

Physikkurs November 2009

Vorbemerkung:

Dieses Script soll die Inhalte des Kurses aufzählen, nicht aber als Lehrbuch fungieren. Dazu sind Ihre eigenen Aufzeichnungen sowie die angeführten Lehrbücher gedacht. Weitere Materialien finden Sie unter <http://www.d-froese.de/>.

Beschreibung der Natur durch Mathematik

Größen und Einheiten; Gleichungen

Eine Physikalische Größe ist immer ein Zahlenwert multipliziert mit einer Einheit

Größengleichung: $v = s / t$ (allgemeine Gleichung)

10 m/s = 100 m / 10 s (spezielle Gleichung)

Einheitengleichung: $[v]=\text{m/s}$

Unterschied Vektorielle / skalare Größen

Beispiel:

skalare Größe: Zeit t

vektorielle Größe: Ortsvektor \vec{r} , Geschwindigkeit \vec{v}

Das SI-System

| Größe | Formelzeichen | Einheit | Einheitenzeichen | Definition |
|-------------|---------------|-----------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Länge | l | Meter | m | Länge der Strecke, die das Licht im Vakuum während der Dauer von 1/299.792.458 Sekunden durchläuft |
| Masse | m | Kilogramm | kg | Das Kilogramm ist die Einheit der Masse; es ist gleich der Masse des Internationalen Kilogrammprototyps ¹⁾ . |
| Zeit | t | Sekunde | s | das 9.192.631.770-fache der Periodendauer der dem Übergang zwischen den beiden Hyperfeinstrukturniveaus des Grundzustandes von Atomen des Nuklids ¹³³ Cs entsprechenden Strahlung |
| Stromstärke | I | Ampere | A | Stärke eines konstanten elektrischen Stromes, der, durch zwei parallele, geradlinige, unendlich lange und im Vakuum im Abstand |

| | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | | von 1 Meter voneinander angeordnete Leiter von vernachlässigbar kleinem, kreisförmigem Querschnitt fließend, zwischen diesen Leitern je 1 Meter Leiterlänge die Kraft $2 \cdot 10^{-7}$ Newton hervorrufen würde |
| Thermodynamische Temperatur | T | Kelvin | K | der 273,16. Teil der thermodynamischen Temperatur des Tripelpunktes des Wassers ²⁾ |
| Stoffmenge | n | Mol | mol | die Stoffmenge eines Systems, das aus ebensoviel Einzelteilchen besteht, wie Atome in 0,012 Kilogramm des Kohlenstoffnuklids ^{12}C enthalten sind |
| Lichtstärke | I_V | Candela | cd | die Lichtstärke in einer bestimmten Richtung einer Strahlungsquelle, die monochromatische Strahlung der Frequenz ³⁾ $540 \cdot 10^{12}$ Hz aussendet und deren Strahlstärke in dieser Richtung $1/683$ Watt durch Steradian beträgt |
| <p>1) Zurzeit wird an einer neuen Definition der Masseneinheit gearbeitet, die auf der Atommasse und nicht mehr auf einem Prototyp beruhen soll</p> <p>2) Die Beschreibung des Normalen erfolgt durch die Internationale Temperaturskala aus dem Jahr 1990 (ITS-90). Zwischen den Zahlenwerten der thermodynamischen Temperatur T und der Celsiusstemperatur ϑ besteht der Zusammenhang: $\vartheta = T - 273,15^\circ$ Der Tripelpunkt liegt bei 273,16 K und $611,657 \pm 0,010$ Pa (ca. 6 mBar)</p> <p>3) Wellenlänge: ca. 555 nm (grün)</p> | | | | |

