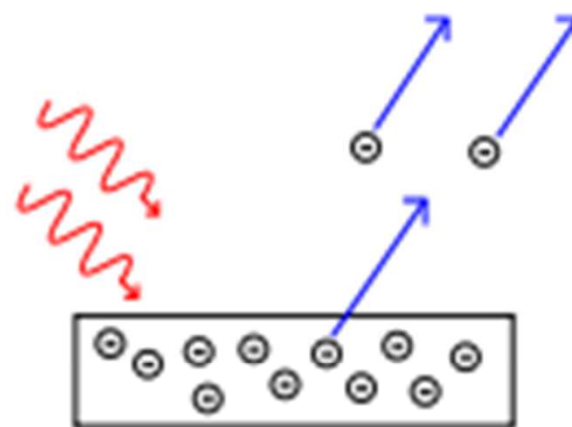
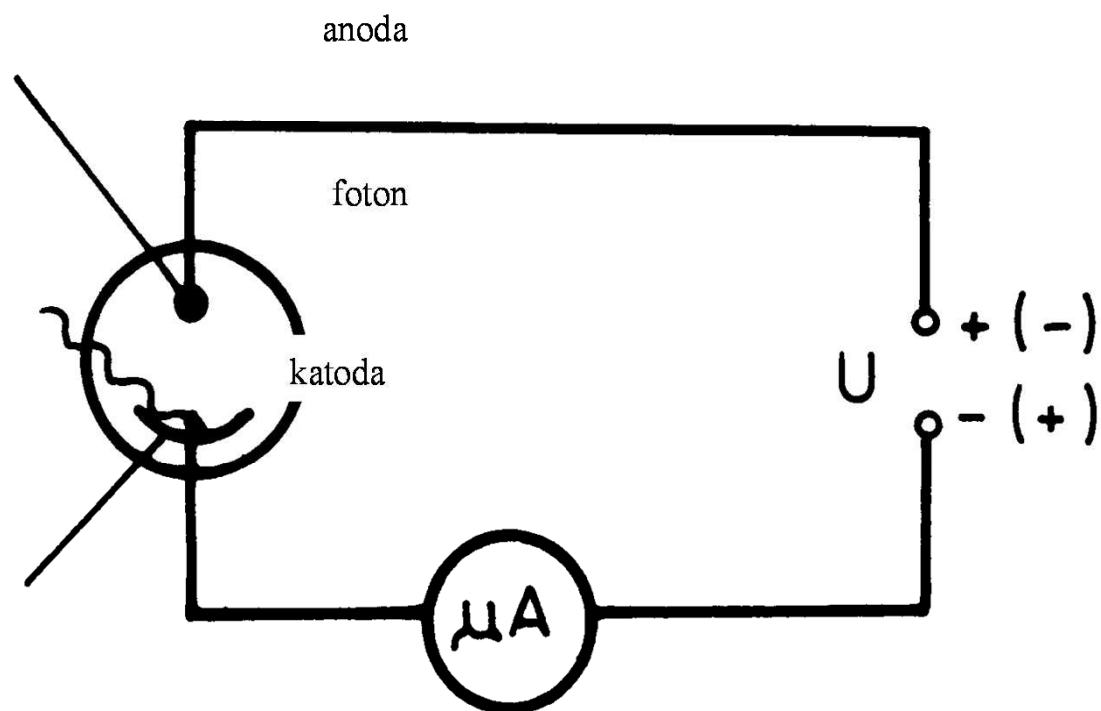


# Fotoelektrický jev

## I. Vnější fotoelektrický jev

Dopadá-li na kov elektromagnetické záření určitých vlnových délek, uvolňují se z kovu elektrony (hovoříme o fotoemisi elektronů z kovu).





## Ztroskotání pokusů o teoretický popis jevu

- 1905          Einstein          výklad jevu na základě předpokladu existenci *světelných kvant*
- 1906 →      Millikan          experimentální studium kinetické energie fotoelektronů s cílem vyvrátit Einsteinův výklad
- 1914          Millikan          experimentální potvrzení Einsteinova předpokladu  $E_k = konst \cdot f$
- 1916          Millikan          experimentální potvrzení Einsteinova předpokladu  $E_k = konst \cdot f - W_v$

