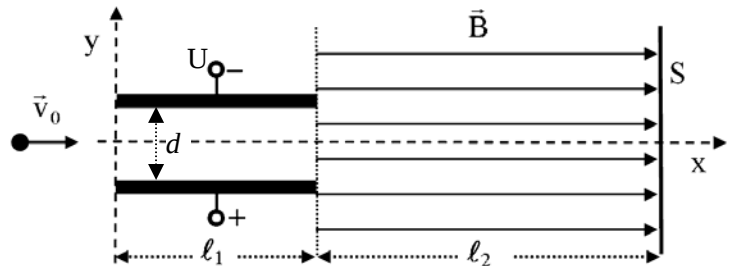


BE

G Ph 1

1. Protonen im elektrischen und magnetischen Feld

Protonen mit einheitlicher Geschwindigkeit $v_0 = 2,0 \cdot 10^6$ m/s treten mittig in das homogene elektrische Querfeld eines Plattenkondensators mit Länge $\ell_1 = 8,0$ cm, Plattenabstand $d = 2,0$ cm und Ablenkspannung $U = 2,0$ kV ein (siehe Skizze). Nehmen Sie vereinfachend an, dass das elektrische Feld auf das Innere des Kondensators beschränkt ist.



10

- a) Warum bleibt die Geschwindigkeit der Protonen in x-Richtung innerhalb des Kondensators konstant? Berechnen Sie die Zeit t_1 , die die Protonen benötigen, um den Kondensator zu durchqueren. Bestimmen Sie auch die Beschleunigung a_y der Protonen in y-Richtung und zeigen Sie, dass für deren y-Koordinate im Kondensator gilt: $y = \frac{eU}{2md} t^2$.

[zur Kontrolle: $t_1 = 4,0 \cdot 10^{-8}$ s; $a_y = 9,6 \cdot 10^{12}$ m/s²]

5

- b) Bestimmen Sie den Bereich, in dem die Ablenkspannung U liegen muss, damit die Protonen nicht auf eine Kondensatorplatte treffen.

Im Weiteren bezeichne $\vec{v}_x$ die Geschwindigkeitskomponente der Protonen in x-Richtung, $\vec{v}_y$ ihre Geschwindigkeitskomponente senkrecht dazu.

6

- c) Berechnen Sie den Betrag der Geschwindigkeitskomponente $\vec{v}_y$ der Protonen beim Verlassen des Kondensators, wenn die Ablenkspannung $U = 2,0$ kV beträgt. Unter welchem Winkel zur x-Richtung treten die Protonen in diesem Fall aus dem Kondensator aus?

[zur Kontrolle: $v_y = 3,8 \cdot 10^5$ m/s]

Die im elektrischen Feld abgelenkten Protonen treten anschließend schräg zur Feldlinienrichtung in ein homogenes Magnetfeld ein, das nur im gezeichneten Bereich auf die Protonen wirke.

8

- d) Beschreiben Sie, welche Auswirkungen das Magnetfeld auf Betrag und Richtung von $\vec{v}_x$ und $\vec{v}_y$ hat. Begründen Sie damit, dass sich die Protonen nach Verlassen des Kondensators auf einer schraubenförmigen Bahn bewegen, wenn sie das homogene Magnetfeld nicht verlassen.

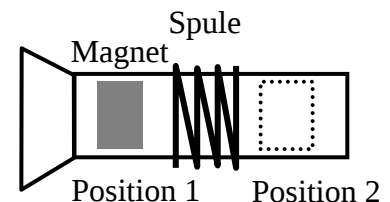
(Fortsetzung nächste Seite)

