

Helium: Von Teilchen und Löchern

Josef Springer

Institut für Theoretische Physik

Helium (von altgriech. *hêlios*=Sonne, da es erstmals auf Grund seiner Spektrallinien auf der Sonne nachgewiesen wurde) ist ein Edelgas mit dem chemischen Symbol He. Es kommt in geringen Mengen in der Erdatmosphäre sowie in Erdgas und Erdöl vor. Verwendet wird es z.B. in der Schweißtechnik, als Kühlmittel, als Beimischung zu Atemgasen bei Asthmatikern und Tauchern, zum Füllen von Ballonen und Luftschiffen, sowie in Lasern.

Wegen seiner faszinierenden Eigenschaften ist Helium eine der meiststudierten Substanzen. Es wird als einziger Stoff bei tiefen Temperaturen nicht fest, sondern bleibt flüssig und wird sogar „suprafluid“: die innere Reibung („Viskosität“) verschwindet und es kann durch dünnste Kapillaren fließen. Auch der normalflüssige Zustand ist hochinteressant, weil er extrem rein und wegen der niedrigen Masse der Atome stark von quantenmechanischen Effekten geprägt ist.

Helium existiert in zwei verschiedenen stabilen „Isotopen“: ^3He und ^4He . Isotope sind Atome mit gleicher Anzahl von Protonen (2 im Fall von He), aber unterschiedlich vielen Neutronen: ^3He enthält eines und ^4He zwei. Während ^3He auf der Sonne in Kernreaktionen laufend entsteht, ist auf der Erde seine Gewinnung sehr teuer.

Durch die gegenseitige Beeinflussung der Teilchen untereinander wirken im Kollektiv manche Eigenschaften verändert. Es sieht z.B. so aus, als hätte ein He-Teilchen in der Flüssigkeit eine größere oder kleinere Masse als ein freies He-Atom. Man spricht daher von einer „effektiven“ Masse. Herr Springer hat in seiner Diplomarbeit eine Berechnung dieser Masse mit modernen numerischen Methoden durchgeführt und außerdem an der Entwicklung einer Theorie zu ihrem Verständnis mitgearbeitet:

Alle existierenden Teilchen fallen in zwei Gruppen: in „Fermionen“ (^3He) und „Bosonen“ (^4He). Während viele Bosonen im gleichen Energiezustand sein können, kann bei Fermionen jeder Zustand höchstens einfach besetzt werden. Bei einer Anregung von Teilchen zu höheren Energien entstehen „Löcher“ in den vorher aufgefüllten Niveaus. Für eine korrekte Beschreibung der effektiven Masse ist die Berücksichtigung paarweiser „Teilchen-Loch“-Anregungen unerlässlich.