

1

APROXIMACIÓN A LA CIENCIA

1.1. EL MÉTODO EN FÍSICA Y QUÍMICA

1. La Física y la Química, junto a la Biología y la Geología, forman lo que se denomina “ciencias de la naturaleza”. ¿Por qué crees que se las llama de ese modo?

Aunque el ámbito de estudio de cada una de las ciencias mencionadas en el enunciado es distinto, todas ellas comparten una finalidad, que es interpretar y describir los fenómenos naturales que suceden en el universo, así como los procesos que tienen lugar en él.

2. La dificultad de establecer modelos que se ajusten a la realidad aumenta al pasar de la Física a la Química y de esta a la Biología. ¿Podrías sugerir alguna razón que explique por qué es así?

Las leyes de la Física se encuentran en la base de todas las ciencias de la naturaleza. Sin embargo, los intereses de cada una de ellas se centran en distintos sujetos: la Física, en las partículas y los átomos; la Química, en las moléculas y la materia en general, y la Biología, en la materia viva.

La complejidad de las interacciones que se producen entre cada uno de estos entes aumenta cuando pasamos de las partículas hasta la materia viva, y esta es la razón de que sea tan difícil establecer modelos en Química, y más aún en Biología.

1.2. MAGNITUDES FÍSICAS

1. El metro es la unidad de longitud en el Sistema Internacional. Sin tener en cuenta múltiplos y submúltiplos del mismo (dm, km, etc.), cita tres unidades de longitud que se utilicen actualmente o se hayan utilizado en tiempos pasados.

Se sigue utilizando la **milla marina**, cuya longitud equivale a la longitud de un minuto (1/60 grados sexagesimales) del meridiano terrestre.

Como la longitud del meridiano terrestre es $4 \cdot 10^7$ m, resulta:

$$\frac{1 \text{ milla}}{1'} = \frac{4 \cdot 10^7 \text{ m}}{360^\circ \cdot \frac{60'}{1^\circ}} ; 1 \text{ milla} = \frac{4 \cdot 10^7}{360 \cdot 60} = 1852 \text{ m}$$

Se sigue utilizando también, en navegación marítima, el **nudo**, que es 120 veces menor que la milla marina. Por tanto, equivale a 15,43 m.

El **palmo** fue una unidad utilizada desde la Antigüedad. Es la longitud máxima que separa los extremos de los dedos pulgar y meñique al extender la mano. Se utilizaba mucho para medir la longitud de telas para confección.

Es una unidad variable, ya que su valor depende del tamaño de la mano de quien mide. Con la aparición del sistema métrico decimal se estableció su equivalencia en 25 cm.

2. ¿Qué es la arroba? ¿Para qué se utiliza? Para contestar a la cuestión, busca la información que precisas.

La **arroba** (@) es una unidad de masa que se sigue utilizando en ciertas regiones para medir la masa de la fruta en el momento de su recolección. Su equivalencia con el kilogramo varía ligeramente de unas zonas a otras. Su valor más usual es 12,750 kg.

3. La expresión que permite calcular el impulso mecánico que actúa sobre un cuerpo es $I = F \cdot t$. Demuestra que el impulso mecánico tiene la misma dimensión que la cantidad de movimiento, definida como $p = m \cdot v$.

En el cuadro de la página 17 del libro del alumnado, encontramos las dimensiones de algunas magnitudes físicas. Tal como allí nos indican, la ecuación de dimensiones de la cantidad de movimiento es:

$$p = m \cdot v \rightarrow [p] = [m] \cdot [v] = M \cdot L \cdot T^{-1}$$

siendo la del impulso mecánico:

$$I = F \cdot t \rightarrow \begin{cases} [F] = [m \cdot a] = [m] \cdot [a] = M \cdot L \cdot T^{-2} \\ [t] = T \end{cases}$$

$$[I] = [F] \cdot [t] = M \cdot L \cdot T^{-2} \cdot T = M \cdot L \cdot T^{-1}$$

Como ves, la ecuación de dimensiones de la cantidad de movimiento y del impulso mecánico es la misma.

4. Demuestra que la expresión: $\sqrt{2 \cdot g \cdot b}$ tiene la misma dimensión que la velocidad.

Para resolver esta cuestión, debemos calcular primero la ecuación de dimensiones de cada una de las magnitudes que nos indican:

$$[g] = [a] = L \cdot T^{-2} \quad ; \quad [b] = L$$

Por tanto, la ecuación de dimensiones de la expresión del enunciado será:

$$[\sqrt{2 \cdot g \cdot b}] = [\sqrt{2}] \cdot \sqrt{[g] \cdot [b]} = \sqrt{L \cdot T^{-2} \cdot L} = \sqrt{L^2 \cdot T^{-2}} = L \cdot T^{-1}$$

que, como podemos comprobar, tiene las mismas dimensiones que la velocidad.

