

Vorlesung Physik VI (Kernphysik I)

3 Stunden: Di. 12:00 - 13:30, Fr. 9:00 - 9:45

im Hörsaal III der Physikalischen Institute

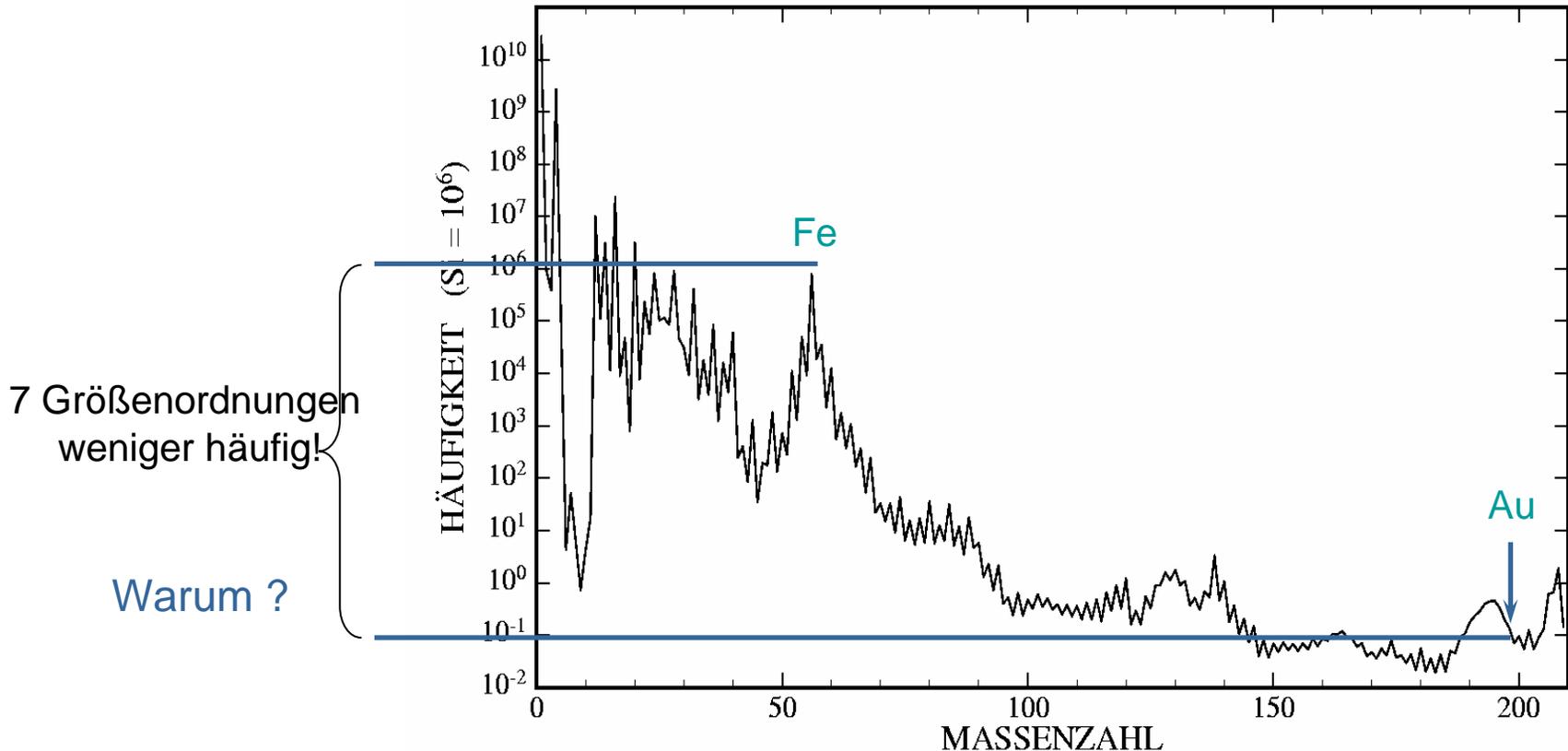
Dozent: Prof. P. Reiter

Heute Einführung:

- Gegenstand der Kernphysik
- Historisches
- Literatur

Warum findet man Gold seltener als Eisen?

Häufigkeit der chemischen Elemente



Frage 3

How were the elements from iron to uranium made?

