

Moderne Physik: Elementarteilchenphysik, Astroteilchenphysik, Kosmologie

Ulrich Husemann
Humboldt-Universität zu Berlin
Sommersemester 2008

Vorstellung

- Dr. Ulrich Husemann
 - Seit 01.04. „Nachwuchsgruppenleiter“:
DESY (Standort Zeuthen) und HU Berlin
 - Forschungsgebiet: experimentelle Teilchenphysik
 - E-Mail: ulrich.husemann@desy.de
 - Telefon Zeuthen: 033762-7-7392
 - Büro Zeuthen: 3L/26
 - Büro Berlin: 2'412

Inhalte und Ziele der VL

- Vermittlung des modernen Weltbildes:
Elementarteilchenphysik, Astroteilchenphysik,
Kosmologie
- Inhaltsangabe:
 - Allgemeine Grundlagen (2 VL)
 - Elementarteilchenphysik (5 VL)
 - Astroteilchenphysik und Kosmologie (5 VL)
 - Ausblick: ungelöste Fragen (1 VL)

Einordnung der Vorlesung

- Pflichtveranstaltung Lehramts-Masterstudiengang:
Modul PK 23a
- Zielgruppe:
 - 2. Fachsemester Kombimaster, Erstfach Physik
 - Masterarbeit in Physik oder Zweifach
- Voraussetzungen: Modul PK 4a oder PK 4b
Kombibachelor („Experimentalphysik IV“)

Termine und Prüfungen

- Termine:
 - Vorlesung: Donnerstags, 9:00–11:00 Uhr, NEW 15 2'101
 - Übung: Donnerstags, 11:00–13:00 Uhr, NEW 15 2'101 (jede zweite Woche)
- Prüfung
 - Zweistündige Klausur über Stoff der Vorlesung
 - Geplanter Termin: erste Woche der vorlesungsfreien Zeit (21.–25.07.08) → genauer Termin und Raum nächste Woche

Ablauf der Übungen

- Kurzreferate (10–15 Minuten) + Diskussion
- 14-tägig: 7 Termine mit je 3–4 Referaten
- Erster Termin: Donnerstag, 24.04.08, 11:00–13:00 Uhr, NEW 15 2'101
- Themen für nächste Woche: Geschichte der Teilchenphysik/Astroteilchenphysik/Kosmologie
 - Vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild
 - Entdeckung der kosmischen Strahlung
 - Der Rutherford-Streuversuch

Literatur

- Webseite zur Vorlesung: http://www-zeuthen.desy.de/~husemann/teaching/2008_ss/moderne_physik/
- Allgemeine Physikliteratur
 - C. Gerthsen: Physik (Springer 2006)
 - P. A. Tipler: Physik (Spektrum 2006)
- Nachschlagewerk: „Review of Particle Physics“, <http://pdg.lbl.gov>

Literatur

- Elementarteilchenphysik (vorläufig)
 - K. Wille: Physik der Teilchenbeschleuniger und Synchrotronstrahlungsquellen (Teubner 1996)
 - C. Grupen: Teilchendetektoren (Spektrum 1993)
 - A. Das & T. Ferbel: Introduction to Nuclear and Particle Physics (World Scientific, 2004)
 - D. H. Perkins: Introduction to High Energy Physics (Cambridge University Press, 2000)
 - <http://www.particleadventure.org>
 - <http://kworkquark.desy.de>

Literatur

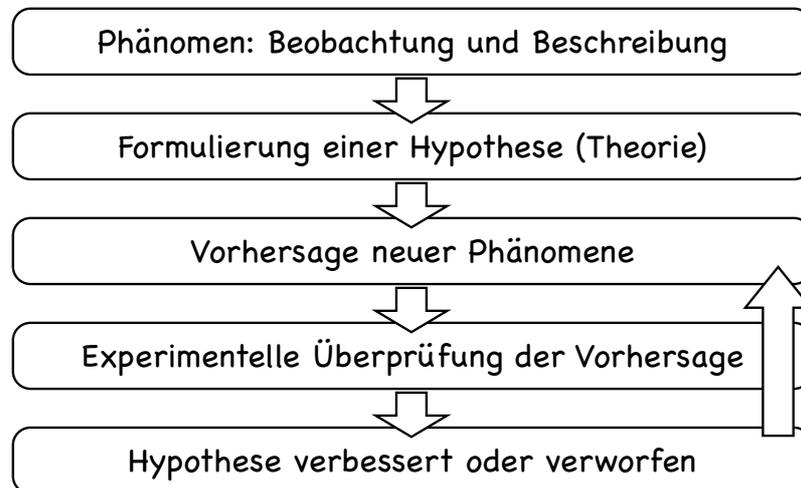
- **Astroteilchenphysik und Kosmologie (vorläufig)**
 - C. Grupen: Astroteilchenphysik (Vieweg 2000)
 - P. Schneider: Einführung in die Extragalaktische Astronomie und Kosmologie (Springer 2006)
 - H. V. Klapdor-Kleingrothaus, K. Zuber: Teilchenastrophysik, (Teubner 1997)
 - D. H. Perkins: Particle Astrophysics (Oxford, 2003)

