

Hinweis

Die vorliegende Zusammenfassung wurde im Rahmen der jeweiligen Lehrveranstaltung an der Universität Bonn erstellt. Sofern im oberen Teil der ersten Seite oder auf der unten angegebenen Webseite nicht anders vermerkt, wurde diese Zusammenfassung von mir, Marvin Zanke, alleine angefertigt. Für mehr Informationen und meine gesamten Unterlagen, siehe:

<https://www.physics-and-stuff.com/>

Ich erhebe keinen Anspruch auf Richtigkeit und Vollständigkeit der vorliegenden Zusammenfassung!

Dieses Werk von [Marvin Zanke](#) ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung – Nicht-kommerziell – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz](#).

14.01.16 Elektrische und magnetische Kräfteinwirkung auf geladene Teilchen:

- Kräfte, die MF auf bew. Ladungen und elektr. Felder auf Ladungen (ruhend + bewegend) ausüben; Zuerst bestimmt man mit einem Fadenkathodenröhre die spezifische Ladung $\frac{e}{m}$ (inden Elektronenstrahl + Bahn im homogenen MF untersucht werden); Danach geht es um die elektrische Kraft auf geladene Öltröpfchen. Hier bestimmt man die El.-Ladung e (Millikan). Mit beiden Daten \rightarrow kann e^-

Elementarladung: kleinste gequantelte Ladung (eines Elektrons) die vorkommt.

Lorentz-Kraft: $F_L = q \cdot v \cdot B$

Erzeugung Elektronenstrahlen: Glühkathode + el. Strom (\rightarrow "Hitze") \rightarrow Austrittsarbeit Elektronen

Biot-Savart: Vektorpotential bei Stromverteilung (damit das B-Feld):

$$B(r_1) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \nabla \times \frac{j(r_2) dV_2}{r_{12}}$$

Magnetfeld Helmholtz-Spulen: 2 Spulen, Stromdurchfluss in gleicher Richtung, Abstand R (= Radius Spulen) \rightarrow nahezu hom. MF innerhalb der Anordnung. I nicht gleichgerichtet \rightarrow Anti-Helmholtz-Spulenpaar ($\hat{=}$ antizyklisches labelländes MF)

B-Feld/H-Feld: Magn. Fl. dichte \vec{B} parallel zu el. Flussdichte \vec{D} .
Magn. Feldstärke $\vec{H} \hat{=}$ elektr. Feldst. \vec{E} . $\vec{B} = \mu_0 \mu_{rel} \vec{H}$
 \rightarrow magn. Fl. dichte nimmt zu falls Stoff im MF
H entsteht durch Strom, \vec{B} ist Strom + Magnetisierbarkeit eines Mediums (und dem dadurch entstehenden Feld).

Viskosität: Maß für "Zähflüssigkeit" eines Materials. Gegenüber (Drehwert), Fluidität.

Stokesche Reibung: Reibungskraft milder Körper in Flüssigkeit/Gas ohne Turbulenzen (Laminare Strömung) \rightarrow Fluid in Schichten aufsteigen: $F_R = 6\pi\eta r v$

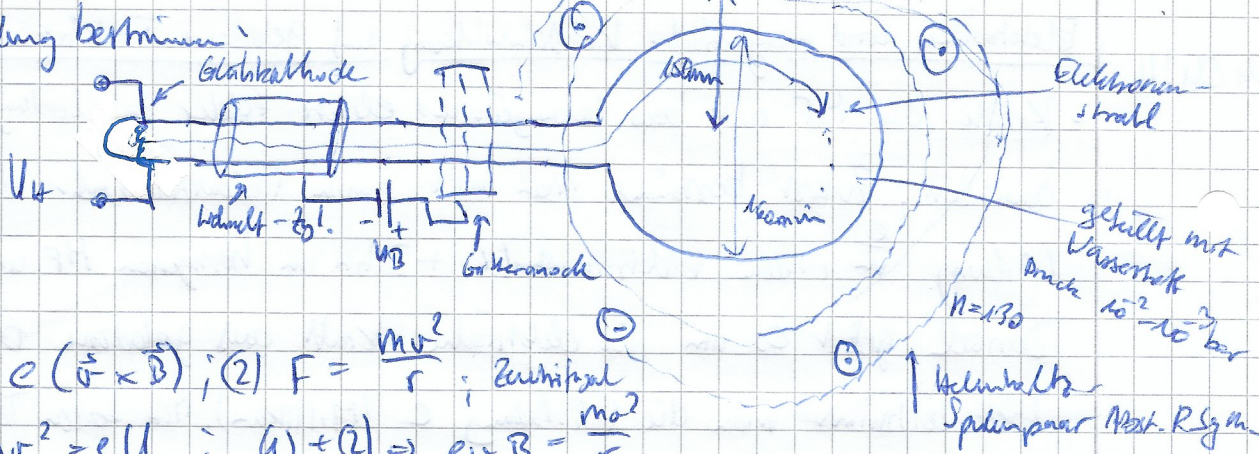
Cunningham-Korrektur: Falls milder Körper kleiner (Größenordnung \approx mittlere freie Weglänge) \rightarrow Reibungskraft korrigieren. Viskosität $\eta_{eff} = \frac{\eta}{1 + \frac{2}{3} \frac{\lambda}{r} (1 + \frac{3}{8} \frac{\lambda}{r})}$

