

BE

GPh 1

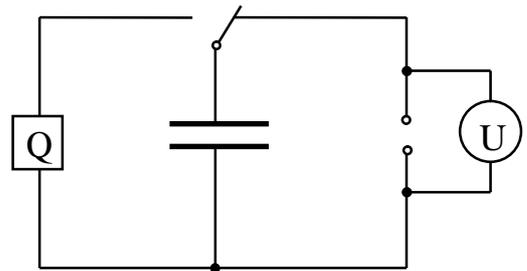
1. Millikanversuch

Bei einem Versuch nach Millikan schwebt ein zweifach negativ geladenes Öltröpfchen in einem Kondensator (Plattenabstand $d = 5,0$ mm) bei einer angelegten Spannung von $U = 255$ V.

- 5 a) Skizzieren Sie den Kondensator (Polung!) und die Kräfte, die auf das Tröpfchen wirken.
- 7 b) Leiten Sie für den Schwebefall die Beziehung zwischen Spannung und Masse des Tröpfchens her; die Auftriebskraft soll dabei vernachlässigt werden. Berechnen Sie die Masse des Öltröpfchens.
[zur Kontrolle: $1,7 \cdot 10^{-15}$ kg]
- 4 c) Zeigen Sie, dass man die Auftriebskraft tatsächlich vernachlässigen kann, indem Sie das Verhältnis von Gewichtskraft und Auftriebskraft berechnen (Dichte von Öl: $0,90$ kg/dm³; Dichte von Luft: $1,3$ g/dm³).
- 5 d) Das Öltröpfchen wird mit UV-Licht bestrahlt und verliert dadurch ein Elektron. Was beobachtet man? Begründen Sie Ihre Antwort mit Hilfe der wirkenden Kräfte. Eine rechnerische Behandlung ist nicht erforderlich.

2. Bestimmung der elektrischen Feldkonstante

Zur Bestimmung der elektrischen Feldkonstante ϵ_0 wird ein Kondensator benutzt. Dieser besteht aus zwei kreisförmigen Platten vom Radius 15 cm, die getrennt durch kleine Abstandshalter der Dicke 2,0 mm genau übereinander liegen. Der Kondensator wird auf verschiedene Spannungen aufgeladen und dann jeweils über ein Ladungsmessgerät entladen. Es ergeben sich die folgenden Messwerte:



U in V	100	150	200	250	300	350
Q in nC	35	56	69	90	110	124

(Fortsetzung nächste Seite)

BE

8 a) Tragen Sie die Messwerte in ein Koordinatensystem – Ladung in Abhängigkeit von der Spannung – ein. Zeichnen Sie eine Ausgleichsgerade und begründen Sie, warum sie durch den Koordinatenursprung enthalten muss. Welche Bedeutung hat die Steigung der Geraden? Bestimmen Sie ihren Wert.

4 b) Berechnen Sie mit Ihrem Ergebnis aus Teilaufgabe 2a die elektrische Feldkonstante und geben Sie die prozentuale Abweichung vom Literaturwert an.

Die obere Kondensatorplatte wird nun etwas in horizontaler Richtung verschoben und der Versuch dann bei gleichen Spannungswerten wiederholt.

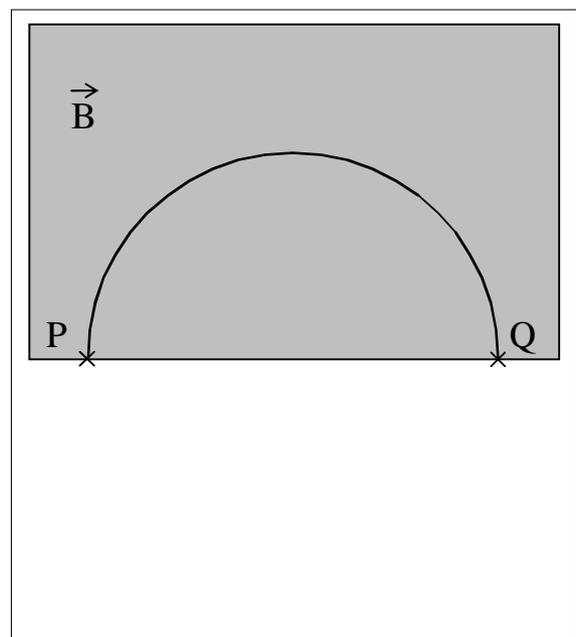
4 c) Zeichnen Sie in das Diagramm von Teilaufgabe 2a den Graphen einer möglichen Messreihe ein und begründen Sie seinen Verlauf.

