

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

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

Thema: Interferenz – Schwingungen – Physik der Atomhülle

Im Rahmen der ersten Aufgabe werden Interferenzphänomene beim Doppelspalt sowie bei einem Mehrfachspalt behandelt. Harmonische Schwingungen sind Gegenstand der zweiten Aufgabe. Im Rahmen der dritten Aufgabe werden am Beispiel von Wasserstoff das Spektrum sowie energetische Zusammenhänge hierzu betrachtet.

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 b	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 b	gA	Prüfungszeit*: 250 min

Aufgabe 3

In einer speziellen Röhre wird Wasserstoff zum Leuchten angeregt (Balmer-Lampe). Die dabei im sichtbaren Bereich emittierten Spektrallinien gehören zur Balmer-Serie. Das in diesem Experiment aufgenommene Spektrum enthält aber nicht nur Spektrallinien der Balmer-Serie, sondern auch einige weitere Linien (M3a). In M3b ist das Energieniveauschema von Wasserstoff dargestellt.

3.1 Erläutern Sie die atomaren Prozesse, die zu einem Emissionsspektrum von Gasen führen. **[3 BE]**

3.2 Spektrallinien, die zur Balmer-Serie gehören, sind mit Übergängen auf das Energieniveau $n = 2$ verbunden.

Zeichnen Sie in M3b die vier Übergänge der Balmer-Serie mit den geringsten Energiedifferenzen ein.

Ermitteln Sie in M3a eine Spektrallinie, welche zur Balmer-Serie gehört.

Bestätigen Sie, dass die mit dem Pfeil gekennzeichnete Linie nicht zur Balmer-Serie gehört. **[8 BE]**

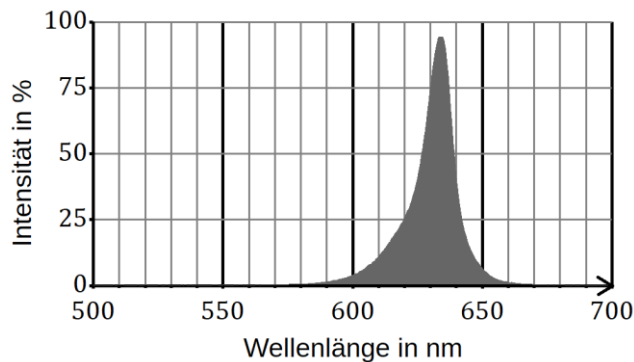
3.3 Es gibt auch Übergänge im Energieniveauschema des Wasserstoffs, die auf den Energieniveaus $n = 1$ (Lyman-Serie) und auf $n = 3$ (Paschen-Serie) enden. Menschen können Licht im Wellenlängenbereich von ca. 390 nm bis 780 nm wahrnehmen.

Begründen Sie, dass alle Spektrallinien der Lyman-Serie und der Paschen-Serie im nicht sichtbaren Bereich liegen. **[5 BE]**

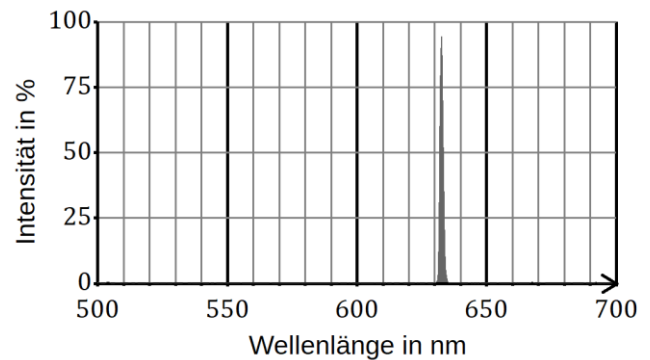
3.4 Ein typisches Sternspektrum ist in M3c abgebildet. Kennzeichnend für Sternspektren sind Absorptionslinien, die u. a. auf die Existenz von Wasserstoff auf dem jeweiligen Stern hindeuten.

Erklären Sie diesen Zusammenhang qualitativ sowie quantitativ am Beispiel der mit dem Pfeil gekennzeichneten Absorptionslinie. **[4 BE]**

