

# Helium-Neon-Laser

Als Beispiel für einen Gas-Laser



$$= ut + \frac{1}{2} at^2$$
$$v = u + at$$
$$w = F \cdot s$$

# Inhalt

01

Laser  
(allgemein)

02

Aufbau

03

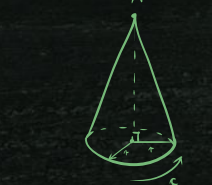
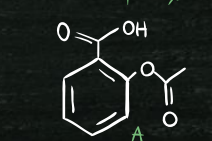
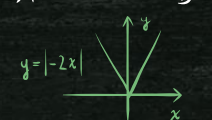
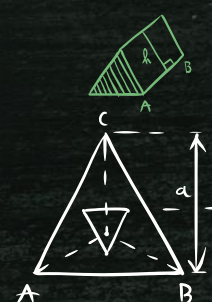
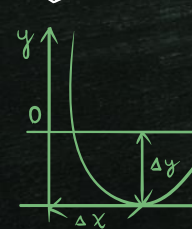
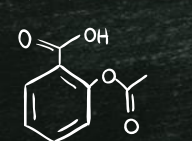
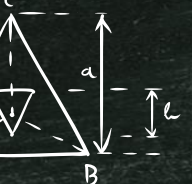
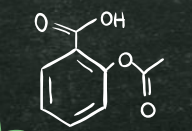
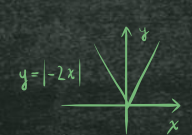
Funktion

04

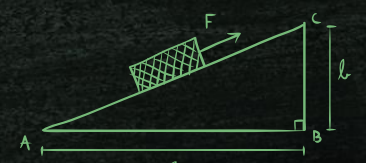
Energetische  
Prozesse

05

„Vier-Niveau-  
System „



$$s = ut$$
$$v =$$
$$w =$$



# 01

# Laser

Allgemein





- Gebündelte, kohärente, monochromatische elektromagnetische Strahlung
  - Bestehen im Wesentlichen aus einem Lasermedium, Pumpe und Resonator
- Es gibt verschiedene Arten von Lasern: Dioden-Laser, Festkörper-Laser, **Gas-Laser**
- Wir betrachten heute den Helium-Neon-Laser (Gas-Laser)

# Laser (allgemein)



# Einsatzbereiche

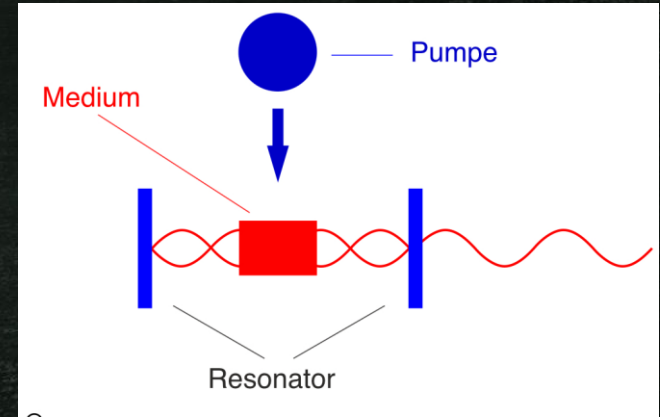
- Medizin
- Kopierer
- Show-Laser
- Industrielle Fertigung

