

9 de noviembre de 2019

Fase Final

Prueba teórica — Nivel 9°, 10°, 11°

Documento de identidad:

Instrucciones

Esta prueba consiste en un conjunto de **4 problemas de Astronomía** que están diseñados para evaluar, más que tu conocimiento o memoria para la astronomía, tu comprensión lectora y capacidad para abordar una situación problema que se le presenta a través de la interpretación y discusión de la misma. **¡No te preocupes si no sabes resolver todos los problemas!** La idea es que te diviertas solucionando este reto astronómico.

Por favor marca esta hoja **únicamente con tu documento de identidad**. Tu solución a los problemas deben ser entregados todos sobre estas hojas o al reverso de ellas. Si crees que necesitas más hojas, levanta la mano y pídelas. La prueba está diseñada para que no tengas que usar nada más que calculadora científica y algo con qué escribir. **No está permitido** usar libros, apuntes personales, celular u otras herramientas.

La duración de la prueba es de máximo 3 horas y se califica sobre 100 puntos. Cada problema vale 25 puntos y cada inciso tiene indicado el valor que se le asigna a cada pregunta. **Encierra en un recuadro la respuesta que obtengas de cada una de las preguntas**

¡En la respuesta de todos los ejercicios hay que dar el valor numérico **hasta el tercer decimal** (si lo tiene)! Si la respuesta es $9/16$, la respuesta debe ser expresada como 0,563. Recuerda también la notación científica: 123456789 puede ser escrito como $1,235 \times 10^8$.

¡Ojo!, **respuestas sin justificación no serán valoradas.**

¡Éxitos!

1. Buscando Compañía (25 puntos.)

Quizá uno de los objetivos más grandes del ser humano desde que podemos pensar en el universo ha sido la búsqueda de vida en otros sistemas planetarios. Lastimosamente, hasta hoy la búsqueda ha sido infructuosa, siendo uno de los principales inconvenientes que no sabemos cómo sería la vida; tan solo tenemos un ejemplo: la vida terrestre, basada en agua líquida sobre la superficie del planeta.

Eso nos lleva a pensar que si buscamos planetas que tengan condiciones para tener agua líquida en la superficie, ahí podría estar nuestra compañía. Actualmente tratamos de hallar una distancia tal entre el planeta y su estrella, a la que no se evapore el agua por el calor, ni haga tanto frío como para que todo esté congelado. A dicho concepto se le denomina la zona de habitabilidad. La temperatura superficial (T [K]) en un planeta semejante a la Tierra puede ser modelada por la función:

$$T = \sqrt[4]{\frac{0,7 \cdot L}{16\pi\sigma d^2}},$$

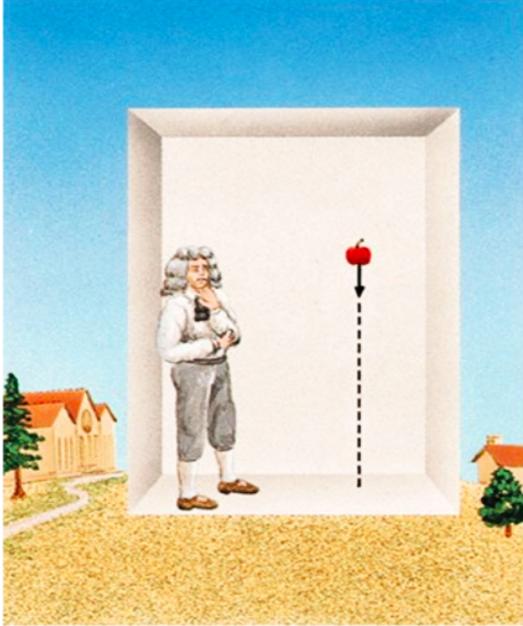
donde L es la luminosidad de la estrella, d es la distancia a la que se encuentra el planeta y $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 T^4}$ es la constante de Stefan-Boltzmann.

