Ortsveränderung, Geschwindigkeit und Beschleunigung

10er Potenzen: Wissenschaftliche Zahlennotation

- Notation für sehr große und sehr kleine Zahlen

10er Potenzen: Wissenschaftliche Zahlennotation

- Notation für sehr große und sehr kleine Zahlen
- Dabei wird ausgenutzt, dass jeweils

10er Potenzen: Wissenschaftliche Zahlennotation

- Notation für sehr große und sehr kleine Zahlen
- Dabei wird ausgenutzt, dass jeweils

$$= 10 \cdot 10 =$$

10er Potenzen: Wissenschaftliche Zahlennotation

- Notation für sehr große und sehr kleine Zahlen
- Dabei wird ausgenutzt, dass jeweils

$$100 = 10 \cdot 10 =$$

10er Potenzen: Wissenschaftliche Zahlennotation

- Notation für sehr große und sehr kleine Zahlen
- Dabei wird ausgenutzt, dass jeweils

$$100 = 10 \cdot 10 = 10^2$$

10er Potenzen: Wissenschaftliche Zahlennotation

- Notation für sehr große und sehr kleine Zahlen
- Dabei wird ausgenutzt, dass jeweils

$$\begin{aligned} 100 &= 10 \cdot 10 = 10^2 \\ &= 10 \cdot 10 \cdot 10 = \end{aligned}$$

10er Potenzen: Wissenschaftliche Zahlennotation

- Notation für sehr große und sehr kleine Zahlen
- Dabei wird ausgenutzt, dass jeweils

$$100 = 10 \cdot 10 = 10^2$$
$$1000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 =$$

10er Potenzen: Wissenschaftliche Zahlennotation

- Notation für sehr große und sehr kleine Zahlen
- Dabei wird ausgenutzt, dass jeweils

$$100 = 10 \cdot 10 = 10^2$$
$$1000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^3$$

10er Potenzen: Wissenschaftliche Zahlennotation

- Notation für sehr große und sehr kleine Zahlen
- Dabei wird ausgenutzt, dass jeweils

$$
\begin{aligned}
100 &= 10 \cdot 10 = 10^2 \\
1000 &= 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^3 \\
&= 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 =
\end{aligned}
$$

10er Potenzen: Wissenschaftliche Zahlennotation

- Notation für sehr große und sehr kleine Zahlen
- Dabei wird ausgenutzt, dass jeweils

$$100 = 10 \cdot 10 = 10^2$$
$$1000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^3$$
$$10\,000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 =$$

10er Potenzen: Wissenschaftliche Zahlennotation

- Notation für sehr große und sehr kleine Zahlen
- Dabei wird ausgenutzt, dass jeweils

$$100 = 10 \cdot 10 = 10^2$$
$$1000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^3$$
$$10\,000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^4$$

10er Potenzen: Wissenschaftliche Zahlennotation

- Notation für sehr große und sehr kleine Zahlen
- Dabei wird ausgenutzt, dass jeweils

$$\begin{aligned} 100 &= 10 \cdot 10 = 10^2 \\ 1000 &= 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^3 \\ 10\,000 &= 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^4 \\ &= 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = \end{aligned}$$

10er Potenzen: Wissenschaftliche Zahlennotation

- Notation für sehr große und sehr kleine Zahlen
- Dabei wird ausgenutzt, dass jeweils

$$100 = 10 \cdot 10 = 10^2$$

$$1000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^3$$

$$10\,000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^4$$

$$1\,000\,000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 =$$

10er Potenzen: Wissenschaftliche Zahlennotation

- Notation für sehr große und sehr kleine Zahlen
- Dabei wird ausgenutzt, dass jeweils

$$100 = 10 \cdot 10 = 10^2$$
$$1000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^3$$
$$10\,000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^4$$
$$1\,000\,000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^6$$

10er Potenzen: Wissenschaftliche Zahlennotation

- Notation für sehr große und sehr kleine Zahlen
- Dabei wird ausgenutzt, dass jeweils

$$100 = 10 \cdot 10 = 10^2$$
$$1000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^3$$
$$10\,000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^4$$
$$1\,000\,000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^6$$

etc. Spätestens in der letzten Zeile werden die Vorteile klar.

10er Potenzen: Wissenschaftliche Zahlennotation

- Notation für sehr große und sehr kleine Zahlen
- Dabei wird ausgenutzt, dass jeweils

$$100 = 10 \cdot 10 = 10^2$$
$$1000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^3$$
$$10\,000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^4$$
$$1\,000\,000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^6$$

  etc. Spätestens in der letzten Zeile werden die Vorteile klar.
- Damit kann man schreiben (Beispiel: Vakuumslichtgeschwindigkeit)

10er Potenzen: Wissenschaftliche Zahlennotation

- Notation für sehr große und sehr kleine Zahlen
- Dabei wird ausgenutzt, dass jeweils

$$
\begin{aligned}
100 &= 10 \cdot 10 = 10^2 \\
1000 &= 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^3 \\
10\,000 &= 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^4 \\
1\,000\,000 &= 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^6
\end{aligned}
$$

  etc. Spätestens in der letzten Zeile werden die Vorteile klar.
- Damit kann man schreiben (Beispiel: Vakuumslichtgeschwindigkeit)

$$299\,792\,458\,\frac{\mathsf{m}}{\mathsf{s}} = 2{,}997\,924\,58 \cdot$$

10er Potenzen: Wissenschaftliche Zahlennotation

- Notation für sehr große und sehr kleine Zahlen
- Dabei wird ausgenutzt, dass jeweils

$$100 = 10 \cdot 10 = 10^2$$
$$1000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^3$$
$$10\,000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^4$$
$$1\,000\,000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^6$$

  etc. Spätestens in der letzten Zeile werden die Vorteile klar.
- Damit kann man schreiben (Beispiel: Vakuumslichtgeschwindigkeit)

$$299\,792\,458\,\frac{\mathsf{m}}{\mathsf{s}} = 2{,}997\,924\,58 \cdot 10^8\,\frac{\mathsf{m}}{\mathsf{s}}$$