# Bestandteile

**Pumpe:** Energiezuführung z.B. durch elektrische Prozesse, Wärme (**Besetzungsinversion**)

**Resonator:** 1. Verteilung der Photonen, 2. stehende Welle

**Lasermedium:** Eigenschaften des Lasers, Photonenerzeugung



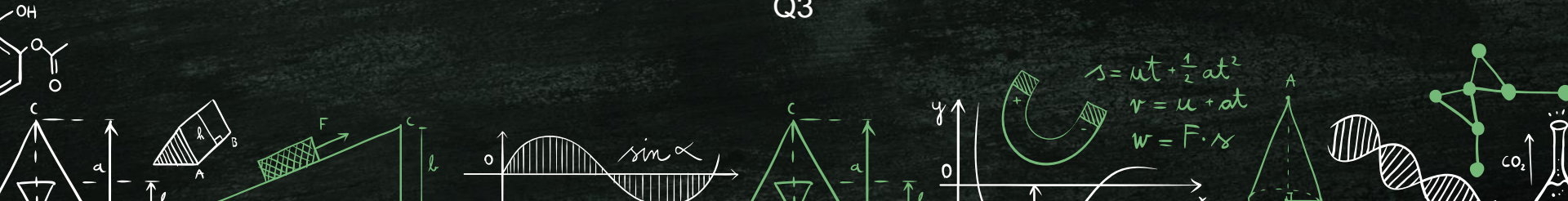
Q1

# Besetzungsinversion

- Voraussetzung für den Laser-Effekt
- Ziel Erhöhung der Besetzung des oberen Niveaus für stimulierte Emissionen
- Untere Niveaus < obere Niveaus, mehr Elektronen/Atome im angeregten Zustand als im Grundzustand
- Zuführung von Energie ("Pumpen")



