

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 den Aufgaben A3.1 und A3.2.

Prüfungsteilnehmer, die die Prüfung unter erhöhten Anforderungen ablegen, bearbeiten zusätzlich den Prüfungsteil B. Hier besteht die Wahlmöglichkeit zwischen den Aufgabe B1 und 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.

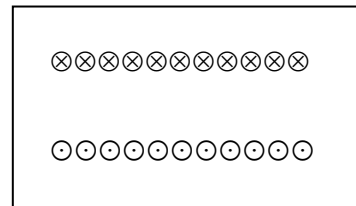
Prüfungsteil A
ist von jedem Prüfungsteilnehmer zu bearbeiten.

Aufgabe A1 Magnetisches Feld (15 BE)

- 1 In einem Demonstrationsexperiment wird das Verhalten eines Aluminiumringes in der Nähe einer Spule mit Eisenkern untersucht. Von der Lehrkraft wird Ihnen das Experiment zweimal vorgeführt. Der Schalter wird dabei geschlossen und anschließend wieder geöffnet.

Skizzieren Sie den Aufbau des Experiments.
 Beschreiben Sie Ihre Beobachtung beim Schließen bzw. beim Öffnen des Stromkreises und erklären Sie diese.

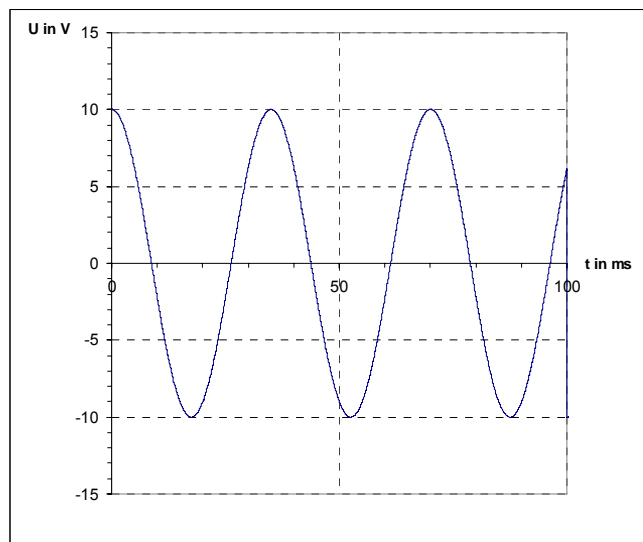
- 2 Eine Spule wird von Gleichstrom konstanter Stärke durchflossen. Das nebenstehende Schnittbild zeigt die technische Stromrichtung in einer axialen Ebene.



Übernehmen Sie das Prinzip der Abbildung, zeichnen Sie das resultierende magnetische Feldlinienbild ein und interpretieren Sie Ihre Darstellung.

- 3 Die relative Permeabilität des Kerns einer Spule mit 1000 Windungen soll bestimmt werden.
- 3.1 Zunächst werden die Abmessungen der leeren zylindrischen Spule ermittelt. Die Länge beträgt 4,5 cm, der Radius des Querschnitts ist 1,2 cm. Ermitteln Sie aus diesen Daten die Induktivität der leeren Spule.

- 3.2 Im zweiten Schritt werden die Spule mit Kern und ein Kondensator der Kapazität 4,7 μF zu einem Schwingkreis verbunden. Dieser wird an einen Wechselstromgenerator stellbarer Frequenz angeschlossen. Im Resonanzfall ergibt sich das nebenstehende Oszillogramm.



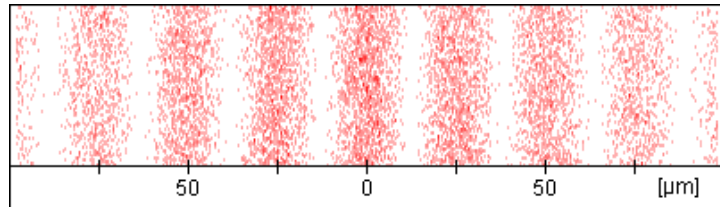
Erklären Sie, warum im Schwingkreis eine ungedämpfte Schwingung abläuft.

Ermitteln Sie aus dem Oszillogramm einen Näherungswert für die Schwingungsdauer und bestimmen Sie damit die relative Permeabilität des Kerns. Ohmsche Widerstände sind zu vernachlässigen.
 Aus welchem Material könnte der Kern bestehen?

Aufgabe A2 Klassische Teilchen und Quantenobjekte (15 BE)

- 1 Klassische Teilchen (z.B. Sandkörner) treten durch einen Doppelspalt. Die Auftreffpunkte werden auf einem Schirm auf geeignete Weise registriert. Skizzieren Sie die zu erwartende Intensitätsverteilung der Teilchen auf dem Schirm und beschreiben Sie kurz deren Entstehung.

