

Physik

- [Wellen](#)
- [Astrophysik](#)
- [Quantenphysik](#)
- [Kernphysik](#)
- [Spezielle Relativitätstheorie](#)

Wellen

Wellen sind Schwingungen, die von einer Störung erzeugt werden, und sich räumlich ausbreiten (Schwingungen sind ortsfest). Wellen transportieren Energie durch ein bestimmtes Medium durch, ohne, dass dieses sich selbst bewegt (vgl. Experiment „Kork im Wasser“). Schwingungen hingegen wandeln Energie zwischen zwei Punkten um, wobei immer die Ruhelage durchschritten wird. Zusätzlich zu den Werten einer Schwingung haben Wellen auch eine Ausbreitungsgeschwindigkeit c und eine Wellenlänge λ .

Eigenschaften von Wellen

Arten von Wellen

Longitudinalwellen (in allen Medien; z.B. Schall) breiten sich in dieselbe Richtung aus, in die sie schwingen (parallel – keine vertikalen Schwankungen), bei Transversalwellen (in Festkörpern und Oberflächen von Flüssigkeiten; z.B. Gitarrensaite, Elektromagnetische Welle) sind Ausbreitungsrichtung und Schwingungsrichtung senkrecht (vertikale Schwankungen). Im Raum gibt es zusätzlich Kugel- bzw. Kreiswellen, die sich von einer punktförmigen Quelle aus wegbewegen (im Zweidimensionalen ein Kreis, im Dreidimensionalen eine Kugel) und ebene Wellen bei einem länglichen Objekt als Wellenquelle oder großer Entfernung zur Quelle bei Kreis-/Kugelwellen (kaum mehr gekrümmt).

Wellenlänge und Wellengeschwindigkeit

Wellenlänge λ : Abstand zweier Wellenberge/-täler

Ausbreitungsgeschwindigkeit c : Wellenlänge geteilt durch Schwingungsdauer

Schwingungsdauer T : Dauer einer Schwingung, vgl. λ , nur hier Dauer statt Abstand; $T=1/f$

Wenn wir mit dem Kapitel „Schwingungen“ vergleichen, ergibt sich:

s (Strecke) = $\lambda = v$ ($v = c$) • t ($t = T$... Schwingungsdauer)

Daher gilt $\lambda = c \cdot t$ und $\lambda = cf$

Interferenz von Wellen

Auch bei Wellen sind, wie bei Schwingungen, Interferenzen möglich (vgl. Interferenz von Schwingungen). „Stehende Wellen“ sind Grundlage der Musikinstrumente.

Wellenphänomene

Beugung

Das Huygens'sche Prinzip besagt:

Von jedem Punkt einer Welle geht eine neue Elementarwelle aus. Die sichtbare Welle ist eine Überlagerung aus allen diesen Wellen.

- Christiaan Huygens, 1680, Niederlande

Trifft eine Welle auf ein Hindernis, so tritt Beugung auf, insofern das Hindernis nicht größer ist, als die Wellenlänge, deshalb können wir auch hinter einem Schrank noch Geräusche wahrnehmen, die auf der anderen Seite erzeugt werden. Es ist essentiell für Einzel- und Doppelspalt.

Brechung

Wenn eine Welle (hier besonders Licht oder elektromagnetisch) auf ein neues Medium trifft, tritt Reflexion und/oder Brechung auf. Licht kann absorbiert (aufgenommen), transmittiert (durchgelassen), oder reflektiert werden, meistens ist es eine Mischung daraus (ein Teil reflektiert, transmittiert,...). Dem liegt zugrunde, dass Licht sich in verschiedenen Medien unterschiedlich schnell ausbreitet. Das wird durch den Brechungsindex $n = \frac{c_0}{c_M}$ angegeben, wobei c_M die Lichtgeschwindigkeit im Medium darstellt. Bei Reflexion sind Ein- und Ausfallswinkel gleich groß. Die Winkel werden dabei vom Lot aus gemessen, der Senkrechte auf das Medium. Das Brechungsgesetz (Snellius'sches Gesetz) besagt: $n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta$.