Q3



# 02

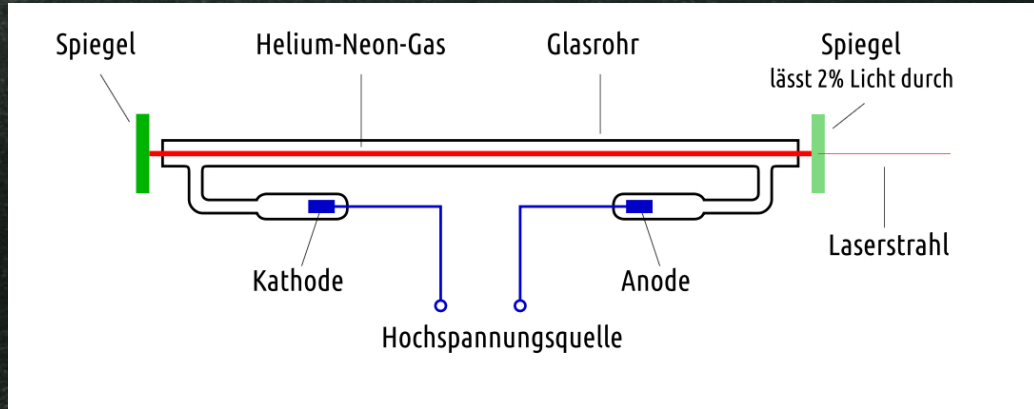
# Aufbau

Helium - Neon - Laser





# Aufbau

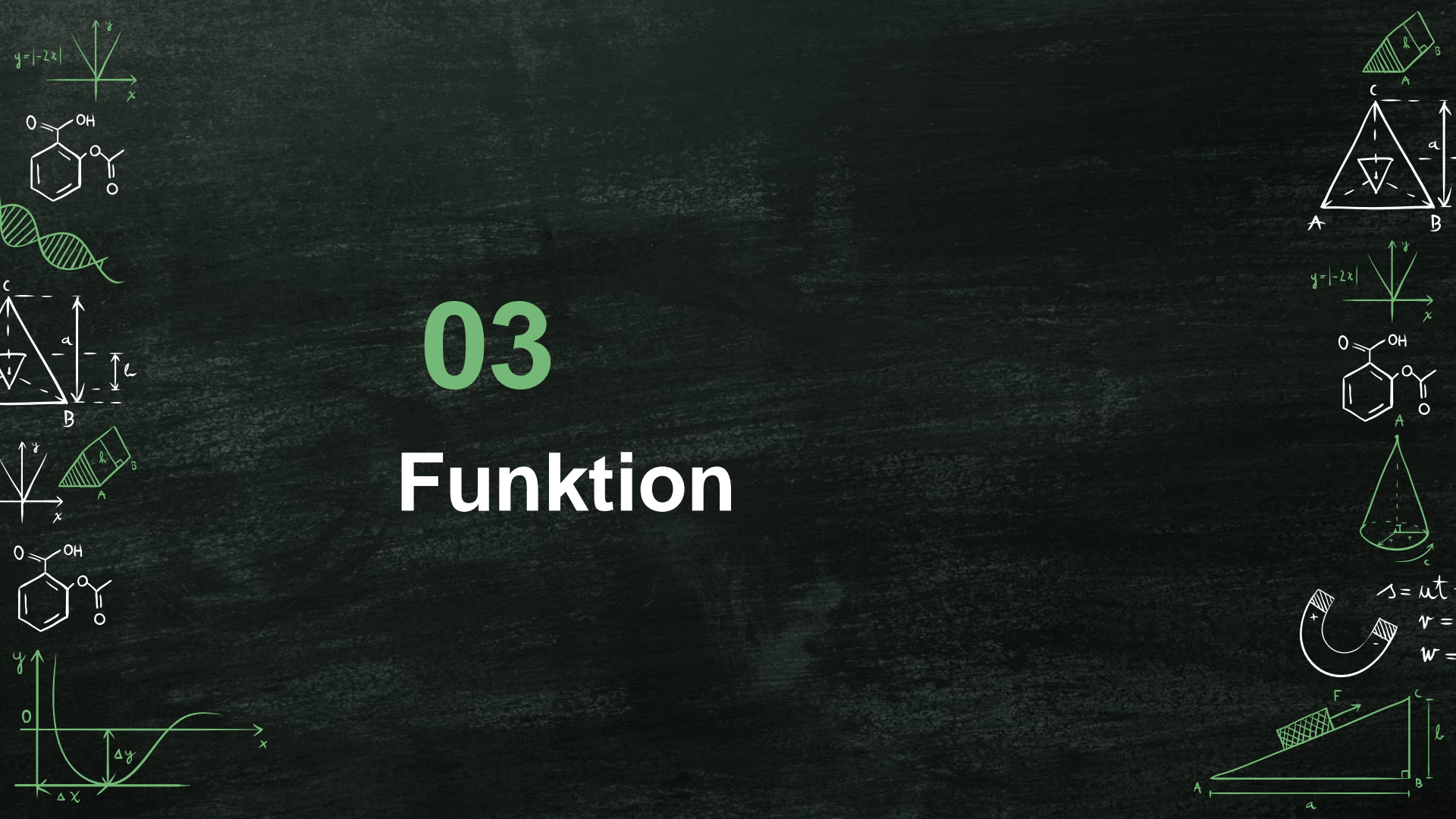


Q1

- Gas besteht aus zwei Komponenten : 80% Helium- Atomen und 20% Neon-Atomen (laseraktives Medium)
  - Pumpe: zwei Elektroden (Kathode/Anode)
  - Resonator: zwei parallele Spiegel
- Ein Spiegel ist teildurchlässig dadurch tritt ca. 2% des Lichtes aus, Laserstrahl
  - Wellenlänge von 633nm

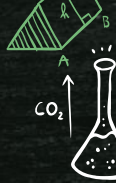
# 03

# Funktion

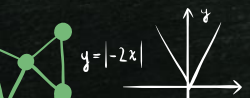
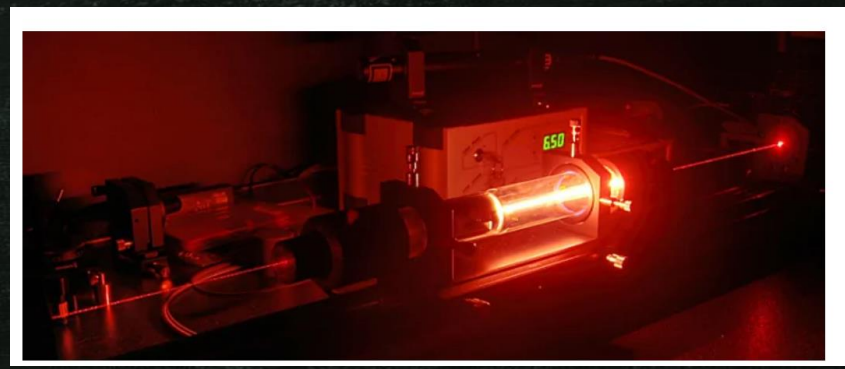




