

Coriolis Etkisi

Çok bilindik bir şehir efsanesi vardır: Lavabonuzdaki su, ekvatorun kuzeyinde mi yoksa güneyinde mi olduğunuza bağlı olarak farklı yönlerde dönerek boşalır. Kuzeydeyseniz saat yönünün tersinde, güneydeyseniz saat yönünde dönen bir girdap oluşturur. Doğaya baktığımızda özellikle “siklon” olarak adlandırılan hava sistemlerinin gerçekten bu şekilde hareket ettiği görülüyor. Peki, bu bir efsane mi yoksa gerçek mi?



Jupiter Images

Bugün 25 yaşının üzerindeki herkes Barış Manço'nun 7'den 77'ye adlı programını hatırlar. Programın bir bölümünde Barış Manço ekvator çizgisi üzerinde “lavabodan boşalan su” deneyi yapan bir göstericiyle beraberdi. Gösterici içi su dolu ve dibinde delik bulunan bir kapla ekvatorun birkaç adım kuzeyinde ve birkaç adım güneyinde suyun farklı yönlerde dönerek boşaldığını, uygulamalı olarak anlatıyordu. Üstelik tam ekvator çizgisi üzerindeyken su hiçbir yöne dönmeyen boşalıyordu. Buna yol açan etkinin de Coriolis etkisi olduğu söyleniyordu.

Coriolis etkisini doğada gözlemek mümkün. Örneğin, büyük hava sistemleri olan siklonlar, kuzey yarıkürede saat yönünün tersinde, güney yarıkürede saat yönünde döner. Yukarıda sözünü ettiğimiz “lavabodan boşalan su” deneyi de Coriolis etkisine bağlansa da, aslında ekvatora bu kadar yakın mesafelerde ve bu kadar küçük ölçekte bu etkinin hissedilmesi mümkün değil. Bu gösteride turistlerin nasıl “aldatıldığına” yazının sonunda değineceğiz.

Coriolis etkisini anlamanın en iyi yolu basit bir düşünce deneyi yapmak. Dönen bir atlıkarıncada birbirine zıt yönlerde oturan iki çocuk düşünün. Çocuklardan biri diğerine doğru bir top fırlatsın. Top havadayken atlıkarınca dönmeye devam edeceğinden top diğer çocuktan uzakta bir yere (ço-

cuk atlıkarıncayla birlikte hareket ettiğinden), çocuğun gerisinde bir yere düşer. Çocukları dışarıdan izleyen gözlemciler topun havada doğrusal bir yol izlediğini görür. Yine dışarıdaki gözlemci atlıkarıncanın dönüş hareketini de gördüğünden bu olay ona garip gelmeyecektir. Atlıkarıncadaki bir gözlemciye göre durum farklıdır. Hele bir de kendilerini oyuna kaptırıp dönen bir atlıkarınca üzerinde bulduklarını unuturlarsa durum iyice şaşırtıcı olabilir. Çocuklar attıkları topun havada eğri bir yol izlediğini görür. İşte bunun nedeni Coriolis etkisidir. Topun diğer çocuğa ulaşması için, topu atan çocuğun, top karşısındaki çocuğa ulaştığında çocuğun nerede olacağını hesaplayıp topu ona göre fırlatması gerekir.

Coriolis etkisi sıklıkla bir kuvvet gibi algılanır. Eğer atlıkarıncadaki çocuklardan ya da gözlemcilerden biri olsaydınız ve bu etkiden haberiniz olmasaydı, büyük olasılıkla siz de böyle düşünürdünüz. Çünkü normal koşullarda topun böyle eğri bir yol üzerinde ilerleyebilmesi için bir kuvvet tarafından itilmesi ya da çekilmesi gerekir. Ne var ki böyle bir kuvvet yoktur ve bu durum tamamen gözlemcinin yönünün sürekli olarak değişmesinden kaynaklanır.

