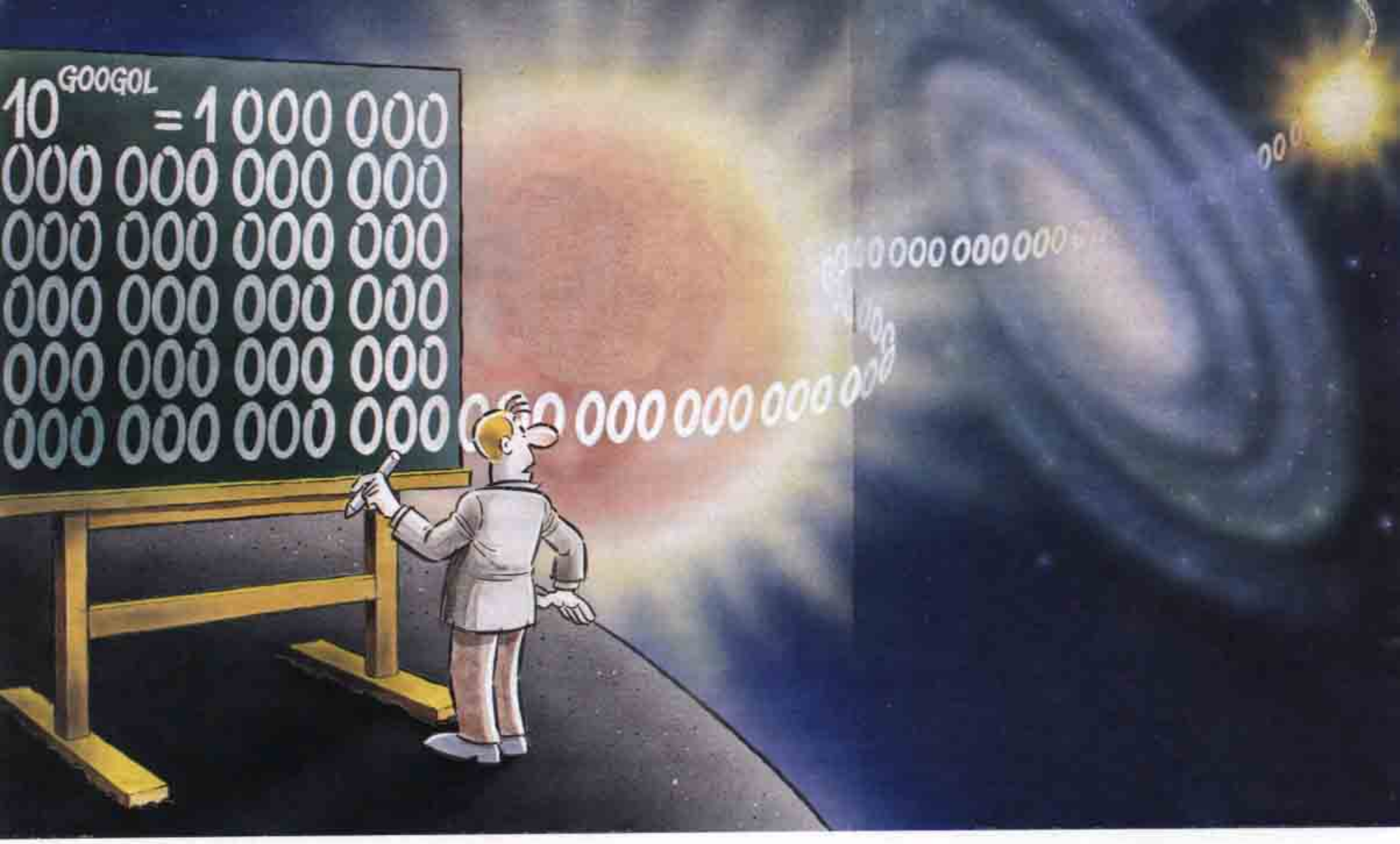


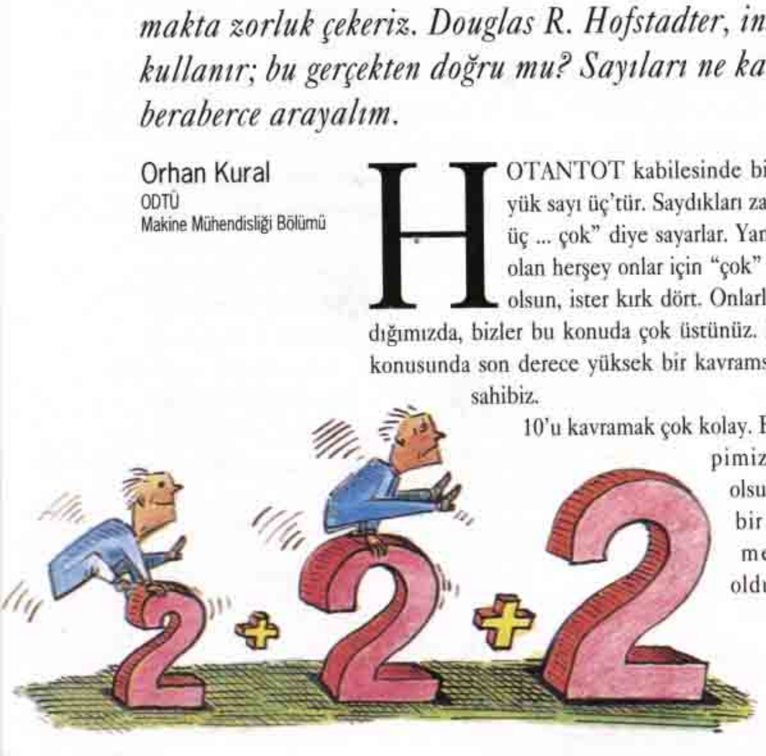
Saygıdeğer Sayılar

Bir astrofizikçi verdiği konferansı şu sözlerle noktalamış: "... dolayısıyla, güneşimiz beş milyar yıl sonra genişleyerek bir kırmızı dev olacak ve yeryüzünde hiçbir hayat izi bırakmayacaktır." Arkadan çok telaşlı bir ses atılmış: "Ne zaman? Ne zaman?", "Beş milyar yıl sonra.", "Aman ferahladım, 'beş milyon' diyorsunuz sandım da çok korktum." Bu fıkraya gülmemek elde değil, soruyu soran, "milyar"ın "milyon" dan büyük olduğunu biliyor da, bu konuda, sayının milyon ya da milyar olmasının ne kendi açısından ne de 7000 göbek torunları açısından hiçbirşey ifade etmeyeceğini kavrayamamış. Bu, tabii ki bir fıkra. İnsanların çoğu 5 milyon yılın çok uzun bir süre olduğunu bilirler, bilmeseler fıkra olmazdı. Buna rağmen, çoğumuz, sayılar büyüdüğü zaman onları anlamakta zorluk çekeriz. Douglas R. Hofstadter, insanlar için "innumerate" yani "sayı cahili" tabirini kullanır; bu gerçekten doğru mu? Sayıları ne kadar algılayabiliyoruz? Gelin bu sorunun cevabını beraberce arayalım.

Orhan Kural
ODTÜ
Makine Mühendisliği Bölümü

