

# Máster Título Propio

## Física Cuántica



## Máster Título Propio Física Cuántica

- » Modalidad: online
- » Duración: 12 meses
- » Titulación: TECH Global University
- » Acreditación: 60 ECTS
- » Horario: a tu ritmo
- » Exámenes: online

Acceso web: [www.techtitute.com/ingenieria/master/master-fisica-cuantica](http://www.techtitute.com/ingenieria/master/master-fisica-cuantica)

# Índice

01

Presentación del programa

---

*pág. 4*

02

¿Por qué estudiar en TECH?

---

*pág. 8*

03

Plan de estudios

---

*pág. 12*

04

Objetivos docentes

---

*pág. 28*

05

Salidas profesionales

---

*pág. 32*

06

Licencias de software incluidas

---

*pág. 36*

07

Metodología de estudio

---

*pág. 40*

08

Cuadro docente

---

*pág. 50*

09

Titulación

---

*pág. 54*

01

# Presentación del programa

En un contexto global cada vez más impulsado por los avances en Física Cuántica, se vuelve indispensable contar con profesionales capaces de trasladar el conocimiento científico a la innovación tecnológica. De esta interacción han surgido hitos como el telescopio James Webb o el acelerador de partículas que permitió descubrir el bosón de Higgs. Asimismo, retos como la comprensión de la asimetría entre materia y antimateria, la detección de exoplanetas o el estudio de agujeros negros supermasivos siguen siendo prioritarios. Según el CERN, estos desafíos están dando paso a una nueva era de investigación multidisciplinar. Por ello, TECH ha desarrollado una titulación 100% online, con enfoque teórico-práctico y acceso permanente, que profundiza en astrofísica, física nuclear y mecánica cuántica.



“

*Estudia los fenómenos relacionados con la materia y la energía oscura en un entorno académico especializado y actualizado”*

El campo de investigación de la Física Cuántica ofrece un amplio abanico de líneas de desarrollo con un enorme potencial para los profesionales de la ingeniería que deciden adentrarse en este universo de exploración científica. Ámbitos como la producción de energía, los átomos ultrafríos, los iones atrapados o la fotónica representan solo una parte de las posibilidades que esta disciplina plantea a nivel teórico y aplicado.

Los recientes avances en física han abierto nuevas vías de estudio en campos tan diversos como la astrofísica, la cosmología, la química, la medicina o la inteligencia artificial. Por ello, TECH ha diseñado este Máster Título Propio en Física Cuántica, con el fin de que el egresado pueda dominar los conceptos clave de la física planetaria y solar, los trabajos de autores como Paul Dirac o Richard Feynman, y los fundamentos de la teoría cuántica de campos, entre otros contenidos de gran relevancia científica.

Todo el conocimiento se transmite a través de un programa 100% online, que permite al alumno profundizar en aspectos como las ecuaciones de Einstein, la solución de Schwarzschild, la materia y energías oscuras, o la termodinámica del universo primitivo. Los casos prácticos incluidos servirán para integrar lo aprendido en su desempeño profesional cotidiano, convirtiéndose en una herramienta valiosa para su crecimiento intelectual y técnico.

Gracias a esta propuesta, TECH brinda una oportunidad única a los ingenieros que desean avanzar en su trayectoria profesional mediante una enseñanza universitaria de calidad, sin barreras de tiempo o lugar. Solo se necesita un dispositivo con conexión a internet para acceder a una experiencia de aprendizaje flexible, adaptada a cada ritmo de vida. Además, este itinerario académico incluye 10 *Masterclasses* exclusivas impartidas por un prestigioso experto internacional, que actúa como Director Invitado.

Este **Máster Título Propio en Física Cuántica** contiene el programa universitario más completo y actualizado del mercado. Sus características más destacadas son:

- ♦ El desarrollo de casos prácticos presentados por expertos en Física Cuántica
- ♦ Los contenidos gráficos, esquemáticos y eminentemente prácticos con los que están concebidos recogen una información científica y práctica sobre aquellas disciplinas indispensables para el ejercicio profesional
- ♦ Los ejercicios prácticos donde realizar el proceso de autoevaluación para mejorar el aprendizaje
- ♦ Su especial hincapié en metodologías innovadoras
- ♦ Las lecciones teóricas, preguntas al experto, foros de discusión de temas controvertidos y trabajos de reflexión individual
- ♦ La disponibilidad de acceso a los contenidos desde cualquier dispositivo fijo o portátil con conexión a internet



*Gracias a exclusivas Masterclasses, impartidas por el Director Invitado Internacional de TECH, conseguirás poner al día todas tus competencias investigativas en materia de Física Cuántica”*

“

*La biblioteca de recursos multimedia de esta enseñanza te llevará a conocer las principales aportaciones a la Física Cuántica de Richard Feynman, Paul Dirac, Peter Higgs o Schrödinger”*

Incluye en su cuadro docente a profesionales pertenecientes al ámbito de la Física Cuántica, que vierten en este programa la experiencia de su trabajo, además de reconocidos especialistas de sociedades de referencia y universidades de prestigio.

Su contenido multimedia, elaborado con la última tecnología educativa, permitirá al profesional un aprendizaje situado y contextual, es decir, un entorno simulado que proporcionará un estudio inmersivo programado para entrenarse ante situaciones reales.

El diseño de este programa se centra en el Aprendizaje Basado en Problemas, mediante el cual el alumno deberá tratar de resolver las distintas situaciones de práctica profesional que se le planteen a lo largo del curso académico. Para ello, el profesional contará con la ayuda de un novedoso sistema de vídeo interactivo realizado por reconocidos expertos.

*Explora los secretos de la expansión del universo y su relación con la teoría de la relatividad general.*

*Estudia el impacto de las ondas gravitacionales y su relevancia en la cosmología actual.*



02

# ¿Por qué estudiar en TECH?

TECH es la mayor Universidad digital del mundo. Con un impresionante catálogo de más de 14.000 programas universitarios, disponibles en 11 idiomas, se posiciona como líder en empleabilidad, con una tasa de inserción laboral del 99%. Además, cuenta con un enorme claustro de más de 6.000 profesores de máximo prestigio internacional.



“

*Estudia en la mayor universidad digital del mundo y asegura tu éxito profesional. El futuro empieza en TECH”*

### La mejor universidad online del mundo según FORBES

La prestigiosa revista Forbes, especializada en negocios y finanzas, ha destacado a TECH como «la mejor universidad online del mundo». Así lo han hecho constar recientemente en un artículo de su edición digital en el que se hacen eco del caso de éxito de esta institución, «gracias a la oferta académica que ofrece, la selección de su personal docente, y un método de aprendizaje innovador orientado a formar a los profesionales del futuro».

**Forbes**  
Mejor universidad  
online del mundo

**Plan**  
de estudios  
más completo

### Los planes de estudio más completos del panorama universitario

TECH ofrece los planes de estudio más completos del panorama universitario, con temarios que abarcan conceptos fundamentales y, al mismo tiempo, los principales avances científicos en sus áreas científicas específicas. Asimismo, estos programas son actualizados continuamente para garantizar al alumnado la vanguardia académica y las competencias profesionales más demandadas. De esta forma, los títulos de la universidad proporcionan a sus egresados una significativa ventaja para impulsar sus carreras hacia el éxito.

### El mejor claustro docente top internacional

El claustro docente de TECH está integrado por más de 6.000 profesores de máximo prestigio internacional. Catedráticos, investigadores y altos ejecutivos de multinacionales, entre los cuales se destacan Isaiah Covington, entrenador de rendimiento de los Boston Celtics; Magda Romanska, investigadora principal de MetaLAB de Harvard; Ignacio Wistuba, presidente del departamento de patología molecular traslacional del MD Anderson Cancer Center; o D.W Pine, director creativo de la revista TIME, entre otros.

Profesorado  
**TOP**  
Internacional



La metodología  
más eficaz

### Un método de aprendizaje único

TECH es la primera universidad que emplea el *Relearning* en todas sus titulaciones. Se trata de la mejor metodología de aprendizaje online, acreditada con certificaciones internacionales de calidad docente, dispuestas por agencias educativas de prestigio. Además, este disruptivo modelo académico se complementa con el "Método del Caso", configurando así una estrategia de docencia online única. También en ella se implementan recursos didácticos innovadores entre los que destacan vídeos en detalle, infografías y resúmenes interactivos.

### La mayor universidad digital del mundo

TECH es la mayor universidad digital del mundo. Somos la mayor institución educativa, con el mejor y más amplio catálogo educativo digital, cien por cien online y abarcando la gran mayoría de áreas de conocimiento. Ofrecemos el mayor número de titulaciones propias, titulaciones oficiales de posgrado y de grado universitario del mundo. En total, más de 14.000 títulos universitarios, en diez idiomas distintos, que nos convierten en la mayor institución educativa del mundo.

**nº1**  
Mundial  
Mayor universidad  
online del mundo

### La universidad online oficial de la NBA

TECH es la universidad online oficial de la NBA. Gracias a un acuerdo con la mayor liga de baloncesto, ofrece a sus alumnos programas universitarios exclusivos, así como una gran variedad de recursos educativos centrados en el negocio de la liga y otras áreas de la industria del deporte. Cada programa tiene un currículo de diseño único y cuenta con oradores invitados de excepción: profesionales con una distinguida trayectoria deportiva que ofrecerán su experiencia en los temas más relevantes.

### Líderes en empleabilidad

TECH ha conseguido convertirse en la universidad líder en empleabilidad. El 99% de sus alumnos obtienen trabajo en el campo académico que ha estudiado, antes de completar un año luego de finalizar cualquiera de los programas de la universidad. Una cifra similar consigue mejorar su carrera profesional de forma inmediata. Todo ello gracias a una metodología de estudio que basa su eficacia en la adquisición de competencias prácticas, totalmente necesarias para el desarrollo profesional.



### Google Partner Premier

El gigante tecnológico norteamericano ha otorgado a TECH la insignia Google Partner Premier. Este galardón, solo al alcance del 3% de las empresas del mundo, pone en valor la experiencia eficaz, flexible y adaptada que esta universidad proporciona al alumno. El reconocimiento no solo acredita el máximo rigor, rendimiento e inversión en las infraestructuras digitales de TECH, sino que también sitúa a esta universidad como una de las compañías tecnológicas más punteras del mundo.



### La universidad mejor valorada por sus alumnos

Los alumnos han posicionado a TECH como la universidad mejor valorada del mundo en los principales portales de opinión, destacando su calificación más alta de 4,9 sobre 5, obtenida a partir de más de 1.000 reseñas. Estos resultados consolidan a TECH como la institución universitaria de referencia a nivel internacional, reflejando la excelencia y el impacto positivo de su modelo educativo.



03

# Plan de estudios

Los materiales didácticos que conforman este Máster Título Propio han sido elaborados por un grupo integrado por expertos en Física Cuántica, Astrofísica, Cosmología, Computación Cuántica y otras disciplinas afines. Gracias a esto, el plan de estudios abordará de forma rigurosa y actualizada los fundamentos teóricos y experimentales de la mecánica cuántica, las teorías de campo, la relatividad general y las tecnologías emergentes. Este recorrido académico permitirá al egresado dominar los principios físicos que rigen el universo, así como aplicar metodologías avanzadas en contextos de investigación o desarrollo tecnológico.



