

Astroteilchenphysik

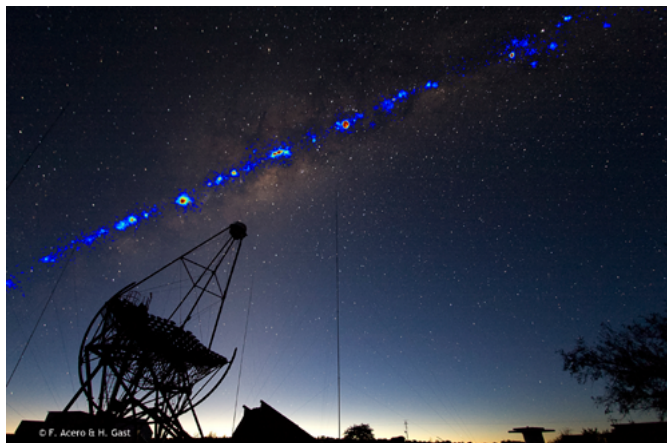
Direktoren: Prof. Dr. Werner Hofmann,
Prof. Dr. Manfred Lindner

Wie funktionieren kosmische Beschleuniger? Welche kosmischen Objekte sind Quellen hochenergetischer Gammastrahlung? Warum besteht das Universum aus Materie und nicht aus Antimaterie?

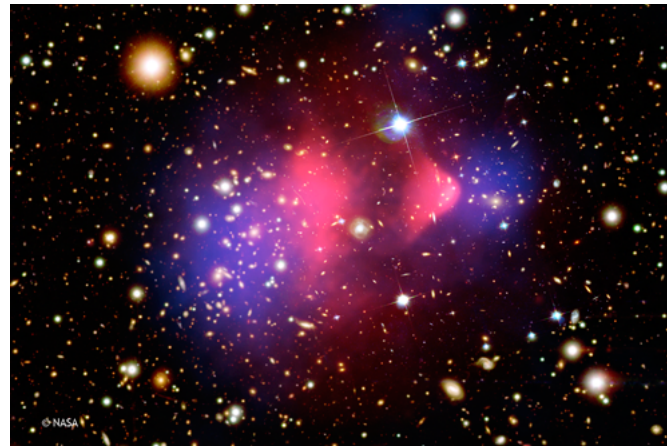
Die Hochenergie-Astrophysik am MPIK befasst sich mit der Beobachtung hochenergetischer Photonen – sogenannter Gammastrahlung – aus dem Kosmos mit dem H.E.S.S.-Teleskopsystem in Namibia. Mit dieser Gammastrahlung können kosmische Teilchenbeschleuniger aufgespürt und untersucht werden. Der Standort auf der Südhalbkugel ermöglicht dabei einen direkten Blick auf das besonders interessante Zentrum der Milchstraße. Die Beobachtungen mit H.E.S.S. zeigen erstmals, dass es in unserer Galaxis zahlreiche Quellen solch hochenergetischer Strahlung gibt und öffnen damit ein neues Fenster auf das Universum.

Eng damit verbunden sind theoretische Arbeiten zur Funktionsweise kosmischer Beschleuniger und zur Erzeugung der Gammastrahlen in Kollisionen der beschleunigten Elementarteilchen mit interstellarer Materie.

Weitere astrophysikalische Arbeiten befassen sich mit Beobachtungen des interstellaren Staubs im fernen Infrarotlicht.



Gammastrahlenquellen entlang der Milchstraße.



Gravitationslinsen zeigen die Anwesenheit Dunkler Materie.

Der Ursprung der Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie wird von Forschern des MPIK im Rahmen des LHCb-Experiments am Large Hadron Collider des CERN in Genf untersucht. Die Eigenschaften von Antimaterie werden mit Präzisionsexperimenten in Fallen ermittelt.

Woraus besteht Dunkle Materie und wie kann man sie finden? Sind Neutrinos ihre eigenen Antiteilchen? Wie groß ist ihre Masse und wie wandeln sie sich ineinander um?

