

Pengembangan Alam Semesta

**Ricardo Moreno, Susana Destua,
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



Tujuan

- Memahami apa itu pengembangan alam semesta
- Memahami bahwa tidak adanya pusat dari alam semesta
- Memahami hukum Hubble
- Menganalisis bagaimana cara mendeteksi adanya materi gelap



Presentasi

Pada workshop ini menjelaskan tentang:

- Asal-muasal alam semesta: Big Bang
- Galaksi: tidak “berpindah” dalam ruangan, ruangnya yang mengembang
- Konstanta Hubble : $v = H \cdot d$
- Tidak adanya pusat di alam semesta, seperti tidak adanya pusat dari suatu negara
- Latar gelombang mikro
- Lensa gravitasi

Model, prediksi, verifikasi: eskperimen dengan taplak meja/kain



Prediksi: Jika Anda sangat cepat menarik kain dari meja, tidak ada benda yang jatuh dari meja. Jika kita dapat memverifikasi hal ini, maka prediksi Anda benar.

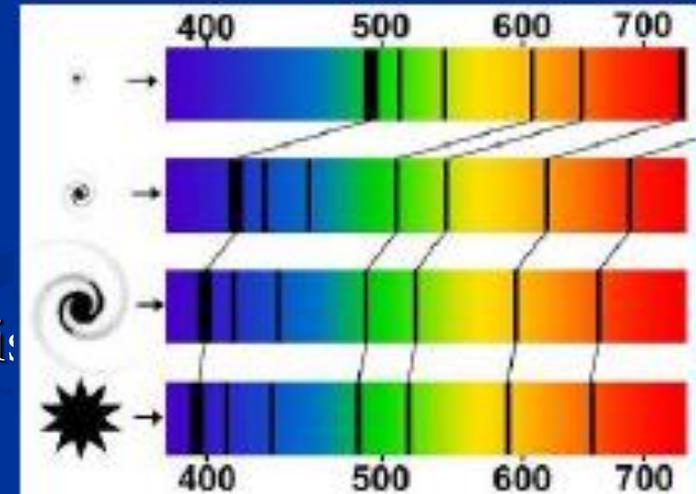
Eksperimen bekerja karena fisika adalah sains yang memungkinkan untuk memprediksi apa yang akan terjadi: jika satu tarikan cepat pada kain, maka gaya gesek tidak memiliki waktu untuk bekerja pada benda di atas meja, yang mana menjelaskan mengapa benda tidak jatuh.

Fisika yang dikembangkan di Bumi adalah sama yang diterapkan ke seluruh alam semesta.



Bergeser ke arah merah

- Pemantulan cahaya dari setiap elemen menunjukkan garis-garis; ini adalah yang disebut spektrum, dan menunjukkan karakteristik setiap elemen.
- Ketika kita mengamati cahaya dari galaksi, kita dapat melihat bahwa garis-garis bergeser ke arah bagian merah dari spektrum, dan galaksi terjauh pergeserannya semakin besar.
- Hal ini ditafsirkan sebagai hasil dari perpidahan yang jauh dari kita



Bergeser ke arah merah

- Galaksi yang dekat memiliki ukuran yang relatif kecil dan bergerak ajak: Awan Magelan Besar +13 km/s, Awan Magelan Kecil -30 km/s, Galaksi Andromeda -60 km/s, M 32+21 km/s
- Di klaster Virgo, (50 million tahun lalu), semua galaksi bergerak menjauh dari kita pada kelajuan antara 1,000 dan 2,000 km/s.
- Di superklaster Coma Berenice (300 Milyar tahun lalu) kelajuannya antara 7,000 dan 8,500 km/s.



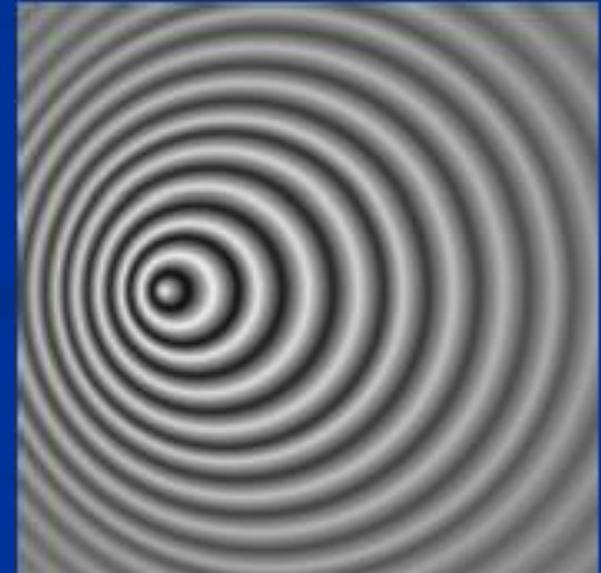
Bergeser ke arah merah

- Di arah yang berlawanan, M 74 bergerak menjauh pada 800 km/s dan M 77 pada 1130 km/s.
- Jika kita mengamati galaksi yang jauh dan lemah, kelajuan resesi lebih besar: NGC 375 galaksi bergerak menjauh pada 6200 km/s, NGC 562 pada 10500 km/s dan NGC 326 pada 14500 km/s.
- Tidak bergantung arah dari kita mengamati, semua , kecuali galaksi yang tertutup, bergerak menjauh dari kita.



Efek Doppler

- Jika terdapat ambulans, sepeda motor, atau kereta mendekati kita, maka kita akan mendengar suara lebih tinggi dari pada ketikasumber suara tersebut menjauh dari kita
- Tinggi → gelombang memendek
- *Grave* → Gelombang merenggang



Activity 1: Doppler Effect



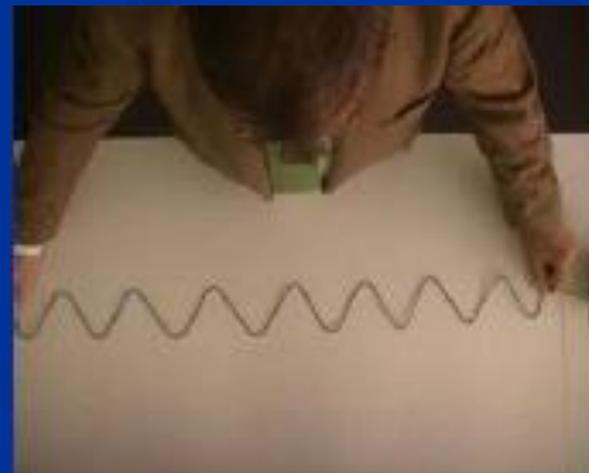
- Efek Doppler dapat didengar dengan rotasi di permukaan horisontal menggunakan jam alarm
- Kerika jam alarm mendekati pengamat, maka λ memendek dan suara menjadi membesar
- Kerika jam alarm bergerak menjauh dari kita, λ merenggang dan suara menjadi melemah
- Peristiwa ini sama halnya dengan suara dari sepeda motor, ambulan, kereta, ...



- Efek Doppler kita deteksi di sini dikarenakan adanya pergeseran. Tetapi efek Doppler tidak sama dengan yang terjadi pada galaksi karena pengembangan.

