

Zentralabitur 2023	Physik	Material für Prüflinge
Aufgabe II a	gA	Prüfungszeit*: 250 min

*Die Prüfungszeit setzt sich zusammen aus 220 min Bearbeitungszeit und 30 min Auswahlzeit.

Thema: Interferenz – Schwingungen – elektrische Felder

Im Rahmen der ersten Aufgabe werden Interferenzphänomene beim Doppelspalt sowie bei einem Mehrfachspalt behandelt. Harmonische Schwingungen sind Gegenstand der zweiten Aufgabe. Die dritte Aufgabe thematisiert die Ladung und die Kapazität eines Kondensators.

Aufgabenstellung

Aufgabe 1

Zunächst werden zwei Lichtquellen verglichen. Anschließend wird der Spaltmittenabstand eines Doppelspalts bestimmt, danach das Interferenzbild eines Dreifachspalts untersucht.

- 1.1** Die Wellenlänge-Intensität-Diagramme von einer rot leuchtenden LED (LED-rot) und von einem rot leuchtenden Laser werden betrachtet, siehe Material 1a (M1a) und M1b.

Vergleichen Sie diese Diagramme.

Beurteilen Sie, welche der beiden Lichtquellen bei quantitativen Interferenzexperimenten genauere Messwerte ermöglicht. **[6 BE]**

- 1.2** Es soll der Spaltmittenabstand d eines Doppelspalts mit dem Licht eines rot leuchtenden Lasers untersucht werden. M1c zeigt das zugehörige Schirmbild. Wenn der Abstand e zwischen Doppelspalt und Schirm wesentlich größer ist als der Spaltmittenabstand d des Doppelspalts, gilt für die Interferenzmaxima folgende Gleichung:

$$n \cdot \lambda = d \cdot \sin \left(\arctan \left(\frac{a_n}{e} \right) \right) \quad \left| \begin{array}{l} n: \text{Ordnung des Maximums; } \lambda: \text{Wellenlänge; } a_n: \text{Abstand} \\ \text{zwischen dem Maximum 0. Ordnung und dem Maximum} \\ n\text{-ter Ordnung} \end{array} \right.$$

Bestätigen Sie unter Verwendung dieser Gleichung sowie M1b und M1c, dass für den Spaltmittenabstand d des verwendeten Doppelspalts $d \approx 73 \mu\text{m}$ gilt.

Beschreiben Sie zwei experimentelle Maßnahmen, die man umsetzen kann, um einen genaueren Wert für den Spaltmittenabstand d zu erhalten. **[7 BE]**

- 1.3** Nun wird der Doppelspalt durch einen Dreifachspalt mit gleichem Spaltmittenabstand d ersetzt. Der restliche Versuchsaufbau bleibt unverändert. M1d zeigt das zugehörige Schirmbild.

Vergleichen Sie die Schirmbilder in M1c und M1d.

Überprüfen Sie anhand von M1d, ob die Gleichung aus 1.2 für den markierten Fleck gilt. **[7 BE]**

Zentralabitur 2023	Physik	Material für Prüflinge
Aufgabe II a	gA	Prüfungszeit*: 250 min

Aufgabe 2

Die Enden eines Stücks Fahrradkette der Länge l und der Masse m werden mit einer sehr leichten Schnur verbunden. Diese Schnur läuft über eine Seilrolle. In der Ruhelage sind die Enden der Kette auf gleicher Höhe (vgl. M2a, M2b). Wenn man die Kette um die Strecke s auslenkt (vgl. M2c), führt sie idealerweise harmonische Schwingungen um diese Ruhelage aus (bei Vernachlässigung der Dämpfung).

- 2.1** Die Abbildung M2d zeigt den zeitlichen Verlauf der Schwingung bei einer Kettenlänge von $l = 94,5 \text{ cm}$.

