

Physikalische Grössen und Einheiten

1

- Eine quantifizierbare Eigenschaft eines Objekts, eines Systems von Objekten, eines Zustandes oder eines Vorgangs.
- Die Einheiten werden «normal» (s) gedruckt und die Grössen «kursiv» (*s*), und sie werden nicht im gleichen Term gemischt.

2

- «Internationales Einheitensystem» (SI = «système international d'unités»)
- Länge; Masse; Zeit
Elektrische Stromstärke; (thermodynamische) Temperatur; Lichtstärke; Stoffmenge.
Der Meter (m); das Kilogramm (kg); die Sekunde (s); das Ampere (A);
das Kelvin (K); die Candela (cd); das Mol (mol).

3

Ja. Zwei Beispiele:

- Gleitreibungszahl als Verhältnis der Gleitreibungskraft und der Normalkraft;
 $\mu = 0.4$; Einheit $\frac{\text{N}}{\text{N}} = 1$
- Brechzahl als Verhältnis der Lichtgeschwindigkeiten in zwei verschiedenen Medien;
 $n = 1.54$; Einheit $\frac{\text{m/s}}{\text{m/s}} = 1$

4

Geschwindigkeit: $[v] = \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Kraft: $[F] = \text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} = \text{N}$

Energie: $[E] = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} = \text{J}$

5

- Im Vergleich zu der ursprünglichen Definition als 40-millionster Teil des Meridians ist der Urmeter aus Metall (und damit auch unser heutiges Metermass) um

$$\Delta l = \frac{40'000 \text{ m}}{40'000'000} = 0.001 \text{ m} = 1 \text{ mm zu lang.}$$

- Seit 1983 ist der Meter an die Sekundendefinition durch die modernen Atomuhren mit Hilfe der Lichtgeschwindigkeit angeschlossen. Die Sekunde lässt sich viel genauer als die Längeneinheit messen.

6

Bekannt: Milli (Millimeter), Nano (Nanometer), Dezi (Deziliter), Kilo (Kilovolt, Kilometer), Mega (Megahertz, Megabyte), Zenti (Zentimeter), Giga (Gigawatt, Gigahertz)

Vielleicht sind auch Tera (Terawatt) und Pico (Picofarad) bekannt.

7

a) 50.0 m/s; ca. 1220 km/h.

b) Um m/s in km/h umzuwandeln, soll man den Zahlenwert der Geschwindigkeit mit 3.6 multiplizieren.

c)
$$v = \frac{10^{-3} \text{m}}{7 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{s}} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ m/s} = 2 \text{ nm/s}$$

d)
$$v = \frac{40'000 \text{ km}}{24 \text{ h}} \cong 1667 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 463 \text{ m/s}$$

8

a) $1.85 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$

$1.9 \cdot 10^5 \text{ kg}$

$4.7 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$

b) $1.692 \cdot 10^4 \text{ m}$

$5 \cdot 10^{-5} \text{ m}$

$1.85 \cdot 10^3 \text{ m}$

c) $4.128449 \cdot 10^{10} \text{ m}^2$

$1.50 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

$0.0624 \text{ m}^2 = 6.24 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$

d) $1.5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

$1.1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

$0.012 \text{ m}^3 = 1.2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$

e) $2700 \text{ s} = 2.7 \cdot 10^3 \text{ s}$

$3.6 \cdot 10^6 \text{ s}$

$3.5 \cdot 10^{-2} \text{ s}$

f) 14 m/s

$2.3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$

5.5447 m/s

g) 910 kg/m^3

$8.6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

$4.3 \cdot 10^2 \text{ kg/m}^3 = 430 \text{ kg/m}^3$

9

4.91 soll eine Kraftgrösse in Newton sein und 0.3 eine Zeit in Sekunden. m ist eine physikalische Grösse: die Masse. In Annas Formulierung könnte der Buchstabe m als Abkürzung für die Längeneinheit Meter verstanden werden. Grössen und Zahlen werden durcheinander gebracht.

