Pflichtaufgaben (30 BE)

Aufgabe P1 Bewegungen (15 BE)

1. In der Physik werden Bewegungen mit den Modellen „Massenpunkt" und „starrer Körper" beschrieben. Welche Grundaussagen beinhalten diese Modelle?
   Geben Sie je ein Beispiel für die Anwendung dieser Modelle an.

2. An einer Schnur der Länge l = 1,20 m hängt eine Kugel der Masse m = 880 g. Für diese Anordnung werden verschiedene Bewegungen betrachtet.

   a) In einem ersten Versuch bewegt sich die Kugel auf einer vertikalen Kreisbahn um einen Punkt A. Im höchsten Punkt der Bahn soll auf die Kugel keine resultierende Kraft wirken.
   Wie groß ist die Bahngeschwindigkeit in diesem Punkt?

   b) In einem zweiten Versuch wird die Kugel auf eine horizontale Kreisbahn mit gleichmäßig ansteigender Bahngeschwindigkeit gebracht (Abb. 1).
   Berechnen Sie die Geschwindigkeit, ab welcher die Schnur reißen kann, wenn ihre Reißfestigkeit 20 N beträgt?

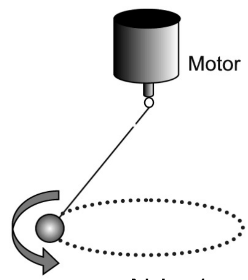

Abb. 1

3. Beim Abtragen baufälliger Gebäude wurden früher Abrissbirnen verwendet. Eine solche kugelförmige Abrissbirne aus Stahl hat eine Masse von 640 kg, hängt an einem 7,20 m langen Seil und ist 0,70 m von einer Mauer entfernt. Sie wird dann um α = 38° ausgelenkt, freigegeben und schwingt gegen die Mauer.

   a) Stellen Sie den Sachverhalt in einer Skizze dar.

   b) Wie groß ist der maximale Impuls, der beim Aufprall auf das Mauerwerk übertragen wird? Die Abrissbirne ist als Massenpunkt aufzufassen.

Es ist weiterhin die Pflichtaufgabe P2 zu bearbeiten.

Aufgabe P2 Kernphysik und Quantenphysik (15 BE)

1. Beschreiben Sie den Aufbau und erläutern Sie die Wirkungsweise eines Nachweisgerätes für radioaktive Strahlung.

2. In Radionuklidbatterien wird die Zerfallswärme radioaktiver Isotope in einem thermoelektrischen Generator in elektrische Energie umgewandelt.
   Die Leistung einer Radionuklidbatterie wird mit der Formel $P(t) = P_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ (λ ist die Zerfallskonstante des radioaktiven Präparates) berechnet.
   Eine mit $^{90}_{38}\mathrm{Sr}$ betriebene Radionuklidbatterie besitzt die Anfangsleistung P_0 = 50 W. Die Halbwertszeit von $^{90}_{38}\mathrm{Sr}$ beträgt T_H = 28 Jahre.

   Ermitteln Sie die Energie in MWh, die eine mit $^{90}_{38}\mathrm{Sr}$ betriebene Radionuklidbatterie in 10 Jahren liefert.

3. Das Verhalten von Mikroobjekten, zu denen auch Elektronen gehören, lässt sich allein mit den klassischen Modellen Welle und Teilchen nicht beschreiben.

   a) Welche Hypothese stellte DE BROGLIE über die Eigenschaften von Mikroobjekten auf?

   Elektronen, die mit der Spannung U = 12 kV beschleunigt werden, treffen auf einen Spalt der Breite Δx = 0,12 mm.

   b) Berechnen Sie die DE-BROGLIE-Wellenlänge der Elektronen.
   c) Begründen Sie kurz, warum in diesem Fall keine Beugungserscheinungen zu beobachten sind.

Wahlaufgaben A
Es ist eine der Aufgaben A1 oder A2 zu lösen.

