Prüfungsteilnehmer	Prüfungstermin	Einzelprüfungsnummer
Kennzahl: __________ Kennwort: __________ Arbeitsplatz-Nr.: __________	**Herbst 2014**	**44011**

Erste Staatsprüfung für ein Lehramt an öffentlichen Schulen
— Prüfungsaufgaben —

Fach: **Physik (Unterrichtsfach)**

Einzelprüfung: **Aufbau der Materie**

Anzahl der gestellten Themen (Aufgaben): **1**

Anzahl der Druckseiten dieser Vorlage: **5**

Sämtliche Teilaufgaben sind zu bearbeiten!

Bitte wenden!

Teilaufgabe 1: Spektrallinien und Gaslaser (20 Punkte)

Zur Erzeugung von Laserlicht werden in vielen Fällen elektronische Übergänge eines atomaren Gases benutzt.

a) Die Anregungsenergie eines angeregten elektronischen Zustands betrage 2,1 eV, seine mittlere Lebensdauer betrage $1{,}0 \cdot 10^{-9}$s. Bestimmen Sie die ungefähre natürliche Halbwertsbreite Δf der zugehörigen Spektrallinie und die relative Halbwertsbreite $\Delta f / f$!

(3 Punkte)

b) Erläutern Sie zwei Effekte, die zu einer zusätzlichen Verbreiterung von Spektrallinien atomarer Gase führen!

(4 Punkte)

c) Erläutern Sie den Unterschied zwischen stimulierter und spontaner Emission!

(2 Punkte)

d) Der Raum zwischen den beiden Spiegeln eines Lasers bildet einen Resonator, in dem sich stehende Lichtwellen bilden können, analog zu den Eigenschwingungen einer schwingenden Saite mit fixierten Enden. Diese stehenden Lichtwellen werden als Longitudinalmoden bezeichnet. Die passenden Wellenlängen λ_n (n = Laufindex) und die zugehörigen Frequenzen f_n werden durch die Resonatorlänge L bestimmt. Geben Sie die Beziehung zwischen den Wellenlängen λ_n dieser Moden und der Resonatorlänge L an und bestimmen Sie die Beziehung zwischen der Resonatorlänge und dem Frequenzunterschied δf benachbarter Resonatormoden, d.h. $f_{n+1} - f_n$!

(3 Punkte)

e) Eine Spektrallinie, deren Frequenzbreite $\Delta f = 2{,}40$ GHz beträgt, soll als Laserlinie eingesetzt werden. Bestimmen Sie die Anzahl der Resonatormoden innerhalb der Frequenzbreite Δf der Spektrallinie, wenn die Länge des Laserresonators L = 1,50 m beträgt!

(2 Punkte)

f) Das Laserlicht erfährt beim Durchlaufen des gasgefüllten Resonatorraumes zwischen den Laserspiegeln eine Verstärkung mit dem Verstärkungskoeffizienten α. Dieser gibt die relative Verstärkung der Lichtintensität I pro Weglänge dx an. Zeigen Sie, dass dann nach dem Durchlaufen der Länge L gilt: $I(L) = I(0) \cdot \exp(\alpha \cdot L)$!

(2 Punkte)

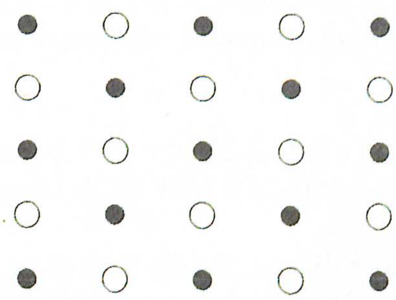
g) Das Licht im Resonator lässt sich als Welle betrachten, die zwischen den beiden Spiegeln hin- und herläuft. Bedingung für einen kontinuierlich leuchtenden Laser ist, dass die Lichtintensität im Resonator nach einem Resonatorumlauf, d.h. Hin- und Rücklauf, genauso groß wie vorher ist. Hierzu muss die Lichtverstärkung den Anteil des Lichts kompensieren, der am Frontspiegel ausgekoppelt wird. Weitere Resonatorverluste werden vernachlässigt. Bestimmen Sie den maximal erlaubten Transmissionsgrad T des Auskoppelspiegels, wenn der Verstärkungskoeffizient $\alpha = 3{,}5 \cdot 10^{-4}$ cm^{-1}, die Länge des gasgefüllten Resonators L = 1,50 m, und das Reflexionsvermögen des zweiten Resonatorspiegels R = 1,00 beträgt!

(4 Punkte)

Fortsetzung nächste Seite!

Teilaufgabe 2: Kristalle (20 Punkte)

Betrachten Sie einen kristallinen Festkörper.



a) Gegeben sei eine zweidimensionale Kristallstruktur (siehe Skizze).
Übertragen Sie die Skizze auf Ihr Blatt;
zeichnen Sie primitive Gittervektoren ein und markieren Sie eine Basis!

(2 Punkte)

Betrachtet wird nun ein dreidimensionaler Kristall mit einem einfach kubischen Gitter und einer Gitterkonstante a = 0,362 nm.

b) Berechnen Sie die minimale Photonenenergie der Röntgenstrahlung (in eV), die notwendig ist, um Braggreflexion zu beobachten!

(3 Punkte)

c) Berechnen Sie, welche minimale Teilchenenergie notwendig ist, wenn statt Röntgenstrahlung Neutronen verwendet werden!

