

SESIÓN 15

TEORÍA GENERAL DE LA RELATIVIDAD Y ASTROFÍSICA

I. CONTENIDOS:

1. La teoría general de la relatividad.
2. La astrofísica.
3. La Evolución estelar.
4. La teoría de Hawking.

II. OBJETIVOS:

Al término de la Sesión, el alumno:

- Comprenderá los conceptos: principio de equivalencia, la desviación de la luz por la gravedad y el desplazamiento gravitacional hacia el rojo.
- Conocerá el nacimiento de una estrella y la evolución estelar.

III. PROBLEMATIZACIÓN:

Comenta las preguntas con tu Asesor y selecciona las ideas más significativas.

- ¿Qué forma tiene el universo?
- ¿Qué relación existe entre gravedad y aceleración?
- ¿De qué forma un campo gravitacional puede afectar el envejecimiento?
- ¿Cómo se habrá formado el universo?

IV. TEXTO INFORMATIVO-FORMATIVO:

1.1. La teoría general de la relatividad

El principio de equivalencia establece que la masa gravitacional de un cuerpo es igual a la masa inercial del mismo. La masa gravitacional de un cuerpo se calcula a través de la medición de su peso. Los cuerpos son atraídos por la fuerza gravitacional al centro de la tierra, la atracción gravitacional depende de la distancia al centro de la tierra; de este modo, un cuerpo pesa más a nivel del mar que en una montaña, entre más alejado se encuentre del centro de la tierra su peso es cada vez menor. Si se conoce en la posición del cuerpo la aceleración de la gravedad y su peso, para calcular la masa gravitacional se divide el peso entre la aceleración de la gravedad.

La masa inercial se calcula mediante la segunda ley de Newton, considerando la aceleración que causa una fuerza que actúa sobre la masa de un cuerpo. La masa inercial se calcula dividiendo la fuerza que causó el movimiento de un cuerpo entre la aceleración que experimentó. El principio de equivalencia establece que son iguales la masa inercial y la masa gravitacional de cualquier cuerpo.

El principio de equivalencia trajo como consecuencia, la imposibilidad de distinguir entre una fuerza gravitacional y una inercial. Supongamos que estamos en una caja con seis paredes opacas, en dónde se experimenta la caída de los cuerpos como es cotidiano, se percibe el peso de los objetos de la misma manera que cuando se estaba fuera de la caja, pero no se puede ver lo que ocurre fuera de la caja. No hay manera de saber si la caja está sobre la superficie de la tierra o es un vehículo que se mueve por el espacio con una aceleración constante de 9.8 m/s^2

El continuo espacio-tiempo de la Teoría de la Relatividad, se deforma por la presencia de masa, si el espacio por donde pasa una partícula con una determinada velocidad no tiene próxima a un cuerpo masivo, la partícula seguirá una trayectoria recta. Pero si la partícula pasa por una región del espacio dónde hay próximo un planeta o estrella, su trayectoria describe una geodésica. Una

geodésica es una trayectoria curva en un continuo espacio-tiempo curvo por la deformación que causa la presencia de masa.

La existencia de las geodésicas se puede comprobar por la deflexión que sufre la luz de las estrellas al pasar próximas al sol. La deformación del continuo espacio-tiempo, es lo que ocasiona que cuerpos celestes sean atraídos por otros de mayor masa. Lo que ocurre es que el espacio próximo a un planeta o estrella se encuentra deformado o curvo, esta curvatura es como una trampa en la que “caen” los cuerpos que pasan muy cerca.

Esta nueva interpretación de lo que llamamos gravedad conmocionó al mundo de la ciencia. Se estaba describiendo la gravitación, pero desde una posición muy diferente a la que Newton utilizó en su Ley de la Gravitación Universal. La confirmación de que Einstein tenía razón surgió al aplicar la Teoría de la Relatividad al movimiento del planeta Mercurio; el primer planeta del sistema solar tiene una trayectoria que no se puede describir con precisión con la Ley de la Gravitación Universal, pero la Teoría de la Relatividad pudo describir con toda precisión la extraña trayectoria del planeta Mercurio.

A causa de la deformación del continuo espacio-tiempo, un fotón se desvía cuando pasa muy cercano al sol. La física clásica, utilizando la mecánica gravitacional, predecía una deflexión de 0.87 segundos de arco, pero la Teoría de la Relatividad predecía el doble. Por fin se podría saber cuál de las dos teorías estaba más cercana a la verdad. El mismo Einstein, propuso que se midiera la deflexión estudiando la luz de las estrellas próximas al sol durante un eclipse. La posición de las estrellas debería aparentemente cambiar de manera abrupta, sin embargo eso sería una distorsión óptica pues la luz que emitirían las estrellas se habría desviado al pasar por la cercanía de la gran distorsión del continuo espacio-tiempo alrededor del sol. El experimento se hizo en 1919 arrojando resultados favorables a la Teoría de la Relatividad. Einstein saltó a la fama del mundo de la ciencia.

