
REORGANIZACIÓN E INTEGRACIÓN CURRICULAR EN UN CURSO UNIVERSITARIO INICIAL DE FÍSICA.

MARÍA I. COTIGNOLA⁽¹⁾, CLELIA M. BORDOGNA⁽¹⁾
GRACIELA PUNTE⁽¹⁾, OSVALDO M. CAPPANNINI⁽²⁾

⁽¹⁾ IMApEC, Departamento de Fisicomatemática, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, 115 y 49. CP 1900. La Plata. Argentina.

⁽²⁾ Grupo de Didáctica de las Ciencias, UNLP, Calle 50 y 115, C.C. 525, y Grupo de Física del Sólido, IFLYSIB (CONICET-UNLP). CP 1900. La Plata. Argentina.

RESUMEN

La influencia de distintas aproximaciones didácticas en la adquisición de concepciones, procedimientos y actitudes científicas en un curso básico de física para alumnos de Ingeniería, dio lugar a una propuesta consistente en innovaciones curriculares y metodológicas en temas de mecánica y termodinámica. Su objetivo fue centrar la enseñanza en las leyes fundamentales y poner de manifiesto la importancia de las herramientas metodológicas en Física. El análisis de las modificaciones introducidas condujo a un proceso caracterizado por la evaluación permanente de las estrategias en desarrollo y la concatenación de cambios curriculares con el desenvolvimiento de tareas especialmente diseñadas para implementar en el aula. En estas tareas los alumnos se constituyeron en partícipes activos, en forma no compulsiva, de la construcción de sus conocimientos.

ABSTRACT

The influence of different educational approaches on the acquisition of scientific concepts, procedures and attitudes in a basic course on physics for engineering students gave rise to a proposal involving curricular and methodological innovations in mechanics and thermodynamics. Its aim was to focus teaching on fundamental laws and highlight the importance of methodological tools in Physics. The analysis of the introduced changes led to a process characterized by the ongoing assessment of the strategies in progress and the linking of curricular changes to the fulfillment of specially designed tasks to be developed in class. In these tasks students had an active role in building up their knowledge.

INTRODUCCIÓN.

El desarrollo de actividades áulicas que permitan la adquisición de concepciones, procedimientos y actitudes científicas en cursos básicos de ciencias es un tópico de interés y actualidad entre docentes-investigadores (Gil Pérez 1991; Duschl 1995; De Pro Bueno 1997). El diseño de cualquier innovación en la enseñanza requiere, como tarea esencial, la delimitación y secuenciación de contenidos. Sin embargo, muchas veces dicha tarea se delega en supuestos especialistas, los autores de libros de texto, lo cual conlleva una escasa contextua-

lización y una utilización mecánica y acrítica del programa (Sánchez Blanco et al 2000).

Estudios realizados sobre concepciones de los docentes durante el proceso de planificación indican que, a pesar de las numerosas contribuciones de la investigación en enseñanza y de la psicología cognitiva, continua siendo preponderante el método tradicional donde el contenido conceptual de la disciplina predomina sobre el procedimental y el actitudinal (Brickhouse 1993; Sánchez Blanco et al 1999) y

prevalece la concepción de enseñanza en la que el alumno se considera un mero receptor de conocimientos (Porlán et al 1998). Esta aproximación resulta insuficiente para lograr un aprendizaje significativo en los términos de Ausubel (1978).

Desde un marco constructivista se considera al que aprende como una parte activa en el proceso de construcción de significados, en situaciones nuevas, a partir de sus conocimientos previos (Ausubel, 1978). Este proceso de construir significados implica generar relaciones entre la nueva información y los conocimientos ya existentes. Si bien el proceso de aprendizaje se basa en una construcción cognitiva personal es posible que el docente intervenga, a través del desarrollo de actividades apropiadas, para facilitar y guiar dicho aprendizaje (Gil Pérez 1991). Para que esto pueda realizarse satisfactoriamente es imprescindible que el docente pueda establecer claramente cuáles son las dificultades existentes o cuál ha sido la evolución del proceso de aprendizaje.

En la búsqueda de aproximaciones didácticas que favorezcan la apropiación adecuada del conocimiento científico ha surgido, como una tendencia generalizada, el desarrollo de cursos básicos de física alrededor de núcleos temáticos que permitan la reducción de los contenidos conceptuales a abordar (Holton et al 1996). Este tipo de aproximación entraña el riesgo de generar un currículum en el que dichos núcleos aparezcan desconectados entre sí y limitados a los contextos relevantes pero parciales de los temas que cada uno abarca. Chabay et al (1999) y Reif (1999) han hecho hincapié, por su parte, en la oportunidad que se presenta en los cursos básicos de Física para dar una visión unitaria de la disciplina, lo cual conduce a una revisión profunda de la estructura de dichos cursos.

En nuestra opinión, no existe una receta que logre resolver estas cuestiones a partir de algún cambio curricular particular o de la imposición de alguna metodología exclusiva de clase. Pensamos que, una vez detectado él o los problemas, se debe desarrollar procesos de cambios realimentados a través del análisis cuidadoso de los resultados y de la evaluación apropiada de las metas alcanzadas (Coll 1991; Petrucci y Cordero 1994; Black 1998; Bordogna et al 2000; Sánchez Blanco et al 2000).