Körper kann ohne W.W. zwischen Moleküle, dafür W.W. Molekülstruktur

freie Weglänge: durchschnittliche Länge, die Körper ohne Stoß zurücklegen kann

Auftrieb: In Gas (Flüssigkeiten): Auftrieb = Masse des vom Körper verdrängten Volumens

Spezifische Ladung bestimmen



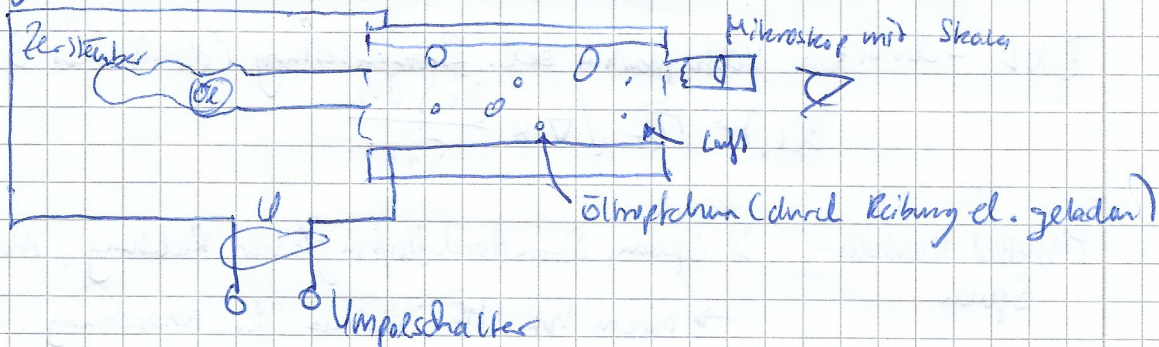
(1) $F_L = e(\vec{v} \times \vec{B})$; (2) $F = \frac{mv^2}{r}$; Zentripetal

(3) $\frac{1}{2}mv^2 = eU$; (1)+(2) $\Rightarrow e v B = \frac{mv^2}{r}$

(3) $\Rightarrow v^2 = \frac{2eU}{m} \Rightarrow \left(\frac{e}{m}\right)^2 = \left(\frac{v}{rB}\right)^2 = \frac{2eU}{m^2 B^2} \Rightarrow \frac{e}{m} = \frac{2U}{r^2 B^2}$

Mit Böt-Sarrat: $B \approx 0,916 \mu\text{T} \frac{V \cdot s}{R}$ für hom. MF im Inneren der Spulen

Elementarladung e bestimmen



Kräfte nach unten sind positiv gewählt

(1) $\vec{F}_g = \rho_{\text{Öl}} \cdot \frac{4\pi}{3} r^3 \vec{g}$; (2) $\vec{F}_A = -\rho_{\text{Luft}} \frac{4\pi}{3} r^3 \vec{g}$ ($\rho_{\text{Öl}} \gg \rho_{\text{Luft}}$ = sehr klein)

(3) $\vec{F}_R = -6\pi r \eta_{\text{Luft}} \vec{v}$; (4) $\vec{F}_{el} = q \cdot \vec{E} = Ne \vec{E}$

Tröpfchen sinkt: $\frac{4\pi}{3} r^3 (\rho_{\text{Öl}} - \rho_{\text{Luft}}) g - 6\pi r \eta_{\text{Luft}} v_{\downarrow} + Ne E = 0$

Tröpfchen steigt: $\frac{4\pi}{3} r^3 (\rho_{\text{Öl}} - \rho_{\text{Luft}}) g + 6\pi r \eta_{\text{Luft}} v_{\uparrow} - Ne E = 0$

$E = const \Rightarrow r = \sqrt{\frac{3\eta_{\text{Luft}} (v_{\downarrow} - v_{\uparrow})}{4g(\rho_{\text{Öl}} - \rho_{\text{Luft}})}}$ und $Ne = 3\pi r \eta_{\text{Luft}} \frac{v_{\downarrow} + v_{\uparrow}}{E}$

14.04.16 Teil 2

Durchführung

Erster Teil: Fadenschleifenrohr ordnungsgemäß anschließen; nur Glühkathode anschließen

Nach 3 Minuten Beschleunigungsspannung anschalten (geeignete Spannung wählen). Dann Helmholtz-Spulen einschalten, Durchmesser des Kreises mit Messschieber bestimmen. Beschleunigungssp. / Spulenstrom notieren.

