

Análisis de contenidos de Mecánica en libros de texto utilizados en la enseñanza de la Física en el ciclo inicial de carreras universitarias

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Silvia Giorgi ¹, Cristina Cámara ^{1,2}, Luis Marino ³, Ricardo Carreri ¹, Maximiliano Bonazzola ¹

¹Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Litoral. Santiago del Estero 2829. 3000. Santa Fe. Argentina

²Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Litoral. 86-Kreder 2805. 3080HOF. Esperanza. Santa Fe. Argentina;

³Facultad de Humanidades y Ciencias. Ciudad Universitaria. Paraje El Pozo. 3000. Santa Fe. Argentina.

E-mail: sgiorgi@fiq.unl.edu.ar

Resumen

Se presenta un estudio sobre libros de texto (LT) de Mecánica en los que se abordan contenidos básicos con cálculo diferencial e integral, cuyos autores se hallan referenciados en los programas analíticos de los cursos de Física que se dictan en las diversas carreras que se imparten en las unidades académicas de la Universidad Nacional del Litoral. Se investigó sobre los significados atribuidos por los autores a los modelos “simplificadores”, como el de partícula, adoptados para abordar los temas iniciales de Mecánica; y si los desarrollos teóricos, esquemas y problemas resueltos presentados son coherentes con dichos modelos. Se encontró que, en algunos casos, los significados atribuidos a los modelos son diversos y que dicha coherencia es escasa, lo cual podría obstaculizar el aprendizaje por parte de los alumnos que estudian basándose en LT. Se brindan recomendaciones sobre aspectos conceptuales que el docente debería reforzar en el aula.

Palabras clave: Libros de Texto, Física Mecánica, Ciclo Básico Universitario, Modelo de partícula

Abstract

A study about Mechanics textbooks (TB), in which basic contents with differential and integral calculus are addressed, and whose authors are referenced in the analytical programs of Physics courses offered in the various degrees provided by the academic units of the National University of the Littoral, is presented. A research about the meanings attributed to “simplifying” models by the authors, such as the one of particle, adopted to approach the initial themes of Mechanics, was conducted; in addition, an evaluation considering if theoretical developments, solved problems and schemes are coherent with those models was carried out too. We found that, in some cases, the meanings attributed to the models are diverse, and that this coherence is scarce, which may hinder learning from students whose study is based on TB. Recommendations about conceptual aspects the teacher should strengthen in the classroom are provided.

Keywords: Textbooks, Mechanical Physics, University Basic Cycle, Particle Model

I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo se enmarca en un proyecto de investigación subsidiado por la Universidad Nacional del Litoral (UNL). En el mismo se plantea un estudio descriptivo del tratamiento que realizan diversos autores de libros de Física, empleados en la enseñanza en el ciclo básico de las carreras de grado que se cursan en dicha universidad, de temas relacionados con la Mecánica Básica: Cinemática, Dinámica y Energía de la partícula y de sistemas de partículas, y aplicaciones como son los movimientos oscilatorios, el fenómeno de choque y las ondas mecánicas.

Se planteó investigar si el tratamiento que se presenta de dichos temas promueve en los estudiantes el aprendizaje significativo de los conceptos involucrados y de sus relaciones. Para ello se propuso indagar

en libros de Física, si existe coherencia conceptual entre el tratamiento de contenidos teóricos, los problemas resueltos y los esquemas presentados.

Se presentan resultados parciales obtenidos mediante un análisis de contenido (Bardin, 1996) de los capítulos correspondientes a Cinemática y Dinámica de sistemas físicos considerados como puntuales, en libros de Física que presentan desarrollos matemáticos que involucran cálculo diferencial e integral al menos en una variable. Los LT que se analizan consisten en aquellos cuyos autores son referenciados en los Programas Analíticos vigentes de los cursos de Física para las diversas Carreras de las Facultades de la UNL.

Se encontró que en la bibliografía mencionada, los temas introductorios no se presentan de manera que contribuya a un aprendizaje fluido por parte de los estudiantes. Generalmente, en los primeros capítulos de Mecánica, se considera al modelo de partícula como simplificador de los desarrollos de contenidos, que facilitaría la conceptualización de las leyes, relaciones y magnitudes físicas; sin embargo, a partir del análisis de los resultados presentados en este trabajo surgen cuestionamientos sobre el significado poco claro que los estudiantes podrían construir acerca del modelado de los sistemas físicos, a los que aplican las leyes y relaciones que estudian en los temas introductorios de Mecánica, cuando basan su aprendizaje en algunos de los libros de texto recomendados.

II. MARCO TEÓRICO Y OBJETIVOS

Los libros de texto (LT) de ciencias resultan imprescindibles en educación y por lo tanto los docentes comprometidos con su labor deberían hacer una adecuada selección para orientar y favorecer en los estudiantes los procesos de aprendizaje. Se sostiene que para lograr ese objetivo resulta necesario un trabajo de investigación sistemático de las características de los LT de Física desde el punto de vista didáctico.

Formando parte de las estrategias didácticas que diseñan los docentes, se pueden mencionar a los materiales de estudio que se recomiendan a los estudiantes como apoyo para el cursado y promoción de los contenidos de las distintas asignaturas en el nivel universitario. Entre dichos materiales se encuentran los LT, los cuales constituyen no sólo una herramienta, sino una pieza fundamental en la instrucción.

Con relación a los materiales educativos, es de destacar que en la actualidad existe una gran cantidad de material disponible en la red, sin embargo, la calidad de los mismos no siempre está garantizada. Existe una diferencia crucial, que no es motivo de análisis en el presente trabajo, entre los LT y los contenidos de las páginas y sitios de Internet. Mientras que los primeros han cumplido ciertas normas de calidad antes de comercializarse, los segundos no reciben ningún tipo de monitoreo antes de formar parte de la World Wide Web (Bouciguez y Santos, 2010). El LT sigue siendo aún uno de los referentes más sólidos para aprender, considerándose una herramienta poderosa de uso generalizado en las clases de ciencias (Otero, 1990).

Con relación a lo expresado, se sostiene que analizar si existe coherencia entre los modelos físicos que usan los autores de LT, que se recomiendan a los estudiantes, para abordar ciertos contenidos de Mecánica Básica, tanto en los desarrollos teóricos como los ejemplos resueltos y esquemas que se presentan, resulta decisivo y fundamental en la selección de los materiales de apoyo que se proponen, si se busca que el alumno aprenda significativamente. Hacer explícitos los modelos físicos que se usan, en el tratamiento y análisis conceptual de las relaciones y leyes de la Física es un aspecto básico a tener en cuenta, tanto en los materiales de estudio como en las clases, para que el alumno aprenda.

