

Die Wellenlänge eines Handballs



Ein **200 g** schwerer Ball wird mit einer Geschwindigkeit von $3 \cdot 10^3$ cm/s geworfen.

Wie groß ist die **de-Broglie-Wellenlänge?**

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{6,6262 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{0,2 \text{ kg} \cdot 3 \cdot 10^3 \text{ cm/s}}$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

$$\lambda = 1,10 \cdot 10^{-36} \text{ m}$$

In einem **Elektronenbeugungsexperiment** werden Elektronen durch ein Potentialgefälle von 40.000 V = 40 kV beschleunigt. Sie erhalten damit eine Energie von 40.000 Elektronenvolt eV. Wie groß ist die **de-Broglie-Wellenlänge der Elektronen?**

Umwandlung der Energie: von eV nach J:

$$E = 40.000 \text{ eV} \cdot \frac{1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 6,408 \cdot 10^{-15} \text{ J}$$

Die kinetische Energie ist durch die Beziehung $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ gegeben.

Auflösung nach v: $v = \left(\frac{2 E}{m} \right)^{1/2} = \left(\frac{2 \cdot 6,408 \cdot 10^{-15} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} \right)^{1/2}$

$$= (1,410 \cdot 10^{16} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2})^{1/2}$$

$$v = 1,186 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Für den **Impuls** $m \cdot v$ des Elektrons folgt damit:

$$m \cdot v = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 1,186 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$= 1,081 \cdot 10^{-22} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

Mit der de-Broglie-Beziehung $\lambda = h / m \cdot v = \frac{6,6262 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{1,081 \cdot 10^{-22} \text{ kg} \cdot \text{m/s}}$

$$= 6,13 \cdot 10^{-12} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{s}}{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

ist die Wellenlänge λ eines $\lambda = 6,13 \cdot 10^{-12} \text{ m}$
40-kV-Elektrons: $\lambda = 6,13 \text{ pm}$



Übertragung auf den 200 g Ball:

Wie **schnell** muss ein 200 g Ball fliegen, um dieselbe de-Broglie-Wellenlänge wie ein 40-kV-Elektron zu besitzen?

Für die Geschwindigkeit des Balls erhält man:

$$v = h / m \cdot v = \frac{6,6262 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{6,13 \cdot 10^{-12} \text{ m} \cdot 0,2 \text{ kg}}$$

$$= 5,40 \cdot 10^{-22} \text{ m/s}$$

$$= 1,70 \cdot 10^{-5} \text{ nm pro Jahr}$$



Dieser Ball braucht mehr als zehntausend Jahre, um die Strecke einer Kohlenstoff-Einfachbindung von der Länge **0,154 nm** zurückzulegen!