

Willkommen zur PEP4 !

- neue Vorlesung seit SS2016 im Rahmen der Neukonzipierung der Experimentalphysikvorlesungen - basierend auf unseren Erfahrungen einschliesslich feedback der Studenten seit Einführung Bachelor/Master (siehe Modulhandbuch)
- abgestimmt auf Inhalte der PEP1,2,3

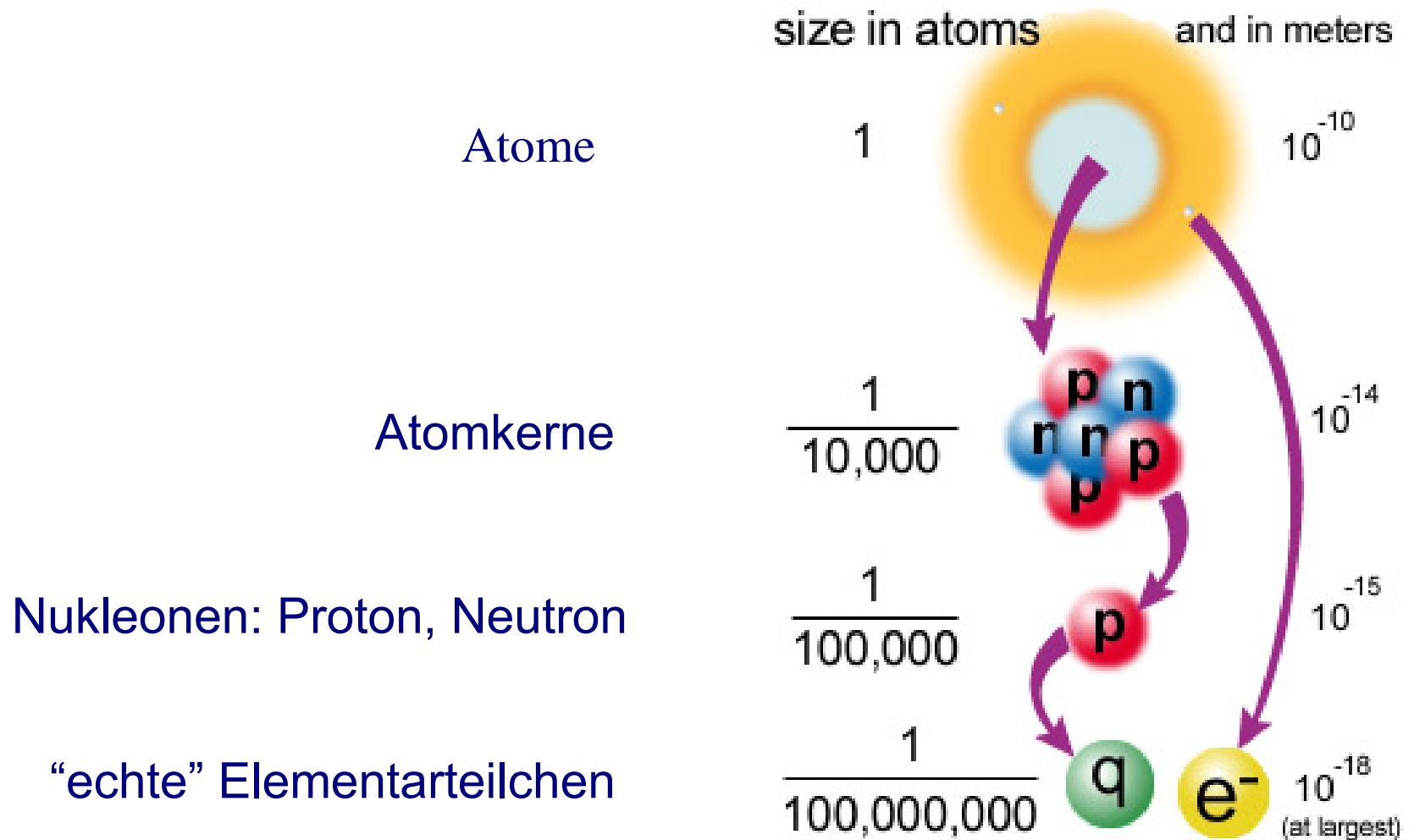
Organisatorisches:

- Tafel ist defekt
- Webseite der Vorlesung PEP4
<http://uebungen.physi.uni-heidelberg.de/vorlesung/20171/pep4>
- 3 mal Montag Feiertag, zu viel! wird unterschiedlich behandelt
Sie werden für PEP4 2 Vorlesungen als Video bekommen
- Vorlesungspause: **10 Minuten ok?**
- Skript zur Kern-und Teilchenphysik:
<http://www.physi.uni-heidelberg.de/~stachel/skript.pdf>
- Notizen und Abbildungen aus der Vorlesung:
pdf auf webpage jeden Mittwoch
- Klausur: Mo 24.7. im Zeitraum 14:00-18:00 **gibt es Präferenz?**
Teilnahmevoraussetzung: 60% der Punkte aus Übungsgruppe
- Übungen: **beginnen diese Woche!**
Eintragung wie gehabt, weitgehend abgeschlossen
Übungsblatt auf webpage: **jeweils Dienstag**
Behandlung in der **folgenden Woche** in Übungsgruppe
- Abmeldung von der PEP4 möglich bis **1. Juni 2017**
- CERN Exkursion (Februar 2018?): **Interesse?**

Inhalt der Experimentalphysik 4:

Atome mit mehreren Elektronen, Zusammensetzung (Struktur), Eigenschaften und Wechselwirkung von Atomkernen, Hadronen, Leptonen

wie ist die uns umgebende Welt auf mikroskopischer Skala zusammengesetzt und was hält sie zusammen



Atome jenseits von Helium, Grundzustand, Spektren, Periodensystem der Elemente

Periode	Gruppe								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
	1 H 1,00797							2 He 4,0026	
	3 Li 6,939	4 Be 9,022	5 B 10,81	6 C 12,01115	7 N 14,0067	8 O 15,9994	9 F 18,9984	10 Ne 20,183	
	11 Na 22,9696	12 Mg 24,312	13 Al 26,9815	14 Si 28,086	15 P 30,9738	16 S 32,064	17 Cl 35,453	18 Ar 39,948	
	19 K 39,102	20 Ca 40,08	21 Sc 44,956	22 Ti 47,90	23 V 50,942	24 Cr 51,996	25 Mn 54,938	26 Fe 27 Co 28 Ni 55,847 58,9332 58,71	
	29 Cu 63,54	30 Zn 65,37	31 Ga 69,72	32 Ge 72,59	33 As 74,9216	34 Se 78,96	35 Br 79,909	36 Kr 83,80	
	37 Rb 85,47	38 Sr 87,62	39 Y 88,905	40 Zr 91,22	41 Nb 92,906	42 Mo 95,94	43 Tc 99	44 Ru 45 Rh 46 Pd 101,07 102,905 106,4	
	47 Ag 107,87	48 Cd 112,40	49 In 114,82	50 Sn 118,69	51 Sb 121,75	52 Te 127,60	53 J 126,9044	54 Xe 131,3	
	55 Cs 132,905	56 Ba 137,34	57 La 138,91	72 Hf 178,49	73 Ta 180,948	74 W 183,85	75 Re 186,2	76 Os 77 Ir 78 Pt 190,2 192,2 195,09	
	79 Au 196,967	80 Hg 200,59	81 Tl 204,37	82 Pb 207,19	83 Bi 208,98	84 Po 210	85 At 210	86 Rn 222	
	87 Fr 223	88 Ra 226,05	89 Ac 227	104 Rf 261,1	105 Db 262,1	106 Sg 263,1	107 Bh 262,1	108 Hs 109 Mt 110 Ds 265,1 266,1	
	58 Ce 59 Pr 60 Nd 61 Pm 140,12 140,907 144,24 145			62 Sm 63 Eu 64 Gd 65 Tb 66 Dy 67 Ho 68 Er 69 Tm 70 Yb 71 Lu 150,35 151,96 157,25 158,924 162,50 164,93 167,26 168,934 173,04 174,97					
	90 Th 91 Pa 92 U 93 Np 94 Pu 95 Am 96 Cm 97 Bk 98 Cf 99 Es 100 Fm 101 Md 102 No 103 Lr 232,038 231 238,03 237 244 243 247 247 251 254 257 256 256 258?								

die fundamentalen Teilchen, aus denen alles besteht:

FERMIONS

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

Leptons spin = 1/2			Quarks spin = 1/2		
Flavor	Mass GeV/c ²	Electric charge	Flavor	Approx. Mass GeV/c ²	Electric charge
ν_e electron neutrino	$<1 \times 10^{-8}$	0	u up	0.003	2/3
e electron	0.000511	-1	d down	0.006	-1/3
ν_μ muon neutrino	<0.0002	0	c charm	1.3	2/3
μ muon	0.106	-1	s strange	0.1	-1/3
ν_τ tau neutrino	<0.02	0	t top	175	2/3
τ tau	1.7771	-1	b bottom	4.3	-1/3



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

Entdeckung von Elementarteilchen
und ihre Charakterisierung

und daraus gebildete Teilchen

Baryons qqq and Antibaryons $\bar{q}\bar{q}\bar{q}$

Baryons are fermionic hadrons.
There are about 120 types of baryons.

Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c ²	Spin
p	proton	uud	1	0.938	1/2
\bar{p}	anti-proton	$\bar{u}\bar{u}\bar{d}$	-1	0.938	1/2
n	neutron	udd	0	0.940	1/2
Λ	lambda	uds	0	1.116	1/2
Ω^-	omega	sss	-1	1.672	3/2

Mesons $q\bar{q}$

Mesons are bosonic hadrons.
There are about 140 types of mesons.

Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c ²	Spin
π^+	pion	$u\bar{d}$	+1	0.140	0
K^-	kaon	$s\bar{u}$	-1	0.494	0
ρ^+	rho	$u\bar{d}$	+1	0.770	1
B^0	B-zero	$d\bar{b}$	0	5.279	0
η_c	eta-c	$c\bar{c}$	0	2.980	0

die fundamentalen Wechselwirkungen

elektromagnetisch (bekannt aus PEP 1-3, immer noch wichtig)!

neu  schwache Wechselwirkung

starke Wechselwirkung

Gravitation (in PEP4 nicht wichtig)

und die Vektorbosonen (Eichbosonen), die sie vermitteln:

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⁻	80.4	-1			
W⁺	80.4	+1			
Z⁰	91.187	0			

sehr wichtig: Arten und Rolle von Symmetrien und Erhaltungssätzen

Atomkerne

woraus bestehen sie, wie sind sie gebunden, Grösse und Form, Anregungen
Kernspaltung und Kernfusion
Elementsynthese im Universum

Experimentalphysikvorlesung, aber keine Experimente in der Vorlesung für
diese Art von Experimentalphysik

- Experimente sind gross,
- brauchen sehr spezielle Aufbauten und Beschleuniger
- dauern oft lang,

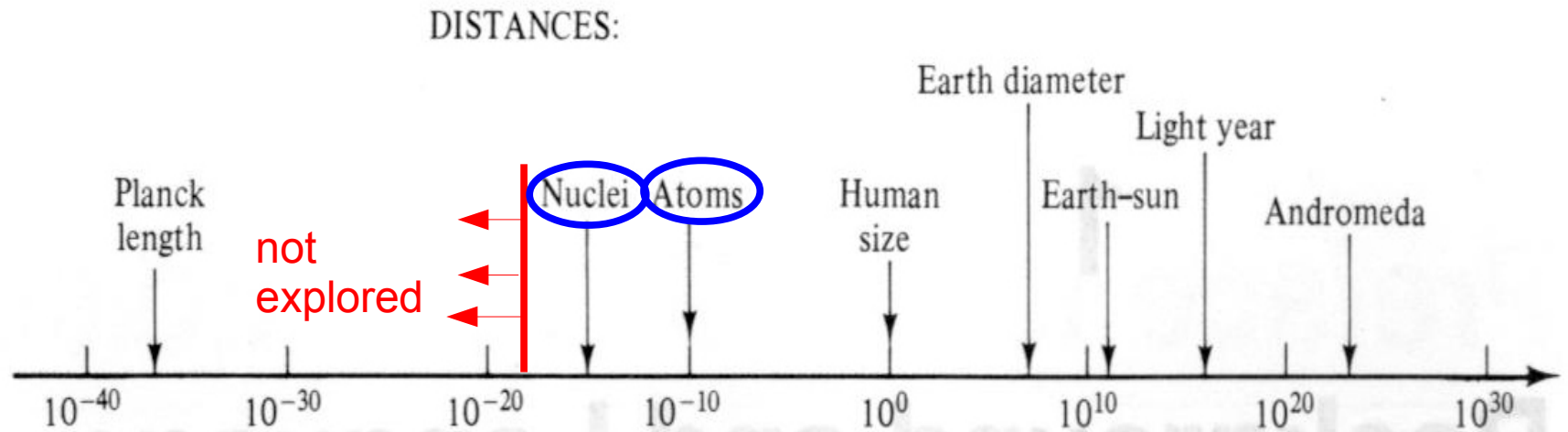
und die Ergebnisse sind sowieso nicht direkt “sichtbar”

