

JUGANDO CON LOS AGUJEROS NEGROS.

Los humanos somos unos pequeños seres que vivimos en un pequeño planeta de un pequeño sistema solar perteneciente a una pequeña galaxia situada en un pequeño cúmulo de galaxias etc, etc.

Tenemos una facultad a la que llamamos inteligencia, y valiéndonos de ella tratamos de comprender todo lo que podamos del mundo que nos rodea, aunque está claro que solo podremos conseguirlo en una pequeña parte.

Sabemos que si lanzamos un objeto verticalmente hacia arriba, este se eleva hasta una cierta altura, va perdiendo velocidad y llega un momento en el que la velocidad se hace cero y comienza a descender de nuevo. Si repetimos la prueba y lo lanzamos con una velocidad inicial mayor, alcanza una mayor altura pero vuelve a caer también. Hay una velocidad a partir de la cual el cuerpo no vuelve a caer y escapa de la atracción terrestre alejándose definitivamente. A esta velocidad se la denomina velocidad de escape en la superficie de la Tierra.

El valor de esta velocidad en la superficie de la Tierra es de 11,2 km/seg. En los cálculos de explica como se obtiene esta velocidad.

Para conseguir esta velocidad partiendo de cero hay que proporcionar al objeto, que puede ser una nave espacial por ejemplo, una aceleración. Si queremos que el tiempo que dure la aceleración sea corto, esta aceleración debe ser elevada para conseguir esa velocidad de escape y los pilotos no podrían soportarla. Por eso se aplica una aceleración menor y más soportable durante un tiempo de aceleración más prolongado, o se va acelerando en diferentes etapas.

De igual forma se pueden calcular las velocidades de escape en la Luna y el Sol, siendo los valores que se obtienen los siguientes: Para el Sol 617,5 km/seg. Y para la Luna 2,38 km/seg.

Sabemos que la velocidad de la luz es de 300.000 km/seg.

Existen en el universo objetos en los que la velocidad de escape en su superficie es igual o mayor que la velocidad de la luz, por lo que ningún objeto puede escaparse de su superficie, ni siquiera la luz.



A estos objetos se les llama agujeros negros. En la figura se puede ver el aspecto de un agujero negro

Podríamos preguntarnos que con la masa que tiene la Tierra cual sería el tamaño que debería tener a partir del cual pasa a ser un agujero negro y que de su superficie no escapase ni la luz.

En los cálculos se explica como se obtiene este valor que viene a resultar una esfera de un radio de 8,85 mm. , menos de 1 cm.



Si hacemos lo mismo con el Sol, obtenemos que el radio del Sol para ser un agujero negro es un máximo de 3 km.

Agujero negro en el centro de la galaxia denominado Sagitario A.

Estas densidades de los agujeros negros que podrían ser el Sol o la Tierra son muy grandes comparadas con las densidades de la materia a las que estamos acostumbrados. Es muy probable que estos agujeros negros teóricos que en principio son solamente soluciones de una ecuación, no sean posibles en la realidad al no haber sitio en tan pequeño espacio para tal cantidad de materia. Asimismo son muy elevadas las gravedades en su superficie.

En el anexo de cálculos obtenemos el valor de la gravedad en la superficie de la Tierra, y el valor de esta gravedad en el caso de la Tierra como agujero negro de radio 1 cm. Que pasa de ser 9,81 a 401 billones.

Si seguimos jugando con la Tierra como un agujero negro de 1 cm. de radio podemos calcular cual es la densidad de este objeto. La densidad es la masa dividida entre el volumen, en este caso se obtiene un valor de 2,53 por 10 elevado a 33.

Parece que jugando con los agujeros negros tenemos que acostumbrarnos a valores que nos parecen muy grandes. Pero lo grande y lo pequeño son muy relativos. Una hormiga es pequeña respecto de un autobús, pero el autobús es pequeño respecto de la Tierra y esta lo es respecto del Sol. Pequeño y grande solo sirven para andar por casa.

Veamos ahora cual sería la densidad del Sol si fuese un agujero negro de 3 km. de radio. En este caso el valor que se obtiene es de 0,28 por 10 elevado a 9, bastante menor que en el caso de la Tierra.

Es decir que la densidad de los agujeros negros disminuye claramente con su tamaño.

De hecho la densidad de los agujeros negros llamados super-masivos puede ser menor que la densidad del agua.

El agujero negro del centro de nuestra galaxia tiene una masa de 4 millones de veces la masa Solar y su radio es de 20 millones de kilómetros, la séptima parte de la distancia entre el Sol y la Tierra. Dividiendo la masa entre el volumen obtenemos la densidad. Yo he obtenido una densidad de 59 gramos por litro.

Para terminar he calculado la velocidad de escape de este agujero negro y he obtenido el valor de 2,2 por 10 elevado a ocho km/s., bastante mayor que la velocidad de la luz que es de 3 por 10 elevado a la cinco.

CALCULOS.(Solo para iniciados)

Velocidad de escape en la Tierra.

Para calcular la velocidad de escape utilizamos el principio de la conservación de la energía, la cinética $E_c = m \cdot v_e^2 / 2$ (v_e^2 es v_e al cuadrado), mas la potencial gravitatoria $E_g = -G \cdot M \cdot m / r$. $E_c + E_g = 0$ de aquí obtenemos $v_e^2 = 2GM/r$, (1)m es la masa del objeto que comienza a subir con velocidad de escape, G la constante de gravitación M y r la masa y el radio del objeto del que se aleja el anterior. Sustituyendo en esta ecuación los valores G, M, y r $v_e^2 = 2 \times 6,672 \times 10^{-11} \times 5,97 \times 10^{24} / 6.371$ se obtiene para la velocidad de escape en la superficie de la Tierra $v_e = 11,2$ km/seg.

Radio máximo de la Tierra para ser un agujero negro.

Utilizando la fórmula (1), sustituyendo valores $v_e = 300.000$ km/seg. y despejando

$$r = 2 \times 6,672 \times 10^{-11} \times 5,97 \times 10^{24} / 300.000.000^2 = 8,85 \text{ mm.}$$

Valores de la aceleración de la gravedad.

La fuerza de atracción sobre una masa m en la superficie de la Tierra vale como sabemos $f=G.M.m/r^2$

Siendo r el radio y M la masa de la Tierra y G como siempre la constante de gravitación. Como la aceleración es $a=f/m$ $a=G.M/r^2$, y sustituyendo obtenemos

$$a=6,67 \times 10^{-11} \times 5,97 \times 10^{24} / 6.371.000^2 = 9,81 \text{ m/s}^2.$$

En el caso de la Tierra como agujero negro de 1 cm. de radio esta aceleración es de $9,81 \times 6.371.000^2 = 401.817.600.000.000 \text{ m/s}^2$.

Densidad de la tierra como agujero negro.

Como sabemos la densidad es $d=m/vol=5,97 \times 10^{24} / (3/4) \times (\pi) \times 10^{-9} = 2,53 \times 10^{33}$ en las unidades correspondientes.

Antton del Campo

Ingeniero Industrial.