Störfelder eliminieren: Apparat um 180° drehen; bei gleichem U , I variieren, s.d. Durchmesser auf vorigem Wert 10 mal wiederholen für U, I unterschiedlich; Störterm B_E "ausrechnen" $\rightarrow B_S$
 U gegen $(rI)^2$ auftragen $\rightarrow \frac{e}{m}$ bestimmen; B_E berechnen

Zweiter Teil: Korrekte Schaltung aufbauen; Öltröpfchen mit Zerstäuber in

Kammer zwischen 2 Kondensatorplatten. Polt Feld um zur

Identifizierung von geladenen Teilchen. Tröpfchen mit $v \in \left[\frac{1}{100} \frac{\text{mm}}{\text{s}}, \frac{1}{100} \frac{\text{mm}}{\text{s}} \right]$

Sicheren und Endgeschwindigkeit für beide Feldrichtungen messen sowie abgeschaltetes Feld. Mit Formel überprüfen. Geschwindigkeiten 5 mal messen und Versuch für 10 Tropfen wiederholen.

Gesamtladung auf Tröpfchen und Teilchenradius ermitteln (ohne Korrektur):

Viskosität Luft; Ladung $q_{s,i}$ und Radius r_i aus den Geschwindigkeiten;

Anzahl N_i der Ladungen auf Tröpfchen bestimmen \rightarrow dann $e_{s,i}$;

Cunningham-Korrektur: $e_o = e_{s,i} \cdot \left(1 + \frac{A}{r_i}\right)^{-3/2}$ Graphisch $(e_{s,i})^{2/3}$

gegen $\frac{1}{r_i}$ \Rightarrow Achsenabschnitt e_o ; Masse m aus $\frac{e}{m}$ und e ermitteln

Ergebnisse

• U_S ändert sich ständig mit (Winkelwert), U_E variabel, U_W konstant;

Erweiterung Störterm: $F_L = e v B_S + e v B_E \Leftrightarrow e v (B_S + B_E)$ bzw. $e v (B_S - B_E)$ von

MF Erde (je nach Stellung bzgl. Äquator unterschiedlich). Zuerst nur Störterm

eliminieren $\Rightarrow I_S = \frac{I_S^1 + I_S^2}{2}$ und $B_E = \frac{B_S^1 - B_S^2}{2} \rightarrow$ Fehlerrechnung

\rightarrow B -Feld des Helmholtz-Spulen-Systems ausrechnen.

Abhängigkeit $U = A \cdot \left(\frac{e}{m}\right) \left(\frac{r}{I}\right)^2$ graphisch darstellen, mit

Kreisradius: $r = \frac{L \cdot t_1}{2}$ und $(r \cdot I)^2$ ausrechnen

Wert für $\frac{e}{m} = (3,364 \pm 2,83) \cdot 10^{10} \frac{C}{kg}$ sehr weit von Litwert entfernt ($\frac{e}{m_e} \approx 1,75 \cdot 10^{11} \frac{C}{kg}$)

für $B_E = 2,3 \cdot 10^{5T} \pm 2,76$ guter Wert (Lit. Wert = 30-600T) \rightarrow größter Fehler bei Radiusbestimmung, da dieser Wert sehr gut?!

• Durch Interpolation: η mit bei unserer Temperatur; Geschwindigkeit mit Zeiten berechnen, die Öltröpfchen für Skaleneinbarung brauchen; Öltröpfchen schnell aus Sichtfeld verschwunden (nicht immer mehrere Werte genommen);

V_T , V_D und V_0 ausrechnen über Δt_T , Δt_D , Δt_0 ; Dann mit errechneten Werten und Dichten: Radius Tröpfchen ausrechnen \rightarrow Fehler in r ,

Dann Ladung mit Hilfe von r und anderer Formel ermitteln ($E = \frac{U}{d} \leftarrow \text{geg.}$);

Kleinste Ladungen aus der Tabelle ermitteln, etwa gleich der Elementarladung;

Dann rechnen wir noch die Anzahl an Elementarladungen auf den Tröpfchen aus und teilen Gesamtladung durch diese Zahl \rightarrow kleinste gequantelte Ladung (Werte für N absolut nicht ganzzahlig); Man ermittelt noch den Wert

für e nach der Korrektur über die grafische Darstellung $(e_{i,j})^{2/3}$ gegen $\frac{1}{r}$.

\rightarrow noch besserer Wert für e .

Wert für Masse des Elektrons weicht sehr stark von Literaturwert ab ($= 9,1 \cdot 10^{-31} kg$)

Fehler so groß wegen Fehler in $\frac{e}{m}$ (spez. Masse)

\rightarrow kann Öltröpfchen mit E-Feld regulierbar oder zu schnell aus Bild verschwinden

Vielleicht Spiegel der Ableschülte beim ersten Versuchsdurchlauf falsch eingestellt?

Linear falsch justiert? Wehrloch - Zylinder: kann fokussierbar?