

RELATIVITÄT, QUANTEN und FELDER

Konzepte der Teilchenphysik

J. H. Kühn

Neue Konzepte

weit entfernt von der Anschauung

aber

tieferer Einsichten,
experimentell verifizierbar

Relativität

Quanten

Felder

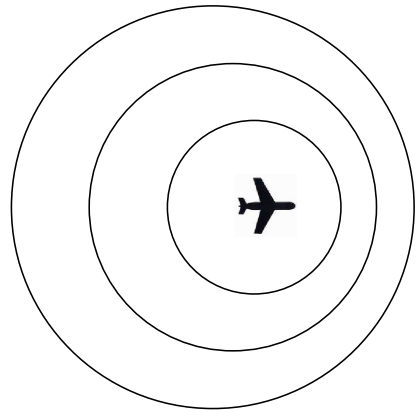
Quantenfeldtheorie

Fundamentale Bausteine der Materie

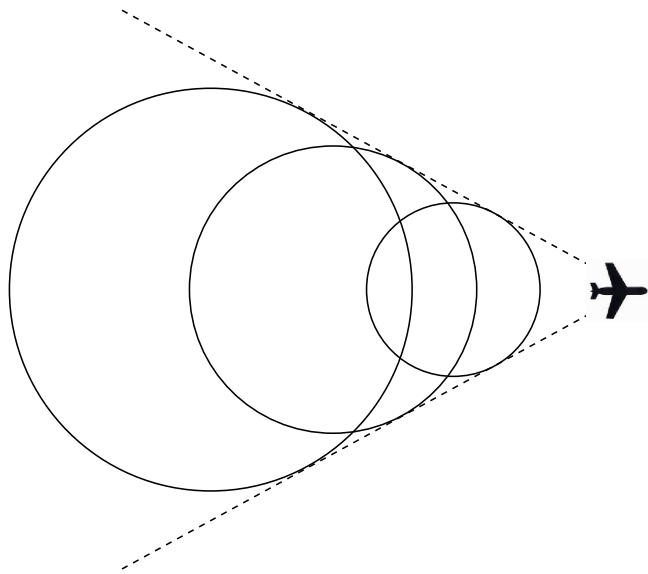
Offene Fragen

Relativitätstheorie

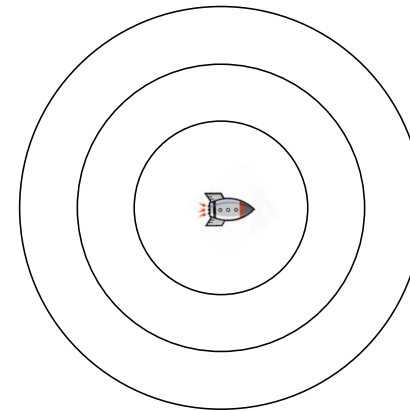
Maxwell-Gleichungen \implies Ausbreitung von Licht gleich in jedem Bezugssystem



$$v = v_{Schall} / 2$$



$$v = 2 v_{Schall}$$



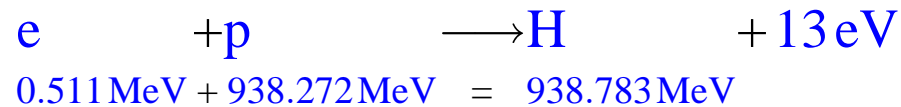
elektromagnetische Welle

Spezielle Relativitätstheorie (Einstein 1905)

$$E = mc^2$$

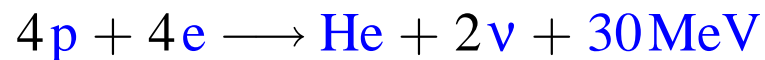
Massendefekt:

Atomphysik (Chemie)



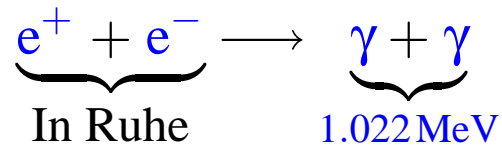
$$E_{\text{Bind}}/mc^2 \approx 1/100\,000\,000$$

