

Atombau

Atom-Modelle

- A2a** Dodekaeder
- A2b** Tetraeder, Hexaeder, Oktaeder, Ikosaeder
- A2c** frühes Atommodell Platons: Welt besteht aus Teilchen in Form dieser Körper
- A4a** Spekulation vs. Experiment
- A4b** Empedokles aus Akragas (495-435)
- A4c** fünfter Grundstoff für Geist/Seele
- A6** $\frac{O}{N} : \frac{16}{28} : \frac{16}{14} : \frac{48}{28} : \frac{32}{14} : \frac{80}{28} : \frac{48}{14} = 1 : 2 : 3 : 4 : 5 : 6$

Größe von Atomen

- A60** $h = 0.90 \text{ nm}$ **A62a** 140 m
- A62b** etwas mit $22 \mu\text{m}$
- A62c** 1-dot-Kern \rightarrow 42 cm Hülle
- A64a** 10^{14} m , 100 Mrd.km **A64b** 10000 m^2
- A66** 10^{-12} 2000 t
- A68** $N = 10^{16}$ $A = 1 \text{ cm}^2$ $d = 1.13 \text{ cm}$
- A70** $2 \cdot 10^{25}$ **A72** 10 cm \rightarrow 10 km

Nuklide

- A120** Cu:(34|29), Au197:(118|79), Au198:(119|79), He:(2|2), U:(143|92)
- A122** zeilenweise parallel zur 2. Winkelhalbierenden
- A124** -4 Neutronen **A126** 1 : 1 (3 : 2)
- A128a** 5p, 6n **A128b** $1.827 \cdot 10^{-23} \text{ g}$
- A128c** ^{12}C ^{10}B ^{12}B ^{10}Be
- A130** 24p,28n $8.635 \cdot 10^{-23} \text{ g}$ ^{53}Mn ^{51}Cr ^{53}Cr
 ^{51}V
- A132** $0.2 \cdot 10 + 0.8 \cdot 11 = 10.8$ **A134** Strontium
- A136** $235 + 2 - 137 - 96 = 3$ **A138** $^{137}_{56}\text{Ba}$

Stoffmenge

- A180** $N_A \cdot 1 \text{ u} = 1 \text{ g}$
- A182a** $A_{\text{Ammoniak}} = 17.03056$ $n = 3.4/17.03056 \text{ mol} = 0.19964 \text{ mol} \rightarrow 0.19964 N_A \text{ Stück} = 1.20224 \cdot 10^{23}$ (mit $A = 17: 1.2044 \cdot 10^{23}$)
- A182b** $A = 18.01528$ $n = 199.83 \text{ mol}$ $1.2034 \cdot 10^{26}$ (1.2044)
- A182c** $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ $A = 46.06904$ $n = 0.021707 \text{ mol}$
 $1.30717 \cdot 10^{22}$ (1.30913)
- A184a** $6 \cdot 6 + 12 + 6 \cdot 8 = 96$
- A184b** $2 \cdot N_A \cdot (6 + 4) = 12.044 \cdot 10^{24}$
- A184c** $4/(23 + 35.5) \cdot N_A \cdot (11 + 17) = 1.153 \cdot 10^{24}$
- A184d** $\frac{1000 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} \cdot N_A \cdot 10 \text{ Pr./Molek.} = 3.3456 \cdot 10^{26}$
- A186** $1.4285 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3}$ **A188** $2.007 \cdot 10^{14} \text{ s} = 6.365 \cdot 10^6 \text{ a}$
- A190a** $d = 1.5 \cdot 10^{11} \text{ m}$ $n = 2.5 \cdot 10^{13} = 4.15 \cdot 10^{-11} \cdot N_A$
- A190b** $A_{\text{D}} = 357114 \text{ km}^2$ 40.471 km

Kernenergie

- A240a** el. neutrale Neutronen, el. positive Protonen, mit etwa gleicher Masse von 1 u

- A240b** Nukleonen
- A240c** Coulomb-Kraft zw. Protonen: abstoßend starke oder Kernkraft zw. beliebigen Nukleonen: anziehend, kürzere Reichweite, darin stärker als Coulomb-Kraft
- A242a** Zusammenhalt von Atomkernen trotz Coulomb-Abstoßung
- A242b** starke Kraft
- A242c** Neutronen, mangels Abstoßung
- A244** zum Lösen der Bindung benötigte Energie
- A246** abstoßende Protonen, zerfallende Neutronen
- A248** $56 \cdot 1.4080 \text{ pJ} = 78.848 \text{ pJ}$
- A250** benötigt: $210 \cdot (1.2287 - 1.2049) \text{ pJ} = 4.998 \text{ pJ}$
- A252a** $n = N_A/4$ $W = n \cdot 26 \text{ MeV} = 627 \text{ GJ}$
- A252b** 20.9 t
- A254a** $(144 \cdot 1.3243 + 89 \cdot 1.3806 - 235 \cdot 1.2162) \text{ pJ} = 27.7656 \text{ pJ}$
- A254b** $n = N_A/235$ $W = n \cdot 27.7656 \text{ pJ} = 71.15 \text{ GJ}$
- A254c** 2.37 t **A256** $6.26 \mu\text{g}$ **A258a** 96.85%
- A258b** 1.2223 pJ **A260a** $z = 2$ $\text{Xy} = \text{He}$
- A260b** $(2 \cdot 0.1782 + 3 \cdot 0.4529 + 2.8173) \text{ pJ}/4 = 1.1331 \text{ pJ}$
- A262a** 1.1652 pJ **A262b** $7.0168 \cdot 10^{11} \text{ J}$
- A262c** $5.8474 \cdot 10^{10} \text{ J}$ **A264** $13.923 \cdot 10^{18} \text{ J}$

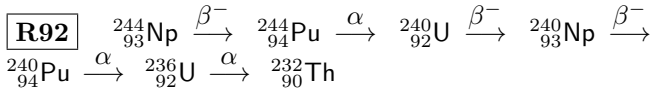
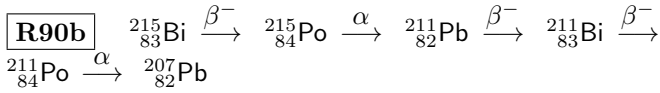
Radioaktivität

alpha,beta,gamma

- R4** $^1_0\text{n} \rightarrow ^1_1\text{p} + e^-$ **R6a** $^{211}_{82}\text{Pb}$
- R6b** $^{215}_{83}\text{Bi}$ $^{219}_{86}\text{Rn}$ **R8a** $^{166}_{76}\text{Os}$
- R8b** $^{197}_{79}\text{Au}$ **R8c** α Pt176 **R10a** $^{186}_{75}\text{Re}$
- R10b** $^{182}_{74}\text{W}$ **R12** Tl205 **R14** $\frac{2}{3} < \frac{z}{n} < 1$
- R18a** ③= α ②= β ①= γ **R18b** nach oben
- R18c** dicke Bleischicht
- R20** $^1_0\text{n} \rightarrow ^1_1\text{p} + e^-$ $^{233}_{91}\text{Pa}$

