

USO DE MAGNITUDES INVERSAS EN LA ADQUISICIÓN DE CONCEPTOS FÍSICOS

SZTRAJMAN¹, JORGE; MEINARD², ELSA y RELA¹, AGUSTÍN

¹ Departamento de Ciencias Exactas, Ciclo Básico Común, Universidad de Buenos Aires, Pab. 3, Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires, Argentina. jsztraj@fibertel.com.ar

² Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Pab. 2, Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires, Argentina.

Palabras clave: Lenguaje; Comunicación; Magnitudes inversas; Enseñanza de la física.

OBJETIVOS

En este trabajo proponemos el uso de nuevos términos para denominar magnitudes inversas que aparecen frecuentemente en los desarrollos matemáticos vinculados con ciertos conceptos físicos, y que hasta el momento carecen de designación propia.

El hecho de asignar un nombre a una magnitud inversa, por ejemplo denominar *lentitud* a $1/v$ –la inversa de la velocidad– convierte a dicha expresión matemática en un concepto que el estudiante puede dotar más fácilmente de significado físico, aproximándolo a su experiencia cotidiana.

MARCO TEÓRICO

En los últimos años, la psicología sociohistórica ha señalado la importancia del lenguaje en la construcción de significados en las clases de ciencias (Mortimer y Scott, 2002). En un trabajo anterior (Sztrajman y otros, 2003) hemos destacado la utilización de metáforas en la formación de conceptos en física ya que, como señalan Lakoff y Johnson (1998), estas herramientas lingüísticas no son simples ornamentos del discurso, sino que estructuran nuestra percepción del mundo y, en consecuencia, la manera en la que interactuamos con él.

Esta línea de pensamiento ha ejercido gran influencia en la educación, por lo que han aparecido numerosos estudios que muestran la utilización de analogías, metáforas, símiles, representaciones y modelos en la enseñanza de las ciencias (Fernández González y otros, 2005) y cómo éstos influyen en la formación de conceptos científicos (para una reseña, ver Dagher, 1995).

La importancia del lenguaje ha sido ampliamente reconocida en el ámbito de la enseñanza de las ciencias y en el de la propia ciencia: apuntar la problemática del lenguaje científico, observar que por ser científico no deja de ser lenguaje, es, sencillamente, situar el lenguaje científico dentro del lenguaje (Locke 1997) y según Lemke (1997) hablar ciencia es hacer ciencia a través del lenguaje.

De esta forma el lenguaje se constituye en un sistema de recursos para construir significados sobre el mundo natural.

Desde esta perspectiva, la introducción en el aula de términos nuevos para denominar expresiones matemáticas de uso común en física, puede contribuir a dicha construcción.

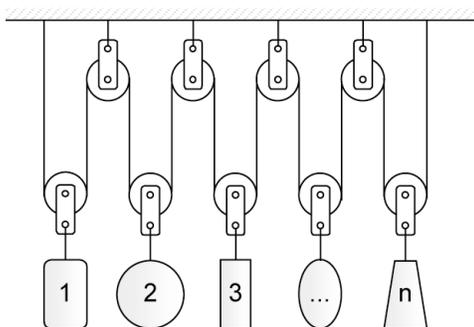
Si bien dichas magnitudes inversas pueden estar dotadas de significado para los expertos, a pesar de carecer de nombres, en el caso de los estudiantes suele no ocurrir lo mismo.

La utilización de magnitudes inversas (es decir el uso de la magnitud $1/x$, en lugar de x) no es nueva en la enseñanza de las ciencias. Se han empleado desde hace mucho en electricidad (ver, por ejemplo, Brown, 2003). Algunas magnitudes inversas poseen nombres. Tal es el caso de las inversas de resistencia, impedancia y reactancia, que son conocidas como conductancia, permitancia y susceptancia, respectivamente. Su utilidad reside en que sumamos resistencias, impedancias y reactancias de elementos conectados en serie, pero sumamos sus conductancias, permitancias y susceptancias si los elementos están conectados en paralelo. También es muy conocido el uso de magnitudes inversas en hidrodinámica (conductancias) y en óptica (potencias de las lentes, en lugar de sus distancias focales), para el caso de un sistema compuesto por dos o más lentes delgadas adosadas.

