

# Yalın Düş Gücünün Fiziğe Katkıları Düşünce Deneyleri

Bilim tarihinde yepyeni yapraklar açmış deneyler vardır. Bunların çoğu, karmaşık laboratuvar düzeneklerine gerek duyulmadan gerçekleştirilmiştir. Bazı ünlü deneylerin "tarif"lerine, ilkokul fenbilgisi kitaplarında bile rastlayabiliyoruz. Kimilerini, evimizde bulabileceğimiz basit gereçlerle yinlemek işten bile değil. Sözgelimi, Galileo'nun serbest düşme deneyini yapmak için, kütleleri farklı herhangi iki nesneyi yere bırakmak yeterli. Böyleyken, bu deneyleri ilk kez akıl edip uygulayan beyinlere hayran kalmamak; dahası, yüzyıllar boyunca, böylesine basit deneylerle çürütülebilecek fikirlere bağlı yaşayanlara şaşmamak elde değil... Bu gibi deneylerin birdenbire gerçekleştirilmediklerini, bir çığ gibi büyüyen tarihsel bir ön hazırlık ve hummalı beyin jimnastikleri sonucunda ortaya çıktıklarını kabul edebiliriz. Acaba, tüm bu birikimden yola çıkılarak, bazı bilimsel devrimler, keskin mantıksal çıkarsamalarla, deney bile yapmaya gerek duymadan gerçekleştirilebilir miydi? Bu soruya kesinlikle "evet" yanıtı verebiliyoruz. İnsan aklından başka bir düzeneğe gereksinim duymayan "düşünce deneyleri", düş gücü ve yaratıcılığın en güzel örnekleriyle dolu uçsuz bucaksız bir hareket alanı sunuyor. Bu alan, Maxwell'in Cini, Schrödinger'in Kedisi, Einstein-Podolsky-Rosen'in Alice ve Bob'u gibi düşsel yaratıkların cirit attıkları, bir fotona binip ışık hızıyla gidebildiğimiz, ya da, evrenin sınırlarına mızrak atabildiğimiz bir dünyanın görebildiğimiz bölümü...



**G**ALİLEO GALİLEİ'nin 1590'larda Pisa kulesinden bir top güllesi ve bir misket bırakarak yaptığı savlanan ünlü serbest düşme deneyi çoğu fenbilgisi ders kitabında ayrıntılarıyla betimlenir. Anlatılanlara göre, bununla, ağırlıklarına bakılmaksızın tüm nesnelerin, eş yükseklikten bırakıldıklarında, yere aynı anda vardıkları kanıtlanmıştı. Gel gelelim, bu ve benzeri, çok basit gibi görünen deneylerde, uygulamada beklenen sonucu almak çok kez mümkün olmaz. Yeterince duyarlı ölçüm yapmanın güçlüğü bir yana, deneye karışan çok sayıdaki önceden öngörü-

lebilir ya da beklenmedik etmen işleri güçleştirir. Aslına bakarsanız, Galileo'nun kendisinin böyle bir deney gerçekleştirdiğini tarihçiler doğrulamıyor. Galileo'nun yaşadığı dönemde, Aristoteles'in savunduğu, "nesnelerin ağırlıklarıyla doğru orantılı sürelerde düşecekleri" savı, bilim adamlarınca çoktan yalanlanmıştı. Nitekim bunu göstermek için, yüksek duvarlardan, kilise kulelerinden defalarca büyüklü küçüklü ağırlıklar bırakılmıştı. Ancak, Aristo'nun bilimsel konulardaki kolay kolay tartışılmayacak otoritesi, apaçık gerçeklerin bile görmezden gelinmesine yol açabilecek kadar güçlüydü.

Galileo, bu tartışmaya, gerçekten de kendinden öncekilere göre üstün bir yaklaşım getirmişti. Ne var ki, bu son noktayı, Pisa kulesinde yaptığı bir deneyle değil, ünlü kitabı *Söylevler*'de dile getirdiği eşsiz bir düşünce deneyiyle koymuştu. Gerçek deneyler, düşünce deneylerine göre daha çok saygı uyandırmışlardır. Böyle olduğundan, hâlâ yaygın olarak Pisa kulesi deneyine gönderme yapılıyor. Bunu yine de hoş görmeli. Ne de olsa, kâğıt parçası, kuş tüyü gibi bazı hafif nesnelerin hava direnci yüzünden yavaş düştüğünü herkes fark etmiştir. Bu duruma ilişkin deneyimlerimizin kayıtlı olduğu beynimiz, günümüzde bile, Galile-

leo'nun dile getirdiğinin aksini daha akla yakın kabul eder.

Asıl deney şöyleydi: Elimizde hafif bir misket ve ağır bir top güllesi olduğunu düşünelim. Eski görüşe göre, misket yavaş, gülleyse hızlı düşmeye eğilimlidir. Üçüncü ve daha ağır bir nesnemiz olsaydı, bu ikisinden de daha hızlı düşecekti... Şimdi, misket ve gülleyi, yüzeylerindeki bir noktadan birbirlerine kaydattığımızı varsayalım. Bir bakış açısından, diyelim ki üçüncü ve daha ağır bir nesne elde ettik. Başta da kabul ettiğimiz gibi, bu yeni nesne, bileşenlerinin her birinden daha hızlı düşmeli. Oysa, bir başka yaklaşımla, üçüncü nesnemizi misket yavaşlatıyor, gülle hızlandırıyor olmalı. Böylece, bileşik kütle

iki bileşenin bağımsız düşme hızlarının arasında bir hızla düşecektir. Bu durumda bir çelişkiyle karşı karşıya olduğumuz apaçık ortada. Bu çelişkiyi ortadan kaldırmanın tek yoluysa, tüm nesnelerin aynı hızla düşeceklerini kabullenmek.

Galileo, bir olguyu bilimsel açıdan incelerken, ortamdaki etmenlerden yalnızca birini aynı anda hesaba katıyordu. Sözgelimi, serbest düşüşle ilgili zihin jimnastiklerinde, hava direncini yok sayıyordu. Bu, var olan tüm etmenlerin aynı anda dikkate alınmasını gerektiren Aristo'cu anlayışa aykırıydı. Üstelik Aristo, daha da ileriye gidiyor, boşlukta hareketin olanaksızlığını savlıyordu.



