

	stark	elektromagn.	schwach	Gravitation
Kopplungskonst.	$g_s^2/\hbar c \approx 15$ $\alpha_s \approx 1$	$e^2/\hbar c = 1/137$	$g^2/\hbar c = 4 \cdot 10^{-3}$	$\frac{G M^2}{\hbar c} = 6 \cdot 10^{-39}$
Austauschboson	Pion, --- 139 MeV Gluon 0 MeV	Photon 0 MeV	W^\pm 84 GeV Z^0 92 GeV	Graviton ?
Stärke rel. zu starker WW bei 1 fm	$\equiv 1$	10^{-2}	10^{-13}	10^{-38}
typ. Zeitskala für Zerfälle	10^{-23} s	10^{-20} s	10^{-10} s	?
typ. Reichweite	$1.4 \cdot 10^{-15}$ m	∞	$2 \cdot 10^{-18}$ m	∞

Fig. 5.1

Entdeckung des Positrons in kosmischer Strahlung durch C.D.Anderson

Phys. Rev. 43 (1933) 491 in Nebelkammer

Nebelkammer: übersättigter Dampf, Ionisation bildet Kondensationskeime (Tröpfchen)

$17 \times 17 \times 3 \text{ cm}^3$ in 1.5 T Magnetfeld, ungetriggert)

Impuls (aus Krümmung der Spur) 63 bzw. 23 MeV/c

Richtung der Spur?

