

## LEYES DE CONSERVACIÓN EN EL MUNDO FÍSICO: UN ESTUDIO DE CASO DESDE LA TEORÍA DE LOS CAMPOS CONCEPTUALES

**ESCUDERO RUIZ, C. (1)**

de Física. Dpto de Biología. Universidad Nacional de San Juan [cescude@unsj.edu.ar](mailto:cescude@unsj.edu.ar)

---

### Resumen

Este análisis tiene como propósito emprender la reflexión acerca de la vasta cantidad de variables que se deberían tener en cuenta cuando se trabaja en temas a través de tareas y actividades cuya apariencia es de relativa baja significación y alta automatización, y sin embargo, pueden acarrear serias dificultades a los estudiantes. Es el caso de las leyes de conservación. Debemos reconocer que para lograr un desarrollo aceptable del mismo, es importante que el alumno se encuentre al menos en el umbral del uso de una organización esquemática básica.

La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud orienta el análisis y la formulación de algunas hipótesis preliminares.

---

### Objetivos

La naturaleza posee un conjunto de simetrías que están asociadas con las leyes más fundamentales

de la Física. Las leyes de conservación se caracterizan por constituir un procedimiento que permite obtener consecuencias muy generales y significativas de las ecuaciones de movimiento.

En el siglo XVII quedó afianzada con cierta claridad una discusión sobre si, en palabras de la época, *“la potencia de un cuerpo en movimiento para vencer determinadas fuerzas es proporcional a la velocidad o a su cuadrado”* (Holton 1984).

Precisamente una mejor comprensión del aprendizaje de la resolución de problemas nos revela las frecuentes dificultades que tienen los alumnos al realizar dichas tareas.

Ni la Física ni la Matemática trabajan con signos impenetrables, sino con ideas: ideas de espacio, de interacción, de energía, de número.

El trabajo que presentamos tiene por objeto analizar algunos razonamientos en los estudiantes relevando e identificando conocimiento en acción y examinando el mecanismo que está por detrás de los signos.

## Marco teórico

El análisis de la resolución de problemas en Física puede abordarse desde una perspectiva que tenga en cuenta los aprendizajes relacionados con la matemática y física elemental. Este punto de vista surge a partir del estudio de producciones de algunos estudiantes, en las que las acciones que realizan sobre abstracciones de objetos físicos son casi las mismas que en un proceso de enunciación y que en una suma; es decir, ponen en juego la noción de simetría, de número y de adición. Esta hipótesis es coherente con la apreciación que hace Inhelder cuando dice que, para avanzar en el aprendizaje, es necesario que se produzcan confrontaciones entre los esquemas que ha construido el individuo.

Muy próxima a la noción de número se encuentra la de adición y, a la de simetría la de conservación de longitudes. Gerard Vergnaud, discípulo de Piaget, realizó aportes clarificadores en estos temas.

Su teoría de los campos conceptuales es una teoría psicológica de los conceptos (Vergnaud 1990), una teoría cognitivista del proceso de conceptualización de lo real; pragmática en el sentido que presupone que la adquisición de conocimientos es moldeada por situaciones, problemas y acciones del sujeto en esas circunstancias.

Las invariantes operatorias son las que articulan teoría y práctica. Así la percepción, la búsqueda y

la selección de información se basarían en el sistema de conceptos en acción disponibles en el sujeto y de teoremas en acción subyacentes a su actuación.

En este sentido, esta teoría hace un aporte al delimitar concepto como un triplete de tres conjuntos (antes Peirce) vinculando las invariantes operatorias, las situaciones y el conjunto de signos por los cuales se lo representa.

Una de las características de un signo según Peirce es que representa a un objeto, diferenciando así dos tipos. El *objeto inmediato* es el objeto visto desde el contexto del signo –su contenido representativo– mientras que el *objeto dinámico* puede ser considerado como la maquinaria que guía el proceso semiótico a la determinación final que concierne a cualquier significación que se refiere al objeto aun cuando eso exprese una interpretación equivocada.

