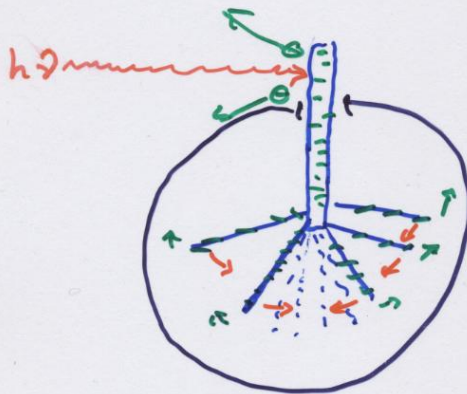


4.2 Photoeffekt

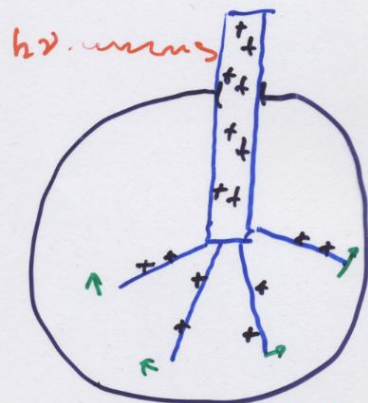
(Hallwachs ⁷ 1888)

Befreiung von e^- durch Licht an Stoffen

a) Entladung eines Elektrometers

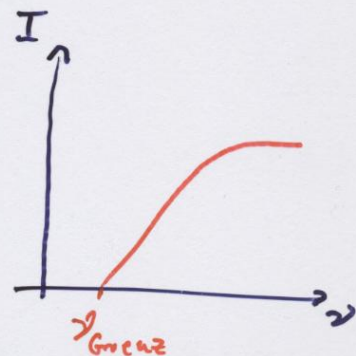
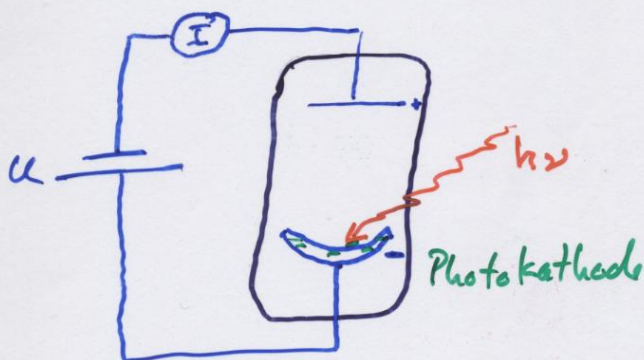


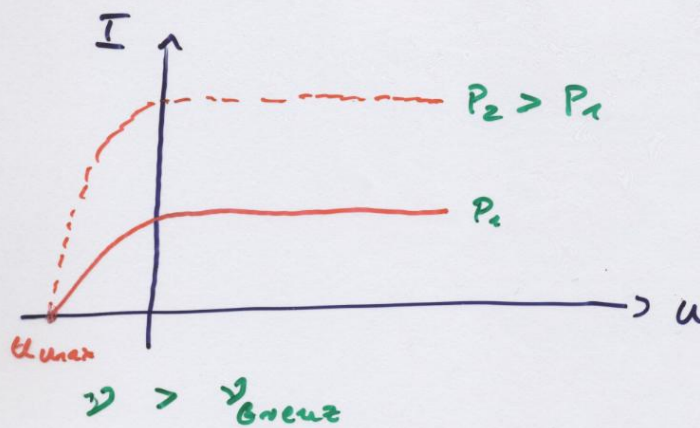
Obenhalb best. Frequenz ν :
negative Platte entlädt
sich



Hier passiert
nichts!

b) Quantitative Messung des Photoeffektes





- Beobachtung :
- Sättigungsstrom $\sim P$
 $\uparrow$
 Lichtintensität
 [auch klassisch erwartet]
 - Strom fließt schon bei $U < 0$!

