

Görünmeyeni Anlamak – II

Karanlık Madde – Karanlık Enerji

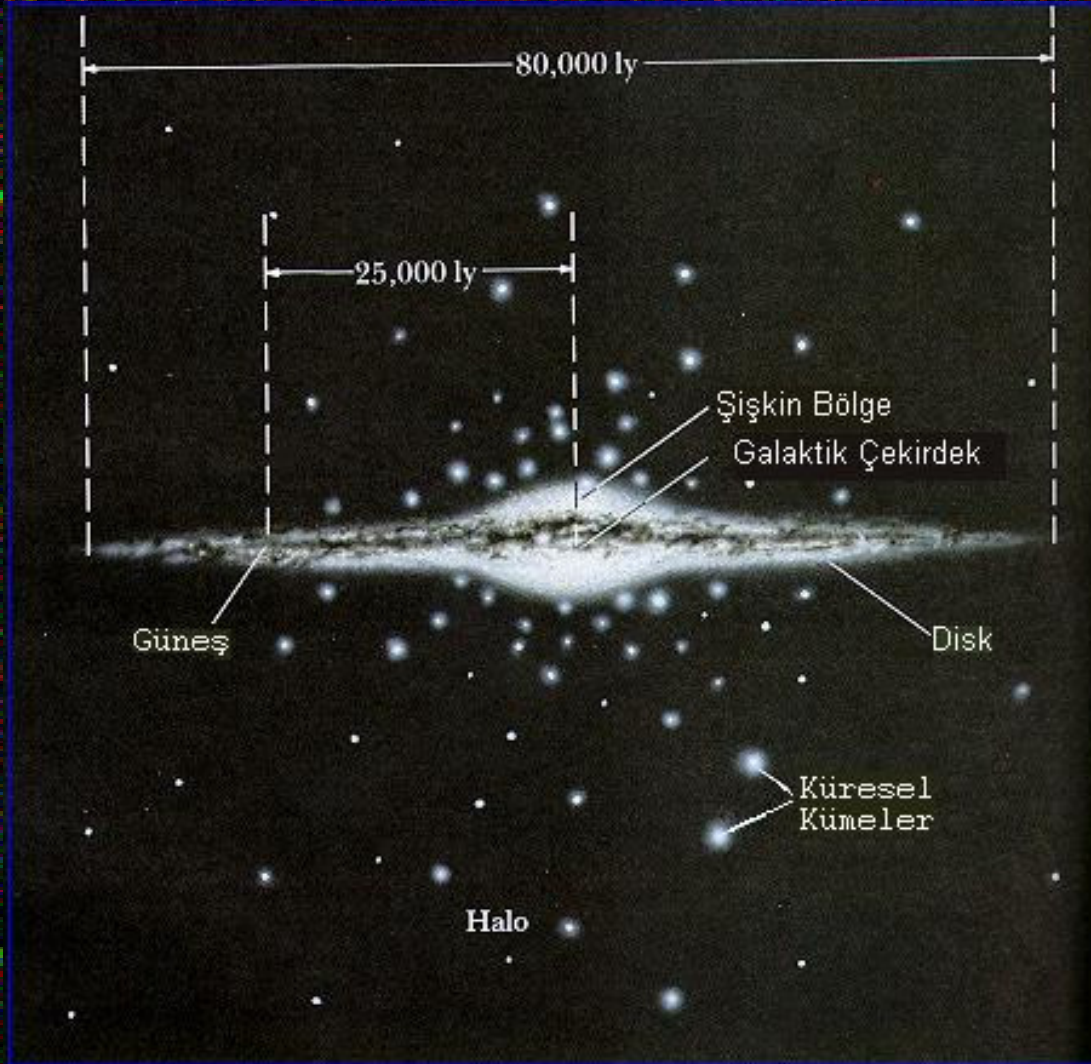
Emrah Kalemci
Sabancı Üniversitesi



Karanlık madde nedir?

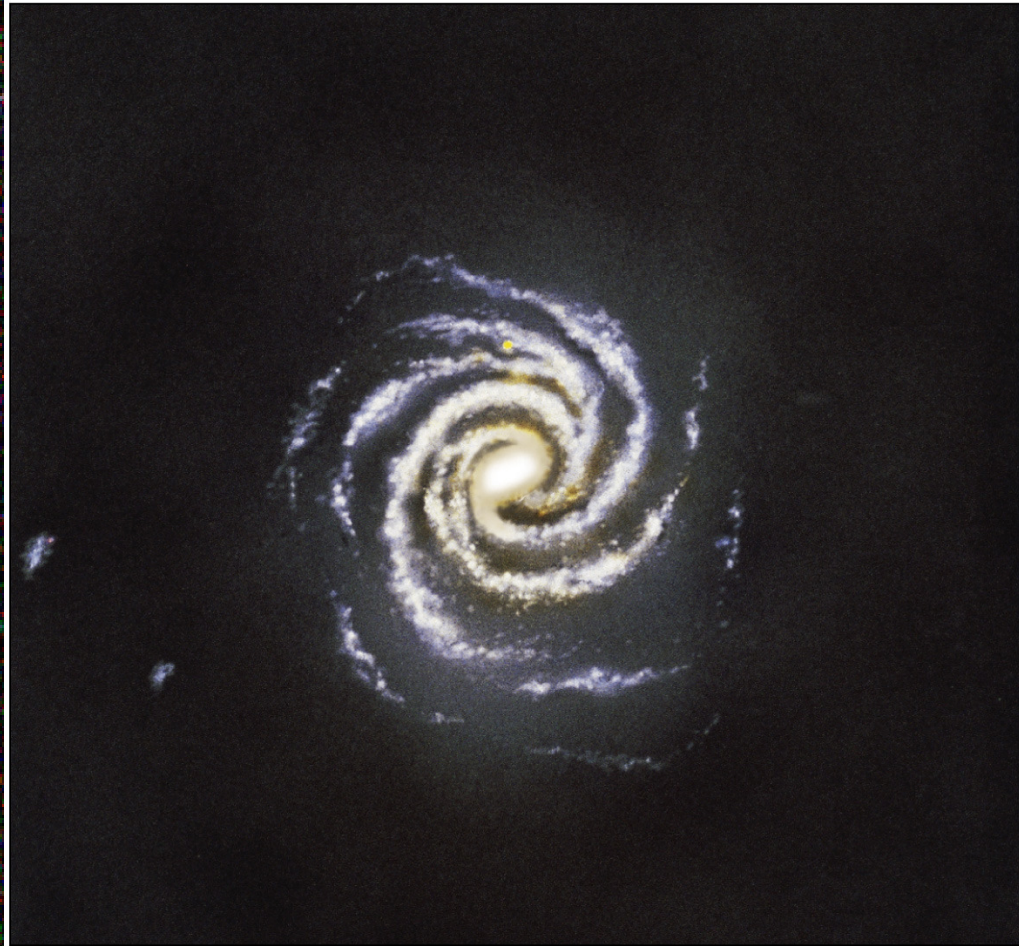
- Elektromanyetik dalgalarla (tüm frekanslarda) etkileşime girmeyen, ya da tespit edilemeyecek kadar az etkileşime giren ama aynı zamanda kütlesi olan maddeye karanlık madde diyebiliriz.
- Algılayıcılarımız temelde elektromanyetik dalgaları kullandığı için karanlık maddeyi ancak dolaylı yollardan inceleyebiliriz.

Samanyolu I



- Kısımlar:
 - Çekirdek
 - Halo
 - Disk
- Görünen maddenin büyük kısmı diskte.

