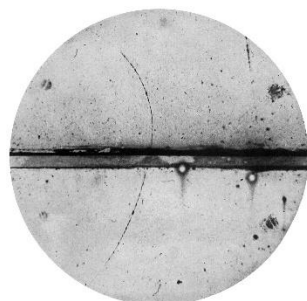
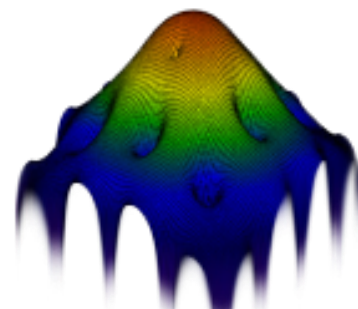


Anihilace pozitronů

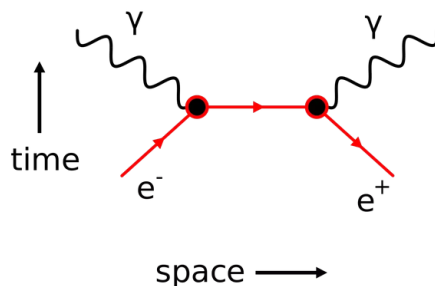
<https://physics.mff.cuni.cz/kfnt/pas/>

Pozitron je antičástice elektronu a zároveň první teoreticky předpovězenou (P. A. M. Dirac, 1928) i experimentálně objevenou (C. D. Anderson, 1932) antičásticí vůbec.



Obr. 1: Fotografie dráhy pozitronu v mlžné komoře, pořízená C. D. Andersonem v roce 1932.

V pevných látkách dochází k anihilaci pozitronu s jedním z elektronů. Anihilující pár elektron-pozitron se změní ve většině případů na dva anihilační fotony emitované v navzájem opačných směrech. Tyto anihilační fotony nesou informaci o procesu anihilace a vlastnostech pevné látky.



Obr. 2: Feynmanův diagram anihilace páru elektron-pozitron.

Nejdůležitější pozorovatelné veličiny spojené s anihilací pozitronu jsou:

- doba života pozitronu
- Dopplerovský posun energie anihilačních fotonů
- odchylka anihilačních fotonů od anti-kolinearity

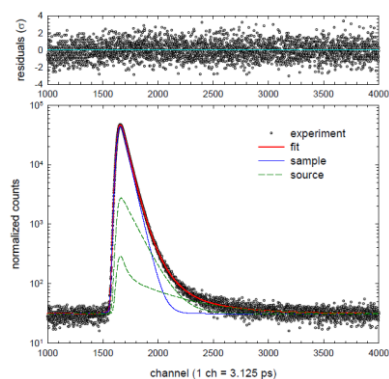
Pozitronová anihilační spektroskopie (PAS) je moderní sofistikovaná technika, která umožňuje získat unikátní informaci o defektech v pevných látkách. PAS je proto využívána ve fyzice pevných látek a v materiálovém výzkumu jako velmi výkonná metoda pro charakterizaci defektů na atomární úrovni.

Pozitrony vykazují vysokou citlivost vůči tzv. defektům s otevřeným objemem (vakance, dislokace, shluky, vakancí, hranice zrn, rozhraní dvou fází atd.), neboť takový defekt představuje v pevné látce oblast se sníženou hustotou kladného náboje (od atomových jader) a tvoří potenciálovou jámu schopnou zachytit pozitron.

Velkou výhodou PAS je možnost srovnání experimentálních dat s výsledky *ab-initio* teoretických výpočtů ze základních fyzikálních principů.

Měření doby života pozitronů

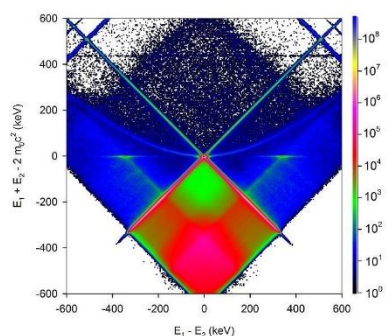
je založeno na změření doby mezi emisí pozitronu radioaktivním zářičem ^{22}Na a jeho anihilací. Tato metoda umožňuje identifikovat jednotlivé typy defektů v pevné látce a rovněž určit jejich koncentraci.



Obr. 3 (a) Digitální spektrometr dob života pozitronů s kryostatem pro měření při nízkých teplotách, (b) Spektrum dob života pozitronů pro monokrystal ZnO se střední dobou života pozitronů 181 ps.

Měření Dopplerovského rozšíření

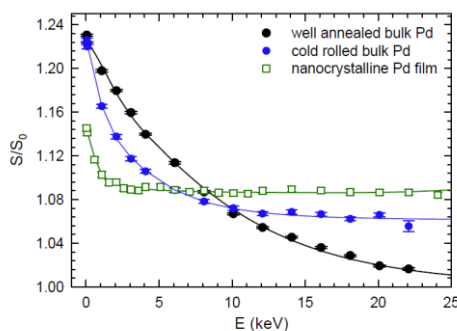
je založeno na současném (koincidenčním) změření energie obou anihilačních fotonů a umožňuje charakterizovat lokální chemické okolí defektů.



Obr. 4 (a) Digitální spektrometr pro koincidenční měření Dopplerovského rozšíření, (b) Dvourozměrné CDB spektrum měřené na Mg terčiku pomocí $^{68}\text{Ge} / ^{68}\text{Ga}$ generátoru pozitronů.

Měření anihilace pozitronů na svazku s laditelnou energií

je založeno na měnící se hloubce průniku pozitronů v závislosti na jejich energii a umožňuje získat hloubkový profil defektů v pevných látkách a tenkých vrstvách.



Obr. 5 (a) Detektorová část svazku pomalých pozitronů s laditelnou energií, (b) Závislost integrálního S-parametru na energii implantovaných pozitronů v Pd.

Studium pevných látek pomocí PAS zahrnuje např.:

- charakterizaci defektů na atomární úrovni
- výzkum nerovnovážných defektů vytvořených ozářením nebo plastickou deformací
- studium interakce mezi defekty a interakce defektů a příměsí
- charakterizace teplotní stability defektů a výzkum zotavení defektů s rostoucí teplotou
- výzkum vodíkem indukovaných defektů
- charakterizace volných objemů v polymerech

Nabídka pro studenty

Skupina anihilace pozitronů nabízí

- studentské projekty
- bakalářské práce
- diplomové práce
- doktorské práce

pro studenty fyziky. Více informací a témata nabízených prací naleznete webovských stránkách skupiny anihilace pozitronů <https://physics.mff.cuni.cz/kfnt/pas/>