

PROYECTO: INVESTIGAR y COMPRENDER LA NATURALEZA

EL MOVIMIENTO DE TODAS LAS COSAS

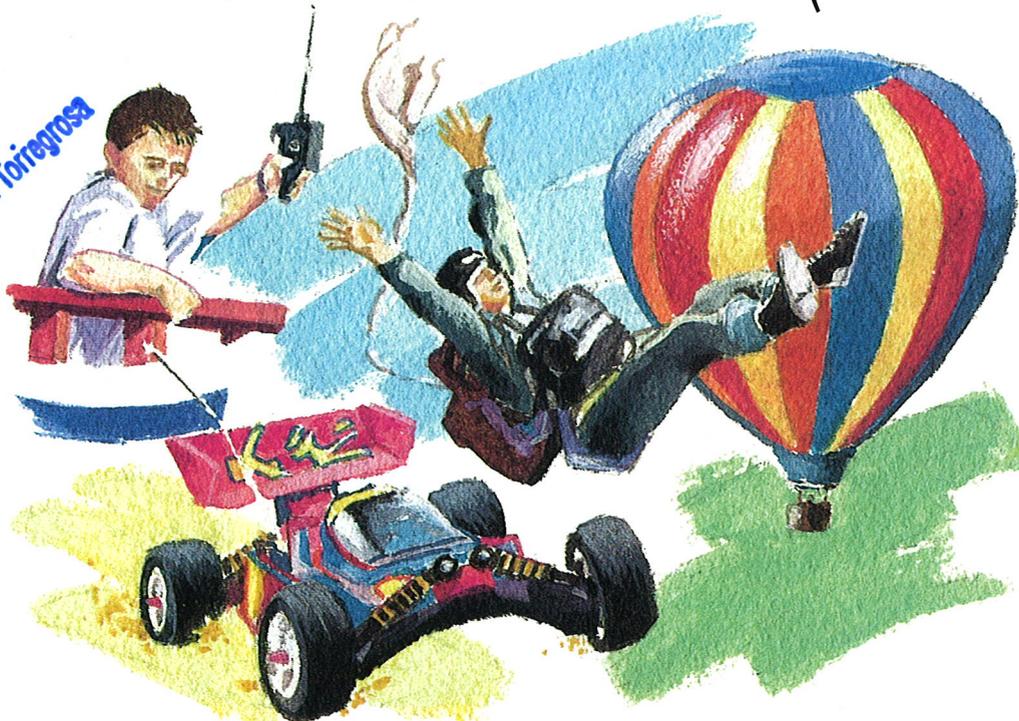
Física y Química / 4º E.S.O.

J. Martínez Torregrosa, M. Alonso Sánchez, F. Carbonell Gisbert,
J. Carrascosa Alís, J. L. Domenech Blanco, A. Domenech Pastor,
A. Domínguez Blay, L. Osuna García, R. Verdú Carbonell.

2

¿CÓMO CARACTERIZAR EL MOVIMIENTO DE CUALQUIER OBJETO? ¿CÓMO DISTINGUIR UN MOVIMIENTO DE OTROS? (CINEMÁTICA)

Joaquín Martínez Torregrosa



- Como acabamos de ver en la introducción, el primer problema concreto que vamos a tratar consiste en mostrar que es posible caracterizar cualquier movimiento mediante las mismas magnitudes*, independientemente de la naturaleza del objeto que se mueve.

- Para darnos cuenta de la complejidad del problema a resolver y para establecer una posible estrategia que nos permita avanzar en su solución, *conviene que empecemos por abordar la descripción de un movimiento cualquiera.*

* Una magnitud es un concepto definido operativamente, es decir, de modo que se pueda medir. La distancia, el peso, el volumen o el tiempo son magnitudes. La alegría, por ejemplo, no es una magnitud: no existe una definición operativa de alegría que permita decir que una cantidad de alegría es 2'5 veces mayor que otra cantidad de alegría.



A.1 Describid con el máximo detalle posible el movimiento de un corredor en una carrera de 100 m lisos, desde que sale hasta que se para completamente. Utilizad dibujos, gráficas, inventad valores...



- Se habrá podido comprobar lo difícil que resulta describir fielmente un movimiento. En realidad, con el lenguaje cotidiano sólo es posible realizar algunos comentarios imprecisos sobre el movimiento de un corredor o sobre cualquier otro. ¿Qué sentido tiene, pues, que realicemos una actividad como la anterior al comienzo del tema?

Dado que vamos a tratar de construir un conjunto de conocimientos que nos permita caracterizar cualquier movimiento y distinguirlo de otros, *conviene que tomemos como referencia vuestras repuestas iniciales a esta cuestión para volver a revisarlas más adelante y, así, comprobar en qué medida hemos avanzado en nuestro propósito.*

- Comenzaremos esta tarea concretando, mediante un ejemplo, a qué preguntas tendríamos que dar respuesta si deseamos caracterizar y diferenciar con precisión los movimientos.



A.2 Una controladora aérea sólo puede comunicarse con el piloto de un avión en dificultades mediante la radio. Enumerad algunas preguntas que debería hacer al piloto para adquirir una idea precisa del movimiento del avión.

De un modo general, ¿qué cuestiones deberíamos tratar para describir con precisión cualquier movimiento?



- Como se habrá concluido, describir un movimiento con precisión requiere poder contestar *cuantitativamente* (es decir, *dando valores*) a cuestiones como:

- ¿Cómo indicar dónde está un móvil en un momento determinado?

- ¿Cómo medir lo rápido que se mueve?, ¿hacia dónde se dirige?

- Si varía la rapidez, ¿cómo indicar el valor de dicha variación y el ritmo con que se produce, de modo que se pueda saber en cualquier momento «lo que vale»?

- El *objetivo* fundamental de este tema es, pues, *construir magnitudes que nos permitan contestar* —del modo más preciso posible— *a las anteriores cuestiones.*

- Ello supondrá, en primer lugar, realizar tentativas, «inventar» conceptos a modo de hipótesis; y, en segundo lugar, comprobar la validez de dichas invenciones para avanzar en el problema planteado.

