Big Bang HTL 1
Kap. 2: Die sieben Basiseinheiten des SI - Lösungen

2.1 a) $3{,}45 \cdot 10^{4}$ **b)** $-3{,}4 \cdot 10^{-4}$ **c)** 10^{-8} **d)** $-2{,}3501 \cdot 10^{3}$

2.2 a) $1{,}1313 \cdot 10^{-2}$ **b)** $4{,}8 \cdot 10^{15}$ **c)** $-1{,}7 \cdot 10^{4}$ **d)** $-1{,}78319 \cdot 10^{-7}$

2.3 a) $9{,}804 \cdot 10^{-2}$ **b)** $-4{,}18492 \cdot 10^{17}$ **c)** $2{,}86 \cdot 10^{5}$ **d)** $1{,}5279587 \cdot 10^{-7}$

2.4 a) 10^{4} **b)** 10^{-9} **c)** $10^{0} = 1$ **d)** 10^{-5}

2.5 a) 10^{2} **b)** 10^{-11} **c)** 10^{-26} **d)** 10^{826}

2.6 a) 10^{8} **b)** 10^{-18} **c)** 10^{-21} **d)** 10^{9}

2.7 a) 819 **b)** $1{,}68723 \cdot 10^{4}$ **c)** $5 \cdot 10^{-3}$ **d)** $1{,}6 \cdot 10^{10}$

2.8 a) $3{,}969 \cdot 10^{7}$; $3{,}969 \cdot 10^{7}$ **b)** 100; $9 \cdot 10^{10}$

2.9 a) $-3{,}052749 \cdot 10^{-8}$ **b)** $2{,}940585 \cdot 10^{-15}$ **c)** $5{,}861241 \cdot 10^{-4}$ **d)** $9{,}9072585 \cdot 10^{11}$

2.10 Die Zahl der Atome N ist

$$N = \frac{m_{\text{Erde}}}{m_{\text{Atom}}} = \frac{10^{25}\,\text{kg}}{10^{-26}\,\text{kg}} = \underline{10^{51}}$$

2.11 **a)** Der Abstand bis zur nächsten Sonne, dh. dem nächsten Fixstern Proxima Centauri, ist ca. $\underline{4 \cdot 10^{16}\text{ m}}$. Proxima Centauri ist 1000-mal weiter von der Sonne entfernt als der Planet Pluto.

b) Die nächste Galaxie, der Andromedanebel, ist $\underline{2 \cdot 10^{22}\text{ m}}$ von der Milchstraße entfernt, also „nur" hundertmal weiter als der Radius unserer Milchstraße im Mittel misst.

c) Abstand Sonne - Pluto: $\underline{6 \cdot 10^{-4}\text{ Lichtjahre}}$
Abstand Sonne - Proxima Centaurus: $\underline{4\text{ Lj}}$
Durchmesser unserer Milchstraße: $\underline{4 \cdot 10^{4}\text{ Lj}}$ (Genauere Werte: In Längsrichtung 80000 Lj, in Querrichtung 15000 Lj)
Abstand Milchstraße - Andromedanebel: $\underline{2 \cdot 10^{6}\text{ Lj}}$

d) $5 \cdot 10^{-2}\text{ m} : 10^{9}\text{ m} = x : 4 \cdot 10^{16}\text{ m}$ $\quad x = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{10^{9}} \cdot 4 \cdot 10^{16}\text{ m} = 2 \cdot 10^{6}\text{ m} = \underline{2000\text{ km}}$

e) $5 \cdot 10^{-2}\text{ m} : 4 \cdot 10^{20}\text{ m} = x : 2 \cdot 10^{22}\text{ m}$ $\quad x = \underline{2{,}5\text{ m}}$

2.12 **a)** $1\text{ h} = 3600\text{ s} = \underline{3{,}6 \cdot 10^{6}\text{ ms}}$
b) $1\text{ Gt} = 10^{9}\text{ t} = \underline{10^{15}\text{ g}}$
c) $1\text{ a} = 365 \cdot 24 \cdot 3600 = 31536000\text{ s} \approx \underline{3 \cdot 10^{7}\text{ s}}$

2.13 a) Die Durchschnittsmasse eines Sterns ist $\frac{10^{41}}{10^{11}}\text{ kg} = \underline{10^{30}\text{ kg}}$.

b) Die Masse eines Bleiatoms ist $m_{Pb} = 1\text{ kg} : (2{,}9 \cdot 10^{24}) = \underline{3{,}5 \cdot 10^{-25}\text{ kg}}$.

c) Rechnung **a)** beruht auf der Mittelung über die Werte von verschiedenen Galaxien. Außerdem sind die Werte für die Anzahl der Sterne und für die Masse nur Schätzungen. Die Aussagen von **b)** beruhen auf Messungen, die äußerst genau gemacht werden können.