En su valioso trabajo de investigación, Solaz-Portolés y Moreno-Cabo (2008) parten de la premisa de que el aprendizaje que se produce en la lectura de un texto depende tanto de su naturaleza (características o variables textuales), como del conocimiento previo y las estrategias del sujeto lector. Según Ausubel (1991) el aprendizaje significativo ocurre cuando el que aprende integra los nuevos conceptos en un cuerpo organizado de ideas y concepciones previas. Tener en cuenta la coherencia en el desarrollo de contenidos de Mecánica al recomendar LT resulta fundamental si se busca que los alumnos construyan conocimiento.

La estructuración de verdaderos ambientes de aprendizaje con el uso de materiales adecuados requiere de marcos referenciales sustentados desde los campos disciplinar y de la didáctica en permanente retroalimentación. La posibilidad de contar con resultados derivados de la investigación educativa a partir del análisis crítico de los LT de Física que se usan mayoritariamente en las carreras de grado de la UNL, aportaría a soslayar parte de las probables causas del fracaso estudiantil relacionadas con las dificultades asociadas al aprendizaje de determinados contenidos de Física, propiciando la formación de futuros profesionales con sentido crítico desde los inicios de las carreras que cursan.

En un trabajo anterior (Giorgi et al., 2013) se realizó un relevamiento de los libros recomendados en los planes de estudio de los cursos de Física que se dictan en las distintas Unidades Académicas de la

UNL clasificándolos según el nivel de tratamiento matemático con el que abordan los temas en: con cálculo (libros en los que se desarrollan los contenidos haciendo uso de cálculo diferencial e integral) y sin cálculo (libros en los que se desarrollan los contenidos sin hacer uso de dicha herramienta matemática). En este trabajo se profundizó el estudio de los libros pertenecientes a la primera categoría. Se llevó a cabo un trabajo de investigación que plantea los siguientes objetivos con relación a los LT:

- Detectar si en los capítulos correspondientes a Cinemática y Dinámica del punto, los autores hacen referencia al modelado de los sistemas físicos.
- Determinar los autores que presentan el modelo de partícula, la instancia y la manera en que lo formulan.
- Detectar los significados físicos que los autores atribuyen al modelo.
- Analizar si en los desarrollos de contenidos teóricos y en los problemas resueltos se hace alguna alusión a la adopción de un modelo.
- Analizar si los esquemas, o dibujos, son compatibles con el modelo presentado.

Se parte de la hipótesis consistente en que el desarrollo que presentan los autores de algunos LT de Mecánica en los capítulos introductorios, con relación al modelado de los sistemas físicos, es insuficiente y a veces confuso para los estudiantes que basan su aprendizaje en el estudio a partir de dichos recursos.

III. METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una investigación que busca conocer el tratamiento que los autores de LT hacen del modelado de sistemas físicos en los capítulos de Cinemática y Dinámica de sistemas físicos puntuales. Se trabajó con una muestra intencional de LT; se seleccionaron los libros de Mecánica de nivel universitario básico con cálculo, teniendo en cuenta los autores que se mencionan en Giorgi et al. (2013). Se señala que por razones de espacio no se pudieron abarcar diferentes ediciones de un mismo autor, por lo que se eligió la edición más actual entre las disponibles.

La metodología que se considera más adecuada para lograr los propósitos de este estudio se encuadra en el paradigma de la investigación cualitativa. Se llevó a cabo un estudio de casos (Samaja, 1994).

Se realizó un análisis de contenido (Bardin, 1996) de los capítulos: Cinemática y Dinámica del punto. Se indagó acerca de cómo se presenta el modelo de partícula, y las alusiones a dicho modelo en los desarrollos teóricos, en los ejemplos y en los esquemas presentados en el texto.

IV. RESULTADOS

En los párrafos siguientes se transcribe una síntesis del análisis realizado. Se mencionan a modo de subtítulos, en primer lugar el/los autores del LT y luego el nombre del texto. Los autores se ordenaron alfabéticamente.

A. Alonso y Finn. *Física*

Capítulos analizados: 4. Fuerzas, 5. y 6. Cinemática: movimientos rectilíneos y en el plano, 7. Dinámica de la partícula, 9. Dinámica de sistema de partículas y 10. Dinámica del cuerpo rígido.

En la primer parte del capítulo 4 se describen casos de fuerzas en general: fuerzas que actúan sobre un cuerpo, que concurren en un punto (sin aclarar a qué cuerpo pertenece dicho punto). En el punto 4.8, relacionado a CM, se menciona que una partícula sobre la cual actúa el campo gravitacional está sometida a la acción de la fuerza peso; aunque los pesos se interceptan en el centro de la Tierra, pueden considerarse paralelos cuando corresponden a partículas, que constituyen un cuerpo de dimensiones relativamente pequeñas. Por lo tanto, el peso resultante de un cuerpo está dado por la suma de los pesos de todas las partículas que lo constituyen, y está aplicado en un punto que es el Centro de Masa (CM). En el punto 4.9 se desarrollan los contenidos de Estática y equilibrio de una partícula explicitando las condiciones de equilibrio. No se menciona en ningún momento el modelo que se adopta.

En el capítulo 5, se describen los movimientos rectilíneos y curvilíneos. En general, se habla de cuerpo, objeto o partícula sin hacer diferenciación.

En la introducción del capítulo 7 se habla de partícula, o cuerpo, indistintamente. En el desarrollo de los contenidos teóricos, siempre se hace referencia a partícula o sistemas de partículas, sin embargo, en los ejemplos se mencionan cuerpos como revólver, bala, automóvil, patea, pesas. Cuando se dibujan los diagramas de fuerzas, se dibujan las fuerzas no concurrentes sobre los esquemas de los objetos sin usar el modelo de partícula.

En el capítulo 9 se menciona que hasta ese capítulo se discutió la Dinámica de una partícula, sin aclarar que los ejemplos descriptos en los capítulos anteriores se referían a sistemas de muchas partículas que podían estudiarse mediante el modelo de partícula.

En el capítulo 10 se dice que un cuerpo rígido es un caso especial e importante de los sistemas constituidos por muchas partículas, en el cual las distancias entre todos sus componentes permanecen constantes bajo la aplicación de una fuerza o momento. No se aclara que la mayoría de los ejemplos estudiados en la Dinámica de la partícula corresponden a cuerpos rígidos.

B. Bueche. Física para estudiantes de Ciencias e Ingeniería. Tomo 1

Capítulos analizados: 3. Cuerpos en reposo, 4. Movimiento uniformemente acelerado, 5. Las leyes del movimiento.