“The 11 Greatest Unanswered Questions of Physics”

National Academy of Science Report, 2002

[Committee for the Physics of the Universe (CPU)]

“The 11 Greatest Unanswered Questions of Physics”

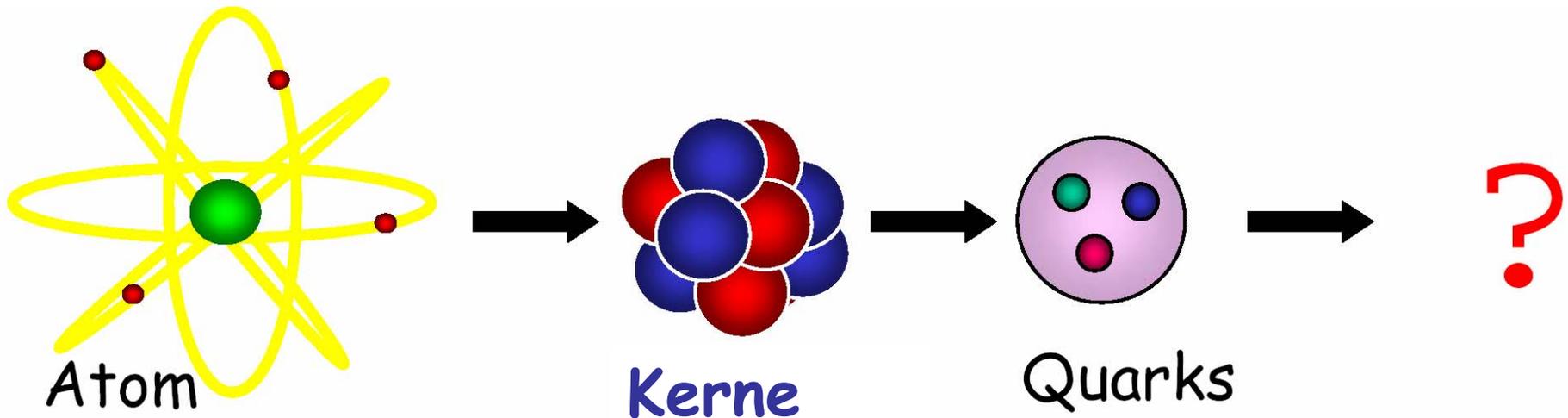
National Academy of Science Report, 2002

1. What is dark matter?
2. What is dark energy?
3. How were the heavy elements from iron to uranium made?
4. Do neutrinos have mass?
5. Where do ultra-energy particles come from?
6. Is a new theory of light and matter needed to explain what happens at very high energies and temperatures?
7. Are there new states of matter at ultrahigh temperatures and densities?
8. Are protons unstable?
9. What is gravity?
10. Are there additional dimensions?
11. How did the Universe begin?

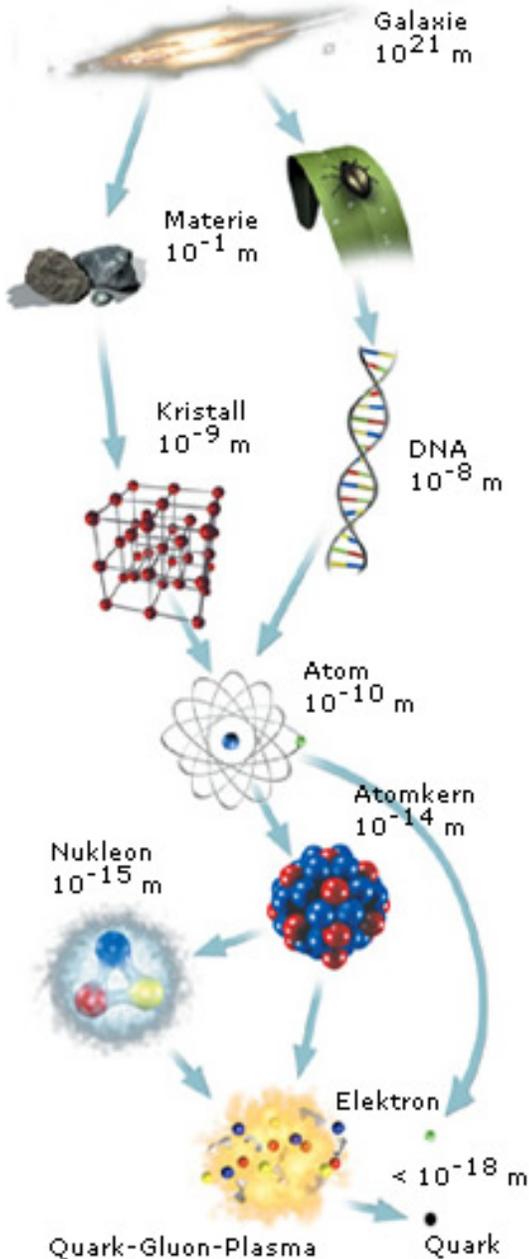
Warum Kernphysik studieren?

