

SU Lise Yaz Okulu

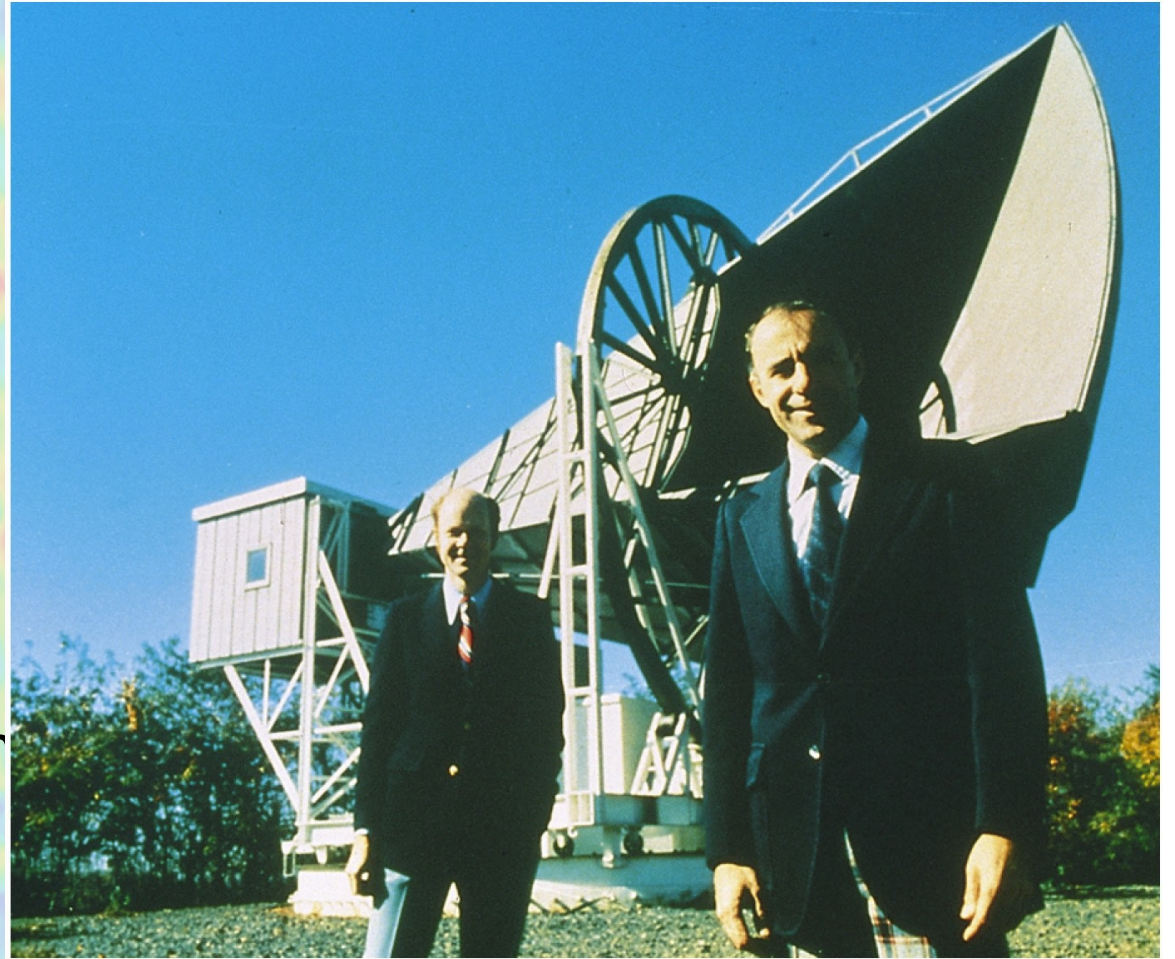
Mikrodalga Fon Işımı

“Madde”nin oluşması



Tarihsel Bir Giriş

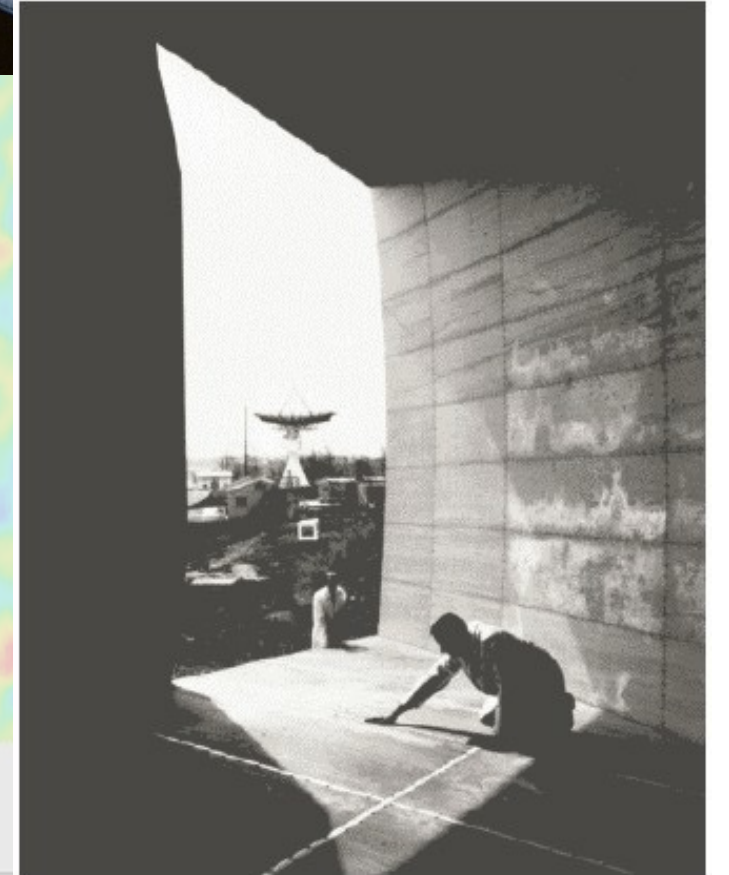
- 1964'te Arno Penzias ve Robert Wilson Bell Laboratuvarı'nda antenleri ile mikrodalga boylarında çalışmalar yapıyorlardı.
- Bu anten NASA'nın ECHO projesi ile iletişim uyduları ile gürültüsüz haberleşme üzerine idi. Dolayısıyla her türlü elektronik gürültünün yok edilmesi ya da anlaşılması proje için çok önemliydi.