Einbringen einer Bleiplatte

Masse? aus Impuls und

Reichweite 50 mm

Proton würde in 5 mm

stoppen

Beobachtung einiger Ereignisse →

Masse innerhalb 20% gleich Elektron

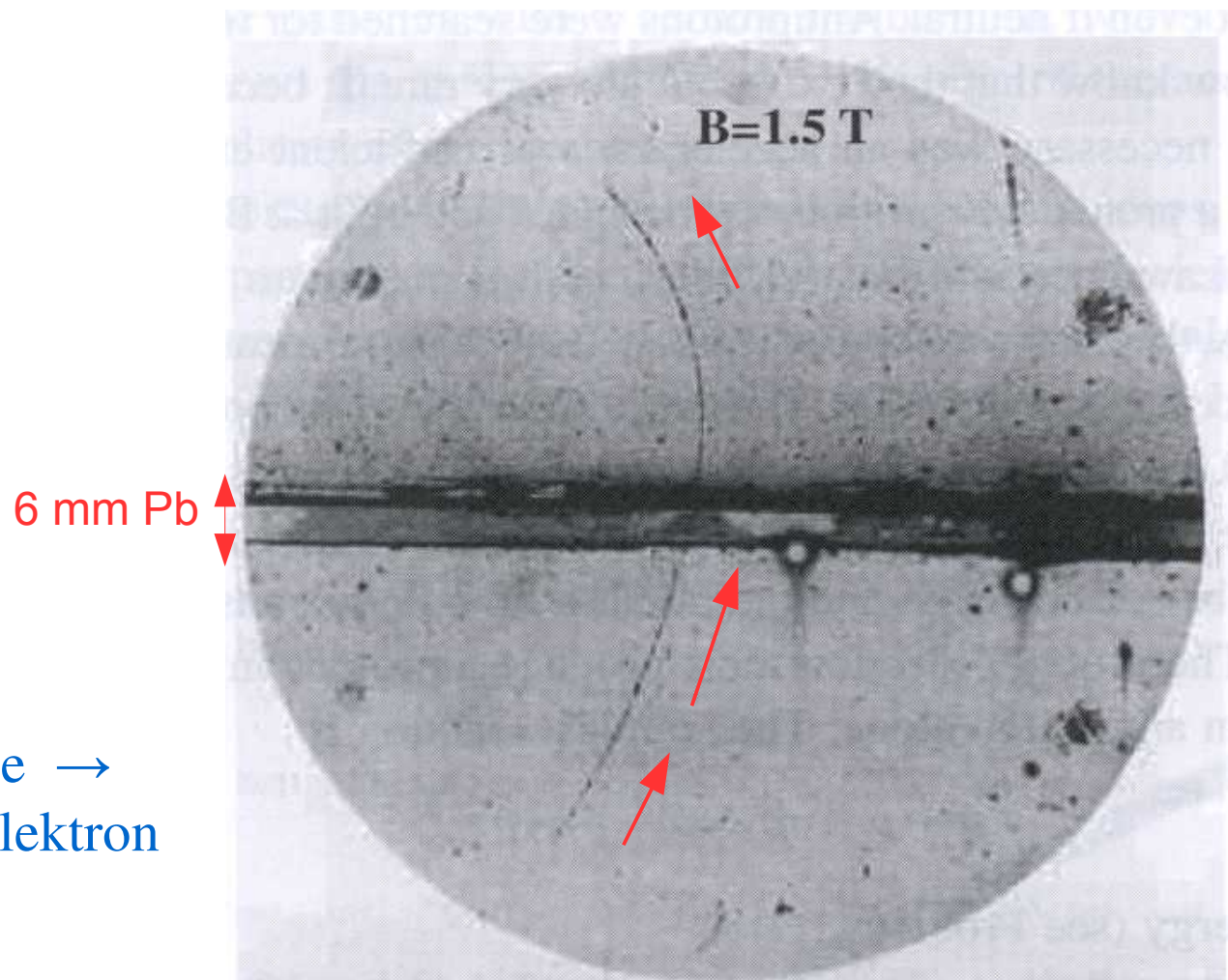


Fig. 5-2

3 Generationen von je 2 Quarks:

alle sind Fermionen mit Spin $1/2$

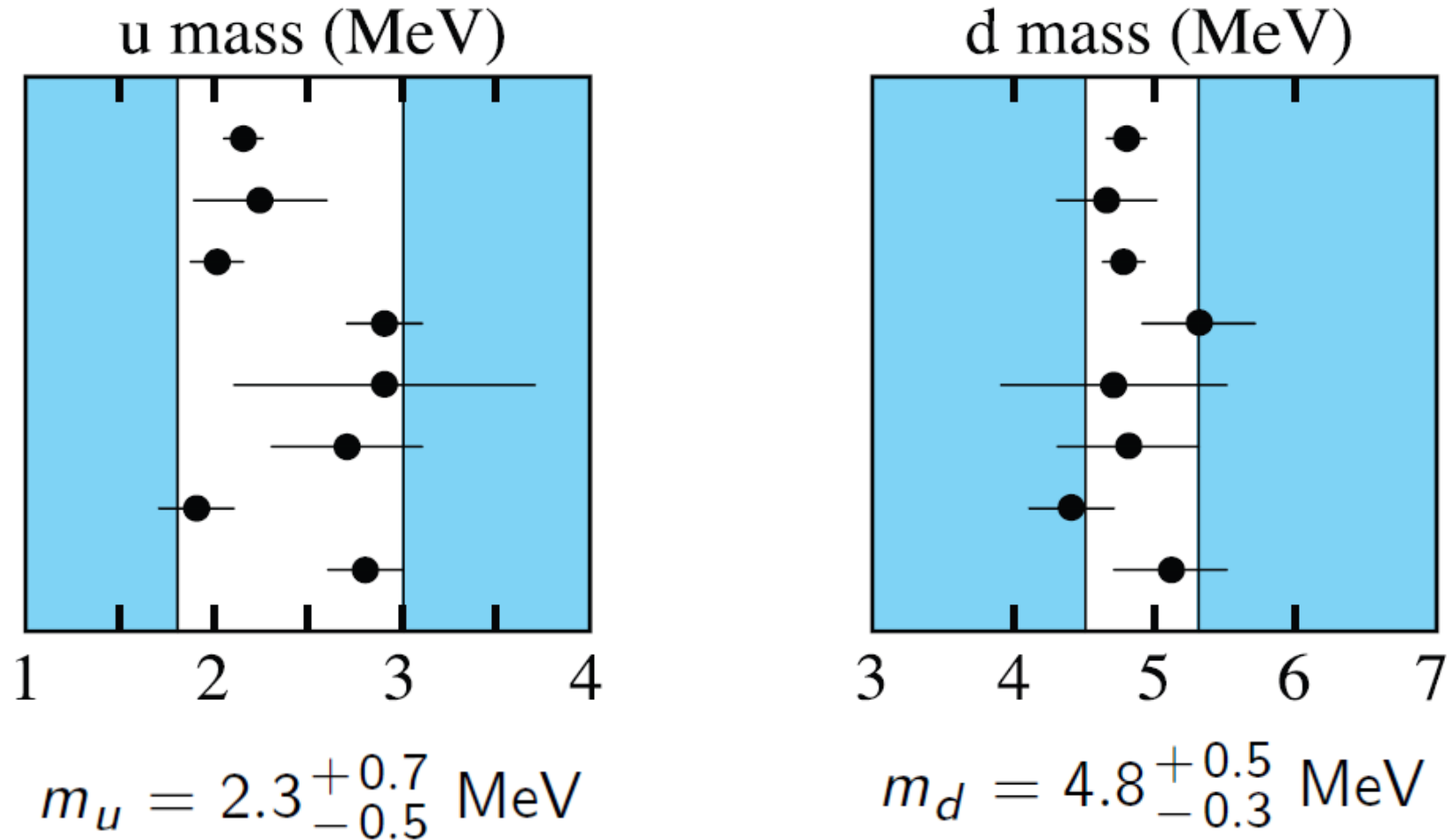
u und d-Quark haben eine spin-ähnliche Quantenzahl Isospin $I = 1/2$

