

# La Formación de Físicos en Cuba

(The formation of physicists in Cuba)

José Marín Antuña

*Departamento de Física Teórica*

*Facultad de Física, Universidad de La Habana*

*San Lázaro y L. Vedado, Habana-4*

*10400 La Habana, CUBA*

*Email: marin@ffuh.fmq.uh.edu.cu*

Recebido em 11 de novembro, 1998

Os profissionais cubanos e particularmente os físicos cubanos têm ganho reconhecido prestígio em centros de educação e pesquisa em muitos lugares. Neste trabalho apresentam-se as razões básicas disto, por meio da explicação dos elementos fundamentais do programa de formação dos físicos nas universidades cubanas.

Cuban professionals -in particular Cuban physicists- have a well-known prestige in educational and research centers in many places. In the present work, we expose the basic reasons for this through the exposition of the fundamental elements of the program for physicists' formation in Cuban universities.

## I Introducción

El presente trabajo es el resultado del interés mostrado por el tema en el Instituto de Física de São Carlos de la USP, y en el Instituto de Física de la UERJ, Río de Janeiro, Brasil. La acogida brindada en dichas instituciones al autor en los seminarios sobre el tema que en ellas desarrolló en el otoño de 1998, unida a sugerencias de amigos, condujo a la idea de escribir un artículo sobre la formación de físicos en Cuba, con vistas a difundirlo entre los miembros de la Sociedad Brasileña de Física a través de su prestigiosa Revista Brasileira de Ensino de Física, así como entre otros colegas de Latinoamérica que accedan a la misma.

Los profesionales cubanos -y en particular los físicos cubanos- tienen ganado un espacio reconocido y un prestigio en centros de educación y de investigación en muchos lugares; particularmente en América y en especial en Brasil. La intención de este artículo es exponer las causas básicas de ese éxito, mediante la explicación de los elementos fundamentales del programa de formación de profesionales físicos en universidades cubanas. Espero que la información resulte de interés y utilidad entre los físicos brasileños.

## II Ambito de la formación de físicos en Cuba

En Cuba en la actualidad existen 46 Centros de Educación Superior y 10 Facultades y Filiales Independientes con unos 185,000 estudiantes de pregrado y 24,000 profesores, que han permitido en estos años lograr que el 5% de la población cubana esté formada por graduados universitarios. La carrera de Física se estudia en dos universidades cubanas, que son la Universidad de La Habana, ubicada en la capital de la República de Cuba, y la Universidad de Oriente, situada en la ciudad de Santiago de Cuba, distante de la primera cerca de 1,000 km. En ambas universidades se forman investigadores en el campo de la Física y a los objetivos y contenidos de dicha formación dedicaremos nuestro escrito. Sin embargo, es bueno destacar que, además, en Cuba se preparan profesores de Física para la Enseñanza Media (los llamados en Brasil licenciados) en los 13 Institutos Superiores Pedagógicos (universidades pedagógicas) diseminados a lo largo de todo el país, en cada una de las provincias que lo forman.

La Universidad de La Habana es la mayor y más prestigiosa de Cuba. Fundada el 5 de enero de 1728 por la Orden de los Padres Predicadores (Dominicos)

como Real y Pontificia Universidad de La Habana, fue secularizada en el siglo XIX y tuvo su sede hasta principios del siglo actual en el entonces convento de San Francisco, en la región conocida como Habana Vieja, declarada por la UNESCO Patrimonio de la Humanidad. A inicios del siglo XX fue trasladada al lugar que hoy ocupa, en la llamada Colina Universitaria en el Vedado habanero, en el mismo centro de la ciudad. Abrese a la ciudad y al mundo a través de los 88 escalones de su monumental escalinata en cuya cima se destaca, frente al Edificio del Rectorado, la majestuosa estatua sentada del Alma Mater, madre nutricia que con sus brazos abiertos acoge en su seno a todos sus estudiantes.

La arquitectura de los edificios del campus es de estilo marcadamente neoclásico. Alrededor de la Plaza “Ignacio Agramonte”, corazón del campus, se levantan el Rectorado y los edificios de las facultades de Derecho, Matemática y Computación, Filosofía e Historia, Farmacia y Alimentos, el edificio “Enrique José Varona”,

llamado así en honor a un ilustre pedagogo cubano, así como de la Biblioteca Central “Rubén Martínez Villena”, detrás de la cual se encuentra la hermosa e imponente Aula Magna Universitaria, adornada con murales que representan las siete artes liberales, relieves de ilustres, bronce con frases célebres y, a un costado, el nicho con los restos del Padre Félix Varela, ilustre cubano del siglo XIX del que se dijo fue “el primero que nos enseñó a pensar” a los cubanos. Es el Aula Magna lugar de entrega de títulos de Doctor Honoris Causa y Profesores de Mérito de la Alta Casa de Estudios, así como marco solemne donde se realizan los actos de graduación de nuestros alumnos cada año.

