

ÖYKÜLERLE FİZİK

NIÇHT KOPİLEREN

Yüksel Atakan

Değerli Okuyucular

Fiziğe ilgi duyan herkesin, öykü ve söyleşilerle fiziği, fizikteki düşünmeyi adım adım izleyerek, kavrayabileceği bir kitap bu!

İçinde neler yok ki ? Öykü dersiniz var, tarih dersiniz eski Yunanlılar, Romalılar ve Araplardan beri var, matematik de öyle, fizik zaten var! Bilgisayarların ve beynimizin çalışmasının fiziksel temelleri hiç eksik olur mu? Bilgisayarlar insanlar gibi düşünebilecekler mi? Onlar da var. Romen bir fizikçi kızın, İrinel'in Avrupaya kaçış öyküsün-den başlayarak, Şehrazat'tan tutun da 'Cebir ve Karşılaştırma Hesabı' adlı kitabıyla Avrupa'ya 'Cebir'i sokmakla ün salmış, MS 9. yüzyılda yaşamış Arap matematikçisi Harizmi'ye, New-ton Yasalarının ayrıntılarından, Newton'un karakterine, fizikte enerjiyi betimleyen Mayer'in kitaplarda neden pek adının geçmediğinden, Vektörleri bulan Grassmann'a, Einstein'ın Görelilik Kuramının basitçe anlatımından, kendisinin Almanya-dan neden kaçtığına, Elektronların hareketlerinin gitar teliyle açık seçik açıklanmasından, Max Planck'ın, kendi oğlunun öldürülmesini göze alarak Naziler'i desteklemeyi geri çevirmesine, ve Evrenin Büyük Patlama sonucu oluşumuyla ilgili söylemleri günlük medyada sık sık yer alan tanınmış ingiliz bilim adamı Hawking'in düşüncelerini tartışmaya kadar daha başka neler yok ki bu kitapta! Fiziğin ana babası nelerdir, toplumda neden artık Einstein'lar yetişmiyor, Yüksekokulda fizik okumalı mı, 'Maxwell Cini' nedir ve neden bilim adamlarını birbirine düşürdü, Termodinamik neden fiziğin kraliçesidir, istatistiksel termodinamiğin öncüsü Avusturyalı Boltzman neden kendini asmak zorunda kaldı ? Ve daha bir çok ilginç konu..

Atomaltı temel parçacıklardan Üst Kuarkların bulunmasına

katkıda bulunan genç bilim adamı, yazar, Hans Grassmann, fiziğin tüm bunlarla ve bunların fizikle ilişkisini, fiziğin arka yüzünü ve geçekte dayandığı temelleri yer yer sürükleyici bir roman gibi anlatıp, okuru başka dünyalara götürüyor. Götürürken de fiziği anlatıyor hem de fiziğin can alıcı, çoğumuza zor gelen konularını nasıl da basit örnek ve öykülerle gözlerimizin önüne serebiliyor. İşte tüm bunları ve daha başkalarını bu kitapta bulacaksınız ve çoğumuza zor gelen fiziğin, hiç de korkulacak bir yanı olmadığını farkedeceksiniz. Ama bence tüm bunlardan daha önemlisi, formülleri öne çıkarmayan ve ezbere dayanmayan fizikteki ana düşünce tarzını, karmaşık, anlaşılmasız çince gibi görünen birçok fiziksel bağıntı ve kavramların nelerden oluştuğunu ve nerelerden türediklerini yakından izleyecek ve bazan da – aaa bunun aslı da bu muymuş ? diyerek belki de şaşırıp kalacaksınız. 45 yıldır fizikle uğraşan bir kişi olarak, tüm gençlerin ve eğitimcilerin bu kitabı zaman zaman okumalarını, tüm velilerin de kitabı şöyle bir karıştırıp seveceklerini umduğum birçok bölümüne şöyle bir göz atmalarını gönülden öneririm. Böylelikle gençler fizikteki bazı korkutucu konuları çok daha kolay kavrayacaklar, değerli eğitimci ve velilerimiz de gençlere zor görünen konuları, onlara nasıl daha kolay aktarabilecekleri konusunda belki de ipuçları elde edeceklerdir.

İşte tüm bu nedenlerle Türkiye'deki gençlerimize bu kitabı elimden geldiğince kusursuz kazandırabilmek için, 1,5 yıldır kitabın çevirisini ve almancasını satır satır, sözcük, sözcük inceleyip gerek kitabın değerli yazarı Hans Grassmann ile ve gerekse Türkiye'deki fizikçi ve Almanyadaki alman ve türk arkadaşlarımla birçok yazışmalar, görüşmeler ve tartışmalar yaptım. Katkıları için hepsine teşekkür ederim. Birçok işleri arasında çevirinin hazırladığım son şeklini hem fizik ve hem de fizikteki türkçe terimler yönünden incelemeye zaman

ayırabildikleri ve emekleri için kendilerine teşekkür borçlu olduğum değerli meslektaşım Boğaziçi ve Yeditepe Üniversiteleri Fizik Profesörü Sayın Ömür Akyüz'ün ve değerli hocam emekli Profesör Sayın Fahri Domaniç'in ve ayrıca eşim, sınıf arkadaşım Berksan'ın güzel önerilerinden bazılarını da (yazar onay verdiği ölçüde) gözönüne alarak çeviriyi baştan sona yenileyerek, okurlara yararlı bir kitap sunduğumuza inanıyorum.

Keşke bizim zamanımızda da böyle bir kitap olsaydı ve bizler de fiziğin temellerini, fiziksel kavramları ve bunların birbirleriyle ilişkilerini, bunları bulan bilim adamlarının kişilikleri ve onların o zamanki çevreleriye birlikte, daha iyi anlamış olarak fiziğe başlamış olabilseydik!

En iyi dileklerle.

Yüksel Atakan

Heppenheimer-Almanya

Yazardan Kitabının Türkçesine Birkaç Söz

Her ne kadar iki buçuk yıl önce bu kitabı ve içindeki öyküleri yazmayı bıraktıysam da, anlaşılan bu öyküler peşimi pek bırakmıyor. Öykülerin anlatımı sürüp gitmiş ve eski öykülerin çevresine yenileri eklenmiş.

İşte bunlardan biri yel değirmenleriyle ilgili olanı. Bu öykü, 1000 yıl öncesinden beri Suriye'de artık anlatılmaz olmuş, ya da başka bir deyişle yel değirmeninin çalışma yöntemi o

zamandan bu yana değişmemiş. BMW¹ Araştırma Merkezinden Fabiano Bet bu konuyu ilginç buldu ve bana yazdı. Onunla birlikte epey gelişmeler sağladık. Geliştirilmiş yel değirmeni düşüncesinde işe yarar bir şeyler olabilir. 'Yenilenebilir Enerji' Dergisi² bizim bu konudaki yazımızı yakında yayınlayacak. Bu günlerde bundan bir prototip yapmaktayız. Ama bu konuda daha yapacak pekçok şey var. Bu nedenle birlikte çalışabileceğimiz meslektaş ve firma aramayı sürdürüyoruz.

Valentin Braitenberg³, elinizdeki bu kitabın Termodinamik bölümündeki düşüncelerin, yani 'Düşünmenin Fiziğinin' daha da geliştirilmesine yardımcı oldu. Kendisi bir dizi toplantılar organize etti ve böylece sorunları başka meslektaşlarla tartışma olanağı bulduk. Ayrıca beni Meran Zenoberg'deki şatosuna bu konuları iyice bir düşünebilmem için çağırdı. Bu şatoda ailesi yüzyıllardır yaşayıp gelmiş, şatonun büyük salonunda bir yanda atalarının resimleri asılı dururken, öbür yanda, kitaplıkta onların doktora çalışmaları duruyor. Zenoberg, Alhamra' dan daha kötü olmadığından, insan Alhamrada başlayan bir öykü yazar da, Zenoberg'de başlayan bir öykü yazmaz mı ? İşte bundan, üçüncü kitabım doğdu.

Yeni kitabımda, elinizdeki bu kitabın Termodinamik bölümündekiler, yani 'Düşünmenin Fiziği' daha ayrıntılı olarak tartışılmakta, ama bunda da yine aynı sonuca ulaşılmakta:

Bazı açıklamalar /YA/ :

¹ Bayerische Motorenwerke (Alman BMW-Otomobil Firması)

² Zeitschrift "Renewable Energy" (Elsevier)

³ Tübingen'deki bir Max Planck Enstitüsü eskidirektörlerinden, beyin araştırmalarında çalışmış ve birçok kitapları bulunan emekli Profesör,

Beyin, bir bilgisayardan çok farklıdır, Turing-Makinası⁴ değildir. Termodinamik bölümünde anlattığım gibi, dünyanın bir çeşit canlı aynasıdır ve sonuç olarak bilgisayar düşünemez ve hiçbir zaman düşünemeyecektir de! Düşünme, birdenbire (spontane) apansız olan bir olaydır, bilgisayarlar apansız, birdenbire değildirler.

Ama bu sonuç, birçok bilgisayar uzmanının düşüncesiyle çelişir. Onlar, bilgisayarların bizler gibi düşünebildiklerini ve bizlerin temelde biyolojik bilgisayarlardan başka birşey olmadığını öne sürmektedirler. Çok hızlı gelişmeler sonucu gerçek bilgisayarların hatta bizi ‘düşünmede’ geçeceklerini ve bunların bizlerin yerlerini alacaklarını söylemektedirler. Şimdi acaba kim haklı : ‘Düşünmenin Fiziği’ mi yoksa bizlerin işe yaramaz olmasını isteyen uzmanlar mı? Çıkar yol yok gibi gözüküyor, Zenoberg’in tepesindeki şato da bize daha çok yardımcı olamıyor. Ayrıca bilgisayar uzmanları çok ve bunların şatolara saldıracak topları da çok güçlü.

Ne mutlu ki, düşünen Hint maymunlarının baş rolleri oynadıkları çok ilginç yeni bir öykü bizi bu açmaz durumdan kurtarmaya geliyor. Parma kentinden Profesör Giacomo Rizzolatti, elektrotlar yardımıyla ölçüyle, maymunun kafasındaki hangi sinir hücrelerinin uyarıldığını ortaya çıkarmayı başardı. Rizzolatti, maymunun örneğin fındık yemesi gibi bir şey yapmak istediğinde, hep belirli bir sinir hücrelerinin uyarıldığını buldu. Maymun aynı şeyi sadece gözlüyorsa, örneğin kendisi değil başkası fındık yiyorsa yine tıpatıp aynı

⁴ Alan Turing “Computing Machinery and Intelligence, Mind 1950 İngiliz Mantıkçı A.Turing’in önerdiği ve bir bilgisayarla, başka bir kişinin sorgulandığı bir test. Eğer bilgisayar sorulara, testteki kişi gibi mantıklı yanıtlar verirse, ‘bellekli’ bir bilgisayar olarak testi başarmış olur /YA/

sinir hücresi uyarılıyordu. Maymun bunu sadece düşündüğünde de, yine aynı sinir hücrelerinin uyarıldığı belirlendi. Buradan beynin bu bulgular ışığında hiç değilse şimdilik, dış ve iç dünya⁵ arasında bir ayırım yapmadığı ortaya çıkıyor. Bana öyle geliyor ki bu, ‘düşünmenin’ gerçekliğinin bir aynası olduğunun sadece bir başka şekilde söylenmesidir. Gerçekten de Rizzolatti, bu sinir hücrelerine ‘ayna nöronları’ adını verdi. İnsanda da benzer ölçümlere başlandı ve beynimizde de “ayna nöronları” olduğu yönünde belirtiler var. Bu, yeni bir öykünün sadece başlangıcı ve hiç bir şekilde sona ermiş değil ama bugünkü bulgular ‘düşünmenin fiziğinin’ haklılığından yana, bilgisayar uzmanlarına karşı.

Aslında burada Atakan Beyin öyküsünü anlatmak istiyordum. Bir yayınevi, alışlageldiği gibi, bir kitabı çevirtmek için bir çevirmene verir ve o da bu işi yapar. Ama bu bir öykü sayılmaz. Elinizdeki bu kitapta durum başkaydı. Kendisi de bir fizikçi olan Yüksel Atakan bu kitabı beğeniyor ve bunu türkçe olarak yayınlamak bir yayınevi arıyor. Öyle kimsenin önceden ısmarlamadığı bir fizik kitabı için, bir yayınevi bulmak kolay değil. Daha sonra, normal bir çevirmenin böyle bir kitabı çevirme gücüyle ortaya çıkıyor ve kitabın, bir bilim adamına gereksinimi olduğu görülüyor. Böylelikle Yüksel Atakan, çeviriyi yeniliyor. Harizmi⁶ zamanında böyle bir şey çok

⁵ Dış Dünya: Bizim dışımızdaki dünya; İç Dünya: Beynimizdeki Dünya /YA/

⁶ Harizmi, MS 9.yüzyılda Bağdat’da yaşamış, Hindistanda Matematik öğrendikten sonra ‘Hisab-ül Cebr v’el Mukabele’ (‘Cebir ve Karşılaştırma Hesabı’, almançada ‘Algabr walmukabala’) adıyla Avrupada tanınan ilk Cebir kitabının yazarı, astronom ve matematikçi Arap bilgini.

Harizminin bu kitabı konusunda Sayın Prof.Dr. Ö.Akyüz’den aldığım şu ilginç açıklamayı okurlarla paylaşıyorum: ‘Al Cebr vel Mukabala’ yani

normal olabilirdi ama günümüzde değil ve bu da yine yeni ilginç bir öykünün kapısını aralıyor. Atakan Beyle olan birçok söyleşi, çok ilginç ve şaşırtıcı bulduğum bir konuya, yani dil sorununa dikkatimi çekti (ve bu da yine yeni bir öykü). Ama bu bir almanca türkçe çeviri sorunu değil, almancanın kendi sorunu :

‘Avrupa Kültürü’ ve ‘Hiristiyan Kültürü’ kavramlarını biliyoruz. Hernekadar bu iki kavram birbirleriyle ilişkili, yani Avrupa kültürünün kökü tarihsel olarak hiristiyan kültürü ise de, bu iki kavram birbirlerinin aynısı değil. Çünkü bir çok avrupalı bugün artık epeydir kiliseye gitmez oldu. İslam diniyle ilgili hernekadar ‘Hiristiyanlık Kültürü’ deyimi gibi ‘İslam Kültürü’ kavramı varsa da, ‘Avrupa Kültürü’ deyimine karşılık olabilecek bir kavram yok. Sanki tüm kuzey Afrikanın, İran’ın, Irak’ın, Türkiye’nin ve başka ülkelerin tüm insanları hergün camiye giderlermiş, ve Atatürk sanki hiç yaşamamış gibi. Bu Harizmi ve Atatürk mirası diline bir kötülüktür.

‘Avrupa Kültürü’ kavramına karşılık olan, kimliğini islam dininden almasına rağmen islamcı olmayan bir kültür kavramına gereksinme var. ‘Şehrazat kültürü’ demek pek hafif olur, ben ‘Harizmi Kültürü’ deyimini öneriyorum.

Şimdi görüldüğü : kuşkusuz hiçbir zaman, kitabım yine islam kültürüne geri döndüğü için seviniyorum demezdim. Böyle bir söz her bakımdan çok saçma olurdu. Bu türkçe çevirisiyle kitabımın, gerçekten de Harizmi kültürü köklerinden bazılarının bulunduğu bir yere geri döndüğünü söylemek pek yanlış olmaz sanırım. Yüzyıllar boyunca Harizmi kültürünün en tepe

‘Zorlama ve Karşıtlığı verme’. Cebr, denklemin iki yanını aynı sayıyla bölme, mukabele ise iki yana aynı sayıyı ekleme. /YA/

noktasında olduğu birçok ülkede bugün bu kültürün çok alçaldığını kuşkusuz biliyorum. Bunu yine yüceltmek gerekir.

Kültürün yücelmesi için ise fizik gereklidir. Bu, en azından Avrupa Kültürü deneyiminde böyle olmuştur. Avrupa kültürü MS 1500’lü yıllardan başlayarak oluşma ve gelişme gösterdiğinde, bunda fizik büyük bir rol oynadı. Fiziksiz, birçok şeyin Avrupada açıklığa kavuşması pek gerçekleşemezdi.

Son zamanlarda bu konuda bir sorun ortaya çıktı : Birçok kişi fiziğin artık sonunun geldiğini, can sıkıcı olduğunu ve gerçekçi olmadığını öne sürüyorlar. Herşey araştırıldı. Fizik sadece alaya alınır. Ve karmaşıktır. Bunları, önemli ve çok etkili kişiler öne sürdükleri için, ciddiye almak gerekir. Belki de şöyle denebilir : fizik tarihi biraz incelendiğinde, fiziğin hiçbir toplumda kesintisiz sürüp gittiği görülmez. Bir topluma fizik geliyor ve birkaç yüzyıl sonra da yine gidiyor. Belki de bu önemli kişilerin bazıları, fiziğin kendi toplumlarında sona erdiğini söyledikleri için bir miktar haklı olabilirler. Bu kişiler, bunun için, sanki fiziğin gerçekten de tümüyle sonunun geldiğini düşünüyorlar. Şimdi gerçek ne? Fizik tümüyle mi artık sonuna dayandı, yoksa sadece bazı kişilerin fiziğinin mi sonu geldi? Yerlebir olmuş bir kültürü (örneğin Almanyadakini) fiziğin yardımıyla ayağa kaldırmak olası mı yoksa değil mi ?

İşte bu konuda yine Rizzolatti yardımcı olacak. Düşünceme göre kendisi deneysel çalışmalarıyla Düşüncenin Fiziği diyebileceğimiz yeni bir fizik olduğunu kanıtladı. Hiç kuşum yok buna Harizmi ya da İbni Rüşd gönülden onay verirdi. Bu geleceğin çok büyük bir öyküsü olabilir. Bundan sonrakilerden biri.

Udine, 1422 Medine’den sonra

Hans Grassmann

İçindekiler

Yazardan Kitabının Türkçesine Birkaç Söz.....	1
BU KİTAP.....	16
İrinel.....	19
Sıradan biri.....	21
FİZİĞİN ANA BABASI.....	28
Çok Hızlı!.....	32
MEKANİK: KAPALI EVREN.....	39
İş enerji üretir ve enerji iş üretir ?.....	42
Isaac Newton.....	60
Fizikçilerin de denetlenmeleri gerekir.....	64
1'den 3 yap.....	67
Kuvvet Kapalı Devresi.....	68
Kütle nasıl ölçülür?.....	70
Tersyüz Olmuş Uçak.....	76
1 + 1 = 2: Bir masal.....	90
Kesin Bilim.....	96
Prensipte Kanıtlanamaz.....	99
ATOMLAR VE DİĞER PARÇACIKLAR.....	101
Dünya Ölçeği.....	101
HAYDİ VEKTÖR.....	121
GÖRELİLİK KURAMI YA DA ŞANSLI ALBERT.....	133

3000 yıllık boş uğraş.....	136
Yanlış olamayacak kadar basit.....	137
ALANLAR ve AYA ÖZGÜ NESNELER.....	157
ELEKTRİK + GÖRELİLİK KURAMI = MAGNETİSMA	169
FONKSİYONLAR VE BİR ALMAN PRENSESİNE MEKTUPLAR.....	181
SİNİR BOZAN DALGALAR.....	193
KUANTUM KURAMI: DALGA ve TASARIM OLARAK EVREN.....	215
Nokta İyi, Alan Daha İyi — Ayakkabı Bağı Daha Umut Verici.....	215
TERMODİNAMİK: FİZİĞİN KRALİÇESİ.....	256
EK.....	312

Marina Greta

“Μήνιν άείιδέ, θέα”

‘Söyle şarkını ey Tanrıça’

hep geçerlidir,

çok az şey değişti

Kleis’in yakınmasından beri:

Bugün bile küçük Kleis⁷

bizi yakından ilgilendiriyor,

zalimler değil!

Sadece yaşama katkıda bulunanlar,

bunu isteyenler,

Sonsuza dek yaşarlar.

Bu ise yaşamın ta kendisidir!

⁷ Kleis, Homer Destanındaki Sappho’nun kızıdır ve annesine, kendisine modaya uygun bir şapka almadığı için yakınıdır. Sappho ise, kendilerinin bir zalimden kaçarak sürgünde yaşadıklarını, paraları olmadığını söyler /YA/

BU KİTAP.....

Belki kitapçılarda aranırken eline geçti belki de sana doğum günü armağanıydı bu!. Herneyse şimdi bu kitap elinde , içine şöyle bir göz atıyorsun ve bir bakalım diyorsun. Öyle hemen her şeyi anlamazsan sakın hayalkırıklığına uğrama. Senden dolayı değil. Sorun kitapta, bu kitap çok zor.

Elbette bu kitabı herkesin iyice anlayabileceği şekilde yazmak için çok çaba harcadım. Ama bunun gerçek bir fizik kitabı olması da gerekir. Bu nedenle, kitabın hiçbir yerinde, kitap belki zorlaşır düşüncesiyle herhangi bir şeyi de gizlemedim.

Öyleyse hayalkırıklığına uğramamalısn. Çünkü gerçek bir fizik kitabının yarısını ya da biraz daha azını bile anlamak epey şeydir ve çok büyük bir başarıdır. Ve kitaba tekrar her göz atışında onu biraz daha fazla anlayacaksın.

Zor kitapları sevmediğini biliyorum. Ama görüyorsun bu, okul ya da ders kitabı değil. Ortaya birşeyler çıkarmana, kendini sıkmana ya da iyice öğrenmek için canını dişine takmana hiç gerek yok. Kimse seni ertesi sabah kalktığında sorguya çekmeyecek. Kitabı bir gezi gibi düşün. Ama yetişmek için otoyolda hızla yol alacağın bir gezi olarak değil. Deniz kıyısında yapacağın bir gezinti gibi düşün. İstersen çıplak ayakla dolaş, yani hep rahat ol ve sadece canının istediği zaman gez. Böylesine bir gezintiye istediğin zaman ara verebilirsin. Belki bir hafta, bir ay ya da bir yıl . Ama her aradan sonra , yola tekrar kaldığın yerden devam edebilirsin. Kitabın seni hep bekleyecek, onu her açışında o senin için yanında olacak.

Burada aceleci davranmana hiç gerek yok. Yapman gereken sadece yolu izlemek. Ama deniz kıyısında olduğunu düşündüğümüze göre, yeterince zamanın var demektir. İşte, seni yavaş yavaş amaca götürecek olan şey de odur, yani zaman.

Tabii şöyle de olabilir. Kitabı kapatırsın ve “şimdi her şeyi anladım” diyebilirsin ve gezinin sonuna gelmiş olursun. Artık bir zamanların çocuğu değil, bu gezinin sonunda büyümüş de olabilirsin. Ama bazen tıpatıp yetişkinler gibi olmak isteyip istemediğin konusunda belki ikirciklisindir de ? Öyleyse gerçekten de bir fizik kitabına gereksinimin var demektir. Öyle, öyle... gerçekten de öyle! Bunun gerçekten de böyle olduğunu bize İrinel ve atının öyküsü, onların Şehrazat’ı nasıl buldukları gösterecek. Bu öyküyü biliyor musun ?

Yüksel Atakan

İrinel

Rowohlt Berlin Yayınevi'nden Bay Dammann, bana genç okuyucular için bir fizik kitabı yazmak ister misin?, diye sorduğunda, önce epey duraksadım, ikirciklendim. Böyle bir kitap epey iş demektir. Her şeyden önce, bu kitabın tüm fizik konularını içermesi gerekir. Hatta uzun süredir hiç üzerinde kafa yormadığım konuları bile. Üstüne üstlük okuyucunun her şeyi anlaması da gerekir. Bununla da kalmaz, tüm bu çalışmaya karşılık böyle bir kitap para da getirmez. Bugün kim gidip de fizik kitapları satın alır ki?

Böylece benim için bu konu kapanmıştı. Rahat rahat yatağıma gidip, yarın sabah da Berlin'e bu işi kabul etmediğimi belirten bir mektup yollayacaktım. "Sayın Bayanlar, Baylar.... böyle bir uğraş ne yazık ki boşa giden bir çalışma olur....dostça selamlarla." Mektup, mutfak masasının üstünde çoktan hazır duruyordu.

Kuş gibi hafifleyeceğim yerde tüm akşam boyunca, nedenini bilmediğim şaşılacak bir şekilde tedirgin oldum. Ara sıra yorgun olmana, uyumak istemene rağmen kafan şaşırtıcı şeyler üretir. Ve seni birbirleriyle ilişkisiz, hiç de görmek istemediğin görüntülerle rahatsız eder. Örneğin bir tanıdık kızın görüntüsü! Nedenini bilmem. Beynim onu nereden buldu çıkardı ki? Hatta önce adını bile anımsayamadı. Ne de olsa yıllardır onu hiç düşünmemişti. Ama sonra, kafa, görüntüye sesi de ilaştirdi. Böylece, yavaş yavaş geri kalan bilgiler de tekrar aklıma gelmeye başladı!. İrinel'le nasıl yaz okulunda öğrenciyken

Desy'de^(*) tanıştığımızı anımsadım. Epey zaman önceydi ve ben o zamanlar gençtim. Evet, çok çalışırdı, daha fazla da gülerdi, gülmediği zamanlarda ise düşüncelere daldı, düşüncelere dalmadığında ise dinlerdi, dinlemediği zamanda ise konuşurdu. Konuşmadığı zamanlarda da hep kısık bir sesle kendi yurdundan Romence şarkılar söylerdi.

Fransa'dan yeni gelmişti. Orada, bana anlattığına göre, araba kiralayacak parası olmadığından bir at kiralamıştı. At, kendi yiyeceğini kendi bulduğu için, arabaya göre çok daha ucuzdu tabii!. Sonra da hep güneye doğru yol almışlar. Ormanda, kimi kez, başına bir iş gelmesini göze alıp atıyla ormanda konaklamış, bedava olduğundan ! Kimi kez de yolda tanıştığı insanlarla ilişki kurmuş. En sonunda da Camargue'da deniz kıyısındaki ıssız bir çiftlikte konuk edilmiş. Gençliğinde, geceleri İran Şahını eğlendirmek için sarayında dansetmiş olan dans öğretmenin eviymiş burası ve başından geçenleri anlatacak birçok öyküsü varmış: Yabancı kıyılarda kaza yapan gemiler, kazanılan ve yitirilen hazineler ve daha neler neler, boyuna anlatıp duruyormuş. Binbir tane değilse de epey çokmuş öyküleri.

İrinel böyle dolaşabiliyordu, çünkü Romence'nin dışında Fransızca, Almanca ve İngilizce de biliyordu. Almancasında hafif bir aksan vardı. Almancada olmayan bir melodiyle konuşurdu. İrinel tüm davranışlarıyla çok normal bir kızdı, ne şımarık, ne de düşüncesizdi. Sadece çocukluk ve gençlik yıllarını, yaşamını sürdürme çabasıyla geçirmek zorunda kaldığından, yitirdiği o yılları sonradan yakalamaya çalışıyordu. İrinel sığınmacıydı.

(*) Desy, Hamburg'da elemanter parçacıklar laboratuvarı/YA/

Sıradan biri

İrinel, Romanyadaki kapalı rejimin baskısından, Fransa'nın güzelliğine kaçmayı düşlediğinden Fransızca, Almanya sığınabileceği tek ülke olduğu için Almanca ve modern fiziğin dili olduğu için de İngilizce biliyordu. Ama İrinel kesinlikle tutkudan ya da doğuştan kendini fiziğe yetenekli gördüğü için fizikçi olmamıştı. Fizik, onun için yaşamını sürdürebileceği, kaçıp sığınabileceği bir yer olduğundan fiziği seçmişti.

Vatanı Romanya'yı adı önemli olmayan bir diktatör yönetiyordu. Eğitim ve vicdandan yoksun sıradan biri olan bu adam, ülkesini ve insanlarını mahvetmişti, partisi de herkesi demir pençesine almıştı. Herkese belirli bir iş veriliyor, insanlar yaşam boyu sık sık insanın tüylerini diken diken edecek koşullarda çalışmak zorunda bırakılıyorlardı. Çalışmadıkları zamanlarda, ya yiyecek ya da giyecek arıyorlardı, çünkü dükkanlar tamtakırdı. Kıtlıktan yakacak kömürü olmayan biri, evini ısıtamayıp hastalanırsa yaşamı tehlikeye giriyordu, çünkü hemen hemen hiç ilaç yoktu. Doğru dürüst yiyeceğin bile bulunmadığı böyle bir ülkede elbet ki, ne okumaya değer bir gazete ne de ilginç televizyon programları olabilirdi. Bu koşulları beğenmeyenlerin seslerini çıkarmamaları kendileri için en iyisiydi, yoksa başlarına birşeyler gelebilirdi.

İnsanın, dayanılabilir bir yaşam sürdürebilmesi için herhangi bir şekilde diktatörlüğe katkıda bulunması, sistemin destekleyicisi olmaya çaba göstermesi gerekiyordu. Bunu yapan birinin yaşam durumu düzeliyordu. Ama birkaç kırmızı bayrak sallamak, sonra da evin yolunu tutmak yetmiyordu. Böylece yandaş olunmuyordu. Hayır, tastamam birlikte çalışmak gerekiyordu. Rejim, öyle iğrençti ki, insanın da bu iğrençliklere bulaşması ve katkıda bulunması gerekiyordu.

Örneğin bir doktordan, şöyle konuşması bekleniyordu: “Bu ölümle boğuşan hasta çocuklar için hiçbir antibiyotik gerekmez. Antibiyotik, çok yanlış ve sınıf düşmanı bir ilaçtır. Çocukların tek gereksinimi şekerli sudur.” Bir yöneticinin ise, işyerinin gerçek sayılarında pek görülme de, büyük bir sevinçle işlerin çok iyi gittiğini ve işçilerin de durumlarından son derece memnun olduklarını, kendilerinin daha fazla çalışmalarına izin verilmesini istediklerini söylemesi gerekiyordu.

Elbette gerçekleri görmezden gelmek, anlayışa ve etiğe, doğruluğa değer vermemek daha okulda başlıyordu. Çocuklar, müzik derslerinde diktatörlerinin ne kadar da olağanüstü biri olduğunu ve kendilerini nasıl kurtardığını şarkılarla söylüyorlardı. Resim dersinde, diktatörün resmini yapmaları, Romence dersinde de bu önemli adamla ilgili kompozisyonlar yazmaları gerekiyordu ve bu başka derslerde de böyle sürüp gidiyordu.

Kendini bir kenara çekmenin en iyi ve belki de tek yolu fizikle uğraşmaktı. İş idaresi, ekonomi kuralları değiştirilip çarpıtılabilir, etik ve insanlık kuralları da, hatta tıptakiler bile öyle; ama fizikteki değil !

Amacına ulaştı mı ?

Böylece İrinel fiziğe sığındı. İyi not almak için tabii diğer derslere de gerektiği kadar çalışıyordu. Liseden sonra fizik öğrenimi yapmaya hak kazandı. Böylece İrinel'in istediği oldu. Bizde üniversite öğrencisi olmak öyle önemli birşey değil, ama Romanya'da böyle değildi. Devlet çok az genç insanın okumasına izin veriyordu, onlara da bu yüzden ayrıcalıklı davranılıyordu. Bunun karşılığında da bu gençlerden devleti desteklemeleri bekleniyordu. Yüksek öğrenim görmüş birinin

her zaman yiyecek yemeği, barınacak bir evi, evinin ısıtılması ve geleceği güvence altındaydı.. Karşılığında da, bir doktorun hasta çocukları umursamadan, kıvançla gülmesi ve işletme müdürünün de bozuk ekonomiyi övmesi gerekiyordu. Fizikçilerin durumu ise daha iyiydi. Romanya'nın daha fazla parası olsaydı, belki de fizikçilerin bir atom bombası geliştirmeleri gerekirdi. Bu da hiç şaka yapılmayacak bir konuydu. Neyse ki Romanya'nın kasaları tamtakırdı.

İnsan daha ne isterdi? Bu ayrıcalıklı insanların kaçmaları için hiçbir neden olmadığından, yüksek okul öğrenimi görmüş olanların ara sıra yurtdışına çıkmalarına izin veriliyordu. Ama aileleriyle beraber değil, o kadar da değil yani!.

İrinel de birkaç dönem fizik okuduktan sonra yurtdışına çıkmaya izin aldı. İki haftalığına Almanya'ya gidecekti. Hemen yola çıktı. Ve bir daha hiç geri dönmedi.

Daha önce, ailesiyle her şeyi konuşmuştu. Annesi ve babası sadece kızlarını yitirmekle kalmayıp, aynı zamanda rehin olarak da tutulup, ağır cezalar çekeceklerdi. Ama onlar yine de İrinel'in gitmesi için dayattılar. O yaz birbirimize anlatacak çok şeyimiz vardı. Ben ondan çok şey öğrendim. Yaz birdenbire bittiğinde ise biz söyleşimizin henüz yarısındaydık. İrinel'e ne olduğunu bilmiyorum. Sonra onu epey aradım ama ne yazık ki bir daha hiç karşılaşmadık.

Perde indi, oyun bitti

Birkaç yıl sonra, bu diktatörün kurşuna dizildiğini ve bir hayvan gibi toprağa üstten gömüldüğünü duymuş olmalısın! İşte o zaman herkes rahat bir nefes aldı diktatörlük sona erdi, perde indi, öykü bitti ve herkes evine gitti!. Son iyi, herşey iyi!

Belki de olanları görüp değerlendirebilmesi için insanın İrinel ile birlikte öğrenim görmüş olması gerekirdi. Ama bence duruma iyi bakabilen herkes şunu da hemen görür: Öykü henüz bitmedi, daha yeni başlıyor.

Durumu iyi değerlendirebilenler öyküdeki acımasız diktatörün dramatik bir an için var olduğunu hemen sezinleyip, şunu da düşünebilirler: Siyah paltolu ve başlıklı acımasız diktatör, suçsuz bir kıızı izleyip duruyor. Ama aslında diktatör o kadar da önemli değil. Çünkü İrinel'in durumu çok iyiydi, ve diktatörden korkmasına hiç gerek olmamasına rağmen yine de kaçmıştı !

Şimdi bazı yetişkin okurlar, bu kitabın sadece ve sadece gençler için olması nedeniyle belki şöyle sesleneceklerdir: “Bir dakika! Durun! Amacınız ne? Burada ne anlatmaya çalışıyorsunuz, Bay Grassmann? Böyle bir şeyi gençlerden bekleyemezsiniz! Bu kadarı çok zor! Gençler için olan bir kitabın eğlenceli ve basit olması gerekir” diyeceklerdir.

Ama düşünceme göre, birisinin genç olması, aptal olmasını gerektirmez. Öte yandan, gençlerin önemli kitapları ya da hiç değilse daha az tanınmışları, okuyacak zamanları henüz olmamış olduğu doğrudur. Ama işin ilginç yanı, hangi kitabın daha az tanınmış olduğunu belirliyenler de yine yetişkinlerdir. Ama her şeyi hemen tümüyle anlamak önemli değil. Gerçekten de birisi, bir şeyi anlamazsa bir kez daha okur, düşünür ve belki de sonra tam olarak anlar, neden olmasın ki ? Bunun dışında, örneğin insanın, Babil'in Ur kentinde bir zamanlar yaşamış insanlarla ilgili herhangi bir bilgisi yoksa, bunu öğretmenine ya da anne, babasına sorup öğrenebilir.

Yemeğini ye ve sesini kes?

Biz yine İrinel'e dönelim. Gerçekte olanlar ise şöyleydi: Diktatör gerçek dünyayı, basitleştirilmiş yapay bir dünya ile değiştirmeye çalışmıştı. Bu yapay dünyada insanlara sadece yiyecek, içecek, başlarını sokacak birer ev, giysi, sağlık yardımı, ve biraz da orun (mevki / kariyer) gerekiyordu. Diktatörün, kendisini destekleyenlere verebileceği şeyler bu kadardı. Ki bunlar da, hayvanları koruma yasasına karşı gelmek istemeyen birinin aynen bir hayvana vereceği şeylerdi. Sadece hayvanların giysiye gereksinimleri yoktur ve bir diktatörlükte yapabilecekleri bir kariyer yerine, artık hayvanın cinsine göre, bunlara ya basılıp dönen bir tekerlek ya da en sevdiği bir kemik verilir değil mi?

Bu yapay dünyanın gerçek dünyayla pek bir ilgisi yoktur. Çünkü, gerçekte insanlar hayvanlardan başkadır. Basitleştirilmiş yapay dünyayı sadece insanlara egemen olmak için diktatör kurmuştu: İnsanların gerçek dünya ile ilişkileri kesilir ve onlar yapay bir dünya ile çevrilirlerse ancak o zaman diktatör bu insanlara egemen olup onları avucunun içinde tutabilirdi. Hayvanlarda da durum çok benzerdir. Doğada serbest yaşayan bir hayvanı eğitmek isteyen birisinin, önce hayvanı yakalaması ve bir kafese kapatması, yani doğadan koparması gerekir. İnsanlarda da bu, aynı şekilde gelişir. Ancak onu doğadan değil, kendi kültüründen koparmak gerekir. Doğadan ayrılan hayvanda erişilen etkiye, insanlarda kültürlerinden koparıldıklarında erişilir.

Şimdi İrinel'in neden özellikle fiziğe sığındığını anlayabilirsiniz. Fizikte, gerçeği insanın işine geldiği başka bir duruma dönüştürmesi, diğer alanlara oranla çok daha zordur.

Marksist ya da Yeni Çağ Fiziği yaratmak için bazı girişimler

olmuş ve olmaktadır da! Ancak böyle girişimlerde bulunanlar sonunda hep gülünç duruma düşmüşlerdir. İnsanoğlu, gerçeklerden koparılma tehlikesiyle karşı karşıya kaldığında, fizik, onun kendini kurtarabileceği son bir umut ya da can simididir.

Diğer bütün alanlarda gerçeği çarpıtmak çok daha kolaydır. Sevgili diktatörlerinin çevresine toplanmış insanların mutlu resmiyle insanlar kandırılabilir. Ancak buna erişmek için önceden çekilmiş gerçekten iyi resimlerin yok edilmesi gerekir. İnsanlara, en son, en ucuz süprütüyü müzik diye de satabilirler. Ama tek şartla, bu insanların önceden kendilerinin hoşlanabileceği herhangi bir müzik kültürüyle bir ilişkisinin bulunmaması gerekir. Böylelikle, insanları gerçek dünyadan oldukça uzaklaştırabilirler. Öyle ki sonunda insan, artık kendini bile tanımayacak duruma gelir.

İşte bu, İrinel'in kaçışının arkasında yatan nedendi. O, insanın, ne ve kim olduğunu sorguluyordu kendi kendine. İnsan, gerçekten tüysüz bir hayvan mıydı sadece ?

İnsan olmayı sorgulamak, gerçeği çarpıtmak sadece, diktatörlere özgü bir şey değildir. Bunlar onlarda çok açık olarak gözüktür. Çünkü kaba güç kullanarak insanları gerçeklerden koparmayı isterler. Diktatörler, sadece, kullanılan kaba güç sonunda ortaya çıkan olaylarla dikkatleri üzerlerine çekerler. İnsanları gerçeklerden ayırma eğilimi, illa ki kötülükten dolayı değil, sadece iş bölümü kolaylığı nedeniyle insanların örgütlendikleri her yerde olur. Yönetim, yönetilenleri büyük karıncalar gibi gördükçe, yönetmek kolaylaşır. İnsanlara sadece yiyecek, giyecek, alış veriş gibi maddi gereksinimleri olduğunu söyleyerek onları kandırma yoluyla ekonomiyi ya da para çarkını çevirmek çok daha kolaydır.

Babil'in Ur Kenti

Bu yüzden, insanlar varolduğu sürece hep kaçan bir İrinel olacaktır. Ben de bu kitabı bu nedenle yazıyorum. Belki bir sonraki kaçışında ona yardımcı olur.

Ama bu, onun kaçışını engellemeyecek! Neyse ki gerçeği bildiğimiz için rahatız. Çünkü İrinel'in kaçışı, çok eskilerde, tarihin eski dönemlerinde olmuş bir olayın binlerce kez yinelenmesinden ve ilerde de benzer şekilde olacağından başka bir şey değil! En eski yazıtlarda bile bu vardır. Sadece İrinel'in adı o zamanlar İrinel değildi ve o Romanya'da değil Babil'de yaşıyordu ve Ur kentinin ^(*) surlarından kaçmıştı.

(*) Basra körfezinin kuzeyinde tarihi Babil bölgesinde (ÇD)

FİZİĞİN ANA BABASI

Şimdi, iki gündür oturup fiziğin ne olduğunu yazmaya çalışıyorum. Ne de olsa bir fizik kitabına önce fiziği tanımlayarak başlamalı, değil mi? Buraya kadar her şey yolunda ve bu iş öyle zor da değil! Ancak bu tanımlama zamanla gitgide uzayıp çoğalacak !. Oysa Bay Dammann, bu kitabın aynı zamanda gençlerin de okuyabileceği bir düzeyde olmasını istemişti. Onunla aynı düşüncedeyim. Ama genç bir insan böyle uzayıp giden tanımlamaları okumayı bitirinceye kadar yaşlanır, artık genç olmaktan çıkar ve kitap da amacına ulaşamamış olur!! Şimdi acaba ne yapmalı ?

Ah, keşke bir müzisyen olsaydım da birisi bana: “Müzik nedir?” diye sorsaydı. O zaman ne yapacağımı bilirdim ben! Piyanonun başına oturur ve hemen çalmaya başlardım. İlk önce beraber çalınabilecek birkaç nota, bir akort, birazcık harmoniyle basit bir müzik parçası çıkardı ortaya! Sonra sol ve sağ elin nasıl kullanılacağını gösterirdim. Başlangıçta parmaklar yanlış yerlere basarlar ama hiç önemli değil, biraz gayretle yerlerini bulurlar, sonra, aman komşular rahatsız olacak, biraz yavaş çal denmeye başlanırdı! . Beyaz tuşlar tam , siyahlar ise yarım tonlu olanlar, bu arada iki siyah tuş da eksik, ama zaten Bach'tan beri biliyoruz ki...

Doğru ya ! Tabii ki ! Neden öyle olmasın ki? Öyleyse, bir nesnenin v ile göstereceğimiz hızını tanımlamakla işe başlayayım :

Devinen (hareket eden) bir nesnenin v hızı, aldığı l yolunun, bu arada geçen t süresine bölünmesine eşittir. Neden böyle olmasın ki? İşte ilk bölümümüze vereceğimiz ad:

$v = l / t$: Hız, Yolun Zamana Bölünmesidir

Örnek:

Bisikletinle $l = 10$ kilometre uzaklıktaki bir yere gitmen için $t = 1$ saat gerekiyorsa, bisikletinin v ile gösterdiğimiz hızı : saatte 10 km dir.

“Saatte” deyiimi, “saate bölünmüşün” basitleştirilmiş söylenişidir. Kilometrenin kısaltılmışı “km”, saatin ise “h” dır; öyleyse bisikletin 10 km/h hızla gidiyor.

Uzaklığı kilometre ve zamanı da saatle ölçmek yerine, başka birimler de kullanabilirsin. 100 metreyi 10 saniyede koşmak istersen, $v = 100m/10san = 10m/s$ hızına erişmelisin. Tabii ki bu bağıntıda, bayağı kesirler için kullandığın bir kural ile değişiklik yapabilir ve $v = l / t$ yerine:

$$t = l / v \text{ yazabilirsin.}$$

Bu şekilde, örneğin bir geminin erişebileceği en büyük “ v ” hızını bilersen, Amerika’ya olan “ l ” uzaklığını kullanarak yolculuğun ne kadar süreceğini hesaplayabilirsin. Bu oldukça önemli, çünkü buna göre yanına ne kadar yiyecek alman gerektiğini bilersin. Ya da şöyle yazabilirsin:

$$l = v \cdot t ,$$

ve diyelim ki $t = 27$ saatlik yolculuktan sonra haritada nerede olduğunu bilmek istersen, yapman gereken şey, sadece $t = 27$

saati, yolculuk sırasındaki v hızıyla çarpmaktır, böylece ne kadar yol aldığını öğrenebilirsin. Eğer kaptan sen isen ve gemiyi izliyeceği yolunda hiç sapmadan götürüyorsan, her an tam olarak nerede olduğunu da bilirsin. İnsanın nerede olduğunu bilmesi, örneğin radyodan, Yeni Bulunmuş bir Ülke’ nin 600 mil güney-güneydoğusunda buzdağlarının gözlemlendiğini duyduğunda çok işine yarar.

$v = l / t$ bağıntısının ne kadar önemli olduğunu görüyorsun. Bu nedenle bu bağıntı çok sık kullanılır. Belki şimdi bazıları “Ooo, ama ben bunları zaten biliyordum, herşey apaçık, Fizik gerçekten de bu kadar kolay birşey mi?” diye düşünebilir. Bu, bize bağlıdır. Bu bağıntıya kolayca hemen omuz silkersek, -ineğin sinekleri başından savması gibi- tabii ki bu fizik olmaz. Ancak, çayırdaki böceklerin bıcırdadığı bir elma ağacının gölgesinde oturup, bir öğleden sonra bu bağıntı üzerine düşündüğümüz zaman, bu fizik olur. Bu hiç de şiirsel bir anlatım ya da edebiyat yapmak değil, ayrıca öğretici falan da olmak istemiyorum. Eğer orada yaz ise, bir dene bakalım. Ama “düşünmek” kafanı ellerinin arasına alman, kendini sıkıntıya sokup, deyim yerindeyse birşeyler yumurtlamak anlamına gelmez. Belki de, “herhangibir şekilde bu konuları iyice bir düşün” demek daha iyi bir anlatım olur.

‘Basit görünen şeylere’ kafa yormak ve bu konularda düşüncelerini söylemek yüreklilik ister !

Örneğin, ama gerçekten sadece bir örnek olarak, aklına bambaşka birşey gelebilir ve kendine sorabilirsin: “ $v = l / t$ ” bize hızın ne olduğunu, “uzayın (mekanın) zamana bölünmesini” gösteriyor; ama kim bize uzayla zamanın ne olduğunu söyleyebilir? Bağıntının bunu betimlemediği açık, peki o

zaman?

Ama böyle birşeyi gerçekten düşündüğünü sanmıyorum. Böyle basit birşeyi düşünecek yürekliliği kendinde bulamadın. Akşamları sizin ordaki çayırdan eve dönerken, birisi sana ağacının altında ne düşündüğünü sorduğunda, ne anlatabilirdin? Kendinden utanır, böyle çocukça şeyler düşündüğün için insanların seni aptal sanacaklarını düşünürdün. Aslında, birçok kişi, hatta bilgisine güvenilir kişiler ve ünlüler, eskiden beri uzay ve zaman kavramlarıyla ilgili epey kafa yordular. Ama ne yazık ki, düşüncelerini karmakarışık, yapay felsefesal anlatımlarla bezediler, sanırım gülünç olmaktan korkmuşlardır. Bu karmaşıklık sonucunda çabucak herşey zorlaştı ve tüm bu karmaşık düşüncelerden hemen hemen hiçbir şey ortaya çıkmadı.

Ama şimdi biz yazıp okumayı sürdürmek yerine, çayırdaki sırtüstü yatıp saygıdeğer bir düşünürün (filozofun) nazik davranıp, bizim için uzayın ve zamanın ne olduğunu bulmasını bekleyemeyiz. O zaman asla bu kitabı bitiremeyiz. Şimdilik şundan yararlanabiliriz: “Zaman, kolumdaki saat denilen bu nesneyle ölçtüğümüz şeydir. Uzay ise, elimdeki şu metreyle ölçtüğümüzdür.” Burada söylenilmeyen sadece uzayla zamanın ne olduğu değil, aynı zamanda her birinin özellikleridir de! Metreyle ölçümde, uzunluklar birbirine eklenir, yani alışılmış basit sayılarda olduğu gibi bir şey: $2+3=5=3+2$. $20\text{cm}+30\text{cm}=50\text{cm}=30\text{cm}+20\text{cm}$. Zaman için de aynı. İstanbul’dan Eskişehir’e doğru trenle gitsem, sonra da aynı trenle Ankara’ya, oradan da Sivas’a devam etsem; sadece trenin herbir istasyondan diğerine kadar ne sürede gittiğini bilmem, bunları topladığımda, trenin İstanbul’dan Sivas’a ne kadar zamanda gittiğini hesaplamam için yeterlidir. Zamanlar da toplanır.

Çok Hızlı!

Bu nedenle $v = l / t$ bağıntısı ile hızları da çok kolayca birbirine ekleyip toplayabiliriz: 10km/h hızla rüzgar eserken bisikletine atlayıp rüzgara karşı 10km/h’lik bir hızla (Takometrenin gösterdiği gibi) bisikleti sürüyorsun. Sonra yolda yüzüne çarpan ve hareket (devinim) rüzgarı diyebileceğimiz toplam $10\text{km/h}+10\text{km/h}=20\text{km/h}$ hızındaki bir rüzgarı sezinliyorsun.^(*) Ya da 100 km/h hızla ilerleyen bir trendesin. Yemek vagonuna gitmek için ayağa kalkıyorsun ve 5km/h hızla trenin başına doğru yürüyorsun . Sen şimdi 105 km/h ‘lik bir hıza ulaştın. Tabii dışardan bakınca.

Örnekleri istediğimiz kadar çoğaltabiliriz. Dairesel bir rayda giden ve boyu da bu daire kadar olan bir tren düşün; öyle ki en arkadaki vagon neredeyse lokomotifle degecek gibi olmalı. Trenin üstüne ray döşeyerek tekrar aynı uzunlukta bir tren yerleştirelim, onun üstüne de bir adet, onun üstüne de bir adet daha. Trenleri üstüste koydukça, dışarıdan bakan için en hızlı tren en üstteki olacaktır. Bağıntımıza göre uzaklıklar toplanabildiğinden, trenlerin hızı da toplanabiliyordu. Üstüste koyduğumuz tren sayısı arttıkça, en üstteki trenin hızı da artacaktır. En üstteki tren çok hızlı, inanılmaz bir hızla gidecek. $v = l / t$ bağıntımıza göre en üstteki trenin birim zamanda aldığı “ l ” yolu son derece büyük ve hızı da sonsuz olacaktır.

Bu, çok şaşırtıcıdır; insan biraz dünyaya baktığında çevresinde hiç de o kadar sonsuz bir büyüklük görmez. Örneğin evrenin sonlu bir büyüklüğü vardır. Evren sonsuz bir zamandan

(*) Rüzgarsız bir havada bisikletinle 10 km/h ‘lik bir hızla giderken yüzüne sanki bu hızda bir rüzgar çarpmış olmuyor mu ? /YA/

beri değil, belirli bir zamandan beri varolduğu için böyle bu. Bu yüzden yıldızların sayısı da kısıtlıdır. Belirli bir büyüklüğün içine şu kadar çok yıldız sığabilir ancak, insan ne yaparsa yapsın, hangi konuda kafa yorarsa yorsun evrenin hiçbir yerinde sonsuz bir büyüklük bulamaz. Bağıntımıza göre böyle bir şey, yani gerçekte asla karşımıza çıkmamış sonsuz bir büyüklük düşünülebilir ama. Şaşırtıcı, değil mi ? Belki de $v = l / t$ bağıntımızda yanlış olan bir şey vardır? Yoksa yanlışlık, uzay (mekan) ve zamanda mı acaba ?

Fiziğin 3 ana babası

$v = l / t$ bağıntısıyla fiziğin ne olduğunu, iç yapısını ayrıntılarıyla göstermeye öyle çalıştım ki, neredeyse hala kitabın giriş bölümündeyiz. Fiziğin iki yerine üç ana babası vardır denilebilir. Bunlar Matematik, Felsefe ve Sanattır. Fizikteki düşünme tarzı yol ve yöntemler bu üçünün her birinden de bir şeyler almıştır. Matematikten belirli bir açıklığı, saydamlığı, iç yönetsel zorunluluğu ve ödün verilmez mutlaklığı almıştır. Eşittir « = » işareti, “her ne kadar farklıymış gibi gözükseler de) =’in sol tarafında duranlar, sağ tarafında duranlarla aynıdır der”. Eşitin sağ ve sol yanı tamamen aynı olup bu yan biraz az, öbür yan biraz çok gibi farklar yoktur, ve “ $v = l / t$ ” den, “ $l = v \cdot t$ ” bağıntısı çıkarılır. Matematikçiler bunu şöyle yazarlar « $v = l / t \Rightarrow l = v \cdot t$ » . Bu ok işareti “ama’, ‘fakat” gibi esnek sözcükler kabul etmez, ve $v = l / t$ bağıntısında hız toplanabilir bir büyüklüktür. İşte matematikçiler bizim trenlerle ilgili örneğimize böyle derler ve bunun tartışmasını yapmazlar.

Ama matematikçiler, v , l ya da t ’nin ne olduğuyla

ilgilenmezler, bunlar matematikte sadece simgelerdir. Bunlar bir kez tanımlandılar mı, gerisi zorunlu olarak gelir. İşte burada fizik, felsefenin kaygısını ve düşünürülüğünü üstlenir, zamanın ve uzayın ne olduğunu sorgulamaya çalışır. “Gerçekten zaman ve uzay var mı, yoksa biz mi kafamızda böyle şeyleri yaratıyoruz?” diye de soramaz mıyız?

Eğer fizik, zor yapısını, sadece matematik ve felsefeden almış olsaydı, bu fiziğin sonu olurdu. Eğer matematiksel olarak zaman ve uzay konusunda tam bir şey söylenemiyor, ve tam felsefesel olarak da zaman ve uzayın ne olduğu belirsiz ise, artık fiziği ve bu kitabı yazmayı bırakır, yenilgiye uğramış olarak evlerimize gidip sırt üstü yatabiliriz. Ama fizik,, ‘kılı kırk yarmadığı için’ canlı ve bu nedenle de yaratıcılığı olan ‘sanatta’ olduğu gibi, kendisine belirli bir serbestlik tanır ve şöyle der: “Her neyse, sağ elimdeki adı “metre” olan bu nesneyle uzayı ve sol elimdeki adı “Saat” olan bu nesneyle de zamanı ölçüyorum. Bunlarla ölçtüklerim uzay ve zamandır ve $v = l / t$ olduğunu görüyorum. Başlangıç olarak bana bu kadarı yeter.” Eğer hızla kitaba dalmasaydık, fiziğin kısık bir sesle şunu da eklediğini duyardık: “Umarım gerçekten de Zaman ve Uzay diye birşeyler vardır da her şey iyi sonuçlanır ve aldanmazsın.” Eğer birisi daha sonra bu konuda daha fazla bir katkıda bulunabilirse buyursun. Resim sanatında olduğu gibi, 30 bin yıl önceki resimler 5 bin yıl önce yapılan resimlerden ve bunlar da 100 yıl öncekilerden ve daha dün yapılmış olanlardan farklıdır. Ama bu, bir resim yapıtının diğerine oranla daha az sanatsal olduğu ya da sanat olmadığı anlamına gelmez.

Ve gerçekten de, herhangi bir açıklama getirmeden bizim küçük $v = l / t$ bağıntımızın yine de fizik olduğunu ve pek de kötü olmadığını söylüyorum.Yine de böyle bir fizik taş devrinden kalma gibidir. Olsun, şimdiye kadar gemi kaptanları

ve bisiklet sürücülerini bu bağıntıyı kullanarak epeyce yol aldılar, öyle değil mi?

Hiç anlamadığım şey

Giriş bölümünün iyice basit olduğundan kaygılanıyorum, sıkılmıyalım değil mi ? Şimdi fiziğin en zor olan konusunu ele alacağız.. Klasik mekanik diye adlandırılır bu konu. Klasik Mekanik cisimlerin uzay (mekan) ve zaman içinde nasıl hareket ettiklerini ve bu cisimlere kuvvet uygulandığında ne gibi değişiklikler olacağını inceler. Benim için klasik mekanik en zor konuydu. İki nedenden dolayı : İlkönce, klasik mekanik günlük yaşamımızdan tanıdığımız dünyayla ilgilenir, örneğin bisiklet sürmek gibi. Fizik derslerine girmeden önce de bisiklete binmesini biliyordum.

Pedalları hızlı çevirince ve karşıdan da rüzgar esmiyorsa, 20 km/h bir hıza ulaşabileceğimi biliyordum. Benim için bir bisikletteki en önemli şey ne kadar hızlı sürülebileceğiydi. Daha yüksek hızlar için 10 vitesli yarış bisikletlerine binmek gerekiyordu. Ama onlar da o kadar incelikli nesnelerdi ki durmadan bir yerleri bozulurdu ve bisiklet onarımı da benim ilgimi hiç çekmiyordu.

Yine de hız etkileyiciydi ve şimdi de fizik öğretmenim bana , bisikletin hızı v 'den çok , p ile gösterilen impuls'un fizikte çok daha önemli olduğunu öğretmek istiyordu. Ben ise bunu, gereksiz bir karmaşıklık olarak görüyordum. Şimdiye kadar 20 km/h hızımla yeterince iyi bisiklet sürüyordum, birdenbire neden bir impulsa gereksinim duymalıydım ki? Bunun dışında yetişkinler şunu da söylerler: “Arabam 200 km/h hızla gidiyor”, hiç birinin aklına : “Arabam 1 ton çarpı 200 km/h değerinde bir impuls yaratıyor” demek gelmez.

Elektrik dersinde yeni bir şeyi kabul etmek daha kolaydı: Ben hiç radyo söküp yapan biri olmadım , benim için elektrik sadece ampüllerin yanmasını sağlayan birşeydi. Bu yüzden benim için elektrik dersinde herşey yeniydi , ben de “Akım şiddeti”, “Endüksiyon”, “Kapasite (=Sığa)” gibi şaşırtıcı ve yeni kavramları öğrenmekte hiç zorluk çekmedim. ‘Bisiklet’ örneğinde olduğu gibi klasik mekanikte kullanılan nesnelere olan güvenimi, fizik berbat etti .

İkinci sorunun ise, klasik mekanik sonunda hep aynı şeyle ilgileniyordu ve başka hiçbir şeyi gözü görmüyordu. Bu da enerjinin ve impulsun korunumuydu. İnsan bunları anlayınca , insanın sanki gözlerindeki sis perdesi kalkmış ve diğer herşey çok kolaymış gibi görünüyordu .

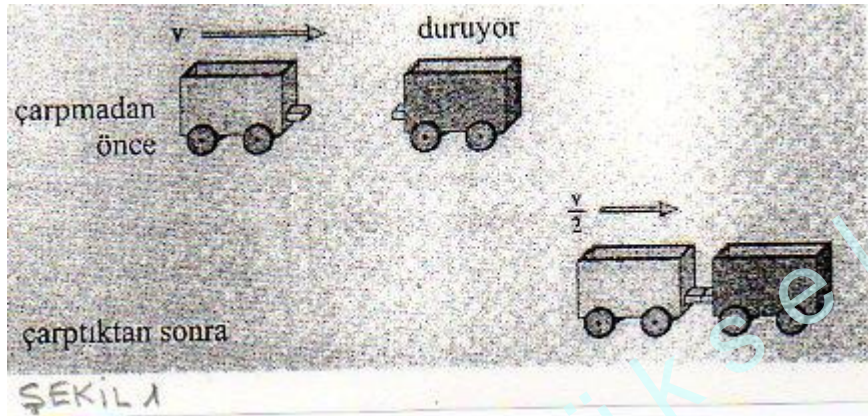
Ne yazık ki fiziğin bu korunum yasaları, günlük deneyimlerimizle tüyleri diken diken edecek bir çelişkidir ve bu yüzden kimsede, hemen biz çocuklara : „Bu impuls koruma yasasıdır ve bu hep geçerlidir, anlamamız gereken tek şey bu olduğu için, bunu öğrenmelisiniz.” deme yürekliliği yoktur. Görünüşe göre herkes çocukların bunu nasıl olsa kavrayamayacaklarını düşünüyor. Bu nedenle, bazı örneklerle biz çocuklar aldatılmaya çalışılarak, bizim bunları anladığımızı sanmamız ümit edildi. Aslında birşeyi anlamamak hiç de kötü bir şey değildir. Kötü olan, anlamadığı halde bir şeyi anladığına insanın kendini inandırmasıdır.

Bilardo topları gezintiye çıktığında

Okuldaki fizik kitabımda “impuls korunum yasası” demiryolu vagonlarıyla anlatılmıştı. Rayda duran bir vagona, aynı ağırlıktaki ve v hızındaki başka bir vagon çarpıyor , sonra her iki vagon birlikte ilk vagonun yarı hızı olan $v/2$ hızıyla

ilerliyorlardı. Vagonlar bu şekilde birleştirilerek uzun trenler ortaya çıkar.

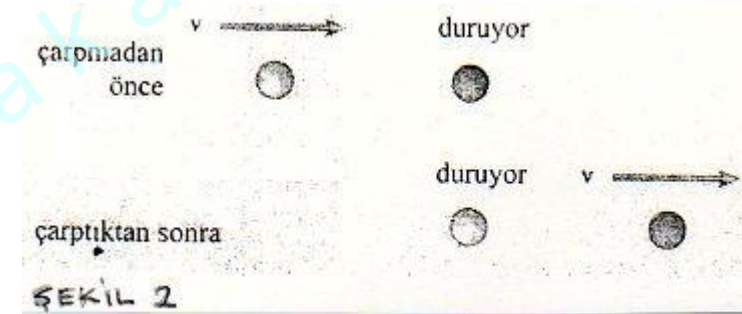
Özetlersek çarpan vagonun önce hızı v idi. Çarpmadan sonra bu hızın yarısı duran vagona aktarılarak her iki vagon birlikte $v/2$ hızıyla ilerlerken başlangıçtaki toplam v hızı korunmuş oldu. İşte bunun impuls korunum yasası olduğunu bana fizik kitabım açıkladı ve ben de bu anlatımı çok aydınlatıcı buldum.



Ama ne yazık ki daha sonraları başka bir kitaba daha baktım. Orada tren vagonlarının yerine iki tane bilardo toplu bir örnek vardı: Siyah bilardo topu, bilardo masasının üstünde duruyor, aynı ağırlıkta olan beyaz top v hızıyla siyaha çarpıyor. Beyaz top duruyor, siyahı ise v hızıyla durduğu yerden fırlıyor. Bu da impuls korunum yasasıydı ve bu beni çılgına çevirdi : Bilardo toplarında, biri dururken, diğerrinin fırlayıp yuvarlanması; tren

vagonlarındaysa arkadaşça beraber ilerlemek alışkanlık ise, bilardo topu yüklü iki vagon birbiriyle çarpırsa ne olurdu peki ?

O zamanlar , kitabımdaki bütün örnekleri ve hesaplama ödevlerini, başka çıkar yol olmadığından, anlamadan ezberlemiştim. Böylece bir sonraki sınavda aslında hiçbir şeyi anlamadan başarılı olabiliyordum. Deli pösteki sayar gibi insanı çileden çıkaran bir işti bu!



İnsanın anlayabileceği bir dilde anlatsalar bile, klasik mekanik yine de inanılmaz derecede zordu. O yüzden de bence bundan sonraki sayfalar kitaptaki en zor bölümler olabilir. Eğer herşeyi hemen anlamazsan üzülmemelisin. Normali de budur, sadece okumayı sürdür. Ne de olsa bir kitap bu, film değil. Canının istediği zaman sayfaları geriye çevirip bir kere daha okuyabilirsin. Ayrıca iyi fizikçiler, bir şeyi anlamadıkları zaman bunu açıkça söyleyenlerdir . Einstein, hız konusunu anlamadığını söylemiş, sonra da görelilik kuramını bulmuştu. Durmadan “Tamam, herşey açık seçik, benim için sorun bile değil” diyenler asla herhangi bir buluş yapamazlar.

MEKANİK: KAPALI EVREN

İki yeni büyüklükle tanışacaksınız, “Kütle” ve “Kuvvet”, böylece “İmpuls” ve “Enerji”yi tanımlayabileceğiz. İlk bakışta “kütle” basit gibi gözüküyor. 1 Kilo elmanın kütlesi tabii ki bir kilodur. (“Kütle”nin tam olarak ne olduğunu söylemek hiç de o kadar kolay değil. Bunu daha sonra düşüneceğiz. Bence böylesi daha iyi. Eğer “Kütle” deyince aklına hiç bir şey gelmiyorsa, basitleştirmek için önce “Kütle” yerine “Ağırlık”ı düşünebilirsin. Ayaklarımız yere değdikçe (dünya üzerinde kaldıkça) bir şey değişmez zaten.)

“Kütle”, bir şeyden ne kadar olduğunu ölçer. İki kilo elma bir kilo elmanın iki katıdır. Elmalar söz konusu olduğu sürece, belki de teker teker sayılabilirler. Böylece ne kadar elma olduğu bulunmuş olur. Ama elmaları kirazlarla karşılaştırmak istediğimizde bu sayma işi çok anlamsız olur ve bu nedenle “kütle” daha uygundur: Bir kilo kiraz, bir kilo elmayla aynı kütlededir.

“Kuvvet”in ne olduğu ise daha açıktır. “Kuvvet”i örneğin bir yayla belirleyebiliriz.. Belirli bir yayı belirli bir uzunluğa kadar germek için, belirli bir kuvvete; iki yayı aynı uzunluğa kadar germek için ise iki kat kuvvete, üç yay için de..... kuvvete gereksinim vardır.

Şimdiye kadar 4 büyüklüğü görmüş olduk: Uzunluk, zaman, kuvvet ve kütle. Önce, uzunluk ve zamanı, $v = l / t$ bağıntısıyla nasıl hıza bağladıysak, şimdi de kütleyle kuvveti diğer büyüklüklerle ilişkilendireceğiz.

İmpuls

İmpuls sözcüğünün gündelik anlamı “darbe” ya da “vuruş kuvveti” olabilir.

Tam tanımı ise şöyledir: Bir şeyin impulsu, kütlesiyle hızının çarpımına eşittir. Hız için önceden olduğu gibi “v”, kütle için “m”, **impuls**⁸ için ise “p” kısaltmasını kullanıyoruz. Öyleyse:

$$\text{İmpuls } p = m \cdot v$$

Okuldayken impulsu daha iyi anılamak için onu “hareket ya da devinim miktarı” olarak düşünüyordum. Aynı “ısı miktarı” gibi. İmpuls ve hız da, ısı miktarıyla sıcaklık gibidir. Sıcaklık, bir cismin ne kadar sıcak olduğunu belirtir. Ama bununla, o cismin ne kadar ısıya sahip olduğunu henüz belirtilmiş olmaz. 50 derece sıcaklıktaki bir litre suyun ısısı, 50 derece sıcaklıktaki bin litre suyun ısısından, bin kat daha azdır. Aynı şekilde 20 km/h hızla giden bir bisikletlinin impulsu (“hareket miktarı”), 20 km/h hızla giden bir kamyonunkinden çok daha azdır. Örneğin, kamyonunda sürücülerini ile birlikte 10 bisiklet bulunabilir. Ama bu hareket miktarı deyimi benim gençliğimden kalma bir kolaylık. Fizik dersinde “hareket miktarı” deyimi pek uygun olmaz ve bu nedenle “impuls” demek daha iyi olur.

⁸ Türkiye'deki fizik öğretiminde, en basit tanımıyla:

İmpuls = $F \cdot t$ (Kuvvet x Zaman) ile **Momentum** $p = mv$ (Kütle x Hız) arasındaki ayrım, Almanyada yapılmadığından, bu kitap boyunca kullanılan $p = mv$ ‘İmpuls’ deyiminin ‘**Momentum**’ olarak algılanması önemle vurgulanır /YA/

Enerji

“İmpuls”a göre “Enerji” ilk bakışta daha tanıdık gelir. “Pil’de enerji saklıdır”, “Güç ya da elektrik santrali enerji üretir”, “Yemekte enerji vardır” ya da “Güneş, dünyaya ısı enerjisi yayar” denir. Enerji değişik görünümde, ısı enerjisi ya da elektrik enerjisi olarak ortaya çıkabilir.

Dur !

Daha fazla okuma. Önce ne düşündüğünü söyle. “Aman, bu da zor mu’ ? Bu izlenimi edindiysen ne güzel! Çünkü gerçekten de zor bu. Biz insanlar, birkaç bin yıldır “Enerji”nin ne olduğunu hiç bir şekilde anlamadık. Hatta en akıllılar ve en ünlüler bile bunu anlayamadılar. Ancak daha geçenlerde, “Enerji” kavramıyla bir şeyler yapabilecek duruma geldik. “Enerji” nin hep korunduğunu, ısı enerjisi, hareket enerjisi, kimyasal enerji, potansiyel enerji gibi farklı biçimlerde ortaya çıktığını da daha yeni biliyoruz.

Şöyle bir düşününce, enerji kavramı o kadar zordur ki, hatta impuls kavramından bile daha zordur, çünkü bir nesnenin enerjisi çok zor izlenilebilir. İmpulsda ise, cismin kütlesini ve hangi hızla hareket ettiğini bilmek yeterlidir. Böylece $p = m \cdot v$ olduğunu buluruz. Ama ben bir saati kurduğumda, saatin içindeki yaylarda bir enerji toplanır, ama saate baktığımda bu enerjiyi göremem. Çikolata yediğimde, çikolatanın içinde enerji vardır, ama bunu nasıl ölçebilirim ki? Bir kimsenin çikolata yeyip yemediği dışardan bakarak görülemez. Birisinin impulsunun olup olmadığını ise, dışardan bakan biri, hareketlerinden yola çıkarak görür. Peki şimdi ne yapacağız?

Çok basit, aynı kedilerin yaptığı gibi yapacağız. Bir kedi, bir fare deliğinde ne olduğunu öğrenmek istediğinde, deliğin önünde oturur ve sabırla fare çıkana kadar bekler. Fare deliğinden çıkan şey elbette önceden o deliğin içindeydi. Sorun çözüldü. Peki bir nesneye enerji nasıl girip çıkabiliyor? İnsan bunu bilirse, enerji sorunu da hemen hemen çözümlenmiş olur.

İş enerji üretir ve enerji iş üretir ?

Enerjinin Bulunuşu

En sonunda 150 yıl önce birisi şu düşünceleri açıklamayı başardı: “Bir maddeye enerji veren iştir. Bir madde, kendisine verilen iş kadar enerji kazanır.” “Madde” burada herhangi bir nesne, bir araba ve hatta herhangi bir canlı olabilir.

Bu düşünce tersine çevrilip şöyle de açıklanabilir: “Bir madde enerjisini iş yaparak verir. Bir madde yaptığı iş kadar enerji verir.”

Örnekler: Dairesel yayla çalışan kurmalı oyuncak arabalar vardır. Arabalar, yayı kurduğum kadar giderler (yaydaki gerilme sona erene kadar). Araba, kurulduğunda ne kadar gerilme enerjisi oluşur ? Kurmak için yapılan iş kadar. Başka cins oyuncak arabalar pille çalışır. Bunların ne kadar enerjisi vardır? Çok basit, motoru çalıştırırım, araba pili bitene kadar gider. Pilde, motorun yaptığı iş kadar enerji saklıdır. Havaya atılan bir okta ne kadar hareket enerjisi vardır? Çok kolay, yayı gererken ne kadar iş yaptığımı ölçerim.

“Bir maddeye enerji aktaran iştir. Bir madde, kendisine uygulanan iş kadar enerji kazanır.” Bu basit, küçük düşünce

insanlığın en büyük buluşlarından biridir. İnsanoğlunun elde ettiği en önemli düşünce araçlarından biridir. Başka türlü akla gelmeyen düşünceler, onun yardımıyla ortaya çıkarlar. Göreceksin: Enerji içeren düşünceleri bu kitaptan silmeye kalksan, kitaptan geriye pek az bir şey kalır.

Bay Mayer

Bu düşünceyi ilk kez ortaya atan Robert Mayer'di. Ve onu hiç kimse dinlemek istemedi. Bu en azından Almanya'da böyle oldu. Alman fizikçiler bu gerçeği görmezden geldiler ve hiçbir şey ortaya atılmamış gibi davrandılar. Böylece Bay Mayer'in buluşu rafta kaldı. Kendisi tabii bu düşüncelerini Almanca yazmıştı ve Almanya dışında kim Almanca konuşuyordu ki bunları okuyabilsin!

Bunun bugüne kadar etkileri var: Galilei, Newton, Einstein'ı herkes tanıyor. Ama neredeyse hiç kimse Mayer'in adını duymuş değil. Bildiğim kadarıyla hiçbir kitapta, neden o zaman böyle olduğu konusunda yorum ve düşünceler yer almıyor. Bir kişi yüzyıllardır kimsenin başaramadığı ve dünyayı sarsan bir buluş yapıyor, ama bununla kimse ilgilenmiyor. Okuduğum tüm kitaplar, bu buluşu dünyadaki en normal şeymiş gibi görüyorlar.

Ben, Bay Mayer daha doğrusu Robert von Mayer'la ilgili birkaç satır yazacağım. Bence bunu birisi yapmalıydı. O, 1814'te Heilborn'da doğuyor. Kısa zamanda çalışkan ve ciddi insanlardan biri olarak, tıp eğitimi alıp, doktor oluyor. Doktorlar, bence, çalışkan ve ciddi insanlardır. Ama Bay Mayer'imiz sadece çalışkan ve ciddi değil, aynı zamanda serüvenci idi de. 1840 yılında üç direkli bir yelkenliyle dünyanın öbür yanındaki egzotik bir ada olan Java'ya doğru yola çıkıyor. Ümit Burnu'nu geçer; korsanları, kaplanları, kelle

avcılarını, yılanları, ormanları, yanardağları göze alarak!. Şu Bay Mayer ne adammış ama, helal olsun!

Aslında o zamana kadar fizikle pek ilgilenmiyor. Ama üç direkli bir yelkenliyle yaptığı gezide gerçek doğayla başbaşa kalınca düşünmeye zaman buluyor. Çevredeki koşullar uygun olduğunda insan zaten kendiliğinden doğayla ilgili düşüncelere dalar. En azından bu, herhangibir şeyi derin düşünmeyi seven birisi için böyledir. İşte bu da zaten fizik'tir : İnsanın sessiz bir yerde doğa üzerine derin düşünmesi fizikten başka birşey değildir.

Mayer önce, dalgaların yükselip güverteye vurduğunda ve fırtına patladığında suyun daha sıcak olduğunu fark ediyor. Yadırganacak bir şey! Sonra, doktor olması nedeniyle de tayfaları muayene ediyor ve tropik iklimde insan vücudunun işlevini nasıl yaptığını inceliyor ve bu konuda iyice düşünüyor. İnsanoğlu bir bakıma biraz da arabaya benzer. Arabaya konan benzin motorda yakılır, böylece araba yol alır. İnsanoğlu bir şeyler yer, bunlar midesinde “yakılır” ama alevsiz, yoksa yanardın değil mi? Böylece 37 derece olması gereken vücut sıcaklığı korunur. Diğer yandan da insan böylelikle hareket edebilir ve iş yapabilir. Bay Mayer kendi kendine, ‘peki tüm bunlar tropik iklimde nasıl oluyor?’ diye soruyor. Orada hava sıcaklığı neredeyse hep 37 derece olduğuna göre, insanın daha mı az yemesi gerekir? Yoksa daha fazla mı çalışılır? Ya da ne, nasıl olur?

Bu, enerji yasasının bulunması (keşfi) için hayli karmaşık bir yol. Ama Bay Mayer'in eski yelkenlide yeterince zamanı vardı. Ve bunu başardı. Almanyanın Heilbronn kentine geri döndüğünde her şeyi yazıp yayınladı.

Yazılarını, kimyacı büyük Justus von Liebig'in yardımıyla,

onun Kimya ve Eczacılık Yıllığı “Annalen für Chemie und Pharmazie” dergisinde yayımlayabildi. Aslında, Liebig’i hiç anmasam daha iyi olurdu, şimdi korkarım onunla ilgili de epey şey yazacağım. Liebig olağanüstü biriydi! Sadece kısa birkaç bilgi: Sıkıldığından okula ara verip sonra kimya okuyor; o zamanlar lise bitmeden de üniversiteye girilebiliyordu. 22 yaşında profesör oluyor; o zamanlar 22 yaşında profesör olunabiliyordu. Buluş üstüne buluş yapıyor. Örneğin, ameliyatlarda hastaya narkoz olarak verilen kloroformu buluyor; o zamana kadar ameliyat edilen hastalara iki kadeh sert alkollü içki veriliyordu. Beslenmenin ayrıntılarını iyice inceleyip araştırıyor. İnsanın hangi maddelere gereksinimi var ve bunlar nereden sağlanabilirler? Buluşlarıyla tarımda devrim yaratıyor, etözünü buluyor ve daha birçok buluşlar yapıyor.

