

# Savoir sans Frontieres

## BIG BANG

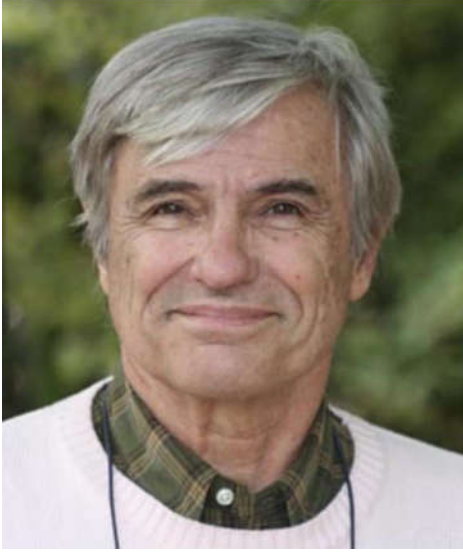


**JEAN-PIERRE PETIT**

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>

# Sınır Tanımayan Bilgi

2005 yılında kurulan ve iki Fransız bilim adamı tarafından yönetilen kar amacı gütmeyen dernek.  
Amaç: Ücretsiz indirilebilir PDF'ler aracılığıyla çizilen bandı kullanarak bilimsel bilgiyi yaymak.  
2020 yılında: 40 dilde 565 çeviri yapılmıştır.  
500.000'den fazla indirme ile.



Jean-Pierre Petit

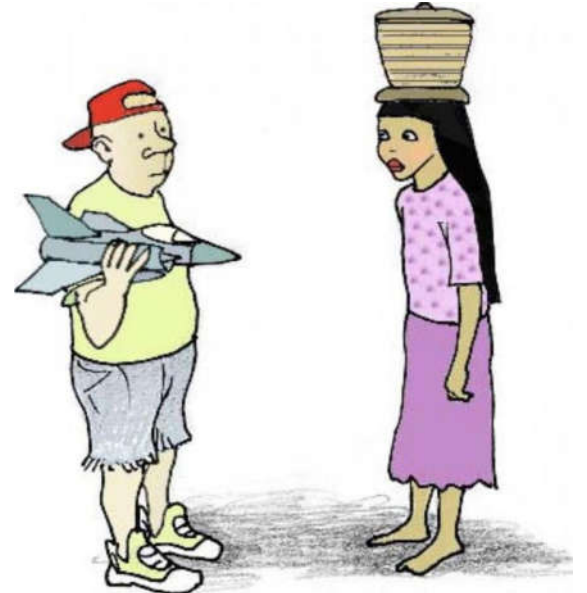


Gilles d'Agostini

Dernek tamamen gönüllülük esasına dayanmaktadır.  
Para tamamen çevirmenlere bağışlandı.

Bağış yapmak için ana sayfadaki PayPal düğmesini kullanın:

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>



# GİRİŞ

Bilirsin, Sophie, çoğu zaman herşeyin nereden geldiğini merak ediyorum. Evrenin nasıl oluştuğunu...

Herşey aynen şu an olduğu gibi miydi acaba her zaman? Dünya, gökyüzü?

Gökyüzü her zaman mavi miydi?

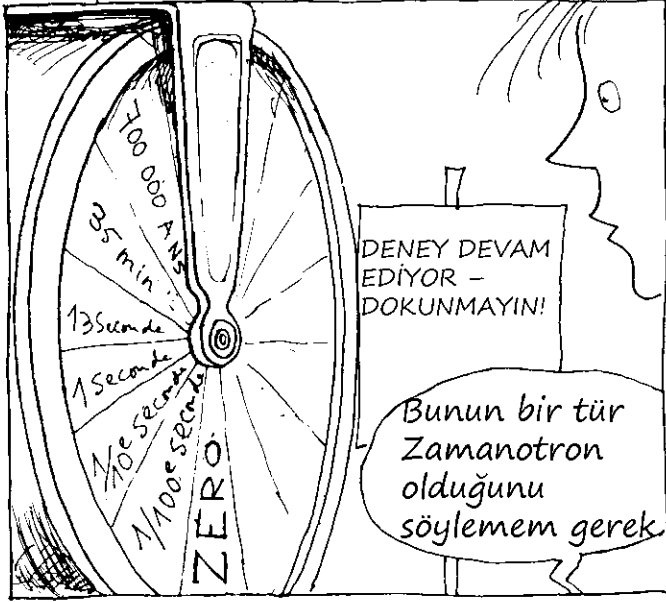
Ve yıldızlar hep geceleri karanlık gökyüzünde parlar mıydı?

Başlangıçta, Evrenimiz çok küçük ve çok sıcaktı, yoğunlaşmış bir cehennem gibiydi.

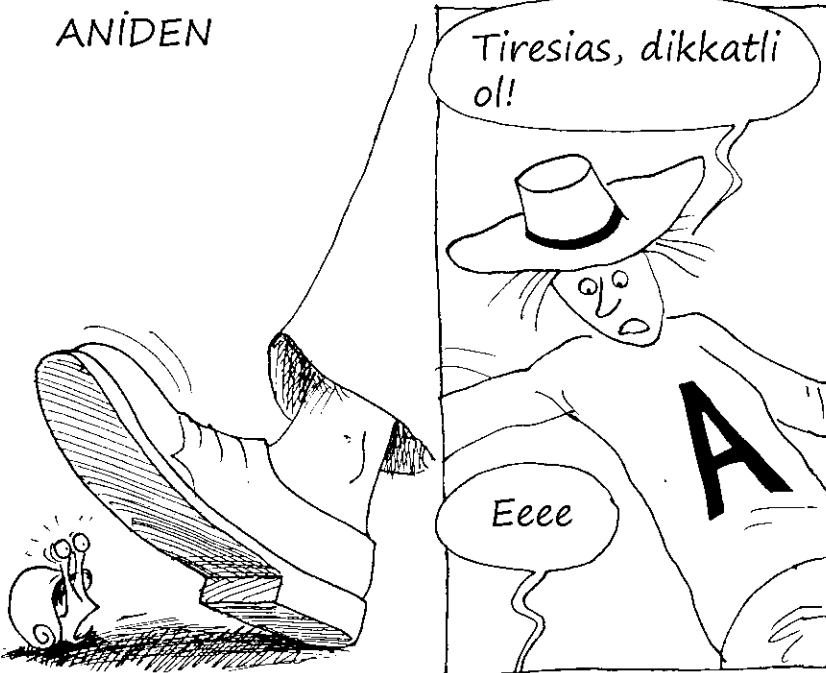
Ve herşey patladı mı?

Evet. Fakat bu çok uzun bir hikaye, onu anlatmak için çok ama çok önceki zamanlardan başlamam lazım.

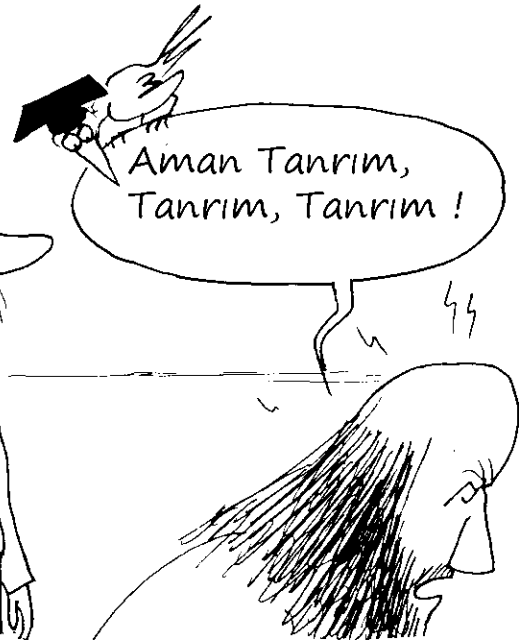
Hey! Bakın ne buldum!

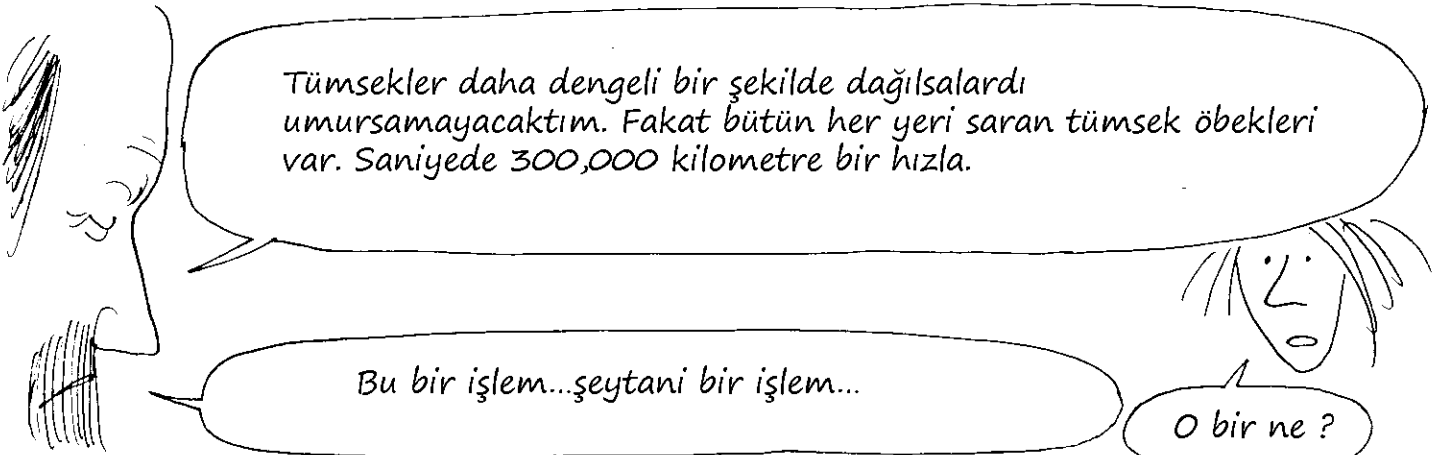


ANİDEN



# BAŞLANGIÇ





Eğer o bir evren ise, içinde bu kadar fazla şey yoktur.

Fakat var !  
Onun bileşenleri  
işte böyle hareket  
eden dalgalar.

Bu özel Evrenin sadece iki boyutu var, yani bu bir yüzey. Yüzeydeki tümsekler, parçacıklara, kütlelere ve radyasyona tekabül etmekte. Eğer bu iki-boyutlu dünyada yaşıyor olsaydınız, aynen böyle görünecektiniz.

Hoş değil, ciddi hoş değil...

Bizim asıl üç-boyutlu evrenimizde,  
parçacıklar aynı zamanda eğriliğin  
yerel çeşitleridir.

Önceden daha  
iyiydi.

Neyden önce ?

Bu kahrolası şey için... hareket eden  
foton dalgalarını yardıma  
çağıracağım.

Aman Tanrım, Tanrım, Tanrım !  
Daha fazla şeyler var !

Daha fazla ?

Evet – Şuna bak ! Hepsi  
yerin üzerinde !

Bu sadece öylece bir araya gelmiş bir küme  
değil; Bu dönüyor. Tanrım bize yardım et!

Nevresimler üzerinde zaman zaman  
oluşan bükümlere benziyorlar. Ya da  
sudaki girdaplara. Çılgın girdaplar.

Komik – bazıları bu yöne, bazıları ise  
diğer yöne dönüyor.

Ve aynen fotonlar gibi, onlar da 300,000 km/sn  
hızla hareket ediyorlar.

Bu girdaplardan bu yöne dönenleri, Nötrino  
diye isimlendireceğim :

Ve diğer yöne dönenlere de  
Antinötrino diyeceğim.



Jöle gibi sallanıyor. Halinin hiçbir yerinde tek bir düz nokta yok. Tümseklerin hepsi, hemen yanındaki bir diğeri ile sıkıştırılmış (\*).

Bu evren, çok ama çok dengesiz. Tam bir başarısızlık !

Bunun herhangi bir yerinde bir parça düzen olsaydı. Fakat bu gerçekten karman çorman...herşey rasgele hareket ediyor.

Ve şans oyunlarından nefret ederim !

Şans, ahbap, tek kelimeyle şeytani bir şey!

Bunu daha önce de demiştin...

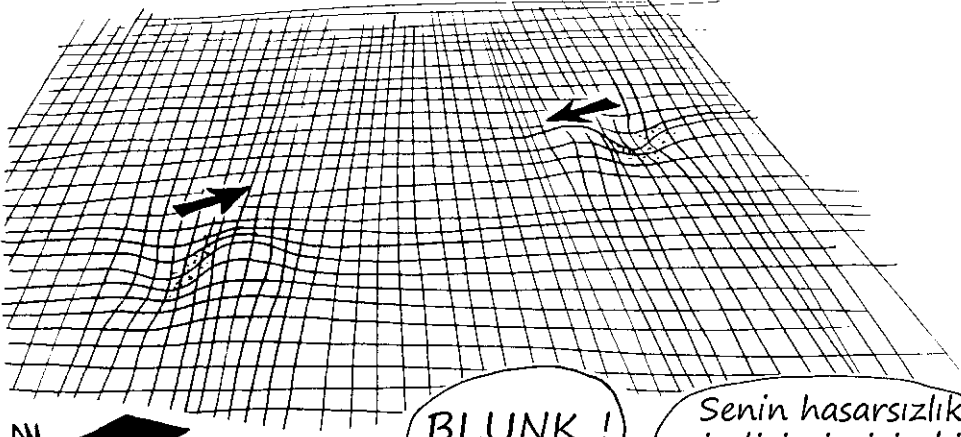
Kozmosol evrensel kabuk

Zar atmayı bile sevmem...

Hey, bak ! Oranın aşağısında birşeyler oluyor !

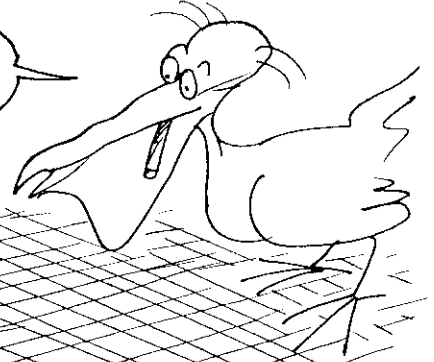
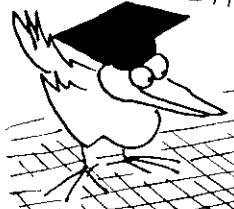
(\*) Kara cisim ışınımı olarak bilinen bir özellik (Nedenini Tanrı bilir)

Hareket eden Őu iki tümsek birbirleri ile ęarpıŐacaklar.

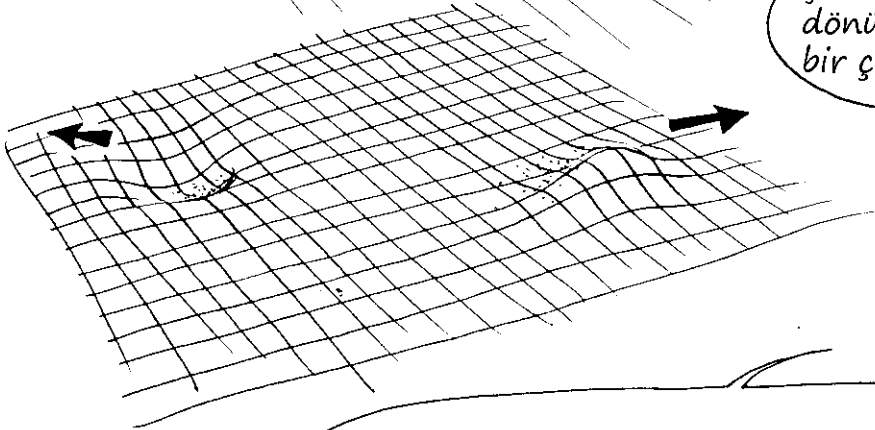


BLUNK !

Senin hasarsızlık indirimini ıŐin bir hayli fazla.



Şimdi iki ayrı tümsek haline geri dönüŐtüler. Peki, bir tümsek ve bir ęukur.



300,000 km/sn bir hıza yakın bir hızla, ayrı ayrı hareket ediyorlar.

Peki, Tümsekleri Madde, çukurları ise Antimadde olarak adlandıracağım. Kütleye sahip olduklarını gösteren eğriliğe sahiptir.

Foton, tümsek ve çukur gibi, kendi anti-parçacığına sahiptir.

Madde ve antimadde, foton çarpışmalarından meydana gelirler, göreceli hızlarda gözükürler.

Çukur, tümsek, bu rasgele bir ayırım.

Önemli olan nokta nedir, Tiresias? Tümseğe benzeyen şeyler var ve de çukura benzeyen şeyler. Bu yeterince açık bir şekilde görülüyor...

Bu, bizim halinin bu tarafında olduğumuz için böyle gözüküyor. Eğer diğer tarafında olsa idik, tümsekler çukur, çukurlar da tümsek haline dönüşecekti.

Amaaa... ama sadece tek bir taraf görebiliyorum!

Tiresias !!!

Sadece ufacık bir kötü şaka idi, patron...

