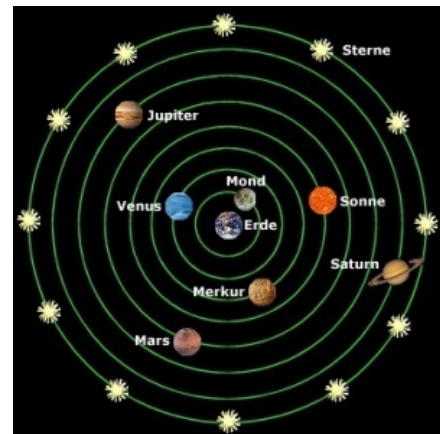


Geozentrisches Weltbild

10_01

Im 7. Jahrhundert v. Chr. konstruierten die Griechen (v.A. Aristoteles) ein erstes geometrisches Weltbild von Himmel und Erde, um die Bewegung der Gestirne und der Erde zu erklären. Die Erde (Geos) befand sich dabei als ruhende Kugel im Mittelpunkt (Zentrum). Der Mond, die Sonne und die Planeten unseres Sonnensystems bewegten sich auf ihnen eigenen Kugelschalen (Sphären), die sich (wie Zwiebelschalen) um die Erde legten. Alle anderen Gestirne des Himmels befanden sich auf der äußersten Kugelschale, der Fixsternsphäre:

Aristarch von Samos fand um 260 v.Chr. heraus, dass die Sonne viel größer als Erde und viel weiter von dieser entfernt sein muss als der Mond. Daraus schloss er, dass die Sonne im Zentrum der Welt stehen müsse und war damit seiner Zeit weit voraus.



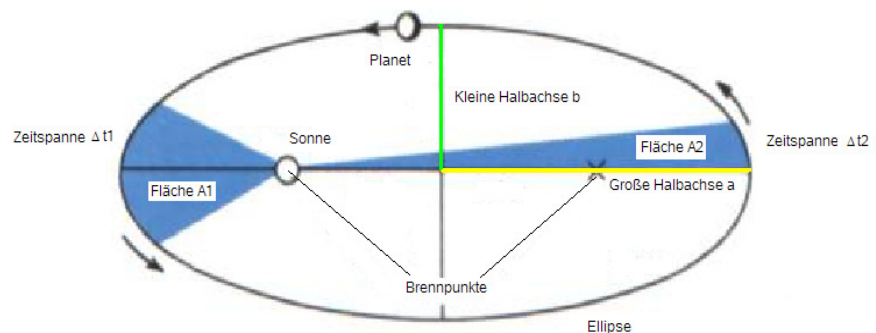
Heliozentrisches Weltbild

10_02

Johannes Kepler stellt im Jahr 1543 aufgrund seiner Beobachtungen und Messungen (sowie derer anderer Astronomen seiner Zeit) die Sonne (Helios) in den Mittelpunkt der Welt. Zur mathematischen Beschreibung der Bewegungen der Planeten formulierte er die drei nach ihm benannten Keplerschen Gesetze:

1. Die Planeten bewegen sich auf Ellipsenbahnen um die Sonne. Jeweils ein Brennpunkt dieser Ellipsen liegt in der Sonne.
2. Die gedachte Verbindungslinie Sonne-Planet (Fahrstrahl) überstreicht in gleichen Zeiten gleich große Flächen.
3. Die Quadrate der Umlaufzeiten zweier Planeten verhalten sich wie die dritten Potenzen der großen Halbachsen ihrer Bahnellipsen:

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



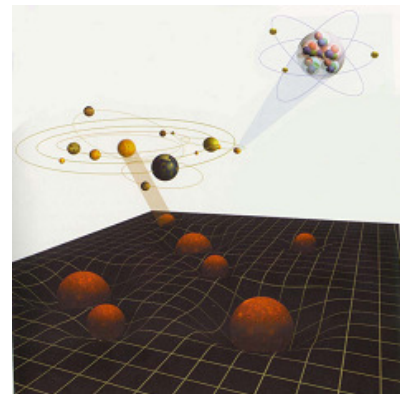
Ende des 17. Jahrhunderts zeigte Newton, dass riesige Gravitationskräfte Ursache für die Bewegung der Planeten sind. Letztere können mit den newtonschen Gesetzen erklärt werden (Trägheits-, Bewegungs- und Wechselwirkungsgesetz)

Mit Fraunhofers Spektralanalyse (1814) konnte man nachweisen, dass es im Universum die gleichen chemischen Elemente wie auf der Erde gibt. Die Intensität der Strahlung von Sternen gibt Informationen über die Temperaturen an deren Oberfläche.

