

La gravedad, el magnetismo y la acción a distancia: un estudio de las respuestas a cuestionarios

M. Celia Dibar Ure¹ y Marisol Montino²

¹Instituto de Ciencias de la Universidad Nacional de General Sarmiento, Juan María Gutiérrez 1150 CP 1613 Los Polvorines, Buenos Aires, Argentina.

²Instituto de Desarrollo Humano de la Universidad Nacional de General Sarmiento, Juan María Gutiérrez 1150 CP 1613 Los Polvorines, Buenos Aires, Argentina.

E-mail: celiadibar@yahoo.com

Recibido el 28 de noviembre de 2012; aceptado el 10 de setiembre de 2013

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Resumen

El presente trabajo estudia las respuestas de 112 estudiantes de Segundo Año de la Escuela Secundaria Básica a cuestionarios sobre gravedad y magnetismo. Se analiza la noción de acción a distancia que aparece en las respuestas en relación a la interacción magnética y la asignación de un origen magnético a la caída de los cuerpos. Se discuten las implicaciones de estos resultados para la enseñanza de la interacción gravitatoria.

Palabras clave: estudiantes, secundario, acción a distancia, gravedad, magnetismo.

Abstract

The current work analyses the answers of 112 high school students to questionnaires about gravity and magnetism. We discuss the notion of action at a distance that appears in the answers related to magnetic interaction and the attribution of a magnetic origin to the falling of bodies. We discuss the implications of these results to the teaching of gravitational interaction.

Keywords: students, high school, action at a distance, gravity, magnetism

I. INTRODUCCIÓN

Desde nuestro nacimiento vivimos en un mundo en el que los objetos caen cuando se quedan sin apoyo, tal vez sea por ello que no necesitamos encontrarle una explicación a la caída de los cuerpos y no vemos la necesidad de que esté actuando alguna fuerza para que las cosas caigan (Montino et. al., 2011).

En un artículo anterior (Dibar y Pérez, 2007) discutimos que al enseñar el tema de la caída de los cuerpos, estamos respondiendo a preguntas que los alumnos no se plantearon. Los niños no encuentran motivo para tener que explicar las causas de la caída de un cuerpo, porque las percepciones acerca del mundo incorporan precozmente la naturalidad de la caída de los objetos hasta una superficie de apoyo. La explicación newtoniana resulta difícil y fuertemente anti-intuitiva: la fuerza peso resulta de una interacción a distancia con un cuerpo cuyo tamaño y omnipresencia lo transforman, paradójicamente, en invisible. En resumen, la interacción gravitatoria en la Tierra no es percibida como una interacción a distancia, entendida simplemente como la interacción entre dos cuerpos que no se tocan y, además, no aparece la necesidad de explicar la caída de los cuerpos. Contrariamente la interacción entre imanes, donde ambos cuerpos son claramente percibidos, resulta sumamente atrayente; posiblemente por presentar características “misteriosas” y no esperadas. Estas cuestiones deben ser consideradas al enseñar el tema, aunque generalmente no son tenidas en cuenta.

Por otra parte, según Boido y Flichman (2010) en Historia de un Ave Fénix, desde la antigüedad se presentó la necesidad de diferenciar entre dos tipos de acciones entre cuerpos: las de contacto y aquellas en las que no hay vínculo material. Éstas últimas, llamadas interacciones a distancia, presentaron siempre un carácter “misterioso” que impulsó numerosos intentos históricos de reducirlas a acciones de contacto. Sin embargo, el misterio de la impenetrabilidad, que permite las acciones por contacto, no es ni mayor ni

menor que el de la acción a distancia; pero la familiaridad con las acciones por contacto ha hecho difícil entender la equivalencia de ambos “misterios”.

Nos propusimos estudiar algunas de estas cuestiones y dificultades tomando preguntas escritas a alumnos de nivel secundario.

En este trabajo presentamos el análisis y discusión de cómo perciben los estudiantes cuestiones relacionadas con la gravedad y el magnetismo.

