

1. Fachspezifische Matrix

Gegenstand der Prüfung	Kompetenz	Gewicht in %	Bewertung/Punkte	Gewicht in Punkten
Felder	Wissen und Verständnis	± 37 %	Bewertungsschema für diese Aufgabe	± 11
	Anwendung	± 37 %		± 11
	Analyse und Beurteilung	± 16 %		± 5
	Schriftliche Kommunikation	± 10 %		± 3
		100 %		30
Wellen	Wissen und Verständnis	± 37 %	Bewertungsschema für diese Aufgabe	± 11
	Anwendung	± 37 %		± 11
	Analyse und Beurteilung	± 16 %		± 5
	Schriftliche Kommunikation	± 10 %		± 3
		100 %		30
Atomphysik	Wissen und Verständnis	± 35 %	Bewertungsschema für diese Aufgabe	± 7
	Anwendung	± 35 %		± 7
	Analyse und Beurteilung	± 20 %		± 4
	Schriftliche Kommunikation	± 10 %		± 2
		100 %		20
Kernphysik	Wissen und Verständnis	± 35 %	Bewertungsschema für diese Aufgabe	± 7
	Anwendung	± 35 %		± 7
	Analyse und Beurteilung	± 20 %		± 4
	Schriftliche Kommunikation	± 10 %		± 2
		100 %		20
Gesamte Prüfung				100

In jeder Aufgabe ist für jede Kompetenz eine Abweichung von bis zu 5% zulässig, solange die jeweilige Gesamtpunktzahl (30 bzw. 20 Punkte) beachtet wird.

2. Matrix dieser Prüfung

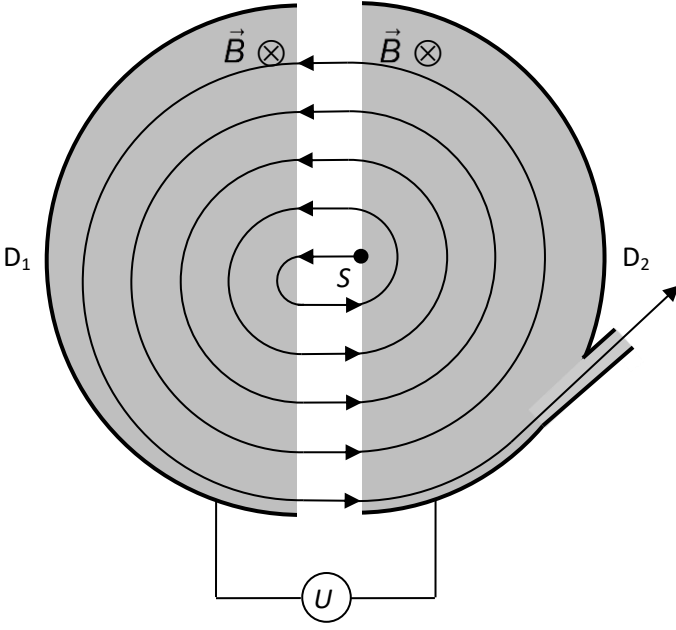
Gegenstand der Prüfung	Kompetenz	Gewicht in %	Bewertung/Punkte	Gewicht in Punkten
Felder	Wissen und Verständnis	35,0 %	Bewertungsschema für diese Aufgabe	10,5
	Anwendung	38,3 %		11,5
	Analyse und Beurteilung	18,3 %		5,5
	Schriftliche Kommunikation	8,3 %		2,5
		100 %		30
Wellen	Wissen und Verständnis	40,0 %	Bewertungsschema für diese Aufgabe	12,0
	Anwendung	33,3 %		10,0
	Analyse und Beurteilung	16,7 %		5,0
	Schriftliche Kommunikation	10,0 %		3,0
		100 %		30
Atomphysik	Wissen und Verständnis	32,5 %	Bewertungsschema für diese Aufgabe	6,5
	Anwendung	37,5 %		7,5
	Analyse und Beurteilung	20,0 %		4,0
	Schriftliche Kommunikation	10,0 %		2,0
		100 %		20
Kernphysik	Wissen und Verständnis	35,0 %	Bewertungsschema für diese Aufgabe	7,0
	Anwendung	35,0 %		7,0
	Analyse und Beurteilung	17,5 %		3,5
	Schriftliche Kommunikation	12,5 %		2,5
		100 %		20
Gesamte Prüfung				100

In jeder Aufgabe ist für jede Kompetenz eine Abweichung von bis zu 5% zulässig, solange die jeweilige Gesamtpunktzahl (30 bzw. 20 Punkte) beachtet wird.