## Düşünce Deneylerinin Sınırlarını Çizmek

Vakum pompası Galileo öldükten ancak 12 yıl sonra bulunabilmişti. Bu nedenle Galileo'nun, hava direncini gerçekten de ortamdan çıkararak serbest düşüş deneyleri yapma olanağı yoktu. Deneylerinde, hava direncini olabildiğince etkisiz kılmak için, iyice parlatılmış, ağır, metal küreler kullanıyordu. Mutlak vakumda "gerçekleştirebildiği" yegane deneyleriyse, düşünce deneyleri oldu.

Galileo'nun, bilimsel çalışmalarında kullandığı "düzgün doğru", "havasızlık" gibi kabulleri, bugün neredeyse onsuz yapılamayan, fizikteki "idealleştirme" alışkanlığının başlangıç adımlarından. İdealleştirme, hareket denklemleri ve başka pek çok formülün doğayı anlamakta kullanılmasını sağlıyor. İdealleştirme sayesinde, karmaşık doğa olaylarını, sorularımızı dikkatle tanımlayıp, olgularımızı yalıtıp, sınırlarımızı çizerek, matematikle sorgulayabiliyoruz. Başarılı düşünce deneylerinin sırtlarını dayadıkları en önemli bilimsel usullama yöntemi de gerçekte idealleştirmeden başka bir şey değil.

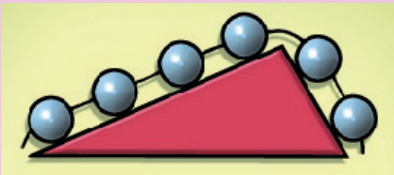
Galileo'nun örneklediği gibi, salt düşünceyle de fen bilimlerinin alışıldık deneyle-

rinin benzerleri gerçekleştirilebiliyor. Ne var ki, gerçek deneylerin tanım ve sınırları pek az tartışmaya yer bırakacak biçimde yapılabiliyor; oysa, adının konusunun üzerinden daha yüz yıl bile geçmemiş olan "düşünce deneyleri", sözlüklerde de doğru dürüst yer alabilmiş değil. Düşünce deneyleri konusundaki, *Aklın Laboratuvarı* adlı kitabın yazarı düşünür James Robert Brown, "Düşünce deneyleri aklın laboratuvarında gerçekleştirilirler. Bu eğretilenmenin ötesine geçip, bunların tam olarak neyin nesi olduklarını söyleyebilmekse olanaksızdır" diyerek, düşünce deneylerinin üzerinde anlaşılmalı bir tanımı olamayacağını savlıyor. Ünlü düşünür

## Stevin'in Zinciri

Düşünce deneylerinin güzellik ve eşsizlikleri, basitlik ve herkesçe anlaşılabilirlikleriyle orantılı. Simon Stevin'in 16. yüzyılda, çetrefil bir mekanik problemini çözmek için önerdiği zihin jimnastiği, tarihin en çok alkışlanan düşünce deneylerinden biri oldu.

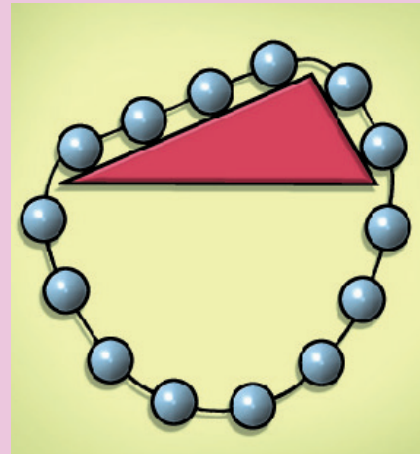
Sorun kabaca şöyleydi: Elimizde üçgen kesitli bir blokun üzerine, şekildedeki gibi bırakılmış bir zin-



cir parçası var. Zincir, tırnak makaslarının ucundaki zincirler gibi, küresel halkalardan oluşuyor. Zincirle blok arasındaki yüzeyin neredeyse sürtünmesiz olduğunu kabul edersek, acaba zincir ne tarafa doğru kayar?

Stevin, zincirin, boştaki ucunun uzunca bir zincir parçasıyla uzatılıp alttan birleştirildiğini varsaymamızı istiyor. Bu uzatılmış kısım, düşey eksene göre simetrik bir şekil alacak ve kendi izinde dengeli hale gelecektir. Bu durumda, eğer üstte kalan parça bir yöne doğru kayma eğilimindeyse, tüm zincir blokun çevresinde sonsuza kadar döner.

Termodinamik yasaları gereği, sürekli hareketin olanaksız olduğunu bildiğimize göre, üstte kalan parçanın da dengede olduğunu, kendi başınayken bile kaymayacağını kabul etmemiz gerekiyor. Aynı sonuca geleneksel matematiksel çözümlenmeyle ulaşmamız çok daha uzun sürecekti..



ve yazar Douglas Hofstadter de, “Ne denli dizgesel bir biçimde hazırlanmış olurlarsa olsunlar, sadece ve sadece soyut düşünceleri et ve kemiğe büründürme amacıyla kullanılırlar. Bu süreçte, kanıtlama, ikna ve pedagojinin sınırlarını belirlemek bile olanaksızdır.” diyor. Bu sözleriyle, uzlaşmış bir tanımın gelecekte de ortaya çıkmayacağını savunuyor.

Tüm düşünürler bu denli karamsar değil elbette. *Düşünce Deneyleri* adlı bir kitabı da olan, New York Üniversitesi'nden felsefe doktoru Roy Sorensen, ayakları yere basıyormuş gibi görünen bir tanım önermiş. O, düşünce deneylerini, “gerçekleştirilmeden de sonuç verebilen sıradan deneyler” olarak görüyor. Tek başına bu tanımı esas alacak olursak, düşünce deneyleri için ayrı bir yöntem bilim araştırmasına girişmek ya da geçerliklerini tartışmaya kalkışmak bile gereksizdir. Ne de olsa, düşünce deneylerinin yöntemi gerçek deneylerin yöntemidir, ortaya koydukları sonuçlar da gerçek deneylerin sonuçları kadar güvenilirdir. Ancak bu, madalyonun sadece bir yüzü. Aslına bakarsanız, Sorensen de düşünce deneylerinin güvenilirliğini savunurken sakınlı davranıyor. Tarihten verdiği bir örneğe göz atalım:

Ortaçağ bilimcileri, Aristoteles'in diğer yasalarına inandıkları gibi, mutlak boşluğun olanaksızlığına da kesenkes

inamıyorlardı. Birileri çıkıp da basit bir düşünce deneyi ortaya atıncaya değin tamamen boşaltılmış bir hacim elde edilip edilemeyeceği, tartışmaya bile değer görülüyordu. Önerilen düşünce deneyine göre, bir kavanozu ağzına kadar sıcak suyla doldurup çetin bir kış gecesi dışarıda bırakıyordunuz. Deneyi önerenlerin savına göre, su soğuyup donduğunda büzülecek ve arta kalan hacim boşluk olacaktı.

