

Grundlagen der medizinischen Biophysik

2. Vorlesung 13. 09. 2019

Mechanik - Kinematik (Bewegungslehre)

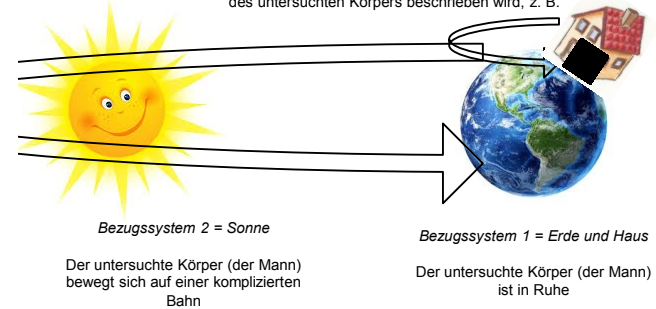


1. Bezugssystem
2. Bewegungsformen
 - Translation
 - Rotation
3. Größen zur Translationsbewegung
 - Geschwindigkeit
 - Beschleunigung
4. Spezielle Translationsbewegungen
 - Gleichförmige geradlinige Bewegung
 - Gleichförmig beschleunigte geradlinige Bewegung
 - Freier Fall
 - Erdbeschleunigung
5. Kreisbewegung
 - Periodenzeit
 - Frequenz
 - Winkelgeschwindigkeit
 - Bahngeschwindigkeit

1

Bezugssystem

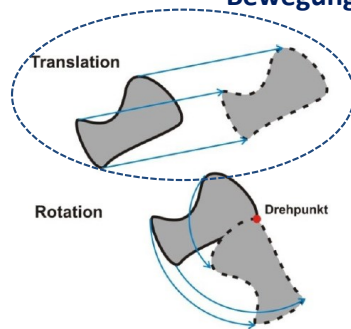
Bezugssystem: Gesamtheit von willkürlich ausgewählten Körpern
 • die sich im Vergleich zueinander nicht bewegen
 des untersuchten Körpers beschrieben wird, z. B.



Bewegungen sind immer relativ!

2

Bewegungsformen



Translation + Rotation:

3

Geschwindigkeit

Geschwindigkeit (v): $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$ Vektor

- Quotient der zurückgelegten Strecke (Δs) und der dafür benötigten Zeitspanne (Δt)
- Die Geschwindigkeit zeigt, wie schnell sich ein Körper bewegt.
- Δt ist willkürlich gewählt
 ⇒ durch die Definitionsformel erhält man eigentlich die mittlere Geschwindigkeit für die untersuchte Zeitspanne, z. B.



⇒ Momentangeschwindigkeit erhält man, wenn $\Delta t \rightarrow 0$: $v = \frac{ds}{dt}$
 ⇒ Die Geschwindigkeit kann sich ändern, sie ist eine Funktion der Zeit: $v(t)$

4

Beschleunigung

Beschleunigung (a): $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$ Vektor

- Quotient der Geschwindigkeitsänderung (Δv) und der dafür benötigten Zeitspanne (Δt)
- Die Beschleunigung zeigt, wie schnell sich die Geschwindigkeit eines Körpers ändert.
- Δt ist willkürlich gewählt
 \Rightarrow durch die Definitionsformel erhält man eigentlich die mittlere Beschleunigung für die untersuchte Zeitspanne, z. B.

<https://www.ethz.ch/en/news-and-events/eth-news/news/2016/06/grimsel-electric-racing-car-broke-world-record.html>

Top 35 Fastest Cars

1. 2016 AMZ Grimsel Electric Race Car 0-60 mph 1.5
2. 2015 Infiniti Formula 1 Red Bull RB11 0-60 mph 1.7
3. 1994 Ford SVT Boss Mustang 10.0L Concept 0-60 mph 1.9