Detrás del Aula Magna se levanta, austero, un edificio de cuatro plantas, sótano y dos naves de laboratorios donde radica la Facultad de Física.

Estructuralmente, la Universidad de La Habana está formada por 15 facultades que imparten 25 carreras, tal y como ilustra la siguiente tabla:

FACULTADES	CARRERAS
1. Matemática y Computación	1. Matemática
2. Física	2. Ciencias de la Computación
3. Química	3. Física
4. Biología	4. Química
	5. Biología
5. Farmacia y Alimentos	6. Microbiología
	7. Bioquímica
6. Geografía	8. Ciencias Farmacéuticas
7. Psicología	9. Alimentos
8. Filosofía e Historia	10. Geografía
	11. Psicología
9. Derecho	12. Sociología
10. Artes y Letras	13. Historia
	14. Filosofía
11. Comunicación	15. Derecho
	16. Historia del Arte
12. Lenguas Extranjeras	17. Letras
	18. Comunicación Social
13. Economía	19. Información Científico-Técnica y Bibliotecología
14. Contabilidad y Finanzas	20. Lengua y Literatura Inglesas
15. Educación a Distancia	21. Lengua y Literatura Francesas
	22. Lengua y Literatura Alemanas
	23. Lengua y Literatura Rusas
	24. Economía
	25. Contabilidad y Finanzas
	carreras: 13,15,16,19,24 y 25

Además, la Universidad de La Habana cuenta con 14 centros de Investigación y Desarrollo que son:

1. Centro de Estudios de Salud y Bienestar Humano. (CESBH) Integra grupos disciplinarios de las facultades de Farmacia y Alimentos, Biología, Geografía, Matemática y Computación, Psicología, y Filosofía e Historia principalmente para promover nuevos conocimientos sobre la salud como componente fundamental para el bienestar.

2. Instituto de Materiales y Reactivos para la Electrónica. (IMRE) Fuerte centro de investigación y producción para la obtención y desarrollo de nuevos materiales y tecnologías para el uso de la industria electrónica, química y la medicina, desarrollo de sensores y dispositivos magnéticos y optoelectrónicos, desarrollo de prototipos de equipos electrónicos, asociado a las facultades de Física y Química.

3. Centro de Biomateriales. (BIOMAT)

Desarrolla materiales sintéticos con aplicación a la medicina y los produce para la demanda nacional y la exportación.

4. Centro de Investigaciones Marinas. (CIM) Asociado a la Facultad de Biología. Realiza investigaciones especializadas sobre cultivo de especies de interés económico para el país y sobre problemas ecológicos.

5. Jardín Botánico Nacional. (JBN) Asociado a la Facultad de Biología, con una extensión de 600 ha, realiza el estudio de la flora cubana e investigaciones sobre conservación de plantas ornamentales, plantas endémicas importantes y especies en peligro de extinción. Realiza, además, un fuerte trabajo de Extensión Universitaria en la población.

6. Centro de Estudios de Alternativas Políticas. (CEAP) Investigaciones sobre aspectos de relaciones internacionales de Cuba, estudio comparativo de alternativas políticas en América Latina y Estados Unidos y estudios sobre comunidades hispanas en el extranjero.

7. Centro de Estudios para el Perfeccionamiento de la Educación Superior. (CEPES) Investigaciones para mejorar el sistema educativo de nivel superior, estudios comparativos con otros países y perspectivas de desarrollo de la Educación Superior. 8. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. (FLACSO) Investigaciones sobre la transición socialista en Cuba con un enfoque interdisciplinario.

9. Centro de Estudios sobre Estados Unidos. (CESEU) Investigaciones de aspectos económicos, sociales y político-ideológicos de la realidad norteamericana y su proyección exterior.

10. Centro de Estudios de la Economía Cubana. (CEEC) Investigaciones sobre la economía cubana y su proyección, estudios de la microeconomía mediante consultorías a empresas.

11. Centros de Estudios Demográficos. (CEDEM) Investigaciones sobre población, migraciones y planificación demográfica para el desarrollo.

12. Centro de Estudios de Técnicas de Dirección. (CETED) Estudio de nuevas técnicas de dirección y preparación y superación de personal dirigente de diferentes instancias de dirección empresarial.

13. Centro de Investigaciones de la Economía Internacional. (CIEI) Estudio de desarrollo económico y social fundamentalmente de América Latina y estudios casuísticos del desarrollo económico de otros países en vías de desarrollo.

14. Centro Universitario de Medio Ambiente. (CUMA) Coordina la cooperación interdisciplinaria para consultorías, proyectos de investigación y educación de postgrado sobre medio ambiente.

