

Secuencia de los contenidos de Cinemática en la Secundaria

Juan Tomé

www.cosmologica.amonaria.com



Este documento pretende argumentar la graduación de los contenidos de Cinemática que se incluyen en la programación de un Departamento de Física y Química de un Instituto de Enseñanza Secundaria en España hacia el año 2010, y debería servir para dos fines:

- Definir los límites de extensión y profundidad de la Cinemática programada para cada curso.
- Servir de base para discusiones de los profesores del Departamento dirigidas a establecer cuál es la Cinemática conveniente para cada curso.

Se centra en los contenidos de Cinemática en los cursos 4º ESO y 1º BACH pero incluye algunas ideas básicas para cursos del primer ciclo de la ESO. La selección de contenidos para cada uno de esos cursos responde a una idea de currículo espiral en el que similares contenidos se retoman en cursos sucesivos pero ganando profundidad progresivamente, y trata de evitar el peligro de que la mera repetición de contenidos en varios cursos acaben convirtiendo la Cinemática en un tema aburrido por omnipresente.

1 El origen de los problemas

Las dificultades de comprensión y adquisición significativa de los contenidos de la Cinemática tienen dos raíces distintas:

1. Las inherentes a los conceptos propios de la Cinemática. En concreto, dificultades que nacen del carácter de variaciones relativas que tienen la velocidad y la aceleración, así como las debidas a sus propiedades vectoriales.
2. Las inherentes a las herramientas matemáticas empleadas. En concreto: las dificultades operativas con las ecuaciones de movimientos uniformes y uniformemente acelerados, incluidos los de adopción de criterios de signos; las debidas al manejo de tablas y gráficas; las que surgen al introducir el tratamiento matemático vectorial de las magnitudes cinemáticas; y, por último, las que nacen del doble significado de las ecuaciones cinemáticas: por un lado, son igualdades entre valores concretos de magnitudes pero, por otro, son relaciones de dependencia funcional entre magnitudes que pueden tomar un continuo de valores.

A menudo, las dificultades matemáticas se convierten en las protagonistas y se corre el peligro de convertir las clases de Cinemática en clases de manejo operativo de distintas herramientas matemáticas. El objetivo central de la Cinemática (describir movimientos) no debería nunca quedar velado por las dificultades matemáticas. Sin embargo, debe quedar claro que la descripción que la Cinemática pretende es de carácter matemático.

Como idea general que oriente en esta pequeña maraña de problemas se propone la siguiente: plantear las actividades (sean del tipo que sean) en el contexto de descripción de movimientos concretos; luego, al desarrollar la actividad, trabajar las herramientas matemáticas que sean necesarias, y al final, resaltar los aspectos de los resultados que sean descriptivos del movimiento. Se trataría, en resumen, de usar siempre las herramientas matemáticas con el fin descriptivo que tienen en la Cinemática.

2 Los niveles de profundidad

Se pueden establecer para la Cinemática los niveles de profundidad que se describen a continuación, ordenados por complejidad creciente. Este conjunto ordenado de niveles sería como la escalera que lleva hasta el nivel más alto de la Cinemática en secundaria.

- **Nivel de adquisición y manejo del concepto de velocidad media**

Este nivel reuniría contenidos que giraran alrededor de la idea de velocidad como relación entre una distancia recorrida y el tiempo empleado en recorrerla.

Como ejemplo de actividades que desarrollarían esa familia de contenidos, se pueden citar:

1. Medidas de longitudes y tiempos, cálculos basados en la relación $d=v \cdot t$
2. Tablas comparativas de distancias recorridas por distintos móviles en el mismo tiempo.
3. Tablas comparativas de tiempos empleados por distintos móviles en recorrer las mismas distancias.

- **Nivel de introducción a la descripción de movimientos como cambio de posición a lo largo de un intervalo temporal**

Este nivel trataría de introducir la idea de que colecciones de datos numéricos relativos a un mismo movimiento, constituyen algo parecido a una película del movimiento. Se sugiere hacer esa introducción mediante el manejo de tabla

La interpretación de gráficas requiere la abstracción de pasar de colecciones discretas de datos a un conjunto continuo de ellos; por esta razón se considera de otro nivel de complejidad.