3. Beispiel für schriftliches Abitur

Aufgabe 1																																						
Teil A	Seite 1/4	Punkte																																				
<p>TRAPPIST-1 ist ein ultrakalter roter Zwergstern, der geringfügig größer als der Planet Jupiter ist, aber eine viel größere Masse hat. Am 22. Februar 2018 gaben Astronomen bekannt, dass das Planetensystem dieses Sterns aus sieben Planeten besteht.</p> <p>In dieser Frage gehen wir davon aus, dass sich alle Planeten auf einer kreisförmigen Umlaufbahn bewegen.</p>																																						
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="padding: 5px;">Das Planetensystem vom TRAPPIST-1</th> </tr> <tr> <th style="padding: 5px;">Planet</th> <th style="padding: 5px;">Masse (Erdmassen)</th> <th style="padding: 5px;">Bahnradius (10^6 km)</th> <th style="padding: 5px;">Umlaufdauer (Erdtage)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="padding: 5px;">b</td><td style="padding: 5px;">1,02</td><td style="padding: 5px;">1,73</td><td style="padding: 5px;">1,51</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">c</td><td style="padding: 5px;">1,16</td><td style="padding: 5px;">2,37</td><td style="padding: 5px;">2,42</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">d</td><td style="padding: 5px;">0,30</td><td style="padding: 5px;">3,33</td><td style="padding: 5px;">4,05</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">e</td><td style="padding: 5px;">0,77</td><td style="padding: 5px;">4,38</td><td style="padding: 5px;">6,10</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">f</td><td style="padding: 5px;">0,93</td><td style="padding: 5px;">5,76</td><td style="padding: 5px;">9,21</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">g</td><td style="padding: 5px;">1,14</td><td style="padding: 5px;">7,01</td><td style="padding: 5px;">12,35</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">h</td><td style="padding: 5px;">0,33</td><td style="padding: 5px;">9,27</td><td style="padding: 5px;">18,77</td></tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small; margin-top: 5px;"><i>Quelle: Englisch Wikipedia, 18. Jan. 2019</i></p>			Das Planetensystem vom TRAPPIST-1				Planet	Masse (Erdmassen)	Bahnradius (10^6 km)	Umlaufdauer (Erdtage)	b	1,02	1,73	1,51	c	1,16	2,37	2,42	d	0,30	3,33	4,05	e	0,77	4,38	6,10	f	0,93	5,76	9,21	g	1,14	7,01	12,35	h	0,33	9,27	18,77
Das Planetensystem vom TRAPPIST-1																																						
Planet	Masse (Erdmassen)	Bahnradius (10^6 km)	Umlaufdauer (Erdtage)																																			
b	1,02	1,73	1,51																																			
c	1,16	2,37	2,42																																			
d	0,30	3,33	4,05																																			
e	0,77	4,38	6,10																																			
f	0,93	5,76	9,21																																			
g	1,14	7,01	12,35																																			
h	0,33	9,27	18,77																																			
<p>a) Das dritte Keplersche Gesetz besagt, dass für Planetenbahnen $\frac{T^2}{r^3}$ konstant ist. Dabei ist T die Umlaufdauer und r der Radius der Umlaufbahn.</p> <p>Überprüfen Sie das dritte Keplersche Gesetz, indem Sie die Daten von 2 Planeten aus obiger Tabelle verwenden.</p>	3 Punkte																																					
<p>b) Zeigen Sie, dass die Bahngeschwindigkeit von Planet „e“ $v_e = 5,22 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}$ beträgt.</p>	3 Punkte																																					
<p>c) Für je zwei beliebige Planeten, die einen Stern in den Entfernungen r_1 bzw. r_2 umkreisen, gibt folgende Gleichung das Verhältnis ihrer Bahngeschwindigkeiten v_1 bzw. v_2 an:</p> $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{r_2}{r_1}}$ <p>Leiten Sie diese Gleichung her.</p>	3 Punkte																																					
<p>d) Einer der Planeten von TRAPPIST-1 hat die Bahngeschwindigkeit $4,13 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}$.</p> <p>Welcher Planet ist das?</p>	3 Punkte																																					

3. Beispiel für schriftliches Abitur

Aufgabe 1		
Teil B	Seite 3/4	Punkte
<p>Ein Zyklotron ist ein Teilchenbeschleuniger. Es besteht aus zwei hohlen Halbzylindern D1 und D2, die Duant oder auch Dee genannt werden und durch einen schmalen Spalt getrennt sind (siehe unten stehende Figur).</p> <p>In einem Experiment werden Protonen mit vernachlässigbarer Anfangsgeschwindigkeit von der Quelle S emittiert.</p> <p>Im Spalt zwischen den Duanten werden die Protonen durch eine Potentialdifferenz U beschleunigt. Die Potentialdifferenz ändert ihr Vorzeichen nach jedem Durchgang des Protons durch den Spalt. Der Betrag dieser Potentialdifferenz beträgt in dem Moment, in dem das Proton den Spalt durchquert, $U = 1,00 \cdot 10^4$ V.</p> <p>Im Inneren der Duanten herrscht ein homogenes und parallel zu den Achsen dieser Halbzylinder gerichtetes Magnetfeld \vec{B} mit $B = 1,00$ T.</p> <p>Die aufeinanderfolgenden Bahnen der Protonen in jedem Duanten sind kreisförmig. Der Radius wird nach jedem Durchgang durch den Spalt größer.</p>		
		

3. Beispiel für schriftliches Abitur

Aufgabe 1		
Teil B	Seite 4/4	Punkte
<p>a) Ein Proton kommt mit der Geschwindigkeit v in einen Duanten.</p> <p style="margin-left: 20px;">i. Zeigen Sie, dass der Radius R seiner Bahn durch</p> $R = \frac{m_p v}{e B}$ <p style="margin-left: 20px;">gegeben ist.</p> <p style="margin-left: 20px;">ii. Zeigen Sie durch Herleiten einer Gleichung für die Zeit Δt, die in einem Duanten verbracht wird, dass diese Zeit nicht von der Geschwindigkeit abhängt.</p>		<p>3 Punkte</p> <p>2 Punkte</p>
<p>b)</p> <p style="margin-left: 20px;">i. Zeigen Sie, dass die Zunahme der kinetischen Energie eines Protons bei jedem Durchgang durch den Spalt $1,00 \cdot 10^4$ eV beträgt.</p> <p style="margin-left: 20px;">ii. Berechnen Sie den Radius R_1 der ersten Kreisbahn.</p>		<p>2 Punkte</p> <p>3 Punkte</p>
<p>c) Ein vom Zyklotron beschleunigtes Proton hat seine größte Energie beim Verlassen des Duanten nach seinem letzten Umlauf. Der Radius der Bahn beim Verlassen des Zyklotrons beträgt $R_{\max} = 0,289$ m.</p> <p style="margin-left: 20px;">i. Zeigen Sie, dass die maximale kinetische Energie eines Protons $E_{\max} = 4,00$ MeV beträgt.</p> <p style="margin-left: 20px;">ii. Berechnen Sie die Anzahl der Umläufe des Protons, die für das Erreichen der maximalen kinetischen Energie nötig sind.</p>		<p>3 Punkte</p> <p>1 Punkt</p>

Teil B	
<u>Gegeben:</u>	
Elementarladung	$e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ C
Masse des Protons	$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg

3. Beispiel für schriftliches Abitur

Aufgabe 2		
Teil A	Seite 1/3	Punkte
<p>Die Länge von Orgelpfeifen variiert zwischen mehreren Metern und ein paar Zentimetern. Manche Pfeifen sind an beiden Enden offen („offene Pfeife“), andere sind an einem Ende offen und am anderen Ende geschlossen („geschlossene Pfeife“).</p> <p>Das menschliche Ohr kann Töne mit Frequenzen zwischen 20 Hz und 16 000 Hz hören.</p>		
a)	<p>i. Skizzieren Sie für beide Arten von Pfeifen ein Diagramm der Grundschiwingung und des ersten Obertones und markieren Sie die Position der Knoten.</p>	4 Punkte
	<p>ii. Berechnen Sie für beide Pfeifenarten die Länge, die eine Grundschiwingung von 20 Hz erzeugt.</p>	3 Punkte
	<p>iii. Von zwei Pfeifen gleicher Länge ist die eine „offen“, die andere „geschlossen“. Berechnen Sie das Verhältnis der Frequenzen ihres jeweiligen ersten Obertons.</p>	2 Punkte
b)	<p>Wenn man von einer Note der Frequenz 440 Hz eine Oktave nach unten bzw. oben geht, halbiert bzw. verdoppelt sich die Frequenz.</p>	
	<p>i. Berechnen Sie die Frequenz einer Note, die vier Oktaven unter 440 Hz liegt und entscheiden Sie, ob das menschliche Ohr diese Note noch hören kann.</p>	2 Punkte
	<p>ii. Die Frequenz der höchsten Note, die mehrere Oktaven über 440 Hz liegt und noch hörbar ist, beträgt 14080 Hz.</p>	
	<p>1. Berechnen Sie, wie viele Oktaven sie über 440 Hz liegt.</p>	1 Punkt
	<p>2. Die kürzeste Pfeife einer Orgel ist 6,14 mm lang.</p> <p>Entscheiden Sie durch Rechnung, ob es sich um eine „offene Pfeife“ oder um eine „geschlossene Pfeife“ handelt, wenn ihre Grundfrequenz 14080 Hz beträgt.</p>	3 Punkte

Teil A
<p><u>Gegeben:</u></p> <p>Schallgeschwindigkeit in Luft: $v_{\text{Schall}} = 346 \text{ m s}^{-1}$</p>

3. Beispiel für schriftliches Abitur

Aufgabe 2		
Teil B	Seite 3/3	Punkte
<p>c) Die Schüler verwenden einen anderen Laser und ersetzen den Doppelspalt durch ein Beugungsgitter mit 4000 Linien pro Zentimeter. Der Abstand $L = 4,00$ m bleibt unverändert. Das erste Maximum auf dem Schirm befindet sich in einer Entfernung von 0,871 m vom zentralen Maximum. Die Gleichung für das Beugungsgitter ist</p> $k \cdot \lambda = d \cdot \sin(\theta_k).$ <p>i. Erklären Sie, was in dieser Gleichung d und θ_k bedeuten.</p> <p>ii. Zeigen Sie, dass die Wellenlänge des Lasers 532 nm beträgt.</p>		<p>1 Punkt</p> <p>4 Punkte</p>

Teil B	
<u>Gegeben:</u>	
Wellenlänge von grünem Licht	$500 \text{ nm} \leq \lambda \leq 560 \text{ nm}$
Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

3. Beispiel für schriftliches Abitur

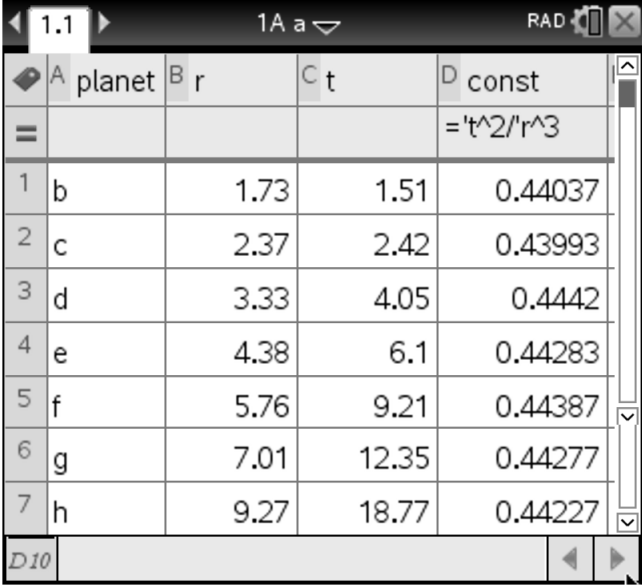
Aufgabe 3														
	Seite 1/1	Punkte												
<p>a) Die unten stehende Gleichung ist Einsteins Gleichung zur Beschreibung des Photoeffekts, bei dem eine Photozelle mit Licht der Frequenz f beleuchtet wird:</p> $hf = W_0 + E_{\text{kin}}$ <p>i. Erklären Sie die Bedeutung der drei Ausdrücke hf, W_0 und E_{kin}.</p> <p>ii. Die Photozelle wird mit monochromatischem Licht der Wellenlänge 486 nm beleuchtet. Die Photokathode ist mit einer dünnen Cäsiumschicht mit der Austrittsarbeit 2,08 eV beschichtet und hat eine Oberfläche von 100 mm². Die Intensität des auf die Kathode fallenden Lichtes beträgt 0,100 W m⁻².</p> <p>1. Zeigen Sie, dass die Energie eines einzelnen Photons dieses Lichtes $4,09 \cdot 10^{-19}$ J beträgt.</p> <p>2. Berechnen Sie die maximale kinetische Energie eines Photoelektrons.</p> <p>3. Zeigen Sie, dass die Anzahl der auf die Oberfläche der Photokathode auftreffenden Photonen $2,44 \cdot 10^{13}$ pro Sekunde beträgt.</p> <p>4. Berechnen Sie den maximalen Photostrom unter der Annahme, dass 4% der Photonen eine Photoemission auslösen.</p>	<p>3 Punkte</p> <p>3 Punkte</p> <p>2 Punkte</p> <p>4 Punkte</p> <p>4 Punkte</p>													
<p>b) Die Wellenlängen des Spektrums des Wasserstoffatoms können in Serien wie der Balmerreihe gruppiert werden. Die Photonen der Balmerreihe werden ausgesendet, wenn Elektronen von Zuständen mit Quantenzahlen $n \geq 3$ nach $n = 2$ übergehen. Die unten stehende Tabelle zeigt die Werte der ersten fünf Energieniveaus E_n des Wasserstoffatoms.</p> <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="padding: 5px;">Quantenzahl n</td> <td style="padding: 5px;">1</td> <td style="padding: 5px;">2</td> <td style="padding: 5px;">3</td> <td style="padding: 5px;">4</td> <td style="padding: 5px;">5</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">E_n / eV</td> <td style="padding: 5px;">-13,6</td> <td style="padding: 5px;">-3,40</td> <td style="padding: 5px;">-1,51</td> <td style="padding: 5px;">-0,85</td> <td style="padding: 5px;">-0,54</td> </tr> </table> <p>Einer der Übergänge der Balmerreihe erzeugt die Emission eines Photons der Wellenlänge 486 nm. Zwischen welchen Energieniveaus findet dieser Übergang statt?</p>	Quantenzahl n	1	2	3	4	5	E_n / eV	-13,6	-3,40	-1,51	-0,85	-0,54	<p>4 Punkte</p>	
Quantenzahl n	1	2	3	4	5									
E_n / eV	-13,6	-3,40	-1,51	-0,85	-0,54									
<p><u>Gegeben:</u></p> <p>Planck-Konstante $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J s</p> <p>Lichtgeschwindigkeit im Vakuum $c = 3,00 \cdot 10^8$ m s⁻¹</p> <p>Elementarladung $e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ C</p>														