Material

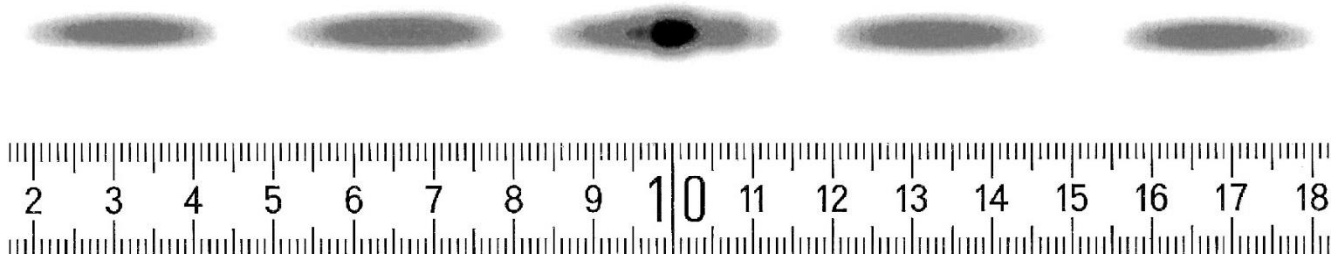


M1a: Wellenlänge-Intensität-Diagramm einer rot leuchtenden LED



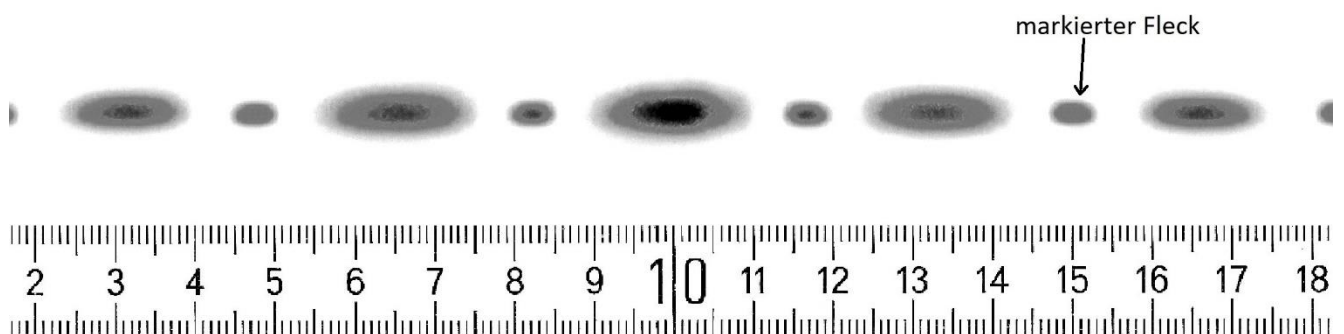
M1b: Wellenlänge-Intensität-Diagramm eines rot leuchtenden Lasers

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



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

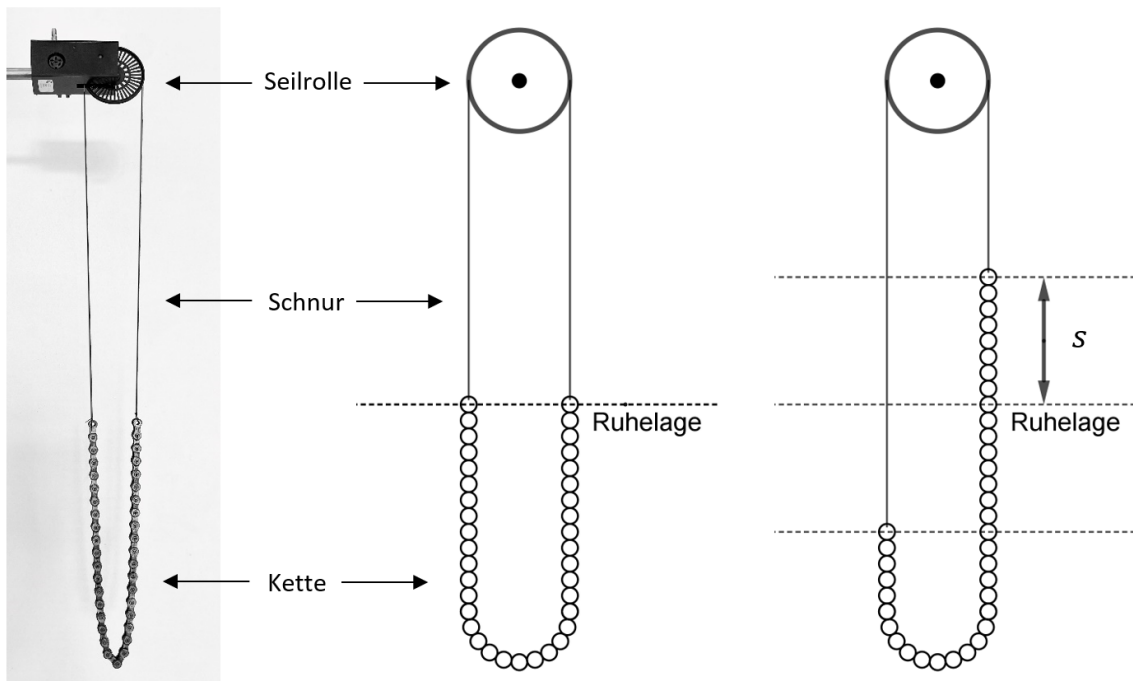
Schirmabstand $e = 3,85$ m. Zur besseren Ablesbarkeit wurde das Foto des Schirmbilds bearbeitet. Verwenden Sie den abgedruckten Maßstab. Das Lineal zeigt Werte in der Einheit cm. Das Maximum 0. Ordnung liegt bei 10,0 cm.



