

"Gökyüzü, yeryüzünün üzerini örten, sert malzemeden yapılmış dev bir kubbedir. Dışında ışık vardır. Hava karardığında, kubbenin üzerinde bulunan çok sayıdaki delikten ışığı görebilirsin. Ve bu deliklerden geçerek cennete ulaşır ölümlerin ruhları. Cennete giden yol, çok büyük bir uçurumu aşan dar bir köprüden geçer. Daha önceden cennete gitmiş olan ruhlar, yeni gelenlerin ayağına rehberlik etmesi için meşaleler yakarlar. İşte bu meşalelere kuzey ışıkları denir."



Kuzeyin Gizemli Işıkları 'Aurora'lar

AURORALAR ya da kuzey ışıkları yüzyıllardır insanların ilgisini çekmiş, onlarla ilgili efsaneler dilden dile dolaşmış, ne oldukları hakkında bilimsel geçerliği olan olmayan sayısız kuram ortaya atılmıştır. Hudson Körfezi çevresinde yaşamış olan Inuit kızılderilileri için kuzey ışıkları, ölümlülerin dünyasından cennete gidecek olan ruhlara rehberlik eden tanrıların meşaleleriydi. Avrupa'daki yaygın inanışlardan biri, auroraların, göksel savaşçıların görüntüsü olduğuydu. Buna göre, kralı ve ülkesi uğruna canlarını veren kahraman savaşçılara, ödül olarak, göklerde sonsuza dek savaşma gücü bağışlanırdı; auroralar, kutsal savaşlarına devam eden bu cesur askerlerin nefesiydi. Öte yandan kuzey ışıkları, ancak seyrek görülen ve kırmızı auroraların oluşmasına neden olan jeomanyetik fırtınalar sırasında Orta ve Güney Avrupa'ya kadar iner. Vebanın ve savaşların kasıp kavurduğu Ortaçağ Avrupası'nda, gecenin karanlığından çıkagelen kızıl alevler, hemen hep kötücül işaretler olarak anlaşılırdı. Kuzey Avrupa'da ise auroralar, sıkça rastlanan, dolayısıyla da bildik bir doğa olayıydı. İskandinavlarda, auroralar hayranlık ve saygı uyandırır. Islık çalmak, el çırpma gibi, o anın sessizliğini bozacak davranışlarda

bulunmak bir yana, uzun süre bakmak bile auroralara saygısızlık olarak değerlendirilirdi.

Eskiden büyük yangınlar, gecelerin bulutlardan yansıyan ışıklardan farkedilirdi. Güney enlemlerinde auroralar ortaya çıktığında, yangın var sanısına kapılarak komşu kentlere yardıma koşulurdu. Kuzey ışıklarının ne olduğu üzerine bilinen ilk düşünceler Eski Yunan'a kadar uzanır. M.Ö. 4. yüzyılda yaşamış olan Aristoteles, *Metereologia*'sında auroraları yapmakta olan gaz alevine benzetir. Eski Yunan ve Roma kayıtlarında, gökyüzündeki "chasmata"ya (yarık) yapılmış göndermeler göze çarpar. Aurora yayı, içinden alev ve duman püsküren göksel mağaranın girişi sayılırdı. Bu göksel olaya "bilimsel" bir açıklama getirmeyi amaçlayanlar da vardı. 1230'larda Norveç'te yazılmış olan "Kralın Aynası" adlı kitapta, auroraların Grönland'da görülmesinin nedeni şöyle açıklanıyordu: "Bazıları, gecelerin Güneş ufkun altına girdiğinde, Grönland'da bazı ışıkların ortaya çıktığını

söyler. Burası Dünya'nın kıyasına o kadar yakındır ki, Güneş'in görülmesine normalde engel olan Dünya'nın yuvarlaklığı orada daha az olmalı".

Auroralar hakkındaki yorumların çeşitliliği kimi zaman şaşırtıcı boyutlara varıyor. Örneğin, Avustralya aborijin yerlileri, "güney ışıkları"nı tanrıların gökteki dansı diye adlandırdı. Tartışmalı bir konu olmakla beraber, Çinlilerin ünlü ejderha efsanelerinin kökeninde auroraların olabileceği düşüncesi kayda değer bir iddiadır. Bulunan eski günlüklerde rastlanan "göksel yılan" resimlerinin, hareket halindeki auroraların sağa sola kıvrılan yılanı devinimlerini betimlediği de bu konudaki ilginç savlardan biri.

