

NASIL ÇALIŞMAZ?

DEVİR-İ DAİM MAKİNELERİ

Newton yasaları bir cismin, relativistik olmayan hızlardaki davranışını betimler. Birinci yasa; üzerindeki net kuvvet sıfır olan bir cismin sabit hızla hareket ettiğini, ikincisi; üzerinde F kuvveti bulunan bir cismin $F=ma$ ilişkisine göre ivmendiğini, üçüncüsüye; iki cisimden birincisinin diğerine F_{12} kuvveti uyguluyor olması halinde, ikincisinin de birincisine, ters yönde ve eşit büyüklükte bir $F_{21}=-F_{12}$ kuvveti uyguladığını söyler. Bu üçüncü yasanın, “etki eşittir tepki” şeklinde dile getirildiği de olur.

Termodinamik yasalarıysa, çok sayıda parçacıktan oluşan sistemlerin ‘istatistiksel’ ortalama davranışlarıyla ilgilidir. ‘Sıfırıncı’ denilen yasa, çok basit olarak; A, B, C gibi üç cisimden, A’nın B, B’nin de C ile aynı sıcaklıkta olması halinde, A’nın C ile aynı sıcaklıkta (termodinamik dengede) olması gerektiğini, yani termodinamik denge durumunun ‘geçişme özelliği’ne sahip olduğunu söyler. Birinci yasa, farklı şekillerde dile getirilebilmekle beraber, yalıtılmış bir sistemdeki toplam enerjinin korunumu ilkesine eşdeğerdir. İkinci yasaysa, yalıtılmış sistemlerde; düzensizliğin bir ölçüsü olan entropinin zamanla azalamayacağını, kendiliğinden yer alan süreçlerde artıp diğerlerinde aynı kaldığını, fakat mikroskopik sistemlerde entropi sapmalarının olabildiğini belirtir. Bir de üçüncü yasa vardır ki bu; sıcaklık mutlak sifıra yaklaştığında, sistem entropisi sabit bir değere ulaşırken tüm süreçlerin durduğunu, dolayısıyla bir cismi mutlak sifıra kadar soğutmanın sınırsız zor olduğunu söyler.

İnsanın doğa hakkında türettiği tüm diğer yasalar gibi bu yasalar da; kuramsal olarak ispatlanmış ‘teorem’ler olmayıp, gözlemlerin ardından ‘geri bakış’la türetil-

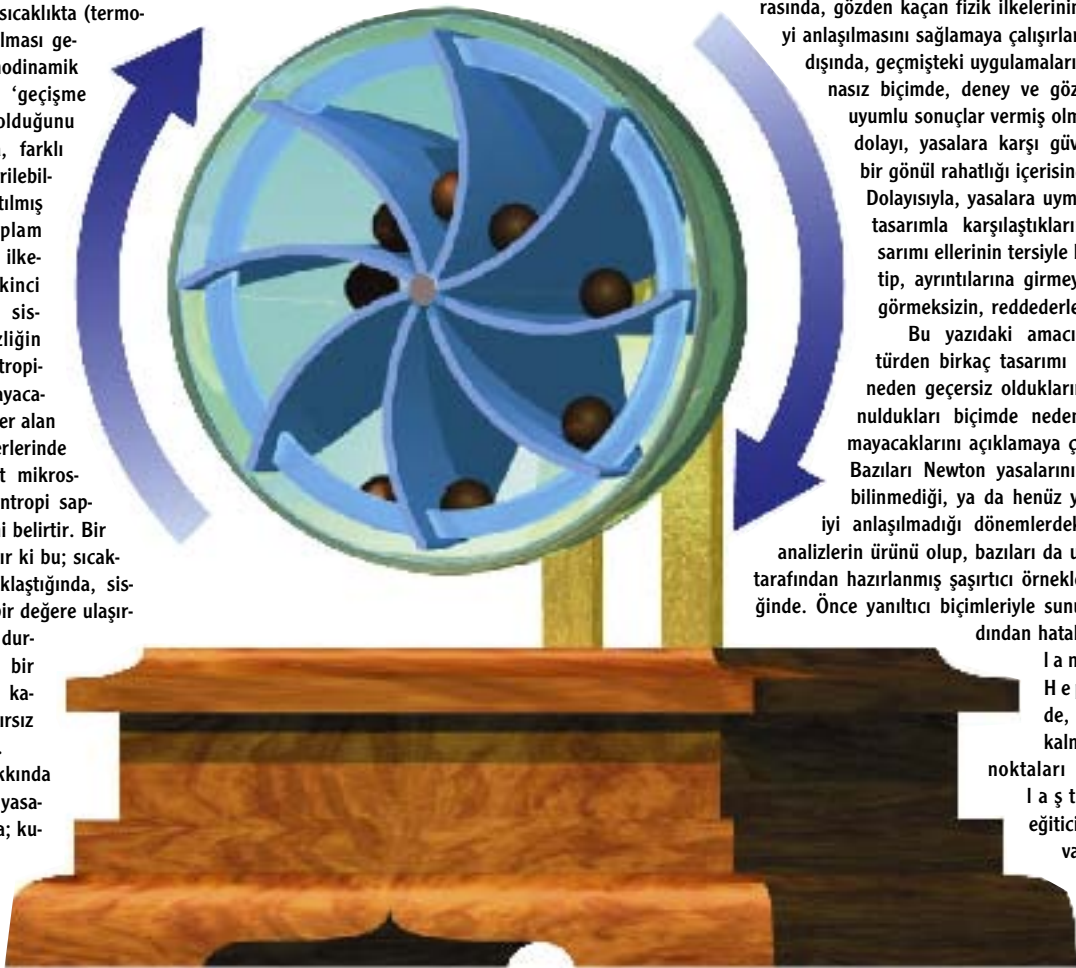
mişlerdir. Gerçi geçerlilikleri doğrultusunda, üç asırdan fazladır uygulanmakta olmaları sayesinde o kadar çok kanıt birikmiştir ki; bugün varolan teknolojik medeniyetimizin hemen tamamının, bu yasaların geçerliliği üzerine inşa edilmiş olduğu söylenebilir. Fakat yine de, yeni bazı koşullar altında geçerli olmamaları olasılığı hala vardır. Nitekim, geçen yüzyılın başlarında Newton yasalarının, ışık hızına yakın hızlarda geçerli olmadıkları farkedilmiş ve Einstein’ın görelilik kuramı doğrultusunda değiştirilerek, bu yüksek hızlarda da geçerli olan bugünkü hallerine getirilmeleri gerekmiştir. Bu gelişmeye paralel olarak; termodinamiğin birinci yasanın oluşturduğu enerjinin korunumu ilkesi, kütlelenin enerjiye eşdeğerliğini

($\Delta E=\Delta mc^2$) de kapsayacak biçimde genişletilmiştir.

Termodinamik yasaları, Newton yasalarının zorunlu birer sonucu değildirler. Bu nedenle olsa gerek, pek seyrek olmayarak; bu yasaların etrafından dolanılarak, sundukları kısıtların aşılabileceği yanılgısına düşüldüğü olur. Sürtünme kayıpları da gözardı edilince, sonuç bir ‘devir-i daim makinesi’dir. Halbuki bilim insanları termodinamik yasalarını; gaz, sıvı veya katı; büyük ölçekli makroskopik sistemlerin analizinde sık sık kullanırlar. Bunu yaparken; aslında bir yandan da yasaları, bir bakıma sınava tabi tutmakta olup, bunun farkındadırlar. Hatta bazen kendileri, yasalara aykırı görünen tasarım önerileri üretip, aralarında tartışır ve tasarım hatasının belirlenmesi sırasında, gözden kaçan fizik ilkelerinin daha iyi anlaşılmasını sağlamaya çalışırlar. Bunun dışında, geçmişteki uygulamalarının istisnasız biçimde, deney ve gözlemlerle uyumlu sonuçlar vermiş olmasından dolayı, yasalara karşı güven dolu bir gönül rahatlığı içerisindeydiler. Dolayısıyla, yasalara uymayan bir tasarımla karşılaştıklarında, tasarımın ellerinin tersiyle kenara itip, ayrıntılarına girmeye gerek görmeksizin, reddederler.

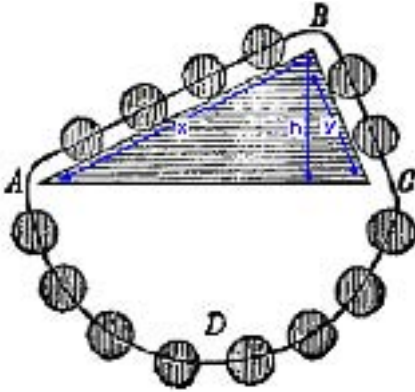
Bu yazıdaki amacımız, bu türden birkaç tasarımı ele alıp; neden geçersiz olduklarını, savunuldukları biçimde neden çalışmayacaklarını açıklamaya çalışmak. Bazıları Newton yasalarının henüz bilinmediği, ya da henüz yeterince iyi anlaşılmadığı dönemlerdeki hatalı analizlerin ürünü olup, bazıları da uzmanlar tarafından hazırlanmış şaşırtıcı örnekler niteliğinde. Önce yanıltıcı biçimleriyle sunulup, ardından hataları ayık-

lanacak.
Hepsinin de, bulanık kalmış bazı noktaları berraklaştıran, eğitici yanları var.



Yerçekimi Kuvvetine Dayalı Tasarımlar:

1. Hollandalı matematikçi ve mühendis Simon Stevin (1548-1620) mekanik ilkeleri üzerinde çalışmış ve çok sayıda devr-i daim makinesi tasarımı incelemiştir. En fazla ilgisini çekmiş olan alttaki tasarımda; bir zincire eşit aralıklarla (d) dizilmiş olan eşit ağırlıklar (m), üçgen kesitli sürtünmesiz bir rampanın etrafından dolanıyor. Eğimi daha dik olan rampadaki kütlelere etki eden yerçekimi kuvvetinin daha büyük olacağı düşüncesiyle, zincirin saat yönünde dönmesi bekleniyor. Kazandığı kinetik enerji yararlı işe dönüştürülebilirse, zincir tekrar dönmeye başlayacak ve sistem, sürekli enerji üreten bir devr-i daim makinesi oluşturacaktır.

