

# Expansion of the universe

**Ricardo Moreno, Susana Deustua,  
Rosa M. Ros, Beatriz García**

*International Astronomical Union*

*Colegio Retamar de Madrid, Spain*

*Space Telescope Science Institute, USA*

*Technical University of Catalonia, Spain*

*ITeDA and Technological National University, Argentina*



# Amaçlar

- Evrenin genişlemesini anlayın
- Evrenin merkezi olmadığını anlayın
- Hubble-Lemaitre Yasasını Anlayın
- Karanlık maddenin nasıl tespit edileceğini anlayın



# Sunum

Bu atölye hakkında:

Evrenin kökeni: Büyük Patlama

Galaksiler: uzayda "hareket etmezler", uzay genişler

Hubble Sabiti :  $v = H \times d$

evrenin merkezi yoktur

Kozmik mikrodalga arka planı (CMB)

Yerçekimi lensleri.



# Modeller, tahminler, doğrulama: Bir masa örtüsü ile deney yapın



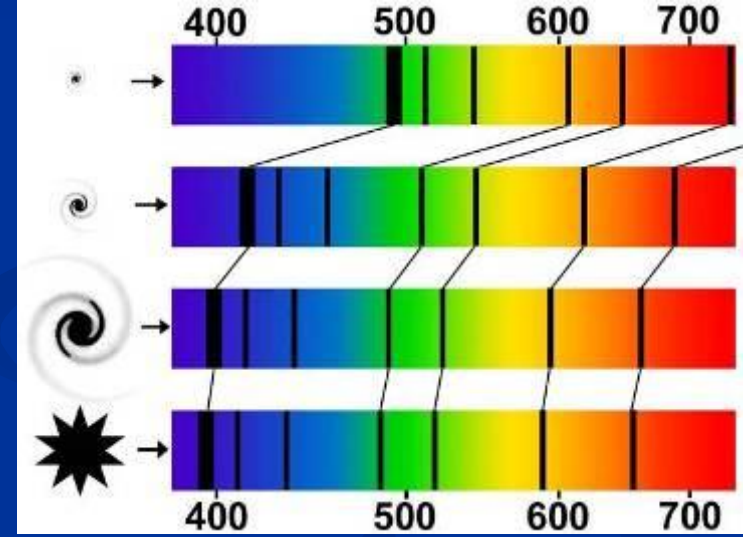
Tahmin: Bir masa örtüsünü çok hızlı çekerseniz masadaki hiçbir şey düşmeyecektir. Bunu doğrulayabilirsek, tahminimiz gerçekleşir.

Masa örtüsü hızlı bir şekilde çekilirse, sürtünme kuvvetlerinin masadaki nesnelere etki edecek zamanı yoktur, bu da neden düşmediklerini açıklar. Deney başarılı çünkü fizik ne olacağını tahmin eden bir bilim. Dünya üzerinde geliştirdiğimiz Fizik, Evrenin geri kalanına uyguladığımız ile aynıdır.



# Kırmızıya doğru hareket

- Her kimyasal element için ışık absorpsiyonu farklıdır. Işık absorpsiyon spektrumu, her kimyasal element için karakteristik çizgiler sunar.
- Galaksilerden gelen ışığı gözlemlediğimizde, çizgilerin tayfın kırmızı ucuna doğru kaydığını görebiliriz. Galaksi ne kadar uzaklaşırsa, kırmızıya kayma o kadar büyük olur.
- Bu, galaksinin bizden uzaklaşmasının bir sonucu olarak yorumlanır.



# Kırmızıya doğru hareket

- Yakındaki galaksilerin nispeten küçük ve düzensiz hareketleri vardır: Büyük Macellan Bulutu +13 km/s, Küçük Macellan Bulutu -30 km/s, Andromeda Gökadası -60 km/s, M32 +21 km/s.
- Başak Kümesi'nde (50 milyon lir uzakta), tüm galaksiler bizden 1000 ile 2000 km/s arasındaki hızlarda uzaklaşıyor.
- Berenice Saçı Üstkümesi'nde (300 milyon lir uzakta) hızlar 7.000 ile 8.500 km/sn arasındadır.



# Kırmızıya doğru hareket

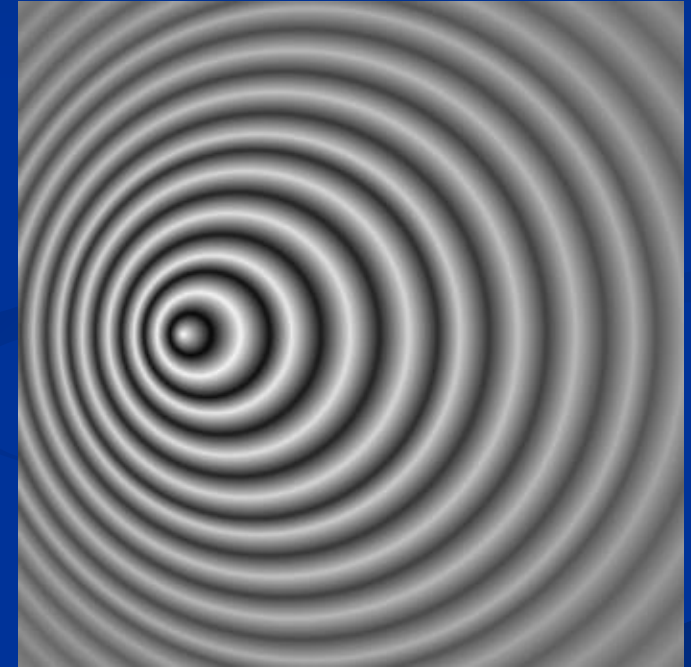
- Ters yönde, M 74 800 km/s'de ve M 77 ise 130 km/s'de uzaklaşıyor.
- Uzak ve sönük gökadalaları gözlemlersek, durgunluk hızı daha da büyüktür: galaksi NGC 375 6.200 km/sn, NGC 562 10.500 km/sn ve NGC 326 14.500 km/sn hızla uzaklaşır.
- Gözlemlediğimiz yönden bağımsız olarak, çok yakın galaksiler dışında hepsi bizden uzaklaşıyor.



# Doppler etkisi

Masa örtüsü örneğinde olduğu gibi, evreni incelemek için başka fiziksel ilkeleri de uygulayabiliriz.

- Ambulans, motosiklet veya tren yaklaşıyorsa daha yüksek perdeli bir ses duyarız. Uzaklaştıklarında daha düşük perdeli bir ses duyarız.
- Daha yüksek perde  $\square$  dalga boyu kısalır
- Daha düşük adım  $\square$  dalga boyu uzar





# Etkinlik 1: Doppler Etkisi



- Doppler efekti, yatay bir düzlemde bir çalar saat veya sesli uyarıcı döndürülerek duyulabilir.
- Dinleyiciye yaklaştığında  $\lambda$  kısalır ve sesin perdesi yükselir.
- Uzaklaştığında  $\lambda$  uzar ve sesin perdesi düşer.
- Bu, motosikletlerin, ambulansların, trenlerin sesleriyle olur...

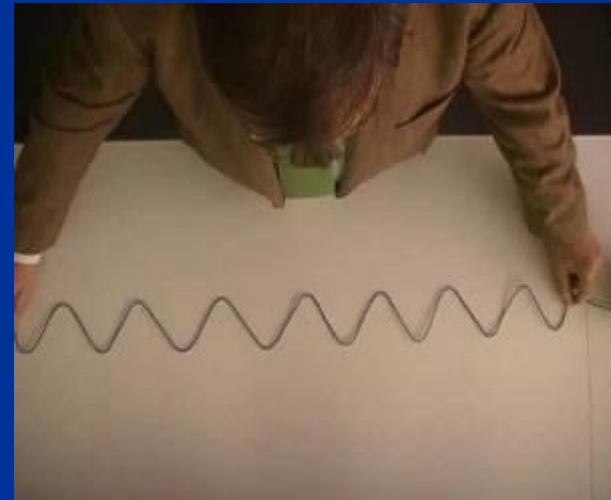


**Deneyde, Doppler etkisi göreceli kaynak-alıcı yer değiştirmesinden kaynaklanır ve seslerle vurgulanır. Evrenin genişlemesi durumunda etki elektromanyetik dalgalar ile gerçekleşir.**



## Etkinlik 2: Fotonların “Gerilmesi”

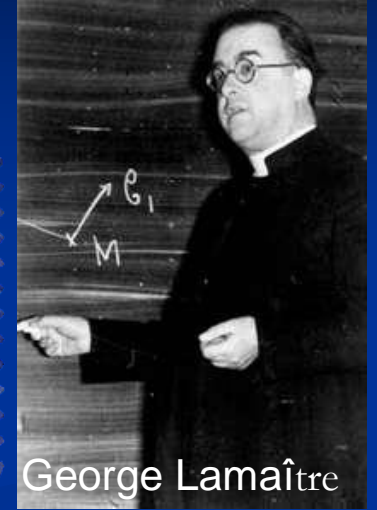
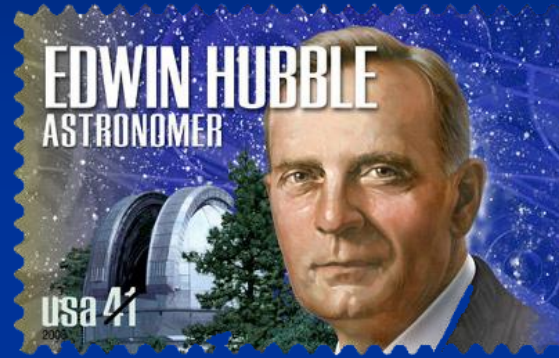
- ❑ Evren genişlediğinde, içindeki fotonları "uzatır".
- ❑ Evsel kablolamada kullanılan tipte yarı sert bir kablo kullanarak bu esnemenin bir modelini yapabilirsiniz.
- ❑ Fotonun yolu ne kadar uzun olursa, o kadar çok gerilirler.



