

CONFUSIONES ENTRE PROPOSICIONES NECESARIAS Y CONTINGENTES EN EL APRENDIZAJE DE LA FÍSICA CLÁSICA ⁽¹⁾

Julia Salinas

*Depto. de Física, FaCEyT, UNT
jsalinas@herrera.unt.edu.ar*

RESUMEN

Se presenta una investigación empírica sobre dificultades en el aprendizaje de la Física.

El marco teórico recoge aportes de la Epistemología de la Física que permiten identificar y distinguir el rol que juegan, en el cuerpo de conocimientos de la Física, las proposiciones “con significado formal” (necesarias) y “con significado factual” (contingentes).

El objetivo general de la investigación consistía en averiguar si los estudiantes diferencian adecuadamente las proposiciones necesarias de las contingentes. Como objetivos específicos se propuso controlar si los estudiantes establecen adecuadas diferencias entre “valor convencional y valor medido de magnitudes”, “definición y ley”, “nominación y explicación”.

La investigación se desarrolló en el contexto de cursos básicos de Física Clásica en carreras de Ingeniería (Universidad Nacional de Tucumán, Argentina).

Para cada objetivo específico se elaboraron y validaron tres enunciados aptos para recoger la información requerida. Los nueve enunciados resultantes fueron administrados a 55 alumnos atendidos por el mismo personal docente. Se controló con criterios estadísticos si las respuestas obtenidas para los tres enunciados correspondientes a cada objetivo específico, podían considerarse provenientes de una misma muestra.

Se exponen y analizan los resultados obtenidos, que muestran que porcentajes importantes de estudiantes no discriminan adecuadamente la índole y la función de proposiciones necesarias y contingentes que intervienen en el conocimiento de la Física Clásica.

Estos comportamientos se interpretan como manifestaciones de un aprendizaje distorsionado de la Física, que la vacía de significado fáctico. Se mencionan sugerencias para la práctica docente.

PALABRAS CLAVES: Aprendizaje. Física. Enunciados necesarios y contingentes.

COMUNICACIÓN ORAL

¹ La versión en inglés de este trabajo ha sido presentada en ESERA 2007, International Conference of the European Science Education Research Association, Malmö, Suecia, 21-25 de Agosto de 2007.

ANTECEDENTES, OBJETIVOS Y CONTEXTO

La Física es una ciencia de la naturaleza. En sus métodos combina de manera compleja la experimentación con transformaciones, reglas y operaciones lógico-matemáticas (Piaget, 1975 y 1979; Bunge, 1985; Schenberg, 1988; McComas, 1998; Chalmers, 1990; Pietrocola, 2001).

El conocimiento elaborado en Física puede ser considerado un cuerpo articulado de entidades conceptuales con significado formal, y entidades conceptuales con significado factual.

Estos dos tipos de entidades conceptuales presentan diferencias sustanciales entre ellos (Hanson, 1973).

El primer tipo corresponde a términos y reglas de formación y transformación que cuantifican y dan coherencia al conocimiento. Su validez es *necesaria* si las operaciones en que interviene el enunciado respetan las reglas lógicas. La experimentación es inútil para controlar su validez (aunque pueda desempeñar algún papel en su génesis).

Como ejemplos de entidades conceptuales *necesarias* en Física, cabe mencionar:

- Valores convencionales de magnitudes
- Definiciones
- Nominaciones.

El segundo tipo corresponde a significados vinculados al mundo. Su objetivo consiste en la concordancia con la realidad. Su verdad exige validez lógica y adecuación a los hechos. Pero aún con control empírico afirmativo, la verdad es provisoria (un futuro enunciado podría mostrar mayor adecuación al ámbito al que refiere la teoría). La verdad es *contingente*. La experimentación es crucial para controlar su validez (además de poder orientar su génesis).

Como ejemplos de entidades conceptuales *contingentes* en Física, cabe mencionar:

- Valores medidos de magnitudes.
- Leyes
- Explicaciones

En el cuerpo de conocimientos de la Física intervienen así numerosas proposiciones, muchas de las cuales, *pero no todas*, expresan significados contingentes.

