



PHYSIKMATUR PROMOTION 142 – LÖSUNGEN

Gymnasium Unterstrass Zürich

Allgemeine Richtlinien bei der Bewertung

- Bei Berechnungen muss der **Rechenweg** ersichtlich sein, damit das Resultat zählen kann.
- Umgekehrt kann es hingegen **Teilpunkte** geben, wenn der Rechenweg formal korrekt, das Resultat dann aber falsch ist.
- Für besonders schöne Rechnungswege oder Überlegungen können als Ausnahme **Bonuspunkte** vergeben werden, die in diesen Lösungen nicht deklariert werden.
- Die Genauigkeit der Resultate darf höchstens um eine signifikante Ziffer von der korrekten Anzahl solcher Ziffern abweichen, sonst ist das Resultat falsch zu werten.
Allerdings führen solche Genauigkeitsfehler in der gesamten Prüfung maximal 5-mal zu einem Punkteabzug.

Mechanik

1 Arbeit und Leistung beim Gewichtheben (4 Punkte)

Für die verrichtete Arbeit ergibt sich: (2 Punkte)

$$W_{\text{Hub}} \stackrel{1}{=} \underline{m \cdot g \cdot h} = 225 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 2.0 \text{ m} \stackrel{0.5}{=} 4415 \text{ J} \stackrel{0.5}{=} \underline{4.4 \text{ kJ}}$$

Daraus folgt für die mittlere Leistung während dem Anheben: (2 Punkte)

$$P \stackrel{0.5}{=} \frac{W_{\text{Hub}}}{\Delta t} \stackrel{0.5}{=} \frac{m \cdot g \cdot h}{\Delta t} = \frac{4415 \text{ J}}{3.2 \text{ s}} \stackrel{0.5}{=} 1380 \text{ W} \stackrel{0.5}{=} \underline{1.4 \text{ kW}}$$

Bewertungshinweis: Wird die Umrechnung in kJ resp. kW vergessen, so gibt es den letzten halben Punkt jeweils nicht.

2 Die “schnellere” Rutschbahn (3 Punkte)

Die Antwortkombination F (1 Punkt) ist korrekt:

- Beide Steine kommen unten gleich schnell an. Dies ist eine direkte Folge der **Energieerhaltung**: Bei beiden Steinen wandelt sich – aufgrund der **Reibungsfreiheit** – die **potenzielle Energie vollständig in kinetische Energie** um.
- Der Stein auf Bahn 2 kommt zuerst unten an, weil er aufgrund der **grösseren Rutschbahnneigung zu Beginn** rascher beschleunigt, somit **früher eine grosse Geschwindigkeit** besitzt und die Strecke schneller zurücklegt.

Die Begründungen geben zusammen maximal 2 Punkte. Fehlen entscheidende Begriffe werden dafür Punkte abgezogen.

3 Wasserfestigkeit bei Zelten (4 Punkte)

Die Wasserfestigkeit der Zeltplane wird offenbar mit einer Druckangabe beschrieben, dem die Zeltplane standhält, bevor sie Wasser durchlässt. Konkret geht es um den **Schweredruck** einer 5 m hohen Wassersäule. (1.5 Punkte)

Dieser berechnet sich folgendermassen: (2.5 Punkte)

$$p \stackrel{1}{=} \rho \cdot g \cdot h \stackrel{0.5}{=} 1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 5 \text{ m} \stackrel{0.5}{=} 50\,000 \text{ Pa} \stackrel{0.5}{=} \underline{\underline{0.5 \text{ bar}}}$$

4 Der hüpfende Pingpongball (15 Punkte)

- (a) Gefragt sind alle Eckdaten zur ersten Dreiviertelsekunde Die Bewegung des fallen gelassenen Balls ist eine gleichmässig beschleunigte ohne Anfangsgeschwindigkeit. Die Zeit bis zum ersten Aufprall beträgt demnach ($a = g$): (1.5 Punkte)

$$s = \frac{a}{2} \cdot t^2 \Rightarrow \Delta t_1 \stackrel{1}{=} \sqrt{\frac{2h_1}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0.57 \text{ m}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 0.341 \text{ s} \stackrel{0.5}{\approx} 0.34 \text{ s}$$

Beim Aufprall verliert der Ball 14 % seiner mechanischen Energie. D.h., er erreicht anschliessend noch 86 % seiner vorherigen Maximalhöhe (E_{pot} proportional zu h): (1.5 Punkte)

$$h_2 \stackrel{1}{=} 0.86 \cdot h_1 = 0.86 \cdot 0.57 \text{ m} = 0.490 \text{ m} \stackrel{0.5}{\approx} 0.49 \text{ m}$$

