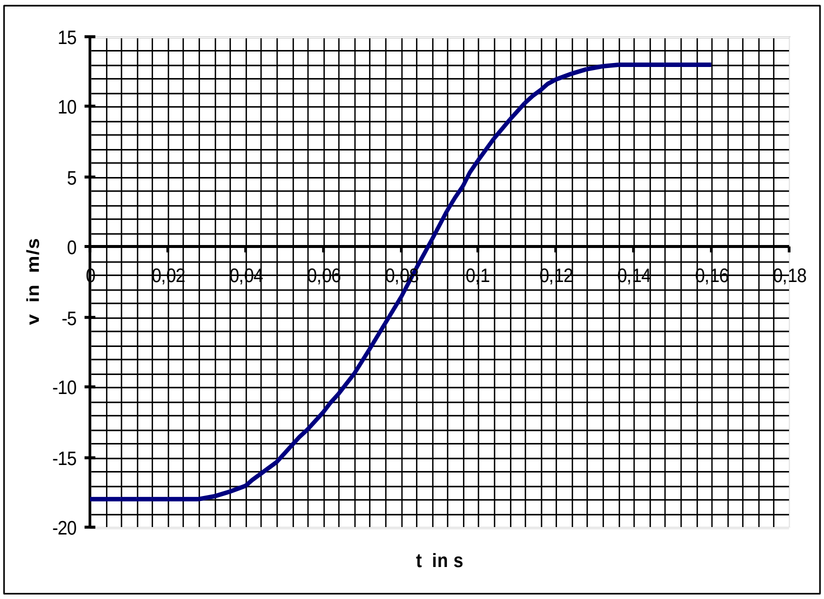
Physik * Jahrgangsstufe 10 * Kräfte bei frontalen Stößen

Das t-v-Diagramm zeigt die Geschwindigkeit eines Tennisballs (Masse 45g) bei einem Volley.



a) Was versteht man unter einem Volley?

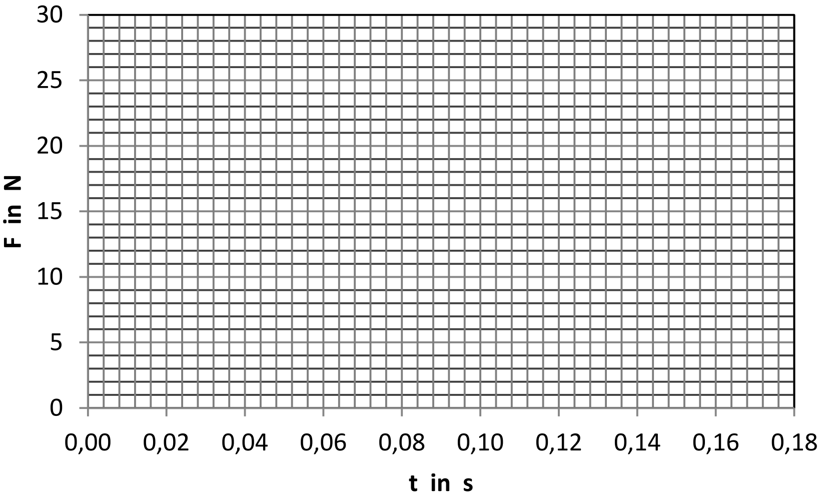
b) Wie lange dauert der Stoß?

c) Mit welcher Geschwindigkeit trifft der Ball auf den Schläger, mit welcher Geschwindigkeit verlässt er den Schläger?

d) Wie ändert sich die kinetische Energie des Balls?

e) Welche maximale Beschleunigung erfährt der Ball? Welche maximale Kraft F wirkt auf den Ball?

Beachte: $F = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t}$



f) Skizzieren Sie das zugehörige t-F-Diagramm.
Welche mittlere Kraft $\overline{F}$ wirkt während der Stoßes auf den Ball?

f) Wenn $\Delta t_{Stoß}$ die Zeitdauer des Stoßes angibt, dann nennt man $\overline{F} \cdot \Delta t_{Stoß}$ den zugehörigen Kraftstoß.

Wie hängt der Kraftstoß mit der Masse des Balls und seiner Anfangs- und Endgeschwindigkeit zusammen?

$\overline{F} \cdot \Delta t_{Stoß} =$

Aufgaben

1. Ein 150g schwerer Baseball trifft mit einer Geschwindigkeit von 150 km/h auf einen Schläger und wird in umgekehrter Richtung mit einer Geschwindigkeit von 210 km/h zurückgeschlagen. Wie groß ist die mittlere Kraft, die der Schläger während des 5,0 ms dauernden Kontakts mit dem Ball auf diesen ausübt?