Bei einem Übergang von einem dünnen zu einem dichten Medium spricht man von einer Brechung zum Lot und umgekehrt.

Totalreflexion (100% des Lichtes reflektiert) tritt auf, wenn der Einfallswinkel größer ist, als der Grenzwinkel für Totalreflexion. Der gebrochene Strahl hat einen Winkel von 90° zum Lot und verläuft damit entlang des Übergangs zwischen den beiden Medien. Sie tritt nur bei Übergängen von dicht nach dünn auf (vom Lot weg).

Elektromagnetische Wellen

Sie können anhand ihrer Wellenlänge/Frequenz charakterisiert werden, auch ihre Energie ist von ihr abhängig. Es gilt $E = h \cdot f$ bzw. $E = h \cdot c \cdot \lambda$, wobei h das Planck'sche Wirkungsquantum (Konstante;

$6,626 \cdot 10^{-34} \text{J}$), f die Frequenz, λ die Wellenlänge und c die Lichtgeschwindigkeit ist.

Gammastrahlung

Bei radioaktiven Zerfällen (hier α - oder β -Zerfall) versuchen Atomkerne im „angeregten Zustand“, Energie abzugeben, und zwar in Form eines Lichtteilchens mit sehr hoher Frequenz (großer Energie), das genug Energie hat, um Elektronen aus Atomen auszuschlagen (werden zu Ionen \rightarrow ionisierende Strahlung – gefährlich!)

Streuung

Die Rayleigh-Streuung tritt auf, wenn elektromagnetische Wellen auf Teilchen treffen, die kleiner sind, als ihre Wellenlänge. Sie versetzen diese Teilchen in Schwingung, die daher dann Wellen, die später auf sie treffen, abstrahlen, insofern sie dieselbe Wellenlänge haben, wie die anregenden Wellen. Die Stärke hängt sehr stark von der Wellenlänge ab: $\sigma \sim 1/\lambda^4$, wobei σ der Wirkungsquerschnitt (die Wahrscheinlichkeit der Streuung) ist. Große Wellenlängen werden wenig gestreut, kleine viel. Daher ist auch der Himmel blau, da blaues Licht eine kurze Wellenlänge hat. Am Abend hingegen gelangt das rote Licht geradewegs zu uns, während das blaue weggestreut wird (abends intensiver, da die Feinstaubbelastung dort höher ist, und deshalb mehr blaues Licht gestreut wird).

Dispersion

Lat. Zerstreung; Ein Licht kann in seine Bestandteile zerstreut/zerlegt werden, wenn es auf ein Medium (z.B. Weißes Licht auf Prisma) trifft, da die unterschiedlichen Wellenlängen unterschiedlich stark gebrochen werden. So entsteht auch der Regenbogen (Licht trifft auf Wasser), durch doppelte Totalreflexion kann sogar ein Nebenregenbogen mit umgekehrten Farben entstehen.

Interferenz an dünnen Schichten

Die Farben an Seifenblasen entstehen durch Interferenz an dünnen Schichten. Trifft Licht auf die Schicht, so wird ein Teil reflektiert (Phasensprung um 180°), ein Teil dringt ein, wird wieder nach oben reflektiert (ein Teil tritt auch nach unten hin aus) und tritt dort (wieder an der Oberfläche) aus und wird gebrochen – der gebrochene Teil interferiert mit dem direkt reflektierten Teil. So werden, je nach Einfallswinkel, gewisse Farben verstärkt (konstruktive Interferenz), und gewisse Farben ausgelöscht (destruktive Interferenz).