10er Potenzen: Wissenschaftliche Zahlennotation

- Notation für sehr große und sehr kleine Zahlen
- Dabei wird ausgenutzt, dass jeweils

$$\begin{aligned} 100 &= 10 \cdot 10 = 10^2 \\ 1000 &= 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^3 \\ 10\,000 &= 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^4 \\ 1\,000\,000 &= 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^6 \end{aligned}$$

  etc. Spätestens in der letzten Zeile werden die Vorteile klar.
- Damit kann man schreiben (Beispiel: Vakuumslichtgeschwindigkeit)

$$299\,792\,458\,\frac{\mathsf{m}}{\mathsf{s}} = 2{,}997\,924\,58 \cdot 10^8\,\frac{\mathsf{m}}{\mathsf{s}} \approx 3{,}00 \cdot 10^8\,\frac{\mathsf{m}}{\mathsf{s}}$$

10er Potenzen: Wissenschaftliche Zahlennotation

- Notation für sehr große und sehr kleine Zahlen
- Dabei wird ausgenutzt, dass jeweils

$$
\begin{aligned}
100 &= 10 \cdot 10 = 10^2 \\
1000 &= 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^3 \\
10\,000 &= 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^4 \\
1\,000\,000 &= 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^6
\end{aligned}
$$

  etc. Spätestens in der letzten Zeile werden die Vorteile klar.
- Damit kann man schreiben (Beispiel: Vakuumslichtgeschwindigkeit)

$$299\,792\,458\,\frac{\mathsf{m}}{\mathsf{s}} = 2{,}997\,924\,58 \cdot 10^8\,\frac{\mathsf{m}}{\mathsf{s}} \approx 3{,}00 \cdot 10^8\,\frac{\mathsf{m}}{\mathsf{s}}$$

- Vorteile
  - Die Größenordnung ist unmittelbar klar, kein Nullengezähle
  - Leicht zu runden
  - Leicht miteinander zu verrechnen

Rechenregeln/Potenzgesetze

Rechenregeln/Potenzgesetze

Regel 1: $10^r \cdot 10^s = 10^{r+s}$ (r, s irgendwelche ganze Zahlen).

Zum Beispiel $10^3 \cdot 10^2 = (10 \cdot 10 \cdot 10) \cdot (10 \cdot 10) = 10^5 = 10^{3+2}$

Rechenregeln/Potenzgesetze

Regel 1: $10^r \cdot 10^s = 10^{r+s}$ (r, s irgendwelche ganze Zahlen).

Zum Beispiel $$10^3 \cdot 10^2 = (10 \cdot 10 \cdot 10) \cdot (10 \cdot 10) = 10^5 = 10^{3+2}$$

Regel 2: $10^r / 10^s = 10^{r-s}$

Zum Beispiel $$\frac{10^5}{10^3} = \frac{10 \cdot 10 \cdot \cancel{10} \cdot \cancel{10} \cdot \cancel{10}}{\cancel{10} \cdot \cancel{10} \cdot \cancel{10}} = 10^2 = 10^{5-3}$$

Rechenregeln/Potenzgesetze

Regel 1: $10^r \cdot 10^s = 10^{r+s}$ (r, s irgendwelche ganze Zahlen).

Zum Beispiel $$10^3 \cdot 10^2 = (10 \cdot 10 \cdot 10) \cdot (10 \cdot 10) = 10^5 = 10^{3+2}$$

Regel 2: $10^r / 10^s = 10^{r-s}$

Zum Beispiel $$\frac{10^5}{10^3} = \frac{10 \cdot 10 \cdot \cancel{10} \cdot \cancel{10} \cdot \cancel{10}}{\cancel{10} \cdot \cancel{10} \cdot \cancel{10}} = 10^2 = 10^{5-3}$$

Regel 2a: $10^0 = 1$

Folgt aus Regel 2, zum Beispiel $$1 = \frac{10^7}{10^7} = 10^{7-7} = 10^0$$

Rechenregeln/Potenzgesetze

Regel 1: $10^r \cdot 10^s = 10^{r+s}$ (r, s irgendwelche ganze Zahlen).

Zum Beispiel $10^3 \cdot 10^2 = (10 \cdot 10 \cdot 10) \cdot (10 \cdot 10) = 10^5 = 10^{3+2}$

Regel 2: $10^r / 10^s = 10^{r-s}$

Zum Beispiel $$\frac{10^5}{10^3} = \frac{10 \cdot 10 \cdot \cancel{10} \cdot \cancel{10} \cdot \cancel{10}}{\cancel{10} \cdot \cancel{10} \cdot \cancel{10}} = 10^2 = 10^{5-3}$$

Regel 2a: $10^0 = 1$

Folgt aus Regel 2, zum Beispiel $$1 = \frac{10^7}{10^7} = 10^{7-7} = 10^0$$

Regel 2b: $1/10^r = 10^{-r}$

Auch aus Regel 2: $$\frac{1}{10^3} = \frac{10^0}{10^3} = 10^{0-3} = 10^{-3}$$

Rechenregeln/Potenzgesetze

Regel 1: $10^r \cdot 10^s = 10^{r+s}$ (r, s irgendwelche ganze Zahlen).