HOTANTOT kabilesinde bilinen en büyük sayı üç'tür. Saydıkları zaman "bir, iki, üç ... çok" diye sayarlar. Yani üç'ten fazla olan herşey onlar için "çok" tur; ister dört olsun, ister kırk dört. Onlarla karşılaştırıldığımızda, bizler bu konuda çok üstünüz. Bizler, sayılar konusunda son derece yüksek bir kavramsal algılamaya sahibiz.

10'u kavramak çok kolay. Bir bakışta hepimiz, ister insan olsun, ister marul, bir kümenin 10 mertebesinde olduğunu algılarız. Burada hemen "mertebe" sözünden ne anlaşıldığını söyleyelim: "verilen sayının 1/3'inden fazla, 3 mislinden az" anlamına gelir, ancak sayılar çok büyüdükçe bu alt ve üst sınırları da genişler. Dolayısıyla hepimiz bir bakışta "3'den fazla ama 30'dan az, 10 mertebesinde" diyebiliriz. Bir şey daha: "~" işaretini de "mertebe" anlamında kullanacağım, yani ~10 olarak yazacağım. Şimdi devam edelim. ~100 de kolay, küçük sinema salonları ~100 kişi alır. 1000'i hissetmek kolay, bir metrelik bir uzunluk düşünün, üzerindeki milimetre sayısı kadar. 15-20 dakika beklediğinizde yaklaşık 1000 saniye beklemiş olursunuz. 10 000'e gelince, işler biraz daha zorlaşır, elinizdeki dergide ~10 000 kelime var, bunu bir bakışta söyleyebilir miydiniz? Peki ya 100 000? Büyük bir stadyumda seyirci