II. METODOLOGÍA Y TEORÍA

En el enfoque de la teoría enraizada (Glaser y Strauss, 1999) la teoría se genera progresivamente a partir del análisis de los datos, por lo tanto las categorías no son determinadas a priori. La metodología utilizada es exploratoria y cualitativa. Las categorías usadas para clasificar los datos surgen del análisis de los mismos, agrupando aquellos que tienen características similares (Hopkins et. al., 1989; Taylor y Bogdan, 1987; Turner, 1981). Estudiamos las respuestas a diferentes preguntas (ver Anexo I) acerca de la gravedad y del magnetismo con el fin de entender como los estudiantes conceptualizan las interacciones a distancia. En particular queremos poner en evidencia como muchos de ellos atribuyen la atracción gravitatoria de la Tierra a la presencia de un centro magnético.

Se tomaron dos cuestionarios con el objetivo de recabar qué recuerdan los estudiantes de su paso por la escuela primaria sobre magnetismo y gravedad. Fueron elaborados utilizando datos anteriores de entrevistas sobre la gravedad y el universo (Camino, 2006) y tomas de datos realizadas en versiones preliminares de los cuestionarios.

Los Cuestionarios I y II actuales se tomaron en los mismos cursos pero a diferentes estudiantes para que el contenido de uno no interfiriera con el del otro.

En el presente trabajo analizamos las respuestas de una toma de datos realizada durante el año 2011 a 112 estudiantes de 2° de la ESB del Colegio San Marcelo de Don Torcuato, 55 alumnos realizaron el Cuestionario I y 57 alumnos el Cuestionario II. Se pidió la colaboración de los alumnos explicándoles que no serían calificados, que lo hicieran de forma anónima para ser utilizados en una investigación.

El promedio de edad de los estudiantes era de 13 años y 3 meses.

IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A. Cuestionario I

Las preguntas que lo componen son:

- ¿Qué tienen de parecido y de distinto estas dos situaciones: una moneda cayendo hacia el suelo y un alfiler levantado por un imán?
- Jugando con dos imanes, se puede comprobar que hay una posición en la cual es imposible hacer que se toquen. ¿Por qué?

En 12 casos los estudiantes esbozaron respuestas que no contestan las preguntas o respondieron “No sé”. Por ejemplo, a la primera pregunta contestaron:

- “*parecido: no sé. Distinto: que son dos cosas diferentes*”. Estudiante N°15
- “*que la moneda cayéndose al suelo es algo físico y un alfiler levantado por un imán es algo químico*”. Estudiante N° 28. Tres de las respuestas utilizan esta argumentación.

Y a la segunda pregunta:

- es imposible juntar los imanes “*porque no tienen pegamento*”. Estudiante N°20.

Al contestar la primera pregunta 27 estudiantes usaron el término “gravedad” como causa de la caída de la moneda. Parece ser un término que relacionan fácilmente con la caída de los objetos y que para ellos por sí mismo tiene poder explicativo.

Dado que ninguna de las preguntas del cuestionario incluye las palabras “atrae” o “repele”, resultó llamativo que 30 estudiantes utilizaran la palabra “atracción” en las respuestas a alguna de las dos preguntas. Vale la pena aclarar que el uso del término “atracción” por sí solo no significa necesariamente que los estudiantes posean algún concepto de acción a distancia. El análisis de la segunda pregunta nos permitió clarificar este punto, 17 estudiantes contestaron de tal manera que se percibe algún concepto de acción a distancia (ver Cuadro I). Este grupo está compuesto por quienes se refieren a que los imanes se repelen, aquellos que mencionan los polos del mismo tipo e incluso aquellos que confunden la interacción magnética con la eléctrica sin perder poder explicativo. Algunos ejemplos:

- “*porque los polos son iguales se repelen*” Estudiante N° 1

- "porque los imanes tienen un punto negativo y otro positivo si se juntan los dos negativos será imposible juntarlos" Estudiante N° 14

CUADRO I. Cuento de respuestas en relación a la noción de acción a distancia

	Utilizan la palabra "atracción"	No utilizan la palabra "atracción"	Total
Parecen referir a una acción a distancia	13	4	17
No refieren a una acción a distancia	17	9	26
Total	30	13	43

Es muy interesante destacar que al contestar la primera pregunta ocho estudiantes unifican las atracción gravitatoria con la magnética, es decir, le asignan la misma causa. Por ejemplo:

- "Tienen de parecido que la moneda cae por la gravedad y el alfiler sube por la gravedad del imán". Estudiante N° 42.