3. Beispiel für schriftliches Abitur

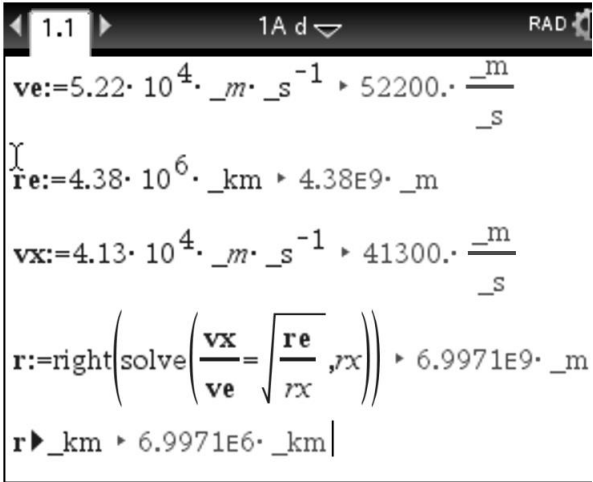
Aufgabe 4		
	Seite 2/2	Punkte
<p>b) Eine der möglichen Zerfallsreaktionen von Uran in einem Kernreaktor ist</p> ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{56}^{141}\text{Ba} + {}_{36}^{92}\text{Kr} + 3 {}_0^1\text{n}$ <p>i. Erklären Sie, wie eine Kettenreaktion entsteht und welche Rolle der Moderator in einem Kernreaktor spielt.</p> <p>ii. Berechnen Sie die Energie, die bei dieser Reaktion freigesetzt wird.</p>		<p>4 Punkte</p> <p>4 Punkte</p>
<p>c) In einem Kernkraftwerk, das Uran-235 verwendet, findet eine Anzahl unterschiedlicher Zerfallsreaktionen statt. Die durchschnittlich bei einem Zerfall freiwerdende Energie beträgt 210 MeV.</p> <p>Berechnen Sie die pro Stunde beim Betrieb eines Kernkraftwerkes mit einer Leistung von 2,00 GW zerfallende Masse von Uran-235, wenn der Wirkungsgrad 33% beträgt.</p>		<p>4 Punkte</p>

<u>Gegeben:</u>	
atomare Masseinheit	$1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV} / c^2 = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Elementarladung	$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Masse des Neutrons	$m_n = 1,008\,665 \text{ u}$
Atommasse von ${}_{36}^{92}\text{Kr}$	91,926 156 u
Atommasse von ${}_{56}^{141}\text{Ba}$	140,914 411 u
Atommasse von ${}_{92}^{235}\text{U}$	235,043 930 u

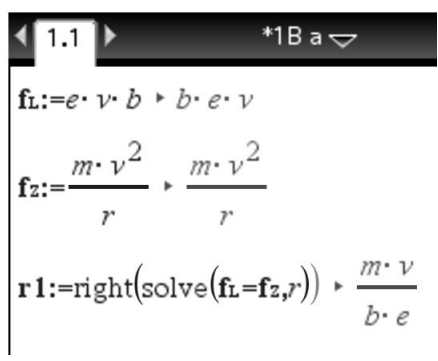
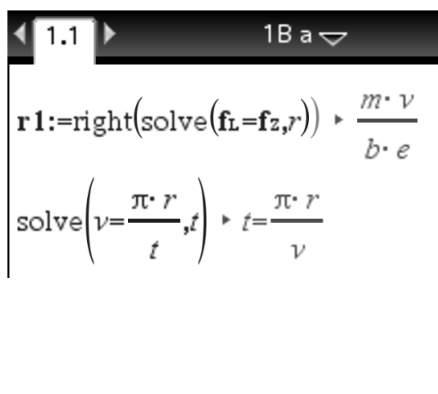
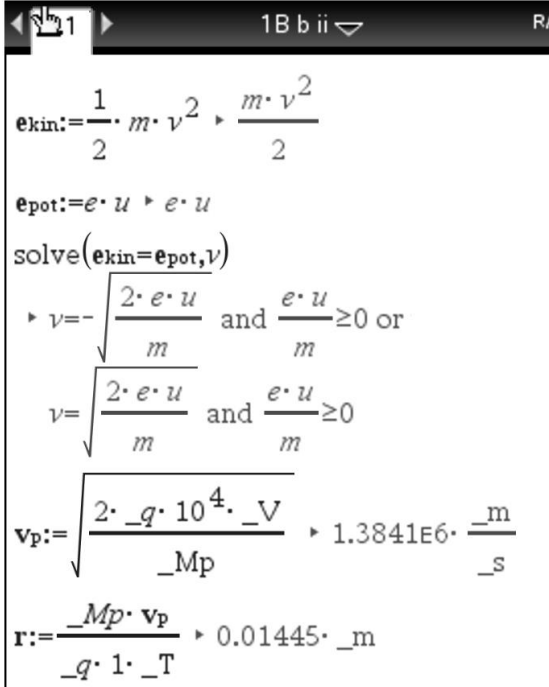
4. Bewertungsschema und 5. Lösungsvorschläge