Doppler-Effekt

Bewegen sich Welle, Quelle und Beobachter aufeinander zu, so erhöht sich die Frequenz für den Beobachter (höherer Ton), bewegen sie sich voneinander weg, so sinkt sie (tieferer Ton). Das sieht man z.B. am vorbeifahrenden Krankenwagen und an Sternen, deren Farbe sich ändert. Die

Wellenlänge λ verkürzt sich durch die Bewegung aufeinander zu bzw. verlängert sich durch die Bewegung voneinander weg, daher verändert sich auch die Frequenz ($f=1T$). Im ersten Fall bewegt sich nur die Quelle, während der Beobachter ruht. Bei Bewegung aufeinander zu kann die Beobachterfrequenz f_B anhand der Frequenz der Quelle f_Q mit der Formel $f_B=f_Q \cdot \frac{c}{c-v}$ beschrieben werden, bei Bewegung voneinander weg mit der Formel $f_B=f_Q \cdot \frac{c}{c+v}$. Im zweiten Fall bewegt sich nur der Beobachter, während die Quelle ruht. Hier gilt die Formel $f_B=f_Q \cdot \frac{c+v}{c}$ bei Bewegung aufeinander zu und $f_B=f_Q \cdot \frac{c-v}{c}$ bei Bewegung voneinander weg. Achtung: es wird jeweils davon ausgegangen, dass sich nur die Quelle bzw. nur der Beobachter bewegt!

Astrophysik

Gravitationskraft und Kepler-Gesetze

Gravitation

Zwei Objekte, die beide eine Masse besitzen, ziehen sich gegenseitig mit der **Gravitationskraft** an. Die Gravitationskraft von Körper A auf Körper B ist gleich groß wie die Gravitationskraft von Körper B auf Körper A.

“ Allgemeines Gravitationsgesetz:

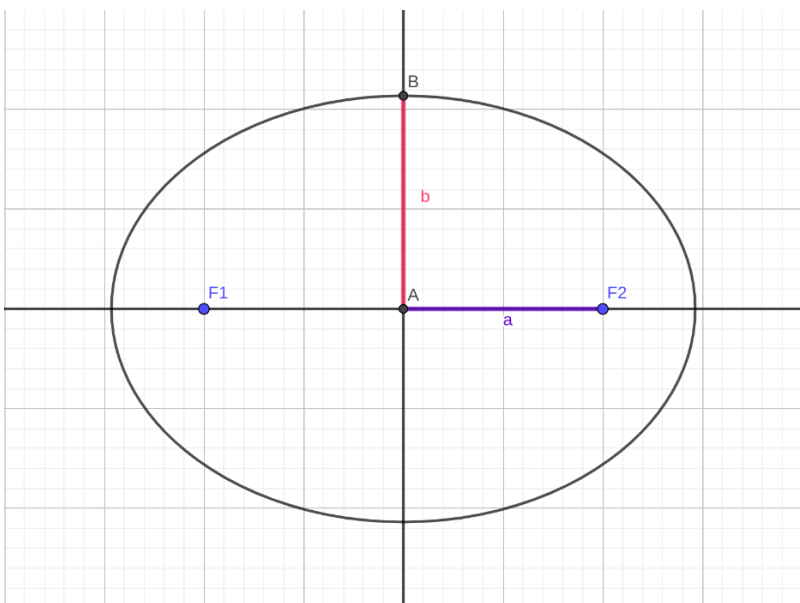
$$\vec{F}_G = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

$$G = 6.673 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \dots \text{Allgemeine Gravitationskonstante}$$

Daraus folgt:

- Je größer die Masse, umso größer die Anziehungskraft
- Je größer der Abstand, umso geringer die Anziehungskraft

Ellipsen



F1 ... Brennpunkt 1

F2 ... Brennpunkt 2

a ... Lange Halbachse

b ... Kurze Halbachse

Kepler-Gesetze

Erstes Kepler'sches Gesetz

“ Planetenbahnen sind Ellipsenbahnen um die Sonne. Die Sonne befindet sich in einem der beiden Brennpunkte.

Perihel: nächster Punkt zur Sonne (Erde: im Winter)

Aphel: entferntester Punkt zur Sonne (Erde: im Sommer)

Zweites Kepler'sches Gesetz (Flächensatz)

“ Der Fahrstrahl Planet-Sonne überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen.

Im Winter (Perihel) bewegt sich der Planet gemäß 2. Kepler-Gesetz schneller, dieser ist somit um ca. 9 Tage kürzer.