Samanyolu II



30 kpc

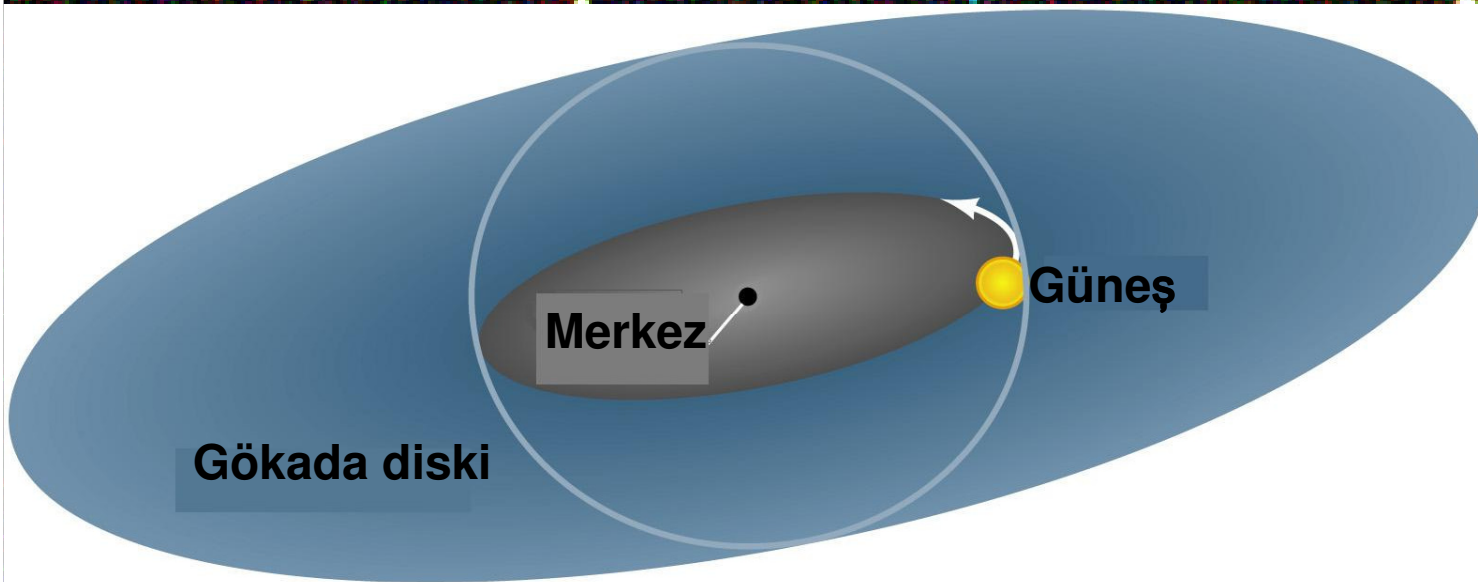
Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

- Hidrojen gazı ışınımını modelleyerek oluşturulan Samanyolu modeli.
- Merkezden 15 kpc sonra gaz ve yıldız gözüküyor.

Kepler

- Diskteki yıldızlar merkezin etrafında Kepler kanunlarına uyan yörüngelerde dönerler.
- Herhangi bir yörünge için:

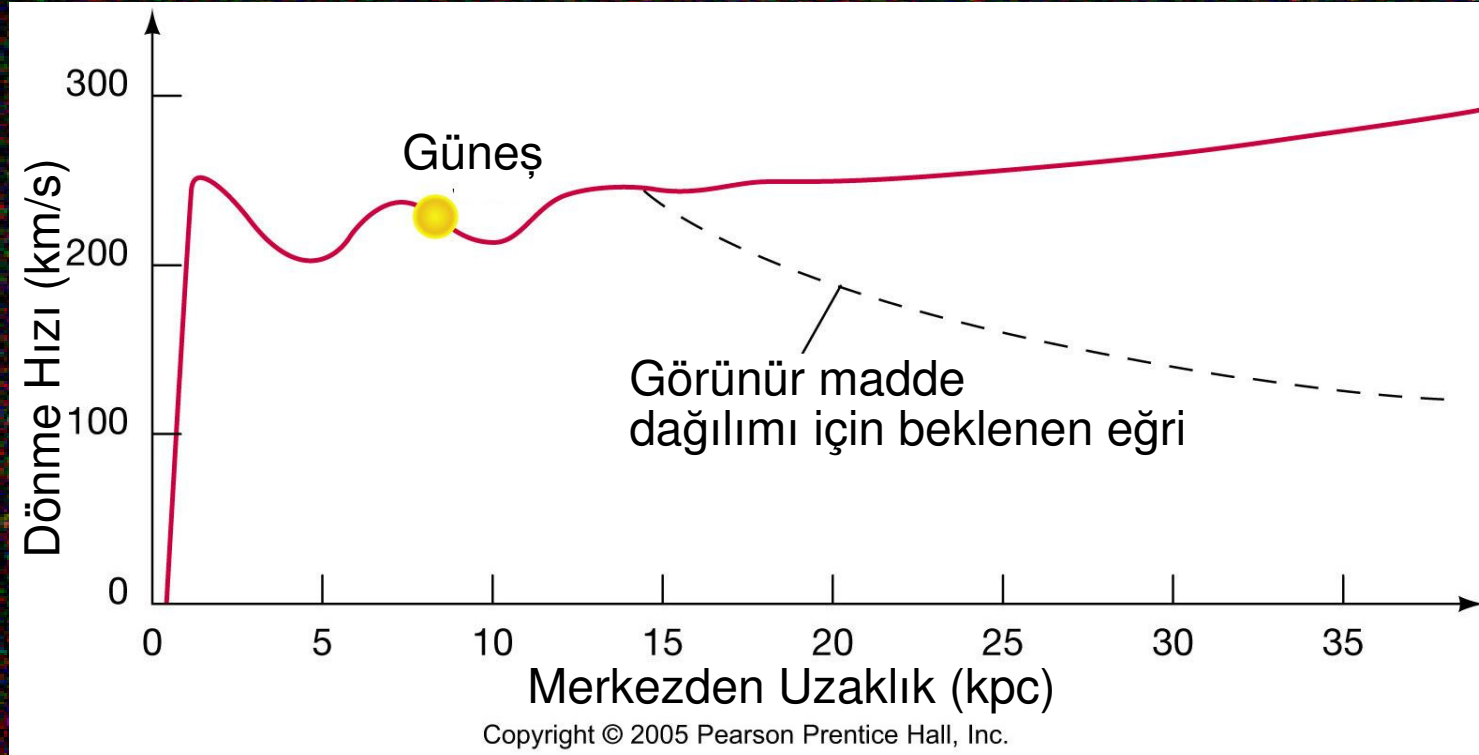
$$\text{Yörünge içi kütle } (M_{\text{güneş}}) = \frac{\text{Yörünge yarıçapı (AU)}^3}{\text{Yörünge periyodu (yıl)}^2}$$