- Así, pues, un *ÍNDICE* lógico para este tema, a modo de posible estrategia para avanzar en la solución del problema planteado, puede ser el siguiente:

1. INVENCIÓN DE MAGNITUDES PARA DESCRIBIR LOS MOVIMIENTOS.

1.1 ¿Cómo indicar dónde está un cuerpo en un instante determinado?

1.2 ¿Cómo medir lo rápido que se mueve un cuerpo?

1.3 Si varía la rapidez, ¿cómo indicar el valor de dicha variación y el ritmo con que se produce?

2. PUESTA A PRUEBA DE LA VALIDEZ DE LOS CONCEPTOS INVENTADOS.

2.1 Tipos de movimientos que existirían según las magnitudes inventadas.

- 2.1.1 Gráficas del movimiento uniforme y del movimiento uniformemente acelerado.
- 2.2. Caracterización de movimientos reales.
 - 2.2.1 Movimiento de caída de cuerpos.
 - 2.2.2 Movimiento de una burbuja de gas.
 - 2.2.3 Movimiento de un corredor.
- 2.3. Aplicación de la capacidad predictiva de los conocimientos construidos a situaciones de interés.
 - 2.3.1 Establecimiento de las ecuaciones del movimiento.
 - 2.3.2 Aplicación a situaciones problemáticas de interés.
3. LIMITACIONES DE LOS CONCEPTOS INVENTADOS. AMPLIACIÓN DE LAS MAGNITUDES CINEMÁTICAS.
4. RECAPITULACIÓN Y PROBLEMAS ABIERTOS.
5. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS.

1. INVENCION DE MAGNITUDES PARA DESCRIBIR LOS MOVIMIENTOS.

- Vamos a intentar dar respuesta a las preguntas que nos hemos planteado al principio. Pero, antes de ello, nuestra intención de describir los movimientos independientemente de la naturaleza del cuerpo que se mueve ya impone una condición importantísima en nuestro estudio: *no consideraremos para nada el tipo de objeto que se mueve.*

Para nosotros, el móvil será como un punto luminoso que realiza un movimiento en la oscuridad. Así, del movimiento circular de la Luna, o del rectilíneo y ascendente de un globo, no nos interesará que el móvil sea la Luna o sea el globo, sino sólo que se trata de un punto luminoso que describe un movimiento circular o uno rectilíneo. Dicho de otro modo: trataremos de diferenciar el movimiento circular del movimiento rectilíneo caracterizando cada uno de ellos e ignorando, mientras podamos, que el movimiento circular sea, por ejemplo, de una piedra atada a una cuerda o de la Luna; o que el rectilíneo sea, por ejemplo, el de una piedra que cae o el de un tren.



- Si tenemos éxito en esta tarea, posteriormente —como dijimos en la introducción— ya abordaremos la cuestión de qué es lo que hace falta para que un movimiento sea de un tipo o sea de otro; y, finalmente, qué es lo que hace que un objeto determinado (ahora sí: la piedra, la Luna, un globo...) se mueva como observamos.

- Considerar los objetos como puntos móviles supone, además, una idealización necesaria para iniciar un estudio complejo; supone simplificar, por ejemplo, el movimiento de un coche, ignorando que sus ruedas, además, también giran respecto a su eje.



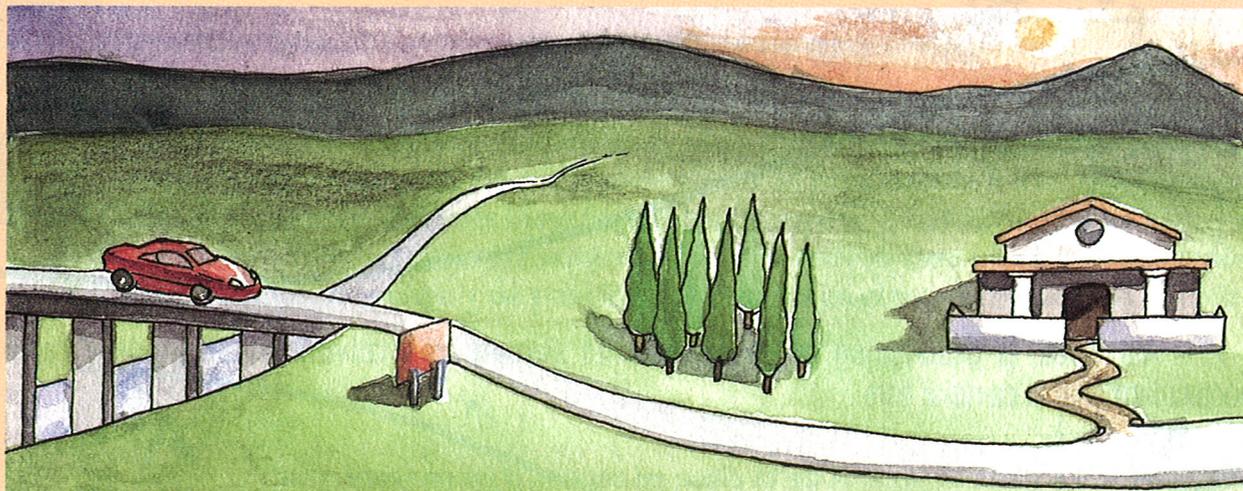
- Después de las anteriores e importantes consideraciones vamos a tratar de contestar la pregunta más inmediata que surge al intentar describir un movimiento:

1.1 ¿CÓMO INDICAR DÓNDE ESTÁ UN CUERPO EN UN INSTANTE DETERMINADO?

