

# Abiturprüfung 2013

## PHYSIK

**Arbeitszeit: 180 Minuten**

Der Fachausschuss wählt

**eine** Aufgabe aus der Aufgabengruppe Ph 11  
und eine aus der Aufgabengruppe Ph 12

**oder**

**eine** Aufgabe aus der Aufgabengruppe Ph 11  
und eine aus der Aufgabengruppe Ph 12-Astrophysik

zur Bearbeitung aus.

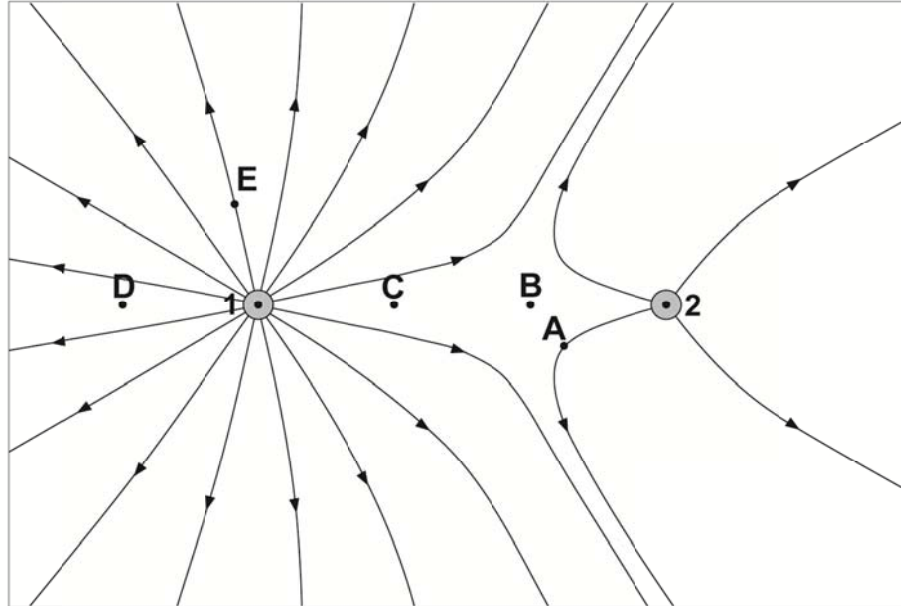
**Die Angabe ist vom Prüfling mit dem  
Namen zu versehen und mit abzugeben.**

**Name:** \_\_\_\_\_

## Ph 11 – 1

### 1. Das elektrische Feld zweier geladener Kugeln

Die Abbildung zeigt das elektrische Feldlinienbild zweier geladener Kugeln. Die Kugel 1 trägt die Ladung  $Q_1$ , die Kugel 2 die Ladung  $Q_2$ .



- 3 a) Geben Sie begründet die Vorzeichen der Ladungen  $Q_1$  und  $Q_2$  an und führen Sie ein qualitatives Argument dafür an, dass  $|Q_2| < |Q_1|$  gilt.
- In jedem beliebigen Punkt des elektrischen Feldes ist die Feldstärke  $\vec{E}_{\text{ges}}$  die Vektorsumme der in diesem Punkt von Kugel 1 und Kugel 2 erzeugten Feldstärken  $\vec{E}_1$  und  $\vec{E}_2$ .
- 5 b) Zeichnen Sie in obiger Abbildung im Punkt A sowohl einen Vektor  $\vec{E}_{\text{ges}}$  ein (dessen Länge frei wählbar ist) als auch seine Zerlegung in die Vektoren  $\vec{E}_1$  und  $\vec{E}_2$ .
- Die Punkte B, C und D liegen auf der Geraden durch die Kugelmittelpunkte.
- 5 c) Im Punkt B, der doppelt so weit von der Kugel 1 entfernt ist wie von der Kugel 2, ist der Betrag der Feldstärke  $\vec{E}_{\text{ges}}$  null. Folgern Sie hieraus, dass für die Ladungen der beiden Kugeln  $Q_1 = 4 \cdot Q_2$  gilt.
- 4 d) Die Punkte C und D haben den gleichen Abstand zur Kugel 1. Erklären Sie, in welchem der beiden Punkte der Betrag der Feldstärke  $\vec{E}_{\text{ges}}$  größer ist.
- 3 e) Zeichnen Sie in der obigen Abbildung die durch den Punkt E verlaufende geschlossene Äquipotentiallinie ein.
- 4 f) Ausgehend von obiger Anordnung wird der Abstand beider Kugeln verringert, wobei die Ladungen der Kugeln unverändert bleiben. Begründen Sie, ob und gegebenenfalls wie sich dabei der Energieinhalt des elektrischen Feldes ändert.

BE

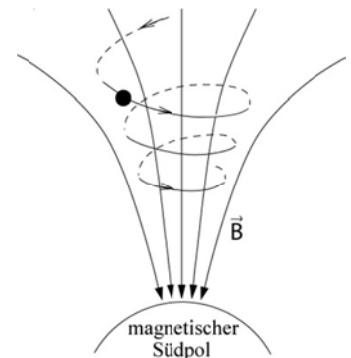
## 2. Solare und kosmische Protonen

Von der Sonne geht ein Teilchenstrom aus, der unter anderem Protonen enthält. Gehen Sie für diese solaren Protonen von einer Geschwindigkeit von 400 km/s aus. Aus tieferen Regionen des Alls erreichen uns noch wesentlich energiereichere kosmische Protonen, für deren Geschwindigkeit im Folgenden 99 % der Lichtgeschwindigkeit angenommen wird.

