Halbfinale (DE)

03.02.2026

Anweisungen:

- Schreiben Sie Ihren vollständigen Namen und den Ihrer Schule auf jede Seite.
- Geben Sie deutlich an welche Frage Sie beantworten.
- Beginnen Sie eine neue Frage auf einem neuen Blatt.
- Erklären Sie Ihre Vorgehensweise und Zwischenrechnungen.
- Die Seiten sind zu nummerieren.

Formelsammlung

Kinematik (GGBB)

$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0$

$v = at + v_0$

$v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)$

Kräfte

$F = ma$

$F_f \leq \mu N$

Arbeit, Energie, Leistung

$W = Fd\cos\theta$

$E_{cin} = \frac{1}{2}mv^2$

$E_{pes} = mgh$

$E_{el} = \frac{1}{2}kx^2$

$P = \frac{W}{t} = Fv$

Impuls

$p = mv$

$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$

Kalorimetrie

$Q = mc\Delta\theta$

$Q = mL$

Ideales Gas

$p = \frac{F}{A}$

$pV = nRT = Nk_BT$

$E_K = \frac{3}{2}k_BT$

Schwingungen und Wellen

$T = \frac{1}{f}$

$c = f\lambda$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

Elektrizität

$I = \frac{Q}{t}$

$F = k \cdot \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$

$U = \frac{W}{q}$

$E = \frac{F}{q}$

$U = RI$

$P = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}$

$R = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$

$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}$

$\rho = \frac{RA}{L}$

Elektromagnetismus

$F = qvB\sin\theta$

$F = BIL\sin\theta$

Kreisbewegung

$v = \omega r$

$a = \frac{v^2}{r}$

Gravitation

$F = G\frac{mM}{r^2}$

$g = \frac{F}{m}$

Quantenphysik

$E = hf$

$\lambda = \frac{hc}{E}$

Optik

$n_1 \sin\alpha_1 = n_2 \sin\alpha_2$

$\frac{1}{q} + \frac{1}{p} = \frac{1}{f}$

Frage 1: Mechanik (20 Punkte)

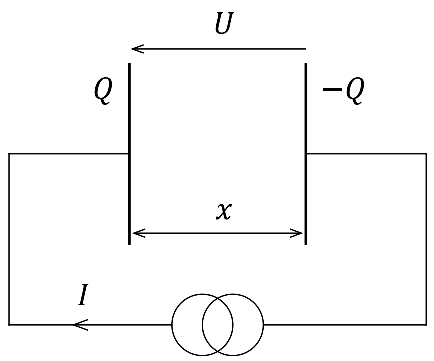
Eine Feuerwerksrakete wird senkrecht nach oben geschossen und explodiert in der Höhe y_0 am höchsten Punkt ihrer Flugbahn. Sie schleudert brennende Fragmente in alle Richtungen (d. h. die Fragmente haben unterschiedliche Anfangswinkel α_0, wobei α_0 der Winkel zwischen dem Anfangsgeschwindigkeitsvektor $\vec{v}_0$ und der horizontalen Richtung ist), jedoch alle mit derselben Geschwindigkeit v_0. Die erstarrten Metallpartikel fallen ohne Luftwiderstand zu Boden.

1) Geben Sie die zeitliche Gleichung für die Höhe $y(t)$ eines Fragments in Abhängigkeit von y_0, α_0 und v_0 an. **(2)**
2) Stellen Sie die Formel für die Zeit t_I auf, nach der ein Fragment den Boden erreicht, in Abhängigkeit von y_0, α_0 und v_0. **(5)**
3) Bestimmen Sie die Formeln für die Geschwindigkeitskomponenten $v_{x,I}$ und $v_{y,I}$ beim Aufprall in Abhängigkeit von y_0, α_0 und v_0. **(7)**
4) Bestimmen Sie die Formel für den Winkel α_I, den die Endgeschwindigkeit eines Fragments mit der Horizontalen zum Zeitpunkt des Aufpralls auf den Boden bildet, in Abhängigkeit von y_0, α_0 und v_0. **(3)**
5) Für welchen Anfangswinkel α_0 ist der Winkel α_I minimal? Leiten Sie daraus die Formel für den kleinstmöglichen Aufprallwinkel α_I ab. **(3)**

