ESTUDIAR EN FRANCIA

LA INVESTIGACIÓN EN FÍSICA

La física viene de la palabra griega de "la naturaleza". Es etimológicamente la "ciencia de la naturaleza". El matemático, físico y filósofo francés René Descartes designaba a la física como el conocimiento de la naturaleza que corresponde entonces a las ciencias naturales o incluso a la filosofía natural. El significado antiguo de la física reunía a la actual física, la química y las ciencias naturales. Su significado es hoy en día más restringido ya que describe de manera cuantitativa y conceptual los componentes fundamentales del universo, las fuerzas que se ejercen y sus efectos, Es cuantitativa para la medición de los componentes del universo y conceptual para fundar teorías sobre los efectos de las fuerzas que actúan, la investigación en física desarrolla teorías utilizando la herramienta de las matemáticas para describir y preveer la evolución de los sistemas.

Desde **René Descartes** (1596-1650), **Blaise Pascal** (1623-1662), André Ampère (1775-1836) y **Sadi Carnot** (1796-1832), la física es, junto con las matemáticas, uno de los principales campos de excelencia de la investigación francesa. Muestra de ello son una docena de premios Nobel contemporáneos otorgados a físicos franceses ilustres : **Antoine Henri Becquerel**, **Pierre** y **Marie Curie**, **Louis de Broglie**, **Alfred Kastler**, **Pierre Gilles de Gennes**, **Georges Charpak**, **Claude Cohen-Tannoudji**, **Albert Fert**, **Serge Haroche** y en 2018 **Gérard Mourou** por sus investigaciones llevadas a cabo con Donna Strickland (Canadá).

DE LA FÍSICA FUNDAMENTAL A LA FÍSICA APLICADA

Los investigadores se especializan en física teórica (física cuántica, termodinámica y física estadística, electromagnetismo) o en física experimental (comportamiento de materiales, electrónica y componentes, fluidos y caudales) con otros campos de aplicaciones (energía y medio ambiente, biología física del sólido, informática aplicada).

UNA INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINARIA

Pese a que la materia viva esté generalmente excluida del campo de la física, la biología y la física tienen aplicaciones en común. La biofísica aplica los principios y los procedimientos de la física al análisis de las estructuras y de los mecanismos de la materia viva. La física interviene también en métodos de medición del análisis químico. Estos métodos fisicoquímicos instrumentales permiten realizar progresos significativos en química analítica del medio líquido. Los lazos entre la física y las ciencias de la Tierra y del espacio se desarrollan en la astrofísica. Se distinguían antes aplicaciones de la física en la mecánica, la electricidad, la óptica, etc., mientras que la física moderna se refiere a criterios fenomenológicos : la física de partículas, la física nuclear, la física atómica y molecular, la física de los medios condensados (sólidos y líquidos), la física de los plasmas, etc. La experimentación es hoy en día desarrollada para la investigación sobre estructuras tales como los aceleradores para el estudio de partículas y de núcleos, los reactores de neutrones para el estudio de las estructuras de las fases condensadas,...

LA EXPERIMENTACIÓN SOBRE LA MATERIA EN CONDICIONES EXTREMAS

La investigación francesa en física gira en torno al estudio de los diferentes componentes, materiales y medios : componentes elementales, física teórica, plasmas calientes ; medios densos, materiales y componentes ; medios diluidos y óptica fundamental ; física y ciencia de materiales. Otra tendencia de la física experimental contemporánea es la que conduce a las investigaciones sobre la materia colocada en condiciones extremas : muy altas o muy bajas temperaturas, muy fuertes o muy bajas presiones, campos magnéticos o eléctricos muy intensos, condiciones que revelan nuevas propiedades. El ejemplo más a menudo citado para ilustrar este proceso científico es el del fenómeno de la superconductividad cuya levitación magnética es la manifestación más espectacular.