? ...

Başka bir düşünce polisi ! (\*)

Şuraya ...bak ! Şayet bir tümsek ve çukur yeterince yavaş bir hızla çarpışırlarsa, hareket eden iki küçük dalgacık elde ediyorsun.

Hımm...maddenin bir parçacığının karşıtı ile basit bir yokoluşumu. Bu iki foton oluşturur.

Kozmik kaos

Hımm...

Epistemolojiden (bilgi kuramı) ve « cop » için polisi düşün !

Parçacıkların foton çiftleri yoluyla oluşum ve yokoluşumları, birbirini çilginca bir ritimle takip eder. Durmaksızın süren değişimin bu kaotik evreninde, herhangi bir farkedilebilir yapı yoktur. Sadece akın akın bir foton kütlesi, nötrinolar, antinötrinolar, ve diğer kısa süreli ve değişken konuk parçacık ve anti-parçacıklar. Bu bir kaostur (\*).

Bu benim sexonlar konusunda merakımı celbetti.

Sexon da nedir ?

Zamanlarını yeniden üretim için harcayan parçacıklar.

Görebildiğim kadarıyla, farklı boyutlarda hareketli dalgalara olduğu kadar uzun zayıf ya da kısa şişman tümseklere de sahip olabiliyorsunuz.

Bu hareketli dalgaların – fotonların – dalga boylarını  $\lambda$  (lambda) olarak adlandıracağım.

Bu ipi sallayarak hareketli bir dalga yarattığımı farz et. Onu nazikçe sallarsam, ona çok az bir enerji vermiş olacağım ve dalga boyu  $\lambda$  büyük olacak.

Eğer ipi daha sertçe sallarsam, ona daha fazla enerji vereceğim ve dalga boyu  $\lambda$  kısa olacak.

Ahh!

Yani hareketli bir dalga ne kadar çok enerjiye sahip olursa, onun dalga boyu da o kadar kısa olmak zorunda.

Bir ışın parçacığı olan fotonun taşıdığı enerjinin, onun dalga boyu olan  $\lambda$  ile ters orantılı olması gerektiğine kanaat getirdim. Yani,  $E$ ,  $1/\lambda$  ile orantılıdır.

Böyle olmalı...

# DAHA KÜÇÜK ŞEYLER DAHA AĞIRDIR



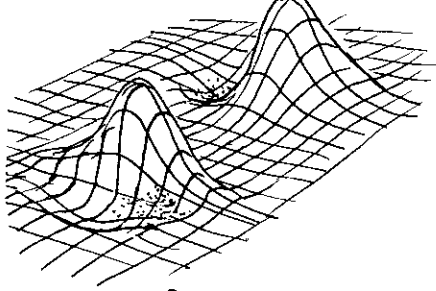
Bu hareketli dalgacıkları foton olarak adlandırmıştınız. Ama daha yüksek ya da daha alçak tümsekler arasındaki farkı nasıl açıklayacağız? Veya çukurlar?

Tümseklerin ve çukurların boyutlarını, onların Compton dalga boyu  $\lambda_c$  diye isimlendireceğim. Onların kütlesi  $m$ , bununla ters orantılı olmalı. Yani,  $m$ ,  $1/\lambda_c$  ile orantılıdır.

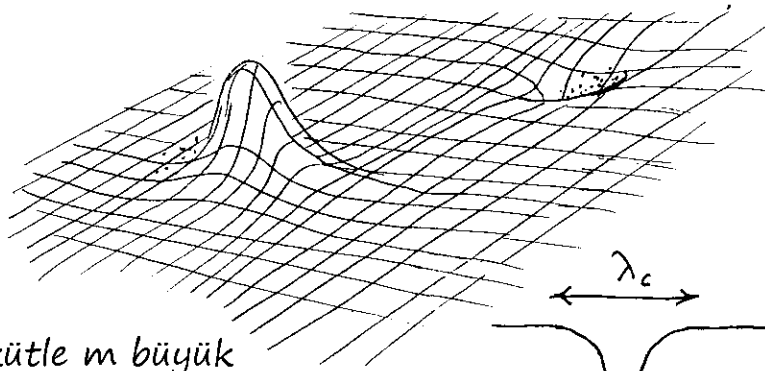


Daha yüksek enerjili ve daha kısa dalga boyuna sahip olan fotonlar, daha uzun ve dar parçacıklar (ve anti-parçacıklar) üretiyor; yani daha büyük bir kütleye  $m$  sahipler.

$\lambda$  küçük



$\lambda_c$  küçük : Compton dalga boyu küçük



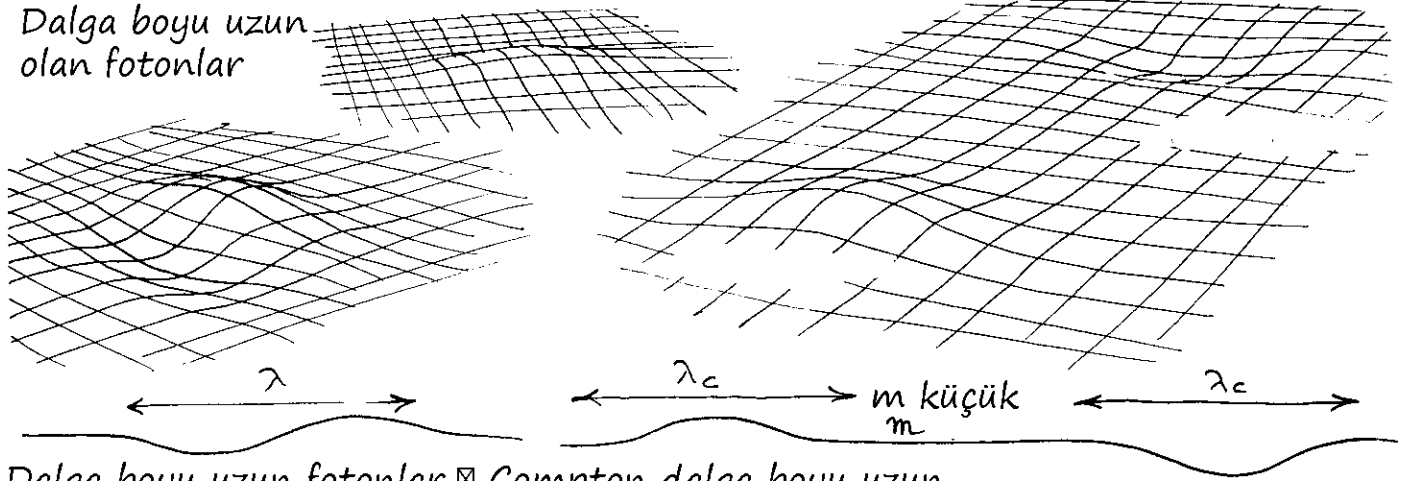
$\lambda_c$

$\lambda_c$

fotonlar

kütle  $m$  büyük

Dalga boyu uzun  
olan fotonlar



Dalga boyu uzun fotonlar  $\boxtimes$  Compton dalga boyu uzun parçacıklar. Tam tersine, görelî olarak daha düşük enerjili fotonların yarattığı parçacık-antiparçacık çiftinin Compton dalga boyu daha uzun oluyor. Yani, düşük kütle :  $\lambda_c$  büyük,  $m$  küçük.

Aslında, bu gerçekten daha da kolaydır.  $\lambda = \lambda_c$  olduğunu farz edebilirim, başka bir deyişle parçacıklar (ve anti-parçacıklar) onları yaratan fotonlar ile aynı « boyut »tadır.

Yani bu demek oluyor ki herhangi bir parçacığın kütlesini bildiğinde, onun yarattığı radyasyonun dalga boyunu hemencecik çıkarırsayabilirsin.

(\* E (enerji) nin,  $m$  (kütle) ye eşit olduğunu anımsa. Bakınız, aynı serideki Herşey görecelidir.





Proton ve nötronlar neredeyse aynı kütleyle sahipler. Yani aynı boyuttalar. Ama bir elektron çok daha hafif. Mantiken, elektronun ....daha büyük olması gerekmez mi?

Haklısın. Proton ve nötron,  $1.66 \times 10^{-27}$  kg ağırlığındadır. Elektron ise  $9.1 \times 10^{-31}$  kg ağırlığında. Yani, 1850 kez daha hafiftir, dolayısıyla 1850 kere « daha büyük »tür.

Ben...aaa.. hay kahrolası...

Hiç proton gördün mü ?

Aaa.. hayır...

Peki, öyleyse

Bugünün oluşumu tek kelime ile büyüleyici.

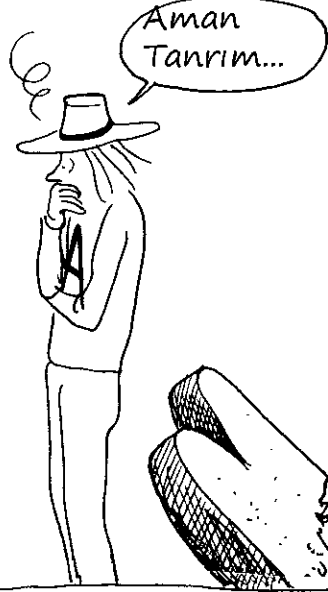
Sophie, ne yapıyorsun ?

Bir hidrojen atomu gerçekliğe daha çok benziyor. Büyük bir elektron ve küçük bir proton ile onun çekirdeğini yapıyorum.

Tanrım, Tanrım, Tanrım ! Tam bir kaos ! Peki...sanıyorum siz insanlar bana, bu düzensizliğe bir tür düzen vermemde yardımcı olabilirsiniz.

# RADYASYON SICAKLIĞI

RS



Aman Tanrım...

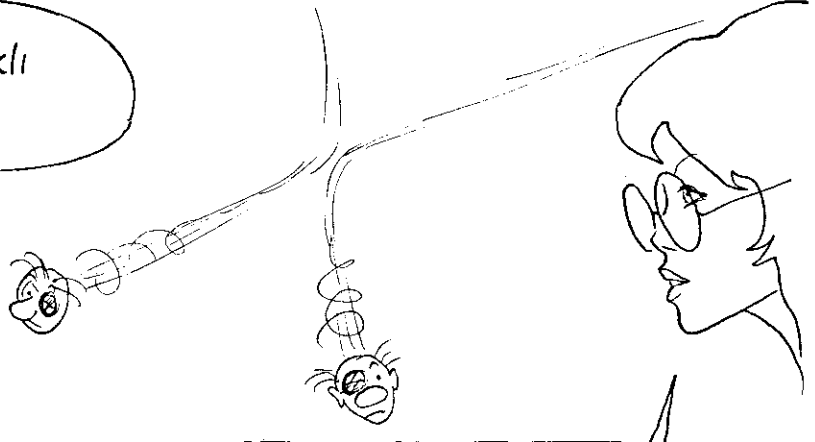
Bu fotonlar her türlü değişik dalga boyu ve enerjilerine sahiptir. Fakat ortalama bir dalga boyu ve ortalama bir enerji seviyesi de olmalı.

Radyasyon sıcaklığı RS, fotonların bu ortalama enerjisi değerinde olacak.

Tam evlere şenlik...

## DENGE HALLERİ

Bir parçacık karışımının farklı sıcaklıkları olabilir mi ?

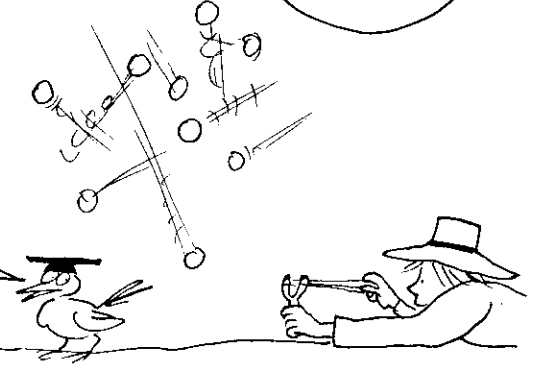


Evet, bunu sayfa 46'da göreceğiz. Şimdilik sadece şunu söyleyelim, parçacıklar birbirleri ile veya fotonlar ile çarpışmalar yoluyla enerji değiş tokuşu yaparlar. Bu mekanizma, sıcaklıkları eşitlemek ve böylece sistemi termodinamik bir denge içinde tutmak için onları yeniden dağıtma eğilimi içindedir.

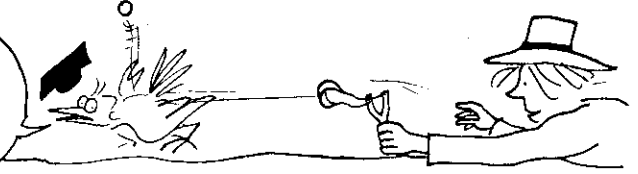
# MADDENİN SICAKLIĞI

MS

Bütün bu maddesel parçacıkların, muhtelif kütle  $m$  ve hızları  $V$  vardır. Bir parçacığın kinetik enerjisi  $\frac{1}{2} m V^2$  dir. Fakat benzer bir şekilde, ortalama bir termal enerjisi vardır.



Ve, maddenin sıcaklığı,  $M_s$ , termal uyarılmanın ortalama enerjisidir.



## TERMODİNAMİK

Eğer bir parçacığın çok fazla enerjisi varsa, eğer çok hızlı veya çok « sıcak » ise, başka bir parçacık ile çarpışması onu yavaşlatır. Ve eğer çok yavaşsa tersi geçerlidir. Eğer bu çarpışmalar yoluyla enerji eşleşmesi fenomeni yeterince yoğun bir şekilde gerçekleşirse, sonuçta sadece sıcaklıklar eşitlenmeyecek aynı zamanda karışım genişletilene ya da sıkıştırılana kadar eşit de kalacaklardır.



Oha!

Hurra!

B'raz yava;!

Heyyyyy!!!

Bu ne yaygara ! Parçacıklar ve antiparçacıklar, cehennemi bir hızla oluşmuş ve yok olmuşlar.

Bir parçacık - antiparçacık çifti yaratmak için neye ihtiyaç duyarsın ?

## EŞİK SICAKLIĞI

Ortak kütlesi  $m$  olan bir parçacık-antiparçacık çifti yaratmak için, eşit enerjili veya daha fazla enerjiye sahip bir foton çiftinden elde edilebilecek  $2mc^2$ 'lik bir enerjiye ihtiyaç duyulur.

Eğer fotonların ortalama enerjisi, eşik enerjisi olan  $mc^2$ 'den az ise, yani radyasyon sıcaklığı  $RS$  çok düşük ise (bir eşik değerinden daha az), maddenin böyle parçacıkları oluşturulamaz.

Anlaşıldı !

# TÜRLERİN EVRİMİ

Parçacık türlerinin hayatta kalması her zaman sorunlu bir meseledir. Bu, yeterince yüksek bir üretim oranı ile garantiye alınabilir.



Vay canına ! Sexonlar !

Bu demek oluyor ki, türler için radyasyon sıcaklığı RS eşik sıcaklığından büyük olmalıdır.

Eğer sıcaklık RS eşik değerinin altında ise, parçacıkların yok olabilmesi için pekçok yol vardır.

En bariz yolu, bir antiparçacık tarafından yok edilmedir...



...veya diğer türler ile ölümcül karşılaşmalar yoluyla.

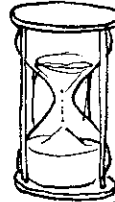


Kozmos tam bir hengame !



Dahası, parçacıkların kendi yaşam süreleri vardır. Bu bittikten sonra, parçacıklar kendiliğinden başka parçacıklara, ve radyasyona ayrışırlar.

Önemli olan, türün devamlılığıdır.



(\* ) ...onların Chronol rezervleri biter : bakınız Herşey görecelidir.

Sıcaklık kaç derece ?

Bir foton yakala ve onun dalga boyunu  $\lambda$  ölç.

Vay babanın rahmetine! Yirmi trilyon derece ( $2 \times 10^{13} K$ )

Yaklaşık aynı sayılarda foton, nötrino, proton, nötron, elektron (ve onların antiparçacıkları) olması gerekir gibi gözüküyor.

Yeterince yüksek bir sıcaklıkta, herşey görecelidir. Hatta maddenin parçacıkları, ışık hızı  $c$ 'ye yakın bir hızla hareket eder.

Herşey görecelidir'de, bir parçacığın hızının ışığın hızına yaklaştığını gördük, burada zaman sanki bir şurup gibi akıyor.



Şimdi bu biraz problemlili.... eğer herşey ışık hızında hareket ediyorsa, o halde zaman (\*) akmayı büsbütün durdurur...yani hiçbir şey olmaz.

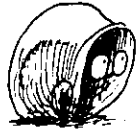
**A**

Hiçbir şey, zamanın belirli bir şekilde akmasına yetecek kadar yavaş hareket etmeyecektir.