Gelenekçi kanattan hemen karşı tezler yağdı: Söz konusu hacmin su buharıyla dolacağını söyleyenler; suyun donmayacağını ya da kavanozun patlayacağını savunanlar... Buna karşılık olarak da, küresel bir metal kap kullanmayı önerenler, soğuk bir kış gecesinin soğundan daha düşük sıcaklıkları tartışmaya açanlar çıktı. Tartışma yıllarca sürüp gitti ve iki taraf, düşünce deneylerinin sınırları içinde kalarak birbirinden çetin eleştiriler ve savunmalar geliştirdiler. Bu ateşli tartışmalar sürüp giderken her nasılsa iki kanattan da, suyun donarken genişlediği gerçeğini keşfedip açıklayacak birisi çıkmadı.

Gerçeklikle bu denli çelişebilen deney tasarımlarının bile inançla savunulmasına olanak verdiğinden olsa gerek, çoğu düşünür, düşünce deneylerini salt birer “retorik” örneği olarak tartışıyor. Bu çalışmalarda irdelenen, anlatılan, dinleyene, aslında kendi başına uydurduğu, kurgusal bir durumu, nasıl olup da sanki bir gerçeklikmiş gibi sunduğu sorusudur. Düşünce deneyleri, tartışmalı bir konuda, karşıt tarafların birbirlerini inandırma taktiklerinden başka birşey değilmişçesine incelenir. Örneğin, Steinem, düşünce deneylerini, “bir başkasının pabuçlarıyla, bir mil yol katetmek” olarak tanımlıyor.

## Düşünce Deneyleri ve Deneysel Düşünüş

“Düşünce deneyi” kavramını dile ilk kazandıran kişi Avusturyalı fizikçi ve felsefeci Ernst Mach olmuştu. Kullandığı Almanca sözcük “Gedankenexperiment” oturmuş bir terim olarak, farklı anadillere sahip pek çok düşünürce hâlâ sıklıkla yeğleniyor. Bununla birlikte, “düşünce deneyi” kavramını hiç kullanmadan aynı şeyden bahsedenler de var: “Tartışmalı durumlar üzerine sezgisel çıkarımlar”, vb... Mach, bu kavramı ilk kez kullanan kişi olmakla kal-



### Maxwell'in Cini

Termodinamiğin ikinci yasasının bir sonucu olarak, yüksek sıcaklıktaki cisimler, ilişki halinde oldukları düşük sıcaklıktaki cisimleri ısıtabilirler; ama düşük sıcaklıktaki cisimler, kendilerinden daha düşük sıcaklıktaki cisimleri ısıtamazlar. Eş sıcaklıktaki cisimler de, bu dengelerini, dış bir etken olmadıkça, sonsuza değin korurlar. Söz gelimi, masanın üzerine bıraktığınız bir fincan ılık kahvenin kendi kendine kaynamasını bekleyemezsiniz.

James Clerk Maxwell bu yasayla ilgili tartışmaları boyutlandırmak için bir düşünce deneyi önermiş: Deneyinde, dış dünyayla ısı alışverişi tümüyle kesilmiş, birbirlerinden de, yalıtılan bir duvarla ayrılmış iki oda düşlememizi istiyor. Odaların sıcaklıkları başlangıçta eşit.

Düşünce deneyimize göre, aradaki duvarın ortasında minik bir kapı var ve bu kapıya bekçilik yapan minik bir de cin: “Maxwell'in cini”... Cin, kapıyı sürekli açık tutacak olsaydı,

odaların sıcaklıkları hiç değişmeyecekti. Ancak, Maxwell'in cini, ortamdaki hava moleküllerini izleyerek hızlarını sürekli karşılaştırıyor. Soldaki odadan kapıya doğru gelen hızlı bir molekül gördüğünde kapıyı aniden açıp kapayarak, sağdaki odaya geçmesine izin veriyor. Aksine, sağdaki odadan kapıya doğru gelen yavaş bir molekül gördüğünde de onu sol tarafa geçiriyor. Cin bu işi sürdürecektir olursa, sağ taraf gitgide ısınacak sol taraf da soğuyacaktır.

Maxwell'in cininin termodinamiğin 2. yasasını çiğnediği ortada. Cinin çok küçük olduğunu ve işini, hareket için neredeyse hiç enerji kullan-

madan yaptığını düşünürsek, bunu nasıl başarıyor? Maxwell, deneyini tartışmaya yol açacak biçimde tasarlamıştı ve cini bugüne değin farklı yerlerde farklı biçimlerde tartışıldı da.

İki oda ve ortadaki cini bir sistem olarak ele alabiliriz. Termodinamik açıysından bu sistemin tuhaflığı, gi-

derek daha düzenli hale geliyor-muş gibi göründüğüdür. Teknik ifadesiyle, “bu sistem entropi üretmiyor” gibi görünüyor. Bu sonuca, sadece moleküllerin dağılımına bakarak varıyoruz. Sorunun yegâne çözümü, cinimizin, sistemin geri kalanının aksine çok fazla entropi ürettiği sonucuna varmaktır. Bunun bir açıklaması cinin, tüm moleküllerin hızlarını aklında tutup ortalamasının üzerinde hızla sahip olanlarla diğerlerini ayırt etmeye çalışırken beyininin çok fazla çalıştığı ve bu sırada çok fazla entropi ürettiğidir. O kadar fazla ki, sonuçta, sistemin bütünü de entropi üretir duruma geliyor.

mamış, 1900'lerin başlarında, düşünce deneyleri alanında yaptığı öncü yayınlarla, bugüne kadar süregelen bir tartışmayı da başlatmıştı.

Mach'ın ateşli bir deneycilik (empirisizm) savunucusu olması bu konuda çalışanların daha başından iki uzlaşmaz kampa bölünmesini ve tartışmaların tıkanıp kalmasını da önledi belki de. Mach, usçu (rasyonalist) akıma bağlı bir düşünür olsaydı, düşünce deneylerini kuramlara bağlama çabası, egemen deneyci akımca kolayca görmezden gelinebilirdi. Oysa Mach, daha en baştan, düşünce deneylerinin deneycilikle ters düşmediğini, fen bilimlerinin en geleneksel çalışma yöntemleriyle bile iç içe kullanılmasının yerinde olduğunu savunarak işe girişmişti.

