



MPIK-NEWS

Liebe Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, Ehemalige und Freunde des MPIK,



Sie werden es bemerkt haben: Die MPIK-NEWS haben ihr Aussehen verändert. Nach 10 Ausgaben war es an der Zeit, Anregungen und Erfahrungen in eine Überarbei-

tung des Konzepts einfließen zu lassen. Neu sind Infokästen zu den drei längeren Hauptartikeln, Abbildungen mit Legenden, Kurzmeldungen als Block, ein Inhaltsverzeichnis und Hyperlinks in der elektronischen Fassung. Wir freuen uns auch weiterhin auf Ihre Kommentare und Anregungen.

Auch die zweite – und letzte – Neuberufung meiner auf 4 Jahre verlängerten Amtszeit ist jetzt unter Dach und Fach: Prof. James A. Hinton aus Leicester hat den Ruf angenommen und ist ab Dezember im Nebenamt (ab April 2015 im Hauptamt) Direktor am MPIK. Er leitet die Abteilung „Nicht-thermische Astrophysik“. Ausführlich vorstellen werden wir ihn und seine Forschung in der nächsten Ausgabe. Schon jetzt möchte ich ihn im Namen des gesamten Instituts herzlich willkommen heißen.

Im Namen der Geschäftsführung wünsche ich Ihnen und Ihren Familien frohe Weihnachten und alles Gute zum neuen Jahr,

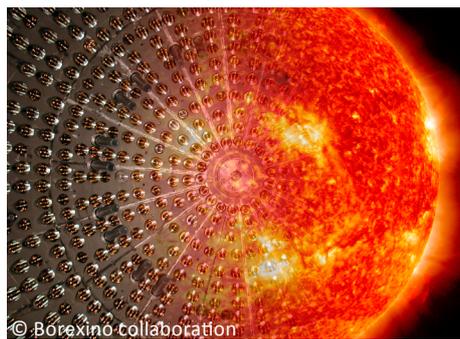
Ihr

Prof. Dr. Klaus Blaum
(Geschäftsführender Direktor)

Der Ursprung der Solarenergie

Borexino schaut zu, wie in der Sonne Protonen verschmelzen.

Bisherige Analysen der Sonnenenergie beruhten auf Messungen der Sonnenstrahlung von der Oberfläche, die uns Licht und Wärme bringt. Im Sonneninneren entsteht sie zusammen mit Neutrinos bei der Fusion von Wasserstoff zu Helium. Der erste Schritt dabei ist das Verschmelzen von zwei Wasserstoffkernen (Protonen) zu einem Atomkern von schwerem Wasserstoff (Deuterium). Diese Reaktion ist Ausgangspunkt einer Kette von thermonuklearen Reaktionen, die etwa 99 Prozent der Sonnenenergie liefern und für die 15 Millionen Grad im Inneren unserer Sonne verantwortlich sind. Die Energie, welche die Sonnenoberfläche zum Leuchten bringt und die wir derzeit wahrnehmen können, ist jedoch bereits vor sehr langer Zeit im Inneren der Sonne freigesetzt worden. Denn im Durchschnitt braucht Strahlung über 100 000 Jahre, um aus dem dichten Sonneninneren an die Sonnenoberfläche zu gelangen.



Das Innere des Borexino-Detektors mit den Lichtsensoren und die Sonnenoberfläche.

Ganz anders verhalten sich die nun gemessenen Neutrinos: Weil Neutrinos mit anderer Materie kaum in Wechselwirkung treten und sich deshalb frei bewegen können, verlassen sie auch die Sonne wenige Sekunden nach ihrer Erzeugung. Sonnenneutrinos aus dem primären Fusionsprozess konnten die Wissenschaftler der Borexino-Kollaboration nun erstmals direkt messen. In den früheren radiochemischen Experimenten GALLEX und SAGE wurden zwar auch solare Neutri-

nos aus der Wasserstofffusion beobachtet, allerdings konnte man damals nicht deren Energie messen und hatte somit keine Information, aus welchen der Fusionsreaktionen die Neutrinos stammen. Borexino, das auch die Energie der Neutrinos bestimmen kann, hat seit seiner Inbetriebnahme 2007 schon Neutrinos aus den anderen Reaktionen des Fusionszyklus nachgewiesen.