2. Ein Ball der Masse 450g fällt aus einer Höhe von 1,5m auf den Boden. Nach dem Aufprall springt der Ball mit 85% seiner Auftreffgeschwindigkeit zurück.
   a) Wie groß ist der Kraftstoß während des Bodenkontakts?
   b) Wie groß ist die mittlere Kraft auf den Ball, wenn der Bodenkontakt 0,020s dauert?
   c) Wie viel Prozent der kinetischen Energie gehen beim Aufprall „verloren"?
   Wozu dient diese Energie?

Für den Kraftstoß gilt:

$$\boxed{\overline{F}\cdot\Delta t_{\text{Stoß}} = m\cdot\Delta v = m\cdot(v_{\text{nachher}} - v_{\text{vorher}})}$$

Lösungen zu den beiden Aufgaben:

1. $\overline{F}\cdot\Delta t = m\cdot\Delta v \Rightarrow$

$$\overline{F} = \frac{m\cdot\Delta v}{\Delta t} = \frac{0{,}150\,\text{kg}\cdot(210-(-150))\frac{\text{km}}{\text{h}}}{0{,}0050\,\text{s}} = \frac{0{,}150\,\text{kg}\cdot(360)\frac{1000\text{m}}{3600\text{s}}}{0{,}0050\,\text{s}} = 3000\frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}^2} = 3{,}0\,\text{kN}$$

2. a) Auftreffgeschwindigkeit v des Balls:

$$v^2 = 2\cdot g\cdot h \Rightarrow v = \sqrt{2\cdot 9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\cdot 1{,}5\,\text{m}} = 5{,}4\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

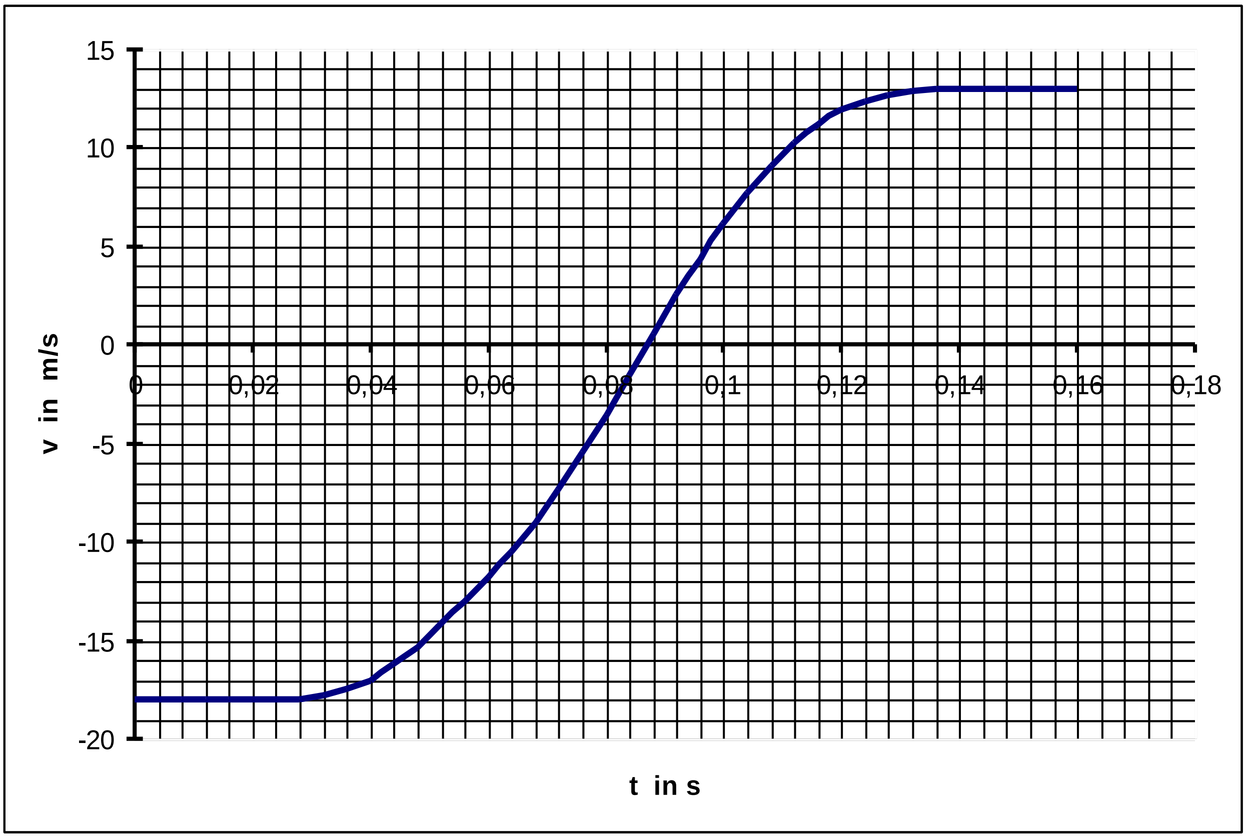
$$\overline{F}\cdot\Delta t = m\cdot\Delta v = m\cdot(0{,}85\cdot v-(-v)) = m\cdot 1{,}85\,v = 0{,}450\,\text{kg}\cdot 1{,}85\cdot 5{,}4\frac{\text{m}}{\text{s}} = 4{,}5\,\text{Ns}$$

