**Schrödingergleichung**

Die Schrödingergleichung ist die Grundgleichung der nichtrelativistischen Quantenmechanik. Sie beschriebt als Wellengleichung die zeitliche Entwicklung des Zustandes eines unbeobachteten Quantensystems

Grundlagen:

A group of symbols on a white background

Description automatically generated = y

* Zustand eines Teilchens kann durch Wellenfunktion y beschrieben werden
* |y(x)|² ist Wahrscheinlichkeit, dass sich Teilchen am Ort x aufhält

A graph of a function

Description automatically generated

A graph of a function

Description automatically generated

Formel:

Zeitunabhängige, eindimensionale Schrödingergleichung:

A close-up of a logo

Description automatically generated

Herleitung:

* Fundament der Quantentheorie
* Keine Herleitung im eigentlichen Sinne möglich
* Plausibilitätsbetrachtungen möglich zB: Potentialtopf

Anwendung (Potentialtopf mit unendlich hohen Wänden):

A graph of a function

Description automatically generated with medium confidence

* Ein Teilchen besitzt im Bereich (0; L) ein konstantes Potenzial
* Wahl des günstigen Bezugssystem => Epot = 0

A math equation with a white background

Description automatically generated

Probeansatz:

A math equations on a white background

Description automatically generated

Nebenbedingungen:

A math equations and formulas

Description automatically generated with medium confidence

Normierung:

A math equations and formulas

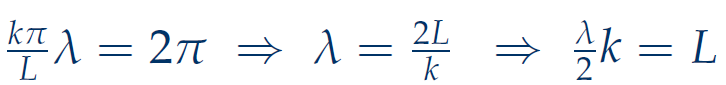
Description automatically generated with medium confidence

Interpretation als stehende Welle:

* Ergebnis der Schrödingergleichung

A math equation with a square root

Description automatically generated with medium confidence



A graph with a curved line

Description automatically generatedA graph of a function

Description automatically generatedA graph with a green line

Description automatically generatedA graph with a red line and yellow line

Description automatically generated

Fazit des Gedankenversuchs:

* Nur bestimmte Werte für Eges möglich (Eigenwert)
* Bei anderen Werten: Divergenz im unendlichen
* Komplexitätssteigerung bei mehrdimensionalen, zeitabhängigen Prozessen
* Oft keine Lösung in geschlossener Form möglich

Ausblick Endlicher Potentialtopf:

A graph of a function

Description automatically generated

Ausblicke Tunneleffekt:

A graph of a function

Description automatically generated

**Allgemeine Relativitätstheorie**

Grundgedanke ist, dass man beschleunigte Systeme ohne Gravitation nicht mit ruhenden Systemen mit Gravitation unterscheiden kann

Gravitationskraft als Wirkung einer Krümmung der Raum-Zeit zu betrachten

Konsequenzen:

* Zeitdilation
* Längenkontraktion
* Rotverschiebung im Gravitationsfeld
* Ablenkung des Lichts durch große Massen
* Periheldrehung von Planeten

Gravitations-Rotverschiebung

Photon steigt im Gravitationsfeld nach oben und muss Arbeit gegen die Anziehungskraft

Leisten => Energie des Photons verringert sich

Geringere Energie bedeutet geringere Frequenz und damit eine Verschiebung der Wellenlänge zu mehr „Rot“

Dieser relativistische Effekt ist bei normalen Gravitationsfeldern (Erde) sehr gering (10^-14), spielt aber beim GPS eine wichtige Rolle

Licht, das an einer große Masse verbeiläuft

A math equations and formulas

Description automatically generated with medium confidence

**Quantentheorie**

Einleitung:

Der Welle-Teilchen-Dualismus führte zur Entdeckung der Quantenphysik

Führt man sog. Doppelspaltversuch einerseits mit makroskopischen Teilchen oder mit Wellen, andererseits mit Elementarteilchen durch, ergeben sich unterschiede. Diese können mit der klassischen Physik nicht richtig erklärt werden

Durch die Deutung der Welleneigenschaften von mikroskopischen Teilchen (zB. Elektronen) als Aufenthaltswahrscheinlichkeit können diese Erscheinungen qualitativ und quantitativ richtig vorhergesagt werden

Materiewellen

Louis de Broglie erweiterte Welle-Teilchen-Dualismus auf alle Materie und gab Wellenlänge einer „Materiewelle“ mit

A number of letters and numbers

Description automatically generated with medium confidence

Für Elektronen im Elektronenmikroskop ergeben sich Wellenlängen im Bereich von pm bis nm!

Daher zeigen Elektronen dort deutliche Welleneigenschaften

Heisenberg´sche Unschärferelation

In der klassischen Physik gilt der Determinismus. D.h. bei gegebenen Anfangsbedingungen für die Bewegung eines Körpers sind Ort und Geschwindigkeit (Impuls) für alle Zeitpunkte festgelegt bzw. exakt berechnet (= determiniert)

Nach Heisenberg ist es prinzipiell unmöglich den Ort und den Impuls eines (Quanten-)Objekts genau zu bestimmen.

Es gilt folgende Unschärferelation:

A number symbols and symbols

Description automatically generated with medium confidence

Wobei das Δ nicht für eine Differenz, sondern für die „Unschärfe“ (= Standartabweichung einer Messung)

Es gilt für alle Größen, die eine Wirkung ergeben

Tunneleffekt

Aufgrund Unschärferelation gibt es Lösungen der Schrödingergleichung, die Teilchen erlauben in Bereiche einzudringen, die klassisch nicht möglich wären („durchtunneln“). Dieses Verhalten hat praktische Bedeutung erlangt (zB Tunneldiode oder Rastertunnelmikroskop).

**Elementarteilchenphysik**

Einleitung

Obwohl Atom- und Quantenphysik Beginn des 20. Jahrhunderts rasch akzeptiert wurde, gelang der Nachweis der fundamentalen Teilchen erst spät.

Atomkern, Kernmodelle

Atomkern besteht aus Protonen und Neutronen nur was hält sie zusammen, da gleichgeladene Protonen sich ja abstoßen.

Es ist eine der 4 Grundkräfte, die sog. Starke Kraft oder starke Wechselwirkung. Diese hat aber nur eine sehr geringe Reichweite (ca 10^15m).

Radius in Meter eines Atomkerns mit Massenzahl Am beträgt:



Die Bindungsenergie der Kernteilchen ist ca. 1Mio stärker als jene der Elektronen in der Atomhülle.

Man kann den Atomkern durch das Schalenmodell oder das Tröpfchenmodell beschreiben.