- $\Rightarrow$ kin. Energie der Elektronen $= \frac{1}{2} m v^2 = e \cdot U_{\text{max}}$
- unabhängig von P
 - abhängig von ν
- $\left. \begin{array}{l} \text{klassisch: } P \propto E^2 \\ \Rightarrow E_{\text{kin}} \sim \sqrt{P} \end{array} \right\}$

c) Deutung von Einstein (1905)

Licht besteht aus Quanten $E_\gamma = h \cdot \nu$

$$1. N_{e^-} \propto N_\gamma \propto P$$

$$2. h \cdot \nu > h \cdot \nu_{\text{Grenz}} \approx e \cdot U_A$$

$\uparrow$
Austrittsarbeit

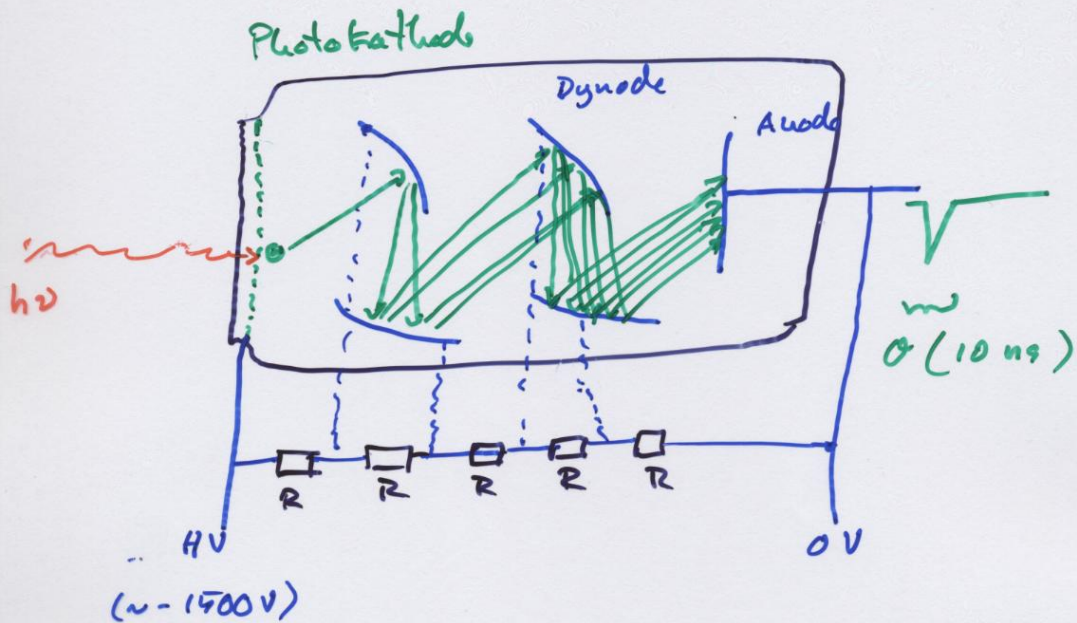
$$3. \frac{1}{2} m v^2 = e \cdot U_{\text{max}} \\ = h \cdot \nu - e U_A$$

Bs:	Li	$e \cdot U_A = 2,46 \text{ eV}$	$\lambda = 504 \text{ nm}$
	Cs	$= 1,96 \text{ eV}$	$= 639 \text{ nm}$
	Cu	$= 4,48 \text{ eV}$	$= 277 \text{ nm}$

d) Anwendung

Photomultiplier PMT

[sekundärelektronen vervielfachen]



• Photokathode : z.B. Phosphor
Cäsium

• Verstärkung : $1\gamma \rightarrow 1e^-$
 $\rightarrow \left(\frac{\text{Verstärkung}}{\text{Dynode}} \right)^{N_{\text{Dynode}}}$