EL ROL MAYOR DE LA FÍSICA FRANCESA EN LAS **INFRAESTRUCTURAS DE INVESTIGACIÓN MUY GRANDES** (TGRI)

Aeronáutica

- **Grandes túneles de viento** para la aeronáutica y el campo espacial, condiciones aerodinámicas para ensayar los motores de avión : http://windtunnel.onera.fr
- **Servicio de Aviones Franceses Instrumentados para la Investigación en Medio ambiente** (SAFIRE), estudio físico y químico de la atmósfera : www.safire.fr

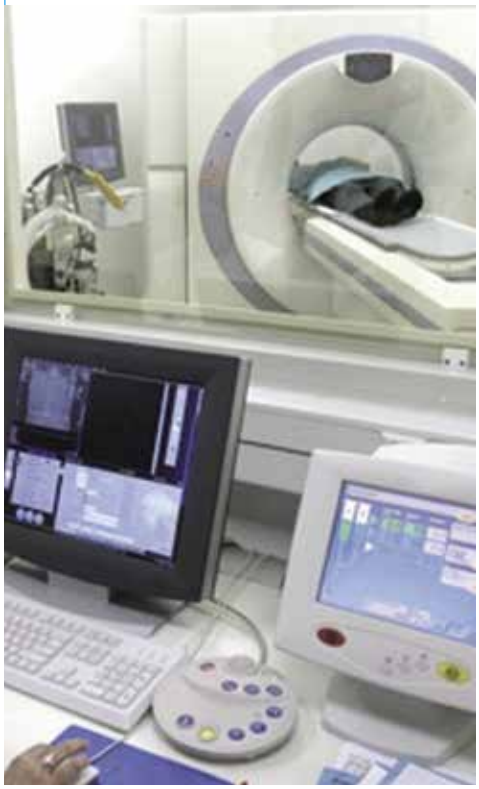
Astrofísica

- **ANTARES**, telescopio de neutrinos : http://antares.in2p3.fr
- **Atacama Large Millimeter/Submillimiter Array (ESO ALMA)**, observatorio astronómico (interferómetro radiomilimétrico / submilimétrico) instalado en Chile : www.eso.org/sci/facilities/alma/
- **Cerenkov Telescope Array** (CTA), proyecto de observatorio de rayos gama de ultra alta energía : www.cta-observatory.org
- **CONCORDIA,** estación internacional en la plataforma continental antártica para estudios fisicoquímicos sobre la atmósfera: www.institut-polaire.fr/ipev/infrastructures/les-bases/concordia/
- **European Extremely Large Telescope** (ESO E-ELT): proyecto del telescopio más grande del mundo (cerca de 40 metros de diámetro) en el campo de la observación en luz visible e infrarroja : www.eso.org/public/teles-instr/e-elt
- **European Southern Observatory** (ESO), principal organización europea en el campo de la astrofísica para programas científicos variados de la planetología a la cosmología www.eso.org/public/france
- **Flotte océanographique française** :
  - Flota Ifremer : http://flotte.ifremer.fr
  - Instituto Nacional de Ciencias del Universo (INSU)-CNRS : www.insu.cnrs.fr
  - Instrumentación, medios analíticos, observatorios en geofísica y Oceanografía (IMAGO) – IRD Centro de Bretaña : www.brest.ird.fr/us191/flotte/flotte.htm
  - Instituto polar francés Paul-Émile Victor (IPEV) : www.institut-polaire.fr/ipev/infrastructures
- **GODAE - MERCATOR**, sistema software de previsión oceanográfica : www.mercator-ocean.fr
- **High Energy Stereoscopic System** (HESS fases I y II), telescopio Cerenkov estereoscópico y proyecto internacional de un observatorio de rayos gama a muy alta energía : www.mpi-hd.mpg.de/hfm/HESS/HESS.html Equipo francés : http://lpnhess.in2p3.fr/~hess/
- **Instituto de RadioAstronomía Milimétrica** (IRAM) : Francia-Alemania-España, dos observatorios en el campo de las longitudes de onda milimétrica y submilimétricas (de 0,8 a 3,4 mm, es decir 70 a 350 Ghz) en el Pico Veleta cerca de Granada (España) y en la meseta de Bure en Hautes-Alpes (Francia): www.iram-institute.org
- **Instrumentación para los grandes telescopios de ESO** (INSTRUM ESO), Matisse recombina los 4 telescopios en IR medio y Gravity de una precisión astrométrica de 10 microsegundos de arco en los objetos débiles : www.eso.org
- **Large Synoptic Survey Telescope** (LSST): gran telescopio en construcción en Chile desde 2014, programa de observación en 202, cámara de 3,2 millones de pixeles, superficie equivalente a 40 veces la luna llena, cartografía del conjunto del cielo en 10 años : http://lsst.in2p3.fr
- **La Silla & Paranal Observatory** (ESO LSP): telescopio de 3,60 m dedicado a los exoplanetas, red de cuatro telescopios de 8 m de diámetro combinable : https://www.eso.org/sci/facilities/lpo.html

