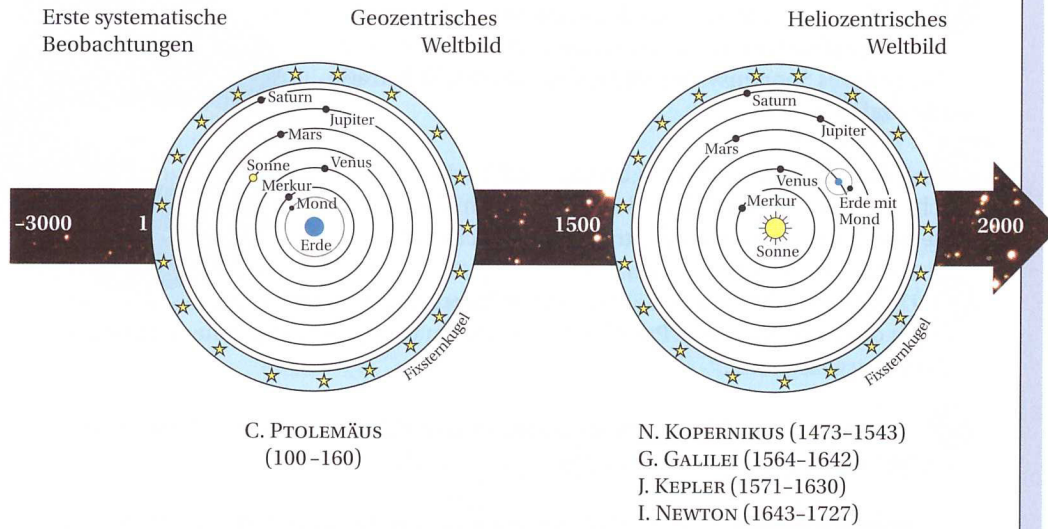
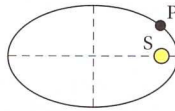


Entwicklung des astronomischen Weltbilds



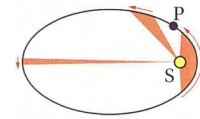
Die drei keplerschen Gesetze beschreiben

die Bahnformen von Planeten.



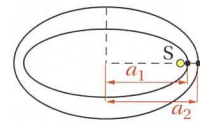
Alle Planeten bewegen sich auf elliptischen Bahnen. In einem gemeinsamen Brennpunkt steht die Sonne.

die Bewegung eines Planeten auf seiner Bahn um die Sonne.
 $\frac{A}{\Delta t} = \text{konstant}$



Die Verbindungslinie Sonne - Planet überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen.

den Zusammenhang zwischen Umlaufzeiten und großen Halbachsen für zwei Planeten.
 $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$

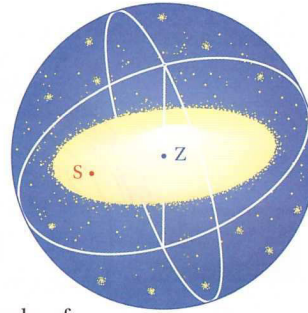


Die Quadrate der Umlaufzeiten zweier Planeten verhalten sich wie die dritten Potenzen der großen Halbachsen ihrer Bahnen.