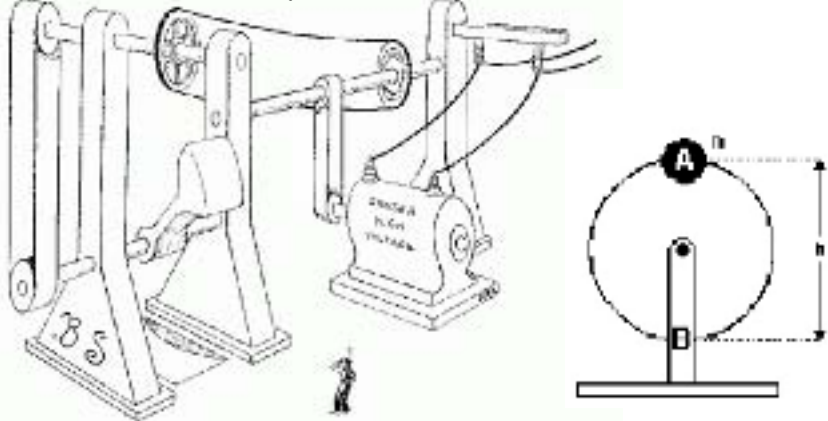


Zamanında epeyce tartışılmış olan bu tasarımdaki hatayı, Newton'un ikinci yasasını kullanarak göstermek mümkün. Çünkü, x rampasındaki kütlelerin ağırlığının (mgx/d) rampaya paralel olan bileşeni (mgx/d)sinA, diğer rampadakilerinki de (mgy/d)sinC'dir. Halbuki öte yandan, sinA=h/x ve sinC=h/y olduğundan, bu bileşenlerin ikisi de mgh/d'ye, dolayısıyla birbirine eşit olur. Başlangıçta eğer durağansa, zincirin hareket geçmesi mümkün değildir. Yok, eğer başlangıçta bir itkiyle harekete geçirilmişse; sürtünmenin gözardı edilmiş olması nedeniyle, hareketine sabit hızla devam eder. Ancak sistemden enerji alınmaya kalkıldığında, kinetik enerjisi azalır ve tükendiğinden durur.

Stevin bu problemi, Newton yasalarının bilmediği bir dönemde irdelerken, 'sanal iş' ('virtual work') ilkesini keşfetmiştir. İlkeyi şöyle açıklamak mümkün: Herhangi bir sistemi ele alıp, dışarıdan üzerine uygulanan tüm kuvvetlere ve dönme momentlerine bakalım. Sonra da sistemin, olası bir hareket biçimi çerçevesinde, az biraz, 'diferansiyel' bir miktarda hareket ettiğini veya döndüğünü varsayalım. Eğer bu 'sanal' hareketi sırasında, sistemin üzerindeki kuvvetlerin veya dönme momentlerinin yaptığı işlerin toplamı sıfırsa, sistem bu hareketinden dolayı enerji kazanamaz. Sonuç olarak bu hareketi de yapmaz: Niye yapсын ki? Eğer sanal iş miktarı negatifse, sistemin hareket etmesi için, tam tersine, dışarıdan üzerine iş yapılması gerekir. Dolayısıyla; sistemin harekete geçmesi için, sanal iş miktarının pozitif olması gerekir; ki sistem, hareketi için gerekli olan, hareketinin temsil ettiği kinetik enerjii kazanabilsin. İlke, dögüsel hareket tasarımları için, bir periyot üzerinden kullanılmak durumundadır.

Dikkatli incelemeleriyle, statik sistemlerin kararlılık analizinde bugün dahi hâlâ sıkça kullanılan sanal iş ilkesini aydınlatma çağı öncesinin ala-

Kütleçekimi makinesi



cakaranlığında keşfetmiş olan Stevin'in ansısına, yukarıdaki şekil mezar taşına kazınmıştır.

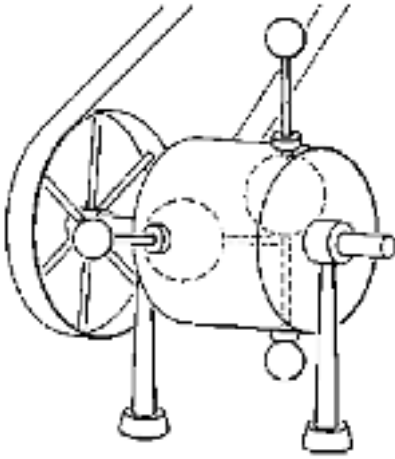
2. Üstteki şekilde bir 'kütleçekimi makinesi' çizimi görülüyor. Burada, dönme eksenine göre kaymış konumdaki bir kütle, başlangıçta, diyelim en üst noktada bulunuyor. Bize göre hafifçe sağdaki bir A noktasına kaydırılması halinde, yerçekiminin etkisiyle saat yönünde dönmeye başlayacaktır. B noktasına kadar kuvvet hep dikey olduğundan, bu kuvvetin her an için, kütle hareketi yönünde bir bileşeni vardır ve bu bileşen kütle üzerinde, 'kuvvet çarpı yol' kadar pozitif iş yapar. Dolayısıyla kütle, en alt B noktasına inene kadar kinetik enerji kazanacaktır. Kazandığı kinetik enerji, 'düşen'ken kaybettiği kütleçekimsel potansiyel enerji, yani mgh kadardır. Kütle bu kinetik enerjiyle başlayarak, dairenin sol yarısında da dönmeye devam eder. Fakat bu yarıda, yine aşağıya doğru olan kuvvetin hareket doğrultusundaki bileşeni bu sefer hareket ters yönde olduğundan, kütle üzerinde yapılan iş negatiftir. Kütle artık yavaşlamaktadır ve sürtünme kayıplarının olmadığı varsayılırsa, tekrar A noktasına geldiğinde durur. Çünkü, B noktasına göre yüksekliği tekrar h kadar artmış ve B noktasından sahip olduğu mgh kadarlık kinetik enerji, aynı miktarda potansiyel enerjiye dönüşmüştür. Kütle bu sefer de saatin tersi yönde dönme eğilimine girer ve buraya kadar izlemiş olduğu patikayı tersinden izler. Tıpkı bir sarkaç gibi, sağa sola salınıp duracak ve bu periyodik hareketini, sürtünme kaybı yokluğunda sürdürecektir. Başlangıçta itilerek, diyelim saat yönünde bir dönme kinetik enerjisinin verilmesi halindeyse, kütle; düşerken daha da hızlanıp, yükselirken yavaşlayacak ve tur üzerinden ortalama kinetik enerjisi aynı kalmak kaydıyla, hep aynı yönde dönüp duracaktır. Bu tasarım belli ki; enerjii koruyan, gerçek bir 'devr-i daim makinesi' oluşturmakta ve net enerji üretmesi olanaksız. Fakat, ünlü İngiliz fizikçisi Paul A.M. Dirac'ın 1930'lu yıllarda, evrensel sabitlerin evrenin yaşına bağlı olarak zamanla değişebileceği ve bu arada kütleçekimi sabiti g'nin azalmakta olduğu, hatta 10 milyar yıl sonra şimdikininki yarısı değerine sahip olacağı yönündeki kuramsal spekülasyonları düşünürken, bu tasarımdan net enerji üretilebileceğine dair akıl jimnastiklerine yol açtı. Gerçekten de, eğer g sabiti zamanla azalıyor, bu kütle ne yapar?

Kütle başlangıçta yine, en üst noktada bulunduğunu ve t=0 anında, sıfır hızla serbest bırakıldığını varsayalım. Bir önceki, yani g'nin sabit olduğu durumdaki gi-

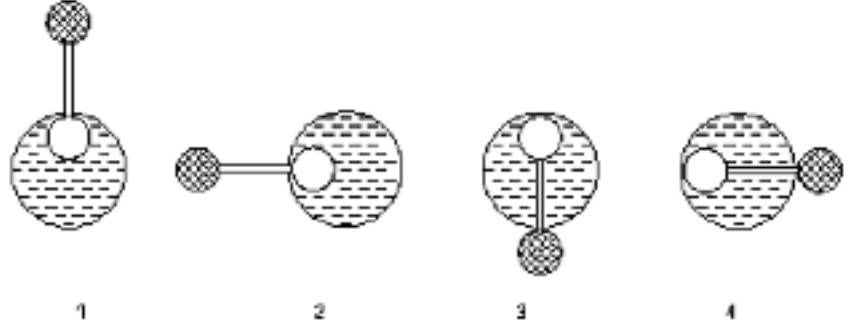
bi; B noktasına inene kadar hızlanacak, fakat g artık zamanla azalmakta olduğundan, B noktasına vardığında, önceki duruma göre daha az kinetik enerji kazanmış olacaktır. Sol yarıdan yukarı çıkarken ise, sürekli yavaşlar. Fakat A noktasına varana kadar kinetik enerji kaybi; g sabiti kütle sağ yarıdayken azalmış olduğundan ve hâlâ da azalmakta olduğundan, B noktasındaki kinetik enerji miktarından daha azdır. Kütle sonuç olarak, A noktasını bir miktar kinetik enerjiyle aşar. Tam o sırada bu kinetik enerjisi alınıp kullanılacak olsa, kütle yine sıfır başlangıç hızıyla düşmeye başlayacak ve tekrar A noktasına döndüğünde, bir miktar kinetik enerji daha kazanmış olacaktır. Bu da alınabilir ve kütle, hareketine devam eder. Burada, kesintili olarak da olsa, sınırsız enerji üretebilecek bir sistem var gibidir. Çünkü, kütle hareketinin her döngüsünde bir miktar enerji elde ediliyor ve hareket, g sabitinin devamlı azalmasıyla sürekli süredir sürüyor. Çünkü, kütle zamanla azalmasıyla, sonsuza kadar devam edebilir.

Burada, kütle daire etrafında turlar atıp duracağı ve her turun sonunda kütlede bir miktar enerji alınabileceği doğru. Analizdeki hata, Grek düşünürü Zeno'nun adıyla bilinen ikileme olduğu gibi; sonsuz sayıda pozitif terimden oluşan her toplamın sonsuza gittiği yanılgısında yatıyor. Halbuki, böyle bir toplamın sonucu öyle olmak zorunda değil. Nitekim, bu tasarımın kurgusuna bakarken, g'nin zamanla azalma hızının sabit olduğunu varsayalım. Şöyle ki; birinci turda g'nin, kütle A'dan B'ye inene ve B'den tekrar A'ya çıkana kadarki 'yol ağırlıklı ortalama' değerleri arasındaki fark Δg_1 olsun: İkinci turdaki Δg_2 , üçüncü turdaki Δg_3 vb... Bu durumda, kütle i'nci turda A'dan B'ye inerken kazandığı kinetik enerjiyle, B'den A'ya çıkarken kaybettiği kinetik enerji arasındaki fark, $m\Delta g_i h$ kadar olacaktır. Dolayısıyla, turun sonunda A noktasına ulaştığında sahip olduğu kinetik enerji, turun başlangıcındakinden $m\Delta g_i h$ kadar daha fazladır. Ancak, tur sonlarındaki bu kinetik enerji artışları, g'deki azalmaların toplamı g'yi bulana, yani $\sum(\Delta g_i) = g$ olana kadar devam eder. Dolayısıyla; sistemden alınabilecek toplam enerji miktarı, $m\Delta g_i h$ 'lerin toplamı, yani $\sum(m\Delta g_i)h = mgh$ kadar olur. Bu da, kütle başlangıçta, B noktasına göre sahip olduğu potansiyel enerjiye eşittir. Δg_i 'leri istediğimiz kadar küçültürsek, döngü sayısını istediğimiz kadar artırabiliriz, bu doğru. Fakat sonuç değişmez.

