

1 Naturaleza de la ciencia

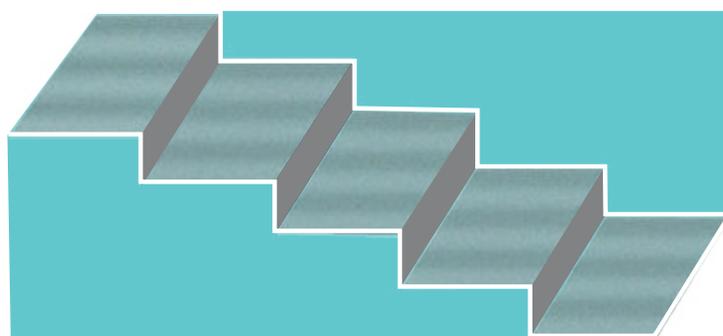
Página 11

- 1 ¿En este apartado se han comentado algunas de las ideas inadecuadas sobre Naturaleza de la Ciencia. Ubica cada una de ellas en alguno de los elementos del mapa conceptual de la página anterior.

Se recoge la respuesta en la tabla siguiente:

Naturaleza de la ciencia				
Epistemología de la ciencia			Sociología de la ciencia	
Naturaleza del conocimiento científico	Métodos de la ciencia	Evolución de la ciencia	Relaciones CTS	Sociología interna de la ciencia
La ciencia y sus métodos pueden resolver todos los problemas.	Toda investigación científica comienza por la observación sistemática y objetiva del fenómeno estudiado. Los experimentos son el principal camino hacia el conocimiento científico. La metodología científica garantiza la objetividad en el estudio de la realidad.	Las teorías pueden convertirse en leyes. El conocimiento científico ha evolucionado históricamente por la acumulación de teorías verdaderas. La aceptación de nuevos conocimientos científicos es inmediata.	La ciencia y sus métodos pueden resolver todos los problemas.	Los miembros de la comunidad científica son especialmente objetivos.

- 2 Observa la siguiente imagen y comenta con tus compañeros y compañeras lo que ves en ella. ¿Todos describís lo mismo? ¿A qué puede deberse? ¿Con qué contenidos del apartado puede relacionarse?



La imagen se extrae del libro «¿Qué es esa cosa llamada ciencia?», de ALAN. F. CHALMERS, Siglo XXI Editores. En ella se puede observar una escalera con la base en la parte superior o en la inferior, y si la persona que la observa no está acostumbrada a las representaciones tridimensionales, no verá tal escalera. Esto está relacionado con el hecho de que toda observación está condicionada por lo que conoce el observador.

- 3** En 1808, John Dalton publica la primera parte de su obra *New System of Chemical Philosophy*, en la que defiende la idea de que la materia está formada por átomos. Sin embargo, en algunos libros de química de finales de ese siglo, de autores de reconocido prestigio, en ningún lugar aparece la idea de átomo. ¿Con cuál de las ideas estudiadas podría relacionarse este hecho?

Se relaciona con el hecho de que la aceptación de nuevos conocimientos no es inmediata.

- 4** Cuando Marie Curie estaba estudiando las propiedades del radio observó que unas placas fotográficas que guardaba en un cajón estaban veladas. Esta observación fue determinante para el estudio de la radiactividad. Analiza este hecho desde la perspectiva de la naturaleza de la ciencia.

Se muestra en esta actividad un caso de serendipia como ejemplo de situación en la que el origen del conocimiento científico comienza, en el seno de una investigación, debido a una observación fortuita que genera un nuevo problema a resolver.

Conviene destacar que aunque a la serendipia se le atribuya un componente de azar, es necesario que se presente a la persona con el conocimiento adecuado para constituir origen de conocimiento científico. Como siempre, la observación depende de la teoría.

- 5** Según el diccionario de la lengua española, el término «serendipia» se refiere a un hallazgo valioso que se produce de manera accidental. Relaciona este término con los contenidos del epígrafe.

Según la RAE, serendipia es un «hallazgo valioso que se produce de manera accidental o casual». Aplicado al conocimiento científico, hace alusión a descubrimientos en cuyo origen interviene el azar, como el de la penicilina, la radiactividad, los rayos X o el conocido caso de la bañera de Arquímedes.

En relación con la Naturaleza de la Ciencia estaría relacionado con los métodos de la investigación científica, en el sentido de que el origen del problema surge de modo fortuito, sin ser buscado a priori. No obstante, si el observador no hubiese poseído una base científica adecuada, posiblemente la observación no hubiese dado lugar a evolución del conocimiento científico.

Página 12

- 6** La ciencia acomete las problemáticas globales a las que se enfrenta la humanidad, como la contaminación, el cambio climático, el agotamiento de recursos o la gestión de residuos. En pequeños grupos, elegid una de ellas y analizadla desde una perspectiva que atienda las influencias mutuas entre ciencia, tecnología y sociedad. Argumenta sobre la fiabilidad de las fuentes que utilices para recabar información.

Respuesta abierta. Recomendamos prestar atención a que las respuestas de los grupos atiendan las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad.

- 7** Propón dos ejemplos que muestren cómo la tecnología influye en la mejora de la sociedad; y otros dos que muestren lo contrario.

Respuesta abierta. La actividad se plantea para hacer ver al alumnado que la ciencia no es buena ni mala, como en ocasiones se oye defender, siendo el uso que se hace de ella al que se pueden atribuir estos adjetivos.

Página 13

- 8** El diccionario de la Real Academia Española define la astrología como el «estudio de la posición y del movimiento de los astros, a través de cuya interpretación y observación se pretende conocer y predecir el destino de los hombres y pronosticar los sucesos terrestres», y la astronomía como la «ciencia que trata de cuanto se refiere a los astros, y principalmente a las leyes de sus movimientos». Si quisieras realizar una predicción fiable sobre el movimiento de los astros, ¿en cuál de estos conocimientos deberías basarte? ¿Cómo podrías garantizar la fiabilidad de tu predicción? ¿Y si quisieras conocer el desarrollo de algún acontecimiento futuro? Razona tus respuestas desde la perspectiva del conocimiento científico, centrándote en sus características principales.

Para hacer una predicción fiable habría que basarse en la astronomía, que, como ciencia, predice. La fiabilidad de la predicción se garantizaría mediante la contrastación con la realidad (reproducible) y las pruebas en las que se basan las conclusiones.

- 9** Isaac Newton es considerado uno de los mayores científicos de la historia. ¿Qué te parece que algunos de sus trabajos estuviesen dedicados a la alquimia? Antes de responder, infórmate sobre los orígenes de la alquimia y sus posibles relaciones con la química.

Esta actividad se enfoca hacia la necesidad de explicar el pasado desde una perspectiva que atienda las relaciones CTS de la época. Aunque en la actualidad la alquimia es considerada pseudociencia, fue una de las principales precursoras de la ciencia moderna que combinaba elementos de física, química, metalurgia, medicina, etc. Así, no es de extrañar que científicos de renombre participaran en ella.

