

LOS CONCEPTOS DE LA FÍSICA : VISIONES EPISTEMOLÓGICAS DE ESTUDIANTES DE DIFERENTES NIVELES EDUCATIVOS

R. Nuñez¹; F. Cabana²; C Wainmaier³; J. Salinas⁴

¹ Colegio Rafael Hernández, IMAPEC: UNLP.

² Museo de Física, Facultad de Cs. Exactas: UNLP.

³ IMAPAEC, FHyCE: UNLP. Dto. Ciencia y Tecnología: UNQ.

⁴ Dto. Física, Facultad Cs. Exactas y Tecnología, UNT.

nunez_57@yahoo.com.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 la incidencia sobre el aprendizaje que se atribuye a dicha comprensión. Apoyándonos en una caracterización de los conceptos científicos fácticos y en investigaciones realizadas para el nivel universitario, encaramos un trabajo de carácter exploratorio para otros niveles educativos, sobre visiones de los estudiantes referidas a la naturaleza epistemológica de tales conceptos. Nos preguntamos: I- ¿Qué comprensión alcanzan los estudiantes sobre la dependencia crucial del significado de los conceptos con el contexto al que pertenecen?, II- ¿Qué comprensión alcanzan los estudiantes en relación a la idea de que los conceptos científicos fácticos son creaciones intelectuales que trascienden los hechos?. Adjuntamos la encuesta utilizada (elaborada a partir de enunciados ya validados), que fue administrada por escrito, resuelta en forma individual y suministrada al comienzo del ciclo lectivo, a tres grupos de estudiantes de los niveles polimodal, terciario e ingreso a la universidad. Presentamos y analizamos los resultados obtenidos en los tres grupos, que permitirían hipotetizar que a lo largo de la escolaridad no se manifiestan modificaciones en las concepciones de los alumnos en relación a los aspectos analizados. El control pormenorizado de esta cuestión queda abierto para futuras investigaciones. De todos modos, a la luz de los resultados preliminares obtenidos y de comportamientos detectados en la práctica docente, se sugieren aspectos a tener en cuenta en la enseñanza de la física.

Palabras clave: Física. Visiones epistemológicas. Estudiantes. Diferentes niveles educativos.

INTRODUCCIÓN

Desde hace años la investigación educativa en ciencias, desde una concepción constructivista del aprendizaje, viene centrando una atención especial en lo que el estudiante ya sabe, como factor que incide fuertemente sobre lo que es capaz de aprender. Entre "lo que ya sabe" hay variables extra conceptuales que merecen la atención de los investigadores. Una de esas variables es la comprensión de la naturaleza epistemológica del conocimiento que se enseña.

Diferentes investigadores consideran a las concepciones epistemológicas entre las variables potencialmente relevantes para el aprendizaje comprensivo (Gil, 1993; Campanario y Otero., 2000, Wainmaier y Salinas. 2005, entre otros), a punto tal que se señala que no sería posible construir conocimientos científicos al margen de una adecuada epistemología de la ciencia (Aikenhead, 1992). Distintos estudios vienen mostrando que los estudiantes mantienen visiones inadecuadas sobre la naturaleza del trabajo y el conocimiento científico (Ryan y Aikenhed, 1992; Vázquez y Manassero, 1999, entre otros).

La labor docente con estudiantes de diferentes niveles educativos nos ha permitido detectar serias limitaciones e incomprensiones en torno a la naturaleza epistemológica de

conceptos y leyes de la Mecánica Newtoniana, lo que nos condujo a encarar un estudio sistemático apoyado en investigaciones realizadas para el nivel universitario (Wainmaier, 2003). Presentamos en este trabajo, de carácter exploratorio para los nuevos niveles educativos considerados, visiones de los estudiantes referidas a la naturaleza epistemológica de los conceptos científicos fácticos. Nos preguntamos: I- ¿Qué comprensión alcanzan los estudiantes sobre la dependencia crucial del significado de los conceptos con el contexto al que pertenecen? II- ¿Qué comprensión alcanzan los estudiantes en relación a la idea de que los conceptos científicos fácticos son creaciones intelectuales que trascienden los hechos?