Hidrostatik Kuvvetler:



1. Bu, 18. yüzyılın ortalarından kalma bir tasarımdır. Su dolu silindirik şeklindeki bir tankın içinde, içi boş küreler var. Kürelerin her biri, birer kolla, tankın dışındaki birer kütleyle bağlı. Tasarım sağ üstteki şekilde gösterildiği gibi; tek bir kol ve kolun iki ucuna bağlanmış bir kütle ile içi boş bir küre çiftine indirgenebilir. Kürenin hacmi ve kütle öyle seçilmiş ki; kol dikey durumda ve kütle üstte, yani düzenek 1. konumdayken, suyun küre üzerindeki kaldırma kuvveti, kütleyle ancak kaldırabilecek kadar. Durum buyken, kütleyle sola doğru hafif bir itme uygulandığında; kütle saatin tersi yönde 'düşme'ye başlayacak ve izleyen turun ikinci yarısında da, sağdan yukarıya doğru yükselecektir. Dolayısıyla sistem, turun ilk yarısında kinetik enerji kazanır, ikinci yarıdaysa yavaşlar. Dikkat edilecek olursa, kaldırma kuvvetinin seçilmiş olan büyüklüğü nedeniyle, kol; ilk 90 derecelik dönme sırasında, tümüyle dışarıda kalmak zorundadır. İkinci 90 derecelik dönmenin başında içeriye girmeye başlar ve sonunda tümüyle içeri girmiş olur. Üçüncü çeyrek sırasında, keza kaldırma kuvvetinin büyüklüğü nedeniyle, tümüyle içeride kalmak zorundadır. Son çeyrek sırasında dışarı çıkmaya başlar ve sonunda, 1 numaralı konuma döner. Önemli olan şu ki; kol birinci çeyrekte tümüyle dışarıda, üçüncü çeyrekte tümüyle içeridedir. İkinci ve dördüncü çeyreklerdeyse kolun konumu, birbirinin tersi seyirler izler: İkinci çeyreğin başında tümüyle dışarıda ve sonunda tümüyle içerideyken, dördüncü çeyreğin başında tümüyle içeride ve sonunda tümüyle dışarıdadır. Uzun sözün kısası; kütlelerin ağırlığının ilk çeyrekteki moment kolu, üçüncü çeyrekten daha uzundur ve dolayısıyla, tankın üzerinde uyguladığı dönme momenti daha büyük olur. Sistem ilk

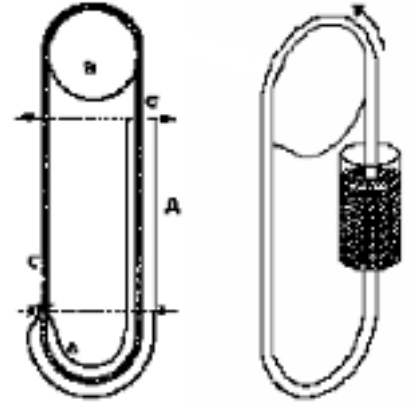


çeyrekte, üçüncü çeyrekte kaybedeceğinden daha fazla dönme kinetik enerjisi kazanır. Diğer iki çeyrekteki kazanç ve kayıp birbirini götürüleceğinden, açılmalı iken hızlanır. Öyle mi?..

Sürtünmesiz hareket ve sızdırmazlık güvencesi verilse bile, bu sistem iddia edildiği gibi çalışmaz. Çünkü, birinci çeyrekte üçüncü çeyreğe göre; ağırlığın moment kolunun daha uzun olduğu doğru, fakat tanka uygulanan toplam dönme momentinin daha büyük olduğu varsayımı yanlıştır. Yapılan analizde dikkatler, dışarıdaki kütle üzerinde toplanırken, içerideki küre gözden kaçırılmış. Halbuki kütlelerin yanında kürenin de, sistem üzerindeki dönme momentine katkısı vardır ve değişik konumlarda, bu iki etken birbirini dengeler.

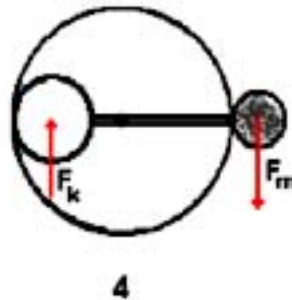
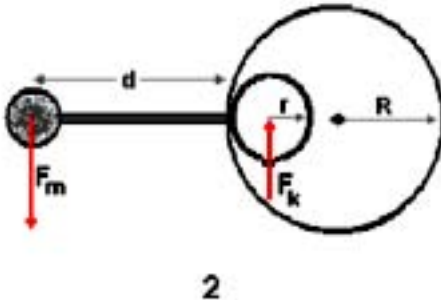
Bunu görebilmek için alttaki şekildeki, ikinci ve dördüncü konumlara bakalım. Kütle m , kürenin hacmi V olsun. Kütlelerin ağırlık merkezlerinin tank yüzeyine olan uzaklığına d diyelim; kürenin yarıçapına r , tankınkine de R . Kütle üzerindeki yerçekimi kuvveti mg büyüklüğünde olup, aşağıya doğrudur. Suyun küre üzerindeki kaldırma kuvvetiyse, kürenin hacmi kadar suyun ağırlığına eşit, yani $\rho_s Vg$ olup, yukarıya doğrudur. Dolayısıyla, bu iki kuvvetin tanka uyguladıkları dönme momentleri, ikinci konumda zıt, dördüncü konumdaysa aynı yöndedirler. Örneğin ikinci konumda m kütle ile kürenin tank üzerinde, tankın merkezi etrafında ve saatin tersi yönde uyguladıkları dönme momentlerinin toplam büyüklüğü; $M_1 = F_m(d+R) - F_k(R-r) = mg(d+R) - \rho_s Vg(R-r)$ olur. İkincisindeyse bu toplam saat yönünde olup, büyüklüğü; $M_2 = F_m(d+2r-R) + F_k(R-r) = mg(d+2r-R) + \rho_s Vg(R-r)$ 'dir. $M_1 > M_2$ olması için; $mg(d+R) - \rho_s Vg(R-r) > mg(d+2r-R) + \rho_s Vg(R-r)$, yani $mgR - \rho_s Vg(R-r) > mg(2r-R) + \rho_s Vg(R-r)$ ya da $mg2(R-r) > 2\rho_s Vg(R-r)$ olması gerekir. Bu da, $mg > \rho_s Vg$ olmasını gerektirir. Halbuki bu sonuç, başlangıçta yapılmış olan; suyun küre üzerindeki kaldırma kuvvetinin m kütlelerini kaldırmaya yeterli olduğu varsayımıyla ($\rho_s Vg > mg$) çelişir.

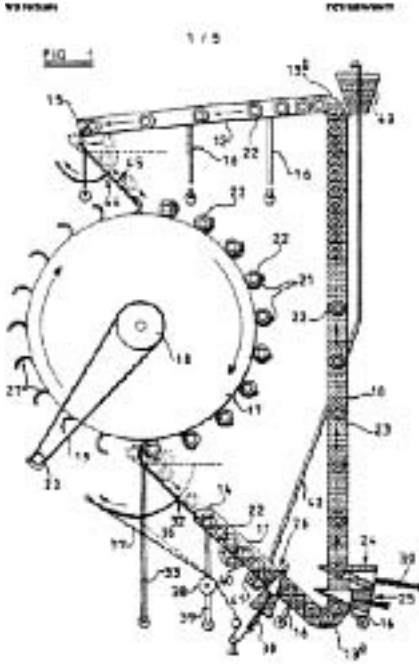
2. Suyun kaldırma kuvvetinden esinlenmiş, çok daha basit motor tasarımları da var. Bunlardan, 1906 yılında adı bilinmeyen bir tasarımcı tarafından ortaya atılan fikir, aşağıdaki şekilde görülmüyor. İyice yağlanmış bir pamuk ipliği, yukarıda bir makaranın etrafından dolanıyor ve J şeklindeki, içi su dolu bir tüpten geçiyor. Tüpün iki ucu da açık olmakla beraber, soldakinin ağız daraltılmış ve ip bu ağızdan, sürtünmesizce ve sızıntıya yol açmaksızın geçebiliyor. İddia şu: İpin suyun içinden geçen kısmının sağ taraftaki fazlalığı, ki bu A uzunluğu olarak gösterilmiş, suyun kaldırma kuvvetine tabi. Halbuki A uzunluğunun sol taraftaki karşılığı, böyle bir kaldırma kuvvetinden yoksun ve sadece yerçekiminin etkisi altında. Dolayısıyla, ip sağ tarafta yukarı doğru kaldırılırken, sol tarafta aşağıya doğru çekilir ve makara döner. Makaranın kazandığı dönme kinetik enerjisi, eksenine bağlı bir jeneratörde elektriğe dönüştürülse bile, makara tekrar dönmeye başlayacaktır, vs.



Bu analizdeki hata, suyun bu ip üzerinde kaldırma kuvveti uygulayabildiği varsayımıdır. Halbuki bu tasarım, aynı şekilde sağda görülenle eşdeğerdir ve kabın içine, örneğin cıva gibi çok daha yoğun bir sıvı konsa bile, ip üzerinde kaldırma kuvveti uygulayamaz. Çünkü, ipin sıvı içinden geçen kısmı, sıvıya 'batmış' değildir ve Arşimed ilkesi, burada kullanılamaz. Bir başka anlatımla, silindirik şeklindeki ipin dış yüzeyine sıvı tarafından uygulanan basınç, hep bu yüzeye dik, yani yatay düzlem üzerindedir. Oluşan yatay kuvvetler birbirini götürür. Silindirin alt (ve üst) yüzeyindeyse, sıvı yoktur. Dolayısıyla da, herhangi bir dikey bileşen, yani kaldırma kuvveti oluşamaz.