Güneş için:
R = 9 kpc,
P=225 milyon yıl
Kütle = 9×10^{10}
 $M_{\text{güneş}}$

Gökada dönme eğrisi

- Gökada'da kütle dağılımını bulmak için dönme eğrisi kullanılır



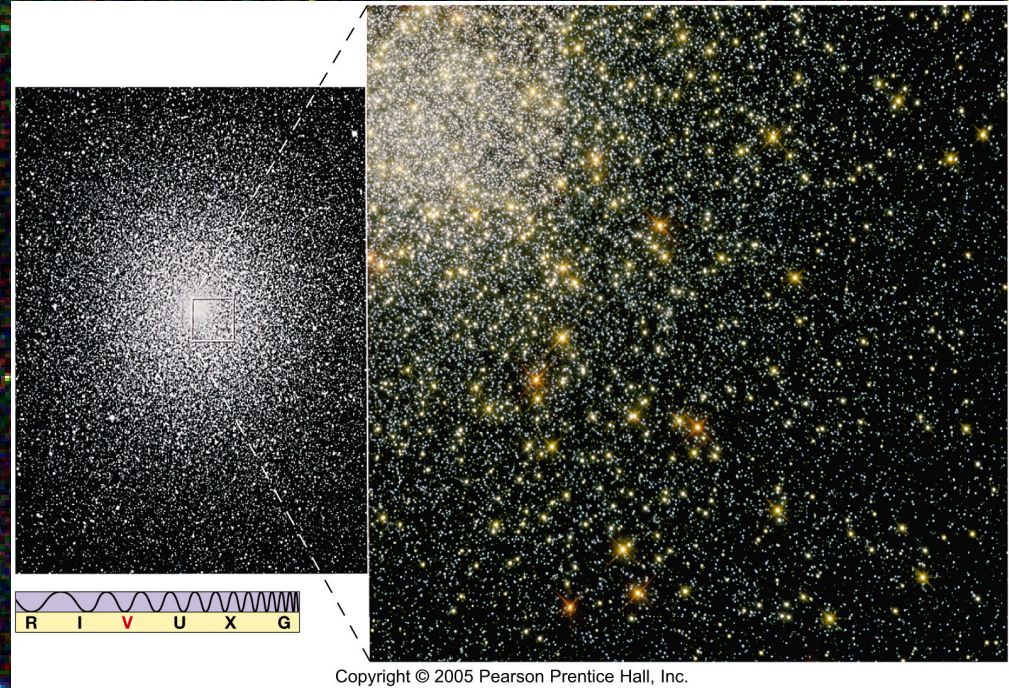
Karanlık Madde!

- Eğriye göre 15 kpc'e kadar $2 \times 10^{11} M_{\odot}$, 40 kpc'e kadar ise $6 \times 10^{11} M_{\odot}$ var. Yani karanlık madde görünen maddenin en az iki katı!
- Karanlık madde adayları:
 - Kara delikler (fazla katkı yapmıyorlar)
 - MACHO'lar (Massive Compact Halo Objects, ağır ve yoğun halo nesnelere)
 - WIMP'ler (Weakly Interacting Massive Particles, az etkileşen ağır parçacıklar)

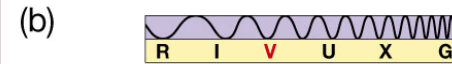
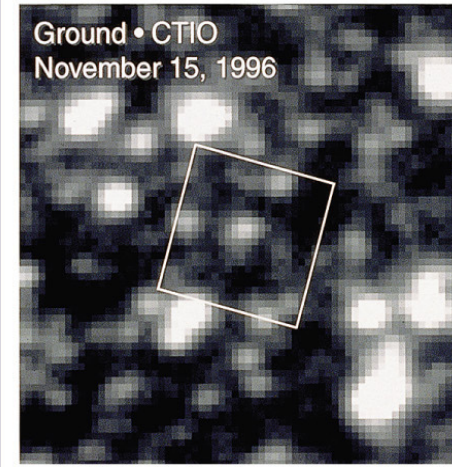
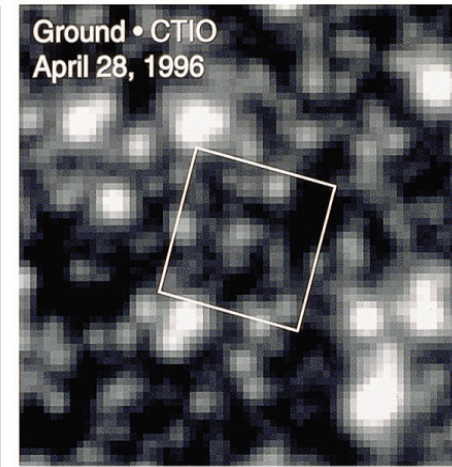
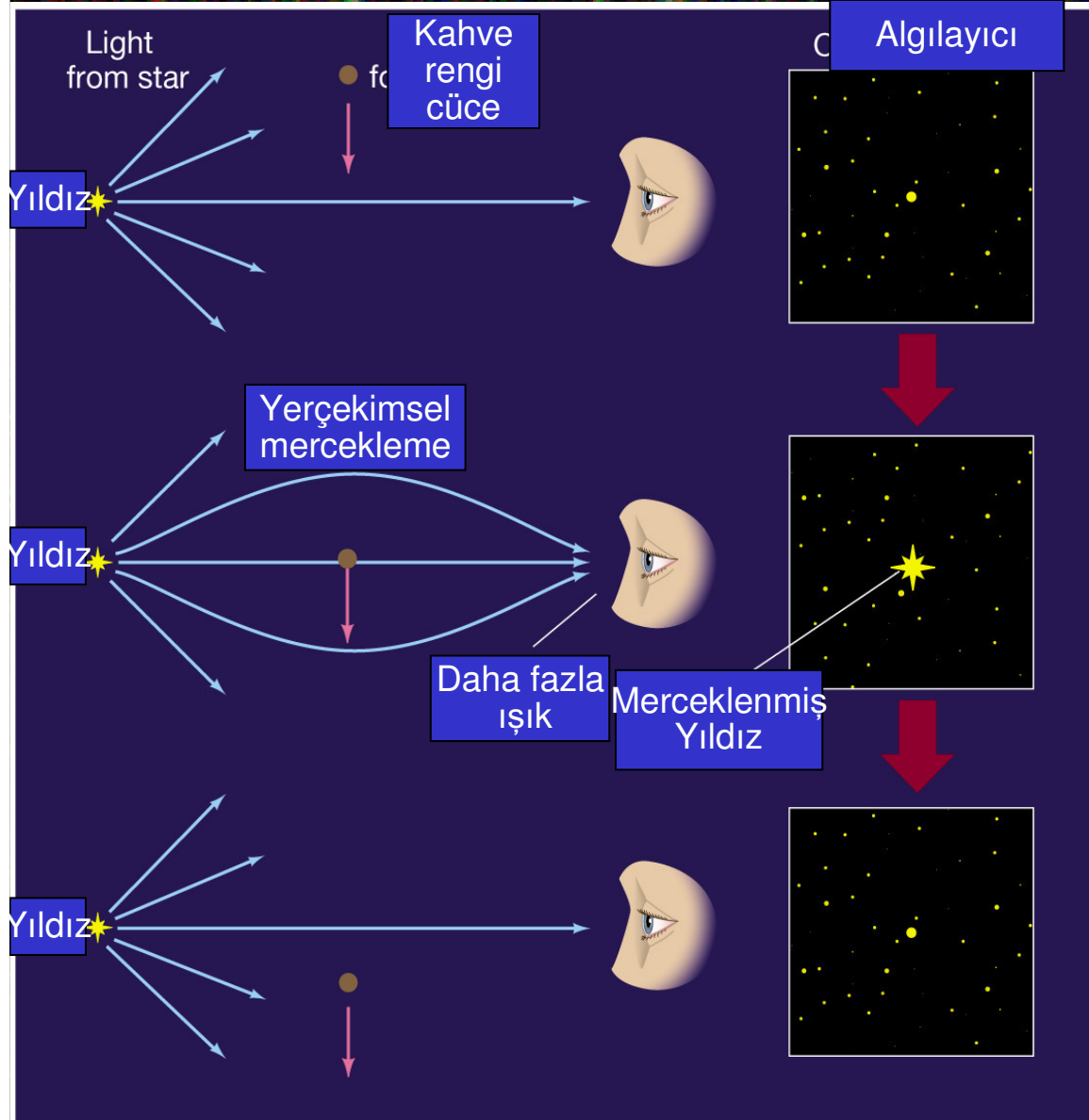
MACHO'lar

- Yıldızsı, ama sönük nesnelere: kahverengi cüceler (ışınım yapmazlar), sönük beyaz ve kırmızı cüceler. Sayıca çok olabilirler ve bulunmaları zordur.

Hubble gözlemleri bazı MACHO adaylarını elemiş durumda. Mesela kırmızı cücelerin yeterli sayıda olamayacağı yakın küresel küme gözlemleri sayesinde öğrenilmiş durumda.



Mikro-mercekleme



Üst sınır:
%50!

Saman-
yolu'nda
karanlık
maddenin
en fazla
%50'si
MACHO
olabilir.

