

Stoffplan für das Grundstudium

1	Exp.-Physik I 4+2 [4]	TP I (Mechanik) 4+2 [4]	Mathematik I 4+2 [6]	NF 4
2	Exp.-Physik II 4+2 [4]	TP II (Mechanik) 4+2 [8]	Mathematik II 4+2 [6]	NF 4
3	Exp.-Physik III 4+2 [4]	TP III (E-Dynamik) 4+2 [8]	Mathematik III 4+2 [6]	Prakt. [3] 5 [5]
4	Exp.-Physik IV 4+2 [4]	TP IV (QM I) 4+2 [8]	Mathematik IV 4+2 [6]	Prakt. [3] 5 [5]

Die in eckigen Klammern angegebenen Zahlen sollen eine Größenordnung für die mit dem Lösen von Übungsaufgaben verbrachte Zeit sein. Für die Praktika werden die Zeiten für Vorbereitung, Versuchsdurchführung und Nachbereitung angegeben.

Theoretische Physik

Theoretische Mechanik I (4+2)

1. Kinematik, Beschreibung von Bewegungen in verschiedenen Koordinatensystemen (hier Mathematik **I** und **II** – siehe Anhang), z.B.: nur Radialbeschleunigung \Rightarrow konstante Flächengeschwindigkeit
2. Dynamik, Newton-Mechanik (hier Math. **III** und **IV**)
 - Impuls, Kräfte, Reibung
 - lineare Bewegungen (hier Differentialgleichungen), Rakete
 - Bezugssysteme, Galilei-Transformation, Inertial-Systeme
 - beschleunigte Bezugssysteme, Trägheitskräfte
 - Rotationsbewegung
3. Erhaltungsgrößen (hier Gradient und Linienintegral, Math. **V**)
 - kinetische, potentielle Energie, Kraftfelder
 - Arbeit
 - Bahndrehimpuls
 - elastische Stöße
4. Keplerbewegung, effektives Potential für Radialbewegung
 - Streuung im Coulomb-Potential, Streuquerschnitt, Rutherford, harte Kugeln
 - Virialsatz
5. Systeme vieler Teilchen, starre Körper
 - Drehimpuls, Drehmoment, Translation und Rotation
 - ein Punkt fest \Rightarrow Rotation um eine Achse, Schwerpunkt
 - Rotationsenergie, Trägheitsmoment (hier Volumenintegral, Math. **VI**)
 - physikalisches Pendel, Rollen, Steinerscher Satz
6. Relativistische Mechanik
 - Lorentz-Transf., Lorentz-Kontraktion, Zeit-Dilatation, Zwillingsproblem
 - Addition von Geschwindigkeiten, Doppler-Effekt, 4-Vektoren, Energie
 - Massengewinn bei inelastischem Stoß, Minkowski-Darstellung (Laue-Beispiel: Lorentzkraft $\hat{=}$ elektrisches Feld mit Ladung),
7. Einfache statistische Mechanik (Math. **VII**)
 - Statistik, Wahrscheinlichkeit, Verteilungen

- kinetische Gastheorie, Maxwell-Verteilung, Boltzmann-Faktor
- Entropie, Transport

8. Komplexe Zahlen, Eulersche Formel (Math. **VIII**)

Theoretische Mechanik II (4+2)

1. Felder (Geschwindigkeitsfelder, Strömungen)

- Gradient, Divergenz, Rotation, Sätze von Gauß, Stokes, Green (Math. **IX**)
- Schwingungen und Wellen
- Harmonischer Oszillator mit Green-Funktion, Schwingungen
- Wellen (Math. **X**), Impulsformen, Rechteck, Sägezahn

2. Lagrange-Mechanik

- Prinzip von D'Alembert
- Prinzip von Hamilton (hier Variationsrechnung, Math. **XI**)
- Lagrange-Bewegungsgleichungen mit und ohne Zwangskräfte
- unabhängige Koordinaten, verallgemeinerte Koordinaten
- Symmetrien, Erhaltungssätze
- kleine Schwingungen, Normalkoordinaten (hier Hauptachsen, Eigenvektoren, Math. **XII**)

