



Aufbau und Struktur der Materie

- Atommodelle
- Energie
- Wellen- und Teilchencharakter
- Periodensystem der Elemente
- Radioaktivität



Modell des Atomkerns

Tröpfchenmodell

Nukleonen:

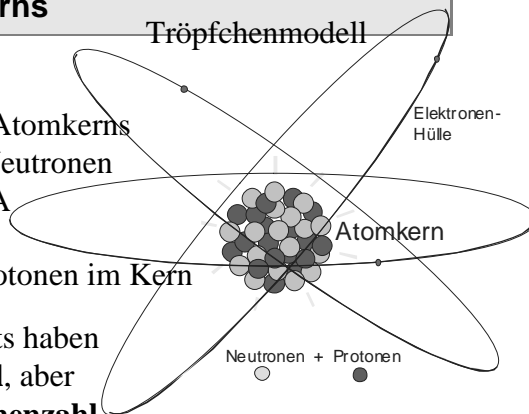
Teilchen des Atomkerns
 = Protonen + Neutronen
 = Massezahl A

Ordnungszahl Z = Protonen im Kern

Isotope eines Elements haben
 gleiche **Protonenzahl**, aber
 verschiedene **Neutronenzahl**
 im Kern

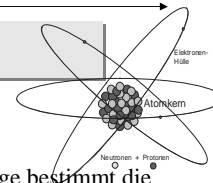
Es gibt etwa 50 stabile und
 über 1000 instabile Atomkerne

→ **Radioaktive
Nuklide**





Entwicklung der Vorstellung vom Atom



Demokrit (420 v.u.Z.): Atombegriff

„Nichts besteht als der leere Raum und die Atome.“

Alle Atome bestehen aus der selben Ursubstanz, Anordnung und Lage bestimmt die Verschiedenheit der Stoffe...

Dalton (1804):

Es gibt mindestens so viel verschiedene Atome, wie es Elemente gibt.

Relative Atom- und Molekülmassen (Bezugsgröße ist der Kohlenstoff ^{12}C)

Mendelejew (1869): Periodensystem der Elemente

Den Elementen wurden in aufsteigender Reihenfolge eine Ordnungszahl zugeordnet

Rutherford (um 1911): Positiver Kern von Elektronen umkreist

Bohr (ab 1913): Schalenmodell der Atomhülle

Erklärung des Linienspektrums der Atome



Atommodell: Bohrsche Postulate

Grundannahme:

Atome bestehen aus dem positiv geladenen Kern (Protonen+Neutronen) und den um diesen Kern sich bewegenden negativen Elektronen

Problem:

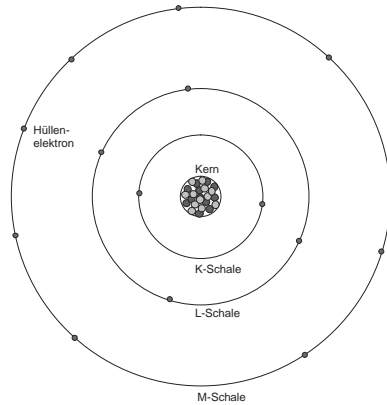
Auf Kreisbahn bewegte Elektronen wirken wie eine Antenne und würden somit ihre Bewegungsenergie abgeben und in den Kern „stürzen“

Lösung durch Niels Bohr:

1. Jedes Atom hat eine Anzahl stationärer, d.h. strahlungsloser Zustände, mit jeweils einem Energiegehalt W_n
2. Der Übergang von einem dieser Zustände W_n zu einem anderen W_m erfolgt unter Aufnahme oder Abgabe eines Licht-Quants



Bohrsches Schalenmodell des Atoms



- Proton (p+)
- Neutronen (n)
- Elektronen (e, β-)

Bindungsenergie nimmt mit dem Abstand ab

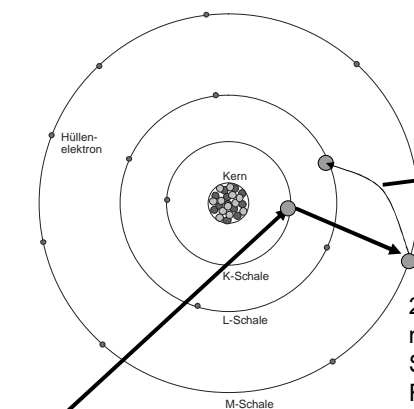
Ordnungszahl Z = Kernladungszahl
Protonenzahl im Kern =
Zahl der Hüllenelektronen
→ bestimmt chem. Eigenschaften

Je Schale maximal nur eine bestimmte Zahl von e- (2, 4, 8, 18, ...)