“Tarım”, “etözü”, şimdiden esnediğini görüyorum. Ama bir düşün. Liebig’in buluşlarına varıncaya kadar Almanya’da da birçok insan ancak yetersiz ölçüde beslenebiliyordu. Yoksul insanlar kışları çok daha az yiyor ve evlerine yılda ancak bir kez et girebiliyordu. Onlar sadece iskelet gibi değillerdi, aynı zamanda zayıflık nedeniyle grip bile kendileri için ölümcül bir hastalıktı. Ve bu olağanüstü adam, Mayer’a buluşunu yayınlaması için yardımcı oldu. Hepsi bu. Mayer’ın buluşu, dünyanın nasıl işlediğini anlamak için çırpınır gibi görünen fizikçi beylerin ise hiç umurunda değildi.

Bendeki kitaplardan edindiğim bilgilere göre Mayer oldukça acayip, baykuş gibi bir adammış. Sanki Mayer’ın önemsenmemesinin nedeni de buymuş gibi aktarıyorlar! Ama, Newton, Mayer’dan daha acayip ve hatta aslında suçluydu bile, ama bu yüzden onu kimse gözardı etmedi.

Bence, Mayer doktor olduğu için böyle oldu. Fizikçiler bir doktordan yeni bir şey öğrenmek istemediler. Kendi dünyaları

dışından gelen birini içlerine sokmadılar. Tek başına bir doktorun, bütün fizikçilerin başaramadığı bir şeyi yapmış olduğunu kabullenmek istemediler. Hatta öyle görünüyor ki, Mayer’ın buluşunu, o olmadan sanki yeni bulmuşlar gibi, onun unutulmasını beklediler. Kitaplarım ‘kim önce buldu ?’ kavgasını anlatıyor.

Zavallı Mayer tabii ki, neredeyse çıldırıyor. Üstüne üstlük çocukları da ölünce, artık o da canına kıymaya karar veriyor, başaramıyor, ama bir akıl hastanesine kapatılıyor. Modern bir sinir hastalıkları kliniği gibi bir yer sanma sakın, aslında nasıl bir yer olduğunu hiç gözünün önüne getirmesen daha iyi olur. Fizikçiler bu büyük adam için parmaklarını bile oynatmıyorlar. Oradan sağ çıkmış olması bile gerçek bir mucize.

Uzun bir süre sonra, bir konferansta Bay Tyndall adında bir İngiliz fizikçi Doktor Mayer’i savunuyor. Alman fizikçiler meslektaşları hakkında hiçbir şey duymak istemediklerinden, sonunda politikacılar meseleyi ele alıyorlar ve büyük Mayer’i buluşları nedeniyle asil ilan ederek onurlandırıyorlar. O zamanlar bu, alınabilecek en yüksek devlet ödülüydü.

O zamanlar adı deliye çıkan Bay von Mayer gerçekten de haklı idi ise ve biz de bugün onun gibi düşünüyorsak ve ‘enerji iş yapabilme yeteneğidir’ diyorsak, o zaman sadece işin ne olduğunu bilmemiz o nesnede ne kadar enerji olduğunu belirlememiz için yeterlidir.

Neyse ki bunu biliyoruz: İş, bir nesneyi F kuvvetiyle, l yolu boyunca hareket ettirmektir.

$$\text{İş} = F \cdot l$$

Örnek: Bir iple, kum dolu bir kovayı yukarı çekiyorum.

Bunun için F kuvveti gerekiyor ve l yüksekliğine kadar çekiyorum. Tamam, yapılan iş $F \cdot l$ 'dir. Ya da bir öküz, F kuvvetiyle, l uzunluğundaki bir tarlada bir sabanı çekiyor. Öyleyse öküzün yaptığı iş $F \cdot l$ 'dir. Bir maddeye aktardığım E enerjisi de şöyle olur:

$$E = F \cdot l$$

Bu F kuvvetiyle çekilen, kaldırılan, itilen ya da başka şekilde hareket ettirilen maddeye aktardığım enerji miktarıdır. Ama maddenin tabii ki ayrıca, daha başka enerjisi de olabilir. Kovayı yukarı çekerken kovaya, $F \cdot l$ kaldırma enerjisini aktarıyorum, ama kovanın aynı zamanda ısı enerjisi de olabilir. Ya da, kovada örneğin benzin olduğunda, bunun kimyasal enerjisi de vardır.

Toparlayalım !

Olduğunca, herkesin iyi anlayabileceği şekilde anlatmaya çalıştım: Bir maddenin impulsu $p = m \cdot v$ dir. Maddenin hızı arttıkça, impulsu da artar. Kütlesi arttıkça da, impulsu çoğalır.

Bir maddeyi F kuvvetiyle l yolu boyunca hareket ettirdiğimde bu maddeye aktardığım enerji, $E = F \cdot l$ 'dir. Sanırım, bunlar kolayca anlaşılabilir ve böylelikle hareket yasalarına başladığında bu iki bağıntı yardımcı olacaktır. Ama, bu bağıntılar arasındaki ilişkiyi görmesi için insanın çok iyi bir fizikçi olması gerekir. Çünkü, $p = m \cdot v$ ve $E = F \cdot l$ bağıntılarındaki impuls ve enerjiyi çok farklı bir şekilde anlattık.

$p = m \cdot v$ bağıntısı, hareket halindeki bir nesnenin, o an, ne kadar impulsu olduğunu belirler. Ama bu bağıntı impulsun nereden kaynaklandığını ve o nesnenin neden impulsu

olduğunu betimlemez. Buna karşılık, $E = F \cdot l$ daha çok bir yemek tarifi gibidir. Bu bağıntı, bir maddeye E enerjisini aktarabilmem (ya da katabilmem) için ne yapmam gerektiğini bildirmekte. Bu bağıntı için maddenin daha önce ne kadar enerjisi olduğu hiç önemli değil; ben, $F \cdot l$ enerjisini maddeye aktarmadan önce, onun istediği kadar enerjisi olabilir.

Bu yüzden, betimlemedeki bu farklılığı gidermezsek neyin ne olduğunu hiç anlayamayacağız! $E = F \cdot l$, enerjinin maddeye nasıl aktarıldığını söyler. Maddenin, nasıl impuls kazandığını betimleyen, bir impuls bağıntısı bulabilir miyiz? Elbette, Bay Isaac Newton bunu çoktan buldu bile: Bir maddeyi F kuvveti, t süresince etkilendiğinde o madde impuls kazanır:

$$p = F \cdot t$$

Aslında çok basit değil mi? Hemen hemen $E = F \cdot l$ bağıntısı gibi gözüküyor. İnsanın sadece aklına bunu bir bağıntı olarak yazmak gelmeliydi. Bütün anlatılan şu: Bir arabayı F kuvvetinle ne kadar uzun süre itersen, araba o kadar çok impuls ($m \cdot v$) kazanır. Motoruyla hızlandırılan bir arabada, ne kadar uzun süre gaz verilirse araba daha hızlı gidecektir. Ya da tam tersi: Fren yapıldığında araba, ne kadar uzun süre fren yapılırsa o kadar yavaşlayacaktır. Ya da ne kadar kuvvetli fren yapılırsa.

Bir şey daha eklemek istiyorum: F kuvvetinin, t süresince, maddenin impulsunu gerçekten yükseltebilmesi için, kuşkusuz başka hiçbir şeyin maddeyi engellememesi gerekir. Konunun tam eksiksiz anlatılmasını istiyorsak, bunu da belirtmemiz gerekiyor.

Maddenin nasıl ve ne zaman impuls kazandığını sormadan, o maddenin $p = m \cdot v$ bağıntısıyla ne kadar impuls olduğunu bulabildiğimiz gibi, bir maddenin hareket enerjisini de

belirliyebiliriz: $E = \frac{1}{2} m \cdot v^2$. Bu bağıntının nasıl elde edildiğini, biraz karışık olduğundan, daha sonra açıklayacağız. Şimdilik bunu, konunun tam olması için yazdım.

Δ - Simgesi

Hazır her şeyi düzene sokarken oldu olacak, çok kullanacağımız Δ simgesini de anlatalım. Şimdi yaptığımız gibi, hep bağıntıları yazdıktan sonra bunlara uzun açıklamalar eklemek zorunda kalıyoruz. Bunun nedeni aynı işareti iki ayrı şey için kullanıyoruz ve her birinde bu işaretin ne anlama geldiğini açıklamamız gerekiyor. $p = m \cdot v$ bağıntısında p bir nesnenin sahip olduğu toplam impulsudur. $p = F \cdot t$ bağıntısında ise impuls değişimi söz konusudur.

Bu nedenle, bir Yunan harfi olan deltanın (Δ) kullanılması yararlı olacaktır. Bu “değişim” anlamına gelecek. Hareket eden bir nesnenin impulsu p’dir (nesne, hareket etmezse impulsu zaten sıfırdır). Δp ise impuls değişimi olur.

Bu arada “değişim” sözcüğü tek başına tamamen anlamsızdır. Her zaman değişimin neye göre olduğunu söylemek gerekir. “Yeni Ferrari’nin müthiş bir motoru var, 100km/h lik hızlanıyor ya da ivme kazanıyor” diyemem. Bu çok saçma olur, çünkü bir kamyon bile 100km/h lik hıza ulaşırken ivme kazanır. Bunun için sadece gaz pedalına uzun süre basmam yeterlidir. Ama ancak: “Ferrarim beş saniyede 100km/h hıza erişiyor” dersem bu anlamlı olur. İkisini de, yani 100km/h’ı ve beş saniyeyi bilir, söylersem, o zaman bu sözün insanlar üzerinde etkisi olur.

Bu yüzden Δ-simgesi tüm bağıntılarda eşitliğin her iki yanında bulunur. Örneğin, $\Delta p = F \cdot \Delta t$ ’de. Bunun anlamı: bir

cismi Δt süresince bir F kuvvet etkilediğinde, bunun impulsu Δp kadar artar. Örneğin çok güçlü olan bir Ferrari motorunun sağladığı büyük bir F kuvvetiyle Ferrari, çok küçük bir zaman aralığında (örneğin Δt = 5 saniyede) çok yüksek bir hıza ulaşabilir , ve böylelikle impuls, Δp kadar büyük bir değerle, yükselir.

Bağıntılarımızı Δ-simgesiyle bir kez daha yazarsak:

Bir nesneye, nasıl enerji aktarılır, ya da bir nesne nasıl enerji edinir ? $\Delta E = F \cdot \Delta t$

Bir nesneye, nasıl impuls aktarılır ya da bir nesne nasıl impuls edinir? $\Delta p = F \cdot \Delta t$

Bir nesnenin hareket (devinim) enerjisi ne kadardır? $E = \frac{1}{2} m \cdot v^2$

Bir nesnenin ne kadar impulsu¹ vardır?

$$p = m \cdot v$$

Küçücük Δ’yı kullanarak epey yorum yapmaktan kurtulduk. Her zaman ne demek istediğimizi yazmamıza gerek yok artık. Bu çok önemli. Bazen insan kısa bir not yazmak ister, ne için olduğu önemli değil. Üzerine not yazılan kağıt, küçük olduğundan, üzerinde herhangi bir yorum için zaten yer yok.

¹ Türkiye’deki fizik öğreniminde, en basit tanımıyla:

İmpuls =F.t (Kuvvet x Zaman) ile **Momentum** p =mv (Kütle x Hız) arasındaki ayrım, Almanyada yapılmadığından, bu kitap boyunca kullanılan **p= mv** ‘İmpuls’ deyiminin ‘**Momentum**’ olarak algılanması önemle vurgulanır /YA/

Tüm Enerjiler için bir Bağntı

Aslında bağntılarımız çok genel, insan bunları her yerde kullanabilir. Bu bağlamda önceki sayfalarda, hemen fark edilmemiş de olsa ortaya epey birşeyler koyduk.

Örneğin bir kovayı yukarı çektiğimizde kaldırma enerjisinin hesaplanması (belirlenmesi) için $E = F \cdot l$ bağntısının yeterli olduğunu görüyoruz. Ama işin ilginç yanı, çok kolay olan bu $E = F \cdot l$ bağntısını, sadece kaldırma enerjisi için değil, istersek tüm enerji çeşitleri için de kullanabiliriz.

Birazcık hayal gücüyle hemen gözünün önüne getirebilirsin: Aynı lunaparktaki radar denilen inip çıkan trenler gibi, üstünde küçük bir vagonu olan bir ray kuruyoruz. Vagona demin yukarı çektiğimiz kovayı bırakıp, vagonla birlikte aşağıya, kovanın başlangıçta durduğu noktaya doğru harekete geçmesini sağlıyoruz. Kovayı, daha önce l yüksekliğine F kuvvetiyle kaldırdığımızdan kovanın kaldırma enerjisi $F \cdot l$ dir. Şimdi de kovanın enerjisiyle vagon aşağıya doğru hızlanıyor, birdenbire aniden kavşaktan dönüyor! Daha yüksek bir tempoyla yoluna devam ediyor. Pardon, tempo değil, impuls, ne de olsa fizik okuyoruz. Evet, kova durmadan aşağıya ilerlerken, yavaş yavaş kaldırma enerjisi de “hız enerjisi”ne⁽⁺⁾ dönüşüyor.

Sonunda yüksek hızda aşağıya vardığında, artık kaldırma enerjisi yoktur, şimdi tekrar önceki yüksekliğindedir. Bütün kaldırma enerjisi hız enerjisine dönüşmüştür. Kova, yolda hiçbir yerde enerji kaybetmemişse, hareket enerjisi önceden sahip olduğu kaldırma enerjisi, $F \cdot l$ kadardır.

⁽⁺⁾ (=Hareket enerjisi=kinetik enerji /ÇD)

Bu nedenle $F \cdot l$ bağntısı hız (hareket) enerjisini hesaplamak için de iyidir!

Böyle hayaller çok hoşuma gidiyor, dur hemen bir de fren diski yapmaya başlayayım. Vagonu o çılgın yolculuğunda, lunaparkta yaptıkları gibi frenlersen, frenler ısınır. Aşağıya geldikten sonra vagon daha fazla ilerleyemez, durur (inelim beyler!), ne kaldırma ne de hız enerjisi kalmıştır artık, ama fren diskleri ısınmıştır $\Rightarrow$ ısı enerjisi.

Ya da fren diskleri yerine bisikletlerde olduğu gibi vagon tekerleklerine bir dinamo monte ederiz. Vagonun önüne de bisikletlerdeki gibi bir ampul takarız $\Rightarrow$ elektrik enerjisi.

Elbette ısı enerjisi, ya da elektrik enerjisi için her zaman $F \cdot l$ formülünü kullanmana gerek yok. Başka türlü de olur. Sıcaklığı ölçerek de ısı enerjisini bulabilirsin. Fakat çok kolay olan bu $F \cdot l$ bağntısı her zaman uygulanabilir. Bu bağntı işin temel ve her zaman geçerli tanımı olup bunu isediğimiz yerde kullanabiliriz. Böylece her çeşit enerji de hesaplanabilir.

Enerjinin kazanılmış ya da yitirilmiş olması, kuvvetin hangi yönü gösterdiğine bağlıdır. Kuvvet, hareket yönünü gösteriyorsa, kuvvete neden olan nesne, enerji kaybeder. Kuvvet, hareketin zıt yönündeyse, kuvvete neden olan nesne, enerji kazanır.

Felsefesal Bakış

Neden “enerji” ve “impuls” değişkenleri bu kadar önemli? Çünkü bunlar büyük ölçüde gerçek olduklarından. Fizik, başarısını, birtakım şeylerin uygun bağntılarla ortaya konulmasından (formüle edilmesinden) ve bunlar gerçekleştirildiğinde de, oldukça yüksek ölçüde bunların bizden

bağımsız olmalarından alır. İki çeşit/değişik büyüklükte bu bağımsızlık vardır: Her zaman korunan (değişmeyen) büyüklükler ve bir nesneye özgü olan büyüklükler (bir nesneye özgü olan büyüklükleri kitabın sonuna doğru ele alacağız. Örneğin bir nesnenin hareket enerjisi, nesneye özgü değildir. Çünkü bir nesnenin ne kadar hareket enerjisi olduğu, hıza bağlıdır. Hızlar ise genellikle hep görelidir.).

Enerjinin korunmayan bir şey olduğunu varsay: Örneğin bir maddeye 10 birim enerji aktardığımda, eğer madde sadece beş birim enerji kazanıyor olsa idi o zaman enerji ne yapacağımı bilemeyeceğim bir büyüklük olurdu.

Böyle bir duruma örnek, bir nesnenin tadıdır. Tat, herkes için farklı olduğundan (kedim, fareleri yemekten hoşlanmasına rağmen, ben hiç zevk almam) ve tad bir yere gitmeden yok olabileceğinden (balık bir gün boyunca lezzetlidir, sonradan yenildiğinde tadı kötüdür), fizik tadla ilgili hiçbir hesaplama yapamaz.

Buna karşılık, enerji ve impuls aynı kalır (ya da korunurlar). Hiçbir zaman yok olmadıklarından fiziğe çok yardımcı olurlar. Buna karşılık örneğin hız, hiçbir zaman korunmaz: 30km/h hızla giden bir bisikleti frenlediğimde, durur ve onun yerine başka bir şey 30km/h hızla hareket etmek zorunda kalmaz. Aynı bir balığın tazeliğinin kalmaması gibi, hız da kalmaz.

Enerji korunumu

Enerji korunumu yasası şöyledir:

“Evrenimizde, evrenin enerjisini değiştirecek hiçbir olay olmaz”

Ya da şöyle de denebilir:

“Evrenin tüm / toplam enerjisi sonsuza kadar aynı kalır”:

E (Evren) = sabit

Ama “sonsuz kadar”la sadece evrenin başlangıcı ve sonu arasındaki zaman dilimi kastedilir. Öncesi ya da sonrası için de böyle olduğunu bilemeyiz, çünkü hiç kimse Evrenin öncesi ve sonrasıyla ilgili kesin birşey bilemiyor.

İlerde, temelde kütlenin ve enerjinin aynı şey olduğunu göreceğiz. Bu bilindiği zaman, enerjinin korunumu yasası da şöyle betimlenebilir: “Evrenin yaratılışı tamamlanmıştır.” Eğer bu doğruysa, evrenin dışından içine, içinden de dışına herhangi bir enerji alışverişi yok demektir. Bu da, evrenin bir yerinde bir enerji artımı olduğunda başka bir yerinde aynı miktarda enerjinin azalmış olacağı sonucunu doğurur. Aynen, bir kovadan diğerine dışarıya saçmadan su aktarmak gibi: Boşalan kovadaki su azalırken, diğer kovadaki su aynı ölçüde artacaktır.

İmpuls korunumu

İmpuls korunum yasası şöyledir:

“Evrenimizde, evrenin impulsunu değiştirecek hiçbir olay olmaz”

Ya da şöyle de denebilir:

“Evrenin tüm / toplam impulsu sonsuza kadar aynı kalır”:

p (Evren) = sabit

Burada “(Evren)” , evrenin tüm / toplam impulsunu, evrende olan her şeyi, küçük karından milyonlarca yıldızlarla dolu en büyük galaksileri de içine alan her şeyi kapsar. Küçük karınlar, impulsun korunumu yasasıyla uyum içinde davranmazlarsa, bacaklarını bile kıpırdatamazlar (hareketli bir bacağın impulsu var ya!). Kocaman galaksiler, sonsuz boşluktaki büyük hızlardaki şaşırtıcı yolculuklarında impuls yasasını, karınların ayaklarını hareket ettirmeleri için gereken küçük bir miktarda bile bozmamalıdır. Binlerce yıldızdan birinin etrafında dönen sıcak bir gezegende bir karınca varsa, uzayda büyük hızlarda yolalan bu dev yıldızlar, karınca bacağını kaldırdığında bunu hesaba katmalıdırlar ve hareketlerini buna göre ayarlamalıdırlar. İmpuls yasası da evrenimizin dışarıya kapalı olduğunu söyler. Dışardan hiçbir şey evreni etkilemez.

Bu “evren” sözcüğü bağıntılarda hep bulunmalı, yoksa bağıntılar çok yanlış olur. Evrenin sadece bir parçası düşünülüğünde, örneğin havada bir oraya, bir buraya bir hızlı, bir yavaş uçan bir kuşun impulsu elbet ki sürekli olarak değişir.

Bu nedenle, impuls korunumu yasası, evrende hiçbir olayın olmadığı anlamına gelmez. İmpulsun toplam olarak sonunda aynı kalacağı tüm olaylara, bunların tümü gözönüne alınmak şartıyla izin vardır. Bisikletini hızlı ya da yavaş sürebilirsin, fizik asla bunu yasaklamak istemez. Fizik sadece bisikletini hızlandırıp impulsunu değiştirdiğinde, evrende başka bir şeyin de impulsunu değiştirmesi gerektiğini söyler. Ve hatta öyle ki, her iki değişim de birbirini tıpatıp dengeler ya da etkisiz hale getirir.

Güzelim Eski Zaman

Birkaç yüzyıl önce Galilei adındaki büyük bir fizikçi, aslında dünyanın, güneşin etrafında döndüğünü buldu. Yani görüldüğü gibi güneş, dünyanın etrafında dönmüyordu. Kilise bu düşünceye karşı çıktı ve ciddi olarak böyle bir şeyin İncil’e aykırı olduğunu söyledi. Çok aptalca bir söylemdi bu! Aslında kilise gereğinden büyük, güçlü ve hantal bir kuruma dönüşmüştü. Hantal kurumlar yeni düşüncelere karşıdır. Kilise daha yeni, birkaç yıl önce düşüncesini değiştirdi. Artık dünyanın dönmesi İncil’e de uygun.

O zamanlar Galilei’yi işkence odasına götürmüşler ve ona iyi donanımlı bir işkence odasında insana ne acımasız şeyler yapılabileceğini açıklamışlar ve ondan dünyanın dönmesiyle ilgili saçma söylemine son vermesini istemişlerdi. Tahmin edileceği gibi çok korkan zavallı Galilei, dünyanın dönme yasası konusunda bir daha konuşmamayı daha uygun buldu. Ama dünya yine de dönmeye devam etti ve bugün de hala dönüyor. Hem böylesi daha iyi; dünya dönmeyi bırakırsa, impuls yasası sarsılır sonra!

Bu öyküyü anlatmamın nedeni, eğlenceli küçük bir atlı karıncanın dönmesi gibi olan dünyanın dönme yasasının, sadece dünyayı ve güneşi değil, her şeyi, tüm evreni demir pençesinde tutan acımasız impuls yasasına göre ne kadar rahat (ya da insanı pek rahatsız etmeyecek bir buluş) olduğudur. İmpuls yasası ayrıca, evrenin kapalı olduğunu, dışardan hiç kimsenin hiçbir şeyi değiştiremeyeceğini bildirir. Zavallı Galilei impuls yasasını bulmuş olsaydı, papanın işkence odalarında, iğneler batırılması, dayak, vücudu germe ve dağlama gibi kimbilir ne tür işkencelere, acılara maruz kalacaktı!

Öykümüzün başlangıcını anımsıyor musun?

“ $v = l / t$ ”, bu çok kolay, her çocuk bilir bunu. Böyle basit bir şey fizik mi oluyor, diye kendimize sormuştuk. Şimdi ise iki daha basit bağıntımız var:

$$E \text{ (Evren)} = \text{sabit}, p \text{ (Evren)} = \text{sabit}$$

Büyük bir fizikçi olan Bay Dirac, bir keresinde eğer bir fizik kuramı bir zarfın üzerine sığmıyorsa, o kuramın doğru olmayacağını söylemişti. Bu söz çok hoşuma gidiyor.

Ama yukarda açıkladığımız gibi, sadece toplam impuls ve toplam enerji, evrende korunur. Ama enerji durmadan bir nesneden diğerine aktarılır, impuls da öyle! Tek bir madde için ‘korunum yasaları’ geçerli değildir. Enerji ve impulsun durmadan gidip gelmelerine rağmen sonuçta hiçbir şeyin kaybolmadığı bir mekanizma olmalı. Peki ama nasıl?

Kertenkeleler ve Sürekli Çalışan Makina

Küçük kertenkele güneş altında uzanmış yatıyor, impulsu yok; kıpırdamıyor ya!. Birdenbire korkuyor, sola doğru kaçmaya başlıyor. Ama bir dakika, öyle kolay kaçamaz ki, kaçmak için impulsu olması gerekirdi. Kendi başına öyle sola gidebilir mi, birisi onun hareketini dengelemeli, örneğin o birisi sağa doğru gitmeli. Yoksa evrenin impulsu korunamaz. Şimdi ne yapmalı?

Tesadüfen bisikletinle yanından geçiyorsun. Kertenkelenin sana şunu söylemesi yeterli olurdu: “Hey sen, bir dakika daha yavaş sür bisikletini, çok korktum ve kaçmak istiyorum da! Benim impulsumu dengeleyecek birisine ihtiyacım var.” Bu

söz, ‘evren impuls yasasını’ pek sevindirirdi herhalde, önemli olan $p(\text{evren}) = \text{sabit}$ olması ya. “Her şey yolunda” diye mırıldanırdı yasa! Ama görüyorsun ya, bir şey daha eksik, tabii ki böyle birşey olmaz. Peki küçük kertenkelenin sesini duymadıysan ne olurdu? O zaman dünya birbirine girer $P(\text{evren})$ değişirdi, tüm evrenin dengesi bozulurdu. Bütün bunların suçlusu da, kertenkelenin sesini duymadığın için sen olurdun.

Öyleyse impuls korunum yasasının kendini koruması için bir şeye gereksinmesi var. Birbirine seslenmek söz konusu olamaz. İmpulsun bir maddeden diğerine çok daha otomatik, kendiliğinden aktarılması gerekir.

Bunun için, bizim $\Delta p = F \cdot \Delta t$ ve $\Delta E = F \cdot \Delta l$ bağıntılarının işin içine girmesi gerekiyor. Bunlar, diğer bir deyişle korunum yasalarının kullanım kuralları. Kertenkelenin fırlayabilmek için önce ayaklarını yere vurup yerden kuvvet alması gerekir. Yani 50 metrelik koşuda senin yaptığın gibi. Uygun bir sürede koşmak istersen, yere ayakların için küçük start blokları çakman gerekir, böylece ayaklarını yere daha iyi çarpıp, kuvvet olarak daha kolay fırlayabilirsin. O kadar acelen yoksa, koşmaya başladığında, ayaklarının yere çarpmasıyla yerden, otomatik olarak, kuvvet olarak ilerlersin, o zaman start bloklarına gerek kalmaz.

Öyleyse dünya bir yandan kertenkelenin bacağına, ve dolayısıyla kertenkelenin vücuduna bir kuvvet uygular. Vücudu hız kazanır: $\Delta p = F \cdot \Delta t$.

Diğer yandan da kertenkele, dünyaya / yere bir kuvvet uygular, ayağını yere vurup fırladığı için! Böylece yer küresi de hız kazanır, ama zıt yöne doğru. Ancak burada korunan hız değil impulsdur: $m \cdot v$. Aksi halde, kertenkele 20km/h hızla

kaçarken, tüm dünya da 20km/h daha hızlı dönerdi. Kertenkelenin kazandığı $m \cdot v$ ve dünyanın kazandığı $m \cdot v$ birbirine eşit ve yönleri de zıt olmalıdır, böylece herşey yoluna girmiş olur. Ama dünyanın kütlesi, kertenkeleninkinden çok daha fazla olduğundan, hızı fark edilmeyecek kadar az değişir. Ama yine de değişir. İmpuls yasası öyle diyor.

Tüm bunlar kertenkele bacağının dünyaya uyguladığı kuvvet ve dünyanın da kertenkele bacağına ve dolayısıyla kertenkeleeye uyguladığı kuvvet birbirine eşit olduğu zaman işler. Böylece herşey uyumludur ve impuls da daima ve otomatik olarak korunmuş olur: Dünyaya uygulanan kuvvet ve kertenkeleeye uygulanan kuvvet ve bunların uygulanma süresi Δt aynı büyüklüktedir. Öyleyse kertenkelenin aldığı impuls ve dünyanın aldığı impuls birbirine eşittir. Her iki kuvvet birbirlerine zıt yönde olduklarından impulsları da, zıt yöndedir. Bu nedenle dünyanın toplam impulsu aynı kalır.

Kertenkelenin kuvvetine ve genel olarak herhangi başka bir kuvvete karşı zıt bir kuvvetin olması gerekliliği enerji korunumu yasasından da görülür. Bu yasa ancak, her kuvvetin zıt ve eşit büyüklükte bir karşıkuvveti varsa işleyebilir. Enerjinin nasıl kazanıldığını ya da aktarıldığını anımsayalım: F kuvveti l yolu boyunca etki ettiğinde değil mi? Eğer evrenin herhangi bir yerinde yapayalnız tek bir kuvvet olsaydı ve bu hareket etseydi, yoktan enerji üretirdi. Yoktan enerji üreten makinarya ‘Perpetuum Mobile’ (sonsuz kadar durmadan işleyen makina) denir. Enerji korunum yasasına göre, böyle bir makina olamaz. Kuvvet hareket ettirilmese bile, hatta kuvvet yere çimentolanmış bile olsa, tek başına kalamaz. Çünkü dünya, evrende akıl almaz bir hızla hareket etmektedir. Dünyanın herhangi bir yerinde tek başına bir kuvvet olsaydı, bu kuvvet dünyanın hareketinden dolayı durmadan enerji üretirdi. Hem de

ortaya çıkan enerji miktarı hiçbir yere aktarılmaksızın!

Böyle olamayacağını görüyoruz: Hiç bir zaman tek başına bir kuvvet olamaz. Bir kuvvetin olduğu yerde, bir karşıkuvvet de olması gerekir. Aynı büyüklükte olan ama zıtyönde konumlandırılan karşıkuvvet de kuvveti etkiler. Enerji korunum yasası ancak böyle işler: F kuvveti hareket ederken ve enerji “üretirken”, aynı miktarda enerji de karşıt kuvvet tarafından “ürettilip” (başka yere aktararak) ortadan kaldırılır.

İnsan bunu bir kez öğrendi mi, bir daha hiç şaşırtıcı bulmaz ve insan “tek başına olan bir kuvveti” artık düşünemez.. Ama bunu henüz bilmeyen birisi için durum hala çok şaşırtıcıdır ve böyle bir karşıkuvvet olabileceği aklına gelmez. Kuvvet ve karşıkuvvetin zıt yönde ve eşit büyüklükte olduklarını, ve bir kuvvetin Δt süresinde $\Delta p = F \cdot \Delta t$ impuls değişimine neden olacağını ilk kez Bay Newton ortaya çıkardığı için bunlara Newton Yasaları denir.

Isaac Newton

Bazen olur ya, birisine kızarsın, sonra da aptalca bir şey söylersin. Daha sonra bir gün özür dilersin ve konu kapanır gider. Ne de olsa öyle demek istememişsindir, bu sadece bir anlık öfkedir. Bay Newton sadece “Annemle babamı, evlerini de yakmakla tehdit ettim,” dememişti, aynı zamanda bunu kılını kıpırdatmadan da yazdı. Ayrıca öfkeden hiçbirşeyi görmeyen küçük bir çocuk olarak değil, bir yetişkin olarak! Demek ki sadece öfke değilmiş, biraz da böyle demek istemiş. Dostlar başına bir çocuk!

Burada bazıları Bay Newton’a arka çıkıp zor bir çocukluk geçirdiğini söylüyorlar. Bay Newton, daha dünyaya gelmeden

babası ölmüş, annesi tekrar evlenmiş, ve zavallı Newton büyükanne ve büyükbabasının yanında büyümek zorunda kalmıştı. 20.yüzyılın altmışlı ve yetmişli yıllarında şöyle dendiğini anımsıyorum: Birisi berbat bir şey yaptığında, hep geçirdiği mutsuz gençliği suçludur, yani suç başkalarındadır. Asla kendisinde değil. Bu gerekçeyle, bazı insanlar kendilerine o an ne uygunsa onu yapıyorlar , hatta bu en berbat bir davranış bile olsa, bu kendilerinin kabahati değil ki! Düşünceme göre, bu saçmalığın danişkası. Benim babam da babasını hiç tanımamış, annesi, yani babaannem de tekrar evlenmiş. Babam da dedesiyle ninesinin yanında büyümüş. Ayrıca bir de savaş zamanıydı. Ama babam annesine çok iyi davranırdı, onun evini yakmak şöyle dursun annesine bir de ev yaptırdı.

Aslında Newton sadece kendi anne babasına savaş açmamıştı, iş yerindeki üstleri dışında herkese karşıydı: Newton, daha önceki şefinin yerine profesör olmuştu. Daha önceki şefinden boşalan pozisyonun adı Lucas Kürsüsü Profesörlüğü idi. Bugünkü anlamda “Kurum içi görev ataması” gibi bir şey. Pek iyi görülmeyen bir atama, çünkü çokkez yaltakçılar ve yağcılar, şeflerinin çantalarını yıllarca işyerine taşıyarak bir orun (mevki) sahibi olurlar.

Newton yaşamı boyunca daha fazla güç kazanmak için yukardakilere eğildi, daha aşağıdakileri ise ezdi. Sonunda politik ilişkilerle, diğer insanları darağacına gönderme gücünü kendisine veren bir orun edindi. Newton, darphane yöneticisi olmuştu. Bir fizikçinin çıkabileceği kadar yükseğe çıktığından artık fizik onu ilgilendirmiyordu. İngilizce sözlüğümde şöyle yazıyor: “He became the terror of London counterfeiterers, sending a good number to the gallows and finding in them a socially acceptable target on which to vent the rage that continued to well up within him.” (Londra kalpazanlarının

korkulu rüyası oldu, çok sayıda insanı darağacına gönderdi ve kendi içindeki öfkeyi yönlendirebileceği, toplumun kabul ettiği bir hedef bulmuş oldu.- çev) Bay Newton’u, penceresinden bakıp, ağaçlarda sallanan insanları gördüğünde, pis pis sırtıp, ellerini ovuşturup zevk almış olduğunu tahmin edebilirsiniz.

Bari sapıklıklarını kendi bilim dünyasından ayrı tutabilseydi ya, ama ne gezer : O zamanlar, fizik, hesaplama yöntemleri geliştirilmeden ilerleyemeyecek bir noktaya dayanmıştı. İlerleme yapabilmek için, fiziğin bugün diferansiyel ve integral hesap olarak adlandırdığımız matematik dalına gereksinimi vardı. Tabii ki Newton da bunu anlamış ve diferansiyel hesap yöntemini geliştirmişti. Ama o tek değildi. Büyük matematikçi ve filozof Gottfried Wilhelm Leibniz de, Newton’dan bağımsız olarak ve Newton’un varlığından habersiz aynı konuyu geliştirmişti. Newton, diferansiyel hesap yöntemini Leibniz’den biraz daha önce bulmasına rağmen çalışmalarını oldukça geç bir tarihte, 1704’de yayımladı. Oysa Leibniz, Newton’un varlığından habersiz, diferansiyel hesap yöntemini 1684’de yayımlamıştı.

Temelde bir şeyi kimin önce bulduğu hiç önemli değildir. Akli başında bir insan Leibniz’e şöyle bir mektup yazmalıydı: “Saygıdeğer Bay Leibniz, integral hesap yönteminizden yeni bilgi edindim. Çok ilginçtir ki, ben de aynı konuda benzer şeyler düşünmüştüm. Sizin de aynı düşüncede olduğunuzu bilmek, beni sevindirdi. Size çalışmalarımı gönderiyorum, lütfen çalışmalarına atıf yapmayı unutmayın!...” Ama böyle yazacağını düşünen, ancak Newton’u pek iyi tanımayan biri olabilirdi.

Newton, Leibniz’in çalışmalarını duyunca sinirinden küplere bindi! Hışımıyla Leibniz’ a saldırdı ve yaşamı boyunca ona yapmadığını bırakmadı, hatta Leibniz öldükten sonra bile ona

karşı savaşını sürdürdü ve yazılar yazdı. Ve Leibniz'in, kendisinin çalışmalarını kopyaladığını ileri sürdü. Tabii ki sonradan bu iddianın yalan olduğu kanıtlandı.

Newton, yaptığıının ne kadar pis ve ahlaksız bir iş olduğunu bildiğinden kin ve nefret dolu mektuplarını asla kendi adıyla yollamadı. Ne de olsa çok güçlü bir konuma gelmişti, mesleki açıdan kendisiyle bağımlı çok sayıda fizikçi vardı. Onlar, Newton'un kin dolu mektuplarının altına kendi imzalarını atmak zorundaydılar. Bu nedenle de sanki tüm bilim adamları Leibniz'e karşymış gibi gözükyorlardı. Saf Leibniz ise bu konuda aracılık etmesi için o zamanların en büyük bilimsel derneğine başvurdu. En iyi araştırmacıların yer aldığı bu saygın derneğin adı "Royal Society" idi. Ama kötü bir şans eseri "Royal Society"nin başkanının adı ise Newton'du. Gerisini sen düşün artık.

Eski belgelerin incelenmesiyle, Leibniz ve Newton'dan bağımsız olarak o zamanlar diferansiyel hesap yöntemini bulan bir üçüncü kişinin de olduğu 1938 yılından beri biliniyor. Adı J. Gregory idi. Bence Leibniz gibi saldırılıp, aşağılanmaktan korktuğundan ortaya çıkıp bir şey demeye cesaret edemedi. Gregory ile ilgili tam bir bilgi edinemedim, sadece genç yaşında öldüğünü ve unutulduğunu öğrenebildim.

Newton'dan önce yaşamış Shakespeare bile şöyle demiştir: "Zeki çocuklar erken ölür." Ama bu sadece az sayıda zeki çocuk olduğu sürece geçerlidir. Ben de bu kitabı bu yüzden yazıyorum. Yeteri sayıda zeki çocuk olursa, zekilik tehlikeli bir şey olmaktan çıkar.

Başka bir olay da Newton'un bir astronomun ölçüm sonuçlarını elde etmek istemesidir. Ama astronom önce çalışmasını sonuçlandırmak ister. Newton, astronomi enstitüsünün başkanı

olmayı başarmış ve zavallı astronomun bulduklarını kolayca elinden almıştır. Kendini savunmaya çalışan zavallı astronomla da Newton aynı şekilde yaşamı boyunca savaşmış ve ona her fırsatta zarar vermiştir.

Newton gibi bir sahtekarın yaşamı boyunca neden hiç evlenmediğini tahmin edebilirsin. Kitapların yazdığına göre Newton hiçbir kadına el de sürmemiş. Zavallı enayi, domuz!

Normal olarak kimse bu konulara değinmez. Ama bence bunların bilinmesi gerekir. Ama Bay Newton'un tam olarak nasıl birisi olduğunu bilmenin önemi için değil, bu önemli değil. Sadece şu nedenle:

Fizikçilerin de denetlenmeleri gerekir

Doğa bilimleri ve fizik de günümüzde çok önemli şeyleri etkileyebilir. Örneğin fizikçiler atom bombası yapabilirler, biyologlar da genleri değiştirebilirler.

Bu konuda bazı kişiler, bilim adamlarının çok büyük bir sorumluluk taşıdıklarını söylüyorlar ve bu nedenle de onlardan özel bir sorumlulukla davranmalarını bekliyorlar.

Böyle bir beklenti hiç gerçekçi değil. Çünkü bilim adamları da diğer insanlardan daha iyi değildirler. Bilimin bir dalında çok başarılı olan bir insandan, son derece ahlaklı bir kişiliğinin olması da beklenemez. Bu iki konunun birbiriyle hiçbir ilişkisi olamaz. Newton, fiziğe büyük katkıda bulundu ve şimdiye kadar yaşamış en önemli fizikçilerden biridir. Ama toplumda bir insan olarak tam bir felaketti.

Diğer yandan, örnek bir insan olarak yaşayan, başkalarına yardım eden, ama fizikten habersiz insanlar da vardır. Bu hiç

kimseyi şaşırtmaz. Tüm insanları ilgilendiren kararlara tüm insanlar katılmalıdırlar, sadece teknik uzmanlar değil!

Newton Yasaları

Newton'un yaptığı ilginç ve o kadar da ilginç olmayan çalışmalar ve buluşlar arasında (simyayla da uğraşmış), $\Delta p = F \cdot \Delta t$ bağıntımız da vardır. Benim kişisel düşünceme göre, Newton'un bulduğu en önemli bağıntıdır bu!

Ama Newton, bu bağıntıyı değişik bir tarzda kullanmıştır: $v = l / t$ bağıntımızı bayağı kesirlerdeki kurallar yardımıyla nasıl $l = v \cdot t$ 'ye ya da

$t = l / v$ 'ye çevirdiysek, aynı şeyi $\Delta p = F \cdot \Delta t$ için de yapabiliriz:

$$F = \Delta p / \Delta t$$

Newton' un kullandığı bağıntı bu şekilde idi. “Bir maddeyi bir kuvvet etkilediğinde, her bir Δt zaman aralığı süresince Δp kadar bir impuls değişimi oluşur.” Yani bir ivme yaratır. Bu hiç de yeni bir şey değil, bunu daha önce de söylemiştik, sadece bağıntıyı bayağı kesirlerdeki kurallara göre tekrar yazdım.

Elbette, bu bilinen bir şey : Bir maddenin impulsu değişmezse, yani $\Delta p / \Delta t = 0$ ise kuvvet de $F = 0$ olur. “Bir maddenin impulsu değişmiyorsa, onu hiçbir kuvvet etkilemiyor demektir.” Bu şöyle yazılır:

1. Newton Yasası: $F = 0$ için $\Delta p / \Delta t = 0$ (veya tersi)

Bir kuvvet etkilediğinde impuls da değişir. Buna da

2. Newton Yasası: $F = \Delta p / \Delta t$

denir. Evrenin düzeninin bozulmaması için her bir kuvvete zıt, bir karşıkuvvet vardır diye önceden söylemiştik zaten. Newton'un yaşadığı zaman Barok idi. Erkekler, renkli kravatlar yerine pudralı peruklarla dolaşıyorlar ve Latince yazıyorlardı:

3. Newton Yasası: “actio = reactio” (Türkçesi: Kuvvet=Karşıkuvvet; veya: Etki=Tepki)

Einstein'ın görelilik kuramını burada gözardı edersek kütleler değişmez ya da hep sabittir. $\Delta p = \Delta (m \cdot v)$ yerine (m değişmediği için, Δ gerekmez!) daha basit olarak $\Delta p = m \cdot \Delta v$ yazabiliriz. Buradan da :

$$F = \Delta p / \Delta t = m \cdot \Delta v / \Delta t \text{ olur.}$$

Ama $\Delta v / \Delta t$ birim zamandaki hız değişimidir, yani daha yaygın söyleyişle a olarak kısaltılan “**ivme**”dir. Öyleyse bir maddeye etki eden kuvvet, onun m kütlelerinin a ivmesiyle (=hız değişimiyle) çarpımına eşittir

$$F = m \cdot a$$

Newton yasası çoğu kitapta böyle geçer.

Yanılı ve karışıklıkları önlemek için belki de bir kez daha

şuna açıklık getirmeliyim: Bu bağıntıdaki ‘eşitlik işareti’ bizim günlük yaşamımızda düşündüğümüz ‘eşitlikten’ başka birşey değildir. Bu nedenle, sağdan sola ya da soldan sağa doğru okunabilir. Bunun sonucu olarak “Bir kuvvet bir maddeyi etkilediğinde, bu kuvvet bir ivme oluşturur”, ya da “Bir ivmeyi gözlemlediğimde, maddeyi bir kuvvet etkilemiş demektir.” Eşitlik işaretinin yönü olmadığından, bu neden-sonuç ilişkisini düşünmek aslında o kadar da gerekli değildir. Bu eşitlik tam olarak: “Bir kuvvet bir ivmeyle birlikte ortaya çıkar” der.

1'den 3 yap

Hiç kuşkusuz, birinci Newton Yasası, ikinci Newton Yasasının sadece özel bir durumudur: İkinci yasada $F = 0$ ise, bu birinci yasa olur. Üçüncü yasa korunum yasalarının bir sonucudur, bu tek başına temel bir yasa oluşturmaz. Ayrıca bu yasa, ancak ‘görelilik kuramıyla’ ilgili bir durumla karşılaşmadığı sürece, bu basit haliyle geçerliliğini korur. Tam olarak şöyledir: “Her bir kuvvet için aynı zamanda bir karşıkuvvet vardır”. Burada ‘aynı zamanda’nın ne olduğu ise ancak görelilik kuramının konusudur..

Sonuç olarak aslında tek bir Newton yasası vardır, o da ikincisidir. Bugüne kadar üç yasadaki söz edilmesinin nedeni, ‘Kurum içi atamayla’ matematik profesörü olan Newton’un Royal Academy yardımıyla yaptığı propagandanın bir sonucu olsa gerekir.

Newton yasası:

$$\Delta p = F \cdot \Delta t$$

Mayer yasası :

$$\Delta E = F \cdot \Delta l$$

“Mayer Yasası” başka kitaplarda yer almaz. Ama benim için farketmez: Mayer için adalet!

Bu arada, Δ -yazımı Leibniz’den kaynaklanır ve bugün de geçerliliğini korur. Leibniz için adalet!

Çok yaşa Gregory!

Kuvvet Kapalı Devresi

Hiç bir hareket olmadığı sürece dünyadaki tüm kuvvetler hep kapalı devreler oluşturur. Böyle düşünüldüğünde “Newton Yasaları” daha iyi anlaşılır: Büyükçe spiral bir yayı duvara iyice tutturuyorsun ve öbür ucundan çekiyorsun. Elin yayı çekiyor, yay da elini, yani kuvvet ve karşı kuvvet. Ama dahası var: O sırada elinin çekme kuvveti sana, ayakların yardımıyla aynı büyüklükteki bir kuvveti yere uygulatır. Eğer kuvvetlice çekmek istersen tabanları ızgaralı spor ayakkabıları giymen gerekir, ayağında patenlerle yayı çekemezsin..Yayın diğer ucu da aynı şekilde duvara bir kuvvet uygular ve diğer yandan da duvardan yaya bir kuvvet uygulanır. Bu arada duvar da üzerinde durduğu yere (tabana) bir kuvvet uygular. Yer de duvara, aynı senin ayaklarının yaptığı gibi, ama dur : ‘zıt yönde’ bir kuvvet uygular. Görüyorsun: kendi içinde kapalı bir kuvvet ve karşıkuvvet devresi. Bunu artık istediğin kadar daha çok bileşenlerine ayırabilirsin: Kolun elini çekiyor, elin de kolunu. Omuzun kolunu çekiyor, kolun da omuzunu. Ve bu böyle devam edip gider..

Kuvvetler aynı anda ortadan kaldırılmazdan, böyle bir devre bir noktada kesildiğinde bir ivme ortaya çıkar. Sen farketmeden birisi gerilmiş yayı aniden keserse, yay duvara fırlar, sen de yere cumbalak düşersin! Cumbalak düşerken insan düşünemez,

bu nedenle başka bir örnek: Kırmızı Ferrari’ni kalın bir halatla duvara bağlayıp arabaya tam gaz veriyorsun. Tekerlekler delice dönüyor, etrafa duman ve koku yayılıyor. Kuvvetleri çizimle göstermek istersen, ortaya tekrar kapalı bir kuvvetler devresi çıkar. Sonra yardımcın halatı kesiyor. Halat, daha önce motor kuvvetine karşı bir kuvvet uygulamıştı. Artık bu karşıkuvvet yok, ama motor buna hiç aldırmadan fırlıyor. Karşı bir kuvvet olmadan! Böyle bir şey olamaz, hem de saniyenin ufacık bir anında bile asla olamaz. Ortaya hemen yeni bir karşıkuvvet çıkmalıdır. Nereden gelecek? Tek bir seçenek var: Atalet kuvveti. Bunu otobüse bindiğinde farkedersin, eğer ayaktaysan ve sıkı tutunmuyorsan düşersin. Otobüs öne doğru ivmelendiğinde , atalet kuvveti seni arkaya doğru iter, yani ters yöne doğru. Arkadaki bayana doğru sendellersin, önündekine doğru değil.*

Ferrari biryere bağlı değilse, F motor kuvveti, ‘ $\Delta p/\Delta t$ kadar bir impuls artımı yaratır’ demektense, ben daha uygun olarak şunu söyleyebilirim: “Diğer karşıkuvvetlerin yokluğunda Ferrari motor kuvveti yine de tek başına olmadığından, ortaya çıkan atalet kuvvetinin ve Ferrari’nin motor kuvvetinin

* Bazen eylemsizlik (=atalet kuvveti), “yalancı kuvvet” olarak tanımlanır ve şöyle betimlenir: “Bir madde ivme kazandığında, onu etkileyen kuvvet $F = m \cdot a$ ’dır, ama bunun dışında onu etkileyen başka hiç bir kuvvet yoktur. Eylemsizlik kuvveti sadece yalancı bir kuvvettir.” Değişik bir tanımlama şekli bu, ama bence hiç de güzel değil. Otobüslerdeki direklere tutunmaktansa, böyle bir direğe bir yay tutturup, bu yaya tutunabilirsin. Böylece etkileyen kuvvetleri daha kolay görürsün. Kuşkusuz otobüs yola çıktığında yay gerilecek: Otobüsün motor kuvveti, yayı ön tarafından çekecek. Pekiyi, yayın senin tutunduğun öbür ucunu çeken kuvvet hangi kuvvet? Bir yay ancak her iki ucundan çekilirse uzamaz mı? Eylemsizlik kuvvetinden başka ne olabilir ki? Yalancı kuvvet değil, çünkü yay gerçekten de uzar, yalandan değil. Bu böyle bence!

birbirlerini dengelemeleriyle Ferrari ivme kazanır.

Daha önce belirttiğimiz gibi her şey enerji korunumu yasasının uygulanmasından başka birşey değildir. Eğer Ferrari, kendi motor kuvvetinin yaratabileceğinden biraz daha fazla ivme kazanabilseydi yoktan enerji üretmiş olurdu ki bu da hala evrenin yaratılışının sürmekte olduğu anlamına gelirdi ve Ferrari de Tanrı olurdu. Bu ise, hiç işimize gelmezdi: Çok yaşa Newton!

Kütle nasıl ölçülür?

Hemen kütle nasıl ölçüldüğünü biraz anlatmalıyız. Daha ne olduğunu bile söylemeden bu kadar kütle üzerine konuşabilmek sadece bir sanat damarımın kabarması yüzünden.

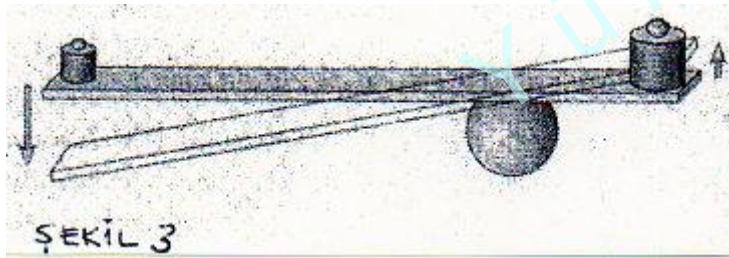
$F = m \cdot a$ bağıntımız var. Miktarı belirli bir kuvvetin, inceleyeceğim kütleyle etki etmesini sağlıyorum ve sonra da ivmeyi ölçüyorum. Böylece kütle belirlenmiş oldu. Kuvvet, örneğin bir füze motorundan da gelebilir, bir Ferrari motorundan da.

Ya da yerçekiminden! Bir maddeyi sıkı tutmayıp, elimden bırakınca bu nesne, dünyanın kütle çekim kuvveti nedeniyle yeryüzüne doğru ivme kazanır ve düşer. Eğer sıkı tutarsam, ona uygulamak zorunda kaldığım kuvvete o maddenin “ağırlık kuvveti” denir. Demek ki bir maddenin kütlelerini, onun ya ivmesini arttırarak ya da onu tartarak belirleyebilirim.

İmpuls ve enerji yasalarını ayrıntılarıyla betimledik, çünkü savıma göre, anlaşılması gereken herşey bunlardır, gerisi sadece uygulama örnekleridir ve bu sadece klasik mekanik için de değil.

Kaldıraç:

Kaldıracın sol kolu sağından dört kat daha uzunsa, ve sol koldaki kuvvet F ise, sağ koldaki kuvvet ne büyüklüktedir? Şimdi, kaldıracın sol kolu biraz aşağıya indiğinde, sağ kol da yukarıya çıkar. Ama sağ kol, öbürünün dörttebiri uzunluğunda olduğu için, yukarıya doğru olan yolun sadece dörtte biri kadar yükselir. Sol kol, sağ kolun yükseldiği miktardan, dört kat daha çok alçaldıysa, sol ve sağdaki enerji değişimleri birbirlerini dengelemek zorunda olduklarından, sağ kolu etkileyen kuvvet, soldakinden, dengeyi sağlamak için, dörtkat daha çok olmak zorundadır.



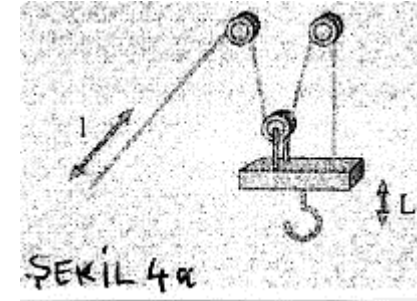
Palanga:

a
m
a
l
a
r

Üç ipli / makaralı bir palangayı gözönüne alalım. İpin serbest ucundan l uzunluğunda çektiğimde, çengel L uzunluğunda yükselir. Ölçüldüğünde ya da hesap yapıldığında $l = 3 \cdot L$ bulunur. Sadece geometri ya da sayı sayma işi.

Ama, palanganın her iki yanında, yükün asılı olduğu çengel yanında ve benim çektiğim yanda kuvvet çarpı yol eşit olmalı. Yoksa, yükün alabileceği kaldırma enerjisine oranla daha az ya da daha çok iş yapmalıydım. $l = 3 \cdot L$ olduğunda, benim tarafımdaki kuvvet çengeldeki kuvvetten üç kat daha küçük olmalıdır.

Öyleyse çok ağır bir yükü kaldırabilirim. Palanga, kaldıraç gibi bir kuvvet yükseltedir. Ama enerji yükseltici değil!



Dolaşan bilardo topları:

Şimdi sıra gençlik problemimi çözmeye geldi! Bilardo topları ve tren vagonlarında durum nedir, ne, nasıldır? Ama daha önceden söz verdiğim gibi, önce $E = 1/2 \cdot m \cdot v^2$ bağıntısının nasıl çıkarıldığına, şimdi yeri geldiği için, bir bakalım.

Yine de bu, oldukça çetrefilli, zor! Eğer canın böyle bağıntılarla uğraşmak istemiyorsa, bu hesaplama bölümünü atlayabilirsin. Bu ne bir şeye zarar verir, ne de sen bir şey yitirirsin. Rowohlt Yayınevindeki arkadaşlarıma, bir sonraki sayfayı çalışan okurlara ödül olarak, bedava basmalarını rica edeceğim.

Hesaplama burada başlıyor:

Amacımız bir maddenin hareket enerjisini, ‘kuvvet ve yolu’ kullanmak yerine, ‘maddenin hızını’ kullanarak belirleyebilmek. Düşüncelerimizi toparlamak için önce bir örnek verelim: Bir araba durduğu yerden motorun verdiği F kuvvetiyle ivme kazanarak kalkıyor ve ‘ v ’ hızına ulaşıyor. Bunun için belirli bir t süresine gereksinimi olan araba, bu sürede l yolunu alıyor.

Bir maddenin ne kadar enerji kazanacağını hesaplamamıza yarayan bağıntımız: $\Delta E = F \cdot \Delta l$ idi.

Durum çok basit olduğundan Δ işaretini bir kenara bırakabiliriz. Örneğimizde belirttiğimiz gibi motorun arabaya ilettiği ΔE enerji değişimi, basbayağı hareket enerjisidir. Δl bu arada alınan yoldur, buna da burada sadece l diyebiliriz.

Öyleyse elimizde $E = F \cdot l$ bağıntısı var. Şimdi sorun, F kuvvetini ve alınan l yolunu kazanılan hız cinsinden yazabilmektir. Bunu yapabildiğimizde hareket enerjisini, ‘hızı’ kullanarak betimlemiş oluruz.

1) İlk sorun: Denemenin sonunda araba v hızına erişiyor. Ama hızlanma, ivmelenme sırasında arabanın hızı da durmadan değişiyor. Bu yüzden entegralsiz^(*) hesaplayamayız. Peki onun

^(*) Entegral : Matematikte kullanılan bir hesaplama yöntemi. Kitabın son

yerine ortalama bir hız gibi birşey kullanamaz mıyım?

Bir araba önce yarım saat boyunca 40 km/h hızla giderse, sonraki yarım saatte de 60km/h hızla yol alırsa, ortalama hızı ne olur? Yanıt : 50km/h. (Toplam olarak: $0,5 \cdot 40 \text{ km} + 0,5 \cdot 60 \text{ km} = 20 \text{ km} + 30 \text{ km} = 50 \text{ km}$ yol alır. Öyleyse bir saatte 50km/h olur) pekiyi önce 30km/h hızla giderse, sonra da aynı süre boyunca 70km/h hızla giderse ne olur? Yanıt: yine 50km/h.

Dururken birden harekete geçse ve 100km/h’lik hıza ulaşana kadar aynı oranda ivme kazanırsa ne olur? Ortalama olarak yine 50km/h olur. Dururken birden harekete geçse ve v hızına ulaşana kadar aynı oranda ivme kazansa ne olur? Ortalama olarak $v/2$ hızıyla gitmiş olur.

2a) $E = F \cdot l$ bağıntımızdaki F kuvveti ne kadardır ? Bu kuvvet, v hızı cinsinden betimlenebilir mi? Newton yasasından $F = m \cdot \Delta v / \Delta t$ olduğunu biliyoruz. Bu basit durumda Δ ’yı yine bir kenara bırakabiliriz: Ne de olsa Δv , 0’dan v hızına çıkan hız değişimiyle aynı anlama gelir. Öyleyse $\Delta v = v$ dir. Δt de sadece gerekli olan t zamanıdır. Öyleyse $F = m \cdot v / t$

2b) Şimdi $E = F \cdot l$ ’deki l ’yi v cinsinden betimlemeliyiz. “Zamanla hızın çarpımının yol” olduğunu biliyoruz. Ama, hız ile kuşkusuz son hız demek istenmediğinden biraz dikkatli olmamız gerekir.

Bu hız ancak yolun sonunda arabanın erişeceği hızdır. O ana

kadar araba, hep v 'den daha az bir hızla gidecektir. Ne kadar yavaş? Bunu yukardaki 1) bölümde hesaplamıştk. Ortalama olarak $v/2$ hızla gider. Öyleyse yol: $l = \frac{1}{2} \cdot v \cdot t$ ' dir.

3) Yukardaki F ve l ' in bulduğumuz karşılıklarını, bağıntımıza yerleştirirsek:

$$E = F \cdot l = (m \cdot v / t) \cdot (\frac{1}{2} \cdot v \cdot t) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \text{ bulunur.}$$

Burada hesaplama sona eriyor./

Lütfen altı ay sonra tekrar kontrole gel, sol arkadaki dış
bir sorun yaratabilir. 

'Hareket enerjisinin' ve 'impulsun', hıza bağımlılığının farklı olması, kinematikte önemli bir yer tutar. Örneğin bir madde çarpışıp hızı yarıya indiğinde, impulsu da yarıya iner ($m \cdot v \rightarrow m \cdot \frac{1}{2} v$), ama hareket enerjisi dörttebire iner : ($\frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow \frac{1}{2} m \cdot (\frac{1}{2} v)^2 = \frac{1}{4} \cdot (\frac{1}{2} m \cdot v^2)$), çünkü $1/2$ 'nin karesi $1/4$ 'tür.

Olaya biraz daha dikkatli bakalım: Bilardo topları çok sert olduklarından şekilleri bozulmadan birbirleriyle çarpışırlar. Bir bilardo topu diğerine hızla çarptığında, çarpışma sırasında hareket enerjisini pek yitirmez. Duran bilardo topuna hızla çarpan öbür bilardo topunun impuls ve enerjisi önce $p = m \cdot v$ ve $E = \frac{1}{2} m v^2$ iken, çarpışmadan sonra $p = 0$ ve $E = 0$ olur. Çarpılan topun ise önce hiç impulsu ve hareket enerjisi yokken, hemen sonra $p = m v$ ve $E = \frac{1}{2} m v^2$ olur.

Ama tren vagonlarında durum farklıdır: Vagonların ön ve arkalarındaki tamponlarında, sert çarpışmalardaki kuvvetleri soğuran sağlam yaylar bulunur. Bunlar hareket enerjisini ısı enerjisine dönüştürmek için özel olarak tasarlanmışlardır.

Önce gelen vagon için: $p = m \cdot v$ ve $E = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ iken diğerinin impulsu da hareket enerjisi de yoktur. Öyleyse ikisi beraber başlangıçtaki $\frac{1}{2} m \cdot v^2$ hareket enerjisinin sadece yarısına sahiptirler.

Çarpışmadan sonra ikisi birden :

$p = (m \cdot \frac{1}{2} v + m \cdot \frac{1}{2} v) = m \cdot v$, yani impulsu aynı önceden olduğu kadardır, ve

$E = (\frac{1}{2} m \cdot \frac{1}{4} v^2 + \frac{1}{2} m \cdot \frac{1}{4} v^2) = \frac{1}{2} \cdot (\frac{1}{2} m \cdot v^2)$. Hareket enerjisi-nin diğer yarısı ise tamponlarda ısı enerjisine dönüşmüştür (bisiklet freninde de bu böyledir).

Tamponların gereken enerji miktarını bu kadar incelikli olarak soğurması nasıl gerçekleşiyor? Tren vagonları birbirlerine çarptıklarında kenetlenirler, bu nedenledir ki birlikte aynı hızla ilerlerler. Birbirlerine kenetlendikten sonra önce bir süre bir ileri bir geri gidip gelirler ve hareket enerjilerini bir miktar soğurana kadar birbirlerinin tamponlarına çarparlar, ancak ondan sonra bir ileri bir geri gitmeyi bırakıp uysalca ileri doğru hareket ederler. Vagonların tamponları olmasaydı bile, bunlar kuşkusuz kenetlenerek yine aynı hızda birlikte ilerleyeceklerdi ama vagonlar epey hurdaya dönüşmüş olurlardı.

Okul yıllarımda bazen bu kadar geç dünyaya geldiğim için üzülüyordum. Çünkü ben de, beni çok sevindirecek bir buluş yapmak isterdim. Amerikayı bulmak gibi büyük bir keşif değil, küçücük bir şey bile bulmam bana yeterdi.

Tersyüz Olmuş Uçak

Ama, bugün görünüşe göre bütün basit keşifler çoktan yapılmış. Yeni ve ilginç bir şey bulmak isteyen birisinin en azından beş yıl, en iyisi Amerika'da okumuş olması gerektiğini, kesinlikle

büyük bir bilgisayara ve pahalı bir laboratuara ihtiyacı olduğunu düşünüyordum. Ne de olsa keşfedilecek sadece karmaşık şeyler kalmıştı. Yazık, fizik derslerinde öğrendiğim bağıntıları, seve seve yepyeni bir düşünce ve buluş için uygulayabilmeyi ne kadar da isterdim.

Bu çok yanlış bir düşünceydi. Şimdiye kadar bu kitapta gözden geçirdiğimiz eski, basit bağıntılarla bile yeterince ilginç şeyler ortaya çıkarılabilir. Bir örnek: Yel değirmenleri yüzyıllarca önce bulundu ve o zamandan beri sadece kullanılan malzemeler ve yapım teknikleri geliştirildi; yel değirmeninin çalışma kuramı ise hiç değişmedi. Daha iyisi yapılabilir miydi?

Bir yel değirmeni nasıl çalışır?

Görünüşe göre yel değirmeni havadan hareket enerjisi alır: Hava, v_1 hızıyla yel değirmeninin kanatlarına çarparak bunları iter ve frenlenerek v_2 hızına düşer. Hareket enerjisinin bir kısmı böylece rüzgar fırladığına aktarılır.

Burada hava akımının genişlemesi gerekir. Durum bir otoyol onarım yerine benzer: Otoyol, onarım çalışmaları nedeniyle, üç şeritten bir şerite indirildiğinde, hemen trafik sıkışmaya başlar. Üç şerit, zaten 100km/h hızla giden arabalarla doluyorsa, bunlar aynı hızla üçlü arabalar halinde tek şeritte nasıl ilerleyebilirler ki? Hiç böyle şey olur mu? Onarım yeri şantiyesinden hemen önce arabalar 30km/h kadar bir hızla yavaş yavaş üç şeritte ilerlerler. Şantiyeye geldiklerinde ise tek şeritte 100km/h hızla giderler.

Aynısını, bir ırmakta da görebilirsin. Dar bir yerde su daha hızlı akar. Yel değirmenlerinde de durum benzerdir. Hava akımı, frenlendiğinden aynı zamanda genişler. Yel değirmeni hava akımını frenler ve böylece akımın yayılmasını sağlar ki bu da yel değirmeninin nasıl çalıştığını bize gösterir.

Yel değirmeninin kanatlarını büyütmeden, ondan nasıl daha fazla enerji elde edebilirim? Ya çarkın (rüzgar fırladığının) önüne hava akımını hızlandıran bir vantilatör yerleştirmeliyim ve böylelikle hava akımı ivmelenip çarkı daha büyük bir kuvvetle itip daha fazla elektrik üretsinsin; ya da çarkın arkasına havayı elektrik süpürgesi gibi emen bir vantilatör yerleştirmeliyim. Aslında bir vantilatör ya da bir elektrikli süpürge kullanmam pek akıllıca olmaz. Çünkü bunlar, çarkın üreteceği enerjiyi hemen kullanırlar. Peki havayı vantilatörsüz de hızlandırabilir ya da ivmelendirebilir miyim?

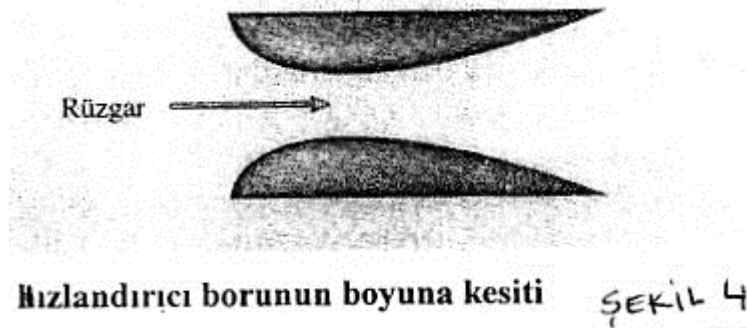
Hava hızlandırıcısı (ivmelendiricisi)

Yine yol onarım yerindeki kuramı uygulamalıyız: Dar bir boğaza giren hava akımı hızlanır. Şaşılacak birşey! Enerji ve impuls korunum yasalarına aykırı değil mi bu? Boğazı geçtikten sonraki havanın hızıyla, boğaza girmeden önceki hızı aynıdır, yani hareket enerjisi aynıdır. Havanın boğazdaki hızı daha çok, yani boğazdaki hareket enerjisi daha fazladır. Peki bu enerji nereden geliyor ?

Basınçtan. Örneğin bir bisiklet pompasıyla hava bastığında, iş yapmış olursun. Basınçlı havanın tıpkı sıkıştırılmış bir yay gibi daha çok enerjisi vardır. Hava, dar bir boğazdan geçerken, basınç enerjisi, yani basıncı azalır. Aynı oranda da hareket enerjisi artar (daha iyi anlamak istersen: Bernoulli bağıntısına bak).

Bunu kendin de deneyebilirsin. Mukavvadan içe doğru daralan bir «boru» yapabilirsin. Tıpatıp yuvarlak bir boru olması gerekmediğinden tırnak işaretlerinin içine aldım. Böyle bir boru yapmak çok zor olduğundan, enine kesiti dörtlü ya da altılı olan bir boru da aynı işi görür. Yapıştırıldığında uygun bir boru olması için kartonun nasıl kesilmesi gerektiği üzerine insanın kafasını biraz çalıştırması gerekir. Ama önce profilini

belirlersen, gerisi bir cetvel ve gönyeyle öyle pek hesap yapmadan da olur.



Şekil:
Hava
hızland
ırıcı
borunu
n
boyuna
kesiti)

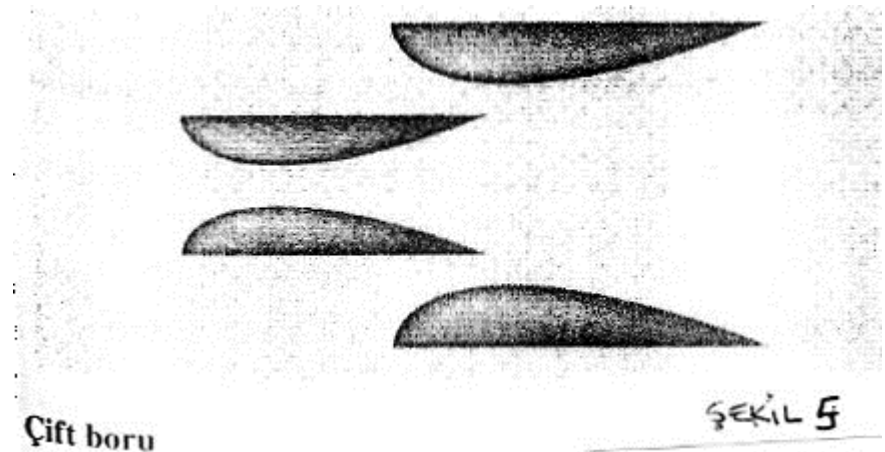
Boruyu bir vantilatörün önüne yerleştirip borunun içindeki ve dışındaki rüzgar hızını ölçüyorsun. (Dwyer Firması'nın rüzgar hızını ölçmeye yarayan bir aygıtı vardır. Aygıt, ucunun hızı ölçülecek hava akımına tutulduğu plastik bir borudan oluşur. Plastik borunun ucunu, borunun içine açılan küçük bir delikten sokuverdiğinde, borunun içindeki rüzgar hızını ölçmüş olursun.)

Rüzgar hızını kendi deneme aygıtımla iki katın üstüne

çıkarmayı başardım. Havanın hızı istenildiği kadar arttırılamaz. İvmelenmeyi arttırmak için boru çok daraltıldığında, kısa bir süre sonra, rüzgar hızı için bir sınır değere ulaşılır ki büyük bir olasılıkla türbülans oluşur. Bu düzeneğin işlemesi borunun profiline çok bağlıdır; bu aerodinamik bir profil olmalıdır, yoksa aygıt çalışmaz.

Borunun en dar yerinde, havanın hızı en çok ve bu nedenle de basıncı en azdır.

Şimdi borunun geniş ağızlı arka ucuna, daha geniş ağızlı ikinci bir boru yerleştirelim. Aynı şekilde gibi. Birinci borunun arka ucu, ikincisinin alçak basınç bölgesindedir. İkinci boru, birinciden hava emer. Birinci borudaki havanın hızı bir kez daha artar.



Peki birinci borunun içine tam en dar yerinde bir rüzgar fırılacağı (çarkı) yerleştirirsek ne olur acaba? Daha önceki gibi, arkadaki borunun, öndekinden hava emeceğini ve rüzgar fırılmasının hava akımını çoğaltacağını düşünebiliriz değil mi? Bu konumdaki bir rüzgar fırılğinde, rüzgar enerjisini, çarkın kendisinden çok daha büyük bir alandan sağlama olanağı doğar.

Elbette, çarkın ardındaki havanın hemen yayılmasını sağlamalıyız, yani boru içinin biçimini değiştirmeliyiz. Bundan başka, çıkış ağzının enine kesiti giriştekenden daha büyük olmalıdır. Çünkü dışarıya çıkan hava frenlendiğinden, karşımıza yine yol onarım yerindeki kuram çıkar. **Pervaneli çift boru** şekline bak.

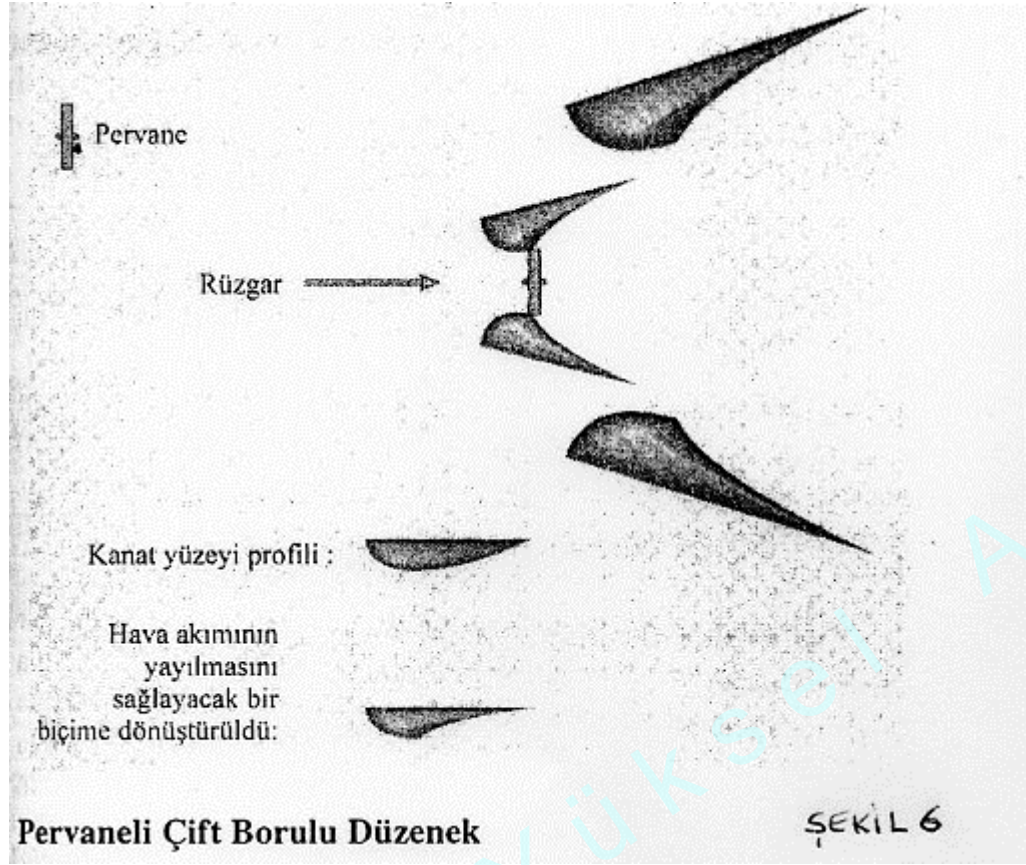
Bunun böyle çalışıp çalışmadığını henüz denemedim. Bunun için hem zamanım yok ve hem de elişinde pek yetenekli biri değilim. Bu nedenle böyle bir düzeneğin işleyeceğini insan denemeden bilemez, ama bu, yeni düşüncelerde hep böyledir.

Buradaki şekil sadece çalışma yöntemini açıklamak içindir. Gerçek bir sistemde yapım giderlerini azaltmak için düzeneğin biraz basitleştirilmesi gerekebilir. Bir dizi kısa borunun ardarda konduğu ve bunların istenildiği kadar genişletilebildiği bir düzenek düşünülebilir.

Düzenemiz kompakt (her parçası birarada) olduğundan ve dalgaların sallamasıdan da etkilemeyeceğinden, onu bir platform üzerinde bir geminin güvertesine yerleştirebilir ve gemiyi kıyıda çok uzakta açık denizde demirleyebiliriz. Böylelikle hem sert rüzgar işimize yarar ve hem de çevre görünümünü bozmayız. Rüzgar fırılğı su geçirmiyorsa, platform battığında bile düzeneğimiz su akıntılarıyla da çalışır.

