

Bestimmung des Planck'schen Wirkungsquantums

Im ersten Teil der Stunde wurden die hergeleiteten Formeln der letzten Woche benutzt, um die Grenzfrequenz verschiedener Elemente zu bestimmen. Diese gibt Auskunft über die Austrittsarbeit, die von Elektronen verrichtet werden muss, um ein Metall „zu verlassen“.

Für die Grenzfrequenz gilt:

$$\rightarrow f_{Gr} = \frac{W_A}{h}$$

Da es sich bei der Austrittsarbeit um eine konstante Materialeigenschaft handelt, kann man den zugehörigen Wert eines Elements einer Formelsammlung entnehmen.

Wir untersuchten die Elemente Zink (Zn), Caesium (Cs) und Cadmium (Cd).

Dabei gelten folgende Werte für die Austrittsarbeit:

$$\rightarrow W_A(\text{Zn}) = 4,27 \text{ eV}$$

$$\rightarrow W_A(\text{Cs}) = 1,94 \text{ eV}$$

$$\rightarrow W_A(\text{Cd}) = 4,04 \text{ eV}$$

$$\rightarrow 1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

eV steht für „Elektronenvolt“ und ist die Einheit für Energien im atomaren Bereich.

Nach dem Einsetzen der Werte und des Planck'schen Wirkungsquantums in die obige Formel kommt man zu folgenden Ergebnisse :

Für Zink:

$$\rightarrow f_{Gr} = 1,03 \cdot 10^{15} \text{ Hz} \quad \text{Das entspricht UV-Licht}$$

Für Caesium:

$$\rightarrow f_{Gr} = 4,69 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \quad \text{Das entspricht rotem Licht}$$

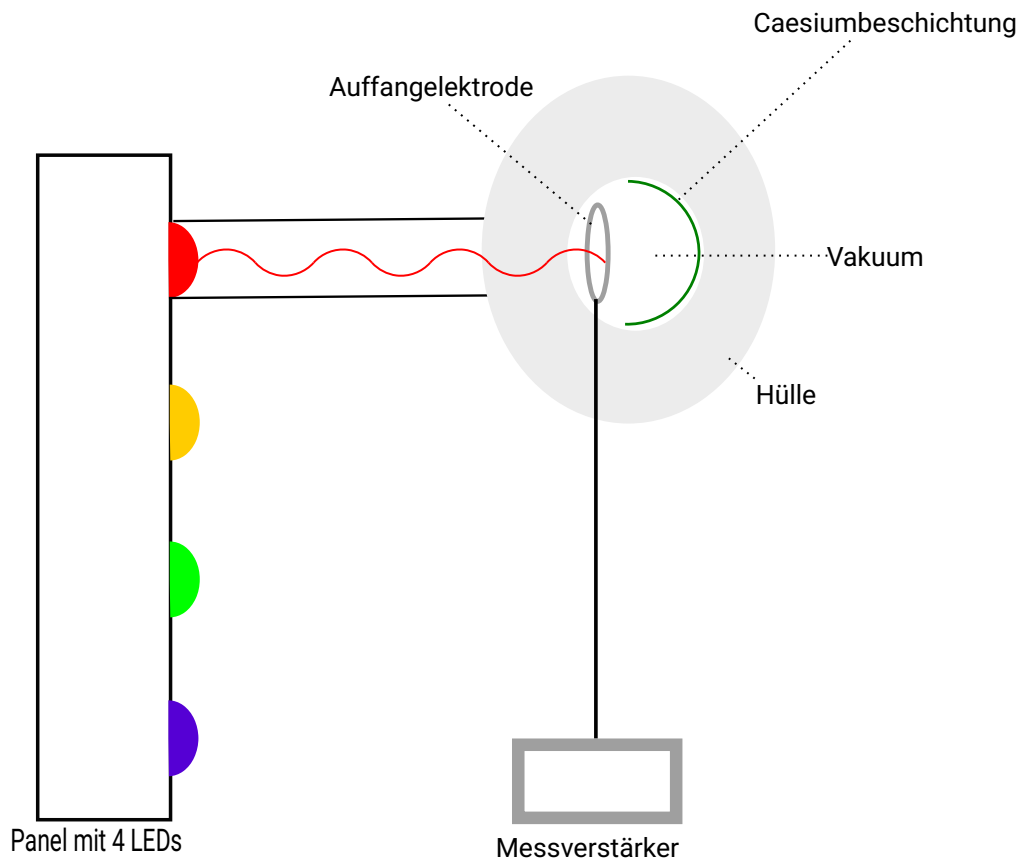
Für Cadmium:

$$\rightarrow f_{Gr} = 9,77 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \quad \text{Das entspricht UV-Licht}$$

Diese Ergebnisse zeigen, dass je nach Element ein Elektron unterschiedliches Licht benötigt, um die jeweilige Austrittsarbeit zu verrichten. Energiereicherer Licht als das benötigte Licht zur Grenzfrequenz ermöglicht ebenfalls den Austritt von Elektronen und übergibt diesen zusätzlich kinetische Energie.

Die Grenzfrequenz bzw. der Photoeffekt wird unter anderem an Rolltreppen angewandt, wo eine Photozelle als Lichtschranke dient. Auch beim Schutz vor Diebstählen in Museen findet die Grenzfrequenz ihren Einsatz.