Tabi, bir devr-i daim makinesi keşfetmiş olduğu iddiasında bulunanların tasarımları, her ne kadar ilke temelinde böyle olsalar da, bu kadar basit olmuyorlar. Tasarımcı genellikle, sistemdeki zayıf bir noktayı belirlediğinde, bunu ortadan

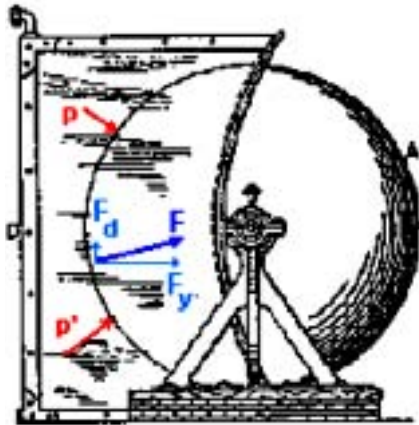




kaldırmak için yeni unsurlar ekliyor. Bunların doğurduğu sakıncaları tamir için de, daha yenilerini... Tasarım sonucu olarak, çalışma düzenindeki hataların kolayca görülemeyeceği karmakarışık bir labirente dönüşüyor. Örneğin yukarıda böyle bir çizim var. Tasarımcı düzeneğe dahice eklemelerde bulunarak, karşılaştığı sorunları çözmeye çalışmış. Ayrıntılarına girmeye hiç gerek yok. Çünkü bir önceki tasarıma eşdeğer. Fakat, harcanmış olan akıl emeği ortada ve buna yazık. İnsan kendisini, "keşke bu çabalar daha üretken uğraşlar için harcanmış olsaydı" demekten alamıyor.

3. Suyun kaldırma kuvvetine dayalı bir başka tasarım, aşağıdaki şekilde görülmüyor. Kağıt düzlemine dik bir eksen etrafında dönebilen bir kürenin sol yarısı, su dolu bir kabın içinden geçiyor: Sızdırmazlık sağlanmış, sürtünme yok ve iddia şu: Kürenin sol yarısında suyun kaldırma kuvveti olduğuna, sağ tarafındaysa olmadığına göre, bu kürenin saat yönünde dönmesi lazım. Hem de hızlanarak. O kadar ki, kürenin dönme eksenini ye-re kalın metal çubuklarla sabitlemiş. Sistem aşırı hız kazanıp da kendi kendini parçalamasın diye...

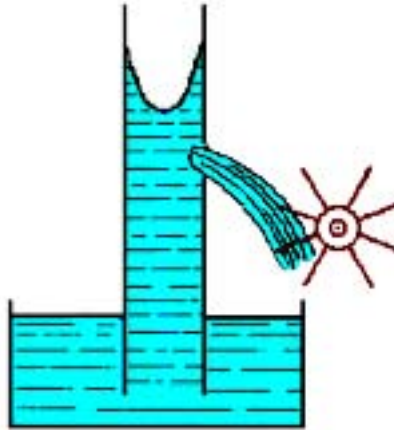
Halbuki böyle bir endişeye gerek yok. Çünkü suyun, bu kürenin sol yarı yüzeyi üzerinde uygu-



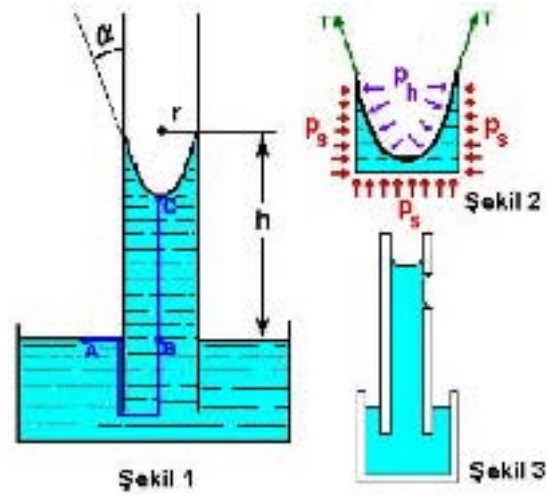
ladığı basınç, her yerde kürenin merkezine doğrudur. Dolayısıyla; noktalardan herhangi birindeki basınçla, o noktaya komşu küçük bir 'diferansiyel' alanın çarpımından oluşan açuvetin, merkeze göre moment koluyla yaptığı açı sıfırdır. Küre üzerinde dönme momenti uygulayamazlar. Bu durumu daha açık bir şekilde görebilmek için suyun, örneğin kürenin merkezinden geçen yatay eksene göre simetrik konumdaki iki noktada uyguladığı, p ve p' basınçlarına bakalım. Yatay bileşenler aynı doğrultuda ve sağa doğru olduklarından, üstüste binerler. Zıt yönlere dikey bileşenlerin toplamıysa, $p' > p$ olduğundan, kürenin alt tarafında yukarı doğru net bir bileşen bırakır. Bu durum, suya dalmış olan yüzeydeki benzer tüm "merkezden geçen yataya göre simetrik" nokta çiftleri için geçerlidir. Sonuç olarak, kürenin sol yarısı üzerinde, şekilde gösterildiği gibi, dikey bir F_d ve yatay bir F_y kuvvet bileşeni oluşur. Şöyle ki; toplam net kuvvet F , merkezden geçen doğrultudadır ve küre üzerinde dönme momenti uygulayamaz. Sıvının küreye uyguladığı bu net kuvvet, Newton yasalarından üçüncüsüne göre; kürenin eksenini küre üzerinde uygulanan, zıt yöndeki ve eşit büyüklükteki kuvvet tarafından dengelenmiştir. Küre, eksenine dayanmış halde kasılı kalır... Çünkü $F(=ma)$ sıfır olunca, a ; $T(=I\alpha)$ sıfır olunca da α sıfır olur.

Kılcal Yükselmeye Dayalı Tasarımlar:

1. Kılcal yükselme bilindiği gibi, su moleküllerinin, örneğin cam yüzeyiyle aralarındaki çekme kuvvetinin, kendi aralarındaki çekme kuvvetine oranla daha büyük olmasından kaynaklanır. Bir tüpteki cam yüzeyi sonucu olarak; temasta olduğu su moleküllerini yukarı doğru çeker, onlar



da adeta, komşu molekülleri peşlerinden sürükler. Dolayısıyla, kılcal bir borunun alt ucu, örneğin su dolu bir kaba daldırıldığında, su borunun içinde, diyelim h yüksekliği kadar tırmanır ve en üstte, 'menisküs' denilen içbükey bir yüzey oluşturur. Yüzey içbükey olmak zorundadır, ki su yükselelsin. Şimdi; cam boru eğer bu yüzeyin yeterince altından, fakat kaptaki su düzeyinin üstünden bir yerden delinecek olsa, su; üstteki şekilde görüldüğü gibi, delikten dışarı akmaya başlayacak gibidir. Akan suyun yerini, kılcal gerilim sayesinde kaptan yükselen yeni suyun alması beklenir. Deliğin önüne minik bir türbin konulabilir ve delikten akan suyun kine-

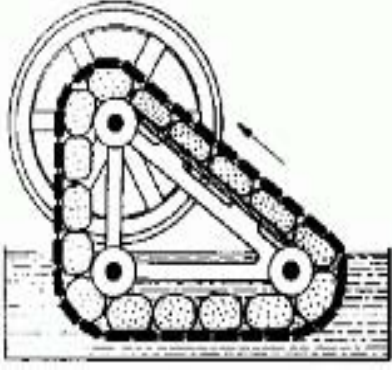


tik enerjisi elektrige dönüştürülebilir. Düşük güçte de olsa, sürekli enerji üreten bir jeneratör elde edilmişe benziyor.

Buradaki analiz hatasını anlamak için, kılcal yükselmeye yol açan etkene yakından bakmak gerekir. Yukarıdaki şekillerin birincisinde, örnek bir kılcal boru gösteriliyor. Bu şekildeki A noktasının yakın komşuluğundaki basınç, atmosfer basıncıdır. A ile aynı yükseklikte bulunan B noktasındaki basınç da, yine aynı düzeydedir. B'den C'ye doğru çıkılırken, yükseklik artmaktadır. Bu sırada derinlik azalmakta olduğundan, basınç da azalır. Bu, B ile C arasındaki tüm noktalarda basınç, atmosfer basıncının altında ve C'ye yaklaştıkça daha da altında olduğu anlamına gelir. Halbuki C'nin hemen üstünde, yine atmosfer basıncı vardır. Bunu mümkün kılan, meniskusun dairesel dış çeperi boyunca etkin olan kılcal gerilimdir. Durumun daha iyi anlaşılabilmesi için, Şekil 2'de cam tüp uzaklaştırılmış. Tüpün yan yüzeylerinin su kütlesi üzerine uyguladığı tepki basıncı, yatay kırmızı oklarla gösteriliyor. Derinlikle birlikte artan bu yatay basınç bileşeninin yol açtığı kuvvetler, birbirini götürür. Altta kırmızı oklarsa, altta kalan suyun bu düzeyde uyguladığı 'yukarı doğru basınç' olup, atmosfer basıncından düşüktür. Yani, $p_s < p_h$ olur. Menisküs üzerindeki havanın basıncı (p_h), mor oklarla gösterilmiş. Bunların da yatay bileşenleri birbirini götürür. Fakat dikey bileşenleri, alttaki su basıncına baskın ($p_s < p_h$) olduğundan, dengelenmek zorunda. Bunu, yeşil oklarla gösterilen kılcal gerilimin, yukarı doğru olan dikey bileşeni başarıyor. Kılcal gerilimin yatay bileşenleriyse, keza birbirini götürüyor.

Burada önemli olan nokta; Şekil 1'in C ve B noktaları arasındaki her yerde, kılcal boru içindeki basıncın, dış atmosfer basıncından daha düşük olmasıdır. Dolayısıyla, kılcal borunun duvarında bir delik açılması halinde, su dışarı akamaz; Şekil 3'te görüldüğü gibi, yeni bir menisküs oluşturacak biçimde içbükeyleşir. İç basınçtan büyük olan atmosfer basıncı bunu, tıpkı üzeri kağıtla kapatılmış su dolu bir bardağın ters çevrilmesi halinde içindeki suyun dökülmesinde olduğu gibi başarıyor.

2. Dolaylı olarak kılcal gerilime dayanan bir başka tasarım, William Congreve (1772-1829) adlı bir siyasetçi keşifçi tarafından 1827 yılın-

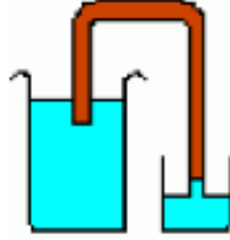


da önerilmiş. Yukarıdaki şekilde görülen tasarım, Stevin probleminin değiştirilmiş bir biçimini oluşturuyor. Ağırlıklar bu sefer, dik bir üçgenin köşelerine sabitlenmiş makaralar etrafında dönebilen bir palet şeklinde. Paleti oluşturan ağırlıkların altında birer sünger var ve üçgenin alt yarısı suya daldırılmış. Su; soldaki dik kenara paralel asılı süngerlerde, kılcal gerilim sayesinde yükselip, bu süngerleri ağırlaştırıyor. Sağdaki rampadaysa, süngerlerin üzerine binen ağırlıklar suyu sıkıyor. Dolayısıyla bu süngerler daha hafif. Soldakiler ağır basınca, palet makaraların etrafında, saat yönünün tersine dönme ve üstteki makaranın eksenine bağlı olan jeneratör çarkını döndürmeye başlıyor.