Daraus folgt für die Zeitspanne zwischen erstem Aufprall und nächster maximaler Höhenlage: (1 Punkt)

$$\Delta t_2 \stackrel{0.5}{=} \sqrt{\frac{2h_2}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0.490 \text{ m}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 0.316 \text{ s} \stackrel{0.5}{\approx} 0.32 \text{ s}$$

Für den Zeitpunkt der maximalen Höhenlage nach dem ersten Aufprall ergibt sich aus diesen Zeiten: (1 Punkt)

$$t_{\text{max}} \stackrel{0.5}{=} \Delta t_1 + \Delta t_2 = 0.341 \text{ s} + 0.316 \text{ s} \stackrel{0.5}{\approx} 0.67 \text{ s}$$

Die Abwärtsgeschwindigkeit beim ersten Aufprall beträgt: (1.5 Punkte)

$$v^2 = 2as \Rightarrow v_1 \stackrel{1}{=} -\sqrt{2gh_1} = -\sqrt{2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0.57 \text{ m}} = -3.34 \frac{\text{m}}{\text{s}} \stackrel{0.5}{\approx} -3.3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Nach dem ersten Aufprall ergibt sich eine Geschwindigkeit von: (1 Punkt)

$$v_2 \stackrel{0.5}{=} +\sqrt{2gh_2} = \sqrt{2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0.490 \text{ m}} = 3.10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \stackrel{0.5}{\approx} 3.1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Solange sich der Ball in der Luft befindet, beträgt die Beschleunigung $a = -g = -9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. (0.5 Punkte)

