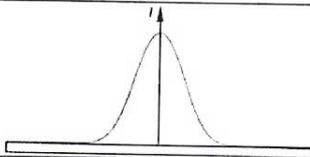
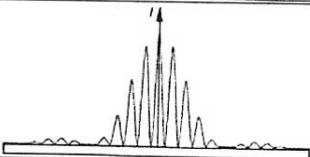
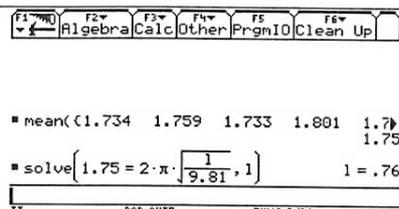
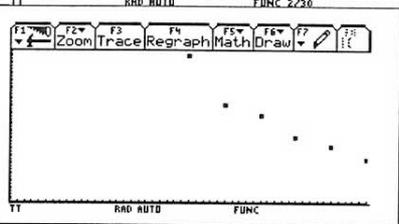


A1	Magnetisches Feld	15 BE
1	<p>Skizze</p> <p>Schließen des Schalters → Ring wird kurz von der Spule weg bewegt. Öffnen des Schalters → Ring wird kurz zur Spule hin bewegt. Der Ring pendelt sich jeweils wieder in die Gleichgewichtslage ein.</p> <p>Der zunächst unmagnetische Aluminiumring befindet sich als geschlossene Leiterschleife beim Schließen des Stromkreises in einem magnetischen Feld stark anwachsender magnetischer Flussdichte. Eine Spannung wird induziert. Der im Ring fließende elektrische Strom bewirkt nach dem LENZschen Gesetz ein eigenes Magnetfeld, das der Ursache seiner Entstehung entgegengerichtet ist und das kurzzeitige Abstoßen bewirkt. Bei geschlossenem Schalter findet keine Induktion statt, der Ring schwingt in die Ruhelage zurück. (... und umgekehrt)</p>	5
2	<p>Skizze</p> <p>Im Spuleninnern verlaufen die Feldlinien parallel (→ homogenes magnetisches Feld). Außerhalb der Spule nimmt der Abstand der Feldlinien mit der Entfernung ab (→ inhomogenes magnetisches Feld).</p> <p><i>Hinweis: Die Angabe der Richtung der Feldlinien wird nicht primär erwartet. Wichtig ist die Einsicht, dass Feldlinien in sich geschlossen sind (Wirbelfeld).</i></p>	3
3.1	<p>geg.: <math>N = 1000, l = 0,045 \text{ m}, r = 0,012 \text{ m}</math></p> $L_0 = \mu_0 \cdot \frac{N^2 \cdot \pi \cdot r^2}{l} = 0,0126 \text{ H}$	3
3.2	<p>Aus einem realen Schwingkreis wird Energie durch Stromwärme, Streuverluste und Ummagnetisierungswärme des Kernmaterials abgegeben. Diese „Energieverluste“ werden durch die Kopplung mit dem Wechselstromgenerator im Resonanzfall ausgeglichen.</p> <p>ermittelt: <math>T \approx 35 \text{ ms}</math>, geg.: <math>C = 4,7 \text{ }\mu\text{F}</math></p> $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\mu_r \cdot L_0 \cdot C} \Rightarrow \mu_r \approx 524$ <p>Ein Tafelwerk liefert als mögliches Kernmaterial Dynamoblech, Eisen oder Nickel.</p>	4

A2	Klassische Teilchen und Quantenobjekte	15 BE
1	<p>Die Verteilung ergibt sich aus der Addition der Intensitäten der Einzelspalte.</p> 	2
2.1	<p>Die Intensitätsverteilung entspricht einem Interferenzbild. Das lässt auf Welleneigenschaften der Elektronen schließen.</p> 	3
2.2	<p><math>b = 1,45 \text{ }\mu\text{m}; e = 3,00 \text{ m}; s_1 = 25 \text{ }\mu\text{m}</math></p> $\frac{\lambda}{b} = \frac{s_1}{e} \Leftrightarrow \lambda = \frac{b \cdot s_1}{e} = 1,21 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ $\lambda = \frac{h}{m_e \cdot v_e} \Leftrightarrow v_e = \frac{h}{m_e \cdot \lambda} = 6,02 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $E = \frac{h \cdot c}{\lambda} = 10,3 \text{ keV} \Rightarrow U = 10,3 \text{ kV}$	5
2.3	<p>Jeder Elektroneneinschlag kann einzeln beobachtet werden – Elektronen lassen sich als Teilchen auffassen.</p> <p>Das Gesamtbild der Elektroneneinschläge ergibt wieder das typische Interferenzbild – Elektronen haben Wellencharakter.</p>	5

A3.1	Bewegungsgesetze, Arbeit, Energie	15 BE