Auroraların Sırrı

Kutup dairesine yakın yaşayanlar için aurora gösterilerinin her aşaması ayrı bir görsel şöendir. Işık oyunları, ufukta beliren fosforlu bir parlamayla başlar. Işıltı söner, tekrar ortaya çıkar

*Nürnberg
(Almanya) üzerinde
kuzey ışıkların, 1591. Üstteki
küçük görüntü,
1883 tarihli bir eskizden
esinlenen Fridtjof Nansen'in
bir ahşap baskısı.*





Ortadaki Kuzey Kutbu aurora ovali resminde, bir "yaygın aurora"nın, Dünya'nın gece yüzünde (resmin sağında), akşam bölgesinden geceyarısı bölgesine ilerlediği görülüyor. Akşam bölgesinde eşdeğer bir ışık miktarına sahip olan şerit, yerdeki birinin bütün görüş alanını kaplayacak kadar geniş.

Perde gibi olan "sessiz auroralar"ın, yaygın auroranın kutba yakın tarafında yer aldığı görülüyor. Alt-fırtınanın doruğa ulaştığı anda parlak şekiller, geceyarısı gibi kutba doğru hareket etmeye başlar. Sabaha doğru yaygın aurora dağılmaya başlar ve yerini, ovalin dış çeperinde görülmeye başlanan perdemsiz şekillere ve lekeler bırakır. Sağdaki küçük fotoğraf ise, Kuzey Kutbu üzerindeki aurora ovalinin sonradan renklendirilmiş görüntüsü. Üç Dünya yarıçapı uzaklıkta yörüngede bulunan Dynamics Explorer uydusu ile elde edilen fotoğrafta, oksijen atomlarının yaydığı 130 nanometre dalgaboyundaki ışınım kaydedilmiş. Soldaki yarım ay, Dünya'nın gündüz yüzünün görüntüsü. Sağ üstte, uydudan alınan fotoğrafta, kutbu çevreleyen ovali oluşturan ve atmosferde asılı gibi duran auroralar görülüyor.



ve ardından gökyüzünde ışıktan bir yay belirir. Bu ilk daire parçası ve onu izleyen yenileri gökyüzünde yol alırken, küçük dalgalar ve kıvrımlar onlara eşlik eder. Sonraki birkaç dakika içinde, gecenin karanlığı dramatik değişimlere sahne olacaktır. Parçacıklardan oluşan bir sağanağın atmosferin üst katmanlarına girmesiyle, aurora alt-fırtınası başlar. Uzaydan yeryüzüne düşüyormuş gibi görünen ışık çizgilerinin bir araya gelmesiyle şekillenen ışık perdeleri bütün gökyüzüne yayılır. Bunlar, izleyenlere bir esintiyle salınan perdeleri anımsatır. Dalgalanmakta olan perdelerin üst ve alt uçları mor ve kırmızıyla bezeli olabilir. Ya da renkler, perdenin tümünde birbirine örülerek iç içe geçmiştir. Perdelerin biri kaybolur, uzaydan düşen bir ışık demetiyle bir diğeri şekillenir. Kimi zaman insan, başının üzerinde, her yöne doğru dağılan ışığın oluşturduğu bir "aurora tacı" bulur. 10-20 dakika sonra artık fırtınanın şiddeti azalmaya yüz tutmuştur. Dağılmakta olan ışık şeritleri, bütün gökyüzünü saran homojen bir aydınlığa bırakmaktadır yerini. Işık kümeleri görünmez olmuş, ama ortalık, çevredeki biçimleri gece yarısı seçebilmemizi olanaklı kılacak denli aydınlanmıştır. Dikkatle bakarsak, gösteriden arta kalan sönük, belli belirsiz yoğunlaşmaları fark edebiliriz; 5-20 saniyede bir yanıp sönen neon ışıkları gibi gidip gelen ışık bulutlarını... Doğanın büyüleyici ışık gösterisi sona ermiştir.

Auroraların isim babası 17. yüzyılda yaşamış bir matematikçi ve filozof olan Pierre Gassendi'dir. Gassendi, Eski Yunan "gül parmaklı şafak tanrı-

çası" Eos'un Roma'daki adını vermişti bu doğa harikasına. Kuzey ışıkları ise, Kuzey Yarıküre'de yaşayanlara ait bir adlandırmadır ve aslında bilimsel anlamda sözcük karşılığı "aurora borealis"tir. Nitekim Güney Kutbu'nda ortaya çıkan auroralara, yani "güney ışıkları"na da "aurora australis" denir. Öte yandan, kuzey ışıkları, kaynaklarda yaygın olarak aurora teriminin yerine, yani her iki kutupta meydana gelen auroraların genel ismi olarak kullanılmaktadır.