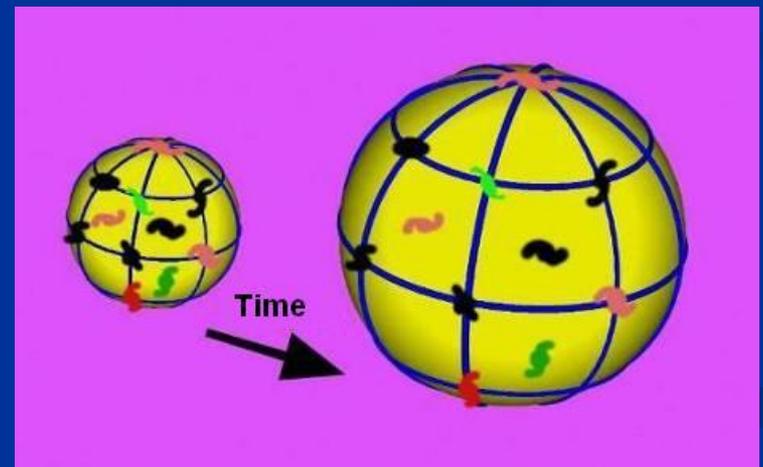
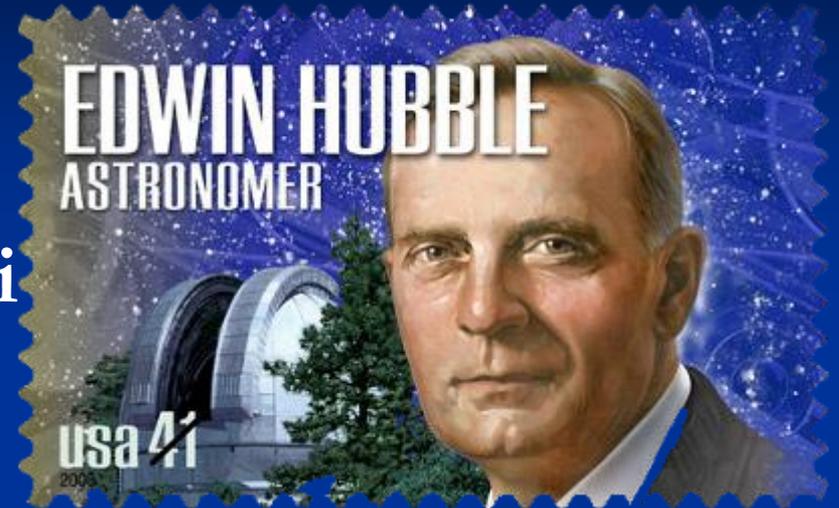
Aktivitas 2. “perenggangan” foton

- Alam semesta, ketika mengembang, “perenggangan” foton .
- Anda dapat membuat model dari perenggangan menggunakan kabel yang semi-tegar, yang biasa digunakan dalam kelistrikan.
- Bagian foton dengan panjang gelombangnya terpanjang, mereka merenggangkan kawat.



Hukum Hubble

- Antara 1920 dan 1930, George Lemaître dan Edwin Hubble menyadari bahwa galaksi yang paling jauh bergerak menjauh lebih cepat.
- Hukum Hubble-Lemaître:
$$v = H \cdot d$$
- Galaksi galaksi tidak bergerak memenuhi ruangan: tetapi ruang yang mengembang, menyeret galaksi



Aktivitas 3: alam semeta di sebuah pita karet

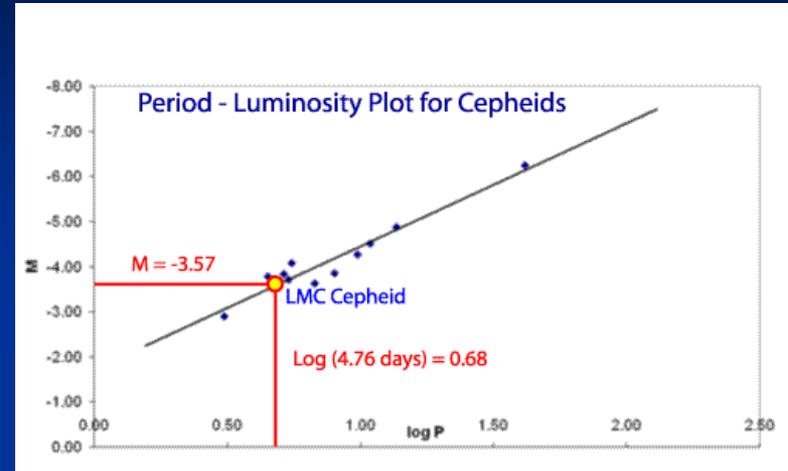
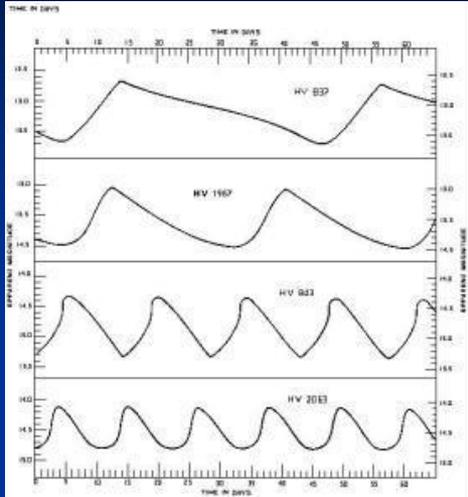


Aktivitas 4: Alam semesta di sebuah balon



- Jarak antara galaksi bertambah dengan adanya ekspansi
- Galaksi tidak bergerak memenuhi permukaan balon

