

# Inhaltsverzeichnis

## I. Der Weg ins Kleinste

- 1. Atome, Kerne, Quarks; ihre Größenordnungen und wie man sie untersucht** **1**
  - 1.1 Physik ist auch die Wissenschaft vom Messen
  - 1.2 Skala der Größenordnungen vom Menschen zum Quark
  - 1.3 Wellen und das Phänomen der Beugung
  - 1.4 Licht- und Elektronenmikroskope und ihre Auflösungsgrenzen
  - 1.5 Biographie: Ernst Abbe  
Experimente: Durchmesser eines Haares, Beugungsbilder eines Spaltes
  
- 2. Zwei und ein halbes Jahrtausend bis zur Entdeckung des Atoms** **8**
  - 2.1 Die Begriffe Atom und Element in der Antike
  - 2.2 Chemische Bindungsgesetze: Hinweis auf Atome
  - 2.3 Die Positivismus Debatte: Gibt es Atome wirklich?
  - 2.4 Atome sichtbar machen mit dem Rastertunnelmikroskop
  - 2.5 Biographien: Gerd Binnig und Heinrich Rohrer  
Experiment: Bestimmung der Molekülgröße aus der Größe eines Ölflecks
  
- 3. Das Elektron** **16**
  - 3.1 Elektrizität ist heute eine Grundlage unserer Zivilisation
  - 3.2 Kathodenstrahlen und die Entdeckung des Elektrons
  - 3.3 Eigenschaften des Elektrons
  - 3.4 Die Familie der Leptonen
  - 3.5 Biographie: Joseph John Thomson  
Experimente: Kathodenstrahlröhre, magnetische Ablenkung, Kinderkreisel
  
- 4. Der Aufbau des Atoms** **22**
  - 4.1 Das „leere“ Atom
  - 4.2 Das „Planetenmodell“ des Atoms
  - 4.3 Stationäre Bahnen als geschlossene de Broglie Wellen, Größe der Atome
  - 4.4 Die diskreten Linien im Spektrum des emittierten Lichtes
  - 4.5 Wie viele Elektronen können dieselbe Bahn haben?
  - 4.6 Biographie: Ernest Rutherford und Niels Bohr  
Experiment: Eigenschwingungen eines Drahttrings, Spektraltafeln

## **5. Der Atomkern** **29**

- 5.1 Radioaktivität und radioaktive Strahlung
- 5.2 Die Massen der Atome und ihrer Kerne
- 5.3 Die Entdeckung des Neutrons
- 5.4 Der Atomkern als "Tröpfchen" aus Protonen und Neutronen
- 5.5 Der schalenförmige Aufbau des Atomkerns
- 5.6 Biographien: Otto Haxel und J. Hans D. Jensen  
Experimente: Radioaktive Quelle und Zählrohr, Experimente zur Absorption und Ladung der emittierten Teilchen

## **6. Antimaterie** **38**

- 6.1 Die erstaunliche Kraft der Mathematik
- 6.2 "Spuren aus dem Nichts": Elektron-Positron-Erzeugung
- 6.3 Antiteilchen - Antimaterie
- 6.3 Materie und Antimaterie bei der Entstehung des Universums.
- 6.5 Biographie: Paul A. M. Dirac  
Experiment: Nebelkammer

## **7. Neutrinos** **44**

- 7.1 Verletzung von Erhaltungssätzen oder ein neues unsichtbares Teilchen?
- 7.2 Das Unsichtbare „sichtbar“ machen
- 7.3 Eigenschaften, Antiteilchen, Familien
- 7.4 Neutrinos von der Sonne
- 7.5 Biographie: Wolfgang Ernst Pauli  
Experiment: Impulserhaltung bei zwei auseinanderfliegenden Kugeln, GALLEX zum Nachweis der Sonnenneutrinos

