

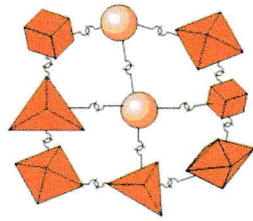
Bereits in der griechischen Antike taucht bei den Naturphilosophen ein erstes Teilchenmodell auf. Demokrit stellt die These auf, dass man durch Zerreiben von Material zu einer kleinsten Teilchengröße findet. Er nennt solche Teilchen "atomos" = "das Unteilbare". Stoffe bestehen aus einem Gefüge solcher Teilchen. **Notiere Gemeinsamkeiten, die dieses frühe Modell schon mit unserer Vorstellung hat.**

4. Atomphysik

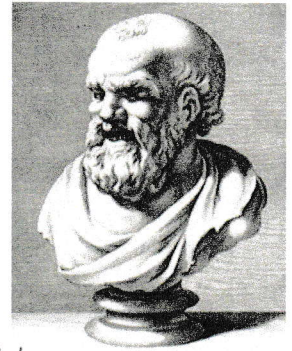
4.1 Das Atommodell

Das "atomos" bei Demokrit

Abbn. aus Leifiphysik

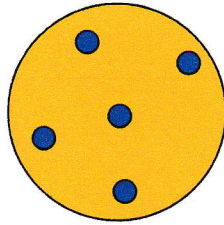


- Materie ist aufgebaut aus kleinen Teilchen
- es bestehen Bindungen zwischen diesen Teilchen
- es gibt verschiedene Teilchensorten, das erklärt die Unterschiede zwischen verschiedenen Materialien

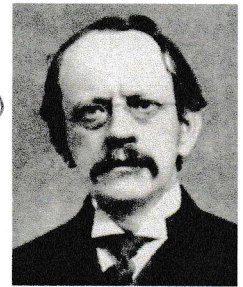


Das Rosinenkuchenmodell von Thomson

Thomson identifizierte am Ende des 19. Jahrhunderts die Elektronen als Träger der negativen Ladung, die z.B. für den Stromfluss verantwortlich sind. Diese mussten Bestandteile der Atome sein, die die Materie aufbauen. Seine Modellvorstellung wurde nach dem in England sehr beliebten Rosinenkuchen benannt. **Beschreibe sein Modell.**



das Atom ist eine homogene (gleichmäßige) Kugel (= Kuchen), in der die Elektronen (= Rosinen) eingebettet sind

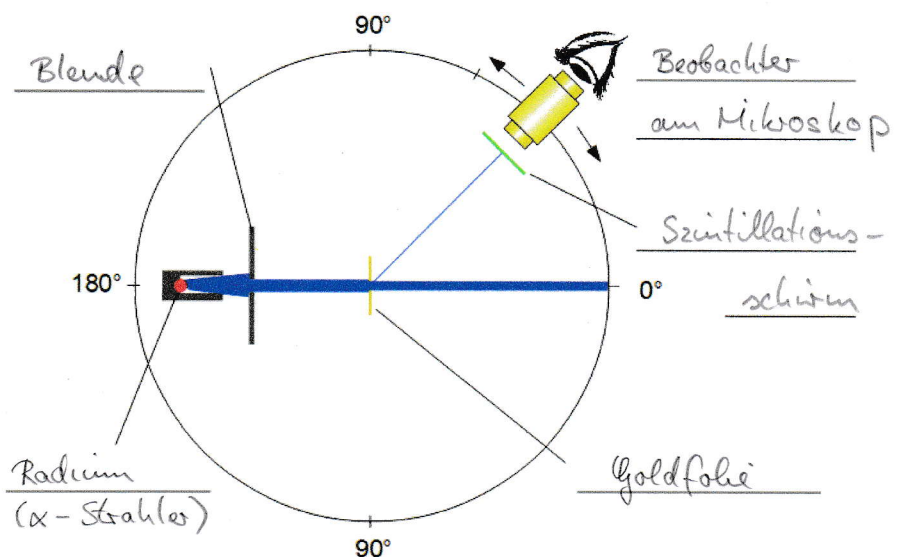


9 Atome - 4.1 Atommodell

1

Rutherford und sein Mitarbeiter führten dieses Experiment Anfang des 20. Jahrhunderts durch. Sie beschossen eine dünne Goldfolie mit kleinen Alphateilchen aus einem radioaktiven Präparat. Mit einem Mikroskop konnten sie in jeder Richtung um die Goldfolie herum das Auftreffen (Lichtblitz) der Teilchen auf einem Szintillationsschirm beobachten. **Beschrifte die Zeichnung.**

Experiment: Der Streuversuch von Rutherford



Beobachtungen im Experiment:

- Die überwältigende Mehrheit der Alphateilchen bewegte sich geradlinig durch die Goldfolie hindurch, als wäre dort überhaupt kein Hindernis.
- Nur wenige Alphateilchen wurden in unterschiedliche Richtungen abgelenkt, als sie die Folie durchquerten.
- Wenige Alphateilchen wurden sogar zurückgeworfen und konnten auf der Seite des Experiments registriert werden, von der sie gekommen waren.

