

SIMULACIÓN DE LA LEY DE HUBBLE.

(Práctica nº 8 de 4º de la ESO – curso 2015 - 2016).

Introducción.- Esto es una simulación – una especie de teatro, eso sí, con cierta coherencia interna – por ello hay que ser conscientes de las posibles limitaciones y extraer las ideas fundamentales en correspondencia a la situación real .

Esto es muy importante, ya nos permitirá hacer una extrapolación rigurosa a cerca del origen y evolución del Universo (es decir se extrapolará de las dos dimensiones de la goma del globo a las 3 dimensiones del universo y del espacio que lo contiene a un espacio de 4 dimensiones en el que se supone que se verifica la expansión. .

Objetivos:

A).- Asimilar (no demostrar) por medio de una analogía, la ley Hubble, mediante un sistema fácilmente realizable.

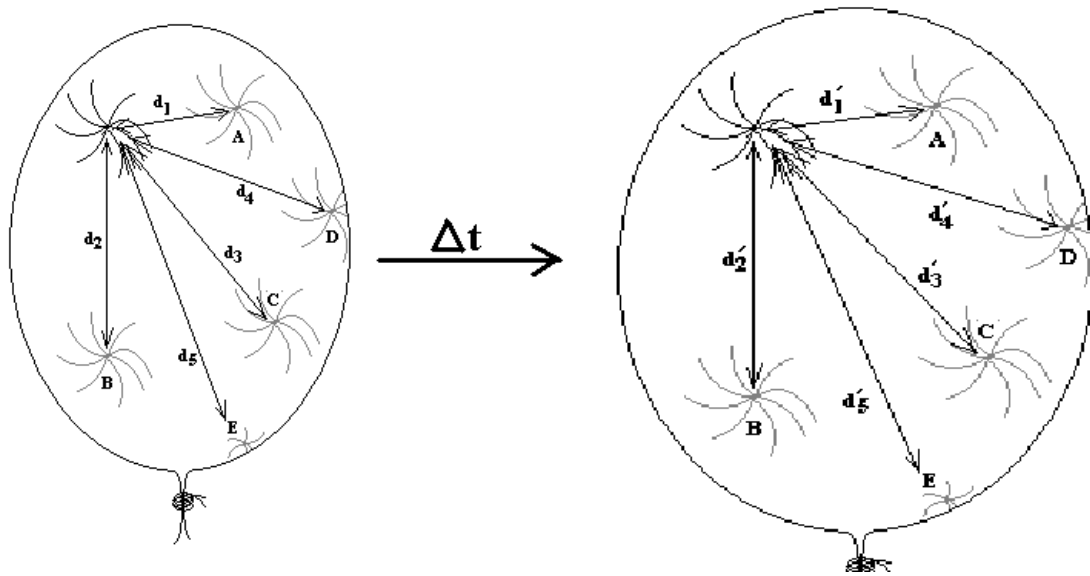
B).- Entender las características asociadas a esta ley (ausencia de centro en el Universo, expansión del espacio,)

C).- Asimilar (no demostrar) el llamado desplazamiento al rojo de la luz de las galaxias distantes.

D).- Asimilar (no demostrar) la deformación del espacio por la masa.

Materiales.- Botín de bicicletas, globos de juguetería, rotulador de dos colores y cinta métrica.

Esquema.-



A).- Procedimiento.- El globo debiera ser inflado uniformemente con el tiempo, pero como hay que medir simultáneamente las distancias en algunos de sus puntos, esto resulta ser muy incómodo o imposible (si son todos al mismo tiempo), por lo que consideraremos varias instantáneas (como si fueras fotogramas de un vídeo), para poder trabajar así, lo que hacemos es lo siguiente:

1.- Inflamos algo hasta tener un tamaño pequeño pero razonable (para medir distancias sobre él). Se miden las distancias desde todas las “galaxias”: A, B, C, D, E , hasta una cualquiera, en nuestro caso será la “Via Láctea”, (que podemos representar en rojo), todo ello según la figura anterior.

2.- Se vuelve a inflar el globo hasta que su volumen sea clara mente superior, pero no mucho. (Curiosidad: si estallara, esta situación correspondería a la que según algunas teorías sería el “Big Rip”).

Se vuelven a tomar las distintas distancias de las galaxias A, B, C, D y E a la de referencia.