1 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 0

sayısı ~100 000'dir. Rio de Janeiro'daki 200 000 kişilik Maracana stadı rekoru şimdilik elinde tutuyor. 1 000 000'a gelince bu sayıyı algılamakta iyiden iyiye zorlanıyoruz. 1 kilometrelik bir uzunluğu düşünün, onun üzerindeki milimetre sayısı kadardır. Bir milyona kadar saymaya kalkarsak, saniyede bir sayı sayarak günde 8 saatlik çalışma ile bir yılda 10 milyona erişiriz. Dolayısıyla, aşağı yukarı 1 ay süre ile saymamız gerekir (bir yılda yaklaşık olarak 30 milyon saniye vardır). 30 gün (daha dikkatli bir hesapla 35 gün) boyunca günde 8 saat sayı saymayı göze alabiliyor musunuz? Bu sayının büyüklüğü sizi rahatsız ettiyse, algılamakta zorlanıyorsanız, bir de 1 000 000 000'a bakalım. Bu sayıyı algılamak için bulabildiğim tek çare şu: İstanbul - Ankara - Adana karayolunu gözünüzün önüne getirin, ortasından geçen beyaz bir şerit düşünün, şimdi de bu şeritin üzerine birer milimetre ara ile çizgiler çizin. İstanbul'dan Adana'ya kadar. Sonunda yaklaşık olarak bir milyar çizgi çizmiş olursunuz, bir kaç on milyon eksik gelebilir ama sizi daha fazla yormayalım. Ne kadar zamanınızı mı alır? Yine günde 8 saat ve saniyede bir çizgi hesabıyla, şöyle böyle 100 yıl. O kadar vaktimiz yok mu? Tüh!

Sizi bilmem ama ben bu sayılara geldiğimde artık fiziksel olarak algılama yeteneğimi kaybediyorum, yani göremez oluyorum. Sayıları yazmak bile dert olmaya başlıyor. Sıfırları saya saya yazmak yoruyor, oysa daha işin başındayız, yakında sıfırlar satırlara sığmayacak. İyisi mi biz sayıları ifade ediş tarzımızı değiştirelim; kullandığımız sıfırlar n kadar ise sayıyı 10^n olarak yazalım. Yani $100 = 10^2$, $1\,000\,000 = 10^6$ gibi. Doğal olarak, $10 = 10^1$ ve $1 = 10^0$ olur. İki tane üs'lü sayı çarpılırken üs'ler toplanır, bölünürken çıkartılır, $10^3.10^2 = 10^5$, $10^3 \div 10^2 = 10^1 = 10$ gibi. Bundan da hemen anlaşılacağı gibi, eksi (negatif) değerli üs'ler "bir bölü"yü ifade ediyor, yani, $10^2 \div 10^5 = 10^{-3} = 1/1000$ gibi. Büyük ve küçük sayıları yazmada kolaylık getiren bir yöntem de belirli öntakıları kullanmaktır. kilo- = k- = 10^3'ü herkes bilir, "kilogram" demek "10^3 gram" demek ve "kg" olarak yazılır, ya da "kilometre" = "km". Bunun gibi, büyütme öntakıları: mega- = M- = 10^6, giga- = G- = 10^9 ... diye gider, exa- = E- = 10^{18}'de biter. Aynı şekilde, küçültme öntakıları: mili- = m- = 10^{-3}, mikro- = m- = 10^{-6}... diye gider, atto- = a- = 10^{-18}'de biter. Pratik hayatta karşılaştığımız çoğu sayıyı bu kısaltmalarla ifade edebiliriz.

İncelediğimiz son sayılara (10^6 ve 10^9) gelince, hepinizin "canım, milyon ile milyar'ı bu kadar abartacak ne var, en düşük maaşlar bile milyon lira'larla ölçülüyor" dediğinizi duyar gibi oldum. Doğru söylüyorsunuz. Ancak son zamanlarda "bir liralık" bir fiyat gördünüz mü? Bugün (1995) kullanılan en küçük birim 1000 lira kadar, dolayısıyla" 1 000 000 lira" demek "1 000 adet bu en küçük birimden" demek. (Benim yaşımda olanlar, değil "lira", "kuruş" ve hatta "para"nın kullanıldığı zamanı hatırlarlar... ama neyse!). Bu garip duruma çözüm olarak bazıları üç (veya dört) sıfır atarak "yeni lira" basmayı öneriyor; hiç gerek yok, şimdiki 1000 liralara "bir kilolira" (1 kTL) diyelim, işler normale döner: "100 kTL'ya bir yemek yedim" gibi makul sayılar çıkar. "Yeni lira ile ne farkı var?" diyorsunuz değil mi? Bakın, ilerisini de düşünmek gerek. Son 25 yılda fiyatlar yaklaşık 10 000 misli arttı; bu, yılda ortalama %45 enflasyon demektir ki bugünün değerinden az. Ama olsun, biz yine bu değeri alalım. O zaman, yaklaşık olarak her 20 yılda fiyatlar 1000 misli artacak demektir. Bu durumda, 20 yıl sonra yine üç sıfır atılırsa paraya "yeni yeni lira" mı denilecek yoksa "pek yeni lira" mı? Halbuki ben sadece "megalira" (MTL) diyeceğim. 40 yıl sonra "yeni yeni yeni lira" yerine "gigalira" (GTL) ... vb. Tabii bu hesapça 100 yıl sonra "exalira" kullanacağız ama 120 yıl sonra bu sistem de tükeniyor. Aman canım, 120 yıl sonra kim öle kim kala!

