

Max Musterläser**1. Klausur zur Vorlesung****„Experimentalphysik I für Naturwissenschaftler“****Im Wintersemester 2018/2019****am Dienstag, 05. Februar 2019, 18:00-20:00**

|          |
|----------|
| ID Nr. 2 |
|----------|

**Beachten Sie folgende Hinweise:**Die **Heftung** der Aufgabenblätter **nicht lösen!**Tragen Sie auf **jeder Seite** oben ihren **Namen, Matrikelnummer und Studienrichtung** mit angestrebtem Abschluss ein!Bitte **merken Sie sich die ID-Nummer** Ihrer Klausur, da das Klausurergebnis nur über diese ID-Nummer veröffentlicht wird.

Es gibt Wissensfragen und Rechenaufgaben. Für jede richtige Antwort gibt es einen Punkt.

Jede Rechenaufgabe steht auf einem separaten Blatt der Klausur. Rechnungen schreiben sie bitte ebenfalls auf dieses Blatt. Sollten Zusatzblätter nötig sein, diese bitte beilegen.

Durch Rundungsfehler können Ihre Ergebnisse möglicherweise nicht genau mit den Antwortmöglichkeiten übereinstimmen. In diesem Fall wählen Sie die Antwort, die Ihrem Ergebnis am nächsten kommt.

Bei jeder Aufgabe gibt es „multiple choice“ Lösungen. Es ist immer nur eine Antwort richtig. Die richtige Lösung kreuzen Sie auf dem Lösungsblatt (letztes Blatt) an. Sind mehrere Antworten bei einer Frage angekreuzt, gibt es keinen Punkt.

**Nochmals: Die Lösungen müssen unbedingt auf das Lösungsblatt (letztes Blatt) übertragen werden.**

Ich wünsche Ihnen viel Erfolg, Sebastian Slama!

Max Musterlöser

**Wissensfragen : Es ist immer nur eine Antwort richtig!**

- 1) Welche der folgenden Einheiten ist keine SI Grundeinheit?

- A) Meter,  
 B) Sekunde,  
 C) Kilogramm.  
 D) Kelvin.  
 E) Joule.

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2}$$

- 2) Wie groß ist die Unsicherheit
- $\Delta\mu$
- des Mittelwerts
- $\mu$
- der Messwerte

$$t_1 = 3.5 \text{ s}, t_2 = 2.8 \text{ s}, t_3 = 3.2 \text{ s}, t_4 = 3.6 \text{ s}, t_5 = 3.3 \text{ s}?$$

$$\mu = \frac{1}{5} (3.5 + 2.8 + 3.2 + 3.6 + 3.3) \text{ s} = 3.28 \text{ s}$$

- A)  $\Delta\mu = 0.05 \text{ s}$ .  
 B)  $\Delta\mu = 0.14 \text{ s}$ .  
 C)  $\Delta\mu = 0.23 \text{ s}$ .  
 D)  $\Delta\mu = 0.32 \text{ s}$ .  
 E)  $\Delta\mu = 3.28 \text{ s}$ .

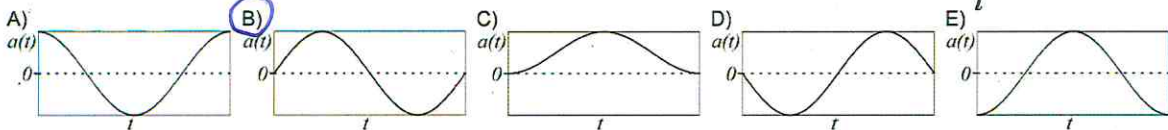
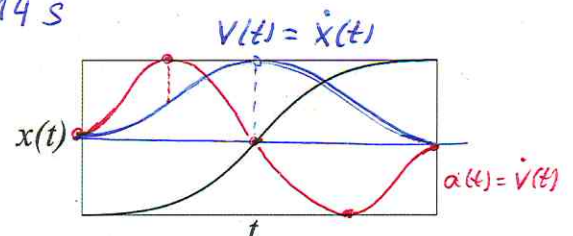
$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{4} [(3.5 - 3.28)^2 + (2.8 - 3.28)^2 + (3.2 - 3.28)^2 + (3.6 - 3.28)^2 + (3.3 - 3.28)^2]} \text{ s}$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{0.122^2 + 0.148^2 + 0.08^2 + 0.32^2 + 0.02^2} \text{ s} = 0.311 \text{ s}$$

$$\Delta\mu = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = \frac{0.311}{\sqrt{5}} = 0.14 \text{ s}$$

- 3) Gegeben ist die skizzierte Ortsfunktion
- $x(t)$
- :

Wie sieht die dazu gehörende Beschleunigungsfunktion  $a(t)$  aus?



- 4) Es werden zwei Größen
- $x$
- und
- $y$
- mit den Fehler
- $\Delta x$
- und
- $\Delta y$
- gemessen. Wie groß ist der relative

Fehler  $\frac{\Delta z}{z}$  der zusammengesetzten Größe  $z = e^{xy}$ ?