Vorfaktoren

nano: 1×10^{-9} =0,000 000 001

micro: 1×10^{-6} =0,000 001

milli: 1×10^{-3} =0,001

centi: 1×10^{-2} =0,01

dezi: 1×10^{-1} =0,1

Hekto 1×10^2 =100

Kilo: 1×10^3 =1000

Mega: 1×10^6 =1 000 000

Giga. $1 \times 10^9 = 1\,000\,000\,000$

Rechnen mit Exponentialfaktoren

$$1 \times 10^m \times 1 \times 10^n = 1 \times 10^{n+m}$$

$$1 \times 10^{-m} = 1/10^m$$

Beispiel:

$$1 \times 10^3 \times 1 \times 10^6 = 1 \times 10^9$$

$$1 \times 10^6 \times 1 \times 10^{-3} = 1 \times 10^3$$

Messtechnik und Fehlerrechnung

Einleitung: Das Hochhaus und das Barometer

Messung von

Längen

Massen / Kraft

Zeit

Spannung

Stromstärke

Direkte Messung und indirekte Messung

Fehler: systematische Fehler, statistische Fehler, absoluter Fehler, relativer Fehler, Mittelwert, Standardabweichung, Fehlerfortpflanzung

Mittelwert:
$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = \frac{1}{N} (x_1 + x_2 + \dots + x_N)$$

Standardabweichung:
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

Mittlerer absoluter Fehler:
$$f = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N(N - 1)}}$$

Relativer Fehler:
$$\frac{f}{\bar{x}}$$

Mechanik

Grundlegende Begriffe:

Geschwindigkeit, Beschleunigung, Impuls, Kraft, Impuls, Energie, Erhaltungsgrößen, Leistung;
Winkelgeschwindigkeit, Zentrifugalkraft, Drehimpuls; Drehmoment, Trägheitsmoment,
Rotationsenergie; Reibung

Geschwindigkeit: $v = \frac{s}{t}$

Beschleunigung: $a = \frac{v}{t}$

Kraft $F = ma$

Impuls: $p = mv$

Arbeit, Energie: $A = F s \cos \alpha$ (wenn F constant über den Weg s !)

$$E = mgh$$

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

Leistung: $P = \frac{A}{t}$

Zentrifugalkraft: $F = m r \omega^2 = \frac{mv^2}{r}$

Newton'sche Axiome

Newton 1: *Ein Körper verharrt in seinem Zustand der Ruhe oder der gleichförmigen, geradlinigen Bewegung, solange die Summe aller auf ihn einwirkenden Kräfte Null ist*

Newton 2: *Die Änderung der Bewegung einer Masse ist der Einwirkung der bewegenden Kraft proportional und geschieht nach der Richtung derjenigen geraden Linie, nach welcher jene Kraft wirkt*

Newton 3: *Kräfte treten immer paarweise auf. Übt ein Körper A auf einen anderen Körper B eine Kraft aus (actio), so wirkt eine gleichgroße, aber entgegengerichtete Kraft von Körper B auf Körper A (reactio).*

Kraft und Energie bei einer Feder (statische Betrachtung)

Kraft. $F = -Ds$

Energie. $E = \frac{1}{2}Ds^2$

Aufgaben: Freier Fall, Wurfparabel aus Flugzeug: Unabhängigkeit der Bewegungen

Einführung in Mechanik von Gasen und Flüssigkeiten

Druck, Partialdruck, allgemeines Gasgesetz, Druck in Flüssigkeiten (hydrostatischer Druck), Reibung, Diffusion

Druck: $p = \frac{F}{A}$ $[p] = \text{N/m} = \text{Pa}$ (Pascal)

Hydrostatischer Druck: $p = \rho g h$

Allgemeines Gasgesetz: $pV = NRT = nk_B T$

R : allgemeine Gaskonstante: $R = 8,314472 \text{ J}/(\text{Mol K})$

k_B : Boltzmann-Konstante: $k_B = 1,38065 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

$$R = k_B N_A$$

N_A : Avogadro- oder Loschmidt-Konstante; Anzahl der Atome in $12 \text{g } ^{12}\text{C}$ entspricht 6.022×10^{23} Teilchen (= 1 Mol)

