|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 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.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 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.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Aufgabe 1** | | | |
| **Teil A** | | **Seite 1/4** | **Punkte** |
|  | 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.  In dieser Frage gehen wir davon aus, dass sich alle Planeten auf einer kreisförmigen Umlaufbahn bewegen.   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | Das Planetensystem vom TRAPPIST-1 | | | | | Planet | Masse (Erdmassen) | Bahnradius (106 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 | | *Quelle: Englisches Wikipedia, 18. Jan. 2019* | | | | | |  |
| a) | Das dritte Keplersche Gesetz besagt, dass für Planetenbahnen konstant ist. Dabei ist *T* die Umlaufdauer und *r* der Radius der Umlaufbahn. | |  |
|  | Überprüfen Sie das dritte Keplersche Gesetz, indem Sie die Daten von 2 Planeten aus obiger Tabelle verwenden. | | 3 Punkte |
| b) | Zeigen Sie, dass die Bahngeschwindigkeit von Planet „e“  beträgt. | | 3 Punkte |
| 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: | |  |
|  | Leiten Sie diese Gleichung her. | | 3 Punkte |
| d) | Einer der Planeten von TRAPPIST‑1 hat die Bahngeschwindigkeit . | |  |
|  | Welcher Planet ist das? | | 3 Punkte |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Aufgabe 1** | | | |
| **Teil A** | | **Seite 2/4** | **Punkte** |
| e) | **i.** Zeigen Sie, dass die mechanische Gesamtenergie eines Planeten auf der Bahn um einen Stern durch    gegeben ist. Dabei ist *m* die Masse des Planeten, *M* die Masse des Sterns und *r* die Entfernung zwischen Planet und Stern. | | 3 Punkte |
|  | **ii.** Die Masse von TRAPPIST-1 beträgt . | |  |
|  | Berechnen Sie die mechanische Gesamtenergie von Planet „e”. | | 1 Punkt |
|  | | | | |
| **Teil 1** | | | | |
| |  |  | | --- | --- | | **Gegeben:** |  | | Masse der Erde |  | | universelle Gravitationskonstante |  | | | | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Aufgabe 1** | | | |
| **Teil B** | | **Seite 3/4** | **Punkte** |
|  | 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).  In einem Experiment werden Protonen mit vernachlässigbarer Anfangsgeschwindigkeit von der Quelle *S* emittiert.  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* = 1,00·104 V.  Im Inneren der Duanten herrscht ein homogenes und parallel zu den Achsen dieser Halbzylinder gerichtetes Magnetfeld  mit *B* = 1,00 T.  Die aufeinanderfolgenden Bahnen der Protonen in jedem Duanten sind kreisförmig. Der Radius wird nach jedem Durchgang durch den Spalt größer. | |  |
|  | *U*  D1  D2  ⊗  ⊗  *S* | |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Aufgabe 1** | | | |
| **Teil B** | | **Seite 4/4** | **Punkte** |
| **a)** | Ein Proton kommt mit der Geschwindigkeit *v* in einen Duanten. | |  |
|  | **i.** Zeigen Sie, dass der Radius *R* seiner Bahn durch    gegeben ist. | | 3 Punkte |
|  | **ii.** Zeigen Sie durch Herleiten einer Gleichung für die Zeit Δ*t*, die in einem Duanten verbracht wird, dass diese Zeit nicht von der Geschwindigkeit abhängt. | | 2 Punkte |