aber

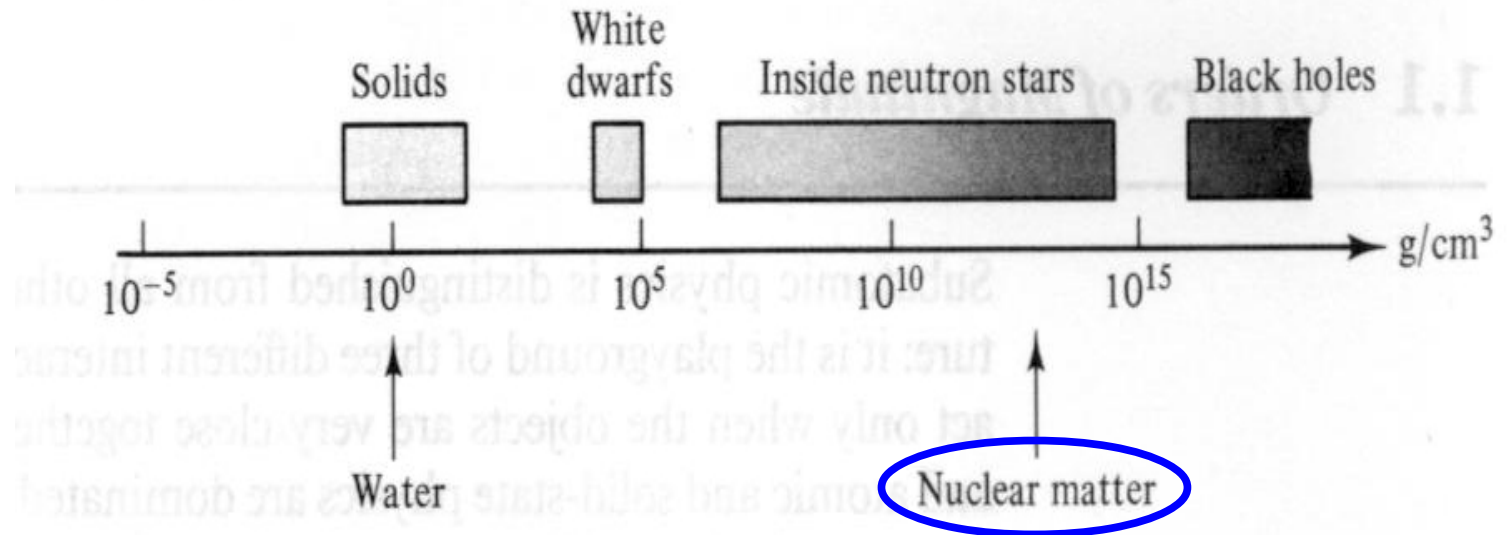
Besprechung der experimentellen Methoden

Originalabbildungen der experimentellen Resultate und Referenzen

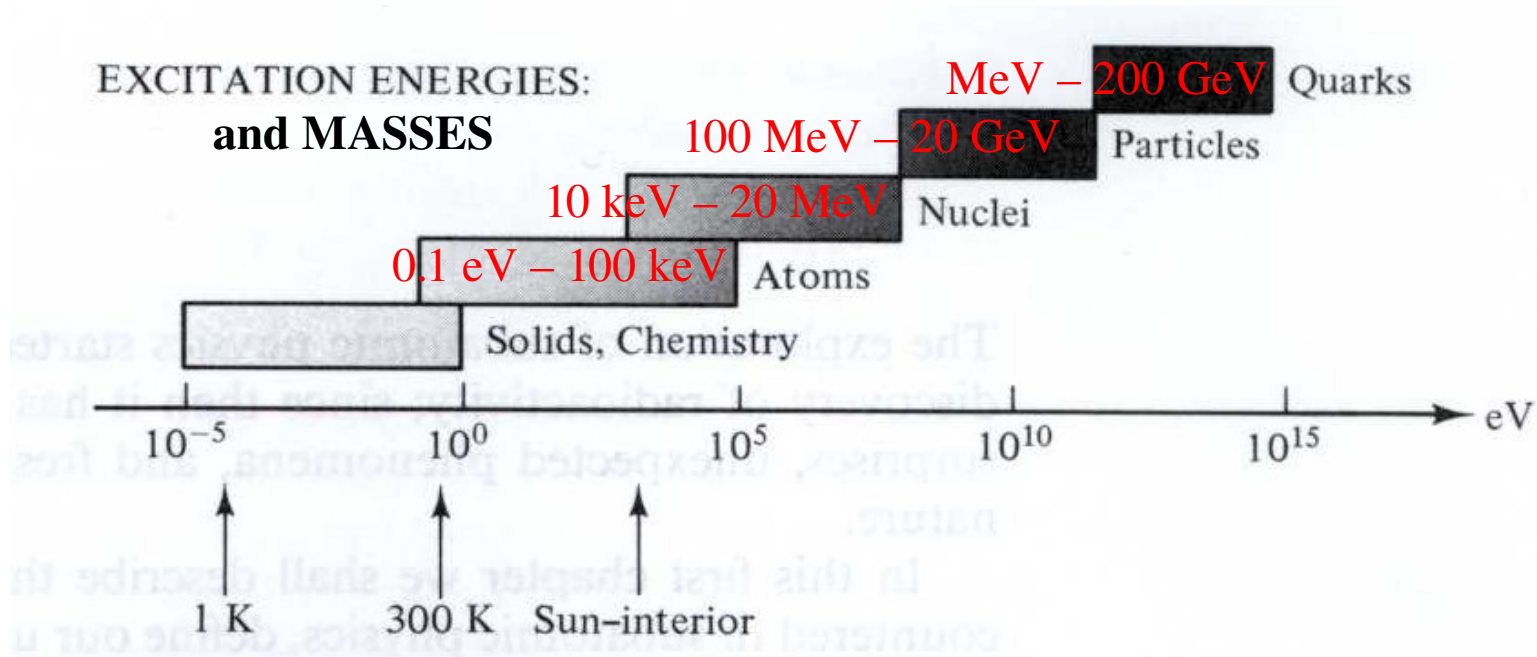
typische Skalen in der Atom-, Kern- und Teilchenphysik:



DENSITY:



typische Skalen in der Atom-, Kern- und Teilchenphysik:



Einheiten

		SI Values
Energy	1 eV	$=1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$
	1 MeV = 10^6 eV	$=1.602 \times 10^{-13} \text{ J}$
	1 GeV = 1000 MeV	$=1.602 \times 10^{-10} \text{ J}$
Momentum	1 MeV/c	$=5.344 \times 10^{-22} \text{ kg m s}^{-1}$
Mass	1 MeV/c ²	$=1.783 \times 10^{-30} \text{ kg}$
The unified atomic mass unit (¹² C scale)	1 u = 931.5 MeV/c ²	$=1.661 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Length	1 fermi (fm)	$=1.0 \times 10^{-15} \text{ m}$
Other quantities	$\hbar c = 197.3 \text{ MeV fm}$	$=3.162 \times 10^{-26} \text{ J m}$
	$c = 2.998 \times 10^{23} \text{ fm s}^{-1}$	$=2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
	$\hbar = 6.588 \times 10^{-22} \text{ MeV s}$	$=1.055 \times 10^{-34} \text{ J s}$
	$=197.3 \text{ MeV}/c \text{ fm}$	

The fine-structure constant

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\hbar c} = \frac{1}{137.04}$$

$$e^2/4\pi\epsilon_0 = \text{“}e^2\text{”} = 1.44 \text{ MeV fm}$$

Natural units

$$\begin{aligned} \hbar &= c = 1 \\ 1 \text{ unit of mass} &= 1 \text{ GeV} \\ 1 \text{ unit of length} &= 1 \text{ GeV}^{-1} = 0.1975 \text{ fm} \\ 1 \text{ unit of time} &= 1 \text{ GeV}^{-1} = 6.588 \times 10^{-25} \text{ s} \end{aligned}$$



werden wir in der PEP4 i.A. nicht benutzen!

