

# Pengembangan alam Semesta

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

International Astronomical Union, Retamar School (Spain), Space Telescope Science Institute (USA), Technical University of Barcelona, (Spain)

## Ringkasan

Workshop ini terdiri dari enam aktifitas sederhana yang akan kita kerjakan dengan konsep utama yaitu pengembangan Alam Semesta. Pada aktifitas pertama kita akan membuat spektroskop untuk mengamati spektra gas. Pada percobaan kedua, ketiga dan keempat kita melakukan percobaan dengan analisa kualitatif dengan peregangan karet, pemuaian balon, dan pembesaran permukaan titik-titik, secara berurutan. Pada aktifitas ke lima, kita melakukan percobaan dengan analisa kuantitatif dengan pengembangan permukaan dan menghitung konstanta Hubble untuk kasus ini. Pada aktifitas ke enam kita mendeteksi dasar radiasi microwave.

## Tujuan

Memahami tentang pengembangan Alam Semesta  
Memahami bahwa tidak ada pusat Alam Semesta  
Memahami Hukum Hubble  
Memahami makna materi gelap dan mensimulasikan lensa gravitasi

## Asal Muasal Alam Semesta

Teori asal muasal alam semesta yang paling banyak disetujui oleh kita yaitu dikenal dengan Big Bang, ledakan besar yang bermula dari pengembangan ruang itu sendiri. Tidak ada galaksi yang berpindah melalui ruang angkasa, tetapi ruang lah yang berada di antara mereka yang berkespansi, menarik galaksi. Oleh karena itu, kita tidak dapat menyebut pusat dari Alam Semesta, karena tidak ada yang bisa mengatakan negara mana yang menjadi pusat dari permukaan bumi.

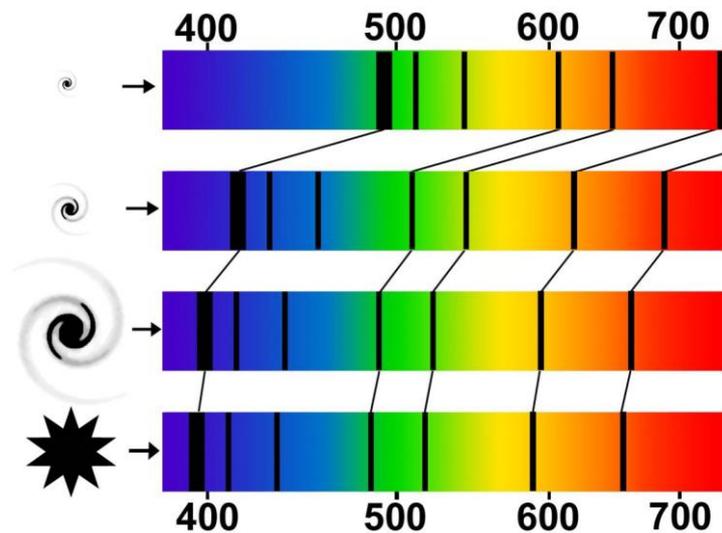
Penurunan kecepatan pada galaksi sebanding dengan jaraknya ke kita. Konstanta yang berhubungan dengan hal ini yaitu konstanta Hubble. Hukum Hubble berhubungan secara linier dengan jarak galaksi dengan kecepatannya pada saat bergerak.

Big Bang pertama kali diverifikasi dengan adanya pengamatan dari redshift pada spektra galaksi, dan bukti terakhir teori Big Bang yaitu terdeteksinya dasar kosmik microwave.

## Redshift

Jika pada laboratorium kita melihat dengan spektroskop pada cahaya yang datang dari gas panas, contohnya hidrogen, kami akan melihat beberapa garis berwarna yang sama pada gas tersebut untuk menentukan panjang gelombangnya. Jika kita melakukan hal yang sama

dengan cahaya datang dari galaksi yang jauh, kita akan melihat garisnya akan sedikit geser (gambar 1). Ini yang dinamakan redshift, karena sebagian banyak galaksi, garisnya bergerak ke warnanya.



Gambar 1: Makin jauh galaksinya, spektrumnya makin ke arah merah, artinya bahwa galaksi berpindah ke arah kita dengan cepat.

Cahaya *redshift* terjadi dikarenakan perjalanan galaksi menuju kita, sama seperti lokomotif yang bunyi peluitnya berubah kalau mendekat atau menjauh dari kita, dan semakin besar pergeserannya, makin cepat kecepataannya.

Studi mengenai spektrum dari galaksi lokal grup, kita menemukan bahwa *Large Magellanic Cloud* atau Awan Besar Magellanic mundur dari kita pada kecepatan 13 km/s dan yang *Small* atau Kecil mundur dengan kecepatan sekitar 30 km/s. Andromeda bergerak dengan kecepatan 60 km/s ke arah kita, dimana M 32 mundur pada kecepatan 21 km/s. Dengan kata lain, galaksi terdekat memiliki perpindahan yang kecil dan relatif tidak teratur.

Tetapi jika kita melihat pada kluster Virgo, pada sekitar jarak 50 juta tahun cahaya (*ly*), kita dapat melihat semua menjauh dari kita pada kecepatan antara 1,000 dan 2,000 km/s. Dan pada *supercluster Coma Berneices* yang jaraknya 300 juta tahun cahaya, kecepataannya berkisar antara 7,000 dan 85,000 km/s. Tetapi jika kita lihat dari arah sebaliknya, kita temukan bahwa M 74 menjauh dari kita dengan kecepatan 800 km/jam dan M 77 pada 1,130 km/s. Dan jika kita lihat galaksi lebih jauh, kecepatan kemunduran lebih besar: NGC 375 bergerak pada kecepatan 6,200 km/s, NGC 562 pada 10,500 km/s, dan NGC 326 pada 14,500 km/s. Semua kecuali galaksi yang sangat dekat dengan kita bergerak menjauh dari kita. Apakah mereka marah dengan kita?

## Activity 1: Doppler effect

Pada efek Doppler, Panjang gelombang sangat bervariasi saat sumbernya datang. Kita pernah mengalaminya saat suara motor atau mobil pada lintasan balap: suaranya berbeda saat datang dan menjauh dari kita. Contoh lain yang familiar yaitu saat mobil pemadam kebaran yang lewat, peluit dari kereta yang bergerak, dll.

Kamu dapat menghasilkan suara seperti itu dengan cara memutarakan benda berbunyi seperti jam alarm. Kita menempatkan benda berbunyi pada tas kain (gambar 2a) dan

mengikatkannya. Ketika memutarannya di atas kepala kita (gambar 2b), kita dapat mendengar suara tersebut mendekat ke penonton: I memendek dan suara yang terdengar lebih kencang. Ketika itu menjauh dari kita, I merenggang dan suaranya terdengar lebih bass dan lebih samar. Orang yang berada ditengah sebagai pusat rotasi tidak merasakan hal itu.



Gambar 2a: Jam Alarm, Tas dan Tali .



Gambar 2b: Kita putar di atas kepala kita. Penonton di sekelilingnya tahu perbedaan suara yang dihasilkan .