- 8 a) Berechnen Sie jeweils die Beschleunigungsspannung, die in einem Laborexperiment erforderlich wäre, um ein zunächst ruhendes Proton auf die Geschwindigkeit eines solaren bzw. kosmischen Protons zu beschleunigen.
- 6 b) Ein kosmisches Proton durchquert den äußeren Bereich des Sonnensystems und wird im dort herrschenden Magnetfeld der Flussdichte  $3 \cdot 10^{-10} \text{ T}$  abgelenkt. Berechnen Sie unter der Voraussetzung, dass die Ablenkung auf einer Kreisbahn erfolgt, den Bahnradius der Flugbahn.

## 3. Polarlicht und magnetische Stürme

Das Polarlicht ist eine am Himmel über den Polarregionen der Erde sichtbare farbige Leuchterscheinung. Sie entsteht, wenn geladene Teilchen des so genannten Sonnenwinds auf die obersten Schichten der Atmosphäre treffen und deren Gasteilchen zum Leuchten anregen. Die nebenstehende schematische Abbildung zeigt die Flugbahn eines geladenen Teilchens im Erdmagnetfeld.



- 6 a) Geben Sie zwei Gründe an, weshalb sich das geladene Teilchen im Erdmagnetfeld auf der in obiger Abbildung dargestellten Bahnform bewegt, und bestimmen Sie das Ladungsvorzeichen des Teilchens.

Leuchtender Stickstoff emittiert vor allem rotes und blaues Licht, das insgesamt den Farbeindruck Magenta ergibt und im Labor mit Hilfe eines Gitterspektralapparats untersucht werden kann.

- 11 b) Zeigen Sie allgemein, dass innerhalb einer Ordnung rotes Licht stärker gebeugt wird als blaues Licht. Skizzieren Sie qualitativ unter Kennzeichnung aller auf dem Schirm sichtbaren Farben das zu beobachtende Interferenzbild bis zur 2. Ordnung.

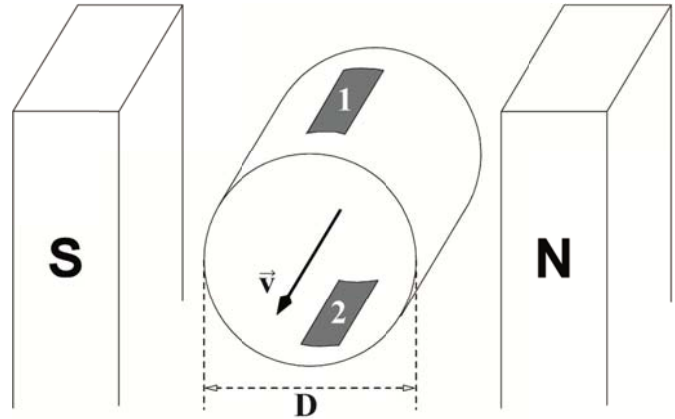
Die Intensität des von der Sonne emittierten Teilchenstroms ist manchmal besonders groß und verursacht Schwankungen des Erdmagnetfelds. Spiegel Online berichtete am 10.08.2006 über die Trans-Alaska-Pipeline: „Sonnenstürme setzen Pipeline unter Strom“.

- 5 c) Begründen Sie kurz das Entstehen der elektrischen Ströme in der Pipeline und beschreiben Sie unter Zuhilfenahme einer Skizze einen Versuch, mit dem das zugrunde liegende Phänomen im Labor demonstriert werden kann.

## Ph 11 – 2

### 1. Eine medizinische Anwendung des Hall-Effekts

Die nebenstehende Abbildung zeigt schematisch ein zylinderförmiges Teilstück eines Blutgefäßes mit dem Durchmesser  $D$  in einem homogenen Magnetfeld der Flussdichte  $B$ . Im Blut, das sich mit der konstanten Geschwindigkeit  $\vec{v}$  bewegt, befinden sich positiv und negativ geladene Ionen. Zwischen den Streifen 1 und 2 an der oberen bzw. unteren Gefäßwand tritt die Hall-Spannung  $U_H$  auf.

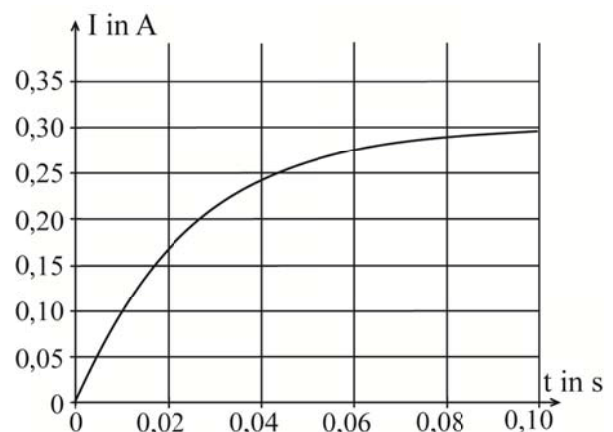


- Erklären Sie das Zustandekommen der Hall-Spannung und bestimmen Sie deren Polarität an den Streifen 1 und 2.
- Leiten Sie her, dass für die Hall-Spannung  $U_H = B \cdot v \cdot D$  gilt.
- Bei einem Blutgefäß mit 0,50 cm Durchmesser und einer magnetischen Flussdichte von 0,50 T beträgt die Hallspannung 0,28 mV. Berechnen Sie sowohl die Fließgeschwindigkeit  $v$  des Blutes als auch, wie viele Liter Blut in einer Sekunde durch den Querschnitt des Blutgefäßes fließen.

