Tema 3. Cambiar unidades. Factores de conversión

3.0. Guión de trabajo del tema

Atiende a la exposición del profesor sobre los apartados 3.1 y 3.2.

Ver vídeo “Cambio de unidades con factores de conversión”:

https://www.youtube.com/watch?v=8H5SKYmS1J8 (hasta minuto 3:20)

Trabajo con alumnos expertos. Ocho alumnos preparan previamente, con el profesor, los ejemplos resueltos del apartado 3.3. Cada alumno elige dos ejemplos y los explica a pequeños grupos de clase, que van rotando por cada uno de los expertos. Cada alumno anota en su cuaderno todos los pasos de los ejemplos.

En casa puedes profundizar más en los factores de conversión con el siguiente vídeo “Factores de conversión Secundaria”:

https://www.youtube.com/watch?v=ernSMwm3RC4

Trabajo por parejas.

- Realizar los ejemplos propuestos en el apartado 3.4. Corregirlo conforme se realicen en la pizarra.

Atiende a la exposición del profesor sobre el apartado 3.5.

Trabajo en equipo.

- Realizar en grupo el experimento detallado en el apartado 3.6.
- Redactar el informe científico correspondiente.

3.1. Cambiar unidades mediante regla de proporción directa. Regla de tres

En cursos anteriores hemos aprendido a realizar reglas de proporción directa, también conocidas como reglas de tres. Ahora vamos a aplicarlo en el cambio de unidades. Veámoslo con ejemplos.

Ejemplo 1: pasar 30 cm a la unidad de referencia del SI para distancia. Razonamos de la siguiente forma:

$$100\,cm \rightarrow 1\,m$$
$$30\,cm \rightarrow x\,m$$

Multiplicamos los números en cruz e igualamos.

$$x \cdot 100 = 1 \cdot 30$$

Despejamos la incógnita x y obtendremos el valor solución en metros.

$$x = \frac{30}{100} \quad \rightarrow \quad x = 0{,}3\,m$$

Ejemplo 2: pasar 2.346 g a la unidad de referencia del SI para masa.

$$1.000\,g \rightarrow 1\,kg$$
$$2.346\,g \rightarrow x\,kg$$

Multiplicamos los números en cruz e igualamos.

$$x \cdot 1.000 = 1 \cdot 2.346$$

Despejamos la incógnita x y obtendremos el valor solución en kilogramos.

$$x = \frac{2.346}{1.000} \quad \rightarrow \quad x = 2{,}346\,kg$$

3.2. Cambiar unidades mediante factor de conversión

La regla de tres funciona, pero cuando debemos cambiar varias unidades de manera simultánea (por ejemplo, en velocidad o aceleración) es un método demasiado largo.

Por esto vamos a aprender a realizar los cambios de unidades con los llamados factores de conversión. Solo debemos coger cierta destreza al operar con fracciones. Veamos un par de ejemplos.

Ejemplo 1: Pasar 234 minutos a la unidad de referencia del SI para tiempo.

Deseamos pasar de minutos a segundos, por lo que debemos recordar que 1 minuto es igual a 60 segundos (ver tablas del Tema 2). Siempre damos el valor 1 a la unidad más grande. Y operamos así:

$$234\,min = 234\,\cancel{min} \cdot \frac{60\,s}{1\,\cancel{min}} = 14.040\,s$$

Como deseamos eliminar los minutos, hemos multiplicado por segundos y dividido por minutos, para que minutos del numerador y minutos del denominador cancelen.

Ejemplo 2: Pasar la velocidad 30 m/s a km/h.