Ini merupakan efek Doppler dikarenakan perpindahan. Tetapi ini bukan sesuatu yang mempengaruhi galaksi dengan ekspansi/pengembangan. Galaksi tidak bergerak melalui ruang, ruang lah yang mengembang.

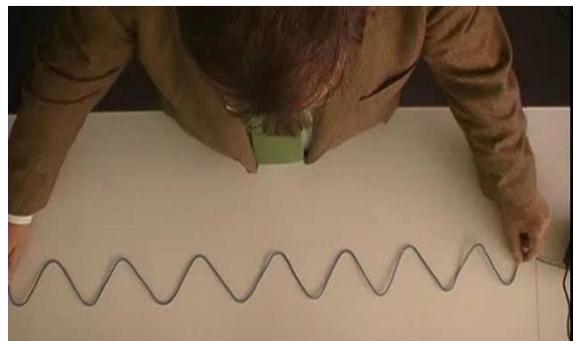
## Aktifitas 2: “Peregangan” poton

Alam Semesta, ketika mengembang, “meregangkan” poton di dalamnya. Semakin lama durasi poton tersebut, semakin meregang poton tersebut.

Kamu dapat membuat model yang meregang dengan kabel semi-kaku, yang biasa digunakan pada instalasi listrik pada rumah. Potong kabel sepanjang satu meter, lalu lekukan dengan tangan dan buat lekukan seperti gelombang sinusoidal, yang menggambarkan macam-macam gelombang (gambar 3a).



Gambar 3a: Membuat gelombang dari kabel rigid



Gambar 3a: Membuat gelombang dari kabel rigid.

Ambil kabel dengan kedua tangan dan regangkan (gambar 3b) dan amati panjang gelombang yang bertambah, sama seperti yang terjadi pada radiasi yang datang dari galaksi. Bagian

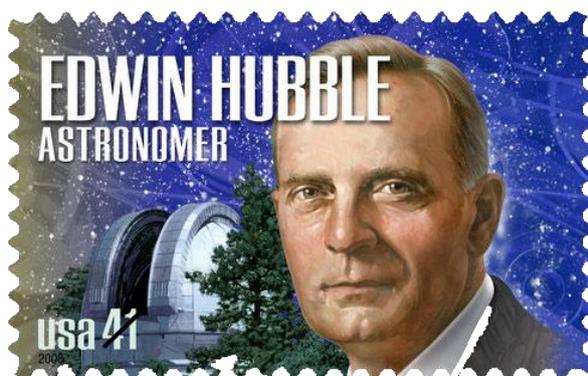
yang jauh dari kita memiliki waktu yang lebih panjang untuk meregang dan bergeser lebih jauh ke warna merah (lebih besar).

## Hukum Hubble

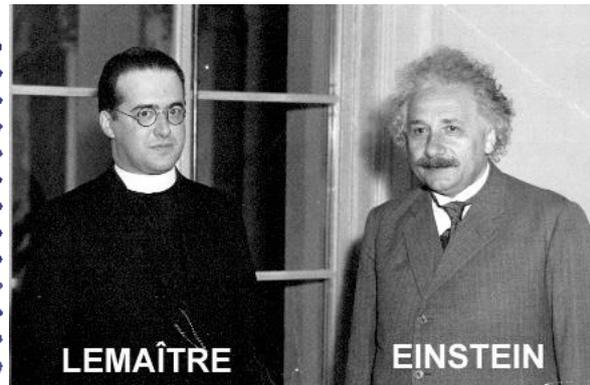
Dia adalah Edwin Hubble (gambar 4) yang mempelajari mengenai data tersebut, terbentuk pada 1930 yaitu hukum yang memakai namanya: makin jauh jarak galaksi tersebut makin cepat dia berpindah menjauh dari kita. Ini mengindikasikan bahwa Alam Semesta mengembang ke segala arah, jadi semua benda/objek pada posisi tersebut menjauh satu sama lain. Pergerakan menjauh dari kita yang dapat kita lihat pada semua galaksi bukan berarti kita berada di tengah mereka: alien akan melihatnya sama dari manapun pada Alam Semesta ini, sama seperti yang terjadi pada ledakan kembang api: semua partikel cahaya akan bergerak menjauh karena ledakan bubuk kembang api tersebut.

Bagaimanapun juga, model faktanya bukan galaksi yang bergerak melalui ruang, tetapi ruang diantaranya yang berkembang, yang mengakibatkan menggeser galaksi.

Jika pengembangan ruang pada semua arah, ini berarti jika waktu diulang, permasalahannya harus berfokus pada momen awal dari semuanya bermula.

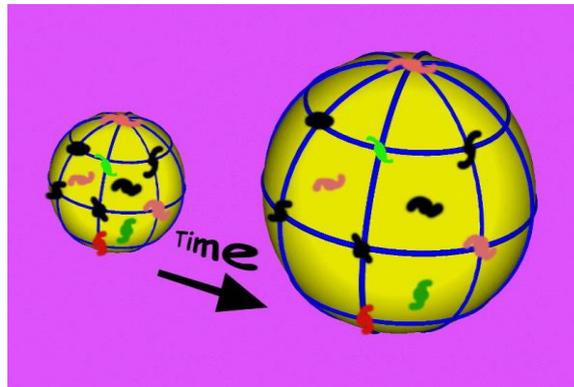


Gambar 4: Edwin Hubble.



Gambar 5: George Lemaitre dan Albert Einstein .

Itulah bagaimana pastur Belgia dan ahli astronomi Georges Lemaitre (gambar 5) menemukan model Alam Semesta sekarang yang dapat diterima oleh khalayak: terdapat ledakan besar, dan hingga sekarang kita masih ikut serta. Pada pengembangan itu sendiri, ruang itu sendiri mengembang. Untuk memahami ini, bayangkan balon karet dengan banyak titik-titik digambar pada permukaannya, menggambarkan galaksi (gambar 6). Semakin membesar, ruang yang elastis antara titik bertambah jauh. Demikian juga, seiring waktu yang berjalan, ruang akan mengembang dan benda yang di dalamnya semakin menjauh.



Gambar 6: Seiring berjalannya waktu, ruang mengembang, dan material di dalamnya menjauh satu sama lain

Oleh karena itu, penurunan kecepatan pada galaksi dan jaraknya dengan kita sebanding. Konstanta yang berhubungan disebut konstanta Hubble. Hukum Hubble berhubungan dengan jarak galaksi dengan kecepatan dengan rumus:

$$v=H \cdot d$$

Salah satunya dapat diketahui dengan mengetahui kecepatan dan jarak beberapa galaksi. Kisaran galaksi bergerak mudah dihitung secara akurat dengan redshift, tetapi mengukur jarak, terutama pada kasus galaksi yang sangat jauh, sangat susah didapatkan. Peneliti tidak setuju dengan hasil konstanta Hubble. Menggunakan satu metode atau lainnya, hasil yang muncul secara umum berkisar antara 50 dan 100 km/s per Megapersec. Hasil yang disetujui saat ini yaitu mendekati 70, mengindikasikan umur Alam Semesta yaitu 13,700 juta tahun.

