

## Fotoelektrický jev

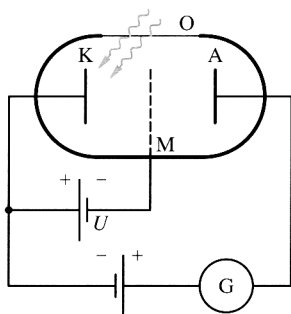
- rovnovážné záření - záření černého tělesa, kdy se v dutině stejně pohltí, jako vyzáří
- kvantová hypotéza - záření vydávané a pohlcované jednotlivými atomy zahřátého tělesa nemůže mít libovolnou energii, ale jedná se o určitá kvanta  $E = h \cdot f$

Fotoelektrický jev je takový jev, při němž v obvodu elektrického proudu buď vzniká nebo se mění elektrický proud, jestliže některá část obvodu je osvětlena.

Rozlišujeme :

- vnější fotoelektrický jev (fotoemise) - světlo dopadající na povrch kovu může z něho uvolňovat elektrony
- fotovodivost - snížení elektrického odporu osvětlené části některých polovodičů
- hradlový fotoelektrický jev - vznik elektrického napětí mezi dvěma prostředími ( například kov a polovodič)

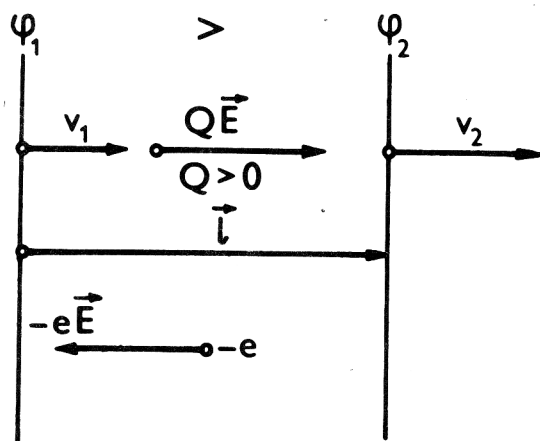
### Vnější fotoelektrický jev



2-3 Schéma experimentu ke studiu fotoefektu (O – okénko, K – katoda, A – anoda, M – mřížka, G – galvanometr)

### Pojem brzdné napětí

Pro vyšetření kvantové povahy světla má zvláštní význam vnější fotoelektrický jev, protože interakci záření s látkou lze posuzovat podle chování uvolněných



Obr. 4.8

fotoelektronů, jejichž pohyb ve vakuu se dá ovlivňovat elektrickým polem. Takové pole je charakterizováno hladinami potenciálu  $\varphi = \text{konst.}$  a intenzitou  $\vec{E}$  /na obr.4.8 je pro jednoduchost nakreslen případ homogenního pole/. Má-li částice s nábojem  $Q > 0$  na hladině potenciálu  $\varphi_1 = \text{konst.}$  kinetickou energii  $\frac{1}{2} m v_1^2$ , pak mechanickou prací síly, již elektrické pole působí na částici, vzroste její kinetická energie na hladině potenciálu  $\varphi_2 < \varphi_1$  na hodnotu  $\frac{1}{2} m v_2^2$  podle rovnice

$$A = Q(\varphi_1 - \varphi_2) = \Delta W_k = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2.$$

Elektron nese náboj  $Q = -e = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  / elementární náboj / :

1. pohyb elektronu ve směru pole /ve směru  $\vec{E}$  /

$$A = -e(\varphi_1 - \varphi_2) = -eU = \Delta W_k < 0, \quad /4.30/$$

elektron je brzděn,  $U = \varphi_1 - \varphi_2$  je brzdné napětí;

2. pohyb elektronu proti směru pole

$$A = -e\vec{E} \cdot \vec{l} = -e(\varphi_2 - \varphi_1) = -e[-(\varphi_1 - \varphi_2)] = eU = \Delta W_k > 0; \quad /4.31/$$

v tomto případě je úbytek potenciálu /ve směru pohybu hodnota dřívější minus hodnota pozdější či vzdálenější/  $\varphi_2 - \varphi_1$ , napětí  $U$  je urychlující napětí.