En el capítulo 3 se describen las condiciones que se deben cumplir para que los cuerpos estén en reposo y se introducen los conceptos de Fuerza y Torque. En todo momento se hace el análisis sobre cuerpos (cajas, barras, etc.). No se aclara en los diagramas de cuerpo aislado por qué se dibujan los vectores fuerzas concurrentes en un punto, salvo en las barras o placas. En aquellos sistemas en los cuáles las fuerzas son concurrentes, éstas se dibujan en un punto y en los que las fuerzas no son concurrentes, se dibujan los cuerpos y sobre ellos las fuerzas. Quizás se lo hace así para que se visualice mejor lo que llaman “brazo de palanca” para el cálculo de los momentos.

En el capítulo 4 se tratan movimientos rectilíneos y en el plano, siempre mencionando cuerpo, objeto, automóvil, muchacho, electrón, etc. En los problemas propuestos, se mencionan movimientos rectilíneos de partículas alfa, protones o electrones.

En el capítulo 5 se trabaja, en general, con cuerpos, objetos, cajas o bloques. Con respecto a los diagramas de cuerpo aislado, en algunos se dibujan las fuerzas concurrentes en un punto, sin dibujar el cuerpo (figuras 5.8 o 5.9, pág. 72) y en otros, se dibujan las fuerzas concurrentes en un punto sobre el cuerpo (figura 5.10 pág. 75).

En los primeros capítulos no se plantea el modelo de partícula, no se discrimina entre los que es un cuerpo u objeto y una partícula, usando indistintamente las ecuaciones obtenidas.

C. Cussó, López y Villar. Física de los procesos biológicos

Se analizaron los capítulos: 1. Cinemática. La percepción de la aceleración, 2. Dinámica. La Fuerza en los animales, 3. Fuerzas elementales y derivadas. Entornos con fricción.

El modelo de partícula se presenta en el capítulo 1, se establece que: “*Un punto material puede visualizarse como una partícula o pequeño cuerpo cuyas dimensiones son mucho menores que las dimensiones características de su movimiento, de forma que son irrelevantes y pueden considerarse aproximadamente cero*”. En particular, se detalla que el término pequeño está relacionado con la escala en la cual se opere.

En el capítulo 2 se introduce el concepto de CM de un sistema de partículas (pág. 103) y del continuo material (pág. 106). A partir de esta instancia los autores ubican el CM del sistema material en los diagramas de cuerpo libre. En la deducción formal de las ecuaciones de la Cinemática se representa al móvil como un punto, ubicado por un único vector posición. En los distintos ejemplos de aplicación se muestran fotos o dibujos de animales, quedando librado al alumno que los relacione a los puntos materiales a los cuales referencian las ecuaciones. Para los ejercicios se seleccionan átomos, electrones, órganos (como el corazón humano), animales, plantas, aviones, esferas (todos ellos de diferentes escalas dimensionales), que deben ser representados por el alumno como puntos materiales en relación a las distancias recorridas. Se plantean las leyes de Newton a un punto material o partícula. Cuando se analiza el principio de conservación de la cantidad de movimiento lineal, se refiere a dos partículas en interacción (Ec.2.13; pág. 92). Se introduce la definición de CM y luego se analiza el movimiento del CM de un sistema aislado, se concluye que bajo estas condiciones “*...el centro de masas permanece en su estado inicial de reposo o movimiento rectilíneo uniforme...*”. Finalmente se aplica el concepto de CM para analizar un sistema que interacciona con otros y se expresa la segunda ley de Newton para sólidos en movimiento de traslación. En las situaciones problemáticas se plantean problemas de conservación de cantidad de movimiento lineal, para cuyo planteo se debe recurrir al concepto de punto material. Los problemas versan sobre el cálculo de las coordenadas del CM (cuerpo humano), caídas libres en los cuales se analiza la variación de la posición del CM del cuerpo.

En el capítulo 3 se parte de considerar a la fuerza gravitatoria como atractiva entre dos cuerpos puntuales, pero se aclara que, como éstos son una idealización de los cuerpos extensos, la fuerza atractiva se aplica en sus CM donde se consideran concentradas sus masas. La fuerza de contacto normal se representa en los diagramas de sólidos libres, normal a la superficie de contacto y su recta de acción pasa

por el CM del cuerpo sobre el que actúa. Las cuerdas se dibujan de modo que las rectas de acción de las tensiones pasan por el CM del cuerpo y la fuerza de fricción no se representa como un vector aplicado en la superficie de contacto de los cuerpos, sino sobre una recta paralela a ésta y que pasa por el CM del cuerpo (con esto indirectamente se elimina la posibilidad de rototraslación del cuerpo sólido). Se plantea a la fuerza centrífuga actuando sobre corpúsculos (espermatozoides, glóbulos rojos, ribosomas, etc.) a los cuales se los modela como masas puntuales. Las situaciones problemáticas se plantean sobre personas sometidas a fuerzas ficticias que anulan la fuerza gravitatoria (ingravedad artificial), para el sistema Tierra-Sol, para corpúsculos centrifugados (masas puntuales) y para bloques vinculados por cuerdas y poleas.

D. Gettys, Keller y Skove. Física Clásica y Moderna

Capítulos analizados: 3 y 4. Movimientos en una y dos dimensiones, 5. Leyes de Newton para el Movimiento, 6. Aplicaciones de las leyes de Newton para el Movimiento, 7. Ley de Newton de la Gravitación Universal, 10. Cantidad de movimiento. Movimiento de un sistema de partículas.

En el comienzo del capítulo 3, previo a definir sistema de referencia, posición, desplazamiento, se menciona que se va a simplificar la discusión del movimiento de un objeto tratándolo como partícula: “...es una entidad ideal sin tamaño ni estructura interna... Tratar un objeto real como partícula es una aproximación válida si el tamaño del objeto es irrelevante en el problema que se considera. Por ejemplo, al describir el movimiento orbital de los planetas alrededor del Sol podemos tratar al Sol y a los planetas como partículas...” (pág. 31). En este capítulo, y el posterior, los autores siempre hablan de objetos, cuerpos, automóvil, trineo, barco, pelota, piedra, proyectil, aeroplano, en movimiento en los problemas resueltos. Casi nunca se habla de partícula.

En el inicio del capítulo 5 los autores hablan de objetos, vagoneta, pelota, carro, cuerpos, bloque, sin aludir a la modelización de partícula, o punto material. En la pág. 94 se presenta un ejemplo en el que se muestra una figura de un pez colgado con las fuerzas dibujadas a través de flechas exteriores al dibujo y abajo del mismo se presenta un “Diagrama puntual” de fuerzas aplicadas sobre el pez, representado por un punto en un sistema de coordenadas x,y , e identificando los sistemas físicos que generan las fuerzas. Los autores señalan que el diagrama puntual es una ayuda para encontrar la fuerza resultante sobre el objeto; según los mismos el tratar a un cuerpo como un punto es porque su tamaño no tiene importancia, lo cual significa que el estudio del cuerpo se realiza como si fuera una partícula. En los desarrollos teóricos se alude a objetos, y en los dibujos no se modela al sistema como partícula. En los ejemplos resueltos se dibujan esquemas que representan cada situación, consistentes en un dibujo del objeto con aclaraciones literales (balde colgando, ascensor moviéndose, etc.) y con las fuerzas actuantes, y el diagrama puntual con, generalmente, las representaciones simbólicas de las magnitudes intervinientes.

