Hinweise für die Schülerinnen und Schüler

Aufgabenwahl

Die vorliegende Arbeit besteht aus den Prüfungsteilen A und B. Alle Prüfungsteilnehmer bearbeiten den Teil A. Es besteht die Wahlmöglichkeit zwischen Aufgabe A3.1 oder A3.2.

Prüfungsteilnehmer, die die Prüfung auf Leistungskursniveau ablegen, bearbeiten zusätzlich den Prüfungsteil B. Hier besteht die Wahlmöglichkeit zwischen Aufgabe B1 oder B2.

Bearbeitungszeit

Die Bearbeitungszeit beträgt 240 Minuten für den Teil A und weitere 60 Minuten für den Teil B.
Es werden zusätzlich 30 Minuten für die Wahl der Aufgaben gewährt.

Hilfsmittel

- ein an der Schule zugelassenes Tafelwerk
- ein an der Schule zugelassener Taschenrechner
- ein Wörterbuch der deutschen Rechtschreibung

Sonstiges

- Die Lösungen sind in einer sprachlich einwandfreien und mathematisch exakten Form darzustellen.
- Alle Lösungswege müssen erkennbar sein.
- Grafische Darstellungen sind auf Millimeterpapier anzufertigen.
- Entwürfe können ergänzend zur Bewertung nur herangezogen werden, wenn sie zusammenhängend konzipiert sind und die Reinschrift etwa drei Viertel des erkennbar angestrebten Gesamtumfanges umfasst.
- Alle Prüfungsunterlagen sind geschlossen zurück zu geben.

Prüfungsteil A
ist von jedem Prüfungsteilnehmer zu bearbeiten.

A1 Elektromagnetische Schwingungen und Hertzsche Wellen (15 BE)

1 In einem realen elektromagnetischen Schwingkreis entsteht nach einmaliger Energiezufuhr eine Schwingung.
Erläutern Sie die Vorgänge für eine volle Periode.
Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf der Stromstärke für mehrere Perioden.

2 Ein idealer Schwingkreis besteht aus einem Kondensator der Kapazität 100 nF und einer Spule (N = 340, ℓ = 60 cm, A = 64 cm²), in deren Innerem Luft ist.
Berechnen Sie die Eigenfrequenz des Schwingkreises.

3 In einem Experiment strahlt ein Mikrowellensender gegen eine senkrechte Metallwand mit zwei je 3,5 cm breiten senkrechten Spalten, die einen Mittenabstand von 12,0 cm haben. Ein Empfänger wird dahinter in einer horizontalen Ebene parallel zur Wand entlang geführt. Die Intensität der Mikrowellenstrahlung wird akustisch registriert. Das Signal wechselt zwischen lauten Tönen (Maxima) und sehr leisen Tönen (Minima).

3.1 Erklären Sie diese physikalische Erscheinung.

3.2 Im beschriebenen Experiment wird ein Doppelspalt verwendet.
Begründen Sie, warum der Doppelspalt nicht ohne weiteres durch zwei Mikrowellensender ersetzt werden kann.

3.3 Berechnen Sie die Wellenlänge des Senders, wenn das Maximum zweiter Ordnung unter einem Winkel von 29° gegenüber dem Maximum nullter Ordnung erscheint.

A2 Kernphysik (15 BE)

In der Vergangenheit starben im Erzgebirge besonders viele Bergleute an der sogenannten *Schneeberger Krankheit*. Erst zu Beginn des vorigen Jahrhunderts fiel der hohe Radongehalt der Luft in diesen Bergwerken auf und ließ einen Zusammenhang mit der Krankheit vermuten. Nach 1950 erkannten Strahlenschützer, dass die Inhalation der Radon-Zerfallsprodukte zu einer hohen Alpha-Strahlendosis im Bronchialepithel und auf diese Weise zu Lungenkrebs führt. Der professionelle Strahlenschutz in Uranerz- und anderen Mineralbergwerken begann. Von radiologischer Bedeutung sind die gasförmigen Isotope Radon-222 und Radon-220. Während der Inhalation scheiden sich deren Zerfallsprodukte im menschlichen Atemtrakt ab und reichern sich dort an. Gefährlich sind besonders die kurzlebigen Isotope der jeweiligen Zerfallsreihe. Der Organismus scheidet die ebenfalls vorhandenen langlebigen Isotope aus, so dass deren Strahlung kaum wirksam ist. Die biologisch besonders wirksame α-Strahlung stammt größtenteils von den Polonium-Isotopen unter den Zerfallsprodukten.