Kernphysik (Energieerzeugung in der Sonne)



$$E_{\text{Bind}}/mc^2 \approx 1\%$$

Teilchenphysik



Massendefekt = 100%

Quanten

Strahlungsformel (1900)

Energie der Oszillatoren „gequantelt“

$$E = h\nu$$

ν : Frequenz

Atome emittieren Energie in Paketen \equiv Photonen



Planck

Quantisierungsbedingung (1913)

nur diskrete Energieniveaus

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2}; \quad E_0 = 13.6 \text{ eV}$$

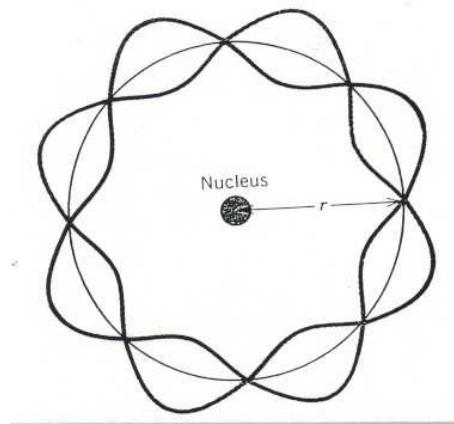
Photonen: $E_\gamma = E_n - E_m$

nur diskrete Energien

Atome sind stabil; Spektren immer gleich

Elektronen breiten sich aus wie Wellen (1924)

(Teilchen \Leftrightarrow Welle)



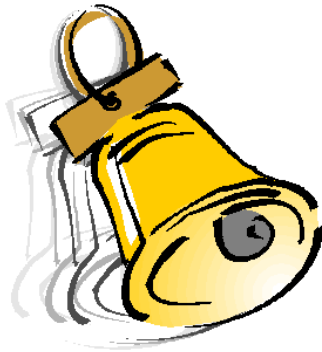
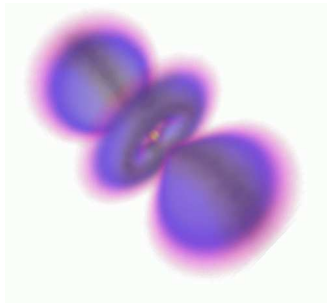
Bohr



de Broglie

Schrödingergleichung (1925-1927)

