

Conceptos físicos importantes

- La aceleración es consecuencia de los cambios de velocidad o dirección de los objetos.
- La aceleración requiere de un cambio neto de fuerza.
- Los planetas y las lunas, como todos los objetos, tienen inercia, y se moverán a velocidad constante en línea recta a no ser que se les aplique una fuerza neta.
- El movimiento orbital es una forma de aceleración.
- El peso es el término usado comúnmente para referirse a la fuerza de la gravedad.
- La fuerza de la gravedad entre dos cuerpos depende de la masa de los objetos y de la distancia entre sus centros.
- La fuerza de la gravedad entre dos cuerpos es mutua, igual y de sentido contrario para cada cuerpo.
- La fuerza de la gravedad y la aceleración debida a ésta no son el mismo fenómeno.
- El movimiento orbital es un ejemplo de movimiento circular y requiere de una fuerza neta dirigida hacia el centro de la órbita. Esta fuerza central es la fuerza de la gravedad.
- La tercera ley de Kepler del movimiento planetario: el cuadrado del periodo orbital del planeta es proporcional al cubo de la distancia orbital del planeta ($T^2 \propto d^3$)

Posibles errores conceptuales de los alumnos

- La gravedad no existe en el espacio (los astronautas en las naves espaciales realmente no pesan).
- Masa y peso son la misma cosa.
- La fuerza de la gravedad y la aceleración debida a la gravedad describen el mismo fenómeno.
- La fuerza de la gravedad es la misma para todos los cuerpos en caída libre en la superficie de la Tierra.
- Las fuerzas gravitatorias no cumplen la Tercera Ley de Newton. (i.e. la fuerza de la Tierra sobre un guijarro es mayor que la fuerza del guijarro sobre la Tierra)
- La fuerza de la gravedad es el resultado de la presión de una gran cantidad de objetos sobre un pequeño objeto.
- La Luna y los demás cuerpos orbitales no tienen aceleración.



Notas para el profesor: Cuantificando la Fuerza de la Gravedad en la superficie de la Tierra (Laboratorio)

Objetivos: como resultado de esta actividad de laboratorio los estudiantes

- Explicarán y usarán la intensidad del campo gravitatorio en la superficie de la Tierra (10 N/Kg)
- Identificarán los dos factores que influyen en la intensidad de las fuerzas gravitatorias (la masas de la Tierra y la del cuerpo objeto)
- Utilizarán lenguaje escrito para diferenciar el peso de la masa.
- Practicarán el uso de vectores para representar la magnitud y dirección de las fuerzas
- Aplicarán la tercera ley de Newton a las fuerzas gravitatorias.

Introducción: Los estudiantes experimentarán con una simple muelle escala y varias masas para determinar la fuerza de la intensidad de campo gravitatorio en la superficie de la Tierra (9,8 N/Kg). La influencia de la variación de la masa en la intensidad de campo gravitatorio se explora como primer paso hacia el fin último de la construcción de la Ley de Gravitación Universal de Newton. El seguimiento. Un laboratorio de seguimiento dará la oportunidad de explorar la influencia exacta de la distancia en las fuerzas gravitatorias y de calcular la constante de gravitación G .

Información básica:

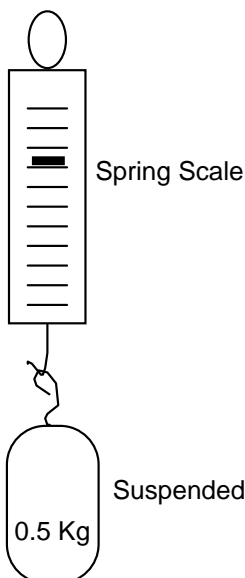
La comprensión de la naturaleza de la gravedad y su influencia en los objetos de la superficie de la Tierra puede ser un trampolín para comprender la naturaleza de la gravedad como fenómeno universal. La mayor parte de los datos históricos sugiere que Newton simplemente intuyó que la gravedad era una fuerza universal. Pensó que la fuerza que mantiene ligada a la Luna en su órbita alrededor de la Tierra es la misma fuerza que provoca la caída al suelo de una manzana desde el árbol. Los estudiantes no aceptarán completamente este punto de vista

- La gravedad no existe en el espacio (Después de todo, los astronautas en las naves espaciales no pesan)
- La masa y el peso son la misma cosa.
- La fuerza de la gravedad y la aceleración debida a la gravedad describen el mismo fenómeno
- La fuerza de la gravedad es la misma para todos los objetos en caída libre en la superficie de la Tierra.
- Las fuerzas gravitatorias no cumplen la Tercera Ley de Newton. (i.e. la fuerza de la Tierra sobre un guijarro es mayor que la fuerza del guijarro sobre la Tierra)

Un diseño relativamente simple de laboratorio para cuantificar las relaciones entre las masas suspendidas en muelles y la fuerza de la gravedad entre masas nos ofrece una oportunidad para afrontar estos errores conceptuales. Las discusiones previas al experimento pueden comenzar con una simple demostración como arrojar verticalmente al aire una pelota o dejar caer un objeto al suelo y explorar las siguientes preguntas:

- ¿Qué sucedió? ¿Por qué sucedió?
- ¿Qué factores influyen en la intensidad de la fuerza de la gravedad en una situación como esta?
- ¿Cómo cambiaría este experimento si lo repitiéramos en la superficie de la Luna? ¿Por qué?