Aufgabe A1 Probleme aus der Mechanik mit Schülerexperiment (15 BE)

1. Die unbekannte Masse eines Steins soll ermittelt werden. Es stehen keine geeignete Waage, dafür aber folgende Geräte und Hilfsmittel zur Verfügung.

   - ein Stein
   - eine Schraubenfeder
   - 3 Hakenkörper bekannter Masse
   - eine Stoppuhr
   - ein Lineal
   - Stativmaterial

   a) Erläutern Sie kurz Ihr experimentelles Vorgehen. Gehen Sie dabei auch darauf ein, wie Sie versuchen wollen, Messfehler zu minimieren.
   b) Ermitteln Sie die Masse des Steins. Protokollieren Sie dazu Ihre Messungen. Führen Sie eine Fehlerbetrachtung durch.

2. Die nachfolgende Darstellung (Abb. 2) zeigt den zeitlichen Verlauf einer Schwingung.

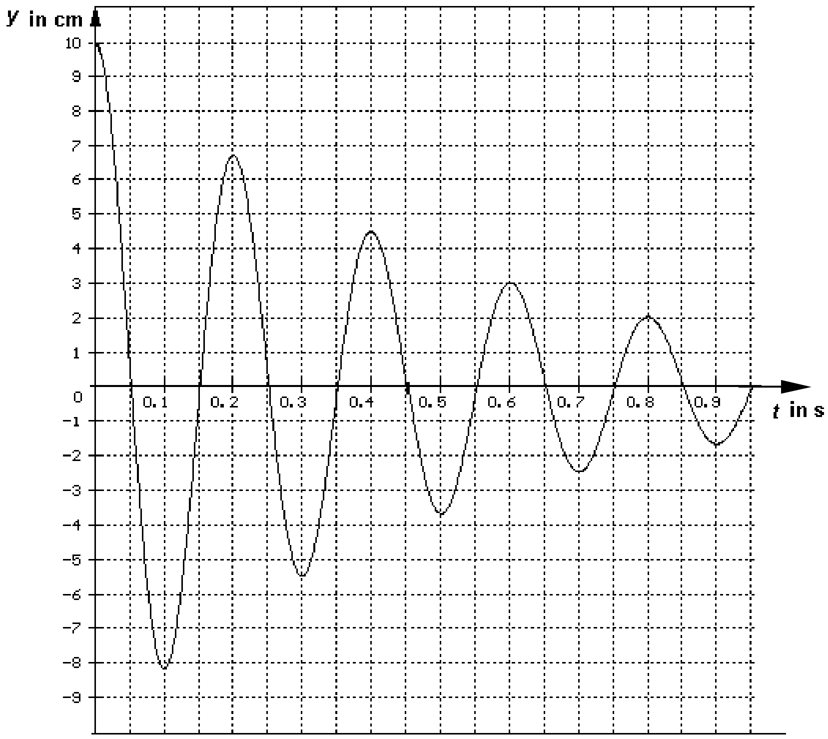

Abb. 2

   a) Geben Sie eine konkrete Gleichung an, mit der diese Schwingung beschrieben werden kann. Ermitteln Sie die dazu erforderlichen Größen aus der grafischen Darstellung.
   b) Berechnen Sie mit Hilfe der von Ihnen ermittelten Gleichung die Elongation *y* zum Zeitpunkt *t* = 1,0 s.

Aufgabe A2 Kondensatoren (15 BE)

1.a) Die Platten eines Kondensators haben eine Fläche von A = 1130 cm²; der Plattenabstand beträgt d = 2,0 cm; das Dielektrikum ist Luft. Der Kondensator wird mit einer Gleichspannung von U = 800 V aufgeladen.
Berechnen Sie die im elektrischen Feld gespeicherte Energie.

b) Die Spannungsquelle wird nun vom Kondensator abgetrennt und zwischen die Platten ein Dielektrikum ($\varepsilon_r > 1$) geschoben.
Wie ändern sich Ladung, Spannung sowie Kapazität des Kondensators? Begründen Sie Ihre Aussagen.

