



Lehrplananbindung: 12.2 Atommodell der Quantenphysik, Beispiel einer Anwendung

Kompetenzen: Neben den Fachkenntnissen liegt der Schwerpunkt bei

Erkenntnisgewinnung	<i>Fachmethoden wiedergeben</i>	<i>Fachmethoden nutzen</i>	<i>Fachmethoden problembezogen auswählen u. anwenden</i>
Kommunikation	<i>Mit vorgegebenen Darstellungsformen arbeiten</i>	<i>Geeignete Darstellungsformen nutzen</i>	<i>Darstellungsformen selbstständig auswählen u. nutzen</i>
Bewertung	<i>Vorgegebene Bewertungen nachvollziehen</i>	<i>Vorgegebene Bewertungen beurteilen und kommentieren</i>	<i>Eigene Bewertungen vornehmen</i>

Argon-Ionen-Laser (in Anlehnung an das Abitur 2006)

a) Ein Laser basiert auf dem Grundprinzip der stimulierten Emission. Erläutern Sie kurz, was unter diesem Phänomen zu verstehen ist.

Bei einem Argon-Ionen-Laser werden angeregte Zustände von Argon-Ionen zur Erzeugung von Laserlicht verwendet. Der Argon-Ionen-Laser findet u. a. Verwendung bei der Holographie, in Laserdruckern und in der Laserchirurgie.

b) Beschreiben Sie, wie sich die Elektronen bei einem Argon-Atom ¹⁸Ar im Grundzustand auf die verschiedenen Energieniveaus verteilen.

c) Die Argon-Atome werden mit Hilfe von Elektronen ionisiert. Berechnen Sie die Geschwindigkeit, die Elektronen mindestens haben müssen, um ein Argon-Atom ionisieren zu können, wenn dafür eine Energie von mindestens 15,8 eV notwendig ist.

Das Laserlicht entsteht beim Übergang der Argon-Ionen vom Zustand 4p in den Zustand 4s (siehe Abb. 1). Um das obere Laserniveau 4p zu erreichen, ist zusätzlich zur Ionisierung noch eine Anregung des Ions durch einen Elektronenstoß erforderlich.

- d) Ein Elektron der Geschwindigkeit $4,2 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$ verliert bei der Ionisation von Argon-Atomen 30% seiner Geschwindigkeit. Untersuchen Sie durch Rechnung, ob dieses Elektron anschließend noch in der Lage ist, ein Argon-Ion auf das obere Laserniveau 4p anzuregen.
- e) Berechnen Sie die Wellenlänge des Laserlichts.

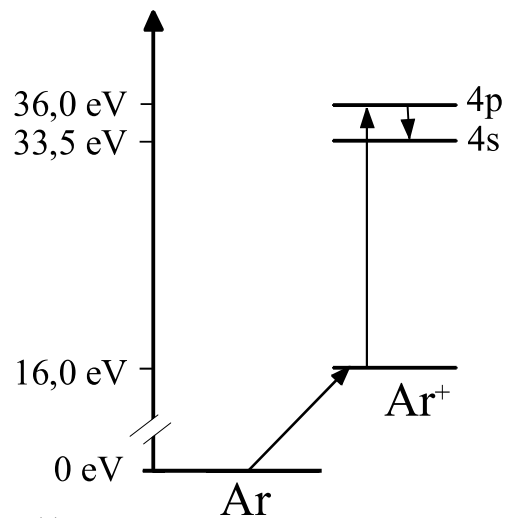


Abb. 1

Lösungsskizze:

a) Wird einem Atom Energie zugeführt, indem es z. B. ein Photon absorbiert, so geht es in einen angeregten Zustand über. Trifft nun ein anderes Photon, dessen Energie genau der Differenz des aktuellen Energieniveaus und eines tieferen Niveaus entspricht, auf das Atom und zwar *während* dieses noch immer angeregt ist, so wird das Photon nicht absorbiert und „löst“ die Emission eines weiteren Photons durch das Atom aus. Dabei hat das emittierte Photon dieselbe Energie, Richtung, Polarisation und Phase wie dasjenige, das die stimulierte Emission herbeigeführt hat. Das Atom selber wechselt dabei in den entsprechend tieferen Energiezustand. (Stimulierte Emission ist allerdings nur möglich, wenn dieser Übergang des Atoms nach den Auswahlregeln auch erlaubt ist.)

b) Grundzustand $n = 1$: 2 Elektronen ($l = 0$ und $m = 0$, also $1s^2$)
Erster angeregter Zustand $n = 2$: 8 Elektronen
($l = 0$ und $m = 0$; $l = 1$ und $m = -1, 0, 1$;
alle vier Zustände jeweils doppelt besetzt,
also $2s^2 2p^6$)
Zweiter angeregter Zustand $n = 3$: 8 Elektronen
($l = 0$ und $m = 0$; $l = 1$ und $m = -1, 0, 1$;
alle vier Zustände jeweils doppelt besetzt,
also $3s^2 3p^6$; die $l = 2$ Zustände sind nicht besetzt)

Insgesamt ergibt sich für die 18 Elektronen die Konfiguration: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

c) Aus $E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2$ folgt $v = 2,36 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$.

d) Aus $v_{neu} = 0,7 \cdot 4,2 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$ folgt $E_{kin,neu} = 25 \text{ eV} > 20 \text{ eV}$. Damit ist eine Anregung noch möglich.

e) Die Wellenlänge ergibt sich mit $E(4p) - E(4s) = \frac{hc}{\lambda}$ zu $\lambda = 496 \text{ nm}$.