- 2 Ein ähnliches Experiment mit veränderten Parametern wird nun für Elektronen simuliert. Dabei ergibt sich auf dem Schirm das nebenstehende „Trefferbild“.



- 2.1 Skizzieren Sie ebenfalls die zu erwartende Intensitätsverteilung. Auf welche Eigenschaft von Elektronen lässt das experimentelle Ergebnis schließen? Begründen Sie.
- 2.2 Bei diesem Experiment passieren Elektronen einen Doppelspalt mit einem Spaltabstand von $1,45 \mu\text{m}$. Der Schirm hat einen Abstand von $3,00 \text{ m}$ zum Doppelspalt.

Zeigen Sie rechnerisch, dass die Geschwindigkeit der Elektronen $6,0 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ beträgt.

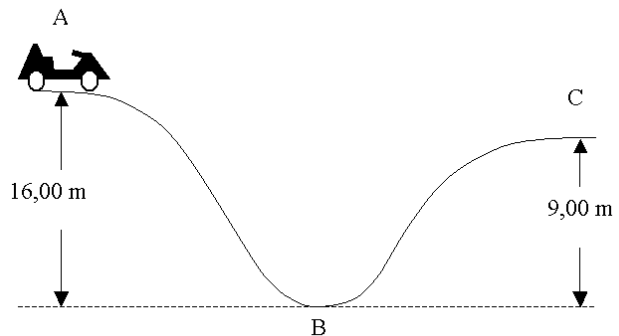
Welche elektrische Spannung müssten Elektronen durchlaufen, um die gegebene Geschwindigkeit zu erreichen?

- 2.3 Das Doppelspaltexperiment mit Elektronen wird nun so durchgeführt, dass diese einzeln den Doppelspalt passieren. Beschreiben Sie das Entstehen des zu erwartenden Bildes auf dem Schirm und diskutieren Sie diesen Prozess hinsichtlich der Dualismuseigenschaft von Elektronen.

Aufgabe A3.1 Bewegungsgesetze, Arbeit und Energie (Wahlaufgabe, alternativ A3.2)

(15 BE)

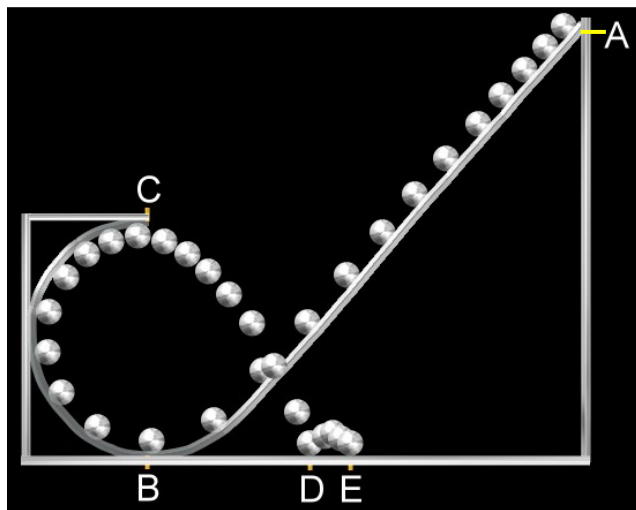
- 1 Auf einer Achterbahn bewegt sich ein Wagen der Gesamtmasse 700 kg mit der Geschwindigkeit $3,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ durch den Punkt A und rollt dann antriebslos über B nach C. Die Bahnlänge von A nach B beträgt 30,0 m und von B nach C 20,0 m. (Abbildung nicht maßstäblich)



- 1.1 Berechnen Sie die Geschwindigkeit des Wagens im Punkt C, wenn man von Reibungskräften absieht.
- 1.2 Von A nach B bewege sich der Wagen reibungsfrei. Ab dem Punkt B werde der Wagen automatisch gebremst. Berechnen Sie die als konstant anzunehmende Bremskraft, damit der Wagen im Punkt C zum Stehen kommt.

- 2 Die Abbildung zeigt die stroboskopische Aufnahme¹ einer Kugel, die sich zunächst in einer gläsernen Ablaufrinne bewegt.

Die Kugel wird im Punkt A losgelassen, verlässt die zu einem Halbkreis gebogene Rinne im Punkt C, trifft auf eine Prallplatte im Punkt D und beendet die Bewegung im Punkt E.



Betrachten Sie die Kugel als Massepunkt.