Física nuclear y energías

- **CLIC**, Colisionador Lineal Compacto : www.linearcollider.org
- **European Consortium for the Development of Fusion Energy:** https://www.euro-fusion.org
- **European Spallation Source** (ESS), fuente europea de neutrones : https://europeanspallationsource.se
- **Facility for Antiproton and Ion Research** (FAIR), proyecto internacional de un acelerador de iones pesados, de protones y de antiprotones : www.fair-center.eu
- **Gran acelerador nacional de iones pesados** (GANIL), infraestructura francesa CEA-CNRS en funcionamiento desde 1983 para la producción y la aceleración de iones radioactivos : www.ganil-spiral2.eu

- **Infraestructuras de investigación – Resonancia Magnética Nuclear, Muy Altos Campos (IR-RMN)**, red de instalaciones de resonancia magnética nuclear a muy altos campos Gif-sur-Yvette, Grenoble, Lille, Lyon et Orléans : www.ir-rmn.fr
- **Observatorio Europeo Gravitacional - VIRGO** (EGO-VIRGO), consorcio francoitaliano que gestiona el interferómetro gigante VIRGO destinado a observar ondas gravitacionales : www.ego-gw.it
- **Organización Europea para la Investigación Nuclear** - Gran Colisionador Hadrónico (CERN-LHC), infraestructura mundial más importante en el campo de la investigación en física de partículas : www.lhc-france.fr
- **Petawatt Aquitaine Laser** (PETAL), proyecto francés en Aquitania de un láser intenso coordinado por el Instituto Láser-Plasma (ILP) : http://petal.aquitaine.fr
- **PRACE**, centro de cálculo europeo de nivel muy avanzado : www.prace-project.eu
- **Reactor Termonuclear Experimental Internacional** (ITER), equipo de investigación en fusión nuclear controlada (puesta en servicio del reactor en 2018) : www.iter.org/fr
- **Fuente Optimizada de Luz de Energía Intermediaria del LURE** (SOLEIL), sincrotón francés en Saclay : www.synchrotron-soleil.fr
- **Sistema de producción de iones radioactivos acelerados en línea** (SPIRAL 2), infraestructura en construcción para la producción y la aceleración de iones radioactivos : www.ganil-spiral2.eu/science/accelerateurs/spiral
- **Tore Supra**, bobinas magnéticas superconductoras : www-fusion-magnetique.cea.fr/cea/ts/ts.htm



EL CERN, LA ORGANIZACIÓN EUROPEA PARA LA INVESTIGACIÓN NUCLEAR

http://home.cern

El CERN, fundado en 1954, es uno de los más grandes y más prestigiosos laboratorios científicos del mundo. Tiene por vocación la física fundamental, el descubrimiento de los componentes y de las leyes del Universo. Utiliza instrumentos científicos muy complejos para sondear los componentes últimos de la materia : las partículas fundamentales. Los instrumentos utilizados por el CERN son aceleradores, colisionadores y detectores de partículas. Francia es uno de los doce miembros fundadores del CERN que cuenta hoy en día con 24 Estados miembros. Científicos de unos 600 institutos y universidades del mundo entero utilizan las instalaciones del CERN situadas de un lado y otro de la frontera francosuiza cerca de Ginebra. 5 premios Nobel han sido otorgados a físicos del CERN, entre los cuales el francés Georges Charpak..