Ahora, supón que con un telescopio apuntas a una estrella lejana denominada UdeA-1, que parece tener un planeta por las variaciones en la luz que recibes (esto es, un objeto pasa por delante de la estrella disminuyendo el flujo que nos llega de la estrella). Te gustaría saber si existe alguna posibilidad de que E.T viva allá. Entonces, les explicas a tus compañeros que un proceso lógico a seguir es:

- a) (4 puntos.) *Encontrar qué tan caliente es la estrella.* Afortunadamente, se midió que la emisión máxima de luz que llega de la estrella tiene longitud de onda $\lambda = 600$ nm. Dada la ley de desplazamiento de Wien que relaciona la longitud de onda en la que se produce el pico de emisión de un cuerpo negro y su temperatura como $2,8976 \times 10^{-3} \text{ mK} = \lambda T$, ¿cuál es la temperatura superficial de la estrella?
- b) (4 puntos.) *Encontrar la luminosidad de la estrella y compararla con la de nuestro Sol.* La ley de Stefan-Boltzmann establece que un cuerpo negro emite con una luminosidad proporcional a su área superficial y a la cuarta potencia de su temperatura, es decir, $L = \sigma AT^4$. Si UdeA-1 tiene la misma área superficial que nuestro Sol y la luminosidad y temperatura superficial del Sol son $L_{\odot} = 3,8 \times 10^{26} \text{ W}$ y $T_{\odot} = 5800 \text{ K}$, *demuestra* que la luminosidad de UdeA-1 es del 48 % la del Sol.
- c) (8 puntos.) *Encontrar la zona de habitabilidad de esa estrella.* Uno de tus compañeros te pregunta ¿en qué rango de distancias está la posibilidad de que la temperatura superficial del planeta esté entre 0°C y 100°C ?
- d) (4 puntos.) *Medir el “año” del planeta.* Si UdeA-1 tiene una masa casi igual a la del Sol, ¿cuánto duraría un año para los habitantes del planeta que orbita UdeA-1 si este está ubicado justo en la mitad de la zona de habitabilidad?
- e) (3 puntos.) *Comparar con otras observaciones.* ¿Cómo debería estar relacionado ese tiempo con las variaciones de flujo provenientes de la estrella observada? ¿Por qué?
- f) (2 puntos.) *Considerar otros factores.* ¿Qué otros factores podrían ser importantes para evaluar la posibilidad de compañía en el sistema UdeA-1?

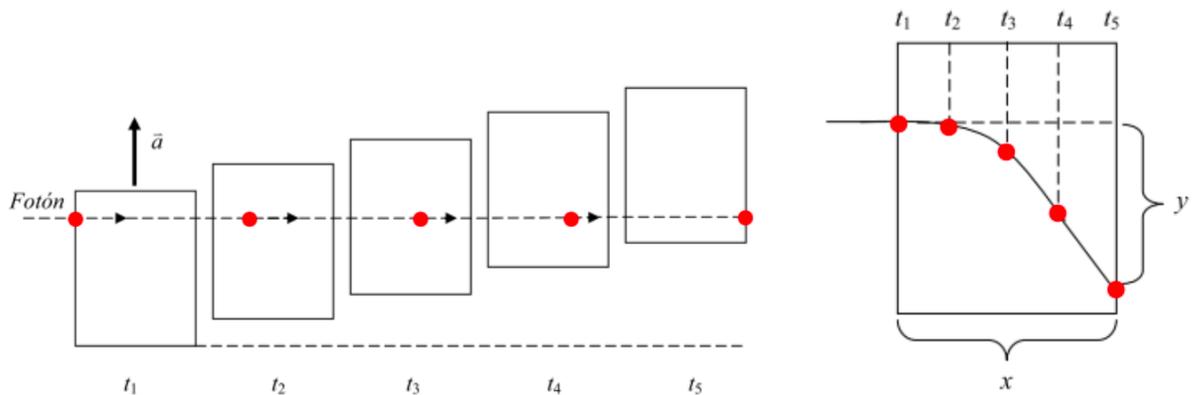
2. Principio de equivalencia y curvatura de la luz¹ (25 puntos.)

Si Newton se encuentra dentro de un ascensor que está quieto sobre la superficie de la Tierra y suelta una manzana, esta cae con una aceleración g hacia abajo desde su punto de vista.