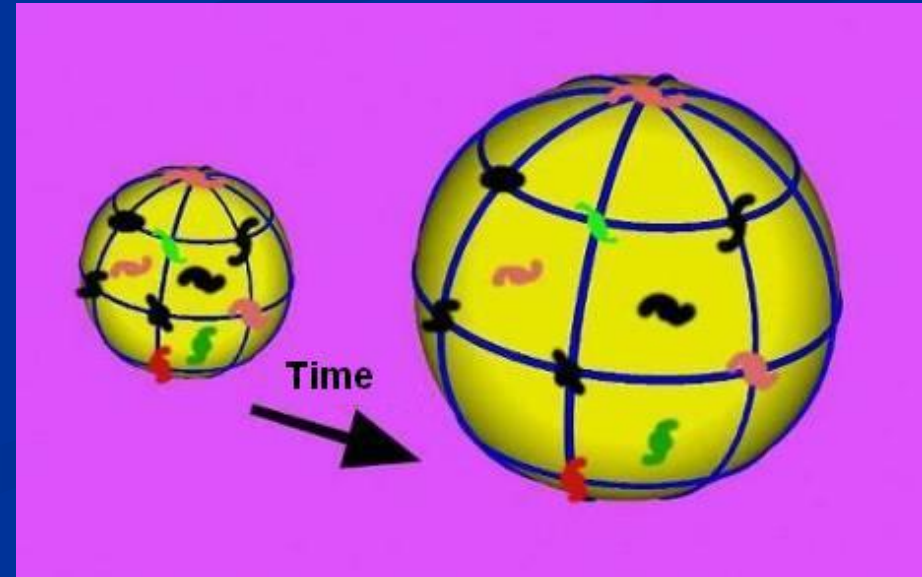
# Hubble-Lemaître Law

1920 ve 1930 yılları arasında George Lemaître ve Edwin Hubble, en uzak galaksilerin yakındakilerden daha hızlı uzaklaştığını fark ettiler. Hubble-Lemaître Yasası:  $v = H \times d$

Galaksiler uzayda hareket etmezler: galaksileri sürükleyerek genişleyen uzaydır.



George Lemaître



# Activity 3: The universe in an elastic band



# Etkinlik 4: Bir balondaki evren

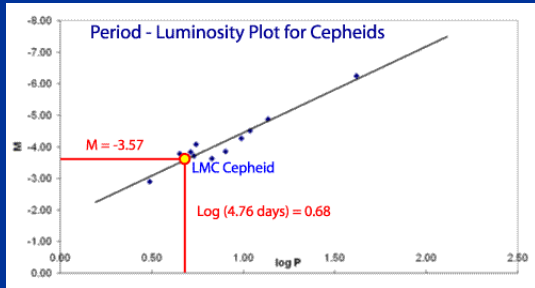
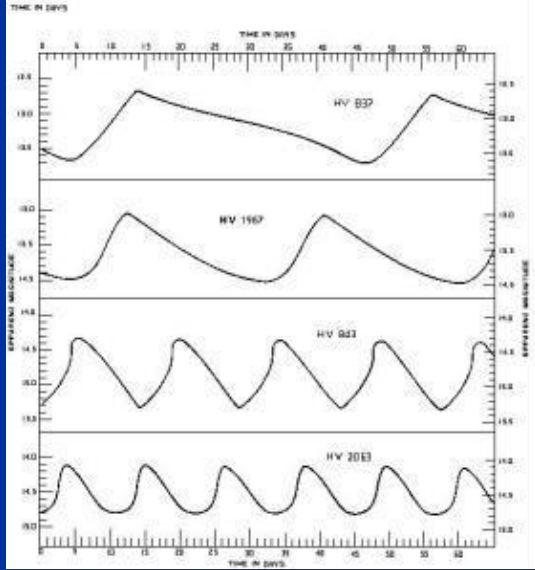


- ❑ Genişleme ile galaksiler arasındaki mesafe artar.
- ❑ Galaksiler balonun içinde hareket etmiyor
- ❑ Balonun üzerindeki herhangi bir “galaksi”de kendimizi konumlandığımızda diğerlerinin bizden uzaklaştığını görürüz.



# Evrenin genişlemesi

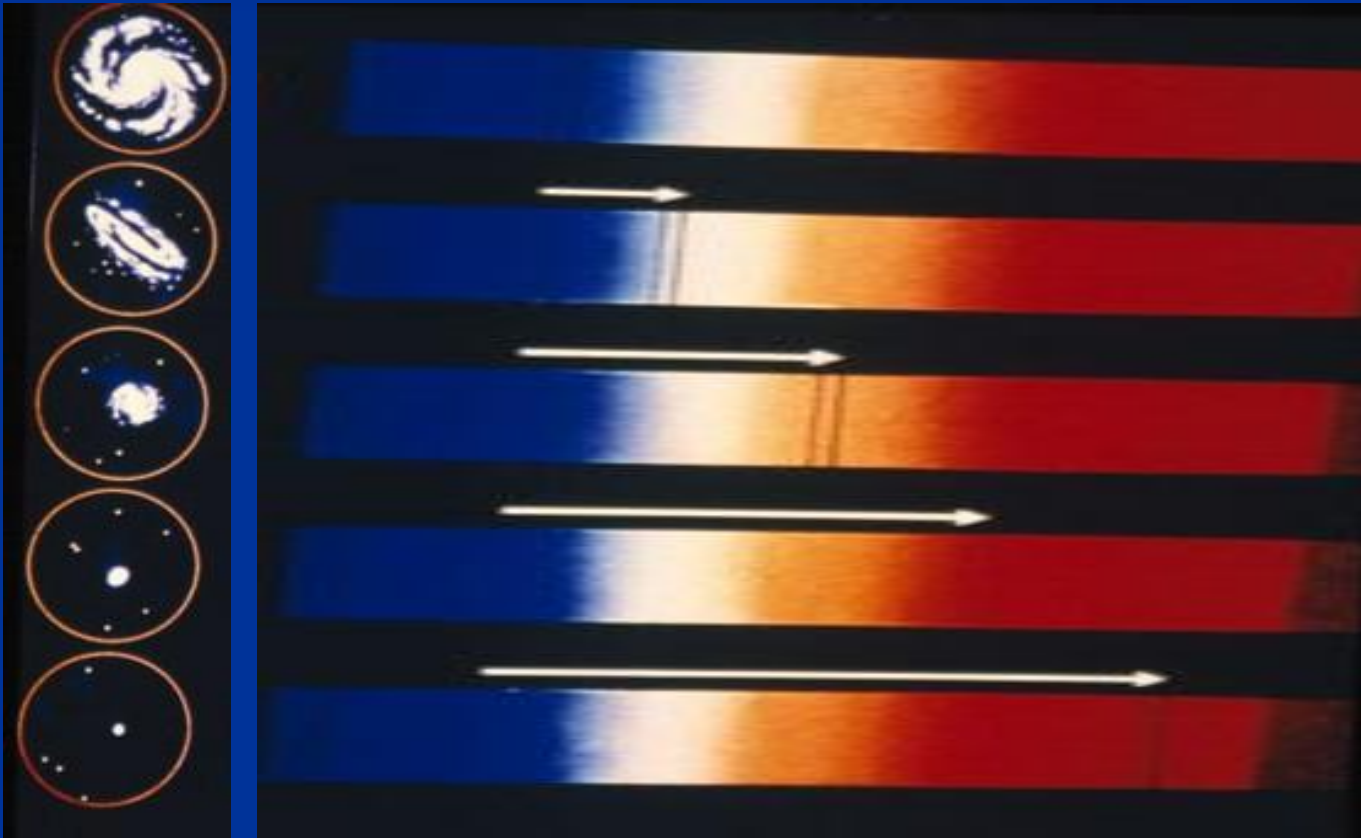
1) En yakın gökadalara olan uzaklık, Cepheid değişen yıldızlarının dönem-parlaklık ilişkisinden elde edilebilir (20. yüzyılın başlarında Harvard'da Henrietta Leavitt tarafından keşfedilmiştir)