Zerfallsreihen

- R80** $\text{U}235 \rightarrow \text{Pb}207$ $\text{U}238 \rightarrow \text{Pb}206$ $\text{Th}232 \rightarrow \text{Pb}208$
- R82** $^{233}_{91}\text{Pa}$ $^{209}_{83}\text{Bi}$
- R84b** $^{215}_{84}\text{Po} \xrightarrow{\alpha} ^{211}_{82}\text{Pb} \xrightarrow{\beta^-} ^{211}_{83}\text{Bi} \xrightarrow{\alpha} ^{207}_{81}\text{Tl} \xrightarrow{\beta^-} ^{207}_{82}\text{Pb}$
- R84c** $^{212}_{82}\text{Pb}$
- R86a** $^{237}_{92}\text{U} \xrightarrow{\beta^-} ^{237}_{93}\text{Np} \xrightarrow{\alpha} ^{233}_{91}\text{Pa} \xrightarrow{\beta^-} ^{233}_{92}\text{U} \xrightarrow{\alpha} ^{229}_{90}\text{Th} \xrightarrow{\alpha} ^{225}_{88}\text{Ra}$
- R86b** $^{223}_{86}\text{Rn} \xrightarrow{\beta^-} ^{223}_{87}\text{Fr} \xrightarrow{\beta^-} ^{223}_{88}\text{Ra} \xrightarrow{\alpha} ^{219}_{86}\text{Rn} \xrightarrow{\alpha} ^{215}_{84}\text{Po}$
- R88a** $^{255}_{99}\text{Es} \xrightarrow{\alpha} ^{251}_{97}\text{Bk} \xrightarrow{\beta^-} ^{251}_{98}\text{Cf} \xrightarrow{\alpha} ^{247}_{96}\text{Cm}$
- R88b** $^{253}_{98}\text{Cf} \xrightarrow{\beta^-} ^{253}_{99}\text{Es} \xrightarrow{\alpha} ^{249}_{97}\text{Bk} \xrightarrow{\beta^-} ^{249}_{98}\text{Cf}$
- R88c** $^{148}_{61}\text{Pm} \xrightarrow{\beta^-} ^{148}_{62}\text{Sm} \xrightarrow{\alpha} ^{144}_{60}\text{Nd} \xrightarrow{\alpha} ^{140}_{58}\text{Ce}$
- R90a** $^{223}_{87}\text{Fr} \xrightarrow{\beta^-} ^{223}_{88}\text{Ra} \xrightarrow{\alpha} ^{219}_{86}\text{Rn} \xrightarrow{\alpha} ^{215}_{84}\text{Po} \xrightarrow{\alpha} ^{211}_{82}\text{Pb}$



Aktivität

- R140** 10000 Kernzerfälle pro Sekunde **R142** 20 kBq
R146a 144000 **R146b** $4\frac{1}{6}$ s **R148a** 9 984 793 600

R148b Aktivität nimmt mit der Anzahl ab (9 984 805 156)

- R150** $\rightarrow \leq \frac{1}{9}$ **R152a** 460 kBq **R152b** 4.348 pg

- R154a** 100· die von L **R154b** 1/100· die von L

R156 zerfalle einer Halbwertszeit Tochtersubstanz
 langen Präparat konstant Aktivität Tochter
 weniger Mutter mehr nachgebildet Tochter
 zunimmt Aktivität höher die von M zu
 Gleichgewicht Tochter Aktivitäten
 übereinstimmen 19

Zerfallsgesetz

R200a Raumbbruchteil: $2/314 = 0.63662\%$
 $A = 3700.8 \text{ Bq}$
 „mindestens“: Absorption, Totzeit, Wirkungsquerschnitt

R200b $A_{GMZ} = (23.56 - 0.75) \text{ Bq} = 22.81 \text{ Bq}$
 $A_{Pr} > 3583 \text{ Bq}$

R202a $1.6(2.26, 1.13) \cdot 10^{21}$ **R202b** $3.2 \cdot 10^{20}$

R202c 1108 min **R204** 38 s (76 s, 126 s, 252 s)

R206a 99.8 (97.7, 89.1) **R206b** 12.2 **R208** 28 s

R210 mehr **R212** $\ln(0.9)/\ln(0.5) = 15.2\%$

R214 44.5% **R216** $n_0/8 = 0.15 \text{ mol}$

R218 89→79% **R222a** länger **R222b** $\frac{4}{9}$

R222c $T_H = 10 \text{ min} \cdot \frac{\ln(1/2)}{\ln(2/3)} = 17.095 \text{ min}$

R224a $7.144 \cdot 10^{21}$ **R224b** 34057 a

R224c $8.792 \cdot 10^{19}$ **R226a** $T_H = 12 \text{ s}$

R226b $T_H = 25 \text{ min}$

R226c Punkte liegen etwa auf Geraden

R228 nach 25 bzw. $17\frac{1}{2}$ Tagen **R230a** 22.559 mmol

R230b $t = T_H \cdot \frac{\ln(1/5)}{\ln(1/2)} = 1804.138 \text{ s}$ **R232** 160183 a

R234 $T_H > 13.1576 \text{ s}$ ($T_H = 13.5 \text{ s}$)

R236 $0.5^6 = 1.5625\%$ **R238** 8.02 d

R240a $m(t) = 50 \text{ mg} \cdot 0.14694 = 7.3471 \text{ mg}$
 $\Delta m = -42.653 \text{ mg}$

R240b $T_H = 2 \text{ s}$ $N(t) = 3 \cdot 10^{20} \cdot 0.044194 = 1.3258 \cdot 10^{19}$

R240c $N(t) = N_0 \cdot 17.678\%$ **R242** 41.5%

R244a $T_H = 55.6 \text{ s}$ $N(180 \text{ s}) = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{3.2374} = N_0 \cdot 0.10603 = 2.6508 \cdot 10^{17}$

R244b $1 - (1/2)^3 = 7/8$

R244c ${}^{220}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^{216}_{84}\text{Po} \rightarrow \dots \rightarrow {}^{208}_{82}\text{Pb}$

R246a 50% **R246b** 25%

R246c $1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{2}} = 29.29\%$

Altersbestimmung

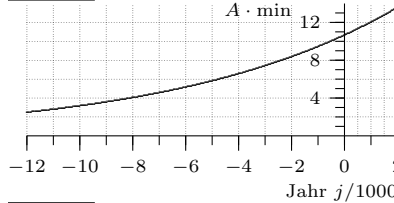
alle Lösungen in dieser Sammlung gehen für frisches Holz von 13.6 Zerfällen pro Minute und Gramm C aus

R300 1532 a **R302** 2542 a **R304** 15000 a

R306 [Jahr: min^{-1}] 1492:12.77 (800:11.75, 300:11.06, -330:10.25, -1000:9.45, -2550:7.83)

R308 2856 Bq

R310 für heute=2024: $A(j) = \frac{13.6}{\text{min}} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2024-j}{5730}}$



R312 Rate müsste sein: 12.175/g/min \Rightarrow Figur nicht so alt
 tatsächliches Alter: 540 a, Holz der Figur demnach ca. 1460-70 gefällt

Dosimetrie

R360 Energiedosis \times Qualitätsfaktor der Strahlung

R362a $0,2 \frac{\text{mJ}}{\text{kg}} : 1 = 0,2 \text{ mGy} = 20 \text{ mrd}$

R362b $0,2 \text{ mGy} \cdot 0,8 \text{ kg} = 0,16 \text{ mJ}$

R362c $0,2 \text{ mSv} \cdot 12\% = 0,024 \text{ mSv}$ **R364** 25.932 h

R366 T_{bio} beschreibt Verweildauer im Körper bis Ausscheidung. $1/T_{eff} = 1/T_{phy} + 1/T_{bio}$

R368 somatische Schäden: ja Krebs: nein

R370a Ionisierung

R370b Schädlichkeit hängt auch ab von: 1) Art der Strahlung, 2) bestrahlte Organe

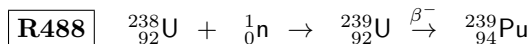
R370c Dosis \rightarrow Schwere der Übelkeit und \rightarrow Wahrscheinlichkeit der Entstehung von Krebs

Kritikalität

R420 +62.89% **R422** $\frac{\ln(10)}{\ln(1.01)} = 231.4$

R424 $\sqrt[50]{2} = 1.01396$ **R426** $3^8 = 6561$

Kernkraftwerke



R490 ohne Wasser keine ausreichende Moderation

Nachzerfallswärme

R492 $V = 515 \text{ cm}^3$ $d = 10 \text{ cm}$

R496 ${}^1_1\text{H}$: Abbremsung des Neutrons ${}^{238}_{92}\text{U}$: Bildung von ${}^{239}_{94}\text{Pu}$ ${}^{235}_{92}\text{U}$: Spaltung

R498 ${}^{90}_{38}\text{Sr}$ **R500a** wird frei

R500b $235 + 1 - 137 - 96 = 3$

Lineare Bewegung

Geschwindigkeit

B2a 20 km **B2b** $1\frac{1}{4} \text{ h} = 1 \text{ h} 15'$

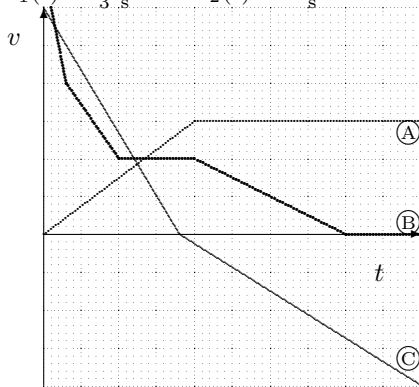
B4a 1620 s = 27 min **B4b** $32,4 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