La constante $\sqrt{2}$ carece de dimensiones; es adimensional. Sin embargo, existen otras constantes, como la velocidad de la luz en el vacío ($c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) que sí tienen dimensiones. Tenlo en cuenta al calcular la ecuación de dimensiones de una expresión.

1.3. EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

1. Expresa las medidas que se indican en la correspondiente unidad del sistema internacional: 25 km/h; 100 r.p.m.; 800 t; 1 año-luz; 12 parsec y 4 cm/año.

• $25 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} = 6,94 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

• $100 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \cdot \frac{2 \cdot \pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 10,47 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$

- $800 \text{ t} \cdot \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ t}} = 800\,000 \text{ kg}$

- Un año luz es la distancia que recorre la luz en un año. Como la velocidad de la luz es $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, esa distancia es:

$$s = v \cdot t = 3 \cdot 10^8 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 = 9,46 \cdot 10^{15} \text{ m}$$

- Un parsec es la distancia a la cual una unidad astronómica subtende un segundo de arco, es decir, el radio de una circunferencia en la cual un arco de 1 segundo tiene una longitud de 1 UA. Por tanto:

$$\begin{aligned} \text{Perímetro} = 2 \cdot \pi \cdot R \rightarrow R &= \frac{\text{Perímetro}}{2 \cdot \pi} = \frac{1 \text{ UA} \cdot \frac{14,96 \cdot 10^{10} \text{ m}}{1 \text{ UA}} \cdot 360 \cdot 60 \cdot 60}{2 \cdot \pi} = \\ &= 3,086 \cdot 10^{16} \text{ m} = 1 \text{ parsec} \end{aligned}$$

Por tanto, 12 parsec equivalen a:

$$12 \text{ parsec} \cdot \frac{3,086 \cdot 10^{16} \text{ m}}{1 \text{ parsec}} = 3,703 \cdot 10^{17} \text{ m}$$

- $4 \frac{\text{cm}}{\text{año}} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \cdot \frac{1 \text{ año}}{365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s}} = 1,27 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$

2. Sabiendo que una tonelada (1 t) equivale a mil kilogramos, mientras que un quintal (1 q) equivale a 100 kilogramos, expresa en ng las siguientes medidas de masa: 0,12 kg; 10 mg; 8,2 dag; 6,4 mg; 1,3 t y 2,7 q.

Como podemos comprobar en la tabla de la página 18 del libro del alumnado, el prefijo nano (n) equivale al factor 10^{-9} . Por tanto:

$$1 \text{ nanogramo} = 10^{-9} \text{ g} = 10^{-12} \text{ kg}$$

Aplicando este factor de conversión a las medidas propuestas en el enunciado, obtenemos:

- $0,12 \text{ kg} \cdot \frac{1 \text{ ng}}{10^{-12} \text{ kg}} = 1,2 \cdot 10^{11} \text{ ng}$

- $10 \text{ mg} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}} \cdot \frac{1 \text{ ng}}{10^{-12} \text{ kg}} = 10^7 \text{ ng}$

- $8,2 \text{ dag} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^2 \text{ dag}} \cdot \frac{1 \text{ ng}}{10^{-12} \text{ kg}} = 8,2 \cdot 10^{10} \text{ ng}$

- $6,4 \text{ mg} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}} \cdot \frac{1 \text{ ng}}{10^{-12} \text{ kg}} = 6,4 \cdot 10^6 \text{ ng}$

- $1,3 \text{ t} \cdot \frac{10^3 \text{ kg}}{1 \text{ t}} \cdot \frac{1 \text{ ng}}{10^{-12} \text{ kg}} = 1,3 \cdot 10^{15} \text{ ng}$

- $2,7 \text{ q} \cdot \frac{10^2 \text{ kg}}{1 \text{ q}} \cdot \frac{1 \text{ ng}}{10^{-12} \text{ kg}} = 2,7 \cdot 10^{14} \text{ ng}$

1.4. EL TRABAJO DE LOS CIENTÍFICOS

1. Los científicos trabajan, siempre que es posible, en un entorno tranquilo, en ausencia de ruidos y perturbaciones molestas. ¿Por qué lo hacen así? ¿Consideras que es importante?

Dejando de lado las evidentes ventajas que proporciona realizar cualquier trabajo en un entorno tranquilo (mayor concentración, eficiencia, etc.) para la investigación científica es muy importante aislar el objeto de estudio de cualquier tipo de interacción distinta al fenómeno que se desea estudiar, para poder obtener resultados fiables y precisos que no se encuentren influidos por variables sobre las que no tengamos control.

