



Yıldırımlar

Siz bu yazıyı okurken, yeryüzünde 2000 kadar elektrikli fırtına oluyor. Bu fırtınalar sırasında, her saniye 100 kadar yıldırım düşüyor. Şimşekler ve yıldırımlar, en güzel ve görkemli doğa olaylarıdır. Yıldırımın geçtiği yerdeki sıcaklık, Güneş'in yüzey sıcaklığının birkaç katına ulaşır ve bunun neden olduğu şok dalgalarını gökgürültüsü olarak duyarız. Ne var ki, bazılarımız yıldırımları ve şimşekleri hayranlıkla izlerken, bazılarımız neden oldukları gökgürültüsünden korkarız. Aslında, yıldırım ve şimşekler, bildiğimiz elektrik akımından başka bir şey değildir. Hatta, küçük yıldırımlar olarak düşünebileceğimiz elektrik atlamaları, bir arkadaşınıza dokunduğumuzda ya da bir kediye severken de oluşur ve çarpılırız. Elbette, bunlarla karşılaştırılmayacak kadar çok enerji içeren bir yıldırımla çarpılmayı kimse istemez.

Maddenin temel yapıtaşları olan atomlar, elektrik yüklü parçacıklardan oluşur. Elektrik yükü, artı (+) ve (-) olmak üzere iki çeşittir. Elektronlar, eksi yüklü parçacıklardır. Atom

çekirdeklerine artı yükü kazandıranlarsa, artı yüklü protonlardır. Protonların kütlesi elektronlarınkinden epeyce fazladır. Atom çekirdekleri, elektronlar ve protonların dışında,

nötron adı verilen parçacıkları da içerirler. Ancak nötronlar, elektrik yükü taşımazlar.

Elektrik yükü bulunan iki cismi birbirine yaklaştırırsanız, aralarında görünmez bir kuvvet olduğunu görürsünüz. Eğer her iki cismin yükü aynıysa (artı ve artı ya da eksi ve eksi), cisimler birbirini iter. Farklı yüklerse (artı ve eksi) birbirini çeker. Bu kuvvetin bazı özellikleri manyetik kuvvetinkine benzer. Mıknatısın aynı kutupları (kuzey ve kuzey ya da güney ve güney) birbirini iterken, farklı kutuplar (kuzey ve güney) birbirini çeker.

İki cisim arasındaki elektriksel çekim kuvveti, cisimlerin içerdiği yük miktarına ve aralarındaki uzaklığa bağlı olarak değişir. Yük ne kadar fazlaysa, cisimler arasındaki kuvvet o kadar fazla olur. Cisimlerin arasındaki uzaklık arttıkça, kuvvet hızla (uzaklığın karesiyle orantılı olarak) azalır. Eğer, elektriksel çekim kuvvetini, kütleçekim kuvvetiyle karşılaştıracak olursak, kütleçekimi elektriksel kuvvete göre çok çok zayıf (2×10^{35} kez) kalır.



