



MPIK-NEWS

Liebe Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, Ehemalige und Freunde des MPIK,



seit Januar habe ich die Geschäftsführung von Klaus Blaum übernommen; ich möchte diese Gelegenheit nutzen, ihm ganz herzlich für sein intensives Engagement zu danken!

Unter seiner Geschäftsführung wurden durch die Berufungen von Thomas Pfeifer und Jim Hinton die entscheidenden Weichen für die Zukunft des Instituts gestellt, so dass wir heute hervorragend aufgestellt sind. Da freut es mich natürlich ganz besonders, Klaus Blaum zum Gothenburg Lise Meitner Award gratulieren zu dürfen – und zur CSR-Einweihungsfeier, einem rundum gelungenen Fest mit über 200 Gästen.

Bei meinen Besuchen der meisten Bereiche des Instituts war ich einmal mehr beeindruckt: von den wissenschaftlichen Instrumenten, aber auch von der Leistungsfähigkeit der Infrastruktur, die unser Institut am Laufen hält, wie auch vom Einsatz Vieler im Bereich der Arbeitssicherheit – ein Thema, das mir sehr am Herzen liegt.

Im April 2017 steht die nächste Evaluierung des Instituts durch den Fachbeirat an; für die arbeitsintensive Vorbereitung zähle ich auf Ihre Hilfe, bin aber sicher, dass das Urteil des Gremiums wieder positiv ausfallen wird.

Ihr

Prof. Dr. Werner Hofmann
(Geschäftsführender Direktor)

In dieser Ausgabe

- Pevatron im Zentrum der Milchstraße.... 1
- Neuer Weg zur Feinstrukturkonstante.... 2
- Die gefährliche Spur langsamer Elektronen 2
- Kurzmeldungen, Namen & Notizen..... 3
- Feierliche Einweihung des CSR, Feier der Stern-Gerlach-Medaille 4

Pevatron im Zentrum der Milchstraße

Zum ersten Mal ist es gelungen, eine Quelle galaktischer kosmischer Strahlung mit Petaelektronvolt-Energie zu identifizieren: Das supermassive schwarze Loch im Zentrum der Milchstraße.

Bisher war bekannt, dass kosmische Strahlung mit Energien bis zu etwa 100 TeV in der Milchstraße erzeugt wird, z. B. durch Supernovaüberreste und Pulsarwindnebel. Jedoch legen theoretische Argumente und die direkte Vermessung der kosmischen Strahlung nahe, dass diese Teilchen in unserer Galaxie bis zu Energien von mindestens 1 PeV beschleunigt werden sollten.

Detaillierte Beobachtungen des Zentrums der Milchstraße, die mit den H.E.S.S.-Teleskopen während der letzten 10 Jahre durchgeführt wurden, liefern jetzt erste Antworten. Schon während der ersten Beobachtungsjahre hatte H.E.S.S. eine starke kompakte Quelle sowie ein ausgedehntes Band diffuser höchstenergetischer Gammastrahlung im Galaktischen Zentrum nachgewiesen. Die diffuse Strahlung erstreckt sich über eine Region von etwa 500 Lichtjahren Durchmesser, die dichte Molekülwolken beinhaltet. Die Gammastrahlung entsteht, wenn kosmische Strahlung mit dem Material der Wolken in Wechselwirkung tritt. Der Nachweis dieser diffusen Strahlung mit H.E.S.S. ist ein deutlicher Hinweis darauf, dass sich eine Quelle kosmischer Strahlung in dieser Region befinden muss.

Die Analyse weiterer H.E.S.S.-Beobachtungen aus den Jahren 2004 bis 2013 wirft neues Licht auf die Beschleunigungsprozesse im Galaktischen Zentrum. Die deutlich größere Menge an Beobachtungsdaten und Fortschritte in den Analysetechniken haben es erlaubt, zum ersten Mal sowohl die räumliche Verteilung als auch die Energie der kosmischen Strahlung im Galaktischen Zentrum zu vermessen. Damit kann auch der Ursprung dieser Teilchen bestimmt werden: ein astrophysikalischer Beschleuniger im Zentrum der Milchstraße, der Protonen auf Energien von bis zu 1 PeV beschleunigt, und



Ein kosmisches Pevatron im Zentrum der Milchstraße. Künstlerische Darstellung der Prozesse, die zur Entstehung der Gammastrahlung beitragen.

das kontinuierlich über mindestens 1000 Jahre. Damit würde es sich um die erste Entdeckung eines Pevatrons handeln.

