

Exotische Atome aus Pionen

Test der Quantenchromodynamik bei geringen Energien

Atome müssen nicht ausschließlich aus Elektronen und Protonen sowie Neutronen bestehen. Beim Antiwasserstoff beispielsweise, der erstmals 1995 künstlich erzeugt wurde, wird der Atomkern von einem Antiproton und die Atomhülle von einem Positron, dem Antiteilchen des Elektrons, gebildet. Das seit langem bekannte sogenannte Positronium setzt sich gar aus zwei fast identischen Teilchen – einem Elektron und einem Positron – zusammen. Noch exotischer ist das Zweiteilchensystem, das eine internationale Forschergruppe am Europäischen Zentrum für Elementarteilchenforschung, Cern bei Genf, in großen Mengen erzeugt hat. Es besteht aus zwei unterschiedlich geladenen Pionen – also Teilchen, die aus einem Quark und Antiquark bestehen und deshalb der starken Kraft unterworfen sind.

Zusammengehalten werden die Gebilde im wesentlichen durch die elektromagnetische Anziehung, die zwischen den Pionen wirkt. Ob das positiv geladene Pion oder sein negativ geladenes Pendant dabei als Atomkern beziehungsweise als Atomhülle betrachtet wird, macht physikalisch gesehen keinen Unterschied. Das Zweiteilchensystem, das trotz des exotischen Aufbaus Ähnlichkeit mit einem Wasserstoffatom hat und einen Grundzustand sowie angeregte Zustände aufweist, ist gemäß theoretischen Vorhersagen nur wenige milliardstel Sekunden stabil. Dann zerfällt es in zwei ungeladene Pionen.

Die Forschergruppe, zu der Wissenschaftler aus acht Nationen gehören, hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Lebensdauer des Pionium-Atoms möglichst präzise zu vermessen. Sie verspricht sich, neue Erkenntnisse über das Wesen der starken

Kraft bei geringen Energien zu finden: Damit ließe sich die Quantenchromodynamik (QCD) testen, die Theorie der starken Wechselwirkung, die im Mittelpunkt des diesjährigen Nobelpreises für Physik steht. Bislang konnten die Aussagen der QCD vor allem für den Fall bestätigt werden, daß hohe Energien bei den Teilchenreaktionen im Spiel sind. Nicht aber, wenn sich zwei jeweils aus einem Quark-Antiquark-Paar bestehende Teilchen mit geringen relativen Impulsen so nahe kommen, daß sie noch den Einfluß der starken Kraft spüren.

Mit der Herstellung großer Mengen von Pionium-Atomen ist das erste Etappenziel erreicht. Wie die Wissenschaftler des Experimentes „Dirac“ (Di-Meson Relativistic Atomic Complex) in einer der kommenden Ausgaben der Zeitschrift „Journal of Physics G“ berichten, haben sie zur Erzeugung der Pionium-Atome energiereiche Protonen auf eine Nickelfolie geschossen und dadurch zahlreiche Kernreaktionen ausgelöst. Unter den Reaktionsprodukten waren auch geladene Pionen. Einige Pionen, die entgegengesetzt geladen waren und in die gleiche Richtung flogen, kamen sich so nahe, daß sie kurzzeitig einen wasserstoffähnlichen Zweierbund eingingen, der dann wieder auseinandergerissen wurde.

Von insgesamt 600 Millionen Ereignissen konnten die Forscher rund 5000 in ihrem Magnetspektrometer nachweisen, die von Pionium-Atomen stammten. Damit ließe sich ihrer Ansicht nach nun die Lebensdauer mit einer statistischen Unsicherheit von zehn bis fünfzehn Prozent bestimmen: Die detaillierte Auswertung ist zur Zeit in vollem Gange. 1993 wurden die ersten Pionium-Atome in Rußland am Synchrotron „Serpukhov U-70“ erzeugt, damals allerdings nur in kleinen Mengen. mli