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Gürültü

- Anten devamlı bir gürültü üretiyordu. Ne yöne çevirirlerse çevirsinler, günün her saatinde aynı sinyali alıyorlardı. Normalde bu tipik bir elektronik gürültü işaretidir.
 - Fırtınaların etkisi
 - Topraklama sorunları
 - Kısa devreler
 - Kumru kakaları
- 4.08 GHz deki sinyal gerçektir ve 3.5 +/- 1 K gibi bir sıcaklığa karşılık geliyordu.



Şans Penzias ve Wilson'a güldü

- 40 km kadar uzakta, Princeton'da Dickie ve Peebles teorik olarak öngörülen bu ışımayı tespit etmek için bir anten kurduurmaya çalışıyorlardı.
- Bu ışıma büyük patlama modelinin tahmin ettiği bir ışımaydı. 1940'larda Gamow ve öğrencileri ilk hesapları yapmışlar ve 10K civarında bir sıcaklıkta kara cisim ışıması beklemişlerdi.
- Princeton grubu Bell Laboratuvarı'nda bu ışımanın keşfedildiğini duyduğunda ortak iki makale yazarak bu büyük bulguyu duyurdular ve büyük patlama modelini standart model haline getirdiler.

Neden karacisim ışıması?

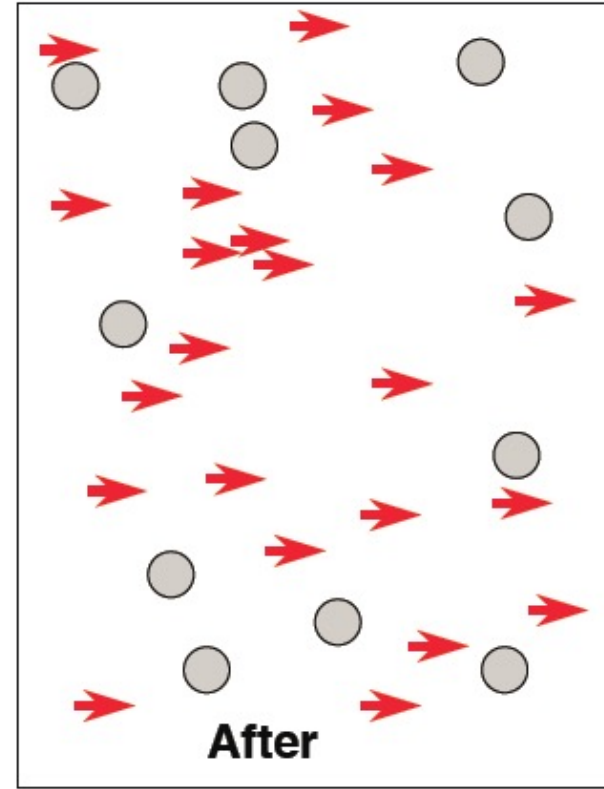
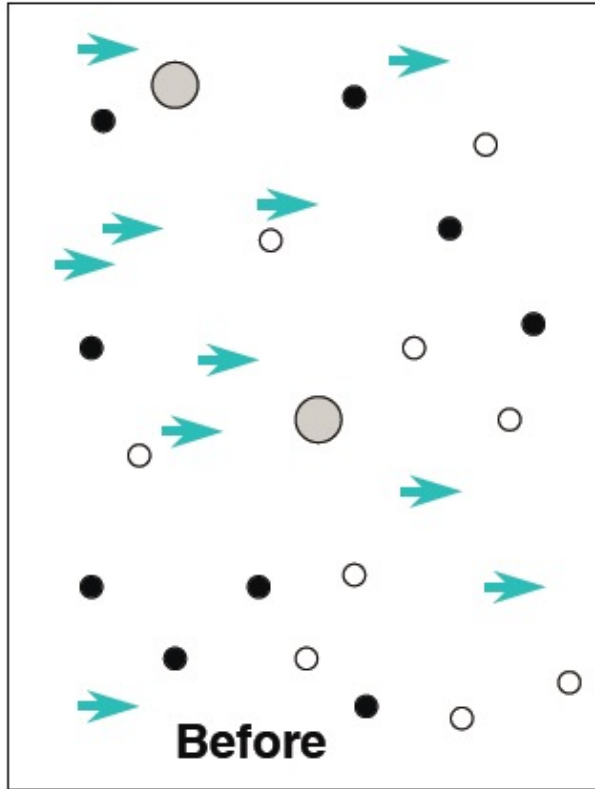
- Evren çok küçük iken sıcaklık çok yüksekti ve ortam çok yoğundu. Işıma, yani elektromanyetik enerji çok yüksekti (fotonlar çok sayıdaydı) ve devamlı madde ile etkileşim halindeydi. Bu tip bir ortam termodinamik dengenin kurulması için ideal bir ortamdır.
- **İdeal termodinamik dengede** cisimler karacisim ışıması yaparlar.
- Ama evrenin ilk zamanları ortam o kadar yoğundur ki ışık uzaklaşamaz....

Ayrışma

Decoupling.