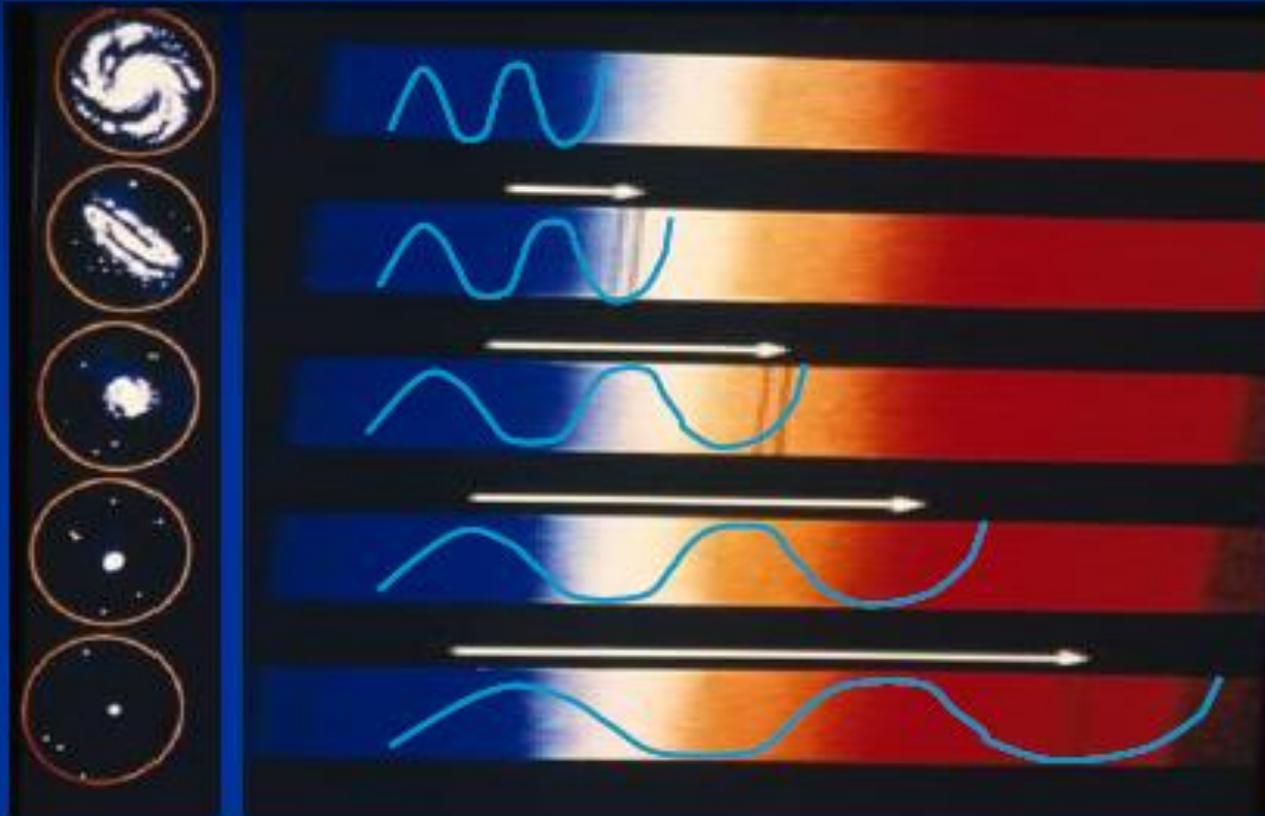
Pengembangan Alam semesta



1. Jarak untuk galaksi yang dekat dapat diperoleh dari hubungan periode-luminositas bintang Cepheid
 - Dari kurva cahaya mungkin diperoleh periode P
 - Dari hubungan periode-luminositas kita dapat memperoleh nilai magnitudo absolut M
 - Dengan dua besaran tersebut, mungkin untuk mengukur jarak galaksi $d=10^{(m-M+5)/5}$ pc

Untuk menentukan jarak dari galaksi terjauh, astronom dapat menggunakan salah satu supernova dengan luminositas yang sama

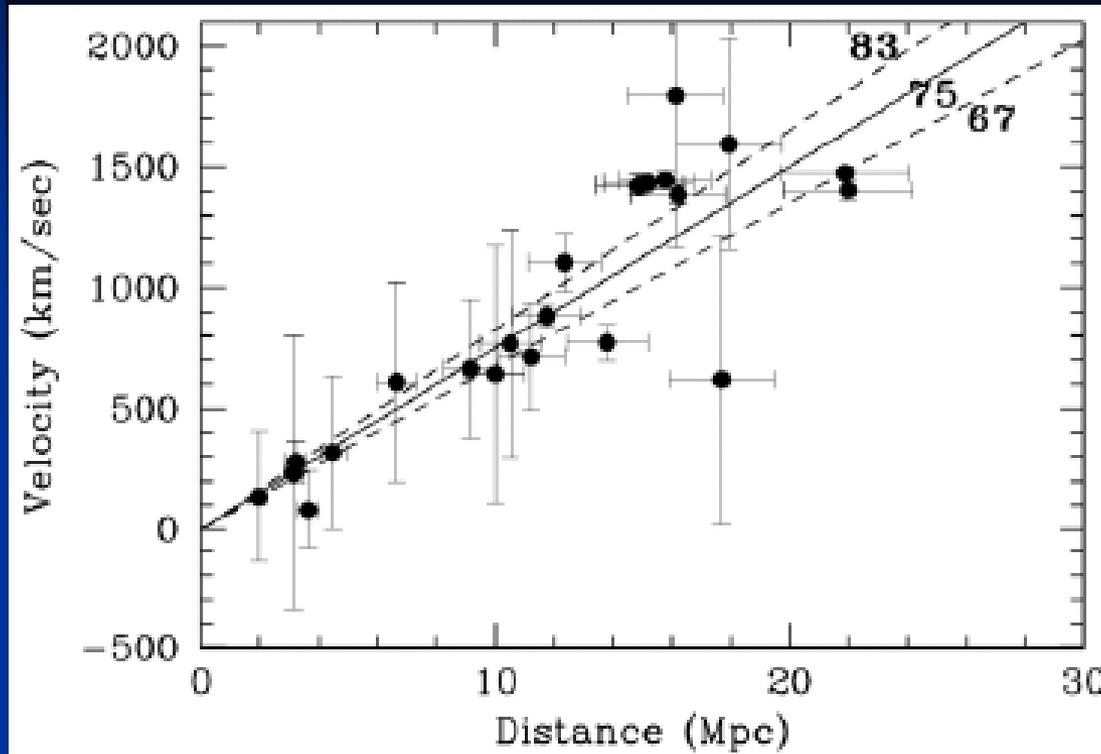
Pengembangan alam semesta



2. Kelajuan reses diukur dalam spektrum: $v = (\Delta \lambda / \lambda) * c$



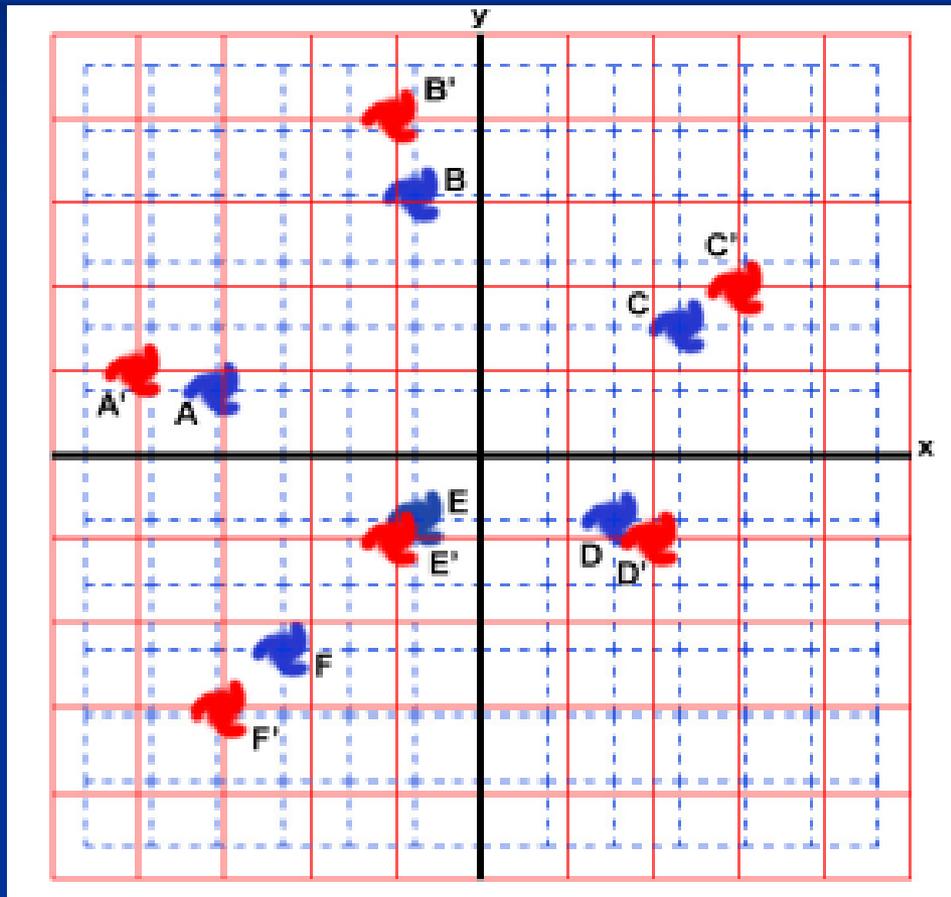
Pengembangan alam semesta



3. Konstanta Hubble-Lemaître hubungan: $v = H_0 \cdot d$,
dengan H_0 adalah rata-rata pengembangan alam
semesta: $H_0 = 72 \text{ km/s/Mpc}$



