

# Magnitudes y unidades

# 1

## INTERPRETA LA IMAGEN

- **Observa la escala que aparece en el pluviómetro y explícala. ¿Te parece muy precisa?**

En el pluviómetro aparece una escala que va de 0,125 L en 0,125 L. Permite medir la cantidad de agua que cae en forma de lluvia. No es muy precisa comparada con las escalas que están presentes, por ejemplo, en las probetas de laboratorio, donde es necesario medir el volumen de líquidos con mayor precisión.

- **¿Por qué el termómetro tiene dos escalas? ¿Cuál de ellas está utilizando el pronóstico del tiempo?**

El termómetro tiene dos escalas porque para medir la temperatura se pueden usar diferentes escalas. En España y en otros muchos países se emplea habitualmente la escala Celsius para medir la temperatura ambiente, por ejemplo, mientras que en muchos países anglosajones es habitual utilizar la escala Fahrenheit. Para el pronóstico del tiempo se está empleando la escala Fahrenheit. Se puede saber porque la temperatura mínima que se indica es de 38°, y esto debe estar expresado en escala Fahrenheit, ya que la temperatura mínima en grados Celsius es menor.

- **¿Por qué la escala del higrómetro va del 0 al 100?**

Porque la humedad relativa del aire es una magnitud que se expresa de manera relativa; cuando decimos que la humedad relativa del aire es del 50 %, estamos indicando que en el aire hay una cantidad de vapor de agua que es igual al 50 % de la cantidad máxima que admite el aire en disolución. Cuando la humedad es del 100 %, el aire está completamente saturado de vapor de agua y ya no admite más vapor de agua disuelto.

## CLAVES PARA EMPEZAR

- **¿Miden la misma magnitud un anemómetro y una veleta?**

No, el anemómetro indica el valor de la velocidad del viento, mientras que una veleta únicamente señala su dirección y sentido. Aunque ambos aparatos estudian la velocidad del aire.

- **¿Qué otros aparatos de medida conoces? ¿Tienes alguno en clase? Explica qué magnitud mide cada uno y la unidad en que se expresa habitualmente.**

Respuesta libre. Es interesante que los alumnos relacionen un aparato con la medida de una o varias magnitudes, y en todos los casos con diferentes unidades. Además, en muchas ocasiones se emplea un aparato u otro para medir una magnitud en función de lo grande que resulta la magnitud que vamos a medir. Por ejemplo, una balanza de cocina y una balanza de baño miden la misma magnitud pero con distinto orden de magnitud.

## ACTIVIDADES

- 1 **En el tiro de una falta, el balón de fútbol puede alcanzar una velocidad de 34 m/s. ¿Cuál es el valor de esta velocidad en km/h?**

Para expresar la velocidad en otra unidad empleamos el factor o factores de conversión correspondientes. Así:

$$34 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 122,4 \text{ km/h}$$

- 2 **La densidad del agua del mar es 1,13 g/mL. Exprésala en unidades del Sistema Internacional (SI).**

De nuevo empleamos el factor o factores de conversión correspondientes. La unidad de masa en el SI es el kg, y la de volumen, el m<sup>3</sup>.

$$1,13 \frac{\text{g}}{\text{mL}} \cdot \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \cdot \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 1130 \text{ kg/m}^3$$

**3** Escribe los siguientes números con notación científica:

a) 2 073 500

b) 0,000 350 002.

a)  $2\,073\,500 = 2,0735 \cdot 10^6$ .

b)  $0,000\,350\,002 = 3,50002 \cdot 10^{-4}$ .

**4** Escribe los siguientes números con tres cifras significativas:

a) 3,4349

c) 25,55

b) -0,072 51

d) 1,0068

Recordar a los alumnos el concepto de cifra significativa. Por ejemplo, 0,03 tiene una sola cifra significativa, mientras que 3,60 tiene tres cifras significativas.

a)  $3,4349 \rightarrow 3,43$ .

c)  $25,55 \rightarrow 25,6$ .

b)  $-0,072\,51 \rightarrow -0,0725$ .

d)  $1,0068 \rightarrow 1,01$ .

**5** Imagínate recorriendo una pista en bicicleta.

a) Escribe algunas observaciones y define un problema que puedes estudiar relacionado con el movimiento.

b) Enuncia una hipótesis y diseña un experimento.

c) ¿Qué datos vas a tomar? ¿Cómo los puedes analizar?

a) Respuesta personal. Ejemplo: En 5 minutos recorro una distancia de 2 km. ¿Cuál es la velocidad media del recorrido?

b) Respuesta personal. Hipótesis: con el suelo mojado la distancia recorrida cuando frenamos es mayor que cuando el suelo está seco. Se podría diseñar un experimento en el que, con la misma velocidad, decidimos detenernos con la bici y accionar el freno en suelo seco y en suelo mojado.

c) En el ejemplo anterior los datos a tomar son la velocidad de la bicicleta en ambos casos para comprobar que es la misma antes de comenzar a frenar. Y la distancia recorrida desde que accionamos el freno hasta que la bicicleta se detiene por completo. Se pueden analizar realizando la medida varias veces y recogiendo los datos en una tabla.

**6** Busca información sobre un tema de interés. Contrasta la información de tres fuentes distintas sobre un mismo tema. Valora la calidad de la información de cada fuente. Ejemplos de temas:

a) Comer huevos es perjudicial para las personas que tienen el colesterol alto.

b) Debemos beber, al menos, dos litros de agua cada día.

Respuesta personal. Se trata de que los alumnos adquieran un espíritu crítico y no admitan como verdaderas las afirmaciones que encuentren en cualquier página web, por ejemplo. Deben ser selectivos a la hora de emplear las fuentes de información y constatar la información en varias fuentes para admitirla como cierta.

