

Conceptos y relaciones entre conceptos de la mecánica newtoniana en estudiantes que ingresan a la universidad

Cristina Wainmaier¹, Cristina Speltini² y Julia Salinas³

¹Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes, Argentina, E-mail: cwainmaier@unq.edu.ar.²Facultad Regional Avellaneda, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina, E-mail: cspeltini@fra.utn.edu.ar.³Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, E-mail: jsalinas@herrera.unt.edu.ar

Resumen: La comprensión de los estudiantes sobre la naturaleza epistemológica de la Física recibe cada vez mayor atención en la investigación educativa en ciencias, dada su incidencia sobre el aprendizaje. En este trabajo de carácter exploratorio, basándonos en investigaciones previas, informamos sobre concepciones epistemológicas relevadas a partir de un cuestionario, en estudiantes ingresantes a la universidad. El análisis permitió identificar incomprendimientos y limitaciones epistemológicas, en el campo de la Mecánica Newtoniana, vinculadas con: la dependencia crucial del significado de los conceptos científicos fácticos con el contexto al que pertenecen, la idea que los conceptos científicos fácticos son creaciones intelectuales que trascienden los hechos, y la distinción entre definiciones y leyes.

Palabras clave: conceptos–definiciones–leyes, naturaleza epistemológica, estudiantes, física.

Title: Concepts and relations between concepts of Newtonian Mechanics in students entering the University.

Abstract: Research on science education pays increasing attention to student comprehension of the epistemological nature of Physics, due to its impact on learning. This paper of exploratory characteristics, based upon previous research, addresses the epistemological conceptions surveyed on university freshmen. The survey analysis allowed the identification of epistemological misconceptions and limits within the Newtonian Mechanics field, related to: the vital dependence of the meaning of the scientific concepts with the context at which they belong, the idea that the scientific concepts are intellectual creations that go beyond the facts, and the difference between laws and definitions.

Keywords: concepts-definitions-laws, epistemological nature, students, physics.

Introducción

En el nivel universitario, los objetivos declarados de la enseñanza de la Física están centrados fundamentalmente en el aprendizaje comprensivo de conceptos, leyes, teorías y modelos de la disciplina. En el campo específico

de la Mecánica Newtoniana, distintas investigaciones ponen de manifiesto la presencia de serias y extendidas dificultades de entendimiento por parte de los estudiantes universitarios, una vez que han concluido el cursado y han aprobado la asignatura correspondiente (Viennot, 1979; Covián Regales y Celemín Matachana, 2008).

Estas dificultades con la Mecánica Newtoniana no son exclusivas del nivel universitario. En las escuelas de enseñanza media, en la que se promueve fundamentalmente una formación propedéutica, se han detectado también importantes limitaciones en los aprendizajes alcanzados (Hierrezuelo Moreno y Montero Moreno, 1989).

Distintos planteamientos, basados en concepciones constructivistas del aprendizaje, han orientado el diseño de desarrollos educativos potencialmente superadores cuyos resultados han sido controlados (Cubero, 2005). En todos ellos se considera que aquello que los estudiantes "ya saben" es un factor decisivo sobre lo que son capaces de aprender (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983). Son numerosos los trabajos que, además, ponen en evidencia un cierto paralelismo entre esquemas explicativos-predictivos de los estudiantes, y construcciones conceptuales aceptadas en épocas pasadas por la comunidad precursora de los científicos actuales. Esta investigación se ubica entre las que hipotetizan que estas semejanzas podrían reconocer su origen en estrategias cognitivas, restricciones axiológicas, epistemológicas y ontológicas compartidas (Piaget, 1972; Piaget y García, 1982; Gil y Carrascosa, 1985; Matthews, 1992; Gil, 1993; Cudmani et al. 2000; Wainmaier y Salinas, 2005).

Desde esta perspectiva se entiende que una adecuada comprensión de los conocimientos disciplinares requiere una adecuada comprensión de los criterios, los valores, las metas y las concepciones que actúan como moldes en el proceso de su construcción y validación. En particular, las concepciones epistemológicas de los estudiantes podrían constituir una clave para interpretar sus dificultades de aprendizaje, y una dimensión a ser atendida en la enseñanza para favorecer mejores comprensiones (McComas, 2000).

Distintos autores sostienen que las concepciones epistemológicas de los estudiantes influyen en los resultados del aprendizaje de los contenidos científicos (Songer y Linn, 1991; Duschl y Hamilton, 1998; Salinas et al., 1995; Campanario y Otero, 2000; Staphopoulou y Vasniadou, 2005). Esta línea de trabajo ha sido adoptada en diversas investigaciones (Strike y Posner, 1991; Leach et al., 1997; Vázquez y Manassero, 1999) brindando resultados dispares en lo que se refiere a la relación entre "comprensión epistemológica" y "comprensión conceptual".

Para orientaciones educativas que comparten un propósito propedéutico, hemos sugerido (Salinas, Wainmaier y Guridi, 2006) que esa dispersión podría estar directamente relacionada con el modo en que se operativiza la noción "comprensión epistemológica". Los resultados no muestran una relación clara entre "comprensión epistemológica" y "comprensión conceptual", cuando la comprensión epistemológica se aborda desde una perspectiva que podría caracterizarse "de alfabetización científica" - indagando, por ejemplo, sobre la imagen de la ciencia y del conocimiento científico- (Halloun y Hestenes, 1996; Guridi, 1999). Sin embargo, los

resultados sí muestran una clara correlación entre “comprensión epistemológica” y “comprensión conceptual”, cuando la comprensión epistemológica se emprende desde una perspectiva que podría caracterizarse “de formación científica” -indagando sobre la naturaleza epistemológica de los conceptos, las leyes, las teorías y los modelos de la Física (Wainmaier y Salinas, 2005).

Los criterios identificados y los instrumentos elaborados para medir la comprensión epistemológica desde una perspectiva “de formación científica” (Wainmaier, 2003), convergen con criterios e instrumentos que hemos desarrollado en otras investigaciones (Cudmani y Salinas, 1991; Salinas 2002 y 2003) desde la misma orientación epistemológica (Bunge, 1980). En todos los casos las incomprensiones epistemológicas que hemos detectado se relacionan, de manera directa, con incomprensiones conceptuales de estudiantes universitarios en cursos básicos de Física.

La labor docente con estudiantes del Curso de Ingreso de la Universidad Nacional de Quilmes, en el que se promueve fundamentalmente una formación propedéutica, permitió detectar incomprensiones en torno a la naturaleza epistemológica de la Mecánica Newtoniana. A la luz de los antecedentes mencionados, pareció interesante realizar un estudio exploratorio de carácter sistemático; se decidió comenzar por relevar las concepciones de los estudiantes sobre “conceptos” y sobre “relaciones entre conceptos (definiciones y leyes)”, en Mecánica Newtoniana.