3. Drehungen starrer Körper

- Trägheitstensor, Hauptachsen
- Bewegung der freien Achsen, Stabilität, Trägheitsellipsoid
- Eulersche Winkel, Eulersche Gleichungen, Präzession, Nutation, Kreiselkräfte

4. Hamilton-Mechanik

- Hamilton Formalismus, konjugierte Impulse, Legendre-Transformation
- Symmetrien und Erhaltungssätze
- Poisson-Klammern
- kanonische Transformationen, Hamilton-Jacobi-Theorie
- Integrierte und nicht-integrierte Systeme
- nichtlineare Dynamik, Chaos

5. Kontinuumsmechanik

- Saite, ∞ viele Freiheitsgrade, Elastizität, Schallwellen, Spannungstensor
- Flüssigkeiten: Navier-Stokes, Wellen, Bernoulli, Wirbelsätze

Anhang: Mathematische Gegenstände für die Theoretische Mechanik I + II

I Vektoren, möglichst koordinatenfrei

- Skalarprodukt, Projektion, Schwarz-Ungleichung, Dreiecksungleichung
- Vektorprodukt, Drehsinn, Inversion, Chiralität
- Mehrfache Produkte
- geometrische Verwendung: Projektion, Punkt in Ebene, Lot von Punkt auf Gerade, auf Ebene, Abstand, Winkel zwischen Ebenen, Geraden, Diagonalen in Würfel, Stücke in Tetraeder, dichte Kugelpackung, Abstände, Winkel

- Vektorraum, Basis, linear unabhängig, Orthonormalsystem, Komponenten bezüglich Basis (nur in 3 Dimensionen), kartesische Koordinaten

II Vektoren abhängig von der Zeit, Raumkurve

- Differenzieren von Vektoren, Einheitsvektor
- Kreisbewegung, Tangentialbeschleunigung, Zentripetal-Beschleunigung, Konstanz der Flächengeschwindigkeit
- begleitendes Dreibein, Schmiegeebene, Krümmungskreis
- Integration von Vektoren, Bogenlänge
- ebene Polarkoordinaten
- sphärische Polarkoordinaten, Zylinderkoordinaten, jeweilige Einheitsvektoren

III Lineare Approximation

- Approximation durch Polynom, Taylorreihe (ohne Restglied)

IV Differentialgleichungen (eng an Mechanik)

- einfache Gleichungen der Mechanik
- homogen machen, Variation der Konstanten, Trennung der Variablen
- Ansätze: Exponential-, Winkelfunktionen
- Resonanz, Phasenverschiebung, Überdämpfung, Kriechfall
- Rakete

V Skalarfeld, Vektorfeld

- Höhenlinien, Feldlinien
- partielle Ableitung, totales Differential
- Gradient, Vektor, auch koordinaten-unabhängig, Nabla-Operator, auch in Polarkoordinaten

VI Integrale: Begriffe – Berechnung

- Flächenintegral
- Volumenintegral (Gravitationspotential einer Massenverteilung, Gesamtmasse, Trägheitsmoment, Gesamtdrehmoment)

VII Wahrscheinlichkeit

- Teilchen in kleinem Gasvolumen, Bernoulli-Poisson-Gauß-Verteilung, Maxwell-Verteilung
- Schwankung, relative Schwankung, Entropie

VIII Komplexe Zahlen, Eulersche Formel

IX Felder

- Gradient, Divergenz, Rotation
- Gauß'scher Satz, Stokes'scher Satz, Green'sche Sätze

X Fourierreihe, -Integral, δ -Funktion, Schwingungen, Wellengleichung

XI Variationsrechnung

- Funktionalableitung
- Lagrange-Parameter

XII Matrizen, Determinanten

- Rechenregeln
- lineare Gleichungen, linear unabhängig, Kramer'sche Regel
- Drehungen, inverse Matrix, Spiegelung, Inversion
- Eigenwert, Eigenvektor

Theoretische Elektrodynamik (4+2)

Die Vorlesung Theoretische Elektrodynamik soll im dritten Semester gehört werden.