19. yüzyılın ortalarına dek, yüzyıllar boyunca kuzey ışıkları, Güneş'in yol açtığı, gökkuşağına benzer bir doğa olayı sanılıyordu. Bu düşünceye göre güneş ışığı, atmosferden ya da kutuplardaki buzullardan yansıyarak Dünya'nın karanlık yüzüne ulaşıyordu. Auroraların hareketi de rüzgârlar, basınç değişiklikleri gibi meteorolojik olaylarla açıklanıyordu. Auroraların kaynağının güneş ışığı olduğu savı 1868'de yıkılmışken, kuzey ışıklarına neden olan güneş rüzgârları ile Dünya'nın manyetik alanı arasında oluşan karmaşık olayların bütün boyutlarıyla ortaya konması sadece 30 yıl öncesine dayanır.

İlk uyduların yörüngeye sokulması ile elde edilen atmosfer verileri ve Dünya'nın uzaydan görüntüleri, kuzey ışıklarının nedenleri hakkında önemli ipuçları sağlamıştı. Uzaydan bakıldığında, Dünya'nın her iki kutup bölgesinde oval biçimli birer dairesel ışıltının varlığı görülür. Gezegenin kolları, denizleri, atmosferi gibi bir kalıcı fiziksel öge olan aurora ovaleri, çeperinde kuzey ışığı etkinliğinin sürekli devam ettiği aurora bölgesini tanımlar.

Başka bir deyişle ovaler, uzaydan bakıldığında auroraların yerküre üzerindeki izdüşümüdür. Çeperin kalınlığı ve coğrafi konumu değişkenlik gösterir. Oval, bir yandan sürekli büyüyüp küçülürken, diğer yandan da Dünya'nın kendi çevresinde dönmesiyle yer değiştirir. Yeryüzü'nün gece yüzünde daha geniş olan ovali oluşturucu çeper (60 km'ye kadar çıkabilir), bu yüzde daha da güneye iner.

Kuzey ışıklarının oluşmasıyla doğrudan ilişkili olan aurora ovalindeki değişimin anlaşılması, jeomanyetik bir olgu olan auroralara ilişkin birçok sorunun da yanıtlanabilmesini sağladı. Güneş'in Dünya üzerindeki etkileri incelenirken, öncelikle Güneş'te meydana gelen olayların, güneş rüzgârlarının, bu rüzgârların Dünya'nın manyetik alanını nasıl etkilediğinin tam anlamıyla anlaşılması gerekiyor. Aslında auroraların uzun ve karmaşık bir ilişkiler zincirinin son halkası olduğu ve gözle görülen biçimiyle ışık oyunlarının, Dünya dışında gerçekleşen olayların adeta bir yan ürünü olduğu söylenebilir.

Küçük Bir Fizik Dersi

Herşey Güneş'te başlar. Güneş'in tacının (korona) sıcaklığı birkaç milyon °C'dir. Bu kadar yüksek sıcaklıklarda gaz molekülleri çok hızlı hareket etmeye başlar ve birbirleriyle çarpıştıkça, atomların yörüngesinde bulunan elektronların bazıları ayrılarak serbest hale geçer. Güneş'in kütesinin çok büyük bir bölümünü oluşturan hidrojen atomları, Güneş'in tacında proton ve elektronlardan oluşan bir



Proton ve elektronlardan meydana gelen güneş rüzgârları, Dünya'nın manyetik alanını, bir kuyruklu yıldız benzeyen manyetosfere hapseder. Güneş'ten yola çıkan plazma, Dünya'nın gündüz yüzündeki manyetosferin kalınlığını 65 000 km'ye kadar sıkıştırır. Gece yüzünde ise, plazmanın içinden geçerek yoluna devam ettiği, uzunluğu 6 500 000 km'ye erişen manyeto-kuyruk bulunur. Güneş rüzgârları da manyetik alana sahiptir (kırmızı). Bu alan güney doğrultusunda olduğunda, Dünya'nın manyetik alanıyla (mavi) birleşir. Devamlı manyetik alan çizgilerini izleyen parçacıklar manyetosfere girer. İki manyetik alanın devamlı hale gelmesi, manyeto-kuyruğun içindeki plazmadan, plazmoid adı verilen parçaların kopmasına yol açabilir. Manyeto-kuyruğa meydana gelen bu gibi hareketlenmelerin, auroralar üzerinde etkileri olduğu biliniyor.