[zur Kontrolle:  $v = 0,11 \text{ m/s}$ ]

### 2. Induktivität einer Spule

Eine Spule und ein Schalter werden in Serie an einen 6,0 V-Akku angeschlossen. Das  $t$ - $I$ -Diagramm zeigt die Stromstärke in der Spule, wenn zum Zeitpunkt  $t = 0 \text{ s}$  der Schalter geschlossen wird.



- Erklären Sie das Zustandekommen des Kurvenverlaufs. Gehen Sie insbesondere darauf ein, dass zum Zeitpunkt  $t = 0 \text{ s}$  die Stromstärke  $I = 0 \text{ A}$  beträgt.
- Entnehmen Sie dem Diagramm die Steigung der Kurve bei  $t = 0 \text{ s}$  und verwenden Sie diese um nachzuweisen, dass die Induktivität der Spule ca. 0,5 H beträgt.

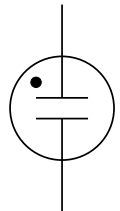
(Fortsetzung nächste Seite)

BE

- 3 c) Zeigen Sie mit Hilfe des Diagramms, dass der Ohmsche Widerstand der Spule  $20\ \Omega$  beträgt.
- 4 d) Die bisher verwendete Spule wird gegen eine andere Spule mit doppelter Induktivität und doppelt so großem Ohmschen Widerstand ausgetauscht. Zeichnen Sie in das gegebene Diagramm den t-I-Kurvenverlauf für die neue Versuchssituation ein.

Durch das Öffnen des Schalters wird nun die Spule wieder vom 6,0 V-Akku getrennt. Die dabei auftretende Selbstinduktionsspannung lässt sogar eine Glühlampe aufleuchten, deren Zündspannung sehr viel größer als 6,0 V ist.

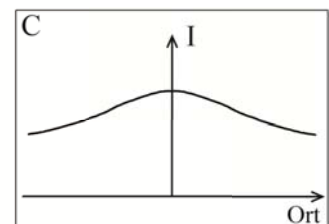
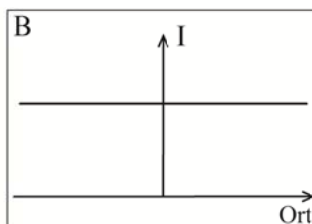
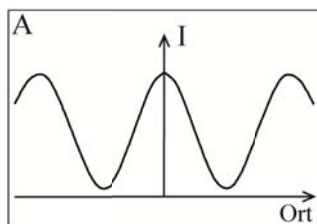
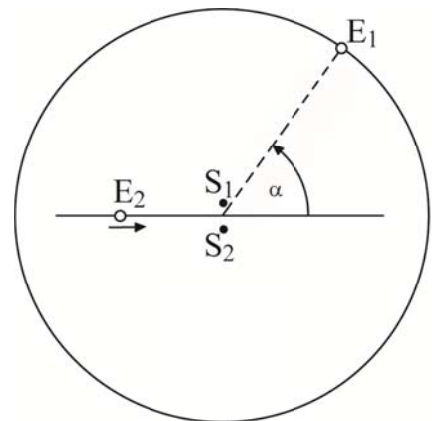
- 6 e) Erstellen Sie einen Schaltplan für dieses Demonstrationsexperiment; verwenden Sie dafür das abgebildete Schaltsymbol für eine Glühlampe. Erklären Sie, warum die Selbstinduktionsspannung die Akkuspannung deutlich übersteigen kann.



### 3. Interferenz von Dipolstrahlung

Zwei Hertzsche Dipole  $S_1$  und  $S_2$  stehen senkrecht zur Zeichenebene, im Abstand von 15 cm und schwingen phasengleich mit der Frequenz  $f = 5,0\text{ GHz}$ .

- 3 a) Berechnen Sie die Länge der Dipole, falls sie in ihrer Grundschwingung schwingen.
- 6 b) Skizzieren Sie für charakteristische Zeitpunkte während einer Periode das elektrische Feldlinienbild im Nahbereich eines Dipols.
- 4 c) Der Empfangsdipol  $E_1$  bewegt sich entlang einer Kreislinie in mehreren Metern Abstand um die Senderanordnung. Bestimmen Sie die Anzahl der Empfangsmaxima bei einem Umlauf.
- 4 d) Der Empfangsdipol  $E_2$  bewegt sich entlang der Mittelsenkrechten der Senderanordnung. Begründen Sie, welches der drei nachfolgenden Diagramme die Empfangsintensität  $I$  qualitativ richtig darstellt.



## Ph 12 – 1

Atomare Masseneinheit:  $1 \text{ u} = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

### 1. Das radioaktive Eisenisotop $^{59}\text{Fe}$

Das Eisenisotop  $^{59}\text{Fe}$  ist ein  $\beta^-$ -Strahler mit der Halbwertszeit  $T_{1/2} = 44,5 \text{ d}$ , der in der Medizin zum Einsatz kommt.

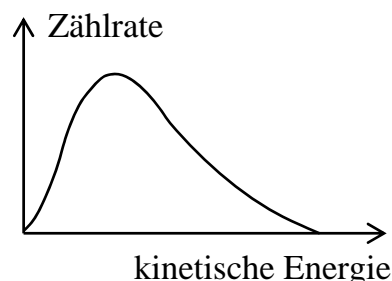
Gegebene Atommassen:  $m(^{59}\text{Fe}) = 58,934876 \text{ u}$  ;  $m(^{59}\text{Co}) = 58,933195 \text{ u}$

a) Geben Sie für den  $\beta^-$ -Zerfall von  $^{59}\text{Fe}$  die Reaktionsgleichung an und beschreiben Sie den  $\beta^-$ -Zerfall im Quark-Modell.

b) Weisen Sie nach, dass beim  $\beta^-$ -Zerfall eines  $^{59}\text{Fe}$ -Kerns die Energie  $1,57 \text{ MeV}$  frei wird.