Ihre Beobachtungen standen in deutlichem Widerspruch zum Rosinenkuchenmodell.

9 Atome - 4.1 Atommodell

2

Diese Beobachtungen führten dazu, dass das Rosinenkuchenmodell aufgegeben werden musste. An dessen Stelle trat das Rutherford'sche Atommodell. **Ergänze den Text, der die wichtigsten Folgerungen aus den Versuchen von Rutherford beschreibt.**

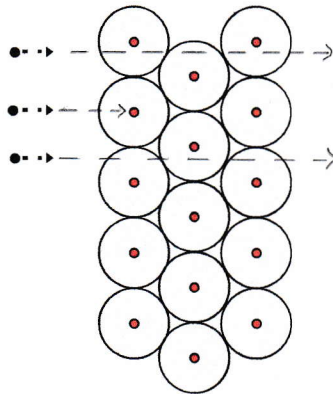
Hier ist vereinfacht ein Querschnitt durch die Goldfolie dargestellt (tatsächlich enthält die Goldfolie sehr viel mehr Schichten von Atomen). **Erkläre damit die Beobachtungen im Experiment von Rutherford.**

Auf Leifiphysik findest Du eine Animation zu dieser Erklärung unter: **Atomphysik - Atommodell - Streuversuch und Atommodell von Rutherford Grundwissen.**

Folgerungen aus dem Experiment:

Atome bestehen aus einem Kern und einer Hülle.
In der ansonsten leeren Hülle halten sich die Elektronen auf.
Der kompakte Kern enthält fast die gesamte Masse des Atoms, er ist positiv geladen. Der Kerndurchmesser beträgt nur $1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m}$, das ist verschwindend klein gegenüber dem Durchmesser der Hülle mit $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$ (= Atomdurchmesser).

Aufbau der Goldfolie aus zahlreichen Schichten:



9 Atome - 4.1 Atommodell

Der Großteil des Raumvolumens, das Atome beanspruchen, ist leerer Raum. Durch diesen können die α -Teilchen ungehindert hindurch fliegen. Nur wenn sie auf einen der winzigen Atomkerne treffen, werden sie zurückgeworfen. Wenn sie sehr nahe an einem vorbeifliegen, werden sie abgelenkt (wegen elektrischer Abstoßung).

a) Gold lässt sich etwa auf eine Folienstärke von $0,05 \mu\text{m}$ auswalzen ($1 \mu\text{m} = 10^{-3} \text{ mm} = 10^{-6} \text{ m}$). **Berechne die Anzahl der Atomschichten, die bei dieser Dicke nebeneinander liegen können.**

a)
$$\frac{0,05 \cdot 10^{-6} \text{ m}}{10^{-10} \text{ m}} = \underline{\underline{500}} \quad (\text{Atomschichten})$$

b) Willi möchte am Schulfest ein begehrtes Atommodell aufbauen. Die Hülle soll durch das Fußballfeld (90 m Länge) dargestellt werden. **Berechne die Größe, die der Kern in diesem Maßstab haben muss.**

b)
$$\frac{d_{\text{Atom}}}{d_{\text{Kern}}} = \frac{10^{-10} \text{ m}}{10^{-15} \text{ m}} = 10^5 = 100.000$$

c) Für ein Beachvolleyballfeld wird auf einer Fläche von 15 m Länge und 10 m Breite feiner Quarzsand 30 cm hoch aufgeschüttet. **Berechne die Anzahl der Sandkörner (kleine Würfel mit 1 mm Kantenlänge). Vergleiche damit die Anzahl der Atome (ebenfalls Würfel, Kantenlänge = Atomdurchmesser) in einem Sandkorn.**

$$90 \text{ m} : 100.000 = 90.000 \text{ mm} : 100.000 = \underline{\underline{0,9 \text{ mm}}}$$

c)
$$V_{\text{Sand}} = 15 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} \cdot 0,3 \text{ m} = 45 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Korn}} = 10^{-3} \text{ m} \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 10^{-3} \text{ m} = 10^{-9} \text{ m}^3$$

$$45 \text{ m}^3 : 10^{-9} \text{ m}^3 = \underline{\underline{45 \cdot 10^9 \text{ Stück}}} \quad (\text{Milliarden})$$

$$V_{\text{Atom}} = 10^{-10} \text{ m} \cdot 10^{-10} \text{ m} \cdot 10^{-10} \text{ m} = 10^{-30} \text{ m}^3$$

$$10^{-9} \text{ m}^3 : 10^{-30} \text{ m}^3 = \underline{\underline{10^{21} \text{ Stück}}} \quad (\text{Trilliarden})$$

Vergleich: $10^{21} : 0,45 \cdot 10^{11} = 2 \cdot 10^{10}$ das sind 20 Milliarden mal soviel

Selbst-Check:

- "atomos" und Rosinenkuchenmodell
- Rutherford-Versuch
- Kern und Hülle

Übungsmöglichkeiten:

Auf Leifiphysik gibt's unter Teilgebiet **Atomphysik - Atomaufbau - Aufgaben** ein Quiz über den Rutherford-Versuch zum Selbsttest, das sehr gut zu dieser Stunde passt.