“

*Dominarás los postulados que gobiernan el mundo cuántico y las leyes que rigen el cosmos, gracias a un temario completo, profundo y orientado a la práctica científica actual”*

## Módulo 1. Introducción a la Física moderna

- 1.1. Introducción a la física médica
  - 1.1.1. Como aplicar la física a la medicina
  - 1.1.2. Energía de las partículas cargadas en tejidos
  - 1.1.3. Fotones a través de los tejidos
  - 1.1.4. Aplicaciones
- 1.2. Introducción a la física de partículas
  - 1.1.1. Introducción y objetivos
  - 1.1.2. Partículas cuantificadas
  - 1.1.3. Fuerzas fundamentales y cargas
  - 1.1.4. Detección de partículas
  - 1.1.5. Clasificación de partículas fundamentales y Modelo Estándar
  - 1.1.6. Más allá del modelo estándar
  - 1.1.7. Teorías actuales de generalización
  - 1.1.8. Experimentos de altas energías
- 1.3. Aceleradores de partículas
  - 1.3.1. Procesos para acelerar partículas
  - 1.3.2. Aceleradores lineales
  - 1.3.3. Ciclotrones
  - 1.3.4. Sincrotrones
- 1.4. Introducción a la física nuclear
  - 1.4.1. Estabilidad nuclear
  - 1.4.2. Nuevos métodos en fisión nuclear
  - 1.4.3. Fusión nuclear
  - 1.4.4. Síntesis de elementos superpesados
- 1.5. Introducción a la astrofísica
  - 1.5.1. El sistema solar
  - 1.5.2. Nacimiento y muerte de una estrella
  - 1.5.3. Exploración espacial
  - 1.5.4. Exoplanetas
- 1.6. Introducción a la cosmología
  - 1.6.1. Cálculo de distancias en astronomía
  - 1.6.2. Cálculo de velocidades en astronomía
  - 1.6.3. Materia y energía oscuras
  - 1.6.4. La expansión del universo
  - 1.6.5. Ondas gravitacionales
- 1.7. Geofísica y física a atmosférica
  - 1.7.1. Geofísica
  - 1.7.2. Física atmosférica
  - 1.7.3. Meteorología
  - 1.7.4. Cambio climático
- 1.8. Introducción a la física de la materia condensada
  - 1.8.1. Estados de agregación de la materia
  - 1.8.2. Alótropos de la materia
  - 1.8.3. Sólidos cristalinos
  - 1.8.4. Materia blanda
- 1.9. Introducción a la computación cuántica
  - 1.9.1. Introducción al mundo cuántico
  - 1.9.2. Qubits
  - 1.9.3. Múltiples qubits
  - 1.9.4. Puertas lógicas
  - 1.9.5. Programas cuánticos
  - 1.9.6. Ordenadores cuánticos
- 1.10. Introducción a la criptografía cuántica
  - 1.10.1. Información clásica
  - 1.10.2. Información cuántica
  - 1.10.3. Encriptación cuántica
  - 1.10.4. Protocolos en criptografía cuántica

**Módulo 2. Métodos matemáticos**

- 2.1. Espacios prehilbertianos
  - 2.1.1. Espacios vectoriales
  - 2.1.2. Producto escalar hermítico positivo
  - 2.1.3. Módulo de un vector
  - 2.1.4. Desigualdad de Schwartz
  - 2.1.5. Desigualdad de Minkowsky
  - 2.1.6. Ortogonalidad
  - 2.1.7. Notación de Dirac
- 2.2. Topología de espacios métricos
  - 2.2.1. Definición de distancia
  - 2.2.2. Definición de espacio métrico
  - 2.2.3. Elementos de topología de espacios métricos
  - 2.2.4. Sucesiones convergentes
  - 2.2.5. Sucesiones de Cauchy
  - 2.2.6. Espacio métrico completo
- 2.3. Espacios de Hilbert
  - 2.3.1. Espacio de Hilbert: definición
  - 2.3.2. Base Herbartiana
  - 2.3.3. Schrödinger versus Heisenberg. Integral de Lebesgue
  - 2.3.4. Formas continuas de un espacio de Hilbert
  - 2.3.5. Matriz de cambio de base
- 2.4. Operaciones lineales
  - 2.4.1. Operadores lineales: conceptos básicos
  - 2.4.2. Operador inverso
  - 2.4.3. Operador adjunto
  - 2.4.4. Operador autoadjunto u observable
  - 2.4.5. Operador definido positivo
  - 2.4.6. Operador unitario I cambio de base
  - 2.4.7. Operador antiunitario
  - 2.4.8. Proyector

- 2.5. Teoría de Sturm-Liouville
  - 2.5.1. Teoremas de valores propios
  - 2.5.2. Teoremas de vectores propios
  - 2.5.3. Problema de Sturm-Liouville
  - 2.5.4. Teoremas importantes para la teoría de Sturm-Liouville
- 2.6. Introducción a teoría de grupos
  - 2.6.1. Definición de grupo y características
  - 2.6.2. Simetrías
  - 2.6.3. Estudio de los grupos  $SO(3)$ ,  $SU(2)$  y  $SU(N)$
  - 2.6.4. Algebra de Lie
  - 2.6.5. Grupos y Física Cuántica
- 2.7. Introducción a representaciones
  - 2.7.1. Definiciones
  - 2.7.2. Representación fundamenta
  - 2.7.3. Representación adjunta
  - 2.7.4. Representación unitaria
  - 2.7.5. Producto de representaciones
  - 2.7.6. Tablas de Young
  - 2.7.7. Teorema de Okubo
  - 2.7.8. Aplicaciones a la física de partículas
- 2.8. Introducción a tensores
  - 2.8.1. Definición de tensor covariante I contravariante
  - 2.8.2. Delta de Kronecker
  - 2.8.3. Tensor de Levi-Civita
  - 2.8.4. Estudio de  $SO(N)$  I  $SO(3)$
  - 2.8.5. Estudio de  $SU(N)$
  - 2.8.6. Relación entre tensores I representaciones
- 2.9. Teoría de Grupos aplicada a la física
  - 2.9.1. Grupo de translaciones
  - 2.9.2. Grupo de Lorentz
  - 2.9.3. Grupos discretos
  - 2.9.4. Grupos continuos

- 2.10. Representaciones y la física de partículas
  - 2.10.1. Representaciones de los grupos  $SU(N)$
  - 2.10.2. Representaciones fundamentales
  - 2.10.3. Multiplicación de representaciones
  - 2.10.4. Teorema de Okubo y Eightfold Ways

### Módulo 3. Física Cuántica

- 3.1. Orígenes de la Física Cuántica
  - 3.1.1. Radiación de cuerpo negro
  - 3.1.2. Efecto fotoeléctrico
  - 3.1.3. Efecto Compton
  - 3.1.4. Espectro y modelos atómicos
  - 3.1.5. Principio de exclusión de Pauli
    - 3.5.1.1. Efecto Zeeman
    - 3.5.1.2. Experimento de Stern-Gerlach
  - 3.1.6. Longitud de onda de De Broglie y el experimento de la doble rendija
- 3.2. Formulismo matemático
  - 3.2.1. Espacio de Hilbert
  - 3.2.2. Nomenclatura de Dirac: Bra - ket
  - 3.2.3. Producto interno y producto externo
  - 3.2.4. Operadores lineales
  - 3.2.5. Operadores hermíticos y diagonalización
  - 3.2.6. Suma y producto tensorial
  - 3.2.7. Matriz densidad
- 3.3. Postulados de la mecánica cuántica
  - 3.3.1. Postulado 1º: Definición de estado
  - 3.3.2. Postulado 2º: Definición de Observables
  - 3.3.3. Postulado 3º: Definición de medidas
  - 3.3.4. Postulado 4º: Probabilidad de las medidas
  - 3.3.5. Postulado 5º: Dinámica

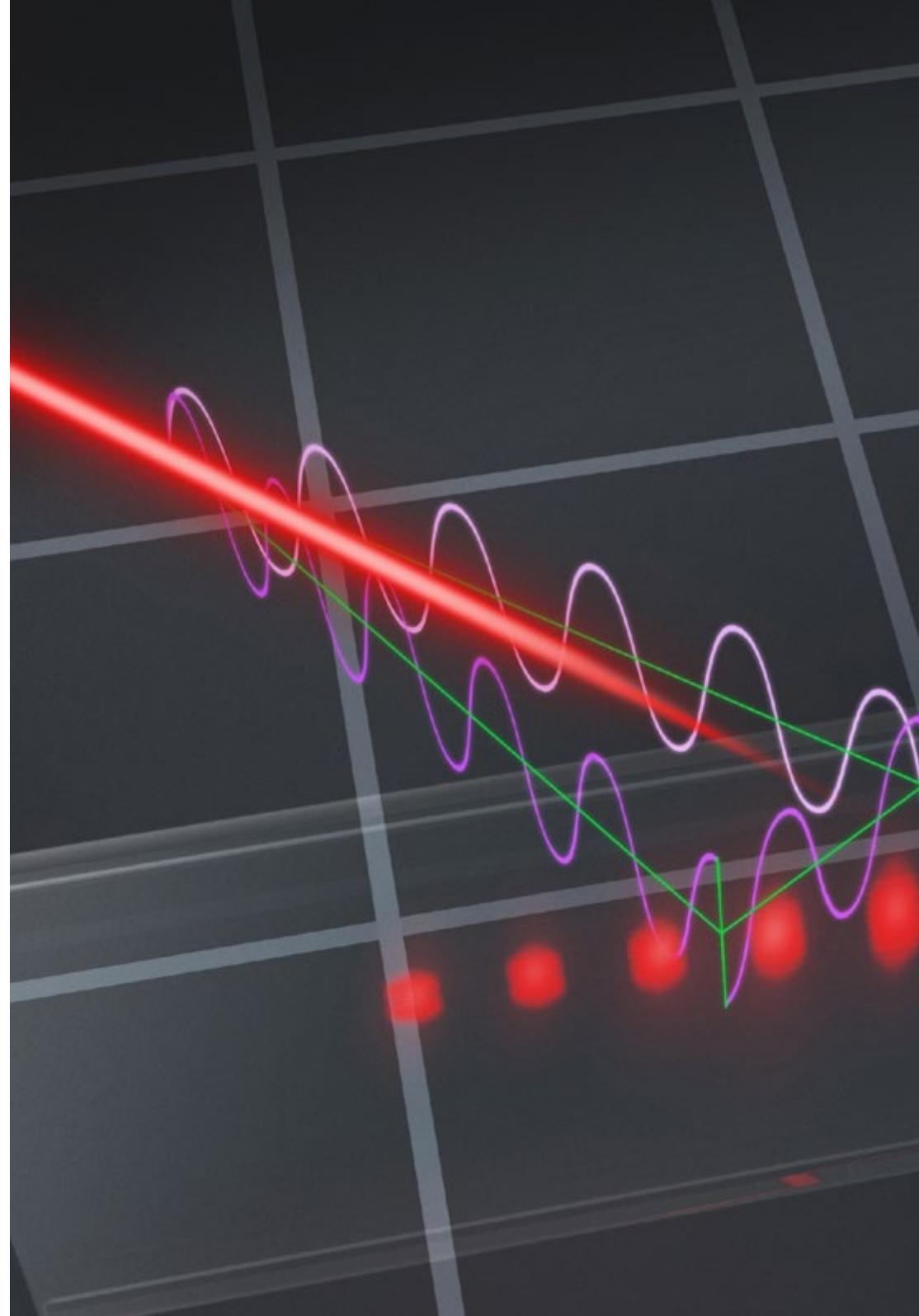
- 3.4. Aplicación de los postulados de la mecánica cuántica
  - 3.4.1. Probabilidad de los resultados. Estadística
  - 3.4.2. Indeterminación
  - 3.4.3. Evolución temporal de los valores esperados
  - 3.4.4. Compatibilidad y conmutación de observables
  - 3.4.5. Matrices de Pauli
- 3.5. Dinámica de la mecánica cuántica
  - 3.5.1. Representación de posiciones
  - 3.5.2. Representación de momentos
  - 3.5.3. Ecuación de Schrödinger
  - 3.5.4. Teorema de Ehrenfest
  - 3.5.5. Teorema del Virial
- 3.6. Barreras de potencial
  - 3.6.1. Pozo cuadrado infinito
  - 3.6.2. Pozo cuadrado finito
  - 3.6.3. Escalón de potencial
  - 3.6.4. Potencial Delta
  - 3.6.5. Efecto túnel
  - 3.6.6. Partícula libre
- 3.7. Oscilador armónico simple cuántico unidimensional
  - 3.7.1. Analogía con la mecánica clásica
  - 3.7.2. Hamiltoniano y valores propios de energía
  - 3.7.3. Método analítico
  - 3.7.4. Estados "desdibujados"
  - 3.7.5. Estados coherentes
- 3.8. Operadores y observables tridimensionales
  - 3.8.1. Repaso de las nociones de cálculo con varias variables
  - 3.8.2. Operador de posición
  - 3.8.3. Operador momento lineal
  - 3.8.4. Momento angular orbital
  - 3.8.5. Operadores de escala (Ladder Operators)
  - 3.8.6. Hamiltoniano