**7** Explica por qué no se pueden aceptar las siguientes expresiones como hipótesis:

- ¿Cómo se transmite el virus del ébola?
- Los agujeros negros están formados por hidrógeno y helio.

En el primer caso no se realiza ninguna afirmación sobre cómo se produce un hecho, sino que se formula una pregunta sobre un problema científico.

En el segundo caso no podemos comprobar la afirmación, porque de un agujero negro no puede escapar radiación ni materia que nos proporcione información sobre su interior.

**8** El 23 de marzo de 1989 Stanley Pons y Martin Fleischmann anunciaron que habían conseguido una reacción de fusión nuclear a baja temperatura. Investiga por qué no se aceptó el hecho.

Porque otros grupos de científicos no consiguieron reproducir el experimento y obtener los mismos resultados partiendo de las mismas condiciones iniciales.



b) Escribimos el análisis dimensional para cada miembro de la ecuación:

$$[v \cdot a] = [v] \cdot [a] = \frac{L}{T} \cdot \frac{L}{T^2} = L^2 \cdot T^{-3}$$

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

En este caso no coinciden, por lo que la ecuación de partida no es coherente.

**13** Cinco observadores miden el tiempo que tarda una persona en una carrera de 100 m y obtienen:

**12,05 s; 13,35 s; 10,80 s; 11,70 s; 11,50 s**

- ¿Cuál es la precisión de los cronómetros?
- ¿Cuál ha sido el tiempo de la carrera?
- Determina el error absoluto y el error relativo de la última medida.

- Los cronómetros son capaces de apreciar las centésimas de segundo: 0,01 s.
- El tiempo de la carrera se puede expresar como la media de los valores obtenidos.

$$t_{\text{Medio}} = \frac{\sum_i t_i}{N} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}{5} = \frac{12,05 \text{ s} + 13,35 \text{ s} + 10,80 \text{ s} + 11,70 \text{ s} + 10,50 \text{ s}}{5} = 11,68 \text{ s}$$

- El error absoluto es la precisión del cronómetro: 0,01 s.  
El error relativo se obtiene dividiendo el error absoluto entre el valor más probable, es decir, entre el valor medio obtenido:

$$E_{\text{Relativo}} = \frac{E_{\text{Absoluto}}}{V_{\text{Medio}}} \cdot 100 = \frac{0,01 \text{ s}}{11,68 \text{ s}} \cdot 100 = 0,09 \%$$

**14** Un cilindro metálico tiene 1,5 cm de radio y 2,5 cm de altura. Su masa es 49,8 g. Utiliza estos datos para calcular con el número adecuado de cifras significativas:

- El volumen del cilindro.
- Su densidad.

a) El volumen del cilindro se calcula a partir de la superficie de la base y la altura:

$$V = S_{\text{Base}} \cdot h = \pi \cdot R^2 \cdot h = \pi \cdot (1,5 \text{ cm})^2 \cdot 2,5 \text{ cm} = 18 \text{ cm}^3$$

Expresamos el valor del volumen con el mismo número de cifras significativas que nos indican para el radio y para la altura.

b) La densidad se calcula dividiendo la masa entre el volumen:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{49,8 \text{ g}}{18 \text{ cm}^3} = 2,8 \text{ g/cm}^3$$

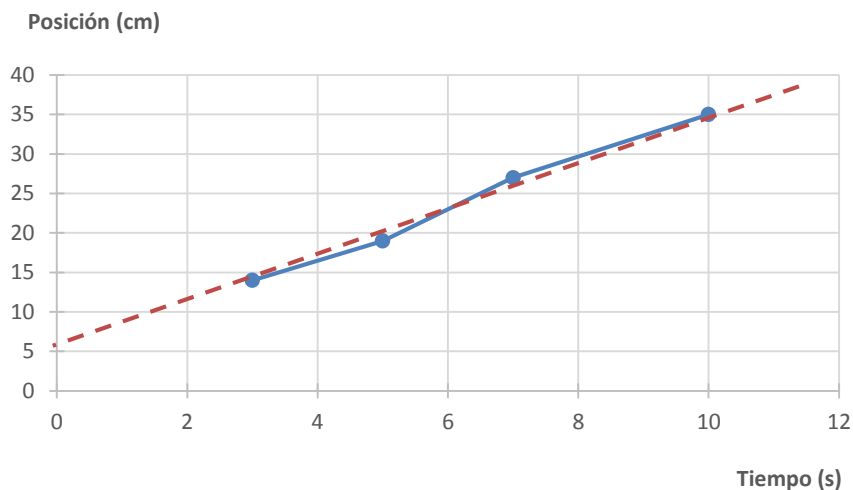
Análogamente, expresamos el valor de la densidad con el mismo número de cifras significativas que nos indican para la masa y para el volumen. Como nos dan la masa con tres cifras significativas pero el volumen lo conocemos con dos cifras significativas, expresamos el valor de la densidad con dos cifras significativas.

**15** La tabla siguiente muestra la posición de un móvil en distintos momentos. Elabora la representación gráfica y determina en qué posición estaba el móvil cuando se puso en marcha el cronómetro.

Tiempo (s)	Posición (cm)
3	14
5	19
7	27
10	35

Situamos el tiempo en el eje horizontal y la posición del móvil en el eje vertical.

La representación gráfica sería la siguiente:



Si trazamos una línea recta que se aproxime a los puntos que recoge la tabla, vemos que la posición inicial del móvil es de 5 cm aproximadamente.

## REPASA LO ESENCIAL

- 16** Pon en orden en tu cuaderno los fragmentos que aparecen a continuación y construye con ellos una definición de investigación científica.

La investigación científica es conocer el mundo saber por qué ocurren y aplicarlo a la solución de problemas la actividad humana cuyo objetivo es y los fenómenos que en él se producen

La investigación científica es la actividad humana cuyo objetivo es conocer el mundo y los fenómenos que en él se producen, saber por qué ocurren y aplicarlo a la solución de problemas.