Lösung zu Aufgabe 1, Teil A				Felder				
A: Wissen und Verständnis; B: Anwendung; C: Analyse und Beurteilung; W: Schriftliche Kommunikation				A	B	C	W	Σ
a)				2				3
Das 3. Keplersche Gesetz liefert (fast) den gleichen Wert für alle Planeten. (Wie in der Aufgabenstellung gesagt genügt es, zwei Planeten zu vergleichen.)							1	
b)	$v_e = \frac{s}{t} = \frac{2\pi r_e}{T_e}$ $= \frac{2\pi \cdot 4,38 \cdot 10^9 \text{ m}}{6,10 \text{ d} \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{d}} \cdot 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} = 52,2 \text{ km s}^{-1}$			2	1			3
c)	<p>Drittes Keplersches Gesetz:</p> $\frac{T_1^2}{r_1^3} = \frac{T_2^2}{r_2^3} = \text{const}; \quad v_i = \frac{s}{t} = \frac{2\pi r_i}{T_i} \Rightarrow v_i = \frac{2\pi r_i}{\sqrt{\text{const} \cdot r_i^3}} = \frac{2\pi}{\sqrt{\text{const} \cdot r_i}}$ $\frac{v_1}{v_2} = \frac{\frac{2\pi}{\sqrt{\text{const} \cdot r_1}}}{\frac{2\pi}{\sqrt{\text{const} \cdot r_2}}} = \frac{\sqrt{r_2}}{\sqrt{r_1}} = \sqrt{\frac{r_2}{r_1}}$				1			3
<p>Alternativer Lösungsweg:</p> $F_G = F_Z \Leftrightarrow G \frac{M m}{r^2} = \frac{m v^2}{r} \Rightarrow \frac{G M}{r_1} = v_1^2 \text{ bzw. } \frac{G M}{r_2} = v_2^2$ $G M = v_1^2 \cdot r_1 = v_2^2 \cdot r_2 \Rightarrow \frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{r_2}{r_1} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{r_2}{r_1}}$					2			

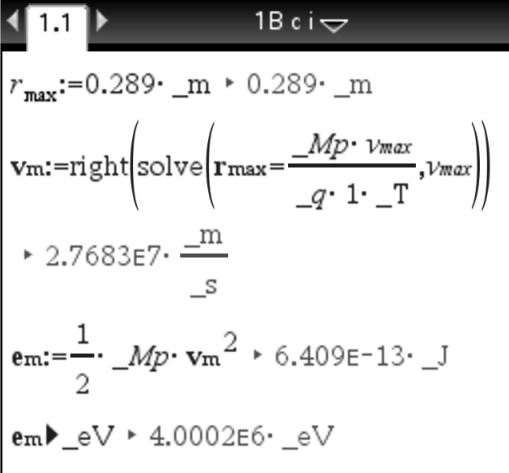
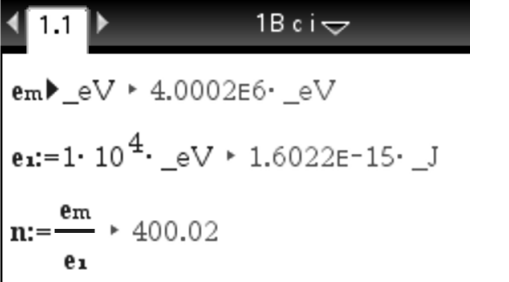
4. Bewertungsschema und 5. Lösungsvorschläge

Lösung zu Aufgabe 1, Teil A		Felder				
d)	<p>Man verwendet die Gleichung aus c) und vergleicht mit Planet „e“, dessen Umlaufgeschwindigkeit gegeben ist:</p> $\frac{v_e}{v_x} = \sqrt{\frac{r_x}{r_e}} \Rightarrow r_x = r_e \cdot \left(\frac{v_e}{v_x}\right)^2$ $= 4,38 \cdot 10^6 \text{ km} \cdot \left(\frac{5,22 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}}{4,13 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}}\right)^2$ $= 7,00 \cdot 10^6 \text{ km}$ <p>Es ist Planet g.</p>		1	0,5	3	
	 <pre> 1.1 1A d RAD ve:=5.22·10^4·_m·_s^-1 ▶ 52200·_m/_s re:=4.38·10^6·_km ▶ 4.38E9·_m vx:=4.13·10^4·_m·_s^-1 ▶ 41300·_m/_s r:=right(solve(vx=ve*sqrt(re/rx),rx)) ▶ 6.9971E9·_m r▶_km ▶ 6.9971E6·_km </pre>		1	0,5		
e) i.	$F_G = F_Z \Rightarrow G \frac{m M}{r^2} = \frac{m v^2}{r} \Rightarrow v^2 = \frac{G M}{r}$ $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \frac{G m M}{r}$ $E_{\text{tot}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}} = -G \frac{m M}{r} + \frac{G m M}{2 r} = -G \frac{m M}{2 r}$		1		3	
			2			
ii.	$E_{\text{tot}} = -G \frac{m M}{2}$ $E_{\text{tot}} = -6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2} \cdot \frac{0,77 \cdot 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 1,77 \cdot 10^{29} \text{ kg}}{2 \cdot 4,38 \cdot 10^9 \text{ m}}$ $E_{\text{tot}} = -6,20 \cdot 10^{33} \text{ J}$		1		1	
		4	7	3	2	16

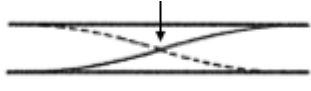
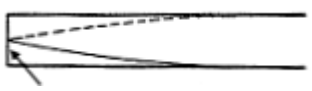