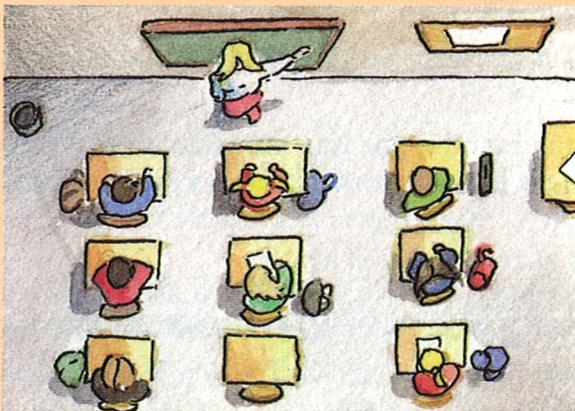


A.3 Proponed formas sencillas de dar a conocer la posición de un móvil, que se considera puntual, así como el instante en que la ocupa. Considerad para ello los siguientes casos:

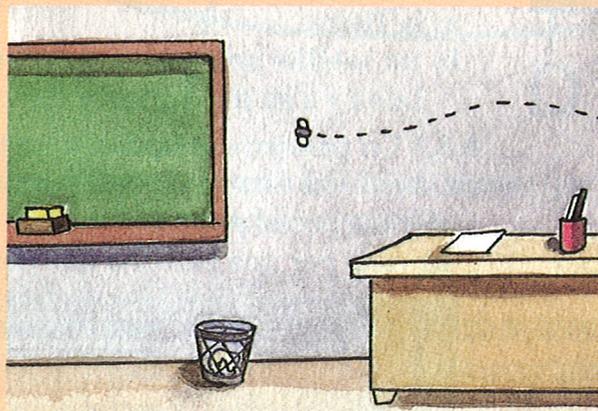
a) Un coche que circula por la carretera.



b) Un alumno en la clase.



c) Una mosca que vuela por la clase.



- Como se habrá podido comprobar, para indicar la posición de un móvil siempre es necesario elegir un punto sobre la trayectoria —o unos ejes que se consideran fijos—, a lo que llamaremos *Sistema de Referencia espacial* (SR).

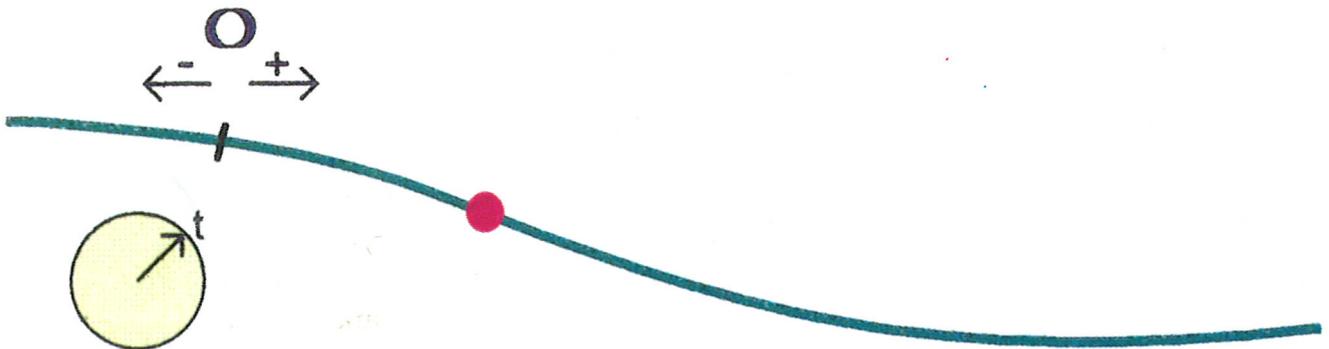
Dicho SR puede elegirse donde se desee, por lo que se suele escoger el más cómodo según el movimiento estudiado, aquel que haga que la descripción del movimiento sea la más sencilla.

- Cuando la trayectoria es fija y se puede medir sobre ella —como en el caso de una carretera, de una vía de tren o de una pista de atletismo—, el SR puede reducirse a un punto de la trayectoria: *el origen de posiciones*. Y, así, *la posición queda determinada por su distancia al origen*, medida sobre la trayectoria.

No obstante, como el móvil puede estar a un lado u otro del origen, no basta con el valor numérico de la distancia, y es necesario adoptar algún convenio que nos permita dar la posición sin ambigüedades.

- Para indicar el instante en que un móvil se encuentra en una posición determinada es necesario también tener un *origen de tiempos*. Esto supone decidir cuándo se empieza a contar el tiempo (cuándo se pone el cronómetro en marcha).

El instante que se elige como $t = 0$ puede ser cualquiera, por lo que, al igual que en el caso de la posición, se toma el más cómodo para realizar el estudio que se desea. Para una carrera, por ejemplo, suele tomarse como $t = 0$ el instante de salida. En la vida cotidiana, dado que tenemos un tiempo universal, indicado por el calendario y los relojes, no somos conscientes de que ése también es un tiempo referido a un origen (0:0:0 del primer día del año 1 de nuestra era).



- Así, pues, la descripción de un movimiento siempre es relativa a un SR y puede cambiar espectacularmente al cambiar éste.



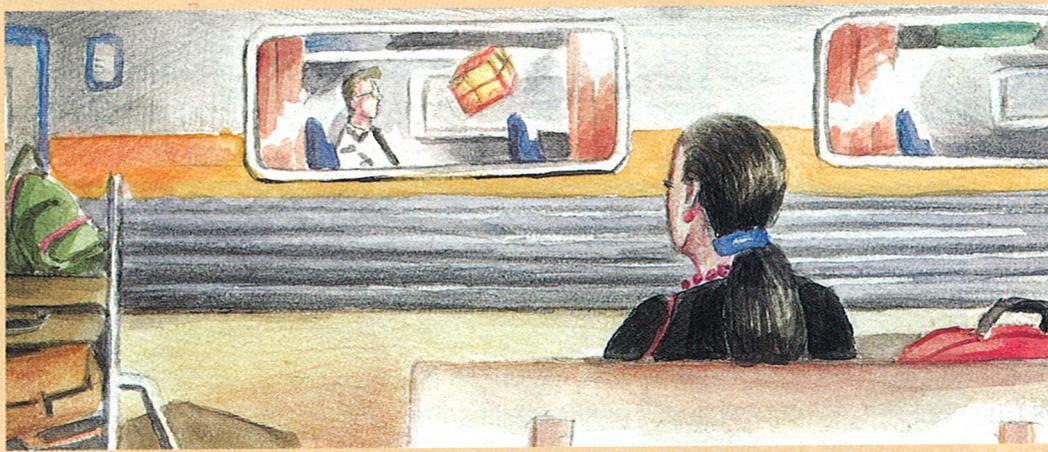
A.3.1 ¿Está la pizarra de la clase en reposo o en movimiento?