Daha geniş ölçekte düşünürsek, aslında hepimiz yaklaşık 24 saatte bir tur dönen, dev bir atlıkarıncanın üzerindeyiz. Dünya'ya uzaydan, Kuzey Kut-

bu üzerine denk gelen sabit bir noktadan bakabilseydik yerin saat yönünün tersinde döndüğünü görürdük. Güney Kutbu üzerinden bakabilseydik, bunun tersini yani yerin saat yönünde döndüğünü görürdük. Tıpkı atlıkarıncada olduğu gibi, Dünya üzerinde de dönmenin etkisiyle benzer durumlarla karşılaşırız. Yeryüzünde sabit duran cisimler bundan etkilenmez. Çünkü sürtünme sayesinde Dünya'yla birlikte hareket ederler. Ancak uçaklar ve roketler gibi uzun mesafeler kat eden araçlar, büyük hava ve okyanus hareketleri bundan etkilenir.

Dünya'nın dönüşünden kaynaklanan Coriolis etkisi ekvatora yaklaşıldıkça zayıflar, ekvatorda sıfıra düşer. Dünya'ya "nız, yerin döndüğünü değil belli bir " doğru hareket ettiğini görürsünüz. Buradaki hareket dönme eksenine göre dik olduğundan Coriolis etkisi burada gözlenmez. Ekvatorun yakınlarında (özellikle birkaç adım yukarısında ve aşağısında) bu etki sıfır denecek kadar zayıftır. Dolayısıyla lavabodan boşalan suyun yönüne etki edemez.

MIT'den (Massachusetts Teknoloji Enstitüsü) bir grup araştırmacı, bu deneyi tekrarlamaya karar vermişler. Neredeyse mükemmel derecede simetrik bir kabın içine su doldurmuşlar ve birkaç gün dinlenmeye bırakmışlar. Kabın altındaki tıpa açıldıktan sonra suyun boşalırken saat yönünün tersinde hareket eden bir girdap oluşturduğunu görmüşler. MIT'nin 43° kuzey enlemindeki Boston'da bulunduğu düşünüldüğünde ve neredeyse mükemmel denebilecek koşulların yaratıldığı bu deneyde, Coriolis etkisinin bu kadar küçük ölçekte de gözlenmesi pek şaşırtıcı değil.