# Funktion im Helium-Neon-Laser



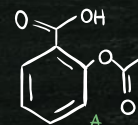
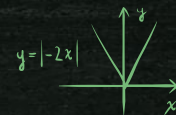
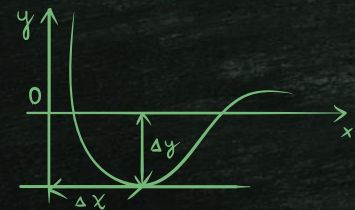
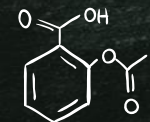
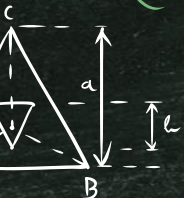
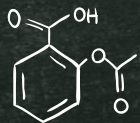
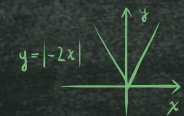
- “Pumpen” bringt elektrische Energie ins System (Besetzungsinversion)
- Gasentladung, aufgrund der Hochspannungsquelle – freie Elektronen bewegen sich durch das Gas
- Ionisieren durch Stöße die Gasatome
- Primär werden Helium-Atome angeregt, welche durch Stöße Neon-Atome anregen



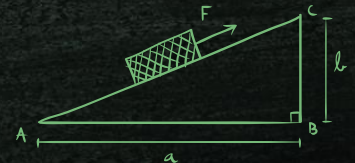
Q1

# 04

## Energetische Prozesse



$$s = ut$$
$$v =$$
$$w =$$



# Energetische Prozesse

## Absorption

Photonen/ Elektronen  
werden absorbiert

## Spontane Emission

Atome bleiben nicht lange im angeregten  
Zustand, sondern fallen in den  
Grundzustand (Sonderfall: metastabil)

## Stöße

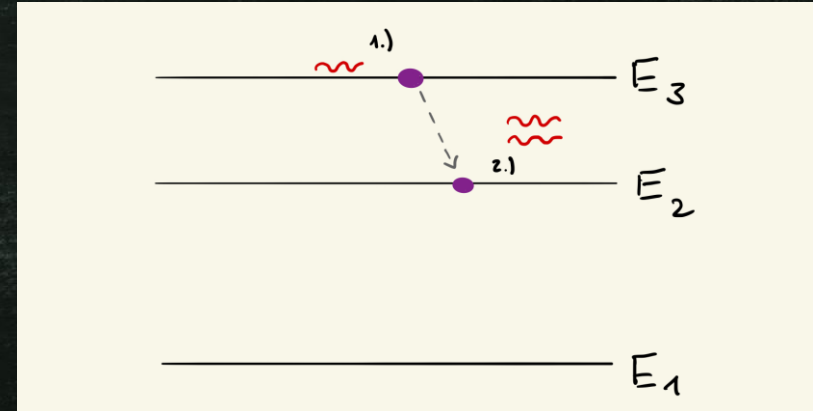
Durch Stöße werden  
Atome von Elektronen oder  
anderen Atomen angeregt