1.1	<p>Keine Energieentwertung durch Reibung; Energieerhaltungssatz (Energieansatz): mechanische Energie im Punkt C = mechanische Energie im Punkt A</p> $E_{\text{mech, C}} = E_{\text{mech, A}}$ $E_{\text{mech, C}} = E_{\text{pot, C}} + E_{\text{kin, C}};$ $\rightarrow E_{\text{mech, A}} = E_{\text{pot, A}} + E_{\text{kin, A}}$ $E_{\text{pot, C}} + E_{\text{kin, C}} = E_{\text{pot, A}} + E_{\text{kin, A}}$ $m \cdot g \cdot h_C + \frac{1}{2} m \cdot v_C^2 = m \cdot g \cdot h_A + \frac{1}{2} m \cdot v_A^2$ $2 \cdot g \cdot h_C + v_C^2 = 2 \cdot g \cdot h_A + v_A^2$ $v_C^2 = 2 \cdot g \cdot (h_A - h_C) + v_A^2$ $v_C = \sqrt{2 \cdot g \cdot (h_A - h_C) + v_A^2}$ $v_C = \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (16 \text{ m} - 9 \text{ m}) + (3 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}$ $v_C = 12,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	4
1.2	<p>Ein Teil der mechanischen Energie in A wird für Reibungsarbeit (Bremsarbeit) zwischen B und C verwendet und entwertet. Da der Wagen in C zum Stehen kommt, ist hier die kinetische Energie 0. Energieerhaltungssatz (Energieansatz):</p> $E_{\text{pot, C}} + E_{\text{kin, C}} = E_{\text{pot, A}} + E_{\text{kin, A}} - W_{\text{Reibung}}; \quad E_{\text{kin, C}} = 0$ $E_{\text{pot, C}} = E_{\text{pot, A}} + E_{\text{kin, A}} - W_{\text{Reibung}}; \quad W_{\text{Reibung}} = F_R \cdot s$ $m \cdot g \cdot h_C = m \cdot g \cdot h_A + \frac{1}{2} m \cdot v_A^2 - F_R \cdot s$ $F_R \cdot s = m \cdot g \cdot h_A + \frac{1}{2} m \cdot v_A^2 - m \cdot g \cdot h_C$ $F_R = \frac{2 \cdot m \cdot g \cdot (h_A - h_C) + m \cdot v_A^2}{2 \cdot s}$ $F_R = \frac{2 \cdot 700 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (16,00 \text{ m} - 9,00 \text{ m}) + 700 \text{ kg} \cdot (3 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \cdot 20,00 \text{ m}} = 2560,95 \text{ N}$ $F_R = 2,56 \text{ kN}$	4
2.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>A→B: Die Kugel bewegt sich beschleunigt, weil in gleichen Zeitabständen der Lichtblitze immer größere Wege zurückgelegt werden. Hinweis: Eine entsprechende Begründung sollte mindestens einmal ersichtlich sein. Ansonsten geht es laut Aufgabentext um wesentliche Aussagen zur kinematischen Beschreibung der Bewegung.</li> <li>B→C: Die zu einem Halbkreis gebogene Rinne zwingt die Kugel auf eine kreisförmige Bahnkurve. Die Kugel bewegt sich verzögert. Die Bahngeschwindigkeit im Punkt C ist geringer als die Bahngeschwindigkeit im Punkt B.</li> <li>C→D: Die Kugel fällt auf einer parabelförmigen Bahn beschleunigt zu Boden. (→ waagerechter Wurf)</li> <li>D→E: Die Kugel springt nach dem Aufprall auf die Platte nicht mehr hoch zurück und kommt zur Ruhe.</li> </ul> <p>Hinweis: Beim Aufprall der Kugel auf die Platte, werden Kugel und Platte elastisch verformt. In der Kugel und in der Platte finden Reibungsvorgänge statt. Entsprechend vermindert sich die mechanische Energie der Kugel. Die Prallplatte könnte hier aus Filz bestehen.</p>	5
