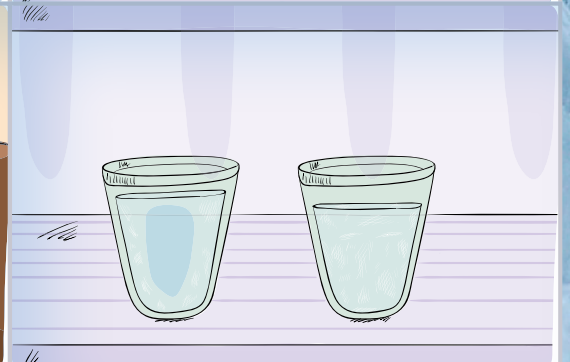
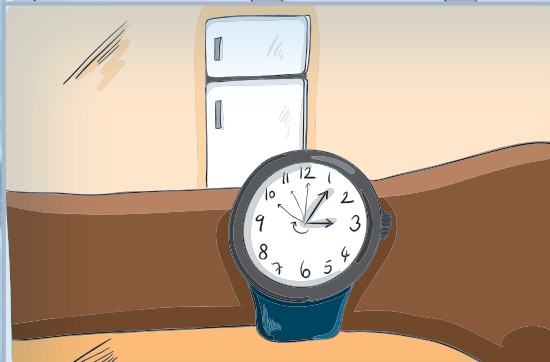
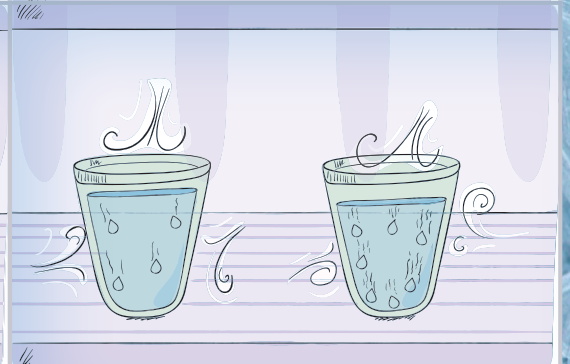
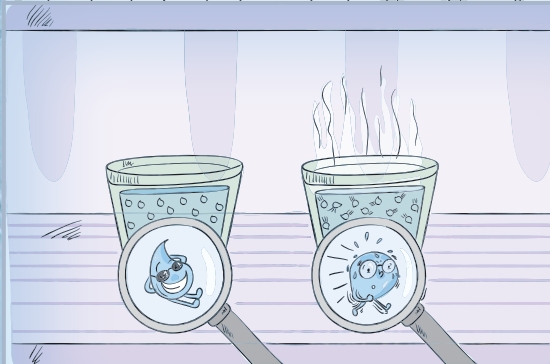
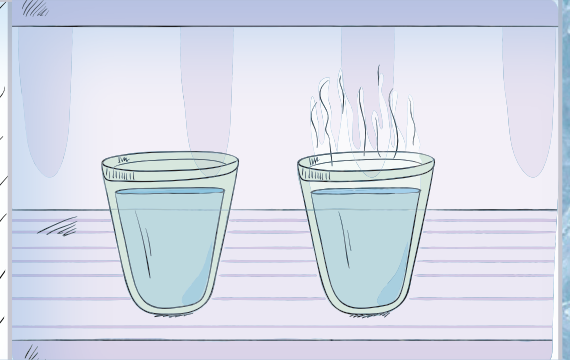
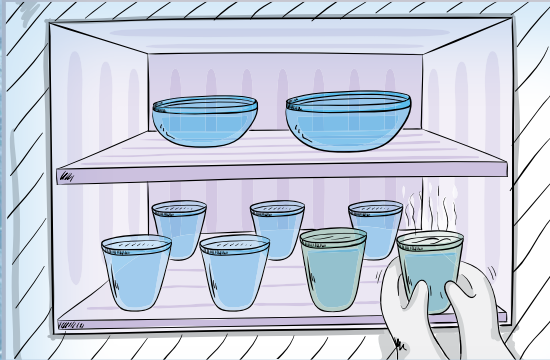
ledi. Dr. Denis G. Osborne ve Erasto Mpemba bu durumu ve nedenlerini *Physics Education* dergisinde yayımlanan çalışmalarında ele aldı.

