

## I - INTERACCIONES: TAREAS 1

*Algunas soluciones*

### **¿Qué podemos decir de la Física?**

**I.1a** – ¿Qué sentencia es la más adecuada?

- a) La Física describe la Naturaleza de modo que puede predecir su comportamiento y modificarla
- b) La Física explica la Naturaleza de modo que puede predecir su comportamiento
- c) La Física nos permite entender la Naturaleza
- d) No hace falta la Física para entender la Naturaleza

### **Algo de Matemáticas: derivada**

**I.1b** – Comenta las siguientes propuestas:

- a) No es importante describir elementos que varían porque la Física únicamente se interesa por invariantes (como el principio de conservación de la energía ...)
- b) El concepto matemático para describir las variaciones es la derivada.
- c) La variación del espacio respecto del tiempo es siempre constante
- d) En la luz no hay nada variable por lo que entretenerse en estudiar la derivada es una pérdida de tiempo
- e) La derivada de una función es el cociente entre la variación de la función y la variación de la variable cuando esta tiende a cero

### **Algo de Matemáticas: familiarizarse con la definición de derivada**

**I.1c** – Aplica la definición de derivada a la función:

$$y(x) = \frac{m}{x}$$

**Solución:** -  $m/x^2$

### **Interacciones**

**I.2** - De las cuatro interacciones básicas de la Naturaleza comenta cuales son de corto alcance y cuales de largo alcance.

### **Gravitación Universal y gravedad**

**I.3** - Teniendo en cuenta la ley de la dinámica de Newton y que la distancia, a efectos gravitatorios, entre la Tierra y los objetos en su superficie se toma el radio de la Tierra ¿qué podemos hacer con la expresión de la ley de gravitación universal?

- a) Nada porque la ley de la gravitación universal sólo sirve para calcular las fuerzas entre los objetos celestes.
- b) La ley de la dinámica de Newton, teniendo en cuenta la fuerza de atracción de la Tierra, nos permite obtener directamente la velocidad con que caen los objetos.
- c) La ley de la dinámica de Newton, teniendo en cuenta la fuerza de atracción de la Tierra, nos permite obtener directamente la aceleración con que caen los objetos si conocemos su masa.
- d) Aplicando la ley de la dinámica de Newton, a la fuerza con que la Tierra atrae a los cuerpos, obtenemos que estos caen con una aceleración de  $9.8 \text{ m/s}^2$

### **Fuerzas interestelares**

**I.4** – ¿Porqué predomina la fuerza gravitatoria frente a la eléctrica en las interacciones astronómicas?

### **Fuerza entre dos personas.**

**I.5** – Calcular la interacción gravitatoria entre dos personas de 80 Kg que se encuentran separadas un metro, compárese con la fuerza que la Tierra ejerce sobre cualquiera de ellos.

$$G = 6.672 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ Kg}^{-2}$$

**Solución:**

La fuerza de interacción entre dos masas viene dada por

$$F = G \frac{m_1 * m_2}{d^2} \mathbf{u}_r \quad G = 6.672 * 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ Kg}^{-2}$$

$$F = 6.672 * 10^{-11} * 80 * 80 = 4.2 * 10^{-7} \text{ N}$$

Si esta fuerza la expresamos en kp, su valor será unas diez veces menor es decir del orden de  $4 * 10^{-8}$  kp, del orden de centésimas de millonésimas el valor del peso de la persona, 80 kp.

**Fuerza y las leyes del movimiento de Newton**

**I.6a** – Complete el siguiente enunciado:

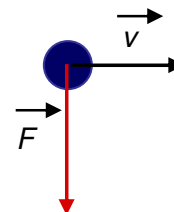
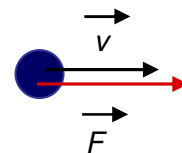
El término fuerza neta describe más precisamente a

- a) la inercia de un objeto.
- b) la magnitud que causa un desplazamiento.
- c) la magnitud que mantiene a un objeto en movimiento.
- d) la masa de un objeto.
- e) la magnitud que modifica la velocidad de un objeto.