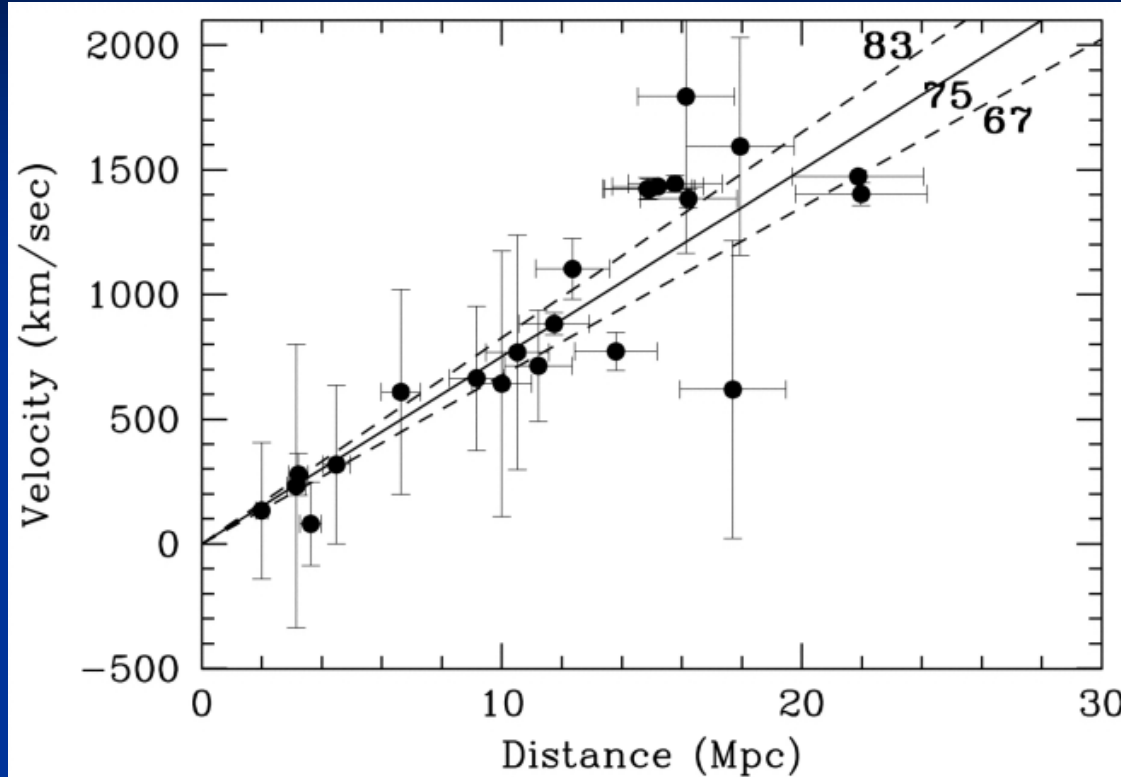
- Işık eğrisinden P periyodunu elde etmek mümkündür.
- Periyot-parlaklık ilişkisinden mutlak M büyüklüğünü elde edebiliriz.
- M ve m ile galaksiye olan uzaklığı ölçmek mümkündür  $d=10(m-M+5)/5$  parsek
- En uzak gökadalara mesafelerini belirlemek için gökbilimciler, benzer tepe parlaklıklarına sahip belirli bir tür süpernova (tip Ia) kullanabilirler.

# Evrenin genişlemesi

2) Durgunluk hızı, aşağıdaki denklem kullanılarak spektrumdaki absorpsiyon çizgilerinin kaymasından ölçülür:  $v = (\Delta \lambda / \lambda) \times c$



# Expansion of the universe

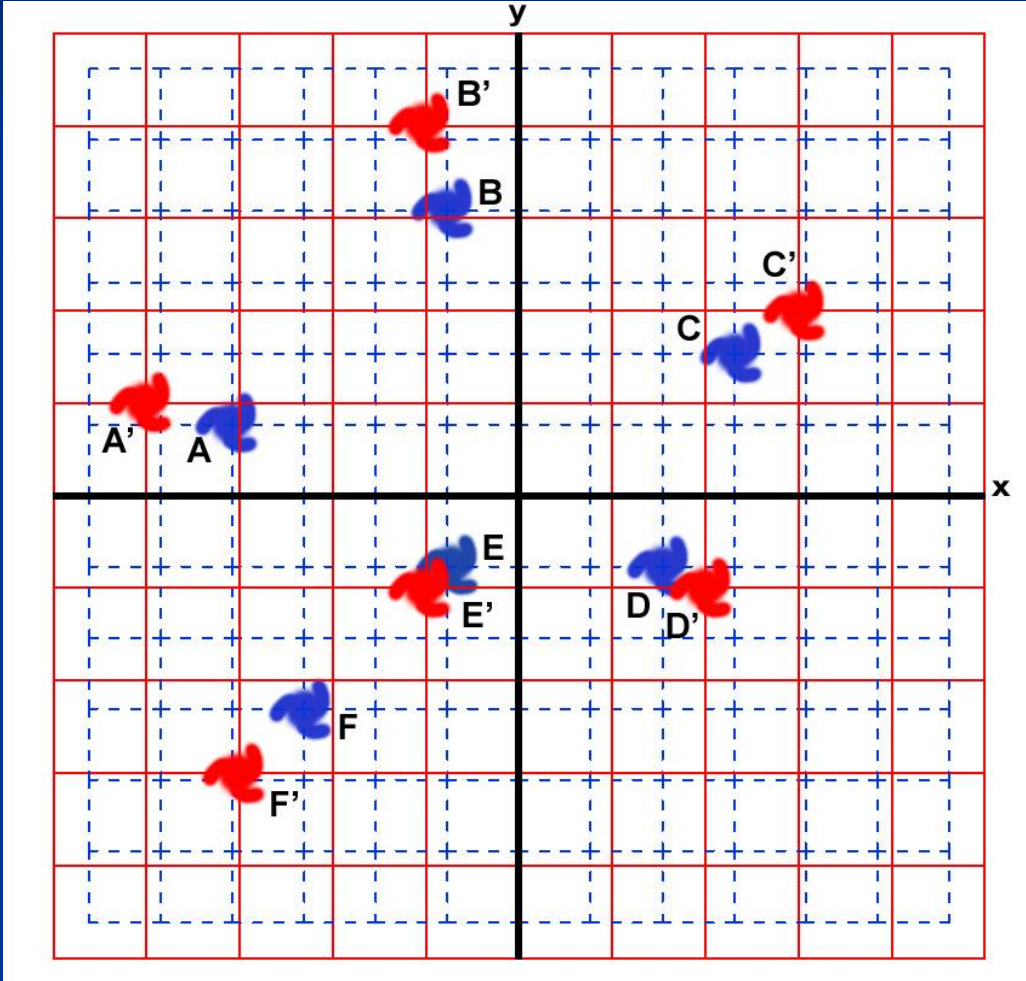


( from Freedman et al, 2001, ApJ, vol 553, p47)

3. Hubble sabiti fonksiyon grafiğinin eğimidir:  $v = H_0 \times d$ , burada  $H_0$  evrenin genişleme hızıdır:  $H_0 = 72$  km/s.Mpc



