

Zeitschrift: Horizonte : Schweizer Forschungsmagazin
Herausgeber: Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung
Band: 25 (2013)
Heft: 98

Artikel: Mystериös und unsichtbar
Autor: Vos, Anton
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-552899>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 11.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Mysteriös und unsichtbar

Ein Experiment der Internationalen Raumstation hat in der kosmischen Strahlung einen Positronen-Überschuss gemessen. Für das Ergebnis könnte die dunkle Materie verantwortlich sein.

Von Anton Vos

Vielleicht handelt es sich um den ersten Nachweis der dunklen Materie, jener mysteriösen Substanz, die in unvorstellbaren Mengen im Universum herumspukt, ohne dass sie je erspäht worden wäre. Die Messungen des AMS-Detektors (AMS steht für Alpha Magnetic Spectrometer), der seit 2011 in der um die Erde kreisenden Internationalen Raumstation zur Untersuchung kosmischer Strahlen eingerichtet ist, ergaben einen Überschuss an Positronen (Antiteilchen der Elektronen) gegenüber den Prognosen der Astrophysik.

Dieses Ergebnis bestätigt mit bisher unerreichter Genauigkeit, was die Wissenschaft seit vielen Jahren vermutet: Irgendwo in unserer Galaxie gibt es eine oder mehrere Quellen von Antimaterie. Verschiedene Theorien zur Art dieser Quellen liegen miteinander im Widerstreit. Die interessanteste Theorie beruft sich auf die unsichtbare dunkle Materie.

Zwicksy's Einsicht

Die Existenz dieser Materie wurde durch die Untersuchung der Dynamik von Galaxien enthüllt. Aufgrund der Arbeiten des Schweizer Astronomen Fritz Zwicky ist seit 1933 klar, dass sich die Bewegungen dieser fernen Sternsysteme und die Form ihrer spiralförmig angeordneten Arme nicht erklären lassen, wenn man nur die Gravitationskräfte der gewöhnlichen und sichtbaren Materie betrachtet, aus der die Gaswolken, Sterne und Planeten bestehen. Es braucht etwa vier Mal mehr Masse als die Masse der gewöhnlichen Materie, damit sich die Galaxien so verhalten, wie sie es tun. Um diese Lücke zu schliessen, postulierten die Physiker die Existenz der dunklen Materie, die die Galaxien wie ein riesiger Hof umgibt. Abgesehen von ihren Gravitationseigenschaften ist sie unsichtbar und von unbekannter Art.

«Wir wissen immerhin zwei, drei Dinge über die dunkle Materie», relativiert Martin Pohl, Leiter der Abteilung für Nuklear- und Teilchenphysik der Universität Genf, der am AMS-Experiment mitforscht. «So ist uns zum Beispiel bekannt, dass die Teilchen, aus denen sie vermutlich besteht, schwer sind, sich nicht mit hoher Geschwindigkeit bewegen, nur schwach mit gewöhnlicher Materie interagieren, einen halben Spin besitzen und elektrisch neutral sind. Das ist nicht nichts. Ausserdem erzeugen zwei Teilchen dunkler Materie bei der Annihilation unter anderem ein Elektron-Positron-Paar, das heisst ein Elektron und dessen Antiteilchen.»

Materie, Antimaterie

Bereits vor fast einem Jahrhundert entdeckten die Physiker, dass zu jedem Teilchen Materie ein Teilchen Antimaterie gehört. Sich entsprechende Teilchen und Antiteilchen sind abgesehen von der entgegengesetzten elektrischen Ladung vollkommen identisch. So weist das Elektron eine negative Ladung auf, das Positron hingegen eine positive. Eine weitere Besonderheit: Materie und Antimaterie können nicht nebeneinander bestehen. Wenn sie aufeinander treffen, vernichten sie sich gegenseitig und setzen Energie in Form von Photonen frei.