plazmaya dönüşür. Maddenin bir hali olan plazmanın özelliği, yüklü parçacıkların tekrar birleşmeden bir arada bulunmasıdır. Bu maddenin bir kısmı, sürekli olarak Güneş'in manyetik alanından kurtularak uzaya dağılır. Yıldızın kendi çevresindeki hareketinin etkisi sonucu oluşan merkezkaç gücüyle savrulan parçacıklar, suyun bahçe sulama fışkiyesinden çıktuktan sonraki hareketine benzer biçimde, gitgide büyüyen sarmallar çizerek Güneş'ten uzaklaşır. Uzay boşluğunda "güneş rüzgârları" adını alan plazma dalgalarının hızı ve yoğunluğu değişkendir. Günümüzde henüz tam anlamıyla nedeni bilinmemekle birlikte, bu değişimin Güneş'te görülen lekeler ve pat-

lamalarla doğrudan ilişkili olduğu gözlemlenmiştir. Nitekim lekelerin arttığı dönemlerde (11 yılda bir) manyetik alanın dışına fırlatılan parçacık miktarında ve hızında artmalar saptanmıştır.

Bilim adamları uzun yıllar, Dünya'nın manyetik alanının, bir mıknatıs gibi artı ve eksi kutupları olduğu ve güney kutbuyla kuzey kutbu arasında, jeomanyetik eksene göre bakışlı (simetrik) halkalardan oluştuğu düşüncesini benimsemişlerdi. Daha sonraları güneş rüzgârları üzerinde yapılan araştırmalar, manyetik alanın bakışsız (asimetrik) bir yapıya sahip olduğunu ortaya çıkardı. Buna göre, Dünya'nın yörüngesi doğrultusunda uzanan manyetik alanın derinliği, yarıçapının 24

katı kadarken, Güneş'e doğru uzanan kısmın derinliği yarıçapının 10 katıdır. Bunun nedeni, saniyede 750 km hızla, on milyonlarca tonluk kütleyle sahip güneş rüzgârlarının manyetosfer üzerinde yarattığı sürekli baskıdır. Dünya'nın gece yüzündeki manyetik alanı ise aynı nedenle kuyruk biçimini almıştır. Manyeto-kuyruk adını alan bu oluşumun uzunluğu Dünya'nın yarıçapının 1000 katı kadar olup, plazmanın içinden geçtiği bir tünele benzetilebilir. Bu haliyle bir kuyruklu yıldız andıran manyetosfer, Güneş'ten gelen etkilere göre kısalır, uzar, dalgalanmalara ve yalpalamalara uğrar.

Manyetosferin devingenliği güneş rüzgârlarının yalnızca hızı ve yoğunlu-

Bir Bilimsel Dedektiflik Öyküsü

1600: İngiliz fizikçi William Gilbert, Dünya'nın dev bir mıknatıs olduğunu gösterdi. Ancak kimse, bu buluşun auroraların açıklanmasında yaşamsal bir önem taşıdığını fark etmedi.

1774: Fransız bilim adamı Jean Jacques Dortous de Mairan, kuzey ışıklarını Güneş'te olup bitenlerle ilişkilendirdi.

1860: Yale Üniversitesi'nden Elias Loomis, auroraların en yoğun olarak oluştuğu yer için "aurora bölgesi" tanımını ortaya attı. Sekiz yıl sonra, Norveçli Anders Jonas Angstrom, bir prizma kullanarak, auroraların ışığının güneş ışığından farklı olduğunu gösterdi. Böylece auroraların Güneş'in yansımaları olduğu kuramı tarihe gömülmüş oldu.

1910: Norveçli bilim adamı Carl Stormer üçgenleme yöntemiyle (aynı aurorayı farklı noktalardan gözlemlenme) auroraların yüksekliğini ölçtü. Veryl Fuller'ın Alaska'da yaptığı ölçümler (1930-1934) auroraların, kuzey aurora bölgesinde, hep aynı yüksekliklerde (yaklaşık 100 km) oluştuğunu ortaya koydu.

1925: Yerden 80 km yükseklikte, atmosferin üst kesiminde iletken bir katmanın (iyonosfer) var olduğu, Merle Tuve ve Carnegie

Enstitüsü'ndeki araştırmacılarca saptandı. Bu, kuzey ışıklarının ionosferde gerçekleştiği anlamına geliyordu.

1939: 2.Dünya Savaşı, auroraların haberleşme, yön bulma ve radar düzenekleri üzerindeki etkileriyle ilgili araştırmaların hız kazanmasına yol açtı. Auroralar, radar göstergelerinde ortaya çıkıyordu, radyo haberleşmelerine engel oluyordu.