Burada gözardı edilen nokta, sağ rampadaki ağırlıkların, süngerlerdeki suyu nasıl sıkıdığı. Ağırlıklar bunu, süngerin gözeneklerindeki kılcal gerilimleri yenip, bu gerilimlere karşı iş yaparak başarmak zorunda. Bu iş için gereken enerjiyi, bunu yaparken uğradıkları yükseklik kaybından alıyor ve sonuç olarak potansiyel enerji kaybına uğruyorlar. Halbuki tepedeki makarayı aşmak üzere tekrar yükselmek ve bu sırada, eşdeğer miktarda enerjiyi tekrar kazanmak zorundalar. Su emerek ağırlaşan soldaki süngerler, ancak bunu sağlayabilirler. Bunu daha net olarak görebilmek için, su damlalarının hangi işlevi yerine getirdiğine bakmak yeterli. Sol taraftaki süngerler tarafından emildiklerinde, ağırlık oluşturuyor, sağ tarafta sıvıdıklarındaysa, bu işlevlerine son veriyorlar. Damlaların bu işlevini, kendimizin yerine getirdiğini düşünelim. Şöyle ki; su dolu kapla süngerlerin ortadan kalktığını ve paletin yerini bir ipin aldığını varsayalım. Biz; sol taraftan bu ipe asılıp aşağıya inebilir ve kazandığımız kinetik enerjiyle alttan, enerji kaybına uğramaksızın, sağ tarafa geçebiliriz. Sahip olduğumuz kinetik enerjiyle, sağ rampadan yukarı doğru tırmanabilir, fakat ancak, başlangıçta soldan ipe asılıp kendimizi bıraktığımız yüksekliğe kadar çıkabiliriz. Çünkü bu bir 'çıkırık' düzeneğidir ve çıkırık bu aşamada durur. Eğer hareketin devamını diliyorsak, ipi sağ taraftan bırakıp, yatay bir doğru üzerinde sol tarafa kayar ve ipe bu taraftan tekrar sarılarak, kendimizi aşağıya bırakabiliriz. Sağda alçalırken uğranılan yerçekimsel potansiyel enerji kaybı nedeniyle kazanılan kinetik enerji, solda aynı yüksekliği tırmanırken yitirilerek, kütleçekimsel potansiyel enerjiye dönüşür. Asıl düzenekteki su damlalarının yaptığı da zaten bundan ibaret olup, "sıfıra sıfır, elde var sıfır"dır...

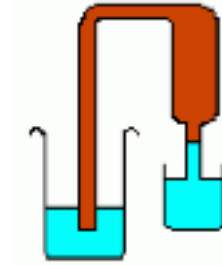
Sifon Düzenekleri:

Sifonların nasıl çalıştığını hemen herkes bilir. Elimize yeterince uzun bir tüp alalım ve alt ucunu, içi su dolu bir kaba daldıralım. Tüpün içindeki ve kaptaki suyun düzeyleri aynı olup, üstleri hava ile doludur. Tüpün üst ucundan emerek içindeki havayı boşaltmaya başladığımızda, içindeki su düzeyi yükselmeye başlar. Bunun nedeni, kaptaki suya etki eden atmosfer basıncıdır.



Tüpteki havanın tümünü boşaltıp üst ucunu parmağımızla kapatarsak, içindeki su, normal koşullarda 1 atmosfer olan hava basıncının kaldırabileceği yüksekliğe, yani 10 metreye kadar tırmanır. Şimdi bu tüpü, orta noktasının altından bir yerden bükerek, yandaki şekilde görüldüğü gibi, ters U biçiminde kıvrıralım ve uzun kolunu aşağıya doğru bükerek; içi su dolu olan kaptan daha alçak bir düzeydeki boş bir kaba uzatalım. Kapalı tuttuğumuz ucu açtığımızda su, yukarıdaki kaptan aşağıdaki kaba doğru akmaya başlar: Ta ki üstteki kap boşalana, ya da tüpün uçlarından biri tıkanana kadar. Romalıların bunu bildikleri ve kentlere nakil sırasında suyu, pompa gücü kullanmaksızın, alçak tepelerin üzerinden aşırıbildikleri biliniyor.

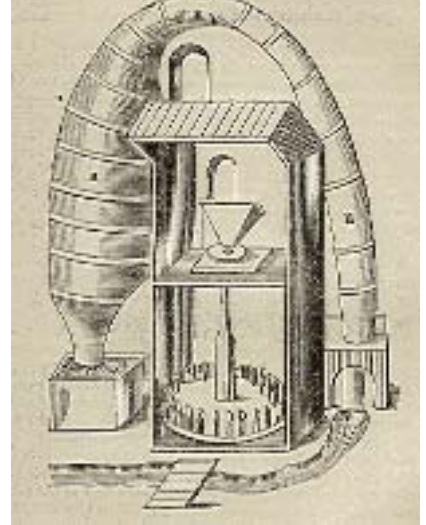
Eğer bu mekanizmaya, atmosfer basıncını gözden kaçırıp da tıpkı bir makaranın etrafından dolanan bir ipin uçlarına bağlı iki farklı kütlelen, ağır olanın düşerken hafif olanı peşinden sürükleyip yukarı kaldırması örneğinde olduğu gibi uzun koldaki suyun, yerçekiminin etkisi altında 'düşme'si ve daha ağır olması nedeniyle kısa koldaki suyu peşinden sürüklemesi olarak bakılırsa, yanlışlyu düşülmüş olur. Çünkü bu açıdan bakıldığında, sağdaki kolun daha fazla su içerip daha ağır olması için, mutlaka daha uzun olması gerekmez. Bu amaçla, sağ kol kısaltılıp yarıçapı büyütülebilir; ki bu durumda, soldaki şekilde görüldüğü gibi, sağdaki kabı yükseltip; yerçekimi sayesinde bu sefer, aşağıdaki kaptan yukarıdakine su aktarmak mümkün görünür. Nitekim sağ üstteki resimde, Vittorio Zonca (1568-1602) adındaki Padua'lı bir İtalyan keşifçinin, alçaktan su çekip daha yükseğe boşaltarak çalışacağını düşündüğü bir buğday değirmeni için hazırladığı çizim görülüyor.



Ters U'nun sırtındaki tıpa, çalışmayı başlatmadan önce boruları suyla doldurmak için gerekli. Halbuki bu tasarımın çalışabilmesi için, su molekülleri arasındaki çekim kuvvetinin, yerçekimi kuvvetinden daha güçlü olması gerekirdi. Böylece, daha ağır olan sağdaki su kütle, sol koldaki suyu peşinden sürükleyebilirdi. Ama o zaman da su zaten, sol koldan yükselip sağ kola geçemezdi.

Bu kavram karmaşaları ancak, 17. yüzyılın sonlarında Pascal'ın; sıvı dolu bir kabın herhangi bir noktadaki basıncın, kabın şekline ya da

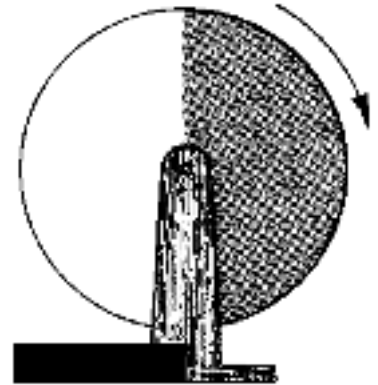
Buğday değirmeni çizimi



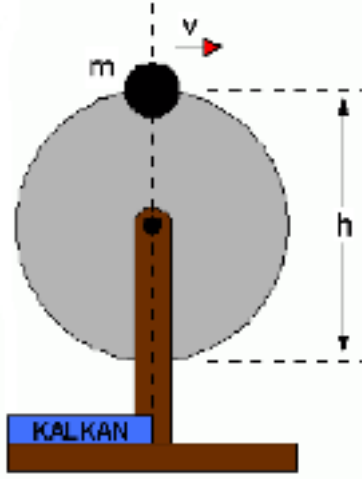
yarıçapına değil, sadece o noktadan yüzeye olan dikey uzaklığa bağlı olduğunu belirten ilkesini ortaya koymasından sonra aşılabildi.

Yerçekimi Kalkanı:

Nasıl ki elektrik alanlarına karşı, metal malzemenin oluşun ve Faraday kafesi denilen kalkanlar yapılabılıyorsa; kütleçekimi kuvvetine karşı bir kalkanın yapımı da, kuramsal olarak mümkün. Her ne kadar nasıl yapılabılıyorsa, böyle bir kalkanın kullanımını içeren bir devr-i daim makinesi öneriliyor. Tasarımda, yatay bir eksen etrafında dönebilen bir disk ve sol yarısının altında yerçekimi kalkanı var. Sağ yarısının ağırlık merkezi, merkezden geçen yatay doğru üzerinde olup, merkezden dışarıdadır. Bu yarının ağırlığı nedeniyle, disk üzerinde bir dönme momenti oluşur. Disk sürekli dönerek, enerji üretebilecektir.



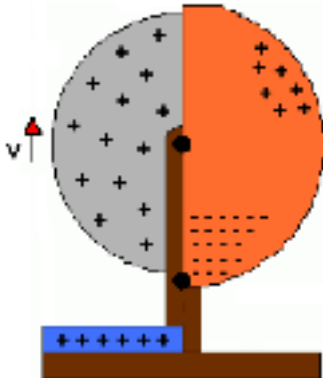
Bunu daha açık olarak görebilmek için, diskin; merkezinden çeşitli uzaklıklardaki nokta parçacıklardan oluştuğunu düşünüp, bunlardan birini ele alalım. Parçacık sağ taraftan inerken, potansiyel enerji kaybedip kinetik enerji kazanacak, soldan yukarı çıkarken de, alttaki kalkan yerçekimini etkisiz hale getirmiş olduğundan, kinetik enerji kaybına uğramaksızın, üst noktaya kadar tırmanacaktır. Dolayısıyla, her dönüşünde mgh kadar kinetik enerji kazanır. Değirmenin suyu nereden geliyor?