Ermitteln Sie möglichst genau die Periodendauer dieser Schwingung und ergänzen Sie diesen Wert in der Wertetabelle M2e. **[3 BE]**

- 2.2** Wenn man die Kettenlänge variiert, verändert sich die Periodendauer der Schwingung. In der Tabelle M2e finden Sie die Messwerte für die Periodendauer T in Abhängigkeit von der Kettenlänge l .

Zeichnen Sie ein l - T -Diagramm einschließlich einer geeigneten Ausgleichskurve.

Bestätigen Sie auf Basis der Messwerte (M2e) den funktionalen Zusammenhang $T(l) = k \cdot \sqrt{l}$. Geben Sie dabei auch den Proportionalitätsfaktor k an und dokumentieren Sie Ihr Vorgehen in der im Unterricht vereinbarten Form.

Ermitteln Sie die Kettenlänge l für eine Periodendauer von $T = 1,8 \text{ s}$. **[11 BE]**

- 2.3** Überprüfen Sie anhand von drei Messwertepaaren, ob der folgende Zusammenhang die Periodendauer T bei der schwingenden Kette richtig beschreibt.

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{2g}} \quad \left| \begin{array}{l} l: \text{Länge der Kette} \\ g: \text{Ortsfaktor bzw. Erdbeschleunigung} \end{array} \right.$$

Ermitteln Sie mithilfe aller Messwerte (M2e) einen Wert für die Erdbeschleunigung g . **[6 BE]**

Zentralabitur 2023	Physik	Material für Prüflinge
Aufgabe II a	gA	Prüfungszeit*: 250 min

Aufgabe 3

Im Folgenden wird mithilfe von Messreihen untersucht, von welchen Größen die Kapazität eines Kondensators bzw. die auf einem Kondensator gespeicherte Ladung abhängt.

- 3.1** Mit einem geeigneten Versuchsaufbau wird ein Kondensator aufgeladen und anschließend entladen. Die Messwerte zur Entladung sind in M3a dargestellt.

Zeichnen Sie einen Schaltplan des Versuchs, der zu den Messwerten in M3a führt.

Ermitteln Sie mit M3a die vom Kondensator abgeflossene Ladung Q . **[5 BE]**

- 3.2** Im Folgenden wird eine Messreihe mit einem Aufbaukondensator (vgl. M3b) aufgenommen. Dabei wird die gespeicherte Ladung Q in Abhängigkeit von der Spannung U zur Aufladung des Kondensators gemessen. Die Messwerte sind in M3c grafisch aufgetragen.

Ermitteln Sie aus der Abbildung in M3c die Kapazität C des Kondensators.

Berechnen Sie die Ladung Q , die sich auf Grundlage von M3c für eine Spannung von 500 V ergeben würde. **[5 BE]**

- 3.3** Der Aufbaukondensator wird in einem weiteren Experiment dafür verwendet, um die Kapazität C des Kondensators in Abhängigkeit des Plattenabstandes d zu untersuchen. Die Messwerte sind in M3d dargestellt. Für die Kapazität des Kondensators in diesem Aufbau gilt:

$$C = \varepsilon_0 \cdot 0,080 \text{ m}^2 \cdot \frac{1}{d} \quad (\varepsilon_0: \text{elektrische Feldkonstante})$$

Begründen Sie anhand der Messwerte in M3d, dass zwischen der Kapazität C und dem Plattenabstand d ein antiproportionaler Zusammenhang besteht.