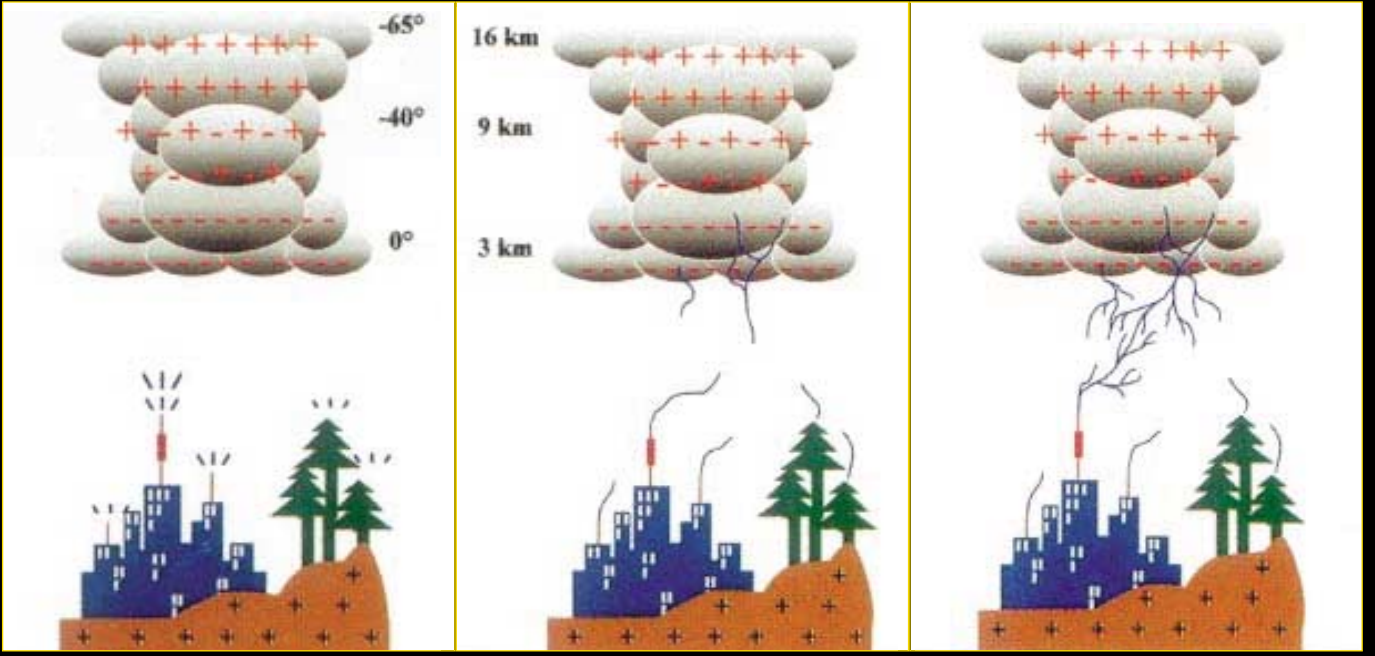
Yıldırımlı fırtınalar, doğadaki en görkemli olaylardan biridir. Yıldırım, kısa süreli ancak, çok yüksek miktarda eksi elektrik yükünün bulutlardan yere, artı elektrik yükünün de bulutlara doğru akmasıyla meydana gelir.



Bulutun tabanıyla yer arasındaki güçlü elektrik kuvveti, sanki bir kabloyla birbirine bağlanmış gibi, bir ya da daha çok elektriksel kısa devreyle boşalır. Buna yıldırım deniyor.

Normal koşullarda, farklı yükler birbirini çektiği, aynı yükler de ittiği için, atomlar ve moleküller yüklerini dengelemek için, yani yüksüz olma yönünde çaba gösterirler. Yıldırım ve şimşekler bulutların farklı bölgelerinin elektriksel olarak yüklenmesiyle oluşur. Bunun için, buluttaki yüklerin bir şekilde birbirinden ayrılması gerekir. Bu ayrışmanın nasıl olduğu, bilim dünyası tarafından tam olarak açıklanamıyor ve bu konuda birden fazla kuram var. Yıldırım araştırmaları, su damlalarının bir şekilde eksi yüküyle yüklendiğini ve havadan ağır olan bu damlacıkların, bulutun alt katmanlarına çöktüğünü gösteriyor. Üzerinde en çok durulan kuram, moleküllerin bulutun içinde birbirleriyle sürtünmesi sonucunda elektronların atomlardan ayrılması. Bu kurama göre, moleküllerin sürtünmesi kadar, donma da önemli role sahip. Bulutun içindeki nem, yerden belli bir yükseklikte donar. Bulutlar, iyi havalarda yerden ortalama 2 km yükseklikte bulunurlar. Ancak, hava akımlarının güçlü olduğu yaz mevsimlerinde, bulutun üst kısımları 12-14 km yüksekliğe kadar ulaşabilir. Kümülonimbüs adı verilen bu bulutlar, dikey doğrultuda kabarır ve atmosferin bir üst katmanı olan stratosfere ulaştıklarında tepeleri düz bir şekil alır. Yazın, suyun donma noktası olan 0 derece sınırı atmosferde 3 ila 5 km arasında bulunur (kışın bu sınır genellikle bulutun altında kalır). Bu seviyeye gelen su damlacıkları buz kristallerine dönüşürler. Suyun yoğunlaşması ve donmasıyla ortaya çıkan ısı enerjisi, yukarı doğru güçlü hava akımları yaratır ve bulutun içindeki bu fırtınalar, buz kristalleri ve su damlacıklarını da yukarıya doğru sürükler. Bu sırada, bir plastik tıraşın elektrik yüklenmesi gibi, buz kristalleri de sürtünmelerin etkisiyle elektrik yüklenir.

Yeryüzünde artı ve eksi yüklü parçacıklar hemen hemen dengede olduğu için, yerin normal koşullarda nötr (yüksüz) olduğunu varsayabiliriz.