3 d) Welche Änderung ergäbe sich im Graphen, wenn nun zusätzlich noch höhere Abstandshalter verwendet würden?

3. Relativistische Elektronen

Im Punkt P treten Elektronen in ein begrenztes homogenes Magnetfeld mit der Geschwindigkeit $v = 0,98 c$ ein. In der Skizze ist die halbkreisförmige Bahn der Elektronen im Magnetfeld dargestellt.

4 a) Übertragen Sie die nebenstehende Skizze auf Ihr Blatt. Ergänzen Sie sie durch eine beschriftete schematische Darstellung einer Anordnung zur Erzeugung und Beschleunigung der Elektronen und zeichnen Sie die Orientierung des Magnetfeldes ein.



9 b) Berechnen Sie die Masse der Elektronen in Vielfachen der Ruhemasse und bestimmen Sie damit die notwendige Beschleunigungsspannung U_b .

[zur Kontrolle: $m = 5,03 m_0$]

7 c) Die Flussdichte B des Magnetfelds beträgt 500 mT. Berechnen Sie den Bahnradius und die Flugdauer von P nach Q.

BE

GPh 2

1. Ein Mittelwellenempfänger soll Radiosignale in dem Frequenzbereich zwischen 530 kHz und 1600 kHz empfangen.

5

- a) Begründen Sie durch eine Rechnung, dass selbst bei der kürzesten in Frage kommenden Wellenlänge die benötigten Empfangsdipole auf Grund ihrer Länge in der Praxis nicht geeignet sind, sofern sie in Resonanz angeregt werden.

Statt eines Empfangsdipols verwendet man im Mittelwellenbereich so genannte Ferritantennen. Das sind im Wesentlichen Spulen mit Ferritkern, welche mit einem Kondensator einen Schwingkreis bilden. Der Schwingkreis wird in Resonanz mit der zu empfangenden elektromagnetischen Welle abgestimmt. Die im Empfänger benutzte Ferritantenne hat eine Induktivität von 0,22 mH. Die Kapazität in Form eines Drehkondensators ist variabel.

5

- b) Über welche Kapazitätswerte muss der Drehkondensator variiert werden können, so dass über den gesamten oben genannten Frequenzbereich Resonanz möglich ist?

Im Gegensatz zum Empfang werden bei der Erzeugung von Mittelwellen durchaus Dipole eingesetzt.

4

- c) Begründen Sie, warum die Dipolschwingungen stets gedämpft sind.

4

- d) Die Aufschrift AM bei der Wahltaste für den Mittelwellenempfang bei einem Radiogerät bedeutet Amplitudenmodulation. Als Signal soll ein Ton mit bestimmter Frequenz übertragen werden. Zeichnen Sie qualitativ in einem geeigneten Diagramm die amplitudenmodulierte Trägerschwingung und kennzeichnen Sie die Schwingungsdauern von Träger- und Signalschwingung.

2. Bei einem Doppelspalt für optische Versuche ist die Beschriftung nicht mehr erkennbar. Der Spaltabstand b soll nun experimentell mit Hilfe eines Lasers (Herstellerangabe: $\lambda = 633 \text{ nm} \pm 0,5 \text{ nm}$) durch einen Schüler ermittelt werden. Der Abstand l zwischen Schirm und Doppelspalt kann auf einer optischen Bank sehr genau eingestellt werden und ist $1700 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$. Der Schüler kann am Schirm auf beiden Seiten des 0. Maximums jeweils 4 weitere Maxima beobachten. Den Abstand d der beiden äußersten Maxima zueinander misst er zu $26 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$.

8

- a) Skizzieren Sie den Versuchsaufbau mit den relevanten geometrischen Größen und stellen Sie unter Verwendung der Kleinwinkelnäherung die Beziehung $b = \frac{8 \cdot \lambda \cdot l}{d}$ zur Berechnung des Spaltabstandes auf.