Aktivitas 5: menghitung konstanta Hubble - Lemaître



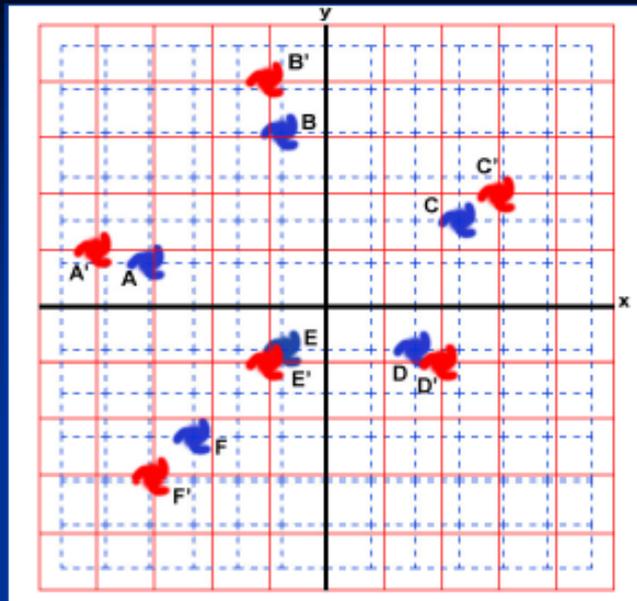
**Blue = Universe
before expanding**

**Red = Universe
after expanding**



Aktivitas 5: menghitung konstanta Hubble - Lemaître

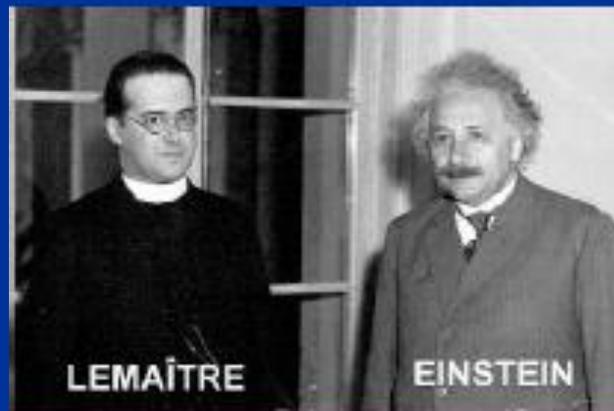
<i>Galaxy</i>	<i>Coordinates x,y</i>	<i>d=distance to origin</i>	Δd	$v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$	$H = \frac{v}{d}$
<i>A</i>					
<i>A'</i>					
<i>B</i>					
<i>B'</i>					
<i>C</i>					
<i>C'</i>					
<i>D</i>					
<i>D'</i>					
<i>E</i>					
<i>E'</i>					
<i>F</i>					
<i>F'</i>					



Galaxy	Coordinates x, y	d =distance to origin	Δd	$v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$	$H = \frac{v}{d}$
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)				

Big Bang

- Jika kita kembali, pada waktu segalanya menjadi satu: alam semesta mengembang
- George Lemaitre, menyelesaikan permaan relativitas, kemudian muncul ide tentang pengembangan alam semesta yang mana memulai seperti “telur kosmik”



Big Bang

- Nama Big Bang: ledakan besar
- Fred Hoyle, dengan prasangka anti-agama tertentu, berpikir, bahwa itu tampak terlalu konsisten gagasan tentang Pencipta
- S dan T membuat kompetisi untuk meberi nama kembali. 12,000 proposal. Tidak satupun yang baik



Big Bang

- Sebelum Big Bang? Kita tidak tau apa-apa.
- Apa penyebabnya? Menitu gapa terjadi? Dan Megapa itu diamati dengan hukum-hukum fisika?
- Fisika mepelajari bagaimana sesuatu itu bekerja, bukan tentang kenapa sesuatu itu ada.
- Fisika mempelajari materi dari asalnya (sejak Big Bang), bukan sebelumnya, bukan pula mempelajari alasan dan tujuan kenapa materi itu ada. Hal itu adalah pertanyaan filosofi, agama, tetapi bukan pertanyaan saintifik
- 2 kesalahan: membuat agama dari ilmu pengetahuan dan menerapkan ilmu dari agama. Agama dan ilmu memiliki bidang studi, metode, dan cara melihat realitas kompleks sendiri .

