

Fotoelektrický jev

Úvod

Fotoelektrický jev (fotoefekt) je jednou ze tří možných interakcí γ záření s elektronovým obalem atomu. Z těchto tří interakcí má **foton** zpravidla nejslabší energii. Je to fyzikální jev, při němž jsou elektrony uvolňovány (vyzařovány, emitovány) z látky (nejčastěji z kovu) v důsledku absorpce elektromagnetického záření látkou. Elektrony emitované z jaderného obalu jsou pak označovány jako **fotoelektrony**. Jejich uvolňování se označuje jako **fotoelektrická emise (fotoemise)**.

Historie

Za objevitele fotoelektrického jevu je považován **Heinrich Hertz**, který si při svých pokusech (roku 1887), jejichž cílem bylo experimentálně prokázání existence Maxwellem předpovězených elektromagnetických vln, všiml, že ozáření jiskřiště ultrafialovým zářením usnadňuje přeskok jiskry – tj. přenos elektrického náboje mezi elektrodami.

Roku 1899 **Joseph John Thomson** udělal rozhodující krok k objasnění podstaty jevu. Thomson experimentálně identifikoval v nositelích záporného náboje unikajících z ozařovaného kovového vzorku elektrony.

Vlastní podstatu fotoelektrického jevu popsal v roce 1905 **Albert Einstein** (Nobelovu cenu za tento objev získal v roce 1921).

Popis jevu

Fotoelektrický jev nastává, když se **celá energie kvanta záření γ** předává některému **elektronu** z elektronového obalu absorbujícího materiálu nebo případně volnému elektronu (např. v kovech). Část energie se spotřebuje na **uvolnění elektronu** (vykonáním tzv. **výstupní práce W_v**) a část se přemění na **kinetickou energii E_k** vzniklého **fotoelektronu**. Foton záření γ tímto zaniká a jeho energii přebírá fotoelektron, který ionizuje své okolí.

Einsteinova rovnice pro fotoefekt vyjadřuje **zákon zachování energie**.

$$hf = W_v + E_k \quad (h \text{ je Planckova konstanta})$$

Atom, kterému byl vyražen elektron je v excitovaném stavu a přechází do základního stavu emisí elektromagnetického záření o frekvenci odpovídající rozdílu energie excitovaného a základního stavu.

(Volné místo po elektronu je zaplněné jiným elektronem, který sem přeskočil z jiné slupky atomového obalu. Při tomto přeskočení se vyzáří energie ve formě charakteristického záření. Místo charakteristického záření může dojít k alternativnímu jevu - energie se předá některému elektronu na vyšší slupce, který se pak uvolní a vyzáří jako tzv. Augerův elektron.)

Foton interaguje s elektronem na slupkách K, L a M. Tedy s elektrony, které leží blízko jádru atomu. Nejčastěji probíhá na slupce K (80% pravděpodobnost).

Fotoefekt je pravděpodobnější v materiálech s vyšším protonovým číslem absorpčního materiálu (kost, kontrastní látky).

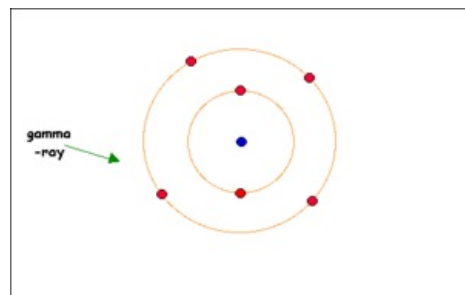
Podle představ *klasické fyziky* by elektronům měla být předána kinetická energie dopadajícího elektromagnetického vlnění. Energie elektromagnetických vln souvisí s intenzitou záření, tzn. energie vyzařovaných elektronů by měla záviset na intenzitě dopadajícího záření. Experimenty však ukázaly, že **kinetická energie vyzařovaných elektronů je závislá na frekvenci** a nikoliv na intenzitě dopadajícího záření.

Pro každý kov existuje určitá **mezní frekvence f_0** taková, že elektrony se uvolňují pouze při frekvenci f_0 a frekvencích vyšších. Na frekvenci použitého elektromagnetického záření závisí také energie emitovaných elektronů. Pokud je frekvence f dopadajícího záření vyšší než mezní frekvence f_0 , mají fotoelektrony energii v rozmezí od nuly do určité maximální hodnoty E_{max} .

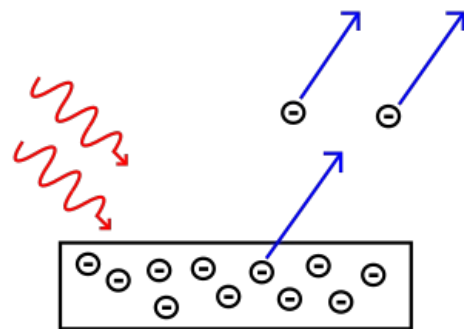
$$E_{max} = h(f - f_0) = hf - hf_0$$

Závislost pozorovaného jevu na frekvenci záření nebylo možné vysvětlit klasicky.