Kapitel 1

Wissenschaftliche Methodik

Wissenschaftliche Methode

- Ziel der Wissenschaft: möglichst „objektiver“ Erkenntnisgewinn, d. h. Reduktion des Einflusses von (wissenschaftlichen) Vorurteilen

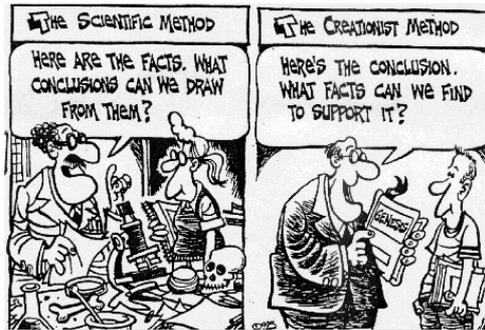


Gute Theorien

- Theorie kann (jetzt oder in der Zukunft) experimentell überprüft werden: „Falsifizierbarkeit“
- Theorie gibt mehr zurück, als man hereingesteckt hat: „Vorhersagekraft“
- Beispiel: Standardmodell der Teilchenphysik – Vorhersage neuer Teilchen (z.B. W- und Z-Bosonen), die später entdeckt worden sind
- Bemerkung: Newton'sche Mechanik Beispiel für gute Theorie mit begrenztem Gültigkeitsbereich („effektive Theorie“) – gute Näherung für Geschwindigkeiten viel kleiner als Lichtgeschwindigkeit

Schlechte Theorien

- Schlechte Theorie
 - Keine Überprüfbarkeit und/oder Vorhersagekraft
 - „Das ist nicht nur nicht richtig, es ist nicht einmal falsch!“
- Beispiel: Kreationismus / Intelligent Design



Moderne Physik (PK 23a), HU Berlin, Sommersemester 2008, Vorlesung 1

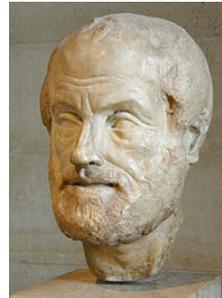
13

Kapitel 2

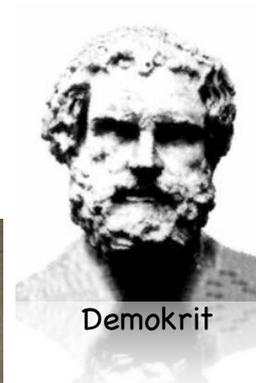
Geschichte der Teilchenphysik, Astroteilchenphysik und Kosmologie

Altertum

- Demokrit (ca. 400 v. Chr.):
Materie ist aus unteilbaren kleinsten Teilchen aufgebaut („Atome“)
- Aristoteles (ca. 350 v. Chr.):
systematische Sammlung und Klassifizierung des Wissens, Dialektik, Metaphysik usw.
- Claudius Ptolemäus (ca. 150):
Theorie der Epizykeln
- Mittelalter in Europa ...



Aristoteles



Demokrit

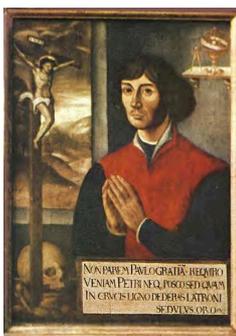


C. Ptolemäus

Moderne Physik (PK 23a), HU Berlin, Sommersemester 2008, Vorlesung 1

15

Mittelalter bis Renaissance



N. Kopernikus



R. Bacon

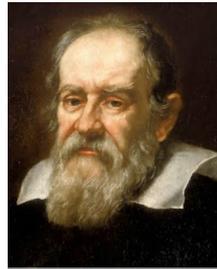
- Roger Bacon (ca. 1250):
Anschluss an griechische und arabische Wissenschaft, empirische Naturforschung
- Nikolaus Kopernikus (ca. 1500):
Erde dreht sich um die Sonne („heliozentrisches Weltbild“)

Moderne Physik (PK 23a), HU Berlin, Sommersemester 2008, Vorlesung 1

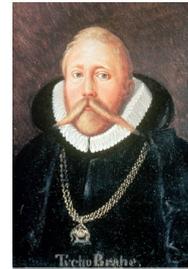
16

Renaissance und Barock

- Galileo Galilei, Tycho Brahe, Johannes Kepler (ca. 1600): Systematische Beobachtung von Himmelskörpern
→ Himmelsmechanik
- Isaac Newton (1687): klassische Mechanik beschreibt Gravitationskräfte zwischen Himmelskörpern



