



1. Título del Programa: Doctorado en Ciencias Físicas

2. Institución Autorizada que auspicia el programa:

Universidad de la Habana (UH)

3. Instituciones participantes

En el programa no participa ninguna otra institución además de la institución autorizada.

4. Instituciones Colaboradoras:

- Instituto de Cibernética, Matemática y Física (ICIMAF)
Aporta profesores, tutores, oponentes y estudiantes en el área del conocimiento de su competencia en el Programa. Tiene un representante en el Comité Doctoral y cinco en el Tribunal Permanente.
- Centro de Neurociencias de Cuba (CNEURO)
Aporta profesores, tutores, oponentes y estudiantes en el área del conocimiento de su competencia en el Programa. Tiene un representante en el Tribunal Permanente.
- Centro de Inmunología Molecular (CIM)
Aporta profesores, tutores, oponentes y estudiantes en el área del conocimiento de su competencia en el Programa. Tiene dos representantes en el Tribunal Permanente.

5. Comité de Doctorado (CD) (Ver detalles en Tabla II en el punto 15)

1. Dr. C. María Sánchez Colina. Facultad de Física, UH (**Coordinadora**).
2. Dr. C. Osvaldo de Melo Pereira. Facultad de Física, UH. Materia Condensada y Nanotecnología
3. Dr. Cs. Ernesto Altshuler Álvarez. Facultad de Física, UH. Sistemas complejos
4. Dr. C. Roberto Mulet Genicio. Facultad de Física, UH. Biofísica y Física Biomédica
5. Dr. C. Octavio Calzadilla Amaya. Facultad de Física, UH. Enseñanza de la Física
6. Dr. Cs. Augusto González García. Instituto de Cibernética, Matemática y Física (ICIMAF) Altas energías y Astrofísica
7. Dr. C. German Lorenzo Rojas. (INsTEC). Física Atómica y Molecular
8. Dr. C. Lídice Vaillant Roca (IMRE-UH). Energías Renovables, Solar Fotovoltaica

6. Curriculum vitae (CV) de sus miembros y datos que avalen su incorporación en el comité de doctorado. (Véase Anexo 1)

7. Denominación del título que otorga el programa: Doctor en Ciencias Físicas

8. Líneas de investigación:

1. Materia Condensada y Nanotecnología
2. Física estadística y Sistemas complejos
3. Enseñanza de la física
4. Energías Renovables, Solar Fotovoltaica
5. Instrumentación científica
6. Biofísica y Física Biomédica.
7. Física Atómica y Molecular
8. Física de altas energías y Astrofísica

Todas las líneas están en correspondencia con las prioridades de la Institución autorizada y están respaldadas por proyectos en varios Programas Nacionales de ciencia y técnica (PNCT) vigentes. Las líneas abordan problemas de interés básico y aplicado que dan respuesta a la necesidad de formación de recursos humanos para el fortalecimiento de los claustros de profesores e investigadores en las diferentes instituciones de enseñanza superior y centros de investigación de todo el país.

Las líneas están respaldadas por 6 programas de especialidad para las ciencias físicas aprobados por la CNGC y se desarrollan desde hace al menos 20 años en la Facultad y las instituciones colaboradoras. En todas se cuenta con grupos sólidamente establecidos y líderes que gozan de amplio reconocimiento a nivel nacional e internacional lo que se refleja en el alto índice de publicaciones en revistas del web de la ciencia y los premios y reconocimientos internacionales y nacionales recibidos. Todos los grupos cuentan con sólidas relaciones internacionales en apoyo a la formación de doctores.

Con relación a claustro destacan los siguientes honores: 8 de los 30 miembros del claustro han sido o son académicos cubanos, uno es actualmente vicepresidente de la Academia de Ciencias de Cuba, 12 son miembros del tribunal nacional de Grado en Ciencias Físicas y dos son Doctores en Ciencias; los únicos cubanos en la especialidad; 4 son Profesores de mérito de la Universidad de la Habana y uno de la de Universidad de Oriente y 6 han recibido el premio Nacional de Física “Manuel F. Gran”, otorgado por la sociedad cubana de Física.

Varios profesores del claustro representan a la comunidad de físicos cubanos en organizaciones internacionales como la Unión Internacional de Física pura y aplicada (IUPAP), el Comité Regional Latinoamericano del Consejo Internacional de Ciencias (ICSU). Contamos en el claustro con el director del Centro Latinoamericano de Física (CLAF) y la vicepresidente de la Federación Iberoamericana de Sociedades de Física (FEIASOFI). A nivel nacional tenemos a los últimos 3 presidentes de la Sociedad Cubana de Física y al editor principal de la Revista Cubana de Física.

El índice de publicaciones de los profesores del programa es en promedio de 1.5 artículos per cápita al año. De 2009 a 2016 recibieron 6 premios internacionales y 30 nacionales (ver anexo 2). Las publicaciones, resultados científicos relevantes, reconocimientos recibidos y doctorados defendidos en las líneas del programa se pueden ver en las memorias de investigación y posgrado de la facultad en: www.fisica.uh.cu

En los últimos 10 años se han defendido 20 doctores en estas líneas. El programa fue acreditado de excelencia en 2015 y está estrechamente articulado con el de maestría, re acreditado de excelencia en 2011.