Das supermassive schwarze Loch im Galaktischen Zentrum, Sagittarius A* genannt, ist die plausibelste Quelle der PeV-Protonen. Mehrere Beschleunigungsregionen sind vorstellbar, entweder in der unmittelbaren Umgebung des schwarzen Lochs oder etwas weiter außerhalb, wo ein Teil des Materials, das in Richtung des schwarzen Lochs fällt, wieder herausgeschleudert und möglicherweise in der Umgebung weiter beschleunigt wird.

Die Vermessung der Gammastrahlung aus dem Galaktischen Zentrum liefert deutliche Hinweise darauf, dass Sagittarius A* Protonen auf eine Energie von bis zu einem PeV beschleunigt. Die Messungen zeigen aber auch, dass diese Quelle allein den auf der Erde gemessenen Fluss der kosmischen Strahlung nicht aufrechterhalten kann. Wenn Sagittarius A* aber in der Vergangenheit aktiver war, dann könnte sie tatsächlich für die gesamte galaktische kosmische Strahlung verantwortlich sein.

Kontakt:

Werner Hofmann, Jim Hinton,
Felix Aharonian, Aion Viana

Publikation:

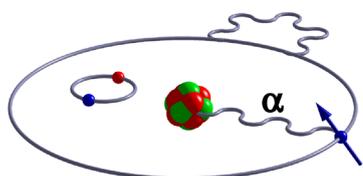
Acceleration of Petaelectronvolt
Protons in the Galactic Centre
Nature 531, 476-479 (2016),
doi: 10.1038/nature17147

Neuer Weg zur Feinstrukturkonstante

Theoretische Grundlage für zukünftige Präzisionsmessungen gelegt.

Als gegen Ende des 19. Jahrhunderts die Auflösung der optischen Spektrometer besser geworden war, stellte sich heraus, dass scheinbar einzelne Linien in den Spektren von Atomen in Wirklichkeit aus Gruppen von Linien bestehen. Zur Erklärung dieser Aufspaltung der Spektrallinien hat Arnold Sommerfeld 1916 die Feinstrukturkonstante eingeführt, die sich als eine wichtige Größe in der Spektroskopie erwies. Ursachen der Feinstrukturaufspaltung sind relativistische Effekte und der Spin der Elektronen, die sich wie winzige kreiselnde Stabmagnete verhalten.

Im Prinzip eignen sich alle atomaren Systeme zur Bestimmung der Feinstrukturkonstante. Atome mit vielen Elektronen sind aber theoretisch schwer zu behandeln, weil die vielen Elektronen sich gegenseitig beeinflussen.



Die Feinstrukturkonstante α bestimmt die genaue Stärke der Anziehungskraft zwischen Elektronen und Kern, und damit auch die Wechselwirkungsstärke der Elektronen mit einem Magnetfeld.

Eine theoretisch vorgeschlagene, neue Methode beruht darauf, die Feinstrukturkonstante über magnetische Messungen an Ionen zu bestimmen. Resultat ist das magnetische Moment des im Ion gebundenen Elektrons, das sich zur Präzisionsbestimmung der Stärke der Anziehungskraft zwischen Elektron und Kern eignet.

Mit den Methoden der Quantenphysik kann man genau berechnen, wie das magnetische Moment von der Feinstrukturkonstante abhängt. Ein großes Hindernis stellt aber der Atomkern dar: er ist ein kompliziertes System aus Protonen und Neutronen, und seine Struktur ist nicht so gut verstanden wie es wünschenswert ist. Die Berechnungen sind am schwierigsten bei den eigentlich idealen schweren Elementen. Ein Trick hilft hier aber weiter: man betrachtet nicht nur ein einziges Ion, sondern zwei Ionen mit demselben Kern, aber mit einem bzw. drei Elektronen. Durch eine ausgeklügelte Kombination der magnetischen Momente der beiden Ionen verschwindet die störende, quantitativ unvollständig bekannte Kernstruktur aus der Gleichung. Das funktioniert am besten bei Ionen leichter Elemente, die experimentell auch leichter zu erzeugen sind.

Mit Präzisionsmessungen an unterschiedlich geladenen Ionen mehrerer leichter Elemente sollte es zukünftig möglich sein, die Genauigkeit der derzeit auf 10 Nachkommastellen genau bekannten Feinstrukturkonstante zu verbessern; dazu eignen sich Experimente in Ionenfallen. Da die Feinstrukturkonstante eng mit anderen physikalischen Konstanten des Elektromagnetismus verbunden ist, kann eine Präzisionssteigerung auch zur Verfeinerung der SI-Basiseinheiten beitragen.

