

MECÁNICA NEWTONIANA: CONCEPCIONES EPISTEMOLÓGICAS DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

WAINMAIER¹, CRISTINA y SALINAS², JULIA

¹ Universidad Nacional de Quilmes, Dpto. de Ciencia y Tecnología <cwainmaier@unq.edu.ar>

² Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Cs. Exactas y Tecnología, Dpto. de Física.

Palabras clave: Física; Concepciones epistemológicas; Estudiantes universitarios.

OBJETIVOS

Presentar:

- Las dimensiones adoptadas para la variable "comprensión de aspectos epistemológicos de la mecánica newtoniana".
- Ejemplos de enunciados empleados en la encuesta utilizada.
- Algunas visiones epistemológicas relevadas.

MARCO TEÓRICO E INTRODUCCIÓN

Compartimos que el saber científico resulta de la interrelación de diversos aspectos de índole conceptual, metodológica, axiológica, epistemológica, ontológica. En el campo de la enseñanza de la Física esto sugiere que, para favorecer aprendizajes comprensivos, los aspectos conceptuales y extra-conceptuales debieran ser incorporados de manera integrada, como en la síntesis que ellos conforman en la disciplina.

Diferentes investigadores consideran a las concepciones epistemológicas entre las variables potencialmente relevantes para el aprendizaje comprensivo (Gil, 1993; Campanario et al., 2000, entre otros), a punto tal que se señala que no sería posible construir conocimientos científicos al margen de una adecuada epistemología de la ciencia (Aikenhead, 1992). Distintos estudios vienen mostrando que los estudiantes mantienen visiones inadecuadas sobre la naturaleza del trabajo y el conocimiento científico (Ryan y Aikenhead, 1992; Vázquez y Manassero, 1995, entre otros).

Informamos sobre visiones epistemológicas relevadas en estudiantes de ciclos básicos universitarios de carreras científico-tecnológicas. Incluimos una referencia a las dimensiones analizadas y a los lineamientos metodológicos. Nos limitamos a una síntesis que ampliaremos en la exposición.

DESARROLLO DEL TEMA

Presentamos resultados de parte de una investigación más amplia, en la que hemos controlado la relación entre "comprensión conceptual" y "comprensión epistemológica" de la mecánica newtoniana (Wainmaier, 2003). Estudios con objetivos similares han sido hechos, entre otros, por Guridi (1999) y Halloun y Hestenes (1996).

La exposición de este trabajo incluirá la identificación y justificación de las dimensiones adoptadas en este estudio para la variable "comprensión de aspectos epistemológicos de la mecánica newtoniana". Baste aquí decir que ese análisis conduce a sostener que un estudiante ha adquirido una adecuada comprensión de la naturaleza epistemológica de los conceptos, las leyes, las teorías y los modelos de la mecánica newtoniana, si es capaz de:

- Identificar características relevantes de los conceptos.
- Reconocer la interrelación entre conceptos y leyes.
- Reconocer la función de las leyes.
- Identificar características relevantes de las leyes.
- Reconocer la relación entre leyes y teorías.
- Identificar características relevantes de las teorías.
- Reconocer a los modelos como los referentes inmediatos de las leyes y teorías.
- Reconocer la incidencia de los modelos sobre las condiciones de validez de leyes y teorías.

Las visiones epistemológicas de los estudiantes fueron relevadas con una encuesta, de la que elaboramos dos versiones para limitar contaminaciones en las respuestas. Intentamos que las cuestiones planteadas en una y otra apuntaran a objetivos análogos y con grados de dificultad similares. Procuramos presentar situaciones potencialmente interesantes, de fácil interpretación y con términos no muy técnicos. Algunos enunciados reconocen antecedentes en otras investigaciones, otros en nuestra propia práctica y otros fueron elaborados específicamente para esta indagación.

En búsqueda de confiabilidad, la encuesta incluía más de una cuestión que apuntara a un mismo aspecto epistemológico. Para su validación, fue sometida al juicio crítico de docentes-investigadores ajenos a la investigación y que conocían las finalidades de la misma. Sus aportes permitieron ajustar la pertinencia y claridad de los enunciados, desechar algunos e incorporar otros. Las versiones resultantes se pusieron a prueba en una experiencia piloto, con estudiantes de perfil similar a la muestra definitiva y sin interacción con la misma. Esto permitió identificar dificultades en la interpretación de enunciados y precisar el número de cuestiones a incorporar. Las modificaciones fueron sometidas nuevamente al análisis de jueces externos y controladas en una nueva experiencia piloto (número de estudiantes de las experiencias piloto: 70).

Cada una de las dos versiones finales de la encuesta quedó constituida por veinte ítems (ver ejemplos en el Anexo), fue administrada por escrito y resuelta en forma individual. Dada su extensión, se la dividió en tres partes y se organizaron tres encuentros para su administración.

El estudio se realizó con estudiantes que habían aprobado o regularizado la asignatura Física I en la Universidad de Buenos Aires y en la Universidad Nacional de Quilmes (ambas, de Argentina), y se completó con 77 alumnos que respondieron las tres partes en que se dividió la encuesta.