Sayıları üstel olarak ifade etmeyi Arşimet düşünmüştür. "Kum Sayma" diye bilinen bir yazısında o gün için tahmin edilen en büyük boyuttaki evrenin kumla doldurulduğunu varsayıp kaç kum tanesi gerektiğini hesaplamıştır. O dönem kullanılan sayı sistemleri ile asla başarılamayacak olan bu hesabı Arşimet, bizim bugün kullandığımız üstel sisteme benzer, daha bile ileri bir sistem sayesinde yapabilmiştir. Aynı tür bir hesabı biz de yapalım. Bir kilometre uzunluğunda, 100 metre genişliğinde ve 10 metre derinliğinde bir kumsal düşünelim, bunun hacmi 10^3 m x 10^2 m x 10 m = 10^6 m^3 olur. Diğer taraftan kum tanesinin hacmini tahmin edelim; bu belki zor, ama mertebe olarak bir milimetre küp'e 10 kum tanesi düştüğünü tahmin edersek herhalde çok yanlış olmaz. Bir metre küp'te 10^3 mm x 10^3 mm x 10^3 mm = 10^9 mm^3 olduğuna göre, bir metre küp'te ~10^{10} yani 10 milyar kum tanesi var. Bu sayı aynı zamanda bizim de üyesi olduğumuz Samanyolu galaksisindeki yaklaşık yıldız sayısının onda biridir. Başka bir deyişle, 10 metre küp kumu döktüğünüzü düşünün, her bir kum tanesi galaksimizdeki bir yıldızı temsil eder, bunlardan biri ise bizim güneşimizi! Neyse, hesaba geri dönersek, bizim hayali kumsalda ~10^{10} x 10^6 = 10^{16} kum tanesi var demektir. Sizce bu sayı evrendeki yıldızlardan az mı, fazla mı, aşağı yukarı aynı mı? 10^{16} sayısı bir tahmin çünkü kum tanelerinin büyüklüğünü tahmin etmek zorunda kaldık ama yine de gerçekte bir milimetre küp'te 1 ile 100 arasında kum tanesi olması beklenir, dolayısıyla örnek kumsalda 10^{15} ile 10^{17} arasında kum tanesi olması kuvvetle olası. Nasreddin Hoca'nın dediği gibi: "inanmazsan say"!

Oldu olacak biz de, Arşimet gibi evreni değil ama dünyayı kumla dolduralım. Dünyanın yarıçapı yaklaşık 6370 km olduğuna göre hacmi;

$\frac{4\pi}{3}\left(6.37 \times 10^6 \mathrm{m}\right)^3$ olur, yani yaklaşık olarak 10^{21} m^3. Dolayısıyla kum tanesi sayısı ~10^{21} m^3 x 10^{10} tane/m^3 = 10^{31} tane olur; yani 1'in yanında 31 sıfır. İşte bu, anlaşılması olanaksız bir sayı! Başka böyle saygıdeğer sayılar var mı? Çok! Örneğin Güneşimizin kütlesi yaklaşık 2 x 10^{30} kg, Dünyamızınki ise ancak yaklaşık 6 x 10^{24} kg'cık kadar. Sayılar bu büyüklüğe ulaştığı zaman, artık hepimiz bu cesamet karşısında sersemleşiyoruz, sayının neyi ifade ettiğini günlük deneyimlerimizden çıkarma olanağını tamamen yitiriyoruz. Bu sayıların "ne kadar" olduğunu hiç kimse hissedemez, algılayamaz, ancak onlarla hesap yapabilir.

Neyse, galiba acele ettik, uçuşa erken geçtik. Şimdi tekrar daha anlaşılabilir sayılara dönelim.

Orta boy bir kitapta kaç kelime vardır? Hayır, hayır, saymayın, sadece tahmin edin. Bir sayfada kaç kelime vardır sizce? Herhalde 100 ile 1000 arası birşey, biz 300 diyelim. Eh, orta boy bir kitap için de 500 sayfa alırsak, 150 000 kelime

eder, biz ~10^5 diyelim buna. Peki bu kaç harf eder? Türkçede "şu", "bu", "o" gibi kelimeler olduğu gibi "anlaşılabilememişlerden misinizdir" türünde brontozorlar da var! Sanırım ortalama olarak kelime başına 6-7 harf dersek mertebede hata yapmayız. Sonuç: ~10^6 harf. Kitabın yazıldığı dil değişirse toplam kelime sayısı değişebilir ama toplam harf sayısı aynı kalır.

