



MPIK-NEWS

Liebe Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter,
Ehemalige und Freunde des MPIK,



UNS GEHT ES GUT! Damit meine ich, dass das Institut wissenschaftlich sehr erfolgreich ist, dass wir hinreichend gut finanziert sind, dass die zukünftige Entwicklung des Instituts auf sicherer Bahn ist, und

dass wir keine großen internen Konflikte haben. Ich hoffe und denke, dass sich auch die meisten von Ihnen am Institut wohlfühlen. Natürlich gibt es immer Dinge, die weiter verbessert werden können und die wir auch verbessern sollten.

Das Verdienst für diese gute Situation des Instituts liegt natürlich bei vielen, denen mein Dank gilt, insbesondere auch meinen Vorgängern als Geschäftsführende Direktoren; meine nur zweijährige Geschäftsführung erschien mir vergleichsweise ruhig. Danken möchte ich an dieser Stelle auch dem Betriebsrat für die offene und konstruktive Zusammenarbeit.

Ich wünsche allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und Gästen des Instituts frohe und erholsame Festtage und ein gutes Neues Jahr!

Ihr

Prof. Dr. Werner Hofmann
(Geschäftsführender Direktor)

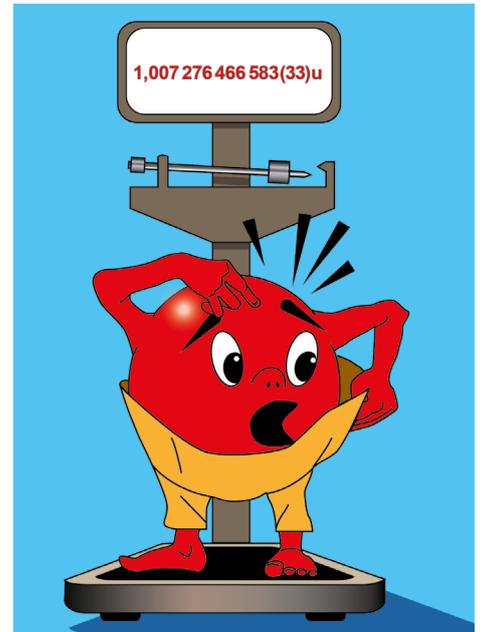
Das Proton präzise gewogen

Präzisions-Massenmessungen an einem einzelnen Proton haben die Genauigkeit um einen Faktor drei verbessert und den bisherigen Wert korrigiert.

Die Protonenmasse ist eine wichtige Größe in der Atomphysik: Sie beeinflusst unter anderem, wie sich die Elektronen um den Atomkern bewegen. Der Einfluss zeigt sich in den Spektren, also welche Lichtfarben (Wellenlängen) Atome absorbieren und wieder abstrahlen können. Indem man diese Wellenlängen mit theoretischen Vorhersagen vergleicht, kann man fundamentale physikalische Theorien prüfen. Des Weiteren soll ein präziser Vergleich der Massen des Protons und des Antiprotons bei der Suche nach dem entscheidenden winzigen Unterschied – außer dem umgekehrten Vorzeichen der Ladung – zwischen Materie und Antimaterie helfen.

Als geeignete „Waagen“ für Ionen haben sich Penningfallen bewährt. Darin kann man einzelne geladene Teilchen, wie z. B. ein Proton, mit Hilfe von elektrischen und magnetischen Feldern nahezu ewig einsperren. Das gefangene Teilchen führt in der Falle eine charakteristische Bewegung aus, die durch drei Frequenzen beschrieben wird – und diese lassen sich messen, um daraus die Masse des Teilchens zu berechnen. Um dabei die angestrebte hohe Präzision zu erreichen, war eine ausgefeilte Messtechnik erforderlich.

