



**ANEP – CODICEN
CONSEJO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA
INSPECCIÓN GENERAL DOCENTE
COMISIÓN PROGRAMÁTICA DE FÍSICA**

PROPUESTA PROGRAMÁTICA

PLAN 2003

FÍSICA

**ORIENTACIONES:
CIENCIAS DE LA VIDA Y LA SALUD
CIENTÍFICO - MATEMÁTICO**

**Segundo año
EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR
Modalidad EDUCACIÓN MEDIA GENERAL**

SUMARIO

	PÁGINA
FUNDAMENTACIÓN GENERAL	3
COMPETENCIAS EN FÍSICA	5
PROPUESTA PROGRAMÁTICA	8
ANTECEDENTES	8
FUNDAMENTACIÓN	9
ORIENTACIONES METODOLÓGICAS	10
EVALUACIÓN	12
CONTENIDO DEL PROGRAMA	14
UNIDAD I. NOCIONES INTRODUCTORIAS	16
UNIDAD II. PRINCIPIOS DE CONSERVACIÓN	18
UNIDAD III. LEYES DE NEWTON	20
UNIDAD IV. APLICACIONES DE LA MECÁNICA NEWTONIANA	22
UNIDAD V. PROPIEDADES CUANTÍCAS DE LOS SISTEMAS ATÓMICOS	24
UNIDAD VI. PRINCIPIOS Y APLICACIONES DE LA TERMODINÁMICA	26
BIBLIOGRAFÍA	28

PROPUESTA PROGRAMÁTICA DE FÍSICA

SEGUNDO AÑO DE EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

FUNDAMENTACIÓN GENERAL¹

En un mundo donde el conocimiento es determinante para los modos de producción, la salud, la economía, la utilización de los recursos energéticos, el manejo de tecnologías, etc., la enseñanza de las ciencias básicas debe tener un rol fundamental.

En un contexto nacional, en donde los problemas sociales derivados de una sociedad crecientemente segmentada en parámetros de empleo, residencia, educación, salud, el valor de las ciencias básicas y de la Física en particular, contribuye al desarrollo de competencias, como capacidades complejas en los individuos, que les permitirán reflexionar y operar en diferentes campos de actividad logrando mejores condiciones de integración social y de efectuar aportes a una comunidad y a un país, en calidad de ciudadano pensante, reflexivo y crítico.

La Física como ciencia básica, posee una estructura formal, que facilita la comprensión del mundo en su complejidad, inicialmente a partir de la elaboración de modelos simplificados, que luego aportarán enfoques variados al problema complejo.

La Física, como disciplina científica, aborda problemas de los fenómenos naturales que observamos. Es soporte de otras disciplinas científicas y de muchas aplicaciones tecnológicas en amplios campos de la actividad humana.

El estudio de la historia de la Física, muestra cómo ha sido generadora de modelos para explicar los fenómenos naturales; muestra un aspecto analítico de la realidad, permite interpretar, predecir y a veces modificar, con la acción humana, la actividad de la naturaleza. En algunas oportunidades se han construido grandes síntesis conceptuales que han modificado de manera trascendental las concepciones filosóficas de la época.

Es una materia dinámica, en la que las construcciones teóricas no son definitivas ni dogmáticas. Por ello, el desarrollo de las herramientas de estudio se vuelve indispensable. Cada vez más la complejidad del conocimiento y los mecanismos de información y comunicación entre diversas disciplinas, exige la creación, por parte de la persona, de competencias de alto nivel.

De ahí que la inclusión de la Física en la Educación Media Básica (ciclo obligatorio) y la Superior, sea clave en la educación de los adolescentes, para el desarrollo de aquellas competencias que le permitan gestionar su propio aprendizaje.

Es una aspiración, que la asignatura contribuya al desarrollo de las estrategias de aprendizaje, que los estudiantes necesitan para lograr un proyecto personal de vida, estudio y trabajo en la sociedad en que les toque vivir. Se ha pretendido la integración de los distintos saberes específicos, de los

¹ Elaborada a partir de la propuesta del programa de Primer Año de Educación Media Superior

procedimientos básicos y de las actitudes que le permitirían vivir y actuar con responsabilidad, en una sociedad cada día más compleja.

En este sentido, cabe recordar la cita de Enrique Loedel:

“En la enseñanza no basta instruir; lo fundamental es educar. Y educar, en este caso es hacer que la personalidad del alumno no sea absorbida por la del maestro; que el motivo de la aceptación de las afirmaciones no sea la autoridad de éste ni la de los textos escritos; que en cada caso adquiera conciencia de que por sí mismo hubiera podido llegar a tales o cuáles resultados, que se sienta actor y autor frente a los hechos, percibiendo con claridad cuál ha sido el camino seguido por sus predecesores, que conserve la independencia de su mente y hasta una honrada rebeldía intelectual, que hagan que sólo se someta a los hechos y a su propio juicio. Que aprenda a utilizar sus manos y su mente; que sepa del fracaso aleccionador, y que sienta en sí mismo la alegría que proporciona la aprehensión del fruto tras un prolongado esfuerzo.”²

Deben considerarse los aportes de este educador y pensar cómo los principios subyacentes pueden hoy en día aplicarse, con las consideraciones pertinentes, a los nuevos contextos científicos, culturales, sociales y educativos de nuestra época.

Es inevitable que la concepción de ciencia del docente influya en las ideas que los alumnos se formarán sobre la ciencia, cuando se formalicen principios y leyes, cuando se interprete su rol en la sociedad, su interacción con la tecnología y los impactos derivados. Es por eso que el profesor debe elaborar un concepto de ciencia, acorde con su propia concepción del pensamiento y su evolución.

No se espera que todos los docentes tengan idéntica concepción filosófica sobre la ciencia, pero es necesario que de alguna manera, se posibilite al estudiante apropiarse de las ideas más aceptadas de la época.

Merece citarse este párrafo de Hodson: *“La ciencia es una actividad condicionada social e históricamente, llevada a cabo por científicos individualmente subjetivos, pero colectivamente críticos, selectivos, poseedores de diferentes estrategias metodológicas que abarcan procesos de creación intelectual, validación empírica y selección crítica, a través de las cuales se construye un conocimiento temporal y relativo que cambia y se desarrolla permanentemente”*. Esta noción de ciencia por su amplitud y generalidad, puede ser una guía de acción.

En este contexto, es que se ha tomado en cuenta el perfil de egreso del estudiante de la Educación Media Superior y las competencias fundamentales transversales al diseño curricular, que han sido elaborados en el ámbito de la Comisión de la Transformación de la Educación Media Superior, como un elemento más para la discusión de las competencias específicas que el aprendizaje de la Física ayudaría a desarrollar en los estudiantes.³

² Loedel, Enrique. Enseñanza de la Física. Ed. Kapelusz. 1949.

³ Comisión TEMS. Documento Anexo E1. ANEP, CODICEN 2002. En la página 4 de este documento se enumeran las intenciones de la EMS y las competencias transversales que se proponen para lograr estas intenciones.

COMPETENCIAS EN FÍSICA

Las competencias deben ser entendidas como el desarrollo de capacidades complejas, que permiten a los educandos reflexionar y operar en diferentes campos de actividad.⁴

Tanto en los procesos de enseñanza, como en los procesos de aprendizaje de la Física, la formación debe apuntar, de una forma estratégica al desarrollo de las competencias. Consideramos particularmente importantes:

1. Autonomía intelectual.

Esta competencia exige el desarrollo de habilidades más concretas, en relación con la información:

- Búsqueda y selección.
- Elaboración e interpretación.
- Traducción a otro formato o a otro lenguaje.
- Revisión crítica de la misma.
- Planteo de nuevos problemas a partir de ella.

Se debe ir logrando un paulatino desplazamiento del control del proceso de aprendizaje del alumno, del docente hacia el estudiante.

Los docentes de Física seleccionarán las estrategias para que los estudiantes puedan desarrollar estas habilidades, mediante el estudio del mundo físico. Esto permite a cada individuo vincularse con el mundo a partir de una construcción intelectual, que es validada por la confrontación experimental.

2. Pensamiento crítico.

El desarrollo del pensamiento crítico, presenta por lo menos dos dimensiones complementarias:

- Una, como técnica que moviliza especialmente las estructuras del pensamiento lógico del sujeto. Es decir, como pensamiento habilidoso que domina una serie de competencias de razonamiento.⁵
- Otra, que apoyada en la dimensión anterior, posibilita el cuestionamiento de visiones dominantes en una diversidad de campos de la actividad humana.

Esta competencia requiere de habilidades concretas, entre ellas, de:

⁴ Comisión TEMS. Documento Anexo E1. ANEP, CODICEN 2002. En la página 4 de este documento se enumeran las intenciones de la EMS y las competencias transversales que se proponen para lograr estas intenciones.

⁵ Comisión TEMS. Documento Anexo E1. ANEP, CODICEN 2002. Página 15.

- Reflexión y cuestionamiento a partir de lecturas, observaciones, hipótesis, resultados experimentales
- Conocimiento y explicitación de criterios para emitir juicios.

3. Creatividad.

La creatividad está presente en diferentes momentos de la construcción del conocimiento científico. Feynman lo expresa con claridad en:

“...¿Cuál es la fuente del conocimiento? ¿De dónde provienen las leyes que deben ser comprobadas? El experimento mismo ayuda para producir estas leyes, en el sentido que nos da sugerencias. Pero también la imaginación es necesaria para crear en base de estas sugerencias las grandes generalizaciones - adivinar sus admirables, simples, pero muy extraños esquemas que hay detrás de todas ellas, y luego experimentar para comprobar nuevamente si hemos hecho la suposición correcta. Este proceso de imaginación, es tan difícil que existe una división de las labores en Física: hay físicos teóricos que imaginan, deducen y hacen suposiciones, acerca de nuevas leyes, pero no experimentan; y luego hay físicos experimentales que experimentan, imaginan, deducen y hacen suposiciones.”⁶

Esto implica capacidades como por ejemplo:

- Planteo de interrogantes.
- Búsqueda de posibles caminos para resolver interrogantes propuestos.
- Elaboración de varias respuestas o soluciones para algunas situaciones problemáticas.

