

Ar⁺-Ionenlaser

- a) Geben Sie an, welcher Quantenstatistik das Photon und welcher das Elektron unterliegen. (2 Punkte)
- b) Ein Laser erzeugt einen kohärenten monochromatischen Lichtstrahl über stimulierte Emission von Photonen. Erklären Sie, warum man keinen monochromatischen kohärenten Elektronenstrahl über stimulierte Emission von Elektronen erzeugen kann. (3 Punkte)
- c) In einem Argon-Ionen-Laser wird zunächst das neutrale Argon Ar durch Elektronenstoß einfach ionisiert und dann über einen weiteren Elektronenstoß in das $4p$ -Niveau des Ar^+ -Ions überführt. Von dort kehrt es über den $4s$ -Zustand wieder in den Grundzustand des Ar^+ -Ions zurück und emittiert ein Photon der Wellenlänge 514 nm . Geben Sie die Elektronenkonfiguration des Grundzustands des neutralen Ar , sowie des Grundzustands des positiven Ar^+ -Ions an. Wie müssen sich die Lebensdauern der $4p$ - und $4s$ -Zustände verhalten damit der $4p - 4s$ -Übergang eine effektive Laseremission ermöglicht. Begründen Sie ihre Antwort. (3 Punkte)
- d) Die natürliche Linienbreite des $4p - 4s$ -Übergangs in Ar^+ beträgt $\Delta\nu = 100\text{ MHz}$. In der Ar^+ -Röhre wird jedoch eine deutlich größere Linienbreite beobachtet. Erläutern Sie, durch welchen Effekt die beobachtete Linienbreite bestimmt wird. (3 Punkte)
- e) Schätzen Sie die Emissionslinienbreite des $4p - 4s$ Übergangs des Ar^+ -Gases ab, indem Sie annehmen, dass die Temperatur der Ar^+ -Ionen bei 3000 K liege und der Gasdruck klein ist. (3 Punkte)
- f) Erläutern Sie, warum die Linienbreite der Laseremission geringer ist als die in e) berechnete spektrale Breite des Übergangs. (3 Punkte)
- g) Ein Argonlaserstrahl der Wellenlänge 514 nm und der Leistung 1 W wird von einem Körper der Masse m vollständig absorbiert. Berechnen Sie, ab welcher Masse des Teilchens die vom Laserstrahl ausgeübte Kraft auf den Körper dessen Gewichtskraft überschreitet. (*Hinweis:* Die Kraft ergibt sich aus der Zahl der Photonen, die pro Zeiteinheit auf den Körper treffen und deren Impuls). (3 Punkte)