Der Massenstandard für Atome ist das Kohlenstoffisotop ^{12}C , das per Definition 12 atomare Masseneinheiten schwer ist. Es diente bei der Messung als direkter Vergleich: Nachdem je ein Proton und ein Kohlenstoffion ($^{12}\text{C}^{6+}$) in getrennten Abteilen der Penningfallen-Apparatur gespeichert waren, kam abwechselnd je eines der beiden Ionen in das in der Mitte liegende Messabteil. Das Verhältnis der beiden Messwerte ergibt die Masse des Protons direkt in atomaren Einheiten. Das Messabteil ist mit einer eigens dafür entwickelten speziellen Elektronik ausgestattet, die es ermöglichte, das Proton trotz seiner etwa 12-mal geringeren Masse und 6-mal kleineren Ladung unter identischen Bedingungen zu messen wie das Kohlenstoffion.



„Huch, ich hab abgenommen!“

Das Resultat für die Masse des Protons von $1,007\,276\,466\,583(15)(29)$ atomaren Masseneinheiten ist dreimal genauer als der derzeit empfohlene Wert, wobei die Zahlen in Klammern die statistische und systematische Unsicherheit angeben.

Jedoch ist der neue Wert signifikant kleiner als der aktuelle Standardwert. Mit dieser deutlichen Abweichung kann die neue Protonenmasse die kürzlich beobachtete Diskrepanz zwischen Massenmessungen an Tritium ($\text{T} = {}^3\text{H}$), und leichtem Helium (${}^3\text{He}$) im Vergleich zum „halbschweren“ Wasserstoffmolekül HD ($\text{D} = {}^2\text{H}$, Deuterium) teilweise erklären. Weitere Massenmessungen mit dem neu aufgebauten Instrument sollen dieses Rätsel in naher Zukunft lösen.

Die weiteren Pläne sehen vor, gleichzeitig die Bewegung eines dritten in der Falle gespeicherten Ions zu messen, um die von Schwankungen des Magnetfelds herrührende Unsicherheit zu eliminieren.

Kontakt:
Klaus Blaum, Sven Sturm
Publikation:
High-precision measurement of the proton's atomic mass, PRL 119, 033001
doi: 10.1103/PhysRevLett.119.033001

In dieser Ausgabe

Das Proton präzise gewogen	1
Ruckartige Bewegung schärft Röntgenpulse	2
Verdächtige Pulsare unschuldig an Positronen-Überschuss.....	2
Kurzmeldungen	3
Festkolloquium zum 60. Geburtstag von Manfred Lindner	4
Betriebsausflug	4
Namen & Notizen	4

Ruckartige Bewegung schärft Röntgenpulse

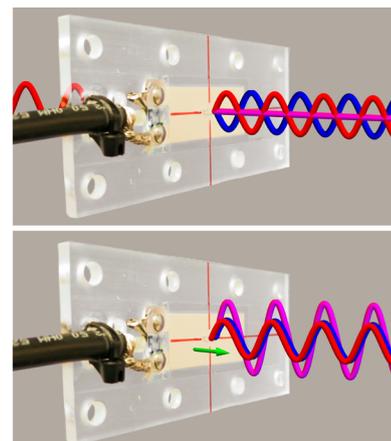
Spektral breite Röntgenpulse lassen sich rein mechanisch „zuspitzen“.

Wie macht man aus einem flachen Hügel einen steilen und hohen Berg? Man gräbt an den Seiten Material ab und schüttet es oben auf. So etwa kann man sich eine neue Methode vorstellen, um die spektral breiten Röntgenpulse moderner Röntgenlichtquellen in einem schmalen Bereich zu verstärken. Röntgenpulse, deren Intensität sich auf einen schmalen Wellenlängenbereich konzentriert, sind für eine Reihe von grundlegenden physikalischen Experimenten erwünscht oder machen Präzisionsexperimente überhaupt erst möglich. Aber moderne Röntgenlichtquellen liefern für derartige Anwendungen zu breite Pulse, so dass fast alle Photonen ohne Wechselwirkung an der Probe „vorbeirauschen“.

