

Exposición Física Moderna

Masa Inercial de Fotón y Agujeros Negros

David Ricardo Martínez Hernández

Facultad del Ingeniería
Departamento de Eléctrica y Electrónica
Universidad Nacional de Colombia

24 de abril de 2013

Tabla de contenidos

- 1 Masa Inercial del fotón
- 2 El origen del Universo
- 3 La muerte de las estrellas
 - Enanas Blancas
 - Estrella de Neutrones
- 4 La mecánica cuántica de los agujeros negros
- 5 Referencias

masa inercial del fotón

- La masa inercial es la magnitud escalar que mide la inercia del cuerpo (resistencia a modificar su estado de movimiento).
- Un fotón tiene una energía igual a $E = h\nu$
- La Teoría de Relatividad permite demostrar que si se acepta que los fotones se propagan a la velocidad de la luz, entonces tienen masa propia nula, masa relativista y cantidad de movimiento no nulos, y el módulo de su velocidad no puede ser modificado.
- Por definición la masa inercial de un fotón esta dada por $m = \frac{h\nu}{c^2}$.

El origen del Universo

- A algunos como **Aristóteles**, no les agradaba la idea de que el universo hubiera tenido un comienzo, consideraban que eso implicaría una intervención divina. Algo eterno resultaba más perfecto que algo que tuvo que ser creado.
- La segunda ley de la termodinámica del físico alemán **Ludwig Boltzmann** señaló que el volumen total de desorden aumenta con el tiempo.
- en 1929 con el descubrimiento de la expansión del universo por **Edwin Hubble** alteró por completo el debate sobre su origen.
- *“El universo es como es ahora porque era como era entonces. Pero la ciencia no podría explicar porque fue como fue justo después del Big Bang”* **Stephen Hawking**.

- Surgieron diversas ideas que tuvo que existir una singularidad del Big Bang , un comienzo del tiempo:
 - Una fue la llamada teoría del estado estable.
 - Una que evitaría la singularidad del Big Bang fue formulada en 1963 por **Evgenii Lifshitz** e **Isaac Khalatnikov**.
- Los teoremas de la singularidad indican que en el comienzo de la presente fase de expansión del universo el espacio-tiempo estará muy distorsionado, con un pequeño radio de curvatura.
- Para debatir el origen del universo es necesaria una teoría que combine la relatividad general con la mecánica cuántica.
- La propuesta de **Richard Feynman**, según la cual la teoría cuántica puede ser formulada como una suma de historias.

La muerte de las estrellas

- Las estrellas están constituidas por átomos. El calor es una manifestación macroscópica del movimiento de los átomos. Si la temperatura es muy alta se forma una mezcla de núcleos atómicos y de electrones libres.
- En la plenitud de su vida, una estrella se mantiene en equilibrio gracias al balance muy preciso entre dos fuerzas que actúan sobre ella
 - La fuerza de atracción gravitacional entre las diversas partes de la estrella.
 - La fuerza de presión de la materia incandescente.
- Si la temperatura en el centro de la estrella alcanza unos doscientos millones de grados, los núcleos de helio se fusionan entre sí y producen núcleos de oxígeno y carbono. Si aumenta aún más el carbono se trasmuta en oxígeno, neón, sodio y magnesio, y así sucesivamente.

- Al envejecer, las estrellas arrojan al espacio una fracción importante de sus masas, con lo que enriquecen de gas el medio interestelar. De ese gas se forman nuevas estrellas.
- No todas las estrellas viven y mueren de la misma manera; el parámetro fundamental que determina la evolución de una estrella es su masa. La masa de nuestro Sol es aproximadamente $2 * 10^{30} \text{ kg}$.
- Mientras más masiva es una estrella, menos tiempo brilla, porque consume su combustible nuclear mucho más rápidamente que una estrella poco masiva.