- 10** Si de repente estalla un vaso que hay encima de la mesa, ¿qué puede haber ocurrido? ¿Cómo comprobarías la validez de tu explicación?

Respuesta abierta. Es importante que las hipótesis emitidas sean contrastables con la realidad, pues de no ser así no serían hipótesis científicas. Se recomienda que la actividad no se corrija en este momento, limitándose a recoger las hipótesis del alumnado. En la actividad 12, en la que se piden modos de contrastación con la realidad, se comprobará si las hipótesis son realmente científicas (contrastables).

El método científico

Página 15

- 11** Para que la resolución de un problema origine conocimiento científico, las preguntas que se planteen han de ser «científicamente investigables», esto es, se han de poder contrastar con la realidad. Propón dos preguntas que se puedan investigar desde una perspectiva científica, y otras dos que requieran otros tipos de conocimiento.

Respuesta abierta. La actividad se plantea para diferenciar las preguntas a las que puede dar respuesta la ciencia de las que requieren de otro modo de conocimiento. Así, preguntas como ¿por qué se ve el cielo azul?, o ¿por qué suceden las estaciones?, tendrían base científica, mientras que preguntas como ¿qué hay después de la muerte?, o ¿en qué trabajaré en el futuro?, no podrían abordarse con el conocimiento científico actual.

- 12** Describe tu respuesta a la actividad 10 desde el punto de vista de las etapas del método científico. En la fase de contrastación, define un control de variables válido para el experimento.

Respuesta abierta. Es importante destacar cada etapa del método científico, así como asegurar que las hipótesis emitidas son contrastables con la realidad. Describe alguna situación de tu vida cotidiana en la que hayas utilizado el método científico.

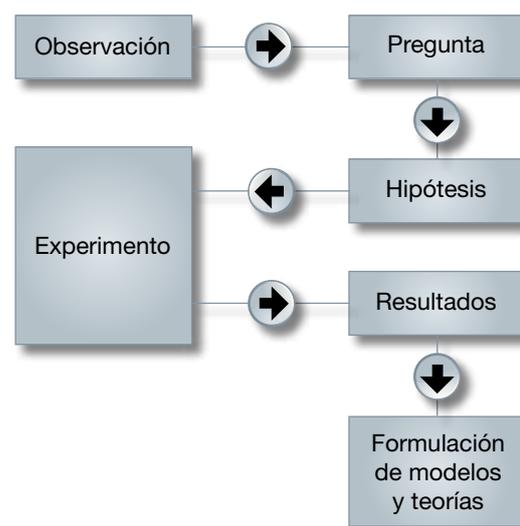
13 Propón una hipótesis cuya contrastación requiera el diseño de un experimento, y otra en la que no.

Para contrastar una hipótesis con la realidad, en ocasiones se requiere experimentación y en otras no. Por ejemplo, para comprobar que en la superficie de la Tierra dos esferas del mismo tamaño y distinto peso tardan el mismo tiempo en alcanzar el suelo desde una altura determinada, bastaría con realizar una medición. Sin embargo, si queremos comprobar si todos los cuerpos, independientemente de su peso, forma o material, caen con la misma aceleración «en el vacío», tendríamos que reproducir las condiciones del experimento en una cámara de vacío, y utilizar cuerpos de distintas formas, pesos y materiales. Este segundo caso exigiría control de variables, y sí podríamos hablar de experimentación.

14 Describe alguna situación de tu vida cotidiana en la que hayas utilizado el método científico.

El método científico se utiliza en muchas ocasiones en la vida cotidiana. Por ejemplo, lo estamos haciendo cuando algún dispositivo no funciona y nos planteamos a qué puede deberse y cómo puede arreglarse. También cuando buscamos la causa de que dos productos cualesquiera, a priori de características similares, tengan distinto precio, cuando intentamos explicar la enfermedad de alguna mascota, o, simplemente, cuando buscamos un objeto perdido. En general, siempre que ante un problema se emiten conjeturas, se contrastan con la realidad y se obtienen conclusiones finales basadas en pruebas.

15 En un libro de texto encuentras un esquema del método científico como el de la derecha. Comenta lo que creas correcto, y lo que no, de dicho esquema. ¿Con cuál de los dos métodos estudiados sería más acertado asociarlo? ¿Por qué?



El esquema sugiere que si se siguen los pasos de modo ordenado al final se llega a la formulación de modelos y teorías, lo cual no es correcto, pues puede que la hipótesis de partida sea refutada y haya que emitir otra. En otras palabras, presenta el método científico desde una perspectiva lineal en lugar de cíclica. Además, el hecho de partir de la observación, característica del inductivismo, tampoco es acertado como génesis del conocimiento científico.

Página 16

- 16** En el siguiente relato, identifica el problema, las hipótesis y los experimentos que se diseñaron para contrastarlas con la realidad:

Ignaz Semmelweiss, médico de origen húngaro, formó parte del equipo médico de la Primera División de Maternidad del Hospital General de Viena entre 1844 y 1848. Se sentía angustiado al ver que muchas de las mujeres que habían dado a luz en la Primera División contraían una enfermedad mortal conocida con el nombre de «fiebre puerperal», mientras que en la adyacente Segunda División de Maternidad del mismo hospital, en la que había casi tantas mujeres, el porcentaje de muertes por fiebre puerperal era mucho más bajo.

Una opinión muy aceptada atribuía las olas de fiebre puerperal a «influencias epidémicas». Pero, ¿cómo podían esas influencias haber infectado durante años la División Primera y no la Segunda? ¿Cómo podía la fiebre asolar el hospital sin producir caso alguno en la ciudad de Viena o sus alrededores? Una epidemia de verdad, como el cólera, no sería tan selectiva. Finalmente, Semmelweiss señaló que entre las mujeres internadas en la División Primera que se habían visto sorprendidas por el parto de camino al hospital, a pesar de las condiciones adversas, el porcentaje de muertes por fiebre puerperal era más bajo.

Según otra opinión, una causa de mortandad en la División Primera era el hacinamiento. Pero Semmelweiss señaló que, de hecho, el hacinamiento era mayor en la División Segunda; también hizo notar que no había diferencias en lo que se refería a la dieta y al cuidado general de las pacientes.