Una discusión sobre los fundamentos podría enfocar el concepto de fuerza (una interacción entre dos objetos que potencialmente causa aceleración) y en la diferencia entre peso y masa. Estos son conceptos confusos en potencia y es aconsejable un diálogo explícito con los alumnos sobre su significado preciso. La masa se define de forma común como la cantidad de materia de un cuerpo (una definición que traen los estudiantes de los estudios primarios de química), aunque esta definición está, de alguna forma, incompleta en el estudio de la mecánica. La masa se define de forma más apropiada como una propiedad de los cuerpos que resiste la aceleración. La masa es una medida de la cantidad de inercia que posee un cuerpo. EL peso es una fuerza y es el resultado de una interacción gravitatoria entre al menos dos cuerpos. El peso depende de la masa de los dos cuerpos en cuestión (por ejemplo: la Tierra y la persona), pero la masa y el peso no son equivalentes.



Comprender la sutil diferencia entre masa inercial (la masa que resiste la aceleración en presencia de una fuerza neta) y la masa gravitatoria (la masa que interactúa gravitatoriamente con una o más masas) puede ser importante pero puede explorarse más tarde en otra unidad después de que los estudiantes tengan una mejor comprensión más profunda de la naturaleza de la gravedad. Esta es una distinción que muchos profesores pueden decidir no tratar, pero una exploración explícita de estos conceptos puede ser apropiada..

Pre-lab Discussion

Mostramos a los estudiantes una masa suspendida de un muelle con escala (dinamómetro). Preguntamos a los estudiantes qué está pasando. Escribimos sus respuestas en la pizarra.

Continuamos con la pregunta, ¿Qué podemos medir? Y de nuevo escribimos las respuestas.

Facilitamos que piensen sobre el hecho de que la escala del muelle mide la fuerza con la que la tierra tira de la masa. Preguntamos: ¿Por qué se alarga el muelle? ¿Qué tira del cuerpo suspendido? Una respuesta habitual a esta pregunta es que lo hace la gravedad. No obstante, sugerimos que se insista a los estudiantes que nombren a la Tierra como el cuerpo que tira al cuerpo suspendido para que comiencen a pensar sobre la gravedad como una fuerza mutua entre dos cuerpos, no solamente una influencia experimentada por un objeto individual sobre la superficie terrestre. Los estudiantes deben ser capaces de focalizar en la capacidad para determinar la relación entre la masa suspendida del objeto (variable independiente) y la fuerza de la Tierra sobre esta masa (variable dependiente). No es necesario en este punto nombrar a la fuerza de la gravedad, aunque los estudiantes utilizarán de forma libre este término. De hecho, puede haber algún beneficio en llamar a la fuerza medida

con la escala del muelle “la fuerza de la Tierra sobre el cuerpo suspendido”, ya que esto enfatiza el hecho de que la escala del muelle mide la interacción gravitatoria entre la tierra y el cuerpo suspendido en el muelle y la fuerza de la Tierra que actúa sobre él.

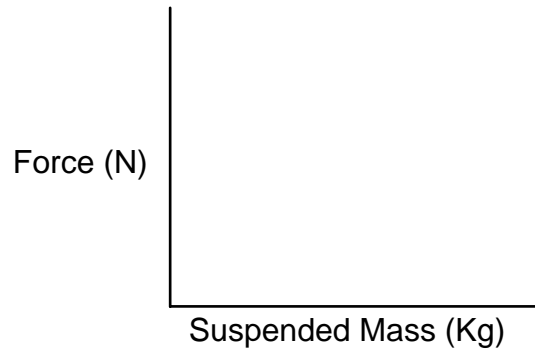
Propósito: determinar la relación gráfica y matemática entre la masa del objeto

Materiales:

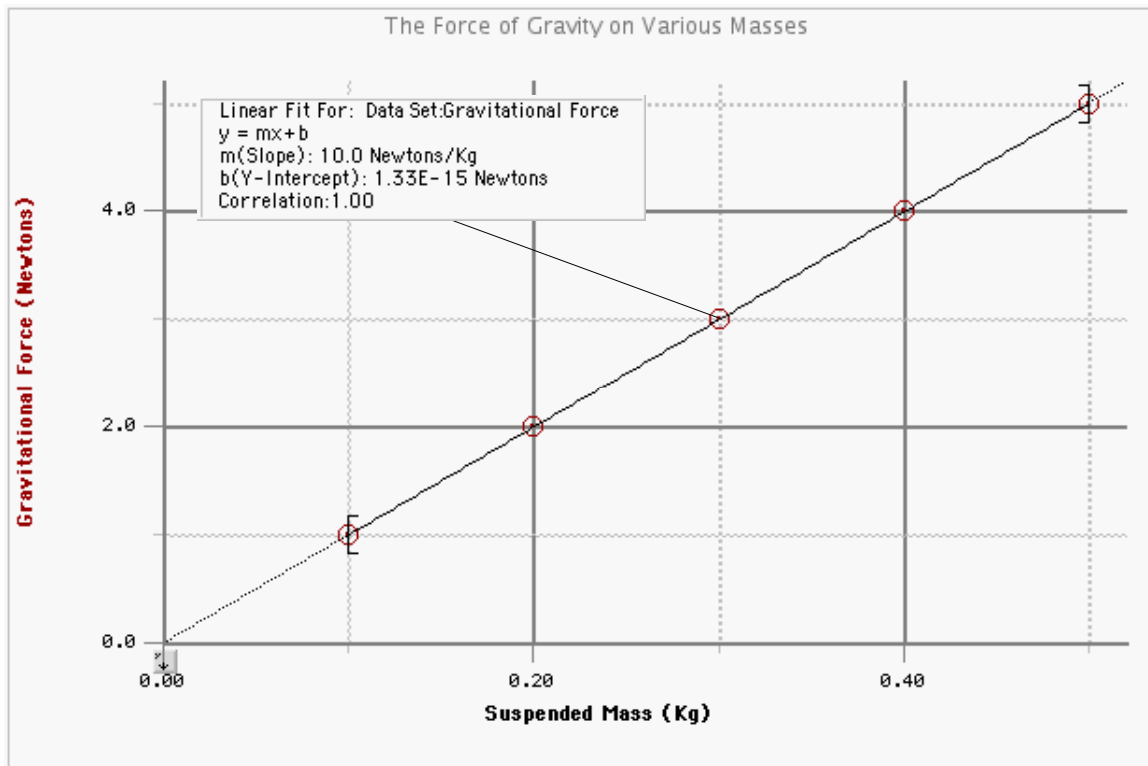
- Dinamómetro con lectura en Newton
- Varias masa de valores conocidos
- Papel para gráficos o un programa de gráficos de ordenador como el Excel o el Graphical Analysis.

Proceso experimental:

En grupos no mayores de tres, los estudiantes miden la fuerza de la gravedad que actúa sobre al menos cinco masas conocidas. Los cinco datos se pintan sobre la gráfica tal como se indica más abajo. La masa de el objeto suspendido in Kg es la variable independiente y la fuerza de la Tierra sobre el cuerpo en Newtons es la variable dependiente. La muestra de los datos se observa más abajo



Masa del cuerpo suspendido (Kg)	Fuerza de la Tierra sobre el cuerpo (Newtons)
0.1	1
0.2	2
0.3	3
0.4	4
0.5	5



La línea de regresión sobre los datos de la muestra sugiere una inclinación de 10 N/Kg. Esta pendiente representa “la fuerza del campo gravitatorio” en la superficie de la tierra. Los alumnos conseguirán aproximadamente un valor de 10 N/Kg, dado que la precisión de la mayoría de los dinamómetros no es suficiente para obtener mejores resultados. Se les puede animar para tomar lecturas con un dígito de incertidumbre, que nos llevarían a pendientes más cercanas a 9.8 N/Kg.

La ecuación matemática que se infiere de la gráfica puede ser escrita:

$$F_g = \left(10 \frac{\text{N}}{\text{Kg}}\right)m$$

Discusión post experimental:

Cuestiones a tratar durante la discusión post experimental:

- ¿Qué sugiere el gráfico de los datos sobre la relación entre la masa y las fuerzas gravitatorias?.

AL incrementarse la masa del cuerpo, la fuerza gravitatoria se incrementa. La fuerza de la gravedad es directamente proporcional a la masa del cuerpo. Si doblamos la masa se doble la fuerza de la gravedad sobre ella. Triplicando la masa del cuerpo resulta una fuerza de la gravedad tres veces mayor y así continuamente.

- **¿Cuál sería la fuerza de la gravedad sobre 10 Kg masa en la superficie de la Tierra? ¿Cómo lo podemos saber?**

100 Newtons, lo sabemos sustentando nuestros resultados en la ecuación generada por los datos.

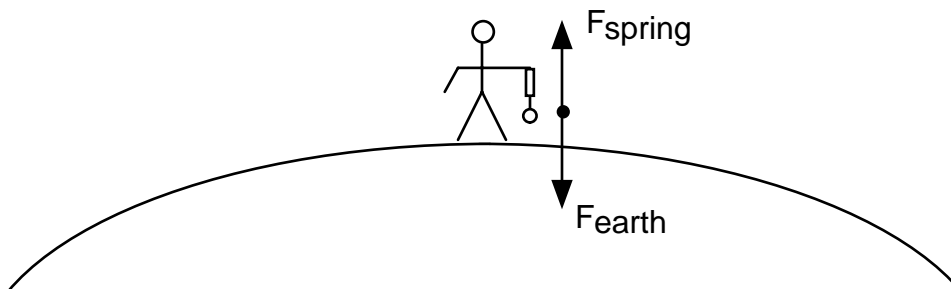
- **¿Qué representa la pendiente de la gráfica? Explica la pendiente con palabras. Nota: el término “fuerza del campo gravitatorio” no debe usarse aquí, y, de hecho, probablemente no debería ser usado hasta que los alumnos expliquen el significado conceptual de pendiente .**

La pendiente representa la intensidad de la fuerza de la gravedad sobre cada kilogramo en la superficie de la Tierra, la Tierra tira con una fuerza aproximadamente de 10 Newtons.