En el capítulo 6, con respecto a los dibujos de los ejemplos, se sigue con el mismo criterio, es decir con el esquema pictórico y el diagrama puntual. En el desarrollo teórico de la fuerza de rozamiento en un cuerpo apoyado sobre una superficie horizontal, el peso y la normal se dibujan no alineadas, en el centro y en la base de la figura que representa al cuerpo respectivamente, y las fuerzas de rozamiento y externa aplicada, en el exterior de la figura (pág. 120).

El capítulo 7 se desarrolla en torno al modelo de partícula aludiendo a cuerpos relativamente pequeños respecto a las distancias que los separan, y refieren al diagrama puntual modelando a los sistemas como puntos másicos.

En el capítulo 10 se define CM aludiendo a partículas en los desarrollos teóricos. Los ejemplos resueltos abordan distintos sistemas: pelota de tenis, patinadores.

E. Ingard, Kraushaar. Introducción al estudio de la mecánica, materia y ondas

Capítulos analizados: 1. Introducción, 2. Masa inerte, 3. Cantidad de movimiento y fuerza, 4. Cantidad de movimiento y fuerza II. Movimientos en dos y tres dimensiones, 5. Ejemplos de fuerzas y movimiento.

En pág. 71 se presenta la ley de la fuerza gravitatoria mencionando que “...Queda implícito que las dimensiones de las partículas son pequeñas frente a las distancias que las separan. En un apéndice se demostrará que en el caso de una esfera, la fuerza gravitatoria creada por ella es la misma que la creada por una masa puntual situada en el centro de la esfera y cuya masa fuera igual a la de ésta...”. Se menciona que Newton propuso que la ley de gravitación universal tenga “...validez general para dos partículas materiales cualesquiera en interacción, que fueran pequeñas frente a la distancia que las separa.” Ejemplo: peso de un cuerpo cerca de la superficie terrestre.

Los autores no hacen uso del modelo de partícula para desarrollar los temas, entre los primeros conceptos se presenta al CM de un sistema físico. Los desarrollos teóricos involucran diversos sistemas físicos pero se enfatiza en que “El movimiento del centro de masa está determinado por la fuerza exterior

y es independiente del punto de aplicación de la fuerza” (pág. 81 Fig. 3-13). En el apartado Equilibrio y estática, se menciona: “Cuando la suma de las fuerzas exteriores a un cuerpo (o sistema de partículas) es nula, la aceleración del centro de masa es nula. En estas condiciones se dice que el centro de masa está en equilibrio traslatorio. Mientras los cuerpos en equilibrio tienen, necesariamente, centro de masa con aceleración nula, no tienen necesariamente nula la velocidad de dicho centro de masa.” (pág. 84). Se aclara que si un sistema o cuerpo se halla en equilibrio traslatorio, debe ocurrir que la suma de las fuerzas exteriores sea nula “Pero ello no significa que estén en equilibrio todas las partes del sistema. Solamente el centro de masa tiene aceleración nula” (pág. 85 Ec.3-24). Cuando se trata Impulso sobre un sistema de partículas, o sobre un cuerpo rígido, se recuerda que el movimiento del CM de un sistema de partículas queda determinado por las fuerzas exteriores, a partir de esto se deduce que la variación de la cantidad de movimiento del CM es igual al impulso de la fuerza exterior resultante. Se aclara que si se trata de un cuerpo rígido, el movimiento del CM no depende del punto de aplicación del impulso.

F. McKelvey Grotch. Física para ciencias e ingeniería

Capítulos analizados: 2. Leyes de Newton: fuerzas y momentos de fuerza en equilibrio (se excluyen los apartados dedicados al desarrollo de contenidos relativos a rotación); 3. Cinemática de la partícula, 4. Segunda ley de Newton y Dinámica de la traslación.

Se presentan las tres leyes de Newton haciéndose referencia a cuerpos (pág. 25). Los mismos se representan a través de rectángulos, y las fuerzas, a través de vectores con orígenes sobre los lados. Luego de plantear las sumatorias de las componentes de las fuerzas nulas en los tres ejes coordenados, se señala: “A estas ecuaciones se las conoce por ecuaciones de equilibrio traslacional;... Para muchos sistemas, aunque no todos, son lo único necesario para especificar el estado de equilibrio; en otros casos, deben satisfacerse otras ecuaciones antes de que se determine completamente el estado de equilibrio del sistema. En todo sistema donde las líneas de acción de todas las fuerzas externas se corten en un solo punto (es decir, donde todas las fuerzas sean concurrentes), las ecuaciones de equilibrio de traslación bastarán para determinar el estado del sistema en equilibrio. Los ejemplos más conocidos de este estado se tienen cuando las dimensiones del objeto al que se aplica el sistema de fuerzas externas son tan pequeñas que se puede considerar como un punto matemático,...”, “...Siempre que las líneas de acción de todas las fuerzas aplicadas no tengan intersección en un solo punto (que no sean concurrentes) las ecuaciones de equilibrio traslacional por sí solas no bastan para especificar el estado de equilibrio, y se necesita más información...”, “...Aunque el cuerpo cumpla todas las condiciones de equilibrio de traslación, no está en equilibrio rotacional¹²...” (pág. 31). En pie de pág. se aclara: “¹² Sin embargo, el hecho de que se satisfagan las ecuaciones del equilibrio de traslación, garantiza que el centro de masa (el concepto de CM aun no fue presentado) del cuerpo permanecerá en equilibrio y que el único movimiento acelerado posible es de rotación alrededor de ese centro.”. En la pág. 33 se representan las fuerzas que actúan sobre un objeto (rectángulo) apoyado sobre una superficie horizontal dibujando vectores: el peso en el centro del rectángulo y la normal en un punto de la superficie de contacto, con su recta de acción desplazada respecto a la del peso (Fig. 2.6., pág. 33). Se plantea la construcción del diagrama del cuerpo aislado representando al cuerpo con un rectángulo, la fuerza de rozamiento se dibuja en la base (Fig. 2.8., pág. 38); las tensiones y el peso se dibujan en el centro geométrico del rectángulo (Fig. 2.9., pág. 39). A manera de ejemplo se resuelven problemas numéricamente en los que las fuerzas se dibujan en los lugares en los que se generan. En el ítem 2.8 Momentos de fuerza gravitacionales (pesos) y centro de gravedad (pág. 53), se menciona: “...Cuando se aplica una fuerza a un sistema mediante la tensión de una cuerda o algún otro agente mecánico externo, generalmente no hay duda alguna acerca de la ubicación del punto de aplicación y la línea de acción. Sin embargo en el caso de un cuerpo rígido de extensión finita ¿cómo se debe representar su fuerza gravitatoria o peso? ...debe notarse que por lo que respecta al equilibrio de traslación, la respuesta no se altera en tanto la dirección de la fuerza de gravedad se especifique como vertical hacia abajo. Por conveniencia, y anticipando resultados que se obtendrían más adelante..., se indicó la fuerza de gravedad o peso actuando hacia abajo desde un punto localizado más o menos en el centro dentro del cuerpo...” (pág. 54), “...se pospondrá el estudio de estas cantidades (coordenadas del centro de gravedad) por integración hasta que en el Capítulo 4 se analice el concepto de centro de masa...” (pág. 55).