El claustro de la Universidad de La Habana está formado por unos 1,400 profesores y 200 investigadores, además de un personal variable contratado. Con esta fuerza profesional se atiende la formación de aproximadamente unos 6,000 estudiantes de Cursos Regulares Diurnos, constituidos por jóvenes que entran en la universidad a través de exámenes de ingreso al culminar sus estudios preuniversitarios, unos 800 estudiantes de Cursos para Trabajadores que son conformados por personas que laboran en diferentes centros de trabajo y acceden a cursos universitarios afines al trabajo que realizan mediante concursos de ingreso y unos 6,000 estudiantes de Cursos a Distancia que se ofertan libremente en diversas especialidades a todo aquél que cumpla los requisitos de tener vencido el nivel preuniversitario. A estos cursos de pregrado se añaden unos 16,000 estudiantes de diferentes cursos de postgrado en sus dos vertientes: por una parte, un subsistema de superación profesional orientado a la educación continua de los graduados y que se expresa en cursos de actualización, reciclaje, entrenamientos y otras formas similares y, por otra parte, el postgrado académico, que es un sistema que abarca las especialidades, maestrías y doctorados y que se desarrolla, principalmente, en forma desescolarizada e individualizada, con una clara orientación a la investigación.

Por ley, todo ciudadano cubano tiene derecho a la enseñanza gratuita en todos los niveles: obligatoria hasta el 9 grado de la enseñanza media, y opcional -

de acuerdo con sus aptitudes y capacidades- en el resto de los niveles.

Este es el ámbito donde estudian y se forman los alumnos de física de nuestra Universidad.

### III La Facultad de Física de la Universidad de La Habana

Dentro de la Universidad de La Habana, la Facultad de Física -donde se forma una parte importante de los físicos cubanos- es un destacado centro científico, dirigido por un Decano y dos Vicedecanos y constituido por los Departamentos Docentes de Física Aplicada, Física Teórica y Física General, que dan la docencia de la carrera y, además, imparten el servicio de las asignaturas de Física a las facultades de Química, Biología, Farmacia y Alimentos, y Geografía.

El número de estudiantes del pregrado de Física es pequeño: aproximadamente 120 alumnos distribuidos en los cinco años de la carrera; además, un aproximado de 80 estudiantes de postgrado se encuentran en las diversas variantes de entrenamientos, reciclajes, cursos, así como en Maestrías y Doctorados, que en nuestro caso tienen requisitos altos: para la defensa de una tesis de Maestría en Física, el aspirante debe tener el aval de haber publicado sus resultados al menos con un artículo en una revista referenciada de prestigio y para la defensa de una tesis de Doctorado en Física, el requisito es de 3 ó 4 artículos en igual tipo de revistas, así como la presentación de los resultados en diferentes eventos científicos. Esto permite garantizar un nivel de calidad competitiva de nuestros egresados a nivel internacional.

El claustro de profesores está formado por 84 docentes de los cuales 17 son Profesores Titulares, 22 son Profesores Auxiliares, 24 son Profesores Asistentes, 5 son Instructores y 16 son personal contratado.

Los temas principales de investigación que desarrolla este claustro junto con sus estudiantes se sintetizan en las siguientes líneas de trabajo:

- Materiales magnéticamente duros y blandos, ferritas, aleaciones intermetálicas para imanes permanentes, capas delgadas, materiales ferro y piezoeléctricos.
- Superconductividad; propiedades magnéticas de transporte, modelación y estructura de vórtices.
- Ingeniería de zeolitas, teoría de zeolitas y otros medios porosos. Física Estadística.
- Teoría de la materia condensada: dispersión Raman en sólidos, física de estructuras mesoscópicas se-

miconductoras (pozos cuánticos, superredes, etc.), propiedades ópticas, fonones, interacción electrón-fonón.

• Problemas de Física Matemática; Mecánica de Fluidos, fractales, caos. Medios granulados. Física de la combustión y otros aspectos relacionados, Física de sistemas complejos.

- Celdas solares.
- Diodos electroluminiscentes.
- Láseres semiconductores.
- Epitaxia de haces moleculares, fase vapor y otros crecimientos de capas y cristales.
- Evaporación con láseres pulsados.
- Caracterización de semiconductores.
- Sensores.

### IV La Carrera de Física

Lo anteriormente expuesto da una visión de cuál es la actividad fundamental de los físicos en uno de sus centros posibles de trabajo: la propia Facultad de Física de la Universidad de La Habana. Sin embargo, las necesidades de graduados de la especialidad de Física no se reducen a las de nuestra universidad o la Universidad de Oriente, donde hay, además, una fuerte aplicación de los físicos en investigaciones relacionadas con la industria metalúrgica y con la llamada física médica, bajo cuyo nombre se agrupan actividades relacionadas con el desarrollo de equipos y técnicas para el uso en la investigación y asistencia médica.