**Fuerza y movimiento**

**I.6b** – Comenta los siguientes enunciados:

- a) Si la fuerza neta que se ejerce sobre un cuerpo es en la misma dirección y sentido que la velocidad que lleva ese cuerpo, su velocidad aumenta.
- b) Si la fuerza neta que se ejerce sobre un cuerpo es en la misma dirección, pero sentido opuesto, que la velocidad que lleva ese cuerpo, su velocidad aumenta.
- c) Si la fuerza neta que se ejerce sobre un cuerpo tiene dirección perpendicular a la velocidad que lleva ese cuerpo su velocidad aumenta.
- d) Si la fuerza neta que se ejerce sobre un cuerpo tiene dirección perpendicular a la velocidad que lleva ese cuerpo, su velocidad no aumenta pero varía su dirección.



**Campo Gravitatorio**

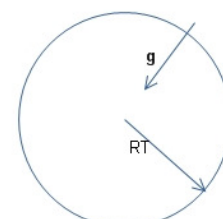
**I.7a** –Comenta las siguientes expresiones:

- a) El campo gravitatorio de la Tierra en un punto es la fuerza que esta ejerce sobre la unidad de masa situada en dicho punto.
- b) Los cuerpos que se encuentran sobre la superficie de la Tierra no generan campos gravitatorios.
- c) Los astronautas de la Estación Espacial Internacional no sufren la acción de la Tierra, por eso flotan.
- d) Si conozco el campo gravitatorio en un punto conozco la fuerza que sufrirá cualquier cuerpo de masa  $m$  que coloque en dicho punto.

**Campo Gravitatorio Terrestre**

**I.7b** – En la imagen se muestra la Tierra y el campo  $g$  que esta crea en su superficie.

- a) Dibuja el campo en un punto situado a una altura sobre la superficie de la Tierra igual al radio de la Tierra



b) ¿Qué masa tendríamos que poner en ese punto para que la fuerza con que la Tierra lo atrae resulte igual a su peso en la superficie de la Tierra?

### Concepto de Campo Eléctrico

**I.8a** – ¿Cómo podemos detectar la existencia de campo eléctrico en un punto?

### Campo Gravitatorio y Campo Electroestático

**I.8b** – Comenta las siguientes expresiones:

- La semejanza fundamental entre el campo gravitatorio y el electrostático es que siempre son atractivos.
- Los campos gravitatorios varían con la distancia pero los electrostáticos no
- Los campos gravitatorios cumplen el principio de superposición los electrostáticos no
- La fuerza que la Tierra, de masa  $6 \times 10^{24}$  kg, ejerce sobre un kilogramo es la misma que una carga de  $6 \times 10^{24}$  C ejerce sobre una carga de un coulombio

### Fuerza eléctrica en un átomo de hidrógeno

**I.9** – En el átomo de hidrógeno el electrón está separado del protón por una distancia media aproximada de  $5.3 \times 10^{-11}$  m ¿Cuál es el módulo de la fuerza electrostática entre ambos? Carga del electrón  $e = 1.6 \times 10^{-19}$  C.

**Solución:**

$$\mathbf{F} = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \mathbf{u}_r \quad k = 1/(4 \pi \epsilon_0) = 8.99 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$$

$$F = 8.99 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2} (1.6 \times 10^{-19} \text{ C})^2 / (5.3 \times 10^{-11} \text{ m})^2 = 8.19 \times 10^8 \text{ N}$$

### Comparación cuantitativa entre las fuerzas eléctrica y gravitatoria

**I.10** – Calcular la relación que existe entre la fuerza eléctrica y la gravitatoria ejercidas entre el protón y el electrón de un átomo de hidrógeno.

Masa del protón  $m_p = 1.67 \times 10^{-27}$  kg, masa del electrón  $m_e = 9.11 \times 10^{-31}$  kg

**Solución:**  $2.27 \times 10^{39}$

### Carga de cuerpos macroscópicos

**I.11** – Dos cucharones de agua contienen cada uno 18.02 g, se encuentran separados 1m.

- Determinar la carga positiva y la carga negativa de uno de los cucharones.
- Determinar la fuerza gravitatoria entre dos masas de agua de 18.02 g.
- Supongamos que a una de las masas de agua le quitamos toda la carga negativa y que a la otra le anulamos la positiva ¿qué fuerza electrostática se ejercerá entre ambas?