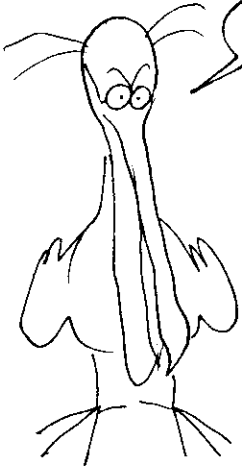
Aman  
Tanrı

Tamamen zamansız bir dünya, anlamdan da yoksun olacaktır.



Zaman belki de sadece kimi evrenlerin gücünün yetebileceği bir lükstür ?

Bu şeytani bir şey !



Püff – şu ana kadar görmüş ve duymuş olduğum herşeyden sonra... uzay, zaman, evren... herşey iyi düşünülmemiş bir saçmalık gibi !

Herşeyin evrensel bileşeni mi ?



(\*) Kozmik zaman, bireyselsel zamanların ortalaması olmalı.

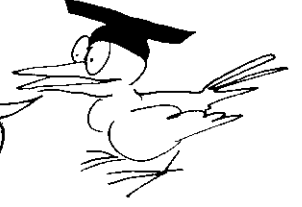


# TEMEL PARÇACIKLAR

Sen oradaki - kanat çirpacağına, bana bu şilgin temel parçacıklara bir düzen verme işinde yardım et.



Onların çok küçük Compton dalga boyları var



Şuradaki çok büyük parçacıkların adı, hiperonlar (\*).

Öyleyse hadronlara gelelim. Proton ve nötronlar (ve tabi ki antiproton ve antinötron) onların arasındadır. Onlar, çekirdekler oluşturmak için birleşebilirler. Bu parçacıkları oluşturmak için,  $10^{13}K$ , yani on trilyon dereceden daha fazla bir radyasyon sıcaklığına ihtiyacın var.

Bu onların eşik sıcaklığı olmalı.



Proton ve nötronların Compton dalga boyları,  $1.35 \times 10^{-12}$  cm olarak gözükmektedir. Bir santimetrenin trilyonda biri.

LÜTFEN NÖTRONLARI BESLEMİYİN

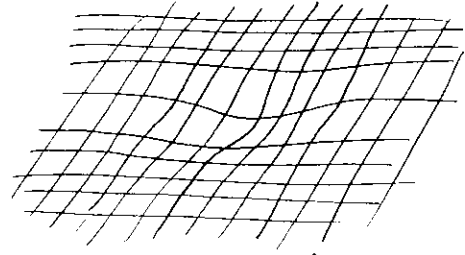
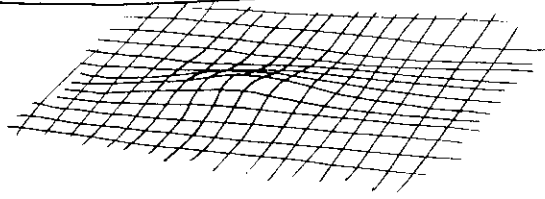
(\*). Bugünkü bilgi düzeyimize göre, hipotetik parçacıklar.

Hadron, Yunancada « ağır » anlamına gelen « hadros » sözcüğünden gelmekte.

Vay canına – Yunanca bilen bir sümüklüböcek !

Tabi ki hadronlar kadar antihadronlar da var.

Şimdi, leptonlara geliyoruz (\*). LEPTON



ANTILEPTON

Bunları oluşturmak için, onların eşik sıcaklığı olan 6 milyon derecelik bir radyasyon sıcaklığına ihtiyacın var.

En fazla bilinen lepton, elektron ve onun muadili olan antielektron, veya pozitrondur. Elektron oluşturmak için gereken eşik sıcaklığının, proton ve nötron oluşturmak için gerekenden 1850 kere daha az olduğunu hatırlayın.

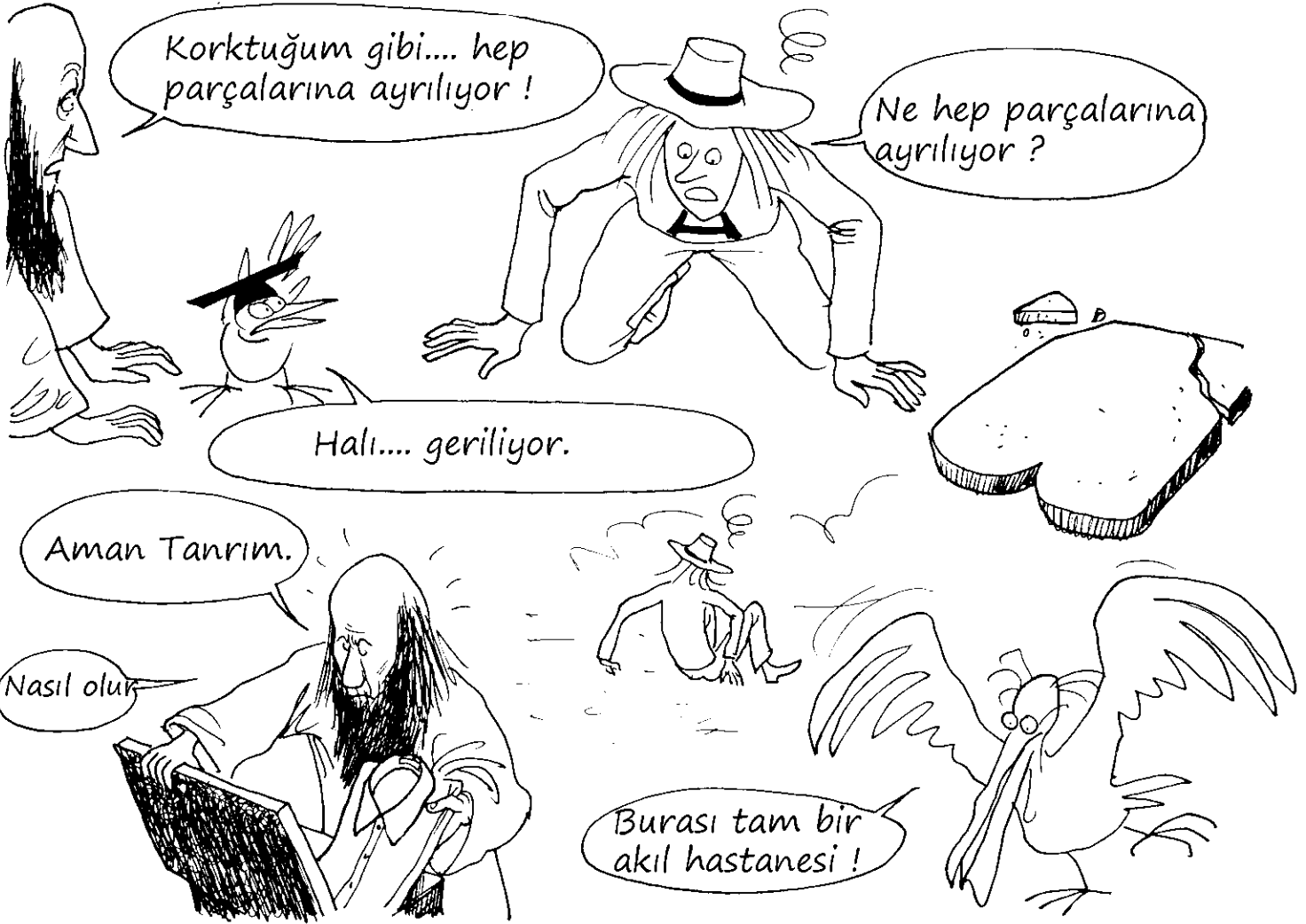
Bu mantıklı çünkü bir elektron oluşturmak için gereken enerji, bir proton oluşturmak için gerekenden 1850 kez daha az.

(\* ) Yunanca « leptos »dan gelmekte, zayıf.

# HERŞEY PARÇALARINA AYRILIR



Durum bir hayli kronolojik idi - zaman ortaya çıkmayı güç bela bekleyebilmekteydi. Zamanotron başladı, ve böylece ilk olayı yarattı, ilk anı.



Nereye gidiyorsun ? Ne oluyor ?

Bu bir genişleme... genişleme çok fazla, herşey dağılıyor. Kusura bakma...

Ufak bir seyahate çıkıyorum.

Değişime katlanamam

Hi ?

Göreceksin ! Er ya da geç durulacak !

Kendini geçindirmek için bizi terk etti.

Güle güle,

iyi patlamalar.

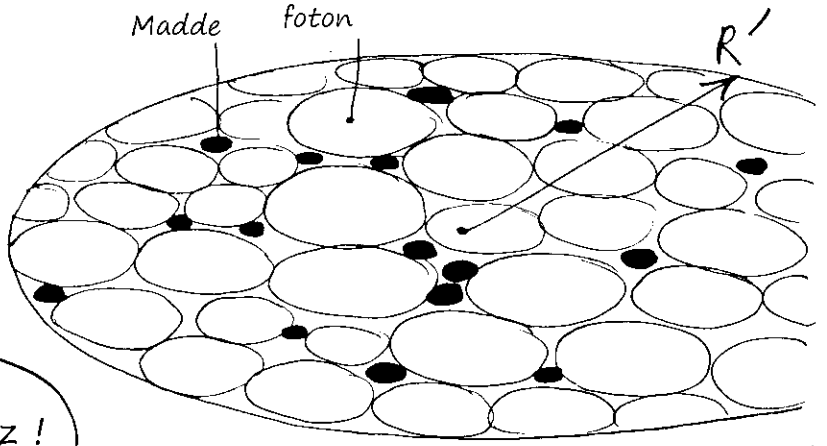
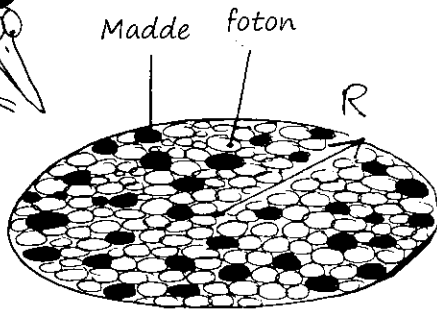
Bozuk, tek kelime ile bozuk !

Nereye gitti ?

Bir rögar kapağına benziyor. Evrenin yeraltı mezarlarının içine mi ?

# KÜTLENİN KORUNUMU

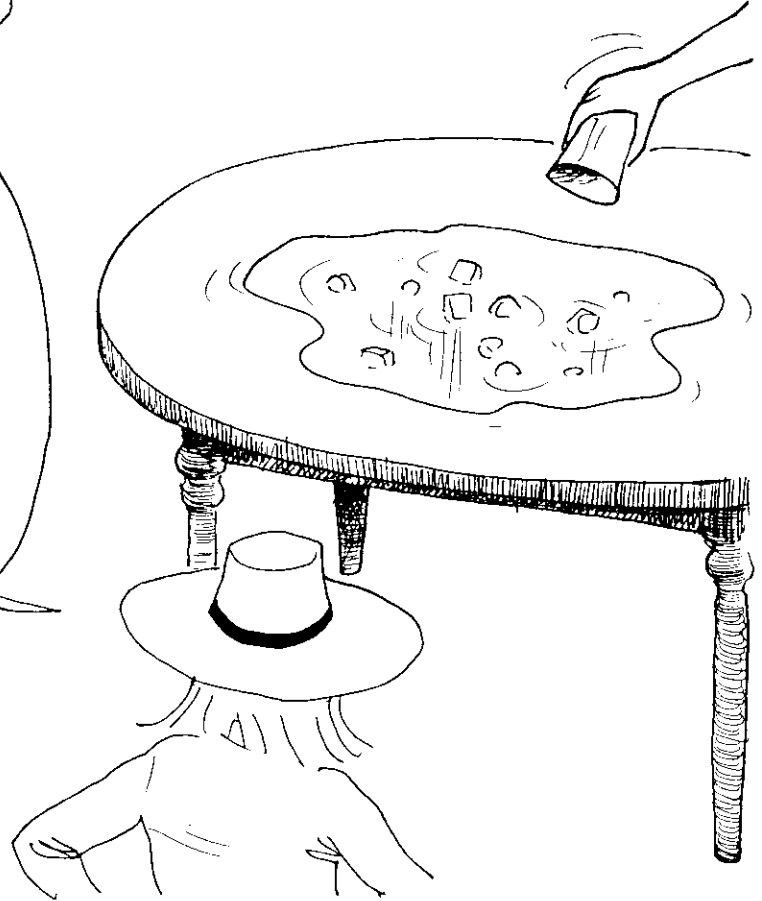
Baksana, ne oluyor. Fotonlar büyüyor. Madde parçacıkları aynı boyutta kalıyor.



Madde tepkisiz görünüyor. Duygusuz !



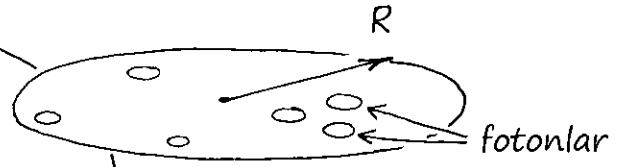
Bu, bana, bir bardak buz masanın üstüne baş aşağı çevirirsen ne olacağını düşündürdü. Su dağılır. Buz küpleri de bu hareketi devam ettirir ama şekil ve boyutlarını korurlar.



Çünkü maddenin parçacıklarının boyutu, onların kütesine bağlıdır, ki kütleinin sabit kaldığını varsayıyorum.

Öte yanda, fotonlar dağılır, yani enerji kaybederler.

Eğer R evrenin yarıçapı ise, öyleyse, fotonların dalga boyu  $\lambda$  aynı genişlemeye maruz kalır ( $\lambda$ , R gibi değişir), aynı zamanda  $1/\lambda$  ile orantılı olan radyasyon sıcaklığının  $1/R$  kadar azaldığı sonucuna varıyorum.



Bu aynen evrenin kendi uzayını, kendi kosmotope'unu (\*), boşluğunu... gizleyerek... yaratması gibi meydana gelir.

Madde ve ışık, sadece aynı varlığın farklı iki formudur : enerji/madde. Fotonlar, 300,000 km/sn hızlarını korurlar fakat enerji kaybederler.

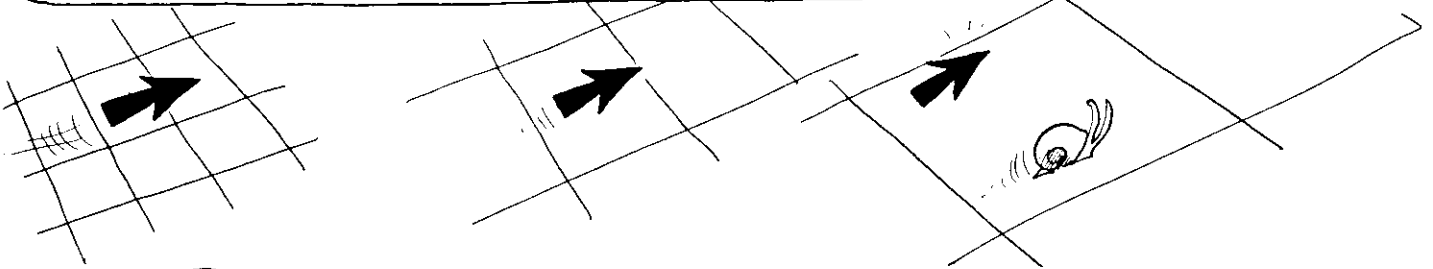
(\* ) Cosmos (Kozmos) ve Topos (Yer)'dan gelmekte. Evrenin ikamet ettiği yer anlamında.

Bu, fotonların dağılması ve ona eşlik eden enerji kaybını görselleştirmek için iyi bir yol.



Fakat bu genişleme sırasında madde nasıl davranıyor ?

Evren, bir kabuğun içinde büyüyen bir yaratık gibi kendini gizler. Zaman geçtikçe, parçacıklar onun etrafında daha büyük bir uzayda hareket etmek zorunda kalır. Evrenin boyutu iki katına çıktığında, parçacıkların uyarılma hızı yarıya düşer. Böylece kinetik enerjileri 4'e bölünür. Uyarılma hızı, evrenin yarıçapının  $R$  tersi ile orantılı iken, maddenin sıcaklığı  $1/R^2$  ile orantılıdır.



Fakat...az önce radyasyon sıcaklığı  $RS$ 'nin  $1/R$  ile orantılı olduğunu gördük. Yani madde, radyasyondan daha mı hızlı soğumaya eğilimli oluyor ?

Etkileyici. Ama foton-madde çarpışmaları onu yeniden ısıtır. Belirli bir zaman periyodunda termodinamik dengeyi ( $RS=MS$ ) korumaya yetecek kadar sıklıkla bu çarpışmalar gerçekleşir.