**Hinweis:** Berechnen Sie den Fehler mit Gauß'scher Fehlerfortpflanzung

A)  $\frac{\Delta z}{z} = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$ .

B)  $\frac{\Delta z}{z} = \sqrt{(y \cdot \Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$

C)  $\frac{\Delta z}{z} = \sqrt{(y \cdot \Delta x)^2 + (x \cdot \Delta y)^2}$ .

D)  $\frac{\Delta z}{z} = e^{\Delta x \cdot \Delta y}$

E)  $\frac{\Delta z}{z} = e^{\frac{\Delta x \cdot \Delta y}{xy}}$

$$\Delta z = \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x} \cdot \Delta x\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y} \cdot \Delta y\right)^2}$$

$$= \sqrt{(e^{xy} \cdot y \cdot \Delta x)^2 + (e^{xy} \cdot x \cdot \Delta y)^2}$$

$$\frac{\Delta z}{z} = \frac{\sqrt{(e^{xy} y \Delta x)^2 + (e^{xy} x \Delta y)^2}}{e^{xy}} = \sqrt{\frac{(e^{xy} y \Delta x)^2 + (e^{xy} x \Delta y)^2}{(e^{xy})^2}}$$

$$= \sqrt{(y \Delta x)^2 + (x \Delta y)^2}$$

Max Musterl  rer

- 5) Auf eine Masse  $m = 0,5 \text{ kg}$  wirkt die vektorielle Kraft  $\vec{F}_1 = \begin{pmatrix} 3 \text{ N} \\ 4 \text{ N} \end{pmatrix}$ .

Wie groß ist die Beschleunigung  $a$  der Masse?

A)  $a = 2 \text{ m/s}^2$

B)  $a = 4 \text{ m/s}^2$

C)  $a = 6 \text{ m/s}^2$

D)  $a = 8 \text{ m/s}^2$

☒ E)  $a = 10 \text{ m/s}^2$

$$a = \frac{|\vec{F}|}{m}$$

$$|\vec{F}| = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} \text{ N} = \sqrt{25} \text{ N} = 5 \text{ N}$$

$$a = \frac{5 \text{ N}}{0,5 \text{ kg}} = 10 \text{ m/s}^2$$

- 6) Ein Körper wird an der Erdoberfläche mit einer Gewichtskraft von  $F$  angezogen. Welche Gewichtskraft  $F'$  hätte der (gleiche) Körper auf einem Planeten mit dem 10 – fachen Erdradius und der 4 – fachen Masse der Erde?

A)  $F' = \frac{1}{100} F$

☒ B)  $F' = \frac{1}{25} F$

C)  $F' = F$

D)  $F' = 25 \cdot F$

E)  $F' = 100 \cdot F$

$$F = G \frac{M_E m}{r_E^2} \rightarrow F' = G \frac{M_P m}{r_P^2} = G \frac{4 M_E m}{(10 r_E)^2}$$

$$= G \frac{M_E m}{r_E^2} \cdot \frac{4}{100} = \frac{1}{25} F$$

- 7) Drei Federn mit Federkonstanten von  $D_1 = 100 \text{ N/m}$ ,  $D_2 = 100 \text{ N/m}$  und  $D_3 = 200 \text{ N/m}$  werden, wie in der Skizze gezeigt, aneinandergehängt. Um welche Strecke  $x$  wird die Anordnung gedehnt, wenn man eine Masse von  $m = 1 \text{ kg}$  daran hängt.

**Hinweis:** Rechnen Sie mit  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

A)  $x = 4 \text{ cm}$

B)  $x = 6 \text{ cm}$

C)  $x = 8 \text{ cm}$

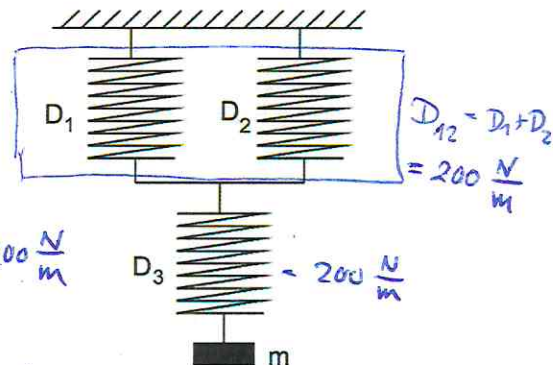
☒ D)  $x = 10 \text{ cm}$

E)  $x = 12 \text{ cm}$

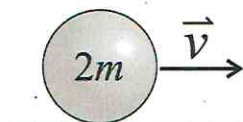
$$D_{12} = \frac{D_{12} \cdot D_3}{D_{12} + D_3} = \frac{200 \cdot 200 \text{ N/m}^2}{200 \text{ N/m} + 200 \text{ N/m}} = 100 \text{ N/m}$$

$$F = D \cdot x$$

$$x = \frac{F}{D} = \frac{m g}{D} = \frac{1 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2}{100 \text{ N/m}} = \frac{1}{10} \text{ m} = 10 \text{ cm}$$



- 8) Eine Kugel mit Masse  $2m$  prallt mit Geschwindigkeit  $v$  auf zwei sich berührende ruhende Kugeln, mit jeweils Masse  $m$ . Alle Stöße zwischen den Kugeln sind vollkommen inelastisch. Was passiert?



$$p_1 = 2m v$$

$$p_2 = 4m \cdot v' \quad \left. \vphantom{p_2} \right\} p_1 = p_2$$

$$v' = \frac{2m}{4m} v = \frac{1}{2} v$$

A) Alle drei Kugeln bewegen sich mit  $\frac{v}{4}$  weiter.