| **b)** | **i.** Zeigen Sie, dass die Zunahme der kinetischen Energie eines Protons bei jedem Durchgang durch den Spalt beträgt. | | 2 Punkte |
|  | **ii.** Berechnen Sie den Radius *R*1 der ersten Kreisbahn. | | 3 Punkte |
| **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. | |  |
|  | **i.** Zeigen Sie, dass die maximale kinetische Energie eines Protons  beträgt. | | 3 Punkte |
|  | **ii.** Berechnen Sie die Anzahl der Umläufe des Protons, die für das Erreichen der maximalen kinetischen Energie nötig sind. | | 1 Punkt |
|  | | | | |
| **Teil B** | | | | |
| |  |  | | --- | --- | | **Gegeben:** |  | | Elementarladung |  | | Masse des Protons |  | | | | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Aufgabe 2** | | | |
| **Teil A** | | **Seite 1/3** | **Punkte** |
|  | 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“).  Das menschliche Ohr kann Töne mit Frequenzen zwischen 20 Hz und 16 000 Hz hören. | |  |
| **a)** | **i.** Skizzieren Sie für beide Arten von Pfeifen ein Diagramm der Grundschwingung und des ersten Obertones und markieren Sie die Position der Knoten. | | 4 Punkte |
|  | **ii.** Berechnen Sie für beide Pfeifenarten die Länge, die eine Grundschwingung von 20 Hz erzeugt. | | 3 Punkte |
|  | **iii.** Von zwei Pfeifen gleicher Länge ist die eine „offen“, die andere „geschlossen“. Berechnen Sie das Verhältnis der Frequenzen ihres jeweiligen ersten Obertons. | | 2 Punkte |
| **b)** | Wenn man von einer Note der Frequenz 440 Hz eine Oktave nach unten bzw. oben geht, halbiert bzw. verdoppelt sich die Frequenz. | |  |
|  | **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. | | 2 Punkte |
|  | **ii.** Die Frequenz der höchsten Note, die mehrere Oktaven über 440 Hz liegt und noch hörbar ist, beträgt 14080 Hz. | |  |
|  | 1. Berechnen Sie, wie viele Oktaven sie über 440 Hz liegt. | | 1 Punkt |
|  | 2. Die kürzeste Pfeife einer Orgel ist 6,14 mm lang.  Entscheiden Sie durch Rechnung, ob es sich um eine „offene Pfeife“ oder um eine „geschlossene Pfeife“ handelt, wenn ihre Grundfrequenz 14080 Hz beträgt. | | 3 Punkte |
|  | | | |
| **Teil A** | | | |
| |  |  | | --- | --- | | **Gegeben**: | | | Schallgeschwindigkeit in Luft: |  | | | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Aufgabe 2** | | | |
| **Teil B** | | **Seite 2/3** | **Punkte** |
| **a)** | Schüler führen das Doppelspaltexperiment (Experiment von Young) mit Laserlicht der Wellenlänge *λ* durch. Das Licht trifft auf einen Doppelspalt mit Spaltabstand *a*. Auf einem Schirm, der sich in der Entfernung *L* vom Doppelspalt befindet, erscheint ein Interferenzmuster. Der Schirm ist parallel zum Doppelspalt angeordnet. | |  |
|  | **i.** Zeigen Sie, dass die Position der Maxima auf dem Schirm durch  mit  gegeben ist.  Geben Sie die verwendeten Näherungen an. | | 4 Punkte |
|  | **ii.** Es ist bekannt, dass der Abstand der beiden Maxima 3. Ordnung auf dem Schirm 3,60 cm, *L* = 4,00 m und *λ* = 546 nm betragen. Berechnen Sie den Spaltabstand *a* (siehe unten stehende Figur). | | 2 Punkte |
|  | 3,60cm  *a*  Laserstrahl  *x*  *x3*  *x*0 | |  |