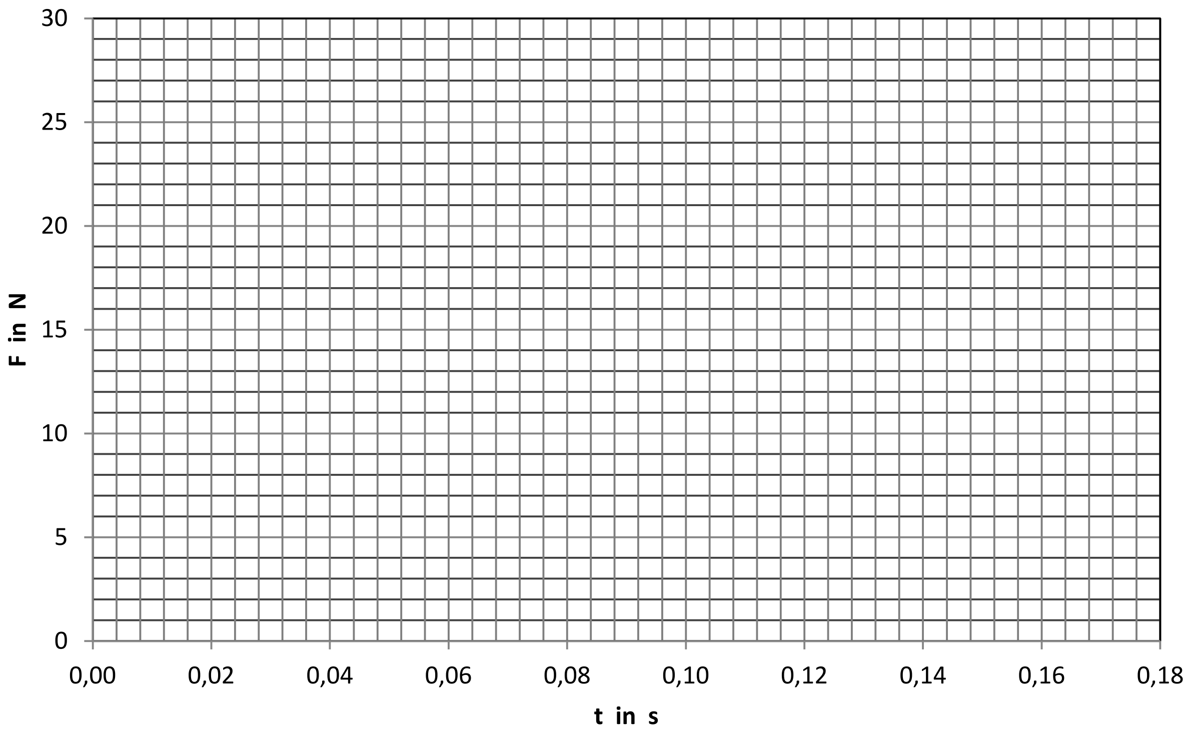
b) $\overline{F}\cdot\Delta t = m\cdot\Delta v \Rightarrow \overline{F} = \dfrac{m\cdot\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{4{,}5\,\text{Ns}}{0{,}020\,\text{s}} = 225\,\text{N} \approx 0{,}23\,\text{kN}$

c) $$\frac{\Delta E_{\text{kin}}}{E_{\text{kin,vorher}}} = \frac{\frac{1}{2}\cdot m\cdot(v_{\text{nachher}})^2 - \frac{1}{2}\cdot m\cdot(v_{\text{vorher}})^2}{\frac{1}{2}\cdot m\cdot(v_{\text{vorher}})^2} = \frac{(v_{\text{nachher}})^2-(v_{\text{vorher}})^2}{(v_{\text{vorher}})^2} = \frac{(0{,}85v)^2 - v^2}{v^2} =$$

$$= \frac{0{,}85^2 - 1^2}{1^2} = -\,0{,}28 = -\,28\%$$

Es gehen ca. 28% der kinetischen Energie verloren.
Diese Energie wurde dabei in erster Linie in innere Energie (Erwärmung) umgewandelt.


15
10
5
0
-5
-10
-15
-20
v in m/s
0
0,02
0,04
0,06
0,08
0,1
0,12
0,14
0,16
0,18
t in s


30
25
20
15
10
5
0
F in N
0,00
0,02
0,04
0,06
0,08
0,10
0,12
0,14
0,16
0,18
t in s