

# Das Atom

## Definition:

kleinster unveränderlicher Bestandteil  
eines chemischen Elements

- Unveränderlich heißt hier, daß sich die Elemente durch chemische Reaktionen bei Temperatur  $k_B T < \mathcal{O}(1\text{eV})$  nur in ihrem Ionisationsgrad ändern

## Die Atommasse

### Beobachtung aus der Chemie:

- Atome haben ungefähr eine Masse, die einem ganzzahligen Vielfachen der Masse  $m_H$  eines Wasserstoff-Atoms entspricht

### relative Atommasse

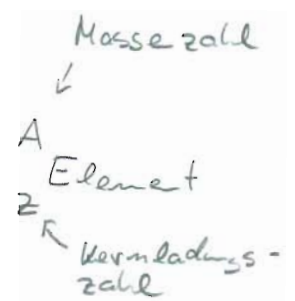
$$A_{\text{rel}} = \frac{m}{m_H}$$

- Beispiel  $A_{\text{rel}}(\text{N}) \approx 14$  Stickstoff
- $A_{\text{rel}}(\text{O}) \approx 16$  Sauerstoff

- messbar in chemischen Reaktionen oder in Elektrolyse

## • atomare Masseneinheit $u$

- Def:  $1 u = \frac{1}{12} m({}_{6}^{12}\text{C})$



-  $\frac{1}{12}$  der Masse eines neutralen Kohlenstoff-Atoms mit der Kernladungszahl  $Z=6$  und der Massezahl  $A=12$

-  $A_{\text{rel}}({}_{6}^{12}\text{C}) = 12,0000$

- Energieäquivalent  $E = mc^2$   
 $= 931 \cdot 10^6 \text{ eV}$  für  $m=1u$   
 $= 931 \text{ MeV}$

## molare Masse

- Def: Ein Mol eines Stoffes entspricht einer Masse gegeben durch das relative Atomgewicht in Gramm.

- Beispiel  $1 \text{ Mol } {}_{6}^{12}\text{C} = 12.0 \text{ gr} = 0.012 \text{ kg}$

• Avogadro-Konstante  $N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{Mol}}$

- Anzahl der Atome in 1 Mol einer elementaren Substanz

• absolute Atommasse

$$m(A) = \frac{1 \text{ Mol}(A)}{N_A}$$

• Massezahl A

- Def: Die ganze Zahl A, die der relative Atommasse  $A_{\text{rel}}$  am nächsten ist.

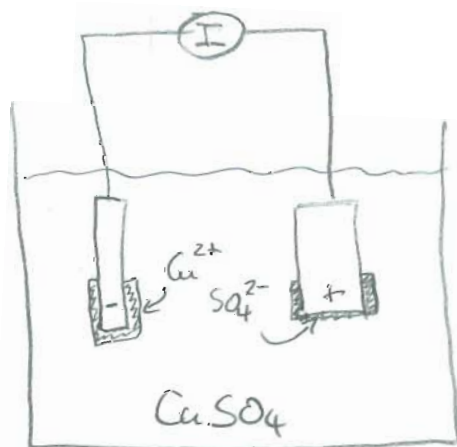
- Aus der Kernphysik ist bekannt, daß A der Zahl der Nucleonen im Kern  $n$  (Summe der Zahl der Protonen und Neutronen) entspricht.

$$A = n_p + n_n ; \quad Z = n_p$$

Bestimmung der Avogadro-Konstante

aus Messung makroskopischer Größe

• Elektrolyse: Abscheidung von Salzen aus Lösung unter Stromfluss



Messung des Stroms I und der abgeschiedenen Masse  $m_{\text{Cu}}$



- Messung der bei Abschcheidung einer Masse entspricht 1 Mol Cu geflossenen Ladung  $Q$