El mercado de trabajo del físico en Cuba está asociado -además de los Centros de Educación Superior para el desarrollo de investigaciones y la impartición de la docencia- a importantes centros industriales relacionados con la electrónica, la industria minera, la industria metalúrgica, la construcción y otros, tanto en áreas de desarrollo, control de la calidad, como áreas tecnológicas, etc. Otra fuente importante de trabajo para el físico se encuentra en los centros de investigación científica y servicios del país en áreas tales como la biomedicina, la biotecnología, la instrumentación médica, la meteorología y física de la atmósfera, la geofísica, la astronomía, la electrónica, la computación y automatización, las comunicaciones, la construcción de equipos, la oceanología y la física del mar, las investigaciones fundamentales, la conservación del medio ambiente, la industria del petróleo, la micro y optoelectrónica, el desarrollo de fuentes no convencionales de energía, la aplicación de métodos físicos de análisis, la Físico- Química, la Física-Matemática y otros.

En los diversos centros arriba mencionados se espera que el graduado de Física pueda realizar las siguientes funciones:

1. Participar en investigaciones fundamentales o aplicadas, teóricas o experimentales y labores de desarrollo en problemas de Física, en áreas interdisciplinarias o de aplicación de la Física y de sus métodos.

2. Participar en la enseñanza de la Física en la Educación Superior no sólo como miembro del claustro universitario, sino atendiendo y orientando el trabajo de investigación-desarrollo de estudiantes de Física ubicados en su centro de trabajo para la realización de su Práctica Laboral Investigativa.

3. Participar en la prestación de servicios científico-técnicos relacionados con la aplicación de métodos físicos de análisis, evaluación y diagnóstico.

4. Participar en tareas de control de la calidad, estudios de procesos tecnológicos e introducción de nuevas tecnologías, construcción de equipos y de sistemas de medición y desarrollo de software en problemas vinculados con la Física, sus métodos y aplicaciones.

Todo lo hasta aquí expresado constituye lo que pudiéramos llamar el Encargo Social del físico en Cuba o, como también le llamamos, el Perfil del Profesional Físico en nuestro país. En correspondencia con esta realidad y para dar respuesta a este encargo, ha sido confeccionado el Plan de Estudio de la Carrera de Física en nuestras universidades y al que nos referiremos a continuación. Dicho Plan de Estudio es elaborado por un grupo de expertos que recibe el nombre de Comisión Nacional de la Carrera de Física y no es un documento estático, sino que se encuentra en constante análisis y perfeccionamiento en aras de poder responder a las situaciones cambiantes del desarrollo del país.

A fin de dar respuesta a las necesidades de la sociedad, el Plan de Estudio tiene el enfoque de la formación de un profesional de perfil amplio, capaz de insertarse en la amplia gama de posibilidades de ubicación laboral que hemos descrito. Los elementos más universales de este perfil amplio, presentes en el Plan de Estudio, son: Una sólida base teórica en Física y Matemática y un fuerte entrenamiento en Métodos Experimentales, en Electrónica y Computación. Ello nos lleva al enunciado de los objetivos generales que persigue la formación del profesional de la Física en Cuba. Estos objetivos son enunciados en el Plan de Estudio en forma de Objetivos Educativos y de Objetivos Instructivos, tal y como se exponen a continuación.

## V Objetivos del Plan de Estudio de Física en Cuba

Los Objetivos Educativos de la formación del físico son:

1. Formar en el futuro profesional una concepción científica del mundo mediante el estudio, con alto nivel y rigor científico, de los fenómenos físicos y las leyes que lo rigen.

2. Desarrollar en él el amor a la Física, al trabajo, al estudio y a la investigación, la autopreparación técnica, política y cultural, al rigor, la creatividad, la modestia, honestidad científica, consagración, espíritu de sacrificio, etc. para el desarrollo de su actividad profesional.

3. Desarrollar en él el amor a su Patria, conciencia de las necesidades de la misma y de vincular su trabajo científico con las líneas de desarrollo económico y social del país.

4. Contribuir a desarrollar valores éticos y estéticos que complementen su formación integral, uso adecuado del lenguaje y de la terminología científica, exactitud en la expresión oral y escrita, rechazo a la imprecisión, etc.

Los Objetivos Instructivos que se persiguen al formar al físico son que el egresado pueda participar en:

1. Estudio, análisis y resumen de la bibliografía científica en español e inglés sobre una tarea específica. Determinación de aspectos ya resueltos, métodos utilizados y resultados obtenidos, así como de los problemas a resolver y posibles vías para abordarlos.

2. Concepción, diseño, cálculo, construcción, ajuste, calibración y explotación de equipos y sistemas para la medición y registro de parámetros físicos bajo condiciones controladas.

3. Procesamiento y sistematización de datos, experimentos y experiencias productivas y formulación de las correspondientes regularidades empíricas.

4. Interpretación y explicación de resultados experimentales sobre la base de modelos y leyes físicas.

5. Desarrollo de estudios teóricos de sistemas reales mediante la formulación de modelos físicos, el cálculo de las magnitudes que lo caracterizan, el análisis de los resultados teóricos y experimentales y la formulación de leyes que rigen los fenómenos físicos bajo estudio. Desarrollo de los métodos matemáticos y teóricos de estudio de los sistemas físicos.

