

# Symmetrien in der Teilchenphysik

Helmut Neufeld

Fakultät für Physik der Universität Wien

Sommersemester 2019

# Raum-Zeit-Koordinaten

Ort:

Erwin-Schrödinger-Hörsaal

Zeit:

Vorlesung:

FR 9:15-10:45 Uhr

Übungen:

FR 11:00-12:30 Uhr

Abmeldung von den Übungen (ohne Benotung):

nur bis DO 21.03.2019, 23:59 Uhr möglich

# Ziele

## Vorlesung:

Erlernen gruppentheoretischer Methoden und deren Anwendung auf kontinuierliche Raum-Zeit-Symmetrien

## Übungen:

Erlernen von gruppentheoretischen Rechenmethoden und deren Anwendung auf kontinuierliche Raum-Zeit-Symmetrien

# Inhalte:

- ▶ Symmetrien in der klassischen Mechanik (Wiederholung)
  - ▶ Prinzip der kleinsten Wirkung
  - ▶ Bewegungsgleichungen
  - ▶ Symmetrien und Erhaltungsgrößen
  - ▶ Noethertheorem
  - ▶ Galileigruppe

# Inhalte (Forts.):

- ▶ Relativistische Feldtheorie
  - ▶ Prinzip der kleinsten Wirkung für Felder
  - ▶ Euler-Lagrange-Gleichung (Feldgleichung)
  - ▶ Erhaltungsgrößen in der relativistischen Feldtheorie
  - ▶ Poincarégruppe
  - ▶ Energie-Impuls-Tensor, Drehimpuls, ...

# Inhalte (Forts.):

- ▶ Drehgruppe
  - ▶  $O(3)$ ,  $SO(3)$
  - ▶ Infinitesimale Drehungen
  - ▶ Liealgebra der  $SO(3)$
  - ▶ Allgemeine Definition einer Liealgebra
  - ▶ Darstellungen der  $SO(3)$
  - ▶ Kroneckerprodukt von Darstellungen
  - ▶ Reduzible und irreduzible Darstellungen

# Inhalte (Forts.):

- ▶  $SO(3)$  und  $SU(2)$ 
  - ▶ Clebsch-Gordan-Zerlegung
  - ▶ Lemmata von Schur
  - ▶ Liealgebren von Liegruppen
  - ▶ Unitäre irreduzible Darstellungen von  $SO(3)$  und  $SU(2)$
  - ▶ Spinoren
  - ▶ Zusammenhang zwischen  $SO(3)$  und  $SU(2)$
  - ▶ Darstellungen auf Räumen von Funktionen
  - ▶ Beschreibung von Teilchen mit Spin

# Inhalte (Forts.):

## ▶ Lorentzgruppe

- ▶ Liealgebra und Darstellungen von  $\mathcal{L}_+^\uparrow$
- ▶ Zusammenhang zwischen  $\mathcal{L}_+^\uparrow$  und  $SL(2, \mathbb{C})$
- ▶ Spinoralgebra
- ▶ Spinorfelder (Weylfelder)
- ▶ Weylgleichung
- ▶ Majoranagleichung
- ▶ Diracfeld
- ▶ Diracgleichung
- ▶ Lösungen der freien Diracgleichung
- ▶ Zusammenhang zwischen Spinoren und Vierervektoren
- ▶ Zerlegung des Tensorprodukts zweier irreduzibler Darstellungen der  $SL(2, \mathbb{C})$



# Inhalte (Forts.):

- ▶ Darstellungstheorie der Poincarégruppe
  - ▶ Liealgebra der Poincarégruppe
  - ▶ Invariante Operatoren
  - ▶ Irreduzible unitäre Darstellungen der Poincarégruppe
  - ▶ Fockraum
  - ▶ Feldquantisierung

## Nicht Inhalt dieser Vorlesung:

- ▶ Innere Symmetrien → Teilchenphysik II
- ▶ Themen, die Kenntnisse der Quantenfeldtheorie erfordern (Wardidentitäten, Anomalien, spontane Symmetriebrechung, etc.) → Teilchenphysik II/III
- ▶ Mathematisch rigorose Darstellung der Theorie der Liegruppen und Liealgebren → Oskar-Morgenstern-Platz  
Beachte: *Too much rigor leads to rigor mortis!*
- ▶ Experimentelle Aspekte der Teilchenphysik → SMI, HEPHY

# Methode

Vorlesung:

Frontalunterricht

Übungen:

- ▶ Hausaufgaben → [particle.univie.ac.at](http://particle.univie.ac.at) → Studium → Sommersemester 2019 → Symmetrien in der Teilchenphysik
- ▶ Vorrechnen der gelösten Aufgaben an der Tafel
- ▶ Wissenschaftliche Diskussion

# Erforderliche Vorkenntnisse

Es handelt sich um eine **fortgeschrittene** Lehrveranstaltung in **theoretischer Physik**, welche die **souveräne aktive** Beherrschung der folgenden mathematischen und physikalischen Werkzeuge erfordert:

- ▶ Höhere Mathematik (insbes. **Lineare Algebra**) im Ausmaß meines Skriptums, das Sie auf der Homepage der Teilchengruppe finden: [particle.univie.ac.at](http://particle.univie.ac.at) → Studium → Dokumente zum Herunterladen → SS2012 → H. Neufeld: Theoretische Physik T2 → Mathematisches Basiswissen für Theoretische Physik T2

## Erforderliche Vorkenntnisse (Forts.)

- ▶ Theoretische Mechanik, insbes. **Lagrangeformalismus** (z.B. Landau-Lifschitz, Bd. I, Kapitel I u. II)
- ▶ Theoretische Quantenmechanik, insbes. **Drehimpulsalgebra** (z.B. Kapitel 6, tw. 7 u. 8 meines QM-Skriptums)
- ▶ Theoretische Elektrodynamik, insbes. Grundzüge der speziellen Relativitätstheorie, relativistische Mechanik, **manifest kovariante Formulierung der Maxwell'schen Theorie** im Ausmaß der Kapitel 2 und der Unterkapitel 3.1-3.11 meines T3-Skriptums: [particle.univie.ac.at](http://particle.univie.ac.at) → Studium → Dokumente zum Herunterladen → WS2017 → H. Neufeld: Theoretische Physik T3

# Art der Leistungskontrolle

## Vorlesung:

Schriftliche Prüfung (90 Minuten)

## Übungen:

- ▶ Anwesenheitspflicht bei allen Übungsterminen (-2)
- ▶ Eintragen der zu Hause gerechneten Beispiele in die Teilnehmerliste am Beginn jeder Übungsstunde
- ▶ Sie können zu jedem von Ihnen gerechneten Beispiel an die Tafel gerufen werden
- ▶ Es wird eine vollkommen korrekte Lösung und klare Präsentation erwartet
- ▶ Aktive Teilnahme an Diskussionen in den Übungsstunden

# Mindestanforderungen (UE)

- ▶ 50% der aufgegebenen Übungsaufgaben müssen gerechnet und angekreuzt werden
- ▶ Anwesenheit bei allen Übungsterminen (-2)
- ▶ 3 zufriedenstellende Tafelleistungen

# Literatur

- ▶ Vorlesungsmanuskript auf der Homepage der Teilchengruppe:  
particle.univie.ac.at → Studium → Dokumente zum  
Herunterladen → SS2019 → H. Neufeld: Symmetrien in der  
Teilchenphysik → Vorlesungsmanuskript
- ▶ R.U. Sexl, H. Urbankte: Relativität, Gruppen, Teilchen