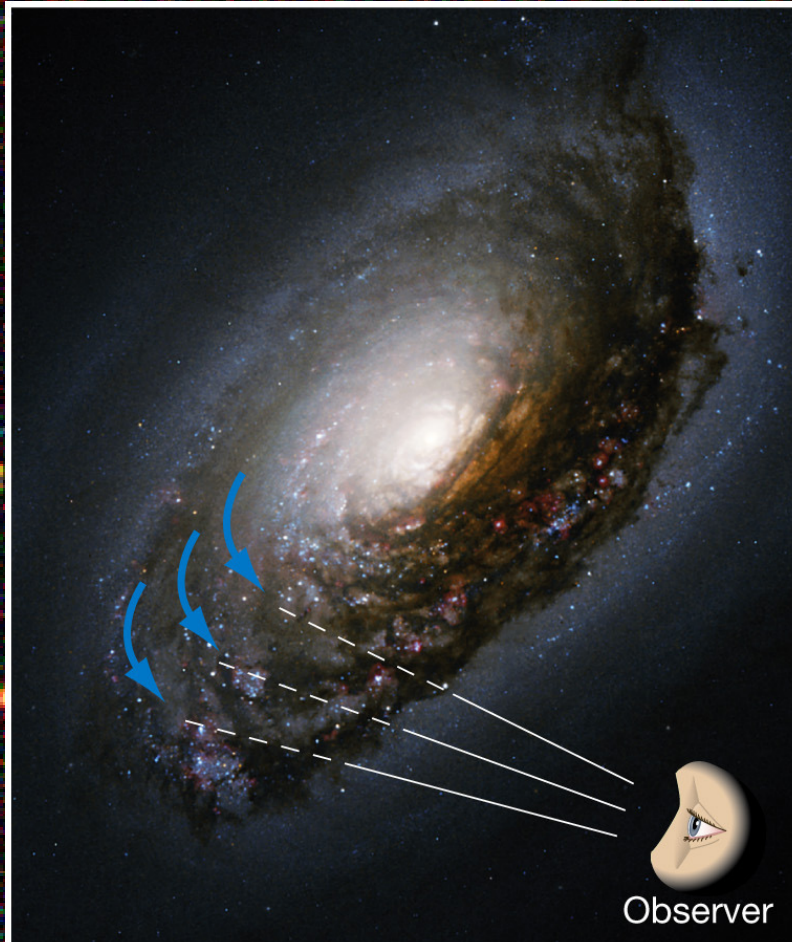
(a)

WIMP'ler

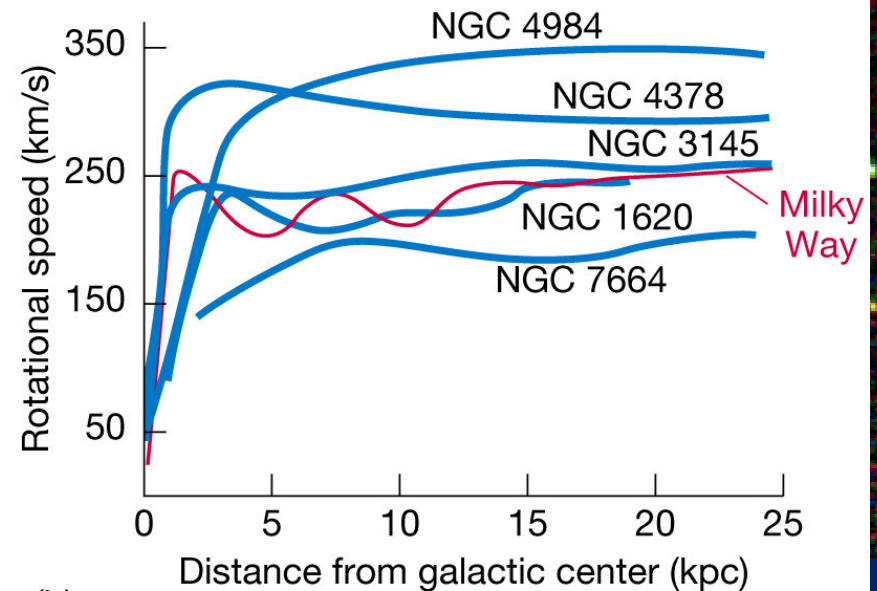
- K t le ekim ve zayıf kuvvetlerle etkileşen ama nükleer ve elektromanyetik kuvvetlerle etkileşmeyen parçacıklar.
- Büyük patlamanın hemen ardında yaratıldıkları düşünülüyor.
- Sadece gökadalarda değil, tüm evrende kozmolojik olarak kara maddenin daha g kadar oluşmadan dağılmış olması gerekiyor, o yüzden WIMP'ler daha doğal bir kaynak.
- Őimdiye kadar varlıkları kanıtlanabilmiş değil, ama yeni deneylerle bu konuda daha fazla bilgimiz olacak.

Evrende karanlık madde

- Diğer gökadalara da dönme eğrileri karanlık madde olması gerektiğini gösteriyor.



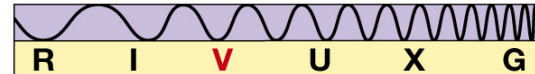
(a)



(b)