Bulutun eksi yüklü tabanı, yerdeki eksi yüklü parçacıkları iterken, artı yüklü olanlarını çeker. Böylece, bulutun alt katmanlarıyla yer arasında kutuplaşma olur. Bulutun altındaki eksi yükle yerdeki artı yük arasında güçlü bir elektrik alanı oluşur ve bu kuvvet giderek daha fazla yükü bu bölgelere toplar. Bulutun altındaki elektronlar, çekimin etkisiyle yere doğru uzanırken, artı yüklü parçacıklar da buluta doğru uzanır. Bunlara öncü kollar denir. Öncü kollar buluştuğunda devre tamamlanmış olur ve ardından yıldırım oluşur.

Ne var ki, elektrik yüklü bulutlar, bu dengenin belli bölgelerde bozulmasına neden olurlar. Bulutun eksi yüklü tabanı, yerdeki eksi yüklü parçacıkları iterken, artı yüklü olanlarını çeker. Böylece, bulutun alt katmanlarıyla yer arasında kutuplaşma olur. Bulutun altındaki eksi yükle yerdeki artı yük arasında güçlü bir elektrik alanı oluşur ve bu kuvvet giderek daha fazla yükü bu bölgelere toplar. Bulutun altındaki elektronlar, çekimin etkisiyle yere doğru uzanırken, güçlü elektrik alanı, yollarındaki hava moleküllerinin iyonlaşmasına neden olur. İyonlaşma, bir atomun elektron kaybederek artı yüklü hale gelmesi demektir. Bunun sonucunda oluşan ve eşit sayıda artı yük ve eksi yükten (elektrondan) oluşan karışım, plazma olarak

adlandırılır. Plazma halindeki havada elektronlar serbest kaldığından, hava iletken bir özellik kazanır. Metallerin de iletken olmalarının nedeni benzerdir. Artı yüklü atom çekirdeklerinin akışkan bir elektron bulutuyla çevrili olmaları, onları iyi birer iletken yapar.

Plazmanın oluşmasına neden olan iyonlaşma, buluttan aşağı doğru birçok farklı koldan ilerler. Bu kollara öncü kollar denir. Bunun yanında, iyonlaşma, her yönde eşit ilerleyemez. Bu nedenle, elektrik yükü yeryüzüne en çok yaklaşan yoldan ilerlemeyi seçer. Ancak bu, bulutun tabanı ile yer arasındaki en kısa yol değildir. Öncü, en kısa yoldan değil, elektrik akımına en düşük direnci gösteren yoldan ilerlemeyi seçer. Öncü, saatte yaklaşık 400 km hızla yere doğru ilerlerken, yerdeki artı yüklü parçacıklar da onunla buluşmak için yerden bir miktar yükselirler. Artı yüklü parçacıklar, ağır oluşlarından dolayı yerden pek de fazla yükselmezler ve eksi yüklerden oluşan öncü yıldırımın kendilerine ulaşmasını beklerler.

Aşağıya doğru ilerleyen öncü ve yerdeki artı yükler buluştuğunda, plazma devreyi tamamlar. Hareketli ve hafif olan eksi yüklü elektronlar hızla bu plazma yolundan aşağı akarlar. Bu sırada ısınan hava, bir neon lambasının ışığına benzer bir ışık yayar. Bunun hemen ardından, yerdeki artı yükler, ışık hızının yaklaşık yarısını bulan, yani saniyede 150 bin km hızla, yerden buluta doğru, aynı yoldan akar. Saniyenin yaklaşık 10 binde biri





Kümülönimbüs bulutlarının uzaydan görünüşü. Hava akımlarının güçlü olduğu yaz mevsimlerinde, bulutun üst kısımları 12-14 km yüksekliğe kadar ulaşabilir. Kümülönimbüs adı verilen bu bulutlar, dikey doğrultuda kabarırlar ve atmosferin bir üst katmanını olan stratosfere ulaştıklarında tepeleri düz bir şekil alır.

kadar süren bu yük atlaması sırasında, yıldırım olarak adlandırılan çok parlak ışık ortaya çıkar. Bu sırada çok yüksek miktardaki elektrik akımı sadece birkaç cm çapında bir koldan ilerlediğinden, çevresindeki hava aşırı ısınır (yaklaşık 33.000 derece, yani Güneş'in yüzeyinin sıcaklığının 5 katı kadar) ve aniden genişler. İşte bu genişleme, gökgürültüsü dediğimiz patlama sesinin çıkmasına yol açar.