Thermodynamik

Unterschied Wärme und Temperatur

Wärme Q ist eine Energiemenge

Temperatur T ist eine Zustandsgröße

Umrechnung: $1 \text{ kcal} = 4,1868 \text{ kJ}$; $1 \text{ kJ} = 0,2388 \text{ kcal} \Rightarrow 1 \text{ kcal} = 1,163 \text{ Wh}$

Bsp: Kerzenflamme und See; Kerze hat höhere Temperatur, aber See hat höhere Wärmemenge

Temperaturskalen:

Celsius: 0°C Schmelzpunkt von Eis, 100°C Siedepunkt von Wasser

Fahrenheit: 0°F = die tiefste Temperatur des strengen Winters 1708/1709 in seiner Heimatstadt Danzig. ($-17,8^\circ\text{C}$).

100°F = Fahrenheits eigene Körpertemperatur ($37,8^\circ\text{C}$, schien leichtes Fieber gehabt zu haben).

Aggregatzustände: etwas Alchemie; Exkurs zu den 4 Elementen

Energie und Entropie

Schmelz- und Verdampfungswärme H_v

Brennwert H_s

Energie dafür: $Q = H m$

Spezifische Wärmekapazität $Q = cmT$

Mischungstemperatur (über Energieabgabe)

Die aufgenommen Wärme des einen Körpers muß gleich der abgegebenen Wärme des anderen Körpers sein

$$T_M = \frac{c_1 m_1 T_1 + c_2 m_2 T_2}{c_1 m_1 + c_2 m_2}$$

Die Hauptsätze der Thermodynamik

0. Hauptsatz:

Es existiert eine Zustandsgröße Temperatur. Werden zwei Körper unterschiedlicher Temperatur in Kontakt gebracht, so gleicht sich deren Temperatur an.

1. Hauptsatz:

Die Energie eines abgeschlossenen Systems bleibt unverändert. Verschiedene Energieformen können sich demnach ineinander umwandeln, aber Energie kann weder aus dem Nichts erzeugt werden noch vernichtet werden. Es gibt kein Perpetuum mobile erster Art (eine Maschine, die Energie erschaffen kann)

2. Hauptsatz:

Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik besagt, dass es eine extensive Zustandsgröße Entropie S gibt, die in einem abgeschlossenen System niemals abnimmt. Dadurch wird der Begriff der Irreversibilität definiert sowie die Unumkehrbarkeit der Zeit. Anders formuliert:

William Thomson, Lord Kelvin: Es existieren keine thermodynamischen Zustandsänderungen, deren einzige Wirkung es ist, eine Wärmemenge einem Wärmespeicher zu entnehmen und diese vollständig in Arbeit umzusetzen.

Clausius: Es existieren keine thermodynamischen Zustandsänderungen, deren einzige Wirkung es ist, eine Wärmemenge einem kälteren Wärmespeicher zu entnehmen und einem wärmeren hinzuzufügen.

Max Planck: Es gibt kein Perpetuum mobile zweiter Art (eine Maschine, die Energie vollständig ohne Verlust umsetzen kann)

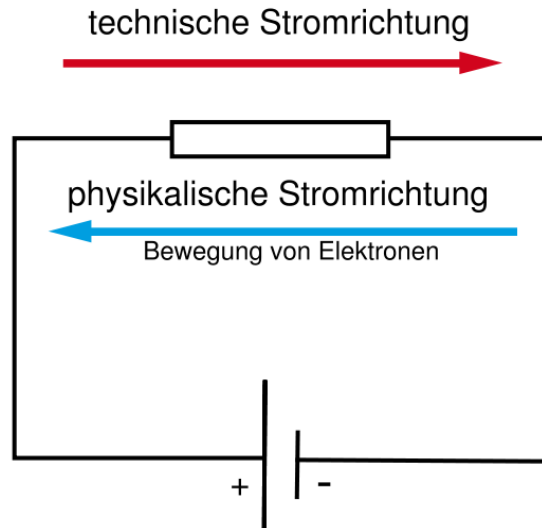
3. Hauptsatz

Dieser Hauptsatz wurde von Walther Nernst im Jahr 1906 vorgeschlagen und ist auch als Nernst-Theorem bekannt. Er ist quantentheoretischer Natur und verbietet es, ein System bis zum absoluten Nullpunkt abkühlen zu können

