

Kanon der Theoretischen Physik (26.09.2008; angepasst an StuPO 2018, 12/20)

Theoretische Physik I – Mechanik

- 1.) Einführung: Kinematik, Newtonsche Axiome, einf. Anwendungen, schwere und träge Masse, Schwingungen
- 2.) Zweikörperproblem, Planetenbewegung
- 3.) Kräfte: Arbeit und konservative Kräfte, Bilanzen, Zentralkraft, Erhaltungssätze
- 4.) Galilei- und Lorentztrafo, Einsicht in die Spezielle Relativitätstheorie, Vierschreibweise, beschleunigte Bezugssysteme und Scheinkräfte
- 5.) Vielteilchensysteme, Erhaltungssätze, gekoppelte Schwingungen

Kanonische Mechanik

- 1.) Zwangsbedingungen und Zwangskräfte, Einführung über D'Alembertsches Prinzip, virtuelle Arbeit oder Lagrangefunktion
- 2.) Lagrangegleichungen erster und zweiter Art
- 3.) Hamiltonsches Prinzip, Hamiltongleichungen, Eichinvarianzen, Legendretrafo,
- 4.) kanonische Transformation, Hamilton-Jacobi-Gleichung, Poissonklammerformalismus

Symmetrien und Erhaltungsgrößen

Räumliche Homogenität und Impulserhaltung, Isotropie und Drehimpulserhaltung, zeitl. Homogenität und Energieerhaltung, Hinweis auf Noether-Theorem

Mechanik des starren Körpers

Bilanzgleichungen, kinetische Energie, Trägheitstensor, Eulergleichungen, kräftefreier symmetrischer Kreisel

Theoretische Physik II – Quantenmechanik I

Schrödinger Wellenmechanik

- 1.) Einführende Wellenmechanik: Schrödingergleichung und de Broglie-Relationen, statistische Deutung, Wellenpakete, Unschärferelation, Separationslösung
- 2.) Einteilchen- Wellenmechanik im Operatorformalismus: Operatoren: Eigenwerte als Messwerte, hermitesche Operatoren als Observablen (Ort, Impuls). Eigenwertprobleme im Ortsraum: Kastenpotenzial, Stufenpotenzial: Tunneleffekt, Oszillator
- 3.) Wasserstoffatom

Formalisierung der Quantenmechanik

- 4.) Formalisierung und deduktiver Aufbau: Hilbertraum, Zustand, Observable, Vertauschungsrelationen, Dirac-Formalismus, Messprozess, Interpretation, zeitliches Verhalten: Bewegungsgleichung.
- 5.) Bilder: Heisenbergbild, Schrödingerbild
- 6.) Harmonischer Oszillator in Besetzungszahldarstellung

Drehimpuls und Spin

- 7.) Allgemeine Drehimpulsoperatoren, Bahndrehimpuls, Spin
- 8.) Wasserstoffatom zur Illustration von Kopplungen: Spin- Bahn, Pauligleichungen, Feinstruktur, Kopplung an das elektromagnetische Feld: Stark- Effekt und Zeeman- Effekt, 2-Niveau-System

Näherungsmethoden

- 9.) Störungstheorie: stationäre (nicht entartete, entartete), zeitabhängige
- 10.) Weitere Näherungsmethoden: Variationsverfahren (z.B. Ritz- Verfahren), einfache Anwendungen (chemische Bindung im H_2 - Molekül)

Theoretische Physik III – Elektrodynamik

Elektrostatik

- 1.) Elektrisches Feld und Potenzial, Coulombwechselwirkung
- 2.) Poisson- Gleichung und Greensche Funktionen, Elektrische Multipole
- 3.) Elektrostatische Feldenergie
- 4.) Polarisierung, mikroskopisches Modell der dielektrischen Funktion für Dielektrika, Leiter und Plasmen.
- 5.) Leiter in der Elektrostatik: Randwertprobleme und orthogonale Funktionen, Bildladungsmethode
- 6.) Dielektrika in der Elektrostatik. Randwertprobleme

Magnetostatik

- 7.) Kontinuitätsgleichung
- 8.) Magnetostatische Feldgleichungen, Biot- Savart, Vektorpotenzial und Poissongleichung
- 9.) Magnetostatische Feldenergie
- 10.) Magnetisierung, mikroskop. Modell
- 11.) Magnetische Multipole*
- 12.) Quasistationäre Felder
- 13.) Numerische Methoden*

Maxwellgleichungen

- 14.) Maxwellgleichungen mit Quellen
- 15.) Mikroskopische und makroskopische Maxwellgleichungen
- 16.) Lorentzkraft, Materialgleichungen, Grenzbedingungen, Induktionsgesetze, Energiebilanz, Impulsbilanz, Eichinvarianz →Coulombbeziehung und Lorentzbeziehung

Elektromagnetische Wellen

- 17.) Wellenausbreitung und Quellen
- 18.) Retardierte Potenziale, Multipolstrahlung
- 19.) Felder bewegter Ladungen
- 20.) Wellenoptik und Beugung
- 21.) Wellenausbreitung in Materie, Kramers-Kronig-Relation
- 22.) Brechung und Reflexion, Fresnel-Formeln