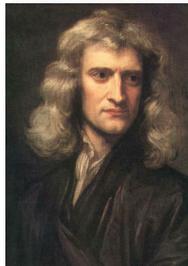
G. Galilei



T. Brahe



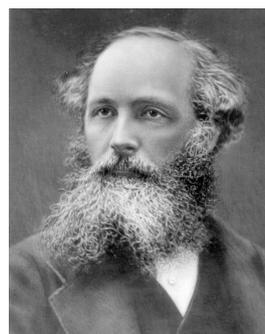
J. Kepler



I. Newton

19. Jahrhundert

- James C. Maxwell (1873): Theorie des Elektromagnetismus, Licht als elektromagnetische Welle
- Wilhelm C. Röntgen (1895): X-Strahlen



J. C. Maxwell



W. C. Röntgen

19. Jahrhundert



H. Becquerel



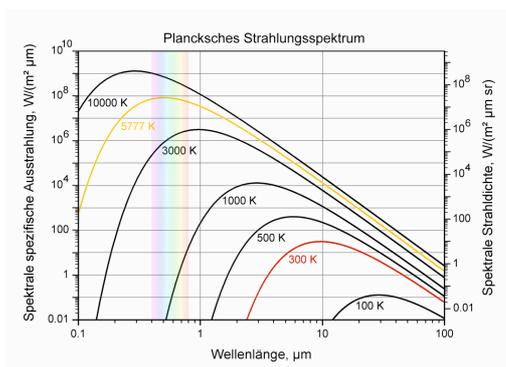
J. J. Thompson



M. & P. Curie

- Henri Becquerel (1896): Entdeckung der Radioaktivität
- Joseph J. Thompson (1897): Entdeckung des Elektrons, Atommodell: Elektronen als „Rosinen im Kuchen“
- Marie & Pierre Curie (1898): Entdeckung der ersten radioaktiven Elemente (Polonium, Radium)

20. Jahrhundert



- Max Planck (1900): Erklärung der Schwarzkörperstrahlung mittels Quantisierung der Energie → Quantenphysik



M. Planck



A. Einstein

- Albert Einstein (1905): Lichtquantenhypothese, Spezielle Relativitätstheorie

20. Jahrhundert

- Ernest Rutherford (1911): Streuung von Alphateilchen an Goldfolie → Atomkern
- Niels Bohr (1913): Atommodell erklärt Spektrallinien des Wasserstoff



E. Rutherford



N. Bohr

20. Jahrhundert

- Victor Hess (1912): Entdeckung der „Höhenstrahlung“ (kosmische Strahlung)
- Henrietta Leavitt (1912): Entfernungsmessung durch Periode-Leuchtkraft-Beziehung bei Cepheiden-Sternen



V. Hess



H. Leavitt

20. Jahrhundert



K. Schwarzschild



A. Eddington

- Albert Einstein (1916):
Allgemeine
Relativitätstheorie (ART)
- Karl Schwarzschild (1916):
Postulat schwarzer
Löcher als Lösungen der
Gleichungen der ART
- Arthur Eddington (1919):
Ablenkung von Licht im
Gravitationsfeld –
Bestätigung der ART

20. Jahrhundert

- Wolfgang Pauli (1925):
Ausschließungsprinzip
- Erwin Schrödinger (1926):
Quantenmechanik formuliert als
Wellenmechanik
(„Schrödingergleichung“)
- Werner Heisenberg (1927):
Matrizenmechanik, Unschärferelation
- Paul A. M. Dirac (1928): Verbindung
Relativitätstheorie und
Quantenmechanik („Diracgleichung“)



E. Schrödinger



W. Pauli



W. Heisenberg



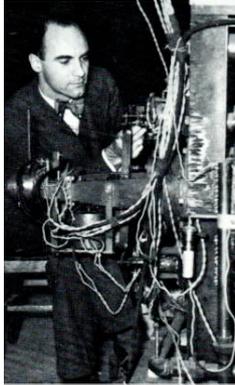
P. Dirac

20. Jahrhundert



E. Hubble

- Edwin Hubble (1928): Rotverschiebung des Lichts entfernter Galaxien proportional zur Entfernung



C. Anderson

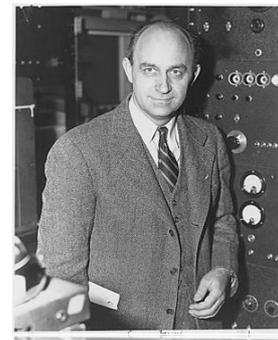
- Wolfgang Pauli (1930): Postulat des Neutrinos zur Energieerhaltung im Beta-Zerfall ($n \rightarrow p e^- \nu$)
- Carl Anderson (1932): Entdeckung des Positrons als Antiteilchen des Elektrons