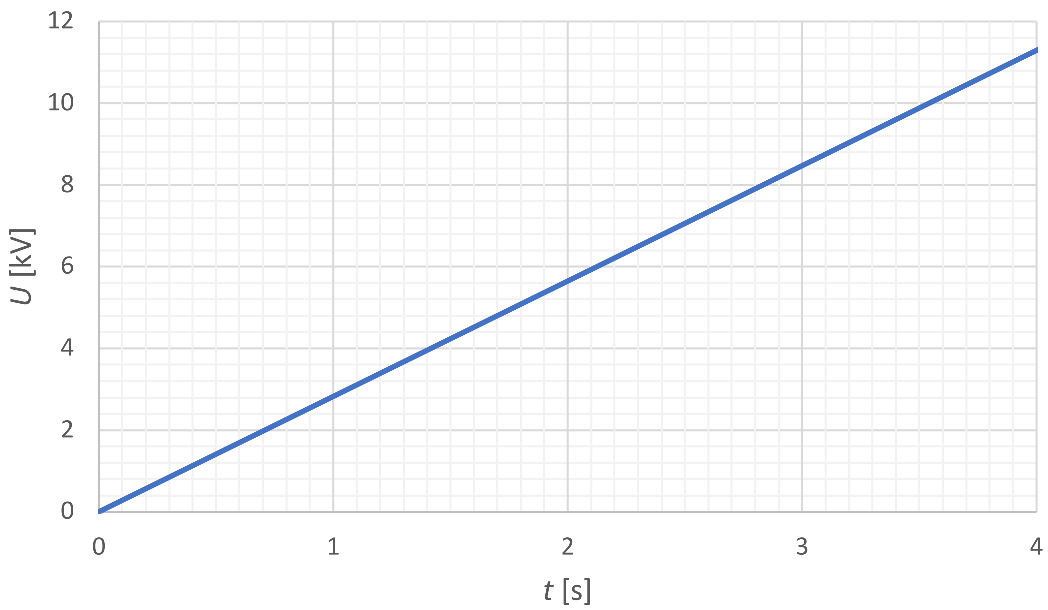
Frage 2: Kondensator (20 Punkte)

Betrachten wir einen Kondensator, der aus zwei planen, parallelen Platten mit einer Fläche $S = 0{,}16\ \mathrm{m}^2$, die einen Abstand von x voneinander haben und entgegengesetzte elektrische Ladungen Q und $-Q$ tragen. Der Raum zwischen den Platten ist leer.

1) Der anfangs entladene Kondensator wird mit Hilfe eines Hochspannungsgenerators geladen, der einen elektrischen Strom mit konstanter Stromstärke $I = 4\ \mu\mathrm{A}$ unter variabler Spannung liefert.



Die folgende Grafik zeigt die Änderung der Spannung U an den Klemmen des Kondensators in Abhängigkeit von der Zeit t.