Hareket enerjisi için bağıntımız $\frac{1}{2} m v^2$ dir. Bir metreküp suyun, havayla karşılaştırıldığında ne kadar enerjisi olduğunu

bulmaya çalışalım. Bir yandan suyun bin kat daha büyük bir kütlesi vardır. Diğer yandan, tipik bir deniz akıntısının hızı $v = 3 \text{ k m / s}$ iken, havanın hızı 15 km/h , yani suyunkinden 5 kat daha çoktur. Öyleyse su için v^2 nin değeri havaya göre 25 kere daha küçüktür. Belirli bir hacimdeki ve hareket halindeki suyun enerjisi aynı hacimdeki 5 kat daha hızla esen havanınkinden göre $1000/25 = 40$ kat daha fazla olur. Şimdi suyun düzeneğimizden akması için, 5 kat daha fazla süreye gerksinimi vardır. Yani belirli bir sürede sudan, aynı boyutlarda ve havayla çalışan bir yel değirmenine göre $40/5 = 8$ kat daha fazla enerji elde edebiliriz. 8 kat büyüklükteki havayla çalışan bir yel değirmeni aynı sonucu verir.



Düzenegimiz böyle işlerse gerçekten çok heyecan verici olur. O zaman belki de petrole gereksinim olmayacağından petrol yüzünden savaşlar da çıkmaz değil mi?

Eğer bu konuda aklına akıllıca bir şey gelirse ya da örneğin

böyle şeyleri hesaplayabilen bir bilgisayar programı olan birisini tanırıyorsan, lütfen bana yaz, bu beni epey sevindirir.

Böyle bir düzeneğin işleyeceğine ve çok uygun olacağına şu nedenle inanıyorum: Alışılmış bir yel değirmeni helikopterin tersi gibi işler. Helikopter havayı ivmelendirir, rüzgar motoru ise aynı yöntemle havayı frenler. Bu bakış açısından bizim modern yel değirmenimizin tersine dönmüş pervaneli bir uçaktan hiçbir farkı yoktur. Uçaklar, helikopterlerden çok daha hesaplıdır. Benzer olarak bizim düzeneğimiz de alışlagelen bir yel değirmeninden daha hesaplı olmalıdır.

Zarif Olmalı

p (evren) = sabit ve E (evren) = sabit yazdığımda, bu temelde sadece bir savdır. Çünkü deneysel olarak sınınamaz, hiç kimse koskoca evreni bir laboratuvara sokamıyacağından! Evrenin sadece bazı bölümleri bir laboratuvara sokulabilir. Örneğin iki tane bilardo topu. Ya da iki, on ya da bir milyar kez bir milyar gaz atomu. Evrenin bu kadar küçük bir bölümünü, evrenin geri kalanından ayırarak laboratuvara kapatabiliriz.

Evrenin bu kapalı bölümünde, gerçekten de hiç bir ölçülebilir bir impuls ya da enerji değişimi olmaz. Ama bilardo topları ya da gaz atomları kuşkusuz kendi başlarına kapalı bir sistem oluşturduklarını bilemezler, onların anlama yeteneği yoktur. Bu yüzden de bir yere kapatılmadıkları zaman farklı davranacaklarını bekleyemeyiz. Buradan, evrendeki tüm impuls ve enerjinin de korunduğu sonucunu çıkarabiliriz.

Ayrıca tüm fizik, impuls ve enerji korunumu üzerine kurulmuştur. Bu korunum yasaları yanlış olsaydı, bu yanlış öngörmelerden bir yerde bir yanlış ortaya çıkmalıydı. Ama

şimdiye kadar böyle bir şey hiç olmadı.

Evrenin derinlikleri teleskopla da gözlenebilir ve yıldızların hareketi ve bazen de birbirlerinin çevresinde dönmeleri ölçülebilir. Orada korunum yasaları geçerli olmasaydı, bu şimdiye kadar farkedilirdi.

Bu söylem ve savların senin için inandırıcı olup olmaması en sonunda sana kalmış bir iştir. Eğer bir deneyde korunum yasalarından birinin sakatlandığını sadece bir kez bile olsun göstermeyi başarabilirsen, kesinlikle Nobel Ödülü seni beklemektedir. Ama sana böyle bir deneye kalkışmamamı öğütlerim. Bu, senin için zaman yitirmek demektir. Bunun böyle olması korunum yasalarının matematiksel olarak kanıtlanabilir olmasından değil, sadece bu yasaların güzel olmasındandır. Bunlar olağanüstü basit ve olağanüstü geneldir. Aşırı derecede zariftirler. İşte belirleyici gerekçe budur. Belki de, bu benim tümüyle kişisel düşüncemdir, beki de bu yasaların, en son ve tamamlanmış, inandırıcılığı olan bir zarafetleri eksik olabilir, ama ne olursa olsun onlardan vazgeçmemiz durumunda elimize geçecek her şeyle karşılaştırıldığında bu yasalar çok daha zariftirler.

Kadınlar fizikten ne anlar !

Enerji ve impulsun korunumu, yukarıdakilerden başka, çok basit öngörmelerden bile çıkarılabilir. Öyleyse, bu yasaların neden geçerli olmaları gerektiğini söyleyelim. Bunu 1918'de Emmi Noether buldu.

Bu da yine ilginç bir öykü. Emmi Noether öncelikle bir kadın, dahası bir yahudi olduğundan çok zorluklarla karşılaştı. Önce kadın olduğu için üniversitede çalışmasına izin verilmedi.

100 yıl önce bir kadını fizikten dışlamak çok kolaydı. Ardiye olarak kullanılan küçücük bir odada ücretsiz çalışabildiği için bile şükretmeliydi. Bu koşullara rağmen, tüm üniversitedeki en yetenekli insanlardan biri olduğu kesindi.

Ve 1933'ten itibaren ise hiçbir şey yapamadı, çünkü Almanya tarihinin en aptal diktatörleri seçimle işbaşına geçmişlerdi. Çok aptal olmalarına rağmen değil, gerçekten de aptal olduklarından seçilmişlerdi, ilkelikleri herkesce biliniyordu. Emmi Noether'in Almanya'dan ayrılması gerekiyordu, çünkü Naziler ona önce yahudi olduğu için işkence ederler, sonunda da öldürürlerdi.

Emmi Noether'in yahudi olduğu için kovuşturulmasının suçlusu, esas olarak o zamanki hükümetti. Ama ona kadın olduğu için kötü davranmalarının tüm sorumlusu üniversitedir. Yönetmeliklere aykırı da olsa, isteselerdi üniversitede Emmi Noether için kesinlikle bir işyeri bulurlardı. Her üniversitede her zaman sadece birilerinin arkadaşları olduğu için yer bulan insanlar vardır. Bu da yönetmeliklere aykırıdır, ama herkesin de bildiği gibi buyol kullanılır. Bunun yerine, daha az yetenekli fizikçiler biraraya gelerek, kendilerinden daha yetenekli olan birisini – kadınların fizikten bir şey anlamayacağı savının arkasına sığınarak, onları üniversiteden uzak tutmayı sağladıkları görülmektedir.

Bu, birazcık Bay Mayer'in öyküsünü anımsatıyor. Bay Mayer enerji yasasını bulduğundan ve Emmi Noether de onu betimlediğinden değil bu sadece!

Bu arada, ben de Emmi Noether'in okuduğu üniversitede okudum, kuşkusuz çok yıllar sonra! Benim tüm öğrenimim sırasında Emmi Noether'in adını sadece bir profesör andı, o da, Bay Huber'di. Rastlantı sonucu onunla karşılaşmamış

olsaydım, Emmi Noether'le aynı üniversitede okumuş olmama rağmen onunla ilgili hiçbir şey öğrenmeden öğrenimimi bitirmiş olacaktım.

Emmi Noether, impuls ve enerji korunumunun, zaman ve uzayın (mekanın) özelliklerine dayandığını buldu. Uzay hiç bir yerde olağandışı değilse, uzayın hiçbir yeri olağandışı özellikler göstermiyorsa, impuls korunum yasası geçerlidir. Yaptığım bir deney, ya da kullandığım bir makine, bunların nerede olduğuyla bağımlı değildir. Elbette ki Sibiry'a'da arabamın motorunun çalışmayıp, Sahra'da çalışacağı açıktır. Ama bu, bulunan yere değil, sıcaklığa bağlı bir şeydir. Arabamı Sibiry'a'da içi ısıtılmış bir garaja koyduğumda çalışır.

Aynı şekilde enerjinin korunumu da, zamanın bütün noktalarının aynı olmasına dayanır. Özel (olağan dışı) bir zaman yoktur.

Enerji ve impuls gerçekten korunur mu?

İlk bakışta durum tam karşıtı gibi gözüktüğünden, enerji ve impuls korunumu önceden bilinmiyordu. Günümüz dünyasında aslında impuls ve enerji hiç de korunuyormuş gibi gözüküyor. Pedala hiç basmazsan, bisikletin gittikçe yavaşlar, sonra da durur. Saatini kurmadığında durur. Çalışmayan bir topa durur ve devrilir. Atılan bir top bir süre sonra yere düşer, çayırdaki yuvarlanıp yavaşlar ve durur. Herhangibir şekilde bir hız ve böylece bir impuls kazanmış olan her şey, hızını ve impulsunu yavaş yavaş yitirir. Hareket eden, böylece de bir hareket enerjisi olan her şey bunu yavaş yavaş yitirir.

Buraya kadar doğru gözlem yaptık: herhangibir cismin, impuls ya da enerji kazanması gibi, bunları yitirmesi de

olağandır. Ancak burada herhangibir cismin yitirdiği impuls ve enerji gerçekten yitirilmemiş, bunlar sadece taşıyıcılarını değiştirmişlerdir. Enerji ve impuls korunumu yasaları tek bir madde için değil, tüm dünya için geçerlidirler.

Korunum yasalarının doğruluğu ancak, sadece yuvarlanan bir topa bakmak gibi tek bir nesne yerine, bu nesneyle ilişkisi olan dünyanın tüm parçaları göz önüne alındığında görülür.

Bir çocuk, topu fırlatırken kolundaki kuvveti kullanır.. Bu kuvvet, çocuk topu fırlatmak için kolunu geriye doğru ne kadar çok açıp gerebildiyse okadar uzun bir l yolu boyunca etkili olur. Tanımımıza göre çocuk topu atarken $F \cdot l$ işini yapmış olur. İş artık, topta enerjiye, yani hareket enerjisine dönüşmüştür.

Top daha havada uçarken, enerjisini yitirmeye başlar. Çıplak gözle tam izlenemese de biraz yavaşlar. Top havada ilerlerken havayı itip, aralayabilmek için iş yaptığından enerjisini yitirir (aynı bisiklet sürerken hava direnci gibi). Ama topun böylece yitirdiği enerji, gerçekten yokolmaz, topun iteleyip araladığı havaya aktarılmış olur.

Sonra top çayıra düşer, yuvarlanır ve durur. Bu nasıl oldu, enerji nereye gitti? Top enerjisini çimene aktardı. Her bir otun boynunu eğmesi için iş yapılmış olması, yani ota enerji aktarılmış olması gerekir. Biz, çok büyük ve güçlü olduğumuzdan, otun bükülürken nasıl olup da bir iş yaptığını pek farketmeyiz. Ama bir ottan diğerine geçmeye çabalayan küçük bir böceğe "otu bükmenin" zor olup olmadığını bir sor bakalım ne yanıt verecek ? Böyle bir soruyu böcek yanıtlamak istemezse, bir bak bakalım, böcek nasıl da zorlanıyor değil mi?. Bizim ölçөгimize göre çok küçük bir iş de olsa, otu eğmek yine de bir iştir. Ama topun üstünde yuvarlandığı bir sürü ot

olduğundan, bunların hepbirlikte yaptıkları işler toplandığında sonuç hiç de azımsanamaz. Sonunda top durur, o tüm hareket enerjisini havaya ve çimene vermiştir artık!

İmpulsda da benzeri olur, kertenkele örneğinde olduğu gibi, topun da impulsunu alan yeryüzüdür. İşin doğrusu da zaten budur. Bir top fırlatıldığında, ona zaten impulsu veren yeryüzüdür. Sen iste ya da isteme, topu atarken, aynı koşarken ki gibi, yeri ayağınla iteleyip kuvvet alırsın. Topu atmak için yerin sana ödünç verdiği impulsu, sonra top havada uçup, yerde yuvarlanırken yeryüzü yine geri almıştır.

1 + 1 = 2: Bir masal

5 + 5 = 10 eder, çok kolay, bunu herkes bilir! Görüyor musun, böyleyiz işte biz: Bir şeyi bildiğimizde ve ona alıştığımızda, gerçekte çok zor da olsa o bize çok kolaymış gibi gelir. Ama henüz bilmediğimiz bir şey çok kolay da olsa, bize zor gelir. 1 + 1 = 2 ve 5 + 5 = 10 korkunç zor şeylerdir.

Şu basit ,bir kere biri', toplama ve çıkarma yapmayı ne kadar zorlanarak öğrendiğini anımsıyor musun? Çok zor şeylerdi bunlar ve günde bir saat ev ödevi yapmana rağmen bunları öğrenmen için yıllar geçmesi gerekti. Bu iş piyano çalmaktan daha zordur, bir düşün bakalım: aynı senin hesaplamayı öğrenmeye çalışman gibi altı yaşından başlayarak her gün bir saat piyano çalışan bir çocuk, piyano çalmayı ne kadar da çok ilerletir, değil mi ?

Bir zamanlar..

“Ama o zamanlar daha çok küçüktüm ve hiçbir şey bilmediğim için bunlar bana çok zor gelmişti. Gerçekte ise bunlar çok basit şeyler” diyebilirler bazı karşı düşünceliler! “Ama dedikleri doğru değildir: “Doğal sayılar” adını verdiğimiz saydığımız sayılar Avrupa’da hemen hemen M.S. 820 yılından beri vardır. Önce Hintliler bulmuşlar, sonra da Araplardan Avrupaya El-Harizmi’nin⁹ ‘Cebir ve Karşılaştırma Hesabı’ adlı

⁹ Harizmi, MS 9.yüzyılda Bağdat’da yaşamış, Hindistanda Matematik öğrendikten sonra ‘Hisab-ül Cebr v’el Mukabele’ (‘Cebir ve Karşılaştırma Hesabı’, almancada ‘Algabr walmukabala’) adıyla Avrupada tanınan ilk Cebir

kitabıyla geçmiştir . Çok ilginç bir zamanmış! Hem Harun Reşid'in (öğretmenine sor) zamanıymış, hem de Denizci Sindbad'ın (büyükannene sor) daha ilk yolculuklarını yaptığı zamanmış ve ayrıca, kendisi Hint ve Arap melezi olan güzel ve dürüst Şehrazat'ın da zamanıymış.

O zamanlar Abbasiler İspanya'yı yönetiyorlardı. Avrupa'ya doğal sayılarla ve Şehrazat'ın masallarıyla birlikte pirinci, şekeri, pamuğu, ıspanağı, kuşkonmazı, ipeği, kirazı, portakalı, limonu, seftaliyi, çileği ve daha bir çoğunu onlar getirmişler ya da geri getirmişlerdi: Kuşkonmazı, Romalılar da biliyordu, ama Roma İmparatorluğu'nun çöküşüyle Avrupa'dan yok olmuştu. İspanya, ne daha önce, ne de daha sonra hiç o zaman olduğu kadar zengin olmamıştı.

Birkaç yüzyıl boyunca öyküler ve şiirler yazıldı, felsefe ve müzikle uğraşıldı, araştırmalar yapıldı ve ancak masallara özgü güzel saraylar yükseldi.

Birkaç yüzyıl sürdü, sonra da hepsi sona erdi. Çünkü o zaman da her şeyi bilmek istemeyen, kendileri beceremediklerinden düşünmeye karşı olan, kendilerinin olmadığı için tüm güzellikleri kıskançlıkla izleyen insanlar vardı.

Düşünen, şiir yazmak ya da mimarlıkla uğraşmak isteyen birinin, işi çok zordu: Sakın o zamanki şairleri yumuşak huylu kılıbıklar ya da hayalperestler ve, en güzel öykülerin anlatıcısı Şehrazat'ı da uslu bir kız sanma. Aslında Şehrazat, kendisinin ve başkalarının hayatını kurtarmak için anlatıyordu. O zamankiler değerli ve büyük insanlardı, kılkuyluk değillerdi ! Generaller, vezirler ve hatta halife bile, akıllarınca kendi kendilerine yazık etmeyi göze alarak kaleme kağıda sarılıp

yazmışlardı.

Tabii şiir yazan halifeler kendilerini zamanla halka kabul ettiremediler. İnsanlar bir kez saraylara, kitaplıklara ve kitaplara alıştıktan sonra bunları çok doğal karşıladılar, tüm bunlarla ilgilenmeyenlerse kendilerini üstün kişiler olarak görmeye başladılar..

Büyük filozof İbni Rüşt¹⁰'ün zamanında bile bu kişiler, İbni Rüşt'ü üniversitesinden ve öğrencilerinden uzaklaştıracak kadar güçlüydüler. Kitapları da yasaklanıp yakıldı. O zamanlar hatta birisi kendi aptallığını ilan edercesine, akli sıra İbni Rüşt'ü yeren "Filozofların Yok edilmesi" adlı bir kitap bile yazdı. Gerçekten de Arap felsefesini yoketmeyi başardılar; İbni Rüşt'ün uzaklaştırılmasından sonra herşey inişe geçti. Felsefe ve edebiyat bastırıldığından, kuşkusuz zenginlik, dirlik ve düzenlik de yok oldu.

MCXI ??

Dahası var:"Beni ilgilendirmez" diyen insanlar, bugün bile bazı güney ülkelerinde, diğerlerinin başına olmadık işler açmaktadırlar. Ama gerçek amaçlarına hiçbir şekilde erişemediler: Şiirleri ve öyküleri yok edemediler. İbni Rüşt'ün kendi anavatanında yakılacak kitapları, El-Harizmi'nin sayılarıyla birlikte Kuzey ülkelerine götürüldü. Kuzeye yolculukları çok yorucu ve uzun sürdü. Sen de doğal sayıların her yerde hemen kucaklandığını düşünme, hiç de öyle olmadı! 'Cebir ve karşılaştırma' gibi zor kitapları çok az insan okumak

¹⁰ Avrupada, **Averroes** latince adıyla tanınan, MS 1126-1198 yılları arasında Kuzey Afrikadaki Marakeş kentinde yaşamış büyük bilgin

istiyordu. Diğer yandan da neredeyse hiç kimse okuma bilmiyordu.

Kentlerdeki eski bir kiliseye girersen görürsün: Avrupa'da çok yakın bir zamana kadar romen sayıları kullanılıyordu. Oralarda yılları, MCXI gibi harflerle yazdıklarını görürsün. Böyle bir şeye “sayı” demek iyice abartılı olur, çünkü bunlar aslında sözcüklerin kısaltılmışlarıdır. Latince’de 100’e “centum” denildiğinden, 100 için C harfini kullanmışlardı. Böylesi aptalca çetrefilli bir dille insan hesap yapamaz ve böyle bir kısaltma salatası için hesap kuralları zaten yoktur.

Kilise, soğuk ve sessiz. Bütün piskoposlar ve papazlar, taş gibi, sütunlarından aşağıya sana bakıyorlar ve krallarla prensler lahitlerinde ciddi ciddi yatıyorlar. Onlar ki kentler kurdular, kentler yıktılar, bir dolu insanı katlettiler ve zamanlarının en büyükleriydiler. Ama hesap yapmayı bilmezlerdi. Hesap yapmak onlar için çok zor bir şeydi ve kafaları almazdı. Eğer yaşın çok küçükse, rahat rahat geriye bakıp: “Sizler, tarihin büyük adamları doğru dürüst sayı saymasını bile bilmiyordunuz. Ama ben, çocuk olmama rağmen sayabiliyorum.” diyebilirsin.

Hiçbir yanıt alamazsın, ne de olsa oradakiler sadece taş, gerçekte yoklar artık. Buna karşılık sayılar hala var. Şimdi onlar senin sayıların ve senin içinde yaşamayı sürdürüyorlar. Belki yaratıcıları da aynı şekilde senin içinde yaşayıp duruyordur ? Bence çok olası bir şey bu. Çünkü Endülüs masal saraylarından bir tanesi hayatta kalmayı başardı, gidip onu ziyaret edebilirsin. Granada’da Elhamra nerede diye sor, yeter.

Bahçenin bir köşesine, şırıl şırıl akan bir fıskiyeenin yakınında, ılık, gölge bir yere otur, gözlerini tümüyle değil sadece birazcık kapativer. Ortalık sadece suyun şıkırtısını

duyacak kadar sessizse, vezirler ve şairler, senin çevrende Arap işi halıların üzerinde toplanırlar, bence olabilir böyle bir şey. Türk kahvesi içip, El-Harizmi’den bazı bölümler okurlar ve şarkılar söylerler. Yanlarında da güzelliğinin yanısıra, hem yürekli, hem de akıllı olduğu göze çarpan, prenslerin gözbebeği bir kadın da oturmakta.. Sadece bilgisiz insanlar seni çocuklukla, hayaletler görmekle alaya alabilirler, halbuki sen onları, o zamanlardaki gerçek halleriyle ve tamtamına görmektesin de haberleri bile yok!

Sayı saymak, ama nasıl?

Hala inanmak istemiyorsan ve “Bay Grassmann, 1001 Gece Masallarındaki bir masalcı amca gibi anlatıyorsun, ama ben modern bir çocuğum ve masallara inanmam” diyorsan, istersen bir de matematikçilere gidip danışalım, belki onların söylediklerine inanırsın.

Duyacakların, doğal sayıların elemanlardan oluşan bir küme olduğu ve herbir eleman için bir de ardıl eleman bulunduğu şeklinde olacak. Sıfır elemanı da kümededir, ama ardıl bir eleman değildir. Aynı ardıllı elemanlar aynıdır. Doğal sayıların bir M alt- kümesinde 0 elemanı varsa ve ardıllar da dahil herbiri doğal sayılar ise M, doğal sayılar kümesine eşit olur. Bu, daha bu konuda söylenebileceklerin en azı olup henüz ‘toplamayı’ bile betimlemiş değiliz. Önce toplamayı, şunu belirleyerek anlatmaya çalışalım: n' , n' ’in ardılı ise : $n + 0 = n$ ve $n + m' = (n + m)'$ bağıntıları geçerlidir. Buna Peano Aksiyomu denir.

Diğer matematikçiler sana, doğal sayılarda, “+” diye adlandırdığımız eklemeli cebirsel (Algabr walmukabala!=Cebir ve Karşılaştırma!) bir yapı olduğunu söyleyeceklerdir. Böyle

bir yapı, nötr bir elemanın mevcut olduğunu simgeler. Ve bu cebirsel yapının bağlanma yasası asosiatif bir birleşim olduğundan, doğal sayılar, özellikleri gözönüne alınarak ‘yarı gruplar’ diye adlandırılan bir küme çeşidine ait olurlar. Ne yazık ki sadece ‘yarı gruplara’ aittirler, üzgünüm ama ‘gruplara’ değil. Çünkü her $x + a = b$ denkleminin çözümü olmaz.

Doğal sayılar ancak, negatif sayılar eklenerek genişletildiğinde doğru düzgün bir grup oluşturabilirler, böylece tam sayıları elde etmiş oluruz. Artık bir grup oluşturduk ve $x + a = b$ denklemini çözebiliriz. Ama tam sayılar, $a \cdot x = b$ denklemini çözmeye her zaman ve halde yeterli olmazlar. Bu yüzden de tam sayılar, rasyonel yani kesirli sayılarla genişletilir. Nasıl, sayılar kolay mıymış? Hayır, kesinlikle kolay değil.

Ama bu daha başlangıç: Matematikçiler, çok basit ve görünüşte önemsiz küçük şeyleri birbirlerine eklerlerken, kendini inanılmaz şaşırtıcı bir düşünce sisteminin ve sonunda da zor konuların içine düşmüş bulursun. Şaşırtıcı, ama henüz zor olmayan düşünce sistemine, ‘doğal sayılar kümesinin ne kadar elemanı içerdiği’ sorusu dahildir. Kuşkusuz ki sonsuz sayıdadır, çünkü her elemanın bir ardıl elemanı vardır. Ama doğal sayıların sonsuz sayıda olmasına rağmen, bunlar yine de sayılabilirler, zaten sayılarla yaptığımız da saymaktır. Kuşkusuz rasyonel, yani kesirli sayılar da sonsuz sayıdadır, örneğin $2/3$. Kesirli sayılar, doğal sayılardan daha fazladır, kesirli sayılar doğal sayılardan sonsuz derecede daha çoktur ama yine de kesirli sayıları sayabilmek için doğal sayılar yeterlidir. Çünkü her kesirli sayı iki doğal sayıdan oluşur. Öyleyse sayılabilir sonsuz çoklukta kesirli sayı vardır ve aynı şekilde sayılabilir sonsuz çoklukta doğal sayı vardır. ‘O kadar da sorun yokmuş, herhangi bir şekilde bütün sayılar sayılabiliyormuş işte’ diye

düşünebilir ve bu beni hiç şaşırtmadı diyebirsin belki! Ama çok yanlış bir düşünce olur bu, çünkü gerçel ya da reel sayılar (kökleri alınıp eklendiklerinde bulunurlar) da sonsuz sayıda çokturlar, ama bunlar o kadar çokturlar ki, artık sayılamazlar. Sayarken bunların ne kadar da aşırı çoklukta oldukları, 0 ile 1 sayıları arasında bile bulunan sayılamıyacak çoklukta reel sayılardan anlaşılabilir.

Kesin Bilim

Her şeyi anlamış olmanı mı bekliyorum? Yoo, bu o kadar da gerekli değil, en azından şimdilik değil. Anlattığım her şey doğru ve gerçek ama bunları, derste not tutulacak gibi değil, daha çok bir masaldaki gibi yazdım. Bunu yapmaya hakkım var mı?

Masal ve matematik arasındaki bir fark, her çocuğun Denizci Sinbad’ı farklı düşünmesidir. Büyük bir çocuk, küçük bir çocuktan, erkek çocuk da kız çocuğundan farklı bir Sinbad tasarlar. Buna karşılık, birçok insan matematikte böyle bir özgürlüğün olmadığını, matematiğin her insan kafası için aynı olduğunu sanır. Ama bu kısmen doğrudur. Örneğin okullarda gösterilen matematik için bu düşünce hep geçerlidir. Ama bunun nedeni de yine okulun kendisidir. Büyük matematikçilerde ise bu kural daha az geçerlidir. Matematikte sanki sayılardan daha kolay bir şey yokmuş gibi gözükmesine rağmen, bu kural yukarıda anılan sayılarda bile geçerli değildir!

Sayılarla ilgili birçok araştırma yapmış olan büyük Kronecker şu görüşteydi: “Tam sayıları sevgili Tanrı yaratmıştır, tüm diğerleri ise insan işidir”. Kronecker yaşamı boyunca meslektaş Cantor’un tezi olan sayılar kümesinin gerçek sonsuzluğuna savaş açmış, onun düşüncelerini çok

yanlış bulmuş, çalışmalarını öylesine yadsımıştı ki, zavallı Cantor bu yüzden Berlin’de profesörlük unvanını hiç alamamıştı. Ama yine de ikisi karşılaştırıldığında Cantor daha büyük bir bilim adamıdır ve yukarıda sayılar konusunda yazdıklarımız ondan kaynaklanır. Kronecker’e karşı kendisini sarsılmadan savunan Cantor’un:

“ Görüşüme göre metafizikten küçücük bir fiske işin içine girmeden hiç bir kesin bilimin gerekçesi oluşamaz.” demesine rağmen mi, yoksa böyle dediği için mi büyük bir matematikçi olup olmadığını kendi kendime soruyorum. Ve Cantor düşüncelerini açıklar açıklamaz hemen diğer matematikçilerin saldırısına uğramış, ve başkaları tarafından da bu saldırılara karşı savunulmuş ve Cantor’cu düşünce yapısının yardımıyla “Cantor’un yarattığı cennetten bizi kimse kovmamalı” sloganıyla koşmuşlardı. Bugün bile onun düşüncelerinin hepsi değilse de, büyük bir bölümü geçerliliğini korumaktadır.*

Sinbad gerçekten yaşamış mıydı?

Öyleyse masal ile matematik arasında bir fark vardır, fakat ‘bu farklılık’ esas olarak okulda görülür, ama bu yine de çok değildir. Buna karşılık masal ve matematiğin ortak yanları da vardır ve bunları bilen kişi, Şehrazat ve El-Harizmi döneminin neden aynı zaman diliminde olduğunu, bunun hiç de rastlantısal birşey olmadığını anlar.

Masallar sadece çocuklar için yazılmış yazınbilimin büyük yapıtları değildir. Bunlar daha çok, gerçek dünyada

• H.Meschkowsky’den, “Wandlungen des mathematischen Denkens” (“Matematik Düşüncenin Serüveni”, Münih, 1969.

olmayacak gibi gözüken, ama sen onları düşündüğünde kafanda yaratılan gerçeklerdir. Bir çocuk, Denizci Sinbad’ın masalını her dinleyişinde, Sinbad sanki ilk kez yolculuğa çıkıyormuş gibi yeni baştan yola koyulur. Sinbad’ı diriltten, ya da tekrar yaşama kavuşturan, gözlerini dört açan, kulakları dikkat kesilen, masalı dinleyen bir çocuktur. Bu yüzden de çocuk, gerçekliğin insanın kendi kafasında oluşacağını masallardan öğrenir!

Ama git, yaşamları boyunca ne sonsuz sayılabilir grupları, ne de sayılamayan nesneleri duymak / bilmek istemeyen insanlara, bunların gerçek yaşamda da karşımıza çıkıp çıkmayacağını bir sor, sana “Hayır” diyeceklerdir, “yok öyle şey, hadi git, oyununa devam et.” Ama bir şey düşünüldüğünde, o şey gerçek olur.

Bir çocuk bile şunu yapabilir: Herhangi bir kitapta, evrende ne kadar atom ya da parçacık olduğunu araştırdığında, bunun insanı esnetecek kadar büyük, ama sonlu bir sayı olduğunu bulursun. Yapman gereken sadece bir kağıt alıp üzerine bu sayıdan bin kez büyük bir sayı yazmak. Bu çok basit. Yine de, evrende senin sayının gösterdiği kadar çok şey yoktur. Gerçek dünyada karşılığı olmayan bir sayı yazdın. Bu sayıyı düşünmeseydin, sayı yine varolacak mıydı? Öyleyse bu sayı gerçekten var mı? Bence, bunun “Denizci Sinbad gerçekten yaşamış mıydı?” diye sormaktan hiç bir farkı yok.

(Şunu da unutma: Romen rakamlarıyla bu sayıyı asla yazamazdın. Dünyadaki bütün kağıtları toplasan bile yetmezdi. Diyelim ki kağıt yetti, yine de yaşamının sonuna kadar bu dev sayının küçücük bir bölümünü bile yazamazdın. Bu sayıyı herşeyden önce kafanda bile canlandıramazdın. Zaten insan yazamadığı bir sayıyı, kafasında nasıl canlandırabilir ki ?)

Prensipte Kanıtlanamaz

Bazı insanlar, matematiğin gerçek dünya ve sanal dünya arasında ikili bir rol oynadığını anladıklarında bile durum kötüdür. Matematikçi beyler kendi aralarındaki ‘öyleydi, böyleydi’ çekişmesine son vermelerinin hemen ardından, matematiğin en azından kendi içinde kapalı olduğu, sorulardan ve çift anlamlardan uzak olduğu batıl inancıyla kendilerini avuturlar. Kronecker ve Cantor’ dan çok sonraları yazılmış olan bendeki matematik kitaplarında bu konuda şunlar yazılı: “Peano’nun aksiyom sistemi açıkça... doğal sayıları karakterize eder. Buna rağmen bu, niteleyici mantığın ilk basamağının açıklama biçimleriyle betimlenmediğinden, doğal sayılarla ilgili tüm gerçek önermeler (söylemleri) bunlardan türetebilmek için bir yöntem yoktur. Sayılar kuramında bugüne kadar kanıtlanmamış bazı kestirimlerin doğru ama prensipte kanıtlanamaz olmaları düşündürücüdür.”

“Başka bir yöntem yoktur”, “düşündürücü”, “prensipte kanıtlanamaz” gibi sözler ve işte bize bir avuntu : Büyük matematikçiler bile sayılarla tüm yaşamlarında uğraşıp durdular ama onlarla başedemediler. Bu kadar kafa karıştırıcı karmaşık bu sayılarla senin baş edebilmene gerçekten de insanın inanası gelmiyor. Ama bunun böyle olduğu bir gerçek. Neden fonksiyonlardan, dalgalardan ya da entegrallerden korkasın ki? Matematikten korkmana gerek kalmadığına göre, fizikten neden korkacaksın ki?

Korkmaya gerek yok!

Matematiği gözardı edersek, fizik en temel ve en genel bilim dalıdır. Diğer tüm bilim dalları ona dayanır. Sonuç olarak,

fizikten korkmana gerek olmadığına göre, seni korkutacak ne olabilir ki? Bu nedenle bir fizik kitabı okumuş ve onu en azından bir miktar anlamış olmanın sana büyük yardımcı dokunur. Şehrazat’ı ve arkadaşlarını bilmek çok önemli olabilir.

İnsanlar çoğunlukla anlayamayacağı şeyleri söylerler. Belki de kendileri iyi anlatamıyorlardır. Belki kendileri de anlamamışlardır. Belki de söyledikleri şey zaten yanlıştır. Bir şey doğru değilse, o anlaşılabilir. İnsanlar senden bir şey istedikleri zaman, sana sık sık doğru olmayan şeyler anlatırlar. Eğer senden istedikleri sadece senin paran ise mutlu olmalısın. Bir şeyi anlamadığında her zaman bu sorunun, senden mi, yoksa başka nedenlerden mi kaynaklandığını soracak cesaretin olmalı.

İnsanlar, sık sık her şeyin boş olduğunu ve senin de elinden bir şey gelmeyeceğini söyleyerek senin de tıpkı kendilerine benzemen için seni kuruntulu yapmak isteyeceklerdir. Senin masal kitaplarını bile küçümseyip alaya alacaklardır. Bulundukları yerlerde her şeyin cansıkıcı ve umutsuz olmasından dolayı bunların kendilerini yalnız hissettiklerini anlamak çok kolaydır. Acınacak bir insan haklıymış gibi görünür. Ama sen Şehrazat ve arkadaşlarının serüvenlerini bildiğinden, masalları ortadan kaldırmak ne kadar akılsızca birşeyse, matematiği de yoksaymanın o kadar akılsızca birşey olacağını bilirsin. Bu nedenle artık korkmana gerek yok, ayrıca senin gibi böyle düşünen pekçok insan var.

ATOMLAR VE DİĞER PARÇACIKLAR

Atomlar, ağacın altına oturup yine düşünmeyi gerektiriyor. Eski Yunanlar bile atomları biliyorlardı, ki o zamanlar ne bilgisayar ne de mikroskop vardı. Sadece gölge veren ağaçlar vardı o zamanlar! En ünlü yunan atom fizikçisi 2400 yıl önce yaşamış Demokritos'tu. Demokritos'un nasıl olup da atomları akıl ettiğini bilemiyoruz. Aslında çok yazık, diğer yandan o kadar da kötü değil. Çünkü " $v = l / t$ " bağıntısında olduğu gibi atomlar konusunda da düşünmenin sadece bir değil, birçok yolu vardır.

Dünya Ölçeği

Kendi kendine, örneğin: tüm dünyayı gerçekten biliyor muyuz? diye sorabilirsin. Gerçekten de tüm kıtalar bulundu mu? Kuşkusuz, Kolomb Amerika'yı, sonra bir başkası Avustralya'yı ve Yeni Zelanda'yı buldu. Bugün tüm kıtalar ve büyük adalar biliniyor olmalı. Ama Gülliver'in Yolculuğu'nu biliyor musun? Hani Gülliver, bilinmeyen bir adaya çıkar, orada her şey dünyanın geri kalanında olduğu gibidir ama çok çok küçüktür değil mi? Hernekadar Gülliver gerçek değildir ama bir okyanusun ortasında böyle bir ada neden olmasın ki ?

Günümüzde tüm gemilerde radar var, gece gündüz dünyanın çevresinde her şeyin fotoğrafını çeken uydular var. Bu nedenle şimdiye kadar bilinmeyen böyle bir adanın bulunma olasılığı çok azdır. Ama neden olmasın? Denizin ortasında, on santimetreye on santimetre büyüklüğündeki küçücük bir kayalığı en iyi radar, en gelişmiş uydu bile belirleyemez.

Görmüş olsalar bile, böyle bir kayalığa kim araştırmak için gitme güçlüğüne katlanır?

Böylesi küçücük bir kayalıkta, dünyanın geri kalanından ayrı, dünyanın diğer kısmında olduğu gibi, ama çok çok küçülmüş olarak yaşam ortaya çıkmış olamaz mı? Bu kayacık, bir büyütle ayrıntılı olarak incelendiğinde, belki de üstünde filler olan ormanlar, içinde insanlar olan trenler görülür. Tüm Amerika gibi bir kıtadır belki de, ama onun çok çok küçülmüştür. Minicik ormanların, minicik fillerin ve başka her şeyin minicik olduğu bir yer.

Belki de bu minik kıtada, içinde küçücük bir kayalık olan bir deniz bulacaksınız. Sonra da gidip orada yaşayan miniklerden birine, bu kayalığı minik bir büyütle incelemesini rica edersin. Belki orada da daha minik bir kıta ve üstünde de küçücük bir kayacığı olan bir deniz vardır. Bu düşünceyi böylece epey daha sürdürebilirsin.

Bana çok ilginç geliyor bunlar. Şimdiye kadar kimsenin büyütle incelemeye küçücük bir ada, kesinlikle böyle bir yer vardır. Buna rağmen böyle bir adacık olmayabilir de tabii. Böyle bir adacığın gerçekte olup olmadığını bilmiyoruz. Bu nedenle, bu güzel düşüncelerimizden hiçbir sonuç çıkaramayız. Çok yazık. En iyisi daha gelişmiş uyduların ortaya çıkmasını beklemek.

Bir dakika! Tam yeni güzel bir düşünceye kendimizi kaptırmışken hemen bundan vaz mı geçmeliyiz? Eski Yunanlılar bilgisayarsız, radarsız, uydusuz da ilginç şeyleri düşünmeyi başarmışlardı. Düşüncelerimizde birazcık değişiklik yaparsak, belki de başarırız, değil mi? Derin düşünmemiz için gerçekten de minicik bir ada mı olması gerekir?

Her ne kadar minicik adaların gerçekten varlığı bilinmese

de, çok büyük ve çok küçük hayvanların varlığını biliyoruz. Örneğin balinalar ve amipler. Amipler, o kadar küçüktürler ki, sadece mikroskopla görülebilirler ve sanki başka bir dünyadanmışçasına garip gözükürler. Neden mikroskoba bakıldığında böyle garip hayvancıklar gözükür de hiç normal yüzen minik bir balina gözükmez? Basbayağı bir balina, ama ondan yüz bin kez daha küçüğü? Aynı bir amip büyüklüğünde. Hadi balina olmasa da, neden minicik bir sazan balığı mikroskopta görülmez ki ?

Ne kadar heyecan verici! İşte şimdi düşünce oltamıza bir şey takıldı, kımıldıyor, bir bakalım, neymiş. Çünkü şunu biliyoruz: Öyle minik balinalar ya da minik sazan balıkları olmaz. Mikroskopla bilinmeyen canlıları arayarak çok zaman yitiren bir çok biyolog ve tıp doktoru var. Minik bir sazan balığı görmüş olsalardı, kesinlikle bu haber gazetelere çıkardı.

Çok değişik çeşitte sazan balığı ve balinalar vardır. Bazı balinalar plankton yer, bazılarıysa mürekkepbalığı yerler. Ayrıca balinaların bazıları gri, bazıları siyah, bazıları da beyazdır, ama renkleri ne olursa olsun boyları hemen hemen beş metre ile elli metre arasında değişir, ama yüz bin kere daha küçük bir minik balinaya daha hiç kimse rastlamadı. Aynıısı diğer hayvan çeşitleri içinde geçerlidir. Neden ama?

Atomların olduğunu varsayalım. Her şeyin temeli olan, bölünemez en küçük parçacıklar bunlar. İşte o zaman neden minik balinaların olamayacağı anlaşılır: Bir balina bir sürü değişik parçadan oluşur, yani gözleri, yüzgeçleri, dişleri, kulakları vardır. Örneğin balina, bin değişik parçadan oluşuyorsa, onu yapabilmek için en azından bin adet atom gerekir. Bir ya da daha az bölünemez parçacıkla, bin değişik parçadan oluşacak hiçbir şey yapılamaz. Bu durumda bir balina, bin atomdan daha küçük olamaz.

Atomlar varolduğuna göre, hiçbir nesne istenildiği kadar büyütülüp, küçültülemez. Her şey için bir ölçek vardır. Dünya, baktığım ölçeğe (ya da büyüklüğe) göre daha değişik, farklı özelliklerde gözükür. Eğer bir mikroskobun yoksa, daha başka bir gözlem yapabilirsin: Yakınlardaki bir su birikintisine ya da durgun bir göle git ve suyun yüzünde dolaşan minicik hayvancıklara bir bak, bunlar, su yüzeyinde sanki bir yoldaymış gibi yürürler. Bunu olası kılan, suyun ‘yüzey gerilimi’ denen şeydir. Kurutma kağıdı gibi suyu emen, soğuran maddeler vardır. Başka maddeler ise su tutmazlar, örneğin bir mumdaki bal-mumu ya da yeni bir arabanın boyası gibi. Su, arabanın yüzeyine yayılmak yerine, orada küçük damlalar ya da kürecikler oluşturur. Herbir damlayı, suyun yüzey gerilimi birarada tutarken, damlaları boyalı yüzey dışlar. (Suyun yüzey gerilimi de yine maddenin parçacık yapısının bir sonucudur: Su parçacıkları, birbirlerini karşılıklı olarak belli bir kuvvetle çekerler. Su, başka bir maddeye değdiğinde iki olasılık söz konusu olur. Başka bir maddenin parçacığı ile bir su parçacığının arasındaki kuvvet, iki su parçacığının arasındaki kuvvetten, ya daha büyük, ya da daha küçük olabilir. Bu kuvvet daha büyük olduğunda su, bu maddeye yayılmaya çalışır. Ama bu kuvvet daha küçük ise su, o maddeye olabildiğince az değinmeye çalışır. Madde de bu nedenle suyu dışlar ya da su tutmaz, denir.)

Şimdi, “Su, boyalı yüzeyden uzaklaşır.” ya da “Boyalı yüzey, su tutmaz” dememiz arasında bir fark yoktur. Su tutmayan her madde ile su, birbirlerini belli bir kuvvetle iterler. Su yüzeyindeki maddenin ağırlık kuvveti, bu itme kuvvetinden daha küçük olduğunda, su tutmayan bu madde su yüzeyinde durur yani batmaz. Bu nedenle de, su tutmayan bir su sineği batmaz. Buna karşılık, bizler, dış yüzleri su tutmayan çizmeler giysek bile, ağırlığımızın fazla olması sonucu suya batarız. Bu yüzden de su, su sinekleri için bize görüldüğünden çok daha

farklıdır. Onlar için su, bir cadde gibidir ve onlar suda ıslanmazlarken, bizler ıslanırız. Bunun da nedeni onların sadece çok küçük ve hafif olmalarıdır.

Parçacıklardan Oluşmuş Evren

Belki, bizim gibi yaşlıların, eskiden nasıl müzik dinlediğini görmüşsündür. Bizler o zamanlar bugünkü CD'ler yerine siyah plaklarla müzik dinlerdik. Bir plak, kılcal halkalarındaki girintili, çıkıntılı incecik oluklarla kaplıdır. Pikap kolunun ucundaki incecik iğne, bir yandan halkalar boyunca ilerlerken aynı zamanda da bu incecik çıkıntıları izleyip gider. İğne, aynı bir hoporlörün membranındaki titreşimler gibi çok hızlı, bir oraya, bir buraya gidip gelir. Ama bu, gözle görülemeyen, çok çok küçük bir salınımdır. Bu, elektronik olarak güçlendirildiğinde ortaya müzik çıkar.

Bugün atomları görünür kılan da benzer şekilde ama çok çok daha duyarlı işleyen, aletlerdir. Bir madde üzerinde her bir atomu duyumsayan, son derece ince bir uç hareket ettirilir. Bu ucun duyumsadığı şeyler güçlendirilir ve bir ekranda gösterilir. Bu yöntemi bulan kişi, bu başarısı nedeniyle bir Nobel Ödülü aldı. Böyle son derece yüksek duyarlılıktaki uçları üretmek ve yönlendirmek çok zordur, ama dayanılan temel düşünce çok basittir. Gördüğün gibi, bugün bile çok basit bir düşünceyle büyük bir atılım yapmak hala mümkün.

Atomlar hemen hemen yüz yıldır herkesce ciddiye alınıyorlar artık. Atomları bir televizyon ekranında inceleyebilmemizi sağlayan 'CD çalarlar' gibi "Atom gösterim" aletleri de birkaç yıldır var. Peki önceden insanlar atomlara nasıl inanmışlardı ?

Kuşkusuz atom kuramının inceliği (zarafeti) ve basitliğiyle. Birçok fiziksel olay atom kuramı yardımıyla çok basit ve incelikli olarak anlatılabildi. Buna karşılık, berbat karmakarışık bağıntılarıyla ortaya çıkan atom kuramı karşıtları, savlarını daha fazla sürdüremeyip çabucak ortadan kayboldular.

Görünmeyen Atomları Ölçmek

Mikroskopta örneğin şunlar görülebilir: Minicik nesneler ya da küçük tanecikler suya konulduğunda, bunlar öyle sanıldığı gibi suda rahat durmazlar. Tam tersi, hareket ederler; sanki küçük hayvancıklar gibi titreyip salınırlar. Ama bunlar küçük hayvancıklar falan değil, basbayağı cansız maddelerdir. Bu titreme hareketine, bunu bulan kişinin adıyla "Brown hareketi" denir. Peki ama bu hareket nereden kaynaklanıyor ?

Sanki birisi nesneleri durmadan hafifçe itiyor gibi gözüküyor. Orada birisi mi var? Kuşkusuz birileri yani atomlar var. Donmuş suda yani buzda atomlar hareket etmezler, bulundukları yerde çakılı kalmışlardır. Suda ise atomlar, düzensiz, karmakarışık bir şekilde hareket ederler. Bu arada durmadan taneciklerimizle çarpışırlar, aslında kötü niyetleri falan yoktur, sadece rastlantıdır bu! Bu nedenle, tanecik durmadan her yönden itilir, kakılır ve işte bu, bizim mikroskopta gördüğümüzüzdür. Atomları ise görmeyiz, onlar normal bir mikroskop için çok küçüktürler.

Artık araştırmacılar, bir taneciğin ne güçte hareket ettiğini iyice gözlemleyebilirler. Elde edilecek bilgilerden, atomların büyüklük ve ağırlıkları (impuls ve enerji korunumlarından) hesaplanabilir. Bu kadarı insanları etkilemeye yetti de arttı bile! Çünkü atomlar olmasaydı, bu titreme olayı nasıl açıklanabilirdi ki?

Dünyanın Yapısı Nasıl Oluştur

Bir atom, yaklaşık olarak bir milimetrenin bir milyonda birinin onda biri kadardır. Büyüklüğü, atomun cinsine göre değişir. 100'den çok değişik atom vardır. İşte böylece kimyaya girdik. Kimya, atomların birbirleriyle nasıl bağlantı kurduklarını inceler. Örneğin, iki hidrojen atomu ve bir oksijen atomu, bir su parçacığını oluştururlar – birden çok atomdan oluşan parçacıklara molekül adı verilir– yani bu örneğimizde, su molekülü oluşmuştur. Tersine, bir su molekülü bir hileyle yine atomlara ayrılabilir. Kimyacılar da anlatacak bir şey kalsın diye bu hilenin ne olduğunu söylemeyeceğim. Peki, su molekülünü parçaladığımızda ne olur? Tabii ki, yine iki hidrojen atomu ve bir oksijen atomu elde ederiz.

Başka maddeleri birleştirerek yapılamayan ve başka maddelere de ayrılamayan maddelere, kimyada elementer maddeler ya da elementler denir. Örneğin, oksijen ve hidrojen maddeleri elementlerdir. Elementler, birbirlerinin aynısı olan atomlardan oluşurlar. Başka tüm, elementer olmayan maddeler ise, moleküllerden oluşurlar.

Hatta canlı varlıklar bile moleküllerden oluşurlar. Su, toprak ve hava, moleküllerden oluşuyorlarsa, su, toprak ve havayla beslenen ve büyüyen ot da moleküllerden oluşmalıdır. Öyleyse otu yiyerek büyüyen inek de moleküllerden oluşmalıdır.

Dünyamızdaki tüm canlılar, nükleik asit ve amino asit denilen maddelerden oluşurlar. (Bunlar, tehlikeli kimyasal maddeler değildir. “Asit” olarak adlandırılmaları, bu moleküllerin belirli bir yapı şemalarının olmasındandır.) Yaşam, sadece 4 değişik nükleik asit ve 20 değişik amino asitle kendini gösterir. Balinalar, amipler, çiçekler, inekler, sen – tüm bunlar birbirlerinden çok farklılar, ama hepsinin aynı 4 nükleik

asidi ve 20 amino asidi var. Çok şaşırtıcı değil mi?

Bu konuda nasıl zevkle daha çok anlatıp yazacağımı düşünebilirsin. Bu moleküllerin nasıl olup da canlıların her bir hücresini oluşturduğunu ve her bir canlının yapı planında bulunan genlerin nasıl oluştuğunu anlatmayı ne çok isterdim. Tüm canlılar kendileriyle beraber vücut yapı planlarını da birlikte taşırlar, bu plan harflerin değil, atomların kullanıldığı gizli bir dilde yazılmıştır.

Ama, her ne kadar bunlar ilginç şeyler de olsalar, gereğinden fazlasını anlatmak için isteğim yok. Çünkü kimyayı hiç sevmem. Üniversite yıllarımda, tüm öğrencilerin bir kimya stajı yapmaları gerekiyordu. Bu da, tüm bir yaz boyunca günde on iki saat upuzun kimyasal bağıntıların ezberlenmesi demekti. Belirli aralıklarla ezberlediklerimizden sınava giriyorduk. Aklımda geriye hiçbir şey kalmadı, çünkü sadece ezberlemiştik, anlamamız gerekmiyordu, ayrıca yemin ederim ki tümüyle önemsiz şeylerdi. Büyük bir olasılıkla bu sapıkça staj, görevli profesörün yanındaki birkaç asistanlık pozisyonlarını tutabilmesine gerekçe oluşturuyordu. Böyle insanların işledikleri suçtan dolayı hesap vermeye çağırılmamalarını, ya da en azından işten kovulmamalarını hiç anlamıyorum. Üzerinde düşünülecek birçok ilginç şey olmasına rağmen, o zamandan beri yine de kimyadan soğudum.

Peki Bu “Elementer” de Ne Demek Oluyor ?

İlk kitabımı yazdığım da, okumam için kitabevlerine çağırıyordum. İnsanlar geliyorlar, dinliyorlar, sorular soruyorlar ya da eleştiriyorlar. Okuma günleri, çok ilginç geçmesine rağmen çok da zordur, çünkü durmadan yolculuk yapılı ve otellerde kalınır. Hamburg’da bir genç, şimdiye kadar

duyduğum en basit ve en zor soruyu sordu: “ Bir parçacık ne zaman elementerdir ?” Şimdi bile, o zamanki bu sorunun yanıtını bilmediğimi söylemekten övünç duyarım. Fizikçilerin elementer olarak gördükleri Üst Kuark diye adlandırılan belirli bir parçacık üzerine tartışırken, o gün bu soru sorulmuştu. Üst Kuark, sadece laboratuvarıda üretilebilir, çok kısa ömürlüdür ve hemen parçalanarak başka parçacıklara dönüşür. Bu genci, ‘kendiliğinden parçalanarak bir parçacığı’, elementer diye adlandırmamız şaşırtmıştı. Demokrit’e göre bir elementer parçacık değişmezdi, yani hep aynı kalmalıydı.

Kuşkusuz ben de içten, doğru bir yanıt yerine, bir takım kandırmaca sözlerle bir yanıt vermesini biliyordum. En basiti, böyle soruları upuzun formüllerle yanıtlamaktır. Ya da şöyle denebilir: “Bu parçacıklar noktasaldır ve noktasal bir parçacık da elementerdir.” Ya da : “Bir parçacığın belirli bir yapısı yoksa, o parçacık elementerdir.” Ama neden noktasal olması gereksin ki? En azından Demokrit noktasallıktan hiç bahsetmemiştir. Ve bir parçacığın bir yapısının olup olmadığına, ilkesel olarak, deneylerle karar verilemez.

Şöyle bakıldığında atomlar elementer değildir:

Atomlara, çok büyük bir kuvvet uygulandığında parçalanabilirler. Öyleyse atomlar başkalarına dönüştürülemez olmadıklarından elementer değildir. (Dünyamızda bu ölçüde büyük kuvvetler pratikte ortaya çıkmaz. Atomları parçalamak için, çok iyi donanımlı bir fizik laboratuvarı ya da bir atom bombası gerekir.).

Şöyle bakıldığında atomlar elementerdir :

Belirli bir cinsin, yarım atomu olmaz. Bir oksijen atomunu iki küçük oksijen atomuna ayırmak olanaksızdır. Dünyamızdaki tüm etkileşmelere (reaksiyonlara) atomlar her zaman bir bütün

olarak katılırlar. Bir denizden, bir gölden, bir su birikintisinden azıcık su alıp götürürsem, deniz yine deniz, göl yine göl, su birikintisi de yine su birikintisi olarak kalır. Buna karşın bir atomdan birazıcık alıp götürmem. Böyle birşey ancak atomu parçalamakla olabilir, ama o zaman da atom, atom olmaktan çıkar.

Daha sonra göreceğimiz gibi, konuya açıklık getiren yukardaki sonuncu cümledir. Bir parça tereyağından, istediğin kadar minicik bir parça kesebilirsin. Ama sadece görünürde öyle, aslında hiçkimse bir tereyağı molekülü büyüklüğünden daha küçüğünü kesemez. Bu da tereyağının en küçük parçası olur. Bu parça daha da küçültülebilir ama o zaman da o parça artık tereyağı değildir.

Bana göre, bu, fiziğin canılcı noktasıdır: Bir atom ya da herhangi bir “elementer parçacık” var da olabilir, olmayabilir de, ama var olduğunda bu, her zaman tam bir porsiyondur, hiçbir zaman yarım porsiyon olamaz.

Elektronlar, Protonlar, Nötronlar

Atom, minicik bir çekirdek ve onun epey uzak çevresinde dolanan elektronlar kılıfından meydana gelir. Çekirdek ise, protonlardan ve nötronlardan oluşur.

Çoğu parçacığın “elektriksel yük” denilen bir özelliği vardır. Elektriksel yükün artı (pozitif) ve eksi (negatif) olarak adlandırılan iki değişik çeşidi vardır. (“Yeşil” ya da “kırmızı” da desek bir şey farketmezdi). Artı ve eksi yükler, birbirlerini sanki aralarında bir yay gerilmiş gibi çekerler. Aynı cinsten yükler ise birbirlerini iterler. Uzaktan bakıldığında bir artı ve bir eksi yük birbirlerini etkisiz kılarlar (ya da yokederler).

Proton artı, elektron ise eksi yüklüdür. Bir atomda proton sayısı kadar elektron sayısı olmalıdır. Çünkü (uzaktan bakıldığında) atom, elektrik olarak nötrdür. Nötronların elektriksel yükleri yoktur, zaten adları da nötr olmalarından kaynaklanır. Nötronlar, artı yüklü protonları çekirdekte birarada tutmaya yararlar. Protonlarla nötronlar arasında, ancak kısa uzaklıkta etkin olan, çok güçlü bir çekim kuvveti vardır.

Bir atomun ne kadar protonu ve elektronu olduğu, atomun kimliğini belirler. Bir hidrojen atomunun, bir protonu ve bir elektronu vardır. Bir helyum atomunun ise iki protonu ve iki elektronu vardır ve bu böyle sürer gider: Bir atoma her seferinde bir proton ve elektron eklediğimizde yeni bir atom çeşidi elde etmiş olurum. Böylece elementlerin periyodik cetvelinde gösterildiği gibi, atomların sıralaması ortaya çıkar. Bu da genellikle kimya sınıflarında duvara asılıdır.

Yine de atomları istediğimiz kadar çoğaltamayız, sadece 100 kadar farklı atom çeşidi vardır. 100 protondan daha fazlası nötronlarla bir arada tutunamaz. Çünkü protonla nötron arasındaki bağlayıcı kuvvet, artı yüklü protonlar arasındaki uzun mesafedeki itici kuvvetle karşılaştırıldığında, ancak kısa bir uzaklıkta etkili olurlar.

Uzaktan gözlemlendiğinde atomlar elektriksel olarak nötr olmalarına rağmen, yakından bakıldıklarında artı ve eksi yüklerin farklı yerlerde bulundukları görülür. Bu yüzden atomlar, elektriksel çekimle biraraya toplanabilirler, “kimyasal bir bağ”, molekül oluşturabilirler ve tekrar daha büyük yapılara dönüşebilirler, sonunda da bir tavşan olup zıplayarak giderler.

Önceden de söylediğimiz gibi tüm dünya bu 100 çeşit atomla oluşmuştur. Ve bu atom çeşitlerinin her biri de üç farklı parçacıktan, yani proton, elektron ve nötronlardan oluşur. Tüm

dünya, yani gerçekten her şey, sadece bu üç parçacıktan oluşmuştur!

Elektronlar ve Kuarklar

Elektronları parçalamayı, daha küçük bileşenlere ayırmayı şimdiye kadar kimse başaramadı. Buna karşılık, proton ve nötronların içinde bir şeyler vardı. Bunlar, Kuark adı verilen parçacıklardı. İki değişik kuark çeşidi bulundu. Biri u-kuark, diğeri de d-kuark'tı. Birbirleri arasındaki fark, elektriksel yüklerinde ve kütlelerindedir. Proton iki u- ve bir d-kuarkından oluşur. Nötron ise bir u- ve iki d-kuarkından.

Aslında bir fizikçi, ilk bakışta alışılmadık şekilde elemanter gözüken bu üç parçacıktan son derece mutlu olmalıydı. Bugüne kadar hiç kimse, ne bu parçacıklardan birini daha küçük bileşenlerine ayırmayı başaramadı, ne de bu parçacıklar için herhangi bir maddesel büyümenin olduğunu kanıtlayabildi.

Ama ne yazık ki kuarklara tam tamına değişmez diyemiyoruz ve Demokrit'in anladığı anlamda elemanter de değildirler. Örneğin bir u-kuarkı bir elektronla ve adına nötrino denilen başka bir parçacığın yardımıyla bir d-kuarkına dönüşebilir, ya da bunun tersi de olabilir. Bu gibi oluşumlar hatta çok önemlidir, örneğin güneşin ışıldaması böylelikle olur.

Her seferinde bir u-kuarkı d-kuarkına dönüştüğünde, bir elektron da bir nötrinoya dönüşmüş olur. Bu nedenle, u- ve d-kuarkların herikisine de ‘kuark’ denildiği gibi elektron ve nötrinolar da ortak bir ad verilir: lepton. “Nötrino”nun kısaltılmışı ise “ ν ” dır.

Bizim gördüğümüz şekliyle tanıdığımız evrenimiz için bu kadarı yeterli. Kuarklarla (u, d) ve leptonlarla (e, ν) tüm

evrendeki herşeyi oluşturabiliriz.

Ama, elementer olan ya da bildiğimiz kadarıyla daha küçük parçacıklardan oluşmayan, daha başka parçacıklar da vardır. Bu pek tekin olmayan “başka parçacıklar”, evrenimizi oluşturan parçacıkların birer kopyasıdır. u-kuarkların, d-kuarkların ve elektronların iki kopyaları vardır. Orijinalleriyle kopyaları arasındaki tek fark bunların kütleleridir. Kopyalar daha ağırdır. Nötrininin de iki kopyası vardır, ama nötrinoların kütleleriyle ilgili çok az şey bilinir.

Bazen, bu konuda, parçacıkların üç değişik “aile”den geldikleri söylenir. Sadece ilk ailenin parçacıkları, evrenin temel yapı taşlarını oluşturur.

Elektronun iki kardeşi “Muon” (μ) ve “Tau” (τ)dur. Ve aynı şekilde elektronun nötrinosu (ν_{e1}), Muon-nötrinosu (ν_{μ}), ve Tau-nötrino (ν_{τ})dur. u-Kuark’ının kardeşleri c- ve t-kuarkları; d-kuarkıninkiler: s- ve b-kuarklarıdır. Kuarkların adları hoşuna gitti mi? Bence çok aptalca.

Bu parçacıkları sık sık aşağıdaki tablodaki gibi dizilmiş görürsün:

Aile:	1	2	3
Leptonlar:	$\begin{pmatrix} \nu_{el} \\ el \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} \nu_{\mu} \\ \mu \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} \nu_{\tau} \\ \tau \end{pmatrix}$
Kuarklar:	$\begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} c \\ s \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} t \\ b \end{pmatrix}$

Böyle bir “en elementer” parçacıklar cetveli elementlerin periyodik cetvelinden daha basittir. Ama yine de daha kapsamlıdır. Çünkü periyodik cetvel, “dünyamızda ne çeşit maddeler ortaya çıkar?” sorusuyla uğraşır. Parçacıklar tablomuz ise daha kapsamlı olan şu soruya yanıt arar:

Temelde neler ortaya çıkabilir (ya da oluşabilir), gerçekte neler var olabilir ?

Her ne kadar bu soruyla ilgili olmasına, buna yanıt aramayı amaçlasa da, ne yazık ki bu tablomuz bunlara bir yanıt veremez. Bu parçacıkların neden var olduklarını ve neden tam tamına bu özelliklerde bulunduklarını bilmiyoruz. Ben bile bu parçacıkların nasıl oluştuklarını, (ortaya çıktıklarını) anlayabilmek için onbeş yıl ‘parçacık fiziği bölümünde’ araştırmalar yaptım. Ama bunun yanıtını hala bilmiyorum. Hiç kimse de bilmiyor. ‘Öylece, oldukları gibi var’ bu parçacıklar işte!

Yukardaki parçacıklar konusunda daha çok şey söylenebilir. Bunların nasıl üretildikleri ve kanıtlandıkları gibi. İlk bakışta bu parçacıkların tam karşıtı gibi gözüken basit karşıtparçacıkların özellikleri nedir? Parçacıkların ve karşıtparçacıkların birbirlerine tam zıt davranışlarının dışında, az değişimlere uğramaları için bunların üç farklı şeklinin (versiyonunun) olması gerekliliği... Bugün karşıtparçacıkların, parçacıkların tam tamına karşıtı olmadıklarını, sadece biraz farklı olduklarını biliyoruz. Bu ise evrenimiz için önemlidir, çünkü parçacıklar karşıtparçacıklarla beraber, evrenin başlangıcında olmuşlardır; ama eğer parçacıklar ve karşıtparçacıklar tam tamına birbirlerinin zıttı olsalardı, bugün parçacıklarla karşıtparçacıkların sayısının birbirlerine eşit olması gerekirdi, ama bu hiç de öyle gözüküyor.

Ama ne yazık ki ayrıntılara girdiğimde bile her şey daha iyi

anlatılabilmiş ve anlaşılabilmiş olmayacak. Bunun yerine şunu yineleyeyim:

“Bu parçacıklar işte böyle. Bunları kuşkusuz iyice araştırdık, gözlemledik ama bunlar başka türlü de olabilirlerdi. Neden tam böyle olduklarını ise bilmiyoruz.”. Ama bu kitap, anlaşılabilir bir şekilde fiziği betimlemeliydi değil mi? Parçacıklarda ise anlaşılacak hiçbir şey yok. Bu nedenle parçacıklar konusunu kısa kesiyorum.

Yalnız bir şey daha ekleyeyim: Bazıları, bugün parçacıklarla ilgili sorunlarımızı, fiziğin görevinin hiçbir şekilde parçacıkların neden ve nasıl oluştuklarını betimlemek değil sadece bunların tanıtılması olduğu savını ileri sürerek sorunlarımızı saklıyorlar. Bu yanlıştır. Fizik betimler, fizik açıklayıcı bir bilim dalıdır. Daha sonraki bölümlerde anlatacağımız termodinamik, bunun en etkileyici kanıtıdır. Parçacıklar konusunda çok az şey biliyorsak, bunun nedeni fizik değil, biziz.

Kuvvetler

Her ne kadar bugün bu parçacıkların nereden geldiğini ve niçin oluştuklarını bilmiyorsak da, var olan tüm parçacıkları kapsayan yukardaki listemiz temelde çok basittir. Bu da bir başarıdır çünkü bu parçacıkların ardında temel, basit, düzenleyici bir ilkenin bulunduğu bir kanıttır. Bu ilkenin ne olduğunu henüz bilmesek de, bunu bir gün öğreneceğimizi umuyoruz.

Parçacıkların listesi gibi, parçacıklar arasındaki etkin kuvvetler de çok basittir. Doğada toplam dört kuvvet vardır. Elektriksel kuvvet, zayıf kuvvet, kuvvetli kuvvet ve kütleçekim

(gravitasyon) kuvveti. Belki başka kuvvetler de vardır ve bunları bulabiliriz diye zaman zaman epey çalışma yapanlar oldu ama şimdiye kadar hiç kimse beşinci bir kuvvetin varlığını kanıtlamadı.

Elektriksel yükler arasında etkin olan elektriksel kuvveti hepimiz biliriz. Günlük yaşamda yüklü maddelere ender rastladığından, elektriksel kuvvetin pek etkinliği yok gibidir. Aslında atomlarla moleküller arasındaki etkin kuvvet, elektriksel kuvvettir (çoğunlukla “elektriksel kuvvet” yerine daha incelikli olarak “elektromagnetik kuvvet” denir ama, magnetizma, elektriksel kuvvetinin sadece bir yan oluşumudur, ki biz bunu daha sonra ele alacağız.)

Sonra bir de kütleçekim kuvveti ⁽¹¹⁾ var: bu kuvvet, kütlesi olan tüm maddeler arasında etkin olur. Dünyanın bir arada kalmasını ve bizim yeryüzünden tepetaklak düşmememizi sağlar. Bu, günlük yaşamda gözümüze çarpan, bildiğimiz tek kuvvettir. Elektriksel kuvvetten farklı olarak, iki farklı çeşitteki kütle yerine burada sadece bir tek kütle vardır. Bu yüzden kütleçekim kuvvetleri hep toplanırlar, hiç birbirlerini yok etmezler. Bu nedenle, günlük yaşamımızda elektriksel kuvvetten daha çok yerçekimi kuvvetinin etkisini duyumsarız. Halbuki bir elektronun ya da protonun elektriksel kuvveti, bunların kütleçekim kuvvetlerinden çok çok daha güçlüdür.

Kuvvetli ve zayıf kuvvetleri günlük yaşantımızda duyumsamayız. Bu kuvvetlerin etki alanları çok dardır. Ama bunlar kütleçekim kuvveti ve elektriksel kuvvet kadar önemlidirler. Örneğin güneşte atom çekirdekleri, zayıf kuvvetin etkisiyle durmadan dönüşüme uğrarlar. Bu dönüşüm sırasında

¹¹ yeryüzünde: yerçekimi kuvveti ya da gravitasyonel kuvvet/YA/

çok büyük enerji açığa çıkar, bunun da kaynağı kuvvetli kuvvettir. Zayıf ve kuvvetli kuvvetler olmasaydı güneş ışık saçamayacağından, biz de olmazdık. Zayıf kuvvet elektronları etkilediği gibi, kuarkları da etkiler. Kuvvetli kuvvet ise sadece kuarklar arasında etkili olur. Bu nedenle kuvvetli etkileşme sadece atom çekirdeklerinde, daha doğrusu yalnızca protonların ve nötronların içinde olur. Kuvvetli kuvvetin, çekirdek parçacığının kuarkları arasındaki küçük bir bölümü, çekirdek parçacığından dışarı fırlayarak komşu çekirdek parçacığının kuarklarını etkileyebilir. İşte bu, protonlarla nötronları bir arada tutan çekirdek kuvvetidir.

Fotonlar, Gluonlar, W'lar, Z'ler, belki de Gravitonlar?

Bu kuvvetlerin herbiri için “Alan parçacıkları” vardır. Alan parçacığı, maddesel nesnelerdeki gibidir. “Parçacık” dediğimiz maddeparçacığı, en küçük elemanter birimlerden oluşur. Kuvvetler, ‘alanlarla’ iletilir, bunları ayrı bir bölümde inceleyeceğiz. Bu alanların da, tam incelendiklerinde elemanter birimlerden oluştukları görülür. Yani “alan parçacıklarından”.

Elektriksele kuvvet için foton, kuvvetli kuvvet için gluonlar, zayıf kuvvet için W ve Z parçacıkları ve gravitasyonel kuvvet (kütleçekimi) için de bir olasılıkla gravitonlar vardır. Bir olasılıkla diyoruz, çünkü şimdiye kadar gravitonlar kanıtlanabilmiş değillerdir.

Elektronlar, protonlar ve nötronlar, (daha doğru bir deyişle elektron, u-kuark ve d-kuark) bir cismin kimliğini belirleyen parçacıklardır. Bu ya da şu cins atomun, bu ya da şu sayıda elektronu, protonu ve nötronu, yani u- ve d-kuarkları vardır. Buna karşılık, alan parçacıkları, bir cismin kimliğiyle doğrudan doğruya ilişkili değildirler. Alan parçacıklarının bazen kısa bir

süre var olduklarını gözardı edersek, bunlar yine de tümüyle doğru ve gerçektirler. Kütleleri, yükleri ve başka özellikleri belirlenebilir. Aynı maddesel parçacıklar gibi.

Standart Model

Bu dört kuvvetten üçü, ortak tek bir model ile, yani standart modelle betimlenebilir. Sadece kütleçekimi (gravitasyon) standart modelin bir parçası değildir. Standart modelin bağıntılarıyla, tüm parçacıklar arasındaki tüm etkileşmeler betimlenebilir. Bir bölümü, akla gelmeyecek kadar yüksek bir duyarlılıkla. Gluonlar ışın içine girdiği her durumda, kestirimlerin duyarlılığı o kadar iyi olmasa da hatanın (belirsizliğin) büyüklüğü kabaca kestirilebilir ve mekanizma içinde hatanın nereden kaynaklandığı anlaşılabilir. Gravitasyonu gözardı edersek, standart model, parçacıklar arasındaki tüm ilişkileri tam olarak betimler.

Betimler, betimler, betimler. Hep bu söz! Açıkladığı ise hiçbir şey yok! Halbuki bu kitap açıklamalıydı. Fiziği açıklamalıydı. Ama parçacıklarla ilgili hiç bir şeyi açıklayabilmiş değiliz.! Neden iki kopya var? Neden bunların herbiri bazen bu kadar, bazen de şu kadar ağırlıktalar? Neden dört kuvvet var da, iki ya da yüz değil ve bu kuvvetler neden böyle, oldukları gibiler?

Bunları hiç değise bilmen ve konuşulanlara katılabilmen için burada kısaca yazdım, ama bunlardan anlaşılabilir gerçekten birşey yok. Ama günün birinde bunları anlayacağımız umudunu taşıyorum. Buna kesinlikle inanıyorum; nedenini de kitabın en son bölümde anlatacağım.

Ama korkarım ki biz anlayana kadar oldukça uzun bir zaman geçecek. Bence, bunun için temelden yepyeni, kimsenin aklına gelmemiş bir düşünceye gerek var. Böyle bir düşünce ancak, birkaç yıl hiç rahatsız edilmeden bu konuda düşünecek tek bir insandan, bir dahiden gelebilir. İkinci bir Einstein'dan.

Ama bu dahi nereden gelecek ? Einstein bile bir kez, genç bir fizikçi için en iyisinin, bir deniz feneri bekçisi olarak çalışması olduğunu söylemişti. Çünkü, ancak orada insan rahatsız edilmeden, sessiz bir ortamda kendi düşüncelerini geliştirebilir. Aslında, Einstein daha sonraki çalışmalarının temellerini, bir bilimadamı olarak işsiz kaldığı yıllarda oluşturmuştu. Newton, temel oluşturan çalışmasını, üniversitesi uzun süre veba salgını nedeniyle kapatıldığında evde otururken yapmıştı. Bugün hemen hemen hiç veba salgını kalmadı ve deniz fenerleri de otomatik olarak işliyorlar artık. Günümüzde, çoğu genç araştırmacı haftalarca, kendi araştırmalarını yapmaktan hoşlanmayan şeflerine hizmet etme zorunluğunda olduklarından, kendibaşlarına buyruk pek bir araştırma yapamazlar. Bu çarktan kurtulmaları ise çok zordur, aksi takdirde kısa dönemli iş sözleşmelerini uzattıramazlar. Ben, öğrencilerime her zaman kendi düşüncelerini geliştirme olanağını tanıdım. Onlar da sadece bir ayrıcalıkla bu olanaktan seve seve yararlandılar ve başarılı da oldular. Ama onların bilimsel başarıları kimsenin ilgisini çekmedi. Ancak yeni düşünceler üretmeyi bırakıp, başkalarının dümen suyunda giderek onları memnun edecek çalışmalar yapmak ve toplantılar düzenlemek gibi daha basit işlerle uğraşmalarından sonra kariyer yapabildiler.

Bu nedenle bugün ikinci bir Einstein'ın ortaya çıkıp çıkamayacağını bilemiyorum. Günümüzdeki araştırmaların organize edilme şekli ve toplumumuzun “adam sendeciliği”,

ikinci bir Einstein'ın ortaya çıkmasına büyük bir olasılıkla izin vermiyor. Artık, böylesi önemli sorular üzerine sanki toplumda kimse düşünmüyor, böyle şeyler sanki kimsenin ilgisini çekmiyor, ve işte özellikle bu nedenle ben, daha çok kaygılanıyorum.

Bugünkü kültürümüz çerçevesinde, parçacıklar bulmacasının çözümü pek olası değil gibi gözüküyor. Bir sonraki büyük atılım belki yüz yıl belki de bin yıl sonra, belki de dünyanın başka bir yerinde, farklı, yeni bir kültüre sahip olan insanlarca yapılabilecektir. Çok can sıkıcı ama, ümitsizliğe kapılmaya gerek yok, çünkü fizikteki birçok şeyi iyice anlayabiliyoruz. Bu nedenle tekrar fiziğe dönelim ve bu saçmasapan parçacıkları sırlarıyla daha epey başbaşa bırakalım.

Gümmmmm

(Yayınevinin notu: Bu, Bay Grassmann'ın hiddetle kapıyı arkasından çarpma sesiydi. Değerli okuyucularımızın sabrına ve anlayışına sığınıyoruz, kitabımıza birazdan devam edeceğiz.)

HAYDİ VEKTÖR

Okulun ilk yıllarında çocuklar doğal sayılarla uğraşmayı öğrenirler ve bunda epey zorlanırlar. Ne yazık ki, yetişkinler, doğal sayılar çok kolaymış gibi davranırlar. Bu yüzden birçok çocuk, yanlış olarak, kendilerinin yeterli ölçüde kafalı olmadıklarını ve bu matematik denen şeyin üstesinden gelemeyeceğini sanır. Sonra da yaşamları boyunca matematikten korkarlar ve kendilerine güvenmediklerinden, sonunda gerçekten de pek bir şey anlamazlar. Ama asıl sorun hep matematikte değil, korkuda yatar. Kızılderililer “Korku, ruhu yiyip bitirir” derler.

Sonraki yıllarda insan pek kabul etmek istemese de, doğal sayılar gerçekten zordur. Yıllar süren uğraş ve çabayla olsa bile, insan sayıların üstesinden bir kez geldi mi, artık onun hiçbirşeyden korkmaması gerekir.

Sayıları Keşfetmek

Anımsarsın, doğal sayılar bin yıldan biraz daha önce Hintliler ve Araplar tarafından bulunmuştu. Daha önceleri, yüz binlerce yıldır en kafalı insanlar bile parmaklarıyla sayıyorlardı. Doğal sayıların, fizik için önemi, bunlarla ‘sayabilmek’, yani “bir şeyden kaç tane olduğu”nu ölçebilmektir. Bu epey önemli bir şey. Ama insan bir cismin kütlesinin ne kadar olduğunu, ya da hızının ne olduğunu bilmek isteyince doğal sayılar pek bir işe yaramaz ve bunlarla bir türlü sonuç alınmaz. Tamtamına on kilo elmam varsa “10” yazmam yeterlidir ve doğal sayılarla herhangi bir sorunun olmaz. Ama sen elmalardan bir tanesini

yersen, arta kalan artık on kilodan az olmasına rağmen, dokuz kilodan da fazladır. Şimdi ne yapmalı ?