2. Cuando dejamos suelta una piedra en el aire, siempre cae hacia el suelo, siguiendo una trayectoria vertical. ¿Es una casualidad? ¿Cómo podrías demostrar que no lo es?

No se trata de una casualidad, sino que es una consecuencia de la fuerza de atracción gravitatoria que ejercen los cuerpos entre sí. Para demostrarlo, dejaremos caer desde distintas alturas cuerpos de distinta masa, tamaño y forma, midiendo el desplazamiento horizontal que sufren durante la caída. Veremos que en todos los casos el desplazamiento es nulo, lo que invalida la hipótesis de que se deba a una casualidad.

1.5. EL MÉTODO CIENTÍFICO

1. Valora las siguientes hipótesis:

- a) **Los peces tienen escamas porque viven en el agua.**
- b) **De dos coches del mismo modelo, alcanzará mayor velocidad aquel cuyo motor sea más potente.**

a) Esta hipótesis no es validable, al menos de forma simple. Los animales que viven en el agua, en general, no tienen escamas. Por tanto, la relación “vivir en el agua y tener escamas” no resulta fácilmente comprobable.

b) Esta hipótesis sí es validable, aunque no tiene por qué ser cierta. Hay coches del mismo modelo cuyas motorizaciones son diferentes. Dependerá, por tanto, de si los coches son de la misma masa o no, y de la relación que exista entre velocidades en el cambio de marchas. Puede ocurrir que un vehículo de menor potencia que otro alcance mayor velocidad si, por ejemplo, tiene menor masa y su quinta velocidad es “más larga”.

2. Emite algunas hipótesis acerca de los factores que pueden influir en el tiempo que tarda un objeto en caer al suelo desde cierta altura. Una vez emitidas, elabora una experiencia que te permita contrastar su validez.

Por los conocimientos que los estudiantes tienen en este nivel, se puede afirmar que el tiempo que tarda un objeto en caer al suelo desde cierta altura depende de:

- Su **forma**. No es lo mismo una hoja de papel lisa o una hoja de papel convertida en una bola.
- Su **densidad**. No es lo mismo una bola de corcho que otra de igual dimensión, pero de acero.
- Su **masa**. No es lo mismo una bola de acero pequeña que una grande.

Es evidente que algunas de estas hipótesis son correctas y otras no. Una experiencia que puede permitir verificar la validez de cada una de estas hipótesis puede consistir en lanzar, desde una misma altura, objetos de la misma masa y densidad pero distinta forma, objetos de la misma forma y masa pero distinta densidad, y objetos de la misma forma y densidad pero distinta masa, midiendo, en cada caso, los tiempos que tardan en caer. De esta forma podemos determinar los factores que influyen en el tiempo de caída de los cuerpos.

1.6. EL TRABAJO EXPERIMENTAL

1. Señala cuáles son la variable dependiente y la variable independiente en cada una de las tres experiencias que se proponen en el ejemplo.

La variable independiente en un experimento es aquella propiedad o característica de un fenómeno cuya influencia en el proceso objeto de estudio deseamos conocer. Por su parte, la variable dependiente es aquella que se ve alterada por efecto de los cambios producidos en la variable independiente.

Por tanto, en las tres experiencias propuestas el período del péndulo es la variable dependiente, mientras que la independiente es la masa del objeto en la primera experiencia, la longitud del hilo en la segunda y la temperatura del aire en la tercera.

2. Señala cuáles son las variables controladas en cada una de las tres experiencias que se proponen en el ejemplo.

Variables controladas son aquellas que se mantienen constantes durante todo el experimento.

Por tanto, las variables controladas en la primera experiencia son la longitud del hilo y la temperatura del aire; la masa y la temperatura, en la segunda, y la masa y la longitud del hilo, en la tercera.

ACTIVIDADES DE LA UNIDAD

CUESTIONES

1. Los físicos utilizan modelos para explicar la realidad. Sin embargo, los modelos suelen ser, en general, mucho más simples que la realidad que intentan explicar.

¿Por qué actúan los físicos de ese modo?

Porque los modelos, aunque no reflejan con total exactitud la realidad que pretenden explicar, sí ayudan a conocerla. Los modelos atienden tan solo a determinadas variables, las más importantes de las que influyen sobre determinado fenómeno, y de su comportamiento intentan obtener conclusiones que permitan explicar el fenómeno real en su totalidad.