Breve caracterización de los conceptos científicos fácticos

Los conceptos son los ladrillos del conocimiento científico, la mínima entidad con significado; son los nudos de una red de interrelaciones sistemáticas en las que las leyes constituyen los hilos (Hempel, 1973). En relación a los mismos creemos importante señalar características relevantes mutuamente relacionadas entre sí:

- *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, masa, 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).

- La creación de conceptos no es arbitraria. Se requieren *conceptos fecundos*: se deben presentar en diversas leyes y teorías, para hacer frente a determinadas necesidades teóricas o prácticas. Se proponen tentativamente y pueden (o no) ser incorporados al cuerpo de conocimiento, según se muestren (o no) adecuados, útiles (Bunge, 1980).

- En ciencia se requieren *conceptos claros y precisos*. De la claridad y precisión de los conceptos, de la comprensión compartida de sus significados 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. Todo sistema de conceptos aparece de forma vaga y se desarrolla (Toulmin, 1977).

- *El significado de un concepto es contextual*: depende de la función que desempeña en una teoría dada. 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 ciencias fácticas la definición de un concepto no agota su significado y menciona procedimientos adicionales para especificarlo: ejemplificaciones, clasificaciones, referencias operativas y, sobre todo, la formulación e interrelación de leyes.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

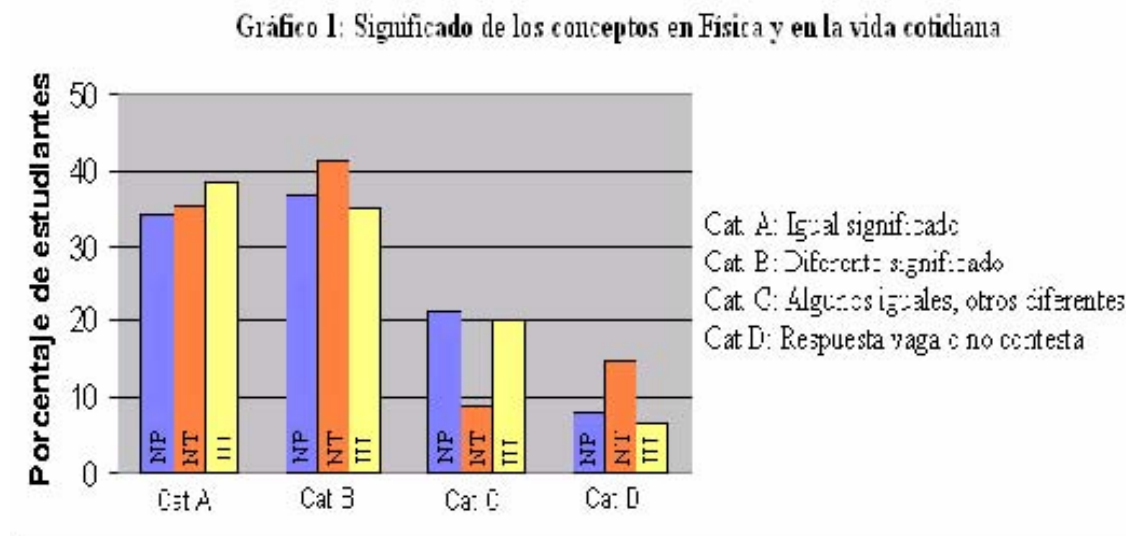
Para analizar visiones epistemológicas de los estudiantes se elaboró una encuesta, diseñada a partir de enunciados ya validados (Wainmaier y Salinas, 2005). Las tres actividades que refieren a la naturaleza epistemológica de los conceptos se presentan en el Anexo. En todos los ítems, para favorecer la confiabilidad de los resultados., pedimos la mención de ejemplos y una justificación de la respuesta, a fin de que los estudiantes se

