

Física y lenguaje: el significado de los términos de magnitudes

Physics and language: the meaning of magnitude terms

Ana Fleisner¹ y Ma. Belén Sabaini¹

¹Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes, Roque Sáenz Peña N°. 352, B1876BXD Bernal, Buenos Aires, Argentina.

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

E-mail: ana.fleisner@unq.edu.ar

Resumen

Muchas de las dificultades que enfrentan los estudiantes de física de carreras científico tecnológicas están relacionadas con el lenguaje particular de la disciplina. Quizás la más frecuentemente nombrada es la dificultad asociada al manejo del lenguaje simbólico. Pero esta es una dificultad que se presenta luego de haber sido sorteada una anterior: la de desambiguación de algunos términos de la física, es decir, la de atribución de significado físico a términos ampliamente utilizados en el lenguaje cotidiano. Se corrobora, a partir de las respuestas de un grupo de estudiantes de la asignatura Física I, la gran dificultad que representa la construcción de definiciones y la atribución de características propias a algunos términos de la física a través de vinculaciones directas con aquellas asociadas en el lenguaje cotidiano.

Palabras clave: Física; Significado; Lenguaje cotidiano; Lenguaje específico.

Abstract

Many of the difficulties facing physics students in scientific and technological careers are related to the particular language of the discipline. Perhaps the most frequently named is the difficulty associated with the handling of symbolic language. But this is a difficulty that arises after a previous: that of disambiguation of some terms of physics, that is, that of attribution of physical meaning to terms widely used in everyday language. It is corroborated, based on the responses of a group of students of the subject Physics I, the difficulty that represents the construction of definitions and the attribution of characteristics specific to some terms of physics through direct links with those attributed in everyday language.

Keywords: Physics; Meaning; Everyday language; Specific language.

I. INTRODUCCIÓN

Muchas de las dificultades que enfrentan los estudiantes de física de carreras científico tecnológicas están relacionadas con el lenguaje particular de la disciplina. Quizás la más frecuentemente nombrada es la dificultad asociada al manejo del lenguaje simbólico. Pero esta es una dificultad que se presenta luego de haber sido sorteada una anterior: la de desambiguación de algunos términos de la física, es decir, la de atribución de significado físico a términos ampliamente utilizados en el lenguaje cotidiano (De Pro Bueno, 2003).

Desde hace varios años investigamos acerca de las diversas dificultades que presentan los estudiantes universitarios y preuniversitarios en relación con el lenguaje de la física. Particularmente hemos trabajado sobre la comprensión y manejo del lenguaje simbólico (Wainmaier y Fleisner, 2015), la interpretación de enunciados, la asignación de significado físico a estructuras matemáticas (Fleisner y otros, 2016) y la construcción de textos argumentativos (Sabaini y Fleisner, 2018). A partir del análisis de textos producidos por los estudiantes pudimos identificar incomprensiones que provienen de la atribución errónea de significado a ciertos términos propios de la física pero que son también usados en nuestro lenguaje cotidiano. El objetivo principal de este trabajo es mostrar que dificultades de este tipo pueden ser subsanadas prestando especial atención a la atribución de significado a los términos que designan los conceptos métricos que la física utiliza a través de una correcta formulación de definiciones.

Los docentes de física esperan que los estudiantes comprendan los conceptos de la disciplina y utilicen el lenguaje científico-técnico, específico- como vehículo de comunicación para exponer, problematizar y evaluar ideas científicas. Este lenguaje técnico es mucho más preciso que el lenguaje utilizado en la

vida cotidiana. Sin embargo, el aprendizaje del lenguaje científico requiere un diseño de actividades apropiadas y una reflexión didáctica específica para los diferentes momentos del proceso. Es decir, resulta fundamental que el docente introduzca las especificidades del lenguaje científico atendiendo al contexto en el que lo usa -formulación inicial de las teorías, introducción de un nuevo concepto, análisis de los resultados de un trabajo práctico de laboratorio, presentación de ciencia ya consolidada- y que enseñe las particularidades que el mismo tiene cuando se lo usa para describir, explicar, interpretar, argumentar y proponer hipótesis. La adquisición del conocimiento científico se favorece con el intercambio de opiniones y la negociación de significados entre estudiantes y docente (Gómez Moliné y Sanmartí, 2000; Vygotsky, 1978).