Çok basit: eğer eski sayılar yetersiz kalıyorlarsa, biz de, bizim için gerekli olan yenilerini buluruz. Hintlilerin yapabildiklerini biz de beceririz! Doğal sayılardaki hile, “on kat daha çok” demek yerine basitçe bir basamak eklemektir. Öyleyse, iki “2”dir, bunun on katı “20”dir, yirminin on katı ise “200”dür,... vb. Bir virgöl bulup, virgölün arkasına “onda bir” anlamına gelen basamaklar koyarız. İki “2”dir, bunun onda biri “0,2”dir, ... vb.. Bu çeşit sayılara rasyonel sayılar adını veririz. Arta kaldı 9,72 kilo elma.

Rasyonel sayılarla, doğal sayılarla yapamadığın bir çok şeyi yapabilirsin. Ama rasyonel sayılar da her şeye yetmez. Örneğin, rasyonel sayılarla yön belirtmezsin.

Simsalabim, abrakadabra! Gelsin vektörler! Vektörlere gereksinim duyduğumuzda bunları türetmekten neden çekinelim ki? Neyse ki bunları bizim bulmamız gerekmiyor, çoktan ortaya konuldular bile! Bu bizim işimizi epey kolaylaştıracak.

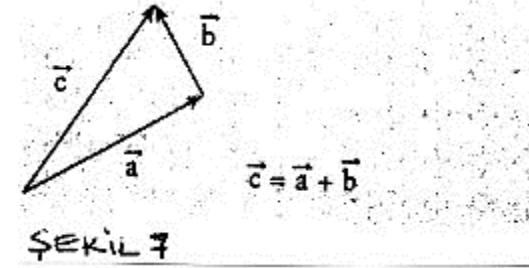
Vektörleri Hintliler değil, Bay Grassmann, adında bir alman 1844’te Berlin’de buldu. Ama 150 yıl öncesinin, 1200 yıl öncesinden bir farkı olduğunu düşünme sakın! Aynı doğal sayılar gibi vektörler de zorluklarla karşılaştılar ve kimse kendilerini kollarını açarak karşılamadı. Vektörleri bulan zavallı Bay Grassmann, enerjiyi ortaya atan aynı Bay Mayer gibi önemsenmedi. Bu belki de Bay Grassmann’ın da aslında ne fizikçi, ne de matematikçi olmasındandı. Kendisi, bir lise öğretmeniydi ve matematiği kendi kendine öğrenmişti. Yine de durumu Bay Mayer’e göre daha iyiydi, hiç değilse akıl hastanesine gönderilmedi. Sözlüğümde lise öğretmeni

Grassmann için şöyle yazıyor: “başka çalışmalarının yanısıra cebirsel eğriler kuramı” – al-cabr vel’mukabala (cebir ve karşılaştırma hesabı)! – , ve “mercek ve renk öğretisi...kuramlarıyla ilgili olarak Grassmann temel yapıtında... ilk olarak n-boyutlu Euklid (öklid) uzayını sistematik olarak betimlemiş ve böylelikle vektör ve tansör hesaplarının temellerini atmıştır. Ciddiye alınmamasından hayalkırıklığına uğrayarak, 1849’dan itibaren hintoloji ve hint-cermen araştırmalarına eğilmiştir. Sanskrit dilinde yoğun araştırmalar yaptı, 1863’de eski Hintçe ve eski Yunanca’daki ses farklılıklarını buldu, Rigeveda sözlüğünü yazdı ve Rigevedanın iki ciltlik çevirisini yayınladı. Doğal sayılarda olduğu gibi vektörlerde de diğer şeyler aynıdır: Önce vektörün ne olduğu söylenmeli, ondan sonra da onunla nasıl hesap yapılacağı anlatılmalıdır. Örneğin vektörler nasıl toplanır?

Hesap kuralları

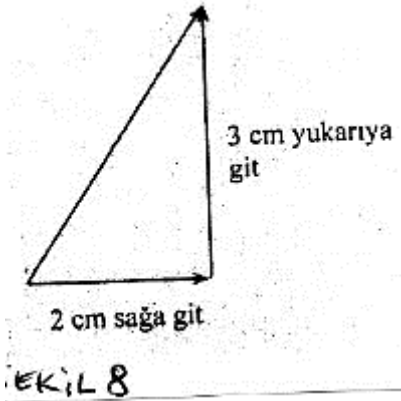
Çok basit: Bir vektör bir ok “tur, çünkü bir yön göstermesi gerekir. Bir okla zaten bu yapılır, başka ne olabilir ki? Bir kağıda vektörü ok şeklinde çizebilirsin. Vektörleri toplamak için de sadece birbirlerine eklemek yeterlidir. Vektörlerden birinin başı, diğerinin sonuna eklenir. “Vektör a” yazmak yerine, $\vec{a}$ kısaltmasını yazarım, ve $\vec{a}$ ve $\vec{b}$ vektörleri toplandığında, sonuç $\vec{c}$ ’dir

(ama sen ona $\overrightarrow{\text{Egon}}$ ya da başka bir ad takabilirsin). Bunlar, aşağıdaki Şekilde gösterildiği gibidir:



Bu Şekil, anlamakta zorluk çeken küçükler için yaptığımız bir kolaylık olmayıp, matematik olarak tümüyle doğrudur. Bir ok, matematiksel bir vektördür. Bu tastamam böyledir.

Okları çizmek hem doğrudur, hem de özellikle çok fazla vektör çizmen gerektiğinde ve elinde cetvelin olmadığında uğraştırıcıdır da. Neyse ki, vektörlerle cetvelsiz de hesaplama yapmanın bir yolu var: Örneğin “İki santimetre sağa git, üç santimetre yukarı çık” diyerek de bir vektörü tanımlayabilirim.



Aslında bu tanım yeterlidir ve vektörü ayrıca cetvelle çizmeme gerek kalmaz. Sadece iki sayıyı yazıyorum: (2,3) – bu “2 sağa, 3 yukarıya” anlamına gelir.

Öyleyse bir vektör, sayı çiftleri olarak da yazılabilir. Bu iki sayıya, vektörün “bileşenleri” adını veriyorum. İki vektörü toplamak istersen, vektörün bileşenlerini toplaman yeterli olur. Örneğin $(2,3) + (4,5) = (6,8)$, ya da genel olarak $(a, b) + (c, d) = (a + c, b + d)$ olur. Eğer inanmıyorsan, bir cetvelle sağlama yapabilirsin.

Bir vektörü, bir sayıyla da çarpabilirsin. Böylece, vektörün ölçeği büyütülmüş olur.

$5 \cdot (2, 3) = (10, 15)$ aynı yönde, ama beş kez daha uzun bir vektör elde edilir.

Zor olan iki vektörü birbiriyle çarpmaktır. Bunu yapmak için akla gelen iki farklı yöntem var. Biz, basitini ele alalım: $(a, b) \cdot (c, d) = a \cdot c + b \cdot d$. Bu, bir sayıdır. Öyleyse bu tür bir çarpma ile iki vektörden bir sayı elde ediyö-rüz. Kitabın, kuvvet ve uzay(mekan) bölümünde ve diğer bölüm-lerinde aslında vektörleri kullanabileceğim yerde, hep normal sayıları kullandım. Şöyle demiştik: “ $E = F \cdot l$: Bir F kuvveti, bir cismi l yolu boyunca hareket ettirdiğinde, kuvvet cisme ‘E enerjisini’ aktarır.” Kuvvet, yol (hareket) yönünde ise, cisim enerji kazanır, ters yönde ise cisim enerji yitirir. Eğer kuvvet cismi, tamtamına yol boyunca ya da tersi yönde etkilemeseydi de herhangi başka bir yönde etkileseydi ne olurdu?

Burada F ve l sayıları yerine $\vec{F}$ ve $\vec{l}$ vektörlerini kullanırsak işimiz kolaylaşır ve artık $E = \vec{F} \cdot \vec{l}$ bağıntımız geçerli olur.

Bunu, x ve y diye adlandırdığın bileşenlerle yazarsan: $E = (F_x, F_y) \cdot (l_x, l_y) = F_x \cdot l_x + F_y \cdot l_y$ olur. Sözle açıklarsak, enerji,

kuvvetin x yönündeki bileşeniyle, x yönünde alınan yolun çarpımı artı aynı işlem y yönünde.

Ama vektörler, sadece bir hesaplamayı üstlenen yararlı ahmaklar değildir; bunlar birçok durumda hesap yapmadan da bir şeyin nasıl işlediğini anlamaya yararlar.

Rüzgara karşı!

Kristof Kolomb’un öyküsünü biliyor musun? Eskiden, Kolomb’un zamanında yelkenli gemiler sadece rüzgarla yol alıyorlardı. Rüzgar arkadan gelir, yelkenleri şişirir ve gemiyi önüne katardı. Kolomb, Ekvator’a yakın, uzak bir güney rotasını izleyerek Amerika’ya doğru yelken açtı. Oralarda aylarca, sert ve yalnızca tek bir yöne, Afrika’dan Amerika’ya doğru esen alize rüzgarları vardır. Alize rüzgarları, Kolomb’u oldukça çabuk Amerika’ya attılar. Kolomb’un şansı vardı; alize rüzgarları olmasaydı belki de susuzluktan öldü. Daha sonra kuzeye doğru yelkenlisiyle devam etti (rüzgar güneyden estiğinde yelken açıyor, aksi halde bekliyordu). Sonunda doğruya doğru esen bir rüzgar sistemiyle karşılaştı ve bu rüzgar onu Avrupa’ya geri getirdi.

Başka denizciler bu kadar şanslı değillerdi. Bir düşün, yelkenli geminle egzotik bir kıyıya gelmişsin, elinde bir bardak hindistan cevizi sütü, her şey aynı reklam panolarındaki gibi: masmavi bir deniz, bembeyaz kumdan kıyı şeridi, palmyeler rüzgarda, denizden hışırdayarak gelen serinletici bir rüzgarda salınıyorlar ve karadan, kanolarına binmiş karınları aç yamyamlar kürek çekerek sana doğru geliyorlar, eğer rüzgar son anda yön değiştirmezse kurtuluş yok; ama rüzgar hala denizden karaya doğru esmesini sürdürüyor; palmyeler hala rüzgarda salınıyorlar; ama artık ileriye bakmasak daha iyi.

Ya da uzun bir yolculuktan sonra tam limana yaklaşıyorsun, gemindeki su zaten bitmiş, kıyıya çıkacağım diye sevinirken birden rüzgar dönüyor, ve seni tekrar açığa atıyor ve hiç suyun yok. Haftalar sonra gemin başka bir limanın yakınından yapayalnız geçerken, oradaki insanlar kendi kendilerine, ‘bu vampirlerin’ ya da , “uçan Hollandalıların’ gemisi olmalı gibi şeyler mırıldanırlar, ve tüm bunların suçlusu da zamanında vektör hesaplarını öğrenmediğin için sensindir.

Yüzyıllar boyunca bir çok insan ve bir sürü gemi, yelkenliyle rüzgara karşı gidilemediğinden ya da çok zor gidilebildiğinden korkunç bir şekilde yok oldular.

Sadece rüzgar ve gemi gözönüne alındığında, gerçekten de bir gemi sadece rüzgarla hareket edebilir. İmpuls korunumu nedeniyle. Ama modern bir yelkenli geminin çalışma tekniği, rüzgardan alınan impulsun, belirli ve gayet ustalıkla bir şekilde suya verilmesine dayanır. Yelkenli, aynı bir patenci gibi, adeta suyu yandan iterek gider. Böylece yelkenli, rüzgara karşı da gidebilir. Vektörleri kullanmadan bunu anlayabilmek oldukça zordur, ya da sen belki de anlamışsındır ? Ama vektörlerle, bu açıkça görülür.

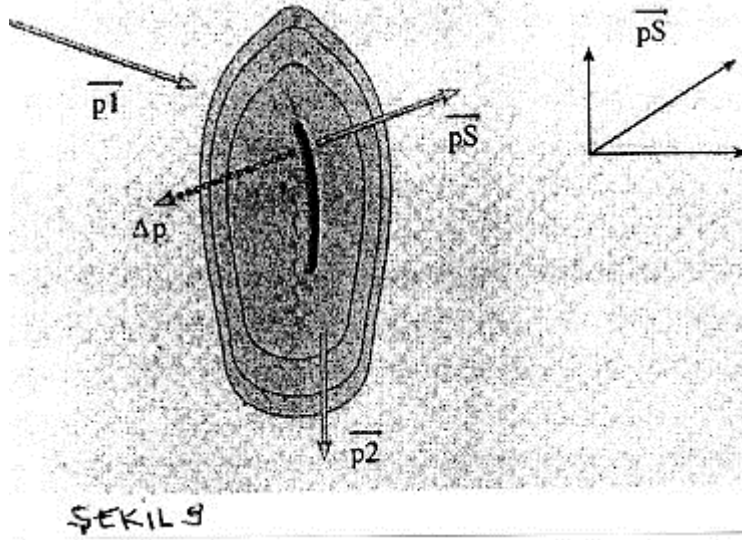
Yohana'nın Bana Öğrettiği

Şekilde bir yelkenli gemi görüyorsun. Rüzgar, $\vec{v}_1$ hızıyla önden, yanlamasına geliyor. Kütlesi m_1 olan belirli bir hava miktarının $\vec{p}_1 = m_1 \cdot \vec{v}_1$ impulsu vardır. Yelken, esen havayı engelleyip yolundan saptırır; havaya bir kuvvet uygulayarak esen havanın impulsunu değiştirir. Bu impuls değişimi, Şekilde kesikli bir okla, $\Delta \vec{p}$ olarak, gösterilmiştir. Hava, $\vec{p}_2$

impulsuyla esmeyi sürdürür ($\vec{p}_2, \vec{p}_1$ 'in ve impuls değişiminin toplamıdır.) Evrenin toplam impulsu değişmeyeceğinden, havadaki impuls değişimi, aynı büyüklükteki, ama ters yöndeki $\vec{p}_S$ impulsunu yelkene aktarır.

Gemi, bir uzay gemisi gibi boşlukta salınıyor olsaydı, Newton Yasasına göre her impuls değişiminde ivmeli bir kuvvet bulunacağından, geminin $\vec{p}_S$ yönünde ivmelenmesi gerekirdi. Ancak yelkenli suda yüzdüğünden ve bir kez yol aldığı anda artık ivme kazanmaz ve değişmeyen bir hızla hareket eder. Bunun nedeni, yelkenlinin, esen havadan aldığı impulsu durmadan suya aktararak suda ilerlemesi, sürekli olarak suyu yarması, yani çevresindeki suyu ivmelendirmesidir.

Vektörler, istenildiği gibi, çeşitli bileşenlerine ayrılabilir. Yelkenlinin suya aktardığı $\vec{p}_S$ impulsunu, basitçe, geminin boyu ve eni doğrultularındaki iki vektöre ayırabiliriz. Bu vektörler, Şekilde de görülmektedir.



Önden bakıldığında suyun gemiye uyguladığı direnç, gemi, su akımı çizgilerine uyum sağlayacak şekilde yapılmış olduğundan, çok azdır. Bu nedenle, geminin öne doğru ilerlemesiyle sadece azıcık su sürüklenir. Yani oldukça az kütleli su.

Gemi, yandan bakıldığında bir samanlık kapısı kadar geniş gözüktür ve bir barikat biçimindedir. Yandan oldukça iyi bir barikat görevi görmesi için, modern bir yelkenli gemide gövdenin altına ayrıca, bir de büyük omurga eklenmiştir. Bu nedenle geminin yandan hareketiyle çok büyük miktarda, yani

çok büyük kütlede su yana itilir.

İmpuls korunumunun sağlanması için, ileriye doğru itilen az kütleli suyun büyük bir hızı olması gerekir ki, m 'nin küçük olmasına rağmen, impuls $m \cdot v$ büyük olsun. Öyleyse gemi hızla öne doğru hareket etmelidir. Buna karşılık, yana itilen su kütleli çok büyük olduğundan, gemi yana doğru çok yavaş hareket etmelidir. Yana itilen suyun kütlesi ve hızından oluşan impuls, çok küçük bir 'su hızı' için bile yeterli ölçüde büyük olur. Bu nedenle yelkenli bir gemi çoğunlukla ileri doğru hareket eder ve rotasından sadece yavaş yavaş yana doğru sapar. Yani rüzgara karşı gider.

Yüzyıllar boyunca kimse yelkenliyle rüzgara karşı gidememişti. Halbuki, bu çok önemliydi, birçok insanın yaşamı kurtarılabilir ve çok da para arttırılabilirdi. Ama insanlar bunu birtürlü beceremediler işte. Ancak 18. yüzyılda biraz ilerleme oldu; 19. yüzyılda ise rüzgara karşı yelkenliyle gitme tekniği iyice öğrenildi. Ama o zamanlarda da artık bu çok önemli değildi, çünkü yelkenli gemiler dönemi geçmişti. Rüzgara karşı yelkenliyle gidebilmek ve vektörleri bulmak için insanoğlunun çok zamanı oldu; şu ilginç değil mi ? : Bir şeyin ortaya çıkarıldığı bir dönemde, başka bir şey de anlaşılır duruma geliyor. Bu, ayrıca öyle bir dönemde oluyor ki, artık yelkenli gemilerin rüzgara karşı gidebilmesinin hiçbir önemi kalmadığında. Bunun bir rastlantı olup olmadığını kendi kendime soruyorum.

Anlamanın çeşitli basamakları vardır. Bence, impuls korunum yasasının ve vektörlerin, en güzel ve doğru şekilde anlaşılması, yelkenli kullanmayı öğrenince olur. Ben yelkenli kullanmayı Chicago'nun Güney Kumsalında öğrendim.

Öğretmenim, adını şimdi anımsamadığım bir müzik öğrencisiydi ve biz rüzgara karşı hızla yol alırken, o hep burunda oturur, suda yankılanan arylar söylerdi. Bir diğer yelken öğretmenim ise kültür bilimleri bölümünde okuyan yumuşak ve son derece akıllı Yohana(Johanna)'ydı; ona göre impuls ve vektör hesaplamasını anlayanlar dışındaki tüm erkekler suçluydu. Yelken kursunun sonunda sahilde, beyaz kumların üstünde, rüzgarda salınan ağaçların altında çok güzel bir akşam yemeği düzenledik; her şey tamtamına olması gerektiği gibiydi. Sadece günbatımı birazcık abartılmıştı.

Belki de en iyisi, birinin, 1844 yılında Berlin'de yelkencilik okullarının olup olmadığını kontrol etmesi ? Bir de bakarsınız, o zamanki öğrencilerin bir listesi bile bulunur?

Yüksel Atakan

GÖRELİLİK KURAMI YA DA ŞANSLI ALBERT

*Dinle! Bak, sevgilimin sesi!
Dağlardan sekerek,
Tepelerden sıçrayarak geliyor.
Ceylandır, geyik yavrusudur sevgilim benim.
Evet, evet işte duvarın arkasında,
Pencerelerden,
Kafesli çitten
içeriye gözlüyor.
Bana diyor ki sevgilim:
Kalk da gel güzelim.
Sarp kayalıkların tepesindeki yuvasında
saklanan güvercinim!
Göster bana yüzünü,
duyur bana sesini!
Tatlıdır sesin, güzeldir yüzün senin!
Sevgilim benimdir, ben de sevgilimin.
Kolundaki damga gibi,
bastır yüreğine beni!
Ölümden de kuvvetlidir aşk;
Serttir acısı öbür dünya gibi!
Yakıp tutuşturan bir kor ateştir aşk,
dev alevlerle!
Söndüremez aşkı koca deryalar bile,*

*Sürüklenip gidemez ırmakların önünde!
Sevgiye karşılık tüm varlığını sunan,
hor görülür her zaman!*

Bu şiiri Büyük Sultan Süleyman ya da sarayındaki başka büyük bir şair ya da şarkıcı yazmış. 3000 yıl önce yazıldığından hiç kimse tam olarak şairini bilmiyor. O zamanki insanların ne demirden ne de kağıttan haberleri vardı; ne bisiklet, ne telefon, ne dişçi ne de elektrik ışığı vardı o zamanlar! Pek az olan bazı şeylerden de neredeyse hiçbir şey günümüze ulaşamamış; tozlu toprakta birkaç yontma taş ve müzelerde saklanan, üzerlerinde “Wad al Harrum, yaklaşık olarak M.Ö.1000, muhtemelen eski-kaldeik dönemin etkisinde” yazan küçük kağıtların iliştilirdiği kırık dökük kil testilerden başka hiçbirşey! Bir de yukardakine benzer “Dinle !...” gibi yazılar.

Bu şiiri (ki daha uzun bir şiirden bir bölümdür) daha şimdiden anlayabiliyor musun? Acaba ben, gençliğimde bunu anlar mıydım diye düşünmeye gayret ettim, ama başaramadım, aradan çok zaman geçtiği için! Yine de bazı yetişkinler bile böyle zor bir şiiri pek kolay anlayamazlar: Bu şiir, gittiğim bir düğünde okundu ve bazı yetişkinler bunu çok komik buldıklarından nasıl tavuklar gibi gıdaklayıp, kıkırdadılar. “Herbert taş kafalı bir keçi! Hahaha!” – “Emma guguguk güvercini, huhuuu!” Şiiri bölüklerinden anlamadılar, bu onlara çok zor geldi; ne de olsa bu şiir yaşamın en önemli ve en zor şeyini, aşkı anlatıyor. Hatta bazı yetişkinler aşkın ne olduğunu bile bilmezler, onlar için erişilmezdir bu ve aşkı, ara sıra cinsellik diye adlandırdıkları başka bir şeyle karıştırırlar. Bu, insanın fizikten hiçbir şey anlamadığını gururla söylemesinden daha da aptalcadır.

Bu böyleyse, o zaman ben neden senin henüz anlayıp anlamayacağından emin olmadığım bir şiiri yukarıya aldım ? Çünkü bu şiiri hemen, tümüyle anlamanın hiç önemi yok; her şeyin bir zamanı var. Şimdilik, bir şeyi anlatmak için bu şiire gereksinimim var da ondan!

Şiir, aşkı anlatıyor, bu kadarı açık, son mısralarda da bu söyleniyor zaten. Ama Sultan Süleyman neden keçilerle güvercinlerden bahsediyor? Çünkü, her ne kadar aşk hayattaki en önemli şey olsa da, aslında aşkın ne olduğunu kimse açıklayamıyor. Şimdiye kadar hiç kimse, bir yoruma gerek kalmaksızın aşkın tam olarak tanımını yapmayı başaramadı. Bu nedenle de hala aşkı anlatan kitaplar yazılır, filmler çevrilir. Ve hep aşkın ne olduğu konusunda henüz söylenilmemiş yeni bir şeyi söylemeye çalışırlar. Bence bunu en iyi başaranlar , “ ...işte bu böyleyse aşktır” şeklinde gündelik dilimizle anlamsız tanımlar yapmaya hiç girişmeden, aşkın ne olduğunu dolaylı olarak anlatanlardır. Belki erkekle kadın arasındaki bir bakışdan, belki de bir kızın şövalyeye birazcık da dökerek uzattığı bir bardak sudan bahseden satırlar gibi. Süleyman şiirinde daha da ileriye giderek, insanları bir kenara bırakıp, aşkın kendisini anlatmaktadır. Yani aşkın, insanüstü ve insanların yaşamlarının üstünde olduğunu Süleyman özellikle vurgulamaktadır.Çünkü iddiasının dayanağı, aşkın ölümcül insanların daha yukarlarında bulunduğu, yani aşkın ölümden daha kuvvetli olduğu, anlatımıdır.

Süleyman basit, dört dörtlük, güzel bir şiirle aşkı betimler ve aşkın var olduğunu kanıtlar, aşk duygusunu anımsatır. Hatta doğru dürüst hiç sevme şansı olmayan, sadece azıcık sevebilmiş insanlara bile. Aslında başlarından geçmediği için aşkın ne olduğunu bilemeyenler bile aşkı anımsarlar. Ve işte tam da orada, her şeye rağmen aşkı anımsamaları, aşkın var olduğuna

bir kanıttır.

Bazı insanlar, ki Süleyman onları “aşağılık” diye adlandırır, dünyada sanki sadece elle tutabilecekleri maddi şeyerin bulunduğunu ve konuşmaya değer başka hiçbirşey yokmuş gibi utanmazca davranırlar.

Ama biz bunun ne kadar yanlış olduğunu bildiğimizden bizi kimse yanıltamaz. Gerçek olan ve son derece önemli şeyler vardır; öyle ki, onlarsız bir dünya düşünülemez; ama yine de hiç kimse bunları ayrıntılarıyla tam olarak betimleyemez

İşte, bu şiirle anlatmak istediğim ve bunu kitaba almamın nedeni de bu.

3000 yıllık boş uğraş

Uzay (mekan) ve zaman çok benzerdirler: Bunlar ilk bakışta çok önemliymiş gibi gözüktürler; onlarsız bir dünya düşünülemez. Ama biraz sonra kişi iyi niyetli de olsa ikirciklenir: Uzay(mekan) ve zaman üzerine söylenecek ne olabilir ki? Bunlar var işte. Belki de yoklardır? Varolan bir şey üzerine söylenecek hep bir şey bulunur, ama zaman ve uzay(mekan) hakkında ne söyleyeyim ki? Birçok akıllı filozof zaman ve uzay(mekan) konusunda en azından 3000 yıldan beridir bir şeyler söylemeyi denediler. Ama düşünceme göre bütün bu çabalar sonunda sadece boş laftan ibaret kaldı. Kuşkusuz bu benim kişisel düşüncem, başka birisi bunu farklı görebilir.

Ama şu kadarı kesin: Eğer yüzyıl önce yaşamış olsaydım, tüm iyi niyetime rağmen uzay(mekan) ve zaman üzerine ne söyleyeceğimi bilemezdim. Bugün yaşıyor olmak ve bu yüzden de Bay Albert Einstein’ın görelilik kuramını bilmek ne güzel!

Yanlış olamayacak kadar basit

Görelilik kuramı şöyle ortaya çıktı: Einstein'dan birkaç yıl önce Maxwell adında çok akıllı bir adam elektrik ve magnetizma üzerine kafa yorarken, elektrikle ilgili her şeyi kapsayan dört tane basit ve birbirinden güzel denklem buldu. Böylesi şık denklemler çok ender görülür. Denklemler bir deneyle sınıandığında her şey birbirine uyuyordu.

Sadece bir şey dışında: Denklemlerde kuşkusuz uzay(mekan) ve zaman da vardı, ve uzay(mekan) ve zamanı,

“ $v = l / t$ ” bölümünde yaptığımız gibi, yorumladığımızda, denklemler çatırdarak çöküyorlar ve anlamsızlaşıyorlardı. Bu, sadece Einstein'ı değil, tüm fizikçileri iyice şaşırtıp, afallatıyordu. Ama Einstein öbürlerine göre daha çocuksu ve saftı ve görünüşte çok çocuksu gibi gözükken bir şey söyledi: “Son derece güzel olan Maxwell denklemleri doğru olmalılar, öyleyse uzay(mekan) ve zamanla ilgili doğru olmayan bir şey olmalı.” Tam bir çocuk kafası! Uzay(mekan) ve zamanla ilgili doğru olmayan ne olabilirdi ki? İnsanlar aynen böyle düşündüler. Ama Einstein haklıydı ve daha da önemlisi bunu kanıtlamayı da başardı.

Elma ağacının altına dönelim

Konuyu doğru anlayabilmek için kitabın başlarında anlattığımız $v = l / t$ bağıntısını birazcık daha kurcalamalıyız. Bir ağacın gölgesinde oturup düşünüldüğünde, insanın aklından, aptalcasına basit görünen ve önemsiz de olduğundan, başta belirtmeye cesaret edemediğim bir şey geçebilir ki bunu şimdi daha fazla ertelemekten gözden geçirelim.

“Gemi 10km/h hızla gidiyor” gibi bir cümle tam değildir ve hatta saçmadır. Gemi 10km/h hızla suda hareket ediyor olabilir, ama aynı zamanda ırmak kıyısındaki birisi geminin akıntıya karşı 10km/h hızla kıyıdan geçişine bakıyor da olabilir. Eğer ırmak 5km/h hızla akıyorsa, akıntıya karşı giden gemi bu durumda, suda 15km/h hızla hareket ediyor demektir.

Arabalarda da, trenlerde de, başka her şeyde de durum aynıdır: Hız, bir şeyin özelliği değil, hep iki şeyin karşılaştırmasıdır. “Bir şeyin hızı” olmaz, sadece “bir başka şeye göre hızı” olur. Günlük yaşantımızda bu hep böyledir. Yine de günlük yaşantımızda “bir başka şeye göre” deyimini kullanmayız, onsuz olunabileceği için değil, ama çoğunlukla ne demek istenildiği zaten anlaşıldığı için.

Hızın, iki şey arasında ‘göre’li bir hız olduğuna başta değinmedik; çünkü öyle olduğu açık seçik gibiydi. Peki başka türlü olması düşünülebilir miydi? Bir şeyin hızının, başka şeylerden bağımsız, sadece kendisinden kaynaklanması düşünülebilir miydi? Örneğin bir gemi suda 10km/h hızla gidiyor – ve ırmak da 5km/h hızla vadiye doğru akarken yine de gemi kıyıdan 10km/h hızla mı geçiyor ? Böyle birşey hiç düşünülemez gibi, hatta basbayağı saçma, çılgınca bir şey. $10 + 5 = 10$ eder demek gibi bir şey bu.

$$10 + 5 = 10, \text{ çok saçma}$$

Ama böyle bir şey var: ışık. Işık, nereden bakılırsa bakılsın her zaman aynı hızdadır. Işığın hızı kendisinden kaynaklanan özelliğidir. Bu hızın, nereden ölçüldüğünü söylemek gereksizdir; çünkü hep aynı değer bulunur. Bu yüzden ışık hızı değerinin, c ile gösterilen kendine özgü bir adı vardır.

İlk bakışta, ışığın hızından bahsetmek çok şaşırtıcı gibi geliyor. Işığın hızı mı var ki? Bir lambayı yaktığımda, oda hemen aydınlanır, ışık sanki sonsuz bir hızdaymış gibi yayılıyor. Ama bir dakika, fizikte “sonsuz” birşey yok gibiydi, değil mi? Bir ölçelim bakalım.

Işık hızı

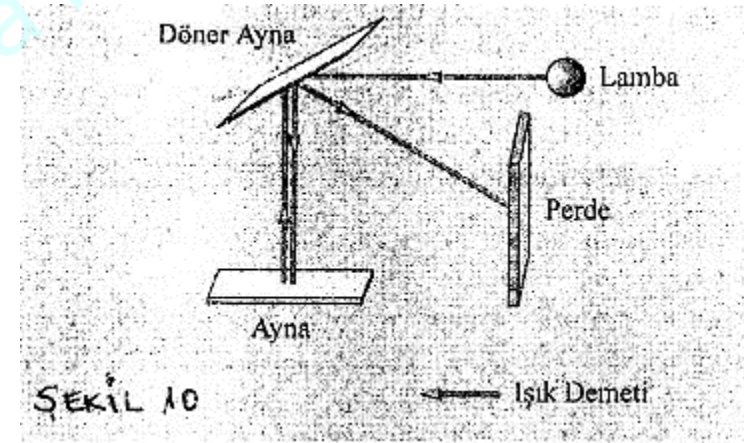
Işığın hızını ölçmek için on bin marklık bir bilgisayarla yüz bin marklık elektroniğe gereksinimin olabilir. Bir de doktora yapmış olman gerekir tabii. Tüm bunların yerine, iki ayna ve bir bisiklet tekerleği yuvası da bu işi görür. Birazcık el emeğiyle bunu başarabilirsin.

Işık, aynadan hep belirli bir açıda yansır: Aynada kendime bakmak istediğimde, aynanın önünde durmalıyım, yanında değil. Aynanın sağında durup aynaya baktığımda, aynanın solunda olan şeyleri görürüm. Başka açılardan da da benzerleri olur; aynanın ne olduğunu bilen herkes bunu bilir. Şimdi dönen bir eksene (bisiklet tekerleği yuvasına) bir ayna bağlayalım, sonra gece lambası gibi bir lambayı ve diaprojektör için kullanılan bir perdeyi de karşısına dikelim. En son olarak da dönmeyen ikinci bir aynaya gereksinimimiz var. Tüm bunları şekilde gösterildiği gibi yerleştirelim. Aynalar arasındaki uzaklığı ölçüyoruz (metre ile) ve dönen aynanın ne kadar hızla döndüğünü ölçüyoruz (saat ile).

Döner ayna dönüyor ve lamba yanıyor. Döner ayna, lambadan gelen ışığı yansıtıyor. Işığı hangi yöne yansıtacağı dönen aynanın o anki açısına bağlıdır. Sadece belirli bir açıda ışık hareketsiz duran ayna yönüne doğru yansır. Hareketsiz ayna,

ışığı hemen geriye doğru yansıtır, ama tekrar döner aynaya geldiğinde, konumu biraz değişmiştir. Yani ışığı geri lambaya değil, biraz yan tarafına, perdeye gönderir. Işık, aynalar arasında gidip gelirken aynanın ne kadar döndüğü görülür. Aynanın dönme hızı bilindiğinde, aynalar arasında ışığın gidip gelmesi için gereken zaman da bulunur. (Bu durumda Sherlock Holmes hemen: “Bağlantı kuruyorum.” derdi)

Öyleyse ışığın belirli bir zamanda aldığı yol bilindiğinde, hızı da bilinir.



Şimdi kuşkusuz ki gece lambasını hareket ettirebilir ya da ışık kaynağı olarak dünyadan hızla uzaklaşan bir yıldız alabilirim. Ama ne yaparsam yapayım hep aynı ışık hızını elde ederim:

$c = 300\,000$ km/s (aslında $299\,792,50$ km/s, ama bunu kim aklında tutabilir ki?).

Her neyse, ışık kaynağı bana göre hangi hızla hareket ederse etsin, gönderdiği ışık hep aynı c hızıyla bana ulaşır. Diğer bir deyişle $10 + 5 = 10$. Akıl almaz, böyle son derece çılgınca bir şey nasıl olabilir ?

Buna gülünür işte!

O kadar basit ki, daha basiti olamaz; ancak bunu açıkça söyleyebilmek için iyice yürekli olmak gerekir. Çünkü insanlar buna yine kıkır kıkır, katıla katıla gülebilirler ve eğlenceli şeyler anlatan böyle birini iyice gülünç bulabilirler. O zamanlar Einstein, bunun nasıl olduğunu açıkladığında ona da güldüler. Yüz fizikçi birlikte, Einstein'ın ne kadar aptal ve söylediklerinin de ne kadar saçmasapan şeyler olduğunu içeren bir kitap yayınladılar.¹²

Einstein, önce buna hiç aldırmış etmedi ve “Eğer ben yanıyorsam, söylediklerimi bir kişinin çürütmesi yeterlidir, yüz kişinin değil!”, dedi. Ama birkaç yıl sonra Almanya'dan kaçmak zorunda kaldı. Yüz kurnaz fizikçi onu araştırmadan dışlamışlar ve kendisi eğer tam zamanında kaçmamış olsaydı kesinlikle öldürülürdü. İnsanlar, onun Yahudi olduğu için öldürülmek istenildiğini ileri sürüyorlardı, ama bu pek anlamsız birşey. Bu, birisini çilleri var diye öldürmek gibi olurdu. Böyle bir şey öne sürülürse bu tümüyle saçma olur ve bunun

¹² Yüz ya da daha fazla insanın toplanıp bir yayın listesi oluşturması elementer parçacık fiziğinde tekrar moda oldu. Herbiri bir şey yaptığından değil ama, sadece hukuki olarak, yayını engelleyecek hakları olduğundan.

arkasında kesinlikle başka bir neden yatıyordu. Aslında, Almanya'dan Einstein'la beraber çok sayıda insan kaçmak zorunda kaldı. Bunların çoğu Yahudi değildi; sadece zeki olduklarından ve aptalların katıla katıla güldüğü şeyler söylediklerinden. Kalsalardı öldürüleceklerdi.

Peki şu nasıl olabilir.. Işığın hızını $300\,000$ km/s olarak ölçüyorum; yanımdan $100\,000$ km/s lık bir hızla geçen birisi de bunu $300\,000$ km/s olarak ölçüyor. Aynı ışık için biricik, tek bir şey için. Bu, nasıl olabilir? Şimdi, hız $v = l/t$, alınan yolun bu arada geçen zamana bölümüdür. Yanımdan yüksek bir hızla uçarak geçen birisi, benim gibi aynı ışık hızını gözlemlediğine göre ya uzay(mekan) ya zaman, ya da her ikisi birden bu hızla uçana göre değişmiş olmalı.

Aynalarla olan deneyimize dönelim. “Aynalar arasında bir kilometre uzaklık olduğunu” ölçtüğümde, benim yanımdan hızla uçan kişiye, aynalar birbirlerinden bir kilometre uzaklıktaymış gibi gelmez. O uçarken, aynanın dönme zamanını ölçtüğüm saatime bakarsa, saatim ona yanlış, yani, ya çok hızlı ya da çok yavaşmış gibi gelir. Yanımdan çok hızlı geçmesine rağmen, o ancak bu takdirde benimkiyle aynı olan l/t hız değerini ölçebilir.

İşte bu da tam Einstein'ın söylediği idi: Bir nesne hareket ettiğinde, uzay(mekan) ve zaman değişim gösterir. Ama bu sadece çok hızlı hareket edildiğinde gözlenebilir. Bunun böyle olduğu, ışık hızı ölçülerek, dolaylı olarak ortaya konur.

Çok basit bir saat

Anladıklarımızı pekiştirmek için en iyisi bir ışık saati yapalım. Aslında zamanı hangi saatle ölçtüğüm hiç önemli

değil. Kendi saatimle, Burak'ınkiyle ya da saat kulesindekiyle de ölçebilirim. Öyleyse neden bir ışık saati olmasın? Işık saati, aralarında bir ışık çakmasının gidip geldiği iki aynadan oluşur. Yukarıdaki aynadan yansıdığına, “tik”, alttaki aynadan geri dönerken de, “tak” yapar. Modern bir kuvars saatinde, zamanı, bir kuvars kristalinin salınımlarını, sarkaçlı bir duvar saatinde ise sarkacın salınımlarını sayarak ölçeriz. Işık saatimizde ise, ışının aynalar arasında hangi sıklıkla gidip geldiğini sayarız. Işık saati şekilde gösterilmiştir.

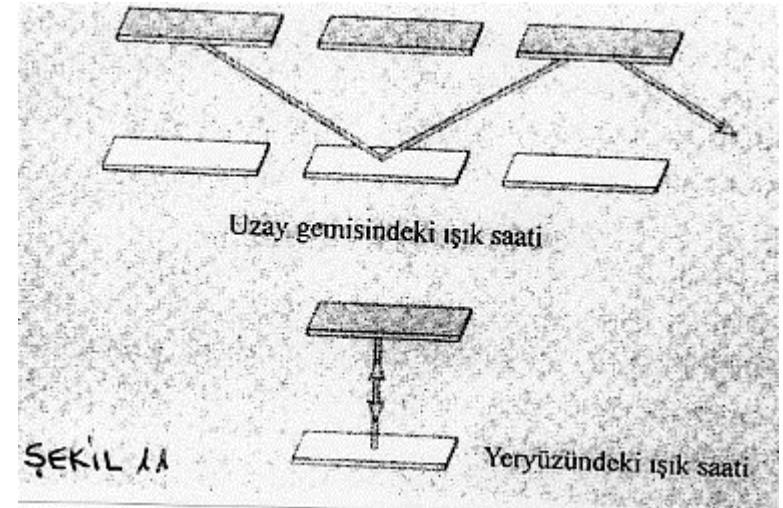
Şimdi, bir astronotu ışık saatiyle uzayda geziye yollayalım.. Işığın, artık bir aynadan diğerine ulaşabilmesi için daha uzun bir yol alması gerekir. Şekilde bu görülüyor. Ama onun uçuş hızı c ile aynı kaldığından, daha uzun bir süreye / zamana gerksinimi olur. Saat daha yavaş tiktaklar.

Ama bu sadece bizden bakıldığında böyledir, çünkü biz beraber hareket etmiyoruz. Astronot, bu yavaşlamayı gözleyemez. Çünkü uzay gemisindeki diğer tüm saatler de yavaşlarlar; zamanı hangi saatle ölçtüğümüzün hiç önemi yoktu ya! Bu yüzden astronot, ışık saatini gemideki diğer saatlerle karşılaştırdığında, ışık saatinin yavaşladığını gözleyemez.

Eğer gemide başka saat yoksa, nabzını sayabilir. Nabız da saat gibidir, ancak saat kadar duyarlı değildir. Zaman, hangi saatle ölçüldüğünden bağımsız geçtiğine göre, astronotun “nabız saati” de geri kalmalıdır. Astronot daha yavaş yaşadığından, daha yavaş yaşlanır. Astronot, çok uzaktaki bir yıldız gittiğinde ve bize geri döndüğünde, bizimle karşılaştırıldığında daha az yaşlanmış olacaktır. Yeterli derecede yüksek bir hızla uçarsa, geri döndüğünde biz ona göre 30 yıl yaşlanmış, saçlarımız çoktan kırılmış, cildimiz

kırışmıştır; astronot ise sadece bir yıl yaşlanmış ve aynı gittiği zamanki gibi gözüküyordur.

Burada bilim kurgu anlatmıyorum, gerçekten de öyle. Sadece bugünkü uzay araçları, astronotları o kadar genç tutacak kadar hızlı değiller. Ama astronotlar yerine elementer parçacıkları gözönüne alırsak, çok hafif olduklarından bunları neredeyse ışık hızına yakın bir hıza ulaştırabiliriz. Bazı elementer parçacıklar sonsuza kadar yaşamazlar, bunların insanoğlu gibi belirli bir yaşam süreleri vardır. İnsanoğlu ortalama 70 ya da 80 yaşına kadar yaşar; elementer parçacıkların da ortalama ne kadar yaşayacakları kestirilebilir. Elementer parçacıklar çok yüksek bir hızla hareket ettiklerinde, gerçekten de daha uzun yaşarlar. Bizden bakınca tabii.



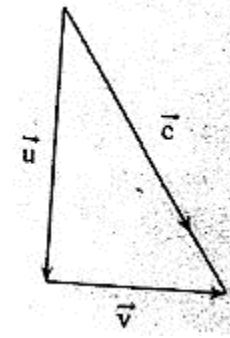
İstersen, ışık saatimizin yardımıyla zamanın ne kadar yavaşladığını hesaplayabilirsin. Eğer henüz 16 yaşında değilsen, daha iyi ya, bu hesaplamayı yapmak için biraz daha bekleyeceksin demektir.

Hesaplama burada başlıyor

“Zaman, yolun hıza bölümüdür.” Bilmemiz gereken yalnızca aynalar arasındaki uzaklık ve ışığın bir aynadan öbürüne giderken hızının ne kadar olduğudur. Böylece bu arada geçen zamanı buluruz. Saat hareket etmiyorsa, ışığın $t = l / c$ zamanına gereksinimi vardır. l’aynalar arasındaki uzaklık , c ise ışık hızıdır.

Saat v hızıyla hareket ettiğinde, ışık da bu harekete ayak uydurmak zorundadır. Bu, bir sonraki şekilde gösteriliyor (vektörler bölümündeki gibi: $\vec{u}$ vektörü, u da onun büyüklüğünü gösteriyor). Işık, şimdi c hızının bir bölümünü saatin hareketine ayak uydurmak için kullanmalıdır. Arta kalan u hız bileşeniyle ışık, aynalar arasında gidip gelir. Işığın, bir aynadan diğerine gidebilmek için artık t' ile göstereceğimiz başka bir zamana gereksinimi vardır : $t' = l / u$.

Işığın, hareketsiz duran bir saatte bir aynadan öbürüne gitmek için gerekli olan zamanı t ile, yanımızdan hızla geçip giden bir saattekini ise t' ile gösteriyoruz .



Şekil 12

t'/t oranı hareket eden saatin ne kadar yavaş tiktakladığını verir. Yukarda yazdığımızı yerine koyarsak şu bağıntıyı elde ederiz:

$$\frac{t'}{t} = \frac{\left(\frac{l}{u}\right)}{\frac{l}{c}} = \frac{c}{u}$$

Bu bağıntı söylenebilecek her şeyi kapsıyor. v ne kadar büyük olursa u da o kadar küçük, yani astronot için zaman o kadar yavaş geçer: Yanımızda hareketsiz duran saatin bir kez tıklamak için bir saniyeye gereksinimi varsa, yanımızdan yüksek hızla geçen saatte her tıklama için pekçok (bizim) saniyenin geçmesi gerekir; u istenildiği kadar küçülebilir, böylelikle t'/t de istenildiği kadar büyür. Bu, astronot yeterince hızlı hareket ettiğinde, kendisi için zamanın “neredeyse durduğu” anlamına gelir.

Ama v hızı yerine sadece u hızı yer aldığından yukardaki

$\frac{t'}{t} = \frac{c}{u}$ bağıntımız biraz dolambaçlı. Astronotun v hızını bildiğimizde, t'/t 'nin ne büyüklükte olduğunu söyleyebilmek için, önce dolambaçlı bir yoldan u 'yu hesaplamamız gerekiyor. u hızının yerine v hızını kullanabilmek için bağıntıyı biraz değiştirelim ve u hızını v hızı cinsinden yazalım. Eğer şekle dikkatle bakarsan, $\vec{c}$, $\vec{u}$ ve $\vec{v}$ vektörlerinin dik açılı bir üçgen yaptıklarını görebilirsin. Burada pisagor (Pitagor) kuramı işe yarar:

$$c^2 = u^2 + v^2, \quad u = \sqrt{c^2 - v^2} = c \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

öyleyse

$$\frac{t'}{t} = \frac{c}{u} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Bu sadece kesirli ve kök alma işlemi, artık fizik değil. Fizik bundan öncesiydi (16 yaşında olmamana rağmen buraya kadar okuduysan: kök almak, kare almanın tersidir. $2^2 = 4$ ve $\sqrt{4} = 2$ $\sqrt{9} = 3$, $\sqrt{x^2} = x$.)

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ ifadesi } \gamma \text{ harfiyle kısaltılır. } v, c \text{ ile}$$

karşılaştırıldığında çok küçük olduğunda, γ hemen hemen 1'e eşittir. c ile karşılaştırıldığında v yeterince büyük olduğunda, γ da büyür. Örneğin: Astronot, yanındaki saatle birlikte ışığın

yarısı hızla, yani $v = 0,5 \cdot c$ ile uçuyorsa γ da : $\gamma = 1 / \sqrt{1 - \frac{1}{4}} = 1,15$ olur. Öyleyse, zamanın uzadığını farkedebilmek için insanın çok hızlı hareket etmesi gerekiyor.

Hesaplama burada sona eriyor 

Yüksek hızda zamanın nasıl değiştiği bilindiğinde, c nin aynı kalması için, uzay(mekan)ın nasıl değiştiği hesaplanabilir. Hareket, zamanı yavaşlatırken, uzaklıkları aynı ölçüde kısaltır.

Uzaklıklar sadece hareket doğrusultunda değişir. Hareket doğrultusuna dik doğrultuda ise hiçbir değişme olmaz. Öyleyse uzun bir uzay aracı yanı başımızdan burnu önde geçtiğinde, boyu, hiç hareket etmeme durumuna oranla, bize daha kısa gelir, ama çapı aynı kalmıştır.

Bizden bakıldığında yanımızdan geçen uzay aracı kısalmıştır. Buradan, araçtan bakıldığında, bizim de uzay(mekan)ış olacağımız gibi yanlış bir sonuç çıkar. Ama böyle bir şey olamayacağından şöyle deriz: “Sevgili Astronot Bey, yanımızdan o kadar hızlı geçiyorsunuz ki, sizdeki her şeyin kısalması hiç de olağanüstü birşey değil”, bunun üzerine astronot telsizle: “Amma da yaptınız! Hiç de hızlı uçmuyorum, bu nasıl olabilir ki ? Uzay aracım 1999 yılından kalma eski bir X-17B, bununla isterseniz de hızlı gidemezsiniz! Hızlı olan sizlersiniz. Gezegeninizin üstünde deliler gibi uzayda koşturuyorsunuz. Yanınızdan dümen kırıp geçebildiğim için şanslıyım. Yoksa beni ezip geçecektiniz.”

İşte şimdi her şey karıştı. Astronot mu yanımızdan geçiyor, yoksa biz mi onun yanından? Kim hızlı, biz mi, astronot mu ?

İnsan bunu ayıramaz. Astronot yanımızdan hızla geçiyor. Ama biz de astronotun yanından hızla geçiyoruz. Söylenebilecek tüm şey bu kadar. Biz yanımızdan hızla geçen araçtaki herşeyin nasıl kısaldığını gözlediysek, astronot da aynı şekilde biz yanından geçerken bizdeki herşeyin kısaldığını söyleyecektir. Tabii astronotun bakış açısından.

Bugün bizim bunları gerçekten anlayabilmemiz dahi hepten bir şans.

Üçlü Şans

Albert Einstein yüksek öğrenimini bitirdiğinde, üniversitede bir iş bulamadı. Aslında yeterince boş yer vardı. Ağustos 1900’de onunla birlikte sınava girip başaran başka dört öğrenciye iş verilmişti. Einstein da kötü bir öğrenci değildi. Ama profesörü, kendisini bağımsız olmakla eleştirdi: “Einstein siz akıllı, hatta çok akıllı, yetenekli bir gençsiniz.. Ama büyük bir hatanız var: Kendinize söz söyletmiyorsunuz!” Bunu söyleyenin adı Weber’di. Bu utanmaz Weber’in işe başlayışından emekliliğine kadar geçen sürede ne yaptığı da, Einstein’a ne söylemek istediği de belli değil. Söz dinledikleri sanılan öbür dört gencin işlerinde yaptıklarıysa: unutulup gitmiş.

İki yıl boyunca işsiz Einstein, bir sonuç alamadan iş bulma başvuruları yapıp durdu.. Sonunda ilk kez şanslıydı. Arkadaşı Marcel Grossmann’ın babası, tanıdık yoluyla, ona patent bürosunda bir iş bulmuştu. Böylece genç Einstein, artık en azından evlenebilecekti.

Einstein’a şans bir kez daha güldü. Patent bürosundaki işi ona, akşamları fizikle ilgili düşünecek zaman ve enerji

bırakıyordu. Bence bu çok büyük bir şanstı, bugün böyle bir şey olası değil. Günümüzde insanların işyerlerindeki işleri, en verimli olacak şekilde belirlendiğinden kendilerine verilen görevleri ancak çok sıkı çalışarak yaparlar. Çoğu insan, kendilerini, akşamları ancak televizyon karşısına sürükleyecek gücü kendilerinde bulabilirler. Bir keresinde bir yerde okumuştum, Birinci Dünya Savaşı’ndan önce mühendisler yalnızca öğleye kadar çalışırlarmış. Öğleden sonraları da arkadaşlarıyla buluşup ya müzik yaparlar, ya çeneçalarlar ya da kafa yorarak düşünürlermiş.

Böylece Einstein 1905 yılında altı çalışmasını yayımlayabildi, bir tanesi daha sonra Nobel Ödülü’nü (Kuantum kuramı üstüne olanı) aldı, ama öteki ikisinden herbiri de (Görelilik kuramıyla ilgili ilk çalışmalar) Nobel Ödülü alacak değerdeydi.

1907’de özel doçent olmak için başvurduğunda şans ona üçüncü kez gülüyordu. Bu, aylıksız profesörlük demekti. Doçentlik tezi olmadığı için başvurusu geriçevrildi. Ama tezini yazması için birkaç ay izin verildi. Bu arada hala patent bürosunda çalışıyordu. Şans işte, bugün doçentlik için en az dört yıl çalışmak gerekir; bir yandan da herhangi bir işte, örneğin patent bürosunda çalışıyor olmak hayal bile edilemez. (Bugün doçent olmak için, başkalarının çalışmalarını özetlemek, yani kesinlikle kendi yaratıcı gücünü ortaya koymamak yeterli oluyor). 1909’da artık Einstein bir profesördü. Ama hala kimseye söz ettirmiyordu..

Solukalma Yakınması mı?

Mayer, Noether, Newton, Einstein, Gregory: Ben bile bu kişilerin ilginç öykülerini bu kitabı yazarken okuduklarımdan

öğrendim. Önceden bilmiyordum, şimdiyse kendi kendime soruyorum: Şans yüzüne üç kez güldü diye fizikle uğraşabilen bir Einstein çıktığına göre, iki kez şansı olanlardan kaç tane, bir kere şansı olanlardan kaç tane, hiç şansı olmayanlardan kaç tane Einstein çıkardı? Ama hepsi de aynı düzeyde yetenekli olanlardan? Her kuşak yepyeni, çok sayıda Einstein, Hemingway, Picasso çıkarıyor da toplum bunların sadece küçük bir bölümünü mü yaşıyor acaba, o da yaşatırsa ?

Elitlerin desteklenmesini savunan bir konuşma mı yapmaya başladım? Kesinlikle değil. Ayrıca, Einstein'ın kaderi umurunda değil, beni de ilgilendirmez, ben Einstein değilim. Hayır, elitlerden değil, bizlerden söz ediyorum.

Ayrıca acınacak olanlar sadece engellenmiş Einsteinlar değil, hepimiz olurduk. Her insanda birazcık Einstein, Picasso, Hemingway'in yeteneklerinden bulunur. Belki azıcık, ama aynı zamanda da önemli. Bu azıcıklar, bizlerle sığırlar arasındaki farkı oluşturur. Bir avuç Einstein'ları boğazlayan, ama diğer üyelerindeki 'bellibelsiz azıcığı' koruyup kollayan, esirgeyen bir toplum düşünülebilir mi?

Hiçbir şey aynı anda olmaz

Birbirinden çok uzak iki kilise kulesi düşün. Her akşam saat tam beşte çanlar çalıyor, iş saati sona erdi. Görelilik kuramını hiç anlamamış olan astronotumuzun, saat beşte çanlar çalmaya başladığında birinci kulenin yanından geçtiğini düşünelim. "Orada ne yapıyorsunuz?" diye bize sorduğunda, biz de: - "her akşam saat beşte çanları çalarız, saat şimdi beş" diye yanıt veriyoruz. Astronot da:-güzel bir gelenek, demek ki aşağıda şimdi saat beş diye düşünüyor. Bir saat sonra ikinci kulenin yanından geçiyor (bu kuledeki saat aslında altıyı göstermeliydi,

ama akreple yelkovan tamirde olduğundan görülüyor). Burada da mı çanlar saat beşte çalıyor? Astronot uçarken soruyor: "Siz de çanları arasına çalar mısınız?" - Evet, bir saat önce çalmıştık" diye oradakiler bağıryorlarder Astronot kendi kendine : "ah" diyor- "Demek ki burada bunlar çanları saat beşte değil, dört buçukta çalıyorlar." Çünkü astronot için bu arada bir saat değil, diyelim ki yarım saat geçmiş olsun.

Okul kitaplarında ayrıntılı olarak yazılmış ve hesaplanmış olmasına rağmen, kilise kulelerindeki küçük örneğimizle de aşağıdaki gerçek aşağı yukarı anlaşılabilir: Bizim için aynı anda geçen iki olay (kulelerin çanlarının saat beşte çalması gibi), astronot için aynı anda geçmez. Daha doğrusu: İki ayrı yerde, bizim için aynı anda geçen olaylar, astronot için aynı anda olmaz.

Daha önce, astronota göre de neden bizdeki her şeyin daha uzun görünmesi yerine, daha kısa görüldüğüne biraz şaşırmıştık. Birşeyin 'aynı anda olması sorununu' bilersen , bunu daha kolay anlarsın: Hareketsiz duran bir uzay aracını ölçmek kolaydır, uçanını ise ölçmek daha zordur, insanın elini çok çabuk tutması gerekir. Hareketsiz duran bir uzay aracında şöyle yaparım: Aracın yanına bir metre ölçeği uzatırım. Aracın başladığı noktayı metrenin üzerinde tebeşirle işaretlerim. Sonra da başına gidip, bittiği noktayı işaretlerim. En sonunda da işaretlediğim iki noktanın birbirinden ne uzaklıkta olduklarını metre ölçeğinden okuyarak bulurum. Bu kadar basit.

Uzay aracı yanımdan büyük bir hızla uçup gidiyorsa iş zorlaşır: Aracın başladığı noktayı tebeşirle işaretleyip, sonra da aracın sonuna doğru sallana sallana laylaylom gidemem. Çünkü uzay aracı, bu arada uçup gider.Yapmam gereken ise, aracın başladığı ve bittiği yerleri aynı anda işaretlememdir.

Yapalım öyleyse, sen iyice önde dur, ben de arkada. Uzay aracının tam yanımdan geçtiği anda, ben bittiği noktayı, sen de başladığı noktayı tebeşirle işaretleriz. Pencereden bize bakan astronotlar gülmekten kırılabacaklardır: “Hadi, bir daha ölçün. Böyle olmaz. Aynı anda ölçmediniz ki. Önce uzay aracımızın başladığı noktayı metrenizin üstüne işaretlediniz, ancak bir süre sonra da sonunu işaretlediniz, ama böyle olunca çok daha kısa ve iyice yanlış bir uzunluk elde edersiniz.” Bu keskin zekalı, kendini beğenmiş astronotları tepemizden bir kez daha uçuralım da kendileri bu ölçüm işini daha doğru yapsınlar görelim. Astronotlarınkinin cinsinden, bizim de bir X-17B uzay aracımız var. Ama bizimki yerde, park etmiş. Şimdi, astronotlardan uçarlarken bizim aracın boyunu ölçmelerini istiyoruz. Ne çıkar ortaya ? Astronotlar da aynı bizim daha önce yaptığımız hatayı yaparlar. Bizden bakıldığında, önce biri daha sonra da öbürü metre ölçeği üzerine tebeşirle çizik atar. Bu böyledir, değişmez. Bizim için ‘aynı an’ astronotlar için ‘aynı an değil’, astronotlar için ‘aynı an’ da bizim için ‘aynı an’ değil.

Bu nedenledir ki, bizden bakıldığında uçup geçen uzay aracı kısalmış gözükür. Onlardan bakılınca da bizim park eden uzay aracımız kısalmıştır.

Hiç kimse daha hızlı olamaz

Işık saati gitgide hızlandığında, bir aynadan diğerine gidip gelen ışının da gitgide daha uzun süreye gereksinimi olacaktır. Işık saatinin hızı ne kadar çok artarsa, zaman da o kadar daha yavaş geçecektir. Saat, tam ışık hızına ulaşamaz, yoksa bu durumda zaman, deyim yerindeyse, donuverirdi ve ışın artık bir aynadan diğerine ulaşamazdı. Böyle bişey, yukarda yazdığımız bağıntılardan da görüleceği gibi, olamaz ve düşünülemez de.

Çünkü ‘zaman duracak olsa’, ‘zamanı’ kafamızda nasıl canlandıracağız ki? Geçmeyen zaman, kuşkusuz zaman değildir. Sadece ışık, ışık hızına ulaşabilir, başka hiçbir maddi cisim bunu yapamaz. Hiç kimse ışığı geçemez.

En zor Bağıntı : $E=mc^2$

Şimdi en can alıcı nokta geliyor! Bunun için yeni bir şey öğrenmemize gerek yok, sadece şimdiye kadar öğrendiklerimizi bir araya getirmeliyiz. Enerji ve impuls konularındaki tartışmamızı anımsıyor musun? Örneğin $m \cdot v = F \cdot t$ eşitliğini? Kuramsal olarak bakıldığında, herhangi bir maddeyi istediğim kadar uzun bir t süresince, istediğim kadar büyük bir F kuvvetiyle itebilir ve böylece $m \cdot v$ impulsunu istediğim kadar büyütebilirim. Ama v hızı istenildiği kadar büyümez, 300 000 km/s’den daha hızlı olmaz ya..

Peki şimdi ne yapmalı? ‘Artan hızla birlikte maddenin kütlesi de artıyor olmalı’ diye düşünmekten başka yol yok. Ancak böylelikle, v artık artmasa bile, $m \cdot v$ çarpımı toplam olarak gitgide büyüyebilir. Gerçekten de bu böyledir. Bunu hesaplamayayım daha iyi, ama bir madde itildiğinde, önce hep hızlanır. Bunu bisiklete binmekten bilirsin. Madde ışık hızına gitgide daha çok yaklaştıkça, hızındaki artış da gitgide daha azalacak ve bunun yerine de kütlesi artacaktır. Enerji kütledir, $E = mc^2$. Hareketsiz duran bir maddenin buna rağmen enerjisi vardır, yalnız bu enerji, kütle halinde donup kalmıştır denebilir.

Ama enerji örneğin kilovatsaatle ölçülür, kütle ise kilogram olarak. İkisi aynı olmadığından, kütleyi enerjiye çevirmek için bir dönüşüm katsayısına gereksinimimiz var, aynı önceleri,

markı liraya çevirdiğimiz gibi. Bu katsayı, bir kilogram kütlede ne kadar kilovatsaat olduğunu göstermelidir. Hesaplandığında, bu dönüşüm katsayısının, basbayağı ışık hızının karesi olduğu bulunur, c^2 . Yani $E = m \cdot c^2$. Ama şimdi, birimler oldukça gelişigüzel seçilmiş oldu. Çok çok önceleri, görelilik kuramından çok önce, birisi “bu bir metredir” ve “bu da bir kilogramdır” demişti. Ve eski birimlerle örneğin ışık hızı

300 000 km/s değerindedir. Başka birimler seçilmiş olsalardı, ışık hızı, örneğin bire eşit olabilirdi (Buna bağlı olarak enerji ya da kütle birimlerinin de kendi gelişigüzel değerlerine dönüşecekleri açıktır). Böyle yapılıncaya yukardaki bağıntıdan geriye sadece $E = m$ kalır. c^2 katsayısıyla olan dönüşüm, oldukça önemsiz bir birim dönüşümüdür. Bundan sonra ne mark ne de lira olacak, sadece euro kullanılacak. Politikacıların yapabildiğini, biz de yapabiliriz: $E = m$!

Ama bununla henüz işin sonuna gelmiş değiliz: Hız artarken, zaman ve uzay(mekan) değişime uğrar (saat yavaşlar, metre kısalır) ve kütle artar. Şimdi, “uzay(mekan) şu yüzden değişime uğrar.....”, demek yerine, fizikte: “zaman ve uzay(mekan)ın biçim değiştirmesi, kütlenin artmasıyla başbaşa gider” demek daha akıllıca olur. Çünkü uzay(mekan) kütleyle seslenip: “hadi arttır bakalım kilonu “ demez. Bunun yerine, biri öbürüne bağlı olarak kendiliğinden değişir. Bu düşünce tersine de çevrilebilir : Bir kütle artımı, uzay(mekan) ve zamanda da değişimler oluşturmaz mı? Kuşkusuz oluşur. Kartondan bir ayakkabı kutusuna ne kadar çok eşya doldurursan, kutu çevresindeki uzay(mekan) ve zaman değişime uğrarlar. Ölçülebilir bir etki elde edebilmek için, olabildiğince çok eşyayı kutuya iyice sıkıştırmalısın, ama senin gücün buna yetmeyecektir. Yıldızların çok daha fazla kuvvetleri vardır. Yıldızlar kendilerini, ağırlıklarının oluşturduğu kuvvetle,

gerçekten de bir ayakkabı kutusu büyüklüğünde sıkıştırabilirler. Böyle bir ayakkabı kutusu yıldızı çevresindeki zaman daha yavaş ilerler, ama yavaş mı yavaş.

Zaman ve uzay(mekan)ın şaşırtıcı özellikleriyle, bunların kütle, enerji ve hızla olan ilişkileri konusunda daha birçok sayfa doldurulabileceğini kestirebilirsin. Yukardaki tüm betimlemelere rağmen, hala zaman ve uzay(mekan)ın ne olduklarını tam olarak açıklığa kavuşturacak noktaya henüz gelemediğimiz duygusunu taşıyorum.

Görelilik kuramı da, tıpkı Sultan Süleyman’ın şu söylemi gibidir: Uzay(mekan)ın ve zamanın ne olduğunu tam olarak söyleyemiyoruz. ‘Eğer şu şöyle....ise uzay(mekan)dır’, ‘eğer şu şöyle....ise “zamandır”, deyip geçiştiriyoruz. Ama görelilik kuramı sayesinde hiç değilse yeteneksiz olduğumuzu anlamış olmamız, bu konuda konuşmaya değer daha başka bir şey olmadığı anlamına gelmez.

Ama yine de bir fark olacak: Uzay(mekan) ve zaman anlayışımızı inşallah gitgide düzeltebileceğiz. Ama Sultan Süleyman’ın şiirini düzeltmeyi hiçbir zaman başaramayacağız.

ALANLAR ve AYA ÖZGÜ NESNELER

Tarımda, bir tarla bölgede tam olarak belirlenmiş bir yerdir. Sınır taşları tarlanın nerede olduğunu belirtir ve bunları yerlerinden çıkaranlar tutuklanırlar. Ayrıca tarlayı tanımlarken, tarlada ne yetiştiği de belirtilir. “5849/m numaralı sınır taşının yanında çiftçi Musa’nın buğday tarlası var” denir.

Tarımda bile “tarla” kavramı oldukça soyuttur. Bir tarla bir nesne değil, daha çok bir kavramdır. Bir elma, bir çuval un, bir tahıl sapı gibi şeyler elimle dokunabileceğim somut nesnelerdir. Bir buğday tarlasına ise elimle dokunamam. Her bir tahılı elleyebilirim, ama tarlayı tutamam. Tarla, tahıl saplarıyla özdeş değildir, başka bir şeydir. Sonbaharda tahıl biçildiğinde tarla, hala yerli yerindedir. “Çiftçi Musa’nın bir tarlası var” sözünü, kışın tarlada bir şey yetişmezken de söyleyebiliriz. Bir tarla sadece bir düşünce ya da tasarım değildir, tarlalar gerçekten de vardır. Satın alınabilirler, ekilebilirler ya da fotoğrafları çekilebilir.

Böylesi basit-zor bir kavrama fizikçiler nasıl karşı koyabilirlerdi ? Bu nedenle fizikçiler bu kavramı çabucak fiziğe aşılardılar, böylece bugün sadece çiftçilerin değil, fizikçilerin de tarlaları var¹³. Aynı çiftçi Musa’nın tarlası (=alanı) kavramında olduğu gibi, fizikteki alanların da ne olduğunu bir çırpıda söyleyebilmek zor olduğundan, en iyisi, bunu dolaylı olarak tanımlamaktır: “ Eğer uzay(mekan)ın her bir noktasına belirli bir özellik verebiliyorsam orası (fizikte) bir ‘alan’ demektir.

¹³ Türkçede, fizikte ‘ tarla’ yerine ‘ alan’ diyoruz /YA/

Örnek olarak, gerçekten de Çiftçi Musa’nın tarlasını verebilirim ve tarlanın her noktasının deniz seviyesinden olan yüksekliğini ölçebilirim. Bu, Çiftçi Musa’nın tarlasının “yükselti alanıdır”. Neden olmasın ki? Ya da bir ırmakta, ırmağın çeşitli yerlerinde suyun akış hızını ölçebilirim. Bu da ırmağın “hızalanı” olur.

Çiftçi Musa’nın tarlasındaki yükseltilerden oluşan alan, sayılardan oluşur (belirli noktalarda yükselti 547 cm gibi), buna karşılık ırmağın hızalanı, vektörlerden oluşur. Eğer vektörlerle ilgili bölümü okumadıysan: Bir vektör sadece bir sayı değil, bir yönü de gösterir ve bu da bir “ok”tur.

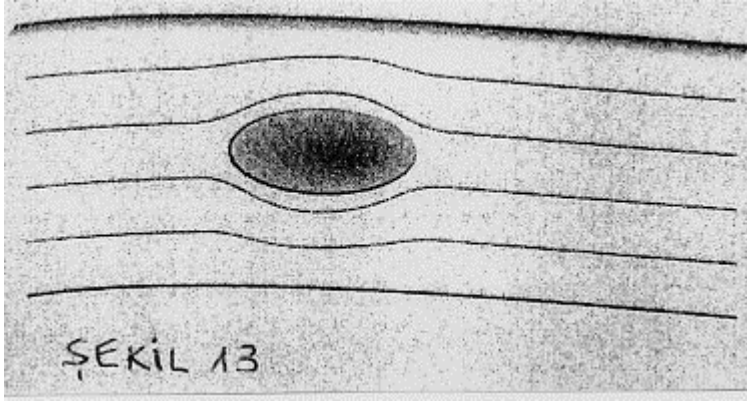
Bir Irmak

İnsanın aklına çok delice ve çılgınca şeyler gelebilir ve bunları “alan” diye adlandırabilir, buna izin verilebilir. Ama fizikte önemli olan alanlar çoğunlukla çok kolaydır. Örneğin fiziğin tüm vektör alanları, alan çizgileri ile gösterilir. Belki bir alanın, insanın kafasında canlandırılması birazcık zordur ama bu, alan çizgileri durumunda kolaydır.

Örnek olarak bir ırmağın hız alanını alalım. Bu bir vektör alanıdır, çünkü her noktanın bir sayısal değeri (suyun hızının o noktada ne kadar olduğu) ve bir de yönü vardır (o noktada suyun akış yönü). Şimdi, birkaç arkadaşınla, iki metre aralıklarla yandaki resmin başladığı bir köprünün üstünde duruyorsunuz. Ve düzenli bir şekilde akan suya çevre dostu mürekkepten damlatıyorsunuz. Su akarken mürekkep çizgileri, yani biz fizikçilerin “alan çizgileri” demeyi yeğlediğimiz çizgiler oluşur.

Bir şey açık seçik: Alan çizgileri, suyun aktığı yöne doğru

uzanırlar. Su sağa döndüğünde bu çizgiler de sağa dönerler. Bundan başka, Şekilde gördüğün gibi, alan çizgileri yardımıyla, suyun ne hızda aktığını da öğreniriz. Ortada bir ada var, dar yerde ırmağın akış alanı daralıyor. Su burada daha hızlı akmalı, yoksa su birikir. Burada alan çizgileri de birbirlerine yaklaşır, sıkışır. Çünkü alan çizgilerinin de yeri daralmıştır.



İrmağın herhangi bir yerinde suyun 2 km/h ya da 5 km/h 'lık bir hızla mı aktığını sadece alan çizgilerinden okuyamazsın, ama alan çizgilerinin birbirlerine yaklaşır sıkıştığı yerde, sadece ırmağın hızının arttığının söyleyebilirsin. İki çizgi arasındaki uzaklık yarıya indiğinde, hız da iki kat artar. Toplam olarak kaç çizginin görüldüğü önemli değildir, bu senin, köprüünün üstünde kaç arkadaşınla birlikte durduğuna bağlıdır. Eğer arkadaş çevren geniş ve yardımsever ise, iki metre yerine 20 cm aralıklarla durabilirsiniz.

Bir ırmağın hızalanı için yukarda yapılanlar, benzer şekilde başka vektör alanları için de yapılabilir. Alan çizgilerini ortaya çıkarmak, alanın biçimini görmeye yardımcı olur: Çizgilerin

birbirine yaklaştıkları yerde alan kuvvetlidir, ve çizgilerin yönü, alanın yönünü gösterir.

Aya Özgü Nesneler

İnsan bir kez düşünce aracı olarak 'alan' kavramını kullandı mı, o zaman çok daha kolay düşünebileceği bir çok ilginç düşüncesi olur. Sadece bir örnek vereyim: Daha önce kütleli bir cismin dünya tarafından nasıl çekildiğini görmüştük. Elektrik ile ilgili bölümde, elektrik yüklerinin birbirlerini nasıl çekip, ittiğini göreceğiz. Bunun nasıl olduğunu tam olarak kestiremeyiz. Çünkü maddeler birbirlerine dokunmuyorlar ve aralarında ne bir halat, ne bir yay ne de bir çubukla bağlantı var. İşte bu, 'uzaktan etki' denen şeydir. Maddenin çektiği ya da ittiği şey nedir? Bunların ne birbirleriyle alışverişleri vardır ne de birbirlerini tanır, ama yine de birbirlerini çekerler. Böyle bir etki nasıl oluşabilir ?

İşte burada 'alan kavramı' yardımcı olur. Maddeler arasındaki çekimi etkileyen bir alan olduğunu varsayalım:

1) Uzak(mekan)da her kütle bir alan yaratır, buna "ağırlık kuvvet alanı" adını verelim.

2) Eğer bir kütle, bir 'ağırlık kuvvet alanı' içindeyse, ona, bu ağırlık alanın etkisiyle bir kuvvet uygulanır. Bu kuvvete ağırlık kuvveti ya da doğrudan ağırlık diyoruz.

Böyle bir şeyi, kafamızda canlandırmanın pek kolay olmadığını biliyorum. Ama bu, yine de olağanüstü bir ilerleme: Newton zamanına kadar hiç kimse ağırlık kavramıyla pek bir şey yapamıyor ve kafalarından bununla ilgili anlamlı hiçbir şey geçmiyordu. Çok zor bir konuydu bu: 'bunu bilmiyoruz; bir yaşamızda yürümeyi öğrenmemize ve hep yere düşmemize

rağmen ağırlık konusunda yeni hiçbir şey öğrenmedik” diyecek kadar da açık sözlü olamadılar . Bunun yerine insanı boyuna şaşırtan saçmasapan şeyler ortaya atıyorlar ve hatta kendini en akıllı sanan kişiler saçmalamada başı çekiyorlardı.

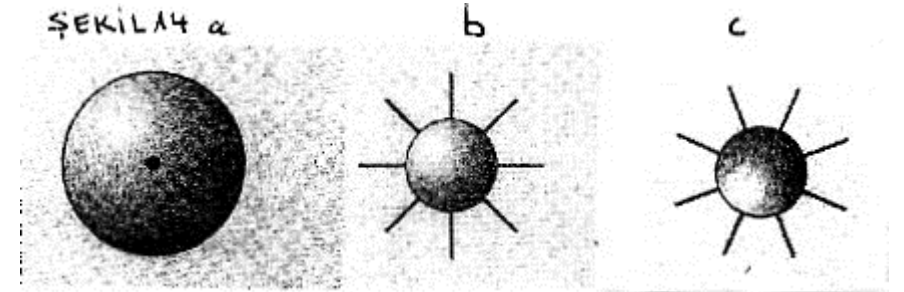
Eski Yunanlılarda, her nesnenin doğal bir yeri olduğunu öngören bilginler vardı; bir şey düştüğünde ya da uçtuğunda, o cisim kendi doğal yerini aramaktaydı. ‘Daha çok yeryüzüne özgü maddeler’ yeryüzünü isterlerken, ‘daha çok ateşe özgü maddeler’ yükselmek isteyip dünya çevresindeki yerlerini almalıydılar. Pekiyi ‘ay’da, bu nasıldı? Ay da ‘ay’a özgü maddelerden oluştuğundan’, bu çeşit maddeler de ay’da toplanmışlardı.

Kuşkusuz, bunlar baştan aşağı saçmasapan şeyler. Ateşin ısıttığı sıcak hava, soğuk havadan daha hafif olduğu için yükselir. İnsanların binip havada dolaştığı sıcak hava balonlarında bu, açıkça görülür: Sıcak havayla doldurulmuş balonlar, soğuk hava ortamında, tıpkı sudaki bir tahta parçası gibi yüzerler. Aynı suda yüzen tahta gibi, havada dolaşan balon da dünya tarafından aşağıya çekilir. Her ikisinin de bir ağırlığı olduğundan, başka her şey gibi, onlar da aşağıya yönelmek isterler, ama bunu başaramazlar. Çünkü çevrelerindeki ortam onları yukarıya doğru iter.

Ama şimdi, eski Yunanlıları bilgisizliklerinden ötürü eleştirmemek gerekir; yanlış da olsa , böyle şeylere en azından kafa yormuşlardı. Eski Yunanlılardan sonra geçen bin yılda bu konu bir kez daha bile ele alınmadı! İlk kez Galile eski Yunanlılardan daha başarılı oldu, ve ilk kez Newton konuyu, aşağı yukarı, doğru olarak kavrayıp şekillendirdi.