Drittes Kepler'sches Gesetz

“ Die Quadrate der Umlaufzeiten zweier Himmelskörper verhalten sich wie die Kuben der großen Halbachsen dieser Himmelskörper:

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

→ Hilfreich zur Berechnung von Umlaufzeiten/Bahnachsen

Leben auf der Venus

Aufgrund der Entdeckung von Monophosphan, das nur von Bakterien erzeugt werden kann, auf der Venus wird Leben vermutet, weshalb sich die Frage nach menschlichem Leben stellt. Dafür benötigt man:

- Temperatur: $\approx 20^\circ\text{C}$
- Wichtigste Elemente & Moleküle (H_2O)

- Gravitation ideal
 - menschliche Bedingungen/fester Boden
 - 0.8-1.5-fache Erdmasse/-größe
 - → **Sauerstoffatmosphäre**
- Drehung (Tag/Nacht → keine Hitze-/Kälteseite)
- Magnetfeld (→ Strahlenschutz)

Quantenphysik

Die Quantenhypothese, die Max Planck 1900 aufstellte, um das Problem der **Ultraviolett-Katastrophe** zu lösen, revolutionierte die Physik. In der Quantenphysik sind u.a. folgende Phänomene anders, als in der klassischen Physik:

Klassische Physik	Quantenphysik
Licht = elektromagnetische Welle	Licht = Welle und Teilchen (Welle-Teilchen-Dualismus)
Elektronen = Teilchen	Elektronen = Welle und Teilchen
Alles ist determiniert	Viele Prozesse laufen zufällig ab und können nicht vorhergesagt werden

Licht als Welle

Durch das Doppelspaltexperiment konnte "gezeigt" werden, dass Licht eine Welle ist. Aufgrund der Interferenz der beiden Wellen (zwei Spalte) entstanden mehrere kleine Erhebungen in der Intensität, mit der größten Intensität in der Mitte - dies wäre bei Teilchen nicht der Fall (zwei gleich große Erhebungen). Daher wurde ein Wellenmodell angenommen.

Licht als Teilchen

Newton beschrieb Licht aufgrund folgender Eigenschaften als Teilchen:

- Gerade Bewegung im Raum
- Reflexion (vgl. Fußball prallt von der Wand ab)
- Brechung

Doch diese Eigenschaften können auch anhand des Wellenmodells beschrieben werden, und das Doppelspaltexperiment kann ausschließlich mit Wellen erklärt werden.

Rayleigh und die Ultraviolett-Katastrophe

Ein **Schwarzer Körper** absorbiert 100% jeder Strahlung und emittiert Wärmestrahlung (jeder Körper gibt Wärmestrahlung ab, abhängig von seiner Temperatur). Mit zunehmender Temperatur wird die abgestrahlte Energie größer und die Wellenlänge kleiner.

Rayleigh und Jeans stellten eine Formel auf, die die Schwarzkörperstrahlung bei hohen Wellenlängen gut beschreiben konnte, bei geringen Wellenlängen divergiert die Strahlungsdichte

jedoch richtung ∞ (es gibt jedoch keine *unendliche* Energie \rightarrow Widerspruch).

Max Planck sah die Energie nicht wie bisher als Größe, die jeden beliebigen Wert annehmen kann, sondern als Energiepakete (\rightarrow nicht mehr jeder beliebige Energiewert möglich - nur Vielfache der Energiepakete). Er modifizierte also die Formel (\rightarrow **Planck'sches Strahlungsgesetz** - Zunahme bis λ maximal, dann asymptotische Abnahme), die auch experimentell bestätigt werden konnte.

λ_{\max} verändert sich gemäß dem Wien'schen Verschiebungsgesetz in Abhängigkeit von der Temperatur:

- Hohe Temperatur \rightarrow kleine Wellenlänge \rightarrow mehr Energie
- Strahlung ab 600°C sichtbar
- Strahlung unabhängig von Material/Oberfläche des Körpers

“ Planck'sches Wirkungsquantum

$$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

Die Einheit Js (Joulesekunden) beschreibt die Einheit einer Wirkung.