Peso molecular del agua 18.02 g, número de Avogadro  $6.02 \times 10^{23}$ ,  $e = 1.6 \times 10^{-19}$  C

**Solución:**

a) El oxígeno tiene 8 protones y 8 electrones, el hidrógeno un protón y un electrón, el agua está formada por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, la carga tanto positiva como negativa de un mol de agua será el número de moléculas que hay en un mol multiplicado por el número de electrones o protones de cada molécula por la carga de cada uno de ellos:

$$6.02 \times 10^{23} \times 10 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} = 963 \text{ 000 C}$$

$$b) \quad 6.672 \times 10^{-11} \times 18.2 \times 10^{-3} \times 18.2 \times 10^{-3} = 2.2 \times 10^{-14} \text{ N}$$

$$c) \quad 9 \times 10^9 \times 963 \times 10^3 \times 963 \times 10^3 = 8.3 \times 10^{21} \text{ N}$$

### Masa de la Tierra.

**I.12** – Calcular la masa de la Tierra si su radio es de  $6.4 \times 10^6$  m,

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N kg}^{-2} \text{ m}^2$$

**Solución:**  $6 \times 10^{24}$  kg

**Descripción del problema y planteamiento** (qué sabemos):

La Tierra ejerce una fuerza sobre los cuerpos que se encuentran en su superficie a la que llamamos peso, si solamente actúa esta fuerza los cuerpos caen con una aceleración de  $9.8 \text{ m s}^{-2}$ . Esta fuerza la podemos expresar mediante la ley de gravitación universal suponiendo que la distancia, a efectos gravitacionales, entre la Tierra y estos cuerpos es el radio de la misma.

**Relaciones matemáticas:**

Las descripciones anteriores se expresan matemáticamente en las siguientes expresiones:

Fuerza que ejerce la Tierra sobre un cuerpo en su superficie = Peso =  $m \cdot g$

$$F = G \cdot M_T \cdot m / R_T^2$$

**Resolución de las ecuaciones**

De estas dos expresiones despejamos la masa de la Tierra:

$$M_T = g \cdot R_T^2 / G = 9.8 \cdot (6.4 \times 10^6)^2 / 6.67 \times 10^{-11} = 9.8 \cdot 40.96 / 6.67 \cdot 10^{23} = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

**Peso**

**I.13** – ¿Cuánto pesa una persona de 80 kg que se encuentra en la estación espacial internacional? Radio de la órbita de la estación 360 km sobre la superficie de la tierra, comente el resultado. ¿Qué pesaría si se encontrase a una altura sobre la tierra igual al radio de esta?

**Solución:** 700 N; 195 N

Si llamamos peso a la fuerza con que la Tierra atrae a un objeto, de acuerdo con la expresión de la Ley de Gravitación Universal enunciada por Newton:

$$\begin{aligned} \text{Peso} &= G M_T m / d^2 = 6.67 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24} \times 80 / ((6.4 + 0.36) \cdot 10^6)^2 = \\ &= 3201.6 \times 10^{13} / 45.7 \times 10^{12} = 700 \text{ N} \end{aligned}$$

$$700 \text{ N} / 9.8 = 71.4 \text{ kp}$$

En la superficie de la Tierra  $80 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} = 784 \text{ N}$

Su peso aparente en la Estación Espacial Internacional sería cero ya que cae hacia la Tierra con la misma aceleración que la estación espacial “cae”.

Si se encuentra a una altura igual al radio de la Tierra la fuerza de esta será:

$$\text{Peso} = G M_T m / d^2 = 6.67 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24} \times 80 / (2 \cdot 6.4 \cdot 10^6)^2 = 195 \text{ N}$$

Es decir, la cuarta parte de lo que pesaba en la superficie de la Tierra dado que la distancia al centro de esta se ha duplicado y la fuerza varía con el inverso del cuadrado de la distancia.