| **b)** | Die Schüler ersetzen den Laser durch eine Lichtquelle, die rotes Licht (*λ*1 = 672 nm) und grünes Licht (*λ*2) aussendet und verwenden dabei einen Doppelspalt mit .  Auf dem Schirm überlappen Interferenzmuster. Ein grünes Maximum liegt über dem roten Maximum 3. Ordnung. | |  |
|  | Bestimmen Sie die Wellenlänge *λ*2 des grünen Lichtes und die Ordnung des grünen Maximums, das über dem roten Maximum liegt. | | 4 Punkte |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Aufgabe 2** | | | |
| **Teil B** | | **Seite 3/3** | **Punkte** |
| **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  . | |  |
|  | **i.** Erklären Sie, was in dieser Gleichung *d* und *θ*k bedeuten. | | 1 Punkt |
|  | **ii.** Zeigen Sie, dass die Wellenlänge des Lasers 532 nm beträgt. | | 4 Punkte |
|  | | | |
| **Teil B** | | | |
| |  |  | | --- | --- | | **Gegeben**: | | | Wellenlänge von grünem Licht |  | | Lichtgeschwindigkeit im Vakuum |  | | | | |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Aufgabe 3** | | | | |
|  | | | **Seite 1/1** | **Punkte** |
| **a)** | Die unten stehende Gleichung ist Einsteins Gleichung zur Beschreibung des Photoeffekts, bei dem eine Photozelle mit Licht der Frequenz *f* beleuchtet wird: | | |  |
|  | **i.** Erklären Sie die Bedeutung der drei Ausdrücke *h f*, *W*0 und *E*kin. | | | 3 Punkte |
|  | **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 . | | |  |
|  | **1.** Zeigen Sie, dass die Energie einen einzelnen Photons dieses Lichtes  beträgt. | | | 3 Punkte |
|  | **2.** Berechnen Sie die maximale kinetische Energie eines Photoelektrons. | | | 2 Punkte |
|  | **3.** Zeigen Sie, dass die Anzahl der auf die Oberfläche der Photokathode auftreffenden Photonen  pro Sekunde beträgt. | | | 4 Punkte |
|  | **4.** Berechnen Sie den maximalen Photostrom unter der Annahme, dass 4% der Photonen eine Photoemission auslösen. | | | 4 Punkte |
| **b)** | Die Wellenlängen des Spektrums des Wasserstoffatoms können in Serien wie der Balmerserie gruppiert werden.  Die Photonen der Balmerserie werden ausgesendet, wenn Elektronen von Zuständen mit Quantenzahlen *n* ≥ 3 nach *n* = 2 übergehen. Die unten stehende Tabelle zeigt die Werte der ersten fünf Energieniveaus *En* des Wasserstoffatoms.   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Quantenzahl *n* | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | *En* / eV | −13,6 | −3,40 | −1,51 | − 0,85 | − 0,54 | | | |  |
|  | Einer der Übergänge der Balmerserie erzeugt die Emission eines Photons der Wellenlänge 486 nm.  Zwischen welchen Energieniveaus findet dieser Übergang statt? | | | 4 Punkte |
|  |  | | |  |
|  | |  |  | | --- | --- | | **Gegeben:** |  | | Planck-Konstante |  | | Lichtgeschwindigkeit im Vakuum |  | | Elementarladung |  | | | |  |
| **Aufgabe 4** | | | | |
|  | | **Seite 1/2** | | **Punkte** |
| **a)** | Eines der Isotope des Elements Technetium ist . | | |  |
|  | **i.** Was versteht man unter dem Ausdruck „Isotop“? | | | 1 Punkt |
|  | **ii.** Woraus setzt sich der Kern dieses Isotops zusammen? | | | 1 Punkt |
|  | **iii.**  zerfällt nach .  Geben Sie die Zerfallsgleichung von nach  sowie die Art des Zerfalls an. | | | 2 Punkte |
