

Physikalische Größen und ihre Messung

Die Aussagen und Gesetze der Physik zeichnen sich in besonderem Maße durch Eindeutigkeit und Strenge aus. Dies ist aber nur möglich, weil bei der Definition der benutzten Begriffe auf unbedingte Klarheit und Schärfe geachtet wird. Die physikalischen Begriffe unterscheiden sich von denen des Alltags und denen mancher anderer Wissenschaften dadurch, daß hier nur solche Begriffe Eingang finden, die als messbare Größen erfasst werden können.

Die Definition einer physikalischen Größe besteht wesentlich in der Angabe eines Messverfahrens. Die Messung erweist sich also als eine der wichtigsten Grundaufgaben der Physik, so daß es angebracht erscheint, zunächst einige Bemerkungen über den Vorgang des Messens zu machen.

Die Messung einer physikalischen Größe besteht in einem Vergleich mit ihrer Einheit.

Um die Länge einer Strecke zu messen, nehmen wir den Maßstab und legen diesen wiederholt an die messende Strecke an. Die Zahl, die angibt, wie oft die Einheit in der zu messenden Strecke enthalten ist, wird als ihre Maßzahl oder ihr Zahlenwert bezeichnet. Wenn man eine andere Einheit verwendet, so ergibt sich auch ein anderer Zahlenwert. Der Zahlenwert ist also nichts Feststehendes; er bestimmt erst zusammen mit der Einheit die gemessene Strecke.

Das Messverfahren ist bei der Längemessung besonders einfach und naheliegend. In anderen Fällen ist es wesentlich kompliziert.

Für jede physikalische Größe muss eine Einheit und ein Messverfahren festgestellt werden.

Die Feststellung von Einheiten ist grundsätzlich willkürlich; es ist aber zweckmäßig, dabei die folgenden Gesichtspunkte zu beachten:

a) die Einheiten sollen so scharf definiert sein, wie es das genaueste Messverfahren zulässt.

b) die Einheiten sollen unabhängig von Ort und Zeit sein.

c) die Einheiten sollen für jeden, der sie braucht, verfügbar sein.

Die Festlegung des Messverfahrens verlangt eine Vereinbarung darüber,

a) wann Maßgleichheit vorliegt, d.h. unter welchen Umständen zwei Größe als gleich groß bezeichnet werden,

b) wie die Maßvielfachheit definiert wird, d.h. unter welchen Umständen eine zu messende Größe “n” - mal so groß wie die Einheit ist.

Zwischen physikalischer Größe, Zahlenwert und Einheit besteht folgender Zusammenhang:

physikalische Größe = Zahlenwert · Einheit

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

Also:

Jede physikalische Größe lässt sich als Produkt aus einem (unbenannten) Zahlenwert und einer (benannten) Einheit schreiben.

Es ist ferner zu beachten, dass jede physikalische Größe in verschiedenen Einheiten angegeben werden kann. Für eine beliebige physikalische Größe “G” gilt:

$$G = \{G_1\} \cdot [G_1] = \{G_2\} \cdot [G_2] = \dots = \{G_i\} \cdot [G_i]$$

z. B.

$$10 \text{ m} = 10 \cdot 1 \text{ m} = 1000 \cdot 1 \text{ cm} = \dots = 10^{-2} \cdot 1 \text{ km}$$

Die Wahl der Einheit beeinflusst nur den Zahlenwert, nicht dagegen die physikalische Größe. Daher ist die verwendete Einheit begrifflich und grundsätzlich niemals entscheidend. Hieraus folgt weiter:

Physikalische Gesetze stellen immer Beziehungen zwischen physikalischen Größen (Größengleichungen), nicht dagegen zwischen Zahlenwerten (Zahlenwertgleichungen) dar.

Wortschatz

Alltag, - e, m	zi obișnuită, de zi cu zi
angebracht	indicat, oportun
Aussage, -n, f	afirmație, predicat
Begriff, -e, m	noțiune, concept
benutzen	a utiliza
besonders	în special
bestehen	a consta
bestimmt	stabilit, precizat.
Eindeutigkeit, - en, f	fără de echivoc