vieran comprometidos a emitir juicios sobre las elecciones realizadas y obtener pistas sobre el tipo de explicación. La encuesta fue administrada por escrito, resuelta en forma individual y suministrada al comienzo del ciclo lectivo, a tres grupos de estudiantes: NP: 60 alumnos del primer año del Colegio Nacional Rafael Hernández, dependiente de la Universidad Nacional de La Plata (Nivel Polimodal). NT: 40 alumnos del primer año de la carrera del Profesorado en Ciencias Biológicas del Instituto Superior de Formación Docente N° 95, Distrito La Plata (Nivel Terciario). IU: 60 alumnos que habían recientemente culminado sus estudios de nivel medio y estaban realizando el curso de ingreso a la Diplomatura en Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Quilmes (Ingreso Universidad).

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

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

Las respuestas brindadas a la actividad 1, relacionadas con el reconocimiento de diferencias entre el significado que se atribuye a los conceptos en el ámbito científico y en el cotidiano, se han organizado en cuatro categorías. El Gráfico 1 muestra los resultados obtenidos.



Un análisis de las justificaciones y de ejemplos dados por los estudiantes permite advertir que:

- Un número reducido de estudiantes pertenecientes a los tres grupos reconoce que los conceptos tienen significado diferente en el campo de la Física y en la vida cotidiana (NP: 37%, NT: 41%, IU: 35%). Al justificar sus posiciones se observa que:

- Algunos señalan diferencias asociadas al carácter preciso de los conceptos en el ámbito científico. La "precisión" se encuentra asociado con ideas tales como: "más específicos"; "se hacen cálculos"; "mayor propiedad"; "se utilizan definiciones"; "menos amplios"; "tienen una fórmula", "se usan de forma más meticulosa". Otros tan sólo brindan ejemplos que ilustran las diferencias.

- Un número reducido, particularmente del G1 y G3, reconoce la dependencia del significado de los conceptos del contexto (NP: 6%, NT: 33%; IU: 11%). La mayoría brinda justificaciones breves, acompañadas de algún ejemplo ilustrativo; por ejemplo, se afirma:

"Las formas de utilizar las palabras cambian según el ámbito en el cual se emplean".

- El resto de los estudiantes parecerían tener serias dificultades para reconocer que los conceptos tienen diferencias significativas en ambos ámbitos:

- Un porcentaje similar de estudiantes de los diferentes grupos afirman que los conceptos

tiene igual significado en ambos ámbitos (NP: 34%; NT: 35%; IU: 38%). Justifican las similitudes señalando vínculos entre la Física y la vida cotidiana. Por ejemplo se señala que:

“la Física se aplica a hechos de la vida cotidiana”; “los usamos todo el tiempo” “todo está relacionado con la vida cotidiana”; “todos nos movemos, hacemos fuerza, trabajo”.

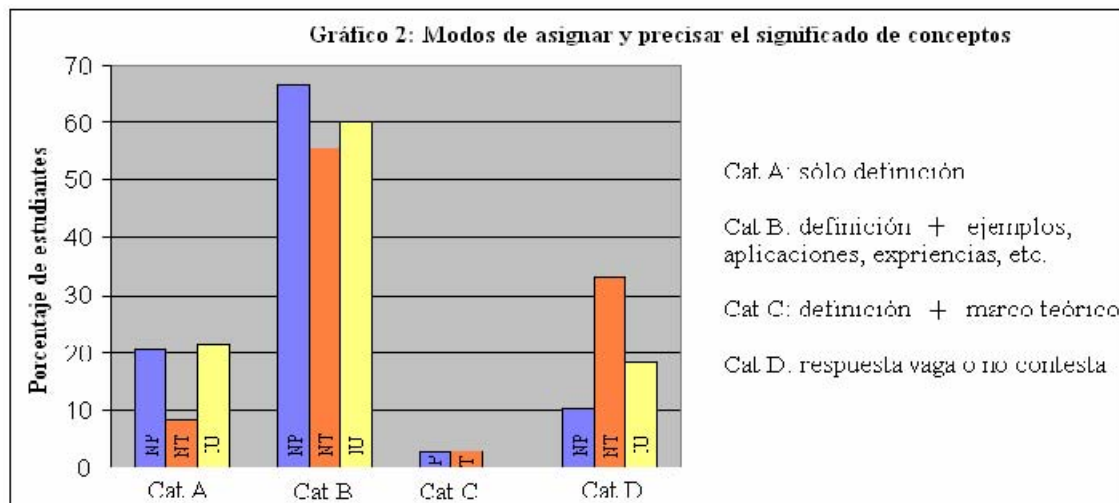
- Estudiantes, particularmente del NP y IU, sostienen que algunos de los conceptos tienen igual significado en ambos ámbitos y otros no (NP: 21%; NT: 9%; IU: 20%). Señalan, mayoritariamente, similitudes asociadas a su vínculo con la vida cotidiana y marcan diferencias brindando ejemplos. El resto de los estudiantes, particularmente los del grupo NT, no contesta o brindan respuestas ambiguas, vagas (NP: 8%; NT: 15%; IU: 7%).

