

¿QUÉ COMPRENDEN LOS ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS CUANDO ENSEÑAMOS EL MOMENTO ANGULAR?

PEÑALBA, MIRIAM y DEL RIO, TERESA

Departamento de Física Aplicada I de la Universidad del País Vasco

1. INTRODUCCIÓN

El momento angular es una magnitud fundamental en la física, y la ley de conservación del momento angular es una de las leyes de conservación que han sobrevivido a la mecánica clásica, junto con la conservación de la energía y la conservación del momento lineal.

Por otro lado, el concepto de momento angular no sólo tiene importancia teórica sino que además resulta de vital importancia en el análisis de la dinámica de sistemas tales como el sólido rígido y otros sistemas continuos.

Existen numerosas investigaciones en enseñanza de las ciencias que indican que existen diferencias entre las explicaciones de los estudiantes sobre los fenómenos físicos y los razonamientos científicos, siendo una situación frecuente que incluso cuando los alumnos son capaces de resolver problemas, esto no indica necesariamente una adecuada comprensión de los problemas (Viento 1996). Nuestro trabajo está motivado por la sospecha de que éste es también el caso en el aprendizaje por parte de los alumnos del concepto de momento angular. Esta sospecha sólo podrá ser confirmada mediante un análisis en detalle del proceso de enseñanza-aprendizaje, que investigue cuáles son las principales dificultades que tienen los alumnos a la hora de comprender los conceptos y procedimientos básicos relativos al momento angular. Evidentemente, el proceso de aprendizaje por parte de los alumnos está estrechamente ligado a las estrategias de enseñanza por parte de los profesores, y el estudio de la situación deberá incluir un análisis de hasta qué punto la enseñanza habitual de estos conceptos favorece el aprendizaje comprensivo de los mismos.

En el campo de la investigación en enseñanza de las ciencias, la Mecánica ha sido una de las áreas más investigadas (Carrascosa y Gil 1992). Pero esta investigación se ha centrado fundamentalmente en conceptos básicos de la cinemática y la dinámica de la partícula puntual, así como en la enseñanza del concepto de Energía. Hemos realizado una revisión bibliográfica de la literatura en enseñanza de las ciencias buscando trabajos que analicen tanto el momento angular como la dinámica del sólido rígido.

No hemos encontrado ningún trabajo centrado en el análisis de las dificultades asociadas al aprendizaje y a la enseñanza del momento angular, pero sí un pequeño número de artículos dedicados a estudiar las dificultades de los alumnos en el aprendizaje comprensivo de la mecánica del sólido rígido (Menigaux 1994, Rowlands et al. 1998)

2. EL TEMA DE INVESTIGACIÓN Y OBJETIVOS

Todos los conceptos y teorías científicas han surgido tras un arduo proceso en el que intervienen tanto la búsqueda de solución a problemas planteados bien por los científicos o por la sociedad, como la contrastación rigurosa de las distintas hipótesis que surgen del estudio de estos problemas. La investigación en enseñanza de las ciencias nos muestra que, en muchas ocasiones, existe una estrecha relación entre

las dificultades de los alumnos a la hora de comprender un nuevo concepto, y los problemas y resistencias que se tuvieron que vencer en el desarrollo histórico de dicho concepto.

Por esta razón, hemos realizado una revisión somera del desarrollo del concepto de momento angular a lo largo de la historia. Como herramienta para esta revisión hemos utilizado varios tratados de historia de la Física o de la Mecánica. De nuevo hemos encontrado muy poca información sobre el desarrollo del concepto del momento angular (Dugas 1988).

Así pues, basándonos en nuestra experiencia docente y en la revisión bibliográfica realizada, hemos definido los indicadores de aprendizaje del concepto momento angular y, a continuación hemos planteado nuestra investigación en torno a las siguientes cuestiones:

- a. ¿Qué significado atribuyen los estudiantes a la magnitud momento angular?
- b. ¿Cómo analizan los estudiantes la variación o conservación de momento angular?

3. DISEÑO EXPERIMENTAL Y MUESTRA

Hemos diseñado un cuestionario con 13 preguntas que responden a los indicadores de aprendizaje previamente definidos y a las dos cuestiones de investigación realizadas. A partir de estas preguntas hemos preparado dos cuestionarios más cortos (de siete preguntas), seleccionando cuestiones referentes a aspectos complementarios de forma que “barran” todos los indicadores de comprensión pero que puedan responderse en un tiempo más breve.