Kernphysikalische Prozesse spielen eine fundamentale Rolle für das Verständnis unserer physikalischen Welt:

- Ursprung des Universums
- Entstehung der chemischen Elemente
- Energie der Sterne
- Bestandteile der Materie



Größenskalen



Grenzen des bekannten Universums: 10^{+26} m
Galaxien: 10^{+21} m

Makroskopische Gebilde: 10^{-3} m - 10^{+3} m

Kristalle, Moleküle: 10^{-9} m - 10^{-8} m

Atome : 10^{-10} m (Angström)

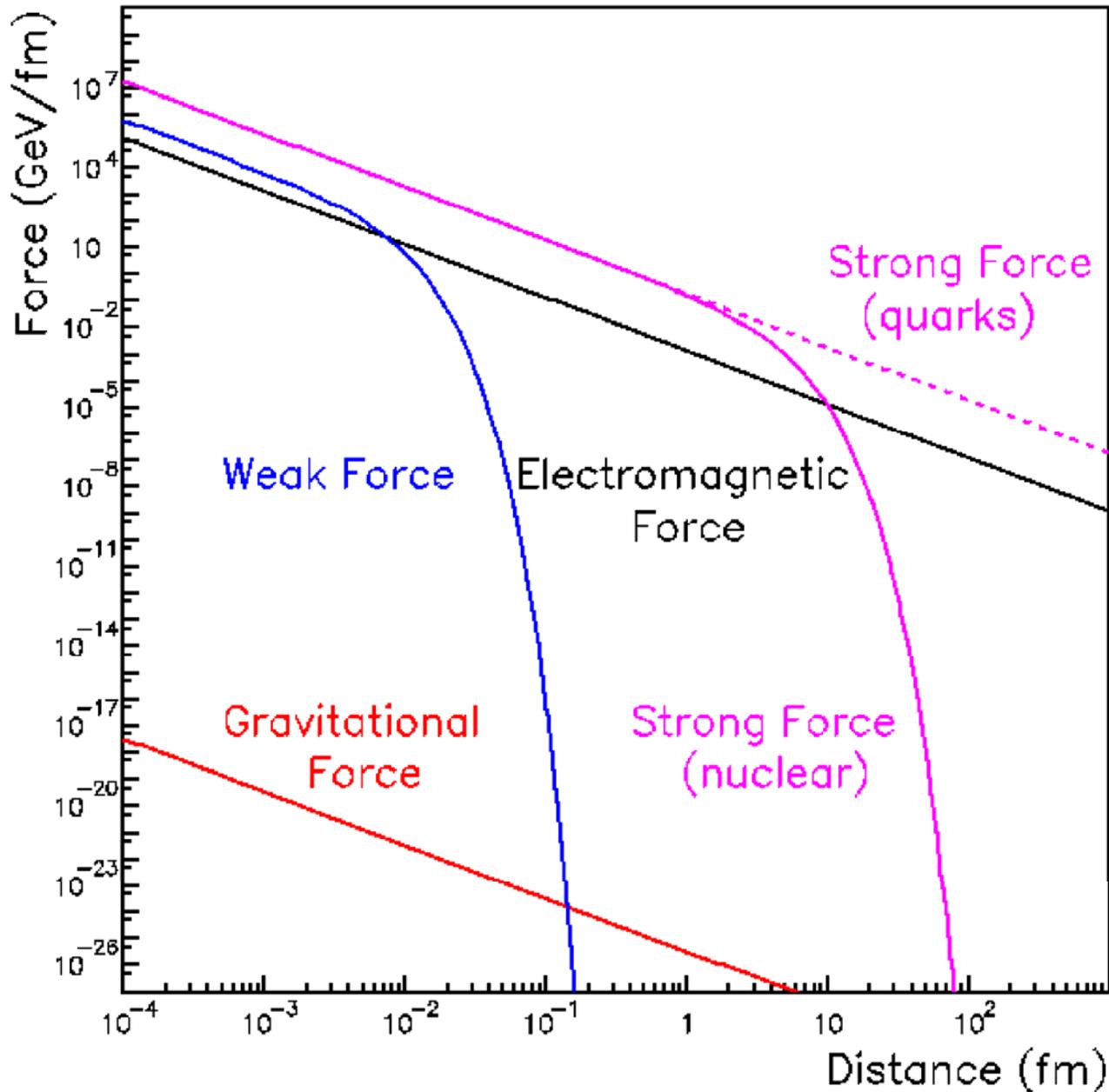
Kerne: $3 - 10$ fm = $3 - 10 \times 10^{-15}$ m,
(1 Femtometer = Fermi)
Nukleon: 10^{-15} m

