



Kağıttan bir bardağın altına bir delik açıp bu deliği elimizle kapattıktan sonra bardağı su ile doldurup serbest bırakırsak, bardak yere doğru düşerken tabanındaki delikten su akar mı? Çeşitli fikirlerim var bu konuyla ilgili ama bütünlüştiremiyorum. Bardağın kağıttan yapılmasıyla bir ilişki kurulabilir mi aynı zamanda? Bardak aşağı inerken yerçekimi ivmesiyle hızlanır, suya yukarı yönde g ivmesi etki eder. Su üzerine etkiyen eylemsizlik kuvveti yerçekimi kuvvetine eşitse suyun asılı kalması gerekmez mi? Ben sentez oluşturamadım. Yardımcı olur musunuz? Teşekkür ederim. Fatoş Değirmencioğlu

Soruyu basitleştirmek için hava sürtünmesinin olmadığını varsayalım. Soruya iki değişik açıdan yaklaşmak mümkün. Birincisi, bütün cisimlerin hareketini yere, yani eylemsiz kabul ettiğimiz bir referans sistemine göre incelemek. Eylemsiz referans sistemleri Newton'un hareket yasaları ve diğer tüm doğa yasalarının geçerli olduğu sistemler.

Şimdilik su ile bardağın birbirlerine düşey yönde hiçbir kuvvet uygulamadıklarını varsayalım. Aşağıda bunun neden böyle olması gerektiğini tartışacağız. Bu durumda hem su hem de bardak sadece yerçekimi kuvveti etkisiyle hareket ediyor demektir. O halde her ikisi de aynı g ivmesiyle düşerler. Eğer, bunların en baştaki ilk hızları aynıysa, o zaman her ikisi de tüm hareket boyunca eşit hızlara sahiptir. Aynı konumdan başladıkları için de, tüm hareket boyunca aynı yerde bulunacaklardır. Yani suyun bardağa uzaklığı, bardağa göre konumu zamanla değişmez. İkisi beraber hareket ederek yere aynı anda çarparlar. Kısacası, su delikten akmaz.

Bardağın nasıl bırakıldığına bağlı olarak bunların ilk hızları aynı olmayabilir. Elinizi yavaş çekiyorsanız, delik, siz bardağı hala tutuyorken açılır. Bu durumda bardak düşmeye başlamadan önce bir miktar su akmaya başlayacaktır. Ama eğer delik çok büyük değilse, suyun hala bardakta duran geri kalan kısmı düşüşüne bardakla beraber başlar. Yani, o ilk anda akan suyu hariç tutarsak, geride kalan su ile bardak yukarıda ulaştığımız sonuca göre beraber hareket eder. Bu detayı da elemek için, bardağı bırakırken elimizi çok hızlı bir şekilde

aşağıya indirdiğimizi, dolayısıyla bunların ilk anda aynı hıza sahip olduğunu varsayalım.

Peki, su ile bardak birbirlerine düşey yönde bir kuvvet uyguluyor olamazlar mı? Örneğin su bardağı aşağıya doğru itiyorsa, bu durumda bardak da suyu yukarı doğru itiyor demektir. Dolayısıyla bardak aşağıya g'den büyük bir ivmeyle, su da yine aşağıya g'den küçük bir ivmeyle düşüyor olacaktır. Sonuç olarak su, bardağa göre yukarıya doğru yükselecektir. Tersine, bardak yukarı itilirse, bu defa su bardağa göre aşağıya inecektir. Hareketin ilk aşamalarında böyle bir kuvvet ortaya çıkabilir. Örneğin, suyun yüzey gerilimi suyu küresel şekle dönüştürmeye zorlayacağı için, bu şekil değişimi



sırasında suyun hareketi ve su-bardak arayüzündeki değişim, böyle bir kuvvetin etkimesine yol açabilir. Bu oldukça karmaşık bir problem.