Aspekte der modernen Kosmologie

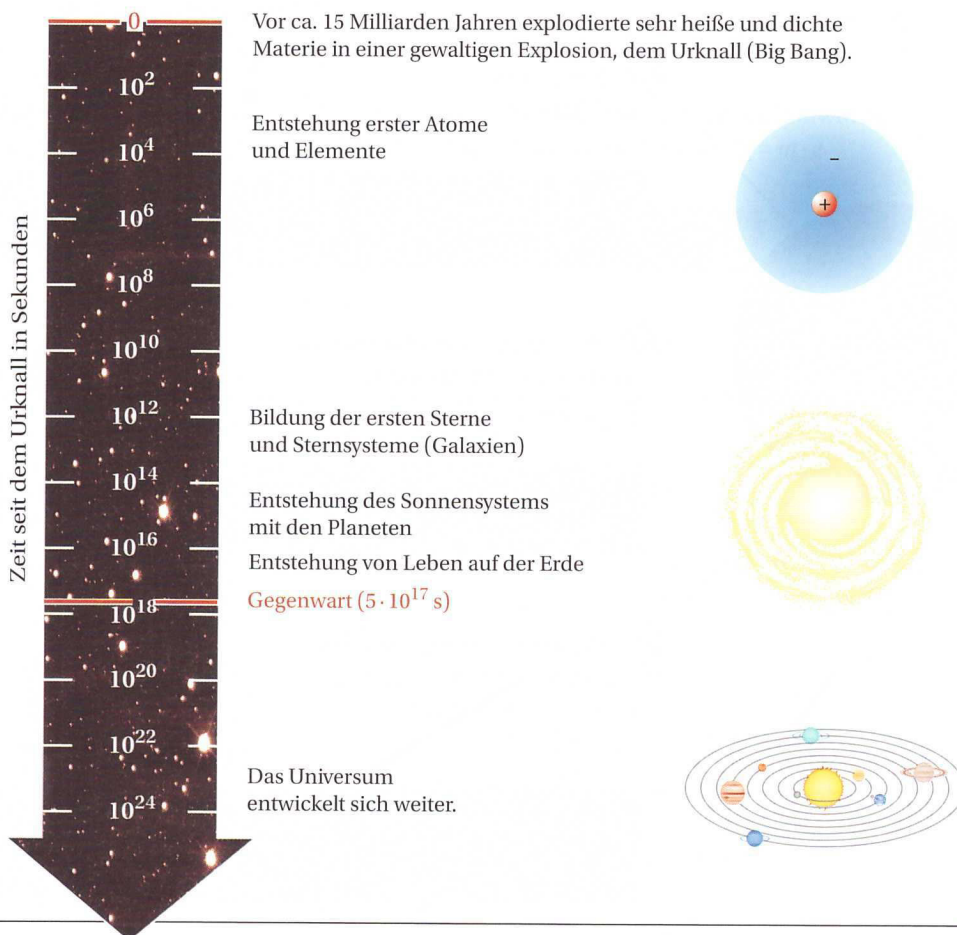
Sterne sind in Sternsystemen, den **Galaxien**, angeordnet. Das Sternsystem, in dem sich unsere Sonne und alle Planeten des Sonnensystems befinden, ist die **Milchstraße** oder **Galaxis**.

Die Sonne S mit den Planeten befindet sich in der Scheibenebene der Milchstraße. Als einer von Millionen Sternen rotiert sie um das Zentrum Z der Milchstraße.



Im Universum gibt es eine Vielzahl von Galaxien und Galaxienhaufen. Es gilt das **kosmologische Prinzip**: Kein Punkt im Universum ist in einer besonderen Weise ausgezeichnet.

Die Entstehung und die zeitliche Entwicklung des Universums werden heute durch die **Theorie vom Urknall** beschrieben.

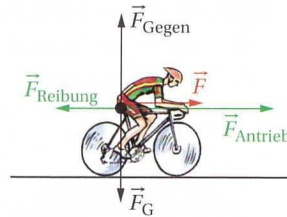


Newton's Gesetze

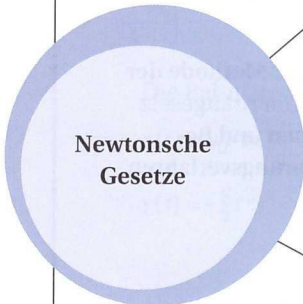
Ob und wie sich ein Körper bewegt, hängt von der Summe aller auf ihn wirkenden Kräfte ab.

Die Wirkung dieser resultierenden Kraft F ist abhängig von

- ihrem Betrag,
- ihrer Richtung und
- ihrem Angriffspunkt.



Mithilfe der von I. NEWTON (1643–1727) gefundenen Gesetze lassen sich die Bewegungen von Körpern erklären und voraussagen.



1. newtonsches Gesetz (Trägheitsgesetz)

Ein Körper bleibt in Ruhe oder in gleichförmiger geradliniger Bewegung, solange die Summe der auf ihn wirkenden Kräfte null ist.

2. newtonsches Gesetz (newtonsches Grundgesetz)

Wirkt auf einen Körper der Masse m die Kraft F , so erfährt er die Beschleunigung a .

$$F = m \cdot a$$

3. newtonsches Gesetz (Wechselwirkungsgesetz)

Wirken zwei Körper aufeinander ein, so wirkt auf jeden der Körper eine Kraft. Die Kräfte sind gleich groß und entgegengesetzt gerichtet.