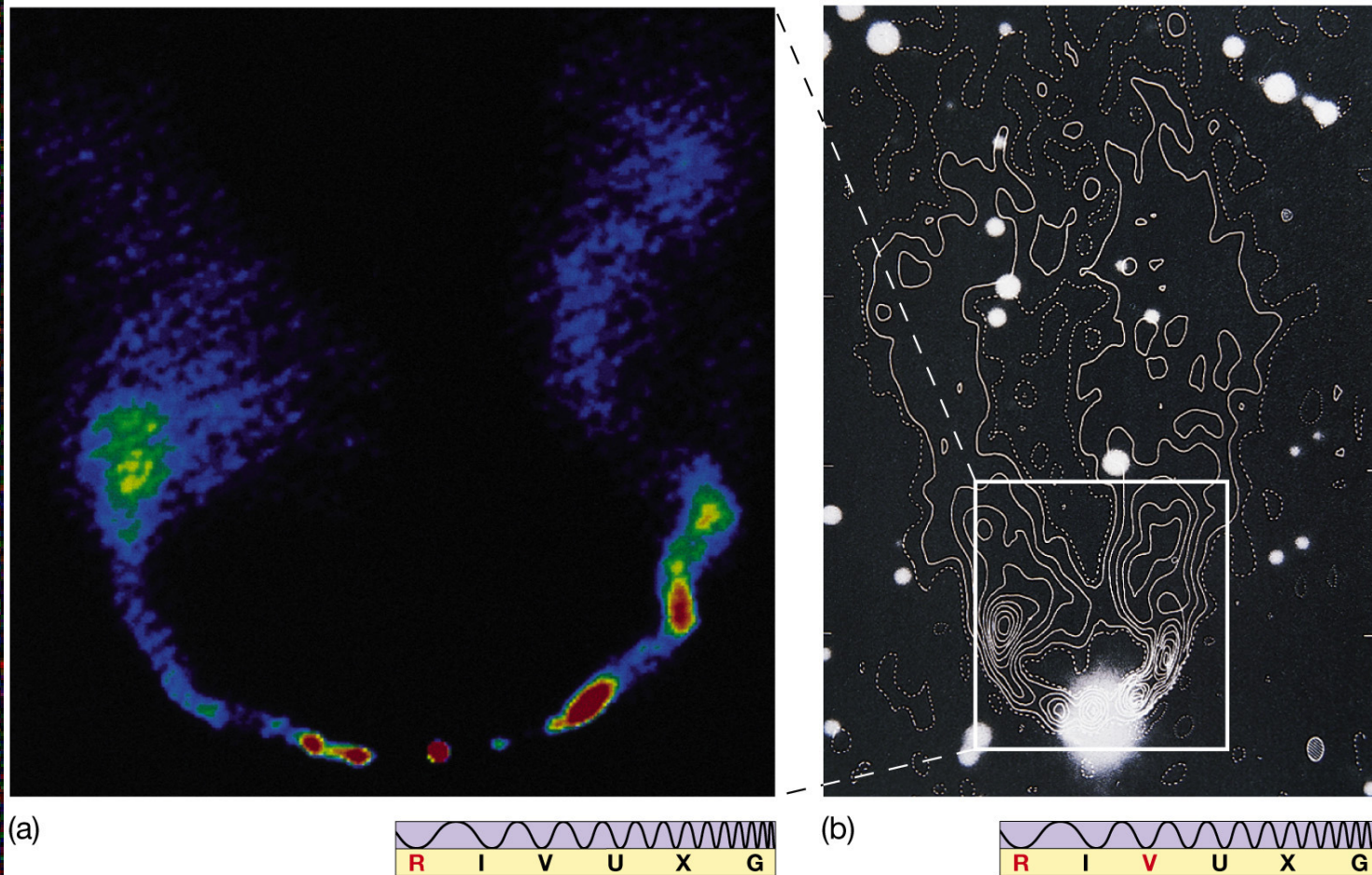
Evrende karanlık madde II

- UGC 10214'ün arkasında bıraktığı iz karanlık maddeden oluşan bir gökada ile etkileşimi sonucu ortaya çıkmış olabilir.



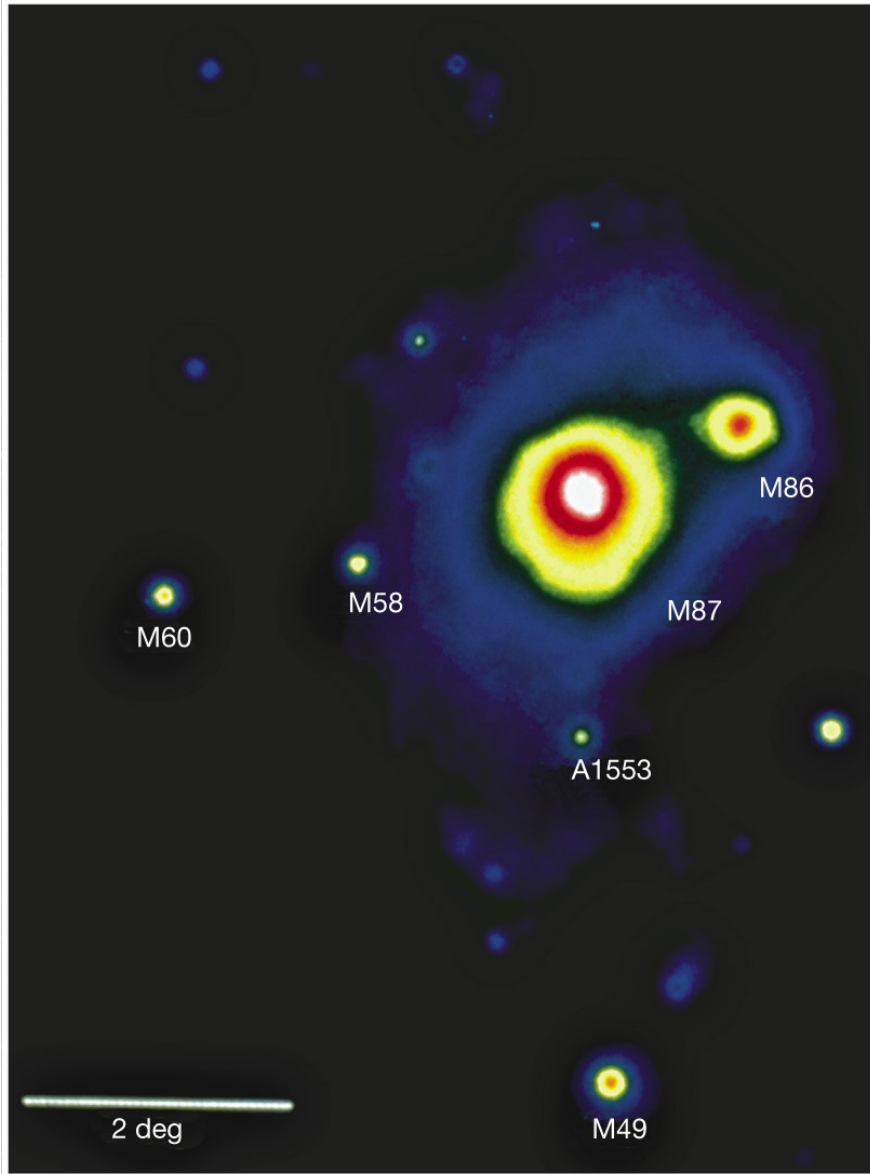
Karanlık madde III

- NGC 1265 karanlık madde denizinde yüzerken radyo lobları takip ediyor.



Karanlık madde IV

- Virgo Gökada Kümesi'nin X-ışını ve optikte görünümü.
- Sıcak gazı yerinde tutacak kadar görünür madde yok!



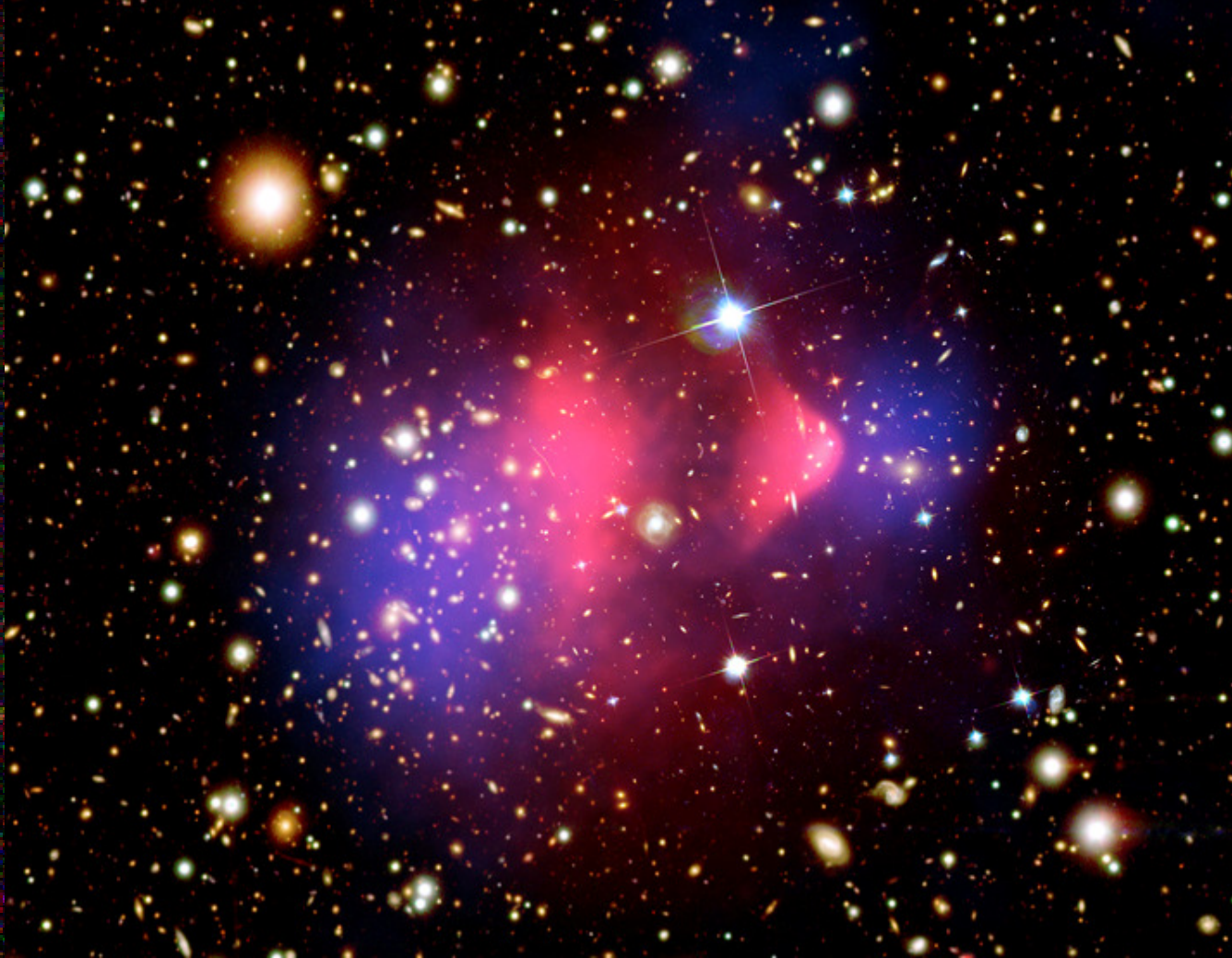
Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Karanlık madde V