Desde el punto de vista organizativo las líneas se vinculan a los tres departamentos docentes y los grupos de investigación de la Facultad. Los líderes y profesores participantes en cada línea se relacionan en la Tabla II.

8.1. Materia Condensada y Nanotecnología.

Esta es la línea de mayor tradición de la Facultad y en la que mayor número de profesores participa. Sus inicios datan desde la fundación de la Escuela de física en la Universidad de la Habana en 1962. Al ser la línea más amplia del programa tiene vínculos con los departamentos de Física General, Física Aplicada y Física Teórica de la Facultad y con los grupos de investigación de: Teoría de Nano-estructuras, Análisis estructural de sólidos, el de nano-estructuras semiconductoras y el de materiales Ferroicos.

Con el desarrollo tecnológico y científico de las últimas décadas los trabajos en este campo han evolucionado hacia la obtención de nuevos materiales con dimensiones nanométricas y al estudio de la forma en que sus propiedades electrónicas y ópticas son afectadas por la reducción de sus dimensiones. Los resultados de esta línea han sido objeto de patentes y han conducido a la fabricación de diversos dispositivos a escala de laboratorio, como diodos emisores de luz, láseres, sensores, imanes permanentes entre otros.

El grupo de teoría de Nano-estructuras estudia las propiedades electrónicas y ópticas de una gama amplia de sistemas periódicos de pozos y puntos cuánticos con interés para la espintrónica y la fotónica.

El grupo de Análisis estructural de sólidos realiza investigación teórica y experimental en difracción de rayos X y análisis estructural de diversos materiales. Mantiene vínculos con la Unión internacional de cristalografía, organizado periódicamente eventos científicos y escuelas en esta temática.

El grupo de nano-estructuras semiconductoras trabaja en la obtención de materiales bidimensionales como el Bi_2Te_3 y óxidos y dicalcogenuros de metales de transición (TMOs y TMDs por sus siglas en inglés) como: MoO_{3-x} , MoTe_2 y WTe_2 . Estos materiales por sus propiedades únicas están destinados a revolucionar las futuras computadoras, las comunicaciones inalámbricas, el campo de la energía y de la salud, por nombrar solo algunos ejemplos. El grupo cuenta con una técnica de crecimiento original desarrollada y patentada en nuestros laboratorios: la Sublimación Isotérmica en espacio Cerrado y un sistema de Espectroscopia de Voltaje Superficial para el estudio de los materiales.

El grupo de materiales Ferroicos trabaja en la obtención y caracterización de materiales cerámicos y capas delgadas de sistemas ferroeléctricos, antiferroeléctricos, magnéticos y multiferroicos. Este grupo coordina la Red Latinoamericana de Materiales Ferroeléctricos financiada por el Centro internacional de Física teórica de Trieste desde el año 2000 (Latin–American Network of Ferroelectric Materials NT-02), en la que participan instituciones de Brasil, Colombia y México.

8.2. Física Estadística y Sistemas Complejos

Esta línea se trabaja en la Facultad desde hace 20 años y es liderada por el grupo de investigación en Física Estadística y Sistemas Complejos en el que participan profesores de los departamentos de Física Teórica y Aplicada de la Facultad y la Cátedra de Sistemas Complejos “Henri Poincaré” creada en la Facultad en el año 2002.

La línea abarca trabajos tanto de corte teórico como experimental en temas de: sistemas desordenados, problemas de optimización combinatoria, biología de sistemas, sistemas cuánticos abiertos, medios granulares y dinámica de fluidos. Las herramientas de trabajo teórico derivan de la física estadística, la teoría de la información y la física computacional. Desde el punto de vista experimental, los esfuerzos están orientados al desarrollo de experimentos originales que permitan hacer aportes fundamentales a la comprensión de los fenómenos estudiados.

Para el desarrollo de las investigaciones se cuenta con un proyecto RISE (Research and Innovation Staff Exchange) del programa Horizontes 2020 (H2020), el programa de investigación e innovación más grande de la Unión Europea en la actualidad. En el proyecto participan Instituciones de: Argentina, Francia, Italia e Inglaterra con la que mantenemos colaboración.

El cumulo de resultados científicos obtenidos en esta línea condujo a la reciente creación del “Centro de Sistemas Complejos” adscrito al Facultad de Física en la Universidad de la Habana.

8.3. Enseñanza de la física

Esta línea se trabaja en la institución desde hace más de 20 años y está liderada por el grupo de investigación en enseñanza en el que participan profesores de los departamentos de Física General, Física Aplicada y Física Teórica. Este grupo desde 1997 organiza con carácter trianual los Talleres Iberoamericanos de Enseñanza de la Física Universitaria (TIBERO), que sirven de plataforma para el intercambio de experiencias en este campo.

Los profesores participantes tienen una larga experiencia y entre sus resultados se destacan los trabajos de investigación llevados a cabo para el perfeccionamiento de la docencia de nivel universitario, que se han concretado en la producción de materiales docentes como libros de texto de asignaturas, folletos de laboratorios, prácticas y demostraciones de carácter docente.