Este trabajo reseña un proceso de reformulación e innovación en una parte de un curso de Física básica dictado en la Facultad de

Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata. Dicho curso se desarrolla, actualmente, durante el segundo semestre del primer año y abarca:

- Mecánica de: a) la partícula, b) los sistemas de partículas, c) los cuerpos rígidos, d) los cuerpos elásticos, e) los fluidos y
- Termodinámica.

En el plan de estudios en vigencia los alumnos deben aprobar un primer curso de Cálculo antes de ingresar al primer curso de Física.

En este marco se han realizado modificaciones curriculares y metodológicas en los temas: mecánica de la partícula y de los sistemas de partículas y termodinámica. La verificación de la eficacia de las mismas condujo a un proceso de innovaciones acompañado por la evaluación permanente de las estrategias en desarrollo cuya evolución y resultados son descriptos a continuación.

EVOLUCIÓN DE LAS MODIFICACIONES.

La cronología de los cambios introducidos en el dictado del curso, los fundamentos para su realización, así como los resultados obtenidos de su aplicación son sintetizados a continuación:

Período 1985-1989.

- Detección de la existencia en los alumnos de conocimientos o concepciones alternativas, previos al aprendizaje formal, que dificultan la correcta apropiación conceptual. (Cotignola et al 1987a; Cotignola et al 1989).

- Detección de un alto porcentaje de alumnos que inician los cursos universitarios de Física sin haber alcanzado la etapa del pensamiento formal (Tuyarot et al 1989).

Los resultados de los tests diagnósticos utilizados impulsaron al equipo docente a introducir modificaciones en la presentación teórica y poner énfasis en el tratamiento de temas puntuales de mecánica (tales como gravitación) y al desarrollo de algunas estrategias de aula basadas en la realización de experiencias cualitativas simples en grupos reducidos de alumnos. Estas últimas estuvieron orientadas a poner en evidencia las contradicciones entre las concepciones alternativas y el comportamiento de los sistemas físicos en estudio y a ayudar a los alumnos a adquirir un manejo conceptual adecuado en temas de mecánica. (Cotignola et al 1987b).

A partir de 1988, debido a modificaciones

planteadas para todos los cursos de la Facultad de Ingeniería de la UNLP, se comenzó a trabajar en clases teórico-prácticas. Las actividades de aula utilizadas hasta ese momento, si bien habían sido pensadas para inducir un rol más activo en los estudiantes, no lograban modificar la estructura actitudinal tradicional.

Período 1990- 1992.

La participación de docentes de la cátedra en cursos de especialización y encuentros con expertos en didáctica de las ciencias¹ promovió la revisión de las actividades realizadas en el aula y la introducción de nuevas estrategias didácticas.

Los primeros cambios se realizaron en los temas de Mecánica y consistieron en incluir problemas abiertos (Gil Pérez 1991, Gil Pérez et al 1987), cuestionarios conceptuales introductorios (por ejemplo, los que se encuentran en textos como Resnick et al. 1980) y experiencias cualitativas (ver Apéndice I) a realizar dentro o fuera del aula. El equipo docente acordaba las estrategias a seguir para cada clase en las que se contemplaban instancias de trabajo grupal de los alumnos. La formación adquirida por los estudiantes se estimó a través de las evaluaciones para acreditación y del seguimiento de las tareas realizadas en grupo. Este último fue efectuado por los docentes auxiliares.

El balance de los resultados indicó que aunque no se alcanzaron a cubrir las expectativas docentes respecto a lograr una adecuada comprensión de la visión Newtoniana de la mecánica, se habían producido ciertos avances en la comprensión conceptual de la disciplina (por ejemplo, la superación de la asociación entre gravedad y existencia de atmósfera). También se observaron algunos cambios de actitud en los estudiantes (por ejemplo, los trabajos realizados en colaboración en grupos auto-organizados permitieron que, algunos alumnos, lograran distribuir roles en las actividades planteadas).

Durante esa etapa (cursos 1991 y 1992) las modificaciones planteadas respecto a los temas de Termodinámica se circunscribieron al dictado de la teoría, donde se hizo hincapié en la correcta definición de las magnitudes termodinámicas. No se alteraron las actividades prácticas de los alumnos.

Al finalizar este período se inició un trabajo conjunto con la cátedra de Termodinámica, correspondiente a tercer año de las orientaciones de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. De acuerdo a la evaluación hecha en esa cátedra, los alumnos llegaban con falencias respecto a conceptos básicos como temperatura, calor, energía interna, etc. La tarea conjunta estuvo dirigida al diseño de instrumentos de evaluación que permitieran identificar el alcance de dichas falencias a fin de poder establecer las mejores estrategias para corregirlas.

Período 1993-1995.

