16. Franck – Hertzův experiment

Zatímco zahřáté těleso vysílá **spojité spektrum** elektromagnetického záření, mají např. zahřáté páry kovů nebo plyny, v nichž probíhá elektrický výboj, **spektrum čárové**. V uvedených příkladech se jedná o vysílání = emisi, tedy spektra emisní.

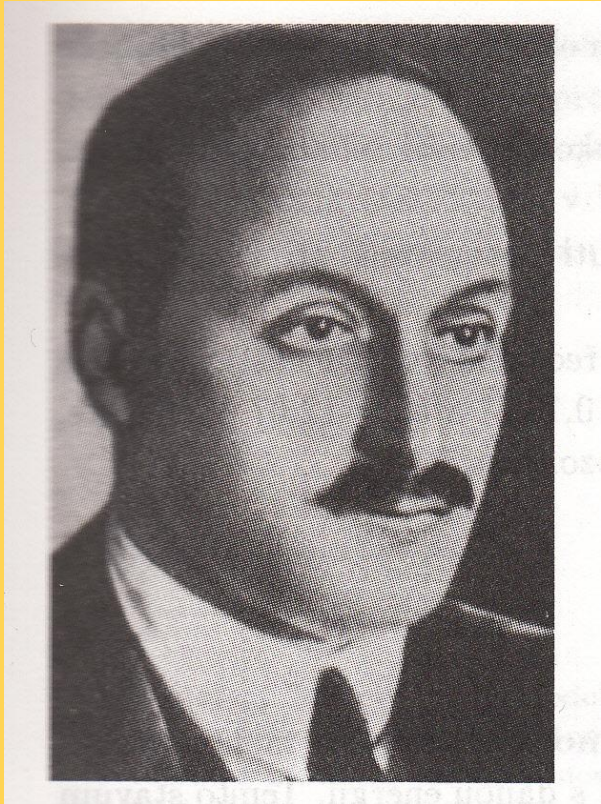
Atomy plynu mohou rovněž některé vlnové délky elektromagnetického záření pohlcovat, absorbovat. Spektrum takového pohlceného záření (absorpční spektrum) je rovněž čárové, protože plyn pohlcuje elektromagnetické záření pouze některých vlnových délek.

V roce 1913 formuloval **Niels Henrik David Bohr** (1885 – 1962) vztah mezi stavbou atomu a spektrálními zákonitostmi. Podle jeho teorie

- atom představuje stabilní soustavu, skládá se z malého kladného jádra, v němž je většina hmoty atomu a záporného elektronového obalu
- atom se může nacházet pouze v kvantových stacionárních stavech s přesně definovanou hodnotou energie příslušnou dané energetické hladině; v takovém stacionárním stavu atom nepřijímá ani nevyzařuje energii a rozložení elektronů v jeho obalu je s časem stálé
- při přechodu z vyšší do nižší energetické hladiny atom vyzáří foton = kvantum elektromagnetického záření o frekvenci, kterás splňuje podmínku $hf_{nm} = E_n - E_m$.

  Při pohlcení foton atom svou energii analogicky zvýší.

Bohrovu teorii kvantování energie atomu potvrdil Franck – Hertzův experiment uskutečněný v letech 1912 – 1914. Jeho autory byli



James Franck (1882 – 1964) a **Gustav Ludwig Hertz** (1887 – 1975)

Uspořádání experimentu:

Skleněná trubice obsahuje zředěné páry rtuti Hg, jsou v ní tři elektrody: katoda K, anoda A a mřížka M.

Napětí U mezi žhavenou katodou K a mřížkou M urychluje elektrony. Ty, které mají energii menší než eU‘, nemohou dorazit k anodě A, protože jim v tom brání malé brzdné napětí U‘ mezi anodou A a mřížkou M.

Měříme závislost anodového proudu I_a na urychlujícím napětí U a výsledky měření zaneseme do grafu.
Při násobcích U = 4,89 V jsou zřetelné poklesy anodového proudu.