- **¿Esperarías un tipo de gráfica similar si los datos se tomaran en la Luna?**

En un experimento equivalente en la Luna se encontraría una gráfica con una pendiente menor ya que la fuerza de la gravedad sobre cada Kg en la superficie de la Luna no sería tan grande como la fuerza de la gravedad sobre cada Kg en la superficie de la Tierra.

- **Dibuja un diagrama de fuerzas sobre el objeto suspendido del dinamómetro. ¿Cuál es la fuente de la fuerza que actúa sobre la masa en suspensión?**

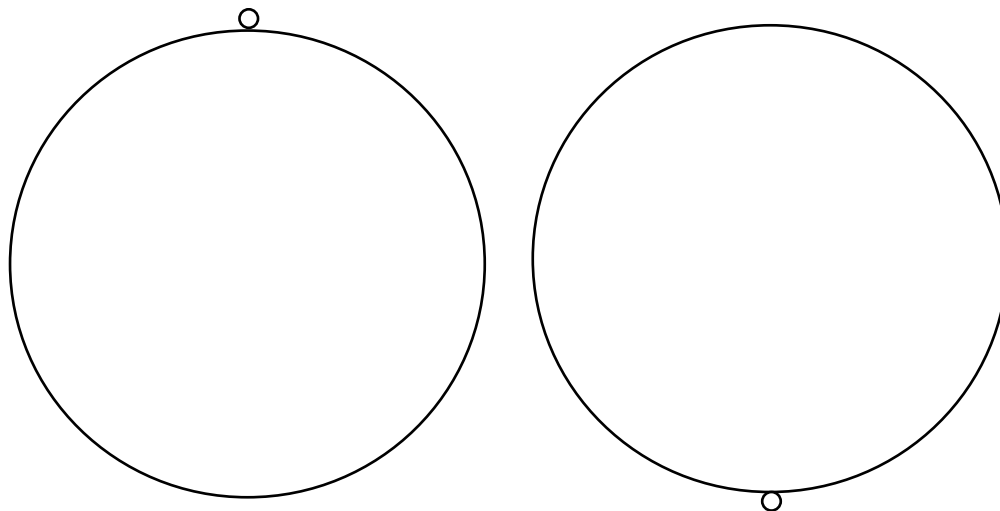


La inclusión de al menos una porción de la Tierra en el dibujo, podemos ayudar a los alumnos a visualizar la fuerza de la gravedad como una interacción entre la Tierra y la masa en suspensión.

- **¿Cuántos objetos deben estar presentes para que exista la fuerza de la gravedad? En la interacción entre la Tierra y la masa en suspensión, ¿qué objeto ejerce la fuerza mayor? ¿Por qué?**

Se requieren dos objetos para que exista una fuerza. La Tercera Ley de Newton predice que cualquier fuerza es igual y opuesta para los dos cuerpos. Aquí los dos cuerpos son el suspendido del dinamómetro y la Tierra. La fuerza de la Tierra sobre el objeto suspendido es igual a la fuerza del objeto suspendido sobre la Tierra.

Se debe animar a los estudiantes a que consideren este concepto con atención. Una posible batería de preguntas podría incluir las siguientes: ¿Cuál es el peso de una bola de bolos de 5 Kg en la superficie de la Tierra? (50 Newtons). ¿Cuál es el peso de la Tierra sobre la superficie de una bola de bolos de 5 Kg? (De nuevo 50 Newtons). Una comprensión clara de por qué la respuesta es la misma requiere que los estudiantes hayan comprendido verdaderamente algunos conceptos que se confunden con facilidad. Se proporcionan preguntas similares en las siguientes cuestiones de este laboratorio



- **¿Qué podemos concluir sobre la influencia de la masa en la fuerza gravitatoria?**

La fuerza de la gravedad es el resultado de la interacción entre (al menos) dos masas e influye de manera equivalente a las masas de cada objeto. La fuerza experimentada por los dos cuerpos es igual en magnitud y dirección y opuesta en sentido.