BE

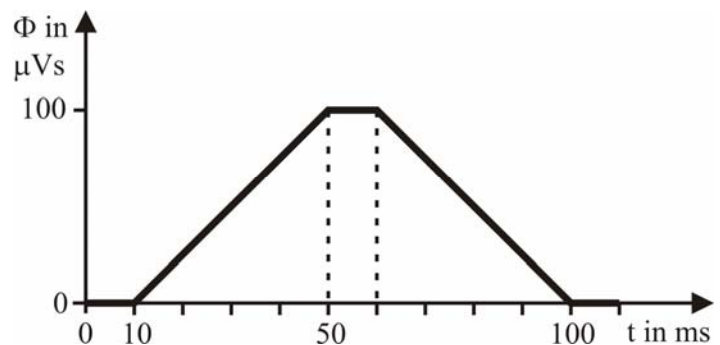
- 7 e) Die Protonen sollen nach genau einem Umlauf auf der Schraubenlinie auf den Schirm S treffen. Zeigen Sie, dass in diesem Fall für die magnetische Flussdichte $B = \frac{2\pi m}{et_2}$ gelten muss, wobei t_2 die Zeitspanne bezeichnet, in der die Protonen die Distanz ℓ_2 in x-Richtung durchlaufen.
- 7 f) Wie wirkt sich bei unveränderter magnetischer Flussdichte eine Vergrößerung der Ablenkspannung U auf den Radius der Schraubenlinie aus? Ändert sich dadurch die Anzahl der Umläufe bis zum Schirm? Begründen Sie Ihre Antworten.

2. Induktionstaschenlampe

In einer Induktionstaschenlampe wird ein Permanentmagnet mittels Hin- und Herschütteln durch eine Spule ($N = 1500$) hindurch bewegt. Die dabei erzeugte Induktionsspannung wird gleichgerichtet und zum Laden eines Kondensators mit der Kapazität $C = 1,5 \text{ F}$ genutzt.



- 8 a) Zunächst wird die Bewegung des Magneten von Position 1 nach Position 2 betrachtet. Als Näherung für den zeitlichen Verlauf des magnetischen Flusses Φ in der Spule soll nebenstehendes t - Φ -Diagramm verwendet werden.



Berechnen Sie die Beträge der induzierten Spannungen U_i und zeichnen Sie ein entsprechendes t - U_i -Diagramm.

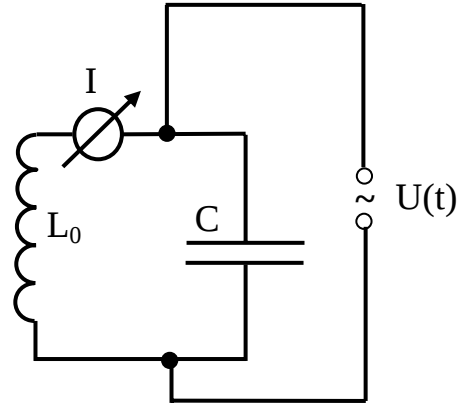
Am Kondensator liegt nach mehrfachem Schütteln die Spannung $U = 3,0 \text{ V}$ an.

- 3 b) Berechnen Sie die im Kondensator gespeicherte elektrische Energie E_{el} .
[zur Kontrolle: $E_{el} = 6,8 \text{ J}$]
- 6 c) Durch die Entladung des Kondensators wird eine Leuchtdiode betrieben. Dem Kondensator wird hierzu eine mittlere Leistung von $P = 20 \text{ mW}$ entnommen. Die Diode leuchtet nur, wenn die Kondensatorspannung mindestens $1,5 \text{ V}$ beträgt. Schätzen Sie damit rechnerisch die Leuchtdauer der Diode ab.

BE

G Ph 2**1. Foto bei Rot**

Um Fahrzeuge, die trotz roter Ampel eine Kreuzung befahren, fotografisch erfassen zu können, ist zwischen Haltelinie und Kreuzungsmitte eine rechteckige Drahtspule in den Straßenbelag eingelassen. Ihre Ausdehnung in Fahrtrichtung ist gegenüber einer Fahrzeuglänge vernachlässigbar. Die Spule ist Bestandteil eines Schwingkreises, der von hochfrequentem Wechselstrom durchflossen wird.



Die Abbildung zeigt die Schaltskizze eines Modellexperiments. Ein Schwingkreis, gebildet aus einer Spule mit der Induktivität $L = 200 \mu\text{H}$ und einem Kondensator mit der Kapazität $C = 0,14 \mu\text{F}$, wird von einer hochfrequenten Wechselspannung in Resonanz angeregt. Die Stromstärke I im Schwingkreis wird gemessen.

3

a) Bestimmen Sie die Eigenfrequenz f des Schwingkreises.

[zur Kontrolle: $f = 30 \text{ kHz}$]

Befindet sich ein Fahrzeug im Bereich der Drahtspule, so ändert sich deren Induktivität. Im Modellversuch wird dazu ein Eisenkern in die Spule geschoben.