Massezahl A = Protonen+Neutronen



Wechselwirkung im Bohrschen Atommodell



1. Energiezufuhr von außen

3. Elektron fällt bei nächster Gelegenheit wieder auf eine tiefere Schale und gibt dabei „überschüssige“ Energie in Form eines Fotons ab.

2. Elektron wird von einer niedrigeren Schale in eine höhere Schale „gehoben“ (Anregung). Reicht die Energie aus, kann das Elektron auch das Atom verlassen (Ionisation)



Periodensystem der Elemente

(Ausschnitt)

	I	II	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIIIb	IB	IIB	III	IV	V	VI	VII	VIII		
1	1 H 1,007															2 He 4,002		
3	3 Li 6,941	4 Be 9,012									5 B 10,81	6 C 12,01	7 N 14,00	8 O 15,99	9 F 18,99	10 Ne 20,17		
11	11 Na 22,98	12 Mg 24,30									13 Al 26,98	14 Si 28,08	15 P 30,97	16 S 32,06	17 Cl 35,45	18 Ar 39,94		
19	19 K 39,09	20 Ca 40,07	21 Sc 44,95	22 Ti 47,88	23 V 50,94	24 Cr 51,99	25 Mn 54,93	26 Fe 55,84	27 Co 58,93	28 Ni 58,69	29 Cu 63,54	30 Zn 65,39	31 Ga 69,72	32 Ge 72,61	33 As 74,92	34 Se 78,96	35 Br 79,90	36 Kr 83,8
37	37 Rb 85,46	38 Sr 87,62	39 Y 88,90	40 Zr 91,22	41 Nb 92,90	42 Mo 95,94	43 Tc 98,90	44 Ru 101,0	45 Rh 102,9	46 Pd 106,4	47 Ag 107,8	48 Cd 112,4	49 In 114,8	50 Sn 118,7	51 Sb 121,7	52 Te 127,6	53 I 126,9	54 Xe 131,2
55	55 Cs 132,9	56 Ba 137,3	57 La 138,9	58 Ce 140,1	59 Pr 140,9	60 Nd 144,2	61 Pm 146,9	62 Sm 150,3	63 Eu 151,9	64 Gd 157,2	65 Tb 158,9	66 Dy 162,5	67 Ho 164,9	68 Er 167,2	69 Tm 168,9	70 Yb 173,0	71 Lu 174,9	
87	87 Fr 223,0	88 Ra 226,0	89 Ac 227,0	90 Th 232,0	91 Pa 231,0	92 U 238,0	93 Np 237,0	94 Pu 244,0	95 Am 243,0	96 Cm 247,0	97 Bk 247,0	98 Cf 251,0	99 Es 252,0	100 Fm 257,0	101 Md 258,0	102 No 259,1	103 Lr 260,1	

Dr. H. Künsner / Dr. J. Kurth: Theoretischer Unterricht für MTAR
KNUK Uni Rostock



Periodensystem der Elemente (Nur Hauptgruppenelemente)

Gruppennummer	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Gruppen								
Periodennummern	1	2	3	4	5	6	7	
Perioden	1 H	2 He						
	3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
	11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
	19 K	20 Ca	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
	37 Rb	38 Sr	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
	55 Cs	56 Ba	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
	87 Fr	88 Ra	(113) —	(114) —	(115) —	(116) —	(117) —	(118) —
	Alkalimetalle	Erd-Alkalimetalle	Borgruppe	Kohlenstoffgruppe	Stickstoffgruppe	Chalkogene	Halogene	Edelgase