1957: Uluslararası Jeofizik Yılı (IGY, 1957-1959) boyunca yoğun aurora araştırmaları yapıldı; gökyüzü görüntüleme ağına bulunan aygıtlar, Kuzey Kutbu aurora bölgesinin bir ufkundan diğerine gerçekleşen auroraların eşzamanlı olarak kaydedilmesinde kullanıldı. İlk yapay uydu Sputnik 1, Dünya'nın etrafındaki yörüngesinde, atmosferin yoğunluğuna ilişkin bir takım önemli veriler gönderildi.

1964: IGY boyunca elde edilen bilgiler Jeofizik Enstitüsü araştırmacılarına, aralıklarla şiddetlenen bir aurora etkinliği olan aurora alt-fırtınası tanımını geliştirme olanağını verdi.

1967: Jeofizik Enstitüsü araştırmaları, kuzey ve güney auroralarına yol açan elek-

tronların aynı kaynaktan geldiğini ortaya çıkardı. Bu kaynak, her iki yan kürede de eşzamanlı olarak gözlemlenen ve sıklıkla, birbirlerinin bakışlı (simetrik) yansımaları olan auroralara yol açıyordu.

1969: Alaska'da yeni kurulan, Poker Flat Research Range'den atılan roketlerden yayılan baryum, Dünya'nın manyetik alanını renklendirdi; bu, bir çeşit yapay auroraydı.

1974: Jeofizik Enstitüsü'ndeki araştırmacılar, dev ionosferik kısımlara paralel elektrik alanlarına ilişkin gözleme dayalı kanıtlar elde ettiler. Araştırmacılar aynı zamanda, gündüz auroralarının (güneşin haftalar boyunca ortaya çıkmadığı kutup kışı günlerinde görülebilen) ve güneş rüzgârlarıyla doğrudan ilişkilerinin gözlemlenebilmesi amacıyla Güney Kutbu'nun doğusuna, çok uluslu bir keşif gezisi düzenlediler.

Ve bugün... Günümüzde araştırmacılar, dünyanın dört bir yanında bulunan gözlem araçlarını, roketleri, uyduları ve matematiksel modellere dayanan bilgisayar simülasyonu kullanarak Güneş'in, auroraların, iklimin ve gezegenlerarası uzayı dolduran manyetik alanın nasıl etkileştiğini ve Dünya üzerindeki yaşama nasıl etkide bulduklarını anlamaya çalışıyorlar.

ğuna değil, aynı zamanda, aslında Güneş'in manyetik alanının bir uzantısı olan bu manyetik dalgaların yönüne de bağlıdır. "Gezegenlerarası manyetik alan" adıyla da anılan güneş rüzgârlarının manyetik alanının güneye dönük olması durumunda, alan çizgileri Dünya'ninkilerle birleşir. Birbirlerinin uzantısı haline gelen bu manyetik alan çizgileri sayesinde, plazmanın Dünya manyetosferine akışı kolaylaşır. Plazmayı oluşturan parçacıklar, manyetosferle karşılaştığında yüklerine göre iki yöne ayrılırlar. Eksi yüklü elektronlar Dünya'nın güneybatı tarafına, artı yüklü protonlar ise güneydoğu tarafına doğru akar. Bu kutuplaşma, dev bir aurora üreticinin oluşmasına yol açar. Sürekli hareket halindeki parçacıklar, bir dinamodakine benzer elektrik akımlarının ortaya çıkmasına yol açar. İki kutup arasındaki akım, şiddeti bir milyon megawatt gücündeki bir manyetohidrodinamik güç üreticinininkine eşdeğerdir. Manyetosferin alan çizgilerini izleyerek yol alan parçacıkların bir kısmı, çizgilerin Yer yüzü'ne dik olarak saplandığı kutuplara doğru yönelir. Yere yaklaştıkça alan çizgileri etrafında helezonik bir yol izlemeye başlayan parçacıklar, manyetosferin dış yüzeyi ile iyonosfer arasında, manyetik alan çizgileri doğrultusunda akımlar oluşmasına yol açar.



Yeşil-beyaz auroralarla kırmızı auralar arasındaki temel fark, kökenlerinden kaynaklanır: Biri hergün 4-5 kere görülebilen manyetik alt-fırtınaların sonucu iken, diğeri, Güneş'teki büyük patlamalardan kaynağını alan manyetik fırtınaların ürünüdür. Alt-fırtınalar, oksijen moleküllerini harekete geçirirken, fırtınaların oluşturduğu plazma akımı azot molekülleriyle etkileşime girer.