A.3.2 Dibujad la trayectoria de la Luna cuando se toma como sistema de referencia:

- la Tierra;
- un satélite artificial que da vueltas a la Tierra en una órbita igual a la de la Luna y a su misma velocidad.

A.3.3 Un pasajero, sentado en un tren que marcha por una vía recta, observa caer un objeto del estante de equipajes. Dibujad la trayectoria que describe el objeto:

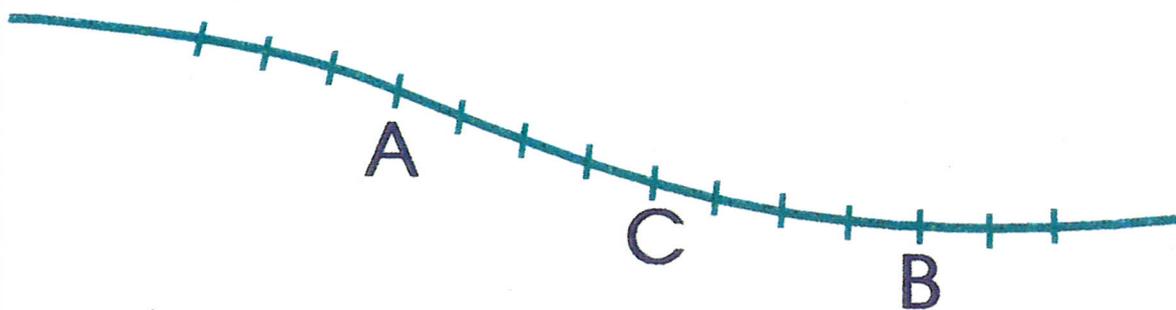
- vista por el pasajero;
- vista por una persona que observa el tren desde el andén.



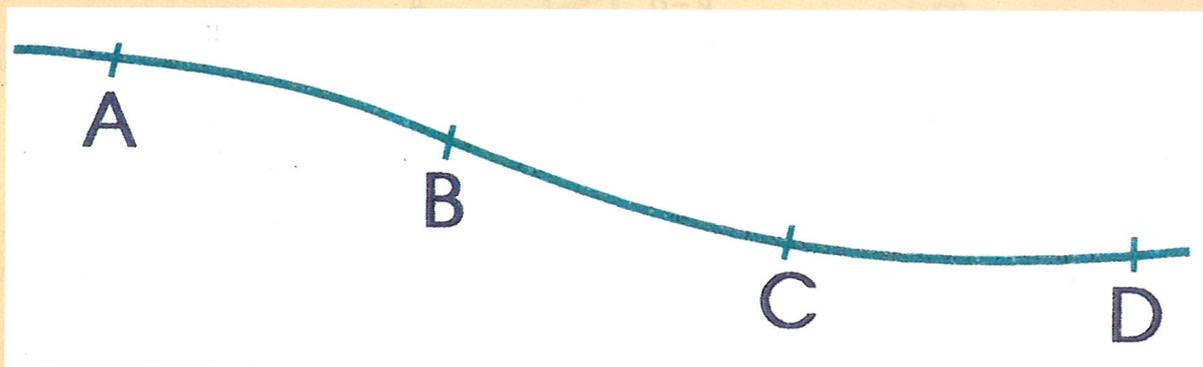
- La resolución de las actividades anteriores pone de manifiesto que lo que digamos sobre el estado de movimiento o de reposo de un objeto, e incluso sobre la forma de la trayectoria, sólo tendrá sentido asociado al SR utilizado para hacer la descripción. *Por tanto, siempre es preciso explicitar dicho SR.*



E.1 Dad la posición de un objeto cuando se encuentra situado en los puntos A, B y C de la trayectoria siguiente:



A.4. Un autobús realiza un recorrido de ida y vuelta (A-D-A) siguiendo la trayectoria de la figura adjunta. De A a B suele tardar 10 minutos; de B a C, 15 minutos; de C a D, 5 minutos; después tiene 5 minutos de espera y, tras ellos, realiza el recorrido inverso. Las paradas están separadas 1.000 m entre sí. Para un recorrido completo, dad medidas de tiempo y de posición del autobús en el momento de cada parada.



A.4.1 Al decirle a una persona que la posición de un móvil es 15 m, piensa que ha recorrido una longitud de 15 m. ¿Es correcto? Razonad la respuesta.

- A pesar del avance producido, *nos podemos plantear: ¿es la posición sobre la trayectoria, e , una magnitud útil para caracterizar y diferenciar unos movimientos de otros?* La respuesta dependerá de la validez de todo el desarrollo posterior que se apoya en esta magnitud. En principio, no obstante, parece una magnitud sencilla para indicar la posición de los móviles cuando se puede medir sobre la trayectoria que describen, y útil para estudiar el movimiento de trenes, vehículos por carretera, objetos que describen trayectorias rectilíneas sobre las que se puede medir...

- En cambio, cuando no se puede medir sobre la trayectoria, como en el caso del movimiento circular de un objeto atado a una cuerda, de la Luna, o de una piedra lanzada horizontalmente, la e no será utilizable para la descripción de dichos movimientos. Aparece aquí, pues, una primera limitación de nuestro estudio: porque la caracterización de los movimientos circulares (típicos de los objetos celestes) es importante dentro del problema planteado al principio del curso. No obstante, como gran parte de los movimientos cotidianos de interés pueden estudiarse sobre la trayectoria, y esto parece más sencillo, continuaremos el estudio de los movimientos de esta forma; más adelante analizaremos sus limitaciones y trataremos de avanzar cualitativamente en la comprensión del movimiento circular.