Comentarios adicionales:

La pendiente de la línea que representan los datos se una medida de la intensidad del campo gravitatorio en la superficie de la Tierra. Los alumnos reconocerán la similitud entre este valor y la aceleración debida a la gravedad previamente estudiada ($9,8 \text{ m/s}^2$). Sugerimos que se sea muy explícito en hacer la distinción entre estos dos valores. La intensidad del campo gravitatorio terrestre, g , puede ser utilizada para determinar la magnitud de la fuerza gravitatoria sobre una masa específica ($F_g=mg$) esté o no el objeto en movimiento. La aceleración debida a la gravedad es el movimiento resultante de la fuerza de la gravedad actuando sobre una masa particular. La intensidad del campo gravitatorio determina la fuerza gravitatoria sobre una masa particular, mientras que la aceleración debida a la gravedad es el movimiento causado por esa fuerza. EL hecho de que estos dos fenómenos muestren un valor idéntico es el resultado de cómo se definió el Newton (la fuerza requerida para acelerar 1 Kg a 1 m/s^2). La diferencia entre la intensidad del campo gravitatorio y la aceleración debida a la fuerza de la gravedad se sobre entiende en los cursos de introducción a la Física. De todas formas, distinciones explícitas pueden ayudar a los alumnos a conseguir una profunda comprensión de los conceptos centrales de la mecánica y proveerán de una base para un claro entendimiento de los conceptos de campo eléctrico, fuerza eléctrica y potencial eléctrico que se estudian con posterioridad

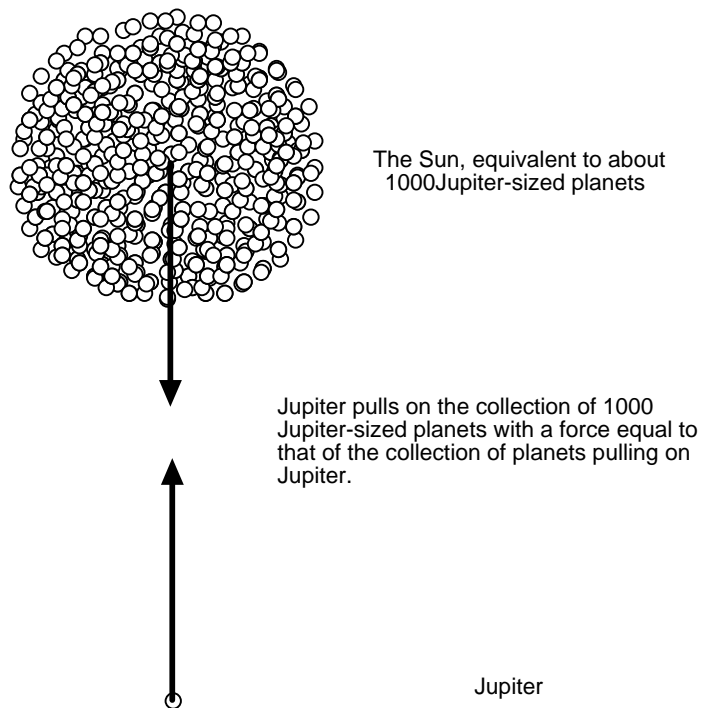
Puede ser de ayuda para los alumnos empezar pensando sobre la lectura de la escala del dinamómetro como una medida de la fuerza de la Tierra sobre el cuerpo suspendido. Las fuerzas gravitatorias son resultado de la interacción entre dos masas y la fuerza resultante es igual en magnitud a cada objeto independiente de su masa individual. Muchos de los alumnos piensan que la fuerza de la Tierra es mucho más grande que la fuerza de la masa sobre la Tierra. Este error conceptual puede ser tratado mediante el dibujo de la Tierra en diagramas de fuerza en los que la gravedad esté presente. De igual modo, dando la vuelta a la pregunta usual del peso de un objeto sobre la Tierra e invitando a los estudiantes a considerar el peso de la Tierra sobre un cuerpo mucho más pequeño no da la oportunidad para pensar de forma distinta sobre la naturaleza de las fuerzas de gravedad en las circunstancias de cada día.

En este laboratorio ha quedado de manifiesto que la fuerza gravitatoria depende de la masa del cuerpo en suspensión. Los alumnos puede que no reconozcan que la masa del objeto en suspensión es , de hecho, tan importante para establecer la fuerza de la gravedad como la Tierra.

De la discusión del experimento y del post experimento, los alumnos deben entender que las fuerzas de la gravedad son el resultado de la interacción entre al menos dos cuerpos y que la fuerza presente es igual para las dos masas. La dependencia lineal entre masa y fuerza de la gravedad dada por los datos experimentales sugiere que doblar la masa de uno de los cuerpos dobla la fuerza de la gravedad, triplicar la masa de uno de los cuerpos triplica a su vez la fuerza de la gravedad, etc. Estas señales deberían proveer a los alumnos de una base sobre la que puedan entender la lógica newtoniana que asume que las fuerzas gravitatorias dependen del producto de las dos masas presentes. Él pensó que si su tercera ley era cierta, entonces la fuerza gravitatoria que actuaba sobre los dos objetos debía ser igual y opuesta en cada uno de los cuerpos. Newton utilizó el Sol y Júpiter para ayudar a llevar más allá esta exploración. Si el Sol fuera aproximadamente 1000 veces más masivo que Júpiter, es como si estuviera compuesto por 1000 planetas del tamaño de Júpiter, con cada uno de los planetas de la colección tirando de Júpiter con su particular fuerza gravitatoria F . El efecto combinado de cada uno de esos 1000 planetas del tamaño de Júpiter tirando a la vez sería de $1000F$. De forma similar, Júpiter como planeta individual tira de cada uno de los 1000 planetas del tamaño de Júpiter de la colección con una fuerza F . De nuevo el resultado es de $1000F$. La única aplicación matemática lógica de esta idea es asumir que la fuerza gravitatoria es proporcional al producto de las dos masas.