La luz que sale de una región en el espacio en donde hay un intenso campo gravitacional, tiene una pérdida de su energía. Se manifiesta el fenómeno con una disminución de su frecuencia, la luz de estrellas masivas debe tener un espectro en donde la banda asignada para la luz roja sea más ancha. El corrimiento al rojo se pudo comprobar en 1924 estudiando a la estrella gemela de Sirio. Es claro que no existe un corrimiento al violeta porque eso implicaría que la luz gana energía en lugar de perderla al salir del campo gravitacional de una estrella.

2.1. La astrofísica

La astrofísica estudia la naturaleza del universo, es una aplicación de la física a los fenómenos que se han estudiado por la astronomía. La astrofísica estudia la naturaleza de las estrellas, la composición de la materia interestelar (entre las estrellas), la temperatura de los cuerpos celestes, las ondas electromagnéticas que viajan por el universo, la formación de hoyos negros, etc.

La Teoría de la Relatividad se aplicó también al estudio del universo. El universo según Einstein era estático, sin límites aunque con un volumen definido. Años más tarde el físico ruso Alexander Alexandrovich Fridman estudiando las ecuaciones de la Teoría de la Relatividad, encontró que el universo debería estar en expansión, pues según las ecuaciones las galaxias se alejan conforme transcurre el tiempo. En 1929 el astrónomo estadounidense Edwin Hubble, estudiando la luz que proviene de las galaxias encontró un corrimiento en los espectros hacia el rojo; de acuerdo al efecto Döppler, la frecuencia de las ondas que se originan de una fuente en movimiento que se aleja disminuye. Entonces, según el análisis de la luz de las galaxias, el universo está en expansión; todas las galaxias cercanas a la vía láctea (la galaxia en la que se encuentra el planeta Tierra) se alejan.

Si se piensa en el proceso a lo largo del tiempo, las galaxias debieron estar más próximas en el pasado. Haciendo un cálculo al respecto, resulta que el universo (conjunto de todas las galaxias) debió estar comprimido con una densidad enorme hace quince mil millones de años. Se piensa que un evento semejante a una explosión condujo al estado actual del universo. Al evento se le conoce como la gran explosión (Big Bang)

Antes de la gran explosión, toda la materia, la energía, el espacio y el tiempo estarían concentrados en un lugar muy pequeño. Al explotar el universo comenzó su expansión y las temperaturas y densidades eran enormes. Con el paso del tiempo el universo comenzó a enfriarse y a separarse disminuyendo su densidad. La hipótesis que se plantea sobre la gran explosión señala que después de unos cuantos minutos, la temperatura se redujo miles de millones de grados centígrados, formándose los primeros núcleos atómicos. Hasta que la temperatura bajó a unos cuantos miles de grados, se pudieron incorporar los electrones alrededor de los núcleos para formar los primeros átomos. Se cree que los primeros átomos eran de hidrógeno y de helio.

Cuando se formaron los primeros átomos, la luz se pudo transmitir en el universo, los fotones que se han transmitido desde la gran explosión forman lo que se conoce como la radiación de fondo descubierta en 1967. Se sabe que la vía láctea se mueve con respecto a la radiación de fondo a una velocidad de 1 440 000 km/h

3.1. La Evolución estelar

Las estrellas nacen, se desarrollan y mueren. El proceso de nacimiento de una estrella es por la presencia de materia en algún lugar del espacio en estado gaseoso. La presencia de masa en el espacio causa una deformación en el continuo espacio-tiempo; como sabemos la Teoría de la Relatividad postula que el universo es tetradimensional, esto significa que está constituido por cuatro dimensiones: las tres dimensiones conocidas del espacio y la cuarta que es el tiempo.

Imaginemos el continuo espacio-tiempo como un entramado, como una tela que soporta a la materia que se encuentra en él. Ahora imaginemos que se coloca sobre la tela una determinada cantidad de materia y que la tela es muy elástica y no presenta fricción. El resultado es que conforme pase el tiempo, la materia se comenzará a reunir en un lugar. La deformación del continuo espacio-tiempo causa una "cavidad" a dónde "cae" la materia que está próxima.

El fenómeno descrito es lo que también entendemos por atracción gravitacional. La atracción de un cuerpo con una determinada masa por otro de una masa mayor, es una fuerza a distancia que en el pasado se entendía como la fuerza de atracción gravitacional. Ahora, con la teoría de la relatividad de Einstein, sabemos que la fuerza a distancia que ejerce un cuerpo sobre otro es por la deformación del continuo espacio-tiempo.