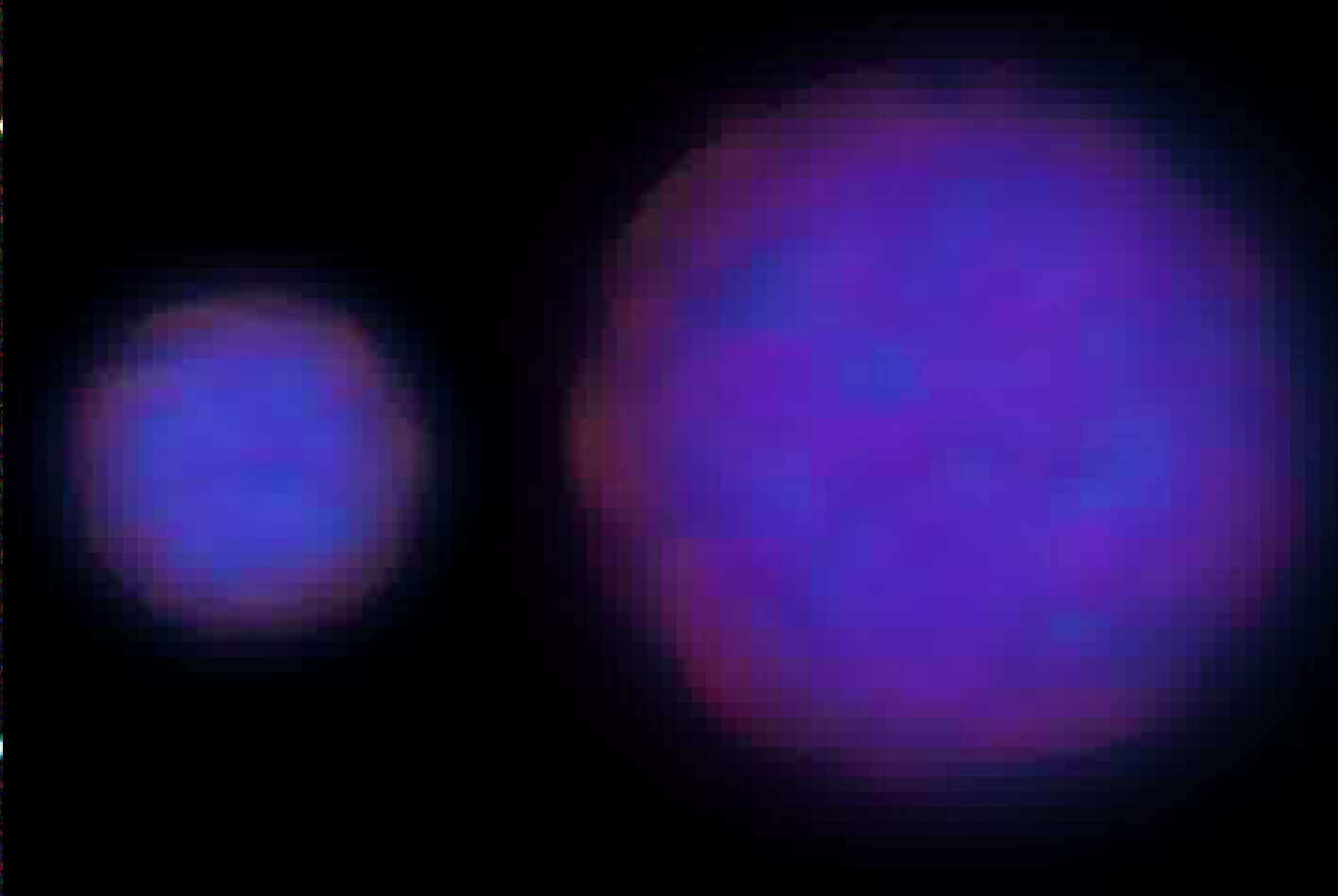
- Mermi Kümesi.

- Pembe X-ışınları

- Mavi ise kütleçekimsel mercekleme sonucu bulunan maddenin dağılımını gösteriyor.



Mermi Kümesi modeli



15 -17 Ağustos, Bilim Şenliği



Sabancı
Universitesi

Karanlık madde ve kozmoloji

- **Gökadaların oluşumu**

- Gökadalar evrende “maddenin” kendi kütle çekimi altında çökmesi sonucu topaklanarak oluşmuştur.
- Bu çökmeyi belirleyen Jean’s Dengesizliği koşullarıdır. Belli koşullarda madde topaklandıkça çekim gücü artar, daha fazla maddeyi kendisine çeker. (Not yıldızlar da yıldız öncesi bulutsulardan aynı prensiple oluşur)

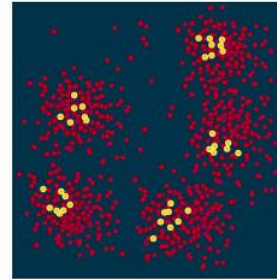
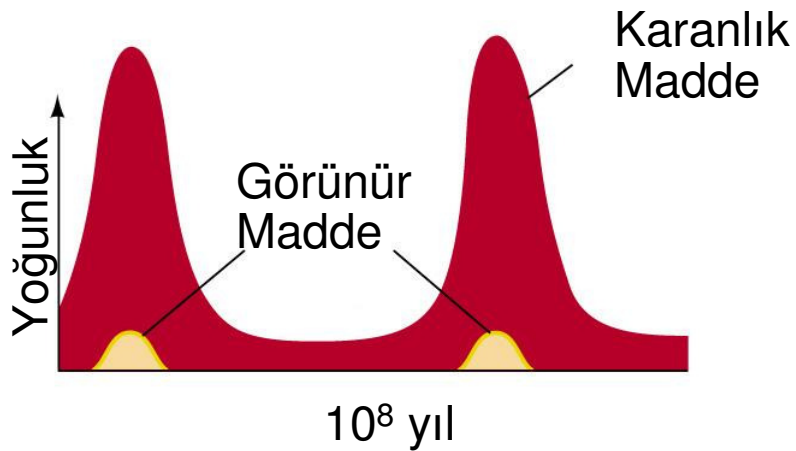
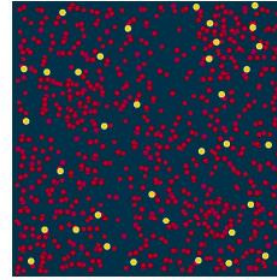
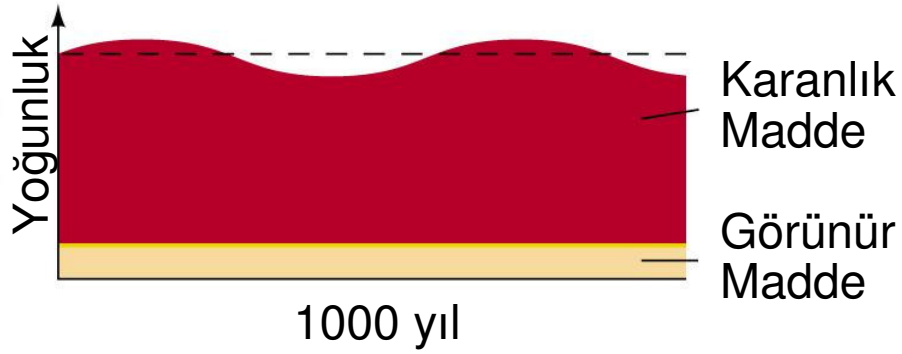
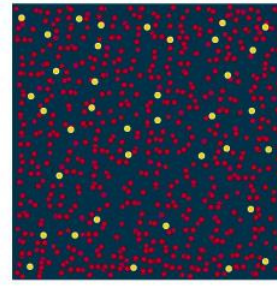
Karanlık madde ve kozmoloji