Sin embargo, creemos que no se ha aprovechado suficientemente ese recurso en otros temas de la física, donde podría resultar igualmente ventajoso. Este aspecto, sólo parcialmente considerado en las clases habituales de ciencias, podría ser una herramienta eficaz en el proceso de creación de significados en el aula. En nuestro trabajo con alumnos de cursos introductorios de física vimos la importancia de darle nombre a magnitudes, en este caso inversas, y utilizarlas en situaciones problemáticas en nuestras clases. Dichas denominaciones han sido de utilidad, ya que muchas veces remiten a conceptos con los que los estudiantes están familiarizados, como por ejemplo delgadez, levedad y lentitud.

DESARROLLO

Presentamos a continuación algunos temas frecuentes en cursos introductorios de física, para los cuales proponemos nuevas denominaciones para las magnitudes inversas.



Ejemplo 1. Pesos y poleas

Con la intención de dar significado a las magnitudes inversas de la masa, el peso y la fuerza consideremos n cuerpos que cuelgan de varias poleas, como se muestra en la figura. Si despreciamos la fricción y las masas del cable y de las poleas, la tensión T está dada por la expresión siguiente (Resnick y Halliday, 1984):

$$2T = \frac{ng}{\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} + \frac{1}{m_3} + \dots + \frac{1}{m_n}}$$

La suma de las inversas de las masas recuerda la conexión de resistores en paralelo, y nos sugiere la introducción de la inversa de la masa como nueva magnitud. Puesto que esta magnitud no posee un nombre en la literatura, proponemos el término *delgadez* (D) para denominarla, ya que sugiere la noción intuitiva contraria a la de masa:

$$D_i = \frac{1}{m_i} \quad D = \sum_{i=1}^n D_i \quad \bar{D} = \frac{D}{n} \quad 2T = \frac{g}{\bar{D}}$$

El doble de la tensión del cable (hay dos fuerzas de módulo T aplicadas a cada cuerpo) es directamente proporcional a la aceleración local de la gravedad, e inversamente proporcional a la delgadez media \bar{D} del sistema.

Podemos obtener una simplificación adicional introduciendo magnitudes contrarias al peso y a la tensión. Proponemos llamarlas *levedad* (L , inversa del peso) y *laxitud* (λ , inversa de la tensión):

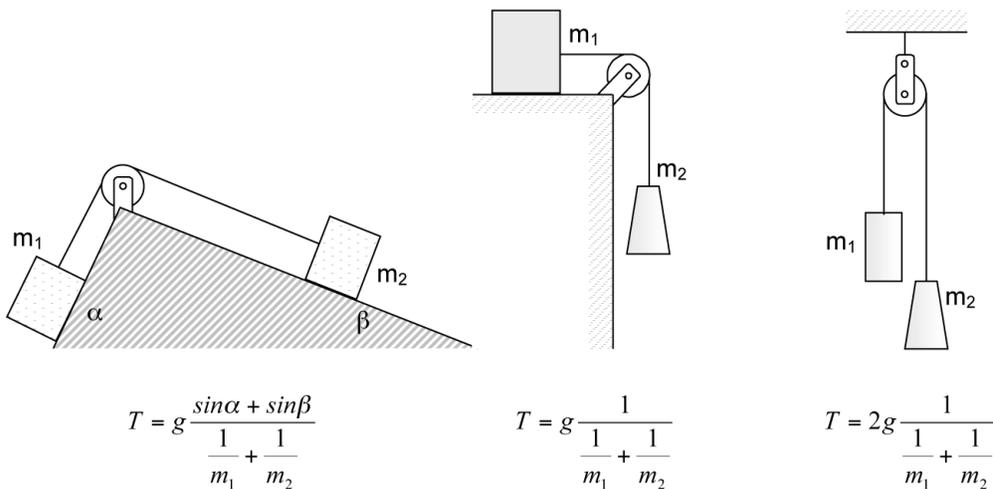
$$p = mg \quad L = \frac{1}{p} \quad \frac{\lambda}{2} = \bar{L}$$

La semilaxitud ($\lambda/2$) de la cuerda resulta igual a la levedad media (\bar{L}) de los cuerpos.

Si cualquiera de las masas tiende a cero, la levedad de ese cuerpo –y la levedad media– tiende a infinito. En ese caso la fuerza del cable tiende a cero.