Termschema Wasserstoff

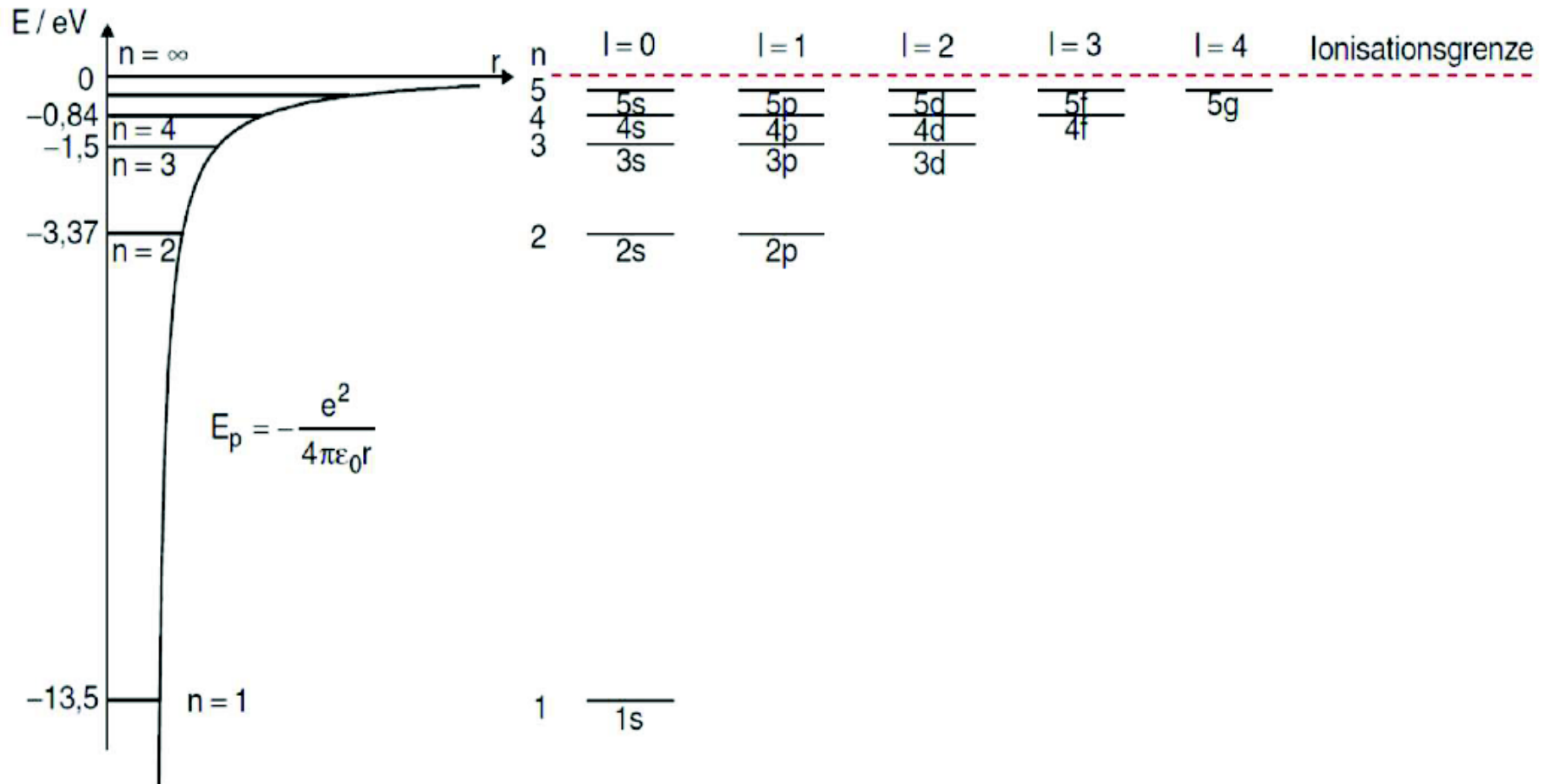
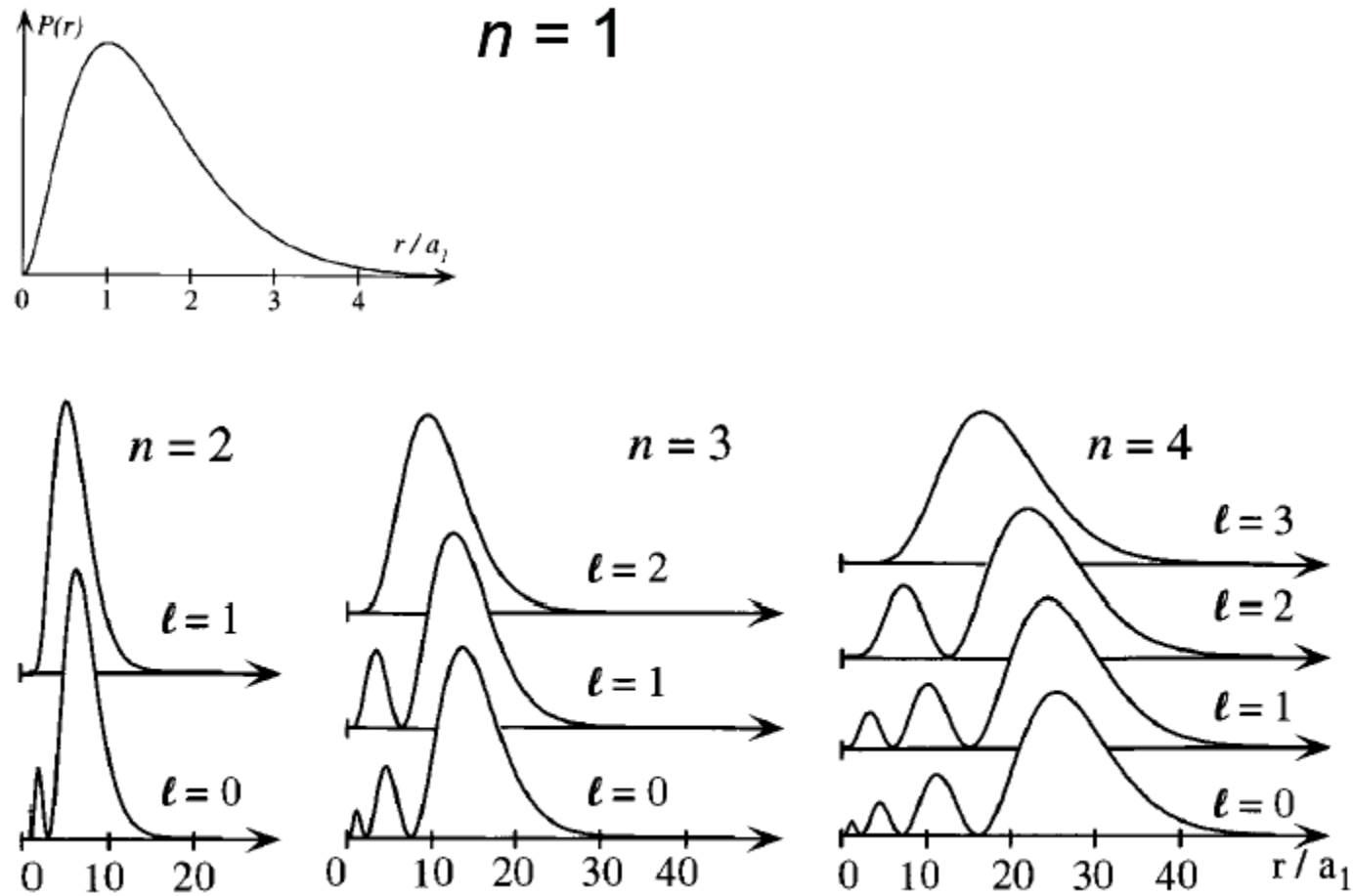