Dieses Experiment haben wir bereits in der 7. Klasse kennengelernt bei der Einführung des Farbbegriffes in der Optik. **Beschreibe Deine Beobachtung und ergänze die Zeichnung.**

Anstatt eines Glasprismas können wir auch ein optisches Gitter für die Farbzerlegung verwenden. Dieses besteht aus einer Aneinanderreihung von zahlreichen parallelen Spalten (Schlitzen). Die Erklärung des Effektes ist uns erst in der Oberstufe möglich.

Ergänze die Zeichnung und gib die Unterschiede zur Lichtaufspaltung mit dem Prisma an.

In beiden Experimenten führt die Farbaufspaltung zu einer kontinuierlichen Abfolge aller Farben.

Ganz anders zeigt sich die Farbzusammensetzung bei Gasentladungslampen (Neonröhre oder Energiesparlampe sind typische Vertreter dieses Leuchtentyps). In einer solchen Lampe werden Gasatome eines bestimmten chemischen Elements durch Stromfluss (Stöße mit Elektronen) zum Leuchten angeregt.

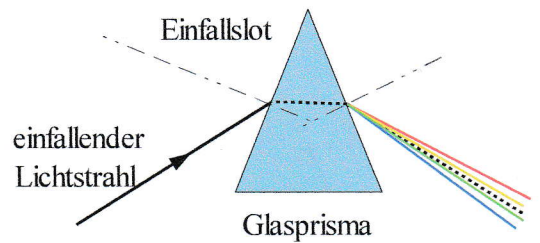
Beschreibe den Unterschied im Vergleich zu den Versuchen mit Glühlampen.

Vergleiche auch die Spektren von Gasentladungslampen mit unterschiedlichen Gasfüllungen.

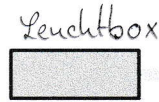
4.2 Spektroskopie

Farbzerlegung mit einem Prisma

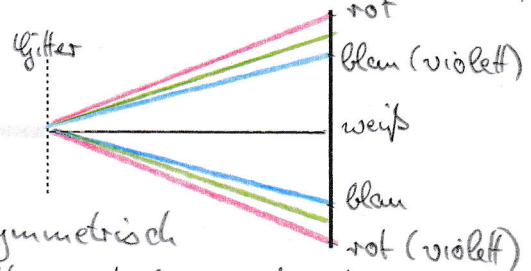
Beim Eintritt in das dichtere Medium wird der Strahl zum Lot gebrochen, beim Austritt vom Lot weg. Der blaue Farbanteil wird stärker gebrochen als der rote, dadurch kommt es zur Aufspaltung.



Farbzerlegung mit einem Gitter



Beim Gitter entstehen symmetrisch auf beiden Seiten Spektren, dabei wird rot am weitesten abgelenkt (im Gegensatz zum Prisma). In der Mitte entsteht außerdem eine weiße Linie (unzerlegt).



Kontinuierliches Spektrum des weißen Lichts

Zerlegt man das weiße Licht einer Glühlampe, so entsteht ein kontinuierliches Farbspektrum von rot bis violett.



Spektren von Gasentladungslampen

Eine Gasentladungslampe erzeugt ein Linienspektrum, d.h. ein Spektrum mit einzelnen (diskreten) Linien.

Offensichtlich emittieren die Gasatome nur Licht mit jeweils einer genau definierten Lage im Farbspektrum.

Verwendet man eine andere Gasart, so entsteht wiederum ein diskretes Spektrum, aber mit anderen Linien.

Das emittierte Spektrum ist also charakteristisch für das betreffende chemische Element (Fingerabdruck).

Linienspektrum einer Gasentladungslampe (hier Quecksilberdampf)

Zerlegt man das Licht einer Gasentladungslampe, so ergeben sich nur einzelne farbige Linien.



Wenn wir im Experiment mit der Quecksilberdampf Lampe ein Blatt Papier (oder einen weißen Stoff) vor den Schirm schieben, erscheinen neben der violetten Linie noch weitere. Bei diesen handelt es sich um unsichtbare, ultraviolette Strahlung (UV), die von Weißmachern im Papier in sichtbare umgewandelt wird. Auch jenseits des roten Lichts gibt es sogenannte infrarote Strahlung (IR), die häufig bei Fernbedienungen eingesetzt wird. Man kann diese leicht mit den CCD-Chips von Kameras sichtbar machen.

Infrarot ist Wärmestrahlung, sie wird bei Thermometern oder bei der Suche nach vermissten Personen genutzt.