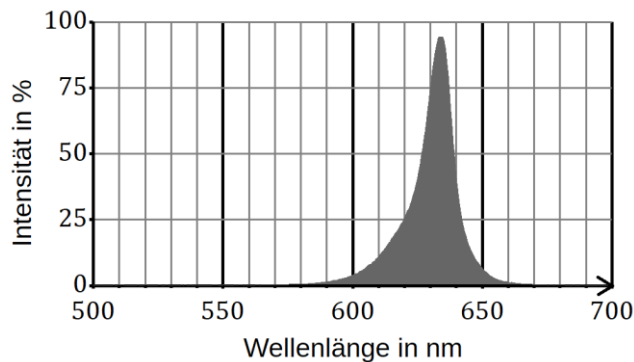
Ermitteln Sie auf Grundlage aller Messwerte (M3d) einen Wert für die elektrische Feldkonstante ε_0 . **[7 BE]**

- 3.4** Der Aufbaukondensator (M3b) wird durch Anlegen einer Spannung aufgeladen und dann von der Spannungsquelle getrennt. Mit einem geeigneten Voltmeter wird die Spannung zwischen den Kondensatorplatten gemessen. Vergrößert man den Plattenabstand d , so erhöht sich diese Spannung.

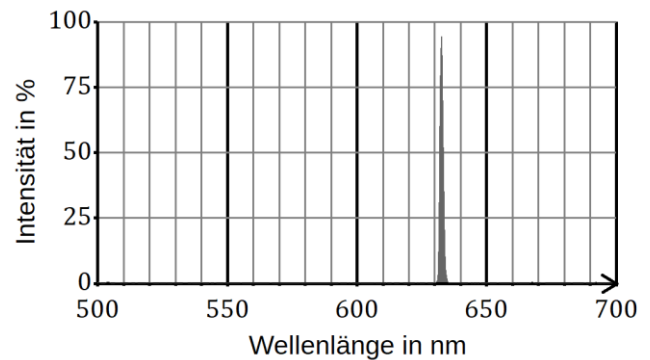
Erklären Sie diese Beobachtung.

Hinweis: Sie können die Gleichung in 3.3 ohne Nachweis hierfür verwenden. **[3 BE]**

Material

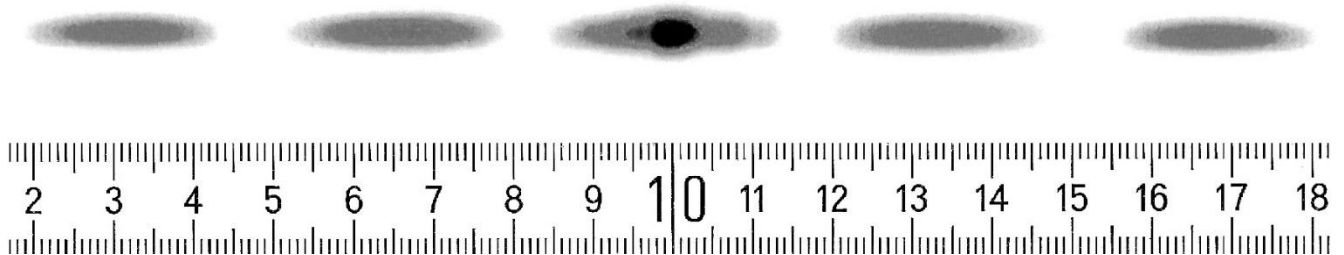


M1a: Wellenlänge-Intensität-Diagramm einer rot leuchtenden LED



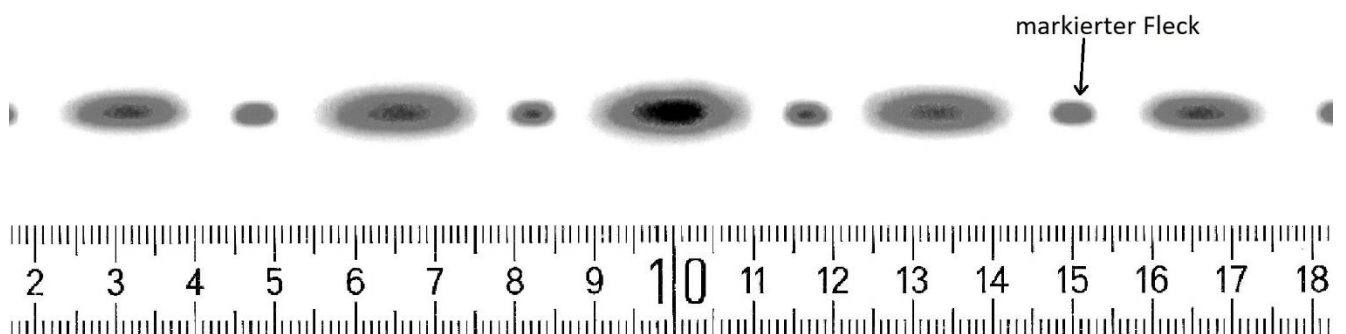
M1b: Wellenlänge-Intensität-Diagramm eines rot leuchtenden Lasers