Concretamente, en esta etapa el objetivo consiste en indagar si los estudiantes:

- I. Reconocen la dependencia crucial del significado de los conceptos con el contexto al que pertenecen.
- II. Conciben a los conceptos científicos fácticos como creaciones intelectuales que trascienden los hechos.
- III. Distinguen entre definiciones y leyes.

Caracterización de los conceptos, las definiciones y las leyes de la Mecánica Newtoniana

En lo que sigue presentaremos, brevemente, algunos aspectos de una caracterización epistemológica de los conceptos, las definiciones y las leyes de la Mecánica Newtoniana; sólo haremos referencia a aquellos que consideramos pertinentes al objetivo planteado para el estudio.

Los conceptos son los ladrillos del conocimiento, la mínima entidad con significado. Desde el punto de vista semántico, los conceptos que utiliza la disciplina pueden ser formales (lógicos y matemáticos) o fácticos (relacionados con el mundo). Dentro de los conceptos fácticos se encuentran los conceptos teóricos, que constituyen el núcleo de la Mecánica Newtoniana. A su vez, los conceptos fácticos teóricos pueden ser observacionales (referidos a entidades o propiedades observables) o no-observacionales (no denotan entidades o propiedades de experiencia). Obsérvese que “concepto observacional” no es lo mismo que dato; un dato es una afirmación que expresa el resultado de una observación (Bunge, 1980). En Mecánica Newtoniana, conceptos como “cuerpo” y “posición” son

observacionales, mientras conceptos como "punto material", "masa" y "fuerza" son no-observacionales. Un dato sería, por ejemplo: "El móvil A se mueve a 20 m/s".

Las definiciones son operaciones puramente conceptuales, por las cuales se introducen conceptos cuya significación se especifica a través de una correspondencia con los conceptos definientes (Bunge, 1980). Por ejemplo, la velocidad media se define como el cociente entre el desplazamiento realizado y el intervalo de tiempo empleado.

Las leyes son relaciones constantes (entre aspectos seleccionados de los hechos) que se cumplen en el mundo (Bunge, 1980). Las leyes de nivel alto son las de máxima generalidad (por ejemplo, la segunda ley de Newton). Las leyes de nivel bajo son específicas para casos particulares (por ejemplo, la expresión para el desplazamiento en un movimiento de caída libre). Los conceptos son los nudos de una red de interrelaciones sistemáticas en las que las leyes constituyen los hilos (Hempel, 1973).

Características relevantes de los conceptos

Los conceptos científicos fácticos son creaciones intelectuales que surgen del interjuego entre la mente y la naturaleza. Son abstractos y trascienden los hechos. Los científicos conjeturan lo que hay detrás de los hechos observados e inventan conceptos (tales como los de átomo, campo, energía) que carecen de correlato empírico, aún cuando presumiblemente se refieren a cosas, cualidades o relaciones existentes objetivamente (Bunge, 1980). El carácter abstracto de las nociones científicas, así como su presunta lejanía de las características que presentan las cosas en la experiencia cotidiana, son concomitantes inevitables de la búsqueda de explicaciones sistemáticas y de gran alcance (Nagel, 1981).

Los conceptos científicos fácticos son fecundos: éstos se deben presentar en diversas leyes y teorías, para hacer frente a determinadas necesidades teóricas o prácticas. La creación de conceptos no es arbitraria. Se proponen tentativamente y pueden (o no) ser incorporados al cuerpo de conocimiento, según se muestren (o no) adecuados o útiles (Bunge, 1980; Holton y Brush, 1989).

Los conceptos científicos son claros y precisos. De la claridad y precisión de los conceptos, de la comprensión compartida de sus significados por parte de quienes los usan, dependerá -en gran medida- el rigor y la objetividad del marco teórico al que pertenecen. Si un término usado por la ciencia es recogido del lenguaje ordinario se lo transforma y precisa incluyéndolo en esquemas teóricos, de tal manera que sea fructífero en el ulterior desarrollo de la ciencia (Bunge, 1980). Todo sistema de conceptos atraviesa estados de evolución (Toulmin, 1977).

El significado de un concepto es contextual: depende de la función que desempeña en una teoría dada, de modo que su significado se especifica y afina en el seno de la misma. Hempel (1973) afirma que para entender el significado de un término científico y usarlo con propiedad se debe conocer su papel sistemático, indicado por los principios teóricos en los que funciona y que lo conectan con otros términos teóricos. Bunge (1980) señala que en las ciencias fácticas la definición de un concepto no agota su significado, y

menciona diversos procedimientos adicionales para especificar la significación de un concepto: las ejemplificaciones, las clasificaciones, las referencias operativas y, sobre todo, la formulación e interrelación de leyes.

Características relevantes de las relaciones entre conceptos (definiciones y leyes)

En el proceso de construcción del conocimiento científico sobre el mundo se dio un paso trascendental cuando se incorporaron los recursos de la matemática al análisis y descripción de la naturaleza, y se adoptó una metodología que integra la experimentación con la lógica (Blanché, 1972). El cumplimiento de las reglas de la Lógica y el profundo vínculo que relaciona la Matemática con la Física, no debilitan las sustanciales diferencias que existen entre los enunciados de naturaleza formal y los enunciados de naturaleza fáctica (Bunge, 1980; Salinas, 2007). Al respecto cabe señalar que:

En Física las relaciones matemáticas con las que se simbolizan enunciados encierran un significado físico. Mientras los enunciados que se proponen en las ciencias formales consisten en relaciones entre símbolos, los enunciados de las ciencias fácticas se refieren (aunque mediatamente), en su mayoría, a sucesos y procesos: cualquier sentencia enunciada en ese lenguaje exige una interpretación determinada de los signos, para que no resulte un esquema vacío que no afirma nada sobre el mundo (Bunge, 1980).

Las definiciones son proposiciones necesarias, que asignan significado a los conceptos. Son convenciones, equivalencias entre dos grupos de términos; ninguna operación puede confirmarlas o disconfirmarlas y sólo admiten el análisis lógico o matemático. Su validez es necesaria si todas las operaciones en que interviene el enunciado respetan las reglas lógicas establecidas (Salinas, 2002). En el ámbito de la Mecánica Newtoniana no corresponde controlar, por ejemplo, si se cumple que la componente x de la velocidad media de una partícula coincide con la razón del desplazamiento Δx al intervalo de tiempo Δt .