4. Bewertungsschema und 5. Lösungsvorschläge

Lösung zu Aufgabe 1, Teil B			Felder				
A: Wissen und Verständnis; B: Anwendung; C: Analyse und Beurteilung; W: Schriftliche Kommunikation			A	B	C	W	Σ
a)	i.	<p>Lorentzkraft und Zentrifugalkraft heben einander auf:</p> $F_L = F_Z$ $\Rightarrow e v B = \frac{m_p v^2}{R}$ $\Rightarrow R = \frac{m_p v}{e B}$			1,5		3
	ii.	<p>Die in der Zeit Δt zurückgelegte Strecke ist die Hälfte eines Kreisumfangs mit Radius R:</p> $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\pi R}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\pi R}{v}$ <p>Einsetzen der Gleichung für R aus i. ergibt</p> $\Delta t = \frac{\pi m_p}{e B}$ <p>Diese Gleichung erhält die Geschwindigkeit v nicht mehr.</p>			2		2
b)	i.	<p>Die potentielle Energie einer Ladung e in einem elektrischen Feld der Potentialdifferenz U ist $E_{\text{pot}} = e U$. Bei jedem Durchgang wird die potentielle Energie in kinetische Energie umgewandelt. Somit ist</p> $\Delta E = e \cdot 1,00 \cdot 10^4 \text{ V} = 1,00 \cdot 10^4 \text{ eV}$	1,5			0,5	2
	ii.	$E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}} \Rightarrow \frac{1}{2} m_p v^2 = e U$ $\Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 e U}{m_p}}$ <p>Einsetzen dieser Gleichung in diejenige aus a) i. ergibt</p> $R_1 = \frac{m_p v_1}{e B} = \sqrt{\frac{m_p^2}{e^2 B^2} \cdot \frac{2 e U_{\text{max}}}{m_p}}$ $= \sqrt{\frac{2 m_p U_{\text{max}}}{e B^2}}$ $= \sqrt{\frac{2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 1 \cdot 10^4 \text{ V}}{1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1 \text{ T}}}$ $= 0,0144 \text{ m} = 1,44 \text{ cm}$			1		3
						2	

4. Bewertungsschema und 5. Lösungsvorschläge

Lösung zu Aufgabe 1, Teil B			Felder									
c)	i.	<p>Aus der Gleichung in a) i. folgt für die maximale Geschwindigkeit</p> $v_{\max} = \frac{e B R_{\max}}{m_p}, \text{ und mit}$ $E_{\text{kin, max}} = \frac{1}{2} m v_{\max}^2 \text{ erhält man}$ $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m_p \left(\frac{e B R_{\max}}{m_p} \right)^2 = \frac{e^2 B^2 R_{\max}^2}{2 m_p}$ $= e \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot (1\text{T} \cdot 0,289\text{m})^2}{2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}$ $= 4,00 \cdot 10^6 \text{ eV} = 4,00\text{MeV}$						2				3
	ii.	<p>Teilen der maximalen kinetischen Energie aus c) i. durch die bei einem einzelnen Durchgang erhaltene Energie (siehe b) i.) ergibt die Anzahl der Durchgänge</p> $n_{\text{Spalt}} = \frac{4 \cdot 10^6 \text{ eV}}{1 \cdot 10^4 \text{ eV}} = 400.$ <p>Folglich beträgt die Anzahl der Umläufe 200.</p>						1		1		1
			6,5	4,5	2,5	0,5	14					

4. Bewertungsschema und 5. Lösungsvorschläge

Lösung zu Aufgabe 2, Teil A				Wellen					
A: Wissen und Verständnis; B: Anwendung; C: Analyse und Beurteilung; W: Schriftliche Kommunikation				A	B	C	W	Σ	
a)	i.		beide Enden offen	ein Ende geschlossen				4	
		Grundschiwingung			1				
	1. Oberton			1					
(Die Pfeile geben die Stellen der Knoten an.)									
	ii.	<p>Die Wellenlänge eines Tones von 20 Hz ist</p> $c = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} = \frac{346 \text{ m s}^{-1}}{20 \text{ s}^{-1}} = 17,3 \text{ m}$ <p>Die Länge einer offenen Pfeife ist halb so groß wie die Wellenlänge der Grundschiwingung: $L_{\text{offen}} = 8,65 \text{ m}$.</p> <p>Die Länge einer geschlossenen Pfeife beträgt ein Viertel der Wellenlänge der Grundschiwingung: $L_{\text{geschlossen}} = 4,325 \text{ m}$.</p>				2			3
	iii.	<p>Aus den Skizzen in a) i. erkennt man das Verhältnis der Wellenlängen:</p> $\frac{\lambda_{\text{offen}}}{\lambda_{\text{geschlossen}}} = \frac{L}{\frac{4}{3}L} = \frac{3}{4}$ <p>Wegen $f \sim \frac{1}{\lambda}$ folgt für die Frequenzen $\frac{f_{\text{offen}}}{f_{\text{geschlossen}}} = \frac{4}{3}$.</p>					2		2
	<p>Alternativer Lösungsweg:</p> <p>Wenn die Skizzen zu a) i. nicht angefertigt wurden, kann das Verhältnis auch mithilfe folgender Formeln ermittelt werden:</p> $\lambda_{\text{offen}, n} = \frac{2L}{n} \text{ und } \lambda_{\text{geschlossen}, n} = \frac{4L}{2n-1} \text{ mit } n = 1, 2, 3, \dots$ <p>Für $n = 2$ erhält man $\frac{\lambda_{\text{offen}}}{\lambda_{\text{geschlossen}}} = \frac{2L}{2} / \frac{4L}{3} = \frac{2L}{2} \cdot \frac{3}{4L} = \frac{3}{4} \Rightarrow \frac{f_{\text{offen}}}{f_{\text{geschlossen}}} = \frac{4}{3}$.</p>								

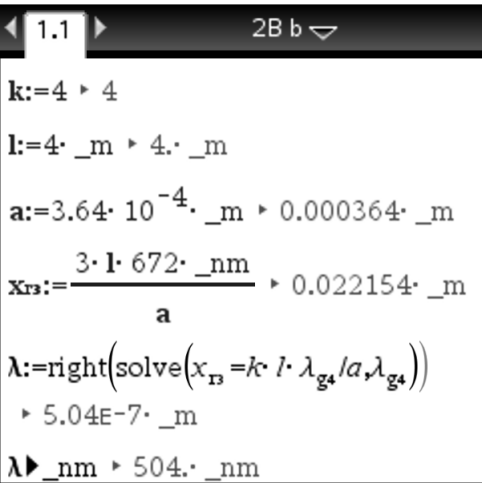
4. Bewertungsschema und 5. Lösungsvorschläge

