



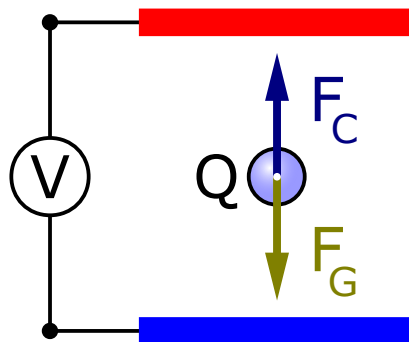
KANTONSSCHULE AM BURGRABEN

KANTONSSCHULE AM BURGRABEN

MATURAARBEIT

# Die experimentelle Bestimmung der Elementarladung

Vorgelegt durch:  
Samuel Egli



Vorgelegt bei:  
DR. RHEINHARD GROSS

23. Oktober 2024

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>2</b>
1.1	Einleitung . . . . .	2
1.2	Biographie von Millikan . . . . .	2
1.3	Relevanz der Elementarladung Heute . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Theorie</b>	<b>5</b>
2.1	Herleitung . . . . .	5
2.2	Herleitung der Formel . . . . .	5

# Kapitel 1

## Einführung

### 1.1 Einleitung

Warum wird ein Draht heiss wenn Strom durchfliesst? Es ist der gleiche Grund, wieso wir unser Handy aufladen können. Die Elektronen sind es aus denen unsere heutige Sicht der Elektrizitätslehre Strom besteht. Stellen Sie sich mal vor, Sie untersuchen die kleinsten geladenen Teilchen, die man bis jetzt kennt. Sie bekommen sehr genaue Messwerte und glauben die Natur der Elementarladung erforscht zu haben. Sie veröffentlichen Ihre Arbeit, doch neidische Konkurrenz versucht Sie niederzuschlagen indem sie behaupten, Sie haben Messwerte, die nicht stimmen, ausgeschlossen. Diesen Konkurrenten versuchen Sie zu beweisen, dass es stimmt, was Sie erforscht haben. Es vergeht eine lange Zeit, in welcher Sie sich beweisen müssen, bis sie dann etwa 13 Jahre später den Nobelpreis für Physik gewannen, mit Ihrem Ergebnis der Elementarladung. Herzlichen Glückwunsch Sie machten genau dass durch, was Robert Andrews MILLIKAN in den Jahren des ersten Weltkrieges durchmachte.

Diese Arbeit soll nachvollziehen können, wie man anfangs des 20. Jahrhundert auf ein solches Experiment kam, wie man vor mehr als hundert Jahren solche genauen Messwerte bekam und wie genau solche Messungen werden, wenn man Heute dieses Experiment wiederholt.

### 1.2 Biographie von Millikan

Robert Andrews MILLIKAN wurde 1868 in Amerika geboren. Im Alter von 18 Jahren beginnt er am Oberlin College (Ohio) zu studieren. Er studierte zuerst Mathematik und Griechisch, später machte er ein Physikkurs und schreibt seine Abschlussprüfungen als Physiklehrer. Etwa 10 Jahre später promovierte er an der Columbia University. Nach seiner Promotion ging er für ein Jahr nach Deutschland um bei Max PLANCK und Walther NERNST seine Kenntnisse zu vertiefen. Er kam dann zurück in die USA, wo er für 10 Jahre als Professor an der University of Chicago arbeitete.

1909 begann er an der Natur der Elementarladung zu forschen. Am Anfang benutz-

te er die *Tröpfchenmethode*, die mit Wasser durchgeführt wurde. Später nutzte er die *Öltröpfchen-Methode*, weil die für die Bestimmung der Elementarladung besser geeignet war, da Öltröpfchen im Vergleich zu Wassertröpfchen sich als stabiler erwiesen. Er konnte mit dieser Methode die Einheit der kleinsten elektrischen Ladung bestimmen, die er mit  $e$  bezeichnete. Ein Jahr später veröffentlicht er seine Arbeit mit über 38 Messungen. Diese konnte grosses Interesse wecken an anderen Forschern, aber auch grosse Kritik. Um diese Kritik zu entkräften, veröffentlicht er drei Jahre später nochmals eine Arbeit zur experimentellen Bestimmung der Elementarladung, doch auch diese Ergebnisse wurden angezweifelt. In den Jahren vor dem Ersten Weltkrieg wurde er für 3-4 Titel gewählt, darunter auch der Comstock-Preis für Physik.

Millikan forschte nicht nach der Natur der Elementarladung, sondern wollte auch die Lichtquantenhypothese von Albert EINSTEIN mit Experimenten überprüfen, da er skeptisch zu Einsteins Interpretation stand. Er konnte aber mit Präzision beweisen, dass Einsteins Gleichungen stimmen.