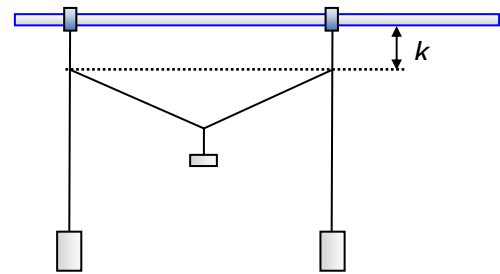
- 2.1 Beschreiben Sie die Bewegung der Kugel in den Bahnabschnitten A bis E.
- 2.2 Der Startpunkt A (erste Kugelposition) hat eine Höhe von 2,00 m.

Bestimmen Sie näherungsweise die Taktfrequenz des Lichtblitzgerätes mit Hilfe der maßstäblichen fotografischen Abbildung.

¹ Ein Stroboskop (griechisch: *strobos* = drehen, [herum]wirbeln, *skopein* = betrachten) ist eine Lichtquelle, die Lichtblitze in regelmäßigen zeitlichen Abständen abgibt, wodurch bei dunkler Umgebung Bewegungen von Körpern abgehakt als eine Abfolge von stehenden Bildern erscheinen. Durch eine fotografische Langzeitaufnahme können so Bewegungsabläufe zeitlich aufgelöst dargestellt werden.

Aufgabe A3.2 **Schülerexperiment zu gekoppelten Fadenpendeln** (15 BE)
(Wahlaufgabe, alternativ A3.1)

Ihnen wird ein Versuchsaufbau vorgegeben, der prinzipiell in der nebenstehenden Abbildung dargestellt ist. Die beiden gleichartigen Fadenpendel sind über einen Kopplungsfaden und ein Massestück miteinander verbunden. Die Befestigungspunkte des Kopplungsfadens befinden sich im Abstand k von der Aufhängung und können verschoben werden. Daraus ergibt sich der sogenannte Kopplungsgrad. Die Abbildung ist nicht maßstäblich. Alle erforderlichen Angaben zum Experiment finden Sie am Arbeitsplatz.



- 1 Bestimmen Sie die Schwingungsdauer des Systems aus beiden gekoppelten Pendeln experimentell, wenn beide Pendelkörper mit gleicher Amplitude nach vorn aus der in der Abbildung dargestellten Ebene senkrecht heraus ausgelenkt und gleichzeitig freigegeben werden.

Prüfen Sie, ob die Gleichung $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$ im Rahmen der Messgenauigkeit verwendet werden kann.

Erläutern Sie kurz Ihre Vorgehensweise beim Experimentieren.

Fertigen Sie ein Protokoll an.

- 2 Es befinden sich beide Pendelkörper wieder in der Ruhelage. Lenken Sie nun nur einen Pendelkörper nach vorne aus und lassen Sie ihn schwingen. Dieser Pendelkörper kommt nach einer gewissen Zeit t nahezu zur Ruhe, der zweite Pendelkörper schwingt dann mit maximaler Auslenkung.
- 2.1 Untersuchen Sie die Abhängigkeit dieser Zeit t von der Länge k für $25\text{ cm} \leq k \leq 50\text{ cm}$ in mindestens drei Schritten. Protokollieren Sie die Messwerte und werten Sie diese entsprechend aus. Interpretieren Sie das Ergebnis Ihrer experimentellen Untersuchungen.
- 2.2 Erläutern Sie die Energieumwandlungen bei diesem Experiment für einen längeren Zeitraum.

Prüfungsteil B

ist nur von Prüfungsteilnehmern zu bearbeiten, die eine Prüfung unter erhöhten Anforderungen ablegen.

Aufgabe B1 Kernfusion

(15 BE)

(Wahlaufgabe, alternativ B2)

- 1 Der thermonukleare Reaktor ITER ist ein internationales Forschungsprojekt zur technischen Realisierung der Kernfusion. Nach den Planungen wurden folgende technische Eckpunkte veröffentlicht.

Magnetfeldstärke: 5,3 Tesla
 Fusionsleistung: 500 Megawatt
 mittlere Temperatur: ca. 10^9 Kelvin
 Brenndauer jedes Pulses: ca. 400 Sekunden

Eine mögliche Kernfusionsreaktion ist ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$.

- 1.1 Zeigen Sie, dass die freigesetzte Energie für eine derartige Fusionsreaktion ca. 3,3 MeV beträgt.
 Verwenden Sie die Massenangaben $m({}^2\text{H}) = 2,014102 \text{ u}$, $m({}^3\text{He}) = 3,016049 \text{ u}$ und $m({}^1\text{n}) = 1,008665 \text{ u}$.