# Etkinlik 5: Hubble-Lemaitre sabitinin hesaplanması

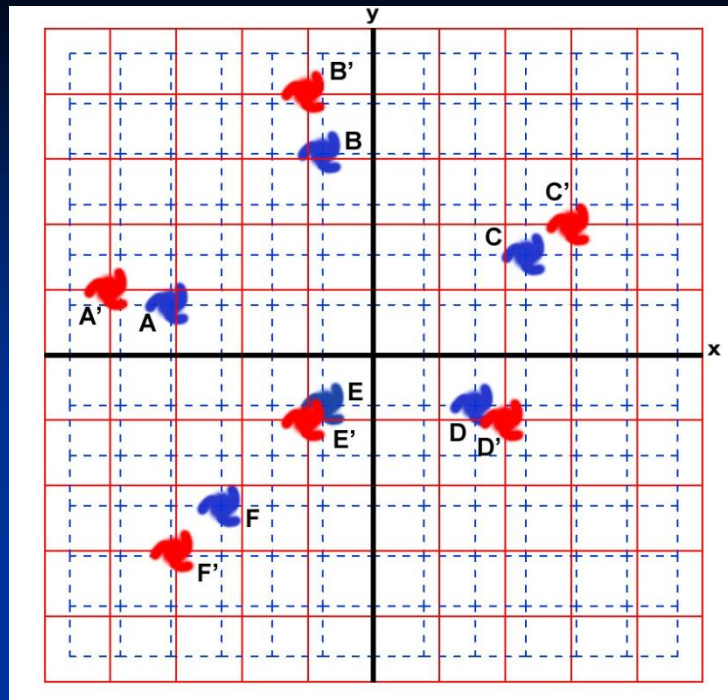


**Mavi =**  
**Genişlemeden**  
**önceki evren**

**Kırmızı =**  
**Genişledikten**  
**sonra evren**

# Etkinlik 5: Hubble-Lemaitre sabitinin hesaplanması

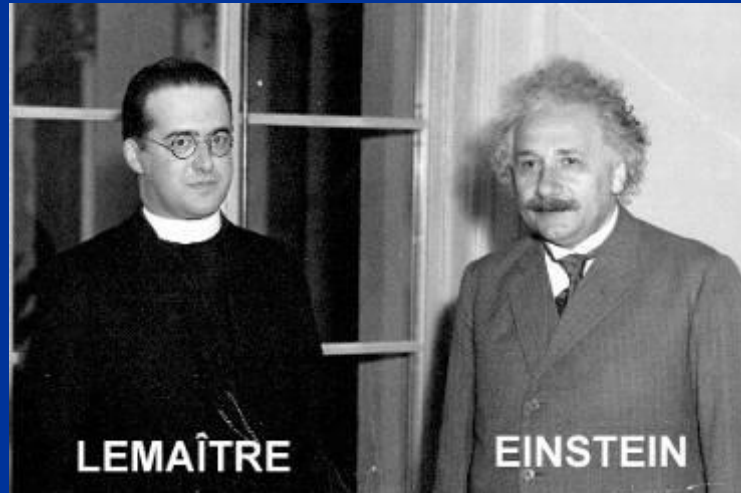
<i>Galaxy</i>	<i>Coordinates x,y</i>	<i>d=distance to origin</i>	$\Delta d$	$v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$	$H = \frac{v}{d}$
<i>A</i>					
<i>A'</i>					
<i>B</i>					
<i>B'</i>					
<i>C</i>					
<i>C'</i>					
<i>D</i>					
<i>D'</i>					
<i>E</i>					
<i>E'</i>					
<i>F</i>					
<i>F'</i>					



Galaxy	Coordinates $x,y$	$d$ =distance to origin	$\Delta d$	$v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$	$H = \frac{v}{d}$
A	(-4, 1)				
A'	(-4, 1)				
B	(-1, 4)				
B'	(-1, 4)				
C	(3, 2)				
C'	(3, 2)				
D	(2, -1)				
D'	(2, -1)				
E	(-1, -1)				
E'	(-1, -1)				
F	(-3, -3)				
F'	(-3, -3)				

# Büyük patlama

- Geriye dönersek, her şeyin birleştiği bir zaman vardı: Genişleyen evren.
- Georges Lemaître, görelilik denklemlerini çözerek, “kozmetik yumurta” olarak başlayan genişleyen bir evren fikrine geldi.



# Büyük patlama

- Big Bang'in Adı: Büyük Patlama.
- Fred Hoyle, bazı din karşıtı önyargılarla, bunun bir Yaratıcı fikriyle fazla tutarlı göründüğünü düşündü.
- S & T, adını değiştirmek için bir yarışma yaptı. 12.000 teklif vardı. Hiçbiri daha iyi değildi!



# Büyük patlama

- Büyük Patlamadan Önce mi? Hiçbir şey bilmiyoruz.
- Nedeni neydi? Neden oldu? Neden her yerde aynı fizik yasalarına uyuyor?
- Fizik, var olan şeylerin nasıl çalıştığıyla ilgilidir, neden var olduklarıyla değil.
- Fizik, maddeyi kökeninden (Big Bang'den beri) daha önce değil, ne de var olmasının nedenini veya amacını incelemez. Bunlar felsefi ve dini sorulardır, ancak bilimsel sorular değildir.

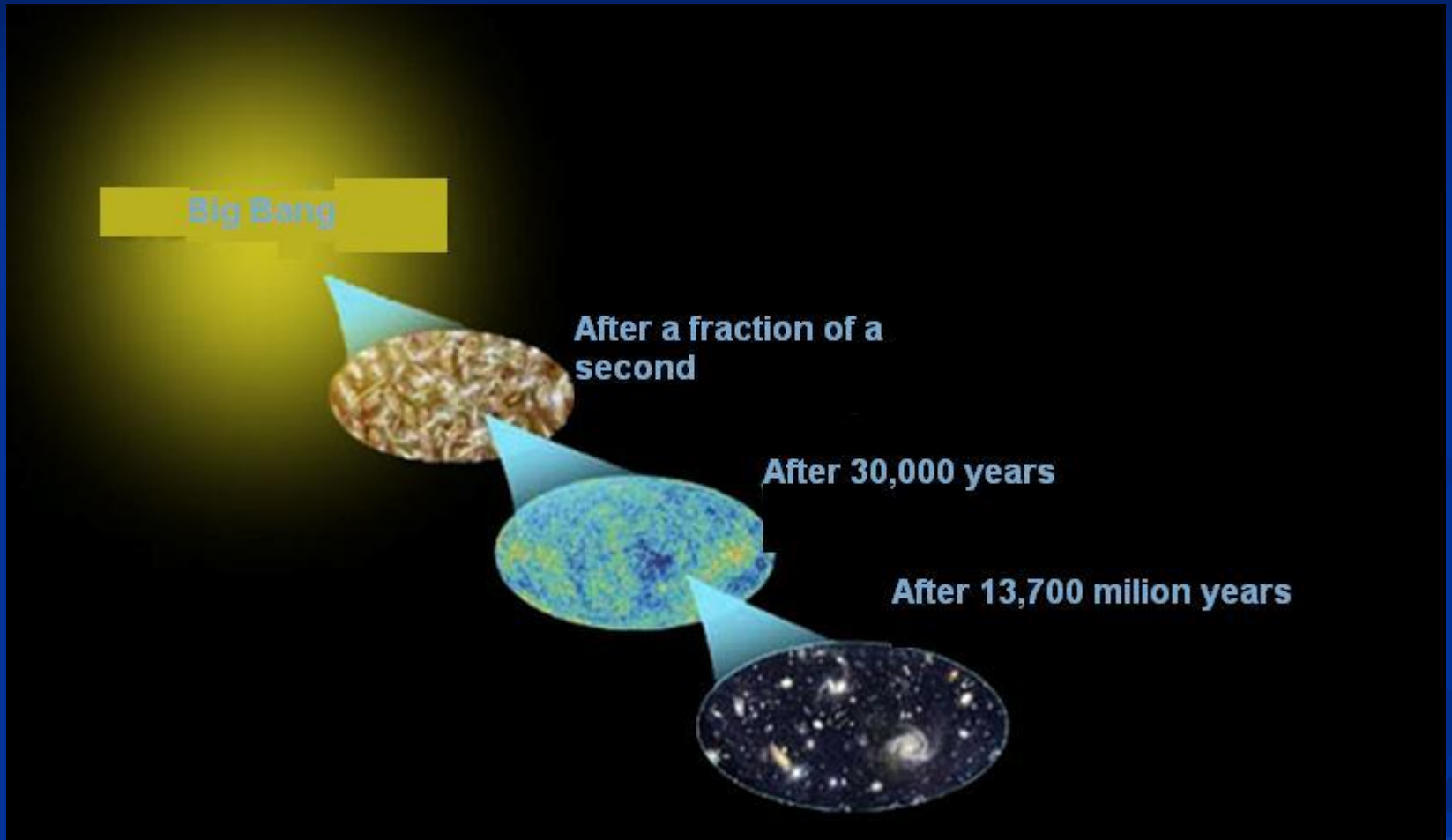


# Büyük patlama

- Kuantum vakumunun dalgalanması?
- Boşluk hiçbir şey değildir, vardır.
- Çoklu evrenler? Tanım olarak kanıtlanamaz.