İnsan sadece kürenin yuvarlak olduğunu bilmeli

“Her kütle bir alan yaratır. Bir alanda bulunan herbir kütleye bir kuvvet uygulanır” demiştik. İnsana pek belirsiz geliyor. Yine,bundan daha genel bir söylem olası değil.Yine de bütün ayrıntıları çıkarmaya yetiyor. İnsan bu belirsiz ‘alan’ ve ‘alan çizgileri’ düşüncesiden yola çıkarak ve birazcık da Sherlock Holmes aklını kullanarak, ‘dünyanın ağırlık alanının’ (yerçekimi alanının) nasıl olması gerektiğini ayrıntılarıyla, tam olarak ortaya koyabilir. Yer küresini, ortasında bir nokta ile birlikte göstererek çizelim (Şekil14a):



Küreyi orta noktası etrafında döndürdüğümüzde şekilde hiçbir değişiklik olmaz. Şeklin merkez noktasına göre dönüş simetrisi olduğu söylenir. Bunun sonucu olarak da dünyanın yarattığı alanın da dönüş simetrisi olmalıdır.

Ayrıca, herbir kütle yeryüzüne doğru çekildiğine göre, alan çizgileri de her yerde dünyaya doğru yönelmiş olmalı. Öyleyse her yerden yeryüzüne doğru düzenli aralıklarla giden alan çizgilerine gereksinimimiz var. Bu alan, “yer alanı” şeklinde gösterilmiştir (Şek.14b).

Yer alanı

Gelişigüzel sekiz adet alan çizgisi çizdik, 80 ya da 800 tane de olabilir. Çizgiler sadece simgesel olduklarından bunların tam olarak nerede başladığı, ne kadar incelikli çizildikleri önemli değildir. Önemli olan sadece, çizgilerin alanı doğru olarak göstermeleridir: Tüm nesneyi orta noktası etrafında döndürmemiz hiçbir şeyi değiştirmez. Bu da “döndürülmüş yer alanı” şeklinde gösterilmiştir (Şek. 14c).

Döndürülmüş yer alanı

Alan çizgileri şimdi herkesin bildiği şeyi açığa vuruyor: Yani, her bir madde yeryüzünün her bir yerinde aynı ağırlıktadır (çünkü alan çizgileri sıklığı yeryüzünün her yerinde aynıdır). Bir de ağırlık kuvveti her zaman yeryüzüne doğrudur (alan çizgileri yer yüzeyine diktir).

Bu küçük şekiller aslında çocukların anlayabileceği kadar basit olmasına rağmen, yerçekimi kuvveti bağıntısını tam olarak hesaplamaya yeterlidir. En azından bağıntının bu kuvvetin özelliklerini betimleyen bölümü hesaplanabilir. Çizgilerin mutlak sayısı gelişigüzel olduğundan, küçük şeklimizden kuvvetin gerçek büyüklüğünü ortaya çıkaramayız. (Burada aşağılık kompleksine kapılmamalıyız, yerçekimi kuvvetinin mutlak değerini kimse ortaya çıkaramaz).

Alan şiddetinin, yani ağırlık kuvvetinin gücünün alan çizgilerinin sıklığına bağlı olduğunu söylemiştik. Şekilde de görüldüğü gibi yeryüzünün tam neresinde olduğumuzun hiç önemi olmadığından, yeryüzündeki konumumuzun, bu bağıntıda bulunması gerekmez. Ama dünyadan uzaklaştığımızda alan çizgileri seyrekleşir. Öyleyse dünyadan ne kadar uzakta olduğumuzun bağıntımızda bulunması gerekir.

Yer kürenin merkezinden olan uzaklığı r ile gösterelim. Şimdi kendin de ölçebilirsin: r ne kadar büyürse, alan çizgilerinin birbirine olan uzaklığı da aynı ölçekte artar. Öyleyse alan şiddeti r nin arttığı kadar azalır. Buradan da, alan şiddetinin $1/r$ kuralına göre değiştiği bulunur: r iki kat olunca alan şiddeti yarıya iner, r üç kata çıkınca alan şiddeti üçte bire iner... vb.

Bir cetvelle göstermek yerine, biraz daha sistematik olarak Dünyanın çevresine r uzaklığında bir daire çiziver. r 'nin ne büyükte olduğu önemli değil, tüm alan çizgileri daire çevresini keser geçer. Dairenin çevresinin $2\pi r$ olduğunu (matematik dersi ya da formül dağarcığımızdan) biliyoruz, yani r büyüdükçe dairenin çevresi de aynı oranda büyüyecektir. Bu daire çevresi üzerinde hep aynı sayıda alan çizgileri dağıldığından, alan çizgileri arasındaki uzaklık da aynı oranda r 'ye bağlı olarak artar. Bu da kuvvetin $1/r$ oranında azaldığı anlamına gelir.

Ama örneğimiz iki boyutludur, diğer bir deyişle sadece dünyanın bir enine kesitini gösterdik. Gerçekte ise üç boyutlu bir ortamda yaşıyoruz. Dünya bir küredir, daire değil. Alan çizgileri sadece birbirlerinden sağa ve sola doğru ayrılmaz, arkaya ve öne de uzanırlar.

Düşüncemizdeki “daire” yerine artık “küre” sözcüğü koymamız gerekir. Alan çizgileri bir dairenin çevresi yerine bir

kürenin yüzeyinde dağılırlar. Ama bu önemli bir sorun yaratmaz, çünkü daire çevresinin formülünü bulduğumuz kitapta kesinlikle küre yüzeyi formülü de vardır : $4\pi r^2$. Küre yüzeyi r yerine r^2 ile artar. Üç boyutlu dünyamızda kuvvet $1/r^2$ oranında azalmalıdır.

Küreler ve dairelerle olan bu öyküleri başlangıçta kafamızda canlandırabilmek öyle pek kolay değil, ama sonrası çocuk oyuncağı gibidir: Ağırlıkları eşit olan iki elma, bir tanesinin iki katı ağırlığındadır, üçübirden üç katıdır..vb. İki elmadan, iki elmanın kütesine eşit tek bir madde yapabilmem için birazcık yapıştırıcımın ya da bunları bağlayan bir ipimin olması gerekir: buradan da şu sonucu çıkarabilirim : bir maddenin kütlesi, m , ne kadar büyük olursa ağırlığı da o kadar büyük olur, iki kat kütle, iki kat ağırlık, üç kat kütle, üç kat ağırlık vb. demektir. Öyleyse çekim kuvveti, m kütesiyle artmalıdır.

Bu sadece dünya tarafından çekilen bir madde için değil, dünyanın kendisi için de geçerli olmalıdır. Dünyanın kütlesi, M ne kadar büyük olursa ağırlık kuvveti de o kadar büyür. Kimin kimi çektiğini, yani dünyanın mı maddeyi, maddenin mi dünyayı çektiğini bilemeyeceğimden, “kuvvet ve karşıt kuvvet aynıdır”.

İnsan kendine güvenince tüm bunların aynısını alan çizgilerinden de ortaya çıkarabilir. Belirli bir kütle için kaç adet alan çizgisinin çizileceğine karar verildiğinde (bizim şeklimizde “sekiz” adet), örneğin yukardaki iki şeklimiz “Dünya alanı” ve “Döndürülmüş dünya alanı” üstüste konduğunda iki kat kütleli bir dünya ve iki kat sıklıkta alan çizgileri (on altı çizgi) elde ederız. Yani iki kat çekim kuvveti ortaya çıkar.

Böylece kütle çekim kuvvetinin yapısını belirledik: Kütleler arasındaki r uzaklığıyla $1/r^2$ oranında azalmalı. m ve M diye

adlandırdığımız her iki kütleden birisinin artmasıyla da artmalı.

Böylece yapı belirlenmiş oldu. Ama kuvvetin mutlak büyüklüğü henüz değil. İki kilo kirazı teraziye koyduğumda, bağıntımıza göre ibresi iki kat daha kuvvetli sapar. Ama ibre, tam olarak ne kadar sapar? Bu henüz söylenmedi. Diğer yandan: Denklemin bir yanında “kuvvet”, diğer yanında “kütle ve uzaklık” var, bu nedenle bir dönüşüm hesabı gerekli. Bir dönüşüm katsayısı gerekli, buna g diyelim. Gördüğün gibi bu, m , M ve $1/r^2$ den türetilebilir. g katsayısının ne büyüklükte olduğunu ancak ölçümle bulmak gerekir, hesaplamak olası değil, hiçdeğilse bugüne kadar g yi kimse hesaplayamadı.

Hepsi beraber alındığında: Çekim kuvveti = $g Mm/r^2$

Zordu, biliyorum, kitabı kapatmamış olmanı umuyorum. Eğer anlamadığın bir ayrıntı varsa, benim suçum, bu yüzden üzülmemeni rica ediyorum. Yaşamda kütle çekim bağıntısını bir defada anlamaktan daha önemli şeyler var. Kaçırdığın nokta muhakkak başka kitaplarda benimkinden daha iyi anlatılmıştır, bir bakmışsın, aaa her şeyi anlamışsın. Önemli olan, böyle problemlerin hangi düşünce yollarıyla çözülebileceğini, formülün büyük bölümünün zaten öyle olması gerektiği için öyle olduğunu, sadece geometri problemi olduğundan başka türlü olamayacağını, ama buna rağmen ortaya çıkarılamayan bir g bileşeni (terimi) bulunduğunu görmek.

Biraz gevşemek için pazardan taze kiraz alalım

Biraz dinlenmek için azıcık eğlenceli şeylerle uğraşalım. Dünyayı tartmaya çalışalım. Aslında bunu her gün yapıyoruz; bir kilo kiraz tarttığımızda, her seferinde dünyayı da tartıyoruz,

kirazlar tartıyı üstten nasıl aşağı doğru itiyorlarsa, dünya da tartıyı alttan yukarı doğru itiyor (etki = tepki). Dünyayı tartmadan kirazları tartmak olası değil. İnsan sadece tartıdaki kirazların kaç kilo olduğunu görmekle yetinir, alttan tartıya asılı dünyanın kaç kilo ettiğini hesaplamak istemez. Bu, gündelik konuşma dilinde oldu, düzeltiyim: “Yukardan ‘kaç kilo kiraz’, aşağıdan da ‘kaç kilo dünya’ tartıyı itiyor” olmalıydı.

İzlenecek yol çok kolay: İki torba kiraz alır ve bunları birbirinden, normal olarak, tartıdaki kiraz torbasıyla yer arasındakile aynı olan bir uzaklıkta tutarız. Sonra kiraz torbalarının birbirini çektiği kuvveti ölçeriz (bir yayla) ve bunu, yerin (dünyanın) bir kiraz torbasını çektiği kuvvetle karşılaştırırız (bu, pazardaki tartıda ölçülen kuvvettir). Diyelim ki kiraz torbaları arasında, yer ile kiraz torbası arasındaki kuvvetin sadece binde biri kadar bir kuvvet etkili oluyorsa, buradan yerin kütesinin bir kiraz torbasının bin katı olduğu gibi bir sonuca varırız. (Yer ile kiraz torbası arasındaki uzaklığı yer merkezinden ölçmelisin, yer yüzeyinden değil, zaten bağıntımızdaki “r” her zaman yer merkezine olan uzaklıktır.)

Ama yerin yarıçapı 6460 kilometredir, iki kiraz torbasını birbirinden bu kadar yüksekte tutmak ve birbirlerini ne kadar kuvvetle çektiklerini ölçmeye kalkışmak delilik olurdu. Ama bunları bir metre uzaklıkta tutabilirim ve daha sonra hesaplarken uzaklığın az olduğunu hesaba katabilirim ($1/r^2$).

Bu pek akıllıca gibi görünmüyor, ama birisi gerçekten de bunu yapmayı başardı, gerçi kirazlarla değil, onların yerine ağır demir küreler ve çok duyarlı bir tartı kullanarak! Bu kişi, Bay Eötvös’dü. Sonuç: $M(\text{yer})=59700000000000000000$ ton.

Bazı yetişkinler fiziğin, formülleri ve sayıları ezberlemek olduğunu sanırlar. Eğer onları sevindirmek istersen: yanlış

saymadıysam 19 adet sıfır var.

Biraz da Felsefe

Bağıntımızda her iki m ve M kütlelerini, bunların arasındaki r uzaklığını ve g dönüşüm katsayısını gözönüne aldık. Gündelik yaşantımızda kaldığımız sürece her şeyi göz önüne aldığımızı düşünüyorum. Belki de yanılıyordum, her zaman ‘bağıntılar (=formüller) gerçekten de tam doğru mu, herhangi bir şey unutulmuş olabilir mi diye sonradan ölçüp biçen fizikçiler vardır, ama şimdiye kadar bunların hiçbiri başarılı olamadılar.

Ama $1/r^2$ bağıntısıyla sonsuz büyüklükteki kuvvetlerin ortaya çıkması olasıdır. Aynı $v=1/t$ bağıntısıyla sonsuz büyüklükteki hızların olasılığı gibi. İki noktasal kütleli birbirlerine sonsuz derecede yaklaştırdığımızda, $1/r^2$ oranı sonsuz derecede büyür. $v=1/t$ için probleminin çözümünü biliyorum, bunun adı görelilik kuramıdır. Ama $1/r^2$ probleminin çözümünü bilmiyorum.

ELEKTRİK + GÖRELİLİK KURAMI = MAGNETİSMA

Elektrik öğretisinin temellerini, şimdiye kadar söylediklerimizden bazılarını bir araya getirerek çabucak betimleyebiliriz. Elektrik yükünün iki değişik çeşidi, artı ve eksi yükleri, olduğu şaşırtıcı bir gerçektir. Kütlede ise durum değişiktir, tek cins bir kütle vardır. Buna, alanlarla ilgili söylediğimizi katabilir ve bir tutam da görelilik kuramı baharatını üstüne ekebiliriz

Tüm evrenin, elektriksel olarak yüklü parçacıklardan oluşmuş olduğunu en başta söylemiştik. Atomların çekirdekleri “artı” elektrik yükü taşırlar, çekirdek çevresindeki elektronlar ise “eksi” yüklüdür. Farklı cinsteki yükler birbirlerini çekerler, aynı cinstekiler ise birbirlerini iterler. Atomda aynı sayıda artı ve eksi yükler bulunduğundan, belirli bir uzaklıktan bakıldığında, atom elektriksel olarak nötr (yüksüz) dür. İyi ki böyle (yüksüz), çünkü elektriksel kuvvet, kütle çekimiyle karşılaştırıldığında aşırı derecede güçlüdür.

Genellikle çok az bir miktara kadar, bir cisimdeki yükler birbirlerinden ayrılabilirler. Eski Yunanlılar bunu biliyorlardı. Bir parça bez, bir kehribara sürtüldüğünde, kehribar küçük kağıt kırpıntıları gibi parçacıkları çeker. Ama bu sadece kuru havada geçerlidir. Sürtme sırasında kehribardan elektriksel yükler koparılır. Başka pek çok cisimde ise hemen yedek yükler kopanların yerini doldurur. Buna karşılık kehribarda bu olmaz, bu nedenle kehribara elektriksel olarak yalıtandır denir.

Bir kağıt kırpıntısı, yüklü bir kehribarın yanına yaklaştığında, kehribarın yükünü duyumsar. Kağıt kırpıntısındaki elektrik

yüklü parçacıklar birazcık yer değiştirirler. Kağıt kırpıntısı hala elektriksel olarak nötrdür, ama yükleri, artık birbirlerinin etkisini yok etmezler. Ve böylece yüksüz atomlarla ilgili olarak belirttiğimiz gibi, yüksüz kağıt kırpıntısı ve kehribar birbirlerini çekerler. Eski Yunanlılar zaten kehribarla deneyler yapmışlardı. Kehribarın yunancası “elektron” dur.

Kehribarla gerçekleşenler, elektriksel olarak yüklenebilen bazı kumaş parçalarında da olur ve sen örneğin bir metale dokunduğunda, ansızın bir elektriklenme şoku yaşarsın (metal, elektronları çok iyi iletir). Ya da bir fırtınada yağmur bulutları elektriksel olarak yüklendiğinde, şimşek çakar (şimşek, elektriksel yüklerin akmasıdır). Ya da bir elektrik santralinde.

Bir elektrik santrali, aslında kehribarı ovalayan (sürten) birinin yaptığı işten başkasını yapmaz. Ama bir elektrik santralinde kocaman bir kehribarı ovalayıp durmak çok pahalıya mal olurdu. Elektrik yüklerini, jeneratör diye adlandırılan büyük makineler yardımıyla ayırmak daha ucuzdur.

Elektrik Alanı = hemen hemen Yerçekimi Alanı

Elektrik yüklerinin birbirlerini çekmesi ne anlama gelir? Ya da itmesi? Kütlelerin çekimini, ağırlık kuvvetini bir alanla açıklamıştık. Elektriksel kuvvet için de aynısını yaparız. Tıpatıp aynısi ama, ancak kütleler hep artı olduklarından, eşitliğimizdeki “m” ya da “M” her zaman artı bir değerdedir. Buna karşılık yükler eksi de olabilirler. “m” ya da “M” yerine “q” ya da “Q” yazarız, böylece bir elektrik yükü anlatılmak istendiği anlaşılır ve bu elektrik yükü ya artıdır ya da eksi.

Öteki tüm düşünceler aynı kütle çekimindekiler gibidir. Noktasal bir yükün alanı dönüş simetrisindedir. Buradan alan

çizgileri ile ilgili şeklimiz, yani tüm çizgilerin düzenli olarak dışa yönlendiği şeklimiz ortaya çıkar. Ve buradan da kuvvetin $1/r^2$ oranında azaldığı görülür. Kuşkusuz “ $m \cdot M$ ” terimi kaçınılmazdır, ancak şimdi Q yükünün oluşturduğu kuvvetin başka bir q yüküne etkisini ölçtüğümünden, bu terim burada “ $q \cdot Q$ ” olur. Ve dönüşüm katsayısı g yerine de burada ona ‘ a ’ diyelim.

$$F = a \cdot q \cdot Q / r^2$$

Bir bahçe hortumu nasıl çalışır?

Kehribarın tersine, elektronlar metalde oldukça bağımsız hareket edebilirler. Elektronlar, bir metal telde bir hortumdaki su gibi akabilirler. İlkel olarak, basınç altındaki suyu, bir hortumla herhangi bir yere yönlendirebilir ve orada iş yaptırabiliriz. Örneğin bir su değirmeninin çarklarına yönlendirebiliriz. Eskiden iyi hortumlar olmadığından kimse böyle birşey yapmıyordu, bu bir yarar sağlamazdı. Bugün, artık iyi hortumlar olmasına rağmen bu yine de yapılmıyor, çünkü bunun benzeri, su yerine elektronlar kullanılarak da elde ediliyor. Hem elektronlarla daha ucuz olarak.

Elektronlar, hortum yerine, metal bir telde aktarılırlar, akarlar. İnsanın yapacağı sadece elektrik santralinde elektriksel yükleri birbirinden ayıran makineye elektronların biriktiği yerde bir metal tel bağlamasıdır. Musluğu açılan bahçe hortumundaki su gibi, birbirleriyle çok kuvvetle çarpışmakta olan elektronlar, hemen telden akmaya başlarlar. Bu arada telde daha önce bulunan elektronları da iterek önlerine katarlar. Ve su hortumuyla örneğin suyu su değirmeni çarklarına yönlendirerek yaptırılan iş gibi, akmakta olan elektronlarla da, bir makinede

ya da bir ampülde iş yaptırılabilir. Dikkat edilmesi gereken tek nokta, yapılan işten sonra elektronları ikinci bir tel ile elektrik santraline geri göndermektir, yoksa santraldaki makine (elektronları kalmadığından) gitgide artı yüklenir.

Ama, elektronlarda, sudaki ‘basınç’ yerine, gerilim deniyor. Bahçe hortumu, suyun akması için “basınç” altında olmalıdır. Tel, akımın akması için “gerilim” altında olmalıdır.

Lütfen kemerlerinizi bağlayın!

Eski Yunanlıların başka şaşırtıcı bir olay olan magnetizmayı (mıknatıslığı) bilip bilmediklerini ortaya çıkaramadım. Mıknatıslığı Çinlilerin bildiği ve büyük bir olasılıkla Şehrazat’ın arkadaşlarıyla Avrupa’ya gelmiş olacağı sanılıyor, Şehrazat’ın mıknatıslığı bildiği kesin. Bir parça “mıknatıslı” madde, bırakıldığında hep aynı yönü alır. Bir parça mıknatıslı madde (pusula) dönebilecek şekilde, bir iplikle asıldığında ya da bir tahta parçası üstünde yüzdüğünde, insan yönünü şaşırmadan engin denizlerde yelken açabilir.

Ama magnetizma bilimi inanılmaz derecede zordur. Ancak 1600 lerde yaşamış Gilbert’den beri bu konuda yararlı düşünceler var. Ve ancak 1920’den beri yarım yamalak ne olduğu görülüp anlaşılabildi. Oo, o kadar zor ki! Ferromagnetizma, paramagnetizma ve diamagnetizma, magnetik duyarlılık (suseptibility), artakalan (remanente) magnetizma ve Abmagnetizma. Dahası H-Alanı, B-Alanı, bir dizi katsayı. Sen ne dersin bilmem ama bunlarla uğraşmaya bende hiç istek, heves kalmadı. Hepsini anlamsız yani saçma.

Kimsenin kimseyi öldürmesine izin verilmez. Düşüncesizce, acımasızca yapılmazsa hayvanları öldürmek bir derece olabilir

belki. Bir hayvanmış gibi bir insanı öldüren kişi de hayvanlaşmış olur. Ama türetilen upuzun sözcükleri yok edebiliriz. Bence buna izin var. Fransız devrimi yapıyoruz: Giyotin sözcüğü gel buraya! Abmagnetisma çık yukarı! Eskilerden arta kalmış, magnetizma ıvır zıvırına son!

Giyotinin Öfkesi

Bir tel ve ‘devrimci kafalı’ bir deneme elektronu düşün. Deneme elektronu, telin yakınında, başına jakoben bir şapka takmış oturuyor. Tel, 1000 tane atom çekirdeğinden ve 1000 elektrondan, yani 1000 artı ve 1000 eksi yükten oluşuyor (Sayılar kafadan atma, normal bir telde çok daha fazla atom olur. Her atom çekirdeğinde bir değil, birden çok daha fazla artı yükler vardır, ayrıca tüm eksi yükler hareket etmezler, ama bunlar şimdi burada önemli değil.)

Deneme elektronumuz “Bu güzel gözüküyor” diyecek, “1000 artı ve 1000 eksi yük birbirlerini dengeliyorlar, beni ne çekiyor, ne de itiyorlar, öyleyse burada rahat rahat oturabilirim. Sevimli bir deney.”

Şimdi, bu teste katılan sevgili elektronumuzu benzer bir telin yanına koyuyoruz, ama bu kez telden akım geçiyor. Elektronlar, tıpkı suyun hortumun içinden akması gibi telden aktıklarından, tel (elektriksel olarak) yüklenmiyor. Herbirkez, bir elektron telin bir ucundan girdiğinde, aynı anda başka bir elektron da telin öbür ucundan çıkıyor. Aynı su hortumundaki gibi. Telde hep aynı sayıda elektron kalıyor. Sevgili elektronumuz “Ne güzel” diyecektir, “Versailles Kraliyet Sarayı’ndaki su oyunları gibi, çok hoşuma gitti. Ama pek devrimci değil. Ve fiskiyele kaynaklar olmadığından birazcık sıkıcı. Fiskiyele bir kaynak da koyamaz mısınız?”

Deneme elektronumuzun canı sıkılmasın diye, devrim için, kendisinden deneme pilotu olarak çalışmasını rica edeceğiz. Tel üzerinde tel boyunca uçacak ve neler olduğunu telsizle bize bildirecek. Haydi bakalım yola koyul!

“Mayday Mayday Mayday” (Bir pilot uçağıyla düşerken böyle acil yardım ister), “Uçak, telin üstüne düşecek, tam dümenle ancak yüksekliği koruyabiliyorum, motordan duman geliyor, birazdan düşüyorum. Neden bana bir paraşüt vermediniz!” diye deneme pilotumuz mikrofona avaz avaz bağırıyor. “Hemen dönün. Aynı yolu geriye doğru uçun!” diye emir veriyoruz. “Of be, çok şükür, ucuz atlattık” diyor bizimki, ve az sonra, “Uçak şimdi sanki hiç ağırlığı yokmuş gibi eniyi bir numara notunu almışçasına uçuyor, hatta sanki altımızdaki tele çarpacaktı bile.”

Bunun böyle olacağı belliydi. Neredeyse düşüyor olması deneme elektronunun suçu değil. Bay Einstein’in suçu bu!

“Herbirkez bir elektron, telin bir ucundan girdiğinde aynı anda bir başkası telin öbür ucundan çıkar” demiştik. Aynı anda! Telin yanında oturup, “aynı anda” demek kolay. Ama, deneme uçuşu elektronu tel boyunca uçtuğunda, güzelim ‘aynı anda’ deyimine limon sıkılır ve bu, lafta kalır!. Bunu görelilik kuramı bölümünde görmüştük.

Ve deneme elektronumuz için telin bir ucundan bir elektron girip ‘aynı anda’ başka bir elektron telin öbür ucundan çıkmadığında, yani birazcık daha önce ya da birazcık daha sonra davrandıklarında, tabii ki, deneme elektronumuz için tel, elektriksel olarak artık yüklüdür.

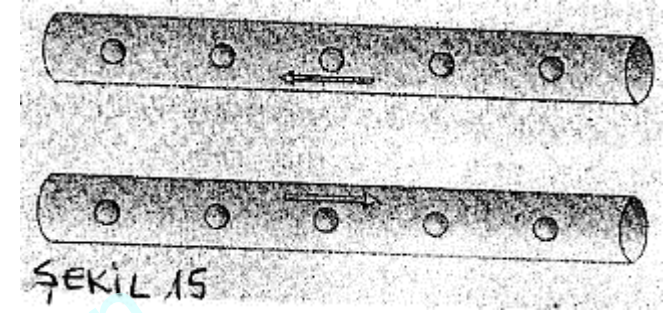
Bu durumda deneme pilotu elektronumuz hiç de hızlı hareket edemez, böyle küçük bir deneme pilotundan fazla birşey zaten bekeyemeyiz. Ama telde sıkışmış bir alay elektron

var. Bu nedenle bir elektronun telin bir ucundan birazcık önce girmesi ve başka birinin de telin öbür ucundan birazcık daha sonra çıkması, ‘aynı anda’ olma durumunun yani eşzamanlılığın çok azıcık bozulması için yeterli olur. Ve şimdi elektronumuza, telde 1000 elektron değil de , sanki 1001 ya da 999 elektron ilerliyormuş gibi gelir. Bu sayılar deneme elektronumuzun hangi yöne hareket ettiğine bağlıdır.

Böylece önceki karmakarışık magnetizmayı artık ortadan kaldırıyoruz. Magnetizmayı görmek için teli sadece daire şeklinde bükmen yeterlidir.

Özel Görelilik Kuramının Teknik Bir Uygulaması

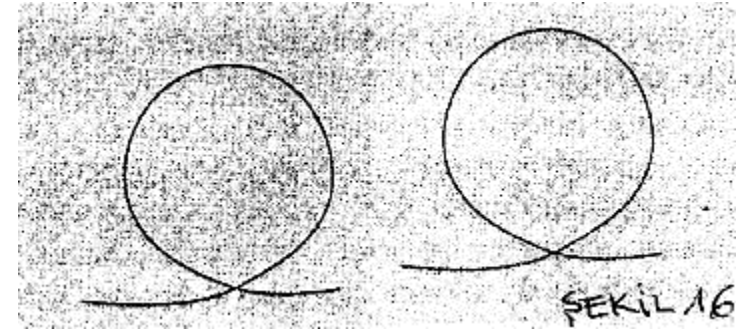
Pratikte, bir elektronu elinde telsizle bir telin yanından uçurtmak zordur, yukardaki sadece bir örnekti. Hani düşünce deneyi denenlerden yani, düşüncede çok kolay, gerçekte zor olan bir deney. Gerçek bir deney için, ikinci bir metal teli birincisine paralel olarak germek ve deneme pilotu elektronumuzu ikinci metal tele yollamak, ya da telden 1000 tane deneme elektronu geçirmek gerekirdi. Ancak böyle, tellerdeki elektron akımlarının zıt mı ya da aynı yönde mi olduklarına bağlı olarak, iki telin birbirini çektiği ya da ittiği görülür. Bunu, Şekil: “deneme pilotu teli” de gösteriyoruz.



Deneme pilotu teli

Bunu biliyor musun? Bir kağıt yaprak alıyorsun, katlıyorsun, büküyorsun, kıvrıyorsun, derken ortaya bir şapka, vapur ya da bir kuş çıkıyor. İnsanın sadece, iyi bir beceriyle kağıdı evirip çevirip katlayıp, bükmesi gerekir.

Bir telden gemi yapılamaz, ama mıknatıs yapılır. Her iki teli de bükerek ilmik şekline getiriyoruz. Tabii ki eğildikleri için birbirlerini itmeyi ya da çekmeyi kesmezler. Aynı önceden olduğu gibi birbirlerini çekmeyi sürdürürler.



Bükülmüş Teller

Şimdi her bir teli çember şeklinde birkaç kez daha büküyoruz.. Şimdi böylece iki elektromıknatıs elde ettik. Bunlara elektrik verdiğimizde, telleri nasıl yerleştirdiğimize bağlı olarak, ya birbirlerini iterler ya da çekerler.

İlkesel olarak, tel çemberde, bin elektronun mu yoksa bir tekinin mi döndüğü önemi değildir, çemberimiz her iki durumda da mıknatıslığını korur, ancak sadece bir tek elektron dönüyorsa mıknatısımız çok güçsüzdür. Elektronumuz, büyük bir yay çizerek çemberde hareket etmek yerine, kolayca kendi ekseninde de dönebilir. Aynı bir topaç gibi. Bir atom da çevresindeki elektronlarıyla beraber bunu yapabilir, yani bir atom da kendi eksenini etrafında böyle dönebilir. Her bir durumda önümüzde bir çemberde dönen bir elektrik yükü vardır. Yani bir mıknatıs. Mıknatıssal bir nesnede, örneğin bir pusula iğnesinde, bu minik mıknatısların tümü aynı yönü alırlar. Minik mıknatısların herbiri çok zayıf olmasına rağmen, birbirlerine eklenme sonucu toplamda oldukça güçlü bir alan yaratırlar. Böyle bir mıknatısın yararı, herhangi birinin elektrik yollamasına gerek kalmadan işlev görmesidir. Çünkü elektronlar ve atomlar kendiliklerinden hep dönerler.

Şehrazat Haklıydı! – Mayday Mayday Mayday

Aslında hiç kendibaşına mıknatıslık kuvveti diye bir şey yoktur, mıknatıslık (magnetizma) yalnızca “elektrik + görelilik kuramı”dır. Ama eskiden böyle olduğu bilinmiyordu, ne de olsa Bay Einstein yüz yıl kadar önce yaşadı. Ama mıknatıslığı çok daha öncelerden beri bilmekteyiz.

Şehrazat ve arkadaşları da mıknatıslıkla ilgili epey kafa yormuşlar ve bunu tam olarak betimleyemeseler de mıknatıslığın bazı sırlarını çözmüşlerdi. Belli ki biliyorlardı: İki mıknatıs parçası yan yana konduğunda birbirlerine yönelirler, birinin belirli bir yeri diğerinin belirli bir yerini çeker, aynı şekilde başka bir yerini de aynı güçte iter. Bir mıknatıs taşı dikkatlice bir ipliğe asıldığında ya da bir tahta parçasının üstüne suya konulduğunda hep aynı yönü gösterir. Sanki oralarda bir yerde bir mıknatıs varmışçasına çekilir. Çeken kuvvet ya da koca mıknatıs çok uzaklarda olmalıydı, yoksa küçük mıknatıs şuraya buraya taşındığında hep aynı yönü göstermezdi. Şehrazat’ın arkadaşları da, aynı alanlar bölümünde ayrıntılarıyla anlattığımız gibi, bir mıknatıs alanının, uzaklık arttıkça hızla zayıfladığını anlamış olmalılar. Ama tam olarak anlamış olsalardı, bizim için birşeyler yazıp bırakırlardı, ancak yine de birşeyler anladıkları kesin.

Bunu, 1001 Gece Masalları’ndaki Mıknatıs Dağı öyküsünde görebilirsin. Çok uzak bir denizde bir mıknatıs dağı olduğunu düşünmüşlerdi. Mıknatıslar bir araya gelerek diziliyorlar, birbirlerini çekiyorlar ve tüm mıknatıslar aynı yönü gösterdiklerinden, kocaman bir mıknatıstan oluşan bir dağ olmalıydı bir yerlerde. Öyle büyük bir mıknatıs kuvveti vardı ki, çok uzaklarda bile etkisi az da olsa duyumsanıyordu.

Mıknatıs Dağı öyküsü çok mantıklı sürer gider: Eğer bir gemi, mıknatıs dağına çok yaklaşırsa, karşı koyamadan ona doğru çekilir. Çünkü her gemide demirden parçalar bulunur, örneğin gemiyi bir arada tutmak için çakılan çiviler gibi. Çiviler gemiden fırlayana kadar gemi dağa çekilir. Sonra da gemi dağılır.

Aslında mantıklı. Ancak mıknatıs dağı uzak bir denizdeki bir adada değil, dünyanın içinde, yer yüzünden çok

derinlerdedir. Kuşkusuz bunu Şehrazat bilemezdi. Bu, Gilbert adındaki birinin 1600 yılında dünyanın mıknatıslığı üzerine daha fazla birşeyler öğrenmesine kadar bu şekilde sürdü. Ve bugün biliyoruz ki, mıknatıs dünyanın çok derinlerinde bulunduğundan gemiler için hiçbir tehlike söz konusu değil. Ama Şehrazat, yer mıknatıslığını bilmediği için aptal değildi. En azından benden daha aptal değildi. Çünkü yer mıknatıslığı yeraltındaki bir mıknatıs dağından kaynaklanmaz. Mıknatıslık, magmadaki akıllamaz derecede güçlü, değişmez dairesel akımlardan dolaydır.

Hemen hemen değişmez. Gemimin pusulasıyla, yer mıknatıs alanını büyük bir duyarlılıkla ölçebilirim. Deniz haritalarıma, haritalar basıldığında, basım tarihi, yer mıknatıs alanının tam nereyi gösterdiği ve ne kadar da salınım gösterdiği işlenmiştir. Çünkü mıknatıslıkta biraz değişim olur ve bilmem her kaçbin yılda bir aniden tam bir dönüş yapar. Akıl almaz derecede, güçlü, azıcık salınımlı bu dairesel akımlar zaman zaman da çöküverirler. Bu akımların ayrıntılarını 1999 yılında bile kimse tam anlayabilmiş değil.

Yine de Gilbert'tan 350 yıl sonra, Şehrazat'ın temelde haklı olduğu anlaşıldı: Mıknatıs Dağı gemileri değilse de uçakları bozuyor, bu da öbürü kadar kötü. Bir uçak yer magnetik kutbunun yakınından uçtuğunda pusulası çalışmıyor. Pusula, yapısı gereği aşağıyı göstermesi gerektiğinde gösteremediğinde, rastlantısal olarak bambaşka bir yönü gösterir. Ama farketmez, pusula aşağıyı ya da herhangi bir yönü gösterdiğinde, artık pilot yönünü belirleyemez. Şaşırır ve daire çizerek döner durur. Ne yazık ki yakınlarda yaşayan çok az insan olduğundan, ne inebileceği bir havaalanı, ne de bir yol olduğundan hiçbir yere inemez ve bir süre sonra yakıt göstergesi kırmızıyı gösterir. Kötü sonun ne olacağını düşünebilirsin.

Böyle kazalar çok sık olmakta. Eğer pilotlar Şehrazat'ın öyküsünü önceden okumuş olsalardı, kuşkusuz başlarına böyle bir şey gelmezdi.

FONKSİYONLAR VE BİR ALMAN PRENSESİNE MEKTUPLAR

Yaşam zorluklar ve sorunlarla doludur. Çok fazla olduklarından tümünü çözmek olası değil. Bu yüzden, sadece hangi sorunların önemli ve hangilerinin de önemli olmadığını düşünen insanlar oldukça mutlu ve hatta sonunda anlamlı bir yaşam sürmüş olurlar. Bu nedenle de yalnızca önemli sorunlarla uğraşırlar.

Gerekli ve Gereksiz Kaygılar

Herhangi bir zaman, örneğin okulda, fonksiyonlar karşına çıkacak. Ve büyük bir olasılıkla da bunlara epey zamanını ve enerjini harcayacaksın. Ama çok zor olmalarından dolayı değil. Fonksiyonlar, insanlar için düşünülmesi, tasarlanması zor şeylerdir. Böyle olunca da insan kafasında tasarlayamadığı için doğru anlayamadığını düşünmeye başlar.

Bu çok gereksiz bir kaygı ve zaman yitirmedir. Eğer sen bir fonksiyonu kafanda canlandıramıyorsan bu senin suçun değildir. Matematikteki fonksiyonlardan çoğu varsayımlardan başka birşey değildir. Hiç kimse bunları gerçekten yazamasa da ve bunu denemek için enküçük bir niyeti olmasa da fonksiyonlar yine de varolacaklardı. Matematik kitaplarının alışılmış cümlesi “Şu özelliklerde bir fonksiyon olduğunu varsayalım...” diye başlar. Böyle bir fonksiyonu kafanda somut bir şekilde canlandırmaya kalkışırsan boşuna uğraşırsın ve boş yere zamanını yitirmiş olursun.

Lütfen beni yanlış anlama, kesinlikle acele etmeye ve yüzeyselliğe çağrı yapmıyorum. Belki de şu an, örnek bu ya, kafanda sadece Gülperi (ya da İlker) var. Ama Gülperi (ya da İlker) ne yazık ki seninle ilgilenmiyor olabilir. Böyle bir şey sadece kötü değil, yaşam da renksiz ve elemli olurdu. Halbuki yaşam gerçekten ne de güzel olabilirdi. Üstelik böyle bir felaket dünyanın geri kalanını hiç mi hiç ilgilendirmiyor. Kimse yardımcı olmuyor ve sen yapayalnız kalıyorsun. Böyle bir durumda kuşkusuz ki şöyle diyemem: “Bu çok gereksiz bir kaygı ve zaman yitirmedir.”

Buna karşılık, bir fonksiyonun görünümüyle ilgili olarak düşünüp durmayı ya da gerçekten varolup olmadığını düşünmeyi istemek aptalca bir hata olur. Fonksiyonlar çok kolaydır, sadece bunların belki varolmadıklarını düşünerek kaygılanmana gerek yok. Böyle düşünürsen, fonksiyonlarla sevak hesaplar yapabilirsin.

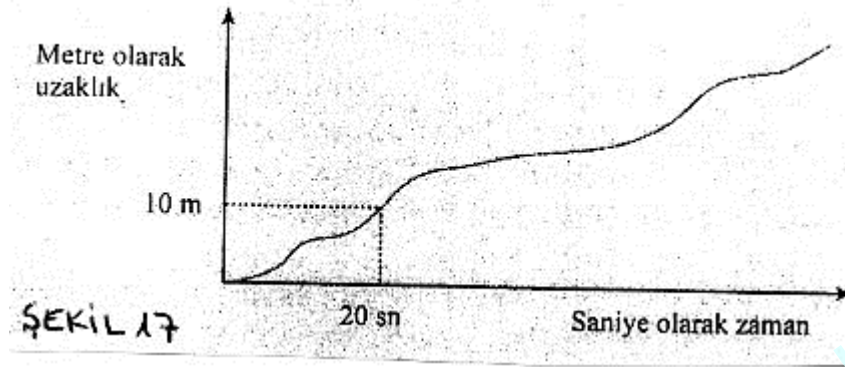
Bir fonksiyon...

bir büyüklüğün başkabir büyüklüğe nasıl bağlı olduğunu gösteren bir yazım şeklidir. Örneğin «F(t)» yazıldığında, bu fonksiyon, F büyüklüğünün t'ye nasıl bağlı olduğunu gösterir. Kuşkusuz başka herhangi bir harfi de kullanabilirim. Önemli olan sadece ne demek istediğimizi anlatmaktır.

Örnek olarak kafamızda oldukça kolay tasarlayabileceğimiz herhangi bir fonksiyon F(t) yaratalım. Diyorum ki: «F, senin sabahları okula giderken kullandığın yoldur. » Neden olmasın, bu yolun zaten uzmanı oldun gide gele! Okul yolu «F»yi, örneğin metre olarak verebilirsin. «t» ise yolda geçirdiğin süredir. 20 saniye sonunda 10 metre yol aldın diyelim; öyleyse $F(20\text{sn}) = 10 \text{ metre}$...vb. Bir yandan buna karşı kimse çıkıp

böyle birşey olmaz falan diyemez. Herhangibir belirli zamanda, belirli bir yol aldın. Böylece bu fonksiyon $F(t)$ mutlaka vardır. Çünkü her bir t zamanına ait belirli bir F değeri vardır.

Buna rağmen, diğer yandan aslında hiç kimse fonksiyon $F(t)$ 'yi gerçekten belirleyemez, kimse kağıda yazamaz. 10 metre ile verdiğimiz örnek bile sadece bir yakıştırma.



Hesaplanmış okul yolu fonksiyonu

Doğal bir sayı her zaman yazılabilir. Bana yazmam gereken bir sayı söylediğinde, onu yazarım. Bu her zaman olası bir şey. Ama bir fonksiyon için bu, her zaman olmaz. Örneğin 125,34529 saniye sonunda ne kadar yol almış olursun?

Okul yolu fonksiyonunda yapılabilecek tek şey, olabildiğince çok sayı çiftini ölçüyle elde etmek ve bunları yazmak olabilir. Örneğin iki saniye aralıklarla (yani heriki saniyede bir) ne kadar yol aldığını ölçersin. Sonuçta upuzun bir sayı listesi elde edersin ama buna rağmen bu, hala gerçek bir fonksiyon olamaz, sadece bir yaklaşımdır.

Düşünce yakalamak

Bu, kesin fonksiyonların hiç olmadığı anlamına gelmez. Kafamda tastamam kesin bir fonksiyonu düşünür düşünmez, o fonksiyon vardır. Örneğin sabit bir α katsayısıyla $F(t) = \alpha \cdot t^2$. Şimdi, herhangi bir t değeri için, F 'nin değerini bulabilirim. Ama bu aslında matematikçileri hiç mi hiç ilgilendirmeyen bir şeydir.

Fonksiyonlar, matematikçiler için çok önemli bir düşünce aracıdır. İlgili odağı budur. Düşüncelerini düzenlemelerine yardımcı olur. Derin düşünce okyanusunun dibinden bir şeyler yakalamalarına yardımcı olur. Düşünce aracı "fonksiyon"u ellerine alır almaz ya da aslında daha iyisi fonksiyon kafalarına girer girmez, bununla inanılmaz şeyler yaparlar. Bir fonksiyon olduğu varsayımıyla, başka varsayımlar yapıp bunları pervasızca birleştirirler. Sonra bunlardan sonuç çıkardıklarında bakanın ağzı açık kalır.

Tasarımlardan ve tümüyle zararsız düşüncelerden oluşan bu çok büyük düzenleme gücü "şöyle bir fonksiyon olsaydı" ile sonuçlanır ki, böyle bir düşünsel güç, fiziğin işine yarar. Bir nesnenin belirli bir zaman ve yerde varolduğunu varsayarsak, ben de kuşkusuz ki, o nesnenin uzay(mekan)daki yerel konumunun bir fonksiyon, yani zamanın bir fonksiyonu olacağını varsayabilirim. Kalem elimden bırakmadan, bu fonksiyonu temelde çizebileceğim de doğruysa, o zaman matematikten ve diferansiyel hesaplardan şunları öğrenirim: "Bir nesnenin yerini ve hızını ve ayrıca onu etkileyen kuvvetleri sadece belirli bir zaman (an) için bilmem yeterlidir. Böylece Newton yasaları ve diferansiyel hesap yöntemleri uyarınca, o nesnenin tüm başka zamanlarda (anlarda) yani hem geçmişteki ve hem de gelecekteki yerini belirleyebilirim. Bu şekilde o

nesnenin her bir andaki hızı, ve kuşkusuz ki ivmesi de belirlenir.”

Saat gibi işleyen evren

İnsanlar, Leibniz’in ve Euler’in zamanında ilk kez bunu anladıklarında coşkuları çok büyüktü. Çünkü evrenin tüm parçalarına hareketleri önceden verilmiş ise, evrende olup bitenler tümüyle belirlenmiştir. Buradan evrenin devasa bir saatten başka bir şey olmadığı sonucu çıkar! İşte böyle bir şeye mekanik evren tasarımı denir.

Kuşkusuz hiç kimse evrende etkili olan tüm kuvvetleri bilemez. Bu nedenle mekanik evren tasarımının pratikte bir anlamı yoktur. Ama insanlar yine de çok ürkümüşlerdi. Evrenin durumu her ne kadar tam olarak bilinmese de, evren yine de herhangi bir durumdadır ve böylece insanların geleceği de o durum için belirlenmiş demektir, şeklinde düşünülüyordu o zamanlar. Bu, evrenin dışı kapalılık ve içteki zorunluluk tasarımını ortaya çıkarır. Aynı iyi işleyen bir saat gibi. Birinin dokunmasına gerek kalmadan durmadan monoton bir şekilde tiktaklar.

Bazen mekanik evren tasarımını, kuantum mekaniğinin ortadan kaldırdığı ileri sürülür. Ben aynı düşüncede değilim. Bence, kuantum mekaniğinin böyle birşeye gereksinimi olamaz. Mekanik evren kavramındaki yanlış, evrenin “ilkesel olarak verilmiş bir durumunun” tasarımında yatar. Eğer evrenin belirli bir andaki durumunu gerçekten bilmek isteseydik, herhangi belirli bir anda, sonsuz duyarlılıkta, akıl almaz derece çok ölçüm yapmamız gerekirdi. Yazım kurallarına göre böyle bir şeyi yazmak olasıdır, ama gerçekte bu olanaksızdır, insan bunu tasarlayamaz bile. Gerçekte varolmayan bir şeyin sonsuz

duyarlılıkta kesin ölçümüyle fizik yapılamaz. Böyle bir tasarımla fizik kesin olarak bırakılmış oldu. Mekanik evren tasarımı bu nedenle başından beri fiziksel değildir.

Fizik, ancak gerçek şeylerle dolaysız olarak uğraştığında, (dolaylı olarak zaten her zaman yapar ya) evren tasarımına yol açabilir. Bunu termodinamikte yapar. Bence bu böyle.

Renk Öğretisi

İşte bu nedenle fonksiyonlar çok ilginçtir, çünkü “fonksiyon” kavramı yardımıyla insan akla hiç gelmeyecek birçok şeyi düşünür ve bunlara kafa yorar. Bunlardan başka fonksiyonlar konusunda anlatacak bir şey daha var. Resim derslerinden bildiğin, ya da bilmen gerektiği gibi, kırmızı, yeşil ve mavi renkler karıştırılarak tüm diğer renkler elde edilebilir. Birleştirilmiş biyoloji-fizik-matematik-sanat dersleri için bu çok ilginç bir konu olurdu.

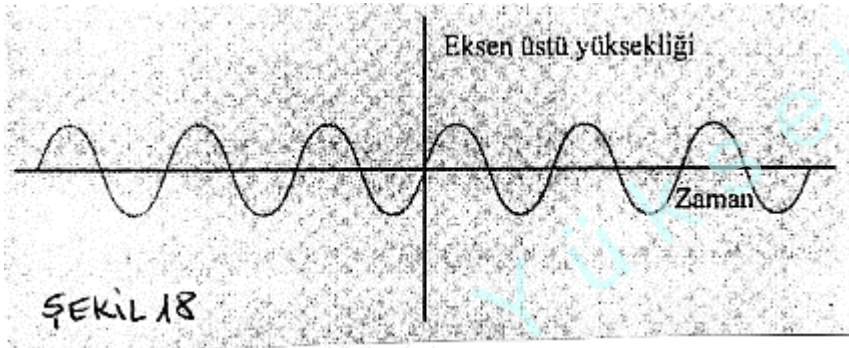
Oldukça karışık bir şey bu ama, vektör hesaplarını bulan Bay Grassmann, başka tüm renkleri oluşturmak için bir yandan “en azından” üç farklı renge gereksinim olduğunu ve diğer yandan da üç rengin “gerçekten de yeterli olduğunu” kanıtladı. Grassmann yasaları böyle diyor. Bu bulgu bizi şuna götürür: göz için sadece farklı üç temel renk vardır ve bunlardan herhangi birini öbür ikisinden elde etmek olanaksızdır. Öbür tüm renkler birbirlerinden temelde ayrılmadıklarından, bu üç temel rengin karışımından öbürleri elde edilebilir.

Fonksiyonlar da buna çok benzerler: Bazı fonksiyonlar temelde öbürlerinden ayrıdır. Böylesi temelde farklı fonksiyonlar doğru oranlarda bir araya getirildiğinde, insan istediği fonksiyonu elde edebilir. Bu tür temelde farklılık

gösteren fonksiyonlara bir örnek, harmonik fonksiyonlardır.

Harmonik Fonksiyonlar

Harmonik fonksiyon, en basit olası bir salınım (titreşim) hareketini tanımlar. Harmonik bir fonksiyonu çizmek çok kolaydır. Elde başka bir şey yoksa, yine senin çok denenmiş bisikletin bu işe yarar. Bisikletin ön ya da arka tekerleğiyle, olabilir bu. F'yi süpabın bisiklet tekerleği yuvasından yüksekliği olarak, t'yi de zaman olarak alırsak, ve sonra sen tekerleği düzenli sabit bir hızda döndürürsen. harmonik bir fonksiyon $F(t)$ elde etmiş oluruz. “Harmonik Bisiklet” şeklinde, F'yi t'nin fonksiyonu olarak çiziyoruz.



Harmonik bisiklet: Bir bisiklet tekerleği sabit bir hızda döndürülür. F: süpabın tekerlek yuvasından olan yüksekliği, t ise zamandır.

Bu fonksiyon için kullanılan teknik ad: “Sinüs fonksiyonu”

(ya da t eksenini biraz kaydırırsak “kosinüs fonksiyonu” olur), $F=\sin(t)$ yazılır. Bu harmonik bir fonksiyondur. Eğer tekerleği daha hızlı döndürürsek, tepeler ve çukurlar birbirlerine yaklaşırlar. İki tepe arasındaki uzaklık, salınım süresi olarak adlandırılır. Tekerleği daha hızlı çevirdiğimizde, başka bir salınım sürelili, başka bir harmonik fonksiyon elde etmiş oluruz.

Harmonik fonksiyonlardaki en güzel şey, bir yandan, fizikte gerçekten karşımıza çıkmalarıdır. Harmonik bir fonksiyon en basit salınımı tanımlar; bu salınım uzay(mekan)da yayılırsa buradan en basit dalga oluşur. (t^7 gibi başka fonksiyonların çoğunun fizikte böyle bir karşılığı yoktur, bu fonksiyonla tanımlanabilecek başka bir olay bilmiyorum.). Diğer yandan farklı salınım sürelili harmonik fonksiyonlar temelde birbirlerinden ayrılırlar. Yukarda söylediklerimizden şu ortaya çıkar: Harmonik fonksiyonlar belirli oranlarda biraraya getirildiklerinde istenilen her bir fonksiyon elde edilebilir. Herhangibir örnek olarak: $F(t)=1,2 \cdot \sin(t)+3,5 \cdot \sin(4,9 \cdot t)$.

İlkel olarak şimdi, evrenin tüm olaylarını bir fonksiyonla tanımlayabiliriz. Örneğin bir atom, hiçbir şey yapmıyor olsa bile, onun ne yapmakta olduğunu, bir fonksiyonla gösterebiliriz. Sonuç olarak evrende olan her şeyi harmonik fonksiyonlar yoluyla açıklayabiliriz.

Yolun Sonu

Aslında çok şaşılası bir şey. Şehrazat bölümünde 1,2,3... diye sayı saymak için, doğal sayıları bulmuştuk. Ama onlar bir maddenin kütlelerini ya da hızını belirlemek için yeterli olamamışlardı. Bu yüzden doğal sayıları rasyonel sayılarla (kesirlerle) genişlettik. Yine de bu her şeyi yapmaya yetmemişti, bir üçgenin kenarı bile bunlarla hesaplanamıyordu,

reel sayılara (köklere) gereksinim vardı. Bir dairenin çevresini hesaplayabilmek için, reel sayılar da π ya da e gibi transzendent denilen sayılarla genişletilebilir. İnsan, bunun hep böyle sürüp gitmesi gerektiği gibi bir kaniye varıyor. Öyle görünüyor ki, evreni daha incelikli tanımlayabilmek için durmadan daha çok şeyi kapsayan sayılar bulmam gerekiyor.

Buna karşılık daha önce şöyle demiştik: “Harmonik fonksiyonlar her şeyi tanımlayabilmek için yeterlidir.” Diğer bir deyişle, yolun sonuna geldik.

Bu arada çok coşku verici bir şey gerçekleşti. Matematikçiler, sayılarda da yolun bir sonu olduğunu buldular. Yukarıdakilere ek olarak sadece bir adet daha sayı bulabilirim. O da i sayısı, yani sanal (imajiner) sayıdır. Bu yeni bulunmuş sayıyı diğer bilinen sayılarla birleştirdiğimizde, kompleks sayılar olarak adlandırılan sayıları elde ederim, mesela $2 + 3 \cdot i$. Ya da $t^2 + 2 \cdot i$ veya $3 + 5^i$ ya da $e^{i \cdot t}$.

Daha fazla sayı bulunamaz. Benim için çok zor ama matematikçi arkadaşlarımız bunu kesin olarak kanıtlayabileceklerini söylüyorlar. i sayısından sonra gelen başka hiçbir sayı yoktur. Sayılar daha fazla genişletilemez. i sayısı basit olup şöyle tanımlanır : $i^2 = -1$.

Sayı olarak fonksiyon

En son bir sayı olması ve bu sayıdan sonra daha başka bir sayının bulunamayışını çok ilginç buluyorum. Ama bu, daha hepsi değil! 1748’de büyük matematikçi Leonhard Euler, harmonik fonksiyonların sanal sayı i ’nin yardımıyla gösterilebileceğini buldu.

Başka matematikçiler de böyle birşeyi daha önceden

düşünmüş olmalıydılar ama bunu ilk kez açıkça ortaya koyan Euler olmuştur. Bu da yine ilginç bir öykü. Bay Euler İsviçreli’ydi; Berlin ve Petersburg’da çalışmıştı. Ve çalışma tarzı öyleydi ki, matematikte yaptığı buluşların hızı, bunları yayımlayabilme hızını geçiyordu. Bu sırada ayrıca Brandenburg-Schwedt Prensesi 16 yaşındaki Friederike’nin de öğretmeni idi. Keşke benim de 16 yaşındayken böyle bir öğretmenim olsaydı. Sık sık Petersburg’da olduğundan, prensese mektuplar da yazıyordu: “Lettres à une princesse d’Allemagne sur quelques sujets de Physique et Philosophie”(Almanyalı bir prensese bazı fizik ve felsefe konularında mektuplar). Çok akıllı bir prenses olmalıydı, çünkü sadece akıllı insanlara akıllıca mektuplar yazılabilir. Mektuplar gerçekten de çok akıllıca yazılmışlardı, bu nedenle sonradan kitap olarak da yayımlandılar. Euler, matematik dışında sadece fizik ve felsefe değil, bunlardan başka müzik kuramı, topçuluk ve gemi yapımı (belki yelkenli gemi) konularında da kitaplar yazdı.

Bugün bu kadar çok şeyden bir miktar da olsa anlayabilmenin olası olmadığı söylenir. Nedeni ise her uzmanlık dalının çok zorlaştığı imiş. Saçma. Örneğin fizik son 200 yılda çok daha saydamlaştı ve kolaylaştı. Uzmanlaşmış ahmakların fareler gibi çoğalmalarının başka nedenleri olmalı.

“İnsanı belirli bir uzmanlık dalında eğitmek yeterli değildir. Böylelikle belki o bir çeşit kullanılabilir bir makine olur ama tam bir kişilik edinemez. Önemli olan insanın, neyin erişilmeğe değdiğinin bilincinde olmasıdır. Neyin güzel ve etik açıdan iyi olduğunu içtenlikle duyumsamasıdır. Yoksa uzmanlık dalındaki bilgisiyle, daha çok, iyi eğitilmiş bir köpeğe benzer... Çıkarıcı bir bakış açısıyla yarışmacı sistemin ve erken uzmanlaşmanın gereğinden çok vurgulanması, kültürel yaşamın ruhunu ve ona bağlı olarak da uzmanlık bilim dallarının çiçeklenmesini

öldürür.”

Bu çok uzun sözün kıyası ise şudur: “Bu nedenle, sadece hangi sorunların önemli ve hangilerinin de önemli olmadığını düşünen insanlar oldukça mutlu bir yaşam sürerler. Bu nedenle de yalnızca önemli sorunlarla uğraşırlar. Tipik Albert işte.

Her neyse, yaşlı Euler müzik kuramı ve gemi yapımı çalışmaları arasında, sanal i sayısı yardımıyla herbir harmonik fonksiyonun e^{it} ifadesiyle tanımlanacağını gösterdi. Ve e^{it} de bir sayıdan başka bir şey değil. Konu eksik kalmasın diye bağıntıyı aşağıya yazıyorum ama sana çok zor gelirse kara kara düşünmene hiç gerek yok. Burada anlatılanlar gerçekten üniversitelerde okutulan yüksek matematik. Bütünlük uğruna:

$$\sin(t) = \frac{e^{it} - e^{-it}}{2i} \quad \text{ya da başka bir deyişle:}$$

$$e^{it} = \cos(t) + i \cdot \sin(t)$$

İstersen bu bağıntıya boşverebilirsin. Önemli olan, gerçekte harmonik fonksiyonların kompleks sayılar da olsalar, sayılardan başka bir şey olmadığıdır.

Çok önceden eski Yunan filozoflarından Pisagorcular her şeyin sayılarla verildiğini, belirlendiğini bulmuşlardı. Bu şekilde belirlenmi evren düzeni, gezegenlerin yörüngelerinden müziğe kadar her şeyi sayılarla düzenlemiştir, evreni oluşturan budur. Önemli olan evrenin olduğu madde değil, sayılar ve onların oranlarıdır. Yani onların düzenidir.

Bu bakış açısında bazı şeyler tutarlı gibi gözüküyor. Evrendeki herbir olayı en azından ilkesel olarak bir fonksiyonla tanımlayabilirim. Ve her fonksiyonu da harmonik

fonksiyonların toplamıyla. Ve bunlar da gerçekte sayılardan başka bir şey değil. Öyleyse evrende olan her şeyi, en dış ve en sondaki kompleks sayı yardımıyla tanımlayabilirim. Atomların varlığını, senin okula giderken kullandığın yolu, bir müzik parçasını. Tüm evreni.

Sen sağol, Algabr walmukabala !¹⁴

¹⁴ Harizmi'nin Cebir ve Kaşılaştırma kitabı /YA/

SİNİR BOZAN DALGALAR

Çılgınca kıvrıla kıvrıla uzayıp giden dalgalar çok sinirime dokunuyor. Onların alay edercesine o delice gidip gelmeleri midemi bulandırıyor. Hepsi can sıkıcı! Wall Street'deki paranın değer yitirmesinden de, balinaların eleminden de hep bu durmadan depreşen dalgalar sorumlu olmalı. Bu dalgaların can sıkıcı baskısına dayanabilmek için, dalga sözcüğünün önüne dalganın 'd'siyle başlayan bazı sözcükler ekliyorum. Daha kötüsü olamaz, bundan sonra ancak yazarlık sanatının tepe noktasına ulaşılarak böyle sözcükler bulunabilir. Halbuki gençler için yazılan bir kitabın eğlenceli olması gerekirdi. Nerde eğlencesi! Yaşam acılarla dolu işte. Om mani padme hum^(*)

Bu bir gençlik karabasanı (kabusu) olmalı. Bir dalganın ne olduğunu herkes bilir. Yüzme havuzunda suya atlayınca, çabucak ne de güzel dalgalar oluşur. Dalgalar çok önemli olduğundan okulda tüm ayrıntılarıyla öğrenilir: Duymak için ses dalgaları, görmek ve radyo dinlemek için elektromagnetik dalgalar –ışık elektromagnetik bir dalgadır zaten–ve bilmem daha başka neler için bir sürü dalgalar var...

Ama bunlar beni neden ilgilendiriyor ki? Radyo bozup yapanlar elektromagnetik dalgalarla, müzik seti çılgınları da ses dalgalarıyla ilgilensinler, herkesin bir tutkusu var. Ama

(*) Budistlerin kutsal sözü :Budanın temiz vücuduna, temiz konuşma diline ve temiz bilincine erişebilmek için kendi iç kirliliklerinden arınması isteğiyle, insanın eksiksiz olmayışının bilincinde olması

başkalarının tutkularından bana ne? Bana, sadece suya atlamak yeter. Görüyorsun, ne kadar ters ve sinirliyim, bu kesinlikle bir gençlik karabasanı olmalı! Ama her ne kadar bu bir gençlik karabasanı da olsa, böylece ben insanlığın ve insanın çok tipik bir örneği olmamın beni daha da sinirlendirmesiyle ben hep başkalarının benden daha üstün olduklarını ummuştum. Çünkü tüm insanlık eski çağlardan beri dalgalarla zorlanmış ve hiçbir zaman onları öğrenmeye istekli olmamıştı.

Eski Yunanlılar, büyük fizikçiler çıkarmalarına rağmen burunları havada, kurumlu ve politik olarak da zayıf olduklarından zorba Romalıların kolayca ellerine geçmişlerdi. Eski Yunanlılar, bugün de bizim üzerine hala düşündüğümüz hemen hemen her konuda kafa yormuşlardı. Ama Romalılar hiç böyle şeylerle uğraşmamışlardı. Onlar neredeyse hiç düşünmemiş, sadece örneğin sirk oyunları gibi şeyler düzenlemişlerdi; Romalılardan nefret ederim. Ama bugünkü Romalılardan değil, onlar benim maaşımı ödüyorlar.

Eski Yunanlıların, noktalar, ağırlık merkezleri, cisimlerin hareketi, atomlar ve daha birçok konuda bilgileri vardı, en azından bunlarla ilgili çok akıllıca düşünceler üretmişlerdi. Tevratın en eski bölümü olan Yaradılış Tarihinin yazarları ise onlardan daha da ilerdeydiler. Daha ilk sayfada, yani sadece tek bir sayfada, evrenin oluşumu bir çırpıda, bir sayfanın alabileceği kadar ayrıntıyla anlatılır. Hem de hiçbir formülün başaramıyacağı kadar kısa, derli toplu bir anlatım ki bilimsel olarak da doğru. Kimsede bunu ders programlarına alacak yürek olmadığından bunlar okulda öğrenilmez. Buna rağmen bunlar doğrudur. Bunu ilk kitabımda anlatmıştım zaten.

Sadece dalgalar konusunda evet sadece dalgalar konusunda hiç kimse birşeyler bilmek istememişti; ne Yunanlılar ne İbranililer ne de başkaları.

Sanırım dalgalar üzerine ilk düşünen bir Hollandalı idi. Adı Huygens miydi acaba! Her neyse, Galilei'yi, Newton'u Einstein'ı herkes bilir, ama cansıkıcı dalgalarıyla uğraşan zavallı Huygens'e kim ilgi gösterirdi ki? Evet kitaplara bir bakayım, buldum tamam adı Huygens idi, yıl 1690, 14.Louis zamanı. Tam o sıralarda 14.Louis Fransa'da Protestanlığı yasaklamış ve Protestan ailelerinin çocuklarının Katolik eğitimi almaları buyruğunu vermişti. Kaçmak çok zor olmasına ve kaçma girişiminde bulunanlara çok ağır cezalar verilmesine rağmen, Hugenot da denilen yarım milyon Protestan, diktatörden kaçmayı başarmışlardı. Aynı eski Doğu Almanya'da olduğu gibi, sadece o zamanlar duvar yoktu.

İnsanlık tarihinde, dalgalar konusunda ilk kez, Huygens azçok düşünmeye başladığında, belki de ilk kaçak Hugenotten'lar onun penceresinin altından geçmişlerdi. Azçok diyorum, çünkü Huygens dalgalardan çok, ışıkla ilgileniyordu. Başka bir deyişle, aslında ışık konusuyla ilgilenirken dalgalar kaçınılmaz bir şekilde karşısına çıkıvermişti.

Ama dalgalar üzerine birazcık düşünmek bile insanlara çok gelmiş, tekrar eskisi gibi yerinde sayma başlamış ve bu konu başka kimseyi ilgilendirmemişti. Tekrar birisinin çıkıp dalgalarla ilgili birşeyler söylemesi için aradan yüzyıldan daha çok zaman geçmesi gerekmişti. Ve bu da yine ışık konusundaki araştırmalarla ilgili olmuş, dalgalara kimse bakmamış bile. İnsanların çoğunun içgüdüsel olarak yılanlardan korktuklarını bir yerde okumuştum. Bu, tüm dünyada böyle. Sadece bir kurgu olmasına ve hiçbir kitapta yazmamasına rağmen, belki de insanlar yılanların hareketini anımsamamak için dalgalarla ilgilenmek istemiyorlardı ?

Enerji kavramıyla da aynı sorunları yaşamış ve onun ne olduğunu en sonunda anlamak için epey zamana gereksinim

duymuştuk. Fakat enerjide durum çok farklı ve gerçekten de zordu: Enerji görülemez, dokunulamaz, ilk bakışta tartılamazdı, hatta böyle bir şeyin gerçekten varlığını bile kimse farketmemişti. Farkedilmeyen bir şey üzerine düşünmek iyice güçtür.

Buna karşılık dalgalar görülür, onları herkes bilir. Islansan da dalgalara dokunabilirsin; yüzme havuzuna atlarken sen bile dalga oluşturabilirsin.

Değeri bilinmeyen dalgalar, zavallı çocuklar

Yine de kimse dalgalar konusunda kafa yormadı: Bir dalga nedir, nasıl oluşur? Bugün bile hala böyle! Dalgalar usanç verecek kadar her fizik kitabında karşımıza çıkar, ama bir dalganın aslında ne olduğunu açıklayan çok az sayıda fizik kitabı vardır. Çoğunlukla bir yığın formül ortaya atılır; -ey okur, anlarsan anla, anlamazsan başının çaresine bak demek istenir. Ben , bir dalganın ne olduğunu anlatan sadece bir kitap biliyorum; o da fizik kitabı değil, Rusça bir matematik kitabı.

Yazık! Çünkü dalgalar dünyanın en dışındaki ve sonuncu yapı taşlarıdır. Belki noktalarla beraber, ama bu benim için pek de açık seçik değil. Dalga olmayan hiçbir şey yoktur. Dünyanın yapı planında henedense dalgalar, anlayıp kavrayabildiklerimizin en dışındaki ve sonundakileridir, onlardan sonra başka hiçbir şey gelmez.

Bana birisi bunları daha önceleri anlatmış olsaydı, zavallı dalgalara böylesine sinirlenmezdim . Ve başkaları da bunu bilselerdi, Kuantum kuramının önünde, ağıl kapısı önünde sersemce bögürerek dikilen ağzı açık danalar gibi dikilmezlerdi.

Çocuklardan bu kadar zor şeyleri beklememek gerektiğini

biliyorum. Kızların kendi halinde bebekleriyle oynayıp süslenmeleri gerektiğini ve erkek çocukların da kızılderilileri oynamalarının yeğlendiğini biliyorum. Sonra da büyüdüklerinde mobilyalarla ve modayla ilgilenmeliler; sabahın erken saatlerinde büroya gidip, gün boyunca sevinçle şeflerinin önünde eğilerek yazılar, dosyalar taşımalı, ve akşamları da kıvançla spor programı izlemeli ya da burçlarını okumalılar. Bunlardan başka birşey yapmaları olmaz, hiçbir zaman olmaz. Bu yüzden hiç kimsenin noktaları ya da dalgaları bilmesine gerek yok, bunlar sadece insanı rahatsız eder, kıvançsızlık yaratır ve sonunda da başkaldırtırlar. O zaman bunun sorumlusu kim olacak?

Evet, evet, tüm bunları biliyorum. Ama burada bir fizik kitabı yazmam gerekiyor ve dalgaların aslının ne olduğu şimdi söylenmez ise, kitap aşırı derecede sıkıcı olur ve okuyucudan daha önce ben can sıkıntısından ölürüm; böyle olursa nasıl yazarım ki?

Cam Silenlerin Dalgaları

Öyleyse bir dalga nedir? Ençok sevdiğim su dalgaları olduğundan onlar yoluyla betimleyeyim. Ama ne yazık ki su dalgaları en karmaşık dalgalar olduğundan, ancak bir dalganın ne olduğu bilinince, anlaşılabilirler.*

Buna karşılık ışık ya da ses dalgaları oldukça basittir,

* Yüzey dalgaları olduklarından bu kadar karışıktırlar. Her su parçacığı bir dalga yaklaşıken dairesel bir yörüngede hareket etmeye başlar, hem yana savrulur - önce gelen dalgaya, sonra da giden dalgadan uzağa doğru - hem de yukarıya ve aşağıya - dalganın bir tepesine çıkar, bir dibine iner.

bunları çok iyi betimleyebilirim. Burada tek sorun onları doğrudan doğruya görememen, onları kafanda canlandıramaman ve formüller denizinde yardım alamadan boğulmandır. Böyle olmasını da istemeyiz, benim yaşamımla ilgili endişemiz olduğuna göre senin yaşamını da düşünmemiz gerekir.

Ben yaşamım boyunca bir kerecik böyle basit bir dalgayı tüm güzelliğiyle gördüm. Bu, Amerika'daydı. Orada bir sürü penceresi olan çok sayıda gökdelen vardır. Kuşkusuz pencerelerin temizlenmeleri gerekir. Ama yaşam tehlikesi yüzünden pencerelerin açılmasına izin verilmez. Aslında Amerikalılar harika adamlar ama, yılda sadece iki hafta izinleri var ya da tüm bir yıl boyunca parasız izin alıyorlar. Kuşkusuz çok çok boşanmalar oluyor, kazalar birbirini kovalıyor ve her şey hep daha kötüye gidiyor; sonunda ne kadar mutsuz Amerikalı olduğunu artık sen kendin hesaplayabilirsin. Bu yüzden de pencereleri kapalı tutuyorlar. Pencere temizleyicileri de gerilmiş çelik halatlara bağlı bir sepetin içinde yukarı aşağı gidip gelerek pencereleri dışardan temizliyorlar. Böyle iyice uzun, çok sıkı gerilmiş bir halat, dalga oluşturmak için ideal.

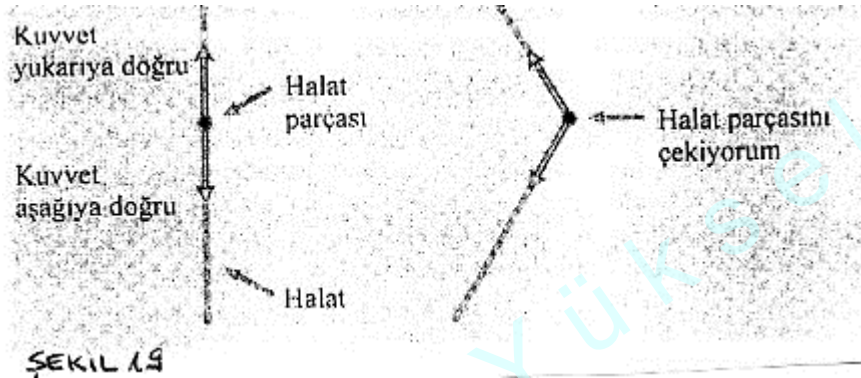
Halata bir kere elle vurulduğunda “pong” diye bir ses gelir ve dalganın halatta nasıl hızla ilerlediği görülür. Hızla gözden kaybolur ve biraz önce olduğu gibi her şey sessizleşir. Sonra bulutsuz gökyüzünden dalga hızla geri gelir - pong -, halatın bağlandığı yerde yansıyarak tekrar yukarı fırlar. Oradan tekrar yansır ve geri döner.

Her şey çabucak biraz şaşırtıcı oluverdi, sadece birkez vurduk, oysa bu ponglama bir gidip, bir geldi ve durduramıyoruz. Gökdelendekiler bunu bir duysalardı, panik çıkardı. Hem de tüm pencereleri kapalı olan bir binada panik!

Kuvvetlerin dengesi ya da: Halatta bir büküklük var

Hiç kimse halata dokunmadığı sürece, halatın her bir parçasına, halat boyunca, yukarıya doğru bir kuvvet ve aynı büyüklükte bir kuvvet de aşağıya doğru yine halat boyunca etkili olur. Bunlar, şekilde gösterilmiştir.

Kuvvetler etkili ama: birisi halatı ortasından kesiverse, halatın uçları büyük bir gürültüyle kopup ayrılırlar. Ama, şekilde de görüldüğü gibi kuvvetler birbirlerini karşılıklı olarak dengeliyorlar. Kuvvetler halat parçasında yukarı ve aşağı yönü gösterdiklerinden, yani tam olarak aşağıyı ve yukarıyı gösterdiklerinden birbirlerini dengelerler.



Şimdi halatın yan tarafından çekersen, halat orada bükülür. Yukarıdaki halat parçasını gösteren kuvvet, hala halatın yönündedir ve aşağıyı gösteren de yine halatın yönündedir. Ama şimdi halatta bir bükülme olduğundan kuvvetler artık tam zıt yönleri göstermezler.

Bu nedenle bu iki kuvvet artık birbirlerini dengelemezler. Bu, şekilde de görülebilir: 'Arta kalan az bir kuvvet', elinin halatı çektiğinin tersi yönde, halatı içeriye doğru çeker. Bunu duyumsarsın: Halatı yana çekmek için gerçekten de kuvvet uygulamam gerekir.

Gerçek bir matematikçi hiçbir zaman: "Halat bükük" demez. Büküklük yerine "eğrilik" der. Halatı çektiğin yerde bir eğrilik vardır, başka heryeri düpedüzdür: Geriye çeken kuvvetin nedeni, halatın eğriligidir.

Halata daha büyük bir kuvvetle asılsan da, dalga oluşmaz.

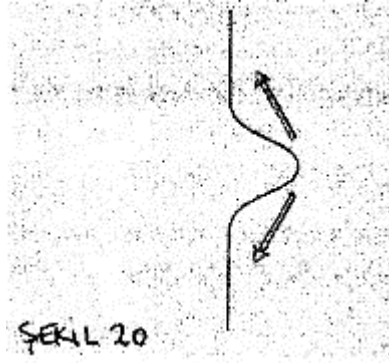
Çukurluk

Halata¹⁵ hızlıca bir yumruk attığında bir dalga oluşur. Bu, bir anlık bir kuvvet uyguluyorsun ve halatı kendi haline bırakıyorsun demektir. Yumruk attığında, halat tümüyle yana kaymaz. Bunun için çok vurdum duymazdır ama, direk gibi sert de değildir, bükülebilir. Halata vurduğun yer biraz şekil değiştirir, birazcık çukurlaşır (Bu çok hızlı olduğundan, ne yazık ki çıplak gözle göremezsin. Çok hızlı olarak fotoğrafının çekilmesi gerekir. Su yüzeyine düşen su damlalarının fotoğrafını görmüştüm. Halatta da benzeri olur. Fotoğrafta, damlanın düştüğü yerde suyun nasıl da çukurlaştığı çok güzel görülür).

Şekilde 'çukurluk' gösterilmiştir. Nasıl görüldüğü, senin vuruşuna bağlı olarak herhangi bir biçim alabilir. Zaten çukurluğun nasıl görüldüğü önemli değildir, önemli olan halatın tümüyle yana kaymaması, sadece çukurluğun olduğu

¹⁵ Halat yerine ip ya da sicim de aynı davranışı gösterir/YA/

yerde bombeleşmesidir.



Bir yandan durum aynı önceki gibidir: Halatın eğriliği, halat parçacığına bir kuvvet uygular. Öbür yandan da durum öncekinden farklıdır: Şimdi elin, karşıt kuvveti yoktur. Çünkü çok kısa bir anlık bir vuruş (yumruk) olduğundan geri çekilen el şekilde de gözükmez!