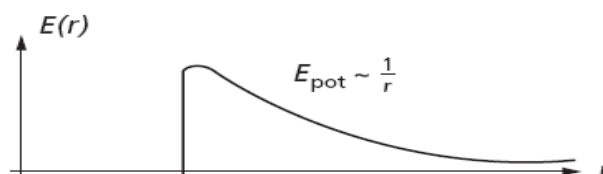
Bestimmen Sie aus den angegebenen Daten näherungsweise die Anzahl der Fusionen während der Brenndauer eines Pulses.

Berechnen Sie die Masse an Helium, die dabei entstehen würde.

- 1.2 Damit die Kerne der Wasserstoffisotope verschmelzen können, müssen sie in einen Abstand der Größenordnung $r = 4 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ gebracht werden. Dabei ist der so genannte COULOMBwall zu überwinden. Auf dem COULOMBwall hat sich ihre mittlere kinetische Energie

$E_{kin} = \frac{3}{2} \cdot k \cdot T$ (k ist die BOLTZMANN-Konstante) vollständig in potenzielle Energie verwandelt.

Es gilt $E_{pot} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r}$.



- 1.2.1 Erklären Sie ausgehend vom COULOMBSchen Gesetz den modellhaften Begriff COULOMBwall.
- 1.2.2 Die angegebene mittlere Temperatur kann durch eine Modellrechnung abgeschätzt werden. Zeigen Sie, dass zur Verschmelzung die in 1 genannte Temperatur erforderlich ist.
- 2 Aufgrund der hohen Temperaturen liegt im Fusionsreaktor ein Plasmazustand vor. In einem Plasma bewegen sich Elektronen und Ionen regellos durcheinander. In einem geeignet geformten Magnetfeld kann man ein Plasma einschließen und von materiellen Wänden fernhalten. Kreis- und Schraubenbahnen spielen daher im Zusammenhang mit dem Plasmaeinschluss bei der Kernfusion eine Rolle.

Erläutern Sie anhand einer Skizze, unter welchen Bedingungen sich Protonen auf einer Kreisbahn bewegen können.

Aufgabe B2 Neutronen (15 BE)

(Wahlaufgabe, alternativ B1)

- 1.1 Neutronenstrahlung für wissenschaftlich-technische Zwecke wird in speziellen Kernreaktoren erzeugt. Als Spaltmaterial verwendet man hochangereichertes Uran. In der modellhaften Beschreibung des Spaltvorganges lagert sich ein Neutron an einen U-235-Kern an, der sich daraufhin in zwei Kerne kleinerer Masse, z.B. Cs-137 und Rb-96, spaltet sowie Neutronen freisetzt.

Stellen Sie die vollständige Reaktionsgleichung auf.

- 1.2 Bei einem Spaltvorgang wird die Energie von 200 MeV freigesetzt. In einer Forschungsneutronenquelle muss während des Betriebs die freiwerdende thermische Energie durch das Kühlsystem mit der Leistung 20 MW abgeführt werden.

Berechnen Sie näherungsweise die Anzahl der Kernspaltungen je Sekunde.

- 2 Für Experimente werden Neutronen benötigt, deren kinetische Energie für die jeweilige Anwendung optimal ist. Man unterscheidet dabei folgende Typen von Neutronen.

Typ	kinetische Energie
<i>ultrakalte</i> Neutronen	< 0,02 meV
<i>kalte</i> Neutronen	< 20 meV
<i>thermische</i> Neutronen	< 150 meV
<i>heiße</i> Neutronen	< 1 eV
<i>schnelle</i> Neutronen	0,5...2 MeV

- 2.1 Bei der Spaltung entstehen schnelle Neutronen, deren kinetische Energie im angegebenen Bereich statistisch verteilt ist.

Erläutern Sie eine Möglichkeit, die kinetische Energie dieser Neutronen zu verringern. Gehen Sie dabei auf die physikalische Natur der Neutronen und auf die ablaufenden Vorgänge ein.

- 2.2 Neutronen durchdringen „müheles“ feste Materie. Sie ermöglichen z.B. Materialien und Werkstücke zerstörungsfrei - ähnlich dem Röntgen, jedoch mit deutlich höherer Auflösung - zu untersuchen. Neutronen können an den Gitterebenen gebeugt werden, wenn die DE-BROGLIE-Wellenlänge der Neutronen in der Größenordnung des Abstands der Atomkerne (Gitterkonstante) von etwa 0,1 nm liegt.

Zeigen Sie durch eine Rechnung, dass für solche Untersuchungen thermische Neutronen geeignet sind.

- 3 Die Kerne aller Atome – Wasserstoff ausgenommen – bestehen aus Neutronen und Protonen, die sich untereinander in dynamischer Wechselwirkung befinden.

Erläutern Sie den Aufbau eines Atomkerns mit einem geeigneten Modell. Gehen Sie dabei auch auf Bedingungen für die Stabilität des Kerns ein.