Un conjunto enorme de gases en el espacio, se reúne cada vez más por la deformación del continuo espacio-tiempo. Esta aglomeración causa una rotación y una elevación en la temperatura. La temperatura es cada vez mayor y la rotación expulsa a la materia de mayor densidad como "pequeños" cúmulos que son atrapados por el tremendo campo gravitacional de la materia central. Estos "pequeños" cúmulos de materia expulsada, comienzan a rotar en torno del centro y con el paso del tiempo se enfrían, los planetas nacen de este modo.

La parte central sufre contracciones gravitacionales intensas que tienden a fusionar sus átomos; como ha quedado la masa menos densa en el centro del sistema, allí se encuentra el elemento más ligero que se conoce: el hidrógeno. La fusión del hidrógeno se lleva a cabo por la enorme atracción gravitacional y por las altísimas temperaturas. La fusión de hidrógeno produce helio, y una parte de la masa de los átomos de hidrógeno no se transforma en helio, se transforma en

energía. La energía liberada detiene el proceso de contracción de la materia por la influencia gravitacional. De este modo nace una estrella.

La estrella continua emitiendo energía hasta que se agota su combustible, el hidrógeno de la estrella más próxima a la tierra “el sol” se piensa que tardará unos cinco mil millones de años en agotarse. Cuando se agota el hidrógeno la estrella sufre otra transformación que depende de la masa que tenga. De este modo las estrellas mueren.

Para estrellas súper masivas, con una masa mayor a seis veces la masa del sol, después de que se agota el hidrógeno se genera un colapso que fusiona a los átomos de manera sucesiva, formándose los elementos más pesados que conocemos. Esta fusión se detiene en una explosión conocida como supernova, en donde la estrella tiene un brillo de millones de soles juntos y luego se apaga lentamente; por la explosión, expulsa a parte de su masa en el espacio contiguo. El resto, la parte central sigue contrayéndose originando una distorsión muy grande en el continuo espacio-tiempo que se conoce como hoyo negro. Un hoyo negro no se puede ver, no emite luz, al contrario la luz que pasa próxima sufre una deflexión y es llevada al hoyo negro, lo mismo ocurre con la materia próxima de planetas y asteroides. Un hoyo negro es como un monstruo que devora la materia y la energía que esté próxima.

Pero si la masa de la estrella que muere es apenas superior a seis veces la masa del sol, de la explosión noval queda como núcleo una estrella de neutrones; un centímetro cúbico de esta masa tiene un peso de unos cien millones de toneladas. Los electrones han sido fusionados con los protones de los núcleos atómicos por el terrible colapso gravitacional, quedando sólo neutrones.

El sol tiene una masa relativamente pequeña en comparación con la masa de las estrellas que tendrán un fin como un hoyo negro o una estrella de neutrones. El sol, debido a su masa, cuando agote el hidrógeno que le queda, se transformará en una gigante roja. El volumen del sol comenzará a crecer y abarcará la órbita de Mercurio, Venus y la Tierra, “engullendo” a estos planetas.

4.1. La teoría de Hawking

Stephen William Hawking, es un físico inglés nacido en Oxford en 1942. Es el físico más famoso del mundo, es miembro de la prestigiosa Real Sociedad de Londres, de la Academia Pontificia de Ciencias, de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos, además ha recibido muchos reconocimientos de universidades y de países.

Estudió física en Oxford graduándose en 1962, terminando sus estudios comienza a tener problemas de salud. Se le diagnostica una enfermedad llamada esclerosis amiotrófica, son un pronóstico de vida de unos cuantos años. Sin embargo se sobrepuso y comenzó su carrera de docencia e investigación.

Aplicando la Teoría Cuántica y la Teoría de la Relatividad, pudo demostrar que los hoyos negros emiten radiación, que el continuo espacio-tiempo se inició con el gran estallido y terminará con un agujero negro. Según sus planteamientos el universo está lleno de agujeros negros que se formaron en los primeros momentos de la gran explosión.

Universidad América Latina

Av. Cuauhtémoc 188-E
Fracc. Magallanes
C.P. 39670
Acapulco, Guerrero, México
www.ual.edu.mx



2011

Para cualquier comentario o sugerencia relativa a los **Servicios, Personal Docente, Administrativo ó Guías de Estudio**, favor de comunicarse a los teléfonos:

Dirección General:

01 (33) 47-77-71-00 ext. 1000 con Claudia Ley de 10:00 a 16:00 Hrs.

Coordinación de Asesores:

01 (33) 47-77-71-00 ext. 1013 con el Lic. Miguel Machuca García de 08:00 a 17:00 Hrs.

e-mail: vicerectoria@ual.edu.mx