Aurora ovalinin güneydoğu kısmı artı yüke sahip iken güneybatı kısmı eksi yüklüdür ve kenarları arasındaki gerilim farkı 200 kilovolt kadardır. Öte yandan, alan çizgileri doğrultusundaki akımlar protonlarca değil, elektronlarca taşınır. Bu olay, elektronların protonlara göre daha az kütleyle sahip olması, dolayısıyla da daha hızlı hareket etmesiyle açıklanıyor. Elektronlar, uzaydan ovalin güneybatı tarafına doğru iner, ovalin çeperi



çinde yatayda hareket eder ve güneydoğu tarafından yukarı çıkarlar. Bu sırada ovalin içinde ve ovali oluşturan çeperin iç ve dış kenarları arasında elektrik akımları oluşur.

Dünya atmosferinin işlevlerinden biri, gezegen üzerindeki yaşamı uzaydan gelecek tehlikelere karşı korumaktır. Gökteşleri yere ulaşmadan parçalara ayrılır, ölümcül kozmik ışınlar filtre edilir. Atmosferin yerden 200 km yüksekliğe kadar olan bölümü,

Auroranın Sesi

Auroranın sesi hâlâ bir gizem. Bazen auralar ile birlikte gözlenen çatırtı, hisirtti gibi seslere auraların yol açtığını gösterecek kabul görmüş bir tez henüz yok. İlk kez Danimarkalı bilim adamı Eigil Ungestrup tarafından iyonosfer araştırmalarında kullanılan büyük bir radyo anteni yardımıyla kaydedilen sesler, ortalama 100 Hz frekansında.

Aslında bilim çevrelerinde aurora seslerine şimdiye değin pek önem verilmedi. Bunun nedeninin, bilim adamlarının bu tür olaylara şüpheci yaklaşması olduğu söylenebilir. Aurora seslerine ilişkin en kayda değer çalışma Silverman ve Tuan tarafından yapıldı. Bu ikilinin yaptığı kapsamlı gözlemler, sundukları istatistiksel ve coğrafi veriler, aurora seslerine ilişkin teorilerin kısmen de olsa önünü açmış oldu.

Bu alanda ileri sürülen tezlerden biri, oldukça fazla aurora görmüş olmalarına karşın hiç ses duymamış olanlara ait. Onlara göre, auralar sırasında insanların duyduklarını iddia ettikleri sesler, yalnızca kulak çınlamasından ibaret. Çünkü insan çok sessiz bir yerde otururken de kulaklarında çınlamaya benzer, sürekli bir ses duyabilir. Bu tez, bilimsel açıdan güvenilir kişilerin neden hiç aurora sesi duymadıklarını da açıklıyor. Çünkü bu kişiler, kulak

çınlamasını gerçek sestен ayırabiliyorlar. Ancak, bu tez, böylesi seslerin neden diğer doğa olayları sırasında da işitilmediğini açıklamıyor ve kulak çınlamasının açık tanımını da yapmıyor.

Akustiğe Dönüşen Elektromanyetik Dalgalar

1980'de Keoy tarafından geliştirilen teoriye göre, ses-frekanslı elektromanyetik dalgalar enerjilerini, gözlemcinin bulunduğu çevre içerisindeki uygun cisimlerin de yardımıyla akustik dalgalara aktarabiliyor. Söz konusu cisimler saç, ağaç, çimen, vb. olabilir. Laboratuvar deneyleri, en duyarlı deneklerin, 4 ve 8 kHz'lik elektrik alanında, 160 V/m kadar düşük tepeden tepeye değişimleri algılayabildiklerini ortaya koydu. Bununla birlikte deneklerin duyarlılıkları, 1000 faktör oranında değişiklik gösterebiliyor. Auralar sırasında ses frekanslı elektromanyetik dalgalar gözlenmiş. Böyle güçlü dalgalar, atom bombası patlaması sonrasında, çok güçlü meteor çarpmaları ve nükleer patlamalar sırasında da gözleniyor. Bu üç olayda da aurora sırasında duyulanlara benzer nitelikte sesler duyuluyor.