A diferencia de los doctorados profesionales en pedagogía o educación en los que se estudian las formas más convenientes de enseñar una disciplina para mejorarlas, en este programa esta línea está dirigida a profundizar en el estudio de los conceptos propios de la física proponiendo nuevas soluciones o algunas más exactas a problemas clásicos de física, esclarecer conceptos malentendidos, brindar una visión más amplia de un tema aún no bien establecido, buscar nexos entre áreas de la física hasta ahora no relacionadas, diseñar experimentos, demostraciones, ejercicios de laboratorio novedosos utilizando la instrumentación científica, las tecnologías modernas y las simulaciones computacionales.

8.4. Energías Renovables, Solar Fotovoltaica

Esta línea es liderada por el laboratorio de Investigaciones Fotovoltaicas Facultad-IMRE, con participación de profesores del departamento de Física General y del Grupo de nanoestructuras semiconductoras. La línea responde a la necesidad de buscar fuentes de energía alternativas dado el carácter finito de los combustibles fósiles. Los resultados de este grupo han tenido gran impacto a nivel nacional

Entre las energías renovables destaca la fotovoltaica, línea que se trabaja en la Facultad desde hace más de 30 años y que abarca desde la investigación fundamental hasta el desarrollo y fabricación de los dispositivos. Se participa en varios proyectos nacionales y se cuenta con el apoyo del Ministerio de Energías y Minas que financió la compra de moderno equipamiento de caracterización en un claro ejemplo de intercambio entre la academia y el sector productivo cubano.

Actualmente se estudian materiales en forma de capas delgadas y nanoestructurados, como: TiO_2 , MoO_3 y nanocolumnas de ZnO para aplicaciones fotovoltaicas. Se trabaja también en la generación de hidrógeno mediante la fotólisis del agua. El H_2 puede emplearse para almacenar energía y ser usado como combustible cuando se requiera. Se estudian diferentes materiales semiconductores como el TiO_2 y el óxido de cobre (CuO) así como diferentes combinaciones con otros materiales para la fabricación de fotoelectrodos capaces de separar la molécula de agua de manera eficiente.

8.5. Instrumentación científica

Esta línea se trabaja en la Facultad desde más de 30 años y en ella participan profesores de los departamentos de Física General y Aplicada. Aplicando herramientas de la electrónica, mecánica y óptica en la automatización y control de experimentos, se ha podido desarrollar equipamiento propio para el desarrollo de la investigación.

Se trabaja en el desarrollo de instrumentos y dispositivos para la medición, caracterización de materiales y dispositivos así como para el monitoreo de variables físicas que sirven para el análisis de diversos procesos como el estudio de fenómenos biológicos y medioambientales mediante la robótica y las simulaciones computacionales. Esta línea juega además un papel clave en apoyo a las restantes líneas del programa.

8.6. Biofísica y Física biomédica

Esta es una línea de carácter multidisciplinario que vincula áreas de la física, biología, salud, ingeniería y las matemáticas. Esta línea se desarrolla en colaboración con el Centro de Neurociencias de Cuba (CNEURO) y el Centro de Inmunología Molecular (CIM), que gozan de gran prestigio nacional e internacional en este campo y es liderada por el grupo de investigaciones en Física Estadística y Sistemas Complejos de la Facultad en el que participan profesores de los departamentos de Física Teórica y Física General. Se mantienen también vínculos con el Centro de Biofísica Médica de la Universidad de Oriente en Santiago de Cuba, pionero en la fabricación de equipos de alta tecnología de gran impacto y beneficio en el campo de la salud en el ámbito nacional.

Se hacen estudios de los fundamentos físicos de los procesos biológicos, la Biotecnología Molecular, la Neurociencia computacional y la Bioinformática. Esta línea involucra diseño, análisis e interpretación de datos en sistemas biológicos, salud pública y medicina, a partir de la aplicación de métodos de probabilidad y Física estadística, así como la generación de nuevos métodos fundamentados en la teoría y aplicación de dichas ciencias. Se usan técnicas de análisis de imágenes médicas y biológicas (imagenología) y métodos de resonancia magnética, empleando técnicas computacionales y matemáticas.

8.7. Física Atómica y Molecular

En esta línea es liderada por el grupo de Procesos dinámicos en sistemas atómicos y moleculares (DynAMoS) en coordinación con profesores del InSTEC y está dedicada a la simulación cuántica de procesos ultrarrápidos, el almacenamiento de hidrógeno y la conversión de energía, el estudio de sistemas cuánticos abiertos con aplicaciones en la dispersión de moléculas en superficies metálicas y la dinámica de solventes.

Se realiza investigación de carácter básico, que utiliza herramientas de simulación computacional para estudiar los procesos de confinamiento y relajación de energía que acontece en sistemas atómicos, moleculares de gran interés para el medio ambiente y la salud humana. En el desarrollo de estas investigaciones se utilizan conceptos básicos de mecánica cuántica, la teoría de grupos, la física nuclear, la física de superficies, la química física, la dinámica de fluidos y la física del plasma.