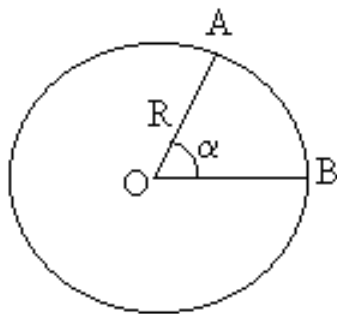
Einheit, - en, f	unitate.
erweisen	a (se) deveni.
Festslegung, en, f.	stabilire.
Gesetz, - e, n.	lege, regulă
Gesichtspunkt, - e, m.	punct de vedere
Größe, - n, f	mărime
im vorliegenden Fall	în cazul de față
Maß, - e, n	măsură
naheliegend	aproape, ușor de înțeles.
Schärfe, - n, f.	precizie, severitate; tăiș.
Strecke, - n, f.	distanță.
Strenge, f	severitate, rigoare
unbedingt	absolut, neapărat
unterscheiden	a deosebi
Vereinbarung, -en, f.	acord; înțelegere.
Vergleich - e, m.	comparație.
Vorgang, - gänge, m	cursul unui eveniment, procedeu
vorliegen	a exista
wesentlich	real, fundamental
wiederholt	repetat
willkürlich	arbitrar
Wissenschaft, - en, f.	știință
Zahl, - en, f.	număr, cifră
zunächst	mai întâi, lângă

Grundeinheiten

Nr.	Größe	Symbol der Größe	Benennung der Einheit	Symbol der Einheit
1	Länge	L	Meter	m
2	Masse	M	Kilogramm	Kg
3	Temperatur (thermodynamische)	T	Grad Kelvin	K
4	Zeit	Z	Sekunde	s
5	Stromstärke	I	Ampere	A
6	Stoffmenge	v	Kilomol	Kmol
7	Lichtstärke	J	Candela	cd

Abgeleitete Einheiten

Nr.	Größe	Symbol der Größe	Benennung der Einheit	Symbol der Einheit
1	Ebene Winkel	α	Radian	rad
2	Raumwinkel	Ω	Steradian	sr

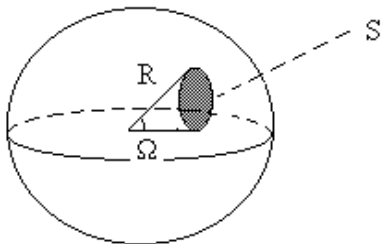


Das Ebenewinkelmaß ist das Verhältnis der Kreisbogenlänge die der gegebene Winkel aufspannt, zum Radius dieses Kreises.

$$\alpha = \frac{\overset{\frown}{AB}}{R}$$

$$\alpha_{\max} = \frac{2\pi R}{R} = 2\pi \text{ rad}$$

Das Raumwinkelmaß ist das Verhältnis der Kalottenfläche die der gegebene Raumwinkel aufspannt, zum Radiusquadrat der Kalotte.



$$\Omega = \frac{S}{R^2}$$

$$\Omega_{\max} = \frac{4\pi R^2}{R^2} = 4\pi \text{ sr}$$

Unter "Skalaren" verstehen wir Größen, die durch ihren Betrag, d.h. durch die Angabe eines Zahlenwertes und einer Einheit. Vollständig bestimmt sind. Es hat bei diesen Größen keinen Sinn, ihnen eine Richtungseigenschaft zuzuordnen. Hier zu gehören Rauminhalt, Masse, Zeit, Arbeit, Energie, Temperatur usw.

Unter Vektoren verstehen wir demgegenüber Größen, die zu ihrer vollständigen Festlegung neben den Betrage auch noch die Angabe einer Richtung und eines Durchlaufungssinnes erfordern.

Hausaufgabe

Antworten Sie schriftlich:

- 1) Welche Gesichtspunkte sind bei der Festlegung von Einheiten zu beachten?

2) Was für eine Vereinbarung verlangt die Festlegung des Messverfahrens?

Vielfache und Teile der Einheiten

Terra	T	10^{12}
Giga	G	10^9
Mega	M	10^6
Kilo	K	10^3
Hecto	h	10^2
Deka	D	10^1
Die Einheit	-	10^0
Deci	d	10^{-1}
Centi	c	10^{-2}
Milli	m	10^{-3}
Mikro	μ	10^{-6}
Nano	n	10^{-9}
Pico	p	10^{-12}
Femto	f	10^{-15}
Atto	a	10^{-18}

Die Längeneinheit

Das Meter ist 1650763,73 mal die Wellenlänge der von isolierten Atomen des Isotops Krypton 86 beim Übergang von Zustand $5D_5$ zum Zustand $2P_{10}$ emittierende und im Vakuum ausbreitende Strahlung. Diese Definition hat einen wichtigen Vorteil – sie ist leicht reproduzierbar. 1799 wurde das Meter als der 10.000.000-ste Teil des (ungenau gemessen) Meridianen.