Duyulur Sesin Doğrudan İletimi

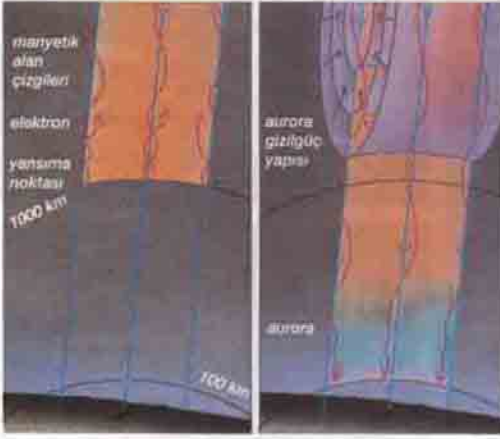
Auralar, 60 ile 400 km arası yüksekliklerde gözlenir. Seslerin aurora sırasında oluştuğu ve sonra aşağıya, yani Dünya'ya yayıldığı düşünülebilir. Asıl sorun, yüksek frekanslı seslerin azalmasında yatıyor. Sesin,

yayılmaması sırasında dağılarak zayıfladığı gerçeğini göz ardı etsek bile, 60 km yükseklikte, 40 Hz'lik dalga enerjisinin % 0.1'i yere ulaşabilecektir. Daha yüksek frekanslı dalgalar için bu oran daha da düşüktür. Bununla birlikte, 1 Hz ve daha düşük frekanslı dalgalar yani ses ötesi dalgalar, yol alırken zayıflamaz; ses ötesi bilimsel gereçlerle kaydedilebilir; ancak enerjileri işitilmelerine elvermeyecek denli düşüktür. Bundan başka, sesin yere ulaşması birkaç dakika alır. Oysa birçok gözlem sonrasında sesin ve devrimin eşzamanlı olduğu belirtiliyor ki, bu da, aurora sesini mantık sınırlarının dışında bir olay haline getiriyor.

Çalı Boşaltımı

Silverman ve Tuan'ın teorisine göre, çalı boşaltımı, keskin eğimlerin olduğu, nokta-benzeri elektrodalarda duruyor. Bunlar ağaç, çalı, saç gibi çıkıntılı cisimler olabilir. Boşaltım sırasında da çatırtı, hisirtti şeklinde betimlenen sesler duyulabilir. Çalı boşaltımını başlatmak için gerekli elektrik alanı 1500 V/m dolayında olmalı. Açık havada 100 V/m'lik bir elektrik alanı bulunuyor. Aurora dönemlerinde ise, bu rakam 1000 V/m ve çok üzerine çıkabiliyor. Çalı boşaltımı sırasında ciltte yanma ya da ozon kokusu duyumsanabilir.

Colin Keay
http://www.ips.oz.au.
Çeviri: Miyase Göktapele



Manyetik alan çizgileri etrafında helezonik yörüngeler izleyerek hareket eden elektronların, iyonosfere yaklaştıkça yükselme açısı artar ve belli bir noktada geri yansır (solda). Bazı durumlarda (sağda) elektrik akımları çevresinde, aurora gizilgüç yapısı adı verilen özel bir elektrik alanı oluşur. Bu alanın içinden geçerken ivmelenen elektronlar, böylece iyonosferin daha alt tabakalarına ulaşabilir. Gizilgüç yapısı kuzey-güney doğrultusunda çok ince iken, doğu-batı doğrultusunda binlerce kilometre uzanarak auroralara perdesi görünümünü kazandırır.

benzer bir işlevi yerine getirerek, elektronların bize kadar ulaşmasına engel olur. Yere yaklaştıkça havanın yoğunluğunun artması, parçacıkların uzaya geri yansımaya ya da enerjilerinin hava moleküllerince soğurulmasına neden olur. Aslında, elektronların iyonosferin alt katmanlarına ulaşabilmeleri bile, aynı nedenden ötürü oldukça şaşırtıcıdır. Normalde, parçacıkların çizdiği helezonik hareketler yerini, iyonosferin hemen üzerinde basit dairesel hareketlere bırakır ve elektron gerisin geriye yukarı yönelir.

Kutup ışıklarının bir perdeyi andıran iki boyutlu görüntüsünün ardında yatan sır, elektronların iyonosfere girmeyi nasıl başardıklarıyla yakından ilgilidir. Elektronların ince, plaka gibi bir ışınım oluşturması, özel bir elektrik alanının varlığıyla açıklanıyor: "Aurora gizilgüç yapısı". Bu oluşum, yerden 10 000 ile 20 000 km arasında bir yükseklikte yer alan iki katmandan oluşur. Artı ve eksi kutuplara sahip iki yüzey arasında, bir neon ışığının elektrodunun yüzeyine benzer, güçlü bir elektrik alanı vardır. İki yüzey arasına giren elektron, yapının içinde ilerlerken ivme kazanır; birkaç bin elektronvoltluk bir enerjiye sahip olduğunda ise, artık atmosferin auroraları gözle görülür kıldığı alçak tabakalara kadar inmesini sağlayacak bir hızı erişmiştir.