Elementarteilchen: $< 10^{-18}$ - 10^{-21} m.

Wechselwirkungen und Kräfte

- **Alle** Wechselwirkungen WW zwischen Teilchen können durch **vier fundamentale Kräfte** beschrieben werden:
 - ❑ Gravitation
 - ❑ Elektromagnetische Wechselwirkung
 - ❑ Schwache Wechselwirkung
 - ❑ Starke Wechselwirkung
- Auf kurzen Distanzen (\sim fm) ist die starke- und schwache Wechselwirkung innerhalb der Kerne stärker als die EM-WW.

Stärke der fundamentalen Kräfte



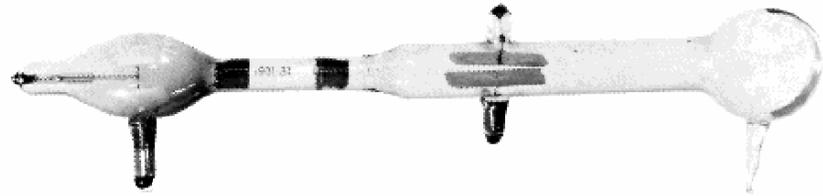
Historisches, wichtige Daten aus der Kernphysik

- Entdeckung der Röntgenstrahlung (1895 Röntgen)
- Entdeckung der Radioaktivität (1896 Becquerel)
- **Entdeckung des Elektrons (1897 Thomson)**

Elektron

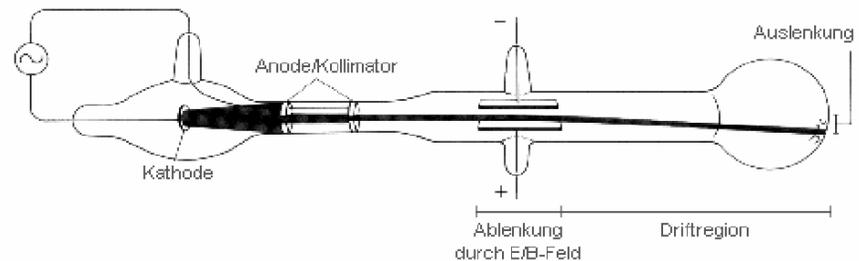
J.J. Thomson:

Experimente mit Kathodenstrahlen



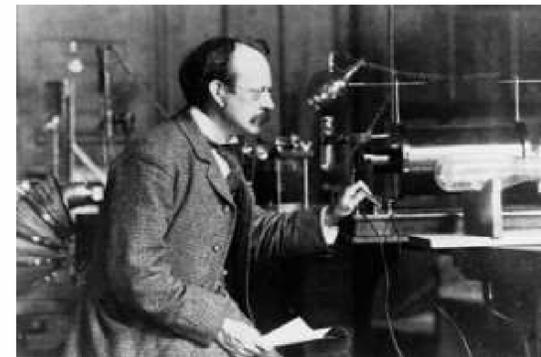
Eigenschaften des Elektrons

- Ladung: $e=1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- Millikan (1910)
- Ruhemasse: $m_e=0.510999 \text{ MeV}/c^2$
- Spin: $s=1/2 \hbar$
- Magnetisches Moment:
 $\mu=e \hbar/2m_e=5.788 \cdot 10^{-11} \text{ MeV}/\text{T}$