- 3.9. Valores y funciones propios tridimensionales
  - 3.9.1. Operador de posición
  - 3.9.2. Operador de momento lineal
  - 3.9.3. Operador momento angular orbital y Harmónicos Esféricos
  - 3.9.4. Ecuación angular
- 3.10. Barreras de potencial tridimensional
  - 3.10.1. Partícula libre
  - 3.10.2. Partícula en una caja
  - 3.10.3. Potenciales centrales y ecuación radial
  - 3.10.4. Pozo esférico infinito
  - 3.10.5. Átomo de Hidrógeno
  - 3.10.6. Oscilador armónico tridimensional

#### Módulo 4. Astrofísica

- 4.1. Introducción
  - 4.1.1. Breve historia de la astrofísica
  - 4.1.2. Instrumentación
  - 4.1.3. Escala de magnitudes observacionales
  - 4.1.4. Cálculo de distancias astronómicas
  - 4.1.5. Índice de color
- 4.2. Líneas espectrales
  - 4.2.1. Introducción histórica
  - 4.2.2. Leyes de Kirchhoff
  - 4.2.3. Relación del espectro con la temperatura
  - 4.2.4. Efecto Doppler
  - 4.2.5. Espectrógrafo
- 4.3. Estudio del campo de radiación
  - 4.3.1. Definiciones previas
  - 4.3.2. Opacidad
  - 4.3.3. Profundidad óptica
  - 4.3.4. Fuentes microscópicas de opacidad
  - 4.3.5. Opacidad total
  - 4.3.6. Extinción
  - 4.3.7. Estructura de las líneas espectrales

- 4.4. Estrellas
  - 4.4.1. Clasificación de las estrellas
  - 4.4.2. Métodos de determinación de masas de una estrella
  - 4.4.3. Estrellas binarias
  - 4.4.4. Clasificación de estrellas binarias
  - 4.4.5. Determinación de masas de un sistema binario
- 4.5. Vida de las estrellas
  - 4.5.1. Características de una estrella
  - 4.5.2. Nacimiento de una estrella
  - 4.5.3. Vida de una estrella. Diagramas de Hertzsprung-Russell
  - 4.5.4. Muerte de una estrella
- 4.6. Muerte de las estrellas
  - 4.6.1. Enanas blancas
  - 4.6.2. Supernovas
  - 4.6.3. Estrellas de neutrones
  - 4.6.4. Agujeros negros
- 4.7. Estudio de la Vía Láctea
  - 4.7.1. Forma y dimensiones de la Vía Láctea
  - 4.7.2. Materia oscura
  - 4.7.3. Fenómeno de lentes gravitacionales
  - 4.7.4. Partículas masivas de interacción débil
  - 4.7.5. Disco y halo de la Vía Láctea
  - 4.7.6. Estructura espiral de la Vía Láctea
- 4.8. Agrupaciones de galaxias
  - 4.8.1. Introducción
  - 4.8.2. Clasificación de las galaxias
  - 4.8.3. Fotometría galáctica
  - 4.8.4. El Grupo Local: introducción
- 4.9. Distribución de las galaxias a gran escala
  - 4.9.1. Forma y edad del Universo
  - 4.9.2. Modelo cosmológico estándar
  - 4.9.3. Formación de estructuras cosmológicas
  - 4.9.4. Métodos observacionales en cosmología



- 4.10. Materia y energías oscuras
  - 4.10.1. Descubrimiento y características
  - 4.10.2. Consecuencias en la distribución de la materia ordinaria
  - 4.10.3. Problemas de la materia oscura
  - 4.10.4. Partículas candidatas a materia oscura
  - 4.10.5. Energía oscura, consecuencias

### Módulo 5. Física Cuántica II

- 5.1. Descripciones de la mecánica cuántica: Imágenes o representaciones
  - 5.1.1. Imagen de Schrödinger
  - 5.1.2. Imagen de Heisenberg
  - 5.1.3. Imagen de Dirac o de interacción
  - 5.1.4. Cambio de imágenes
- 5.2. Oscilador armónico
  - 5.2.1. Operadores de creación y aniquilación
  - 5.2.2. Funciones de onda de los estados de Fock
  - 5.2.3. Estados coherentes
  - 5.2.4. Estados de mínima indeterminación
  - 5.2.5. Estados "exprimidos"
- 5.3. Momento angular
  - 5.3.1. Rotaciones
  - 5.3.2. Conmutadores del momento angular
  - 5.3.3. Base del momento angular
  - 5.3.4. Operadores de escala
  - 5.3.5. Representación matricial
  - 5.3.6. Momento angular intrínseco: el Espín
  - 5.3.7. Casos de Espín:  $1/2$ ,  $1$ ,  $3/2$
- 5.4. Funciones de onda de varias componentes: espinoriales
  - 5.4.1. Funciones de onda de una componente: espín 0
  - 5.4.2. Funciones de onda de dos componentes: espín  $1/2$
  - 5.4.3. Valores esperados del observable espín
  - 5.4.4. Estados atómicos
  - 5.4.5. Adición de momento angular
  - 5.4.6. Coeficientes de Clebsch-Gordan

- 5.5. Estudio de los sistemas compuestos
  - 5.5.1. Partículas distinguibles
  - 5.5.2. Partículas indistinguibles
  - 5.5.3. Caso de los fotones: Experimento del espejo semitransparente
  - 5.5.4. Enlazamiento cuántico
  - 5.5.5. Desigualdades de Bell
  - 5.5.6. Paradoja EPR
  - 5.5.7. Teorema de Bell
- 5.6. Introducción a métodos aproximados: método variacional
  - 5.6.1. Introducción al método variacional
  - 5.6.2. Variaciones lineales
  - 5.6.3. Método variacional de Rayleigh-Ritz
  - 5.6.4. Oscilador armónico: estudio por métodos variacionales
- 5.7. Estudio de modelos atómicos con el método variacional
  - 5.7.1. Átomo de hidrógeno
  - 5.7.2. Átomo de Helio
  - 5.7.3. Molécula de hidrógeno ionizada
  - 5.7.4. Simetrías discretas
    - 5.7.4.1. Paridad
    - 5.7.4.2. Inversión temporal
- 5.8. Introducción a la teoría de perturbaciones
  - 5.8.1. Perturbaciones independientes del tiempo
  - 5.8.2. Caso no degenerado
  - 5.8.3. Caso degenerado
  - 5.8.4. Estructura fina del átomo de hidrógeno
  - 5.8.5. Efecto Zeeman
  - 5.8.6. Constante de acoplamiento entre espines. Estructura hiperfina
  - 5.8.7. Teoría de perturbaciones dependientes del tiempo
    - 5.8.7.1. Átomo de dos niveles
    - 5.8.7.2. Perturbaciones sinusoidales

- 5.9. Aproximación adiabática
  - 5.9.1. Introducción a la aproximación adiabática
  - 5.9.2. El teorema adiabático
  - 5.9.3. Fase de Berry
  - 5.9.4. Efecto Aharonov-Bohm
- 5.10. Aproximación Wentzel-Kramers-Brillouin (WKB)
  - 5.10.1. Introducción al método WKB
  - 5.10.2. Región clásica
  - 5.10.3. Efecto túnel
  - 5.10.4. Fórmulas de conexión

## Módulo 6. Física nuclear y de partículas

- 6.1. Introducción a la física nuclear
  - 6.1.1. Tabla periódica de los elementos
  - 6.1.2. Descubrimientos importantes
  - 6.1.3. Modelos atómicos
  - 6.1.4. Definiciones importantes. Escalas y unidades en física nuclear
  - 6.1.5. Diagrama de Segré
- 6.2. Propiedades nucleares
  - 6.2.1. Energía de enlace
  - 6.2.2. Fórmula semiempírica de la masa
  - 6.2.3. Modelo del gas de Fermi
  - 6.2.4. Estabilidad nuclear
    - 6.2.4.1. Desintegración alfa
    - 6.2.4.2. Desintegración beta
    - 6.2.4.3. Fisión nuclear
  - 6.2.5. Desexcitación nuclear
  - 6.2.6. Desintegración doble beta

- 6.3. Dispersión nuclear
  - 6.3.1. Estructura interna: estudio por dispersión
  - 6.3.2. Sección eficaz
  - 6.3.3. Experimento de Rutherford: sección eficaz de Rutherford
  - 6.3.4. Sección eficaz de Mott
  - 6.3.5. Transferencia del impulso y factores de forma
  - 6.3.6. Distribución de la carga nuclear
  - 6.3.7. Dispersión de neutrones
- 6.4. Estructura nuclear e interacción fuerte
  - 6.4.1. Dispersión de nucleones
  - 6.4.2. Estados ligados. Deuterio
  - 6.4.3. Interacción nuclear fuerte
  - 6.4.4. Números mágicos
  - 6.4.5. El modelo de capas del núcleo
  - 6.4.6. Espín nuclear y paridad
  - 6.4.7. Momentos electromagnéticos del núcleo
  - 6.4.8. Excitaciones nucleares colectivas: oscilaciones dipolares, estados vibracionales y estados rotacionales
- 6.5. Estructura nuclear e interacción fuerte II
  - 6.5.1. Clasificación de las reacciones nucleares
  - 6.5.2. Cinemática de las reacciones
  - 6.5.3. Leyes de conservación
  - 6.5.4. Espectroscopia nuclear
  - 6.5.5. El modelo de núcleo compuesto
  - 6.5.6. Reacciones directas
  - 6.5.7. Dispersión elástica
- 6.6. Introducción a la física de partículas
  - 6.6.1. Partículas y antipartículas
  - 6.6.2. Fermiones y bariones
  - 6.6.3. El Modelo Estándar de partículas elementales: leptones y quarks
  - 6.6.4. El Modelo de Quarks
  - 6.6.5. Bosones vectoriales intermedios
- 6.7. Dinámica de partículas elementales
  - 6.7.1. Las cuatro interacciones fundamentales
  - 6.7.2. Electrodinámica cuántica
  - 6.7.3. Cromodinámica cuántica
  - 6.7.4. Interacción débil
  - 6.7.5. Desintegraciones y leyes de conservación
- 6.8. Cinemática relativista
  - 6.8.1. Transformaciones de Lorentz
  - 6.8.2. Cuatrivectores
  - 6.8.3. Energía y momento lineal
  - 6.8.4. Colisiones
  - 6.8.5. Introducción a los diagramas de Feynman
- 6.9. Simetrías
  - 6.9.1. Grupos, simetrías y leyes de conservación
  - 6.9.2. Espín y momento angular
  - 6.9.3. Adición del momento angular
  - 6.9.4. Simetrías de sabor
  - 6.9.5. Paridad
  - 6.9.6. Conjugación de carga
  - 6.9.7. Violación de CP
  - 6.9.8. Inversión del tiempo
  - 6.9.9. Conservación de CPT
- 6.10. Estados Ligados
  - 6.10.1. Ecuación de Schrödinger para potenciales centrales
  - 6.10.2. Átomo de hidrógeno
  - 6.10.3. Estructura fina
  - 6.10.4. Estructura Hiperfina
  - 6.10.5. Positronio
  - 6.10.6. Quarkonio
  - 6.10.7. Mesones ligeros
  - 6.10.8. Bariones

