

# ELEKTRİKLENEN DÜNYAMIZ

Yaklaşık 200 yıldan beridir şimşek ve yıldırımın, elektriğin bir çeşidi olduğu bilinmesine rağmen, bu elektriklenmeye yol açan karmaşık mekanizma, hâlâ tam olarak anlaşılammıştır.

**S**imşek ve yıldırım, doğa olaylarının en göz alıcılarıdır ve Benjamin Franklin'in 200 yıl kadar önce yıldırımın dev bir elektriksel boşalma olduğunu göstermesinden bu yana, sayısız bilimsel araştırmaya konu olmuştur. Bugün dahi, bir yığın modern cihaz ve araştırma tekniklerine rağmen, yağmur bulutlarını elektrikleyip şimşek ve yıldırıma yol açan olaylar zinciri, tam olarak açıklığa kavuşturulammıştır.

Sorunun inatçılığı, bu doğa olaylarının, güç göstergesinde geniş bir aralığa karşılık gelmesinden kaynaklanmaktadır. Bir tarafta bulutları elektrikleyen  $10^{-13}$  kilometre düzeyindeki atomik olaylar, diğer tarafta ise elektriklenmeyi tamamlayan onlar ve yüzlerce kilometre düzeyinde cereyan eden dev fırtına bulutlarının hareketleri. Her iki ölçü düzeyinde de, fiziksel olaylar tam olarak anlaşılammıştır.

Franklin, belki de bilmeden, temel problemlerden birini aydınlatmıştı. O, 1752'de bir fırtına bulutunun çoğunlukla negatif yüklü olmakla birlikte bazen pozitif elektrik yüküne de sahip olabileceğini ortaya koymuştu. Bu belirsizliğin, bir gözlem hatası mı, yoksa gerçeğin kendisi mi olduğu, daha yakınlarda açığa çıkarıldı. Buna rağmen Franklin'in bu sözleri, kaydedildiğinden bu yana, yıldırım ve şimşek, pozitif veya negatif elektrik yüklerinin bir bulutun herhangi bir kısmından diğer bir kısmına ya da yere aktarılması olduğu kabul edilmektedir. Bu yük aktarımı için bulutlar elektriklenmeli, yani pozitif ve negatif yükler ayrılmalıdır; fakat nasıl? ↵

Bu sorunun cevabı, sadece kısmi olarak verilebilmektedir. Etrafımızdaki cisimlerin hemen hepsi, eşit sayıda ve homojen olarak dağılmış (—) ve (+) yüklere sahip olan nötr ya da yüksüz cisimlerdir. Bununla birlikte, pek çok mikrofiziksel olay, bu yüklerin ayrılmasına, cisim bir bütün olarak nötr kalırken, bazı kısımlarının daha negatif ya da pozitif olmasına yol açabilmektedir. Böylece cisim, yüklenmiş, ya da elektriklenmiş olmaktadır.

Yük aynımi volta ölçülür ve daha çok aynımi, daha fazla volt demektir. Normal bir yıldırım, milyonlarca voltluk bir potansiyel farkına karşılık gelmektedir ve 10 coulomb veya daha fazla bir elektrik yükünün, yaklaşık  $10^{20}$  elektronla yeryüzüne taşınması de-



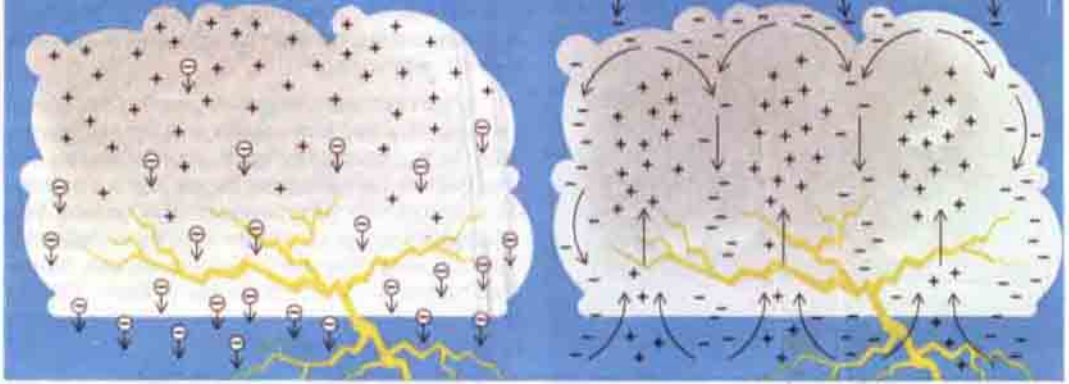
mektir. Bir saniyede bir coulombluk yükün yer değiştirmesi, bir amperlik akıma karşılık gelir ki, bir saniyeden çok daha kısa sürdüğüne göre, bir yıldırım, 10 amperden daha fazla bir akımı temsil etmektedir. Orta büyüklükte bir yağmur bulutu, dakikada birkaç parlama, yani birkaç yüz megavatlık enerji üretir. Bu ise küçük bir nükleer santralin gücüne eşittir. Kesin yük dağılımları ve böyle dev enerjiyi açığa çıkartan mekanizmalar, "fırtına fiziğinin" odağındaki sorulardır.