- Elektrostatik, Randwert-Probleme in der Elektrostatik
- Multipolentwicklung
- Magnetostatik
- Maxwell-Gleichungen
- Eichtransformationen
- Erhaltungssätze
- elektromagnetische Wellen
- retardierte Potentiale, Strahlung bewegter Ladungen
- elektromagnetische Felder in Materie
- Antwortfunktionen
- Optik
- Spezielle Relativitätstheorie
- kovariante Formulierung der Feldgleichungen

Quantentheorie I (4+2)

Die Vorlesung Quantentheorie I soll im vierten Semester gehört werden.

- Schrödinger-Gleichung
- eindimensionale Probleme
- harmonischer Oszillator
- Formalismus der Quantenmechanik
- Symmetrien und Erhaltungsgrößen
- Drehungen, Drehimpuls, Spin
- Zentralkraftfelder
- Potentialstreuung
- Dichtematrix
- zeitunabhängige Störungstheorie
- zeitabhängige Störungstheorie
- Bell'sche Ungleichung

Experimentalphysik

Experimentalphysik I: Mechanik und Wärmelehre (4+2)

1. Punktmechanik
 - Newton'sche Mechanik
 - starre Körper, Drehungen, Trägheitstensor
 - rotierende Koordinatensysteme
2. Kontinuumsmechanik
 - Elastizität
 - Flüssigkeiten, Hydrodynamik
3. Wärme
 - Gasgesetze
 - Phasenübergänge
 - Wärmekapazität
 - Carnot-Prozess
 - Entropie

Experimentalphysik II: Elektrodynamik und Wellenoptik (4+2)

1. Elektrodynamik
 - Elektrostatik
 - Magnetostatik, Ströme, Lorentz-Kraft
 - Induktion
 - Wechselstrom, Impedanz
 - Polarisation und Magnetisierung von Materie
 - Maxwell-Gleichungen
 - elektromagnetische Wellen, Poynting-Vektor
 - Hertz'scher Oszillator
 - nur in experimenteller Form: freie, angetriebene, gekoppelte Oszillatoren, Normalmoden, Fourier-Analyse
2. Wellenoptik
 - geometrische Optik: dünne Linse, Strahlengang, Abbildung
 - Wellenbewegung, Propagation von Licht
 - stehende Wellen
 - Interferenz
 - Beugung

Experimentalphysik III: Quantenphysik (4+2)

Einführung in die Quantenphysik

- Schwarzkörperstrahlung, Planck'sches Strahlungsgesetz
- spezifische Wärme
- photoelektrischer Effekt
- Compton-Effekt
- Mößbauer-Effekt
- Bremsstrahlung
- Röntgen-Beugung
- Materiewellen, Beugung, Tunneln

- Elektronen im Festkörper
- Unschärferelationen
- Stern-Gerlach-Effekt, Spin
- Atomspektren, Quantenzahlen, Pauli-Prinzip
- Periodensystem
- Röntgen- und Auger-Spektren
- Rutherford-Streuung
- Stabilität von Atomkernen
- Schrödinger-Gleichung

Experimentalphysik IV: Optik (4+2)

1. Optik

- geometrische Optik
- optische Instrumente (Abbildungsinstrumente und Monochromatoren), räumliches und spektrales Auflösungsvermögen

2. Fortgeschrittene Optik

- Spektroskopie (Radiowellen bis Röntgen-Strahlung)
- Mikroskopie (Fern- und Nahfeldabbildung, Rastermethoden)
- Laser
- Holographie
- Fourier-Optik
- Propagation von Wellenpaketen
- optische Anisotropie
- nichtlineare Optik

3. Ausblick auf neue Entwicklungen in der Physik

Dieser Abschnitt soll etwa ein Drittel der Vorlesung umfassen. Der Inhalt ist nicht auf Optik beschränkt und soll weitgehend dem Dozenten überlassen bleiben.