Parçacığa, sol yarıdan yukarı tırmanırken neler olduğuna bakalım. Kalkan olmasaydı, yerçekimi parçacık üzerinde mg büyüklüğünde bir kuvvet uygulayacak ve harekete ters yöndeki bu kuvvet, parçacık üzerinde mgh kadar negatif iş yaparak, parçacığın kinetik enerjisini azaltmış olacaktı. Halbuki yerçekimi, kalkan tarafından etkisiz hale getirilmiş. Kalkanın bunu başarabilmesi için; parçacığa hareketinin her noktasında, yerçekimi kuvvetine eşit, fakat ona ters yönde, yani hareket yönünde ve yukarı doğru, mg kadar bir kuvvet uygulanması gerekir. Bu, kalkanın parçacık üzerinde mgh kadar pozitif iş yapması anlamına gelir. Böylece, yerçekiminin yaptığı $-mgh$ 'lık iş dengelenir. Kuvvet uygulayabildiğine ve iş yapabildiğine göre, bu, sıradan bir kalkan olmaktan çıkıyor. Ya bünyesinde depolanmış olan bir tür enerjiyi kullanıyor, ya da dışarıdan enerji alıyor olması gerekiyor. Anlaşılan bu kalkan; pasif bir unsur değil, kendisi bir makine...

Peki; elektrik alanı kalkanı, yani Faraday kafesi iş yapmıyor da; bu niye böyle?

Aşağıdaki şekilde, benzeri bir 'elektrik alanı motoru' görülüyor. Yalıtkan bir disk, her tarafında eşit yoğunlukta artı yüklerle yüklenmiş, sağ tarafı kafeslenmiş; sol altındaysa, artı yüklü yalıtkan bir plaka var. Yalıtkan plakadaki artı yüklerin, diskin sol yarısını yukarı doğru itmesi, fakat diğer yarı kafeslenmiş olduğundan, bu yarıyı itememesi lazım. Dolayısıyla, üzerinde bir dönme momenti oluşan diskin, saat yönünde dönmesi beklenir. Halbuki Faraday kafesi iletken yapıda olmak zorunda olduğundan, ona bu özelliği sağlayan değer elektronları, hem sol alttaki plakada, hem de diskte bulunan artı yükler nedeniyle harekete geçecekler. Yaklaşık olarak, şekilde görüldüğü gibi bir yük dağılımı oluşur. Diskin artı yükleri üzerinde

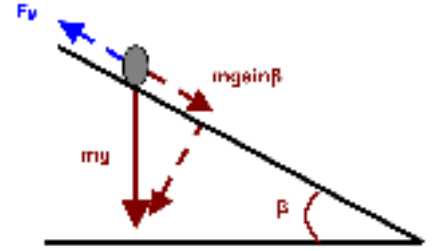


şimdi bir de; kafesin alt tarafındaki eksi yüklerin çekme, üst tarafındaki artı yüklerin de itme kuvveti vardır. Disk üzerindeki dönme momenti sıfırlanır ve disk dönemez hale gelir. Gerçi disk üzerinde, yükler nedeniyle bir net kuvvet vardır. Fakat bu kuvvet merkeze doğru olup, disk ekseninin, zıt yönde ve eşit büyüklükteki tepki kuvvetiyle dengelenmiştir. $F(=ma)$ sıfırda a , $T(=I\alpha)$ sıfır olunca da α sıfır olur...

Manyetik Kuvvet:

1. 1600 yılında William Gilbert mıknatıslar hakkında bir kitap ('de Magnete') yayınladığında, manyetik kuvvet pek çok insanı etkiledi. Bu arada ortaya, doğal mıknatıslardan yararlanmayı amaçlayan makine tasarımları da çıkmıştı. Bunlardan birisi, İngiliz Kraliyet Topluluğu'nun (British Royal Society) ilk sekreteri olan John Wilkins'in (1614-1672) 'Doğal Büyü' ('Natural Magic') başlıklı kitabında yer alan manyetik devr-i daim makinesiydi. Tasarım aslında Johannes Taisnierus adlı bir rahibe ait olduğundan, 'Taisnierus aygıtı' olarak biliniyor. Aşağıdaki şekilde görülen bu tasarımda; üstte, üzerinde iki delik (B, F) bulunan düz, alttaysa kavisli birer rampa var. Her iki rampa da sürtünmesiz. Sütun başındaki top (A) bir mıknatıs, E ise demir bir bilyayı temsil ediyor. Bilya mıknatıs tarafından, düz rampadan yukarı doğru çekiliyor. B deliğine ulaştığında düşerek, kavisli rampadan aşağıya doğru hızlanıyor. Yolda yavaşlatılıp, F noktasına geldiğinde durması sağlanabilir. Bilya mıknatıs tarafından tekrar, düz rampadan yukarı çekilecek ve bu döngüyü sürdürecektir. Yavaşlatılması sırasında bilyadan alınan enerji, yararlı işe dönüştürülebilir. Dolayısıyla devr-i daim makinesi?...

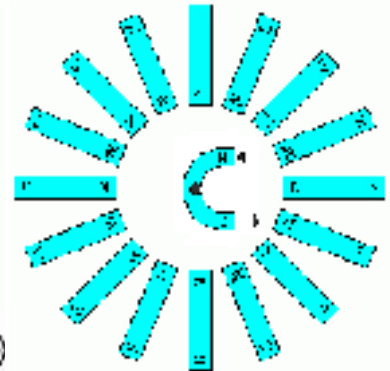
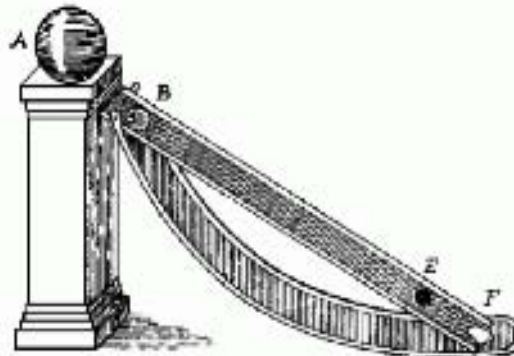
Mıknatısla bilya arasındaki manyetik kuvvetin (F_M), bu iki kürenin merkezleri arasındaki doğrultuda, yani düz olan rampaya paralel olduğunu varsayalım. Bu rampanın yatayla yaptığı açı, bilyanın kütlesi de m olsun. Bilya üzerinde etki eden yerçekimi kuvveti mg , bunun rampa yüzeyine paralel bileşeni de, $mg\sin\beta$ olur. Mıknatısın bilyayı rampadan yukarı çıkartabilmesi için; bilyaya uyguladığı manyetik çekme kuvveti F_M 'nin, bilya üzerindeki yerçekimi kuvvetinin rampaya paralel bileşeni yenmesi, yani $F_M > mg\sin\beta$ olması gerekir. Dikkat edilecek olursa bu koşul, mıknatıs ne kadar zayıf olursa olsun, sütun yüksekliğini azaltmak suretiyle, $\sin\beta$ istendiği kadar küçültülerek sağlanabilir. Öte yandan, mıknatıs eğer bunu, bilya rampanın en alt noktasındayken başarabilir ve bilyayı yukarı doğru harekete geçirebilirse, mesafe kısaltıkça manyetik kuvvet artacağından, daha sonra-



ki noktalarda hayli hayli yapabilecek, hatta bilyaya ivme kazandırabilecektir. Dolayısıyla, eğer bilyanın ağırlığıyla düz rampanın eğimi, mıknatısın gücüyle uyumlu seçilmişse, gerçekten de; bilya F noktasından başlayarak, mıknatıs tarafından, düz rampadan yukarı doğru çekilir. B noktasına vardığında, buradaki delikten düşüp, kavisli rampadan aşağıya doğru yuvarlanmaya başlar. F noktasına vardığında, kazanmış olduğu kinetik enerji bir yöntemle emilerek, bilya durdurulabilir. Mıknatısın çekimiyle, tekrar düz rampadan yukarıya doğru tırmanmaya başlayacak ve döngüyü tekrarlayacaktır. Tasarım doğru görünüyor. Öyle mi?..

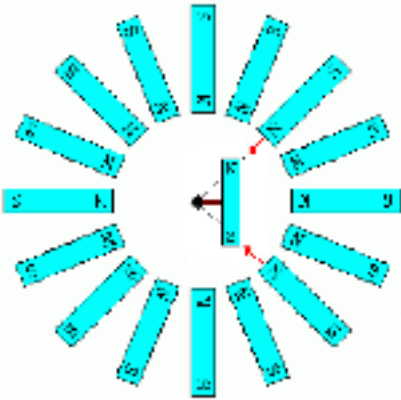
Burada, belirtilen koşullar altında bilyanın B noktasına kadar tırmanacağı beklentisi doğrudur. Bilya hem de, mıknatısa yaklaştıkça manyetik kuvvet artacağından, ivme kazanarak yolda hızlanacaktır. Ancak, B noktasına vardığında, eğer manyetik kuvvetin dikey bileşeni bilyanın ağırlığı olan mg 'den büyükse, bilya yoluna yukarı doğru devam edip, mıknatısa yapışır. B'deki delikten aşağı düşme durumu, ancak aksi halde mümkündür; ki bu durumda, bilya gerçekten de kavisli rampadan aşağıya doğru yuvarlanmaya başlar. Ancak; beklentinin aksine, hızlanmak bir yana, yavaşlayacaktır. Çünkü, bilyayı düz rampadan yukarı çıkartabilmiş olan manyetik kuvvet hâlâ, ama bu sefer bilyanın hareketinin tersi yönde etkindir. Dolayısıyla, bilyanın düz rampayı tırmanırken kazanmış olduğu kinetik ve potansiyel enerji kendisinden geri alınır. F noktasına vardığında, durur. Bu sonucu, bir başka şekilde görmek de mümkün. Manyetik kuvvet, mesafeye orantılı her kuvvet gibi, muhafazakar bir kuvvettir. Her muhafazakar kuvvetin yapacağı gibi, bu kuvvetin de bilya üzerinde; F noktasından başlayıp aynı noktada biten ve dolayısıyla kapalı bir eğri oluşturan döngüsü sırasında yaptığı net iş sıfır olmak zorundadır: Newton yasaları...

