

# Experimentalphysik I

Arthur Henninger

17. Oktober 2024

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>KAPITEL 1</b>	<b>ATOME IN BEWEGUNG</b>	<b>SEITE 2</b>
1.1	Materie besteht aus Atomen	2
1.3	Atomare Prozesse	4
1.4	Chemische Relationen	4
<b>KAPITEL 2</b>	<b>GRUNDLAGEN DER PHYSIK</b>	<b>SEITE 6</b>
2.1	Einleitung	6
2.2	Physik vor 1920	6

# Kapitel 1

## Atome in Bewegung

- Ziel der Physik Gesetze, die die Natur beschreiben
- Gesetze, die wir heute haben, sind sehr kompliziert und bauen auf höherer Mathematik auf
- Wissen der Physik  $\hat{=}$  Approximation der Natur
  - Grundsatz: Wissenschaftliche Methode → Teste allen Wissens mit Experimenten
- Heute:
  - Experimente hochkompliziert → ExperimentalphysikerInnen
  - Theorie hochkompliziert → Theoretische PhysikerInnen (überlegen sich zu testende Gesetze)
- Warum Approximation?
  - Wie & wieso finden wir erstmal "falsche" Gesetze, bevor wir "richtige" Gesetze finden?
    - 1) trivial: Fehler im Experiment gemacht; neuer Effekt; Ungenauigkeit
    - 2) neuer Effekt
      - Gesetz: Masse konstant
      - scheinbar inkorrekt, abhängig von  $v$
      - korrekt:

$$v \ll 300.000 \frac{km}{s} \implies m \approx \text{CONST}, \Delta m \approx 10^{-6} m \text{ bei } \rightarrow m = m_0 \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

→ je höher  $v$ , umso falscher ist meine Annahme

### 1.1 Materie besteht aus Atomen

Zentrale Erkenntnis der Menschheit: Atomare Hypothese

#### Beispiel 1.1 (Becher Wasser)

- Modelliert als  $3cm \times 3cm \times 3cm$  Volumen
- Vergrößerung um Faktor 1000:  $3m \times 3m \times 3m \rightarrow$  Zellen gut erkennbar
- erneute Vergrößerung um Faktor 1000 :  $30km \times 30km \times 30km \rightarrow$  Atommengen sichtbar, keine Einzelatome
- erneute Vergrößerung um Faktor 100 :  $3000km \times 3000km \times 3000km \rightarrow H_2O$ -Moleküle sichtbar

Stark vereinfacht:

- scharfe Umrisse der Atome, statisch,  $H_2O$  in flüssiger Form aneinander gebunden

Korrekt

$$r_H \approx 1 \cdot \underbrace{10^{-8} cm}_{=10^{-10} m = \text{\AA}}.$$

- Flüssigkeit erhält ihr Volumen  $\rightarrow H_2O$  "kleben aneinander, Ursache: Moleküle ziehen sich an
- Vibration & Bewegung der  $H_2O$ -Teilchen  $\hat{=}$  Wärme
- Gas übt schwankende Kraft aus  $\rightarrow$  wird als mittlerer Druck empfunden
- Viele Moleküle treffen den Kolben, müssen ihn nach unten drücken

$$p \cdot A = F \text{ mit } [Nm^{-2} = Pa] \cdot [m^2] = [N = kg \frac{m}{s^2}].$$

- Verdopplung von  $A$ , wenn Anzahl Moleküle pro  $cm^3 = \text{CONST}$  führt zu Verdopplung von  $F$
- Verdopplung der Moleküle ( $\varrho \rightarrow 2\varrho$ ) führt zu Verdopplung der Kollisionen:  $p \sim \varrho$

### Vorlesung vom 16.10.2024

#### Beispiel 1.2

Andere Situation:

##### Frage 1

Was passiert, wenn wir in den Kolben hineindrücken?  
Was passiert mit einem Atom, das auf den Kolben zufliegt?

##### Solution

Geschwindigkeit erhöht sich  $\rightarrow T$  nimmt zu

- $V \downarrow \sim T \uparrow$  bzw.  $V \uparrow \sim T \downarrow$
- Geschwindigkeit, Luftwiderstand bei Raumtemperatur circa  $300 \frac{m}{s}$

Wir kehren zum Wassertropfen zurück und reduzieren  $T$

$\hookrightarrow$  Zittern des  $H_2O$  Moleküls nimmt stetig ab

$\hookrightarrow$  Anziehungskräfte zwischen  $H_2O$

$\hookrightarrow$  Eis bildet sich

\* Symmetrie bei Drehung um  $60^\circ$

$\hookrightarrow$  erklärt die Schneeform

$\hookrightarrow$  Kristallstruktur hat Zwischenräume  $\rightarrow$  Eis mehr Volumen als Wasser