Las leyes son proposiciones contingentes, hipótesis confirmadas fácticamente. Las mismas expresan pautas generales o regularidades, relaciones invariantes y de dependencia entre aspectos seleccionados de modelos ideales de hechos del mundo. Su validez es contingente, no valen siempre, de modo que son enunciados que pueden (o no) verificarse en sistemas físicos acordes a los supuestos del modelo (Salinas, 2002). En el ámbito de la Mecánica Newtoniana la validez de, por ejemplo, la relación teórica entre velocidad final y altura inicial establecida por la ley de la caída libre, debe controlarse empíricamente para cuerpos concretos (Cudmani y Salinas, 1991). Por otra parte, cabe destacar que las simplificaciones se realizan siempre, esto implica que indefectiblemente las leyes son aproximadas, tienen límites de validez y son provisorias (Bunge, 1980). Aunque tienen un ámbito restringido de validez, son enunciados estrictamente universales en el sentido de que no admiten excepciones si se cumplen las condiciones para las que han sido establecidas. El "universo" al que refiere la ley no es el universo real sino el universo de los sistemas que cumplen los supuestos del modelo.

Cabe destacar también que las leyes predicen, describen o explican el comportamiento de sistemas físicos y son un elemento fundamental para asignar significados a los conceptos.

Aspectos metodológicos

Para analizar las visiones epistemológicas de los estudiantes se elaboró un cuestionario (ver Anexo). El mismo fue diseñado a partir de enunciados empleados anteriormente (Wainmaier y Salinas, 2005) que fueron adaptados para el nivel educativo bajo análisis. Se procuró presentar a los estudiantes situaciones que fueran potencialmente interesantes y de fácil interpretación. La poca familiaridad de los estudiantes con las reflexiones de tipo epistemológicas hizo que se tuviera especial cuidado en la redacción de los enunciados. Se prefirió utilizar términos no muy técnicos, empleando un lenguaje que les resultara más familiar.

Una primera versión del cuestionario se puso a prueba en una experiencia piloto con estudiantes de perfil similar a la muestra definitiva (Núñez et al, 2007). Este procedimiento permitió precisar algunas preguntas, mejorar la presentación y redacción del cuestionario y seleccionar aquellas actividades que se mostraron más accesibles para los estudiantes y que resultaron más potentes que otras para lograr que los estudiantes manifestaran sus ideas.

Con esta primera experiencia piloto se advirtió que algunos estudiantes no comprendían el término "concepto"; esta dificultad llevó a incorporar en los enunciados ejemplos concretos y familiares que ilustraran esta idea (en uno de los enunciados empleados en la experiencia piloto, se pedía en términos generales que dijeran si los conceptos en la vida cotidiana tienen igual significado o no que en Física; en la nueva versión de la primera actividad del cuestionario, en el enunciado se incorporaron ejemplos concretos de conceptos físicos y se pidió que seleccionen un ejemplo de los dados y expliquen las diferencias o similitudes de significados).

Los resultados obtenidos en esta primera experiencia piloto mostraron también la conveniencia de desglosar, en sus mínimas unidades conceptuales, cada uno de los ítems que conformaron las actividades, de forma que en una misma pregunta no se aludiera a más de una idea epistemológica (las nuevas versiones de las actividades 3 y 4 del cuestionario final, formaban parte de una misma pregunta en el instrumento original).

Otras dos modificaciones surgidas de los resultados obtenidos en esta primera experiencia piloto, consistieron en: i) incorporar sistemáticamente, a lo largo de todo el cuestionario, el pedido de ejemplos toda vez que fuera pertinente; ii) agregar, en la actividad 5 del cuestionario, una columna en la que se pide "Aclara qué es", para el caso en que el estudiante no elija ninguna de las opciones ofrecidas en el enunciado.

Los enunciados modificados fueron sometidos a una segunda experiencia piloto; en esta oportunidad no se advirtieron dificultades que hicieran aconsejable practicar nuevos cambios.

La versión definitiva del cuestionario se conformó por seis actividades. Se ha tenido en cuenta para favorecer una confiabilidad elevada que el

cuestionario tenga más de una cuestión que apunte a un mismo aspecto epistemológico. En todos los ítems se pide una justificación de la respuesta, a fin de que los estudiantes se vean comprometidos a emitir juicios sobre las elecciones realizadas o las respuestas dadas. Con esto se intenta controlar la fundamentación de las respuestas y obtener pistas sobre el tipo de explicación elaborada. Cada vez que era posible se requirió la mención de ejemplos.

El estudio se realizó con un total de 87 estudiantes que recientemente habían culminado sus estudios de bachillerato (título de nivel medio que los habilita para acceder a la Universidad) y que estaban realizando el Curso de Ingreso a las carreras de Arquitectura Naval, Ingeniería en Alimentos, Licenciatura en Biotecnología, e Ingeniería en Automatización y Control Industrial de la Universidad Nacional de Quilmes, en Argentina.

El instrumento elaborado se administró por escrito para ser resuelto en forma individual, en dos encuentros. Los 87 estudiantes de la muestra habían participado en los dos encuentros.

Para establecer categorías en el análisis, las respuestas brindadas por los estudiantes fueron analizadas sistemáticamente desde el marco teórico señalado en el apartado que hace referencia a la caracterización de los conceptos, las definiciones y las leyes de la Mecánica Newtoniana. Emergieron así categorías de índole epistemológica, coherentes con el marco teórico mencionado.

Para mejorar la fiabilidad en la categorización, los registros fueron categorizados individualmente por los investigadores y posteriormente se discutieron algunas diferencias y se buscaron consensos. Las categorías emergentes de este proceso se constituyeron en referentes para seguir analizando el resto de los registros.

Presentación de los resultados

1. Dependencia crucial del significado de los conceptos con el contexto al que pertenecen. (Corresponde a las cuestiones planteadas en las actividades 1 y 2).

a. Las respuestas brindadas en la actividad 1 dan cuenta, como muestra la tabla 1, que los estudiantes tienen serias dificultades para reconocer que los conceptos en Física y en la vida cotidiana tienen diferentes significados.

| Concepto | Igual significado | Diferente significado |
|-----------------|--------------------------|------------------------------|
| Movimiento | 82% | 18% |
| Fuerza | 57% | 43% |
| Trabajo | 25% | 75% |
| Energía | 49% | 51% |

Tabla 1.- Significado en los ámbitos científico y cotidiano de los conceptos dados.

Un detenido análisis de las justificaciones y ejemplos dados permite advertir que:

El 18% de los estudiantes sostiene que los cuatro conceptos presentados tienen idéntico significado en la vida cotidiana y en el campo científico (16/87). De ellos, 14/16 afirman que "todos" los conceptos que utiliza la Física tienen el mismo significado en ambos ámbitos. La gran mayoría (12/14) asocia las similitudes señalando vínculos entre la Física y la vida cotidiana. Por ejemplo señalan que: "la física estudia fenómenos de la vida cotidiana"; "en la vida cotidiana todo el tiempo estamos aplicando Física"; "todos nos movemos, hacemos fuerza". Algunos agregan que la Física utiliza fórmulas y cálculos para determinar valores numéricos, mientras que esto no ocurre en la vida cotidiana. Por ejemplo un estudiante dice: "Todos los conceptos son iguales porque se aplican a la vida cotidiana pero lo que ocurre es que no vamos por la vida teniendo en cuenta fórmulas, haciendo cálculos"; otro estudiante afirma: "Tienen igual significado pero en la vida cotidiana no andamos haciendo cálculos", y agrega "supongamos una persona empujando un auto, en Física si no tenemos los valores no podemos hacer nada". El resto (2/14) señala que tienen el mismo significado pero que en la vida cotidiana se los emplea mal.