Der „Bagger“ für Lichtpulse ist hier ein Piezoelement, das mittels elektrischer Impulse präzise Bewegungen ausführen kann. Als „Schaufel“ dient eine dünne Folie aus Eisen. Synchronisiert man die Bewegung dieser „Photonenschaufel“ mit dem zeitlichen Eintreffen der Röntgenpulse, so kann man tatsächlich Röntgenphotonen auf einen „Haufen“, also in einen schmalen Wellenlängenbereich, schaufeln. Dabei werden keine Photonen verschwendet wie in einem Monochromator, der nur die unerwünschten Wellenlängen abschneidet. Auch muss man keine zusätzliche Energie in den Röntgenpuls hineinstecken.

Experimente mit Röntgenpulsen der Synchrotrone ESRF und PETRA III (DESY) zeigten, dass die piezoelektrische Photonen-schaufel funktioniert. Dies beruht auf dem Mössbauer-Effekt. Die Eisenfolie ist mit dem Isotop ^{57}Fe angereichert, das im Festkörper Photonen rückstoßfrei absorbieren und emittieren kann. Dadurch absorbiert die Eisenfolie einen extrem schmalen Ausschnitt aus dem relativ breiten Röntgenpuls und emittiert dieses Licht mit einer gewissen Zeitverzögerung „resonant“ wieder. Die Wellen des durchgehenden und des wieder abgestrahlten Lichts überlagern sich wie im Bild illustriert. Mit Hilfe des Piezoelements gelang es, die Eisenfolie so zu bewegen, dass diese Interferenzeffekte die resonanten Wellenlängen auf Kosten der „äußeren“ Wellenlängen verstärken. Diese Bewegung um eine halbe Wellenlänge muss auf weniger als einen zehntel Nanometer genau gesteuert werden und innerhalb von einigen Nanosekunden erfolgen.

Die neue Methode könnte für den Einsatz an Röntgenquellen weiterentwickelt werden. Die erhöhte Intensität bewirkt eine Verkürzung von Messzeiten und ermöglicht Messungen mit bisher zu geringer Signallrate. Außerdem sorgen die stärkeren Signale für eine erhöhte räumliche, zeitliche oder spektrale Auflösung.



Direkt nach der Anregung (rot) beginnt die Eisen-Probe, das absorbierte Licht wieder abzustrahlen (blau). Vor der Bewegung (oben) löschen sich die rote und die blaue Welle aus, so dass Absorption beobachtet wird (magenta). Verschiebt man die Probe (grüner Pfeil unten) noch während sie angeregt ist, so wird auch das von ihr abgestrahlte Licht mit verschoben, so dass sich nun die beiden Wellen verstärken.

Kontakt:

Jörg Evers, Kilian Heeg, Thomas Pfeifer

Publikation:

Spectral narrowing of x-ray pulses for precision spectroscopy with nuclear resonances

Science 357, 375-378 (2017) doi: 10.1126/science.aan3512

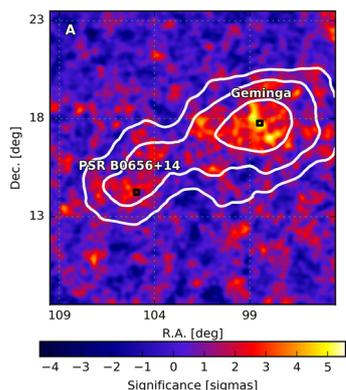
Verdächtige Pulsare unschuldig an Positronen-Überschuss

Mit dem HAWC-Observatorium in Mexiko gelang der erste Weitwinkelaussicht im extrem energiereichen Licht auf die Umgebung von zwei Pulsaren.

Satelliten-Instrumente haben im Erdorbit unerwartet viele Positronen – die Antiteilchen der Elektronen – gemessen. Deren Ursprung ist ungeklärt. Die Vermutungen reichen von unbekanntem Prozentsatz mit Dunkler Materie bis hin zu nahen, mittelalten Pulsaren als Quellen. Pulsare sind sehr schnell rotierende Neutronensterne, kompakte Überreste explodierter massereicher Sterne.

Entlang der Achse ihres Magnetfelds schleudern sie energiereiche Teilchen ins All.