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

Die Bewegungsgleichungen für gleichmäßig beschleunigte Bewegungen, d. h. für $a = \text{konstant}$, lauten:

$$v = a \cdot t$$

$$s = \frac{a}{2} t^2$$

$$s = \frac{v^2}{2a}$$

a Beschleunigung

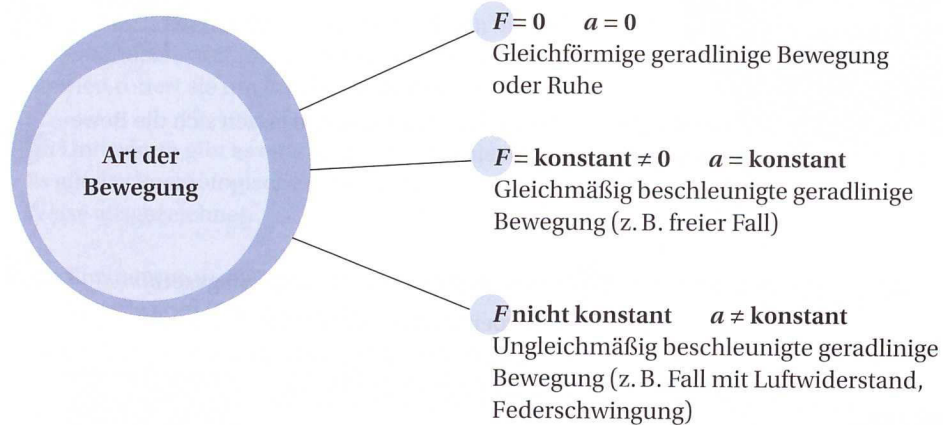
v Geschwindigkeit

s Weg oder Ort

t Zeit

Eindimensionale Bewegungen

Bei eindimensionalen Bewegungen (Auto auf gerader Strecke, Fallbewegung eines Körpers, Schwingung eines Federpendels) lässt sich die Lage eines Körpers eindeutig durch eine Koordinate (Ort, Weg) kennzeichnen.



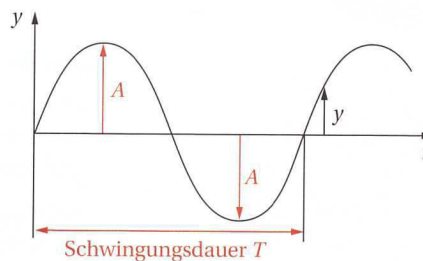
Ist die beschleunigende Kraft bekannt, kann man die Bewegung mit der **Methode der kleinen Schritte** mathematisch beschreiben. Ausgehend vom jeweiligen Kraftgesetz wird für kleine Zeitintervalle die Kraft jeweils als konstant angenommen und Beschleunigung, Geschwindigkeit und Ort werden berechnet. Das Näherungsverfahren liefert umso genauere Werte, je kleiner das Zeitintervall gewählt wird.

Eine harmonische Schwingung liegt vor, wenn die rücktreibende Kraft F proportional zur Auslenkung y ist. Für eine solche harmonische Schwingung gilt:

$$y = A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t\right) = A \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

Federpendel: $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}}$

Fadenpendel bei kleiner Auslenkung: $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$



Mithilfe von **Erhaltungsgrößen (Energie, Impuls)** kann man für Vorgänge in Natur und Technik Bilanzen aufstellen und Berechnungen durchführen.

In einem abgeschlossenen System bleibt die Gesamtenergie E erhalten.

Es gilt: $E = E_1 + E_2 + \dots = \text{konstant}$
 E_1, E_2, \dots Energiearten

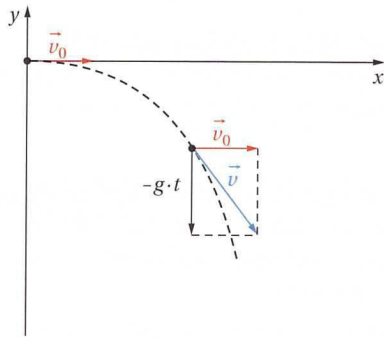
In einem abgeschlossenen System bleibt der Gesamtimpuls p erhalten.