İkili, suyun başlangıçtaki sıcaklığı ile donmaya başladığı süre arasındaki ilişkiyi incelediğinde daha yüksek sıcaklıktaki suyun daha çabuk donmaya başladığını gözlemledi. Deneyde daha sıcak suyun buzluğun zeminindeki buzu eritip ısı iletkenliğini artırmasını engellemek için, kapların tabanı polistiren malzemeyle kaplandı. Dr. Osborne'a göre soğuma temel olarak suyun yüzeyinde meydana geliyordu ve soğuma hızı suyun ortalama sıcaklığına değil yüzey sıcaklığına bağlıydı. Isının konveksiyonla dağılması sonucu suyun yüzeyi daha sıcak kalır (+4°C'ye kadar). Bu nedenle örneklerin ortalama sıcaklıkları eşit olduğunda bile başlangıçta daha sıcak olan su, soğuk olandan daha hızlı ısı kaybeder.

Ancak aşırı soğuk havalarda sıcak su borularının soğuk su borularından daha çabuk donduğu dikkate alınırsa, suyun yüzeyinde meydana gelen soğumanın bu durumun nedeni olamayacağını öne sürülebilir.

Bu çalışmadan sonra birçok bilim insanı Mpemba etkisinin nedenini anlamak için araştırmalar yaptı. Araştırmalar genellikle Mpemba etkisinde bazı değişkenlerin etkili olduğunu öne sürüyor. Örneğin "önce donan" ifadesiyle ne kast ediliyor. İlk buz kristallerinin oluşması mı, suyun tamamının buz haline geçmesi mi? Su örneklerinin bulunduğu kapların şekilleri ve üretildikleri malzeme, buharlaşmanın su miktarını değiştirmesi, su örneklerindeki çözülmüş gazların ve başka maddelerin miktarı, konveksiyon nedeniyle ısı dağılımında meydana gelen değişim ve aşırı soğuma bu değişkenlerden bazıları.





Mutlu
SON :)

Bu çalışmaların en kapsamlılarından biri New York Eyalet Üniversitesi'nden James D. Brownridge tarafından yapıldı. Bu çalışmada araştırmacılar, su sıvı halden katı hale geçerken açığa çıkan ısının salınmaya başladığı zamanı "donma zamanı" olarak kabul etti. Çalışmada ısıtmanın suyun donma süresine etkisi, suyun içinde bulunan çözünmüş gazların, minerallerin ve başka maddelerin suyun donma sıcaklığını değiştirip değiştirmediği, buharlaşmanın sıvı miktarında neden olduğu değişimin etkisi incelendi. Araştırmacılara göre başlangıçta daha sıcak olan suyun daha soğuk olana göre daha hızlı donması, ancak başlangıçta daha soğuk olan suyun aşırı soğumaya uğraması (aşırı soğuma suyun 0°C'nin altındaki sıcaklıklarda donmasıdır) ya da soğuk sudaki ilk buz kristallerinin oluştuğu çekirdeklenme sıcaklığının sıcak suyunkinden daha düşük olmasıyla mümkün olabilir. Ancak su örneklerinin başlangıç sıcaklıkları dışında bütün deney koşulları aynı olduğu halde daha soğuk olan suyun aşırı soğumaya uğramasının sebebi ne olabilir?



Sıcak ve soğuk su örneklerinin bulunduğu kaplar buzluğa yerleştirildiğinde -eğer kapların tabanları yalıtkan bir malzeme ile kaplı değilse- sıcak su örneğinin bulunduğu kap altında kalan buzun erimesine sebep olur. Eriyen buz bir süre sonra tekrar donar ve bu durum ısı iletkenliğinin artmasına neden olur.