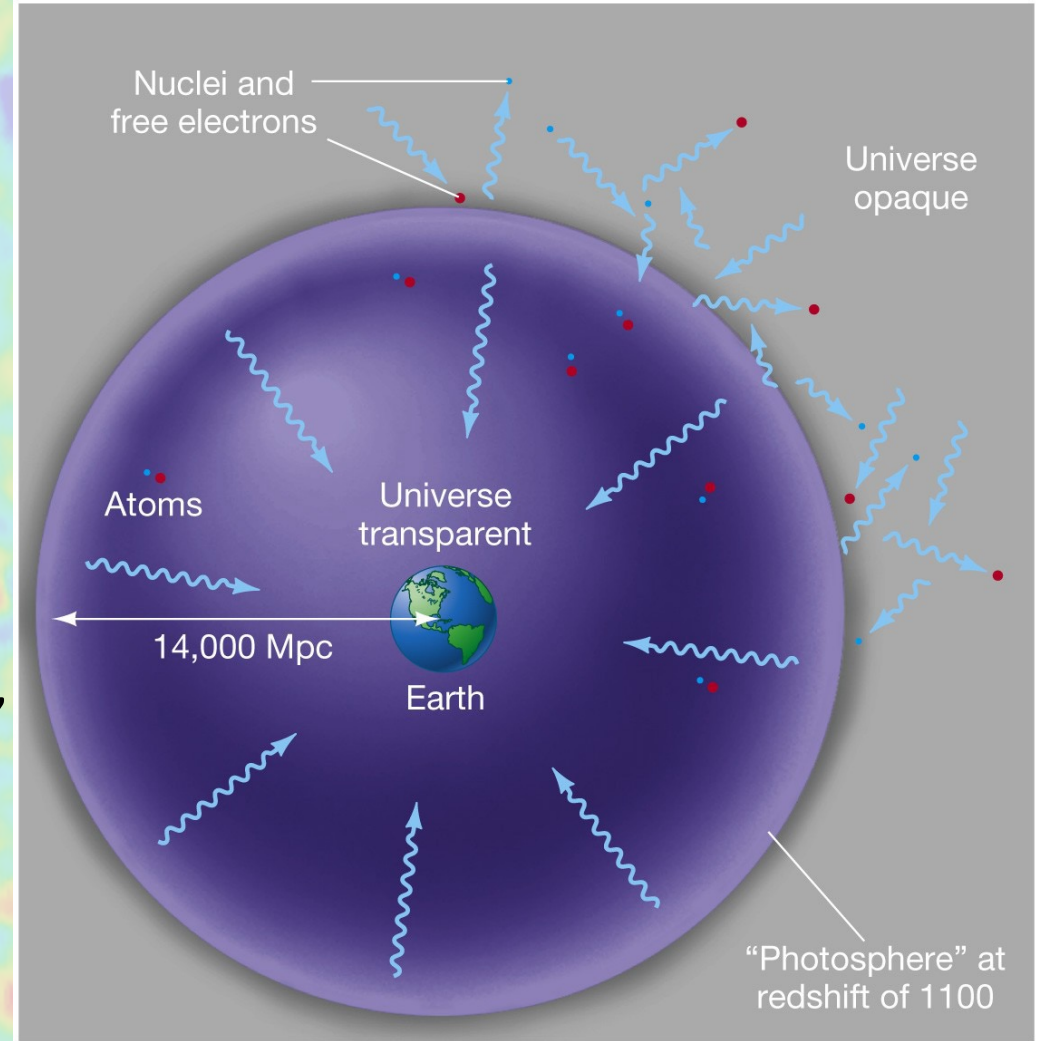
● Proton ● H atom
○ Electron ➔ Photon

3000 K'de
ışınma
atomların
oluşmasına
olanak verir
ve evrene
yayılır.



Ayrışma

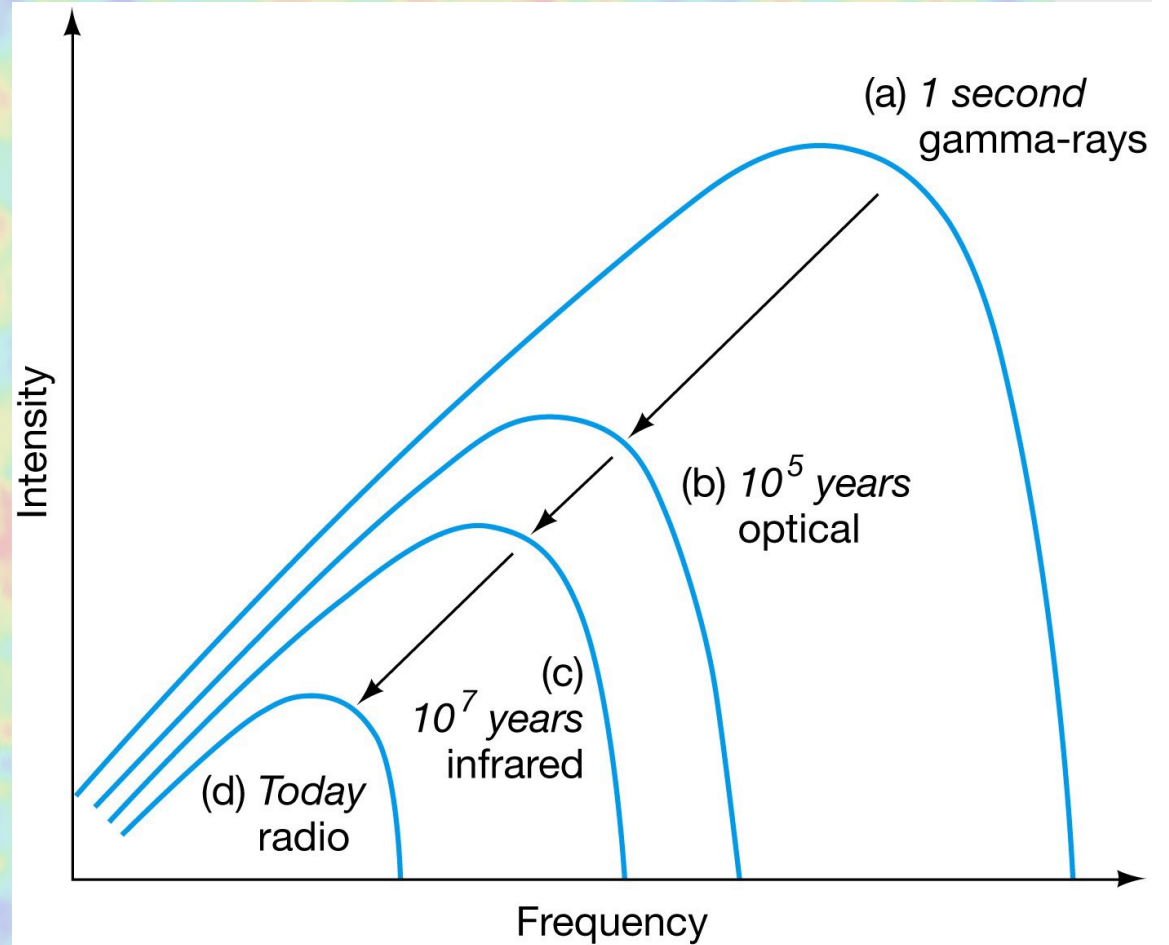
- Ayrışma'dan sonra evren saydam hale gelir.
- Bugün mikrodalga fon ışınımı dediğimiz ışınım işte bu ayrışmadan arta kalan ve evrenin genişlemesi sonucu dalgaboyu büyümeye devam eden ışımadır.
- Ayrışma evren 400,000 yaşındayken meydana gelmiştir, ve ışık bize 14,000 Mpc den ulaşmaktadır. daha ötesini "görmemiz" imkansızdır.



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Işımanın Evrimi

- Kozmik büyüme ile birlikte ışıma sıcaklığı da düşüyor.
- Ayrışma sırasında görünür bölgedeki ışıma şimdi mikrodalga'da tepe yapıyor.
- Penzias ve Wilson karacisim olup olmadığını bilmiyorlardı, gene de yaptıkları büyük buluş, şans eseri de olsa 1978'de onlara **Nobel ödülünü** getirdi.