Entre los individuos lo que se desarrolla son formas de organización de la actividad. Para desarrollar dicha noción Vergnaud ha utilizado el concepto de Esquema.

La integración de variedad de conceptos, procedimientos y símbolos en estrecha conexión no se produce espontáneamente, y felizmente, se ponen en juego en toda situación en la que tengan que articularse para poder generar respuestas coherentes.

## Metodología

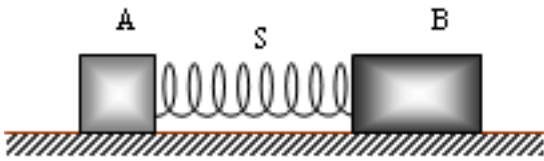
Buscar la reflexión acerca de la vasta cantidad de variables que se deberían tener en cuenta cuando se trabaja en temas cuya apariencia es de relativa baja significación y alta automatización, nos ha llevado a seleccionar la metodología del estudio de caso.

Este trabajo se realizó a partir del estudio de las resoluciones efectuadas por alumnos con 3° año de Ciencias e Ingeniería en ocasión de un trabajo grupal en el que después de resolver problemas realizaron diagramas Ve de sus soluciones. Participaron 14 voluntarios y se trabajó posibilitando la selección de los problemas. Se realizó además una puesta en común.

El autor actuó también como observador participante. El análisis que aquí se releva se centró en resoluciones escritas presentadas a un único problema por dos grupos (de 3 y 2 miembros):

La masa del bloque A de la figura es  $1\text{kg}$  y la del bloque B,  $2\text{kg}$ . Se obliga a los bloques a aproximarse comprimiendo el resorte S situado entre ellos. El sistema se abandona partiendo del reposo sobre una superficie horizontal lisa. El resorte no está sujeto a ninguno de los bloques, se desprende y cae a la superficie una vez distendido. El bloque B adquiere  $0,5\text{m/s}$  de rapidez. ¿Qué

cantidad de energía potencial se hallaba almacenada en el resorte comprimido?



En el anexo que se agrega al final del trabajo, figura el diagrama Ve elaborado por el grupo 1 (tres miembros).

### Análisis

La perspectiva adoptada para el desarrollo de los encuentros ubica a las leyes de conservación de lo real como un objeto que debería haber sido conceptualizado.

La propuesta de solución presentada por el grupo 1 muestra que han reducido dos propiedades invariables al balance de una. Su mirada se ha dirigido a darle prioridad al concepto intuitivo de “intensidad de la interacción” y a una noción de simetría. Si la simetría es un signo, siguiendo a Peirce, determina acciones y actuaciones. En este caso asocian los desplazamientos de las partículas con la deformación del resorte, poniendo en acción teoremas:

- Dos cuerpos en interacción se mueven (o desplazan) igual.
- La energía potencial total es la suma de las energías potenciales asociadas a cada partícula.

No identifican que el desplazamiento de los bloques es distinto de la deformación del resorte, menos que el movimiento de uno depende del otro. El segundo teorema alude a una noción de energía potencial absoluta desatendiendo a su naturaleza ontológica y homologándola a la energía cinética.

Estas normas representan conceptos en acción: compresión, desplazamiento, energía potencial absoluta, simetría y tres reglas en acción:

- Si tengo dos incógnitas entonces, necesito dos ecuaciones;
- Si las fuerzas son iguales en módulo, las compresiones también; y
- Si las fuerzas elásticas son iguales, las energías potenciales también.

Es notable observar cómo, ante una situación que superó ampliamente sus conocimientos, recupera esquemas rudimentarios que posee y que nada tiene que ver con este proceso. El tratamiento realizado por el grupo 1 lleva a pensar que, además de la ausencia de método, hay una organización esquemática básica que no se terminó de consolidar. Por ejemplo, cuando no pudo hacer extensiva la conservación de longitudes, cuando suma las energías potenciales de los bloques, cuando confunde desplazamiento y deformación.

A pesar de identificar como evento la interacción masa-resorte-masa, parecen pensar en términos de modelo masa-resorte antes que en el de sistema de partículas.