Los cuerpos con levedad mayor que el promedio se aceleran hacia arriba, y viceversa. Si la levedad de un cuerpo es igual al promedio, ese cuerpo no tiene aceleración.

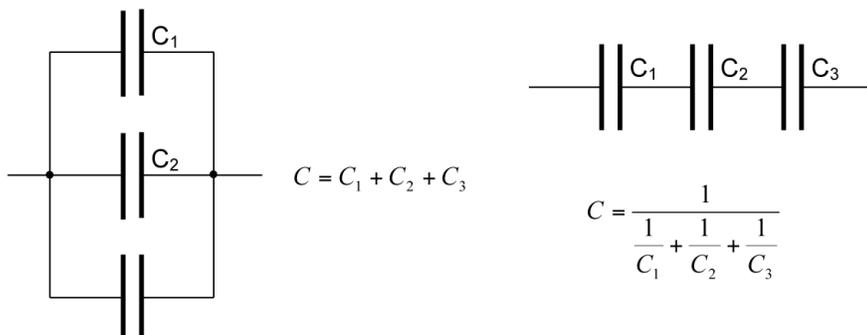
Una variante de este ejemplo es el plano inclinado doble que incluye el plano horizontal con un precipicio y la máquina de Atwood como casos particulares.



En todos estos ejemplos aparecen naturalmente la suma de las inversas de las masas, es decir, la delgadez del sistema. En otros casos, cuando las masas se mueven juntas y con un único vector aceleración, debemos sumar las masas, y cada fuerza individual será, en general, diferente de las otras. Pero en este ejemplo los cuerpos se aceleran con fuerzas de la misma intensidad, y debemos sumar las inversas de las masas, por lo que el concepto relevante es el de levedad.

Ejemplo 2. Capacitores

La comparación entre capacitores conectados en paralelo y resistores en serie es prácticamente inevitable en nuestras clases, por la fuerte analogía entre los conceptos de resistencia equivalente y capacitancia equivalente en esos casos (Brown, 2003).

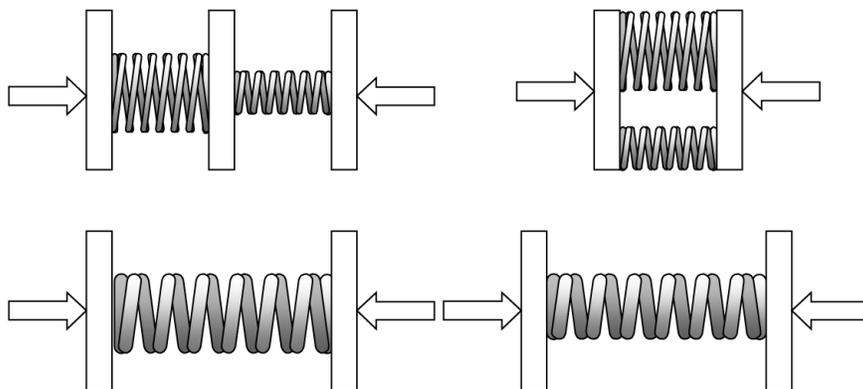


La presencia explícita de las inversas de las capacitancias sugiere, de nuevo, la introducción de un nombre para esa magnitud. Proponemos el nombre *incapacidad* (*i*), ya que sugiere la idea inversa a la de capacidad. Así pues, para capacitores conectados en serie se suman las incapacidades:

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \quad , \quad \text{donde} \quad i = \frac{1}{C}$$

Ejemplo 3. Resortes

Un ejercicio típico de los cursos introductorios de física es encontrar qué constante elástica *k* debe tener un único resorte con elongación equivalente a la correspondiente a dos resortes, de constantes elásticas **k1** y *k2*, dispuestos en serie.



$$k = \frac{1}{\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}}$$

$$w = w_1 + w_2$$

$$k = k_1 + k_2$$

La suma de las inversas de las constantes elásticas aparece otra vez. Con el fin de que los correspondientes conceptos físicos se correspondan con las ideas intuitivas, sugerimos renombrar la constante elástica *k* como *dureza* del resorte, y llamar *debilidad* a su inversa *w*. De esta manera, para resortes en serie sumamos las debilidades, y sumamos las durezas para resortes en paralelo.