En el capítulo 3, ítem 3.1 Desplazamiento, velocidad y aceleración, se hace referencia a un cuerpo pequeño en movimiento (pág. 77), a partir de esto los autores refieren a los términos partícula o cuerpo, para designar al sistema físico. Los ejemplos resueltos versan sobre cuerpo, bola, camión, auto, proyectil. Cuando se tratan la velocidad y aceleración en distintos sistemas de referencia, se presentan problemas resueltos sobre diversos sistemas físicos: avión, barco, objeto.

En el capítulo 4 los autores aluden a partículas, objetos y cuerpos. En las representaciones pictóricas se dibujan las fuerzas en los puntos en los que se generan; en los casos de cuerpos apoyados en

superficies horizontales, las rectas de acción de la normal y el peso son paralelas pero no coincidentes, mientras que en los casos de cuerpos que penden de cuerdas, sí lo son las del peso y la tensión. En el ítem 4.4 de pág. 140 se aborda el concepto de CM.

En el capítulo 5 se presenta un esquema (Fig. 5.2., pág. 162) en el que las fuerzas que actúan sobre un cuerpo apoyado en una superficie horizontal (rectángulo), se dibujan en los respectivos puntos de aplicación (en este caso la normal y el peso alineadas), y la fuerza de rozamiento se dibuja afuera del rectángulo. Los autores hacen referencia a objeto, masa. En una representación pictórica de un auto en movimiento (Figura 5.8., pág. 169) se indican vectores, ubicados en distintos puntos del auto y exteriores al mismo, que representan diversas magnitudes: velocidad, desplazamiento, fuerzas que actúan sobre el auto, y una fuerza que actúa sobre la superficie de apoyo. Es decir, se representan distintas magnitudes físicas que corresponden a distintos sistemas físicos (auto y suelo). En el texto se refiere indistintamente a cuerpo, partícula, objeto, masas.

En la Introducción del capítulo 6 los autores señalan: “...es posible demostrar que si en este sistema participa una fuerza externa, cambia la cantidad de movimiento lineal, y la rapidez de variación de la cantidad de movimiento lineal del centro de masa es precisamente igual a la fuerza externa resultante...”. Los autores retoman la segunda ley de Newton haciendo referencia a partícula (o punto material). En la página 209 se extiende la segunda ley de Newton al CM.

G. Resnick, R., Halliday, D. y Krane, K. Física Volumen 1

Capítulos analizados: 2. Movimiento en una dimensión, 3. Fuerza y las Leyes de Newton, 4. Movimiento en dos y tres dimensiones, 5. Aplicaciones de las Leyes de Newton, 7. Sistemas de partículas.

En el capítulo 2 se estudia el movimiento de una partícula, definiéndose “...un punto individual de masa, como un electrón, pero también designamos a un objeto cuyas partes se mueven exactamente de la misma manera. Incluso los objetos complejos pueden ser considerados como partículas, si no existen movimientos internos como la rotación o la vibración de sus partes. Por ejemplo, una rueda que gira no podrá ser considerada como partícula... (Pero una rueda que se desliza sí puede tratarse como partícula). ...el electrón y un tren carguero...: como ejemplos del movimiento de partícula...” (pág. 14).

En el capítulo 3 se presentan los conceptos de fuerzas y las leyes de Newton en una dimensión y se tratan “...los objetos físicos como partículas, cuerpos cuya estructura o movimiento interno pueden ignorarse y cuyas partes se mueven todas exactamente de la misma forma...” (pág. 41). En el planteo de las leyes de Newton se alude al sistema físico como “cuerpo estándar” que puede ser cualquier objeto. No se analiza en este capítulo dónde actúan las fuerzas, cosa que se va a realizar más adelante. En los desarrollos teóricos se representan esquemas pictóricos de los sistemas físicos en los que se dibujan las fuerzas a través de vectores no concurrentes, en cualquier parte de la figura indicándose en el dibujo otras magnitudes como la aceleración (Fig. 3-4, pág. 45). En los problemas resueltos se presentan esquemas pictóricos de las situaciones y a la par diagramas de cuerpo libre en los que el sistema se representa a través de un punto en el que concurren las fuerzas y un eje coordenado (Figs. 3-17 y 3-18; pág. 55). En ningún momento se dice cuál es el punto de aplicación de las fuerzas.

En el estudio del movimiento en dos o tres dimensiones en el capítulo 4 se hace un análisis de las fuerzas que actúan en los movimientos de Tiro de proyectil y Circular uniforme para poder explicar la dirección de la aceleración. Se usa el diagrama del cuerpo libre como en el capítulo anterior.

En el capítulo 5 se desarrollan ejemplos de aplicaciones de las leyes de Newton donde se presentan los distintos tipos de fuerzas (normal, tensión, fuerza de rozamiento). En los desarrollos teóricos y en cada problema resuelto los autores realizan un esquema del objeto en estudio donde se indican las magnitudes que intervienen y el diagrama de cuerpo libre con el mismo criterio que en los capítulos anteriores. Siempre se consideran los objetos como partículas.

En el capítulo 7 se comienzan a estudiar los Sistemas de partículas, a través del movimiento complejo de un objeto, por ejemplo un bastón al ser lanzado entre dos malabaristas (Fig. 7-1, pág. 139). Recién en este momento aparece el concepto de CM, posición, velocidad y aceleración para un sistema de dos partículas, muchas partículas y para un objeto sólido. Se estudian las leyes de Newton teniendo en cuenta al CM (pág. 143).

H. Roederer, J. Mecánica elemental

Capítulos analizados: 2. Cinemática del punto material (se excluyen los ítems Movimiento oscilatorio armónico y Movimiento del péndulo ideal), 3. Dinámica del Punto, 4. Teoremas de conservación (se excluyen los ítems relativos a Energía).