Ama şimdi zavallı Bay Newton Londra'daki lüks mezarında ters dönüp : Karşıt kuvveti olmayan bir kuvvet yasaktır, diyecektir. Öyleyse halat parçacığı ne yapacak? İvme kazanacak kuşkusuz, başka yapacak birşey yok ki?

Eğilmiş halattaki kuvvet, halat parçacığına ivme kazandırır ($F = m a$ bağıntısına göre), böylece halat parçacığının eylemsizlik kuvvetiyle, yandaki halat parçacığının geriye iten kuvveti dengelenir.

Bay Newton'un söz açılmışken, "halatın diğer parçaları, halat parçacığımıza bir kuvvet uygular" dememizin tam doğru olmayacağını anımsarız.. Kuşkusuz ki, halat parçacığımız tüm kuvvetiyle kendini geri çeker.

Halatın her parçacığı yanıbaşındakini çektiğinden, yanıbaşındaki de öbürünü çeker ve bu böyle sürer gider ve halata attığımız yumruk yüzünden halattaki hareketlenme boylu-boyunca yayılır.

Çukurluk Dalgaya Dönüşüyor

Öyleyse böyle bir çukurluk, derhal bir "dalga oluşumunu" tetikler. Bu, söylediğimiz her şeyin hep, her yerde ve aynı anda geçerli olduğu düşünüldüğünde anlaşılır.

İki şeyi aynı anda yazamam, kimse yazamaz, bu yüzden ardarda yazayım:

- 1) Her halat parçacığı, yanıbaşındaki halat parçacığından bir kuvvet duyumsar. Halatın eğriliği yüzünden.
- 2) Bir yandan bu kuvvet, halat parçacığını etkiler ve halat parçacığına bir ivme kazandırır ($F = ma$)
- 3) Öbür yandan da halat parçacığı, aynı kuvvetle geriye çekilir.

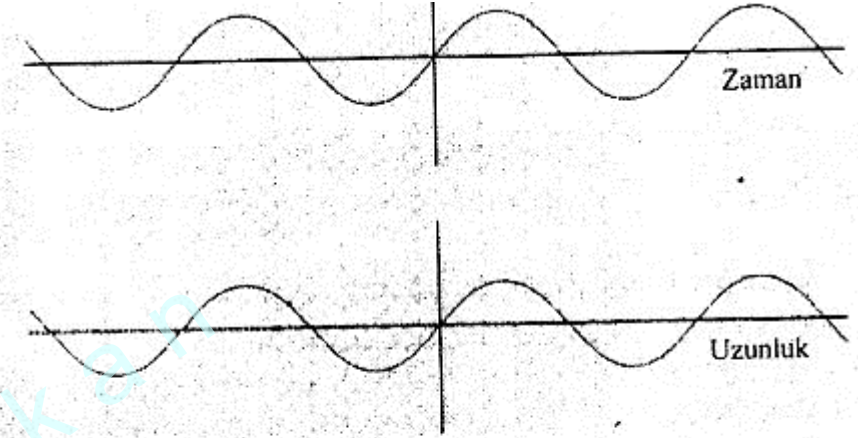
Aslında bunların hepsi aynı anda olur ve etkileyen tüm kuvvetler ve karşıt kuvvetler aynı büyüklüktedir. Bir halat parçacığını bir oraya bir buraya ivmeleyen kuvvet (2), yanıbaşındaki bir halatparçacığını çeken kuvvetle aynıdır (3), ve işte bu kuvvet (3) hareketlenmenin (titreşimlerin) ortamda yayılmasını sağlar.

Ama şimdi, halat parçacığının oraya buraya hareketini (2) sağlayan kuvvet, dalganın ortamda yayılmasını sağlayan kuvvete eşit ise (3): Halat hareketlenmesinin (titreşiminin) ortam ve zamandaki biçiminin aynı olması gerekir.

Bu nedenle bir dalga: Durağan (denge) durumundan uzay ve zamanda yayılan bir hareketlenme (titreşim) olup (örneğin bir halattaki hareketlenme / titreşim), bunun uzay (mekân) ve zamandaki biçimi değişmez .

En Basit Dalga

Halata vurduktan sonra halatta oluşacak çukurluğun ve dalganın, önceden söylediğim gibi aynen gözlenip gözlenemeyeğini bilmiyorum. Ben halat sihirbazı değilim ama durum fark etmez. Ancak bir şey kesin: Oluşturduğun dalga her durumda çok karışık. Eğer bu dalgayı betimlemek istersen, onu nokta nokta gözönüne alıp yazmalısın, başkası olmaz. Ya da daha iyi bir düşüncen var mı ? Bir dalgada sonsuz çoklukta nokta olduğundan, dalgayı betimlemek için tonlarca kağıt kullanman gerekirdi ve bu yine de sadece bir yaklaşım olurdu. Eğer birgün böyle karmaşık bir dalgayla karşılaşırsan ve bununla ilgili kafa yorman ve hatta hesap yapman gerekirse, bu pek iç açıcı olmaz.



ŞEKİL 21

Sinüs Dalgası.

Daha basit bir dalga çizeyim. Bu dalgayı, halatı belirli bir yerinden düzgün, kararlı ve sürekli olarak hareketlendirerek (saptırarak) oluşturayım. Dalga oluşabilecek kadar hızlı hareketlendirmem (sallamam) gerekir (yavaş olursam, halat boyluboyunca ileri geri gidip gelir ama salınımlar oluşmaya başlamaz). Dalganın olabildiğince basit olması için halatı “kararlı bir şekilde ileri geri sallayalım”, yani sinüs fonksiyonumuzla.

Şimdi her şey kolay: Birçok sayı yerine artık en çok üç sayıya gereksinimim var ve işte dalgayı tanımlamış olduk bile. Dalganın iki tepe noktası arasındaki zamanı, uzaklığı ve dalga yüksekliğini verdiğimde iş bitti demektir..

Birinci şekil, halatın belirli bir noktasının, denge durumu

etrafında zamanla nasıl hareket ettiğini gösteriyor. İkinci şekil ise halatın belirli bir andaki durumu olup halattaki hareketin ortamdaki şeklini gösteriyor. Harmonik dalga sola ve sağa doğru gidip geliyor.

Tekrar gördüğümüz gibi, dalganın zaman ve ortamdaki davranışı birbiriyle aynidir. Bu Sinüs dalgasına harmonik dalga da denir. En basit dalga olmasına rağmen, uygulamada sinüs dalgasının anlamı çok büyüktür. Bir hoparlörü çalıştırdığımda ondan gelen belirli bir ses tonu harmonik bir dalgadır.

Olmayı Elde Edemem

Kuşkusuz mantıklı bir insan hoparlörün hep aynı ses tonu vermesini istemez. Ton durmadan değişir. Sinüs dalgası da durmadan değişir. Ancak böylelikle müzik ortaya çıkar. Ayrıca çok farklı sinüs dalgaları aynı anda iş başındadırlar.

Öyleyse azçok hoş giden bir müzik parçası çok çeşitli sinüs dalgalarından oluşur. Bugünlerde hangi müziklerin dinlendiğini bilmiyorum, gençliğimden bildiğim Rolling Stones'u alalım ve senin müzikçalarında 15 dakika çaldıralım. 15 dakika boyunca hoparlörlerin membran zarı çok hızlı gidip gelir. Hoparlör zarının hareketi (titreşimi), kuşkusuz, bir fonksiyonla tanımlanabilir. Ve bu da birçok sinüs fonksiyonunun birbirinin üstüne binmesiyle (eklenmesiyle) oluşur. Bu bizi, Fonksiyonlar bölümünde anlattıklarımıza götürür: Harmonik dalgaları birbirine ekleyerek herhangi bir fonksiyon oluşturulabilir. Örneğin Rolling Stones'un hoparlör fonksiyonu gibi.

Alan Dalgaları

Aynı halatta yaptığımız gibi, bir 'alan'ın bir noktasına 'bir darbe' indirirsem, alanda dalgalar oluşur. Su yüzeyi alanına küçük bir taş attığında (ya da su damlattığında) o noktada dalgalar oluşur.

Elektronların çevresinde bir elektrik alanı vardır. Elektronları birazcık sarsarsan, elektrik alanda dalgalar oluşur. Radyo dalgaları böyle yapılır. Yer sarsıldığında da dalgalar, yerçekimi (kütleçekimi) dalgaları oluşur, ama bu henüz denenemedi ve ölçülemedi.

Gerçek bir fizikçi, "yumruk atmak, darbe indirmek" ya da "çukurlaştırmak" yerine "alanda bozulma" der, öyleyse: Bir alandaki bozulma, bir alan dalgası yaratır. Bu, tüm alanlarda böyledir.

Bu, bir "alan"ın ne olduğunu kafamızda daha iyi canlandırmaya yardımcı olur. Şimdiye kadar

"Uzayın (mekânın) her bir noktasına belirli bir özellik verebiliyorsam orası bir alandır" demiştik hep; fiziksel kuvvet alanları için "bir alan, uzamda birbirlerinden ayrı olarak bulunan nesneler arasında, bir kuvvetin oluşmasını sağlar demek daha doğru olur." Tüm bunların hepsi güzel ve iyi, en azından "aya özgü şeyler" demekten daha iyidir. Ama bir alanın tam olarak ne olduğu oldukça belirsiz kaldı. Eğer doğru anımsıyorsam yaptığımız pek az açıklamadan, $g \cdot m / r^2$ gibi bir alay bağıntı (formül) çıkarabildiğimiz için gururlanmıştık bile.

Bir alan, nesneler arasında kuvvetler aktarıyorsa, bunu nasıl yapıyor? Mucize mi bu? Ya da nasıl? Kuvvet alanını görmüyorum, sadece etkisini görüyorum, yani bir nesnenin

olduğu noktada onu etkileyen kuvvetin etkisini. Ama alandaki herhangi bir yerde bir nesne yoksa, nasıl olacak bu?

Ama ‘alan dalgaları’ bilinirse, insanın kafasında “alan” kavramı çok daha kesinleşir, saydamlaşır. Halata bir yumruk vurulması örneğinde olduğu gibi, bir alan bozulduğunda bir dalga oluşturur, yani birçok açıdan alan, halat gibi davranmalıdır: alanın her bir noktasının kendi çevresiyle bağlantıda olduğu kesindir. Böylece her nokta kendi çevresini etkiler ve alandaki değişimler bir noktadan öbürüne iletilir. Aynı bir halattaki gibidir, ancak bu görünmeyen bir halattır.

Öyleyse bir kuvvet alanı büyük bir uzaklıkta, iki nokta arasında bir kuvvet oluşturuyorsa, kuvvetin her bir noktada nasıl etki ettiği ve alan aracılığıyla bir noktadan öbürüne nasıl aktarıldığı anlaşılmış olur. (Eğer diferansiyel hesaplarla ilgili bölümü okuduysan, “nokta” ile aslında sadece küçük ‘bir yer’ in demek istendiğini bilirsin.)

Gitar

Gitar tellerindeki titreşimler de ‘duraklı dalgalar’ denilen dalgalardır. Nasıl olur da bir dalga durur? Bunun için tekrar gökdeleni gözümüzün önüne getirip, yukarı aşağı gidip gelen bir dalga üretelim. Dalga, artık ilerleyemeyeceği, halatın, yukardaki ya da aşağıdaki tutturulduğu yerlere geldiğinde, yansır. Şimdi kafamızda gökdeleni küçültelim. Dalga hiç değişmeden bir aşağıya, bir yukarıya gidip gelir, ama şimdi artık o kadar uzağa gitmek zorunda olmadığından daha kısa zaman aralıklarında yansıyacaktır. “pong” sesi daha sık duyulmaya başlar. Gökdeleni daha da küçültelim, ve eğer istersen onu bir gitar biçimine dönmüş olarak da düşünebilirsin. Şimdi tel o kadar kısalmış oluyor ki, dalganın

başı yansıdıktan sonra, daha henüz dalganın sonu yansımadan, tekrar telin öbür ucuna gelir. Dalganın yukarı mı aşağı mı gittiğini söylemek gitgide zorlaşır. Ayrıca, durmadan dönüşümlü olarak kendisine karşı ilerlediğinden gitgide tökezlemeye başlar.

Teli, tam dalganın boyu kadar kısaltırsak, yukarı aşağı gidip gelen dalgalar uyumlu olurlar ve dalgalar hep aynı ölçüde yukarı ve aşağı gidip gelirler, yani tümüyle hareket etmezler, dururlar. Yani duraklı bir dalga. Şimdi durmadan, aralıksız “pong” yapar. Bu da gitardır.

Sırası gelmişken söyleyeyim, eğer sorun sadece gitarı açıklamak ise, bu daha da basitçe yapılabilir (ilk kitabımda var). Duraklı ve yayılan dalgalar arasındaki ilişkiyi görebilmek için burada oldukça uzun anlatım yolunu seçtim.

Dalga Denklemi

Eğer canın önce ‘diferansiyel hesap’ bölümünü okumak istemese bile, dalga denklemi yine de ilginç olabilir. Belki de böylelikle diferansiyel hesap bölümünü merak edersin?

$$\frac{\delta^2 f}{\delta t^2} = \frac{1}{c} \cdot \frac{\delta^2 f}{\delta x^2}$$

Burada f halatın yana doğru ‘uzanımı’, t zaman, x de halatın boyudur. c katsayısına, halatın kütle ve gerilim değerleri sıkıştırılmıştır. Bu bağıntı, görüldüğü gibi ‘anlayanın arap olacağı’ cinsinden bir şey, taa üniversite fiziğinin son döneminde okutulur böylesi, ama belki sen bir çılgınlık yapar

bunu belki de anlarsın diye düşündüm, neden olmasın ki, bakalım nereye kadar geleceksin?

Her bir zaman aralığı için yol değişiminin v olduğunu anımsarsın, $v = \Delta l / \Delta t$. Aynı şekilde ivmeyi, yani her bir zaman aralığı için hız değişimini $a = \Delta v / \Delta t$ olarak yazabilirim. Bu bağıntıda v yerine $v = \Delta l / \Delta t$ koyarsam, ve “iki kere Δ ” yerine de “ Δ^2 ” yazarsam: $a = \Delta^2 l / \Delta^2 t$ olur Ama bunun yerine, günümüzdeki yazılış şekliyle bağıntımız : $\delta^2 l / \delta t^2$ olur.

$\delta^2 f / \delta t^2$, titreşen halat parçasının ivmesidir. Dalga denkleminin sol yanındaki, ivmelenmiş bir kütle için Newton yasasından başka birşey değildir: $m \cdot \delta^2 f / \delta t^2$ olarak yazılan $F = m \cdot a$ ki burada “m”, c katsayısının içinde saklıdır.

Denklemin sağ yanındaki $\delta^2 f / \delta x^2$ halatın eğriliğidir*. Bu ise bildiğimiz karşı (karşı koyan) kuvvetin kaynağı idi. Ve m kütlesiyle birlikte halatın gerilimini de “c” katsayısına sıkıştırdık, alışkanlık işte!

Öyleyse dalga denklemi, Newton’un ivme kuvvetinin, halatın eğriliğiyle oluşan kuvvete eşit (kuvvetle aynı) olduğundan başkasını betimlemez. Biz de zaten hep bunu söyledik durduk.

Bağıntının etkileyiciliği genel geçerliliğinde. İster, halat, demir çubuk, hava ya da herhangi bir alan ya da boş uzay(mekân) olsun, bu hiç birşeyi değiştirmez: Hep aynı dalga denklemi karşımıza çıkar. Sadece “f” bazen “halat uzanımı”,

* Kitabın sonuna diferansiyel hesaplarla ilgili bir bölüm ekliyorum. Bir fonksiyonun birinci türevi onun artımını, ikinci türevi ise eğriliğini gösterir. Sadece matematik bu, hep böyledir.

bazen “alan şiddeti” , bazen “basınç” anlamına gelir ve “c” de herbiriyle ilgili salınımın (ya da titreşimin) önemli özelliklerini belirler.

Bağıntı, bir dalganın ne olduğunu ve hep aynı olduğunu betimler. İster basınç dalgası, ister elektromagnetik dalga ya da parçacık dalgası olsun bu, hiçbir şeyi değiştirmez.

Sayfalardır bir dalganın ne olduğunu açıklıyoruz. Bence birazcık daha çok yüreklilikle daha hızlı gidebilirdik. Görelim bakalım.

$F = ma = m \delta^2 l / \delta t^2$ Newton yasası, “zamanın akışı içinde bir ivme oluşumu, $\delta^2 l / \delta t^2$, hep F kuvvetiyle birliktedir” der. Zaman çok ayrıcalıklı birşey mi ki, diye insan sorar? Neden sadece zamanın akışı içinde bir ivme, kuvvetle beraber olsun ki? Bu pek demokratik değil!. Zaman için iyi olan, uzay(mekân) için kötü değildir: $F = \text{Katsayı} \cdot \delta^2 l / \delta x^2$ olmasını da isteriz! Kuşkusuz bu iki kuvvet, etki=tepki ilkesi nedeniyle birbirine eşittir. Dalga denklemi böylelikle bitti. Dalga denklemi, bu açıdan, ‘uzay’a (mekâna) , ‘zaman’ için olan aynı hakları veren Newton denkleminin, yani $F = m a (= \delta^2 l / \delta t^2)$ ’nın daha demokratik bir biçimidir.

Bu, en azından benim gördüğüm şekliyle böyle. Ama hiçbir kitapta böyle yazıldığını okumadım, sen, bunu her olasılığa karşı daha basit düşünmeni sağlayan bir kolaylık olarak düşün.

Aslında dalgalar bölümü burada sona ermeli, geriye tek söylenecek şey kalıyor, dalgaların belki de gerçekte hiç olmadıkları. Yine de anımsatalım, bu bölüm, hernekadar “al-cabr vel’mukabala (‘Cebir ve Karşılaştırma Hesabı’) diye her zamanki gibi kapatılmasa da yine de Şehrazat bölümünün sadece bir devamıdır.

Ama kitabın ilerleyen sayfalarında dalgaların enerjisi

konusunda birşeyler söylemek zorunda kalacağız, bunu şimdiden görüyorum. Bu nedenle dalgaların enerjisini kitabın herhangi bir yerinde anlatmalıyız. Bunun için buradan iyi yer mi olur? Sana burayı önce atlamayı, sonra da geri dönüp okumanı sağlık veririm. Şu an, dalgaların enerjisi konusunda tartışmak birazcık moral bozucu ve can sıkıcı olur.

Dalga Enerjisi

Kolaylık için çok basit bir dalga olan harmonik dalgayı gözönüne alalım. Birim zamandaki titreşim sayısını aynı tutar (örneğin saniyede on titreşim), ama halatın yana uzanımını iki kata çıkarırsam (dalga yüksekliğini iki kat yaparsam), her halat parçasının, her titreşimde iki kat yol alması gerekir. Hareket enerjisi, hızın karesiyle arttığından, şu sonuca varılır: Bir dalganın enerjisi, dalga yüksekliğinin karesiyle, ve genliğiyle (= maksimum uzanımıyla) orantılı olarak artar.

Buna karşılık uzanımın büyüklüğünü aynı tuttuğumuzda, bunun yerine halatı daha hızlı ileri geri salladığımızda şu olur: İki kat hızlı salladığımızda, her halat parçasının hızı da iki katına çıkar. Öyleyse enerji de titreşimin frekansı ile karesel olarak artar.

Özetlersek: Dalganın genliğini ya da frekansını iki katına çıkarmak istediğimde, dalga üretimi için dört kat daha çok enerji yatırımı yapmalıyım. Dalganın enerjisi, genliğinin ve frekansının karesiyle orantılı olarak artar. Dalgayı üretmek için kullandığım enerji, dalgayla birlikte uzaklaşır gider.

Yine de: Bizim değerlendirmemiz sadece sonsuz uzunlukta ki dalga katarları için geçerlidir. Eğer dalga katarlarını sonlu uzunlukta üretirsem, yukardakilere bir düşünce daha eklemeliyim.

liyim. İki kat hızlı sallarsam, sadece dört kat daha çok enerji kullanmış olmam, ayrıca iki kat daha çok dalga tepeleri yaratmış olurum. Öyleyse her dalga tepesinin dört kat değil, sadece iki kat enerjisi olur. İki sonlu uzunlukta ki dalga katarlarını karşılaştırdığımda, her ikisinin de aynı sayıda dalga tepeleri varsa, iki kat frekanslı dalga katarının dört kat değil, sadece iki kat enerjisi olur. Çünkü onu üretirken yarısı kadar az çalışmıştım.

Dalgalar Gerçek mi?

Dalgaların gerçekliliği, ne yazık ki bazen kuşkuludur. Dalgaların varlığının sorgulanmasına güzel bir örnek ses dalgalarıdır. Bunlar hava basıncı değişimleridir, hava basıncı alanındaki dalgalardır. Duruma tam olarak dikkatlice bakılmadığında her şey yolundadır: Hava basıncı var, hava basıncının değişimleri de var, insan daha ne ister? Ne yazık ki dalga denklemi, duruma dikkatlice, tam olarak bakmayı öngörür. Çünkü bu bir diferansiyel denklemdir ve bunun yaşamı, ancak son derece küçük parçalara geçişte geçerliliğini koruyorsa sürer. Diferansiyel tanımlamalar, ancak son derece küçük boyutlar için bir anlam taşırlar. Şimdi iyice dikkatle bakıldığında, havanın nasıl da tek tek atomlardan oluştuğu, ve artık kuşkusuz bir hava basıncı alanından uzaktan yakından bile söz edilemeyeceği görülür.

Hava, aralarında çok büyük uzaklık bulunan ve jet hızıyla uçan tek tek atomlardan oluşur. Bu atomlar sık sık şiddetle birbirleriyle çarpışırlar, ama elementer olduklarından dolayı parçalanmazlar. Bir gazın neredeyse tüm hacmi boşluktan oluşur. Boş uzayın (mekânın) basıncı yoktur. Ancak milyarlarca atom bir arada gözönüne alındığında, hava basıncından ve

dalgalardan söz etmenin bir anlamı olur¹⁶.

Aynı biraz doğal sayılarda olduğu gibi. Sonsuz sayıda olan doğal sayılar, hernekadar saymaya yarasalar da, saymaya kalksak, dünyada sayılabilecek olan herşeyden bunlar daha çoktur. Dalga denklemi de bazen gerçekte var olanlardan daha çoğunu tanımlar. Örneğin, bu denklem bir hava basıncı alanının davranışını tanımlamasına rağmen, ‘tam anlamda’ böyle bir alan yoktur.

Matematikteki alan anlamında da tam olarak doğru olan, alanlar var mıdır acaba? Yani son derece küçük boyutlar için dahi diferansiyel hesap ilkesine tam uyan, değişmeyen alanlar var mıdır? Ben bilmiyorum, belki de herhangi bir yerde bunu bilen uzmanlar vardır, bana lütfen yazsınlar. Eğer bugün bunu henüz kimse bilmiyorsa, umarım ilerde günün birinde bu bilinir.

¹⁶ Yazar bu konuda şeklen haklıdır. Ancak , insanların bulduğu dalga denklemi çeşitli dalgalara uyuyor ve ses dalgalarına uymuyorsa, bundan ses dalgaları yoktur sonucu çıkarılması yerine (çünkü bilindiği gibi bunlar gerçekten vardır), dalga denkleminin, ses dalgalarını açıklama temelinin olmadığını söylemek daha doğru olur /YA/

KUANTUM KURAMI: DALGA ve TASARIM OLARAK EVREN

Eski Yunanlılar atomları küçük kürecikler olarak düşünmüşlerdi, yani en küçük ve değişmez madde parçacıkları olarak. Atomlar çok sert olmalıydılar, öyle olmasaydılar biçimleri değiştirilebilir ya da bozulabilirdi. Belki de bir arada durmaları için çengel ya da kulplarla tutturulmuşlardı. Onlara göre dünya bu küreciklerin birbirlerine tutturulmasıyla oluşmuştu.

Yunanlılar doğru mu düşünmüştü? Görelilik kuramı bize “yaklaşık olarak doğru” diye yanıt verir, “gerçekten de sert küreciklerden sert bir nesne (rijit bir cisim) yapılabilir, en azından ilkesel olarak. Ama ben sert nesneleri sevmem. Çünkü sert bir nesneyi bir ucundan ittiğimde hemen ve gecikmeden diğer ucu da hareket eder. Öyle olmasa sert nesne olmazdı. Sanki, hiç gecikmeden sonsuz bir hızla bir sinyal iletiverdi. Sonsuz hız çok hızlı demektir, ışıktan daha hızlı bir sinyal olamaz, böyle bir şeyi ne severim ne de buna izin veririm.”

Temelde bu yanıt bizi sevindirir çünkü çengellerle kulplarla bu işin olamayacağı gün gibi açıktır. Elemanter parçacıklar vardır, bu bağlamda Yunanlılar haklıydı, pekiyi ama bu parçacıklar neye benziyorlardı?

Nokta İyi, Alan Daha İyi — Ayakkabı Bağı Daha Umut Verici

Görelilik kuramında neye izin vardır? Örneğin noktalara. Bir

kütlesi olan, kütsel noktalara da kuşkusuz. Noktaların ne bir büyüklüğü, ne bir boyutu olur, yani uzunluğu, genişliği ya da yüksekliği olmadığından buna izin vardır ve noktalardan sert bir nesne yapamam. Ama sert olmayan bir nesne de yapamam. Üç boyutlu bir dünya oluşturmak istediğimizde, boyutsuz noktalar yetersiz kalırlar.

Geriye kalır alanlar. Alanlara da izni vardır: Bir alanı bir yere ittiğimde, bu bozunum alanda dalga olarak yayılır. Işık hızından daha büyük olmamak koşuluyla belirli bir hızla, o zaman her şey yolundadır. Alanlara izin vardır.

Alanlar ve noktalar, görelilik kuramıyla uyumlu olan tek nesneler değildir. Ayakkabı bağı gibi tek boyutlu nesnelere de izin vardır. İngilizce’de buna “string” yani ‘sicim’ denir. Günümüzde bazı kuramcılar (teorisyenler) bu kuramla uğraşıp durmaktalar.

Bunlar oldukça işlenmemiş kuramlardır. Öyle ki, bizim içimizde yerleşen ‘tüm evreni dalgalardan oluşturmakla ilgili’ atılınca düşünce, bu kuramların yanında oldukça zararsızdır. Sadece bu uzman kişiler kendi sicim kuramlarını anlarlar, başka kimse değil.

Ama bütüncül, dört dörtlük bir kuram daima kısa ve basittir, açıklanabilir. Bu nedenle ben kuramcılarının çalışmalarının henüz sona ermediğini düşünüyorum. Belki bir şey çıkar ama henüz kesin belirli değil, bu kitabı o kadar da bekletmek olmaz. Böyle şeyleri yüreklilikle yapan kuramcılara saygımızı sunuyor ve kendilerine bol şans diliyoruz. Ve yakında başarılı olurlarsa hemen haberimiz olması için onlara telefon numaramızı bırakıyoruz. Biz artık bunları bir kenara bırakalım ve elimizdeki alanlarla yetinelim.

Kamyon Şoförünün Sorumluluğu

Beni yanlış anlamayasın, dünyamızda görünümde vurdumduymaz, sert nesneler vardır. Örneğin demir bir çubuk sert bir nesne gibi görünür. Gerçekte ise hiç de sert bir nesne değildir. Bir ucuna çekiçle vurulduğunda (örneğin bir demir yolu rayına), diğer ucunda önce hiçbir şey olmaz. Ancak bir süre sonra vuruşunu diğer uçtan duyarsın. Çekicinin yarattığı itme ve bozulma ray boyunca dalga olarak yayılır. Bunun zamana gereksinimi vardır.

Öyleyse bir demir yolu rayı bile, evet doğru duydunuz, bir alandır. Kuşkusuz bir demir çubuk için o kadar da kesin olmak gerekmez ve ona sert bir nesneymiş gibi bakılabilir. Örneğin üzerinden kamyonların geçtiği bir demirköprü yapılabilir ve köprüye, sanki bir alan değil de sert bir nesneymiş gözüyle bakılabilir. Bu yaklaşım, kamyon belirli bir ‘ençok (üstsınır) ağırlığı’ aşmadığı sürece çokgüzel işler. Ama şoför kamyonunu çok çok yüklediğinde, vurdumduymaz, sert bir nesne üzerinde gitmediğini, kamyonun tüm yüküyle birlikte cumbadak suya düşerek anlar.

Bir Kez Daha Dalgalar!

Bir köprüde cömert davranabiliriz. Şoförler yükleme kurallarına uyduğu sürece, köprüye sert bir nesne gözüyle bakabiliriz. Ama parçacıklar konusuna girdiğimizde, böylesi bir cömertliğin ne anlamı olur ki? Parçacıkların gerçekten nasıl oluştuklarını bilmek istiyorsak, sözü hiç dolandırmadan: Boyutsuz noktalardan üç boyutlu bir dünya oluşturmayı istemek sihribazlık olacağından sert nesnelere izin yoktur, demeliyiz.. Geriye kaldı alanlar. Alanlar yoksa dünya da yok.

Kuşkusuz içinde birşeylerin olmadığı statik bir dünya ile ilgilenmiyoruz. Bunun yerine dünyamızda bir şeyler olmalı. Bundan dolayı sadece alanlar üzerine konuşmak yetmez, daha çok alanların değişimiyle, yani dalgalarla uğraşmamız gerekir. Çünkü alan değişimleri hep dalgalar şeklinde yayılırlar. Bunu önceden görmüştük.

Dünyamızı oluşturmak için dalgalara gereksinimiz var. Bu çok mantıklı, başka türlü de olamaz, ve dolayısıyla da bunun böyle olduğunu görmek aslında çok kolay. Her ne kadar kulağa biraz deli saçması gibi gelse de.

Ama dünyada daha pek çok çılgınca şeyler var. Çocuklarına kötü davranan anne babalar, eşlerini bırakıp giden karı kocalar, başka çocukların gözlerini oyan çocuklar. Başkalarını dışarı atan insanlar ya da birbirlerini öldürenler. Şimdi bana dünyanın şaşılası bir yer olmadığını kim söyleyebilir!

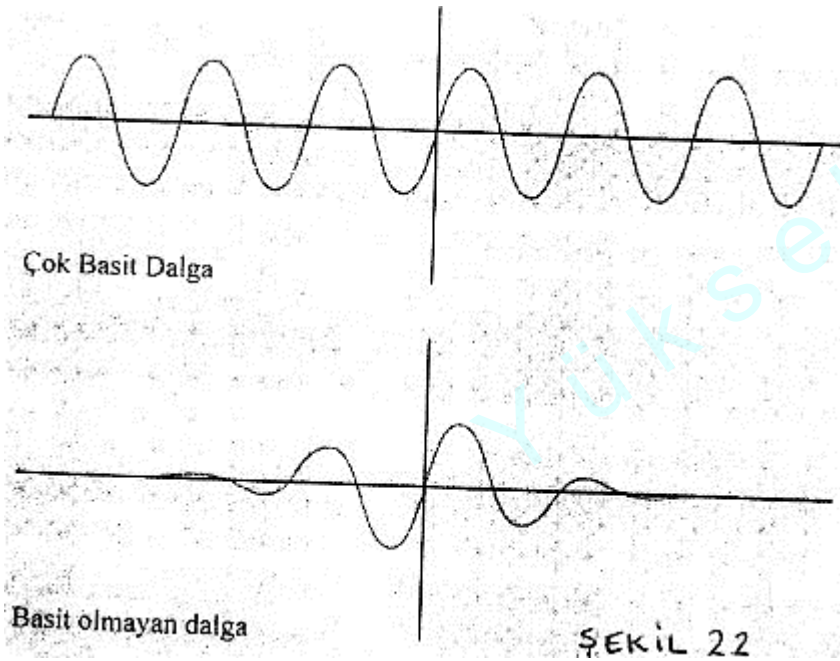
Öyleyse, dalgalardan bir dünya oluşturursak bundan ne çıkar? Böylelikle, dünya olduğundan çok daha şaşırtıcı zaten olamaz. Derin bir nefes alıyor, tüm yürekliliğimizi toplayarak bilinmeyene doğru yola çıkıyoruz. ‘Ne’ akla yakın? ‘Ne’ akla yakın değil? Nasıl olabilir, ve nasıl olamaz?

Kuantum Kuramı: Elemanter + Dalga

(Kuantum Kuramı 1)

Önce, hiçbir şeyden haberi olmayan küçük çocuklarımızı gibi kafamızda canlandırabileceğimiz en basit dalgayı çizelim.

Bu, “çok basit dalga” şeklindeki gibi birşeydir. Aslında dalga sayfanın sağına ve soluna doğru, bir yılan gibi aşağı yukarı, kıvrılarak sürüp gider, tıpkı denizdeki dalgalar gibi. Böyle bir dalgaya bakan birisi “bu şimdi bir parçacık mı ?” diye kendi kendine düşünür ve dudak büker. Örneğin bir parçacığın nerede olduğunu, en azından Ankara’da mı yoksa İstanbul’da mı olduğunu kabaca söyleyebilirim. Ama çizdiğimiz gibi bir dalgada, parçacık nerede olabilir ki ? Dalga, dünyanın her yanında aynı görünümündedir. “Parçacık her yerde” olabilir, bu nedenle sadece, “herhangibir yerdedir” denilebilir. Bu belirsizliği biraz giderelim. Öyle çok basit olmayan, cam silenlerin halatında oluşan ‘çukurluk’ kadar karmaşık bir dalga çizelim.



Oldukça düzeldi! Şimdi hemen parçacığın nerede olduğunu söyleyebiliriz: parçacık bu sayfada. Kesin olarak mı bilmek istiyorsun? sorun değil, sadece daha ayrıntılı çizmelisin. Ya da sınırlı dalgamızla olan şeklimizin aşırı bir ölçekte büyütülerek kitaba çizilmiş olduğunu düşünebilirsin. Aslında şekildeki bu koca dalga, bu cümlelerin sonundaki nokta büyüklüğündedir. Daha bile küçüktür . Çok daha küçüktür bile.

Bununla en büyük düşünsel zorluğumuzun üstesinden geldik: Parçacıkların dalgalar olduğunu ve evrenin de dalgalardan oluştuğunu düşünecek kadar yüreklendik. İnsan birkez böyle yüreklendi mi, artık ondan sonrası çok daha kolaylaşır. Çünkü dalgalar, en azından bizim için yeni birşey değil. Sadece bir şey yeni, ve buna çok özen göstermeliyiz: Parçacıklar bölümünde söylediğimiz gibi, evreni elemanter parçacıklardan oluşturmak istiyorsak, ve parçacıklar da dalgalar ise, o zaman bu dalgalar da elemanter olmalı. Parçalara ayrılamayan dalgalar olmalı. Artık bizim herhangi başka dalgalarla değil de, kesinlikle elemanter dalgalarla uğraşılıyor olmamızın çok önemli sonuçları olacak. İşte bu sonuçlar kuantum kuramının düşünsel temelini oluştururlar. Kuantum kuramının tüm düşünsel temelini.

Neden Sörfçüler Yüksek Dalgalar Üzerinde Çılgına Dönerler

Arada sırada deniz kıyısında gezintiye çıktırıysan, dalga büyük olduğunda enerjisinin de büyük olduğunu bilirsin. Dalga yarım metre yükseldiğinde bile, sakınmazsan dalga seni devirir. Bu yüzden sörfçüler her yerde pek olmayan, çok yüksek dalgalı kıyıları ararlar. En iyisi Kaliforniya’ya ya da Havai’ye gitmek, orada sörf tahtasıyla açığa doğru yüzer sonra

da azgın bir dalga geldiğinde de sörfüne atlayıp, büyük bir hızla dalgaya kendini kıyıya taşıtırsın. Dalga sörfü çok güzel gözüktür ve sadece gözüpük adamlar içindir, uçuk benizliler için değil, onlar en iyisi internette sörf yapsınlar, orda kulaklarının arkasından başka yerleri ıslanmaz. Güneşte yanmış, pazıları şişkin ve kilosu da tartıda epey çok gelen böyle bir sörfçüyü bu kadar rahat hızlandırabilmek için büyük enerji ve kuvvet gerekir ki bu da sadece çok büyük dalgalarda vardır. Küçük dalgalarda pek ilginç bir şey olmaz, ağır sörfçünün altında sörf azıcık sallanır, bu hiç eğlenceli olmaz ve kızlar da bakmazlar. Zavallı sörfçü.

Su dalgalarında durum işte böyle: Enerjileri büyüklüklerine bağlıdır, dalga ne kadar yüksekse o kadar da çok enerjisi vardır. Aslında bir su dalgasının yüksekliği durmadan değişir. Bir dalga, denizde büyük bir uzaklığı azalan rüzgarla aldığı, gitgide durulacaktır. Büyük bir dalga bir limanda dalgakırana çarptığında, dalganın çarpan parçası gürleyerek geri fırlar, ama liman girişine doğru ilerleyen dalga parçası limanda yayılır, dağılır, küçülür, sonunda birazcık iskeleye sürtünür. Öyleyse bir su dalgasının farklı yerlerde değişik miktarda enerjisi vardır. Ve enerjisini büyük uzaklıklarda dağıtarak verir. Enerjisini her yere aynı anda değil, yavaş yavaş aktarır.

Böyle doğal bir olayı neden bu denli vurguladığımı ve herkesin zaten bildiği şeyleri burada upuzun yazıpdurduğumu kendi kendine soruyorsundur. Bunları bu denli vurgulamamın nedeni su dalgalarındaki, ses dalgalarındaki ve başka daha birçok dalgalarındaki bu gözlemimizin yani : ‘dalgalar ne kadar büyük olurlarsa, onların o kadar çok enerjileri vardır’ gerçeğinin, elemanter bir parçacığın dalgasında geçerli olamayacağıdır.

Elemanter bir parçacığın dalgası da, aynı bir su dalgası gibi

ortamda yayılırken yolundan sapabilir, yüksekliği bir yerde daha büyük, başka bir yerde daha küçük olabilir ve bu zamanla değişebilir. “Bir yerde daha büyük, başka bir yerde daha küçük” sözünü rahatlıkla bir su dalgası için kullanabilirim, ama elemanter bir parçacığın enerjisi için, kesinlikle böyle bir şey diyemem.

Bir parçacığın herhangi bir anda ne kadar enerjisi olduğu önemli değildir, onun her bir durumda ‘tamamına belirli’ bir enerjisi vardır. Bir yerde biraz daha çok, başka bir yerde daha az enerjisi olduğu düşünülemez. ‘Elemanter bir su dalgası’ eğer olsaydı, kıyıdaki dalgakırana çarptığında ya aniden ve her yerde birden yok olurdu ya da yok olmazdı. Öyle alışılmış bir su dalgası gibi yavaş yavaş azalmazdı.

Kuantum Kuramı Burada başlıyor

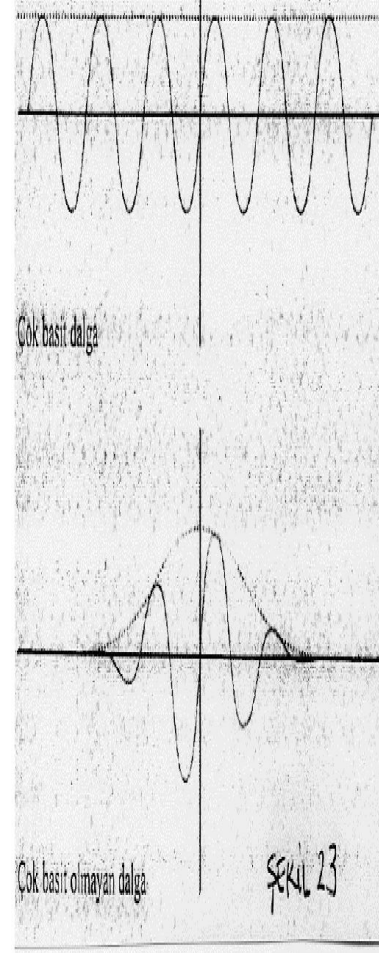
Öyleyse elemanter dalgalarda, dalganın enerjisi dalganın yüksekliğine bağlı değildir. Bu, elemanter olmayan dalgalarla arasındaki temel farktır. Bir su dalgası için “dalganın burada biraz daha çok, şurada ise biraz daha az enerjisi vardır” denilebilir. Bir elemanter parçacık için böyle bir şeyi düşünemem bile, “parçacığın burada enerjisi var ve aynı anda şu enerjisi de var ve aynı zamanda şurada da bambaşka bir enerjisi var” diyemem, böyle birşey düşünülemez kadar çok kafa karıştırıcı olurdu.

Buna rağmen dalga yüksekliğinin herhangi bir anlamı olmalı. Çünkü dalga yüksekliği, bir dalga tanımında, temel değiştirgenlerden (parameter) biridir. Bu değiştirgenin herhangi bir anlamı olmalı.

Dalga'nın Genliği

Elemantar dalga'nın dalga genliği'nin temelde hangi anlama geldiğini çoktan söylemiştik, sadece buraya kadar verdiğimiz savaşın coşkusundan tam olarak farkedemedik. Epey yukarıda belki biraz yan konu olarak dşndğmz ve çizdiğimiz şeyi sadece birkez daha özenle gözden geçirmemiz gerekir. Ayrıca alışıla geldiği gibi birçok insanın farketmeden takılakaldığı aç tuzağı kesip yolu açmak istiyoruz. Tuzak, dalga yüksekliğinin dalga ile karıştırılmasında.

Suda yarıbelime kadar ayaktayken, bir metre yüksekliğinde bir dalga bana doğru geliyorken, durduğum yerde o an hiç dalga olmadığından dalga yüksekliğinin “sıfır” olduğunu söylemeyi düşünemem bile. nemli olan suyun belirli bir andaki yüksekliği değildir. Dalga'nın genliği, dalga'nın gidişi sırasında, suyun ençok ne kadar yükselebileceğini belirtir. Belki bu herkesin bildiği birşey ama bazen insan bunu gözden kaçırıyor.



nceki şekillerimizde, ki bunlar su dalgalarını da gösterebilirler, siyah çizgi dalga yüksekliği değildir. Siyah izgi sadece bir anlık görünüm olup, ondan sonraki an için görünüm başkadır.

Aşağıdaki şekilde, her iki dalga birkez daha çizildi, ama bu kez dalga yüksekliği de belirtildi. Noktalı çizgi dalga yüksekliğini gösteriyor.

Şimdi hemen görülür: Dalganın genliği, parçacığın bulunduğu yeri verir, belirler. Basit dalgada, dalganın genliği dünyanın her yerinde aynıdır. Parçacık her yerde olabilir. Çok basit olmayan bir dalgada ise, parçacık belirli bir bölgede sınırlı kalır. Konumunu istediğimiz kadar sınırlayabiliriz, şeklin ekseninde belirli bir ölçeği yok. (tam olarak söylenildiğinde, dalga genliğinin karesi parçacığın nerede olduğunun olasılığını verir, ama bu bizim için farketmez, biz burada hesap falan yapmak istemiyoruz da!.) **Not:** Dalganın genliğine, dalga yüksekliği de denebilir.

Dalgaların Frekansı

Dalganın genliği, elemanter dalganın enerjisi için bir ölçü değilse, peki bir dalgada enerjiyi gösteren nedir? Dalgalar bölümünde ortaya çıkarmıştık: Elemanter olmayan bir dalganın enerjisi (o bölümde sadece elemanter olmayan dalgalar söz konusuydu) genliğine ve frekansına bağlıdır. Bir elemanter dalgada bunlardan ilki olamayacağına, yani dalganın enerjisi, dalga genliğine bağlı olamadığında göre, o zaman dalganın frekansına bağlı olmalıdır, değil mi?

Bu en yakın olasılık. Bunun doğruluğunu, ölçüyle sınamak için bir dizi ilginç deney vardır, ve bunlar okul kitaplarında da çok güzel açıklanmıştır (bk. “Foto Olayı”) Bunun yerine deniz kıyısına giderek sörfçülerden birşeyler öğrenmek de denenebilir. Elemanter dalgaların enerjisi gerçekten de bunların frekansına mı bağlıdır?

Fotonlar Sörfçüleri Bronzlaştırıyor

Dalgalar yükselmediğinde sörfçü ne yapar? Küçük dalganın üstünde sörf tahtasıyla salınmasının bir anlamı yok. O zaman güneş yağını alır, baştan aşağı bir güzel sürünür ve sörfünün yanında kumlara uzanır ki sörfçü olduğu belli olsun. Küçük dalgaları umursamayan, sadece gerçekten büyük dalgalarda sörf yaptığı görünen bu sportmene kızlar yine bakıp dururlar. Ayrıca güneş kreminden dolayı öyle de güzel bronzlaşmıştır ki! Güneş kremi kullanmasaydı kahve rengi değil kıpkırmızı olurdu. Derisi de yüzülür, dökülürdü her yanından. Bunun nedeni, güneş ışığının ışık dalgalarının da foton denilen elemanter dalgalarından oluşmasındandır.

Bir foton çok büyük bir enerjiyle deri hücrelerinden birine hızla rap diye çarptığında hücre ölür. Önce deri kızarılaşır, tıpkı tenceredeki bir yengeç gibi, ve güneşte yanma abartıldığında insan kanser bile olur. Bu yüzden deri oluşturduğu koyu renk parçacıklarıyla derinin dış yüzeyini kaplayarak kendini korur. Sonra hızla gelen fotonlar bu yüzeye çarpar ve derinin daha duyarlı bölümlerine ulaşmadan durdurulurlar. Kuşkusuz bu koyu renk parçacıklarını oluşturmak o kadar çabuk olmaz, bu yüzden deriyi koruyan ve kendini yenilemesi için ona zaman sağlayan güneş kremi gereklidir.

Güneş sütü şişesinin üstünde ürünün ne derece iyi olduğu ve “Mor Ötesi Işığı”na karşı ne kadar koruyacağı yazılıdır. Bu, kısa dalga boyundaki mor ötesi (ultra viyole) ışığı güneş yanığına, yani bronzlaşmaya neden olur. Sadece kısa dalga boyundaki ışık, Mor Ötesi ışık deriyi bozar.

Işın da parçacıklardan oluşur demiştik. Işık, fotonlardan oluşur. Bitirelim: Sadece kısa dalga boylu fotonlar deri

hücrelerini parçalayabilirler. Bu nedenle insan büroda, masa lambasının altında yatınca bronzlaşmaz: Masa lambası ışığında kısa dalga boylu fotonları yoktur. Uzun dalga boylu fotonların enerjileri yeterli olmadığından, deride etkileri olmaz. Uzun dalga boylu fotonların çok az enerjileri vardır.

Burada gördüğümüz, fotoğraf çekerken de gözlenebilen foto etkisidir. Fotoğraf çekerken, foton filmin bir molekülüne çarpar ve onu parçalar. Böylece molekül siyahlaşır. Mikroskopla bakıldığında ışık almış bir film, tek tek noktalardan oluşur. Işığın çok geldiği yerde çok çok noktalar vardır (burada fotoğraf siyahtır), ışığın az geldiği yerde de noktala azdır. Ama böyle bir film molekülünü parçalamak için yine belirli bir ‘enaz enerjiye’ gereksinim vardır. Karanlık odada film banyo edilirken kırmızı ışık yakılmasının nedeni, kırmızı ışıktaki fotonların film moleküllerini değiştirecek kadar enerjilerinin olmamalarıdır. Diğer bir deyişle kırmızı ışık uzun dalga boyludur.

Işık konusu aydınlandı. Elemanter dalgaların enerjisi, yani fotonların enerjisi, dalga boylarına bağlıdır. Yani frekanslarına. Çünkü fotonların dalga boyları ve frekansları birbirlerine çok sıkı bağlıdır, biri diğerinden çıkarılabilir.

Tam olarak ölçüldüğünde şu bulunur:

$$E = h \cdot \nu$$

Bir parçacığın E enerjisi, ν frekansı arttıkça artar. Ama bir parçacığın dalgasının, örneğin saniyede 100 titreşimli bir frekansı olan bir dalganın enerjisinin ne olduğunu bilmek gerekir. Bir kilovat saat mi, iki mi, değilse ne kadar? Bu bilgi Planck katsayısı diye adlandırılan “dönüşüm katsayısı ya da sabiti” h ’da yatar. (Söylediğim doğru ama yetersiz, bu h üzerinde daha sonra bir kez daha durmalıyız.)

$E = h \cdot \nu$, bizi şaşırtıyor mu? Zaten dalgalar bölümünde görmüştük: Sonsuz uzun dalgalarda, dalganın enerjisi frekansın karesiyle artar¹⁷. Belirli bir uzunluğu olan sonlu dalgalarda, dalganın enerjisi, dalganın frekansıyla orantılı olarak artar. Yani dediğimiz gibi $E = h \cdot \nu$. Bu çok mantıklı, anlaşılabilir bir şey.

Ve bir parçacığın impulsu¹ $p = h / \lambda$, parçacığın dalga boyu λ ile orantılı olarak azalır.

Yüksekokulda Fizik Okumalı mı?

“Planck sabiti”, fizikçi Max Planck’ın adıyla anılır. Daha birçokları gibi Planck da bir cisimden salınan ısı enerjisini betimleyen bir bağıntı (formül) bulmak için boşyere uğraştı. Aslında ısı bilimi, yani termodinamik bu çeşit sorunların üstesinden gelmek için o zamanlar yeterince iyi anlaşıldığından böyle birşeyin hiç de sorun olmaması gerekirdi. Ama bulunan formüller hep yanlış sonuçlar veriyordu. Planck, ısı enerjisinin sürekli değil de küçücük paketler halinde salınabileceği düşüncesine gelip hesaplayana kadar bu böyle sürdü.

Kuantum kuramı olmadan, ν frekanslı ışınım dalgasının, istenildiği kadar küçük, herhangi bir enerjisi olabilirdi. Enerji salan bir nesne (sıcak soba, lamba), istenildiği kadar çok ya da

¹⁷ Genliğin karesiyle demek fiziksel olarak daha doğru olur/YA/

¹ Türkiye’deki fizik öğretiminde, en basit tanımıyla:

İmpuls = $F \cdot t$ (Kuvvet x Zaman) ile **Momentum** $p = mv$ (Kütle x Hız) arasındaki ayrım, Almanyada yapılmadığından, bu kitap boyunca kullanılan **p = mv** ‘İmpuls’ deyiminin ‘**Momentum**’ olarak algılanması önemle vurgulanır. Burada Momentum. /YA/

az enerjilerde birçok dalga saldığında, insan çok çeşitli olasılıklara göre bunları üstüste koyduğunda, topladığında formüllerde her şey birbirine karışıyor, çıkan sonuç da yanlış oluyordu. Planck, frekansı ν olan bir dalganın enerjisinin tam $E = h \cdot \nu$ olduğu varsayıldığında hesapların ancak o zaman mantıklı sonuçlar verdiğini ve deneyimle uyumlu olduğunu gösterdi. $E = h \cdot \nu$ tıpatıp böyledir, ne daha az, ne de daha çoktur.

Ve şimdi burada çıkmazda kala kaldım! Çünkü gelmiş geçmiş en büyük Alman fizikçilerinden biri olan Planck' la ilgili birkaç satır yazmadan geçmek olmaz. Ama ben yazar değil, fizikçi olmama rağmen, bir kitap yazarken birazcık yazarlık kurallarına uymalıyım. Bir yazar, boş zamanını değerlendirmek için, tutkusundan yazıyor da olsa, hep aynı şeyi, birazcık değiştirerek, yineleyip durmamalıdır. Öyleyse ben de, ' - o zamanlar hiç kimsenin ilgi duymadığı çığır açan buluş' nakaratına yine başlamamalıyım. Ama Planck için durum, o kadar da kötü değildi, çünkü kuantumları bulduğunda gözardı edilmeye çoktan alışmıştı. Bilim adamı hakkımdan yararlanarak başkalarından alıntı yapıyorum.

"Önceleri Planck'ın çalışmaları ilgili bilimsel çevrelerde hiç gözönüne alınmadı. Daha önceki profesörleri ... bile, Planck'ın yürüdüğü yeni yollara anlayış göstermedi. Helmholtz, Planck'ın yazılarını hiç okumadı, Kirchhoff ise içeriklerine tümüyle tepki gösterdi, bunları reddetti."

Gençler için olan bir kitapta bu insanların yaptığı fiziği yazmak hiç uygun olmaz, çünkü cansıkcıdır. Belki bu küçük çocuklar için yazılan bir kitapta uygun olabilirdi ama onlar da okumayı bilmezler. Alıntımızı sürdürelim:

"Planck, 'Entropi Artımı Yasası Üzerine' başlıklı yazı dizisini yayımladığında ... İsveçli ünlü kimyacı Arrhenius'un

şimşeklerini üstüne çekti. Planck, 1890 yılının başlarında, Berlin Fizik Topluluğu'nda bilimsel bir konuşma yaptı. Topluluğun başkanlığını fizyolog Du Bois-Reymond yapıyordu. Hiç kimse Planck'ın açıklamalarına karşı bir yorum yapmadı, sadece Du Bois-Reymond ağır bir eleştiri yaptı."

Bu terane, bu ezgi sayfalarca sürüp gidiyor.

Ama zavallı Mayer'den farklı olarak, Planck'ın kendisini destekleyen Einstein gibi iyi birkaç arkadaşı vardı. Planck, dağa tırmanmaya gitmediğinde ve Einstein da yelkenlisiyle denize açılmadığında, müzik yapmak için buluşuyorlardı. Einstein keman, Planck da piyano çalıyordu. Her ikisi de o zamanlar başka büyük fizikçiler, yazarlar, ozanlar, doktorlar, tiyatrocular, sanatçılar ve sanat yapıtı koleksiyoncularıyla birlikte Berlin'de yaşıyorlardı. Planck için çok güzel bir zaman olsa gerekti, çok ilginç şeyler oluyordu ve kendisinin de birçok arkadaşı vardı.

Ama birkaç yıl sonra her şey sona erdi. Çünkü böyle güzel şeylerin hiçbirini istemeyen, kendilerini, bu kez, Naziler diye adlandıran, birtakım insanlar yine yönetime gelmişti. İlginç çalışmalarıyla tanınan araştırmacıların, öğretmenlerin ve sanatçıların birçoğu işlerini, öğrencilerini bırakıp yabancı ülkelere gitmek zorunda kaldılar. Kitapları yakıldı ve her şey kötüye gitti. Planck neredeyse tek başına kaldı ve bir bela bir başkasını izledi. Planck'ın ilk oğlu gülünç bir nedenle başlayan Birinci Dünya Savaşı'nda zaten öldürülmüştü, iki kızı çocuk doğururken can vermiş, karısı da ölmüş ve ikinci oğlunu ise, Planck kendilerine karşı çıktığı için, Naziler öldürmüşlerdi. Planck'ın da Nazilerle sorunları oldu ama çok ünlü olduğundan onu kolayca ortadan kaldıramadılar, bu nedenle de deyim yerindeyse kızağa aldılar. Nazilerin yapamadığını, Amerikan pilotları evini bombalılarak yaptılar.

Ama şimdi senin korkmana gerek yok, böyle korkunç yaşam öyküleri sadece büyük fizikçiler için söz konusudur. Eğer sende parlak zekanın damlası bile yoksa, yüksek okulda hiç korkmadan fizik okuyabilirsin.

Araba Formülü

$E = h \nu$ ve $p = h / \lambda$ bağıntıları aslında hep geçerlidir. Parçacıklar için de, arabalar için de! Arabaya, parçalarını birbirinden ayıracak bir kuvvet etki etmediği sürece, arabaya büyük bir parçacık gözüyle bakabilirim. Öyleyse bir arabanın da bir frekansı ve bir dalga boyu olmalıdır. Ama arabanın enerjisi çok büyük olduğundan farkedilmez. h 'nın değeri ise çok küçüktür. Bu yüzden “araba parçacığının” frekansı aşırı derecede büyüktür, yani dalga boyu küçüktür. Bir arabanın dalga boyu, arabanın kendisinden düşünilemeyecek kadar daha küçüktür. Bu yüzden arabanın sanki hiç dalgası yokmuş gibi görünür. Ama vardır. Şekilciliğimiz böyle diyor.

Herşeyi, hatta arabaları bile dalga olarak görüp bunlarla fiziksel işlemler yapabileceğimiz için gurur mu duymalıyız? Yoksa, bir arabanın dalga özelliği deneysel olarak kanıtlanamayacağından, kuşkuyla kaşlarımızı mı kaldırmalıyız? Bunu ben de bilmiyorum. Bu çetin cevizle uğraşmak yerine, daha iyisi soruyu, işin sanatsal inceliği hatırına yanıtız bırakalım ve elma ağacına epey anlamlı bir bakış atarak, biz yine incelememizi sürdürelim.

Böylece kuantum kuramı : Sadece madde değil, ışınlımlar da küçük parçacıklardan oluşur. Öyle ki insan sonunda hangisi madde, hangisi ışınlım artık iyice ayırtedemez. Ve herbir parçacık, ister madde, ister ışınlım parçacığı olsun, hep bir dalga biçimindedir ve kendi frekansına tıpatıp karşılık olan bir enerji

taşır. Kesinlikle belirli bir kuantum enerjisi. “Kuantum Kuramı” adı işte buradan kaynaklanır.

Kuantum Kuramı burada bitiyor 

Kuantum kuramının temelleri böylece anlatıldı. Kuşkusuz daha ayrıntılı da olurdu: Örneğin, çoğu parçacığın, aynı bir topaç gibi kendi çevresinde dönme impulsu vardır, bu da gözönüne alınabilir. Ve kuşkusuz matematikte, aynı bir sorun çeşitli biçimlerde gözönüne alınıp incelenebilir. Dalgalardan söz etmek yerine, Gruplar ve Operatörler Matematiği işin içine katılabilir. Çünkü dalgalar sayılardır. Bunu eski Euler'den beri zaten biliyoruz. Ama bu sadece farklı bir şekilde anlatımdan başkası değildir. İşin fiziksel içeriği aynı kalır, değişmez. Bu nedenle tüm matematiksel irdemeleri bir yana bırakıyoruz, çünkü bunların ardında temelde bir yenilik yok.

Getirdikleri (Kuantum Kuramı II)

Kuantum kuramının fiziksel içeriğini böylece gözden geçirdik. Şimdi bunları uygulayalım. Önce uçup giden dalgalardan, nasıl kararlı, tutarlı bir dünya oluşturabileceğimize kafa yoralım.

Parçacığın enerjisine ve dalga boyuna kafa yorarak işimizi kolaylaştırabiliriz. Genel enerji bağıntımızda karşımıza sadece frekans çıkar,

$E = h \nu$ ve impuls ise $p = h / \lambda$ dır. Ama kütlesi bilinen belirli bir parçacık söz konusu olduğunda kuşkusuz enerji, dalga boyu

λ kullanılarak impuls yardımıyla da elde edilebilir. (Aynı bir arabada olduğu gibi: Kütlesi ve impulsu bilindiğinden enerjisi de belirlenir.) Öyleyse kütlesi bilinen bir parçacığın enerjisi, dalga boyu yardımıyla da hesaplanabilir.

Belirli bir parçacığın, örneğin bir elektronun enerjisi ne kadar çok ise, dalga boyu o kadar kısadır.

Duraklı Parçacık Dalgaları

Dalgalardan kararlı bir dünya oluşturabilmek için, bir göletteki gibi açılıp giden dalgalara gereksinimimiz yoktur. Bunun yerine gitar telindeki gibi duraklı dalgalara gereksinim duyarız.

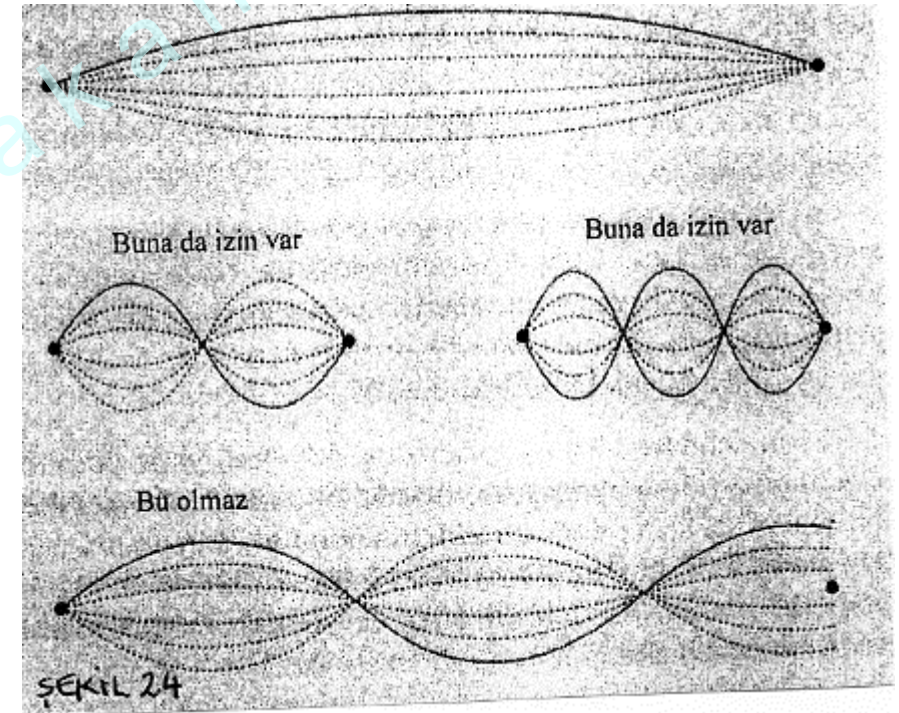
Duraklı dalgaların doğasında, kendilerine sunulan ortamı (mekânı) tam olarak doldurmaları yatar. Dalga boyu, tıpatıp kendisine verilen ortam (mekân) kadar, ya da yarısı kadar ya da üçte biri kadar büyüklükte olmalıdır...ve bu böyle gider.

Aynı bir sonraki şekilde gösterilen bir gitarda olduğu gibi. Gitar telinin gitara bağlandığı ve parmakla basılan uçlarında tel kıpırdamaz. Bu nedenle gitar telinin duraklı dalgası tam olarak tel boyuyla uyumlu olmalıdır. Bir kez yerine iki kez titreşebilir, ya da üç kez ve ... vs. Ama birbuçluğu kadar ya da üçte biri kadar titreşemez, böyle bir şey sadece çizilebilir. (bk. Şekil). Ama bu düşünülemez ve olamaz da.

Eksi yüklü elektron, duraklı dalga olarak, artı yüklü atom çekirdeği çevresindeki uzamı doldurmalıdır. Ancak bu durumda kararlı bir atomdan söz edilebilir.

Öyleyse elektronun bir yandan, dalga boyuna karşılık olan belirli bir enerjisi vardır: Dalga boyu ne kadar daha uzun ise, o

kadar daha az enerjili. Öbür yandan da çekirdekten ortalama uzaklığına bağlı olan belirli bir enerjisi vardır: Elektron, çekirdek çevresindeki bölgeyi (mekânı) ne kadar daha çok doldurursa, yani çekirdeğe olan ortalama uzaklığı ne kadar daha büyükse, o kadar daha çok enerjisi olur. (Aynı kum dolu bir kova gibi: Kovayı ne kadar daha yukarı çekersem, yerden ne kadar uzaklaşırsa, o kadar daha çok enerjisi olur).



Kuşkusuz bu heriki enerji, yani dalga boyuyla verilen enerji ve mekân hacmiyle verilen enerji birbiriyle özdeş olmalıdır.

Çünkü bir elektronun aynı anda iki farklı enerjisi olamaz. Elektronun çekirdek çevresinde doldurduğu bölge, duraklı dalganın tam olarak uyacağı büyüklükte olmalıdır. İşte bu, bir atomun genişlemesinin ön koşuludur.

Anladığımıza güvenimizin tam olması için, aynı şeyi bir kez daha gözden geçirelim: Çevresinde bir elektronu olan bir atom çekirdeğini gözönüne al. Elektronun, kendi dalga boyuna karşılık olan çok belirli bir enerjisi var. Ve tıpatıp bu enerji kadarı da, elektronun çekirdekten uzaklığı, yani çekirdeğin çevresini dolduran mekânın büyüklüğü nedeniyle de var. Duraklı dalga elektronun doldurduğu mekâna tam olarak sığar, yoksa zaten duraklı dalga olmazdı.

Şimdi elektrona son derece az ‘ek bir enerji’ aktardığımızı düşünelim. Ama bu sadece kafamızda bir tasarlama. Şimdi elektron, çekirdekten birazcık uzaklaşmalıdır. Ama aynı zamanda λ da azalmalı, dalga kısalmalı, yani artık daha çoğuna değil, tersine daha az bir bölgeye sığmalıdır. Peki bu nasıl olacak?

Böyle bişey kesinlikle olamaz; atoma çokazıcık herhangi bir enerji aktaramam. Bunun yerine, elektron dalgasının iki kat titreşebileceği kadar bir enerji aktarmalıyım ki çekirdek çevresinde her iki enerjinin de birbirine uyacağı (yani özdeş olacağı) daha büyük bir bölge (mekân) oluşabilsin.

Tersine elektron istenilen herhangi bir enerjiyi de yitiremez. Kendimden alıntı yapayım: “Belki bazen kendi kendinize atomun ya da daha doğrusu elektronunun bir süre sonra neden titreşimini kesmediğini soruyorsunuzdur. Gitardaki duraklı bir dalga, bir zaman sonra kesilir. Bu da yine kuantum kuramının bir sonucudur. Gitarda, oluşabilecek en büyük dalga boyu, atomda olduğu gibi önceden kesin verilmiştir. Ama bu dalga

gitarda istenilen herhangi bir enerjide olabilir. Gitarın tellerine kuvvetlice vurabilir ya da azıcık telleriyle oynayabilirsiniz, alçak ya da yüksek sesle çalabilirsiniz. Gitarı çaldıktan sonra sesi gittikçe alçalacaktır. Ama ton ve dalga boyu aynı kalır. Gitar telinin titreşimi sona erene kadar enerjisini yavaş yavaş aktarır. Atomda böyle bir özgürlük yoktur, elektron dalgası enerjisini sadece dalgaboyu uzadığında aktarabilir, başkası olamaz. Ama duraklı dalga olduğundan dalga boyu uzayamaz da. Bu yüzden de hiçbir enerji salamaz. Başka bir olanağı bulunmadığından ötürü de elektron titreşimini hep sürdürür.”

Gitar teli örneğimiz matematiksel olarak doğru olmakla birlikte, çekirdek çevresindeki elektron dalgasının gerçekten de aynen bir gitar teli gibi olduğu yanlış düşüncesine kapılmamalıyız. Gitar teli sadece bir benzetmedir. Gerçekte bir elektron, bir gitar teli gibi bir boyutta değil, üç boyutta salınır. Bu salınımlar uzayda (mekânda) bir kavun, bir yüzük, bir lobut ya da bir başka biçimde olabilen çeşitli şekiller oluşturur.

Öyleyse elektronlar atom çekirdekleri çevresinde, tıpkı müzik yaparken bir gitar telinin oluşturduğu gibi, duraklı dalgalar oluştururlar. Ancak atom gitarlarının sesleri duyulamaz. Çünkü salınımlarını çevrelerine yaymazlar. Atom titreşimlerini duyabilecek kulaklarımız olsaydı, atomların durmadan salınmasına (osilasyonuna) rağmen yine de dünya çok sessiz olurdu. Çünkü atomların titreşimleri çevrelerine hiç enerji aktarmaz.

En azından atomlar birbirlerini karşılıklı olarak etkilemedikleri sürece bu böyledir yani çevrelerine enerji aktarmazlar! Bir atom enerji aldığı anda, bu enerji, elektronlarından birini biraz çekirdekten uzaklaştırır ve bunun sonucu olarak elektron bir kez yerine iki kez ya da üç kez titreşir. Bunu bir süre yapar, sonra -yetti artık deyip, bu ek

enerjisini salar ve bu da sonunda titreşim olarak başka bir atomda ortaya çıkıp onu daha hızlı titreştirir ve bu böyle sürer gider. Öyleyse, gitarları duymak yerine atomları duyabilecek duyarlıkta kulaklarımız olsaydı, onları titreştiklerinde değil de ancak birbirleriyle ilişki kurduklarında ara sıra yine de duyabilecektik.

Atomlar susturulabilirler mi? Evet, bunun için onlara sadece ‘ağızaçma yasağı’ konması gerekir, bu da onları ‘artık çıtları bile çıkmayana kadar’ aşırı ölçüde soğutarak, dondurarak yapılıır (Buna rağmen yine de iç salınımlarını sürdürürler). Atomların buzlarını tekrar çözdüğümüzde, hemen yine her kafadan bir ses çıkmaya başlar. Bu kontrolsuz kuru gürültü, önce bunların birazı, sonra gitgide daha çoğu düzenli gruplaşana ve aynı karşılıklı bir düotto gibi ‘çağırı ve yanıt’ sesleri (etkileşmeleri) oluşuncaya kadar sürer.

Bu düzen her yana yayılır ve hemen düzenli gruplar birbirleriyle uyum sağlıyarak çok sesli ve ahenkli öyle güzel bir konser verirler ki böylesini hiçbir insan korosu başaramaz. Yine de şaşırtıcıdır, bir insan korosundaki düzende, yeri çok az olan sessizlik, burada daha da azdır: Çevresinden yalıtılmış (izole) tek başına bir atom saatte sadece bir kez bir enerji kuantumu alıp verirken, eğer bu atom, atom gruplarında bulunuyorsa aynı şeyi saniyede binlerce kez yapar. Böylece korolar gitgide daha çok coşarlar, çünkü birbirlerini etkileyip yönlendirirler: Koronun coşmasıyla düzen güçlenir, düzenin güçlenmesi, beraber çalmayı coşturur. Bu konser, gitgide daha şiddetli tonda ve şaşmaz bir tempoda artarak sürer. Sonunda, coşan bu harika müzik gözlerini açar ve “ben” der. Ve orkestra, şefini aramaya başlar. Ve şarkı söylemek ve coşmak için yerinden ayağa kalkar. Bu arada evrenin geri kalanı, yani yalıtılmış atomların büyük çoğunluğu buz gibi soğuk bir sessizliğe gömülmüşlerdir.

Çünkü onlar ölüdür.

Bence, atom fiziği ile ilgili bir bölümde böyle şeyler yazılmalı. Ben sadece atomların nasıl davrandıklarını, her birinin kendini ne şekilde gördüğünü anlatıyorum. Atomların niçin böyle davrandıklarını açıklamaya kalkışmak konunun dışına çıkmak olurdu. Yalnız o zaman, atom fiziğinden ayrılmış olurduk.

Kesinsizlik İlkesi

Kentteki kiliseyi gezişimizi anımsıyor musun? Hani orada, acayip latince sayılar görmüştük. . Acemi çocukların yaptığına benzer bu sayılar, binyıl kadar önce doğal sayılarla değiştirilmişlerdi. Doğal sayılar, bize Hintliler ve Araplardan gelmişti, onların büyük matematikçilerinden mi, yoksa masalcılarından mi, tam bilinmiyor ?

Hadi oraya geri dönelim, bu eski kilisenin içi yaşlı kızlar korosu şarkı söylemediği sürece, hep çok sessiz olduğundan, rahatça düşünebiliriz. Şu an orgçu çalışıyor, kulağa pek güzel geliyor ve insan kendi kendine sormak istiyor, acaba fizik bu güzelliğin nedenini açıklayabilir mi diye. Ama henüz o kadarını da düşünebilecek kadar ilerlemiş değiliz. En iyisi bir organ nasıl çalıştığını bir düşünelim.

Bu basittir. Klavye, bir körüğe bağlıdır ve körük, basılan tuşa göre org borularından birine hava üfler ve hava org borusunda titreşir. Aynı, örneğin futbol hakeminin kullandığı cinsten küçük bir düdüğü üflediğinde olduğu gibi. Bu titreşimler çevredeki havaya aktarılırlar ve orada ilerlerler. Öyleyse ses dalgaları olan bunlar, havanın ileri geri çok hızlı dalgalar şeklinde titreşimlerinden oluşur. Kulak, bu titreşimleri

algılar. Ses tonunun C ya da F olması titreşimin frekansına bağlıdır. Öyleyse kulağın frekansları ölçer.

Örneğin müzikte **Lâ** ana tonunun (Kammerton A) 440 hertz'lik frekansı vardır, bu da havanın saniyede 440 kere titreştiği anlamına gelir. Orgçuya daha yavaş, saniyede 100 kere titreşen bir ton çaldırıyoruz. Kulağın her titreşimi “1, 2, 3, 4... 100” diye sayar. Yani bir saniyede. Saniyede 100 titreşim 100 hertz yapar. (Kulağın bunu nasıl da yapıyor? Bu, çok ilginç ve gerçekten heyecan vericidir, kulak aslında, frekansa bağlı olan bir uzunluk ölçer, yani org borusunun yaptığıının, aynadaki görünümü gibi tam tersini yapar, orgun tonları da, org borusunun uzunluğuna bağlıdır.) Öyleyse hava, her yüzde bir saniyede, bir kez ileri geri titreşir.

Sadece yüzde bir saniyenin yarısı kadar bir süre orgu duyduğunu, ya da orgun sadece bu süre kadar çaldığını düşün. Kulak ne duyar? Sadece havanın “bir şekilde hareket ettiğini” duyumsar, ama belirli bir frekansı algılayıp -budur işte diyemezdi. Ne sayabilirdi ki? Kulağın, hafif bir patırtı ya da şaklama sesi gibi bir şeyi algılar, ama belirli bir frekans tonunu değil

Ama gerçek bir orgun gerçekten saniyenin yüzde birinin yarısı kadar kısa bir süre çalınıp çalınamayacağını bilmiyorum, bunu orgçuya sormak gerekir. Eğer orgçu için bu kadar kısa süreli bir çalış çok zorsa, bozuk bir orgdan bir boru çıkarıp siyah toz barutla doldurup ateşleyebiliriz. Ama güzel pencerelerinden dolayı kilisenin dışında. Orgun havayla mı, siyah toz barutun yanmasından oluşan gazla mı çalışacağı pek önemli değil. Önemli olan patlamanın kısa süresidir yani kesinlikle saniyenin yüzde birinin yarısında sona ermesidir.

Bu patlama, hangi ses tonunu verirdi? Hiçbirini, sadece bir

güm sesi duyulurdu, aynı bir topun ya da tüfeğin çıkardığı gibi bir ses. Temelde bir topun ya da tüfeğin, bir org borusundan farkı yoktur, sadece borunun ağızlığı yoktur bunlarda. Eğer flütteki gibi ama çok daha büyük bir ağızlık eklenseydi, her tüfek de org borusu olarak kullanılabilirdi. Bir tüfek akıllıca kullanıldığında bununla çok güzel bir müzik yapılabilir. Bir tüfek sadece ‘güm ediyorsa’ bunun nedeni kendisi değil, tüfekteki patlamanın, saniyenin çok küçük bir parçasında olup bitmesidir.

Birazcık daha uzun bir süre dinlersem ne olur, diyelim saniyenin yüzde beşi kadar bir sürede? Kulakla ya da ölçme aleti ile olması bir şey değiştirmez: şimdi frekansı aşağı yukarı ölçebilirim. Hava beş kez titreşti diye sayar kulak, yani saniyenin yüzde beşi kadar bir sürede, bu da 100 hertz yapar. Tam 100 mü? Eh işte, hemen hemen. Çünkü, 110 hertzlik bir frekans da 5/100 saniyelik bir sürede etki etseydi kulak yine beşe kadar sayardı.

Bu gerekçe genellenebilir: Bir titreşimin frekansını kesinlikle belirlemek istediğimde, uygun uzunluktaki bir sürede, oldukça çok sayıdaki titreşimleri saymalıyım. Titreşim az olduğunda frekansı kesin olarak belirleyemem. Dalga katarı ne kadar uzun olursa, dalganın frekansı ve dalga boyu o kadar daha kesinlikle belirlenebilir.

Kafanda, konuyu canlandırabilmen için bunları şöyle kabaca anlattım. Ama kendin de bunları çıkarabilirsin, bu tümüyle matematik (matematik kitabında “Fourrier dönüşümü” başlığı altında geçer). Yani herçeşit dalgalar için geçerlidir. Org borusu dalgalarından, parçacık dalgalarına kadar : Dalga çok kısa olduğunda, dalga boyunu (= iki dalga tepesi ya da dibi arasındaki uzaklık) kesinlikle ölçmek istemenin bir anlamı yoktur. Buna ‘kesinsizlik ilkesi’ denir.