Observación.- Lo que debiéramos medir son velocidades, es decir cocientes entre el la distancia y el tiempo, pero no es nada cómodo el manejo de un cronómetro es este caso; no obstante, el omitir esto no es muy grave, ya que después de todo es una simulación.

Por ello suponemos que el tiempo transcurrido en la etapa de inflado es un intervalo de tiempo arbitrario – en la situación real esta podría ser de unos 2 000 millones de años.

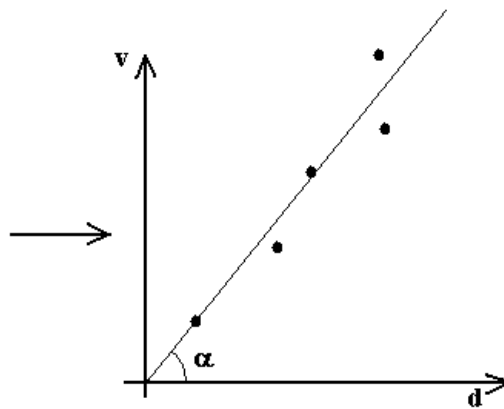
3.- Se completa el cuadro siguiente:

Galaxia	Distancias a la referencia	Incrementos de la distancia: Δd	velocidad $v = \Delta d / \Delta t$ con $\Delta t = 1 (*)$	$v = H \cdot d$
A				
B				
C				
D				
E				

(*) \rightarrow Debido a la observación del paso 2

4.- Se debe hacer una representación de la velocidad respecto al tiempo, siguiendo la metodología anterior, lo que hacemos es representar las distintas variaciones de d frente a las distancias, esto es:

velocidad	d
Δd_A	d_A
Δd_B	d_B
Δd_C	d_C
Δd_D	d_D
Δd_E	d_E



$$\Rightarrow H = \text{tng } \alpha$$

$$\downarrow$$

$$v = H \cdot d$$

5.- A partir de aquí, se puede hallar el valor de la constante, que sera la simulada a de la correspondiente de la ley de Hubble .

B).-

1.- El experimento realizado es una simulación de lo que realizó Hubble a finales de los años 20 del siglo pasado, y es, junto con la radiación cósmica de microondas y la abundancia de hidrógeno respecto al helio, una de los tres apoyos experimentales de la Teoría del Big Bang ó gran explosión (los otros dos son el fondo cósmico de microondas y la relaciones de abundancias entre el hidrógeno y el helio).

2.- Para lo que se va a decir, hay que desplegar una gran cantidad de imaginación para ser rigurosos con este tema – de aquí reside la importancia de esta práctica-, es decir: se considera al espacio real como una hiperesfera expandiéndose en un espacio superior de 4 dimensiones, que corresponde a la goma del globo (de dos dimensiones).

En realidad no hubo una explosión como las convencionales, estas siempre ocurren en 3 dimensiones: se expande una superficie esférica y nosotros siempre la estamos observándola desde el exterior, pero en el caso de la del Big-Bang esto no es así, estamos inmersos en ella, como si fuéramos un “cascote” de ella, es decir: “no podemos salir fuera de si misma”.

Es decir que no existe un punto del que se pueda observar la explosión a modo convencional, es decir no existe ningún punto desde el que se pueda observar los distintos “cascotes” (galaxias) acercándose al observador.

Lo que se llega es a que hay es una expansión de una hiperesfera (de 3 dimensiones) expandiéndose en un espacio de 4 dimensiones, que ha comenzado hace unos 13.725 millones de años.

3.-Como era de esperar, NO existe un centro del Universo, todas las galaxias huyen de la Vía Lactea, pero un observador desde una cualquiera de esta también vería huir a la Vía Lactea desde su galaxia. También es aceptable decir que en todos los puntos y las galaxias se pueden considerar como centro del Universo.

4.- Las galaxias lejanas no se mueven entre si, o huyen de nosotros. Lo que ocurre es que las galaxias están incrustadas en el espacio, lo que sí, es el espacio el que se expande y hace que las galaxias se alejen una de las otras.

Lo contrario solo se observa entre las galaxias mas próximas – que están bajo su propia influencia gravitacional; en este caso tanto se pueden alejar como acercar, de hecho la galaxia mas próxima – la Andrómeda se esta acercando hacia nosotros a una velocidad de unos 200 km/s..