El 69% de los estudiantes sostiene que algunos conceptos comparten el mismo significado y otros no (60/87). Al justificar sus posiciones, algunos señalan diferencias asociadas al carácter preciso de los conceptos en el ámbito científico (11/60). Otros dan cuenta que algunos conceptos tienen igual significado haciendo referencia a que la Física está asociada a la vida cotidiana (7/60) y algunos aluden a una mala utilización del significado de los conceptos en el ámbito cotidiano, asignándole a la Física el atributo de dar el verdadero significado (6/60). Por ejemplo señalan: "En la vida cotidiana se usan muchas palabras mal y se tienen conceptos equivocados". El resto de los estudiantes establece diferencias o similitudes brindando sólo ejemplos (18/60) o dan respuestas vagas (17/60).

Solamente el 13% reconoce que los significados cotidianos y los científicos son diferentes para los cuatro conceptos dados (11/87). De ellos, 9 estudiantes reconocen que "todos los conceptos" tienen significado diferente en ambos ámbitos. Algunos justifican haciendo referencia a la precisión de los conceptos en el ámbito científico (5/11); otros tienen dificultades para fundamentar las diferencias o identificar aspectos que los distinguen, y brindan ejemplos o respuestas vagas (5/11). Sólo un estudiante da alguna idea de que el significado depende del contexto señalando: "Las cosas se ven de una forma en la vida cotidiana y de otra en física ya que es otro ámbito". En todos los casos el término "precisión" atribuido a los conceptos en el campo de la Física está vinculado con ideas tales como: "más específicos"; "se hacen cálculos"; "mayor propiedad"; "se utilizan definiciones"; "menor ambigüedad"; "tienen una fórmula". En general, la precisión se asocia más a lo cuantitativo que a lo cualitativo.

Al analizar los ejemplos que dan los estudiantes para aclarar las similitudes y/o diferencias entre los significados de los conceptos en el ámbito científico y en el cotidiano, se advierte:

- Indiferenciación de conceptos dentro del campo de la Física. Algunas indiferenciaciones frecuentes son: fuerza y energía; energía y calor; trabajo y fuerza. Por ejemplo: "Fuerza es la energía necesaria para realizar trabajo"; "Trabajo es la fuerza aplicada sobre un objeto".

- Asimilación de los conceptos físicos a las ideas empleadas en la vida cotidiana. Por ejemplo, la idea de fuerza es considerada como la "causa del movimiento" o está asociada a la idea cotidiana de "esfuerzo", "empujar", "levantar", "mover". El trabajo, es conceptualizado como "esfuerzo a lo largo de un desplazamiento". Parecería ser que al intentar buscar un correlato fáctico se vincula la idea de trabajo con la idea cotidiana de esfuerzo.

b. Las respuestas a la actividad 2, relacionada con los mecanismos idóneos para asignar y precisar el significado de un concepto científico fáctico, se han organizado según tres categorías: Sólo por definición; Por definición, ejemplos y experimentación; Interacción con el marco teórico.

El 17% de los estudiantes dice que es suficiente dar una definición para que un concepto adquiriera significado (15/87). Muchos acompañan esta afirmación escribiendo alguna expresión matemática.

La mayoría de los estudiantes (60%) reconoce diferentes procedimientos para asignar significado y usar con propiedad los conceptos (52/87). Prevalece la idea de que, además de la definición, otros mecanismos útiles para precisar y dotar de significado son: dar ejemplos de aplicación de los conceptos ("usarlos en casos concretos", "en la vida cotidiana", "en problemas", "en fórmulas", "en cálculos") o hacer uso de la experimentación ("experiencias para comprobarlo"; "observar y experimentar"; "verificarlo con demostraciones y experiencias que permitan ver y corroborar el tema").

La categoría Interacción con el marco teórico sólo se encuentra presente en el 3% de las respuestas. Muy pocos estudiantes son los que parecen tener una idea de la importancia fundamental de la teoría científica a la que pertenece el concepto para comprender su significado y usarlo con propiedad (3/87). En tal sentido uno afirma: "La definición es importante pero no es suficiente. En Física es muy importante para hablar de un concepto tener en cuenta otros conceptos, buscar nexos y diferencias con otras ideas. Debe existir una teoría clara y precisa que justifique esa definición".

Se encontró un 20% de respuestas vagas que no pudieron ser categorizadas.

II. Los conceptos científicos fácticos son creaciones intelectuales que trascienden los hechos (Corresponde a las cuestiones planteadas en las actividades 3 y 4).

Las respuestas se han organizado según las categorías que se indican a continuación:

Los conceptos están en la naturaleza, surgen de la observación pura.

Los conceptos están en la naturaleza, no surgen de la observación pura.

Los conceptos surgen del interjuego entre la mente y la naturaleza.

La mayoría de los estudiantes (82%) sostiene que "los conceptos están en la naturaleza" (71/87). Afirman, por ejemplo, que la atracción gravitatoria no es un constructo intelectual para interpretar lo que ocurre, sino una entidad física real que provoca los comportamientos que se observan. Dentro de esta categoría:

El 31% de los estudiantes sostiene que los conceptos son descubiertos a partir de la "observación de los fenómenos" (27/87). En coincidencia con lo reportado en otros trabajos (Salinas, 1994; Halloun y Hestenes, 1996), los estudiantes parecen concebir a la observación como la base segura y excluyente del conocimiento científico. Por ejemplo, afirman que: "El concepto de gravedad nació a partir de que Newton vio caer la manzana" y agregan que "la gravedad es un descubrimiento ya que esa fuerza ejercida por la Tierra a un objeto es real".

El 51% de los estudiantes, si bien sostiene que los conceptos están en la naturaleza, alude a que los mismos no surgen de la observación pura: "la interpretación de los fenómenos", "el interés", "el conocimiento", "el pensamiento de los científicos" también entra en juego (44/87). Por ejemplo, señalan que: "Los conceptos, tal como el de gravedad, surgen a partir de la observación de la naturaleza y de la interpretación y sentido que le dan los científicos", y agregan que "los conceptos ya existen y estos son observados e interpretados".