En el presente trabajo se presentan y analizan dificultades asociadas a la terminología de la física. Se analizan los significados atribuidos por los estudiantes a algunos de los términos que utiliza la disciplina tanto en el contexto cotidiano como durante su aprendizaje de Física I en los primeros años de la universidad. Los términos analizados son *distancia*, *desplazamiento*, *posición*, *velocidad*, *aceleración* y *fuerza*.

La física utiliza un lenguaje técnico y específico para describir y explicar su objeto de estudio, entretido con estructuras matemáticas y esquemas experimentales que permiten la simbolización del mundo al que va a referirse, así como de las herramientas a través de las cuales va a abordarlo. Esas herramientas son las magnitudes físicas, es decir, los conceptos métricos a través de los cuales se pueden cuantificar los hechos, fenómenos y procesos del mundo para describirlos y explicarlos. En el lenguaje de la física hay distintos tipos de términos: aquellos que denotan objetos que hay en el mundo, por ejemplo, los que designan partículas, y los que denotan las herramientas con las que se analiza al mundo, es decir, los términos de magnitudes físicas.

Las magnitudes físicas pueden ser pensadas como conceptos cuantitativos o métricos (propiedades o atributos que son susceptibles de medición) es decir, conceptos a través de los cuales se asignan cantidades a los objetos, procesos o fenómenos, por lo que permiten también comparar y clasificar objetos de un dominio (Díez y Moulines, 1999). Tales asignaciones resultan en muchos casos de cuantificar conceptos comparativos previos –como los de masa o longitud– o de la introducción directa de un concepto métrico a partir de una teoría o como recurso de cálculo –como la entropía o la función de onda–. Los conceptos métricos permiten tratar procesos o fenómenos empíricos como si fueran operaciones matemáticas y representar determinadas propiedades de los mismos, y de los objetos involucrados en ellos, denominadas magnitudes (Hempel, 1988).

Tanto cuando en el marco de una teoría física se introduce una magnitud como cuando se la presenta en el contexto de una clase, a cada una de dichas magnitudes físicas se le asocia un concepto matemático que tenga una “estructura análoga”, es decir, un concepto matemático que tenga las mismas leyes de composición y que se comporte de manera similar ante una transformación o cambio de sistema de referencia; en definitiva, un homomorfismo de un sistema empírico en un sistema numérico (Ibarra y Mormann, 2000). Pero es fundamental señalar que una magnitud no es sólo su representación matemática, aunque sea dicha representación la que transforma a una propiedad en magnitud en tanto concepto métrico. Los enunciados de leyes cuantitativas no contienen íntegramente las magnitudes físicas implicadas, sino sólo algunos de sus componentes, a saber, aquellos con los que resulta posible operar matemáticamente; dichos componentes son sus variables numéricas.

Sostendremos que para enseñar y aprender los términos que utiliza la física resulta necesario introducir de manera completa las definiciones de cada magnitud. La definición de una magnitud, entendida en un sentido amplio y no sólo en tanto representación matemática de una magnitud, deben quedar contenidos todos los aspectos relevantes de la misma. Por una parte, es necesario tomar en consideración el aspecto ontológico, que contendrá una explicitación de cuál es la propiedad –o el tipo de propiedad– a la que se quiere asignar un valor numérico. Por otra parte, la asignación de un valor numérico a la propiedad a través de un proceso de medida, que incluye muchas veces otras magnitudes, hace necesario tener en cuenta tres aspectos más: el aspecto experimental de la magnitud, que explicita la relación que ha de suponerse entre la magnitud y el montaje experimental; el aspecto formal o matemático, expresable mediante una estructura matemática (o fórmula) que la represente, así como el aspecto contextual, es decir, la relación entre la magnitud y las demás magnitudes involucradas en la representación matemática y en el montaje experimental que permite medirla (Fleisner, 2011).