B6a $\Delta s = v \cdot \Delta t = 14 \text{ km}$

- B6b** $\Delta t = \Delta s/v = 400 \text{ m}/33\frac{1}{3} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 12 \text{ s}$
- B8a** $13 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 3.611 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- B8b** $6.5 \text{ km} - 4.75 \text{ km} = 1.75 \text{ km}$ **B10** $0.856 \frac{\mu\text{m}}{45 \text{ min}}$
- B12a** 1.2 m **B12b** 30 s
- B14** $s_1 = 117000 \text{ km}$ $v = 263000 \text{ km}/210 \text{ min} = 1252.4 \frac{\text{km}}{\text{min}}$
- B16b** $\Delta t = \Delta s/v = 200 \text{ s}$ **B18a** 42 min
- B18b** 36 min **B20a** $2754 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ **B20b** $299.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

~~~~~ **s(t)-Diagramme** ~~~~~

- B80a** 1.5 km/min    **B80b** 0.3 km/min
- B80d** 0.75 km/min    **B82a** 360 m    **B82b** 170 s
- B82c**  $s(t) = 120 \text{ m} + 4 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t$     **B84b** 8 m/s    20 m/s
- B86a** Bewegung in s-Richtung bzw. entgegen
- B86b** in s-Richtung mit zunehmender Geschwindigkeit
- B86c** Stillstand
- B86d** Richtungswechsel rückwärts → vorwärts
- B88a** schnell → langsam → schnell    **B90a** 1 m
- B90b** 7.5 s    **B90c**  $\frac{1 \text{ m}}{3 \text{ s}}$     **B90d**  $2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$     **B90e**  $0.75 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- B90f** Knick  $\hat{=} a, F = \infty$
- B92a**  $s_1(t) = 1.5 \frac{\text{km}}{\text{min}} \cdot t$      $s_2(t) = \frac{1}{3} \frac{\text{km}}{\text{min}} \cdot t + 3\frac{1}{3} \text{ km}$
- B92b**  $s_1(t) = \frac{1}{3} \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t$      $s_2(t) = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t - 10 \text{ m}$



**B94b**

- B98a** ①: aus Ruhe beschleunigt    ②: gleichförmig    ③: Abbremsung    ④: Stillstand
- B98b**  $5,1 \text{ m} - 0,6 \text{ m} = 4,5 \text{ m}$
- B98c**  $v = 1,5 \text{ m}/30 \text{ s} = 5 \text{ cm/s}$
- B98d**  $4,5 \text{ m}/150 \text{ s} = 3 \text{ cm/s}$
- B100** ①: aus Ruhe beschleunigt    ②: gleichförmig    ③: Abbremsung    ④: Stillstand
- $\Delta s = 2,5 \text{ m} - 0,25 \text{ m} = 2,25 \text{ m}$      $\hat{v} = -3,75 \text{ cm/s}$
- $\bar{v} = -2,25 \text{ m}/100 \text{ s} = -2,25 \text{ cm/s}$     **B102a** 4350 m
- B102b** 500 m    **B102c**  $-70 \frac{\text{m}}{\text{s}}$     **B102d**  $-5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- B102e** 145 s

~~~~~ **Funktion s(t) = vt + s<sub>0</sub>** ~~~~~

- B160a** der blaue **B160b** zu $t = 9.5 \text{ s}$ bei $s = 89 \text{ cm}$
- B162a** $s_F(t) = v_F \cdot t$ $s_M(t) = v_M \cdot t + 2.4 \text{ km}$
- B162b** $t = 6000 \text{ s}$ **B162c** 30 km
- B162d** $s_F(t) = v_F t - 2.4 \text{ km}$ $s_M(t) = v_M t$ $t = 6000 \text{ s}$
 $s = 27.6 \text{ km}$
- B164** $t_F = 3120 \text{ s}$ $s = 15.6 \text{ km}$ **B166** 500 s
- B168** 77.1 s 535.7 m
- B170a** ab Start Quasimodo: $t = 12 \text{ s}$ $s = 62.4 \text{ m}$
(Vorsprung = 48 m)

- B170b** für ganze Reihe: $t_F = 65 \text{ s}$ $t_Q = 40 \text{ s} + 15 \text{ s}$ es bleiben 10 s
- B170c** Esmeralda
- B172a** G. erreicht Stelle nach: 2 h 50' T. braucht 1 h 45' 1 h 5' warten
- B172b** $24.706 \frac{\text{km}}{\text{h}}$
- B174** $t = 1080 \text{ s} (13^{08})$ $s_K = 3348 \text{ m} = (7020 - 3672) \text{ m}$
- B176** bei $t = 48 \text{ s}$ erreicht ihn das Wasser 12 m vor Rohrende
- B178a** $s_{\text{Marvin}}(t) = 4,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t$ $s_{\text{Oma}}(t) = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t + 20 \text{ m}$
 $s_{\text{Robin}}(t) = -4,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t + 85 \text{ m}$
- B178b** Marvin: $t = 8 \text{ s}$ $s = 36 \text{ m}$
- Robin: $t = 10 \text{ s}$ $s = 40 \text{ m}$
- B178c** $s_{\text{Oma}}(t) = 65 \text{ m} - 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t$
- B180a** $120 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot t = 12600 \text{ m} - 300 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot t$ nach 30 min, um 9.05 Uhr
- B180b** $120 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot t + 12600 \text{ min} = 300 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot t$ nach 70 min, um 9.45 Uhr
- B180c**

| | F1 | F2 | F3 |
|----------------|-----------|-----------|-------------|
| B182 E1 | 5 s 4 m | 50 s 40 m | 500 s 400 m |
| E2, E3 | 0.5 s 4 m | 5 s 40 m | 50 s 400 m |

~~~~~ **v(t)-Diagramme** ~~~~~

- B240a** 7 m    4.5 m    1.75 m
- B240b** [ $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ ]: 2    1.5    0.5
- B242**  $\frac{1440 \text{ m}}{60 \text{ s}} = 24 \frac{\text{m}}{\text{s}}$      $\frac{52.5 \text{ km}}{90 \text{ min}} = 35 \frac{\text{km}}{\text{h}}$      $\frac{360 \text{ m}}{70 \text{ s}} = 5.143 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- B244**  $1 \text{ cm}^2 \hat{=} 240 \text{ m}$     Halbkreis:  $A = 3.53 \text{ cm}^2$   
 $\Delta s = 848.2 \text{ m}$     Sinus:  $A = 4 \text{ cm}^2$      $\Delta s = 960 \text{ m}$
- B246** ② überholt ① bei  $t = (2 + \sqrt{2}) \text{ min} = 3.414 \text{ s}$  an der Stelle 5.828 km, nachdem es bei  $t = 2 \text{ min}$  an der Stelle 2 km einen maximalen Rückstand von 1 km hatte.
- B248** Ameise:  $s = 2 \cdot 50 \text{ mm} + 21.45 \text{ mm}$      $t = 17.5 \text{ s}$   
Albrecht: 20 s