Los líderes del grupo organizan desde el año 2000 el evento Fotodinámica que reúne cada dos años en la Habana a los mejores especialistas en este campo a nivel internacional.

8.8. Línea de Física de altas energías y Astrofísica

Esta línea es liderada por investigadores del departamento de Física teórica del Instituto de Cibernética, Matemática y Física (ICIMAF) y participan profesores del Dpto de Física y Teórica y Física General.

Las investigaciones se centran en el estudio de los efectos de campos magnéticos intensos en diferentes sistemas de partículas mediante la Teoría Cuántica de Campos y la Teoría de la Relatividad General. Estos campos magnéticos intensos se encuentran en sistemas astrofísicos como los objetos compactos (estrellas enanas blancas, estrellas de neutrones y agujeros negros). Los objetos compactos son el remanente de la evolución estelar y

constituyen laboratorios naturales para comprobar nuestro conocimiento de la estructura de la materia. Esta investigación de carácter fundamental, es definitoria para el entendimiento de la evolución del universo.

9. Departamentos que auspician el programa:

- Dpto. de Física Teórica. Facultad de Física, UH
- Dpto. de Física General. Facultad de Física, UH
- Dpto. de Física Aplicada. Facultad de Física, UH
- Dpto. Física Teórica. ICIMAF

Estos departamentos lideran las líneas de investigación del programa, procuran los tutores y miembros del claustro para las diferentes funciones que sustentan la formación, proveen la infraestructura para la realización de las investigaciones y controlan el proceso de formación doctoral, realización de seminarios y pre defensas. Los proyectos de investigación vigentes en cada departamento se describen en el epígrafe anterior.

El Dpto. de Física Teórica de la Facultad de Física se vincula con las líneas de investigación: Física estadística y Sistemas complejos, Biofísica y Física biomédica, Física Atómica y Molecular, Materia Condensada y Nanotecnología, Enseñanza de la física. En el departamento hay 10 doctores en ciencias físicas que participan como profesores del programa y cuentan con la colaboración de dos doctores del CIM, uno de CNEURO y dos del InSTEC.

El Dpto. de Física General de la Facultad de Física, se vincula con las líneas de investigación de: Materia Condensada y Nanotecnología, Energías renovables y Fotovoltaica, Enseñanza de la física, Física de altas energías y Astrofísica, Instrumentación científica y Biofísica y Física biomédica. En el departamento hay 7 doctores en Ciencias físicas que participan como profesores del programa y cuentan con la colaboración de un doctor del IMRE.

El Dpto. de Física Aplicada. Facultad de Física, se vincula con las líneas de investigación de: Materia Condensada y Nanotecnología, Física estadística y Sistemas complejos, Instrumentación científica y Enseñanza de la física. En el departamento hay 5 doctores en Ciencias físicas que participan como profesores del programa.

El Dpto. Física Teórica del ICIMAF, se vincula con la línea de investigación de Física de altas energías y Astrofísica. En el departamento hay dos doctores, uno en Ciencias físicas y otro en Ciencias que participan como profesores del programa.

10. Objetivo general del programa

El objetivo general del programa es formar doctores en ciencias físicas con altos niveles de excelencia, ética, originalidad e independencia científica, capaces de formular y proponer soluciones a problemas que se presenten en la: Investigación, Innovación, Producción y Enseñanza de la Física a nivel universitario.

Los egresados del programa serán capaces de:

- realizar investigación original en forma independiente en su área de especialización,
- impartir cursos de Física a nivel licenciatura y posgrado,
- proponer nuevas líneas de investigación,
- dirigir la formación investigativa de personal de pregrado, maestría y doctorado.
- dirigir la actividad de docencia, investigación y producción en centros de educación superior o de investigación.
- brindar asesorías en áreas de la esfera científico – técnica

11. Tradiciones científicas reconocidas a nivel nacional e internacional en las que se inserta el programa.

La Facultad de Física es la institución líder en el país en la formación profesional y doctoral en Ciencias Físicas. El programa tutelar data de 1977 y en 2005 fue aprobado por la CNGC el Programa curricular colaborativo.

El programa acreditado de excelencia en 2015 se inserta en una tradición académica reconocida pues la mayor parte de las líneas se trabajan en la Facultad desde hace más de 20 años. En particular la línea de Materia condensada y Nanotecnología es la de mayor tradición y en ella los profesores del programa publican artículos en revistas del Web de la ciencia desde el año 1972, varios son árbitros de revistas internacionales en estas temáticas y recibieron de 2010 a 2012 los siguientes premios internacionales:

2010. Third World Organization for Women in Science (TWOWS) Award for Young Women Scientists in Physics/Mathematics for the Latin America and Caribbean region.