4. Elaboración y uso de modelos.

Dada la importancia de la elaboración de modelos en la actividad científica para el estudio de las situaciones complejas del mundo físico, entendemos importante el desarrollo de esta competencia en un nivel escolarizado que implica el desarrollo de las siguientes habilidades o capacidades:

- Selección de las propiedades relevantes de las situaciones problemáticas.
- Formulación de hipótesis descriptivas o explicativas.
- Capacidad de relacionar distintas partes en una visión sistémica.
- Diseño de experimentos, seleccionando adecuadamente el material y la metodología a aplicar.
- Logro de la formalización matemática de un modelo por lo menos en algunas situaciones.

⁶ Feynman, Richard “The Feynman Lectures on Physics”. Física, Volumen I: Mecánica, Radiación y Calor. Ed. Fondo Educativo Interamericano, S.A. 1971

- Diferenciación de los fenómenos naturales de los modelos explicativos.

5. Comunicación a través de códigos verbales y no verbales relacionados con el conocimiento científico.

Dada la importancia de la comunicación, tanto en la expresión como en la interpretación, esta asignatura debe hacer hincapié en algunas capacidades que favorecen el desarrollo de la misma:

- Comprensión del significado de palabras o enunciados.
- Organización y jerarquización de ideas.
- Desarrollo de la capacidad de síntesis.
- Valorización de la importancia de la sintáxis, coherencia y correlación temporal, etc., de diversos enunciados.

Estas habilidades están directamente relacionadas con la lectura de textos, elaboración de informes de prácticas, exposiciones orales, crítica de artículos de actualidad, etc.

6. Investigación y producción de información.

Se desarrollará a partir de la aplicación de estrategias propias de la actividad científica:

- Identificación del problema.
- Formulación de hipótesis.
- Planificación y realización de actividades para contrastarlas.
- Sistematización y análisis de los resultados.
- Comunicación de los mismos.
- Trabajo en equipos para la planificación de actividades y su realización.

7. Análisis del rol de la ciencia.

Entendemos esta competencia como fundamental para una participación plena y responsable en la toma de decisiones, que afectan a la sociedad en su conjunto y a su vida personal y como una herramienta importante para el entendimiento de la naturaleza:

- Análisis crítico de la dualidad beneficio – perjuicio del impacto del desarrollo científico tecnológico.
- Reconocimiento de la actividad científica como posible fuente de satisfacción y realización personal.

8. Competencias afectivas y éticas.

En un clima de aula en donde se practique el respeto, la confianza y la tolerancia en las relaciones, se desarrollarán las siguientes competencias:

- Desplazamiento paulatino desde una relación de dependencia hacia una de independencia afectiva.
- Desarrollo de la autoestima.
- Valorización del conocimiento como medio para ejercer la ciudadanía con responsabilidad.

PROPUESTA PROGRAMÁTICA

La propuesta programática para el 2° año de Física de la Educación Media Superior (EMS), se realiza en el marco de un proceso general de transformación de la educación media en el Uruguay. Debido a su necesaria adaptación al contexto global y dinámico de la reforma, esta propuesta tiene esencialmente un carácter preliminar y podrá estar sujeta a futuras revisiones y ajustes, y ser enriquecida por el aporte de discusiones más generales y por la experiencia recogida en su primera aplicación en un conjunto limitado de liceos del país durante el presente año lectivo.

ANTECEDENTES

Dentro de la situación general planteada por la reforma de la educación media, existen tres aspectos que deseamos referir como antecedentes. Estos son:

1. La integración de física y química en un único curso en el 3er. año del ciclo básico.
2. La existencia de un eje conductor (de origen metodológico), que actúa como orientador en el enfoque pedagógico y selección de contenido del nuevo programa en la reforma del 1er año de Física de la EMS.
3. La experiencia recogida en la aplicación del programa actualmente vigente del 2° año del Bachillerato Diversificado de Física.

1) La integración de las dos disciplinas científicas, la química y la física, en una única asignatura a nivel del último año del ciclo básico, ha tenido la consecuencia de producir una merma importante en las competencias específicas que, en promedio, el estudiante tiene cuando ingresa al ciclo superior. Esto tiene relación directa con el planteo pedagógico y la estrategia que los docentes de física deben aplicar para poder hacer accesible, a este nivel, las leyes y principios que describen a los fenómenos físicos. Una peculiaridad de la física es que, además de su descripción matemática y aplicación inmediata, estas leyes y principios deben integrarse en una

estructura más general correspondiente a una teoría física. Este aspecto es especialmente importante, en lo concerniente al programa del 2° año del ciclo superior.

2) En el nuevo programa del 1er año del ciclo superior, se ha tomado como eje conductor la idea de los modelos en física. Esta idea, implica una orientación metodológica para el tratamiento de los temas a nivel del aula. La secuencia de temas desarrollados en el año, tiene por objetivo el poner en evidencia el uso de los modelos en física. A su vez, esto está relacionado con la forma en que se desarrolla y aplica el conocimiento específico de esta disciplina, en su actividad de investigación básica y tecnológica. Por tanto, el propósito de concentrar la atención en el propio significado de los modelos y hacerlo relevante para el estudiante, tiene por objetivo poner en evidencia un aspecto importante del funcionamiento de la física como generadora de conocimiento. Esta idea trae a su vez, una motivación de índole más general relacionado con el planteo de los programas de enseñanza de la física. La existencia de un eje conductor de origen metodológico, permite percibir ciertos aspectos funcionales de la física, que van más allá de la naturaleza específica de los fenómenos estudiados. Esto favorece la visión en conjunto y la comprensión de los métodos propios de la física. Esta motivación se mantiene en el presente programa.

3) La experiencia recogida en la aplicación del programa vigente del 2° año del Bachillerato Diversificado, fue especialmente considerada en la determinación del enfoque global, que se ha dado a la presente propuesta. Los temas tratados en estos programas están en correspondencia directa, en ambos se introducen los principios básicos de la mecánica y de la termodinámica. En el funcionamiento del programa de 2° año, se observa una marcada tendencia a favorecer algunos temas en desmedro de otros, lo que provoca una distorsión importante en la comprensión del significado global del trabajo de aula. La solución que se propone para este problema, implica cambios importantes en el planteo tradicional de los temas de la mecánica.

FUNDAMENTACIÓN

El 2° año del ciclo superior, tiene un rol estratégico para la realización de los objetivos generales y de competencias a desarrollar a lo largo de todo el ciclo de enseñanza de la Física en la EMS. En él, se inicia un proceso de formalización de los principios y leyes relacionados con las teorías físicas que culminará en el 3°er. año.

La formalización de los principios y leyes, incluye dos aspectos importantes: uno descriptivo y otro funcional. El descriptivo, se refiere a la representación matemática y verificación experimental de las leyes y principios físicos, el funcional, se refiere a la articulación de las mismas en una estructura más general, correspondiente a una teoría física. Las leyes y principios que se describen cumplen una función. Esta función es específica, (permite hacer una distinción entre las diferentes leyes y principios que intervienen) y su cometido es construir una estructura formal más general conocida como teoría física. En

el presente programa, se ha tratado que estos dos aspectos puedan ser apreciados por el estudiante en el caso de la mecánica, que es la teoría física más sencilla y la más directamente ligada con la experiencia cotidiana.

Para realizar este cometido, se ha recurrido a los principios generales de conservación (de la energía y de la cantidad de movimiento). Estos principios no son exclusivos de la mecánica, sino que tienen una naturaleza más general y se aplican en diferentes teorías físicas. Además, tienen la ventaja de ser accesibles por estar (sobre todo el de conservación de la energía) integrados al conjunto de conocimientos previos que trae el estudiante. La aplicación ordenada de estos principios, permite realizar un planteo donde, en forma progresiva y con el apoyo de la verificación experimental, el estudiante va articulando las diferentes relaciones básicas, que caracterizan a la mecánica como una teoría física: la existencia de una ecuación del movimiento (la segunda ley de Newton) y de escenarios especiales donde esta ecuación toma la forma más sencilla posible (los sistemas inerciales). Se busca que estos dos conceptos sean inferidos por el estudiante, a través del trabajo previo realizado con los principios de conservación y la verificación experimental de los resultados. Esto, naturalmente, se corresponde con la elección de una estrategia pedagógica, que implica un tratamiento flexible de los mismos principios que quieren ser enseñados⁷.

De esta forma, la propuesta programática para el 2° año del ciclo superior contiene, como en el caso del 1er año, un eje conductor. Este eje, está basado en consideraciones más generales, que trascienden al contenido temático específico y permite hacer relevante ciertos aspectos funcionales de la física. En el 1er año, el énfasis fue puesto en un aspecto metodológico de la física: el uso de los modelos. Ahora, el énfasis se pone en un aspecto estructural de la física: la noción de teoría física y la existencia de principios generales. Por otra parte, este eje conductor ayuda a la presentación y ordenación de los temas en el trabajo de aula. Con esto se pretende que el estudiante tenga una percepción de unidad y coherencia más allá de la diversidad de los temas tratados, de forma de promover una visión global e integrada tanto en los aspectos metodológicos como de la imagen del mundo que la física nos provee.