El análisis crítico de los resultados obtenidos en el período anterior, originó una nueva etapa de revisión. De ésta surgieron guías de clase renovadas en las que se varió el orden tradicional de los contenidos a fin de jerarquizar los conceptos físicos estructurantes. Con este enfoque se pretendió dar continuidad y coherencia a la línea de razonamiento propuesta a los estudiantes y favorecer el que adquieran una visión integrada de los conceptos comprendidos en la asignatura. Los cambios producidos se circunscribieron a la Mecánica de la Partícula, la Mecánica de los Sistemas de Partículas y algunos temas de Termodinámica.

Período 1996-2000.

Este período se caracterizó por la relevancia que adquirió la participación activa de los alumnos al afianzarse el carácter interactivo de las clases teórico-prácticas. Las clases previas a algunos temas, como Leyes de Newton y Primer Principio de la Termodinámica, se realizaron mediante actividades disparadoras encuadradas en clases tipo taller (ver apéndices II y III). Se agregó, además, al iniciar el curso un taller orientado a abordar contenidos metodológicos (Cappannini et al 1997; Cotignola et al 2000).

ESTRATEGIAS IMPLEMENTADAS.

Como producto del proceso delineado en la sección anterior surgieron innovaciones que se plasmaron en el diseño de las guías de tarea para docentes y estudiantes. Los aspectos sobresalientes de las modificaciones se consistieron en: (I) Cambios introducidos en Mecánica y (II) Cambios introducidos en termodinámica.

(I) CAMBIOS INTRODUCIDOS EN MECÁNICA.

En la reformulación de estos contenidos curriculares se enfatizó el tratamiento de con-

¹ Simposio-Escuela sobre educación en la Física. 1990. Villa Carlos Paz, Argentina.

ceptos de carácter epistemológico. Esta aproximación está de acuerdo con la sugerida por C. Coll (1991) y K. Devlin (1998). En ese marco, se consideró relevante comenzar el curso con la discusión de aspectos procedimentales tales como: identificación del objeto en estudio, determinación de las fronteras que lo separan del entorno, modelado, aclaración del problema a resolver, análisis de las variables relevantes del problema, sistema de referencia y sistema de coordenada, etc. El abordaje de los aspectos procedimentales se basó en experiencias previas del equipo docente en otros contextos (Cappannini et al 1997; Cotignola et al 2000).

Como **modelo** inicial para analizar y predecir los movimientos de traslación de los cuerpos se propuso el de *partícula*². A partir de este modelo la propuesta se desarrolló en torno a las siguientes premisas (Bordogna et al 1996):

- Se eligió la cantidad de movimiento de la partícula como uno de los conceptos estructurantes de la mecánica clásica, en coincidencia con Alonso y Finn (1992).

- Se rescató el contenido cotidiano de la palabra *interacción* entre el objeto de estudio y su entorno como adecuado para asociarlo con el concepto de fuerza. Se postergó la utilización de la palabra *fuerza* hasta la formalización de las leyes de la dinámica ya que esta palabra está teñida de significados en la vida cotidiana que dificultan la comprensión de su acepción física (por ejemplo, su relación con conceptos asociados a seres vivos como "tirar" y "empujar", su asociación con velocidad u otros de diversa índole como "fuerza de voluntad", "fuerza mental", etc.; ver Alonso y Finn 1992; Alonso 1994).

- Se jerarquizaron los contenidos de dinámica frente a los de cinemática. Estos últimos se presentaron como una aplicación de integración con contenidos de Matemáticas, fundamentalmente en el uso de funciones y sus representaciones gráficas (Hestenes 1992).

- Se presentaron los conceptos básicos a través de la discusión, previa a la formulación matemática, de situaciones problemáticas concretas y experiencias sencillas (Apéndice II). El objetivo de esta estrategia fue el de orientar la actividad de los alumnos hacia el modelado de

las situaciones, identificación de las variables relevantes y de los límites de validez del modelo utilizado.

- El concepto de energía se presentó en Mecánica a partir del análisis de sistemas en los que se visualicen cambios de posición y/o de velocidad. Una vez que se han introducido las distintas formas de energía diferenciándolas del proceso de transferencia de energía llamado trabajo mecánico, se menciona la degradación (pérdida de capacidad para realizar trabajo) de la energía mecánica como resultado de los sucesivos cambios. En este marco surge naturalmente la conservación de la energía del Universo (Hierrezuelo Moreno et al 1990; Raviolo 1996).

Para avanzar en el desarrollo de la mecánica se introdujo el modelo *sistema de partículas*. Al utilizarlo se tuvo en cuenta que:

- El modelo permite el abordaje de problemas desde un sistema de referencia inercial y desde el centro de masa del objeto en estudio, dando relevancia a magnitudes relativas al *centro de masa* que, más tarde, serán relacionadas con magnitudes termodinámicas.

- Un explícito desarrollo del Teorema de Trabajo y Energía sobre este modelo, prepara a los estudiantes para el tratamiento de procesos en los que interviene la *energía interna* del sistema.

(II) CAMBIOS INTRODUCIDOS EN TERMODINÁMICA.