~~~~~ **Differenzielles** ~~~~~

- B300b** $\bar{v} [\frac{\text{cm}}{\text{s}}]$ 36.8 88.8 115.4 137.6 154.6 172.4 187.5
200.0 214.3 227.3 238.1 250.0 258.6 267.9 283.0 $a = 180 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$
- B302b** $\bar{v} [\frac{\text{m}}{\text{s}}]$ 0.5 1.5 2.5 3.5 4.5 5.5 6.5 7.5 8.5 9.5 10.5
- B302c** $\bar{v} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t + 0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- B304b** $\bar{v} [\frac{\text{cm}}{\text{s}}]$ 2.000 4.828 6.293 7.464 8.472 9.371 10.190
10.948 11.657 12.325 12.958 13.561 14.139 14.694 15.229
15.746 16.246 16.731 17.203 17.662
- B304c** etwa $v \sim t$ **B306** $v = 84 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- B308a** $177.1063 \text{ m} - 175 \text{ m} = 2.1063 \text{ m}$
- B308b** $70.21 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- B308c** $\bar{v}(t_0, \Delta t) = 2 \cdot 7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t_0 + 7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \Delta t$
- B308d** $v(t_0) = 14 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t_0$ **B310** 122.5

~~~~~ **Beschleunigung** ~~~~~

- B360a**  $16.2 \frac{\text{km}}{\text{h}}$     **B360b**  $8\frac{1}{3} \text{ s}$     **B362a**  $1.4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- B362b** 0.014 m    **B362c** 0.105 m
- B362d** Flächen unter Graph: Rechteck, Treppe
- B364**  $\bar{v} = \frac{1050 \text{ m}}{70 \text{ s}} = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$      $a = \frac{3}{7} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$      $\bar{v} = \frac{60 \text{ km}}{120 \text{ min}} = 30 \frac{\text{km}}{\text{h}}$   
 $a = \pm 6.173 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$      $\bar{v} = \frac{-360 \text{ m}}{60 \text{ s}} = -6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$      $a = (-0.45|1.8) \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

~~~~~ Funktion  $s(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + s_0$  ~~~~~

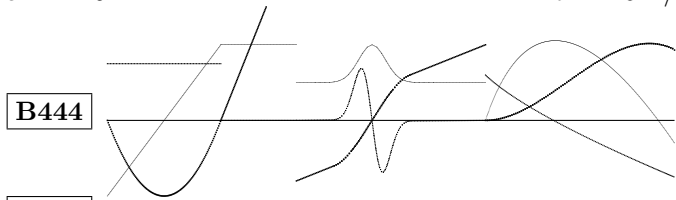
- B420a** $14 \frac{m}{s}$ **B420b** $70 m$ **B424a** $72.36 m$
- B424b** $v(t) = 1.28 \frac{m}{s^2} \cdot t + 18 \frac{m}{s}$ $v(t_1) = 26.96 \frac{m}{s}$
- B424c** $s(9s) - s(7s) = 128.84 m - 72.36 m = 56.48 m$
- B426a** $a = 1.8 \frac{m}{s^2}$ **B426b** $11.2 \frac{m}{s}$ **B426c** $t = 11 s$

B426d $s(t) = \frac{1}{2} \cdot 1.8 \frac{m}{s^2} \cdot t^2 + 2.2 \frac{m}{s} \cdot t + s_0$
 $s(t_2) - s(t_1) = 41.7 m$

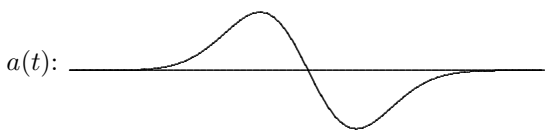
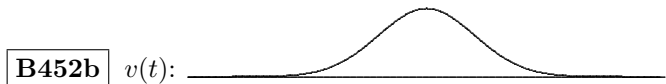
| | | | |
|---|-----|-------|-------|
| | a | v_0 | s_0 |
| A | 0 | + | - |
| B | + | 0 | 0 |
| C | + | - | + |
| D | - | 0 | + |

B428 **B430** $p = \frac{1}{2}a$ $q = v_0$

- B432** $5 s$ $25 m$ **B434b** $10 s$
- B434c** $t = 54 s$ $1459.7 m$ von D. **B436b** $10 s$
- B436c** $20 s$ **B438a** $s = 31600 m$
- B438b** $v = 38 \frac{m}{s}$ $s = 33220 m$ **B438c** $0.250 \frac{m}{s^2}$
- B438d** $a = -\frac{v_0^2}{2\Delta s} = -0.2 \frac{m}{s^2}$ $t = 100 s$
- B438e** $t = 200 \cdot (2 - \sqrt{2}) s$ $v = 10\sqrt{2} \frac{m}{s} \approx 14.142 \frac{m}{s}$
- B438f** $-0.036 \frac{m}{s^2}$ **B440a** $[\frac{m}{s^2}]$ $\frac{2}{3}$ 0 -3
- B440b** $s(t) = \frac{1}{3} \frac{m}{s^2} \cdot t^2 + 1 \frac{m}{s} \cdot t$ **B440c** $s_{ges} = 13.5 m$
- B442b** $s_{Brems} = v^2/2a = 20119 m$ $t = 2v/a = 1523.81 s$
 $s = 1219 m$ $v = 1.6 m/s$



- B446** $a = 3 \frac{cm}{s^2}$ 3.65
- B448** $v_0 = 20 \frac{m}{s}$ $a = 8 \frac{m}{s^2}$ $s(6s) = 264 m$
- B450a** $s(20s) = 80 m$ **B450b** $\Delta s(10s) = 20 m$
- B450c** $\Delta s(10s) = 20 m$ **B452a** $\hat{v} = 3.2 \frac{m}{s}$



Kraft, Impuls, Energie

~~~~~ Grundgleichung der Mechanik ~~~~~

- F2** [Körper] [beschleunigt] [Geschwindigkeit]  
 [Zeit] [Betrag] [Richtung] [vektorielle] [Betrag]  
 [Richtung] [Pfeil] [Anfangs] [Angriffspunkt]  
 [selben] [gleichzeitig] [resultiert]
- [hintereinanderhängt]   **F4**  $6000 \frac{m}{s}$    **F6**  $2 N$
- F8**  $a = 8 \frac{m}{s^2}$    **F10**  $m = 2.5 kg$    **F12**  $50 \frac{km}{h}$
- F14**  $v = 20 \frac{m}{s}$    **F16**  $F = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} = 2.4 N$    **F18**  $35 \frac{m}{s}$
- F20**  $v = 5 \frac{m}{s}$    **F22**  $a = 0.2 \frac{m}{s^2}$     $s = 360 m$

- F24**  $s = 7.5 m$    **F26a**  $700 \mu s$    **F26b**  $24.5 mm$
- F28**  $a(t) = 10 \frac{m}{s^2} - 0.75 \frac{m}{s^3} \cdot t$   
 $v(t) = 10 \frac{m}{s} \cdot t - 0.375 \frac{m}{s^3} \cdot t^2$   
 $s(t) = 5 \frac{m}{s^2} \cdot t^2 - 0.125 \frac{m}{s^3} \cdot t^3 + 0.15 m$
- F30a**  $a = -8 \frac{cm}{s}$     $F = 16 mN$
- F30b**  $s(7s) = 84 cm$     $v(7s) = -16 \frac{cm}{s}$   
 $t = 7s + 5.25s = 12.25s$
- F32a**  $a = 30 \frac{m}{s^2}$     $v = 300 \frac{m}{s}$    **F32b**  $s = 1500 m$
- F34a**  $a_1 = 20 \frac{m}{s^2}$     $\Delta v_1 = 100 \frac{m}{s}$     $a_2 = 40 \frac{m}{s^2}$     $\Delta v_2 = 200 \frac{m}{s}$   
 $v = 300 \frac{m}{s}$
- F34b**  $\Delta s_1 = 250 m$   
 $\Delta s_2 = 500 m + 500 m = 1000 m$     $s = 1250 m$
- F36a**  $a_1 = 40 \frac{m}{s^2}$     $\Delta v_1 = 200 \frac{m}{s}$     $a_2 = 20 \frac{m}{s^2}$     $\Delta v_2 = 100 \frac{m}{s}$   
 $v = 300 \frac{m}{s}$
- F36b**  $\Delta s_1 = 500 m$   
 $\Delta s_2 = 1000 m + 250 m = 1250 m$     $s = 1750 m$
- F38a**  $v = \sqrt{2(W_1 + W_2)/m} = 300 \frac{m}{s}$
- F38b**  $\Delta t_1 = 8.66 s$     $v_1 = 173.2 \frac{m}{s^2}$
- $\Delta t_2 = -\frac{v_1}{a_2} + \sqrt{\frac{2s_2}{a_2} + \frac{v_1^2}{a_2^2}} = 3.17 s$     $t = 11.83 s$
- F40a**  $v = \sqrt{2(W_1 + W_2)/m} = 300 \frac{m}{s}$
- F40b**  $\Delta t_1 = 6.12 s$     $v_1 = 244.95 \frac{m}{s^2}$     $\Delta t_2 = 2.75 s$     $t = 8.88 s$
- F42a**  $s(0) = 0$     $v(0) = 0$    **F42b**  $[-76.8 cm; 150 cm]$
- F42c**  $v(5s) = 22.5 \frac{cm}{s}$    **F42d**  $63 mN$
- F44a**  $a = \frac{F}{m_{gez.}} = 1.6 \frac{m}{s^2}$     $\Delta v = a \cdot \Delta t = 8 \frac{m}{s} = 28.8 \frac{km}{h}$
- F44b**  $\Delta v = 36 \frac{km}{h} = 10 \frac{m}{s}$     $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 1.25 \frac{m}{s^2}$   
 $F_{res} = m \cdot a = 1875 N$     $F_R = 525 N$
- F46**  $a(t) = F(t)/m = -\frac{3}{5} \frac{m}{s^4} \cdot (t^2 - 2s \cdot t)$   
 $v(t) = -\frac{3}{5} \frac{m}{s^4} \cdot (\frac{1}{3}t^3 - 1s \cdot t^2)$     $s(t) = -\frac{3}{5} \frac{m}{s^4} \cdot (\frac{1}{12}t^4 - \frac{1}{3}s \cdot t^3) + 1 m$   
 $s(2s) = 1 \frac{m}{5}$