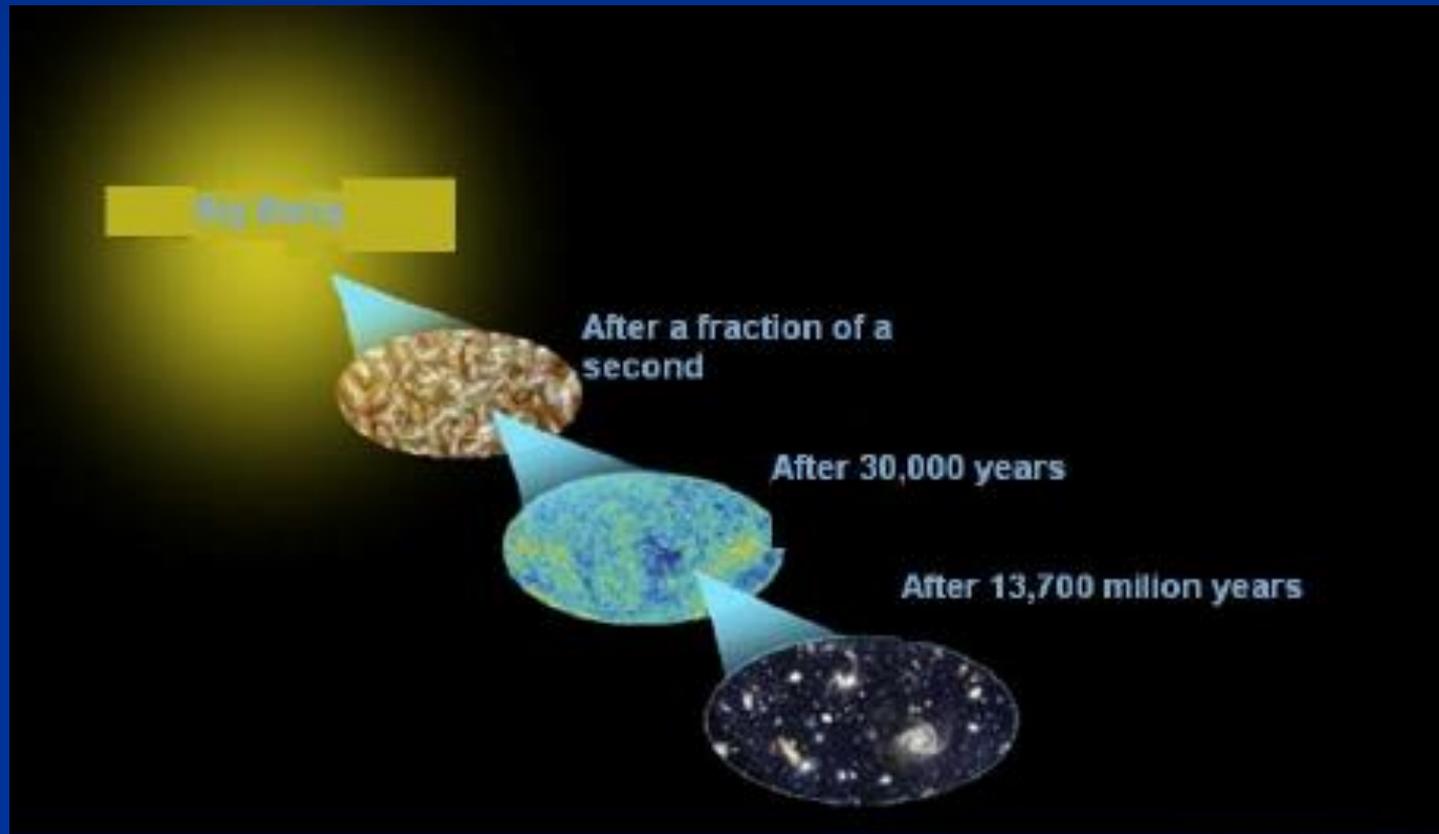


Big Bang

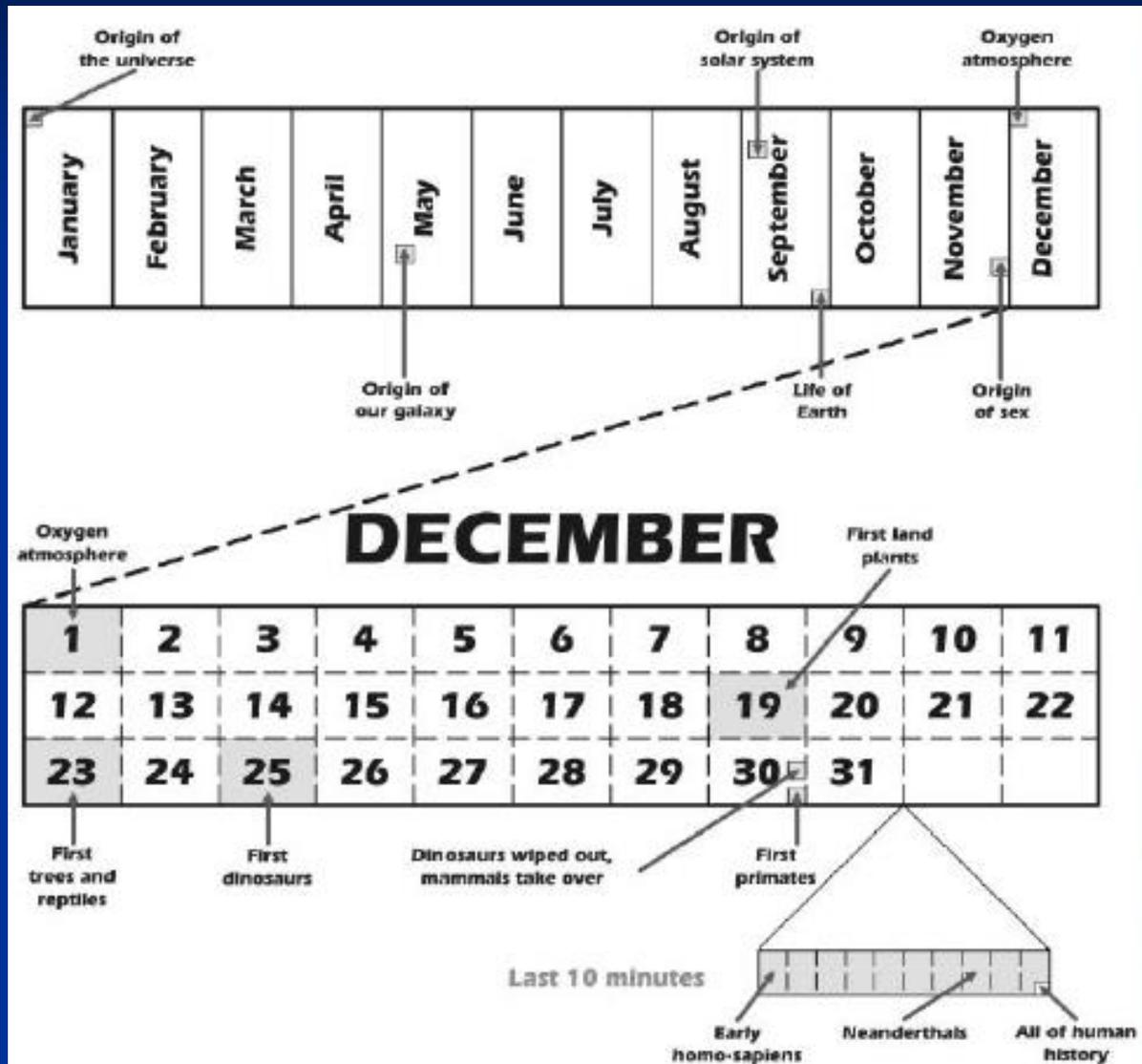
- Fluktuasi dari kuantum yang vakum?
- Kekosongan adalah tidak sesuatu yang tidak ada, itu ada.
- Alam semesta yang multi/banyak? Yang tidak perlu dibuktikan oleh definisi. Bukan teori sanitifik.