## Módulo 7. Teoría cuántica de campos

- 7.1. Teoría clásica de campos
  - 7.1.1. Notación y convenios
  - 7.1.2. Formulación lagrangiana
  - 7.1.3. Ecuaciones de Euler Lagrange
  - 7.1.4. Simetrías y leyes de conservación
- 7.2. Campo de Klein-Gordon
  - 7.2.1. Ecuación de Klein-Gordon
  - 7.2.2. Cuantización del campo de Klein-Gordon
  - 7.2.3. Invariancia de Lorentz del campo de Klein-Gordon
  - 7.2.4. Vacío. Estados del vacío y estados de Fock
  - 7.2.5. Energía del vacío
  - 7.2.6. Ordenación Normal: convenio
  - 7.2.7. Energía y momento de los estados
  - 7.2.8. Estudio de la causalidad
  - 7.2.9. Propagador de Klein-Gordon
- 7.3. Campo de Dirac
  - 7.3.1. Ecuación de Dirac
  - 7.3.2. Matrices de Dirac y sus propiedades
  - 7.3.3. Representaciones de las matrices de Dirac
  - 7.3.4. Lagrangiano de Dirac
  - 7.3.5. Solución a la ecuación de Dirac: ondas planas
  - 7.3.6. Conmutadores y anticonmutadores
  - 7.3.7. Cuantización del campo de Dirac
  - 7.3.8. Espacio de Fock
  - 7.3.9. Propagador de Dirac
- 7.4. Campo Electromagnético
  - 7.4.1. Teoría clásica del campo electromagnético
  - 7.4.2. Cuantización del campo electromagnético y sus problemas
  - 7.4.3. Espacio de Fock
  - 7.4.4. Formalismo de Gupta-Bleuler
  - 7.4.5. Propagador del fotón
- 7.5. Formalismo de la Matriz S
  - 7.5.1. Lagrangiano y Hamiltoniano de interacción
  - 7.5.2. Matriz S: definición y propiedades
  - 7.5.3. Expansión de Dyson
  - 7.5.4. Teorema de Wick
  - 7.5.5. Imagen de Dirac
- 7.6. Diagramas de Feinman en el espacio de posiciones
  - 7.6.1. Como dibujar los diagramas de Feynman. Normas. Utilidades
  - 7.6.2. Primer orden
  - 7.6.3. Segundo orden
  - 7.6.4. Procesos de dispersión con dos partículas
- 7.7. Normas de Feynman
  - 7.7.1. Normalización de los estados en el espacio de Fock
  - 7.7.2. Amplitud de Feynman
  - 7.7.3. Normas de Feynman para la QED
  - 7.7.4. Invariancia Gauge en las amplitudes
  - 7.7.5. Ejemplos
- 7.8. Sección transversal y tasas de decaimiento
  - 7.8.1. Definición de sección transversal
  - 7.8.2. Definición de tasa de decaimiento
  - 7.8.3. Ejemplos con dos cuerpos en el estado final
  - 7.8.4. Sección transversal no polarizada
  - 7.8.5. Suma sobre la polarización de los fermiones
  - 7.8.6. Suma sobre la polarización de los fotones
  - 7.8.7. Ejemplos
- 7.9. Estudio de los muones y otras partículas cargadas
  - 7.9.1. Muones
  - 7.9.2. Partículas cargadas
  - 7.9.3. Partículas escalares con carga
  - 7.9.4. Normas de Feynman para la teoría electrodinámica cuántica escalar

- 7.10. Simetrías
  - 7.10.1. Paridad
  - 7.10.2. Conjugación de carga
  - 7.10.3. Inversión del tiempo
  - 7.10.4. Violación de algunas simetrías
  - 7.10.5. Simetría CPT

## Módulo 8. Relatividad general y cosmología

- 8.1. Relatividad especial
  - 8.1.1. Postulados
  - 8.1.2. Transformaciones de Lorentz en configuración estándar
  - 8.1.3. Impulsos (Boosts)
  - 8.1.4. Tensores
  - 8.1.5. Cinemática relativista
  - 8.1.6. Momento linear y energía relativistas
  - 8.1.7. Covariancia Lorentz
  - 8.1.8. Tensor energía momento
- 8.2. Principio de equivalencia
  - 8.2.1. Principio de equivalencia débil
  - 8.2.2. Experimentos sobre el Principio de equivalencia débil
  - 8.2.3. Sistemas de referencia localmente inerciales
  - 8.2.4. Principio de equivalencia
  - 8.2.5. Consecuencias del principio de equivalencia
- 8.3. Movimiento de partículas en campo gravitatorios
  - 8.3.1. Trayectoria de partículas bajo gravedad
  - 8.3.2. Límite Newtoniano
  - 8.3.3. Redshift gravitatorio y pruebas
  - 8.3.4. Dilatación temporal
  - 8.3.5. Ecuación de la geodésica
- 8.4. Geometría: Conceptos necesarios
  - 8.4.1. Espacios bidimensionales
  - 8.4.2. Campos Escalares, vectoriales y tensoriales
  - 8.4.3. Tensor métrico: concepto y teoría
  - 8.4.4. Derivada parcial
  - 8.4.5. Derivada covariante
  - 8.4.6. Símbolos de Christoffel
  - 8.4.7. Derivadas covariantes se tensores
  - 8.4.8. Derivadas covariantes direccionales
  - 8.4.9. Divergencia y laplaciano
- 8.5. Espacio-tiempo curvo
  - 8.5.1. Derivada covariante y transporte paralelo: definición
  - 8.5.2. Geodésicas a partir del transporte paralelo
  - 8.5.3. Tensor de curvatura de Riemann
  - 8.5.4. Tensor de Riemann: definición y propiedades
  - 8.5.5. Tensor de Ricci: definición y propiedades
- 8.6. Ecuaciones de Einstein: Derivación
  - 8.6.1. Reformulación del principio de equivalencia
  - 8.6.2. Aplicaciones del principio de equivalencia
  - 8.6.3. Conservación y simetrías
  - 8.6.4. Deducción de las ecuaciones de Einstein a partir del principio de equivalencia
- 8.7. Solución de Schwarzschild
  - 8.7.1. Métrica de Schwarzschild
  - 8.7.2. Elementos de Longitud y Tiempo
  - 8.7.3. Cantidades conservadas
  - 8.7.4. Ecuación de movimiento
  - 8.7.5. Deflexión de la luz. Estudio en la métrica de Schwarzschild
  - 8.7.6. Radio de Schwarzschild
  - 8.7.7. Coordenadas de Eddington – Finkelstein
  - 8.7.8. Agujeros negros

- 8.8. Límite de gravedad lineal. Consecuencias
  - 8.8.1. Gravedad lineal: introducción
  - 8.8.2. Transformación de coordenadas
  - 8.8.3. Ecuaciones de Einstein linealizadas
  - 8.8.4. Solución general de las Ecuaciones de Einstein linealizadas
  - 8.8.5. Ondas gravitacionales
  - 8.8.6. Efectos de las ondas gravitacionales sobre la materia
  - 8.8.7. Generación de ondas gravitacionales
- 8.9. Cosmología: Introducción
  - 8.9.1. Observación del Universo: Introducción
  - 8.9.2. Principio cosmológico
  - 8.9.3. Sistema de coordenadas
  - 8.9.4. Distancias cosmológicas
  - 8.9.5. Ley de Hubble
  - 8.9.6. Inflación
- 8.10. Cosmología: Estudio matemático
  - 8.10.1. Primera ecuación de Friedmann
  - 8.10.2. Segunda ecuación de Friedmann
  - 8.10.3. Densidades y factor de escala
  - 8.10.4. Consecuencias de las ecuaciones de Friedmann. Curvatura del Universo
  - 8.10.5. Termodinámica del Universo primitivo

## Módulo 9. Física de las Altas energías

- 9.1. Métodos matemáticos: Grupos y representaciones
  - 9.1.1. Teoría de grupos
  - 9.1.2. Grupos  $SO(3)$ ,  $SU(2)$  y  $SU(3)$  y  $SU(N)$
  - 9.1.3. Álgebra de Lie
  - 9.1.4. Representaciones
  - 9.1.5. Multiplicación de representaciones



- 
- 9.2. Simetrías
    - 9.2.1. Simetrías y leyes de conservación
    - 9.2.2. Simetrías C, P, T
    - 9.2.3. Violación de simetrías y conservación de CPT
    - 9.2.4. Momento angular
    - 9.2.5. Adición de momento angular
  - 9.3. Cálculo de Feynman: Introducción
    - 9.3.1. Tiempo de vida media
    - 9.3.2. Sección transversal
    - 9.3.3. Norma Dorada de Fermi para decaimientos
    - 9.3.4. Norma Dorada de Fermi para dispersiones
    - 9.3.5. Dispersión de dos cuerpos en el sistema de referencia centro de masas
  - 9.4. Aplicación del cálculo de Feynman: Modelo Juguete
    - 9.4.1. Modelo de Juguete: introducción
    - 9.4.2. Normas de Feynman
    - 9.4.3. Tiempo de vida media
    - 9.4.4. Dispersión
    - 9.4.5. Diagramas de orden superior
  - 9.5. Electrodinámica cuántica
    - 9.5.1. Ecuación de Dirac
    - 9.5.2. Soluciones para la ecuación de Dirac
    - 9.5.3. Covariantes bilineales
    - 9.5.4. El fotón
    - 9.5.5. Normas de Feynman para la Electrodinámica cuántica
    - 9.5.6. Truco de Casimir
    - 9.5.7. Renormalización
  - 9.6. Electrodinámica y cromodinámica de los Quarks
    - 9.6.1. Normas de Feynman
    - 9.6.2. Producción de hadrones en colisiones electrón - positrón
    - 9.6.3. Normas de Feynman para la Cromodinámica
    - 9.6.4. Factores de color
    - 9.6.5. Interacción quark-antiquark
    - 9.6.6. Interacción quark-quark
    - 9.6.7. Aniquilación de parejas en cromodinámica cuántica