- 17** Relaciona en tu cuaderno los siguientes temas de investigación con el motivo que los ha originado.

1. Una enfermedad.                                      2. Intereses políticos y económicos.                                      3. Interés científico.

- a) Conocimiento del átomo.
- b) Obtención de una vacuna contra la malaria.
- c) Obtención de plásticos biodegradables.
- d) El metabolismo de las grasas.
- e) Obtención de materiales superconductores.
- f) Comportamiento de un gas en distintas condiciones.

1 → b; 2 → c, d; 3 → a, b, c, d, e, f.

- 18** Con respecto a las fuentes de información, razona si las siguientes afirmaciones son ciertas o no y escribe la respuesta en tu cuaderno.

- a) Solo son fuentes de información fiables las revistas científicas.
  - b) Algunas páginas web o blog personales contienen información científica de calidad.
  - c) La mejor fuente de información son las páginas de los grandes centros de investigación y universidades.
  - d) Los periódicos y revistas de información general no dan información científica fiable.
- a) Falso. Hay muchas otras fuentes de información fiables, aunque las revistas científicas son las que ofrecen garantía a los investigadores y son el medio en que se comunican habitualmente los avances científicos.

- b) Verdadero.
- c) Verdadero.
- d) Falso. En muchas ocasiones los artículos de periódicos y revistas están firmados por científicos de reputación contrastada. Pero no ocurre siempre, por lo que hay que tomar la información con cautela, sobre todo si procede de revistas sensacionalistas.

**19 Utiliza los conceptos de hipótesis, ley y teoría para justificar en tu cuaderno si es cierto o no lo siguiente:**

**a) Una hipótesis es una verdad que se deduce de la observación de un problema.**

**b) Una ley científica siempre es cierta.**

**c) Cuando una teoría es falsa, hay que anular todas las investigaciones en las que se basa.**

a) Falso. Una hipótesis es una afirmación que se realiza para explicar un determinado fenómeno, pero que aún no se ha comprobado que sea cierta.

b) Verdadero.

c) Falso. Algunas consecuencias de la teoría pueden no ser correctas, pero no por ello hay que rechazar todas las investigaciones en que se basa. En particular, los datos experimentales recogidos deberán emplearse para comprobar si es cierta la nueva teoría, por ejemplo.

**20 Explica por qué la velocidad y el desplazamiento de un móvil son magnitudes vectoriales, mientras que el tiempo que invierte en su movimiento o la masa del móvil son magnitudes escalares.**

Porque en el caso de la velocidad y el desplazamiento, para obtener toda la información es necesario indicar, además del valor numérico, la dirección y el sentido.

En el caso del tiempo o la masa, basta con dar el valor para conocer estas magnitudes sin ninguna ambigüedad.

**21 Escribe la ecuación de dimensiones de las magnitudes velocidad y aceleración.**

Velocidad:

$$[v] = \left[ \frac{s}{t} \right] = \frac{L}{T} = L \cdot T^{-1}$$

Aceleración:

$$[a] = \left[ \frac{v}{t} \right] = \frac{L \cdot T^{-1}}{T} = L \cdot T^{-2}$$

**22 Utiliza el análisis dimensional para justificar que se puede obtener una velocidad multiplicando una aceleración por un tiempo.**

Realizamos el análisis dimensional de la velocidad:

$$[v] = \left[ \frac{s}{t} \right] = \frac{L}{T} = L \cdot T^{-1}$$

Ahora lo repetimos para una aceleración por el tiempo:

$$[a \cdot t] = [a] \cdot [t] = \frac{L}{T^2} \cdot T = L \cdot T^{-1}$$

Como vemos, se obtiene lo mismo, por lo que concluimos que una velocidad se puede obtener multiplicando una aceleración por un tiempo.

**23 Señala en tu cuaderno cuál de las siguientes medidas se pueden realizar directamente y cuáles no. Indica, en cada caso, cómo realizarías la medida:**

a) El volumen de un sólido.

b) La temperatura.

c) La velocidad de un cuerpo.

d) La superficie de un cuerpo.

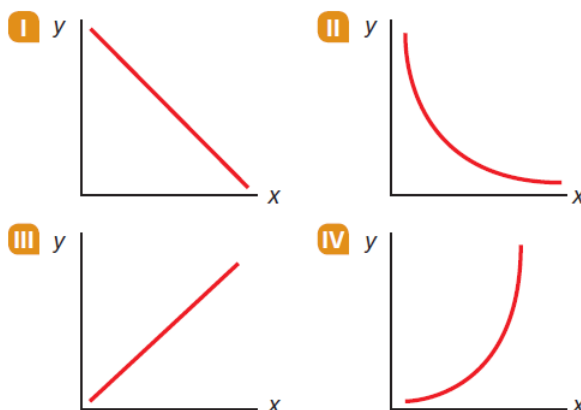
- e) El volumen de un líquido.
  - f) La densidad de un sólido.
- a) No; es necesario medir el volumen del sólido sumergido en un líquido empleando una probeta y luego restarle el volumen del líquido.
  - b) Sí. Basta con emplear un termómetro.
  - c) No; es necesario medir el valor del desplazamiento con una cinta métrica, por ejemplo, y el tiempo empleado para ello usando un cronómetro.
  - d) No. Hay que medir las dimensiones (alto, ancho, radio...) y a continuación calcular la superficie.
  - e) Sí. Basta con emplear una bureta, una probeta, etc.
  - f) No. Hay que medir por una parte la masa del sólido con una balanza y luego medir el volumen, tal y como se ha descrito en el apartado a, por ejemplo.