8

b) Die Eigenfrequenz ändert sich dabei um $1,0 \text{ kHz}$. Geben Sie an, ob die Eigenfrequenz steigt oder sinkt und begründen Sie Ihre Entscheidung. Berechnen Sie die prozentuale Änderung der Induktivität.

4

c) Erläutern Sie, wie sich die Änderung der Eigenfrequenz an der Stromstärke I im Schwingkreis bemerkbar macht, wenn sich die Anregungsfrequenz nicht ändert.

4

d) Ein Fahrzeug über der Schleife wird durch die Änderung der Stromstärke im Schwingkreis registriert. Schätzen Sie ab, wie lange diese Änderung für einen PKW im Ortsverkehr andauert. Wählen Sie hierzu sinnvolle Ausgangsgrößen.

2. Interferenz von sichtbarem Licht

Der sichtbare Strahlungsanteil einer Kohlebogenlampe hat Wellenlängen zwischen 380 nm und 750 nm . Das Spektrum einer solchen Lampe soll mit Hilfe eines Beugungsgitters (300 Spalte pro Millimeter) untersucht werden. Dazu wird ein rechteckiger Schirm der Breite $d = 2,30 \text{ m}$ im Abstand $a = 1,20 \text{ m}$ parallel zum Gitter aufgestellt. Das Maximum 0. Ordnung liegt in der Mitte des Schirms.

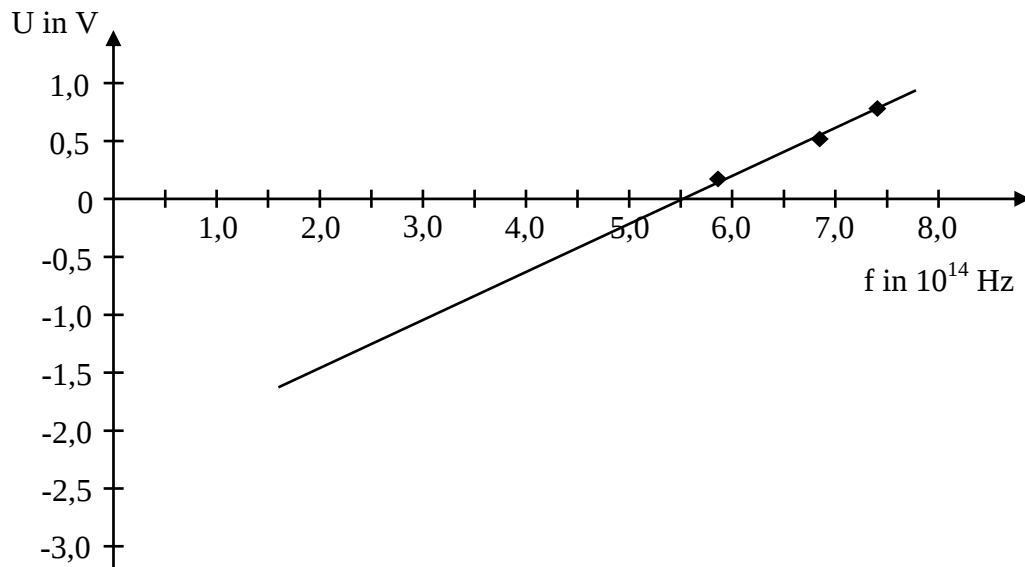
(Fortsetzung nächste Seite)

BE

- 5 a) Beschreiben Sie qualitativ das auf dem Schirm zu erwartende Bild bis zu den ersten Ordnungen. Gehen Sie dabei auch auf die Lage der Farben ein.
- 8 b) Erstellen Sie eine Skizze zum Aufbau und berechnen Sie die Anzahl der Spektren, die vollständig auf dem Schirm zu sehen sind.
- 6 c) Überprüfen Sie rechnerisch, ob sich die Bereiche der Maxima 1. und 2. Ordnung überlappen.

3. Fotoeffekt

Mit Hilfe einer Fotozelle wurde bei einem Experiment auf Grundlage dreier Messpunkte das nachfolgende Diagramm erstellt.