Die erste Abbildung zeigt die spektroskopische Zerlegung des Lichts einer Gasentladungslampe. Ordne mit Hilfe der Spektren im Lehrbuch den verwendeten Gastyp zu.

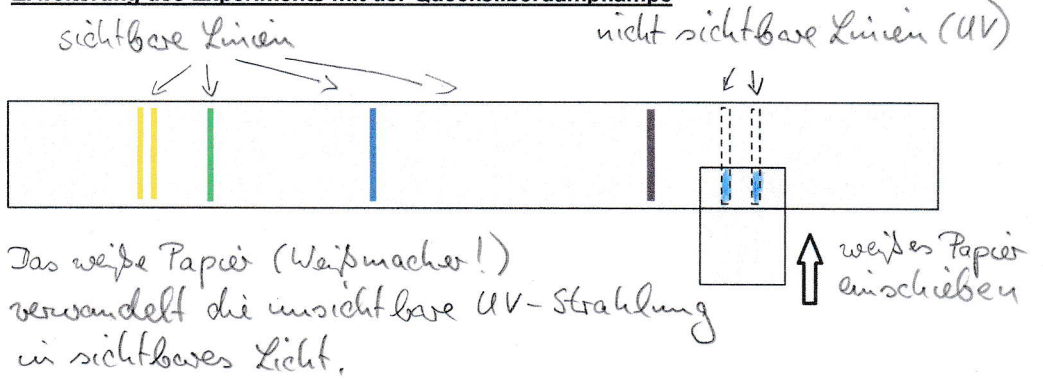
Im zweiten Bild sind die Spektren von zwei Gassorten überlagert.

Bringt man ein chemisches Element in eine Bunsenbrennerflamme, so färbt sich diese charakteristisch. Erläutere mit Hilfe der Spektren im Buch, warum es sich um Strontium, nicht aber um Quecksilber handeln könnte.

Selbst-Check:

- Farbzerlegung mit Prisma oder Gitter
- kontinuierliches und diskretes Spektrum
- infrarot und ultraviolett
- Zuordnung von Spektren

Erweiterung des Experiments mit der Quecksilberdampf Lampe



Experiment: Sende-LED mit Smartphone-Kamera aufnehmen

Drückt man auf die Tasten einer Fernbedienung, so sieht man an deren Sende-LED kein Licht. Hält man eine Kamera (Handy) davor, so sieht man auf dem Display ein Licht, da der CCD-Chip der Kamera die infrarote Strahlung (IR) in sichtbares Licht umwandelt.

Strahlungstypen an den Rändern des sichtbaren Bereiches

Unterhalb der roten Grenze schließt sich Infrarot an, oberhalb der violetten Grenze kommt Ultraviolett.



3

Training: Linienspektrum einem Element zuordnen



Neon

erstellt mit Animation aus Leifiphysik

Training: Überlagerung von Spektren



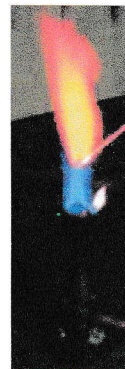
Wasserstoff + Helium

erstellt mit Animation aus Leifiphysik

Flammenfärbung

Quecksilber hat gelbe aber auch grüne und blaue Farbanteile, in der Summe würde das weiß oder sogar bläulich aussehen. Strontium hat vor allem rote und gelbe Farbanteile, als Mischfarbe daraus kann sich gut die abgebildete Flamme ergeben.

Abb. aus Leifiphysik



Aufgabe:

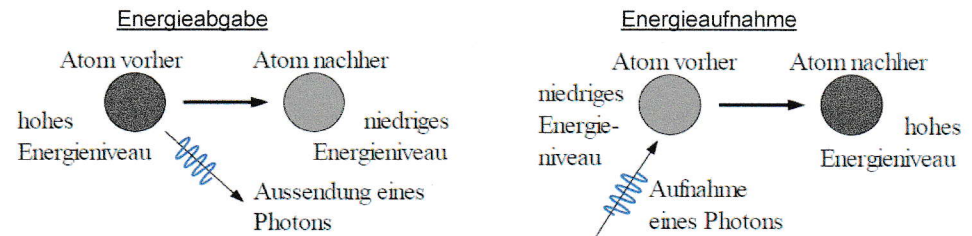
Die Spektren auf dieser Seite wurden mit einer Animation auf Leifiphysik erstellt. Du findest sie in Teilgebiet Atomphysik - Atomarer Energieaustausch - Spektren Grundwissen. Sie eignet sich perfekt dafür, um sich nochmal die Unterschiede von Linienspektren anzusehen.

Die Entdeckung der diskreten Emissionsspektren (Kap. 4.2) war der Schlüssel zum Verständnis der Vorgänge in der Elektronenhülle. In diesem Kurs leiten wir allerdings unser ~~es~~ modernes Atommodell nicht aus den Beobachtungen ab, sondern stellen unsere heutigen Erkenntnisse gleich fertig dar. Bei deren Anwendung auf die experimentellen Befunde (folgende Seiten) werden diese dann nach und nach verständlich werden.