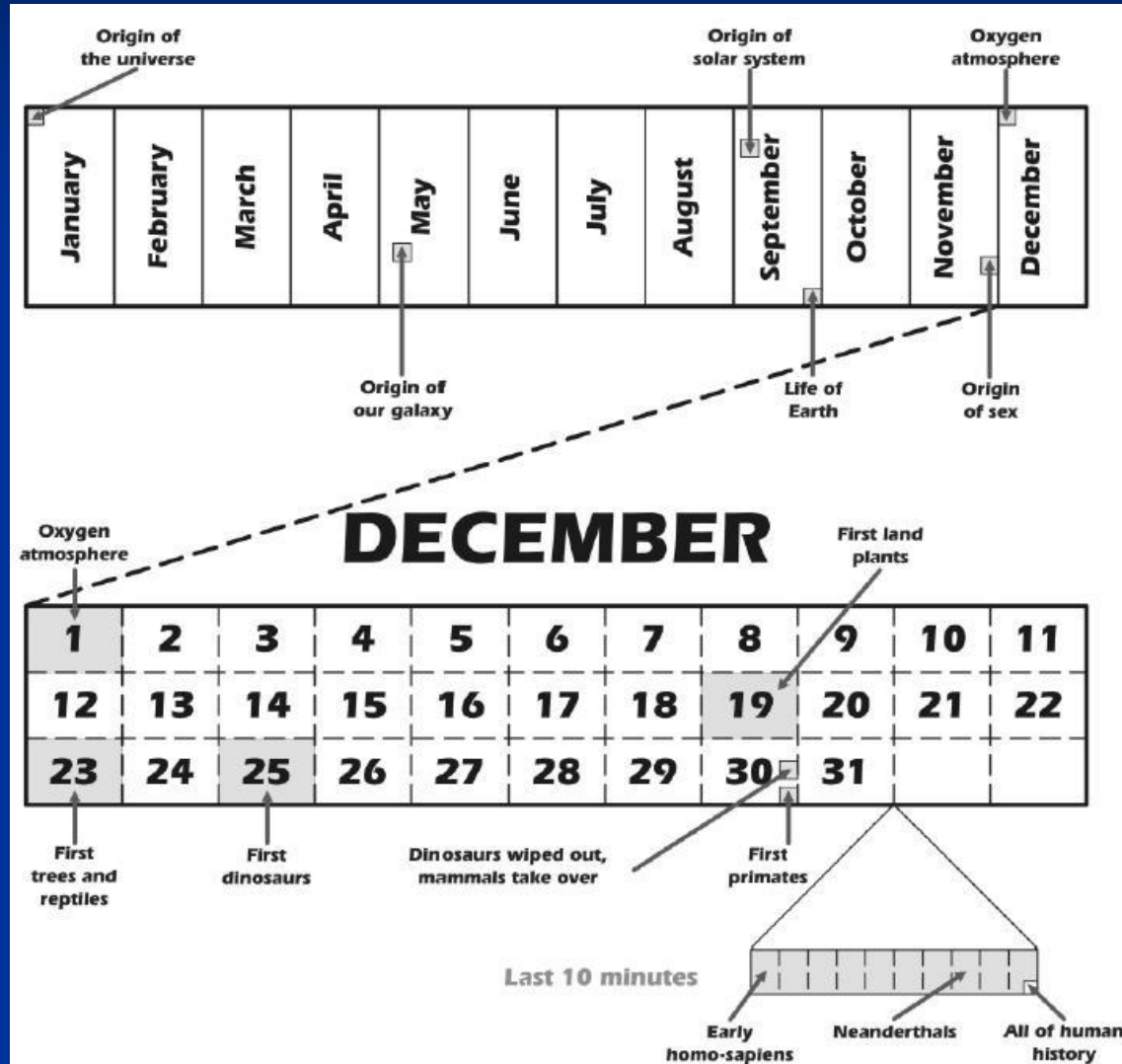


# Evrenin Evrimi

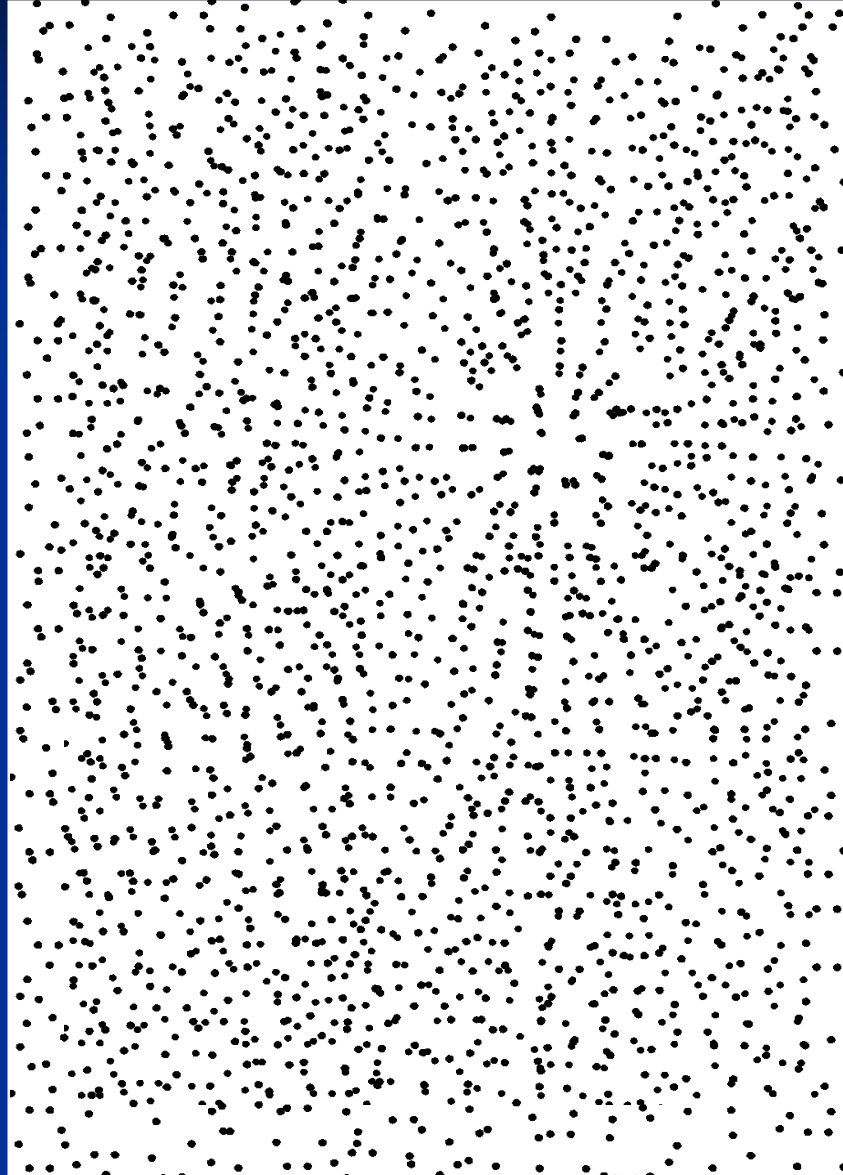




# Evrenin bir yılda gelişimi



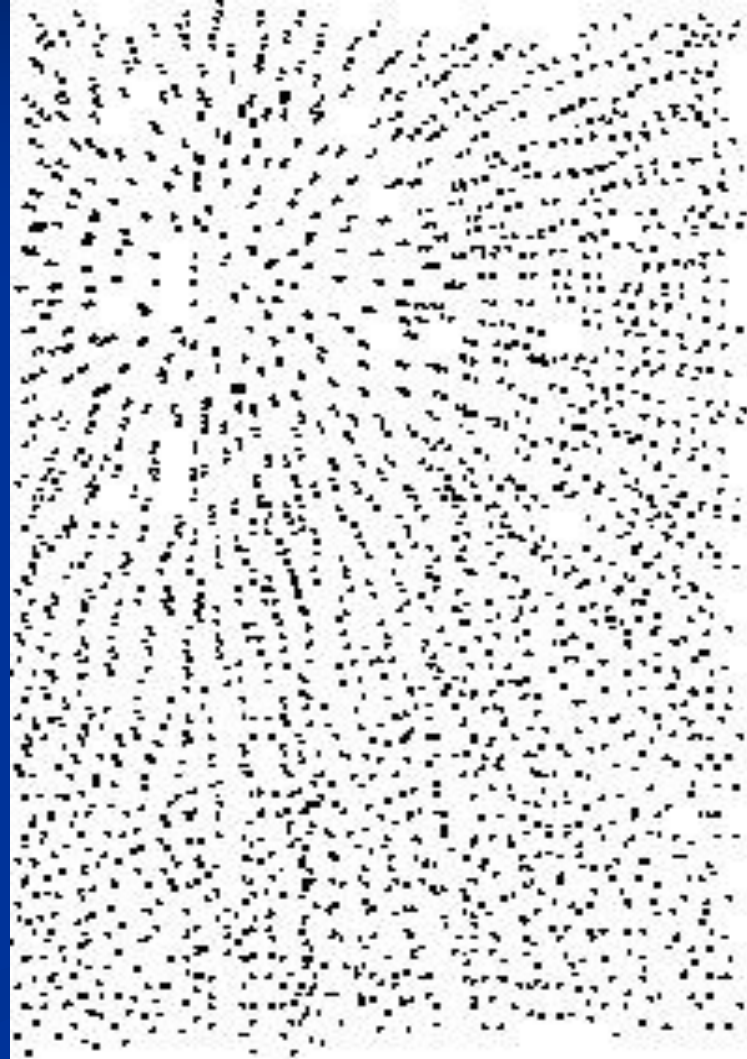
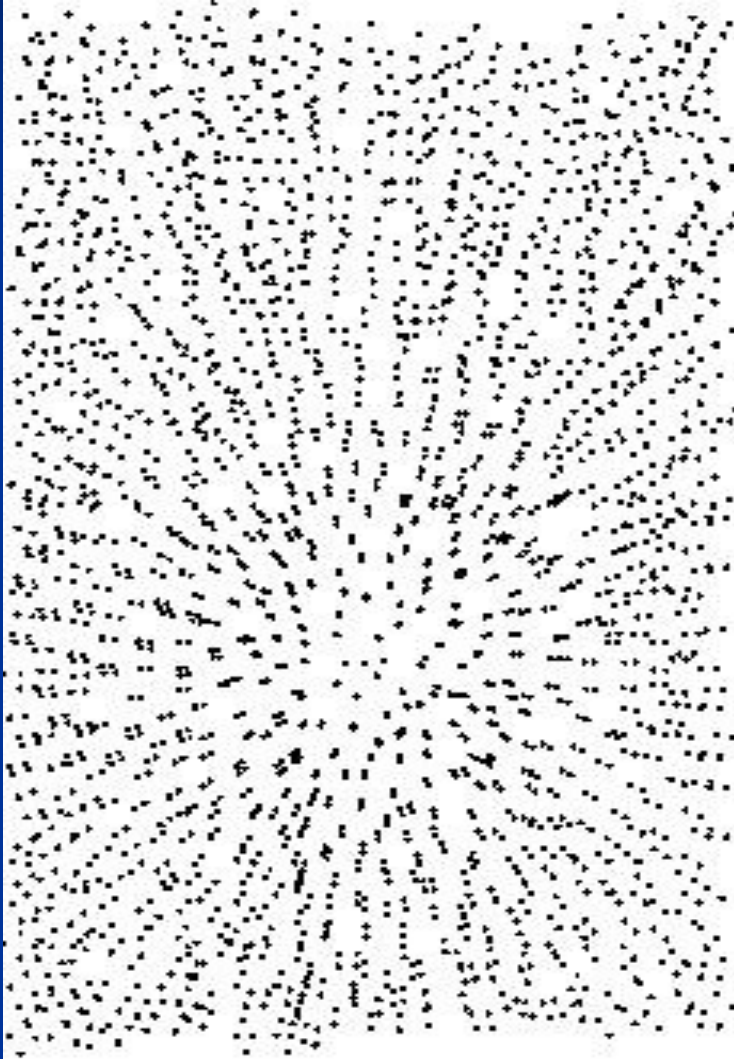
# Activity 6: Genişleme merkezi yok



100%

105%

# Activity 6: Genişleme merkezi yok



# Kozmik Mikrodalga Arka Plan (CMB) Radyasyonu

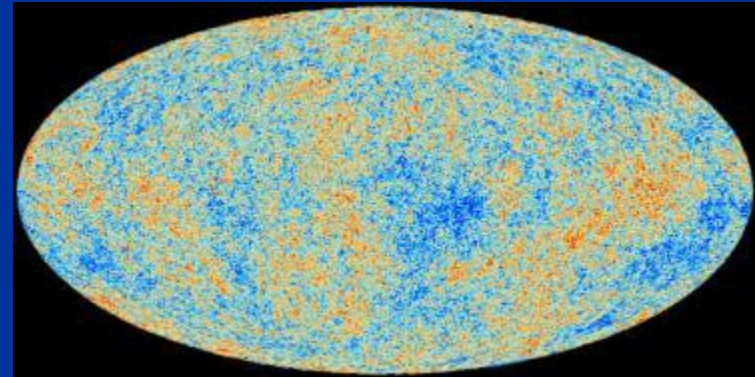
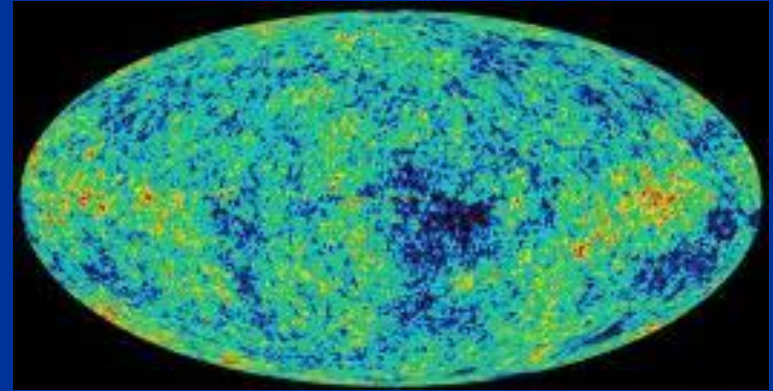
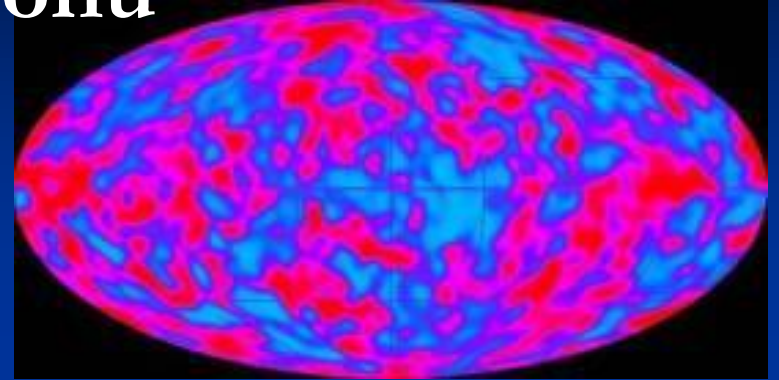
- Big Bang'den 380 000 yıl sonra serbest hale gelen radyasyon.
- Zamanla, uzay genişledikçe, CMB fotonları dalga boylarında genişledi.
- Şimdi mikrodalga bölgesindedeler.





# Kozmik Mikrodalga Arka Plan (CMB) Radyasyonu

- COBE, WMAP ve PLANCK misyonları, her seferinde daha ayrıntılı olarak CMB radyasyonunun gökyüzünün bir haritasını çıkardı. Küçük dalgalanmalar tespit ettiler: galaksilerin oluşmaya başladığı madde yığınlarının izleri.