Zum Beispiel $$10^3 \cdot 10^2 = (10 \cdot 10 \cdot 10) \cdot (10 \cdot 10) = 10^5 = 10^{3+2}$$

Regel 2: $10^r/10^s = 10^{r-s}$

Zum Beispiel $$\frac{10^5}{10^3} = \frac{10 \cdot 10 \cdot \cancel{10} \cdot \cancel{10} \cdot \cancel{10}}{\cancel{10} \cdot \cancel{10} \cdot \cancel{10}} = 10^2 = 10^{5-3}$$

Regel 2a: $10^0 = 1$

Folgt aus Regel 2, zum Beispiel $$1 = \frac{10^7}{10^7} = 10^{7-7} = 10^0$$

Regel 2b: $1/10^r = 10^{-r}$

Auch aus Regel 2: $$\frac{1}{10^3} = \frac{10^0}{10^3} = 10^{0-3} = 10^{-3}$$

Regel 3: $(10^r)^s = 10^{rs}$

Zum Beispiel $$(10^3)^2 = (10 \cdot 10 \cdot 10) \cdot (10 \cdot 10 \cdot 10) = 10^6 = 10^{3 \cdot 2}$$

Regel 4

$$(ab)^n = a^n b^n$$

- Zum Beispiel, und das ist sehr wichtig

$$(7\mathrm{m})^2 = 7^2\mathrm{m}^2 = 49\mathrm{m}^2$$

  Vergessen Sie nicht, die Einheit mit zu quadrieren!
- Die Falle hier ist, dass die Klammer oft nicht in der mit Symbolen geschriebenen Formel steht.
- Angenommen, Sie wollen v^2 ausrechnen, mit, z.B., $v = 7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

$$v^2 = \left(7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 = 49\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}$$

  Alles andere führt entweder zu falschen Zahlen (normalerweise 7) oder falschen Einheiten $\left(\text{meistens } \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}}\right)$, oder beidem.

Ortsveränderungen

- Nehmen wir an, eine Schnecke befindet sich bei $s_1 = 3\,\mathrm{m}$.

Ortsveränderungen

- Nehmen wir an, eine Schnecke befindet sich bei $s_1 = 3\,\text{m}$.
- Irgendwann später ist sie bei $s_2 = 5\,\text{m}$.

Ortsveränderungen

- Nehmen wir an, eine Schnecke befindet sich bei $s_1 = 3\,\mathrm{m}$.
- Irgendwann später ist sie bei $s_2 = 5\,\mathrm{m}$.
- Sie hat also $2\,\mathrm{m} = 5\,\mathrm{m} - 3\,\mathrm{m} = s_2 - s_1$ zurückgelegt.

Ortsveränderungen

- Nehmen wir an, eine Schnecke befindet sich bei $s_1 = 3\,\mathrm{m}$.
- Irgendwann später ist sie bei $s_2 = 5\,\mathrm{m}$.
- Sie hat also $2\,\mathrm{m} = 5\,\mathrm{m} - 3\,\mathrm{m} = s_2 - s_1$ zurückgelegt.
- Solche Änderungen werden mit dem großen Delta Δ bezeichnet:

$$\Delta s = s_2 - s_1$$

Ortsveränderungen

- Nehmen wir an, eine Schnecke befindet sich bei $s_1 = 3\,\mathrm{m}$.
- Irgendwann später ist sie bei $s_2 = 5\,\mathrm{m}$.
- Sie hat also $2\,\mathrm{m} = 5\,\mathrm{m} - 3\,\mathrm{m} = s_2 - s_1$ zurückgelegt.
- Solche Änderungen werden mit dem großen Delta Δ bezeichnet:

$$\Delta s = s_2 - s_1$$

- Jede Änderung wird so berechnet:

$$\Delta = \text{hinterher} - \text{vorher}$$

Ortsveränderungen

- Nehmen wir an, eine Schnecke befindet sich bei $s_1 = 3\,\mathrm{m}$.
- Irgendwann später ist sie bei $s_2 = 5\,\mathrm{m}$.
- Sie hat also $2\,\mathrm{m} = 5\,\mathrm{m} - 3\,\mathrm{m} = s_2 - s_1$ zurückgelegt.
- Solche Änderungen werden mit dem großen Delta Δ bezeichnet:

$$\Delta s = s_2 - s_1$$

- Jede Änderung wird so berechnet:

$$\Delta = \text{hinterher} - \text{vorher}$$

- Kriecht die Schnecke zurück auf $s_3 = 4\,\mathrm{m}$, so beträgt die Änderung

$$\Delta s' = \text{hinterher} - \text{vorher} = s_3 - s_2 = 4\,\mathrm{m} - 5\,\mathrm{m} = -1\,\mathrm{m}$$