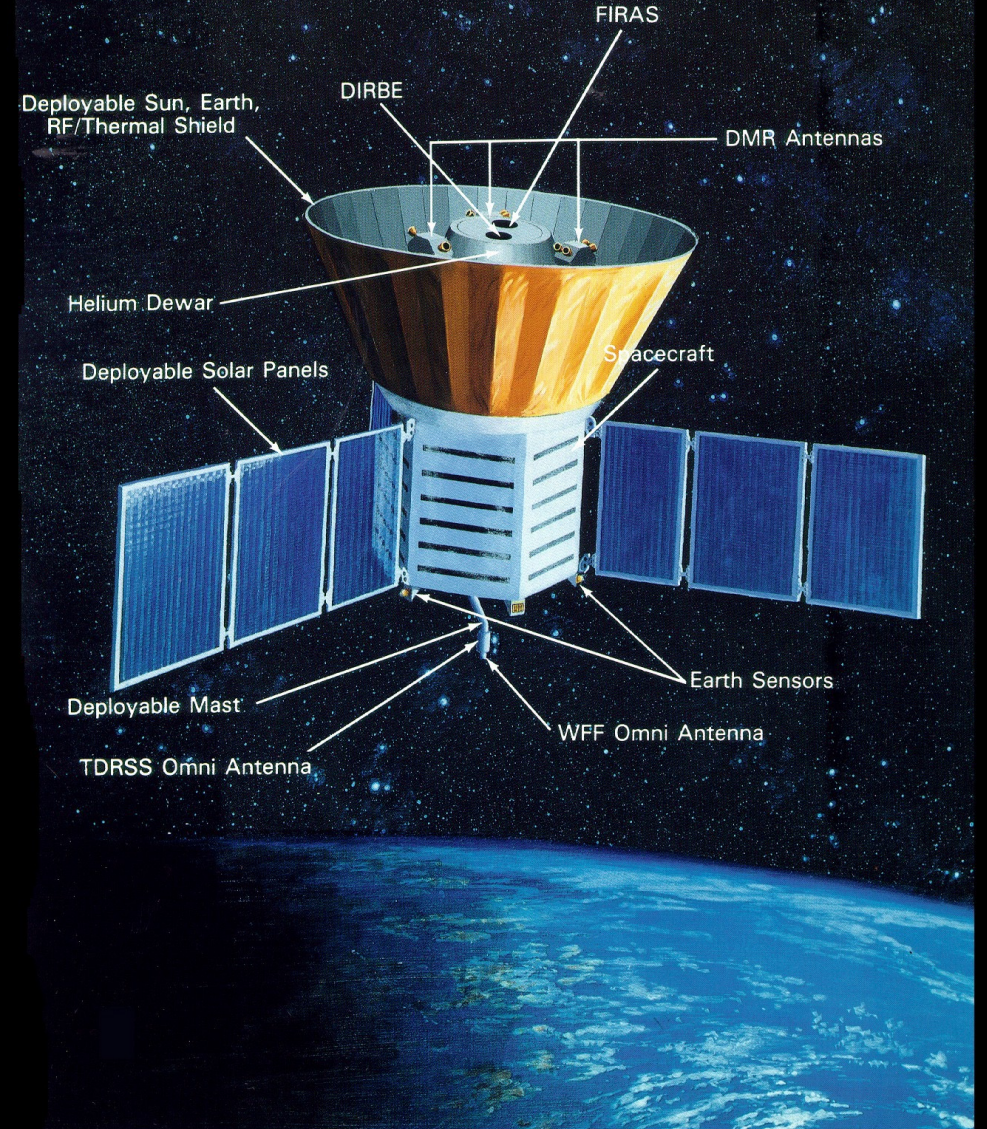


Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

COBE

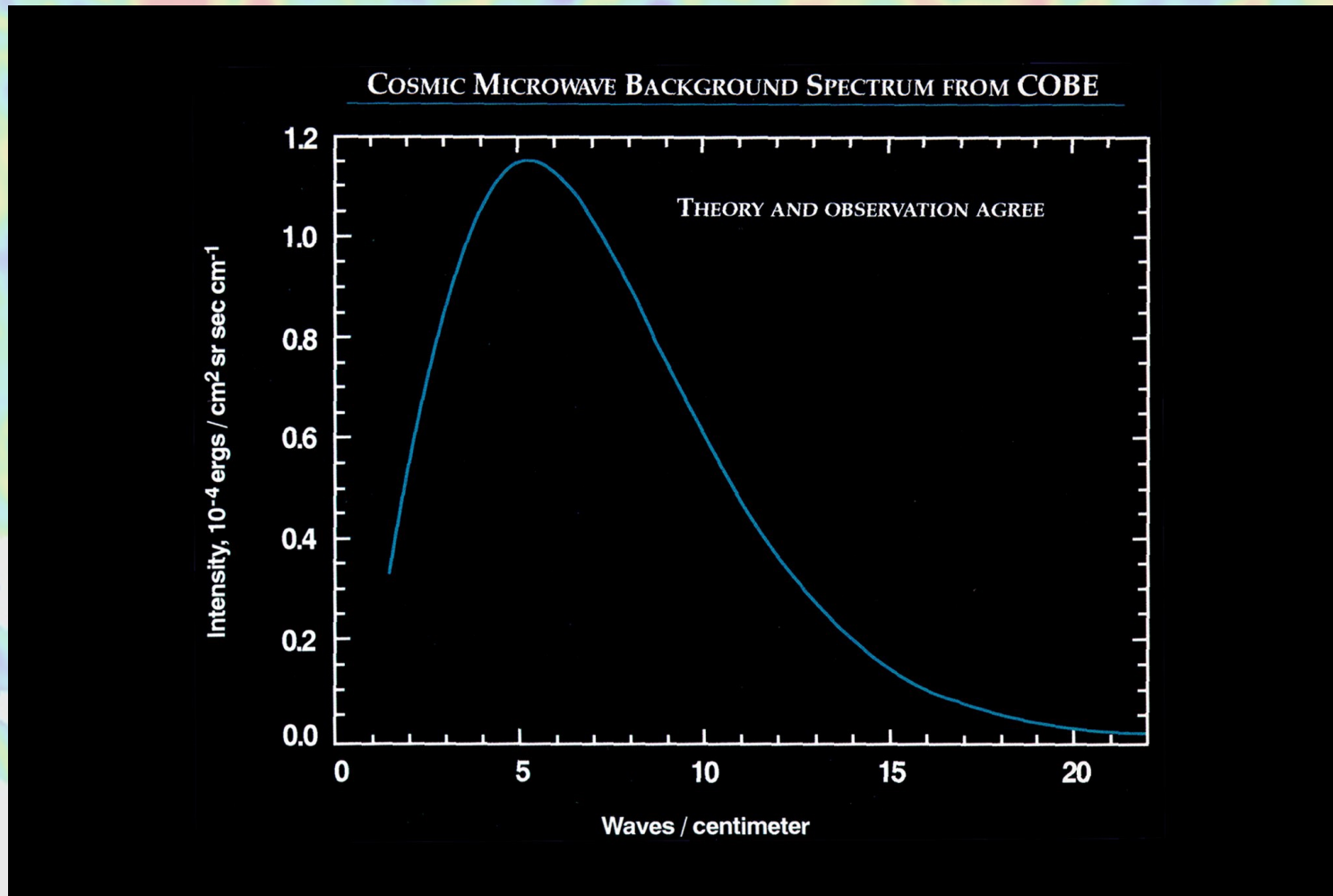
- Işımanın kara cisim olduğunu göstermek 25 yıl sürdü ve sonunda COBE: Cosmic Background Explorer uydusu üzerindeki algılayıcılar sayesinde ışımının değişik dalgalarda parlaklığını ölçüp tayfını çıkardılar.