Foucault Sarkacı

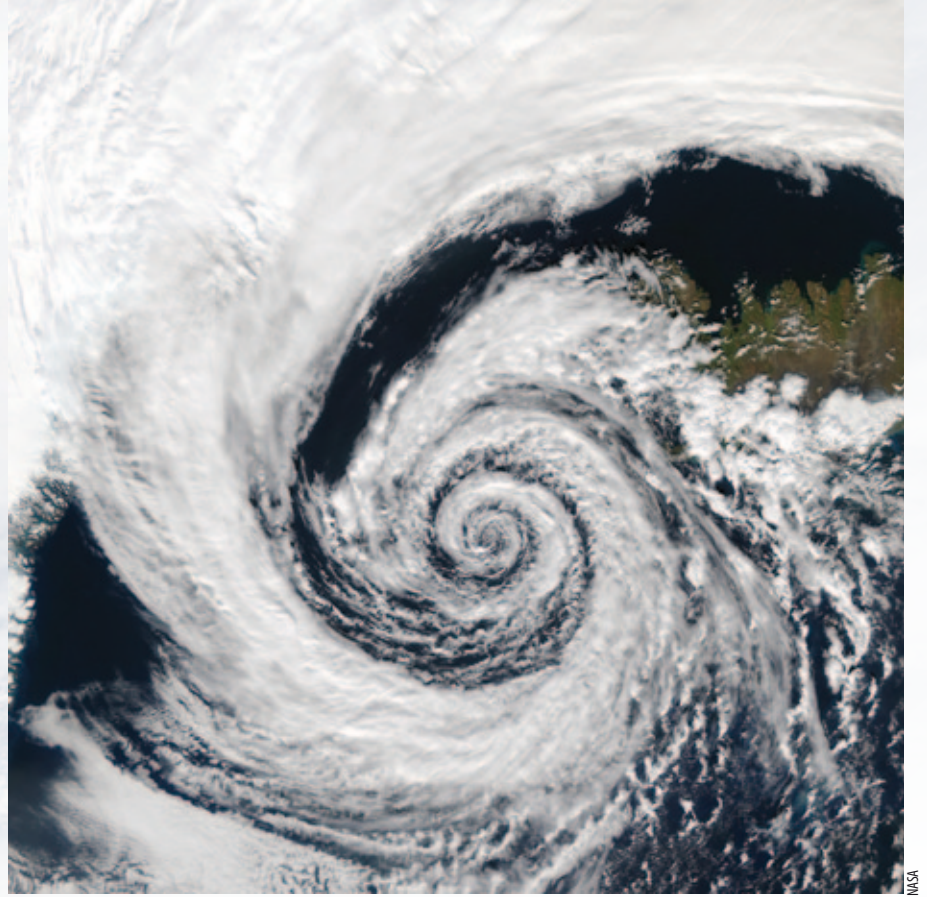
Fransız fizikçi Foucault, Dünya'nın dönmekte olduğunu 1851 yılında ilginç bir şekilde kanıtladı. 67 metre uzunlukta bir tele bağladığı 25 kilogramlık ağırlıkla yaptığı sarkacı Paris'teki Pantheon'un kubbesine astı. Sarkaç her yöne serbestçe hareket edebiliyordu. Belli bir doğrultuda hareket ettirilen sarkacın salınım doğrultusu sürekli olarak değişiyor, yaklaşık bir gün

sonra başlangıç konumuna geliyordu. İşte sarkacın bu hareketi yapmasına neden olan, Coriolis etkisidir. Aslında üzerinde belirgin bir kuvvet olmadığı için sarkaç salınım yönünü korumaktadır. Dönen onun çevresindeki her şey, yani Dünya'dır.

Coriolis etkisinin sıfır olduğu ekvator da bulunan bir Foucault sarkacı doğrultusunu değiştirmeden salınır. Kuzey yarıküredeki bir Foucault sarkacı saat yönünde, güney yarıküredeki bir sarkaçsa saat yönünün tersinde döner. Günümüzde Foucault sarkaçlarını dünyanın çeşitli yerlerindeki bilim merkezlerinde ya da müzelerde görmek mümkün.

menzilli toplar ve yüzlerce kilometre uzağa giden roketler Dünya'nın dönüşünden fazlasıyla etkilenir. Bu nedenle topların atış yönünün buna göre ayarlanması, roketlerin rotalarının da buna göre düzeltilmesi gerekir.

Kuzey yarıkürede orta enlemlerden kuzeye doğru bir roket fırlatıldığını düşünün. Roket havada ilerlerken Dünya dönmeye devam edecek, eğer roket fırlatılırken bu göz önünde bulundurulmazsa hedefinden sağa sapacaktır. Yine, uzun mesafeler kat eden uçakların da rotaları Coriolis etkisi hesaba katılarak hesaplanır.



Coriolis Etkisi ve Balistik

Coriolis etkisinin "şiddeti" hareket eden nesnenin hızına, Dünya'nın dönüş hızına ve ekvatora uzaklığına bağlıdır. Kuzey yarıkürede Coriolis etkisi cisimleri yollarından sağa doğru saptırmaya zorlar. Bir tabancadan çıkan mermi, menzili görece kısa olduğundan bu durumdan fazla etkilenmese de, uzun