Generation	Flavour	q	m	I_3	S	C	B	T	A
1	d (down)	$-1/3$	$\simeq 2 \text{ MeV}$	$-1/2$	0	0	0	0	$1/3$
	u (up)	$+2/3$	$\simeq 5 \text{ MeV}$	$+1/2$	0	0	0	0	$1/3$
2	s (strange)	$-1/3$	$\simeq 95 \text{ MeV}$	0	-1	0	0	0	$1/3$
	c (charm)	$+2/3$	$\simeq 1.3 \text{ GeV}$	0	0	1	0	0	$1/3$
3	b (bottom)	$-1/3$	$\simeq 4.2 \text{ GeV}$	0	0	0	-1	0	$1/3$
	t (top)	$+2/3$	$\simeq 173 \text{ GeV}$	0	0	0	0	1	$1/3$

die starke und die elektromagnetische WW erhalten die “ladungsartigen” Quantenzahlen I_3, S, C, B, T, A

up und down Quark Massen

aus theoretischen Berechnungen hadronischer Eigenschaften



A.V. Manohar, C.T. Sachrajda in Review of Particle Physics, PDG 2014

Fig. 5-4

die fundamentalen Teilchen, aus denen alles besteht:

FERMIONS

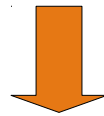
matter constituents
spin = 1/2, 3/2, 5/2, ...

Leptons spin = 1/2

Flavor	Mass GeV/c ²	Electric charge
ν_L lightest neutrino*	$(0-2) \times 10^{-9}$	0
e electron	0.000511	-1
ν_M middle neutrino*	$(0.009-2) \times 10^{-9}$	0
μ muon	0.106	-1
ν_H heaviest neutrino*	$(0.05-2) \times 10^{-9}$	0
τ tau	1.777	-1

Quarks spin = 1/2

Flavor	Approx. Mass GeV/c ²	Electric charge
u up	0.002	2/3
d down	0.005	-1/3
c charm	1.3	2/3
s strange	0.1	-1/3
t top	173	2/3
b bottom	4.2	-1/3