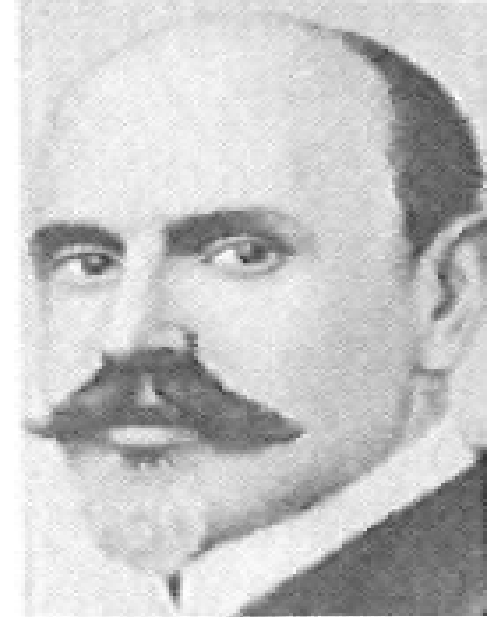
# Objev fotoelektrického jevu



Heinrich Hertz

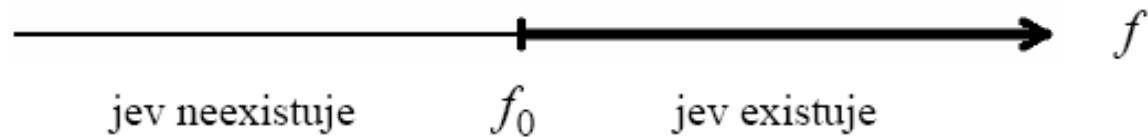
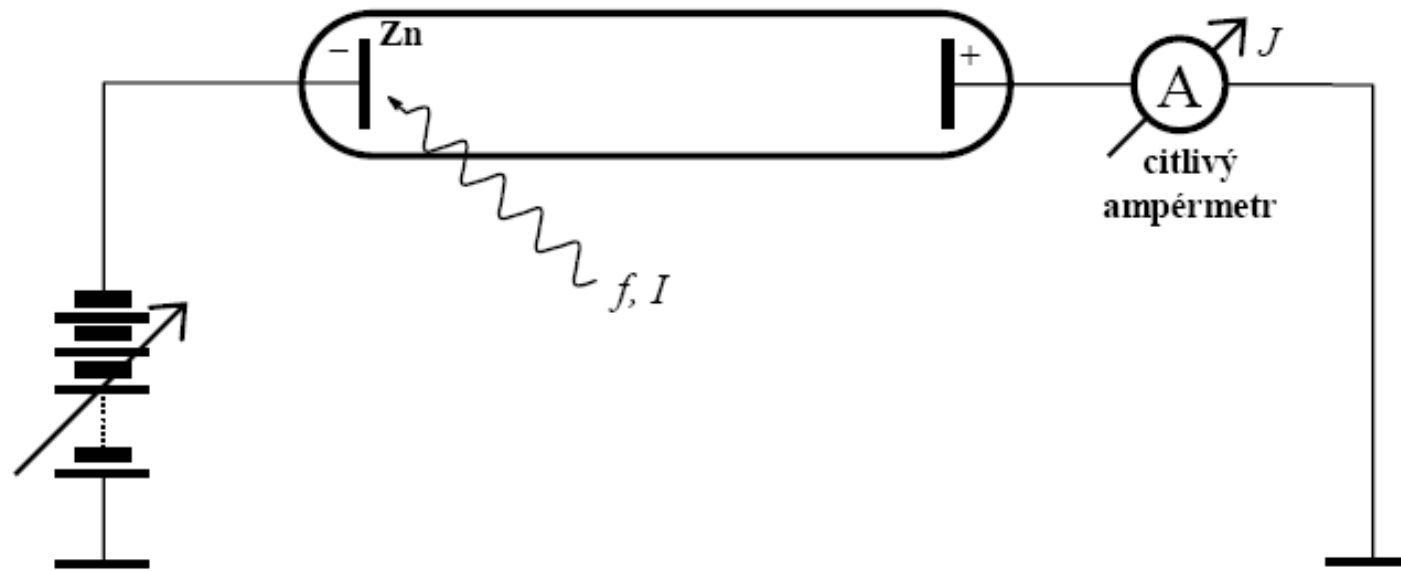