Kontakt:

Zoltán Harman, Christoph Keitel

Publikation:

g-factor of light ions for an improved determination of the fine-structure constant

PRL 116, 100801 (2016); doi: 10.1103/PhysRevLett.116.100801

Die gefährliche Spur langsamer Elektronen

Details zum Mechanismus, mit dem Elektronenstöße Moleküle sprengen, vertiefen das Verständnis, wie Radioaktivität biologischen Zellen zusetzt.

Anhand eines einfachen Modellsystems aus zwei schwach aneinander gebundenen Argonatomen (Argondimer) wurde untersucht, wie nach Elektronenbeschuss Sekundärelektronen entstehen. Diese langsamen Elektronen können DNA-Moleküle effektiv schädigen und stehen deshalb im Fokus aktueller Untersuchungen.

Ähnlich einer Billardkugel gibt das Projektil-Elektron einen Teil seiner Energie an seinen direkten Stoßpartner – eines der beiden Argonate – ab und wird dabei von seiner ursprünglichen Bahn abgelenkt. Der Reaktionspartner verliert dadurch ein Elektron, er wird also ionisiert. Gleichzeitig wird er energetisch angeregt, das heißt er speichert einen Teil der Energie. Diese überträgt er dann an das zweite Argonatom, das dadurch ebenfalls ionisiert wird. Die beiden Argonionen stoßen sich nun wegen ihrer positiven Ladung gegenseitig ab und entfernen sich voneinander. Insgesamt fliegen also fünf Teilchen wie in einer Explosion auseinander: das eingestrahelte Elektron, zwei Argonionen sowie die zwei vom Argondimer freigesetzten Elektronen. Das Ganze wird als interatomarer Coulombzerfall (engl. interatomic coulomb decay, abgekürzt: ICD) bezeichnet.

Mithilfe eines Reaktionsmikroskops konnten alle fünf Teilchen vermessen werden. So gelang es, den ICD von einem zweiten Prozess, dem sogenannten strahlenden Ladungstransfer (engl. radiative charge transfer, RCT) zu unterscheiden. Beim RCT wird das erste Argonatom doppelt ionisiert, verliert also

zwei Elektronen. Es nimmt dann ein Elektron vom zweiten Argonatom auf, das so ebenfalls ionisiert wird. Das Ergebnis ist das gleiche: die beiden Ionen und drei Elektronen streben auseinander. Allerdings wird die Energie bei den beiden Reaktionsvarianten unterschiedlich auf die fünf Teilchen verteilt.

Beim ICD ergab sich interessanterweise, dass die Energie desto langsamer auf das Nachbaratom übertragen wird, je mehr Energie das eingestrahelte Elektron an das Argonatom abgibt.

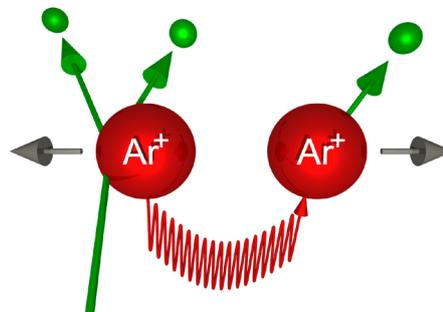


Illustration des interatomaren Coulombzerfalls von Argondimeren; die rote Zickzacklinie symbolisiert die Energieübertragung vom getroffenen Argonatom (links) auf seinen Partner.

Kontakt:

Xueguang Ren, Alexander Dorn

Publikation:

Direct evidence of two interatomic relaxation mechanisms in argon dimers ionized by electron-impact

Nature Commun. 7, 11093 (2016); doi: 10.1038/ncomms11093

+ + + Kurzmeldungen + + +

Auf dem Weg zu schweren Elementen

Die Bindungsenergien von Atomkernen der exotischen Cadmiumisotope mit den Massenzahlen 129, 130 und 131 konnten massenspektrometrisch bestimmt werden. Die kurzlebigen Teilchen mit Halbwertszeiten von lediglich Sekundenbruchteilen wurden am Ionenseparator ISOLDE des CERN hergestellt und mit einer Penningionenfalle bzw. einem Multireflexions-Flugzeitspektrometer vermessen. Die Resultate und begleitende Berechnungen bestätigen die erwartete magische Neutronenzahl $N=82$ und sind von großer Bedeutung für Simulationsrechnungen zum Verständnis der Herkunft der chemischen Elemente im Bereich von Zinn bis Barium, die im Sonnensystem relativ häufig auftreten.