Relativistische Formulierung der Elektrodynamik

- 24.) Ko- und kontravariante Schreibweise der Relativitätstheorie
- 25.) Transformationsverhalten der Ströme und Felder
- 26.) Relativistisches Hamilton-Prinzip
- 27.) Lagrangedichte: Eichinvarianz und Ladungserhaltung
- 28.) Viererkraft, Feldstärketensor, Inhomogene Maxwellgleichungen in Viererschreibweise
- 29.) Ableitung der Maxwellgleichungen aus einem Variationsprinzip

Theoretische Physik IV – Thermodynamik und Statistik

Grundlagen der Statistik

- 1.) Wahrscheinlichkeitsbegriff
- 2.) Informationsmaße
- 3.) Shannon- Entropie
- 4.) Verallgemeinerte Kanonische Verteilung, Gleichgewicht

Statistische Begründung der Gleichgewichtsthermodynamik

- 5.) Thermodynamische Zustände
- 6.) Klassisch- mechanische Gleichgewichtsverteilungen
- 7.) Quantenmechanische Gleichgewichtsverteilungen
- 8.) Entropie von Gleichgewichtszuständen, Temperatur, Druck und chemisches Potenzial
- 9.) Deduktive Ableitung der Hauptsätze der Thermodynamik aus statistischen Prinzipien
- 10.) Spezielle Verteilungen
- 11.) Thermodynamischer Limes
- 12.) Kreisprozesse

Klassische Modellsysteme

- 13.) Ideales Gas
- 14.) Reale Gase, Virialkoeffizient
- 15.) Phasenübergänge
- 16.) Mehrkomponentige ideale Gase, Gibbsche Phasenregel
- 17.) Chemische Reaktionen
- 18.) Elektrochemisches Potenzial

Quantenstatistik

- 19.) Ununterscheidbarkeit quantenmechanischer Teilchen
- 20.) Dichtematrixtheorie, Dichteoperator
- 21.) Ratengleichungen und Lösung (Markov- Näherung etc. ...)
- 22.) Ideale Quantengase: Fermigas, Bosegas, Bose- Einstein- Kondensation
- 23.) Photonengas im Strahlungshohlraum
- 24.) Spezifische Wärme zweiatomiger Moleküle
- 25.) Spezifische Wärme von Festkörpern
- 26.) Para- und Ferromagnetismus

Phänomenologische Thermodynamik

- 27.) Induktives Setzen der Hauptsätze der Thermodynamik
- 28.) Thermodynamische Potenziale
- 29.) Gleichgewichtsbedingungen
- 30.) Thermodynamische Stabilität
- 31.) Tieftemperaturverhalten
- 32.) Thermodynamik irreversibler Prozesse

Quantenmechanik II

Wiederholung: Formalisierung

Hilbertraum, Zustand, dynamische Variable, Observable, Vertauschungsrelationen, Messprozess, Bewegungsgleichung und Bilder, harmonischer Oszillator in Besetzungszahldarstellung, Glauberzustände, Anwendungsmöglichkeiten

Drehimpuls und Spin

- 1.) Drehimpulsoperatoren
- 2.) Einführung des Spin: Kopplungen beim Wasserstoffatom, Spin- Bahn, Addition von Drehimpulsen, Clebsch- Gordan- Koeffizienten, Pauligleichungen, Feinstruktur, Kopplung an das elektromagnetische Feld, Stark- Effekt und Zeeman- Effekt (Wiederholung)

Relativistische Quantentheorie

- 3.) Kovariante Schreibweise der Relativitätstheorie
- 4.) Klein- Gordon- Gleichung, Diracgleichung, Ableitung des Spin
- 5.) Nichtrelativistischer Grenzfall
- 6.) Wasserstoffatom mit allen Feinstrukturtermen (Darwin- Term usw.)
- 7.) Lamb- Shift und Hyperfeinstruktur

Systeme identischer Teilchen und Näherungsmethoden

- 8.) Ununterscheidbarkeit, Fermionen, Bosonen, Pauli- Prinzip, Slaterdeterminante
- 9.) Hartree- Fock, Austauschwechselwirkung, Korrelation
- 10.) Atomaufbau, Mehrelektronenatome in Feldern, chemische Bindung
- 11.) Zeitabhängige Phänomene: optische Absorption und induzierte Emission, Auswahlregeln
- 12.) Stark- Effekt im Wasserstoffatom
- 13.) Gaußsche Zustände (reine, gemischte), Dichtematrixformalismus, Wignerfunktion, Quantenstatistik, Grenzübergang zur klassischen Statistik

Streutheorie

- 14.) Lippmann- Schwinger- Gleichung
- 15.) Streuamplitude und Streuquerschnitt
- 16.) Bornsche Näherung, Drehimpulsdarstellung und Streuphasen

Aspekte der Quantenfeldtheorie

- 17.) Quantisierung für Elektronen, Zweiteilchenwechselwirkung
- 18.) Observable, Bewegungsgleichungen, Beispiel
- 19.) Zustände des Strahlungsfeldes
- 20.) Wechselwirkung eines dynamischen mit einem dissipativen System (Oszillator)
- 21.) Übersicht über quantenelektrodynamische Effekte

Elektroschwache Theorie/GUT/Stringtheorie*

- 22.) Einführung, Kurzdarstellung über Konzepte, Standardmodell, Feynman
Wirkungsintegral
- 23.) Supersymmetrie
- 24.) Divergenzprobleme, Konzept der Renormierung, Quantengravitation, Stringtheorie