Photoeffekt

Eine negativ aufgeladene Zinkplatte wird mit Licht bestrahlt. Dabei kommt es zum Ladungsausgleich, nicht aber bei jeder Lichtart:

- Die Energie ist von Wellenlänge und Frequenz abhängig (nicht Intensität)
- Bei höherer Intensität werden nur dann mehr Elektronen ausgelöst, wenn auch die Wellenlänge klein genug ist ($<$ Grenzwellenlänge - genug Energie \rightarrow der "Rest" geht in die kinetische Energie des Elektrons über)
- Keine Zeitverzögerung zwischen Lichteinfall und Elektronenaustritt (\rightarrow Widerspruch zum Wellenmodell)

Einstein (der 1921 den Nobelpreis für die Beschreibung des Photoeffekts erhielt) argumentierte Licht aufgrund dieses Versuchs als Teilchen (Widerspruch zum Wellenmodell) \rightarrow **Welle-Teilchen-Dualismus**:

- Ein Photon löst bei ausreichend Energie ein Elektron aus \rightarrow bei hoher Intensität mehr Photonen
- Bei einem Stoß gibt es keine zeitliche Verzögerung (vgl. Ball, der aus einem Loch geschossen wird)

Es gilt, bei unserem Vergleich mit einem Ball: Austrittsarbeit = Masse \cdot Gravitationskonstante \cdot Höhe; Gesamtenergie = Austrittsarbeit + kinetische Energie $\rightarrow E_{\text{kin}} = E - W$

Beim Photoeffekt ergibt sich daraus: E_{kin} (Energie nach dem Stoßprozess) = E_{γ} (Energie des Photons) - W

$$E_{\gamma} = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

De-Broglie-Wellenlänge

Louis De-Broglie stellte die Frage, ob nicht auch Elektronen Teilchen *und* Welle sein könnten → De-Broglie-Wellenlänge $\lambda_{\text{dB}} = \frac{h}{m \cdot v}$ (für verschiedene Objekte)

Damit Beugung auftritt, muss die de-Broglie-Wellenlänge mindestens etwa so groß sein, wie das Objekt. Daher tritt z.B. bei Menschen keine Beugung auf (es gibt keine so kleinen Objekte).

Heisenberg'sche Unschärferelation

- **Ort und Impuls eines Quantenobjekts lassen sich nicht gleichzeitig beliebig scharf messen** (auch: Energie und Zeit)
- Durch Messung stört man ein Quantenobjekt und verändert dessen Impuls
- Eine exakte Teilchenbahn ist in der Quantenphysik unmöglich

Born'sche Wahrscheinlichkeitsinterpretation

Auch wenn ein Welle-Teilchen-Dualismus nahelag, waren noch folgende Dinge nicht geklärt:

- Teilchen können im Gegensatz zu Wellen lokalisiert werden (**Unschärferelation**)
- Beim Doppelspalt kann nur eine Welle durch beide Spalte gleichzeitig
- Die Messung im Spalt verändert das Ergebnis

Max Born stellte eine Wahrscheinlichkeitsfunktion auf, die die Wahrscheinlichkeit, dass sich das Teilchen innerhalb eines abgeschlossenen Raumes an einem bestimmten Ort befindet, angibt. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich das Teilchen im abgeschlossenen Raum befindet, ist immer 1. Durch Messung wird das Elektron gezwungen, sich zu entscheiden, in welchem Bereich es ist → **Messung stört in der Quantenphysik das Objekt.**

Quanteninformatik

Der **Spin** eines Teilchens ist ein Drehimpuls. Der Spin folgt aus der Symmetrie (nicht durch tatsächliche Drehung). Teilchen mit Spin sind durch Magnetfelder beeinflussbar.