En 1846, una comisión designada para investigar el asunto atribuyó la frecuencia de enfermedad en la División Primera a las lesiones producidas por los reconocimientos poco cuidadosos a que sometían a las pacientes los estudiantes de medicina. Semmelweiss señaló, para refutar esta opinión, que: a) las lesiones producidas naturalmente en el parto son mucho mayores que las que pudiera producir un examen poco cuidadoso; b) las comadronas que recibían enseñanzas en la División Segunda reconocían a sus pacientes de un modo muy análogo, sin por ello producir los mismos efectos; c) cuando, respondiendo al informe de la comisión, se redujo a la mitad el número de estudiantes y se restringió al mínimo el reconocimiento de las mujeres por parte de ellos, la mortalidad, después de un breve descenso, alcanzó sus cotas más altas. Se acudió a varias explicaciones psicológicas. Una de ellas hacía notar que la División Primera estaba organizada de tal modo que un sacerdote que portaba los últimos auxilios a las moribundas tenía que pasar por cinco salas antes de llegar a la enfermería: se sostenía que su aparición, precedido por un acólito que hacía sonar una campanilla, producía un efecto terrorífico y debilitante en las pacientes y las hacía así más propicias a contraer la fiebre puerperal. En la División Segunda no se daba este factor adverso, porque el sacerdote tenía acceso directo a la enfermería. Semmelweiss convenció al sacerdote de que debía dar un rodeo y suprimir el toque de la campanilla para llegar a la habitación de la enferma en silencio y sin ser observado. Pero la mortalidad no decreció.

Finalmente, en 1847, la casualidad dio a Semmelweiss la clave. Un colega suyo recibió una herida penetrante en un dedo, producida por el escalpelo de un estudiante con el que estaba realizando una autopsia, y murió después de una agonía similar a la de las víctimas de fiebre puerperal.

Semmelweiss comprendió que la «materia cadavérica» que el escalpelo del estudiante había introducido en la corriente sanguínea de su colega había sido la causa de la fatal enfermedad, y concluyó que sus pacientes habían muerto por un envenenamiento del mismo tipo: él, sus colegas y los estudiantes habían sido los portadores de la materia infecciosa, ya que solían llegar a las salas inmediatamente después de realizar disecciones en la sala de autopsias y haberse lavado las manos solo de modo superficial. Semmelweiss puso a prueba esta posibilidad: dictó una orden por la que se exigía a todos que se lavaran las manos con una solución de cal clorurada antes de reconocer a ninguna enferma. La mortalidad puerperal, por fin, decreció.

En apoyo de su idea, Semmelweiss hizo notar que con ella se explicaba el hecho de que la mortalidad de la División Segunda fuera más baja, ya que las pacientes estaban atendidas por comadronas, que no diseccionaban cadáveres durante su formación. También explicaba la menor mortalidad entre los casos de «parto callejero», pues esas mujeres no se sometían a reconocimiento.

(Adaptado de las pruebas liberadas PISA 2006)

El problema que se plantea a Semmelweiss es que muchas de las mujeres que habían dado a luz en la Primera División contraían una enfermedad mortal conocida con el nombre de «fiebre puerperal», mientras que en la adyacente Segunda División de Maternidad del mismo hospital, en la que había casi tantas mujeres como en la Primera, el porcentaje de muertes por fiebre puerperal era mucho más bajo. La tabla siguiente recoge las sucesivas hipótesis que se emitieron, y, en su caso, los experimentos diseñados para contrastarlas.

Hipótesis	Experimentos
Influencias epidémicas	No hay experimento. Se refuta con razonamiento.
Hacinamiento, dieta y cuidado general	No hay experimento. Se refuta con observación.
Lesiones producidas por los reconocimientos	Se redujo a la mitad el número de estudiantes y se restringió al mínimo el reconocimiento de las mujeres por parte de ellos. Refuta la hipótesis.
Efecto terrorífico y debilitante al oír al sacerdote	Se hace que el sacerdote llegue en silencio y sin ser observado. Refuta la hipótesis.
Envenenamiento de la sangre por «materia cadavérica»	Se da orden de lavarse las manos antes de tratar a las pacientes, contrastando la hipótesis que, además, explica más situaciones.

En esta actividad conviene destacar que la contrastación de la hipótesis no siempre requiere de experimentación, bastando en ocasiones con simple observación o medición. Además, una vez contrastada, la hipótesis explica algunas situaciones ya observadas, lo que la fortalece.

3 Los lenguajes de la ciencia

Página 17

17 En muchos anuncios de artículos de cosmética se nos presenta el producto como «la solución final y definitiva». Razona si este tipo de afirmaciones son compatibles con las características del conocimiento científico.

No lo es, pues el conocimiento científico está en continua evolución y nunca ofrece respuestas finales y definitivas.

18 Elige un anuncio de publicidad que aparezca en cualquier medio de comunicación (televisión, prensa, radio, etc.) en el que se haga un uso inadecuado de la ciencia, y explica por qué crees que no es adecuado.

Respuesta abierta. La actividad se plantea para fomentar la argumentación en el aula. Para ampliar información sobre análisis de publicidad en el aula consultar Campanario, J. M.; Moya, A., y Otero, J.: «Invocaciones y usos inadecuados de la ciencia en la publicidad», *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1), pp. 45-56. (2001).

Página 19

- 19** Las magnitudes físicas, además de fundamentales o derivadas, también pueden clasificarse como intensivas o extensivas, y como escalares o vectoriales.

Define cada uno de estos tipos e indica el criterio de clasificación en cada caso.

Según dependan o no de la cantidad de materia, se dividen en **intensivas** (las que no dependen, como la temperatura, la densidad, o las temperaturas de cambio de estado) y **extensivas** (las que sí dependen, como la masa y el volumen). También se puede hablar de propiedades específicas y generales, respectivamente. Otra clasificación se basa en los **elementos necesarios para su definición**. A este respecto, las magnitudes **escalares** quedan descritas con un número y una unidad, mientras que las **vectoriales** necesitan, además, un punto de aplicación, una dirección y un sentido.

- 20** Deduce la dimensión de las magnitudes derivadas de la tabla de la página anterior.

Se recogen en la tabla siguiente:

Magnitud	Unidad SI	Símbolo	Dimensión
Superficie, S	Metro cuadrado	m^2	L^2
Volumen, V	Metro cúbico	m^3	L^3
Velocidad, v	Metro por segundo	m/s	$L \cdot T^{-1}$
Aceleración, a	Metro por segundo cuadrado	m/s^2	$L \cdot T^{-2}$
Fuerza, F	Newton	N	$M \cdot L \cdot T^{-2}$
Energía, E	Julio	J	$M \cdot L^2 \cdot T^{-2}$
Potencia, P	Vatio	W	$M \cdot L^2 \cdot T^{-3}$

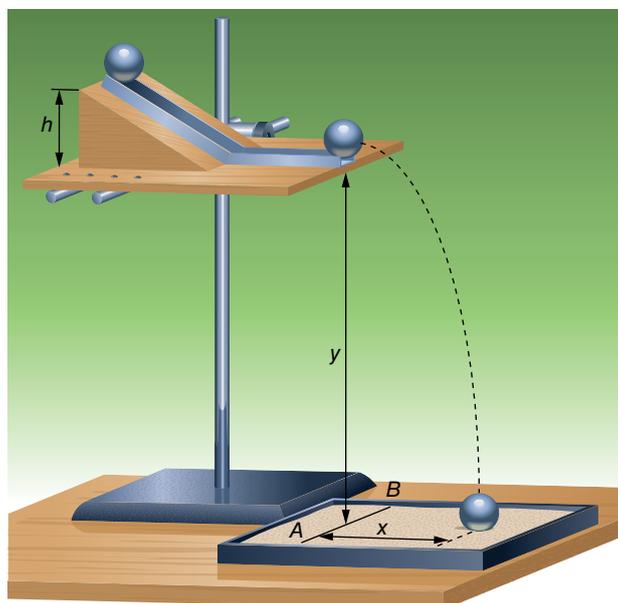
- 21** Una magnitud, x , tiene dimensión $[x] = L^{-1} \cdot M \cdot T^{-2}$. Indica tres unidades en las que podrías expresar el valor de dicha magnitud.