The COBE Satellite



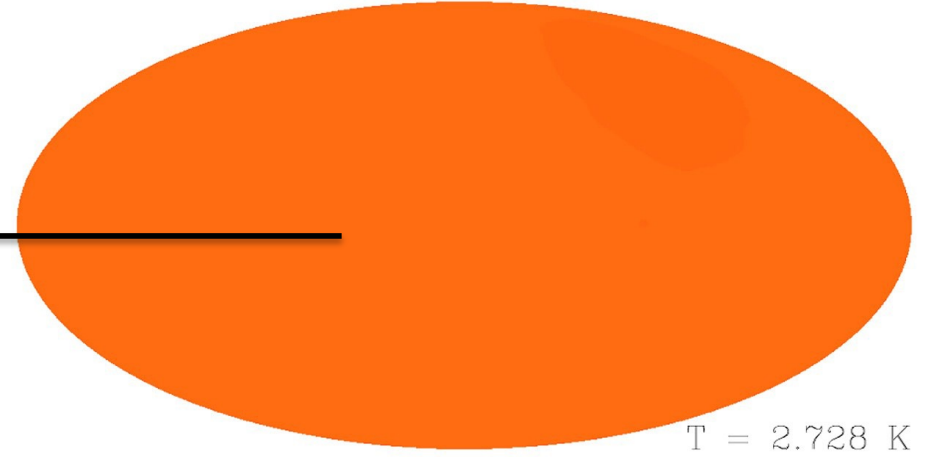
En iyi karacisim ışıması tayfı!