Wie die nebenstehende Skizze zeigt, ist die kinetische Energie der beim Zerfall entstehenden  $\beta^-$ -Teilchen kontinuierlich verteilt.

c) Erklären Sie, warum die Energieverteilung kontinuierlich ist.



Um einen medizinisch stichhaltigen Beweis über den Eisenmangel im Körper eines Patienten zu erhalten, werden ihm in einem Getränk  $0,20 \cdot 10^{-12} \text{ kg}$  des Isotops  $^{59}\text{Fe}$  verabreicht.

d) Zeigen Sie, dass das verabreichte Eisen  $^{59}\text{Fe}$  die Aktivität  $0,37 \text{ MBq}$  besitzt.

Bei extrem großem Eisenmangel wird der Körper des Patienten in der Folgezeit das Eisenisotop fast vollständig aufnehmen, jedoch kaum etwas davon ausscheiden. Nach 15 Tagen erfolgt eine erneute Bestimmung der  $^{59}\text{Fe}$ -Aktivität.

e) Berechnen Sie die zu erwartende  $^{59}\text{Fe}$ -Aktivität, wenn in den 15 Tagen 10 % der ursprünglich verabreichten Menge  $^{59}\text{Fe}$  ausgeschieden wurden.

### 2. Doppelspaltexperiment mit Heliumatomen

Anfang des 20. Jahrhunderts postulierte der Physiker de Broglie aufgrund theoretischer Überlegungen, dass auch Materieteilchen eine Wellenlänge zugeordnet werden kann.

a) Folgern Sie mit Hilfe der Masse-Energie-Beziehung  $E = m \cdot c^2$ , dass ein Photon den Impuls  $p = \frac{h}{\lambda}$  besitzt. Führen Sie anschließend eine Analogiebetrachtung zwischen Photonen und Materieteilchen durch, aus der sich die Festlegung der so genannten De-Broglie-Wellenlänge ergibt.

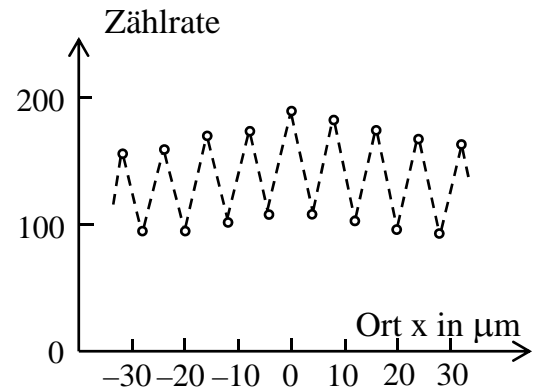
(Fortsetzung nächste Seite)

BE

Im Jahr 1991 wurde ein Doppelspaltexperiment mit Heliumatomen durchgeführt, das die Theorie von de Broglie auch für Atome bestätigt. Gehen Sie im Weiteren davon aus, dass sich  $^4\text{He}$ -Atome der Masse  $4,002603 \text{ u}$  mit der Geschwindigkeit  $v = 9,7 \cdot 10^2 \text{ m/s}$  auf einen Doppelspalt zubewegen.

- 3 b) Berechnen Sie die nach den Überlegungen von de Broglie zu erwartende Wellenlänge  $\lambda$  der  $^4\text{He}$ -Atome. [zur Kontrolle:  $\lambda = 0,10 \text{ nm}$ ]

Hinter dem Doppelspalt, der den Spaltmittenabstand  $d = 8 \mu\text{m}$  besitzt, ist im Abstand  $a = 64 \text{ cm}$  ein Detektorschirm parallel zur Doppelspaltebene montiert. Auf dem Detektorschirm zeigt sich ein typisches Interferenzmuster. Das nebenstehende Diagramm stellt die Anzahl der in einer gewissen Zeit auf dem Detektorschirm registrierten Heliumatome in Abhängigkeit vom Ort  $x$  relativ zum Maximum 0. Ordnung dar.



- 9 c) Bestätigen Sie rechnerisch unter Verwendung des Diagramms die De-Broglie-Wellenlänge der  $^4\text{He}$ -Atome aus Teilaufgabe b. Veranschaulichen Sie alle in Ihrer Rechnung verwendeten Größen in einer übersichtlichen Skizze.
- 7 d) Für die Durchführung des beschriebenen Experiments ist eine weitgehend einheitliche Geschwindigkeit der  $^4\text{He}$ -Atome wichtig. Begründen Sie diese Forderung und erläutern Sie eine analoge Versuchsbedingung für einen Doppelspaltversuch mit Licht.
- 9 e) In einer Abwandlung des oben beschriebenen Doppelspaltversuchs wird die Teilchenzahl so stark reduziert, dass die  $^4\text{He}$ -Atome auf dem Detektorschirm einzeln und nacheinander registriert werden können. Der Versuchsaufbau selbst bleibt unverändert. Nehmen Sie zu jeder der folgenden Aussagen begründet Stellung:
- Der Auftreffort eines Atoms auf dem Detektorschirm lässt sich nicht konkret vorhersagen.
  - Jedes registrierte Atom hat genau einen der beiden Spalte passiert.
  - Über die Verteilung der Auftrefforte auf dem Detektorschirm, die sich nach vielen Stunden zeigt, lässt sich keine Aussage machen.