### Aktifitas 3: Alam Semesta pada karet kain

Edwin Hubble menemukan bahwa semua galaksi menjauh dari kita. Semakin jauh mereka, semakin cepat mereka berpindahnya. Hukum Hubble mengatakan bahwa penurunan kecepatan dari galaksi relatif sebanding dengan jaraknya. Ini adalah logika akibat pengembangan alam semesta. Dan walaupun semua galaksi menjauh dari kita, itu bukan berarti kita adalah pusat dari Alam Semesta

With a marker, make a mark every centimeter on a rubber band. Each mark represents a galaxy (A, B, C, ...). Our galaxy will be the first one. Place the rubber next to the ruler (figure 7a), and allow our galaxy to coincide with the mark of 0 cm. The other galaxie A, B, C, ... coincide with the marks 1, 2, 3, 4 ... cm.

Dengan spidol, tandai setiap satu sentimeter pada karet kain. Setiap tanda menggambarkan galaksi ( , B, C, ). Galaksi kita adalah yang pertama Letakkan karet di sebelah penggaris (gambar 7a), dan galaksi kita terdapat pada tanda di 0 cm. Galaksi yang lain , B, C, ditandai pada 1, 2, 3, 4, , cm

Regangkan karet kain (gambar 7b) dan galaksi kita tetap pada tanda 0 cm dan galaksi yang lain (A) terdapat pada titik 2 cm. Jarak galaksi ini terhadap kita menjadi lebih jauh sebanyak 2

kali lipat. Apa yang terjadi dengan jarak antara galaksi lain B, C, D dan kita sendiri? Apakah menjauh sebanyak 2 kali lipat juga?



Gambar 7a: Karet kain awal.



Gambar 7b: Karet kain yang diregangkan .

Misalnya waktu yang diperlukan dalam peregangan karet tersebut yaitu 1 detik. Apakah kecepatan menjauh dari galaksi lain semua sama? Atau beberapa ada yang lebih cepat dari lainnya? Bagaimana galaksi selanjutnya yang tidak berpenghuni melihat galaksi kita dan galaksi lainnya? Apakah mereka juga melihat yang lainnya bergerak menjauh?

#### Aktifitas 4: Alam Semesta pada balon

Dengan pengembangan alam semesta, terdapat ruang antar galaksi yang mengembang. Galaksi itu sendiri tidak mengembang, tidak juga rumah kita. Apa yang berkaitan dengan gravitasi tidak meningkatkan ukuran menjadi lebih besar.

Terdapat percobaan mudah yang dapat mendemonstrasikan hal ini. Hanya dengan menggunakan balon yang awalnya mengembang sedikit. Lalu tempel beberapa kapas atau sterofom bulat pada permukaannya. Lalu tiup balon sampai balon mengembang besar. Kapas tersebut akan menjauh dari yang lainnya (gambar 8a dan 8b). Beberapa ada yang lebih menjauh dari lainnya, tetapi tidak ada yang mendekat. Ini adalah contoh sederhana dari pengembangan alam semesta.



Gambar 8a: Kapas yang dilem pada balon yang mengembang sedikit balloon



Gambar 8b: Kapas tersebut menjauh ketika balon mengembang lebih besar

## Aktifitas 5: Menghitung konstanta Hubble

Hukum Hubble berbunyi bahwa kecepatan ( $v$ ) galaksi sebanding dengan jarak dengan kita:  $v=H \cdot d$ . Konstanta H disebut konstanta Hubble, dan kamu dapat menghitung menggunakan jarak dan kecepatan pada beberapa galaksi. Dengan rumus di atas:

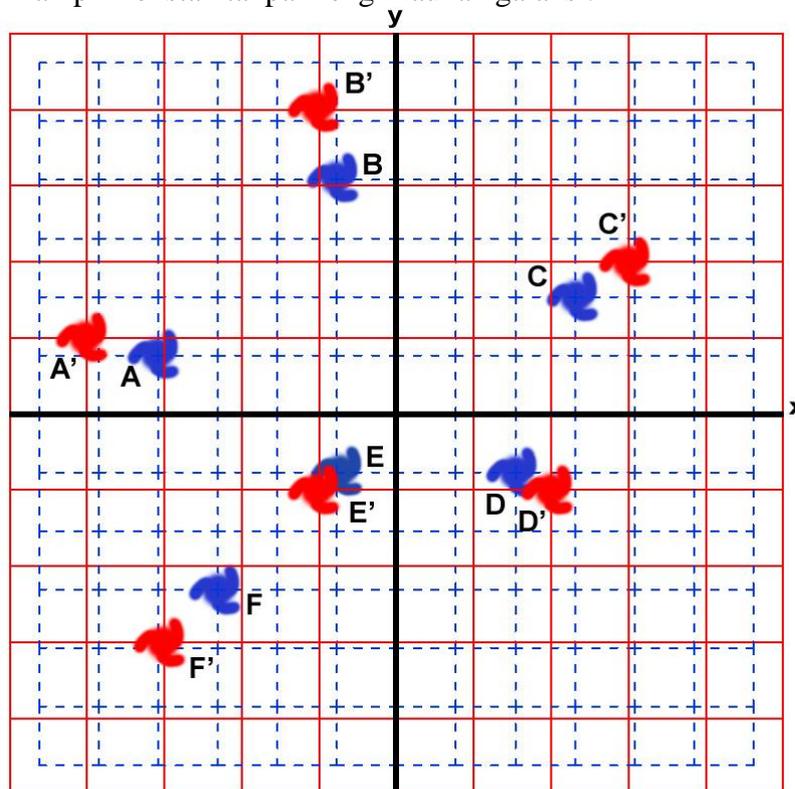
$$H = \frac{v}{d}$$

Diagram dari gambar 12 menunjukkan ruang, digambarkan dengan garis biru berbayang, dengan kita sebagai pusat dan beberapa galaksi berwarna biru di sekitar kita. Setelah beberapa waktu, katakanlah 10 detik, dan semua garis (garis sambung) dan galaksi digambarkan dengan warna merah.

Isi tabel 1 di bawah gambar. Pada tiap baris, masukan data dari tiap galaksi. Contohnya, koordinat yang dihitung dengan kotak biru (garis putus-putus) atau merah (garis sambung) dengan atau ' secara berurutan, dan jarak  $d$  dihasilkan dengan menghitung panjang dengan penggaris dengan satuan sentimeter, dimulai dari pusat galaksi kita. Data kolom  $\Delta d$  didapatkan dari pengurangan jarak dari ' dan A. Pada kolom terakhir kita gunakan jarak sebelum mengembang ( bukan ') pada denominator.

Cek pada:

- Koordinat tiap galaksi tidak berubah pada pengembangan (galaksi tidak pindah pada ruang).
- Hasil H hampir konstan tanpa menghiraukan galaksi.