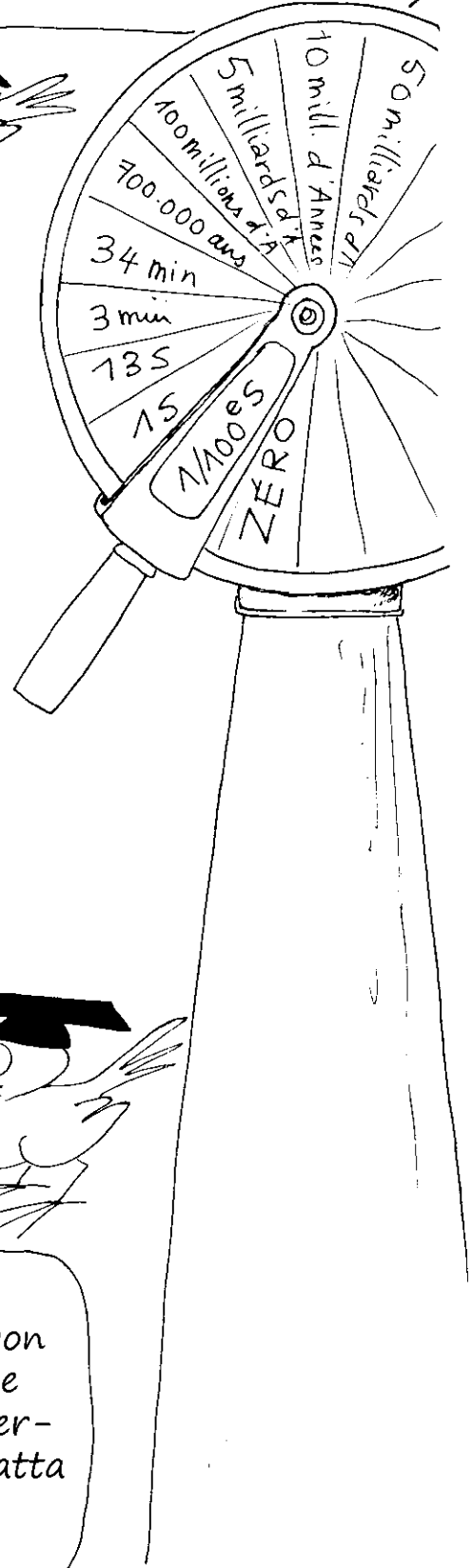
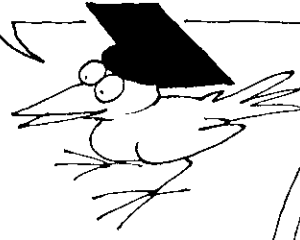
Teşekkürler

Bir saniyenin yüzde biri

Protonlar, nötronlar, antiprotonlar ve antinötronlar ışık hızının  $c$  sadece onda biri hızıyla hareket eder.



Sıcaklık ( $RS=MS$ ), onların eşik sıcaklığı olan on trilyon derecenin bir hayli altında olan yüz milyar dereceye düştü. Çok büyük bir oranda, çiftler halinde birbirlerinin içinde yok oldular ve sadece milyarda biri hayatta kaldı.





Sophie – pek çok proton, nötron, anti-proton ve antinötron yok oldu. Ama neden halen önceki kadar çok elektron ve pozitron (antielektron) var ?

Elektronların eşik sıcaklığı, sadece altı milyar derece.

Sadece altı milyar yanıp sönen derece... bunu duydun mu ?

Evet, daha soğuk olduğunu kabul etmelisin

Şimdi bu gerçekten acayip... sıcaklık 100 milyar derece... protonlar, nötronlar ve onların anti parçacıkları ışık hızının onda biri hızla hareket ediyorlar. Fakat elektronlar halen göreceli.

Sen. Ne ? Ne demek istiyorsun ?

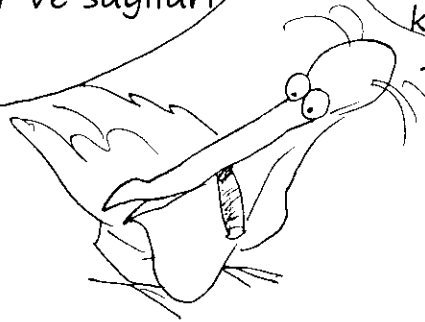
Sistem yine de bir termodinamik denge halinde : bütün parçacıklar, türler ve radyasyon arasındaki eşleşme yine de yoğun. Ortalama olarak, madde parçacıklarının kinetik enerjileri eşittir :  $\frac{1}{2} M_{\text{proton}} (V_{\text{proton}})^2 = \frac{1}{2} M_{\text{elektron}} (V_{\text{elektron}})^2$



Bir düşüneyim... elektronun kütlesi protonunkinden 1850 kere daha az olduğundan, bunu telafi etmek için (verili bir sıcaklıkta) elektronun uyarılma hızı çok daha fazla olmalı.

Aslında,  $m$  kütlesindeki bir parçacığın oluşumu için gereken eşik enerji, sadece  $mc^2$ 'ye eşit olduğundan, uyarılma hızı  $V$ 'nin belirgin bir şekilde  $c$ 'den daha düşük olduğu noktaya kadar sistem soğur soğumaz, bu parçacıkların oluşumu sonlanır ve sayıları dramatik bir şekilde düşer.

Başka bir deyişle : maddenin parçacıklarının sayısı göreceli olmayı durdurursa, büyük bir katliam yaşanır !



On üç saniye.

Sıcaklık üç milyar dereceye düştü.

Hey, şu elektron ve antielektronlara bir bakın ! Tam bir katliam !

Doğal olarak - sıcaklık, onların eşik sıcaklığından daha düşük.

Kozmolojik bir şampiyonluk karşılaşması gibi !

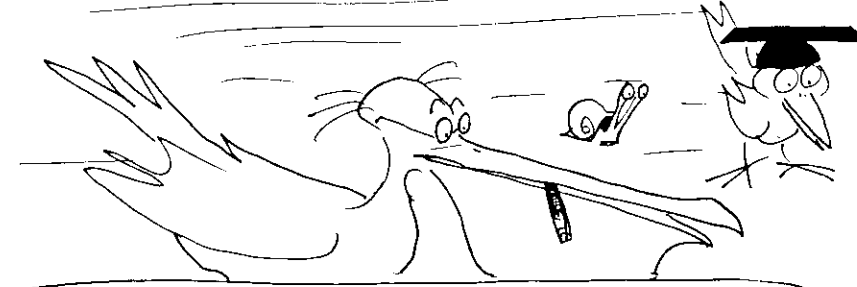
Yine, sadece milyarda bir tanesi hayatta kalacak.

Ne karmaşa !

Bir süre için, fotonlar dışında hiçbir şey kalmayacak... bir ihtimal var...

...Belki orada başka bir yerde patlamayan evrenler vardır.

Kozmolojinin en önemli sırlarından biri, neden madde ve antimaddenin birbirlerini tamamen yok etmediğine dair herhangi bir açıklamasının olmamasıdır.



Masalın bu noktasında, durum her zaman aynıdır...antimadde meselesinin halının altına süpürüldüğü bir an gelir...püffff! Antimaddenin hepsi bitmiş!

Tiresias, kurallarımızı hatırlatmama izin ver. Sadece gerçekler! Tuhaf spekülasyonlara yer yok.

Düşünce polislerinden bıktım.

Pssst!

# RADYASYON BÖLGESİ

Hımm...  
füzyona gitmek için çok erken.

O sırada evrende ışıktan başka hiç bir şey yoktu.

Eşit bir şekilde madde, antimadde, fotonlar ve nötronlara bölünen enerji/madde, şimdi artık yalnızca fotonlar ve nötrinolar - radyasyon - şeklinde. Her seferinde evrenin yarıçapı  $R$  ikiye katlanır, maddenin yoğunluğu düşer. Basit bir seyreltim meselesi...

İki-boyutlu halı evreninin üzerinde,  $R$  iki katına çıktığında, yoğunluk  $2 \times 2 = 4$  ile bölünür. Bizim üç-boyutlu evrenimizde ise  $2 \times 2 \times 2 = 8$  ile bölünür.

Maddenin yoğunluğu « boyut » un küpü, yani evrenin « yarıçapı »  $R$ , ile ters orantılıdır.

Ama bizim için, fotonlar, bu çok daha dramatiktir, genişleme bizim enerjimizin neredeyse tamamını ufak ufak harcar. Bizim taşıdığımız enerji/madde miktarı, evrenin yarıçapının  $R$  tersi kadar düşer.

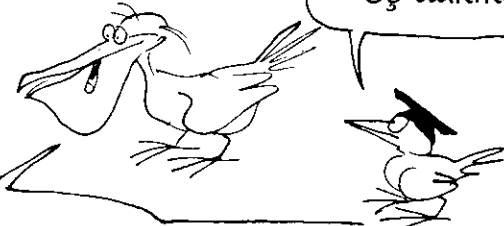
Demek oluyor ki, fotonlar şeklinde meydana gelen enerji/maddenin yoğunluğu  $R$ 'nin eksi dördüncü kuvveti ile orantılıdır.

Her zaman madde, fotonlarla eşleşmiş bir şekilde kalır, durmaksızın yeniden ısıtılır. Bu, genel sıcaklık ( $RS=MS$ ) 3000 derece düşünceye, ki bu yaklaşık 700,000 yıl alır, kadar devam eder.



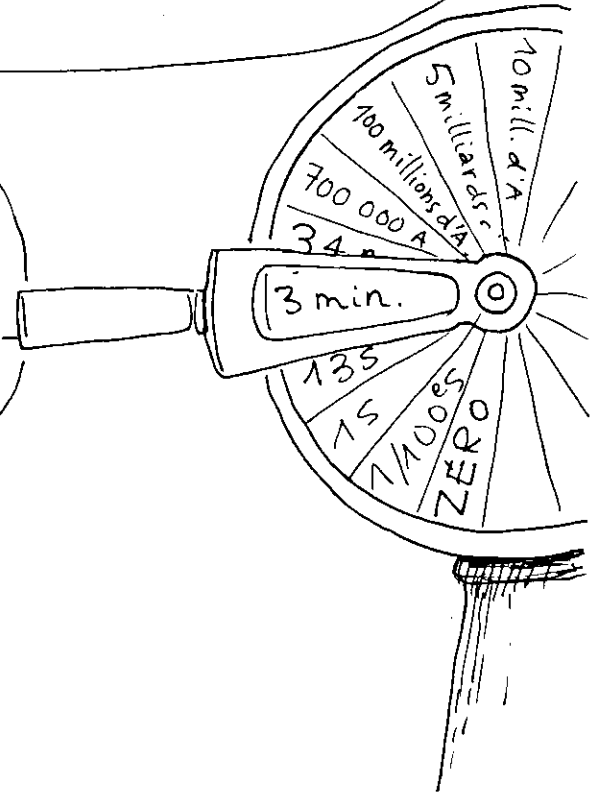
# NÜKLEOSENTEZ

Üç dakika

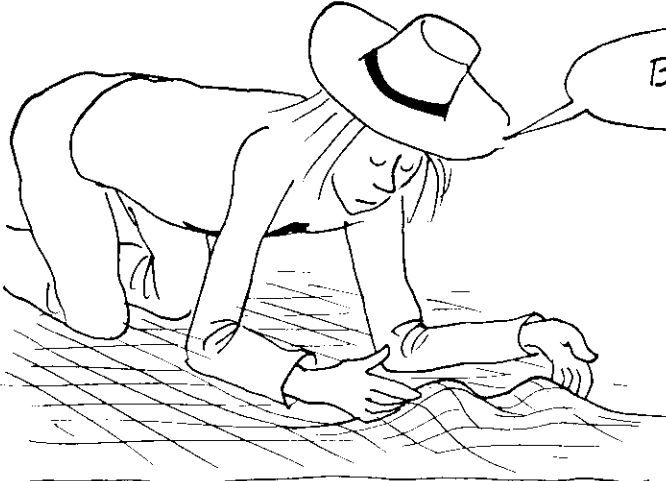


Vay...31. sayfada bulunduğumuz yerle kıyaslayınca, birincisi bir saniyenin yüzde biri, evrenin büyüklüğü R yüz kat arttı, ve sıcaklık ( $RS=MS$ ) bir milyar derece düştü. Geriye herhangi bir şey kalmadı. Şimdi ne ?

Burada iki tümsek var... Birini diğerinin içine ittiğimde ne olacağını merak ediyorum ?



Birbirlerini itmeye başladılar.



PLOK

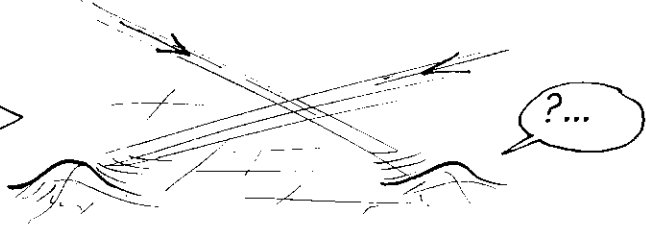


Sonra, tek bir nesne oluşturmak için birbirlerini çektiler.

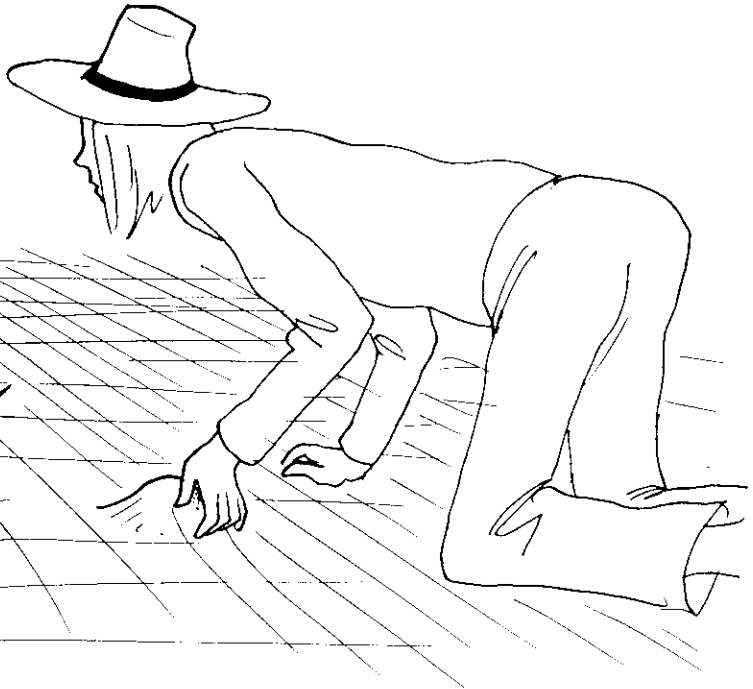
İki tümsek çarpıştığında, üç türlü şey olabilir... yavaş hareket ediyorsa, birbirlerinin köşesinden dönebilirler....



Tümsekler çok hızlı hareket ediyorsa, birbirlerinin yollarından etkileşime geçecek zaman bulamayacak kadar çok hızla geçerler.



Sadece belirli bir uyarılma hızı (sıcaklık) aralığında birleşebilirler



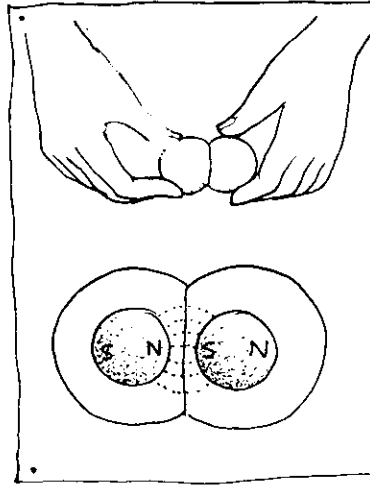
Ve üçüncü bir parçacık ile şiddetli bir çarpışma, bu şekilde oluşmuş yapıyı bozar.



Bu füzyon reaksiyonları, ilk atomik çekirdekleri oluşturur. Morfogenez süreci, evrendeki ilk formları, ilk yapıları oluşturur.

Bu komik, ufacık bir hiledir. Bir çekici ve bir de itici güç var. Büyük uzaklıklarda, itici güç kazanıyor ; küçük uzaklıklarda, tersi oluyor.

Biraz mıknatıs alacağım ve onları lastik ile kaplayacağım



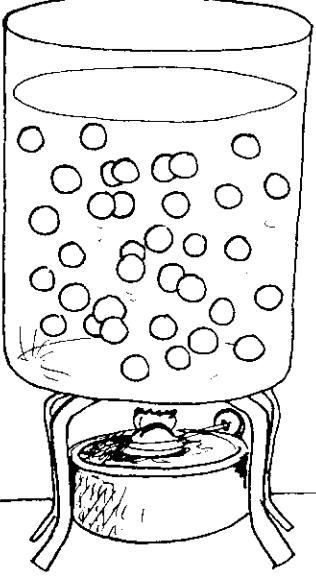
Lastik kolayca sıkıştırıyor, böylece iki yüzeyi birbirinin zıttına baskılırsam magnetik kuvvetin etkisiyle yapışık kalacaklar.

Şimdi bunları su dolu büyük bir leğenin içine boşaltıyorum...