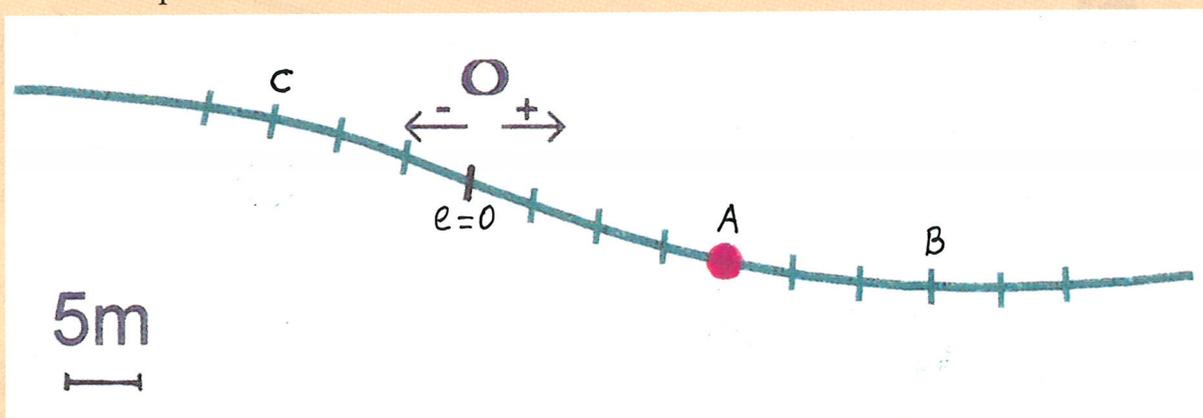
- Continuamos, pues, con la siguiente cuestión:

1.2 ¿CÓMO MEDIR LO RÁPIDO QUE SE MUEVE UN CUERPO?

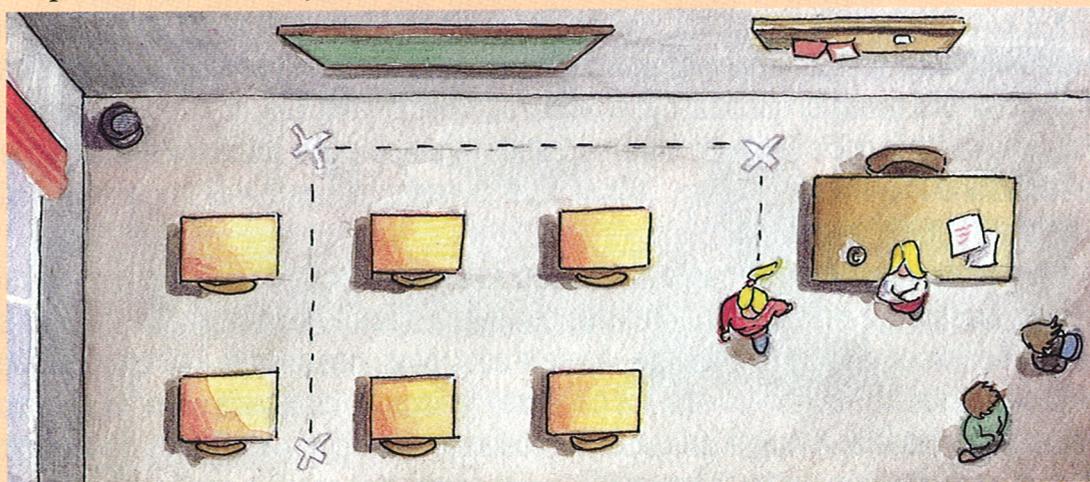
• Todos tenemos una idea intuitiva sobre qué significa que un cuerpo se mueva más o menos deprisa. Y, normalmente, esta idea la concretamos pensando en un desplazamiento determinado (un viaje de una ciudad a otra, una carrera...) y en el tiempo empleado en realizarlo. Puesto que deseamos definir una magnitud que exprese de un modo cuantitativo nuestras intuiciones, *conviene considerar, previamente, la forma de medir posibles cambios de posición de un cuerpo.*



A.5 Ya sabemos medir posiciones. Concebid ahora una magnitud para dar el cambio de posición, o desplazamiento, medido sobre la trayectoria de un móvil. Aplicadla al móvil del dibujo en su desplazamiento de A a B, de B a C y de A a C pasando por B. ¿Cuándo coincidirán el valor del cambio de posición y la distancia —o espacio— recorrida?



A.5.1 Sobre una trayectoria, fijada en el suelo del aula, con divisiones de 1 m, elegid un origen y un convenio de signos, e identificad con letras (A, B, C...) varias marcas en la trayectoria. Pedid a un compañero o una compañera que se coloque en alguna marca y realice los cambios de posición sobre la trayectoria que se indiquen (por ejemplo: de A a B, de C a A...). Y a continuación: a) dad los valores de cada uno de los desplazamientos o cambios de posición realizados; b) dad el desplazamiento total y la distancia total recorrida.



A.6 Inventad razonadamente una expresión que permita calcular la rapidez con que se produce un determinado cambio de posición.

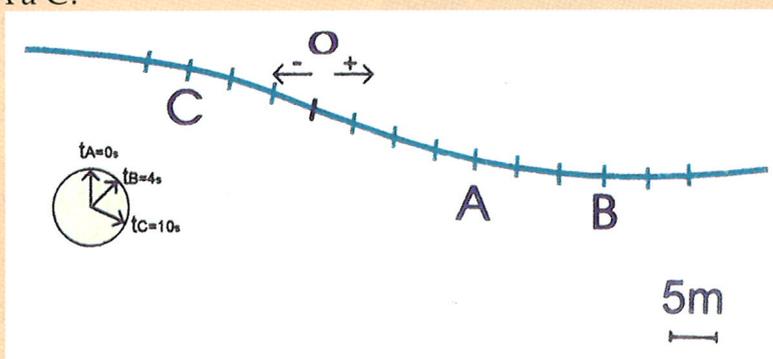
- Parece lógico pensar que una magnitud que nos dé idea de lo rápido que va un cuerpo cuando se desplaza de un punto a otro debe depender: a) del valor del cambio de posición realizado por el móvil; y b) del intervalo de tiempo que tarda en realizar ese cambio. Además, para un mismo cambio de posición, la rapidez será mayor cuanto menor sea el tiempo empleado; y para un intervalo de tiempo fijo, la rapidez de un móvil será mayor cuanto mayor sea el desplazamiento que ha realizado en dicho tiempo.