Gambar 9: Garis sambung (merah) sama dengan garis putus-putus (biru) tetapi mengembang. Galaksi nya terdapat pada

Galaxia	Coordenadas x,y	d=distancia al origen	$\Delta d$	$v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$	$H = \frac{v}{d}$
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)				

Tabel 1: dengan koordinat yang tertulis sebagai contoh

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

Tabel 2: Lengkapi data dari gambar 9.

## Big Bang

Saat ini, teori awal mula Alam Semesta dari ledakan besar sangat diterima oleh komunitas peneliti, walaupun ada beberapa yang ragu dan merasa bahwa masih ada beberapa detail yang tidak bisa dijelaskan. Pada tahun 1994, majalah Amerika Sky and Telescope memiliki kontes untuk menamakannya kembali. 12,000 pendaftar diterima tetapi tidak ada yang dapat menggantikan yang sudah ada: teori Big Bang. Nama tersebut dipilih dengan mengabaikan salah satunya oleh ahli astronomi Fred Hoyle, yang merupakan anti-agama, walaupun terlihat terlalu konsisten dengan ide Sang Pencipta.

Dengan mengamati pengembangan Alam Semesta, menunjukkan bahwa dalam mengulang waktu kembali, terdapat prinsip pada ledakan yang terjadi, memberikan berkembangnya ruang dan waktu seperti yang kita ketahui. Kita mungkin bisa bertanya bagaimana itu bisa terjadi dan mengapa terjadi. Sains tidak memiliki jawabannya karena itu hanya akan bekerja pada fungsinya yang sudah ada. Sains dapat mencoba menjelaskan bagaimana hal tersebut bekerja pada Big Bang, tetapi tidak menjelaskan mengapa itu ada. Pertanyaan seperti itu untuk filosofe dan seseorang yang belajar mengenai metafisika (di atas fisika).

Beberapa percobaan untuk menjelaskan sebab dengan mengambil jalan dari beberapa konsep fisika seperti fluktuasi kuantum dari vacuum confuse dengan kekosongan yang tidak ada: kekosongan kuantum ada, memiliki ruang dan beberapa energi. Konsep kekosongan, berarti ketidakhadiran dari semua yang eksis, termasuk ruang, yang tidak saintifik, ini disebut metafisik. Pada kekosongan, semuanya tidak dapat berada dan berfluktuasi. Teori lain mengatakan multi-universe tetapi secara definisinya tidak mungkin untuk diverifikasi (jika kita bisa mengamati alam semesta lain, lalu mereka juga termasuk bagian dari kita, karena alam semesta kita lah yang ada pada kita). Oleh karena itu, teori tersebut sangat tidak saintifik.

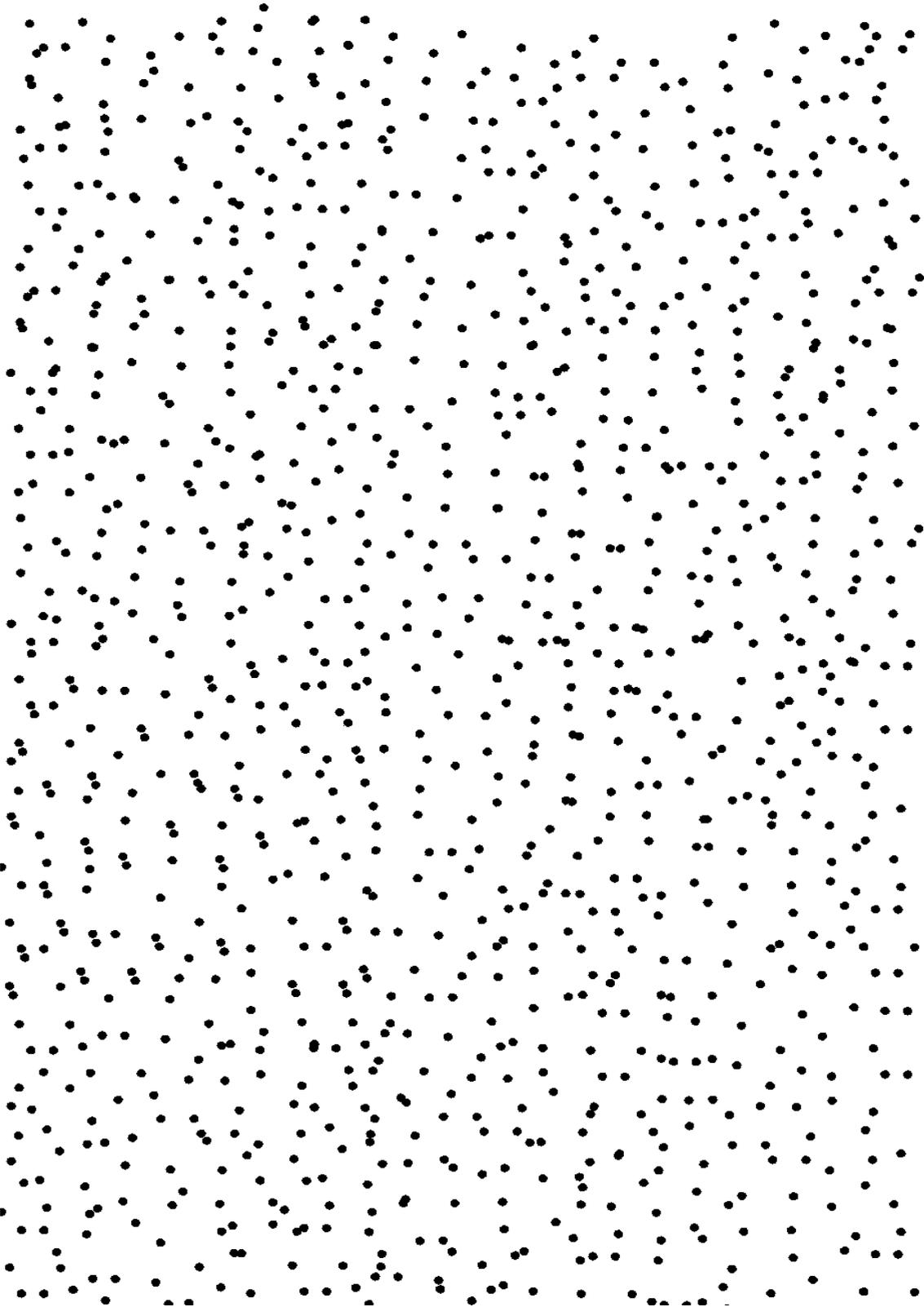
Kembali ke sains. Awal mulanya, semuanya dan energi sangatlah kecil dan padat. Big Bang adalah ledakan ruang yang memulainya waktu, dan dari saat tersebutlah, semuanya menjadi beroperasi, dengan hukum yang tertulis, dan mengawali alam semesta hingga saat ini.