$$F \propto m_1 m_2$$

Adaptado del Project Physic



Gravitation 2
La gravedad a través del Sistema Solar

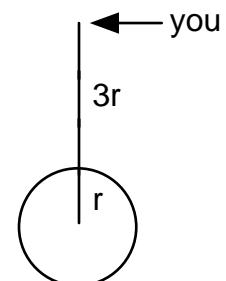
Repaso de algunos conceptos básicos. Requiere pensar un poco.

1. Explica la diferencia entre el peso y la masa definida de forma corriente en física (ayuda: en física, la masa no es sólo “la cantidad de materia de un objeto. Cuando la defines, piensa sobre la influencia de la masa en el movimiento.)
2. Explica la diferencia entre los tres conceptos siguientes: la aceleración debida a la gravedad 8m/s^2 , la intensidad del campo gravitatorio ($9,8\text{ N/Kg}$), y la fuerza gravitatoria (en Newtons). Podría ser útil tomar un ejemplo específico.

Algunos calculus:

3. Calcula tu masa en Kg
4. Calcula la fuerza de la gravedad entre la Tierra y tú usando la Ley de la Gravitación Universal. Muestra los cálculos completos. Utiliza los datos planetarios de la tabla para obtener los valores necesarios.

5. Determina cuánto pesarías a una distancia de 3 veces el radio sobre la superficie de la Tierra (¿Cuál es la distancia total en esta situación? Realiza los cálculos completos.



6. Las naves espaciales a menudo orbitan a una distancia de 321.800 m sobre la superficie terrestre. Calcula la fuerza de la Tierra sobre un astronauta de 80 Kg en ese punto del espacio. Alguno de tus mejores amigos cree que los astronautas en la nave flotan porque “no hay gravedad en el espacio” ¿Tus cálculos confirman ese punto de vista? ¿Qué porcentaje del peso en la superficie está presente a 321.800 m sobre la superficie de la Tierra?

7. Determina cuánto pesarías en la superficie de la Luna (i.e. cuál es la fuerza de la gravedad entre la Luna y tú ?). Muestra los cálculos completos.

8. Determina cuánto pesarías sobre la superficie de Jupiter. Muestra los cálculos completos.

9. Determina cuánto pesarías sobre la superficie del Sol.

10. Determina la fuerza de la gravedad entre La Tierra y La Luna

11. Imagina que el Sol se encogiera sin perder masa. (Discutiremos por qué algunas estrellas de tipo temprano colapsan). ¿Qué sucedería a las fuerzas de la gravedad sobre los cuerpos en la superficie del Sol? Explica tu respuesta de forma detallada. ¿Qué sucederá a la fuerza de la gravedad entre la Tierra y el Sol? Explica la respuesta.

12. Si el Sol encogiera hasta el tamaño de la Tierra sin perder masa, ¿Cuánto pesaría 1 kg del objeto sobre la superficie? Presenta de forma clara tus cálculos.

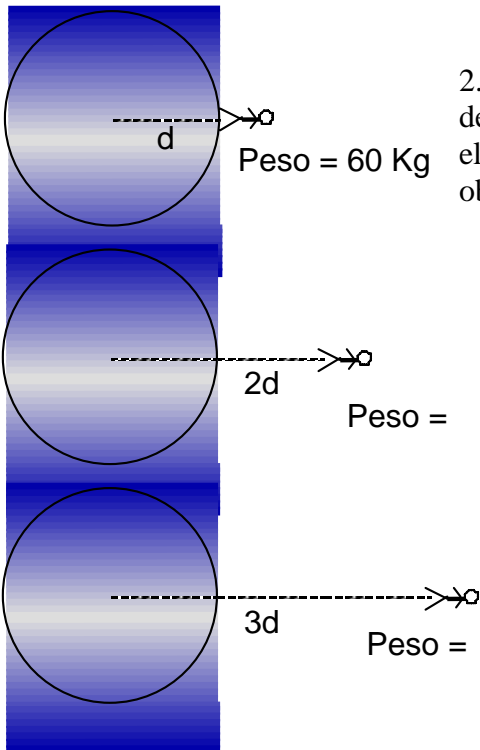
13. Si el Sol se encogiera hasta el tamaño de la Tierra sin perder masa, cambiaría la fuerza de la gravedad que actúa sobre la Tierra y los demás planetas? Explica tu respuesta.