$T = 2.726\text{K}$

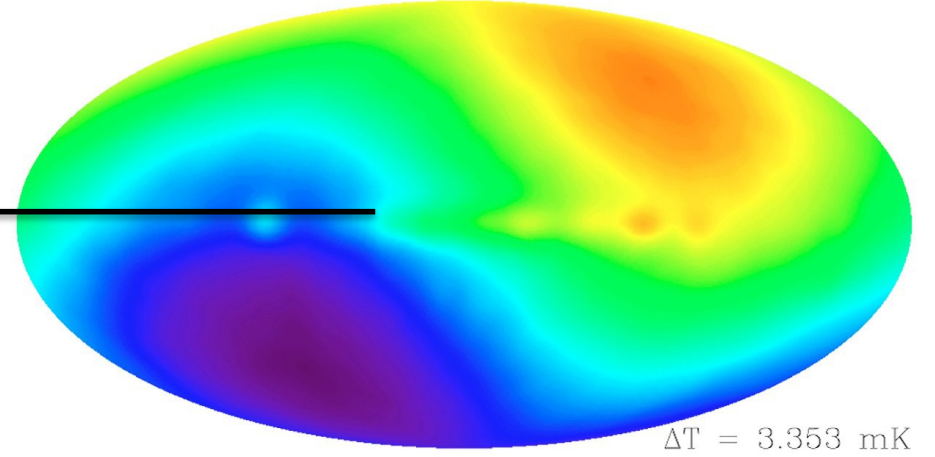


MFI anizotropisi

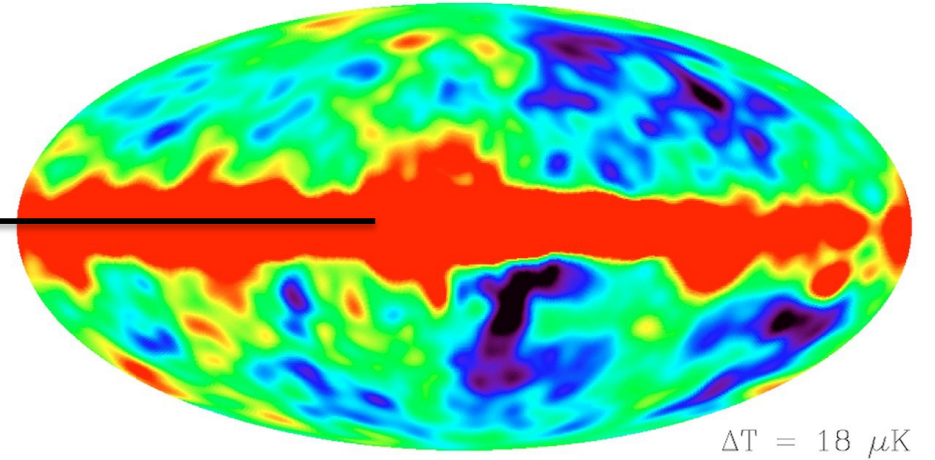
0-4 K ölçeđi, izotropik



mK ölçeđi, dipol

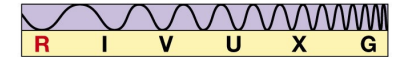
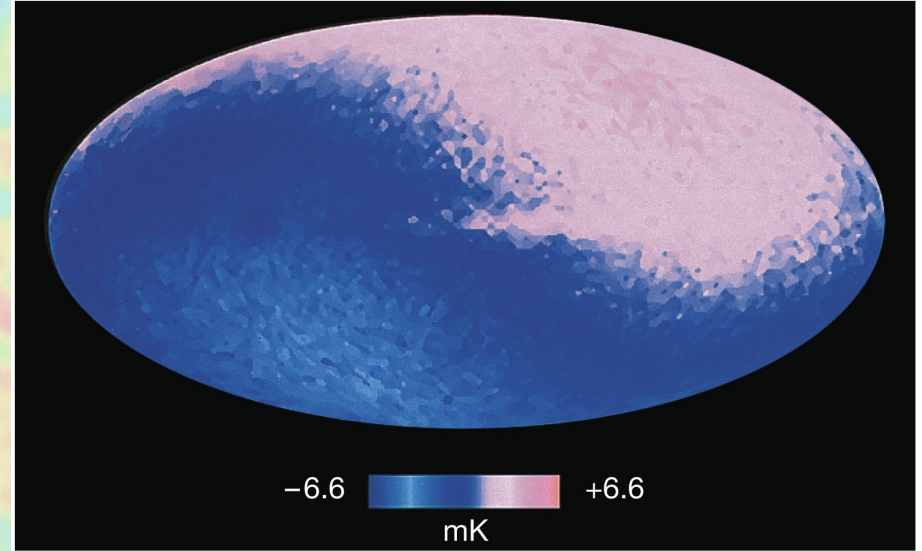


μK ölçeđi, artık izotropik deđil,
Gökada ve başka yapılar mevcut.

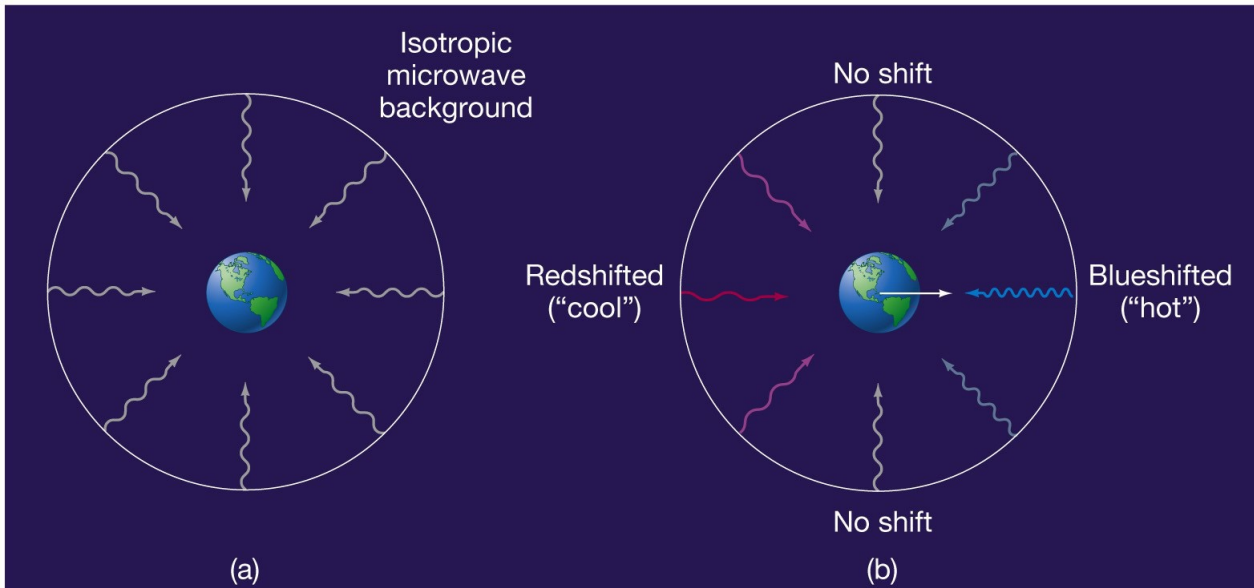


Dipol (iki kutup)

- Dipol yapısı gezegenin, Güneş sisteminin, gökadamızın hareketi yüzünden meydana gelir.



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

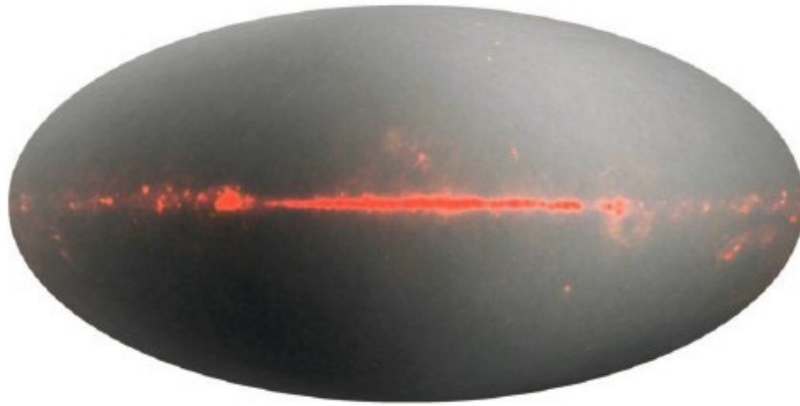


Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.