|  | Technetium-99m ist ein metastabiles Isotop, dass unter Emission von Gammastrahlung nach zerfällt. Technetium-99m wird häufig in der Nuklearmedizin verwendet. In unten stehendem Graphen sieht man die Aktivität einer Probe Technetium-99m: | | |  |
|  | **iv.** Erklären Sie, was man unter der „Halbwertzeit“ *T*1/2 eines Radioisotops versteht. | | | 1 Punkt |
|  | **v.** Schätzen Sie mithilfe des Graphen die Halbwertzeit von Technetium‑99m ab. | | | 1 Punkt |
|  | **vi.** Zeigen Sie, dass  gilt, wobei *λ* die Zerfallskonstante ist. | | | 2 Punkte |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Aufgabe 4** | | | |
|  | | **Seite 2/2** | **Punkte** |
| **b)** | Eine der möglichen Zerfallsreaktionen von Uran in einem Kernreaktor ist | |  |
|  | **i.** Erklären Sie, wie eine Kettenreaktion entsteht und welche Rolle der Moderator in einem Kernreaktor spielt. | | 4 Punkte |
|  | **ii.** Berechnen Sie die Energie, die bei dieser Reaktion freigesetzt wird. | | 4 Punkte |
| **c)** | In einem Kernkraftwerk, das Uran‑235 verwendet, findet eine Anzahl unterschiedlicher Zerfallsreaktionen statt. Die durchschnittlich bei einem Zerfall freiwerdende Energie beträgt 210 MeV. | |  |
|  | 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. | | 4 Punkte |
|  |  | |  |
| |  |  | | --- | --- | | **Gegeben:** |  | | atomare Masseeinheit |  | | Lichtgeschwindigkeit im Vakuum |  | | Elementarladung |  | | Masse des Neutrons |  | | Atommasse von | 91,926 156 u | | Atommasse von | 140,914 411 u | | Atommasse von | 235,043 930 u | | | | |

| **Lösung zu Aufgabe 1, Teil A** | | | | **Felder** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A: Wissen und Verständnis; B: Anwendung; C: Analyse und Beurteilung; W: Schriftliche Kommunikation | | | | **A** | **B** | **C** | **W** | **** |
| **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)** |  |  | | 2 | 1 |  |  | **3** |
| **c)** |  | Drittes Keplersches Gesetz: | |  | 1 | 2 |  | **3** |
|  |  | **Alternativer Lösungsweg:** | |  |  |  |  |  |
| **d)** |  | Man verwendet die Gleichung aus c) und vergleicht mit Planet „e”, dessen Umlaufgeschwindigkeit gegeben ist: | |  | 1 |  | 0,5 | **3** |
|  |  | Es ist Planet g. |  |  | 1 |  | 0,5 |  |
| **e)** | **i.** |  | |  | 2 | 1 |  | **3** |
|  | **ii.** |  | |  | 1 |  |  | **1** |
|  | | | | 4 | 7 | 3 | 2 | **16** |

| **Lösung zu Aufgabe 1, Teil B** | | | | | | **Felder** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A: Wissen und Verständnis; B: Anwendung; C: Analyse und Beurteilung; W: Schriftliche Kommunikation | | | | | | **A** | **B** | **C** | **W** | **** |
| **a)** | **i.** | Lorentzkraft und Zentrifugalkraft heben einander auf: | | |  |  | 1,5 | 1,5 |  | **3** |
|  | **ii.** | Die in der Zeit Δ*t*  zurückgelegte Strecke ist die Hälfte eines Kreisumfangs mit Radius *R*:    Einsetzen der Gleichung für *R* aus i. ergibt .  Diese Gleichung erhält die Geschwindig­keit *v* nicht mehr. | | |  | 2 |  |  |  | **2** |
| **b)** | **i.** | Die potentielle Energie einer Ladung *e* in einem elektrischen Feld der Potentialdifferenz *U* ist . Bei jedem Durchgang wird die potentielle Energie in kinetische Energie umgewandelt. Somit ist . | | | | 1,5 |  |  | 0,5 | **2** |
