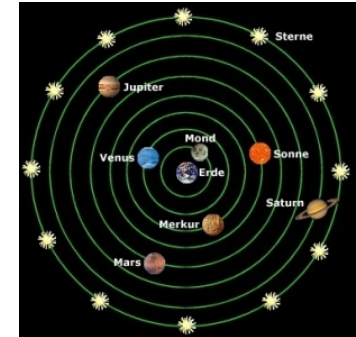


ASTRONOMIE

Wichtige Grundlagen und Phänomene

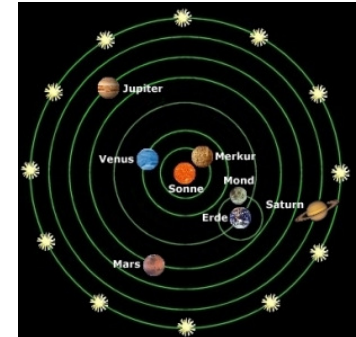
- **Geozentrisches Weltbild** (z. B. Ptolemäus (100-160))

- Erde ist Mittelpunkt der Welt.
- Kugelförmiges Himmelsgewölbe dreht sich mit daran befestigten Sternen von Osten nach Westen täglich einmal mit konstanter Winkelgeschwindigkeit um die Erde.
- Sonne, Mond und die Planeten machen tägliche Drehung von Ost nach West mit, führen aber außerdem noch weitere komplizierte Bewegungen aus (Epizykeltheorie).
- Sonne umkreist Erde in einem Jahr.



- **Heliozentrisches Weltbild** (z. B. Kopernikus (1473-1543))

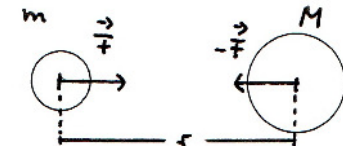
- Sonne steht im Mittelpunkt der Welt.
- Fixsternsphäre ist fest, Fixsterne ruhen in sehr großer Entfernung.
- Erde ist ein Planet, der einmal im Jahr um die Sonne läuft.
- Alle Planeten bewegen sich nahezu in gemeinsamer Ebene, der **Ekliptik**.



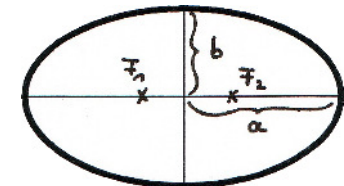
- **Gravitationsgesetz** (Newton)

- Massen ziehen sich gegenseitig an.
- Für die Gravitationskraft F zwischen zwei Körpern gilt

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \text{ mit Gravitationskonstante } G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$$

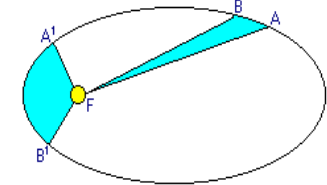


- **Die Keplerschen Gesetze** gelten auch für den allgemeinen Fall der Bewegung von Himmelskörpern (Monde, Satelliten) um ein Zentralgestirn
 - 1. Keplersches Gesetz: Alle Planeten bewegen sich auf elliptischen Bahnen. In einem gemeinsamen Brennpunkt steht die Sonne (Zentralgestirn).



F_1, F_2 : Brennpunkte
 a : große Halbachse
 b : kleine Halbachse

- 2. Keplersches Gesetz: Die Verbindungslinie zwischen Zentralgestirn und Planet überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen.
- 3. Keplersches Gesetz: Die Quadrate der Umlaufzeiten zweier Planeten verhalten sich wie die dritten Potenzen ihrer großen Halbachsen.



$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

NEWTONS MECHANIK

Wichtige Grundlagen und Phänomene

- **Die Newtonschen Gesetze**
 - 1. Newtonsches Gesetz (Trägheitssatz): Ein Körper bleibt in Ruhe oder in gleichförmiger, geradliniger Bewegung, solange die Summe der auf ihn wirkenden Kräfte Null ist.
 - 2. Newtonsches Gesetz (Grundgleichung der Mechanik): Wirkt auf einen Körper der Masse m die Kraft F , so erfährt er die Beschleunigung a .

$$F = m \cdot a$$
 - 3. Newtonsches Gesetz („actio **gegengleich** reactio“): Wirken zwei Körper aufeinander ein, so wirkt auf jeden Körper eine Kraft. Die Kräfte sind gleich groß und entgegengesetzt gerichtet.