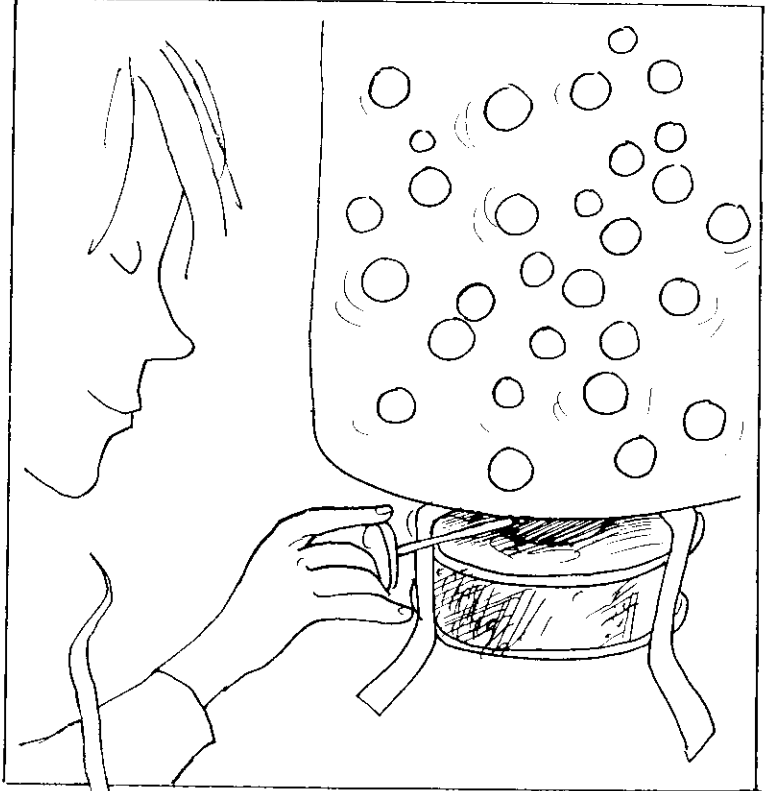
böylece etrafa dağılıbilirler



İki kuvvet etkili oluyor. Çekici bir kuvvet : magnetizma. İtici bir kuvvet : lastik kaplamanın esnekliği. Toplar dokunduğunda, esneklik kuvvetleri etkili oluyor. Magnetizmanın gücü, lastik yeterince sıkıştırıldığında onu devralacak şekilde düzenlenmiştir. Kuvvetlerin birbirlerini dengeledikleri bir orta nokta vardır.



Lastik, yüzeylerin yoğunluğu, aslen suyunkine eşit olacak kadar hafif. Şimdi, onu biraz ısıtacağım...



Sıcaklık düşükken, toplar yavaşça birbirlerini sekiyorlar, ve hiçbir şey olmuyor. Birbirlerine çarptıklarında, lastiği olabildiğince sıkıştırıp magnetik kuvvetin etkili olmasını sağlayacak yeterince enerjileri olmuyor. Magnetizma sadece kısa bir aralıkta etkili olabiliyor.

Tamam, sıcaklığı arttıracam.



Harika, oluyor ! Bu, doğru sıcaklık (eşik sıcaklığından daha fazla) . Uyarılma miktarı tamamen doğru.

Vay canına ! Bu toplar çiftler halinde birbirlerine yapışıyorlar!

Eğer ısıyı çok arttıırırsam, bu yapılar termal uyarılma yüzünden bozular.

Soğutursak ne olur ?

Archie suyun soğumasına izin verir. Çalkantı azalır. Belirli bir anda, bazı toplar birbirleri ile eşleşir. Ama sıcaklık düşmeye devam ettikçe, nükleosentez durur.

Korkarım ki buraya kadar. Çok soğuk. Toplar, tekrar bir araya gelmelerine yetecek kadar uyarılmıyorlar.

Eşiğin altındayız.

Aynı şey, evrenin sıcaklığı **birkaç milyar** derecenin altına inerse de olur. Yani, bir kaç **dakika** sonra iki, üç veya dört « toplu » yapılar

⊕ proton ○ nötron



1 proton

1 nötron

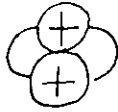
DÖTERYUM



1 proton

1 nötron 2 nötron

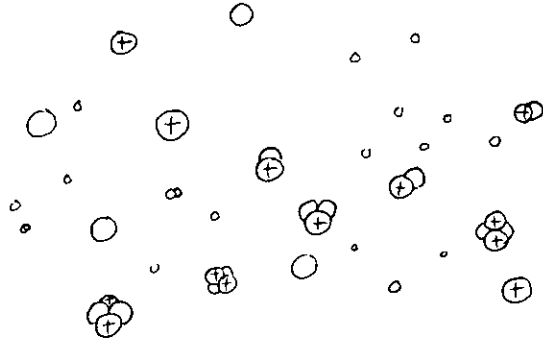
TRİTYUM



2 proton

2 nötron

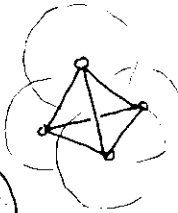
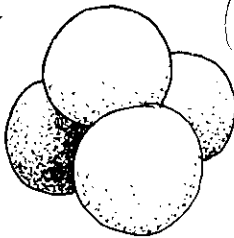
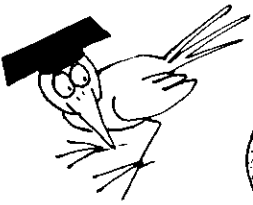
HELYUM



Ama oluşturulmuş döteryum ve tri-tyum, nükleer bir reaksiyon yoluyla birleşebilir : Döteryum + trityum, helyum + nötron'u verir. Bu noktada, evren bir hidrojen bombasıdır.

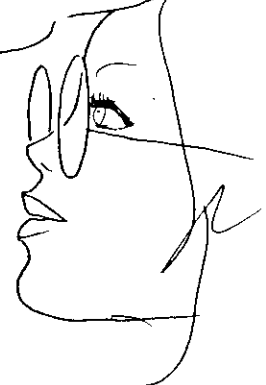


Yani, herşey helyuma mı dönüşüyor ?



Helyum çekirdeği çok simetrik, yoğun ve dayanıklıdır. Eğer sıcaklık sabit kalacak olsaydı, bütün maddeler helyuma dönüşürdü. Ama 34 dakika sonra, sıcaklık 300 milyon dereceye düşer ve nükleosentez sonlanır.

Artık, nükleonlar (proton ve nötronlar) elektrostatik itmenin üstesinden gelecek yeterli hıza sahip değildirler. Oyun biter.



Kalan serbest nötronlar, parçalarına ayrılır. Doğal olarak dengesizlerdir, ve 109 saniye içinde bir proton-elektron çiftine dönüşürler.



Başlangıçtan bu yana 34 dakika geçti.

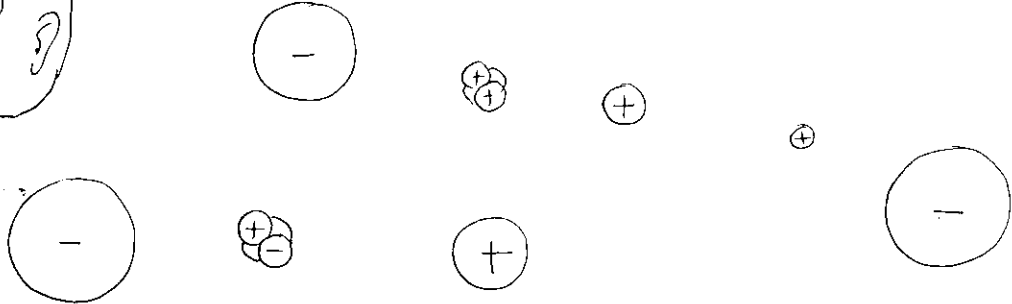
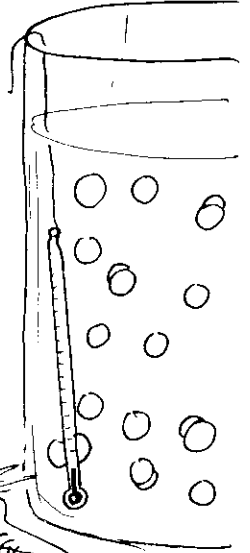
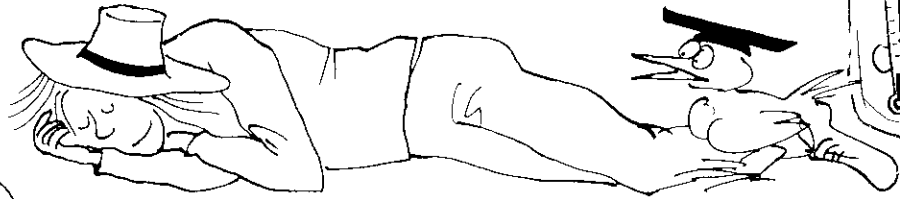
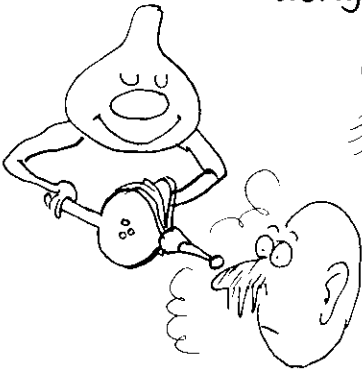
Şimdi ne?

Gelişmenin bu evresinin sonunda, evren ilkel bir foton, nötron, proton, elektron ve helyum çekirdeği çorbası gibidir. Ağırlık bakımından, maddenin %25'i helyum ve %75'i hidrojen (serbest protonlar) dir.

HİK!

700,000 yıl boyunca... hiçbirşey olmaz.

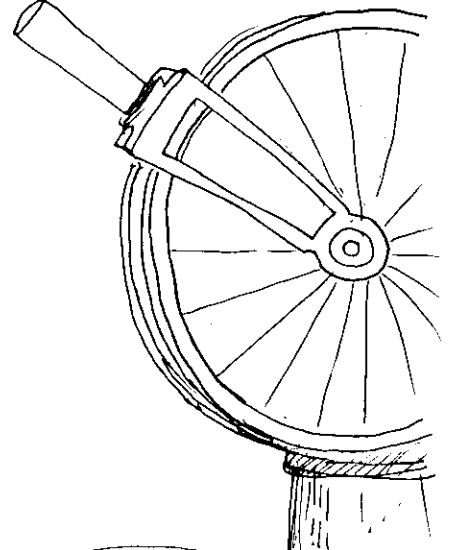
Evren genişlemeye devam eder, ve fotonlar da onunla birlikte genişler. Foton gazı, maddeyi ısıtmaya devam eder, ve RS ve MS sıcaklıkları eşit kalır (termodinamik denge).



Ve sıcaklık 3000 Kelvin dereceye düşer.

# SAYDAM EVREN

Başka bir morfojenetik mekanizma etkili olur. Elektriksel kuvvetler, atomları oluşturmak için elektronları çekirdeklere doğru çekme eğilimindedir. Termal uyarılma, bu yapıların, diğer atomlarla veya çorbanın diğer bileşenleri ile çarpışmalar yoluyla oluşur oluşmaz bozulmamasını sağlayacak kadar düşüktür.



Ufak ufak, bütün serbest elektronlar, çekirdekler tarafından yakalanır.

Bu çılgın çiçeklenen atomlar... kocaman, muhteşem ee-lektronlar... bana ürperti veriyor, ciddiden !

Ve evren saydam hale gelir.

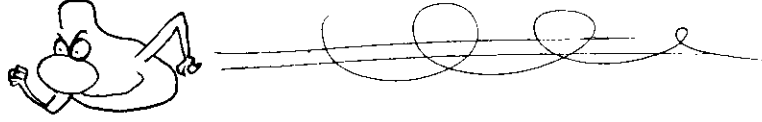
Saydam hale gelir demekle neyi kast ediyorsun ? Daha önce opak olduğunu mu söylüyorsun

Daha önce, fotonlar durmaksızın madde ile etkileşim halinde idiler. Tek bir foton yoktu ki çorbanın içindeki herhangi bir şeye çarpmadan gezebilsin.

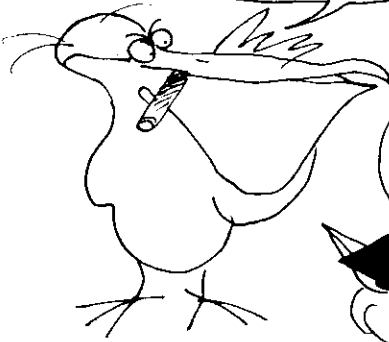
Püfffff !

# AYRIŞMA

Bir kere bitince, fotonlar, evrenin uzunluğunu maddenin var olduğunu belli etmeden çaprazlama geçebiliyorlardı. Fotonlar ve madde ayrııştı. İki nedenden ötürü : Birincisi, çok fazla yer vardı. İkincisi, fotonlar, nötr madde (atomlar) ile daha az



... teleskoptan bakarsan, « doğdoğru geçmişe » bakarsın, değil mi ?



Evet, fakat yine de fevkalade güçlü bir teleskopla bile evrenin sadece 700,000 yaşında iken yaşadığı bir fenomeni gözlemleyemezsin.



Yani, geçmiş... evrenin çok çok eski geçmişi her zaman belirsiz ve biraz da mistik kalacak, öyle mi ?

Evet - evrenin psikanalizini yapmak mümkün değil.



Madde ve fotonlar, bir kez etkileşime girmekten ve enerji değişmekten vazgeçtiklerinde, termodinamik denge bozulur, ve maddenin sıcaklığı  $MS$  çok hızla (evrenin yarıçapı  $R$ 'nin karesinin tersi ile orantılı olarak) düşmeye başlar ; fotonların sıcaklığı  $RS$  - radyasyon sıcaklığı - ise daha yavaşça azalır,  $1/R$  olarak.

Hey, siz beyler !

Bugünlerde, herkes kendisi içindir

Hey, ne oluyor ?  
Alacakaranlık gibi gözüküyor  
Ve dondurucu bir soğuk, ve birden...

Evren bir tür alacakaranlık kuşağına girer. Soğumaya devam eder. Gece donmuş bir battaniye gibi çökerken, gökyüzünün rengi mordan koyu kırmızıya değişir. Her bir helyum veya hidrojen atomu için yine de bir milyar foton vardır. Ama genişlemeyle etrafa yayılmış bu fotonlar, bir tür kozmik kansızlıktan muzdariptir...

Büyük patlama bitti. Bir süre, görünürde hiçbir şey kalmadı (milyarda bir parçacık). Gece yarısı bir tünelin içindeki siyah bir kedi kadar karanlıktı.

Brrr...kahrolası  
mavi kuzey  
rüzgarları !

Fotonların dalga boyu  $0.15$   
mm'dir ki bu  $RS =$   
 $-173^{\circ}C$ 'lik bir radyasyon  
sıcaklığına denk düşer.

Şimdi atomlar  $150$   
metre/saniye hızla  
hareket ediyorlar,  
yani maddenin  
sıcaklığı  $MS = -267^{\circ}C$

Harika...İşte şimdi evrenin nasıl çalıştığı ile  
ilgili bir fikrim var sanırım.

Ama halen önemli bir soru  
yanıtsız : bütün bunlar ne  
için ?

Bilirsin, Archie haklı. Amaç  
ne ?

Sen...Adı her ne  
ise, neye iyi  
geliyor ?



Peki...evvela, tam bir karmaşa içinde pek çok şey vardı.

Kaos

Ve sonra evren giderek daha da karmaşıklaşan yapıları yapmaya koyuldu...çekirdekler, atomlar...

Temel kozmolojik ilkeyi keşfettim.

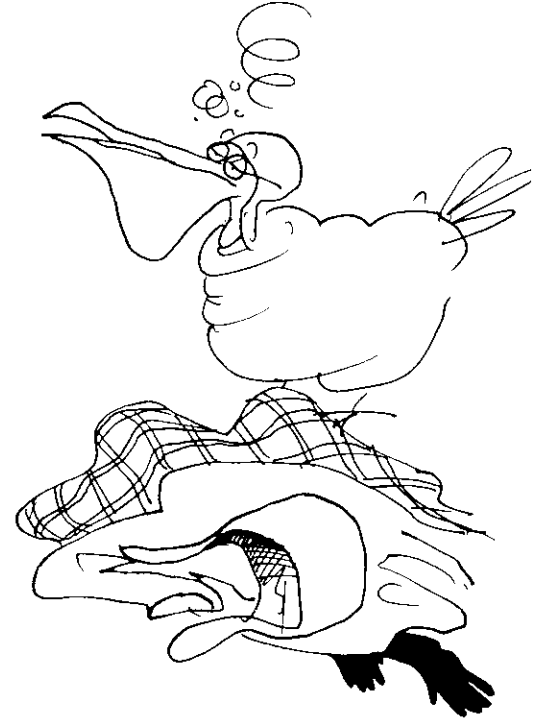
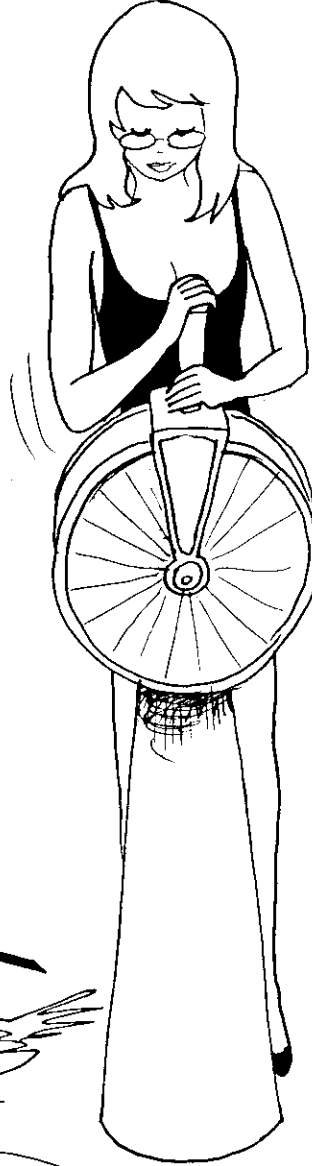
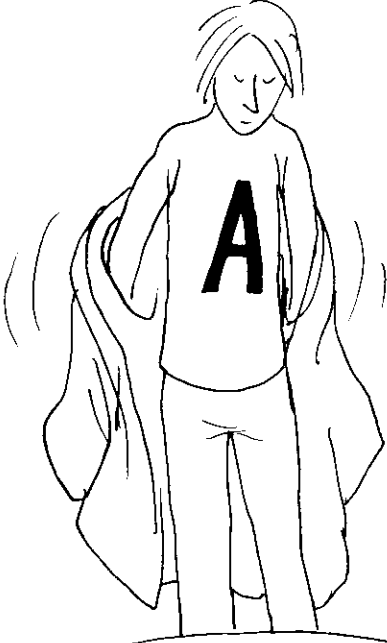
Ah.. nedir o ?