Das Ergebnis der jetzigen Borexino-Messung ist beruhigend: Ein Vergleich mit der Strahlungsenergie der Sonnenoberfläche zeigt, dass die Energiefreisetzung im Sonneninneren seit mindestens 100 000 Jahren unverändert ist und im Einklang mit aktuellen theoretischen Sonnenmodellen steht. Die Sonne wird uns also weiterhin zuverlässig und konstant mit Energie versorgen.

Da Neutrinos Materie nahezu ungehindert durchdringen, sind zu ihrem Nachweis große und empfindliche Detektoren sowie lange Messzeiten erforderlich. Neutrinos aus der für die Sonnenenergie entscheidenden Kernreaktion zu messen, ist besonders schwierig, weil diese wesentlich weniger Energie haben als alle anderen Sonnenneutrinos. Die jetzt veröffentlichte Beobachtung konnte nur gelingen, weil der Borexino-Detektor der radioaktiv reinste Platz auf der ganzen Erde ist. Dies wurde durch aufwändige Reinigung der Detektormaterialien erreicht. Dazu kommt eine mehrschichtige Abschirmung, um Störungen durch andere kosmische Teilchen extrem zu reduzieren. Nachgewiesen werden die Neutrinos in Borexino über ihre elastische Streuung an Elektronen in rund 300 Tonnen Szintillatorflüssigkeit. Mehr als 2000 hochempfindliche Lichtsensoren registrieren das dabei entstehende Szintillationslicht.

Kontakt:

Werner Maneschg, Hardy Simgen

Publikation:

Observation of the neutrinos from primary proton-proton fusion in the Sun
Nature 512 (2014) 383-386
doi: 10.1038/nature13702

In dieser Ausgabe

- Der Ursprung der Solarenergie..... 1
- Wann hochgeladene Moleküle zerfallen. 2
- ... und Einstein hat immer noch recht 2
- Kurzmeldungen, Namen & Notizen 3
- Tag der offenen Tür, Betriebsausflug..... 4

Wann hochgeladene Moleküle zerfallen

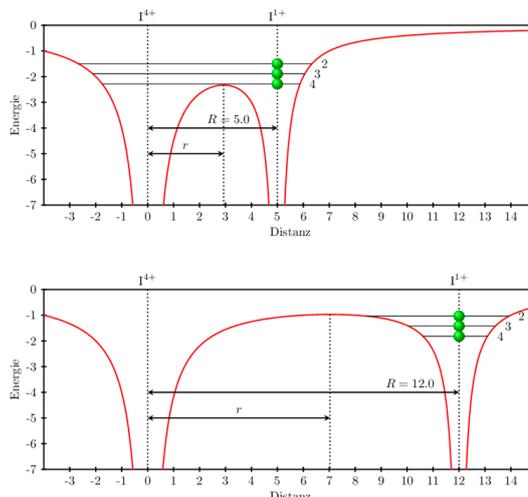
Elektronen-Umverteilung führt zu Destabilisierung

Die Abbildung der Struktur einzelner Biomoleküle ist eines der ehrgeizigsten Anwendungsziele von Freie-Elektronen-Lasern (FEL). Ausgewertet wird hierbei das Interferenzmuster der am Molekül gestreuten Röntgenstrahlung. Die Belichtungszeit muss so kurz gewählt werden, dass sich das Molekül während der Aufnahme noch nicht zu stark verformt, bevor es schließlich explodiert, was innerhalb von Femtosekunden geschieht.

Untersucht wurden am FLASH-FEL in Hamburg Jod-Moleküle (I_2) als Beispiel für die Rolle schwerer Atome, welche Röntgenlicht erheblich stärker absorbieren als Kohlenstoff oder Wasserstoff. Die zunächst lokal aufgenommene Energie breitet sich durch Umverteilung der beteiligten Elektronen im Molekül aus. Je gleichmäßiger sich positive Ladung in Form fehlender Elektronen verteilt, umso mehr trägt sie durch gegenseitige Abstoßung zur Verformung und schließlich zu Explosion des Moleküls bei.