$\Delta t = 1,5 \text{ s}$

$\Delta v = 60 \frac{\text{Meil}}{\text{h}}$

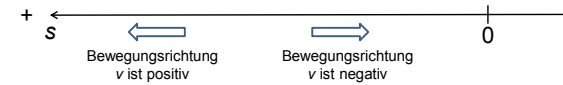
$a =$

\Rightarrow Momentanbeschleunigung erhält man, wenn $\Delta t \rightarrow 0$: $a = \frac{dv}{dt}$

\Rightarrow Die Beschleunigung kann sich ändern, sie ist eine Funktion der Zeit: $a(t)$

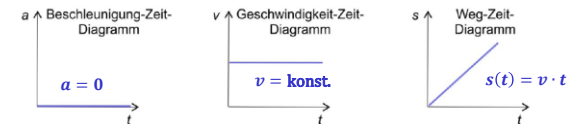
5

Gleichförmige geradlinige Bewegung



Definition: konstante Geschwindigkeit ($v = \text{konst.}$) \Rightarrow Die Beschleunigung $a = 0$
(hinsichtlich sowohl des Betrages als auch der Richtung)

\Rightarrow Die zurückgelegte Strecke wächst gleichmäßig, sie ist eine lineare Funktion der Zeit: $s(t) = v \cdot t$



6

Übung:

Nervenleitung im peripheren Nervensystem:

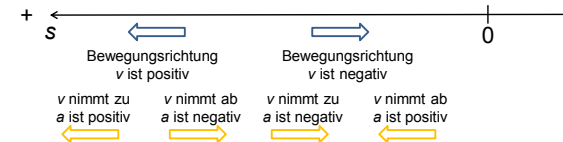
Fasertyp/-klasse	Leitungsgeschwindigkeit	Durchmesser
A α	60–120 m/s	10–20 μm
A β	40–90 m/s	7–15 μm
A γ	20–50 m/s	4–8 μm
A δ	10–30 m/s	2–5 μm
B	5–20 m/s	1–3 μm
C (ohne Myelinscheide)	0,5–2 m/s	0,5–1,5 μm

Wie groß ist die Zeitdifferenz zwischen Fasertyp/-klasse A α und C der gleichen Länge von 10 cm?



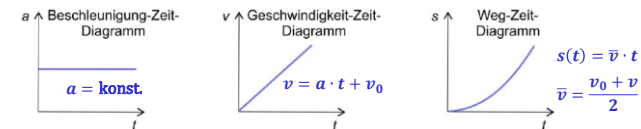
7

Gleichförmig beschleunigte geradlinige Bewegung



Definition: konstante Beschleunigung ($a = \text{konst.}$) \Rightarrow Die Geschwindigkeit wächst gleichmäßig, sie ist eine lineare Funktion der Zeit: $v(t) = a \cdot t + v_0$
(hinsichtlich sowohl des Betrages als auch der Richtung)

\Rightarrow Die zurückgelegte Strecke wächst nicht mehr gleichmäßig, sondern immer schneller und schneller.



8

Übung:

Ein Schlitten hat vom Start an die gleichbleibende Beschleunigung von $a = 2 \text{ m/s}^2$. Berechnen Sie:

- Seine Geschwindigkeit 5 Sekunden nach dem Start
- Den bis zu diesem Zeitpunkt zurückgelegten Weg
- Den zurückgelegten Weg bis zum Zeitpunkt, wenn seine Geschwindigkeit auf 20 m/s angewachsen ist



9

Übungen:

Ein Körper fällt aus einer Höhe von 130 m frei herab.

- Berechnen Sie die Fallstrecke nach 2 Sekunden.
- Bestimmen Sie, nach welcher Zeit und mit welcher Geschwindigkeit er auf den Boden trifft.



Ist der Fall von Felix Baumgartner frei?