(Fortsetzung nächste Seite)

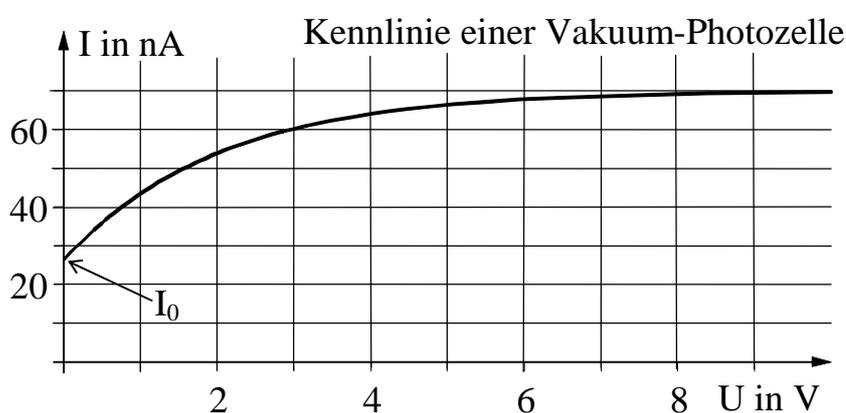
BE

- 4 b) Berechnen Sie den kleinstmöglichen Wert sowie den größtmöglichen Wert für den Spaltabstand.

Der Schüler bildet aus den Werten von Teilaufgabe 2b den Mittelwert für den Spaltabstand und will den Doppelspalt mit dem Wert $331,5 \mu\text{m}$ beschriften.

- 3 c) Begründen Sie, warum diese Aufschrift eine falsche Genauigkeit vortäuschen würde.

3. Eine Vakuumphotozelle wird mit monochromatischem Licht der Wellenlänge 436 nm bestrahlt. In Abhängigkeit von einer zwischen der Kathode und der Ringanode liegenden Spannung U wird der Photostrom I gemessen. Dabei wird die folgende U - I -Kennlinie aufgenommen.



- 6 a) Erstellen Sie eine beschriftete Skizze einer Versuchsanordnung, mit der die U - I -Kennlinie einer Vakuumphotozelle aufgenommen werden kann.

- 6 b) Erklären Sie, warum auch bei der Spannung $U = 0 \text{ V}$ schon eine Stromstärke I_0 gemessen wird. Erläutern Sie, warum der Strom die so genannte Sättigungsstromstärke I_s (im Diagramm $I_s = 70 \text{ nA}$) trotz zunehmender Spannung nicht übersteigt.

- 6 c) Um jeglichen Stromfluss zu unterdrücken, ist eine Gegenspannung $U_g = -0,90 \text{ V}$ gerade ausreichend. Bestimmen Sie die Austrittsarbeit für die Elektronen und geben Sie das kathodenmaterial an.

Die gesamte auf die Photozelle fallende Lichtleistung beträgt $1,0 \text{ W}$.

- 4 d) Berechnen Sie die Anzahl der pro Sekunde auf die Photozelle fallenden Photonen. [zur Kontrolle: $2,2 \cdot 10^{18} \text{ 1/s}$]

- 5 e) Nicht jedes Photon aus Teilaufgabe 3d kann ein Elektron auslösen. Ermitteln Sie mit dem Wert für die Sättigungsstromstärke I_s die Anzahl der ausgelösten Elektronen pro Sekunde und geben Sie an, welcher Anteil der einfallenden Photonen Photoelektronen auslöst.

BE

GPh 3

1. Fraunhoferlinien

Josef von Fraunhofer katalogisierte 1815 mehr als 500 dunkle Linien, die im Spektrum der Sonne auftreten. Mittlerweile sind etwa 25000 solcher „Fraunhofer-Linien“ bekannt.

- 5 a) Erläutern Sie, wie diese Linien entstehen und wieso sie Auskunft über die Zusammensetzung der äußeren Schichten der Sonnenatmosphäre geben.
- 5 b) Unter anderem findet man hier auch dunkle Linien, deren Wellenlängen mit denen der Balmerreihe im Wasserstoff-Emissionsspektrum übereinstimmen. Unter welcher Voraussetzung können dunkle Balmerlinien auftreten? Begründen Sie Ihre Antwort.

2. Spektren von He und He⁺

Das Edelgas Helium wurde 1868 durch seine Fraunhofer-Linien im Sonnenspektrum entdeckt und erst 1895 in Erdgasquellen auf der Erde gefunden.

- 3 a) Zum Spektrum von atomarem Helium (He) gehört u.a. eine Linie mit der Wellenlänge 588 nm. Berechnen Sie die zugehörige Photonenenergie.