HAWC (High Altitude Water Cherenkov Detector) hat nun zwei der verdächtigsten Pulsare (Geminga und PSR B0656+14) samt ihrer Umgebung ins Visier genommen und die Form dieser Objekte im höchstenergetischen Gammastrahlung sowie ihr Energiespektrum detailliert vermessen. Die Ergebnisse sprechen Geminga und PSR B0656+14 frei.



HAWC-Blick auf Geminga und PSR B0656+14 bei 1 bis 50 TeV.

Aus der Umgebung der beiden Pulsare entkommen zwar energiereiche Positronen, aber die Messungen ihrer Ausbreitung zeigen klar, dass sie keinen wesentlichen Beitrag zum beobachteten Positronen-Überschuss leisten können. Denn die von den beiden Pulsaren ins All geschleuderten Teilchen sind viel langsamer als erwartet und diffundieren nicht weit genug, um die Erde zu erreichen. Das hat möglicherweise erhebliche Auswirkungen auf unser generelles Verständnis der kosmischen Strahlung.

Entscheidend für die Messungen war der Weitwinkelaussicht von HAWC, das diese ausgedehnten Gammaquellen als Ganzes erfassen kann. Die Methode von HAWC – die Schauerteilchen am Boden nachzuweisen – ergänzt somit hervorragend die Möglichkeiten von Tscherenkow-Teleskopen.

Es ist aber möglich, dass andere Pulsare für den mysteriösen Positronen-Überschuss verantwortlich sind. Deshalb wird HAWC weiterhin diese Objekte beobachten. Mit dem erweiterten Instrument und fortgeschrittenen Analysetechniken wird sich ein detailreicherer Blick darauf ergeben.

Kontakt:

Jim Hinton

Publikation:

Extended TeV gamma-ray sources around pulsars constrain the origin of the positron flux at Earth

Science 358, 911-914 (2017) doi: 10.1126/science.aan4880

+ + + Kurzmeldungen + + +

Molekülonen eingefroren

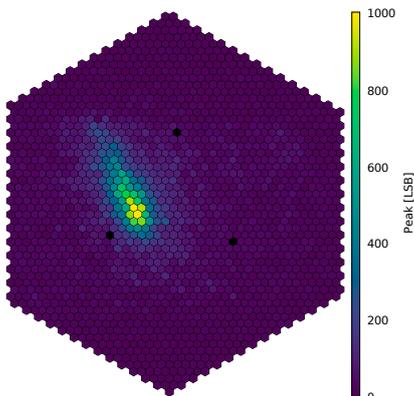
Die Eigenschaften kalter negativer Molekülonen wurden am Beispiel des Anions OH⁻ im Ultrakalten Speichering CSR untersucht. Unter Weltraumbedingungen wurde bei einer Umgebungstemperatur von weniger als 10 K die freie Strahlungskühlung von OH⁻ in den Rotationsgrundzustand verfolgt. Als „Thermometer“ dient die Messung der vom Rotationszustand abhängigen Abtrennung (Detachment) des schwach gebundenen Elektrons durch Laserlicht. Die Analyse der Messdaten stellt das Wissen über die Wechselwirkung des Moleküls mit Infrarotstrahlung auf eine neue experimentelle Grundlage.

Kontakt: Andreas Wolf, Klaus Blaum

Meldung vom 15.07.2017

Teleskop mit FlashCam sieht erstes Licht

Nachdem der FlashCam-Prototyp ein umfangreiches Test- und Optimierungsprogramm im Labor erfolgreich durchlaufen hatte, war er bereit für Tests im Teleskop. Die rund 2 Tonnen schwere Kamera kam morgens auf dem Gelände des DESY-Zeuthen an, und schon am Nachmittag war sie am Teleskop montiert sowie ihre Steuerungs-, Überwachungs- und Kühlsysteme betriebsbereit. Nun startete der Einbau der empfindlichen Lichtsensoren, die zum Transport ausgebaut waren. Innerhalb eines Tages hatte es das Team geschafft, alle 147 Elektronikmodule mit je 12 Lichtsensoren in ihren Halterungen zu befestigen und zu verkabeln. Tests bestätigten, dass die Kamera auf Anhieb voll funktionsfähig war. In der folgenden klaren Nacht sah das nun vollständige Teleskop prompt sein „erstes Licht“. Die Kamera löste mehrfach aus und die Aufnahmen erwiesen sich tatsächlich als Bilder von Teilenschauern.