Doğduğunuzdan bu yana kaç gün yaşadınız? Üç yılda yaklaşık olarak 10^3 gün vardır, dolayısıyla 15 yaşındaysanız 5 000 gün, 60 yaşındaysanız 20 000 gün yaşamışsınız (daha doğru bir hesap için %10 ekleyebilirsiniz). Bu duruma göre, 40 000'inci gününü görebilenlerin sayısı oldukça az olsa gerek.

Bugüne kadar kaç soluk aldınız? İnsan dakikada kaç soluk alır? Herhalde 3-4'den fazla ama 20-30'dan az, hadi ~10 diyelim. Demek saatte ~600 soluk ve günde ~15 x 10^3 soluk alıyoruz. Bu da örneğin 30 yaşında biri için toplam 15 x 10^3 x 10^4 = 150 x 10^6 eder, yani bu kişi yüz milyon mertebesinde soluk almıştır. Demek ki 90 yaşına kadar yaşarsanız ancak yarım milyar kadar soluk almış olacaksınız. Gördüğünüz gibi, milyar, kolay yenilen yutulan bir sayı değil. Milyarın çok üstüne çıkmak için başka boyutlara gitmek gerek, örneğin hücre boyutuna.

Vücudunuzda kaç hücre var? Bunu tahmin edebilmek için hücrelerin boyutları hakkında birşeyler bilmek gerek. Orta boy bir hücre ~10 μm = 10^{-5} m boyundadır; dolayısıyla hacmi ~ 10^{-15} m^3 dür. İnsan vücudunun yoğunluğu suyunkine yakın, yani 10^3 kg/m^3 kadardır, bu da 70 kg'lık bir insanın 70 x 10^{-3} m^3 kadar bir hacmi olduğunu verir. O halde hücre sayısı 70 x 10^{-3} m^3 ÷ 10^{-15} m^3/hücre = 70 x 10^{12} hücre olur, yani ~ 10^{14} (yüz trilyon).

Yine astronomik sayılara geldik. Burada iki nokta tekrar vurgulanmalı:

1. Sayılar bu kadar büyüdüğünde artık sayıların kendilerini anlamaktan vaz geçip "sıfır sayısını" algılama yönüne gidiyoruz ve bunları kullanarak onları sıraya diziyoruz.

2. Dikkat ederseniz, burada yapılan yalnızca mertebe bulma. Ayrıntılı hesap anlamsız ve nadiren gerekli, gerekli olsa da çoğu zaman olanaksız. Elinize bir kitap alıp kelimeleri tek tek saysanız ve sonunda 203 516 adet olduğunu bulsanız bile bunu söylediğiniz zaman insanlar size hayranlıkla değil, acıyarak bakarlar. "Yüzbinler mertebesinde" demek yeter de artar. Ya hücre sayısı? Harcadığınız zamana acımıyorsanız bir kitabın kelimelerini sayabilirsiniz ama bir vücuttaki hücreleri saymak ne fiziksel olarak mümkün ne de zaman açısından. Böyle bir girişime sizin zamanınız yetmeyeceği gibi ahfadınızınki de yetmez.

Her neyse, madem "astronomik" sayılara geldik, gerçek astronomik sayılarla devam edelim. Evrenin bilinen yarıçapının 10^{26} m'den biraz fazla olduğu kabul edilir. Anlam taşıyan en küçük uzunluk (proton çapı) ise

Arşimet ve "Kum Sayma"