Son muchos los estudiantes que consideran que conceptos tales como "masa", "energía", "inercia", y particularmente "gravedad", están en la naturaleza. Confunden los hechos con ideas construidas para interpretarlos. En las respuestas se advierte, en coincidencia con lo que señalan por ejemplo Pozo y Gómez Crespo (1998), que tienen dificultades para reconocer que algunas ideas hacen alusión a procesos y no a cosas (como la idea de calor), o a propiedades relacionales de las cosas y no a propiedades intrínsecas o absolutas de las mismas (como la idea de masa, inercia, gravedad). Lejos de considerarlos como conceptos que cobran sentido dentro de ciertas teorías y modelos interpretativos de las propiedades de la materia, los asumen como realidades de la misma.

Sólo el 7% de los estudiantes tiene ideas cercanas al marco teórico adoptado y reconoce que los conceptos surgen a través del interjuego entre una "actividad mental creativa / modeladora" y la "observación del comportamiento de la naturaleza" (6/87). Por ejemplo afirman que: "Las observaciones pueden dar datos, pero los conceptos se basan en las suposiciones que hacen los científicos para explicar los hechos, por ejemplo la gravedad no es visible pero es una buena suposición" y agregan que "se crean conceptos y esas creaciones tienen justificaciones en los hechos reales".

El 8% de los estudiantes brindan respuestas vagas, mientras que el 3% no responde.

III. Distinción entre definiciones y leyes (Corresponde a las cuestiones planteadas en las actividades 5 y 6).

Las respuestas brindadas a los diferentes ítems de la actividad 5 muestran que los estudiantes tienen serias dificultades para distinguir entre definiciones y leyes. Como muestra la tabla 2, se ponen en evidencia serias limitaciones para dilucidar si una expresión dada en lenguaje matemático corresponde a una ley o a una definición.

Predomina la idea de que las expresiones dadas son definiciones, con excepción de la expresión correspondiente a la segunda ley de Newton,

para la que la mayoría afirma que hace referencia a una ley y también a una definición (algunos estudiantes agregan que es la definición de fuerza). Cabe destacar que los enunciados que, según los estudiantes, no son ni leyes ni definiciones, son categorizados como "fórmulas". Por ejemplo un estudiante, que clasificó a todas las expresiones dadas como fórmulas, señala: "Son fórmulas matemáticas para determinar lo que se quiere buscar". Otro afirma, haciendo referencia a la ley de la posición en función del tiempo para el MRUV: "Es una fórmula para calcular la distancia"; en el mismo sentido otro concluye: "Es una fórmula, una ecuación porque tiene x".

| Enunciado | Definición | Ley y Definición | Ley | Fórmula | No contestan |
|--------------------------------------|------------|------------------|-----|---------|--------------|
| $F = m.a$ | 24% | 37% | 33% | 9% | 11% |
| $x = x_0 + v_0.t + \frac{1}{2}a.t^2$ | 40% | 14% | 13% | 19% | 14% |
| $E_m = E_c + E_p$ | 30% | 26% | 25% | 6% | 13% |
| $x = v.t$ | 38% | 14% | 22% | 18% | 8% |
| $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ | 33% | 24% | 26% | 11% | 6% |

Tabla 2.- Distinción entre definiciones y leyes en casos concretos.

b. No ha resultado sencillo caracterizar las respuestas al ítem que solicita establecer diferencias entre definiciones y leyes ya que las respuestas, en líneas generales, fueron muy breves. Una posible categorización de las respuestas a este ítem es: No establecen diferencias; Establecen diferencias correctas; Establecen diferencias incorrectas.

El 16% de los estudiantes no reconoce diferencias y mayoritariamente señalan que tanto la ley como la definición, sirven para explicar (14/87).

El 48% de los estudiantes establece diferencias entre definición y ley (42/87). Sin embargo, sólo el 4% hace referencia a que las definiciones son convenciones y da alguna idea del reconocimiento de que las leyes tienen límites de validez; por ejemplo, un estudiante afirma: "Una definición es una convención, mientras que una ley se cumple si se dan las condiciones específicas para que valga". En las respuestas del resto, (44%), si bien se advierte que se establecen diferencias, se evidencian incomprensiones en relación a la naturaleza de las leyes o de las definiciones. Particularmente, 9 estudiantes tienen incomprensiones vinculadas a la naturaleza de ambas, por ejemplo señalan que: "Las leyes se cumplen siempre, las definiciones tienen excepciones"; "las definiciones demuestran (o justifican) la validez de las leyes".

El resto de los estudiantes (31/87) no contesta (17%) o brindan respuestas confusas que no han sido posible de categorizar y fueron consideradas como respuestas vagas (19%).

Al analizar las respuestas que dieron los estudiantes a este ítem (56/87), como se muestra en la tabla 3, se advierten serias limitaciones para establecer características apropiadas de las leyes.

Entre las visiones inapropiadas prevalecen, en coincidencia con los resultados encontrados en otros trabajos (Dèsauteles y Larochelle, 1998), aquellas que sostienen que las leyes valen siempre, están en la naturaleza y no cambian en el tiempo. Se podría advertir aquí una indiferenciación entre "leyes de la naturaleza" y "leyes de la Física" (Bunge, 1980).

| Característica | Visión apropiada | Visión inapropiada | No hacen referencia a la característica |
|------------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| Provisorias | 2% | 11% | 87% |
| Límites de validez | 7% | 54% | 39% |
| Control empírico | 25% | 4% | 71% |
| Trascienden los hechos | 0% | 25% | 75% |

Tabla 3.- Características de las leyes.

c. Las respuestas relacionadas con la función de las definiciones se han organizado en las categorías siguientes: Asignar significado; Aplicaciones útiles; Explicar.

El 35% de los estudiantes afirma, correctamente, que las definiciones asignan significado a los conceptos (30/87). Por ejemplo, afirman: "Las definiciones ayudan a comprender mejor los conceptos".

El 24% de los estudiantes vincula las definiciones con la aplicación (21/87): "Ayudan a resolver problemas/ejercicios"; "Calcular determinados conceptos"; "Reemplazar datos y arribar a resultados"; "Saber qué unidades usar".

El 16% de los estudiantes relaciona las definiciones con la explicación (14/87): "Explicar situaciones / hechos de la realidad, los por qué".

El 17% de los estudiantes no responden este ítem mientras que el 8% da respuestas vagas.

d. Las respuestas relacionadas con la función de las leyes se han organizado en las categorías: Explicar y Aplicaciones útiles.

El 31% de los estudiantes reconoce que la función de las leyes está asociada a la búsqueda de explicaciones (27/87): "Explicar fenómenos, los por qué, los hechos, la naturaleza, los procesos, la realidad". Ningún estudiante alude a que las leyes son un elemento más para asignar significados a los conceptos.