Yıldırım sırasında, ilk anda bulutun tümündeki yük boşalmayabilir. Bunun gerçekleşebilmesi için, elektrik akımı ardı ardına aynı yolu izleyerek defalarca, sayısı 40'ı bulabilen atlamalar yapabilir. Zaman zaman yıldırımları izlerken, bu atlamaların aynı yerde bir saniyeden çok daha kısa bir süre içinde defalarca gerçekleştiğini görebilirsiniz. Bunlara ikincil yıldırımlar deniyor. Eğer atlamalar birbirine çok yakın aralıklarla gerçekleşirse, yıldırımı tek bir atlama gibi görürüz; ancak böyle bir yıldırım, bize normalden daha uzunmuş gibi görünür. Yıldırımların zaman zaman birkaç kola ayrıldığını görmüşsünüzdür. Bunun nedeni,

elektrik akımının, yıldırım öncesinde oluşuş olan birden fazla öncüden akmasıdır.

Yıldırımlar, genellikle yüksek cisimlere düşerler. Bunlar tepeler, yüksek binalar ve yüksek ağaçlar olabilir. Bunun nedeni, bu cisimlerin havadan daha iyi birer iletken olmaları ve böylece yeri buluta daha yakın bir hale getirmeleri. Sonuçta, yıldırım her zaman direncin en düşük olduğu yolu seçtiğinden, yüksek cisimlere yıldırım düşmesi olağandır. Yıldırımlar, genellikle yağışla birlikte görülür. Çünkü, su cisimleri ve havayı daha iyi bir iletken haline getirir. Ancak, kuru havalarda da yıldırım düşebilir.

Elektrik atlamaları yalnızca yer ve bulut arasında değil, iki bulut arasında ya da aynı bulut içinde de oluşur. Yere düşmeyen elektrik atlamalarına şimşek denir. Şimşekler, yıldırımlara göre daha sık görülür. Genellikle bulutun içinde oluştuklarından, kendilerini bulutları aydınlatarak ve gökgürültüsüyle belli ederler. Ayrıca, şimşekler birbirine epeyce uzak iki bulut arasında



da oluşabilir. Bu durumda yatay elektrik atlamaları görünür.

Paratoner

Evlerde kullandığımız elektriğin ne kadar tehlikeli olduğunu hepimiz biliriz. Bir yıldırım sırasında yaklaşık 100 milyon Volt'luk bir gerilim ve 200.000 Amper elektrik akımı oluşur. Evlerdeki en çok elektrik harcayan makineler bile 10 Amper'den fazlasını kullanmaz. Zaten evdeki elektrik sigortaları, genellikle 20 Amper'den fazla akımın geçmesine izin vermezler. Geçmişte, yıldırımlar çok sayıda insanın yaralanmasına ve ölmesine yol açıyordu.

Örneğin, Ortaçağ Avrupası'nda, kilise çanlarını çalmak cesaret işiydi. Çanlar, genellikle yüksek kulelerin üzerinde bulunduğundan, çok yıldırım düşüyordu. O zamanlar, bir yanlış inanış olarak, fırtınalar sırasında çanlara çok hızlı vurulurdu. Bunun yıldırıma neden olan kötü güçleri uzak tutacağı düşünülürdü. 1753 ile 1786 yılları arasında, yalnızca Fransa'da 386 kiliseye yıldırım düştü ve 103 çan görevlisi öldü.

18. yüzyılda, yine kiliseler çok miktarda barutun depolandığı birer cephanelik görevi de görüyordu. Bu durum çok sayıda felakete yol açtı. Bunlardan biri, Rodos adasındaki St. Jean Kilisesi'ne düşen yıldırım sonucunda patlayan cephaneydi. Burada 4000 kişi öldü.

Yıldırımın bir elektrik akımı olduğunu ve güvenli bir şekilde yere iletebileceği, 1753'te Benjamin Franklin tarafından öne sürüldü. Franklin, deneylerini fırtınalar sırasında uçurduğu uçurtmasıyla yaptı. Bu, kesinlikle tekrarlanmaması gereken bir deney. Benjamin Franklin çok şanslı bir adam olmalı ki hiç yıldırım

Elektrik alanının içine yerleştirilen içi boş bir metal cismin içindeki elektrik alanı sıfır olur. Bu metalden yapılan bir kafes de olabilir, bir konserve kutusu da. Bir elektrikli fırtına sırasında, uçakların ve otomobillerin içi, bulunabilecek en güvenli yerler arasındadır. Uçakların metal gövdeleri, yıldırım bile düşse içerideki yolcuları elektrik çarpmasından korur. Uçaklara düşen yıldırımların tek bir noktaya odaklanmaması için çeşitli laboratuvar deneyleri yapılır. Fırtınaya otomobilinizin içinde yakalanırsanız, en iyisi güvenli bir yerde durup içeride beklemektir. Otomobilin metal gövdesi Faraday kafesi işlevi görür.