Lösung zu Aufgabe 2, Teil A			Wellen					
b)	i.	Die Frequenz der Note muss viermal durch 2 geteilt werden: $\frac{440\text{Hz}}{2^4} = 27,5\text{Hz} > 20\text{Hz}$. Das menschliche Ohr kann diese Note hören.	2				2	
	ii.	1.	Wenn man 440 Hz wiederholt mit 2 multipliziert, erhält man 14080 Hz nach 5 Multiplikationen.	1				1
		2.	Die Wellenlänge des Tons mit 14080 Hz beträgt $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{346\text{m s}^{-1}}{14080\text{s}^{-1}} = 0,02457\text{m} = 24,57\text{mm}$. Das ist das 4-fache der Länge der Pfeife, die somit geschlossen ist.		2	1		3
			8	4	3	0	15	

4. Bewertungsschema und 5. Lösungsvorschläge

Lösung zu Aufgabe 2, Teil B						
A: Wissen und Verständnis; B: Anwendung; C: Analyse und Beurteilung; W: Schriftliche Kommunikation		A	B	C	W	Σ
a) i.		1				4
	<p>Der Unterschied der Entfernungen von den beiden Spalten zu der Stelle auf dem Schirm, an dem die von den beiden Spalten kommenden Wellen zusammentreffen, muss ein Vielfaches der Wellenlänge sein, damit konstruktive Interferenz auftritt.</p> $\frac{k \lambda}{a} = \sin \alpha \approx \tan \alpha = \frac{x_k}{L} \stackrel{\text{näherungsweise}}{\Rightarrow} \frac{k \lambda}{a} = \frac{x_k}{L} \Rightarrow x_k = k \frac{L \lambda}{a}$		0,5		0,5	
	Die folgenden Näherungen werden verwendet:					
	Die Entfernung zwischen dem Doppelspalt und dem Schirm ist sehr groß gegenüber dem Spaltabstand. Daher können die Lichtstrahlen von den beiden Spalten zum gemeinsamen Auftreffpunkt als parallel angenommen werden.	0,5			0,5	
Für kleine Winkel zwischen den Wegen zum Hauptmaximum und zum Maximum der Ordnung k wird die Kleinwinkelnäherung $\sin \alpha \approx \tan \alpha$ verwendet.	0,5			0,5		
ii.	$x_k = k \frac{L \lambda}{a}$ $\Rightarrow a = \frac{k L \lambda}{x_k}$ $= \frac{3 \cdot 4 \text{ m} \cdot 546 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{0,036 \text{ m} / 2}$ $= 3,64 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 0,364 \text{ mm}$		1			2

4. Bewertungsschema und 5. Lösungsvorschläge

Lösung zu Aufgabe 2, Teil B						
b)	<p>Da $\lambda_{\text{grün}} < \lambda_{\text{rot}}$ ist, genügt es, grüne Maxima ab Ordnung 4 zu untersuchen.</p> <p>Mit der Gleichung aus a) i. erhält man für das 3. rote Maximum.</p> $x_{\text{rot-4}} = \frac{3 \cdot 4 \text{ m} \cdot 672 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{3,64 \cdot 10^{-4} \text{ m}} = 0,02215 \text{ m}.$ <p>Da sich das grüne Maximum ebenfalls bei $x_{\text{rot-3}}$ befinden muss, beträgt die Wellenlänge, die ihr 4. Maximum dort hat,</p> $\lambda_{\text{grün-4}} = \frac{x_k \cdot a}{k \cdot L} = \frac{x_{\text{rot-3}} \cdot a}{k \cdot L}$ $= \frac{0,02215 \text{ m} \cdot 3,64 \cdot 10^{-4} \text{ m}}{4 \cdot 4 \text{ m}}$ $= 5,04 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 504 \text{ nm}$	0,5				4
		0,5	1,5	1		0,5
	Diese liegt im Bereich des grünen Lichtes, so dass das 3. rote Maximum mit dem 4. grünen überlappt.					
c)	i.	d ist die Gitterkonstante (Abstand zwischen benachbarten Linien), θ_k der Winkel zwischen den Lichtstrahlen zum zentralen Maximum und dem Maximum 1. Ordnung.			0,5	1
	ii.	Die Wellenlänge des Laserlichtes beträgt	2			4
	$\tan \theta_1 = \frac{x_1}{L} \Rightarrow \theta_1 = \tan^{-1} \frac{x_1}{L} = \tan^{-1} \frac{0,871 \text{ m}}{4,00 \text{ m}}$ $\lambda = \frac{d \sin \theta}{k} = \frac{0,01 \text{ m}}{4000} \cdot \sin \left(\tan^{-1} \frac{0,871 \text{ m}}{4,00 \text{ m}} \right) = 5,32 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 532 \text{ nm}$	1		1		
		4	6	2	3	15

4. Bewertungsschema und 5. Lösungsvorschläge

Lösung zu Aufgabe 3			Quantenphysik					
A: Wissen und Verständnis; B: Anwendung; C: Analyse und Beurteilung; W: Schriftliche Kommunikation			A	B	C	W	Σ	
a)	i.	<p>hf: Energie eines Photons, das auf die Photokathode trifft;</p> <p>W_0: Ablösearbeit, d. h. die mindestens zur Freisetzung eines Elektrons aus der Oberfläche der Photokathode erforderliche Energie;</p> <p>E_{kin}: die kinetische Energie des freigesetzten Elektrons.</p>	1,5			1,5	3	
	ii.	1.	$E_{\text{photon}} = hf$ $= 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \cdot 6,17 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$ $= 4,09 \times 10^{-19} \text{ J } (= 2,56 \text{ eV})$ $c = \lambda f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3,00 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}}{486 \cdot 10^{-9} \text{ m}}$ $= 6,17 \times 10^{14} \text{ Hz}$	3				3
		2.	<p>Die Energie des Photons wird zunächst verwendet, um ein Elektron auszulösen. Die übrig bleibende Energie erhält das Elektron in Form von kinetischer Energie:</p> $E_{\text{kin}} = E_{\text{photon}} - W_0$ $= 4,09 \cdot 10^{-19} \text{ J} - 2,08 \text{ eV}$ $= 4,09 \cdot 10^{-19} \text{ J} - 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 2,08 \text{ V}$ $= 7,6 \cdot 10^{-20} \text{ J } (= 0,48 \text{ eV})$	1	1			2
		3.	$P = n E_{\text{photon}} \Rightarrow n = \frac{P}{E_{\text{photon}}}$ $= \frac{0,1 \frac{\text{J}}{\text{s m}^2} \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}{4,09 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 2,44 \cdot 10^{13} \text{ s}^{-1}$	1		2		4
4.	<p>Nur 4% der auftreffenden Photonen lösen ein Elektron aus:</p> $n' = \frac{4}{100} \cdot 2,44 \cdot 10^{13} \text{ s}^{-1} = 9,76 \cdot 10^{11} \text{ s}^{-1}$ <p>Der Strom beträgt</p> $I = \frac{Q}{t} = e n' = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 9,78 \cdot 10^{11} \text{ s}^{-1}$ $= 1,56 \cdot 10^{-7} \text{ A} = 156 \text{ nA}$	1	2			4		