- 6 a) Beschreiben Sie den prinzipiellen Aufbau und die Durchführung eines Versuchs, bei dem sich ein solches Diagramm ergibt.
- 8 b) Ermitteln Sie jeweils unter Verwendung des Diagramms die Grenzwellenlänge, die Planck-Konstante sowie die Austrittsarbeit. Aus welchem Material könnte folglich die Kathodenschicht bestehen?
- 4 c) Beschreiben Sie den Graphen, der sich bei einer Fotozelle mit größerer Grenzwellenlänge ergeben würde. Begründen Sie Ihre Aussagen.
- 4 d) Erläutern Sie zwei experimentelle Befunde des Photoeffektes, die sich mit der klassischen Wellentheorie des Lichtes nicht erklären lassen.

BE

G Ph 3**1. Ölfleckversuch und Rutherford-Experiment**

6

- a) Erläutern Sie Aufbau und Durchführung des Ölfleckversuchs zur Abschätzung der Atomgröße.

Zur Vorbereitung des Versuchs soll das Volumen V_T eines Tropfens des Ölsäure-Leichtbenzin-Gemisches so abgeschätzt werden, dass ein kreisförmiger Fleck mit dem Durchmesser $d = 14 \text{ cm}$ entsteht. Das Mischungsverhältnis beträgt 1 : 2000 Volumenanteile. Als Dicke des Ölflecks wird $h = 4 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ zugrunde gelegt.

6

- b) Bestätigen Sie, dass der gewählte Wert für h sinnvoll ist. Verwenden Sie hierzu für einen typischen Atomradius den Wert $r_A = 5 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ sowie die Tatsache, dass ein Ölsäuremolekül aus 54 Atomen besteht. Welche weiteren Annahmen liegen der Rechnung zugrunde? Bestimmen Sie zudem das Volumen V_T .

3

- c) Nachdem bereits ein Tropfen auf die Wasseroberfläche gefallen ist, lässt man einen weiteren auf diesen Ölfleck fallen. Um wie viel Prozent wächst dabei der Kreisradius? An welche Voraussetzung ist Ihre Überlegung geknüpft?

4

- d) Der Experimentator vergisst, die Flasche mit dem Ölsäure-Leichtbenzin-Gemisch zu verschließen. Nach einigen Wochen wiederholt ein Kollege den Versuch mit dem gleichen Tropfenvolumen. Wird der Ölfleck jetzt größer oder kleiner? Ermittelt der Kollege für den mittleren Atomdurchmesser einen größeren oder kleineren Wert, wenn er vom ursprünglichen Mischungsverhältnis ausgeht? Begründen Sie Ihre Aussagen.

3

- e) Begründen Sie kurz, warum der Ölfleckversuch keine Rückschlüsse auf die Größe des Atomkerns zulässt.

7

- f) Mit Hilfe des Rutherford'schen Streuexperiments konnten hingegen Aussagen über die Größenordnung eines Atomkerns getroffen werden. Erläutern Sie knapp Aufbau, Durchführung und wesentliche Ergebnisse des Rutherford'schen Streuexperiments.

5

- g) Berechnen Sie den kleinsten Mittelpunktsabstand, auf den sich ein α -Teilchen der kinetischen Energie $E_\alpha = 4,0 \text{ MeV}$ dem ruhenden Kern eines Goldatoms nähert. Nehmen Sie dabei an, dass sich das α -Teilchen zentral auf den Atomkern zu bewegt, dieser ortsfest ist und die Coulomb-Abstoßung die einzige Kraft ist, die das α -Teilchen abbremst.

(Hinweis: $E_{\text{pot}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r}$)

(Fortsetzung nächste Seite)