Alexandr Stoletov



Wilhelm Hallwachs

# Pokusy s vyčerpanými trubicemi

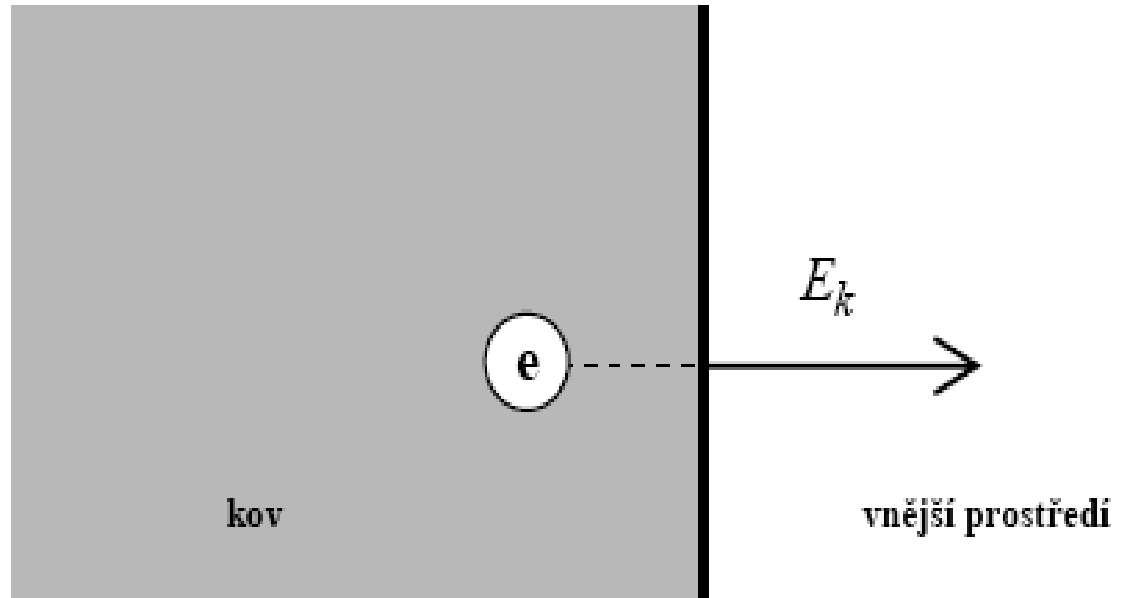


# Fyzikální interpretace fotoelektrického jevu



Joseph John Thomson

*J. J. Thomson.*



Rozhraní mezi kovem a vnějším prostředím

# První experimentální vyšetření kinetické energie fotoelektronů

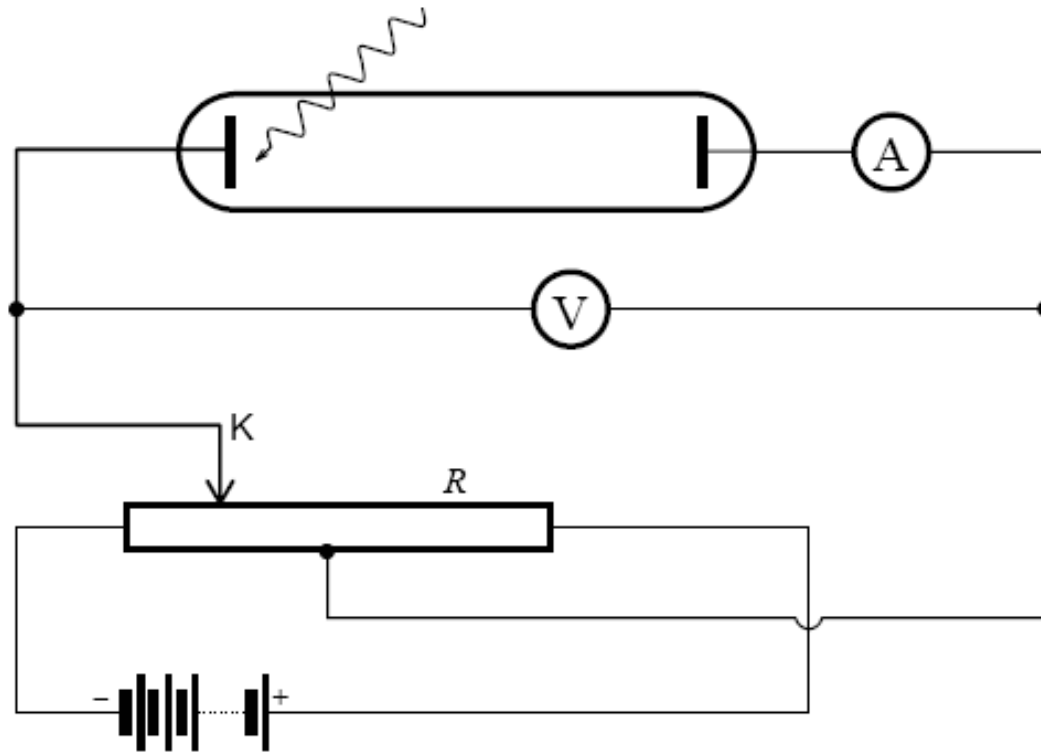


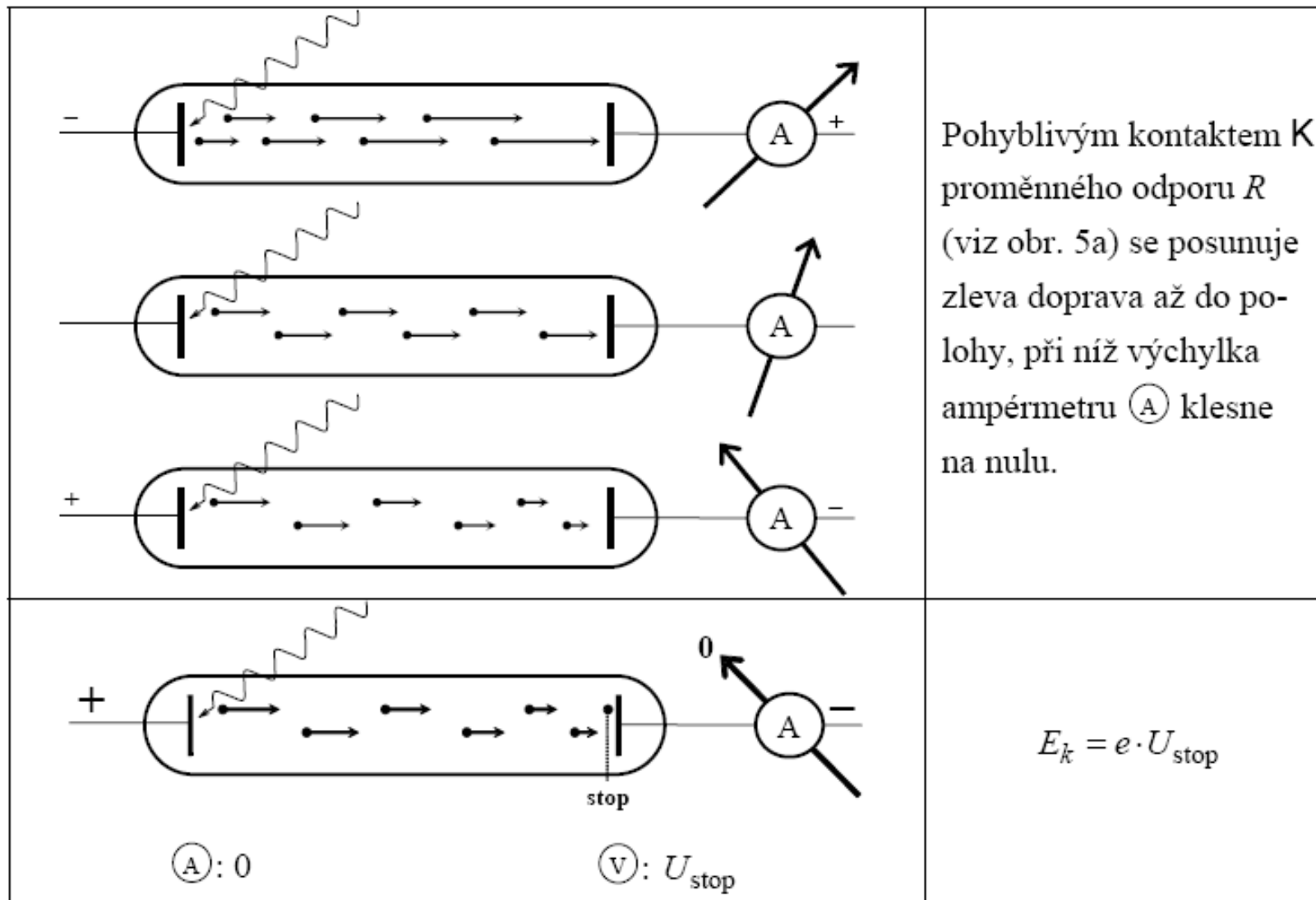
Schéma Lenardova experimentálního uspořádání