4. Bewertungsschema und 5. Lösungsvorschläge

Lösung zu Aufgabe 3		Quantenphysik				
b)	In a) ii. 2. ist die Energie eines Photons mit $E_{\text{photon}} = 4,09 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \frac{4,09 \cdot 10^{-19}}{1,60 \cdot 10^{-19}} \text{ eV} \approx 2,56 \text{ eV}$ angegeben. $E_2 + 2,56 \text{ eV} = -3,40 \text{ eV} + 2,56 \text{ eV} = -0,84 \text{ eV} = E_4,$ d. h. der Übergang findet von Niveau 4 nach Niveau 2 statt.					4
			2			
			1,5		0,5	
		6,5	7,5	4	2	20

4. Bewertungsschema und 5. Lösungsvorschläge

Lösung zu Aufgabe 4		Kernphysik				
A: Wissen und Verständnis; B: Anwendung; C: Analyse und Beurteilung; W: Schriftliche Kommunikation		A	B	C	W	Σ
a)	i.	Die Atome der verschiedenen Isotope eines Elements besitzen die gleiche Anzahl an Protonen (d. h. die gleiche Ordnungszahl), aber eine unterschiedliche Anzahl an Neutronen (d. h. unterschiedliche Massenzahl).				1
	ii.	${}^{99}_{43}\text{Tc}$ hat 43 Protonen und $99 - 43 = 56$ Neutronen.				0,5
	iii.	${}^{99}_{43}\text{Tc} \rightarrow {}^{99}_{44}\text{Ru} + e^{-} + \bar{\nu} = {}^{99}_{44}\text{Ru} + \beta^{-} + \bar{\nu}$ Es handelt sich um β^{-} -Zerfall. (Das Antineutrino muss nicht angegeben werden.)				1
	iv.	Die Halbwertszeit eines radioaktiven Isotops ist die Zeit, in der die Anzahl der radioaktiven Kerne auf die Hälfte gefallen ist.				0,5
	v.	Der Graph beginnt bei einer Aktivität von 4000 Bq und ist nach etwa 12 h auf 1000 Bq gefallen. Somit beträgt die Halbwertszeit 6 h.				0,5
	vi.	$\frac{1}{2} N_0 = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}} \Rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}} \Rightarrow \ln \frac{1}{2} = -\lambda T_{1/2} \Rightarrow -\ln 2 = -\lambda T_{1/2} \Rightarrow T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$				2
b)	i.	Die beim Zerfall freigesetzten Neutronen können weitere Spaltungen anderer Urankerne auslösen, wobei wiederum jeweils mehrere Neutronen freigesetzt werden, usw.				1
		Die bei dieser Reaktion freigesetzten Neutronen haben eine hohe kinetische Energie (bzw. eine hohe Geschwindigkeit). Die Spaltung wird aber nur durch langsame (sogenannte thermische) Neutronen ausgelöst. Daher müssen sie abgebremst werden, was durch den Moderator (Stöße mit den Atomen des Moderators) geschieht.				1,5
	ii.	Da die Anzahl der Elektronen auf beiden Seiten der Reaktionsgleichung die gleiche ist, genügt es, die Atommassen zu verwenden. $\Delta m = m({}^{235}_{92}\text{U}) - m({}^{141}_{56}\text{Ba}) - m({}^{92}_{36}\text{Kr}) - 2m_n$ $\Delta m = 235,043930 - 140,914411 - 91,926156 - 2 \times 1,008665$ $\Delta m = 0,186033$ $E = 0,186033 \text{ u} = 0,186033 \cdot 931,5 \frac{\text{MeV}}{c^2} = 173,3 \text{ MeV}$				2
						1
						1
						4

4. Bewertungsschema und 5. Lösungsvorschläge

Lösung zu Aufgabe 4			Kernphysik				
c)	<p>Die pro Stunde benötigte Leistung ist</p> $P = 2 \text{ GW} = 2 \frac{\text{GJ}}{\text{s}} = 2 \cdot 3600 \frac{\text{GJ}}{\text{h}}$ $= 7,2 \cdot 10^{12} \frac{\text{J}}{\text{h}}$ <p>Ein Zerfall liefert die Energie</p> $E = 210 \text{ MeV} = 210 \cdot 10^6 \text{ eV} \times 1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}}$ $= 3,36 \cdot 10^{-11} \text{ J}$ <p>Die Anzahl der benötigten Reaktionen unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades ist</p> $n = \frac{P}{E \cdot 0,33} = \frac{7,2 \cdot 10^{12} \frac{\text{J}}{\text{h}}}{3,36 \cdot 10^{-11} \cdot 0,33}$ $= 6,49 \cdot 10^{23} \text{ h}^{-1}$ <p>Die für eine Reaktion benötigte Masse beträgt</p> $m_1 = 235 \text{ u} = 235 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ $= 3,90 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$ <p>Die gesamte in einer Stunde benötigte Masse beträgt</p> $m = m_1 \cdot n = 3,9 \cdot 10^{-25} \cdot 6,49 \cdot 10^{23} \text{ h}^{-1}$ $= 0,253 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$	<pre> 1.1 4 c e1:=210· 10^6· _eV ▶ 3.3646E-11· _J etot:=2· 10^9· _W ▶ 2.E9· _W n:= etot / (e1· 0.33) ▶ 1.8013E20· _Hz m:=n· 235· _amu ▶ 0.00007· _kg m▶ _kg· _hr^-1 ▶ 0.25305· _kg/_hr </pre>	1	1	1	4	
			7	7	3,5	2,5	20