Seit Beginn des 20. Jahrhunderts profitiert die Astronomie von Einstein Relativitätstheorien sowie neuen Erkenntnissen aus Atom- und Kernphysik:

- Bei der Fusion von Wasserstoff zu Helium setzen Sterne gewaltige Energien frei. Sind 10% des Wasserstoffs verbraucht, blähen sie sich auf, explodieren und stoßen Gashüllen ab. Dabei können Rote Riesen, Weiße Zwerge, Schwarze Löcher usw. entstehen.

- Die Lichtgeschwindigkeit ist nach Einstein die höchste Geschwindigkeit im Kosmos. Raum und Zeit hängen vom Beobachter, dem beobachteten Körper und beider Bewegung ab. Die Krümmung von Raum und Zeit durch Materie führt zu gekrümmten Bahnen von Planeten und Licht.



- Es gibt Billionen von Galaxien.

- Das Universum hat sich vermutlich aus dem Urknall vor 14 Mrd. Jahren entwickelt und dehnt sich noch weiter aus.

Der Grundgedanke des iterativen Verfahrens ist, dass das Ergebnis eines Rechenschritts als Grundlage für den folgenden dient. Dieses Verfahren bietet sich an wenn man Vorgänge untersuchen möchte, bei denen sich gegenseitig beeinflussende Größen dauernd ändern.

Beispiel: Fall mit Luftwiderstand

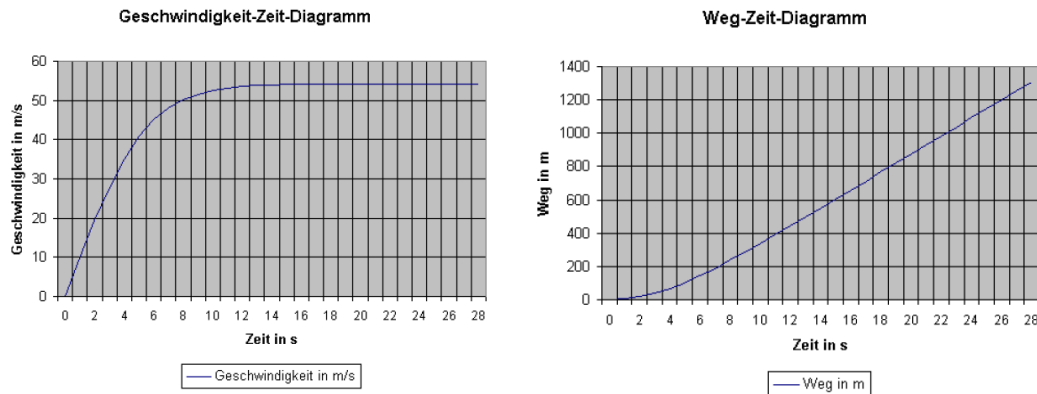
Die Kraft, welche die Ursache für den Fall ist, setzt sich zusammen aus der Gewichtskraft $F_G = mg$ des Körpers und der Luftwiderstandskraft $F_L = \frac{1}{2} c_w A \rho v^2$, wobei c_w der Luftwiderstandsbeiwert, A die Angriffsfläche, ρ die Luftdichte und v die Fallgeschwindigkeit ist. Es gilt: $F_{res} = F_G - F_L$. Dabei ändert sich die Geschwindigkeit und somit die resultierende Kraft, welche ihrerseits für eine Geschwindigkeitsänderung (Beschleunigung) sorgt, ständig. Die Iterationsschritte sehen wie folgt aus, wenn der Index 0 die Ausgangssituation darstellt:

1. Schritt	2. Schritt	(n+1)ter Schritt
$F_0 = mg - \frac{1}{2} c_w A \rho v_0^2$	$F_1 = mg - \frac{1}{2} c_w A \rho v_1^2$	$F_n = mg - \frac{1}{2} c_w A \rho v_n^2$
$v_1 = v_0 + \frac{F_0}{m} \Delta t$	$v_2 = v_1 + \frac{F_1}{m} \Delta t$	$v_{n+1} = v_n + \frac{F_n}{m} \Delta t$
$x_1 = x_0 + \frac{1}{2} (v_0 + v_1) \Delta t$	$x_2 = x_1 + \frac{1}{2} (v_1 + v_2) \Delta t$	$x_{n+1} = x_n + \frac{1}{2} (v_n + v_{n+1}) \Delta t$
$t_1 = t_0 + \Delta t$	$t_2 = t_1 + \Delta t$	$t_{n+1} = t_n + \Delta t$

Iteration II

10_05

Man erhält bei einer Auswertung anhand eines Tabellenkalkulationsprogramms wie z.B. Excel folgende Diagramme:



Es wird deutlich, dass sich die Geschwindigkeit erst sehr schnell, dann langsamer und ab ca. 14s nicht mehr ändert. Analog erkennt man, dass sich die Fallstrecke erst wie bei einer beschleunigten Bewegung und ab 14s linear ändert (logisch, da $v = \text{const.}$).

Waagrechter Wurf

10_06

Der waagrechte Wurf ohne Luftwiderstand lässt sich mit Hilfe zweier zueinander senkrechter Teilbewegungen beschreiben.

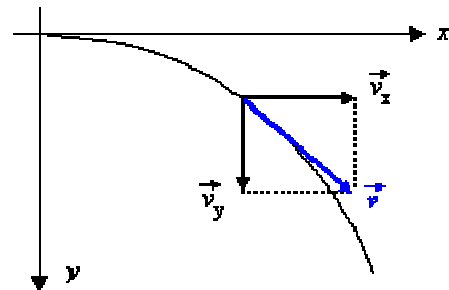
horizontale Richtung: gleichförmige Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit $x(t)=v_0t$; $v_x=v_0$
vertikale Richtung: freier Fall mit konstanter Beschleunigung $y(t)=0,5gt^2$; $v_y=gt$

Die Bahnkurve beim freien Fall ist Teil einer *Parabel* mit der Gleichung

$$y(x) = \frac{g}{2v_0^2} \cdot x^2.$$

Sie ist umso weiter geöffnet,
je größer die *Abwurfgeschwindigkeit* v_0 ist.

Für die *Bahngeschwindigkeit* v gilt: $v = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$



Gleichförmige Kreisbewegung

10_07

Umlaufdauer/Periodendauer T

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

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

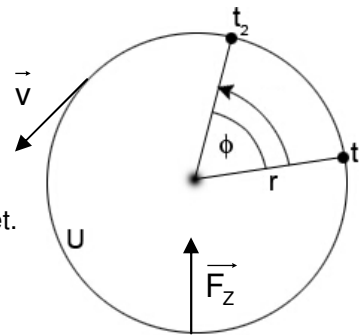
Die Bahngeschwindigkeit ist stets tangential zur Bahn gerichtet.

Um einen Körper auf einer Kreisbahn zu halten, ist ständig eine zum Mittelpunkt gerichtete Kraft nötig, die sog. Zentripetalkraft F_Z . Es gilt:

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

Diese Kraft bewirkt ständig eine Beschleunigung des Körpers in Richtung Mittelpunkt der Bahn. Für die Zentripetalbeschleunigung a_Z gilt:

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



Der Impuls

10_08

Je größer die Masse m und die Geschwindigkeit v eines Körpers, desto größer ist sein Impuls p . Es gilt:

$$p = m \cdot v$$

Der Impuls ist wie die Geschwindigkeit eine gerichtete Größe, seine Richtung stimmt mit der Bewegungsrichtung überein.

Impulserhaltungssatz:

In einem abgeschlossenen System bleibt der Gesamtimpuls zeitlich konstant.

Eine Kraft auf einen Körper bewirkt eine Beschleunigung und somit eine Impulsänderung. Es gilt:

$$F = m \cdot a = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

Wellen

10_09

Bei mechanischen Wellen breiten sich Schwingungen im Raum aus. Dabei wird Energie übertragen, ohne dass ein Materietransport stattfindet.