Ahora debemos realizar dos cambios de unidades. De metros a kilómetros y de segundos a horas. Recordamos (tablas del Tema 2) que 1 kilómetro son 1.000 metros y que 1 hora son 3.600 segundos (siempre damos el valor 1 a la unidad más grande).

$$30\frac{m}{s}=30\frac{\cancel{m}}{\cancel{s}}\cdot\frac{1\,km}{1.000\,\cancel{m}}\cdot\frac{3.600\,\cancel{s}}{1\,h}=108\,km/h$$

La clave está en saber colocar las unidades en el lugar correspondiente. Como metros está, inicialmente, en el numerador, al aplicar el factor de conversión metros debe ir al denominador para poder cancelarse. Y como segundos está, inicialmente, en el denominador, al aplicar el factor de conversión segundos debe ir al numerador para poder cancelarse.

3.3. Más ejemplos resueltos con factores de conversión

A caminar se aprende caminando. Y a realizar factores de conversión se aprende practicando. El único secreto es trabajar y practicar.

En los siguientes ejemplos resueltos se indica, entre paréntesis, la unidad a la que se desea llegar tras la conversión.

Ejemplo 1: 12 dg (kg)

$$12\,dg=12\,\cancel{dg}\cdot\frac{1\,kg}{10.000\,\cancel{dg}}=0{,}0012\,kg=1{,}2\cdot10^{-3}\,kg$$

Ejemplo 2: 2,04 hm^2 (m^2)

$$2{,}04\,hm^2=2{,}04\,\cancel{hm^2}\cdot\frac{10000\,m^2}{1\,\cancel{hm^2}}=20400\,m^2=2{,}04\cdot10^4\,m^2$$

Ejemplo 3: 100.000 s (d)

$$100.000\,s=100.000\,\cancel{s}\cdot\frac{1\,d}{60\cdot60\cdot24\,\cancel{s}}=1{,}16\,d$$

Ejemplo 4: 40 l (cm^3)

$$40\,l=40\,\cancel{l}\cdot\frac{1.000\,ml}{1\,\cancel{l}}=40.000\,\cancel{ml}\cdot\frac{1\,cm^3}{1\,\cancel{ml}}=40.000\,cm^3=4\cdot10^4\,cm^3$$

Ejemplo 5: 200 cm/s (km/h)

$$200\frac{cm}{s}=200\frac{\cancel{cm}}{\cancel{s}}\cdot\frac{1\,km}{100.000\,\cancel{cm}}\cdot\frac{3.600\,\cancel{s}}{1\,h}=7{,}2\,km/h$$

Ejemplo 6: 523 dm³ (km³)

$$523\,dm^3 = 523\,\cancel{dm^3} \cdot \frac{1\,km^3}{(10^4)^3\,\cancel{dm^3}} = 523 \cdot 10^{-12}\,km^3 = 5{,}23 \cdot 10^{-10}\,km^3$$

Ejemplo 7: 4 km/s² (km/h²)

$$4\frac{km}{s^2} = 4\frac{km}{\cancel{s^2}} \cdot \frac{(3.600)^2\,\cancel{s^2}}{1\,h^2} = 51.840.000 = 5184 \cdot 10^4\,km/h^2 = 5{,}18 \cdot 10^4\,km/h^2$$

Ejemplo 8: 6,23 tm (mg)

$$6{,}23\,tm = 6{,}23\,\cancel{tm} \cdot \frac{10^9\,mg}{1\,\cancel{tm}} = 6{,}23 \cdot 10^9\,mg$$

Ejemplo 9: 2,5 h (s)

$$2{,}5\,h = 2{,}5\,\cancel{h} \cdot \frac{3.600\,s}{1\,\cancel{h}} = 9.000\,s = 9 \cdot 10^3\,s$$

Ejemplo 10: 2,7 g/ml (kg/m³)

$$2{,}7\frac{g}{ml} = 2{,}7\frac{\cancel{g}}{\cancel{ml}} \cdot \frac{1\,kg}{1.000\,\cancel{g}} \cdot \frac{1\,\cancel{ml}}{1\,cm^3} = 0{,}0027\frac{kg}{\cancel{cm^3}} \cdot \frac{(10^2)^3\,\cancel{cm^3}}{1\,m^3} = 0{,}0027 \cdot 10^6\frac{kg}{m^3} = 2{,}7 \cdot 10^3\frac{kg}{m^3}$$