BE

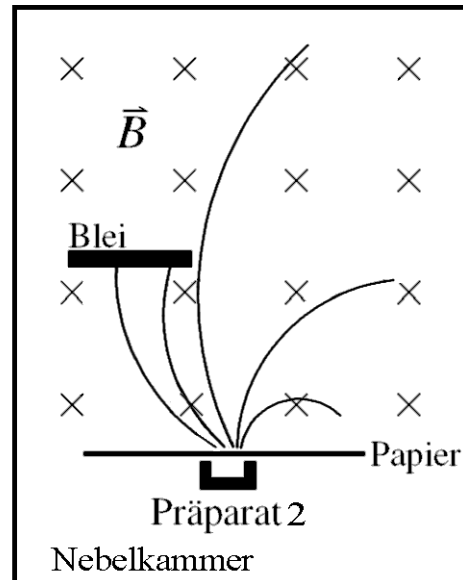
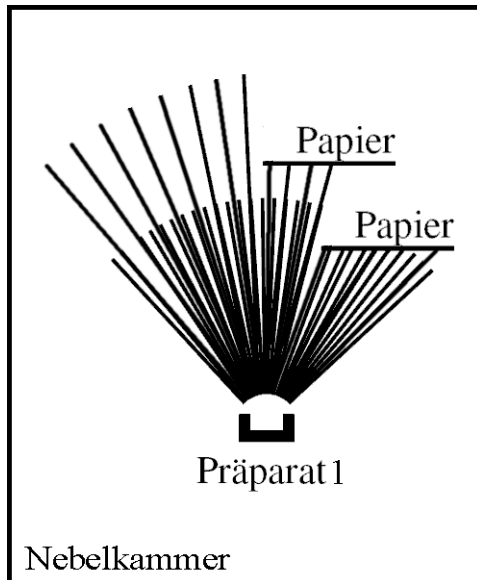
2. Anregung von Atomen

- 5 a) Berechnen Sie mit Hilfe der Formel $E_n = -\frac{13,60\text{eV}}{n^2}$ die ersten fünf Energiestufen des Wasserstoffatoms und zeichnen Sie damit maßstabsgetreu das Energieniveauschema.
- Im Folgenden wird atomares Wasserstoffgas betrachtet, das neben Atomen im Grundzustand einen erheblichen Anteil an Atomen im ersten angeregten Zustand ($n = 2$) enthält. Das Gas wird mit Elektronen der Energie 2,70 eV beschossen, wobei angenommen wird, dass jedes Atom höchstens eine Wechselwirkung erfährt.
- 3 b) Welche Energieniveaus können die Atome durch die Stöße mit den Elektronen erreichen?
- Die derart angeregten Atome emittieren kurz darauf ihre Energie als Strahlung.
- 5 c) Geben Sie alle möglichen Übergänge des Emissionsspektrums an, zeichnen Sie diese in das Energieniveauschema aus Teilaufgabe 2a ein und berechnen Sie die Energiewerte der emittierten Photonen. Ordnen Sie die Photonen den jeweiligen Spektralbereichen zu.
- 6 d) Beschreiben Sie anhand einer beschrifteten Skizze eine Versuchsanordnung, mit deren Hilfe die im sichtbaren Bereich der Strahlung auftretenden Wellenlängen bestimmt werden können. Berechnen Sie diese Wellenlängen.
- Im Spektrum eines Sterns beobachtet man u. a. die so genannte H_β -Linie, eine Absorptionslinie des Wasserstoffs mit $\lambda = 486\text{ nm}$.
- 4 e) Erklären Sie kurz, wie ein Absorptionsspektrum prinzipiell entsteht.
- 3 f) Erläutern Sie kurz, welche Bedingung erfüllt sein muss, damit die oben genannte Linie als Absorptionslinie auftreten kann.

G Ph 4

1. Nachweis der Strahlung radioaktiver Elemente

Die Strahlung radioaktiver Präparate kann in einer Nebelkammer nachgewiesen werden. Die Abbildungen zeigen zwei typische Nebelkammeraufnahmen.



- Geben Sie für beide Präparate die Art der Strahlung sowie ihre aus dem Nebelkammerbild erkennbaren Eigenschaften an. Begründen Sie Ihre Antworten.
- Fertigen Sie eine Skizze an, aus der der Aufbau eines Geiger-Müller-Zählrohrs hervorgeht. Erklären Sie kurz das Funktionsprinzip.
- Erläutern Sie einen Vorteil und einen Nachteil des Geiger-Müller-Zählrohrs gegenüber der Nebelkammer bei der Untersuchung radioaktiver Präparate.

2. Radioaktive Leuchtfarbe

Vermengt man eine radioaktive mit einer fluoreszierenden Substanz, die von der radioaktiven Strahlung zum Leuchten angeregt wird, erhält man so genannte Leuchtfarbe.

Bei Leuchtziffern von älteren Uhren wurde Zinksulfid durch das Isotop ^{226}Ra zum Leuchten angeregt, so dass sie auch im Dunkeln abgelesen werden konnten.