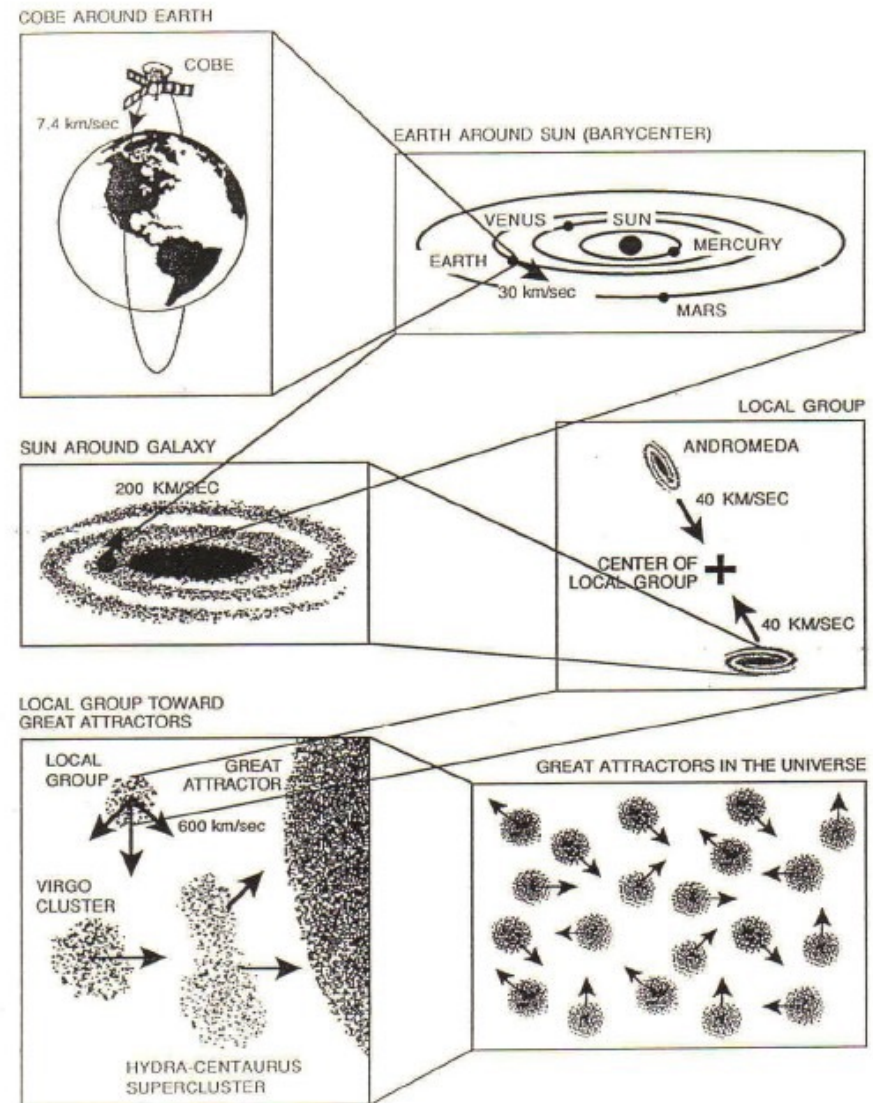
Dipole katkı yapan sebepler

Enhanced Contrast:



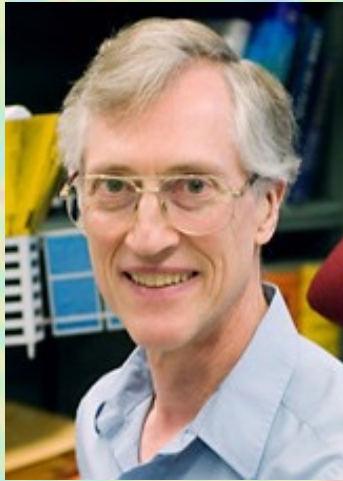
- Conklin 1969 - 2σ
- Henry 1971 - 3σ
- Corey & Wilkinson 1976 - 4σ
- Smoot *et al.* 1977 - 6σ

VELOCITY COMPONENTS OF THE OBSERVED CMB DIPOLE

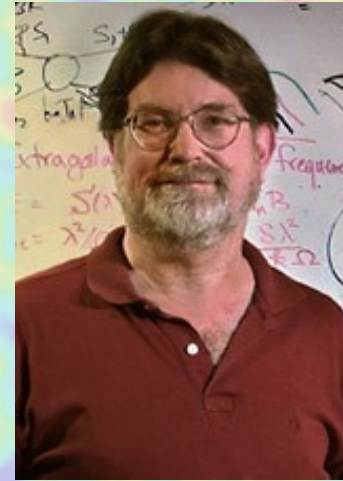


2006 Nobel Fizik

- Bu arkadaşlar MFI karacisim formunda olduğunu ve anizotropisini buldukları için Nobel aldılar.



John C. Mather
NASA Goddard Space
Flight Center,
COBE project scientist



George F. Smoot
LBL, SSL, UC Berkeley
PI of DMR on COBE

Evrenin Evrimi

- **Bugün:**

- Madde ve karanlık madde: $\sim 3 \times 10^{-27} \text{ kg m}^{-3}$

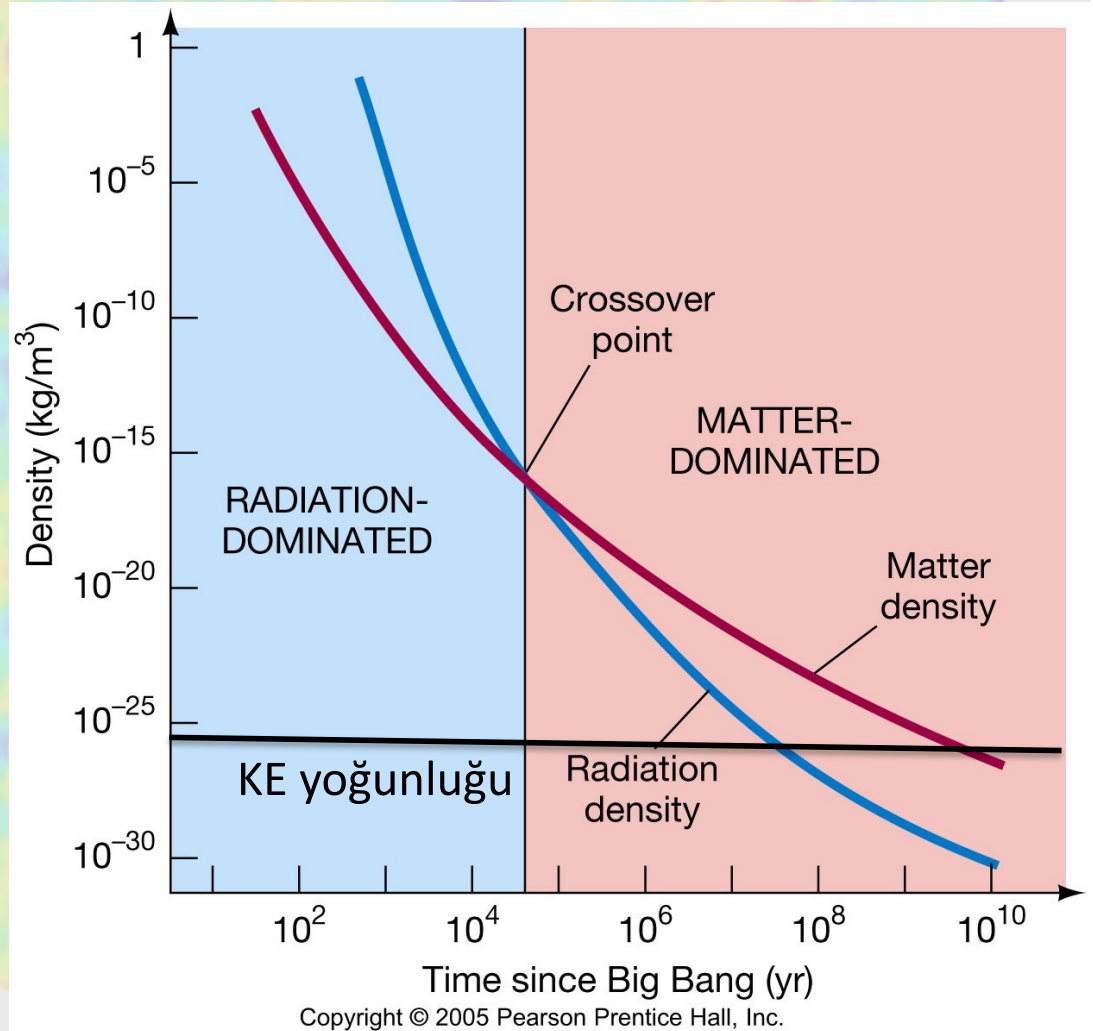
- Işıma: Yıldızlar MFI ye göre çok daha parlak ama çok az yer kaplıyorlar. Ama MFI her yerde. Yıldızların ışığı önemsiz.