Coriolis Etkisi ve Hava

Güneş ışınlarının geliş açısına bağlı olarak, ekvatordaki deniz suları kutuplara göre daha çok ısınır. Okyanusların sıcaklığı atmosferi de etkiler ve bu dengelessiz ısınma büyük hava hareketlerine neden olur. Siklonlar, sıcaklığın çevreye göre yüksek, dolayısıyla hava basıncının görece düşük olduğu bölgelerdir. Siklonlara "al-

Fransız fizikçi Foucault, Paris'teki Pantheon'un kubbesine astığı dev bir sarkaç yardımıyla Dünya'nın dönmekte olduğunu kanıtlamıştı. Sarkacın salınım doğrultusu, Coriolis etkisi nedeniyle sürekli değişir. Yeniden aynı konuma gelmesi için Dünya'nın eksenini çevresinde bir tur dönmesi gerekir.



çak basınç sistemleri” de denir. Bu bölgeler genellikle yüksek nem içerdikleri için bulutludur. Siklonun içindeki hava, basıncı düşük olduğu için yükselme eğilimindedir. Yükselen havanın yerini doldurmak üzere, onu çevreleyen yüksek basınçlı hava, siklonun içlerine doğru hareket eder. Bu durum Coriolis etkisiyle birleşince, siklonun içindeki hava dönerek yükselmeye başlar ve üst katmanlara nemli hava taşınır. Siklonların dönüş yönü kuzey yarıkürede saat yönünün tersinde, güney yarıküredeyse saat yönündedir.

Antisiklonlarsa hava basıncının yüksek olduğu yüksek basınç sistemleridir. Bu bölgelerdeki hava akımı antisiklonun içinden basıncın daha düşük olduğu dış bölgelere doğrudur. Antisiklonlarda soğuk hava atmosferin üst kesimlerinden yere doğru hareket eder. Bu hareket Coriolis etkisiyle birleşince, antisiklonun kuzey yarıkürede saat yönünde, güney yarıküredeyse saat yönünün tersinde dönmesine neden olur.

Ekvatorun kuzeyinde ve güneyinde orta enlemlerde (30°-60° arası) oluşan siklonlar üst atmosferdeki rüzgârların etkisiyle batıdan doğuya doğru hareket eder. İşte ülkemize gelen alçak ya da yüksek basınç sistemlerinin Bakanlar'dan ya da Orta Akdeniz'den gelmesinin nedeni budur.

Coriolis etkisinin çok zayıf olduğu, ekvatorun yaklaşık 1000 km kuzeyi ve 1000 km güneyi arasındaki kuşakta hava çoğunlukla aşırı derecede durgundur. Bu durum özellikle gemilerini rüzgâr gücüyle yürütmek zorunda olan eski denizciler tarafından çok iyi

biliniyordu. Çünkü bu bölgede günlerce ya da haftalarca hiç rüzgâr esmeyebilir ve gemiler denizin ortasında hareketsiz kalabilirdi. Günümüzde de açık denizde yol alan yelkenciler bu kuşaktan geçmekten kaçınırlar.

10°-30° enlemler arasında oluşan siklonlar, alizeler ya da ticaret rüzgârları adıyla bilinen rüzgârlarla doğudan batıya doğru ilerler. Bu bölgelerdeki rüzgârın hızı, alçak ve yüksek basınç alanları arasındaki basınç farkına bağlıdır. Coriolis etkisi rüzgârın hızını değil, dönüş yönünü belirler.

Kasırgalar, atmosfer basıncının çok düşük olduğu bölgelerin etrafındaki siklonlarda oluşur, Atlantik, Pasifik ve Hint okyanuslarının tropikal bölgelerindeki fırtınalardan kaynaklanırlar. Çapları yüzlerce kilometreyi bulabilen kasırgalar saatte en az 100 km hızla eserler. Kasırgalar, Coriolis etkisinin çok zayıf olduğu ekvator bölgesinde görülmez, ancak ekvatorun yaklaşık 5° kuzeyinden ve güneyinden başlayarak görülebilirler. Coriolis etkisi bu mesafede belirginleşmeye başlar.