## **8. Quarks** **51**

- 8.1 Woran erkennt man, dass ein Baustein der Materie elementar ist?
- 8.2 Hypothetische Quarks bringen Ordnung in den Teilchenzoo
- 8.3 Experimentelle Suche nach Quarks
- 8.4 Warum gibt es keine freien Quarks?
- 8.5 Das Standard Modell der mikroskopischen Welt
- 8.6 Das Ende der Reise zum Kleinsten
- 8.7 Biographien: Murray Gell-Mann und Henry W. Kendall  
Experimente: Expander-Modell zur Veranschaulichung des Confinement, Trennung von zwei Dipolmagneten ergibt keine magnetischen Einzelpole

## **II. Der Weg zum Größten**

### **9. Wie man Sternpositionen misst 58**

- 9.1 Festlegung eines Ortes auf einer Kugel
- 9.2 Einheiten in der Astronomie
- 9.3 Winkelmessung, Genauigkeitsbegrenzung durch Beugung und Luftbewegung
- 9.4 Messung von Abständen durch Triangulation und Radarecho
- 9.5 Zu Weihnachten: Der Stern von Bethlehem  
Experiment: Spiegelteleskop

### **10. Unser Planetensystem 63**

- 10.1 Drehbewegungen: Bahnbewegung und Eigenrotation
- 10.2 Eigenschaften und Aufbau unseres Planetensystems
- 10.3 Alter und Entstehung
- 10.4 Planeten außerhalb unseres Sonnensystems: Exoplaneten
- 10.5 Biographie: Johannes Kepler  
Experiment: Abplattung einer nicht starren rotierenden Kugel

### **11. Unsere Sonne 69**

- 11.1 Temperatur und chemische Zusammensetzung der Sonnenoberfläche
- 11.2 Energieproduktion durch Kernfusion im Sonneninnern
- 11.3 Die Zukunft der Sonne, das Hertzsprung-Russel-Diagramm
- 11.4 Biographie: Gustav Kirchhoff  
Experimente: Demonstration des Zusammenhangs zwischen der Farbe und der Temperatur einer Lichtquelle, Flammenfärbung

### **12. Unsere Milchstraße 76**

- 12.1 Das weiße Band am Himmel und die Position unseres Sonnensystems
- 12.2 Die Masseverteilung unserer Galaxie, Dunkle Materie
- 12.3 Schwarzes Loch im Zentrum
- 12.4 Biographie: Harlow Shapley  
Experimente: Scheinbare Helligkeit einer Glühlampe in Abhängigkeit von der Entfernung, Demonstration zur Entweichgeschwindigkeit

### **13. Die Expansion unseres Universums 83**

- 13.1 Einsteins „größte Eselei“, oder auch nicht?
- 13.2 Doppler-Effekt
- 13.3 Hubblesches Gesetz
- 13.4 Alter des Universums
- 13.5 Welche Kräfte stecken hinter der Expansion?
- 13.6 Biographie: Edwin P. Hubble

Experimente: Fallversuche mit 2 verschiedenen Körpern,  
Akustischer Doppler-Effekt,  
Aufblasen eines gepunkteten Luftballons

## **14. Die Kosmische Hintergrundstrahlung** **91**

- 14.1 Wie entdeckt man etwas, wonach man nicht sucht?
- 14.2 Der Weltraum hat eine Temperatur von  $-270\text{ °C}$  oder  $3\text{ K}$
- 14.3 Beweis für den heißen Urknall
- 14.4 Das „erste Photo des Universums“ und die Bildung von Sternsystemen
- 14.5 Biographien: Arno Penzias und Robert Wilson  
Experiment: Nachweis von Wärmestrahlung

## **15. Die erste Viertelstunde unseres Universums** **99**

- 15.1 "Tief ist der Brunnen der Vergangenheit"
- 15.2 Die primordiale Elementverteilung
- 15.3 Aus Protonen und Neutronen werden die ersten Kerne
- 15.4 Und was geschah danach und davor?
- 15.5 Die Grenzen unseres Wissens im Kleinsten und im Größten
- 15.6 Biographie: George Gamow  
Experiment: Jodblinklicht - chemische Reaktionen mit Farbumschlag

## **Weiterführende Literatur** **105**