## Aktifitas 6: Tidak ada pusat pengembangan

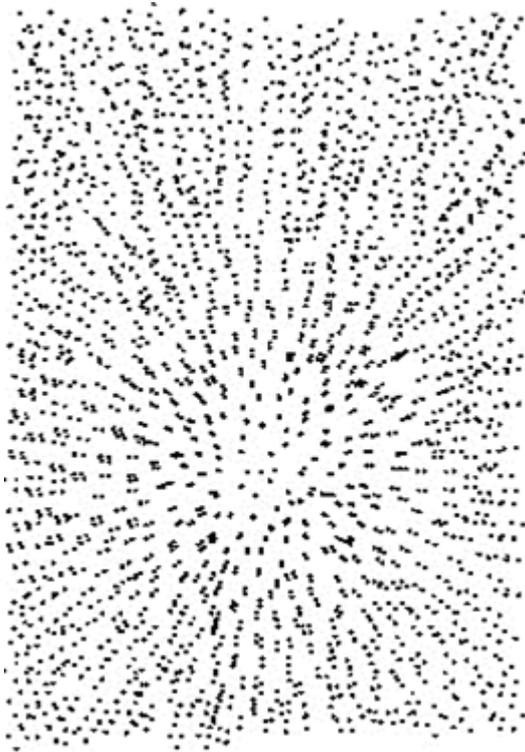
Pada halaman selanjutnya ada gambar (gambar 10) dengan banyak titik yang mensimulasikan galaksi kita pada waktu tertentu. Pertama, gandakanlah gambar tersebut pada kertas transparan dan yang lainnya di kertas transparan berbeda dengan diperbesar sedikit (contoh diperbesar 105%).

Jika dilapiskan dan diletakan pada proyektor (gambar 11a), kita mendapatkan gambar yang menggambarkan pengembangan ruang terhadap waktu: cocokkan gambar pada satu titik, dan kamu dapat mengamati pergerakan dari semua titik radial secara jelas, dimana lebih besar lebih jauh dari titik yang ditunjuk. Terlihat seperti jika titik tersebut bergerak lebih cepat lebih jauh mereka dari titik yang ditunjuk.

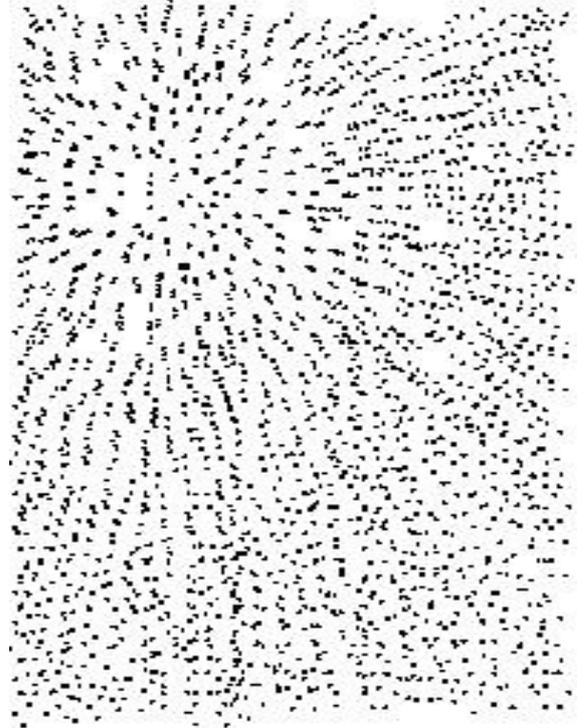
Tetapi jika dicocokkan pada titik lain (gambar 11b), akan terjadi sama. Jadi itu terjadi pada ruang: dari galaksi kita, kita melihat semua bergerak menjauh, dan mereka bergerak cepat lebih jauh dari pengamat. Kita mengira kita lah pusat dari alam semesta, tetapi bukan, sebagai pengamat dari galaksi lain mungkin melihat hal yang sama dan seolah-olah menjadi pusatnya. Jadi sebenarnya tidak ada pusatnya.



Gambar 10: Fotokopi halaman ini di kertas transparan dan perbesar 105%



Gambar 11a: Superposisi dari 2 gambar, salah satunya diperbesar 105%.



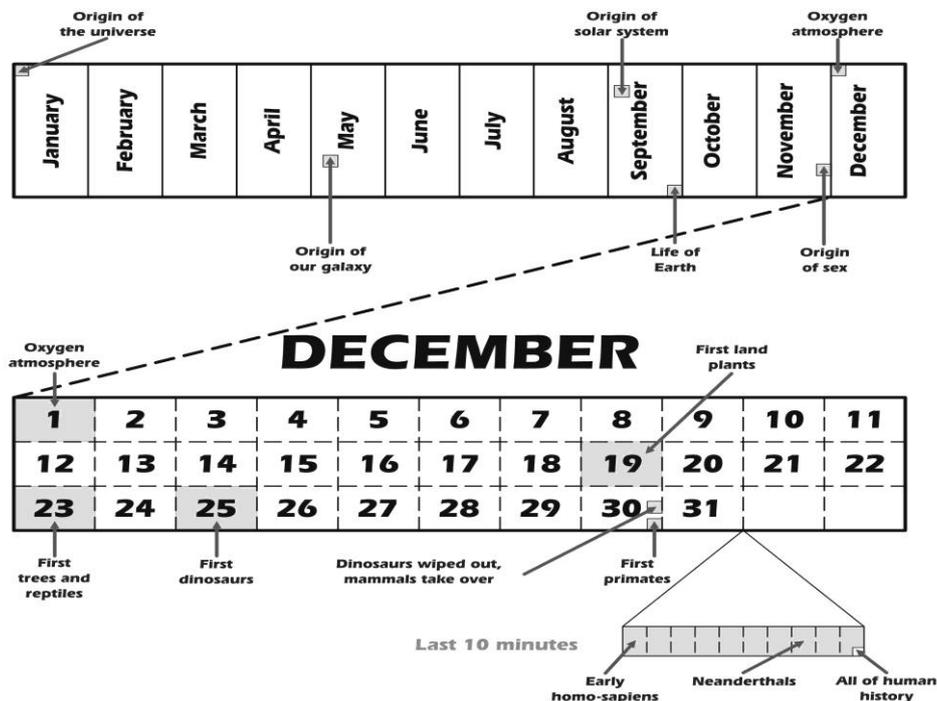
Gambar 11b: Pengamat mengambil titik lain, juga terlihat bahwa semuanya bergerak menuju titik itu: tidak terdapat pusat pada alam semesta .

## Pengembangan Alam Semesta

Untuk mengetahui sejarah lebih lanjut tentang alam semesta, asumsikan waktu yang terjadi sejak Big Bang dianalogikan pada satu tahun dari 1 Januari ke 31 Desember.