~~~~~ Trägheitskräfte ~~~~~

- F100a** 77.05 **F100b** 64 **F100c** 50.95
- F100d** 64 **F102** v unbestimmt $a = 0.4598 \frac{m}{s^2}$ \uparrow
- F108** nein
- F110** $F - ma = 0$ mit Trägheitskraft $-ma$ für quasistatische Untersuchungen

~~~~~ Reaktionsprinzip ~~~~~

~~~~~ Energie ~~~~~

- F220** $[W = F \cdot s]$ $[W = ma \cdot \frac{1}{2}at^2]$ $[\frac{v}{t}]$
 $[W = \frac{1}{2}mv^2]$ **F222** $W = 10 J$ **F224a** $180 kJ$
- F224b** $180 kJ$ **F224c** $540 kJ$
- F226** Beschl.: $F = 0.1962 N$ $a = 56 \frac{cm}{s^2}$ $t = 597 ms$
 E-bilanz: $\Delta W_{pot} = W_{kin} = 19.62 mJ$ $v = 33.48 \frac{cm}{s}$
- F228** $4.43 \frac{m}{s}$ **F230a** $8.85 MJ$ **F230b** $70.8 MJ$
- F230c** $79.65 MJ$ **F232a** $67.6 kJ$
- F232b** $78.4 kJ - 67.6 kJ = 10.8 kJ$
- F232c** $67.6 kJ - 57.6 kJ = 10.0 kJ$ **F234** $62.44 m$
- F236a** $a = 7 \frac{m}{s^2}$ $t = 3 \frac{6}{7} s$ $s = 57.86 m$
- F236b** $F \cdot s = 405 kJ = \frac{1}{2}mv^2$ **F236c** $43.39 m$
- F238a** $3.65 \frac{m}{s}$ **F238b** $274 ms$
- F240** $\frac{1}{2}(M+m)v^2 = mgh$ $h = \frac{(M+m)v^2}{2mg} = 9.17 cm$
- F242a** $\Delta W = (4.6 - 2.5875) MJ = 2.0125 MJ$ $t \geq 5.75 s$

- F242b** $a = 0.87 \frac{m}{s^2}$ $t \geq 5.75 s$
- F242c** nein $P = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot v$
- F244** $v(t)$ aus $P \cdot t = W = \frac{1}{2} m v^2$ $s = \dot{v}$
- F246** $W = 20250 J$ **F246a** $25.71 N$
- F246b** $578.6 m$ **F246c** $578.6 W$
- F248** $x \leq \sqrt{\frac{2 \cdot 1000}{1 - (\frac{1}{3.6})^2}} = 46.55$

~~~~~ **Impuls** ~~~~~

- F300a**  $27.5 \frac{kg \cdot m}{s}$  **F300b**  $187200 \frac{kg \cdot m}{s}$
- F302**  $v = 154.5 \frac{km}{h}$   $p = 6.4375 \cdot 10^6 \frac{kg \cdot m}{s}$
- F304**  $v = 2.5 \frac{m}{s}$
- F306a** Übt A auf B Kraft  $\vec{F}$  aus, so übt B auf A die Kraft  $-\vec{F}$  aus.
- F306b** in abgeschlossenem System gilt  $\sum p = const$
- F306c** sie sind äquivalent
- F306d** Reaktionsprinzip: 1 WW zwischen 2 Körpern, die je 1 Kraft erfahren; Gleichgewicht: 1 Körper, der aus 2 WW 2 Kräfte erfährt
- F308a**  $F \cdot \Delta t = (m \cdot a) \cdot \Delta t = m \cdot (a \cdot \Delta t) = m \cdot \Delta v = m \cdot (v_2 - v_1) = m v_2 - m v_1 = p_2 - p_1 = \Delta p$
- F308b** wegen  $N = \frac{kg \cdot m}{s^2}$
- F310**  $\Delta p = F \cdot \Delta t = 6000 Ns$  **F312**  $574 N$
- F314**  $v = \sqrt{2gh} = 8.86 \frac{m}{s}$   $p = 2.66 \frac{kg \cdot m}{s}$   $W = 11.772 J$
- F316**  $15 \frac{m}{s}$  **F318**  $F = \dot{p} = 500 kN$
- F320**  $421 \frac{m}{s} = 1516 \frac{km}{h}$  **F322** der leichtere
- F324**  $v(t) = 1 \frac{m}{s} + \frac{2 m \cdot s}{(t+1s)^2}$   $p(2s) = 4.64 \frac{kg \cdot m}{s}$
- F326a**  $375 Ns$  **F326b**  $375 Ns$  **F326c**  $495 Ns$
- F326d**  $655 Ns$

~~~~~ **Stöße** ~~~~~

- F380a** $p_1 = 500 \frac{g \cdot m}{s}$ $p_2 = -450 \frac{g \cdot m}{s}$ $p = 50 \frac{g \cdot m}{s}$
- F380b** $0.125 \frac{m}{s}$
- F380c** $p_1 = 31.25 \frac{g \cdot m}{s}$ $p_2 = 18.75 \frac{g \cdot m}{s}$ $p = 50 \frac{g \cdot m}{s}$
- F380d** $W_{vor} = 0.5 J + 0.675 J = 1.175 J$
 $W_{nach} = 1.953125 mJ + 1.171875 mJ = 3.125 mJ$
- F382** $m_B = \frac{u_A m_A}{2v_B - u_A} = 800 g$ $u_B = 4 \frac{cm}{s}$ ←
- F384** $u = (40 t \cdot 80 \frac{cm}{s} + 10 t \cdot 0) / (40 t + 10 t) = 64 \frac{cm}{s}$
- F386a** $v'_1 = \frac{m_1 v_1 + m_2 (2v_2 - v_1)}{m_1 + m_2}$ $v'_T = -6.55 \frac{m}{s}$ $v'_V = 3.45 \frac{m}{s}$
- F386b** 0 **F386c** $v_V = \frac{(m_V + m_T) v'_V - 2 m_T v_T}{m_V - m_T} = -5.26 \frac{m}{s}$
- F388** $9.09 \frac{m}{s}$ **F390a** Geschwindigkeitstausch
- F390b** Reflexion
- F392a** $v'_1 = \frac{m_1 v_1 + m_2 (2v_2 - v_1)}{m_1 + m_2}$ $v'_L = 1.018 \frac{m}{s}$
 $v'_W = 1.118 \frac{m}{s}$
- F392b** $v'_L = v'_W = v' = (66.15 + 11.4) t \frac{m}{s} / 75 t = 1.034 \frac{m}{s}$
- F394a** $v_H = -40 \frac{cm}{s}$ [←] $u_H = -15 \frac{cm}{s}$
- F394b** $v_H = \frac{u_S (m_S + m_H) - v_S (m_S - m_H)}{2 m_H} = +10 \frac{cm}{s}$ [→]
 $u_H = 35 \frac{cm}{s}$
- F396** alle Bsp. mit Gesamtimpuls 0
- F398a** $v = 1.684 \frac{m}{s}$ **F398b** $F = 92.625 N$
- F402a** $\Delta v_1 = \frac{m_2 (v_2 - v_1)}{m_1 + m_2}$
- F402b** schlimmer für leichteres Fahrzeug
- F404a** $u_K = v_L$ $u_L = v_K$
- F406a** $v_L = \frac{5}{3} v_S = 33 \frac{1}{3} \frac{cm}{s}$

