

DIFICULTADES EN LA TRANSFERENCIA DEL MODELO DE MECÁNICA NEWTONIANA

Julià Hinojosa, Neus Sanmarti Puig
Grup LiEC, UAB

RESUMEN: El modelo de mecánica newtoniana es útil para explicar fenómenos muy diversos y el reto de su enseñanza es que los estudiantes sean capaces de utilizarlo en situaciones y contextos diversos. Se estudia a lo largo de la secundaria, y no siempre los profesores ayudamos a construirlo a partir de las dificultades que conlleva su aprendizaje. En este estudio se analiza una actividad de evaluación inicial, en 1º de bachillerato, en la que los alumnos deben usar el modelo aprendido en cursos anteriores para lanzar hipótesis, justificar predicciones y argumentar conclusiones en base a los resultados de un trabajo experimental. El análisis de las justificaciones posibilita identificar algunas de las principales dificultades que se han de superar y reflexionar sobre sus posibles causas, para ayudar a los docentes a entenderlas y optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

PALABRAS CLAVE: Evaluación inicial, transferencia, modelo mecánica, Leyes de Newton, educación secundaria

OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo son, en primer lugar, analizar cómo el alumnado utiliza el modelo de mecánica newtoniana para argumentar, evaluar y revisar sus ideas al interpretar los datos de un trabajo experimental, y en segundo lugar plantear propuestas para mejorar la docencia en este campo del conocimiento.

MARCO TEÓRICO

En el marco de este trabajo hablamos de transferencia para referirnos a la capacidad de aplicar lo aprendido en una situación a otras. Para que la transferencia se produzca, cada estudiante tiene que haber adquirido un esquema o modelo teórico suficientemente general a partir de una o más experiencias que tengan mucho sentido para él, y ha de ser capaz de interrelacionar este modelo teórico con la representación que se hace de la nueva situación en la que ha de transferirlo (Sanmartí et al., 2011).

Tomamos la definición de modelo del trabajo de Schwarz et al. (2009), en que definen modelo como una representación abstracta y simplificada de un sistema que hace visibles sus rasgos clave y puede usarse para explicar y predecir fenómenos científicos. En nuestro caso el modelo se relaciona con ideas clave sobre las masas y los puntos que las representan; sus interacciones, las fuerzas; y las leyes que las gobiernan, las Leyes de Newton, con la intención de enseñar un modelo potente y sencillo

de manejar. Cualquier persona desarrolla y utiliza modelos explicativos sobre la realidad que le rodea. La génesis y la evolución de muchas de estas ideas se deben a un proceso natural pero complejo, en el que son fundamentales las experiencias de cada uno, las interacciones con otras personas y las propias capacidades de razonamiento. En la escuela se incide en estos 3 campos para ayudar a evolucionar los modelos iniciales elaborados, pero este cambio no es fácil y a menudo las ideas alternativas y errores conceptuales se mantienen. Muchos artículos desde Piaget y Kuhn han demostrado la importancia de la conciencia de las propias concepciones o han discutido sobre la importancia de hacer explícitas las concepciones, con el fin de provocar un conflicto cognitivo necesario (Anderson, 2007).

Una forma de evaluar lo que nuestros alumnos han asimilado en su proceso de aprendizaje es poniéndolos delante de una situación real y cotidiana y observar como desarrollan sus conocimientos científicos. Esta práctica de evaluar modelos coordinándolos con pruebas está estrechamente relacionada con la construcción y revisión de modelos por parte del alumnado que persigue la apropiación y uso de modelos científicos para explicarse situaciones cotidianas como la que presentamos en este trabajo (Jiménez Aleixandre, 2010).

La evaluación diagnóstica inicial tiene como objetivo fundamental analizar la situación de cada estudiante antes de iniciar un determinado proceso de enseñanza-aprendizaje, para tomar conciencia (profesorado y alumnado) de los puntos de partida, y así poder adaptar este proceso a las necesidades detectadas. La información que buscamos se refiere a las representaciones mentales de los alumnos y a las estrategias que utiliza para llegar a un resultado determinado, es decir, nuestra finalidad es llegar a comprender porque un alumno no entiende un concepto o no sabe hacer una determinada tarea (Sanmarti, 2007).