Pada bulan April, Milky Way terbentuk. Pada bulan Agustus, matahari terbentuk, dan Bumi berbentuk bulat di akhir bulan. Tetapi tidak sampai bulan Oktober oksigen ada di atmosfer. Walaupun makhluk hidup muncul di

Bumi dengan cepat, sel nucleated muncul pada 2 Desember, dan pada 12 Desember, organisme multiseluler pertama hadir. Pada tanggal 19, ikan pertama muncul, juga tanaman, serangga, dan hewan amfibi pada tanggal 21 dan 22. Tanggal 25, dinosaurus hadir, sampai pada tanggal 28. Pada tanggal 30, mamalia hidup di bumi tetapi tidak sampai tanggal 31 jam 11 malam, saat seseorang muncul. Pada pukul 11.57 malam, saat orang Neanderthal hidup, gambar gua Altamira terjadi di menit akhir. 5 detik sebelum pukul 12 malam ketika Yesus lahir. Abad terakhir ada pada akhir 2/10 detik.



Gambar 12: Sejarah Alam Semesta yang dianalogikan dalam jangka satu tahun

## Dasar radiasi microwave

Pada awalnya, di suhu yang sangat tinggi, 4 gaya yang kita ketahui bersatu. Gravitasi, gaya elektromagnetik, gaya nuklir kuat dan lemah (dua terakhir adalah atom) bersatu. Lalu mereka berpisah dan membentuk poton, elektron, proton dan elemen partikel lainnya. Saat alam semesta mengembang, suasana menjadi lebih dingin. Setelah 300,000 tahun, suhu menurun dan atom mulai membentuk formasi, paling banyak hidrogen dan helium. Kepadatan menurun, dan poton bebas bergerak ke segala arah: ada cahaya. Peneliti mengatakan bahwa alam semesta menjadi transparan. Poton bergerak melalui ruang, walaupun keadaan semakin dingin, jadi panjang gelombangnya naik secara cepat (gambar 13), dan mereka menjadi poton yang lebih dingin, yang mengantarkan energi hanya 2.7 derajat Kelvin. Ini yang dinamakan Cosmic Microwave Background atau CMB.

Dasar radiasi ini pertama dideteksi tahun 1964 oleh Penzias dan Wilson di Amerika. Mereka mencoba menyisihkan semua suara pada teleskop radio ketika menangkap pancaran panjang gelombang sepanjang 7.35 cm yang selalu ada, dimanapun antenna tersebut mengarah. Mereka meninjau semua rasi bintang dan walaupun beberapa burung bersarang di antenna yang menyebabkannya, tetapi mereka tidak dapat menghilangkan suara dasar itu. Mereka menyimpulkan bahwa itu berasal dari badan pemancar, yang memiliki suhu 2.7 derajat Kelvin - temperatur alam semesta saat ini - dan tidak terdapat pada tempat tertentu. Itu adalah alam semesta itu sendiri yang pada dasarnya memancarkan radiasi, sebuah peninggalan Big Bang.. Semua dapat mendeteksinya dengan menyalakan TV di siaran apapun: sekitar 1 dari 10 titik yang kamu lihat pada layar merupakan hasil dari dasar radiasi. Pancaran itu ada di wilayah microwave,

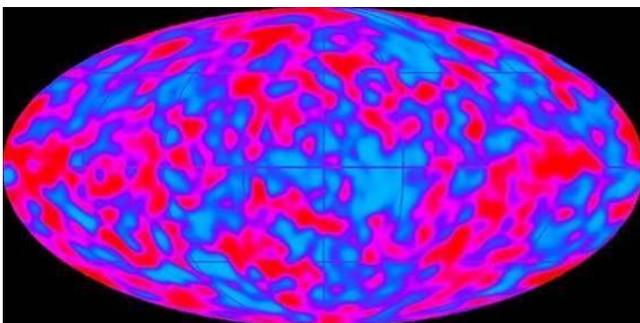
sama seperti pemanggang rumahan, tetapi dengan energi sedikit: hanya dapat menghangatkan makanan sampai 2.7 derajat Kelvin.

Walaupun radiasi ini muncul dengan sangat seragam, G. Smoot dan rekan kerjanya dapat melihat sedikit variasi pada perhitungan yang dibuat oleh satelit COBE (gambar 14a), untuk urutan kesejuta derajat. Flukutasi ini dideteksi secara serempak di dasar pada percobaan Tenerife di Canary Islands Institute of Astrophysics. Dan pada tahun 2001, Nasa meluncurkan teleskop WMAP untuk mempelajari dasar radiasi dengan pertimbangan lebih banyak resolusinya (gambar 14b).

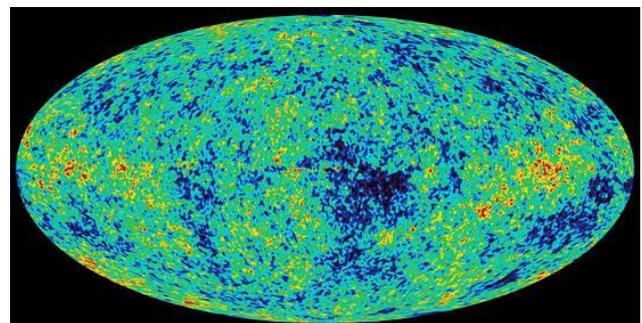


Gambar 13: Waktu selama ruang mengembang, poton mengembang pada panjang gelombangnya. Ini adalah dasar dari radiasi microwave .

Although this radiation appeared remarkably uniform, G. Smoot, R. Mather and his colleagues were able to see very slight variations in measurements made by the COBE satellite (figure 14a), to the order of millionths of a degree. Simultaneously these fluctuations were detected in the ground in the experiment of Tenerife in the Canary Islands Institute of Astrophysics. And in 2001 NASA launched the WMAP telescope to study the background radiation with considerably more resolution (figure 14b).



Gambar 14a: Foto dari COBE .



Gambar 14b: Foto dari WMAP .

Walupun kecil, variasi ini merupakan jejak dari potongan permasalahan darimana galaksi terbentuk. Kita tidak tahu apa yang menyebabkan flukutasi ini pada kepadatan. Yang dapat kita katakan ialah kerutan ini terjadi pada area kejadian, dan kondensasi mulai terjadi pada

proto-galaksi yang terjadi hanya beberapa ratus juta tahun setelah Big Bang. Hampir secara bersamaan semua bintang pertama terbentuk di awal galaksi.

## Aktifitas 7: Deteksi dasar radiasi microwave

300,000 tahun setelah Big Bang, partikel terpisah dan mulai bergerak bebas di alam semesta. Ketika ruang mengembang, partikel ini mengembangkan panjang gelombangnya. Sekarang kita estimasikan bahwa mereka memiliki panjang gelombang sepanjang sekitar 2 mm yang cocok dengan daerah microwave, dan ekuivalen terhadap yang dipancarkan oleh black body pada suhu 2.7 derajat Kelvin.

Penzias dan Wilson, pada tahun 1964 pertama kalinya terdeteksi dasar radiasi microwave, bukti bahwa radiasi datang bersamaan dari segala arah. Satelit COBE (gambar 14a) dan selanjutnya WMAP (gambar 14b) membuat perhitungan yang sangat akurat dari radiasi ini pada segala arah, mendeteksi berbagai hal kecil dari satu area ke area lainnya, sama dengan yang ada lalu terbentuk kluster galaksi.