Philipp Lenard



# Princip Lenardovy měřicí metody



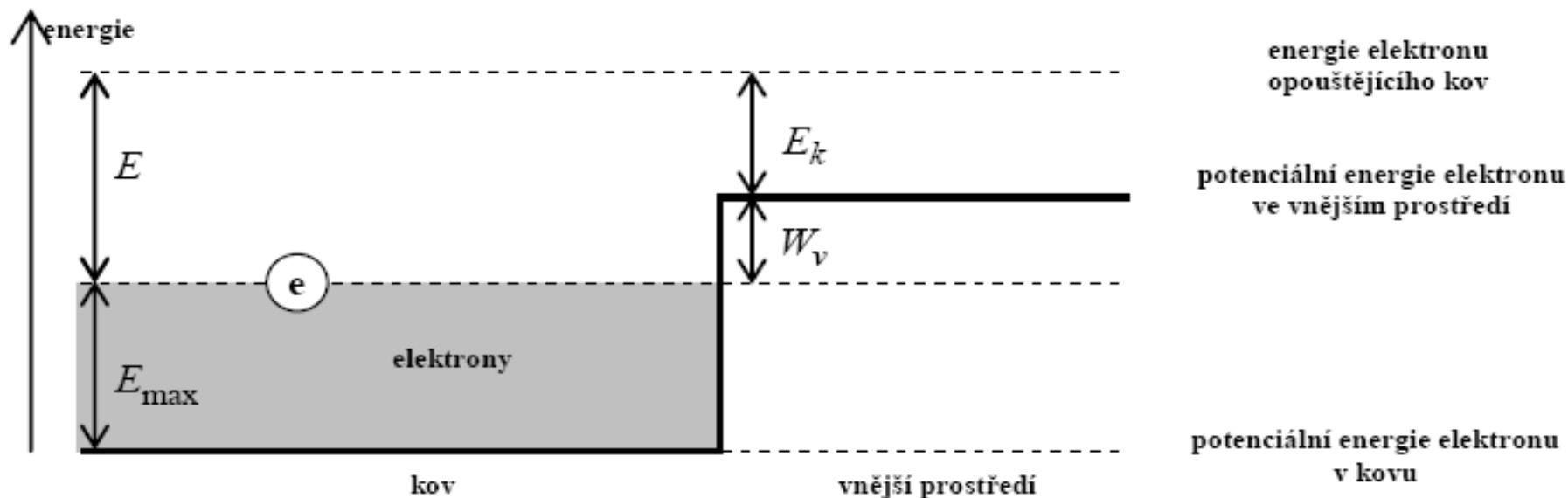
# Výsledky měřicí metody

## Experimentální fakta

1. ozařování vodiče z něj může uvolňovat záporný náboj
2. existuje mezní frekvence $f_0$ (tzv. červený práh) vzniku fotoelektrického jevu
3. neexistuje časová prodleva mezi začátkem ozařování a začátkem uvolňování náboje
4. $I \nearrow \rightarrow J \nearrow$
5. $E_k$ nezávisí na $I$
6. $f \nearrow \rightarrow E_k \nearrow$