Man unterscheidet

Transversalwellen: Teilchen schwingen senkrecht zur Ausbreitungsrichtung (z.B. Wasserwellen)

Longitudinalwellen: Teilchen schwingen in Ausbreitungsrichtung (z.B. Schallwellen)

Größen zur Beschreibung von Wellen:

Amplitude A:

maximale Auslenkung der Teilchen

Schwingungsdauer T:

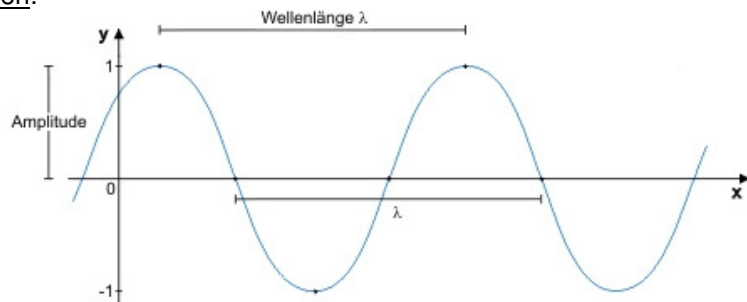
Dauer einer Vollschiwingung
eines Teilchens

Frequenz f:

Anzahl der Schwingungen pro Zeit

$$f = \frac{1}{T}$$

Ausbreitungsgeschwindigkeit c: $c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$

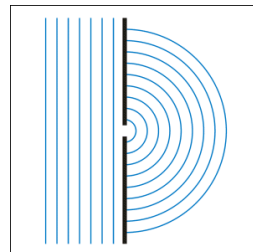


Beugung und Interferenz von Wellen

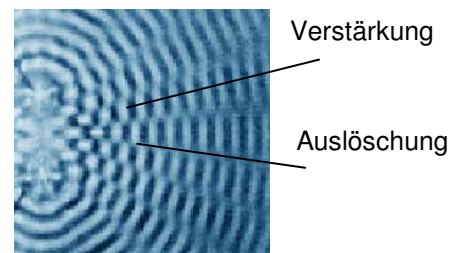
10_10

Wenn Wellen in den geometrischen Schattenraum hinter einem Hindernis gelangen, spricht man von *Beugung*.

Treffen beispielsweise Wasserwellen mit parallelen Wellenfronten auf einen genügend kleinen Spalt, so können sie sich hinter dem Spalt als Wellen mit kreisförmigen Wellenfronten ausbreiten.



Unter *Interferenz* versteht man die Überlagerung von Wellen. Überlagern sich zwei Wellen mit gleicher Amplitude und gleicher Frequenz, so treten Bereiche auf, in denen sich die Wellen verstärken (*konstruktive Interferenz*) und Bereiche, in denen sich die Wellen auslöschen (*destruktive Interferenz*).



Licht verhält sich z.B. bei der Interferenz am Doppelspalt wie eine **Welle**. Für die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Lichtwellen im Vakuum gilt:

$$c = \lambda \cdot f \text{ mit } c = 2,997925 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Beim punktförmigen Belichten eines Films verhält sich Licht jedoch wie ein Strom aus einzelnen **Teilchen**. Photonen können also weder Teilchen noch Welle sein. Man bezeichnet sie als Quantenobjekte. Durch die Gleichung

$$E_{\text{ph}} = h \cdot f \text{ mit } h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js (Plancksche Konstante)}$$

sind Wellenvorstellung (Frequenz) und Teilchenvorstellung (Energie) miteinander verbunden. Beim Fotoeffekt überträgt ein Photon genau diese Energie auf ein Elektron in der Metalloberfläche und setzt es frei.

Auch bei Elektronen und anderen Teilchen kann man Interferenz- und Beugungserscheinungen beobachten. Elektronen sind deshalb ebenfalls Quantenobjekte.

Durch die Gleichung

$$\lambda = \frac{h}{m_e \cdot v}$$

sind auch hier wieder Wellenvorstellung (Wellenlänge) und Teilchenvorstellung (Masse, Geschwindigkeit) miteinander gekoppelt.