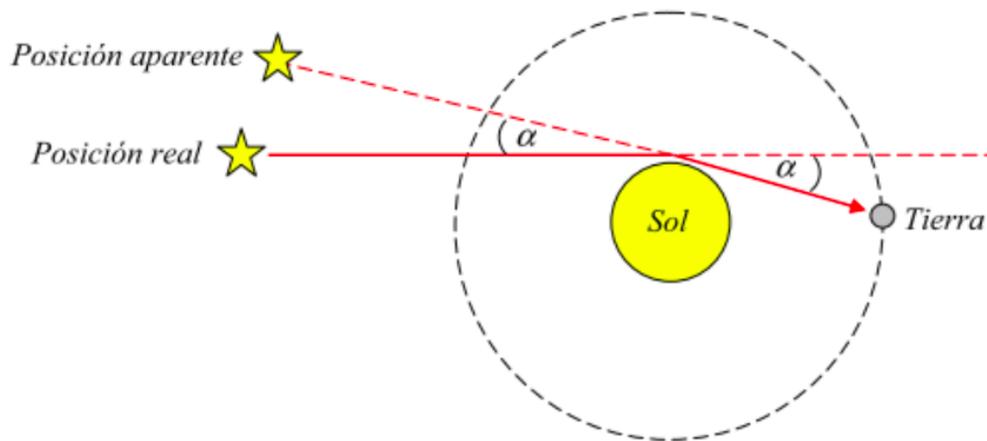
Si Einstein se encuentra dentro de un ascensor que está lejos de cualquier planeta, estrella o cuerpo gravitacional, pero el ascensor se mueve hacia “arriba” con una aceleración g con respecto a las estrellas de fondo y suelta una manzana, la manzana también caería con una aceleración g hacia abajo con respecto a Einstein (debido al movimiento del ascensor respecto al resto de las cosas).

De esta misma forma, si Newton o Einstein prenden un láser en dirección horizontal, se podría pensar que el rayo de luz experimentaría una curvatura o desviación en su trayectoria, como se muestra abajo:

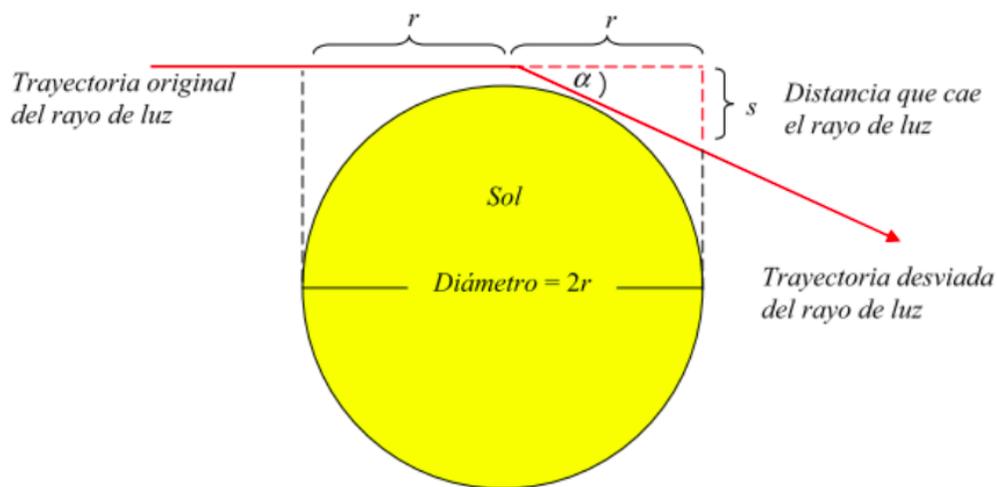


Este efecto es una de las primera pruebas de la teoría de la relatividad general de Einstein y se puede evidenciar más que todo cuando la luz proveniente de una estrella pasa cerca de un cuerpo muy masivo como, por ejemplo, el Sol.

¹Problema adaptado de J Pinochet - Latin-American Journal of Physics Education, 2014 - dialnet.unirioja.es



Calcularemos el ángulo que se desvía un rayo de luz que pasa justo por el borde del Sol, como se muestra a continuación:



Tengamos en cuenta las siguientes suposiciones:

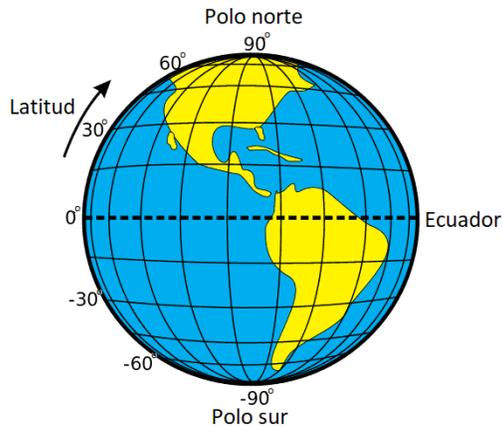
- El rayo de luz recorre una distancia de un diámetro solar ($2r$) mientras que es afectado por la gravedad del Sol.
- La aceleración de la gravedad del que genera Sol de masa M es constante en las cercanías de su superficie e igual a $g = GM/r^2$.
- Un objeto en un campo gravitacional g cae una distancia $s = gt^2/2$ en un tiempo t .