La presentación de los conceptos estructurantes del tema se realizó a través de actividades de discusión sobre experiencias sencillas, intentando conectar el modelo microscópico del sistema de partículas con las propiedades macroscópicas, de acuerdo con el tratamiento tradicional en termodinámica (Bordogna et al 1994). Por ejemplo, para la introducción de los conceptos *temperatura*, *energía interna* y *calor* se pone en evidencia la existencia de esquemas preconceptuales. Esto se realiza en una clase-taller organizada en torno de una simulación de un sistema de partículas (Bordogna et al 1997) (Apéndice III). Durante la misma se lleva a los alumnos a asociar el modelo microscópico con la fenomenología descrita por medio de variables macroscópicas. La actividad incluye, además, la identificación de variables intensivas y extensivas, la discusión de la noción de estado termodinámico y la descripción de los diferentes procesos de transferencia de energía. Este tipo

²La idea fue modelizar un cuerpo como partícula sólo cuando tiene un movimiento de traslación pero manteniendo la existencia de una estructura interna para el sistema en estudio.

de actividades favoreció que los estudiantes asuman un compromiso activo en la construcción de sus propios conocimientos. El teorema de trabajo y energía aplicado al *sistema de partículas* permite fundamentar esta propuesta. El enfoque concuerda con ideas de Pozo et al (1991) y de Michinel Machado et al (1994).

Si bien existe el problema de la irreductibilidad de la Termodinámica a términos mecánicos, en el desarrollo de esta aproximación se consideró que mantener un equilibrio entre los enfoques fenomenológico y formalista permitiría al alumno conservar una coherencia en el tratamiento de los temas del curso. El modelo mecanicista se planteó así como subsumor (Moreira 1995) para el anclaje de los nuevos conceptos (Mallinckrodt 1991; Leff 1992; Alonso y Finn 1995).

Se destacan a continuación los puntos más importantes del tratamiento de estos temas realizado durante las clases:

- El eje del análisis de cualquier situación termodinámica giró en torno de los Principios de la Termodinámica.

- El concepto *calor*, como mecanismo de transferencia de energía por diferencia de temperatura entre los sistemas interactuantes, se equiparó al de *trabajo*.

- El tratamiento de distintos fenómenos físicos tales como calorimetría y dilatación se realizó en el marco del Primer Principio de la Termodinámica con la explicitación de las características de las fronteras del sistema.

- Se trataron distintas situaciones problemáticas integradoras de diferentes temas termodinámicos y mecánicos (Bordogna et al 1999).

- Se discutieron las diferencias entre los modelos de gas ideal y de gas real, aplicando los Principios de la Termodinámica a su estudio.

EVALUACIÓN DE LAS INNOVACIONES.

Un proceso de evaluación continua, utilizando instrumentos producidos por otros investigadores en enseñanza de las ciencias así como herramientas diseñadas por el grupo de investigación, acompañó cada una de las innovaciones producidas.

Para evaluar las modificaciones en Mecánica se utilizó parte de la conocida encuesta "Mechanics Baseline Test" (Hestenes 1992). Del análisis de los resultados obtenidos se pudo establecer una mejora en el aprendizaje conceptual de temas de cinemática y dinámica de la partícula, respecto del resultado de la utilización de la misma encuesta sobre una muestra de alumnos de otros cursos con un dictado tradicional del tema. El porcentaje de respuestas correctas pasó de un promedio de 35% (previo a las modificaciones) a un 60% con posterioridad a las innovaciones en estos temas (Bordogna et al 1996).

La evaluación de las innovaciones en Termodinámica se hizo a través de encuestas y entrevistas personales especialmente diseñadas por los autores del presente trabajo. Uno de los instrumentos utilizados incluía afirmaciones sobre los conceptos de energía, trabajo y calor que debían ser evaluadas como correctas o incorrectas por parte de los encuestados (Bordogna et al 2000). Esta encuesta se aplicó a 261 alumnos de tercer año de la Facultad de Ingeniería de la UNLP. Como grupo control se analizaron las respuestas de 256 estudiantes pertenecientes a tercer año de las carreras de Química y Bioquímica de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP. Los resultados obtenidos durante el período 1995-1997 mostraron mejoras importantes en los alumnos de Ingeniería (por ejemplo, de 24% de respuestas correctas en 1995 sobre la energía como función de estado se pasó a 60% en 1997 o de 47% de respuestas correctas en 1995 sobre las unidades de trabajo y calor a 70% en 1997). Aún así, los resultados mostraban confusión respecto al concepto de calor: más del 80% de los estudiantes encuestados lo consideraban "una forma de energía".