Mit zwei zeitlich variabel versetzten FEL-Pulsen ist es möglich, die Elektronenbewegung zwischen den beiden Jod-Atomen systematisch zu verfolgen. Deren Verhalten kann mit einem einfachen klassischen Modell anschaulich beschreiben werden: Während das Molekül expandiert, wird die freie Bewegung der Elektronen zunehmend eingeschränkt (siehe Abbildung).

Die Messergebnisse zeigen, dass Elektronentransfer auch über relativ große Abstände von mehreren Atomdurchmessern schneller als die Expansion des Moleküls geschehen kann. Dementsprechend wird eine lokal erzeugte Ladung effizient verteilt, was zu einer beschleunigten Explosion des Moleküls führt. Als Nächstes sollen Untersuchungen komplexerer Moleküle folgen.



Elektronische Energieniveaus bei zwei verschiedenen Abständen der Atomrümpfe. Oben können sich die Elektronen noch frei bewegen, unten ist die Bewegung durch die Potentialbarriere blockiert.

Kontakt:

Kirsten Schnorr, Robert Moshhammer, Thomas Pfeifer

Publikation:

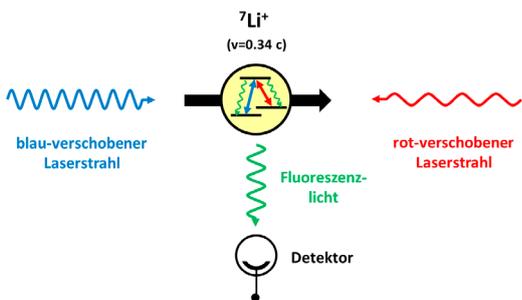
Electron Rearrangement Dynamics in Dissociating I_2^{n+} Molecules Accessed by Extreme Ultraviolet Pump-Probe Experiments
Physical Review Letters 113, 073001 (2014)
doi: 10.1103/PhysRevLett.113.073001

... und Einstein hat immer noch recht

Relativistische Zeitdehnung mit absoluter Methode präzise bestätigt

Eine bedeutende Konsequenz der Speziellen Relativitätstheorie von Albert Einstein ist die Zeitdilatation (Zeitdehnung): bewegte Uhren gehen relativ zu einer ruhenden Uhr langsamer. Diese Zeitdehnung wird mit Annäherung an die Lichtgeschwindigkeit immer größer, und sie beeinflusst auch den Dopplereffekt, der zu einer Verschiebung der Frequenz eines von einem bewegten Objekt ausgesandten Lichtstrahls führt.

Lithiumionen (${}^7\text{Li}^+$), die im Speicherring ESR des GSI Helmholtzzentrums mit 33,8% der Lichtgeschwindigkeit umliefen,



Schematische Darstellung des Experiments. Gezeigt sind die beteiligten Energieniveaus in ${}^7\text{Li}^+$ -Ionen und die Übergänge, die von den blau- bzw. rotverschobenen Laserstrahlen angeregt werden. Der Detektor registriert das Fluoreszenzlicht senkrecht zur Flugrichtung der Lithiumionen.

dienten als Uhren zur direkten Messung der relativistischen Zeitdehnung. „Abgelesen“ wurden die Uhren von Laserstrahlen in und entgegen der Flugrichtung mittels Doppelresonanz-Spektroskopie an zwei über einen gemeinsamen Zustand gekoppelten Übergängen. Bei Resonanz werden Li^+ -Ionen mit genau definierter Geschwindigkeit über beide spektroskopischen Äste hin- und hergeschaukelt. Das führt zur Emission von Fluoreszenzlicht, das senkrecht zur Flugrichtung der Ionen beobachtet werden kann, während Ionen mit leicht abweichender Geschwindigkeit „dunkel gepumpt“ werden und so die Messung nicht beeinträchtigen.

Es waren ‚nur‘ 2 Frequenzen präzise zu bestimmen, nämlich die für simultane Resonanz erforderlichen dopplerverschobenen Frequenzen der beiden Laserstrahlen, da die beiden Übergangsfrequenzen in ruhenden Lithiumionen bereits aus früheren Messungen hinreichend genau bekannt waren. Wenn Einstein recht hat, muss das Produkt der beiden Laserfrequenzen geteilt durch das Produkt der zwei Ruhefrequenzen gleich eins sein.