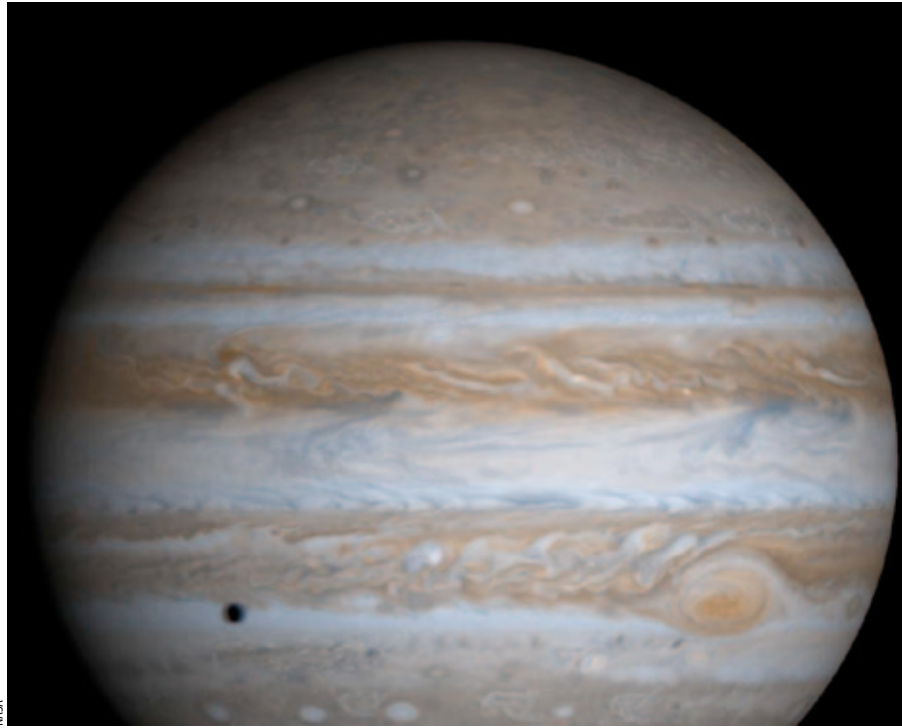
Kuzey yarıkürede görülen tipik bir siklon, batıdan doğuya doğru esen alizelerin etkisiyle Afrika kıyısından batıya doğru hareketine başlar. Coriolis etkisiyle saat yönünde bükülen rüzgârların etkisiyle siklon dönmeye başlar ve kuzeye doğru yönelir. Tropikal siklonlar çok şiddetli rüzgârlara ve yağışa yol açabilir, ancak karaya ulaştıklarında genellikle güçlerini kaybederler. Bu nedenle kasırgalar daha çok kıyılara hasar verir.

Coriolis'le Aldatmak

Coriolis etkisinin evimizdeki lavabolarda oluşan girdaplar üzerindeki etkisinin yok denebilecek kadar küçük olduğuna değinmiştik. Suyun dönme yönünü belirleyen Coriolis etkisi değil, suyun doldurulurken ya da başka etkilerle kazandığı ilk harekettir. Çünkü dünya günde yalnızca bir kez döner ve bunun yarattığı etki lavabodaki suyun üzerindeki diğer etkilere göre çok daha zayıf kalır. Suyun durulması için ne kadar beklerseniz bekleyin, odanın içindeki hava akımı ya da suyun içindeki sıcaklık farkları suyun içinde birtakım hareketlere yol açar.