Elemente einer Gruppe haben ähnliche chemische Eigenschaften

Dr. H. Künsner / Dr. J. Kurth: Theoretischer Unterricht für MTAR
KNUK Uni Rostock



Einige Grundlagen

- Einsteins Relativitätstheorie
- Energieeinheit im Nuklearbereich
- Strahlungsquanten
- Dualismus von Welle und Teilchen



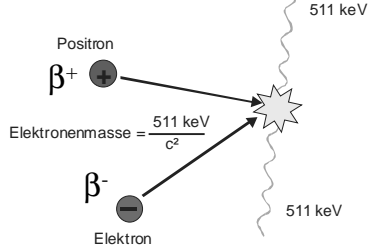
Äquivalenz von Masse und Energie

Albert Einstein
1905 in der speziellen
Relativitätstheorie

$$E = m c^2$$

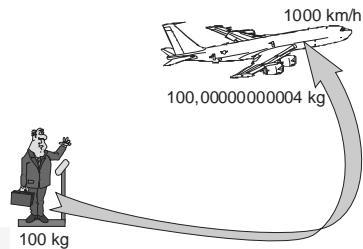
Mikroskopisches Beispiel:

Positron-Elektron-Annihilation



Makroskopisches Beispiel:

relativistische Massenzunahme



Weitere Effekte bei denen $E = mc^2$

eine wichtige Rolle spielen:

- Paarbildung (Umkehrung Annihilation)
- Kernfusion (Energiequelle der Sonne)
- Kernspaltung (KKW)



Energieeinheiten

Mechanische Energie: 1 Nm = 100 g 1 m hochheben

Elektrische Energie: 1 Ws = Strom von 1 A fließt 1 s durch einen Verbraucher (z.B. Widerstand)

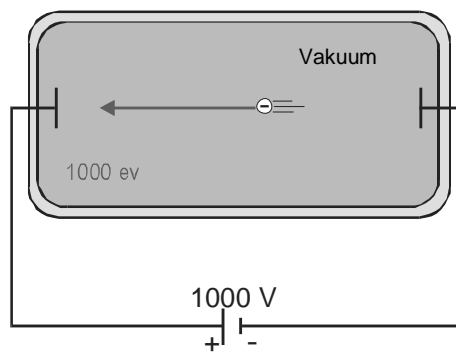
Wärmeenergie: 1 J = 1g Wasser von 10°C auf 10,24°C erwärmen

Elektronenvolt: Energie die ein Elektron aufnimmt, wenn es mit einer Spannung von 1V beschleunigt wird

Umrechnung: $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
 $1 \text{ J} = 6,242 \cdot 10^{18} \text{ eV} = 6,242 \cdot 10^{12} \text{ MeV}$



Elektronenvolt (eV)



Durch die Beschleunigung des Elektrons im elektrischen Feld erhöht sich seine kinetische Energie ($m v^2/2$) in obigem Beispiel um 1 keV = 1000 eV



Strahlungsquanten

Max Planck (1900):

Quanten sind die kleinsten und unteilbaren, in einem schwingenden System oder einer Strahlung von bestimmter Frequenz enthaltenen Energiemengen.

Elementares Energiequant:

$$W = h f$$

$$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Ws}^{-2} \text{ (Plancksches Wirkungsquantum)}$$

f = Frequenz der Strahlung o. des Oszillators

Fotonen /Gamma-Quanten

Kleinste Energiepakete, die beim Radioaktiven Zerfall (oder anderen physikalischen Prozessen) freigesetzt werden und dann mit Lichtgeschwindigkeit den Ort ihrer Entstehung verlassen.

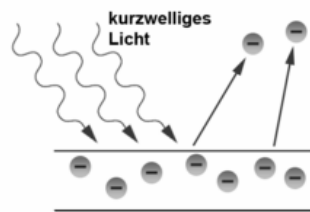
Je nach Frequenz transportieren sie unterschiedlich große Energien.

Im Gegensatz dazu übertragen Radiowellen die Energie kontinuierlich.