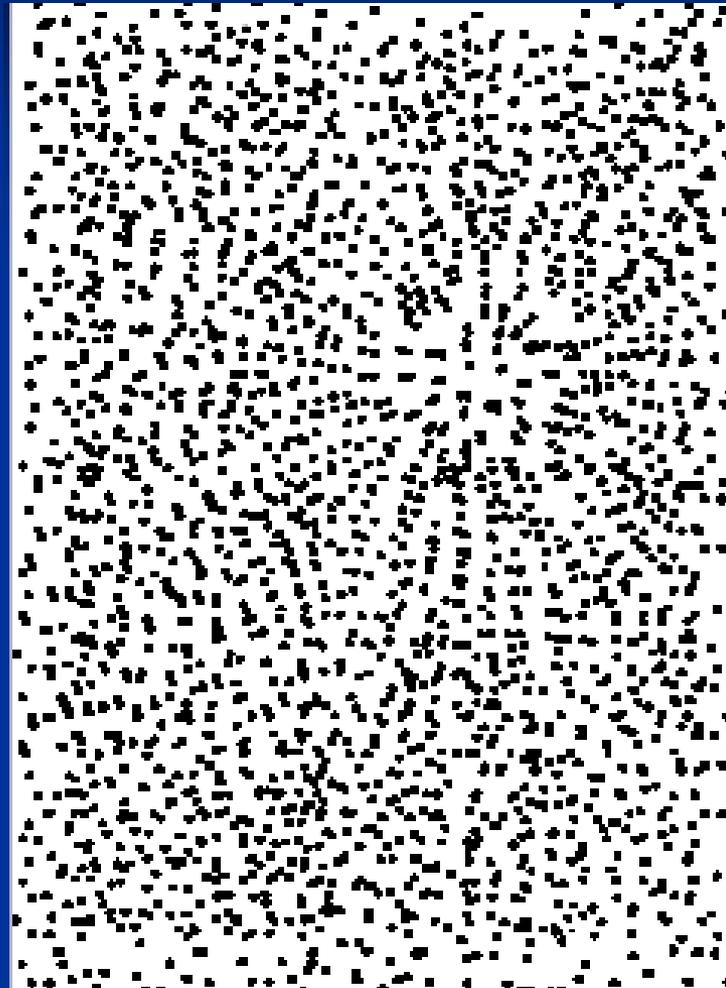
Evolusi Alam Semesta



Pembentukan Alam Semesta



Aktivitas 6: Tidak adanya pusat dari pengembangan

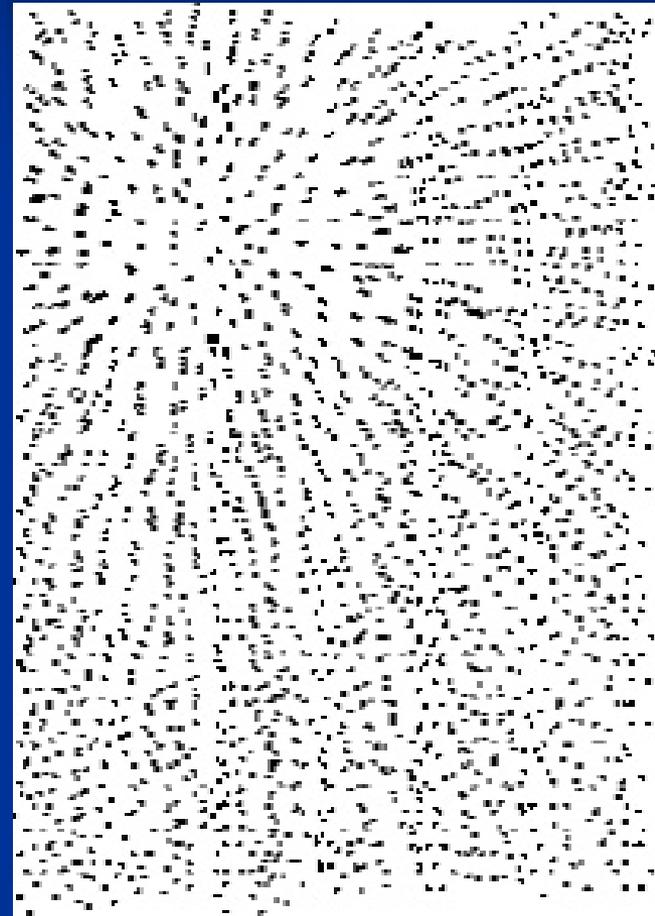
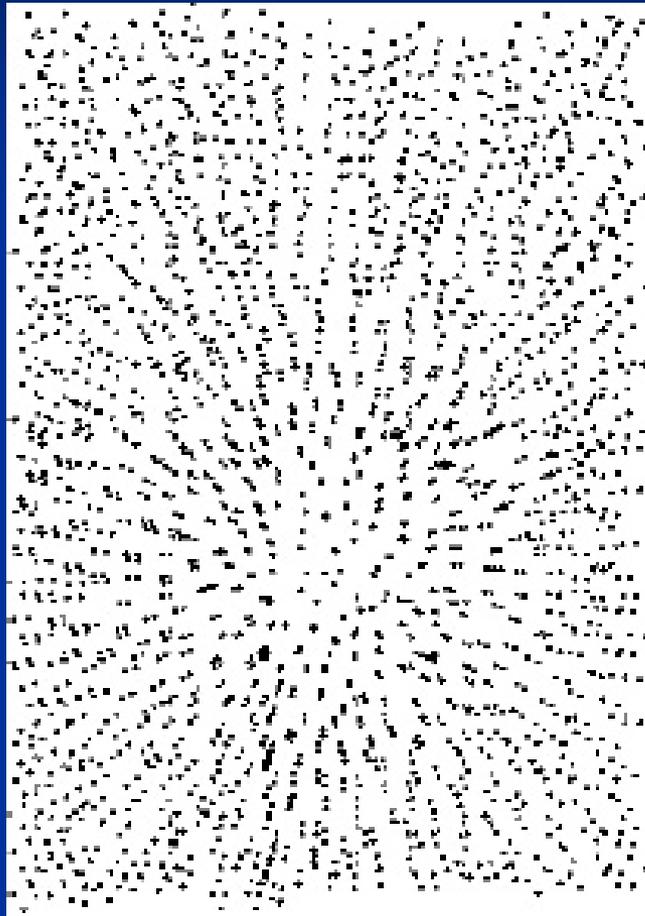


100%

105%



Aktivitas 6: Tidak adanya pusat dari pengembangan



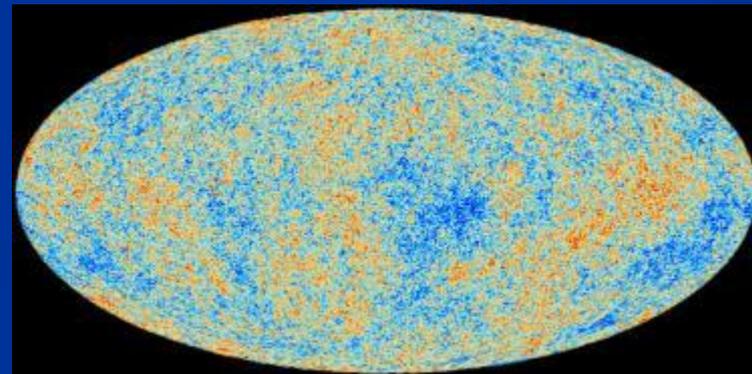
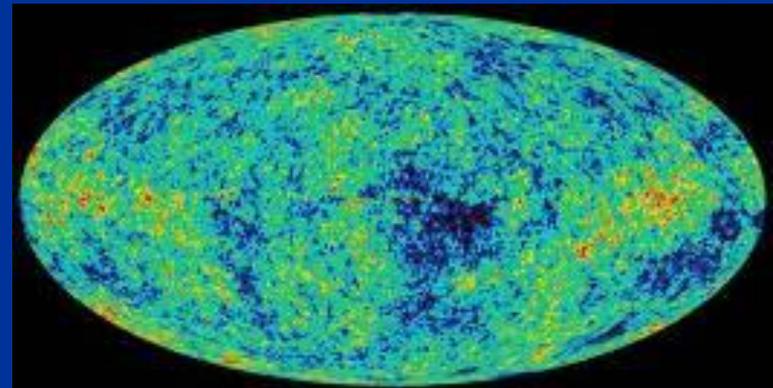
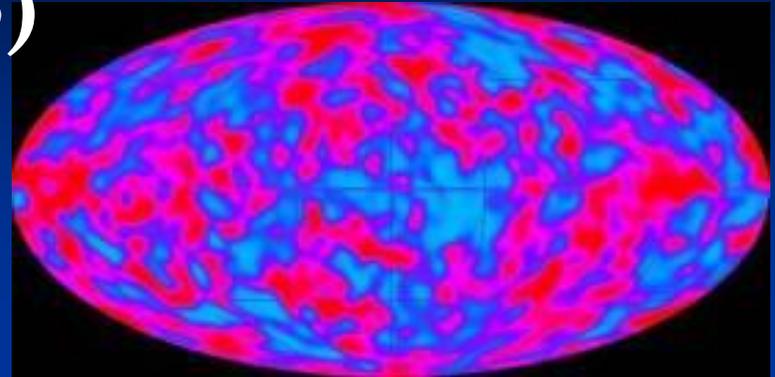
Radiasi Cosmic Microwave Background (MB)

- Radiasi yang dibebaskan pada 380,000 tahun setelah Big Bang
- Seiring waktu, ruang mengembang, foton CMB mengembangkan panjang gelombangnya.
- Mereka sekarang di daerah gelombang mikro.