También se diseñaron entrevistas personales en base a una situación-problema (Cotignola et al 2000). A partir de los resultados obtenidos de estas entrevistas quedó en evidencia que las innovaciones introducidas no eran suficientes para la superación, por parte de los alumnos, de sus dificultades en el abordaje de situaciones donde se debían analizar procesos mecánicos y termodinámicos simultáneos. Tampoco se habían obtenido mejoras significativas en cuanto a la confusión entre calor y energía interna. En las respuestas de los alumnos entrevistados (pertenecientes a las carreras de Ingeniería, Química, Bioquímica, Física y Astronomía) no aparecieron diferencias: el calor se erigió en la herramienta central de análisis ante el problema

planteado. La persistencia de esta dificultad en estudiantes pertenecientes a diferentes cursos (con distintas modalidades de trabajo) sugirió que muchos de los problemas conceptuales de los alumnos respecto a conceptos básicos de Termodinámica podían estar asociados a confusiones y errores de los libros de texto de uso habitual. Una profundización respecto a la evolución de estos temas durante los siglos XVIII y XIX puso también en evidencia la relación entre la historia de la disciplina y las dificultades para el aprendizaje de estos conceptos (Cotignola et al 2000). En la actualidad se está trabajando en el diseño de nuevas herramientas didácticas que permitan superar estas falencias.

CONCLUSIONES.

La labor de investigación sobre lo que los estudiantes aprenden en un curso introductorio de Física para alumnos de Ingeniería y la aplicación al aula de sus resultados, dio lugar a un proceso, iniciado en 1985 y que aún continúa, caracterizado por la evaluación permanente de las estrategias en desarrollo utilizando instrumentos producidos por reconocidos investigadores en enseñanza de las Ciencias, así como herramientas diseñadas por el grupo de investigación. Como producto del mismo se introdujeron modificaciones en la presentación y ordenamiento de algunos aspectos de Mecánica y Termodinámica.

Las principales innovaciones se pueden resumir en tres grupos:

1) **Jerarquización de contenidos conceptuales.** Por ejemplo:

a) la dinámica frente a la cinemática;

b) el análisis desde los Principios de la Termodinámica frente al análisis fenomenológico (por ejemplo, la calorimetría, dilatación, gases);

c) el carácter transversal e integrador del concepto de energía.

2) **Tratamiento explícito de contenidos procedimentales** como:

a) la identificación de los modelos a utilizar y la delimitación de sus alcances;

b) la discusión del sistema en estudio y sus fronteras.

3) **Diseño de nuevas actividades prácticas** que, englobando 1 y 2, requieran un com-

promiso del alumno en su desarrollo y que permitieran tanto la identificación de conocimientos previos como el abordaje de nuevos conceptos (por ejemplo, los incluidos en los Apéndices I, II, y III).

El análisis de los resultados del seguimiento del proceso, basado en una fuerte y reiterada interacción con los alumnos a fin de obtener información sobre los cambios producidos frente a los esperados, mostró efectividad en algunas de las innovaciones implementadas de acuerdo a los tres aspectos anteriormente mencionados. La continuación del proceso planteado estará abocada a alcanzar otras metas aún no logradas.

Agradecimientos.

Los autores agradecen a la Dra. A. Dumrauf y al Dr. G. Cecchi la participación en la reformulación de los contenidos de Mecánica y Termodinámica respectivamente, y a la UNLP la ayuda económica brindada.

BIBLIOGRAFÍA.

- Alonso, M. y Finn, E., 1992, *Modernizing the Introductory Physics Course. Physics* (Addison-Wesley Publishing Co).

- Alonso, M., 1994, Physics Teachers are More Conservative than the Conservation Laws, *Am. J. of Phys.* 62, p. 13.

- Alonso, M. y Finn, E., 1995, An Integrated Approach to Thermodynamics in the Introductory Physics Course, *The Physics Teacher* 33, p. 296.

- Ausubel, D. P., 1978, *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo.* (Trillas, México).

- Bordogna, C., Cecchi, G., Cotignola, M. I. y Punte, G., 1994, Propuesta para un Curso Introductorio de Termodinámica, *Memorias del Segundo Simposio de Investigadores en Educación en Física, SIEF II*, Buenos Aires, pp. 193-197.

- Bordogna, C., Cotignola, M. I. y Dumrauf, A., 1996, Una Propuesta para la Comprensión Conceptual de la Mecánica de la Partícula, *Primer Congreso Argentino de Enseñanza de Ingeniería*, Río Cuarto, Argentina, pp. 170-175.