typ: $2^8 \dots 3^8$ je nach

Spannung

• Quanteneffizienz : $\frac{\text{Wahrsch. ein } e^-}{\gamma}$

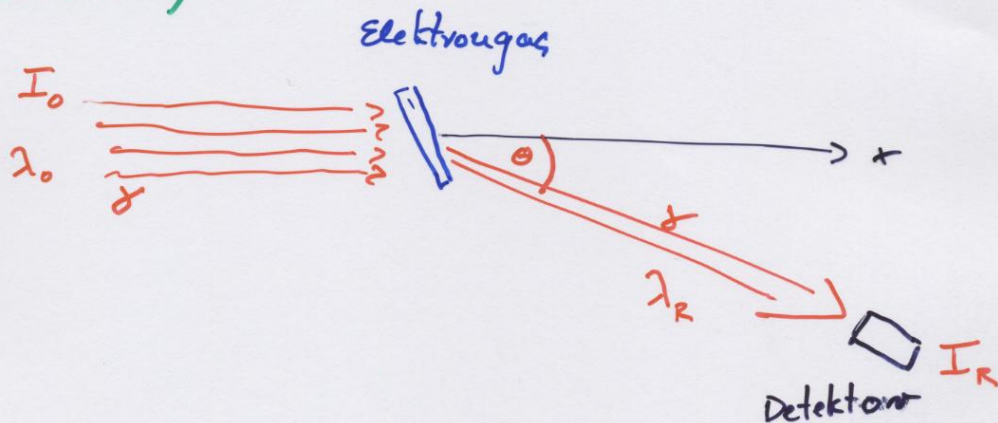
typ 20-40%

Anwendung : schnelle Information über Durchgang
ionisierender Strahlung

4.3. Compton - Effekt (1921)

Streuung von EM Strahlung an (fast) freien Elektronen

a) Beobachtung



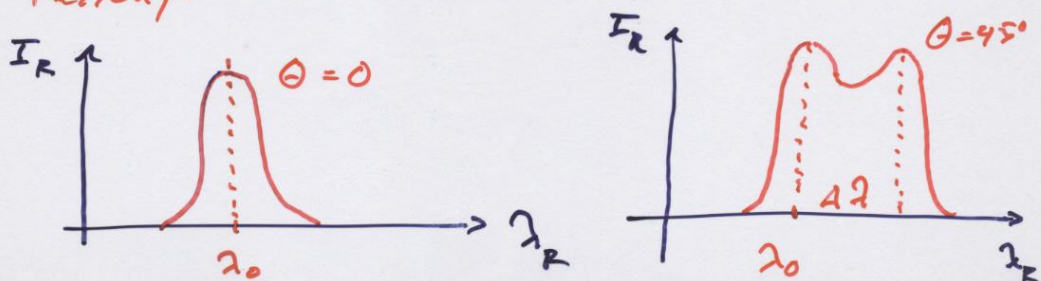
Erwartung:

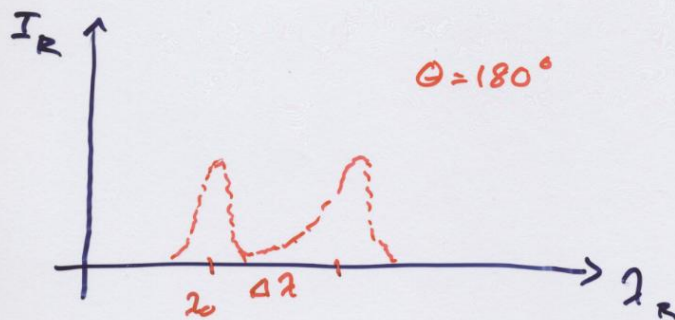
Streuung von Lichtwellen an N Elektronen

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} \sim 1 + \cos \theta, \text{ unabhängig von } \lambda$$

Rayleigh - Streuung

Messung:

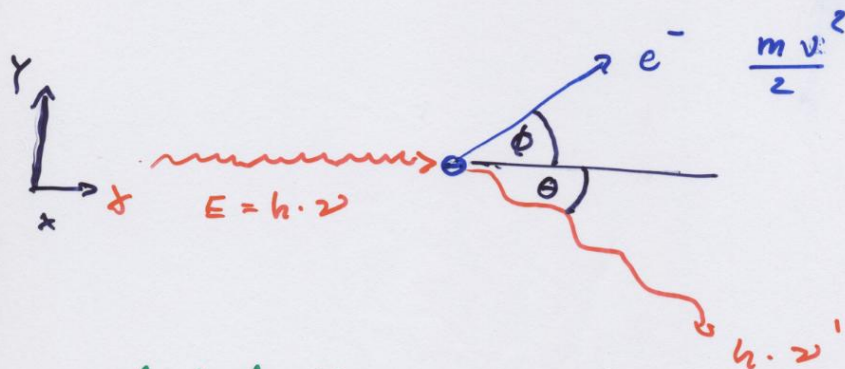




$$\Delta \lambda = \lambda_c (1 - \cos \Theta)$$

$\hookrightarrow 2,4 \cdot 10^{-12} \text{ m}$ Comptonwellenl.