Al analizar los ejemplos que brindan los estudiantes para aclarar sus opiniones sobre las similitudes y/o diferencias entre los significados se advierte:

-Indiferenciación de conceptos dentro del campo de la Física: Se han identificado, serias dificultades para diferenciar el significado de conceptos tales como: fuerza y energía; energía y calor; trabajo y fuerza; movimiento y desplazamiento; fuerza y presión; fuerza e impulso.

-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 a la fuerza y al trabajo con la idea cotidiana de esfuerzo.

Las respuestas a la actividad 2, relacionada con los mecanismos para asignar y precisar el significado de un concepto científico fáctico, se han organizado según cuatro categorías. El Gráfico 2 muestra los resultados obtenidos.



En general los estudiantes reconocen diferentes procedimientos para asignar y precisar el significado de los conceptos científicos (NP: 67%; NT: 56%; IU: 60%). Prevalce la idea de que, además de la definición, dar ejemplos de aplicación de los conceptos (“usarlos en casos concretos”, “en problemas”, “en fórmulas”) o hacer uso de la experimentación (“experiencias para comprobarlo”; “observar y experimentar”; “verificarlo con demostraciones que permitan ver y corroborar el tema”) son mecanismos útiles para precisarlos y dotarlos de significado.

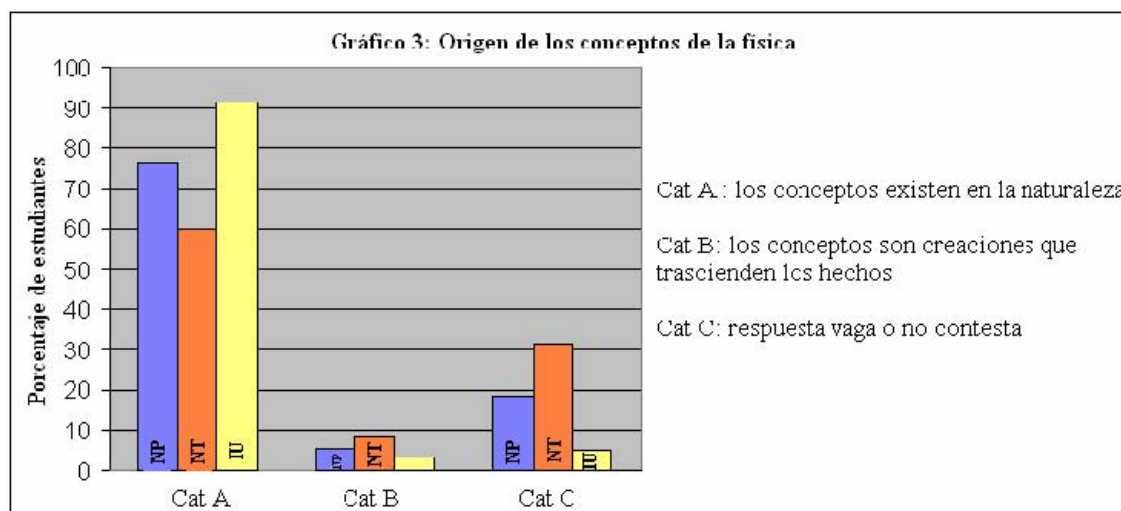
Sin embargo, algunos sostienen que es suficiente dar una definición (NP: 20%; NT: 8%; IU: 22%). En los ejemplos brindados se identifican indiferenciación de conceptos y/o asimilación de los conceptos empleados en la vida cotidiana. Otros estudiantes,