Ejemplo 11: 4,05 m·s (km·min)

$$4{,}05\,m \cdot s = 4{,}05\,\cancel{m} \cdot \cancel{s} \cdot \frac{1\,km}{1.000\,\cancel{m}} \cdot \frac{1\,min}{60\,\cancel{s}} = 0{,}0000675\,km \cdot min = 6{,}75 \cdot 10^{-5}\,km \cdot min$$

Ejemplo 12: 100 km/h (m/s)

$$100\frac{km}{h} = 100\frac{\cancel{km}}{\cancel{h}} \cdot \frac{1.000\,m}{1\,\cancel{km}} \cdot \frac{1\,\cancel{h}}{3.600\,s} = 27{,}78\,m/s$$

Ejemplo 13: 6,71 g/km² (kg/m²)

$$6{,}71\frac{g}{km^2} = 6{,}71\frac{\cancel{g}}{\cancel{km^2}} \cdot \frac{1\,kg}{1.000\,\cancel{g}} \cdot \frac{1\,\cancel{km^2}}{(10^3)^2\,m^2} = 6{,}71 \cdot 10^{-9}\,kg/m^2$$

Ejemplo 14: 8,92 l·s/m² (m³·h/m²)

$$8{,}92\frac{l \cdot s}{m^2} = 8{,}92 \cdot \frac{\cancel{l} \cdot \cancel{s}}{m^2} \cdot \frac{1\,dm^3}{1\,\cancel{l}} \cdot \frac{1\,h}{3.600\,\cancel{s}} = 0{,}00247\frac{\cancel{dm^3} \cdot h}{m^2} \cdot \frac{1\,m^3}{10^3\,\cancel{dm^3}} = 0{,}00000247\frac{m^3 \cdot h}{m^2} = 2{,}47 \cdot 10^{-6}\frac{m^3 \cdot h}{m^2}$$

Ejemplo 15: 0,71 J·h

$$0{,}71\,J\cdot h = 0{,}71\,J\cdot \cancel{h}\cdot \frac{3.600\,s}{1\,\cancel{h}} = 2.556\,J\cdot s = 2{,}56\cdot 10^3\,J\cdot s$$

Ejemplo 16: 2,13 g/mm^2 (kg/m^2)

$$2{,}13\frac{g}{mm^2} = 2{,}13\frac{\cancel{g}}{\cancel{mm^2}}\cdot\frac{1\,kg}{1.000\,\cancel{g}}\cdot\frac{(10^3)^2\,\cancel{mm^2}}{1\,m^2} = 2{,}13\cdot 10^3\,kg/m^2$$

3.4. Copia las preguntas en tu cuaderno y responde

1. Realiza los siguientes cambios de unidades aplicando los factores de conversión necesarios y dejando el resultado en notación científica.

a) $3{,}584\,cm\ (dam)$ b) $0{,}67\,mg\ (hg)$ c) $2{,}568\,hm^2\ (dm^2)$

d) $7{,}824\,cm^3\ (kl)$ e) $40\,m/s\ (km/h)$ f) $42{,}16\,km\ (cm)$

2. Un terreno rectangular mide 2.000 m de largo por 500 m de ancho. Expresa su superficie en m^2, km^2 y en hectáreas. Utiliza notación científica.

3. Un coche viaja a 100 km/h. ¿Cuántos metros recorre en un segundo? Si a esta velocidad el conductor no hace las cosas bien y lee un mensaje de WhatsApp mientras conduce, tarda alrededor de 2 segundos en mirar la pantalla. ¿Qué distancia recorre en esos 2 segundos sin mirar para nada la carretera? ¿Te parece mucho o poco? ¿Que cosas podrían ocurrir en esos 2 segundos sin que el conductor se diese cuenta?