Ortsveränderungen

- Nehmen wir an, eine Schnecke befindet sich bei $s_1 = 3\,\mathrm{m}$.
- Irgendwann später ist sie bei $s_2 = 5\,\mathrm{m}$.
- Sie hat also $2\,\mathrm{m} = 5\,\mathrm{m} - 3\,\mathrm{m} = s_2 - s_1$ zurückgelegt.
- Solche Änderungen werden mit dem großen Delta Δ bezeichnet:

$$\Delta s = s_2 - s_1$$

- Jede Änderung wird so berechnet:

$$\Delta = \text{hinterher} - \text{vorher}$$

- Kriecht die Schnecke zurück auf $s_3 = 4\,\mathrm{m}$, so beträgt die Änderung

$$\Delta s' = \text{hinterher} - \text{vorher} = s_3 - s_2 = 4\,\mathrm{m} - 5\,\mathrm{m} = -1\,\mathrm{m}$$

$\Rightarrow$ Das Vorzeichen zeigt die Bewegungsrichtung an.

Definition der Geschwindigkeit

Definition der Geschwindigkeit

Definition (Geschwindigkeit)

Die Geschwindigkeit v ist der zurückgelegte Weg Δs geteilt durch die benötigte Zeit Δt:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Definition der Geschwindigkeit

Definition (Geschwindigkeit)

Die Geschwindigkeit v ist der zurückgelegte Weg Δs geteilt durch die benötigte Zeit Δt:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Die Einheit der Geschwindigkeit ist $\frac{\text{km}}{\text{h}}$

Definition der Geschwindigkeit

Definition (Geschwindigkeit)

Die Geschwindigkeit v ist der zurückgelegte Weg Δs geteilt durch die benötigte Zeit Δt:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Die Einheit der Geschwindigkeit ist $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ oder (physikalisch schöner) $\frac{\text{m}}{\text{s}}$:

$$1\,\frac{\text{km}}{\text{h}} =$$

Definition der Geschwindigkeit

Definition (Geschwindigkeit)

Die Geschwindigkeit v ist der zurückgelegte Weg Δs geteilt durch die benötigte Zeit Δt:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Die Einheit der Geschwindigkeit ist $\frac{\mathsf{km}}{\mathsf{h}}$ oder (physikalisch schöner) $\frac{\mathsf{m}}{\mathsf{s}}$:

$$1\,\frac{\mathsf{km}}{\mathsf{h}} = \frac{1000\,\mathsf{m}}{60 \cdot 60\,\mathsf{s}} =$$

Definition der Geschwindigkeit

Definition (Geschwindigkeit)

Die Geschwindigkeit v ist der zurückgelegte Weg Δs geteilt durch die benötigte Zeit Δt:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Die Einheit der Geschwindigkeit ist $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ oder (physikalisch schöner) $\frac{\text{m}}{\text{s}}$:

$$1\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{1000\,\text{m}}{60 \cdot 60\,\text{s}} = \frac{1000\,\text{m}}{3600\,\text{s}} =$$

Definition der Geschwindigkeit

Definition (Geschwindigkeit)

Die Geschwindigkeit v ist der zurückgelegte Weg Δs geteilt durch die benötigte Zeit Δt:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Die Einheit der Geschwindigkeit ist $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ oder (physikalisch schöner) $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$:

$$1\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = \frac{1000\,\mathrm{m}}{60 \cdot 60\,\mathrm{s}} = \frac{1000\,\mathrm{m}}{3600\,\mathrm{s}} = \frac{1}{3,6}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \quad \Leftrightarrow$$

Definition der Geschwindigkeit

Definition (Geschwindigkeit)

Die Geschwindigkeit v ist der zurückgelegte Weg Δs geteilt durch die benötigte Zeit Δt:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Die Einheit der Geschwindigkeit ist $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ oder (physikalisch schöner) $\frac{\text{m}}{\text{s}}$:

$$1\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{1000\,\text{m}}{60 \cdot 60\,\text{s}} = \frac{1000\,\text{m}}{3600\,\text{s}} = \frac{1}{3{,}6}\frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \Leftrightarrow \quad 1\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 3{,}6\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Definition der Geschwindigkeit

Definition (Geschwindigkeit)

Die Geschwindigkeit v ist der zurückgelegte Weg Δs geteilt durch die benötigte Zeit Δt:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Die Einheit der Geschwindigkeit ist $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ oder (physikalisch schöner) $\frac{\text{m}}{\text{s}}$:

$$1\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{1000\,\text{m}}{60 \cdot 60\,\text{s}} = \frac{1000\,\text{m}}{3600\,\text{s}} = \frac{1}{3{,}6}\frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \Leftrightarrow \quad 1\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 3{,}6\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Beispiel

Ein Auto braucht für $144\,\text{km}$ 2 Stunden. Wie schnell ist es in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$?

Definition der Geschwindigkeit

Definition (Geschwindigkeit)

Die Geschwindigkeit v ist der zurückgelegte Weg Δs geteilt durch die benötigte Zeit Δt:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Die Einheit der Geschwindigkeit ist $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ oder (physikalisch schöner) $\frac{\text{m}}{\text{s}}$:

$$1\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{1000\,\text{m}}{60 \cdot 60\,\text{s}} = \frac{1000\,\text{m}}{3600\,\text{s}} = \frac{1}{3{,}6}\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \Leftrightarrow \quad 1\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 3{,}6\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Beispiel

Ein Auto braucht für $144\,\text{km}$ 2 Stunden. Wie schnell ist es in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$?

$$v = \frac{144\,\text{km}}{2\,\text{h}} = 72\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 72\,\frac{1}{3{,}6}\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 20\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Präzisierung

- Heißt das durchgängig $20\,\frac{\mathsf{m}}{\mathsf{s}}$?