2011. TWAS-ROLAC Award for Young Scientists in Physics for the Latin America and Caribbean region,

2011. Premio “Heberto Martínez Castillo”, given by the Institute of Science and Technology from Mexico city, as best Latin-American young scientist (México)

2012 Young Scientist Award of CAS-TWAS (Caribbean Academy of Science - Third World Academy of Science)

En todas las líneas se cuenta con grupos sólidamente establecidos que gozan de reconocimiento a nivel nacional e internacional y disponen de la capacidad y autoridad académica necesaria para garantizar el desarrollo del programa. El fuerte intercambio científico a nivel nacional e internacional tributa al desarrollo del programa, en el que participan con regularidad como cotutores profesores e investigadores de otras Instituciones nacionales y extranjeras. La participación en proyectos conjuntos de investigación con Instituciones extranjeras ha permitido que todos los alumnos realicen estancias y entrenamientos en alguna institución extranjera.

12. Marco teórico-metodológico del programa

La fundamentación teórica y metodológica del programa se evidencia en la estructura del plan. La investigación es el eje central del programa y la flexibilidad y perfil amplio sus características distintivas.

El aspirante no recibe una serie de conocimientos acabados, sino orientaciones y direcciones que, junto con la integración a la realidad profesional de donde proviene o donde se inserte, propicien la reconstrucción personal del conocimiento. En todos los casos el aspirante trabajará bajo la dirección directa de uno o más tutores. El currículo favorece el trabajo en equipo y la capacidad de producir y aplicar conocimientos. Para conseguir los objetivos formativos del programa se combinarán clases, seminarios, prácticas en laboratorios, realización de trabajos individuales o en grupo y la realización de estancias de investigación en instituciones extranjeras afines.

La estructura del programa garantiza la conexión efectiva entre todas sus actividades y el cumplimiento de sus objetivos. Los requisitos de ingreso y el sistema de evaluación se plantean, asimismo, en consonancia con estos objetivos. Las actividades docentes de la componente teórico-metodológica del programa, se actualizan anualmente, lo que permite introducir los elementos que garanticen la actualización del programa sin alterar sus objetivos.

El programa está concebido en estrecho vínculo con el de Maestría; así los egresados de esta, se vinculan al Programa con una parte de los créditos aprobados y los fundamentos teóricos necesarios para garantizar el desarrollo de sus proyectos de investigación.

El Programa está diseñado para tener una duración máxima de 3 años en la modalidad de tiempo completo o 4 años en la modalidad de dedicación parcial, en la que el aspirante desarrolla su formación doctoral compartiendo su actividad laboral con el plan de trabajo que se le aprueba.

13. Descripción de la componente formación investigativa (Véase Tabla 1)

La investigación es la componente fundamental del programa y aporta 70 créditos distribuidos según se presenta en la Tabla 1 del punto 14. El aspirante debe realizar, bajo la supervisión del tutor, un trabajo original (tesis) que deberá contener aspectos novedosos para el campo de interés. Forman parte de esta componente la presentación de seminarios en los departamentos o grupos de investigación, las presentaciones en eventos científicos, la obtención de patentes, la dirección de trabajos de diploma (licenciatura) y maestría y la publicación de al menos dos artículos científicos en revistas del Science Citation Index que sean resultado directo del trabajo de investigación de tesis doctoral.

12. Descripción de la componente teórico-metodológica (Véase Tabla 1)

Esta componente otorga 40 créditos, cuya distribución y grado de obligatoriedad en una u otra actividad se muestra en la Tabla I del punto 14. Esta componente incluye los contenidos relacionados con “Problemas Sociales de la Ciencia” y Suficiencia del Idioma

inglés. Para demostrar el dominio de estos contenidos el aspirante podrá matricular y aprobar el examen de un curso autorizado por el Comité Doctoral, presentarse directamente a examen ante tribunales aprobados al efecto por la Comisión Nacional de Grado científico (CNGC), en una institución autorizada o acreditar esos conocimientos cumpliendo con el procedimiento que establezca el Comité Doctoral.

Simultáneamente, el aspirante irá cursando asignaturas con contenidos avanzados en el área del conocimiento en que desarrolla el trabajo de investigación. Para este fin serán válidos todos los cursos del sistema de posgrado de la Facultad de Física. Estos cursos serán actualizados anualmente sobre la base de las necesidades de los estudiantes matriculados en el programa y las propuestas de las instituciones colaboradoras.

Asimismo, se podrán considerar otros cursos o actividades, a propuesta del tutor o del aspirante (tomando en cuenta los requisitos que se explican en el epígrafe 1.3 y se detallan en la Tabla I).

En el caso de aspirantes que realicen el doctorado en la modalidad tutelar sin estar matriculados en el programa curricular, es obligatoria la realización de un examen, que consta de dos partes, una más general que se realiza tomando como base el programa de la especialidad aprobadas por la CNGC coincidente con aquella en que se está realizando la tesis. La segunda parte, más específica se trata de una disertación relacionado con el tema de la tesis.

13. Descripción de la componente preparación para la redacción de la tesis, predefensa y defensa (Véase Tabla 1)

Descripción de la parte componente del programa formación investigativa

Una vez que el aspirante ha demostrado el cumplimiento de los requisitos establecidos para su formación teórico-metodológica procederá a escribir la tesis y realizar la predefensa. Por la realización exitosa de la predefensa y una vez realizadas al documento escrito las modificaciones y ajustes indicados en dicho acto recibirá 20 créditos.