particularmente del NT, no contestan o dan respuestas vagas (G1: 10%; G2: 33%; G3: 18%).

Sólo un porcentaje muy reducido del NP (3%); NT: (3%) dan alguna idea de que la teoría científica a la que pertenece el concepto juega un papel importante para comprender su significado y usarlo con propiedad, señalando, por ejemplo: “hay que diferenciarlos y relacionarlos con otros conceptos que están dentro del mismo tema”.

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

Las respuestas a la actividad 3 se han organizado según tres categorías. El Gráfico 3 muestra los resultados obtenidos.



- La mayoría de los estudiantes (NP: 76%; NT: 60%; IU: 92%) sostiene que “los conceptos científicos están en la naturaleza”. Se afirma, 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. Se confunden los hechos con ideas construidas para interpretarlos. Dentro de esta categoría:

- Algunos sostiene que los conceptos científicos son descubiertos a partir de la “observación de los fenómenos”. Parecen concebir a la observación como la base segura y excluyente del conocimiento científico. Por ejemplo, se afirma: “los conceptos existen y los científicos los descubrieron observando el comportamiento de la naturaleza” y se agrega “la fuerza que ejercía la Tierra fue descubierta por Newton observando como la manzana caía del árbol”.

- Otros afirman que los conceptos científicos no surgen de la observación pura: la interpretación de los fenómenos, el conocimiento, el pensamiento de los científicos también entran en juego. Por ejemplo, se señala: “los conceptos, tal como gravedad, surgen a partir de la observación de la naturaleza y de la interpretación y sentido que le dan los científicos, los conceptos ya existen y estos son observados e interpretados”.

- Un número reducido de estudiantes tiene ideas cercanas al marco teórico adoptado (NP: 5%; NT: 9%; IU: 3%). Reconocen que los conceptos son creaciones: “Los conceptos se crean para explicar hechos, por ejemplo la variación de velocidad a medida que pasa el tiempo (aceleración)” y que éstos trascienden los hechos: “la inercia no salio de un hecho observable: si no hay una fuerza neta sobre un cuerpo éste sigue moviéndose con MRU.

Otros estudiantes, particularmente del NP, no contestan o dan respuestas vagas (NP: 19%; NT: 31%, IU: 5%).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en los tres grupos permitirían hipotetizar que a lo largo de la escolaridad no se manifiestan modificaciones en las concepciones de los estudiantes en relación a los aspectos analizados, cuestión cuyo control pormenorizado queda abierto para futuras investigaciones. De todos modos, cabe sugerir la necesidad de una reflexión más crítica sobre la enseñanza de la física, a la luz de las incomprendiones y limitaciones detectadas (en este estudio exploratorio y en la práctica docente) en las concepciones epistemológicas de los estudiantes.

Es importante insistir en el aula en las diferencias entre observaciones e ideas creadas para interpretarlas. Con frecuencia gran parte de los esfuerzos de un docente están puestos en lograr que los estudiantes reconozcan que el conocimiento científico está conectado con la realidad; se debería considerar también que los conceptos de la ciencia trascienden a los hechos y mostrar cuáles son los criterios científicos para salvar la brecha entre teoría y realidad. Es importante además considerar, para promover un aprendizaje comprensivo, 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. Visiones inadecuadas de los estudiantes en relación a la naturaleza epistemológica de los conceptos podrían limitar la comprensión de los mismos, favorecer la indiferenciación de conceptos en el ámbito diario y en el científico y hacer que prevalezcan concepciones alternativas.