$\Rightarrow$ Nein, wir haben die Durchschnittsgeschwindigkeit berechnet.

- Wie kann man genauer messen? Halbe Messzeit.

$\Rightarrow$ 2 Durchschnittsgeschwindigkeiten

$\Rightarrow$ Wir halbieren die Messzeit ein zweites Mal

… Und so weiter.

Definition

$$\text{Geschwindigkeit} = \frac{\text{zurückgelegter Weg } \Delta s}{\text{benötigte Zeit } \Delta t} \quad ,$$

aber für eine „unendlich“ kurze Zeit Δt.

In Worten

Geschwindigkeit ist die Änderungsrate des Ortes.

Schneckenrennen

1. Unsere Schnecke legt die Distanz $\Delta s = 2\,\mathrm{m}$ in $\Delta t = 2400\,\mathrm{s}$ zurück.

$$v =$$

Schneckenrennen

1. Unsere Schnecke legt die Distanz $\Delta s = 2\,\mathrm{m}$ in $\Delta t = 2400\,\mathrm{s}$ zurück.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\,\mathrm{m}}{2400\,\mathrm{s}} = 0{,}000\,83\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 0{,}83\,\frac{\mathrm{mm}}{\mathrm{s}}$$

Schneckenrennen

1. Unsere Schnecke legt die Distanz $\Delta s = 2\,\mathrm{m}$ in $\Delta t = 2400\,\mathrm{s}$ zurück.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\,\mathrm{m}}{2400\,\mathrm{s}} = 0{,}000\,83\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 0{,}83\,\frac{\mathrm{mm}}{\mathrm{s}}$$

2. Dann kriecht sie in $\Delta t' = 2000\,\mathrm{s}$ über die Distanz $\Delta s' = -1\,\mathrm{m}$ zurück.

$$v' =$$

Schneckenrennen

1. Unsere Schnecke legt die Distanz $\Delta s = 2\,\mathrm{m}$ in $\Delta t = 2400\,\mathrm{s}$ zurück.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\,\mathrm{m}}{2400\,\mathrm{s}} = 0{,}000\,83\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 0{,}83\,\frac{\mathrm{mm}}{\mathrm{s}}$$

2. Dann kriecht sie in $\Delta t' = 2000\,\mathrm{s}$ über die Distanz $\Delta s' = -1\,\mathrm{m}$ zurück.

$$v' = \frac{\Delta s'}{\Delta t'} = \frac{-1\,\mathrm{m}}{2000\,\mathrm{s}} = -0{,}0005\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = -0{,}5\,\frac{\mathrm{mm}}{\mathrm{s}}$$

Schneckenrennen

1. Unsere Schnecke legt die Distanz $\Delta s = 2\,\mathrm{m}$ in $\Delta t = 2400\,\mathrm{s}$ zurück.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\,\mathrm{m}}{2400\,\mathrm{s}} = 0{,}000\,83\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 0{,}83\,\frac{\mathrm{mm}}{\mathrm{s}}$$

2. Dann kriecht sie in $\Delta t' = 2000\,\mathrm{s}$ über die Distanz $\Delta s' = -1\,\mathrm{m}$ zurück.

$$v' = \frac{\Delta s'}{\Delta t'} = \frac{-1\,\mathrm{m}}{2000\,\mathrm{s}} = -0{,}0005\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = -0{,}5\,\frac{\mathrm{mm}}{\mathrm{s}}$$

Das Vorzeichen zeigt wiederum die Bewegungsrichtung an.

Geschwindigkeiten vergleichen

Beispiel (1)

Sie überholen ein Auto, dass sich mit $v_1 = 100\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$ bewegt. Sie selbst fahren mit $v_2 = 220\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Wie schnell entfernen Sie sich vom überholten Fahrzeug?

$$\Delta v =$$

Geschwindigkeiten vergleichen

Beispiel (1)

Sie überholen ein Auto, dass sich mit $v_1 = 100\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$ bewegt. Sie selbst fahren mit $v_2 = 220\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Wie schnell entfernen Sie sich vom überholten Fahrzeug?

$$\Delta v = v_2 - v_1 = 120\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$$

- Relativgeschwindigkeit ist die Differenz der Einzelgeschwindigkeiten.
- Wieder verwenden wir das große griechische Δ um die Relativgeschwindigkeit zu bezeichnen.

Präzisierung: Die Relativgeschwindigkeit sagt aus, wie schnell **wir** uns in Bezug auf *das andere Auto* bewegen.

Geschwindigkeiten vergleichen

Beispiel (2)

Nun kommt ihnen ein Geisterfahrer mit einer Geschwindigkeit von $v_3 = -100\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$ entgegen.

(Sie sind immer noch mit $v_2 = 220\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$ unterwegs.)

Frage: Relativgeschwindigkeit

Mit welcher Geschwindigkeit nähern Sie sich dem Geisterfahrer?

Wir können exakt dieselbe Formel verwenden:

$$\Delta v = 320\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = \qquad = \qquad - (\qquad)$$

Geschwindigkeiten vergleichen

Beispiel (2)

Nun kommt ihnen ein Geisterfahrer mit einer Geschwindigkeit von $v_3 = -100\,\frac{\mathsf{km}}{\mathsf{h}}$ entgegen.
(Sie sind immer noch mit $v_2 = 220\,\frac{\mathsf{km}}{\mathsf{h}}$ unterwegs.)