Nuklid	Zerfall	$T_{1/2}$	α- Energie
Rn-222	α	3,825 d	5,49 MeV
Po-218	α	3,05 min	6,00 MeV
Pb-214	β^-	26,8 min	
Bi-214	β^-	19,9 min	
Po-214	α	0,164 ms	7,69 MeV
Pb-210	β^-	22,3 a	
Bi-210	β^-	5.01 d	
Po-210	α	138,4 d	5,30 MeV
Pb-206		stabil	

Tab. 1: Radon-222 zerfällt der Reihe nach in die angegebenen Nuklide. Dabei handelt es sich um den vereinfachten letzten Teil der Uran-Radium-Reihe.

Nuklid	Zerfall	$T_{1/2}$	α- Energie
Rn-220	α	55 s	6,29 MeV
Po-216	α	0,15 s	6,78 MeV
Pb-212	β^-	10,64 h	
Bi-212	35% α 65% β^-	60,6 min	6,07 MeV
Po-212	α	304 ns	8,78 MeV
Tl-208	β^-	3,05 min	
Pb-208		stabil	

Tab. 2: Radon-220 zerfällt der Reihe nach in die angegebenen Nuklide. Dabei handelt es sich um den vereinfachten letzten Teil der Thorium-Reihe.

1 Nennen Sie drei Eigenschaften der α-Strahlung. Erläutern Sie für eine dieser Eigenschaften eine Möglichkeit zu deren experimentellen Nachweis.

2 Stellen Sie die biologisch wirksamen Isotope zusammen. Begründen Sie.

3 Geben Sie den Zerfall des Polonium-Isotops Po-218 bis zum Po-214 schrittweise in Gleichungsform an.

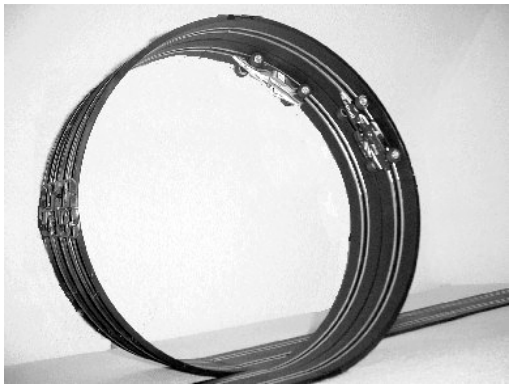
4 In der Uran-Radium-Reihe findet sich das Isotop ${}^{210}_{84}\mathrm{Po}$.

Die bei seinem Zerfall ausgesandten α-Teilchen besitzen kinetische Energie. Zeigen Sie durch eine Rechnung, dass sich der oben angegebene Messwert in der Größenordnung auch theoretisch ergibt.

Nuklid	Masse in u
${}^{210}_{84}\mathrm{Po}$	209,9829
${}^{206}_{82}\mathrm{Pb}$	205,9745
${}^{4}_{2}\alpha$	4,0026

5 Das Isotop Ra-226 hat eine Halbwertszeit von 1600 Jahren. Berechnen Sie näherungsweise die Aktivität, die eine Probe von einem Gramm aus reinem Ra-226 hätte. Die Aktivität ist gleich dem Produkt aus Zerfallskonstante und Anzahl der noch nicht zerfallenen Kerne.

A3.1 **Looping** (Wahlaufgabe, alternativ A3.2) (15 BE)



Auf einer elektrischen Spielzeug-Autorennbahn durchfahren Autos (Masse m = 30 g) einen Looping (Bahnradius r = 18 cm). Ein Auto fährt mit einer Geschwindigkeit von 4,0 m $\cdot s^{-1}$ in die Schleife ein.
Von diesem Zeitpunkt an wird dem Autoantrieb keine weitere Energie mehr zugeführt. Die Autos sind als Massepunkte zu betrachten. Energieverluste durch Reibung sollen vernachlässigt werden.

1 Beschreiben Sie die Energieumwandlungen vom Einfahren in die Schleife bis zum Ausfahren aus der Schleife.

2 Berechnen Sie die kinetische Energie, die das Auto im höchsten Punkt der Loopingbahn besitzt.

3 Stellen Sie in einer Skizze die Kräfte dar, die im höchsten Punkt der Loopingbahn auf das Auto wirken.
Begründen Sie mit einer Rechnung, dass das Auto nicht hinunter fallen kann.

4 Ermitteln Sie die Mindestgeschwindigkeit, mit der ein Auto in die Schleife einfahren muss, um den Looping erfolgreich zu durchfahren.

5 Skizzieren Sie ein $v(t)$-Diagramm für den möglichen Verlauf der Geschwindigkeit des Autos während des Durchfahrens des Loopings.

