

## Aufgaben 1                      Mechanik Mass und Messen, SI-Einheitensystem, Messfehler

### Lernziele

- einfache physikalische Grössen in SI-Basiseinheiten angeben können.
- einfache physikalische Grössen in sinnvollen dezimalen Vielfachen oder Teilen von SI-Basiseinheiten angeben können.
- physikalische Grössen in der Zehnerpotenzdarstellung angeben können.
- die Anzahl signifikanter Stellen aus der Masszahl einer physikalischen Grösse herauslesen können.
- den Messfehler bei einfachen Messgrössen abschätzen können.
- die Genauigkeit einer aus gemessenen Grössen berechneten Grösse beurteilen können.
- eine gemessene bzw. aus gemessenen Grössen berechnete Grösse mit der ihrer Ungenauigkeit angemessenen Anzahl signifikanter Stellen oder Dezimalstellen angeben können.
- den Mittelwert, die Standardabweichung und den relativen Fehler einer in einer Messserie ermittelten Grösse bestimmen können.

### Aufgaben

1.1 Geben Sie die folgenden Grössen in SI-Basiseinheiten an:

- |    |            |    |            |    |                   |
|----|------------|----|------------|----|-------------------|
| a) | 32.321 km  | b) | 17.5 mm    | c) | 321 $\mu\text{m}$ |
| d) | 540'012 cm | e) | 3.4 kg     | f) | 253 g             |
| g) | 42.123'4 t | h) | 4.8 mg     | i) | 2 h 15 min 9 s    |
| j) | 2.01 h     | k) | 8 min 21 s | l) | 5.67 ns           |

1.2 Geben Sie die folgenden Grössen in sinnvollen dezimalen Vielfachen oder Teilen von SI-Einheiten an (Bsp.: 0.0045 s = 4.5 ms, 34'500'000 W = 34.5 MW):

- |    |                     |    |            |    |                     |
|----|---------------------|----|------------|----|---------------------|
| a) | 0.007'32 km         | b) | 932'701 nm | c) | 0.000'2 mm          |
| d) | 1'280'000'000'000 J | e) | 0.002'65 W | f) | 0.000'000'000'010 s |

1.3 Geben Sie die folgenden Grössen in SI-Einheiten an (ohne Verwendung von dezimalen Vielfachen oder Teilen):

- |    |         |    |           |    |          |
|----|---------|----|-----------|----|----------|
| a) | 72 km/h | b) | 60 dm/min | c) | 3.6 km/h |
| d) | 4.8 g/s | e) | 90 kg/h   | f) | 25 kWh   |

1.4 Geben Sie die folgenden Grössen unter Beibehaltung der Einheit in der Zehnerpotenzdarstellung an:

- |    |                        |    |                    |    |            |
|----|------------------------|----|--------------------|----|------------|
| a) | 59'827.6 $\mu\text{m}$ | b) | 0.000'45 mm        | c) | 0.002'6 cm |
| d) | 988'101 km             | e) | 45.23 s            | f) | 0.38 ms    |
| g) | 72 km/h                | h) | 0.34 $\mu\text{g}$ | i) | 0.018 kg/h |

1.5 Geben Sie die Grössen aus der Aufgabe 1.4 in der Zehnerpotenzdarstellung, jedoch in der entsprechenden SI-Einheit an.

1.6 Studieren Sie zur Anzahl signifikanter Stellen einer Grösse auf den Theorie-Blättern [Mass und Messen](#) die Beispiele auf der Seite 4.

