

Experimentalphysik A

1. Einleitung

Physik – eine empirische Wissenschaft

Die Naturerscheinungen laufen nicht regellos ab, sondern sie werden durch Naturgesetze gesteuert.

Die Physik befaßt sich mit der Erforschung der Naturgesetze und beschreibt die Naturerscheinungen mit Hilfe dieser

Aus der Kenntnis der Naturgesetze folgte die Beherrschung und Ausnutzung der Natur.

Die Physik wurde zur Grundlage der Technik und anderer Naturwissenschaften (Chemie, Biologie, Elektronik, Informatik, ...)

2. Physikalische Größen

2.1 Die Arbeitsweise des Physikers:

Physik ist quantitative Beschreibung von Gegenständen, Zuständen und Vorgängen in der Natur durch:

Beobachten, Experimentieren, Messen

- Dabei werden vor allem solche Größen gesucht, die sich im Prozeßablauf nicht ändern (Erhaltungsgrößen wie Impuls oder Energie).
- Diese Größen werden dann in Gleichungen verknüpft (z.B. Newtonsche Bewegungsgleichung), und aus den so erhaltenen Gesetzen können dann weitere Vorhersagen (z.B. über Bewegungsabläufe) gemacht werden, die im Experiment zu überprüfen sind.
- Aufgabe ist, die Beobachtungen mit einer Minimalzahl von grundlegenden Gesetzen zu erklären, welche in sich selbst nicht erklärbar sind (AXIOME).
- Diese Gesetze werden in der Regel aus der Beobachtung abgeleitet, wobei zunächst die sinnvollen Größen definiert werden müssen, die zur Beschreibung eines Prozesses nötig sind (z.B. Geschwindigkeit, Impuls etc. für Bewegung von Massen).
- So werden physikalischen Gesetze aus dem Wechselspiel:

experimentelle Beobachtung ...theoretische Beschreibung

erarbeitet, wobei möglichst universelle Gültigkeit (d.h. Anwendbarkeit unter den unterschiedlichsten Bedingungen) angestrebt wird.

Einzelmessungen → Gesetz → physikalische Theorie

2.2 Das physikalische Begriffssystem

In den quantitativen Beziehungen (Gleichungen) kommen nicht die Objekte selbst vor, sondern Merkmale und Eigenschaften derselben.

Definition:

Eine physikalische Größe ist ein Merkmal, für das eine Messvorschrift besteht. Dabei muss stets das Vielfache und der Bruchteil dieser Größe definiert sein.

Physikalische Größen sind	keine physikalischen Größen sind
<i>Länge</i> eines Seiles	Seil
<i>Höhe</i> eines Turmes	Turm
<i>Geschwindigkeit</i> eines PKW	PKW
<i>Frequenz</i> einer Schwingung	Schwingung
<i>Leistung</i> eines Motors	Motor
<i>Spin</i> eines Elektrons	Elektron
<i>Halbwertszeit</i> des radioaktiven Zerfalls	radioaktiver Zerfall
<i>Energie</i> einer Strahlung	Strahlung

Größen gleicher Art:

... sind solche, von denen sich physikalisch sinnvoll Summen oder Differenzen bilden lassen (z.B. 3 m + 4 m = 7 m)

Einheit und Zahlenwert:

Eine physikalische Größe G besteht aus einem Zahlenwert und einer

Einheit:

$$G = \{G\} [G] \quad \begin{array}{l} \{G\} = \text{Zahlenwert von } G \\ [G] = \text{Einheit von } G \end{array}$$

Einheit: eine aus der Menge der gleichartigen Größen ausgewählte und festgelegte Größe

Bsp.: Urkilogramm, Urmeter.

Der Zahlenwert gibt an, wie oft die Einheitsgröße in der betrachteten physikalischen Größe G enthalten ist:

$$\{G\} = G / [G]$$

Bem. :

- gleichartige Größen können verschiedene Einheiten haben:

$$\text{Länge} = 1\text{m} = 40''$$

- verschiedene Größen können gleiche Einheit haben:

$$[\text{Arbeit}] = 1 \text{ Nm}, [\text{Drehmoment}] = 1 \text{ Nm}$$

- eine physikalische Größe ist invariant gegen einen Wechsel der Einheit

$$G = \{G\} [G] = \{G\}' [G]'$$

- Beim Wechsel der Einheit verhalten sich die Zahlenwerte umgekehrt wie die Einheiten.

$$\frac{\{G\}'}{\{G\}} = \frac{[G]}{[G]'}$$

Bsp. :

$v = 120 \text{ km/h}$ $\{v\} = 120[v] = \text{km/h}$ $[v]' = \text{m/s}$ andere Einheit

$$v = 120 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \cdot \frac{1000\text{m}}{1\text{km}} = \frac{120 \text{ m}}{3,6 \text{ s}}$$

Größengleichungen

Größengleichungen sind Gleichungen, in denen die Formelzeichen physikalische Größen sind, soweit sie nicht als mathematische Zahlzeichen oder Symbole für mathematische Funktionen oder Operatoren erklärt sind. Größengleichungen gelten unabhängig von der Wahl der Einheiten.