Das Ergebnis bestätigt die Einsteinsche Vorhersage auf zwei Milliardenstel genau, rund viermal genauer als im Vorgängerexperiment am TSR bei 6,4% der Lichtgeschwindigkeit.

Kontakt:

Dirk Schwalm

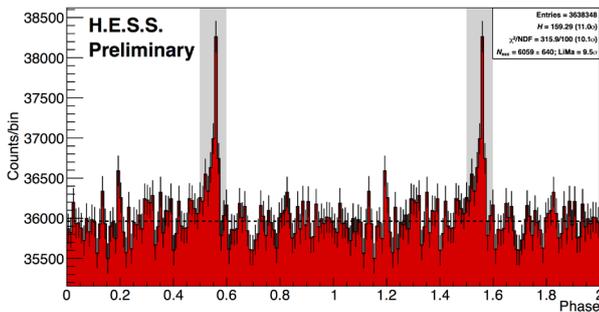
Publikation:

Test of time dilation using stored Li^+ ions as clocks at relativistic speed
Physical Review Letters 113, 120405 (2014)
doi: 10.1103/PhysRevLett.113.120405

+ + + Kurzmeldungen + + +

Den Vela-Pulsar im Blick

Der Vela-Pulsar hat dem H.E.S.S.-II-Teleskop (CT5) eine gelungene Premiere verschafft. Die jetzt gewonnenen Daten zeigen regelmäßige Gammastrahlen-Pulse, die sich alle 89 Millisekunden wiederholen und exakt aus der Richtung des Vela-Pulsars kommen. Die rekonstruierten Energien dieser Gammaquanten liegen bei 30 GeV, also im nur mit CT5 zugänglichen Energiebereich. Damit hat H.E.S.S. erstmals gepulste Gammastrahlung am Südhimmel gemessen.



Periodische Gammastrahlenpulse des Vela-Pulsars in den Daten des H.E.S.S.-Experiments.

Kontakt: Michael Panter, Wilfried Domainko, Felix Aharonian
Meldung vom 03.07.

CTAO gGmbH

Als Management-Organisation für CTA wurde die Cherenkov Telescope Array Observatory gGmbH (CTAO gGmbH) gegründet; Geschäftsführer ist Werner Hofmann (im Nebenamt), Sitz der Gesellschaft Heidelberg. Gründungsgesellschafter sind das BMBF vertreten durch DESY, für Deutschland, das Istituto Nazionale di Astrofisica für Italien und die Universität Zürich für die Schweiz. Die CTAO gGmbH ist für Bau und später den Betrieb von CTA sowie die Verwaltung und Finanzierung verantwortlich, das MPIK ist mit Werner Hofmann und Jim Hinton führender wissenschaftlicher Kooperationspartner.

Fällt Antimaterie nach oben?

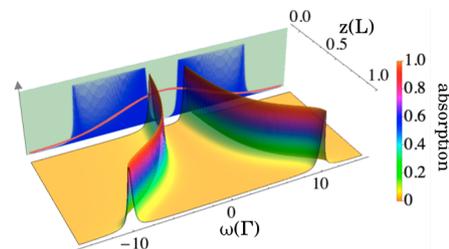
Die AEGIS-Kollaboration am CERN hat eine Methode namens Moiré-Deflektometrie demonstriert, mit der die sehr kleinen Kräfte gemessen werden können, die auf einen Strahl von Antiprotonen wirken. Deren großer Vorteil ist es, dass sie mit einer geringen Anzahl von Teilchen auskommt. In zukünftigen Experimenten soll sie eingesetzt werden, um den Einfluss der Schwer-

kraft auf Antiwasserstoff zu messen, eine Kraft, die deutlich kleiner ist als die hier gemessene elektromagnetische Kraft.

Kontakt: Alban Kellerbauer
Meldung vom 28.07.