2. Consulta qué es una magnitud escalar y qué es una magnitud vectorial, e indica de qué tipo son las que siguen:

- | | |
|------------------------|----------------------------|
| a) Velocidad. | h) Posición. |
| b) Masa. | i) Aceleración. |
| c) Fuerza. | j) Energía. |
| d) Temperatura. | k) Carga eléctrica. |
| e) Trabajo. | l) Peso. |
| f) Calor. | m) Potencia. |
| g) Presión. | n) Densidad. |

Son magnitudes escalares la masa, la energía, la temperatura, la carga eléctrica, el trabajo, el calor, la potencia, la presión y la densidad.

Por su parte, la velocidad, la posición, la aceleración, la fuerza y el peso son magnitudes vectoriales.

3. ¿Por qué decimos que la belleza no es una magnitud física? ¿Por qué el color sí es una magnitud física?

La belleza no es una magnitud física, ya que no se puede medir; no se puede comparar cuantitativamente con un modelo patrón. No debe confundirnos el que los “patrones de la moda” hagan aparecer a nuestros ojos figuras, rostros o paisajes, más o menos bellos, ya que todo ello es subjetivo.

El color es una magnitud física relacionada con la longitud de onda de la radiación luminosa. Todo color se puede definir en función de tres colores denominados primarios (azul, verde y rojo). Existe una rama de la física que se ocupa de ello y se denomina **colorimetría**.

4. Un grupo de personas estudia el tráfico en su ciudad. Para ello eligen un semáforo de una calle determinada y cuentan el número de vehículos que pasan por allí en intervalos prefijados de tiempo a diferentes horas del día. ¿Qué intentan estudiar?

Intentan estudiar cómo varía la “densidad” del tráfico a lo largo del día, es decir, la relación que existe, a diferentes horas, entre el número de vehículos que pasan por el semáforo y el tiempo que tardan en pasar.

5. Un grupo de alumnos realiza la siguiente experiencia: dejan caer objetos de diferente masa pero de la misma forma desde una altura constante y miden el tiempo que dura la caída de cada objeto. ¿Qué intentan estudiar?

Intentan estudiar la relación que existe entre la masa y el tiempo de caída, ya que la forma es la misma y la altura desde la que se deja caer también es la misma.

6. Entre las personas que estudian los fenómenos paranormales, existe hoy en día gran interés en otorgar el término “científico” a sus experimentos. ¿Cuál es el motivo de ese interés?

¿Es lícito aceptar esos fenómenos como científicos, en el sentido indicado en esta unidad?

El interés deriva de la importancia que da la sociedad actual al término “científico”. De ahí que se tienda a asimilar todo aquello que sea posible a la ciencia.

Sin embargo, no es lícito otorgar el término “científico” a los fenómenos paranormales, ya que la primera característica de un experimento científico es que sea reproducible, lo que no ocurre con este tipo de fenómenos, que no se pueden reproducir de forma controlada.

7. ¿Qué condiciones debe cumplir la unidad que tomamos como patrón de cualquier magnitud?

Debe cumplir las siguientes condiciones:

- Su definición debe ser muy precisa.
- Debe ser posible reproducirla o reproducir los procesos a partir de los que se obtiene en cualquier parte de la Tierra.
- Su valor debe ser independiente de la situación geográfica.

8. Algunas unidades, como la de la velocidad de la luz en el vacío, vienen dadas por la naturaleza del universo, mientras que otras, como el kilogramo, han sido establecidas a voluntad por los científicos. Cita otras dos unidades de cada tipo.

Intrínsecas a la propia naturaleza del universo:

- El kelvin, unidad de temperatura en la escala absoluta.

La escala kelvin utiliza como magnitud, que varía en función de la temperatura, la energía intercambiada en forma de calor entre sistemas que se encuentran a distinta temperatura, que no depende de la naturaleza de los sistemas puestos en contacto y, por tanto, no hace referencia al agua; el cero en esta escala es el cero absoluto de temperatura.

- La otra unidad es la carga eléctrica del electrón, tomada como unidad natural.

Establecidas por los científicos:

- El metro, unidad de longitud.
- El litro, unidad de volumen.

9. ¿A qué magnitud física corresponde el $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$? ¿A qué valor corresponde en unidades del S.I.?

El gramo es unidad de masa, y el centímetro cúbico, de volumen. La relación entre la masa y el volumen es la **densidad**.

En el Sistema Internacional, la densidad se expresa en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Por tanto, la correspondencia entre ambas unidades es:

$$1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} = \frac{1 \text{ g}}{1 \text{ cm}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} \cdot \frac{10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} = 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

10. Si un reloj adelanta dos minutos por día, su velocidad de adelanto es de 2 min/día y carece de dimensiones (tiempo/tiempo). Cita, al menos, otros tres ejemplos de magnitudes sin dimensión.

- Ángulo plano, cuya unidad es el radián.

- Ángulo sólido, cuya unidad es el estereorradián.
- Relación entre velocidad con que circula un conductor y velocidad máxima permitida en un determinado tramo de carretera.

