

Ein Boxer führt einen Schlag gegen den Kopf ($m = 7 \text{ kg}$) seines Kontrahenten aus. Dabei hat der Schlagarm eine Masse von 8 kg und eine Geschwindigkeit von $21 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Kopf und Schlagarm führen einen unelastischen Stoß durch, sodass die Geschwindigkeit beider nach dem Stoß gleich ist (der Kopf war vor dem Stoß in Ruhe).

Welcher Impuls wird auf den Kopf übertragen?

Zunächst halten wir die bekannten Größen fest:

- $m_1 = m_{\text{Arm}} = 8 \text{ kg}$
- $v_1 = 21 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- $m_2 = m_{\text{Kopf}} = 7 \text{ kg}$
- $v_2 = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Nach dem Stoß sollen Arm und Kopf die gleiche Geschwindigkeit haben, also gilt $v'_1 = v'_2$ und das nennen wir einfach v' .

Den Impulserhaltungssatz

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2$$

können wir jetzt verfeinern:

$$\begin{aligned} m_1 v_1 + m_2 v_2 &= m_1 v'_1 + m_2 v'_2 \\ &= m_1 v' + m_2 v' \quad \text{weil } v'_1 = v'_2 = v' \\ &= v' (m_1 + m_2) \end{aligned}$$

Damit berechnen wir die Geschwindigkeit von Arm und Kopf nach dem Stoß:

$$\begin{aligned} m_1 v_1 + m_2 v_2 &= v' (m_1 + m_2) \quad \Leftrightarrow \quad v' = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} \\ v' &= \frac{8 \text{ kg} \cdot 21 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 7 \text{ kg} \cdot 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{15 \text{ kg}} \\ &= 11,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \end{aligned}$$

Der Kopf hat nach dem Stoß einen Impuls von

$$p = m_2 \cdot v' = 7 \text{ kg} \cdot 11,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 78,4 \frac{\text{kg m}}{\text{s}}$$

und das ist der übertragene Impuls.

Die Boxhandschuhe bieten einen Puffer von etwa 3 cm. Wie groß ist die beschleunigende Kraft auf den Kopf?

Wir wissen, dass $F = m \cdot a$ gilt. Die Masse vom Kopf haben wir, also fehlt uns nur noch die Beschleunigung.

Diese können wir über folgenden Zusammenhang bestimmen:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a(x_f - x_i)$$

Die Differenz $x_f - x_i$ sind dabei die 3 cm, die Anfangsgeschwindigkeit $v_i = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ und die Endgeschwindigkeit $v_f = 11,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Stellen wir die obere Gleichung nach a um, dann erhalten wir:

$$a = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2(x_f - x_i)} = \frac{(11,2 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 - (0 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \cdot 0,03 \text{ m}} = 2090,67 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Und daraus ergibt sich jetzt die Beschleunigungskraft:

$$F = m_{\text{Kopf}} \cdot a = 7 \text{ kg} \cdot 2090,67 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 14\,634,67 \text{ N}$$