Mach'a göre düşünce deneyleri, eski deneyimlerin yaratıcı biçimde yeniden düzenlenmesinden başka bir şey değiller. Bunlar, deneycilikle çatışmak bir yana, bunun bir uzantısı olarak görülmelidir. Mach'a göre tartışılmayacak kadar açık olan bu yaklaşım, diğer deneyciler için kolay yutulur lokma değildi. John Locke'un izinden gidenler, dünya hakkında bildiklerimizin tümünün deneyimlerle edinildiği görüşüne bağlıydılar. Onlara göre, tartışmalı bir olay ancak gözlem ya da deneyle sonuca bağlanabilirdi. Bu kurala uymayan her şey, bilinemezlik ya da anlamsızlık damgasını hak ediyordu.

Mach, sarsılmaz deneyci kimliğiyle, düşünce deneylerine biçtiği değeri nasıl olup da bir potada eritebildiğine sağlam bir bilimsel açıklama arıyordu. Aradığı açıklamayı, Darwin'ci evrim kuramının bir yorumuyla temellendirdi. Mach'a göre, biyoloji, bizi iç dünyamızla gerçekliği uzlaştırmaya zorluyor. Ona göre, düşünceleri dış dünyayla ters düşenler, doğal seçilimce yok olmaya zorlanırlar. Bunun için, dış dünyamızın ürettikleriyle gerçeklik şu ya da bu şekilde kendiliğinden denk düşmek zorunda...

Örneğin de gösterdiği gibi, Mach, bir yandan düşünce deneylerini savunan, en çok göze çarpan düşünürdü. Ancak, bir yandan da üyesi olduğu deneyci geleneğe ters düşmekten kaçınıyordu. Bunun bir yan-sıması olarak, sırf düşüncede gerçek-

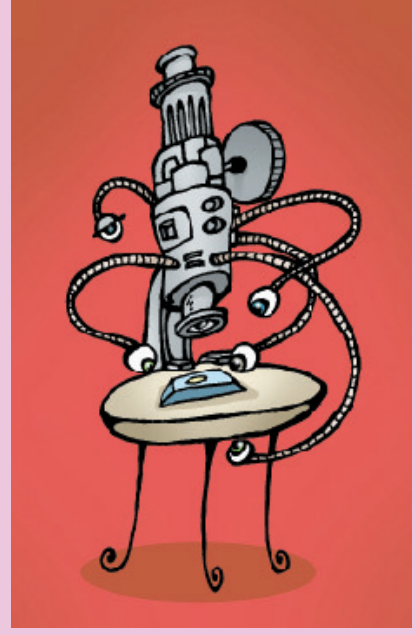
## Gama Işını Mikroskobu

Belirsizlik ilkesi, modern fiziğin en önemli yapıtaşlarından biridir. Heisenberg, ortaya attığı belirsizlik ilkesini savunmak için 1927'de, en az desteklediği ilke kadar ün kazanacak olan Gama-Işını mikroskobu düşünce deneyini kurgulamıştı.

Heisenberg'in belirsizlik ilkesinin çürütülebilmesi için bir parçacığın, sözcüğü elektronun yer ve momentumunun aynı anda tam olarak saptanabilmesi gerekiyor. Heisenberg, düşünce deneyinde, bu amacı gerçekleştirebilecek düşsel bir mikroskop kurguluyor.

Bir parçacığın yerinin saptanabilmesi için, kullanılacak ışının dalga boyunun, parçacığın boyutlarından daha küçük olması gerekir. Bu nedenle, görünür ışıkla çalışan mikroskoplar  $10^6$  metreden daha küçük şeyleri gösteremezler.

Heisenberg, bir elektrona mikroskopta bakmak için dalga boyu  $10^{-10}$  metreden daha küçük olan gama ışınlarını kullanmayı önermişti. Ne var ki, bir parçacığın momentumu dalga boyuyla ters orantılı olduğu için bu sefer de gama parçacığının momentumu elektronunkinden çok daha yüksek olacaktı. Bir elektrona bir gama parçacığı çarpacak olursa, elektron ön-



ceden kestirilemeyecek bir yöne fırlayıp gider. Bu yüzden, mikroskobun çalışması, en uygunmuş gibi görünen gama parçacığı kullanılıyorsa bile olanaksızdır.

leşmiş bir deneyin gerçek bir deney kadar güvenilir sayılamayacağını sıklıkla dile getirmişti. Bir yazısında, Simon Stevin'in zincir deneyiyle, yani, düşünce deneylerinin en saygın örneklerinden biriyle ilgili kuşku-klarından bahsediyordu.

Mach'a göre, Stevin'in deneyinde bir aksaklık vardı. Stevin, zincirin sonsuza kadar dönemeyeceği daha akla yakın bulurken, sırtını, bugün termodinamiğin ikinci yasası olarak tanıdığımız gerçeğe dayıyordu. Oysa, aynı yasalar, bu çıkarsamaya temel oluşturan gerekçeler arasında sürtünmeyi de sayıyor. Stevin, aynı deney sınırları içinde hem düzlemi sürtünmesiz kabul edip, hem de gücünü sürtünme olgusundan alan yasaları nasıl bir arada kullanabilirdi ki? Mach'a göre, herkesin ayakta alkışladığı bu deney son derece temel bir yöntem hatası yüzünden geçersiz sayılmalıydı. İç tutarlılığı yoktu...

Bu ilk karşı çıkışlarına karşın, Mach'ın, daha sonra kaleme aldığı çalışmalarında, Stevin'in deneyinden, sanki kusursuzmuş gibi söz ettiğini görüyoruz. Belli ki Mach sonradan, önceki saldırısının yersiz olduğunu sonucuna varmıştı...