6. Concepción de algoritmos y elaboración y utilización de programas de computación para el procesamiento de la información, cálculo numérico, asimilación de procesos físicos y control de experimentos.

7. Participación en la formulación de recomendaciones sobre la aplicación de sus resultados y en la introducción de logros científico-técnicos en la producción y los servicios.

8. Presentación de los resultados, conclusiones y recomendaciones de su trabajo mediante informes, artículos científicos y exposición oral.

Para el logro de los objetivos arriba expuestos se diseñó un conjunto de disciplinas que conforman la Carrera de Física. Mediante su impartición y desarrollo, a través de la consecución de objetivos parciales en cada una de sus asignaturas, se van alcanzando los objetivos generales de arriba, de manera que el egresado adquiera el modo de actuación que le permita acometer exitosamente las tareas sociales que se le encomienden. En el próximo punto expondremos el sistema de disciplinas que conforman la carrera y con cuyo desarrollo se logran los objetivos educativos e instructivos planteados.

## VI Disciplinas de la Carrera de Física

En la nomenclatura empleada en la Educación Superior Cubana se acostumbra a llamar Disciplina a un conjunto de materias más o menos grande con contenido, características y enfoque común que, a su vez, se subdivide en *Asignaturas* que, en el caso del Plan de Estudio de Física, se imparten y desarrollan en el transcurso de un semestre.

Organizativamente, la Carrera de Física se imparte en cinco años lectivos, cada uno con dos semestres de 17 semanas de clases.

Las Disciplinas de la Carrera de Física son 13 y sus nombres son: Física General, Matemática, Física Teórica, Termodinámica, Trabajo Científico, que es la columna vertebral de la formación del físico o, como acostumbramos a llamarle, la Disciplina Integradora de la Carrera, ya que a ella tributan todas las demás Disciplinas con sus contenidos, Métodos Experimentales de la Física, Física del Estado Sólido, Ciencias Sociales, Idioma Inglés, Química, Computación, Electrónica y, por último, Historia y Metodología de la Física.

Queremos explicar que en la base de la concepción del proceso educativo, no sólo de la Carrera de Física, sino de todas las carreras universitarias cubanas, está la realización del proceso de enseñanza-aprendizaje a través de tres componentes: el *componente académico*, formado por las actividades propiamente de clases en aulas, el *componente laboral* que se realiza a través de la

inserción del estudiante en un centro de trabajo afín con la carrera que estudia y donde adquiere hábitos y habilidades que le serán útiles en el desempeño futuro de la profesión y el *componente investigativo* que se manifiesta a través del desarrollo de trabajos de investigación del estudiante que lo entrenan en la realización futura de su trabajo profesional y le permiten adquirir las habilidades necesarias para su formación científica, por medio de la defensa ante tribunal de trabajos de curso, la presentación de sus resultados en Jornadas Científicas Estudiantiles y eventos científicos de diversa índole y la presentación y defensa, también ante tribunal, de su trabajo de tesis de graduación, que nosotros llamamos *Trabajo de Diploma*.

En el caso de la Carrera de Física, por las características específicas de la actividad profesional del físico, el componente laboral y el componente investigativo se encuentran estrechamente ligados. Los estudiantes para el desarrollo de la Disciplina de Trabajo Científico son ubicados en diferentes centros de investigación y desarrollo y servicios y, bajo la orientación de un tutor científico, con un plan de trabajo previamente elaborado, realizan su Práctica de Producción e Investigación.

La Disciplina de Física General, además de las asignaturas de aulas donde se imparten los contenidos y se realizan clases de solución de ejercicios y problemas, tiene asignaturas que se desarrollan por entero en los laboratorios docentes, donde el alumno enfrenta individualmente durante el semestre una 10 prácticas diferentes que tiene que estudiar previamente, realizar el montaje y la calibración del equipo, las mediciones, el análisis de los resultados y luego rendir un informe escrito sobre la práctica realizada, que presenta y defiende ante el profesor. De esta manera, desde el primer año, el estudiante se va entrenando para alcanzar varios de los objetivos instructivos de la carrera, tales como saber exponer por escrito y oralmente sus resultados, así como defenderlos.

La Disciplina de Matemática provee al estudiante de una base sólida y rigurosa del aparato matemático que constituye la herramienta fundamental de la teoría física y con ayuda de la cual el físico logra el manejo de los modelos, leyes y sistemas físicos, tanto en su aspecto conceptual, como práctico.

La Disciplina de Física Teórica le brinda al estudiante, después del estudio general y principalmente fenomenológico realizado en la Disciplina de Física General, una visión rigurosa y matematizada de la teoría

física y le da, a la vez, la herramienta principal para la comprensión cabal de los contenidos profesionales y la aplicación de la misma en el desarrollo y profundización del conocimiento físico.

