

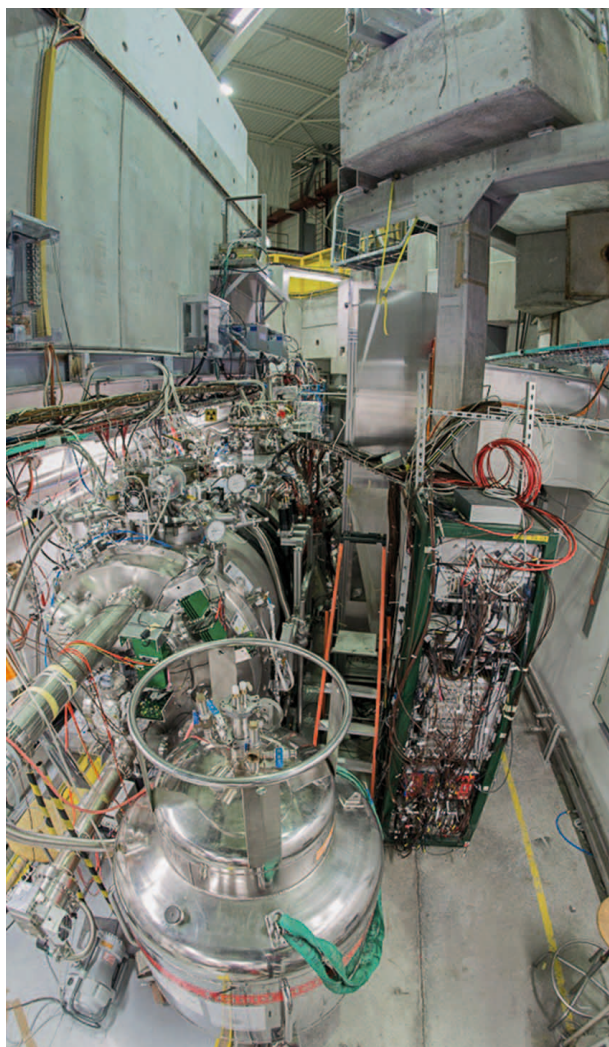
Padá antihmota vzhůru?

V CERNu nedaleko Ženevy, stranou od mamutích urychlovačů s tisíci pracovníky, se nachází na první pohled nenápadný experiment AEGIS (Antimatter Experiment: Gravity, Interferometry, Spectroscopy). Členy mezinárodní kolaborace je přibližně 60 výzkumníků. Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze je jediným českým pracovištěm, které se experimentu účastní.

V současnosti je experimentální zařízení ve stadiu konstrukce. Plánuje se více fází, ale již první z nich je mimořádně zajímavá - jejím cílem je totiž přímé měření gravitačního zrychlení částic antihmoty, což doposud nikdo neprovedl. Jedinou vhodnou částicí antihmoty, kterou lze za současných experimentálních možností použít, je atom antivodíku.

Antivodík se pro experiment AEGIS připravuje tzv. nábojovou výměnou, což je reakce, ve které antiproton zaujme v pozitroniu místo elektronu.

Celkový pohled na experiment AEGIS
[foto: CERN]



Antiprotony přichází do AEGISu z antiprotonového decelerátoru o vysoké rychlosti a je nutné je zpomalovat a akumulovat, zatímco pozitronia, která jsou produkována přímo v AEGISu, je kvůli jejich relativně krátké době života (méně než mikrosekunda) naopak třeba urychlovat.

Sladění těchto požadavků se dosáhne použitím prostorově komplikovaných elektrických a magnetických polí. Experiment AEGIS je vůbec význačný tím, že je v něm zapojeno nezvykle široké spektrum expertů z velmi vzdálených oborů - vakuovou fyzikou, kryogenikou nebo nanomateriály počínaje a laserovou fyzikou, fyzikální chemií, obecnou relativitou a detektorovou technikou konče. Vzhledem k tomu, že atomů antivodíku se vyrobí málo, je třeba zvýšit výtěžnost experimentu řadou velmi důvtipných řešení - například režim experimentu je navržen jako pulzní, pozitronia jsou chlazená a zároveň selektována průchodem skrz dutiny v porézním materiálu, hloubka „pádu“ atomů antivodíku se určuje Moirého deflektometrem, pozitronium je buzeno ještě před nábojovou výměnou, apod.

Antivodík i vodík jsou sice elektricky neutrální, ale to neznamená, že jsou elektricky neaktivní - mj. jim je vlastních několik druhů dipólových momentů, které gradienty (nehomogenity) vnějších polí podstatně ovlivňují. Tedy stejně jako je pro nabitou částici v obecném vnějším poli známa vtištěná Lorentzova síla, měla by se i pro model atomu (anti)vodíku v principu dát postulovat analogická vnější síla.

Tato síla v plné obecnosti vnějších polí podle všeho ještě nebyla nikdy nalezena. Úloha je složitá především díky nekonstantnosti dipólů jakožto parametrů této síly, jejich počtu a vzájemnému ovlivňování, rydbergovskému režimu atd. Hlavní teoretická

participace JFJI v experimentu tkví především právě v této úloze - nalezení dynamiky pohybu antivodíku ve vnějších polích. Nalezli jsme takový analyticky vyjádřitelný model částice, který je sám o sobě konzistentní (a přitom překvapivě elegantní), je v souladu se všemi vlastnostmi atomu antivodíku, které jsou považovány za podstatné, a limitně přechází ve všechny známé speciální výsledky. Pokud jde o technickou stránku, účastní se JFJI na kolaboraci hlavně tzv. pozitronovou transportní linkou (části aparatury sloužící k vedení pozitronů). Detailně jsme navrhli její design včetně napájení, simulovali jsme její funkčnost (tj. zda jsou pozitrony vnitřními magnetickými poli řádně vedeny), zajistili výrobu jejich součástí a dopravu do CERNu. Na místě jsme ji pak zapojili do celého zařízení. Dále jsme zodpovědní za napájecí a kontrolní zařízení křemíkových detektorů experimentu.

Měřit gravitační zrychlení antihmoty v poli Země znamená přímo testovat tzv. slabý princip ekvivalence, známý někdy také jako Galileiho princip univerzality volného pádu. Podle něj pohyb v gravitačním poli žádným způsobem nezávisí na hmotnosti tělesa, jeho struktuře nebo charakteru materiálu. Některé teorie ale s extrapolací platnosti tohoto principu i na antihmotu nepočítají a předpovídají pro antihmotu i velmi exotická chování (např. „pád vzhůru“). Budoucí experimentální výsledky by neměly sloužit jen k rozsouzení navrhovaných teorií, ale protože gravitace je interpretována jako projev vlastností prostoročasu, bude mít vyvrácení, ale i potvrzení slabého principu ekvivalence hluboký dopad na naše fundamentální představy o prostoru i času. Výsledky by tedy měly být očekávány s oprávněným napětím...

autor: Michal Špaček