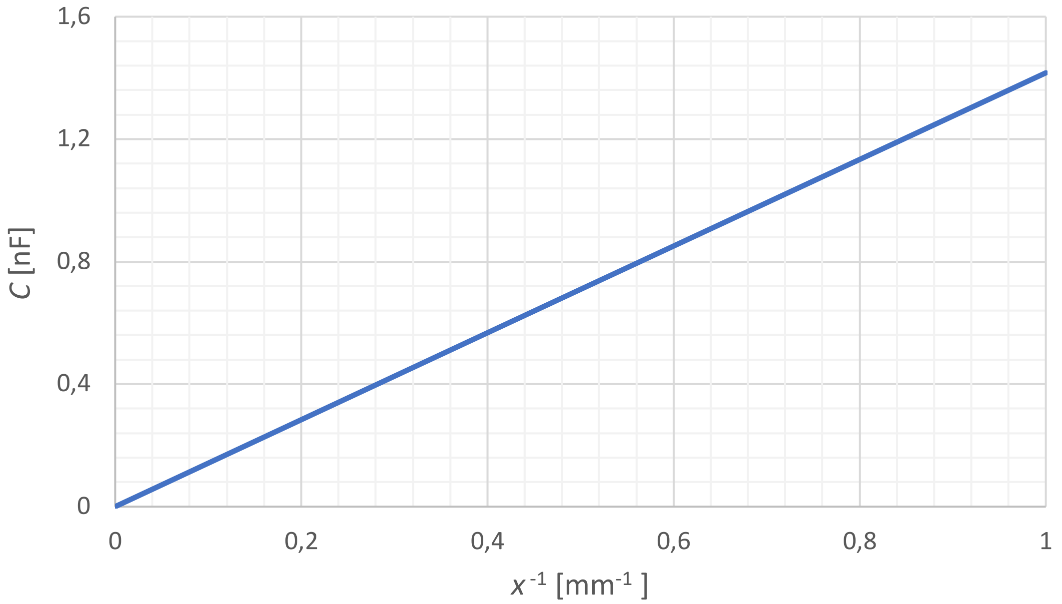
a) Zeigen Sie, dass die Ladung Q des Kondensators proportional zur Spannung U ist. **(2)**

b) Der Proportionalitätskoeffizient ist die *Kapazität* C des Kondensators, definiert durch:

$$Q = CU$$

Die SI-Einheit der Kapazität ist das *Farad* (F). Verwenden Sie die Grafik, um die Kapazität des Kondensators zu bestimmen. **(3)**

2) Die folgende Grafik zeigt die Änderung der Kapazität C des Kondensators in Abhängigkeit vom Kehrwert des Abstands$x$ zwischen den Platten.



Da bei gegebenem x die Kapazität des Kondensators proportional zu S ist, zeigen Sie, dass C wie folgt geschrieben werden kann:

$$C = \epsilon_0 \frac{S}{x}$$

Verwenden Sie die Grafik, um den Proportionalitätskoeffizienten ϵ_0 zu bestimmen, der eine fundamentale Konstante ist, die als *Permittivität des Vakuums* bezeichnet wird. **(5)**

3) Bestimmen Sie die Formel für die potentielle elektrische Energie E_{p} des geladenen Kondensators, indem Sie $E_{\mathrm{p}} = 0$ für einen ungeladenen Kondensator wählen. Zeigen Sie, dass E_{p} wie folgt geschrieben werden kann: **(5)**

$$E_{\mathrm{p}} = \frac{Q^2}{2C}$$

4) Der Kondensator ist abgeklemmt und isoliert, sodass die Ladung Q konstant bleibt. Verwenden Sie die Ergebnisse aus den Punkten 2b) und 3), um zu zeigen, dass sich die beiden Platten mit der Kraft pro Flächeneinheit anziehen:

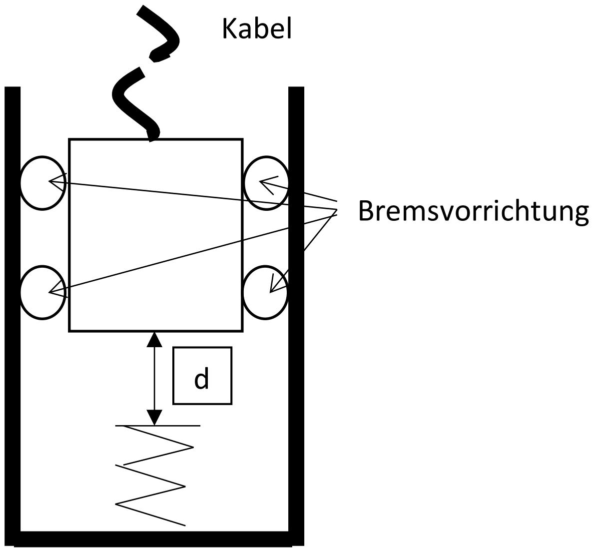
$$\frac{F}{S} = \frac{\sigma^2}{2\epsilon_0}$$

wobei $\sigma = \frac{Q}{S}$ die Ladung des Kondensators pro Flächeneinheit ist.