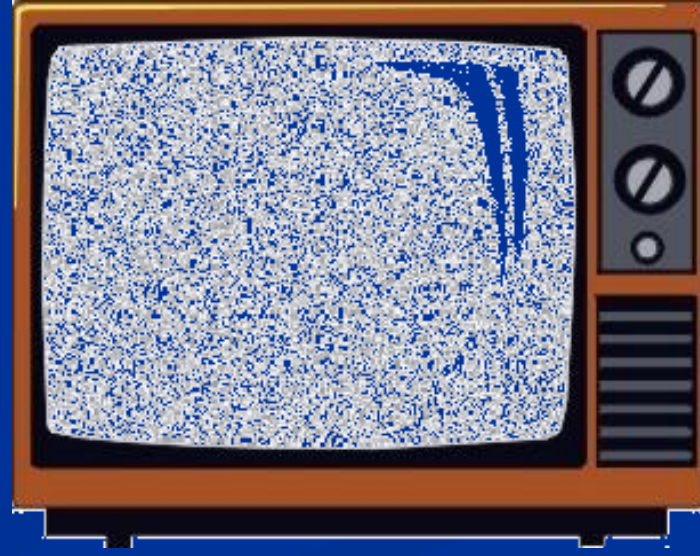
## Etkinlik 7: Kozmik fon radyasyonu

- Big Bang'den 300.000 yıldan fazla bir süre sonra, fotonlar maddeden ayrıldı ve evrende özgürce dolaşmaya başladı.
- Uzayı genişleterek, fotonlar şu anda  $\lambda = 2$  mm olan dalga boylarını,  $T = 2,7$  K = -270 °C'ye eşdeğer olarak genişlettiler.



# Activity 7: Kozmik fon radyasyonu (CMB)

Analog TV ile SPK'yı tespit edebiliriz. Boş bir kanalda, on noktadan biri mikrodalga arka plan radyasyonundan gelir. Benzer bir efekt, istasyon dışına ayarlanmış bir VHF radyoda duyulabilir.



# Dark Mater: Karasal yerçekiminin çekiciliğini telafi eden döner tabla

Kara delikler görünmezdir, ancak onların yerçekimi kuvvetleri yıldız sistemlerini etraflarında hareket ettirdiği için var olduklarını biliyoruz.



Karanlık madde görünmez olsa da, onu tespit etmenin bir yolu, galaksilerin sarmal kollarının hareketini gözlemlemek ve incelemektir.