## Stimulierte Emission



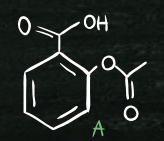
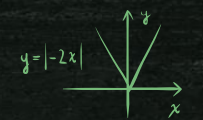
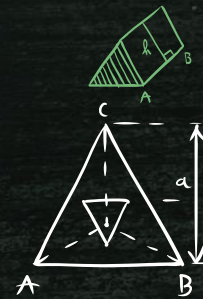
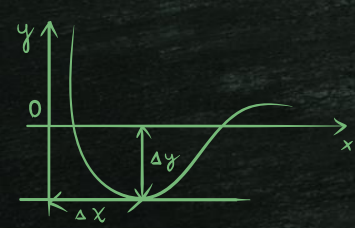
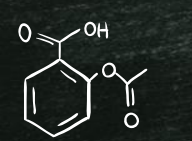
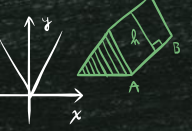
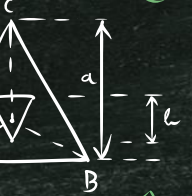
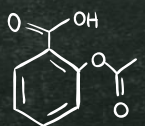
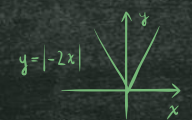
# Stimulierte (induzierte) Emission

- Voraussetzung: Besetzungsinversion
- Photon trifft auf angeregtes Atom
- Angeregtes Atom emittiert ein weiteres Photon
- Atom fällt in einen energetisch niedrigeren Zustand
- Zwei freie Photonen, die diesen Prozess wiederholen
- WICHTIG: Photon muss selbe Energie haben, wie das angeregte Atom
- Verstärkung des Strahlungsfeldes

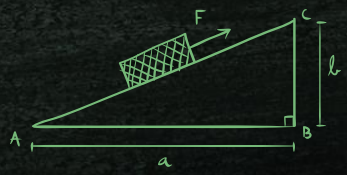


# 05

## „Vier-Niveau-System“

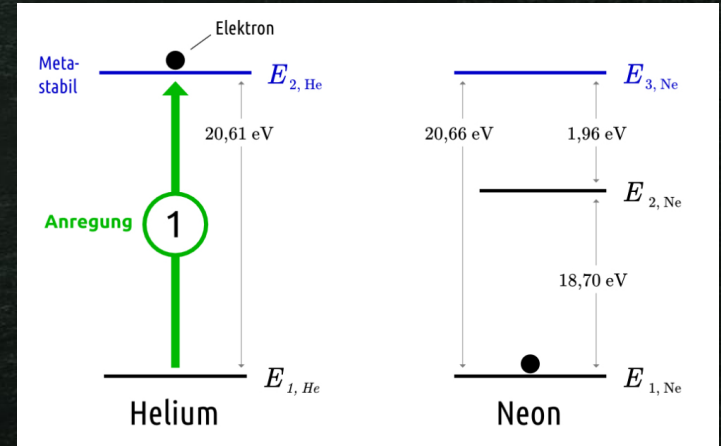


$s = ut$   
 $v =$   
 $w =$



# 1. Niveau

- Gasentladung regt Helium-Atome an, durch Stöße mit freien Elektronen
- Atom wird vom Grundzustand ( $E_1$ ) auf ein erhöhtes Niveau ( $E_2$ ) gebracht
- Metastabiler Zustand