Der AMS-Detektor ist nun genau so konzipiert, dass er Antiteilchen misst. Dieses Instrument wurde vom amerikanischen Physiker Samuel Ting vorgeschlagen, der 1976 dem Nobelpreis für Physik erhielt. Achtzehn Jahre dauerten die Arbeiten für den Bau des Detektors, der das Ergebnis der Zusammenarbeit von rund sechzig Teams aus sechzehn Ländern Europas, Nordamerikas und Asiens ist. Dazu gehören auch zwei Schweizer Forschungsgruppen, eine von der Universität Genf, die andere von der ETH Zürich.

Der AMS-Detektor ist seit zwei Jahren in Betrieb und hat bereits mehr als dreissig Milliarden hochenergetische kosmische Strahlen – bei denen es sich eigentlich um Teilchen handelt – aufgezeichnet. Und er wird weiterhin jährlich 16 Milliarden Teilchen messen. Bei der erdrückenden Mehrheit handelt es sich um Protonen und Heliumkerne, die aus Supernovae, aktiven Galaxien, Gammablitzes etc. stammen. Nur ein kleiner Anteil besteht aus Elektronen (4 Prozent), und auf 10 000 Protonen kommt nur ein einziges Positron. «Die Mehrzahl der mit dem AMS nachgewiesenen Positronen gehört zur so genannten sekundären kosmischen Strahlung», erklärt Martin Pohl. «Diese Antiteilchen entstehen bei der Kollision primärer Strahlen – zum Beispiel Protonen – mit interstellarer Materie. Weil wir wissen, dass der Anteil primärer Strahlen mit ihrer Energie abnimmt, erwarten wir, dass der relative Anteil von Positronen, das heisst die Anzahl Positronen im Vergleich zur Gesamtsumme von Positronen und Elektronen, diesem Trend folgt.»

Das ist jedoch nicht der Fall. Ab einer gewissen Energiemenge (etwa zehn Gigaelektronenvolt, GeV) beginnt die Kurve

wieder zu steigen statt weiter zu fallen. Noch überraschender: Bei einer zwanzig Mal höheren Energiemenge (200 GeV) weist die Kurve eine Richtungsänderung auf, die einen Fall ankündigt scheint. Leider liegt dieser Bereich aber im Moment noch ausserhalb der Reichweite des AMS. In einem präzisen Energiespektrum besteht also ein Positronenüberschuss (gegenwärtig etwa 400 000).

Warten

Die dunkle Materie ist eine Möglichkeit zur Erklärung dieses Phänomens. Aber nicht die einzige: Es könnte sein, dass die überschüssigen Positronen aus Pulsaren kommen – dichten Neutronensternen, die um sich selber rotieren und ein starkes Magnetfeld erzeugen. Diese Himmelskörper sind theoretisch in der Lage, Positronen zu erzeugen und auf die erforderliche Geschwindigkeit zu beschleunigen. In unserer Galaxie, der Milchstrasse, gibt es Pulsare, die nicht allzu weit vom Sonnensystem entfernt sind und eine Positronenquelle darstellen könnten. Auch so liessen sich die Beobachtungen des AMS erklären. «Sobald wir den weiteren Verlauf der Kurve

bestimmt haben, können wir eine der beiden Hypothesen verwerfen», sagt Martin Pohl. «Ein einfacher und steiler Fall der Kurve spricht für die Hypothese der dunklen Materie, eine Abnahme in mehreren Sprüngen zugunsten von Pulsaren. Das Problem ist, dass bei Energien über 350 GeV der Positronen-Anteil sehr gering wird. Deshalb wird der AMS-Detektor noch während eines oder zweier Jahre Daten sammeln müssen, bis wir endlich eine Antwort haben.»

Literatur

AMS Collaboration. First Result from the Alpha Magnetic Spectrometer on the International Space Station: Precision Measurement of the Positron Fraction in Primary Cosmic Rays of 0.5–350 GeV. Physical Review Letters (2013) (PRL 110, 141102).

Auf der Suche nach der dunklen Materie: Die Internationale Raumstation vor dem Horizont der Erde (Mai 2013). Der weisse Kasten links oben vor dem Solarflügel ist der AMS-Detektor. Bild: Nasa