$\hookrightarrow$  Konträr zu fast allen Elementen, denn bei diesen gilt  $\varrho_{\text{fest}} > \varrho_{\text{flüssig}} > \varrho_{\text{gasförmig}}$

$\hookrightarrow T \uparrow$ : Vibration erhöht sich  $\rightarrow$  Schmelzvorgang

$\hookrightarrow T \downarrow$ : Absoluter Nullpunkt: Vibrationen werden minimal/irreduzibel (aber  $\neq 0$ ),  $T = -273,15 K = 0^\circ C$

**Definition 1.1: Normalbedingung**

$$T = 273,15\text{K} = 0^\circ\text{C}$$
$$p = 1\text{bar} = 101325\text{Pa}.$$

### 1.3 Atomare Prozesse

Betrachte die Grenzfläche zwischen Flüssig und Gas

\* Wie entkommen  $\text{H}_2\text{O}$ -Moleküle?

- ↪ Sie zittern/vibrieren → ab und zu so stark, dass sie Anziehungskraft ihrer Nachbarn entkommen können
- ↪ beim Verdampfen kühlt sich die Flüssigkeit ab
- ↪ analog passiert auch mit  $\text{N}_2$  und  $\text{O}_2$  → lagern sich in den Flüssigkeiten ein

Nächster Prozess: Salt welches wir in Wasser auflösen

$\text{NaCl}$ : Besteht aus Ionen (Atome mit fehlenden oder überschüssigen  $e^-$ )

Wasser vibriert und zittert und hat Ladungsinbalance

- ↪  $\text{Cl}^-$  näher an  $\text{H}^+$
- ↪  $\text{Na}^+$  näher an  $\text{O}^-$
- ↪  $\text{H}_2\text{O}$  drängt sich in Kristall ein und löst ihn auf
- ↪ Wir können mit dem gezeigten Bild aber keine Aussage über zeitlichen Verlauf treffen (Kristall kann sich auflösen oder formieren)

$T \uparrow$ : Prozess der Auflösung beschleunigt sich.

### 1.4 Chemische Relationen

Bisher physikalische Prozesse, d.h. Atome und Ionen haben ihre Partner nicht getauscht um z.B. neue Moleküle zu formieren.

- Sauerstoff:  $\text{O}_2$  liegen  $\text{O}-\text{O}$  stark aneinander gebunden
- Kohlenstoff: Hier im Festkörper
  - ↪  $\text{C}-\text{O}$  Bindung stärker als  $\text{C}-\text{C}$  oder  $\text{O}-\text{O}$
  - ↪ man spricht von hoher Affinität d.h.  $\text{C}$  bevorzugt eine Bindung mit  $\text{O}$  (über  $\text{C}$ )
- $\text{O}$  kann sich langsam  $\text{C}$  nähern (mit wenig kinetischer Energie)
- ↪  $\text{O}$  und  $\text{C}$  schnappen heftig zusammen, sodass die gesamte Umgebung Energie aufnimmt
- ↪ kinetische Energie wird frei
- ↪ natürlicher Verbrennungsprozess
  - \* Wärme  $\hat{=}$  molekulare Bewegung des heißen Gases
  - \* Licht kann erzeugt werden → Flammen

$\text{C}-\text{O} \Rightarrow \text{CO}_2$

Mittlere freie Weglänge in Gas/Luft  $\approx 68\text{nm}$

Es gilt:

$$t = \frac{L^2}{2D}$$

mit

- $t$ : Zeit
- $D$ : Diffusionskoeffizient  $\approx 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$
- $L$ : Distanz

$$\hookrightarrow \frac{(1\text{m})^2}{2 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} = 50000\text{s}.$$

# Kapitel 2

## Grundlagen der Physik

### 2.1 Einleitung

vor ein paar 100 Jahren

↔ Entwicklung der wissenschaftlichen Methode

Beobachtung & Experimente ↔ Theoriebildung

### 2.2 Physik vor 1920

- Universum 3D Raum (Euklid)
  - ↔ Vorgänge ändern sich in einem Medium “Zeit” (absolut definiert)
  - ↔ Atoma als Grundbausteine der Materie
    - ↔ Eigenschaften: → Trägheit
- Wenn sie ein Teilchen bewegen können, müssen sie eine Kraft auf das Teilchen wirken lassen.
  - ↔ Wenn sich das Teilchen bewegt, behält es seine Bewegung bei, solange keine Kräfte auf das Teilchen wirken.

Kräfte kamen 1920 in 2 Varianten:

1. Schon komplette Kräfte, d.h. z.B. chemische Elemente zusammenhalten etc.
2. Fernwirkung - z.B. universelle Anziehung mit  $\sim \frac{1}{r^2} \hat{=}$  Gravitationskraft