- Geben Sie die Zerfallsgleichung von ^{226}Ra an und berechnen Sie die dabei frei werdende Reaktionsenergie Q .
- Begründen Sie, warum von einer unbeschädigten, luftdichten Uhr mit ^{226}Ra in den Leuchtziffern keine α -Strahlung in die Umgebung austritt. Warum ist dies selbst bei minimalen Gehäuseundichtigkeiten nicht mehr der Fall?

(Fortsetzung nächste Seite)

BE

- | | |
|---|--|
| 6 | c) Das Ziffernblatt einer selbstleuchtenden Uhr enthält 1,0 µg Radium. Berechnen Sie die Aktivität A des Radiums in dieser Uhr, wobei davon ausgegangen werden kann, dass es sich ausschließlich um ^{226}Ra handelt. |
| 4 | d) In Opas Schatztruhe findet sich eine 80 Jahre alte Uhr mit Leuchtziffern. Er behauptet, die Uhr habe in seiner Jugend viel heller geleuchtet. Überprüfen Sie rechnerisch, ob als Grund hierfür ein Abklingen der radioaktiven Strahlung in Frage kommt. |

3. Altersbestimmung mit der Radiocarbon-Methode

In Luft ist neben dem stabilen Kohlenstoffisotop ^{12}C auch das radioaktive Isotop ^{14}C mit einem sehr geringen Anteil vorhanden. In der Atmosphäre wird für das Verhältnis der Teilchenzahlen $N(^{14}\text{C}) : N(^{12}\text{C})$ der Wert $1,2 \cdot 10^{-12}$ gemessen. Durch den Stoffwechsel von Pflanzen und Tieren werden beide Nuklide in organische Moleküle eingebaut, sodass sich in Organismen zu deren Lebzeiten das gleiche Mengenverhältnis wie in Luft einstellt.

Nach dem Absterben des Organismus findet kein Austausch von Kohlenstoff mit der Umgebung mehr statt; das radioaktive Nuklid zerfällt und das Verhältnis $N(^{14}\text{C}) : N(^{12}\text{C})$ nimmt ab. Auf dieser Tatsache beruht die Altersbestimmung archäologischer Fundstücke aus organischem Material.

- | | |
|---|--|
| 5 | a) Geben Sie die Zerfallsgleichung des β^- -Zerfalls von ^{14}C und den zugrunde liegenden Vorgang im Kern an. |
| 4 | b) Die β^- -Strahlung weist ein kontinuierliches Energiespektrum auf, obwohl die bei einem Zerfallsprozess frei werdende Gesamtenergie einen festen Betrag hat. Klären Sie diesen scheinbaren Widerspruch auf. |
| 7 | c) Vor der dänischen Insel Seeland wurden mehrere versunkene Wikingerschiffe entdeckt. In einem Stück Holz aus einem dieser Schiffe wurde das Verhältnis $\frac{N(^{14}\text{C})}{N(^{12}\text{C})}$ zu $1,06 \cdot 10^{-12}$ bestimmt. Berechnen Sie daraus das Alter des Holzes. |
| 3 | d) Begründen Sie, warum sich die Radiocarbon-Methode nicht zur Bestimmung des Erdalters eignet. |
| 3 | e) Nennen Sie eine wesentliche Annahme, auf der die Verlässlichkeit der Altersbestimmung mit der Radiocarbon-Methode beruht. |

BE

G Ph 5**1. Bemannte Mission zum Mars**

Ein faszinierendes und äußerst anspruchsvolles Fernziel der amerikanischen Weltraumorganisation NASA ist ein bemannter Raumflug zu unserem Nachbarplaneten Mars.

Nehmen Sie im Folgenden an, dass die ersten Astronauten auf dem Mars gelandet sind und dass sie dort am Nachthimmel Sterne, Planeten sowie die beiden winzigen Marsmonde Phobos und Deimos betrachten.

- 5 a) Können die Astronauten die Erde während einer ganzen Marsnacht beobachten? Fertigen Sie eine Skizze der Bahnen von Erde und Mars an und erläutern Sie anhand dieser Ihre Überlegungen.

Der Marsmond Phobos umrundet den Mars auf einer (nahezu) kreisförmigen Bahn mit dem gleichen Drehsinn wie Mars selbst. Die Bahnebene von Phobos falle mit der Äquatorialebene von Mars zusammen. Phobos hat von der Marsoberfläche den Abstand $h = 6,0 \cdot 10^3$ km. Die Astronauten sollen diesen Wert überprüfen; dazu senden sie Radarsignale zu Phobos und messen die Zeit, bis die reflektierten Signale zurückkommen.