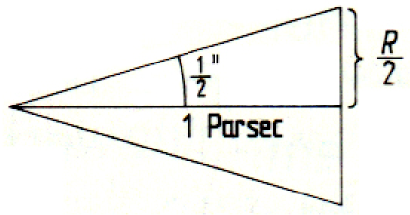
2.14 Der Durchmesser des Universums beträgt etwa 10^{26} m, die kleinste messbare Länge 10^{-18} m. Das Alter des Universums ist etwa 10^{10} Jahre, die kürzest bestimmte Zeitspanne (Lebensdauer von Elementarteilchen) beträgt ≈ 10^{-24} s. Das Universum hat eine Masse von ca. 10^{53} kg, Massenunterschiede kann man (über Bindungsenergien von Kernen) im Bereich von 10^{-32} kg feststellen.

2.15 Pulszahl: 70/min, Atemfrequenz: <u>20/min</u> Herzschläge (70 Jahre) = $\underline{2{,}6\cdot 10^9}$

Atemzüge (70 Jahre) = 20·60·24·365·70 = $\underline{7{,}4\cdot 10^8}$ Herzschläge/Lebensdauer = $\underline{2{,}6\cdot 10^9}$

2.16 Das Verhältnis ergibt sich aus der Relation der Kugeloberfläche mit Radius *R* und dem Querschnitt der Erdkugel mit Radius *r*.

$$\frac{r^2\cdot\pi}{4\cdot R^2\cdot\pi} = \left(\frac{r}{2\cdot R}\right)^2 = \underline{4{,}52\cdot 10^{-10}}$$



2.17 1 Bogensekunde ist $\frac{1}{3600}$ = $2{,}78\cdot 10^{-4}$ Grad. $\tan\frac{1''}{2} = \frac{R/2}{1\ \text{Parsec}}$

1 Parsec = $0{,}75\cdot 10^{11}$ m/($2{,}43\cdot 10^{-6}$) = $3{,}1\cdot 10^{16}$ m ≈ <u>3,3 Lj</u>

2.18 Die Masse der Kugel ist 29,24 g, die Standardabweichung 0,01 g, was man häufig auch anschreibt als m = 29,24(1) g = $2{,}924(1)\cdot 10^{-2}$ kg.

2.21 **a)** Die Länge beträgt 17,3(6) m.

b) Für eine neue Längenmessung kleiner als 16,685 und größer als 18,007 erhöht sich die Standardabweichung. Die Änderung erfolgt in etwa bei den Werten $\bar{x} \pm \Delta x$, aber nicht exakt an diesen.

2.22 $\bar{x}$ = 1 min $20{,}\dot{6}$ s, Δx= 2,055 s. Da die Standardabweichung ± 2 s beträgt, ist es sinnvoll, den Mittelwert auf Sekunden gerundet anzugeben $\bar{x}$ = 1 min 21(2) s.

2.23 $\frac{\Delta h_a}{\bar{h}_a} = \underline{0{,}01}$, $\frac{\Delta h_i}{\bar{h}_i} = \underline{0{,}01}$

$\bar{d}$ = 45,5 cm - 43,4 cm = <u>2,1 cm</u> Δd = 0, cm5 + 0,5 cm = <u>1 cm</u> $\frac{\Delta d}{\bar{d}} = \underline{0{,}5}$

2.24 $\bar{v} = \bar{h}_i \cdot \bar{l} \cdot \bar{b} = \underline{0{,}228\ \text{m}^3}$

$\frac{\Delta h_i}{\bar{h}_i} = 0{,}012$, $\frac{\Delta l}{\bar{l}} = 0{,}004$, $\frac{\Delta b}{\bar{b}} = 0{,}007$

$\frac{\Delta v}{\bar{v}} = \frac{\Delta h_i}{\bar{h}_i} + \frac{\Delta l}{\bar{l}} + \frac{\Delta b}{\bar{b}} = \underline{0{,}023}$ $\Delta v = \underline{0{,}005\ \text{m}^3}$

2.25 $v = \frac{100\ \text{m}}{t}$, $v_{\text{elektr.}} = \frac{100}{10{,}583}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1} = \underline{9{,}4491\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}}$

$v_{\text{Hand}} = \frac{100}{10{,}6}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1} = \underline{9{,}43\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2.}}$

Bei elektronischer Zeitmessung muss die Distanz auf 5 Stellen genau abgesteckt sein, also auf Zentimeter genau. Bei Handstoppung auf 3 Stellen, also nur auf Meter; dann sind die Unsicherheiten aus Längenmessung und Stoppung in etwa gleich groß.