BE

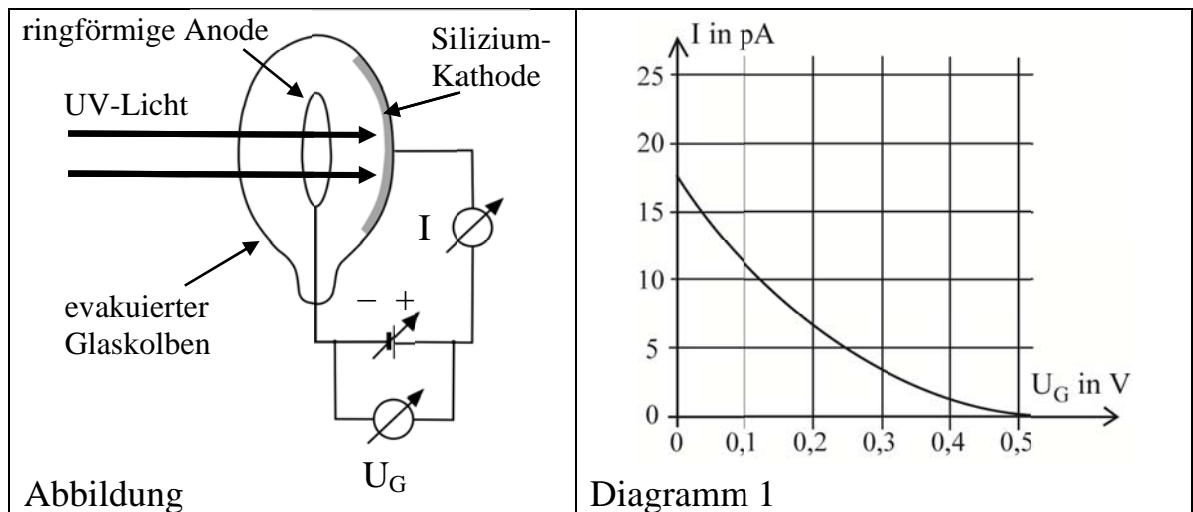
## Ph 12 – 2

### 1. Der Fotoeffekt und eine technische Nutzung

4

- a) Geben Sie zwei Beobachtungen beim Fotoeffekt an, die mit der klassischen Wellentheorie des Lichts nicht erklärbar sind.

In einem Versuchsaufbau, der in nachfolgender Abbildung dargestellt ist, werden durch die Bestrahlung der Silizium-Kathode einer Vakuum-Fotозelle mit UV-Licht der Wellenlänge 302 nm Elektronen freigesetzt. Diagramm 1 zeigt den Fotostrom  $I$  in Abhängigkeit von der angelegten Gegenspannung  $U_G$ .



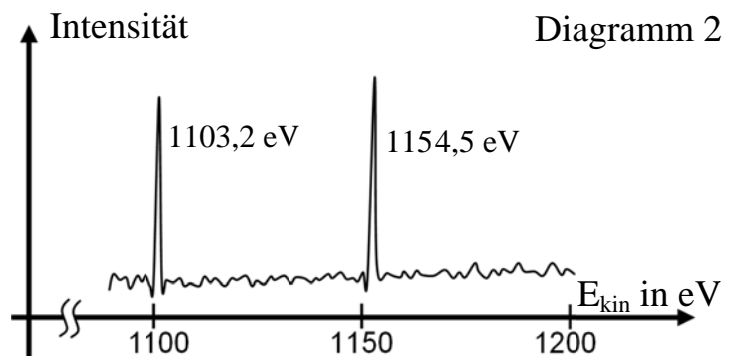
6

- b) Berechnen Sie unter Verwendung von Diagramm 1 die Austrittsarbeit  $W_A$  sowie die Grenzwellenlänge von Silizium. [zur Kontrolle:  $W_A = 3,6 \text{ eV}$ ]

5

- c) Ergänzen Sie in Diagramm 1 einen möglichen Kurvenverlauf, wie er sich bei Erhöhung der Intensität des UV-Lichts ergeben könnte, und begründen Sie diesen.

Eine technische Nutzung des Fotoeffekts ist die Röntgen-Fotoelektronen-Spektroskopie. Wird Silizium mit Röntgenstrahlung der Energie 1,250 keV bestrahlt, so werden durch den Fotoeffekt auch stark gebundene Elektronen des 2s- und 2p-Zustands der Atomhülle ausgelöst. Die kinetische Energie dieser freigesetzten Elektronen besitzt zwei spezifische Werte, die im Diagramm 2 zu erkennen sind.



3

- d) Geben Sie die Elektronenkonfiguration von Silizium an.

3

- e) Berechnen Sie unter Verwendung des Diagramms 2 die Energie, die zum Auslösen eines Elektrons aus dem 2s-Zustand von Silizium mindestens aufgebracht werden muss.



BE

- 3 f) Erklären Sie, weshalb das Auslösen stark gebundener Elektronen auch die Emission elektromagnetischer Strahlung zur Folge hat.

Bei der Herstellung der Siliziumplatten für die Chipherstellung ist auf hohe Reinheit zu achten, da Fremdatome auf der Oberfläche die physikalischen Eigenschaften der Platten verändern.

- 4 g) Erklären Sie, wie sich die Röntgen-Fotoelektronen-Spektroskopie bei der Produktion der Siliziumplatten zur Qualitätskontrolle verwenden lässt.

