

# Antičástice

**Antičástice** je ve svém smyslu slova "opakem" částice. V přírodě existuje symetrie mezi částicemi a antičásticemi, kterou můžeme vidět v následujících případech:

- antičástice má stejný spin, stejnou hmotnost i stejnou střední dobu svého života.
- na druhou stranu má ale opačné znaménko elektrického náboje, magnetického momentu, baryonového čísla, leptonového čísla, izospinu, podivnosti,...

Důležitou informací je, že antičástice se řídí **stejnými fyzikálními zákony jako částice**.

## Historie

Dříve, než byla existence antičástic dokázána, přišel britský fyzik Paul Dirac v roce 1928 s teorií, že k elektronu musí existovat i jeho antičástice, tedy pozitron. K tomuto výsledku došel při počítání tzv. Diracovy rovnice, kterou odvodil od Schrödingerovy rovnice:

$$\hat{H}(t)\Psi(\mathbf{r},t) = i\hbar \frac{\partial \Psi(\mathbf{r},t)}{\partial t}$$

(při relativistickém zobecnění známa jako Klein-Gordonova rovnice) a která mu vycházela jak kladně, tak záporně. Diracova relativistická rovnice byla určena pro počítání elementů se spinem 1/2:

$$\left( i\hbar c \sum_{\mu=1}^3 \gamma^{\mu} \partial_{\mu} - mc^2 \right) \psi = 0$$

O 4 roky později se skutečně povedlo pozitron objevit, a to konkrétně americkému fyzikovi Carlu Andersonovi. Pozitron byl objeven v mlžné komoře při studování kosmického záření. V roce 1955 Emilio Sergé prováděl experimenty na urychlovači v Berkeley a podařilo se mu objevit **antiproton**.

## Vlastnosti

Částice jsou základním stavebním prvkem hmoty, zatímco hmota tvořená z antičástic se označuje jako antihmota. Antihmotu můžeme pozorovat i ve vesmíru, nicméně i tam převažuje hmota nad antihmotou. Studium tohoto nepoměru se zabývá kosmologie.

Při srážce částice a antičástice dochází k tzv. anihilaci hmoty a vzniku elektromagnetického záření gama. Právě při střetu elektronu a pozitronu dochází díky zákonu zachování hybnosti a zákonu zachování energie ke vzniku dvou fotonů (popř. bozonů a mezonů), které se pohybují v navzájem opačných směrech.

## Výskyt

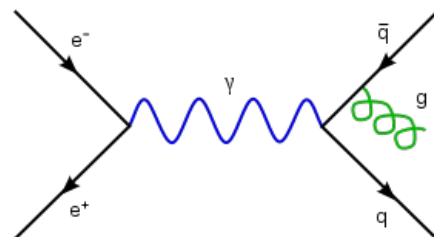
Předpokládá se, že na počátku vesmíru byl poměr mezi množstvím hmoty a antihmoty téměř stejný. V současném vesmíru ale hmota převažuje nad antihmotou (tzv. baryonová asymetrie), důvod této převahy stále není úplně jasný. Antihmota se vyskytuje velmi řídce, a to v kosmickém záření (antiprotony a pozitrony tvoří 0,01 %). Dále mohou vznikat při vysokoenergetických procesech, příkladem jsou výbuchy supernov. Také se získávají pomocí urychlovačů částic (CERN, FermiLab), nebo při pozitronovém rozpadu radioaktivních prvků.