2.26 Die Größe kann etwa auf Zentimeter genau abgelesen werden, sodass sich eine Genauigkeit von 3 signifikanten Stellen ergibt. Sein Alter kennt man mindestens auf den Tag genau (wenn man die Schaltjahre berücksichtigt!). Dies ergibt in deinem Alter eine Genauigkeit auf 4 Stellen.

2.27 Das Volumen des Würfels ist $V = (4{,}5)^3\ \text{cm}^3 = 91\ \text{cm}^3 = 9{,}1\cdot10^{-5}\ \text{m}^3$.

Gemäß der Genauigkeit, mit der die Dichte bekannt ist, ergeben sich als Masse

$m = 91\cdot0{,}9\ \text{g} = 80\ \text{g} = 8\cdot10^{-2}\ \text{kg}$

$m = 91\cdot0{,}90\ \text{g} = 82\ \text{g} = 8{,}2\cdot10^{-2}\ \text{kg}$.

Eine genauere Angabe der Dichte hat keine Auswirkung auf die Genauigkeit der Masse, da das Volumen nur auf 2 Stellen genau bekannt ist.

2.28 Die Abmessungen des Klassenzimmers sind A m Länge, B m Breite und C m Höhe. Dann ist die Masse der Luft durch $m = 1{,}3\cdot A\cdot B\cdot C$ kg gegeben.

Beispiel: Das Klassenzimmer hat 9 m Länge, 7 m Breite und 3 m Höhe, also

$m = 1{,}3\cdot9\cdot7\cdot3\ \text{kg} = 245{,}7\ \text{kg}$. Das Klassenzimmer hat also auf jeden Fall mehr Masse als du!

2.29 100 g Bronze bestehen aus 70 g Kupfer und 30 g Zinn. Die Volumina von Kupfer und Zinn sind

$$V_{Cu} = \frac{70\ \text{g}}{8{,}9\ \text{g/cm}^3} = 7{,}9\ \text{cm}^3,\ V_{Sn} = \frac{30}{7{,}3}\ \text{cm}^3 = 4{,}1\ \text{cm}^3$$

Das Volumen von 100 g Bronze ist damit 12,0 cm³, die Dichte ergibt sich als

$$\rho_{Bronze} = \frac{100\ \text{g}}{12{,}0\ \text{cm}^3} = 8{,}3\ \text{g}\cdot\text{cm}^{-3} = \underline{8{,}3\cdot10^3\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}}$$

2.30 $\rho = \dfrac{m}{V} = \dfrac{3\cdot m}{4\cdot R^3\cdot\pi}$

Sonne:	$\rho_S = 1410\ \text{kg/m}^3 = 1{,}4\ \text{g/cm}^3$		
Erde:	$\rho_E = 5523\ \text{kg/m}^3$	$\rho_E/\rho_S = \underline{3{,}9}$	Die Erde ist rund 4-mal dichter als die Sonne.
Mond:	$\rho_M = 3326\ \text{kg/m}^3$	$\rho_M/\rho_S = \underline{2{,}4}$	Der Mond ist rund 2,4-mal dichter als die Sonne.

2.31 b) Die Masse eines Silberkerns berechnen wir zu $108\cdot1{,}67\cdot10^{-24}\ \text{g} = 1{,}8\cdot10^{-22}$ g. Das Volumen eines Silberkerns ist $4\ R^3\cdot\pi/3 = 9{,}98\cdot10^{-43}\ \text{m}^3$. Die Dichte ist $\rho = m/V = 1{,}8\cdot10^{20}\ \text{g/m}^3 = 1{,}8\cdot10^{11}\ \text{kg/cm}^3$. 1 cm³ Kernmaterie wiegt soviel wie 180 000 Züge zu je 1000 t!

2.32 ρ = (siehe Übung 3.30) = $4{,}8\cdot10^{17}\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Kernmaterie wiegt (siehe Übung 3.31) $1{,}8\cdot10^{17}\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$, dh. die Neutronen sind in einem Neutronenstern gleich dicht gepackt wie die Nukleonen (Protonen, Neutronen) im Kern.

2.33 Das Volumen des Ballons ist $V = 4r^3\pi/3 = 44{,}6\ \text{m}^3$.

a) Das Gewicht G ist $G = V\cdot\rho\cdot g = (44{,}6\ \text{m}^3)\cdot(0{,}18\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3})\cdot(9{,}81\ \text{m/s}^2) = \underline{78{,}8\ \text{N}}$.

b) Das Gewicht von Helium und das Gewicht der Last muss geringer sein als dasselbe Volumen Luft wiegt. Das Volumen Luft wiegt (Dichte ρ ist 1,3 kg/m³) 568,8 N. Damit darf die Last maximal <u>490 N</u> wiegen, bzw. in Massen ($m = G/g$) ausgedrückt, die Last darf maximal <u>50 kg</u> haben.