

# Physik II

Georg-August-Universität Göttingen  
Prof. Dr. K. Bahr / Prof. Dr. K.-H. Rehren / PD Dr. H. Schanz  
www.theorie.physik.uni-goettingen.de/lehre/Uebungen/Physik-2/06/

Abgabe: 17. 7. 2006

SS 2006



Übungsblatt 12

## 1. Aufgabe: Strahlungsdruck

In der Vorlesung wurde die Impulsraum-Verteilungsfunktion der Photonen in der thermischen Strahlung hergeleitet:

$$dN(\vec{p}) = \frac{2V}{h^3} \frac{1}{e^{c|p|/kT} - 1} d^3p.$$

(a) (5 Pkt.)

Berechnen Sie hieraus den Strahlungsdruck auf eine Wand. Verwenden Sie dazu dieselbe Überlegung wie in der Mechanik, dass der Druck durch den Impulsübertrag  $2p_z$  der an der Wand reflektierten Photonen zustandekommt, und addieren Sie die zugehörigen Kraftstöße mit der bekannten Verteilungsfunktion.

Das Ergebnis sollte sein:  $p = \frac{1}{3}w$  (kein Faktor  $c$  wie fälschlicherweise in der Vorlesung angegeben).

(b) *Zusatzaufgabe (leicht!)*: (2 Pkt.)

Berechnen Sie auch die Gesamtzahl der Photonen in Abhängigkeit von Temperatur und Volumen.

*Hinweis:* Verwenden sie Polarkoordinaten im Impulsraum, und substituieren Sie die Radialkoordinate  $p = |\vec{p}|$  durch  $x = cp/kT$ . Die Integrale  $\int_0^\infty \frac{x^n dx}{e^x - 1}$  haben die Werte 2,404 ( $n = 2$ ) und  $\pi^4/15 = 6,494$  ( $n = 3$ ).

## 2. Aufgabe: Spiegel

(5 Pkt.)

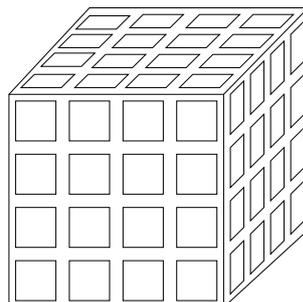
Eine ebene Welle  $\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 e^{i(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t)}$  fällt auf eine metallische Schicht in der Ebene  $z = 0$  und wird dort reflektiert, d. h. es entsteht eine zweite Welle  $\vec{E}'(\vec{r}, t) = \vec{E}'_0 e^{i(\vec{k}' \cdot \vec{r} - \omega t)}$ . Bestimmen Sie deren Wellenvektor  $\vec{k}'$  aus der Randbedingung, dass die zum Leiter tangential Komponente des (gesamten) elektrischen Feldes verschwindet. Zeigen Sie, dass  $\vec{k}$  und  $\vec{k}'$  gerade das Reflexionsgesetz erfüllen.

## 3. Aufgabe: Ein Mischungsgesetz

(4 Pkt.)

Ein großer Würfel möge aus  $N^3$  kleinen Würfeln der Kantenlänge  $a + b$  zusammengesetzt sein; dabei ist  $a$  die Kantenlänge von einander nicht berührenden Würfeln mit der spezifischen Leitfähigkeit  $\sigma_2$  und  $b$  die Dicke einer diese Würfeln umgebenden Randschicht mit Leitfähigkeit  $\sigma_1$ . Man zeige, dass der Widerstand des großen Würfels gegeben ist durch

$$R = \frac{1}{N} \left( \frac{1}{a\sigma_2 + 2b\sigma_1} + \frac{b}{\sigma_1(a+b)^2} \right).$$



#### 4. Aufgabe: Wellenwiderstand

(3 Pkt. je Teilaufgabe)

- (a) Wie groß ist der Wellenwiderstand  $\sqrt{L/C}$  eines Koaxialkabels in Abhängigkeit von den Radien des inneren und des äußeren Leiters?
- (b) Wie groß ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit  $1/\sqrt{LC}$  der Wellen in diesem Kabel?