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

Die Bildbearbeitung erfolgte in gleicher Weise wie in M1c.

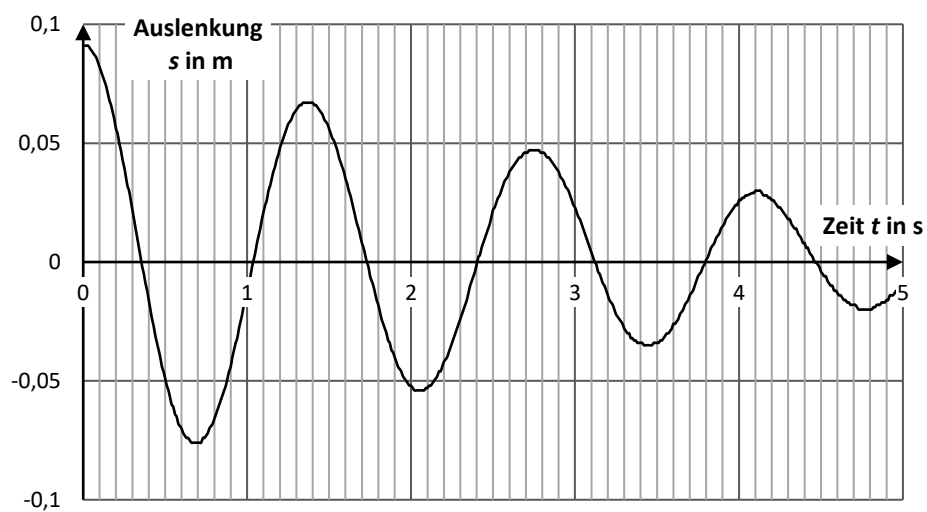
Das Lineal zeigt Werte in der Einheit cm. Das Maximum 0. Ordnung liegt bei 10,0 cm.