Más allá de la presentación (desde los contenidos) de las magnitudes físicas, resulta necesario atender a la terminología propia de la física, es decir al conjunto de palabras relacionadas con el ámbito específico de la disciplina. El lenguaje científico en general y el de la física en particular son lenguajes de especialidad, que se caracterizan por una terminología, un discurso y una estructura lógica específicos. Muchos términos que se usan en el ámbito de la física para designar conceptos nuevos son metáforas generadas a partir palabras procedentes del lenguaje corriente a las que se les confiere un significado distinto (“trabajo”, “energía”, “estructura”, “flujo”, “corriente”, etc.). Esta coincidencia de términos entre el lenguaje general y el científico se ha destacado como una de las causas de la aparición de concepciones alternati-

vas en el aprendizaje de los conceptos relacionados con la ciencia (Campanario y Otero, 2000). Por ejemplo, la idea de trabajo en física no coincide siempre con las situaciones de la vida cotidiana en las que se habla de la realización de un trabajo (en física se requiere siempre que haya una fuerza aplicada sobre un cuerpo y que éste se desplace). La terminología de una ciencia forma parte de su enseñanza y, aunque hay quienes sostienen que se aprende de forma natural junto con el aprendizaje propiamente dicho de esa ciencia, entendemos que el docente de física debe también enseñar las particularidades del discurso de la disciplina (Lemke, 1997; Sutton, 1997; 2003; Sanmartí, 1997). Quizá uno de los mayores riesgos de este aprendizaje *natural* es que puede dar lugar a un uso del lenguaje como sistema de etiquetaje, olvidando la importancia didáctica de justificar etimológicamente cada término que se introduzca por primera vez, cuando se trate de un neologismo, o de resaltar la diferencia entre el significado científico de una palabra y el que tiene en el lenguaje corriente, cuando este término se haya tomado prestado del habla cotidiana (Caamaño, 1998).

Por otro lado, hay que tener en cuenta que el significado de los términos utilizados para designar los conceptos científicos depende de la teoría científica o del marco conceptual en el que son elaborados y, por lo tanto, pueden estar sujetos a cambios de significado. La física utiliza un lenguaje simbólico para representar sus conceptos que también va variando de acuerdo a las distintas teorías. Las magnitudes físicas, al igual que las relaciones entre ellas, se representan a través de un lenguaje simbólico que incluye (entre otros) esquemas, gráficos y expresiones matemáticas que esquematizan relaciones de definición, de leyes o de relaciones entre magnitudes. En ocasiones la diversidad terminológica y el número de símbolos que se utilizan para referirse a la misma magnitud física pueden dar lugar a confusiones conceptuales entre los estudiantes.

Al igual que la atribución de significado a los términos en una disciplina, las conceptualizaciones no se realizan de manera acabada con la primera presentación de una idea. A lo largo de la escolarización los conceptos se explican con niveles de formulación progresivamente más complejos. Generalmente se vincula un concepto a la percepción más inmediata y luego se lo relaciona con otros y en el contexto de las teorías. Así, cuando un estudiante se encuentra por primera vez frente a un término de la física que ya usa en su lenguaje habitual, necesariamente establece una vinculación con el significado que conoce. De este modo, muchas de las incomprensiones y los malos usos de los términos que designan conceptos de la física tienen su origen en el uso de los mismos cuando se les atribuye el mismo significado (o uno similar) al que tienen en el contexto cotidiano. De este modo, se asignan características al concepto que pueden resultar “verdaderas” en el contexto cotidiano, pero que son claramente erradas en el de la física. Analizaremos en qué medida los estudiantes pueden seleccionar –entre todas las características que pueden atribuirse al concepto designado por un determinado término– las características necesarias para definir los conceptos “*distancia*”, “*desplazamiento*”, “*posición*”, “*velocidad*”, “*aceleración*” y “*fuerza*” en el contexto de la física.