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS

En el proceso de formalización antes señalado, se trata de contemplar la situación del estudiante, en cuanto a su capacidad de comprender el lenguaje matemático relacionado con la expresión de las leyes físicas y la utilización práctica de las mismas. A grandes rasgos, la estrategia seguida se corresponde con los siguientes niveles de operatividad en el aula: 1) el rigor matemático, 2) la existencia de un eje conductor, 3) la relación entre el tratamiento teórico y el trabajo de laboratorio, 4) el balance entre la información descriptiva y el planteo de situaciones problemáticas asociados con los métodos de razonamiento propios de la física. Esta claro que los criterios

⁷ Por ejemplo, en el planteo inicial de la conservación de la energía y la cantidad de movimiento no se hace referencia a los sistemas inerciales.

usados para definir estos niveles de operatividad deben contemplar la situación en conjunto de los tres años del ciclo superior.

1. Con respecto al rigor matemático, se ha tratado de hacer una presentación de las leyes y principios de la mecánica y la termodinámica, que contemple tanto las exigencias formales como la situación derivada de la merma de conocimientos previos, señalada en los antecedentes. El uso de los vectores para la representación de magnitudes físicas y sus relaciones está limitado a su noción geométrica más elemental (no se hace uso del producto escalar y vectorial). Estas nociones serán introducidas en el último año del ciclo superior. De esta forma, se trata de acompasar la exigencia asociada al uso de las herramientas matemáticas con una adecuada maduración de las ideas por parte del estudiante.

2. Como se ha indicado, se toman los principios de conservación como motivación para la ordenación y presentación de los temas en el aula. Con esto se establece una línea de argumentación, que posibilita dar una solución al problema señalado en la aplicación del programa de 2° año del Bachillerato Diversificado. En el enfoque tradicional de la mecánica, se estudia primero la cinemática (descripción de diversos tipos de movimiento de los cuerpos materiales) y luego la dinámica (análisis del movimiento de acuerdo a las causas que lo producen). En ese planteo, se ha constatado una tendencia a sobredimensionar la cinemática, en perjuicio de los otros temas incluidos en el programa. El utilizar los principios de conservación como eje conductor, permite un abordaje diferente, en el cual se evita el análisis previo de los diversos tipos de movimiento (el tratamiento tradicional de la cinemática), para luego realizar el estudio dinámico de los mismos. La postura aquí es justamente la inversa: primero se introducen los conceptos dinámicos (motivados por los principios de conservación de la energía y la cantidad de movimiento) y luego se estudian los diferentes movimientos. Las relaciones cinemáticas se introducen en el momento de ser necesitadas en la resolución dinámica de los problemas. De esta forma, al abordar el estudio de los diferentes tipos de movimiento el estudiante cuenta ya con todas las herramientas disponibles para este fin (trabajo y energía, ecuaciones dinámicas, relaciones cinemáticas).

En este enfoque no tradicional, el profesor debe ser especialmente cuidadoso en la selección de textos, que deberán emplear los estudiantes para el estudio y profundización de los temas tratados. Se entiende fundamental la utilización de libros que tengan un tratamiento conceptual adecuado y que empleen herramientas matemáticas, que puedan usar los alumnos, aunque no desarrolle los temas con el orden y concatenación que este programa propone.

3. Se ha tratado de establecer una correspondencia entre el desarrollo teórico de los temas y las actividades de laboratorio de forma de dar al estudiante, una confirmación experimental de todas aquellas relaciones que pueden considerarse básicas en el planteo de los principios de la mecánica. De esta forma, el estudiante tiene la posibilidad de inferir resultados importantes a nivel teórico, a partir del trabajo práctico de laboratorio. Estas relaciones se van articulando progresivamente, hasta llegar a la formulación general de las leyes de la mecánica. Esta correspondencia entre el tratamiento teórico y

experimental, tiene por finalidad el favorecer la maduración de las ideas y facilitar el enfoque didáctico del trabajo de aula.

4. Una particularidad de la física, es la de proveer métodos de razonamiento propios, ligados con la descripción de fenómenos físicos a través de un lenguaje (la formulación matemática), de sus leyes y principios. Esto se refleja en las situaciones planteadas a los estudiantes, como problemas a resolver por la aplicación de las ecuaciones involucradas, e implica un proceso de razonamiento característico de la física. De hecho, uno puede considerar a una fórmula como una llave que abre una puerta y permite encontrar la solución al problema planteado. La propia fórmula, implica un razonamiento previo (el necesario para llegar a ella). Este tipo de entrenamiento, forma parte de la enseñanza de la física, pues con él se desarrollan habilidades, que luego pueden aplicarse en contextos más generales.

En la práctica, al estudiante sólo le importa la fórmula y su aplicación inmediata, sin percibir con claridad la forma de razonamiento que está detrás. En esta propuesta, se intenta que la actividad ligada con la resolución de situaciones problemáticas, guarde una relación adecuada de balance con la cantidad de información, que se le brinda al estudiante.

Considerando que, *“un problema es una situación, cuantitativa o no, que pide una solución para la cual los individuos implicados no conocen medios o caminos evidentes para obtenerla”*⁸ se estima conveniente plantear situaciones abiertas, en las que no se hagan explícitas las incógnitas, ni se secuencien datos, para desarrollar habilidades propias del trabajo científico tales como: estimar valores, acotar situaciones formulando hipótesis, contrastar resultados, diseñar experimentos, vincular conceptos con aplicaciones, estudiar situaciones límites e introducir condiciones simplificadoras.

EVALUACIÓN

De acuerdo con el proyecto de Reglamento para la Evaluación y Acreditación para la EMS de fecha 13/02/04, surgen varios aspectos a ser contemplados particularmente en la asignatura Física.

A los efectos de uniformizar los criterios de evaluación, será necesario que la sala de profesores realice un seguimiento del desarrollo del contenido del programa durante el año. Se intentará realizar una planificación de las actividades, de modo de cubrir los temas en forma coordinada y de cumplir con los objetivos globales del curso.

Evaluación del proceso: De acuerdo al artículo 23 del citado Reglamento, se evaluará el proceso de aprendizaje del estudiante a través de:

- Actuación en clase. Tanto en el teórico como en el práctico, mediante intervenciones orales, trabajos y tareas domiciliarias. Se buscará generar espacios dentro de la actividad del aula, a los efectos de apreciar la labor del estudiante en forma personalizada. Se recomienda la confección en sala, de un conjunto de pautas de observación, que permitan una

⁸ Krulik y Rudnik (1980)

realización coherente, completa e integrada de este aspecto de la evaluación.

- Evaluaciones escritas. Se recomienda la realización de al menos dos evaluaciones antes de cada una de las pruebas semestrales. Estas evaluaciones, se considerarán principalmente como instancias de aprendizaje, donde el estudiante tendrá la oportunidad de apreciar los logros y dificultades de su desempeño y favorecer la retroalimentación de sus conocimientos.
- Controles prácticos. En ellos, se evaluará el desempeño personal del estudiante, en el manejo del material de laboratorio. Se sugiere la realización de hasta tres controles, que no coincidan en su aplicación con el período de pruebas

Se intentará que las tareas propuestas, permitan evaluar específicamente la habilidad del estudiante en el manejo del material y en la comprensión de la actividad experimental realizada. Dichas tareas, podrán ser adaptadas a las circunstancias del trabajo de aula y se buscará que ellas contemplen diferentes aspectos de las competencias específicas de la actividad de laboratorio. Pueden proponerse tareas en paralelo donde el estudiante realice un trabajo personal con un objetivo definido, más acotado y específico que el general de la actividad experimental. Se buscará que estas tareas evalúen diferentes aspectos de las competencias, como la destreza en el manejo de los instrumentos, realización de las medidas, manejo de los datos y expresión de los resultados, la elaboración de conclusiones. Se pretende que estas tareas, no sean una simple repetición de las realizadas en clase, sino que planteen situaciones nuevas donde se promueva la creatividad del estudiante.

Pruebas semestrales: Tendrán una duración de 2 horas (artículo 32) y permitirán evaluar competencias y habilidades específicas del curso. La prueba consistirá en una única propuesta, que evaluará tanto los aspectos teóricos como experimentales de la labor realizada. Las situaciones planteadas, tendrán características similares (en cuanto a naturaleza y nivel) a las realizadas en el curso.

- Los aspectos teóricos, se evaluarán mediante cuatro situaciones problemáticas, cuya resolución implique el conocimiento y aplicación de los conceptos fundamentales desarrollados en el curso. Se tenderá a evaluar los aspectos conceptuales y de razonamiento de los contenidos incluidos en las unidades. Además de los problemas de cálculo, se podrán proponer planteos más generales y cualitativos, de forma de equilibrar el análisis conceptual con la formalidad matemática, que implica la obtención cuantitativa de resultados. Este aspecto de la prueba, tendrá un peso de 2/3 en la calificación final.
- Los aspectos prácticos, se evaluarán con actividades de laboratorio, cuya realización implique el conocimiento de las técnicas de experimentación, el análisis correcto de los datos y la expresión de conclusiones. Se podrán incluir propuestas de diseño de experimentos, para relacionar variables, de análisis crítico de los resultados, así como de la utilización de las herramientas básicas del trabajo de laboratorio (realización e interpretación de gráficas, estimación de errores e incertidumbres, etc.). Este aspecto de la prueba, tendrá un peso de 1/3 en la calificación final.