Energieniveaus $\hat{=}$ Schwingungszustände

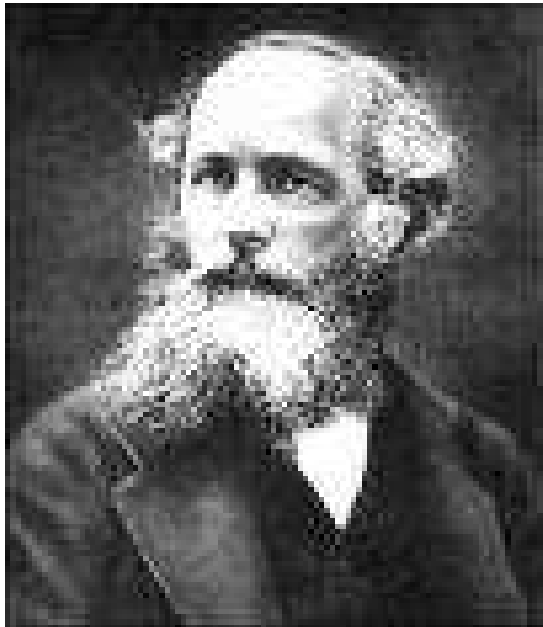


Schrödinger

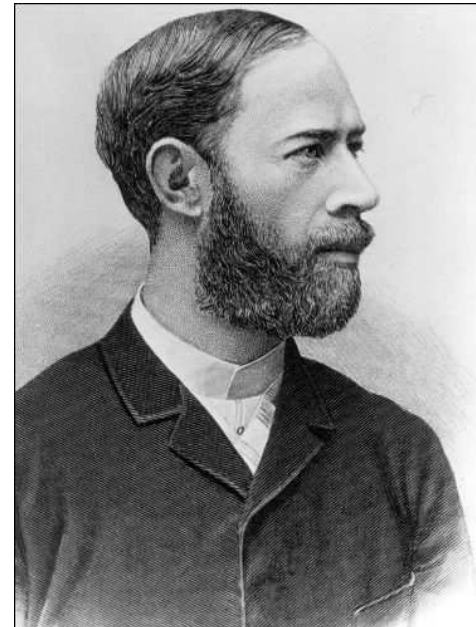
Felder

ELEKTROMAGNETISCHES FELD

⇒ ELEKTROMAGNETISCHE WELLE



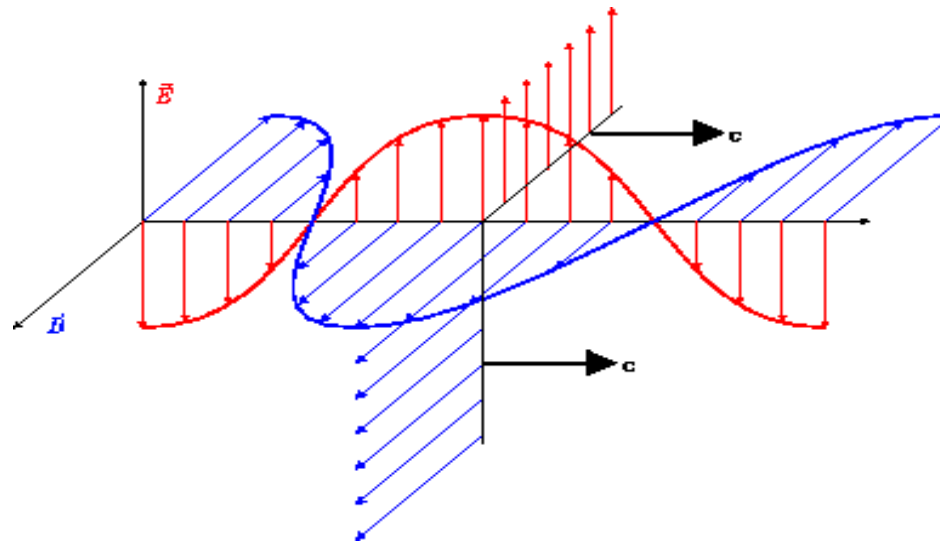
Maxwell



Hertz

Änderung im elektrischen Feld \implies Änderung im magnetischen Feld \implies Änderung im elektrischen Feld $\implies \dots$

\implies **Welle**; Ausbreitung mit Lichtgeschwindigkeit

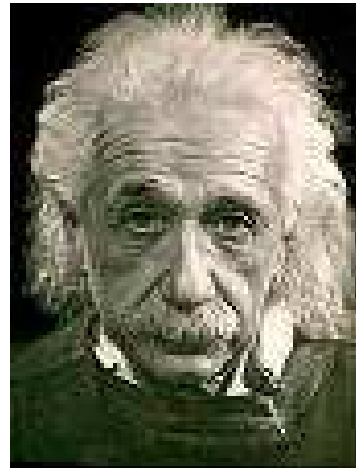


Licht \equiv elektromagnetische Welle

Quantenfeld

Dualität

Welle \longleftrightarrow Teilchen (Photon)



Einstein

alle Photonen gleicher Energie sind identisch (Laser)

Quantenfeldtheorie

Elektronen sind quantisierte Schwingungen des Elektron-Feldes



⇒ alle Elektronen sind identisch!

etwa $1 \underbrace{00.000.000.000.000.000.000.000}_{23 \text{ Nullen}}$ Elektronen in 1 Liter Wasser
sind identisch