A menudo creemos que los alumnos han asimilado los conceptos y procedimientos por el hecho de que los saben repetir cuando se lo pedimos, pero aprender ciencias ha de incluir necesariamente la práctica del trabajo científico para poder evaluar si los alumnos son capaces de aplicar correctamente aquello que supuestamente han aprendido. Para favorecer el cambio conceptual, los materiales de enseñanza utilizan frecuentemente una estrategia en la cual se favorece deliberadamente la posibilidad de producir un error particular para discutirlo explícitamente. El procedimiento puede ser resumido en una serie de etapas: actualizar, confrontar y resolver (McDermott, 1991).

METODOLOGÍA

La actividad a partir de la que se recogieron los datos de este trabajo se ha llevado a cabo en una escuela concertada de Barcelona donde la mayoría de los alumnos pertenecen a un status socioeconómico medio-alto. Los alumnos con los que se realizó la actividad eran de 1º de bachillerato y todos se habían iniciado en el estudio de la dinámica clásica el año anterior. En concreto se habían introducido algunas fuerzas: peso, normal, tensión (y empuje), rozamiento y elástica, y las Leyes de Newton.

La actividad (adaptada de Guidoni, 1990) se realizó en grupos de 4 personas que disponen de un bastón, una báscula y el guión de la actividad, (ver anexo). Inicialmente se tenía que predecir el peso que marcaría la báscula situando el bastón en distintas posiciones (tarea 1) y justificar dicha predicción (tarea 2). Estas tareas se realizaron individualmente para que cada alumno active sus conocimientos previos y los utilice. Seguidamente se discuten en pequeño grupo los distintos puntos de vista, estimulando la enseñanza entre iguales, y se consensua una nueva justificación. Una vez llegan al consenso se realiza la experiencia (tarea 3) y finalmente discuten los resultados que confirman o refutan sus previsiones y escriben sus conclusiones (tarea 4). En la fase de trabajo en pequeños grupos, el profesor/a circula por ellos, aclarando dudas y respondiendo a sus preguntas.

Los datos de esta investigación son tanto los de la tarea 1 (individual), como los de las tareas 2 y 4 (en pequeños grupos).

La actividad concluyó con una sesión de clase en la que el profesor comparte con los estudiantes en gran grupo los resultados del análisis realizado, se discute y se evalúa, con la finalidad de promover la actividad metacognitiva de los estudiantes. Valoramos que sólo en la medida en que el alumno se sienta comprometido, cognitivamente y afectivamente, con lograr hacer evolucionar sus concepciones, podremos esperar un cierto éxito en nuestro trabajo de enseñar ciencias (Pintrich et al., 1993).

RESULTADOS

Después de realizar el análisis de los trabajos del alumnado los principales resultados en relación a las dificultades detectadas se muestran a continuación:

- a) Una primera dificultad importante se refiere a que no identifican cada masa con un punto. Detectamos que no tienen claro que las masas se representan mediante puntos. Sitúan el punto de aplicación de las fuerzas siguiendo una lógica cotidiana más cerca de un modelo más real, el sólido rígido, pero más complejo de forma que no les ayuda a interpretar lo que sucede. Las fuerzas quedan diseminadas por el cuerpo del hombre y al intentar aplicar la 2ª Ley de Newton se convierte en una fuente de errores, es decir, al no simplificar y abstraer bien la situación no pueden aplicar adecuadamente las Leyes de Newton.
- b) Una segunda dificultad se refiere a su concepción del peso. Muchos alumnos se refieren al peso como una fuerza de contacto que hacen las personas sobre los objetos con los que interactúan. En el caso de nuestra actividad sobre el bastón y la báscula indican:

Disminuirá el peso en la báscula, ya que el peso se distribuye entre la báscula y el bastón», «Parte del peso pasará al suelo a través del bastón y por tanto el peso que recibe la báscula es menor. (caso a).

Como ya está estudiado los estudiantes tienen más dificultades para identificar las fuerzas a distancia que las de contacto.