Elektron ist ein Elementarteilchen

$$R < 10^{-18} \text{ m}$$

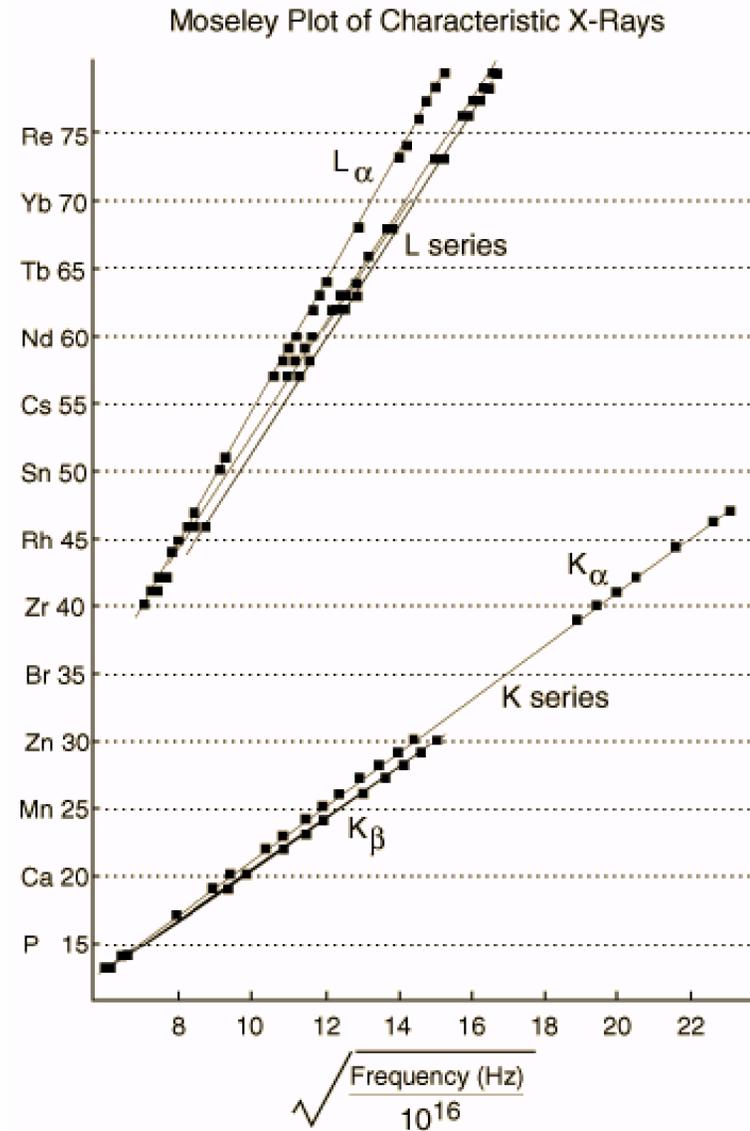
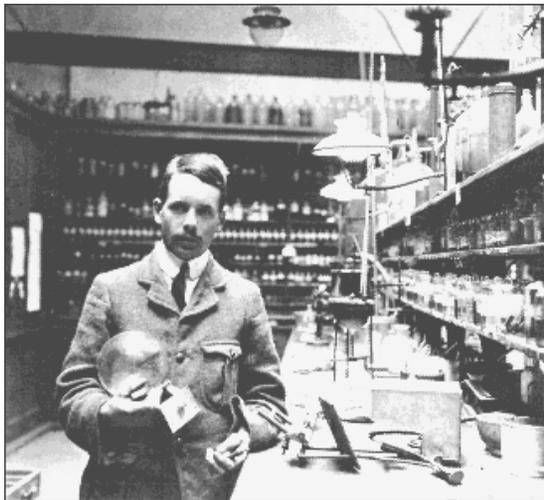


Historisches, wichtige Daten aus der Kernphysik

- Separation von Radium aus Erzen (1897 P. Curie, M. Curie)
- Gesetze des radioaktiven Zerfalls (1897 Rutherford, Soddy)
- Identifizierung der α -, β - und γ -Strahlung (1897 Rutherford)
- **α -Streuexperimente, Existenz des Atomkerns**
(1911 Rutherford, Geiger, Mardsen)
- **Systematik der Röntgenspektren,**
=> Ordnungszahl, Basis für Periodensystem (1913 Mosley)