Enanas Blancas

- A principios de los años veinte, los astrónomos habían descubierto tres estrellas de muy baja luminosidad y de un color claramente blanco.
- Una enana blanca se encuentran en la etapa final de su evolución.
- la materia está tan comprimida que los núcleos atómicos se “pegan” entre sí, formando una especie de red cristalina, y los electrones se mueven libremente a través de esa configuración de núcleos, formando a su vez un “gas de electrones”.
- La enana blanca se vuelve “enana roja” y finalmente “enana negra”.

- En 1930, **Subrahmanyan Chandrasekhar** se dio cuenta que los electrones degenerados alcanzan velocidades cercanas a la de la luz. Encontró una relación entre la presión y la densidad de un gas de electrones degenerados.
- La presión de los electrones degenerados sólo puede detener el colapso gravitacional de la estrella si la masa de ésta es menor que un valor crítico. Este valor crítico es el **límite de Chandrasekhar** que es 1.5 veces la masa del Sol.

Estrella de Neutrones

- Pocos meses después de la publicación del trabajo de **Chandrasekhar**, el gran físico soviético **Lev Landau** propuso que, cuando la densidad de la materia excede la de una enana blanca, los electrones se ven forzados a fusionarse con los protones.
- En una estrella cuya masa excede el límite de **Chandrasekhar**, los electrones degenerados no pueden detener la compresión y se ven forzados a fusionarse con los protones, formando neutrones.
- Una cucharada de la materia de estas estrellas pesa unos cien millones de toneladas.

La mecánica cuántica de los agujeros negros

- En los primeros treinta años de este siglo surgieron tres teorías que alteraron radicalmente la visión que el hombre tenía de la física y de la propia realidad:
 - La teoría especial de la relatividad (1905).
 - La teoría general de la relatividad (1915).
 - La teoría de la mecánica cuántica (aproximadamente en 1926).
- Admitieron tanto la relatividad especial como la mecánica cuántica porque describían efectos que podían ser observados directamente.
- La relatividad general fue en gran parte ignorada porque matemáticamente resultaba demasiado compleja, no era susceptible de comprobación en el laboratorio. De ese modo, la relatividad general permaneció en el limbo casi cincuenta años

Surgimiento de un Agujero Negro

- Durante la mayor parte de su existencia una estrella generará calor en su núcleo, transformando hidrógeno en helio. La masa de la estrella tiene 5 veces la masa del Sol.
- La energía liberada creará presión suficiente para que la estrella soporte su propia gravedad. lugar a un objeto de un radio cinco veces mayor que el del Sol.
- La velocidad de escape de una estrella semejante sería de unos 1000 kilómetros por segundo
- Cuando la estrella haya consumido su combustible nuclear, nada quedará para mantener la presión exterior y el astro comenzará a contraerse por obra de su propia gravedad.

- Al encogerse la estrella, el campo gravitatorio de su superficie será mas fuerte y la velocidad de escape ascenderá a los trescientos mil kilómetros por segundo, la velocidad de la luz.
- El agujero negro negro es una región del espacio-tiempo de la que no es posible escapar hacia el infinito.
- La frontera del agujero negro recibe el nombre de horizonte de sucesos. Corresponde a una onda luminosa de choque procedente de la estrella que no consigue partir al infinito y permanece detenida en el radio de Shwarzschild: $2\frac{GM}{c}$.
- si dos agujeros negros chocan y se funden en uno solo, el área del horizonte de sucesos alrededor del agujero negro resultante es superior a la suma de las áreas de los horizontes de sucesos de los agujeros negros originales.

Referencias



Hacyan, Shahan.

Los Hoyos engros y La curvatura del Espacio-Tiempo.
Fondo de cultura económica, Segunda Edición, 1998.



Hawking, Stephen.

Agujeros Negros y Pequeños Universos otros Ensayos.
chile.ciencia.misc, 2002.



Hawking, Stephen.

Historia del tiempo del Big Bang a los Agujeros Negros.
chile.ciencia.misc, 2002.



Sitio Web: , visitado el sábado 11 de agosto.