

Rozhledy matematicko-fyzikální

František Jáchim

Velký objev malé částice J. J. Thomsonem

Rozhledy matematicko-fyzikální, Vol. 86 (2011), No. 3, 13–17

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/146428>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2011

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://dml.cz>

Velký objev malé částice J. J. Thomsonem

František Jáchim, VOŠ a SPŠ Volyně

Abstract. At the end of the 19th century, it was possible to start research on the conduction of electricity through gases at low pressure. Besides other things, the research demonstrated the existence of the electron and determined its fundamental properties. The experiments of this groundbreaking research were carried out by English physicist Joseph John Thomson (1856–1940). The article describes his experiments leading to the discovery of the electron.

Ve druhé polovině 19. století dostali fyzikové do rukou několik pozoruhodných pomůcek, které otevřely nové možnosti pokusů. Německý inženýr H. D. Ruhmkorff (1803–1877) sestavil kolem roku 1850 induktor dávající na výstupu velmi vysoké napětí řádu desetitisíců volt. Přibližně ve stejné době H. Geissler (1815–1879) vyrobil skleněnou trubici se zatavenými elektrodami, v níž mohl být plyn různě zředěn. Využitím těchto dvou prostředků fyzikové začali dlouhou sérii pokusů, jejímž výsledkem byly mj. objevy elektronu i rentgenového záření.

Výbojové trubice ve spojení s induktorem umožňovaly provádět celou řadu velmi atraktivních pokusů. Z elektrod totiž vycházelo viditelné záření různého zabarvení i intenzity. Fyziky samozřejmě zajímala jeho podstata. Pro zpočátku tajemné záření užívali název katodové záření. Roku 1833 se pokoušel H. Hertz paprsky záření odklonit elektrickým polem, ale neúspěšně. Je paradoxní, že právě elektrickým polem je odklonit lze, kombinace podmínek Hertzových pokusů (zejména ionizace zbytkového plynu v trubici vysokým napětím) nebyla šťastná, proto se efekt nedostavil. Německý fyzik J. Plücker roku 1858 ukázal, že záření je citlivé na magnetické pole a vyslovil domněnku, že by mohlo jít o proud nabitých částic.

Když se v roce 1896 problémem začal zabývat J. J. Thomson (obr. 1), přirozeně zopakoval pokusy předchůdců. Podstatným zjištěním při rekonstrukci Hertzova pokusu bylo, že k nastartování výboje v trubici je sice potřeba velmi vysoké napětí z induktoru (v řádu 10 kV), ale pro udržení výboje postačuje napětí mnohem menší (v řádu 100 V). Při takovém napětí k ionizaci plynu uvnitř trubice nedocházelo a vliv vnějšího

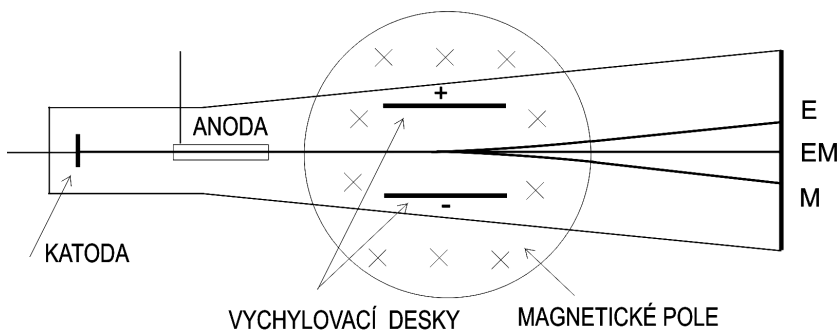
HISTORIE

elektrického pole na záření se projevil. Záření vycházející z katody bylo tedy možné usměrňovat jak polem magnetickým, tak i elektrickým. Z pokusů J. B. Perrina z roku 1895 Thomson také věděl, že záření je tokem záporně nabitých částic.



Obr. 1: Joseph John Thomson

Svůj základní – objevitelský – pokus J. J. Thomson provedl podle obr. 2.



Obr. 2: Thomsonův pokus

Katodové paprsky procházely jednak elektrickým polem mezi nabitými deskami a současně byly orientovány kolmo k magnetickým indukčním čarám pole magnetického (na obr. 2 magnetické indukční čáry vstupují kolmo do roviny obrázku). Na konci trubice paprsky na fosforeskující vrstvě vykreslovaly stopu. Pokud by byly odkláněny pouze elektrickým polem, stopa by byla v poloze E, samotné působení magnetického pole způsobovalo vychýlení do polohy M. Thomson vytvořil takovou relaci mezi velikostí intenzity elektrického pole E a velikostí magnetické indukce B , že se paprsky neodklonily.

Pokud vletí nabitá částice do homogenního magnetického pole o magnetické indukci B kolmo k indukčním čarám, působí na ni dostředivá síla (dráha částice je v tomto případě kruhová) o velikosti

$$F = \frac{mv^2}{R} = evB, \quad (1)$$

kde R je poloměr zakřivení dráhy částice, e náboj částice, m její hmotnost a v velikost její rychlosti.