Frage: Relativgeschwindigkeit

Mit welcher Geschwindigkeit nähern Sie sich dem Geisterfahrer?

Wir können exakt dieselbe Formel verwenden:

$$\Delta v = 320\,\frac{\mathsf{km}}{\mathsf{h}} = v_2 - v_3 = \qquad - (\qquad)$$

Geschwindigkeiten vergleichen

Beispiel (2)

Nun kommt ihnen ein Geisterfahrer mit einer Geschwindigkeit von $v_3 = -100\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$ entgegen.
(Sie sind immer noch mit $v_2 = 220\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$ unterwegs.)

Frage: Relativgeschwindigkeit

Mit welcher Geschwindigkeit nähern Sie sich dem Geisterfahrer?

Wir können exakt dieselbe Formel verwenden:

$$\Delta v = 320\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = v_2 - v_3 = 220\,\frac{\text{km}}{\text{h}} - (\qquad\qquad)$$

Geschwindigkeiten vergleichen

Beispiel (2)

Nun kommt ihnen ein Geisterfahrer mit einer Geschwindigkeit von $v_3 = -100\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$ entgegen.

(Sie sind immer noch mit $v_2 = 220\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$ unterwegs.)

Frage: Relativgeschwindigkeit

Mit welcher Geschwindigkeit nähern Sie sich dem Geisterfahrer?

Wir können exakt dieselbe Formel verwenden:

$$\Delta v = 320\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = v_2 - v_3 = 220\,\frac{\text{km}}{\text{h}} - \left(-100\,\frac{\text{km}}{\text{h}}\right)$$

Geschwindigkeiten vergleichen

Beispiel (2)

Nun kommt ihnen ein Geisterfahrer mit einer Geschwindigkeit von $v_3 = -100\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$ entgegen.
(Sie sind immer noch mit $v_2 = 220\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$ unterwegs.)

Frage: Relativgeschwindigkeit

Mit welcher Geschwindigkeit nähern Sie sich dem Geisterfahrer?

Wir können exakt dieselbe Formel verwenden:

$$\Delta v = 320\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = v_2 - v_3 = 220\,\frac{\text{km}}{\text{h}} - \left(-100\,\frac{\text{km}}{\text{h}}\right)$$

Da das Vorzeichen die Fahrtrichtung anzeigt ($+$ für vorwärts, $-$ für rückwärts), haben wir nur **eine** Formel für alle möglichen Fälle.

Geschwindigkeiten vergleichen

Beispiel (3)

Sie haben einen Schreck bekommen und bremsen ab auf $v_4 = 100\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Ein anderer Raser überholt uns mit $v_5 = 220\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

Frage: Relativgeschwindigkeit

Mit welcher Geschwindigkeit entfernen Sie sich vom Überholer?

Unsere Formel liefert nun

Geschwindigkeiten vergleichen

Beispiel (3)

Sie haben einen Schreck bekommen und bremsen ab auf $v_4 = 100\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Ein anderer Raser überholt uns mit $v_5 = 220\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

Frage: Relativgeschwindigkeit

Mit welcher Geschwindigkeit entfernen Sie sich vom Überholer?

Unsere Formel liefert nun

$$v_{relativ} =$$

Geschwindigkeiten vergleichen

Beispiel (3)

Sie haben einen Schreck bekommen und bremsen ab auf $v_4 = 100\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Ein anderer Raser überholt uns mit $v_5 = 220\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

Frage: Relativgeschwindigkeit

Mit welcher Geschwindigkeit entfernen Sie sich vom Überholer?

Unsere Formel liefert nun

$$v_{relativ} = v_4 - v_5 =$$

Geschwindigkeiten vergleichen

Beispiel (3)

Sie haben einen Schreck bekommen und bremsen ab auf $v_4 = 100\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Ein anderer Raser überholt uns mit $v_5 = 220\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

Frage: Relativgeschwindigkeit

Mit welcher Geschwindigkeit entfernen Sie sich vom Überholer?

Unsere Formel liefert nun

$$v_{relativ} = v_4 - v_5 = 100\,\frac{\text{km}}{\text{h}} - 220\,\frac{\text{km}}{\text{h}} =$$

Geschwindigkeiten vergleichen

Beispiel (3)

Sie haben einen Schreck bekommen und bremsen ab auf $v_4 = 100\,\frac{\mathsf{km}}{\mathsf{h}}$. Ein anderer Raser überholt uns mit $v_5 = 220\,\frac{\mathsf{km}}{\mathsf{h}}$.

Frage: Relativgeschwindigkeit

Mit welcher Geschwindigkeit entfernen Sie sich vom Überholer?

Unsere Formel liefert nun

$$v_{relativ} = v_4 - v_5 = 100\,\frac{\mathsf{km}}{\mathsf{h}} - 220\,\frac{\mathsf{km}}{\mathsf{h}} = -120\,\frac{\mathsf{km}}{\mathsf{h}}$$

Die Relativgeschwindigkeit bezeichnet wieder unsere Geschwindigkeit in Bezug auf das andere Fahrzeug. Von diesem aus betrachtet fahren wir mit $120\,\frac{\mathsf{km}}{\mathsf{h}}$ rückwärts.