LOS PRINCIPALES CAMPOS DE APLICACIÓN DE **LA FÍSICA**

La investigación en física está repartida en diferentes campos en donde constituye un campo disciplinario por entero.

- la Astrofísica que cubre la cosmología, la planetología, la geofísica, la oceanografía física, la física de los plasmas y las astropartículas ;
- la Física cuántica que reúne la física atómica, la física molecular, la investigación sobre la óptica y la fotónica ;
- la Física de partículas con la investigación sobre la física nuclear y el acelerador de particulas ;
- la Física de la materia condesada que abarca un conjunto de disciplinas : física del sólido, ciencia de los materiales, física de los polímeros, materia blanda, física mesoscópica y sistemas desordenados.

ENLACES ÚTILES

- Allistene, Alianza de las ciencias y tecnologías de lo digital : **www.allistene.fr**
- ANDèS, Asociación Nacional de Doctores de Ciencias : **www.andes.asso.fr**
- ANR, Agencia Nacional de Investigación : **www.agence-nationale-recherche.fr**
- ANRT, Agencia Nacional de Investigación y Tecnología : **www.anrt.asso.fr**
- CIFRE, Convenios Industriales de Formación mediante la Investigación : **www.anrt.asso.fr >CIFRE**
- CNRS, Centro Nacional de Investigación Científica : **www.cnrs.fr**
- EURAXESS, movilidad de investigadores en Europa : **http://ec.europa.eu/euraxess/index_en.cfm**
- Fundación Alfred Kastler (acogida de investigadores extranjeros en Francia) : **www.fnak.fr**
- La física en el liceo, expediente del CNRS : **www.cnrs.fr/cnrs-images/physiqueaulycee/**
- Ministerio de Educación superior, Investigación e Innovación : **www.enseignementsup-recherche.gouv.fr**
- Reflejos de la física, revista de la Sociedad Francesa de Física : **www.refletsdelaphysique.fr**
- Sociedad Francesa de Física (SFP), desde 1873 : **www.sfpnet.fr**

14 PREMIOS NOBEL ATRIBUIDOS A FÍSICOS FRANCESES

El premio Nobel recompensa a figuras científicas destacadas en el campo de la física desde 1901. Con **PIERRE** y **MARIE CURIE**, premios Nobel de física de 1903 por sus investigaciones sobre el fenómeno de las radiaciones descubierto por el profesor **HENRI BECQUEREL**, son en total 14 premios Nobel, entre los cuales 4 en los 25 últimos años que han sido otorgados a físicos franceses.

■ **PIERRE-GILLES DE GENNES** (1932-2007) egresado de la Escuela Normal Superior de París en 1955, fue ingeniero de investigación en el Comisariado de la energía atómica (CEA), luego profesor de la Facultad de Orsay y en el Collège de France, Director de la Escuela superior de física y de química industriales de la Ciudad de París e investigador en el Institut Curie. En 1991 fue recompensado con el premio Nobel de física por sus trabajos sobre los cristales líquidos.

■ **GEORGES CHARPAK** (1924-2010) está vinculado a La Escuela superior de física y de química industriales de la Ciudad de París y al CERN, la Organización europea de investigación nuclear, cuando ganó el premio Nobel de física de 1992 por el invento y el desarrollo de detectores de partículas (cámara proporcional multifilar).

■ **CLAUDE COHEN-TANNOUDJI** fue nombrado en 1973 profesor titular de la cátedra de física atómica y molecular en el Collège de France en donde enseñó hasta el año 2004. Recibió la medalla de oro del CNRS en 1996. Al ser investigador en el laboratorio Kastler-Brossel de la Escuela Normal Superior de París, fue co-ganador del premio Nobel de física de 1997 por el desarrollo de métodos para enfriar y confinar átomos con la luz láser.