Eine physikalische Grösse besteht aus einer Masszahl und einer Masseinheit. Die Einheiten einer physikalischen Gleichung müssen zusammenpassen. Beim zweiten Beispiel findet der Schüler eine falsche Lösung, weil er verschiedene Längeneinheiten und verschiedene Zeiteinheiten benutzt:

Die Dimension der Beschleunigung als Verhältnis von Geschwindigkeit und Zeit ist korrekt. Die Geschwindigkeit 100 km/h soll aber in Meter pro Sekunde umgewandelt werden, damit die Einheiten übereinstimmen.

10

Vektor: Zur eindeutigen Festlegung ist ausser Masszahl und Einheit noch die Angabe einer Richtung erforderlich. (Beispiele: Weg, Kraft, Geschwindigkeit, Beschleunigung)

Skalar: Angabe von Masszahl und Einheit genügt (Beispiele: Masse, Temperatur, Energie)

Im Beispiel haben beide Kräfte denselben Betrag. Sie sind aber entgegengesetzt gerichtet.

11

a) $4.2094^\circ = 0.07347 \text{ rad}$

b) $142'000 \text{ s}; 2360 \text{ min}; 39.4 \text{ h}; 1.64 \text{ d}$

c) Das siderische Jahr (auf das Koordinatensystem der Fixsterne bezogen): 365.2564 d
und das tropische Jahr (auf den Frühlingspunkt bezogen): 365.24220 d

12

$$\frac{1 \text{ LJ}}{c} = 31556925.9747 \text{ s} = 365.242198 \text{ d}$$

(wobei c die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum ist).

Somit wurde das tropische Jahr für das Lichtjahr gebraucht.

13

Der Mond verspätet sich um den Drehwinkel $13.2^\circ/\text{d}$. Somit wird er 52.7 min später aufgehen.

Genauigkeit und Fehler

14

Aus praktischen und messtechnischen Gründen ist es nicht angebracht eine Temperatur in Mikrograd-Celsius und die Präzision der Angabe für die Längenausdehnung eines Stabes im Bereich der Atomgrösse anzugeben.

15

a) $\Delta l = 1 \text{ mm}$

b) Der relative Fehler beträgt $\frac{0.001 \text{ m}}{1.210 \text{ m}} \cdot 100 \% = 0.08 \%$.

16

- a) Die Messung erfolgte auf ± 0.05 cm genau:
 $a = (9.3 \pm 0.05)$ cm, $b = (8.9 \pm 0.05)$ cm
- b) 0.54 %, 0.56 %
- c) Die Rundung des angegebenen Ergebnisses bedeutet:
 $F = (82.77 \pm 0.005)$ cm², 0.006 %
Der relative Fehler des Produktes ist $\frac{\Delta F}{F} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$; 1.1 % ;
 $\Delta F = 0.9$ cm²
Korrektes Ergebnis: $F = (82.8 \pm 0.9)$ cm²

17

- a) Die Genauigkeit des Ergebnisses ist vorgetäuscht, nur die ersten beiden Ziffern sind genau.
- b) Absoluter Fehler je ± 0.05 mm, relative Fehler 0.22 %, 0.28 %, 0.12 %
- c) Relativer Fehler des Volumens: $0.22 \% + 0.28 \% + 0.12 \% = 0.62 \%$
Absoluter Fehler des Volumens: $\pm 0.62 \% \cdot V = \pm 106$ mm³
- d) $V = (17.2 \pm 0.1)$ cm³

18

- a) Die dreiziffrige Genauigkeit des Ergebnisses kommt nicht zum Ausdruck. Da die Daten mit drei signifikanten Ziffern gegeben sind, muss auch die Lösung mit derselben Genauigkeit angegeben werden: 9.00 m/s
- b) Gemessene Grössen ganz verschiedener Genauigkeit werden miteinander zu einem Ergebnis vorgetäuscht und damit falscher Genauigkeit verknüpft. Korrekt wäre 3 m/s².

19

- a) $d = \frac{l-b}{2}$; 1.7 m
- b) $\frac{\Delta d}{d} = \pm \frac{\Delta l + \Delta b}{l-b}$; 72 %
- c) (1.7 ± 1.2) m
Bei der Differenz ähnlicher Werte können die Fehler sehr gross werden.