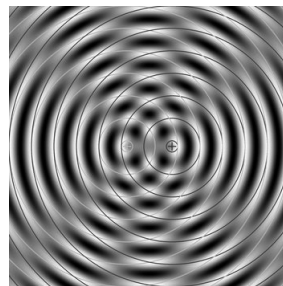
Dualismus von Welle und Teilchen I

Elementarteilchen und elektromagnetische Wellen verhalten sich in bestimmten Experimenten als Teilchen und in anderen Experimenten als Wellen .



Teilchencharakter von Lichtwellen

1905 erklärte Einstein den fotoelektrischen Effekt, der sich nur durch einzelne diskrete Lichtquanten erklären lässt.



Wellencharakter des Lichtes oder von Elementarteilchen

Beugung und Interferenz von Licht wird durch Wellengleichungen beschrieben, die von endlosen Lichtwellen ausgehen.



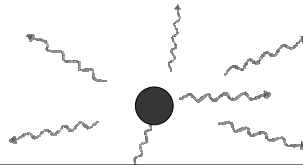
Welle-Teilchen-Charakter elektromag. Strahlung

Wellencharakter elektromagnetischer Strahlung

Optische Instrumente (Brille, Fotoobjektiv, Mikroskop)
Laserstrahl 
Radiowellen ...

Teilchencharakter elektromagnetischer Strahlung

Beim radioaktiven Zerfall werden Photonen/Quanten ausgesendet, die sich bei der Registrierung in den Detektoren wie Teilchen verhalten.



Spektrum des Wasserstoffatoms

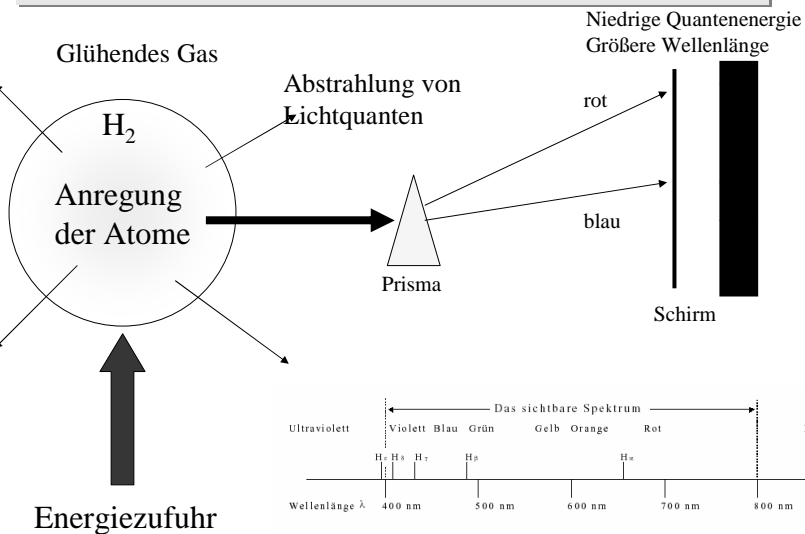
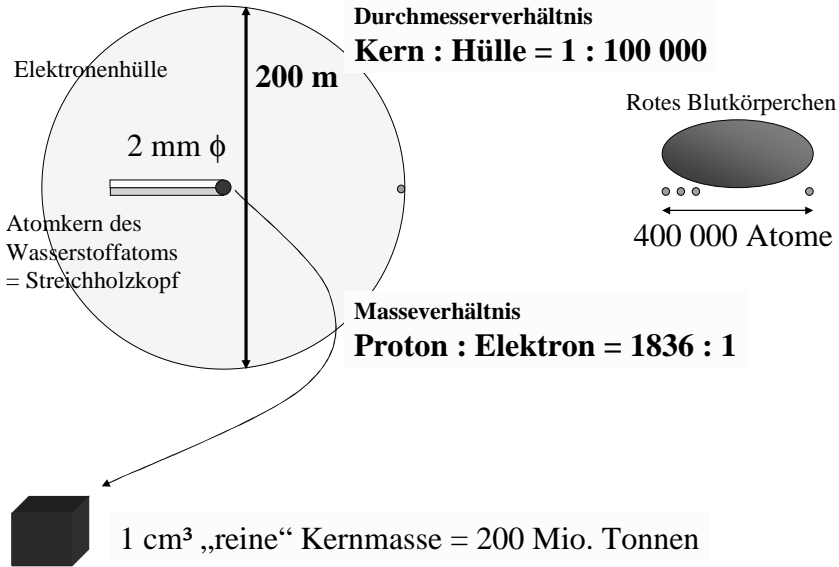