La unidad del SI correspondiente a esta magnitud es $kg/(m \cdot s^2)$. En general, se puede expresar en cualquier unidad resultante de dividir una unidad de masa entre el producto de una de longitud por una de tiempo al cuadrado. Por ejemplo, $g/(cm \cdot s^2)$, o $mg/(mm \cdot ms^2)$.

Página 21

- 22** En el ejercicio resuelto 4, ¿qué montaje experimental plantearías para que la velocidad inicial, v_0 , fuese siempre la misma? Calcula su valor, a partir de la constante «k» y de las ecuaciones del tiro horizontal.

El montaje puede ser el descrito en la práctica de laboratorio relacionada con tiro horizontal que se recomendó el curso pasado (práctica 9, figura inferior), que admite la variante de lanzar la bola mediante un muelle horizontal, partiendo siempre de la misma deformación.



Para calcular el valor de la velocidad inicial, en primer lugar hay que determinar el valor de la constante de proporcionalidad. Para ello, a partir de la relación entre variables ($h_0 = k \cdot x^2$) se calcula para cada pareja de datos y se halla la media aritmética:

h_0 (m)	x^2 (m ²)	$k = h_0/x^2$ (m ⁻¹)
0,25	0,1024	2,45
0,5	0,2025	2,45
0,75	0,3025	2,45
1,00	0,4096	2,45
1,25	0,5041	2,45

$$k = \frac{2,45 + 2,45 + 2,45 + 2,45 + 2,45}{5}$$

$$k = 2,45 \text{ m}^{-1}$$

De las ecuaciones del tiro horizontal se obtiene que:

$$\left. \begin{array}{l} x = v_0 \cdot t \\ y = h_0 - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \end{array} \right\} \rightarrow y = h_0 - \frac{1}{2} \cdot g \cdot \frac{x^2}{v_0^2}$$

Cuando el cuerpo impacta con el suelo ($y = 0$):

$$y = 0 \rightarrow h_0 = \frac{g}{2 \cdot v_0^2} \cdot x^2 \rightarrow k = \frac{g}{2 \cdot v_0^2}$$

De la expresión anterior se puede calcular la velocidad inicial, a partir del valor de la constante k obtenido experimentalmente:

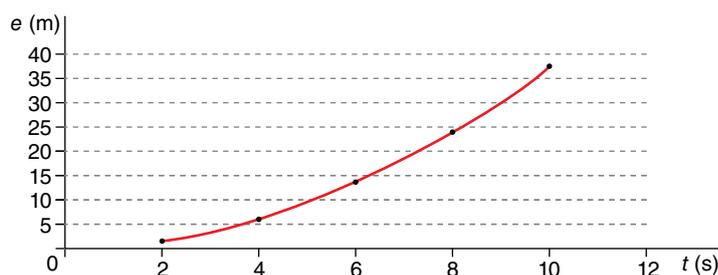
$$v_0 = \sqrt{\frac{g}{2 \cdot k}} \rightarrow v_0 = 1,41 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

23 Se mide el espacio recorrido por un móvil, que parte del reposo, en función del tiempo empleado, obteniendo los datos de la tabla siguiente:

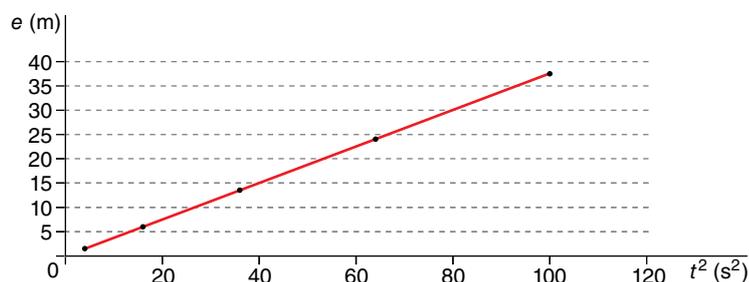
t (s)	2	4	6	8	10
e (m)	1,5	6,0	13,5	24,0	37,5

Determina la relación entre estas magnitudes, y el valor de la que caracteriza el tipo de movimiento que describe.

En primer lugar, se representa el espacio en función del tiempo:



A priori, la gráfica recuerda a una relación cuadrática directa. De ser así, si se representa el espacio en función del cuadrado del tiempo se debería obtener una línea recta. Comprobémoslo:



De esta gráfica podemos asegurar que el espacio recorrido guarda con el tiempo una relación cuadrática directa, o, dicho de otro modo, el espacio es directamente proporcional al cuadrado del tiempo. Matemáticamente:

$$e = k \cdot t^2, \text{ con } k \text{ constante}$$

Esta expresión corresponde a un m.u.a., en el que:

$$e = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \rightarrow k = \frac{1}{2} \cdot a \rightarrow a = 2 \cdot k$$

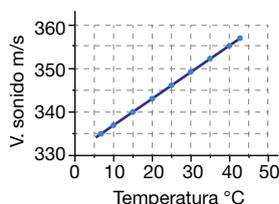
Se calcula la constante k a partir de cada pareja de datos:

e (m)	1,5	6,0	13,5	24,0	37,5
t^2 (s ²)	4	16	36	64	100
$k = e/t^2$ (m/s ²)	0,375	0,375	0,375	0,375	0,375

Por tanto:

$$k = 0,375 \text{ m/s}^2 \rightarrow a = 0,75 \text{ m/s}^2$$

24 A partir de la siguiente gráfica, obtén la ley física que relaciona las dos magnitudes que se representan. Exprésala en lenguaje verbal y matemático.



De la gráfica, en la que se representa la velocidad del sonido en función de la temperatura del aire, se puede obtener el siguiente conjunto de datos:

T (°C)	7	10	15	20	25	30	35	40	42,5
v (m/s)	335	337	340	343	346	349	352	355	357

En la gráfica se observa que al aumentar la temperatura también lo hace la velocidad del sonido. Además, la relación es lineal, por lo que la ecuación física que relaciona ambas variables debe ser la de una recta de pendiente m :

$$v - v_0 = m \cdot (T - T_0) \rightarrow m = \frac{v - v_0}{T - T_0}$$

Se toma como pendiente de la recta la media aritmética de las obtenidas para cada pareja de datos:

T (°C)	7	10	15	20	25	30	35	40	42,5
v (m/s)	335	337	340	343	346	349	352	355	357
m (m/(s · °C))	0,67	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	—

$$m = \frac{0,67 + 0,6 + 0,6 + 0,6 + 0,6 + 0,6 + 0,6 + 0,6 + 0,8}{8} = 0,63 \frac{\text{m}}{\text{s} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Si se sustituye el valor de la pendiente en la ecuación de la recta, y se toman como condiciones iniciales el primer par de datos:

$$v - 335 = 0,63 \cdot (T - 7) = 0,63 \cdot T - 4,41 \rightarrow v = 0,63 \cdot T + 330,59$$

Esta expresión, en principio, solo es válida para temperaturas comprendidas entre 5 °C y 42,5 °C. En este intervalo, podemos afirmar que la velocidad del sonido aumenta 0,63 m/s por cada grado centígrado de aumento de la temperatura.