El estudiante entregará al comité doctoral los ejemplares impresos y digitales de la tesis doctoral según lo establecido por la CNGC, junto a un documento que avale que en el trabajo que se entrega se han tenido en cuenta los señalamientos efectuados en la predefensa.

El idioma oficial de escritura de la tesis es el español. Sin embargo, podrá escribirse en inglés, previa consulta y autorización de la CNGC.

14. Sistema de evaluación

De acuerdo al carácter flexible del programa, el plan de estudios de cada aspirante se conformará de acuerdo con las demandas del tema de investigación seleccionado, a propuesta del colectivo de investigación en el cual se inserta y el tutor designado y será sometida a aprobación del Comité de Doctorado.

Tabla I. Sistema de evaluación

1. Formación teórico- metodológica (40 créditos)		
1.1. Contenidos Avanzados en el área del conocimiento (38 créditos)	1.1.1. Actividades del Sistema de Posgrado de la Facultad de Física ¹ u homologables (no menos de 25 créditos)	
	1.1.2. Actividades de formación propuestas por el tutor (no más de 8 créditos)²	
	1.1.3. Contenidos de ramas del conocimiento diferentes a la Física elegidas por el aspirante (no más de 5 créditos)	
1.2. Suficiencia del Idioma inglés (No otorga créditos, se requiere obligatoriamente)³		
1.3. Contenidos de Problemas Sociales de la Ciencia y la Tecnología (2 créditos)		
2. Formación como investigador (70 créditos)		
2.1. Publicaciones y/o patentes	2.1.1. Artículos publicados con arbitraje estricto en revistas del Science Citation Index. (15-20 créditos por artículo)⁴	No hay límite máximo en estos rubros
	2.1.2. Otros artículos en revistas especializadas nacionales o memorias de congresos, con arbitraje (5-10 créditos por artículo)	
	2.1.3. Patentes nacionales o internacionales (15-25 créditos)	
2.2. Presentación de trabajos en eventos científicos (5-10 créditos por evento)		
2.3. Realización de al menos 3 seminarios (5 créditos por seminario)		
2.4. Tutoría de tesis de licenciatura y maestría (10 créditos por cada una)		
3. Preparación de la tesis para predefensa y defensa (20 créditos)		
3.1. Realización exitosa de la Predefensa y ajustes a la tesis para la defensa (20 créditos)		

Obligatorios Opcionales

El sistema de evaluación se divide en actividades obligatorias y opcionales. Para hacer homologaciones o para determinar los créditos de actividades no incluidas en el programa se considerará que las horas lectivas representan $\frac{1}{4}$ del total de las horas dedicadas a la formación. El comité de Doctorado es responsable de aprobar anualmente las actividades de formación teórico-metodológica del programa.

¹ En caso de aspirantes graduados del programa de Maestría en Ciencias Físicas de la Universidad de La Habana, mientras este mantenga la condición de excelencia, se reconocerán todos los créditos alcanzados en la maestría en el rubro de asignaturas. En el caso de graduados de otros programas de Maestría acreditados de Excelencia, de otra institución ya fuere nacional o extranjera se otorgarán 35 créditos en este rubro. El CD considerará, a solicitud del aspirante, la homologación de contenidos vencidos en otros programas de maestría o en otros programas de posgrado, con alguna de las correspondientes al sistema de posgrado de la Facultad de Física de la Universidad de La Habana. (Este programa puede encontrarse en www.fisica.uh.cu)

² Son permitidos sólo contenidos de programas de posgrado. Para hacer uso de esta variante el tutor debe presentar: contenido vencido, número de horas de dedicación, modalidad (conferencias, clases prácticas, laboratorio), objetivos, temas, bibliografía y responsable de la formación (incluir resumen curricular).

³ Se requiere certificado de suficiencia de acuerdo con las exigencias de la CNGC. Se exceptúan de este requisito los aspirantes angloparlantes.

⁴ Es obligatoria la publicación de dos artículos de este tipo para obtener el título de Doctor en C. Físicas.

El tutor junto con el aspirante selecciona los contenidos a vencer y somete el Plan de Formación a la aprobación del Comité de Doctorado.

El aspirante debe realizar un acto de predefensa siguiendo las regulaciones de la Comisión Nacional de Grados Científicos. La defensa se realizará ante el tribunal nacional de Ciencias Físicas.

Para obtener el título, el aspirante debe acumular **130 créditos**. La distribución de los créditos y el grado de obligatoriedad de una u otra actividad, se muestran en la Tabla I.