De acuerdo con lo anterior, serían actividades propias de este nivel:

1. Confección de tablas **d-t** de curvilíneos irregulares, tablas **x-t** de rectilíneos y tablas **φ-t** de circulares. Podrían hacerse a partir de medidas experimentales, o del conocimiento de mapas del movimiento, o de su cuadro horario, o del conocimiento de la velocidad de un movimiento uniforme.
2. Análisis e interpretación de tales tablas.
3. Cálculos a partir de tablas **d-t**, **x-t** o **φ-t** de uniformes, introduciendo la relación entre distancia recorrida, **d**, y coordenada, **x**, para los rectilíneos.

- **Nivel de introducción y manejo del concepto de aceleración media**

El concepto de aceleración es difícil porque se refiere a una variación de segundo orden: es la variación de otra variación, la velocidad. Este nivel inicia el proceso de adquisición de ese concepto que, para algunos alumnos no se completará hasta el bachillerato.

Se propone focalizar el estudio en movimientos rectilíneos para evitar el problema de las aceleraciones de origen vectorial.

En general las actividades propias de este nivel serían de la misma clase que las propuestas para el nivel anterior pero incorporando la aceleración:

1. Clasificación de movimientos uniformes, variados y uniformemente variados, atendiendo a colecciones de datos numéricos que también podrían ser de origen experimental.
2. Confección de tablas **a-t**, **v-t** y **x-t**. Podrían hacerse a partir de medidas experimentales, o del conocimiento de mapas del movimiento, o de su cuadro horario, o del conocimiento de valores de la velocidad y la aceleración de movimientos uniformemente acelerados.
3. Manejar las ecuaciones de movimientos rectilíneos uniformes y rectilíneos uniformemente acelerados, como relaciones entre valores concretos de esas magnitudes.

- **Nivel de introducción a la descripción de movimientos mediante conjuntos continuos de datos**

Se trataría en este nivel entrar en contacto con la idea de que las posiciones, velocidades y aceleraciones de un movimiento dado toman valores continuos; que de cada una de ellas se pueden dar valores instantáneos.

La construcción y análisis de gráficas **x-t**, **v-t** y **a-t** de movimientos rectilíneos serían las herramientas clave de este momento. Por tanto, pueden ser actividades tipo de este nivel:

1. Construcción de gráficas a partir de tablas de valores discretos de **a-t**, **v-t** y **x-t**.
2. Confección de tablas de valores discretos a partir de gráficas de **a-t**, **v-t** y **x-t**.
3. Análisis y clasificación de movimientos a partir de gráficas de **a-t**, **v-t** y **x-t**, atendiendo a la forma y a la pendiente.

4. Trazar gráficas cualitativas que reflejen movimientos tipo dados y que correspondan a movimientos reales.
5. Utilizar las gráficas para hacer cálculos que permitan distinguir entre velocidad media e instantánea.

- **Nivel de descripción mediante ecuaciones del movimiento como relaciones de dependencia funcional**

Las ecuaciones cinemáticas son relaciones de dependencia funcional entre valores instantáneos de las magnitudes cinemáticas y el tiempo. En este nivel se introduciría el manejo funciones del tiempo como descriptoras de un movimiento dado, siempre sobre movimientos unidimensionales: rectilíneos y circulares descritos por sus magnitudes angulares.

La introducción de operaciones con funciones, esencialmente la derivada, que permiten relacionar unas magnitudes cinemáticas con otras, sería también propia de este nivel.

Asímismo puede convenir a este nivel la descripción de movimientos circulares mediante magnitudes angulares.