Animationen und Modellversuche findest Du auf Leifiphysik unter **Teilgebiet Atomphysik - Atomarer Energieaustausch - Energiestufen/ Energieabgabe/ Energieaufnahme** - jeweils Grundwissen.

4.3 Energiestufen im Atom

Photonenmodell



Kernaussagen des Modells:

- Elektronen in der Atomhülle können **verschiedene Energieniveaus** einnehmen
- es gibt dabei nur ganz bestimmte (**diskrete**) Energiestufen
- Energien dazwischen können nicht angenommen werden
- Beim Übergang von einer höheren zu einer niedrigeren Stufe gibt das Atom genau die Energiedifferenz als einzelne **kleine Energieportion (Photon)** ab (**Emission**)
- die Gesamtmenge der ausgesandten Photonen nehmen wir als Licht wahr
- zu einer **bestimmten Farbe** des Lichts gehören Photonen von einer ganz **bestimmten Energieportion**
- für den Übergang von einer tieferen zu einer höheren Stufe nimmt das Atom genau die **entsprechende Energiedifferenz** (z.B. in Form eines Photons) auf (**Absorption**)

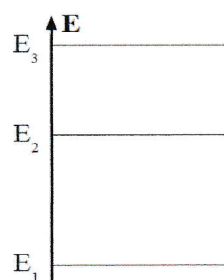
Auf Basis dieses Modells lässt sich jetzt erklären, warum wir bei Gasentladungslampen nur diskrete Emissionsspektren (Linienspektren) beobachten konnten. **Stelle diese Erklärung mit Hilfe der Aussagen aus der Modellvorstellung folgerichtig dar, im Kern dieser Erklärung steht der Begriff "diskret".**

Erklärung der diskreten Emissionsspektren mit dem Photonenmodell

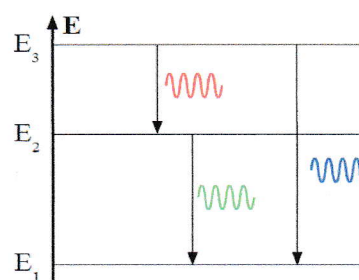
diskrete Energiestufen im Atom
 → diskrete Energiedifferenzen zwischen diesen Stufen
 → nur diese diskreten Differenzen werden als Photonen ausgesandt
 → dazu gehören ganz bestimmte Farben
 → diskretes Farbspektrum (Linienspektrum)

Ein Standardwerkzeug zur Darstellung der Energieniveaus und -übergänge ist das **Energieniveauschema**. Es ist an die Darstellung von Höhenenergien in der Mechanik angelehnt und erlaubt so einen intuitiven Zugang. Das kleinstmögliche Niveau E_1 wird auch als Grundniveau bezeichnet, die anderen als angeregte Niveaus. Übergänge gibt es auch zwischen weiter entfernten Niveaus (z.B.: E_3 nach E_1).

Energieniveauschema



Die unterschiedlichen Energieniveaus werden an einer senkrechten Skala dargestellt.



Im Energieniveauschema sind gut die Energieportionen zu erkennen, die bei den verschiedenen Übergängen abgegeben werden. Die Photonen im hier rot dargestellten Bereich tragen weniger Energie als die im blauen Bereich.

Die Energiemengen, die Photonen darstellen, sind sehr klein. Zur Vermeidung von umfangreichen Zehnerpotenzen hat man deshalb eine neue Einheit für die Energie eingeführt.

Eine neue Einheit für kleine Energiemengen:

Zur Darstellung von sehr kleinen Energien (von Photonen) verwenden wir die sehr kleine Einheit: **1 eV (Elektronvolt)**.

Das entspricht der kinetischen Energie, die ein Elektron erhält, wenn es durch die elektrische Spannung 1 V beschleunigt wird.