Es gilt: $p = p_1 + p_2 + \dots = \text{konstant}$
 p_1, p_2, \dots Impulse der einzelnen Körper

Zweidimensionale Bewegungen

Zweidimensionale Bewegungen (waagerechter Wurf, Kreisbewegung) lassen sich in x - y -Koordinatensystemen beschreiben.

Ein **waagerechter Wurf** ⁺ setzt sich aus einer gleichförmigen Bewegung in horizontaler Richtung und dem freien Fall in vertikaler Richtung zusammen.



Die Bahnkurve ist Teil einer Parabel.

$$x(t) = v_0 \cdot t \quad v_x = v_0$$

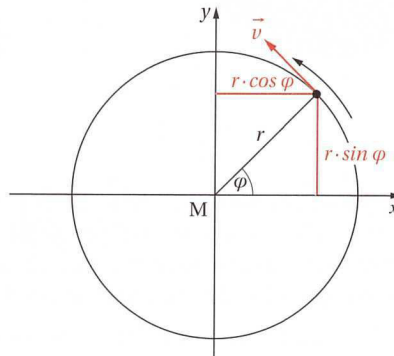
$$y(t) = -\frac{g}{2} t^2 \quad v_y = -g \cdot t$$

Als beschleunigende Kraft wirkt die **Gewichtskraft**

$$F_G = m \cdot g$$

nach unten.

Eine **gleichförmige Kreisbewegung** ist die Bewegung eines Körpers auf einer Kreisbahn mit konstanter Bahngeschwindigkeit bzw. Winkelgeschwindigkeit.



Die Bahnkurve ist ein Kreis.

$$\text{Bahngeschwindigkeit: } v = \frac{2\pi \cdot r}{T} = \omega \cdot r$$

$$\text{Winkelgeschwindigkeit: } \omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T}$$

Als beschleunigende Kraft wirkt die **Zentripetalkraft**

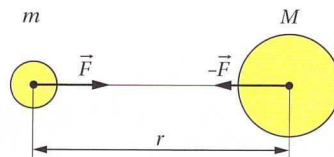
$$F_Z = m \cdot \frac{v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

in Richtung Kreismittelpunkt M.

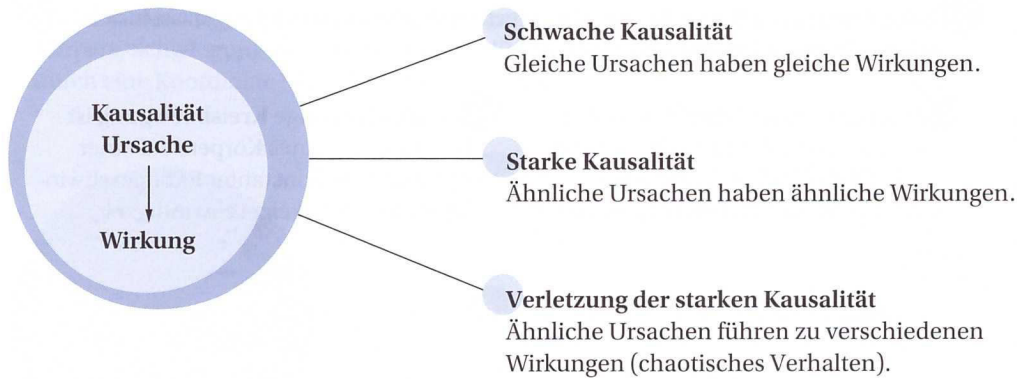
Die Ursache für die Bewegung der Planeten um die Sonne oder von Satelliten um die Erde ist die Gravitation. Die Gravitationskraft wirkt als die Kraft, die Planeten oder Satelliten auf ihrer Bahn hält. Das **Gravitationsgesetz** lautet:

$$F = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}$$

G ist die Gravitationskonstante, eine allgemeine Naturkonstante.