Pruebas especiales: De acuerdo al artículo 61, deberán rendir pruebas especiales por asignatura, aquellos estudiantes cuya calificación final esté comprendida entre 28 y 57 puntos. Surgen dos categorías:

- a) Los alumnos con calificación final comprendida entre 47 y 57 puntos, rendirán una prueba oral complementaria de la actuación del año. Esta prueba, tendrá una duración entre 10 y 15 minutos y versará sobre los contenidos que en sala se hayan acordado. Las preguntas se deberán adecuar, en su nivel de dificultad y motivación, al tiempo disponible por el estudiante para responderlas y a los objetivos de la evaluación. Se tratará de evaluar la competencia del estudiante en el manejo de conocimientos específicos y su capacidad de razonamiento.
- b) Los alumnos con calificación final comprendida entre 28 y 46 puntos, rendirán una prueba escrita de dos horas de duración. En esta prueba, se propondrá la resolución de 6 situaciones problemáticas sobre los contenidos acordados en sala. Estas situaciones, incluirán planteos de cálculo y de análisis conceptual, que no requieran necesariamente resoluciones cuantitativas. La condición de suficiencia de la prueba escrita, se basará en el siguiente criterio: la realización correcta (en promedio) de la mitad de la prueba, que incluya la resolución satisfactoria en su totalidad de al menos una de las situaciones problemáticas propuestas. Esta prueba, no tendrá carácter eliminatorio y de no alcanzar la calificación mínima de suficiencia (58 puntos), se complementará la misma con un oral de similares características al descripto en la parte a.

Exámenes libres: Los alumnos comprendidos en esta situación, realizarán una prueba escrita, que tendrá una duración de tres horas y versará sobre la totalidad de los contenidos del programa. En esta prueba, se propondrá la resolución de 9 situaciones problemáticas, que incluyan planteos de cálculo y de análisis conceptual, que no requieran necesariamente resoluciones cuantitativas. La condición de suficiencia, implica en este caso, la realización correcta (en promedio) de la mitad del examen que incluya la resolución satisfactoria en su totalidad, de al menos dos de las situaciones problemáticas propuestas. Dicha prueba, será de carácter no eliminatorio y de no alcanzar la calificación mínima de suficiencia (58 puntos), se complementará la misma con un oral de similares características, al descripto anteriormente.

CONTENIDO DEL PROGRAMA

El contenido de la propuesta programática para el 2° año del ciclo superior, puede agruparse en un conjunto de 6 unidades temáticas. Cada una de estas unidades, cumple un objetivo específico e introduce los elementos necesarios para el planteo y desarrollo de las unidades posteriores. Esto es así principalmente en las 4 primeras unidades, donde se estudian los principios básicos de la mecánica, se enuncian las leyes de Newton y se desarrollan alguna de sus aplicaciones. Las primeras 4 unidades, pueden considerarse integradas en un contexto más general, de origen estructural, asociado con una teoría física (la mecánica clásica). Están concatenadas entre sí y cada una de

ellas provee el conocimiento previo que se requiere para una adecuada comprensión de las ideas y del formalismo introducidos en las unidades siguientes. Las dos últimas unidades, cumplen un papel diferente: ellas se refieren a nuevas situaciones, donde los principios generales vistos en la primera parte se aplican en otro contexto. La quinta unidad, se refiere a la escala atómica. En ella, se introduce el modelo planetario del átomo propuesto por Rutherford y que luego fuera usado por Bohr, para dar lugar a los principios de cuantización. De este modo, se presentan al estudiante nuevas propiedades asociadas con los conceptos de energía y momento angular peculiares de los sistemas atómicos: la cuantización. Por otra parte, la sexta unidad se refiere a los sistemas de muchas partículas (escala macroscópica), donde la descripción puramente mecánica no resulta efectiva. En esta unidad, se introducen los principios de la termodinámica y se estudian sus aplicaciones más inmediatas. Para esto, se tiene en cuenta la transversalidad de competencias entre las diferentes asignaturas del 2° año, haciendo referencia al trabajo previo de la termodinámica realizado por el estudiante en el curso de química.

El contenido general y los tiempos de dedicación⁹ de las unidades puede resumirse en el siguiente cuadro:

- Unidad 1: Nociones Introdutorias (4 semanas),
- Unidad 2: Los Principios de Conservación (5 semanas),
- Unidad 3: Las Leyes de Newton (6 semanas),
- Unidad 4: Aplicaciones de la Mecánica Newtoniana (7 semanas),
- Unidad 5: Propiedades Cuánticas de los Sistemas Atómicos(3 semanas),
- Unidad 6: Principios y Aplicaciones de la Termodinámica (5 semanas),

Los tiempos de dedicación asignados a las unidades son aproximados y muestran su peso relativo en el contexto global del programa. Estos, podrán adaptarse a las situaciones particulares del trabajo de aula (desarrollo de experimentos, progresividad de los planteos teóricos), buscando ajustar la relación entre profundidad y dedicación, con que se abordarán los contenidos a la proporción de los tiempos propuestos.

En el desarrollo de las unidades, las actividades teóricas y experimentales son complementarias y constituyen una unidad desde el punto de vista de los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

Las actividades experimentales se adaptarán a las posibilidades y materiales disponibles. A lo largo de su desarrollo, se espera que el estudiante adquiera destreza en el manejo de instrumentos y en el diseño de experimentos. Como parte de estas actividades, se pretende introducir los conceptos de apreciación, estimación de medidas, incertidumbre, cifras significativas, expresión correcta de una medida y avanzar gradualmente en la determinación de las incertidumbres y su propagación en operaciones y gráficas.

Los resultados generales esperados de la actividad experimental son:

⁹ En un total de 30 semanas asignado al año lectivo.

- Manejar instrumentos de medida.
- Expresar las medidas con el número correcto de cifras, incertidumbre y unidades.
- Construir e interpretar gráficas (manualmente o utilizando métodos informáticos).
- Calcular pendientes.
- Utilizar correctamente la notación científica.
- Reconocer el Sistema Internacional de Unidades.
- Realizar transformaciones de unidades cuando lo requieran los cálculos.
- Realizar cálculos con medidas expresando los resultados con el número correcto de cifras y determinando su incertidumbre.
- Analizar las causas y fuentes de incertidumbre en los experimentos realizados.
- Expresar las magnitudes vectoriales, caracterizando su módulo, dirección y sentido.

En las distintas unidades se sugieren algunas aplicaciones que no son preceptivas, ni pretenden agotar las posibilidades. Constituyen una orientación para la elaboración de los proyectos multidisciplinarios, que debe realizar el estudiante como parte de su formación.

UNIDAD I. NOCIONES INTRODUCTORIAS

Objetivos y sugerencias

Se presentan al estudiante los conceptos primarios de fuerza, posición y velocidad. La fuerza asociada con las interacciones entre cuerpos materiales y la posición y velocidad asociada con la descripción cinemática de su movimiento. Se introduce la noción de vector y se realiza un estudio de las principales propiedades y operaciones asociadas con ellos. No se pretende realizar un desarrollo exhaustivo del álgebra de vectores y sus propiedades analíticas (el profesor ajustará el enfoque y profundidad de la presentación de estos conceptos de acuerdo con el tiempo asignado a la unidad); en posteriores unidades se seguirán utilizando estos conceptos e introduciendo herramientas en un proceso de aprendizaje continuo.

Se estudiarán ejemplos de interacciones y se distinguirán las interacciones fundamentales (interacción gravitatoria, interacción eléctrica e interacciones nucleares), de las fuerzas fenomenológicas (esfuerzos internos, fuerzas de contacto entre cuerpos), señalando el carácter básico de las primeras y el carácter efectivo de las últimas. Se espera que los estudiantes recuerden las expresiones matemáticas de la ley de la Gravitación Universal y de la ley de Coulomb para la electrostática, que se revisarán en la presente unidad. En el estudio de las interacciones, es posible referirse a los pares de acción y reacción, aunque la tercera ley de Newton, será formalizada más adelante.

Si el profesor lo considera oportuno, señalará la existencia de otros modelos para la interacción (campos, intercambio de partículas), mostrando la perspectiva de la evolución histórica del conocimiento científico.

La relación $P=mg$ surgirá de aplicar la ley de la gravitación universal a la interacción entre la Tierra y objetos próximos a su superficie.

Se sugiere la utilización del tablero de fuerzas y planos horizontales e inclinados, para trabajar en la composición y descomposición de fuerzas, y en la determinación de coeficientes de rozamiento.

El estudio de los sistemas de referencia y las coordenadas, se podrá realizar a partir del trabajo sobre planos y mapas, que describan recorridos habituales de los alumnos. En ellos, se representarán vectores posición y desplazamiento y se asignarán tiempos a los recorridos de modo de poder calcular velocidades medias.

Se recomienda que la definición del concepto de velocidad instantánea, se realice a partir de la representación gráfica, en un proceso de aproximación al límite. También es viable la utilización de registros fotográficos de exposición múltiple.

Resultados esperados.

El estudiante deberá:

- Manejar el concepto de fuerza asociado a las interacciones.
- Diferenciar las interacciones fundamentales de las fenomenológicas.
- Representar vectores y efectuar la descomposición en ejes cartesianos.
- Sumar y restar vectores referidos a situaciones concretas en forma gráfica y analítica.
- Utilizar las expresiones matemáticas de la ley de Gravitación y de la ley de Coulomb.
- Emplear los conceptos de coeficiente de rozamiento (estático y cinético).
- Explicitar y manejar el modelo de partícula puntual.
- Manejar sistemas de referencia, coordenadas y escalas.
- Aplicar los conceptos de velocidad media e instantánea.
- Identificar magnitudes escalares y vectoriales.

Contenidos conceptuales básicos y tiempos estimados.

- I.1. Interacciones. Fuerzas de la naturaleza. Interacciones fundamentales y fenomenológicas. Representación vectorial de una fuerza. Medidas de fuerzas (dinamómetro) Unidades de fuerza. Peso y masa. Suma de fuerzas. Resultante. (2 semanas)
- I.2. Modelo de partícula puntual material. Sistemas de referencias. Coordenadas Cartesianas. Vector posición. Vector desplazamiento. Vector velocidad, velocidad media e instantánea. (2 semanas)

Actividades de laboratorio.

- Tablero de fuerzas. Suma de fuerzas concurrentes utilizando masas conocidas y/o dinamómetros.