Umrechnung: **1 eV = $1,6 \cdot 10^{-19}$ J**

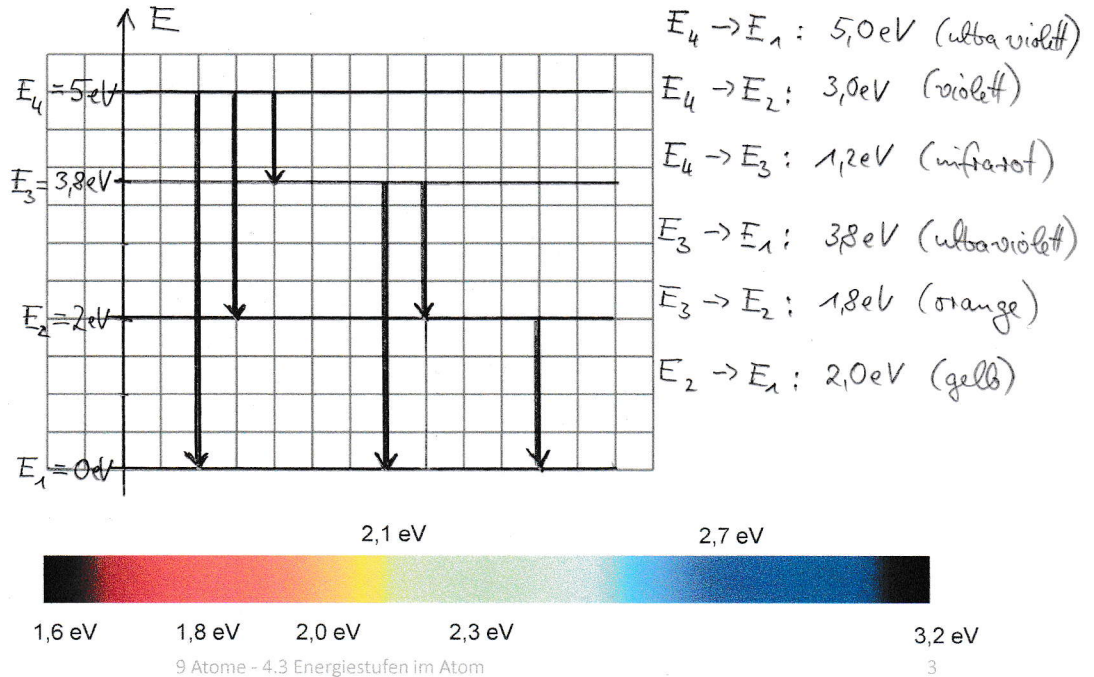
Aufgabe zum Energieniveauschema:

Ein Aufgabenvorschlag vom ISB-Bayern:

Eine bestimmte Atomsorte habe zusätzlich zum Grundzustand $E_1 = 0$ eV noch die drei angeregten Zustände $E_2 = 2,0$ eV, $E_3 = 3,8$ eV und $E_4 = 5,0$ eV.

a) Zeichne ein maßstabsgerechtes Energieniveauschema und trage alle möglichen Übergänge als Pfeile ein.

b) Gib für jeden der Übergänge die Energiedifferenz an sowie den Spektralbereich, zu dem die Photonen gehören. (die UV-Grenze liegt bei 3,2 eV, die IR-Grenze bei 1,6 eV, typische Farben im abgebildeten Spektrum).



Was wir hier über das Photonenmodell gelernt haben, hat auch sehr konkrete Auswirkungen für unser tägliches Leben. Beim Sonnenbaden müssen wir uns vor allem vor UV-Strahlung in Acht nehmen, da sie Sonnenbrand und auch Hautkrebs verursachen kann. Infrarot ist dagegen harmlos. Begründe diesen Unterschied.

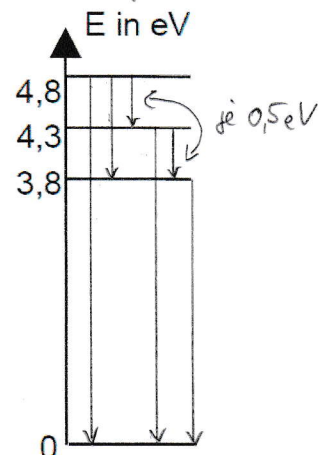
Anwendung: Sonnenbrand

Die Photonen des infraroten Lichts haben kleine Energien und können deshalb wenig Schaden anrichten. Die Photonen des UV-Lichts haben viel größere Energien. Sie können beim Aufreffen auf Moleküle deren chemische Bindungen zerstören, dadurch gehen Hautzellen kaputt (Sonnenbrand) oder verändern sich (Krebs).

Training: Energieniveauschema

Diese Trainingsaufgabe zum abgebildeten Energieniveauschema stammt vom ISB. Trage jeweils ein, ob die Aussagen wahr (w) oder falsch (f) sind.

- | | |
|---|---|
| w | a) Die kleinste Photonenenergie ist 0,5 eV. |
| f | b) Die kleinste Photonenenergie ist 3,8 eV. |
| f | c) Man registriert 3 verschiedene Photonenenergien. |
| f | d) Man registriert 4 verschiedene Photonenenergien. |
| w | e) Man registriert 5 verschiedene Photonenenergien. |
| f | f) Man registriert 6 verschiedene Photonenenergien. |
| w | g) Die größte beobachtete Photonenenergie ist 4,8 eV. |
| f | h) Die größte beobachtete Photonenenergie ist 12,9 eV. |
| w | i) Man kann Photonen mit der Energie 1,0 eV beobachten. |



Aufgabe:

Die Leifiaufgaben zu diesem Thema positionieren sich eher im Oberstufenniveau, es gibt aber ein Leifiquiz zum Thema. Perfekt zu diesem Stundenkonzept passt im Schulbuch die Aufgabe S.80/5.