2.1	<p>!!! Neu</p> <p>Hinweis: Dies ist eine im Lösungsweg und in der damit erzielten Realitätsnähe der Lösung offene Aufgabe, welche die Kreativität der Prüflinge fordert. Honorieren Sie dies.</p> <p><b>Beispiel für eine einfache Näherung</b></p> <p>Modellbildung: Die Zeit für den Durchlauf A→B der Kugel auf der geneigten Ebene unter der gegebenen Bedingung ist näherungsweise gleich der Zeit für den freien Fall aus einer Höhe von 2,00 m.</p> <p>Auf ihrem angenommenen Fallweg von 2,00 m würde die Kugel dann wie im Foto 13-mal abgebildet werden (13 Lichtblitze). Zwischen 13 Lichtblitzen vergehen 12 Zeitintervalle, die dann 0,64 s / 12 also 0,053 s lang sind. Der Kehrwert dieser Periodendauer ist mit 19 Hz eine akzeptable Näherung für die Taktfrequenz des Blitzgerätes.</p> <p>Bei einem Lösungsansatz mit geringerer Beschleunigung oder längerem Weg ergeben sich eine Vergrößerung der Zeitintervalle und damit eine Verringerung der Taktfrequenz.</p> $s = \frac{g}{2} t^2 \rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \text{ m}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 0,64 \text{ s}$	2

A3.2	<b>Schülerexperiment zu gekoppelten Fadenpendeln</b>	15 BE																																																								
1	Erläuterung der Vorgehensweise beim Experimentieren Gemessen: Pendellänge $\ell = 0,73\text{cm}$ Interpretation des Messergebnisses, Entscheidung ob Gleichung Verwendung finden kann	 <p> <math>\text{mean}(1.734, 1.759, 1.733, 1.801, 1.759)</math>  <math>\text{solve}(1.75 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{1}{9.81}}, 1)</math> </p>																																																								
2.1	Aufnahme der Messwerte, grafische Darstellung, Interpretation der Ergebnisse	 <table border="1" data-bbox="287 526 638 694"> <thead> <tr> <th>DATA</th> <th>k</th> <th>l</th> <th>c1</th> <th>c2</th> <th>c3</th> <th>c4</th> <th>c5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>25</td><td>58.12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>30</td><td>38.65</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>35</td><td>34.45</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>40</td><td>25.62</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>45</td><td>22.60</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>50</td><td>17.23</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	DATA	k	l	c1	c2	c3	c4	c5	1	25	58.12						2	30	38.65						3	35	34.45						4	40	25.62						5	45	22.60						6	50	17.23					
DATA	k	l	c1	c2	c3	c4	c5																																																			
1	25	58.12																																																								
2	30	38.65																																																								
3	35	34.45																																																								
4	40	25.62																																																								
5	45	22.60																																																								
6	50	17.23																																																								