Kita juga dapat mendeteksi dasar radiasi dengan TV sederhana (gambar 15). Untuk melakukan ini, hidupkan TV ke siaran analog kosong. Gambar tersebut terbentuk dari titik-titik yang berubah secara konstan. Paling tidak 10%, contoh satu dari sepuluh merupakan dari dasar radiasi alam semesta.



Gambar 15: Beberapa titik-titik dari layar TV analog yang tidak bersiaran datang dari dasar microwave.

## Gravitational lenses

Cahaya selalu mengikuti jarak terdekat antara dua titik. Tetapi jika ada massa, lalu ruang tersebut belok dan jarak terdekatnya adalah belokkan tersebut seperti pada gambar 16a. Gambaran ini tidak susah untuk dimengerti siswa. Kita dapat dengan mudah menunjukkan pada globe (gambar 16c). Mereka dapat dengan mudah mengerti bahwa pada permukaan bumi, jarak dari satu titik ke titik lain selalu berbentuk belokkan.

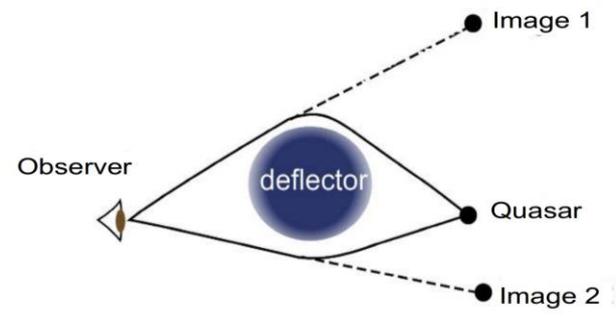


Gambar 16a dan 16b: Jika ruang belok, maka jarak antara 2 titik berupa belokkan

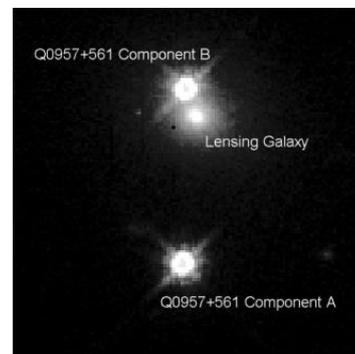


Gambar 16c: Jarak terdekat di atas permukaan globe tersebut terestrail bukan garis lurus .

Pada umumnya, kita dapat membayangkan lensa gravitasi seperti lensa biasa, tetapi pada defleksi cahayanya dikeluarkan dari massa yang besar yaitu pada jarak cahaya, yang disebut *deflector* atau pembelok (gambar 17a).

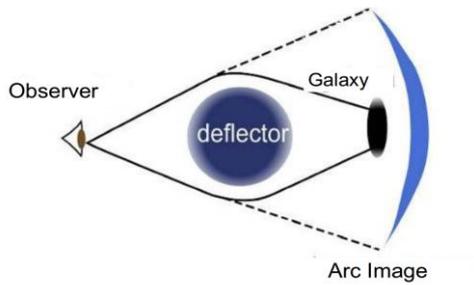


Gambar 17a: Pengamat melihat 2 gambar, karena gambar itu muncul seolah-olah cahaya datang dari dua tempat yang berbeda.

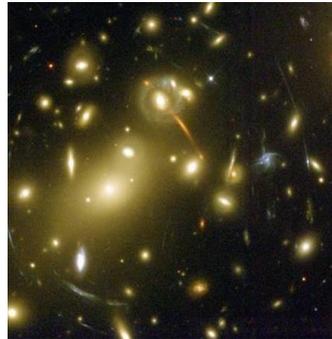


Gambar 17b: Gambaran dari quasar ganda Q0957+561. Deflektornya adalah galaksi terdekat ke komponen B.

Lensa Gravitasi menghasilkan lengkungan pada sinar cahaya yang dipancarkan oleh objek astronomi. Jika objek-objek tersebut adalah sumber cahaya (bintang atau *quasar*), mereka terlihat pada beberapa tempat dari tempat mereka sebenarnya, atau terkadang sampai beberapa gambar dari objek tersebut yang dihasilkan (gambar 17b). Jika objek-objek yang dapat memancarkan ini diperluas (contoh: galaksi), gambarnya terlihat terdistorsi seperti percikan cahaya (gambar 18a, 18b dan 18c).



Gambar 18a: Jika benda yang terdiversi adalah objek yang diperluas, gambar yang didapatkan adalah sekumpulan percikan cahaya atau cincin utuh.



Gambar 18b: Kilauan percikan cahaya yang besar dibentuk oleh kluster galaksi Abell 2218



Gambar 18c: Cincin utuk dari galaksi di belakang deflektor.

## Aktifitas 8: Simulasi lensa gravitasi menggunakan gelas anggur (*wine*).

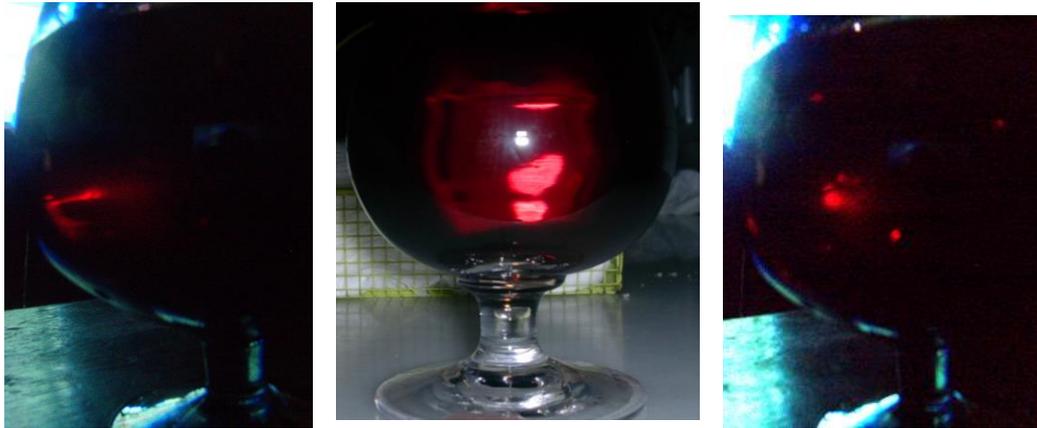
Kita dapat mensimulasikan lensa gravitasi dengan menggunakan gelas anggur. Eksperimen ini menunjukkan bagaimana mengenalkan distorsi pada gambar yang diamati.

Simulasi ini sangat mudah dilihat dan mengawali eksperimen pengamatan “ruang distorsi”. Caranya mudah yaitu dengan meletakkan gelas pada kertas milimeter blok dan lihat melalui anggur putih (atau jus apel). Kita dapat melihat garis milimeter blok yang terdistorsi (gambar 19a dan 19b).



Gambar 19a dan 19b: Kita hanya dapat melihat distorsi dari garis milimeter blok jika gelas terisi penuh.

Sekarang mari kita simulasikan cincin Einstein atau gambar berganda. Ambil senter, letakkan senter pada sisi lain dari gelas yang terisi penuh jus atau anggur merah, dan amati sinar cahaya yang melewati isi gelas tersebut.