2. Für die Datenübertragung in lokalen Netzwerken werden häufig Koaxialkabel (Abb. 3) verwendet. Hierbei handelt es sich um ein zylinderförmiges Kabel, das aus einem Innenleiter (transportiert das Datensignal), einer nicht leitenden Schicht (Dielektrikum), einer elektrischen Abschirmung (Außenleiter, Metallgeflecht) und einer Außenisolierung besteht. Ein solches Kabel kann als zylinderförmiger Kondensator aufgefasst werden, wobei Innen- und Außenleiter als Kondensatorflächen wirken.

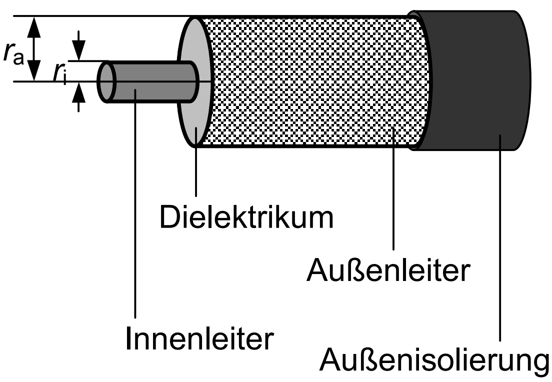

Abb. 3

a) Ein Koaxialkabel wird nun mit einer Gleichspannungsquelle U = 10 kV über einen Widerstand aufgeladen, so dass zwischen Innen- und Außenleiter ein elektrisches Feld entsteht. In der folgenden Tabelle ist die Ladestromstärke $I(t)$ für den Ladevorgang dargestellt.

t in s	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
I in µA	10	5,25	2,76	1,45	0,76	0,40	0,21	0,11	0,06	0,03	0,02

Stellen Sie die Ladestromstärke in einem $I(t)$ – Diagramm graphisch dar.
Ermitteln Sie die Ladung sowie die Kapazität des Kabels.

b) Für die elektrische Feldstärke eines Zylinderkondensators gilt die Gleichung $E(r) = \frac{Q}{2\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \ell} \cdot \frac{1}{r}$. Dabei ist r der Abstand zwischen dem Mittelpunkt des Innenleiters und dem Außenleiter. Für die elektrische Spannung in diesem Feld gilt $U = \int_{r_i}^{r_a} E(r)\,\mathrm{d}r$. Leiten Sie die Gleichung $C = \frac{2\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \ell}{\ln \frac{r_a}{r_i}}$ für die Kapazität eines Zylinderkondensators her.

c) Berechnen Sie die Kapazität des in Aufgabe a) untersuchten Koaxialkabels (Länge $\ell = 1{,}0$ m; r_a = 3,0 mm; r_i = 0,50 mm; ε_r = 2,5) und schätzen Sie das experimentelle Resultat ein.

Wahlaufgaben B
Es ist eine der Aufgaben B1 oder B2 zu lösen.

Aufgabe B1 Elektromagnetische Induktion (15 BE)

1. Eine Spule ist an eine Gleichspannungsquelle angeschlossen. Die Gleichspannung wird ein- und ausgeschaltet. Mit einem Zweistrahloszillographen werden der zeitliche Verlauf von Spannung und Stromstärke an der Spule aufgezeichnet (Abb. 4).

   a) Ordnen Sie den Kurven (1) und (2) die entsprechende physikalische Größe zu.

   b) Erklären Sie den zeitlichen Verlauf von Spannung und Stromstärke.

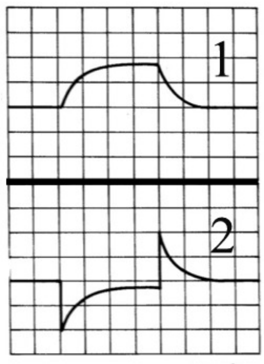

Abb.4

2. Eine sich auf einem Wagen befindende rechteckige Rahmenspule wird mit konstanter Geschwindigkeit durch ein räumlich scharf begrenztes homogenes Magnetfeld gezogen (Abb. 5). Das Magnetfeld ist in x-Richtung 15 cm breit. Die magnetischen Feldlinien verlaufen senkrecht zur Leiterschleifenebene.
   Die Spule besitzt 500 Windungen, ist a = 5,0 cm hoch und b = 10,0 cm breit. Sie wird mit v = 0,50 m s^{-1} durch das Magnetfeld der Stärke B = 250 mT gezogen.