Regeln für das Rechnen mit Größen:

Physikalische Größen unterscheiden sich von Zahlen. An ihnen dürfen nicht alle Rechenoperationen ausgeführt werden, die für Zahlen erlaubt sind.

Für physikalische Größen sind erlaubt:

- a) Addition und Subtraktion bei gleichartigen Größen
- b) Multiplikation und Division; hier ergeben sich neue physikalische Größen.

Nicht erlaubt sind transzendente Operationen: e^x , \log , \tan , \cos , \sin , $\sqrt{\quad}$

In transzendenten Operationen müssen immer *dimensionslose Größen* verwendet werden.

Grundgrößen - abgeleitete Größen

Grundgrößen können nicht auf andere physikalische Größen zurückgeführt werden. Die meisten physikalischen Größen sind abgeleitete Größen, entstanden aus Grundgrößen. Zu den Grund- oder Basisgrößen gehören die *Basiseinheiten*.

Sie werden durch Definition per Gesetz festgelegt.

Die Einheiten der abgeleiteten Größen ergeben sich aus den Basiseinheiten.

Beschreibung der ganzen Physik erfolgt mit 7 Grundgrößen und deren Einheiten.

Internationales Einheitensystem (SI-System): Basisgrößen

Name	Abk.	Definition	Dim.
Meter	m	„Das Meter ist die Länge des Weges, den das Licht in Vakuum im 1/299 792 458 ten Teil einer Sekunde zurücklegt.“	L
Kilogramm	kg	„Das Kilogramm ist die Masse eines internationalen Prototyps des Kilogramm. Er ist ein Platin-Iridium-Zylinder, der im BIPM in Sèvres bei Paris aufbewahrt wird.“	M
Sekunde	s	„Die Sekunde ist die Zeitdauer von 9 192 631 770 Schwingungsperioden einer Strahlung, die dem Übergang zwischen den zwei Hyperfeinstrukturniveaus des Grundzustandsniveaus eines Atoms entspricht.“	T
Ampere	A	„Das Ampere ist der konstante Strom, der, wenn er in zwei unendlich ausgedehnten Leitern mit vernachlässigbarem Querschnitt, die sich im Vakuum in einem Meter Abstand voneinander befinden, fließt, eine Kraft von pro Längeneinheit erzeugt.“	I
Kelvin	K	„Das Kelvin ist der 1/273.16 te Teil der thermodynamischen Temperatur des Tripelpunktes des Wassers.“	Θ
Mol	mol	„Das Mol ist die Menge einer Substanz, die so viel elementare Bestandteile enthält, wie sich Atome in 0.012 kg von Kohlenstoff-12 befinden.“	N
Candela	cd	„Die Candela ist die Lichtstärke in einer gegebenen Richtung einer monochromatischen Strahlungsquelle der Frequenz von Hertz und einer Strahlstärke in diese Richtung von (1/683) Watt pro Steradian.“	J

Als abgeleitete Einheiten mit eigenem Namen werden verwendet

Temperatur	t	Celsius	°C	$0\text{ °C} = 273,16\text{ K}; \quad \Delta 1\text{ °C} = \Delta 1\text{ K}$
Kraft	F	Newton	N	$1\text{ N} = 1\text{ kg m s}^{-2}$
Druck	p	Pascal	Pa	$1\text{ Pa} = 1\text{ N m}^{-2} = 1\text{ kg m}^{-1}\text{ s}^{-2} = 10^{-5}\text{ bar}$ $1\text{ bar} = 100\text{ kPa}; \quad 1\text{ atm} = 101,325\text{ kPa}$
Energie	E	Joule	J	$1\text{ J} = 1\text{ N m} = 1\text{ kg m}^2\text{ s}^{-2}$
Leistung	L	Watt	W	$1\text{ W} = 1\text{ J s}^{-1}$
Frequenz	v	Hertz	Hz	$1\text{ Hz} = 1\text{ s}^{-1}$
elektr. Ladung	C	Coulomb	C	$1\text{ C} = 1\text{ A s}$
elektr.Spannung	U	Volt	V	$1\text{ V} = 1\text{ W A}^{-1} = 1\text{ J s}^{-1}\text{ A}^{-1}$

Größenordnungen

Deka	Hekto	Kilo	Mega	Giga	Tera	Peta	Exa	Zetta	Yotta
da	h	k	M	G	T	P	E	Z	Y
10	10 ²	10 ³	10 ⁶	10 ⁹	10 ¹²	10 ¹⁵	10 ¹⁸	10 ²¹	10 ²⁴
10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁶	10 ⁻⁹	10 ⁻¹²	10 ⁻¹⁵	10 ⁻¹⁸	10 ⁻²¹	10 ⁻²⁴
d	c	m	μ	n	p	f	a	z	y
Dezi	Zenti	Milli	Mikro	Nano	Piko	Femto	Atto	Zepto	Yocto