14. Describe la diferencia entre el movimiento de caída libre, el movimiento de un proyectil y el movimiento orbital. ¿Qué tienen en común cada uno de estos movimientos?



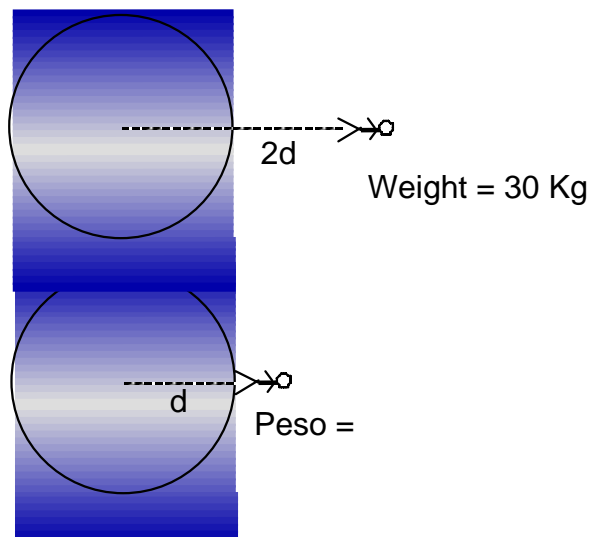
Cómo cambia la gravedad con la distancia

1. En general ¿Qué le ocurre a la intensidad de una fuerza gravitatoria cuando os movemos lejos de una estrella o planeta?

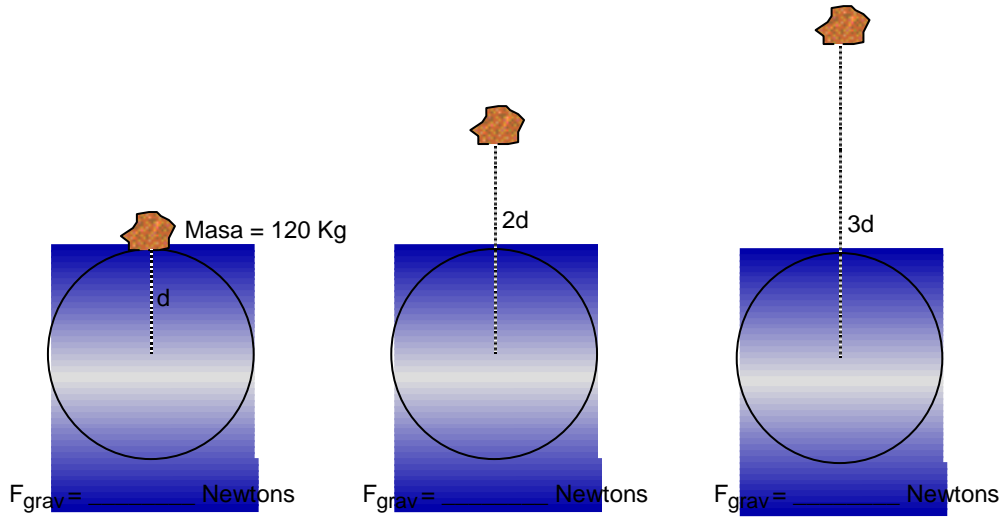


2. El diagrama de la izquierda muestra a un estudiante de 60 Kg a distintas distancias de la Tierra. Determina el peso del estudiante a $2d$ y $3d$. Explica cómo obtienes la respuesta.

3. Supón que un profesor de ciencias experimenta un peso de 30 Kg cuando se sitúa a la distancia de $2d$ desde el centro de la Tierra. ¿Cuánto pesaría el profesor de ciencias en la superficie terrestre? Justifica tu respuesta.



4. El diagrama representa 120 Kg de cantos rodados en la superficie de la Tierra. Determina la fuerza de la gravedad que actúa en los cantos en cada una de las posiciones que se muestran en el diagrama:

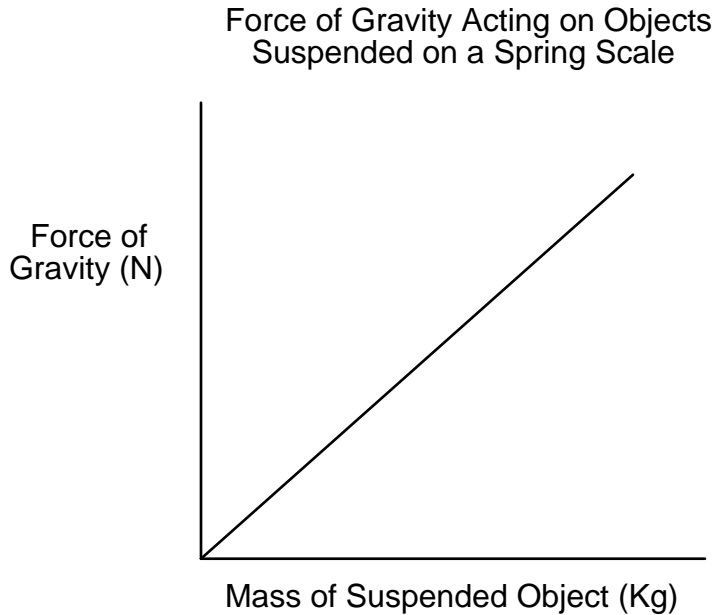


Explica o muestra cómo calculas las respuestas.