İŞLERİ  
KARMAŞIKLAŞTIRABİLMEK  
VARKEN NEDEN  
BASİTLEŞTİRESİN Kİ ?

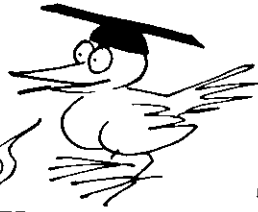
Hımmm...fena değil, ufak bayat şakan... ama sadece lanet olası bir spekülasyon. Teorik-hileli fanteziler. Ne seni gerçeğin gerçekten öyle olduğunu düşünmeye itiyor ?



Lenny'nin sorusunu yanıtlamak için, bu halı evrenini bir kenara bırakalım ve şimdiye geri dönelim.



Sonrasında ne var ? Galaksilerin, yıldızların oluşumu mu... ? Onları biraz dışarda bıraktın sanki ?



Şimdilik bu kadar, Tiresias. Lenny için yeterli.

# DOPPLER ETKİSİ

Şimdi ne halt ediyorsun ?

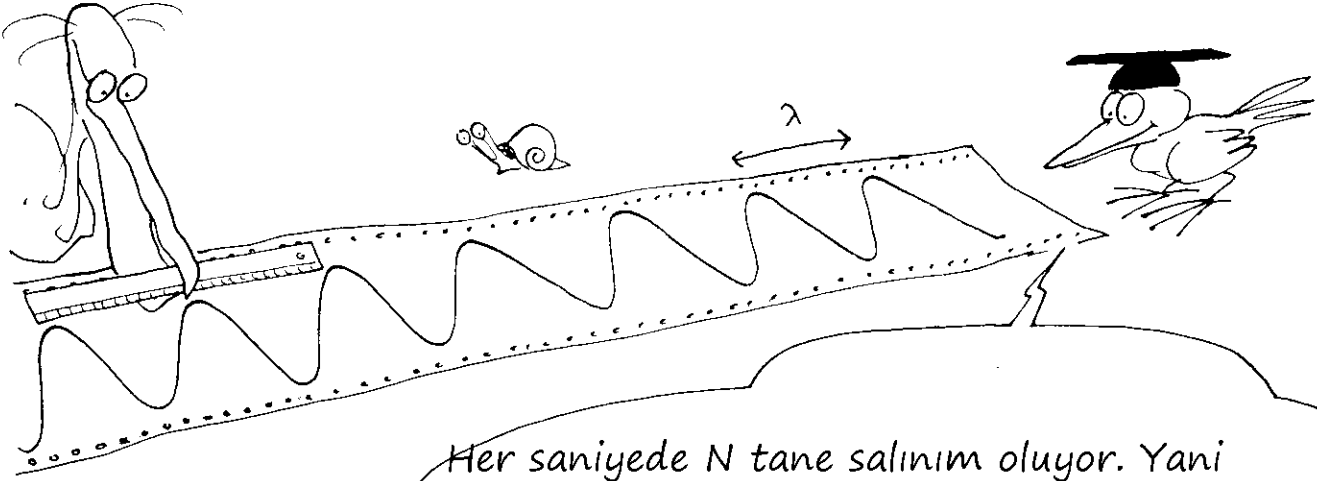
Göreceksin. Bazı mesajlar yollayacağım.

Bu uçta, sabit  $c$  hızında hareket eden bobin, bandı çekiyor.

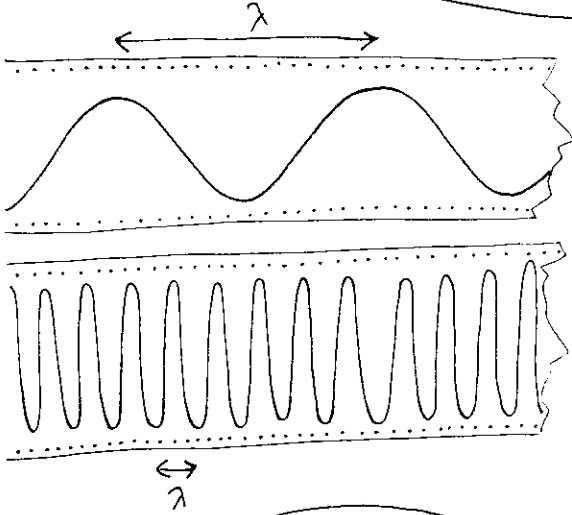
Diğer uçta, osilatör (sarkaç) kağıda sinüs biçimli bir eğri çiziyor.

Frekansı - saniye başına düşen salınım sayısı -  $N$ 'yi, sarkacın kolu üzerindeki ağırlığın yeri ile oynayarak düzenleyebilirim.

Dosdođru – hey ! Ve ben de alınan sinyalin dalga boyunu hesaplayabilirim.



Her saniyede  $N$  tane salınım oluyor. Yani sarkacın her içine-ve-içinden hareketi, saniyenin  $N$ 'incisi kadar zaman alıyor : bu, dalganın periyodudur. Bu süre boyunca, bant  $\lambda=c/N$  büyüklüğünde bir mesafe alır (dalga boyu).



Düşük frekans, uzun periyot, büyük dalga boyu. Yüksek frekans, kısa periyot, küçük dalga boyu.

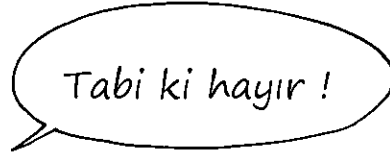
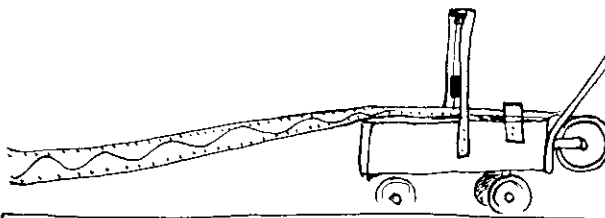
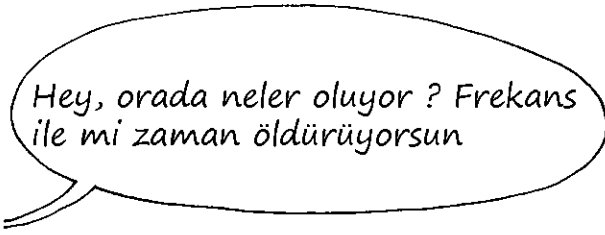
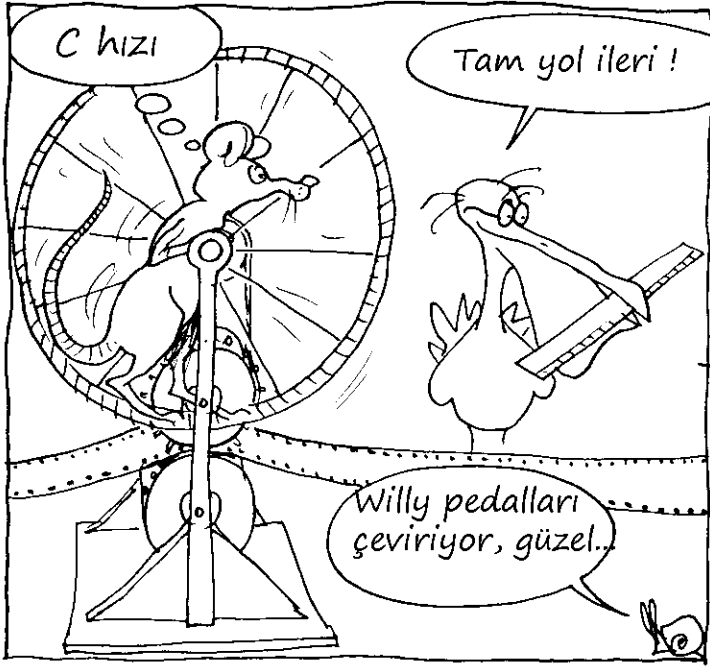
Bunu iletişim için kullanabilirim.

İletişim önemlidir.



İyi. Deneysel bir uzun mesafeli aktarım yapacağım.

Hazır mısın ?

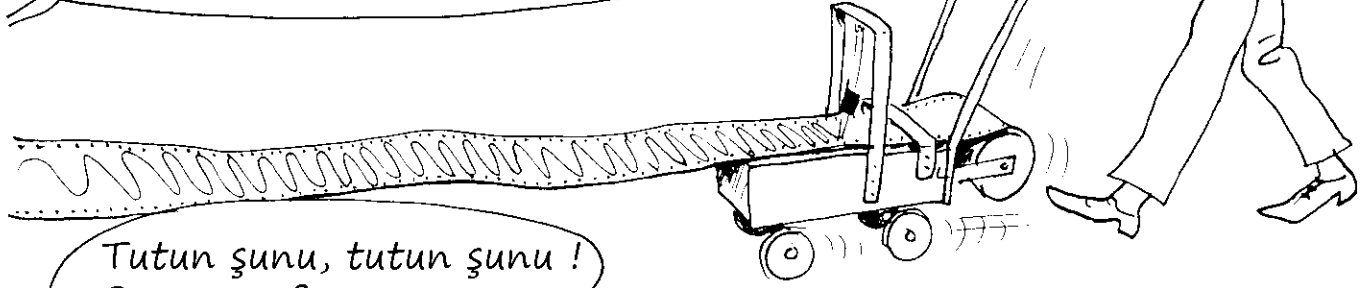


!!!

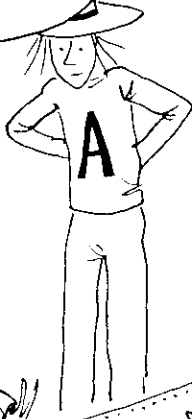
Willy, şu pedalı düzgün çevir !

Çeviriyorum, seni  
ahmak !

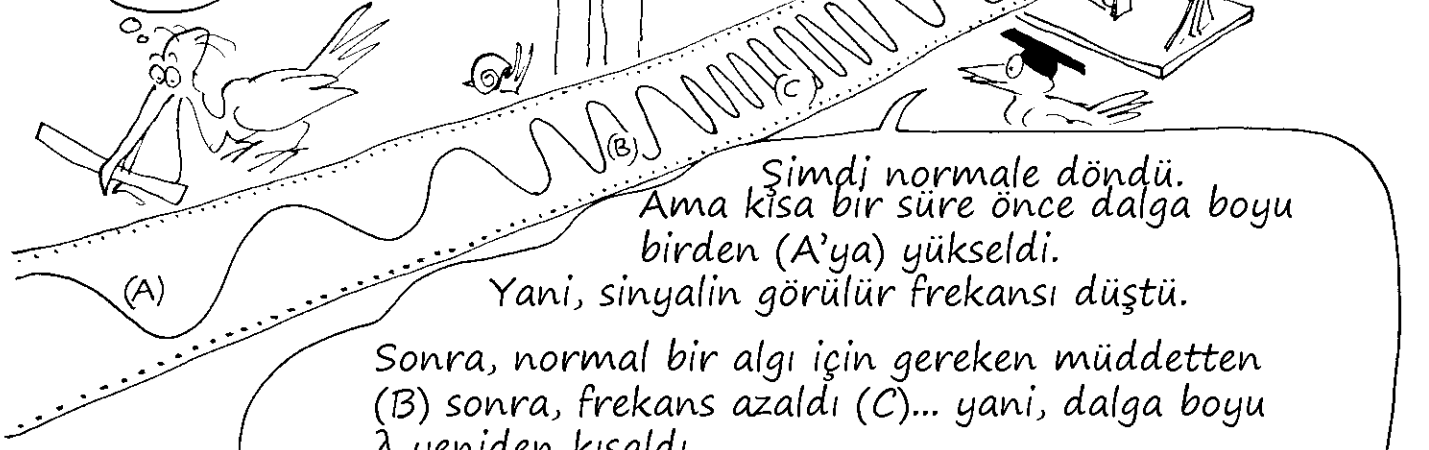
Beğenmiyorsan, kendin  
yapabilirsin.



Tutun şunu, tutun şunu !  
Sorun ne ?



?



Şimdi normale döndü.  
Ama kısa bir süre önce dalga boyu  
birden (A'ya) yükseldi.

Yani, sinyalin görülür frekansı düştü.

Sonra, normal bir algı için gereken müddetten  
(B) sonra, frekans azaldı (C)... yani, dalga boyu  
 $\lambda$  yeniden kısaldı.

Hey, beyler ; artık durabilir miyim

Evet, Willy. Dur bakalım

Willy, pedalları hep aynı hızla çevirdiğini söylüyor.

Belki kağıt gerilmiş veya çekilmiştir ?

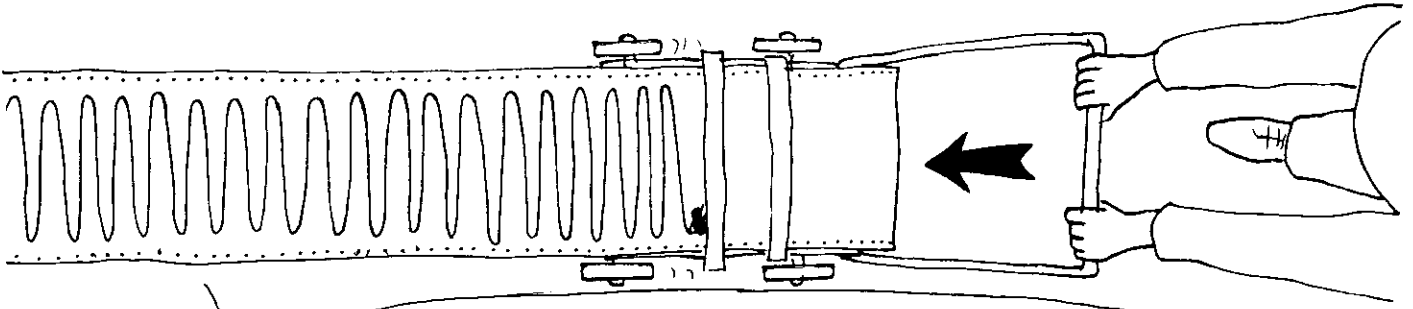
Hayır, Archie. İşte bu Doppler-Fizeau etkisi.

Ne etkisi ...Ne ?

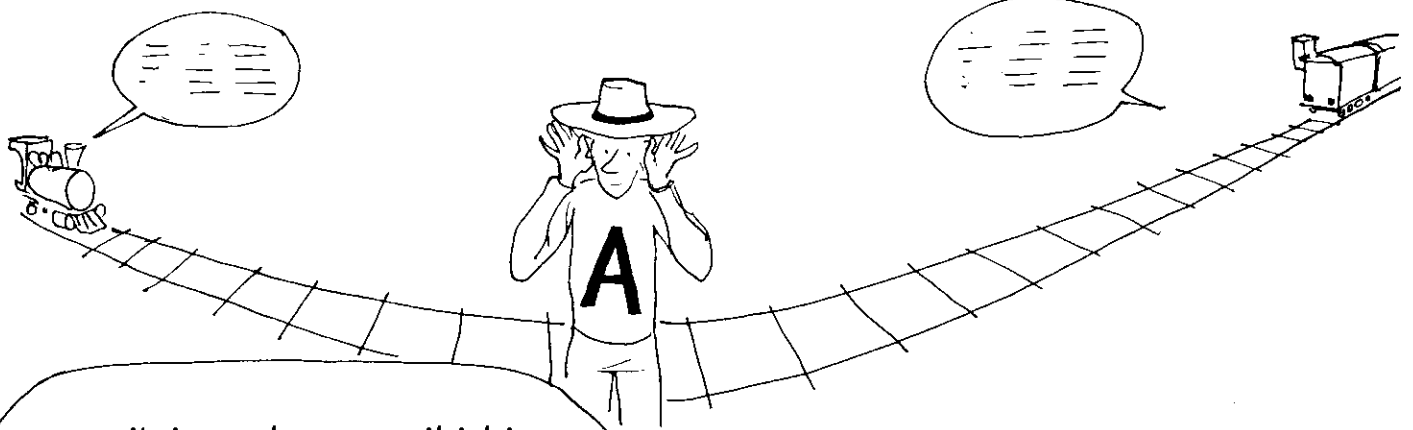
El arabasını hareket ettirdiğinde, görünür frekansı değiştirdin.