11

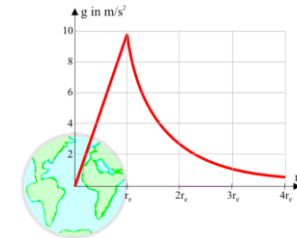
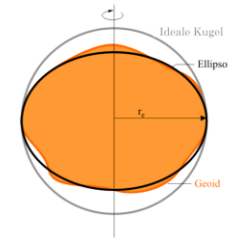
Der freie Fall – eine gleichförmig beschleunigte geradlinige Bewegung



Freier Fall: Fallbewegung im Gravitationsfeld der Erde im luftleeren Raum (ohne Luftwiderstand)

- Alle Körper fallen im luftleeren Raum gleich schnell, unabhängig von ihrer Form, Dichte oder Masse
- Für alle Körper am gleichen Ort ist die Beschleunigung gleich groß und wird auch Fall- oder Erdbeschleunigung g genannt, wobei im Mittel $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ist

Zur Erdbeschleunigung:

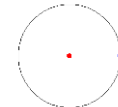


10

Gleichförmige Kreisbewegung

Ein Körper (Massepunkt), das sich auf einem Kreis oder einem Kreisbogen bewegt, führt eine Kreisbewegung aus.

- Die Bewegung ist eine Translationsbewegung und keine Drehung.
- Gleichförmig ist die Kreisbewegung, wenn sich der Betrag der Geschwindigkeit des Körpers nicht ändert.



Periodenzeit (T): Die Zeit, die der Massepunkt bei einer gleichförmigen Kreisbewegung für einen vollen Umlauf benötigt.

Frequenz (f): Die Anzahl der Umläufe pro Zeiteinheit. Es gilt:

$$f = \frac{1}{T} \quad \left(\frac{1}{s} = \text{Hz} \right)$$

Hertz

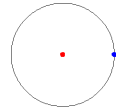
Bemerkung:

Die zwei Größen sind allgemein verwendbar bei periodischen Bewegungen und periodischen Vorgängen (Drehungen, Schwingungen, Wellen, ...).

12

Übungen:

Bestimmen Sie Periodenzeit und Frequenz der Kreisbewegung in der Animation.



Bestimmen Sie Periodenzeit und Frequenz der Drehung der Erde



Bestimmen Sie Periodenzeit und Frequenz der Schwingung in der Animation.

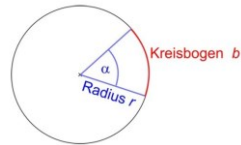


13

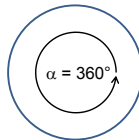
Exkurs: Bogenmaß

$$\alpha = \frac{b}{r} \left(\frac{\text{m}}{\text{m}} = 1 \right)$$

rad
(wird oft nicht
ausgeschrieben)



Zum Beispiel:



$$\alpha = \frac{b}{r} = \frac{2 \cdot r \cdot \pi}{r} = 2\pi (= 6,28 = 6,28 \text{ rad})$$

Übung: Ein Winkel beträgt 30°. Wandeln Sie den Wert in die Radiant-Einheit um.



15

Winkelgeschwindigkeit

$$\text{Winkelgeschwindigkeit } (\omega): \omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \left(\frac{1}{\text{s}} \right)$$

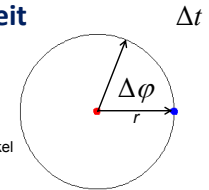
- Quotient aus dem vom Radiusvektor r überstrichenen Winkel $\Delta\varphi$ und der dafür benötigten Zeit Δt
- Der Winkel $\Delta\varphi$ wird nicht in Grad, sondern in **Bogenmaß** gemessen!

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} =$$

Kreisfrequenz

Übung:

Bestimmen Sie die Winkelgeschwindigkeit der Kreisbewegung in der Animation.

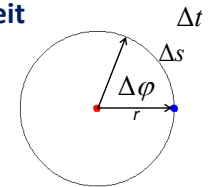


14

(Bahn)geschwindigkeit

Sie ist die Geschwindigkeit des Körpers, also:

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



Übungen:

Bestimmen Sie die Bahngeschwindigkeit der Kreisbewegung in der Animation.

Bestimmen Sie die Bahngeschwindigkeit des Piloten in dem Video.



Hausaufgaben: Grundschrift Kapitel 4



16