2. Aşağıdaki şekilde, basit bir manyetik motor tasarımı var. Merkezdeki mıknatıs U şeklinde olup, ortasından sabitlenmiş. Dış daire üzerine dizilmiş olan mıknatısların hepsinin de kuzey kutupları içe doğru baktığından; U mıknatısın kuzey kutbunu itiyor, güney kutbunu da çekiyorlar. Do-



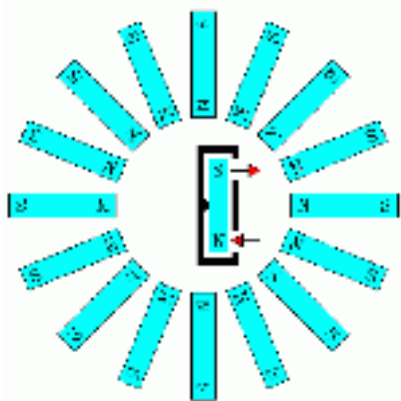
layısıyla, U mıknatısın kutuplarına etki eden net kuvvetler, mıknatısın üzerinde bir dönme momenti oluşturacak gibi. Sonuç olarak mıknatıs, sabitlendiği nokta etrafında hızlanarak dönebilir. Kazanacağı kinetik enerji alındıkça da dönmeye devam edebilir... gibi görünse de, bu net kuvvetlerin yönlerinin, şekilde gösterildiği gibi olması mümkün değil. Buradaki yanıltıcı husus bu.

Çünkü, bir mıknatısın diğer mıknatıslarla etkileşimi, kuzey kutbundan çıkıp güney kutbundan girdiği düşünülen manyetik alan çizgilerinin yönü ve yoğunluğuyla belirlenir. Dolayısıyla, bu açıdan önemli olan; kutuplar arasındaki malzemenin nasıl bir geometriye sahip olduğu değil, kutupların hangi noktalarda bulduklarıdır. Hal böyle olunca, U mıknatıs aslında, dıştaki mıknatıslarla etkileşimi açısından, aynı kutuplara sahip



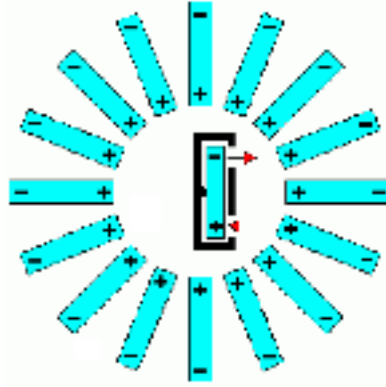
bir düz mıknatıs gibi davranır. Nitekim üstteki şekilde, merkeze bu sefer bir kolla sabitlenmiş olan eşdeğer bir mıknatıs gösteriliyor. Ki bu durumda, kutuplar üzerindeki net kuvvetler, kırmızı oklarla gösterildiği gibi; merkezden geçen doğrultuda olur ve mıknatıs üzerinde dönme momentine yol açamazlar: Newton yasaları. Dolayısıyla, U mıknatıs hız kazanamayacağı gibi; dış çeperdeki mıknatıs kutuplarının kesintisizliği varsayımıyla ve geometrilerinin silindirel simetrisi nedeniyle, başlangıçta hangi noktada bırakılmış olursa olsun, o noktada durur.

3. Aşağıdaki şekilde, değişik biçimleriyle sık sık başvurulduğundan artık klasik sayılmakta olan bir manyetik motor tasarımı görülüyor. Ortadaki düz mıknatıs, merkezi etrafında dönebilecek şekilde sabitlenmiş ve kutupları, uygun biçimde zırhlanmış. Öyle ki, bu kutuplar sadece, sağ yarıdaki mıknatısların kuzey kutuplarıyla et-



kileşiyor ve güney kutup çekilirken, kuzey kutup itiliyor. Bu mıknatıs hızlanarak döner ve sürekli enerji üretir... mi?...

Uzayın belli bir kısmında varolan manyetik alan çizgilerini saptırmak veya zayıflatmak mümkün olmakla beraber, şekilde görüldüğü gibi bir manyetik zırh inşa etmek mümkün değildir. "Ama" denilebilir, "elektrik yüklerine ve alanlarına karşı istenilen geometride zırhlama yapılabiliyor da, manyetik alana karşı niye yapılamaz?...". Gerçekten de, sol alttaki 'manyetik alan motoru' yerine, alttaki şekildeki gibi bir 'elektrik alan motoru' düşünelim. Burada, dairesel dizimli yalıtkan çubukların, merkeze bakan uçlarına artı, zıt uçlarına da eksi yükler yerleştirilmiş. Merkezde sabitlenmiş olan ve uçlarında keza zıt yükler bulunan ortadaki yalıtkan çubuğun etrafı, iletken bir plakayla kafeslenmiş. Öyle ki; bu çubuktaki yükler sadece, sağ taraftaki çubuklardaki yüklerle etkileşebiliyor. Bütün bunlar mümkün. Fakat ortadaki çubuk, yine de dönmez. Çünkü; bu çubuktaki yüklerin üzerindeki net kuvvetler, şekilde gösterilen kırmızı okların yönünde değil, merkeze doğru olur. Dolayısıyla, çubuk üzerinde



dönme momenti uygulayamaz, ona açılal ivme kazandıramazlar: Newton yasaları. Yani; manyetik motor önerisindeki zırhın yapımı mümkün olmayı bile, tasarım yine de çalışmazdı. Peki; böyle bir elektrik alan zırhı mümkün de, manyetik alan zırhı niye değil?

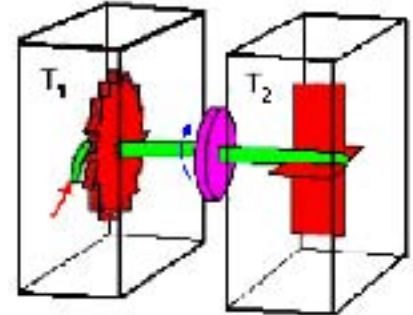
Elektrik alanı zırhı ortadaki yüklerin etrafına yerleştirilirken, zırh malzemesini oluşturan iletken malzemenin atomlarındaki 'değer ('valens') elektronları' harekete geçerek, uygun bölgelere uygun miktarlarla dağılır ve iletken içerisinde yerel net yüklerin oluşmasına yol açarlar. Elektron fazlalığının oluştuğu yerler eksi, elektron eksikliği doğan bölgeler artı yüklü hale gelir. Öyle ki, elektronların, iletkenin iç ve dış yüzeyleri üzerindeki dağılımları; zırhın öbür tarafındaki yüklerin, zırhın içindeki yükler üzerinde daha önce uyguladığı kuvvetleri sıfırlayacak şekilde gerçekleşir. Manyetik zırhta da, buna benzer bir işlevi yerine getirebilecek, hareketli 'manyetik monopol'lere' gereksinim vardır. Halbuki doğada bilindiği kadarıyla; sadece eksi yük taşıyan elektron ya da sadece artı yük taşıyan protona benzer şekilde; serbestçe dolaşabilen ve sadece kuzey ya da güney kutbu oluşturan 'manyetik monopol'ler' yok. Bu yüzden ki; uzaydaki herhangi bir hacmin dış yüzeyinden dışarı çıkan elektrik akısı miktarı, o hacmin içerdiği net elektrik yükü miktarıyla orantılı ($4\pi Q$) iken, manyetik alan için bu değer hep sıfırdır.

Ama tekrarlamak gerekirse; manyetik monopol var ve istenilen şekilde manyetik zırhlama mümkün olsaydı bile, yukarıdaki 'manyetik alan motoru' yine de çalışmazdı. Çünkü kuvvetler merkeze doğru olur ve orta çubuk üzerindeki dönme momenti sıfırlanırdı. Gerisi yine Newton yasaları...

Feynman'ın Yönlendirilmiş Çarkı:

Aşağıdaki tasarım, ünlü fizikçi R.P. Feynman'a ait bir tasarımın benzeri. İki kaptaki dişli T₁, T₂ sıcaklıklarında gaz bulunsun. Sağdaki kaptaki kanatları düz bir pervane, soldakinin testere dişli bir çark var. Pervane, serbestçe dönebilen bir eksen aracılığıyla, diğer kaptaki çarka bağlanmış ve çarkın dişlerine, örneğin yayla dayandırılmış bir yönlendirici ('ratchet') konmuş. Mekanik saatlerde benzerleri kullanılan bu yönlendiricileri hepimiz görmüşüzdür: Çark testere dişli olduğundan, yönlendirici, o an için üzerinde bulunduğu dişin az eğimli yüzeyi üzerinden görece kolay kayabilir, fakat kayıp düştükten sonra, dişin dikey yüzüne takılıp kalır. Dolayısıyla, dişli sadece bir yönde dönebilir. Bu da öyle...

Kaplardaki moleküller gelişigüzel yönlerde hareket halinde olup, sağdakiler, pervane kanatlarının yüzeyleriyle sürekli çarpışmaktadır. Bu gelişigüzellik içerisinde tabii, bazen pervanenin bir yüzüne, diğer yüzüne olduğundan; ya daha çok sayıda, ya da daha yüksek enerjili moleküller çarpıp, daha fazla momentum aktarabilir. Sonuç olarak oluşan dönme momenti çarkın dönme yönündeyse, çark dönecek, fakat aksi yönde, yönlendirici engeli nedeniyle dönecektir. Yani çark, hep aynı yönde dönmek zorundadır. Yönlendirici, dönme sırasında diş atlayacak ve bir sonraki dişin yüzeyine çarptığında, çarkı isi-



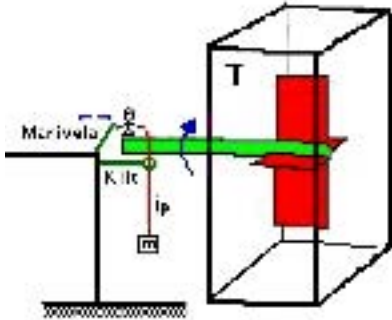
tacaktır. Çarkın dönme kinetik enerjisi sonuç olarak, sol kaptaki gazın ısıtılmasına harcanır. Dolayısıyla düzeneğin, iki kap arasında bir ısı aktarım aracı olarak çalışır. Üstelik, T₁ ve T₂ sıcaklıkları ne olursa olsun, sağdaki kaptaki bulunan moleküllerin kinetik enerjilerinin tamamı, er ya da geç, soldaki kaptaki bulunan moleküllerin kinetik enerjilerine dönüştürülebilir gibidir. Halbuki bu olasılık, termodinamiğin ikinci yasasına aykırıdır. Üçüncüsüne de...