El 26% de los estudiantes vincula las leyes con expresiones útiles para aplicar (23/87). Por ejemplo: "En física sabemos que dado un ejercicio aplicando leyes podemos resolverlo"; "A partir de $F = m \cdot a$ podemos despejar m y a ".

El 22 % de los estudiantes no responde mientras que el 23% da respuestas vagas.

e. Merecen un análisis particular las respuestas dadas a la actividad 6, en la que se pide que se explique con palabras el significado físico de la

expresión $F = m \cdot a$. Las interpretaciones brindadas por los estudiantes han permitido encontrar las categorías:

- Traducción literal incorrecta.
- Traducción literal correcta.
- Dependencia incorrecta de las variables.
- Significado cualitativo.

Los estudiantes parecen no comprender que en Física las relaciones matemáticas con las que se simbolizan enunciados encierran un significado físico y se constituyen en un elemento fundamental para asignar y precisar significados. Las respuestas muestran que se vacía de significado físico a la expresión: $F = m \cdot a$ (que alude a la segunda ley de Newton si se han definido, previamente y de manera independiente, los conceptos "masa", "aceleración" y "fuerza").

El 68% de los estudiantes se limita a dar una traducción literal de la segunda ley de Newton (59/87). En la mayoría de los casos (66%) la traducción literal es incorrecta y se afirma que "la fuerza es igual a masa por aceleración". Solo dos estudiantes afirman que "F hace alusión a la fuerza neta que se ejerce sobre el sistema en estudio". No se aclara qué condiciones debe cumplir el sistema.

El 8% de los estudiantes parece establecer dependencias incorrectas entre F , m y a que dan cuenta de razonamientos inapropiados (7/87); señalan, por ejemplo: "La fuerza que se ejerce sobre un cuerpo depende de la masa y de la aceleración", "F aumenta si aumenta la masa y la aceleración".

Sólo el 2% de los estudiantes hace alguna referencia al significado físico, aunque con limitaciones en la comprensión de la ley (2/87); señalan, por ejemplo, que "La fuerza neta que se ejerce sobre un cuerpo de masa m es la responsable de la aceleración del mismo", sin especificar condición alguna para "el cuerpo".

El 6% da respuestas vagas, en tanto el 16% no responde la actividad.

En todos los casos están ausentes alusiones a los límites de validez de la ley, así como a cuestiones físicas asociadas al carácter vectorial: ninguno expresa que, desde el modelo de punto material o de sólido rígido en traslación pura, la aceleración adquiere las características vectoriales de la fuerza neta ejercida sobre el cuerpo.

Del análisis global de las respuestas dadas parecería ser que la tendencia de los estudiantes es reducir definiciones y leyes a sus expresiones matemáticas simbólicas y considerar que ambos tipos de enunciados son análogos entre sí: relaciones analíticas, útiles para el cálculo de valores numéricos asociados a los conceptos que intervienen.

A modo de cierre

Los resultados obtenidos en este estudio exploratorio (realizado con estudiantes de un curso de ingreso a la Universidad, sobre temas de

Mecánica Newtoniana tratados en el nivel medio y en el propio curso de ingreso) muestran que porcentajes muy elevados de estudiantes:

I. No reconocen la dependencia crucial del significado de los conceptos con el contexto al que pertenecen.

II. No conciben a los conceptos científicos fácticos como creaciones intelectuales que trascienden los hechos.

III. No establecen distinciones adecuadas entre definiciones y leyes.

Las respuestas de los estudiantes muestran también que estas incomprendiones y limitaciones de índole epistemológica, van acompañadas de incomprendiones y limitaciones de índole conceptual. De hecho, desde el campo de la investigación en educación científica, recibe fuerte apoyo la hipótesis que sostiene la conexión entre epistemología y aprendizaje científico (Piaget y García, 1982; Solaz-Portolés, 2008), en una mirada que integra otros aspectos también fuertemente significativos, como las concepciones alternativas, los modos de razonar, los procedimientos inadecuados, etc., de los estudiantes (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

La conexión entre epistemología y enseñanza científica también ha sido objeto de atención en la investigación (Rodríguez Pineda y López y Mota, 2005), en un reconocimiento a la importancia que tienen las concepciones epistemológicas y de aprendizaje de los profesores en los procesos de enseñanza y aprendizaje de ciencias (Porlán et al., 1998).

Los resultados de este estudio, en convergencia con los de otras investigaciones como las mencionadas, refuerzan, a nuestro criterio, la importancia de incorporar aspectos de índole epistemológica en las clases de Física y en la formación de los profesores de Física.

No estamos proponiendo que la formación en Física se conviertan en una sucesión o alternación de actividades "con contenidos de Física" y "con contenidos de Epistemología", sino que estamos pensando en una educación en la que el proceso de aprendizaje de la Física esté conformado por el tratamiento científico, orientado por el formador, de situaciones que tengan sentido e interés para los aprendices, y en las que se incorporen explícita y funcionalmente reflexiones sobre la naturaleza y construcción del conocimiento enseñando (Gil, 1993). Particularmente el paso de las ideas intuitivas a otras coherentes con las ciencias (ya sea las de la ciencia escolar o aquellas correctas pero incompletas) implica mucho más que interpretar un concepto, una ley o un modelo. Implica un cambio en los principios implícitos, entre ellos los epistemológicos, que guían inadvertidamente la manera en que se interpretan, conciben, explican los fenómenos (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

Nuestra experiencia docente y algunos otros relevamientos sistemáticos que venimos realizando (Salinas, 2002; Wainmaier, 2003) parecerían indicar que en la enseñanza habitual, en general, no se favorece la adquisición funcional y comprensiva de un adecuado entendimiento sobre la estructura del conocimiento científico, que clarifique la índole y la función de los diferentes enunciados que intervienen en él. Muchas veces en clases, al introducir un concepto, se lo hace de forma cerrada y acabada usando el término "es", que parecería agotar el significado del mismo; es importante

considerar que las leyes en que intervienen los conceptos, además de las definiciones y ejemplos en los que aparece, son elementos fundamentales para la asignación de significados. Definiciones y leyes se expresan muchas veces sólo en lenguaje matemático, haciendo una traducción literal de las mismas. Docentes y libros de texto despojan con frecuencia a las leyes de su ropaje de significado fáctico –no explícito en la formulación matemática– y no aluden a su carácter contingente. Esto es un elemento más que podría obstaculizar un aprendizaje comprensivo y puede ayudar a entender, por ejemplo, porqué los estudiantes utilizan con frecuencia definiciones para explicar, o aplican leyes fuera de sus límites de validez. Conviene insistir en las diferencias entre observaciones e ideas creadas para interpretarlas, por ejemplo a partir de la presentación de controversias ocurridas en la historia de los conceptos y teorías, y mostrar cuáles son los criterios científicos para salvar la brecha entre teoría y realidad (Cudmani y Salinas, 1991).