- Así, pues, una magnitud que nos da idea de lo rápido que se desplaza un móvil puede ser:

$$v_m = \frac{\Delta e}{\Delta t}$$



A.7 Si el móvil de la A.5, pasa por A, B y C cuando el reloj marca 0, 4 y 10 segundos respectivamente, ¿cuál será la rapidez media para los desplazamientos de A a B, de B a C, y de A a C?



- Se habrá observado que la magnitud que acabamos de introducir para indicar la rapidez con que se realiza un cambio de posición:

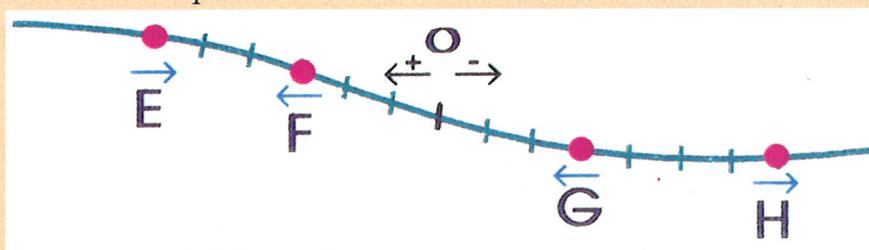
1. Puede ser positiva o negativa, indicando el correspondiente signo el sentido hacia donde se mueve el móvil.
2. Sólo tiene en cuenta el cambio de posición, $\Delta e = e_2 - e_1$, efectuado por el móvil en un cierto intervalo de tiempo. Puesto que el cambio de posición no coincide, en general, con la distancia recorrida, puede darse el caso de que un móvil recorra una determinada distancia muy deprisa y, en cambio, su rapidez media sea muy pequeña, como ocurre en el cambio de posición de A a C en la actividad anterior (en los casos en que la posición final coincide con la inicial, esa rapidez media puede incluso ser cero).
3. Requiere que definamos la unidad de rapidez, para que demos significado a los valores obtenidos: *la unidad de rapidez es la rapidez de un móvil que se desplaza 1 m en 1 s, y su símbolo es m/s o m.s⁻¹*; ello, cuando el desplazamiento se mide en metros, y el intervalo de tiempo, en segundos.

- Las siguientes actividades contribuyen a clarificar el concepto de rapidez:



A.7.1 ¿Qué significa que la rapidez media de un móvil es de 5 m/s?; ¿y de -8 m/s?

A.7.2 Asignad la posición y la rapidez a cada uno de los móviles de la figura. (El valor absoluto de la rapidez de todos los móviles es 3 m/s.)





E.2 Las posiciones de un objeto en tres momentos diferentes de su movimiento a lo largo de una trayectoria conocida son:

$$\text{Para } t = 8 \text{ s} \Rightarrow e_A = -3\text{m}$$

$$\text{Para } t = 9 \text{ s} \Rightarrow e_B = 5\text{m}$$

$$\text{Para } t = 11 \text{ s} \Rightarrow e_C = 2\text{m}$$

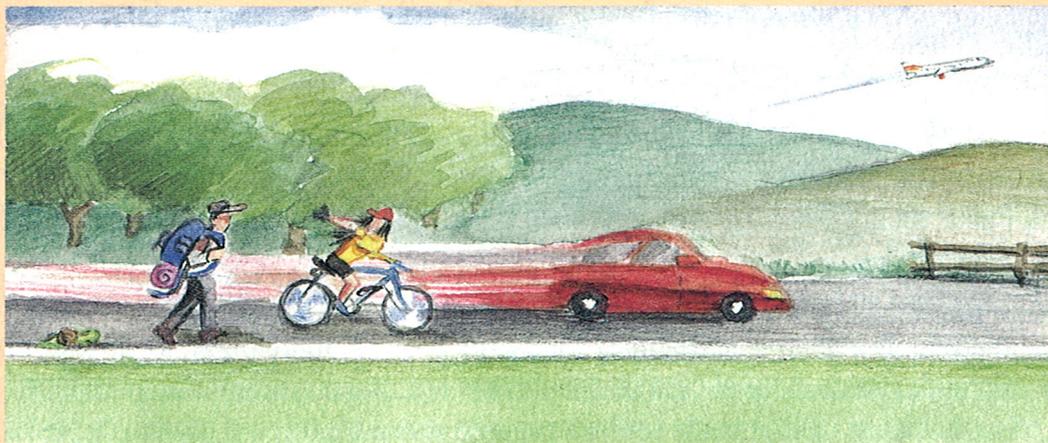
Calculad:

- El cambio de posición efectuado desde el instante 8 s al 9 s.
- Ídem desde el instante 9 s al 11 s. ¿Qué nos indica el signo del cambio de posición obtenido?
- La rapidez media en los intervalos de tiempo anteriores y en el intervalo desde 8 s a 11 s. Interpretad el significado físico de los valores obtenidos.

• Aunque el m/s es la unidad internacional de rapidez, en la vida cotidiana se usa poco. *Con objeto de apreciar el orden de magnitud de esta unidad, realiza las siguientes actividades.*



A.7.3 Un ciclista, cuando va de su casa a su lugar de trabajo, recorre la distancia de 8 Km y 600 m en 20 minutos. Un coche, que realiza el mismo recorrido, tarda media hora. Comparad sus «rapideces» medias.



(Rapidez del caracol: 0'05 km/h; ídem del peatón: 5 km/h; ídem del ciclista: 35 km/h; ídem del automóvil: 100 km/h; ídem del avión: 900 km/h.)

A.8 Un coche tarda 25 minutos en ir de Valencia a Chiva (30 km). Días más tarde, recibe la notificación de una multa por exceso de rapidez. Suponiendo que la máxima rapidez permitida en esa carretera sea de 80 km/h, considerad si se puede recurrir contra la multa.