- Determinación del coeficiente de rozamiento estático y cinético entre un bloque y un plano horizontal.
- Descomposición de la fuerza peso en un plano inclinado. (Se sugiere utilizar el mismo plano al que se le determinó el coeficiente de rozamiento).

Aplicaciones. Análisis de estructuras óseas. Estudio de estructuras estáticas.

Lecturas sugeridas para el docente.

📖 FRENCH, A. P. “*Mecánica Newtoniana*”. Ed. Reverté Barcelona 1974
 Cap.1 *El modelo de partículas.*
 Cap.2 *Espacio, tiempo y movimiento.*
 Cap.5 *Las diferentes fuerzas de la naturaleza.*

📖 ALONSO, M. “*¿Somos muy conservadores en la Enseñanza de la Física?*” Universidad de las Palmas de Gran Canaria Las Palmas 1998
 Cap. 5. *Ejemplos de modernización conceptual.*

📖 HAWKING, S. “*Historia del Tiempo. Del Big Bang a los agujeros negros*”. RBA Editores Barcelona 1993
 Cap. 5 *Las partículas elementales y las fuerzas de la naturaleza.*

📖 EINSTEIN, “*La Física Aventura del Pensamiento*” Ed. Losada

📖 INFELD, “*La evolución de la Física*”. Ed. Salvat

UNIDAD II. PRINCIPIOS DE CONSERVACIÓN

Objetivos y sugerencias

En esta unidad. se realiza el planteo inicial de la conservación de la energía y de la cantidad de movimiento, enfatizando la naturaleza fundamental de estos principios. que podrán ser aplicados más allá del campo de estudio de la mecánica. En las situaciones estudiadas. se aprovechará para conceptualizar los términos de sistema, interacción y proceso, que son de amplia utilización también en otras áreas de la física.

Se define el trabajo (W) de una fuerza aplicada a un cuerpo puntual material y se relaciona dicha magnitud con los cambios de energía del cuerpo. Para esto, se introducen los conceptos de energía potencial, asociada a una fuerza cuando su trabajo no depende de la trayectoria y de energía cinética (K) asociada al movimiento de un cuerpo puntual material. El resultado básico $W_{\text{neto}} = \Delta K$ se tratará de introducir en forma experimental, a través de la realización de una experiencia, donde ambas magnitudes se miden en forma independiente. Esto ayudará al estudiante, a apreciar el significado físico de este resultado, que se tomará como punto de partida para el estudio de la conservación de la energía y de los efectos de disipación, debido a la acción de fuerzas no conservativas sobre el sistema (como el rozamiento). Con esto se cumple el primer objetivo de la unidad 2. El segundo se refiere a la introducción

de los conceptos de aceleración, masa inercial y a la verificación experimental de la conservación de la cantidad de movimiento lineal en el caso que la fuerza resultante que actúa sobre el sistema sea cero. Para esto, se hará un abordaje teórico y experimental donde se estudiará la interacción de cuerpos a través de fuerzas de contacto (explosiones, choques).

En la definición de trabajo de una fuerza, no se espera que se realice un tratamiento formal del producto escalar de vectores, sino que se definirá a partir de las componentes de la fuerza que actúa sobre un cuerpo.

Se hará una sencilla deducción de las ecuaciones que representan la energía potencial gravitatoria (en las proximidades de la superficie de la Tierra) y la energía potencial elástica. Se introducirá la energía cinética por su expresión $mv^2/2$, sin ser necesaria su justificación en esta parte del curso.

El concepto de masa inercial, se introducirá a partir del experimento de interacción entre dos cuerpos (carros). Para esto, es necesario definir previamente la aceleración y comprender que en la interacción de los dos carritos, los cambios de velocidad son representativos de la aceleración.

Es importante, que el profesor planifique actividades experimentales que impliquen choques en una y dos dimensiones. Se podrá trabajar con fotos estroboscópicas en la casa o en el aula.

En las discusiones de clase, se podrán introducir otras formas de energía (además de la mecánica) y analizar procesos más generales de intercambio de energía entre sistemas.

Resultados esperados.

El estudiante deberá:

- Descomponer vectores fuerzas en un sistema de coordenadas cartesianas, que permita identificar aquella componente que efectúa trabajo sobre el cuerpo.
- Calcular el trabajo de una fuerza en distintas situaciones.
- Asociar el trabajo con el área bajo la curva $F(x)$.
- Reconocer fuerzas conservativas y no conservativas.
- Identificar situaciones en que se cumple la conservación de la energía mecánica.
- Reconocer y manejar el principio general de conservación de la energía.
- Sumar y restar vectores cantidad de movimiento.
- Reconocer y manejar el principio de conservación de la cantidad de movimiento.
- Diferenciar choques elásticos e inelásticos.

Contenidos conceptuales básicos y tiempos estimados.

II.1. Trabajo de una fuerza. Independencia del trabajo con la trayectoria de la partícula. Definición de energía potencial. Energía potencial gravitatoria y elástica. Energía cinética. Verificación experimental de la relación entre el trabajo de la fuerza resultante y la variación de energía cinética. Fuerzas

conservativas y no conservativas. Otras formas de energía. Principio general de la conservación de la energía. (3 semanas).

II.2. Aceleración media e instantánea. Interacción de contacto entre dos cuerpos. Masa inercial. Vector cantidad de movimiento. Conservación de la cantidad de movimiento. Choques. Análisis de los intercambios energéticos en un choque. Choques elásticos e inelásticos. Verificación experimental de la conservación de la energía cinética en choques elásticos. (2 semanas).

Actividades de laboratorio.

- Calibración de un resorte y cálculo del trabajo de la fuerza elástica. Determinación experimental de la relación $W = -\Delta U$.
- Verificación del teorema del trabajo neto y la energía cinética, utilizando un plano inclinado al que se le conoce el coeficiente de rozamiento.
- Conservación de la energía mecánica (se puede utilizar un péndulo o un resorte).
- Conservación de la cantidad de movimiento de un sistema. Choques unidimensionales inelásticos utilizando carros.
- Conservación de la cantidad de movimiento y de la energía cinética en un choque elástico (se pueden utilizar péndulos o, de disponerse, carros en riel de aire).
- Análisis de fotos estroboscópicas de choques en una y dos dimensiones.

Aplicaciones. Combustibles. Contaminación. Energía y salud.

Lecturas sugeridas para el docente.

 FEYNMAN, R. *“El carácter de la ley Física Orbis”* Buenos Aires 1988
“Tercera Conferencia: Los grandes principios de Conservación”.

UNIDAD III. LEYES DE NEWTON

Objetivos y sugerencias

Al arribar a la Unidad 3, el estudiante habrá adquirido cierta destreza en el manejo de los conceptos de trabajo y energía y en la descripción cinemática básica del movimiento de un cuerpo puntual material. En particular, habrá analizado con cierto detalle la interacción de dos cuerpos a través de las experiencias que conducen a la definición de la masa inercial y del estudio de los choques. Se propone entonces realizar una primera aproximación a las ecuaciones de Newton, a partir de la definición de impulso de una fuerza (\mathbf{I}) y su relación con la variación de la cantidad de movimiento (\mathbf{p}). La relación $\mathbf{I}_{\text{neto}} = \mathbf{p}$, se tomará como punto de partida para el planteo de la segunda ley de Newton. Esta relación puede considerarse similar a la vista en la unidad 2, entre el trabajo neto y la variación de la energía cinética: en ambos casos una magnitud asociada con las interacciones (trabajo neto, impulso neto) resulta ser igual a la variación de una propiedad cinética de la partícula (energía cinética, cantidad de movimiento). Esta analogía puede motivar al estudiante a

comprender el significado físico de estos resultados. Como en el caso anterior, la relación $\mathbf{I}_{\text{neto}} = \mathbf{p}$ se verificará a través de un experimento donde ambas magnitudes se miden en forma independiente. Luego, se usará este resultado para derivar la relación entre la fuerza y la aceleración de la partícula.

Para esto se hará uso del concepto de fuerza media estudiado en el análisis de las fuerzas impulsivas. Se deducirá la relación $\mathbf{F}_m = \Delta\mathbf{p}/\Delta t$ entre la fuerza media y la variación temporal de la cantidad de movimiento. Se intentará (si el tiempo y las condiciones del trabajo de aula lo permiten) realizar una verificación experimental independiente de este resultado, con el objetivo de proveer al estudiante de diferentes formas de apreciar el efecto dinámico de una fuerza. Se hará notar al estudiante, el diferente significado de las relaciones $\mathbf{I} = \mathbf{p}$ y $\mathbf{F}_m = \Delta\mathbf{p}/\Delta t$, destacando que la segunda describe (en el límite cuando Δt tiende a cero) en forma instantánea a la interacción, mientras que la primera implica la acción de la fuerza durante un período finito de tiempo.

Usando la definición del vector cantidad de movimiento, se derivará la relación entre la fuerza que actúa sobre un cuerpo y su aceleración. Se discutirá esta relación tanto para el caso de magnitudes medias como instantáneas (2ª ley de Newton).

En este enfoque, no se ha puesto el énfasis en las condiciones previas relativas a los sistemas de referencia. La naturaleza inercial de estos sistemas, se ha asumido en forma implícita. Se buscará entonces inferir la dependencia de la forma de la ecuación del movimiento (2ª ley de Newton) con el sistema de referencia en forma experimental. Esto tiene la ventaja de proveer al estudiante de un argumento empírico, que le permita comprender la naturaleza de las fuerzas inerciales y el contenido del principio de inercia.