Mathematik für Physiker

Es soll angestrebt werden, alle vier Vorlesungen jedes Semester zu halten. Sollte dies nicht durchführbar sein, wäre das alternierende Hören von Mathematik 1-2-3-4 bzw. 2-1-4-3 möglich, aber nicht ideal.

Mathematik I (4+2)

Analysis im \mathcal{R}^1

- reelle Zahlen, evtl. komplexe Zahlen
- Folgen und Reihen, Grenzwert, Konvergenzkriterien
- Abbildungen, Funktionen
- Stetigkeit
- Ableitungen, Differentiationsregeln
- Taylor-Reihe
- Stammfunktion
- Riemann-Integral, Hauptsatz, Integrationsmethoden
- uneigentliche Integrale
- Funktionenfolgen
- Vertauschbarkeit von Grenzprozessen
- Distributionen

Die elementaren Funktionen sollten in Beispielen/Übungsaufgaben behandelt werden.

Mathematik II (4+2)

Lineare Algebra

- Mengen
- Kommutativität, Assoziativität, Gruppe, Abelsche Gruppe
- elementare Gruppentheorie (Generatoren, Nebenklassen)
- Distributivität, Ring, Körper, z.B. komplexe Zahlen
- Vektoren, Vektorraum, Basis, Basistransformationen
- Skalarprodukt, Norm, Metrik
- normierter Raum, Hilbertraum
- Algebren
- lineare Abbildungen
- lineare Gleichungssysteme
- Matrizen, Zusammenhang mit linearen Abbildungen
- Determinanten
- Eigenwertprobleme
- allgemeine Tensoren, dualer Tensor im \mathcal{R}^3 , Vektorprodukt
- Funktionenräume, orthogonale Polynome
- Fourier-Reihe, Fourier-Integral

Mathematik III (4+2)

Analysis im \mathcal{R}^n

- Funktionen mehrerer Variabler
- metrische (Funktionen-) Räume, Kompaktheit, Hilbertraum
- partielle Ableitungen, Vertauschbarkeit von Ableitungen
- Taylor-Reihe im \mathcal{R}^n
- Satz über implizite Funktionen, Lagrange-Parameter
- totale Ableitung
- Legendre-Transformation
- Gradient, Divergenz, Rotation
- Nullmengen, Lebesgue-Integral
- Kurvenintegrale
- Flächenintegrale
- Volumenintegrale
- Greensche Sätze, Gaußscher Satz, Stokescher Satz
- Fourier-Transformation im \mathcal{R}^n
- Einführung in Differentialformen

Mathematik IV (4+2)

1. Teil: Funktionentheorie

- Wdh. komplexe Zahlen
- komplexe Funktionen, Ableitung
- holomorphe Funktionen, Cauchy-Riemann-Differentialgleichung
- harmonische Funktionen
- Logarithmus, Potenzfunktionen, Arcusfunktionen
- mehrblättrige Funktionen, Verzweigungspunkte
- isolierte Singularitäten, meromorphe Funktionen
- Taylor-Reihe im Komplexen, analytische Fortsetzung, Konvergenzradius
- Cauchy-Satz und Cauchy-Formel
- Residuum, Residuensatz, Anwendungen in der Physik
- Laurent-Reihe
- Partialbruchentwicklung, unendliche Produkte

2. Teil: Gewöhnliche Differentialgleichungen

- Definition, Begriffe, Existenz und Eindeutigkeit
- Anfangs- und Randwertprobleme
- allgemeine lineare Differentialgleichungen
- lineare Differentialgleichungen mit konstanten Koeffizienten
- allgemeine homogene Differentialgleichungen
- inhomogene Differentialgleichungen
- Green-Funktionen
- Gleichungssysteme
- ausgewählte spezielle Differentialgleichungen (Bessel etc.)