Breitbandige Echos für schnelle Photonik

Die Entwicklung von kompetitiven photonischen Schaltkreisen, die Photonen statt Elektronen benutzen, benötigt das Speichern und Aufarbeiten von kurzen Lichtpuls. Ein neuer theoretischer Vorschlag zeigt, dass ein kurzer Puls in einem atomaren Medium mithilfe eines zweiten räumlich inhomogenen Laserfeldes gespeichert werden kann. Das zweite Laserfeld sorgt dafür, dass der atomare oder nukleare Übergang aufgespalten wird und die resultierenden zwei Absorptionsfrequenzen sich räumlich ändern und so den kurzen Puls nahezu komplett auffangen. Das gespeicherte Licht lässt sich später in Form eines breitbandigen und auf Wunsch maßgeschneiderten Echos wieder freisetzen.



Die Aufspaltung zwischen den zwei Absorptionsfrequenzen wird entlang der z-Achse immer größer, um die ganze Bandbreite des kurzen Lichtpulses (rote Kurve) zu decken.

Kontakt: Adriana Pálffy-Buß, Christoph Keitel
doi: 10.1103/PhysRevLett.113.123602

Lichtinstrumentierung für GERDA

Der Start von GERDA Phase II rückt näher: im November wurde die Lichtinstrumentierung installiert und in das flüssige Argon abgelassen. Sie ist um die Germaniumdioden herum angeordnet, um Szintillationslicht des Argons einzufangen, welches die Detektoren umgibt. Insgesamt 16 Photomultiplerröhren an Ober- und Unterseite sowie ein Vorhang aus wellenlängenschiebenden Fasern mit Silizium-Lichtsensoren detektieren die harte UV-Strahlung. Dies erlaubt es, störende Untergrundereignisse um das 10- bis 1000fache zu reduzieren. Mit dieser Untergrundunterdrückung wird GERDA seine führende Rolle bei der Suche nach dem neutrinolosen doppelten Betazerfall behalten.

Kontakt: Manfred Lindner, Mark Heisel, Tasso Knöpfle

Namen & Notizen

Preise und Ehrungen

Prof. Dr. Felix Aharonian: Viktor Ambartsumian International Prize in astronomy/astrophysics

PD Dr. Jörg Evers: Röntgenpreis der Justus-Liebig-Universität Gießen

Dr. Petter Hofverberg: H.E.S.S.-Preis der H.E.S.S.-Kollaboration

Lisa Schmöger: EPS student poster prize of the 46th Conference of the European Group on Atomic Systems

Meike Janko: Azubipreis der MPG

Rufannahme

PD Dr. Daniel Fischer: Tenure-Track-Professur an der Missouri University of Science and Technology in Rolla (USA)

Habilitationen

Dr. Zoltan Harman: Ionic quantum dynamics and high-precision theory

Dr. Teresa Marrodán Undagoitia: Revealing the nature of dark matter with XENON

Dr. Adriana Pálffy-Buß: Nuclear and atomic quantum dynamics

Heisenberg-Stipendien der DFG

PD Dr. Frank Rieger
Dr. Werner Rodejohann

Dienstjubiläen 25 Jahre MPG:

Thomas Busch, Bernd Schaller,
Jochen Stephan, Michael Reißfelder,
Dr. Michael Panter, Christian Kaiser,
Stephan Flicker

Tag der offenen Tür am 20. Juli

Es kamen zwar nur rund 1600 Besucher, aber die waren begeistert von den Vorführungen, Mitmachversuchen, Exponaten, Postern und Vorträgen. Alle 63 Stationen zu sehen dürften aber die wenigsten Besucher geschafft haben. Erfreulich ist, dass die Sanitäter einen ruhigen Tag hatten und der Verkehr auf dem Saupfercheckweg weitgehend ungestört lief.



Informativ: Experimentalvortrag zur Radioaktivität



Stets umlagert: supraleitende Magnetschwebbahn



Faszinierend: H.E.S.S.-Ausstellung



Sportlich: Minigolf-Reaktionsmikroskop



Präzise: 3D-Koordinatenmessmaschine

Betriebsausflug am 19. September

Organisiert von Mitgliedern der Abteilung Pfeifer ging der diesjährige Betriebsausflug nach Bad Wimpfen und zur Burg Guttenberg mit der Deutschen Greifenwarte.



Aussicht von der Burg Guttenberg



Weißkopf-Seeadler



Altstadt von Bad Wimpfen

Impressum

Herausgeber:
Redaktion:

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