

EVALUANDO LOS APRENDIZAJES DE ESTUDIANTES DE POLIMODAL SOBRE LA INTERACCIÓN GRAVITATORIA

STIPCICH¹, SILVIA; MOREIRA², MARCO ANTONIO y CABALLERO³, CONCESA

¹ Departamento de Formación Docente. Facultad de Ciencias Exactas. UNICEN. Pinto 399. 7000 - Tandil. Buenos Aires <sstipci@exa.unicen.edu.ar>

² Instituto de Física, UFRGS. Caixa Postal 15051- 91501-970 Porto Alegre, RS

³ Departamento de física. Facultad de Ciencia. UBU. Plaza Misael Bañuelos s/n. 09001 Burgos. España.

OBJETIVOS

Se discuten los resultados de la puesta en práctica de una propuesta didáctica para la enseñanza de la interacción gravitatoria entre estudiantes de nivel polimodal. El polimodal es el último ciclo de la educación preuniversitaria. Tiene una duración de tres años y otorga a los estudiantes una orientación según diferentes áreas de conocimiento: ciencias naturales, ciencias sociales, etc.

En el diseño de la propuesta se han considerado, como indicadores, las respuestas a una evaluación planificada como parte integrante de la mencionada propuesta. El trabajo se propone los siguientes objetivos:

- Análisis y discusión de las respuestas a tres ítems del instrumento de evaluación.
- Análisis de los ítems de la evaluación a la luz de los invariantes operacionales esperados.

MARCO TEÓRICO

El principal referente que enmarca esta presentación es la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud. Se trata de una teoría cognitivista que ofrece elementos para estudiar el desenvolvimiento cognitivo y el aprendizaje de competencias complejas como las vinculadas a la ciencia.

La teoría de los campos conceptuales considera que el desenvolvimiento cognitivo es el centro de la conceptualización. (Vergnaud, 1996)

La discusión teórica se restringirá a lo que consideramos conceptos clave, como es el de esquema, heredado de Piaget. Se trata de un concepto que busca mostrar cómo se organizan las habilidades no sólo intelectuales sino también sensorio-motoras. (Moreira, 2002). Un esquema es la organización invariante del comportamiento para una determinada clase de situaciones. (Vergnaud, 1990). Vergnaud redirecciona la idea que Piaget ofreció para el esquema en dos sentidos. Por un lado, asume que los esquemas son subsidiarios de las situaciones en que se involucran y con ello, subsidiarios del propio contenido de conocimiento. El esquema está íntimamente relacionado con las necesidades específicas del dominio conceptual que la situación demanda. Un segundo sentido que lo diferencia de Piaget es que, la relación entre el esquema que un sujeto desenvuelve y la situación es tan fuerte que debería hablarse de una interacción esquema-situación más que de la interacción sujeto-objeto. (Vergnaud, 1996). Los esquemas no son unidades mínimas sino que se componen de un grupo de elementos interconectados (Vergnaud, 1990):

- *Finalidades y anticipaciones* de los posibles objetivos a alcanzar con el esquema que se pone en juego.
- *Invariantes operacionales*: son los conocimientos contenidos en los esquemas.

- *Reglas de acción*: son reglas para generar la secuencia de acciones a desarrollar.
- *Posibilidades de inferencia*: permiten decidir las reglas y anticipaciones a partir de las informaciones de que dispone el sujeto.

En los invariantes operacionales se encuentra el contenido de los esquemas puestos en juego. Nuestro interés, en clases de ciencias, estaba centrado en cómo nuestros alumnos construían conocimientos acordes con los consensuados desde la ciencia. Nuestras expectativas eran que los estudiantes pusieran en juego unos ciertos invariantes operacionales, que anticiparemos más adelante y, que reflejan algunos aspectos del campo conceptual de la interacción gravitatoria. Los invariantes operacionales, que define Vergnaud, son de dos clases:

- teoremas-en-acto: son proposiciones que el sujeto tiene como verdaderas. (Vergnaud 1996)
- conceptos-en-acto: es una categoría de pensamiento considerada como pertinente (op. cit)

DESARROLLO DEL TEMA

El instrumento de evaluación que aquí se presenta fue elaborado tomando en consideración a los resultados de estudios de diagnósticos, y a las respuestas a las actividades desarrolladas durante la implementación de la propuesta. Los mismos, permitieron identificar los invariantes operacionales que se esperaban encontrar en las respuestas de los estudiantes.