Arabayı uzaklaştırdığında, sinüs eğrisi gerildi, ve frekans daha düşük görüldü.

Araba bandın üzerinde ilerleyerek geri döndüğünde, sinüs eğrisi sıkıştı, ve frekans daha yüksek görüldü.



Bu, yüksek bir hızla hareket eden bir trenin düdüğünü dinlerken olan şeyle tam tamına aynıdır. Tren yaklaşırken, ses daha yüksek duyulur ; giderken ise daha düşük.



Evet, ilginç... bunun gibi bir sistemle, hareketsiz bir kaynak tarafından çıkartılan sinyalin dalga boyunu önceden bilirsem, kaynağın yaklaşma veya geri çekilme hızını hesaplayabilirim.

Ve ses için geçerli olan aynı zamanda ışık için de geçerli. Uzaklaşan nesnelere daha kırmızı, yaklaşanlar ise daha mavi görünürler.



Akıllica - deneyi tekrarlayalım.

Yerini al, Willy.

Frekansı deęiřtiriyor mu ?

Yahut uzaklařıyor.

Yine aynı şey oluyor,  
aynen geęen seferki

İşte bu ! Halen  
uzaklařıyor !

Hayır, sizi ahmaklar kümesi,  
uzaklaşmıyorum ! Buradayım !

Ve sarkaç da halen burada.

# GALAKSİLERİN UÇUŞU

Aman Allah...

Şu anlama  
gelmeli...

Uzay hareket ediyor.

Yo, hayır !

O halıyı ciddi  
yırtıp atalım

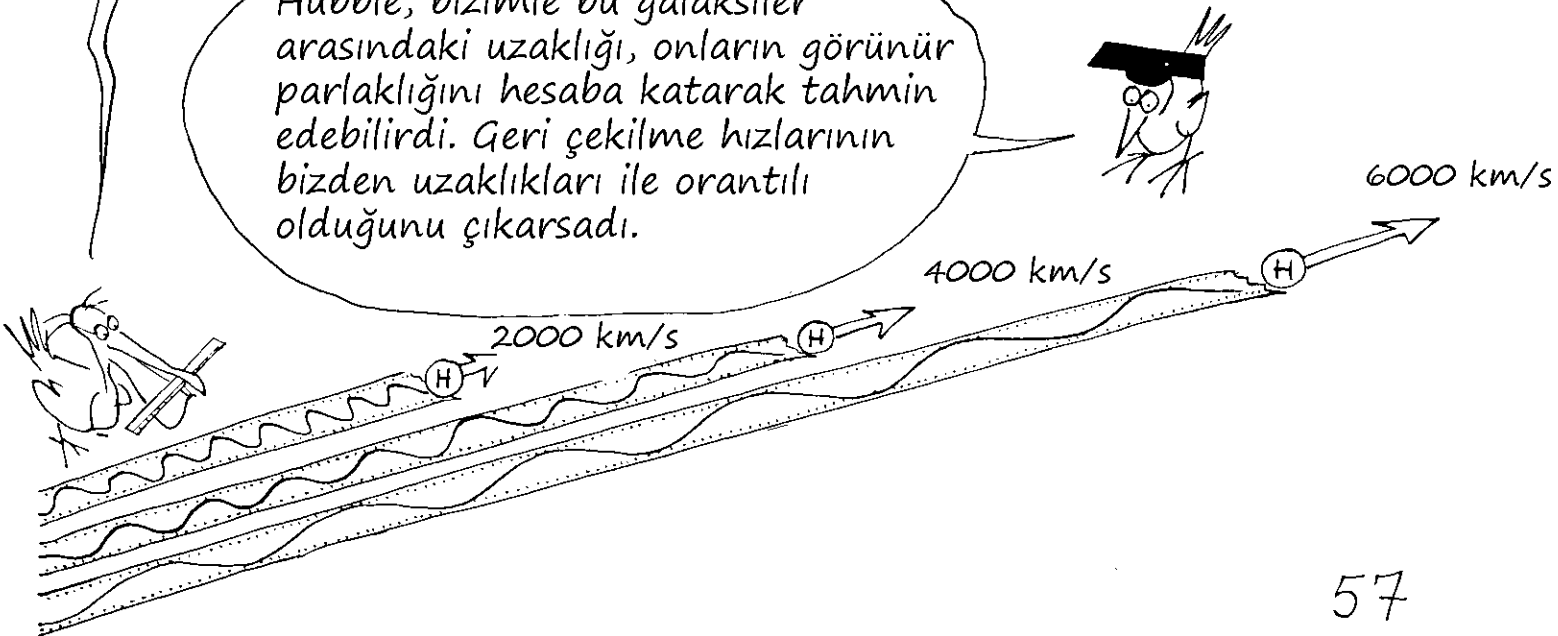
Bu, genişleyen halının  
hikayesi...

Bu, aynı zamanda, 1930'da Edwin Hubble'ın uzak galaksilerinin bizden uzaklaştığını fark ederek evrenin genişlemesini nasıl keşfettiğinin de hikayesidir. Doppler-Fizeau etkisi nedeniyle, bu galaksiler daha uzağa gittikçe çok daha kırmızı görünür.



Teorik olarak, bu hidrojen atomları 21 cm dalga boyuna sahip ışık yayıyor. Doppler etkisi, geri çekilme hızının 2000, 4000, ve 6000 km/sn olduğunu gösteriyor.

Hubble, bizimle bu galaksiler arasındaki uzaklığı, onların görünür parlaklığını hesaba katarak tahmin edebilirdi. Geri çekilme hızlarının bizden uzaklıkları ile orantılı olduğunu çıkarsadı.



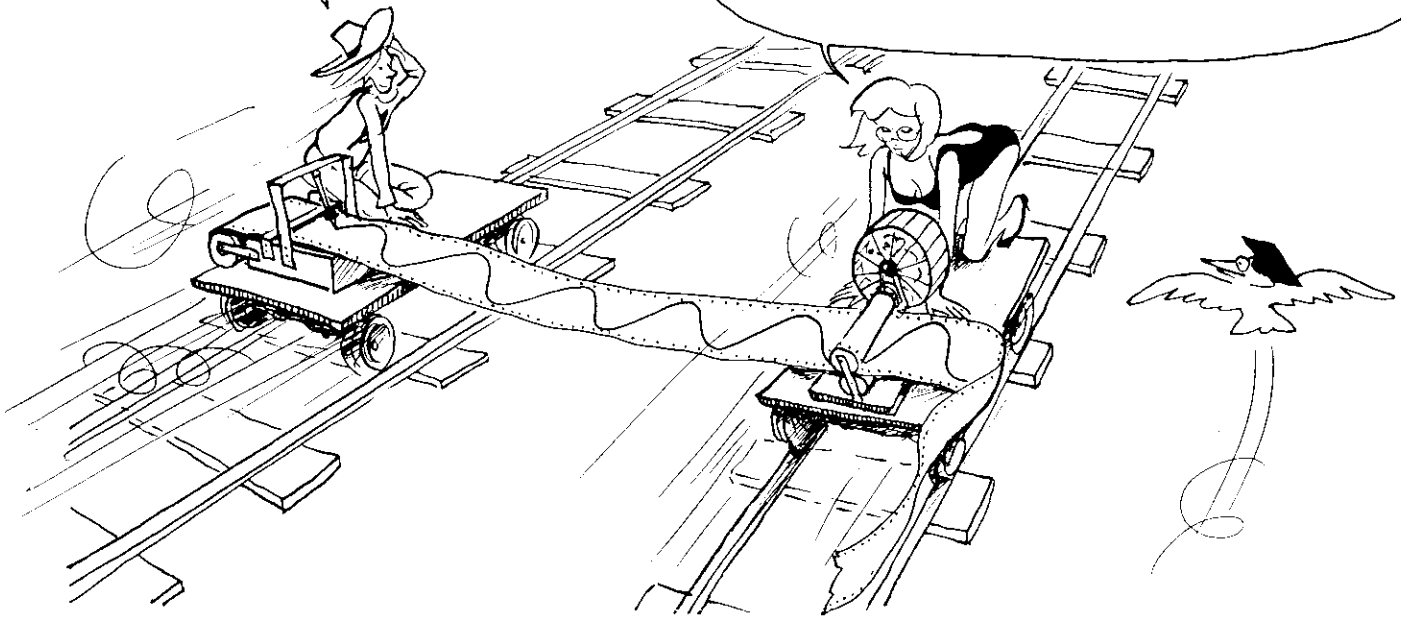
Püfff. Yani bu ne demek ?  
Şeyler bizden uzaklaşırken ivme  
mi kazanıyorlar ?

Tam olarak değil. Halı, her yöne  
genişliyor.  $T=0$  zamanında, bir metre  
uzaklıkta bir A noktası düşün. Bir  
saniye sonra, 1.2 metre uzaklıkta bu-  
lunuyor. Yani geri çekilme hızı, 20  
cm/sn'dir.

Aynı zaman aralığında, başlangıçta  
2 metre uzaklıkta bulunan B  
noktası, sürenin sonunda 2.4 metre  
uzaklığında (B' noktasında) bulu-  
nuyor. Sana göre onun geri çekilme  
hızı ise 40 cm/sn'dir.

Doppler etkisi bize göreceli  
hızları açıklar.

Eğer verici ve alıcı paralel yollarda  
aynı hızla hareket ederlerse, dalga  
boyunda herhangi bir değişim olmaz.



Yani bütün evrenimiz bir genişlemeye mi maruz kalıyor?

Dinle, başka bir açıklamam var. Bu sefer... hızlandığını farz et

Fakat bu... bu hiçbir şey ifade etmiyor!

Hidrojen-atomlarının - onları evrenin « nabızı » diye adlandıralım - salınımlarını düşünebilirsin. Nabızı ivmelenen bir evren hayal et. Sen yaşlandıkça, nabzın da daha hızla atıyor. Geçmiş imgeleri, ağır-çekim bir film gibi gözükür. Doppler etkisi, sadece bir ilüzyondur.

Bu tabii ki bir fikir, Tiresias - hayal dünyasında herşey mümkündür. Söylediğin şey, Fred Hoyle tarafından da dillendirilen fizik yasalarının da zaman içinde evrim geçirebileceğine dair iddianın tamamen aynısı.

## GÖKYÜZÜNÜN TEMELİ SOĞUKTUR

Lakin genişleme ve onun mantiki sonucu olan büyük patlama lehine başka bir tez daha var.

Vay!

Bir süre önce, sadece milyarda bir fotonun maddeye dönüşebildiğini gördük.



Ve antimaddeye !



Yani bu ilkel fotonlardan yine de çok fazla sayıda, santimetre küp başına 500 kadar, olmalı (ve çok sayıda da nötron, ama onları fark etmek daha zor).

Dalga boyları, 3 mutlak derecelik ( $-270^{\circ}\text{C}$ ) bir radyasyon sıcaklığı MS'ye tekabül edecek 5 mm kadar olmalı.

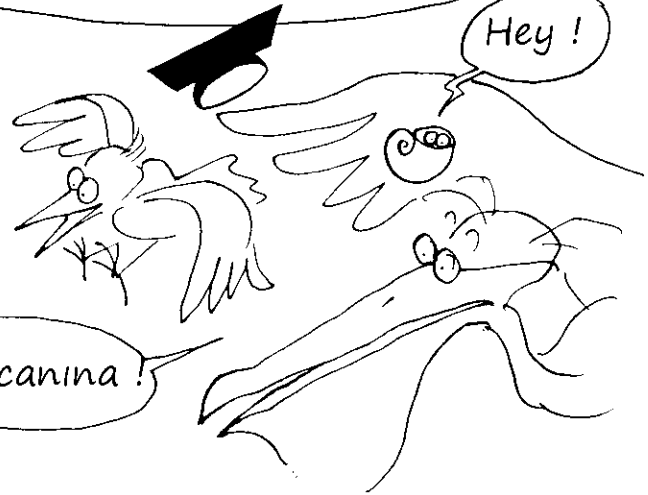


Bu çok düşük enerjili fotonlar, 1964 yılında Penzias ve Wilson tarafından ortaya çıkarıldılar. Bunlar, büyük patlamanın cürufıdır ; muhteşem kozmik dansın elle tutulabilir kanıtları.



Hey !

Vay canına !



# Kozmolojik Ufuk

Sophie, Hubble yasasına göre, nesnelere geri çekilme hızları onların uzaklıkları arttıkça artar...

Yani, mantiken, ışık hızına eşit yahut ondan daha fazla bir hızla bizden uzaklaşan nesnelere var olmalı !?

Fakat... onlardan ışık elde edemeyiz !

Neden olmasın ? Eğer bir uçak ses hızından daha fazla bir hızla uçarsa, ses patlamasını halen duyabilirim.

Canlarım, şeylere başka bir ışık altından bakmalısınız

Hareket fenomeninin, zaman üzerinde bir etkisi var (\*). Işık hızına yaklaşan bir hızla hareket eden bir nesne, bize yani gözlemcilere, göreceli yani farklı bir « zaman balonu »ndaymışcasına görünür. Onun iletisini, bir tür ağır-çekim film gibi algılarız.

Eğer nesne bizden tam olarak ışık hızı ile uzaklaşırsa, zaman bağlantısızlığı genelleşir. Onun zamanı, su (pekmez) gibi akarcasına gözükür.

300.000 km/s

Bu, zamanların birbirlerine göre kaymaları yüzünden, alıcıdaki dalgaların frekansları alçaltılmıştır. Bu fenomen, bu görecelilik etkisi, Doppler etkisi ile birlikte hareket eder. Vericinin geri çekilme hızı, bize göre,  $c$ 'ye eriştiğinde, alınan dalgaların frekansı sifira iner. Aynı şey enerji, dalgalar ve ileti için de olur.

Sıfır frekans dalgaları, güle güle dalgalarıdır !

Etrafımızı saran nesnelere, 300,000 km/sn'lik göreceli bir hızla, ufuk adı verilen bir alanda erişir. Ufuk, şeylerin var olduğu sınır değildir ; o, bizim bilebileceğimiz şeylerin sınırınıdır. Erişilebilir evren, çok daha geniş olan evrenin sadece küçük bir parçasıdır. Ufuk, birkaç on milyarlarca ışık-yılı uzaklığındadır. Bugün dünyadaki en güçlü teleskop olan Palomar teleskopunun menzili, yaklaşık 1 milyar ışık-yılıdır.

## Patron.

Yani, şimdi, evrenin yarıçapı  $R$  ne anlama geliyor ?

Hikayemiz, evren saniyenin yüzde biri yaşlarında iken başlıyor. Tam o anda  $R$  yarıçaplı bir çember, ya da iyisi mi bir küre, çizdiğimizizi hayal et. Sonra, bu referans küresinin zaman geçtikçe genişlemesini izle. İşte bu kadar.

Bunu yaparak, uzayın sonlu mu sonsuz mu olduğuna dair önceden bir hüküm vermemiş oluyoruz (\*).

Çok güzel gözleri var...

Hey, siz ikiniz !

Bu karikatür kitabı daha bitmedi !

Hi-hi-hi

Halen size ihtiyacımız var.



# FRIEDMAN MODELLERİ

Sophie - evrenin genişlemesine neden olan şey ne?

Basınç kuvvetleri. Genişleme, evren bir bomba gibi patladığından gerçekleşiyor.

Peki bu genişlemeye hiçbir şey karşı koymuyor mu?

Yerçekimi kuvveti evreni tekrar bir araya getirmeye - içeriye patlatmaya - uğraşiyor.

Peki basınç ve yer çekimi kuvvetlerinin bunu dengeleyebildiği bir evren düşünemez miyiz?

Böylesi bir dengenin mümkün olmadığı gösterilebilir. Bu dengeden ve bu « statik » evrenden uzakta gerçekleşen en ufak bir bozukluk bile iç ya da dış patlamaya neden olacaktır.

Dış patlama

İç patlama

Öyleyse, bana evrenimizin dış patlama yerine iç patlama yaşayıp yaşayamayacağını anlat bakalım ?

Bir açıdan, böyle bir ihtimal var.

Aslında, bu ancak zaman geriye doğru akmaya karar verirse mümkün olur...

Tsss !

Başka bir alet mi Archie ?