- Bordogna, C., Cotignola, M. I. y Punte, G., 1997, Mecánica Clásica, Termodinámica e Hidrodinámica en "Red", *Memorias del Taller Iberoamericano de Enseñanza de la Física Universitaria*, Vol. I, pp. 59-65, La Habana, Cuba.
- Bordogna, C., Cappannini, O. M., Cotignola, M. I. y Punte, G., 1999, De la Incorporación del Lenguaje a la Incorporación Conceptual: Evaluación de un Proceso Innovativo, *Actas del Cuarto Simposio de Investigadores en Educación en Física, SIEF 4*, La Plata, Argentina, pp 75-82.
- Bordogna, C., Cotignola, M. I., Punte, G. y Cappannini, O. M., 2000, La innovación como proceso: aplicación a la enseñanza de temas introductorios a la termodinámica. *Cadernos Catarinenses de Ensino de Física* 18.
- Brickhouse, N. W., 1993, What counts as successful instruction? An account of a teacher's self-assessment. *Science Education* 77, 115-129.
- Cappannini, O. M., Cordero, S., Menegaz, A., Mordegli, C., Segovia, R. y Villate, G., 1997, Metodología Científica en el Aula. Una Experiencia Innovadora en la Formación Docente, *5^o Congreso de Investigación en Didáctica de las Ciencias*, Murcia, España, pp. 193-194.
- Chabay, R. W. and Sherwood, B. A., 1999, Bringing atoms into first-year physics, *Am. J. of Physics* 67(12), 1045-1050.
- Coll, C., 1991, *Aprendizaje Escolar y Construcción del Conocimiento* (Editorial Paidós México).
- Cotignola, M. I, Tuyarot, D. y Punte, G. 1987a, Fracaso de los alumnos en los cursos de física. ¿Por qué los alumnos no entienden la física que les enseñamos? *Memorias de la V Reunión Nacional de Educación en la Física, REF-V, y IV Reunión Latinoamericana de Educación en Física, RELAFI IV*, Argentina, pp. 22-31.
- Cotignola, M. I, Tuyarot, D. y Punte, G. 1987b, Fracaso de los alumnos en los cursos de física. ¿Cómo revertir la situación? *Memorias de la V Reunión Nacional de Educación en la Física, REF-V, y IV Reunión Latinoamericana de Educación en Física, RELAFI IV*, Argentina, pp.32-39.
- Cotignola, M. I, Tuyarot, D. y Punte, G. 1989, Ley de gravitación universal. Estudio de preconceptos no-newtonianos, 1989, *Memorias de la VI Reunión Nacional de Educación en la Física, REF-VI*, Argentina, pp. 99-104.
- Cotignola, M. I., Bordogna, C., Punte, G. y Cappannini, O. M., 2000, Difficulties in Learning Thermodynamic Concepts: Are They Linked to the Historical Development of the Field?, *Science & Education*, en prensa.
- De Pro Bueno, A., 1998, ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias?, *Enseñanza de las Ciencias* 16(1), 21-42.
- Devlin, K., 1998, Rather than Scientific Literacy, Colleges should Teach Scientific Awareness, *Am. J. Phys.* 66, p. 559.
- Duschl, R. A., 1995, Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias* 13(1), 3-14.
- Hestenes, D. y Wells, M., 1992, A Mechanics Baseline Test, *The Physics Teacher* 30, p. 150
- Gil Pérez, D y Martínez Torregrosa, J, 1987, *La resolución de problemas de Física. Una didáctica alternativa*, (Editorial Vicens-Vives, Madrid)
- Gil Pérez, D, 1991, ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias?, *Enseñanza de las Ciencias* 9(1), 69.
- Hierrezuelo Moreno, J. y Molina González, E., 1990, Una propuesta para la introducción del concepto de Energía en el bachillerato, *Enseñanza de las Ciencias* 8 (1), p. 23.
- Holton, B. E. y Holton, G. K., 1996, The Rutgers Physics Learning Center, *The Physics Teacher* 34, p. 138.
- Leff, H. S. y Mallinckrodt, A. J., 1992, Stopping Objects With Zero External Work: Mechanics meets Thermodynamics, *Am. J. Phys.* 61, p. 121.
- Mallinckrodt, A. J. y Leff, H. S., 1991, All About Work, *Am. J. Phys.* 60, p. 356.
- Michinel Machado, J. L. y D'Alessandro Martínez, A., 1994, El Concepto de Energía en los Libros de Textos: de las Concepciones Previas a la Propuesta de un Nuevo Sublenguaje, *Enseñanza de las Ciencias* 12 (3), p. 369.

- Moreira, M. A., 1995, *La Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel*. (Monografía del Grupo de Enseñanza, Serie Enfoques Teóricos N°10. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Brasil).
- Petrucci, D. y Cordero, S., 1994. El cambio en la concepción de evaluación. Implementación universitaria. *Enseñanza de las Ciencias* 12 (2), 289.
- Porlán, R.; Rivero, A. y Martín, R., 1998, Conocimiento profesional y epistemología de los profesores II: estudios empíricos y conclusiones. *Enseñanza de las Ciencias* 16(2), 271-288.
- Pozo, J. L., Gómez, M. A., Limón, M. y Sanz, A., 1991, *Procesos Cognitivos en la Comprensión de las Ciencias: Las Ideas de los Adolescentes sobre la Química* (Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones M.E.C.: Madrid).
- Raviolo, A., 1996, Núcleos Conceptuales y Secuencia Constructivista en la Enseñanza de la Energía, *Revista de Enseñanza de la Física* 9 (2), p. 33.
- Reif, F., 1999, Thermal physics in the introductory physics course: Why and how to teach it from a unified atomic perspective. *Am. J. of Physics* 67(12), 1051-1062.
- Sánchez Blanco, G. y Valcárcel, M. V. , 1999, Science teachers' views and practices in planning for teaching. *Journal of Research in Science Teaching* 36(4), 493-513.
- Sánchez Blanco, G. y Valcárcel, M. V., 2000, ¿Qué tienen en cuenta los profesores cuando seleccionan el contenido de enseñanza? Cambios y dificultades tras un programa de formación. *Enseñanza de las Ciencias* 18(3), 423-438.
- Tuyarot, D., Cotignola, M. I. y Punte, G., 1989, Análisis del Nivel Operatorio de Alumnos que Ingresan o Cursan el Primer Año en la Universidad, *Memorias de la VI Reunión Nacional de Educación en la Física, REF-VI*, Argentina, pp.288-294.