Die theoretischen Arbeiten zur Teilchen- und Astroteilchenphysik betreffen phänomenologische Fragen zur Neutrino-physik, zur Natur von Dunkler Materie und Dunkler Energie und deren kosmologische Auswirkungen, z.B. direkt nach dem Urknall. Die Verbindung von Ergebnissen der Neutrino-physik, der Astroteilchenphysik und von Beschleunigerexperimenten liefert direkte und indirekte Hinweise auf eine neue Physik jenseits des Standardmodells der Teilchenphysik. Ziel ist ein tieferes Verständnis der fundamentalen Naturgesetze.

Mit dem XENON-Experiment sind Forscher des MPIK an der Suche nach WIMPs, den vermuteten Teilchen der Dunklen Materie, beteiligt. Weiterhin wirken sie an drei internationalen Großexperimenten der Neutrino-physik mit. Der Sonnenneutrino-Detektor Borexino blickt vom Gran-Sasso-Untergrundlabor in Italien live in das Sonneninnere. GERDA hat 2011 mit der Suche nach dem neutrinolosen Doppelbetazerfall in Germaniumkristallen begonnen. Das Neutrino-Oszillationsexperiment Double Chooz nutzt Neutrinos aus Kernreaktoren in Frankreich, um den periodischen Wechsel zwischen den drei Neutrino-Arten zu erforschen.

Max-Planck-Institut für Kernphysik

Hausanschrift:
Saupfercheckweg 1
69117 Heidelberg

Postanschrift:
Postfach 103980
69029 Heidelberg

Tel: 06221 5160
Fax: 06221 516601

E-Mail: info@mpi-hd.mpg.de
Internet: <http://www.mpi-hd.mpg.de>

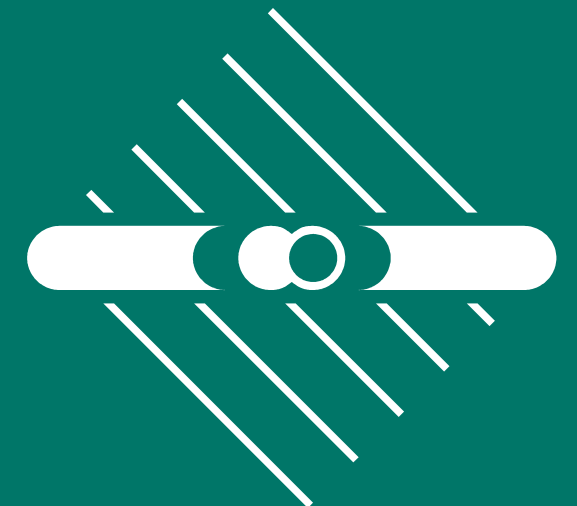


MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

Max-Planck-Institut für Kernphysik

Forschungs- schwerpunkte

Quantendynamik Astroteilchenphysik



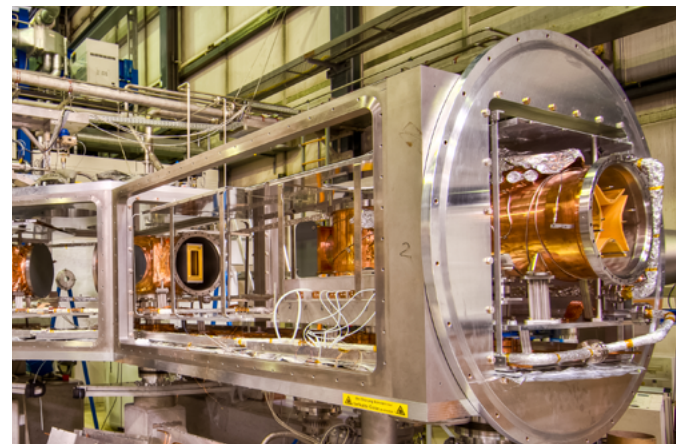
Quantendynamik

Direktoren: Prof. Dr. Klaus Blaum,
Prof. Dr. Christoph H. Keitel,
Prof. Dr. Joachim Ullrich

Was können wir aus der exakten Masse von Kernen lernen? Welchen Einfluss hat die Struktur des Vakuums? Welche Eigenschaften haben hochgeladene Ionen?

Antworten auf diese und weitere Fragen sucht die Forschung am MPIK im Bereich der Quantendynamik. Im Mikrokosmos, der Welt der Elementarteilchen, Atome und Moleküle, gelten die Gesetze der Quantentheorie mit ihren faszinierenden Effekten.

