



III. Physikalisches Institut B, RWTH Aachen
Prof. Dr. Christopher Wiebusch, Dr. Philipp Soldin

Übungen zur Physik IV - SS 2024
Atome Moleküle Kerne

Präsenzübung

Ausgabedatum: 08.04.2024

Tag der Besprechung: 15.04.2024

Ziel dieses Übungsblattes ist

- Eine Wiederholung und Erläuterung des formalen Ablaufs der Übungen.
- Eine Einführung in die Jupyter-Notebook computing Umgebung der RWTH und die Anwendung auf die Aufgaben der Vorlesung.
- Eine Übungsaufgabe zum Millikan Experiment. Diese Aufgabe ist eine Kombination aus Berechnung und Computerauswertung. Sie lösen die Aufgabe gemeinsam in der Übung

Sie sollten den Übungszettel zur Vorbereitung auf die Übung lesen und sich Fragen dazu überlegen; Sie müssen diesen Übungszettel aber nicht vor der Übung bearbeiten sondern lösen ihn gemeinsam mit Ihrer Übungsgruppe in der Übung.

Bringen Sie, wenn möglich, Ihr Notebook zur Übungsstunde mit

Ablauf der Übungen - Abgaben - Vorrechnen etc

Übungen

- Immer **Montags**
- Melden Sie sich **heute** mit Ihrer Wunschpräferenz der Übung an
- **Zuteilung:** Donnerstag 11.4. 16:00 Uhr

- **Übungszettelausgabe:** Mittwochs, 12:00, online im Lernraum
- **Abgabe** Mittwochs, eine Woche später bis 10:00, online im Lernraum in 2er Gruppen oder 3er (Ausnahme)
- **Korrektur/Rückgabe:** Online im Lernraum zur nächsten Übungsstunde
- **Vorrechnen:** Montag in der Übungsstunde (folgende Woche)
- Eine **englische** Übungsgruppe ???

Übungsgruppen und Tutoren

Übung 1	Mo 14:15-16:15	Carl 208	linus.endmann@rwth-aachen.de
Übung 2	Mo 14:15-16:15	Carl 216	niklas.nippe@rwth-aachen.de
Übung 3	Mo 12:15-14:15	Audimax 304	lukas.brusa@rwth-aachen.de
Übung 4	Mo 16:15-18:15	CARL 207	shuyang.deng@rwth-aachen.de
Übung 5	Mo 14:15-16:15	CARL 206	dominik.wirtz@rwth-aachen.de
Übung 6	Mo 12:15-14:15	Audimax 303	lorenz.frappier@rwth-aachen.de
Übung 7	Mo 16:15-18:15	CARL 211	timo.butz@rwth-aachen.de
Übung 8	Mo 14:15-16:15	Audimax 303	jeelle.savelberg@rwth-aachen.de
Übung 9	Mo 16:15-18:15	CARL 212	florian.schwarz@rwth-aachen.de
Übung 10 english	Mo 16:15-18:15	CARL 214	philipp.fuerst@rwth-aachen.de jakob.boettcher@rwth-aachen.de

Nächsten Montag können Sie zur Übung Ihrer Wahl gehen

Übungstausch

- **Tausch in Übungen mit weniger als 20 Teilnehmern**
⇒ kein Problem wenn Sie sich an das Standardverfahren halten
- **Tausch in andere Übungen** erfordert einen Tauschpartner/in der jeweils anderen Übung (Nutzen Sie das Moodle-Forum um Partner zu finden)

Standardverfahren: Sie müssen beiden Übungsgruppenleitern (alte und neue Gruppe) die Übungsgruppe+Namen+Mat.Nummer mitteilen

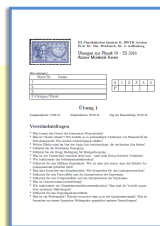
Übungszettel

Jeder Übungszettel enthält 2 Abschnitte

1. **Verständnisfragen** zur Selbstkontrolle wie in der Vorlesung besprochen (nicht abgeben !)
2. **Übungsaufgaben zur Abgabe**

Ablauf

- **Ausgabe** der Übungszettel Mittwochs 12:00 in moodle
- **Abgabe** der Übungsaufgaben am folgenden Mittwoch bis 10:00 **Besprechung** am darauf folgenden Montag (12.Tage nach Ausgabe)
- Jeder Übungszettel hat 100 Punkte. Insgesamt 12 Übungszettel ⇒ **1200 Punkte** gesamt
- Die Aufgaben sind mit ihrem ungefähren **Schwierigkeitsgrad** gekennzeichnet: (★☆☆☆☆) leicht bis (★★★★★) schwer (Vorsicht: unsere Schätzung – keine Gewähr)
- **Übungszettel 0** für die Präsenzübung nächsten Montag ist Online
- **Übungszettel 1** zur Abgabe am 17.4. ist bereits Online