Archie patenlere birbirlerini çekmelerini sağlamak için iki adet mıknatıs yapıştırdı. Ama sıkıştırılmış bir tel, patenleri tekrar birbirinden ayrılmaya uğraşır.

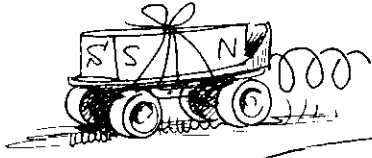
Gördüğün gibi, mıknatıslar şeyleri bir arada tutan yer çekimi kuvvetini temsil eder. Tel ise basınç kuvvetidir.



İki ihtimal vardır :

tel tarafından verilen itki yeterince güçlü ise, patenler durmaksızın birbirlerinden ayrılmaya devam edecek.

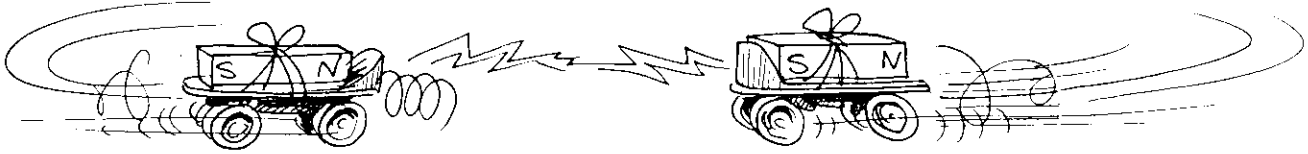
Uzaklık arttıkça, uzaklığın karesinin tersi ile orantılı olan çekim kuvveti azalacak.



Sürtünme yoksa, patenler er ya da geç sabit bir hız elde edecek.

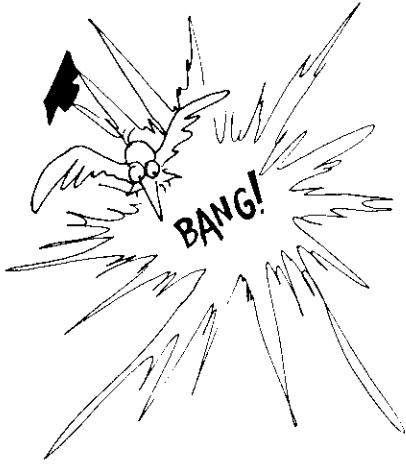


Öte yanda, eğer telin itkisi çok zayıfsa veya mıknatıslar çok güçlü ise, bu durumda patenler artan bir hızla birbirlerine doğru « düşecek » şekilde geri dönecek.



Bu, iki tür evrenin mümkün olduğunu öne sürer :

Birinci senaryo : genişleme durmaksızın devam eder. Son yıldızlar söndüğünde, sonsuz bir gece, mutlak bir soğuk ve termal bir ölüm gerçekleşecek.



İkinci senaryo : sonunda yerçekimi kuvvetleri kazanır. Maksimum genişlemeye eriştikten sonra, evren « son çare olarak kendine başvurur ». Bütün yapılar – galaksiler, yıldızlar – düz bir hale gelecek şekilde sıkışır. En küçük atomlar dahi parçalanır. Ve büyük patlama kendini yeniden geri-patlatır... evrenin yeni bir geri tepmesine ve yeni bir genişleme evresine hazır hale gelir.

İsviçreli matematikçi Friedmann, 1930'da, bu ilk statik olmayan evren modellerini icat etti.

Evrenin statik olmayabileceğini bilseydim, bunu Friedmann'dan daha önce keşfedebilirdim (\*).



1917'de, tamamen imkansız bir matematiksel akrobasi pahasına kendi statik modelinin içine eden Bay Albert, buna bir miktar sinir oldu. Friedmann, onun zaferini çalmıştı. O, çok uzun yıllar önce genel göreceliliğe surat asmıştı.

Friedmann modellerine göre, eğer maddenin (şimdiki) yoğunluğu santimetre küp başına  $5 \times 10^{-30}$  gramdan daha az olursa, evren sonsuz bir genişlemeye uğrar. Böylece, evren sonsuz bir hacme ve sonsuz bir uzamsal büyüklüğe sahip olur.



(\* (Einstein'in özgün yorumu)

# EVRENİN GEOMETRİ(LERİ)Sİ

Bize göre, evren içinde uzay ve zamanın birbirine karıştığı dört-boyutlu bir hiperyüzezdür. Yukarıda tartışılan fikirler, uzay-zaman olan bu evrensel varlığın farklı sunumlarına tekabül eder.

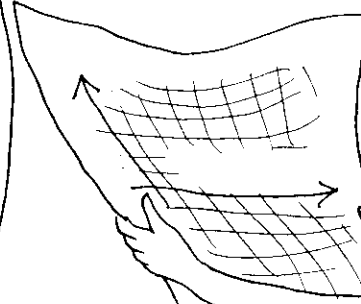
Evrenin şekli nedir ?

Zavallı...

Bir uzayın boyutlarının sayısının, onun içinde bir noktanın yerini tayin etmek için gereken niceliklerin sayısı olduğunu anımsa.

Benimle <sup>1</sup>Salı günü saat 11'de <sup>2</sup>altıncı cadde ve <sup>3</sup>beşinci sokağın köşesindeki <sup>4</sup>üçüncü katta buluş : dört nicelik.

Çizimlerde, sadece iki boyutlu uzayları, yüzeyleri, temsil edebiliriz. Yani, bir boyutu uzay ve diğeri zaman olmak üzere iki boyutlu bir uzay-zamanı çalışabiliriz.





Bu şekildeki ilk kapalı evren olan Einstein'ın statik modeli, bir silindir olarak temsil edilir.  
geçmiş - gelecek - uzay - zaman

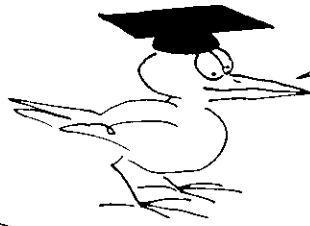
anladığım kadarıyla, biz bir silindirin içindeyiz ?

Hayır, üzerinde

Verili bir anda, bir nesne yüzeyin üzerindeki M noktası yoluyla gösteriliyor, ve o andaki evren de bir çembere indirgeniyor.

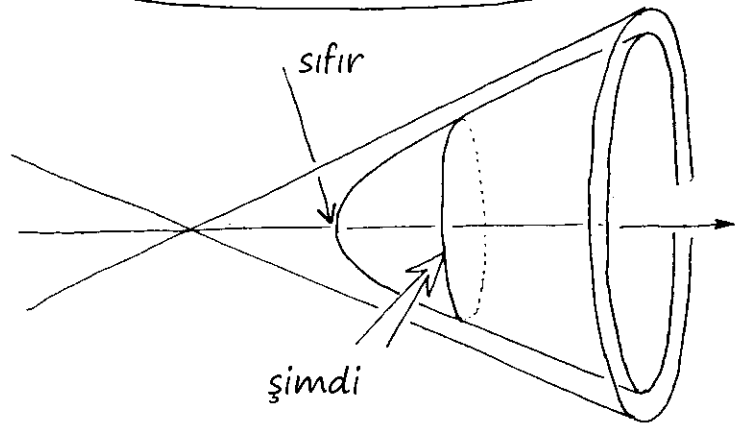
Kapalı evren  
tek uzay boyutu

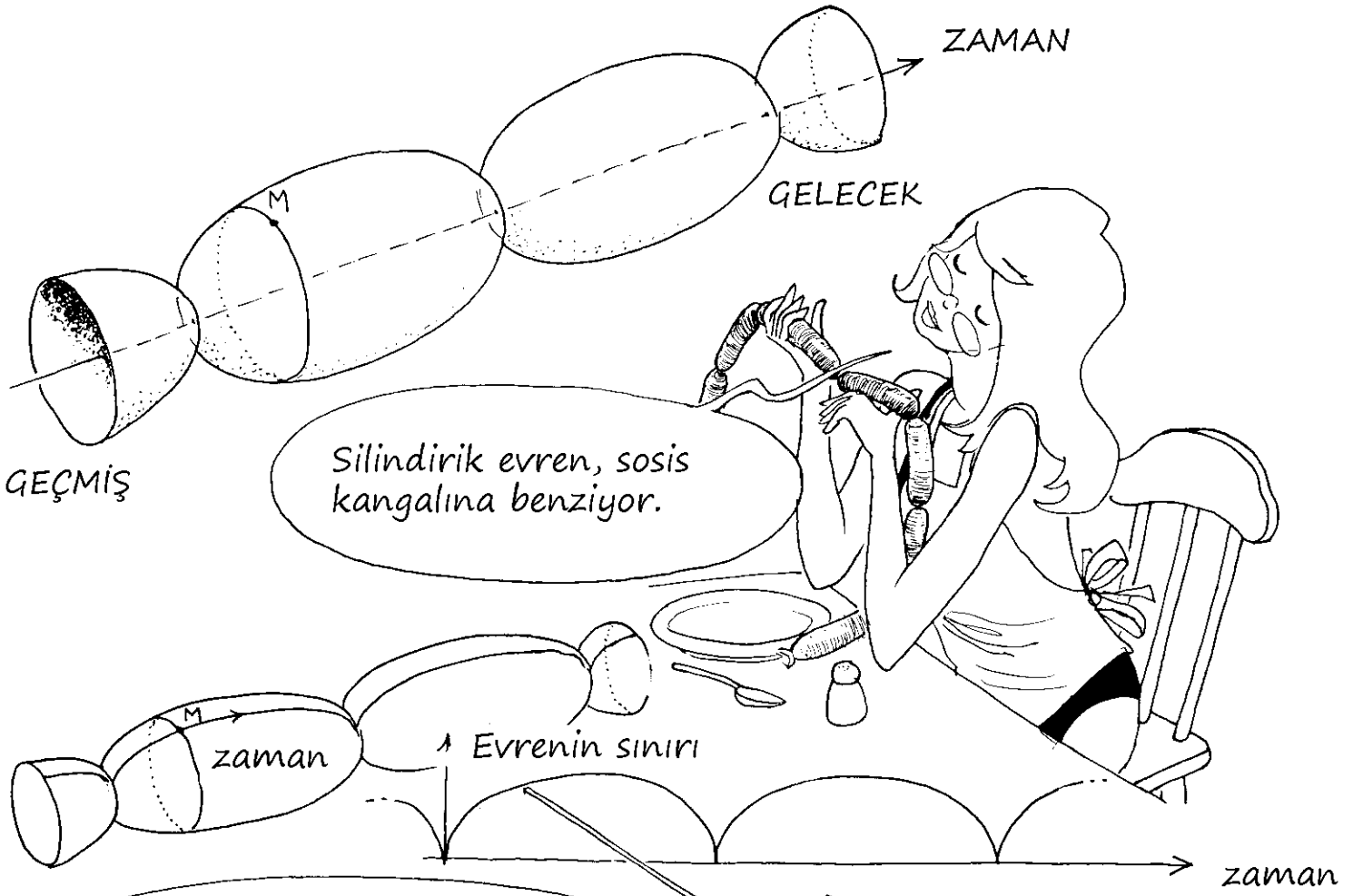
Nesne hareketsiz ise, zaman geçtikçe silindirin jeneratörünü (boyunda uzanan bir çizgi olarak) tanımlıyor.



Bu kapalı evrenin genişlemesini zamanın bir fonksiyonu olarak sunmak kolay ve böylece statik olmayan bir evren modeli de ortaya konulmuş olunur.

Örneğin, sonsuz bir şekilde genişleyen uzay-zamanın iki boyutlu bir resmi işte burada.





Silindirik evren, sosis kangalına benziyor.

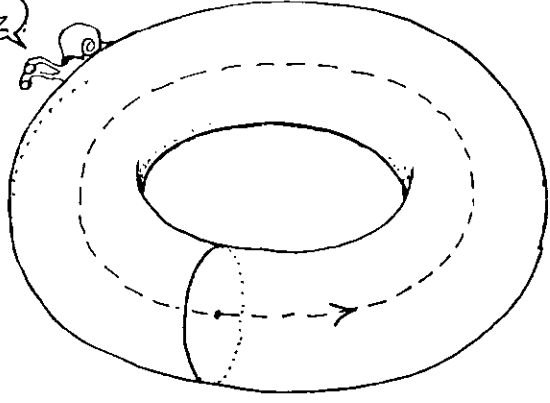
Ama şuna gelelim, neden zaman « açık » yani hem gelecekte hem de geçmişte sonsuz şümulü olmalı ?

Biz buradayız.

Ne demek istiyorsun, kendi üstüne kapanan... bir zamandan mı bahsediyorsun ?

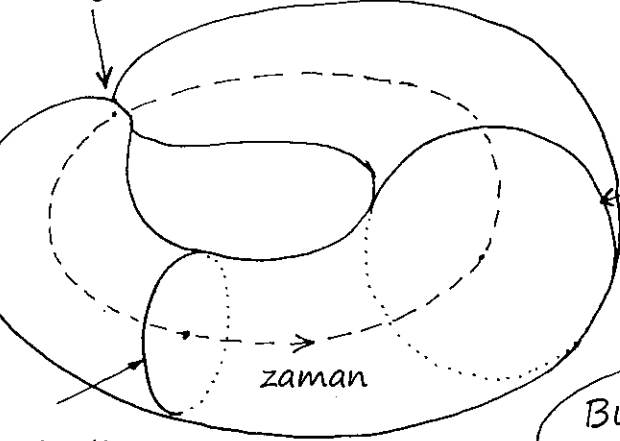
Sorun değil... Einstein'ın modelini kendi üzerine kaparsan, bir torus (kabartı)... elde edersin.

Yine buradayız



Tamamen kapalı bir uzay-zamanda, bu tuhaf evrenin periyodu  $\tau$  zamanından sonra, aynı olaylar sürekli kendilerini tekrar eder.

Büyük patlama tekiliği



şimdi

Kendi üstüne çöken bir silindirik evren de yapabilirsin.

maksimum genişleme durumu



Bu, sadece tek bir sosıs ile kendi üstüne kapanan bir sosıs kangalı !

Oh, baksana Lenny !!!

Tamamen çöktü. Gelişini görebilirsin...





# SON SÖZ

İşte evrenin başlangıcı ile ilgili bildiklerimiz bu kadar.



En azından, şu an için bildiğimizi düşündüklerimiz bunlar. Son 5000 yıl içinde sayısız kere değişim geçirdi.

« Evreni anlama çabası, insan hayatını maskaralık seviyesinin bir miktar üzerine taşıyan ve ona bir trajedi zerafeti veren nadir şeylerden biridir. »

Steven Weinberg. İlk üç dakika.


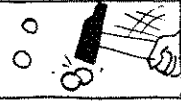




# Son



# Kozmodram



ZAMAN	SICAKLIK	YOĞUNLUK	FENOMEN
ÖNCE...	$S >= 10^{12}$ derece		?
1/1000 saniye	3000 milyar derece		Fotonların, nötrinoların, antinötrinoların (foton kendi antiparçacıdır), protonların, antiprotonların, nötronların, antinötronların, elektronların ve antielektronların (positronların) ayrışmamış çorbası.
1/100 saniye	100 milyar derece	4 milyar gr/cm <sup>3</sup>	Hadronların (protonların, antiprotonların, nötronların, antinötronların) saldırısı. Milyarda bir hayatta kalır. Geri kalanlar, kendi antiparçacıkları tarafından yok edilirler ve bu, foton üretir.
1/10 saniye	30 milyar derece		Fazla değil. Atom çekirdeklerinin oluşumu için çok fazla sıcak.
1 saniye	10 milyar derece	380,000 gr/cm <sup>3</sup>	Nötrinolar « kendi hayatlarını yaşarlar » ve madde ile etkileşmeye son verirler.
13 saniye	3 milyar derece		Elektronlar ve antielektronlar arasında savaş. Yine sadece milyarda bir hayatta kalır.
3 dakika	1 milyar derece		Nükleosentez : helyum çekirdeğinin oluşumu. Serbest nötronların ortadan yok olması (yaşam süresi : 10 <sup>9</sup> saniye)
35 dakika	300 milyon derece	1 gr/cm	Nükleosentez tam bir başarıya ulaşır : %25 helyum, %75 hidrojen.
700,000 yıl	3000 derece		Neredeyse bütün madde ve antimaddenin yok olmasından sonra, evren, madde/enerjinin en çok radyasyon olarak meydana geldiği « radyasyonel çag »a girer. Sıcaklık 3000°'ye düştüğünde, nötr atomlar oluşur ve fotonlar madde ile etkileşime girmeye son verirler : « saydam » evren.
100 milyon yıl	RS = -173° C MS = -276° C		Fotonlar tarafından tekrardan ısıtılmayan nötr helyum ve hidrojen atomlarının sıcaklığı hızla düşer. Galaksilerin ve ilk yıldızların oluşumu.
5 milyar yıl			Dünyanın oluşumu.
10 milyar yıl	RS = -270° C	10 -30 gr/cm <sup>3</sup>	Hayatın ortaya çıkışı.
Bugün			Atom bombasının icadı...