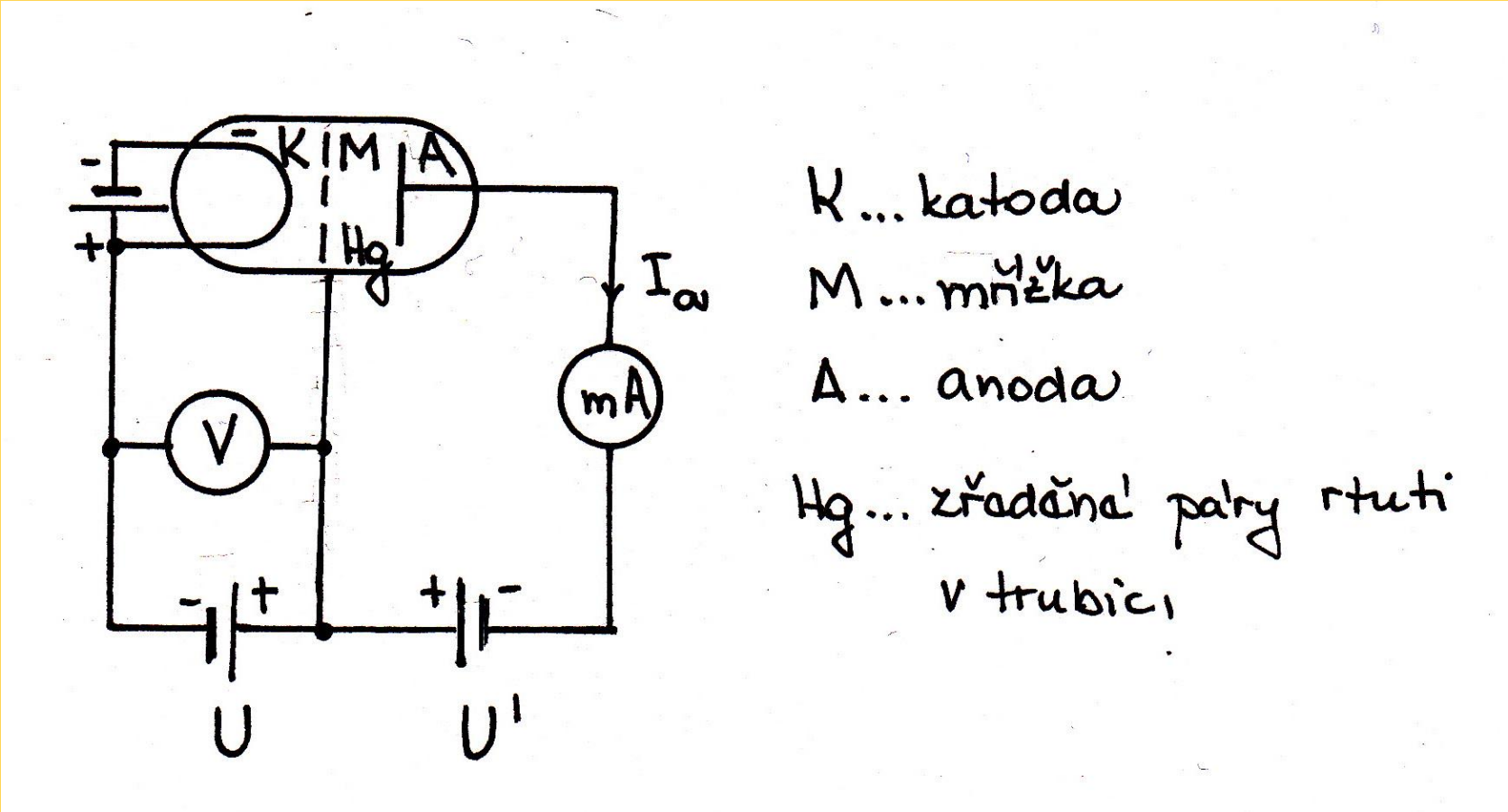
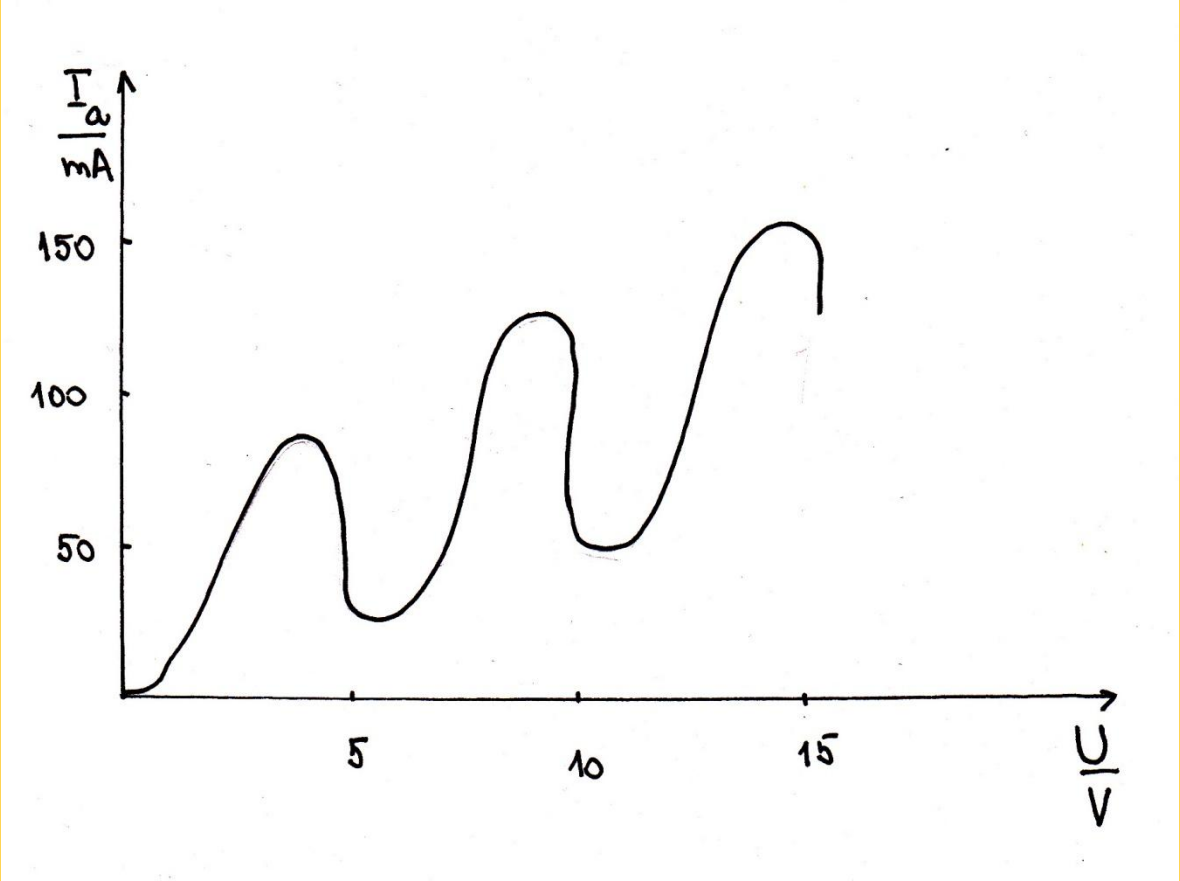