Consideramos que es conveniente el abordaje planificado, gradual y paulatino de estas temáticas y esta orientación de la enseñanza, desde el comienzo de la educación formal en ciencias, a lo largo de toda la educación obligatoria, y en los proceso de formación de profesores de Física. De esta manera se otorgaría a los alumnos tiempo y múltiples instancia para aprender el modo de conocer de la ciencia y para aprender a aprenderlo; habilidad más que necesaria hoy, en la medida en que la nueva sociedad de la información exige de todos nosotros una cultura del aprendizaje basada no tanto en la aceptación de conocimientos establecidos y recibidos desde fuera, cuanto en la construcción de una propia mirada, de un saber propio, a partir de saberes múltiples (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

Campanario y Otero (2000) señalan que la mayor parte de los trabajos de investigación sobre el aprendizaje de las ciencias tienen que ver con dificultades conceptuales y procedimentales, y consideran que los intentos por eliminar las concepciones conceptuales alternativas de los estudiantes pueden resultar inútiles si no se tienen en cuenta sus concepciones epistemológicas. Por nuestra parte consideramos que el discurso epistemológico está en el corazón de la Física y si no se entiende esto es poco probable que se la comprenda.

Hasta el momento las investigaciones sobre la relación entre comprensión epistemológica y comprensión conceptual de los estudiantes son escasas y se apoyan en diferentes operativizaciones que dificultan la generalización. En la búsqueda de interpretaciones más profundas e interconectadas que su mera descripción, creemos que esta es una línea de investigación fructífera para la identificación de aspectos de una cierta estructura en las concepciones de los estudiantes.

Referencias bibliográficas

Ausubel, D.P.; Novak, J.D. y H. Hanesian (1983). *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.

Blanché, R. (1972). *El método experimental y la filosofía de la física*. México: Fondo de Cultura Educativa.

Bunge, M. (1980). *La investigación científica*. Barcelona: Ediciones Ariel.

Campanario, J.M. y J. Otero (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades en el aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18, 2, 154-169.

Covián Regales, E. y M. Celemín Matachana (2008). Diez años de evaluación de la enseñanza-aprendizaje de la Mecánica de Newton en Escuelas de Ingeniería españolas. Rendimiento académico y presencia de preconceptos. *Enseñanza de las Ciencias*, 26, 1, 23-42.

Cubero, R. (2005). *Perspectivas constructivistas*. Barcelona: Editorial Grao.

Cudmani, L.C. y J.J. Salinas (1991). Modelo físico y realidad: importancia epistemológica de su adecuación cuantitativa. Implicancias para el aprendizaje. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 8, 3, 181-192.

Cudmani, L.C.; Pesa, M.A. y J.J. Salinas (2000). Hacia un modelo integrador para el aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18, 1, 3-13.

Désautels, J. y M. Larochelle (1998). The Epistemology of students: the "thingified" nature of scientific knowledge. *International Handbook of Science Education*, 115-126.

Duschl, R.A. y R.J. Hamilton (1998). Conceptual change in science and in the learning of science. *International Handbook of Science Education*, 1047-1065.

Gil, D. (1993). Contribución de la historia y filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación, *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 2, 197-212.

Gil, D. y J. Carrascosa (1985). Science learning as a conceptual and a methodological change. *European Journal of Science Education*, 7,3, 231-236.

Guridi, V.M. (1999). ¿Puede vincularse la comprensión conceptual en Física con el perfil epistemológico de un estudiante? *Tesis de Maestría en Epistemología y Metodología de la Ciencia*, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.

Halloun, I. y D. Hestenes (1996). Interpreting VASS dimension and profiles. *Science & Education*, 7, 1, 3-24.

Hempel, C.G. (1973). *La filosofía de la ciencia natural*. Madrid: Editorial Alianza.

Hierrezuelo Moreno, J. y A. Montero Moreno (1989). *La ciencia de los alumnos*. Madrid: Editorial Laia / Ministerio de Educación y Ciencia.

Holton, G. y S.G. Brush (1989). *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*. Barcelona: Editorial Reverté.

Leach, J.; Driver, R. y P. Scott (1997). A study of progression in learning about the nature of science issues of conceptualization and methodology. *International Journal of Science Education*, 19, 2, 147-166.

Matthews, M.R. (1992). History, philosophy and science teaching: The present rapprochement. *Science & Education*, 1, 1, 11-48.

McComas, W.F. (2000). *The nature of science in science education. Rationales and strategies*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Nagel, E. (1981). *La estructura de la ciencia*. Barcelona: Editorial Paidós Ibérica.

Núñez, R.; Cabana, F.; Wainmaier, C.O y J.J. Salinas (2007). Los conceptos de la física: visiones epistemológicas de estudiantes de diferentes niveles educativos. *Actas Jornadas de enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*, La Plata, Argentina, versión en CD.

Piaget, J. (1972). *Psicología y Epistemología*. Buenos Aires: Emecé Editores.

Piaget, J. y R. García (1982). *Psicogénesis e historia de la ciencia*. México: Editorial Siglo XXI.

Porlán, R.; Rivero, A. y R. Martín del Pozo (1998). Conocimiento Profesional y epistemología de los profesores II. *Enseñanza de las Ciencias*, 16, 2, 271-288.

Pozo, J.I. y M.A. Gómez Crespo (1998). *Aprender y enseñar ciencias. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Editorial Morata.

Rodríguez Pineda, D.P. y A.D. López y Mota (2005). ¿Son las concepciones epistemológicas y de aprendizaje de los profesores de ciencias, conceptual y contextualmente de carácter constructivista? *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra, VII Congreso*, 1-7.

Salinas, J.J.; Gil, D. y L.C. Cudmani (1995). La elaboración de estrategias educativas acordes con un modo científico de tratar las cuestiones. *Memorias de la Novena Reunión Nacional de Educación en Física*, Salta, Argentina, 336-348.

Salinas, J.J. (1994). *Las prácticas de Física básica en el laboratorio*. Tesis Doctoral. Universitat de Valencia, España.

Salinas, J.J. (2002). Lenguaje matemático y realidad material en la enseñanza y el aprendizaje de Física. *Actas del VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, Águas de Lindóia, Brasil.

Salinas, J.J. (2003). El dominio de validez de las leyes de la Física: Incomprensiones de estudiantes y docentes. *Actas de la VIII Conferencia InterAmericana sobre Educación en la Física*, La Habana, Cuba.

Salinas, J.J. (2007). Confusions between necessary and contingent propositions in Classical Physics learning. *Proceedings of International Conference of the European Science Education Research Association*, Malmo, Suecia, 1-10.