11. ¿De qué magnitud física es unidad la atm · l. ¿A qué valor corresponde en unidades S.I.?

La atmósfera es una unidad de presión y el litro es una unidad de volumen. Ayudándonos de la ecuación de dimensiones, vemos que la magnitud a la que corresponde como unidad la atmósfera-litro es:

$$\text{Presión} \rightarrow [P] = M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$$

$$\text{Volumen} \rightarrow [V] = L^3$$

$$[P] \cdot [V] = M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2} \cdot L^3 = M \cdot L^2 \cdot T^{-2}$$

Esta magnitud tiene dimensiones de trabajo, como se demuestra en la página 19 del libro de texto. Por tanto:

$$[P] \cdot [V] = [W]$$

La unidad de trabajo en el Sistema Internacional es el Joule (J). Haciendo la correspondiente conversión de unidades, resulta:

$$1 \text{ atm} \cdot l = 101300 \frac{\text{Pa}}{\text{atm}} \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{l} = 101,3 \text{ J}$$

12. ¿Cuántas magnitudes fundamentales existen? ¿Cómo se establecen? Cita la unidad S.I. de tres de ellas, al menos.

Los fenómenos físicos conocidos se interpretan utilizando siete magnitudes fundamentales: longitud, masa, tiempo, temperatura, intensidad de corriente eléctrica, cantidad de sustancia e intensidad luminosa.

Las magnitudes fundamentales las establece un Comité Científico Internacional que define la correspondiente unidad. A partir de las magnitudes fundamentales es posible definir todas las demás.

En el Sistema Internacional de unidades, la unidad de masa es el kilogramo; la de tiempo, el segundo, y la de longitud, el metro.

13. Cita tres magnitudes derivadas del S.I. que se utilicen con asiduidad.

Algunos ejemplos de magnitudes derivadas del Sistema Internacional son la aceleración, la potencia y la frecuencia, de las cuales oímos hablar en gran número de ocasiones, como cuando comentamos las características de un vehículo (aceleración y potencia), la rapidez con que actúa el aire acondicionado (la potencia) o el dial en el que podemos sintonizar una emisora de radio (la frecuencia).

14. Dejamos comida en la nevera y nos vamos de viaje. Unos días más tarde, se va la luz. Cuando volvemos, en el interior de la nevera hay gusanos. Una hipótesis para explicar el fenómeno sería: “los gusanos entran a la nevera por las rendijas atraídos por el olor de la carne”. Elabora una experiencia que permita comprobar la hipótesis.

Se puede sellar por completo un recipiente, dejando que se pudra en su interior un trozo de carne no contaminada con huevos de ningún insecto. Si al pudrirse no aparecen gusanos (como cabe esperar), debemos concluir que los que hemos encontrado no eran de la carne, sino que la carne estaba contaminada o, de algún modo, algún insecto ha podido entrar, depositando sus huevos sobre ella para que se alimentasen sus larvas.

15. Las dos afirmaciones que siguen son el resultado de observar la caída de los cuerpos:

- a) **Los cuerpos, al soltarlos, caen hacia el suelo.**
- b) **Los cuerpos caen hacia abajo en línea recta. Si uno de ellos se deja caer desde una altura dos veces mayor, tardará el doble en llegar al suelo.**

La primera hipótesis es verdadera, y la segunda, falsa. Sin embargo, la segunda hipótesis es más precisa que la primera, a pesar de ser falsa.

16. Si un hecho observable no puede calificarse como científico, ¿es necesariamente falso? ¿Qué puedes decir acerca de los fenómenos parapsicológicos de los que tenemos noticia?

No. Es un hecho que ha ocurrido, pero que no puede ser explicado científicamente, como las visiones que afirman haber visto miles de personas y que, sin embargo, no pueden reproducirse a voluntad.

17. ¿Qué es lo que la ciencia no puede aceptar de los fenómenos parapsicológicos?

La imposibilidad de ser reproducidos de forma controlada en el laboratorio.

18. Una característica esencial de las hipótesis, una vez aceptadas como válidas, es la de poder predecir el resultado de experiencias no realizadas. ¿Qué ocurre si una nueva experiencia demuestra la falsedad de una de esas predicciones?

En este caso, primero hay que revisar la experiencia. Si se confirma el resultado, hay que buscar una nueva hipótesis que explique tanto las anteriores experiencias como esta nueva.

EJERCICIOS

19. Tenemos dos plantas iguales. Una de ellas se riega diariamente con una cantidad fija de agua y la otra una vez cada quince días con la misma cantidad de agua. ¿Qué se quiere estudiar?