Einführung des Begriffes

Definition (Beschleunigung)

Wie schnell etwas schneller wird:

$$\text{Beschleunigung} = \underline{\hspace{6cm}}$$

oder, als Formel

$$a =$$

- Auch hier wird Δt strenggenommen wieder als unendlich kurz gedacht.

dh. „Beschleunigung ist die Änderungsrate der Geschwindigkeit.“

bzw „...die Änderungsrate der Änderungsrate des Ortes.“

Mathematisch ist Beschl. die zweite Ableitung des Ortes nach der Zeit.

Einführung des Begriffes

Definition (Beschleunigung)

Wie schnell etwas schneller wird:

$$\text{Beschleunigung} = \frac{\text{Geschwindigkeitsänderung}}{}$$

oder, als Formel

$$a =$$

- Auch hier wird Δt strenggenommen wieder als unendlich kurz gedacht.

dh. „Beschleunigung ist die Änderungsrate der Geschwindigkeit.“

bzw „...die Änderungsrate der Änderungsrate des Ortes.“

Mathematisch ist Beschl. die zweite Ableitung des Ortes nach der Zeit.

Einführung des Begriffes

Definition (Beschleunigung)

Wie schnell etwas schneller wird:

$$\text{Beschleunigung} = \frac{\text{Geschwindigkeitsänderung}}{\text{benötigte Zeit}}$$

oder, als Formel

$$a =$$

- Auch hier wird Δt strenggenommen wieder als unendlich kurz gedacht.

dh. „Beschleunigung ist die Änderungsrate der Geschwindigkeit.“

bzw „...die Änderungsrate der Änderungsrate des Ortes.“

Mathematisch ist Beschl. die zweite Ableitung des Ortes nach der Zeit.

Einführung des Begriffes

Definition (Beschleunigung)

Wie schnell etwas schneller wird:

$$\text{Beschleunigung} = \frac{\text{Geschwindigkeitsänderung}}{\text{benötigte Zeit}}$$

oder, als Formel

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

- Auch hier wird Δt strenggenommen wieder als unendlich kurz gedacht.

dh. „Beschleunigung ist die Änderungsrate der Geschwindigkeit.“

bzw „...die Änderungsrate der Änderungsrate des Ortes.“

Mathematisch ist Beschl. die zweite Ableitung des Ortes nach der Zeit.

Eine alltägliche Beschleunigung

Beispiel

Ein Auto beschleunigt in $\Delta t = 30\,\mathrm{s}$ von $v_1 = 21\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ auf $v_2 = 30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Wie groß ist die (mittlere) Beschleunigung?

$$a =$$

Eine alltägliche Beschleunigung

Beispiel

Ein Auto beschleunigt in $\Delta t = 30\,\mathrm{s}$ von $v_1 = 21\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ auf $v_2 = 30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Wie groß ist die (mittlere) Beschleunigung?

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} =$$

Eine alltägliche Beschleunigung

Beispiel

Ein Auto beschleunigt in $\Delta t = 30\,\mathrm{s}$ von $v_1 = 21\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ auf $v_2 = 30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Wie groß ist die (mittlere) Beschleunigung?

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} =$$

Eine alltägliche Beschleunigung

Beispiel

Ein Auto beschleunigt in $\Delta t = 30\,\mathrm{s}$ von $v_1 = 21\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ auf $v_2 = 30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Wie groß ist die (mittlere) Beschleunigung?

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} - 21\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{30\,\mathrm{s}} =$$

Eine alltägliche Beschleunigung

Beispiel

Ein Auto beschleunigt in $\Delta t = 30\,\mathsf{s}$ von $v_1 = 21\,\frac{\mathsf{m}}{\mathsf{s}}$ auf $v_2 = 30\,\frac{\mathsf{m}}{\mathsf{s}}$. Wie groß ist die (mittlere) Beschleunigung?

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{30\,\frac{\mathsf{m}}{\mathsf{s}} - 21\,\frac{\mathsf{m}}{\mathsf{s}}}{30\,\mathsf{s}} = \frac{9\,\frac{\mathsf{m}}{\mathsf{s}}}{30\,\mathsf{s}} =$$

Eine alltägliche Beschleunigung

Beispiel

Ein Auto beschleunigt in $\Delta t = 30\,\mathrm{s}$ von $v_1 = 21\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ auf $v_2 = 30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Wie groß ist die (mittlere) Beschleunigung?

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} - 21\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{30\,\mathrm{s}} = \frac{9\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{30\,\mathrm{s}} = 0{,}3\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{ss}} =$$

Eine alltägliche Beschleunigung

Beispiel

Ein Auto beschleunigt in $\Delta t = 30\,\mathrm{s}$ von $v_1 = 21\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ auf $v_2 = 30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Wie groß ist die (mittlere) Beschleunigung?

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} - 21\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{30\,\mathrm{s}} = \frac{9\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{30\,\mathrm{s}} = 0{,}3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}\mathrm{s}} = 0{,}3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

Eine alltägliche Beschleunigung

Beispiel

Ein Auto beschleunigt in $\Delta t = 30\,\mathrm{s}$ von $v_1 = 21\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ auf $v_2 = 30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Wie groß ist die (mittlere) Beschleunigung?