Se presenta el modelo en el capítulo 2 mencionando la necesidad de “simplificar el problema”. “Supongamos un cuerpo “chiquitito”. Los vectores posición de cada uno de los puntos del cuerpo serán

prácticamente de la misma dirección, del mismo sentido y del mismo módulo. Asimismo las componentes de esos vectores diferirán entre sí muy poco. Si el error con que podemos medir la posición de un punto en el espacio es del orden de las dimensiones del cuerpo, no tendrá sentido distinguir un punto del cuerpo de otro. Un cuerpo cuyas dimensiones son del orden del error en la medición de las distancias se denomina cuerpo puntual o punto material. La posición de un cuerpo puntual está determinado por un solo vector posición. El concepto de cuerpo puntual es relativo. Por ejemplo, la Tierra puede ser considerada como punto material en su movimiento orbital como planeta, puesto que el error con el que conocemos la distancia Tierra - Sol es muchas veces mayor que el radio de la Tierra. En adelante trataremos el movimiento de puntos materiales” (pág. 42).

No se alude al modelo en los desarrollos teóricos, ni en los ejemplos, ni figuras presentados. En el capítulo 3 se hace referencia a: cuerpos, tren, ascensor, móvil, partículas, electrones, móvil puntual, punto, masas, cuerpo puntual, proyectil, móviles. Se ejemplifica con el movimiento de la Luna alrededor de la Tierra y se nombra al CM del sistema mencionando que su tratamiento se abordará en el capítulo siguiente. Se presenta el ejemplo de un carro tirado por un hombre; para calcular las aceleraciones del hombre y del carro no se los modela ni se explican consideraciones acerca de las ruedas. En el caso de interacción gravitatoria entre dos cuerpos puntuales se dibujan las fuerzas de interacción en el exterior de las figuras que representan a los cuerpos (pág. 72), lo mismo ocurre con las fuerzas de interacción elástica (pág. 85). En el pie de la pág. 74, se hace referencia a la fuerza gravitatoria que actúa sobre un cuerpo y se señala: “*El infinito en $r=0$ no molesta en física clásica; como hemos dicho que todo esto vale para cuerpos puntuales, éstos, al acercarse mutuamente en la medida que r tiende a 0, ya no podrán más ser considerados puntuales (¡recuérdese el carácter relativo de cuerpo puntual!), y no valdrá más esta expresión*”. En el párrafo correspondiente a reacciones de vínculo se dibujan esquemas que representan a los cuerpos; y a las fuerzas aplicadas, con vectores cuyos orígenes coinciden con el centro del cuerpo. Cuando se trata a la fuerza de rozamiento se representa un cuerpo apoyado sobre una mesa horizontal a través de un rectángulo, con los vectores fuerzas no concurrentes, perpendiculares a los cuatro lados. En el tema Sistemas inerciales y sistemas acelerados, se hace referencia primero a cuerpo puntual y luego sólo a cuerpo.

En el capítulo 4 se habla de masas y cuerpos. Se parte de la conservación de la cantidad de movimiento (pág. 108) y en pág. 110, a partir del vector posición del CM, se define al CM, no se presentan esquemas explicativos, sólo esquemas precarios referidos a los desarrollos matemáticos. Cuando se trata la conservación del impulso angular se muestra el ejemplo de dos astronautas, se señala que el sentido de giro no se podrá invertir y en pie de pág. 130 se aclara: “*Esto solo vale considerando a los astronautas como puntuales (pág. 169)*”.

Luego de presentado el modelo de partícula, generalmente no se lo explicita. Se presentan contradicciones entre las condiciones que impone el modelo tal cual fue enunciado por el autor y los sistemas físicos que se usan para desarrollar los conceptos teóricos y los ejemplos explicativos.

I. Sears, Zemansky, Young, Fredman. Física Universitaria I

Se analizaron los capítulos: 1. Unidades, cantidades físicas y vectores, 2. Movimiento en línea recta, 3. Movimiento en dos o en tres dimensiones, 4. Leyes del movimiento de Newton, 5. Aplicación de las leyes de Newton.

El modelo de partícula se presenta en el capítulo 1: “*...creamos una versión simplificada del problema. Omitimos el tamaño y la forma de la pelota representándola como un objeto puntual, o una partícula.*” (pág. 3).

Se hace alusión explícita al modelo en los desarrollos teóricos, en los ejemplos y problemas resueltos presentados: “*...elegimos un punto en el auto, digamos su extremo delantero, y representamos todo el vehículo con ese punto y lo tratamos como una partícula. Una forma útil de describir el movimiento de la partícula —es decir, el punto que representa el automóvil— es en términos del cambio en su coordenada x durante un intervalo de tiempo.*” (pág. 37). En los ejemplos sobre diagramas del cuerpo libre se presentan fotos de los sistemas, y a la par esquemas de los mismos en los que las fuerzas se dibujan concurrentes en un punto del cuerpo (que coincidiría con el CM) -pág. 128-.

J. Serway y Jewett. FÍSICA para ciencias e ingeniería. Volumen 1

Se analizaron los capítulos: 2. Movimiento en una dimensión, 4. Movimiento en dos dimensiones, 5. Las leyes del movimiento, 6. Movimiento circular y otras aplicaciones de las leyes de Newton.

En el capítulo 2 (pág. 19) se define: “*Una partícula es un objeto parecido a un punto, es decir un objeto que tiene masa pero es de tamaño infinitesimal*”. El concepto de tamaño infinitesimal está relacionado a comparar las dimensiones que caracterizan el cuerpo y la distancia que éste recorre. Se

aclara que los cuerpos se analizarán siempre como partículas en el estudio del movimiento de traslación. En el desarrollo de este capítulo se hace referencia explícita al modelo utilizado tanto en los desarrollos teóricos como en el planteo de situaciones de análisis.

El capítulo 4 se presenta bajo la óptica del movimiento de una partícula en 2 dimensiones. Un ejemplo ilustrativo es el estudio del salto en largo de un atleta en el que, si bien se considera que los movimientos de los brazos y las piernas son complejos, dichos movimientos se ignoran y se conceptualiza el movimiento global como equivalente al de un proyectil. En el análisis no se hace referencia a ningún punto particular del cuerpo del atleta, sino que se lo modela en su conjunto como un punto. Un concepto similar se emplea al estudiar coches en movimiento circular. En los ejemplos y problemas se observan dibujos de los sistemas físicos.

En el capítulo 5 se desarrolla el concepto de Fuerza y se estudian los distintos tipos de fuerzas (a distancia y de contacto), analizando las tres leyes de Newton. Cuando se enuncia la segunda ley de Newton (pág. 104) se habla de objeto. En la Figura 5.6b) (pág. 109) se introduce el diagrama de cuerpo libre como paso fundamental para resolver los problemas de Dinámica. En el mismo no se especifica el CM del cuerpo, se representan las fuerzas como vectores, haciendo pasar las rectas de acción de ciertas fuerzas, como el peso, por el centro geométrico. En la pág. 110 se vuelve a retomar el modelo de partícula: “*Si un objeto experimenta una aceleración, su movimiento se puede analizar con el modelo de partícula bajo la acción de una fuerza neta*”. Los cuerpos sobre los cuales se aplica dicha modelización son diversos: cajas, libros, bloques, automóviles, personas.