- c) Una tercera dificultad se refiere a su interesada aplicación de las Leyes de Newton. Los estudiantes confunden quien realiza la fuerza y quien la recibe, es decir, mezclan acciones y reacciones de manera que se podría decir que no tienen claro el modelo teórico de referencia (2ª y 3ª ley de Newton). Seguramente no asimilaron el modelo, ya que algunos suman acciones y reacciones sobre el mismo cuerpo. A veces las intuyen aunque no las identifican como tal. Por ejemplo en el caso de la reacción de la fuerza que hace el hombre sobre el bastón: «*La fuerza con que presionamos la perdemos del peso*» (caso a). Otras veces ni las identifican: «*Marcará mayor el peso (la báscula), ya que le estás haciendo una fuerza con el bastón*» (caso c).
- d) Finalmente destacaríamos la toma de conciencia de buena parte del alumnado sobre la inconsistencia de su conocimiento. Ante la situación real abandonan los modelos de física escolar y se refugian en una lógica difusa (una amalgama de intuiciones y conocimientos alternativos). Intuyen los resultados pero no son capaces de encontrar una justificación a través del modelo:

Hemos intuido que marcaría la báscula. Lo que no hemos sabido es explicarlo con las fórmulas.

En ocasiones su lógica les indica algo que no concuerda con los resultados extraídos de la aplicación deficiente del modelo y entonces adaptan su explicación para ajustar los resultados del modelo teórico a los de su lógica. Por ejemplo, sitúan la fuerza que hace el hombre sobre el bastón hacia abajo pero luego la suman arriba, ya que no identifican la reacción que es lo que tienen que sumar.

En todos los casos analizados, los alumnos reconocen los datos experimentales como pruebas confirmadoras o refutadoras, aunque, no encuentren justificación formal.

CONCLUSIONES

Esta actividad se ha demostrado productiva, ya que ha posibilitado que los estudiantes reconozcan que no habían interiorizado adecuadamente las ideas trabajadas en cursos anteriores y reconozcan la necesidad de revisarlas. No toda la literatura está de acuerdo en la importancia de partir de esta insatisfacción (Potvin et al., 2011), pero nuestra posición es que para transferir es necesario esta toma de conciencia. Muchos alumnos confirman con sus comentarios la ayuda que ha significado la experimentación sobre un fenómeno real, tener que relacionar las predicciones con su interpretación y lo que la discusión en grupo ha supuesto para esclarecer sus ideas, profundizar en el modelo y superar dificultades: «Al ser una práctica visual, ha sido mucho más sencillo entenderlo», «Esta práctica te hace pensar», «Discutir esto en el grupo me ha ayudado a aclararme».

A menudo tenemos poco en cuenta estas dificultades detectadas, ya que las suponemos triviales, que lo son para expertos, pero no para los estudiantes, y no enfatizamos suficientemente sobre ellas al trabajar las ideas en clase.

Algunas veces las ideas de los estudiantes son consistentes con su percepción de la realidad, pero como hemos visto pueden ser al mismo tiempo inconsistentes con los datos y explicaciones científicas. La utilización de modelos en nuestra actividad les brinda la posibilidad tanto de reflexionar y discutir sobre la experiencia y sobre las evidencias que puedan obtener, como de relacionar esta experiencia con posibles mecanismos explicativos. De esta forma, pueden transitar gradualmente hacia niveles explicativos más sofisticados y aventurar predicciones sobre el comportamiento de fenómenos naturales que buscan interpretar (Acher, 2012).

Estamos de acuerdo con Yuruk et al. (2009) cuando afirman que la consciencia, el seguimiento y la evaluación son procesos fundamentales englobados bajo la rúbrica de la metacognición, aspecto que hemos podido comprobar (Hinojosa y Sanmartí, 2012). En la enseñanza de las ciencias son muchos los investigadores que reconocen el papel de la metacognición en los procesos de cambio conceptual de los estudiantes y destacan la necesidad de estos de ser conscientes y de tener control sobre sus estructuras conceptuales.