Elektronische Übungsabgabe in Moodle

Sie müssen Ihre **Lösungen** hochladen als

- Scans von **lesbaren** handschriftlichen Notizen **oder** elektronisch erstellte Dokumente (z. B. Latex)
- Reichen Sie Ihre Lösung immer als ein **pdf-Dokument** ein, incl. Bilder und code

Wichtig:

- Nur eine Datei pro Gruppe hochladen
- Versehen Sie das Dokument mit allen Namen und Mat.-Nummern
- Halten Sie die Reihenfolge der Aufgaben ein
- Dateigröße möglichst < 5Mb

Gruppen:

- Wenn Sie eine/n bevorzugte/n Übungspartner/in bei der RWTHOnline Anmeldung angegeben haben wird dies bei der Zuteilung berücksichtigt
- Wenn Sie bei der ersten Abgabe eine/n bevorzugte/n Übungspartner/in angeben werden wir Sie manuell zusammen als Gruppe einteilen
- Wenn Sie keine Präferenz angeben, werden wir Sie in der ersten Übungsstunde einer Gruppe zuordnen
- Die eingeteilten Gruppen gelten für alle folgenden Abgaben
- **Ab der zweiten Übung werden wir keine Einzelabgaben mehr akzeptieren**

Programmier-Aufgaben

- Eine Unteraufgabe pro Zettel ist in der Regel eine **Programmieraufgabe!**
- Für Computer Aufgaben stellen wir jeweils ein **Jupyter Notebook Template als Vorlage** zur Verfügung
- **Abgabe:**
 1. In den Aufgaben kommt immer ein Ergebnis oder plot heraus, den Sie abgeben und der bewertet wird.
 2. Bitte benennen und diskutieren Sie Ihr physikalisches Ergebnis in Form von mindestens einem Antwortsatz, der bewertet wird.
 3. Bitte erläutern Sie ihren technischen Lösungsansatz mit 2-3 Sätzen, die bewertet werden.
 4. Geben Sie ein pdf des Jupyter Notebooks mit ab. Dieses wird nicht bewertet aber erlaubt den Tutoren Fehler zu finden und Ihnen zu helfen
- **Erste Woche** (Mo. 15.4) ist eine Präsenzübung in der eine Einführung in das Jupyter System gegeben wird und eine Präsenzaufgabe (Übung 0) gelöst wird.
- Der Übungszettel 0 wird nicht bewertet.

Klausur

Klausur Zulassung

- >50% der Übungspunkte (d.h. 600 von 1200 möglichen Punkten)
- Mindestens 1x Vorrechnen in der Übungsgruppe
- Maximal 3 Übungsblätter mit 0 Punkten

Klausur

- 120 min
- Termin
Do, 25.07.2024
8:30 - 10:30,
H02, H03 (CARL)
- Nachschreibe
Di, 17.09.2024
8:30 - 10:30,
Grüner Hörsaal, Gr

Genau Details der Klausurdurchführung werden wir im Juli in der Vorlesung und im Lernraum bekanntgeben

Erläuterungen der Vorlesung zu den Übungen. Siehe auch *Formales.pdf* in Moodle.

Generelles zu Computeraufgaben und Jupyter-Notebooks

Bei einigen unserer Teilaufgaben werden wir Sie fragen Computer basierte Lösungen anzufertigen. Hierbei bieten wir Ihnen im Speziellen das JupyterHub der RWTH als Plattform an.

Bitte geben Sie alle Lösungen als Plot, Tabelle oder Zahl mit Beschreibung zusammen mit den anderen Übungen ab! Ihre ausgearbeiteten Python Skripte oder Jupyter Notebooks sollen Sie ebenfalls abgeben, diese werden allerdings nicht bewertet und dienen nur zur Kontrolle. JupyterHub: <https://jupyter.rwth-aachen.de> ist eine anwendungsorientierte Cloudoberfläche, auf der Sie die notwendigen Werkzeuge finden, um die physikalischen Fragestellungen u.a. dieser Übung zu lösen.