4. Un coche consume 6,5 litros de gasolina cada 100 km. ¿Cuántos litros consume por kilómetro recorrido? Si tarda 1 hora y media en recorrer 130 km, ¿cuántos litros consume por cada hora de viaje?

3.5. Error absoluto y error relativo

Vamos a completar la teoría sobre errores, iniciada en el tema anterior, con los conceptos de error absoluto y error relativo.

Supongamos que realizamos un experimento para determinar la aceleración gravitatoria terrestre. Tomamos como valor teórico 9,82 m/s^2. En el experimento obtenemos un valor experimental de 9,79 m/s^2.

El error absoluto es el valor absoluto de la diferencia entre el valor teórico y el valor experimental. En el ejemplo que estamos considerando:

$$e_{absoluto} = |valor_{teórico} - valor_{experimental}| = |9{,}82 - 9{,}79| = |0{,}03| = 0{,}03\,m/s^2$$

El error relativo toma las mismas unidades que la magnitud que se está comparando.

El error relativo se define con la siguiente ecuación:

$$e_{relativo} = \frac{e_{absoluto}}{valor_{teórico}}\cdot 100\,\%$$

En el ejemplo que estamos considerando:

$$e_{relativo} = \frac{0{,}03}{9{,}82}\cdot 100\,\% \quad\rightarrow\quad e_{relativo} = 0{,}31\,\%$$

El error relativo no tiene unidades, sino que se expresa como un porcentaje. Decir que poseemos un error relativo de 0,31% es lo mismo que afirmar que nuestra medida experimental se aleja un 0,31% respecto al valor marcado como teórico.

¿Para qué sirven estos dos tipos de errores? Para poder comparar, entre dos experimentos distintos, cuál ha sido el que más se ha aproximado al valor teórico.

Pongamos un nuevo ejemplo. Supongamos que el experimento anterior de la aceleración gravitatoria lo queremos comparar con otro destinado a estimar la masa de la Luna. Consideramos la masa teórica de la Luna como $7{,}349 \cdot 10^{22}$ kg y el experimento arroja un valor experimental de $6{,}891 \cdot 10^{22}$ kg.

¿Cuál de los dos experimentos comete menor error? Debemos responder comparando los errores relativos.

En el experimento de la aceleración de la gravedad cometimos un error relativo de $e_{relativo} = 0{,}31\,\%$.

En el experimento de la masa de la Luna el error absoluto resulta:

$$e_{absoluto} = |7{,}349 \cdot 10^{22} - 6{,}891 \cdot 10^{22}| = |0{,}459 \cdot 10^{22}| = 4{,}59 \cdot 10^{21}\,kg$$

Y el error relativo:

$$e_{relativo} = \frac{4{,}59 \cdot 10^{21}}{7{,}349 \cdot 10^{22}} \cdot 100\,\% \quad \rightarrow \quad e_{relativo} = 6{,}25\,\%$$

Comparando los errores relativos podemos afirmar que el experimento de la aceleración gravitatoria comete menor error que el experimento de la masa de la Luna.

3.6. Experimento a realizar: obtener velocidad de la luz

Los materiales necesarios para la práctica son: microondas, regaliz fino de color rojo (de unos 15 cm de longitud) y regla. Recuerda: **en el cuaderno personal de clase debe aparecer una descripción de 5-10 líneas de la práctica, además de las tablas que aparecen a continuación con todas las medidas realizadas.**

Albert Einstein afirmó, a principios del s. XX, que ningún objeto material puede viajar más rápido que la luz. Esta velocidad, llamada c , es igual a 299.792 km/s en el vacío. En el aire es algo menor (299.705 km/s) debido a la acción de las moléculas que forman el aire.

A efectos prácticos, para redondear en las ecuaciones, se utiliza el valor aproximado de:

300.000 km/s = $3 \cdot 10^5$ km/s = $3 \cdot 10^8$ m/s

Es decir, en un segundo, la luz recorre una distancia igual a 300 millones de metros... ¡Casi nada!