- 9.7. Interacción débil
  - 9.7.1. Interacción débil cargada
  - 9.7.2. Normas de Feynman
  - 9.7.3. Decaimiento del muon
  - 9.7.4. Decaimiento de neutrón
  - 9.7.5. Decaimiento del pion
  - 9.7.6. Interacción débil entre quarks
  - 9.7.7. Interacción débil neutral
  - 9.7.8. Unificación electrodébil
- 9.8. Teorías Gauge
  - 9.8.1. Invariancia del Gauge local
  - 9.8.2. Teoría de Yang-Millis
  - 9.8.3. Cromodinámica cuántica
  - 9.8.4. Normas de Feynman
  - 9.8.5. Término de masas
  - 9.8.6. Rotura espontánea de la simetría
  - 9.8.7. Mecanismo de Higgs
- 9.9. Oscilación de neutrinos
  - 9.9.1. El problema de los neutrinos solares
  - 9.9.2. Oscilaciones de neutrinos
  - 9.9.3. Masas de los neutrinos
  - 9.9.4. Matriz de mezcla
- 9.10. Temas avanzados. Breve introducción
  - 9.10.1. Bosón de Higgs
  - 9.10.2. Grand Unificación
  - 9.10.3. Asimetría materia antimateria
  - 9.10.4. Supersimetría, cuerdas y dimensiones extras
  - 9.10.5. Materia y energía oscuras

## Módulo 10. Información y computación cuántica

- 10.1. Introducción: Matemáticas y cuántica
  - 10.1.1. Espacios vectoriales complejos
  - 10.1.2. Operadores lineales
  - 10.1.3. Producto escalar y espacios de Hilbert
  - 10.1.4. Diagonalización
  - 10.1.5. Producto tensorial
  - 10.1.6. Funciones de operadores
  - 10.1.7. Teoremas importantes sobre operadores
  - 10.1.8. Postulados de la mecánica cuántica revisados
- 10.2. Estados y muestras estadísticas
  - 10.2.1. El qubit
  - 10.2.2. La matriz densidad
  - 10.2.3. Sistemas bipartitos
  - 10.2.4. La descomposición de Schmidt
  - 10.2.5. Interpretación estadística de los estados mezcla
- 10.3. Medidas y Evolución Temporal
  - 10.3.1. Medidas de von Neumann
  - 10.3.2. Medidas generalizadas
  - 10.3.3. Teorema de Neumark
  - 10.3.4. Canales cuánticos
- 10.4. Entrelazamiento y sus aplicaciones
  - 10.4.1. Estados EPR
  - 10.4.2. Codificación densa
  - 10.4.3. Teleportación de estados
  - 10.4.4. Matriz densidad y sus representaciones

- 10.5. Información clásica y cuántica
  - 10.5.1. Introducción a la probabilidad
  - 10.5.2. Información
  - 10.5.3. Entropía de Shannon e información mutua
  - 10.5.4. Comunicación
    - 10.5.4.1. El canal binario simétrico
    - 10.5.4.2. Capacidad de un canal
  - 10.5.5. Teoremas de Shannon.
  - 10.5.6. Diferencia entre información clásica y cuántica
  - 10.5.7. Entropía de von Neumann
  - 10.5.8. Teorema de Schumacher
  - 10.5.9. Información de Holevo
  - 10.5.10. Información accesible y límite de Holevo
- 10.6. Computación cuántica
  - 10.6.1. Máquinas de Turing
  - 10.6.2. Circuitos y clasificación de la complejidad
  - 10.6.3. El ordenador cuántico
  - 10.6.4. Puertas lógicas cuánticas
  - 10.6.5. Algoritmos de Deutsch-Josza y Simon
  - 10.6.6. Búsqueda no estructurada: algoritmo de Grover
  - 10.6.7. Método de encriptación RSA
  - 10.6.8. Factorización: algoritmo de Shor
- 10.7. Teoría semiclásica de la Interacción Luz-Materia
  - 10.7.1. El átomo de dos niveles
  - 10.7.2. El desdoblamiento AC-Stark
  - 10.7.3. Las oscilaciones de Rabi
  - 10.7.4. La fuerza dipolar de la luz
- 10.8. Teoría Cuántica de la interacción Luz-Materia
  - 10.8.1. Estados del campo electromagnético cuántico
  - 10.8.2. El modelo de Jaynes-Cummings
  - 10.8.3. El problema de la decoherencia
  - 10.8.4. Tratamiento de Weisskopf-Wigner de la emisión espontánea

- 10.9. Comunicación Cuántica
  - 10.9.1. Criptografía cuántica: protocolos BB84 y Ekert91
  - 10.9.2. Desigualdades de Bell
  - 10.9.3. Generación de fotones individuales
  - 10.9.4. Propagación de fotones individuales
  - 10.9.5. Detección de fotones individuales
- 10.10. Computación y simulación cuántica
  - 10.10.1. Átomos neutros en trampas dipolares
  - 10.10.2. Electrodinámica Cuántica de Cavidades
  - 10.10.3. Iones en trampas de Paul
  - 10.10.4. Cubits superconductores



*Domina conceptos clave de física atmosférica, meteorología y su vínculo con el cambio climático”*

# 04

# Objetivos docentes

Este programa universitario de TECH está diseñado para proporcionar a los ingenieros y especialistas en ciencias físicas los conocimientos más avanzados en Física Cuántica. Para ello, la titulación abarca desde los fundamentos de la mecánica cuántica hasta los últimos avances en teoría cuántica de campos, computación cuántica y cosmología. Los alumnos podrán dominar los conceptos y herramientas que explican el universo a escalas subatómicas y cosmológicas, con una sólida base matemática. Así, los objetivos docentes de este Máster Título Propio garantizan que los egresados desarrollen habilidades en el análisis y modelización de fenómenos físicos.





“

*Descubre el comportamiento de los sólidos cristalinos, la materia blanda y los estados de agregación”*



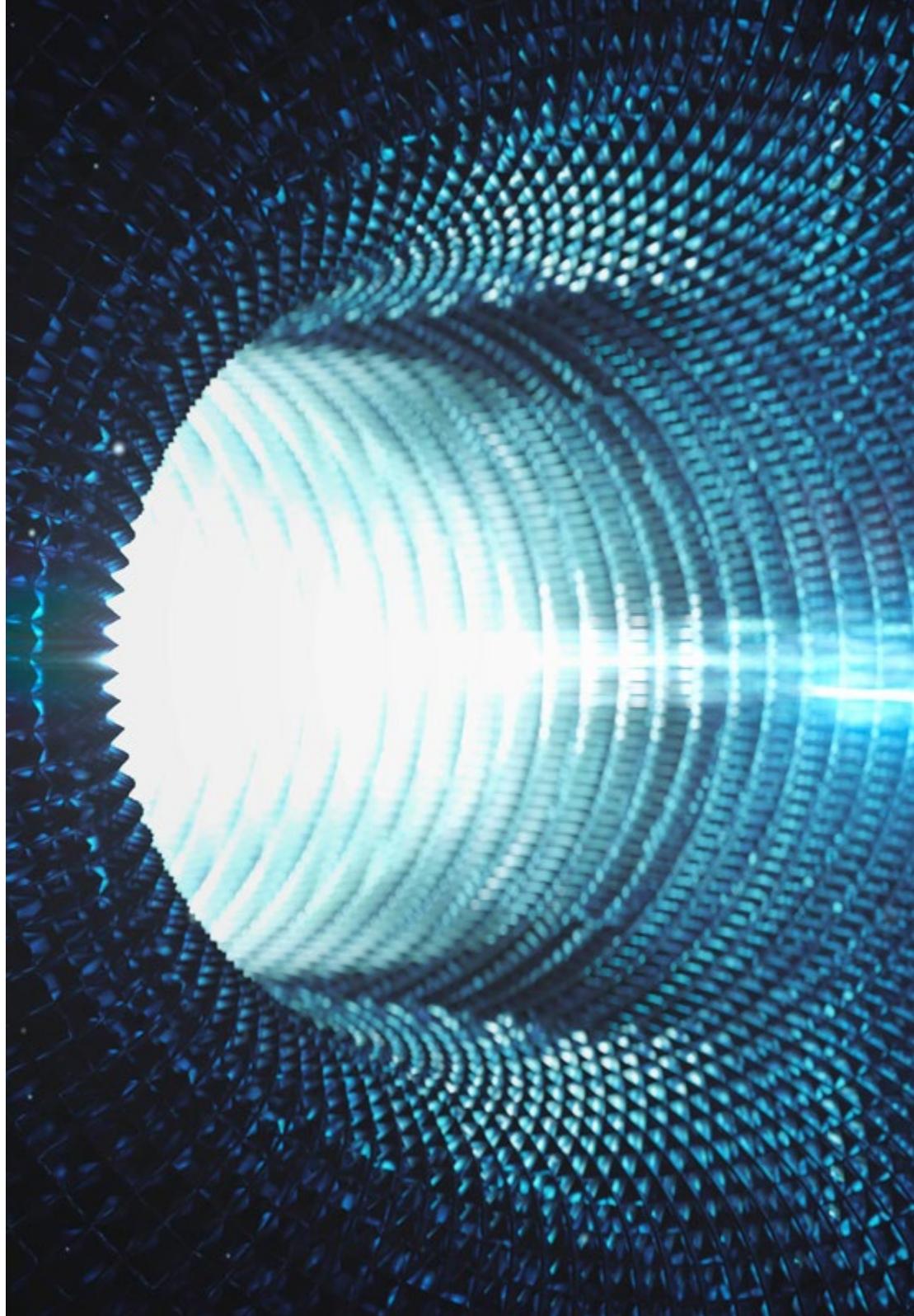
## Objetivos generales

---

- ♦ Adquirir conceptos básicos de astrofísica
- ♦ Desarrollar nociones básicas sobre los diagramas de Feynman, como se dibujan y sus utilidades
- ♦ Aprender y aplicar los métodos aproximados para estudiar sistemas cuánticos
- ♦ Dominar los campos de Klein-Gordon, Dirac y el campo electromagnético



*Aprende a diseñar programas cuánticos y a comprender el funcionamiento de ordenadores cuánticos”*





## Objetivos específicos

---

### Módulo 1. Introducción a la física moderna

- ♦ Identificar y valorar la presencia de procesos físicos en la vida diaria y en escenarios tanto específicas como comunes
- ♦ Desarrollar habilidades de comunicación, para redactar informes y documentos, o realizar eficaces presentaciones de estos

### Módulo 2. Métodos Matemáticos

- ♦ Alcanzar conocimiento sobre las características de los operadores lineales y la teoría de Sturm-Liouville
- ♦ Conocer la teoría de grupos, de representación de grupos, el cálculo tensorial y sus aplicaciones a la física

### Módulo 3. Física Cuántica I

- ♦ Aplicar los conceptos fundamentales de la Física Cuántica y su articulación en leyes, teorías
- ♦ Conocer las herramientas matemáticas características a la Física Cuántica para resolver problemas de Mecánica Cuántica

### Módulo 4. Astrofísica

- ♦ Comprender y utilizar métodos matemáticos y numéricos de uso habitual en astrofísica
- ♦ Conocer los nuevos desarrollos y avances en el campo de la Astrofísica, tanto teórica como experimental

### Módulo 5. Física cuántica II

- ♦ Conocer los modelos atómicos con el método variacional
- ♦ Dominar el momento angular intrínseco
- ♦ Comprender la teoría de perturbaciones dependientes del tiempo
- ♦ Entender y saber aplicar el método WKB

### Módulo 6. Física nuclear y partículas

- ♦ Obtener conocimientos básicos de física nuclear y de partículas
- ♦ Distinguir los diferentes procesos de desintegración nuclear
- ♦ Conocer los diagramas de Feynman, su uso y saber dibujarlos
- ♦ Hacer cálculos de colisiones relativistas