II. METODOLOGÍA

Se analizaron 40 respuestas de estudiantes de Física I acerca de las similitudes y diferencias en los significados cotidiano y específico de una lista de términos utilizados en dicha asignatura. La actividad está consignada en la figura 1. La muestra estuvo conformada por el total de los estudiantes de tres cursos de Física I, obteniéndose sólo 40 respuestas susceptibles de ser analizadas. Asimismo, se analizaron resoluciones de problemas de lápiz y papel que los estudiantes resuelven durante el cursado de la asignatura.

Los estudiantes son de tres cursos distintos de la asignatura Física I –a cargo de tres profesores distintos–. La asignatura es cuatrimestral y correspondiente al segundo año de las carreras Ingeniería en Alimentos, Arquitectura Naval, Ingeniería en Automatización y Control Industrial y Licenciatura en Biotecnología del Departamento de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Quilmes.

En las respuestas se analizó si los estudiantes detectan la existencia de diferencias en los significados cotidiano y físico de algunos términos que utilizan en la asignatura, si son capaces de reconocer cuáles son y si existe concordancia entre sus respuestas y el modo en el que emplean los términos y su significación en la resolución de problemas.

Actividad

Señalar los términos de la lista cuyo significado cotidiano difiere del significado en el contexto de la física. Explicar las diferencias encontradas y construir una definición válida en cada uno de los dos contextos:

Términos:

- Fuerza
- Aceleración
- Velocidad
- Rapidez
- Distancia
- Posición
- Desplazamiento

FIGURA 1. Actividad entregada a tres grupos de estudiantes de Física I.

III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

La primera observación que surge del análisis de las respuestas de los estudiantes es acerca de la dificultad que tienen para establecer el significado de los términos que usan, independientemente del contexto en el que los estén usando. Definir es una habilidad cognitivo lingüística básica y de menor complejidad que fundamentar o argumentar. Muchos estudiantes son capaces de encontrar diferencias en los significados de los términos en contextos distintos (cotidiano y de la física) pero no logran establecer el significado de manera correcta en ninguno de los dos contextos. Se observa una gran dificultad para construir definiciones, es decir, expresar características *necesarias y suficientes* para que un concepto *no se pueda confundir* con otro, con ayuda de otros términos que se supone ya conocidos. Resulta comprensible la dificultad de establecer una definición en el contexto cotidiano para los términos de la física ya que, como muchos estudiantes señalan, se utilizan indistintamente términos distintos (específicos de la física y no) para referir una misma noción o un mismo término para referir nociones muy diversas. Pero resulta más llamativa la dificultad en la construcción de definiciones en el ámbito de la física.

Muchas de las definiciones que hacen los estudiantes consignan sólo características correspondientes a la estructura matemática del concepto y las que tienen contenido más conceptual están formuladas en lenguaje poco específico. En otras de las definiciones que construyen los estudiantes se corrobora que asignan a algunos términos un significado basándose en características que sólo son válidas en el significado cotidiano.

En la tabla I se puede observar la cantidad de estudiantes que diferencian los significados de los términos distancia, desplazamiento, posición, velocidad, aceleración y fuerza en los contextos cotidiano y de la física.

TABLA I. Términos y significado.

Términos	Significado cotidiano ≠ Significado disciplinar	Significado cotidiano = Significado disciplinar
Distancia	4	35
Desplazamiento	24	16
Posición	7	31
Velocidad	24	15
Aceleración	26	14
Fuerza	31	4

La mayoría de los estudiantes piensan que el término *distancia* significa lo mismo en el contexto cotidiano que en el de la física y al definirlo lo hacen como “el desplazamiento que tiene que hacer un objeto para ir de un punto a otro”. Se observa una confusión entre los significados de los términos *distancia* y *desplazamiento* que también se ve reflejada en la resolución de problemas y en la interpretación de gráficos de posición versus tiempo. En dichos problemas suelen asignar a cualquiera de las dos magnitudes un valor numérico acompañado de una unidad sin especificar la dirección y el sentido en el caso del desplazamiento.