Se desea estudiar el crecimiento en función del volumen de agua de riego aportado a cada planta, ya que, a igualdad en las otras variables, la primera planta se riega con una cantidad de agua quince veces superior a la que se utiliza en la segunda.

20. Cuando se colocan en dos fuegos de igual potencia dos cazos idénticos, uno con el doble de agua que el otro, ¿qué variable determina que, transcurrido cierto tiempo, la temperatura del agua contenida en ambos cazos sea diferente?

La masa, ya que las demás magnitudes que intervienen en el proceso (potencia de los fuegos, naturaleza de la sustancia y tiempo) son iguales en ambas experiencias.

21. Introducimos en el congelador dos vasos, uno con agua potable y otro con agua de mar, y comprobamos que el tiempo que tarda el agua en congelar es distinto en cada caso. ¿Qué variable puede haber influido para que los tiempos hayan resultado diferentes?

La concentración de sales disueltas en el agua de mar es mayor que en el agua potable. Ello hace que el tiempo que tarda en congelar el agua de mar sea mayor. La variable que influye en ese fenómeno es, por tanto, la concentración de sales en el agua.

22. Deseamos averiguar si la cantidad de sal que puede disolverse en agua varía con la temperatura. Para comprobarlo preparamos cinco recipientes, en los que introducimos 100 cm³ de agua a diferente temperatura y determinamos la cantidad de sal que se disuelve en cada caso. ¿Qué variable hemos mantenido constante?

En este caso, hemos mantenido constante el volumen de agua.

23. Expresa las siguientes cantidades, en notación científica, en su equivalente S.I.:

- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| a) 80 km · h ⁻¹ . | e) 300 millas. |
| b) 20 años-luz. | f) 1 atmósfera. |
| c) 770 mmHg. | g) 7,8 g · cm ⁻³ . |
| d) 20 toneladas. | h) 1 nanogramo. |

a) La unidad de velocidad en el S.I. es el m · s⁻¹. Por tanto:

$$v = 80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} \cdot 1000 \frac{\text{m}}{\text{km}} \cdot \frac{1}{3600} \frac{\text{h}}{\text{s}} = 22,22 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

b) 1 año-luz es la distancia que recorre la luz en un año. Se trata, por tanto, de una unidad de longitud. Su equivalencia con el metro es:

$$20 \text{ años-luz} = 20 \cdot 3.600 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 3 \cdot 10^8 = 1,89 \cdot 10^{17} \text{ m}$$

c) Sabemos, por la experiencia de Torricelli, que 1 atm = 760 mmHg. Por tanto:

$$\frac{770}{760} \text{ atm} = 101300 \cdot \frac{770}{760} = 102633 \text{ Pa} = 1,03 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

d) La tonelada es una unidad que empleamos cuando los órdenes de magnitud son relativamente grandes. Referida a la unidad de masa del S.I., la medida resulta:

$$20 \text{ t} = 20 \cdot 10^3 \text{ kg} = 2 \cdot 10^4 \text{ kg}$$

e) La milla es una unidad de longitud del sistema inglés. No se debe confundir con la milla marina, definida en la primera actividad del epígrafe 1.2. Su equivalencia con el metro es: 1 milla = 1609,33 m. Por tanto:

$$300 \text{ millas} = 300 \cdot 1609,33 = 482799 \text{ m} = 4,83 \cdot 10^5 \text{ m}$$

f) La atmósfera es una unidad de presión. Es la presión que ejerce la atmósfera sobre la superficie de la Tierra. La equivalencia entre la atmósfera y la unidad del S.I. de presión (pascal) es:

$$1 \text{ atm} = 101300 \text{ Pa} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

g) El $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ es una unidad de densidad. En unidades del S.I., la medida que nos indican será, por tanto:

$$7,8 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} \cdot \frac{10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} = 7800 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = 7,8 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

h) Como se puede comprobar en la página 18 del libro de texto, el prefijo nano equivale al factor 10^{-9} . Por tanto:

$$1 \text{ nanogramo} = 10^{-9} \text{ gramos} = 10^{-12} \text{ kg}$$

24. Aunque cada vez menos, se sigue utilizando en ingeniería el Sistema de Unidades Técnicas. Busca información acerca de cuáles son sus magnitudes fundamentales, sus correspondientes unidades y las relaciones de equivalencia con las correspondientes unidades del S.I.

En el Sistema de Unidades Técnicas, las magnitudes fundamentales son las siguientes: longitud, tiempo y fuerza.

Las unidades correspondientes a estas magnitudes son: el metro (m) para la longitud, el segundo (s) para el tiempo y el kilopond (kp) para la fuerza. 1 kp se define como la fuerza con que la Tierra atrae a un objeto cuya masa es de 1 kg, por lo que también se denomina a este kilogramo-fuerza.