**Fuerza entre cargas en una dimensión**

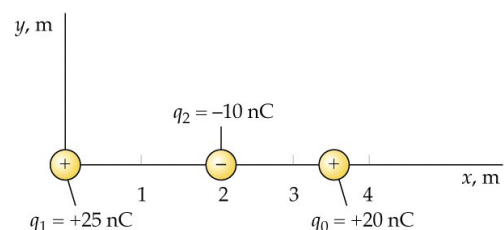
**I.14** – Tres cargas puntuales se encuentran sobre el eje x;  $q_1$  se encuentra en el origen,  $q_2$  en  $x = 2 \text{ m}$  y  $q_0$  en  $x$  ( $x > 2 \text{ m}$ ).

a) Encontrar la fuerza neta sobre  $q_0$  ejercida por  $q_1$  y  $q_2$  si  $q_1 = +25 \text{ nC}$ ,  $q_2 = -10 \text{ nC}$  y  $x = 3.5 \text{ m}$ .

b) Encontrar una expresión para la fuerza neta sobre  $q_0$  debida a  $q_1$  y  $q_2$  en el intervalo  $2 \text{ m} < x < \infty$ . Interpretar el resultado.

c) Si  $q_0$  se encuentra en  $x = 1 \text{ m}$  determinar la fuerza neta que actúa sobre esta carga.

**Solución:**  $-432 \cdot 10^{-9} \text{ N i}$



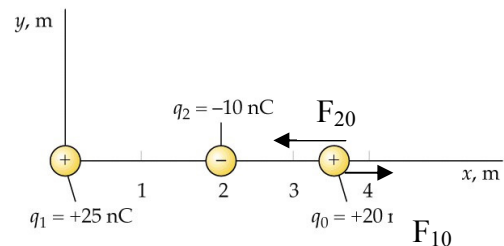
La fuerza entre dos cargas viene expresada por la Ley de Coulomb

$$\mathbf{F} = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{d^2} \mathbf{u}_r \quad k = 1/(4 \pi \epsilon_0) = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$$

Cuando queremos encontrar la fuerza ejercida por varias cargas se suman las fuerzas de cada una de ellas como si no existieran las demás, es el llamado principio de superposición, hay que tener en cuenta que es una suma de vectores, en este caso estamos en una dimensión por lo que sumamos o restamos según los sentidos de las fuerzas.

a) La fuerza de la carga 1 sobre la carga 0 es repulsiva dado que ambas son positivas mientras que la fuerza de la carga 2 sobre la carga 0 es atractiva debido a que son de distinto signo.

$$\begin{aligned} F &= F_{10} + F_{20} = k \cdot q_1 \cdot q_0 / d_{10}^2 - k \cdot q_2 \cdot q_0 / d_{20}^2 = \\ &= 9 \cdot 10^9 \cdot 20 \cdot 10^{-9} (25 \cdot 10^{-9} / 3.5^2 - 10 \cdot 10^{-9} / 1.5^2) = \\ &= -9 \cdot 20 \cdot 2.4 \cdot 10^{-9} = -432 \cdot 10^{-9} \text{ N} \end{aligned}$$



Fuerza negativa significa que va en sentido hacia la izquierda, aunque la carga 1 que repele a la 0 es mayor que la carga 2 que la atrae, como esta está más cerca el balance es negativo.

$$b) F = F_{10} + F_{20} = k \cdot q_1 \cdot q_0 / x^2 - k \cdot q_2 \cdot q_0 / (x-2)^2$$

Para puntos muy alejados x y x-2 podemos aproximarlos a x y tenemos:

$$F = F_{10} + F_{20} = k \cdot q_0 (q_1 - q_2) / x^2$$

Observamos que a distancias grandes la fuerza es la debida a la suma de las cargas 1 y 2

c) Si ponemos la carga 0 entre la 1 y la 2 las fuerzas se sumarán.

$$F = 9 \cdot 10^9 \cdot 20 \cdot 10^{-9} (25 \cdot 10^{-9} / 3.5^2 + 10 \cdot 10^{-9} / 1.5^2) = 9 \cdot 20 \cdot 2.4 \cdot 10^{-9} = 1.159 \cdot 10^{-6} \text{ i N}$$