En cuanto al término *desplazamiento* la mayoría señala que en el contexto cotidiano suele confundirse con la *distancia* y no pensarse con relación a la variación en la *posición*. “En física el desplazamiento en un camino cerrado es cero”. Pocos estudiantes señalan como diferencia importante el carácter vectorial de la magnitud designada por el término *desplazamiento* en el contexto de la física y la relación entre *posición* y *desplazamiento*. Entendemos que, para completar la asignación de significado, sería importante trabajar con ejercicios en más de una dimensión en los que se destaque el carácter vectorial.

Con relación al término *posición* pocos estudiantes que encuentran diferencias entre el significado en los contextos cotidiano y de la física. Entre ellos algunos vinculan el significado del término en el ámbito cotidiano a cuestiones de orden jerárquico y otros señalan cuestiones asociadas a la representación matemática: “en el contexto cotidiano la *posición* es sólo un número y en la física se expresa a través de una o varias coordenadas.” Observamos, en la interpretación de gráficos de posición versus tiempo, dificultades para analizar el signo y la posición con relación al origen de coordenadas: la dificultad no se encuentra en asociar un número de coordenadas a la posición de un móvil en determinado tiempo sino en analizar si el mismo se encuentra a la derecha o a la izquierda de aquel punto que consideraron origen de coordenadas.

Respecto del término *velocidad* la mayoría de los estudiantes señala diferencias entre el significado cotidiano y el correspondiente al ámbito de la física asociado –al igual que en el caso de la posición – a la representación matemática: “*velocidad* en la vida cotidiana se relaciona con rapidez, pero en física además tiene sentido y dirección”. Sin embargo, también se observan confusiones en algunas definiciones de *velocidad* con relación a la estructura matemática, de acuerdo con las cuales, se pierde el carácter vectorial de la magnitud: “en física [*velocidad*] es la cuantificación de la distancia recorrida en un lapso de tiempo”. Esta confusión se ve reflejada en dificultades asociadas al signo de la velocidad en la resolución de problemas. Se observa también igual dificultad que la mencionada respecto de la interpretación de la posición en el análisis de gráficos: identifican la velocidad –incluso consignan bien el signo– pero no pueden interpretar si el objeto se está acercando o alejando respecto al origen de coordenadas elegido.

Entre los que encuentran diferencias en el significado del término *aceleración*, muchos estudiantes señalan que “en el lenguaje cotidiano se usa el término *aceleración* como sinónimo de *velocidad*”, pero no todos atribuyen el significado correcto en el contexto de la física. Algunos definen a la *aceleración* como la variación de la velocidad en el tiempo, pero otros –en coincidencia con los que no encuentran diferencias en los significados cotidianos y de la física– sostienen que la *aceleración* es “el aumento de velocidad a través del tiempo”. En coincidencia con la similitud que encuentran entre los significados de *velocidad* y *aceleración* en el contexto cotidiano, los estudiantes de Física I muestran dificultades para analizar los cambios en la dirección del vector velocidad en vinculándolos con alguna fuerza central que genere *aceleración* radial y en la atribución de significado a un movimiento con signos de velocidad y *aceleración* contrarios.

Con relación al término *fuerza*, la mayoría de los estudiantes señalan diferencias de significado, pero no explicitan la noción de interacción y perseveran en la idea de “aplicación” de la fuerza –que posee un objeto– sobre otro. También se asocia a la fuerza con el movimiento: “En la vida cotidiana se asocia con la capacidad que tiene una persona de mover objetos[...] en física es algo abstracto que se le aplica a un objeto para realizar o no un movimiento”; “fuerza en física es una variable” “En física la fuerza es un estímulo que se le aplica a un cuerpo para alterar sus condiciones iniciales”. Se observa que, aunque los estudiantes sostienen que existen diferencias de significado, siguen atribuyendo características a la magnitud fuerza que pueden ser válidas sólo fuera del contexto de la física. “Cotidianamente usamos fuerza como algo que tenemos, mientras que en física sabemos que es algo que podemos ejercer o aplicar”. Esta dificultad se observa también en la resolución de problemas, donde muchos representan algunas fuerzas (como la que ejerce una mano al arrojar un objeto cuando en un enunciado se dice “se arroja un objeto con una velocidad inicial v_0 ”) y no pueden justificar la interacción de la cual dicha fuerza proviene.