### Módulo 7. Teoría cuántica de campos

- ♦ Adquirir nociones básicas de teoría cuántica de campos
- ♦ Conocer los problemas principales de la cuantización de alguno de los campos y como se soluciona

### Módulo 8. Relatividad general y cosmología

- ♦ Adquirir nociones básicas de relatividad general
- ♦ Aplicar los conocimientos de cálculo y álgebra al estudio de la gravedad usando la teoría de la relatividad general
- ♦ Conocer las ecuaciones de Einstein en formato tensorial
- ♦ Desarrollar conocimientos básicos sobre cosmología y el universo primitivo

### Módulo 9. Física de las altas energías

- ♦ Aplicar los conocimientos de teoría cuántica de campos y las matemáticas de teoría de grupos y representaciones a la física de partículas elementales
- ♦ Conocer los mecanismos de rotura espontánea de simetría y el mecanismo de Higgs

### Módulo 10. Información y Computación Cuántica

- ♦ Adquirir nociones básicas de información clásica y cuántica
- ♦ Identificar los algoritmos más comunes de encriptación cuántica de la información
- ♦ Alcanzar nociones básicas sobre las teorías semicuántica y cuántica de la interacción luz materia
- ♦ Conocer las implementaciones más comunes de la información cuántica

05

# Salidas profesionales

A medida que esta disciplina transforma sectores como la computación, la criptografía, la medicina o la inteligencia artificial, crece la demanda de perfiles con formación avanzada y competencias especializadas. Por ello, este programa académico abre la puerta a oportunidades en centros de investigación, empresas tecnológicas, laboratorios de innovación o agencias espaciales, entre otros ámbitos. Además, gracias a su enfoque multidisciplinar, permite aplicar los conocimientos adquiridos en proyectos de desarrollo cuántico, modelado físico o análisis de datos complejos. Así, se consolida como una opción clave para quienes buscan integrarse en el núcleo de la ciencia y la tecnología del futuro.





“

*Aplicarás principios cuánticos a contextos reales, participarás en investigaciones punteras y dominarás los fundamentos que rigen el universo a nivel subatómico”*

### Perfil del egresado

El egresado de este Máster Título Propio de TECH será un profesional con un conocimiento profundo de la mecánica cuántica, la teoría cuántica de campos y la relatividad general, capaz de interpretar fenómenos físicos tanto en escalas atómicas como cosmológicas. Estará capacitado para emplear métodos matemáticos complejos en la resolución de problemas avanzados, desarrollar modelos teóricos de partículas elementales, y aplicar estas herramientas en simulaciones y proyectos científicos o tecnológicos. Este profesional podrá integrarse en equipos de investigación, participar en desarrollos de tecnologías emergentes o avanzar hacia estudios doctorales en física teórica o experimental.

*Gracias a este itinerario académico 100% online de TECH, adquirirás las competencias necesarias para destacar en el entorno científico más exigente.*

- ♦ **Aplicación científica en contextos reales:** Dominio de conceptos como la supersimetría, las dimensiones extras y los sistemas cuánticos aplicados a la investigación o la docencia avanzada
- ♦ **Razonamiento crítico y modelización matemática:** Capacidad para formular, analizar y resolver problemas utilizando formalismos matemáticos como el método variacional o el cálculo tensorial
- ♦ **Simulación y experimentación cuántica:** Habilidad para realizar simulaciones de procesos físicos complejos y valorar su aplicación práctica en laboratorios, industrias o instituciones académicas
- ♦ **Interdisciplinariedad científica:** Aptitud para colaborar con equipos de distintas áreas del conocimiento (ingeniería, matemática, tecnología o astronomía) en proyectos de investigación avanzada



Después de realizar el programa universitario, podrás desempeñar tus conocimientos y habilidades en los siguientes cargos:

- 1. Investigador en Física Cuántica y Astrofísica:** Participante en proyectos científicos sobre teoría cuántica de campos, mecánica cuántica, o estudio de galaxias, estrellas y agujeros negros.
- 2. Analista en Tecnologías Cuánticas:** Profesional dedicado a la evaluación y desarrollo de dispositivos cuánticos, sensores, computación cuántica o tecnologías emergentes.
- 3. Especialista en Modelos Matemáticos y Simulación Física:** Encargado del desarrollo de modelos para fenómenos físicos complejos y simulaciones aplicadas a entornos industriales o académicos.
- 4. Docente o divulgador científico en Física Avanzada:** Profesor en instituciones educativas o creador de contenidos que explican conceptos complejos de forma accesible.
- 5. Asesor en Proyectos Científicos Multidisciplinares:** Integrante de equipos que requieren conocimientos de física de partículas, relatividad o cosmología para abordar retos científicos o tecnológicos.
- 6. Consultor en Innovación Tecnológica y Científica:** Profesional que brinda orientación en el diseño de nuevas soluciones basadas en principios cuánticos y teorías de campo.

“

*Serás un referente en el análisis de fenómenos físicos de alta complejidad, gracias a una visión integral de la Física Cuántica y su relación con la astrofísica y la relatividad”*

# 06

## Licencias de software incluidas

TECH es referencia en el mundo universitario por combinar la última tecnología con las metodologías docentes para potencial el proceso de enseñanza-aprendizaje. Para ello, ha establecido una red de alianzas que le permite tener acceso a las herramientas de software más avanzadas del mundo profesional.



“

*Al matricularte recibirás, de forma completamente gratuita, las credenciales de uso académico de las siguientes aplicaciones de software profesional”*

TECH ha establecido una red de alianzas profesionales en la que se encuentran los principales proveedores de software aplicado a las diferentes áreas profesionales. Estas alianzas permiten a TECH tener acceso al uso de centenares de aplicaciones informáticas y licencias de software para acercarlas a sus estudiantes.

Las licencias de software para uno académico permitirán a los estudiantes utilizar las aplicaciones informáticas más avanzadas en su área profesional, de modo que podrán conocerlas y aprender su dominio sin tener que incurrir en costes. TECH se hará cargo del procedimiento de contratación para que los alumnos puedan utilizarlas de modo ilimitado durante el tiempo que estén estudiando el programa de Máster Título Propio en Física Cuántica, y además lo podrán hacer de forma completamente gratuita.

TECH te dará acceso gratuito al uso de las siguientes aplicaciones de software:



### Google Career Launchpad

**Google Career Launchpad** es una solución para desarrollar habilidades digitales en tecnología y análisis de datos. Con un valor estimado de **5.000 dólares**, se incluye de forma **gratuita** en el programa universitario de TECH, brindando acceso a laboratorios interactivos y certificaciones reconocidas en el sector.

Esta plataforma combina capacitación técnica con casos prácticos, usando tecnologías como BigQuery y Google AI. Ofrece entornos simulados para experimentar con datos reales, junto a una red de expertos para orientación personalizada.

#### Funcionalidades destacadas:

- ♦ **Cursos especializados:** contenido actualizado en cloud computing, machine learning y análisis de datos
- ♦ **Laboratorios en vivo:** prácticas con herramientas reales de Google Cloud sin configuración adicional
- ♦ **Certificaciones integradas:** preparación para exámenes oficiales con validez internacional
- ♦ **Mentorías profesionales:** sesiones con expertos de Google y partners tecnológicos
- ♦ **Proyectos colaborativos:** retos basados en problemas reales de empresas líderes

En conclusión, **Google Career Launchpad** conecta a los usuarios con las últimas tecnologías del mercado, facilitando su inserción en áreas como inteligencia artificial y ciencia de datos con credenciales respaldadas por la industria.



### Ansys

**Ansys** es un software de simulación para ingeniería que modela fenómenos físicos como fluidos, estructuras y electromagnetismo. Con un valor comercial de **26.400 euros**, se ofrece gratis durante el programa universitario en TECH, dando acceso a tecnología puntera para diseño industrial.

Esta plataforma sobresale por su capacidad para integrar análisis multifísicos en un único entorno. Combina precisión científica con automatización mediante APIs, agilizando la iteración de prototipos complejos en sectores como aeronáutica o energía.

#### Funcionalidades destacadas:

- ♦ **Simulación multifísica integrada:** analiza estructuras, fluidos, electromagnetismo y térmica en un solo entorno
- ♦ **Workbench:** plataforma unificada para gestionar simulaciones, automatizar procesos y personalizar flujos con Python
- ♦ **Discovery:** prototipa en tiempo real con simulaciones aceleradas por GPU
- ♦ **Automatización:** crea macros y scripts con APIs en Python, C++ y JavaScript
- ♦ **Alto rendimiento:** Solvers optimizados para CPU/GPU y escalabilidad en la nube bajo demanda

En definitiva, **Ansys** es la herramienta definitiva para transformar ideas en soluciones técnicas, ofreciendo potencia, flexibilidad y un ecosistema de simulación sin igual.



*Gracias a TECH podrás utilizar gratuitamente las mejores aplicaciones de software de tu área profesional*

07

# Metodología de estudio

TECH es la primera universidad en el mundo que combina la metodología de los **case studies** con el **Relearning**, un sistema de aprendizaje 100% online basado en la reiteración dirigida.

Esta disruptiva estrategia pedagógica ha sido concebida para ofrecer a los profesionales la oportunidad de actualizar conocimientos y desarrollar competencias de un modo intenso y riguroso. Un modelo de aprendizaje que coloca al estudiante en el centro del proceso académico y le otorga todo el protagonismo, adaptándose a sus necesidades y dejando de lado las metodologías más convencionales.



“

*TECH te prepara para afrontar nuevos retos en entornos inciertos y lograr el éxito en tu carrera”*

## El alumno: la prioridad de todos los programas de TECH

En la metodología de estudios de TECH el alumno es el protagonista absoluto. Las herramientas pedagógicas de cada programa han sido seleccionadas teniendo en cuenta las demandas de tiempo, disponibilidad y rigor académico que, a día de hoy, no solo exigen los estudiantes sino los puestos más competitivos del mercado.

Con el modelo educativo asincrónico de TECH, es el alumno quien elige el tiempo que destina al estudio, cómo decide establecer sus rutinas y todo ello desde la comodidad del dispositivo electrónico de su preferencia. El alumno no tendrá que asistir a clases en vivo, a las que muchas veces no podrá acudir. Las actividades de aprendizaje las realizará cuando le venga bien. Siempre podrá decidir cuándo y desde dónde estudiar.

“

*En TECH NO tendrás clases en directo  
(a las que luego nunca puedes asistir)”*



### Los planes de estudios más exhaustivos a nivel internacional

TECH se caracteriza por ofrecer los itinerarios académicos más completos del entorno universitario. Esta exhaustividad se logra a través de la creación de temarios que no solo abarcan los conocimientos esenciales, sino también las innovaciones más recientes en cada área.

Al estar en constante actualización, estos programas permiten que los estudiantes se mantengan al día con los cambios del mercado y adquieran las habilidades más valoradas por los empleadores. De esta manera, quienes finalizan sus estudios en TECH reciben una preparación integral que les proporciona una ventaja competitiva notable para avanzar en sus carreras.

Y además, podrán hacerlo desde cualquier dispositivo, pc, tableta o smartphone.