Arşimet (M.Ö. 287-212), yalnızca döneminin en büyük matematikçisi (ve fizikçisi ve mühendisi) olmakla kalmaz, aynı zamanda bugünün pek çok matematikçisi tarafından, yaşamış olan en büyük üç matematikçiden biri olarak kabul edilir (diğer ikisi: Newton ve Gauss). Soylu bir aileden gelir; babası Fidias gökbilimci, bir akrabası da Sirakuza (Sicilya'da) kralı 2. Hiyero idi - bu akrabalık ona tuzluya patladı. Matematik eğitimini zamanının en büyük bilgi merkezi olan İskenderiye'de, büyük bir olasılıkla Öklid'in kendisi ile yaptı. Matematiğe katkıları pek çoktur: İntegral hesabın babası olduğu kabul edilir, pi sayısını hesaplamak için öne sürdüğü yöntem yüzyıllarca en güçlü yöntem olarak kaldı. Çağdaşı olan Yunanlı matematikçilerin aksine, pratik buluşları küçümsemedi. Mısır'dayken icat ettiği ve "Arşimet vidası" diye anılan su pompası bugün bile kullanımdadır. Lövye prensibi ("Bana durabileceğim bir yer verin, size dünyayı kaldırayım"), suyun kaldırma prensibi ("Evreka!") en çok bilinen fizik keşifleridir. Sirakuza'nın Romalı general Marselus tarafından kuşatılmasında, akrabasının hatırı için ona yardım eder ve icatlarıyla Romalıların şehire girmesini engeller. Rivayete göre iç bükey aynalarla gemileri yakar, palanga ve lövye sistemleri kullanarak gemileri kaldırarak onları devirir, çok gülleli mancınıklarla orduları dağıtır, benzer birçok şey yapar. Roma askerlerinin kalenin surlarında garip bir şey gördükleri zaman "kaçın geliyor!" diye yüzgeri etmeye başladıkları söylenir. Sonunda Marselus hile ile askerlerini şehire soktuğu zaman Romalı askerlerden biri Arşimet'i kum üzerine çizdiği geometrik şekillerle uğraşırken bulur, ona kendisiyle gelmesini söyler. Dalgın olan Arşimet ona "Dairemi bozma" der, bunun üzerine asker onu öldürür. Herhalde ne bu isimsiz asker ne de 2000 yıl sonra Galois'yı öldüren adam, yaptıklarının bilincine varabilirler.

"Kum Sayma" adıyla anılan yazısına, Arşimet şöyle başlar:

"Bazıları, kral Gelon, kum tanelerinin sonsuz sayıda olduğunu düşünürler; bundan yalnızca Sirakuza'nın çevresinde ve Sicilya'nın diğer yerlerindeki kumu kastetmiyorum, yerleşilmiş ve yerleşilmemiş olan her yerdeki mevcut kumu kastediyorum. Yine bazıları, sonsuz demeseler de bu miktara ad olabilecek hiç bir sayının olmadığını düşünürler. "..." Buna rağmen, size, izleyebileceğiniz geometrik ispatlarla göstermeye çalışacağım ki tarafımdan adlandırılmış ve Zeuksipus'a göndermiş olduğum çalışmada verilmiş olan sayıların bazıları, yalnızca dünyayı değil bütün evreni dolduracak kadar kum tanelerinin sayısını geçmektedir."

Bunun üzerine, önce evrenin büyüklüğünü hesaplar. Bunu yaparken Aristarkos'un güneş merkezli teorisini kullanır ve bazı orantılar sonucu evrenin çapının 10^{14} stadia'dan az olacağını kabul eder (1 stadyum'un tam olarak ne kadar olduğu bilinmese de yaklaşık olarak 200 metre olduğu kabul edilir).

Arkasından önerdiği sayma sistemini anlatır. Yunanlılarca o gün kullanılan en büyük sayı 1 miriad (= 10 000) idi. Temel sayı olarak 1 miriad x 1 miriad = 10^8 alır. Biz, kolaylık olsun diye bu sayıya, yani 10^8'e, "N" diyelim. Bundan sonrası şöyle gidiyor:

1'den N'ye kadar olan sayılara "birinci mertebe" sayıları adını veriyor.

N'yi birim alarak N'den N^2'ye kadar olan sayılara "ikinci mertebe" sayıları adını veriyor.

Bu mantıkla mertebeleri artırarak "N'inci mertebe"ye ulaşıyor (son sayısı: $N^N = 10^{800\,000\,000}$). Burada duruyor mu? Hayır. N^N = P alarak devam ediyor:

1 ile P arası sayılara "birinici dönem (period)" sayıları diyor.

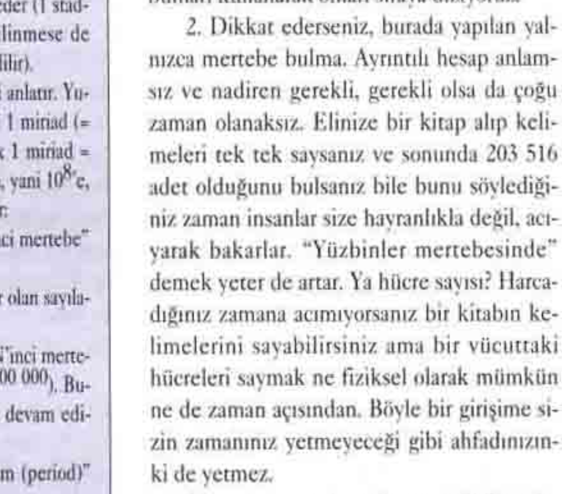
P ile NP arası sayılara "ikinci dönemin birinci mertebesi" adını veriyor.

NP ile N^2P arası "ikinci dönemin ikinci mertebesi" oluyor.