# Karanlık maddeyi tespit etmenin başka bir yolu: kütleçekimsel merceklenme



Yerçekimi merceği optik bir mercek gibi davranır, kütlesi çevreleyen alanı bozar ve uzaktaki bir nesnenin ışığını saptırır.

# Yerçekimi lensleri

- Işık her zaman mümkün olan en kısa yolu takip eder
- Yüzey eğri ise, yol eğridir.

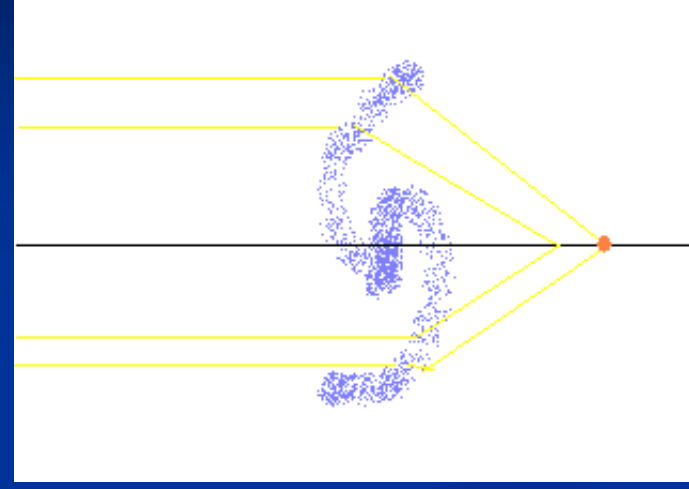
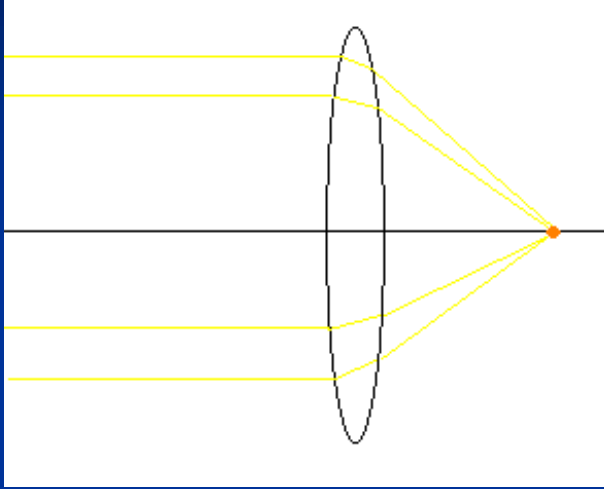


# Bir cismin yanından geerirken ışık neden bükülür?

- Kütle varsa uzay eğridir ve iki nokta arasındaki en kısa yol eğridir.
- Benzer bir durum bir Dünya küresi kullanılarak da görülebilir.

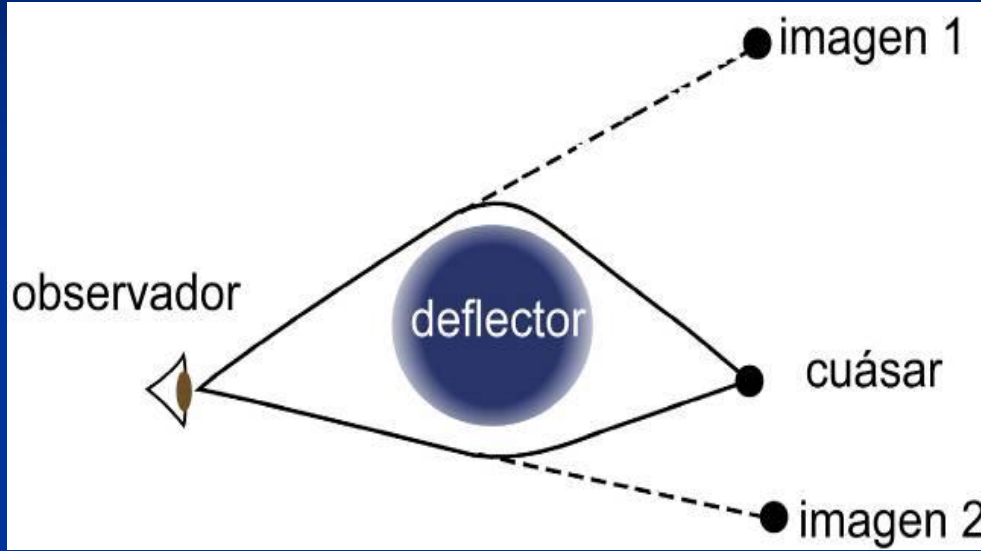


# Yerçekimi lensleri nasıl çalışır?



- Dışbükey bir optik mercek, paralel ışık ışınlarını tek bir noktaya odaklar: odak.
- Bir yerçekimi merceği (örneğin gökada veya gökada grubu/kümesi) ışık ışınlarını bir nokta yerine bir çizgiye odaklar; bu tanıtabilir
- görüntüde birkaç bozulma.

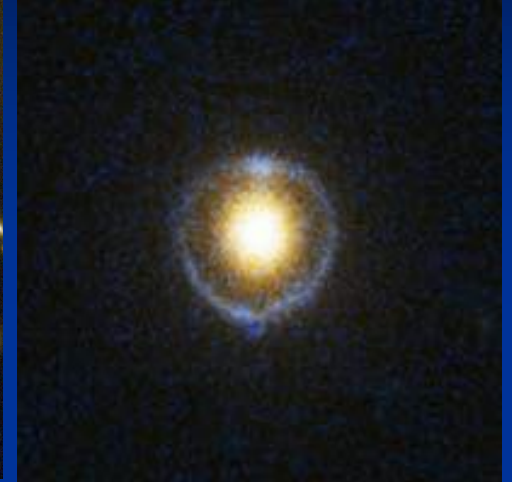
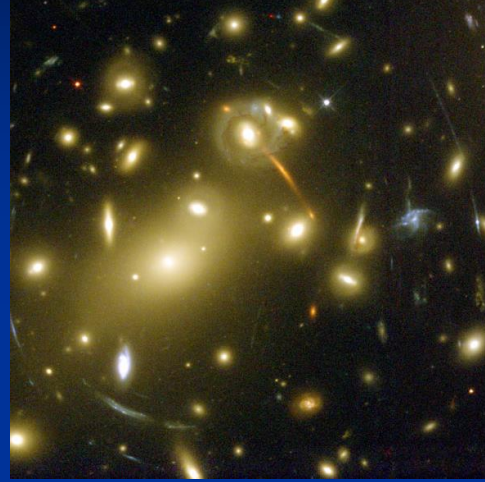
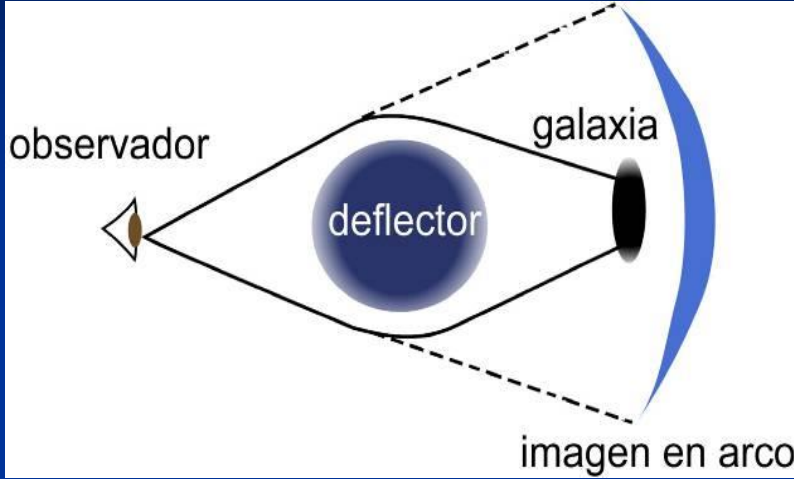
# Konum deęişiklikleri ve arpma



- Sapma, yıldızın, galaksinin veya kuasarın görünen konumunu üretir.
- Yerçekimi lensleri mükemmel değildir, en büyükleri birden fazla görüntü üretebilir.

