Physik der Materie 1

FSU Jena - WS 2008/2009
Klausur - Aufgabenstellung

05.02.2009

Aufgabe 01

Gedankenexperiment: Zwei Körper gleicher Fläche F und gleicher Temperatur T sind entsprechend der Abbildung angeordnet. Der eine ist der schwarze Körper K_s und der andere der Körper K mit dem Emissionsvermögen E, dem Absorptionsvermögen A und dem Reflexionsvermögen R. Der Körper K sei so dick, dass eine Transmission nicht möglich ist. Der Raum zwischen den beiden Flächen sei evakuiert und seitlich ideal verspiegelt. Das ganze ist thermisch ideal isoliert. Die insgesamt vom Körper K in den Halbraum emittierte Leistung N_e ist gegeben durch

$$N_e = EF\sigma T^4$$

wobei σ eine Konstante ist.
Zeigen Sie, dass $A = E$ (Kirchhoffscher Satz) gilt. Gehen Sie von der Strahlungsbilanz im Gleichgewicht aus.

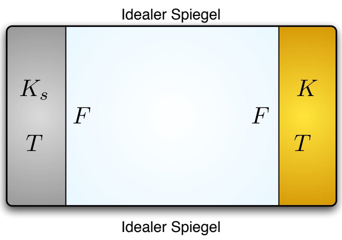

Abbildung 1: Zur Aufgabe 01

Aufgabe 02

Die Dispersionsrelation für eine bestimmte physikalische Situation ist gegeben durch

$$\omega(k) = \frac{\hbar k^2}{2m}$$

a) Berechnen Sie daraus die Phasengeschwindigkeit v_{ph} und die Gruppengeschwindigkeit v_{g} als Funktion des Impulses p.

b) Welche der beiden Geschwindigkeiten ist mit der Teilchengeschwindigkeit v gleichzusetzen? Was ergibt sich daraus für die Beziehung zwischen Impuls p und Geschwindigkeit v?

c) Berechnen Sie aus der Dispersionsrelation unter Benutzung von (b) die Energie E als Funktion der Teilchengeschwindigkeit v. Um welche physikalische Situation handelt es sich?

Aufgabe 03

Der Impuls p eines freien Teilchens mit der Ruhemasse m ist gegeben durch $p = 3^{1/2}$ mc. Berechnen Sie die kinetische Energie E_{kin} und die Geschwindigkeit v des Teilchens.

Aufgabe 04

Ein Teilchen mit der Masse m befinde sich in einem eindimensionalen Potentialtopf mit der Breite a und unendlich hohen Wänden (d.h $V(x) = 0$ für $0 < x < a$ und $V(x) \to \infty$ sonst).
Berechnen Sie die Energieeigenwerte. Verwenden Sie dafür die zeitfreie Schrödingergleichung und den Ansatz

$$\varphi(x) = A\sin(\alpha x) + B\cos(\alpha x)$$

und beachten Sie die Randbedingungen.

Aufgabe 05

Ein Teilchen ohne Spin mit dem Bahndrehimpuls $\mathbf{l}$ und dem magnetischen Dipolmoment $\boldsymbol{\mu} = \alpha\mathbf{l}$ (α ist eine Konstante) befindet sich in einem konstanten Magnetfeld $\mathbf{B}$ ($\mathbf{l}, \boldsymbol{\mu}$ und $\mathbf{B}$ sind Vektoren). Die Bahndrehimpulsquantenzahl l ist gegeben.

a) Welche Einstellmöglichkeiten von $\mathbf{l}$ zu $\mathbf{B}$ gibt es, d.h geben Sie alle möglichen Winkel α zwischen $\mathbf{l}$ und $\mathbf{B}$ an. Wie groß ist der kleinste mögliche Winkel $\alpha_{\min}$?

b) Berechnen Sie die Wechselwirkungsenergien für alle Einstellmöglichkeiten.

Aufgabe 06

Die Bindungsenergie des Atomkerns als Funktion der Nukleonzahl A und der Protonenzahl Z wird relativ gut durch die Bethe-Weizsäcker-Formel

$$E_B(A,Z) = a_V A - a_S A^{2/3} - a_C Z^2/A^{1/3} - a_A(Z - A/2)^2/A + a_P\delta/A^{1/2}$$

mit $\delta = 0$ für gu- und ug-Kerne, $\delta = 1$ für gg-Kerne und $\delta = -1$ für uu-Kerne, wiedergegeben. Für die stabilen Kerne soll näherungsweise $Z = A/2$ und $\delta = 0$ verwendet werden. Berechnen Sie die insgesamt frei werdende kinetische Energie bei der spontanen Spaltung eines Kerns mit der Nukleonenzahl A.
(nehmen Sie vereinfachend an, dass der Ausgangskern in zwei gleich große Kerne zerfällt)