**24** Explica en tu cuaderno cuáles de las siguientes características se pueden aplicar al error absoluto y cuáles al error relativo de una medida. Ten presente que algunas se pueden aplicar a los dos y otras a ninguno:

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| a) Tiene unidades.                  | c) Indica la calidad de la medida.        |
| b) Se puede expresar en porcentaje. | d) Su valor puede ser un número negativo. |
- a) Se aplica al error absoluto.
  - b) Se aplica al error relativo.
  - c) Se aplica al error absoluto y al error relativo.
  - d) Se aplica al error absoluto.

**25** Asocia en tu cuaderno cada gráfica con el rótulo que indica la relación entre sus variables y la ecuación matemática que las relaciona:

- I → 2. Magnitudes relacionadas con  $k < 0$  → B.  $y = -k \cdot x + n$
- II → 4. Magnitudes inversamente proporcionales → C.  $y \cdot x = \text{cte.}$
- III → 1. Magnitudes directamente proporcionales con  $k > 0$  → D.  $y = k \cdot x + n$
- IV → 3. Magnitudes con relación cuadrática → A.  $y = k \cdot x^2 + n$



### PRACTICA

**26** El texto siguiente muestra un fragmento de un artículo que apareció en un medio de información general. Repásalo y valora su calidad científica.

**«Recomendamos absolutamente a los lugareños beber agua del grifo. Es de excelente calidad, perfectamente controlada y de muy buena mineralización. Además es muchísimo más barata y su consumo es más respetuoso con el medio ambiente»...**

Respuesta personal. El texto no menciona datos objetivos que permitan comprobar su calidad, control o mineralización. Los adjetivos bueno, más respetuoso con el medio ambiente, etc., no dan pistas sobre qué magnitudes se están teniendo en cuenta y cuáles son los valores que adquieren dichas magnitudes en el agua del grifo.

**27** El análisis siguiente muestra el estado del agua del grifo de una ciudad. Utilízalo para elaborar una nota dirigida a la población general que le informe del estado del agua que bebe con base científica.

\* La conductividad se mide en siemens por metro.

\*\* La turbiedad se mide en unidades nefelométricas de turbidez.

Parámetro	Agua grifo	Límites	Unidades
Conductividad	975	2500	$\mu\text{S/cm}$ (20°)
pH	8,09	6,5-9,5	—
Cloro libre	1,3	1	mg/L
Nitratos	8,6	5	mg/L
Turbiedad	4	5	NTU**

Respuesta personal. Interesa que el alumno utilice los valores indicados en la tabla sobre cada una de las magnitudes para elaborar la nota. De esta manera, el rigor científico estará presente y cualquier persona que lea la nota sabrá cuáles son las propiedades del agua.

**28** Con respecto a la calidad del agua, busca dos ejemplos de fuentes de información de carácter científico. Explica por qué los has elegido.

Respuesta personal. Se puede buscar información, por ejemplo, en la web de la empresa suministradora de agua en nuestra región.

**29** Imagínate que quieres estudiar la calidad del agua que hay en tu ciudad. Razona cuáles de las siguientes hipótesis son adecuadas y cuáles no. Reescribe estas últimas de manera que sean hipótesis de trabajo:

- El agua tiene cloro.
  - ¿Tiene microorganismos?
  - La concentración de plomo es inferior a 0,01 mg/L.
  - El consumo de agua produce bienestar.
- Adecuada.
  - No es adecuada. Debe ser una afirmación que se pueda contrastar. Por ejemplo: «El agua que bebemos está libre de microorganismos».
  - Adecuada.
  - No adecuada, puesto que no resulta una afirmación contrastable. Se podría decir, por ejemplo, qué enfermedades sufren quienes no tienen acceso a una determinada cantidad mínima de agua diaria.

**30** Identifica, de forma razonada, cuál de las frases siguientes es una hipótesis, cuál una ley y cuál una teoría:

- Cuando un cuerpo se deja libre, cae.
- Todo el universo está formado por las mismas partículas de materia.
- La relación entre el espacio que recorre un cuerpo que cae libremente y el tiempo que lleva cayendo viene dada por la expresión:

$$x = 4,9 \cdot t^2$$

- Hipótesis. Se trata de una afirmación que puede verificarse experimentalmente.
- Teoría. Permite explicar una gran variedad de fenómenos que se producen en la naturaleza.
- Es una ley que muestra la relación matemática entre el espacio recorrido por un cuerpo que cae y el tiempo transcurrido.

**31** Identifica las magnitudes a las que se refieren estas expresiones y discute si su valor está expresado correctamente:

- Sobre un cuerpo actúa una fuerza de 50 N.
  - La temperatura del agua era de 25 °C.
  - Salió de su casa y anduvo 300 m.
  - La presión atmosférica era de 1025 hPa.
  - La velocidad del viento era de 80 km/h.
  - Del grifo salían 5 L de agua por minuto.
- Se trata de la magnitud fuerza. No está expresada correctamente porque no se indica en qué dirección y sentido actúa la fuerza, que es una magnitud vectorial.



- b) Magnitud: temperatura. Sí está expresada correctamente, puesto que la temperatura es una magnitud escalar.
- c) Magnitud: desplazamiento. No está expresada correctamente, puesto que no se indica la dirección y el sentido del desplazamiento, que es una magnitud vectorial.
- d) Magnitud: presión atmosférica. Sí está expresada correctamente, puesto que la presión es una magnitud escalar.
- e) Magnitud: velocidad. No está expresada correctamente, puesto que no se indica la dirección y el sentido de la velocidad, que es una magnitud vectorial.
- f) Magnitud: caudal. Sí está expresada correctamente, puesto que el caudal es una magnitud escalar.

**32 Califica cada una de las magnitudes del ejercicio anterior como escalar o vectorial. Expresa su valor en unidades del SI.**

Escalares: temperatura (kelvin, K), presión atmosférica (pascal, Pa), caudal (metro cúbico por segundo, m<sup>3</sup>/s).  
 Vectoriales: fuerza (newton, N), desplazamiento (metro, m), caudal (metro cúbico por segundo, m<sup>3</sup>/s).