1. *Carácter recíproco*: Si un objeto A afecta a un objeto B, después, el objeto B afecta al objeto A. Los objetos A y B interactúan o no interactúan. (Lemeignan y Weil Barais, 1994).
2. *Carácter composicional*: Un objeto A puede estar sometido de manera simultánea a diferentes formas de interacción independientes entre sí.
3. *Carácter aditivo*: El campo total debido a todas las fuentes resulta de sumar los campos debidos cada fuente.
4. *Carácter simultáneo*: En el modelo de acción a distancia la interacción ocurre a la vez en los dos elementos que participan.
5. *Carácter instantáneo*: En la teoría de campos de fuerzas existe un tiempo finito para que un objeto A interactúe con otro objeto B.
6. *Principio de independencia de las dimensiones de los objetos intervinientes*: Las interacciones son posibles entre objetos del nivel microscópico, mesocósmico o macroscópico.
7. *Principio de independencia del estado dinámico de los objetos participantes*: Las interacciones son posibles para objetos en reposo como para objetos en movimiento.
8. *Principio de independencia de la separación entre los objetos participantes*: La interacción se da tanto para objetos próximos como para objetos alejados.

La propuesta didáctica que incluye esta evaluación fue implementada entre 18 estudiantes de primer año polimodal con orientación en ciencias naturales de una escuela privada de la ciudad de Tandil, en la provincia de Buenos Aires, Argentina.

Nombre y apellido: -----

1. Se enuncian una serie de posibles ideas para definir la palabra interacción. Elige la que estimes más aceptable y justifica tu elección.

- a) *Es la acción de un cuerpo sobre otro y con posterioridad la de este último sobre el primero.*
- b) *Acción mutua entre dos cuerpos.*
- c) *Acción que ocurre al mismo tiempo en dos cuerpos.*
- d) *Acción de un cuerpo sobre otro.*

2. Las oraciones que siguen hacen una caracterización sobre los elementos que intervienen en una situación de interacción. Señala la/s alternativas con las que estás de acuerdo. Justifica aquellos enunciados con los que no estás de acuerdo. Para hablar de interacción hace falta que:

- a) *Al menos se esté en presencia de dos cuerpos.*
- b) *Sólo existan dos cuerpos presentes.*
- c) *El tamaño de los elementos que participan en la interacción sea de tamaño comparable a los objetos que estamos acostumbrados a manejar diariamente.*
- d) *El tamaño de los elementos que participan en la interacción sea de tamaño mucho mayor que el tamaño de los objetos que estamos acostumbrados a manejar diariamente.*
- e) *El tamaño de los elementos que participan en la interacción sea de tamaño mucho menor que el tamaño de los objetos que estamos acostumbrados a manejar diariamente.*
- f) *Los elementos que participan en la interacción están en contacto.*
- g) *Los elementos que participan en la interacción no están en contacto.*

3. ¿En cuáles de las situaciones siguientes, dirías que hay interacción?. En aquellas oportunidades que tu respuesta sea afirmativa, indica entre quienes está aconteciendo la interacción.

- a) *Un carro tirado por un caballo en un camino de tierra.*
- b) *Los electrones girando en órbitas alrededor de un núcleo atómico.*

4. ¿Cómo será la intensidad del campo gravitatorio de un planeta cuya gravedad es cinco veces mayor a la gravedad de la Tierra?. ¿Por qué?