5.- Hoy se estima que la constante de Hubble es de unos 72km/s por megaparsec o unos 20 km/s cada millón de años-luz.

C.-

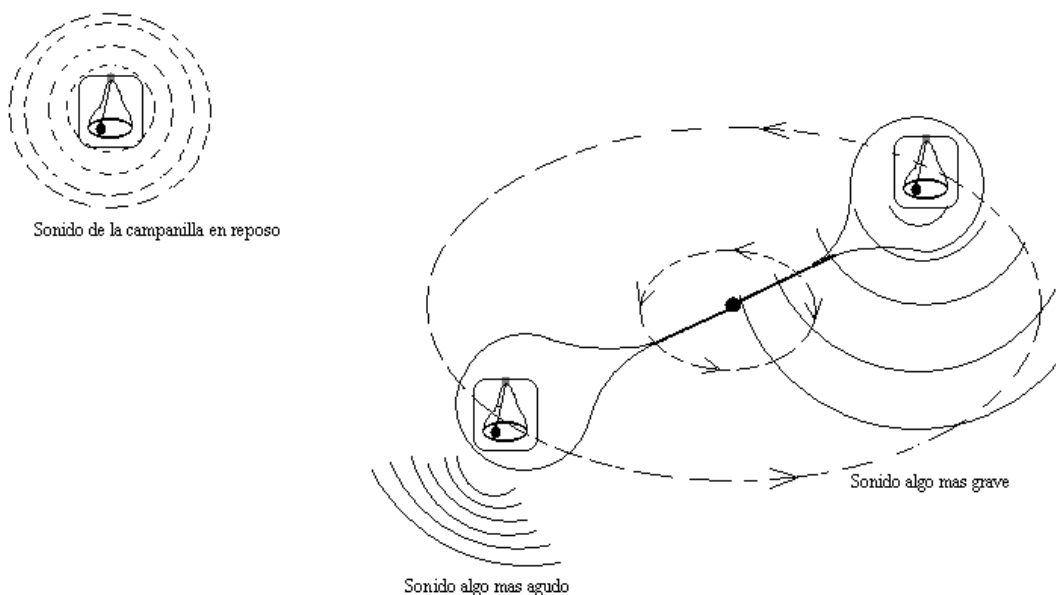
Se tiene que la luz emitida desde cualquier objeto en movimiento y alejándose aparece como desplazada al rojo, es decir que su longitud de onda aparece aumentada cierta cantidad, y esta cantidad es mayor cuanto mas alejado esta dicho objeto.

A este fenómeno se llama corrimiento al rojo y es consecuencia del llamado efecto Doppler, que se verifica en todos los tipos de ondas.

Como este fenómeno es común a todo tipo de ondas, debe serlo para el sonido, y así ocurre cuando se observa la diferencia de tono que presenta un tren acercándose y al alejarse.

Nosotros vamos a hacer algo análogo introduciendo un zumbador en una bolsa y hacerlo girar, pudiéndose observa claramente la diferencia entre las situaciones de reposo y cuando este gira.

Todo esto según la figura:



A partir de este fenómeno, Hubble ha hallado que las galaxias se mueven alejándose tanto mas cuanto mas lejos estén.

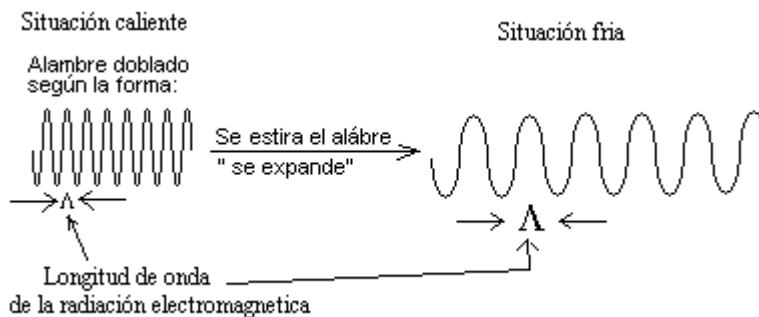
Igual que lo que ocurre en para la luz emitida desde galaxias muy distantes, la radiación de fondo de microondas es el resultado de la emisión de fotones desde los primitivos átomos recién formados después de unos 350 000 años después del Big-Bang, estos estaban asociados a una temperatura de unos 3 000 grados, al expandirse el espacio, este se fue enfriando con el paso del tiempo haciendo que la longitud de ondas se fuera alargando por dicha expansión hasta llegar al estado actual de ser microondas.