Franklin'in ilk gözlemlerinden sonra, bir yağmur bulutunun yük dağılımını şöyle basitçe izah etmek mümkün olmuştur: Pozitif yükler bulutun bir tarafında, negatif yükler ise diğer tarafındadır. Böyle bir yapı, "dipol" olarak isimlendirilmektedir. Bulutların dipol karakterlerini açıklamada, araştırmacılar, iki ayrı model geliştirmişlerdir: **Çökeltme Hipotezi** ve **Konveksiyon Hipotezi**.

## ÇÖKELME ve KONVEKSİYON

İlk kez 1885'te Alman fizikçileri Julius Elster ve Hans F. Geitel tarafından ortaya atılan çökeltme hipotezi, bahçelerde kullanılan yağmurtama fiskelelerinde görülen bir olayla açıklanabilir: Küçük parçacıklardan oluşan dumanimsi kısım, havada asılı kalıp rüzgârla dağılırken, büyük su damlaları hızla yere inerler. Aynı şekilde, çökeltme hipotezi de bir buluttaki yağmur damlalarının ve dolu tanelerinin, yerçekiminin etkisiyle, havada asılı olan küçük su damlacıklarının ve buz kristallerinin arasından aşağıya inmesini öngörür. Çökelen büyük parçalarla, su damlacıkları ve buz kristallerinin oluşturduğu duman arasındaki çarpışmalar, bu çökelen parçaların negatif yük kazanmasına yol açarken, geride kalan dumanimsi kütle, pozitif olarak elektriklenmektedir. Aşağıya inen bu parçaların negatif yüklü olmasıyla, bulutun alt kısımları (—), üst kısımları ise (+) olarak elektriklenmektedir. Pozitif kutbun üstte olduğu bu tür bir yapıya **pozitif dipol** denmektedir.

**Elektriklenme olayını açıklayan iki model.**  
**Alta : Cökeltme hipotezi. Sağda : Konveksiyon hipotezi.**



Biraz daha karmaşık olan konveksiyon hipotezi, 1947 yılında Paris Üniversitesi'nden Gastron Grenet ve 1953'te New York Eyalet Üniversitesi'nden Bernard Vonnegut tarafından ayrı ayrı ortaya atılmıştır. Model, temel olarak şöyle açıklanıyor: Bulutlardaki elektrik yükü, iki dış kaynaktan beslenmektedir. Birinci kaynak, bulutların üzerindeki hava moleküllerine çarparak, onları iyonize eden (+ ve - yüklü) kozmik ışınlardır. İkincisi ise, yeryüzündeki sivrî nesnelere etrafındaki elektrik alanının oluşturduğu pozitif iyonların boşalımıdır. Bu (+) iyonlar sıcak havayla taşınarak, konveksiyon akımıyla yükselirler. Bulutun üst kısımlarına ulaştıklarında ise, kozmik ışınlar tarafından oluşturulan (-) yükleri çekerler. Negatif iyonlar, çabucak buluta girerek su damlacıkları ve buz kristallerine tutunurlar ve (-) yüklü koruyucu bir tabaka oluştururlar. Bu tabaka aşağı doğru da iner ve sonuçta yine bir pozitif dipol oluşur.

Cökeltme ve konveksiyonun, yıldırım ve şimşek üreten bütün bulutlarda görülebileceği kabul edilmekle beraber, bu iki hipotez, hiçbir zaman bir diğerinin varlığını çağırıştırmamaktadır. Aralarındaki kesin fark, her iki olayın bulutların elektriklenmesindeki rolünü incelemede araştırmacılara yol göstermektedir.

Bu modeller, yağmur bulutlarının dipol karakterini açıklamak için geliştirilmiştir; fakat acaba pozitif yük mü, yoksa negatif yük mü daha yukarıdadır?

## DİPOL, POZİTİF Mİ YOKSA NEGATİF Mİ?

1920'lerde uzaktan fırtınaları gözleyen Wilson, bir yağmur bulutunun pozitif dipol olduğu sonucuna vardı. Yaklaşık aynı sıralarda, yağmur damlacıklarındaki yükü ölçen Simpson ise bulutların alt kısımlarının (+) yüklü olduğu görüşünde, yani negatif dipolde karar kıldı. Ancak 20 yıldan beridir araştırmacılar, birbirine zıt gibi görünen bu iki sonucu açıklayabilmektedir. Sonradan anlaşılan gerçek şudur: Bir bulutun elektrik yükünü doğrudan ölçmek

her zaman mümkün olmayabilir; bu ancak, elektrik alanın incelenmesiyle anlaşılabilir. Elektrik alan ise, yerçekimi gibi vektörel bir kuvvettir. Bu da ölçümde hassasiyet gerektirir; özellikle de, birden fazla yüklü parça için içine girince, bir noktada yapılan tek bir ölçüm, elektrik dağılımını tek başına belirlemeye yetmez. Bunun için her yerde ölçümler yapılmalıdır ki, Wilson ile Simpson, tek bir ölçüm yaparak bu konuda yetersiz kalmışlardır.

## YENİ BİR FİKİR: TRİPOL

Wilson-Simpson zıtlığından sonra geçen 50 yıl içerisinde, gözlemciler yağmur bulutlarının bir dipol değil, tripol yapıya sahip olduğunu buldular. Bu durum şu şekilde tarif edilebilir: Merkezde negatif, alta ve üstte ise pozitif yüklü üç ayrı tabaka bulunur. Ortadaki (-) tabaka, yaklaşık 6 km yükseklikte ve  $-15^{\circ}\text{C}$ 'de, ince fakat kilometrelerce uzunluktadır. Üzerindeki (+) bölgenin kalınlığı daha fazladır ve bulutun üst sınırına kadar ulaşır. Altındaki (+) kutup ise



*Şimşekler yıldırımlardan çok daha fazla meydana gelmesine rağmen, bulutlar çoğu zaman meydana gelen ışığı soğurarak görünmelerini engeller.*





*Yıldırım ve şimşeklerin izlediği yol hakkında pek çok spekülasyonlar mevcut. Bazıları bu yolun rastgele olduğunu savunurken, bazıları elektrik alan, bazıları da yük dağılımlarıyla belirlendiğini iddia ediyorlar. Fakat yük dağılımlarının belirleyiciliği daha tatminkâr açıklamalar getiriyor.*

oldukça incedir. Üstteki (+) tabakadan, yukarıda hafif bir (-) yüklü bölge bulunabilmektedir. Bu bölgenin oluşumu, konveksiyon modeliyle izah edilebilir ve aynı şekilde koruyucu bir perde vazifesi görür. Fakat tripole olan etkisi önemsizdir ve ikincil bir karakter görünümündedir.

Bu noktada Wilson ve Simpson'un gözlemleri de açığa çıkarılabilmıştır. Oldukça uzaktan gözlem yapan Wilson, merkezdeki büyük (-) bölgenin gölgelemesiyle, en alttaki ince (+) tabakayı sezememiş, yalnızca iki büyük kutbun [altta (-), üstte (+)] varlığını farketmişti. Simpson ise bulutun hemen altında ölçüm yaptığından, en alttaki ince (+) tabakayı ve üzerindeki (-) bölgeyi ayırt etmiş, en üstteki (+) kısmı görememişti. Sonuçta biri (+), diğeri ise (-) dipolde karar kılmıştı.

Yeryüzünden yükselen (+) iyonların miktarı, bulutun en alt (+) tabakasını oluşturmakta yetersiz kaldığından tripol oluşumun açıklaması, geliştirilmiş bir çökelleme modelinden beklenmektedir.

Bulutların alttaki (+) yüklü bölgesini izah için, pek çok çökelleme teorileri geliştirilmiştir. Simpson, bunu deneyen ilk kişidir. Yüksek şelalelerde yapılan deneyler göstermiştir ki, büyük su damlaları parçalandıklarında (+) olarak elektriklenirler. Simpson, bulutlardaki su damlalarının çökerek, alt kumlarda parçalandığını ve (+) yükün sebebinin bu olduğunu öne sürdü. Fakat daha sonra yapılan araştırmalarda, en alt (+) tabakanın elektrik yükünün beklenenden daha fazla olması, buradaki yükün kaynağı hakkında yeni şüphelere yol açtı. Dahası, buradaki (+) parçacıkların çoğunun su damlası değil, buz parçaları olduğu anlaşıldı.

Gerçekten de buz, tripol yapısını açıklamada oldukça başarılı görülmektedir. Yapılan deneylerde bu-

zun, erimesi esnasında oldukça fazla pozitif yük kazandığı ortaya çıktı. Bu, tripolün en alt (+) tabakasını açıklayabilse de buzun erimeye başladığı 4000 metreden daha yukarılarda da (+) yükün bulunması, cevaplanması gereken bir yığın soruyu da beraberinde getiriyordu.

Eriyen buz elektriklenmesi de tripolü açıklayamamıştı. 20 yıldan beri yapılan araştırmalar göstermiştir ki, tripolün asıl kaynağı buz parçacıklarıyla buz kristallerinin çarpışmasıdır. Bu çarpışma sonucunda oluşan elektrik yükü tamamen ısıya bağlıdır. **Yük dönüşüm noktası** adı verilen kritik bir ısı değerinin üzerinde, elektriklenme (+) yönde olurken, bu değer altında (-) yönde gerçekleşmektedir. Yük dönüşüm noktasının ise  $-20$  ile  $-10^{\circ}\text{C}$  arasında olduğu tahmin edilmektedir.

Gözlemler sonucu, yağmur bulutlarının orta kısmındaki negatif tabakanın  $-15^{\circ}\text{C}$ 'de olduğu anlaşılmıştır. Yük dönüşümü hipotezi, bunun altındaki (+) bölgeyi de açıklayabiliyor. Buz parçacıkları aşağıya doğru inerken, çarpışma sonucu kazanılan yük, yükselen ısıya uygun olarak (+) işaret kazanıyor. Dahası laboratuvar deneyleri, bu yolla kazanılan yükün bir şimşek ya da yıldırım doğurmak için yeterli olduğunu göstermiştir.

Diğer yandan konveksiyonun elektriklenmedeki rolü üzerine de incelemeler yapılmıştır. Araştırmacılar Charles B. Moore ve Bernard Vonnegut'un gerçekleştirdiği bir deneyde, iki direk arasında bir yüksek gerilim hattı çekilmiş ve uygulanan elektrik gücüne karşı, hattın üstünde bulunan bir buluttaki yük değişimleri kaydedilmiştir. Gözlemlere göre, pozitif elektrik uygulandığında bu yük, konveksiyon akımıyla yukarılara taşınmış, bulutun üst kısımları (+) olarak elektriklenmiş ve bir pozitif dipol oluşmuştur. Hatta negatif elektrik verildiğinde ise sonuç, negatif bir dipoldür. Buna rağmen oluşan dipollerin yük değerleri, bir şimşek ya da yıldırım doğurabilmekten çok uzaktır.

Sonuç olarak şunu söyleyebiliriz ki, çökelleme teorisi, bulutların elektriklenmesi konusunda konveksiyon teorisine göre daha tatminkâr açıklamalar getirebilmektedir. Fakat bunu yaparken göz ardı edilemeyecek bir olay, "konveksiyonu" ihmal etmektedir. Belki yakın bir gelecekte bu iki modeli birleştirip açıklayabilen anlaşılabilir bir teori geliştirebilir.

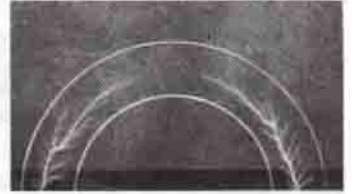
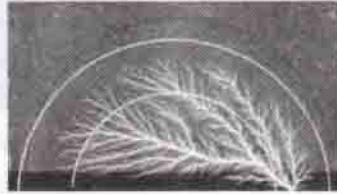
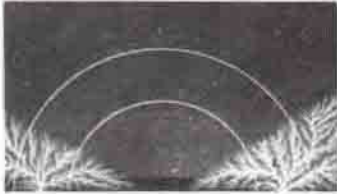
## YILDIRIM ve ŞİMŞEK

Bir yağmur bulutu yeterince elektriklendiğinde, büyük bir parlama meydana gelir. O andaki elektrik alanın şiddeti, 1 milyon volt/metre'dir ve bir saniyeden az bir süre içinde  $10^{20}$  elektron aktarımı gerçekleşir. Bu elektrik gücü normal büyüklükte 100 milyon ampulüne eşittir. Yine bu kısa süre içinde bu dev elektrostatik enerji, elektromanyetik (gözlünen parlama ve radyo parazitleri) ses (gök gürültüsü) ve ısı enerjisine dönüşür.