En la práctica docente y en trabajos anteriores (Salinas 2002 y 2006), se detectaron indicios de incomprendimientos de los estudiantes relacionadas con esta cuestión.

Se decidió encarar una investigación con el siguiente objetivo general: Averiguar si los estudiantes diferencian adecuadamente las proposiciones necesarias de las contingentes.

Se propusieron tres objetivos específicos: Controlar si los estudiantes establecen adecuadas diferencias entre:

1. Valor convencional y valor medido de magnitudes.
2. Definición y ley.
3. Nominación y explicación.

Se trabajó en el ámbito del Electromagnetismo Clásico, con estudiantes del ciclo básico de carreras de Ingeniería, en la Universidad Nacional de Tucumán (Argentina).

MÉTODO Y MUESTRAS

- Se elaboraron tres enunciados para cada uno de los tres objetivos específicos, a fin de controlar la convergencia de las respuestas.
- Esos enunciados se sometieron al juicio crítico de investigadores externos.
- Los nueve enunciados resultantes de las opiniones de los jueces externos se aplicaron en una experiencia piloto ($N_p = 18$ estudiantes).
- Los nueve enunciados finales, resultantes del proceso de validación mencionado, se administraron a estudiantes atendidos por el mismo personal docente.
- Los nueve enunciados finales no se administraron todos juntos, sino distribuidos a lo largo del desarrollo de las clases.
- La muestra analizada estuvo conformada sólo por estudiantes a los que se hubiera administrado la totalidad de los nueve enunciados ($N = 55$ estudiantes).
- Las respuestas se clasificaron en tres categorías, según la capacidad del estudiante para distinguir entre sí los dos aspectos involucrados en el objetivo específico en consideración: “Confunde”, “Diferencia adecuadamente”, “No utilizable” (confusa o sin responder).
- Para cada objetivo específico, se controló con criterios estadísticos si las respuestas obtenidas para los tres enunciados correspondientes, podían considerarse provenientes de la misma muestra.
- A posteriori de la administración de los nueve enunciados, se desarrollaron encuentros grupales con los estudiantes que habían brindado respuestas “Confunde” o “No utilizable”, para contribuir a superar sus dificultades, identificar posibles causas de las confusiones, y recabar sugerencias para una enseñanza favorecedora de mejores entendimientos.

En el Anexo se presentan los nueve enunciados administrados para los tres objetivos específicos.

RESULTADOS

En la tabla se muestran los resultados en porcentajes para cada enunciado.

Objetivo específico controlado	Respuestas (N = 55)		
	“Confunde”	“Diferencia adecuadamente”	“No utilizable”
Primero (Valor convencional y valor medido)	1.a: 47 %	1.a: 18 %	1.a: 35 %
	1.b: 58 %	1.b: 25 %	1.b: 16 %
	1.c: 51 %	1.c: 22 %	1.c: 27 %
Segundo (Definición y ley)	2.a: 25 %	2.a: 42 %	2.a: 33 %
	2.b: 38 %	2.b: 20 %	2.b: 42 %
	2.c: 31 %	2.c: 29 %	2.c: 40 %
Tercero (Nominación y explicación)	3.a: 49 %	3.a: 47 %	3.a: 04 %
	3.b: 33 %	3.b: 44 %	3.b: 24 %
	3.c: 35 %	3.c: 22 %	3.c: 44 %

Para cada objetivo específico, el control estadístico ($\alpha = 0,01$) condujo al siguiente resultado: Los porcentajes de respuestas “Confunde” obtenidos para los enunciados a, b y c pueden considerarse provenientes de una misma muestra.