- "Parecido: que los dos se atraen por un imán. Diferente: el alfiler es atraído por algo artificial (el imán) y la moneda por algo natural (la gravedad)". Estudiante N° 53

En el Cuadro II se presenta un conteo general y la incerteza (Garrett, 1990) de las respuestas de los estudiantes.

CUADRO II. Cuento general de las respuestas.

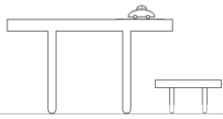
Categoría	Cantidad de estudiantes	Porcentaje
Utilizan la palabra "atracción" en sus respuestas	30	55 % ± 7 %
Utilizan la palabra "gravedad" en sus respuestas	27	49 % ± 7 %
Tienen alguna concepción de acción a distancia	17	31 % ± 6 %
Unifican las atracciones gravitatorias y magnéticas	8	15 % ± 5 %
No responden las preguntas	12	22 % ± 6 %

B. Cuestionario II

Este cuestionario de opción múltiple fue confeccionado con el objetivo de intentar poner en evidencia la relación que tiene para los estudiantes la caída de los cuerpos con el magnetismo. Ya en otra oportunidad (Dibar Ure, 1997) habíamos utilizado una pregunta con opción múltiple con estas características.

En el Cuadro III se presenta un resumen de los resultados. El conteo de respuestas no es excluyente, es decir si un estudiante eligió "a" y "c" se cuentan ambas, por lo tanto los porcentajes suman más del 100%.

CUADRO III. Cuento de respuestas dadas al Cuestionario II.

Un autito de juguete llega al borde de una mesa y cae hasta llegar a un banco que está al lado. ¿Por qué cae? Elegí entre las siguientes respuestas (puede ser más de una):			
			
		n	Porcentaje
a	El autito cae porque la superficie del banco está a una altura menor que la de la mesa.	23	40 % ± 6 %
b	El autito cae porque lo atrae un núcleo magnético que se encuentra en el centro de la tierra.	21	37 % ± 6 %
c	El autito cae porque lo atrae un núcleo muy denso que se encuentra en el centro de la tierra.	7	12 % ± 4 %
d	El autito cae porque toda la tierra lo atrae.	5	9 % ± 4 %
e	El autito cae porque se termina la superficie de apoyo.	42	74 % ± 6 %
f	Otra explicación. Por favor, explicala brevemente	15	26 % ± 6 %

Aproximadamente el 37% de los estudiantes considera que hay un núcleo magnético en el centro de la Tierra (opción "b"), triplicando el 12% que considera el núcleo denso (opción "c") y cuadruplicando el 9% que considera que toda la tierra atrae al autito (opción "d"). Es interesante mencionar que en el año 2008 se tomó el mismo cuestionario a 34 estudiantes un año mayores y con otra historia escolar, un 36%

también consideró que el autito es atraído por un núcleo magnético en el centro de la Tierra (Dibar et. al., 2009). Cabe aclarar que las respuestas son todas correctas, menos la “b”. Considerando la respuesta “c”, del núcleo muy denso, como parcialmente correcta dada la insistencia escolar en la densidad del centro de la tierra y la vaguedad del término “núcleo”.

Podemos separar el tipo de respuestas propuestas en el cuestionario en dos grandes grupos, las que llamaremos “Respuestas Explicativas” (b, c y d) se caracterizan por asignarle una causa a la caída del autito; por otra parte las que llamaremos “Respuestas descriptivas” (a y e) que se caracterizan por no dar una causa de la caída del autito sino una descripción de la situación. En el Cuadro III se puede apreciar que las Respuestas Descriptivas son las que concentran los mayores porcentajes.