## Význam

### Pozitronová emisní tomografie

Pozitronová emisní tomografie (PET) je jadernou zobrazovací technikou nukleární medicíny, díky níž se získává 3D obraz určité části lidského těla. Využívá se především v onkologii, pak v neurologii, kardiologii a dalších odvětvích medicíny. Do krve je vpravena látka obsahující radionuklid, jenž má poločas rozpadu řádově v minutách a emituje pozitrony. Dochází pak k **anihilaci pozitronů s elektrony** a uvolněná energie je absorbována detektorem zaznamenávajícím gama záření. Tato technika se využívá v medicíně v kombinaci s CT a nukleární magnetickou rezonancí NMR. Jedná se pak o hybridní pozitronovou emisní a výpočetní tomografii, jež slouží k **diagnostice onkologických a některých zánětlivých onemocnění** (stanovuje se tak přesná lokalizace a rozsah např. nádorového ložiska a následné kroky léčby). V České republice byla tato technika poprvé zavedena do praxe v Nemocnici Na Homolce v roce 1999. Dnes je toto PET centrum jedním z největších v Evropě.

 *Podrobnější informace naleznete na stránce Pozitronová emisní tomografie.*



Feynmanův diagram představuje anihilaci elektronu s pozitronem. Vzniká foton, který pak produkuje dvojici Kvark-Antikvark. Antikvark emituje gluon

## Antiprotonová terapie

Druhou možností představuje antiprotonová radioterapie sloužící k léčbě nádorů. Patří mezi hadronové radioterapie.

Urychlené antiprotony (záporné protony) po prostupu do tkáně ionizují obdobným způsobem jako běžné protony (s maximem v tzv. Braggově píku). Navíc dochází k anihilaci antiprotonu s protonem nebo neutronem v atomovém jádře ozařované látky (tkáně) za vzniku p-mezonů. Uvolňuje se tak další E, která významně zvyšuje radiační účinek (asi 3-krát ve srovnání s protony). Doprovodným jevem při interakcích jsou i pozitrony, jejichž anihilační gama-fotony lze detekovat pomocí PET kamery a monitorovat takto reálné rozložení radiační dávky v tkáni.

Určitou nevýhodou antiprotonové terapie je poněkud vyšší radiační dávka mimo cílový objem (včetně dávky celotělové), způsobená pronikavými piony, neutrony a  $\gamma$ , rozlétajícími se ve všech směrech od místa interakce antiprotonů. Metoda je ve stádiu laboratorního zkoušení v největších nukleárních laboratořích (CERN, FERMILAB). Vzhledem k neobyčejné náročnosti a nákladnosti lze snad očekávat zavedení této zajímavé metody do klinické praxe až ve vzdálené budoucnosti.



Přístroj PET

## Význam mimo medicínu

Antihmota složená z antičástic může být používána jako neúčinnější ze známých druhů energie, protože při reakci s hmotou **uvolňuje energii se 100% účinností**. Lidstvo ale ještě není technologicky schopno ji takto využívat. Dokážeme totiž pouze uchovat antiprotony nebo pozitrony v tzv. Penningových pastech, nicméně antihmotu vytvořenou z těchto částic ještě udržet neumíme. Další výzkumy ohledně antičástic se zabývají možností vyvinutí anihilačních motorů, které by využívaly antihmotu k pohonu vesmírných lodí (např. Pennsylvánská univerzita).

## Odkazy a zdroje

- WAGNER, Vladimír. *Antihmota jako zdroj energie* [online]. [cit. 17.12.2015]. <<http://hp.ujf.cas.cz/~wagner/prednasky/antihmota/vyuziti/pohon.html>>.
- REICHL, Jaroslav. *Částice a antičástice* [online]. [cit. 17.12.2015]. <<http://fyzika.jreichl.com/main/article/view/898-castice-a-anticastice>>.
- GEOGRAPHIC, National. *Antihmota jako lék na rakovinu? V Cernu už na tom pracují*. [online]. [cit. 17.12.2015]. <<https://www.national-geographic.cz/clanky/antihmota-jako-lek-na-rakovinu-v-cernu-uz-na-tom-pracuji.html>>.
- ULLMANN, Vojtěch. *Radioterapie* [online]. [cit. 17.12.2015]. <<http://astronuklfyzika.cz/JadRadMetody.htm#6>>.
- ACCELERATING SCIENCE, Cern. *ACE* [online]. [cit. 17.12.2015]. <<https://home.cern/science/experiments/ace>>.