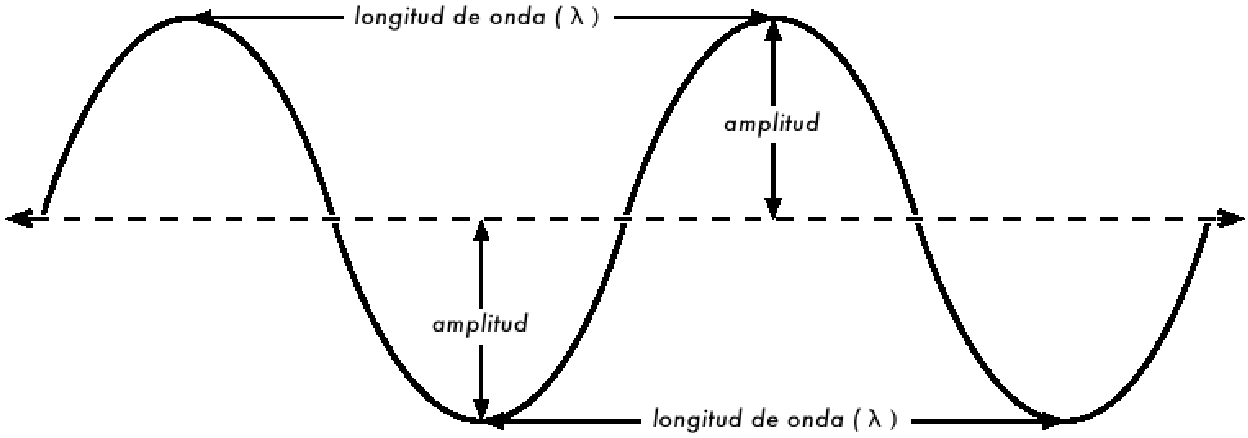
En 1887 los científicos Michelson y Morley idearon un sistema óptico para determinar esta velocidad. Su experimento es considerado uno de los más famosos de la física. Nosotros, gracias a los avances tecnológicos, podemos estimar de manera sencilla esta velocidad.

La luz es una onda. El término onda se refiere a una de las realidades más complejas de la ciencia: una perturbación que se propaga. Por ejemplo: una ola en el mar, un sonido en el aire, una terremoto por la corteza terrestre, la señal wifi del router de casa, las ondas que calientan la comida en el microondas o la luz que viene del Sol.

Además, la luz es una onda electromagnética. Un tipo de onda que tiene su origen en fenómenos eléctricos y magnéticos. Cualquier onda electromagnética viaja en el aire a la velocidad anteriormente indicada: 299.705 km/s.

En la onda aparecen máximos (crestas) y mínimos (valles) en la perturbación. La distancia entre dos máximos consecutivos o entre dos mínimos consecutivos se llama longitud de onda y se escribe λ . Es fácil observar, en la siguiente imagen, que la distancia entre un máximo y un mínimo consecutivos es igual a media longitud de onda $\frac{\lambda}{2}$.

Una onda electromagnética podemos verla como "una ola" que se propaga (por el vacío, por el aire, por el agua, etc.) y que alcanza máximos regulares llamados crestas y mínimos regulares llamados valles. La distancia entre dos crestas consecutivas o dos valles consecutivos se llama longitud de onda. La energía de la onda en la cresta es igual a la energía de la onda en el valle; solo se diferencian en la forma de propagación de la onda en ese punto.



El número de veces que la onda repite su forma regular de máximos y mínimos en un segundo se denomina frecuencia y se escribe f. Es decir, la frecuencia no es más que el número de repeticiones o ciclos que dibuja la onda. La unidad del número de ciclos por segundo se llama hertzio (Hz) y es una unidad que coincide dimensionalmente con 1/s.