Algunas actividades posibles serían:

1. Escribir ecuaciones del movimiento (posición, velocidad y aceleración) de objetos que se mueven con MRU, MRUA y MCU, con condiciones iniciales conocidas.
2. Escribir ecuaciones de magnitudes a partir de ecuaciones de otras.
3. Resolver problemas de Cinemática relacionando ecuaciones del movimiento y sucesos concretos que afecten al móvil.
4. Relacionar ecuaciones del movimiento, tablas de valores y forma y pendiente de las gráficas correspondientes.

- **Nivel de descripción vectorial**

Este nivel cierra la Cinemática en Secundaria. Se trata en él de aplicar contenidos y actividades del nivel anterior a la descripción de movimientos bidimensionales que puedan considerarse composición de MRUs y MRUAs.

Por último, en este nivel se introduce el concepto de aceleración normal, ligado a movimientos curvilíneos descritos vectorialmente.

Actividades características de este nivel serían:

1. Dibujar vectores posición, velocidad y aceleración para distintos puntos de la trayectoria de un móvil.
2. Clasificar movimientos atendiendo a los posibles valores de la aceleración tangencial y la normal.
3. Representar trayectorias a partir de ecuaciones de movimientos bidimensionales.

3 Los contenidos de cada curso

Se puede establecer una correspondencia entre contenidos de cada curso y niveles de complejidad. Eso justificaría la elección de contenidos para cada curso.

La correspondencia no es rígida y dependiendo del grupo de alumnos de que se trate o para atender necesidades de alumnos concretos se podrían trabajar los contenidos de cada curso a niveles de profundidad distintos de los recomendados.

La siguiente tabla ordena la correspondencia que se propone:

Curso	Nivel de complejidad	Contenidos del curso
1º ESO	Adquisición y manejo del concepto de velocidad media	Medir distancia y tiempo totales correspondientes a un movimiento. Calcular velocidades medias. Hacer tablas comparativas de distancias recorridas y tiempos empleados. Construir tablas de velocidades de objetos del Sistema Solar.
2º ESO	Descripción de movimientos como cambio de posición a lo largo de un intervalo temporal	Construir tablas de valores que den posiciones, distancias recorridas y velocidades de movimientos rectilíneos. Construir tablas de valores que den distancias recorridas, vueltas y velocidades de los planetas en el Sistema Solar. Calcular, a partir de tablas, velocidades medias en un intervalo dado.
4º ESO	introducción y manejo del concepto de aceleración media introducción a la descripción de movimientos mediante conjuntos continuos de datos	Clasificar movimientos como uniformes o no uniformes estudiando intervalos parciales. Interpretar e inventar tablas relativas a MRUs, MRVs y MRUVs. Hacer (a partir de tablas o medidas experimentales) representaciones gráficas de posición, velocidad y aceleración frente al tiempo, para MRUs y MRUVs. Interpretar gráficas como las anteriores obteniendo datos numéricos a partir de ellas. Aplicar ecuaciones de MRU y MRUV para calcular valores de posición y velocidad en momentos concretos.

1º BAC	Descripción mediante ecuaciones del movimiento como relaciones de dependencia funcional Descripción vectorial	Interconvertir descripciones hechas mediante tablas, gráficas, ecuaciones o dibujos en los que figuren posiciones y relojes. Escribir ecuaciones del movimiento a partir de las condiciones iniciales que lo describen. Calcular valores concretos de magnitudes correspondientes a MRUs, MRUVs, MCUs y MPs a partir de las ecuaciones del movimiento y la identificación cinemática de sucesos. Dibujar vectores posición, velocidad, aceleración tangencial y normal de movimientos cualesquiera
--------	--	---

4 Sobre magnitudes, símbolos y signos

Muy importante de cara a dar unidad a todo el currículo de la Cinemática en Secundaria, es la cuestión de la nomenclatura y los criterios de signos que se adopten para los valores de las magnitudes. Sería muy ventajoso para los alumnos que, desde 1º ESO hasta 2º BACH, existiera coherencia en esos aspectos.