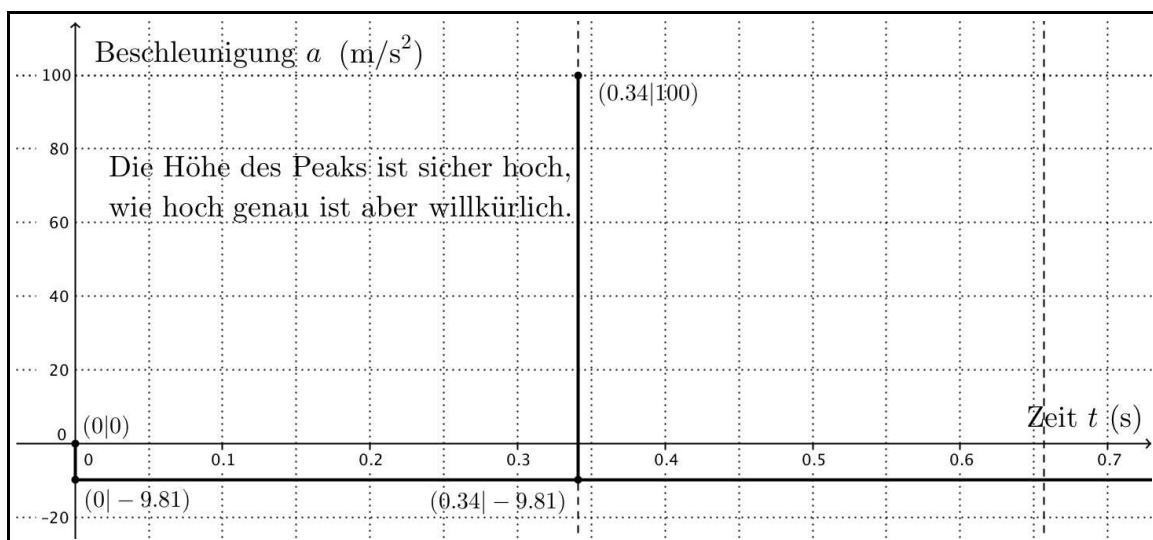
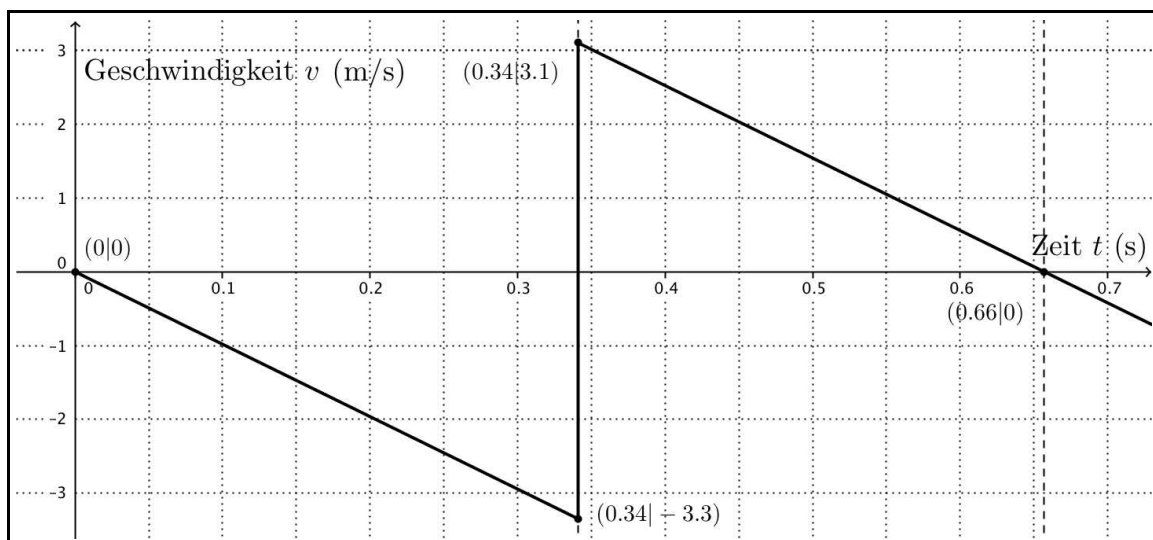
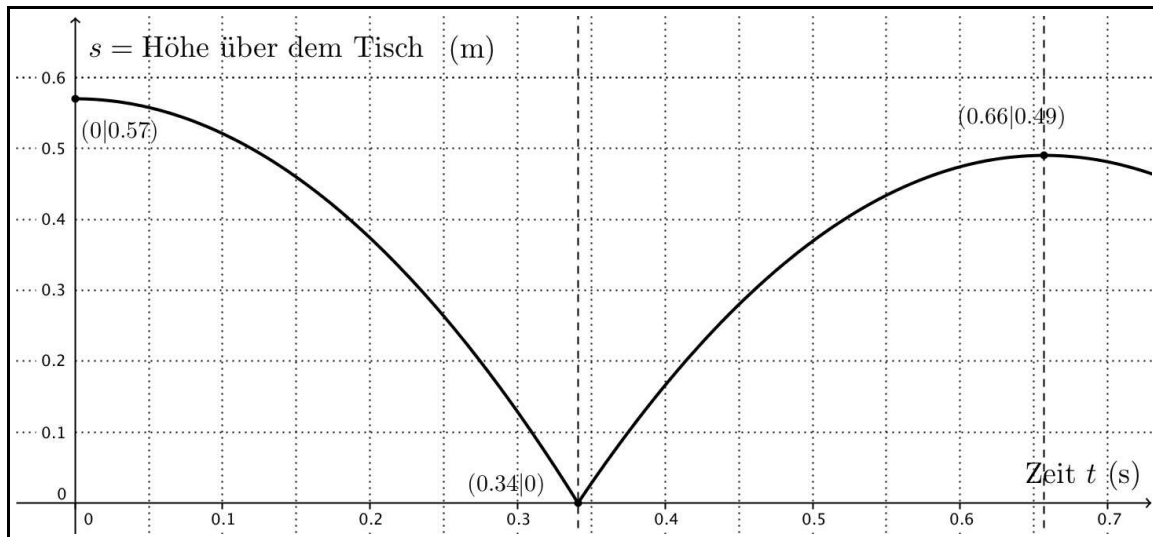
Die Diagramme (inkl. Bewertungsangaben) befinden sich auf der nächsten Seite.

- (b) Für die Beschleunigung während dem ersten Bodenkontakt folgt: (1.5 Punkte)

$$a \stackrel{0.5}{=} \frac{\Delta v}{\Delta t} \stackrel{0.5}{=} \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{3.10 \frac{\text{m}}{\text{s}} - (-3.34 \frac{\text{m}}{\text{s}})}{0.0077 \text{ s}} \stackrel{0.5}{=} 836 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Damit ergibt sich für die resultierende Kraft: (1.5 Punkte)

$$F_{\text{res}} \stackrel{0.5}{=} m \cdot a \stackrel{0.5}{=} 0.0026 \text{ kg} \cdot 836 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \stackrel{0.5}{=} \underline{\underline{2.2 \text{ N}}}$$



Diagrammbewertungen:

- t - s -Diagramm: 1.5 Punkte, t - v -Diagramm: 1.5 Punkte, t - a -Diagramm: 1 Punkt.
- Diese Punkte ergeben sich ausschliesslich für das richtige Aussehen, nicht für die Angaben der einge-tragenen Punkte.
- Die Höhe des Peaks im t - a -Diagramm ist nicht wichtig, solange klar ist, dass es sich um eine sehr grosse Auswärtsbeschleunigung handelt.