En el capítulo 6 se introducen las fuerzas centrípeta y tangencial aplicando la segunda ley de Newton a una partícula. Con dicho modelo se estudia, en relación a la fuerza centrípeta: el movimiento circular uniforme de una esfera, de un auto al girar en curvas horizontal y peraltada y de un piloto que ejerce rizo con su avión; con relación a la fuerza tangencial, se ejemplifica con el movimiento circular de una bola, vinculada al centro de rotación por una cuerda (Ej. 6.6, pág.144). Cuando se analizan las fuerzas resistivas “*originadas por la interacción entre el objeto y el medio en el cual se mueve*”, se señala que los casos analizados son de movimientos traslacionales por lo que los objetos son modelados nuevamente como partículas.

La definición de CM se efectúa en el capítulo 9 (Cantidad de movimiento lineal y colisiones), en el punto 9.5 cuando se requiere generalizar el principio de conservación de la cantidad de movimiento para un sólido, como en el caso de la explosión de un proyectil (ej. 9.13, pág. 352).

K. Tipler, P. Física Volumen I

Se analizaron los capítulos: 2. Cinemática del punto, 4. Leyes de Newton I, 5. Aplicación de las leyes de Newton. 6. Las Fuerzas en la Naturaleza.

El modelo de partícula se presenta en el capítulo 2, ítem: Movimiento en una dimensión “... *son objetos cuyas posiciones pueden localizarse a través de un solo punto,...cuerpos en los cuales no interesan sus dimensiones...Si lo que importa es el movimiento interno ó la estructura interna de un objeto, este ya no puede considerarse como una partícula*”. Los ejemplos de Cinemática se aplican principalmente a puntos materiales.

En el capítulo 4 se enuncian las leyes de Newton aplicadas a un objeto modelado bajo el concepto de partícula desarrollado en el capítulo 2.

En el capítulo 5 se presenta el diagrama de un cuerpo libre (lo denomina diagrama de fuerzas sobre el objeto). Se establece que debe aislarse el cuerpo (partícula) y representar en un diagrama todas las fuerzas que actúan sobre el mismo. En los diagramas de sólido libre, las rectas de acción de las fuerzas actuantes representadas, pasan generalmente por el centro geométrico de los mismos. El modelo de partícula definido en Cinemática, implica un movimiento en traslación pura, ya que no debe existir movimiento interno del cuerpo. Por lo tanto al aplicar las leyes de Newton, la aceleración podría referirse a cualquier punto aunque según la representación de los diagramas de cuerpo libre el punto seleccionado coincidiría con el CM del cuerpo. Al ejemplificar dicho procedimiento (Ej. 5-2, Fig. 5-4, pág. 131) se analiza un bloque deslizando en un plano inclinado, para lo cual se realiza una representación pictórica de la situación y sobre el bloque se representan las fuerzas peso y normal como vectores aplicados en su CM, y referenciadas a un sistema de coordenadas x,y cuyo origen coincide con el CM. En los ejemplos siguientes (Ej. 5-3, Fig. 5-6, pág.132; Ej. 5-4, Fig. 5-8, pág. 133; Ej. 5-5, Fig. 5-11, pág. 135 y Ej. 5-6, Fig. 5-13, pág. 136) se aíslan los cuerpos, y se representan el peso en el centro y, la normal y las tensiones en los puntos en los que se generan. Se emplean como objetos de estudio bloques y esferas.

En el capítulo 6 se plantea la fuerza gravitatoria. Se ejemplifica con la Tierra y la Luna y se supone que son masas puntuales, porque la distancia es grande en comparación con sus dimensiones.

V. SÍNTESIS Y CONCLUSIONES

Se encontró que en los LT analizados algunos autores hacen referencia explícita al modelado que hacen de los sistemas físicos cuyo estudio desarrollan en los temas introductorios correspondientes a Cinemática y Dinámica: Alonso y Finn; Cussó, López y Villar; Gettys, Keller y Skove; McKelvey y Grotch; Resnick, Halliday y Krane; Roederer; Sears, Zemansky, Young y Fredman; Serway y Jewett; Tipler (implica un movimiento en traslación pura, ya que no debe existir movimiento interno del cuerpo); y otros no: Bueche; Ingard y Kraushaar (estos autores introducen la Mecánica desarrollando cantidad de movimiento lineal y fuerza, y luego Cinemática; uno de los primeros conceptos que presentan es el de CM y aclaran constantemente que las leyes de Newton brindan información sobre el estado de movimiento del CM). Entre los primeros se encontraron autores que aluden a argumentos diversos para modelar los sistemas físicos cuando desarrollan Cinemática. Algunos los describen como cuerpos de dimensiones pequeñas comparadas con las distancias que los separan, o recorren, y los llaman partículas (Alonso y Finn; Cussó, López y Villar - se usan representaciones pictóricas figurativas tomadas de la naturaleza, que el alumno debe modelar como puntos materiales, es decir debe suponer que las distancias recorridas son mucho mayores que sus dimensiones características-; Gettys, Keller y Skove; McKelvey y Grotch; Roederer; Serway y Jewett). Otros autores mencionan que los sistemas físicos pueden representarse a través de un único punto porque los demás se mueven de la misma manera (Resnick, Halliday y Krane; Sears, Zemansky, Young y Fredman), o porque el cuerpo puede localizarse a través de un solo punto (Tipler).

De lo anterior se desprende que algunos autores, hacen uso del término partícula con doble significado. Por un lado lo relacionan con el tamaño del cuerpo en comparación con la distancia a la que se encuentra o recorre, y por otro, lo relacionan al estudio del movimiento de un punto del sistema a través del cual se podrían contestar las preguntas que se formulan sobre el movimiento.

En Dinámica, la expresión partícula, o punto másico, tiene otros significados atribuidos por los autores. Algunos refieren en los problemas resueltos, a la representación del sistema físico como un punto en el que concurren todas las fuerzas: Alonso y Finn; Bueche; Cussó, López y Villar (el punto pertenece a la figura que representa al cuerpo); Gettys, Keller y Skove (porque el tamaño no tiene importancia); McKelvey y Grotch (se señala que esta condición se cumple en cuerpos pequeños); Resnick, Halliday y Krane (se aclara que el punto representa al cuerpo); Sears, Zemansky, Young y Fredman; Serway y Jewett (se aclara que el cuerpo se modela como partícula material). Otros autores dibujan las fuerzas concurrentes en un punto que pertenece al cuerpo: Bueche; Sears, Zemansky, Young y Fredman; Tipler (en el centro geométrico que coincidiría con el CM); y otros especifican que dicho punto es el CM: Cussó, López y Villar.