Quarks kommen in der Natur nur in gebundenen Zuständen vor: Hadronen

Fig. 5-5

die fundamentalen Wechselwirkungen

elektromagnetisch

schwache Wechselwirkung

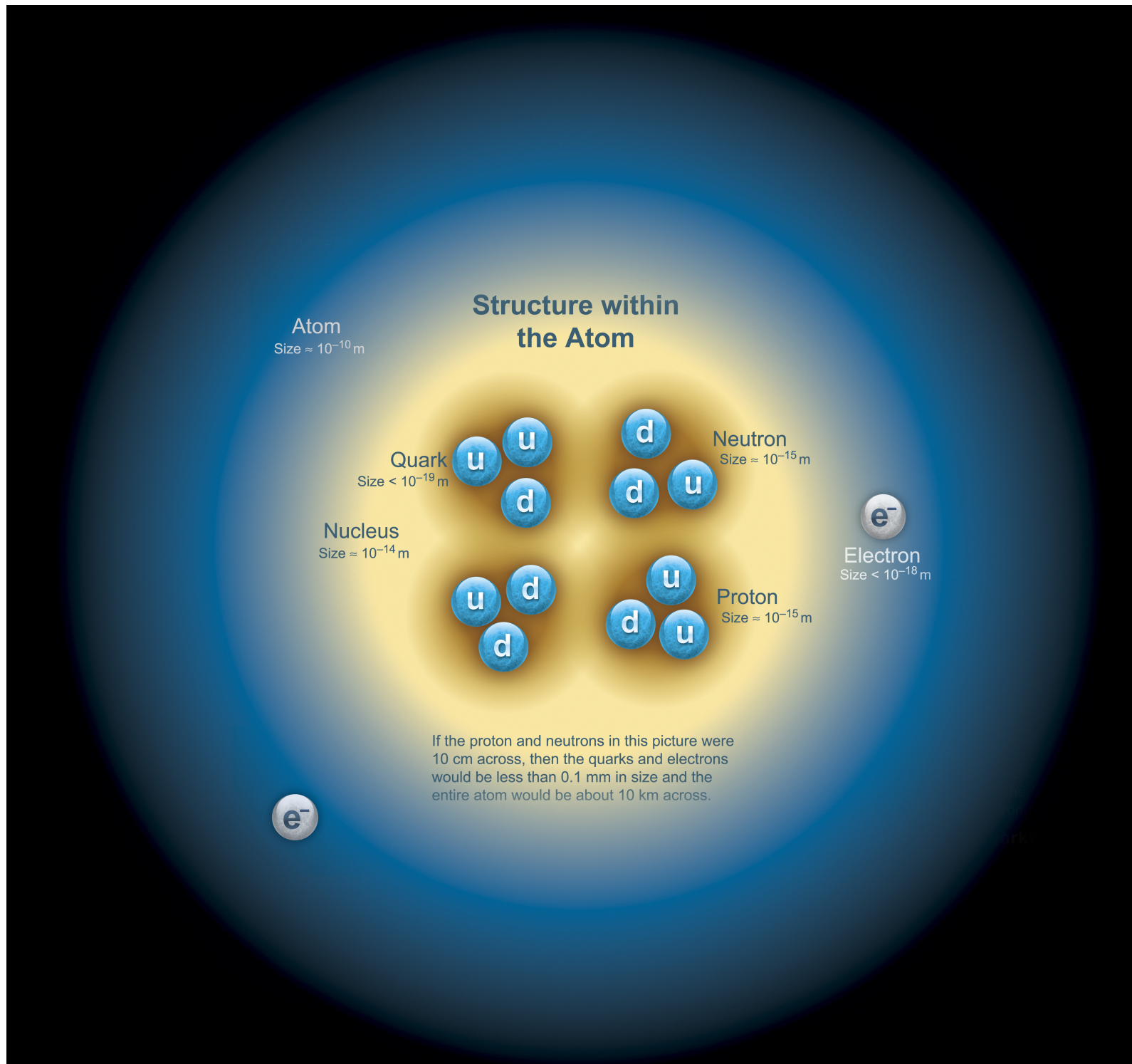
neu 

starke Wechselwirkung

Gravitation (in PEP5 nicht wichtig)

BOSONS			force carriers spin = 0, 1, 2, ...		
Unified Electroweak spin = 1			Strong (color) spin = 1		
Name	Mass GeV/c ²	Electric charge	Name	Mass GeV/c ²	Electric charge
γ photon	0	0	g gluon	0	0
W⁻	80.39	-1			
W⁺ W bosons	80.39	+1			
Z⁰ Z boson	91.188	0			
Higgs Boson spin = 0					
Name	Mass GeV/c ²	Electric charge	Name	Mass GeV/c ²	Electric charge
H Higgs	126	0			

Fig. 5-6



Structure within the Atom

Atom
Size $\approx 10^{-10}$ m

Quark
Size $< 10^{-19}$ m

Nucleus
Size $\approx 10^{-14}$ m

Neutron
Size $\approx 10^{-15}$ m

Electron
Size $< 10^{-18}$ m

Proton
Size $\approx 10^{-15}$ m

If the proton and neutrons in this picture were 10 cm across, then the quarks and electrons would be less than 0.1 mm in size and the entire atom would be about 10 km across.

Fig. 5-7