- Gökadalar ne zaman oluştu?
 - Büyük patlamadan hemen sonra evrendeki enerjinin büyük kısmı ışıktaydı. Yüksek sıcaklıklarda ışık ve madde birbirlerine dönüşebiliyorlardı.
 - Evren genişleyip soğuyunca ışığın yoğunluğu da enerjisi de azalmaya başladı. Işığın enerjisi atomları bölemeyecek kadar azaldığı zaman ışık ve madde (bildiğimiz) birbirlerinden ayrıldılar.
 - Bu ayrılmadan **kısa bir süre sonra** ilk gökadalar oluştu.

Karanlık madde ve kozmoloji

- Peki sorun ne?

- Jean Dengesizliği koşullarında madde ve ışık birbirinden ayrılmasıyla gözlenen ilk gökadalaraın oluşması arasında çok az zaman var! Bu kadar az zamanda gökadalaraın oluşamaması gerekiyordu.
- Sorunu karanlık madde çözüyor. Karanlık madde elektromanyetik dalgalarla etkileşime girmediği için ışığın görünür maddeden ayrıldığı dönemden çok önce çökmeye başlıyor. Bu da gökadalaraın oluşması için yeterince zaman var demek.
- Görünür madde de karanlık maddenin çekim gücü altında toplanarak teleskoplarla inceleyebildiğimiz gökadalaraı oluşturuyorlar.



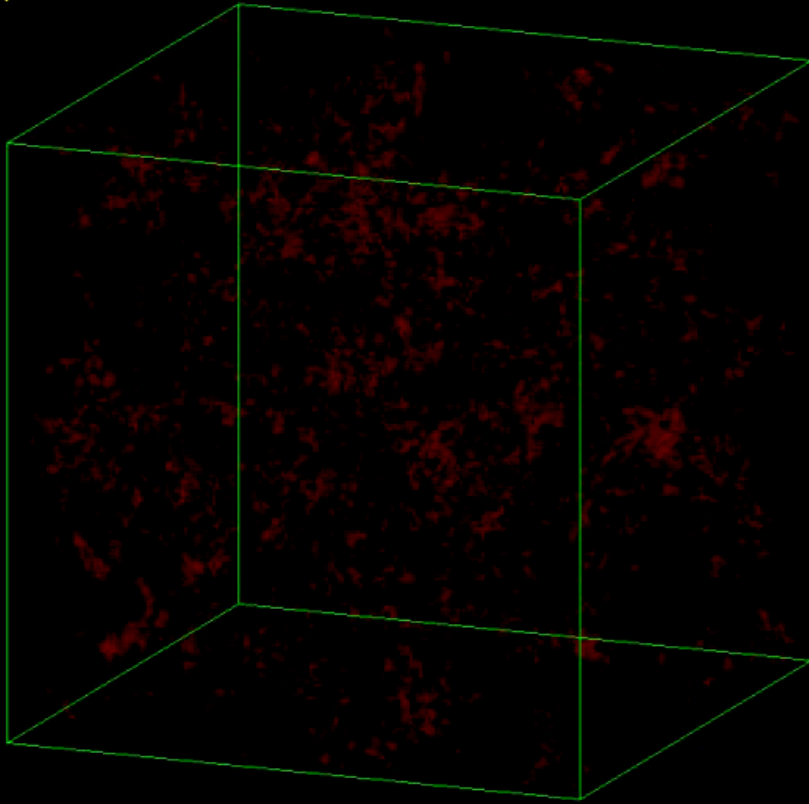
Karanlık Madde ve Kozmoloji

- Görünür madde karanlık maddeyi takip eder!

Gökada kümelerinin oluşumu - modelleme

- Hiyerarşik oluşum modellemesi.

15.67



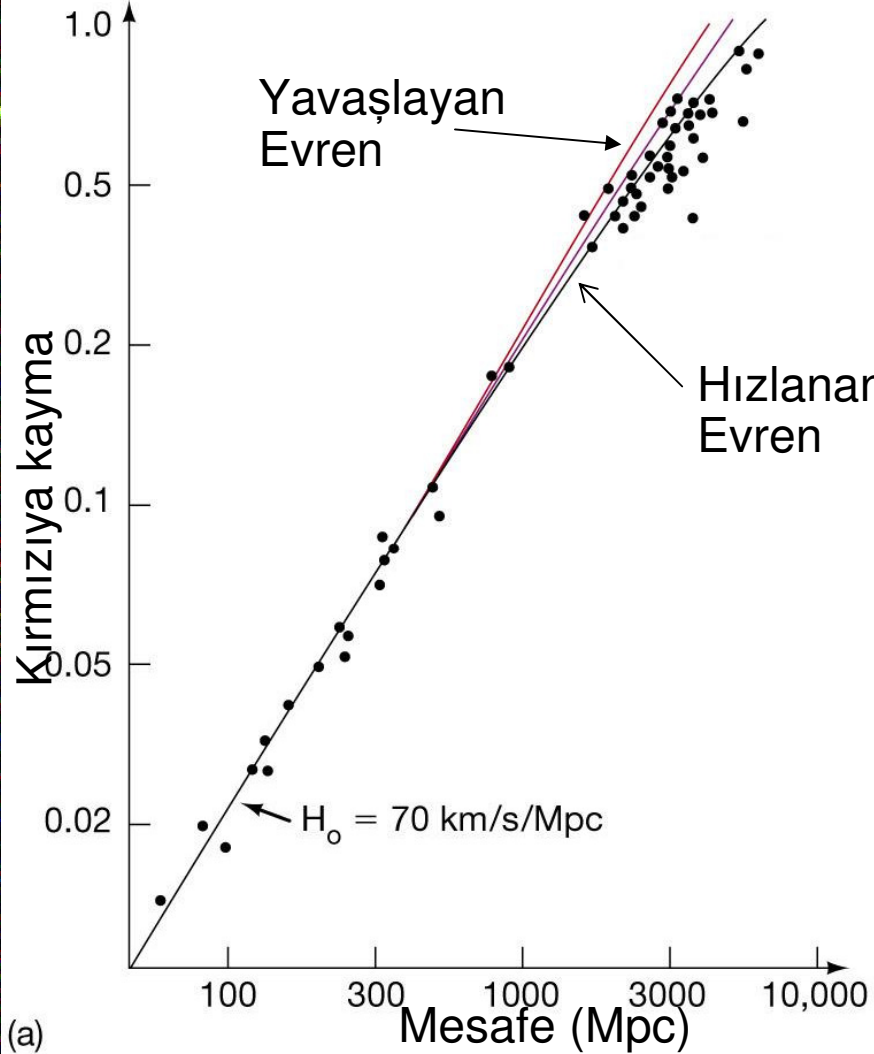
Karanlık Enerji

- Evrenin geçmişı, geleceği ve geometrisi birbiriyle ilintili ve “evrenin yoğunluğuna” (görünür madde, karanlık madde, ışık, her türlü enerji, unutmayın $E=mc^2$) sıkı sıkıya bağlı.
- Evren büyük patlama ile başladı ve genişliyor. Sonsuza kadar genişleyecek mi, yoksa içine geri mi kapanacak? Gene kaçış hızı kavramına geri dönelim...