La Disciplina de Trabajo Científico desarrolla en el estudiante las habilidades de investigación científica moderna bajo la orientación de un tutor y la elaboración de trabajos que el alumno defiende ante tribunales formados por profesores y profesionales de los centros de trabajo donde el estudiante es ubicado para su realización. Esta disciplina es de gran importancia para la formación científica del estudiante como investigador y en ella el alumno se ve precisado a emplear e integrar los conocimientos y las habilidades recibidas del resto de las disciplinas de la carrera.

La Disciplina de Métodos Experimentales de la Física complementa a la de Trabajo Científico en el sentido de que se realiza principalmente en laboratorios de investigación para desarrollar en el estudiante las habilidades prácticas indispensables en el uso de equipos modernos para la caracterización estructural de materiales, tales como difracción de rayos X, microscopía electrónica, resonancia magnética nuclear, Mossbauer y otra técnicas de uso indispensable en la investigación experimental.

La Disciplina de Física del Estado Sólido complementa al estudiante en esta importante materia, tanto teórica, como experimentalmente, y su presencia en el Plan de Estudio está dada por la fuerte inclinación solidista de una buena parte de las investigaciones físicas que se realizan en nuestra facultad.

La Disciplina de Electrónica ofrece al estudiante una formación sólida y moderna de esta técnica indispensable en todo laboratorio de investigaciones físicas. Las Disciplinas de Termodinámica y Química brindan los complementos indispensables de la formación de un experimentador físico.

La Disciplina de Computación ofrece las bases de programación en máquinas computadoras, así como el empleo de sistemas modernos de computación científica, tales como el *Matemática*, el *Origin* y otros, para que desde el inicio de la carrera el estudiante los pueda utilizar en otras disciplinas, especialmente en la de Trabajo Científico, donde recibe un entrenamiento fuerte en las técnicas de computación.

La Disciplina de Idioma Inglés le brinda al estudiante los elementos esenciales para poder leer, interpretar, escribir y comunicarse oralmente en lo relacionado con su actividad técnico-profesional, fundamen-

talmente. Estas habilidades se amplían y refuerzan a través de las otras disciplinas, fundamentalmente la de Trabajo Científico, en la que el uso de la literatura científica en inglés, la lectura de monografías, artículos científicos, etc., así como la preparación de ponencias para eventos científicos, informes y artículos, desarrollan una fuerte práctica del inglés por parte del estudiante.

La Disciplina de Ciencias Sociales complementa la formación del estudiante al brindarle conocimientos y tribuna de debate de problemas filosóficos, epistemológicos, sociales, económicos y políticos de actualidad.

Por último, la Disciplina de Historia y Metodología de la Física le permite al estudiante ganar comprensión respecto a la forma en que los conocimientos sobre el mundo físico se fueron desarrollando históricamente, las motivaciones sociales, económicas y cognitivas de dicho desarrollo, así como la manera en que dicho desarrollo se fue realizando a través de la superación de las contradicciones y de los obstáculos en el decursar del conocimiento, lo que resulta muy formativo para el futuro profesional.

Además de las disciplinas mencionadas, el estudiante cursa durante los cuatro primeros semestres de la carrera la disciplina de Educación Física, en la que la mayoría de las veces el estudiante se inscribe en un deporte de su predilección y que ayuda a una formación más integral de su personalidad. Igualmente, en el cuarto año de estudio, cursa una disciplina de Preparación para la Defensa, que le permite prepararse como profesional físico y ciudadano para contingencias de diversa índole que van, desde una posible agresión militar, hasta los daños de fenómenos naturales, como huracanes, inundaciones, tormentas severas y similares.

Finalmente, el estudiante, entre el segundo semestre de cuarto año y el primero de quinto año, cursa tres asignaturas optativas que él selecciona de acuerdo con su tutor científico en concordancia con su trabajo científico investigativo entre un listado de asignaturas que se ofrecen, generalmente asociadas a los temas de investigación que desarrollan los departamentos docentes y los centros de investigación.

A continuación, en el siguiente cuadro, presentamos el listado de las disciplinas arriba explicadas con las asignaturas que cada una de ellas contiene. Entre paréntesis, al lado del nombre de cada asignatura aparecen dos números; el primero señala el año de la carrera y el segundo el semestre de dicho año en el que

se imparte la asignatura. En la columna de la derecha aparecen las horas lectivas de cada una de las asignaturas de la disciplina que, sumadas, dan el total de horas de la disciplina. Al lado del total de horas de la disciplina aparece, entre paréntesis, el porcentaje que representa el total de horas de la disciplina, respecto al

total de horas lectivas de la carrera.

Puede apreciarse que la disciplina que mayor número de horas tiene en la carrera es, precisamente, la de Trabajo Científico, con casi un 30% del total, lo que está en plena correspondencia con varios de los objetivos importantes de la formación de los físicos en Cuba.

