

Übungsblatt 3

Ausgabe: 5.5.2006

Rückgabe: 15.5.2006 vor der Vorlesung

1. Das abgebildete Diagramm zeigt die mittlere Photonenzahl pro Mode eines thermischen Strahlungsfeldes im Gleichgewicht (= Schwarzkörperstrahlung, wie durch das Planck'sche Strahlungsgesetz beschrieben) als Funktion der Frequenz und der Temperatur.

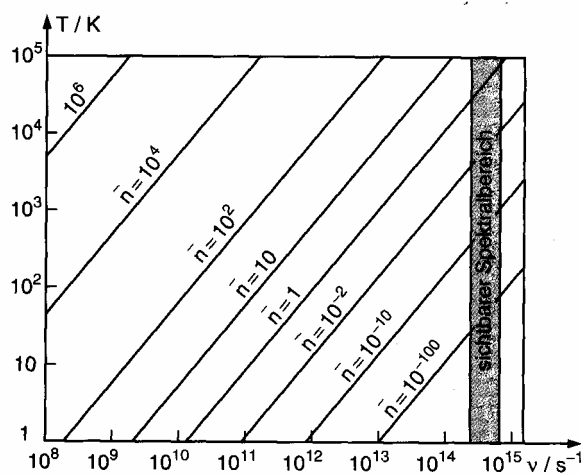


Abb. 7.2. Mittlere Photonenzahl \bar{n} pro Mode des Strahlungsfeldes im thermischen Gleichgewicht als Funktion von Temperatur T und Frequenz ν

Berechnen Sie das Verhältnis von induzierter zu spontaner Emission für die Emission eines Photons der Frequenz ν und setzen Sie dieses in Beziehung zur mittleren Photonenzahl \bar{n} in einer Mode der Frequenz ν . (Sie brauchen dazu die in der Vorlesung angegebenen Informationen über die Einstein-Koeffizienten für spontane Emission A_{mn} und für induzierte Emission B_{mn} , die Planck'sche Strahlungsformel und die Modenzahl als Funktion der Frequenz.)

Geben Sie einen möglichen Grund an, warum Laser zunächst für Wellenlängen im Mikrowellenbereich realisiert wurden (und zu dieser Zeit Maser hießen).

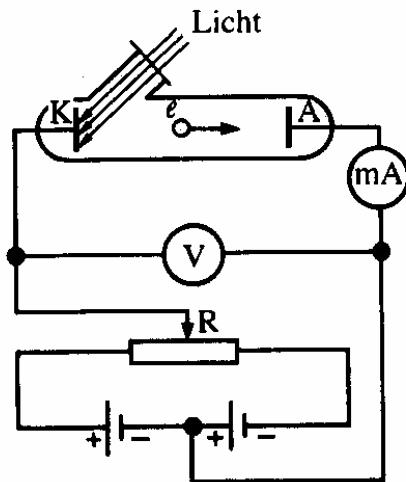
(2 Punkte)

2. Im fernen Ultraviolet- (Vakuum-Ultraviolet, VUV) und Röntgenbereich gibt es keine Medien, in denen sich effektiv die für Laseroperation notwendige Besetzungsinversion erzeugen lässt. Man arbeitet daher momentan mit Nachdruck an der Konstruktion sogenannter Freie Elektronen Laser (FEL), die es erlauben sollen, in diesem Bereich Lichtstrahlen mit bisher unerreichter Intensität zu liefern (z. B. FLASH und X-FEL Projekte am Deutschen Elektronensynchrotron Hamburg, siehe <http://www-hasyllab.desy.de>, HASYLAB > Facility > Free Electron Laser > FLASH).

Berechnen Sie für typische Operationsparameter: Wellenlänge 32 nm, 10 μJ Energie/Puls, Pulsdauer 40 fs, 50 Pulse/s, die Anzahl der Photonen pro Puls und pro Sekunde. Berechnen Sie weiterhin die Leistungsdichte eines Pulses in W/cm^2 wenn es gelingt, den Puls auf einen Durchmesser von 20 μm zu fokussieren sowie die durchschnittlich abgestrahlte Gesamtleistung in W. Vergleichen Sie die Anzahl der Photonen pro Puls mit typischen kommerziell erhältlichen Lasersystemen, Parameter: Wellenlänge 800 nm, 2.5 mJ/Puls, Pulsdauer 100 fs, Repetitionsrate 30 Hz, Spitzenleistung $5.2 \cdot 10^{15} \text{ W}/\text{cm}^2$.

(1 Punkt)

3. Der äußere Photoeffekt an einem Festkörper soll mit der abgebildeten Schaltung untersucht werden:



(K: Kathode, A: Anode, beides Gold, grösste Wellenlänge, bei der ein Photoeffekt auftritt 243 nm, Licht: Monochromatische Synchrotronstrahlung der Photonenenergie 30 eV.)

- Zeichnen Sie qualitativ die Strom-Spannungskurve für eine auf die Kathode fallende Leistung von $4.8 \mu\text{W}$ und $10 \mu\text{W}$.
- Welche Größenordnung hat der Sättigungsstrom bei $4.8 \mu\text{W}$?
- Betrachten Sie dieselbe Anordnung mit Kupferanode und -kathode. Bestimmen Sie den Wert der Planck-Konstante h aus den folgenden Messwerten für die kleinstmögliche Gegenspannung V , bei der noch ein Strom gemessen werden kann: $V = -5.35 \text{ V}$ bei Wellenlänge 124 nm, $V = -7.75 \text{ V}$ bei Wellenlänge 100 nm.

(3 Punkte)

4. Ein isoliert im Vakuum befindliches ^{20}Ne Atom wird von einem Photon ionisiert. Das Ionisationspotential von Ne beträgt 21.6 eV, das Photoelektron soll die kinetische Energie 13.6 eV haben. (Bei dieser Energie müssen sie höhere Ionisationsschwellen nicht berücksichtigen.) Berechnen Sie den Impuls, der an das zurückbleibende Ion transferiert wird, in einer sinnvollen Näherung.

Schätzen Sie eine Temperatur, die das Ne-Gas maximal haben darf, damit dieser Impuls gemessen werden kann.

Welchen Wert hätte der Impuls nach Ionisation durch Compton-Streuung mit einem 13.8 keV Photon?

(4 Punkte)