- **Primer objetivo específico:** En los enunciados administrados se plantean situaciones que requieren diferenciar entre valores convencionales y valores medidos de magnitudes. En Física se intenta permanentemente mejorar la precisión de las mediciones, aumentando el número de cifras significativas de los resultados experimentales. Pero éste no es el caso con algunas magnitudes (como la velocidad de la luz y las constantes de permitividad y permeabilidad del vacío) cuyos valores no se miden y se conocen con precisión absoluta por haber sido fijados convencionalmente. Sin embargo, más del 50 % de los estudiantes no establece esta distinción.
- **Segundo objetivo específico:** En los enunciados administrados se plantean situaciones que requieren diferenciar entre definiciones y leyes. Al brindarse una definición, se fija de manera necesaria el significado de un concepto. Mediante las leyes, en cambio, se expresan relaciones contingentes entre variables referidas a propiedades de objetos o procesos reales. Sin embargo, más del 30 % de los estudiantes las confunde entre sí y caracteriza como leyes (vale decir, como enunciados referidos al comportamiento de la naturaleza) las definiciones convencionales de “conductor eléctrico”, “anillo amperiano” o “interferencia constructiva”.

- **Tercer objetivo específico:** En los enunciados administrados se plantean situaciones que requieren diferenciar entre nominación y explicación. En Física, toda explicación está basada en una ley. Sin embargo, casi el 40 % de los estudiantes supone que el hecho de poder dar un nombre a lo que se quiere explicar, es ya una explicación. Así, afirman que circula corriente por un metal al que se le aplica una diferencia de potencial “porque el metal es un buen conductor de la electricidad”, que los rayos paralelos que inciden sobre una lente biconvexa de vidrio sumergida en aire, después de refractados se reúnen en el foco imagen “porque la lente es convergente”, que las limaduras de hierro se ubican según distribuciones características en el espacio cercano a un imán “porque el hierro es un material magnético”.

- **Encuentros grupales:** En los encuentros con los estudiantes que habían brindado respuestas “Confunde” o “No utilizable”, se pudo constatar que las incomprensiones eran muy profundas y no se circunscribían al campo del Electromagnetismo. Entre las posibles causas de las dificultades para diferenciar entre enunciados necesarios y enunciados contingentes, los estudiantes mencionaron la escasez de vínculos comprensivos entre desarrollos matemáticos y comportamientos reales. Se recogieron sugerencias para la enseñanza, tendientes al fortalecimiento de reflexiones y actividades que clarifiquen las dimensiones sintácticas, semánticas y metodológicas de la disciplina.

CONCLUSIONES E IMPLICANCIAS

En las teorías físicas intervienen enunciados concluyentes (valores convencionales de magnitudes, definiciones, nominaciones) y enunciados plausibles (valores medidos, leyes, explicaciones).

Los estudiantes de carreras científicas y tecnológicas debieran ser conscientes de las características distintivas y los diferentes roles de ambos tipos de enunciados, para comprender el modo en que las ciencias fácticas construyen conocimientos sobre la naturaleza y para acceder a mejores entendimientos de dichos conocimientos.

Sin embargo, los resultados obtenidos ponen de manifiesto que muchos estudiantes confunden entre sí los enunciados formales (necesarios) y los enunciados fácticos (contingentes). No comprenden las diferencias entre valores convencionales y valores medidos de magnitudes; entre definición y ley; entre nominación y explicación científica. En otras palabras, *no saben cuándo una afirmación es independiente del comportamiento*

de la naturaleza, y cuándo refiere a la naturaleza. La Física aparece ante ellos como una formalización alejada de vínculos con la realidad (Fernández et al., 2002).

Los estudiantes que participaron en este estudio tuvieron oportunidad de esclarecer estas confusiones y manifestaron que de ese modo comprendían más y mejor el saber de la Física. Sus requerimientos de una enseñanza que favorezca mejores entendimientos de las dimensiones sintácticas, semánticas y metodológicas de la disciplina nos plantea el reto de profundizar nuestra comprensión epistemológica de la Física y de diseñar y poner en práctica estrategias didácticas que clarifiquen más adecuadamente los vínculos entre la teoría y los comportamientos reales.

