

Gravitationsexperiment MICROSCOPE
Die künstlerische Darstellung zeigt den französischen Satelliten MICROSCOPE, der in eine Umlaufbahn in 710 Kilometer Höhe über der Erdoberfläche gebracht wurde. Dort wurden mit Testkörpern aus Metall äußerst präzise Tests der allgemeinen Relativitätstheorie von Albert Einstein durchgeführt.



CNES/Virtual-IT, 2017 (photothèque.cnes.fr/cnes/media/36149)

Einsteins Theorie besteht weiteren Härtetest

WIS wissenschaft in die schulen!

Mit der Weltraummission MICROSCOPE wurde das schwache Äquivalenzprinzip der allgemeinen Relativitätstheorie mit nie dagewesener Präzision getestet. Dabei fallen Objekte im Satelliten frei und gehorchen den Naturgesetzen, wie sie von Albert Einstein vor gut 100 Jahren formuliert wurden.

Von Robert Lea

Ein Wissenschaftsteam hat nachgewiesen, dass Einsteins allgemeine Relativitätstheorie mit bemerkenswerter Genauigkeit korrekt ist, und das, obwohl sie bereits seit mehr als einem Jahrhundert besteht.

Das Forschungsteam wollte einen wichtigen Grundpfeiler von Einsteins Theorie, das schwache Äquivalenzprinzip, überprüfen. Dieses besagt, dass alle Objekte unabhängig von ihrer Masse oder Zusammensetzung in einem Gravitationsfeld auf die gleiche Weise frei fallen sollten, wenn Störfaktoren wie der Luftdruck ausgeschaltet werden. Zu diesem

Zweck haben die Wissenschaftler die Beschleunigung von frei fallenden Testobjekten in einem französischen Satelliten namens MICROSCOPE gemessen, der im Jahr 2016 gestartet wurde (siehe »Gravitationsexperiment MICROSCOPE«). Einer der berühmtesten Tests des schwachen Äquivalenzprinzips fand während des Mondspaziergangs der Mission Apollo 15 statt, als der Astronaut David Scott eine Feder und einen geologischen Hammer gleichzeitig fallen ließ; ohne Luftwiderstand beschleunigten beide Objekte mit der gleichen Geschwindigkeit auf die Mondoberfläche. In ähnlicher Wei-

se trägt das Experiment MICROSCOPE frei fallende Testmassen aus Platin- und Titanlegierungen. Elektrostatische Kräfte halten die Testmassen in der gleichen relativen Position zueinander, so dass jeder Unterschied, der durch diese elektrostatische Kraft erzeugt wird, das Ergebnis von Abweichungen in den Beschleunigungen der Objekte sein muss.

Präziser Test

Die Ergebnisse des Teams, die den Höhepunkt von 20 Jahren Forschung darstellen, zeigen, dass die Beschleunigung von Objektpaaren im freien Fall um nicht mehr

als 1 Teil in 10^{15} oder 0,000000000000001 abweicht. Das bedeutet, dass keine größeren Verletzungen des schwachen Äquivalenzprinzips festgestellt wurden.

Die Ergebnisse schränken nicht nur Abweichungen vom schwachen Äquivalenzprinzip ein, sondern sprechen auch gegen Abweichungen von Einsteins allgemeiner Relativitätstheorie aus dem Jahr 1915 als Ganzes. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler suchen weiterhin nach solchen Abweichungen, weil die allgemeine Relativitätstheorie, die beste Beschreibung der Gravitation, die wir haben, nicht mit der Quantenphysik verträglich ist, der besten Theorie, die wir für die Realität auf unvorstellbar kleinen Längenskalen haben.

Kein Anzeichen einer Abweichung bedeutet also, dass immer noch kein Hinweis auf Erweiterungen der allgemeinen Relativitätstheorie zu finden ist, welche die Lücke zur Quantenphysik schließen könnten.

»Wir haben neue und viel bessere Einschränkungen für zukünftige Theorien, da diese Theorien das Äquivalenzprinzip auf dieser Ebene nicht verletzen dürfen«, erläutert Gilles Métris, Mitglied des MICROSCOPE-Teams und Wissenschaftler am Observatorium der Côte d'Azur in Frankreich, in einer Erklärung der American Physical Society, welche die Forschungsergebnisse veröffentlichte.