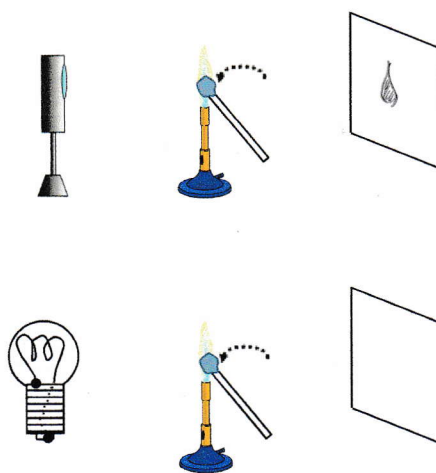
Selbst-Check:

- Photonenmodell
- diskrete Energiestufen
- Energieniveauschema
- Energieabgabe und -aufnahme
- Elektronvolt

Bisher haben wir uns vor allem mit dem Aussenden von Photonen beschäftigt, in diesem Kapitel geht es um den umgekehrten Effekt, die Aufnahme (Absorption) von Photonen durch Atome. In einem einfachen Experiment leuchten wir durch eine Kochsalzflamme hindurch, einmal mit einer Gasentladungslampe mit einer Füllung aus Natriumdampf, einmal mit einer normalen Glühlampe. **Beschreibe die Beobachtung.**

4.4 Absorption

Ein Experiment zur (Resonanz-) Absorption



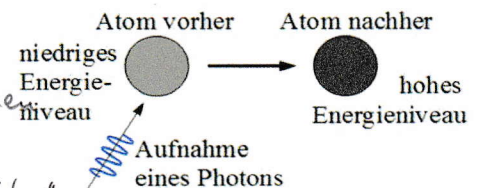
Beleuchtet man mit der Natrium-dampflampe die Kochsalzflamme, so wirft diese dahinter einen Schatten, ohne Kochsalz in der Flamme ergibt sich dagegen kein Effekt.

Im weißen Licht der Glühlampe wirft die Kochsalzflamme keinen Schatten.

Erklärung des Experiments

Der beobachtete Effekt beruht auf der Aufnahme von Photonen durch Atome, den wir schon beim Photonenmodell kennengelernt haben. **Erkläre das Experiment unter Verwendung der Abbildung.**

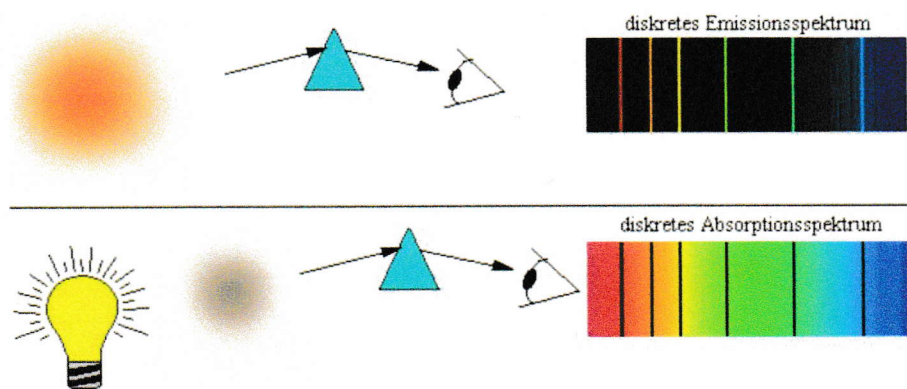
Die Natrium-Atome in der Flamme können die Photonen der Natriumdampflampe absorbieren (aufnehmen) → Schatten. Das weiße Licht der Glühlampe enthält alle Farben, nur sehr wenige Photonen passen gerade zu den Energiestufen der Na-Atome. Alle anderen können nicht absorbiert werden und gehen durch.



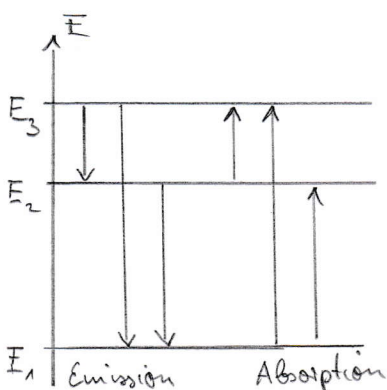
Hier verallgemeinern wir den Effekt, den wir in unserem einfachen Experiment kennengelernt haben. Die experimentelle Aufnahme von Absorptionsspektren erfordert sehr feine spektrale Auflösungen, die wir mit unseren schulischen Experimentiermitteln nicht erreichen können. Das obere Bild beschreibt das Emissionsspektrum einer Gasentladungslampe, das untere Bild das Absorptionsspektrum des Lichts einer Glühlampe, das durch ein heißes Gas hindurch leuchtet. **Beschreibe Unterschiede und Gemeinsamkeiten. Erkläre das Aussehen des Absorptionsspektrums mit Hilfe eines Energieniveauschemas.**