Druhy fotoefektu



Fotoelektrický jev



Dopad na povrch látky

Podle způsobu vzniku elektronů vlivem dopadajícího elektromagnetického záření můžeme rozlišit:

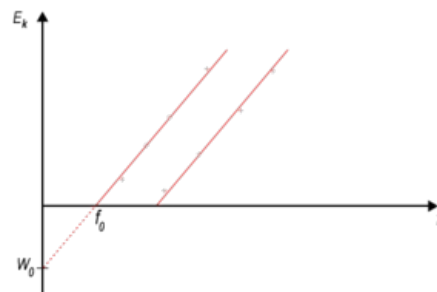
1. **vnější fotoelektrický jev** – jev probíhá na povrchu látky, elektrony se uvolňují do okolí
2. **vnitřní fotoelektrický jev** – uvolněné elektrony zůstávají v ní jako vodivostní elektrony (např. polovodiče, v nichž jsou tímto způsobem uvolňovány elektrony zejména z přechodu PN)

Inverzní fotoelektrický jev

Inverzní (obrácený) fotoelektrický jev je jev, kdy na látku dopadají elektrony, které způsobují **vyzařování fotonů**.

Vysvětlení jevu

V roce 1905 **Albert Einstein** vyšel z **Planckovy kvantové hypotézy** a z představy, že elektromagnetická vlna o frekvenci f a vlnové délce λ se chová jako **soubor částic (světelných kvant)**, z nichž každá má svou energii a hybnost. Tyto částice mají zvláštní vlastnosti, především se stále pohybují rychlostí světla a nelze je žádným způsobem zastavit, zpomalit ani urychlit. Podle teorie relativity musí mít nulovou klidovou hmotnost. Tyto částice byly v roce 1926 nazvány **fotony**. Velikost kvanta energie závisí na frekvenci (vlnové délce) elektromagnetického záření, přičemž platí: **$E = hf$**



Závislost kinetické energie elektronu na frekvenci dopadajícího světla

Světlo při dopadu na povrch látky **předává energii** povrchovým **elektronům** zkoumané látky. K uvolnění elektronu z vazby v atomu je potřeba tzv. ionizační energie. Tato nutná energie k uvolnění elektronu může vzniknout, jestliže je **vlnová délka světla dostatečně malá**. V tom případě může frekvence a energie dosáhnout dostatečně vysoké hodnoty. Předáním takové energie elektronům je možné překonat tzv. **fotoelektrickou bariéru** k uskutečnění **výstupní práce**. Minimální frekvence, při níž dopadající fotony předávají elektronům výstupní energii se označuje jako **prahová frekvence**. Jestliže je energie předaná elektronu větší než energie potřebná k jeho uvolnění, pak fotoelektronu zůstane část energie jako **kinetická energie**.

Rovnice fotoelektrického jevu: **$hf = hf_0 + E_{max}$** (hf je energie dopadajícího fotonu, hf_0 je výstupní práce – minimální energie potřebná k uvolnění elektronu, E_{max} je maximální možná energie uvolněného elektronu) Z této rovnice vyplývá, že **energie uvolněného elektronu závisí pouze na frekvenci dopadajícího záření**, a nikoliv na intenzitě tohoto záření.

Využití

Fotoelektrický jev hraje významnou úlohu na poli biofyziky. Příkladem je uplatnění těchto jevů při radiačních vyšetřeních pacienta. Rentgenové snímky vznikají na principu obráceného fotoelektrického jevu, kdy se povrch ostřeluje elektrony a uvolňují se paprsky X. Různé tkáně mají jinou absorpci, proto můžeme na snímcích rozeznat struktury. Elektron zcela pohltí foton a Rtg foton zaniká. Absorbce fotoelektrického jevu je na rozdíl od Comptonova rozptylu, který probíhá také, žádoucí. Při Comptonově jevu zůstávají volné elektrony a foton nezaniká, dochází tedy ke srážkám těles a mění se jejich směr a vlnová délka.

Odkazy

Související články

- Comptonův rozptyl
- Elektron-pozitronové páry
- Záření gamma

Použitá literatura

- NAVRÁTIL, Leoš a Jozef ROSINA, et al. *Medicínská biofyzika*. 1. vydání. Praha : Grada, 2005. 524 s. s. 350-351. ISBN 80-247-1152-4.

Zdroje

- REICHL, J.. *Fotoelektrický jev* [online]. [cit. 2014-11-29]. <<http://fyzika.jreichl.com/main/article/view/723-fyzikalni-podstata>>.
- KUVAIT, Vojtěch. *Fotoelektrický jev* [online]. [cit. 2014-11-29]. <https://cs.wikipedia.org/wiki/Fotoelektrický_jev>.
- MARTINÁSKOVÁ, Hana. *Fotoelektrický jev* [online]. [cit. 2014-11-29]. <<https://is.muni.cz/th/jwps8/IV.2.pdf?so=nx>>.