APÉNDICE I

MODULO II: MECÁNICA DE UN SISTEMAS DE PARTÍCULAS - CLASE I

- Objetivo de la actividad: Relacionar el centro de masa y el centro de gravedad.
- a) Trata de sostener con un solo dedo y en posición horizontal, uno de los siguientes elementos:
- una lapicera
 - un martillo, destornillador, o cualquier objeto de notoria asimetría.
- Observa cuál es la posición del punto de apoyo del objeto sobre el dedo.
- b) Coloca el cuerpo elegido sobre una mesa de fórmica y aplica una fuerza de modo que el mismo experimente un movimiento de traslación pura.

¿Existe alguna relación entre el punto de aplicación de la fuerza (en cada caso) y el punto de apoyo del inciso anterior?

Explicitar la validez y limitación del modelo utilizado.

APÉNDICE II

CLASE II : INTRODUCCION A LA TEORIA DE NEWTON

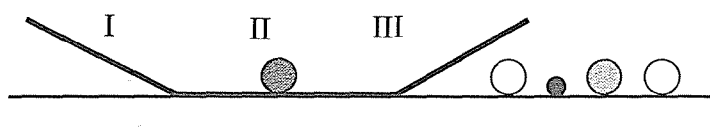
- Objetivos de la clase:
- a) Introducir en forma cualitativa las variables relevantes contenidas en las Tres Leyes de Newton.
 - b) Construir un vocabulario adecuado a la Teoría mencionada.
 - c) Definir las magnitudes físicas asociadas a los conceptos "estado de movimiento" e "interacción".

- Modalidad de trabajo de los estudiantes: grupal, acompañados por un docente para consultar. El número de participantes dependerá de la disponibilidad de equipos.

- Roles que desempeñarán los participantes del grupo colaborativo: lanzador de pelotas, observadores de los distintos componentes de la experiencia, escribas que registren las observaciones de los participantes. Se permitirá que cada estudiante elija un rol y luego se rotarán a medida que se desarrolla la experiencia.

- Duración de la actividad: entre 10 y 15 minutos.

Descripción del Equipo.



Un riel con tres tramos rectos permitirán que sobre él se desplacen pelotitas de distintas características.

Actividad a desarrollar.

1. La pelota que se encuentra ubicada en la Zona II del riel (sistema físico modelado como partícula), "**interacciona**" con pelotitas que se dejan caer **desde una misma altura H** de las Zonas I ó III . Las mencionadas pelotitas son de **mayor, igual y menor masa** que la partícula en estudio.

2. La pelota (partícula) que se encuentra en la zona II "**interacciona**" con pelotitas de **igual masa** que son lanzadas desde **distintas alturas**.

Discusión de resultados.

A través de preguntas formuladas por los docentes, se guía a los estudiantes para que identifiquen las variables que determinan completamente el estado de movimiento de la partícula y de las pelotitas, antes y después de la interacción.

La clase continúa con la exposición teórica a cargo del profesor.

Aclaración para los docentes.

Se llevará a los alumnos a identificar el sistema en estudio así como los agentes exteriores y el modelo de los cuerpos intervinientes.

Durante el transcurso de la actividad de evitará el uso de las palabras *fuerza* y *cantidad de movimiento* ya que quedará a cargo del profesor introducir ambas definiciones formales.

APÉNDICE III

Esta clase corresponde al bloque "Introducción a temperatura, calor y energía interna". Los alumnos conforman grupos pequeños de 4 o 5 alumnos, con un docente ayudante cada tres grupos, y recorre las siguientes etapas:

Actividad 1. Trabajo en los grupos de alumnos sobre los problemas 1 y 2 de la guía.

Objetivos:

- Diferenciar lenguaje cotidiano (que utiliza la percepción a través de los sentidos) de lenguaje

científico.

- Acordar definiciones identificando variables intensivas y extensivas.

Ejercicios utilizados:

1) Tomemos dos bloques, uno de telgopor y otro de metal. Toquemos con la mano derecha el bloque de telgopor y con la mano izquierda el de metal (es muy importante que esta experiencia la realicen todos los miembros del grupo).

a) ¿Qué siente cada mano al tocar los bloques?

b) ¿Puede inferirse de esta manera si ambos bloques están a la misma temperatura? Tomemos dos termómetros y coloquemos uno en el orificio del bloque de telgopor y el otro ajustado al interior del bloque de metal.

c) Cuando los termómetros se estabilizan, ¿qué temperatura mide cada uno? ¿Se relaciona el valor obtenido con la sensación experimentada por cada mano?

2) Supongamos que se saca medio kg de salchichas del congelador. Disponemos de dos ollas, una con 3 litros y otra con 1,5 litros de agua caliente. Si queremos descongelarlas y que alcancen la mayor temperatura posible, ¿en cuál de las ollas pondremos las salchichas? ¿Por qué?. Hacer un informe escrito con las conclusiones de la discusión.