Gözle görülen biçimiyle auroraların ışığı, antiparalel elektrik alanları oluşturan sarmallardan meydana gelir. Elektronlar, karşıt yönlerde akan su akımlarının oluşturduğu bir girdapta olduğu gibi hareket ederler. Bu hareketleri sırasında da, havadaki bazı moleküllerle etkileşime girerler. Moleküllerle çarpışan elektronların enerjisi, "kuantum atlaması" yoluyla foton ola-

rak serbest kalır. Moleküllü oluşturan atomların elektronları bir üst enerji düzeyine geçer, ardından kararsız olan bu yapı, eski haline dönerken bir foton ortaya çıkarır. Böylece, auroraları oluşturan ışık ortaya çıkmış olur. Auroraların aldığı renkler, ışığı ortaya çıkaran atom ve moleküllerin türlerine göre farklılık gösterir. İyonosferde iyonize halde bulunan oksijen atomları, en çok rastlanan yeşil-beyaz rengi verirken, ender



görülen kırmızı renk, uyarılmış nitrojen moleküllerinden kaynaklanır. Kuantum atlamaları, bize kadar ulaşamayan başka ışınımın ortaya çıkmasına da yol açabilir. Uzayda elde edilen görüntülerde, morötesi ve kızılötesi ışınım da saptanmış olmakla birlikte, aradaki atmosfer katmanları bunların yere kadar gelmesine engel olur.

Kuzey ışıklarının, oluşumları açısından ortaya konması gereken kendi aralarındaki en temel farklılık, manye-

tik fırtınaların mı, yoksa alt-fırtınaların sonucunda mı oluştuğundadır. Buna göre, çoğu auroralara, güneş rüzgârlarındaki sürekli dalgalanmalar ve Dünya'nın manyetosferindeki günlük değişimlere bağlı olarak oluşurken, yalnızca küçük bir kısım, Güneş'ten ayda bir iki kere gelen ve manyetik alan yönü güneyi gösteren dev manyetik dalgalar sonucu oluşur. Günde 4-5 kere oluşabilen manyetik alt-fırtına auroralarının başlıca ayırtedici özelliği, yeşil-beyaz renkte olmalarıdır. Manyetik fırtınaların yol açtığı auralar ise çoğunlukla kırmızı olup, kutup bölgesinin dışına çıkarak ekvatora doğru hızla ilerlemeleriyle diğerlerinden ayrılır. Birkaç gün süren manyetik fırtınalar boyunca ortaya çıkan enerjinin niceliği çok büyük olmakla birlikte, bunun çoğu manyetosferin dışında kalır. Nitekim alt-fırtınalar sırasında ortaya çıkan manyetik hareketlenmeler, fırtınalarda oluşan 3-10 katı olabilir. Ancak, bunlar çok kısa bir süre içinde elektrik akımına dönüşür ve aurora bölgesinin dışına çıkarlar. İki temel türün ortak özelliği ise, auroraların fizikçiler için en heyecan verici taraflarından biri olan, manyetik enerjinin çok hızlı bir biçimde parçacıkları hareket ettiren kinetik enerjiye dönüşmesine olanak tanımlarıdır.

Auroraların tam anlamıyla açıklanabildiğini söylemek için henüz çok erken. Aurora gizilgüç yapısının nasıl meydana geldiği, Güneş'in koronası ile güneş rüzgârları arasındaki ilişki, Dünya'nın manyeto-kuyruğunun hareketlerinin iyonosfere nasıl yansıdığı gibi birçok temel soru hâlâ yanıtsız. Başka bir deyişle auroraların anlaşılabilmesi için, auralar kendi iç dinamikleri kadar, Güneş'te, Dünya manyetosferinde ve iyonosferinde olup bitenlerin de anlaşılması gerekiyor. Sonuç olarak, insanlar için yüzyıllardır gizemini koruyan kuzey ışıklarının sırrı çözüldüğünde, aslında, yaşadığımız evrene ilişkin birçok sorunun yanıtı da açıklığa kavuşmuş olacak.

Kuyaş Örs

Kaynaklar
Akasofu, S., "The Dynamic Aurora", *Scientific American*, Mayıs 1989.
Arnett, B., "The Sun", <http://www.secds.org/billa/tip/sol.html>.
Kruiser, B., "Northern Lights", *The Leader*, Şubat 1992.
Lerner, E.J., "Space Weather", *Discover*, Ağustos 1995.
Manninen, J., "Aurora Borealis-Northern Lights", <http://space.sgon.fi>.
Pettersen, F., "Northern Lights", <http://beatles.imv.uio.no/publikas/saynorth>.
"The Northern Lights-Aurora Borealis", <http://www.uio.no/npt/nordlyset/nordlyset.en.html>.