“

*El modelo de TECH es asincrónico, de modo que te permite estudiar con tu pc, tableta o tu smartphone donde quieras, cuando quieras y durante el tiempo que quieras”*

### Case studies o Método del caso

El método del caso ha sido el sistema de aprendizaje más utilizado por las mejores escuelas de negocios del mundo. Desarrollado en 1912 para que los estudiantes de Derecho no solo aprendiesen las leyes a base de contenidos teóricos, su función era también presentarles situaciones complejas reales. Así, podían tomar decisiones y emitir juicios de valor fundamentados sobre cómo resolverlas. En 1924 se estableció como método estándar de enseñanza en Harvard.

Con este modelo de enseñanza es el propio alumno quien va construyendo su competencia profesional a través de estrategias como el *Learning by doing* o el *Design Thinking*, utilizadas por otras instituciones de renombre como Yale o Stanford.

Este método, orientado a la acción, será aplicado a lo largo de todo el itinerario académico que el alumno emprenda junto a TECH. De ese modo se enfrentará a múltiples situaciones reales y deberá integrar conocimientos, investigar, argumentar y defender sus ideas y decisiones. Todo ello con la premisa de responder al cuestionamiento de cómo actuaría al posicionarse frente a eventos específicos de complejidad en su labor cotidiana.



## Método Relearning

En TECH los *case studies* son potenciados con el mejor método de enseñanza 100% online: el *Relearning*.

Este método rompe con las técnicas tradicionales de enseñanza para poner al alumno en el centro de la ecuación, proveyéndole del mejor contenido en diferentes formatos. De esta forma, consigue repasar y reiterar los conceptos clave de cada materia y aprender a aplicarlos en un entorno real.

En esta misma línea, y de acuerdo a múltiples investigaciones científicas, la reiteración es la mejor manera de aprender. Por eso, TECH ofrece entre 8 y 16 repeticiones de cada concepto clave dentro de una misma lección, presentada de una manera diferente, con el objetivo de asegurar que el conocimiento sea completamente afianzado durante el proceso de estudio.

*El Relearning te permitirá aprender con menos esfuerzo y más rendimiento, implicándote más en tu especialización, desarrollando el espíritu crítico, la defensa de argumentos y el contraste de opiniones: una ecuación directa al éxito.*



## Un Campus Virtual 100% online con los mejores recursos didácticos

Para aplicar su metodología de forma eficaz, TECH se centra en proveer a los egresados de materiales didácticos en diferentes formatos: textos, vídeos interactivos, ilustraciones y mapas de conocimiento, entre otros. Todos ellos, diseñados por profesores cualificados que centran el trabajo en combinar casos reales con la resolución de situaciones complejas mediante simulación, el estudio de contextos aplicados a cada carrera profesional y el aprendizaje basado en la reiteración, a través de audios, presentaciones, animaciones, imágenes, etc.

Y es que las últimas evidencias científicas en el ámbito de las Neurociencias apuntan a la importancia de tener en cuenta el lugar y el contexto donde se accede a los contenidos antes de iniciar un nuevo aprendizaje. Poder ajustar esas variables de una manera personalizada favorece que las personas puedan recordar y almacenar en el hipocampo los conocimientos para retenerlos a largo plazo. Se trata de un modelo denominado *Neurocognitive context-dependent e-learning* que es aplicado de manera consciente en esta titulación universitaria.

Por otro lado, también en aras de favorecer al máximo el contacto mentor-alumno, se proporciona un amplio abanico de posibilidades de comunicación, tanto en tiempo real como en diferido (mensajería interna, foros de discusión, servicio de atención telefónica, email de contacto con secretaría técnica, chat y videoconferencia).

Asimismo, este completísimo Campus Virtual permitirá que el alumnado de TECH organice sus horarios de estudio de acuerdo con su disponibilidad personal o sus obligaciones laborales. De esa manera tendrá un control global de los contenidos académicos y sus herramientas didácticas, puestas en función de su acelerada actualización profesional.



*La modalidad de estudios online de este programa te permitirá organizar tu tiempo y tu ritmo de aprendizaje, adaptándolo a tus horarios”*

### La eficacia del método se justifica con cuatro logros fundamentales:

1. Los alumnos que siguen este método no solo consiguen la asimilación de conceptos, sino un desarrollo de su capacidad mental, mediante ejercicios de evaluación de situaciones reales y aplicación de conocimientos.
2. El aprendizaje se concreta de una manera sólida en capacidades prácticas que permiten al alumno una mejor integración en el mundo real.
3. Se consigue una asimilación más sencilla y eficiente de las ideas y conceptos, gracias al planteamiento de situaciones que han surgido de la realidad.
4. La sensación de eficiencia del esfuerzo invertido se convierte en un estímulo muy importante para el alumnado, que se traduce en un interés mayor en los aprendizajes y un incremento del tiempo dedicado a trabajar en el curso.

### La metodología universitaria mejor valorada por sus alumnos

Los resultados de este innovador modelo académico son constatables en los niveles de satisfacción global de los egresados de TECH.

La valoración de los estudiantes sobre la calidad docente, calidad de los materiales, estructura del curso y sus objetivos es excelente. No en valde, la institución se convirtió en la universidad mejor valorada por sus alumnos según el índice global score, obteniendo un 4,9 de 5.

*Accede a los contenidos de estudio desde cualquier dispositivo con conexión a Internet (ordenador, tablet, smartphone) gracias a que TECH está al día de la vanguardia tecnológica y pedagógica.*

*Podrás aprender con las ventajas del acceso a entornos simulados de aprendizaje y el planteamiento de aprendizaje por observación, esto es, Learning from an expert.*



Así, en este programa estarán disponibles los mejores materiales educativos, preparados a conciencia:



#### Material de estudio

Todos los contenidos didácticos son creados por los especialistas que van a impartir el curso, específicamente para él, de manera que el desarrollo didáctico sea realmente específico y concreto.

Estos contenidos son aplicados después al formato audiovisual que creará nuestra manera de trabajo online, con las técnicas más novedosas que nos permiten ofrecerte una gran calidad, en cada una de las piezas que pondremos a tu servicio.



#### Prácticas de habilidades y competencias

Realizarás actividades de desarrollo de competencias y habilidades específicas en cada área temática. Prácticas y dinámicas para adquirir y desarrollar las destrezas y habilidades que un especialista precisa desarrollar en el marco de la globalización que vivimos.



#### Resúmenes interactivos

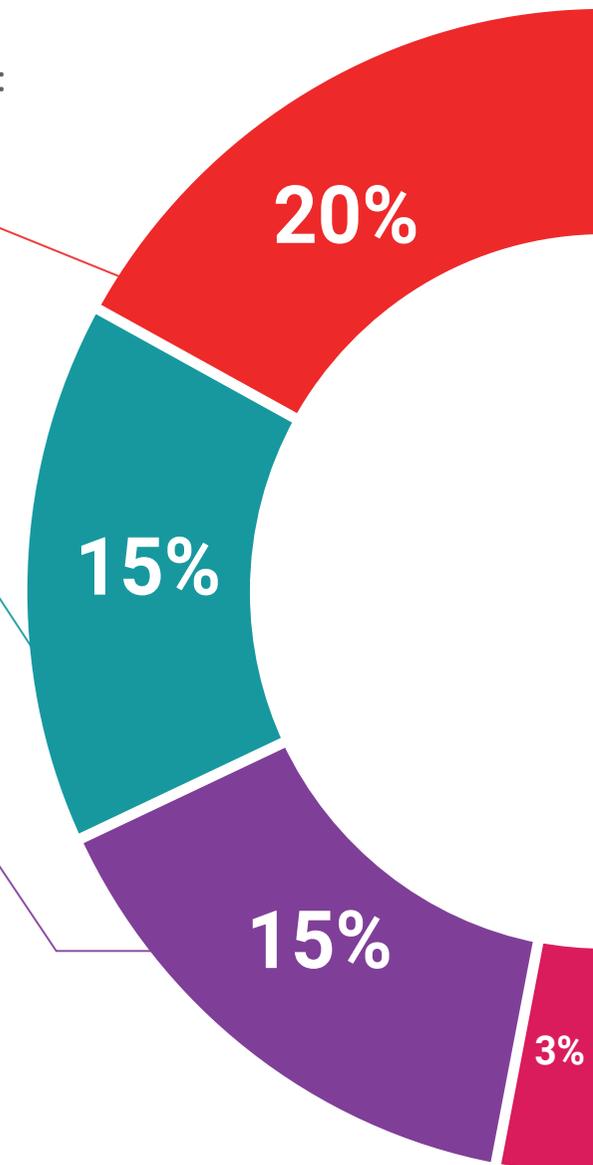
Presentamos los contenidos de manera atractiva y dinámica en píldoras multimedia que incluyen audio, vídeos, imágenes, esquemas y mapas conceptuales con el fin de afianzar el conocimiento.

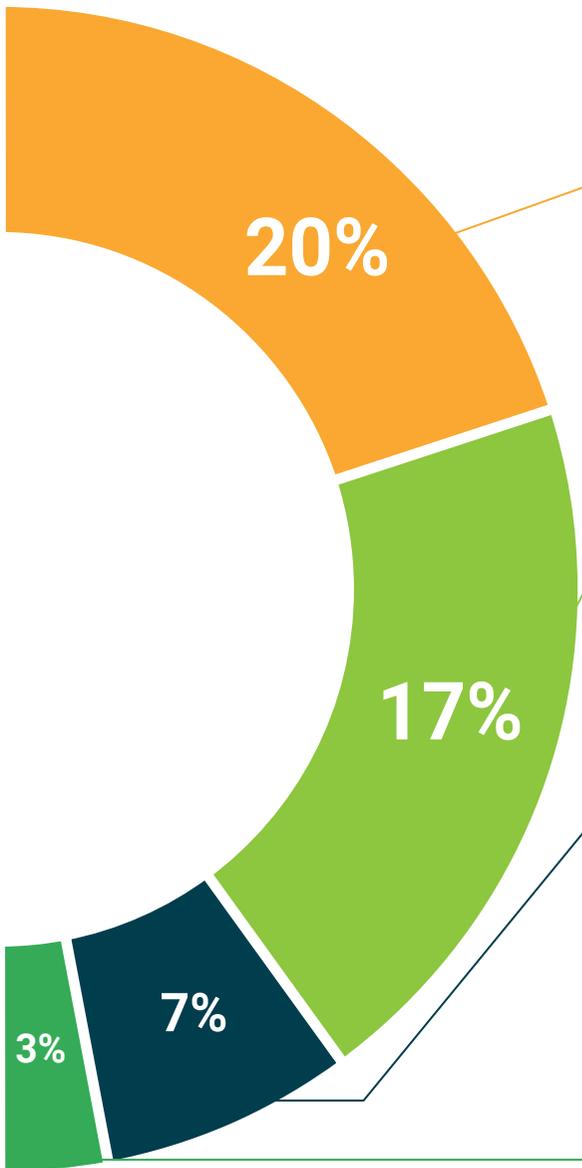
Este sistema exclusivo educativo para la presentación de contenidos multimedia fue premiado por Microsoft como "Caso de éxito en Europa".



#### Lecturas complementarias

Artículos recientes, documentos de consenso, guías internacionales... En nuestra biblioteca virtual tendrás acceso a todo lo que necesitas para completar tu capacitación.





**Case Studies**

Completarás una selección de los mejores *case studies* de la materia. Casos presentados, analizados y tutorizados por los mejores especialistas del panorama internacional.



**Testing & Retesting**

Evaluamos y reevaluamos periódicamente tu conocimiento a lo largo del programa. Lo hacemos sobre 3 de los 4 niveles de la Pirámide de Miller.