Protonenzahl: Ladung des Atomkerns

- Ladungszahl Z gibt die Zahl der Protonen im Kern an, Ladung $Q=Ze$
- Bestimmung von Z : Messung der Röntgenübergangsenergie aus der L- in die K-Schale
Moseleysches Gesetz
- $E(K_{\alpha}) = 1/2 \alpha^2 m_e c^2 (Z-1)^2$



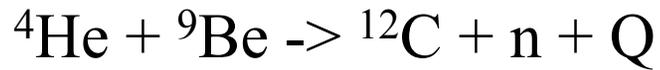
Adapted from Moseley's original data (H. G. J. Moseley, Philos. Mag. (6) 27:703, 1914)

Historisches, wichtige Daten aus der Kernphysik

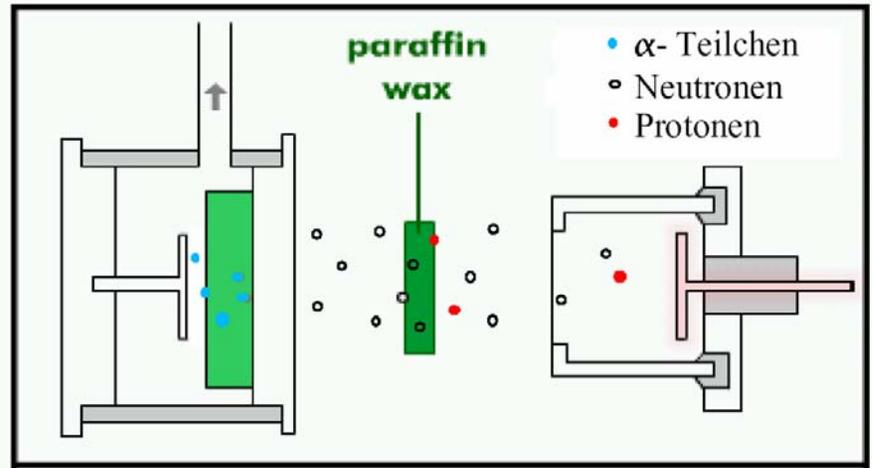
- Bohrsches Atommodell
Erklärung des Wasserstoffspektrums (1913 Bohr)
- Erste Kernreaktionen / Transmutation (1919 Rutherford)
- Entwicklung der Quantenmechanik
(ab 1925 u.a. De Broglie, Schrödinger, Heisenberg, Born)
- Neutrinohypothese (1930 Pauli)
- Erste Teilchenbeschleuniger
(1930-32 Van de Graaf, Cockroft, Walton, Lawrence)
- **Entdeckung des Neutrons (1932 Chadwick)**

Entdeckung des Neutrons 1932

- Das Neutron als Teil des Atomkerns wurde 1932 von Chadwick als Produkt der Kernreaktion:

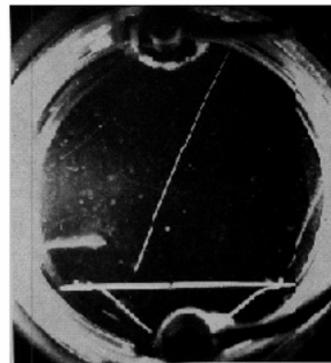


- Die ungeladenen Neutronen wurden an Wasserstoffkernen gestreut. Bei zentralen Stößen wird die gesamte Energie auf das Proton übertragen.



neutrale Strahlung auf Target: Rückstossenergie

Neutronen schlagen Protonen aus Paraffin: Nachweis der Protonen



James Chadwick
Nobelpreis 1935



Historisches, Daten aus der Kernphysik

- Entdeckung des Positrons (1932 Anderson)
- Theorie des Betazerfalls (1934 Fermi)
- Beschreibung der Kernkräfte durch Mesonenaustausch (1935 Yukawa)
- Entdeckung des Myons (1937 Anderson, Neddermeyer)
- Theorie der thermonuklearen Reaktionen in Sternen (1938 Bethe)
- Entdeckung der Kernspaltung (1938 Hahn, Straßmann)
- Theorie der Spaltung, Tröpfchenmodell (1939 Meitner, Frisch, Bohr, Wheeler)
- Produktion der ersten Transurane (1940 Seaborg)
- Erste kontrollierte Kettenreaktion (1942 Fermi)
- Entwicklung der Atombombe (1945 Oppenheimer(Manhattan Project))