Sie können sich bei der Plattform über SSO anmelden und können dann aus mehreren vorgefertigten Profilen auswählen. Wir stellen Ihnen ein Profil mit dem Namen *[ExPhys4] Experimentalphysik IV* zur Verfügung. Darin sind alle Pakete enthalten, die Sie im Verlauf der Bearbeitung der Übungsaufgaben während des Semesters benötigen. Sie werden darin auch die Vorlagen für die einzelnen Übungsaufgaben finden, die Sie verwenden können.

Reichen Sie die Ergebnisse, z.B. Plots, zusammen mit den anderen Aufgaben schriftlich ein. Bitte erklären Sie die Ergebnisse mit der Abgabe (z.B. Beschreiben Sie die Ergebnisplots).

Präsenzaufgabe

Bitte melden Sie sich bei <https://jupyter.rwth-aachen.de> und navigieren Sie zum Ordern **Übungen/Präsenzübung**. Bearbeiten Sie die folgende Übungsaufgabe.

Übungsaufgaben

Diese Übung muss nicht abgegeben werden, sondern sie wird gemeinsam mit der Übungsgruppe in der ersten Stunde erarbeitet. Zur Vorbereitung der Übung möchten wir aber anregen, dass Sie sich mit dem Inhalt der Aufgaben vertraut machen. So können Sie effizient in der Übungsstunde mitarbeiten und an geeigneten Stellen Fragen stellen.

Aufgabe 1 DAS MILLIKAN EXPERIMENT ★ ★ ★ ☆ ☆

(keine Punkte)

Im *Millikan-Experiment* gelang es Robert Andrews Millikan (Nobelpreis 1923) und Harvey Fletcher 1910, die Quantisierung und Größe der Elementarladung deutlich genauer als zuvor zu bestimmen. Im Versuch wird gezeigt, dass die elektrische Ladung in ganzzahlige Vielfache einer Elementarladung e gequantelt ist, und man kann die Größe dieser Elementarladung quantitativ bestimmen.

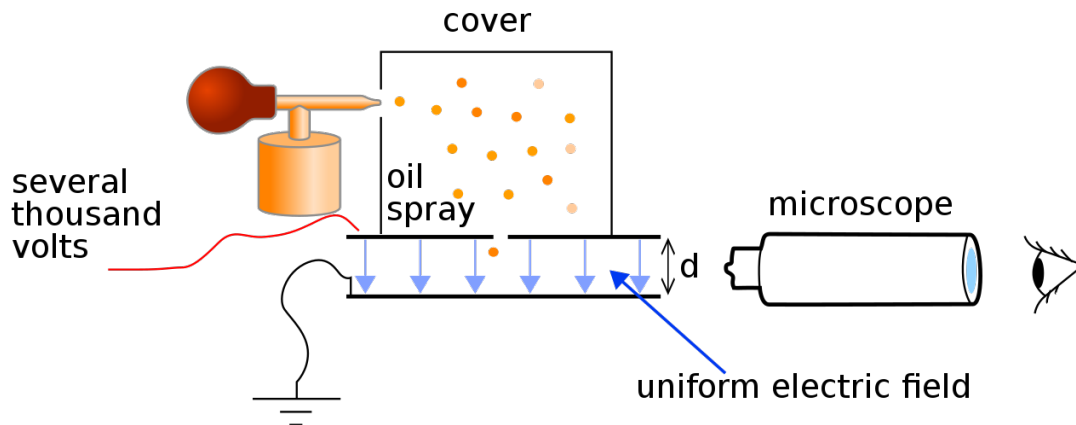


Abbildung 1: Das Millikan Experiment.

Der Versuchsaufbau ist in Abbildung 1 gezeigt. Mit einer Sprayflasche werden Öltröpfchen erzeugt, die sich innerhalb eines Plattenkondensators in einem homogenen elektrischen Feld in Luft bewegen. Mittels Röntgenstrahlung können die Tröpfchen ionisiert werden. Die Spannung am Plattenkondensator kann umgepolt werden. Die Bewegung der Öltröpfchen kann über ein Mikroskop beobachtet und die Geschwindigkeit gemessen werden.

Wir betrachten zwei Fälle, zum einen a) bei ausgeschaltetem E-Feld bei dem sich die Öltröpfchen im freien Fall nach unten bewegen und b) wenn sie sich bei eingeschaltetem Feld nach oben bewegen.

1. Diskutieren Sie für die beiden Fälle die auf das Öltröpfchen wirkenden Kräfte.

Hinweis: Berücksichtigen Sie Schwerkraft, Reibungskraft, elektrische Kraft und Auftriebskraft.

Drücken Sie die Kräfte als Funktion der bekannten Größen in Tabelle 1 aus.