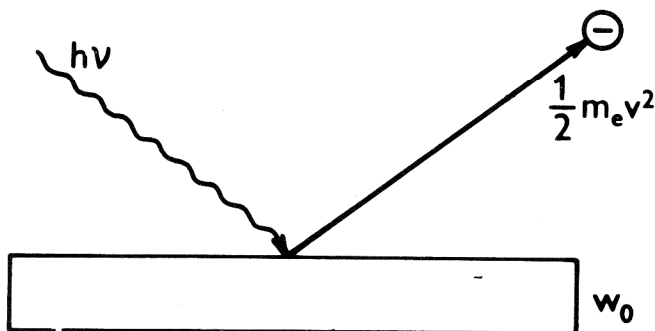
Při napětí  $U = 1 \text{ V}$  získá elektron energii

$$\Delta W_k = W = eU = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1 \text{ V} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1 \text{ elektronvolt} = 1 \text{ eV}$$

/4.32/

Jednotka elektronvolt je vhodnou mírou pro energii mikročástic. Jeden elektronvolt / 1 eV/ je tedy energie, kterou získá /nebo pozбудe/ elektron v elektrickém poli mezi dvěma místy, mezi nimiž je napětí 1 volt.

Princip vnějšího fotoelektrického jevu je schematicky naznačen na obr. 4.9. Dopadá-li ve vakuu na kov monochromatické záření o frekvenci  $\nu$  dochází k uvolnění slabě vázaných elektronů z kovu do vakuu. Energetická bilance je jednoduchá a lze ji popsat vztahem



Obr. 4.9

$$h \cdot \nu = \frac{1}{2} m_e v^2 + W_0 \quad /4.33/$$

kde člen  $h \cdot \nu$  představuje energii kvanta záření vstupující do reakce, člen  $\frac{1}{2} m_e v^2$  představuje kinetickou energii elektronů vystupujících z kovu s rychlostí  $v$  a  $W_0$  se nazývá výstupní práce a představuje energii potřebnou na uvolnění elektronu z kovu s nulovou rychlostí.

Položíme-li  $W_0 = \epsilon_0 = h\nu_0$ , pak  $\nu_0$  je mezní frekvence /nejmenší frekvence/ monochromatického záření, jež vůbec ještě může elektrony z kovu uvolnit. Má pro různé kovy různé hodnoty a nazývá se charakteristická frekvence  $\nu_0$ . Z bilance /4.33/

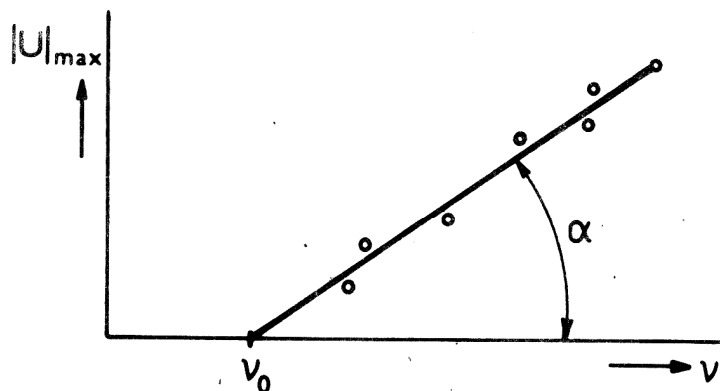
tedy plyne Einsteinova rovnice

$$|U|_{\max} = \frac{h}{e} (\nu - \nu_0),$$

14.341

vyjadřující lineární závislost energie uvolněných fotoelektronů, měřenou brzdným napětím  $|U|_{\max}$ , na frekvenci  $\nu$  monochromatického záření, znázorněnou na obr. 4.10. Směrnice přímky

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{e},$$



vyjádřená podílem u n i v e r -  
s á l n í c h konstant  $h$   
/Planckova konstanta/ a  $e$  /ele-  
mentární elektrický náboj/ má  
hodnotu, odpovídající s velkou  
přesností experimentálně zjiště-  
ným hodnotám. Zvláště přesná mě-  
ření vykonal Millikan /1916/.

1. Pro každý kov existuje určitá mezní frekvence  $f_0$  (a jí odpovídající mezní vlnová délka  $\lambda_0$ ) taková, že elektrony se uvolňují pouze při ní a vyšších frekvencích (obr. 2-4). Jestliže je frekvence  $f$  záření menší než mezní frekvence, fotoelektrický jev nenastává. Elektrony z cesia se budou například uvolňovat již viditelným světlem ( $f_0 = 467 \text{ THz}$ ,  $\lambda_0 = 642 \text{ nm}$ ), zatímco ze stříbra budou uvolňovány až ultrafialovým zářením ( $f_0 = 1136 \text{ THz}$ ,  $\lambda_0 = 264 \text{ nm}$ ).
2. Je-li frekvence záření vyšší než mezní, bude proud protékající obvodem úměrný intenzitě záření.
3. Energie elektronů, které se z kovu uvolňují, roste lineárně s frekvencí záření.