Bewegungsgleichungen für eine geradlinige gleichförmige Bewegung

$$x(t) = x_0 + v_0 \cdot t$$

$$v(t) = v_0 = \text{const.}$$

$$a(t) = 0$$

v_0 ist die Anfangsgeschwindigkeit, die sich während des gesamten Bewegungsvorgangs nicht ändert;
 x_0 ist die Entfernung des Startpunktes vom Ursprung (Nullpunkt) des Bezugssystems

Bewegungsgleichungen für eine geradlinige gleichförmig (konstant) beschleunigte Bewegung

$$x(t) = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

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

$$a(t) = a = \text{const.}$$

a ist die Beschleunigung, deren Wert sich während des gesamten Bewegungsvorgangs nicht ändert;
 v_0 ist die Anfangsgeschwindigkeit, die der Körper zu Beginn des Bewegungsvorgangs besitzt;
 x_0 ist die Entfernung des Startpunktes vom Ursprung (Nullpunkt) des Bezugssystems

Freier Fall als geradlinige gleichförmig (konstant) beschleunigte Bewegung

$$y(t) = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$v_y(t) = -g \cdot t$$

$$a_y(t) = -g = \text{const.}$$

Das Bezugssystem ist hierbei so gewählt, dass sich der nach oben schauende Beobachter im Startpunkt der Bewegung befindet und der Körper sich nach unten bewegt.

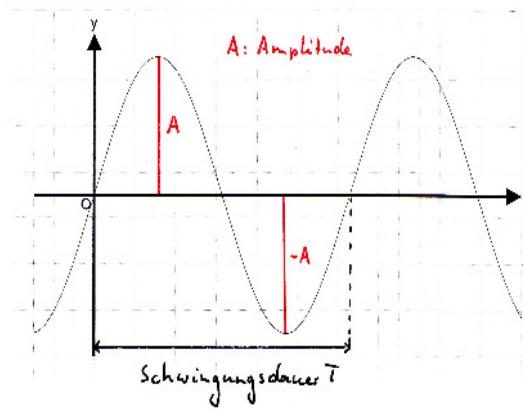
Harmonische Schwingung (z. B. Federpendel)

$$y(t) = A \cdot \sin(\omega t)$$

$$v_y(t) = \omega \cdot A \cdot \cos(\omega t)$$

$$a_y(t) = -\omega^2 \cdot A \cdot \sin(\omega t)$$

Hierbei stehen A für die Amplitude und $\omega = \frac{2\pi}{T}$ (T : Schwingungsdauer) für die Winkelgeschwindigkeit des Schwingungsvorgangs



- Schwingungsdauer für ein Federpendel: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}}$
- Schwingungsdauer für ein Fadenpendel: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

IMPULS

Physikalische Größen

Größe	Begriffserläuterung	Formelzeichen	Einheit
Zeit		t	1 s (<i>Sekunde</i>)
Geschwindigkeit	Verhältnis von zurückgelegter Strecke zur dazu benötigten Zeit (<i>Durchschnittsgeschwindigkeit</i>)	v	1 $\frac{m}{s}$ (<i>Meter pro Sekunde</i>)
Kraft	Um die Bewegung eines Körpers zu ändern, muss eine Kraft wirken.	F	1 N (<i>Newton</i>)
Masse	Ortsunabhängige Eigenschaft eines Körpers	m	1 kg (<i>Kilogramm</i>)
Kraftstoß	Produkt der Kraft und ihrer Einwirkzeit		
Impuls	Produkt der Masse und der momentanen Geschwindigkeit eines Körpers	p	1 Ns (<i>Newtonsekunde</i>)

Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen

Größen	Formelzusammenhang	In Worten
Impuls, Masse, Geschwindigkeit	$p = m \cdot v$	Der Impuls eines Körpers ist das Produkt seiner Masse und seiner momentanen Geschwindigkeit.
Impuls, Kraftstoß	$p = F \cdot \Delta t$	Der Impuls eines Körpers ist gleich dem auf ihn wirkenden Kraftstoß.

