

Bielefeld University Faculty of Physics	Symmetries in Physics WS 2025/2026	Prof. Dr. Jürgen Schnack jschnack@uni-bielefeld.de
--	---------------------------------------	---

Symmetries in Physics – Content

Version 01 – 2025/10/15

1. Introduction

2. Basic group theory

2.1. Mathematical prerequisites

2.2. Groups

2.2.1. A few finite-order discrete groups

2.2.2. Properties of groups

THIS WAS THE GERMAN COURSE 2014/2015.

1. Einführung

1.1. Motivation

1.1.1. Erhaltungssätze, gute Quantenzahlen

1.1.2. Lösbarkeit, Vereinfachung von Problemen

1.1.3. Auswahlregeln

1.1.4. Quantenstatistik

1.1.5. Konstruktion von Theorien

1.2. Einfache Beispiele

1.2.1. Spinkopplung und Heisenberg-Dimer

1.2.2. S^z -Symmetrie am Spinring

1.2.3. S^z -Symmetrie und Translationssymmetrie am Spinring

1.2.4. Translationssymmetrie und Ein-Magnonen-Raum

1.2.5. Eindimensionale einatomige Oszillatorkette und Phononen

2. Gruppentheorie

2.1. Gruppen

2.2. Klassen und Teiler

2.3. Wichtige Gruppen

2.4. Darstellung von Gruppen

2.5. Invarianter Vektorraum und Wigner-Konventionen

2.6. *Basis function generating machine*

3. Gruppentheorie und Quantenmechanik

3.1. *Basis function generating machine* für Spinsysteme

- 3.2. Irreduzible Versuchsfunktionen für Variationsverfahren
- 3.3. Die Drehspiegelgruppe: Muttergruppe aller lokalen physikalischen Probleme (Wigner)
 - 3.3.1. Die Rotationsgruppe $SO(3)$
 - 3.3.2. Die Drehspiegelgruppe $O(3) = SO(3) \times C_i$
- 3.3. Aufspaltung von Energieeigenwerten bei Erniedrigung der Symmetrie des Hamiltonoperators
- 3.5. Multipolentwicklung skalarer Felder
- 3.6. Produktdarstellungen
 - 3.6.1. Produktreduktion
 - 3.6.2. Drehimpulskopplung und Clebsch-Gordan-Koeffizienten
 - 3.6.3. Kartesische und sphärische Tensoren
 - 3.6.4. Wigner-Eckart-Theorem
- 4. Kontinuierliche Gruppen
 - 4.1 Drehungen und Drehimpulse in $SO(3)$
 - 4.2. Das Wasserstoffproblem in $SO(4)$
 - 4.3 Isospin-Algebra
 - 4.4 Elementarteilchen und $SU(3)$
 - 4.5 Lie-Gruppen
 - 4.5.1 Die Gruppen $GL(n)$ und $SL(n)$
 - 4.5.2 Exponentialdarstellung unitärer Operatoren
 - 4.5.3 Die Gruppen $U(n)$, $SU(n)$, $O(n)$, und $SO(n)$
 - 4.5.4 Lie-Algebra
- 5. PCT