15. Claustro (ver CV en el Anexo 1)

- | | |
|---|--|
| 1. Dr. C. Alejandro Lage Castellanos (FF, UH) | 16. Dr. C. José Marín Antuña (FF, UH) |
| 2. Dr. C. Aliezer Martínez Mesa (FF, UH) | 17. Dr. C. Kalet León Monzón (CIM) |
| 3. Dr. C. Arbelio Pentón Madrigal (FF, UH) | 18. Dr. C. Leovildo Diago Cisneros (FF, UH) |
| 4. Dr. Cs. Augusto González García (ICIMAF) | 19. Dr. C. Llinersy Uranga Piña (FF, UH) |
| 5. Dr. C. Carlos Cabal Mirabal (FF, UH) | 20. Dr. C. Melquiades de Dios Leyva (FF, UH) |
| 6. Dr. C. Carlos Rodríguez Castellanos (FF, UH) | 21. Dr. C. Octavio Calzadilla Amaya (FF, UH) |
| 7. Dr. Cs. Carlos Trallero Giner (FF, UH) | 22. Dr. C. Osvaldo de Melo Pereira (FF, UH) |
| 8. Dr. C. Daryel Manreza Paret (FF,UH) | 23. Dr. C. Roberto Mulet Genicio (FF, UH) |
| 9. Dr. C. Eduardo Martínez Montes (CNEURO) | 24. Dr. C. Aime Pelaíz Barranco (FF, UH) |
| 10. Dr. Cs. Ernesto Altshuler Álvarez (FF, UH) | 25. Dr. C. Aurora Pérez Martínez (ICIMAF) |
| 11. Dr. C. Ernesto Estévez Rams (FF, UH) | 26. Dr. C. Elena Vigil Santos (FF, UH) |
| 12. Dr. C. German Rojas Lorenzo (InsTEC) | 27. Dr. C. Karina García Martínez (CIM) |
| 13. Dr. C. Gustavo Sánchez Colina (FF, UH) | 28. Dr. C. Lídice Vaillant Roca (IMRE, UH) |
| 14. Dr. C. Jesús Rubayo Soneira (InsTEC) | 29. Dr. C. María Sánchez Colina (FF, UH) |
| 15. Dr. C. Jorge Portelles Rodríguez (FF, UH) | 30. Dr. C. María T. Pérez Maldonado (FF, UH) |

Tabla II. Distribución del claustro por líneas de investigación

Líneas de investigación	Profesores	
	Nombres y apellidos	Institución
Altas energías y Astrofísica	Dr. Cs. Augusto González García	ICIMAF
	Dr. C. Daryel Manreza Paret	FF-UH
	Dr. C. Aurora Pérez Martínez	ICIMAF
Biofísica y Física biomédica	Dr. C. Roberto Mulet Genicio	FF-UH
	Dr. C. Carlos Cabal Mirabal	FF-UH
	Dr. C. Kalet León Monzón	CIM
	Dr. C. Karina García Martínez	CIM
Energía Fotovoltaica	Dr. C. Eduardo Martínez Montes	CNEURO
	Dr. C. Lídice Vaillant Roca	IMRE-UH
	Dr. C. Elena Vigil Santos	FF-UH
Enseñanza de la Física	Dr. C. Osvaldo de Melo	FF-UH
	Dr. C. Octavio Calzadilla Amaya	FF-UH

	Dr. C. José Marín Antuña	FF-UH
	Dr. C. María T. Pérez Maldonado	FF-UH
Física Estadística y Sistemas Complejos	Dr. Cs. Ernesto Altshuler Álvarez	FF-UH
	Dr. C. Alejandro Lage Castellanos	FF-UH
	Dr. C. Carlos Rodríguez Castellanos	FF-UH
	Dr. C. María T. Pérez Maldonado	FF-UH
	Dr. C. José Marín Antuña	FF-UH
Física Atómica y Molecular	Dr. C. German Rojas Lorenzo	InsTEC-UH
	Dr. C. Jesús Rubayo Soneira	InsTEC-UH
	Dr. C. Llinersy Uranga Piña	FF-UH
	Dr. C. Aliezer Martínez Mesa	FF-UH
Instrumentación científica	Dr. Cs. Ernesto Altshuler Álvarez	FF-UH
	Dr. C. Gustavo Sánchez Colina	FF-UH
	Dr. C. Jorge Portelles Rodríguez	FF-UH
	Dr. C. María Sánchez Colina	FF-UH
Materia Condensada y Nanotecnología	Dr. C. Osvaldo de Melo Pereira	FF-UH
	Dr. C. Carlos Trallero Giner	FF-UH
	Dr. C. Melquiades de Dios Leyva	FF-UH
	Dr. C. María Sánchez Colina	FF-UH
	Dr. C. Leovildo Diago Cisneros	FF-UH
	Dr. C. Jorge Portelles Rodríguez	FF-UH
	Dr. C. Elena Vigil Santos	FF-UH
	Dr. C. Aime Pelaíz Barranco	FF-UH
	Dr. C. Arbelio Pentón Madrigal	FF-UH
Dr. C. Ernesto Estévez Rams	FF-UH	

Requisitos establecidos por el CD para la elección de tutores del programa:

Para ser tutor del programa es requisito tener el Grado Científico de Doctor. Podrán realizar propuestas de tutores: el CD, los estudiantes al presentar la solicitud de ingreso al programa, y las instituciones colaboradoras. El CD aprobará los tutores del programa, basándose en: el CV del propuesto, la experiencia en la dirección de trabajos de pregrado y postgrado y las condiciones materiales disponibles para el desarrollo del trabajo.

Los tutores no podrán asumir la dirección de más de 3 estudiantes de manera simultánea.