- **Impulserhaltungssatz**

In einem abgeschlossenen System bleibt der Gesamtimpuls erhalten.

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots = \text{const.}$$

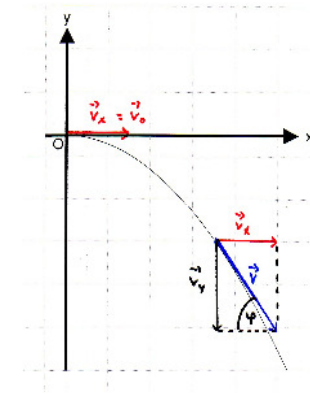
p: Gesamtimpuls p_1, p_2, p_3, \dots : Impulse der einzelnen Körper

WAAGERECHTER WURF

Wichtige Grundlagen und Phänomene

- Der waagerechte Wurf lässt sich in zwei voneinander unabhängige Bewegungskomponenten zerlegen:
 - eine waagerechte Komponente, die eine Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit darstellt
 - eine senkrechte Komponente, die der Bewegung beim freien Fall entspricht, also eine mit g gleichförmig beschleunigte Bewegung darstellt

<i>horizontal</i>	<i>vertikal</i>
$x(t) = v_0 \cdot t$	$y(t) = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$
$v_x(t) = v_0 = \text{const.}$	$v_y(t) = -g \cdot t$
$a_x(t) = 0$	$a_y(t) = -g = \text{const.}$
Bahngeschwindigkeit: $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$	
Winkel gegen Horizontale: $\tan \varphi = \frac{v_y}{v_x}$	



KREISBEWEGUNG

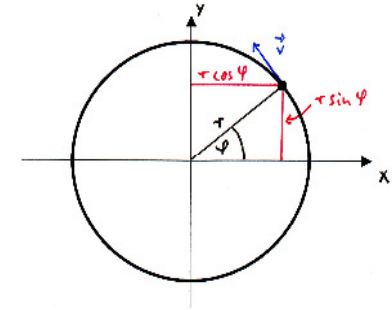
Wichtige Grundlagen und Phänomene

- Für eine Kreisbewegung mit konstanter Winkelgeschwindigkeit ω gilt:

$$v = \omega \cdot r \quad \text{wobei} \quad \omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T}$$

- Als beschleunigende Kraft wirkt die Zentripetalkraft F_Z zum Kreismittelpunkt:

$$F_Z = m \cdot \omega^2 \cdot r = \frac{m \cdot v^2}{r}$$



GRENZEN DER NEWTONSCHEN MECHANIK

Wichtige Grundlagen und Phänomene

- Schwache Kausalität:** Exakt gleiche Ursachen haben gleiche Wirkungen.
- Starke Kausalität:** Ähnliche Ursachen haben ähnliche Wirkungen.
- Vorgänge starker Kausalität lassen sich gut mit der Newtonschen Mechanik beschreiben.
- Bei vielen Vorgängen ist die starke Kausalität verletzt (z. B. schlingerndes Rollen einer Münze, Wetter). Diese Vorgänge lassen sich nicht über längere Zeiträume vorhersagen. Mit der Untersuchung solcher Vorgänge beschäftigt sich die *Chaostheorie*
- Bei **sehr hohen Geschwindigkeiten** ($v = 0,1 \cdot c$) müssen die Gesetze der von Einstein entwickelten speziellen Relativitätstheorie angewendet werden.
- Postulate der Einsteinschen Relativitätstheorie:
 - Relativitätsprinzip:** In Bezugssystemen, die sich mit konstanter Geschwindigkeit zueinander bewegen, gelten die physikalischen Gesetze in gleicher Weise.