Sorensen'e göre, Mach, Stevin'in deneyi üzerinde biraz daha düşünmüş ve sürtünmeye hiçbir biçimde

dayanmayan, gücünü termodinamiğin çok daha temel bir yasasından alan bir geçerlilik bulmuştu. Sorensen'e göre şöyle düşünülebilir: Düzenek, zincirin dönmesine yol açıyor olsaydı, zincir gitgide daha da hızlanacaktı. Bu, sistemin enerjisinin de gitgide arttığını düşünmemizi gerektirir. Termodinamiğin birinci yasasının, enerjinin hiçlikten var edilemeyeceğini ortaya koyduğu düşünülürse, bu olanaksızdır. Üstüne üstlük, soruna bu yönünden baktığımızda, sürtünmeyi yok saymamız deneyde hiçbir iç tutarsızlığa yol açmıyor.

Deneyci kimliğiyle düşünce deneylerine tutkusu sürekli çatışan Mach, bir başka yerde, Stevin'in deneyini göklere çıkaran bir göndermede bulunmuştu. Bu örnekten hareketle, düşünce deneylerinin, gerçek deneylere göre üstün olan yönlerinin de altını çizerek şöyle demişti: "Stevin'in deneyini gerçek bir düzenekle yapmış olsaydık, zincirin hareketsizliğini hatalı olarak, düzlemin sürtünmeli oluşuna da yorabilirdik. Düşünce deneyleri, bizi gözlemi gerçekleştirenin yapabileceği bu gibi hatalardan uzak tutuyor."

Basit bir zekâ oyununu, düşünce deneylerinin üstünlüğüne örnek olabilir: Elimizde 8, 5 ve 3 litrelik üç

kap olduğunu varsayalım; 8 litrelik kap tamamen suyla dolu, diğerleri boş olsun. Bu kaplardan birbirine su aktararak, elimizdeki 8 litre suyu tam olarak ikiye bölebilir miyiz?

Bu sorunun gerçekten de bizi birkaç adımda sonuca götüren bir yanıtı var. Gerçek su ve kaplarla sınavı başarısız olsaydık, kuramsal çözümümüzden mi, yoksa, başarısız deneyimizden mi kuşulanacağımız sorulabilir. Sorensen'e göre, birisi çıkıp da hata yaptığınız bir nokta gösteremediği sürece kuramsal çözümünüze güvenmeniz daha akıllıca dır. Bu problemi bir düşünce deneyiymiş gibi ele aldığımızda, kullandığımız kaplar ve sıvı "idealdir".

Düşünce deneyleri, Albert Einstein'la birlikte altın çağını yaşadı. Einstein'ın trenleri ve asansörleri, Galileo'nun misket ve güllesinin tersine hiçbir zaman gerçek deneylermiş gibi anılmadılar. Onun deneyleri, herkesçe kısa sürede öğrenildi ve benimsendi.

Ünlü asansör deneyini ele alalım. Einstein, bir asansörün içindeki fizikçinin, yere bir kütle bırakarak ya da başka herhangi bir yolla, asansörün yukarı doğru sabit ivmeli bir yolculuk mu yaptığını, ya da, düşey yöndeki bir gezegenin kütleçekiminin etki altında mı olduğunu anlayamayacağını söylüyor. Sonraları Mach, Newton'un mutlak uzay ve mutlak hareket açıklamalarını eleştirirken, Einstein'ın bu düşünce deneyini de kusursuz bir örnek olarak nitelmişti.

Genç Einstein, düşünce deneylerine güven duymayı, kendi kuşağındaki diğer fizikçiler gibi, artık yaşlanmaya başlamış olan Mach'dan öğrenmişti. Sonradan yolları ayrılmış olsa da, Mach ve Einstein birbirlerine hep saygı ve hayranlık duydular. Mach, yazılarında Einstein'ın göreliliğini kabullendiğini belli ederken Einstein da, göreliliğin Mach'ın fizik felsefesinin bir meyvesi olduğu görüşünü hep dile getirdi.

Deneyci akımın düşünce deneylerine kuşkucu yaklaşımından kendini kurtaramayan Mach'a karşın Einstein, her zaman kuramı gözleme yeğ tuttu. Mach, deneysel gözlemleri bekliyor kuramını verilere göre biçimlendiriyordu. Einstein ise deneysel verilerle hiç ilgilenmiyordu. O, kuramını biçimlendiriyor birilerinin buna uygun verileri elde etmesinin bir an işi olduğunu biliyordu. "Kuramsal Fizikğin Yöntemi Üzerine" adlı konuşmasında, "eskilerin düşlediği gibi, katıksız düşüncenin gerçekliği ele geçirebileceğine" inandığını söylemişti. Fen bilimlerindeki

düşünce deneylerinin yöntembilimine ilişkin çalışmaların, bu inancın dayanaklarını araştırmaktan ibaret olduğunu söylemek yersiz olmaz. Kuhn'un dediği gibi: "Bildik verilere dayanan bir düşünce deneyi nasıl yeni bilgilere ya da doğaya ilişkin yeni bir kavrayışa gebe olabilir ki?.."

Günümüzde, bu tartışmadaki iki karşıt uç cephenin bayraktarlığını Platoncu uçuluk ekolünden James Robert Brown ve klasik deneycilik ekolünden John Norton yapıyor. Norton'a göre, düşünce deneyleri, var olan deneyimlere temellendirilmiş, tümdengelim ya da tümevarım yöntemleriyle oluşturulmuş herhangi birer önermedirler. Bunlarda kullanılan, olaya "deneyimsi" bir atmosfer katan betimleme tarzı, psikolojik açıdan yararlı olsa da, bunun ötesinde bir anlam taşıyamaz. Brown, bu görüşün aksine, en azından bazı örnek deneylerde tümüyle yeni bilgilere ulaşmanın mümkün olduğunu kanıtlandığını savlıyor. Brown, Galileo'nun misket ve gülle düşünce deneyinin tümüyle yeni bir bilgi sunduğunu örnek olarak sunuyor.

Düşünce deneylerinin çoğunlukla herhangi bir şeyi kanıtlama savı taşımadıkları, toplumsal ve insani bilim alanlarında bu gibi terim bilim tartışmalarına rastlanmıyor. Bu alanlardaki deneyler daha çok, belli bir tartışmaya boyut katma amacıyla uydurulmuş, bir sonuca bağlanmayan betimlemelerdir. Klasikleşmiş bir örnek, kürtaç tartışmaları-



## Foton Tartısı

Einstein, Heisenberg'in belirsizlik ilkesini akla yakın bulmuyordu. Belirsizlik ilkesini çürütecek tartışma götürmez bir düşünce deneyi kurgulayabilmek için çok uğraşmıştı. Bu süre zarfında, belirsizlik ilkesinin savunucusu Bohr ile defalarca karşı karşıya gelmişlerdi.