Grenzen der Gültigkeit der newtonschen Mechanik

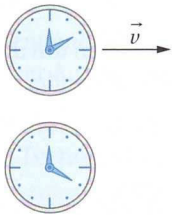


Vorgänge starker Kausalität lassen sich in der Regel gut mit der newtonschen Mechanik beschreiben. Vorgänge, bei denen die starke Kausalität verletzt wird, sind nicht vorhersagbar. Darin trotzdem Regelmäßigkeiten zu entdecken und Gesetze zu formulieren, hat sich die **Chaosforschung** zur Aufgabe gemacht.

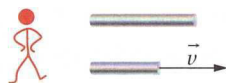
Die **Gesetze der newtonschen Mechanik** gelten für Geschwindigkeiten, die wesentlich kleiner als die Lichtgeschwindigkeit sind. Die Vakuumlichtgeschwindigkeit ist eine **Grenzgeschwindigkeit**.

Bei sehr großen Geschwindigkeiten sind die **Gesetze der speziellen Relativitätstheorie** anzuwenden. Die spezielle Relativitätstheorie geht davon aus, dass die Lichtgeschwindigkeit nicht von der Bewegung des Beobachters abhängt. Folgerungen aus der von ALBERT EINSTEIN entwickelten Theorie sind:

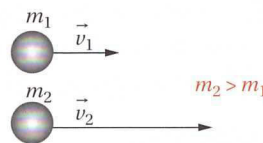
Eine relativ zum Beobachter bewegte Uhr geht langsamer.



Ein relativ zum Beobachter bewegter Körper ist in Bewegungsrichtung verkürzt.



Die Masse eines Körpers vergrößert sich mit seiner Geschwindigkeit.



Zwischen der Masse eines Körpers und seiner Energie gibt es einen engen Zusammenhang:

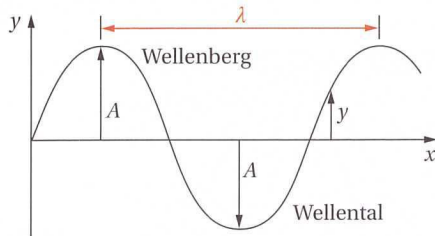
$$E = m \cdot c^2$$

E Gesamtenergie des Körpers
 m Masse des Körpers
 c Vakuumlichtgeschwindigkeit

Wellenphänomene in verschiedenen Bereichen der Physik

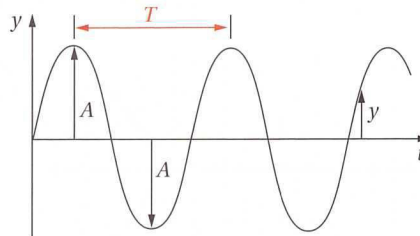
Eine **Welle** ist die Ausbreitung einer Auslenkung in einem Medium. Dabei erfolgt eine räumliche und zeitliche Änderung von physikalischen Größen (z. B. Auslenkung, Druck, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Stärke des elektrischen Felds).

Für $t = \text{konstant}$ gilt:



Für die Ausbreitungsgeschwindigkeit v von Wellen gilt:

Für $x = \text{konstant}$ gilt:



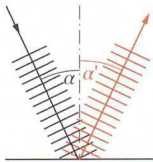
$$v = \lambda \cdot f$$

λ Wellenlänge
 f Frequenz

Zu unterscheiden ist zwischen **Longitudinalwellen** (Ausbreitungsrichtung und Schwingungsrichtung stimmen überein) und **Transversalwellen** (Ausbreitungsrichtung senkrecht zur Schwingungsrichtung).

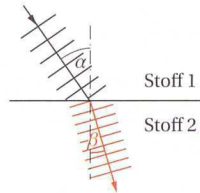
Wellen können reflektiert, gebrochen und gebeugt werden sowie sich überlagern.

Reflexion



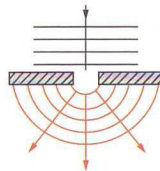
Wellen werden zurückgeworfen.
 $\alpha = \alpha'$

Brechung



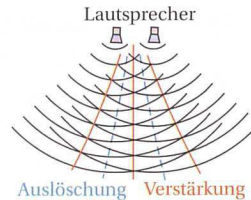
Wellen ändern ihre Ausbreitungsrichtung.

Beugung



Wellen breiten sich hinter einem Spalt in den Raum aus.

Interferenz



Es treten Bereiche der Verstärkung und der Auslöschung auf.