|  | **ii.** | Einsetzen dieser Gleichung in diejenige aus a) i. ergibt |  | | | 2 | 1 |  |  | **3** |
| **c)** | **i.** | Aus der Gleichung in a) i. folgt für die maximale Geschwindigkeit , und mit  erhält man | |  | | 1 | 2 |  |  | **3** |
|  | **ii.** | Teilen der maximalen kinetischen Energie aus c) i. durch die bei einem einzelnen Durchgang erhaltene Energie (siehe b) i.) ergibt die Anzahl der Durchgänge .  Folglich beträgt die Anzahl der Umläufe 200. | |  | |  |  | 1 |  | **1** |
|  | | | | | | 6,5 | 4,5 | 2,5 | 0,5 | **14** |

| **Lösung zu Aufgabe 2, Teil A** | | | | | | **Wellen** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A: Wissen und Verständnis; B: Anwendung; C: Analyse und Beurteilung; W: Schriftliche Kommunikation | | | | | | **A** | **B** | **C** | **W** | **** |
| **a)** | **i.** |  | | beide Enden offen | ein Ende geschlossen |  |  |  |  | **4** |
|  |  | Grundschwingung | |  |  | 1  1 |  |  |  |  |
|  |  | 1. Oberton | |  |  | 1  1 |  |  |  |  |
|  |  | (Die Pfeile geben die Stellen der Knoten an.) | | | |  |  |  |  |  |
|  | **ii.** | Die Wellenlänge eines Tones von 20 Hz is  Die Länge einer offenen Pfeife ist halb so groß wie die Wellenlänge der Grundschwingung: *L*offen = 8,65 m.  Die Länge einer geschlossenen Pfeife beträgt ein Viertel der Wellenlänge der Grundschwingung: *L*geschlossen = 4,325 m. | | | | 0,5  0,5 | 2 |  |  | **3** |
|  | **iii.** | Aus den Skizzen in a) i. erkennt man das Verhältnis der Wellenlängen: .  Wegen  folgt für die Frequenzen . | | | |  |  | 2 |  | **2** |
|  |  | **Alternativer Lösungsweg:**  Wenn die Skizzen zu a) i. nicht angefertigt wurden, kann das Verhältnis auch mithilfe folgender Formeln ermittelt werden:  und  mit *n* = 1, 2, 3, ... Für *n* = 2 erhält man. | | | |  |  |  |  |  |
| **b)** | **i.** | Die Frequenz der Note muss viermal durch 2 geteilt werden:. 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  .  Das ist das 4-fache der Länge der Pfeife, die somit geschlossen ist. | | |  | 2 | 1 |  | **3** |
|  | | | | | | 8 | 4 | 3 | 0 | **15** |

| **Lösung zu Aufgabe 2, Teil B** | | | | |  | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A: Wissen und Verständnis; B: Anwendung; C: Analyse und Beurteilung; W: Schriftliche Kommunikation | | | | | **A** | **B** | **C** | **W** | **** |
| **a)** | **i.** | *L*  *xk*  *α*  *k* *λ*  *α*  *a*  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. | | | 1 | 0,5 |  | 0,5 | **4** |
|  |  | 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 *α* ≈ tan *α* verwendet. | | | 0,5 |  |  | 0,5 |  |
|  | **ii.** |  |  | | 1 | 1 |  |  | **2** |
| **b)** |  | Da *λ*grün < *λ*rot ist, genügt es, grüne Maxima ab Ordnung 4 zu untersuchen. | | | 0,5 |  |  |  | **4** |
|  |  | Mit der Gleichung aus a) i. erhält man für das 3. rote Maximum.  .  Da sich das grüne Maximum ebenfalls bei xrot-3 befinden muss, beträgt die Wellenlänge, die ihr 4. Maximum dort hat, | |  | 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), *θk* der Winkel zwischen den Lichtstrahlen zum zentralen Maximum und dem Maximum  1. Ordnung. | | |  |  |  | 0,5  0,5 | **1** |