Geçen yıl *Royal Society of Chemistry* tarafından Mpemba etkisinin olası açıklamaları üzerine bir yarışma düzenlendi. Bu yarışmaya Türkiye'den de beş bin üzerinde katılım olduğunu da söyleyelim. Yarışmayı Hırvatistan'daki Zagreb Üniversitesi'nde fizikokimya alanında çalışan araştırmacı Nikola Bregoviç kazandı. Bregoviç, su örneklerinin ortalama sıcaklıkları eşit olduğunda, başlangıçta daha sıcak olan su örneğinin özelliklerinin -buharlaşma nedeniyle kütledeki azalma, içindeki çözünmüş haldeki gazların miktarının değişmesi, diğer örneklerle ortalama sıcaklıkları aynı olsa da konveksiyon nedeniyle içindeki ısı dağılımının farklı olması gibi nedenlerle- değiştiğine dikkat edilmesi gerektiğini belirtiyor. Nikola Bregoviç'e göre sıcak su örneği soğuk ortama koyulduğunda sadece yüzeyinden değil kabın dışından da ısı kaybeder. Bu nedenle suyun içindeki ısı dağılımı homojen değildir. Bu durum sıcak su örneğinin konveksiyonla daha fazla ısı kaybetmesine neden olur.

Konveksiyonla ısı dağılımı suyun yoğunluğuyla da bağlantılıdır. Sıcaklık arttıkça suyun yoğunluğu azaldığı için, daha yüksek sıcaklıklarda ısının konveksiyonla dağılması daha kolaydır. Sıcaklık +4°C'ye ulaştığında ise suyun yoğunluğu daha artmaz ve bu sıcaklıkta konveksiyonla ısı dağılımı azalır. Ancak deney sonuçları başlangıçta daha sıcak olan suyun bu noktadaki duraklamadan daha soğuk olan sudan daha az etkilendiğini gösteriyor. Bregoviç aşırı soğumanın da önemli bir etki olduğunu düşünüyor. Ancak aşırı soğumanın suyun başlangıç sıcaklığından nasıl etkilendiğinin anlaşılması gerekiyor. Bu sorunun cevabını açıklamaya çalışan kuramlar, aşırı soğumanın su örneklerinin ısıtma işleminden önceki yapısına bağlı olduğunu, su örnekleri aynı kaptan alınsa bile aralarında yapısal bir fark olabileceğini ortaya koyuyor.

Bütün bu çalışmalar benzer değişkenlerin etkileri üzerinde duruyor. Singapur'daki Nanyang Teknoloji Üniversitesi'nden bir araştırma grubu ise bu problemin çözümünün su moleküllerinin yapısıyla ilgili olduğunu düşünüyor. Bu çalışma, ısıtma ile sudaki H-O kovalent bağında depolanan enerjinin salınma hızının, suyun başlangıç sıcaklığı ile katlanarak arttığını gösteriyor. Araştırmacılar Mpemba etkisinin başka maddelerde değil sadece suda gözlenmesinin nedeninin, bu etkinin suyun yapısıyla bağlantılı olduğunun bir kanıtı olduğunu düşünüyor. Genellikle sıcaklık artışı ile maddelerin enerjisi artar ve içerdikleri bağlar uzar ve zayıflar. Ancak suda tam tersi bir durum gözlenir. Sıcaklık artışıyla kısalan ve sıkışan H-O bağı soğumayla birlikte enerjisini salar ve enerjinin salınma hızı suyun başlangıç sıcaklığıyla doğru orantılı olarak değişir.

Suyun donma sürecini inceleyen araştırmacıların önündeki en büyük problem belki de tekrarlanabilir sonuçların elde edilememesi. Bazı olası açıklamalar sunulsa da 2000 yıldan daha uzun süredir bilinen bu olgunun nedeninin hâlâ tam olarak anlaşılması ise hayli ilginç. Anlaşılan o ki su molekülü küçük ve basit ama gizemli yapısıyla bizi şaşırtmaya devam edecek.



Kaynaklar

- Mpemba, E., Osborne, D., "Cool?," *Physics Education*, Cilt 4, s. 172-175, 1969.
- Brownridge, J. D., "A search for the Mpemba effect: When hot water freezes faster than cold water", arXiv, 2010. <http://arxiv.org/pdf/1003.3185v1.pdf>
- http://www.rsc.org/images/nikola-bregovic-entry_tcm18-225169.pdf
- Zhang, Xi, Huang, Y., Ma, Z., Sun, C. Q., "O-H-O Bond Anomalous Relaxation Resolving Mpemba Paradox", arXiv, 2013. <http://arxiv.org/pdf/1310.6514v2.pdf>