Mencionamos a continuación, breve y cualitativamente, algunas incomprendiones o limitaciones detectadas, que ponen de manifiesto discordancias con el marco teórico adoptado en este estudio para la naturaleza epistemológica de la mecánica newtoniana. Los resultados cuantitativos serán agregados en la exposición del trabajo.

- Si bien predomina la idea de que el significado de los conceptos es distinto en los ámbitos científico y cotidiano, se advierten visiones simplistas de las diferencias en ambos ámbitos. Parece no comprenderse cabalmente la dependencia crucial del significado con el contexto.
- Hay dificultades para comprender que los conceptos trascienden los hechos. Se sostiene que están en la naturaleza, que proceden de la experiencia.
- En relación con los mecanismos idóneos para asignar y precisar el significado de un concepto científico, en general no se reconoce la dependencia con la teoría científica a la que éste pertenece. Prevalece más bien la idea de que el significado se adquiere mediante ejemplos de aplicación en casos concretos.

- Se advierten dificultades para identificar (y establecer diferencias entre) las funciones científicas de leyes y definiciones. Se afirma que ambas sirven para explicar, se limita la función de ambas a hacer cálculos, no se reconoce que las definiciones son proposiciones analíticas.
- Hay dificultades para discriminar, en casos concretos, si un dado enunciado científico constituye una ley o una definición.
- Se advierten problemas con el carácter provisional de las leyes científicas. En particular, se detectan dos razones por las que se las considera definitivas: Por ser “leyes” y por ser “leyes de la naturaleza”.
- Se detectan también dificultades con el carácter general de las leyes. En particular, para reconocer su aplicabilidad en diferentes campos.
- Se otorga un peso importante a la evidencia empírica tanto para generar como para controlar las leyes, en desmedro del requisito de pertenencia a sistemas teóricos, que prácticamente está ausente.
- Se evidencian dificultades para diferenciar las explicaciones científicas de las dadas en la vida cotidiana. Muchos no contestan, dan respuestas incorrectas o muestran visiones simplistas de las diferencias.
- Se detectan visiones no científicas muy extendidas en torno de la idea de teoría científica. Aparecen, en particular, dos concepciones próximas al significado que se da al término en el ámbito cotidiano: La teoría como “conjunto de ideas no convalidadas” y como “enunciado no fáctico”.
- Se sostienen visiones simplistas relativas al carácter sistémico de la mecánica newtoniana, no se advierten las ventajas de esa sistematización, o se señalan ventajas reducidas a la resolución de problemas en las clases de Física.
- Se detectan dificultades para comprender que los modelos son los referentes directos de leyes y de teorías. Se sostiene que leyes y teorías describen la realidad tal cual ella es, se advierte una visión reduccionista del modelado, no se reconoce el carácter aproximativo de las respuestas científicas.
- Hay problemas para reconocer que las leyes y las teorías tienen límites de validez impuestos por el modelo al que refieren, para comprender que un sistema en estudio puede modelarse de diferentes formas, para identificar los supuestos de los modelos.
- Se considera a la mecánica newtoniana como la única teoría capaz de explicar el movimiento de los cuerpos. Algunos reconocen la existencia de otras teorías, pero no tienen en claro los límites de validez.

CONCLUSIONES

Las incomprendiones y limitaciones detectadas en las concepciones epistemológicas de los estudiantes, plantean la necesidad de una reflexión más crítica por parte de los docentes sobre la enseñanza de la física en los ciclos básicos universitarios. Las dimensiones adoptadas para la variable “comprensión epistemológica de la mecánica newtoniana”, y las visiones de los estudiantes que hemos identificado, podrían servir de referentes para seguir profundizando en el tema.

En la indagación más amplia (Wainmaier, 2003) de la que se han recortado los aspectos presentados en este trabajo, se ha obtenido una correlación significativa entre la “comprensión conceptual” y la “comprensión epistemológica” de conceptos, leyes, teorías y modelos de la mecánica newtoniana.

Sin embargo, el control de la relación entre las visiones epistemológicas de los estudiantes, y el aprendizaje de la Física, tiene un carácter tentativo y preliminar que exige el desarrollo de más investigaciones. En otra indagación (Guridi, 1999) (realizada también en el ámbito de la mecánica newtoniana, pero con estudiantes del nivel medio y con la inclusión de otras dimensiones en la operativización de la variable “comprensión epistemológica”) se han obtenido coeficientes de correlación no significativos entre las variables “comprensión conceptual” y “comprensión epistemológica”. El análisis comparativo de ambas situaciones y la sugerencia de posibles razones para la discrepancia, se presentan en otro trabajo que también ha sido propuesto en este Congreso (Salinas, Wainmaier y Guridi, 2005).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIKENHEAD, G. (1992). How to teach the epistemology and sociology of science in a historical context. *Proceedings of the Second International Conference of History and Philosophy of Science in Science Education*. Toronto, Canadá, Vol. I, pp. 23-34.
- CAMPANARIO, J y OTERO, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 2, pp. 155-169.
- GIL, D. (1993). Contribución de la historia y la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp. 197-212.
- GURIDI, V. (1999). *¿Puede vincularse la comprensión conceptual en Física con el perfil epistemológico de un estudiante?* Tesis de Maestría en Epistemología y Metodología de la Ciencia. Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.
- HALLOUN, I. y HESTENES, D. (1996). Interpreting VASS dimension and profiles. *Science & Education*, 7 (1), pp. 3-24.
- RYAN, A. y AIKENHEAD, G. (1992). Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, 76 (5), pp. 559-580.
- SALINAS J., WAINMAIER C. y GURIDI V. (2005). ¿Hay relación entre la "comprensión epistemológica" y la "comprensión conceptual" en el aprendizaje de la Física Clásica?. Propuesto para presentación en el VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Granada, España.
- VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M. (1995). Actitudes relacionadas con la ciencia. Una revisión conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), pp. 337-346.
- WAINAMIER, C. (2003). *Incomprensiones en el aprendizaje de la mecánica clásica básica*. Tesis de Maestría en Enseñanza de las Ciencias (Área Física). Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Argentina.