Se han pasado los cuestionarios a alumnos de segundo curso de ingeniería técnica industrial (en la especialidad de mecánica) y de ingeniería superior (industrial y química). La muestra de alumnos de ingeniería técnica era de 122 alumnos, 44 de ellos de la EUITI de Bilbao, y los 78 restantes de la EUP de San Sebastián. Los grupos de la Escuela Superior de Ingeniería han sido 71 alumnos de ingeniería industrial y otros 71 de ingeniería química. Los alumnos han respondido al cuestionario en situación de examen y sin avisarles previamente. La mitad de los alumnos ha respondido a un cuestionario y la otra mitad al otro.

El cuestionario y su relevancia para nuestros objetivos se ha discutido por consenso entre los profesores que han llevado a cabo la investigación y, contrastado otro experto en investigación en Enseñanza de la Física.

Este diseño se completará en el futuro con estudiantes de primer curso de ingeniería ya que en principio también hubiera sido conveniente que respondieran al cuestionario los alumnos de primer curso, que es cuando se imparte con extensión este concepto. Además se realizará un diseño de entrevistas en profundidad.

4. RESULTADOS

En el espacio disponible no podemos exponer la gran cantidad de resultados obtenidos. Como muestra vamos a presentar dos preguntas, cada una relacionada con una de las cuestiones de investigación, y sus resultados. En las tablas, los resultados obtenidos en las escuelas técnicas (San Sebastián y La Casilla) aparecen agrupados en la columna EUITI, y las otras dos columnas corresponden a la Escuela Superior de Ingeniería en las especialidades industrial y química.

¿Qué significado atribuyen los estudiantes al concepto momento angular?

La cuestión C3 pregunta si se puede definir el momento angular de un cuerpo que se mueve con movimiento rectilíneo y uniforme. Tiene como objetivo profundizar en el significado del momento angular y en su dependencia respecto del punto elegido para definirlo para el caso particular de un movimiento rectilí-

neo y uniforme. En otras cuestiones de este apartado los estudiantes también contestan a preguntas directas sobre la definición operativa de momento angular.

C3. ¿Se puede definir el momento angular de un cuerpo que se mueve con movimiento rectilíneo y uniforme? Explica tu respuesta con un ejemplo.

Los resultados de la cuestión se han agrupado en las categorías indicadas en la tabla 1.

TABLA 1
Respuestas a la cuestión C3

Categoría de respuesta	EUITI M N= 54	ETSI I N= 35	ETSI Q N= 35
A. Sí y lo explica correctamente*	1 (2%)	8 (23%)	1 (3%)
B. Si, cuando tenemos un cuerpo que rueda sin deslizar de forma que su centro de masa se traslada con velocidad rectilínea y uniforme	6 (11%)	1 (3%)	3 (8%)
C. No, el momento angular sólo se puede definir cuando hay movimiento de rotación.	18 (33%)	19 (54%)	14 (40%)
Inclasificable	20 (37%)	4 (11%)	8 (23%)
No contesta	9 (17%)	3 (9%)	9 (26%)

* Respuesta correcta en el contexto académico

Alrededor de la mitad de las respuestas expresan la creencia errónea de que el momento angular está ligado únicamente a un movimiento de rotación. Este resultado es convergente con otras cuestiones del cuestionario, donde la gran mayoría de los estudiantes no saben explicar correctamente cómo un cuerpo con movimiento rectilíneo, al interaccionar, transfiere parte de su momento angular provocando el giro de otro cuerpo (lo veremos en el siguiente ejemplo que se propone en este resumen). Ejemplo de esta categoría son los siguientes:

“No, porque si es rectilíneo ninguna magnitud va a ser angular”

Muy pocos estudiantes explican correctamente que aunque un cuerpo no gire sí se puede definir su momento angular. Un ejemplo de este tipo de respuestas es:

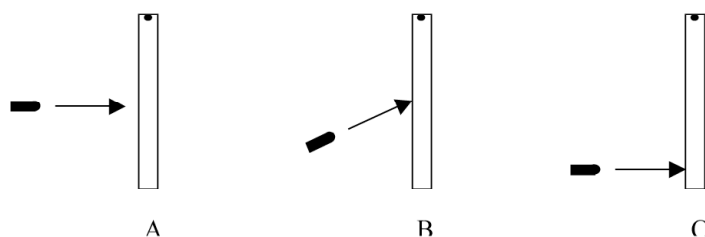
“Si, a través de $\vec{L} = \vec{r}m \times \vec{v}$. Por ejemplo una canica de radio R y masa M que se traslada sobre una superficie plana a una velocidad \vec{v} , tiene momento angular”

Aquí también observamos que existe un porcentaje significativo de respuestas incoherentes o que no contestan (casi la mitad de las respuestas de los Ingenieros Técnicos y de los Ingenieros Superiores Químicos). Esto no ha sucedido en otras preguntas de cuestionario, lo que nos lleva a suponer que los estudiantes han reflexionado poco sobre esta cuestión fundamental referente al momento angular.