Analysieren seit sieben Jahren

MICROSCOPE startete im April 2016, und das Missionspersonal veröffentlichte seine vorläufigen Ergebnisse im Jahr 2017. Die Datenanalyse wurde auch nach dem Ende des Experiments im Jahr 2018 fortgesetzt.

Die Tatsache, dass die neue Forschung keine Verletzung des schwachen Äquivalenzprinzips gefunden hat, stellt die bisher strengsten Anforderungen an dieses Element der allgemeinen Relativitätstheorie. Die Ergebnisse legen auch den Grundstein für noch empfindlichere Tests in der Zukunft.

Forschende haben nämlich auch Vorschläge gemacht, wie der von ihnen verwendete Versuchsaufbau verbessert werden könnte. Dazu gehören die Verringerung von Mängeln in der Beschichtung der Satelliten, die sich auf die Beschleunigungsmessungen auswirken können, sowie der Ersatz von kabelgebundenen Systemen durch solche, die drahtlose Verbindungen nutzen.

Ein Satellit, in dem diese Verbesserungen vorgenommen wurden, könnte potenziell Verletzungen des schwachen Äquivalenzprinzips in einer Größenordnung von $1:10^{17}$ aufspüren und wäre damit 100-mal empfindlicher als MICROSCOPE. Das Team geht jedoch davon aus, dass diese Verbesserungen in absehbarer Zeit nicht realisierbar sein werden, so dass das Experiment MICROSCOPE vorerst der beste Test des schwachen Äquivalenzprinzips bleiben wird.

»Mindestens ein oder zwei Jahrzehnte lang werden wir keine Verbesserungen mit einem Weltraumsatellitenexperiment sehen«, schätzt Manuel Rodrigues, ein Mitglied des MICROSCOPE-Teams und Wissenschaftler bei ONERA, einem französischen Forschungsinstitut für Luft- und Raumfahrt, in derselben Erklärung.

Robert Lea ist ein britischer Wissenschaftsjournalist und hat einen Bachelor of Science in Physik und Astronomie von der Open University in Großbritannien.

Literaturhinweis

Touboul, P. et al. (MICROSCOPE Collaboration): MICROSCOPE Mission: Final results of the test of the equivalence principle. *Physical Review Letters* 129, 2022

Dieser Artikel erschien am 15. September 2022 unter dem Titel »Einstein's greatest theory just passed its most rigorous test yet« bei »Scientific American« und »Space.com«. Er wurde von der SuW-Redaktion übersetzt.

W I S Didaktische Materialien:
www.wissenschaft-schulen.de/artikel/1156167

Anzeige

Super-Zoom 67° mit TMB-Barlow

7,7 – 15,4mm bzw. 5 – 10mm (mit Barlow),
mit 9-stufiger Klick-Einrast-Funktion

Eine moderne Neuentwicklung für universelle Nutzung bei Naturbeobachtung und Astronomie. Großer Wert wurde auf eine hervorragende optische und mechanische Qualität sowie optimierte Ergonomie gelegt.

Die gerechnete Optik zeigt exzellente Auflösungs- und Kontrastwerte sowie eine randscharfe Abbildung. Mit der erhaltenen TMB-Barlowlinse erreichen Sie insgesamt 18 unterschiedliche Vergrößerungen!

Das Besondere: Fast kein Nachfokussieren bei Änderung der Zoomstufe und praktisch gleichbleibende Gesichtsfeldgröße – das ist einzigartig!

ab Lager lieferbar

- ✓ 67° Weitwinkel-Gesichtsfeld
- ✓ hervorragende mechanische und optische Qualität, sehr gute Haptik
- ✓ sehr gutes Einblickverhalten, Abstand 18mm – 20mm (Brillenträger geeignet)
- ✓ auch für schnelle Optiken geeignet
- ✓ 1,25" Anschluss mit integriertem Filtergewinde, 2" Steckhülse zum Abschrauben
- ✓ 2x Außengewinde zum Anschluß von Tele Vue Dioptrix oder Adapter M43 x 0,75 und M37 x 0,75



678 €



E-Mail: info@apm-telescopes.de Tel.: +49 (0)6897 924929-0 Fax: -9 www.apm-telescopes.net