Tab. 1

# Fyzikální interpretace fotoelektrického jevu



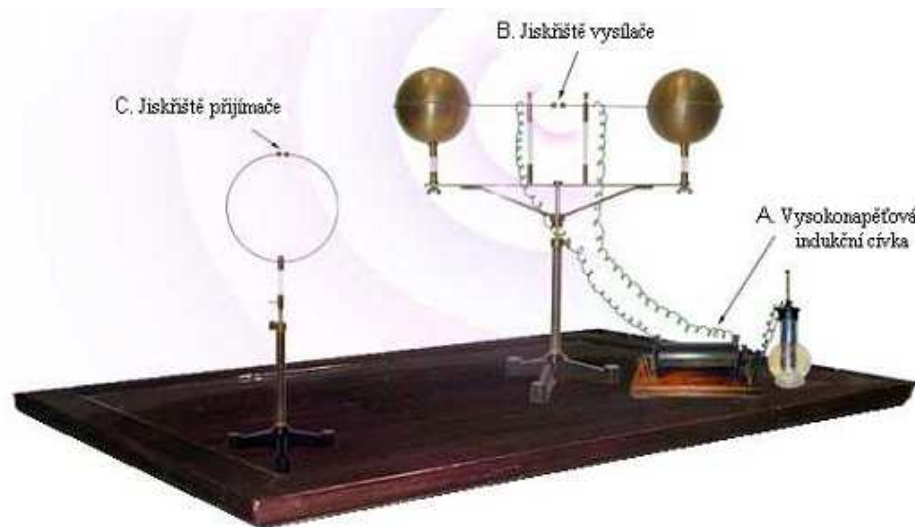
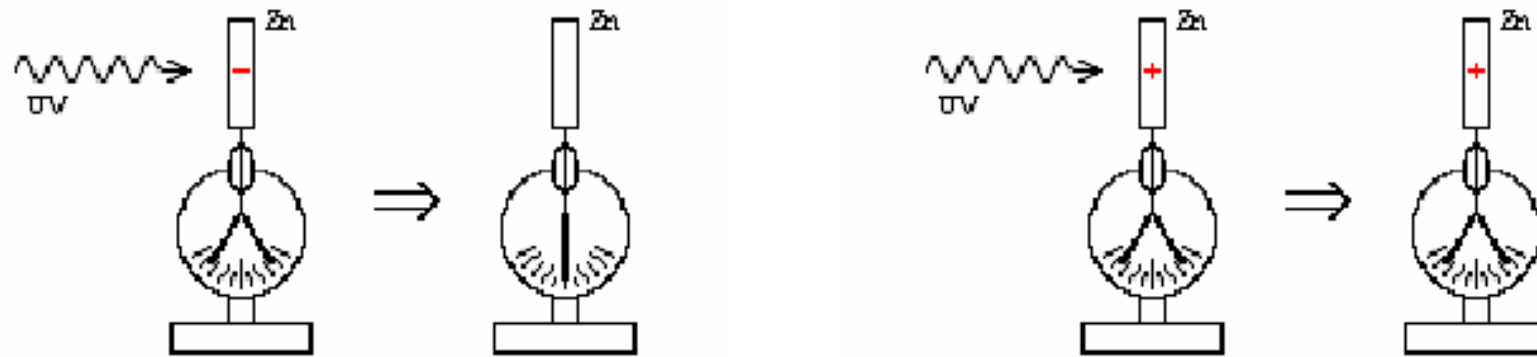
Energiová bilance na rozhraní mezi kovem a vnějším prostředím

	kinetická energie emitovaného elektronu	=	energie pohlčená elektronem	-	výstupní práce
resp.	$E_k$	=	$E$	-	$W_V$

## Historie:

Teorie elektromagnetismu (J.C. Maxwell) – světlo je elektromagnetické vlnění, elektromagnetické vlnění má vlastnosti analogické světlu – odraz elektromagnetického vlnění, lom na rozhraní atd.