Nota: La solución ofrecida constituye una propuesta de resolución en primera aproximación.

Naturaleza de la ciencia

- 1 Reflexiona acerca de las ideas inadecuadas sobre la naturaleza de la ciencia (apartado 1.3). ¿Cuáles compartías antes de estudiar la unidad? ¿Cuál de ellas te cuesta más aceptar? ¿Por qué?

Actividad para reflexionar y argumentar en el aula. Las ideas inadecuadas sobre Naturaleza de la Ciencia más extendidas son las relacionadas con los métodos de la ciencia (ver resolución de actividad 1, apartado 1.3), pues en muchos textos escolares, entre otras fuentes, se sigue presentando una visión inductivista del método científico en la que se comienza por observaciones objetivas de la realidad.

- 2 Lee el siguiente texto y determina si se trata de conocimiento científico. (Fuente: adaptado de Wikipedia).

Las psicofonías son sonidos que quedan registrados en grabadoras de audio y son interpretados con hipótesis muy diversas. Etimológicamente, el término psicofonía está compuesto por «psique» y «fonos», que hace referencia a un sonido producido por energía psíquica, aunque algunos investigadores prefieren hablar de fenómenos de voz electrónica para no prejuzgar la causa del fenómeno.

Según los defensores de fenómenos paranormales, se trata de voces que, con una morfología característica en cuanto a timbre, tono, velocidad y modulación, llegan a enunciar contenidos significativos, incluso a mantener diálogos. Aparte de voces, se han llegado a grabar sonidos de animales, ruidos de características muy diversas y sonidos musicales.

Estos registros suelen ser explicados racionalmente como resultado de pareidolia, apofenia o, simplemente, fraudes. Los representantes de la investigación parapsicológica reconocen que solo disponen de hipótesis más o menos fundamentadas sobre sus causas.

Para que un conocimiento sea calificado de científico debe haber sido contrastado con la realidad, presentar la oportunidad de reproducir la contrastación y basarse en pruebas. Las psicofonías no verifican ninguna de estas condiciones. Incluso, como se dice al final del texto, «los representantes de la investigación parapsicológica reconocen que solo disponen de hipótesis más o menos fundamentadas sobre sus causas».

- 3 El siguiente párrafo se extrae del libro *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*, de Alan F. Chalmers. ¿Con qué contenidos de la unidad puede relacionarse?

La nitidez de este punto es ilustrada por un ejemplo algo truculento atribuido a Bertrand Russell. Cuenta que un pavo descubrió en su primera mañana en la granja que le daban comida a las 9. Después de ver repetida la experiencia diariamente durante semanas, el pavo creyó que podía seguramente sacar la conclusión «Siempre como a las 9 de la mañana». Pero, ¡ay! se demostró de manera indudable que esta conclusión era falsa cuando, la víspera de la Navidad, en vez de darle la comida le cortaron el cuello. El razonamiento del pavo le condujo desde un número de observaciones verdaderas a una conclusión falsa, lo que indica claramente la invalidez del razonamiento desde el punto de vista lógico.

El texto puede relacionarse con algunas críticas que se hacen al inductivismo, ya que partiendo de premisas verdaderas se puede llegar, mediante inducción, a conclusiones falsas, lo que invalida este modo de razonamiento como método científico.

4 En el siguiente relato, identifica las etapas del método científico.

La física de finales del siglo XIX postulaba que la luz, como las olas o el sonido, en general cualquier onda, necesitaba un medio para propagarse. A ese medio se le llamó «éter», y algunos científicos se plantearon el modo de detectarlo.

No era tarea fácil, pues el éter debía tener unas propiedades muy peculiares. Por una parte, debía ser extremadamente rígido para que la onda se propagase a la enorme velocidad de la luz, y, por otra, no debería ejercer ninguna fuerza de rozamiento sobre los planetas, pues estos irían perdiendo velocidad, hecho que no ocurre.

Para detectar el éter, que se consideraba un medio estático, algunos científicos se propusieron medir la velocidad de la Tierra respecto a él. Fue Albert Abraham Michelson, en 1881, el primero en intentarlo utilizando un dispositivo de fabricación propia: el interferómetro. Llegó a la conclusión de que la Tierra no se movía respecto al éter, pero como los errores de las medidas eran del orden de la sensibilidad del aparato, reconoció la necesidad de mejorarlas.

En colaboración con Edward Morley, se mejoró el interferómetro y se realizaron medidas muy precisas, en condiciones diversas, entre 1887 y 1897. En ninguna de estas experiencias, ni en ninguna otra realizada por otros científicos posteriores, se logró medir la velocidad de la Tierra respecto al éter.

Ello llevó a pensar en tres posibilidades: que la Tierra arrastraba al éter en su movimiento, que los objetos se contraían en la dirección del movimiento o que la luz no verificaba las transformaciones de Galileo. Finalmente fue esta tercera hipótesis la que, sin necesitar la existencia del éter, perduró en el tiempo.

Problema: comprobar la existencia del éter; hipótesis: el éter existe, y tiene unas propiedades muy particulares; experimento: con un interferómetro se mide la velocidad de la Tierra respecto del éter; resultados: no se logra medir dicha velocidad. Pese a ello, a priori no se concluye que no existe el éter, sino que, insistiendo en su existencia, surgen nuevas hipótesis a contrastar. Finalmente, la conclusión es que el éter no existe.

5 En el apartado 2.2 de la unidad se dice que la deducción es el proceso contrario a la inducción, pero ¿en qué consiste, exactamente? Propón un ejemplo de inducción y otro de deducción.

La deducción es una forma de razonamiento en la que a partir de un principio general se llega a un principio particular. Por ejemplo, si partimos de que todos los cuerpos caen en el vacío con la misma aceleración, g (principio general), podemos deducir que uno en particular caerá con aceleración g . La inducción sería el proceso contrario: dejar caer un cuerpo en variedad de circunstancias, en el vacío, y medir la aceleración de caída, y de estas observaciones extraer el principio general anterior. En este caso, nunca podemos estar seguros de la veracidad de la conclusión.

Página 27**6** Explica con tus palabras por qué actualmente se acepta que el método de la ciencia no es inductivo, sino hipotético-deductivo.