1952'de patlatılan 10 megatonluk hidrojen bombasına ait görüntüler (üstte) ve laboratuvarında gerçekleş-

tirilen düzenekler (altta), elektriksel atlamaların izlediği yol hakkında ayrıntılı bilgiler vermektedir.



Doğal elektriksel atlamaların hemen hepsi, bulutun içinde başlar ve hem pozitif hem de negatif bölgelere doğru iki yönde ilerler. Bir bulut-yer boşalmasında (yıldırım), birkaç yüz amperlik (—) akım yeryüzüne aktarılır. Bu akım, yerin 100 m kadar altına indiğinde, 10 kiloamper veya 10.000 coulomb değerinde (+) yük aktarımının gerçekleştiği ikinci bir atlama, yeryüzünden buluta doğru olur. Gözle görülen yıldırım aydınlığı, işte bu boşalmadır. Bu nedenle yıldırım, çift yönlü bir olay olarak düşünmek yerinde olur.

İlk çalışmaların pek çoğu yıldırımlar üzerinde yoğunlaşmıştır. Bunun sebebi, gözlenmesinin şimşek oranla daha kolay olmasıdır. Fakat sonraları radar, radyo dalgası detektörleri ve mikrofonların geliştirilmesiyle, şimşek üzerindeki çalışmalar artmıştır. Yıldırım ve şimşeklerin izlediği yol hakkındaki fikirler de yine iki türdür. Birinci görüş, bu yolun elektrik alan tarafından belirlendiğidir. İkincisi ise, atlamaların elektrik yükü tarafından yönlendirildiğidir. Aslına bakılırsa bu iki kavram birbirinden ayrılmaz; çünkü elektrik alanı doğuran, yükün dağılımıdır.

Bununla birlikte, nükleer patlamalar sonucunda oluşan şimşek ve yıldırımların incelenmesiyle, atlamaların rotasını belirleyen faktörün, yüklerin boşluktaki dağılımı olduğu ortaya çıkmıştır. 1950'lerde gerçekleştirilen hidrojen bombası denemelerinin fotoğrafları ve laboratuvarlarda gerçekleştirilen deneyler bu incelemelerde esas alınmıştır.

Yağmur bulutlarının elektrik enerjisi, çoğunlukla ışık olarak açığa çıkar. Orta büyüklükte bir bulut, dakikada birkaç parlama üretebilir ve bu sayı bulutun hacminin büyümesiyle artar. Bu büyük enerji hacmi, acaba nereden beslenmektedir? Bunun cevabı, yeryüzünden buharlaşarak yükselir ve yukarılarda yoğunlaşarak aşağıya doğru inen su ve buz parçacıklarında yatmaktadır. Bu da çökme hipotezinden başka bir şey değildir.

Neticede, elektriklenme seviyesi yerçekimi ve düşme miktarıyla doğru orantılıdır. Bütün bunların yanısıra sabit tutulması gereken önemli bir denge daha vardır ki, o da küresel elektrik devresidir.

Bu devreye iyi bir yalıtık olan atmosfer, iki iyi iletken olan üst atmosfer alt iyonosfer ile yerküreden meydana gelmektedir. Bu devrenin potansiyel farkı tam 300.000 voltur. Fırtınalarla gelen şimşek ve yıldırımlar bu devreyi besler. Yerküre yıldırımların (—) ucunda bulunduğu (—) olarak, iyonosfer ise (+) olarak yüklenmiştir. Bol yağmurlu ve yıldırımlı tropik bölgeler bu devreyi besleyen en önemli pillerdir. Cevabı henüz verilemeyen pek çok soruya rağmen bulutların elektriklenme mekanizması, yavaş yavaş netleşmeye başlamıştır. Ortaya çıkan tabloda ise, atom boyutundan, yerküreyi içine alan dev elektrik devrelerine kadar pek çok unsuru bulmak mümkün.

Scientific American'dan çev.:  
Gürkan ÖZTÜRK