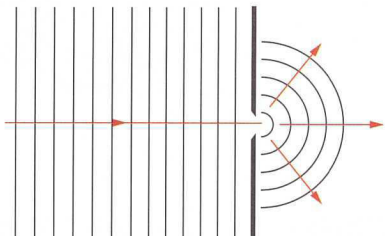
- Schallwellen**
- breiten sich in Stoffen aus, nicht aber im Vakuum,
 - breiten sich in Luft mit ca. $333 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ aus,
 - werden an Flächen reflektiert, an Kanten gebeugt und von Stoffen absorbiert.

Wellencharakter und Teilchencharakter des Lichts

Bei Licht treten **Beugung** und **Interferenz** auf. Daraus folgt: Licht hat **Welleneigenschaften** und kann mit dem **Modell Lichtwelle** beschrieben werden.

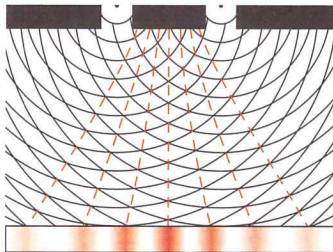
Beugung

tritt an schmalen Spalten oder Kanten auf.



Interferenz

ist die Überlagerung von Licht mit Bereichen von Verstärkung und Auslöschung.



Für die **Interferenzmaxima** am Doppelspalt und auch am optischen Gitter gilt:

$$\Delta s = 2k \cdot \frac{\lambda}{2}$$

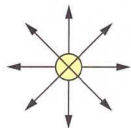
$$(k = 0, 1, 2 \dots)$$

Δs ist der Gangunterschied, λ die Wellenlänge.

Die Erscheinung, dass Licht aus der Oberfläche eines Körpers Elektronen herauslösen kann, wird als äußerer **Fotoeffekt** bezeichnet. Der Fotoeffekt ist mit dem Wellenmodell nicht erklärbar, wohl aber mit dem **Photonenmodell**.

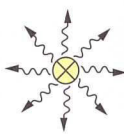
Photonen kann man sich als winzige Teilchen vorstellen, die sich stets mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten und die eine bestimmte Energie besitzen. Die Energie eines Photons ist von der Frequenz f des Lichts sowie von einer universellen Konstanten h (plancksche Konstante) abhängig.

Strahlenmodell
(Modell Lichtstrahl)



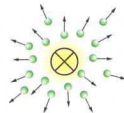
kann genutzt werden zur Beschreibung der Lichtausbreitung, der Schattenbildung, der Reflexion und der Brechung.

Wellenmodell



kann genutzt werden zur Beschreibung, Erklärung und Voraussage von Beugung und Interferenz.

Teilchenmodell
(Photonenmodell)



kann genutzt werden zur Beschreibung und Erklärung des äußeren Fotoeffekts.

Modelle für Licht

Quantenobjekte – Elektronen, Photonen, Masseteilchen

Quantenobjekte sind die Objekte, mit denen sich die **Quantenphysik** beschäftigt. Zu ihnen gehören Elektronen, Photonen und weitere Teilchen (Neutronen, Protonen), aber auch Atome und Moleküle.

Im Unterschied zu den uns umgebenden makroskopischen Körpern gilt für die Quantenobjekte:

- Quantenobjekte bewegen sich nicht auf Bahnen.
- Quantenobjekte sind keine kleinen Kügelchen.
- Bei Quantenobjekten treten Teilchen- und Welleneigenschaften auf.

Quantenobjekte

haben etwas **Welliges**, was ihre Ausbreitung bestimmt und z. B. auch Interferenz bewirkt.

haben etwas **Körniges** oder **Teilchenhaftes**, was sich z. B. bei einer Ortsmessung zeigt.

haben etwas **Stochastisches**, was keine Aussage über das Verhalten eines einzelnen Quantenobjekts erlaubt, wohl aber Wahrscheinlichkeitsaussagen für eine große Anzahl von Quantenobjekten.

Das Elektron

ist als klassisches Teilchen beschreibbar.

- $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
- $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- Es besitzt eine bestimmte Geschwindigkeit und damit kinetische Energie.

zeigt auch Welleneigenschaften.

Es treten Beugung und Interferenz auf.