5. Usando palabras y dibujos, explica cómo varía la fuerza de la gravedad cuando cambia la distancia entre dos objetos.

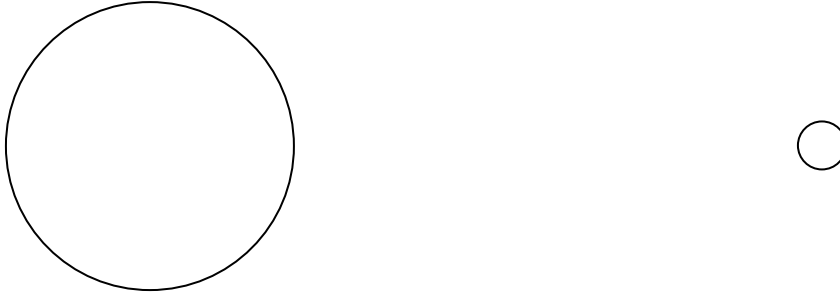
Gravitación 1
Desarrollo de la comprensión del concepto de gravedad

1. La gráfica cualitativa de abajo representa la relación entre la masa de varios objetos y la fuerza de la gravedad actuando sobre ellos. El mejor ajuste a la línea representa la colección de datos sobre la superficie de la Tierra.



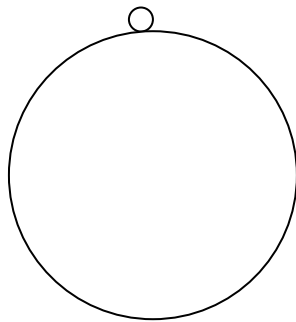
1. a. Bosqueja y rotula la línea de mejor ajuste que resultaría si se realizara el mismo experimento en la Luna. Explica detalladamente tu razonamiento.
1. b. Bosqueja y rotula la línea de mejor ajuste que resultaría si se realizara el mismo experimento en la superficie del Sol. Explica detalladamente tu razonamiento.
2. a. La **intensidad del campo gravitatorio** terrestre en la superficie de la Tierra es aproximadamente 9.8 N/Kg. Explica este valor mediante palabras.
2. b. La aceleración debida a la gravedad en la superficie terrestre es aproximadamente de 9.8 m/s^2 . Explica este valor con palabras

3. El diagrama de más abajo representa el sistema Tierra-Luna . Dibuja cualitativamente los vectores que representen a las fuerzas que están presentes. La tamaño relativo de las fuerzas debe relacionarse de forma evidente con la longitud relativa de los vectores dibujados. Las fuerzas que actúan sobre los cuerpos se deben tomar en desde su centro.



Explica el diagrama.

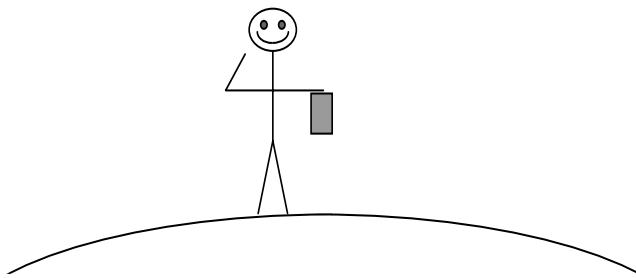
4. El diagrama de abajo representa una bola de bolos de 2 Kg sobre la superficie de la Tierra (evidentemente no está dibujada a escala). Suponiendo que la bola y la Tierra son los dos únicos objetos:



- a. ¿Cuál es la fuerza de la gravedad que actúa sobre la bola? ¿Cual es la fuerza de la gravedad que actúa sobre la Tierra? Explica la respuesta.
- b. ¿Cuál es el peso de la bola? Explica la respuesta. ¿Son el peso y la masa equivalentes? Explica brevemente la respuesta.

- c. Sean de nuevo la Tierra y la bola. Teniendo en cuenta que éstos son los dos únicos objetos presentes. ¿Cuánto pesa la Tierra en presencia de la bola? (Una pregunta para pensar: ¿ Está la bola sobre la superficie de la Tierra o está la Tierra sobre la superficie de la bola? Explica la respuesta.

5. Un estudiante (muy contento) sostiene un libro de texto de física de 1 Kg physics textbook en la superficie de la Tierra.



- a. Dibuja un diagrama cuantitativo de fuerzas para el libro de texto. Rotula con claridad las fuerzas.

- b. ¿Cuál es la fuerza del libro de texto sobre la Tierra?. Explica la respuesta.

6. Bajo cuál de las siguientes circunstancias necesitaría Atlas, el estudiante de físicas más fuerte, usar la fuerza mayor? Explica la respuesta con detalle.