Schéma uspořádání Franck – Hertzova experimentu



Vysvětlení poklesů anodového proudu lze odvodit z následující úvahy:
rozdíl energie atomu rtuti v základním a prvním excitovaném stavu je 4,89 eV.

Elektrony urychlené napětím U narážejí do atomů rtuti. Pokud je jejich energie menší než potřebné kvantum 4,89 eV, srážky jsou pružné, atomy rtuti tuto energii nemohou pohlcovat. Vzhledem k mnohem větší hmotnosti atomů rtuti vzhledem k hmotnosti elektronů při těchto srážkách elektrony atomy Hg neurychlí (a ani je neexcitují, nemají dostatečnou energii) a putují dále k anodě – podílejí se tak na anodovém proudu.

Jakmile však energie elektronů dosáhne hodnoty excitační energie, začnou atomy rtuti tato kvanta pohlcovat , elektrony se po srážce zpomalí, anodový proud poklesne.

Při vyšší hodnotě napětí, po nepružné srážce a předání **excitační energie** atomu, zbude elektronům ještě dostatečné množství energie k překonání brzdného napětí U‘ a elektrony se dostanou na anodu. Proud začne zase narůstat.

Tato situace se opakuje při napětích, jejichž hodnota ve voltech je násobkem hodnoty excitační energie v eV. Elektrony svou energii předají atomům rtuti při dvou, třech a více srážkách. Jejich kinetická energie pak vždy poklesne pod eU‘.

Při Franck – Hertzově experimentu přijímají atomy rtuti energii při nepružných srážkách. Nepohlcují energii formou záření. Kvantování energie tedy není závislé na tom, jde-li o záření či nikoli.
Excitované atomy Hg se během zlomku sekundy vracejí do základního stavu vyzářením elektromagnetického záření s vlnovou délkou cca 254 nm. To lze detekovat.

Přechody mezi jednotlivými energetickými hladinami mohou být jak **zářivé,** tak i **nezářivé. Výběrová pravidla** určují, kdy při přechodu na nižší energetickou hladinu dojde k předání energie srážkami – a kdy formou elektromagnetického záření.

Užitá literatura:

ŠTOLL, Ivan. *Fyzika pro gymnázia. Fyzika mikrosvěta*. Praha: Prometheus, 1993, ISBN 80-85849-48-8.

Děkuji Vám za pozornost ☺ ☺ ☺

evropský sociální fond v ČR

EVROPSKÁ UNIE

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Mgr. Hana Stravová, Gymnázium Židlochovice