Daneben lassen sich aber auch Linien nachweisen, die von einfach ionisiertem Helium (He⁺-Ionen) stammen. He⁺ ist ein Einelektronensystem wie das H-Atom. Der Wert der Bindungsenergie des Elektrons auf der n-ten Energiestufe berechnet sich durch:

$$E_n = - \frac{Z^2 R h c}{n^2} \quad (\text{R ist die Rydbergkonstante, Z die Ordnungszahl}).$$

Gehen Sie zunächst davon aus, dass die Rydbergkonstanten des Wasserstoffatoms und des He⁺-Ions gleich groß sind.

- 4 b) Berechnen Sie die Ionisierungsenergie von He⁺, das sich im Grundzustand befindet. [zur Kontrolle: 54,4 eV]
- 6 c) Zeigen Sie, dass die 2., 4. und 6. Energiestufe des He⁺-Ions mit den ersten drei Stufen des H-Atoms übereinstimmen.
- 4 d) Die H_α-Linie hat die größte Wellenlänge in der Balmerreihe des Wasserstoffatoms. Welcher Übergang im He⁺-Ion führt zur Emission einer Strahlung mit dieser Wellenlänge? Begründen Sie Ihre Antwort.
- 4 e) Tatsächlich ist die Rydbergkonstante des He⁺-Ions geringfügig größer als die des H-Atoms. Was folgt daraus für die Wellenlänge der He⁺-Linie aus Teilaufgabe 2d im Vergleich zur H_α-Linie?

(Fortsetzung nächste Seite)

BE

3. Röntgenspektren

- 5 a) Skizzieren Sie qualitativ das typische Emissionsspektrum einer Röntgenröhre. Tragen Sie dazu die Intensität der Strahlung in Abhängigkeit von der Wellenlänge auf. Die Betriebsspannung U_B der Röhre sei so groß, dass auch die charakteristische Strahlung des Anodenmaterials auftritt.
- 6 b) Aus der Wellenlänge der kurzwelligen Grenze λ_G des kontinuierlichen Spektrums und der Beschleunigungsspannung U_B lässt sich die Planck'sche Konstante h bestimmen.
Erklären Sie zunächst, welcher Prozess zur Entstehung von Röntgenquanten mit der Wellenlänge λ_G führt. Welcher Wert für h ergibt sich aus den Messwerten $U_B = 40$ kV und $\lambda_G = 31$ pm?
- 4 c) Erklären Sie allgemein die Entstehung der K_α -Linie im Röntgenspektrum.
- 5 d) Welchen Einfluss hat eine Erhöhung der Beschleunigungsspannung U_B auf die Werte von λ_G und $\lambda_{K\alpha}$?
Begründen Sie Ihre Antwort.
- 9 e) In Teilaufgabe 3b wurde unter Verwendung von Röntgenstrahlung eine Möglichkeit zur Bestimmung der Planckschen Konstante h betrachtet. Erläutern Sie eine weitere experimentelle Methode zur Bestimmung von h unter Verwendung eines anderen Bereichs des elektromagnetischen Spektrums (Messverfahren, Auswertung, Berechnung von h).

BE

GPh 41. Altersbestimmung mit der ^{14}C -Methode

Unter dem Einfluss der kosmischen Strahlung entstehen in der Atmosphäre schnelle Neutronen. Trifft ein solches Neutron auf einen Stickstoffkern ^{14}N , so kommt es gelegentlich zur Kernumwandlung in das Kohlenstoffisotop ^{14}C .

3 a) Geben Sie die Reaktionsgleichung an.

^{14}C ist radioaktiv. Es zerfällt unter Aussendung eines β^- -Teilchens mit einer Halbwertszeit von $5,7 \cdot 10^3$ Jahren.

7 b) Erläutern Sie die Entstehung des β^- -Teilchens und geben Sie die Zerfallsgleichung beim ^{14}C -Zerfall an. Die entstandenen β^- -Teilchen besitzen keine einheitliche Energie. Skizzieren Sie das Energiespektrum der β^- -Teilchen und erklären Sie sein Zustandekommen.

In der Atmosphäre stellt sich zwischen dem radioaktiven und dem stabilen Kohlenstoff ein Gleichgewicht ein, so dass pro Gramm Kohlenstoff 15,3 Zerfälle pro Minute stattfinden. In diesem Gleichgewichtsverhältnis findet man den radioaktiven Kohlenstoff auch in lebenden Organismen. Beim Absterben des Organismus hört jegliche Aufnahme von Kohlenstoff auf und die Aktivität nimmt im Lauf der Zeit ab.