2.2	Es handelt sich um eine erzwungene Schwingung, bei der periodisch die Gesamtenergie zwischen den beiden Pendeln ausgetauscht wird. Aufgrund von Reibungsvorgängen nimmt der Betrag der Gesamtenergie des Systems mit der Zeit ab. Das Pendel 1 wird beim Auslenken angehoben und besitzt somit potentielle Energie. Zunächst schwingt nur dieses Pendel. Dabei wird periodisch potenzielle in kinetische und diese wiederum in potentielle Energie umgewandelt. Der Kopplungsfaden überträgt vom Erregerpendel 1 Energie (Kraftschluss durch lose Kopplung) auf das Pendel 2. Dieses beginnt mit gleicher Frequenz, aber nacheilend phasenverschoben, mit allmählich zunehmender Amplitude zu schwingen, während die Amplitude des Pendels 1 in gleicher Weise abnimmt. Wenn das Pendel 1 zum Stillstand gekommen ist, wird das mit maximaler Amplitude schwingende Pendel 2 zum Erreger. Der Vorgang läuft umgekehrt ab.	3																																																								

B1	<b>Kernfusion</b> (Wahlaufgabe, alternativ B2)	15 BE
1.1	Freigesetzte Energie $\Delta m = 0,00349 \text{ u} \rightarrow E = \Delta m \cdot c^2 = 3,26 \text{ MeV}$ Anzahl der Fusionen $P \cdot t = n \cdot E \rightarrow n = 3,84 \cdot 10^{23}$ Masse des Heliums $m_{ges} = n \cdot m_{He} = 1,92 \text{ g}$	6
1.2.1 1.2.2	Die zwischen zwei Protonen wirkenden Kräfte resultieren aus der abstoßenden und weitreichenden COULOMBKraft sowie aus der anziehenden, aber sehr kurzreichenden Kraft der starken Wechselwirkung. Bei einem gewissen Abstand besitzt die resultierende abstoßende Kraft ein Maximum. Bei weiterer Annäherung sinkt die resultierende abstoßende Kraft rasch, die Anziehung überwiegt schließlich. $E_{kin} = E_{pot}$ $\frac{3}{2} \cdot k \cdot T = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r} \rightarrow T = 2,78 \cdot 10^9 \text{ K}$	5
2	Skizze (vgl. übliches Lehrbuch, Flussdichtevektoren senkrecht zur Bahnebene, Bahnrichtung entgegen der des Elektrons beachtet) Werden Protonen in magnetisches Feld senkrecht zur Feldrichtung eingeschossen, bewirkt die LORENTZkraft eine Kreisbahn. Der Radius vergrößert sich, wenn die Geschwindigkeit der Protonen steigt bzw. wenn sich magnetische Flussdichte verringert.	4

B2	Neutronen (Wahlaufgabe, alternativ B1)	15 BE
1.1	${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{55}^{137}\text{Cs} + {}_{37}^{96}\text{Rb} + 3{}_0^1\text{n}$	1
1.2	$200 \text{ MeV} = 200 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ $20 \text{ MW} = 20 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{s}} \rightarrow \frac{20 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{s}}}{200 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}} = 6,25 \cdot 10^{17} \frac{1}{\text{s}}$	3
2.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorgänge sind mit denen in einem Energie-Reaktor vergleichbar</li> <li>• Neutronen elektrisch neutral, Masse <math>u</math></li> <li>• elastische Stöße nur mit Atomkernen geringfügig größerer Masse</li> <li>• Energieübertragung <math>\rightarrow</math> Abbremsen</li> <li>• <i>Einfangen vermeiden, um Sekundärreaktionen zu vermeiden und den Neutronenfluss nicht zu schwächen</i></li> </ul>	3
2.2	$\lambda = \frac{h}{m \cdot v} \text{ und } v = \sqrt{\frac{2E}{m}}$ $\lambda = \frac{h}{m \cdot \sqrt{\frac{2E}{m}}}$ $\lambda^2 = \frac{h^2}{m^2 \cdot \frac{2E}{m}}$ $E = \frac{h^2}{m \cdot 2 \cdot \lambda^2} = 13,1 \cdot 10^{-21} \text{ J} = \frac{13,1 \cdot 10^{-21} \text{ eV}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 82 \text{ meV}$ <p>Zuordnung laut Tabelle bestätigen</p>	4
3	(Erläuterung gemäß Unterricht bzw. verwendetem Lehrbuch)	4