16. Calendario del programa

Las inscripciones están abiertas durante todo el año.

Fecha de inicio de las actividades lectivas de formación: **Febrero y octubre**

Seminarios: **Uno por año (mínimo 3)**

17. Respaldo material, administrativo y financiero del Programa

Se garantiza el acceso a la bibliografía básica que requiere el programa. Se tiene acceso mediante convenios con instituciones extranjeras a varias de las revistas especializadas más

importantes en la temática que aborda el programa como las de la American Physical Society (APS). Estamos asociados al servicio electrónico de artículos Ejds del International Center for Theoretical Physics (ICTP), lo que garantiza acceso vía e-mail a prácticamente todas las revistas de la especialidad.

Todos los estudiantes disponen de una PC y cuentas individuales de correo electrónico con acceso directo a Internet. Se cuenta con un servidor de cálculo con los principales programas de uso general para la realización de cálculos matemáticos y procesamiento de gráficos y textos. Se dispone del equipamiento e insumos básicos para desarrollar las actividades docentes e investigativas del programa. Hay un aula destinada especialmente para la actividad de posgrado con data show y laptop. Los estudiantes tienen acceso a una fotocopiadora y una máquina de engargolar.

Se cuenta con una amplia colaboración nacional e internacional que facilita el intercambio de profesores y estudiantes, permitiendo el acceso al equipamiento y técnicas necesarias para el desarrollo de las investigaciones. En los últimos años han participado como cotutores del programa profesores e investigadores de otras Instituciones nacionales y extranjeras.

El comité de doctorado es responsable de controlar el desarrollo del programa y garantizar con calidad el planeamiento, organización y ejecución de las actividades. Se cuenta con un técnico destinado al control de toda la documentación.

Los cursos de posgrado se difunden ampliamente y la información se actualiza cada semestre en el sitio web de la facultad (www.fisica.uh.cu). Los resultados de la actividad se recogen en la memoria de Investigación y posgrado de la Facultad que se edita anualmente.

La Universidad de La Habana, institución autorizada que auspicia el programa, y dentro de ella la Facultad de Física, cuenta con una estructura administrativa que asegura la marcha del Programa de Doctorado y posee experiencia en el control de expedientes y documentos asociados a la obtención del título de Doctor en Ciencias Físicas.

18. Perfil de Ingreso de los aspirantes.

Requisitos de Ingreso.

- Ser graduado de la Licenciatura en Física o carreras afines o de algún programa de Maestría en Física o afin a la Física. En caso de ser graduado de carreras o programas de maestría afines, demostrar haber aprobado los contenidos de Física General de la Licenciatura en Física o programas homologables.
- Presentar la documentación requerida por el CD
- Realizar exámenes en casos necesarios, para comprobar el nivel del aspirante.

Procedimiento para ingresar al programa.

1. El interesado debe presentar :

- a) Una solicitud de ingreso por escrito con sus datos personales (Nombres, apellidos, número de identidad permanente, dirección, teléfono, correo electrónico).
 - b) Carta de aprobación de la Institución a que pertenece el aspirante. (De este requisito se exime a los estudiantes extranjeros)
 - c) Título de graduado universitario, en Física o carreras afines y relación de notas. Título de Maestría si lo tiene, o cursos de posgrado afines que ha cursado.
 - d) Un plan tentativo de formación doctoral, que incluirá los contenidos obligatorios, opcionales, y libres, a cursar por el aspirante, así como el resto de actividades de investigación que realizará.
2. Aprobación por el CD del tutor o tutores del aspirante y del Plan de Formación Doctoral propuesto, previa realización de una presentación del tema por el aspirante (20 minutos) con una propuesta tentativa de calendario para la realización del proyecto. La decisión del Comité de Doctorado respecto a la aceptación para el ingreso será inapelable.

19. Características de los egresados del programa de doctorado.

Los egresados del programa serán capaces de:

- realizar investigación original en forma independiente en su área de especialización,
- organizar y dirigir grupos de trabajo que realicen investigación original y de frontera
- proponer nuevas líneas de investigación,
- dirigir la formación investigativa de personal de pregrado, maestría y doctorado.
- dirigir la actividad de docencia, investigación y producción en centros de educación o de investigación en todos los niveles.
- brindar asesorías en áreas de la esfera científico – técnica

20. Potencial de ingreso al programa y pronóstico de matrícula.

Actualmente tenemos 20 estudiantes matriculados en el programa. Se prevé que la matrícula se mantenga de modo estable entre 10 y 20 aspirantes, estimado que se basa en la salida del programa de maestría del que cada tres años se gradúan alrededor de 20 estudiantes.

21. Particulares para el ingreso y conducción de aspirantes extranjeros (tendrán en cuenta las normativas establecidas por la CNGC para los aspirantes Extranjeros).

Los aspirantes extranjeros deberán realizar una entrevista, presencial u online con el comité de doctorado. Podrán convalidarse algunos créditos obtenidos en Universidades de otros países, previo análisis en el Comité de Doctorado. La defensa deberá realizarse en Cuba, de acuerdo a las regulaciones vigentes.