9 c) In einem alten Holzstück ist Kohlenstoff der Masse 50 g enthalten. Darin beträgt der ^{14}C -Anteil $4,4 \cdot 10^{-12}$ g. Berechnen Sie die Anzahl der darin enthaltenen ^{14}C -Atome und damit die Aktivität pro 1 g Masse dieser Probe. [zur Kontrolle: $A/m = 0,015$ Bq/g]

5 d) Schätzen Sie mit Hilfe der Halbwertszeit ab, ob die Probe älter als 20 000 Jahre sein kann.

2. Der Forschungsreaktor Garching II

Der Reaktor FRM-II in Garching stellt eine effiziente Neutronenquelle dar. Die Neutronen werden gewonnen, indem ^{235}U durch thermische Neutronen gespalten wird.

4 a) Wie erhält man aus den bei den Kernzerfällen entstandenen schnellen Neutronen die benötigten thermischen Neutronen?

4 b) Bei einem möglichen Spaltprozess von ^{235}U entstehen als Spaltprodukte u. a. ^{94}Rb und zwei Neutronen. Geben Sie die Reaktionsgleichung an.

Bekanntlich sind freie Neutronen instabil. Der Reaktor in Garching erlaubt die genauere Untersuchung des Neutronenzerfalls.

Die Reaktionsgleichung für diesen lautet: ${}_0^1\text{n} \rightarrow {}_1^1\text{p} + {}_{-1}^0\text{e} + \bar{\nu}$

(Fortsetzung nächste Seite)

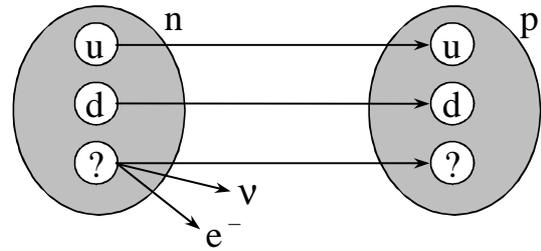
BE

Berechnet man die Differenz der Gesamtmasse vor dem Zerfall und der Gesamtmasse nach dem Zerfall, so erhält man $\Delta m = 8,4 \cdot 10^{-4} \text{ u}$.

- 8 c) Berechnen Sie die entsprechende Massendifferenz für einen angenommenen Protonenzerfall: ${}_1^1\text{p} \rightarrow {}_0^1\text{n} + {}_{+1}^0\text{e} + \nu$

Erläutern Sie, warum das Proton im Gegensatz zum Neutron als stabil betrachtet wird.

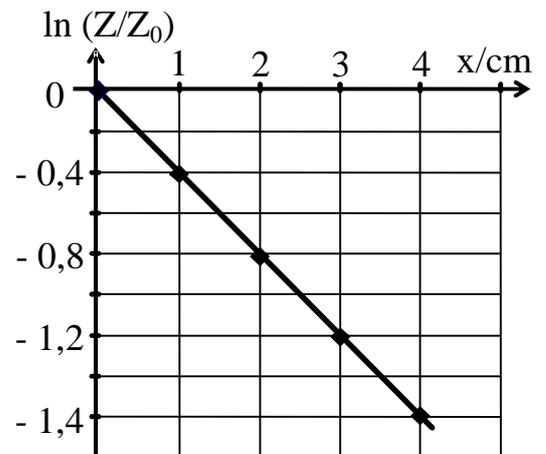
Protonen und Neutronen bestehen nach dem Quarkmodell jeweils aus drei Quarks der Sorten u (up) und d (down). Ein up-Quark besitzt die Ladung $\frac{2}{3} e$, ein down-Quark $-\frac{1}{3} e$.



Der Neutronenzerfall kann durch nebenstehendes Diagramm beschrieben werden.

- 6 d) Aus welchen drei Quarks müssen Proton und Neutron jeweils bestehen. Erläutern Sie Ihre Antwort und erklären Sie in diesem Modell den Neutronenzerfall.

Bei vielen Experimenten entsteht begleitend γ -Strahlung, die prinzipiell durch Bleiplatten abgeschirmt werden kann. Das nebenstehende Diagramm stellt das Absorptionsverhalten von Blei dar. Hierbei sind Z die Zählrate, Z_0 die Zählrate ohne Abschirmung und x die Dicke der Bleiplatte.



- 9 e) Entnehmen Sie der Graphik die Halbwertsdicke $D_{1/2}$ und ermitteln Sie, wie dick die Platten sein müssen, damit 75 % der γ -Strahlung absorbiert werden.