## 2. Die Reaktorkatastrophe in Fukushima

In den Folgemonaten nach dem schweren Unfall im japanischen Kernkraftwerk Fukushima wurde unter anderem das Cäsium-Isotop  $^{137}\text{Cs}$  in die Umgebung freigesetzt, das eine Halbwertszeit von 30 Jahren besitzt.

Atommassen:  $m(^{137}\text{Cs}) = 136,907090 \text{ u}$  ;  $m(^{137}\text{Ba}) = 136,905827 \text{ u}$   
( $1 \text{ u} = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ )

- 5 a) Das Isotop  $^{137}\text{Cs}$  zerfällt in stabiles Barium  $^{137}\text{Ba}$ . Geben Sie die Zerfallsgleichung an und berechnen Sie die bei einem Zerfall frei werdende Energie  $Q$ .
- 6 b) Erläutern Sie die Vorgänge im Atomkern beim  $\beta^-$ -Zerfall anhand einer schematischen Darstellung einer Potentialtopfbesetzung des Kerns mit Protonen und Neutronen.  
*Hinweis: Der Bezug zu einem bestimmten Element ist nicht verlangt.*
- 5 c) Techniker, die nach dem Unfall Messungen in der Nähe des Kraftwerks vornahmen, waren  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlung ausgesetzt. Beurteilen Sie die Wirksamkeit der Schutzanzüge aus Kunststoff-Folie, die hierbei zum Einsatz kamen, in Hinblick auf diese drei Strahlungsarten.
- 6 d) Geben Sie drei allgemeine Strahlenschutzmaßnahmen an und diskutieren Sie, inwiefern diese von den Technikern, die die Messungen am Kraftwerk vornahmen, eingehalten werden konnten.

Im Dorf Iitate nahe Fukushima wurde nach dem Unfall pro Quadratmeter Bodenoberfläche eine  $^{137}\text{Cs}$ -Aktivität von 3,3 MBq gemessen. Die Bewohner wurden daraufhin evakuiert.

- 5 e) Berechnen Sie die Äquivalentdosis, die eine Person der Masse 75 kg in einem Jahr aufnehmen würde, falls sie pro Sekunde  $3,3 \cdot 10^6$   $\beta^-$ -Teilchen der mittleren kinetischen Energie 190 keV absorbieren würde. Vergleichen Sie diese Dosis mit einer natürlichen Strahlenbelastung von 2,4 mSv pro Jahr.
- 5 f) Ab einer  $^{137}\text{Cs}$ -Aktivität von 4,0 kBq pro Quadratmeter Bodenoberfläche wird die Wiederbesiedlung von Iitate durch die Behörden erlaubt. Berechnen Sie, wie lange auf Grund der Aktivitätsabnahme durch den radioaktiven Zerfall bis zur Wiederbesiedlung gewartet werden müsste.

## Ph 12 – Astrophysik 1

Längenangaben	Daten zur Sonne
$1 \text{ pc} = 3,26 \text{ Lj} = 3,09 \cdot 10^{13} \text{ km}$ $1 \text{ AE} = 1,496 \cdot 10^8 \text{ km}$	Absolute Helligkeit $M_{\odot} = 4,8$ Leuchtkraft $L_{\odot} = 3,82 \cdot 10^{26} \text{ W}$ Radius $R_{\odot} = 6,96 \cdot 10^8 \text{ m}$ Masse $m_{\odot} = 1,989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ Oberflächentemperatur $T_{\odot} = 5,8 \cdot 10^3 \text{ K}$

### 1. Der Planet Mars

Mars ist besonders gut zu beobachten, wenn er in Opposition zur Sonne steht. Bei dieser Konstellation erscheint der Durchmesser des Mars von der Erde aus betrachtet unter einem vergleichsweise großen Winkel. Das nebenstehende

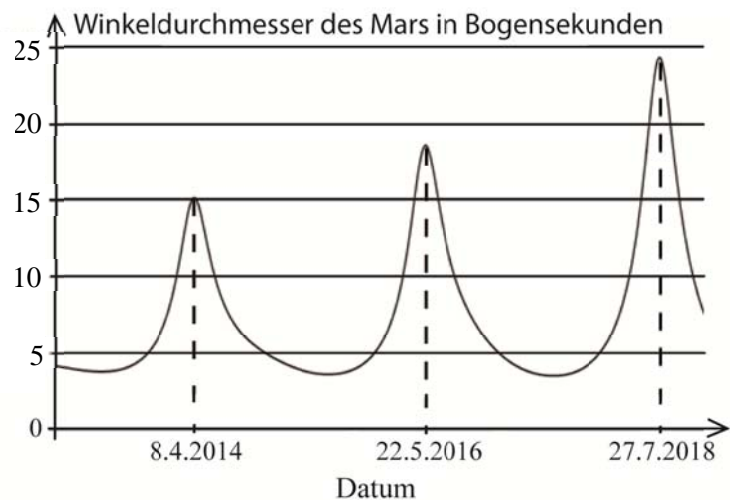


Diagramm zeigt den Winkeldurchmesser des Mars für die kommenden Jahre und insbesondere die Daten der nächsten drei Oppositionen.

- Erläutern Sie an Hand einer Skizze, warum die Maxima in einem zeitlichen Abstand von mehr als zwei Jahren auftreten, obwohl Mars nur 1,88 a für einen Sonnenumlauf benötigt.
- Erklären Sie, wie es zu den unterschiedlich großen Winkeldurchmessern des Mars bei den drei Oppositionen kommt.
- Berechnen Sie unter Verwendung des Diagramms und mit dem Marsdurchmesser von 6 784 km den Abstand des Mars zur Erde am 8.4.2014.