En este caso hay una laguna muy grande entre los esquemas contruidos y el conocimiento disciplinar en el que se está trabajando.

El grupo 2 a pesar de no atender a la noción de variación de magnitudes y sus propiedades, sí recupera en buena parte los esquemas como para ofrecer una resolución que incluye la conservación de p. Es decir, activa un método de trabajo consolidado mostrando estabilidad en lo aprendido. Pusieron en juego: La deformación del resorte es igual a la suma de los desplazamientos de cada uno de los bloques, asociado a la conservación de longitudes y no trivial en un objeto con movimiento vibratorio.

## Conclusiones

Al parecer, aquí el trabajo científico se ha dirigido en primer lugar hacia el valor, produciendo, en términos de Samaja (1999), una inversión de la cadena del ser. Esto ha sucedido en ocasión de haberse llevado a cabo exploraciones sobre temas relativamente novedosos, a partir de teorías generales relativamente inespecíficas respecto de tales temas.

La resolución de situaciones problemáticas pareciera requerir un método básicamente sintáctico. Sin embargo, los criterios que se emplean nacen de consideraciones científicas sobre las que hace falta reflexionar para contribuir a la construcción pragmática del tema. Sabemos que la significación se va constituyendo en la medida en que se va aprendiendo el uso y el no-uso de los objetos. Apropiarse del modelo de sistema de partículas no resulta trivial.

Cuando hablamos de la formación de esquemas, debemos tener presente que los razonamientos

forman parte de ellos, y que si no se desarrolla este aspecto íntimamente unido a la praxis, se formará un esquema débil, poco útil para continuar desarrollándose. La necesidad de profundizar en genuinas nociones psicológicas, así como en fortalecer las competencias de los educadores a partir de un conocimiento profundo del tipo de dificultades del alumnado compromete a su reparación.

## Referencias bibliográficas

ANDRÉ, M.E.D.A. (1998). *Etnografía da prática escolar*. 2ª. Ed. Sao Paulo. Papirus editora.

HOLTON, G. (1984) *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*. Bs As: Reverté.

MARAFIOTI, R. (2004) *Charles S. Peirce: El éxtasis de los signos*. Bs As: Editorial Biblos.

SAMAJA, J. (1999). 3ª. Ed. Epistemología y metodología. Elementos para una teoría de la investigación científica. Bs. As. Eudeba.

VERGNAUD. G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10 (23), pp. 133-170.

## Anexo

**Trabajo y Energía**

¿Cuánta energía potencial elástica estaba almacenada en el resorte inicialmente?

Principio de conservación de la energía

- simetría en condiciones elásticas
- energía potencial elástica
- energía cinética
- energía mecánica

interacción masa-resorte-masa

la energía potencial elástica almacenada inicialmente es 0,5 J

①  $K_B = \frac{1}{2} m v_B^2$  ; ②  $U_{eB} = \frac{1}{2} K \Delta x_B^2$

③  $\Delta E_{12B} = 0$

④  $\Delta x_A = \Delta x_B \Rightarrow U_{eA} = U_{eB}$  ⑤

por ③  $E_{1B} = E_{2B}$

$K_{1B} + U_{e1B} = K_{2B} + U_{e2B}$

$U_{e1B} = \frac{1}{2} m_B \mu_B^2 = \frac{1}{2} \cdot 2 \text{ kg} \cdot \left(0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2$

$U_{e1B} = 0,25 \text{ J}$

por ⑤  $\rightarrow U_{e1A} = 0,25 \text{ J}$

**$U_{e, \text{Total}} = 0,5 \text{ J}$**

$m_A = 1 \text{ kg}$   
 $m_B = 2 \text{ kg}$  ;  $x_B = x_A = 0$  ;  $\mu_B = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

## CITACIÓN

ESCUADERO, C. (2009). Leyes de conservación en el mundo físico: un estudio de caso desde la teoría de los campos conceptuales. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 2232-2238

<http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-2232-2238.pdf>