A3.2 DAS BOHRsche Atommodell (Wahlaufgabe, alternativ A3.1) (15 BE)

1 Es gibt verschiedene Möglichkeiten, Gase zur Lichtaussendung anzuregen. Nennen Sie ein physikalisches Prinzip und eine zugehörige technische Anwendung.

2 Das BOHRsche Atommodell beschreibt die Eigenschaften der Atomhülle des Wasserstoffatoms genau. Es kann näherungsweise auch auf schwerere Atome angewendet werden, wenn in deren Hülle nur ein Elektron, wie z.B. beim He^+-Ion, oder nur ein Valenzelektron vorhanden ist. Dies ist bei den Alkalimetallen der Fall.

Ein Atomkern mit Z Elementarladungen (Z>1) habe eine Hülle mit nur einem nach außen wirksamen Elektron. Ein solches Modellsystem nennt man ein wasserstoffähnliches Atom. Für die Energiezustände des Elektrons eines wasserstoffähnlichen Atoms wird Folgendes angenommen.

Quantenzahl n	1	2	3	4	∞
Gesamtenergie E_n in eV	-19,80	-4,95	-2,20	-1,24	0

2.1 Zeichnen Sie das zugehörige Energieniveauschema.

2.2 Diese wasserstoffähnlichen Atome sollen ein Gas bilden, das zur Lichtaussendung angeregt wird.
Beschreiben Sie den Vorgang der Anregung eines Atoms aus dem Grundzustand und der nachfolgenden Emission von Photonen.
Begründen Sie, dass das Gas ein Linienspektrum aussendet.

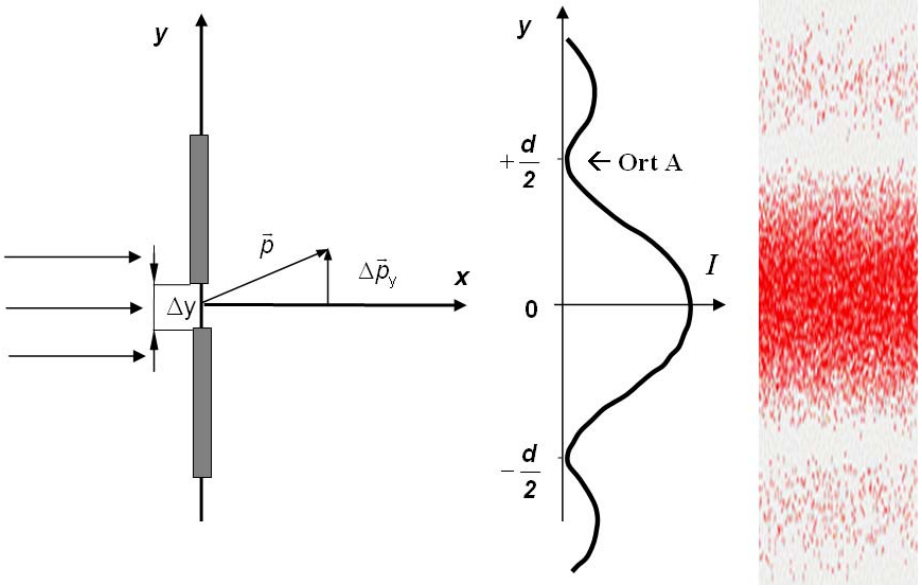
2.3 Entscheiden Sie, welche Energie mindestens erforderlich ist, um die Atome aus dem Grundzustand anzuregen.
Einem Atom wird eine Energie von 18 eV zugeführt. Tragen Sie alle möglichen Absorptionsübergänge in das Energieniveauschema ein.

2.4 Nun befinden sich alle Atome im Anregungszustand $n = 4$.
Weisen Sie nach, dass bei Übergängen aus diesem Zustand in andere keine Emission im sichtbaren Bereich möglich ist.

Prüfungsteil B
ist nur von Prüfungsteilnehmern, die die Prüfung unter Leistungkursanforderungen ablegen, zu bearbeiten.

B1 **Experimente mit Elektronen** (Wahlaufgabe, alternativ B2) (15 BE)

Elektronen mit der kinetischen Energie 20 keV treffen auf einen Einfachspalt (Breite $\Delta y = 4{,}0 \cdot 10^{-7}$ m). Vor dem Spalt besitzen die Elektronen einen einheitlichen Impuls in *x*-Richtung und keine Impulskomponente in *y*-Richtung. Die Elektronenlokalisationen auf einem Schirm in der Entfernung 0,50 m vom Spalt sind im rechten Teil der Abbildung dargestellt. Die Auswertung der Elektronenlokalisationen ergibt die zugeordnete Intensitätsverteilung ***I*** in Abhängigkeit vom Ort *y*.