En toda onda electromagnética se cumple la siguiente ecuación:

$$c=\lambda\cdot f$$

c → velocidad de la luz

λ → longitud de onda

f → frecuencia

En un microondas podemos ver, en su pegatina técnica, la frecuencia eléctrica a la que funciona. Si pudiéramos determinar la longitud de onda λ tendríamos un método para calcular de manera aproximada la velocidad de la luz.

¿Cómo medir λ ?

Introduciendo un regaliz fino rojo, de unos 15 cm de largo, en el microondas. Debemos quitar la pieza que hace girar al plato interior, para garantizar que la onda recorra el regaliz en una sola dirección. Y debemos colocar varios trozos de regaliz, con distintas orientaciones, ya que no sabemos en que dirección exacta viajan las ondas dentro de la cavidad del microondas.

El regaliz absorve calor con facilidad (es un plástico comestible, y los plásticos se calientan muy rápido). Los puntos que coincidan con una cresta o un valle de la onda serán los puntos que reciban mayor calor y serán las zonas donde el regaliz se "quemará" con más claridad, tras un tiempo suficiente dentro del microondas (mejor trabajar a baja potencia, para poder apreciar mejor desde fuera cómo se va ennegreciendo el regaliz).

Una recomendación: abrir puertas y ventanas, porque el olor a plástico quemado será intenso.

Aparecerán franjas negras distribuidas a lo largo del regaliz rojo. Debes medir con una regla la distancia entre los puntos medios de dos franjas negras consecutivas. Ese valor será $\frac{\lambda}{2}$, por lo que multiplicando por 2 tendremos la longitud de onda λ característica del microondas.

Como tenemos varios trozos de regaliz, repetimos la práctica con cada trozo y obtendremos el valor medio de $\frac{\lambda}{2}$.

Distancia entre los puntos medio de franjas negras consecutivas $\frac{\lambda}{2}$ (± 1 mm)
Completar una fila por cada medida con regaliz realizada en el laboratorio...

Realiza la media de todas las medidas realizadas sobre $\frac{\lambda}{2}$. Y multiplica el valor medio por 2 para obtener, finalmente, la longitud de onda experimental.

Con el valor de λ y el valor de la frecuencia f de la pegatina técnica del micrrondas, podremos obtener una estimación de la velocidad de la onda electromagnética en el aire.

El infome de esta práctica debe incluir los siguientes contenidos:

- **Portada**. Debe indicar el título del experimento, los autores y la fecha de realización.
- **Planteamiento del problema e hipótesis**. Explicar qué es lo que se quiere estudiar en la práctica y elaborar una hipótesis previa (antes de medir) de si creemos que el experimento arrojará un valor aproximado o lejano al valor teórico de propogación de una onda electromagnética en el aire (299.705 km/s).
- **Fundamentos científicos.** Indicar los contenidos científicos en que se basa la práctica, definiendo conceptos como longitud de onda y frecuencia. Explicar qué es una onda electromagnética y qué fórmula nos ofrece su velocidad de propagación. Si hemos consultado alguna fuente de información para documentarnos previamente sobre el asunto, debemos citarla y señalar explícitamente la información que hemos obtenido.
- **Procedimiento y material técnico**. Explicar paso a paso todo lo que se ha hecho. Indicar todos y cada uno de los materiales empleados.

  Si algún miembro del grupo dibuja bien, se puede ilustrar esta parte con sencillas imágenes ilustrativas.
- **Resultados experimentales**. Presentar de forma ordenada, clara y precisa los resultados experimentales, utilizando la tabla anteriormente indicada. Indicar claramente el valor medio $\frac{\lambda}{2}$ y el valor experimental de λ . Obtener la velocidad de progración de la onda en el interior del microondas.
- **Conclusiones**. Obtener el arror absoluto y el error relativo de la medida final de la velocidad de propagación. Razonar, a partir del error relativo, si nuestra hipótesis de partida ha sido acertada o no.