$$\frac{Q}{e} = N_A$$

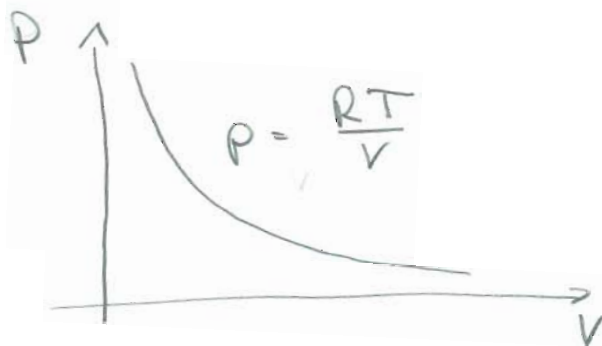
Bei Abschcheidung von  $N_A$  einwertigen Atomen transportierte Ladung

- Faraday-Zahl

$$F = e N_A = 96485 \text{ As}$$

Zustandsgleichung für ideale Gase: (z.B. Edelgase He, Ne, ...)

$$pV = RT$$



$p$ : Druck  
 $V$ : Volumen  
 $T$ : Temperatur  
 für 1 Mol ideales Gas  
 $\Rightarrow$  bestimmt  $R$

- allgemeine Gas konstante

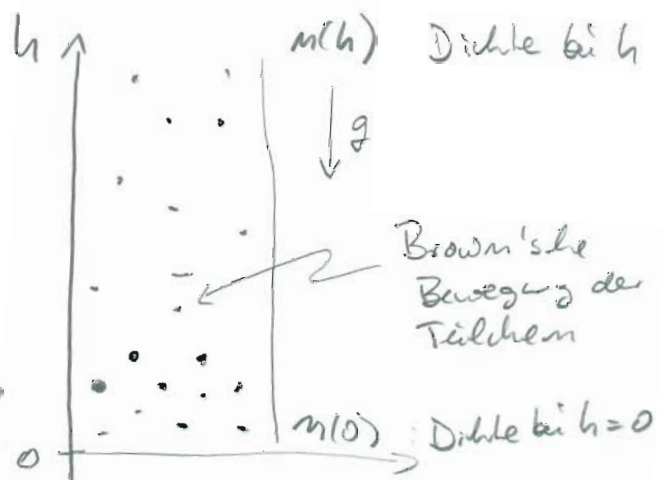
$$R = k_B N_A \Rightarrow N_A = \frac{R}{k_B}$$