- MFI enerjisine mc^2 formulu ile kütleyle çevirip yoğunluğu bulabiliriz: $5 \times 10^{-31} \text{ kg m}^{-3}$

- **BUGÜN MADDE YOĞUNLUĞU IŞIMA YOĞUNLUĞUNDAN ÇOK DAHA FAZLA...**

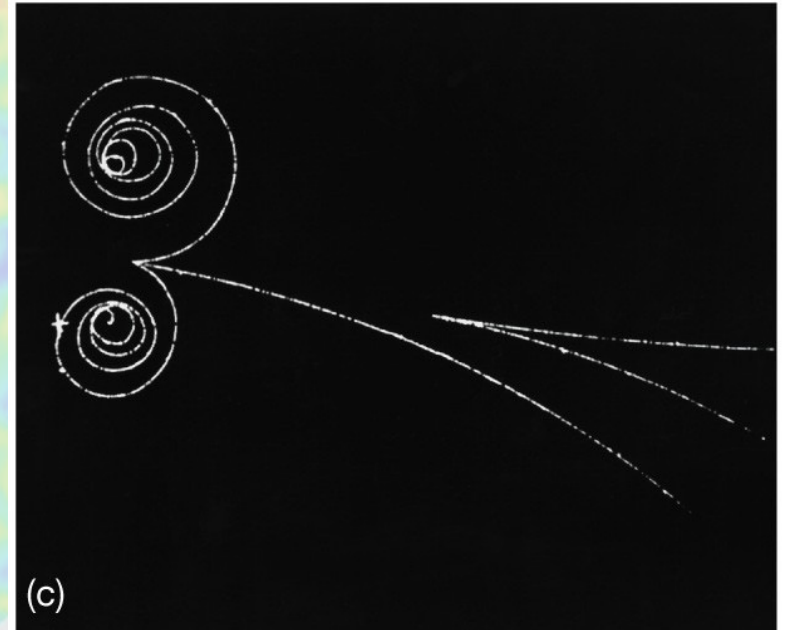
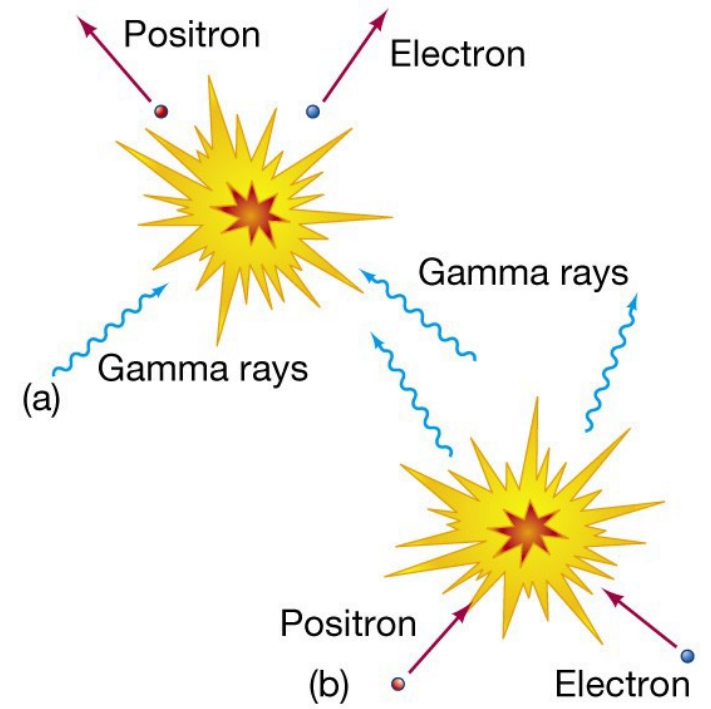
Madde ve Işıma

- Işımayı fotonların oluşturduğunu biliyoruz. Foton yoğunluğu, madde yoğunluğu gibi artan hacimle doğru orantılı azalır. Ama fotonların enerjisi aynı zamanda dalgaboyu büyüdüğü için azalır!
- 50,000 yıl önce madde yoğunluğu ışıma yoğunluğunu aştı.
- Yoğunluk_{MFI} $\propto V^{-4/3}$,
- Yoğunluk_{Madde} $\propto V^{-1}$.
- Yoğunluk_{KE} SABİT!!!



İlk evrende maddenin oluşumu

- İlk evrendeki sıcaklıklar çok yüksekti, laboratuvarlarda ölçebildiğimiz, hatta süpernova patlamalarında oluşan sıcaklıklardan bile daha fazla. Bu sıcaklıklarda en çok görünen fiziksel olay çift oluşumdur.
- Yeteri kadar enerji olduğunda enerji madde-antimadde çiftine, madde ile anti madde birleştiğinde ise enerjiye dönüşür. Her parçacık için bu dönüşüm belli enerjilerde = sıcaklıklarda meydana gelir (elektron: 6×10^9 K, proton: 10^{13} K)



DON!

- Evre genişledikçe sıcaklık düşer ve fotonların enerjisi de azalır.
- Dolayısıyla enerji sınır enerjisinin altına düştüğünde yeni parçacık oluşmaz. Ama oluşan çiftler birbirine çarparak enerjiye dönüşür.
- Ama milyarda bir madde antimaddeden daha fazla oluşuyor (deneylerde küçük miktarda da olsa gözlenen bir olay). Bu kadar küçük fark evrendeki tüm maddenin oluşumunu açıklamak için yeterli.
- Madde “donarak” ışınım alanından çıkıyor.
- Proton ve notronlar evren 0.0001s de oluştu. Elektronlar ise 1 dakika sonra oluştu.