Das MPIK entwickelt und betreibt Apparaturen zur Erzeugung und Speicherung von Ionen – elektrisch geladenen Atomen oder Molekülen: die Beschleuniger, den Schwerionenspeicherring (TSR), Elektronenstrahl-Ionenfallen (EBIT) und Präzisions-Penningfallen. Darin lassen sich an gefangenen, zum Teil hochgeladenen Ionen fundamentale Eigenschaften sehr genau bestimmen. Hochgeladene Ionen werden im Universum an vielen Orten mit extrem hohen Temperaturen spektroskopisch beobachtet. Extrem präzise Messungen der Massen von einzelnen Atomkernen, auch wenn sie schon nach kurzer Zeit zerfallen, lassen uns verstehen, wie sich schwere Elemente im Universum gebildet haben, beleuchten die Frage nach der Häufigkeit der Elemente und dienen nicht

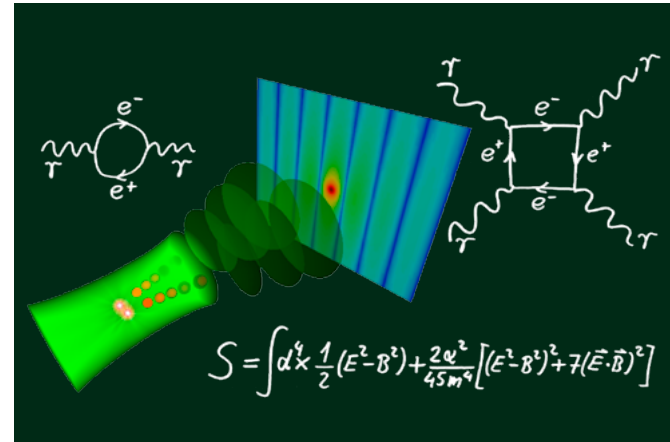


Ionenoptik und thermische Schilde im ultrakalten Speicherring.

zuletzt der Bestimmung von Naturkonstanten und der Überprüfung des Standardmodells der Teilchenphysik.

Derzeit wird ein neuer, weltweit einzigartiger, kryogener Speicherring (CSR) aufgebaut, der bei einer Temperatur von wenigen Grad über dem absoluten Nullpunkt betrieben wird und damit erstmals auf der Erde Bedingungen realisiert, wie sie zum Beispiel in interstellaren Wolken herrschen. Hier werden organische Moleküle beobachtet, und man möchte verstehen, wie sich diese in den Weiten des Weltraums bilden können.

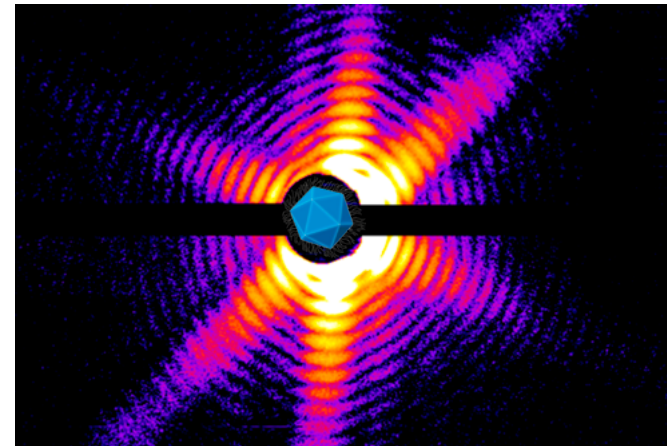
Wie wechselwirkt Materie mit intensivem Laserlicht? Was bedeutet nukleare Quantenoptik? Wie wirken sehr starke Felder auf das Vakuum?



Ein materieloser Doppelspalt: Licht wird an Licht gestreut.

Einen Schwerpunkt der theoretischen Quantendynamik bilden Rechnungen zur Wechselwirkung von Atomen oder Molekülen mit hochintensiven Laserfeldern. Teilchen werden dabei so schnell, dass die Effekte der Einsteinschen Relativitätstheorie eine wichtige Rolle spielen. Mit extrem starken Lasern lassen sich Ionen beschleunigen und es können sogar kernphysikalische Prozesse ablaufen.