La mayor parte de los trabajos sobre el aprendizaje de las ciencias tienen que ver con dificultades conceptuales y procedimentales (Campanario y Otero. 2000). Sin embargo creemos que los intentos por superar las concepciones conceptuales alternativas de los estudiantes pueden resultar baldíos si no se tienen en cuenta sus concepciones epistemológicas. En un trabajo de investigación en el marco de una Tesis de Maestría (Wainmaier, 2003) hemos obtenido una correlación significativa entre la “comprensión conceptual” y la “comprensión epistemológica” de conceptos, leyes, teorías y modelos de la mecánica newtoniana en estudiantes de nivel universitario. El discurso epistemológico está en el corazón de la Física y si no se entiende esto es poco probable que se la comprenda. Por nuestra parte en los cursos de Física de diferentes niveles de la educación venimos incorporando funcionalmente actividades que permitan reflexiones de índole epistemológicas.

BIBLIOGRAFÍA

Aikenhead, G. 1992. How to teach the epistemology and sociology of science in a historical context. Proceedings of the Second International Conference of History and Philosophy of Science in Science Education, Toronto, Canadá, Vol. I, 23-34.

Bunge, M. 1980. La investigación científica. Barcelona, Ed. Ariel.

Hempel, C. 1973. Filosofía de la Ciencia Natural. Madrid, Alianza Editorial.

Nagel, E. (1981). La estructura de la ciencia. España, Ed. Paidós.

Campanario, J; 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. Enseñanza de las Ciencias, Vol. 2, pp. 155-169.

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

Ryan, A. y Aikenhead, G. 1992. Students' preconceptions about the epistemology of science. Science Education, 76, 559-580.

Toulmin, S. 1977. La comprensión humana, I. Madrid., Alianza Editorial,

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

Wainmaier C. 2003. Incomprensiones en el aprendizaje de Mecánica Clásica Básica. Tesis Maestría en Enseñanza de las Ciencias (Física). Universidad Nacional de Tucumán.

Wainmaier, C; Salinas J. 2005. Mecánica Newtoniana: visiones epistemológicas de estudiantes universitarios. Enseñanza de las Ciencias (Número Extra 2005). Versión CD.

ANEXO

1.- Muchas veces en la vida cotidiana empleamos términos que se utilizan en Física (por ejemplo: movimiento, fuerza, presión, calor, energía, trabajo) ¿Tienen igual significado dichos términos en la Física y en la vida cotidiana?

- SI TU RESPUESTA HA SIDO AFIRMATIVA

a) Explica cuáles son las similitudes.

b) Brinda un ejemplo que aclare tu opinión.

c) ¿A qué crees que se debe el hecho de que en Física se atribuya a los conceptos el mismo significado que en la vida cotidiana?

- SI TU RESPUESTA HA SIDO NEGATIVA

a) Explica cuáles son las diferencias.

b) Brinda un ejemplo que aclare tu opinión.

c) ¿A qué crees que se debe el hecho de que en Física se atribuya a los conceptos un significado diferente al de la vida cotidiana?

- OTRA RESPUESTA

Si tienes una opinión que no corresponde a ninguna de las dos opciones planteadas anteriormente, explícala por favor tan claramente como puedas

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 términos 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.- Dos estudiantes están discutiendo sobre la naturaleza de los conceptos que usa la física.

- Juan sostiene que conceptos tales como "masa", "velocidad", "presión", "gravedad", "energía", etc., son descubiertos por los físicos a partir de la observación de los fenómenos.

- Alberto sostiene que los físicos no descubren, sino que inventan conceptos como los anteriores, pero que no lo hacen directamente a partir de la observación de los fenómenos, sino a partir de un interjuego entre su mente 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 Alberto
Otra (explica)

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

c) Brinda un ejemplo aclaratorio.