**33 Teniendo en cuenta las definiciones, expresa la relación entre las siguientes magnitudes derivadas y las magnitudes fundamentales correspondientes:**

- a) **Presión es fuerza por unidad de superficie.**
- b) **Trabajo es fuerza por desplazamiento.**

a) Escribimos la ecuación correspondiente:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot a}{L^2} = \frac{m \cdot \frac{v}{t}}{L^2} = \frac{m \cdot \frac{L/t}{t}}{L^2} = \frac{m}{t^2 \cdot L}$$

b) Escribimos de nuevo la ecuación correspondiente y sustituimos cada magnitud:

$$W = F \cdot L = m \cdot a \cdot L = m \cdot \frac{v}{t} \cdot L = m \cdot \frac{L/t}{t} \cdot L = \frac{m \cdot L^2}{t^2}$$

**34 Utiliza el análisis dimensional para justificar si es correcta la siguiente expresión:**

$$\text{Fuerza} \cdot \text{desplazamiento} = \text{masa} \cdot \text{aceleración} \cdot \text{longitud}$$

Escribimos la ecuación de dimensiones para el primer miembro de la ecuación:

$$[F \cdot d] = [F] \cdot [d] = [m \cdot a] \cdot [d] = [m] \cdot \left[\frac{v}{t}\right] \cdot [d] = [m] \cdot \left[\frac{d/t}{t}\right] \cdot [d] = M \cdot L^2 \cdot T^{-2}$$

Ahora escribimos la ecuación de dimensiones para el segundo miembro de la ecuación:

$$[m \cdot a \cdot d] = [m] \cdot [a] \cdot [d] = [m] \cdot \left[\frac{v}{t}\right] \cdot [d] = [m] \cdot \left[\frac{d/t}{t}\right] \cdot [d] = M \cdot L^2 \cdot T^{-2}$$

El análisis dimensional coincide, por lo que la expresión es correcta.

**35 Determina, con el número adecuado de cifras significativas:**

- a) **La superficie de una moneda cuyo radio es 2,3 cm.**
- b) **La circunferencia de una moneda de 2,3 cm de radio.**
- c) **La superficie y el perímetro de un rectángulo cuyos lados son 3,25 cm y 4 m.**

a) Escribimos la fórmula que nos permite conocer la superficie y sustituimos los datos:

$$S = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot (2,3 \text{ cm})^2 = 17 \text{ cm}^2$$

Escribimos el resultado con el mismo número de cifras significativas que nos indican para los datos.

b) Escribimos la fórmula correspondiente y sustituimos:

$$L = 2\pi \cdot r = 2\pi \cdot 2,3 \text{ cm} = 14,45 \text{ cm}$$

c) La superficie es:

$$S = L_1 \cdot L_2 = 3,25 \text{ cm} \cdot 400 \text{ cm} \approx 1 \text{ m}^2$$

El perímetro es:

$$p = L_1 + L_2 = 3,25 \text{ cm} + 400 \text{ cm} \approx 400 \text{ cm}$$

En ambos casos usamos una sola cifra significativa, puesto que nos dan el valor de uno de los lados con una sola cifra significativa.

**36** Utilizamos una balanza de precisión para medir la masa de una gota de agua y obtenemos los resultados:

- 298 mg
- 325 mg
- 290 mg
- 298 mg
- 306 mg

a) ¿Cuál es la precisión de la balanza?

b) ¿Cuál es la masa de una gota de agua?

c) **Determina el error absoluto y el error relativo de la primera y de la tercera medida.**

a) La precisión de la balanza es de 1 mg, pues es el valor mínimo al que están ajustados los valores indicados.

b) La masa de una gota de agua se puede calcular determinando el valor promedio:

$$\begin{aligned} m_{\text{Media}} &= \frac{\sum_i m_i}{N} = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5}{5} = \\ &= \frac{298 \text{ mg} + 325 \text{ mg} + 290 \text{ mg} + 298 \text{ mg} + 306 \text{ mg}}{5} = 303 \text{ mg} \end{aligned}$$

c) El error absoluto es de 1 mg. El error relativo se calcula dividiendo el error absoluto entre el valor medido o, en este caso, el valor medio calculado:

$$E_r = \frac{E_a}{m_{\text{Medio}}} \cdot 100 = \frac{1 \text{ mg}}{303 \text{ mg}} \cdot 100 = 0,3 \%$$

**37** Utilizamos una balanza de laboratorio para medir la masa de un grano de arroz y resultó ser 27 mg. Medimos la masa de una persona con una báscula de baño y resultó ser 57,4 kg.

a) **Determina el error absoluto de cada medida.**

b) **Determina el error relativo de cada medida.**

c) **¿Cuál de las dos medidas tiene más calidad?**

a) Para la medida con la balanza de laboratorio:

$$E_{a \text{ Lab.}} = 1 \text{ mg}$$

Para la medida con la báscula de baño:

$$E_{a \text{ Baño}} = 0,1 \text{ kg} = 0,1 \cancel{\text{ kg}} \cdot \frac{10^6 \text{ mg}}{1 \cancel{\text{ kg}}} = 10^5 \text{ mg}$$

b) Para la medida con la balanza de laboratorio:

$$E_{r \text{ Lab.}} = \frac{E_{a \text{ Lab.}}}{V_{\text{Lab.}}} \cdot 100 = \frac{1 \cancel{\text{ mg}}}{27 \cancel{\text{ mg}}} \cdot 100 \approx 4 \%$$

Para la medida con la báscula de baño:

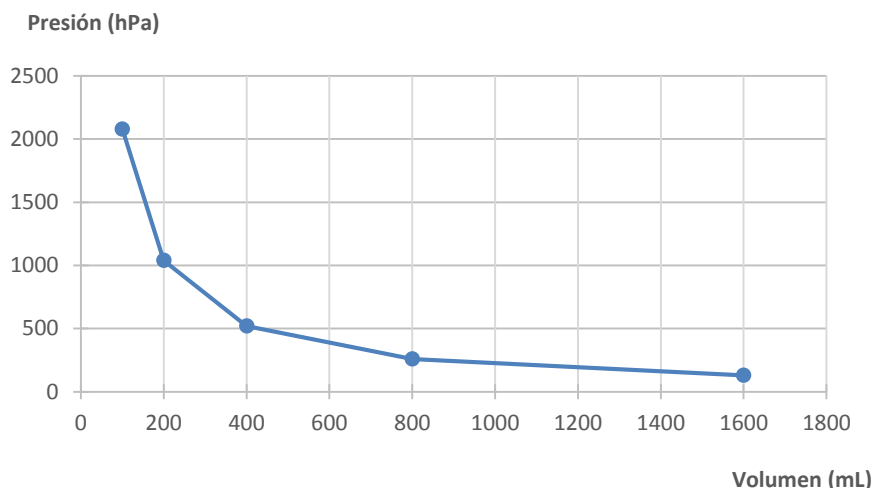
$$E_{r \text{ Baño}} = \frac{E_{a \text{ Baño}}}{V_{\text{Baño}}} \cdot 100 = \frac{0,1 \text{ kg}}{57,4 \text{ kg}} \cdot 100 \approx 0,2 \%$$

c) Tiene más calidad la medida realizada con la báscula de baño, pues aunque el error absoluto es mayor, el error relativo es menor.

**38** La tabla siguiente muestra la presión de un gas en relación con el volumen que ocupa:

Volumen (mL)	1600	800	400	200	100
Presión (hPa)	130	260	520	1040	2080

- Elabora la representación gráfica e indica cómo es la relación entre las variables.
  - Establece la fórmula matemática que las relaciona.
- a) Representación gráfica:



Las variables son inversamente proporcionales, puesto que su producto es una constante.

- c) La fórmula matemática que liga ambas variables es:

$$p \cdot V = \text{cte.} = 208000 \text{ hPa} \cdot \text{mL}$$

## AMPLÍA

**39** Probablemente habrás oído que unos mares tienen el agua más salada que otros, y sabrás que la cantidad de sal determina la flotabilidad en ellos.

- Realiza una investigación científica acerca de estos hechos. Valora las fuentes de información según su rigor científico.
- Establece una hipótesis que relacione la densidad del agua con la proporción de sal disuelta.
- Diseña un experimento que te permita comprobar la hipótesis.
- Analiza los datos obtenidos mediante tablas y gráficas.
- Establece tu conclusión acerca de si la hipótesis es cierta o no.
- Valora si puedes enunciar una ley que relacione la densidad del agua con su proporción de sal.
- Valora si puedes establecer una teoría acerca de la densidad de las disoluciones y la densidad de los disolventes. ¿Tendrías que ampliar tu estudio?
- Prepara una publicación sobre tu investigación y, si es posible, muéstrala a la clase mediante una presentación multimedia.

Respuesta personal.

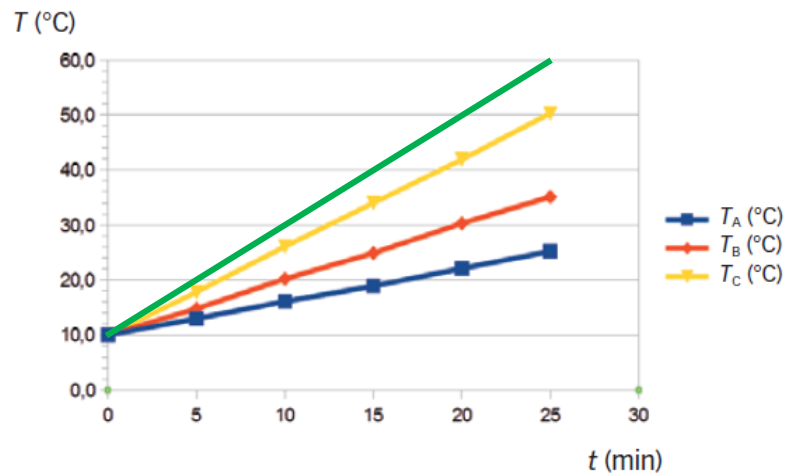
El alumno puede establecer como hipótesis: «Cuanto mayor es la proporción de sal disuelta, mayor es la densidad del agua».

Para comprobar esta hipótesis se puede realizar una experiencia en la que se mida la masa de diferentes disoluciones con distintas concentraciones de sal y se anote tanto su masa como su volumen. A continuación se calcula la densidad para cada una de ellas y se recogen en una tabla los resultados. Finalmente se puede representar una gráfica situando la proporción de sal disuelta en el eje horizontal y la densidad en el eje vertical, comprobando si existe alguna correlación.

## COMPETENCIA CIENTÍFICA

- 40** Prueba a añadir otra sustancia cuya temperatura aumente 10 °C cada 5 minutos a la tabla anterior y representa los datos empleando una hoja de cálculo.

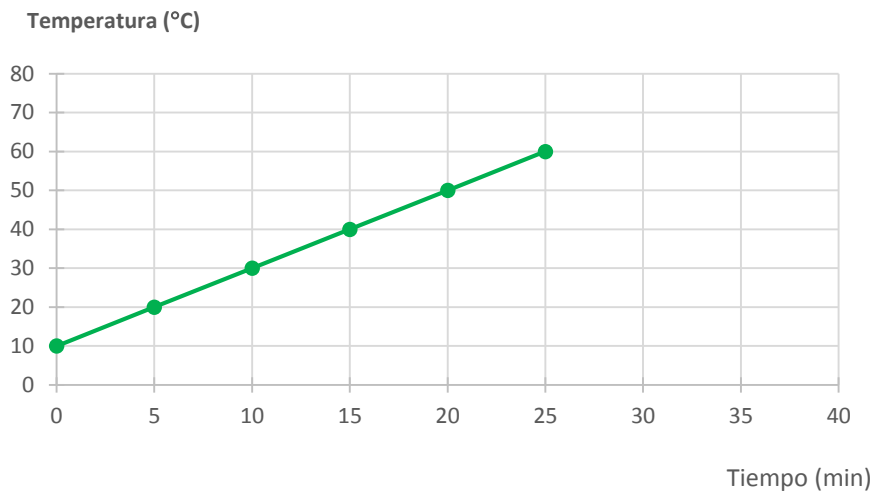
Respuesta práctica. La gráfica completa quedaría más o menos así:



La línea verde representa la nueva sustancia.