5 Die Seilbahn Kies – Mettmenalp (14 Punkte)

- (a) Die zurückgelegte Höhendifferenz beträgt $\Delta h = 555$ m. (0.5 Punkte)

Mit der Seillänge $s = 1270$ m ergibt sich damit für den Steigungswinkel: (1.5 Punkte)

$$\sin \alpha = \frac{\Delta h}{s} = \frac{555 \text{ m}}{1270 \text{ m}} \Rightarrow \alpha = \arcsin\left(\frac{555}{1270}\right) = 25.91^\circ \approx \underline{\underline{25.9^\circ}}$$

- (b) Zum Einen wird so während der Fahrt die **potenzielle Energie der einen Kabine in die potenzielle Energie der anderen Kabine umgewandelt**. Dies erspart bei jeder Fahrt das Aufbringen dieser Energie. (1.5 Punkte)

Zum anderen besitzt das Zugseil eine **ungeahnt grosse Masse**. (Bei einer Dichte von ca. $8000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ und einem Seildurchmesser von 3 cm ergibt sich für eine Seillänge eine Masse von etwa 7 t!)

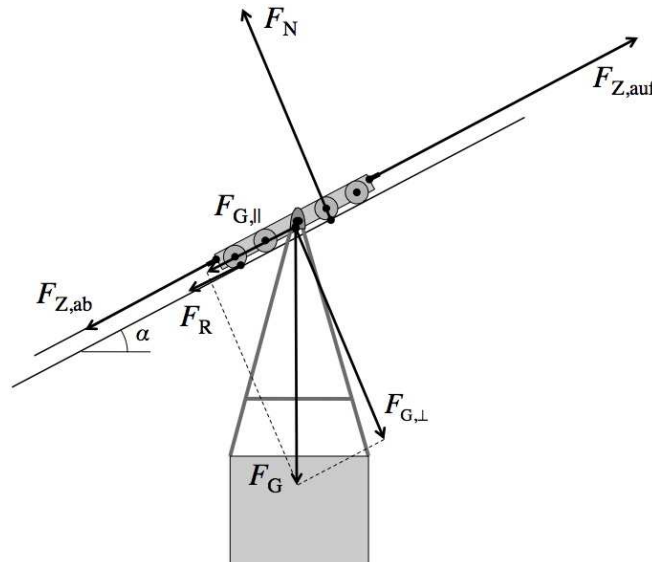
Diese Masse müsste zu Beginn der Fahrt hochgezogen und im zweiten Teil dann immer stärker gebremst werden. Das wäre erstens für den Antrieb eine kräftemässige Herausforderung. (1 Punkt)

Zweitens könnte man die Energie, die man im ersten Teil der Fahrt zusätzlich hineinstecken müsste, im zweiten Teil der Fahrt nur teilweise zurückgewinnen. (1 Punkt)

Diese Probleme umgeht man mit der doppelten Führung des Zugseils. Auf diese Weise geht stets gleich viel Seilmasse nach oben, wie nach unten. (0.5 Punkte)

Hinweis: Eine passende Massenabschätzung zum Zugseil kann bis zu 2 Bonuspunkte einbringen.

- (c) Als Kräfteskitze ergibt sich:



Bei der Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit herrscht ein Kräftegleichgewicht (**Trägheitsprinzip**), woraus folgt: (2.5 Punkte)

$$F_N \stackrel{!}{=} F_{G,\perp} \quad \text{und} \quad F_{Z,\text{auf}} \stackrel{!}{=} F_{Z,\text{ab}} + F_{G,\parallel} + F_R$$

Für die Komponenten der Gewichtskraft erhält man via Trigonometrie: (3 Punkte)

$$F_{G,\perp} \stackrel{0.5}{=} F_G \cdot \cos \alpha \stackrel{0.5}{=} m \cdot g \cdot \cos \alpha = 2380 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot \cos 25.91^\circ \stackrel{0.5}{=} 21001 \text{ N} \stackrel{0.5}{=} 21.00 \text{ kN}$$

$$F_{G,\parallel} \stackrel{0.5}{=} F_G \cdot \sin \alpha = m \cdot g \cdot \sin \alpha = 2380 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot \sin 25.91^\circ = 10202 \text{ N} \stackrel{0.5}{=} 10.20 \text{ kN}$$

Somit beträgt Belastung des Tragseils: $F_N = F_{G,\perp} = \underline{\underline{21.0 \text{ kN}}}$. (0.5 Punkte)

Für die Rollreibungskraft erhält man: (1 Punkt)

$$F_R \stackrel{0.5}{=} \mu_R \cdot F_N = \mu_R \cdot F_{G,\perp} = 0.0142 \cdot 21.00 \text{ kN} \stackrel{0.5}{=} 0.298 \text{ kN}$$