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} - 21\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{30\,\mathrm{s}} = \frac{9\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{30\,\mathrm{s}} = 0{,}3\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{ss}} = 0{,}3\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

Die Einheit der Beschleunigung ist also

$$[a] =$$

Eine alltägliche Beschleunigung

Beispiel

Ein Auto beschleunigt in $\Delta t = 30\,\mathrm{s}$ von $v_1 = 21\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ auf $v_2 = 30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Wie groß ist die (mittlere) Beschleunigung?

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} - 21\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{30\,\mathrm{s}} = \frac{9\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{30\,\mathrm{s}} = 0{,}3\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{ss}} = 0{,}3\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

Die Einheit der Beschleunigung ist also

$$[a] = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

Negative Beschleunigung

Beispiel

Wir machen eine Vollbremsung und bremsen in $3\,\mathrm{s}$ von $v_1 = 30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ auf $v_2 = 0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ ab. Wie groß ist a?

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Negative Beschleunigung

Beispiel

Wir machen eine Vollbremsung und bremsen in $3\,\mathrm{s}$ von $v_1 = 30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ auf $v_2 = 0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ ab. Wie groß ist a?

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} - 30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{3\,\mathrm{s}} = \frac{-30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{3\,\mathrm{s}} = -10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

Negative Beschleunigung

Beispiel

Wir machen eine Vollbremsung und bremsen in $3\,\mathrm{s}$ von $v_1 = 30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ auf $v_2 = 0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ ab. Wie groß ist a?

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} - 30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{3\,\mathrm{s}} = \frac{-30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{3\,\mathrm{s}} = -10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

$\Rightarrow$ Auch die Beschleunigung kann negativ sein.

Negative Beschleunigung

Beispiel

Wir machen eine Vollbremsung und bremsen in $3\,\text{s}$ von $v_1 = 30\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ auf $v_2 = 0\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ ab. Wie groß ist a?

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{0\,\frac{\text{m}}{\text{s}} - 30\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{3\,\text{s}} = \frac{-30\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{3\,\text{s}} = -10\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$\Rightarrow$ Auch die Beschleunigung kann negativ sein.

Beispiel

Wir drehen um und beschleunigen in die andere Richtung. Nach $7\,\text{s}$ sind wir $v_3 = -21\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ schnell. Wie groß ist die Beschleunigung jetzt?

Negative Beschleunigung

Beispiel

Wir machen eine Vollbremsung und bremsen in $3\,\mathrm{s}$ von $v_1 = 30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ auf $v_2 = 0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ ab. Wie groß ist a?

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} - 30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{3\,\mathrm{s}} = \frac{-30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{3\,\mathrm{s}} = -10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

$\Rightarrow$ Auch die Beschleunigung kann negativ sein.

Beispiel

Wir drehen um und beschleunigen in die andere Richtung. Nach $7\,\mathrm{s}$ sind wir $v_3 = -21\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ schnell. Wie groß ist die Beschleunigung jetzt?

$$a' = \frac{\Delta v'}{\Delta t'} = \frac{v_3 - v_2}{\Delta t'} = \frac{-21\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} - 0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{7\,\mathrm{s}} = \frac{-21\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{7\,\mathrm{s}} = -3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

Aufgabe

Beispiel

Eine Kugel rollt mit $v_1 = 5\,\frac{m}{s}$ eine schiefe Ebene nach oben. Die Schwerkraft beschleunigt sie mit $a = -3\,\frac{m}{s^2}$ in die entgegengesetzte Richtung. Was für eine Geschwindigkeit v_2 hat die Kugel nach $\Delta t = 2\,s$?

Aufgabe

Beispiel

Eine Kugel rollt mit $v_1 = 5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ eine schiefe Ebene nach oben. Die Schwerkraft beschleunigt sie mit $a = -3\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ in die entgegengesetzte Richtung. Was für eine Geschwindigkeit v_2 hat die Kugel nach $\Delta t = 2\,\text{s}$?

- Es gilt

$$\Delta v = v_2 - v_1 \quad \Rightarrow \quad v_2 = v_1 + \Delta v$$

Aufgabe

Beispiel

Eine Kugel rollt mit $v_1 = 5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ eine schiefe Ebene nach oben. Die Schwerkraft beschleunigt sie mit $a = -3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ in die entgegengesetzte Richtung. Was für eine Geschwindigkeit v_2 hat die Kugel nach $\Delta t = 2\,\mathrm{s}$?

- Es gilt

$$\Delta v = v_2 - v_1 \quad \Rightarrow \quad v_2 = v_1 + \Delta v$$

- Aber auch

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \Rightarrow \quad \Delta v = a\Delta t$$

Aufgabe

Beispiel

Eine Kugel rollt mit $v_1 = 5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ eine schiefe Ebene nach oben. Die Schwerkraft beschleunigt sie mit $a = -3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ in die entgegengesetzte Richtung. Was für eine Geschwindigkeit v_2 hat die Kugel nach $\Delta t = 2\,\mathrm{s}$?

- Es gilt

$$\Delta v = v_2 - v_1 \quad \Rightarrow \quad v_2 = v_1 + \Delta v$$

- Aber auch

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \Rightarrow \quad \Delta v = a\Delta t$$

- Zusammen also

$$v_2 = v_1 + \Delta v = v_1 + a\Delta t = 5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} + \left(-3\,\frac{\mathrm{m}}{\cancel{\mathrm{s}}\,\mathrm{s}} \cdot 2\,\cancel{\mathrm{s}}\right) = 5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} + \left(-6\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right) = -1\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$