Das „erste Licht“ für FlashCam.

Kontakt: German Hermann, Felix Werner

Meldung vom 12.10.2017

siehe auch MPIK-NEWS Nr. 13 + Nr. 16

Beginn der Multi-Messenger-Astrophysik

Am 17. August 2017 haben die Gravitationswellen-Detektoren Advanced Ligo und Advanced Virgo zum ersten Mal ein Signal vom Verschmelzen zweier Neutronensterne registriert. Unabhängig davon hat der Fermi-Satellit etwa zwei Sekunden nach dem Eintreffen der Gravitationswelle einen Gammastrahlen-Ausbruch gemeldet. Astronomen gelang es, diese Entdeckung durch Beobachtungen in mehreren Bereichen des elektromagnetischen Spektrums zu ergänzen. Auch H.E.S.S., das auf solche Ereignisse vorbereitet ist, hat sich an der Kampagne beteiligt und konnte bereits rund 5 Stunden nach dem Gravitationswellen-Ereignis nach einem Gegenstück im höchstenergetischen Gammalicht suchen. Da der in Frage kommende Himmelsbereich recht groß war, musste H.E.S.S. mehrere Richtungen anpeilen. Die erste davon, die aufgrund von Galaxienkarten als die wahrscheinlichste galt, fällt mit dem einige Stunden später identifizierten optischen Signal zusammen. H.E.S.S. hat somit als erstes bodengebundenes

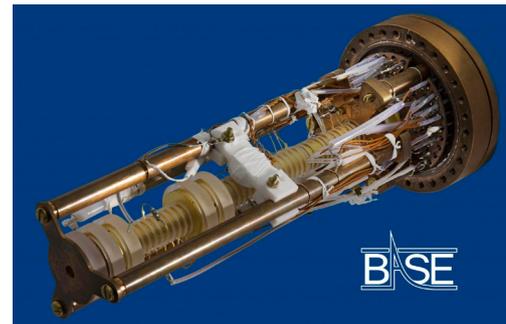
und gerichtet beobachtendes Instrument Daten dieses Objekts gesammelt. Allerdings zeigte es im Energiebereich zwischen 270 GeV und 8,55 TeV keine signifikante Gammastrahlen-Emission.

Kontakt: Werner Hofmann

Meldung vom 16.10.2017

Antiproton und Proton gleich magnetisch

Die Forscher der internationalen BASE-Kollaboration versuchen eine Abweichung zwischen Proton und Antiproton anhand der magnetischen Eigenschaften zu finden. Das magnetische Moment ist eine wesentliche Eigenschaft von Teilchen, die man sich wie einen Miniatur-Stabmagneten vorstellen kann. Gemessen wird der sogenannte g -Faktor, der die magnetische Feldstärke angibt. Antiprotonen werden am CERN künstlich erzeugt und für Versuche in einer Reservoirfalle über Monate gespeichert. Die neueste Hochpräzisionsmessung in einem ausgeklügelten Penningfallensystem ergab den g -Faktor des Antiprotons auf neun signifikante Stellen genau. Das ist in etwa so, als ob man den Erdumfang mit einer Genauigkeit von 4 Zentimetern bestimmen wollte. Der Wert von 2,792 847 344 1(42) ist 350-mal genauer als das im Januar dieses Jahres publizierte Ergebnis und stimmt mit dem Wert für das Proton perfekt überein. Dessen neueste, elfmal genauere Messung lieferte einen g -Faktor von 2,792 847 344 62(82).



BASE-Penningfallensystem zur Messung des magnetischen Moments des Antiprotons.