Kontakt: Klaus Blaum
Meldung vom 07.12.2015

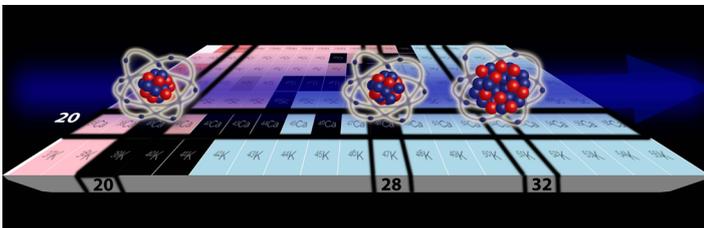
Laser steuert Elektronen in Molekülen

Erstmals ist die intensitätsabhängige Steuerung angeregter Zustände in gelösten Farbstoffmolekülen mittels Einstrahlung starker gepulster Laserfelder gelungen. Dabei lässt sich der zeitliche Verlauf der Antwort der beteiligten Elektronen auf die Anregung in einem ultrakurzen Laserpuls durch einen zeitlich dazu versetzten zweiten Lichtblitz kontrolliert verändern. Damit wurde gezeigt, dass sich diese für den einfacheren Fall von freien Atomen bereits erfolgreiche Methode zur Steuerung des Absorptionsverhaltens von Licht auf komplexe Systeme in einem flüssigen Medium verallgemeinern lässt.

Kontakt: Kristina Meyer, Thomas Pfeifer
Meldung vom 14.12.2015

Riesen am Schalenabschluss?

Die Isotope des Elementes Calcium sind immer noch für eine Überraschung gut: Nachdem erst vor kurzem die Isotope mit den Massenzahlen 52 und 54 als weitere „magische“ und damit relativ stabile Kerne in der Isotopenreihe etabliert wurden, passen die Ergebnisse jüngster laserspektroskopischer Untersuchungen an ^{52}Ca nicht recht in dieses Bild. An ISOLDE/CERN wurden die Ladungsradien der Isotope ^{49}Ca bis ^{52}Ca laserspektroskopisch gemessen und dabei ein unerwartet rasches und ungebremses



Die Isotopenreihe der untersuchten Calciumisotope. Die „doppelt magischen“ Ca-Isotope ^{40}Ca und ^{48}Ca besitzen gleich große Kernladungsradien. ^{52}Ca hingegen erweist sich als ungewöhnlich groß.

Wachstum entlang dieser Isotopenkette festgestellt. Keine der bestehenden Kernstrukturtheorien kann das Ausmaß dieses Anschwellens erklären.

Kontakt: Klaus Blaum, Achim Schwenk
Meldung vom 09.02.2016

Der dritte Neutrino-Mischungswinkel

Die Double-Chooz-Kollaboration hat ihre Resultate zur Messung des Neutrino-Mischungswinkels θ_{13} mit neuen Daten aus dem nahen und dem fernen Detektor vorgestellt. Der gemessene Wert für $\sin^2(2\theta_{13})$ ist 0.111 ± 0.018 , etwas höher als bei vergleichbaren Experimenten, allerdings nicht signifikant. Dafür passt dieses Ergebnis besser zu denen von Experimenten an Beschleunigern. Der Wert von θ_{13} hat entscheidende Bedeutung für die Bestimmung der CP-verletzenden Phase im leptonen Sektor. Die Präzision des Ergebnisses wird sich mit zunehmender Messdauer zügig verbessern. Nach nur 9 Monaten gemeinsamer Messzeit mit beiden Detektoren wurden bereits die Ziele des Projekts erreicht. Die Ergebnisse der laufenden Experimente werden wohl über Jahrzehnte die genaueste Bestimmung von θ_{13} bleiben.



Einer der Double-Chooz-Detektoren beim Einbau der Acrylbehälter.

Kontakt: Christian Buck, Manfred Lindner
Meldung vom 14.03.2016

Eingefrorene Molekül-Rotation

Das im Weltraum überraschend häufige Molekülion CH^+ wurde erstmals unter interstellaren Bedingungen im neuen ultrakalten Speicherring CSR untersucht. Gemessen wurde die Aufspaltung von CH^+ in C^+ und H durch ultraviolettes Licht bei einer Energie nahe der Reaktionsschwelle. Nach etwa einer Minute Speicherzeit sind nur noch die beiden niedrigsten Rotationszustände besetzt und nach vier Minuten rotieren 60% der Moleküle gar nicht mehr. Der experimentelle Befund wird durch theoretische Rechnungen sehr gut reproduziert und erlaubt nicht nur, den Kühlvorgang des Moleküls zu verfolgen, sondern liefert auch ein besseres Verständnis der Struktur von CH^+ .