Actividad para reforzar el carácter hipotético-deductivo del método científico.

7 Dibuja una persona que trabaje en investigación científica, con algunos elementos de su entorno de trabajo. Explica en pocas líneas por qué has realizado el dibujo como lo has hecho.

Esta actividad se propone como réplica de investigaciones realizadas al respecto, en las que el alumnado representa un estereotipo de científico lejano a la realidad. Se suelen dibujar hombres blancos, de edad avanzada, locos, malvados, calvos o de pelo cano, con gafas de muchos aumentos, despistados, etc. Respecto al material, abunda el de vidrio de

laboratorio, o instrumentos de observación (microscopios y telescopios). Es conveniente hacer ver al alumnado que este estereotipo queda lejos de muchos hombres y mujeres que dedican sus esfuerzos a la investigación científica (se pueden mostrar fotografías de estas personas). Para ampliar información, se puede consultar Chambers, D. W. (1983): «Stereotypic images of the scientist: The draw-a-scientist test», *Science Education*, 67 (2), pp. 255-265, trabajo que, pese a no ser reciente, se sigue citando en investigaciones actuales que arrojan resultados similares. También se puede consultar Vílchez, J. M. y Perales, F. J. (2006): «Image of science in cartoons and its relationship with the image in comics». *Physics Education*, 41 (3), 240-249.

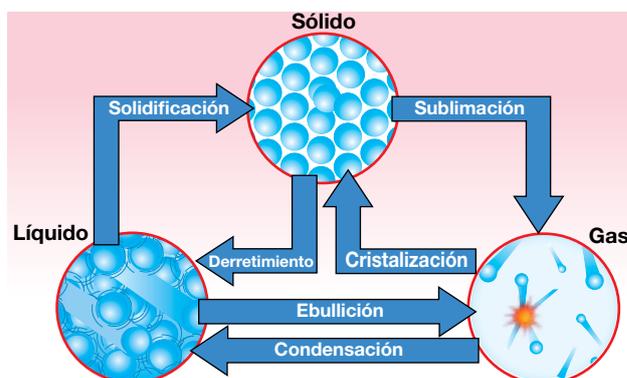
Los lenguajes de la ciencia

- 8 Para la publicidad de una pintura «que lo cubre todo» se utiliza la imagen siguiente. ¿Qué se puede criticar de ella desde un punto de vista científico?



La imagen representa una idea muy frecuente de una Tierra en el espacio con un arriba y un abajo absolutos. Se espera que los alumnos de 2º Bachillerato identifiquen que, dado que la fuerza gravitatoria es una fuerza central, la pintura quedaría en la superficie de la Tierra en todos sus puntos, y no gotearía. Todo ello suponiendo que se pudiese verter como se muestra en la imagen.

- 9 En una página web encuentras un diagrama como el siguiente sobre los cambios de estado. ¿Se utiliza en él un lenguaje científico adecuado? ¿Qué puedes concluir sobre la fiabilidad de la fuente consultada?



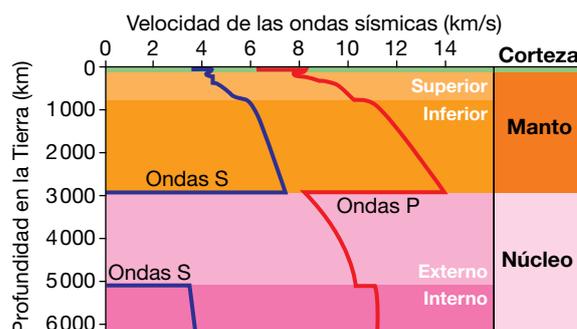
En la imagen se pueden observar términos incorrectos, como llamar «derretimiento» al paso de sólido a líquido, o «cristalización» al de gas a sólido. También se comenten errores

al considerar sinónimos «condensación» y «licuación», o «vaporización» y «ebullición». Hay que hacer ver al alumnado que no todo lo que encuentran en Internet es correcto, aunque sea en páginas web en las que ellos confían.

10 En los dibujos animados se transgreden muchas leyes físicas. Busca en Internet las «leyes físicas de los dibujos animados» y examínalas desde un punto de vista científico, expresando cómo ocurrirían en la realidad los fenómenos descritos, indicando el conocimiento científico en el que te apoyas.

Esta actividad se propone para promover la argumentación en el aula. Las leyes físicas de los dibujos animados se encuentran fácilmente en Internet, y analizarlas desde un punto de vista científico fomenta la comprensión de algunos fenómenos y el hábito de analizar los mensajes que se reciben en la vida cotidiana. Para ampliar información, consultar Vílchez, J. M. y Perales, F. J. (2009): «Física y Dibujos Animados. Una estrategia para la alfabetización científica (y televisiva) en la educación secundaria». *Alambique*, 60, 54-63, o Perales, F. J. y Vílchez, J. M. (2005): «The Teaching of Physics and Cartoons: Can they be interrelated in secondary education?» *International Journal of Science Education*, 27 (14), 1647-1670.

11 Cuando tiene lugar un terremoto se producen tres tipos de ondas: ondas P (longitudinales), ondas S (transversales) y ondas superficiales. Extrae toda la información que puedas sobre ellas de la siguiente gráfica. Después, reflexiona sobre la utilidad de las gráficas en ciencia.



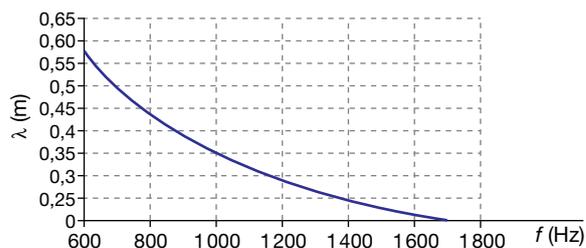
De la gráfica se puede extraer mucha información. Por ejemplo:

- Las ondas P se transmiten a mayor velocidad que las S.
- Las ondas transversales no se transmiten por el núcleo externo.
- Hay zonas del interior de la Tierra en las que se producen cambios bruscos en la velocidad de las ondas.
- Cuando nos acercamos a la corteza hay oscilaciones en la velocidad.
- El espesor de cada capa de la Tierra.
- Las velocidades mínimas y máximas de cada tipo de onda.
- El núcleo interno es más homogéneo que el manto (la velocidad es casi constante).

La actividad se propone para hacer ver al alumnado la economía de lenguaje de las gráficas, y para acostumbrarlos a extraer información de estas.

12 A continuación se ofrece información en diferentes códigos de comunicación. En cada caso, exprésalo de modo que finalmente quede descrito en los tres lenguajes de la ciencia estudiados: verbal, matemático y gráfico. (No te preocupes si no entiendes todavía los conceptos implicados):

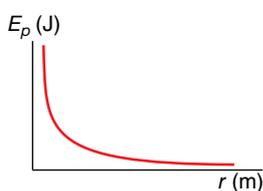
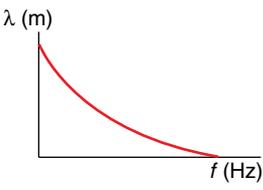
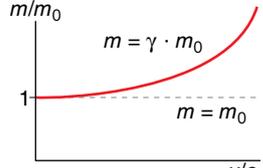
- a) La energía potencial electrostática en un sistema de dos cargas es inversamente proporcional a la distancia que las separa.
- b) Gráfica longitud de onda (λ) – frecuencia (f).