Außerdem stellt sich das Vakuum als nicht leer heraus. Sehr starke Felder polarisieren das Vakuum und verändern seine optischen Eigenschaften oder ionisieren es sogar, so dass neue Teilchen entstehen. Die „Struktur des Vakuums“ wird im Rahmen der Quantenelektrodynamik beschrieben, und deren Vorhersagen werden am MPIK mit höchster Präzision in Ionenfallen, wie der EBIT oder Penningfallen, überprüft.



FEL-Röntgenbeugungsbild eines Mimivirus und seine Struktur.

Was passiert bei Kollisionen von Atomen oder Molekülen? Wie entstehen Moleküle im Weltraum? Wie können Molekülreaktionen beobachtet und gesteuert werden?

Mit Reaktionsmikroskopen, die am MPIK entwickelt wurden, lässt sich beobachten, wie Moleküle schwingen, rotieren, ja sogar wie sie sich während einer chemischen Reaktion bewegen. Dies geschieht innerhalb weniger Femtosekunden: dem Millionstel einer Milliardstel Sekunde. Solch kurze Lichtblitze stehen in den Laserlaboren am MPIK zur Verfügung. Experimente mit ultrakurzen Röntgen-Lichtblitzen werden am FLASH des DESY in Hamburg und am LCLS in Stanford durchgeführt, den ersten Freie-Elektronen-Lasern weltweit. Noch kürzere Pulszeiten, mit denen sich auch die Bewegung von Elektronen in sogenannten Pump-Probe-Experimenten verfolgen lässt, werden mit speziellen nichtlinearen optischen Methoden oder beim Beschuss von Atomen oder Molekülen mit schnellen geladenen Teilchen z. B. an den Beschleunigeranlagen der GSI in Darmstadt erzielt.

Zentrale Einrichtungen

Die zentralen Einrichtungen am MPIK sind tragende Säulen einer erfolgreichen wissenschaftlichen Arbeit: Feinmechanik- und Elektronik-Werkstätten, Konstruktionsbüro und Medientechnik, IT-Netzwerk, Strahlenschutz, Sicherheit und Umwelt, Bibliothek, Öffentlichkeitsarbeit sowie Verwaltung und Haustechnik. Das Institut betreibt eigene Lehrwerkstätten für Feinmechanik und Elektronik.

Das Institut

Überblick

Das Max-Planck-Institut für Kernphysik (MPIK) ist eines von 80 Instituten und Forschungseinrichtungen der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V., die 1948 in Nachfolge der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft gegründet wurde und der Grundlagenforschung verpflichtet ist.

Das MPIK wurde 1958 unter der Leitung von Wolfgang Gentner gegründet. Es ging aus dem von Walther Bothe von 1934 bis 1957 geleiteten Institut für Physik im MPI für medizinische Forschung hervor. Ursprüngliche wissenschaftliche Ziele waren kernphysikalische Grundlagenforschung und Anwendung kernphysikalischer Methoden auf Fragen der Physik und der Chemie des Kosmos. Seit 1966 steht das MPIK unter der Leitung eines Direktorenkollegiums. Heute konzentrieren sich die Aktivitäten auf die beiden Forschungsgebiete

Astroteilchenphysik

(Synergien von Teilchenphysik und Astrophysik) und

Quantendynamik

(Vielteilchendynamik von Atomen und Molekülen).

Derzeit gibt es fünf Abteilungen, außerdem einige – meist durch Drittmittel finanzierte – selbstständige Forschergruppen, die von jungen Physikern geleitet werden. Am Institut arbeiten etwa 460 Personen, davon 130 Wissenschaftler und 110 Doktoranden.

Wissenschaftler des MPIK arbeiten mit anderen Forschungsgruppen aus Europa und der ganzen Welt zusammen und wirken in zahlreichen internationalen Kollaborationen teils federführend mit. Besonders intensive Beziehungen bestehen zu einigen Großforschungseinrichtungen wie GSI mit EMMI (Darmstadt), DESY mit CFEL (Hamburg), CERN (Genf), INFN-LNGS (Assergi L'Aquila) und LCLS (Stanford).

In der Metropolregion kooperiert das Institut eng mit der Universität Heidelberg, an der die Direktoren und weitere Mitarbeiter des Instituts lehren. Der wissenschaftliche Nachwuchs wird in drei International Max Planck Research Schools (IMPRS) und einer Graduiertenschule gefördert.