■ **ALBERT FERT**, especialista de la física de la materia condensada es profesor emérito en la Universidad Paris-Sud 11 y director científico en la unidad mixta de investigación CNRS-Thalès. Es co-ganador con el Alemán Peter Grünberg del premio Nobel de física de 2007 por el descubrimiento de la magnetorresistencia gigante.

■ **SERGE HAROCHE** cursó sus estudios en la Escuela normal superior, Profesor de conferencias en l´École Polytechnique, profesor en la universidad Pierre-et-Marie Curie e investigador en el CNRS (medalla de oro en 2009). Enseñó simultáneamente durante nueve años en la universidad de Yale, dirigió en la ENS el departamento de física de 1994 a 2000 y fue nombrado profesor en el Collège de France en 2001. Recibió el premio Nobel de física en 2012 por sus investigaciones llevadas a cabo en el Laboratorio Kastler Brossel (ENS-UMPC), con el Norteamericano David Wineland (NIST, National Institut of Standards, Boulder, Colorado) por sus trabajos en física cuántica que han permitido medir y manipular sistemas cuánticos individuales, fotones y iones.

■ **GERARD MOUROU**, premio Nobel de Física 2018, comparte su premio con el Norteamericano Arthur Askin y la Canadiense Donna Strickland por sus trabajos sobre los láseres. Gérard Mourou es profesor emérito en l´École Polytechnique. Dirigió de 2005 a 2009 el laboratorio de óptica aplicada, al cabo de 30 años de carrera y de investigación en los Estados Unidos en la Universidad de Michigan. Se encuentra en el origen del proyecto *Extreme Light Infrastructure* que permitirá dotar a Europa de grandes instalaciones de láser intenso en Rumania, Hungría y República Checa.

EL PORTAL DE LA INVESTIGACIÓN **EN FRANCIA**

WWW.CAMPUSFRANCE.ORG>INVESTIGADORES

UN PUNTO DE ACCESO ÚNICO DE INFORMACIÓN **EN LÍNEA PARA ENCONTRAR** UN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

◆ CONOCER MEJOR LA INVESTIGACIÓN FRANCESA

> Comprender el funcionamiento del Doctorado en Francia
> Saber cómo inscribirse en Doctorado y cómo financiar su proyecto de tesis
> Presentar su candidatura a los programas de investigación internacionales (*Alianzas Hubert Curien, Make Our Planet Great Again*)

◆ UN ANUARIO DE LAS ESCUELAS DOCTORALES

Punto de entrada para una inscripción en Doctorado, las 265 Escuelas Doctorales organizan y supervisan la formación doctoral.

> Una búsqueda por palabras clave, regiones y disciplinas
> Toda la información sobre la Escuela Doctoral: ejes de investigación, criterios y contactos para la admisión, dispositivos de recibimiento, temas propuestos, financiamientos actuales, dimensión internacional, contactos de los laboratorios de investigación asociados
> Un acceso a las ofertas de tesis propuestas por cada Escuela Doctoral.

15 escuelas doctorales en Física, a encontrar en este enlace : https://doctorat.campusfrance.org elegir disciplina "Física"

◆ UNA PLATAFORMA DE LAS OFERTAS DE TESIS, PRÁCTICAS EN LABORATORIO, POST-DOC

> Las ofertas financiadas por medio de un contrato doctoral, los Doctorados en empresa CIFRE, las ofertas específicas de los programas financiados por gobiernos extranjeros.
> Las ofertas de práctica en laboratorio con el fin de confrontarse con el mundo de la investigación.
> Las ofertas de post-doctorado para trabajar en laboratorios franceses.
> El dispositivo de financiamiento detallado, para cada oferta de investigación (tesis, post-doc, prácticas).

Más de 60 ofertas publicadas en Física cada año.
Ver https://doctorat.campusfrance.org/phd/offers
y luego elegir "Física" en Campo y Disciplinas.

Diciembre 2019

CAMPUS FRANCE
campusfrance.org