- F406b** $W_{ges} = \frac{1}{2} m_L v_L^2 (1 + \frac{3}{5})$ $v_L = 35.4 \frac{cm}{s}$
- F408** Sprungrichtung: + $p_{ges} = 0.8 kg \frac{m}{s}$ $v_2 = -0.1 \frac{m}{s}$
 $v_K = 3.6 \frac{m}{s}$ $\Delta E_{kin} / J = (3.2 + 2.4) - (0.5 + 0.01) = 5.08$
- F410a** $p = 12 Ns$ $u = 171.4 \frac{mm}{s}$ $W = 1.03 J$
 $h = 1.497 mm$
- F410b** 1.108° **F410c** $15.48 cm$
- F412** $u = \frac{m_T \cdot 36 cm/s - 2 m_T \cdot 36 cm/s}{m_T + 2 m_T} = -12 \frac{cm}{s}$

~~~~~ **Freier Fall** ~~~~~

- F460** +/-: s-Achse ↓ / ↑ +0/ +  $h_0$ : Nullpunkt beim Loslassen/Boden
- F462**  $5.05 \frac{m}{s}$  **F464**  $57.75 \frac{m}{s}$  **F466**  $44.145 m$
- F468**  $9.81 \frac{m}{s}$
- F470**  $t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$   $t(7 m) - t(6 m) = 1.1946 s - 1.1060 s = 88.62 ms$
- F472**  $t_0 = 1.75 s$  **F474**  $g = \frac{2s}{t^2} = 16.327 \frac{N}{kg}$
- F476**  $3.7636 \frac{m}{s^2}$  **F478**  $2.744 \frac{m}{s}$  **F480a** ca.  $5 \frac{m}{s}$
- F480b**  $5892 m$  **F482**  $v(100 m) = 44.3 \frac{m}{s}$
- F484** aus „Lambacher Schweizer 6“, Saarland 2002, Klett-Verlag, S.182, A.19  
 $h = \frac{v^2}{2g} = \frac{(x \frac{1000 m}{3600 s})^2}{2 \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}} = x^2 \frac{1 m}{254.3}$
- F486**  $v = \sqrt{2g \cdot 36.576 m} = 26.788 \frac{1 mi/1609.344}{1 h/3600} = 59.924 mph$
- F488a**  $t = \sqrt{\frac{2s}{g}} = 9.578 s$
- F488b**  $93.963 \frac{m}{s} = 338.266 \frac{km}{h}$
- F488c**  $t_{Sch} = 1.324 s$   $\Delta t = 5.254 s$
- F488d**  $\frac{1}{2} g t^2 = v(t - \Delta t)$   $t = \frac{v}{g} \pm \sqrt{\frac{v^2}{g^2} - \frac{2v \Delta t}{g}} = 3.1425 s$   
 $(66.175 s)$   $h = 401.56 m$

~~~~~ **Senkrechter Wurf** ~~~~~

- F540** $509.7 m$
- F542a** $v = \sqrt{2gh} = 9.905 \frac{m}{s} = 35.66 \frac{km}{h}$
- F542b** $v = g \frac{t}{2} = 24.525 \frac{m}{s} = 88.29 \frac{km}{h}$! **F544a** $4.515 s$
- F544b** $189.3 m$
- F546a** $\frac{1}{2} m v_0^2 = mgh$ $h = \frac{v_0^2}{2g} = 3.68 m$
- F546b** $v(t_S) = v_0 - g t_S \stackrel{!}{=} 0$ $t_S = \frac{v_0}{g} = 866 ms$
- F546c** $\frac{1}{2} m v_0^2 + mgh = \frac{1}{2} m v_L^2$ $v_L = \sqrt{v_0^2 + 2gh_0} = 10.56 \frac{m}{s}$ Fallzeit: $t_F = \frac{v_L}{g} = 1.076 s$ $t_{ges} = t_S + t_F = 1.943 s$
- F548a** $v = \sqrt{2gh} = 12.728 \frac{m}{s}$
- F548b** $v = \sqrt{2gh + v_h^2} = 13.675 \frac{m}{s}$
- F550a** $t = 2v_0/g = 3.086 s$
- F550b** $h = v_0^2/2g = 1.929 m$
- F552a** $h(t) = v_0 \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$ $h(2.1 s) = 3.7779 m$
- F552b** $v(t) = v_0 - g t$ $v(2.1 s) = +0.098 \frac{m}{s}$
- F554** $g = 8h/t^2 = 1.6 \frac{m}{s^2}$
- F556** mit $\gamma =$ Maßzahl von g pur: $h = \frac{v^2}{2g} = \frac{8}{\gamma} m$
 $t = 2 \frac{v}{g} = \frac{8}{\gamma} s$
- F558a** $9.99 m$ **F558b** $1.194 s$ **F558c** $11.71 \frac{m}{s}$
- F560a** $40 m$
- F560b** $v_0 = 28.6207 \frac{m}{s}$ $v_L = -40.0493 \frac{m}{s}$
- F560c** $2.9175 s$ $81.75 m$
- F560d** $1.165 s$ vorher mit $|v_L|$

~~~~~ Schiefer Wurf ~~~~~

F620 Abwurfgeschw. sei w $w_Y = 8 \frac{m}{s}$
 $t_{Flug} = 2 \cdot 815.5 \text{ ms} = 1.631 \text{ s}$
 $w_X = 13.856 \frac{m}{s}$ $x = 22.60 \text{ m}$
 $h = 3.262 \text{ m}$
F624 (A)
F626 Aufstieg: $t = \sqrt{2h/g} = 1.43 \text{ s}$ $w_Y = gt = 14 \frac{m}{s}$
 $w_X = d/t = 5.6 \frac{m}{s}$ $w = 15.09 \frac{m}{s}$ $\alpha = 68.2^\circ$
F628 $x = \frac{2v_0^2}{g} \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)$ $\alpha = 45^\circ$