Einführung Elektrotechnik

Stromrichtungen technisch: plus nach minus

Stromrichtung physikalisch: minus nach plus



Strom wird hervorgerufen durch negativ geladene Elektronen, die sich im Leiter bewegen

Spannung $[U]=V$ (Volt)

Strom: $[I]=A$ (Ampere)

Widerstand $[R]=\Omega$ (Ohm)

Leitwert: $G = \frac{1}{R}$; $[G]=\text{Siemens}$

Ohmsches Gesetz: $U = RI$ (gültig für Gleichstrom)

Leistung: $P = UI$ $[P]=W$ (Watt)

Arbeit: $A = Pt$ $[A]=Ws$ (Wattsekunde)

Batterien: Kapazität wird gemessen in Ah (Ladung!)

Reihenschaltung von Widerständen: $R_{ges} = \sum_{i=1}^N R_i$

Parallelschaltungen von Widerständen: $\frac{1}{R_{ges}} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{R_i}$

Knotenregel: Die Summe aller fließenden Ströme an einem Knoten sind 0

Maschenregel: Die Summe aller Spannungen in einer Mache ergibt 0

Temperaturabhängigkeit von Ohm'schen Widerständen

Nicht-Ohm'sche Widerstände: Halbleiter

Gleichstrom, Wechselstrom, Drehstrom

Elektrotechnik 2

Elektrische Maschinen:

Maschinen, die elektrische Energie in eine andere Energieform überführen und v.v.
Heizungen, Magnete, Motoren, Dynamos

Wirkungsgrad von Geräten

Weiter elektrotechnische Komponenten:

Transformatoren

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

U : Spannung

n : Windungszahl

Sicherungen

Hintergrund: Bei einem ungefähren Widerstand des menschlichen Körpers von $1\text{k}\Omega$ (Hand-Fuß bzw. Hand-Hand) und einem letalen Strom von 50 mA können Spannungen ab 50V tödlich sein!

- Schmelzsicherungen (Überstrom)
- Sicherungsautomaten (Überstrom)
- FI-Schutzschalter (Vergleich hin- und rückfließender Strom)

Elektronenröhren

- Verstärkung und Gleichrichtung

Halbleiterbauteile

- Dioden
- Transistoren

Wellenlehre

Einführung: Das Federpendel dynamisch

Begriffe: Frequenz, Amplitude, Phase; Differentialgleichung

Allgemeine Beschreibung:

$$F(\vec{r}, t) = A \sin(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t) + B \cos(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t)$$

mit

F : allgemeines Feld, skalar oder vektoriell

A, B : Amplituden; gleiche Einheit wie F

\vec{k} : Wellenvektor in Ausbreitungsrichtung, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

λ : Wellenlänge

ω : Kreisfrequenz; $\omega = 2\pi f$

f : Frequenz; $[f] = \text{Hz} = 1/\text{s}$

c : Geschwindigkeit der Welle $c = \lambda f$

\vec{r} : Ortsvektor

t : Zeit

Longitudinalwelle und Transversalwelle

Stehende Welle

Superpositionsprinzip

Interferenz

Dualismus Teilchen-Welle

Dispersionsrelation: Welle in Materie

Literatur:

Physik für Schule und Beruf

Europa Nr.: 71616

Verlag Europa Lehrmittel

Technische Physik

Lehr- und Aufgabenbuch

Europa Nr.: 5231X

Verlag Europa Lehrmittel

H. Lindner

Physik für Ingenieure

Fachbuchverlag Leipzig