Gedankenexperiment

Zwei Teilchen, deren, beispielsweise, Spin *verschränkt* ist, werden bei einem inhomogenen Magnetfeld gemessen. Die Teilchen treffen immer gegensätzlich auf (**Antikorrelation**) → Ergebnis vorherbestimmt/Teilchen kommunizieren (**meinte man - falsch! → Bell-Ungleichung**)

- **Lokalität:** Kommunikation und Bewegungen begrenzt durch Lichtgeschwindigkeit
- **Realität:** Keine Veränderung des Ergebnisses durch Messung

Verschränkte Teilchen

Verschränkte Teilchen besitzen einen gemeinsamen Zustand, den wir nicht als separate Systeme auffassen können. (z.B. rotierende Münze beim Wurf - Kopf & Zahl "zugleich" → "verschränkt")

Entstehung

Verschränkte Teilchen entstehen meist bei gemeinsamer Entstehung (Kristall: 1 Photon → 2 Photonen; Teilchenzerfälle)

Schlussfolgerung

Objekte der Klassischen Physik erfüllen die Bell-Ungleichung, die Quantenmechanik hingegen nicht!

Quantenkryptographie

RSA-Verfahren

Heutzutage weit verbreitetes Verschlüsselungsverfahren. Zum Knacken (ohne Dechiffrierschlüssel) müssten **sehr große Primzahlen faktorisiert** werden, was im Moment unrealistisch lang dauern würde (viele Jahre). Mithilfe eines Quantencomputers könnte dies jedoch schnell gehen.

BB84-Protocol

Da Quantenobjekte bei einer Messung ihren Zustand verändern, hat dieses Verfahren einen "eingebauten" Lauscher-Detektor.

Alice (Sender) wählt zufällig die gemessene Richtung (x oder z). Jede der beiden Richtungen besitzt zwei Möglichkeiten (+ oder -). Auch Bob (Empfänger) wählt eine zufällige Richtung (x oder z), misst den Zustand (+ oder -) und schreibt eine Liste. Alice und Bob vergleichen nun ihre Messrichtungen, nur gleiche werden behalten (etwa die Hälfte). Nun vergleichen Alice und Bob ca. $\frac{1}{3}$ ihrer Messwerte (Lauscherprobe), denn eine Messung (Lauscher) verändert die Werte - hätten nun Alice und Bob die gleiche Messrichtung gewählt, wäre Bobs Wert wieder zufällig → 50%, dass der Lauscher detektiert wird.

Das RSA-Verfahren hingegen beinhaltet keine Möglichkeit auf Lauscher-Detektion.

Quantencomputer

Ein **Bit** ist ein Objekt mit zwei Zuständen (0 oder 1). Ein **Qubit** ist ein Quantenteilchen, das mehrere Zustände gleichzeitig haben kann und sich bei Messung mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit für einen Zustand entscheidet. Als Qubits eignen sich u.a. Photonen (vertikal/horizontal polarisiert), Elektronen (Spin up/down) und Calciumionen. Quantencomputer arbeiten mit Quantengattern (anstatt herkömmlichen Logikgattern). **Sie sind viel schneller, da sie alle Wege mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auf einmal rechnen können.**

Quantenteleportation

Eine tatsächliche Teleportation ist unmöglich, es wird vielmehr der Zustand übertragen.

Teilchen A soll teleportiert werden. Teilchen B und C, die miteinander verschränkt sind, bilden Start und Ziel. Teilchen A und B werden verschränkt und an Teilchen A eine Messung durchgeführt. Teilchen A beeinflusst dadurch Teilchen B und dieses wiederum Teilchen C, da sie verschränkt sind. Nun wird über klassische Kommunikation (→ begrenzt durch die Lichtgeschwindigkeit!) der Zustand von A weitergeleitet, in 75% der Fälle muss C transformiert werden.

Kernphysik

Grundlagen

Rutherford-Experiment

Rutherford schoss mithilfe eines Alphastrahlers (Radium) Alphateilchen auf eine Goldfolie. Nur wenige Teilchen wurden abgelenkt/reflektiert → der Atomkern ist sehr klein; der Kern ist positiv, die Hülle negativ.