Experimentální ověření existence elmg vln – Heinrich Hertz

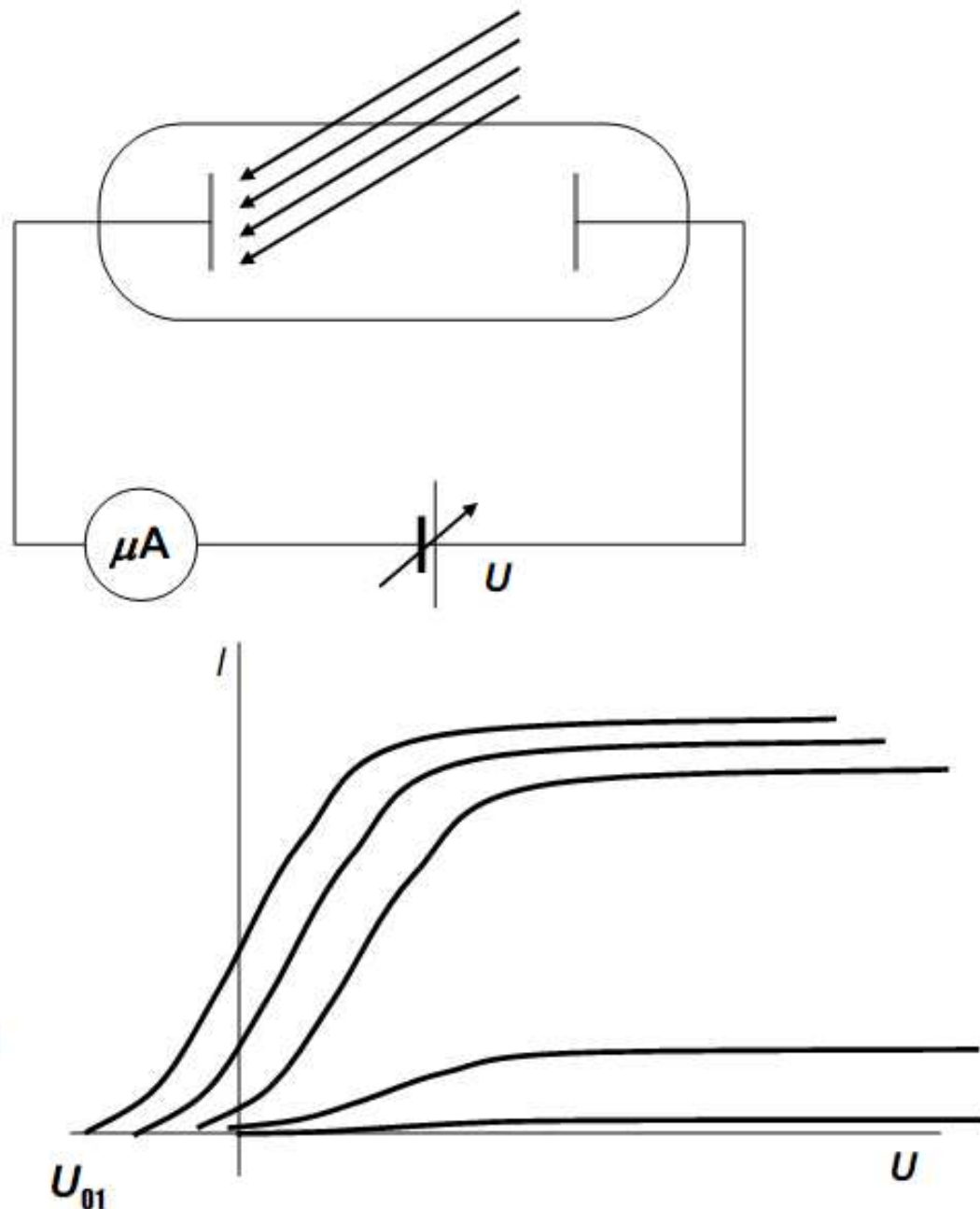


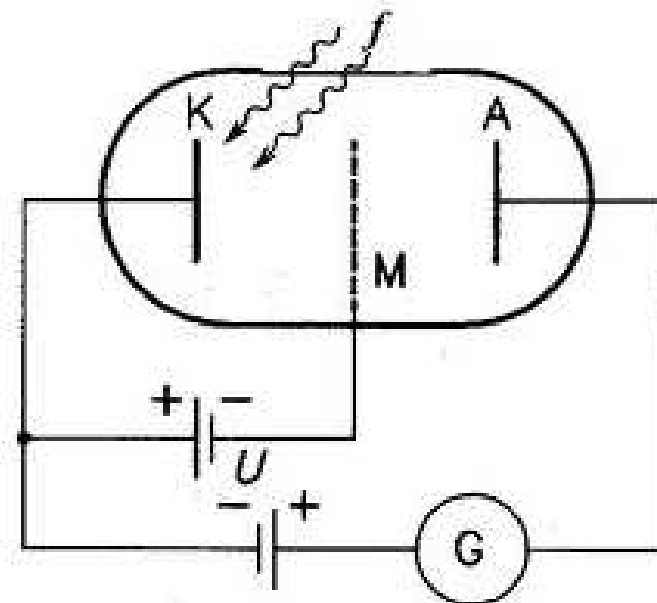
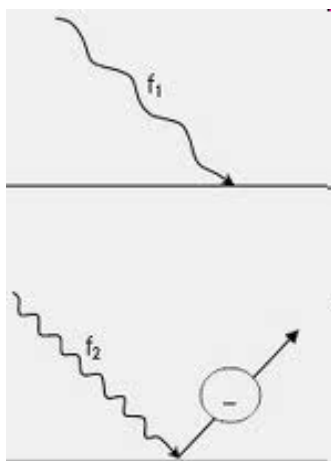
## Fotoelektrický jev



Philipp Lenard (1862–1947 )

1898 Lenard a Thomson: při fotoelektrickém jevu jsou uvolňovány elektrony, jejich energie jsou úměrné frekvenci, ne intenzitě světla (jak odpovídalo klasické elektrodynamice)





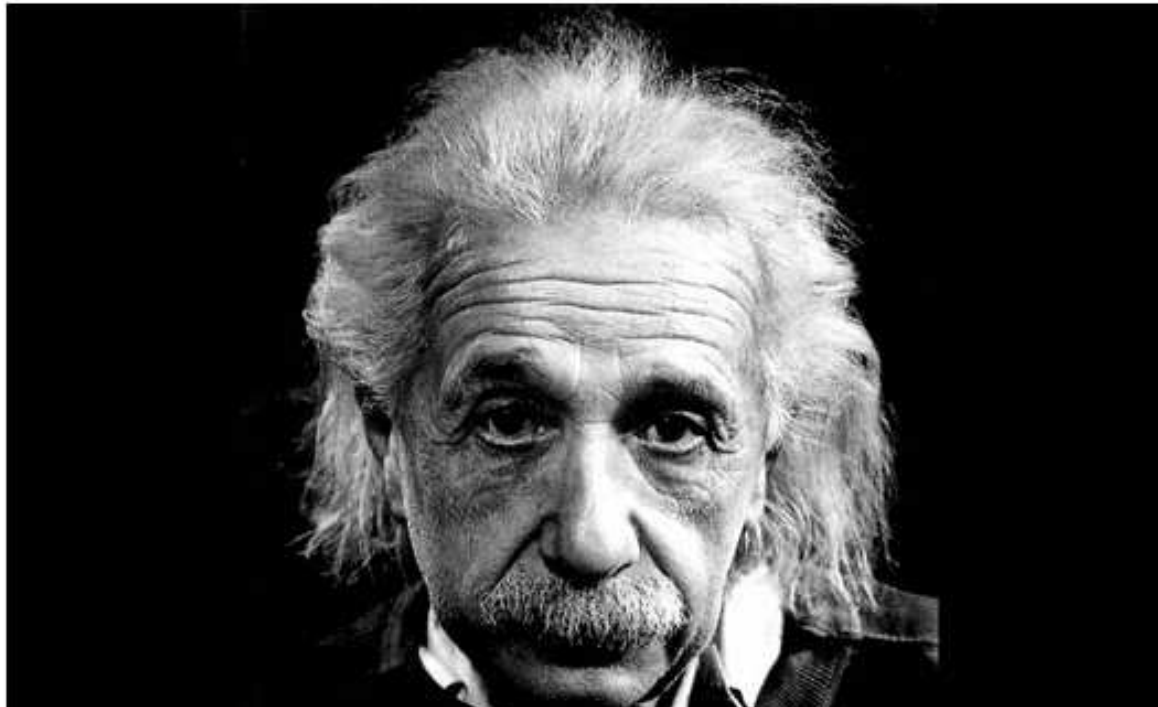
Pozoruhodnosti fotoelektrického jevu:

1. Elektrony jsou emitovány okamžitě - bez časového zpoždění!
2. Zvýšení intenzity světla zvýší počet elektronů, ale neovlivní jejich maximální kinetickou energii!
3. Existuje mezní frekvence

Např. červené světlo nezpůsobí jev bez ohledu na svou intenzitu!

4. Slabé fialové světlo se vyvolá výstup elektronů a jejich maximální kinetické energie jsou vyšší než u intenzivního světla delších vlnových délek!

## Fotoelektrický jev



předpoklad, že energie světla je v prostoru rozložena nespojitě.



Albert Einstein (1879–1955)

1905 Einstein: světlo je v kvantech nejen uvolňováno, ale i absorbováno

$$h\nu = A + W_k$$

Energie kvanta se zčásti spotřebuje na výstupní práci elektronu z kovu ( $A$ ), zbytek je kinetickou energií emitovaného elektronu.

Nobelova cena 1921

$$h\nu_{\min} = A \Rightarrow \nu_{\min} = \frac{A}{h}$$

kov	$A / eV$	kov	$A / eV$
Cs	1,81	Rb	2,16
K	2,22	Na	2,35
Pt	5,32		

Fotoelektrický jev pak můžeme popsat Einsteinovou rovnicí

$$hf = A + e \cdot U_b.$$

Odtud

$$U_b = \frac{h}{e} f - \frac{A}{e}.$$

Vynásobením směrnice  $\frac{h}{e}$  přímkou  $U_b = U_b(f)$  velikostí  $e$  náboje elektronu, bychom pak měli obdržet hodnotu Planckovy konstanty  $h$ .

foton má energii:  $h\nu$

foton má klidovou hmotnost nulovou, protože se šíří rychlostí  $c$

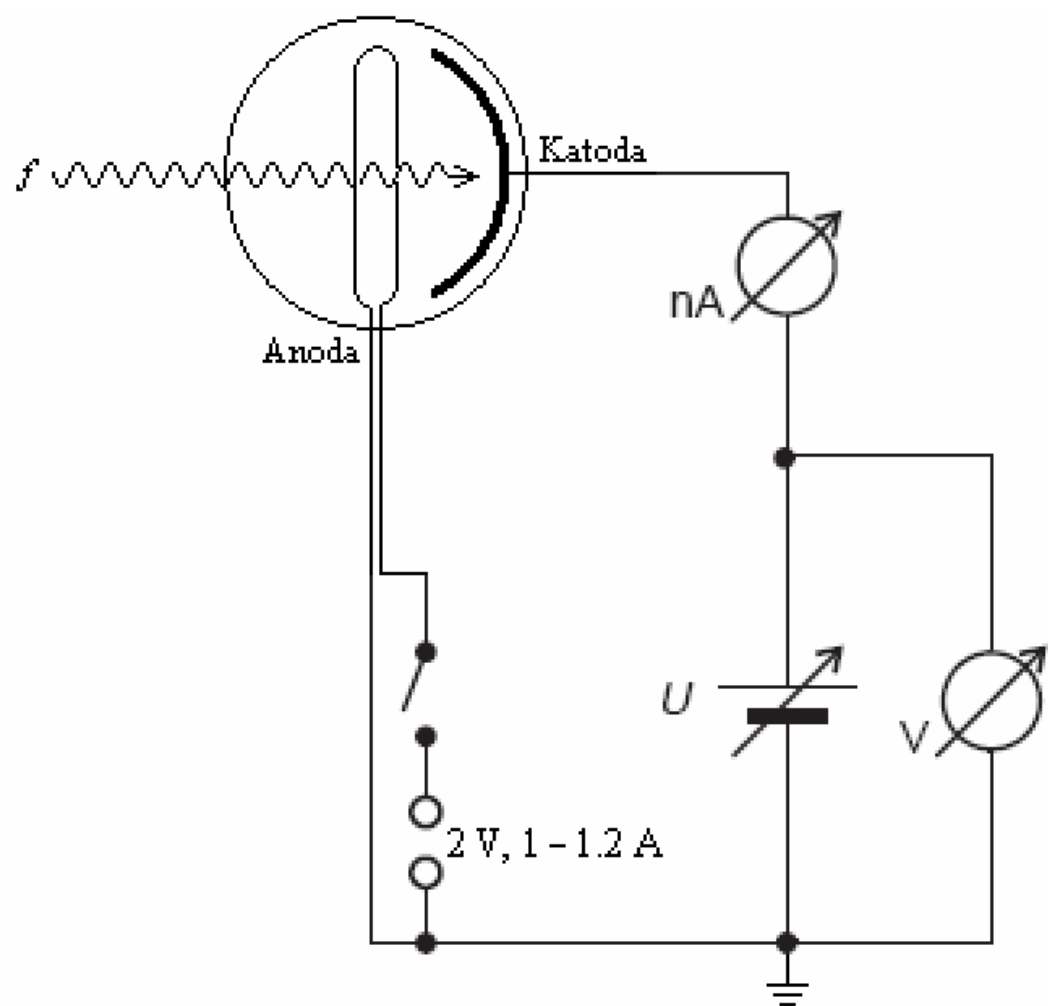
foton má hmotnost:  $mc^2 = h\nu \Rightarrow m = \frac{h\nu}{c^2}$