Radiasi Cosmic Microwave Background (MB)

- Misi COBE, WMAP, PLANCK membuat peta langit dari radiasi CMB, setiap waktu dengan detail, mendeteksi fluktuasi kecil: jejak dari gumpalan materi yang mana galaksi mulai terbentuk



Aktifitas 7: Radiasi Latar Kosmik

- >300,000 tahun setelah Big Bang, foton-foton dipisahkan dari materi dan memulai untuk bergerak bebas di alam semesta
- Dengan adanya pengembangan ruang, foton melebarkan panjang gelombangnya, sekarang $\lambda = 2 \text{ mm}$, sebanding dengan $T = 2.7 \text{ K} = -270^\circ \text{ C}$.

Aktivitas 7: Radiasi Latar Kosmik

- Kita dapat mendeteksi radiasi latar kosmik dengan TV. Dalam chanel yang kosong, satu dari sepuluh point berasal dari radiasi latar gelombang mikro.



Materi gelap: **meja spin** yang mengkompensasi tarikan gravitasi Bumi

Lubang Hitam (Black Hole) tidak terlihat, tetapi kita tau bahwa Lubang Hitam ada karena gaya gravitasinya yang membuat sistem bintang bergerak mengelilinginya.



Meskipun materi gelap tidak terlihat, salah satu cara untuk mendeteksi materi gelap dengan pengamatan dan mempelajari perilaku benda di sekitarnya



Cara lain untuk mendeteksi materi gelap: Lensa Gravitasi



- Massa lensa gravitasi bertindak seperti sebuah lensa optik yang mendistorsi ruang sekitarnya dan memantulkan cahaya dari sebuah objek yang jauh.



Lensa Gravitasi

- Cahaya selalu mengikuti lintasan terpendek
- Jika permukaan adalah lengkung, maka garis lurus adalah berbentuk kurva melengkung

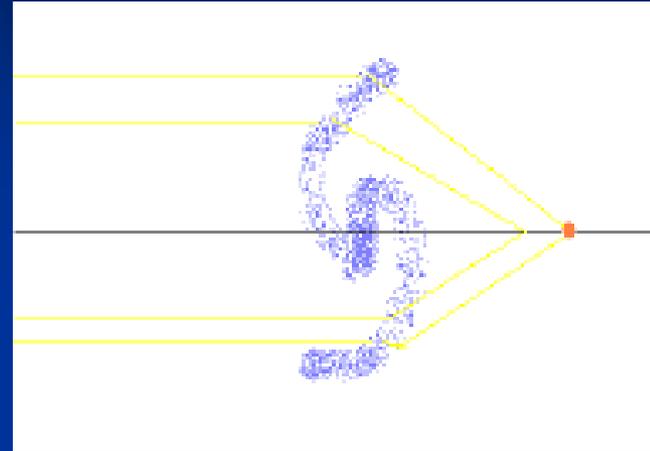
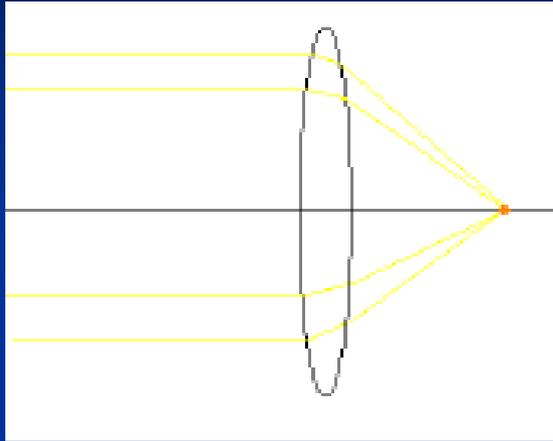


Mengapa cahaya terbelokkan saat melewati dekat suatu benda

- Jika terdapat massa maka ruanga akan melengkung, dan jarak terpendek antara dua titik adalah garis lengkung
- Situasinya sama dapat dilihat menggunakan Globe

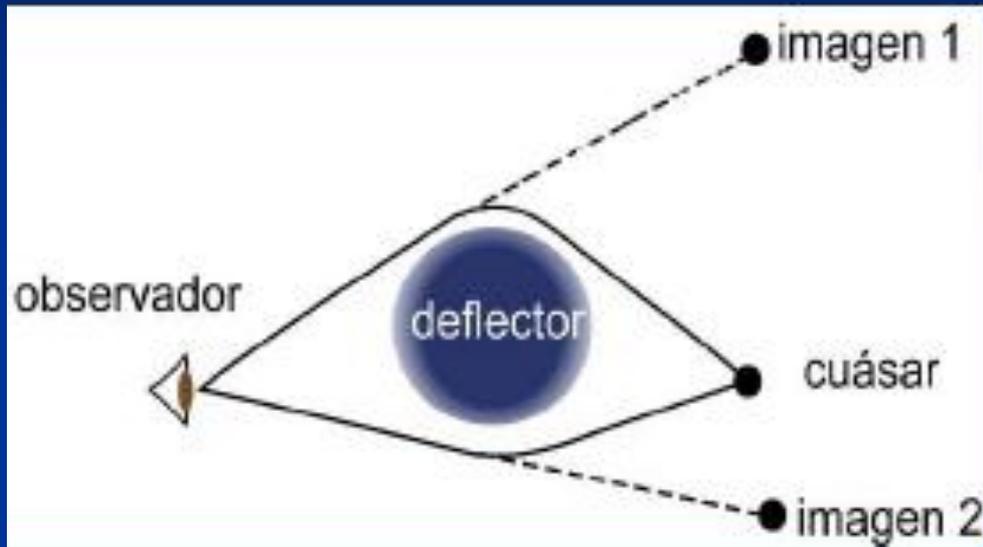


Bagaimana kerja lensa gravitasi?



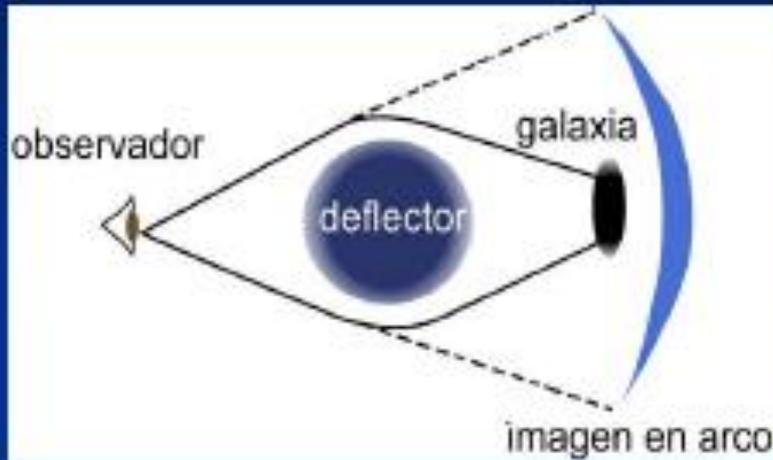
- Untuk lensa cembung, fokus
- Untuk lensa optik yang berbentuk cembung, lensa memfokuskan sinar cahaya paralel ke satu titik: fokus.
- Untuk lensa gravitasi, lensa (contoh: kelompok galaksi/cluster galaksi) memfokuskan sinar cahaya menjadi garis bukan titik; ini dapat menunjukkan beberapa distorsi pada gambar.