Historisches, wichtige Daten aus der Kernphysik

- Entdeckung des Pion oder Pi-Mesons (1947 Powell)
- Schalenmodell der Kernstruktur
(1949 Goeppert-Mayer, Jensen, Haxel, Suess)
- Seltsamkeits-Hypothese (1953 Gell-Mann, Nishijima)
- Erster Nachweis von Teilchen mit Seltsamkeit
(1953 Brookhaven National Laboratory)
- Kollektives Modell für Kerne (1953 A. Bohr, Mottelson, Rainwater)
- Entdeckung des Antiprotons (1955 Chamberlain, Segre)

Historisches, wichtige Daten aus der Kernphysik

- Experimenteller Nachweis des Neutrinos (1956 Reines, Cowan)
- Nachweis der Paritätsverletzung im Beta-Zerfall (1956 Lee, Yang, Wu)

- Quarkmodell der Hadronen (1964 Gell-Mann, Zweig)

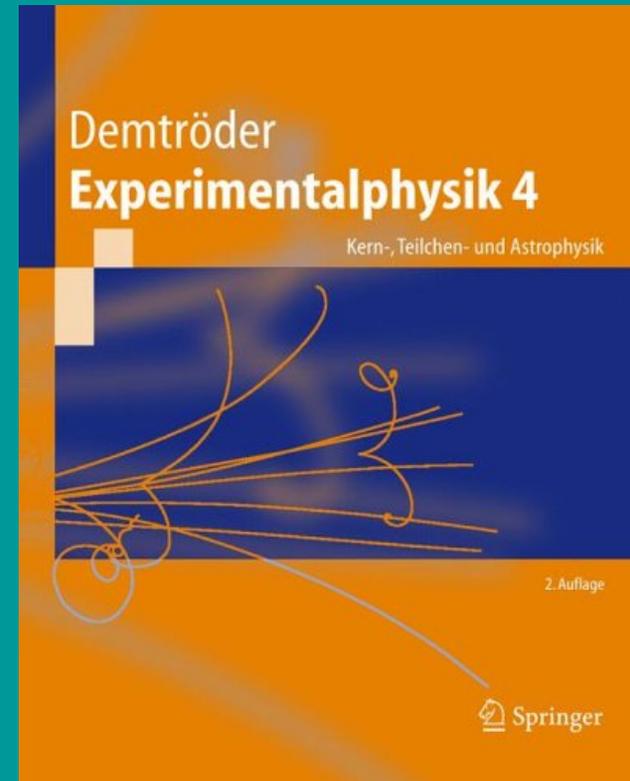
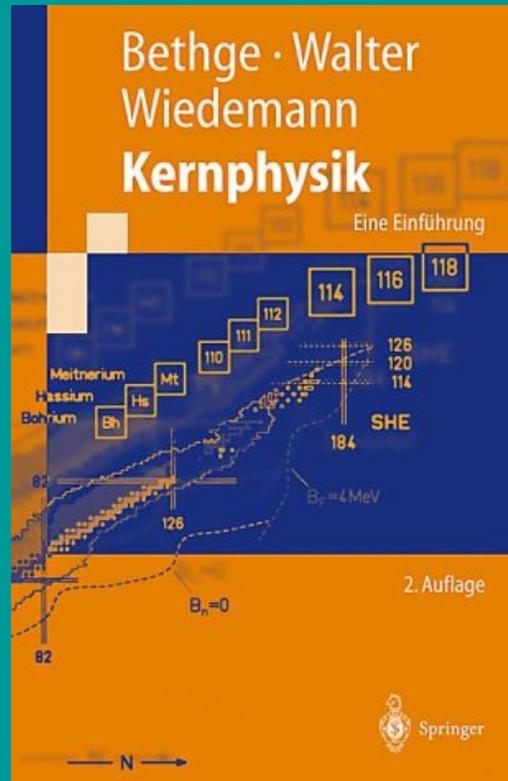
- Elektroschwache Vereinigung (1967 Weinberg, Salam)