1930'da Einstein, katıldığı bir kongre'de belirsizlik ilkesini çürütüyormuş gibi görünen bir düşünce deneyi önerdi. Bir yayın ucuna asılıp sarkıtılmış kapalı bir kutu kurgulamıştı. Kutunun yüksekliği yüksek duyarlıkla ölçülebiliyor, böylece, ağırlığı kolayca hesaplanabiliyor olacaktı. Einstein'ın tasarladığı kutunun içi, dışarı kaçmaya çalışan fotonlarla doluydu. Kutunun bir ucundaki, tek bir fotonun kaçmasına izin verecek kadar küçük bir deliği kapatan duyarlı bir zamanlama düzeneği düş-

lemişti. Saat, belli bir anda kapağı ancak tek bir fotonun kaçmasına izin verecek hızda açıp kapayacaktı. Bu işlemin sonucunda kutunun yüksekliği değişecek, böylece kaçan fotonun enerjisi ve tam olarak hangi anda kaçtığı ölçülmüş olacaktı. Einstein'ın kendi formülü  $E=mc^2$  buna olanak tanıyordu.

Düşünce deneyi görünüşte inandırıcıydı. O gecenin Bohr'un en endişeli gecesi olduğu anlatılıyor... Ne var ki ertesi gün Bohr, Einstein'ın

kurgusunda bir hata yakalamış olmanın gururuyla, mutlu bir yüz ifadesiyle söz aldı. Einstein'ı kendi görelilik kuramıyla çürütecekti.

Bohr, düzeneğin bir fotonun ağırlığını ölçebilmesi için çok esnek bir yaya asılmış olması gerektiğini açıkladı. Bunun da ötesinde, yay olağanüstü bir uzunluğa sahip olmalıydı ki, makro ölçekte ve duyarlıkla ölçülebilecek kadar yükseklik değiştirebilin. Bohr'a göre, foton kaçtığı anda, kutu, görelilik kapsamında değerlendirilmesi gereken kadar hızlı bir harekette bulunacaktı. Böyle bir hareket, kutunun foton'un haricinde kalan kütesinin ve saatin doğruluğunu Einstein'ın kuramlarına göre tehlikeye sokacak ve kaçınılmaya çalışılan belirsizliği bizzat doğuracaktı. Einstein bu eleştiriyi kabullendi ve düzeneğindeki kusuru düzeltecek yeni bir çözüme bulamadı.

na boyut katmak için uydurulmuş, "bilincini yitirmiş kemancı" düşünce deneyi:

Bir sabah uyandırdığınızda kendinizi bilincini yitirmiş bir kemancıyla aynı yatakta yan yana buluyorsunuz. Bu ünlü kemancıyla bedenlerinizi birleştiren hortumları fark ediyorsunuz. Odadakiler, kemancının ölümcül bir böbrek hastalığına yakalandığını açıklıyorlar. Uzun bir araştırma sonucunda, kemancıyla metabolizması en uyumlu kişinin siz olduğunuz saptanmış. Bunun üzerine, sizi habersizce bayıltıp, dolaşım sistemini temizlemek için böbreklerinize kemancıya bağlamışlar. 9 ay sonraki operasyona kadar buna göz yummanız bekleniyor. Durumu kabullenmeyip bağlantıyı koparacak olursanız, kemancı ölecek. Böyle bir durumda acaba nasıl davranmalı?

## Geçerlik Koşulları

Görüldüğü gibi, düşünce deneyi doğrudan doğruya belli bir sonucu dayatmıyor. Aynı deneyi dinleyen iki kişinin tümüyle zıt görüşleri dile getirmeleri tümüyle olanaklı. Fen bilimlerindeyse durum farklı. *Fen Bilimlerinde Düşünce Deneyleri* adlı bir kitabı da olan düşünür Andrew D. Irvine'e göre, düşünce deneyleri, genel olarak deneyler için geçerli olan belli başlı özelliklerin, tümünü olmasa da en azından birkaç tanesi sağlaması bekleniyor. Irvine, sözünü ettiği özelliklerden belli başlılarını sıralamaya çalışmış. 1) Bir düşünce deneyi, belli bir gözlemsel/kuramsal süreç sonunda oluşmuş bir hipotezi sınavabilir ya da benzer yoldan elde edilmiş bir dizi soruyu yanıtlayabilir nitelikte olmalıdır. 2) Düşünce deneyinin içerdiği varsayımların tümü olmasa da çoğu, bağımsız deneysel gözlemlerce doğrulanmış olmalıdır. 3) Düşünce deneyinin gerçekleştiği düşsel koşullar yeterince kesin biçimde tanımlanmalıdır ki, gerçek deneylerde aranan yinelenebilirlik niteliğini düşünce sınırları içinde bile olsa sağlayabilsinler. 4) Gerçek deneylerde olduğu gibi düşünce deneylerinde de bağımlı ve bağımsız değişkenlerin



## Schrödinger'in Kedisi

Kuantum fiziği tarihinin belki de en ünlü düşünce deneyi Schrödinger'in kedi paradoksudur. Schrödinger, paradoksunda, kuantum mekaniğin bir parçacığın iki farklı durumu aynı anda eşit olasılıkla taşıyabilme yeteneğini kullanıyor. "İki halin üst üste gelmesi" makro dünyaya yansıtıldığında, içinde çıkılmaz bir sorun yaratıyor.

Düşünce deneyinde, bozunup bozunmadığı dışardan bilinmeyecek, uyarılmış bir atom ile bir kedi aynı kutuya kapatılıyor. Atom bozunacak olursa bir tetikleme mekanizması aracılığıyla bir siyanür şişesini kırarak ve kediyi öldürecek. Kuantum mekaniğin kapsamında son derece sıradan diye nitelendirilebilecek biçimde, atom, hem bozunmuş hem de bozunmamış sayılabiliyor. Bundan yola çıkarak, kendisi de atomlardan oluşan kediyi de hem canlı, hem de ölü sayabilir miyiz? Henüz kimse bu soruya herkesi tatmin edebilecek bir yanıt bulamadı.

ayrına varılabilmeli ki neden ve sonuç ilişkileri sağlıklı biçimde algılanabilsin. 5) Düşünce deneyinin sonuçları deneyin arkaplanındaki kurama dayanılarak tartışılabilir olmalıdır. Bu kuramın bazı boyutlarını destekler ya da ters düşer nitelikte olup olmadıkları sorgulanabilmelidir ki deneyin çıkış noktasıyla tutarlılığı tartışılabilir.