Se discutirá la dependencia de la 2ª ley de Newton, con el sistema de referencia utilizado para describir el movimiento. Se tratará de estudiar esta dependencia en forma experimental, verificando que la relación $\mathbf{F}_m = \Delta\mathbf{p}/\Delta t$ ya no es válida (con \mathbf{F}_m la fuerza media neta debida a la interacción real sobre el cuerpo) cuando el sistema es acelerado. Se introducirá entonces la noción de sistemas inerciales y no inerciales, analizando el origen y efecto de las fuerzas de origen inercial. Se darán ejemplos de estas fuerzas en situaciones de la vida cotidiana.

Una vez concluida esta argumentación, se resumirán los resultados obtenidos. Se enunciará el principio de inercia y se discutirá el principio de relatividad de Galileo, y se enunciarán la segunda y tercera ley de Newton.

Se podrá destacar el hecho de que estas leyes tienen una validez experimental limitada a situaciones de bajas velocidades, comparadas con la velocidad de la luz, y que existen generalizaciones que implican cambios sustanciales en las nociones de espacio y tiempo asumidos en la teoría de Newton.

Resultados esperados.

El estudiante deberá:

- Identificar las fuerzas impulsivas.

- Calcular el impulso de una fuerza a partir del área bajo la curva $F(t)$.
- Reconocer $\mathbf{F}_m = \Delta \mathbf{p} / \Delta t$ como una expresión de la segunda ley de Newton (\mathbf{F}_m es la fuerza neta media que describe la interacción que produce el cambio de velocidad)
- Diferenciar los sistemas de referencia inerciales y no inerciales.
- Identificar los pares de acción y reacción en las interacciones.
- Expresar la segunda ley de Newton como $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$ en sistemas inerciales.
- Reconocer y manejar la expresión $\mathbf{F} - m\mathbf{a}_s = m\mathbf{a}'$, siendo \mathbf{a}_s la aceleración del sistema de referencia y \mathbf{a}' la aceleración relativa a ese sistema.
- Reconocer el origen y naturaleza de las fuerzas inerciales
- Manejar el principio de relatividad de Galileo.

Contenidos conceptuales básicos y tiempos estimados.

- III.1. Descripción de las fuerzas impulsivas. Definición del impulso de una fuerza como el área bajo la curva $F(t)$. Definición de fuerza media \mathbf{F}_m (promedio temporal). Determinación experimental de la relación entre el impulso de una fuerza y variación de cantidad de movimiento. (2 semanas)
- III.2. Determinación de la relación entre la fuerza media y la variación temporal de la cantidad de movimiento $\mathbf{F}_m = \Delta \mathbf{p} / \Delta t$. Estudio del caso límite en el cual Δt tiende a cero. Reformulación de la expresión de la fuerza en función de la aceleración. (2 semanas)
- III.3. Discusión de la validez experimental de la 2ª ley de Newton, para una partícula puntual material. Sistemas inerciales y no inerciales. Movimiento relativo. Principio de relatividad de Galileo. Principio de inercia. Discusión del origen de las fuerzas inerciales y sus consecuencias. Distinción entre fuerzas inerciales e interacciones reales. Enunciado completo de las leyes de Newton. (2 semanas)

Actividades de laboratorio.

- Medida del impulso recibido por un cuerpo y su relación con la variación de la cantidad de movimiento.
- Medida de la fuerza que actúa sobre un cuerpo y la variación temporal de la cantidad de movimiento en un sistema inercial.
- Medida de la fuerza que actúa sobre un cuerpo y la variación temporal de la cantidad de movimiento en un sistema no inercial.

Aplicaciones. Física y seguridad en el tránsito: Cinturón de seguridad y bolsa de aire.

Lecturas sugeridas para el docente.

📖 HECHT, E. *“Física en Perspectiva”* Addison-Wesley Ib. Wilmington, Delaware 1987, *Capítulo 4. Mecánica Newtoniana.*

UNIDAD IV. APLICACIONES DE LA MECÁNICA NEWTONIANA

Objetivos y sugerencias.

De acuerdo con la segunda ley de Newton, las fuerzas que actúan sobre un cuerpo determinan la aceleración del mismo. En esta unidad se planteará la

siguiente situación: conocida la aceleración de un cuerpo ¿cómo se puede determinar su trayectoria? Este planteo justificará el análisis de las relaciones cinemáticas necesarias, para la resolución de los problemas y ayudará al estudiante a comprender el rol de la segunda ley, como la ecuación de movimiento de la teoría.

Se abordará el estudio del movimiento de cuerpos materiales, sometidos a interacciones en diversas situaciones. Con esta actividad, se pretende potenciar las competencias de cada uno de los alumnos. Se sugiere al profesor, el planteo de situaciones problemáticas, donde el estudiante pueda utilizar las diferentes herramientas desarrolladas en el curso, de modo de incentivar la independencia de criterio en la búsqueda de las soluciones.

La estrategia propuesta posibilitará a los estudiantes:

disponer de un mayor número de herramientas a la hora de enfrentarse a situaciones nuevas.

ofrecer una visión integrada de las leyes y principios que son utilizados en la mecánica.

tener iniciativas de resolución de problemas potenciando la creatividad del estudiante.

En la solución de situaciones problemáticas, es conveniente que se incluyan análisis de situaciones más generales (como por ejemplo el caso de electrones dentro de un osciloscopio o de partículas cargadas dentro de un campo magnético uniforme). También puede ser conveniente introducir la conservación de la cantidad de movimiento angular, fácilmente verificable en el movimiento circular uniforme y generalizable a los movimientos centrales, para justificar la ley de las áreas en el estudio del movimiento de los planetas.

Resultados esperados.

En las situaciones problemáticas que enfrente el estudiante deberá:

- Elegir el sistema de referencia más conveniente.
- Realizar el diagrama de cuerpo libre.
- Identificar las magnitudes relevantes.
- Realizar un análisis que le permita reconocer los principios y/o leyes aplicables para su resolución.
- Reconocer que todos los movimientos rectilíneos, con aceleración constante, pueden describirse matemáticamente con las ecuaciones $x=x_0+v_{0x}\cdot t+a_x\cdot t^2/2$ $v=v_{0x}+a_x\cdot t$.
- Describir los movimientos planos, con aceleración constante, como la superposición de dos movimientos.
- Aplicar los principios de conservación y las leyes de Newton, utilizando adecuadamente las relaciones matemáticas involucradas.
- Analizar la conveniencia de emplear métodos analíticos o gráficos en la resolución.
- Analizar críticamente los resultados obtenidos.
- Reconocer las magnitudes cinemáticas angulares (velocidad, aceleración)
- Describir la aceleración de un cuerpo que gira mediante las componentes centrípeta y tangencial.

- Reconocer el momento angular de una partícula que gira en torno a un eje fijo.
- Describir el movimiento de los planetas de una manera simplificada.
- Reconocer el principio de conservación del momento angular en la ley de las áreas de Kepler.
- Reconocer y aplicar el principio de conservación del momento angular

Contenidos conceptuales básicos y tiempos estimados.

IV.1. Análisis de diferentes movimientos con aceleración lineal constante (proyectiles, plano inclinado, sistemas vinculados). (4 semanas)

IV.2. Análisis de otros movimientos. Movimiento circular. (definición de velocidad y aceleración angular, aceleración centrípeta y tangencial). Rotación de una partícula en torno a un eje fijo. Momento angular. Movimiento de los planetas. Leyes de Kepler (3 semanas)

Actividades de laboratorio.

- Movimientos compuestos con lanzamiento horizontal.
- Estudio de un M.C.U. con la interface Cassy.

Aplicaciones. Satélites geoestacionarios. Telecomunicaciones.

Lecturas sugeridas para el docente.

📖 HECHT, E. *“Física en Perspectiva” Addison-Wesley Ib.* Wilmington, Delaware 1987
 Capítulo 2: *Los primeros 2000 años.*
 Capítulo 5: *Gravedad*

📖 FRENCH, A. P. *“Mecánica Newtoniana” Ed. Reverté* Barcelona 1974
 Cap.7: *Utilizando la ley de Newton.*
 Cap.8: *La Gravitación Universal.*

📖 A.P.F.U. *Volumen 5 N° 2 de diciembre de 1999*

UNIDAD V. PROPIEDADES CUÁNTICAS DE LOS SISTEMAS ATÓMICOS

Objetivos y sugerencias

Como se ha señalado, las dos últimas unidades del programa tienen por objetivo, el introducir nuevas situaciones, donde puedan apreciarse otros aspectos de los principios o leyes estudiados en la primera parte. La Unidad 5 tiene además, el propósito de servir de nexo entre los contenidos del primer y segundo año del ciclo superior. En esta unidad, se recuerda el concepto de fotón introducido al final del primer año y se lo relaciona con la estructura atómica en los procesos de interacción radiación - materia. Con esta motivación, se estudia el modelo atómico propuesto por Bohr, el cual permite introducir de una forma sencilla, los principios de cuantización característicos

del comportamiento de los sistemas atómicos. Se recordará el significado de los modelos en física, poniendo énfasis en el hecho que este modelo, si bien refleja propiedades generales de los sistemas atómicos, tiene una naturaleza aproximada y *ad hoc*. Aunque concreta en sus objetivos temáticos, esta unidad es amplia en la intención de su cometido, al incluir temas de la física moderna relacionados con los vistos en el curso anterior.

En el orden metodológico, esta unidad presenta dos aspectos importantes: 1) a nivel conceptual introduce la idea fundamental de cuantización de la energía y 2) pone en evidencia (a través del trabajo de Bohr) la actitud de audacia intelectual, que el científico debe poseer para enfrentar y resolver situaciones, donde las leyes conocidas no son suficientes para interpretar las observaciones experimentales.