Açık alanlardaki yüksek cisimler, yıldırımın öncelikli hedefleridir. Büyük ağaçlara sık sık yıldırım düşer. Bu nedenle, yıldırımlı havalarda yağmurdan kaçmak için bir ağacın altına sığınmak pek iyi bir fikir değildir.

tarafından çarpılmadı. Franklin'in buluşunun 1753'te bir dergide yayımlanmasından sonra, Amerika'daki bazı bölgelerde o zamanlar "Franklin çubuğu" olarak adlandırılan aletler kullanılmaya başlandı. İşe yaradığının anlaşılmasıyla, 1700'lü yılların sonlarına doğru bu çubuklar birçok yapıda, özellikle de kiliselerde yaygın olarak kullanılmaya başlandı.

Günümüzde paratoner olarak adlandırılan bu iletken çubuk, çok basit bir şekilde çalışır. Paratonerin amacı, yıldırımı binaya ulaşmadan yere iletmektir. Bunun için, binaların çatısına bir metal çubuk yerleştirilir ve bu çubuk, iletken bir kabloyla toprağın altına yerleştirilen bir plaka ya da bir çubuğa bağlanır. Amaç, binadan daha iyi bir iletken olan metal kablo yardımıyla elektriği toprağa ulaştırmaktır. Paratonerde kullanılan çubuk ve kablonun kalınlığı en azından 2 cm kadardır.

Günümüzde paratonerler genellikle yüksek binalarda bulunuyor. Yıldırımın yüksek binaların arasındaki alçak binalara düşme eğilimi bulunmasa da, bazı yıldırımlar yere birkaç dala ayrılarak düşer. Bu nedenle, fırtınalar sırasında evde bile olsak bazı önlemler almak gerekir. Elektrikli bir fırtına sırasında evdeyse, telefon, metal borular ve su şebekesinin bulunduğu yerlere yaklaşmamak gerekir. Yani, böyle durumlarda, telefonla konuşmak, duş yapmak, muslukları kullanmak tehlikelidir.

En büyük tehlike, elektrikli bir fırtınaya açık havada yakalanınca ortaya çıkar. Böyle bir durumla karşılaşınca, ağaçlar, bayrak ve telefon direkleri gibi uzun cisimlerden uzakta durmak gerekir. Vadiler ve alçak alanlar, tepelere ve düz alanlara göre daha güvenlidir. Fırtınaya açık alanda yakalanırsanız, yapılacak en iyi şey, metaller gibi iletken cisimlerden uzak durmaktır. Eğer, saçlarınızın elektrikleştiğini hissederseniz, ayaklarınızı birleştirip yere çömelmek çarpılma olasılığını azaltır. Yere yatmanın böyle bir durumda güvenli olmadığı düşünülüyor. Çünkü, yakına düşen bir yıldırımda yüzeyden ilerleyen elektrik akımı vücudun içinden de geçecektir. Grup halindeyseniz, en iyisi bireylerin birbirinden uzak mesafelerde durmasıdır. Eğer ormanlık alandaysanız, alçak ağaçların bulunduğu bir yerde beklemeniz gerekir.

Bir insanı yaşamı süresince bir kez yıldırım çarpma olasılığı ortalama 600.000'de bir. Bu, çok düşük bir olasılık. Ancak, tarlalar gibi açık alanlarda çalışanların, bisiklet ve balıkçılık, dağcılık gibi doğa sporlarıyla uğraşanların yıldırımla karşılaşma olasılıkları çok daha fazla. Bu nedenle, özellikle bu tür uğraşları olanların elektrikli fırtınalar geçene kadar güvenli bir yerde beklemeleri önem taşıyor.

Alp Akoğlu

Kaynaklar

Lascar, O., *Au Coeur des Orages*, Science & Vie Junior, Temmuz 2002
Watt F., Wilson F., *Hava ve İklim*, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları
Gemmell K., *Fırtınalar ve Kasırgalar*, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları
<http://www.lightningsafety.noaa.gov>
<http://www.exploratorium.edu>