(2 Punkte)

d) Berechnen Sie, unter welchen Winkeln man Braggreflexion von den (100)- und (111)-Netzebenen erhält, wenn Röntgenstrahlung der Wellenlänge 0,072 nm verwendet wird!

(2 Punkte)

e) An einem Kupferpulver beobachtet man bei 273 K einen Reflex unter dem Braggwinkel von 47,77°. Berechnen Sie den linearen Ausdehnungskoeffizienten, wenn bei 773 K der Winkel 47,24° beträgt!

(3 Punkte)

f) Skizzieren Sie die Phononendispersion eines dreidimensionalen zweiatomigen Kristalls! Erläutern Sie die Skizze!

(4 Punkte)

g) Beschreiben Sie wie die Phononendispersion gemessen werden kann!

(2 Punkte)

h) Beschreiben Sie eine Methode, mit der ein monochromatischer Neutronenstrahl erzeugt werden kann!

(2 Punkte)

Fortsetzung nächste Seite!

Teilaufgabe 3: Kernspaltung (20 Punkte)

Die Bindungsenergie E_B eines Kerns mit Massenzahl A = Z + N (Z Protonen, N Neutronen) kann im Tröpfchenmodell näherungsweise beschrieben werden durch

$$E_B = aA - bA^{2/3} - cZ^2A^{-\frac{1}{3}} - d(N-Z)^2A^{-1} + \delta A^{-\frac{1}{2}}$$

mit a = 15,7 MeV, b = 17,2 MeV, c = 0,7 MeV, d = 23 MeV, δ = 0 (A ungerade), +11,2 MeV (Z, N gerade), -11,2 MeV (Z, N ungerade) .

a) Erläutern Sie die Bedeutung der ersten vier Terme! Gehen Sie dabei auch auf die Z- und N-Abhängigkeit des dritten und vierten Terms ein!

(4 Punkte)

b) Skizzieren Sie den Verlauf der Bindungsenergie pro Nukleon E_B/A über der Massenzahl A!
Geben Sie die Größenordnung von E_B/A an!
Begründen Sie für welche Elemente Energie aus deren Kernspaltung freigesetzt werden kann!

(3 Punkte)

c) Geben Sie eine allgemeine Reaktionsgleichung für die Spaltung von ^{235}U an, die eine Kettenreaktion aufrecht erhalten kann!
Erläutern Sie, weshalb bei der Spaltung von ^{235}U Neutronen freigesetzt werden!

(2 Punkte)

d) Begründen Sie unter Beachtung des letzten Terms der Bindungsenergie im Tröpfchenmodell, weshalb ^{235}U leichter zu spalten ist als ^{238}U!

(2 Punkte)

e) Berechnen Sie im Rahmen des Tröpfchenmodells die Radien der Kerne $^{141}_{56}Ba$ und $^{92}_{36}Kr$!

(2Punkte)

f) Berechnen Sie die elektrostatische Energie des Systems der beiden Tochterkerne, wenn sich diese unmittelbar nach der Spaltung gerade noch berühren! Diskutieren Sie mögliche Abweichungen von der gemessenen Spaltungsenergie von 175 MeV!

(3 Punkte)

g) Ein Spaltprodukt $^{A}_{Z}X_N$ der Uranspaltung zerfalle weiter über den β-Zerfall.
Geben Sie die Reaktionsgleichung an!
Geben Sie die ungefähren Massen der beteiligten Teilchen an!
Beschreiben Sie die Energiespektren der beteiligten Teilchen und geben Sie eine kurze Begründung hierfür an!

(4 Punkte)

Fortsetzung nächste Seite!

Teilaufgabe 4: Anregungen des Stickstoffmoleküls (20 Punkte)

a) Das molekulare Bindungspotenzial V(R) des N_2-Moleküls lässt sich als Morse-Potential
$$V(R) = D \cdot (1 - e^{-a(R-R_0)})^2$$
darstellen. Hierbei ist R der Abstand der beiden Kerne, R_0 ist der Gleichgewichtsabstand. Es gilt $a \gg R_0^{-1}$. Bestimmen Sie den Wert von V(R) für $R = R_0$, sowie den Näherungswert von V(R) für den Grenzfall $R \to \infty$! Leiten Sie hieraus die physikalische Bedeutung der Größe D ab. Beschreiben Sie auch qualitativ das Verhalten für $R \ll R_0$!

(5 Punkte)

b) Skizzieren Sie das Morse-Potential V(R)!

(3 Punkte)

c) Zeigen Sie durch die Entwicklung der Exponentialfunktion, dass sich für kleine Auslenkungen $x = R - R_0$ eine harmonische Näherung von V(R) ergibt mit der Kraftkonstanten $k = 2Da^2$!

(3 Punkte)

d) Die Konstanten im Morse-Potential für das N_2-Molekül betragen D = 9,88 eV und $a = 25{,}13 \cdot 10^9\ \mathrm{m}^{-1}$.
Bestimmen Sie hiermit die Vibrationsfrequenz ω_V des N_2-Moleküls! Bestimmen Sie ebenfalls die zugehörige Quantisierungsenergie $\hbar\omega_V$ in eV! Berechnen Sie die Lichtwellenlänge λ zur Frequenz ω_V und benennen Sie den dazu gehörenden Spektralbereich!

(5 Punkte)

e) Geben Sie an, welcher Spektralbereich für den Treibhauseffekt relevant ist! Benennen Sie die zugehörige molekulare Anregung und erläutern Sie, warum Stickstoffmoleküle beim Treibhauseffekt keine Rolle spielen!

(4 Punkte)