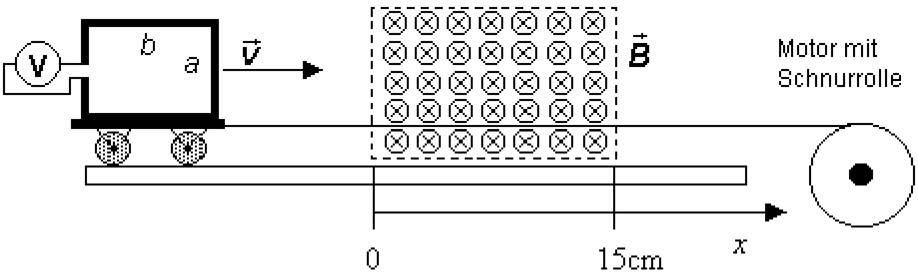

Abb. 5

   a) Erklären Sie, warum bei diesem Vorgang Spannungen induziert werden.

   b) Beim Eintreten der Spule in das magnetische Feld gilt für die Induktionsspannung die Gleichung $U_i = -N \cdot B \cdot a \cdot v$.
   Leiten Sie diese Gleichung her.

   c) Berechnen Sie den Betrag der maximalen Spannung, die in der Spule induziert wird.

   d) Zeichnen Sie das $U(x)$-Diagramm vom Eintritt der Spule in das Magnetfeld bis zum vollständigen Verlassen.

Aufgabe B2 Kernmodelle und ihre Anwendung (15 BE)

1. Zur Beschreibung von Atomkernen gibt es unterschiedliche Modelle.
   Erläutern Sie kurz die nebenstehende Abbildung (Abb. 6) als ein Beispiel dafür.

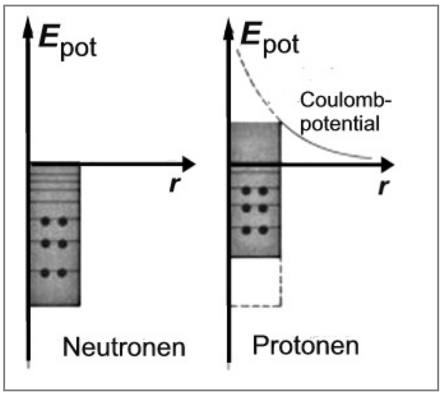

Abb. 6

2. Die Energie eines Protons in der Umgebung eines Atomkerns lässt sich mit Hilfe der Gleichung $E_{pot}(r) = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{Z \cdot e^2}{r}$ darstellen.

   Leiten Sie diese Gleichung her.

3. Durch die nachfolgende Gleichung wird eine Möglichkeit der Spaltung eines Uran-Kerns beschrieben.

$$^{235}_{92}\text{U} + ^{1}_{0}\text{n} \rightarrow ^{90}_{36}\text{Kr} + ^{143}_{56}\text{Ba} + 3\ ^{1}_{0}\text{n}$$

   a) Erläutern Sie mit Hilfe des Tröpfchenmodells den Vorgang der Kernspaltung.

   b) Berechnen Sie über den Massendefekt die Energie in MeV, die bei der Spaltung des Urankerns frei wird.
   Atommassen: m_A (U-235) = 235,04394 u
   m_A (Kr-90) = 89,91960 u
   m_A (Ba-143) = 142,92055 u

   c) Schätzen Sie über eine Rechnung die kinetische Energie ab, die der Kr-90- und der Ba-143-Kern nur aufgrund ihrer elektrostatischen Abstoßung bei diesem Spaltprozess erreichen können.
   Für die Abschätzung des Radius eines Atomkerns aus der Massenzahl gilt die Gleichung $r_K = 1{,}4 \cdot 10^{-15}\,\text{m} \cdot \sqrt[3]{A}$.