Lehigh Üniversitesi'nden felsefe doktoru Alexander Levine, düşünce deneylerinin sınıflandırılması için bir model öneriyor. Levine'in *Düşünce Deneylerinin Metodolojisi* adlı çalışmasında sınıflandırmada izlediği yöntem, deneyleri, gerçek deneylerimize yakınlıklarına göre sıralamak.

Levine'e göre, geçmiş deneyimlerimizle benzerlik gösteren olaylarla ilgili sezgilerimiz güvenilir, tümüyle bize yabancı olan düşsel olaylarla ilgili sezgilerimiz ise güvenilmez sayılıyor. Düşünce deneyleri, işte bu iki uç tip arasında sıralanabilir. Levine'in örnekleriyle: Birinci tip: "Kalemimin şu anda masanın sağ tarafında olduğunu görebiliyorum. Şöyle bir düşünce son derece güvenilir bir düşünce deneyinin başlangıcı olacaktır: *Şimdi, kalemimin masanın sağ tarafında olduğunu düşünelim...*"

Levine'e göre ikinci tip: "Kalemimi Afrika menekşesi saksısındaki toprağa sapladığımı düşünelim... Bu durumda kalemim hâlâ kalemlikten çıkmış değil. Üstelik, saksı toprağına saplanmış çubuklarla ilgili yeterli deneyimim de var..."

Levine'e göre, bilimsel düşünce deneylerinin ve hatta gerçek deneylerin çoğu bu, ikinci tip diye adlandırdığı sınıfa giriyorlar ve genellikle epey güvenilirler. Levine, üçüncü tip deneylerle birlikte işin yavaş yavaş çığından çıkmaya başladığını söylüyor: "Bu tipteki düşünce deneyleri şuna benzer önermelerle başlarlar: *Kendimizi bir yarasanın yerine koyup bunun nasıl bir duygu olduğunu düşünelim...*"

Levine, bu sınıfa giren düşünce deneyleri fen bilimlerinin sınırlarını zorladığını söylüyor. Üçüncü tip düşünce deneyleri, daha çok felsefe alanında işlev gören uslamamalar. Bunlar, geçmiş deneyimlerimizin kısıntılarını, olası en uç noktalarda kullanıyorlar. Ama bunlardan da öteye gidenler var... Levine, bu dünyadaki hiçbir nesneye, hiçbir gerçekliğe benzerlik taşımayan ve tüm üç tipin dışında kalan örnekleri *ex hypothesi* (düşünülemez) terimiyle adlandırıyor. Bu gibi deneyleri kullanarak hiçbir bilgi elde edilmesi olası değil. Tümüyle düş ürünü evrenlerdeki, tümüyle düş ürünü canlıların, tümüyle düş ürünü deneyimlerinin kurguladığı ve bunlardan bir sonuca varılmasının beklendiği deneyler bu türden.

Levine, düşünce deneylerinin güvenilirliğini geçmiş deneyimlerle örtüşme derecelerine dayandırırken, Jerry Goodenough, güvenilirliğin

gerçekleştirilebilirlikte aranıp aranamayacağını sorguluyor. Bazı deneyler doğa yasalarına ters düşerler ve teknik açıdan gerçekleştirilmeleri olanaksızdır. Bazılarıysa, Galileo'nun msket ve gülle deneyi ya da Stevin'in zincir deneyi gibi kolayca gerçekleştirilebilir deneylerdir. Ancak, Goodenough'a göre, Einstein'ın ışık hızında yolculuk deneyi de, gerçekleştirilmezliğine karşın tümüyle güvenilir. Einstein, bir insanın, bir fotonun üzerine binip ışık hızında gidecek olsa neler göreceğini sorguluyor. Bu sorunun Maxwell'e dayanılarak verilebilecek bir yanıtı var. Ancak bu yanıt doğaya o kadar aykırı bir tablo çiziyor ki, ışık hızında gidilemeyeceğini kabullenmek zorunda kalıyoruz. Bu gibi örneklere dayanarak vardığı sonuca göre, deneyin gerçekleştirilebilirliği ve güvenilirliği ancak öne sürülen sorunun ne olduğuna göre belirliyor.

Gerçekleştirilemez oluşuna karşın bilim tarihine katkısı büyük olan klasikleşmiş bir düşünce deneyi de Evren'in sınırı olup olamayacağını sorguluyor. Eski Yunan'a ait deneyde, Evrenin sınırına bir mızrak atmış olsaydık ne olacağı soruluyor. Evrenin bir sonu olduğunu varsayarsak, mızrak bunu geçip gidememeli. Eğer mızrak bu sınıra saplanır ya da çarpıp sekerse de, saplandığı ya da çarptığının ne olduğu sorulabilir...

Düşünce deneylerinin geçerlik ve güvenilirliklerinin farklı düşünürlerce, farklı tarzlarda, hâlâ tartışılıyor oluşu, bunları geçersiz ya da güvenilirmez kılmıyor. Düşünce deneyleri,

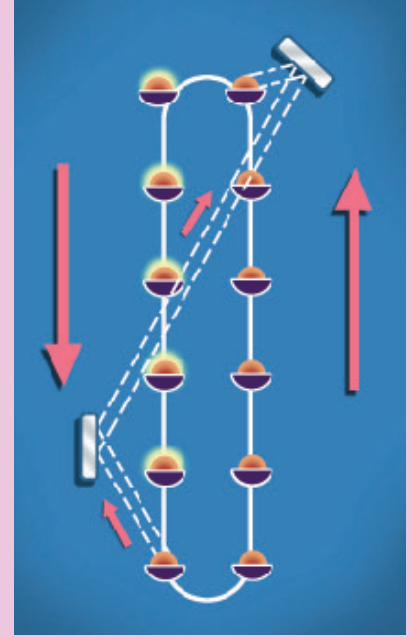
## Bondi'nin Değirmeni

Kütleçekimsel kırmızıya kayma, aslında Einstein'ın genel görelilik kuramını biçimlendirirken öngördüğü, sonraları gökbilim gözlemleriyle de doğrulanmış bir etki. Bu etkiye göre, fotonlar bir cismin egemen kütleçekiminden kaçarlarken enerji kaybederler ve ışıklarının rengi kırmızıya doğru kayar.