1 Erklären Sie das Zustandekommen der Intensitätsverteilung.

2 Leiten Sie die Gleichung zur Bestimmung der DE-BROGLIE Wellenlänge der Elektronen $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot e \cdot m_e \cdot U}}$ her (nichtrelativistische Rechnung). *U* ist die Beschleunigungsspannung. Erläutern Sie Ihren Ansatz.

3.1 Berechnen Sie die DE-BROGLIE-Wellenlänge der Elektronen für die gegebenen Werte.
Berechnen Sie mit Hilfe der Gleichung für die Minima bei der Interferenz am Einfachspalt die Breite *d* des Intensitätsmaximums nullter Ordnung.

3.2 Schätzen Sie mit der HEISENBERGschen Unbestimmtheitsrelation in der Form

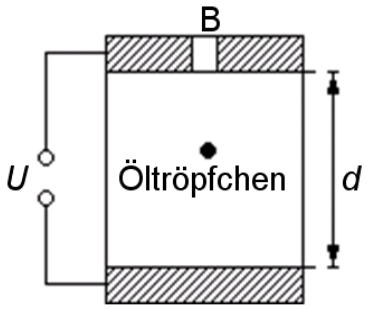
$$h \approx \Delta y \cdot \Delta p_y$$

den maximalen Querimpuls Δp_y ab.
Bestimmen Sie daraus ebenfalls einen Näherungswert für die Breite *d* des Intensitätsmaximums nullter Ordnung. Vergleichen Sie.

4 Versucht man durch Verringerung der Spaltbreite Δy des Einfachspalts den Ort eines Elektrons genauer zu bestimmen, so kommt es zu einer Veränderung der Breite *d* des Intensitätsmaximums.
Erklären Sie.

B2 MILLIKAN-Experiment (Wahlaufgabe, alternativ B1) (15 BE)

ROBERT ANDREWS MILLIKAN bestimmte mit einer der Abbildung ähnlichen Versuchsanordnung die elektrische Ladung, die Öltröpfchen aufnehmen können.
Elektrisch geladene Öltröpfchen gleicher Masse fallen hier durch die Bohrung B der oberen Platte des so genannten MILLIKAN-Kondensators in ein homogenes elektrisches Feld.
Der Auftrieb und die Reibung der Tröpfchen in Luft werden im Folgenden vernachlässigt.

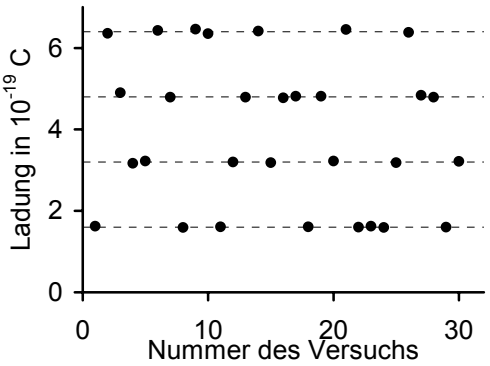


1 Skizzieren Sie für den Schwebefall die Vektoren der auf ein Öltröpfchen wirkenden Kräfte und erläutern Sie die in diesem Fall notwendigen experimentellen Bedingungen.
Leiten Sie die nebenstehende Gleichung zur Berechnung der Ladung eines Tröpchens her.

$$Q_T = m \cdot g \cdot \frac{d}{U}$$

2 Der Plattenabstand des verwendeten Kondensators beträgt 5,00 mm. Bei einer Spannung von 255 V wird ein schwebendes Öltröpfchen beobachtet. Berechnen Sie die Ladung dieses Tröpfchens, wenn für seine Masse $1{,}70 \cdot 10^{-15}$ kg angenommen wird.

3 In einer Messreihe wird für eine große Anzahl von Öltröpfchen deren elektrische Ladung bestimmt und in Abhängigkeit von der Versuchsnummer grafisch dargestellt.



Erläutern Sie, warum MILLIKAN aus den dargestellten Ergebnissen auf die Existenz einer Elementarladung schließen konnte.

4 Aus der Messreihe wurden fünf Werte für die Tröpfchenladung entnommen. Berechnen Sie aus diesen Werten einen möglichst genauen Näherungswert für die Elementarladung *e*.
Schätzen Sie die Qualität der gegebenen Messwerte ein, indem Sie die prozentuale Abweichung Ihres Näherungswertes von dem im Tafelwerk angegebenen Wert bestimmen.

Versuchs-Nr. *n*	1	2	3	4	5
Q_n in 10^{-19} C	6,562	4,905	3,178	3,326	6,431

5 Erläutern Sie, welche experimentellen Schwierigkeiten bei der hier betrachteten Methode zur Bestimmung der Elementarladung auftreten können.