

Was bisher geschah:

ICE gleichförmige Bew.

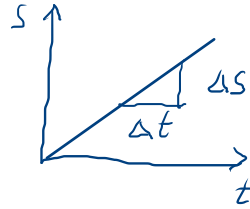
Bewegungsgesetze

$$a = 0$$

$$v(t) = \text{konst.} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

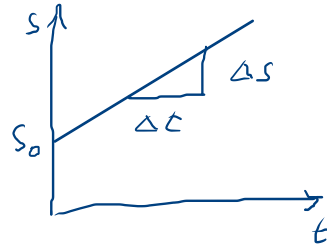
$$s(t) = v \cdot t (+ s_0)$$

Wenn bei $t=0$ auch $s=0$ ist:



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

„ „ „ $s \neq 0$:



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

(d.h. der Körper befindet sich bereits eine gewisse Strecke vom Koordinatenursprung entfernt)

gleichmäßig beschleunigte Bew.

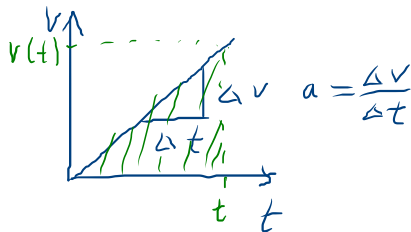
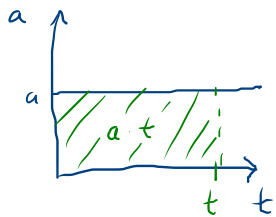
Bewegungsgesetze

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \text{konst.}$$

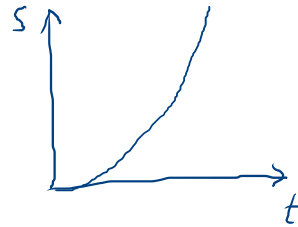
$$v(t) = a \cdot t (+ v_0)$$

$$s(t) = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 (+ v_0 \cdot t + s_0)$$

($v_0 = 0, s_0 = 0$:)



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



$$s = \frac{1}{2} \cdot v(t) \cdot t = \frac{1}{2} a \cdot t \cdot t = \frac{1}{2} a t^2$$

Beispielaufgabe für eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung

a) Ein Kraftfahrzeug, das mit einer Geschwindigkeit von 50 km/h fährt, kann in 2,3 s durch eine Vollbremsung auf die Geschwindigkeit 0 km/h gebracht werden (entspricht TÜV- Forderung). Wie groß ist der ‚Bremsweg‘, wenn noch eine ‚Schrecksekunde‘ von 0,5 s zugrunde gelegt wird, bevor wirklich gebremst wird, um etwa vor einem plötzlich auf die Straße gelaufenen Kind zum Halten zu kommen?

b) Um wie viel vergrößert sich dieser ‚Bremsweg‘, wenn die Geschwindigkeit in der Stadt verbotenerweise 60 km/h beträgt?

$$a) \quad v_0 = 50 \text{ km/h} = 13,9 \text{ m/s} \quad , \quad a_B = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - 13,9 \text{ m/s}}{2,3 \text{ s}} = -6 \text{ m/s}^2$$

Während der 0,5 s: gleichf. Bew. $s_0 = v_0 \cdot 0,5 \text{ s} = 6,95 \text{ m}$

$$s = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 \cdot t + s_0$$

$$\Rightarrow \text{Bremsweg} \quad s_B = -\frac{1}{2} \cdot 6 \text{ m/s}^2 \cdot (2,3 \text{ s})^2 + 13,9 \text{ m/s} \cdot 2,3 \text{ s} + 6,95 \text{ m}$$
$$= 23,05 \text{ m}$$

$$b) \quad v_0 = 60 \text{ km/h} = 16,7 \text{ m/s} \quad \Rightarrow \quad s_B = 30,9 \text{ m}$$

b)

Im zweiten Schritt werden die Protonen im RFQ ("Radio Frequency Quadrupole") auf einer geraden Strecke von 1,8 m mit einer Beschleunigung von $3,51 \cdot 10^{13} \text{ m/s}^2$

beschleunigt.

Berechne die Geschwindigkeit der Protonen beim Austritt aus dem RFQ und gib diese in % der Lichtgeschwindigkeit an.

Berechne die Zeitdauer, die sich die Protonen im RFQ befinden.

$$s = 1,8 \text{ m} \quad , \quad a = 3,51 \cdot 10^{13} \text{ m/s}^2 \quad , \quad v_0 = 4,2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

$$E_{\text{kin, vorher}} = \frac{1}{2} m v_0^2 \quad , \quad E_{\text{kin, nachher}} = \frac{1}{2} m v^2$$

↑ gesucht

Die Diff. kommt durch Beschl.-Arbeit zustande:

$$W = F_s \cdot s = m \cdot a \cdot s$$

2. Newt. Axiom:

$$F = m a$$

$$= \frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$$

$$= \frac{1}{2} m (v^2 - v_0^2) \quad | \cdot 2 | : m$$

$$\Leftrightarrow 2 a s = v^2 - v_0^2 \quad | + v_0^2$$

$$\Leftrightarrow 2 a s + v_0^2 = v^2$$

$$\Leftrightarrow \sqrt{2 a s + v_0^2} = v$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{v = 1,2 \cdot 10^7 \text{ m/s}}}$$

ges.: t

$$v = a \cdot t + v_0 \quad | - v_0$$

$$\Leftrightarrow v - v_0 = a \cdot t \quad | : a$$

$$\Leftrightarrow \frac{v - v_0}{a} = t$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{t = 2,22 \cdot 10^{-7} \text{ s}}}$$

c)

Im LINAC 2 ("LINear ACcelerator") werden die Protonen auf einer geraden Strecke von 30 m auf eine Geschwindigkeit von 31,4% der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt.

Berechne den Betrag der Beschleunigung, die die Protonen im LINAC 2 erfahren.

Berechne die Zeitdauer, die sich die Protonen im LINAC 2 befinden.

d)

Der PSB ("Proton Synchrotron Booster") ist der erste Kreisbeschleuniger, in den die Protonen eintreten. Dort ist die Beschleunigung aus technischen Gründen zwar nicht konstant, wir wollen jedoch der Einfachheit halber genau so rechnen wie bei den vorhergegangenen Linearbeschleunigern. Die Protonen werden im PSB innerhalb von 1,20 s auf eine Geschwindigkeit von 91,6% der Lichtgeschwindigkeit c beschleunigt. Über zwei weitere Kreisbeschleuniger (PS und SPS) gelangen die Protonen schließlich in den LHC.

Berechne den Betrag der Beschleunigung, die die Protonen im PSB erfahren.

Berechne die Strecke, die sie dabei im PSB durchlaufen.