5. Justifica si son ciertas o falsas las afirmaciones que siguen.

Una persona de masa m y peso P que transitara por la Tierra y por el planeta del problema anterior

- a) *Pesará lo mismo en los dos planetas.*
- b) *Pesará cinco veces menos.*
- c) *Tendrá en el nuevo planeta una masa cinco veces mayor.*

6. ¿Qué trata de explicar el modelo de acción a distancia? ¿Qué diferencia hay con el modelo de campo de fuerzas?

7) Elegir dos de las fuerzas fundamentales (exceptuando la gravitatoria) y explicar a qué cuerpos afecta y en qué escala opera.

8) ¿Cuál es el peso de la Tierra en el campo generado por un kilogramo de azúcar? Justifica tu respuesta.

LOS ÍTEMS DE LA EVALUACIÓN

La primera pregunta, ofrece cuatro predicados para que el estudiante opte por el que estime que mejor expresa a la noción de interacción. En este caso la selección de una u otra alternativa brindará información acerca de la presencia o ausencia de los caracteres 1, 4 y 5.

La segunda pregunta incluye un conjunto de proposiciones que los estudiantes podrán reconocer como relevantes. La identificación de las diferentes opciones puede admitirse como indicador de la represen-

tatividad del carácter 3 (alternativas *a* ó *b*) y de los principios 6 (alternativas *c*, *d* y *e*) y 8 (alternativas *f* y *g*).

El ítem 3, ha sido elaborado procurando que puedan reconocer los caracteres aditivo y composicional y el principio 7.

Las cuestiones 4, 5 y 8, establecen relaciones entre las magnitudes peso, aceleración de la gravedad y campo gravitatorio. El ítem 7 pretende que se reconozcan otras fuerzas fundamentales. La cuestión 6, se propone la identificación de aspectos diferenciadores entre uno y otro modelo para la explicación de la interacción gravitatoria.

LOS RESULTADOS

Se analizan las respuestas a las cuestiones 1, 2 y 3. La evaluación fue realizada por 17 estudiantes.

Cuestión 1: Las frecuencias correspondientes a las diferentes alternativas son las siguientes:

Opción	a	b	c	d
Frecuencia	1	11	3	2

Para ilustrar la justificación de cada alternativa se muestran los siguientes cuatro argumentos:

Es la opción a porque dice que es sobre un cuerpo primero y luego sobre otro. Entonces se puede dar entre más de dos cuerpos.

Yo elijo la opción b porque estamos hablando de interacción en general. Porque los otros incisos también suceden pero no en forma general. Por ejemplo el inciso a es el caso de una interacción a través de un campo.

Es la opción c porque los dos cuerpos interactúan y se producen acciones entre ambos. Digo que ocurre al mismo tiempo porque uno produce algo sobre el otro.

Yo acuerdo con la d porque es como dice, la acción de un cuerpo sobre otro.

Las respuestas ponen de manifiesto que el carácter recíproco se hace evidente. No se identifican alusiones a la variable tiempo. Un solo estudiante ha elegido la alternativa a) que incorpora la presencia de un tiempo finito durante la interacción.

Cuestión 2: En este caso los estudiantes adoptan el modelo de respuesta verdadero (cuando acuerdan) y falso (cuando no están de acuerdo). La cuestión fue respondida por los 17 estudiantes evaluados.

Inciso	Cantidad de acuerdos	Argumentos para mostrar el desacuerdo
a	12	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>La interacción es sólo entre dos cuerpos.</i> ✓ <i>No se necesitan al menos dos. Sino que se necesitan exactamente dos.</i>
b	3	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Pueden existir más cuerpos pero siempre la interacción se da de a pares.</i> ✓ <i>La interacción puede darse entre más de dos cuerpos presentes.</i>

c	3	
d	3	✓ Todos los objetos interactúan por más grandes o pequeños que sean. ✓ El tamaño puede variar siempre y cuando el objeto tenga masa, habrá interacción.
e	2	
f	1	✓ Puede estar a distancia como en contacto.
g	1	✓ Si la distancia varía, también varía la intensidad de la interacción, pero habrá interacción si están en contacto como si están separados.