Según la definición de kilopond, llegamos a la siguiente relación de equivalencia con la unidad de fuerza en el S.I.:

$$1 \text{ kp} = 1 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} = 9,8 \text{ N}$$

La masa es una magnitud derivada en el Sistema de Unidades Técnicas y su unidad es el u.t.m. (unidad técnica de masa). La equivalencia entre el u.t.m. y la unidad de masa en el S.I. la determinamos a partir de la expresión:

$$F = m \cdot a$$

En el Sistema de Unidades Técnicas:

$$1 \text{ kp} = 1 \text{ u.t.m.} \cdot 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Por tanto:

$$1 \text{ u.t.m.} = \frac{1 \text{ kp}}{1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}} = \frac{9,8 \text{ N}}{1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}} = 9,8 \text{ kg}$$

25 La cantidad de movimiento, p , de un móvil es el producto de su masa, m , por su velocidad, v . Calcula, en unidades del S.I., el valor que corresponde a la cantidad de movimiento de un camión cuya tara es de 10 t, si lleva una carga de 25 t y se desplaza a 90 km/h.

La masa total del móvil es la suma de la tara y de la carga. Expresando estas magnitudes en unidades del Sistema Internacional, sus valores son:

$$10 \text{ t} = 10^4 \text{ kg}$$

$$25 \text{ t} = 2,5 \cdot 10^4 \text{ kg}$$

Luego, la masa total es:

$$m = 10^4 + 2,5 \cdot 10^4 = 3,5 \cdot 10^4 \text{ kg}$$

En cuanto a la velocidad, expresada igualmente en unidades del S.I., resulta:

$$v = 90 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \cdot \frac{1000 \text{ s}}{1 \text{ km}} = 25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

La cantidad de movimiento del móvil es, por tanto:

$$p = m \cdot v \rightarrow p = 3,5 \cdot 10^4 \cdot 25 = 8,75 \cdot 10^5 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

NOTA: La resolución de este ejercicio se ofrece también en el CD-ROM del alumnado.

26. Calcula las dimensiones de las siguientes magnitudes físicas:

- | | |
|---------------------|-----------------|
| a) Trabajo. | f) Aceleración. |
| b) Potencia. | g) Fuerza. |
| c) Velocidad. | h) Energía. |
| d) Densidad. | i) Calor. |
| e) Carga eléctrica. | j) Presión. |

a) $W = F \cdot d \rightarrow [W] = [F \cdot d] = [F] \cdot [d] = \text{M} \cdot \text{L} \cdot \text{T}^{-2} \cdot \text{L} = \text{M} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{T}^{-2}$

b) $P = \frac{W}{t} \rightarrow [P] = \frac{[W]}{[t]} = \text{M} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{T}^{-2} \cdot \text{T}^{-1} = \text{M} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{T}^{-3}$

c) $v = \frac{s}{t} \rightarrow [v] = \frac{[s]}{[t]} = \text{L} \cdot \text{T}^{-1}$

d) $d = \frac{m}{V} \rightarrow [d] = \frac{[m]}{[V]} = \text{M} \cdot \text{L}^{-3}$

e) $[q] = [I \cdot t] = \text{I} \cdot \text{T}$

f) $[a] = \text{L} \cdot \text{T}^{-2}$

g) $F = m \cdot a \rightarrow [F] = [m \cdot a] = [m] \cdot [a] = \text{M} \cdot \text{L} \cdot \text{T}^{-2}$

h) $[E] = \text{M} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{T}^{-2}$

i) $[Q] = \text{M} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{T}^{-2}$

j) $P = \frac{F}{S} \rightarrow [P] = \frac{[F]}{[S]} = \text{M} \cdot \text{L} \cdot \text{T}^{-2} \cdot \text{L}^{-2} = \text{M} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{T}^{-2}$

NOTA: La resolución de este ejercicio se ofrece también en el CD-ROM del alumnado.

PROBLEMAS

27. En 1881 Pasteur quiso demostrar que la vacuna del carbunco inmuniza contra la enfermedad. Para ello separó las ovejas de una granja en dos grupos, que denominaremos A y B.

A los animales del grupo A se les administró la vacuna y a los del grupo B no.

Al cabo de cierto tiempo a todos los animales se les administró una dosis mortal de bacilos de carbunco.

Unos días después las veinticuatro ovejas del grupo A estaban sanas; veintidós ovejas del grupo B habían muerto y dos estaban enfermas.

- a) ¿Qué hipótesis quería comprobar?
- b) ¿Qué hizo para mantener invariables las variables que no quería modificar?
- c) ¿Qué resultado debía obtener para dar por válida la hipótesis?
- a) Que la vacuna del carbunco inmuniza contra dicha enfermedad.
- b) Separar las ovejas a las que administró la vacuna de las que no.
- c) El resultado que obtuvo.