- 5 b) Bestimmen Sie die kleinstmögliche Signallaufzeit $t_{\min}$ und beschreiben Sie für diesen Fall die Lagebeziehung zwischen den Astronauten und Phobos.

Ein Marstag dauert 24,5 h.

- 3 c) Beschreiben Sie die Position von Phobos aus Sicht der Astronauten im Verlauf einer mehrstündigen Beobachtung, wenn die Umlaufzeit T_{Ph} von Phobos genau ein Marstag wäre.

- 5 d) Berechnen Sie nun die tatsächliche Umlaufzeit von Phobos und entscheiden Sie, ob sich Phobos aus Sicht der Astronauten mit den Fixsternen oder in entgegengesetzter Richtung bewegt.

- 5 e) Phobos hat einen Durchmesser von etwa 20 km. Untersuchen Sie, ob durch Phobos eine totale Sonnenfinsternis auf dem Mars entstehen kann.

Die Astronauten messen auf der Marsoberfläche eine durch die Sonne hervorgerufene Bestrahlungsstärke von $S_{\text{exp}} = 0,50$ kW/m².

- 5 f) Berechnen Sie die Solarkonstante für den Mars. Wie viel Prozent der Sonnenstrahlung werden folglich durch die Marsatmosphäre absorbiert?

- 3 g) Der Start von der Marsoberfläche wird dadurch erleichtert, dass dort alle Körper eine kleinere Gewichtskraft besitzen als auf der Erdoberfläche. In welchem Verhältnis stehen die Gewichtskräfte eines Körpers auf der Erde und auf dem Mars?

(Fortsetzung nächste Seite)

BE

2. Die Strahlung der Sonne

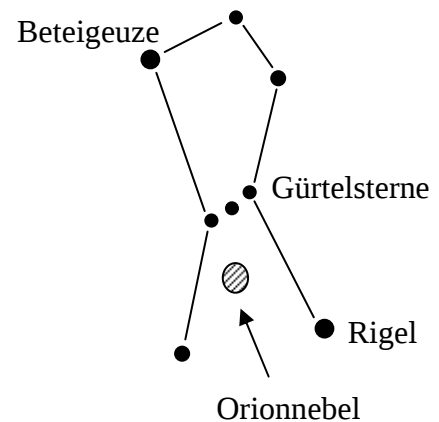
- 6 a) Beschreiben Sie ein Experiment, mit dem sich die Bestrahlungsstärke durch die Sonne bestimmen lässt.
- 70 % der Strahlungsleistung der Sonne werden von der Erde absorbiert; der Rest wird sofort in den Weltraum reflektiert.
- 6 b) Welche mittlere Temperatur wäre auf der Oberfläche der Erde zu erwarten, wenn man Strahlungsgleichgewicht zwischen absorbierter und abgestrahlter Leistung voraussetzt? Hierzu soll vereinfachend angenommen werden, dass die gesamte Erde einheitliche Temperatur besitzt.
- Tatsächlich liegt die mittlere Temperatur der Erdoberfläche mit etwa 15 °C deutlich höher.
- 3 c) Bei welcher Wellenlänge liegt nach dem Wien'schen Verschiebungsgesetz das Maximum der von der Erdoberfläche abgegebenen Strahlung? Zu welchem Bereich des elektromagnetischen Spektrums gehört diese Strahlung?
- 4 d) Wie kommt diese höhere Temperatur zustande?
- 6 e) Die Untersuchung ihrer elektromagnetischen Strahlung liefert uns wichtige Informationen über die Sonne. Erörtern Sie anhand zweier Beispiele, wie aus der elektromagnetischen Strahlung der Sonne Rückschlüsse auf ihre chemischen oder physikalischen Eigenschaften gezogen werden können.
- 4 f) Geben Sie an, welche experimentell ermittelbaren physikalischen Größen zur Bestimmung der Sonnenmasse benötigt werden und erläutern Sie, wie daraus die Sonnenmasse berechnet werden kann.