Los resultados dejan ver que más del 70 % de los estudiantes responde encuadrándose en los principios y caracteres esperados. Para los casos a) y b) son mayoría quienes asumen que el tema de dos elementos es una condición de mínima.

Los incisos c), d) y e), que aluden al tamaño, reflejan que las dimensiones son indiferentes a la hora de hablar de interacción mientras que se hace explícita la necesidad de la masa. Por último, las proposiciones f) y g) también han sido consideradas como innecesarias evidenciando que la distancia no es una variable que determine la presencia de la interacción.

Cuestión 3: Las respuestas a la identificación de los elementos que están interactuando son variadas. Hay quienes optan por hacerlo de a pares de elementos mientras que otros prefieren ternas. Un único estudiante no responde a la consigna. Es de destacar que de los 16 estudiantes que sí responden uno de ellos manifiesta que no hay interacción en la situación presentada bajo la letra a) mientras que otro estudiante diferente dice que no hay interacción en la situación presentada como b).

A continuación se enumeran las respuestas encontradas con la correspondiente frecuencia asociada.

Interacción entre	Frecuencia
electrones-núcleo	15
caballo-carro	8
carro-tierra	3
carro-caballo-tierra	6
caballo-tierra	1
electrones entre sí	1

En este caso se reafirma el carácter aditivo ya que la mayoría de las respuestas alude a más de dos pares de elementos. También puede inferirse que enunciar que los electrones están en movimiento no ha sido obstáculo para asumir que están interactuando. Algo similar puede decirse del carro que tira del caballo ya que la presencia de esta acción es, en cierta medida, sinónimo de movimiento. Sin embargo las situaciones presentadas no han sido favorables para que los estudiantes pudieran explicitar que en el caso de los electrones, por ejemplo, podía hablarse de dos formas de interacción (gravitatoria y electromagnética). Esto hace repensar la escasa representatividad del carácter 2 en este ítem.

CONCLUSIONES

Se ha procurado mostrar cómo algunos de los ítems de una evaluación sobre el tema de la interacción gravitatoria pueden analizarse a la luz de los invariantes operacionales mencionados. Los resultados parciales de esta evaluación, ponen de manifiesto que hace falta ofrecer más situaciones donde los estudiantes puedan advertir la presencia de diferentes tipos de interacción a la vez (carácter composicional). Si bien la mayoría de ellos ha admitido el invariante operacional denominado carácter recíproco de la interacción se hace preciso enfatizar con más situaciones la posibilidad de modelos que contemplen los invariantes identificados como carácter simultáneo e instantáneo.

Las respuestas a la cuestión 1 ponen de manifiesto lo mismo que ya había sido detectado en los estudios diagnósticos: los estudiantes asumen por interacción a la acción mutua entre un par de cuerpos. Desde el modelo teórico de Vergnaud la respuesta a este obstáculo es ofrecer más y más situaciones que los involucren en ambos modelos.

Una hipótesis que podría evaluarse es que los estudiantes optan por "definiciones" breves pero muy generales. Es decir, una proposición como la ofrecida en b) es tan general que puede contemplar todos los casos. Por el contrario, una alternativa como la a) se vuelve demasiado específica incluyendo más variables que la mínima condición de los dos cuerpos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- LEMEIGNAN, G. y WEIL-BARAI, A. (1994). A developmental approach to cognitive change in mechanics. *International Journal of Science Education*, 16(1), 99-120.
- MOREIRA, M. A. (2002). A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de Ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências* [en línea], N° 7(1). Recuperado de: <http://www.if.ufrgs.br/ienci> [2002, 10 de abril].
- VERGNAUD, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10(23), 133-170.
- VERGNAUD, G. (1996). Education: the best part of Piaget's heritage. *Swiss Journal of Psychology*, 55(2/3), 112-118.
- VERGNAUD, G. (1996). Algunas ideas fundamentales de Piaget en torno a la didáctica. *Perspectivas*, 26(10), 195-207.