Se encontraron pocos trabajos de otros autores con estudios similares, pero hay fuerte acuerdo con investigaciones anteriores (por ejemplo Salinas, 2002 y 2006; Wainmaier y Salinas, 2005) y con autores que insisten en la necesidad de un tratamiento más persistente y profundo del modo científico de vincular los desarrollos teóricos con la realidad en la enseñanza de la Física (Hanson, 1973; McComas, 1998; Pietrocola, 2001).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bunge, M. (1985) *La investigación científica*. Barcelona, Ed. Ariel
- Chalmers, A. (1992) *La ciencia y cómo se elabora*. México, Ed. Siglo XXI.
- Fernández, I; Gil Pérez, D.; Carrascosa, J.; Cachapuz, A. y Praia, J. (2002) Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 20, Nº 3, pp. 477-488.
- Hanson, N.R. (1973) La estructura del conocimiento físico, en *La educación y la estructura del conocimiento*. Elam S. compilador. Buenos Aires, Ed. El Ateneo.
- McComas, W.F. (1998) The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths, en *The nature of science in science education. Rationales and strategies*. Netherlands, Kluwer Academic Publishers.
- Piaget, J. (1975) *Introducción a la epistemología genética. II- El pensamiento físico*. Buenos Aires, Ed. Paidós.
- Piaget, J. (1979) *Lógica y conocimiento científico*. Buenos Aires, Ed. Proteo.
- Pietrocola, M. (2001) *Ensino de Física: Conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis, Editora da UFSC.
- Salinas, J. (2002) Lenguaje matemático y realidad material en la enseñanza y el aprendizaje de Física. *Actas del VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*.
- Salinas, J. (2006) El vínculo entre teoría y realidad en las aulas de Física. Dificultades de estudiantes universitarios en electricidad. *Proceedings of the IX Inter American Conference on Physics Education*.
- Schenberg, M. (1988) *Pensando a Física*. São Paulo, Nova Stella Ed.

- Wainmaier, C. y Salinas, J. (2005) Incomprensiones en el aprendizaje de la mecánica clásica básica. *Revista de Enseñanza de la Física*, Vol. 18, Nº 1, pp. 39-54.

ANEXO

Enunciados administrados para los tres objetivos específicos

1. Controlar si los estudiantes establecen diferencias adecuadas entre valor convencional y valor medido de magnitudes

1.a: Un estudiante afirma que el valor de la constante de permitividad del vacío se conoce con una precisión de 1 parte en 10^9 . ¿Está Ud. de acuerdo? Explique.

1.b: ¿Qué se conoce con mayor precisión cuantitativa: el valor de la constante de permeabilidad del vacío, o el valor de la constante de permeabilidad del aire? Fundamente su respuesta.

1.c: ¿Con qué precisión se conoce en la actualidad el valor de la velocidad de la luz en el espacio vacío? Explique.

2. Controlar si los estudiantes establecen diferencias adecuadas entre definición y ley

2.a: Considere el siguiente enunciado: “Los conductores eléctricos son materiales por los que la carga puede fluir fácilmente”. ¿Ese enunciado es una ley de la Física? Explique.

2.b: Un estudiante afirma que hay una ley de la Física que expresa que “los anillos amperianos son trayectorias en las que el campo magnético es constante”. ¿Está Ud. de acuerdo? Explique.

2.c: En clase se dijo que “la interferencia de dos ondas luminosas es constructiva cuando la intensidad neta es mayor que las intensidades individuales”. ¿Es ésta una ley de la Óptica? Explique.

3. Controlar si los estudiantes establecen diferencias adecuadas entre nominación y explicación

3.a: ¿Por qué circula corriente por un metal al que se ha aplicado una diferencia de potencial?

3.b: ¿Por qué las limaduras de hierro se ubican según distribuciones características en el espacio cercano a un imán?

3.c: ¿Por qué los rayos paralelos que inciden sobre una lente biconvexa de vidrio sumergida en aire, después de refractados se reúnen en el foco imagen?