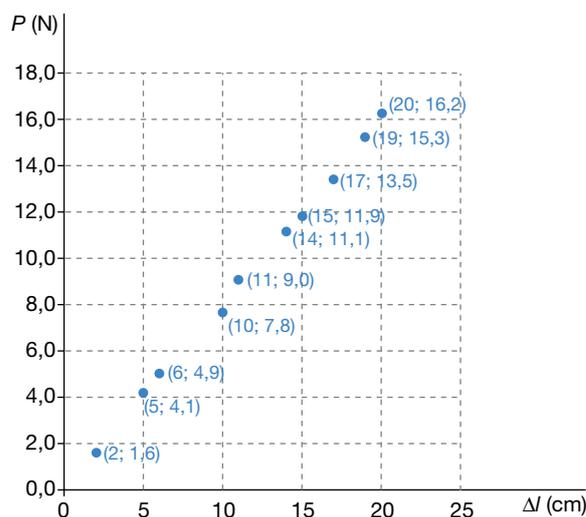
c) Ecuación de la masa relativista, m (m_0 : masa en reposo; v : rapidez; c : rapidez de la luz):

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

Se ofrece la solución en la siguiente tabla.

Apartado	Verbal	Matemático	Gráfico
a	La energía potencial electrostática en un sistema de dos cargas es inversamente proporcional a la distancia que las separa.	$E_{pe} = \frac{k}{r}, k \text{ cte}$	
b	La longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia.	$\lambda = \frac{k}{f}, k \text{ cte}$	
c	La masa relativista es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de uno menos el cuadrado del cociente entre la rapidez del cuerpo y la del a luz	$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$	

13 De una experiencia de laboratorio, en la que se estudia el alargamiento de un muelle al colgar de él diferentes objetos, se obtiene la siguiente gráfica. ¿Qué ley física se puede obtener de ella? Exprésala en lenguaje verbal y matemático. ¿Cuál es el valor de la constante elástica del muelle?



En la gráfica se observa una relación de proporcionalidad directa, que matemáticamente quedaría expresada por la ecuación de una recta que pasa por el origen (cuando $P = 0$, $\Delta l = 0$): $P = k \cdot \Delta l$, con k constante, expresión en la que P es el peso del objeto que se cuelga, e Δl , el alargamiento del muelle al colgarlo. En lenguaje verbal, diremos que el peso del cuerpo es directamente proporcional al alargamiento del muelle.

Para determinar la constante k , que coincide con la constante elástica del muelle, se calcula el valor para cada par de datos y se hace la media aritmética:

P (N)	Δl (cm)	k (N/cm)
2	1,6	1,25
5	4,1	1,22
6	4,9	1,22
10	7,8	1,28
11	9,0	1,22
14	11,1	1,26
15	11,9	1,26
17	13,5	1,26
19	15,3	1,24
20	16,2	1,23

$$\bar{k} = 1,25 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

Esta constante significa que por cada 1,25 N de fuerza aplicada el muelle se estira 1 cm.

Nota. El análisis con SPSS 18.0 arroja una regresión lineal con $R^2 = 0,999$, un valor para la constante $k = 1,248$ N/cm, y una ordenada en el origen $P_0 = -0,006$ N.

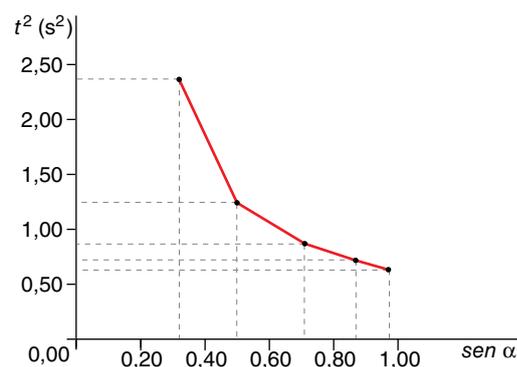
- 14** En una experiencia de laboratorio se mide el tiempo, t , que tarda un cuerpo en recorrer un plano inclinado de 3 m de longitud, minimizando al máximo el rozamiento, en función del ángulo de inclinación, α . Se obtienen los datos de la tabla siguiente. A partir de ellos, establece la relación entre las variables.

α (°)	15	30	45	60	75
t (s)	1,55	1,11	0,93	0,84	0,79

Nota. En tu razonamiento, ten en cuenta el resultado de la actividad 23 del apartado 3.3 de la unidad y la expresión de la aceleración en un plano inclinado sin rozamiento.

De un análisis visual de los datos se observa que la relación no es lineal ni cuadrática. Atendiendo a las orientaciones que se dan en la nota final, dado que el móvil describe un m.r.u.a. el espacio recorrido es proporcional al cuadrado del tiempo invertido, y en un plano inclinado sin rozamiento la aceleración es proporcional al seno del ángulo de inclinación. Calculemos, pues, el cuadrado del tiempo y el seno del ángulo, y representemos el primero en función del segundo:

α (°)	t (s)	$\text{sen } \alpha$	t^2 (s ²)
15	1,55	0,26	2,36
30	1,11	0,50	1,22
45	0,93	0,71	0,86
60	0,84	0,87	0,71
75	0,79	0,97	0,63



La gráfica indica que la relación entre estas variables es de proporcionalidad inversa. Se puede comprobar que para cada pareja de datos se verifica que $\text{sen } \alpha \cdot t^2 = 0,61 \text{ s}^2$, lo que nos permite afirmar esta relación de proporcionalidad: el seno del ángulo de inclinación es inversamente proporcional al cuadrado del tiempo. Matemáticamente:

$$\text{sen } \alpha = \frac{k}{t^2}, \text{ con } k = 0,61 \text{ s}^2$$

Por otra parte, es fácil deducir el valor de k de las ecuaciones del movimiento:

$$\left. \begin{array}{l} \text{m.r.u.a.} \rightarrow e = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \\ \text{plano } \mu = 0 \rightarrow a = g \cdot \text{sen } \alpha \end{array} \right\} \rightarrow \text{sen } \alpha \cdot t^2 = \frac{2 \cdot e}{g} = \frac{2 \cdot 3 \text{ m}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,61 \text{ s}^2$$

Nota. El análisis con SPSS 15.0 arroja una relación inversa con $R^2 = 1$ y ecuación:

$$\text{sen } \alpha = \frac{0,61 \text{ s}^2}{t^2} - 0,001$$

- 15** Si tuvieses que reproducir la experiencia de la actividad anterior, ¿qué diseño experimental utilizarías? Imagina que, una vez realizada, tienes que documentarla en un informe científico. Elabora un simulacro del informe comentando brevemente cada apartado.