V elektrickém poli o intenzitě E působí na částici síla

$$F = eE,$$

kteřá zakříví její dráhu do tvaru paraboly (obdobně jako gravitační síla vodorovně vržené těleso v gravitačním poli). Thomson z uvedených vztahů zjistil, že částice se pohybují rychlostí

$$v = \frac{E}{B}.$$

Využitím tohoto výsledku a současně vztahu (1) bylo možné stanovit poměr náboje k hmotnosti částice (tzv. měrný náboj)

$$\frac{e}{m} = \frac{E}{RB^2},$$

což vyžadovalo změřit poloměr zakřivení při vypnutém elektrickém poli. Thomson naopak měřil úhel vychýlení částice při vypnutém magnetickém poli. Pro velikost velmi malého úhlu vychýlení našel vztah

$$\alpha = \frac{eEd}{mv^2},$$

kde d je vzdálenost, kterou částice uletí v elektrickém poli o velikosti intenzity E . Po změření úhlu α a dosazení vztahu pro rychlost $v = E/B$ stanovil měrný náboj částice $e/m \approx 1\,000$ krát větší než hodnota změřená pro vodíkové ionty. Pokud tedy obě částice mají stejný náboj (neboť atom vodíku je neutrální), musí být částice letící trubicí asi $1\,000$ krát lehčí než zbytek vodíkového atomu. Pro tuto částici užíval i v dalších letech název *corpuskule*. Charakteristiku částice J. J. Thomson oznámil 30. dubna 1897 na zasedání londýnské Royal Institution. Název *elektron* pro ni zavedl roku 1900 irský fyzik J. Stoney ve své přednášce v Royal Dublin Society. Snaha nalézt přesnou hodnotu velikosti náboje elektronu trvala až do roku 1913, kdy k výsledku dospěl Američan R. A. Millikan.

Když roku 1883 T. A. Edison dělal pokusy se žárovkami, zjistil, že při vložení další elektrody do baňky žárovky za určitých okolností prochází mezi vlákem žárovky a elektrodou proud. Domníval se, že je to způsobeno vyletujícími částčkami uhlíku z vlákna žárovky. Ovšem byla-li vložená elektroda na nižším potenciálu než vlákno žárovky, proud neprocházel. Tento jev Edison vysvětlit nedokázal. Jako emisi elektronů z vlákna žárovky to vysvětlil J. J. Thomson v roce 1901. Později mohl být jev využit při konstrukci elektronky.

Ačkoli objev částice elektronu je Thomsonovým nejvýznamnějším činem¹⁾, obdržel roku 1906 Nobelovu cenu za teoretické a praktické výzkumy elektrické vodivosti. Je jistým paradoxem, že druhou Nobelovu cenu v rodině dostal jeho syn G. P. Thomson (spolu s C. J. Davissonem) za studium ohybu elektronů na krystalech – tedy za jeho vlnové vlastnosti.

J. J. Thomson se narodil v Cheethamu roku 1856. Na univerzitě v Cambridgi získal velmi kvalitní matematické a fyzikální vzdělání, nadchly ho zejména přednášky a demonstrace G. Stokesa. Ovšem rozhodující pro jeho další vývoj byl pobyt v Cavendishově laboratoři²⁾. Právě na její půdě se začal studiem vedení elektřiny v plynech zabývat.

V dějinách fyziky je pevně zakotven Thomsonův model atomu (1898). Je to vůbec první model atomu obsahující dvě elektricky rozdílné látky – kladně nabitou hmotu a do ní vnořené záporné částice (elektrony). Ku-

¹⁾ O Thomsonově knize *Vedení elektřiny v plynech* z roku 1903, v níž svoji práci shrnuje, lord Rayleigh prohlásil, že je to kniha „O Thomsonových velkých dnech v Cavendishově laboratoři“.

²⁾ Tuto proslulou vědeckou instituci založil roku 1871 sedmý hrabě Cavendish z Devonshiru. Jejím prvním profesorem byl J. C. Maxwell, po něm lord Rayleigh a od roku 1884 právě J. J. Thomson.

lový model zcela látkou vyplněný se posléze ukázal jako chybný a byl nahrazen Rutherfordovým modelem s malým atomovým jádrem a obla- kem elektronů (1911).

Když v roce 1940 J. J. Thomson zemřel, byl pohřben ve Westminster- ském opatství – malém pohřebišti velkých osobností (Darwina, Newtona, Rutherforda).

Literatura

- [1] Fuka, J., Havelka, B.: *Elektrína a magnetizmus*. SPN, Praha, 1979.
- [2] Squires, G.: 100 let od objevu elektronu. *Čs. čas. Fyz.* **47** (1997), s. 298–303.
- [3] Mayer, D.: *Pohledy do minulosti elektrotechniky*. Kopp, České Budějovice, 2004.
- [4] Jáchim, F.: Joseph John Thomson a první poznatky o stavbě atomu. *Matematika-fyzika-informatika* **8**, (1998/9), s. 572–563.

Listy z kalendára

Dušan Jedinák, Trnavská univerzita v Trnave

Michael FARADAY — (22. 9. 1791 – 25.8.1867)



Vyučil sa za kníhviazača a predavača. S neskrývanou zvedavosťou navštevoval po večeroch populárno-vedecké prednášky z fyziky i astronómie. Zriadil si domáce chemické laboratórium. Bol neobyčajne skromný a nenáročný, húževnatý, usilovný, snaživý poznať čo najviac, svedomitý, trpezlivý a dôkladný v metódach výskumu, s neuveriteľne zvedavou pozornosťou. Dopracoval sa až k samostatným prednáškam a nesmrteľným objavom. Prispel k skvapaľňovaniu plynov. Zaviedol pojmy: elektrolýza, anóda, katóda, ión. Spoznal zákony o chemickom účinku