$6.700.000.000$ Menschen sind verschieden

Relativitätstheorie + Quantenfeldtheorie

⇒ Existenz von Antimaterie

Elektron \leftrightarrow Positron

Proton \leftrightarrow Antiproton

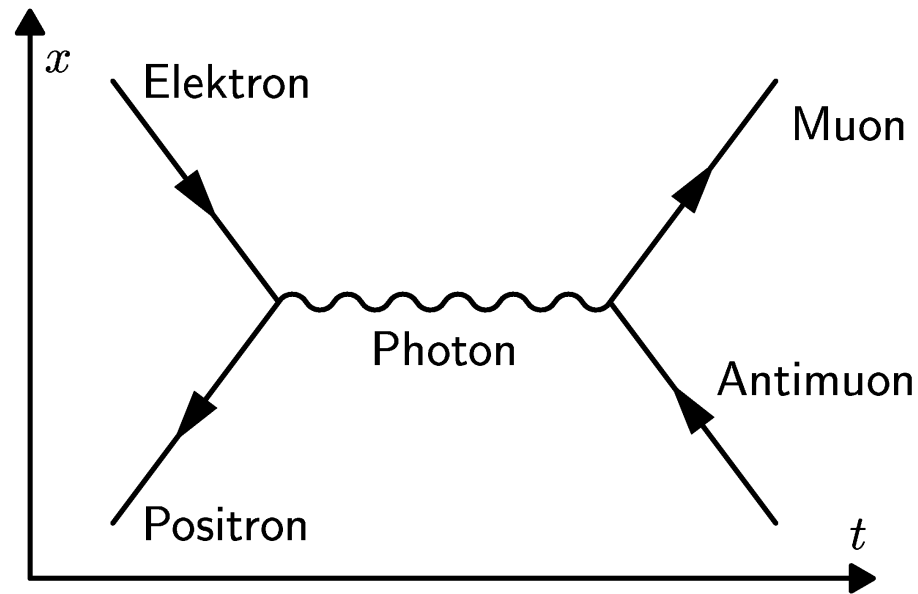
⋮

Teilchen \leftrightarrow Antiteilchen (gleiche Masse)



Dirac

Beliebige Teilchen und Antiteilchen können im Labor erzeugt werden,
wenn die Energie groß genug ist.



$$e^+ e^- \longrightarrow \text{„virtuelles“ Photon} \longrightarrow \mu^+ \mu^-$$