### RELACION DE LAS DISCIPLINAS

<b>Física General</b>	<b>Horas</b>
1. Introducción a la Física General (1-1)	102
2. Mecánica (1-2)	118
3. Laboratorio de Mecánica (1-2)	50
4. Física Molecular (2-1)	118
5. Laboratorio de Física Molecular (2-1)	50
6. Electromagnetismo (2-2)	118
7. Laboratorio de Electromagnetismo (2-2)	50
8. Óptica (3-1)	100
9. Laboratorio de Óptica (3-1)	50
10. Física Cuántica (3-2)	100
11. Laboratorio de Física Cuántica (3-2)	50
<b>Total de horas</b>	<b>906 (17.29%)</b>

<b>Matemática</b>	<b>Horas</b>
1. Geometría Analítica y Álgebra (1-1)	170
2. Álgebra Lineal I (1-2)	68
3. Álgebra Lineal II (2-1)	50
4. Ecuaciones Diferenciales y Cálculo Variacional (2-1)	68
5. Análisis Matemático I (1-1)	136
6. Análisis Matemático II (1-2)	136
7. Análisis Matemático III (2-1)	102
8. Análisis Matemático IV (2-2)	102
9. Métodos Matemáticos de la Física I (3-1)	84
10. Métodos Matemát. de la Física II (3-2)	84
11. Probabilidades y Estadística Matemática (4-1)	50
<b>Total de horas</b>	<b>1050 (20.04%)</b>

<b>Física Teórica</b>	<b>Horas</b>
1. Mecánica Teórica I (2-2)	50
2. Mecánica Teórica II (3-1)	68
3. Electrodinámica I (3-2)	68
4. Electrodinámica II (4-1)	68
5. Mecánica Cuántica (4-1)	102
6. Física Estadística (4-2)	84
<b>Total de horas</b>	<b>440 (8.40%)</b>

<b>Trabajo Científico</b>	<b>Horas</b>
1. Introducción a la Carrera (1-1)	34
2. Práctica de Familiarización (2-2)	136
3. Práctica de Producción e Investigación (3ro y 4to años sistemática)	680
4. Trabajo de Diploma (5 <sup>to</sup> año)	672
<b>Total de horas</b>	<b>1522 (29.05%)</b>



Métodos Experimentales de la Física	Horas
1. Métodos Exper. de la Física I (4-2)	102
2. Métodos Exper. de la Física II (5-1)	84
<b>Total de horas</b>	<b>186 (3.55%)</b>

**Física del Estado Sólido (5-1) 86 (1.64%)**

Electrónica	Horas
1. Electrónica I (3-1)	68
2. Electrónica II (3-2)	84
3. Electrónica III (4-1)	100
<b>Total de horas</b>	<b>252 (4.81%)</b>

**Química (4-1) 100 (1.91%)**

**Termodinámica (4-2) 64 (1.22%)**

Computación	Horas
1. Computación I (1-2)	68
2. Computación II (2-1)	56
<b>Total de horas</b>	<b>124 (2.36%)</b>

Idioma Inglés	Horas
1. Inglés I (1-1)	96
2. Inglés II (1-2)	84
3. Inglés III (2-1)	84
<b>Total de horas</b>	<b>264 (5.04%)</b>

Ciencias Sociales	Horas
1. Filosofía y Sociedad (1-2)	64
2. Teoría y Economía Política I (2-1)	50
3. Teoría y Economía Política II (3-1)	50
4. Problemas Sociales de la Ciencia y la Tecnología (4-2)	32
<b>Total de horas</b>	<b>196 (3.74%)</b>

**Historia y Metodología de la Física 50 (0.95%)**

**TOTAL DE HORAS DE LA CARRERA 5240**

## VII Comentarios Finales

En la relación de disciplinas y asignaturas arriba expuesta es de destacar el hecho de que, en el primer semestre de primer año, hay varias asignaturas cuyo objetivo es servir de puente entre la enseñanza preuniversitaria de donde provienen los estudiantes que recién comienzan la carrera y la enseñanza universitaria.

Así, por ejemplo, en la Disciplina de Física General tenemos la asignatura Introducción a la Física General, que se dedica, fundamentalmente, a proveer al estudiante de conocimientos generales sobre la Física de nivel superior, las técnicas más importantes del trabajo

en los laboratorios y algunos elementos motivacionales que le hagan al estudiante más asequible el estudio de la Mecánica en el segundo semestre del primer año. Ello, a su vez, permite desplazar un semestre el estudio de la Mecánica con respecto al Análisis Matemático I, ya que en esta última asignatura se estudian los elementos fundamentales del cálculo diferencial que luego se utilizan en la Mecánica; de esta manera se le facilita al estudiante el estudio previo y la maduración de las herramientas matemáticas que luego usará en la Física, de forma tal que, al estudiar esta última, pueda dedicarse a la interpretación física más completa de los

resultados, toda vez que la matemática que utiliza, ya es previamente conocida.

