# Physik IV – Atome und Moleküle

Sommer 2005, Prof. Wim de Boer, Universität Karlsruhe

*Übungsleiter: Frank Hartmann, Forschungszentrum Karlsruhe,
Tel.: 07247 82 6330; Email: Frank.Hartmann@cern.ch*

*LÖSUNGEN* Übung 3

1. Photonen

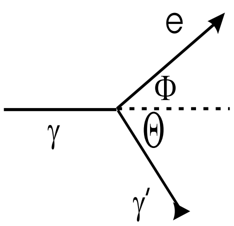
   (a) P=100W=100J/s; $a = 365,25 = 3.16 \times 10^7 s \quad \Rightarrow E = Pa = 3.16 \times 10^9 J \quad \Delta m = E/c^2 = 3.5 \times 10^{-8} kg$

   (b) Es gilt: $\frac{Nh\nu}{P} = \frac{F}{4\pi R^2}$, wobei F der Pupillenquerschnittfläche ist. Hieraus ergibt sich R= 14 200 km.

   (c) Nach dem Wienschen Verschiebungsgesetz $\lambda_{max} \times T = const = 0.29 cmK \rightarrow T = 5800K$

2. Comptonstreuung:

   (a) $\lambda' - \lambda = \frac{hc}{m_0 c^2}(1 - cos\theta)$

   $E_{kin} = E_\gamma - E'_\gamma = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'} = hc\frac{\lambda'-\lambda}{\lambda\lambda'}$ mit $E_\gamma = \frac{hc}{\lambda}$ und $E' = \frac{hc}{\lambda'}$ folgt aus der Comptonformel:
   $E_\gamma - E'_\gamma = \frac{E_\gamma E'_\gamma}{m_0 c^2}(1 - cos)\theta)$ (1) oder $E'_\gamma = \frac{E_\gamma}{1+\frac{E_\gamma}{m_0 c^2}(1-cos\theta)}$ (2)
   (2) in (1) $\Rightarrow E_{kin} = \frac{E_\gamma E'_\gamma}{m_0 c^2}(1 - cos\theta) = \frac{E_\gamma}{\frac{m_0 c^2}{E_\gamma(1-cos\theta)}+1}$ (3) maximal für $cos\theta_{max} \rightarrow -1$ also $\theta_{max} \rightarrow \pi$ Informationen für den dazugehörigen Winkel $\Phi$ erhält man aus dem Impulserhaltungssatz: $p_\gamma = p'_\gamma cos\theta + p_e cos\Phi$ (4)
   $0 = p'_\gamma sin\theta - p_e sin\Phi$ (5)
   Mit $\theta_{max} \rightarrow \pi$ folgt aus (5):
   $P_e sin\Phi_{max} = 0 \Rightarrow \Phi_{max} \rightarrow 0$

   (b) $\lambda = 400nm \rightarrow \gamma = 7.5 \times 0^{14} Hz \rightarrow E_\gamma = 3.1eV$
   Aus (3) mit $\theta_{max} = \pi$ folgt $E_{kin,max} = 3.8 \times 10{-}5eV$

   (c) Übertrüge das Photon seine gesamte Energie auf das Elektron, dann wäre $E'_\gamma = 0 \rightarrow \lambda' = 0 \rightarrow \lambda' - \lambda = -\lambda = \frac{hc}{m_0 c^2}(1 - cos\theta)$; also $1 - cos\theta < 0 \rightarrow$ unmöglich!

   (d) $E'_\gamma = E_\gamma - E_{kin} = 400keV \rightarrow \lambda' = 3.1 \times 10^{-3} nm$ mit $\lambda = \frac{hc}{E_{gamma}} = 2.48 \times 10^{-4} nm$ folgt aus Compton: $\theta = Arccos(1 - \frac{(\lambda'-\lambda)m_0 c}{h} = 41.8^o$

3. Milikan

(a) Gewichtskraft des Tröpfchen; Auftriebskraft; Stokes'sche Reibungskraft; Elektrische Kraft

(b) Gleichgewicht: $m_{Oel} \times g - m_L \times g - \frac{qU}{d} + 6\pi r V \eta = 0$; $m = 4/3\pi\rho r^3$
Unkorrigierte Viskosität $\eta := \eta_{Luft}$
$\rightarrow 4/3\pi r^3 g\Delta\rho - \frac{qU}{d} + 6\pi r V\eta = 0, \Delta\rho = \rho_{Oel} - \rho_{Luft}$
$\Rightarrow$ Gleichungssystem:
$4/3\pi r^3 g\Delta\rho - \frac{qU}{d} + 6\pi r\eta V_1 = 0$
$4/3\pi r^3 g\Delta\rho + \frac{qU}{d} + 6\pi r\eta V_2 = 0$

---

$-\frac{2qU}{d} + 6\pi r\eta(V_1 - V_2) = 0$
$\Rightarrow r = \frac{qU}{3\pi d\eta(V_1-V_2)}$ (1)
Einsetzen liefert: $4/3\pi g\Delta\rho(\frac{qU}{3\pi d\eta})^3 \frac{1}{(V_1-V_2)^3} - \frac{qU}{d}(1 - \frac{2V_1}{V_1-V_2}) = 0$
mit $(1 - \frac{2V_1}{V_1-V_2}) = -\frac{V_1+V_2}{V_1-V_2}$
$\Rightarrow q = \frac{9\pi d}{2U}(V_1 - V_2)\sqrt{\frac{\eta^3}{\Delta\rho g}(V_1 + V_2)}$ (*) (2)

Resultate:

Resultate:

n: Anzahl der Elementarladungen auf dem Tröpfchen

| $v_1$ [m/s] | $v_2$ [m/s] | q[C] | r[m] | q_Korr[C] | r_Korr[m] | n |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.410E-04 | 0.249E-03 | 0.158E-18 | 0.371E-06 | 0.162E-18 | 0.377E-06 | 1 |
| 0.450E-04 | 0.502E-03 | 0.477E-18 | 0.509E-06 | 0.485E-18 | 0.515E-06 | 3 |
| 0.113E-03 | 0.286E-03 | 0.154E-18 | 0.435E-06 | 0.157E-18 | 0.441E-06 | 1 |
| 0.790E-04 | 0.405E-03 | 0.320E-18 | 0.479E-06 | 0.326E-18 | 0.485E-06 | 2 |
| 0.640E-04 | 0.609E-03 | 0.630E-18 | 0.565E-06 | 0.640E-18 | 0.571E-06 | 4 |
| 0.440E-04 | 0.383E-03 | 0.312E-18 | 0.450E-06 | 0.319E-18 | 0.456E-06 | 2 |
| 0.710E-04 | 0.265E-03 | 0.159E-18 | 0.399E-06 | 0.162E-18 | 0.405E-06 | 1 |
| Mittelwert von e | | 0.1576E-18 | | 0.1607E-18 | | |
| Fehler für e | | 0.0021E-18 | | 0.0020E-18 | | |
| Literaturwert | | | | 0.1602E-18 | | |

e_Korr / e = 1.0196, d.h. die Korrektur der Elementarladungsmessung aufgrund der Cunningham-Korrektur der Viskosität beträgt 2%.