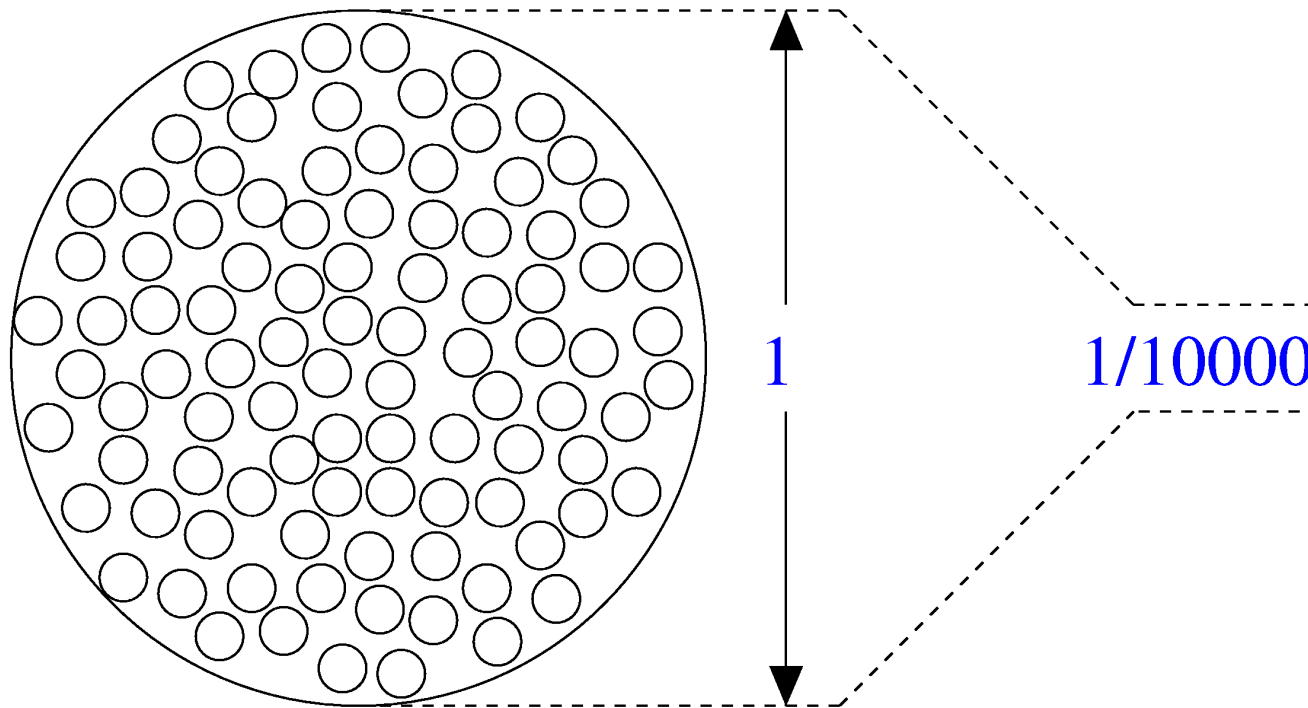
reine Feldenergie

Muon = schwerer Partner des Elektrons, $m_\mu \approx 200 m_e$

LEP: Large Electron Positron Collider: $E \approx 200 \text{ GeV}$

(Elektronen durchlaufen Potentialdifferenzen von 2×10^{10} Volt)

Energie-Äquivalent eines Bleikerns



reine Feld-Energie, konzentriert in 10^{-3} fm

LHC: Large Hadron Collider (ab 2009)

Energie = 14 000 GeV

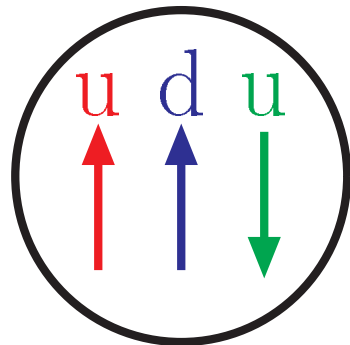
(Energie-Äquivalent von 70 Bleikernen in winzigem Volumen)

→ Vortrag Müller

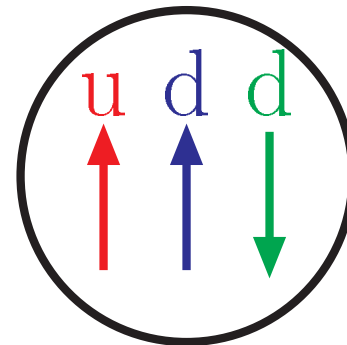
Fundamentale Bausteine der Materie

Leptonen (Elektron, Muon, Tau; Neutrinos)