20. Jahrhundert

- James Chadwick (1932): Entdeckung des Neutrons
- Enrico Fermi (1933): Theorie des Beta-Zerfalls → schwache Wechselwirkung

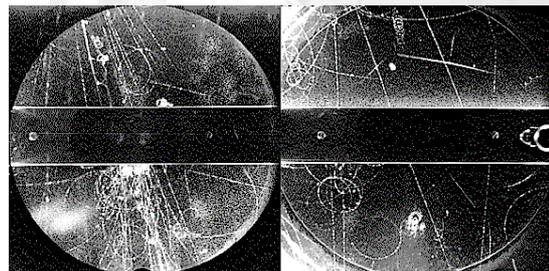


J. Chadwick



E. Fermi

- ca. 1940–1970: Entdeckung neuer Teilchen in kosmischer Strahlung: Myon, Pion, Kaon, Antiproton, D-Meson



Entdeckung des Kaons

20. Jahrhundert

- George Gamov (1948): Urknalltheorie erklärt Wasserstoff- und Heliumgehalt des Universums
- Feynman, Schwinger, Tomonaga (ca. 1950): Quantentheorie des Elektromagnetismus (Quantenelektrodynamik, QED)
- Murray Gell-Mann, George Zweig (1964): Postulat der Quarks als fundamentale Bausteine der Natur



G. Gamov



R. Feynman



J. Schwinger



S. Tomonaga



M. Gell-Mann



G. Zweig

20. Jahrhundert

- Arno Penzias, Robert Wilson (1965): Entdeckung der kosmischen Mikrowellen-hintergrundstrahlung
- Glashow, Salam, Weinberg (ca. 1970): Vereinheitlichung der elektromagnetischen und schwachen Wechselwirkung



R. Wilson & A. Penzias



S. Glashow



A. Salam



S. Weinberg

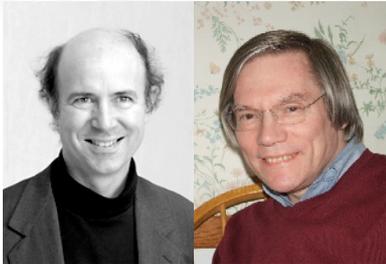
20. Jahrhundert



H. Fritzsche

D. Politzer

D. Gross



F. Wilczek

A. Guth

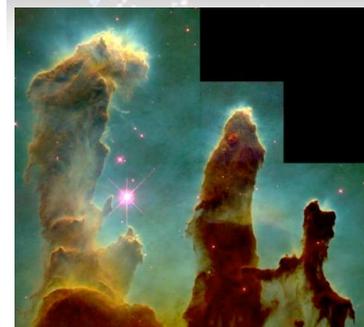
- Gell-Mann, Fritzsche, Politzer, Gross, Wilczek, ... (ca. 1974): Theorie der starken Wechselwirkung
- Alan Guth (1980): kosmische Inflation erklärt flaches Universum und Struktur des Universums auf großen Längenskalen

20. Jahrhundert

- DESY (1979): Austauscheteilchen der starken Wechselwirkung („Gluon“) entdeckt
- CERN (1982): Austauscheteilchen der schwachen Wechselwirkung („W/Z-Bosonen“) entdeckt
- 1990: Satelliten (COBE – Hintergrundstrahlung, ROSAT – Röntgenstrahlung, Hubble Space Telescope)

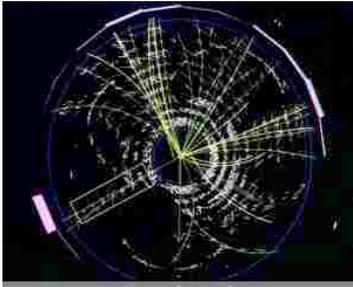


3-Jet-Ereignis bei TASSO

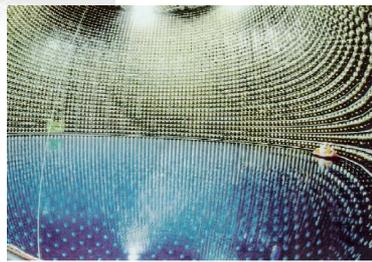


HST: Adlernebel

20. Jahrhundert



Top-Quark-Ereignis bei CDF



Super-Kamiokande

- Fermilab (1995): Das Top-Quark wird als letztes der sechs Quarks entdeckt
- Super-Kamiokande (1998): Neutrinos besitzen eine Masse