Como última aplicación de las leyes de Newton planteada en la unidad anterior, se ha estudiado el movimiento de los planetas y las leyes de Kepler. El profesor puede aprovechar este hecho, para sugerir la aplicación, a escala atómica, de un modelo de este tipo para interpretar la estructura del átomo de acuerdo a los resultados experimentales de Rutherford. Se analizará la inestabilidad energética del modelo resultante y se estudiarán los espectros de emisión y absorción del átomo de Hidrógeno, a los efectos de incorporar nueva información sobre el sistema atómico. Se recordará el concepto de fotón como “cuanto de energía,” cuyo valor depende de la frecuencia de la radiación.

Se introducirán los postulados de Bohr, como recurso para interpretar las características de la interacción fotón - átomo y se analizarán sus consecuencias en la determinación de un modelo empírico, para la estructura del átomo. En este desarrollo se utilizará (sin deducir) la expresión de la energía potencial eléctrica, para un sistema de dos cargas puntuales y se obtendrán las expresiones de los niveles de energía, del radio de Bohr y de la constante de Rydberg. Se hará una comparación de las predicciones del modelo con las observaciones experimentales.

Se discutirán las limitaciones del modelo en la descripción de átomos más complejos, así como de su naturaleza *ad hoc*. Podrá hacerse referencia a la situación histórica de la física al comienzo del siglo XX, y la relación de este modelo con principios generales, que luego se incorporan en una teoría más general para los sistemas atómicos (la mecánica cuántica).

Resultados esperados.

En las situaciones problemáticas que enfrente el estudiante deberá:

- Aplicar los principios de la conservación de la energía y el momento angular al átomo de H.
- Reconocer la ecuación de Balmer como una ley empírica descriptiva de la serie visible del espectro del átomo de H.
- Reconocer el éxito del modelo de Bohr para explicar el átomo de H y su posterior fracaso en otras predicciones.
- Valorar este modelo como un ejemplo de los procedimientos utilizados en la construcción del conocimiento científico.

- Reconocer la importancia de la idea de cuantización de la energía en la descripción de los sistemas atómicos.
- Reconocer que en la aproximación de números cuánticos elevados, la descripción mediante la cuantización de la energía se aproxima a la descripción clásica para los espectros atómicos.
- Reconocer que la interacción fotón - electrón se produce partícula a partícula, tanto en la emisión, como en la absorción, para electrones ligados

Contenidos conceptuales básicos y tiempos estimados.

- V.1. Idea de cuantización de la energía. Fotón, espectros de líneas. Determinación experimental de la constante de Rydberg a partir del espectro del átomo de hidrógeno. Interacción radiación - materia (1 semana)
- V.2. Modelo de Bohr. Postulados: Cuantización de E y L. Deducción de la fórmula empírica de Balmer a partir del modelo. Contrastación entre el valor de la constante de Rydberg determinado experimentalmente y el valor deducido de la teoría. (1 semana)

Actividades de laboratorio.

- Determinación de la corriente de Rydberg a partir del espectro del hidrógeno.

Aplicaciones. Espectrometría.

Lecturas sugeridas para el docente.

- 📖 HECHT, E. *“Física en Perspectiva” Addison-Wesley Ib.* Wilmington, Delaware 1987, Capítulo 11: Teoría cuántica.
- 📖 GAMOW, G. *“Biografía de la Física” Ed. Salvat Editores* Barcelona 1987
Cap.7:La ley de los cuantos. Sección: El átomo de Bohr.
- 📖 BEISER, A *“Conceptos de Física Moderna” McGraw-Hill* México 1972
Cap.7:La ley de los cuantos. Sección: El átomo de Bohr.
Parte 2: La teoría del átomo. Cap.5 Modelo atómico de Bohr.
- 📖 ALONSO, M. y DELAWARE, *“ Física (Tomo único)”.* Addison-Wesley Ib. Wilmington, 1995
- 📖 FINN, E.J. Cap. 23 Sección 23.4 *Teoría del átomo de Bohr.*
Cap. 31 Sección 31.4 *Espectros atómicos.*

UNIDAD VI. PRINCIPIOS Y APLICACIONES DE LA TERMODINÁMICA

Objetivos y sugerencias

Se aborda el estudio de los sistemas de muchas partículas, poniendo énfasis en la descripción macroscópica de estos sistemas, a través de las

variables de estado y aplicando el principio de conservación de la energía en este nuevo contexto.

En el planteo de esta unidad, se hará uso del conocimiento previo de los estudiantes en su trabajo de la termodinámica en el curso de química. Se introducirá la expresión del trabajo de expansión y compresión para sistemas compuestos por gases ideales. Se discutirá el origen de la energía térmica y las nociones de calor y trabajo, como energías en tránsito. Se analizarán diferentes procesos con gases ideales y se estudiará la dependencia con el camino, del calor y el trabajo intercambiados en dichos procesos.

Una vez completada la revisión de los conceptos fundamentales y del planteo del primer principio de la termodinámica, se mostrarán aplicaciones prácticas de los procesos termodinámicos, que puedan ser motivadoras para los estudiantes. Se jerarquizará el tratamiento de las aplicaciones tecnológicas y, en general se apuntará a afirmar y extender los conceptos de energía y su conservación, ampliando el espectro de las situaciones a resolver.

Se discutirá el concepto de entropía, asociado al funcionamiento de las máquinas térmicas, así como su relación con la irreversibilidad y el desorden. Se buscarán aplicaciones donde estas propiedades puedan ser apreciadas por el estudiante en situaciones de interés en biología, química y física.

Resultados esperados.

El estudiante deberá:

- Formular el primer principio de la Termodinámica.
- Reconocer el primer principio de la termodinámica como una formulación del principio general de la conservación de la energía.
- Reconocer procesos isotérmicos, isócoros, isobáricos y adiabáticos.
- Aplicar el primer principio al estudio de situaciones concretas relacionadas con el hombre y su entorno. (metabolismo, calentamiento global de la Tierra, etc.)
- Reconocer procesos reversibles e irreversibles.
- Comprender el ciclo de Carnot y utilizarlo para estudiar la eficiencia ideal de las máquinas térmicas.
- Reconocer en los distintos enunciados del segundo principio, su equivalencia y las motivaciones diferentes de los científicos que las propusieron, analizando las interpretaciones posibles. (Máquinas "perfectas", irreversibilidad, degradación de la energía, flecha del tiempo)
- Aplicar el segundo principio en situaciones vinculadas al funcionamiento de máquinas térmicas.

Contenidos conceptuales básicos y tiempos estimados.

VI.1. Sistemas de muchas partículas. Variables de estado. Descripción de un sistema termodinámico. Intercambio de energía en forma de calor y trabajo en gases ideales. Energía interna y el primer principio de la termodinámica. Aplicaciones a procesos isotérmicos, adiabáticos, isóbaros e isócoros con gases ideales. Procesos cíclicos. (3 semanas)

VI.2. Entropía y la segunda ley de la termodinámica. Procesos reversibles e irreversibles. Ciclo de Carnot y la eficiencia de las máquinas térmicas. Aplicaciones. (2 semanas)

Actividades de laboratorio.

- Conservación de la energía en un sistema formado por dos cuerpos a diferentes temperaturas aislado térmicamente del exterior. Se calculará el calor absorbido por un cuerpo y el cedido por el otro, a partir de curvas de “enfriamiento” y “calentamiento” en función del tiempo.
- Aplicación del Primer principio de la Termodinámica a un sistema formado por un gas contenido en un recipiente adiabático, al que se le entrega una cantidad de calor y se le permite expandirse. Cálculo del rendimiento del dispositivo como máquina térmica.
- Análisis de un proceso isovolumétrico utilizando sensores de temperatura y presión. (Ver revista de la A.P.F.U. Volumen 6 N° 1, de mayo de 2000)

Aplicaciones. Motores. Refrigeradores, acondicionador de aire.

Lecturas sugeridas para el docente

📖 GIANCOLI, D “*Física. Principios con aplicaciones*”. Prentice-Hall Pm. México 1997, Capítulo 15: *Las leyes de la Termodinámica*.

📖 TIPLER, P. “*Física 3º*” Edición Ed. Reverté Barcelona 1994 *Tomo I, Parte 3 Capítulos 15, 16 y 17*

📖 ALONSO, M. “*¿Somos muy conservadores en la Enseñanza de la Física?*” *Universidad de las Palmas de Gran Canaria Las Palmas 1998* Cap. 5. Ejemplos de modernización conceptual. Secciones 5.4 5.5 y 5.7

📖 “*Investigación y Ciencia Temas 16: Calor y Movimiento*” *Prensa Científica Barcelona 1999*
Cap. 23 Sección 23.4 *Teoría del átomo de Bohr*.
Cap. 31 Sección 31.4 *Espectros atómicos*.

📖 SEARS, F. W., SALINGER, G. L. “*Termodinámica, teoría cinética y termodinámica estadística*” Ed. Reverté, 1980

BIBLIOGRAFÍA

Para el alumno

Textos

📖 ALVARENGA B. y MÁXIMO A. (1998) “*Física General*” 4ª Edición. México. Oxford University Press

📖 BLATT F. (1991) “*Fundamentos de Física*”. México. PHH

📖 GIANCOLI, D.C. (1997). “*Física. Principios y aplicaciones*”. México: PHH.