Actividad 2. Discusión en los grupos de los ejercicios 3, 4 y 5 de la guía sobre propiedades de un sistema de partículas mediante una simulación con una caja con bolillas.

Objetivos:

- Correlacionar, a través del modelo propuesto, variables intensivas y extensivas (por ejemplo, temperatura y energía).

- Relacionar y diferenciar la simulación con la caja con bolillas respecto del modelo mecánico visto en módulos previos.

Ejercicios utilizados:

3) Para tratar de interpretar las nuevas magnitudes vamos a buscar un sistema simple para describir algunos fenómenos. Nuestro sistema pretende representar un gas. Sabemos que está compuesto por moléculas y suponemos que éstas se están moviendo. Una buena representación (modelo) de este sistema podría ser una caja con bolillas (que representarán a las moléculas). Solicitar al docente del grupo una bandeja con bolillas y analizar: dimensiones y masa de las "moléculas" y el número por unidad de volumen. ¿Podríamos analizar el sistema que forma la caja con los conocimientos del Módulo II?

(Nota: el Módulo II incluye la mecánica de los sistemas de partículas)

4) Supongamos que, de alguna manera, podemos medir la temperatura de la caja del problema 3.

a) Si introducimos una pared en medio de la misma ¿qué pasará con las temperaturas de ambas mitades? ¿Y si no la introdujéramos justo en el medio?

b) Supongamos que la temperatura de la caja aumenta de alguna forma. ¿Variará la cantidad de movimiento de la caja? ¿Variará la energía cinética del centro de masa? ¿Variará alguna otra cantidad que conozcamos?

c) ¿Qué pasaría con la temperatura de la caja si la misma se estuviera moviendo? ¿Qué conclusiones se pueden obtener?

5) Si consideramos a la caja como un sistema mecánico, podemos definir una energía como la suma de las energías cinéticas de las partículas. Repitamos los análisis a) y b) del problema 4 para esta energía así definida. ¿Qué similitudes o diferencias encuentra con sus respuestas del ejercicio 4?

Actividad 3. Discusión en los grupos utilizando el ejercicio 6 de la guía y analizando variaciones al modificar características del modelo.

Objetivo:

- Analizar el comportamiento de las variables termodinámicas al modificar, por ejemplo, la masa de alguna de las "partículas" del modelo.

Ejercicio utilizado:

6) Verificar que haya una bolilla que se pueda identificar entre las otras (por ejemplo con otro

color). Mover la bandeja sobre la mesa rápida e irregularmente.

- a) Observar el movimiento de la bolilla identificada. ¿Cómo se mueve en comparación con las otras?
- b) Agregar un bolón a la bandeja. ¿Cómo se mueve el bolón en comparación con las bolillas?. Imaginemos que podemos aumentar la temperatura de la caja, ¿qué pasaría con el movimiento de las bolillas? ¿Y con el bolón?.

Actividad 4. Utilizando el ejercicio 7 de la guía, discusión en los grupos del proceso denominado calor en el marco del modelo planteado.

Objetivos:

- Definir calor.
- Relacionar calor con energía y temperatura.

Ejercicio utilizado:

7) Si nuestra caja está a una temperatura mayor que la ambiente, después de cierto tiempo ¿se enfría? ¿se calienta? ¿por qué?. ¿Qué pasa en este proceso con la energía definida en el ejercicio 5? ¿Puede aplicarse el principio de conservación?

Actividad 5. Discusión con toda la clase, con coordinación docente. La implementación se inicia con una exposición de los alumnos, punto por punto, de lo trabajado en los grupos. A partir de lo elaborado los docentes encausan la discusión hacia los objetivos planteados.

Objetivos:

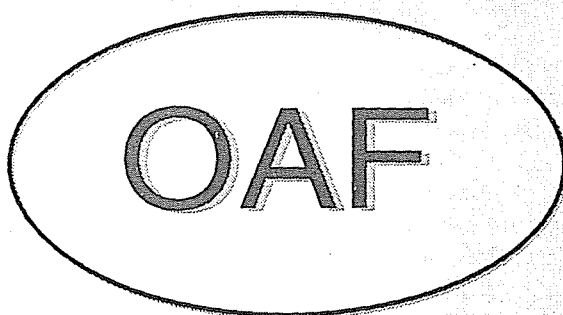
- Estructurar los conceptos introducidos.
- Relacionar con la teoría cinética.



Ministerio de Educación
de la Nación



Facultad de Matemática,
Astronomía y Física - UNC



OLIMPIADA ARGENTINA DE FÍSICA

Secretaría OAF:

Telefax: (0351) 469-9342

Correo Electrónico: oaf@mail.famaf.unc.edu.ar

Facultad de Matemática, Astronomía y Física

Ciudad Universitaria

5000 - Córdoba

Fax (alternativo): (0351) 433-4054

Correo Electrónico (alternativo): oaffamaf@yahoo.com.ar