Andere Längeneinheiten

1Ångstrom $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$

1Lichtjahr= $9,47 \cdot 10^{15} \text{ m}$

Weltallradius= 10^{10} m Lichtjare= 10^{26} m

Verschiedenen Längen

Längsdurchmesser der Milchstrasse	10^{26} m
Querdurchmesser der Milchstrasse	10^{21} m
Entfernung des Sirius	10^{17} m

Entfernung Sonne - Pluto	$6 \cdot 10^{12}$ m
Durchmesser der Sonne	$1,5 \cdot 10^9$ m
Entfernung Erde-Mond	$4 \cdot 10^8$ m
Durchmesser der Erde	$1,3 \cdot 10^7$ m
Ausdehnung einer Großstadt	10^4 m
Größe Bäume	10^2 m
Größe Tiere	10^1 m
Mensch	$1,7 \cdot 10^0$ m
Durchmesser eines Regentropfens	10^{-3} m
Bakterien, Wellenlänge des sichtbaren Lichtes	10^{-6} m
Große Eiweißmolekül	10^{-8} m
Sonstige Molekül	10^{-9} m
Größe eines Atoms	10^{-10} m
Größe eines Atomkerns	10^{-14} m
Elementarlänge (kürzeste sinnvolle Länge)	10^{-15} m

Die Zeiteinheit

Die Sekunde ist der 31.556.925,9747-te Teil des tropischen Jahres 1900 Januar 0, 12 Uhr Ephemeridenzeit (31 Dezember 1899, 12 Uhr mittags).

Zeitliche Größenordnungen in der Welt

Alter der Welt	10^{17} s
Begin der Eiszeit	10^{13} s
Kretanische Kultur	10^{11} s
Mittlere Lebensdauer des Menschen	$2 \cdot 10^9$ s
Dauer eines Jahres	$3,2 \cdot 10^7$ s
Dauer eines Tages	$0,9 \cdot 10^5$ s
Laufzeit des Lichts Sonne-Erde	$5 \cdot 10^2$ s
Pulsschlag des Menschen	$0,8 \cdot 10^0$ s
Schließen der Augen (Augenblick)	10^{-1} s
Explosionsdauer von einem Kg Schießpulver	10^{-2} s
Dauer eines Blitzes	10^{-4} s
Dauer eines Funkens	10^{-5} s
Elementarzeit (kürzeste sinnvolle Zeitdauer)	10^{-23} s

Lösen Sie

1. Unter welchem Winkel erscheint a) der Mond vor der Erde aus? b) die Erde vom Mond aus?

Bahnradius des Mondes: $3,84 \cdot 10^{10}$ cm

Radius des Mondes: $1,74 \cdot 10^8$ cm

Radius der Erde: $6,37 \cdot 10^8$ cm

2. Welchen Längen entspricht 1° , $1'$, 1 rad auf der Erdoberfläche? (Erdradius $6,37 \cdot 10^6$ cm)

3. Ein Stern auf der Mittelsenkrechten der Erdbahn beschreibt im Laufe des Jahres um eine 10^9 Lichtjahre entfernte (damit ortsfeste) Milchstrasse, die ebenfalls auf der Mittelsenkrechten der Erdbahn liegen soll, einen Kreis mit dem Öffnungswinkel $2\alpha = 0,2'' \pm 0,005''$. Wie viele Lichtjahre ist der Stern entfernt und wie genau ist die Messung?

$$r_{ES} = 1,456 \cdot 10^{11} \text{ m}, \text{ ein Lichtjahr} = 9,46 \cdot 10^{15} \text{ m}.$$

4. Aus der Vektorrechnung:

a) Durch welche Gleichung wird ausgedrückt, dass 3 Vektoren $\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}$ ein geschlossenes Dreieck bilden?

2 Vektoren \vec{A} und \vec{B} parallel sind?

3 Vektoren $\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}$ in einer Ebene liegen (koplanar sind)?

b) Was bedeutet $(\vec{A} + \vec{B}) \cdot (\vec{A} - \vec{B})$ speziell für $A^2 = B^2$?

c) Was ist $(\vec{A} \times \vec{B})^2 + (\vec{A} \cdot \vec{B})^2$?

d) Wann ist $\vec{A} \times \frac{d\vec{A}}{du} = 0$? (u ist ein Skalar)