Se propone lo siguiente:

- **Distinguir entre *distancia recorrida* y *posición***

Posición de un móvil es el lugar que ocupa en un momento dado. Es un punto, un sitio. *Distancia recorrida* es la longitud del fragmento de trayectoria entre dos puntos.

Ambas magnitudes coinciden numéricamente solo en casos muy particulares. En concreto, cuando se trata de movimientos rectilíneos que cumplen todas las siguientes condiciones:

- Que el móvil no cambie de sentido.
- Que el origen del movimiento coincida con el de coordenadas.
- Que uno de los ejes del Sistema de Referencia (SR en adelante) coincida con la trayectoria.

La distancia recorrida es muy útil para introducción de algunos conceptos pero su uso en la descripción de movimientos es muy limitado. Por eso ha aparecido muy pronto en esta secuencia la idea de posición. Es cierto que es difícil expresar matemáticamente la posición para movimientos bidimensionales (solo en 1º BACH se aborda este problema para algunos movimientos tipo) pero es muy sencillo para rectilíneos porque sólo requiere una coordenada. Lo que se propone

en concreto es:

1. Usar **d** para la distancia recorrida en 1º ESO.
2. Usar **d** para la distancia recorrida en 2º ESO e introducir en este curso **x** para la posición en rectilíneos, calculando distancias entre posiciones de una tabla y empezando a relacionar **d** y Δx .
3. Seguir este mismo criterio para cursos superiores, no usando nunca **d** en las ecuaciones de MRUs y MRUVs.

- **Distinguir entre los valores de una magnitud y sus variaciones**

Se trata de no confundir posición con cambio de posición o velocidad con cambio de velocidad, de forma que no se escriban nunca ecuaciones del tipo $v=x/t$ o $a=v/t$, que no tienen sentido general, sino $v=\Delta x/t$ o $a=\Delta v/t$

Se propone:

1. Usar **d**, Δx , Δv y Δt en las ecuaciones de definición de velocidad y aceleración media.

- **Criterio de signos**

El signo de las magnitudes cinemáticas (como el de cualquier otra magnitud física) depende del SR elegido.

Establecido un SR, el signo de una magnitud cinemática (o de cada una de sus componentes cuando se trata de descripciones vectoriales) debe ser el siguiente:

1. **x** debe ser positiva si el móvil está sobre la parte positiva del eje y negativa si está sobre la parte negativa.
2. **v** debe ser positiva si el móvil se dirige hacia la parte positiva del eje y negativa si se dirige hacia la parte negativa.
3. **a** debe ser del mismo signo que **v** si el móvil va cada vez más deprisa y de signo contrario si va cada vez más despacio.
4. **d** debe ser siempre positiva pero Δx puede ser positiva o negativa según sean el par de valores de **x** que se usen para calcularla.

Por tanto, es esencial la elección explícita de un SR antes de adjudicar signos a las magnitudes cinemáticas.

Sin embargo, puede obviarse tal elección cuando se trabaja con movimientos uniformes. En tal caso, aunque sea implícitamente, puede siempre tomarse sentido positivo el del movimiento, lo que equivale a trabajar sólo con módulos. Esto evita plantear el problema de la asignación de signos hasta 4º ESO, lo que parece bastante razonable.

5 Comentario final

Este documento señala problemas de la enseñanza de la Cinemática, describe niveles de profundidad en la comprensión de la descripción cinemática de los movimientos y asocia los contenidos de cada curso a los distintos niveles de profundidad.

Profesores con distintas concepciones del proceso por el que aprenden los alumnos, aún estando de acuerdo con la secuencia de contenidos resultante, podrían adoptar estrategias de enseñanza distintas a las que este documento sugiere al proponer actividades propias de cada nivel.

El desacuerdo con el tipo de actividades propuestas sería mayor si no se está de acuerdo con el diagnóstico de los problemas, con la escala de niveles de profundidad o con la selección de contenidos consecuente. En todo caso, puede tomarse este documento como base para la formulación de alternativas, buscando el objetivo primordial: definir la Cinemática conveniente para cada curso de la Secundaria.