28 La ley de Coulomb de la electrostática, que estudiaremos en la unidad 8, establece que el valor de la fuerza, F , con que se atraen o se repelen dos cuerpos, supuestos puntuales y cargados eléctricamente, es directamente proporcional al producto de sus respectivas cargas, q_1 y q_2 , e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, d , que les separa:

$$F = \frac{q_1 \cdot q_2}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot d^2}$$

Donde ϵ es la permitividad eléctrica del medio en que se encuentran los cuerpos.

Calcula la unidad en que se mide ϵ en el S.I., y su ecuación de dimensiones.

Despejando ϵ en la expresión de la ley de Coulomb:

$$\epsilon = \frac{q_1 \cdot q_2}{4 \cdot \pi \cdot F \cdot d^2}$$

Puesto que en el S.I. la carga se mide en coulomb (C), la fuerza en newton (N) y la distancia en metros (m), las unidades en que se mide ϵ son:

$$C^2 \cdot N^{-1} \cdot m^{-2}$$

La ecuación de dimensiones de ϵ es:

$$[\epsilon] = \frac{[q_1 \cdot q_2]}{[4 \cdot \pi] \cdot [F] \cdot [d]^2}$$

Analizamos cada uno de los términos de la ecuación anterior por separado:

$$— [q_1 \cdot q_2] = [q_1] \cdot [q_2] = (I \cdot T)^2 = I^2 \cdot T^2$$

$$— [4 \cdot \pi] = 1$$

Este término carece de dimensiones, puesto que 4 es un número adimensional y π es la relación entre dos longitudes: el perímetro y el diámetro de una circunferencia:

$$[\pi] = \frac{[l]}{[2 \cdot r]} = \frac{L}{L} = 1$$

$$— [F] = [m \cdot a] = [m] \cdot [a] = M \cdot L \cdot T^{-2}$$

$$— [d]^2 = L^2$$

Sustituyendo, la ecuación de dimensiones que resulta es:

$$[\epsilon] = \frac{I^2 \cdot T^2}{M \cdot L \cdot T^{-2} \cdot L^2} = M^{-1} \cdot L^{-3} \cdot T^4 \cdot I^2$$

NOTA: La resolución de este ejercicio se ofrece también en el CD-ROM del alumnado.

29. Un cuerpo que se mueve con movimiento circular uniforme está sometido a una aceleración normal, a_N , de modo que, a pesar de que su velocidad no cambia de valor, su dirección sí lo hace, ya que la velocidad es siempre tangente a la trayectoria.

Mediante análisis dimensional, y utilizando las magnitudes que se citan, calcula la expresión de la aceleración normal que corresponde a este movimiento.

Supón que la masa del móvil es m , el valor de la velocidad es v , y el radio de la trayectoria circular es r .

Deseamos expresar la aceleración normal, a_N , como función de las magnitudes citadas en el enunciado:

$$a_N = f(m, v, r)$$

Introduciendo una constante de proporcionalidad, K , y unos exponentes, α , β y γ , que debemos calcular, la función anterior se puede expresar en la forma:

$$a_N = K \cdot m^\alpha \cdot v^\beta \cdot r^\gamma \quad [1]$$

Sus dimensiones son, por tanto:

$$[a_N] = [K] \cdot [m]^\alpha \cdot [v]^\beta \cdot [r]^\gamma = L \cdot T^{-2} \quad [2]$$

Analizamos cada uno de los factores:

$$[K] = 1$$

$$[m]^\alpha = M^\alpha$$

$$[v]^\beta = (L \cdot T^{-1})^\beta = L^\beta \cdot T^{-\beta}$$

$$[r]^\gamma = L^\gamma$$

Sustituyendo en la expresión [2]:

$$L \cdot T^{-2} = M^\alpha \cdot L^\beta \cdot T^{-\beta} \cdot L^\gamma = M^\alpha \cdot L^{\beta + \gamma} \cdot T^{-\beta}$$

Identificando los exponentes de igual base en la expresión anterior, obtenemos un sistema de tres ecuaciones con tres incógnitas:

$$\left. \begin{array}{l} \alpha = 0 \\ \beta + \gamma = 1 \\ -\beta = -2 \end{array} \right\}$$

cuya solución es:

$$\alpha = 0$$

$$\beta = 2$$

$$\gamma = 1 - \beta = -1$$

Por tanto, sustituyendo los valores de los exponentes en [1] obtenemos la expresión para la aceleración normal:

$$a_N = K \cdot \frac{v^2}{r}$$

Experimentalmente se comprueba que la constante de proporcionalidad es $K = 1$.