Daraus ergibt sich für den Unterschied der beiden Zugkräfte: (1 Punkt)

$$F_{Z,\text{auf}} - F_{Z,\text{ab}} \stackrel{0.5}{=} F_{G,\parallel} + F_R = 10.20 \text{ kN} + 0.298 \text{ kN} \stackrel{0.5}{=} \underline{\underline{10.5 \text{ kN}}}$$

Schwingungen und Wellen

6 Die Länge von Mikrowellen (4 Punkte)

Für die Wellenlänge der Mikrowelle ergibt sich: (3 Punkte)

$$c = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda \stackrel{!}{=} \frac{c}{f} \stackrel{!}{=} \frac{3.00 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5.0 \cdot 10^9 \text{ Hz}} \stackrel{0.5}{=} 0.060 \text{ m} \stackrel{0.5}{=} \underline{\underline{6.0 \text{ cm}}}$$

Dies ist etwa 100 000-mal so gross wie die Wellenlänge von sichtbarem Licht! (Mikrowellen müssen im elektromagnetischen Spektrum also eher als langwellige Strahlung angesehen werden.) (1 Punkt)

7 Schalldruckdiagramme und Frequenzspektren (9 Punkte)

- (a) Bei einem Ton mit bestimmter Tonhöhe treten die Peaks im Frequenzspektrum in regelmässigen Frequenzabständen auf. Die **gehörte Tonhöhe** entspricht dem **Frequenzabstand**. Dies entspricht in der Regel gerade der **Frequenz des ersten Peaks**. Die **Lautstärke** kommt durch die **absolute Höhe der Peaks** insgesamt zum Ausdruck, währenddem die **Klangfarbe** durch die **relative Höhe der einzelnen Peaks zueinander** abgebildet wird. (3 Punkte)

- (b) Die Zuordnungen sind: A ↔ 3, B ↔ 5, sowie C ↔ 2. Begründungen:

- Aus den drei Schalldruckdiagrammen lässt sich jeweils die Periode T_0 einer Grundschiwingung ablesen. Bei Diagramm A findet man $T_{0,A} \approx 3.2 \text{ ms}$. Bei B und C scheinen die Perioden gleich zu sein, nämlich $T_{0,B} = T_{0,C} \approx 4.5 \text{ ms}$. (1 Punkt)
Daraus folgt für die Grundfrequenzen f_0 : (1 Punkt)

$$\text{A: } f_{0,A} = \frac{1}{T_{0,A}} \approx \frac{1}{0.0031 \text{ s}} = 323 \text{ Hz}$$

$$\text{B \& C: } f_{0,B} = f_{0,C} = \frac{1}{T_{0,B}} \approx \frac{1}{0.0045 \text{ s}} = 222 \text{ Hz}$$

Die Frequenzspektren zeigen als Grundtonfrequenzen jeweils eine dieser beiden Frequenzen. Zu $f_{0,A}$ gehören die Spektren 1, 3 und 4, zu $f_{0,B}$ resp. $f_{0,C}$ die Spektren 2, 5 und 6. (1 Punkt)

- Damit ist aber bereits klar, dass das Schalldruckdiagramm B zum Frequenzspektrum 5 gehört, denn ein rein sinusförmiges Schalldruckdiagramm gehört zu einer einzigen Frequenz. (1 Punkt)
- Das Schalldruckdiagramm A passt zum Frequenzspektrum 3, denn man sieht ganz deutlich, dass die zweite Oberschwingung mit 3 Schwingungen pro Grundperiode besonders dominant ist und nur von der deutlich weniger ausgeprägten Grundschiwingung überlagert wird. (1 Punkt)
- Zum Schalldruckdiagramm C gehört schliesslich das Frequenzspektrum 2. Das erkennt man daran, dass die Grundschiwingung dominant ist. Das ganze Muster folgt deutlich dieser Schwingung. Daneben ist aber auch die 4. Oberschwingung mit 5 Schwingungen pro Periode besonders deutlich sichtbar. (1 Punkt)

Elektrizitätslehre

8 Leistungsbezüge in einem Niederspannungsstromkreis (6 Punkte)

- (a) Der Gesamtwiderstand der Serieschaltung beträgt: (1.5 Punkte)

$$R \stackrel{!}{=} \frac{U}{I} = \frac{1.06 \text{ V}}{0.189 \text{ A}} \stackrel{0.5}{=} 5.61 \Omega$$