Ama, kesin olarak söyleyebileceğimiz bir şey var: Su ile bardak birbirlerinden tamamen ayrılmaya başlamadan çok daha önce, moleküller arasındaki çekici kuvvetler bu ikisini bir arada tutmak için devreye girecektir. Genellikle van der Waals adıyla anılan bu kuvvetler, diğer bağ kuvvetlerine göre oldukça zayıftır ama benzer ya da farklı bütün moleküller arasında etki eder. Örneğin, bir sıvıdaki bütün molekülleri bir arada tutan, molekülleri dağılmaktan alıkoyan kuvvet böyle bir kuvettir. Su ile kağıt molekülleri arasında da böyle bir çekici kuvvet var. (Kağıt bardağın altına tutunmuş, düşmeden duran bir su damlacığını düşünün. Damlacığın düşmesini engelleyen su-kağıt arasındaki çekici kuvettir. Bu kuvvet zayıf olduğu için, sadece küçük damlacıklar bu şekilde tutulabilir.) Bardağın kağıttan ya da camdan yapılmış olması

sadece bu kuvvetlerin büyüklüğünü belirler, ama bunların çekici olma niteliğini değiştirmez.

Asıl sorumuza geri dönersek, suyun ilk başta bardağı aşağıya ittiğini ve dolayısıyla bardağa göre yavaşça yukarı yükselmeye başladığını varsayalım. Bu durumda, su bardaktan tamamen ayrılmadan çok önce, su-kağıt molekülleri arasındaki çekici kuvvetler ters yönde bir etkide bulunacak ve bardağı yukarıya çekecektir. Belli bir süre sonra (belki birkaç salınımdan sonra) bu iki kuvvet birbirini tamamen dengeler. Yani bu aşamadan sonra, su ile bardak arasındaki net kuvvet (düşey ya da yatay yönde) sıfırdır. Dolayısıyla, Kısacası, su ile bardak birbirlerine en başta bir kuvvet uygulasa bile, bir süre sonra bu kuvvet sıfırlanacaktır. Dolayısıyla sonucumuz yine aynı: Su bardaktan akmaz.

Soruya ikinci bir olası yaklaşım tarzı, bardağı bir referans olarak seçmek. Yani, bütün cisimlerin konumlarını, hızları ve ivmeleri bardağa göre incelenir. İfadenizden anladığım kadarıyla sorunuzda bu yaklaşımı izliyorsunuz. Burada dikkat edilmesi gereken iki nokta var. (1) Referans aldığımız bardak ivmeli olduğu için, Newton'un hareket yasalarının görünüşte geçerli olmasını sağlamak üzere bütün cisimlerin üzerine "eylemsizlik kuvveti" denilen hayali bir kuvvetin etkiğini varsayıyoruz. (2) Elde ettiğimiz bütün ivme değerleri bardağa göre. Yukarıda kuvvetler için yaptığımız tartışma burada da aynen geçerli. Ulaştığımız sonuç da doğru: Su havada asılı kalır. Doğal olarak bardağa göre asılı kalır, yani su ile bardak beraber düşerler.

Son söz olarak şunu ekleyelim: Astronot eğitimlerinde kullanılan yapay ağırlıksız ortamlar yukarıda anlattığımız mekanizmayla oluşturuluyor. Bir uçak 25 saniye kadar bir süre boyunca (uçacağın kontrolünü tekrar kazanabilmek için mümkün olan en uzun süre) serbest düşmeye bırakılıyor. Bu sürede uçağın motorları sadece uçağa etkiyen sürtünme kuvvetini yenecek kadar bir itme uyguluyor. Bu durumda hem uçak, hem de içindeki insanlar aynı ivmeyle düşüyor. Veya, uçağı bir referans alırsak (ki yolcular psikolojik olarak bunu yapıyorlar) bu durumda yolcular havada asılı kalıyorlar (bir ilk hızları varsa, bu hızı koruyarak hareketlerine devam ediyorlar). Benzer şekilde, uzay istasyonlarındaki ağırlıksız ortamlar da aynı şekilde oluşuyor.