Abbildung 1 zeigt die Lage der Spektrallinien des Wasserstoffes im sichtbaren Spektrum, das von knapp 400 nm Wellenlänge [$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$] im violetten Bereich bis nach Rot bei 800 nm reicht.



Dr. H. Künsner / Dr. J. Kurth: Theoretischer Unterricht für MTAR
KNuk Uni Rostock

Wie groß und schwer sind Atome ?



Dr. H. Künsner / Dr. J. Kurth: Theoretischer Unterricht für MTAR
KNuk Uni Rostock

Relative Atommasse und Stoffmenge

Die **relative Atommasse** gibt an, wie groß die Masse eines Atoms im Vergleich zum zwölften Teil der Masse des häufigsten Kohlenstoffisotops (C-12) ist. Die relative Atommasse ist eine dimensionslose Zahl und hat keine Einheit. Die kleinste relative Atommasse hat Wasserstoff mit 1,00794 (= 1u).

$$N = \frac{m \cdot N_A}{m_{Mol}}$$

Masse
↓
Teilchenzahl N
↑
Molmasse

Stoffmenge

Die Grundeinheit der Stoffmenge ist das Mol. 1 Mol ist die Menge eines Stoffes, in der sich genau so viele Teilchen (Atome/Moleküle) befinden wie in 12 g Kohlenstoff.

Avogadro'sche Konstante: $N_A = 6,022 \cdot 10^{26} \text{ 1/kmol}$

Anzahl Atome (Moleküle) in 1 kmol eines Stoffes

- 1 Atom Kohlenstoff wiegt 12 u (Atommasse-einheiten) und enthält 1 Teilchen.
- 1 Mol Kohlenstoff wiegt 12 g und enthält $6,022 \cdot 10^{23}$ Teilchen.



Wie viele Atome/Moleküle enthält eine Stoffmenge ?

Beispiele:

Wie viele Atome enthalten 0,3 g Radium ?

Relative Atommasse von Ra: $A_r = 226$ (=Molmasse in kg/kmol)

$$N = \frac{m \cdot N_A}{m_{Mol}} = \frac{0,0003 \text{ kg} \cdot 6,022 \cdot 10^{26} \text{ kmol}^{-1}}{226 \text{ kg / kmol}} = 8 \cdot 10^{20}$$

Gedankenexperiment:

5 Mol Wasser (90 g in einem Wasserglas), Alle Moleküle in diesem Wasserglas markieren, in die Ozeane gleichmäßig verteilen und dann ein Glas voll Ozeanwasser schöpfen.

In diesem Glas findet man dann noch 100 der markierten Wassermoleküle.



Was ist Radioaktivität ?

Eigenschaft energetisch instabiler **Atomkerne**, sich spontan umzuwandeln: **Radionuklid**

ca. 50 natürliche und weit über 1000 künstliche Nuklide

Was sind Isotope ?

Isotope eines Elements haben gleiche Ordnungszahl (Protonen), aber verschiedene Massenzahlen (Protonen+Neutronen)

Maßeinheit der Radioaktivität:

Aktivität: Umwandlungen pro Sekunde = Becquerel (Bq)

Alte Einheit Curie (Ci): $1 \text{ Ci} = 37 \text{ GBq}$ (Giga-Becquerel)

Halbwertszeit (HWZ)

Zeit, in der sich die **Halfte** der Kerne **umwandelt**

Nach 10 HWZ ist nur noch 0,1% der Ausgangsaktivität vorhanden



Was ist Radioaktivität ?