M2a:
Foto des Versuchsaufbaus

M2b:
Kette im Ruhezustand

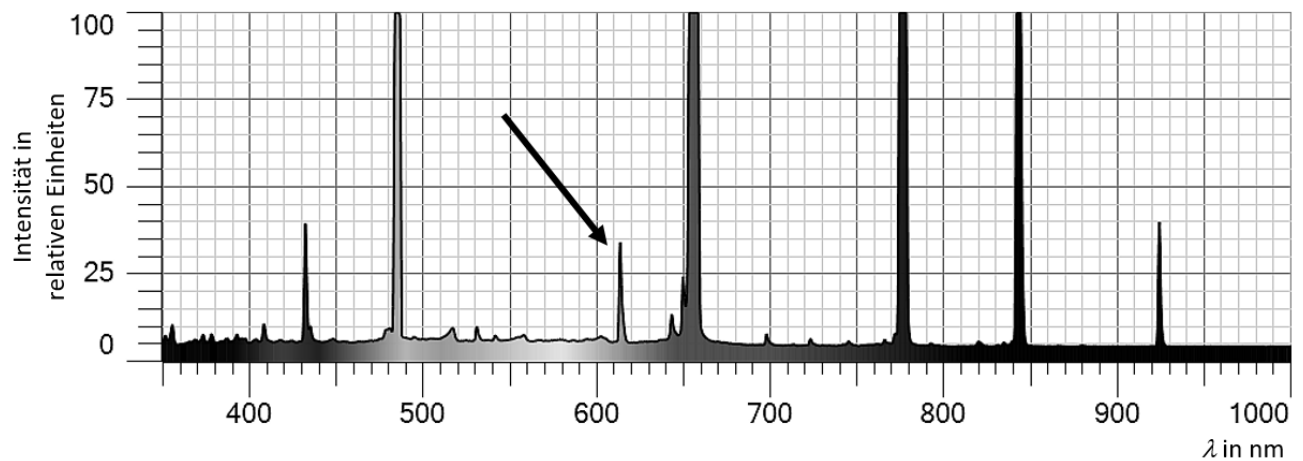
M2c:
Kette im ausgelenkten Zustand



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

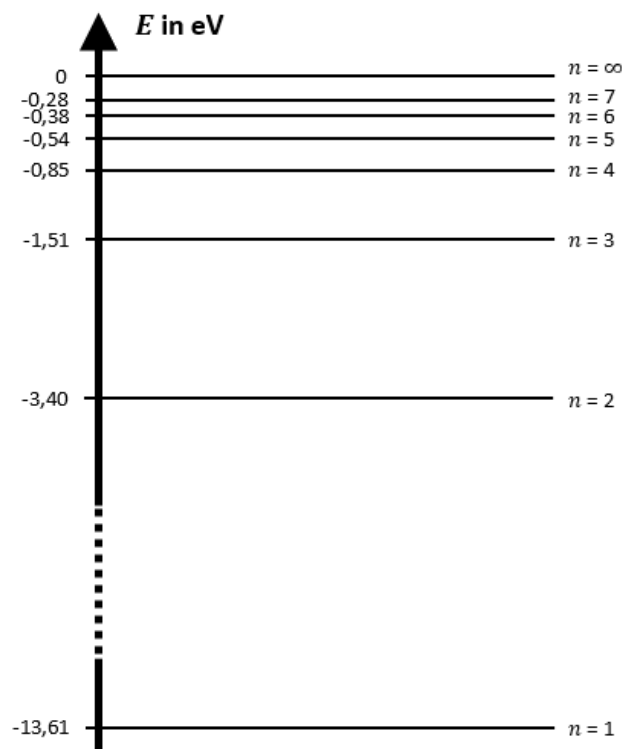
l in m	0,183	0,335	0,488	0,640	0,793	0,945	1,098	1,250
T in s	0,61	0,83	0,98	1,13	1,27		1,48	1,57

M2e: Periodendauer T in Abhängigkeit von der Kettenlänge l



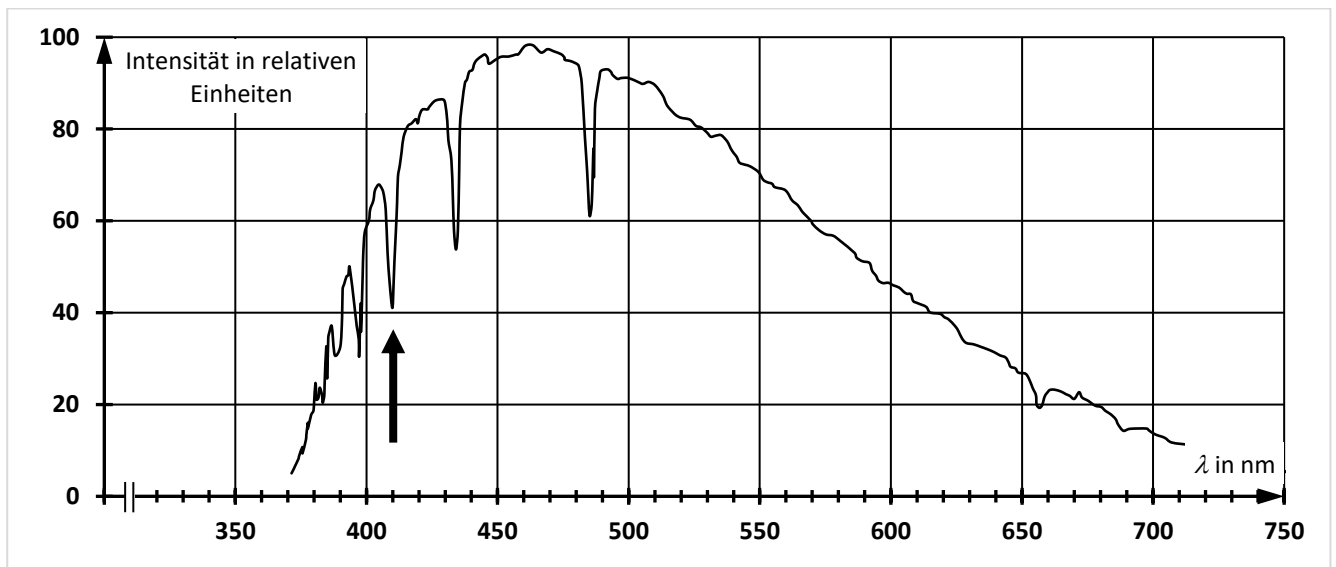
M3a: Spektrum der Balmer-Lampe

Aufgetragen ist die Intensität in Abhängigkeit von der Wellenlänge. Das aufgenommene Spektrum enthält durch bestimmte Effekte über die Balmer-Serie hinausgehende Spektrallinien. Die mit dem Pfeil gekennzeichnete Linie gehört nicht zur Balmer-Serie.



M3b: Energieniveauschema eines Wasserstoffatoms

Die Abstände zwischen den Niveaus sind nicht maßstabsgetreu. Die Energieniveaus oberhalb von $n = 7$ sind nicht eingezeichnet.

**M3c:** Spektrum eines Sterns

Sterne strahlen ein kontinuierliches Spektrum ab. Die markanten Einbrüche der Intensität, wie z. B. der mit dem Pfeil gekennzeichnete Einbruch, werden Absorptionslinien genannt.

Hilfsmittel

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