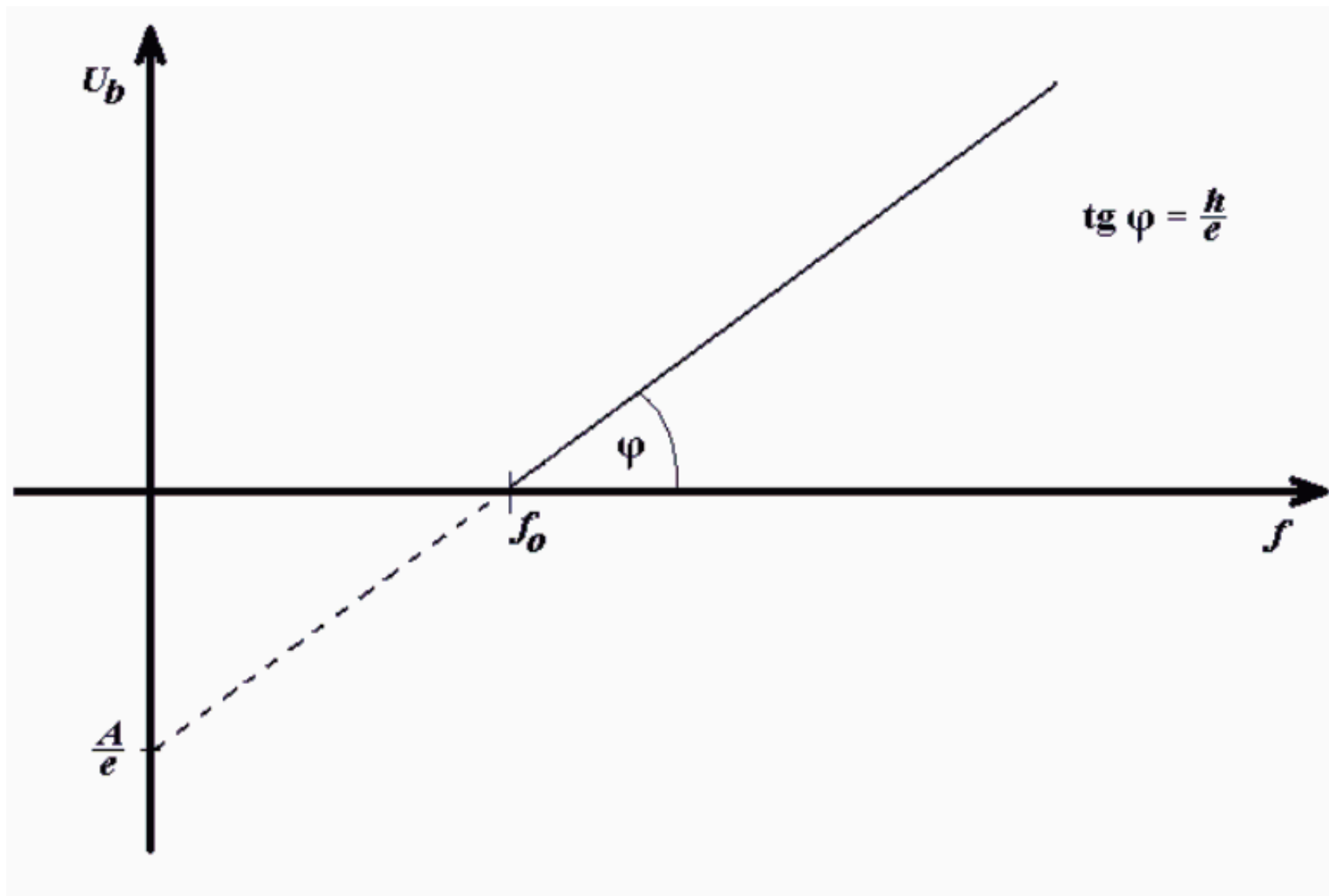
foton má hybnost:  $p = mc = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$



	žlutá	zelená	tyrkysová	modrá	fialová
$\lambda$ (nm)	576,9598	546,0735	491,6036	435,8328	404,6563
$f$ ( $\cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$ )	5,200	5,494	6,102	6,883	7,414

Tabelované hodnoty vlnových délek  $\lambda$  spektrálních čar rtuti





□ Graf závislosti  $U_b = U_b(f)$

3. Počet uvolněných elektronů za jednotku času je úměrný intenzitě dopadajícího záření.

4. Maximální kinetická energie uvolněných elektronů nezávisí na intenzitě dopadajícího záření.

Tuto představu použil k vysvětlení fotoelektrického jevu poprvé A. Einstein v roce 1905 :

Jestliže kov pohltí foton záření, předá tento foton svou energii  $h\nu$  některému elektronu (jen jednomu !!!) a platí

$h\nu = A_{\nu} + W_{k \max}$  Einsteinova rovnice fotoelektrického jevu

Výstupní práce  $A_{\nu}$  je charakteristikou kovu. Aby se elektron z daného kovu mohl dostat ven, musí být splněna podmínka  $h\nu \geq A_{\nu}$ .

Mezní případ  $h\nu = A_{\nu}$ , tj. elektron vystoupí s nulovou kinetickou energií  $W_k = 0$ .