BE

G Ph 6

Das Sternbild Orion

Das Sternbild Orion, der Himmelsjäger, gehört zweifellos zu den imposantesten Sternbildern des nördlichen Sternhimmels. Der Hauptstern Beteigeuze (α Ori) ist ein „Schulterstern“, der Stern Rigel (β Ori) ein „Fußstern“ von Orion. Etwas unterhalb der „Gürtelsterne“ lässt sich der Orionnebel beobachten.



Angaben zu Beteigeuze (Spektraltyp M2):

Trigonometrische Parallaxe: $p = 0,00763''$

Mittlere Leuchtkraft: $L_B = 4,0 \cdot 10^4 L_{\odot}$

Oberflächentemperatur: $T_B = 3,2 \cdot 10^3 \text{ K}$

Masse: $m_B = 20 m_{\odot}$

Angaben zu Rigel (Spektraltyp B8):

Absolute Helligkeit: $M_R = -7$

Wellenlänge des Intensitätsmaximums: $\lambda_{\max} = 2,4 \cdot 10^{-7} \text{ m}$

- | | |
|---|--|
| 6 | a) Ermitteln Sie die Entfernung r und die mittlere absolute Helligkeit M_B von Beteigeuze.
[zur Kontrolle: $M_B = -6,7$] |
| 6 | b) Bestimmen Sie den mittleren Radius R_B von Beteigeuze und vergleichen Sie diesen mit Entfernungen in unserem Sonnensystem. |
| 3 | c) Berechnen Sie die Oberflächentemperatur T_R von Rigel. |
| 8 | d) Zeichnen Sie ein Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD) und kennzeichnen Sie darin die Lage der drei wichtigsten Sterntypen sowie die Lage der Sonne. Tragen Sie in das HRD auch die Positionen von Beteigeuze und Rigel ein. |
| 3 | e) Beteigeuze und Rigel leuchten jeweils in einem bestimmten Farbton. Begründen Sie, welcher von beiden bläulich erscheint. In welchem Farbton leuchtet der andere Stern? |
| 4 | f) Geben Sie zwei Kriterien an, die das Hauptreihenstadium eines Sterns kennzeichnen. |

(Fortsetzung nächste Seite)

BE

Die Zeit, während der sich ein Stern im Hauptreihenstadium befindet, wird auch als Verweildauer t_H bezeichnet.

- 4 g) Geben Sie an, wie die Verweildauer t_H von der Masse m und der Leuchtkraft L eines Sterns abhängt und leiten Sie die Beziehung $t_H \sim \frac{1}{m^2}$ für die Verweildauer her.
- 4 h) Berechnen Sie, wie groß die Verweildauer von Beteigeuze auf der Hauptreihe war. Nehmen Sie hierzu an, dass sich seine Masse weder auf der Hauptreihe noch im Riesenstadium wesentlich verändert hat und dass die Verweildauer der Sonne 10 Milliarden Jahre beträgt.
- 3 i) Tatsächlich verliert ein Stern wie Beteigeuze während des Riesenstadiums einen erheblichen Teil seiner Masse. Was folgt daraus für die tatsächliche Verweildauer von Beteigeuze im Vergleich zu dem in Teilaufgabe h berechneten Wert?
- 7 j) Astronomen rechnen in den nächsten 1000 Jahren bei Beteigeuze mit einer Supernova-Explosion; die weitere Entwicklung des Sterns wird deshalb intensiv beobachtet. Schildern Sie die Vorgänge während einer Supernova-Explosion, wie sie bei Beteigeuze zu erwarten ist.
- 7 k) Im Gegensatz zu Riesensternen wird unsere Sonne ein weniger spektakuläres Ende nehmen. Beschreiben Sie die Entwicklung der Sonne nach ihrem Hauptreihenstadium und stellen Sie diese im HRD aus Teilaufgabe d dar.
- 5 l) Eines der vielen interessanten Objekte im Sternbild Orion ist der Orionnebel, der als aktives Sternentstehungsgebiet gilt. Bei der Analyse des aus dem Zentrum des Nebels emittierten Lichts erhält man für die Wellenlänge der H_γ -Linie (Laborwellenlänge $\lambda = 434,0465$ nm) den Wert $\lambda' = 434,0517$ nm. Berechnen Sie den Betrag der Radialgeschwindigkeit des Orionnebels und geben Sie an, ob sich der Orionnebel auf uns zu oder von uns weg bewegt.