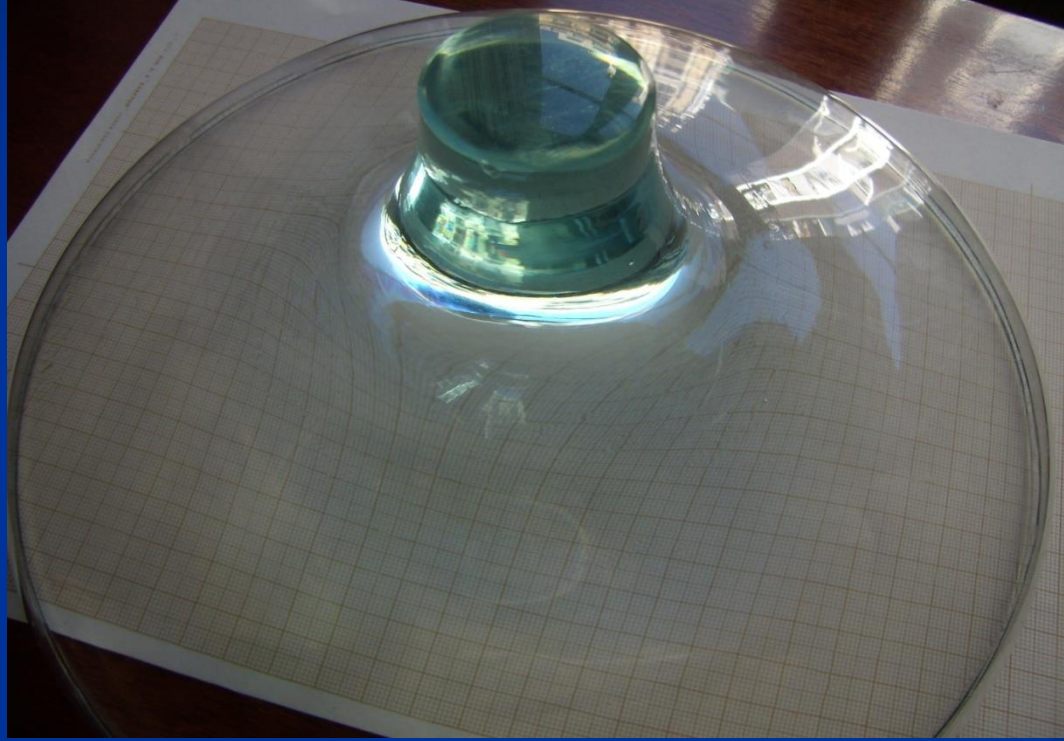


# sapma



- Saptırıcı cisim genişletilmiş bir astronomik kaynaksa, ortaya çıkan görüntüler bir dizi parlak yaydır.
- Mercek sistemi mükemmel bir şekilde simetrikse, ışınlar birleşir ve sonuç bir halka olur - bir Einstein Halkası.
- Saptıran cisim bir yıldız veya kuasar ise, görüntü bir noktadır.

# Aktivite 8: Şarap kadehi ayađı ile deformasyon simülasyonu



Şarap kadehinin tabanını grafik kağıdına koyarsak deformasyonu görebiliriz.

# Aktivite 8: “Şarap kadehinin dibinden” bakmak



Sadece camın altını kesin.





+



=



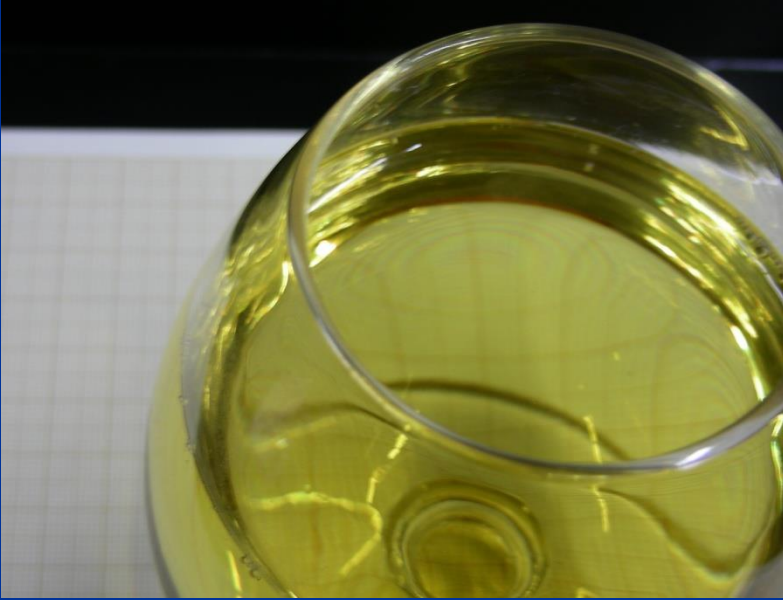
ark parçası

Einstein Haçı

Einstein yüzüğü



# Etkinlik 9: Bir kadeh şarapla uzay deformasyonunun simülasyonu



Grafik kağıdına bir bardak beyaz şarap koyup şaraba bakarsanız bu deformasyonu görebilirsiniz.

# Aktivite 9: Bir el feneri sabitleyin ve bir kadeh şaraba bakarken yavaşça hareket edin



Bu basit model, “maddenin”, kendisi aracılığıyla gözlemlenen görüntülerdeki bozulmaları yeniden üretebileceğini göstermektedir.

(The wine can be replaced by another translucent liquid)





# Aktivite 9: Bir el feneri sabitleyin ve bir kadeh şaraba bakarken yavaşça hareket edin



ark parçası



amorf şekil



Einstein haçı



Einstein's Ring

# Çalıştayın dışında bir tema: Geceleri gökyüzü neden karanlıktır?

1923'te Olbers řunları önerdi:

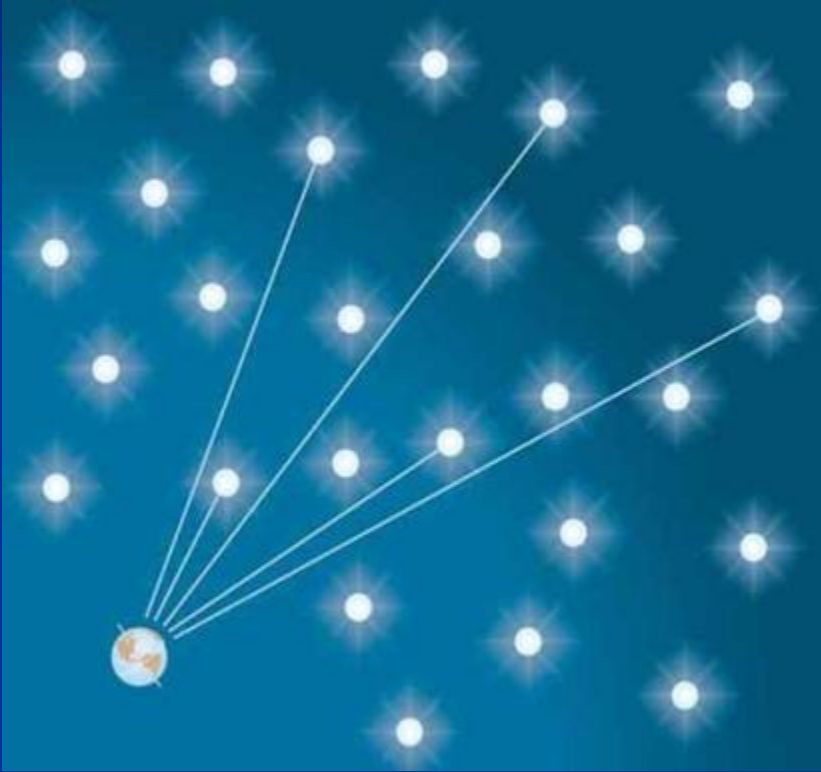
Evren boyut olarak sonsuzdur.

Yıldızlar evrende eşit olarak dağılmıştır.

Tüm yıldızlar evrende benzer bir parlaklığa sahiptir, o zaman...



# Çalıştayın dışında bir tema: Geceleri gökyüzü neden karanlıktır?



... sonsuz bir evrende sonsuz sayıda nesne olacaktır  
ve gece boyunca parlak olmalıdır.



# Geceleri gökyüzü neden karanlıktır?

Sonra :

Gökyüzündeki herhangi bir nokta karanlık değil parlak olurdu, çünkü her zaman uzakta bir yıldız parlardı.

Gökyüzünün her bir "soğan tabakasındaki" yıldızların sayısı  $r^2$  ile orantılıdır ve ışıkları  $r^2$  ile ters orantılıdır, burada her tabaka Dünya'da aynı miktarda ışık sağlar. Sonsuz sayıda katman varsa, gökyüzü geceleri parlak görünmelidir.



# Geceleri gökyüzü neden karanlıktır?

Ancak bu mantıkta hatalar var:

Yıldızlar, genişleme nedeniyle uzaklaştıkça daha kırmızı görünür. Uzak oldukları için daha az aydınlıktırlar.

Ama hepsinden öte, evrenin sonsuz bir yaşı yoktur. Sonsuz yıldız katmanları yoktur.

Edgar Allan Poe, 1848'de yayınlanan "Eureka" adlı makalesinde fenomenleri doğru bir şekilde açıklayan kişidir.

Gece karanlık olabilir!





İlginiz için çok  
teşekkür  
ederim!