Salinas, J.J.; Wainmaier, C.O. y V.M. Guridi (2006). ¿Las concepciones epistemológicas de los estudiantes se relacionan con el aprendizaje de la Física? *Memorias del Octavo Simposio de Investigadores en Educación en Física*, Entre Ríos, Argentina, 1-12.

Solaz-Portolés, J.J. (2008). Concepciones de los estudiantes e historia de la ciencia: El caso del concepto de vacío. En: www.eumed.net/libros/2008c/451/

Staphopoulou, Ch. y S. Vasniadou (2005). Exploring the relationship between epistemological beliefs and physics understanding. *Journal of Educational Psychology*. En: www.cs.phs.uoa.gr/en/staff/vosniadou.html.

Strike, K. y G.J. Posner (1991). Philosophy of Science. *Cognitive Science and Educational Theory and Practice*. New York: Sunny Press.

Songer, N.B. y M.C. Linn (1991). How do students' views of science influence knowledge integration? *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 761-784.

Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana, I*. Madrid: Alianza Editorial.

Vázquez, A. y M. A. Manassero (1999). Características del conocimiento científico: creencias de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 3, 377-395.

Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics, *European Journal of Science Education*, 1, 205-221.

Wainmaier, C.O. (2003). Incomprensiones en el aprendizaje de la Mecánica Clásica Básica. *Tesis de Maestría en Enseñanza de las Ciencias (área Física)*. Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.

Wainmaier, C.O. y J.J. Salinas (2005). Incomprensiones en el aprendizaje de la Mecánica Clásica Básica. *Revista de Enseñanza de la Física*, 18, 1, 39-54.

Anexo

1. Julián ha preparado una lista de conceptos de la Física que le resultan familiares. Pero no tiene en claro si esos conceptos tienen el mismo significado en la Física y en la vida cotidiana. Te pedimos que en la lista que aparece a continuación, marques con una cruz la opción que coincida con tu opinión sobre cada término.

| Concepto | <u>Sí</u> tiene igual significado en la física y en la vida cotidiana | <u>No</u> tiene igual significado en la física y en la vida cotidiana |
|-----------------|---|---|
| movimiento | | |
| fuerza | | |
| trabajo | | |
| energía | | |

SI TODAS TUS RESPUESTAS HAN SIDO AFIRMATIVAS:

- a) Explica por qué consideras que todos esos conceptos sí tienen igual significado en la Física y en la vida cotidiana.
 - b) Aclara tu opinión eligiendo un ejemplo y explicando las similitudes en los significados que se le asigna en la vida cotidiana y en la Física.
 - c) ¿Crees que en general, todos los conceptos que emplea la Física tienen el mismo significado que en la vida cotidiana? Sí No
- Justifica claramente tu respuesta, sea afirmativa o negativa.

SI TODAS TUS RESPUESTAS HAN SIDO NEGATIVAS:

- a) Explica por qué consideras que todos esos conceptos no tienen igual significado en la Física y en la vida cotidiana.
 - b) Aclara tu opinión eligiendo un ejemplo y explicando en qué consisten las diferencias entre sus significados en la Física y en la vida cotidiana.
 - c) ¿Crees que en general, todos los conceptos que emplea la Física tienen significado diferente al de la vida cotidiana? Sí No
- Justifica claramente tu respuesta, sea afirmativa o negativa.

SI EN ALGUNOS CASOS HAS RESPONDIDO AFIRMATIVAMENTE Y EN OTROS NEGATIVAMENTE:

- a) Explica por qué consideras que algunos conceptos sí tienen igual significado en la Física y en la vida cotidiana, y otros no.
- b) Aclara tu opinión eligiendo un ejemplo para el que sí coincida el significado y explica las similitudes en los significados que se le asigna en la vida cotidiana y en la Física.
- c) Aclara tu opinión eligiendo un ejemplo para el que no coincidan los significados y explica en qué consisten las diferencias entre sus significados en la Física y en la vida cotidiana.

2. Con frecuencia se afirma que la definición es el procedimiento óptimo para asignar significados a los conceptos. ¿Crees que es suficiente una definición para comprender el significado de los conceptos científicos y usarlos con propiedad?

SI TU RESPUESTA ES AFIRMATIVA:

Elige un concepto de la Física y defínelo.

SI TU RESPUESTA ES NEGATIVA:

Indica qué procedimiento seguirías para comprender el significado de un concepto científico y usarlo con propiedad.

3. Un grupo de estudiantes está discutiendo sobre la naturaleza de conceptos tales como "gravedad", "masa", "energía", "inercia" que usa la Física.

- Juan sostiene que esos conceptos surgen a partir de la observación de los fenómenos.

- Miguel sostiene que esos conceptos surgen a través de un interjuego entre la mente de los científicos y el comportamiento de la naturaleza.

a) Tu opinión al respecto es:

Más próxima a la opinión de Juan

Más próxima a la opinión de Miguel

Otra (explica):

b) Brinda argumentos que permitan entender las razones que apoyan tu elección.

c) Aclara tu opinión eligiendo un ejemplo y explicando cómo crees que puede haber surgido.

4. El mismo grupo de estudiantes continúa discutiendo sobre la naturaleza de conceptos tales como "gravedad", "masa", "energía", "inercia" que usa la Física.

- Alberto sostiene que esos conceptos son descubiertos por los científicos.

- Luis sostiene que esos conceptos son inventados por los científicos.

a) Tu opinión al respecto es:

Más próxima a la opinión de Alberto

Más próxima a la opinión de Luis

Otra (explica):

b) Brinda argumentos que permitan entender las razones que apoyan tu elección.

c) Aclara tu opinión eligiendo un ejemplo y explicando por qué crees que es un "descubrimiento" o una "invención", según la elección que hayas hecho en el punto a) de este enunciado.

5. Andrés está preparando el examen del Curso de Ingreso y ha elaborado una lista con algunas expresiones que vio, pero no sabe cuáles son definiciones y cuáles son leyes.

a) En la lista de expresiones elaboradas por Andrés, que se presentan a continuación, marca con una cruz la opción que coincida con tu opinión sobre cada una de ellas.

| Expresión | Es una definición. No es una ley | Es una ley. No es una definición | Es una ley también es una definición | No es ni ley ni definición. Aclara qué es |
|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|--|
| $F = m.a$ | | | | |
| $x = x_0 + v_0.t + \frac{1}{2} a.t^2$ | | | | |
| $E_m = E_c + E_p$ | | | | |
| $x = v.t$ | | | | |
| $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ | | | | |

b) Establece diferencias entre definiciones y leyes en Física.

c) Explica en un breve párrafo que utilidad (o función) tienen las definiciones en Física.

d) Explica en un breve párrafo que utilidad (o función) tienen las leyes en Física.

6. Explica con palabras el significado físico de la expresión: $F = m \cdot a$.