Böylece $N^NP = P^2$'ye geliyor. Bu sefer P^2'yi birim alarak aynı mantığı izliyor, ta ki P^N'e gelinceye kadar, orada-çok şükür-duruyor. $P^N = 10^8 x 10^{16}$ oluyor, yani 1 ve 8 x 10^{16} sıfır!

Bundan sonrası çocuk oyuncağı. 1 afyon tohumunun en fazla 10^4 kum tanesi alacağını söylüyor (buna "kum" değil, "toz" demek gerek). Oradan 1 parmak enindeki küreye, oradan 1 stadyum çapındaki küreye, oradan da küre çapını yüzer yüzer artırarak evrenin çapına ulaşıyor ve sonunda evrene:

"En fazla sekizinci mertebe sayılardan 10 000 000 birim kum tanesi sığabilir" sonucuna varıyor. Üşenmezseniz, bunun 10^{63} olduğunu hesaplayabilirsiniz.



10^{-16} m'den biraz fazladır. Şu halde en büyük uzunluğun en küçük uzunluğa oranı $\sim 10^{42}$ dir. Kullandığımız sistem sayesinde ne kadar kolay yazdık değil mi? Üstel sayılar kullanmasak 42 tane sıfır dizmemiz gerekir, okuyan da o sıfırları tek tek saymak zorunda kalır. Buna rağmen, ondalık sayı sistemi gibi konum değerli sistemlerde bunu ifade etmek yine de kolay, siz bu sayıyı bir de romen sayıları ile yazmayı deneyin.

Aslında bu sayı umulmadık bir yerde daha karşımıza çıkıyor. İki elektron birbirini elektriksel bir kuvvet ile iter, kütle çekimi kuvveti ile de çeker. Bu elektrik kuvvetinin kütle kuvvetine oranı yaklaşık olarak 4×10^{42} dir. Buradan elektrik kuvvetinin ne kadar büyük olduğunu hissedebilirsiniz. Ne kadar mı? Şayet siz ve bir arkadaşınız birbirinize bir metre mesafede durursanız ve her ikinizin vücudundan toplam elektronların yüzde bir'i alınacak olursa birbirinizi iteceğiniz kuvveti tahmin edebilir misiniz? Söyleyeyim: $\sim 10^{25}$ newton yani aşağı yukarı dünyamızın "ağırlığı" kadar bir kuvvet.

Bu görünürde bağımsız iki sayının bu kadar yakın olması, bazı astrofizikçileri arada gizli bir ilişki aramaya itmiştir.

Evrenin toplam kütlesi $\sim 10^{53}$ kg'dır. Aslında bu kütlenin tam olarak saptanması bugünün en önemli kozmolojik problemlerinden birini çözecektir ama ne yazık ki verdiğim sayı ancak kaba bir tahmindir. Neyse, bu sayının büyüklüğünü biraz olsun kavrayabilmek için şu hesabı yapalım: Güneş yaklaşık 2×10^{30} kg olduğuna ve Samanyolu galaksimizde $\sim 10^{11}$ yıldız olduğuna göre, tüm galaksimizin kütlesi $\sim 10^{41}$ kg olur. Dolayısıyla evrende $\sim 10^{12}$ kadar galaksi olması beklenir. Samanyolu, ortalamaya göre büyük bir galaksi olduğuna göre sayının daha büyük olması beklenir ama uzaydaki kütlenin tamamı galaksilerde değildir. Sonuç olarak galaksi sayısını $\sim 10^{11}$ olarak saptamak çok yanlış olmaz.

Bu kadar büyük sayılara ulaşmak için evrenin büyüklüğünü kullanmak gereksiz. Bizim hergün temas ettiğimiz maddeler çoğunlukla boşluktur. Bu maddeleri oluşturan atomların boyu $\sim 10^{-10}$ m olmakla birlikte, kütlenin yoğun olarak bulunduğu yer $\sim 10^{-15}$ m büyüklüğündeki çekirdekleridir. Bir atomu bu açıdan göz önüne getirmek için şöyle düşünün: Çocukların oynadığı cinsten bir misketi büyük bir stadyumun santra noktasına koyalım; bu, çekirdeği temsil ediyor. Stadyumun dışına kadar geriye kalan boşluğu ise kütlesi açısından "hava-civa" sayılan elektronlar doldurur. Nötron ve protonların boyları $\sim 10^{-15}$ m (biraz daha az ama yine de bu mertebe) ve kütleleri kabaca 2×10^{-27} kg'dır. Dolayısıyla bir adet çekirdek tuğlası $\sim 10^{-45}$ m^3 hacmindedir. Bu malzemenin bir yüksük dolusu (yaklaşık 1 cm^3) bu hesapça $\sim 10^{39}$ adet içerir ve kütlesi ise $\sim 10^{12}$ kg olur ... yani bir milyar ton! İnşa edilmiş olan en büyük tanker bile ancak 800 000 tonluk idi. Yani kabaca bu tankerlerden 1000 kadarının kütlesi. Bilenleriniz bilir, yüksükte bir mini nötron yıldızı yaratmış oluyoruz (elektronları da aynı hacme sıkıştırırsanız elektrik yükü probleminden kurtulmuş olursunuz).