Fig. 1.1

Wasserstoff



Radiale Wahrscheinlichkeitsdichte $r^2 |R_{n,\ell}(r)|^2$ in Einheiten des Bohrradius

Fig. 1.2

Absolutquadrat der normierten Kugelflächenfunktionen = Winkelanteil² der Wasserstoffwellenfunktionen

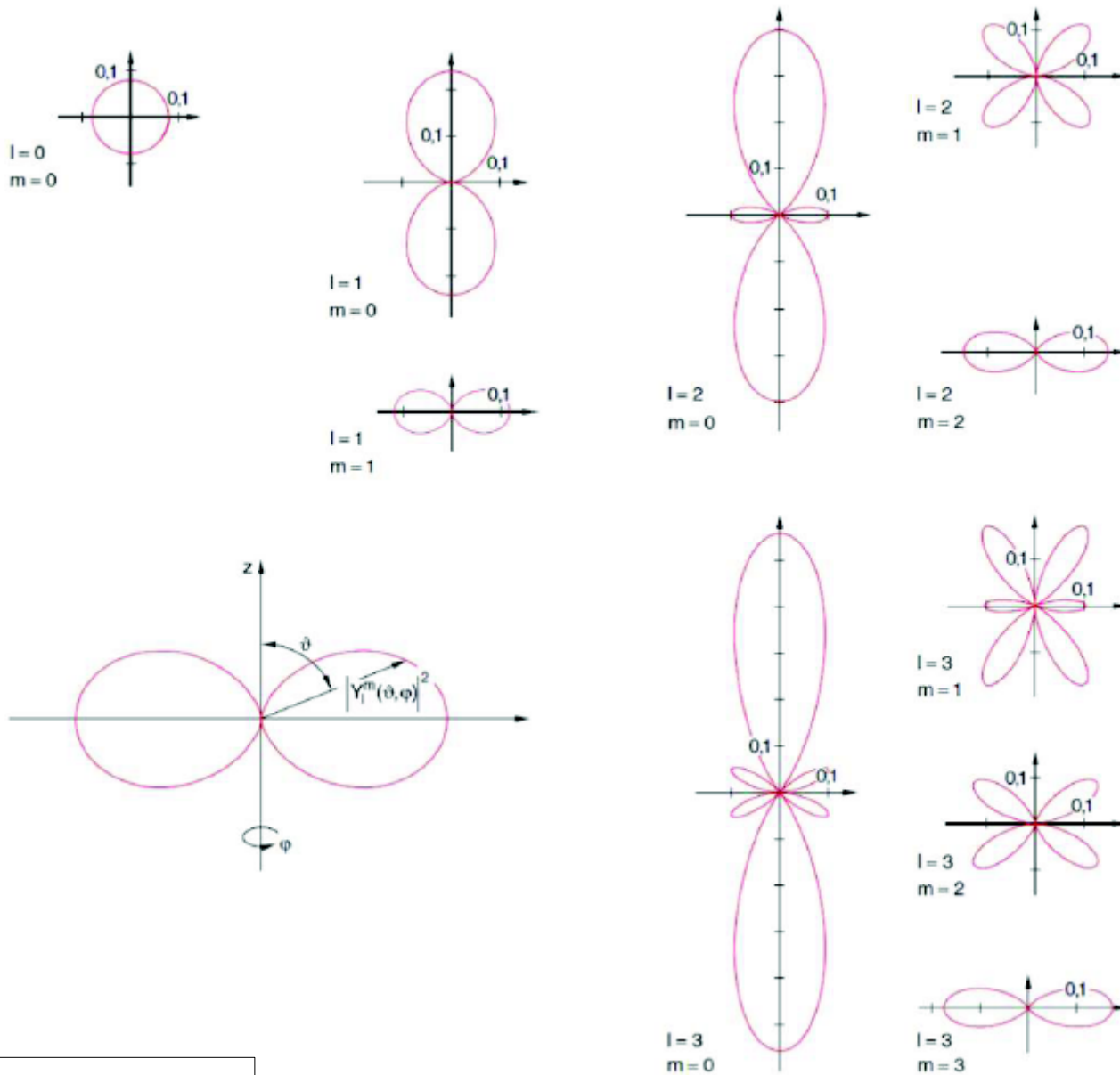


Fig. 1.3

Termschema Helium-Atom

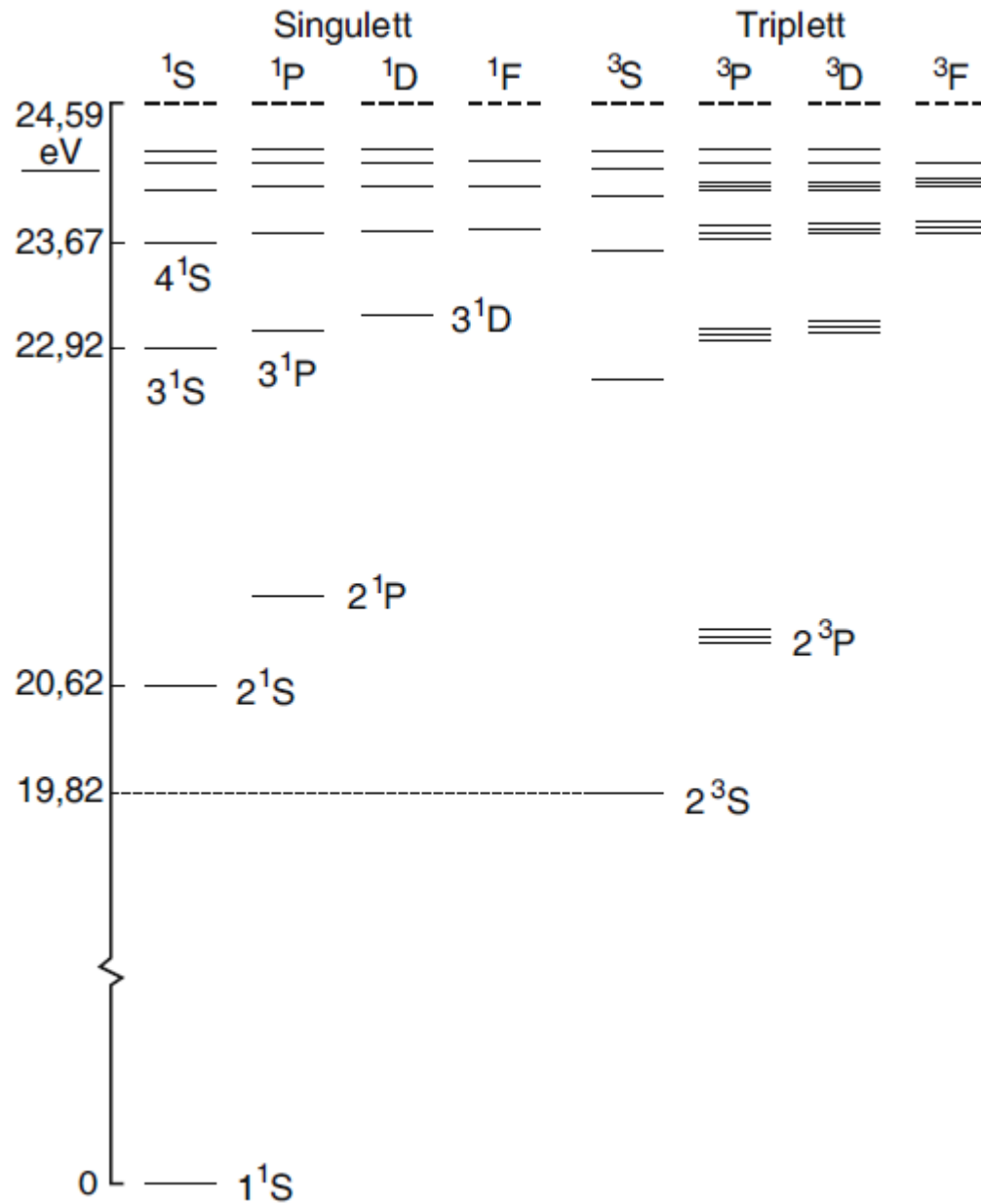


Fig. 1.4