~~~~~ Vermischtes ~~~~~

F680a Impuls $\Delta p = F \cdot \Delta t$
F680b Energie $\Delta W = F \cdot \Delta s$
F682 $a = \frac{2(s-v_0t)}{t^2} = 4.375 \frac{m}{s^2}$ $F = 10.5 \text{ N}$ **F684a** $\cdot \frac{1}{4}$
F684b -36%
F686a $F \cdot s = 3 \text{ MJ} = \frac{1}{2}mv^2$ $v = 10.95 \frac{m}{s}$
F686b $a = \frac{F}{m} = 0.02 \frac{m}{s^2}$ $\Delta v = 3.6 \frac{m}{s}$ $v = 14.6 \frac{m}{s}$
F688a $p = mv = 4918400 \text{ Ns}$
F688b $W = \frac{1}{2}mv^2 = 7559580800 \text{ J}$
F688c $F_{\text{soll}} = 200 \text{ N}$ $\Delta v_{\text{kann}} = 1.8 \frac{m}{s}$
F690 $mgh + \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv^2$ $v = \sqrt{2gh + v_0^2}$
G1/T1: 46.60 G1/T2: 49.26 G2/T1: 49.26 G2/T2: 51.78
F692 $10.85 \frac{m}{s^2}$ **F694** $v = \sqrt{v_0^2 - 2gh} = 22.53 \frac{m}{s}$
F696 $W = \frac{p^2}{2m} \rightarrow$ großes m
F698a $v_0 = 16 \frac{2}{3} \frac{m}{s}$ $a = -1.4 \frac{m}{s^2}$ $\Delta v = -7 \frac{m}{s}$
 $v = 9 \frac{2}{3} \frac{m}{s} = 34.8 \text{ km/h}$
F698b $-a = \frac{v^2}{2s} = 4.63 \frac{m}{s^2}$ $F = 3935.2 \text{ N}$
F700a $s, t : /3$ **F700b** $s : \cdot 9$ $t : \cdot 3$
F702a $a = \frac{25 \text{ m/s}}{12.5 \text{ s}} = 2 \frac{m}{s^2}$ **F702b** $s = \frac{1}{2}at^2 = 156.25 \text{ m}$
F702c $s(\frac{t}{2}) = 39.063 \text{ m}$
F704a $v_{LR} = \frac{m_L v_L + 0}{m_L + m_R} = 40 \frac{cm}{s}$
F704b $h = \frac{v_{LR}^2}{2g} = 8.155 \text{ mm}$
F706a $h = v_S^2 / (2g) = 28.593 \text{ mm}$ $\varphi = \arccos(1 - h/l) = 5.5^\circ$
F706b $v_P = (m_S + m_P) \cdot v_S / m_P = 599.949 \frac{m}{s}$
F708 $u = \frac{m \cdot v}{m+M}$ $\frac{1}{2}Ds^2 = \frac{1}{2}(M+m)u^2$ $v = 895 \frac{m}{s}$
F710a $v = 67.5 \frac{m}{s}$ $a = 1.125 \frac{m}{s^2}$ $F = 387 \text{ kN}$
F710b $s = 2025 \text{ m}$
F710c $W = F \cdot s = \frac{1}{2}mv^2 = 783.675 \text{ MJ}$
F712a $v = 40 \frac{m}{s}$ $s_{\text{Brems}} = 150 \text{ m}$ $F = \frac{mv^2}{2s} = 6400 \text{ N}$
F712b $a = 5 \frac{1}{3} \frac{m}{s^2}$ $t = 7.5 \text{ s}$
F714a $a = \frac{15 \frac{m}{s} - 10 \frac{m}{s}}{120 \text{ s}} = 0.0416 \frac{m}{s^2}$
 $F = m \cdot a = 233 \frac{1}{3} \text{ kN}$
F714b $s(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0 \cdot t$
 $s(120 \text{ s}) = 300 \text{ m} + 1200 \text{ m} = 1500 \text{ m}$
F716a $h = 7.78 \text{ mm}$ $\varphi = 8^\circ$ $F_G = 784.8 \text{ mN}$
 $F_- = 110.3 \text{ mN}$ $F_j = 792.5 \text{ mN}$
F716b $u_1 = (m_1 v_1 + m_2 (2v_2 - v_1)) / (m_1 + m_2)$
 $u_K = -16.75 \frac{cm}{s}$ $u_W = 22.33 \frac{cm}{s}$
F716c $h_2 = 1.43 \text{ mm}$ $\varphi_2 = 3.43^\circ$
F718 $t = \frac{-v_0}{g} + \sqrt{\frac{2h_0}{g} + \frac{v_0^2}{g^2}} = 5.896 \text{ s}$ $h(t) = 29.48 \text{ m}$
 $v(t) = -57.84 \frac{m}{s}$
F720a $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 4 \text{ s}$
F720b $v = \sqrt{2gh} = gt = 39.245 \frac{m}{s}$ **F720c** 4.23 s

F720d $\frac{1}{2} = 0.50$ $\frac{1}{\sqrt{2}} = 0.7071$ **F720e** $s = -9.62 \text{ m}$
F722 $v_0 = 15.41 \frac{m}{s}$ $W = 23.745 \text{ J}$ **F724** $11.5 \frac{cm}{s}$
F726 $t = \frac{\frac{1}{2}g\Delta t^2 + v_T \Delta t}{g\Delta t - v_M + v_T} = 1.6816 \text{ s}$ $h = 11.3537 \text{ m}$
F728 Ablauf- $v = 6.264 \frac{m}{s}$ $u = 3.297 \frac{m}{s}$

~~~~~ Kreisbewegung ~~~~~