Daraus folgt für den Widerstand des Amperemeters: (1.5 Punkte)

$$R_A \stackrel{!}{=} R - R_M = 5.61 \Omega - 1.7 \Omega = 3.91 \Omega \stackrel{0.5}{=} \underline{\underline{3.9 \Omega}}$$

- (b) **In Worten:** Der **Widerstand** des Amperemeters ist mehr als doppelt so gross wie derjenige des Motors. Dies hat zur Folge, dass **im Amperemeter viel mehr Leistung umgesetzt wird als im Motor**, denn der grössere Widerstand des Amperemeters sorgt auch für eine **grössere Spannung** über diesem Schaltelement. (3 Punkte)

Rechnerisch: Die im Amperemeter umgesetzte Leistung berechnet sich zu: (2 Punkte)

$$\begin{aligned} U_A &\stackrel{0.5}{=} R_A \cdot I = 3.91 \Omega \cdot 0.189 \text{ A} \stackrel{0.5}{=} 0.739 \text{ V} \\ \Rightarrow P_{\text{el,M}} &\stackrel{0.5}{=} U_A \cdot I = 0.739 \text{ V} \cdot 0.189 \text{ A} \stackrel{0.5}{=} 0.140 \text{ W} = 140 \text{ mW} \end{aligned}$$

Analog findet man für die im Motor umgesetzte Leistung: (0.5 Punkte)

$$\begin{aligned} U_M &= R_M \cdot I = 1.7 \Omega \cdot 0.189 \text{ A} = 0.321 \text{ V} \\ \Rightarrow P_{\text{el,M}} &= U_M \cdot I = 0.321 \text{ V} \cdot 0.189 \text{ A} = 0.061 \text{ W} = 61 \text{ mW} \end{aligned}$$

Damit wird sehr deutlich: $P_{\text{el,A}} > P_{\text{el,M}}$.

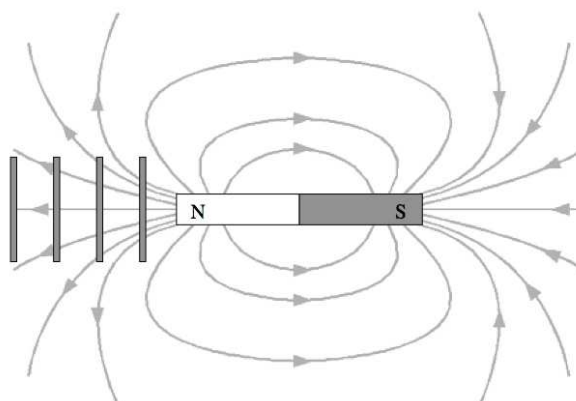
Zusätzlich lässt sich der Wirkungsgrad des Stromkreises berechnen.

$$P = U \cdot I = 1.06 \text{ V} \cdot 0.189 \text{ A} = 0.200 \text{ W} \quad \Rightarrow \quad \eta = \frac{P_M}{P} = \frac{0.061 \text{ W}}{0.200 \text{ W}} = 0.31 = 31 \%$$

Für die Berechnung dieses Wirkungsgrades erhält man bis zu 2 Bonuspunkte.

9 Hängender Ring (9 Punkte)

- (a) Hier das Feldlinienbild des Stabmagneten mit dem Ring in verschiedenen Distanzen zum Nordpol: (1 Punkt)



Der magnetische Fluss Φ durch den Ring vergrössert sich, wenn man den Stabmagneten näher an den Ring bringt (oder umgekehrt den Ring näher an den Stabmagneten) – es verlaufen dann immer mehr Feldlinien in linker Richtung durch den Ring. (1 Punkt)

Gemäss dem Induktionsprinzip führt genau dies zur Erzeugung eines Induktionsstromes. (1 Punkt)

Solange also der Stabmagnet auf den Ring zu bewegt wird, fliesst in diesem ein Induktionsstrom.

(b) **Von rechts aus gesehen verläuft der Induktionsstrom im Ring im Uhrzeigersinn.**

Erklärung mit dem Faraday'schen Gesetz:

- Am Ort des Ringes nimmt die **Stärke des Magnetfeldes nach links zu**. (1 Punkt)
- Daraus folgt gemäss **Faraday'schem Gesetz mit der LHR**, dass am Ort des Rings ein **elektrisches Feld** entsteht, das von rechts aus gesehen **im Gegenuhrzeigersinn** verläuft. (1 Punkt)
- Dieses Feld erzeugt den elektrischen Strom im Ring. Die **Stromrichtung entspricht der Feldlinienrichtung**. (1 Punkt)

Erklärung mit der Lenz'schen Regel:

- **Die Lenz'sche Regel besagt, dass das Magnetfeld des Induktionsstromes dessen Ursache entgegenwirkt**. (1 Punkt)
- D.h., dass das Magnetfeld des induzierten Stromes die Zunahme des magnetischen Flusses nach links abzuschwächen versucht. (0.5 Punkte)
- Somit muss das vom Ring erzeugte Magnetfeld nach rechts zeigen. (0.5 Punkte)
- Gemäss der **RHR (Oersted)** erzeugt der Ring aber genau dann ein nach rechts zeigendes Magnetfeld, wenn der Strom in ihm von rechts aus gesehen **im Gegenuhrzeigersinn** fliesst. (1 Punkt)

Nebenbei: Es herrscht Abstoßung, denn der fixe Nordpol des Stabmagneten und der aufgrund des Induktionsstromes vorhandene temporäre Nordpol des Ringes sind gegeneinander gerichtet.

10 Multiple Choice zum Elektromagnetismus (10 Punkte)

Es gibt 14 Aussagen. Zu jeder Anzahl korrekt angekreuzter Aussagen gehört eine bestimmte Punktzahl gemäss folgender Tabelle:

Anzahl richtige Kreuze	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Anzahl Punkte	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6	7	8	9	9.5	10

Die korrekten Ankreuzungen sind:

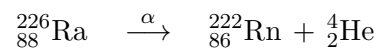
Aussage	stets richtig	stets falsch	kann sein, muss aber nicht
(a) Punkto Magnetfeld gilt für alle Gegenstände: Im Feldlinienbild treten gleich viele Feldlinien in den Gegenstand ein, wie aus ihm herauskommen.	☒	☐	☐
(b) Nicht-magnetisierbare Gegenstände haben keinen Einfluss auf das Magnetfeld sich in ihrer Nähe befindlicher Permanentmagnete.	☒	☐	☐
(c) Nicht-magnetisierbare Gegenstände erfahren Kräfte aufgrund sich verändernder Magnetfelder.	☐	☐	☒
(d) Im Feldlinienbild erkennt man einen schwachen Südpol daran, dass dort verhältnismässig wenige Feldlinien aus dem Gegenstand austreten.	☐	☒	☐
(e) In einem Gegenstand ohne Magnetpole gibt es keine Elementarmagnete.	☐	☐	☒
(f) Ein frei bewegliches Elektron wird in einem elektrischen Feld in Feldlinienrichtung beschleunigt.	☐	☒	☐
(g) Da die Lorentzkraft stets senkrecht zur aktuellen Bewegungsrichtung steht, kann ein elektrisch geladenes Teilchen durch ein Magnetfeld alleine nicht abgebremst werden.	☒	☐	☐

Aussage	stets richtig	stets falsch	kann sein, muss aber nicht
(h) Elektromagnetische Spannungstransformatoren arbeiten mit Wechselstrom.	☒	☐	☐
(i) Die Feldlinien eines elektrischen Feldes führen von einem positiven zu einem negativen elektrischen Pol.	☐	☐	☒
(j) Ein elektromagnetisch induzierter Strom wirkt der Induktionsursache entgegen.	☒	☐	☐
(k) Der magnetische Fluss ist ein Mass für die Anzahl Feldlinien , welche im Feldlinienbild eines B -Feldes durch eine Schlaufe oder Spule hindurch verlaufen.	☒	☐	☐
(l) Das Magnetfeld um einen langen, stromdurchflossenen Draht sieht im Feldlinienbild aus wie dasjenige eines Stabmagneten.	☐	☒	☐
(m) Der Boden einer Pfanne für einen Induktionsherd sollte elektrisch leitend, aber auch magnetisierbar sein. Nur so nimmt er das Magnetfeld optimal in sich auf.	☒	☐	☐
(n) Die Bewegung eines geschlossenen Metallrings innerhalb eines homogenen Magnetfeldes erzeugt im Ring keinen Induktionsstrom, weil dabei der magnetische Fluss durch den Ring konstant bleibt.	☐	☐	☒