|  | **ii.** | Die Wellenlänge des Laserlichtes beträgt | | |  | 2  1 | 1 |  | **4** |
|  | | | | | 4 | 6 | 2 | 3 | **15** |

| **Lösung zu Aufgabe 3** | | | | | | **Quantenphysik** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A: Wissen und Verständnis; B: Anwendung; C: Analyse und Beurteilung; W: Schriftliche Kommunikation | | | | | | **A** | **B** | **C** | **W** | **** |
| **a)** | **i.** | *h f*: Energie eines Photons, das auf die Photokathode trifft;  *W*0: Ablösearbeit, d. h. die mindestens zur Freisetzung eines Elektrons aus der Oberfläche der Photokathode erforderliche Energie;  *E*kin: die kinetische Energie des freigesetzten Elektrons. | | | | 1,5 |  |  | 1,5 | **3** |
|  | **ii.** | **1.** |  |  | | 3 |  |  |  | **3** |
|  |  | **2.** | Die Energie des Photons wird zunächst verwendet, um ein Elektron auszulösen. Die übrig bleibende Energie erhält das Elektron in Form von kinetischer Energie: | |  | 1 | 1 |  |  | **2** |
|  |  | **3.** |  | |  | 1 | 1 | 2 |  | **4** |
|  |  | **4.** | Nur 4% der auftreffenden Photonen lösen ein Elektron aus:    Der Strom beträgt | |  |  | 2 | 2 |  | **4** |
| **b)** |  | In a) ii. 2. ist die Energie eines Photons mit angegeben.  ,  d. h. der Übergang findet von Niveau 4 nach Niveau 2 statt. | | | |  | 2  1,5 |  | 0,5 | **4** |
|  | | | | | | 6,5 | 7,5 | 4 | 2 | **20** |

| **Lösung zu Aufgabe 4** | | | | **Kernphysik** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A: Wissen und Verständnis; B: Anwendung; C: Analyse und Beurteilung; W: Schriftliche Kommunikation | | | | **A** | **B** | **C** | **W** | **** |
| **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 |  |  |  | **1** |
|  | **ii.** | hat 43 Protonen und 99 - 43 = 56 Neutronen. | | 0,5 |  |  | 0,5 | **1** |
|  | **iii.** | Es handelt sich um ß--Zerfall. (Das Antineutrino muss nicht angegeben werden.) | | 1 | 1 |  |  | **2** |
|  | **iv.** | Die Halbwertzeit eines radioaktiven Isotops ist die Zeit, in der die Anzahl der radioaktiven Kerne auf die Hälfte gefallen ist. | | 0,5 |  |  | 0,5 | **1** |
|  | **v.** | Der Graph beginnt bei einer Aktivität von 4000 Bq und ist nach etwa 12 h auf 1000 Bq gefallen. Somit beträgt die Halbwertzeit 6 h. | |  | 0,5 |  | 0,5 | **1** |
|  | **vi.** |  | |  | 2 |  |  | **2** |
| **b)** | **i.** | Die beim Zerfall freigesetzten Neutronen können weitere Spaltungen anderer Urankerne auslösen, wobei wiederum jeweils mehrere Neutronen freigesetzt werden, usw. | | 1 |  |  | 0,5 | **4** |
|  |  | 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 | 0,5 | 0,5 |  |
|  | **ii.** | Da die Anzahl der Elektronen auf beiden Seiten der Reaktionsgleichung die gleiche ist, genügt es, die Atommassen zu verwenden. | | 1  1 | 2 |  |  | **4** |
| **c)** |  | Die pro Stunde benötigte Leistung ist  .  Ein Zerfall liefert die Energie  Die Anzahl der benötigten Reaktionen unter Berücksichtigung des Wirkungs­grades ist    Die für eine Reaktion benötigte Masse beträgt    Die gesamte in einer Stunde benötigte Masse beträgt |  | 1 |  | 1  1  1 |  | **4** |
|  | | | | 7 | 7 | 3,5 | 2,5 | **20** |