¿Cómo analizan los estudiantes la variación o conservación de momento angular?

En la cuestión C5 se pide a los alumnos clasificar el momento angular de una barra después de que se haya incrustado en ella una bala que incide con la misma velocidad pero en distintas posiciones o ángulos.

C5. Tres balas iguales y que se mueven con la misma velocidad, hacen impacto y se incrustan en una barra de madera colgada de un punto fijo, tal y como indican las figuras. Ordena de menor a mayor el momento angular del sistema después del impacto. Explica tu respuesta.



Las diferentes categorías de respuesta aparecen en la tabla 2.

TABLA 2
Respuestas a la cuestión C5

Categoría de respuesta	EUITI M N= 60	ETSI I N= 35	ETSI Q N= 35
A. Se fijan en cómo es el momento angular de la bala antes del choque. Deducen la respuesta correcta pero no argumentan nada respecto a que en el choque el momento angular se conserva.*	14 (23%)	11 (31%)	11 (31%)
B. Suponen que el impacto de la bala es igual en los tres casos y razonan en función del “brazo de la fuerza”	32 (53%)	17 (41%)	8 (23%)
Inclasificable	14 (24%)	7 (20%)	15 (43%)
No contesta	0	0	1 (3%)

* Respuesta correcta en el contexto académico

Cerca del 30% de las respuestas se encuentran en la categoría A (en ingeniería técnica algo menos) aunque hay que destacar que ninguno menciona la conservación del momento angular. Un ejemplo de respuesta agrupada en esta categoría es el siguiente:

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} = \vec{r} \times m\vec{v} \text{ como } r_A \text{ es menor que } r_C, L_C > L_A \dots$$

La respuesta que el mayor porcentaje de alumnos elige (excepto en ingeniería química) es la B. Los estudiantes consideran que la fuerza que ejerce la bala al incrustarse es la misma en los tres casos (probablemente porque identifican la velocidad de la bala con la fuerza que va a ejercer, aunque esta hipótesis habría que comprobarla) y razonan en función del momento de dicha fuerza con respecto al eje de giro. Según este esquema de razonamiento (erróneo) el momento angular es totalmente innecesario. Precisamente, la utilidad del momento angular y de los argumentos de conservación se deriva del hecho de que la fuerza que se ejerce en el choque es desconocida y que no va a ser la misma en los tres casos. El dato significativo de que ninguno de los alumnos con respuestas de la categoría A mencione el hecho fundamental de que en el choque se conserva el momento angular, junto con el hecho de que después de dar una respuesta tipo A en la cuestión C5, declaren la imposibilidad de que algo que no está girando tenga momento angular nos resulta muy sospechoso (ellos tenían C3 a continuación de C5 en el cuestionario). Este es un punto sobre el que tenemos que profundizar en la investigación.

5. CONCLUSIONES

En la comunicación se expondrán más resultados y las conclusiones de esta primera fase del trabajo. Los resultados parecen indicar que el porcentaje de estudiantes que responden correctamente a preguntas directamente ligadas con los contenidos declarativos es de alrededor del 30%. Este porcentaje

queda lejos de los objetivos de enseñanza fijados en la Física General de primer curso de universidad. Cuando se plantean situaciones donde existen interacciones en el sistema y las variables no están definidas explícitamente, el número de respuestas correctas desciende de forma preocupante. Así, en la cuestión C5, mostrada en este resumen, que se sitúa en un contexto familiar académicamente, sólo un tercio de los estudiantes de ingeniería superior, y no llegan al cuarto de los estudiantes de ingeniería técnica. En otras cuestiones en las que el contexto académico es menos familiar el número de análisis correctos disminuye hasta alcanzar niveles preocupantes en dos de los tres grupos encuestados. En este caso, las respuestas se diversifican y, razonamientos de ‘sentido común’ como explicaciones ‘ad hoc’ y análisis intuitivos sin base científica, son empleados por más del 40% de los estudiantes de Ingeniería Técnica e Ingeniería Química y, casi el 20% de los estudiantes de Ingeniería Industrial.

REFERENCIAS

- CARRASCOSA J. y GIL D., (1992) Concepciones alternativas en mecánica, *Enseñanza de las Ciencias*, 10, 361-328.
- DUGAS R. (1988) *A History of Mechanics*, Dover Ed.
- MENIGAUX J.(1994) Students’ reasoning in solid mechanics, *Phys. Education* 29, 242-246
- ROWLANDS, S., GRAHAM E. y BERRY J. (1998) Identifying Stumbling blocks in the Development of Student Understanding of Moments of Forces, *International Journal of Mathematics Education in Science and Technology* 29 (4), 511-531
- VIENNOT, L (1996) “Raisonnement en physique”. La part du sens commun. Paris: De Boeck Université