1.7 Geben Sie die Anzahl der signifikanten Stellen in den folgenden Grössen an:

- |                         |                             |                              |
|-------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| a) 45.03 m              | b) 0.005'067'00 km          | c) 300'000 m/s               |
| d) 299'792 m/s          | e) $5 \cdot 10^{10}$ m      | f) $3.148'0 \cdot 10^{-9}$ s |
| g) $1.001 \cdot 10^5$ m | h) $7.010 \cdot 10^{-6}$ kg | i) 400 kg/s                  |

1.8 Die potentielle Energie  $W_G$  eines Körpers der Masse  $m$  beträgt auf der Höhe  $h$  (über einem willkürlich definierten Nullniveau):

$$W_G = m \cdot g \cdot h$$

In der folgenden Tabelle sind gemessene Grössen für  $m$ ,  $g$  und  $h$  angegeben. Wenn man die Masszahlen von  $m$ ,  $g$  und  $h$  mit einem Rechner multipliziert, so liest man als Resultat die in der letzten Spalte der Tabelle aufgeführten Werte ab.

	m (gemessen)	g (gemessen)	h (gemessen)	Zahlenwert für $W_G$ (berechnet)
a)	2.4 kg	9.81 N/kg	593 m	13'961.592
b)	318 g	9.81 N/kg	8 cm	24'956.64

Geben Sie die beiden berechneten Werte für die potentielle Energie  $W_G$  in der Zehnerpotenzdarstellung und in SI-Einheiten an.

Berücksichtigen Sie dabei die Genauigkeit der gemessenen Grössen  $m$ ,  $g$  und  $h$ .

1.9 Aus zwei gemessenen Grössen sollen Sie eine dritte Grösse berechnen und die **Fehlerfortpflanzung** beurteilen. Bearbeiten Sie zu jeder Situation a) bis c) die Teilaufgaben i) bis iii).

- Geben Sie für die gemessenen Grössen die der Messungenauigkeit entsprechende Anzahl signifikanter Stellen an.
- Berechnen Sie aus den beiden gemessenen Grössen die verlangte dritte Grösse.
- Überlegen Sie sich, wie genau man die berechnete Grösse auf Grund der Messungenauigkeit der beiden gemessenen Grössen angeben kann.  
Geben Sie die berechnete Grösse mit der entsprechenden Anzahl signifikanter Stellen an.

a) **Flächeninhalt eines Tisches**

Messungen: - Länge  $l$  des Tisches:  $l = 159.5$  cm (auf 0.5 cm genau)  
 - Breite  $b$  des Tisches:  $b = 75.5$  cm (auf 0.5 cm genau)

Berechnung: Flächeninhalt  $A$  des Tisches  
 $A = l \cdot b$

b) **Dichte von Wasser**

Messungen: - Volumen  $V$  des Wassers:  $V = 150$  cm<sup>3</sup> (auf 1 cm<sup>3</sup> genau)  
 - Masse  $m$  des Wassers:  $m = 150.3$  g (auf 0.1 g genau)

Berechnung: Dichte  $\rho$  des Wassers  
 $\rho = \frac{m}{V}$

c) **Elektrische Prozessleistung in einer Lampe**

Messungen: - elektr. Spannung  $U$  über der Lampe:  $U = 5.9$  V (auf 0.1 V genau)  
 - elektr. Ladungsstromstärke  $I_Q$  durch die Lampe:  $I_Q = 154$  mA (auf 1 mA genau)

Berechnung: Elektrische Prozessleistung  $P_{el}$  in der Glühlampe  
 $P_{el} = U \cdot I_Q$

- 1.10 Es soll die Schwingungsdauer  $T$  eines Fadenpendels, d.h. die Zeitdauer für eine Hin- und Herbewegung des Pendelkörpers, bestimmt werden.

(Bild Fadenpendel)

In einem Experiment wurde in einer **Messserie** in fünf Einzelmessungen jeweils das Zehnfache der Schwingungsdauer  $T$ , d.h.  $10 T$ , gemessen:

$10 T = 13.1 \text{ s}, 13.5 \text{ s}, 12.7 \text{ s}, 13.7 \text{ s}, 13.6 \text{ s}$  (jeweils auf  $0.5 \text{ s}$  genau)

- a) Geben Sie die sich aus den Einzelmessungen ergebenden Werte für  $T$  an.
- b) Geben Sie den absoluten Fehler von  $T$  in einer Einzelmessung an.
- c) Berechnen Sie für die ganze Messserie den Mittelwert, die Standardabweichung und den relativen Fehler von  $T$ .
- d) Vergleichen Sie den in b) angegebenen absoluten Fehler einer Einzelmessung mit der in c) berechneten Standardabweichung.
- e) Bestimmen Sie für den ermittelten Mittelwert der Schwingungsdauer  $T$  die Anzahl signifikanter Stellen.