Si la masa del sol es $M = 1,99 \times 10^{30}$ kg, su radio es $r = 6,96 \times 10^8$ m, la rapidez de la luz es $c = 3,00 \times 10^8$ m/s y la constante gravitacional vale $G = 6,67 \times 10^{-11}$ N m² kg⁻²:

- (15 puntos.) Calcule la distancia s que cae el rayo de luz proveniente de una estrella lejana que pasaría rozando la superficie del Sol
- (10 puntos.) Calcule el ángulo de desviación de la trayectoria de la luz (en radianes, grados y segundos de arco).

3. Frenazo (25 puntos.)

Imagine un escenario en el que la Tierra detuviera súbitamente su movimiento de rotación y todos los objetos sobre su superficie salieran disparados (debido a la inercia) hacia el oriente. Considerando que todos los observadores sobre la Tierra recorren en un día (24 h) una circunferencia cuyo radio depende de su latitud geográfica:



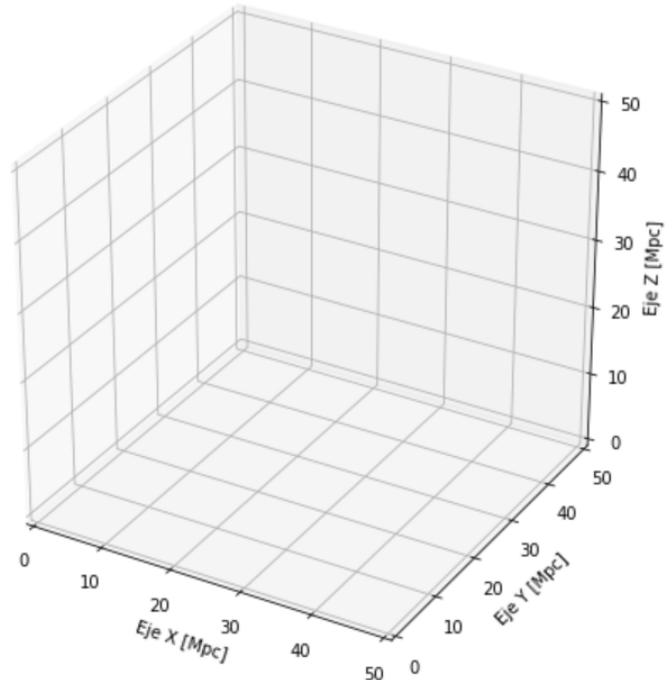
- (10 puntos.) Calcule el radio de la circunferencia que recorre en un día un observador a una latitud ϕ .
- (10 puntos.) Calcule la rapidez tangencial a la que se mueve un cuerpo a cierta latitud ϕ , debido a que recorre en 24 horas el perímetro de la circunferencia considerada en a).
- (5 puntos.) Bajo el escenario del “frenazo” descrito inicialmente y de acuerdo con el resultado anterior, ¿cuáles serían las latitudes más seguras para estar durante el incidente? ¿Y las más peligrosas?

4. El Supercúmulo de Virgo (5 puntos.)

La Vía Láctea, junto con Andrómeda y otras galaxias, hacen parte del Grupo Local. Y este a su vez pertenece a una estructura conocida como el Supercúmulo de Virgo. La dinámica de este super grupo sigue siendo objeto de estudio, pero sabemos que todas las galaxias en nuestra vecindad se están acercando a una región llamada “El Gran Atractor”. Sin embargo, si esta atracción no existiera, a esa escala empieza a ser apreciable la expansión del universo: todas las galaxias verían que sus vecinas se alejan de ellas a una velocidad que aumenta mientras más lejos estén.

a) (8 puntos.) Grafique los siguientes tres cúmulos en la cuadrícula 3D.

N	Cúmulo	Posición
1	Grupo Local	(20,30,30)
2	Grupo del Fénix	(40,40,00)
3	Grupo del Delfín	(10,10,50)



b) (9 puntos.) A través del gráfico, deduzca una forma geométrica de calcular las distancias entre cada uno de los cúmulos, calcule el valor de dichas distancias y ponga su resultado en el recuadro. (D_{ab} quiere decir la distancia del cúmulo a al cúmulo b).

Distancia	Valor [Mpc]
D_{12}	
D_{13}	
D_{23}	

c) (8 puntos.) La Ley de Hubble enuncia que la velocidad de recesión cosmológica entre dos puntos es de 70km/s por cada Mega Parsec (Mpc) de separación entre ellos. Según la información anterior, ¿cuál es el par de Grupos de Galaxias que más rápido se aleja entre sí, y a qué rapidez se alejan entre ellas?