Atombau

Der Atomkern besteht aus Nukleonen (Kernbausteinen), also Protonen und Neutronen. Positiv geladene Protonen haben eine Masse von $1,673 \cdot 10^{-27}$ kg, Neutronen eine Masse von $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg und negativ geladene Elektronen eine Masse von $9,11 \cdot 10^{-31}$ kg. Der Atomkern ist somit deutlich schwerer als die Hülle.

Periodensystem

Anzahl der Nukleonen/Massezahl (A) = Anzahl der Protonen p^+ (Z) + Anzahl der Neutronen n (N)

Es gibt gleich viele Protonen wie Elektronen (neutral geladen).

Nuklidkarte

In der Nuklidkarte stehen Protonen- und Neutronenzahl, Stabilität, Halbwertszeit und Zerfallsart → "Periodensystem des Kernphysikers"

Kernkraft

Kernkraft = starke Wechselwirkung = Kraft, die im Atomkern Nukleonen untereinander anzieht

Zu großer Neutronenüberschuss → instabiler Kern → zerfällt

Die Kernkraft

- wirkt nur über kleine Distanzen

- wirkt nur bei Nukleonen
- ist sehr stark → Kern hält zusammen trotz sich abstoßender Protonen
- ist teil der vier Grundkräfte der Physik

Die Grundkräfte der Physik:

- Starke Wechselwirkung (Kernkraft)
- Schwache Wechselwirkung
- Elektromagnetische Wechselwirkung
- Gravitationswechselwirkung

Bindungsenergie im Kern

Semiempirische Bethe-Weizsäcker-Formel aus fünf Beiträgen:

Volumenterm

Starke Wechselwirkung (gilt nur für direkte Nachbarn)

+ für Bindungsenergie

Oberflächenterm

Gleicht Fehler des Volumenterms aus (an der Oberfläche keine direkten Bindungspartner)

- für Bindungsenergie

Coulombterm

Elektrostatische Abstoßung der Protonen

- für Bindungsenergie

Asymmetrieterm

Stark unterschiedliche Protonen-/Neutronenzahl → geringere Stabilität; Term verschwindet bei Protonenzahl = Neutronenzahl

- für Bindungsenergie

Paarungsterm

Die Bildung von Proton-Proton-Paaren und Neutron-Neutron-Paaren ist positiv für die Bindungsenergie. Bei gerader Protonen- und Neutronenzahl ist der Term positiv für die Bindungsenergie, bei gerader Protonen- und ungerader Neutronenzahl (und umgekehrt) neutral und bei ungerader Protonen- und Neutronenzahl negativ.

Massendefekt

Einzelne Nukleonen sind schwerer als gebundene Nukleonen (in einem Atomkern)

Radioaktivität

Radioaktivität wurde von Wilhelm Conrad Röntgen entdeckt. Später prägten Henri Becquerel und Marie und Pierre Curie den Begriff der Radioaktivität, wofür das Ehepaar Curie auch Nobelpreise erhielt.

Zerfallsarten

Instabile Kerne können auf unterschiedliche Arten zerfallen.

Alpha-Zerfall

- Ziel: Erhöhung der Kernstabilität
- Kernkräfte können Abstoßung der Protonen nicht kompensieren
- Aussendung eines α -Teilchens (${}^4_2\text{He}$)
- Strahlung durch Papier abschirmbar



Beta-Minus-Zerfall

- Viel mehr Neutronen als Protonen
- Neutron wandelt sich in Proton um



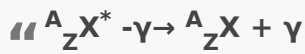
Beta-Plus-Zerfall

- Mehr Protonen als Neutronen
- Proton wandelt sich in Neutron um



Gamma-Übergang

- Nach α oder β -Zerfällen
- Kern ist angeregt (zu viel Energie)
- gibt Photon (γ -Teilchen) ab
- Schlecht abschirmbar



Aktivität

Anzahl der Zerfälle pro Zeiteinheit: $A = \Delta N / \Delta t$

Einheit: Becquerel Bq (früher: Curie Ci = Aktivität 1g Radium)

Halbwertszeit

Vorhersage über Zerfallszeitpunkt eines Kerns unmöglich, aber: Halbwertszeit einer bestimmten Menge τ (\rightarrow Exponentialfunktion $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$)