AGRADECIMIENTOS

Investigación realizada en el marco del grupo LiEC (Llenguatge i Ensenyament de les Ciències), grupo de investigación consolidado (referencia 2009SGR1543) por AGAUR (Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca) y financiada por la Dirección General de Investigación, Ministerio de Educación y Ciencia (referencias EDU-2009-13890-C02-02 y EDU-2012-38022-C02-02). A la Escola Pia de Sarrià.

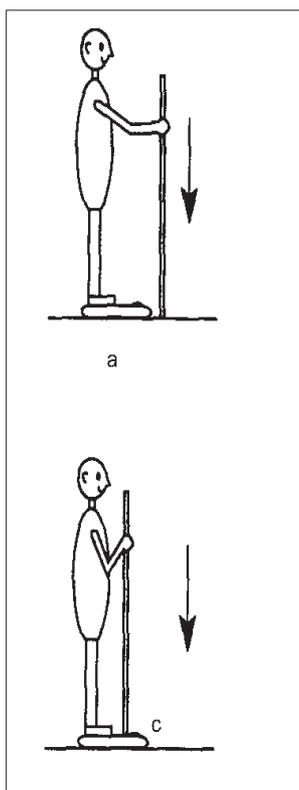
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acher, A. (2012). Como facilitar la modelización científica en el aula. En J.M. Domínguez Castiñeiras (Ed). *XXV Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp. 15-20.
- Anderson, C. W. (2007). Perspectives on science learning. En S. K. Abell y N. G. Lederman (Eds.). *Handbook of research on science education*, pp. 3–30. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hinojosa, J. y Sanmartí, N. (2012). La autoevaluación en la resolución de problemas de física. En J.M. Domínguez Castiñeiras (Ed). *XXV Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp. 59-66.
- Jiménez Aleixandre, M.P. (2010). *Competencias en argumentación y uso de pruebas. 10 ideas clave*. Barcelona: Graó.
- McDermott, L.C. (1991). Millikan Lecture 1990: What we teach and what is learned—Closing the gap. *American Journal of Physics*, 59, pp. 301-315.
- Pintrich, P.R., Marx, R.W. y Boyle, R. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63(2), pp.167-199.
- Potvin, P., Mercier, J., Charland, M. y Riopel, M. (2012). Does Classroom Explication of Initial Conceptions Favour Conceptual Change or is it Counter-Productive? *Research in Science Education*, 42, pp.401-414.
- Sanmartí, N. (2007). *Evaluar para aprender. 10 ideas clave*. Barcelona: Graó.
- Sanmartí, N., Burgoa, B. y Nuño, T. (2011). ¿Por qué el alumnado tiene dificultad para utilizar sus conocimientos científicos escolares en situaciones cotidianas? *Alambique*, 67, 62-69.
- Schwarz, C.V., Reiser, B. J., Davis, E.A., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B. y Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), pp. 632-654.
- Yuruk, N., Beeth, M.E. y Andersen, C. (2009). Analyzing the Effect of Metaconceptual Teaching Practices on Students' Understanding of Force and Motion Concepts. *Research in Science Education*, (39), pp. 449–475.

ANEXO 1

Guión suministrado al alumnado. Fuente: Paolo Guidoni (adaptación de Jordi Martínez), en Enseñar Ciencias. Barcelona. Paidós., 1990:43.

Explorando las Leyes de Newton



Tarea 1 (situación):

Analizad las siguientes imágenes y dibujad todas las fuerzas que actúan sobre el hombre, el bastón y la báscula.

Tarea 2 (justificación):

Determinad las ecuaciones dinámicas según la 2ª ley de Newton. Seguidamente despejad el valor de lo que marca la báscula y pronosticad si la báscula marcará más o menos peso del que pesa el hombre.

Tarea 3 (experiencia):

En primer lugar pesad i anotad el peso de cada componente del grupo. En segundo lugar realizad las experiencias que se muestran en las imágenes rigurosamente y recoged los valores que marca la báscula en los dos experimentos.

Tarea 4 (discusión):

¿Confirman los resultados vuestras previsiones? Si no es así, discutid las posibles causas y argumentad vuestras conclusiones.