Particularmente en Dinámica, algunos autores refieren al término partícula en los desarrollos teóricos: Alonso y Finn; Gettys, Keller y Skove; Sears, Zemansky, Young y Fredman; Serway y Jewett; y estos autores, salvo Alonso y Finn, aluden al modelo en los ejemplos resueltos. Esto estaría indicando que la presentación que dichos autores realizan sobre el tema es coherente.

En los LT cuyos autores son: Bueche; Sears, Zemansky, Young y Fredman y Tipler, se presentan esquemas pictóricos de los sistemas físicos en estudio, sobre los que se dibujan flechas representando a las fuerzas en el centro geométrico de la figura que representa al sistema, mientras que, Ingard y Kraushaar y Serway y Jewett, lo hacen en los puntos en los que se generan las fuerzas y, en Roederer, en las figuras de algunas situaciones, se dibujan las fuerzas aplicadas en puntos externos a la figura que representa al sistema físico.

Otros autores dibujan las fuerzas no concurrentes sobre esquemas de los objetos: Alonso y Finn; Gettys, Keller y Skove (a la par presentan el diagrama puntual de fuerzas aplicadas); Ingard y Kraushaar (se aclara que las leyes de Newton brindan información sobre el estado de movimiento del CM); McKelvey y Grotch (se dibujan, el peso en el centro geométrico; la normal en la superficie de contacto, en el caso de un cuerpo apoyado sobre una superficie horizontal, con la recta de acción desplazada respecto a la del peso; y la fuerza de rozamiento sobre el cuerpo en la superficie de contacto, la tensión en el punto de sujeción del hilo); Resnick, Halliday y Krane (a la par representa al sistema como un punto en el que convergen las fuerzas); Roederer; Serway y Jewett (sólo en los ejemplos iniciales en los que se explica cómo realizar el diagrama del cuerpo libre).

Los argumentos versan sobre diferentes cuestiones: las fuerzas deben considerarse concurrentes para eliminar el efecto de rotación, cuestión que a veces no se reproduce en los esquemas de fuerzas presentados, ni en los ejemplos propuestos.

Los docentes deberían, por un lado, persuadir a los estudiantes de que deben ser conscientes que abordar una situación problemática en Física siempre requiere modelar al sistema físico real que se está estudiando; y por otro, enfatizar en el aula el/los significado/s físicos de los modelos que adoptan. Al estudiar el movimiento de un sistema a través de la Cinemática del punto, o de la partícula, según lo que se encontró en este trabajo sobre LT, los sistemas físicos son modelados como puntuales, pero cabe

aclara que este modelo conlleva dos connotaciones físicas diferentes. Por un lado, el modelo es adecuado para estudiar cuerpos relativamente pequeños respecto a las distancias a las que se encuentran, o que recorren; y por otro, se adopta porque basta estudiar el movimiento de un punto del sistema para responder a las preguntas que se plantean (ya sea porque los demás puntos se mueven de la misma manera, o porque eligiendo un único punto se puede resolver el problema).

Con relación a la Dinámica del punto, se señala que el hecho de adoptar el modelo de partícula, o punto másico, “obliga” a las fuerzas que actúan sobre el sistema a ser concurrentes y así poder eliminar variaciones sobre los posibles movimientos de rotación.

El docente debería alertar a sus alumnos en las clases, al desarrollar los primeros temas de Mecánica, sobre los distintos significados físicos que un modelo “simplificador” como el de partícula puede involucrar. De esta manera, los estudiantes se encontrarían en condiciones más favorables para estudiar a partir de los LT. Se sostiene que estos recursos constituyen las herramientas más confiables para aprender.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Nacional del Litoral por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo mediante el subsidio correspondiente a los proyectos de investigación CAI+D 2011, códigos: 50120110100098LI y 50120110100270LI.

REFERENCIAS

Alonso, M. y Finn, E. (1986) *Física*. México: Addison Wesley Iberoamericana.

Ausubel, D.; Novak, J. y Hanesian, H. (1991) *Psicología Educativa, un punto de vista cognitivo*. 5ta. Reimpresión. México: Trillas.

Bardin, L. (1996) *El análisis de contenido*. Madrid: Akal.

Bouciguez, M. y Santos, G. (2010) Applets en la enseñanza de la física: un análisis de las características tecnológicas y disciplinares. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencias*. 7, (1). pp. 56-74. En: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/920/92013011005.pdf>. (Consulta: 08/2011)

Bueche, F. (1992) *Física para estudiantes de Ciencias e Ingeniería*. Cuarta Ed. México: McGraw Hill.

Cussó, F.; López, C. y Villar, R. (2004) *Física de los procesos biológicos*. Barcelona: Ariel.

Gettys, W.; Keller, F. y Skove, M. (1991) *Física Clásica y Moderna*. Madrid: McGraw Hill.

Giorgi, S.; Cámara, C.; Carreri, R. y Bonazzola, M. (2013) Un estudio sobre libros de Física en el contexto del Ciclo Inicial de carreras de grado en la Universidad Nacional del Litoral. *Memorias de la XVIII Reunión en Educación en Física*, Asociación de Profesores de Física de la Argentina, Universidad Nacional de Catamarca, Catamarca.

Ingard, U. y Kraushaar, W. (1984) *Introducción al estudio de la mecánica, materia y ondas*. Argentina: Reverté.

McKelvey, J. y Grotch, H. (1980) *Física para ciencias e ingeniería T I*. México: Harla.

Otero, J. (1990) Variables cognitivas y metacognitivas en la comprensión de textos científicos: el papel de los esquemas y el control de la propia comprensión. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (1), pp. 17-22.

Resnick, R.; Halliday, D. y Krane, K. (2006) *Física Vol. I*. México: CECSA.

Roederer, J. (2008) *Mecánica elemental*. Buenos Aires: EUDEBA.

Samaja, J. (1994) *Epistemología y Metodología*. Buenos Aires: EUDEBA.

Giorgi y otros

Sears, F.; Zemansky, M.; Young, H. y Fredman, R. (2009) *Física universitaria vol. 1*. Decimosegunda edición. México: Pearson Educación.

Serway, R. y Jewett, J. (2010) *Física para ciencias e ingeniería. Volumen 1*. Séptima edición. México: CENGAGE Learning.

Solaz-Portolés y Moreno-Cabo (2008) *Algunas pautas y consideraciones para aprender de un texto educativo de ciencias*. Edición electrónica gratuita en: www.eumed.net/libros/2008c/467/ (Consulta: 06/2010)

Tipler, P. (1979) *Física I*. Barcelona: Reverté.