Radioaktive Strahlung

Strahlungswirkung

- **Aktivität A** (siehe oben)
- **Energiedosis D_E** : Energie pro Masse, die an radioaktiver Strahlung aufgenommen wird; Einheit: J / kg \rightarrow Gray Gy
- **Ionendosis D_I** : Ionisierende Strahlung, wie viele Teilchen können ionisiert werden; Einheit: C (Coulomb) / kg (früher Röntgen)
- **Äquivalentdosis H**: Wirkung der Strahlungsart durch Bewertungsfaktor q; Einheit: J / kg \rightarrow Sievert Sv

Zur Abschätzung von Schäden: Äquivalentdosis. Diese wird mit Gewebefaktor ω multipliziert, die einzelnen Teile wieder zusammenaddiert (rarr; gesamte Äquivalentdosis)

α -Strahlen sind sehr schädlich (vgl. Bewertungsfaktor q), lassen sich aber leicht abschirmen. γ -Strahlen dagegen sind kaum abschirmbar.

Grenzwerte

- Schwellendosis 0,25 Sv

- Subletale Dosis 1 Sv
- Mittelletale Dosis 4 Sv
- Letale Dosis 7 Sv

Stochastische Strahlenwirkung

Wahrscheinlichkeit der Schäden nach Strahlendosis; sinkt irgendwann wieder ab (da Zellen bereits abgestorben / keine neue Zellteilung mehr)

Deterministische Strahlenwirkung

Fixer Schaden nach Strahlendosis; Steigt ab Schwellendosis (fixe Schäden) an.

Strahlenschutz

Die 5 A's des Strahlenschutzes

- Abschirmen (z.B. Bleimantel)
- Abstand halten
- Aufnahme vermeiden
- Aufenthaltsdauer verringern
- Aktivität verringern - wenn man die Wahl hat, nützt man ein Element/Isotop mit geringerer Aktivität

Abschirmen

- α -Strahlung: durch Papier
- β -Strahlung: durch Blei
- γ -Strahlung: durchdringt alles; nimmt in einem Medium exponentiell ab (da elektromagnetisch)

Spezielle Relativitätstheorie

Relativitätsprinzip

Bewegung ist relativ. Z.B.: fährt der Zug, in dem man sitzt, oder der Zug neben einem (am Bahnhof)? Oder: Fallender Gegenstand im fahrenden Zug: Aus der Sicht eines Passagiers fällt der Gegenstand nach unten, aus der Sicht eines Trainspotters jedoch nach rechts und unten. Dieses Prinzip nach Newton gilt immer noch weitgehend.

ABER: Lichtgeschwindigkeit im Vakuum ist konstant (lt. Einstein) → nicht relativ!

Es gibt zwei Postulate nach Einstein als Grundsteine für die SRT:

- Alle Inertialsysteme sind gleichberechtigt. Alle physikalischen Prozesse laufen in Inertialsystemen gleich ab.
- Die Lichtgeschwindigkeit ist in jedem Inertialsystem unabhängig von der Bewegung der Lichtquelle.

Daraus folgt, dass bei klassischen Bewegungen mit $v \ll c$ die Geschwindigkeitsaddition weiterhin bestehen bleibt. Allerdings ist die Lichtgeschwindigkeit immer konstant - unabhängig von der Sichtweise / dem Inertialsystem / dessen Bewegung!

Zeitdilatation

Beispiel: Lichtuhr - Licht bewegt sich auf und ab. Wird diese bewegt, legt das Licht eine größere Strecke für den Beobachter eine größere Strecke zurück (das aber dennoch mit Lichtgeschwindigkeit - diese ist ja konstant), als für jemanden, der sich mit gleicher Geschwindigkeit bewegt → **Bei Bewegung vergeht die Zeit langsamer.**

Längenkontraktion

Bewegte Maßstäbe sind kürzer. Formt man die Formel nach der Länge entsprechend um, so sieht man, dass die Länge bei Bewegung immer kleiner ist, als die Länge in Ruhe.