Schon mehrfach hat die NASA versucht, Spuren von Leben auf dem Mars zu finden. Wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung von Leben ist Wasser in flüssiger Form, was wiederum eine ausreichend hohe mittlere Temperatur auf dem Planeten voraussetzt.

- Zeigen Sie unter Verwendung der Solarkonstante, dass im Abstand 1,52 AE die Bestrahlungsstärke der Sonne  $0,59 \text{ kW/m}^2$  beträgt und berechnen Sie damit die mittlere Oberflächentemperatur des Mars. Nehmen sie vereinfachend an, dass Mars von der Sonne den konstanten Abstand 1,52 AE hat, ein Schwarzer Strahler ist und mit seiner gesamten Oberfläche gleichmäßig abstrahlt.

BE

## 2. Der Stern Sirius A

Sirius A ist der hellste Stern am Nachthimmel. Er hat die scheinbare Helligkeit  $-1,46$  und die Oberflächentemperatur  $9,9 \cdot 10^3$  K.

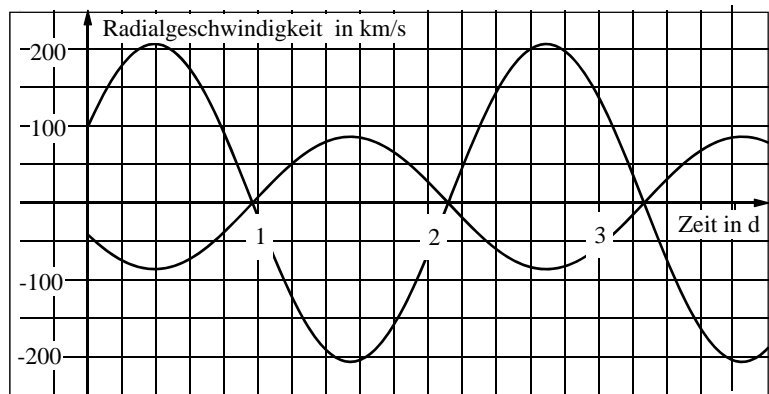
- Beschreiben Sie ein Verfahren, die Oberflächentemperatur eines Sterns zu bestimmen.
- Für Sirius A wird die trigonometrische Parallaxe  $0,379''$  gemessen. Zeigen Sie, dass der Stern  $8,60$  Lj von der Erde entfernt ist.
- Weisen Sie nach, dass Sirius A die Leuchtkraft  $L = 22 \cdot L_{\odot}$  und den Radius  $R = 1,6 \cdot R_{\odot}$  besitzt.
- Ordnen Sie begründet Sirius A einem Bereich des Hertzsprung-Russell-Diagramms zu.

Im Inneren von Sirius A wird bei jedem vollständigen Fusionsprozess die Energie  $25$  MeV frei. Dabei entstehen jeweils auch zwei Neutrinos, die ungehindert den Stern verlassen.

- Berechnen Sie die Anzahl  $N$  der Neutrinos, die in Sirius A während einer Sekunde frei werden, und wie viele davon auf der Erde pro Sekunde und Quadratzentimeter ankommen. [zur Kontrolle:  $N = 4,2 \cdot 10^{39}$ ]

## 3. Delta Librae

Das Doppelsternsystem Delta Librae ist ein Bedeckungsveränderlicher. Vereinfacht wird angenommen, dass sich die Komponenten A und B auf Kreisbahnen um den gemeinsamen Schwerpunkt bewegen, der relativ zur Erde ruht. Der konstante Abstand beider Sterne beträgt  $9,5 \cdot 10^6$  km. Das Diagramm zeigt die von der Erde aus beobachtete Radialgeschwindigkeit für beide Komponenten im zeitlichen Verlauf.



Das Diagramm zeigt die von der Erde aus beobachtete Radialgeschwindigkeit für beide Komponenten im zeitlichen Verlauf.

- Erklären Sie, was man unter einem Bedeckungsveränderlichen versteht.
- Entnehmen Sie dem Diagramm die Umlaufdauer und weisen Sie mit ihr nach, dass die Gesamtmasse des Doppelsternsystems  $6,5 \cdot m_{\odot}$  beträgt. Delta Librae A hat die Masse  $m_A = 4,7 \cdot m_{\odot}$  und den Radius  $R_A = 4,2 \cdot R_{\odot}$ .
- Ordnen Sie begründet die beiden Kurven im Diagramm der jeweiligen Komponente zu.
- Berechnen Sie den jeweiligen Abstand der beiden Sterne vom gemeinsamen Schwerpunkt und folgern Sie, dass dieser Schwerpunkt im Inneren von Delta Librae A liegt.

## Ph 12 – Astrophysik 2

Längenangaben	Daten zur Sonne
$1 \text{ pc} = 3,26 \text{ Lj} = 3,09 \cdot 10^{13} \text{ km}$ $1 \text{ AE} = 1,496 \cdot 10^8 \text{ km}$	Absolute Helligkeit $M_{\odot} = 4,8$ Leuchtkraft $L_{\odot} = 3,82 \cdot 10^{26} \text{ W}$ Radius $R_{\odot} = 6,96 \cdot 10^8 \text{ m}$ Masse $m_{\odot} = 1,989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ Oberflächentemperatur $T_{\odot} = 5,8 \cdot 10^3 \text{ K}$

### 1. Die Draconiden – ein himmlisches Feuerwerk

Jedes Jahr lässt sich Anfang Oktober der Sternschnuppen-Schauer der Draconiden beobachten, der auf den Kometen Giacobini-Zinner zurückzuführen ist. Der Komet hat eine siderische Umlaufzeit um die Sonne von  $T = 6,62 \text{ a}$ , seine Periheldistanz beträgt  $r_p = 1,04 \text{ AE}$ .