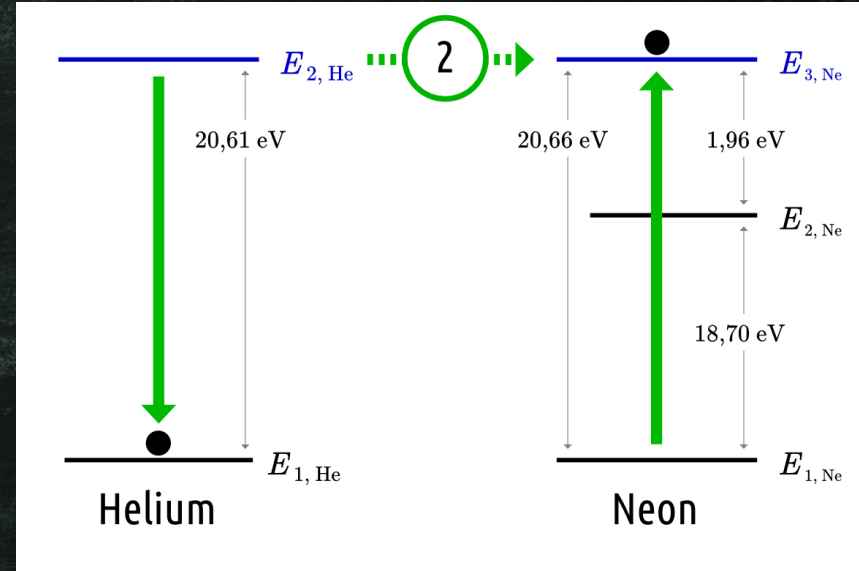
Q1



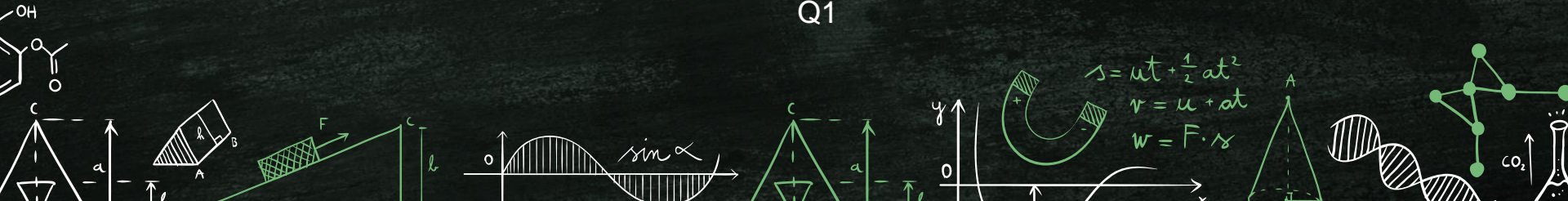


# 2. Niveau

- Im Gas sind Teilchen beweglich– Stoßen gegeneinander
- Angeregtes Helium-Atom kann seine Energie an ein Neon – Atom übertragen
- Helium-Atom fällt aufs Grundniveau
- Neon-Atom hat Energie von 20,66eV