Kesinsizlik ilkesi tüm dalgalarda geçerlidir. Sadece parçacık dalgalarında, dalga boyunun parçacığın impulsunu verdiğini gözönünde bulundurmak gerekir: $p = h/\lambda$. Şimdi bir parçacık dalga katarının genişmesi, o parçacığın nerede olduğunu söylüyorsa ve λ dalga boyu da parçacığın impulsunu veriyorsa, kesinsizlik ilkesi, parçacığın hem yerinin ve hem de impulsunun aynı anda istenilen bir kesinlikle verilemeyeceğini söyler.

Bağıntı olarak: $\Delta x \Delta p \geq h/2\pi$

Orglar Alaya Alınır mı?

Bazı kimseler, bir dalganın boyunun ve konumunun aynı anda belirlenmesindeki kesinsizliği, parçacığın kendine özgü ayrılmaz bir özelliğiymiş gibi sunup, buna “mikroskopik dünya” adını veriyorlar. Ve fiziğin böylece mikroskopik dünyada, hiçbir şeyin kesinlikle belirlenemeyeceğini ortaya koyduğunu ileri sürüp alaycı bir tavır takınıyorlar. Başkaları da burada bilimin nesnelliliğinin sona erdiğini ağızlarında geveliyorlar. Ve daha başkaları... Bunların hepsi saçma şeyler. Sınırlı dalga katarındaki kesinsizliğin, parçacıklarla ya da parçacık olmayanlarla hiçbir ilgisi yok.

O zaman orgların da ne kadar alay edilecek şeyler oldukları fısıldanabilirdi, onların dalgaları da mekânın, kesinlikle bilinmeyen, herhangi bir yerinde. Ama böylesi daha iyi. Yoksa orgun ses dalgalarının yerleri kesinlikle belirlenseydi, çok kötü sesler çıkarırdı.

Bir olasılıkla bu söylentiler basbayağı Heisenberg Propagandasının bir sonucu olsa gerek.. Heisenberg, 1927’de kesinsizlik ilkesine herkesin dikkatini çekti ve bunu, parçacık

fiziğinin inanılmaz şaşırtıcı bir buluşu olarak sundu. Sanki parçacıkların çok önemli bir özelliğini bulmuş gibi davrandı. Ama bu sunuş saçmalıktı, aslında bu, tümüyle dalgalar matematiğidir. Aynı şekilde, Bay Grassmann’ın bulduğu vektörler de, fiziğin her bölümünde ortaya çıktıklarından, tüm fiziği de “Grassmann fiziği” olarak adlandırabilirdik.

Heisenberg bana sevimli gelmiyor. Naziler için atom bombası yapımında ya da atom bombasını oluşturacak projelerde çalıştı. Öldüğünde, arkadaşları evinin önünde bir fener alayı düzenledi – bu, simgesi fener alayı olan Nazi Almanyası dönemi sona erdikten yıllar sonraydı: “Bana arkadaşını söyle, sana kim olduğunu söyleyeyim.”. Sözde enstitüsünü damadına “miras bırakmış”, ama böyle şeyler sözlükte yazmadığından, doğruluğunu sınavamıyorum. Sözlükte sadece, birbirinden çok uzak üç ayrı yerde profesörlük yaptığı yazılı. Belki de üç kez daha çok fizik çalışması yapabilmek için.

Nokta

Bir su dalgasının enerjisini tüm kıyıya yayarak yavaş yavaş aktarmasını kafamızda canlandırmıştık. Ama elemanter bir parçacığın dalgasında bu böyle olamaz, yoksa o elemanter olmazdı. Bunu biraz daha incelikli olarak gözönüne alalım.

Herhangibir parçacık üretelim. Bir elektron, bir kuark ya da bir foton. En iyisi bir foton alalım, bu kolay, sadece gece lambasını yakmamız yeterli. Parçacık şimdi dalga olarak yayılmaya başlar. Fotonu, örneğin bir film üzerine düşürüp kanıtlamak istersem, dalgasının belirli bir yüksekliği olduğu, sifıra eşit olmadığı herhangibir yerde onu bulurum. Fotonun dalgasının olduğu yani sıfır olmadığı herbir yerde onu bulabilirim. Belirli bir yerde fotonu bulabilme olasılığı,

dalganın o yerdeki yüksekliğine bağlıdır.

Parçacık dalgası güzelce yayılabilsin diye biraz bekleyelim. Şimdi filmimizi çıkarıp, fotonun soğurulup soğurulmadığına iyice bakıyoruz... ve şimdi foton soğuruldu diyoruz! Filmin belirli bir yerinde bir film molokülü fotonu yakaladı. Aynı anda fotonun dalga fonksiyonunun yokolması gerekir, çünkü artık foton diye bir şey yok. Foton sadece yutulduğu yerde yokolmadı, tüm evrende yok artık. Evrenin herhangi bir yerinde bu dalgadan sadece küçücük bir parça arta kalmış olsaydı, orada fotonun kanıtlanmasının belirli bir olasılığı olurdu. O zaman iki tane foton olurdu. Ama sadece bir tane ürettiğimiz halde. Böyle bir şey olamaz çünkü foton elementerdir.

Görüldüğü gibi dalgayı “çok hızlı” yoketmek yetmez, tersine dalga zaman geçmeden “hemen” yokolmalı. Böyle olmasa, fotonun soğurulmasıyla eş zamanlı olarak, henüz fotonun tümüyle yok olmadığı rastgele başkabir yerde çabucak ortaya çıkar ve aynı foton, aynı dalga bir kez daha soğurulurdu. Dalga fonksiyonu yokolduğunda, bu (tüm dalga için) evrenin her yerinde, hemen (zaman geçmeden) ve aynı anda (belirli bir anda) yok olur. Hem de sonsuz büyüklükte bir hızla. Yoksa foton elementer olamazdı. Bu durum şaşırtıcı olmasına rağmen buna izin vardır, çünkü yokolma olayı hiç bilgi aktarmaz.

Evrende hiç kimse dalgayı yok olma anına kadar farketmediği için hiç bilgi aktarmaz. Foton başka bir şeyle etkileşmediği sürece, onun dalgası fark edilmez. Burada “sonsuz hız” deyiimi, fotonun sadece soğurulduğu yerde, ama başka hiçbir yerde değil, izlenebilir olmasını betimler. Öyleyse fotonu, biraz riske girerek kabaca tanımlarsam: “gözlenemeyen” ve “her yerde gerçekte olmayan” sonsuz çabuk yokolan birşey.

Fotonu, molekül yakaladı demiştik. Ama foton, tek bir atom, tek bir elektron ya da tek bir kuark tarafından da yutulmuş olabilirdi. Kuarklar da tümüyle kuramsal olarak daha küçük parçacıklardan oluşabilirler, bunlara da preon adı verilir. Kuramsal olarak bakıldığında bir foton bir preon tarafından yutulabilir. Öyleyse foton oldukça küçük bir mekânda yokolabilir.

Öyleyse foton dalgası, herhangi bir büyüklükteki mekân hacminden, sonsuz hızla küçücük bir mekân hacminde yok olur. Ve gönül rahatlığıyla, foton ‘bir noktada kayboldu’ da denebilir. Bu bir noktasal olaydır. Başka türlü betimlemek kılı kırk yarmak olurdu.

Birçok kitapta -”parçacıklar, bazen de dalgalar” anlamında yazılar vardır. Bununla çok bir şey söylenmemiş olduğundan, parçacıkların dalga olmadıkları anda, bunların ne olduğu sorusu akla gelir. Kitaplar çoğunlukla bunu açık olarak yazmıyorlar, ama bağlantılardan, parçacıkların aslında nokta olarak varsayıldığı açıktır. Parçacık dalgalarının madde ile etkileşmesi noktasal soğurmayla sonuçlandığından, buradan ‘noktasal parçacık’ kavramının türetildiğine inanıyorum. Bu bakımdan parçacıklar noktalar. Parçacıklar karşılıklı etkileşmelerde noktalar gibi davranırlar, ama bunun dışında bunlar dalgalar.

Deniz dalgası, enerjisini tüm kıyıya yayar ve böylece yok olur. Foton dalgası, tüm evreni dolduracak kadar genişlikte de olsa, enerjisini son derece küçük bir mekân hacmine vererek her yerde yok olur. Bu bakımdan foton (ya da elektron, ya da her neyse) karşılıklı etkileşmesinde bir noktadır.

Quo Vadis, Kuantum ya da Kuantum Nereye ?

Tüm bunlar mantıklı, çelişkisiz tutarlı ve doğru. Ama aynı zamanda da biraz şaşırtıcı: “son derece küçükçük noktalar” ve “sonsuz hızla kaybolan dalgalar”. Bunları nasıl daha iyi betimledim, bilmiyorum. Kuşkusuz daha güzel düşünceler vardır.

Başkaları farklı düşünebilir ama benim kişisel düşüncem, kuantum kuramının, kendi içinde tutarlı, zorunlu, mantıklı olduğudur. Kuantum kuramıyla her şey hesaplanabilir ve hesaplar hep doğru çıkar. Ama şimdiki biçimiyle, temel bir kuramdan beklediğim basitliğin verdiği bir güzelliği yok. Bana birşeyler sanki eksikmiş gibi geliyor. Elimizdeki yanlış değil, ama tam değil, engüzeli değil. Belki de ‘sicim kuramıyla’ uğraşanlar eksik olanı bulup tamamlarlar? Belki de sen ?

Akılda Tutma Yöntemi

Kuantum kuramı temellerini iyi anlaşılabilir bir şekilde açıklamaya çalıştım. Çünkü bence formülleri (bağıntıları) bilmek yeterli değil. Formüllerin anlamları anlaşılma süreci, hiçbir yere varılamaz. Tersine, yani konunun temeli bir kez kafaya iyice girdi mi, formüller anlamak çok daha kolaylaşır. Bunlarla ilgili açıklamalarımla olabildiğince, okul kitaplarında genellikle yazılanları gözönüne alarak yapmaya çalıştım.

Kuantum kuramını nasıl gördüğümü sana anlatmak için, bir iki sayfa daha yazmak istiyorum. Yine önceden söylediklerimin aynısını, ama değişik bir biçimde ve başka bir görüş açısından anlatacağım. Yani bir bakıma kuantum kuramını güzelleştiren bir kafada tutma yöntemi.

Kuantum kuramının bu adı almasının nedeni, belirli bir frekanstaki elemanter dalgaların enerjisinin hep aynı olmasıdır demiştik. $E = h \nu$. Bu doğrudur ama, gerçeğin yarısıdır. Herhangi bir frekanstan ya da başka bir şeyden tüm bağımsız olarak en ufak birimleşen (kuantalanmış) şey, gerçekte enerji değil, ‘h denen eylem kuantumu’dur. h: E enerjili ve ν frekanslı bir dalga eylem kuantumudur ve hep aynıdır, sabittir.

Okul kitaplarında yazılmadığından “eylem kuantumu”nun ne olduğunu şimdiye kadar açıklamadım. Enerjinin en genel tanımı

$E = F \cdot l$ ’dir, impulsun ise $p = F \cdot t$ ’dir, etkinin ise $F \cdot t \cdot l$ ’dir. Çok basit. Bu benim buluşum değil, eylem, aynı impuls ve enerji kadar iyi bir fiziksel büyüklüktür.

Ve işte bu etki (burada eylem kuantumu), en ufak birimleşen (kuantumlanmış) şeydir, $E = h \nu$: Elemanter her dalga eylem kuantumu olur. Yani eylem 1,2.h ya da 0,99.h değildir, hep h’dir.

Genel olarak bir maddenin, bir parçacığın hareketi, onun ‘impulsu’ ya da ‘enerjisiyle’ tanımlanır. Ama bunların yerine ‘eylemi’ de alınabilir (İyice ileri okurlar için: Bir parçacığın dönme hareketini gösteren ‘spin’ de onun ‘eylemiyle’ tanımlanır).

$E = h \nu$ bağıntımız: Tüm elemanter parçacıklar, her yerde (evrende) ve tüm geçmiş zamanlardan, gelecekteki tüm zamanlara kadar, hep aynı h eylemi kuantumuyla hareket ederler. Ve eylem kuantumu gözlemleyene bağlı değildir. Bir parçacığın ne kadar impulsu ya da (hareket) enerjisi olduğu bana da bağlıdır. İmpuls, benimle yani gözlemleyenle parçacık arasındaki ilişkiyi tanımlar. Parçacıkla beraber hareket ettiğimde, parçacığın (bana göre) impuls yoktur. ‘Eylem kuantumunda durum farklıdır, gözlemleyene bağlı olmayıp,

parçacığın kendisinin bir özelliğidir. İki soru ortaya çıkıyor: İlki, nasıl oluyor da parçacıkların eylem kuantumu hiç değişmiyor? Bir F kuvveti bir parçacığı t zamanı ve l uzaklığı boyunca, etkilediğinde, parçacığa kuşkusuz bir etkide bulunması gerekmez mi? İkincisi, nasıl oluyor da tüm parçacıkların etkisi (eylem kuantumu) aynı kalıyor? Bir parçacık eylemini hiç değiştiremese de, bununla, tüm parçacıkların neden tıpatıp aynı eylemde olacakları açıklanmış olamaz ki!

Bana öyle geliyor ki, ilk sorunun tek bir çözümü var: Hiç kuvvet yok. Parçacıklar yaşamları boyunca hiçbir zaman, hiçbir kuvveti duyumsamıyorlar. Bir örnek alalım: İki elektron hızla birbirlerine doğru ilerliyorlar. İkisi de negatif yüklü olduğundan, birbirlerini itmeye başlıyorlar. Birbirlerine ne kadar yaklaşırlarsa, o kadar çok itiyorlar. Bu itme kuvvetiyle frenlenirler. Daha ayrıntılı bir söyleyişle, elektron kütlesinin atalet (eylemsizlik) kuvveti, elektronu daha öne itmek isterken, elektriksel yükün frenleyici kuvveti bunu istemez, iki kuvvet birbirini dengeler. Kitabın başında bu konuyu ele almıştık.

Otobüs fren yaptığında neden bir kuvvet duyumsarsın? Farklı parçacıklardan oluştuğun için. Fren kuvveti ayaklarını etkiler (ayaktaysan), ama atalet kuvveti vücudunun her yerini etkiler. Öyleyse vücudun, bir yerinde bir kuvveti, başka bir yerinde ise başka bir kuvveti duyumsar. Ama elektron farklı parçacıklardan oluşmadığından, elemanter bir parçacığı etkileyen tüm kuvvetler hemen ve doğrudan doğruya birbirlerini dengelerler. Yoksa elemanter olmazlardı. Elektronlar en iyi porselenden ya da incecik bir yumurta kabuğundan yapılmış olsalardı, yine de korkacak bir şey olmazdı. Elektronlar hiçbir zaman parçalanmazlar.

Peki, bu parçalanmayan parçacıkların hepsinin neden aynı

‘eylemi’ oluyor ? Ben, kişisel olarak sadece bir olasılık görüyorum. Bir parçacığın eylemi, mekânın bir özelliğidir. Mekân, tüm parçacıklar için aynı olduğundan, tüm parçacıklar da aynı eylemi gösterirler. Aynı ışık hızında olduğu gibi: Işık hızı da mekânın bir özelliği olduğundan tüm fotonlar aynı ışık hızındadır.

Bu mantıklı bir düşünce, çünkü temel bağıntılar da $E = h \nu$ ve $p = h / \lambda$ başka bir şey söylemiyorlar: Frekans ve uzunluk zamana ve mekâna ilişkin özelliklerdir. Başka bir şey değil. $E = h \nu$ ve $p = h / \lambda$ bağıntılarıyla temelde “enerji” ve “impuls”, gereksiz hale geldiklerinden, ortadan kalkarlar. Bir parçacık, zamana ve mekâna ilişkin özellikleriyle eksiksiz tanımlanır. Aslında bu bulgu, parçacığa da, mekânın ve zamanın bir özelliği olduğu gözüyle bakmayı gerektirmez mi ?

Böylece, parçacığın λ ve ν oranından durgunluk kütlesi çıkar (aynı bir arabanın kütlesinin, hareket enerjisinden ve impulsundan çıkması gibi). Buradan parçacığın kütlesinin de mekânın bir özelliği olduğu ortaya çıkar.

Herhangi bir madde içinde bir dalga yayıldığında, frekans ve dalga boyu belirli bir oranda birbirleriyle bağımlıdır, öyleyse frekans dalga boyunun bir fonksiyonudur. Bu fonksiyona “dispersiyon bağıntısı” denir. “Dispersiyon bağıntısı, ilgili maddenin temel özelliklerinden çıkar. Çoğu malzemenin, “dispersiyon bağıntısı” farklıdır.

Böyle bakıldığında, şöyle denilebilir: “Aslında evrende sadece bir cins parçacık vardır, bu da ‘ana’(asıl) parçacıktır, ki temelde bir mekân özelliğidir. Parçacık değişik “dispersiyon bağıntıları” içinde gezebilir”, yani değişik kütlelerde olabilir.

Telefon işe yaramıyor, yazık!

Bu düşünceler bana sevimli geliyor ve bu konularda eski Yunanlılarla telefonlaşmayı ne kadar da isterdim. Ne yazık ki olmuyor bu! Yukarda anlattıklarımı kitaplar böyle yazmaz ama!. Bu nedenle, allah korusun, okul ödevlerinde falan sakın bunları yazıp kafaları karıştırmayasın.

Kutsal Kuantalar (Kuantum Kuramı III)

Evren, şu kadar, şu kadar milyarlarca yıl önce kocaman bir “patlama”dan oluşmuştur. Daha doğru bir söyleyişle evren, şu kadar, şu kadar milyarlarca yıl önce küçük bir hacme sıkışmış, sonra da çabucak genişleşip, soğumuştur. Buna ‘**büyük patlama**’ denir. Bunu, tüm yıldızların ve galaksilerin, birbirlerinden ne kadar uzaksalar o kadar daha çok hızla birbirlerinden uzaklaşmalarından anlıyoruz. Bunu anlamak için sadece geriye doğru hesap yapman yeter.

Kuramcılar (Teorik fizikçiler) bu hesapları oldukça geriye doğru götürüp bu “büyük patlama”nın ardından sadece saniyenin binde biri kadar bir sürede evrenin nasıl görüldüğünü söyleyebilirler. “Görüldüğü” de ne demek oluyor ki, “evrenin ne gibi özellikleri vardı” demek daha iyi olur. Öyleyse çok geriye dönük hesaplayabilirler, ama istenildiği kadar da geriye gidilemez. Çok geriye gidilip hesaplanırsa, o zaman ünlü sonsuzluklara ulaşılır, kuram çöker, karışır, ne diyeceğini şaşırır. Kuram, daha da çok zorlanıp sınılandığında, herhangi bir soru karşısında afallayıp sadece saçmaları kekelemeye başlıyor.

Bu karışıklığın nedeni, büyük patlama değil, kuramımız olsa gerek. Büyük patlamadan söz etmek için, hem görelilik kuramına ve hem de kuantum kuramına gereksinim vardır ve her ikisine de beraber ve aynı anda gereksinim vardır. Görelilik

kuramı , kütleler uzayı etkiler, bükler, der. Tüm evren bir toplu iğne başı büyüklüğüne sıkıştığında zavallı uzayın ne hale geleceğini düşünebilirsin. Ve kuşkusuz büyük patlama, kabaca değil de tam olarak incelendiğinde kuantum kuramına gereksinim vardır. Önceden gördüğümüz gibi, demir köprüler için bile geçerli olan kuantum kuramı, büyük patlama için haydi haydi geçerlidir.

Kuantum kuramını türetmek (çıkarmak) için, “sert nesnelere izin yok”, diyerek özel görelilik kuramını gözönüne aldık. Öyleyse özel görelilik kuramıyla, kuantum kuramı arasında bir ilişki vardır. Kütlelerin, uzayı nasıl bükmesiyle ilgili genel görelilik kuramı, ne yazık ki kuantum kuramıyla henüz bağlantılı değildir. Uzay aşırı derecede kötü kullanıldığında, parçacıkların ne yapacağı bu yüzden bilinemez. Bir sürü parçacık birbirine aşırı ölçüde yaklaştığında, uzayın nasıl gözüktüğü de bilinemez.

Hesaplarımızı henüz büyük patlamaya kadar geri götüremediğimiz için çok yazık. Çünkü insanlar, o zamanların nasıl olduğunu kuşkusuz bilmek istiyorlar. Ve neden öyle olduğunu da. Ve buna nasıl gelindiğini de. En başta da tanrı üzerine düşünmeyi sevenler, fiziğin evrenin başlangıcı için ne söyleyeceğini öğrenmek istiyorlar.

Bazı insanlar, başlangıcın nasıl olduğunu hemen şimdi bilmek istiyorlar, öyle ki ara sıra aynı Noel Baba’nın gelişini sabırsızlıkla bekleyen küçük çocuklara benziyorlar. Neyse ki, artık küçük çocukları oyalayacak televizyon var, o arada baba bir sakal takıp, kırmızı Noel Baba ceketini giyer ve çocukları sevindirir. Ama büyük patlamada nelerin olduğunu bilmek isteyen zavallı yetişkinler ne yapsın?

Bazıları kolayca şöyle söylüyor: “Fiziğin, büyük patlamayla ilgili diyecek bir şeyi olamaz, yani buna yetkisi yoktur. Bu iş,

tanrının işidir ve bunu hep söyleyip duruyoruz. Şimdi bu işin bir yetkilisi varolduğuna göre, yoksa yetkili olamazdı , bununla en sonunda sevgili tanrımızın varlığı kanıtlanmıştır.” Başkaları da kuramın sona erdiği yerde, acaba kuram burada son bulmasaydı bundan sonrası nasıl olurdu diye kestirimler yapıyor ve düşüncelerini böyle oluşturuyorlar. Ama düşünceleri oluştuğunda, aslında sadece varsayım yapmış olduklarını unutuyorlar. Çünkü başlangıçla ilgili bilgisizliğe dayanamıyorlar. Ahh, bu Noel'i açıklayabilmekten de kötü !

Bence, bu sabırsızlık ne din için, ne de fizik için iyi birşey. Kuantum kuramını ve görelilik kuramını geliştirmeye çalışmak daha iyi olurdu. Ya sicim kuramıyla ya da neyle olursa olsun onunla!

Zavallı Din

Dinin fizikle olan ilgisini iyice anlayabilmek için, birazcık tarih bilgisi gereklidir. Çok önceleri din ve fizik biraradaydı, İbranilerde böyleydi, Yunanlılarda da bir ölçüde böyleydi (bunu da ilk kitabımda anlatmıştım). Hemen hemen 2000 yıl önce din, fizikten ayrıldı. Sadece fizikten değil, bilimden de. Ama o zamandan beri bilim öyle gelişti ki, din için gitgide daha az yer kaldı. Ama dikkat, başlangıçta böyle değildi, ve böyle birşey kuşkusuz zamanla iyi olamaz. Bu yüzden, din ile fizik arasındaki bu ayrılığı ortadan kaldırmak için çok çaba gösterilmeye başlandı.

Bu arada, tanrıyı ve fiziği, tam da 'büyük patlamada', birleştirme yanlısına sık sık düşülüyor. Din, yeniden, fiziğin olmadığı yere yerleştiriliyor. Yani fiziğin henüz olmadığı, ama belki bir gün olabileceği yere. Öncelikle, dinle fizik arasındaki kopukluk böylelikle giderilmiş olmuyor, tersine korunuyor.

Sonra, birisi büyük patlamaya kadar ulaşan bir kuramla ortaya çıkarsa, ne olacak? Ayrıca, sadece büyük patlamadan sorumlu olan, başka hiçbir şeye yetkisi olmayan bir Tanrının varlığını düşünmek boşa giden bir aşk çabasıdır. Bundan hemen vazgeçmek daha iyi.

Eğer gerçekten gerekiyorsa, dinle fizik sadece, fiziğin sağlam temellerinin olduğu yerde birleştirilebilir. Fiziğin olmadığı yerde değil. Yoksa durmadan mobilya taşıyıcılarının gelip, taşınmada dine yardımcı olmaları gerekirdi.

Zavallı Fizik

Lucas Kürsüsü¹⁸ profesörü Stephan Hawking, zavallı büyük patlamanın reklam toplantıları için çok güzel bir örnek oluşturuyor. Fizikçi olmayan birisi onun çok satan kitabı "Zamanın Kısa Öyküsü"nü okuduğunda, ilk izlenimi, 'kara delikleri' Bay Hawking'in bulduğu olur. Ama kara delikler çok önceden hesaplanmış, bulunmuşlardı. Bay Hawking sadece kuantum kuramıyla kara delikler kıyısında birazcık dolanmıştı ama bununla pek az bir şey elde edildi; güçlü bir bilim adamı olmak isteyen, kuantum kuramıyla, kara deliğin dibine, merkezine inmelidir.

Ayrıca, fizikçi olmayan birisi Lucas Kürsüsü Profesörü Hawking'in sunduğu kurguların (spekülasyonların) gerçek fizik olduğunu düşünüp, yanlış bir izlenime de kapılır, çünkü o çok ünlü bir fizikçidir ve kara delikleri bile bulduğundan, onun söylediği her şey doğru olmalıdır.

Böyle bir şeye uzmanlığının kanıtı denir. Bu fizik için çok

¹⁸ İngilterede Cambridge Üniversitesi Lucas Kürsüsü profesörü /YA/

kötüdür. Zavallı fizik. Fiziğin anlaşılması gerekir, yoksa fizik, fizik olmaktan çıkar. O zaman esoterik* adını alır.

Bay Hawking'in düşüncesi, mekânın ve zamanın bir küreye doğru büküldüğüdür. Bir kürenin üstünde, örneğin yerkürede duraksız yürünebilir, hiçbir yerde sona ermez çünkü. Ama ne kadar yürünürse yürünsün, herhangi bir zaman sonra artık daha ileri gidilmez. Kuzey kutbuna kadar yürüyebilirim, ama kuzey kutbundan daha ileri gidemem. Kuzey kutbundan sonra yürüyüşümü sürdürürsem, yine Ekvator'a gelirim.

Yerkürede Kuzey Kutbu olan yer, uzay-zaman küresinde, sözde, zamanın başlangıcı olabilirdi. Böylece zamanın başlangıcına kadar geri gidilebilir ama daha önce ne olduğunu sormak anlamsızlaşır. 'Bu, Kuzey kutbunun kuzeyinde nereye varılacağını sormak gibi bir şey olurdu', diyor Bay Hawking.

Kuşkusuz, böyle bir kürenin üstünde, zamanda öne doğru da yürünebilir ve küre sona ermeden zaman sona erer.

Ama tüm bunlar sadece düşüncededir, gerçekte bugün elimizde, büyük patlamaya bir saniyenin çok çok azıcık bir anı kadar bile yaklaşacak düşünce araçları yoktur.

Ayrıca, bay Hawking biraz incelikli bir söz oyunu yapmıştır: Birisi "Büyük Patlama'dan önce ne vardı?" diye sorduğunda, bu saatin kaç olduğunu sormak değildir. Ne bir dakika, ne de bir ay öncesinde ne olduğu bilinmek istenmiyor ki. Sadece, büyük patlamanın oluş nedeni bilinmek isteniyor. Yani 'bir zaman' değil, 'bir neden' bilinmek isteniyor. "Neden Büyük Patlama oldu?" bilinmek isteniyor, ama "saat kaçta olduğu değil.

* dış dünyaya, duyu organlarına kapalı, gizemli bilgi – çev

Hawking'in küre öyküsü rastlantısal olarak tutsa bile, yine de şöyle sorardım: "Öyleyse küre nereden geliyor?"

Bugüne kadar, Büyük Patlama'ya nasıl geldiği, nedeni, nasıl olduğu ve öncesi bilinmiyor. Elimizde bu soruna yaklaşacak kadar bile doğru dürüst deyimler, adlar, düşünüş biçimleri yok. Buna da şaşdırmamak gerekir, çünkü şimdilik elimizde kuram olarak sadece kuantum kuramı ve görelilik kuramı var. Ne yazık ki kuantum kuramı, görelilik kuramının işlediği yerde işlemiyor, görelilik kuramı da kuantum kuramının işlediği yerde işlemiyor. Günün birinde insan bunları daha iyi duruma getirebilecek mi? Bence evet.

Belki de bu işi başaran ille de sen olmayacaksın, ama belki de senin kuşağından birisi bunu başaracak. Umarım başarabilirsiniz, belki de belleğim kireçlenip, bunları anlayamayacak duruma gelmeden önce bu sorunu çözümlersiniz

Bir Yelkenli

Ama nasıl devam edeceğini bilmesem de, içim rahat, bu konuda ilerleneceğine inanıyorum. Aynı Einstein'ınki gibi benim de bir yelkenlim var. Çok güzel bir yelkenli, tümüyle tahtadan; akşamları demirlediğimde bazen güvertede, uyku tulumumda yatıyorum ve denizin sesini dinliyorum, ısınmış tahta güverte güzel kokuyor ve izleyecek çok şey var, ayışığı vurmuş kıyı, ırmağın çiğ kaplı çayırın arasında nasıl denize ulaştığı, yıldızlı gök... Bu nedenle Hawking haklı değil, kuzey kutbundan ileride de bir şeyler var, görüyorum işte: Kuzey yıldızı ve birçok başka yıldızlar. Ve çıplak gözle hiç görülemeyen, düşünülemediği kadar çok, daha bir sürü şey var, gerçekten var bunlar.

TERMODİNAMİK: FİZİĞİN KRALİÇESİ

Hiç eksiği olmayan Termodinamik, olağanüstü güzeldir de! Geçerliliği ise sınırsızdır. Fiziğin kraliçesidir. Termodinamik alışılmışın dışındadır. Ama insan bir kere ne dediğini anladığında, hem sevilir ve hem de basitleşir. Termodinamikte, sayı saymaktan başka birşey yapılmaz. Eğer sayı sayabiliyorsan termodinamiğin de üstesinden gelirsin.

Sonunda sana açınabilirim: Şimdiye kadar öğrendiğimiz bütün fiziğin kuşkusuz insanı sıkan, kavrayış zorluğuna ve karakaygıya (melankoliye) sürükleyen bir eğilimi vardır. Bunu belki sen de duyumsadın ama söylemeyi göze alamadın. Değişmez temel parçacıklar (adlarının atom, kuark ya da foton olması bir şeyi değiştirmez), tıpkı hiç hata yapılmayan bir masa tenisi oyunundaki topun hiç yere düşmeden bir oraya bir buraya gidip gelmesi gibi enerji ve impulslarını¹⁹ köleler gibi kesinlikle koruyarak sonsuza dek birbirlerine çarpıp ayrılırlar. Ne kadar iç karartıcı, ne kadar usandırıcı, ve hiç açmazı olmayan bir durum değil mi?

Bu tekdüzelikteki dünyaya değişimi, gelişimi, amacı, güzelliği ve belki de umudu getiren termodinamiktir!.

Okulda bunu öğretmezler. Okuldaki termodinamik, sıcak gazların genleşmesi konusundan oluşur!. Üniversitede de aşağı yukarı bu çizgidedir. Okuduğum üniversitede termodinamik dersleri yoktu. Hatta termodinamik profesörü olup olmadığını da bilmiyorum.

¹⁹ Burada 'Momentum' /YA/

Ama termodinamik hiç de zor sayılmaz. Termodinamiğin ne olduğunun bilinmemesi fiziksel değil, toplumsal bir sorundur. Toplumumuzda fiziğin bu dalı üzerine neredeyse hiçbir şey bilinmez. Herkes hız, enerji, elektrik akımı sözcükleriyle ilgili bir şeyler söyleyebilir. Ama entropi ya da bilgi birimleri konularında kim ne diyebilir ki?

En mantıklısı, karatedeki gibi ilerlemek. Karatede değişik renklerde kuşaklar vardır, birinden sonra diğerini takmaya hak kazanılır. Siyah kuşak sahibi oldun mu artık ustasın demektir. Ya da çok uzaklara uçabilen roketlerin hareketlerinin başlangıcında, hep üç basamak bulunması gibi. Ben de termodinamiği üç basamakta açıklayacağım. İlk basamak, okullarda öğretilenlere en yakın olan ısı bilgisi olacak. Sonra istatistik fizik geliyor. İstatistik fizik, ısı bilgi yasalarının aslında nereden kaynaklandığını anlamak için gereklidir. Daha sonra da bilişim kuramına geçeceğiz. İşte burada fizik, tekrar ailesiyle, yani felsefeyle, sanatla, matematikle ve diğer akrabalarıyla birleşecek.

Sıfırdan başlıyorum. Bu kitabı baştan okumuş olmana, başka şeyler bilmene hiç gerek yok. Sadece atomların ne olduğunu bil. Bir de sayı sayabilmelisin. Bir, iki, üç... Neredeyse kitabın sonunda en basit şeyi, sayı saymayı, tam da fiziği ailesiyle tekrar birleştirirken kullanmamız garip, değil mi? Sayı saymaktan daha kolay bir şey yoktur. Her neyse, sayı saymayı bilmelisin ve atomlar hakkında da bir şeyler duymuş olmalısın. Sıcaklığın ne olduğunu bilmene gerek yok, ben onu sonra açıklaım: sağ elimde tuttuğum bu şeyin adı 'Termometre'dir, ve bir de üstünde ölçeği var. Ölçeğin gösterdiğine de 'sıcaklık' adını veriyorum. Başlangıç için bu kadar yeterli. Elbette yazları gittiğin yüzme havuzlarından bunun ne olduğunu bilirsin. Bir nesneye ısı verildiğinde, sıcaklığı artar.

Üç Yasa

Termodinamik, bazen 'ana cümleler' olarak da adlandırılan üç yasaya dayanır. Ama termodinamikte zaten yan cümlecikler olmadığından, 'yasa' tanımlamasını seçeceğim. Numaraları var ama ben bunları sırasıyla anlatmayacağım. Böylesi daha kolay olacak.

1.Yasa

'Enerji korunur.'

Kitabın başlangıç bölümünü okuduysan bunu zaten biliyorsun. Bu yasa, bugün evrenin dışı kapalı olduğunu, kimsenin evrene enerji vermediği gibi evrenden de enerji almadığını söylüyor.

3. Yasa

'Sıcaklığın mutlak bir sıfır noktası vardır (-273° Celsius), bu sıfır noktasına çok yaklaşılabiliyor, ama ulaşılamaz.'

Bunun, neden böyle olduğu açıklandığında, bu yasa ilginç hale gelecektir. Dünyamız atomlardan oluşmuştur demiştik.*

* Atomların da küçük parçacıklardan oluştuğu, çok aşırı sıcaklıklarda ya da enerjilerde görülür/ Örneğin güneşte. Bu bölüm için bu konu üzerine eğilmemize gerek yok. Ama çok istenirse, termodinamik, kuşkusuz ki kuarklarla da işlenebilir.

Bir madde ısındığında ne olur? Atomlar da ısınır mı? Bu, kolay kolay düşünülemez! Çünkü bir atom, bir maddeden yapılmış küçük bir küre değildir, daha çok bir dalga gibidir. Nasıl ısınır ki? Bir dalgada ne ısınabilir ki?

Sıcaklığı sıfır noktasına yakın olan bir madde, ısınmaya başladığında şu olur: Sıfır noktasına çok yakın sıcaklıkta, atomlar hareketsiz dururlar, hareket etmezler. Sıcaklık artınca, atomlar kımıldamaya başlarlar. Katı bir maddede, yerlerinden uzaklaşmadan şiddetle titreşirler; bir gazda yüksek hızla birbirlerinin aralarına girerler, karmakarışık olurlar. Ve maddeye ne kadar daha çok ısı enerjisi verilirse, atomlar da o kadar daha hızla hareket ederler.

Öyleyse, bir maddenin ısı enerjisi, atomlarının hareket enerjisinden başka bir şey değildir. Fizikçiler, bunu hesaplamak ve doğruluğunu kanıtlamak için çok uğraştılar: Bir maddeye belirli bir miktar ısı enerjisi veriyorum. Sonra atomların hareket enerjisinde ortaya çıkan artışı ölçüyorum. Ve şu sonuca varıyorum: Hareket enerjisindeki artış, daima maddeye aktarılan ısı enerjisine eşittir.

Demek ki tek bir atomun bir ısı enerjisi yok, sadece hareketi var. Böylece “ısı enerjisi” bağımsız bir fiziksel değişken olmaktan çıkmış oldu. Fiziksel değişkenler ne kadar az olursa, o kadar daha iyi, sence de öyle değil mi? Isı enerjisi, hareket enerjisinden, yani atomların hareket enerjisinden başka bir şey değildir.

Kafamızda daha iyi canlandırabilmemiz için hemen bir örnek daha: Su ısıtmak için elektrikli ocağı yaktığımda, elektronlar ocağın iç yüzeyindeki metal plakada akarlar ve plakanın atomlarına çarparak onları gitgide daha çok titreştirirler. Bu titreşim hareketi ocaktaki metal plaka üstünde

duran tencereye aktarılır. Şimdi tencerenin atomları da gitgide daha telaşlı hareket ederler. Atomlar kendi yerlerinde kalmalarına rağmen (tencere erimediği sürece), çılgınca çevrelerine saldırırlar. Böylece su atomları daha şiddetle titreşmeye başlarlar. Suyu bir yumurta koyarsam, yumurtadaki büyük protein molekülleriyle çarpışmalar sonucu, çiğ yumurta, kahvaltıda yenen yumurtaya dönüşmüş olur.

Bu nedenle de sıcaklığın bir dip noktası (erişebileceği en düşük değer) vardır: Hiç hareketsizlikten daha az hareketlilik düşünülemez. Termometredeki ölçekte ne yazılacağı ya da yazıldığı hiç önemli değildir. Genellikle “Celcius” ölçeği kullanılır. Bu ölçek, suyun donduğu sıcaklığı, sıfır noktası ve kaynadığı sıcaklığı da 100 derece olarak alır. Fizikte, Celcius ölçeği yerine sık sık “Kelvin” ölçeği kullanılır. Kelvin ölçeğinde de aynı Celcius ölçeğindeki bölümlere vardır, yani aynı şekilde donan ve kaynayan su arasındaki sıcaklık farkı 100 derecedir. Ama Kelvin ölçeğinde sıfır noktası, sıcaklığın dip noktasına konur (-273 derece Celcius), bu Kelvin ölçeğinin 0 derecesidir.

Bu, bir atomun belirli bir sıcaklıkta ne kadar enerjiye sahip olduğu sorusunu akla getirir. Yanıt, yine daha kolay olmayacak kadar basittir:

$$1/2kT$$

k, bir dönüşüm katsayısıdır, “Boltzmann katsayısı” adını almıştır. T, sıcaklıktır. Daha doğru bir söyleyişle $\frac{1}{2}kT$, “serbestlik derecesi başına enerji”dir. Daha açık söylersek, her yöne hareket edebilen bir atomun bir yöndeki enerji miktarı $\frac{1}{2}kT$ ’dir. Bir atom üç boyutta hareket edebiliyorsa, onun toplam enerjisi $3 \cdot \frac{1}{2}kT$ olur.

Şimdi daha da basiti geliyor: Sadece bir atom değil, her bir şeyin, serbestlik derecesi başına, enerjisi $\frac{1}{2} k T$ 'dir. Ağır maddeler için $\frac{1}{2} k T$ farkedilemeyecek kadar azdır, bunlar pek hareket edemezler. Ama bir atom için $\frac{1}{2} k T$ bayağı çok bir miktardır. Bir gaz atomu, bu enerjiyle bir jet uçağı hızına erişir; katı bir maddedeki atomlar hep çok şiddetli bir sarsıntı, titreşim hareketi içindedirler.

İkinci Yasa

“Kapalı bir sistemin entropisi artar ya da aynı kalır.”

İkinci yasa çoğunlukla böyle yazılır. Kılı kırk yarmak istenildiğinde şöyle bir ekleme yapılmalıdır: “İkinci yasa, istatistiksel (sayısal) bir anlamda geçerlidir.” Benim ikinci yasayı kişisel olarak, tanımlamam ise şöyle: “Her birşey, kendi olasılığına göre oluşur, kimse hile yapamaz.”

Bunların hepsi, ancak betimlendiğinde bir anlam kazanır; yukardakileri okuduğunda pek birşey anlaşılmayacağı açık.

Öncelikle, kapalı bir sistem nedir? Bu çok kolay: Kapalı olan bir sistemdir. Hiçbir şey ne içeri girebilir, ne de dışarı çıkabilir, ne enerji ne de madde. En azından düşüncede çok basit. Örneğin bir soğutma çantası (kutusu) kapalı bir sistem olarak düşünülebilir. Kuşkusuz en iyi bir soğutma çantasında bile, limonata birkaç saat sonra ılınır, öyleyse yine de birazcık ısı enerjisi içeri sızmıştır. Ama en azından kısa bir süre için, soğutma çantası kapalı bir sistem olarak gözönüne alınabilir. Gerçekten kapalı olan tek sistem belki de evrendir. Ama bu da pek kesin değil.

Fizik laboratuvarında “hemen hemen kusursuz kapalı sistemler” kurulabilir ve birazcık kusur da hesap yoluyla

gözönüne alınır ve düzeltilir. Ama aslında kapalı sistem tasarımı daha çok bir düşünme aracıdır. Kapalı bir sistem tasarlandığında, düşünceler daha kolay düzene girer. İlk ve üçüncü yasalar, aslında termodinamiğin sadece sınır koşullarıdır, temeli oluştururlar, termodinamiğin çıkış (start) rampasıdır. Termodinamiği yükselten ise ikinci yasadır. Üç basamakta anlatmak istediğimiz de ikinci yasadır. Demek ki entropi kapalı bir sistemde hep artar, pekiyi ama entropi ne? Hii, bu soruyla gerçekten de geri sayımı başlatmış olduk.

Bilgisayar, tıslayarak, buhar çıkararak takırdayarak saymaya başlıyor. Ancak şimdi korkmaya başlayan artık geç kaldı. On, dokuz, sekiz...

İlk Basamak: Isı Bilgisi

Entropinin İlk Tanımı

T sıcaklığındaki bir madde, ΔE enerji miktarını aldığı anda, S entropisi

$$\Delta S = \Delta E / T$$

kadar artar. (Madde, ΔE enerjisi verdiğinde ise, basitçe $-\Delta E$ yazılır.) Bununla hernekadar ‘entropi değişimini’ tanımlamış olsak da, başlangıç için bu kadarı yeter. Enerjide de hep ‘değişiminden’ söz etmiştik ve bununla epey de yol almıştık.*

* Başka bir şey olmadan, üçüncü yasanın yardımıyla, bir maddenin ne

Örnek: Bir soğutma çantası, yani bir termo çanta alıyoruz, bu bizim kapalı sistemimiz. İçine daha küçük iki tane soğutma çantası koyuyoruz. Her birinin içinde, fantezi eksikliğinden, bir parça demir var. Ama altın, su ya da alkol de koyabilirsin. Demirlerden biri sıcak, diğeri soğuk.

Şimdi büyük soğutma çantasını kapatıyoruz, artık kapalı olduğundan ısı enerjisi de dahil olmak üzere hiçbir şey içeri giremez ve dışarı çıkamaz. Çantanın içine küçük bir robot da yerleştirdik, şimdi el fenerini yakıyor ki, bir şeyler görebilsin ve içlerinde demir parçaları olan termo çantaları açıyor. Demir parçalarını çıkarıp yanyana koyuyor. Sıcak demir, ısınıp yavaş yavaş soğuk demire vermeye başlıyor. Sıcak demir soğuyor, soğuk demir ısınıyor. Basit olsun diye sadece kısa bir zaman süresinde olanları ele alıyoruz. Çünkü kısa bir zaman süresinde çok az ısı enerjisi bir demirden diğerine akar, o kadar kısa zamanda bir demir parçasının sıcaklığı hemen hemen değişmediğinden hesaplama kolaylaşır.

Öyleyse ΔE kadar azıcık bir ısı miktarı, sıcak demirden soğuğa akar. Diyelim ki, sıcak demirin sıcaklığı 20 (birimleri yine bir kenara bırakalım), soğuk demirin sıcaklığı da 10 olsun. Sıcak demir $\Delta S = \Delta E / T = \Delta E / 20$ kadar entropi yitirir. Soğuk olan da $\Delta S = \Delta E / T = \Delta E / 10$ kadar entropi kazanır. $\Delta / 20$, $\Delta E / 10$ 'dan daha küçüktür. $\Delta E / 20$ entropi azalımı, $\Delta E / 10$ entropi kazanımından daha azdır. Öyleyse kapalı sistemdeki toplam entropi artmıştır. İkinci yasayla anlatılmak istenen budur: “Kapalı bir sistemdeki entropi ya aynı kalır ya da artar.”

Örneğimizde, “Isı, hep sıcak demirden soğuğa akar, tersi

kadar entropisi olduğunu hesaplayabiliriz. Aynı şekilde, en sonunda şimdi bir maddenin toplam olarak ne kadar enerjisi olduğu hesaplanabilir. Maddenin enerjisi, 0 derece Kelvin’e karşılık gelen durağan kütlesi artı ısı enerjisidir.

olmaz.” demek daha kolaydı. Devamı da şöyle olurdu: Soğuk demir değil, sıcak demir soğuduğundan, işte tam bu nedenle, entropi artar.

İkinci yasanın daha genel tanımı, “Entropi kapalı sistemlerde hep artar” ise çok daha karmaşık durumları incelemeye izin verir. Örneğin, bir motorun çalışmasında olduğu gibi: genleşen sıcak bir gaz, silindir pistonunu harekete geçirir ve bu arada soğur, sonra da daha az sıcaklıkta tekrar sıkıştırılır ve tekrar ısınır ve bu böyle sürüp gider.

Genel olarak, evrende olan her şeye ikinci yasanın sonucu gözüyle bakılabilir, çünkü evrende olan her şey, toplam entropiyi arttıracak şekilde olur.

Mantıklı hiç kimse, sıcak maddenin soğumasından soğuk olanın ısınmasından kuşkulamaz, bu çok açık. Ve fiziksel bir yasada bunu yazabilmek güzel bir şey: “2. Yasa+ $\Delta S = \Delta E / T$ ”. Yine de, bu yasa nereden geliyor? Anlaşılabilir bir yasa mı?

Bu arada, 15km yüksekliğe çıktık, manzara olağanüstü güzel, ama birinci basamağın akaryakıtı bitti. Lütfen kemerlerinizi bağlayın, dilinizi dişlerinizin arkasına çekin, birazdan şiddetli bir sarsılma olacak. İkinci basamağı ateşliyoruz.

İkinci Yasa: İstatistiksel Fizik

Entropinin İkinci Tanımı

Bir madde çeşitli durumlarda (toplam durum sayısı = W) bulunabiliyorsa , böylece entropisi

$$S = k \cdot \ln W$$

olur. “ln”, logaritma adındaki bir fonksiyondur, ama sadece adından dolayı korkma, aynı bir San Bernar köpeği gibi zararsızdır. Bu bağıntı sözcüklere döküldüğünde: “Bir maddenin entropisi, olası hal sayısı, W’nin, logaritmasıyla k adlı dönüşüm katsayısının çarpımına eşittir. (k yine Boltzmann katsayısıdır.)

Kişisel olarak, tüm fiziksel bağıntılar içerisinde en anlamlı bu bağıntıyı buluyorum, yine de günlük düşüncelerimizden oldukça uzaktadır. Bunu değiştirmek için elinden bir şey gelmez.

Sadece anlamından dolayı ya da o aptal logaritması yüzünden bu bağıntıyı defterine yazmana gerek yok. Unutursan da Viyana Merkez Mezarlığına gidip Boltzmann’ın mezar taşına bakman yeter. Mezartaşında “rahat uyusun” yerine bu bağıntı yazılıdır. Boltzmann, Kendini astıktan sonra Duino’dan buraya getirilmişti (Bu arada Boltzmann’ın mezarında $S = k \cdot \log W$ yazılıdır, bu teknik bir ayrıntı, “log” da bir logaritma fonksiyonudur, daha birçok logaritma fonksiyonu vardır, bugün **ln** kullanılıyor, eskiden log kullanılıyordu.). “Logaritma” gibi insanın midesini bulandıran bir adı olan fonksiyonlara karşı bir antipati duyuyorsan, bunları kafandan at gitsin. Hesap yapmak istemediğin sürece hiç sorun olmaz.

$\Delta S = \Delta E / T$ bağıntısıyla herhangi bir sıcaklıktaki bir demir parçasının entropisini oldukça kolay hesaplayabilirim. 0 derece kelvinle (-273 derece celsius) başlıyorum. Mantıklı bir şekilde entropinin de sıfır noktasını buraya koyuyorum, çünkü bir şey 0 derecede ise, artık ondan hiçbir enerji ve entropi alınamaz. Sonra demire birazcık ΔE enerjisi aktarıyorum, yani biraz $\Delta S = \Delta E / T$ entropisi aktarmış oluyorum (T neredeyse 0’dır, ama

tam değil), ve ΔS değerini yazıyorum.

Sadece az enerji verebilirim, ΔE küçük olmalıdır ki sıcaklık hemen hemen değişmesin. Yoksa, bağıntımızda T için hangi değeri vermem gerektiğini bilmezdim. Kuşkusuz, sıcaklık çok azıcık artmış olmalıdır. Bu yeni, birazcık artmış sıcaklıkta tekrar birazcık ΔE enerjisi veriyorum, tekrar ΔS ’i hesaplıyorum ve bir yana yazıyorum. Sonunda istediğim sıcaklığa ulaştığımda, ΔS için yazılı tüm değerleri sayıyorum. İşte bu maddenin istenilen sıcaklıktaki S entropisidir. Kuşkusuz sıcaklık arttıkça, S de büyür.

Öyleyse, $\Delta S = \Delta E / T$ bağıntısıyla bir maddenin entropisini nasıl hesapladığımı anlaşıyor.

Ama $S = k \cdot \ln W$ bağıntısını nasıl kullanırım? W’yi nereden elde edeceğim, bir durum nedir?

Durumları Nasıl Elde Ederim?

Atomlar hiç olmasaydı, kolay olurdu. “Demir parçası masada işte öylece duruyor”, bu onun bir durumudur. Başka bir durum ise şöyle olabilirdi: “Masadan, ayak parmağımın üstüne düşüyor.” Ve böyle daha başka durumlar. İşte burada insan bakıp demirin hangi durumda olduğunu görüyor ve tam olarak o durumda olduğunu biliyor,” burada durum sayısı “W” 1’dir. Bu durum için söylenecek daha başka bir şey yok. Entropisi de hep sıfıra eşit olurdu (çünkü 1’in logaritması sıfıra eşittir).

Buna karşılık, her şeyin atomlardan oluştuğu bilindiğinde, durum biraz karmaşılaşır, ama o kadar da zor değil: Tam da A atomu sola doğru titreşirken, B atomu yukarı doğru titreşiyor, C atomu ise yerinde sayarken, E atomu da D atomunu biraz geriye itelemiş olabilir. Ve daha başka benzerleri. Demirin içinde

bulunduğu o anki durum budur. Başka olası bir durum şöyle olabilirdi: “A yarı sağa titreşiyor....” Sadece bu çeşit durumlardan kaç adet olabileceğini saymalıyım, bu da W ’dir, böylece $S = k \cdot \ln W$ entropisini elde ederim.

Bu yadırganan bir düşünce, çünkü bu düşünceyle ilgili iki sorun var. İlki: Tek bir atomun o anda gerçekten ne yaptığını bilmeyi istemek tümüyle umutsuzlukla sonuçlanır. Ve bir atomun o anda tam olarak ne yaptığını bilmiş olsaydım bile, sadece o andaki durumu bilebilirdim, çünkü çok kısa bir süre sonra başka herhangi bir atom gelip herhangi bir şekilde ona çarpar. Bir atomun her anki davranışını bilmek için, tüm atomların davranışını bilmeliyim. Hem de sonsuz kesinlikte (kesinlik) bilmeliyim. Sadece bir atomun durumunu sonsuz kesinlikten biraz daha az bildiğimde, bu kesinsizlik çığ gibi büyür. Herbir kez, hareketinin ayrıntılarını kesinlikle bilmediğim bir atom, başka bir atomla çarpıştığında, çarpılan atomun durumunu daha az bir kesinlikle bileceğim.

Kesinsizlik ilkesiyle birlikte kuantum kuramı olmadan da, bir sistemin gelecekteki durumlarını sadece her bir atomun belirli bir andaki durumunu sonsuz kesinlikle bildiğim zaman hesaplayabilirim. Ama “sonsuz kesinlikle” ölçmeyi istemek zaman yitirmektir, sonuç vermez. Bu yüzden ilkesel olarak sıcak bir maddedeki atomların durumunu bilemem.

Bu sorunu termodinamik, sistemin hangi durumda olduğunu bilmek istemekten kesinlikle vazgeçerek, çözer. Bununla ilgilenmez. Sadece temelde olası durumların sayısıyla ilgilenir. Bu, bizi ikinci soruna götürür.

Bir nesnenin durumlarının sayısını hesaplamanın bir anlamı var mıdır? Bu sayı sonsuz ölçüde büyük değil midir? Sadece bir tek nesneyi, örneğin bisikletini göz önüne alsam, onda bile

sonsuz çoklukta durum vardır. Bisiklet, ya 10km/h ile gidebilir, ya da 10,1km/h ya da 10,01 ile, vb. Sonsuz çoklukta sayı vardır ve bu nedenle de bisikletin sonsuz çoklukta hızı olabilir. Yani yeni söylemimizde: sonsuz çoklukta durum vardır. Ayrıca bir nesne bir atomdan değil, tasarlanamayacak kadar çok atomdan oluşur.

Aslında bir maddenin olası durumları, sadece kuantum kuramını bilen birisi için sayılabilir. Bu da “evren elemanter birimlerden oluşur” düşüncesini sonuçlandırıp ortaya atandır. O, bundan dolayı bu atomların herhangi bir enerjilerinin olamayacağını, bunların sadece belirli enerji değerlerini alabileceklerini bilir. Bu sadece, anlattığımız gibi atomdaki elektron için geçerli değildir. Bu, hem katı bir maddedeki atom, hem de belirli bir gaz hacmindeki atom için de geçerlidir. Böylece bir nesnenin olası durumları, yani W , sayılabilir hale gelir.

Kestirebileceğin gibi W korkutucu derecede büyük olabilir. Harizmi’nin ve Cantor’un adlarını duymamış birisi, korkudan kaçabilir, ama biz soğukkanlılığımızı koruyoruz, bizi kimse geri püskürtemez.

Sayı Sayabilir misin?

Örnek olarak, basitleştirilmiş bir parça demir modeliyle açıklayayım. Konuyu basitleştirmek için kuantum kuramını gözardı ederek, atomların küçük küreler olduğunu varsayalım. Ama kuantum kuramından tümüyle ayrılmayız, çünkü bir atom sadece belirli bir miktarda enerji alabilir dediğimizi anımsıyoruz.

Demir parçamız 100 atomdan oluşuyor. Atomların hepsi

demirde kristal yapı diye adlandırılan ve her bir atom kendi yerinde olarak tekdüzende sıralanmışlardır. Bu parçada her atomun yapı içinde kendine ait bir yeri vardır. (Bu yapının tam olarak nasıl gözüktüğü, demir atomlarının elektron kılıflarının biçimine bağlıdır)

Ortam sıcak olduğu sürece, atomlar yerlerinde bir oraya bir buraya zıplarlar. Sıcaklığı sıfır dereceye indirdiğimizde, bu hareket durur. Şimdi maddenin iç yapısı tam düzene girmiştir. Her bir atom yerinde hareketsizce durur, hiçbir şey onu değiştiremez, her şey hep aynı kalır, başka bir seçenek yoktur. Kristalin köşelerinin olduğu yerleri tam olarak ölçebilseydim, atomlarla ilgili her şey bilinirdi. Çünkü demirin dış (uzamsal) yapısını ve kristal yapısını tam olarak biliyorum. Her bir atomun nerede olduğunu ve nasıl hareket ettiğini bilirdim, zaten bir atomla ilgili daha başka bilinecek bir şey de yok. Her bir atomun içinde bulunduğu durumu bildiğimden, demir parçasının da hangi durumda olduğunu bilirim.

0 sıcaklığında demir kristalinin bulunabileceği sadece bu, tekbir durum vardır. Öyleyse $W = 1$, sadece bir tane olası durum vardır.

Şimdi birazcık enerji verelim. Ancak bir atomun alabileceği kadar çok, ama iki atoma bölüştürülemeyecek kadar da az bir enerji. Hımm. Atomlardan biri enerji kuantumunu alır ve kendi yerinde sevinerek titreşmeye başlar. Kuşkusuz böylece durmadan komşusuna çarpar ve bu yüzden de enerjisini herhangi bir zamanda, herhangi bir komşusuna aktarır. Komşusu da başkasına verir, bu böyle böyle ilerler.

Metal parçasında 100 atom olduğundan, demek ki bir atomun bulunabileceği 100 farklı durum vardır. Şimdi $W = 100$ olmuştur, demin ise $W = 1$ idi.

İkinci bir porsiyon enerji verildiğinde, bu enerji herhangi bir atoma aktarılır ve sonra da oradan oraya dolaşır durur. Birinci enerji miktarı, 100 atomdan birine aktarılmış olacağından 100 farklı olabilirlik vardır. Ve bu 100 olası durumun herbiri için, ikinci enerji miktarının aktarılabilmesi 99 adet atom olabilir, yani 100×99 adet olasılık. Şimdi 9900 olası durum var (daha sonra birazcık daha incelikli hesaplayacağız.) Ve bu hep böyle gider.

W durum sayısı bilindiğinde, $S = k \cdot \ln W$ bağıntısıyla entropi hesaplanabilir. Aynı şekilde entropi bir önceki $\Delta E/T$ bağıntımızla da hesaplanabilir, her iki hesaplama yoluyla da hep aynı sonuç elde edilir.

 **Dikkat, Hesaplama!**

İki sayının çarpımının bir toplama dönüştürülmesi “Logaritma fonksiyonu”nun tanımıdır. $\ln(a \cdot b) = \ln(a) + \ln(b)$.

Bir sistemin (sıcak demir) bulunabileceği durumlar W_1 , bir başkasının ki ise W_2 olduğunda, her ikisi bereberce gözlemlendiklerinde $W_1 \cdot W_2$ durumlarında bulunabilirler.

Örnek: Mavi zar da, kırmızı zar da 6 durumda bulunabiliyor. Öyleyse her ikisi için birlikte $6 \cdot 6 = 36$ durum bulunur: (1,1), (1,2), (1,3), (1,4), (1,5), (1,6), (2,1), (2,2)...

Entropi, olası durumların sayısına eşit olsaydı, her iki demirin toplam entropisi $W_1 \cdot W_2$ olurdu, yani entropileri çarpılırdı (çarpı dönüşüm faktörü). Ama entropi enerjiyle de betimlendiğinden böyle bir şey olamaz, bunu önceden ($\Delta S = \Delta E/T$) de görmüştük. Ve enerjiler toplanır, ama çarpılmazlar.

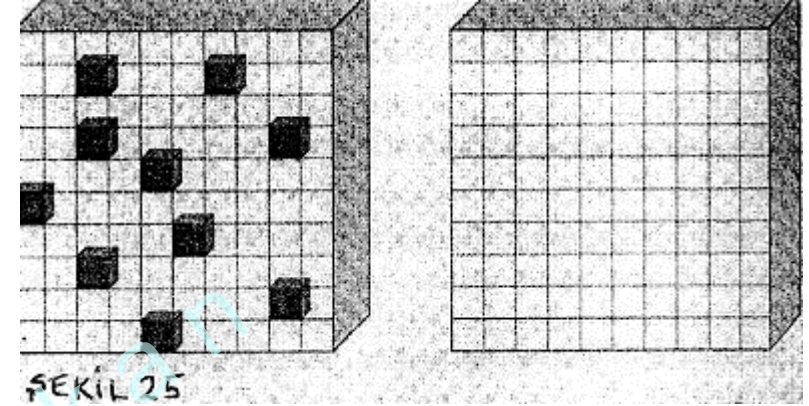
Aynı enerjilerde de yapıldığı gibi, logaritma, entropilerin toplanabilmesini sağlar. Soğutma çantasının toplam entropisi: $\ln(W1 \cdot W2) = \ln(W1) + \ln(W2)$, yani herbir $\ln(W1)$ ve $\ln(W2)$ entropilerinin toplamıdır

Hesaplama bitti 

Amaçsız Rastlantı

Buraya kadar, “durumlar”la ne demek istendiği ve “W” sayısının ne anlama geldiğine kafa yorduk. Bu düşüncelerle insan, “sıcak demir, soğuğu ısıtır” olayının ayrıntılarını acaba kafasında nasıl canlandırabilir?

Heriki demir parçamızı çizelim. Atomları küçük zarlar gibi düşünelim, böylece çizim kolaylaşsın. Gri zarlar belirli bir miktar enerji taşıyan atomlar, beyaz zarlar ise enerjisiz atomlar. Sağdaki zarın hiç enerjisi yok (basitlik için), yani 0 sıcaklığında, soldakinin ise enerjisi var, yani daha yüksek bir sıcaklıkta. On adet enerji porsiyonu aktarılmış olsun.



Soğutma çantalarına yerleştirildiklerinden her iki zar enerji değiş-tokuşunda bulunamadığı sürece, on enerji porsiyonu sıcak zarda amaçsızca dolaşır. Enerjisi olan bir (siyah) atom, bir komşusuna çarpıp enerjisini verene kadar titreşir ve vurur, küçük şeklimizdeki enerjiyi alan komşu atom siyahlaşır, bizim atom ise enerjisini komşu atoma aktardığından beyazlaşır.

Zarları soğutma çantasından dışarı çıkardığımızda ve bunları birbirine değdirdiğimizde, enerjili siyah kutucuklar iki demirde yayılmaya başlarlar. Bunun nedeni basitçe şöyledir: Herhangi bir an, sıcak demirin sağ kenarındaki bir atom, bir enerji miktarını rastlantısal olarak, şimdiye kadar soğuk olan demirdeki komşusuna verecektir. On enerji karesi düzenli olarak her iki demirde dağılana kadar bu enerji verme işi devam eder. Şimdi her iki demir parçasının da enerjisi ve sıcaklığı artık aynı olmuştur. Bu, rastlantısal bir sonuçtur. Ardında - böyle olsun gibi, hiç bir niyet yoktur. Rastlantının kendisi amaçsızdır, buna karşılık belirli bir sonuca götürür ki, bu da: Her iki demirin sıcaklığı aynıdır.

Kuşkusuz, bir süre sonra rastlantısal olarak enerji karelerinin

tümü ya da tüme yakını sağdaki ya da soldaki demire gidebilir. Pek ender olmasına rağmen, böylesi de olabilir. Bu bakımdan ikinci yasa sadece istatistiksel bir anlamda geçerlidir. Ama 100 atom değil de, pek çok atom, on enerji porsiyonu değil de, ona göre daha çok enerji porsiyonu söz konusu olduğunda, enerji karelerinin tümünün ya da tüme yakınının rastlantısal olarak demirlerden birine gitme olasılığı kestirilemeyecek kadar az olacaktır.

Bu görüldüğü gibi açık, seçik bir durumdur. İnsan uğraşp bunu hesaplarsa, atomların davranışlarının gerçekten de tümüyle amaçsız olduğu daha iyi görülür. Sıcak ve soğuk demirden oluşan sistem için ne kadar “Whk” durumu olduğunu bir ön hesaplama göstereceğim. Ve eşit sıcaklıktaki iki demirden oluşan sistem için ne kadar “Wgl” durumu olduğunu da.

Burada Hesaplama Yine Başlıyor

İki demir de 100 atomdan oluşuyor. Kolaylık olsun diye birinin on enerji porsiyonu var, diğerinin ise hiç yok. Yani, soğuk demir için $W = 1$, böylece daha az hesap yaparız.

Sıcak demir için: İlk enerji porsiyonu, 100 atomdan herhangi birinde bulunabilir, bu da 100 ayrı olabilirlik demektir. İkinci enerji porsiyonunun aynı atoma aktarılması diye bir şey olmaz, bir atom hep sadece bir tek enerji porsiyonu alabilir. Öyleyse ikinci enerji porsiyonunu için geriye 99 olabilirlik kalıyor, üçüncüsü için 98, ...vb. Öyleyse, sıcak demirde dağılabilecek enerji porsiyonlarının toplam olarak $100 \cdot 99 \cdot 98 \cdot \dots \cdot 91$ olabilirliği vardır. Bu, bir demirin sıcak, diğerinin ise soğuk olduğu durumdur.

İki demirin de sıcaklığı aynı olduğunda, beş enerji porsiyonu birinde, diğer beş de öbüründedir. Herbir demir için $100 \cdot 99 \cdot \dots \cdot 96$ durum vardır. Bir demir bu durumlardan herhangi birinde bulunuyorsa, öbürünün de aynı şekilde içinde bulunabileceği $100 \cdot 99 \cdot \dots \cdot 96$ durumu olur. Öyleyse durumların toplam sayısı, bu heriki sayı paketlerinin çarpımıdır : $(100 \cdot 99 \cdot \dots \cdot 96) \cdot (100 \cdot 99 \cdot \dots \cdot 96)$.

Sayıları karşılaştıralım:

Sıcak soğuk demir:

$$100 \cdot 99 \cdot 98 \cdot 97 \cdot 96 \cdot 95 \cdot 94 \cdot 93 \cdot 92 \cdot 91$$

$$\text{İki sıcak demir: } (100 \cdot 99 \cdot 98 \cdot 97 \cdot 96) \cdot (100 \cdot 99 \cdot 98 \cdot 97 \cdot 96)$$

Bu iki sayıdan hangisi daha büyüktür?

İkincisi. Enerjiyi her iki demirde dağıtma olabirlikleri, aynı enerjiyi sadece bir demir içinde dağıtma olabirliklerinden daha çoktur.

Yukarda tam doğru hesap yapmadık. Şimdi hesabımızı düzeltelim. Örneğin, ilk enerji porsiyonunun 1 numaralı atomda ve ikinci enerji porsiyonunun 12 numaralı atomda olması, kuşkusuz ki ilk enerji porsiyonunun 12 numaralı atomda ve ikinci enerji porsiyonunun 1 numaralı atomda olmasıyla aynı durumdur. Çünkü enerji porsiyonlarını insan birbirinden ayırt edemez. Birbirinden ayırtedilemez iki nesne için, kuşkusuz iki olasılık vardır, bu da iki ayrı yere yerleştirmedir (a,b ya da b,a). Biraz düşünüldüğünde (ya da bir matematik kitabına bakıldığında), üç nesne için 3×2 yer değiştirme olabirliği bulunur, (a,b,c/ a,c,b/ b,a,c...). On için ise: $10 \cdot 9 \cdot 8 \cdot \dots \cdot 1$ ’dir.

Öyleyse ince hesap yapmak istiyorsak, yukarıdaki $(100 \cdot 99 \cdot \dots \cdot 91)$ sayısını $(10 \cdot 9 \cdot 8 \cdot \dots \cdot 1)$ ’e bölmeliyiz.

Her iki sayının her birini, yani $(100 \cdot 99 \cdot \dots \cdot 96)$ 'yı da $(5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1)$ ile. Bunlar Whk ve Wgl olur. Böyle olunca aradaki fark olduğundan daha çok büyüyecektir. Çünkü $10 \cdot 9 \cdot 8 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1$, $5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1$ 'den daha büyüktür.

Hesaplama bitti

Atomların zerre kadar anlayışları olmadıkları da düşünüldüğünde, böylece ikinci yasa en sonunda anlaşılır. Atomlar, hangi durumda olduklarını da, Whk, ya da Wgl 'den birinde mi, ya da daha başka bir durumda olduklarını bilmezler. Ayrıca herhangi bir istekleri de olmaz ve bu hesaplamalarımızı da hiç mi hiç anlamazlar. Tam rastlantısal olarak kendilerini herhangi bir durumda bulurlar. Fiziksel olarak izin verilen bir durum olmalıdır, yani enerji ve impuls korumuna aykırı olmamalıdır.

Atomlar hangi durumda olduklarını bilmezler, bu tümüyle rastlantısalıdır. Tam da bu nedenle, çoğunlukla “sıcak demir” denen durumlardan birinde olurlar. Çünkü bunlar çok sayıdadırlar. Wgl, Whk'den büyüktür. 100 atom ve on enerji porsiyonu için, fark o kadar aşırı değildir, ama gerçekçi sayılar kullanıldığında aradaki fark dev gibi büyür.

Düşüncelerimizin temeli hep, bir sistemin tümüyle rastlantısal olarak herhangi bir durumunda bulunması varsayımdır. Sistem, nerede (hangi durumda) olduğunu, hiçbir kural olmadığından da nereye (hangi duruma) gideceğini hiç bilemez. Böyle bakıldığında, ikinci yasanın, ‘olan şeylerin’ bunların olasılıklarına göre ortaya çıktıklarını belirttiği söylenilebilir.

Daha önceleri, hep kusursuz sürüp giden (oyuncuların hiç hata yapmadığı) bir masa tenisi oyununun yeknesaklığından yakınmıştık. Bilinçsiz rastlantının kusursuz egemenliği de aynı derecede kötü değil mi? Birçok insan bu soru karşısında duraksayıp üzüncüyle ayrılıyor ve yaşlandıklarında da pahalı bir psikiyatriste (ruh hastalığı doktoruna) gereksinme duyuyor. Bunun nedeni, fizik kitaplarını sonuna kadar okumadan kapatmaktır. Çünkü birçok kişinin de dediği gibi sayı saymak hiç de kolay değildir. Aslında kuruntuya kapılmanın hiç gereği olmadığını, şu basit örneğimizde kendin de görebilirsin: Bir anlığına dünyanın geri kalanını unut ve sadece deneme için sıcak demiri iyice gözle. Soğuyor! Entropisi azalıyor, ‘çok sayıda olabilirlikteki (durumlu)’ bir düzenden, daha az olabilirlikteki duruma geçiyor! Görünüşte, rastlantıya karşı birşeyler yapıyor! Demirlerden sadece biri gözlemlendiğinde, olası olanın tam tersi ortaya çıkar. Bir mucize.

Tam Kusursuz Basit

300 km yüksekliğe ulaştık, füzenin ikinci basamağı ateşlenip yandı ve fırladık. Şimdi iyi bir görünüm var. Dünyanın, fiziğin üzerindeyiz.

Gördüğün ve bildiğin gibi, fiziğin bir çok alt bölümü ne kadar eksik. Parçacıklar nereden geliyor? Görelilik kuramı ve kuantum fiziğinin birbirleriyle bağlantısı nasıldır? Fiziğin bir bölümü eksik olduğunda, eksik yasalarının uygulama alanları da kuşkusuz ki kısıtlı olur. Kuantum kuramı bana, örneğin yarı iletken bir cismin yapı taşını ya da kimyasal bir maddeyi hesaplamama izin verir. Ama Büyük Patlama'da ne olduğunu hesaplamama izin vermez. Ya da daha öncesini. Fizik bu sınırlamaları bilir, bunları gidermek için yaşamları boyunca

çalışan birçok fizikçi vardır.

Buna karşılık termodinamik, geçerlik alanında hiçbir sınır tanımaz. Eğer birisi felsefesal inancı nedeniyle, termodinamiğin her şeye uygulanamayacağını düşünüyorsa, ona kızmamak gerekir, herkesin inandığı şeyler farklı olabilir. Ama böyle bir davranışın gerekçesi fizikten kaynaklanamaz. Fizikte, termodinamik yasalarının geçerlilik sınırıyla ilgili en küçük bir uyarı bile yoktur. Düşünceme göre böyle bir sınır hiçbir şekilde düşünülemez de.

Çünkü termodinamik tam anlamıyla basittir. Termodinamik en son, temel yasalardır. “Neden böyle?” sorusu bu yasaların karşısında anlamını yitirir.

Bana birisi: “Bu elemanter parçacığın şu özellikleri var” dediğinde, ben de “neden?” diye sorabilirim. Sorum ‘gerekçelere’, ‘temelde yatana’, “basit olana” yöneliktir. Ama “neden enerji yasası geçerlidir?” diye sorduğumda, bu -”zamanda neden herhangi bir ayrıcalıklı nokta yoktur?” diye sormakla aynı anlama gelir, çünkü enerjinin korunumu, zamanın tekdüzenli (uniform) olmasının bir sonucudur. Ama bu soruyla ‘kusursuz bir zaman anına’ bir seçenek önermiş oluyorum, yani hangi zaman anının ve neden ayrıcalıklı olduğunu sorarak, bana daha başka soruların sorulmasını önliyorum. Öyleyse, enerji yasası “neden geçerlidir?” diye sormak işi daha basitleştirmiyor, daha az basitleştiriyor, yani basitlikten uzaklaşıyor. Bu anlamda enerjinin korunumu tümüyle basittir, çünkü ilkesel olarak daha basiti olamaz.

Üçüncü yasa da aynı şekildedir: Elemanter parçacıkların ısı gibi kendi içsel özellikleri olmadığından, bizim gündelik yaşamımızda “ısı enerjisi” olarak adlandırdığımız enerji, atom düzeyinde herhangi başka bir enerji şeklinde kendini

göstermelidir. En basit durumda hareket enerjisi olarak.

İkinci yasa, entropinin artışı, sadece sayı saymaya dayanır. Bu yasayı sorgulamak, doğru sayı saymaktan kuşkulanan anlamına gelebilir. Bu, sayı saymaktan kuşulanmamaktan çok daha kolaydır.

Termodinamiğin bir geçerlik sınırı olsaydı, bu üç yasadaki birinin değiştirilmesi anlamına gelirdi ki bu yasa bugünkü haliyle gerçekten tam değil de sadece yaklaşık olarak geçerli olurdu. Bu üç yasadaki birinin, daha karmaşık bir hale getirilmeden ve daha az genelleştirmeden nasıl değiştirilebileceğini görmüyorum.

Sayı saymaktan daha kolayı yoktur. İkinci yasanın ardından başka hiçbir şey gelmez. Bu yasa fiziğin sonudur. Aynı zamanda, evrende olan her şey buna dayanır. Bu yasa fiziğin başlangıcıdır.

Dünya altımızda, gök ise yukarıımızda değil, çevremizde, yine de henüz cennette değiliz, öyleyse Üçüncü Basamağı ateşliyoruz:

Üçüncü Basamak: Bilişim Kuramı

Kulağına gelen gümbürtülerin, ağlamaların, üçüncü basamaktan gelmesi gerekmiyor, toplar ve patlayan mayınlar da buna neden olmuş olabilir. Çünkü, şimdi ilerleyeceğimiz bölge yoğun olarak mayınlanmış, sıcak savaşların yapıldığı çok tehlikeli bir yer.

Bahar geldi, ben de küçük evimin terasına çıkıp açık havada yazmaya başladım. Solumda, dalların arasından gözüken deniz

pırıldıyor, önümde önceki ana savaş hattı tepesi var, burası Birinci Dünya Savaşı'nda İsonza katliamının yapıldığı yer. Tepelerden birinin arkasında, benden bir gezinti uzaklığında, Boltzmann canına kıymıştı.

Atomlar Tehlikelidir

Boltzmann, atomları ilk ciddiye alanlardandı. Başlangıçta iyi gidiyordu. Birisi atomların olduğunu, diğeri olmadığını ileri sürer, herkesin kendi düşüncesi var; ne de olsa hepimiz arkadaş değil miyiz? Hiç kimse, kimseye kendine özgü bir düşüncesi olmasını yasaklayamaz. Ama Boltzmann, sanki atomlar gerçekten varmış ve bunlarla ilgili tartışmalar sadece akademik bir tartışma değilmiş gibi, bu atomlarla gerçekten hesaplar yapmaya başladı. Ve bu atomlarla, termodinamikte sonuçlar çıkardı, bu başarıya inanılmazdı.

Atomların olduğu varsayıldığında, ikinci yasa kusursuzca açıklanabilirdi. Açıklamak?! Hem de ikinci yasayı! Herkezin o zamanlardaki düşüncesi: fizik açıklayamaz (betimleyemez), sadece durumu anlatır, tanımlar!

Boltzmann, atomlarıyla ve 'mikro dünyasıyla (durumlarıyla)' ilerledikçe, daha çok yaylım ateşine tutulmaya başladı. Böyle birisinin zararlı çalışmalarının önlenmesi gerekiyordu! Söylenişine göre, yaşlılık günlerinde Boltzmann'ın sınırları artık son derece bozulmuştu.