Kontakt: Holger Kreckel, Andreas Wolf
Meldung vom 17.03.2016

Namen & Notizen

Preise und Ehrungen

Prof. Alexei Yu. Smirnov:
Einstein-Medaille 2016

Prof. Dr. Klaus Blaum:
Gothenburg Lise Meitner Award 2016

Dr. Sebastian Meuren:
Otto-Hahn-Medaille

Rufannahme

PD Dr. Pavel Fileviez Perez: Assistant
Professor of Physics, Case Western
Reserve University, Cleveland, Ohio, USA

Habilitation

Dr. Sabrina Casanova (Instytut Fizyki
Jądrowej PAN Kraków)

Dienstjubiläen

25 Jahre MPG + öffentlicher Dienst

Gernot Vogt

40 Jahre öffentlicher Dienst

Prof. Dr. Andreas Wolf

Theo Apfel

Silvia Waniek (auch 40 Jahre MPG)

Feierliche Einweihung des CSR

Rund ein Jahr nach der ersten Messperiode am CSR bei tiefen Temperaturen (vgl. MPIK-NEWS Nr. 12) und kurz nach Veröffentlichung der ersten Ergebnisse wurde der ultrakalte Speicherring am 19. Mai feierlich eingeweiht.

Klaus Blaum begrüßte am Vormittag die Gäste zum Festkolloquium; darauf folgten Grußworte von MPG-Vizepräsident Ferdi Schüth und von Daniel Zajfman, Präsident des Weizmann-Instituts und davor als kommissarischer Direktor am

MPIK einer der Initiatoren des CSR. Festredner war PTB-Präsident Joachim Ullrich, der in seiner Zeit am MPIK an der Entwicklung des CSR aktiv beteiligt war. In seinem Vortrag „Die Herren der Ringe“ gab er einen Rückblick auf gut eineinhalb Jahrzehnte der Ideen-, Entwicklungs- und Baugeschichte des CSR.

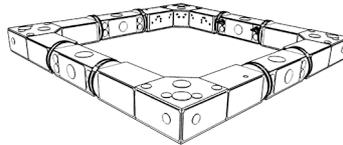
Alle Redner hoben das ausgezeichnete und ausgewogene Zusammenspiel von Technik, Konstruktion und Wissenschaft am MPIK hervor, ohne das ein derart an-

spruchsvolles Projekt nicht realisierbar gewesen wäre.

Nach einem Mittagsimbiss gab es Führungen zum CSR, zunächst für die Ehrengäste und Journalisten, danach für die Teilnehmer des anschließenden zweitägigen Workshops über Forschungsmöglichkeiten am CSR und alle anderen Interessierten. Dabei bot sich auch ein nicht alltäglicher Blick auf das „Innenleben“ des CSR, da der Ring zum Einbau des Elektronenkühlers derzeit teilweise geöffnet ist.



Klaus Blaum begrüßt die Festgäste.



Robert von Hahn erklärt den Bau des CSR.



Von links: F. Schüth, J. Ullrich, D. Zajfman.

Feier der Stern-Gerlach-Medaille für Werner Hofmann

Nach der offiziellen Verleihung der Stern-Gerlach-Medaille – der höchsten Auszeichnung der DPG für Experimentalphysik – an Werner Hofmann im Rahmen der Jahrestagung der DPG feierte ihn das Institut mit einem Empfang. Klaus Blaum hielt eine Laudatio, für die sich Werner Hofmann herzlich bedankte. Seine

Abteilung hatte einige Geschenke für ihn vorbereitet: einen „Ehrendoktorhut“, dekoriert mit der Milchstraße im Gammalicht und einem Partonenschauer aus der Kollision von Proton und Antiproton, ein aus H.E.S.S.-Bildern zusammengesetztes Portrait sowie einen „Safe“ zur Aufbewahrung der Medaille.



Drei bedeutende Auszeichnungen innerhalb eines Jahres: Stern-Gerlach-Medaille, Yodh-Preis und Marian-Smoluchowski-Emil-Warburg-Preis (von links).



Portrait aus H.E.S.S.-Bildern als Pixel.

Impressum

Herausgeber:
Redaktion:

Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg · info@mpi-hd.mpg.de
Dr. Bernold Feuerstein, Dr. Gertrud Hönes