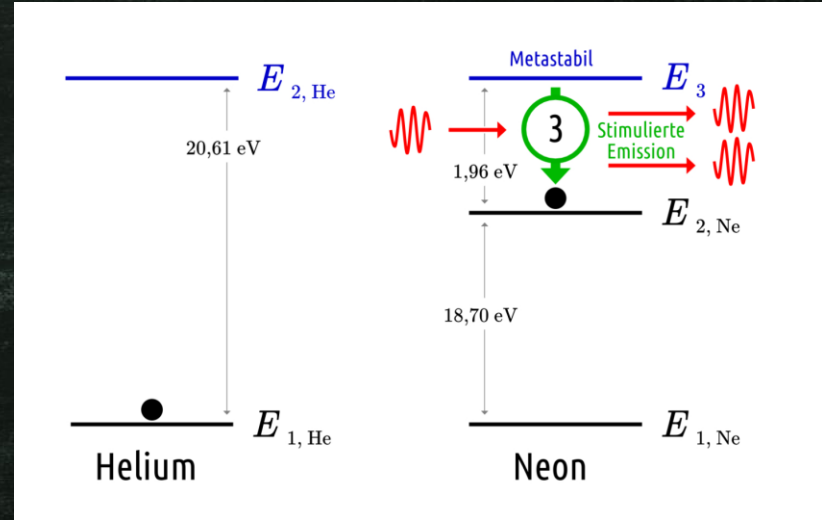


Q1

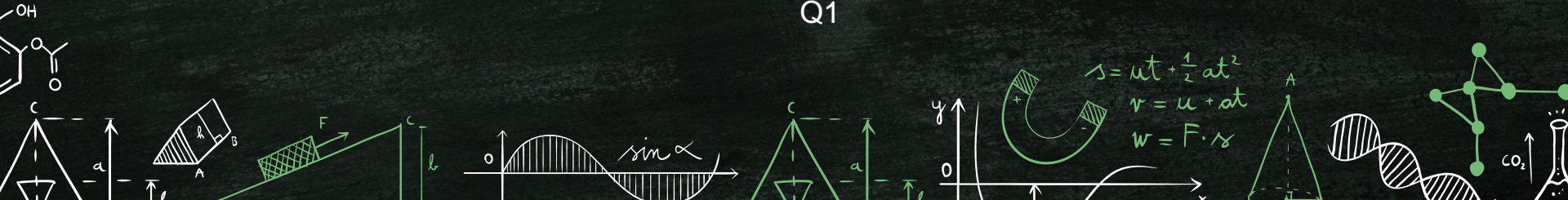


# 3. Niveau

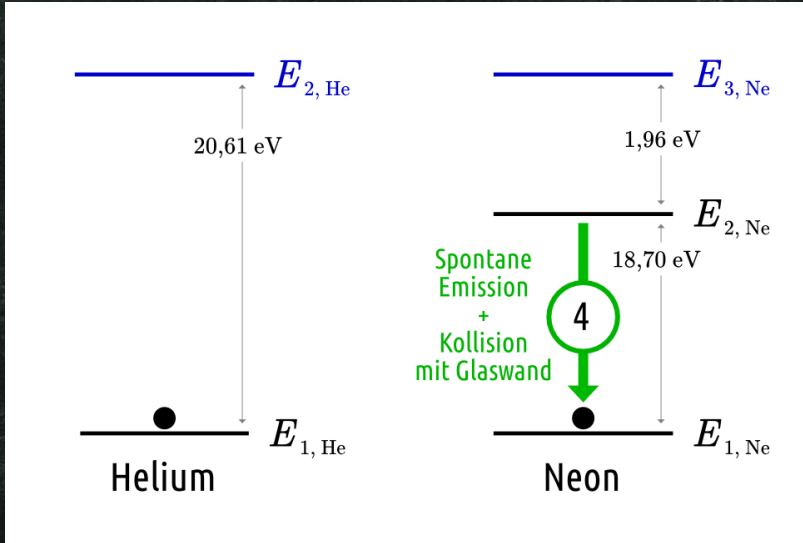
- E3 von Neon ist metastabil
- Atom „wartet“ auf passendes Photon
- Atom geht dabei auf E2
- Dadurch wird ein weiteres Photon freigesetzt aus dem Neon-Atom
- Photonen durchlaufen diesen Prozess erneut



Q1



# 4. Niveau



- Niveau E2 ist nicht metastabil
- Atom fällt durch spontane Emission oder durch Stöße mit dem Glasrohr auf E1
- Prozess beginnt vom neuem



# Zusammenfassung

- Jeder Laser besteht aus Resonator, Pumpe, Lasermedium
  - Stimulierte Emission ist für die Funktionsfähigkeit des Lasers verantwortlich
- Damit diese Emission entstehen kann, muss zuvor eine Besetzungsinversion stattfinden
  - Die Besetzungsinversion sorgt dafür, dass sich mehr Atome im angeregten Zustand befinden
- Im Helium-Neon-Laser wird ein "Vier-Niveau-System" angewendet

# Quellen

- Q1: LEIFIphysik „Helium-Neon-laser“
- Q2: Metzler S. 443-444
- Q3: YouTube: „Der (Helium-Neon-) Laser (auf Schulniveau)“ von Lehrer TK
- Q4: YouTube: „Wie funktioniert ein Laser“ von Denkbar
- Q5: LEIFIphysik „Stimulierte (induzierte) Emission“
- Q6: „Der Helium-Neon-Laser“ von Ip.Uni-Göttingen
- Q7: „Lasertypen“ von LASIT