Alrededor del 18% de los estudiantes eligieron una o más respuestas sólo explicativas. Por otra parte, el 28 % eligió una o más opciones solamente descriptivas. Es notorio que el 54% elige una respuesta descriptiva y “necesita” agregar una explicativa, sea entre las opciones dadas o agregada por ellos (por ejemplo: “por la gravedad”). La incomodidad que genera que tantas opciones de las dadas parezcan correctas se evidencia en que un alumno como el N° 22 realice un resumen propio unificador, agregando la gravedad: “*Porque se termina la mesa y la ley de gravedad lo hace caer al banco que es de menor altura que la mesa*”.

Ninguna de las opciones múltiples tiene respuesta por nombre, por ejemplo “gravedad” o “peso”. Sin embargo son palabras introducidas por los estudiantes al esbozar una explicación cuando las opciones dadas no les resultan suficientes. En el caso de la palabra “gravedad” aparece en 12 respuestas (21%). Sin embargo la palabra “peso” no aparece en las respuestas.

V. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS DIDÁCTICOS

Todos usamos la palabra “peso” en nuestra vida cotidiana, muchas veces para referirnos a que algún objeto es “pesado” o a que algo se cae por su “propio peso”. Por ello sorprende que en las respuestas de los estudiantes no aparezca la palabra “peso”, pero que sí aparezca con bastante frecuencia la palabra “gravedad”. En la escuela aprendemos que la palabra “gravedad” se encuentra asociada a la caída de los cuerpos; y muchas veces las personas creen que la fuerza de la gravedad es diferente a la fuerza peso. En las respuestas obtenidas pareciera que los estudiantes utilizan el término “gravedad” como el nombre escolar del fenómeno de la caída de los cuerpos, pero no necesariamente asociado a una interacción ni a una acción a distancia.

Contrariamente, al referirse a los imanes utilizan términos -también aprendidos en la escuela- como “polos” o “positivo y negativo” para explicar un fenómeno que les resulta llamativo. En este caso, pareciera que el aprendizaje escolar les resulta útil y significativo al intentar explicar por qué hay una posición en la que es imposible hacer que dos imanes se toquen.

Al responder el Cuestionario I el 15% de los estudiantes espontáneamente unifican la atracción gravitatoria con la magnética asignándoles la misma causa. Este porcentaje aumenta al 37% cuando al responder el Cuestionario II le asignan causas magnéticas a la caída del autito. Si bien este incremento no sorprende, dado que la aparición explícita de la opción de un núcleo magnético (opción “b”) la legítima como respuesta, sí resulta sorprendente que si sumamos la cantidad de respuestas en las que eligen el núcleo denso (opción “c”) con las que eligen que toda la tierra atrae al autito (opción “d”) suman 21% que resulta notablemente menor al porcentaje que elige el núcleo magnético.

Es llamativo que históricamente ha habido intentos de explicar fenómenos gravitatorios mediante el magnetismo. Según Solís y Sellés (2007), Kepler se inspiró en la filosofía magnética de Gilbert para explicar el movimiento planetario en su libro *Astronomía nova* publicado en 1609. Los planetas describen una elipse al trasladarse alrededor del Sol, Kepler explicó el alejamiento y el acercamiento del planeta al Sol suponiendo que el Sol es un imán con un polo en la superficie y otro en el centro (o un monopolio), mientras que el planeta posee un eje magnético con una dirección fija, de manera que la mitad de la órbita apunta el mismo polo hacia el sol entonces es repelido y la otra mitad es atraído por apuntar el polo opuesto.

Con respecto a la enseñanza básica, en los Diseños Curriculares de la Escuela Primaria (2008) las cuestiones relacionadas con la gravedad y el magnetismo están incluidas sólo en 4to. Año (ver Anexo II). Aparece la intención de enseñar acción a distancia, tanto entre imanes como en relación a la gravedad. Para abordar el tratamiento de las fuerzas a distancia se propone “*que los alumnos/as puedan realizar exploraciones y experimentos en los que estén involucradas las fuerzas magnéticas, eléctricas y gravitatoria. Los alumnos/as tendrán que reconocer que, dado que se producen efectos similares a los estudiados al trabajar con las fuerzas por contacto, estos deben ser producto también de interacciones entre objetos, pero esta vez a distancia*” (pp. 282). Podemos ver que el énfasis se pone en comparar los

efectos que producen las acciones por contacto y a distancia, entonces si los efectos son similares podríamos hablar de fuerzas en ambos casos.