- 📖 HECHT E. (1999) *“Física. Álgebra y Trigonometría”* (2 vol.) Ed. Thomson
- 📖 HEWITT, Paul, G. (1999) *“Física conceptual”*. México. Addison-Wesley Ed. Iberoamericana
- 📖 SERWAY, R.A. (1993): *“Física”*. Incluye Física moderna. 3ª edición revisada (2 tomos). México. Ed. Mc Graw Hill.
- 📖 WILSON J. (1996) *“Física”* 2ª edición PHH

Material de divulgación

- 📖 EINSTEIN, A., INFELD, E. (1939): *“La física aventura del pensamiento”*. Ed. Losada, Buenos Aires. (La evolución de la física, 1986, Barcelona. Ed. Salvat).
- 📖 GAMOW, George. (1980). *“Biografía de la física”*. Madrid. Ed. Alianza Editores.
- 📖 GAMOW, George (1965). *“El breviario del Señor Tompkins”*. Ed. Fondo de Cultura Económica.
- 📖 HAWKING S. (1988): *“Historia del tiempo”*. Barcelona. Ed. Critica. (1993) Barcelona RBA
- 📖 PERELMÁN, Yakov (1975). *“Física Recreativa”*. Barcelona. Ed. Martínez Roca S.A.
- 📖 RUSSELL, B. (1985); *“ABC de la teoría de la relatividad”*. Biblioteca de muy interesante. Barcelona Ed. Orbis.
- 📖 TREFILL, James (1988) *“El Panorama Inesperado: La naturaleza vista por un físico”*. Barcelona. Ed. Salvat
- 📖 TREFILL, J. S. (1988): *“De los átomos a los quarks”*. Barcelona. Ed. Salvat.

Para el docente

- 📖 TREFILL, J. S. (1988): *“De los átomos a los quarks”*. Barcelona. Ed. Salvat.
- 📖 ALAMBIQUE (2001): *“Monográfico. Nuevos tiempos nuevos currículos”*, Barcelona. Ed. Graó.
- 📖 ALONSO, M. y FINN, E. (1971): *“Física (3 vol.) Mecánica, Campos y Ondas, Fundamentos cuánticos y estadísticos”*. Aguilar. Barcelona. (1986) Addison-Wesley Iberoamericana. E.U.A.
- 📖 ALONSO, M. y FINN, E. (1992): *“Física (volumen único)”*. Addison-Wesley. Massachusetts; (1995) Addison-Wesley Ed. Iberoamericana. Wilmington E.U.A.
- 📖 ALONSO, M. Y ROJO, O. (1979): *“Física (2 vol.) Mecánica y Termodinámica. Campos y Ondas”*. México. Fondo Educativo Interamericano.
- 📖 ALONSO, M. (1997). *“¿Somos muy conservadores en la enseñanza de la física? XXVI. Reunión bienal de la Real Sociedad Española de Física”*. Las Palmas de Gran Canaria. Universidad de Las Palmas.
- 📖 ARISTEGUI y otros (1999) *“Física (2 vol.)”* Buenos Aires. Ed. Santillana.
- 📖 BEISER A. (1972) *“Conceptos de Física Moderna”*. México Ed. Mc Graw Hill
- 📖 BERNAL. J.d. (1976). *“Historia Social de la Ciencia”*. Barcelona. Ed. Península.

- 📖 BERKSON, W. (1985): *“Las teorías de los campos de fuerza. Desde Faraday hasta Einstein”*. Madrid. Ed. Alianza Universidad.
- 📖 BOHR, N. (1988). *“La teoría atómica y la descripción de la naturaleza”*. Madrid. Ed. Alianza Universidad.
- 📖 CROMER, A. H. (1982): *“Física para las Ciencias de la vida”*. Barcelona. Ed. Reverté.
- 📖 EINSTEIN, A., INFELD, E. (1939): *“La física aventura del pensamiento”*. Losada, Buenos Aires. (La evolución de la física, 1986, Barcelona. Ed. Salvat).
- 📖 EINSTEIN, A, GRÜMBAUM, A.S., EDINTONG, A.S Y OTROS (1978): *“La teoría de la relatividad. Sus orígenes e impacto sobre el pensamiento moderno”*. Ed. Alianza Universidad.
- 📖 EINSTEIN (1986): *“Sobre la teoría de la relatividad especial y general”*. Madrid. Alianza Editorial.
- 📖 FAROUKY, Nayla (1994). *“La relatividad”*. Madrid. Debate. Ed. Dominós.
- 📖 FEYNMAN, R. P., LEIGHTON, R.B. y SANDS, M. (1987): *“Física (3 vols.). Mecánica. Campos y Ondas. Fundamentos cuánticos y estadísticos”*. Madrid. Addison-Wesley. Ed. Iberoamericana.
- 📖 FEYNMAN, R. P. (1988) *“El carácter de la ley Física”*. Buenos Aires. Ed. Orbis
- 📖 FRENCH, A.P. (1974): *“Mecánica Newtoniana”*. Barcelona. Ed. Reverté.
- 📖 FRISCH, O. *“De la fisión del átomo a la bomba de hidrógeno. Recuerdos de un Físico nuclear”*. Madrid. Alianza Editorial.
- 📖 GAMOW, George. (1980). *“Biografía de la física”*. Madrid. Alianza Editores.
- 📖 GAMOW, George (1965). *“El breviario del Señor Tompkins”*. Ed. Fondo de Cultura Económica.
- 📖 GIL, D., MARTÍNEZ, J. SENENT, F. (1988): *“El fracaso en la resolución de problemas de física. Una investigación orientada por nuevos supuestos. Enseñanza de las Ciencias”*. 6(2), 131-146
- 📖 GIL, D., SENENT, F. y SOLVES, J. (1986): *“Análisis crítico de la introducción de la física moderna”*. Revista española de Física. 2, 16-21.
- 📖 GIL, D., SENENT, F. y SOLVES, J. (1988): *“ $E=mc^2$, la ecuación más famosa de la física: una incomprendida”*. Revista española de Física. 2, 53-55
- 📖 GIL, D., SENENT, F. y SOLVES, J. (1989): *“La Física moderna en la Enseñanza Secundaria: Una propuesta fundamentada y unos resultados”*. Revista española de Física. 3(1), 53-58.
- 📖 GIL, S. RODRÍGUEZ, E. (2001): *“Física recreativa. Experimentos de Física usando nuevas tecnologías”*. Buenos Aires. Ed. Prentice Hall.
- 📖 HALLIDAY, D. y RESNICK, R. (1980): *“Fundamentos de Física”*. Barcelona. Ed. CECSA.
- 📖 HAWKING S. (1988): *“Historia del tiempo”*. Barcelona. Ed. Critica. (1993) Barcelona RBA
- 📖 HECHT E. (1987) *“Física en Perspectiva”*, Wilmington Addison-Wesley Ed. Iberoamericana
- 📖 HEISENBERG W. (1955) *“La imagen de la naturaleza en la física actual”*. Hamburgo. Rowoalt Verlag. (1985) Madrid Orbis.
- 📖 HEWITT, Paul, G. y ROBINSON (1998) *“Manual de laboratorio”*. México. Addison-Wesley Ed. Iberoamericana
- 📖 HOLTON, G. (1976). *“Introducción a los conceptos teorías de las Ciencias”*

- Físicas*". Barcelona. Ed. Reverté.
- 📖 LANDAU, L. Y RUMER, Y. (1968): "*¿Qué es la teoría de la relatividad?*". Madrid. Aguilera Editor.
 - 📖 LANDAU, L. y KITAIGORODSKIJ, A. (1971): "*Física sin secretos*". Madrid. Ed. Doncel.
 - 📖 LAHERA, J. (1995): "*Introducción a la Física moderna en la enseñanza secundaria. Fundamentación y Módulos de aprendizaje*". Madrid. Editorial Síntesis.
 - 📖 LARA, C. y otros (1997) "*Física. 2º*". Madrid. SM.
 - 📖 LÉVY-LEBLOND, J.M., BUTOLI, A. (1982): "*La Física en preguntas I y II. Mecánica. Electricidad y magnetismo*". Madrid. Alianza Editorial.
 - 📖 LIGHTMAN, A. (1995). "*Grandes ideas de la Física. Cómo los descubrimientos científicos han cambiado nuestra visión del mundo*". Madrid. Ed. Mc Graw Hill.
 - 📖 LITWIN E. y otros (1998) "*La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo*" 1ª edición Ed. Paidós Educador.
 - 📖 MASON, F. (1986). "*Historia de las ciencias*" (5 vols.). Madrid. Ed. Alianza.
 - 📖 PASCUAL R. (1999). "*Del átomo al quark*". Barcelona. Vicens Vives.
 - 📖 PERELMÁN, Yakov (1975). "*Física Recreativa*". Barcelona. Ed. Martínez Roca S.A.
 - 📖 RUSSELL, B. (1985); "*ABC de la teoría de la relatividad*". Biblioteca de muy interesante. Barcelona Ed. Orbis.
 - 📖 SEARS, F. W. y SALINGER, G. L. (1980); "*Termodinámica, teoría cinética y termodinámica estadística*", Ed. Reverté
 - 📖 SOLBES, J., BERNABEU, J., NAVARRO, J Y VENTO, V. (1988): "*Dificultades en la enseñanza aprendizaje de la física cuántica. Revista española de la física*", 2, 22-27.
 - 📖 TAYLOR, J.G. (1984). "*La nueva física*". Madrid. Ed. Alianza Universidad.
 - 📖 TIPLER, P. (1993): "*Física 1 y 2*". Barcelona. Ed.Reverté.
 - 📖 TIPLER, P. (1980): "*Física moderna*". Barcelona. Ed. Reverté.
 - 📖 TREFILL, James (1988) "*El Panorama Inesperado: La naturaleza vista por un físico*". Barcelona. Ed. Salvat
 - 📖 TREFILL, J. S. (1988): "*De los átomos a los quarks*". Barcelona. Ed. Salvat.
 - 📖 VARELA, P (1996). "*Las ideas el alumnado en Física*". Alambique, 7, 45 52.
 - 📖 WEISSKOPF, V. (1991). "*La revolución cuántica*". Madrid. Ed. Akal.

La Comisión Programática que elaboró esta propuesta estuvo integrada por:

***Cristina Banchemo
Alicia Del Cioppo
Jorge Griego
Cecilia Roso
Juan Tinetto
Sara Viñas
Julio Wasen***