

Teilchenphysik für Fortgeschrittene

Karlsruher Institut für Technologie, Wintersemester 2011/2012

U. Husemann, J. Wagner-Kuhr

- 1 Einführung (1 VL)
 - 1.1 Organisatorisches.
 - 1.2 Kernkräfte, Isospin, Strangeness, Quarks und Partonen, QCD. Schwache Wechselwirkung, P- und CP-Verletzung, elektroschwache Theorie.
- 2 Detektoren und Beschleuniger (4 VL)
 - 2.1 Wechselwirkungen von Photonen und Elektronen, Bethe-Formel, Delta-Elektronen, Hadronen. Cherenkov-Strahlung, Übergangsstrahlung.
 - 2.2 Detektordesign, LHC-Detektoren, Kinematik am Collider. Spurdetektoren: Auflösung, Driftkammer, Siliziumdetektoren, Vergleich ATLAS/CMS Kalorimeter: Auflösung, Bauformen ECAL und HCAL, Vergleich ATLAS/CMS.
 - 2.3 Beschleuniger: Grundidee, Braunsche Röhre, Luminosität, Cockcroft-Walton-Beschleuniger, Van-de-Graaf-Beschleuniger, LINAC, Zyklotron, Betatron, Synchrotron, supraleitende Dipolmagnete, Hohlraumresonatoren, Phasenfokussierung, Quadrupolmagnete, starke Fokussierung, lineare Strahloptik, Beta-Funktion, Emittanz, Tunes, Antiproton-Erzeugung, Beschleuniger-Komplexe.
- 3 Grundlagen des Standardmodells (2 VL)
 - 3.1 Symmetrien und Erhaltungssätze.
 - 3.2 Dirac-Gleichung, Dirac-See, Feynman/Stückelberg-Interpretation, kovariante Bilinearformen, chirale Fermionen, Klein-Gordon- und Proca-Gleichung.
 - 3.3 Eichprinzip, Lagrangedichte in der QED und QCD.
 - 3.4 Feynmanregeln, Wirkungsquerschnitt.
 - 3.5 Divergenzen in der schwachen Wechselwirkung, schwacher Isospin, Hyperladung, $SU(2) \times U(1)$ -Symmetrie, schwacher Mischungswinkel, Idee des Higgs-Mechanismus, elektroschwache Lagrangedichte.

- 4 Tests der elektroschwachen Theorie – Z-Physik (2 VL)
 - 4.1 Vorhersagen der elektroschwachen Theorie: neutrale Stöße, Kopplungen an W- und Z-Boson.
 - 4.2 NC-Entdeckung, in Neutrino-Nukleon-Streuung, CDHS, Messung schwacher Mischungswinkel. W- und Z-Entdeckung, SppS, invariante Masse und transversale Masse.
 - 4.3 Z-Produktion bei LEP und SLC, Z-Resonanz, partielle Zerfallsbreiten, Form der Z-Resonanzkurve, differenzielle Wirkungsquerschnitte und Winkelverteilungen, Vorwärts-Rückwärts-Asymmetrie, Polarisations-Asymmetrie, schwacher Mischungswinkel, LEP-Detektoren, typische Ereignisbilder, Anzahl leichter Neutrinos, Lepton-Universalität, Tau-Polarisation.
- 5 Flavorphysik (2 VL)
 - 5.1 Entdeckung der Strangeness, Quark-Modell, Cabibbo-Winkel, GIM-Mechanismus, C-/P-/CP-Symmetrien, CP-Verletzung im Kaonsystem.
 - 5.2 CKM-Matrix, Unitaritätsdreieck, Wolfenstein-Parametrisierung, Suche nach flavorverletzenden neutralen Strömen, Bestimmung der CKM-Matrixelemente.
 - 5.3 Flavor-Mischung: neutrale Kaonen, Vergleich mit D- und B-System, Messung der Flavor-Mischung: Hadron-Collider und B-Fabriken.
 - 5.4 CP-Verletzung: direkt, in Mischung, in Interferenz, Messung von $\sin 2\beta$.
- 6 QCD (2 VL)
 - 6.1 Farbfreiheitsgrade, grundlegende QCD-Prozesse.
 - 6.2 Farbfaktor: R-Verhältnis, Tau-Zerfall, π^0 -Zerfall, Gluon-Entdeckung, Laufende Kopplung in QED und QCD, Bestimmung der starken Kopplungskonstante, OZI-Regel, Quarkonium, QCD-Potenzial, Fragmentation: Jets, schwere Quarks, Fragmentationsfunktion.
 - 6.3 Rutherford-Experiment, Elektron-Nukleon-Streuung, Strukturfunktionen, Quark-Parton-Modell, HERA-Beschleuniger, H1 und ZEUS, DIS-Kinematik, F2-Messung und Skalenverletzungen, Splitting-Funktionen, DGLAP-Gleichung, PDF-Fits, Faktorisierungsskala, PDFs: Universalität und Anwendungen.