Hinweis: Verwenden Sie $\Delta E_{\mathrm{p}} = -W(\vec{F})$ bei einer Änderung von x. **(5)**

Frage 3: Aufzug (20 Punkte)

Das Seil eines Aufzugs reißt, während sich dieser im Erdgeschoss befindet. Der Aufzug befindet sich zu diesem Zeitpunkt in einer Höhe d über einer Feder, deren Federkonstante k beträgt. Ein Sicherheitsmechanismus (Bremsvorrichtung) wird ausgelöst, wodurch eine Reibungskraft F entsteht.



1) Geben Sie alle Kräfte an, die in den verschiedenen Bewegungsphasen auf den Aufzug wirken, und erstellen Sie für jede Phase eine Abbildung mit den nützlichen Größen. **(6)**

2) Berechnen Sie die maximale Kompressionslänge Δx der Feder, indem Sie das Prinzip der Energieerhaltung förmlich anwenden. **(8)**

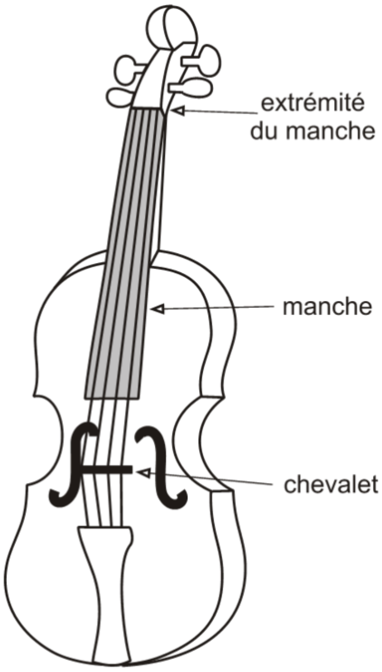
   Rechnerische Anwendung:

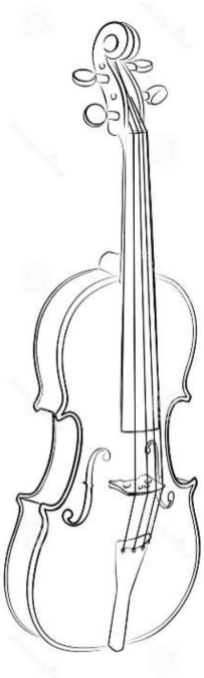
   $m = 2{,}00 \cdot 10^3$ kg $d = 4{,}00$ m $k = 1{,}40 \cdot 10^5$ Nm^{-1} $F = 5{,}00 \cdot 10^3$ N

3) Bis zu welcher Höhe h wird der Aufzug zurückspringen? **(6)**

Frage 4: Stehende Wellen in einer Geigensaite (20 Punkte)

Wenn ein Geiger mit seinem Bogen über eine Saite streicht, schwingt diese in ihrem Grundzustand. Um sie in einem Zustand mit mehreren Wellenbäuchen zum Schwingen zu bringen, verwendet er die Technik *der Flageolet-Obertöne*: Er legt seinen Finger sanft auf die Stelle der Saite, an der er einen Schwingungsknoten erzeugen möchte, ohne die Saite gegen den Hals zu drücken. Auf diese Weise erzeugt er stehende Wellen über die gesamte Länge der Saite (vom Steg bis zum Ende des Halses). Wenn er hingegen die Saite fest gegen den Hals drückt, verkürzt er einfach die schwingende Länge der Saite.