Perubahan posisi dan kelipatan



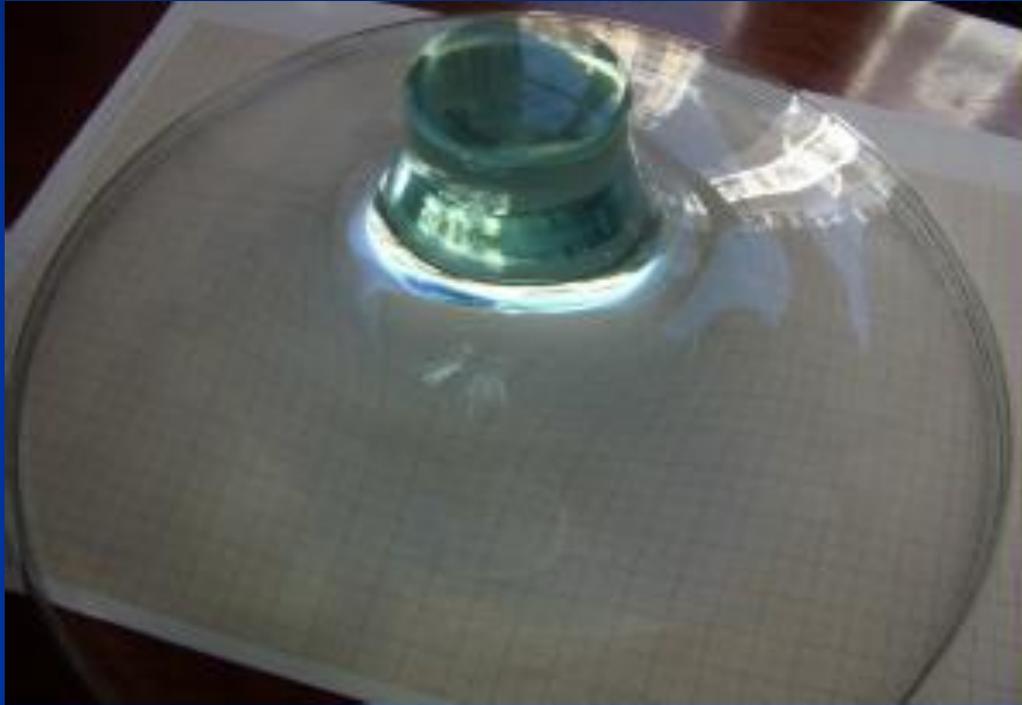
- Pembelokan menghasilkan posisi yang sebenarnya dari bintang, galaksi, atau quasar
- Lensa gravitasi tidak sempurna, yang terbesar menghasilkan multi gambar.

Deformasi



- Jika benda dibelokkan adalah sumber astronomi yang berbentuk panjang, maka gambar yang dihasilkan adalah satu busur yang cerah cerah.
- *"Jika sistem lensa adalah simetris yang sempurna, sinar konvergen dan hasilnya adalah berbentuk cincin"*.
- Jika benda dibelokkan adalah bintang atau quasar, maka gambar yang dihasilkan adalah berbentuk titik.

Aktivitas 8: simulasi dari deformasi dengan kaki gelas



- Jika kita menempatkan dasar gelas anggur di kertas grafik kita bisa melihat deformasi.

Aktivitas 8: Melihat melalui “bawah gelas”



- Hanya memotong bagian bawah gelas

Aktivitas 8: Melihat melalui “bawah gelas”



Fragmen busur

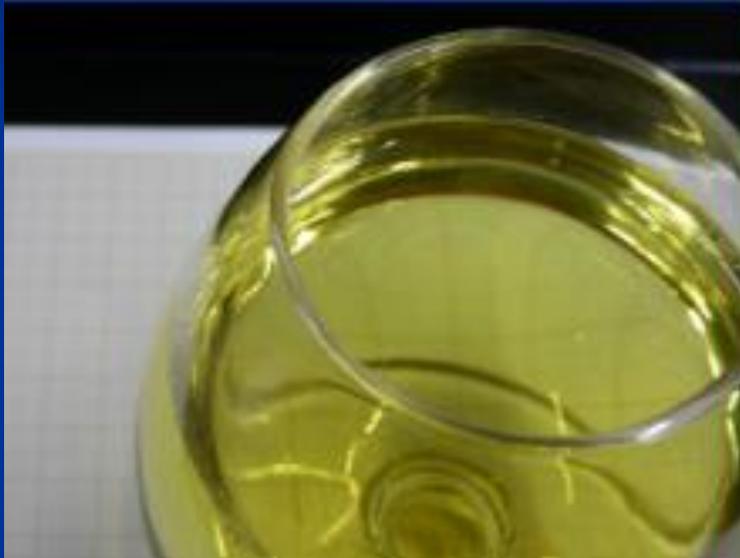


Sebarangan
Einstein
(Eintein Cross)



Cincin
Einstein

Aktivitas 9: Simulasi dari pembelokan ruang dengan gelas berisi anggur



- Jika Anda mengambil gelas bening berisi minuman anggur dan meletakkannya di atas kertas grafik dan melihat melalui minuman anggur tersebut, maka Anda dapat melihat pembelokan garis-garis di kertas grafik

Aktivitas 9: senter dan digerakkan perlahan sambil melihat melalui segelas anggur



- Model sederhana ini menunjukkan bahwa “materi” dapat memproduksi distorsi pada gambar hasil pengamatan “melalui” ini.

Aktivitas 9: senter dan digerakkan perlahan sambil melihat melalui segelas anggur



Fragmen busur



Gambar amorf



Sebarangan Einstein
(Eintein Cross)



Cincin Einstein

Mengapa di malam hari gelap?

- Olbers menyatakan bahwa jika:
 - alam semesta tak terbatas luasnya.
 - Bintang-bintang terdistribusi secara merata di seluruh alam semesta.
 - Semua bintang memiliki luminositas yang sama di seluruh alam semesta ...



Malam yang gelap



- Di alam semesta yang tidak terbatas akan memiliki benda langit yang terbatas pula dan seharusnya bersirang sepanjang malam

Mengapa di malam hari gelap?

Kemudian :

- Setiap titik di langit akan cerah, tidak hitam, karena akan selalu ada bintang jauh yang bersinar.
- Jumlah bintang di setiap "lapisan bawang" dari langit yang sebanding dengan r^2 , dan terangnya ya berbanding terbaliknya dengan r^2 , di mana setiap lapisan memberikan jumlah cahaya yang sama ke bumi. Jika ada lapisan yang jumlahnya tak terbatas, maka langit akan terang di malam hari,

Mengapa di malam hari gelap?

- Kesalahan:
 - Karena adanya pengembangan, bintang yang lebih jauh terlihat lebih kemerahan (kurang terang).
 - Tapi di atas semuanya, langit tidak memiliki usia yang tak terbatas. Tidak ada lapisan dari bintang yang tak terbatas.

Malam dapat menjadi gelap!



Terima kasih banyak
untuk perhatiannya