- **Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit:** Licht breitet sich im Vakuum unabhängig vom Bewegungszustand der Lichtquelle und des Beobachters immer mit der Geschwindigkeit $c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$ aus.
- Einige wichtige Folgerungen aus diesen Postulaten:
 - Eine relativ zum Beobachter bewegte Uhr geht langsamer (**Zeitdilatation**).
 - Ein relativ zum Beobachter bewegter Körper ist in Bewegungsrichtung verkürzt (**Längenkontraktion**).
 - Die Masse eines Körpers vergrößert sich mit der Geschwindigkeit. Bei Annäherung an die Lichtgeschwindigkeit wird sie unendlich groß.
 - $E = m \cdot c^2$

WELLENLEHRE

Wichtige Grundlagen und Phänomene

- Eine Welle ist die Ausbreitung einer Auslenkung in einem Medium.
- Man unterscheidet zwei unterschiedliche Wellenformen:
 - Longitudinalwellen:
Ausbreitungsrichtung und Schwingungsrichtung stimmen überein (z. B. Schallwellen)
 - Transversalwellen:
Ausbreitungsrichtung senkrecht zur Schwingungsrichtung (z. B. Wasserwellen)

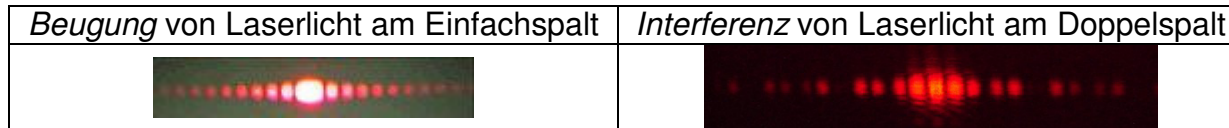
Sinusförmige mechanische Wellen	
Zu einem bestimmten Zeitpunkt t befindet sich jedes Teilchen an einem bestimmten Ort.	Ein Teilchen an einem bestimmten Ort x bewegt sich in Abhängigkeit von der Zeit t .
Wellenlänge λ	Schwingungsdauer T

- Ausbreitungsgeschwindigkeit v von Wellen mit der Wellenlänge λ und der Frequenz f

$$v = \lambda \cdot f$$

Typische Welleneigenschaften			
Reflexion	Brechung	Beugung	Interferenz
Wellen werden an einem Hindernis zurückgeworfen	Wellen ändern beim Übergang von einem Medium zum anderen ihre Ausbreitungsrichtung	Wellen breiten sich z. B. hinter einem Spalt in den Raum aus.	Bei der Überlagerung von Wellen treten Verstärkung und Auslöschung auf

- Licht besitzt sowohl Wellen- als auch Teilchencharakter.
 - Wellencharakter:
Bei Licht treten typische Welleneigenschaften wie Beugung und Interferenz auf



- Teilchencharakter:
Licht kann aus der Oberfläche eines Körpers Elektronen herauslösen (**Photoeffekt**). Dieser Effekt ist mit dem Wellenmodell nicht erklärbar.
- Es resultiert das **Photonenmodell**: Licht besteht aus sogenannten Photonen. Sie breiten sich stets mit Lichtgeschwindigkeit aus und besitzen je nach ihrer Frequenz f eine bestimmte Energie E_{ph} .

$$E_{ph} = h \cdot f \quad \text{mit der Planckschen Konstante } h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

EINBLICK IN DIE QUANTENPHYSIK

Wichtige Grundlagen und Phänomene

- Elektronen besitzen sowohl Teilchen- als auch Wellencharakter.
 - Teilchencharakter:
Elektronen lassen sich z. B. bei ihrer Ablenkung in elektrischen oder magnetischen Feldern als Teilchen beschreiben. Sie haben die Masse $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ und besitzen die Ladung $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
 - Wellencharakter:
Beschleunigt man Elektronen und schickt sie danach durch eine dünne Folie von z. B. Graphit, so erhält man auf einem Schirm ein typisches Interferenzmuster.

- Objekte, zu deren Beschreibung die Quantenphysik benötigt wird, heißen **Quantenobjekte**. Zu ihnen zählen Photonen, Elektronen sowie andere kleine Teilchen wie z. B. Elementarteilchen, Protonen, Neutronen aber auch Atome und Moleküle.
- Quantenobjekte
 - bewegen sich nicht auf Bahnen
 - sind keine kleinen Kügelchen
 - haben sowohl Wellen- als auch Teilchencharakter
- Über das Verhalten eines einzelnen Quantenobjekts kann keine Aussage getroffen werden. Für eine große Anzahl von Quantenobjekten können jedoch Wahrscheinlichkeitsaussagen getroffen werden. Dabei kann man das Wellenmodell oder das Teilchenmodell benutzen.