Im Gegensatz zur Absorption von γ -Strahlung ist Blei zur Absorption von Neutronen ungeeignet. Deshalb müssen bei einer Neutronenquelle zusätzlich zu einem Bleimantel noch andere Abschirmmaßnahmen getroffen werden.

- 5 f) Begründen Sie, warum Blei zur Abschirmung von Neutronenstrahlung schlecht geeignet ist. Welche wesentlichen Eigenschaften sollte ein Material besitzen, um Neutronen effektiv abschirmen zu können?

BE

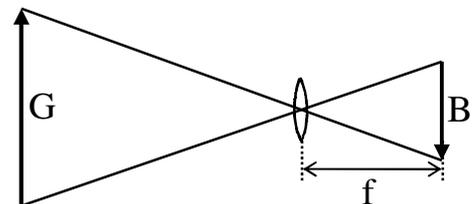
GPh 5

1. Mond

Zwischen zwei Vollmondphasen liegt ein Zeitraum von 29,5 Tagen. Gehen Sie für die Teilaufgaben 1a – 1d davon aus, dass sich Erde und Mond auf Kreisbahnen bewegen.

- 4 a) Erläutern Sie die Begriffe „siderischer Monat“ und „synodischer Monat“.
- 4 b) Fertigen Sie eine Skizze der Konstellation Sonne, Erde und Mond zu zwei aufeinander folgenden Vollmondphasen.
- 4 c) Berechnen Sie den Winkel φ , um den sich Verbindungslinie Erde-Sonne zwischen zwei Vollmondphasen bewegt hat. [zur Kontrolle: $\varphi = 29,1^\circ$]
- 5 d) Berechnen Sie mit Hilfe von Teilaufgabe 1b die Länge eines siderischen Monats.

Vom Mond wird eine Serie von photographischen Aufnahmen gemacht. Be-
findet sich der Mond im erdnächsten Punkt
seiner Bahn, so ergibt sich ein Durchmes-
ser des Mondbildes von $B_n = 17,2$ mm, im
erdfernsten Punkt von $B_f = 15,4$ mm. Die
Brennweite des abbildenden optischen
Systems ist $f = 1800$ mm. Entnehmen Sie
die geometrischen Zusammenhänge bei der optischen Abbildung der neben-
stehenden Skizze.



- 5 e) Berechnen Sie aus diesen Angaben und dem Mondradius von 1738 km den minimalen und maximalen Abstand des Mondes zum Beobachter.
- 4 f) Auf dem Mond erkennt man wesentlich mehr Krater als auf der Erde. Erläutern Sie zwei Gründe für diese Tatsache.
- 5 g) Betrachten Sie einen Quadratmeter Mondoberfläche, der senkrecht von der Sonne beleuchtet wird und 93 % der einfallenden Sonnenstrahlung absorbiert. Berechnen Sie unter der Annahme eines Strahlungsgleichgewichts die sich einstellende Temperatur.
Erklären Sie, warum ein Ort auf der Mondoberfläche wesentlich größere Temperaturschwankungen erfährt als ein Ort auf der Erdoberfläche.

2. Weltraummissionen

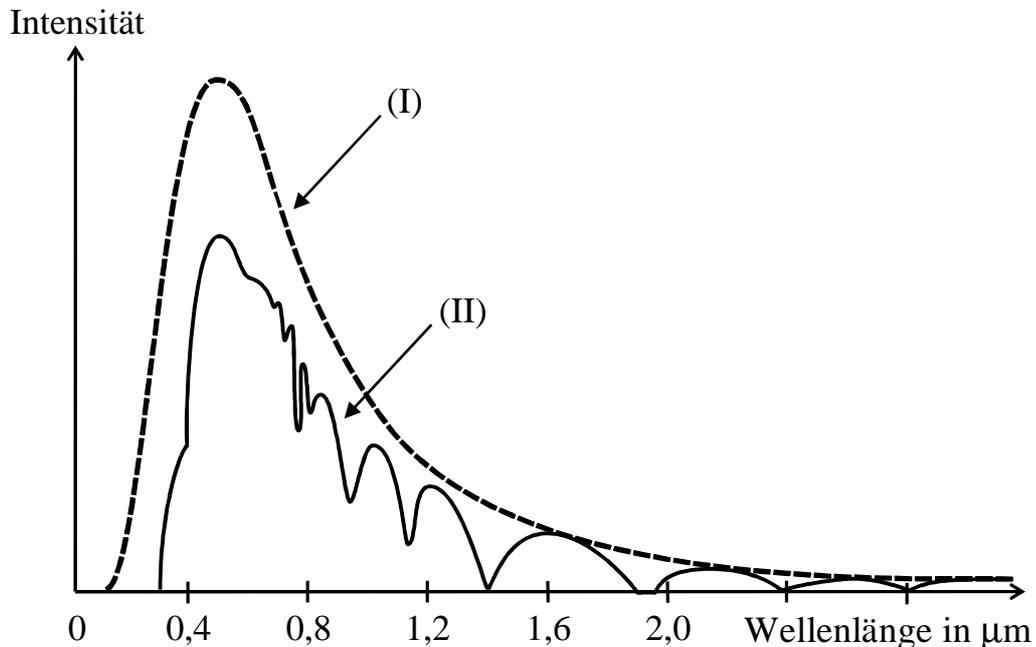
Bei den Apollo-Missionen zum Mond wurde die Raumkapsel zunächst in eine kreisförmige Erdumlaufbahn (Parkbahn) gebracht und anschließend durch kurzzeitiges Zünden des Haupttriebwerks auf den Weg zum Mond beschleunigt.