Hinweis: Intensitäten in M1a und M1b können nicht verglichen werden, weil sie unabhängig voneinander normiert sind.



M1c: Ausschnitt aus dem Schirmbild bei Beleuchtung eines Doppelspalts mit Laserlicht

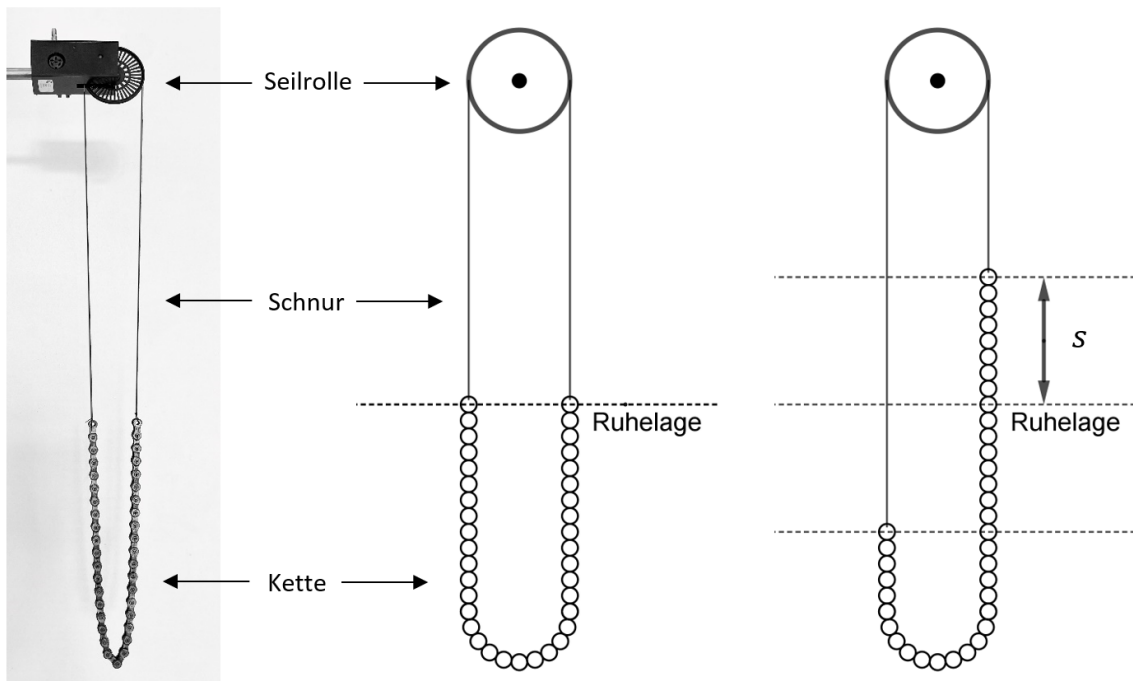
Schirmabstand $e = 3,85$ m. Zur besseren Ablesbarkeit wurde das Foto des Schirmbilds bearbeitet. Verwenden Sie den abgedruckten Maßstab. Das Lineal zeigt Werte in der Einheit cm. Das Maximum 0. Ordnung liegt bei 10,0 cm.