Kernphysik

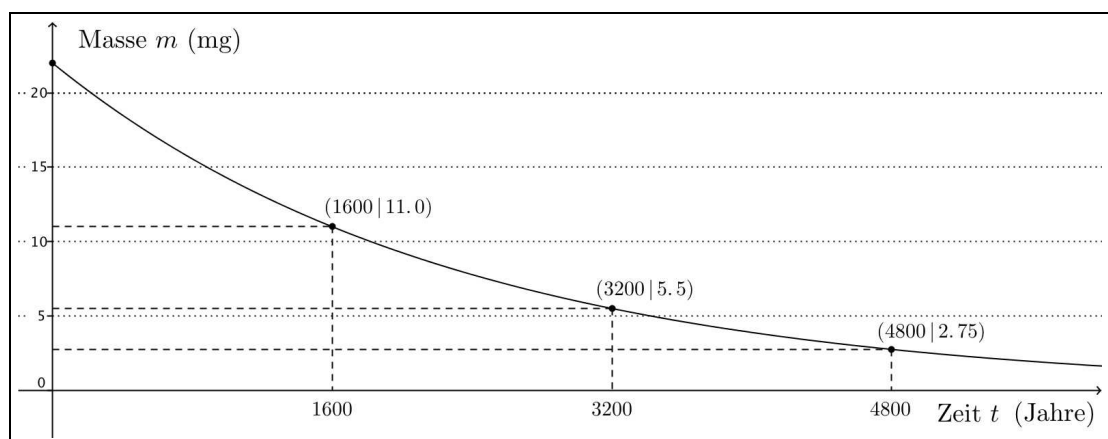
11 Marie Curie und das Radium (12 Punkte)

- (a) Als Zerfallsreaktion ergibt sich aus der Nuklidtabelle: (2 Punkte)



- (b) Die Halbwertszeit von Ra-226 beträgt 1 600 a. (0.5 Punkte)

Bis aus 22.0 mg via radioaktivem Zerfall 3.0 mg geworden sind, müssen mindestens drei Halbwertszeiten, also etwa 5 000 Jahre vergehen. Damit folgt für das Diagramm: (2.5 Punkte)



- (c) Bei der Zerfallsfunktion handelt es sich um eine **exponentielle Abnahme**. (0.5 Punkte)

Diese rührt daher, dass es für den Zerfall von Atomkernen keine absoluten Aussagen mehr gibt, sondern vielmehr mit **Wahrscheinlichkeitsangaben** gearbeitet werden muss: Pro Halbwertszeit $T_{1/2}$ besteht pro Kern eine Wahrscheinlichkeit von 50 % zu zerfallen. D.h. für viele identische Kerne, dass in einer Halbwertszeit im statistischen Mittel gerade 50 % der Kerne radioaktiv zerfallen. Nach jeder weiteren Halbwertszeit, sind von den verbleibenden 50 % wiederum 50 % zerfallen, was mathematisch auf eine exponentielle Abnahme führt. (1.5 Punkte)

- (d) Sind 10 % zerfallen, so sind noch 90.0 % übrig. (1 Punkt)

Mit dem Zerfallsgesetz folgt daraus für die verstrichene Zeitspanne: (3.5 Punkte)

$$\begin{aligned}
 N(t) &= N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{1/2}}} \stackrel{!}{=} 90.0 \% \cdot N_0 && | : N_0 \\
 \Leftrightarrow &\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{1/2}}} \stackrel{0.5}{=} 0.900 && | \log_{0.5}(\dots) \\
 \Leftrightarrow &\frac{t}{T_{1/2}} \stackrel{!}{=} \log_{0.5} 0.900 && | \cdot T_{1/2} \\
 \Leftrightarrow &t = T_{1/2} \cdot \log_{0.5} 0.900 \\
 &= 1\,600 \text{ a} \cdot 0.152 \stackrel{!}{=} 243 \text{ a}
 \end{aligned}$$

Von 1911 aus gerechnet wird also im Jahre 2154 nur noch 90 % der ursprünglichen Radiummenge vorhanden sein. (0.5 Punkte)

12 Eigenschaften radioaktiver Strahlungen (6 Punkte)

Jede Aussage, bei der die Kreuze komplett richtig gesetzt sind, ergibt 0.5 Punkte.

Aussage	Strahlungsart		
	α	β^-	γ
Kann durch ein Magnetfeld abgelenkt werden.	X	X	
Kann bereits mit einem Blatt Papier abgeschirmt werden.	X		
Kann die unmittelbar beobachtbare Folge eines β^+ -Zerfalls sein.			X
Bleibt von einem elektrischen Feld unbeeinflusst.			X
Kommt in der Natur nur aufgrund technischer Vorrichtungen des Menschen vor.			
Besteht aus zweifach positiv geladenen Teilchen.	X		
Ist im Vergleich zu den anderen beiden Strahlungsarten extrem durchdringend.			X
Wird in der Regel zusammen mit einem nicht-detektierbaren Anti-elektronenneutrino ausgesandt.		X	
Ist elektromagnetische Strahlung.			X
Ist beim Auftreffen auf lebendiges organisches Gewebe im Vergleich zu den beiden anderen Strahlungsarten am schädlichsten.	X		
Wird in grosser Intensität von radioaktiven Abfällen ausgesandt.		X	X
Muss als ionisierende Strahlung bezeichnet werden.	X	X	X