- 41** Cambia la escala de los ejes de manera que el eje horizontal llegue hasta 40 min y el eje vertical, hasta 80 °C.

Respuesta práctica:



- 42** Selecciona algún conjunto de datos (una línea), haz clic con el botón derecho del ratón e intenta cambiar el color y el grosor de la línea.

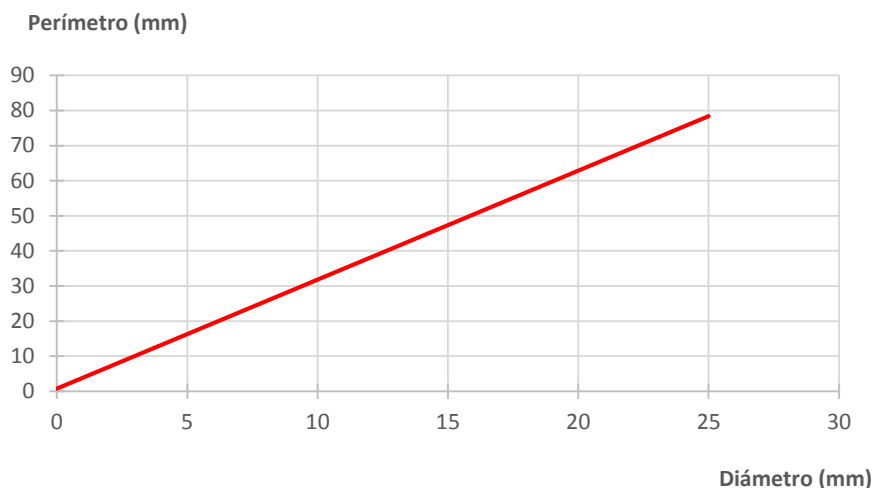
Respuesta práctica.

- 43** Mide el diámetro y el perímetro de al menos cinco monedas y utiliza una hoja de cálculo para representar el perímetro frente al diámetro.

Respuesta práctica. Sean cuales sean los valores medidos, la relación entre el perímetro y el diámetro es constante.

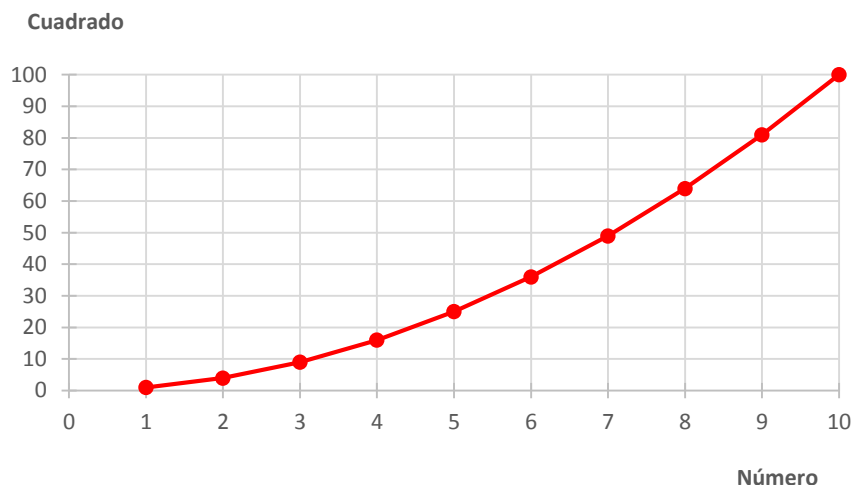
a)

La representación gráfica debe ser una recta:



**44** Representa los números del 1 al 10 frente a sus cuadrados. Emplea una fórmula en la hoja de cálculo para ayudarte con las operaciones.

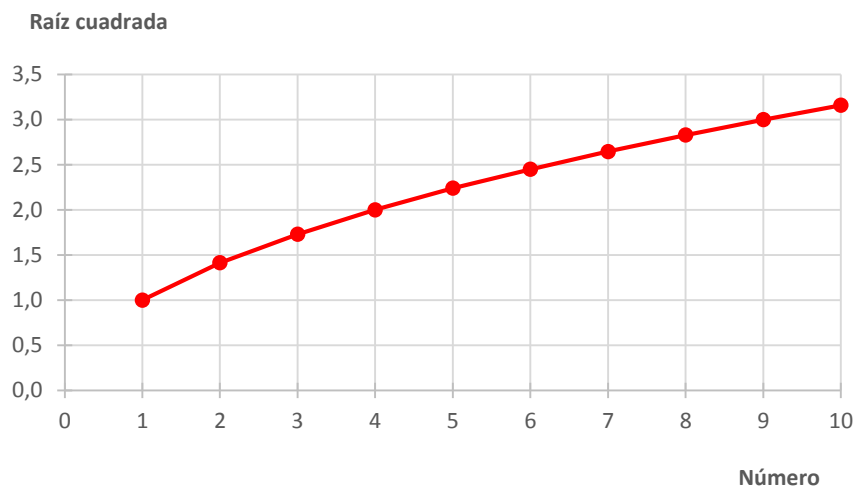
Respuesta práctica.