M1d: Ausschnitt aus dem Schirmbild bei Beleuchtung eines Dreifachspalts mit Laserlicht (Schirmabstand wie in M1c)

Die Bildbearbeitung erfolgte in gleicher Weise wie in M1c.

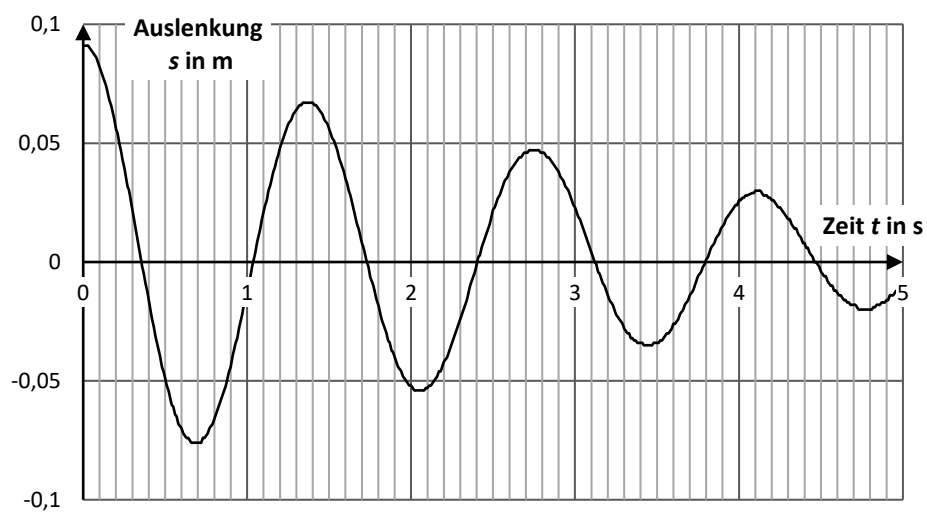
Das Lineal zeigt Werte in der Einheit cm. Das Maximum 0. Ordnung liegt bei 10,0 cm.