**Clases magistrales**

Existe evidencia científica sobre la utilidad de la observación de terceros expertos. El denominado *Learning from an expert* afianza el conocimiento y el recuerdo, y genera seguridad en nuestras futuras decisiones difíciles.



**Guías rápidas de actuación**

TECH ofrece los contenidos más relevantes del curso en forma de fichas o guías rápidas de actuación. Una manera sintética, práctica y eficaz de ayudar al estudiante a progresar en su aprendizaje.



08

# Cuadro docente

Los profesionales que imparten este programa de TECH son verdaderos referentes en el campo de la Física Cuántica. Estos expertos acumulan logros investigativos y son frecuentemente citados en publicaciones académicas por científicos de la comunidad internacional. A través de sus experiencias prácticas y conocimientos teóricos más actualizados, los miembros de este cuadro docente han conformado un programa exhaustivo, idóneo para los físicos que busquen poner al día sus competencias. Así, gracias a la guía más personalizada de este claustro, los egresados alcanzan una elevadísima especialización.



A Newton's cradle with several silver spheres hanging from thin wires. The background is split diagonally from the top right, with a dark brown upper section and a white lower section. The spheres are in sharp focus in the foreground and become increasingly blurred as they recede into the background.

“

*Completarás este programa exclusivo de la mano de expertos exhaustivamente preparados en las innovaciones de la Física Cuántica”*

## Director Invitado Internacional

El Doctor Philipp Kammerlander es experimentado experto de la Física Cuántica, con elevado prestigio entre los miembros de la comunidad académica internacional. Desde su incorporación al Quantum Center de Zúrich como *Public Program Officer*, ha jugado un papel crucial en la creación de **redes colaborativas** entre instituciones dedicadas a la ciencia y la tecnología cuántica. A partir de sus constatados resultados, ha asumido el rol de **Director Ejecutivo** de esa propia institución.

Específicamente desde esa labor profesional, el experto se ha desempeñado en la coordinación de diversas actividades como **talleres** y **conferencias**, colaborado con varios departamentos del Instituto Federal de Tecnología de Zúrich (ETH por sus siglas en inglés). También, sus acciones han sido decisivas para la **obtención de fondos** y en la creación de estructuras internas más sostenibles que ayuden al rápido desarrollo de funciones del centro al que representa.

Además, aborda conceptos innovadores como la **teoría de la información cuántica** y sobre su **procesamiento**. Sobre estas temáticas ha diseñado programas de estudio y liderado su desarrollo frente a más de 200 estudiantes. Gracias a su excelencia en estos ámbitos, cuenta con distinciones notables como el **Premio Golden Owl** y el **VMP Assistant Award** que destacan su compromiso y habilidad en la enseñanza.

Además de su trabajo en el Quantum Center y ETH Zurich, este investigador tiene una amplia experiencia en la industria tecnológica. Ha ejercido como **ingeniero de software freelance**, diseñando y probando **aplicaciones de análisis empresarial** basado en el estándar ACTUS para **contratos inteligentes**. También ha sido consultor en abaQon AG. Su trayectoria diversa y sus logros significativos en la academia y la industria subrayan su versatilidad y dedicación a la innovación y la educación en el campo de la ciencia cuántica.



## Dr. Kammerlander, Philipp

---

- Director Ejecutivo del Quantum Center de Zúrich, Suiza
- Catedrático del Instituto Federal de Tecnología de Zúrich, Suiza
- Gestor de programas públicos entre diferentes instituciones suizas
- Ingeniero de Software Freelance en Ariadne Business Analytics AG
- Consultor de la empresa abaQon AG
- Doctor en Física Teórica y Teoría Cuántica de la Información en el ETH de Zúrich
- Máster en Física en el ETH de Zúrich

“

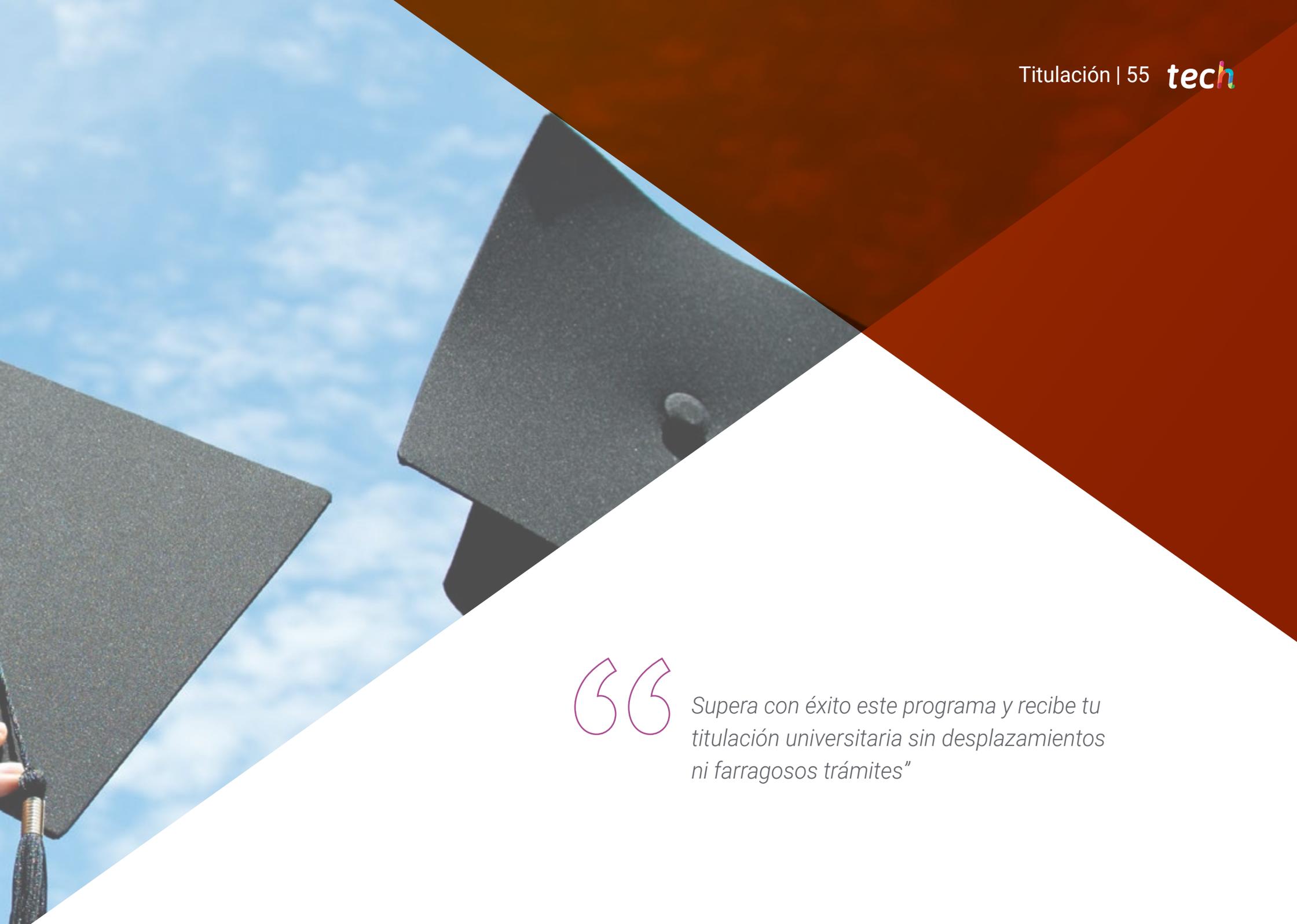
*Gracias a TECH podrás aprender con los mejores profesionales del mundo”*

09

# Titulación

El Máster Título Propio en Física Cuántica garantiza, además de la capacitación más rigurosa y actualizada, el acceso a un título de Máster Propio expedido por TECH Global University.





“

*Supera con éxito este programa y recibe tu titulación universitaria sin desplazamientos ni farragosos trámites”*

Este programa te permitirá obtener el título propio de **Máster en Física Cuántica** avalado por **TECH Global University**, la mayor Universidad digital del mundo.

**TECH Global University**, es una Universidad Oficial Europea reconocida públicamente por el Gobierno de Andorra (*boletín oficial*). Andorra forma parte del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) desde 2003. El EEES es una iniciativa promovida por la Unión Europea que tiene como objetivo organizar el marco formativo internacional y armonizar los sistemas de educación superior de los países miembros de este espacio. El proyecto promueve unos valores comunes, la implementación de herramientas conjuntas y fortaleciendo sus mecanismos de garantía de calidad para potenciar la colaboración y movilidad entre estudiantes, investigadores y académicos.

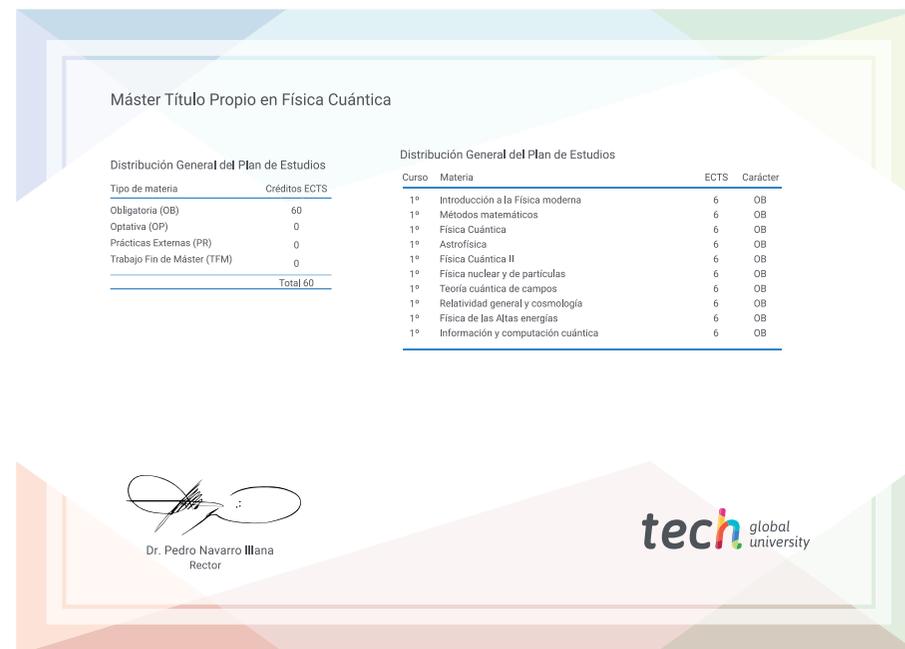
Este título propio de **TECH Global University**, es un programa europeo de formación continua y actualización profesional que garantiza la adquisición de las competencias en su área de conocimiento, confiriendo un alto valor curricular al estudiante que supere el programa.

Título: **Máster Título Propio en Física Cuántica**

Modalidad: **online**

Duración: **12 meses**

Acreditación: **60 ECTS**



\*Apostilla de La Haya. En caso de que el alumno solicite que su título en papel recabe la Apostilla de La Haya, TECH Global University realizará las gestiones oportunas para su obtención, con un coste adicional.

salud futuro  
confianza personas  
educación información tutores  
garantía acreditación enseñanza  
instituciones tecnología aprendizaje  
comunidad compromiso  
atención personalizada innovación  
conocimiento presente calidad  
desarrollo web formación  
aula virtual idiomas



## Máster Título Propio Física Cuántica

- » Modalidad: online
- » Duración: 12 meses
- » Titulación: TECH Global University
- » Acreditación: 60 ECTS
- » Horario: a tu ritmo
- » Exámenes: online

# Máster Título Propio

## Física Cuántica