Çünkü herhangi bir zaman aralığına bakacak olursak; sağdaki kabın uğradığı ısı kaybı, soldakinin kazancına eşittir. Diyelim T₁>T₂ idi ve belli bir süre içerisinde, ΔQ kadar ısı aktarımı oldu. Entropi değişimi, ısı değişiminin sıcaklığa oranı ($\Delta Q/T$) olduğuna göre; birinci kaptaki entropi $\Delta Q/T_1$ kadar artarken, ikinci kaptaki $\Delta Q/T_2$ kadar azalmıştır. Net entropi değişimi; artışın artı,

azalmanın da eksi işaretiyle toplamı, yani $\Delta S = \Delta Q/T_1 - \Delta Q/T_2$ olup, $T_1 > T_2$ olduğundan, negatiftir. Halbuki termodinamiğin ikinci yasasına göre, iki kaptan oluşan bu yalıtılmış sistemdeki toplam entropinin artmaması gerekir ve ikinci yasa çiğnenmiş gibidir. Fakat, Feynman bu tasarımının patentini almayı, ikinci yasaya aykırı olduğundan dolayı asla çalışmayacağını ilan etmiştir. Çünkü...

Bu düzenek, sağ kaptaki gazın sıcaklığı sol kaptakinden daha yüksek, yani $T_2 > T_1$ olduğu sürece, beklendiği gibi çalışır. Bu sırada, $\Delta S = \Delta Q/T_1 - \Delta Q/T_2$ pozitif ve tıpkı pervanenin yüzeyleri gibi, yönlendirici de, moleküllerin gelişigüzel çarpışmalarına hedef olmaktadır. T_1 sıcaklığı T_2 'ye yaklaştığında, yönlendiricinin arada bir, molekül çarpışmalarından bazılarının etkisiyle, üzerinde bulunduğu dışın dik yüzeyini aşır, çarkı tutamama olasılığı artar. Sonuç olarak, çark; kah bir yönde, kah diğer yönde dönebilme ve her iki yönde de ısı aktarabilmeye başlar. $T_2 = T_1 = T$ sıcaklığında yer alan bu aktarımlarda, $\Delta S = \Delta Q/T - \Delta Q/T = 0$ olur. 'Ters' yöndeki dönmeleleri engellemek amacıyla yayın sertliğini artıracak olursak, çark bu sefer; 'doğru' yönde dönmekte de zorlanacak ve ısı aktarım aracımız, çalışmaz hale gelmiş olacaktır.

Peki, birinci kabı sistemden çıkaralım. Geride, üstteki şekilde görüldüğü gibi; yalnızca ikinci kap, içindeki pervane, dışarıya uzanan eksen kalsın ve dışarıya boşluk olsun. Eksenin dış ucuna, ağırlıksız bir ip dolandı diyelim. İple eksen arasında yeterince sürtünme, ipin alt ucunda da çok hafif bir kütle var. Soldaki duvarın üstünde sürtünmesiz bir manivela, hemen yan tarafında bir kilit bulunuyor. İp kilidin içinden geçiyor ve



manivela sağa sola hareket ettirildiğinde, kilidi açıp kapatıyor. Kilit kapandığında, iple arasındaki sürtünme sayesinde, ipi kavrayıp ağırlığı tutuyor; açıldığında da, ipi serbest bırakıyor. Gerideki platformun üzerindeyse, kahramanımız var. Bir eliyle ipin üst ucunu tutmuş, diğer eliyle manivelayı kontrol ediyor. Şöyle ki; eksen dönmez hale geldiğinde, manivelayı çekip kilidi kapatıyor ve ağırlık, iple kilit arasındaki sürtünme sayesinde sabitlenen ipten asılı kalıyor. Eksen dönmeye başlar başlamaz; önce ipi dönme yönünde sarıp, sonra manivelayı iterek kilidi açıyor, ki eksene sarılan ip, dönen eksenle arasındaki sürtünme sayesinde, ağırlığı yükseltsin. Dönme durmaz; tekrar manivelayı çekip kilidi kapatıyor ve ağırlığı, o anki yüksekliğinde askıya alıyor. Sonra ipin dolanmış kısmını çözüp, bir sonraki dönme için hazır bekliyor. İpi her seferinde; dönme

bir yöndeyseniz, diğer yöndeyseniz diğer yönde sarıyor. Sonuç olarak kahramanımız, manivela sürtünmesiz ve ip de ağırlıksız olduğundan, kendisi enerji harcamaksızın; ipin ucundaki kütle, kesintili bir şekilde de olsa, hep yükseltiyor ve kabın içindeki ısı enerjisi mekanik enerjiye dönüştürüyor. Kaptaki pervanenin yüzeylerinde denge-siz çarpışmalar yer aldığı sürece, bu süreç devam edebilir ve kaptaki ısı enerjinin tamamı mekanik enerjiye dönüştürülebilir gibi. Halbuki, bu durum da termodinamiğin ikinci yasasına aykırı. (Üçüncüsüne de...) Çünkü bu yasanın bir başka ifade biçimi, "yalıtılmış bir sistemin ısı enerjisinin tamamı, mekanik enerjiye dönüştürülemez" şeklindedir...

"Ama " denilecektir haklı olarak, "kahramanımız bu kadar seri nasıl davranabilir?" Gerçekten de; dönmenin başladığını veya durduğunu belirlemesi, gözlem yapmayı gerektirir ve gözlemler, zaman alıcı işlemlerdir. Keza; dönmenin başladığını belirlemesi halinde, ipin sarılıp manivelanın itilmesi, durduğunu belirlemesi halinde de, manivelanın çekilip ipin çözülmesi,



zaman alan işlemlerdir. Gerçi birinci haldeki, yani dönme başladıktan sonraki gecikmenin, görünürde bir sakıncası yoktur. Çünkü eksen, bu arada kazandığı dönme kinetik enerjisini yitirmez. Fakat ikinci durumda, yani dönmenin durmasıyla ipin kilitlenmesi arasındaki gecikme sırasında; ip serbest olacağından, ucundaki ağırlık aşağıya kayar. Ağırlık, potansiyel enerjisinden bir miktar kaybetmiş ve bu sırada pervaneyi, az öncekinin tersi yönde çevirmiştir. Kaptaki gaz ısınır. Tıpkı bir önceki örnekteki çarkın yönlendiricisinde olduğu gibi, enerji akışı iki yönlüleşmekte ve termodinamiğin ikinci yasası galip gelecek gibi görünmektedir.

O halde; kahramanımızı becerikli olup seri davranmak zorunda kalmaktan çıkartalım ve olası gecikmeleri ortadan kaldırmak üzere, bilgili hale koyalım. Şöyle ki; kaptaki moleküllerin hareketini izleyerek, pervane yüzeylerine hangi moleküllerin hangi hızlarla çarpacağını öngörebilsin ve pervanenin hangi yönde dönmeye, ne kadar süreyle imeleneceğini, önceden hesaplayabilsin. İpi önceden sarmış olacak, iş manivelayı tıklatmaya kalacaktır. Ancak, moleküllerin hareketini izlemek de gözlem demektir. Kaldı ki pervane yüzeylerine, arkadan gelen daha hızlı mole-

küller de çarpabilecek ve o anki uygulama planını altüst edebileceklerdir. Dolayısıyla kahramanımızın, yalnızca birkaç molekülün değil, kaptaki tüm moleküllerin; belli bir andan itibaren izleyecek olduğu patikaların tümünü bilmesi gerekir. Newton yasalarına göre, moleküllerin başlangıç konum ve hızlarıyla aralarındaki etkileşme kuvvetlerinin bilinmesi halinde, bu dev dinamik tabloyu betimlemek mümkündür. Kahramanımızın ilk yapması gereken, ne kadar uzun zaman alırsa alsın; moleküllerin 'başlangıç' konum ve hızlarını belirleyip, aralarındaki etkileşme kuvvetlerinden yararlanarak, her birinin izleyeceği patikayı bütün zamanlar için hesaplamaktır. Tablonun sergileyeceği görüntüyü, bütün zamanlar için yakalamak... Ondan sonra; gelecekte bir an seçip, o andan itibaren uygulamak üzere bir eylem planı hazırlayabilir ve o an geldiğinde, kronometresini çalıştırıp, elindeki planı uygulamaya başlayabilir. İkinci yasa?...

Belli bir 'başlangıç anı' için, 'klasik konumlar' hadi neyse de, 'başlangıç hızları'nın belirlenmesi ayrı bir soru. Ama daha önemlisi; kahramanımızın adım adım, pasif bir unsur olmaktan çıkıp, veri toplayan ve bilgi kullanarak yeni veriler üreten, aktif bir katılımcı haline gelmiş olması. Veri kaydetmek, üzerinde işlem yapmak, silip yeniden yazmak zorundadır ve bu işlemleri dışarıdan enerji almaksızın yapabilmek mümkün değildir. Kahramanımızın, sistemimizin dışından bir yerden enerji alması ve bu arada o yerde, sistemimizde bağırdığı entropi azalmasından daha fazla miktarda bir entropi artışına yol açması gerekir. İkinci yasa böyle sağlanır.

Bunlar aslında o kadar da, sanılabileceği gibi hayal ürünü süreçler değil. Nitekim; okurlarımız bu anlatımdaki kahramanın, "Maxwell'in cinini"ne benzediğini hemen farketmiştir. Moleküllerin ısı kinetik enerjilerinden kaynaklanan çarpışmalar sonucunda yer alan 'Brown hareketi', canlı hücrelerin sıvı dolu yapılarındaki protein taşıma süreçlerinde önemli rol oynuyor. Uzayın bir başka bölgesindeki entropiyi artırmak pahasına, belli bir bölgesindeki entropiyi azaltan Maxwell'in cinisiye, sinir sistemimizin çalışmasını sağlayan 'iyon kanalı' ve 'iyon pompası' mekanizmalarından sorumlu. Keza beynimizin çalışmasından... Bilgi işleme süreçleri, gerçekten de enerji yoğun olsa gerek ki; beynimiz vücudumuzun kullandığı enerjinin dörtte birini tüketiyor.

Devr-i daim makineleri hakkında, şimdilik bu kadar. Bir de tabii; varlığı hakkında tekrarlanabilir nitelikte, bilimsel somut herhangi bir kanıt bulunmayan; boşluk enerjisi, uzay enerjisi, yok bilmem hangi gezegen ya da yıldızdaki insanüstü varlıkların ışınladığı enerji gibi; 'gizli' ve gizemli enerji türlerinin varlığı yönünde iddialar var. Bunlara hiç zaman kaybetmeyelim arzu ederseniz...

Prof. Dr. Vural Altın

Kaynaklar
Feynman, R.P., Leighton, R.B., Sands, M., Lectures On Physics, Vol.1, Addison-Wesley, 1966.
<http://www.lhup.edu/~dsimanek/museum/unwork.htm>
http://www.brainencyclopedia.com/encyclopedia/h/hi/history_of_perpetual_motion_machines.html
http://en.wikipedia.org/wiki/Thermodynamics#The_basic_concepts_of_Thermodynamics#The_basic_concepts_of_Thermodynamics
http://www.brainencyclopedia.com/encyclopedia/s/se/second_law_of_thermodynamics.html