M2a:
Foto des Versuchsaufbaus

M2b:
Kette im Ruhezustand

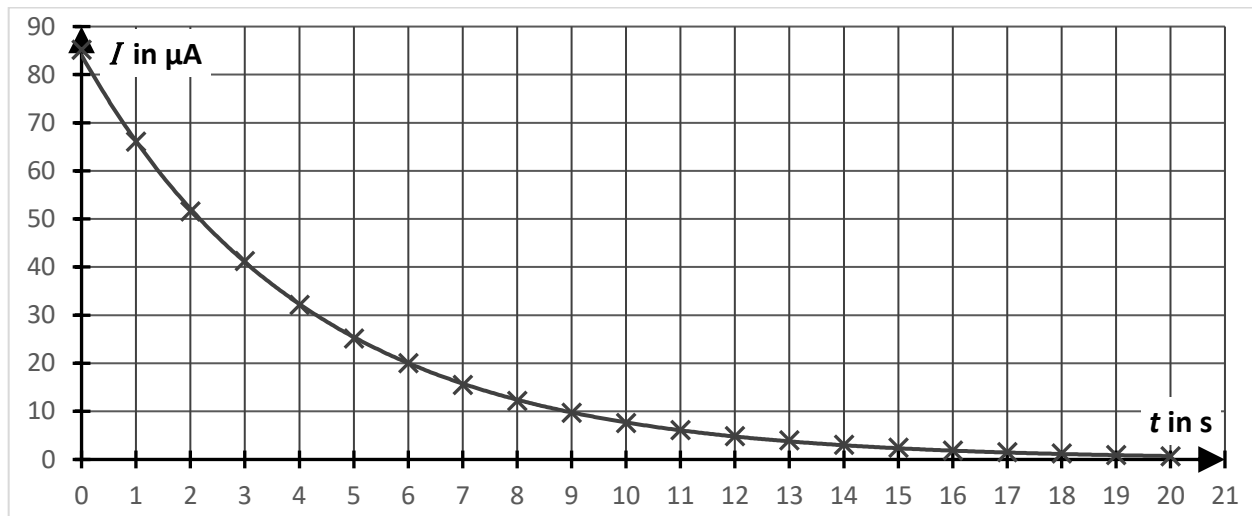
M2c:
Kette im ausgelenkten Zustand



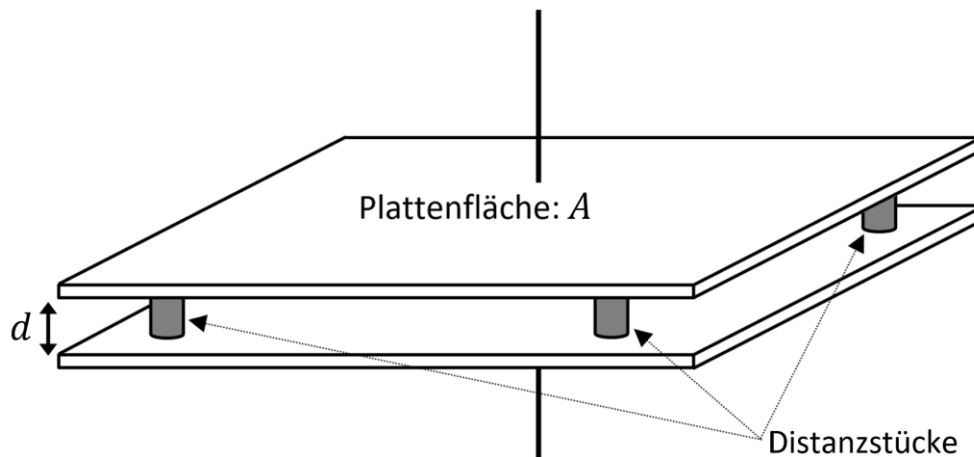
M2d: Zeitlicher Verlauf einer Kettenschwingung bei einer Kettenlänge $l = 94,5 \text{ cm}$
Trotz Dämpfung wird die Schwingung idealisiert als harmonisch betrachtet.

l in m	0,183	0,335	0,488	0,640	0,793	0,945	1,098	1,250
T in s	0,61	0,83	0,98	1,13	1,27		1,48	1,57

M2e: Periodendauer T in Abhängigkeit von der Kettenlänge l

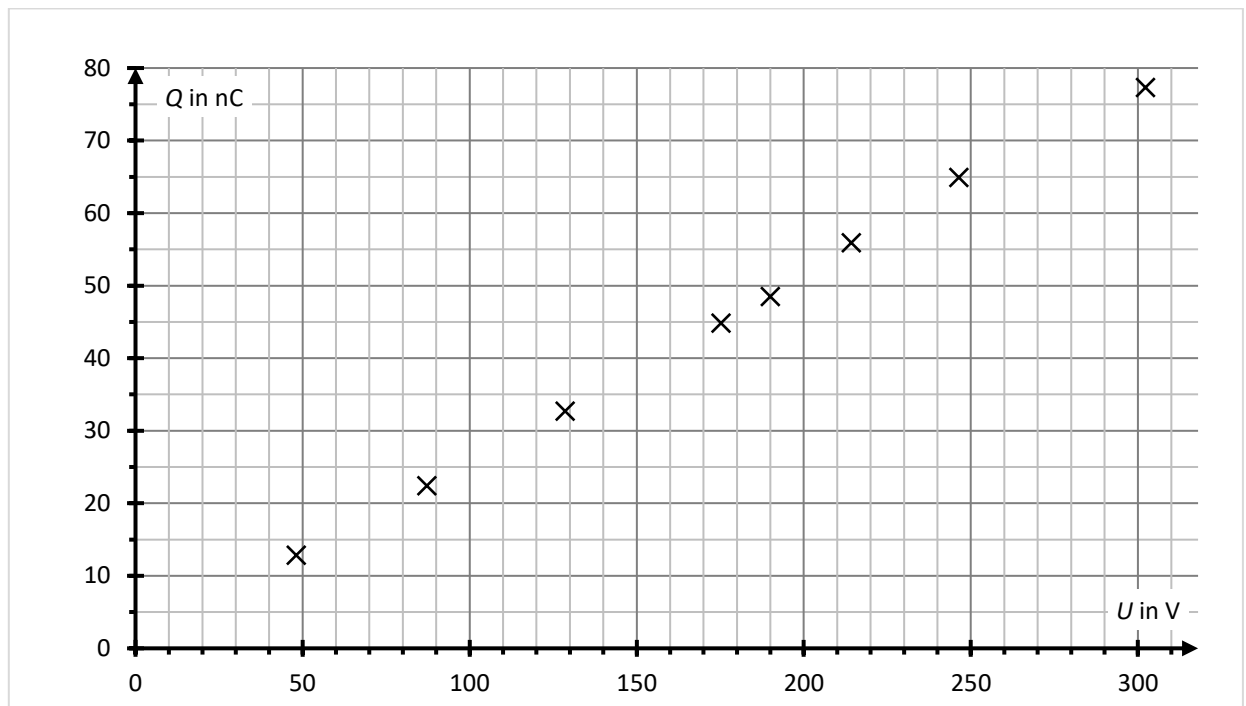
**M3a:** Diagramm zur Kondensatorentladung