Hazır buraya kadar gelmişken Arşimet'cilik oyunumuzu tamamlayalım ve bildiğimiz evreni bu çekirdek malzemesiyle dolduralım (kara delik yaratma durumuna göz yumuyoruz.)Evrenin hacmi

$\frac{4\pi}{3}(10^{26} m)^3 \cong 4 \times 10^{78}$ m^3 olur ama aslında yarıçap 10^{26} m'den biraz büyüktür, küpünü alınca bu fark daha da etkili olur, gelin biz yuvarlak hesap evrenin hacmine $\sim 10^{80}$ m^3 diyelim; bu ise 10^{86} yüksük hacmi demektir. Bu durumda, $10^{39} \times 10^{86} = 10^{125}$ parçacıktan söz ediyoruz, ... hadi 10 misli de benden, bilemediniz 10^{126} parçacık eder. Bu sayının bu kadar kolay yazıldığına bakmayın, bu yalnızca saygıdeğer bir sayı değil, çok saygıdeğer bir sayı. Ne ifade ettiğini kavramak her türlü yeteneğimizin çok ötesinde.

Peki, bu çok saygıdeğer sayıların hiç olmazsa birine bir isim vermek iyi olmaz mıydı? O da yapılmış. Edward Kasner adında bir matematikçi, yağmurlu bir New York gününde ziyaret ettiği bir anaokulu sınıfından yağmur süresince şehire kaç damla düştüğünü tahmin etmelerini istemiş. İlk aldığı cevap, Hotantot'ları aratmamış: "çok". Sonradan 100 olabileceği söylenmiş (çocukların bildikleri en büyük sayı). Sonraları daha çok -fakat sonlu- olması gerektiği anlaşılmış, gökteki (görünen) yıldızlardan bile fazla olduğu, olsa olsa kumsaldaki kum kadar olabileceği tahmin edilmiş. Bütün bunlar tartışılırken, çocuklar sayıları on'un üsleri cinsinden ifade etmeyi öğrenmişler. Çocuklardan biri, aklına gelen en büyük sayı konusunda 10^{100}'e terfi ettiğini anlamış, bunun üzerine bu çok saygıdeğer sayıya bir isim aranmış ve sonunda "gogol" (gugul) denmesinin uygun düşeceğine karar verilmiş. Evet, belki siz daha iyi bir isim bulabilirdiniz ama bu kadar şirin olur muydu? Zaten, günlük yaşantınızda bu sayıya pek gereksinmeniz olacağını da sanmam. Hemen şunu da söylemeden edemeyeceğim: Evrene sıkıştırabildiğimiz parçacık sayısı yüzmilyon exagoogol kadardır. Saçmalıyor muyum? Haklısınız.

Eh, bu durumda fiziksel anlam taşıyan büyük sayılar konusunda artık terminale girdik herhalde, değil mi? Hayır, daha büyük sayılara bir örnek verirsem, bu işin daha ancak başında olduğumuzu görürüz.

1 ile 1000 (dahil) arası sayıları kaç türlü dizebiliriz? Örneğin: 1, 2, 3 ... 1000 ya da 1000, 999, ... 2, 1 ya da 115, 602, 33 ... olabilir, bu değişik diziliş çeşitlerinden (farklı) kaç tane var? Yaklaşık olarak 10^{2568} kadar. Bu sayı bana ne mi ifade ediyor? Hiç! Bana göre bu gibi sayılar sadece "çok". Evet isim verebiliyorum ama bir şeye ad vermek onu anlamak değildir. Bu konuda Hotantot'lar galiba bizden daha dürüst -anlamadıkları miktarlara isim vermemişler.

Bu son bulduğumuz sayıyı ifade etmek için googol da pek yeterli değil artık. Bunu ifade edebilmek için yeni bir sayıya, pek çok saygıdeğer bir sayıya ihtiyaç var, buyrun: 10googol = 1 googolplex (gugulpleks). Yani 1 ve 10^{100} sıfır. Bu sıfırları dizmeye kalkarsanız evrenin çapı bile az gelir -hemde çok az. Arşimet, büyük sayıları ifade etmek için önerdiği sistemde yaklaşık 10^{17} basamakta durmuş. Arşimet gibi olağanüstü bir dahi istese devam edip googolplex'in de üzerine çıkardı ama tabii böyle bir saçmalık yapmayacak kadar akıllı idi!...