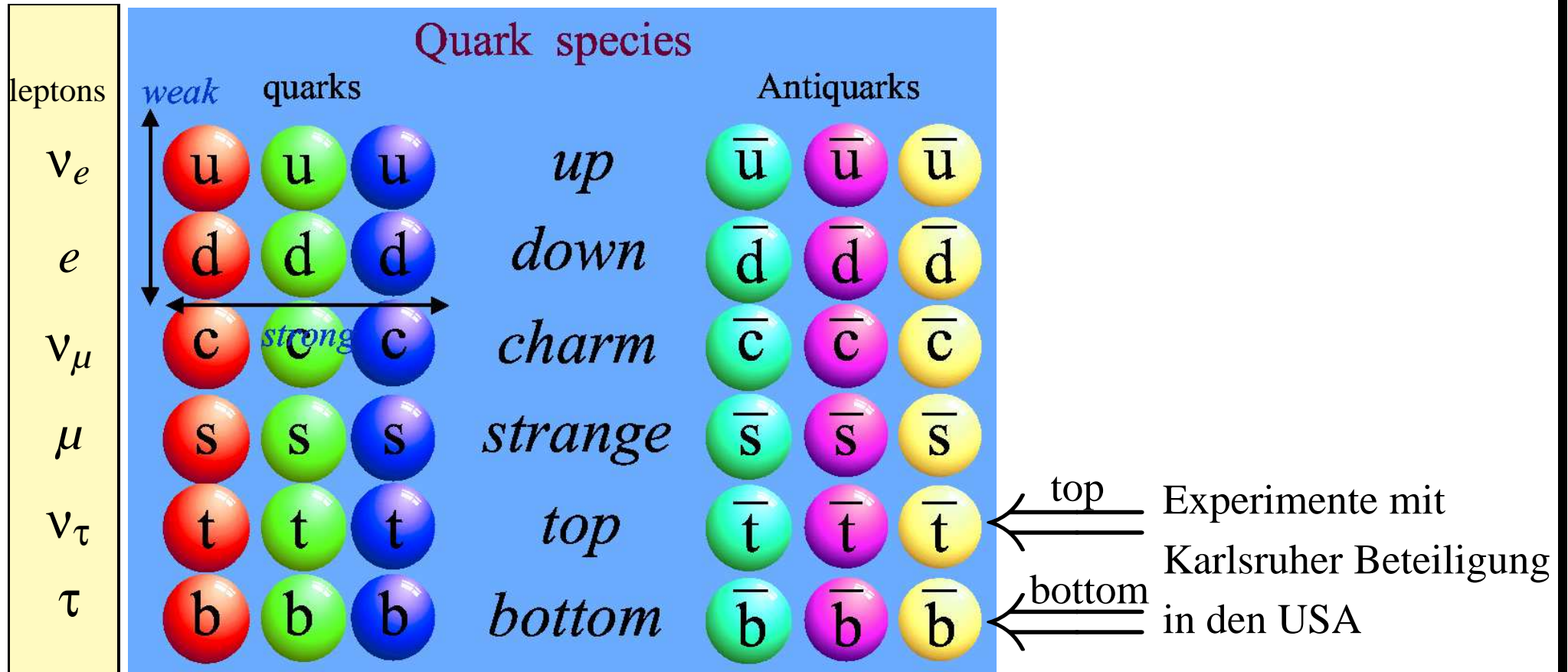
Quarks

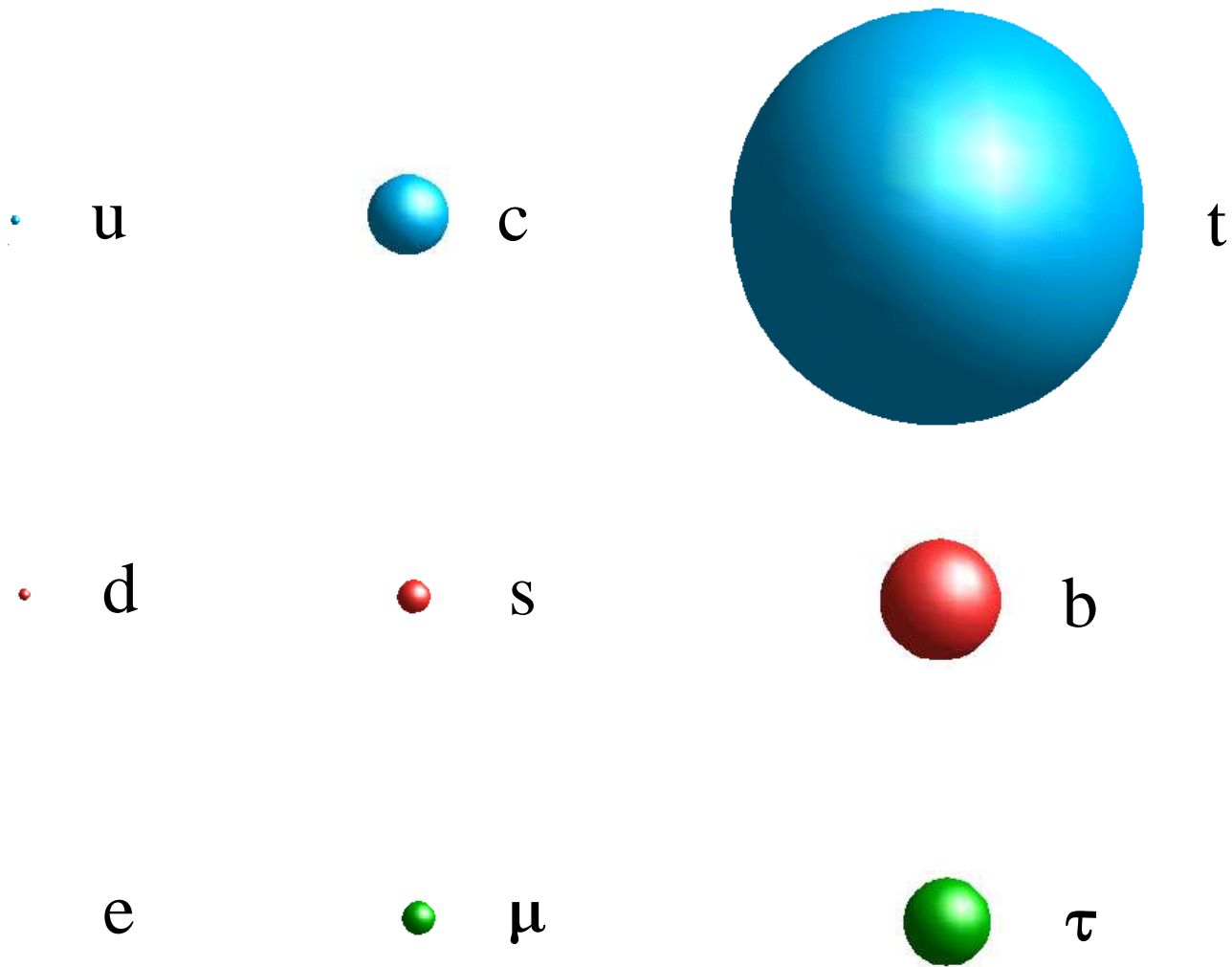


: Proton



: Neutron





Zusammenfassung

RELATIVITÄTSTHEORIE + QUANTENMECHANIK + FELDER
+ LEPTONEN + QUARKS

⇒ KONSISTENTE THEORIE

Offene Fragen

Higgs Boson

Dunkle Materie

Higgs Boson

Wie erhalten Teilchen ihre Masse?

⇒ Bewegung durch ein universelles Feld
bezeichnet nach dem Theoretiker Higgs

Schwingungen des Higgs-Feldes

⇒ **Higgs-Teilchen?**

(noch nicht beobachtet)

Dunkle Materie

Rotation Curves of Spiral Galaxies



(David Malin, AAO)

Spiral galaxies like our own Milky Way are rotating.

The rate of rotation can be measured, and used to determine the *mass* of the galaxy.

The stars in a typical galaxy comprise at most 10% of its mass!

Dunkle Materie

With our Dark Matter glasses on:



⇒ neue Teilchen erforderlich, vorhergesagt in **Supersymmetrischen Theorien**

Nuclear Physics B70 (1974) 39-50. North-Holland Publishing Company

Volume 49B, number 1

PHYSICS LETTERS

18 March 1974

SUPERGAUGE TRANSFORMATIONS IN FOUR DIMENSIONS

J. WESS
Karlsruhe University

B. ZUMINO
CERN, Geneva

Received 5 October 1973

Abstract: Supergauge transformations are defined in four space-time dimensions. Their commutators are shown to generate γ_5 transformations and conformal transformations. Various kinds of multiplets are described and examples of their combinations to new representations are given. The relevance of supergauge transformations for Lagrangian field theory is explained. Finally, the abstract group theoretic structure is discussed.