- 7 High- p_T -Physik (2 VL)
 - 7.1 Drell-Yan-Prozess: Faktorisierung, Infrarot-Divergenzen.
 - 7.2 Partonschauer, Hadronisierung, Jets, Jetalgorithmen, Jetenergieskala, Jets am LHC.
 - 7.3 W-Nachweis, W- und Z-Produktion, W/Z+Jets, W-Masse: Hadron-Collider, LEP.
 - 7.4 Top-Entdeckung, Top-Paarproduktion und Zerfall, Cut&Count-Analyse, B-Tagging, Wirkungsquerschnitt am LHC, Einzeltop-Produktion, Zerfallsbreite und Lebensdauer, Top-Ladung, Yukawa-Kopplung, W-Polarisation, Top-Masse, Hadron-Collider, Linearbeschleuniger, Matrixelement-Methode.
- 8 Physik des Higgs-Bosons (2 VL)
 - 8.1 Higgs-Mechanismus, Boson- und Fermion-Massen, Higgs-Kopplungen
 - 8.2 Grenzen des Standardmodells: Unitarität, Perturbativität, Stabilität, Präzisionsdaten
 - 8.3 Higgs-Produktion und –Zerfall, Verzweigungsverhältnisse und totale Zerfallsbreite, Higgs-Kanäle am LHC
 - 8.4 Higgs-Suchen bei LEP und Tevatron, Higgs-Strahlung, Higgs-Limit-Berechnung, p-Wert, Look-Elsewhere-Effekt. Higgs-Suchen am LHC: $H \rightarrow \gamma\gamma$, $H \rightarrow WW$, $H \rightarrow ZZ^*$. Higgs-Suchen am Linearbeschleuniger.
 - 8.5 Higgs jenseits des Standardmodells: vierte Familie, zwei Higgs-Dupletts.
- 9 Physik massiver Neutrinos (2,5 VL)
 - 9.1 Historischer Überblick: Neutrino-Postulat und –Entdeckung, Helizität, Myon-Neutrino, Sonnenneutrinos, neutrale Ströme, Zahl Neutrino-Flavors, Tau-Neutrino.
 - 9.2 Zwei-Flavor-Oszillationen, PMNS-Matrix, Dirac- und Majorana-Massen, Seesaw-Mechanismus, Massenhierarchie.
 - 9.3 Direkte Massenbestimmung: Tritium-Betazerfall, MAC-E-Filter, KATRIN, neutrinoloser doppelter Betazerfall, GERDA.
 - 9.4 Atmosphärische Neutrinos, Super-Kamiokande, Breitband-Neutrinostrahlen, MINOS, atmosphärische Mischungsparameter, CNGS, OPERA, Off-Axis-Experimente.
 - 9.5 Kernfusion in der Sonne, Sonnenneutrinos, MSW-Effekt, SNO, Borexino. Reaktorneutrinos, KamLAND, Mischungsparameter für Sonnen- und Reaktorneutrinos.
 - 9.6 Drei-Flavor-Mischung, Mischungswinkel θ_{13} , Double Chooz, Beam-Stop-Neutrinos, LSND-Effekt, MiniBooNE, LAGUNA, Neutrinos mit Überlichtgeschwindigkeit?

- 10 Physik jenseits des Standardmodells (3,5 VL)
 - 10.1 Probleme des Standardmodells: anomales magnetisches Moment, Energiedichte im Universum, Baryonasymmetrie, Hierarchieproblem, Vereinheitlichung der Kräfte, chirale Anomalie, starkes CP-Problem, Flavorproblem.
 - 10.2 Vereinheitlichung der Eichkopplungen, Georgi-Glashow-Modell, SU(5): Phänomenologie und Probleme.
 - 10.3 Teilchen und ihre Superpartner, Produktion von Squarks und Gluinos, SUSY-Brechung, SUSY-Lösungen: Hierarchieproblem, Eichkopplungen, Higgsmechanismus, R-Parität, LSP als dunkle Materie, CMSSM und MSUGRA.
 - 10.4 SUSY-Suchen am LHC, effektive Masse, Multilepton-Signaturen, Stransversale Masse, MSSM-Higgs-Boson
 - 10.5 Dynamische Symmetriebrechung in der QCD, Technicolor, Suche nach Topcolor-Z', Little-Higgs-Modelle
 - 10.6 Kaluza-Klein-Modell, ADD-Modell und Phänomenologie, Eöt-Wash-Experiment, TeV-Scale Gravity und schwarze Löcher, Randall-Sundrum-Modell und Phänomenologie.