Respuesta abierta. Lo complicado del diseño experimental es reducir al máximo el rozamiento, lo que se puede conseguir puliendo superficies, con lubricantes, colchón de aire, utilizando materiales con poco rozamiento, como el hielo, etc. Prestar atención a que el informe contenga los apartados necesarios: título, objetivo, hipótesis, fundamento teórico, material, procedimiento, resultados y conclusiones. Si se estima conveniente, proporcionar este índice al alumnado.

- 16** Entrás en un aula y encuentras la siguiente pizarra. Responde a las siguientes preguntas:

- ¿De qué ha tratado la sesión anterior?
- ¿Qué conceptos se han utilizado?
- ¿Cómo se definen?
- Las ecuaciones físicas, ¿son dimensionalmente homogéneas?
- ¿Son correctas?
- ¿Qué principio de conservación se basa en estos conceptos?
- Expresalo en lenguaje verbal, matemático y gráfico.

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{P}{2 \cdot v}$$

$$E_p = -G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$

$$E_m = E_c + E_p \quad P = \frac{W}{\Delta t}$$

- De energía y potencia.
- Energía cinética, energía potencial, energía mecánica, trabajo y potencia.
- Definición de magnitudes.
- Se puede comprobar que lo son. Las dimensiones del trabajo y la energía son:

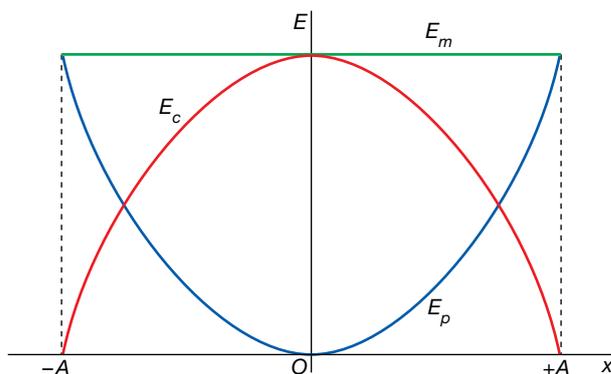
$$[W] = [E] = M \cdot L^2 \cdot T^{-2}, \text{ y la de potencia, } [P] = M \cdot L^2 \cdot T^{-3}$$

Solucionario descargado de: <https://solucionarios.academy/>

- e) En la de la potencia es recomendable utilizar para el tiempo la letra «t» minúscula, para no confundirlo con el período o la temperatura. En la expresión de la energía cinética, el último término debe ser $p^2/(2 \cdot m)$.
- f) El principio de conservación de la energía mecánica.
- g) En ausencia de fuerzas disipativas, la energía mecánica permanece constante.

17 La siguiente gráfica muestra el principio de conservación de la energía mecánica en el caso de un cuerpo que... (elige la opción correcta, razonando tu respuesta).

- a) ... cae libremente bajo la acción de la gravedad.
- b) ... describe un movimiento parabólico.
- c) ... se lanza hacia arriba, alcanza la altura máxima y vuelve a caer.
- d) ... describe un m.a.s.



La gráfica corresponde a un m.a.s. En las tres primeras opciones la gráfica de la energía potencial serían líneas rectas ($E_p = m \cdot g \cdot h$).

Cálculo vectorial

18 Este curso se va a trabajar con sistemas de referencia cartesianos de tres dimensiones. Para ello, se añade a X e Y otro eje, Z_z , perpendicular al plano definido por aquellos, cuyo vector unitario se representa por \vec{k} .

Lo habitual es utilizar sistemas de referencia dextrógiros, que verifican que el vector unitario \vec{k} se obtiene del producto vectorial de los vectores \vec{i} y \vec{j} ($\vec{i} \times \vec{j} = \vec{k}$). ¿Cuáles de los siguientes sistemas de referencia son dextrógiros?

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)
- f)

Son dextrógiros los sistemas de referencia a, b, e y f.

19 Dados los vectores $\vec{A} = 3 \cdot \vec{i} - 5 \cdot \vec{j} + \vec{k}$ y $\vec{B} = -2 \cdot \vec{i} + \vec{j} + \vec{k}$, calcula:

a) El vector $\vec{A} + \vec{B}$.

b) El módulo del vector $2 \cdot \vec{A} - 3 \cdot \vec{B}$.

c) Un vector unitario en la dirección de $\vec{A} - \vec{B}$.

d) La componente Z del vector $(\vec{A} \cdot \vec{B}) \cdot \vec{B}$.

Nota. Si lo necesitas, consulta las operaciones con vectores, en la separata que acompaña al libro.

$$a) \vec{A} + \vec{B} = 3 \cdot \vec{i} - 5 \cdot \vec{j} + \vec{k} + (-2 \cdot \vec{i} + \vec{j} + \vec{k}) = \vec{i} - 4 \cdot \vec{j} + 2 \cdot \vec{k}$$

$$b) 2 \cdot \vec{A} - 3 \cdot \vec{B} = 2 \cdot (3 \cdot \vec{i} - 5 \cdot \vec{j} + \vec{k}) - 3 \cdot (-2 \cdot \vec{i} + \vec{j} + \vec{k}) = 12 \cdot \vec{i} - 13 \cdot \vec{j} - \vec{k} \rightarrow$$

$$|2 \cdot \vec{A} - 3 \cdot \vec{B}| = \sqrt{12^2 + (-13)^2 + (-1)^2} = \sqrt{144 + 169 + 1} = 17,72$$

c) En primer lugar se calcula el vector $\vec{A} - \vec{B}$:

$$\vec{A} - \vec{B} = 3 \cdot \vec{i} - 5 \cdot \vec{j} + \vec{k} - (-2 \cdot \vec{i} + \vec{j} + \vec{k}) = 5 \cdot \vec{i} - 6 \cdot \vec{j}$$

En segundo lugar se calcula el módulo de este vector:

$$|\vec{A} - \vec{B}| = \sqrt{5^2 + (-6)^2} = \sqrt{25 + 36} = \sqrt{61} \simeq 7,8$$

El vector unitario se obtiene dividiendo el vector entre su módulo:

$$\vec{u} = \frac{\vec{A} - \vec{B}}{|\vec{A} - \vec{B}|} = \frac{5 \cdot \vec{i} - 6 \cdot \vec{j}}{7,8} = 0,64 \cdot \vec{i} - 0,77 \cdot \vec{j}$$

d) La componente Z del vector $(\vec{A} \cdot \vec{B}) \cdot \vec{B}$ es la componente Z del vector \vec{B} multiplicada por el valor del producto escalar $\vec{A} \cdot \vec{B}$:

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x \cdot B_x + A_y \cdot B_y + A_z \cdot B_z = -10 \rightarrow$$

$$\rightarrow [(\vec{A} \cdot \vec{B}) \cdot \vec{B}]_z = -10 \cdot B_z = -10 \cdot 1 = -10$$