• Es necesario advertir que la magnitud que hemos inventado no nos da información sobre la rapidez del móvil en cada instante durante el desplazamiento, sino que se trata de un valor que sólo tiene en cuenta el desplazamiento neto realizado y el tiempo total empleado en realizarlo. Por eso, la llamamos *rapidez media*, v_m , para distinguirla de la rapidez en cada instante o *rapidez instantánea*, v , cuyo valor puede ser muy distinto de v_m . Así, por ejemplo, aunque la rapidez media del ciclista de la A.7.3 es mayor que la del coche, éste puede haber ido más rápido que el ciclista en algún momento.



A.8.1 Averiguad los límites de rapidez en ciudad, carretera nacional y autopista; y expresadlos en m/s.

- El valor de la rapidez media que ha tenido un móvil, por tanto, nos indica que el cambio de posición realizado y el tiempo empleado ha sido el mismo que si hubiera ido siempre con esa rapidez. En la vida cotidiana, cuando decimos que hemos empleado cierto tiempo en efectuar un desplazamiento determinado, estamos indicando, aunque no directamente, la rapidez media. El velocímetro de los coches señala, en cambio, el valor absoluto de la rapidez instantánea.



- Evidentemente, conocer «de verdad» un movimiento, que es lo que perseguimos, requiere conocer la rapidez del móvil en cada instante. Más adelante veremos cómo hallar esa rapidez en algunos tipos de movimiento muy sencillos; y en cursos superiores, en movimientos de cualquier tipo.

1.3 SI VARÍA LA RAPIDEZ, ¿CÓMO INDICAR EL VALOR DE DICHA VARIACIÓN Y EL RITMO CON QUE SE PRODUCE?

- Como avanzamos al principio de este tema, y acabamos de ver en el apartado anterior, en general la rapidez de un móvil varía. Basta pensar en una piedra o un trozo de papel que se han dejado caer o han sido lanzados al aire, en una carrera de 100 m, o en un coche cuando arranca o frena. Sabemos que no es el mismo movimiento el realizado por un coche que pasa de 0 a 100 km/h en 18 segundos que el de otro que realiza el mismo cambio de rapidez en 9 (aunque después ninguno pueda sobrepasar legalmente dicha velocidad). *Vamos a tratar de inventar una magnitud que nos permita caracterizar y distinguir movimientos en los que varía la rapidez.*



A.9 Introducid razonadamente una magnitud que nos indique lo deprisa que un móvil experimenta cambios en la rapidez.

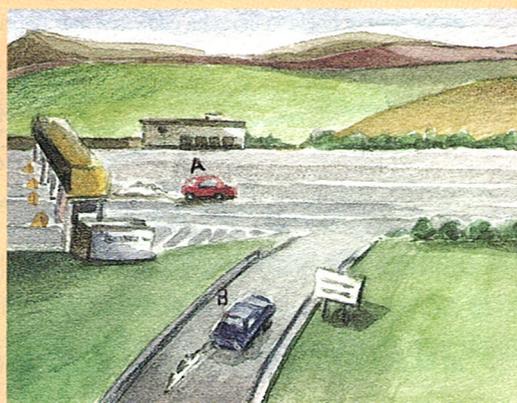
- Una magnitud que parece reunir dichas características (recordemos que la validez de las magnitudes introducidas ha de ser probada) es $a_m = \Delta v / \Delta t$, a la que llamaremos *aceleración media sobre la trayectoria*. Se toma como unidad de aceleración la de un móvil cuya rapidez varía 1 m/s en cada segundo, y su símbolo es m/s² o m·s⁻². Cuando v se mide en m/s y t en segundos, la aceleración se obtiene en m/s².

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$



A.9.1 Analizad si es cierta la afirmación: «Cuanto mayor es la rapidez de un móvil, mayor es su aceleración».

A.10 Comparad la aceleración media sobre la trayectoria de dos vehículos que acceden a la autopista: El vehículo A, parado inicialmente en el peaje, alcanza una rapidez de 108 km/h al cabo de 10 s; y el vehículo B, que se ha incorporado desde la vía de servicio a 36 km/h, tarda 8 s en alcanzar los 108 km/h.

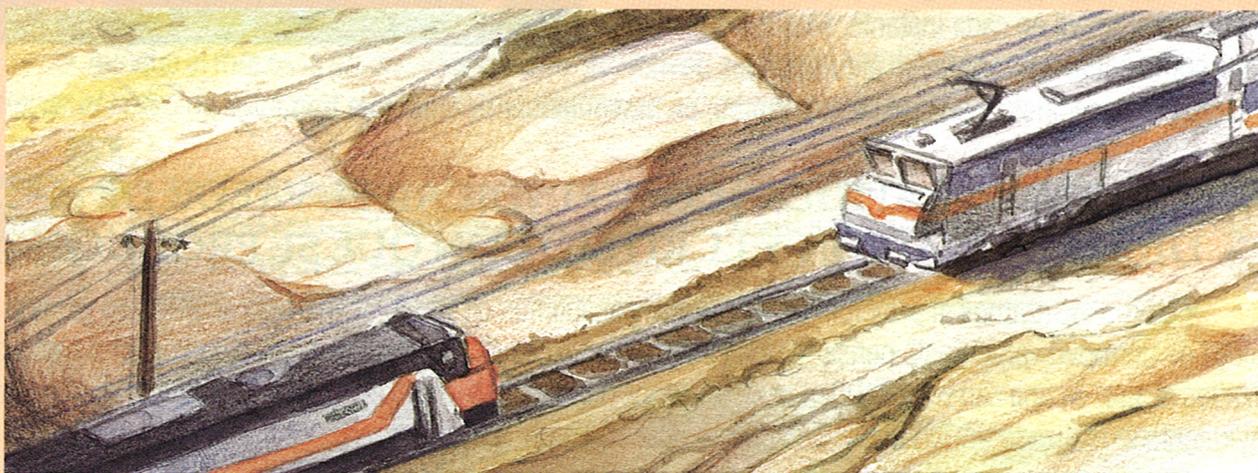


- Si se ha adoptado como criterio de signo positivo el sentido del movimiento de ambos vehículos, el valor de la aceleración media sobre la trayectoria ha sido mayor para A (+ 3 m/s²; es decir, su rapidez ha variado 3 m/s cada segundo).