Hemos visto que es complejo para los estudiantes relacionar la caída de los cuerpos con la interacción gravitatoria y con una acción a distancia, sin embargo no consideran como imposible la acción a distancia entre imanes ya que un número significativo de estudiantes la propone en sus respuestas. Por ello consideramos que en la enseñanza el conector entre la interacción magnética y la gravitatoria debería ser la acción a distancia¹. Proponemos comenzar trabajando con imanes para poder discutir y consolidar conceptualmente la acción a distancia. Dado que en la interacción magnética ambos cuerpos son “visibles” y en la caída de los cuerpos no, tal vez el salto de una a la otra sería más razonable si se continuara la secuencia trabajando la interacción gravitatoria en cuerpos celestes, donde los tamaños son similares entre sí y la interacción entre ambos es “apreciable”; para finalmente explicar la caída de los cuerpos en la superficie terrestre. Sin embargo, se debe planear cuidadosamente la secuencia para trabajar la interacción magnética junto con la interacción gravitatoria sin perder de vista que esto posiblemente fortalezca la confusión entre ambas.

La interacción magnética provee buenas analogías al enseñar interacción gravitatoria, Oliva Martínez (2004) señala que incluso Isaac Newton las utilizó; por ejemplo para ilustrar la interacción mutua entre los planetas en el libro *El sistema del mundo* publicado en 1927: “*El hierro atrae al imán igual que el imán al hierro, pues todo hierro en contacto con un imán atrae también a otro hierro [...] De modo similar hay que concebir entre dos planetas la operación simple que surge de la naturaleza cooperante de ambos...*” (Oliva Martínez, 2004, p. 178). Más allá de las complejidades que esta secuencia trae aparejadas, consideramos que comenzar en sentido inverso significaría contestar preguntas que los estudiantes no se hicieron, en cambio la secuencia propuesta permite comenzar desde un fenómeno que les resulta atractivo y sorprendente.

REFERENCIAS

- Boido, G. y Flichman, E. H. (2010). *Historia de un Ave Fénix. El mecanicismo, desde sus orígenes hasta la actualidad*. Buenos Aires: Prometeo Libros.
- Camino, N. (2006). *Génesis y evolución del concepto de gravedad*. Tesis de Doctorado. UNLP. Defendida 12/10/06.
- Dibar Ure, M. C. (1997). La onda de las explicaciones. *Revista de Enseñanza de la Física*, 10 (1), pp. 15-22.
- Dibar, M.C. y Pérez, S. M. (2007). Análisis de las dificultades de los conceptos de peso y gravedad: algunos resultados de investigación desde un marco teórico neuroconstructivista. *Revista de Enseñanza de la Física*, 20 (1 y 2), pp. 33-37.
- Dibar, M.C.; Aleman, M.A. y Montino, M. (2009). Aprendiendo sobre imanes. *Memorias de las II Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el Campo de las Ciencias Exactas y Naturales*. La Plata, Buenos Aires. Editado en CD.
- Diseños curriculares para la Educación Primaria y Secundario (2008). Disponibles en <http://abc.gov.ar/lainstitucion/organismos/consejogeneral/disenioscurriculares/default.cfm> última consulta 6/10/2013.
- Garrett, H. (1990). *Estadística en Psicología y Educación*. Buenos Aires: Paidós.
- Glaser, B. & Strauss, A. (1999). *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. New York: Aldine.

¹ Dejamos fuera del análisis las interacciones eléctricas por tres razones: en primer lugar, la dependencia climática para realizar experiencias; en segundo lugar, porque la “intensidad” de la interacción es mucho menos perceptible con los sentidos; y por último, porque de alguna manera el hecho de tener que cargar los cuerpos podría hacer aparecer la idea de que es necesario intervenir para “generar” una interacción a distancia.

Hopkins, D.; Bollington, R. & Hewett, D. (1989). Growing up with qualitative research and evaluation. *Evaluation and Research in Education*, 3(2), pp. 61-80.

Montino, M; Dibar, M.C. y Ure, J.E. (2011). ¿Qué es esa cosa llamada gravedad? *Revista Ideítas*. Año II - N°7, pp. 5-7.

Oliva Martínez, J.M. (2004). El papel del razonamiento analógico en la construcción histórica de la noción de fuerza gravitatoria y del modelo del sistema solar (Segunda parte). *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(3), pp. 167-186.

Solís, C. y Sellés, M. (2007). *Historia de la Ciencia*. España: Espasa Calpe.

Taylor, S. y Bogdan, R. (1987). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Barcelona: Paidós.

Turner, B. A. (1981). Some practical aspects of qualitative data analysis: one way of organizing the cognitive processes associated with the generation of grounded theory. *Quality and Quantity*, 15, pp. 225-247.

ANEXO I

Fecha de nacimiento (mes y año):

CUESTIONARIO I

¿Qué tienen de parecido y de distinto estas dos situaciones: una moneda cayendo hacia el suelo y un alfiler levantado por un imán?

Jugando con dos imanes, se puede comprobar que hay una posición en la cual es imposible hacer que se toquen. ¿Por qué?

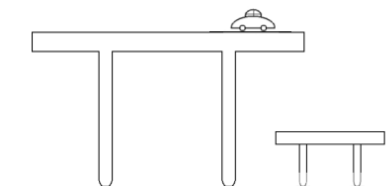
¿Te acordás donde aprendiste esto? ¿en la escuela, en la tele, jugando, en un libro.....?

Fecha de nacimiento (mes y año):

CUESTIONARIO II

Un auto de juguete llega al borde de una mesa y cae hasta llegar a un banco que está al lado. ¿Por qué cae? Elegí entre las siguientes respuestas (puede ser más de una):

- El auto cae porque la superficie del banco está a una altura menor que la de la mesa.
- El auto cae porque lo atrae un núcleo magnético que se encuentra en el centro de la tierra.
- El auto cae porque lo atrae un núcleo muy denso que se encuentra en el centro de la tierra.
- El auto cae porque toda la tierra lo atrae.
- El auto cae porque se termina la superficie de apoyo.
- Otra explicación. Por favor, explicala brevemente.



ANEXO II

Contenidos curriculares relacionados a gravedad y magnetismo previos al año en que se tomaron los datos. Sólo en 4to. año de la escuela primaria se tratan los temas en cuestión. La información fue obtenida del Diseño Curricular.

Escuela primaria

Año	Contenidos	Indicadores de avance
4	Propiedades de los materiales <u>Los materiales y el Magnetismo:</u>	Al finalizar el año los alumnos/as habrán transitado por situaciones que les permitan avanzar en: • Utilizar los resultados de las actividades experimentales para argumentar que no todos los metales son atraídos por imanes, sino sólo aquellos que contienen hierro. Anticipar entre una colección de distintos metales cuáles serán atraídos por imanes y cuáles no.

	<p>La interacción entre los materiales y los imanes. Polos de un imán. Interacción entre imanes. El uso de la brújula</p> <p>Fuerzas y movimiento</p> <p><u>La diversidad de fuerza:</u></p> <p>Fuerzas por contacto y fuerzas a distancia. La fuerza de gravedad. El peso de los cuerpos. La fuerza de rozamiento: la imposibilidad del movimiento continuo.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Identificar la dirección de los puntos cardinales utilizando la brújula y tomando variadas referencias con objetos fijos observables fácilmente.• Establecer la ubicación de los puntos cardinales en relación con la trayectoria aparente del Sol en el cielo, utilizando la brújula.• Dar argumentos basados en los datos experimentales y en lo estudiado en la bibliografía, acerca de que la noción de fuerza como una idea que permite explicar diversos efectos que suceden por la interacción entre dos o más independientemente de la acción del hombre.• Utilizar la noción de fuerza de rozamiento para explicar por qué un cuerpo que se mueve en contacto con un medio material, detendrá su movimiento en algún momento.• Argumentar que las interacciones eléctrica, magnética y gravitatoria implican fuerzas que se ejercen a distancia, basándose en los resultados de la experimentación y observación sistemática.
--	--	--