IV. CONCLUSIONES

Muchos estudiantes son capaces de comprender que, aunque en el contexto de la física se usan términos que también se usan en el lenguaje cotidiano, el significado de los mismos difiere. Pero, a pesar de señalar que existe diferencia, les cuesta expresar el significado de los términos en cada uno de los dos contextos.

De modo general se observa un deficiente desarrollo de las habilidades cognitivas lingüísticas en las producciones escritas del grupo de estudiantes analizado, en particular respecto de la habilidad *definir*.

Se evidencia la necesidad de desarrollar en el aula actividades tendientes a favorecer la identificación de aquellas características relevantes –necesarias y suficientes– para la construcción de definiciones ya que, sin conocer el significado de un término, es muy difícil que pueda aplicarse el concepto designado por él de manera correcta.

Dado que la formulación matemática de un concepto no agota el significado del término que lo designa, resulta necesario trabajar en el aula de física sobre todos los aspectos relevantes de una magnitud o concepto métrico (matemático, conceptual, experimental, ontológico). Es necesario que el docente haga una presentación completa de los conceptos que va a utilizar y que colabore en la desambiguación de los términos que designan dichos conceptos respecto del significado en el contexto cotidiano.

Se corrobora, a partir de las respuestas de un grupo de estudiantes de la asignatura Física I, la atribución de características propias de algunos términos de la física a través de vinculaciones directas con aquellas atribuidas en el lenguaje cotidiano.

REFERENCIAS

Caamaño, A. (1998). Problemas en el aprendizaje de la terminología científica. *Alambique*, 17, 5-10.

Campanario, J.M., Otero, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), 155-169.

De Pro Bueno, A. (2003). La enseñanza y el aprendizaje de la física. En, Jiménez Aleixandre, M^a. P., Pedriñaci, Rodríguez, E., Viera Sánchez, A., Caamaño Ros, A., de Pro Bueno, A. y Oñorbe de Torre, A. *Enseñar ciencias*. Barcelona: Grao.

Díez, J. y Moulines, C.U. (1999). *Fundamentos de filosofía de la ciencia*. Barcelona: Ariel. [1^a ed., 1997]

Fleisner, A. (2011). Hacia una teoría de la referencia para los términos de magnitudes físicas. *Revista Latinoamericana de Filosofía*, 37, 5-33.

Fleisner, A., Ramírez, S. y Viera, L. (2016). El lenguaje de la física: la importancia de la información contenida en los conceptos métricos. *Latin-American Journal of Physics Education*, 10(4), 43061-43068.

Gómez-Moliné, M. y Sanmartí, N. (2000). Reflexiones sobre el lenguaje de la ciencia y el aprendizaje. *Educación Química*, 11(2), 266-273.

Hempel, C.G. (1988). *Fundamentos de la formación de conceptos en ciencia empírica*. Madrid: Alianza.

Ibarra, A., y Mormann, T. (2000) Una teoría combinatoria de las representaciones científicas. *Critica*, 32(95), 3-46.

Lemke, J. (1997). *Aprender a hablar ciencia*. Barcelona: Paidós.

Sabaini, Ma.B. y Fleisner, A. (2018). Textos argumentativos en los informes de trabajos prácticos de laboratorio. *Enseñanza de la Física*, 30, 199-209.

Sanmartí, N., (1997). Enseñar a elaborar textos científicos en las clases de ciencias. *Alambique*, 12, 51-61.

Sutton, C. (1997). Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje. *Alambique*, 12, 8-32.

Sutton, C., (2003). Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje, *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 21-25.

Vygotsky, L. (1978). *Mind in society*. London: Harvard University Press.

Wainmaier, C. y Fleisner, A. (2015). Interpretación del lenguaje simbólico de la física: las “lecturas” de los estudiantes. *Latin-American Journal of Physics Education*, 9(2), 2501/1- 2501/8.