Aufgetragen ist die Stromstärke I in Abhängigkeit von der Zeit t . Eine Regression für den funktionalen Zusammenhang ergibt $I(t) = 84,0 \mu\text{A} \cdot 0,787^{\frac{1}{s} \cdot t}$ bzw. $I(t) = 84,0 \mu\text{A} \cdot e^{-\frac{0,239}{s} \cdot t}$.

**M3b:** Aufbaukondensator

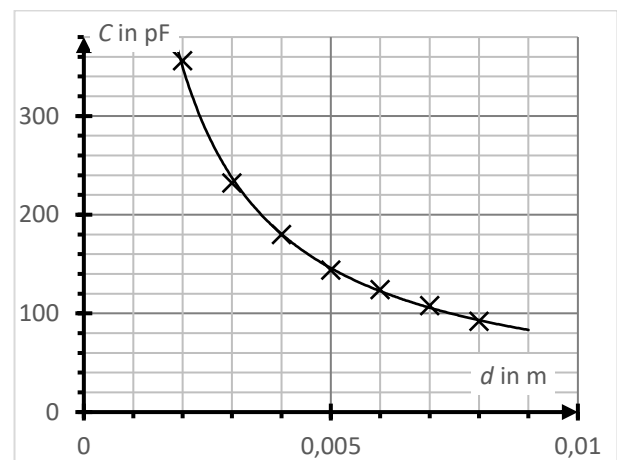
Zwischen zwei Metallplatten befinden sich Distanzstücke (Isolatoren). Die Höhe der Distanzstücke und damit der Plattenabstand d kann verändert werden.

Für die Messreihen in 3.2 und 3.3 steht ein Plattenpaar mit $A = 800 \text{ cm}^2$ zur Verfügung. In den Experimenten in diesen Aufgaben ist der Kondensator mit Luft gefüllt.



M3c: Messung der Ladung Q des Kondensators in Abhängigkeit der Spannung U zum Aufladen

d in m	C in pF	
0,002	356	
0,003	232	
0,004	180	
0,005	144	
0,006	124	
0,007	108	
0,008	92	



M3d: Kapazität C des Kondensators in Abhängigkeit vom Plattenabstand d sowie die grafische Veranschaulichung der Messwerte

Hilfsmittel

- Taschenrechner
- Eine von der Schule eingeführte für das Abitur zugelassene physikalische Formelsammlung
- Eine von der Schule eingeführte für das Abitur zugelassene mathematische Formelsammlung