~~~~~ Beschreibung von Kreisbewegung ~~~~~

K2a cos-Satz: $\sqrt{2(1 - \cos(22.5^\circ))} \cdot 11 \text{ cm} = 4.292 \text{ cm}$
K2b $U/16 = 4.3197 \text{ cm}$
K2c $1 = 57.3^\circ = 2.55 \cdot 22.5^\circ$ 3 Stücke
K4a $v = 8 \frac{1}{3} \frac{m}{s}$ $U = 1.57 \text{ m}$ $f = v/U = 5.305/s$
K4b $\omega = 2\pi f = 33 \frac{1}{3}/s$ **K4c** Kanada
K6a $0.4 \text{ Hz} \cdot 2.51 \text{ m} = 1.005 \frac{m}{s}$ **K6b** 31.831
K6c 144° **K8** tangenzial
K10 $f_{\text{Tret}} = 0.5 \text{ Hz}$ $v_{\text{Kette}} = 25.13 \frac{cm}{s}$ $\omega_{\text{Rad}} = 5.03 \text{ Hz}$
 $f_{\text{Rad}} = 0.8 \text{ Hz}$ $v_{\text{Jan}} = 1.6 \frac{m}{s} = 5.76 \frac{km}{h}$
K12 $s/m = \frac{3}{4} \cdot 2\pi r + \frac{1}{2} \cdot 2\pi(r/2) = 188.50$ $t = 235.6 \text{ s}$
K14 $v_0 = 2\pi fr = 4.58 \frac{m}{s}$ $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgh$
 $v = 7.1 \frac{m}{s}$
K16 Lambaréné am Äquator: $463 \frac{m}{s}$ Princeton 40° n.B.: $355 \frac{m}{s}$
K18 a) $x(t) = 8 \cos(\omega t)$ $y(t) = 8 \sin(\omega t)$
b) $x(t) = 8 \cos(-\omega t) = 8 \cos(\omega t)$
 $y(t) = 8 \sin(-\omega t) = -8 \sin(\omega t)$
c) $x(t) = 2 + 4 \cos(\omega t)$ $y(t) = 3 + 4 \sin(\omega t)$
d) $x(t) = 5 \cos(\omega t + 0.927) = 5 \cos(\omega(t + 49.2 \text{ ms}))$
 $y(t) = 5 \sin(\omega t + 53.13^\circ)$
e) $x(t) = \sin(\omega t)$ $y(t) = \cos(\omega t)$
K20 $r = d/2 = 4.5 \text{ cm}$ $T = 1/f = 25 \text{ ms}$
 $\omega = 2\pi f = 251.33/s$ $v = \omega r = 11.31 \frac{m}{s}$ $a = \omega^2 r = 2842 \frac{m}{s^2}$
K22 in $41'21 \frac{9}{11}''$ 21.82 s nach 15:16 Uhr
K24 $S(t) = 0.5^\circ/\text{min} \cdot t$ $M(t) = 6^\circ/\text{min} \cdot t$
 $M(t) = S(t) + 14 \cdot 360^\circ$ $t = 916 \frac{4}{11} \text{ min} = 15 \text{ h}16'21.82''$

~~~~~ Zentripetalkraft ~~~~~

K80 1776.5 N **K82a** 7 Hz **K82b** 215.51 m
K82c $9478.77 \frac{m}{s^2}$
K82d $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{F}{m \cdot r}} = 3.595 \text{ Hz} = 215.7/\text{min}$
K84 50.53 N
K86 $\omega = 1.56 \cdot 10^{16} \text{ Hz}$ $f = 2.533 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$
K88 maximaler Bahnradius/minimale Krümmung der Bahn erlaubt maximale Geschwindigkeit und minimiert daher Abbremsen und Beschleunigen \rightarrow energiesparend; Bahn am Innenrand der Kurve verkürzt Strecken auf den Geraden; Zeitgewinn möglich
K90 $U = 2\pi r = 43.982 \text{ cm}$ $f = 1/T = 20 \text{ Hz}$
 $\omega = 2\pi f = 125.664/s$ $v = \omega r = 8.796 \frac{m}{s}$ $a = \omega^2 r = 1105 \frac{m}{s^2}$
 $F = m \cdot a = 93.96 \text{ N}$
K92b $f = 23 \frac{1}{3} \text{ Hz}$ $F = 430 \text{ N}$ $v = 29.32 \frac{m}{s}$ $W = 42.3 \text{ J}$
K94 $f > \sqrt{g/r} / 2\pi = 0.997 \text{ Hz} = 59.8/\text{min}$

- K96a** 11.7 U./min **K96b** $r < 68 \text{ cm}$
- K98a** tangenzial
- K98b** $\omega = 1005.31 \text{ Hz}$ $F = 1.1622 \text{ N}$
- K98c** $v = 57.805 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $W = 33.41 \text{ mJ}$
- K100a** 3.35 Hz = 201/min
- K100b** $\omega = 1047.2 \text{ Hz}$ 6.03 N
- K102a** $f = 0.5 \text{ Hz}$ $\omega = 3.49/\text{s}$
- K102b** $n = 1300$ $84.6154 \mu\text{m}$
- K102c** $v = \omega r = 48.869 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
- K102d** $a = \omega^2 r = 1.7668 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ nach innen
- K104a** 40.0 N **K104b** quasistatisch $\vec{F} \perp \vec{v}$
- K104c** Hyperbel $F(r) = 200 \text{ Nm}/r$ **K106** $v > \sqrt{gr}$
- K108** $T < 2\pi\sqrt{\frac{r}{g}}$ $r = 1 \text{ m}$: $T < 2 \text{ s}$
- K110** $f(F) = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{F}{m \cdot r}}$ $f(5 \text{ N}) = 31.7 \text{ Hz}$
- K112a** $v \geq \sqrt{gr} = 8.287 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ **K112b** 7000 N
- K112c** zur Kreismitte **K114** $F_a - F_i = 148 \text{ N}$
- K116a** $f > \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{r}} = 0.2878 \text{ Hz} = 17.27/\text{min}$
- K116b** $a_Z = 13.16 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ $F_{12} = 268 \text{ N}$ $F_3 = 1053 \text{ N}$
 $F_6 = 1838 \text{ N}$
- K116c** $F_G = 784.8 \text{ N}$ Wandkraft, tangenzial (Reibung):
 $F_G \cdot \cos(30^\circ) = 679.7 \text{ N}$ resultierend: $F_Z = 1053 \text{ N}$ (radial)
Wandkraft, normal: $F_Z - F_G \cdot \sin(30^\circ) = 660.4 \text{ N}$
- K118a** $\omega = 0.1674 \text{ Hz}$ $f = 26.65 \text{ mHz}$ $T = 37.53 \text{ s}$
- K118b** tangenzial weg $v = 58.60 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- K118c** +32.25%
- K120a** $T = 86400 \text{ s}$ $r_E = 6366 \text{ km}$
 $g[\frac{\text{m}}{\text{s}^2}] = 9.78 + 0.03367 = 9.81367$
- K120b** $r_S = r_E \cdot \cos(49.5^\circ) = 4134 \text{ km}$ $a_Z = 0.0219 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- K120c** $\frac{a_Z}{g_S} = \frac{\sin(\alpha)}{\sin(49.5^\circ)}$ $\alpha = 0.0971^\circ$ von der „Vertikalen“
nach Süden
- K120d** z.B. cos-Satz: $g = a_Z \cos(49.5^\circ) +$
 $\sqrt{g_S^2 - a_Z^2 \sin^2(49.5^\circ)} = 9.8242 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ oder sin-Satz:
 $g = g_S \cdot \frac{\sin(130.4029^\circ)}{\sin(49.5^\circ)}$
- K122a** $f = 4\frac{1}{6} \text{ Hz}$ $\omega = 2\pi f = 26.18 \text{ Hz}$
- K122b** $v = \omega r = 11.78 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ **K122c** $a = \omega^2 r = 308.4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- K122d** $t = 1 \text{ s}/25 = 40 \text{ ms}$ $\varphi = \omega t = \pi/3 = 60^\circ \hat{=} 2$
Speichen Stillstand
- K122e** 2.98 Speichen, knapp 3, \rightarrow rückwärts
- K124a** 360
- K124b** $U = 126 \text{ m}$ $T = 14 \text{ s}$ $5.5T = 76.8 \text{ s}$
- K124c** 0.45 Hz **K124d** zur Mitte
- K126a** 18.75 ms **K126b** $U = 94.25 \text{ cm}$ $v = 3.77 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- K126c** $\omega = 25.1 \text{ Hz}$ $a = 94.75 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ **K126d** zur Achse
- K128a** $T = 31\,557\,600 \text{ s}$ $v = 29.865 \frac{\text{km}}{\text{s}}$
- K128b** $\omega = 1.991 \cdot 10^{-7}/\text{s}$ $a = 5.946 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.0606\% \cdot g$
- K128c** $F = 3.568 \cdot 10^{22} \text{ N}$
- K130a** $U = 6.786 \cdot 10^{11} \text{ m} = 678.6 \cdot 10^6 \text{ km}$
- K130b** $T = 324000 \text{ min}$ $\omega = \frac{1^\circ}{900 \text{ s}}$ $\Delta\varphi = 0.05^\circ$
- K130c** $\omega = 3.232 \cdot 10^{-7}/\text{s}$ $a = 11.28 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
 $F = 5.528 \cdot 10^{22} \text{ N}$

- K132a** $\omega = 1.309/\text{s}$ $U = 188.5 \text{ cm}$ $v = 39.27 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
- K132b** $f = 0.2083 \text{ Hz}$ $T = 4.8 \text{ s}$ $12T = 57.6 \text{ s}$
- K132c** • Gewichtskraft $F_G = 294.3 \mu\text{N}$ nach unten •
Adhäsionskraft $\vec{F}_A = -\vec{F}_G + \vec{F}_Z$
mit Zentripetalkraft $F_Z = 15.42 \mu\text{N}$ radial nach innen
 $F_A = 294.7 \mu\text{N}$ um 3° gegenüber $-\vec{F}_G$ nach innen geneigt
- K134a** 0.75 Hz **K134b** $4.712/\text{s} = 270^\circ/\text{s}$
- K134c** 216° **K134d** 1.414 m
- K134e** geradlinig tangenzial nach rechts unten
- K136a** $F = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$ $T = 2\pi\sqrt{\frac{m r}{F}}$
- K136b** $1.1/0.9^2 \cdot 1.1 = 1.4938 \approx 50\%$
- K136c** $\sqrt{1.1 \cdot 1.1/0.9} = 1.1595 \approx 16\%$
- K138a** $R = 2.014 \text{ m} = 3.36 \cdot r$ $v_R = \sqrt{3.36} v_r = 1.649 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- K138b** gesamt 3.20 m
- K140** $v_A = 3.77 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $v_B = -2.51 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $u_A = -1.94 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
 $u_B = 4.34 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- K142** $F \cdot \frac{2\pi r}{4} = F \cdot s = W = \frac{1}{2} m v^2$ $v = 0.819 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
 $f = 24.43/\text{min}$

~~~~~ **Vektorielle Probleme** ~~~~~

- K200a**  $r = \frac{d}{2} + l \sin(\alpha) = 9.13 \text{ m}$      $a_Z = g \tan(\alpha) =$   
 $11.69 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$      $\omega = 1.132 \text{ Hz}$      $f = 0.18 \text{ Hz}$      $T = 5.552 \text{ s}$
- K200b**  $F_G = 735.75 \text{ N}$  zum Boden     $F_{Kette} = 1144.6 \text{ N}$   
zur Aufhängung ( $\rightarrow F_{res} = F_Z = 876.8 \text{ N}$  zur Drehachse)
- K202a**  $63/45 = 1.4 = 80.2^\circ$
- K202b**  $\arctan(4.2867/9.81) = 23.6^\circ$
- K204**  $F_G : F_Z = 7 : 2$      $\omega^2 r = \frac{2}{7} g$   
 $f = 0.2809 \text{ Hz} = 16.85/\text{min}$

ZU DIESEN LÖSUNGEN:

Ich gehe davon aus, dass in diesen Lösungen Fehler stecken, für die ich Sie schon einmal vorab um Verzeihung bitte. Falls Sie einen Fehler finden oder vermuten, sagen Sie mir bitte Bescheid, z.B. per e-mail an [physik@gelbini.de](mailto:physik@gelbini.de) oder über den Verlag. Alle bereits gefundenen Fehler werde ich auf meiner Homepage veröffentlichen. Aktuell erreichen Sie diese Liste direkt über die Adresse [gelbini.de/errata.htm](http://gelbini.de/errata.htm) oder zuverlässiger indirekt über [www.softfrutti.de](http://www.softfrutti.de)  $\rightarrow$  „Links“