Vergleich von Emissions- und Absorptionsspektren

Abbn. aus leifiphysik.de

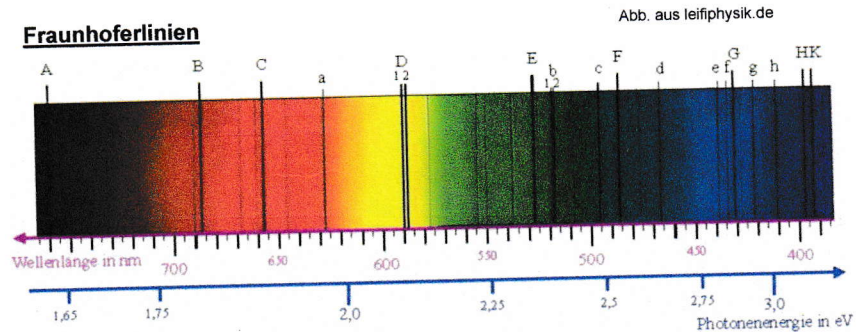


Schickt man alle Farben (weißes Licht der Glühlampe) durch heißes Gas, dann werden genau die Farben absorbiert (geschluckt), die zu den Energiestufen der Atome im Gas passen, die also gerade im Emissionsspektrum der entsprechenden Gasentladungslampe vorkommen. Das Absorptionsspektrum ist also ein fast kontinuierliches Spektrum, dem genau die Emissionslinien fehlen („invers“ = umgekehrt).



Der bayerische Forscher und Handwerker Fraunhofer revolutionierte als Leiter der Glashütte in Benediktbeuern die Glasherstellung und konnte die weltweit besten Linsen und Prismen für optische Geräte herstellen. Damit gelang ihm selbst eine entscheidende Entdeckung im Sonnenlicht. Die Abbildung zeigt ein hochaufgelöstes Spektrum des Sonnenlichtes. **Beschreibe das Spektrum und erläutere, welche Informationen man daraus gewinnen kann.**

Fraunhoferlinien



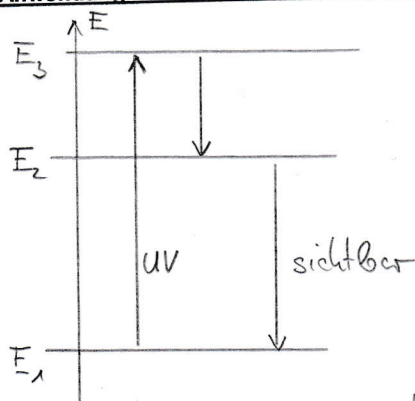
In der Chromosphäre (äußere Hülle der Sonne) absorbieren Atome und Moleküle gerade die Photonen (Farben), die zu ihren Energiestufen passen. Das Sonnenlicht liefert deshalb ein Absorptionsspektrum. Aus den Positionen (Farben) der fehlenden Linien lassen sich deshalb die Atom- und Molekülsorten in der Hülle der Sonne identifizieren (das funktioniert auch mit dem Licht von weit entfernten Sternen und ist eine der wichtigsten Messmethoden in der Astronomie).

9 Atome - 4.4 Absorption

3

In der Disco, aber auch bei speziellen Shows (sogenannte "Schwarzlicht-theater") erzielt man mit Schwarzlicht-Lampen eindrucksvolle Effekte. Diese Lampen geben Strahlung nur im UV-Bereich, aber nicht im sichtbaren Bereich ab. Verwendet man diese in vollständig abgedunkelten Räumen, so sind fast ausschließlich weiße Kleidungsstücke sichtbar. Dieser Effekt beruht auf Chemikalien ("Weißmacher"), die insbesondere durch Waschmittel in die Kleidungsstücke eingebracht werden. **Erkläre den Effekt mit Hilfe eines Energieniveauschemas und diskutiere die Zugabe von Weißmachern in Waschmitteln.**

Anwendung: Weißmacher und Schwarzlichtlampen



Das UV-Photon bringt das Atom auf ein höheres Energieniveau. Die Energieabgabe erfolgt dann in zwei kleineren Schritten, so dass die abgegebenen Photonen im Bereich des sichtbaren Lichts liegen können, während die UV-Photonen zur unsichtbaren Strahlung gehören. Kleidung mit Weißmachern „strahlt heller“, da die unsichtbare UV-Strahlung in sichtbares Licht verwandelt wird (sie ist aber nicht sauberer).

Aufgabe: Eine Animation zur letzten Aufgabe findet sich auf Leifiphysik unter **Atomphysik - atomarer Energieaustausch - Ausblick - Lumineszenz**. Unter den **Aufgaben zum atomaren Energieaustausch** findet sich die Aufgabe **"Unterschiedliche Photonenenergien"**, die einige Aspekte der Stunde aufgreift und sogar darüber hinaus geht.

Selbst-Check:

- Absorption Mechanismus
- Emissions- und Absorptionsspektrum
- Fraunhoferlinien
- Weißmacher und Schwarzlichtlampen

9 Atome - 4.4 Absorption

4