1300 Zitate

Suche nach diesen
Teilchen am LHC

**A LAGRANGIAN MODEL INVARIANT UNDER
SUPERGAUGE TRANSFORMATIONS**

J. WESS
Karlsruhe University, Germany

and

B. ZUMINO
CERN, Geneva, Switzerland

Received 4 January 1974

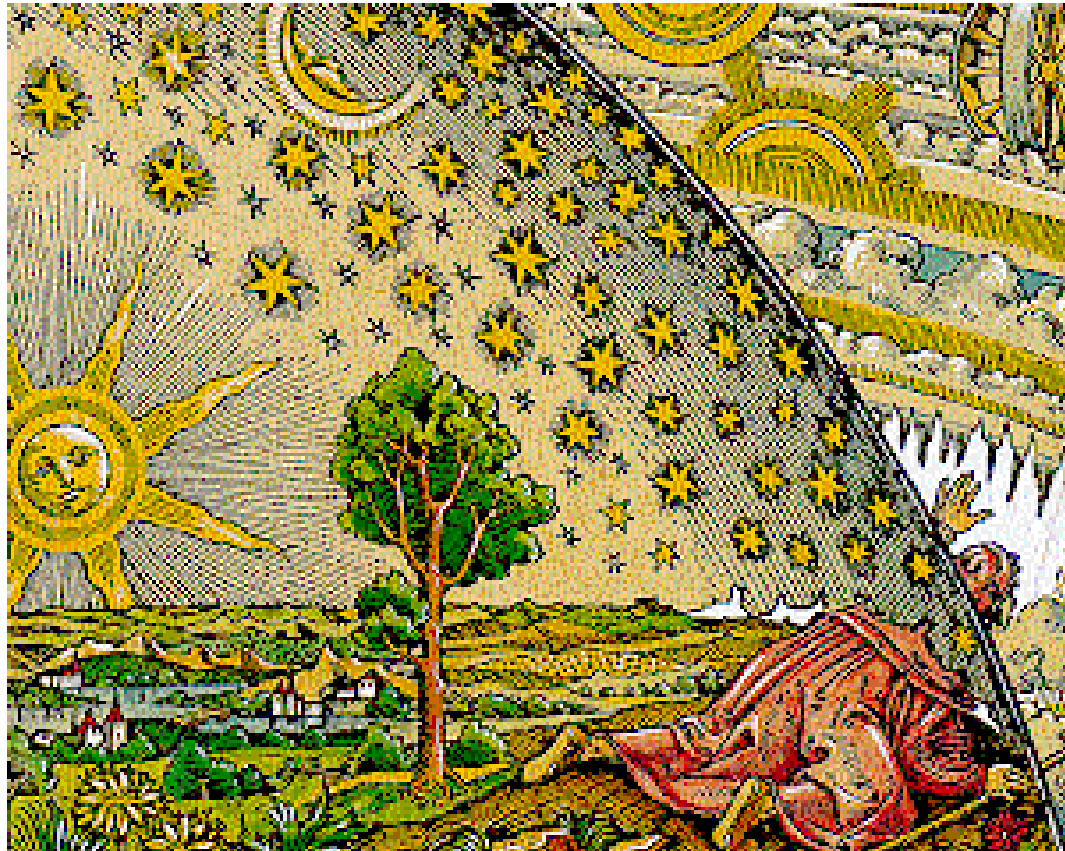
We study, in the one-loop approximation, a Lagrangian model invariant under supergauge transformations. The model involves a scalar, a pseudoscalar and a spinor field. Supergauge invariance gives rise to relations among the masses and the coupling of these fields and implies the existence of a conserved current. The renormalization procedure is discussed and the relations among masses and couplings are shown to be preserved by renormalization.

700 Zitate



Wess

Folgerungen für unser Weltbild,
die Rolle von Raum, Zeit und Materie



There are difficulties; there are certainly difficulties

Have you any alternative theory which will meet the facts?

Sherlock Homes: The Sign of Four – A.C. Doyle