Igualmente, en la Disciplina de Matemática tenemos, en el primer semestre de primer año, la asignatura Geometría Analítica y Álgebra, uno de cuyos principales objetivos es llenar las lagunas de conocimientos del Álgebra Elemental, la Trigonometría y otros contenidos de la Matemática Preuniversitaria con que un número apreciable de estudiantes ingresa en la carrera; de esta manera se favorece la eliminación de la barrera que a veces existe entre los dos niveles de enseñanza, estableciendo un puente entre ambos que haga más factible el paso de los estudiantes de un nivel al otro. De la misma manera, en el Trabajo Científico está, en primer semestre de primer año, la asignatura Introducción a la Carrera, en la que los estudiantes reciben algunas conferencias informativas de profesionales de diversos centros externos y realizan visitas a dichos centros, a fin de ir conociendo el medio en que los físicos desenvuelven su trabajo. Luego, en el segundo año, la Práctica de Familiarización lleva al estudiante a ubicarse durante tres semanas de manera concentrada en uno de esos centros para realizar alguna labor incipiente que lo lleva a familiarizarse en su trabajo directo con el modo de actuación del físico.

El resto de las asignaturas de Física General tienen contenidos reconocibles a partir de los propios nombres de las asignaturas y lo mismo ocurre con las asignaturas de Física Teórica. Por ello, sólo nos detendremos en especificar un poco algunos contenidos dentro de la Disciplina de Matemática. Los Análisis Matemáticos son los tradicionales; comienzan con el estudio de funciones, límites, derivadas e integrales, pasan por funciones de varias variables, integraciones múltiples, de línea y de superficie y los teoremas de la Teoría de Campo, las integrales impropias, las series y concluyen con el estudio de las series, la integral y la transformada de Fourier y sus aplicaciones.. Los Métodos Matemáticos de la Física I estudian la Teoría de Funciones de Variable Compleja y sus aplicaciones y las Funciones Especiales de la Física Matemática, y los Métodos Matemáticos de la Física II se dedican al estudio de las ecuaciones en derivadas parciales de segundo orden, los procesos físicos que ellas describen y los diferentes métodos de solución para ellas.

Por último, la Disciplina de Electrónica se desarrolla sobre la base del uso de los componentes más modernos de la Electrónica, y la asignatura Electrónica III se dedica totalmente a la Electrónica Digital, de enorme im-

portancia en los laboratorios actuales de investigación.

Un último comentario sobre el Plan de Estudio expuesto es que, independientemente de las disciplinas que en él figuran y que hemos explicado, existen algunos criterios que permiten una flexibilidad determinada en su aplicación. Por una parte, el Decano de la Facultad puede realizar una modificación de hasta el 10% del programa de la asignatura, atendiendo a necesidades fundamentadas de modernización de contenidos y el Rector de la Universidad puede modificar hasta el 10% del Plan de Estudio, atendiendo al trabajo del alumno con su tutor, a necesidades regionales, etc.

De esta manera, por ejemplo, a un alumno de alto rendimiento docente se le puede modificar su plan de estudio, sustituyendo algunas asignaturas por otras, para adaptarlo a las especificidades de la labor investigativa que realiza, a necesidades del lugar donde hace su trabajo, etc.

Sin embargo, la limitante porcentual de estas modificaciones garantiza que, en su esencia, todos los egresados de la carrera tienen los elementos formativos indispensables para poder afirmar que, como profesionales, están capacitados para cumplir los objetivos generales de la carrera, que fueron enunciados al inicio de este trabajo.

## VIII Conclusiones

La formación de físicos en Cuba tiene un nivel y una calidad que, pese a las dificultades por las que en los últimos años atraviesa el país, es comparable con niveles internacionales del Primer Mundo. Ello se debe -es justo reconocerlo- al minucioso y esforzado trabajo que durante algo más de 30 años, desde mediados de los años 60 hasta la actualidad, ha venido realizando un núcleo importante de profesores que, graduados en centros de excelencia de diversos países, con el apoyo de los centros donde se graduaron y junto con las nuevas generaciones de físicos por ellos formados, sustentados, además, por una inteligente y revolucionaria política educacional, de promoción de la ciencia y de las investigaciones, han podido desarrollar con éxito la Física en Cuba. Nos sentimos orgullosos de lo logrado y creemos que aún podemos lograr avances mayores y pensamos que, tal vez, nuestra experiencia pueda resultar útil e interesante a colegas de otros países de Nuestra América. Es nuestro sincero deseo.

### **Bibliografía consultada**

1. *Memoria de la Facultad de Física*, Universidad de La Habana, Cuba, 1997.
2. *Catálogo*, Ministerio de Educación Superior, Cuba, 1997.
3. *La Educación de Postgrado en Cuba*, Ministerio de Educación Superior, Cuba, 1996.
4. *Documentos del Plan de Estudio de la Carrera de Física*, Universidad de La Habana, Cuba, 1998.