Peki, Coriolis etkisinin en zayıf olduğu ekvator çevresinde yapılan bu gösteride su nasıl oluyor da ekvatorun kuzeyinde bir yöne, güneyinde ise ters yöne dönerek boşalıyor? Çok basit; işin içine biraz hile karıştırılıyor. Gösteri şu şekilde yapılıyor: Ekvatordaki gösterici öncelikle kabın içine su doldurur ve suyun durulması için bir süre bekler. Gösterici suyun kuzey yarıküredeki hareketini göstermek için, ekvator çizgisi üzerine bıraktığı kaba kuzeyden yaklaşır. Böylece yüzü güneye dönük olacaktır. Kabı eline alır ve soldan arkasına dönerek kuzeye doğru birkaç adım yürür. Ardından yeniden sola, izleyicilere doğru döner. Suyun hareketini izleyicilere göstermek için kabın içine birkaç kibrit çöpü atar ve kabın altındaki tıpayı çıkarır. Sola dönüşlerin etkisiyle suya kazandırdığı ama bizim fark edemeyeceğimiz kadar küçük hız, girdabın saat yönünün tersi yönde oluşması için yeterlidir. Elbette, kap köşeli ve derin olursa bu daha kolay başarılabilir.

Göstericinin suyun güney yarıkürede bunun tam tersine döndüğünü göstermek için de yukarıda anlatıklarımızın tersini yapması gerekir. Yani yüzünü kuzeye döndükten sonra kabı eline alıp sağa doğru dönerek güneye doğru birkaç adım attıktan sonra yine

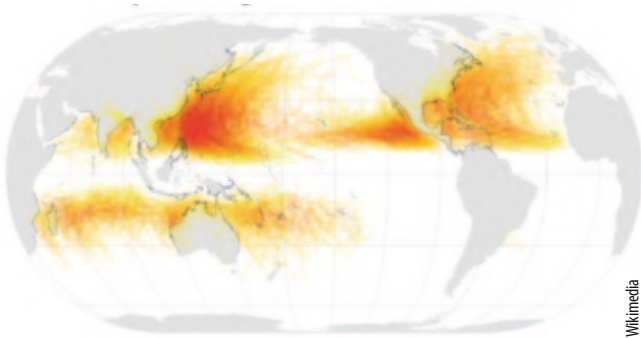


kendisini sağında bekleyen izleyicilere dönmesi gerekir. Böylece kabın içindeki su saat yönündeki hareketine başlamış olur. Tıpa çıkarıldığında oluşan girdap da bu yönde oluşur.

Bu deneyi Dünya'nın neresinde olursa olsun, ekvator olduğunu varsayacağınız bir çizgi çizerek bu çizginin iki farklı yanında tekrarlayabilirsiniz. Sonucun hiçbir zaman değişmediğini ve girdabın yönünün Dünya'nın dönüşüne bağlı olmadığını göreceksiniz.

Barış Manço olmasaydı belki de çoğumuz Coriolis etkisi diye bir olaydan haberdar olmayacaktık. 7'den 77'ye programıyla bize dünyayı gezdiren, değişik kültürlerle tanıştıran ve böyle ilginç olaylardan haberdar eden Barış Manço'yu sevgiyle anıyoruz.

Coriolis etkisi başka gezegenlerde de gözleniyor. Eksenî çevresinde yaklaşık dokuz saatte bir dönen Jüpiter'in atmosferi Coriolis etkisiyle oluşan siklonlar bakımından zengin. Bu siklonlardan özellikle biri, yukarıdaki fotoğrafta sağ altta görünen Büyük Kırmızı Leke, yüzyıllardır süren dev bir fırtına sistemi.



Kuzey yarıkürede görülen bir tropik siklon, doğudan batıya doğru esen alizelerin etkisiyle oluşmaya başlar. Coriolis etkisiyle saat yönünde bükülen rüzgârların etkisiyle dönmeye başlar ve kuzeye doğru yönelir. Güney yarıkürede yönler tersinedir. Yukarıda, 1945 -2006 yılları arasındaki tropik siklonların hareketleri görünüyor.

Kaynaklar

Stansfield, W.D., "The Coriolis Effect", Sceptic, Nisan-Haziran 2009. <http://www.ems.psu.edu/~fraser/Bad/BadCoriolis.html>