**Lösungen**

- 1.1 a) 32'321 m                      b) 0.017'5 m                      c) 0.000'321 m  
 d) 5'400.12 m                      e) 3.4 kg                      f) 0.253 kg  
 g) 42'123.4 kg                      h) 0.000'004'8 kg                      i) 8'109 s  
 j) 7'236 s                      k) 501 s                      l) 0.000'000'005'67 s
- 1.2 a) 7.32 m                      b) 0.932'701 mm                      c) 0.2  $\mu\text{m}$   
 d) 1.28 TJ                      e) 2.65 mW                      f) 10 ps
- 1.3 a) 20 m/s                      b) 0.10 m/s                      c) 1.0 m/s  
 d) 0.004'8 kg/s                      e) 0.025 kg/s                      f) 90'000'000 J
- 1.4 a)  $5.982'76 \cdot 10^4 \mu\text{m}$                       b)  $4.5 \cdot 10^{-4} \text{ mm}$                       c)  $2.6 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$   
 d)  $9.881'01 \cdot 10^5 \text{ km}$                       e)  $4.523 \cdot 10^1 \text{ s}$                       f)  $3.8 \cdot 10^{-1} \text{ ms}$   
 g)  $7.2 \cdot 10^1 \text{ km/h}$                       h)  $3.4 \cdot 10^{-1} \mu\text{g}$                       i)  $1.8 \cdot 10^{-2} \text{ kg/h}$
- 1.5 a)  $5.982'76 \cdot 10^{-2} \text{ m}$                       b)  $4.5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$                       c)  $2.6 \cdot 10^{-5} \text{ m}$   
 d)  $9.881'01 \cdot 10^8 \text{ m}$                       e)  $4.523 \cdot 10^1 \text{ s}$                       f)  $3.8 \cdot 10^{-4} \text{ s}$   
 g)  $2.0 \cdot 10^1 \text{ m/s}$                       h)  $3.4 \cdot 10^{-10} \text{ kg}$                       i)  $5.0 \cdot 10^{-6} \text{ kg/s}$
- 1.6 ...
- 1.7 a) 4                      b) 6                      c) 6  
 d) 6                      e) 1                      f) 5  
 g) 4                      h) 4                      i) 3
- 1.8 a)  $W_G = 1.4 \cdot 10^4 \text{ J}$   
 b)  $W_G = 2 \cdot 10^{-1} \text{ J}$
- 1.9 a) i) l: eher 3 als 4 signifikante Stellen  
           b: eher 2 als 3 signifikante Stellen  
       ii) Rechner:  $A = 12'042.25 \text{ cm}^2$   
           iii) 2 signifikante Stellen  
                $A = 1.2 \cdot 10^4 \text{ cm}^2 = 1.2 \text{ m}^2$   
 b) i) V: 3 signifikante Stellen  
           m: 4 signifikante Stellen  
       ii) Rechner:  $\rho = 1.002 \text{ g/cm}^3$   
           iii) 3 signifikante Stellen  
                $\rho = 1.00 \text{ g/cm}^3 = 1.00 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$   
 c) (siehe nächste Seite)

- c) i) U: 2 signifikante Stellen  
I<sub>Q</sub>: 3 signifikante Stellen
- ii) Rechner: P<sub>el</sub> = 908.6 mW
- iii) 2 signifikante Stellen  
P<sub>el</sub> = 0.91 W
- 1.10 a) T = 1.31 s, 1.35 s, 1.27 s, 1.37 s, 1.36 s
- b) Eine Einzelmessung für T ist auf 0.05 s genau.
- c)  $\bar{T} = 1.332$  s (ungerundet)  
 $\Delta T = 0.0414\dots$  s (ungerundet)  
 $\Rightarrow T = (1.33 \pm 0.04)$  s  
 $\frac{\Delta T}{\bar{T}} = 0.031 = 3.1\%$
- d) ...
- e) 3 signifikante Stellen