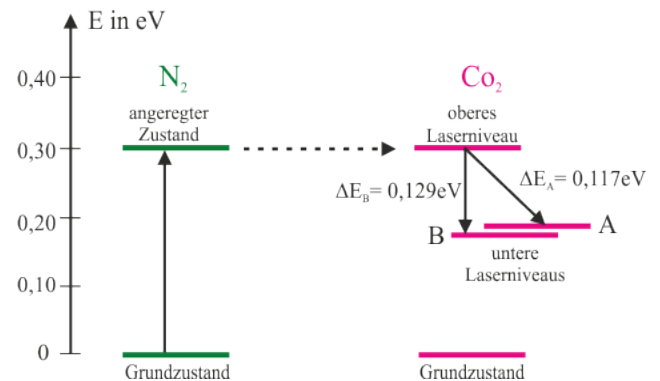


## Der Laser

- Die Atome eines optisch gepumpten Lasers werden durch Energieabsorption von  $3,8\text{eV}$  in den angeregten Zustand versetzt. Durch spontane Emission von Strahlung der Wellenlänge  $\lambda=880\text{nm}$  gelangen die Elektronen in einen metastabilen Zustand von dem aus sie durch stimulierte Emission in den Grundzustand zurück gelangen.
  - Veranschaulichen und erklären Sie den (vereinfachten) Prozess in einem Energiestufenmodell.
  - Ermitteln Sie Wellenlänge, Frequenz und Farbe des Laserlichtes.
- Beim Pumpvorgang eines He-Ne-Lasers werden die He-Atome durch beschleunigte Elektronen mit einer Energie von  $20,6\text{eV}$  angeregt. Durch Atomstöße mit den Ne-Atomen werden diese auf ein Energieniveau mit  $20,66\text{eV}$  gebracht. Durch stimulierte Emission und einem Quantensprung auf  $18,7\text{eV}$  entsteht das Laserlicht. Bei einer elektrischen Leistungsaufnahme von  $12\text{W}$  wird dabei eine Lichtleistung von  $10\text{mW}$  erbracht.
  - Wie groß ist der Wirkungsgrad des Lasers? Wie sind die Verluste zu erklären?
  - Zeigen Sie, dass dieser Laser sichtbares Licht erzeugt. Welche Farbe hat es?
  - Begründen Sie mit den Vorgängen im Resonator, dass nur diskrete Frequenzen abgestrahlt werden können. Berechnen Sie den kleinstmöglichen Frequenzunterschied  $\Delta f$  bei einer Resonatorlänge von  $L=500\text{mm}$ .
  - Berechnen Sie die je Sekunde abgestrahlten Photonen des erzeugten Laserlichtes.

- Die Grafik zeigt die Energieverhältnisse bei einem  $\text{CO}_2$ -Laser mit dem Hilfsgas Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) und dem Arbeitsgas ( $\text{CO}_2$ ). Die Anregung erfolgt durch Elektronenstöße. Für die Emission von Laserlicht sind die Übergänge vom oberen zu den beiden unteren Laserniveaus A bzw. B verantwortlich.
  - Berechnen Sie, mit welcher Mindestgeschwindigkeit  $v$  ein Elektron auf ein Stickstoffmolekül im Grundzustand treffen muss, damit der Anregungsprozess in Gang gebracht wird.
  - Entscheiden Sie rechnerisch, ob der Laser im sichtbaren Bereich arbeitet.
  - Zeigen Sie mit Hilfe des abgebildeten Energieniveauschemas, dass der theoretisch maximal erreichbare Wirkungsgrad des  $\text{CO}_2$ -Lasers etwa  $40\%$  beträgt.



## Der Laser

- Die Atome eines optisch gepumpten Lasers werden durch Energieabsorption von  $3,8\text{eV}$  in den angeregten Zustand versetzt. Durch spontane Emission von Strahlung der Wellenlänge  $\lambda=880\text{nm}$  gelangen die Elektronen in einen metastabilen Zustand von dem aus sie durch stimulierte Emission in den Grundzustand zurück gelangen.
  - Veranschaulichen und erklären Sie den (vereinfachten) Prozess in einem Energiestufenmodell.
  - Ermitteln Sie Wellenlänge, Frequenz und Farbe des Laserlichtes.
- Beim Pumpvorgang eines He-Ne-Lasers werden die He-Atome durch beschleunigte Elektronen mit einer Energie von  $20,6\text{eV}$  angeregt. Durch Atomstöße mit den Ne-Atomen werden diese auf ein Energieniveau mit  $20,66\text{eV}$  gebracht. Durch stimulierte Emission und einem Quantensprung auf  $18,7\text{eV}$  entsteht das Laserlicht. Bei einer elektrischen Leistungsaufnahme von  $12\text{W}$  wird dabei eine Lichtleistung von  $10\text{mW}$  erbracht.
  - Wie groß ist der Wirkungsgrad des Lasers? Wie sind die Verluste zu erklären?
  - Zeigen Sie, dass dieser Laser sichtbares Licht erzeugt. Welche Farbe hat es?
  - Begründen Sie mit den Vorgängen im Resonator, dass nur diskrete Frequenzen abgestrahlt werden können. Berechnen Sie den kleinstmöglichen Frequenzunterschied  $\Delta f$  bei einer Resonatorlänge von  $L=500\text{mm}$ .
  - Berechnen Sie die je Sekunde abgestrahlten Photonen des erzeugten Laserlichtes.

- Die Grafik zeigt die Energieverhältnisse bei einem  $\text{CO}_2$ -Laser mit dem Hilfsgas Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) und dem Arbeitsgas ( $\text{CO}_2$ ). Die Anregung erfolgt durch Elektronenstöße. Für die Emission von Laserlicht sind die Übergänge vom oberen zu den beiden unteren Laserniveaus A bzw. B verantwortlich.
  - Berechnen Sie, mit welcher Mindestgeschwindigkeit  $v$  ein Elektron auf ein Stickstoffmolekül im Grundzustand treffen muss, damit der Anregungsprozess in Gang gebracht wird.
  - Entscheiden Sie rechnerisch, ob der Laser im sichtbaren Bereich arbeitet.
  - Zeigen Sie mit Hilfe des abgebildeten Energieniveauschemas, dass der theoretisch maximal erreichbare Wirkungsgrad des  $\text{CO}_2$ -Lasers etwa  $40\%$  beträgt.