Skizze Fotozelle



© OSZBIV 2021

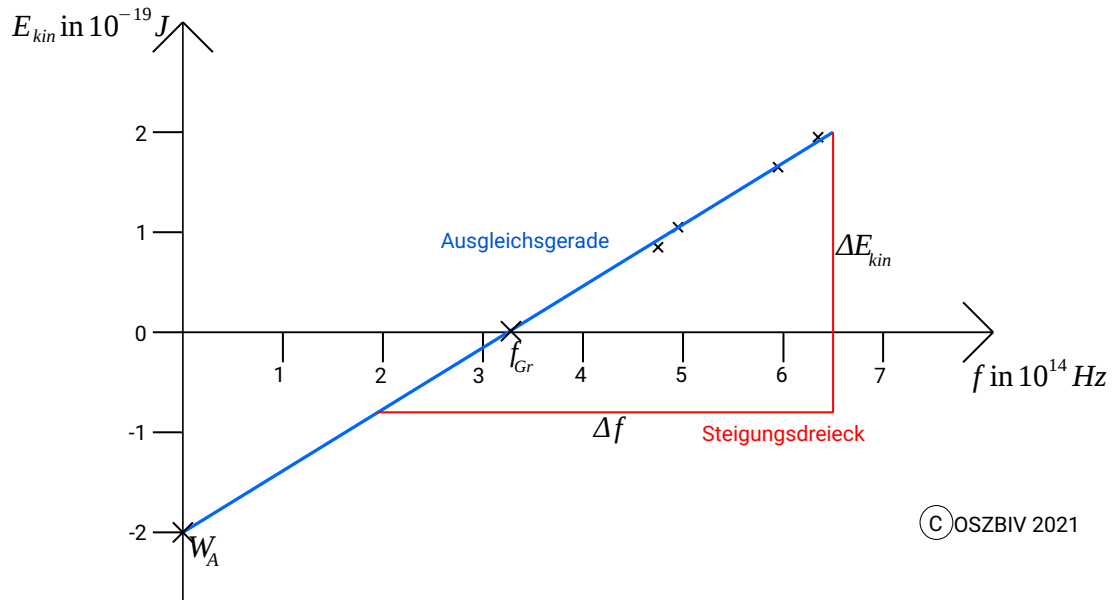
Eine Fotozelle sendet praktisch monochromatisches (einfarbiges) Licht aus. Dieses Licht wird auf eine Vakuum-Fotozelle geworfen. Die austretenden Elektronen werden durch die Auffangelektrode gesammelt und vom Messverstärker als Strom registriert. Verbindet man an die Auffangelektrode mit dem negativen Pol einer Spannungsquelle und die Cäsiumschicht mit dem positiven Pol, so kann eine Spannung langsam hoch geregelt werden. Dann kommen immer weniger Elektronen an der Auffangelektrode an, weil sie abgebremst werden. Die Spannung wird genau so hoch eingestellt, dass gerade kein Strom mehr fließt. Dann gilt: Die kinetische Energie der Elektronen ist genau so groß, wie die elektrische Energie.

Im zweiten Teil der Stunde wurde versucht das Plank'sche Wirkungsquantum ($h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$) graphisch zu ermitteln. Dabei wurden folgende Werte benutzt:

f in 10^{14} Hz	U_G in V	E_{kin} in 10^{-19} J
6,38	1,2	1,92
5,98	1,05	1,68
4,96	0,65	1,04
4,79	0,5	0,8

Die Messergebnisse werden in ein Koordinatensystem eingezeichnet, in dem die Frequenz die x-Achse darstellt und die kinetische Energie die y-Achse. Anschließend wird eine Ausgleichsgerade gezeichnet. Dabei ist W_A der Schnittpunkt der Ausgleichsgeraden mit der y-Achse und die Grenzfrequenz die Nullstelle, da hier $E_{kin}=0$ ist.

Skizze h-Bestimmung



Für die Ausgleichsgerade gilt die Gleichung Einsteins für die Energiebilanz des Fotoeffekts, die man nach der kinetischen Energie umstellt:

$$\rightarrow E_{kin} = h \cdot f - W_A$$

Mathematisch ist das eine Geradengleichung:

$$\rightarrow f(x) = m \cdot x + n$$

Da h die Steigung der Geraden repräsentiert, wird zur Berechnung der folgende mathematische Ansatz benutzt:

$$\rightarrow m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

Ersetzt durch physikalische Größen, ergibt für den Differenzenquotient:

$$\rightarrow h = \frac{\Delta E}{\Delta f}$$

Nun kann man ein Steigungsdreieck einzeichnen und die Werte am Dreieck ablesen. Der Differenzenquotient kann so berechnet werden.

$$\rightarrow h = \frac{\Delta E}{\Delta f} = \frac{E_2 - E_1}{f_2 - f_1} = \frac{2.8 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{4.5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}} = 6,222 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

Der ausgerechnete Wert kommt nah an den Literaturwert von $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ heran. Desto präziser und durchdachter das Koordinatensystem gezeichnet wird, desto näher kommt man den Literaturwert heran.

Erstellt von Mehmet Takir