Se tiene que la expansión del Universo lleva asociado:

- a) un enfriamiento progresivo.
- b) un estiramiento en la longitud de onda en la radiación electromagnética emitida.

Esto último puede ser visualizado sobre lo que ocurre con un alambre doblado de manera que represente una onda, al estirar dicho alambre se ve que la longitud de onda aumenta.

Todo ello, según la figura:



D.- La parte de la Ciencia que estudia el Macrocosmos – el Universo - se llama Cosmología.

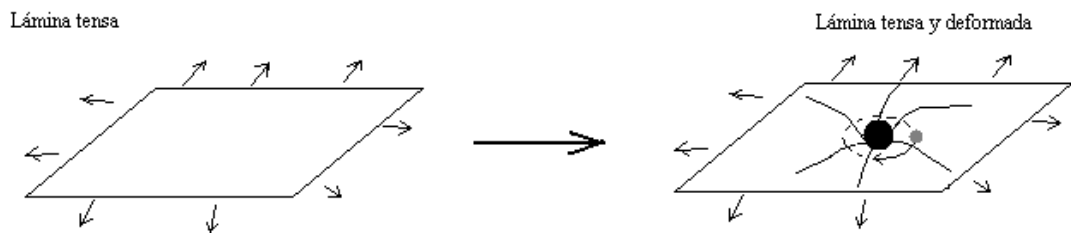
Para el estudio de la Cosmología se aplica la Teoría de la Relatividad de Einstein, y esta se divide en dos partes:

- a) Teoría de la relatividad especial en la que se consideran sistemas que se mueven a velocidades próximas a la velocidad de la luz (Einstein partió hacia en esto en 1905, al reflexionar sobre como vería un espectador un rayo de luz, moviéndose junto a él).
- b) Teoría general de la Relatividad en la que se consideran sistemas con campos gravitatorios (parte del principio de equivalencia, que afirma que no es posible diferenciar entre una aceleración y un campo gravitatorio. Einstein partió hacia ello reflexionando como sienten los efectos en un individuo que esta en un ascensor en caída libre y terminó la su teoría finales de 1915).

Un resultado importante de este último caso es: la masa deforma el espacio . Como consecuencia de esto se puede decir que el espacio dice a la materia como moverse , y la materia le dice al espacio como curvarse.

Este hecho se puede simular estirando una tela o lámina de goma manteniéndola rígida sobre un determinado contorno. Se coloca una bola pesada en el centro y la lámina se ha de hundir algo; si introducimos una bola ligera con una velocidad apropiada, esta empezará a girar en torno a la mayor (que terminara parando haciendo un espiral, se debido a los rozamientos existentes entra la lámina y la bola móvil, así como entre esta y el aire que le rodea).

Todo ello, es según la figura:



Observaciones.-

1.- El valor de la constante de Hubble se considera uno de los 3 parámetros fundaménteles del Universo, los otros son la densidad crítica y la constante cosmológica Λ .

Esta última constante fue introducida erróneamente por Einstein para hacer que el Universo fuera estacionario ya que esta era una teoría del agrado de los astrónomos de aquel tiempo. Al principio en la Teoría de la Relatividad que el inventó, predecía una contracción del Universo.

Posteriormente se vio que la Teoría de la Relatividad era consistente tanto con la contracción como con la expansión. Un siglo después se recupera esta constante para justificar con ella lo que se llama “energía oscura” que se asume como la responsable de la expansión acelerada del Universo.

2.- Se afirma que la expansión no siempre fue uniforme, - a los 10^{-35} s , después de la “era de Plank” la expansión fue enorme, con un factor de unos 10^{50} respecto a la actual - nos estamos refiriendo a un complemento importantísimo de la Teoría del Big-Bang, que se llama inflación.

3.- Según últimos hallazgos en cosmología, el espacio – el Universo – se esta expandiendo de manera acelerada, y en el transcurso del tiempo pudiera repetirse lo del principio, si así fuese se tendría lo que se llama Big- Rip o gran desgarro, en el que todos los componentes de todo lo que existe se desintegrarían – eso sí, esto ocurriría dentro de muchísimos millones de años-.

Las imágenes reales sobre la práctica son las siguientes:

