

**EL TRATAMIENTO DEL CONCEPTO DE INTERACCIÓN EN TEXTOS DE
POLIMODAL Y UNIVERSITARIOS**
(How the concept of interaction is approached in high school
and introductory college textbooks)

María Silvia Stipcich¹

Departamento de Formación Docente
Facultad de Cs. Exactas. UNC.
Pinto 399

(7000). Tandil. Pcia. de Buenos Aires. Argentina
sstipci@exa.unicen.edu.ar

Marco Antonio Moreira

Instituto de Física da UFRGS
Caixa Postal 15051

91501-970 Porto Alegre, RS, Brasil
moreira@if.ufrgs.br

Resumo

Neste trabalho argumentamos inicialmente sobre a importância que poderia ter o conceito de interação como eixo estruturador para organizar o currículo de Física. A partir daí definimos algumas categorias e as utilizamos para analisar livros de texto universitários e de *polimodal*², a fim de inferir qual o lugar que o referido conceito tem ocupado nos mesmos.

Abstract

In this work we initially argue about the importance that could have the concept “interaction”, as structuring axis to organize the curriculum of physics. Then, we define some categories and use them to analyze university and high school texts, to infer which it is the place that such a concept has been assigned in those texts.

Introducción

¹ Doctoranda del Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias de la Universidad de Burgos, España.

² Polimodal corresponde a nivel médio, ou escola secundária, em outros países.

¿Por qué trabajar el concepto de interacción?. ¿Qué importancia puede tener el considerar lo que se presenta bajo el nombre de interacción para la enseñanza de la Física?. Para dar respuesta a estas preguntas, comenzaremos por plantear una serie de supuestos acerca de la enseñanza y del aprendizaje de la Física desde algunos referenciales teóricos del campo de la didáctica y la psicología del aprendizaje.

La idea de que la Física que se enseña en la escuela cubre, básicamente, la Mecánica Clásica, la Electricidad y el Magnetismo es, en principio, un argumento para explicar porqué podría ser interesante cuestionar cómo se hace para dotar de significado físico al concepto de interacción. Una buena parte del tiempo que transcurre en las clases de Física se dedica al concepto de fuerza. Desde la enseñanza de la Estática, atravesando la Dinámica, hasta arribar a Gravitación en el caso de la Mecánica. Cuando el eje de contenidos es la Electricidad, reaparece la noción de fuerza, ahora con carácter eléctrico. Ya en el desarrollo del Magnetismo se enlazan los fenómenos y pasa a usarse la noción de fuerza electromagnética.

Así mismo, si la Física preuniversitaria abordase también la Física Moderna y Contemporánea (como se esperaría de una escuela del siglo XXI), el concepto de fuerza aparecería en la Física Nuclear, como fuerza fuerte o fuerza de color, y en el decaimiento radioactivo como fuerza débil. Quizás se alcanzase a hablar de la fuerza electrodébil, unificando las fuerzas electromagnética y débil.

El concepto de fuerza entre dos elementos (sean masas, cargas, etc.) es la “cara visible” de la noción de interacción. En la escuela, nuestros estudiantes aprenden, fundamentalmente acerca de las fuerzas. No obstante, la noción de interacción suele incorporarse en el lenguaje de las explicaciones de la Física como una expresión que se está en condiciones de entender y utilizar sin más.

Presentar a la Física ocupándose de explicar algunas interacciones podría resultar de importancia por la recursividad con que esta noción aparece, aunque no siempre de manera explícita, en la secuenciación de los contenidos de la disciplina y, a consecuencia de esto, como un principio organizador para la actividad docente en el diseño y puesta en práctica de material curricular.

El carácter ideal de los sistemas físicos que se discuten en las clases de Física, por ejemplo en la resolución de problemas en los que se desprecia el rozamiento, es un obstáculo recurrente a la hora de vincular la física de las aulas (donde los modelos que se emplean están altamente idealizados) con situaciones conocidas por los estudiantes en su realidad diaria. Recurriendo a esta noción de interacción bien podrían, cuando menos conceptualmente, eliminarse parte de estas dificultades, por ejemplo, demandando ante variadas situaciones la identificación de los pares de fuerzas que se ponen en juego. Es decir, contribuyendo, al menos, de manera cualitativa o conceptual (sin la matemática de las ecuaciones que describen el rozamiento) a un acercamiento respecto de situaciones conocidas por los alumnos.

El modelo psicológico constructivista asume como premisa central que el conocimiento no es nunca una copia de la realidad a la que representa (Pozo, Gómez Crespo, 1998). Ahora bien, asumir que lo que se construye no es copia de la realidad da lugar a unas formas muy diferentes de interpretar a los procesos psicológicos implicados en esa construcción. Podemos pensar la construcción cognitiva en términos de los subsumidores de Ausubel para el aprendizaje significativo o, más aún, para un aprendizaje significativo crítico (Moreira, 2000). Podemos, asimismo, optar entre los esquemas de asimilación de Piaget, la internalización de los signos que propone Vigotsky, los modelos mentales de Johnson-Laird, por citar algunos referenciales. ¿Qué alternativa escoger para interpretar el proceso de aprendizaje y establecer, a partir de lo anterior los lineamientos de la enseñanza que colaborarían en tal aprendizaje?. En cualquier caso, y en un sentido amplio, nos proponemos colaborar en la construcción que, de manera personal, llevan a cabo los estudiantes a los fines de apropiarse de los productos y procesos culturales. Con esto, el docente tiene a su cargo la tarea de elaborar y utilizar los materiales educativos del curriculum para ayudar a los estudiantes en la tarea de *pasar a compartir* los significados consensuados científicamente (Novak y Gowin, 1988). En ese pasar a compartir los significados estamos incluyendo a alguna de las alternativas antes mencionadas (modelos mentales, esquemas de

asimilación, etc.) donde tiene lugar, desde el aprendiz, la asignación de significados a ciertos eventos u objetos.

Como esta presentación se focaliza en analizar la importancia que los textos le asignan al concepto de interacción, no entraremos en disquisiciones acerca de la especificidad de un determinado referencial psicológico. Sin embargo, en los comentarios y discusiones que siguen haremos referencia a modelos mentales (Moreira, 1996) como instrumentos de comprensión. Es decir, la comprensión significativa implica la construcción de modelos mentales.

Las interacciones

Cuando se piensa en las partículas que conforman el mundo en que nos movemos nos vienen a la mente preguntas como las siguientes: ¿Cómo es que electrones, protones y neutrones se unen para formar átomos?, ¿Cómo estos átomos se agrupan para constituir las moléculas?. De manera análoga, podrían cuestionarse tantos otros sucesos que ocurren a nuestro alrededor. La Física responde a estas preguntas a través de la introducción de la noción de interacción. Se dice que las partículas que constituyen los átomos interactúan para establecer configuraciones estables. Los átomos, por su parte, interactúan para producir moléculas y éstas para formar cuerpos. Los físicos se ocupan, básicamente, de determinar las diferentes interacciones de la materia.

Hasta la fecha, se conocen cuatro tipos de interacciones fundamentales: gravitatoria, electromagnética, débil y fuerte (nuclear). Cada una de estas interacciones fundamentales está relacionada con ciertas propiedades de la materia y determinados fenómenos.

La interacción gravitatoria está relacionada con la propiedad de la materia conocida como masa. Se manifiesta en una atracción entre toda la materia, Newton demostró que esta interacción es válida tanto para explicar el movimiento de los cuerpos celestes (estrellas, sistemas planetarios, galaxias) cuanto para dar cuenta del peso de los objetos terrestres.

La interacción electromagnética está asociada con la propiedad de la materia denominada carga eléctrica. De ella depende que los átomos y moléculas se mantengan unidos formando la materia conocida.

La interacción débil está relacionada con ciertos procesos de decaimiento radiactivo. Está asociada con la propiedad llamada carga débil.

La interacción fuerte es la que mantiene unidos a protones y neutrones en el núcleo atómico. Está relacionada con una propiedad denominada carga de "color".

Todos los procesos que se desarrollan en el universo, sean naturales o provocados involucran interacciones entre elementos materiales, e intercambios de energía. Puesto que estos procesos son complejos, se hace necesario delimitar cuál es el sistema de estudio y cuál el medio con el que este sistema interactúa. Llevar a cabo esta delimitación es un proceso mental ya que el sistema y el medio están siempre vinculados por interacciones de diferente naturaleza que se hacen necesarios precisar en cada caso particular.

En resumen, *interacción* es un concepto clave en Física y, por ende, en el aprendizaje de la Física, como argumentan Greca y Moreira en un trabajo reciente (2001): "... *la génesis de modelos mentales adecuados para la comprensión de la Mecánica estaría en la superación del modelo de causalidad asignado al concepto de fuerza*" (p. 11). Eso significa que en la medida en que el concepto de fuerza continua inserido en una matriz de causalidad lineal simple queda dificultada, o imposibilitada, la comprensión de la idea de interacción pues los modelos mentales que tienen como núcleo la causalidad lineal simple no son adecuados para comprender, por ejemplo, la ley de acción y reacción, la idea de sistema, las leyes de conservación, en fin toda la Mecánica. Según Greca y Moreira (op. cit., p. 12) la comprensión de la Mecánica requiere el pasaje de una familia de modelos mentales que tienen la causalidad lineal simple como núcleo para otra familia de modelos mentales cuyo núcleo es la idea de interacción.

La comprensión de fuerza como interacción parece ser la mayor dificultad de los alumnos para comprender no sólo la Mecánica sino también el Electromagnetismo. Para comprender los fenómenos electromagnéticos hay que construir un modelo mental de campo electromagnético que,

a su vez, implica interacción como núcleo, de acuerdo con Greca y Moreira (ibid.). Obviamente, eso no significa que estudiantes que aprenden significativamente el concepto de interacción automáticamente contruirán modelos mentales adecuados para comprender los modelos físicos del Electromagnetismo, pero parece ser condición previa.

Implicaciones para la enseñanza

Las estructuras conceptuales de la ciencia son sistemas de relaciones complejos. La mayor parte de las teorías científicas demandan la comprensión de sistemas (físicos, materiales) que interactúan entre sí provocando efectos recíprocos, donde varias son las causas que se agrupan para producir ese efecto. Además, esas relaciones implican el uso de esquemas cuantitativos que las formalizan. (Pozo, Gómez Crespo, 1998).

Las consideraciones anteriores tienen implicaciones para la enseñanza que, como docentes, nos sitúan ante el desafío de una organización curricular que medie para favorecer la reconstrucción que a nivel social e individual harán los alumnos para pasar a compartir los significados de la comunidad científica. Es en este sentido que se estima deseable que, al finalizar los cursos de Física los estudiantes debieran estar en condiciones de reconocer dos niveles de estudio que emplea la Física: el macroscópico, que contempla al mundo que percibimos de manera directa y al macrocosmos y el estructural o microscópico que es el dominio de los átomos. Aceptar este supuesto es focalizar la mirada hacia las interacciones fundamentales con que se describen los fenómenos. Para alcanzar este propósito en la educación científica de los estudiantes se hace necesario delinear algunos principios estructuradores de largo alcance en el desarrollo de los contenidos de la Física, como es el eje *interacción*. Hay que dejar en claro que el eje estructurador del currículo bien puede ser una meta de toda la educación científica de más de un ciclo educativo. Es decir, no se trata de diseñar actividades para el aprendizaje de la interacción. Por el contrario, se lo asume como un concepto representante (o indicador) de la integración jerárquica que podría resultar del trabajoso proceso de aprendizaje de varios cursos de Física y como resultado de una reestructuración teórica.

Hay que tomar en cuenta que es habitual que los problemas que presentamos en nuestras clases requieren el empleo de sistemas físicos que demandan abordajes macroscópicos y microscópicos simultáneamente para su resolución.

“En concreto, la reestructuración deberá traducirse y concretarse en un cambio de estructuras conceptuales utilizadas en un dominio de conocimiento dado, desde las formas más simples propias del conocimiento cotidiano (por ejemplo en términos de relaciones causales lineales, unidireccionales) hasta las estructuras más complejas de las teorías científicas (interacción y equilibrio dentro de un sistema)...”(op.cit)

Siendo los libros de texto uno de los recursos que más se emplea en la elaboración de los currículos, es de interés analizar cuál es el lugar que desde ellos se asigna a este concepto. Aceptamos para esto, que las producciones de los estudiantes (a partir de las cuales inferiremos sus representaciones) estarán influenciadas, entre otros factores, por resultados de la enseñanza previa que han recibido los alumnos. Estas consideraciones nos orientaron a indagar sobre posibles materiales de trabajo que habrían consultado los docentes responsables de la educación científica de estos estudiantes de polimodal. Este proceso nos condujo hacia los textos universitarios (los libros de base en la formación de los docentes) y los textos de polimodal vigentes en la práctica educativa actual.

Marco metodológico

El trabajo que aquí se presenta forma parte de una investigación orientada a identificar las representaciones que tienen estudiantes de nivel polimodal (de un determinado centro escolar de la ciudad de Tandil) acerca de la noción de interacción (Stipich, 2000).

Las fuentes de datos

Tal como se comenta más arriba se han analizado textos que se emplean a nivel universitario básico y textos para ser usados en polimodal. Para seleccionar los primeros, se recurre a los recomendados (en la bibliografía) por las cátedras de las Físicas básicas de la UNICEN (Universidad Nacional del Centro), por tratarse del centro de formación del que proviene la mayoría de los docentes en ejercicio en la ciudad. Las Físicas Básicas contemplan contenidos vinculados con los siguientes tres ejes: Mecánica, Electricidad y Magnetismo.

El criterio para la selección de los textos del nivel polimodal atiende a aquéllos que los docentes en ejercicio manifiestan utilizar más frecuentemente. Hay que aclarar que el trabajo en las cátedras de Didáctica de Física y Práctica de la Física (correspondientes al Profesorado en Matemática y Física de la UNICEN) es un antecedente importante por cuanto aporta, para este estudio, un conocimiento de la población docente de la ciudad y, consecuentemente, el rápido acceso para la consulta personal. En términos de Samaja (1993) genera una información que contribuye al empleo de criterios sustantivos para decidir acerca de las muestras de los objetos que conforman el estudio, en nuestro caso, los libros de texto que los docentes manifiestan emplear con mayor frecuencia.

Tratamiento de los datos

Se trata de un análisis acerca del contenido que los textos presentan sobre la interacción. Para llevar a cabo el análisis se procede definiendo a priori, algunas categorías para el abordaje de los textos. La definición de tales categorías ha estado guiada por los condicionantes teóricos presentados anteriormente. La definición de categorías a priori no obstaculiza la redefinición, supresión o integración de las mismas sobre la marcha del proceso de análisis (Dey, I. 1993).

Se parte de rastrear la importancia que los textos asignan a la interacción de manera de poder describir tendencias acerca de cómo se trata el tema, siendo esta última una de las finalidades propias del análisis de contenido (Hernández Sampieri et. al, 1991). Estimamos que algunos indicadores acerca de la importancia que puede adjudicarse a un determinado fenómeno tendrán relación con factores tales como:

- a) La recurrencia con la que el concepto se trabaja a lo largo del texto.
- b) Las relaciones en las que el concepto aparece involucrado.
- c) El estilo de tratamiento que se le da al concepto.

Estos factores se comentan a continuación

- a) La recurrencia con la que el concepto se trabaja a lo largo del texto.

Se entiende que si un concepto resulta de importancia para destacar dentro del entramado de la estructura conceptual de una disciplina será necesario acudir a él desde diferentes tópicos de la ciencia de manera de contribuir a la doble tarea de jerarquizarlo y diferenciarlo mediante sucesivas reestructuraciones teóricas. Más aún, esperaríamos encontrar una presentación desde capítulos introductorios que se retomara en los que le siguen por delante.

Bajo estas consideraciones se proponen las tres categorías que siguen como representativas de la ubicación del concepto a lo largo de un mismo texto.³

- Ubicación del concepto en el capítulo introductorio (UIN).

³ Las siglas entre paréntesis se emplean como identificatorias de cada categoría asociándola con el contenido de texto que responde a cada una de ellas.

- Ubicación del concepto en capítulo/s que no es/son el introductorio (UNI).
- Ubicación del concepto en más de un capítulo (UEM)

b) Las relaciones en las que el concepto aparece involucrado.

Un concepto estructurador dentro de una disciplina ofrecerá la posibilidad de reinterpretar a otros fenómenos de la misma disciplina o de disciplinas afines. Las categorías que se definen para dar cuenta de esta posibilidad son las siguientes:

- Relación del concepto con otros conceptos dentro de la misma disciplina (RMD): se contemplan aquí los comentarios que dan cuenta de cómo la noción de interacción es abordada en diferentes capítulos de la obra.
- Relación del concepto con conceptos/tópicos de otra/s disciplina/s (ROD): alude a los vínculos que se presentan con disciplinas afines.

c) El estilo de tratamiento que se le da al concepto.

Este factor es de índole netamente procedimental y si bien no puede considerarse – en un sentido estricto – independiente de los dos anteriores, apunta al modo que el texto se refiere al concepto. Las categorías que se definen en este caso son:

- Abordaje por medio de ecuaciones: se asocian ecuaciones, que pueden presentarse de diferentes maneras:
Ecuaciones “algebraicas” (EAL)
Ecuaciones diferenciales (EDI)
- Abordaje por medio de imágenes: se incluyen imágenes que intentan dar cuenta de una interacción. Las ilustraciones pueden ser:
Basadas en elementos figurativos (IFI): todos los elementos se pueden considerar como figurativos, se representan objetos “reales” interactuando entre sí.
Basadas en elementos simbólicos (ISI): se muestran magnitudes o idealizaciones mediante signos arbitrarios.
Mixtas (IMI): contiene objetos y agentes figurativos pero se le superponen elementos simbólicos.
- Abordaje según el estilo con que se atiende al tema
Por comparación (COM): se hace explícita una comparación a modo de analogía entre conceptos/temas.
Por referencia (REF): se alude al concepto presentando una cita o comentario breve.

Es importante hacer notar, antes de pasar a los resultados propiamente dichos, cómo la enunciación de tres factores que podrían brindar alguna información acerca del lugar que se otorga a la interacción desde los textos, nos ha llevado a “desgranar” a ese factor en elementos más simples de identificar en un determinado segmento del texto. Empleando términos de corte metodológico diríamos que estamos en presencia de categorías para esos indicadores (que estimamos descriptores) y de metacategorías que las nuclean. Se entiende por metacategoría a un rubro que reúne a un grupo de categorías que responden a una temática común, por ejemplo la ubicación del concepto a lo largo del texto. Las categorías que pertenecen a diferentes metacategorías no son excluyentes. Esto significa que un segmento de texto bien puede identificarse con más de una sigla.

Resultados

Para facilitar la lectura de los resultados se los presenta en forma de tabla, donde en las columnas se han colocado las categorías empleadas en el análisis y en las filas los diferentes textos consultados. A su vez, aquellas categorías que forman parte de una metacategoría se presentan agrupadas bajo el nombre asignado a la misma.

Reiteramos que la pretensión del análisis de los textos es identificar la presencia de algunos elementos que, estimamos, nos darían información respecto de la importancia que tiene el tema interacción en ese libro. De manera que se registra sólo la presencia o no de cada categoría a lo largo del texto; en este estudio no interesa registrar la frecuencia para cada categoría dentro de un mismo texto.

Textos universitarios

TEXTO	UBICACIÓN			RELACIÓN C/ OTROS CONCEPTOS		ABORDAJE						
	UIN	UNI	UEM	RMD	ROD	Ecuaciones		Imágenes			Estilo	
						EAL	EDI	IFI	ISI	IMI	COM	REF
1	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	NO	No	Sí	Sí	
2	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	No	No	No	Sí	
3	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	
4	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	
5	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	
6	No	Sí	No	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí	No	No	
7	No	No	No	No	No	Sí	Sí	No	No	No	Sí	
8	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	

Antes de pasar a mostrar algunos ejemplos de cómo se ha llevado a cabo la asignación a una categoría se presentan algunas consideraciones:

1. La categoría REF ha sido eliminada dentro de las alternativas para el análisis por no reunir la calidad de excluyente respecto de COM. Dicho de otra manera: en algunos casos, la comparación entre dos formas de interacción, por ejemplo, gravitatoria y electrostática, se lleva a cabo por una simple referencia del estilo: *"Si bien la analogía entre el campo eléctrico y el gravitatorio son enormes, hay algo que los distingue apreciablemente: mientras que el campo gravitatorio que genera una masa es siempre atractivo, el campo eléctrico que genera una carga puede ser atractivo o repulsivo."*
2. La categoría ROD ha resultado difícil de identificar puesto que se desdibujan los límites entre el campo de estudio de la Física y otras disciplinas afines como es el caso de la Química. Concretamente, los segmentos seleccionados para la misma corresponden al tema Fuerzas intermoleculares donde los aportes de uno y otro campo se superponen.

Ejemplos para algunas de las categorías

Se presentan a continuación extractos de los textos analizados que ponen en evidencia cómo se ha llevado a cabo la asociación a diferentes categorías. Se destaca aquello **q**ue se estima como indicador para cada categoría.

UIN

" la física es una ciencia cuyo objetivo es el estudio de los componentes de la materia y sus interacciones. En términos de tales componentes e interacciones, el científico intenta explicar las propiedades generales de la materia, así como los demás fenómenos naturales que observamos". (Página 2 de la Introducción al texto Física, Alonso-Finn, 1995).

UNI

"La mayor parte de las fuerzas cotidianas que observamos entre objetos macroscópicos, por ejemplo: fuerzas de contacto y de rozamiento, así como las fuerzas ejercidas por muelles y cuerdas, son manifestaciones complicadas de las interacciones básicas electromagnéticas." (Página 161 del

capítulo 6 del texto Física, volumen I, Tipler, 1978). En este texto esta es la primera alusión al concepto de interacción.

RMD y COM

" Como hemos visto en el ejemplo, la fuerza gravitatoria entre dos partículas elementales es tan pequeña comparada con la fuerza eléctrica entre ambas (siempre que estén cargadas), que puede despreciarse al describir sus interacciones. Gracias a que las grandes masas, como la Tierra, contienen casi exactamente el mismo número de cargas positivas y negativas, la fuerza gravitatoria es importante. Si las cargas eléctricas de estos cuerpos no se cancelasen exactamente, la fuerza eléctrica entre ellos sería mucho mayor que las fuerzas gravitatorias". (Página 605 del texto Física, volumen II, Tipler, 1996).

ROD

" Hay otros tipos de enlaces moleculares, por ejemplo, enlaces metálicos, responsables, por ejemplo, del enlace atómico en una pieza sólida de cobre. En general, todas las fuerzas que actúan entre átomos y moléculas son manifestaciones complejas de la interacción electromagnética básica, y sus detalles sólo pueden comprenderse dentro de la estructura de la mecánica cuántica. (Página 171 del texto Física, volumen I, Tipler, 1978).

IMI

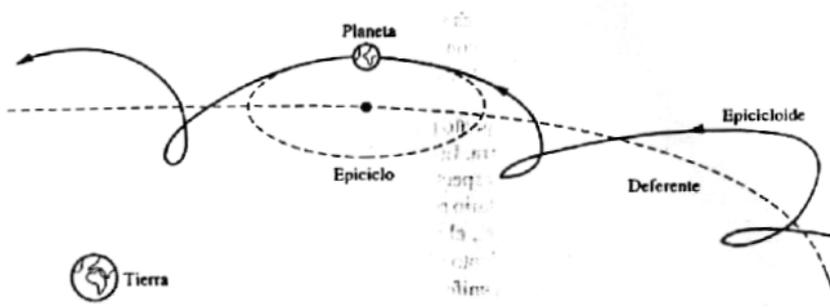
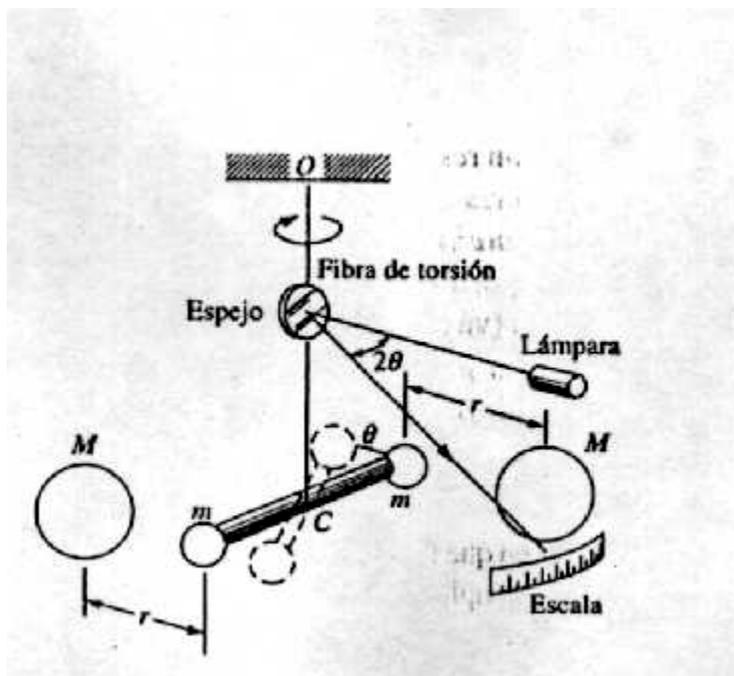


Figura 11.2 Modelo de epiciclo para el movimiento planetario con respecto a la Tierra.

(De la página 200 de Física, Alonso-Finn, 1995)



(De la página 203 de Física, Alonso-Finn, 1995)

En cualquiera de las dos imágenes anteriores se asigna a objetos reales un carácter figurado para el esquema y algunos códigos que son símbolos que se adoptan para la representación. Entre los objetos "reales" podemos citar a la Tierra, un cierto planeta, un espejo, una lámpara y entre los símbolos la epicicloide que se corresponde con la trayectoria del planeta y una cierta flecha en posición de girar en sentido horario.

Textos de Polimodal

TEXTO	UBICACIÓN			RELACIÓN C/ OTROS CONCEPTOS		ABORDAJE						
	UIN	UNI	UEM	RMD	ROD	Ecuaciones		Imágenes			Estilo	
						EAL	EDI	IFI	ISI	IMI	COM	REF
1	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	
2	Sí	Sí	Sí	Sí		Sí	No	Sí	Sí	Sí	No	
3	Sí	Sí	Sí	Sí		Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	
4	Sí	Sí	Sí	Sí		Sí	No	Sí	Sí	No	No	
5	No	Sí	Sí	Sí		Sí	No	Sí	Sí	Sí	No	

Ejemplos para algunas de las categorías

UIN

" Un físico intenta develar las leyes básicas que siguen la materia y la energía en cualesquiera de sus formas. Se ocupa de su composición, forma, estructura, creación, aniquilación, interacción, movimiento. Trata con estrellas, átomos, luz, posición, tiempo, sonido, máquinas, gases, campos, núcleos, partículas elementales indivisibles (como quarks). Toda la materia y energía del Universo y su interacción es objeto de estudio de la Física". (De la página, 16 de Física I, Santillana, 1999).

UNI

" En el siglo XX se reconoció la existencia de cuatro clases de fuerzas en la naturaleza: la gravitatoria, la electromagnética, la nuclear fuerte y la nuclear débil. Pero en la década de 1970 se consiguió establecer que la fuerza electromagnética y la nuclear débil, son, en realidad, dos manifestaciones de una única fuerza: la electrodébil." (De la página 158 de Física I, Aique, 1998)

RMD

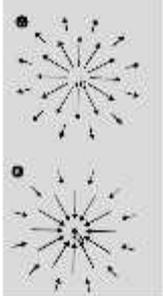
" Muchos campos de fuerzas (gravitatorios, electrostáticos, magnéticos) se pueden representar con un diagrama en el que las líneas indican la dirección del campo en cada punto, o sea la dirección de la fuerza que actuaría sobre una carga que estuviera allí ". (De la página 106 de Física II, Aique, 1999).

ROD



La figura corresponde a la página 75 de Física I, Santillana de Polimodal. En la misma se muestra el "funcionamiento del cerebro y el sistema nervioso se basa en la transmisión de impulsos eléctricos entre las neuronas." Se pone en evidencia una relación con la Biología.

ISI



Los esquemas representan el campo electrostático para una carga positiva (A, figura superior) y una carga negativa (B; figura inferior). (De la página 75 de Física I de Santillana, 1999).

IFI



Se representa el funcionamiento de un electroscopio al acercarlo a él con una mano, una varilla cargada negativamente. (De la página 111 de Física II, Aique, 1999)

IMI

Se representa una imagen mixta con elementos figurativos, la mano y la pared, y simbólicos como



el caso del vector fuerza normal. (De la página 75 de Física I, Santillana, 1999)

COM

"Recuerda de la ley de la gravitación de Newton que la fuerza gravitacional entre dos objetos de masas m_1 y m_2 es proporcional al producto de las masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia d que los separa:

$$F = G.(m_1 y m_2) / d^2$$

Donde G es la constante de gravitación universal.

La fuerza eléctrica entre una par cualquiera de objetos satisface igualmente una relación del inverso del cuadrado de la distancia. " (De la página 539, Física Conceptual, Addison Wesley, 1995)

Comentarios finales

Con relación a los textos universitarios

Del análisis de la tabla en que se presentan los resultados, hay que observar que:

- La mayoría de los textos que analizamos ubican a la interacción en capítulos que no son el de introducción a la obra en cuestión. Esta observación nos habla de *un modo de ver* la Física diferente al que supone comprenderla como el estudio de las interacciones, tal como muestra la cita que ejemplifica la categoría UIN. Esos mismos textos que no presentan la interacción en el capítulo introductorio, recurren al tema en más de una oportunidad a lo largo del desarrollo del mismo. Tal es el caso del texto 3 en el cual, la primera vez que se habla de la interacción es en el capítulo 6, dedicado a las fuerzas en la naturaleza, para ser retomado en el capítulo 16 cuando el tema es Gravedad. En esta oportunidad el tratamiento que puede advertirse es con independencia entre los desarrollos de uno y otro capítulo. A diferencia de esto, el texto 1, por ejemplo, exhibe al concepto interacción como formando parte del índice de materias y, a partir de éste, se constatan 26 páginas en las que se alude al mismo. Para el caso de la interacción gravitatoria y la electrostática y la magnética el mencionado texto recurre a referencias en relación con los temas que se han desarrollado con antelación. Es decir, el tratamiento de las diferentes formas de interacción no es independiente.
- La presencia de la categoría RMD en los textos analizados tiene dos formatos bien delimitados uno del otro. O se menciona a las cuatro interacciones fundamentales de las que da cuenta la física y se caracteriza a cada una de ellas, o se materializa la interacción a través de los conceptos de fuerza y campo, mayoritariamente. Por ejemplo, Tipler presenta la siguiente alusión: *"Todas las fuerzas distintas observadas en la naturaleza, pueden explicarse en función de cuatro interacciones básicas que ocurren en la naturaleza"*. Resnick, por su parte alude a la fuerza de la siguiente manera: "A menudo las interacciones se expresan de manera cuantitativa en términos de un concepto llamado fuerza".
- En relación con ROD hay que decir que se trata de una de las categorías que se hace necesario revisar. Hoy día resulta difícil establecer límites claros que delimiten el campo de estudio de la Física respecto del de la Química. Un ejemplo de esto último lo constituye el campo de la mecánica estadística donde los fenómenos asociados al calor se resuelven aplicando métodos estadísticos acerca de leyes mecánicas que rigen el movimiento de un número grande de átomos. En particular, el tratamiento de la interacción molecular presenta aspectos discutibles para decidir acerca de catalogarse como un tema enteramente del campo de la Química o de la Física. Este obstáculo nos ha conducido a relevar la categoría en este primer análisis de los textos.
- En relación con aquellas categorías contenidas bajo el título abordaje, los resultados respecto de EAL y EDI son esperados para textos de nivel universitario donde el tratamiento matemático contempla la complejización propia del cálculo diferencial. En lo que respecta a las imágenes que acompañan el tratamiento del tema no resulta casual el hecho de que la categoría IFI esté ausente, especialmente en el caso de la interacción electromagnética. Recordemos que hemos definido como figuradas a aquellas imágenes que involucran objetos reales. Para el caso de la gravitación se han identificado algunos esquemas. Los representantes de la categoría ISI son, mayoritariamente, esquemas en que se representan el campo para una determinada partícula. Las comparaciones que se reconocen en el tratamiento de la interacción están dedicadas, fundamentalmente a dos estilos diferentes: por una parte se encuentran aquellas que permiten establecer inferencias a partir de los valores de la constante de acoplamiento para el caso de una y otra forma de interacción; por otra, se analogan los fenómenos que rodean el espacio circundante para una masa y una carga.

Dichas constataciones corroboran la afirmación de Greca y Moreira (2001, p. 12) en el sentido de que *"a pesar de que la idea de interacción parece ser crucial para la comprensión de la Mecánica y del Electromagnetismo y que tal comprensión es necesaria para la resolución de*

problemas en esas áreas, esta idea no es enfatizada en tradicionales libros de texto en nivel introductorio universitario.”

Con relación a los textos para el nivel polimodal

De manera similar a como se hizo para los textos de corte universitario se detallan a continuación las observaciones que se infieren desde la tabla de resultados correspondiente a los textos de polimodal.

- La mayoría de los textos analizados presentan a la interacción desde la introducción del texto y la retoman en capítulos siguientes, como demuestran la presencia de las tres categorías que comprenden "Ubicación".
- Respecto de la vinculación con otros conceptos de la misma disciplina, la mayoría de estas vinculaciones responde a simples referencias, como la que se presenta antes, a modo de ejemplo. Se ha encontrado una única alusión a otra disciplina con escasos comentarios respecto de cuáles son los nexos que se intentan clarificar. Asimismo esta imagen se presenta en el margen derecho del texto principal de la página del texto destinada al tratamiento de fenómenos electrostáticos y eléctricos.
- Tal como podía preverse según el nivel de tratamiento matemático que se desarrolla en el polimodal, las ecuaciones que se emplean para las descripciones matemáticas de fenómenos asociados a la interacción son ecuaciones algebraicas. También atribuimos el argumento que la edad de los posibles destinatarios de estos textos, es motivo de un número importante de imágenes figuradas (IFI) donde se presentan manos sosteniendo varillas cargadas que atraen a esferas, también cargadas, entre otras. La categoría COM, cuando se presenta toma la forma de establecer analogías y diferencias entre fenómenos de interacción gravitacional y electrostática sobre la base de las ecuaciones que los representan, fundamentalmente.

Planteamos en un comienzo que no se trata, en modo alguno, de dar un tratamiento cuantitativo, no obstante hemos definido una cantidad de categorías de análisis que estimamos como deseables para obtener algunos indicadores acerca de cómo se considera a la interacción. Releyendo los resultados derivados de la tabla de textos universitarios hay sólo dos de ellos (texto 1 y texto 3) donde es mayoritaria la presencia de las categorías aplicadas. A modo de reflexión final puede decirse que sólo en uno de ellos se identifica a la interacción como principio organizador para el estudio de la Física, siendo el caso del texto 1. Si bien tanto el texto 1 como el 3 tienen ocho categorías presentes, el primero de ellos comienza su consideración desde la introducción haciendo explícita la intención de centrarse en las interacciones que acontecen en la naturaleza y es, como ya se comentó más arriba, el único texto que incluye al concepto entre los que componen el índice de materias de que se ocupa el libro.

En relación con la tabla de categorías aplicadas a los textos de nivel polimodal, los resultados difieren. Para estos últimos, aún cuando es mayor la frecuencia de presencia de tales categorías hay que destacar que, la mayoría de ellos presenta una considerable densidad de información en muy pocas líneas. Por ejemplo, se presenta a la interacción con la siguiente cita: "*que dos cuerpos interactúen significa que ejercen fuerzas entre sí*" (Física I, Santillana, pág. 60). A continuación, en un espacio de no más de media página (13 líneas exactamente) el mismo texto comenta las fuerzas a distancia, de contacto, de fricción, elásticas y de vínculo. El tratamiento a algunos de estos tipos se retoma y, en no más de una página, se amplían las consideraciones anteriores. Si bien es claro que los lineamientos ministeriales sugieren que con anterioridad al nivel polimodal se desarrollen los contenidos vinculados a las fuerzas, esta apretada alusión a caracterizar las diferentes formas que admite una fuerza, parece, cuando menos, incompleta. Más aún si se entiende al nivel polimodal como la instancia de profundización de algunos temas desarrollados con anterioridad.

Podemos resumir las consideraciones anteriores en las siguientes proposiciones generales válidas tanto para los textos universitarios como los de polimodal analizados en este estudio preliminar:

- El tema interacción se aborda superficialmente en diferentes capítulos dentro de un mismo texto.
- El empleo del concepto para establecer vinculaciones con otras disciplinas es escaso.
- La identificación de las fuerzas como los "ejemplares" que encarnan la interacción se presenta, mayoritariamente, de manera muy condensada. Suele adoptarse la enumeración, en pocas líneas, de las fuerzas de contacto, a distancia, de fricción, elásticas y de vínculo. En general, no se presenta a las cuatro fuerzas básicas de la naturaleza como la posibilidad de reunir en ellas a todas las alternativas antes mencionadas.
- No se advierten alusiones respecto de cuáles cuerpos son afectados por una determinada interacción. Es decir, no es explícito el criterio que hace que bajo ciertas circunstancias nos ocupemos de la interacción electromagnética, por ejemplo.
- No se advierten instancias que pongan en evidencia que diferentes formas de interacción puedan estar actuando simultáneamente y que el hecho de que pongamos el énfasis en una u otra forma depende de los intereses del estudio que estamos abordando en cierto momento.
- No hay indicadores en relación con los tiempos en que estaría aconteciendo la interacción. Esto es, no resulta claro, en algunos casos, si se trata de un acontecimiento que ocurre de manera simultánea o no, entre quienes participan.
- Son escasas las alusiones a la posibilidad de analizar las interacciones entre más de dos cuerpos.

Estos resultados nos orientan a enunciar que, para los textos que aquí hemos analizado, el tema interacción no es considerado un eje estructurador en el sentido que hemos comentado en la introducción de esta comunicación. En esta misma línea de razonamiento, parece preciso que como investigadores, revisemos los aspectos distintivos y las características básicas que esta herramienta conceptual puede tener en la enseñanza de la Física. Lo mismo se podría decir respecto a otros conceptos claves para el aprendizaje significativo de la Física como, por ejemplo, los conceptos de sistema (muy relacionado con el de interacción, por supuesto), función, superposición, simetría y causalidad múltiple (para no hablar de dualidad onda-partícula, incerteza, superposición de estados y otros del enfoque cuántico). Esos conceptos deberían estar presentes en los núcleos de modelos mentales necesarios a la comprensión de la Física. Sin embargo, la enseñanza (y los libros de texto) parece no darse cuenta de eso.

Bibliografía

- ALONSO, M. - FINN, E. (1995). *Física*. Addison Wesley Iberoamericana. E.U.A.
- ARISTEGUI, R. - BAREDES, C. - DASSO, J. - DELMONTE, J. - FERNANDEZ, D. - SOBICO, C. - SILVA, A. (1999). *Física I*. Ediciones Santillana. Buenos Aires.
- ARISTEGUI, R. - BAREDES, C. - DASSO, J. - FERNANDEZ, D. - SOBICO, C. - SILVA, A. (2000). *Física II*. Ediciones Santillana. Buenos Aires.
- DEY, I. (1993) *Qualitative data analysis* Ed. Rotledge
- FEYNMAN, R. - LEIGHTON, R. - SANDS, M. (1971). *Física*. Volumen I: Mecánica, radiación y calor. Addison Wesley Iberoamericana. E.U.A.
- FEYNMAN, R. - LEIGHTON, R. - SANDS, M. (1972). *Física*. Volumen II: Electromagnetismo y materia. Addison Wesley Iberoamericana. E.U.A.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R. – FERNÁNDEZ COLLADO, C. – LUCIO, P. (1991). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill. México.
- HEWITT, P. (1995). *Física conceptual*. Addison Wesley Iberoamericana. E.U.A.
- MOREIRA, M.A. (2000) Conferencia dictada en el III Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo, Lisboa (Peniche), 11 a 15 de septiembre de 2000. Publicada en las Actas del III Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo, p.p. 33-45. Traducción de Ileana Greca.
- NOVAK, J. - GOWIN, D. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Ediciones Martínez Roca. Barcelona.

- POZO, J. I. - GÓMEZ CRESPO, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Ed. Morata. España.
- RELA, A. - SZTRAJMAN, J. (1998). *Física I. Mecánica, ondas y calor*. Aique. Buenos Aires.
- RELA, A. - SZTRAJMAN, J. (1999). *Física II. Óptica, electricidad y magnetismo*. Aique. Buenos Aires.
- RESNICK, R. - HALLIDAY, D. (1982). *Física. Parte I*. C.E.C.S.A. México.
- RESNICK, R. - HALLIDAY, D. (1976). *Física. Parte II*. C.E.C.S.A. México.
- SAMAJA, J. (1993). *Epistemología y Metodología. Elementos para una teoría de la Investigación científica*. Eudeba. Buenos Aires.
- SEARS, F. (1978). *Fundamentos de Física*. Ed. Aguilar. Madrid.
- SEARS, F. - Zemansky, M. (1979). *Física general*. Ed. Aguilar. Madrid.
- STIPCICH, S.M. (2000). *El significado del concepto de interacción en estudiantes de nivel Polimodal*. Proyecto de tesis doctoral, Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias, Universidad de Burgos, España.
- TIPLER, P. (1978). *Física*. (Tomo 1). Ed. Reverté. España.
- TIPLER, P. (1995). *Física*. (Tomo 2). Ed. Reverté. España.