Als er 1918 sein Buch "Das Elektron" veröffentlichte, behauptete Millikan, dass seine Messungen zur Elementarladung präziser als die der Konkurrenz wären, weil die Werte nur ganz wenig streuten. Diese Arbeit wurde die Grundlage für seine spätere Berühmtheit und seiner Auszeichnung mit dem Nobelpreis im Jahre 1923.

Während der Zwischenkriegszeit forschte er weiter, bis er sich im Jahr 1946 in den Ruhestand begab. Er schrieb viele Bücher, die sich mit Natur und Religion auseinandersetzten, sowie verschiedenste Lehrbücher. (vgl. Wikipedia, 2024, Millikan)

### 1.3 Relevanz der Elementarladung Heute

In welchen Bereichen im Alltag brauchen wir Heutzutage die Elementarladung? Die wahrscheinlich populärste Technik in der wir reine Elementarladungen (Elektronen) brauchen, ist in der Medizin nämlich beim Röntgen. Ein Röntgengerät ist nichts anderes als ein Teilchenbeschleuniger, der Elektronen auf den bzw. durch den Körper schiesst. Ein anderes Beispiel aus der Medizin wäre das Bestrahlungsgerät bei der Krebstherapie. Hier sind es keine Elektronen, sondern Protonen, die genau die gleiche Ladung,  $1.602176634 \cdot 10^{-19} \text{C}$  (DMK, 2021, S. 123), aber positiv statt negativ haben, beschleunigt werden und auf den Körper geschossen werden.

Ohne das Wissen, dass es nicht kleinere Ladungen gibt als die Elementarladung, würden Heute keine von unseren elektronischen Geräten, insbesondere elektronische Rechner, nicht funktionieren. Da jedes Bit in unseren Chips darauf basiert, ob ein Elektron fehlt oder nicht.

Um die Masse eines Elektrons zu bestimmen, braucht man die Elementarladung  $e$  auch. Dort wird ein Elektron, mithilfe eines Magneten, auf eine Kreisbahn geschickt. Dabei wirkt eine magnetische Kraft (Lorenzkraft) auf das Elektron, die es auf eine Kreisbahn schickt. Um eine Kreisbewegung zu erzielen, braucht es eine Zentripetalkraft, die von

der Lorenzkraft aufgebraucht wird. Formal ausgedrückt bedeutet das:  $F_L = F_Z$ , wobei  $F_L = e * v * B$ . Das e steht dabei für die Elementarladung

# Kapitel 2

## Theorie

### 2.1 Herleitung

Millikan fand heraus, dass geladene Teilchen in einem elektrischen Feld anders verhalten wenn man unterschiedlich starke elektrische Felder erzeugt. Teilchen bewegen sich schneller wenn man eine höhere Spannung erzeugt. Die Teilchen verhalten sich bei gleicher Spannung nicht gleich. Das führte dazu, dass die Teilchen unterschiedlich geladen sein müssen. Wie leitet man diese Ladung nun her? Man schaut welche Kräfte auf einen Körper wirken. Man nehme zum Beispiel ein Ball im freien Fall. Zuerst wirkt eine Kraft, die ihn nach unten beschleunigt, die Gewichts- oder Gravitationskraft.

### 2.2 Herleitung der Formel

Die Ladung kann bestimmt werden, wenn ein Öltröpfchen im Kräftegleichgewicht ist. Man beginnt mit dem Öltröpfchen im freien Fall in der Luft. Dabei wirkt, wenn der Tropfen die Endgeschwindigkeit erreicht hat, die Gewichtskraft nach unten und Luftreibungskraft nach oben. Formal ist das in Gleichung 2.1 zu sehen:

$$mg = kv_f \quad (2.1)$$

Jetzt wird ein Elektrisches Feld angelegt und man erhält eine Elektrische Kraft, die der Gewichtskraft entgegenwirkt. Da sich das Teilchen jetzt nach oben bewegt, haben wir nach unten noch die Reibungskraft der Luft. Wenn man die Kraftvektoren addiert, kommt man auf Gleichung 2.2.

$$F_E = F_g + F_{RLuft} \quad (2.2)$$

$$Eq = mg + v_r k \quad (2.3)$$

# Literatur

- DMK, D. (2021). *Fundamentum Mathematik und Physik: Formeln, Begriffe, Tabellen für die Sekundarstufen I und II*. Orell Fuessli.
- Wikipedia. (2024). Robert Andrews Millikan — Wikipedia, die freie Enzyklopädie [Online; Stand 13. Oktober 2024]. [https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Robert\\_Andrews\\_Millikan&oldid=249265456](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Robert_Andrews_Millikan&oldid=249265456)