- Entwicklung der Quantenchromodynamik (QCD) (1972 Gell-Mann)

Historisches, wichtige Daten aus der Teilchenphysik

- Nachweis des J/Y Mesons (1974 Richter, Ting)
- Entdeckung des Tau-Leptons (1975 Perl)
- Entdeckung des Bottom Quarks (1977 Ledermann)
- Entdeckung der W und Z Bosonen (1983 Rubbia)
- Messung solarer Neutrinos (1960er - 1994, Davis)
- Messung von Neutrinos aus Supernova (1987 Koshiba)
- Entdeckung des Top Quarks (1995 Fermi Laboratory)
- Nachweis von Neutrino-Oszillationen
(1998 Super-Kamikoande, 2001 SNO, 2003 KAMLAND)

Literatur Kernphysik



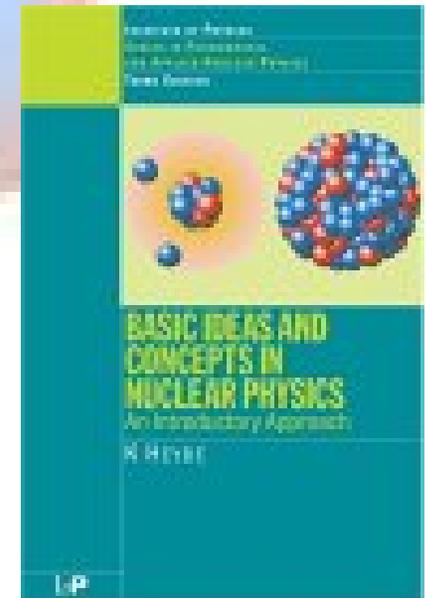
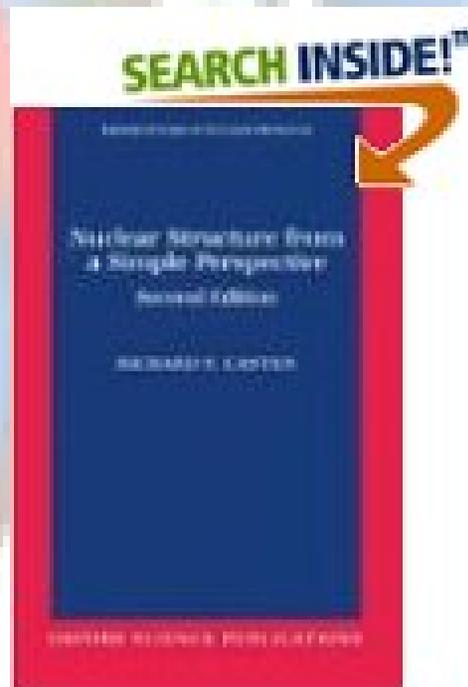
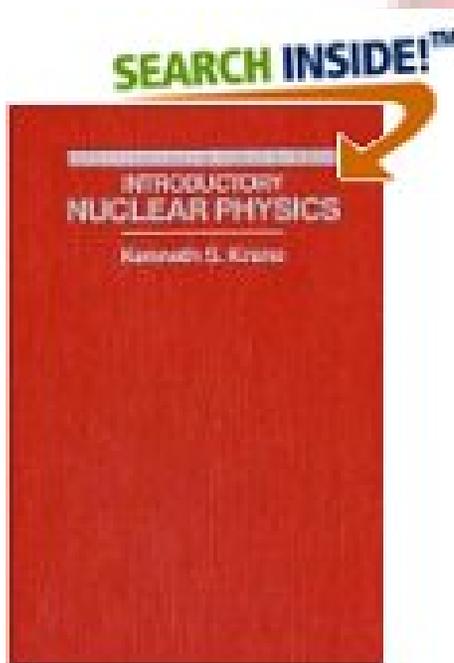
Kernphysik

- Bethge: Kernphysik (Springer 1996)
- Demtröder: Experimentalphysik 4 (Springer 2004)
- Mayer-Kuckuk: Kernphysik (Teubner 1984)

Literaturliste

Kernphysik weiterführende Lehrbücher

- Krane: Introductory Nuclear Physics (Wiley & Sons 1987)
- Casten: Nuclear Structure from a Simple Perspective
- Heyde: Basic Ideas and Concepts in Nuclear Physics



Literaturliste