- 6 a) Berechnen Sie die große Halbachse  $a$  der Kometenbahn sowie die Aphel-  
distanz des Kometen. [zur Kontrolle:  $a = 3,53 \text{ AE}$ ]
- 3 b) Berechnen Sie die Geschwindigkeit des Kometen im Perihel.
- 4 c) Beschreiben Sie mithilfe einer geeigneten Skizze die Erscheinungsform  
eines Kometen in Sonnennähe.
- 6 d) Erläutern Sie allgemein, wie Sternschnuppen mit Kometen zusammen-  
hängen. Gehen Sie dabei sowohl auf die Entstehung der optischen Er-  
scheinung der Sternschnuppen als auch auf ihre regelmäßige jährliche  
Wiederkehr ein.
- 3 e) Sternschnuppen sind typischerweise einige Millimeter groß und zwischen  
einigen Milligramm und einigen Gramm schwer. Berechnen Sie die kine-  
tische Energie eines Partikels der Masse  $0,10 \text{ g}$  aus dem Sternschnuppen-  
Schauer, das sich mit  $21 \text{ km/s}$  relativ zur Erde bewegt.  
[zur Kontrolle:  $E_{\text{kin}} = 22 \text{ kJ}$ ]
- 3 f) Stellen Sie einen Alltagsbezug her, indem Sie einen Gegenstand mit rea-  
listischen Angaben für Masse und Geschwindigkeit nennen, der in etwa  
dieselbe kinetische Energie besitzt wie das Partikel aus Teilaufgabe 1e.

### 2. Magellansche Wolke

Im Jahr 2010 wurden die genauen Daten des Sterns R136a1 in der Großen Magellanschen Wolke veröffentlicht. Nach diesen ist R136a1 mit 265 Sonnenmassen der massereichste Stern im Universum. Er hat die Oberflächen-  
temperatur  $5,3 \cdot 10^4 \text{ K}$  und die Leuchtkraft  $8,7 \cdot 10^6 \cdot L_{\odot}$ .

- 3 a) Berechnen Sie die Wellenlänge, bei der die Strahlungsintensität von  
R136a1 ihr Maximum hat.

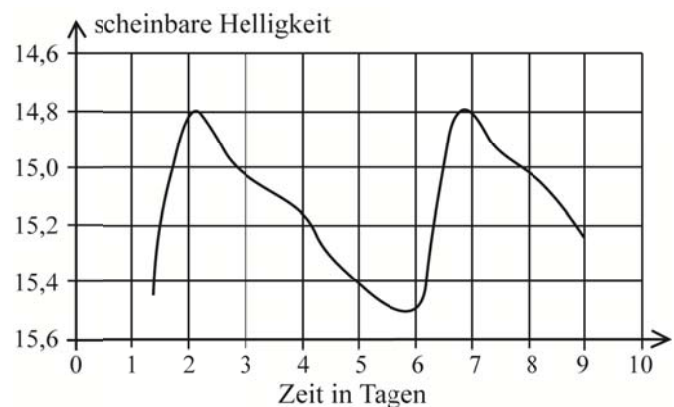
(Fortsetzung nächste Seite)

BE

- 4 b) Berechnen Sie den Radius von R136a1 in Vielfachen des Sonnenradius und vergleichen Sie den Durchmesser von R136a1 mit der Differenz der mittleren Bahnradialen zweier geeignet gewählter Planeten unseres Sonnensystems.
- 7 c) R136a1 wird noch einen großen Teil seiner Masse abstoßen. Trotzdem wird die Masse von R136a1 am Ende seiner Hauptreihenzeit über 25 Sonnenmassen betragen. Beschreiben Sie die weitere Entwicklung von R136a1 ab dem Verlassen der Hauptreihe.

Die Entfernung zur Großen Magellanschen Wolke kann durch die Beobachtung von  $\delta$ -Cepheiden bestimmt werden.

- 5 d) Ermitteln Sie mit Hilfe des Diagramms, das die Änderung der scheinbaren Helligkeit eines  $\delta$ -Cepheiden im zeitlichen Verlauf zeigt, die mittlere absolute Helligkeit dieses Sterns und daraus seine Leuchtkraft in Vielfachen der Sonnenleuchtkraft.
- 3 e) Erläutern Sie die Bedeutung der  $\delta$ -Cepheiden für Entfernungsbestimmungen in der Astronomie.



### 3. Centaurus A

Im Sternbild Centaurus befindet sich die elliptische Galaxie Centaurus A. Eine Besonderheit von Centaurus A ist das dunkle Staubband, das sich quer durch diese Galaxie zieht. Innerhalb des Staubbands konnte man im Jahr 1986 eine Supernova vom Typ Ia beobachten, die eine scheinbare Helligkeit von  $m = 11,5$  und eine absolute Helligkeit von  $M = -19,2$  erreichte.

- 6 a) Erläutern Sie das Zustandekommen einer Supernova vom Typ Ia und die Bedeutung dieser Supernovae für Entfernungsbestimmungen in der Astronomie.
- 3 b) Berechnen Sie die Entfernung von Centaurus A.
- 4 c) Der in Teilaufgabe 3b berechnete Wert stimmt nicht mit der tatsächlichen Entfernung überein. Begründen Sie dies und erläutern Sie, ob die tatsächliche Entfernung größer oder kleiner als der berechnete Wert ist.