Ejemplo 4. Velocidad y lentitud

En el contexto de la cinemática, también parece conveniente la introducción de la inversa de la velocidad. Un problema que la sugiere es el muy conocido:

Un coche viaja la mitad de su recorrido a 40 km/h, y viaja el resto de la trayectoria con una velocidad de 60 km/h. ¿Qué velocidad constante tendría que tener ese coche para viajar el recorrido completo en el mismo tiempo global?

Muchos estudiantes responden, con entusiasmo y sin ningún análisis algebraico, el promedio: “¡Cincuenta kilómetros por hora!” Pero eso no es cierto. La velocidad media es, en este caso, 48 km/h.

El promedio de las velocidades coincide con la velocidad media sólo si el coche viaja con dos velocidades diferentes durante lapsos iguales. Pero si el coche viaja iguales distancias con diferentes velocidades constantes, debemos promediar las inversas de las velocidad en vez de las velocidades. Resulta muy conveniente, entonces, introducir la inversa de la velocidad, a la que proponemos llamar *lentitud*, para asociarla con la idea cotidiana que le corresponde.

Otro ejemplo. Existen muchos otros temas de clase para los que el uso de la magnitud inversa adecuada es más conveniente que la directa. Uno de ellos es el *rendimiento* de un coche, que se puede estimar como el

cociente entre la distancia recorrida dividida por el volumen de gasolina consumida. Pero es posible, también, definir su inversa, el *consumo*, dado por el volumen de gasolina dividido por la distancia. (Popularmente, ésta es la manera habitual de referirse al costo de un viaje; es común decir cuántos kilómetros podemos viajar con veinte litros de gasolina.) Si utilizamos iguales volúmenes de combustible, promediamos los rendimientos para obtener el rendimiento total del vehículo. Si, por otra parte, viajamos distancias iguales, debemos promediar el consumo –en lugar del rendimiento– para el mismo propósito.

CONCLUSIONES

La introducción de un nombre apropiado –que remite a un significado conocido por el estudiante– para designar un concepto físico puede contribuir a la creación de significados en el aula. En particular, hemos visto que la asignación de un nombre a una magnitud inversa y su utilización en la resolución de problemas puede contribuir a que el estudiante le dé significado a un concepto y a simplificar su utilización.

En el contexto de la mecánica nos ha resultado útil introducir la delgadez y la levedad como inversas de la masa y del peso, respectivamente. Para los capacitores resulta conveniente hablar de incapacidad, como inversa de la capacidad y para resortes es apropiado redefinir a la constante elástica como dureza y llamar debilidad a su inversa.

Como señala Jiménez Aleixandre (2003) utilizar un lenguaje u otro no es indiferente y la construcción de una nueva teoría –o en la clase de ciencias el aprendizaje de nuevos modelos e interpretaciones– guarda estrecha relación con el empleo de un nuevo lenguaje.

BIBLIOGRAFÍA

- BROWN, R. (2003). Series and Parallel Resistor and Capacitors. *The Physics Teacher* 41, pp. 483-485.
- DAGHER, Z. (1995). Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in Science Education. *Science Education*, 79 (3), pp. 295-312.
- FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, J., GONZÁLEZ GONZÁLEZ, B.M. y MORENO JIMÉNEZ, T. (2005). Hacia una evolución de la concepción de analogía: aplicación al análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias* 23 (1), pp. 33-46.
- JIMENEZ ALEIXANDRE, M. P. (2003). Comunicación y lenguaje en la clase de ciencias. *Enseñar ciencias*. Jimenez Aleixandre (coord). Barcelona: Graó.
- LAKOFF, G. y JOHNSON, M. (1998). *Metáforas de la vida cotidiana*. Madrid: Cátedra.
- LEMKE, J. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- LOCKE, D. (1997). *La ciencia como escritura*. Madrid: Fronesis.
- MORTIMER, E. y SCOTT, P. (2002). Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências* 7 (3). Extraído el 14 de mayo de 2005 desde http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol7/n3/v7_n3_a7.htm
- RESNICK, R. y HALLIDAY, D. (1984). *Física, Parte I*, México: CECSA.
- SZTRAJMAN, J., MEINARDI, E., ADÚRIZ-BRAVO, A. y RELA, A. (2003). *Metáforas físicas de la vida cotidiana*. Trabajo presentado en el II Encontro Internacional Linguagem, Cultura e Cognition: reflexões para o ensino, Julio, Belo Horizonte, Brasil. (Memorias editadas en CD ROM.)