Gambar 20a: Cahaya senter terbelokkan seperti cahaya antara 2 cahaya titik merah. Gambar 20b: Seperti persegi panjang yang tak berbentuk dan, Gambar 20c: *Einstein cross*..

Lihat pada sinar cahayanya, kita pindahkan dari kanan ke kiri dan dari atas ke bawah. Dapat kita lihat bahwa cahaya menghasilkan gambar berulang dan pada beberapa kasus terdapat lengkungan cahaya. Ini terjadi akibat dari gelas yang berperan sebagai lensa yang membelokkan lintasan cahaya. Khususnya, terkadang kita melihat gambar yang tak berbentuk, atau cahaya titik merah, empat titik merah atau busur merah antara titik-titik (gambar 20a, 20b dan 20c).

Kita juga dapat mensimulasikan lensa gravitasi yang dilihat melalui kaki gelas anggur. Jika kita menaruh kaki gelas pada kertas milimeter blok dan mengamatinya, kita dapat lihat deformasi dari garis-garis yang terjadi dari kaki gelas tersebut (gambar 21).

Pindahkan kaki gelas secara perlahan dari kanan ke kiri di atas objek (contoh: lingkaran merah ukuran 3cm), kita dapat menghasilkan bentuk yang diamati dari lensa gravitasi (gambar 22a, 22b dan 22c).



Gambar 21: Deformasi garis-garis.



Gambar 22a, 22b dan 22c: Kaki gelas dapat mensimulasikan beberapa bentuk yang dibentuk oleh lensa gravitasi; ruas busur (arc segments), gambar titik-titik, dan cincin Einstein.

Pindahkan kaki gelas perlahan dari kanan ke kiri atas dari objek (contoh: lingkaran merah ukuran 3cm), kita dapat menghasilkan bentuk yang diamati dari lensa gravitasi (gambar 22a, 22b, dan 22c).

## Why is it dark at night?

This was the title of an interesting article that the German Heinrich Olbers released in 1823. Previously, in 1610, Kepler had considered it as a evidence that the universe could not be infinite. Edmund Halley, a century later, noticed some particularly bright areas in the sky and suggested that the sky is not uniformly bright during the night because, although the universe is infinite, the stars are not evenly distributed. Even the writer Edgar Allan Poe (1809-49), wrote on the subject<sup>1</sup>. However, the issue went down in history as the Olbers's Paradox.



Fig. 23a Johannes Kepler, Fig. 23b Edmund Halley, Fig. 23c Heinrich Olbers Fig. 23d Edgar Allan Poe

The answer seems trivial, but not so after reading the article from Olbers. Olbers's reasoning led to the paradox that the night sky should be as bright as the most glorious day. Let's see the reasoning.

<sup>1</sup> In "Eureka", a scientific essay published in February 1848, he gave the following explanation for the "empty" dark between the observed stars: "We could comprehend the voids which our telescopes find in innumerable directions assuming that the distance from the invisible bottom is so immense that no ray of light from there has yet been able to catch us".

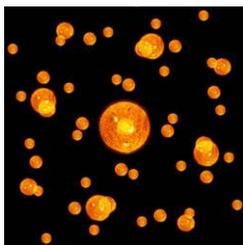
Olbers’s reasoning was based on the following principles:

- 1 .- The universe is infinite in extent.
- 2 .- The stars are distributed more or less evenly throughout the Universe.
- 3 .- All the stars have a similar average brightness across the universe.

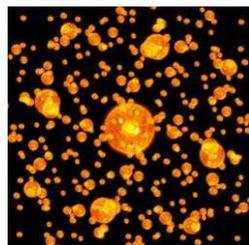
Look at the universe from Earth. Suppose a first spherical shell of stars in the sky at a distance  $R_1$ . The number of stars it contains will be  $N_1$ . Suppose a second spherical shell at a greater distance  $R_2$ . Each of its stars will be illuminated by far less, yet the layer is larger and contains more stars, according to principle No. 2, and counteracts the lesser light (the light intensity decreases proportionally to  $1/R^2$ , and the area of the layer, and therefore the number of stars increases as  $R^2$ ). The conclusion is that the second layer illuminates the Earth just like the first. And according to principle No. 1, there are infinite layers, so the conclusion is that the sky should appear bright at night.

Another way of putting it: if we observe the night sky, where there are countless stars, our eye should always be seeing the surface of a star, and therefore we should see a bright spot there. And if that happens across the sky, it should appear totally brilliant.

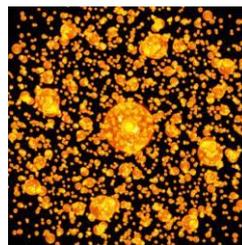
Obviously this is not true. This paradox of Olbers caused a lot of controversy and could not be resolved properly until the early twentieth century with the Big Bang theory. The argument itself is correct, but it fails in its principles. Indeed, with the expansion of the universe, the light from distant stars are at a larger redshift then the further away they are. That implies a weakening in the intensity of radiation, so the principle No. 3 is not correct. We also know that the farther away the star, the longer ago the light left it, so we see it as it was long ago. The more distant stars were formed shortly after the Big Bang, but we can’t observe more than that because there aren’t infinite layers of stars — the principle No. 1 is also false.



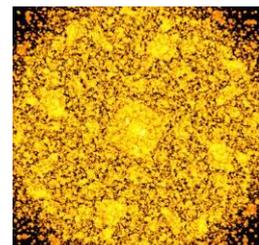
The light coming from nearby stars



But there are also further stars who send us their light



The further, more stars



From any point in the sky we should reach the light of a star

Fig. 24: By wikimedia commons

In the twentieth century, the solution to Olbers’s Paradox was resolved with the understanding of the expansion and particularly with the age of the universe, which is not infinite. Fortunately, the night could still be dark!

## Bibliography

- Moreno, R. *Experimentos para todas las edades*. Ed. Rialp., Madrid. 2008.
- Moreno, R. *Taller de Astrofísica*. Cuadernos ApEA. Antares, Barcelona. 2007.
- Moreno, R. *Historia Breve del Universo*. Ed. Rialp., Madrid. 1998.
- Moreno, A, Moreno, R. *Taller de Astronomía*. Ediciones AKAL, Madrid. 1996.
- Rianza, E, Moreno, R. *Historia del comienzo: George Lemaître, padre del Big Bang*. Ediciones Encuentro, Madrid, 2010.
- Ros, R.M, *Experiments and exercises involving gravitational lenses*, Proceedings 1st ESO-EAAE Astronomy Summer School, Barcelona, 2007.
- Ros, R.M, *Gravitational lenses in th classroom*, Physics Education, 43, 5, 506, 514, Oxford, 2008.

## Internet Sources

- <http://www.dsi.uni-stuttgart.de>
- <http://georgeslemaitre.blogspot.com/>
- <http://www-ra.phys.utas.edu.au/~jlovell/simlens>
- <http://leo.astronomy.cz/grlens/grl0.html>