Kontakt: Klaus Blaum

Meldung vom 19.10.2017

Blasen im Pulsarwind schlagen Funken

Für die seit ihrer Entdeckung vor einigen Jahren rätselhaften Ausbrüche hochenergetischer Gammastrahlen aus dem Krebsnebel gibt es eine neue theoretische Erklärung: Unter der Annahme, dass der Pulsarwind Fluktuationen aufweist, bilden diese „Blasen“ im Plasma mit erheblich geringerer Dichte – bis zu einem Faktor von 1 Million. Die Rechnungen zeigen nun, dass auf dem Weg zur Schockfront die wenigen Teilchen durch Induktion insgesamt die gleiche Energiemenge aufnehmen, weshalb die Energie pro Teilchen entsprechend höher ist. Die plötzliche Verringerung der Anzahl von Ladungsträgern wirkt so ähnlich, wie bei einem induktiven Stromkreis die Unterbrechung des Stroms eine Spannungsspitze erzeugt, z. B. in den Zündkerzen für Ottomotoren. Treffen nun diese hochenergetischen Elektronen und Positronen auf die Schockfront, so werden sie dort magnetisch abgelenkt und geben ihre Energie in Form von Synchrotronstrahlung ab, die dann als hochenergetisches Gammalicht beobachtet wird. Zeitstruktur der Gammastrahlung und Form des Spektrums werden durch die neuen Rechnungen gut wiedergegeben.

Kontakt: John Kirk

Meldung vom 21.11.2017

Festkolloquium zum 60. Geburtstag von Manfred Lindner

Zur nachträglichen Feier des 60. Geburtstags von Manfred Lindner im Februar fand am 14. September ein Festkolloquium statt. Auf eine kurze Laudatio von Werner Hofmann folgte der Vortrag von Christian Weinheimer aus Münster mit dem Titel: „Ghostbusters – hunting and understanding neutrinos, WIMPs and other ghost particles“. Er berichtete über

die Fortschritte in den letzten 20 Jahren im Bereich der Neutrinophysik und bei der Suche nach der Dunklen Materie – und welche Beiträge Manfred Lindner und seine früheren und jetzigen MitarbeiterInnen bzw. das MPIK dazu geleistet haben.

Eingebunden war das Festkolloquium in den 2-tägigen Workshop „LAUNCH 17“ über Neutrinos, Dunkle Materie und

Physik jenseits des Standardmodells. Auf der von Organisator Werner Rodejohann zusammengestellten Rednerliste standen Kooperationspartner und eine Reihe von Schülern Lindners, die mittlerweile feste akademische Positionen innehaben.

An das Festkolloquium schlossen sich ein Empfang und ein Abendessen für geladene Gäste an.



Christian Weinheimer bei seinem Festvortrag.



Manfred Lindner eröffnete das Dinner.

Betriebsausflug nach Weinheim

Bei bestem Wetter fand am 27. September der diesjährige Betriebsausflug statt, organisiert von der Abteilung Keitel. Per Bus, Fahrrad oder individuell ging es nach Weinheim. Am Schlosspark startete die gemeinsame Wanderung zur Burgruine Windeck und weiter zum Mittagessen auf der Wachenburg. Am Nachmittag stand noch eine Altstadtführung in deutscher oder englischer Sprache auf dem Programm. Wer wollte, konnte die Sehenswürdigkeiten der Stadt aber auch eigenständig erkunden.



Blick von der Burgruine Windeck zur Altstadt



... und zur Wachenburg.

Namen & Notizen

Preis

Prof. Dr. Till Kirsten: Enrico-Fermi-Preis der Italienischen Physikalischen Gesellschaft

Rufannahme

Dr. Farinaldo da Silva Queiroz: Juniorprofessur mit tenure track am International Institute of Physics (Natal, Brasilien) und am International Centre for Theoretical Physics des South American Institute for Fundamental Research (São Paulo, Brasilien)

Dienstjubiläen

25 Jahre MPG und/oder öffentlicher Dienst

Dr. Robert von Hahn, Frank Wagner, Katherina Wenzel, Dr. Claus Dieter Schröter, Klaus Jänner

40 Jahre MPG bzw. öffentlicher Dienst

Theo Apfel, Hermann Tietz

Vorankündigung: Tag der offenen Tür am 16.09.2018

Impressum

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