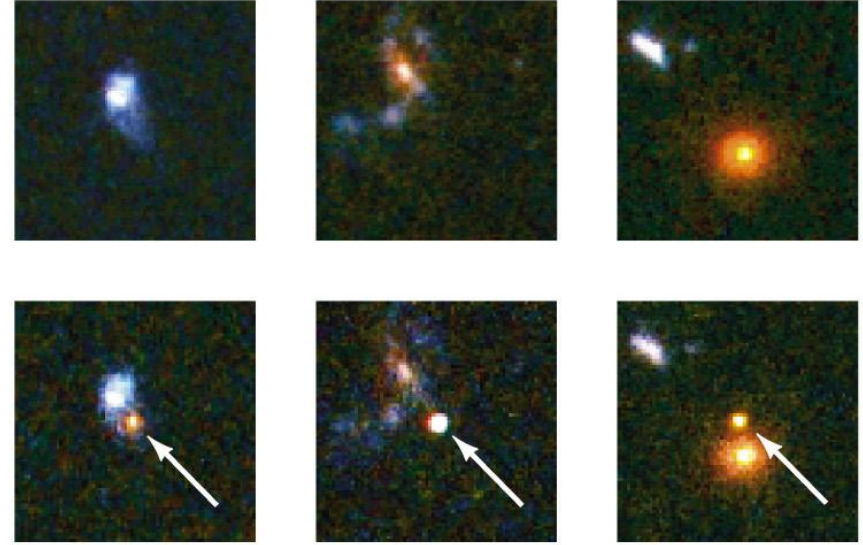
Hubble genişlemesi

- Evrenin genişleme hızını kaçış hızı ile karşılaştırabiliriz, bu genişlemeyi engellemeye çalışan da evrendeki tüm madde-enerji. Eğer evrende yeterince madde-enerji varsa Hubble genişlemesinin gitgide yavaşlaması, bir noktada durması ve evrenin geri çökmesi gerekir. Yeterince madde-enerji yoksa sonsuza kadar genişlemesini bekleriz.
- Ama her iki koşulda da beklenen Hubble genişlemesinin yavaşlamasıdır.

SN Tip 1A ölçümleri, Evren Hızlanıyor!!!



Evrenin hızlanabilmesi için kütle çekiminin tersi, evreni iten bir enerjiye ihtiyaç var:
KARANLIK ENERJİ!



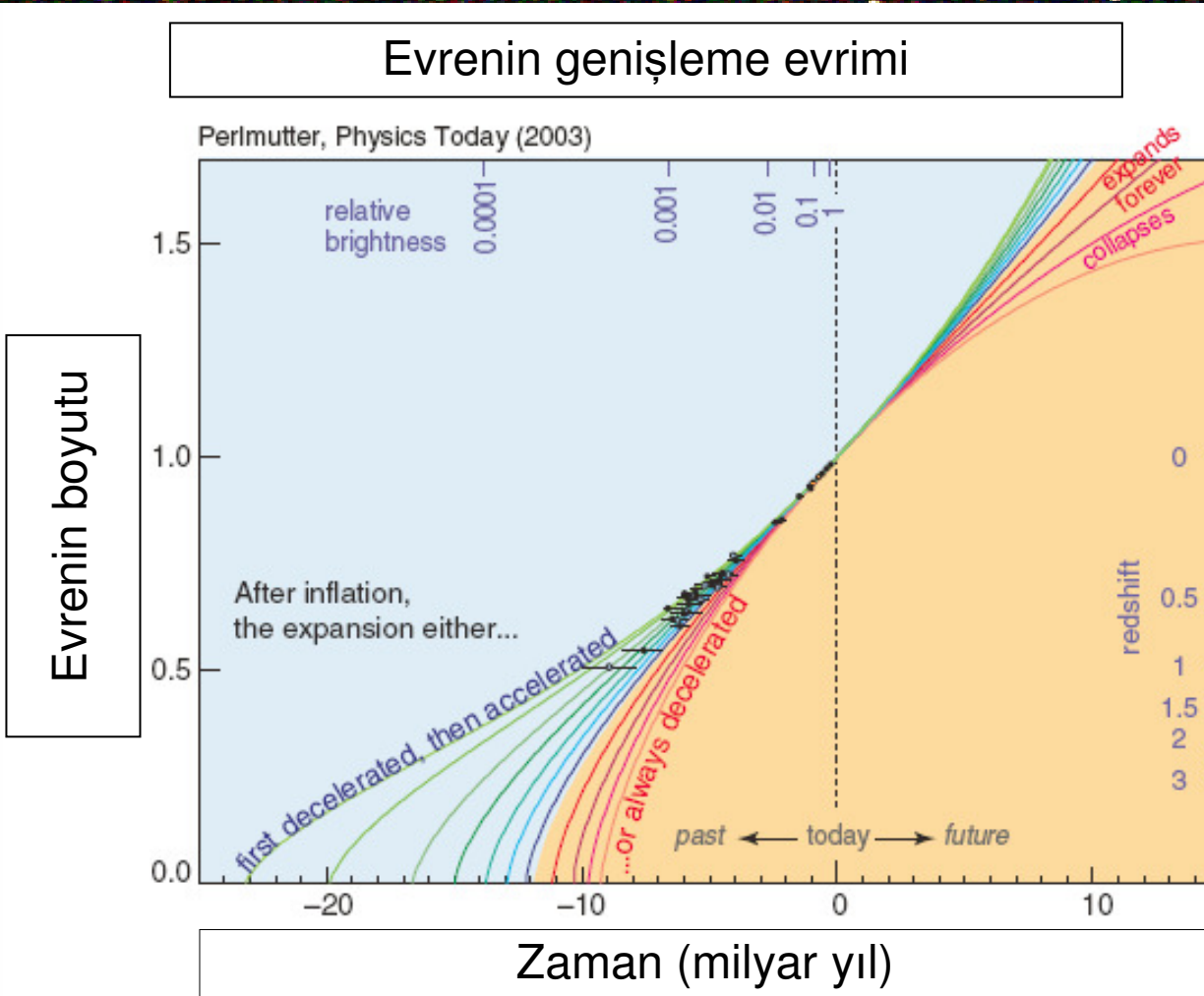
(b)

Hakikaten sürpriz mi?

- Einstein denklemlerini çözmek için boşluk enerjisini temsil eden bir integrasyon sabiti gerekti. Evrenin durağan olduğunu düşünen Einstein bu terimi evrenin çökmesini engellemek için kullandı.
- Hubble evrenin genişlediğini bulunca evrenin durağan olmadığı ortaya çıktı. Einstein'da 'en büyük saçmalamam' diye nitelendirdiği bu kozmolojik sabiti 0'a eşitledi.
- Birçok teorisyen şimdi karanlık enerjinin kaynağının kozmolojik sabit olduğunu düşünüyor.

Karanlık Enerji

- **Karanlık Enerji, ya da evrenin ivmelenmesi evrenin yaşının belirlenmesinde de önemli bir etken.**



Karanlık enerjiyi hesaba katmazsak evrenin yaşı 10 milyar yıl olarak hesaplanıyor.

Bu da sorunlu çünkü gökadamızdaki bazı beyaz cüceler 12-13 milyar yaşında!!!

Karanlık enerjinin varlığı evrenin yaşı ile ilgili bu problemi ortadan kaldırıyor.

Ayrıca evrenin sonsuza kadar genişleyeceğini işaret ediyor.



Karanlık Madde – Karanlık Enerji

- Hem karanlık madde hem karanlık enerji için başka kanıtlar da mevcut, özellikle WMAP uydusu Kozmik Arkaalan Işınımının dağılımını analiz ederek bu konuda yeni limitler getirdi.
- Göremesek de karanlık madde ve karanlık enerji evrenin önemli parçaları ve evrenin geçmişi, geleceği, kaderi üzerinde önemli etkiye sahipler.