Conviene, llegados a este punto, *tener ocasión de interpretar, también, los resultados que se obtienen para la aceleración media sobre la trayectoria cuando consideramos otras posibilidades en los cambios de rapidez y en el sentido del movimiento.*



A.11 Dos trenes circulan en sentidos contrarios por la misma vía y, para evitar el choque, frenan hasta pararse. Sabiendo que el tren que viaja a 12 m/s tarda 8 s en detenerse, y que el que viaja a 20 m/s se para en 10 s, calculad la aceleración media de cada uno, e interpretad el signo obtenido.



- Como se habrá observado, el signo de la aceleración, así definida, es el de Δv , de modo que si decimos que la aceleración sobre la trayectoria de un móvil es, por ejemplo, -5 m/s², estamos indicando que su rapidez ha variado -5 m/s cada segundo.

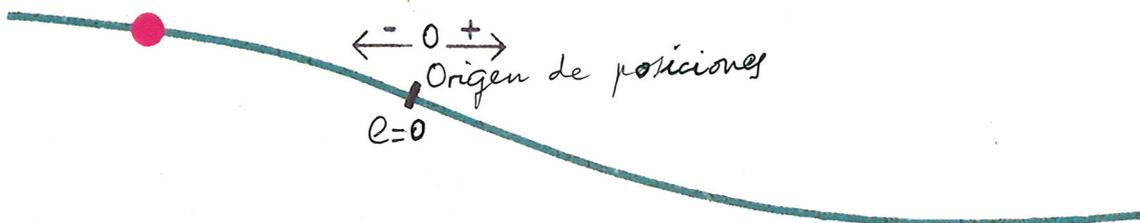
- Conviene salir al paso del error que supone asociar automáticamente un valor negativo de la aceleración con el hecho de que el móvil esté frenando; y un valor positivo, con el hecho de que esté aumentando (en valor absoluto) la rapidez. El signo de la aceleración, por sí solo, no nos da información sobre si el móvil disminuye o aumenta el valor absoluto de su rapidez, es decir sobre si «frena» o «acelera».



A.11.1 Asignad razonadamente los signos que correspondan a v y a a_m en todos los casos siguientes. (Para facilitar la tarea puede ser conveniente dar diferentes valores, según cada caso, a la rapidez.)

a) Se mueve hacia la derecha cada vez más deprisa.

b) Se mueve hacia la derecha cada vez más lento.

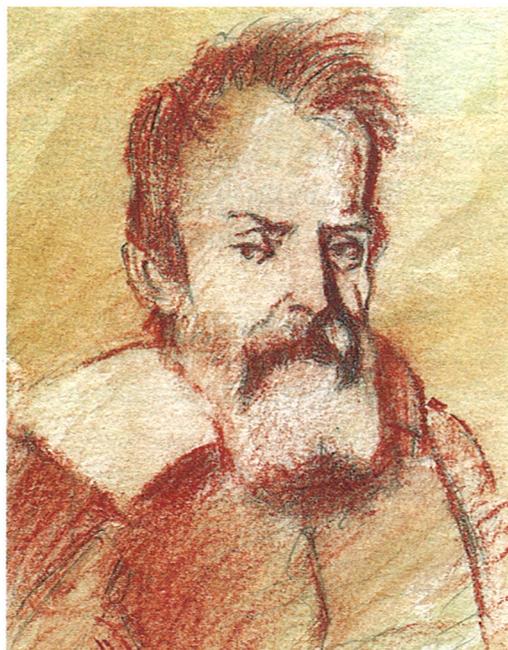


d) Se mueve hacia la izquierda cada vez más lento.

c) Se mueve hacia la izquierda cada vez más deprisa.

La respuesta es que eso, al principio, no se sabe. Los conceptos científicos se elaboran para tratar de avanzar en la solución a problemas planteados. Son, pues, hipótesis de trabajo que sólo pasan a ser aceptadas después de poner a prueba su utilidad para avanzar en dichos problemas. Esto, en ocasiones, suele llevar decenios. El concepto de *aceleración*, por ejemplo, fue introducido en el siglo XVII por Galileo y sus colaboradores, y, en su origen, existieron las mismas dudas que acabamos de plantear.

- *Es imprescindible, por tanto, que nos planteemos si dichos conceptos son útiles para avanzar en el problema inicial: el de caracterizar cualquier movimiento y diferenciarlo de otros.*



2. PUESTA A PRUEBA DE LA VALIDEZ DE LOS CONCEPTOS INVENTADOS.

- Identificar un movimiento en términos de las magnitudes que acabamos de inventar—sin tener en cuenta la naturaleza del móvil y considerándolo puntual —consistiría en mostrar que con los conceptos e , v y a podemos describir con precisión cómo es dicho movimiento y, a su vez, diferenciarlo de otros.

- *Para ver si esto es posible, seguiremos la siguiente estrategia:*

- 1° Establecer qué tipos o clases de movimientos podrían darse en la realidad según el valor que tuvieran las magnitudes, y qué sería necesario hacer para decidir si un movimiento real pertenece a alguno de esos tipos o clases. (Con otras palabras: elaborar una posible clasificación de los movimientos, basada en los conceptos inventados, y ver cómo podríamos asignar un movimiento real dentro de la misma.)

- 2° Realizar el estudio con movimientos reales para ver en qué medida éstos se pueden caracterizar (clasificar y diferenciar) con las magnitudes propuestas.

- 3° En caso en que el estudio resulte positivo, aplicar —ahora ya con cierta seguridad— las magnitudes y sus relaciones a situaciones de interés cotidiano, lo que reforzaría aún más la validez de aquéllas.

- Posteriormente (*apartado 3*), analizaremos en qué medida lo descubierto contribuye a avanzar en la explicación unitaria de todos los movimientos, que es el objetivo final del estudio que hemos iniciado. Es decir, en qué medida las barreras, aparentemente insalvables, entre el movimiento de la Luna y el de una piedra, o entre éste y el de un globo lleno de gas, pueden interpretarse en términos de las magnitudes dichas.