1906 yazında, ailesiyle birlikte, Akdeniz'e, Duino'ya gitmişti. Gerçek olamayacak derecede güzel bir yer, güneşli, çiçek kokuları saçan deniz kenarındaki kayalıklar, cırcır böceklerinin öttüğü yeşil tepeler ve insanın uykuya dalmaması gereken kıyılar, yoksa uyanınca nerede olduğunu anlayamaz ve

korkar. "Gerçek olamayacak derecede", hep "korkunç" anlamına da gelir. İşte burası korkunç güzeldir.

Eğer kafanda canlandıramıyorsan ve Duino'ya gitme olanağın yoksa, kent kitaplığından ozan Rilke'nin Duino Ağıtları (Duineser Elegien) kitabını bul. Rilke, Ağıtlar'ı, Duino malikanesi prensesinin davetlisi olduğunda yazdı; söylenilenlere göre, prenses, Rilke'ye iyi dayandı. Duino Ağıtları'nda bu bölgenin zayıf mizaçlı insanları nasıl etkilediğini görebilirsin.

Duino, saldırılan Boltzmann gibi ümitsiz bir insan için doğru yer değildi. Duino'da duramadı, hemen Viyana'ya geri dönmek, atomları ve kendini savunmak istedi. Ama yola çıkacakları günde gidemedi, okuduğuma göre karısı giysisinde bir leke görmüştü ve kuşkusuz bir lekeyle trende yolculuk yapmak sözkonusu olamazdı. Eğer öykü doğruysa, bu olay, zavallı Boltzmann'ın sınırları için çok fazlaydı.

Geri dönüp, yaşam çalışmasını umutsuzca savunması gerekirken, karısı giysisini temizleyiciye veriyor ve deniz kıyısına gidiyordu. Karısı denizden geri döndüğünde Boltzmann ölmüştü. Onu kızı buldu. Boltzmann kendini pencereye asmıştı.

Sonunda, en aptallar bile Boltzmann'ın haklı olduğunu kabul etti, ama bu artık onun pek işine yaramayacaktı. Ama bugün bile, fiziği bilirmiş görüntüsü vermek isteyen neredeyse tüm kafasızlar, öncelikle termodinamikte kuru gürültülü çalışmalar yaparlar.

Tümüyle Kaos

Artık atomların varlığından dan kimse kuşku duymadığından,

kaos kuramı moda oldu. “Kaos Kuramı” adı bile bir aldatmaca, çünkü bu bir kuram değildir, sadece böyle bir kuram olması gerektiği savından oluşur. Bugünkü fizik, çok önemli sorunları çözemediğinden, yani eksiği olduğundan, kaos kuramı olmalıdır derler.

Örneğin, İngiltere kıyılarının sonsuz uzun olduğunu okuyorum; ama yeterince iyi bakan birisi de kıyının uzun olduğunu görür. Bugünkü fizik, İngiltere kıyılarının sonsuz uzunluğunu tanımlayamadığından, fizik genişletilmelidir. Bazıları “parçalar, bölümler”(Fraktale) diye mırıldanır. Ben de daha iyisi, neden haşhaş olmasın ki diye soruyorum. Ayrıca, İngiltere kıyıları hiç de sonsuz uzunlukta değildir, o da sonlu büyüklükteki atomların sonlu sayılarından oluşur.

Sonra bir de kelebek örneği var. Kaosçuların açıklamalarına göre, tek bir kelebeğin Amozon ormanlarında kanat çırpışı New York’taki ya da Avrupa’daki havayı etkileyebilir. Çünkü kelebek havayı hareket ettirir. Bunu hesaplamak çok çok önemlidir, yoksa kelebek bir kasırgaya yol açabilir!

Kelebeğin temelde, havayı etkilemesi doğru fakat tümüyle etkisizdir. Dünyada milyarlarca kelebek, böcek, sinek, kuş ve yaprak vardır. Ağaçtaki yapraklar da hareket eder. Eğer, herhangi bir kelebek hava durumunu etkiliyor olsa, tüm hava durumu kestirimleri, milyarlarca kelebek, kuş ve yaprakla olanaksızlaşırdı.

Aslında kelebek örneği kaos kuramları için iyi bir örnek: Bazı savlarının bir bölümü doğrudur (her zaman değil, bak İngiltere kıyısı), ama geçersizdir. Bir kelebeğin nasıl uçtuğunu, insan kafasında canlandırabilir. Anlaştık, bu fiziktir. Ama bunun dışında, bir fizikçi olarak, kelekleri rahatsız etmeden onlara hayranlık duymak ve sevinmek gerekir. Çünkü

kelebekler güzeldir.

Başka kaosçular yine, fiziğin sudaki çevrintiyi (girdap) hesaplayamadığından yakınıyorlar. Ama hesaplayamamak ne demek? Fizik bunu istemiyor ki, böyle şeyler can sıkar da! Sudaki bir çevrinti, suyun düşünilemeyecek kadar çok çeşitli (fiziksel) durumlarından sadece biridir. Termodinamik hep kesinlikle, tekil durumlarla ilgilenmek istemez. Termodinamik, bir sistemin hangi durumda olduğunu bilmeye gerek kalmamasına dayanır. Kuşkusuz ki sudaki çevrintileri hesaplamak ve araştırmak çok ilginçtir. Ama bu, fiziğin temel sorunlarından biri değildir.

Birçok kaosçu coşkuyla, yaşamın anlaşılamayacağını fısıldayarak söylüyorlar. Tam olarak neden yakındıkları belli değil. Karmaşıklık, Kaopleksoloji gibi daha başka uydurduurma kavramların arkasına saklanıyorlar. Aslında, hep yaşamın nasıl mümkün olduğu sorusuna biraz yönelirler. Yaşam, çok düzenli bir durummuş. Bir canlıda, sayılamayacak kadar çok atom belirli bir şekilde sıralanmış ve işte bu şekil canlının yaşamasını sağlarmış. Ama böylesi düzenli bir sistemin düşük bir entropisi vardır ve ancak çok az durumda ortaya çıkabilir, yani W küçüktür. Eğer entropi hep yükseliyorsa, nasıl oluyor da yaşamın (canlının) entropisi küçülüyor? Böyle soruyor bu insanlar. Ama çok belirsiz ve kapalı bir şekilde.

Kuşkusuz ki böyle bir soru saçma , çünkü ikinci yasa, kapalı sistemleri öngörür. Ama yaşam kapalı bir sistem değildir. Örneğin evren gibi kapalı bir sistemde entropinin toplam olarak artabilmesi için, bu sistemin açık bir bölümünde entropinin azalması gerekir. Başkası olamaz.

Bunu soğutma çantası örneğinde görmüştük: Sıcak demir soğur (açık sistem), böylece entropisini azaltır; ve bunun

sonucu olarak demir, “soğutma çantası” kapalı sisteminin entropisini toplam olarak artırır.

Aynı şekilde, dünyamızın açık sistemindeki yaşam daha küçük entropili durumlar yaratır ve böylece evrenin entropisini artırır. Öyleyse, yaşam hiçbir şekilde ikinci yasayla uyumsuz değildir. Aynı şekilde, soğutma çantasındaki sıcak demirin de bu yasayla en küçük bir uyumsuzluğu yoktur.

Önce Bir Düşündüklerimizi Toparlayalım

Bir kez daha düşündüklerimizi gözden geçirelim: 0 derece Kelvin'deki bir demir parçasının tüm atomları, önceden belirlenmiş yerlerinde kıpırdamadan dururlar. Demir ısındığında, atomlar yerlerinde ileri geri zıplamaya başlarlar, bu hareket demir eriyene kadar sürer. 0 derecede demirin düzenli olduğu (demirin kristal yapısının), daha yüksek sıcaklıklarda ise bu düzenini yitirdiği söylenir.

Ve bu da herhangi bir şekilde bilgiyle (enformasyonla) ilgili olmalı. Atomlar yerlerinde kıpırdamadan dursalardı, nerede olduklarını bilirdim, çünkü demir kristallerinin uzaysal yapısı belirlidir. Ve ne yaptıklarını da tam olarak biliyorum: “Kıpırdamadan duruyorlar.” Kristalin ısınmasıyla entropi arttığında, bilişim yitirilir: Atomlar bir şekilde salınmaya başlarlar, nerede oldukları tam olarak bilinmez.

Bunun böyle olduğunu bir ölçüde duyumsarız da. Ama durum zorlaşır zorlaşmaz, düşüncelerimizin de yerinden oynamasını istemiyor ve atomların tam nerede oldukları sorunundan kaçınmak istiyorsak, bunları daha incelikli olarak düzenlenmemiz gerekir. Bunu bilgi kuramı yardımıyla yapıyoruz.

Bilgi (enformasyon) kuramı, bilginin kaydedilmesi (biriktirilmesi) ve aktarılmasına dayanır.

Bilgi, sözcüklerle, sayılarla, resimlerle ya da elektrik ve ışık sinyalleriyle ya da başka bir şeyle aktarılabilir. Durumu görebilmek için, maddedeki gibi yapılır. Bilginin en küçük elemanter birimlere bölünüp bölünemeyeceği düşünülür. Bu yapılabilir. Bilginin en küçük birimi **bit** 'tir.

Fizik Kırmızı Mı? – Bir 'bit'* Lütfen

Herhangibir şeyin sorulup bulunmasıyla ilgili bulmaca oyunlarını bilirsin. Soru sorulan kişi, soruyu olabilecek en kolay şekilde yanıtlamak zorundadır. Yani sadece “evet”, ya da “hayır” demelidir. “O nesne kırmızı mı?” diye sorduğunda, soru sorulan kişi “yeşil” diye yanıtlayamaz. Sadece “evet” ya da “hayır” diyebilir. “Evet” ya da “hayır” verilebilecek en basit yanıttır. Ama yeterince çok sorulduğunda, yeterli olur. Kuşkusuz “evet” “hayır” yerine başka bir dilde de yanıt verebilirsin, “si”-“no” ya da “pozitif”-“negatif”, ya da “0”-“1” diyebilirsin.

Böyle evet-hayır bilgisine ya da 0-1 bilgisine **bit** denir. Daha az bilgi olamaz. Yine de insan bununla her istediğini söyleyebilir.

Örneğin alfabedeki harfleri 0 ve 1 sayılarıyla da anlatabilir, bunlara çevirebilirim. A 00000, B 00001, C 00010, D ise 00011'dir. Bu böyle gider. Tüm kitabı bu şekilde de yazabilirdim. Yazabilir miydim? Gerçekten de yazıyorum.

* 'Bit', aynı zamanda, Almanyada bir bira markası: Lütfen bir bira yerine, reklamlarda lütfen bir 'bit' deniyor

Yazmak için küçük bir Macintosh bilgisayar kullanıyorum. Aslında ne Almanca, ne de İngilizce bilir. “A” ya bastığımda onu 00000 olarak çevirir, yoksa kaydedemez.

Ve yazdığımı görmek ya da kağıda basmak istediğimde, yine harflere çevirir.

Entropi ve Bilgi (Enformasyon)

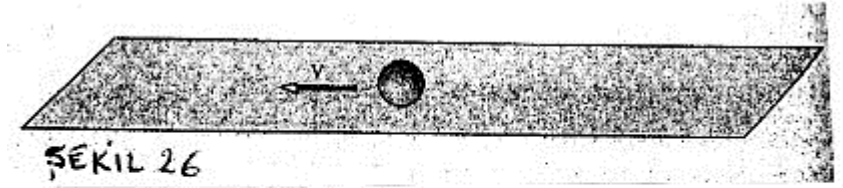
“İş yapan bir makine, enerji vermelidir”, bunu önceden ortaya çıkarmıştık. Bunun sonrasının şu olduğunu göreceğiz: “Bilgi biriktiren, kaydeden bir cihaz, enerji vermelidir”, bunun nedeni ısı hareketidir. Bilgi biriktirmek bir iştir.

T sıcaklığındaki bir nesnenin²⁰, ortalama

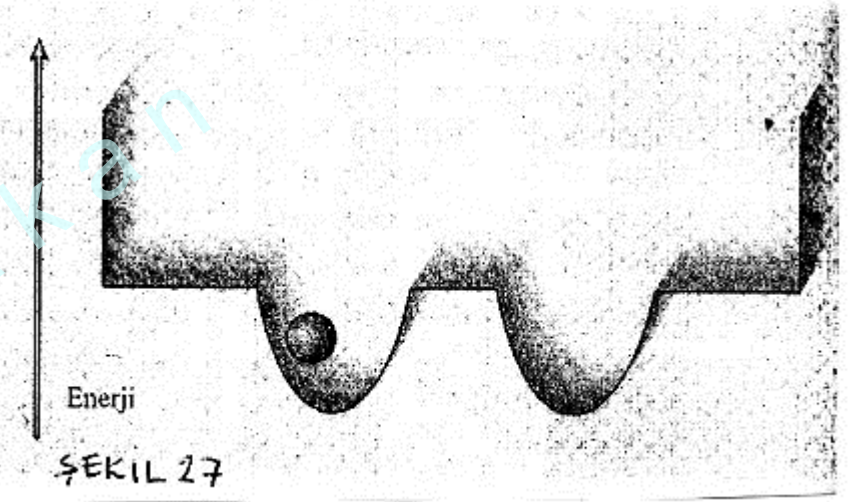
$E = \frac{1}{2} k T$ ısı enerjisi vardır. Katı bir cisimde ‘yerine bağlı’ bir atom için bu enerji, yerinde titreşmesini sağlayan enerji demektir. Atom, bir gazda olduğu gibi serbest kaldığında, çevrede hareket etmesini sağlayan, yine bu enerjidir.

Şeklimiz için “çok küçük bir bilye” düşünelim. Isıl hareket nedeniyle, hareket edebilir de, etmeyebilir de. $\frac{1}{2} k T$ enerjisi, yani $\frac{1}{2} \cdot k \cdot T = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ hareket enerjisi vardır, ve m çok küçük olduğunda, v çok büyük olmalıdır. Bilye durmadan çevrede hızla dolar, kütlesi ne kadar küçükse, o kadar çok hızlanır. Herhangi bir yere çarptığında olduğu yerde kalmaz, çarptığı yerden fırlar ve başka bir yöne doğru ilerler.

²⁰ Yazar burada atomlar ve benzerleri demek istiyor /YA/



ŞEKİL 26



ŞEKİL 27

Küçük bilye: Az kütleli bir cisim hareketsiz duramaz.

Bilyeyle en kolay hangi şekilde bilgi kaydedebilirim? Bir bit mi? Bilyenin yuvarlandığı yüzeye iki delik açabilirim, ve bilye fırlayıp kaybolmasın diye de yüzeyin dış çevresine bir duvar çekebilirim. Aynı aşağıdaki şekilde olduğu gibi. Bilye, deliklerden birinde ise bu durum “0” anlamına, değilse bu “1” anlamına gelir

Bilyeyi Durdurun!

Ne yazık ki bilye kendiliğinden deliğe düşmez. Boyuna deliğe girip çıkar: Artan hızla deliğe düşer, ve deliğin öbür ucundan yukarı çıkıp gider. Çok çok enerjisi olduğundan, deliğin içinde durmaz.

Demek ki, bilyeyi soğutmak için bir çeşit fren ya da başka bir şey yerleştirmeliyiz (panayırıldaki kayık salıncaklarda olduğu gibi). Teknik olarak başka bir şeye gerek olmadan bu kolayca yapılır. Bilyenin sol delikte kalmasını istiyorsak, sol deliğe yerleştirdiğimiz freni harekete geçiririz. Bilye hızla deliğe girer – fren – bilye delikte kalır – bilgi kaydedilmiş olur.

Ama bilye delikte tembel tembel durmaz. Hep $\frac{1}{2} kT$ enerjisinde kalması için çevresinden, ısı enerjisi alır. Ama $\frac{1}{2} kT$ enerjisi bilyenin delikten çıkmasına yetmez, çünkü deliği, kurnazlık edip, $\frac{1}{2} kT$ kadar derin yaptık. Hatta güvenlik için birazcık daha derin.

Öyleyse, bir **bit** 'lik bir bilgi kaydetmek istediğimde, bilyeden $1/2kT$ enerjisinden biraz daha çok enerji çekmeliyim. Bilye T sıcaklığında ise, $\Delta S = \Delta E/T$ 'ye göre bilye: $(\frac{1}{2}kT)/T = \frac{1}{2}k$ 'lık entropi vermelidir. Bir **bit** bilgi, hemen hemen $\frac{1}{2}k$ 'lık entropiye karşılıktır.

Düzen

Neyin, "Düzen" kavramıyla ilgisi olduğunu,

$\Delta S = \Delta E/T$ bağıntısı yerine $S = k \ln W$ bağıntısını kullandığımızda görürüz. Bilyeden enerji almadan önce, bilye iki ayrı durumda bulunabiliyordu: Sağ delikte ya da sol delikte (yüzeyin çevresindeki duvarları deliklere kadar çekiyoruz ki,

bilye deliklerin dışında olamasın.).

Yani $W = 2$, $W = 2$ 'li bir bilyenin entropisi $k \ln 2$ 'dir. Bilyenin enerjisini alıp, onu böylelikle bir deliğe soktuğumda $W = 1$ olur, durumu şimdi belirlenmiştir. $\ln 1, 0$ dır. Yani, şimdi entropisi $k \ln 2$ yerine 0 olmuştur. Öyleyse, bilyeyi belirli bir deliğe sokarak $k \ln 2$ entropisini ondan çektim.

Yukarıda, bir **bit** 'lik bir bilgi kaydetmek için bilyeden $\frac{1}{2} k$ 'dan biraz daha çok entropi çekilmesi gerektiğini söylemiştik. " $\ln 2$ ", " $1/2$ "den biraz çoktur. Uydu işte.

Bir şeyi düzenlemek demek, birçok durumda ortaya çıkabilen bir şeyin kesin belirli bir duruma sokulmasıdır. Örneğin, senin odan birçok durumda bulunabilir. Ama annen odandaki nesneler sadece belirli bir düzene sokulduğunda, odanı düzenli bulur.

Öyleyse, "entropiyi $\frac{1}{2} k$ 'ya indirirken, düzeni $\frac{1}{2} k$ kadar yükseltmiş olurum." ya da " $\frac{1}{2} k$ 'den biraz daha çok, $k \ln 2$ kadar" ..

Günlük Dünya

Bir **bit** 'lik bilgiye eşit olan enerji $kT \ln 2$, entropi de $k \ln 2$ dir. Gerçek bilgisayarların, teknik nedenlerden dolayı, daha "derin deliklere" gereksinimleri vardır, her **bit** için daha çok enerji salmaları gerekir. Ama bu ek enerji, ek bilgi kaydetmez, teknik nedenlerden dolayı boşa gider, bir çeşit teknik verimsizliktir (Kuşkusuz bir bilgisayar, gerçekten bilye ve delikler değil, elektronik bağlantı elemanları kullanır. Bu nedenle, deliklerin derinliklerini santimetre olarak değil, enerji olarak verdik. Şeklimiz bu nedenle, aynı bir elektrikli bağlantı elemanlarındaki durumu yansıtır). Bir bilgisayarın ayrıca,

çevresindeki tüm teknik aygıtlar için enerjiye gereksinimi vardır. Bir bilgisayar, hiçbir şey yapmazken bile ısı yayar.

Bir **bit** bilgi, bir elektrik ışık düğmesiyle de kaydedilebilir. Işığ, açıp kapatmak için, parmağımla düğmeye basmalıyım. Kuvvet çarpı yol kadar bir enerjiyi, ışık düğmesine veriyorum. Düğme basılıp dönerken, bu enerjiyi sürtünme yoluyla ısıya dönüştürür, ve bu ısı salınır. Bu arada kuşkusuz $kT \ln 2$ 'den oldukça daha çok enerji hareket eder (enerji alış veriş olur). $kT \ln 2$ 'den daha az bir enerjiyle açılıp kapanabilen, mikroskopik küçük bir elektrik düğmesi olsaydı, bu, kendi ısı hareketi nedeniyle durmadan kendiliğinden yanıp sönerdi, ışık bir gelir, bir giderdi. Bir hayaletin elinin düğmeye basıp durması gibi.

Gevşemek İçin: Bir Hayalet Öyküsü

Fizikçiler nasıl böyle cin fikirler ediniyorlar? Bu düşünceleri bir cinden alıyor olmalı. Bu cini, 150 yıl kadar önce Bay Maxwell bulduğundan, adı Maxwell cinidir. Kitaplarda oldukça iyi anlatıldığından, burada kısaca açıklayacağım. Maxwell cini, atomları görebilen küçücük bir canlıdır. Sadece kuramsaldır. Maxwell cini, gazla dolu bir sandığın içinde oturmaktadır, sandığın ortasında da bir bölme duvar vardır.

Bölme duvarının bir kapısı var. Soldan hızlı bir atom geldiğinde, cin kapıyı açıyor; sağdan yavaş bir atom geldiğinde de kapıyı açıyor. Bunların dışında, kapıyı hep kapalı tutuyor. Bir süre sonra tüm hızlı atomlar sağda, yavaşlar da solda oluyor. Sağda sıcak bir gaz, ve bundan duvarla ayrılmış olarak solda da soğuk bir gaz var. Öyleyse, görünürde herhangi başka birşey olmadan sandığın entropisi azaldı. Bunun sonucu olarak da evrenin entropisi azalmış oldu. Böyle bir şey termodinamiğin ikinci yasasına göre olanaklı değildir. (Sanki

aynı sıcaklıktaki iki demiri soğutma çantasına koyup, bir süre sonra birisi sıcak, diğeri soğuk olacakmış gibi bekliyoruz.)

Herhangi bir yerde iş yapıldığında böyle bir şey olabilir. Aynı bir buzdolabında olduğu gibi. Çalışmaya başlamadan önce, buzdolabının heryeri aynı sıcaklıktadır. Çalıştırıldığında, buzdolabına yerleştirilmiş ısı pompası iş yapmaya başlar, içi soğur, dışındaki soğutma telleri ısınır.

Ama Maxwell cini hiç iş yapmaz gibi görünür. Aradaki kapı, düşüncede, o kadar iyi yağlanmış olsun ki, cin kapıyı açıp kaparken hiç iş yapmamış olsun. Fizikçiler uzun süre bunu anlayamadılar; çünkü “bilgi” kavramından yoksundular.

İnsanın “Bilgi” den haberi olunca bu basitleşir: Çünkü cin mekanik bir iş yapmaz, ama yanından uçup geçen atomları algılar. Bunun için de cinin basit bile olsa bir beyne gereksinimi vardır. En azından bir kaydediciye. Bilgi aldığından, kaydedicisiz olmaz. Kaydettiği her **bit** bilgi için, enerji yayar. Her **bit** için $kT \ln 2$ kadar. Sonunda, sanki bir makinenin bir gaz hacmini ısıtacak ve öbürünü soğutacak kadar gerekli olan enerjiyi yaymış olur.

Yine tipik fizik: Her okul çocuğu birşeye kafa yormanın bir iş olduğunu bilir. Hem okullu bir çocuk için, hem de kendince basit düşünüyor olsa da küçük bir cin için bu bukadar açık. Buna karşılık, fizikçiler çok uzun süre bu sonuca varamadılar, çünkü $E = F \cdot l$ tanımının düşünceye nasıl uygulanacağını uzun süre kavrayamadılar. Bunu görmek için sadece iki delik açmak yeterliydi, böylece durum hemen anlaşılırdı.

Büyük Didişme

Tüm bunlar oldukça zararsız görünüyor ama, epeydir en

derin karmaşanın içine batmış durumdayız. Termodinamiğin üç yasası basittir, ama bunların uygulamaları çok zordur. Maxwell cini ortaya atıldığından beri fizikçiler birbirleriyle didişiyorlar. İlginç bir kitap buldum, Lef ve Rex'in Princeton University Press'den çıkmış Maxwell Cini ("Maxwell's Demon"). Kitapta, iki fizikçi, Maxwell Cini konusundaki 150 yıldan beri yayınlanmış bir kaç düzine bilimsel yazıyı toplamış. Neredeyse her iki yazıdan biri, daha öncekinin tüm ayrıntılarıyla sadece bir saçmalık olduğunu kanıtlıyor ve Maxwell Cininin aslında nasıl anlaşılması gerektiğini açıklıyor. Maxwell Cini buluşundan beri çok akıllı ve önemli fizikçiler en azından iki kez cinin ölü olduğunu, böyle bir şeyin hiç olmadığını kanıtladılar.

Bu sorun için doğru sözcükleri bile bulabilmek 1929 yılına kadar sürdü. Düşünceme göre, bu konu ancak 1982'den sonra gerçekten kontrol altına alınabildi.

Bu arada, Maxwell cini sadece düşünceleri düzenleyecek en basit bir düşünce deneyidir. Gerçek dünya, çok daha karmaşıktır. Bu yüzden, henüz yeni anlaşılan Maxwell ciniyle, bilgi kuramı sona ermiyor, daha yeni başlıyor.

Çok iyi fizikçiler bile çok zaman, Maxwell cini ötesinde kendilerine güvenmezler. Belki de, acele enstitüye geri gitmeleri gerektiğinde, birileri giysilerini temizleyiciye götürürse diye korkuyorlardır?

Örneğin, başka ilginç bir kitap da balkon masamda duruyor, Bay Atkins'in "The Second Law" (İkinci Yasa), Scientific American Library yayını. Önsözde, açıkça, bilgi kuramının, termodinamiğin anlaşılmasına önemli ölçüde ("substantially") katkıda bulunduğunu yazıyor. Ama bilgi kuramının işlenmesinde sık sık yanlışlar yapıldığından, Atkins kitabında bilgi kuramından söz etmek istemiyor. Alışılmamış bir görüş,

fizik tam da şimdiye kadar yanlış olan ya da tümüyle doğru olmayan bir şeyi düzeltmekle uğraşır.

Ayrıca termodinamik o kadar ilginçtir ki, sadece bir şeyi yanlış söylemeyi göze almamak için, termodinamiğin tam da en ilginç bölümünden söz etmeden geçemem. Sonra termodinamik örneğinden de fiziğin nasıl geliştiğini ve yükseldiğini çok iyi görürsün. Fizik, hiçbir şekilde, sık sık söylendiği gibi artık sonuna gelmiş bir bilim dalı değildir. Fiziğin çok şey vaad eden bölümü en azından dolaylı olarak anlatılmalı ve ana hatlarıyla çizilmelidir.

Termodinamiğin, bilimsel gerekçeler göstermeden, dik kafalılıkla sadece sıcak gazlara uygulanacağı haliyle bilinmesini isteyen insanların temel sorunu, şu soruda yatar:

Bilgi Nesnel midir ? (Enformasyon objektif midir?)

Sık sık sorulur bu soru. Çünkü enerji ve entropi ölçülebilen büyüklüklerdir. İlke bakımından, enerjiyi tartabilirim ($E = mc^2$). Bilgi, entropiye eşit ise, bunun sonucu olarak bilgi de entropi gibi, ölçülebilen bir büyüklük olmalıdır. Öyle midir?

Örneğin bu kitabı ele al, bir sürü bilgiyle dolu, öyle görünüyor. Bunun çok benzeri olan bir başka kitap düşün; onun da aynı sayıda sayfası ve harfleri olsun, ama sadece harfleri rastlantısal ve hiçbir anlam çıkmaz şekilde dizilmiş olsunlar. Görünüşe göre, kitabın birinde bilgi vardır, öbüründe yoktur.

Şimdi iki kitabı da tart (enerjilerini ölçmek için). Ağırlıkları aynı mı ?

Bence evet. Farklı ağırlıkları olduğunu varsay, böyle olsaydı

yıldırım hızıyla aykırılığa düşerdik. Örneğin, yine dıştan aynı gözüken bir üçüncü kitabı, öbür ikisinin yanına koyabilirim. Onda da bakıldığında, anlamsız görünen harfler olsun. Ama belki de bunlar anlamsız değildir, sadece Çince'dir. Ya da gizli bir dildedir. Bu kitabın ağırlığı tartıda ne olacaktır? Kitabın içinde sana göre hiç bilgi yok, ama bir Çinli ya da bir casus için bilgi var. Kitap, senin ya da Çinlinin, ya da casusun tartmasına göre farklı ağırlıkta mı olacaktır?

İşte bu, insanların, bilginin objektif ölçülebilir bir büyüklük olmasından kuşkulandıklarında, demek istedikleridir.

Ama dur! Deliğe düşen bilyemizle ilgili tartışma yanlış mıydı ki? Entropiyle bilgi ve enerji arasında bir bağıntı vardır, öyle değil mi? $1 \text{ bit} = \frac{1}{2} k$. Ayrıca, entropiyle bilgi arasındaki ilişki bilinmeden, Maxwell cini anlaşılamaz.

Bilgisayar: Sonunda Bir İşe Yarıyor!

Düşünceme göre, bu bulmacanın yanıtı Bennett'in 1973 yılındaki bir yazısında yatıyor: İlke bakımından bir bilgisayar, bir program yürütmeyi, yani **bit**'leri açıp kapamayı, enerji kullanmadan, herhangi bir yerde entropiyi değiştirmeden yapabilir. Çünkü bilgisayar programının her basamağı, mantıklı ve zorunlu olarak bir önceki basamaktaki işlemin sonucudur. Bilgisayar işlem yaparken, dış dünyadan hiçbir bilgi almaz.

(Bunu tam olarak bilmek isteyen gençler için: Çoğu bilgisayarda, her çalışma basamağından sonra, mantıklı bir şekilde bir sonraki gelir, ama her zaman, belirli bir çalışma basamağından öncekini tekrar oluşturmak olası değildir. Bilgisayar, ileriye yönelik hesaplar, geriye yönelik değil. Ama bilgisayarı, sadece her basamağı, yani bilgisayarın her

durumunu bir öncekinden çıkararak değil, bunun yerine tersi, yani işlem yapılan her basamaktan sonra, bir öncekini kesin olarak bulacak şekilde çalıştırmak olasıdır. Bilgisayar da böylece ileriye yönelik hesaplar yapabildiği gibi, aynı duyarlılıkta geriye dönük de hesaplar yapabilir, yani dönüşümlü (tersinir) çalışabilir. Tersinir (reversible) olaylar enerji üretmezler. Entropi üretimi ise hep tersinmez (irreversible) bir olaydır.

Bit'ler, rastlantısal olarak ileri geri itelendiğinde ya da kopyalandıklarında da, aynı şekilde, çok az entropi üretimi olur.

Gerçek bir bilgisayar, hiçbir işlem yapmasa da aşırı miktarda enerji kullanır. Bir şey yaptığında ise daha çok enerji kullanır. Ama bunlar tümüyle teknik sorunlardır.

Bunlara karşılık bizim için burada önemli olan bunların temelinde yatan fiziktir: Bilgi kaydetme, entropi yaymadan olamıyorsa, ve Bennett'in dediği gibi hesaplamada ya da kopyalamada entropi yayılmak zorunda değilse, bunlardan şu sonuç çıkar: Bir program hesap (işlem) yaparken ya da kopyalarken ya da bir kaydedicinin rastlantısal tanımlanmasında bilgi elde edilmez.

Bu da bit'lerin bilgi tutabildiklerini, ama tutmak zorunda olmadıkları anlamına gelir. Sadece masaya bir torba dolusu bit yaydığında, hemen bilgi sahibiyim demek değildir.

Bilyelerle olan örneğimizde bu nasıl? Orada bilgi kaydetmeden ve entropiyi yükseltmeden bir bit'i oraya buraya itmenin anlamı nedir? Önce bir delikte olan bir bilyeyi, enerji kullanmadan da başka bir deliğe itebiliriz: Bilyeyi delikten çıkarmak (yukarı kaldırmak) için bir enerji veririm, sonra da öbür deliğe yuvarlanmasını sağlayarak bu arada serbest kalan enerjiyi yine geri alırım. Verilen ve alınan enerjiler birbirine

eşittir, evrenin entropisi aynı kalır. Bu böyle olur, ama bu arada gerçekten yeni hiçbir bilgi kaydedemem: Çünkü ilkönce bilyenin nerede olduğunu bilmeliyim, ancak böylelikle bilyenin ondan sonra nerede olacağı da belirlenmiş olur, yani “öbür delikte”, bu bilye itilmesi (ötelenmesi) yoluyla hiç bir bilgi kaydedilmez.

Benim kişisel düşünceme göre, biz burada termodinamiğin gerçek merkezindeyiz. Bilginin gerçek yaratımı (gerçekten elde edilmesi) ve bitlerin yer değişimi arasında bir fark vardır: Bilginin üretilmesi, kaydetme sisteminin durumunu, dış dünyanın durumuyla bir ölçüm işlemi yoluyla ilişkilendirmede (bağlamada) yatar. Sadece bunun için gereken enerji yayılır.

Örneğin Maxwell cini: Cin sağdan sola uçan bir atom görür. Bu (görme), ölçüm işlemidir.* Kaydedicisine (beynine) bir biti, 1 olarak geçirir (böylece entropi serbest kalır). Şimdi dış dünya ile kaydedici arasında bir ilişki kurulmuştur. “bit 1’de” ise = “Atom sağdan geliyor” demektir. Açıp kapama aygıtı, “bit 1’e” komutuyla anahtarı açar.

Dil Araştırmaları

Böylelikle “Bilgi nesnel (objektif) midir?” sorusunu bir konuşma dili tuzağı olarak ortaya çıkardık. Hiç kimsenin aklına “Hız nesnel midir?” diye sormak gelmez. Onun yerine, daha

* Burada “Maxwell cininin” basitleştirilmiş bir örneğine dayanıyorum. Sağdan gelen bir atom için, kapıyı hep açar. Bu, sağda bir boşluk ve solda yüksek basınçta bir gaz oluşana kadar sürer. Bu gaz genleştirildiğinde, bir iş yapar.

çok “Hız görelî²¹ midir?” diye sorulmalıydı.

Kuşkusuz hız görelidir⁸, enerji de öyledir. Bir nesnenin enerjisi, onun yanından ne çabuklukta geçtiğine bağlıdır.

Bana öyle geliyor ki, bilgi de genellikle görelî bir büyüklüktür. Belirli bir şey için hız, gözlemleyenden bağımsızdır, ışık için bu böyledir. Aynı şekilde, öyle bir şey vardır ki, onda, başka hiçbir şeye bağlı olmayan bir ‘sistem düzeni’ bir büyüklük olarak ortaya çıkar. Örneğin, ideal gaz diye adlandırılan, sadece küçücük atom küreciklerinden oluşan, başka hiç bir özelliği olmayan gaz gibi.

Ama genellikle, bilgi ve düzen görelî⁸ büyüklükler gibi gözükürler, sadece başka bir şeye göre verilebilirler (ifade edilebilirler), yani bir referansa gereksinimleri vardır. Örneğin, deney düzeneğimde bir parça demiri soğuttuğumda, atomların herbirinin 0 derecede (kelvin) nerede olduklarını bilirim. Ama bunu sadece demirin kutuda olduğunu ve demir kristallerinin örgülü (Gitter) yapısını bildiğimden anlarım. Eğer birisi kutuya yanlışlıkla başka bir nesne koysaydı, atomlar farklı dizilirlerdi ve kesinlikle tahmin ettiğim yerlerde olmazlardı. Sadece atomların belirli bir durumda olduklarını bilirdim, ama hangi durumda olduklarını hiç kestiremezdim. Atomların “herhangi belirli bir durumda olmaları” kuşkusuz hep geçerlidir, ama hiçbir anlamı yoktur. Demir, demir atomlarının özelliklerine göre düzenlenmiştir.

Bence, kitaplarda bunlar böyle yazılı değil, ama en azından

²¹ ya da ‘bağıl mıdır? /YA/

kafamda canlandırmam için bana yardımcı olan şeyler. Belki bunlar sana da yardımcı olurlar : Bilginin “nesnelliği ya da nesnel olmaması” sorunu, bilgiye genelde görelî bir büyüklük olarak bakınca kendiliğinden çözülür. Aynı hız gibi. “Bilgi”, sadece bir bağlantı noktası, bir referansı olduğunda tanımlanır.

Aynı kitabı, canım istediği gibi rastgele harflerle doldurabilirim ya da fizik anlatabilirim. Kitabın bilgi içerip içermediği tartışarak görülmez. Çünkü bilgi, referans olmadan hiç tanımlanamaz. “Bu kitap ne kadar bilgi içerir?” sorusu, “bu kitabın hızı nedir?” sorusu kadar anlamsızdır. Bu, duruma göre değişir. Kitap örneğinde, bilginin referansı kafamdadır. Ancak kitabı okuyunca, bilgi kitaptan dışarı çıkar. Öyleyse, aynı sayfa sayısı olan kitapları tarttığımda, ağırlıkları arasında fark bulamam. İçinde sadece saçmalık olan kitap, fizik kitabı kadar ağırdır. Bir teraziye oturup, fizik kitabı okuduğumda, aslında zayıflamalıyım. Çünkü kafam bilgi toplar. Yani enerji yayar. Saçma kitapla ise zayıflayamam. Çünkü kafamda hiçbir şey olmaz.

Bence, şu şekilde iyi anlaşılabilir: Bilgi, hız gibi ölçülebilir nesnel bir şeydir. Ama hızın olduğu gibi, bilginin de bir referansa gereksinimi vardır. “Nesnel verili ve ölçülebilir olmak” ve “bir bağlantı noktasına gereksinim”in beraber oluşu, önceden de dediğimizden temelde farklı değildir:

Bilginin üretilmesi, kaydetme sisteminin durumunu, dış dünyanın durumuyla bir ölçüm işlemi yoluyla ilişkilendirmede (bağlamada) yatar. Sadece bunun için gereken enerji yayılır.

Düşünceme göre, burada fiziğin, sonuçları çok kapsamlı, en zor (ağır) olan kavramıyla karşı karşıyayız. Bu, tüylerim ürpermeden, gizlenmemiş yüzüne bakamadığım tek yasadır. Çünkü, bu yasa gerçekliğin varolduğunu, nesnel bir dış

dünyanın varlığını zorunlu kılar. Böyle bir dış dünya, bizim yaptığımız bir şey olmayıp, bizden bağımsız olarak ortaya çıkmıştır.

Kafamız bilgiyi işliyorsa, bağımsız bir dış dünya var demektir, yoksa işleyecek bir bilgi olmazdı. Biraz ayrıntıları gözden geçirelim.

Fizik Yaşamla İlgili Ne Biliyor?

Önce, yaşamı termodinamik açıdan tanımlamaya çalışalım. Yaşam için böyle bir tanımlama en akla yakını, çünkü, canlıların dışında, gerçekliği birazcık bile olsun tanımış hiçbir nesne bilmiyoruz. Termodinamik açısından yaşam, özerk (otonom) bir olaydır, bence. Bir ‘çevrim’, bir şey olduğunda, hatta karmaşık bir şey olduğunda, sonunda her şeyin yine başlangıçtaki durumuna dönmesidir. Böylece aynı şey, sil baştan yenelenir.

Örnek olarak bir motorun işlemesi de, bir çevrimdir. Benzin emer, ateşler, pistonları büyük bir kuvvetle iter ve bir iş yapar, sonra yakılma sonucu oluşan atık gaz, egzosa gider. Şimdi motor başlangıçtaki gibidir. Yeniden benzin emer, ve aynı olaylar yenelenir. Çevrim, bir kez çalıştığında, artık hep sürüp gider. Bir motor hep çalışır, çünkü entropi üretir. Motor çalışmazsa, entropi üretmezdi, bu nedenle çalışmasını sürdürür (ısı verir ve iş yapar). Hep entropi üretimi olasılığı bulunan her yerde doğa, bundan yararlanır.

İlginç bir şekilde, ‘çevrim’, her an ve her yerde entropi üretmek zorunda değildir ve bu da ‘çevrim’ olayına özgüdür. Motor, hava ve benzin emerken, entropi üretmez. Çevrim durumunda bulunmayan bir motorun, yani duran bir motorun

aklına hiçbir zaman kendi kendine hareket etmek ve hava emmek düşüncesi gelmezdi. Böyle bir şey yapsaydı, bu ancak cinlerin işi olurdu. Buna karşılık çevrimin bir bölümü çalıştığında motor ilgili işi yapar.

Motor Canlı Mıdır?

Hayır, tanımımıza göre canlı değildir. Çünkü işleyen bir motordaki çevrim, deposunda benzin olduğu ve bozulmadığı sürece sürer. Sadece bir kez bile durduğunda, kendiliğinden bir daha çalışmaz. Ancak benzin doldurduğumda ve motoru tekrar çalıştırdığımda harekete geçer. Motor, tümüyle bağımlıdır, 'başına buyruk' ya da özerk değildir.

Kuşkusuz, yaşamın da özerkliği kusursuz değildir. Birisi güneşin ışığını kesse, dünyadaki yaşamın da sonu gelirdi. Benzinsiz bir arabaya dönerdik. Ama güneşin ışığı kesilmediği ya da bizim kökümüz kazınmadığı sürece, yaşam sürer gider. Koşullar uygun olduğu sürece, yaşam sonsuza dek sürer.

Çevrimde özerkliğin çeşitli aşamaları bulunabileceğine göre, "canlı olma"nın değişik boyutları var mıdır? Evet vardır ve bu zaten bilinmekte. Virüsler gerçekten canlı sayılmazlar, ama yine de ölü bir maddeden daha çok gelişmişlerdir.

Bu açıdan bakıldığında yaşam, evrenin entropisini çoğaltmak için doğadan zorunlu olarak alınan olasılıklardan biri ise, herbir canlının sonuçta kendisine sunulan fırsattan yararlanarak en hızlı bir şekilde enerji yayması ve entropiyi çoğaltması gerektiği sonucunu çıkarmak yanlış olur. Herbir canlı için geçerli olan, enerjisini olduğunca az, idareli kullanmasıdır.

Kurt Koşuşturması

Bir kurt, bir kazı yediğinde enerjisi öyle çoğalır ki, bu enerjiyle aslında çayırdaki deliler gibi saatlerce oynayacağı, koşuşturacağı düşünülebilir. Ve kurt böylesi çocukça bir davranışla evrenin entropisini hızla yükseltebilirdi. Ama böyle bir yaşamla yaşlılığını göremezdi, çünkü böyle geleceğini düşünmeyen bir yaratık için çevresinde çok az sayıda kaz vardır. Kurttaki çevrim olayı kesilir- entropi üretimi artık olamazdı. Bu pek uygun olmazdı.

Kurt, kazı yedikten sonra koşuşturmayı bir yana bırakıp, enerjisini saklar. Evet, çayırlarda sadece yürüse bile, bunu olabildiğince az enerjiyle yapar, ve enerjisini idare etmek için, sere serpe yatmak yerine, kıvrılıp uyur.

Bir kaz çiftliğinden tüm kazlar kaçsa ve kurtlara yem olsalar bile, kurttaki çevrim değişmez, kurt koşuşturmak yerine bir sürü yavru doğurur. İşte bu, kurdun toplam entropiyi yükseltme yöntemidir.

Beyin Aptal Olabilir mi?

Bu düşüncelerimizi beyne uygulayalım. Düşünmemiz, beynin devrelerindeki açıp kapama olaylarına dayanır. Sinir hücreleri durumlarını değiştirirler, **bit**'ler aynı bir bilgisayarda olduğu gibi bir oraya bir buraya itilirler (ötelenirler).

Diyelim ki, beyin, dış dünyayı gözönüne almadan kendi kendine aptal aptal devreleri açıp kapıyor. Düşüncelerini ve tasarımlarını kendisi üretiyor. Bunu ya çok büyük bir enerji tüketerek, ya da hiç enerji tüketmeden yapar. Eğer Bennett, 1973'deki çalışmasında haklıysa, **bit**'lerin dışdünyadan

bağımsız olarak açılıp kapanmaları hiçbir enerji tüketimi olmadan gerçekleşir.

Koşuşturan kurt örneğine göre, beynin gereksiz iş yapması (enerji tüketmesi) söz konusu olamaz. Beyin, entropi üretimi olmadan **bit**'leri açıp kapatabilirse, bunu yapar, (a) olabilirliği böylece olanaksızlaşır.

Belki de hiç enerji tüketmeden isteğine göre rastgele açılıp kapanıyordur, yani (b) olabilirliği. Bennett'e göre böyle bir durum olasıdır? Ancak bu durumda hiç entropi üretmemelidir. Ama doğada, sadece entropiyi çoğaltan şeyler olur. Bunun dışında, kendi kendine birşey olmaz. (b) durumu öyleyse fiziksel olarak olasıdır, ama doğal bir gelişim çerçevesinde yer bulamazdı. Böylece (b) olabilirliği de olanaksızlaşır.

Böyle bakıldığında, beynin devrelerini aptalca açıp kapama olasılığı tümüyle söz konusu olamaz. Öyle, ya da böyle olmaz.

Demek ki, beyin gerçekten de bilgiyi işler. En azından buna eğilimi vardır. Beyin ölçümlerle (göz, kulak, diğer duyu organları) dış dünya ve kendi devrelerinin açılıp kapanma durumu arasında bir bağlantı, bir ilinti (korelasyon) kurar. Bu sadece tek bir olaydır, ve bu olay en az enerji tüketecek şekilde bile oluşmuş olsa, yine de evrenin entropisi artar.*

Bu anlatım, ısı yayılımı bakımından entropinin yükseltilmesi tanımına dayanır: $\Delta S = \Delta E / T$ Aynısı, 'düzen' bakımından da görülebilir: $S = k \ln W$.

* Beynin, enerjisinin sadece küçük bir bölümünü devreleri açıp kapamada kullandığı olasıdır. Aynı bir bilgisayarda olduğu gibi beyin, işinin büyük bölümünü teknik donanımda kullanır. Bu, dediklerimizde hiçbir şeyi değiştirmez. Teknik araçların enerji tüketiminin de bir nedene gereksinimi vardır. Devrelerin anlamsız açılıp kapanışları, bir neden oluşturmaz.

Fizik, Senin Düşüncelerinden Ne Anlar?

Biyolojik yaşamın düzeninden söz ettiğimizde, canlılardaki atomların düzeniyle ilişki kuruyoruz. Atomlar, elektron kılıflarının niteliği, yani başka bir deyişle donanımları (Hardware'leri) nedeniyle, sadece oldukça az olan belirli durumlarda, ortaya bir canlının çıkmasını olanaklı kılacak bir birleşmeye yönelirler. Yani kendi başına işleyen bir çevrim oluşturmaya doğru. Biyolojik yaşamdaki düzen, kaynağını (referansını) atomların donanım özelliklerinden alır. Atomlar biraz daha başka özellikte olsalardı, bir canlının ortaya çıkması için başka bir şekilde birbirlerine eklenmeleri gerekirdi. Kuşkusuz eğer bu, temelde olabilseydi.

Düşünme, beyin sinir hücrelerindeki açıp kapama olaylarına dayanır. Bir sinir hücresinin, 1 ya da 0 durumunda olmasının, atomların donanımlarıyla bir ilgisi yoktur. Biyolojik yaşam düzeninden farklı olarak, kafadaki düzen, atomların donanım özelliklerine dayanamaz. Beyindeki açıp kapama durumları, termodinamiğin ikinci yasasına uyarak bir referans eşliğinde gitgide düzene girerken, zorunlu olan bu referansı beyin, sadece dış dünyada bulabilir. Beynimiz, kendini sadece, dışarıda gerçekten varolan bir düzeni kafada kurarak, düzene sokabilir. Düşündüğümüz şeyler bu yüzden vardır. Belki bunlar tam tamına düşündüğümüz gibi değildir, ama yine de hiçbir şekilde olmayan bir şeyi düşünmek temelde olanaksızdır.

Tek Boynuzlu At Var Mı?

Bu, düşüncümüzün gerçeklerle uyumlu olduğu anlamına gelir. Gerçekten de uzay (mekân) ve zaman var mıdır? Herhangibir şekilde var olmalı, yoksa bu kavramlar hiç

aklımıza gelmezdi.

Bir düzen tam olmayabilir. Yoksa insanoğlu yaşam boyunca öğrenmesini geliştiremezdi. Yoksa tek boynuzlu bir atı düşünemezdim. Tek boynuzlu atlar gerçekte yoktur.

Öyle görünüyor ki beyin varolan çeşitli şeyleri yanlış şekilde birleştirebiliyor, örneğin bir at ve bir boynuzdan, tek boynuzlu at yapıyor. Ama beyin tümüyle 'bir hiçten' bir şey ortaya çıkaramaz, bulamaz. İnsan, hiçbir yerde parçaları olmayan ve hiç varolmayan bir hayvanı düşünemez.

Bavyera'da Wolpertinger vardır. Münih'teki bir müzede bunlarla ilgili çok güzel bir sergi görmüştüm. Wolpertinger, değişik hayvanların değişik parçalarının dikilmesiyle yapılmıştır. Neden insanlar böyle çılgınca bir şey buluyorlar, neden böyle gereksiz bir tasarıma müzede sergileyecek kadar anlam yüklüyorlar? Bavyeralılar da belki Romalılar gibi çılgın mı? Hayır, Wolpertinger tasarımı daha çok gerçekliğin gerçekliğiyle ilgilidir, yani gerçekliğin ne kadar gerçek olduğuyla. Hiçbir yerde, hiçbir şekilde olmayan parçalarla yapılan bir Wolpertinger yoktur. Wolpertinger'in ardında yatan, bu bilinçsizce bilinen gerçeğe karşı şaşkınlıktır.

Öyleyse, tanımak ve adlandırmak istediğimiz gerçeklik, gerçektir. Ve biz bu gerçekliği tanırız. Varolan her şey, gerçekten vardır.

Bence, fizik kitaplarında bu şekilde geçmez, bunlar benim kişisel düşüncelerim. Daha doğrusu, Boltzmann bağıntısından ve termodinamiğin ikinci yasasından çıkardığım kendi kişisel düşüncelerim.

Günün birinde evreni tümüyle anlayabilecek miyiz? Evet, beynimiz yeterli kapasitede olduğu zaman. Yeterli kapasitesi var gibi görünüyor. Fizikte bunu görüyorsun: Fizik ilerledikçe,

kolaylaşır. c = sabit, $E(\text{evren}) = \text{sabit}$, $F = \Delta p / \Delta t$, $E = mc^2$, $E = h\nu$, $S = k \ln W$, bunlar etkin, kesin bağıntılar. Hepsi tümüyle eksiksiz ve basittir. Bunlardan, evrenin temelde dayandığı çok büyük basit yapı, kestirilebilir.

Bakarsınız, bin yıl sonra bu fizik kitabı üç ya da dört sayfaya indirilebilir? Ya da daha aza?

Bilgisayarlar Düşünebilir Mi?

Ne yazık ki önümüzdeki bu bin yılı kendimiz çalışarak geliştirmeliyiz. Çünkü dediklerimiz doğruysa, bilgisayarlar hiçbir zaman düşünemeyecekler. En azından, bugün bir bilgisayar deyince anladığımız şey, hiçbir zaman düşünemeyecek. Hesaplama yeteneği ve kaydetme kapasitesi çok yükseltile bile bu olmayacak. Çünkü bilgisayarlar kurt koşuşturması örneğiyle uyumlu değildir. Bilgisayar, dışarıdan istediği kadar enerji alır, karşılığında enerji vererek istediği kadar soğur. Bilgisayar için ikinci yasa rafa kalkmış gibidir. Bilgisayarın işleticisi, ikinci yasanın tüm sonuçlarına bilgisayar için katlanır.

Bir bilgisayar, enerji kullanarak ya da kullanmayarak, herhangi bir aptalca şeyle uğraşıp duruyorsa, bunu istediği kadar, isterse sonsuza dek yapabilir, ve bu arada istediği kadar da enerji kullanabilir. Böylece de kurt koşuşturması ilkesiyle uyum içinde olmaz, bu ilkeyi sakatlamış olur. Buna en açık örnek o korkunç ekran koruyucularıdır; ekranda kuru resimler amaçsızca bir oraya bir buraya giderler. Sadece bir bilgisayar böyle bir kafasızlığa katlanabilir, ama bir kurt değil. Beyin de katlanamaz.

Düzen zorunluluğu, sonunda ikinci yasadan gelir. Bu yasa,

tüm doğal olarak sürüp giden olaylardan, evrenin entropinin yükselmesi için entropi yaymalarını ister. Entropi yayılımı için zorunlu olarak oluşan yeni düzen, atomların donanımına «hardware» yöneldiği yerlerde, yaşam oluşur. İçinde donanıma dayalı bir düzenin oluşturulması bulunmayan bir kaydedicide, dışarıda kalan düzene göre şekillenen bilgiler yaratılır.

İkinci yasayla uyumlu olmayan bilgisayar, bir düzen geliştirme zorunluluğunda değildir. Zaten niye bir düzen geliştiresin ki? Bu bir olasılık olabilirdi, ama sonsuz ölçüde olanaksızdır. Bu yüzden, bugün anladığımız şekliyle bilgisayar hep bilinçsiz kalacaktır.

Her kim bilgisayarların insanların yerine geçeceğini söylüyorsa, ya bir soytarıdır, ya da senden karşılığını vermeden bir şey istiyordur, belki de istediği paradır.

Yuvaya Dönüş

Öyleyse tanımak ve adlandırmak istediğimiz gerçeklik gerçekten vardır ve biz onu tanıyabiliriz. Varolan her şey, gerçekten vardır.

Bunları şaşırtıcı derecede benzer gören insanların bir listesi yapılmak istense (ancak Boltzmann bağlantısıyla ilişki kurulmadan), o zaman bu liste uzun olurdu. “Şaşırtıcı derecede benzer” sözü, en azından, koşullar düşünüldüğünde – oldukça büyük gerçeklik sorusunun, o zamanlar elde bulunan araçların azlığıyla karşılaştırıldığında anlamlaşır .



Felsefe burada başlıyor

Eflatun (=Platon), Phaidon’da şöyle yazmıştı: “Görmeye, duymaya ya da başka duyu organlarımızı kullanmaya başlamadan önce, bunların benzerleriyle ilgili bilgileri bir yerlerden edinmiş olmalıyız...” ya da Kant düşüncelerin “a priori” (önceden verilmiş) olduğundan söz eder *, bu düşünceler sadece ilk bakışta bizim vardığımız sonuçtan farklıdır. Farkı, beynin hiçbir şekilde önceden alma (a priori) özelliklerine gereksinimi olmamasıdır. Böyle ‘önceden verilme’ düşünceler de yoktur zaten. ‘Zamanın önceden verilen bir bilgi’ olduğu Kantçı düşünce yanlıştır. Çünkü alışlagelen zaman düşüncemizin yanlış olduğunu Einstein’ın görelilik kuramından beri biliyoruz. Ve yanlış bir ‘önceden verilme düşüncesi’, kuşkusuz bir ‘önceden verilme düşüncesi’ olamaz.

Ama hiçbir düşüncenin kendiliğinden ortaya çıkamayacağına haklıydılar, içeriği olmayan düşünceler gerçekten de boştur. Ancak bu önceden verilme (“a priori”), düşündükleri gibi ruhda (tinde), içde değil dıştadır. Yani bu, bir bit’ler topluluğunun, ancak dış dünya ile bir bağlantı kurup ilişkide olduğunda entropi yayması gerçeğinde yatar. Gerçek bilgi ve istenildiği kadar doldurulmuş bir bit torbası arasında fiziksel olarak ölçülebilen bir fark vardır. İşte bu ‘önceden verilme’ (“a priori”) dir ve bu, ruhumuzun (tinimizin) gerçeğe ulaşması için geçilen bahçe kapısıdır.

* Örneğin Kant, anlayışımızda, önceden verilen (a priori) bir zaman düşüncesi bulunduğuna, inanıyordu, yani anlayışımız önceden ve zaman deneyimi olmaksızın zaman düşüncesini edinmişti.

Felsefe burada bitiyor



Atalarımızın, bugünlere oranla yetersiz anlatım olanakları ve zihin araçlarının basitliği düşünüldüğünde, onların ne kadar da ilerlediği şaşırtıcıdır. Çünkü bilgileri bazı konularda bizimkinden az da olsa, başka konularda bizden öndeydiler. Bu kitabın bile, 2000 yıldan daha önce Eflatun'un Eros'u (aşkı) felsefenin güdüsü olarak özdeşleştirdiği (yani fiziğin de), Eros, müzik ve matematik arasındaki önemli bağlantıyı gösterdiği yere gelmesi için bir, iki sayfaya daha gereksinimi var.

Atalarımız bu kadar ilerlemeyi nasıl başardı? Gerekçeleri kendilerince kuşkuyla olan konularda bile, nasıl da değerli bulgu ve anlayışa ulaşabildiler?

En azından, 'bunları duyumsadılar (hissettiler)', diyor Einstein. Dışarıda bir şeyler olduğunu duyumsadılar. "Dışarıda" ile 'kendi kafalarının dışında' demek istiyorum. Bizim yapmadığımız bir şey, bizden önce varolan ve bize bağımlı olmayan bir şey. Kafamız bunu anlamaya çalışıyor ama başaramıyor. Olağanüstü düzenli bir şey. Önceden davranıp söylersem: Her şeyi kapsayan bir güzellik.

Demin "duyumsadılar" mı demiştik? Duyumsamanın bilimle ne ilgisi var? Duygular, gençlerin gelişim sorunu değil mi, birazcık eğitimle ve kendini tutmayla giderilemez mi? Bunun bilimle ne ilgisi var?

İlk önce, açlık ve susuzluk gibi duygular, her bir canlının yaşamda kalmasını sağlar; bir erkek, dişisini güzel bulur, böylece türün yaşaması sürer. Bu, duyguların başlangıçtaki işleviydi, yaşamı sürdürme önsezisiydi. Ama bu kadarıyla kalınmadı.

Çünkü, düşünce gitgide kendini düzenlemeye çalıştığında, düzen için herhangi bir ölçüye gereksinimi olur. Düşünce, belirli bir düşünce basamağının, daha yüksek bir düzen oluşturup oluşturmayacağını göz önüne almalıdır. Beyin, bir cep hesap makinesiyle dolaşıp hesap yapayamaz: "Ben bu düşünceyle şimdi entropimi azalttım mı?" diye sormaz. Beynin bir hesap makinesi yoktur.

Duygular, herhangi bir nedenden dolayı düzen için duyarlıdır. Belki iyi ve duyarlı bir araç değillerdir ama ben bunlardan başkasını bilmiyorum.

Dalgalarla ilgili hiç bir düşüncesi olmayan birisi de, bir hışırtı mı ya da bir ses tonu mu duyduğunu bilir. Bir hışırtı, gürültü, ses dalgalarının rastgele, düzensiz birleşmeleri sonucu oluşur. Bir ses tonu ise bir sinüs titreşiminden, yani basınç değişimlerinin tümüyle düzenli ve basitçe birleşmeleri sonucu oluşur. Bir kemanın ya da trompetin ses tonu, basit bir ses tonundan daha düzenlidir, sinüs dalgası titreşimlerinin kesinlikle belirli bir bileşimini içerir. Daha düzenli olan ise bir müzik parçasıdır. Gürültü ile ses tonu arasındaki farkı duyumsarız. Bunun için duyarlıyızdır, bu sadece ve tümüyle duygu aracılığıyla olur. Bir ses tonu çok güzel olabilir, gürültü ise güzel değildir.

Kuşkusuz duygumuz: "Bu düzenlidir, düzen (ya da bilgi) 1200k miktarındadır" demez. "Bu güzel, öyle güzel ki, neredeyse hüngür hüngür ağlayabilirim" der. Beynin bunu nasıl yaptığını bilmiyorum, ama yine de bunu başarır, bu nesnel (objektif) bir gerçektir.

Ayrıntılı olarak nasıl işlediğini bilmesem de – bunu bilmek çok ilginç olurdu -, duygular sadece biyolojik yaşamı güvence altına almazlar ve eşgüdümünü yapmazlar (açlık, susuzluk,

dişiler iyidir), aynı zamanda (bir müzik parçasını güzel bulmaları gibi), ikinci bir işleve de yeteneklidirler. Duygular entropi farklılıklarına duyarlıdır, düzen olaylarının koku izleme köpekleri gibi, düzendeki değişimleri izlerler.

Öyleyse duygular, çokça düşünüldüğü gibi hiç de subjektif (öznel) değildir. Bir formülün güzel olup olmadığını bize söyleten duygudur. Sadece güzel formüller doğru çıkarlar. Böylece duygular, yaratıcı düşüncenin temelidirler. “Evreka”(buldum) tümüyle duygusal bir tepkidir. Evreka diye bağırın bir kişi, dış düzenin bir parçasını oluşturmayı başarmıştır ve bunu duyumsamıştır.

Düşüncelerimizin sonuna mı geldik ve dediklerim tam mı? Kuşkusuz değil. Ancak şimdi, bundan sonra bu gerçekten tam ilginç olacak. Burada elimden geldiğince iyi bir şekilde anlatmak istediğimi, ilerde bir gün, tam olarak ve eksiksiz anlayacağımı umarım. Fizik ilerlediğinde. Ve toplum da. Hatta öncelikle toplum ilerlediğinde.

Ama yine de şimdi ve bundan sonra bunların gerçekten ilginçleşeceğini kendime güvenerek söyleyebiliyorum. Çünkü anlayış ve duygu arasındaki sözümona tezatlık giderildiğinde, sanatın da rolü anlaşılır. Matematiğin ya da fiziğin çabasının ardındaki gerçekliğin anlaşıldığı yerde, ayrılan tüm yollar tekrar birleşir. Bilerek ya da bilmeyerek anlatmayı tümüyle unuttuğumuz başka yolların bulunması da olasıdır.

Böylece yine kitabın başına, fiziğin ana babasına dönmüş olduk. Bu nedenle, kitabı burada bitirelim, böylece başlangıç ve son birleşmiş olsun.

Ama bitirmek, tümüyle sona erdirmek demek değildir. Fizik, sona erdirmek için henüz çok gençtir. Önemli değil. Fizik, birçok öyküden sadece biriye, öykülerin bin tane ya da bir tane daha çok olması farketmez. Bir tanesinin söyleyemediğini öbürü söyler. Böylece bunlardan herbiri tek başlarına tam olmamalarına karşılık, birleştiklerinde tamı oluşturup sona erdirirler.

Peki, eksiksiz, tam bir fizik kitabı yazmak isteseydim, yazabilir miydim? Fiziği sona erdirebilir miydim, böyle bir şey elimde mi? Hayır. Nedenini ise bilmiyorum

NIÇHT KOPİLEREN

Yüksel Atakan

Hemen Hemen Hiçbir Şey – Diferansiyel ve Entegral

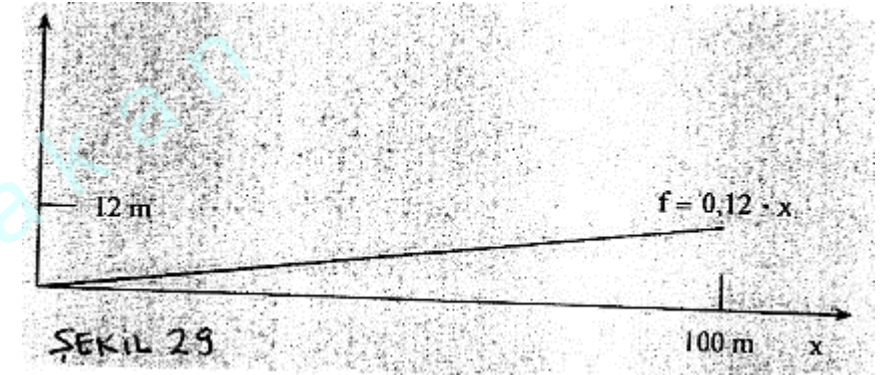
Yol kıyısındaki tabelada “Dikkat, %12 eğim!” yazıyor. Bu ya, bisikletinin başka bir yolda erişemeyeceği aşırı ivmelenme ve hız demektir, ya da ter dökmen ve birinci vites anlamına gelir. Bu, senin yokuş aşağıya mı, yoksa yokuş yukarıya mı gittiğine bağlıdır. Tabelada bu - %12 ya da +%12 olarak da yazılabilirdi, ama yol trafiğinde çoğunlukla ön işaretler konulmaz, zaten yolun aşağıya mı indiği, yoksa yukarıya mı çıktığı görülür.

%12 eğim, 100 metrelik yolda 12 metrelik yükselme ya da alçalma demektir (Çünkü 12, 100’ün %12sidir, %1 de, yüzün biri demektir). Bununla yeni, ilginç bir şey mi söyledik? Sadece herkesin bildiği bir şeyi, eğimli bir yolun eğiminin bir sayıyla gösterilebileceğini belirttik. Hayır, gerçekten de ilginç bir şey değil, bununla hemen hemen hiçbir şey demedik, en azından yeni bir şey söylemedik.

Gerçekten de bir şey olmamasına rağmen, yine de yolu çizelim (bk. sağdaki şekil).

Kuşkusuz yolun kendisini değil, sadece yolboyunca herhangi bir noktada yolun yüksekliğini veren bir fonksiyon çizdik. Fonksiyona f adını verelim. Yolun yüksekliği f , sağa doğru uzanan yatay eksen x , ikisi beraber f ve x , şeklimizde yolun başladığı yerden başlayalım, orada: $f = 0$ ve $x = 0$. Yolun fonksiyonu da $f = 0,12 \cdot x$ olur. Yolun eğimi her yerde aynıdır, yani %12; bunu 0,12 olarak da yazabiliriz.. Bu eğimi hesaplayacak reçete basittir: Yol, Δx yolparçası sonunda Δf

yüksekliğine çıktığında, eğim $\Delta f / \Delta x$ olur. Burada önemli olan ve hiçbir zaman unutulmaması gereken şey, herhangi bir Δf ’in ve herhangi bir Δx ’in alınması değildir, aynı şekildeki gibi, belirli bir Δx ’e karşılık olan Δf ’in alınmasıdır. Bu herkesçe bilinir, ama çok önemlidir, bu yüzden söylüyorum.

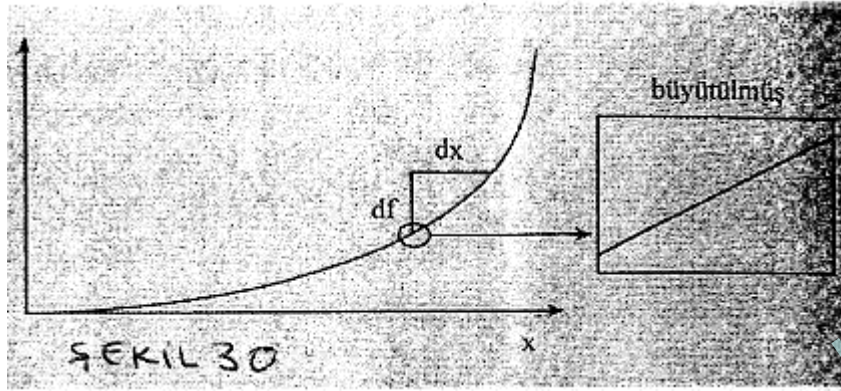


Ama yol düzgün ilerlemiyor olabilir. Bu yolun eğimi nedir? Saçma bir soru olduğundan, mantıklı bir yanıt verilemez.

Bunun yerine, yolun hangi yerinde eğimin bilinmek istenildiği sorulmalıdır. “ x yerinde”. Önceden olduğu gibi herhangi bir Δx ve ona karşılık herhangi bir Δf aldığımızda, eğim için hemen hemen, doğru olanı buluruz, ama tümüyle değil. Bu şekilde görülüyor. Önceki reçetemiz burada işe yaramaz. Öyleyse yolun düz olmadığı duruma göre bir reçete mi bulmalıyız? Ya böyle yapmalıyız, ya da şekli büyütmeliyiz. Çünkü matematikte birimler ve ölçekler yoktur. Bunların yerine sonsuz vardır. Şekide çember içine aldığımız yerde fonksiyonu büyütelim. Bunu dikdörtgen içinde gösteriyoruz. Aynı bir doğru gibi gözüküyor. Gerçekten de bir doğru elde edene kadar

büyütebiliriz. Ya da hemen hemen bir doğru elde edene kadar. İstedğimiz kesinlikte bir doğru elde etmek, sonsuz kesinlikte bir doğru elde etmek.

Matematikte, sonsuzun olması güzeldir. Neyse, gerisi apaçık: Tekrar önceki reçetemizi kullanabiliriz, çünkü elimizde yine eğimi $\Delta f/\Delta x$ olan bir doğru var.



Öyleyse, $\Delta f/\Delta x$ hep geçerlidir. Sadece bir eğride önce büyütme gerekir. Ya da Δf 'i ve Δx 'i çok küçük seçmek gereklidir, ki bu da aynı anlama gelir. İstenildiği kadar küçük. O zaman Δ yazılmaz, sadece d yazılır. d, istenildiği kadar küçük bir Δ 'dır.

Ve her bir kez “f fonksiyonunun eğimi” demek yerine, sadece f' yazalım. $f' = df/dx$.

İlk yol fonksiyonumuzda eğim 0,12 olarak verilmişti. Fonksiyon ise $f = 0,12 \cdot x$ idi, eğim 0,12 idi.

Ama daha zor bir fonksiyonda, örneğin

$f = 3 \cdot x^2 - 5x$ durumunda bu nasıl olur? Bunu 5 dakika kadar düşünebilirsin, ama daha uzun olmasın, yoksa çıldırırısın ve bunun suçlusu da ben olurum. Bunun için gerçekten yaratıcı bir düşünce gerekir. Şimdiye kadar söylediklerimin hepsi basitti, hemen hemen hiçbir şey değillerdi, sadece yanlış anlamalar olmasın diye ne demek istediğimi tam anlamam için bunları yazdım. Söylediklerimiz, günlük dilde, ‘beylik sözlerdir’ ve bunlarda neredeyse bilinmeyen birşey yoktur. İşte, yaratıcı düşünce, sadece, bu ‘neredeyse hiçbir şeyi’ matematik diline çevirmektir. Ancak böylelikle matematik sorunlarımızın çözümünü üstlenir ve bize bir şey kalmaz.

Tartışmamızdaki “istenildiği kadar küçüğü” çevirmek çok basittir. Ölçek tanımayan matematikte, küçük, büyük herşey bir olduğundan, sadece güvenlik açısından küçük diye yazıyorum, ama bu da bilinen bir şeydir. “ Δx uzunluğu sonsuz küçük olmalıdır” demek istediğimde, sadece “ $\Delta x > 0$ ” yazmam yeter.

Zor olan, “belirli bir Δx ’e karşılık olan Δf ’yi al” isteğimizi, matematik diline çevirmektir. Bu öyle yazılmalıdır ki, her bir Δx için, ne kadar küçük olursa olsun, otomatik olarak, hep doğru Δf karşılık olmalıdır.

İstemimizin, matematik diline yaratıcı bir düşünceyle çevirisi işte şudur; $\Delta x > 0$ için, $f' = (f(x + \Delta x) - f(x))/\Delta x$. Şimdi Δf , istenilen her Δx ’e, otomatik olarak, hep doğru büyüklükte uyar.

(Bir matematikçi için bu, yeterli kesinlikte bir çeviri olmazdı, $\Delta x \neq 0$ onu rahatsız eder, bunu çok kaba bulurdu. Önce Limes kavramını belirler sonra da sonsuz diziler için yakınsaklık (Konvergenz) ölçütlerini (kriterlerini) yazardı vb. Ama biz ilkeyi (prensibi) anlamak istiyoruz, bizim için çeviri

yeterli.)

Yazık ki, bu düşünce benim değil, Leibniz ile Newton'un. Bu, diferansiyel hesapların temel bağıntısıdır.

Bu bağıntıdaki yaratıcılık, artık matematiği tüm araçlarıyla birlikte önceki sorunumuzun üstüne salabilmemiz: Çok basit fonksiyonların türevlerini biliyorum, örneğin $0,12 \cdot x$, ama karmaşık fonksiyonlarla ne yaparım? Bağıntımız, zor fonksiyonların türevlerini, basit fonksiyonların türevlerine ayırmamıza izin verir.

Örnek: Karmaşık bir f fonksiyonu, daha basit iki g ve h fonksiyonun toplamından oluşuyor. Yani $f = g + h$.

Öyleyse, $f' = (g + h)' = ((g(x + \Delta x) + h(x + \Delta x)) - ((g(x) + h(x))) / \Delta x$. Çünkü x yerinde $g + h$, $g(x) + h(x)$ 'den başka bir şey değildir, ve $x + \Delta x$ yerinde $g + h$ 'da $g(x + \Delta x) + h(x + \Delta x)$ tir.

Birazcık parantez ve kesir hesaplamalarının yerlerini değiştirmek gerekir ve $f' = (g(x + \Delta x) - g(x)) / \Delta x + (h(x + \Delta x) - h(x)) / \Delta x$ ortaya çıkar, ki bu da $g' + h'$ den farklı bir şey değildir. öyleyse $f = g + h$ olduğunda $f' = g' + h'$ dür.

Öyleyse g ve h fonksiyonlarının türevlerini bilirsem, $g + h$ fonksiyonunun türevini de elde ederim. Bu böyle devam ettirilebilir. $f = g \cdot h$ olduğunda, $f' = f' \cdot g' + f' \cdot g$ geçerlidir. Bu şekilde daha bir düzine kural vardır.

Bu kurallarla hemen önceki sorunumuzu çözebiliriz.

$F = 3x^2 - 5x$, $g = 3$, $h = x \cdot x$ ve $k = 5x$ fonksiyonlarına ayrılabilir. $f' = 6x - 5$

Sırası gelmişken: matematikte çoğunlukla “eğim

hesaplamak” denmez, “türev almak” denir.

Fizikte, diferansiyel hesaplamaları çok önemlidir, çünkü birçok fiziksel değişkenler, diferansiyel denklemlerle birbirine bağlıdır. Örneğin x uzaklığı, v hızı ve a ivmesi birbirlerine bağlıdır. v hızı $v = \Delta x / \Delta t$ 'dir ve hız sürekli değişse de, daha genel yazım şeklimizle, doğruluğu korunur: $v = dx/dt$. Aynı şekilde, ivme: $a = dv/dt$.

Öyleyse bir şeyin nasıl hareket ettiği, yani zamanın fonksiyonunu olarak yeri $x(t)$ bilindiğinde, otomatik olarak $x'(t)$ hızı ve $x''(t)$ ivmesi bulunur (x'' : x 'in türevinin türevi anlamına gelir. $f' = df/dx$ gibi, iki kez tekrarlanan türev: $f'' = d^2f/dt^2$ olarak da yazılabilir.)

Bir maddeye etki eden kuvvet, $F = m a$ olduğundan, zamanın fonksiyonu olarak kuvvet de bulunur. Her şey çok düşünmeden ortaya açıkça konur, matematik her şeyi otomatik olarak verir.

Entegral Hesaplaması

Aynı şekilde karşıt sorunla da karşılaşılabilir: Bir f fonksiyonunun, başka bir bilinmeyen F fonksiyonunun türevi olduğu biliniyor. Örneğin, okul yolunun hız fonksiyonunu $v(t)$ biliyorum. Öyleyse farklı zamanlarda hangi hızla gittiğini de bilirim. Ama ben aslında ‘okul yolu fonksiyonunu’ bilmek istiyorum, yani $x(t)$ 'yi.

Bu, entegral hesaplama yardımıyla olur. Entegral alma, basitçe türev almanın tersidir.

Bir fonksiyonun türevini almak, açıkça, eğiminin hesaplanması anlamına gelir. Buna karşılık entegre etmek, daha ileri gidilerek, fonksiyonun altındaki yüzeyi hesaplamaktır.

Entegralde de yine hile sonsuz sayıda küçüklüğün kullanımında yatar. Fonksiyon, bir çok küçücük parçaya ayrılır ve bunlar sonra toplanırlar. Bu çok etkileyicidir, ama böyle bir şeyin temelde nasıl işlediğini zaten diferansiyel bölümünde gördük.

Entegral için matematikteki simge “ $\int$ ” dir. F fonksiyonu, f fonksiyonunun entegraliyse, $\int f = F$ yazılır, bu arada $F' = f$ dir.

Ve aynı şekilde diferansiyel bölümünde olduğu gibi burada da bir dizi hesaplama kuralları verilebilir, bunlar çok karmaşık fonksiyonları çok basit entegre etmeyi sağlar.

Gördüğün gibi, ‘sonsuzluk kavramı’ kullanılarak ne kadar harika şeyler yapılabiliyor. Bazen bana matematik, ‘sonsuzluk kavramı’ nı kullandığı her yerde hep yaratıcı düşünceler üretiyormuş gibi geliyor. Buna karşılık fizik, yaratıcı sonuçlarını, düşünce dünyamızın dışında sonsuzluğun hiç olmadığını, hesaba kattığında alır.