Tabelle 1: Bekannte Größen im Millikan Experiment

Dichte $\rho_{\text{Öl}}$ des Öls	900 kgm^{-3}
Dichte ρ_{Luft} der Luft	$1,29 \text{ kgm}^{-3}$
Viskosität η_{Luft} der Luft	$1,81 \cdot 10^{-5} \text{ Nsm}^{-2}$
Abstand d der Kondensatorplatten	$0,006 \text{ m}$
Spannung $ U $ zwischen den Kondensatorplatten	600 V
Fall- und Steigstrecke s	$0,6 \text{ mm}$

2. Stellen Sie für beide Kondensator Polungen das Kräftegleichgewicht bei konstanter Driftgeschwindigkeit auf.
 - Warum stellt sich nach kurzer Zeit trotz Beschleunigung im E-Feld eine konstante Geschwindigkeit ein?

- Warum ist die Annahme eines Kräftegleichgewichts im Falle konstanter Driftgeschwindigkeit gerechtfertigt?
 - Warum kann die Auftriebskraft vernachlässigt werden?
- Identifizieren Sie neben der Ladung des Tröpfchens andere Unbekannten in den beiden Kraftgleichungen.
 - Eliminieren Sie die Unbekannten indem Sie eine Gleichung nach r auflösen, dieses in die andere einsetzen und dann nach q auflösen.
 - Zur Messung der Quantisierung der elektrischen Ladung und dem Wert der Elementarladung e ist es notwendig, möglichst viele Öltröpfchen zu bestimmen, da einige Tröpfchen auch mehrfach geladen sein können und Geschwindigkeitsmessungen einem Messfehler unterliegen. Im folgenden Datensatz, der als Datei `MillikanData.csv` digital als *csv Datei* zur Verfügung steht wurden für 10 Tröpfchen jeweils mehr die Steig- und Sinkgeschwindigkeit gemessen. Die Werte sind:

Nummer des Tröpfchens	Steigzeit bzw. Fallzeit des Tröpfchens in Sekunden									
1_{steig}	11,15	11,48								
1_{fall}	7,80	7,86								
2_{steig}	8,24	8,73	8,18							
2_{fall}	17,52	16,91	16,54							
3_{steig}	18,24	16,75	16,58	17,09	17,03					
3_{fall}	7,03	6,59	6,75	6,81	6,81					
4_{steig}	18,18	18,13	18,62	19,34	17,63					
4_{fall}	6,64	6,70	6,75	6,75	6,59					
5_{steig}	3,02	3,02	2,91	3,02	3,02	2,96	2,91	3,02		
5_{fall}	4,18	4,39	4,40	4,39	4,34	4,39	4,17	4,18		
6_{steig}	7,64	7,74	7,80	7,31	7,36	7,75	8,02			
6_{fall}	8,67	8,68	8,73	8,57	8,79	8,84	8,40			
7_{steig}	7,47	7,36	7,08	7,58	7,58	7,41	7,25			
7_{fall}	9,45	9,01	8,90	9,5	9,50	9,45	9,06			
8_{steig}	4,78	4,61	4,83	4,77	4,62	4,73	4,56			
8_{fall}	11,92	12,90	11,98	12,74	12,91	12,36	11,65			
9_{steig}	3,14	2,97	2,96	2,91	2,96	3,07	2,91			
9_{fall}	5,11	5,32	5,06	5,16	5,06	5,27	5,16			
10_{steig}	6,76	6,67	6,87	6,54	6,42	6,59	6,37	6,59	6,70	
10_{fall}	10,10	9,89	9,67	9,61	9,99	10,11	10,11	9,39	10,27	

Schreiben Sie ein Python-Skript oder ein Jupyter-Notebook, das die Daten einliest und die Ladung für jede Messung bestimmt!

Überlegen Sie, wie Sie mit den mehrfachen Messungen des gleichen Tröpfchens verfahren und wie Sie die Fehler der Messung schätzen!

Hinweis: Das Template `Millikan.ipynb` steht im `rwth-jupyter` zur Verfügung.

- Plotten Sie die gemessene Ladung für jedes Tröpfchen als Funktion der Tröpfchennummer!
- Entwickeln Sie eine fundierte Vermutung für die Anzahl der Elementarladungen für jedes Tröpfchen indem Sie die gemessenen Ladungen durch diese ganze Zahl teilen, bis sich ein Wert für die Elementarladung mit minimaler Varianz ergibt.
- Bestimmen Sie die Elementarladung mit Fehler!
- Diskutieren Sie die Abweichungen. Welche systematischen Fehler können eine Rolle spielen?