b) Erklärung



Elastische Streuung an freien Elektronen

$$E_\gamma = h \cdot \nu$$

$$|\vec{p}_\gamma| = h \cdot \nu / c$$

→ Energieerhaltung: $h \cdot \nu + m_0 c^2$

$$= h \cdot \nu' + \gamma m_0 c^2$$

→ Impuls in y-Richtung: $0 = \frac{h\nu'}{c} \sin\theta - \gamma m_0 v \sin\phi$

→ Impuls in x-Richtung: $\frac{h\nu}{c} = \frac{h\nu'}{c} \cos\theta + \gamma m_0 v \cos\phi$

Umformungen: Energie: ** 2
Impulse: ** 2, addieren

$$\Rightarrow \Delta\lambda = \frac{c}{\nu} - \frac{c}{\nu - \Delta\nu} = \frac{c \cdot \Delta\nu}{\nu(\nu - \Delta\nu)}$$

$$\Rightarrow \Delta\lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos\theta) \quad \text{unabhängig von } \lambda!$$

$$\lambda_c = 0,024 \text{ \AA} \hat{=} \text{Photon}$$

$$\text{mit } h \cdot \nu = m_0 c^2 = 511 \text{ KeV}$$

Interessante Konsequenz:

- Licht übt Druck aus!
- Strahlender Körper verliert Masse

$\text{Bsp: Sonne: } W = 10^{26} \text{ Watt}$

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{W}{c^2} \approx 10^9 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$
$$\approx 3 \cdot 10^{13} \frac{\text{t}}{\text{Jahr}}$$

zum Glück $\underline{m_{\odot} \sim 2 \cdot 10^{27} \text{ t}}$

4.4. Ausblick

Bisher nur Kinematik berechnet.

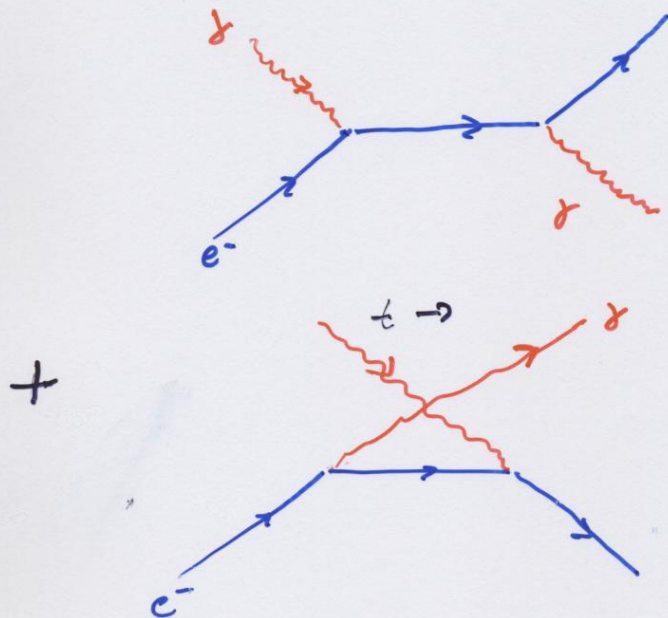
Raten und Wahrscheinlichkeiten von

Prozessen: Quantenfeldtheorie: QED

elementare Berechnungen

Feynmandiagramme

- Comptonprozess:



Wahrscheinlichkeit : $\sim (\text{Kopplungskonstante})^2$
 " " " " " " " "
 Ladung

- Coulombstreuung