(Fortsetzung nächste Seite)

BE

- 8 a) Zwischen Erde und Mond gibt es einen Punkt, in dem sich die Gravitationskräfte von Erde und Mond aufheben. Berechnen Sie den Abstand r_0 dieses Punktes vom Erdmittelpunkt. Verwenden Sie für den Abstand von der Erde zum Mond $3,84 \cdot 10^5$ km. [zur Kontrolle: $r_0 = 3,46 \cdot 10^5$ km]
- 6 b) Berechnen Sie die Geschwindigkeit v^* , auf die ein Satellit von der Parkbahn (190 km über der Erdoberfläche) beschleunigt werden müsste, um anschließend antriebslos den Abstand r_0 zu erreichen. Der Einfluss des Mondes soll dabei nicht berücksichtigt werden.
- 2 c) Bei der Apollo-Mission genügte für den Mondflug eine Geschwindigkeit $v < v^*$. Begründen Sie diese Tatsache.

3. Sonne



Die Abbildung zeigt die spektrale Intensitätsverteilung eines schwarzen Strahlers von Sonnengröße bei Sonnentemperatur (I) und der Sonnenstrahlung an der Erdoberfläche (II).

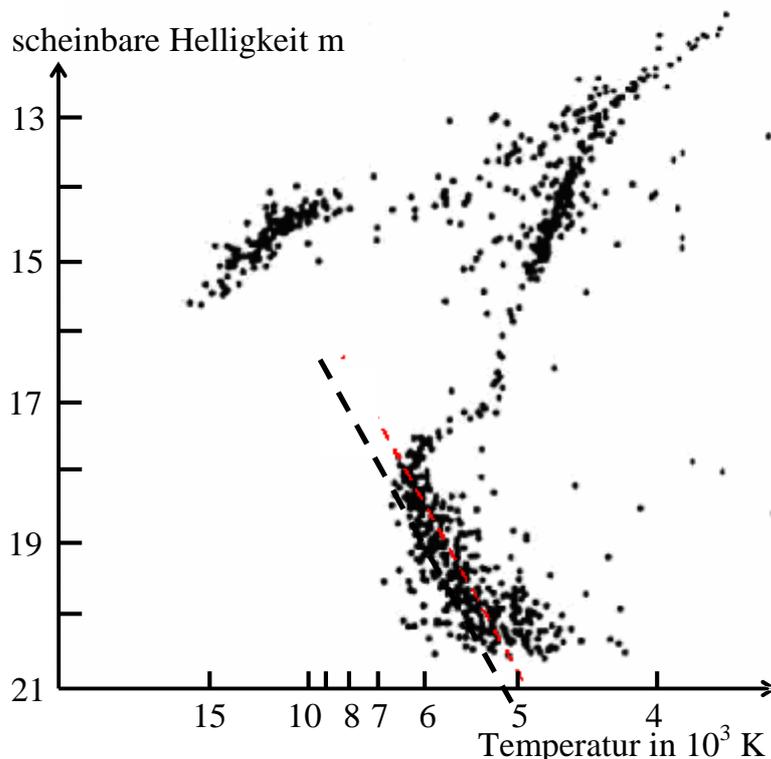
- 5 a) Skizzieren Sie in ein Diagramm die spektrale Verteilung der Strahlungsleistung von drei gleichen schwarzen Strahlern mit unterschiedlichen Temperaturen.
- 4 b) Berechnen Sie mithilfe des Graphen (I) näherungsweise die Oberflächentemperatur der Sonne.
- 4 c) Geben Sie wesentliche Unterschiede der Spektren (I) und (II) an und erläutern Sie diese.