ANEXO

1.a. Identificar características relevantes de los conceptos. María y Estela están discutiendo respecto a los conceptos de la Física. María afirma: "*Los físicos inventan conceptos que no se corresponden directamente sino indirectamente con las cosas, cualidades o relaciones presentes en el mundo*". Estela no está de acuerdo y sostiene: "*Los físicos no inventan nada, se limitan a observar los fenómenos y a ponerle nombre a las cosas, cualidades o relaciones presentes en el mundo*". ¿Cuál es tu opinión? Explica claramente.

1.b. Reconocer la interrelación entre conceptos y leyes. Con frecuencia se afirma que la definición es el procedimiento óptimo para asignar significados a los conceptos. ¿Crees que es suficiente una definición para comprender el significado de los conceptos científicos y usarlos con propiedad?

Sí..... No..... No sé.....

- Si tu respuesta es afirmativa elige un concepto científico y defínelo.
- Si tu respuesta es negativa indica qué procedimiento seguirías para comprender el significado de un concepto científico y usarlo con propiedad.

2.a. Reconocer la función de las leyes. Andrés y Julián están preparando el examen final de Física I. Andrés comenta: "*Elaboré la siguiente lista de fórmulas que relacionan magnitudes según leyes que vimos*":

$$\begin{array}{lll} W = \Delta E_c & \tau = \mathbf{r} \times \mathbf{F} & E_c = 1/2 m v^2 \\ \Sigma \mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a} & \Sigma \tau = I \cdot \alpha & x = x_0 + v_0 t + 1/2 a t^2 \\ \mathbf{a} = \Delta \mathbf{v} / \Delta t & E m = E_c + E_p & W = \int \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} \end{array}$$

Julián le dice: "*Yo creo que no todas esas fórmulas son leyes, algunas son definiciones*".

- Si tu opinión coincide con la de Andrés explica por qué consideras que todas esas "fórmulas" representan leyes físicas.
- Si tu opinión coincide con la de Julián:
a) Establece diferencias entre definiciones y leyes en Física. b) Explica en un breve párrafo qué utilidad (o función) tienen las definiciones y qué utilidad (o función) tienen las leyes.

b) En la lista elaborada por Andrés coloca una letra “D” a las expresiones que corresponden a definiciones y una letra “L” a las expresiones que corresponden a leyes.

2.b. Identificar características relevantes de las leyes. Elige cinco palabras que a tu modo de ver señalen características que presentan las leyes de la Física. Redacta un breve párrafo en el que expliques por qué has elegido esas palabras para caracterizar a las leyes físicas.

3.a. Reconocer la relación entre leyes y teorías. ¿Qué diferencias encuentras entre una “ley física” y una “teoría física”? Aclara la idea con un ejemplo.

3.b. Identificar características relevantes de las teorías. En Física hemos estudiado leyes relacionadas con energía y leyes de la dinámica.

a) Menciona algunas de esas leyes.

b) ¿Dirías que cada ley expresa una idea autocontenida e independiente de las otras leyes?

Si.....

No.....

No sé.....

c) Brinda argumentos que permitan entender las razones que apoyan tu respuesta.

4.a. Reconocer a los modelos como los referentes inmediatos de las leyes y teorías. Dos estudiantes discuten sobre la relación entre el saber de la Física y el mundo. Alberto dice: “*Los físicos establecen teorías que explican el comportamiento de fenómenos ideales, no de los fenómenos tal como ocurren en el mundo*”. Jorge responde: “*No estoy de acuerdo, porque eso significa que la Física no hace aportes para entender el mundo*”. ¿Cuál es tu opinión al respecto? Explica claramente.

4.b. Reconocer la incidencia de los modelos sobre las condiciones de validez de leyes y teorías. En una clase de Física un estudiante plantea: “*Este libro de Física tiene un capítulo titulado: La Dinámica del punto materia. ¿Las leyes enunciadas en ese capítulo cambiarían si se analiza la dinámica de cuerpos concretos tales como pelotas de football?*”

a) ¿Cuál es tu opinión al respecto? Explica claramente.

b) Brinda ejemplos aclaratorios.