(manche/Hals/neck ; chevalet/Steg/bridge; extrémité/Ende/end)

1) Die Saite schwingt in ihrem Grundzustand.

   a) Beschreiben Sie die Bewegung der Punkte einer der Saiten, wenn sie in ihrem Grundzustand schwingt. Fügen Sie eine Skizze der Saite zu einem Zeitpunkt hinzu, an dem die Punkte der Saite eine maximale/minimale Auslenkung aufweisen. **(3)**

   b) Das Verhältnis der Grundfrequenzen einer Saite und ihrer benachbarten Saite mit höherem Klang beträgt 2/3. Wie erklären Sie sich, dass diese Frequenzen so unterschiedlich sind? (Nehmen Sie an, dass die Spannungen der vier Saiten in etwa gleich sind.) **(3)**

   c) Erklären Sie, warum der Ton höher wird, wenn die Saite verkürzt wird. **(3)**

2) Der Geiger erzeugt Flageolett-Obertöne auf der A-Saite mit einer Grundfrequenz von 440 Hz.

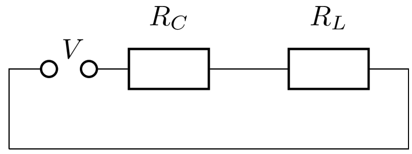
   a) Der Geiger setzt seinen Finger so auf, dass die Saite mit 3 Wellenbäuchen schwingt. Zeichnen Sie eine Skizze der Saite zu einem Zeitpunkt, an dem die Punkte der Saite eine maximale/minimale Auslenkung aufweisen. Wie hoch ist die Schwingungsfrequenz der Saite? **(4)**

   b) Wo muss er den Finger platzieren, damit die Saite mit 2 Bäuchen, 3 Bäuchen, 4 Bäuchen schwingt? **(3)**

   c) Um den sehr hohen Ton mit einer Frequenz von 3080 Hz zu spielen, gibt es mehrere Möglichkeiten, den Finger zu setzen. Nennen Sie mindestens zwei davon. **(4)**

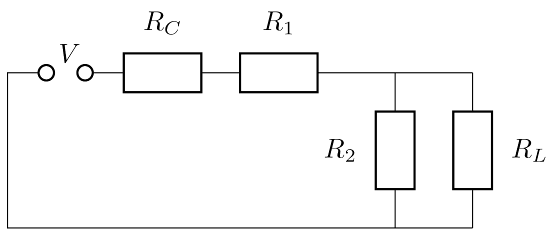
Frage 5: Impedanzanpassung (20 Punkte)

Wir betrachten eine Spannungsquelle mit der Spannung V, die über ein Kabel mit dem Widerstand R_C an eine Last mit dem Widerstand R_L angeschlossen ist.



1) Berechnen Sie den Gesamtwiderstand R_{tot} des Stromkreises und die an den Lastwiderstand abgegebene Leistung $P_L = R_L I^2$. **(4)**
2) Nehmen Sie an, dass R_C konstant ist, aber R_L variiert werden kann. Zeigen Sie, dass P_L maximal ist für $R_L = R_C$ und berechnen Sie P_L für diesen Fall. **(6)**

Für $R_L = R_C$ wird der Stromkreis als „impedanzangepasst" bezeichnet und die Leistungsabgabe an die Last ist maximal. Da wir jedoch R_C nicht ändern können, kann diese Bedingung nicht für beliebige Lastwiderstände R_L erfüllt werden. Um die Leistungsabgabe für andere Lasten zu maximieren, kann man zusätzliche Widerstände R_1 und R_2 hinzufügen, wie in der Abbildung dargestellt:



3) Berechnen Sie den Gesamtwiderstand $R_{\text{tot},2}$ des neuen Stromkreises und den neuen effektiven Lastwiderstand R_L'. **(4)**
4) Zeigen Sie, dass der Schaltkreis impedanzangepasst ist, wenn wir $R_2 = R_L\sqrt{1 - R_L/R_C}$ und $R_1 = R_C\sqrt{1 - R_L/R_C}$ wählen. **(6)**