Hermann Bondi, bu etkiyi doğrulayan bir düşünce deneyi uydurmuştu. Bondi'nin düşünce deneyinde, su değirmenini andıran, her bir kepçesi birer atom alabilecek kadar küçük, düşsel bir değirmen kurgulanıyor. Değirmenin bir yanından yükselip tepe noktayı geçmek üzere olan bir atoma bir fotonun çarptırıldığını varsayalım. Foton, atom tarafından emilecek, bu yolla "uyarılmış" olan atomun kütlesi artacaktır. Kütlesi artan atom, yerçekimi tarafından değirmenin diğer tarafında aşağı çekilir. Ta ki, alttan dönemeci aşım diğer tarafa geçmek üzereyken (yani tam da beklenen anda) ışılarak yeniden kararlı hale geçinceye; yeniden hafifleyinceye kadar...

Bu ışımaya sırasında serbest kalan foton bir ayna düzeneği aracılığıyla tepe noktasındaki bir diğer atoma yansıtılır ve tüm düzeneğe bir su değirmeni gibi sonsuza değin döner.

Pek çok düşünce deneyinin dayandırıldığı, tartışılmaz kabul edilen termodinamiğin ikinci yasasına göre sürekli hareket olanaksızdır. Bu



düzenekte hareketi sağlayan foton akışının şu ya da bu şekilde enerji kaybetmesi, böylece tüm sistemin entropi üretmesi gerekiyor. Bondi'ye göre, foton tekrar yukarı çıkarken kütleçekimi tarafından enerji kaybettirecek, Einstein'ın tanımlı "kırmızıya kayacaktır".

fizikteki araştırma yöntemlerinin en gençlerinden biri olsa da, yüzyılımızın fiziğinin köşe taşlarından birini çoktandır kapmış durumda.

Araştırmalarda payı gitgide artan bilgisayar simülasyonları da, geçerlik ve güvenilirlik bakımından, düşünce deneyleriyle koşut biçimde tartışılmaya başlandı. Simülasyonlar, düşünce deneyleriyle farklı kulvarlarda koşuyor olsalar da, bazılarınca, insan beyni dışında bir beyinde gerçekleştirilen düşünce deneyleri olarak görülüyorlar.

Yapay zekâ, düşünce deneyi tartışmalarına katılan bir diğer yeni ve uç boyut. Yüzyılımızın yükselen bilim dallarından bilişsel bilim, bilinç ve yapay zekâ tartışmalarında düşünce deneylerine sıklıkla başvuru yapıyor. Gerçek yapay zekâ uygulamalarının gelişmesi, gelecekte düşünce deneylerine bakışımızı da etkileyebilir.

Şimdiden gerçeğe dönüşmüş düşler de var. EPR deneyinin geçtiğimiz yıllarda fiziksel bir deney düzeneğiyle yinelenmesi, en çetrefil paradoksların bile düşler dünyasından çıkıp yere ayak basmasının olası olduğunu gösterdi. Kuhn'un deyişiyle, yeni bir "bilimsel devrimin" eşliğinde olabilir miyiz?..

Özgür Kurtuluş  
Resimleme: Yiğit Özgür

## EPR Deneyi

Schrödinger'in, ünlü kedi paradoksunu ortaya attığı makalesini yayımladığı yıl, aynı derecede tuhaf bir kuantum mekanik olgusunu da Albert Einstein, Boris Podolsky ve Nathan Rosen, ortak imzalı olarak yayımlamıştı. Tarihe EPR paradoksu olarak geçen bu düşünce deneyinde, kuantum mekaniğinin, gerçekliğin tamamlanmış bir tanımı olmadığını, eksik olduğunun sergilenmesi amaçlanıyordu.

Deney, ana hatlarıyla belli bir noktadan yola çıkan A ve B parçacıklarıyla ilgilieniyordu. A ve B, taşıdıkları özellikler bakımından başlangıçta birbirleriyle ilintiliydiler. Öyle ki, A ile ilgili bir özelliği ölçecek olursanız, B ile ilgili olarak aynı özelliği ölçmeden de bilebiliyordunuz.

EPR deneyini kurgulayanlar, bunda, belirsizlik ilkesi bakımından bir tuhaflık sezine-

mişlerdi. Belirsizlik ilkesi gereğince, bir parçacığın momentumunu ölçtüğünüzde konumunu, konumunu ölçtüğünüzdeyse momentumunu doğru olarak ölçme şansınızı kaybediyorsunuz. Peki, elinizde birbiriyle ilgili ipuçları içeren A ve B parçacıkları olduğunda, bunların her birinden farklı özellikleri ayrı ayrı ölçerek ikisiyle ilgili tüm bilgiye ulaşabilir misiniz? Belirsizlik ilkesi bunu da yasaklıyor. Ancak, bu yasağın bu deney kapsamında bile geçerliliğini koruyabilmesi için, A ve B arasında bir "telepati" olması gerekli. Hatta, EPR deneyi, bu gibi parçacık ikilileri kullanarak, birbirinden uzaktaki "Alice ve Bob" adlı düş kahramanlarına ışıktan daha hızlı bir iletişim kurdurmaya bile başanıyordu. Einstein, tüm bu kurguladıklarının akla yakın olmadığını ayırdındaydı. Zaten, Podolsky ve Rosen'le birlikte planladıkları, kuantum mekaniğinin eksikliğini sergilemekti.

Kaynaklar:  
Bixby, W., *Galileo ve Newton'un Evreni*, TÜBİTAK-YKY,1997  
Davies, P. "The Thought That Counts", *New Scientist*, 6 Mayıs 1995  
Irvine, A.D., *Thought Experiments in Scientific Reasoning* (Özet), <http://www.arts.ubc.ca/~irvine/Abtest.htm>  
Kuhn, T.S., "Düşünce Deneyleri İçin Bir İşlev", *Asal Gerilim*, Kabalcı Yayınevi, 1994  
Kühne, U., *Gedankenexperimente in den Naturwissenschaften*, <http://alf.zfn.uni-bremen.de/~kuehne/p002.htm>  
Levine, A., *When Can Intuitions on Counterfactual Cases be Trusted?*, <http://guava.phil.lehigh.edu/cf.htm>  
Sorensen, R. "Thought Experiments", *American Scientist*, Mayıs-Haziran 1991  
Soudier, L., *Home Page for Thought Experiments*, <http://astro.ocis.temple.edu/~soudier/thought/index.html>  
*Stanford Encyclopedia of Philosophy*, <http://plato.stanford.edu>