

**Ar<sup>+</sup>-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  $514\text{nm}$ . 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  $3000\text{K}$  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  $514\text{nm}$  und der Leistung  $1\text{W}$  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)