BE

GPh 6

Der Kugelsternhaufen M13

Kugelsternhaufen sind kugelförmige Sternhaufen mit sehr vielen Sternen auf engem Raum, deren Sterndichte zum Zentrum hin stark zunimmt. Der hellste am Nordhimmel sichtbare Kugelsternhaufen ist M13 im Sternbild Herkules. Für M13 erhält man experimentell das folgende Hertzsprung-Russel-Diagramm (HRD). Die gestrichelte Hilfslinie kennzeichnet den ungefähren Verlauf der Hauptreihe.



- 8 1. a) Im HRD von M13 findet man u. a. Hauptreihensterne und Rote Riesen. Erläutern Sie die wesentlichen Unterschiede im Aufbau von Hauptreihensternen und Roten Riesen anhand der Veränderungen, die bei der Entwicklung auftreten.
- 6 b) Entnehmen Sie dem Diagramm die scheinbare Helligkeit eines Sterns, den Sie für sonnentypisch halten. Berechnen Sie damit einen Wert für die Entfernung von M13 zu unserem Sonnensystem.
- 5 c) Es gibt in M13 auch Weiße Zwerge. Geben Sie an, wo sich in diesem HRD die Weißen Zwerge befinden müssten. Begründen Sie Ihre Aussage mit den Eigenschaften Weißer Zwerge.

(Fortsetzung nächste Seite)

BE

2. In M13 wird der Cepheidenstern V2 beobachtet. Aus seiner Lichtkurve wird eine Periodendauer von 5,1 Tagen bei einer mittleren scheinbaren Helligkeit von 13,1 bestimmt. Der Cepheide V2 gehört zur Population II, und leuchtet um genau 2 Größenklassen weniger hell als klassische Cepheiden gleicher Periodendauer.
- 8 a) Berechnen Sie die absolute Helligkeit des Cepheiden V2 und daraus die Entfernung von M13.
[zur Kontrolle: $r = 8,2 \text{ kpc}$]
- 4 b) Auf dem Weg von M13 zu uns wird das Sternenlicht durch Streuung an interstellarer Materie leicht abgeschwächt (Extinktion). Ist daher der in Teilaufgabe 2a berechnete Wert für die Entfernung von M13 zu klein oder zu groß? Begründen Sie ihre Aussage.
- 10 c) Lesen Sie aus dem HRD die scheinbare Helligkeit des massereichsten Hauptreihensterns ab und berechnen Sie seine Leuchtkraft in Sonnenleuchtkräften. Bestimmen Sie außerdem mit Hilfe des HRD seinen Radius in Sonnenradien.
[zur Kontrolle: $L = 3,5 L_{\odot}$]
- 8 d) Schätzen Sie mit Hilfe des Ergebnisses von Teilaufgabe 2c das Alter von M13 ab. Welche vereinfachende Annahme macht man dabei? Verwenden Sie für die Entwicklungszeit der Sonne: $\tau_{\odot} = 10 \text{ Mrd. Jahre}$.
3. Anlässlich der Einweihung des modernisierten leistungsstarken Arecibo-Radioteleskops auf Puerto Rico im Jahr 1974 wurde eine 3,0 Minuten lange Nachricht an hypothetische außerirdische intelligente Zivilisationen in M13 gesandt.
- 4 a) Ermitteln Sie unter Berücksichtigung des Ergebnisses von Teilaufgabe 2a, wie viele Jahre vergehen müssen, bis wir auf der Erde ein mögliches Antwortsignal von dort empfangen könnten.
- 3 b) Das Signal hatte eine Trägerfrequenz von 2,38 GHz. Berechnen Sie die dazu gehörige Wellenlänge.
- 4 c) Für diese Außerirdischen sind die Strahlungsquellen Sonne und Erde nicht einzeln auflösbar. Dennoch könnten sie bei Nutzung optimaler Technik irdische Radiosignale erkennen. Begründen Sie dies. Vergleichen Sie dazu qualitativ die Intensitäten der Sonnenstrahlung im optischen Bereich und im Radiobereich.