$k_B$ : Boltzmann-Konstante

- Boltzmann-Konstante aus Dichte verteilung

$$n(h) = n(0) e^{-\frac{mgh}{k_B T}}$$

$m$ : Masse von Schwebeteilchen  
 $g$ : Erdbeschleunigung



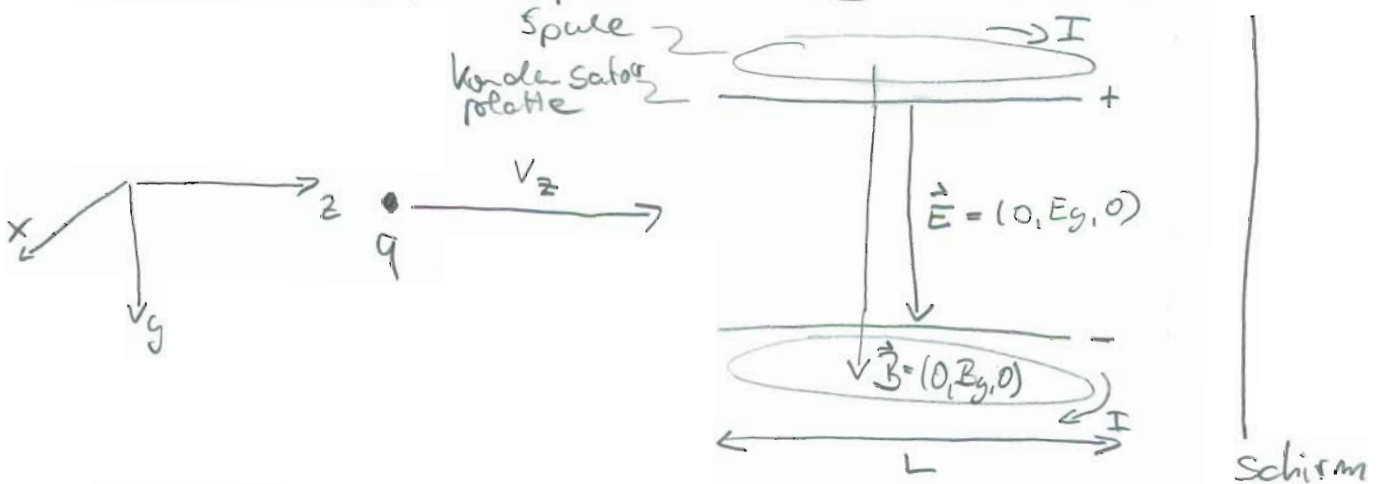
$\Rightarrow$  bestimmt  $k_B$

# Bestimmung der Atommasse mittels Masse-spektroskopie

↑  
direkte Bestimmung der Masse 'einzelner' Atome

## • Parabelmethode nach Thomson

- räumliche Trennung von geladenen Teilchen mit verschiedenem Ladungs- zu Massen-Verhältnis  $\frac{q}{m}$  in parallelen  $\vec{B}$  und  $\vec{E}$  Feld.



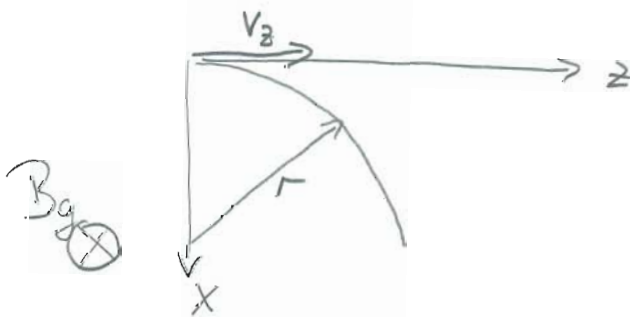
- Bewegung entlang **z-Richtung** ist näherungsweise kräftefrei ( $F_z = 0$ )

$$v_z = \text{const.}$$

$$\Rightarrow L = v_z t_L \Rightarrow \boxed{t_L = \frac{L}{v_z}}$$

Durchlaufzeit

- Bewegung in **x-Richtung** (genähert)



Lorentz-Kraft

$$\vec{F}_L = q \vec{v} \times \vec{B}$$

$$\Rightarrow F_L = q v_z B_y = \frac{m v_z^2}{r}$$

Bahn mit **Zyklotronradius**

$$\boxed{r = \frac{m v_z}{q B_y}}$$



genäherte x-Koordinate für  $r \gg L$

$$m \ddot{x} = q v_z B_y$$

$$\Rightarrow x = \frac{1}{2} \frac{q v_z B_y}{m} t_L^2 = \frac{1}{2} \frac{q B_y L}{m} \left( \frac{L}{v_z} \right)$$

- Bewegung entlang y-Richtung

$$m \ddot{y} = q E_y \quad \rightarrow \text{Beschleunigung im statischen E-Feld}$$

$$\Rightarrow \boxed{y} = \frac{1}{2} \frac{q E_y}{m} t_L^2 = \frac{1}{2} \frac{q E_y}{m} \left( \frac{L}{v_z} \right)^2$$
$$= 2 \frac{m}{q} \frac{E}{B^2 L^2} x^2$$

- Parabel förmige Beziehung zwischen x und y  
Koordinate auf Schirm

- hängt nur von  $\frac{m}{q}$  und bekannten Parametern  
der angelegten Felder ab

- Masse bei bekannter Ladung q bestimmbar

- Auftreffpunkt auf Schirm auf spezifischer Punkt auf  
der Parabel ist durch  $v_z$  festgelegt.

$\rightarrow$  Verschiedene Verbesserungen dieser Methode führen  
zu hoch auflösenden Masse spektrometern