En la hoja de cálculo se debe emplear una fórmula para calcular los cuadrados automáticamente. Nos situamos en la celda situada junto al número 1 y escribimos el signo =, a continuación se selecciona la celda donde está el número 1 y se escribe el símbolo ^ seguido de un 2. Entonces aparecerá en dicha celda el cuadrado del número de la celda contigua. A continuación se arrastra desde la esquina inferior derecha de la celda que contiene la fórmula hacia abajo y se calculan automáticamente los cuadrados de los números que hay en las celdas situadas bajo el 1.

- 45** Representa ahora los números del 1 al 10 frente a sus raíces. Emplea una fórmula en la hoja de cálculo para ayudarte con las operaciones.

Respuesta práctica.



- 46** **COMPRESIÓN LECTORA.** Explica en unas pocas líneas en qué se basó Eratóstenes para deducir el tamaño de la Tierra. ¿Qué suposiciones hizo?

Eratóstenes se basó en el hecho de que en una determinada fecha no había sombras en Alejandría y sí en otras ciudades cercanas.

Supuso que la Tierra era esférica y que el Sol estaba tan lejos de la Tierra que los rayos que nos llegan procedentes de nuestra estrella son paralelos.

- 47** Haz una lista en tu cuaderno con todas las magnitudes y unidades recogidas en el documento.

Magnitudes: tamaño de la Tierra, distancia, ángulo, curvatura, circunferencia, longitud del arco.

Unidades: estadio, kilómetro.

- 48** Según el texto, ¿qué influencia tiene la mayor o menor curvatura de la Tierra en los datos recopilados en el experimento?

Una curvatura mayor hace que la sombra medida en el experimento sea más larga.

- 49** El valor admitido para la circunferencia de la Tierra en la actualidad es de 40 000 km. Calcula:

a) El error absoluto cometido por Eratóstenes.

b) El error relativo de su medida.

a) El error absoluto es la diferencia entre el valor medido y el valor admitido en la actualidad como verdadero:

$$E_a = V_{\text{Medido}} - V_{\text{Verdadero}} = 40200 \text{ km} - 40000 \text{ km} = 200 \text{ km}$$

b) El error relativo es:

$$E_r = \frac{E_a}{V_{\text{Medido}}} \cdot 100 = \frac{200 \text{ km}}{40\,200 \text{ km}} \cdot 100 = 0,5 \%$$

- 50** Opina. ¿Te parece que está bien empleada la palabra «bello» para describir un experimento como este?

Respuesta personal. La idea que debe captar el alumno es que a lo largo de la historia los científicos han ideado experimentos muy brillantes en los cuales unos medios materiales muy parcos han dado unos frutos notables en cuanto a los resultados científicos obtenidos. El experimento mencionado en esta página es un claro ejemplo.

Hoy en día es más complicado porque muchos avances científicos requieren el uso de caras y complejas instalaciones.

**51 ¿Qué otros experimentos conoces que podrían merecer el calificativo de «bello»?**

Respuesta personal. Algunos otros experimentos de importancia capital son los siguientes:

- Medida de la velocidad de la luz por Römer usando datos de los eclipses de los satélites de Júpiter.
- Experimentos de Galileo relacionando la velocidad de un cuerpo en caída con el tiempo transcurrido.
- Experimento de Newton con un prisma descomponiendo la luz blanca en todos los colores que la forman.
- Experiencia de Cavendish para medir la constante  $G$  de la gravitación universal.
- Experimento de Millikan y Fletcher con gotas de aceite para determinar la carga del electrón.
- Experimento de la doble rendija de Young mostrando interferencias.
- El giro del péndulo de Foucault mostrando el giro de la Tierra sobre sí misma.
- El experimento de la lámina de oro de Geiger y Marsden propuesto por Rutherford.

El libro *El prisma y el péndulo*, de Robert P. Crease, citado en esta página es una excelente referencia.

## INVESTIGA

**52 Analiza la tabla de datos y la gráfica que resulta y responde:**

- a) ¿Qué forma tiene la gráfica?**
- b) ¿Pasa por el punto (0, 0)? Interpreta este hecho.**
- c) ¿Se puede establecer una relación matemática entre la concentración y la densidad?**

- a) Respuesta en función de los datos obtenidos en la experiencia. La gráfica es una línea recta.
- b) No pasa por el punto (0, 0). Esto quiere decir que aunque la concentración sea cero, la densidad no será cero, puesto que en ese caso, cuando no hay soluto, la densidad de la disolución se corresponde con la densidad del disolvente.
- c) Respuesta en función de los datos obtenidos en la experiencia. En el caso del azúcar, una sustancia menos densa que el agua, la densidad de la disolución irá variando a medida que vamos aumentando la concentración de azúcar. Hay que tener en cuenta que influyen varios factores. Por una parte, al añadir más azúcar el peso será mayor, pero también será algo mayor el volumen. Sin embargo, en muchas disoluciones no son aditivos, sino que el volumen de la disolución es menor que la suma de los volúmenes ocupados por el disolvente y el soluto por separado.

**53 ¿Puedes deducir alguna ley científica de esta experiencia?**

Respuesta en función de los resultados de la experiencia.

**54 Piensa en otras variables que pueden estar relacionadas con la densidad de una disolución, como la temperatura o el tipo de soluto. Diseña un experimento para analizar cada una de esas variables.**

Respuesta personal.

Para estudiar la temperatura se puede medir la densidad de una disolución a diferentes temperaturas. Para ello será necesario medir la masa y determinar el volumen de la disolución para cada temperatura, que puede determinarse con un termómetro.

Para estudiar el tipo de soluto se puede medir la densidad de distintas disoluciones formadas por una misma cantidad de disolvente y una misma cantidad de soluto, pero variando la sustancia que desempeña el papel de soluto. Así comprobaremos cómo influye el tipo de soluto en la densidad de la disolución.