B) Alle drei Kugeln bewegen sich mit  $\frac{v}{3}$  weiter.

☒ C) Alle drei Kugeln bewegen sich mit  $\frac{v}{2}$  weiter.

D) Die erste Kugel bleibt stehen, und die zweite und dritte Kugel bewegen sich mit  $\frac{v}{2}$  weiter.

E) Die erste Kugel bleibt stehen, und die zweite und dritte Kugel bewegen sich mit  $v$  weiter.

Max Musterlöser

- 9) Verschiedene Massen  $m_i$  befinden sich in einem mit konstanter Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  drehenden Bezugssystem im jeweiligen Abstand  $r_i$  von einer Drehachse. Welche der Massen erfährt die **kleinste** Zentrifugalkraft?

- A)  $m = 1 \text{ kg}, r = 10 \text{ cm}$  10  
 B)  $m = 2 \text{ kg}, r = 8 \text{ cm}$  16  
 C)  $m = 3 \text{ kg}, r = 7 \text{ cm}$  21  
 D)  $m = 4 \text{ kg}, r = 5 \text{ cm}$  20  
 E)  $m = 5 \text{ kg}, r = 3 \text{ cm}$  15

 $m \cdot r \text{ (kg} \cdot \text{cm)}$ 

$$\vec{F}_Z = m r \omega^2$$

- 10) Eine ruhende Rakete im Weltall stößt auf einmal ihren Treibstoff der Masse  $m$  mit Geschwindigkeit  $v$  ab. Der Anteil der abgestoßenen Masse an der Gesamtmasse  $M$  (Rakete plus Treibstoff) wird mit  $x$  bezeichnet, das bedeutet  $m = x \cdot M$ . Bei welcher der folgenden

Situationen erreicht die Rakete dadurch die **größte** Geschwindigkeit?

- A) Anteil  $x = 0,5$  mit Geschwindigkeit  $v$   $\frac{0,5}{0,5} \cdot v = v$   
 B) Anteil  $x = 0,6$  mit Geschwindigkeit  $v/2$   $\frac{0,6}{0,4} \cdot \frac{v}{2} = 0,75 v$   
 C) Anteil  $x = 0,7$  mit Geschwindigkeit  $v/3$   $\frac{0,7}{0,3} \cdot \frac{v}{3} = 0,77 v$   
 D) Anteil  $x = 0,8$  mit Geschwindigkeit  $v/4$   $\frac{0,8}{0,2} \cdot \frac{v}{4} = v$   
 E) Anteil  $x = 0,9$  mit Geschwindigkeit  $v/5$   $\frac{0,9}{0,1} \cdot \frac{v}{5} = 1,8 v$

$$\frac{x}{1-x} \cdot v$$



Impulserhaltung

$$m \cdot v = (M-m) \cdot u$$

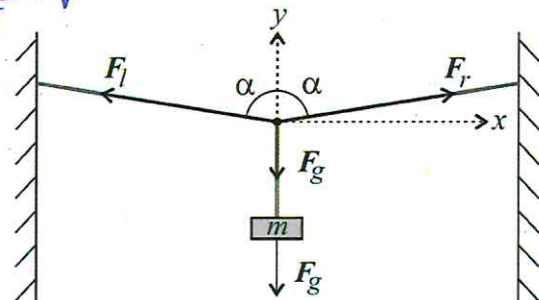
$$\rightarrow u = \frac{m}{M-m} v = \frac{xM}{M-xM} v = \frac{x}{1-x} v$$

- 11) Eine Masse  $m$  wird mittig an ein Tragseil gehängt, welches zwischen zwei gegenüberliegenden Wänden mit den Seilkräften  $F_l$  und  $F_r$  gespannt ist. Wie groß sind die Seilkräfte, wenn das Seil nicht durchhängen soll, d.h. bei  $\alpha = 90^\circ$ ? Die Erdbeschleunigung ist  $g$ .

- A)  $F_l = F_r = \frac{mg}{2}$   
 B)  $F_l = F_r = mg$   
 C)  $F_l = F_r = 2m \cdot g$   
 D)  $F_l = F_r = 2m \cdot g$

- E)  $F_l = F_r = \infty$

siehe Vorlesung!



- 12) Eine Masse  $m$  wird von einer gespannten Feder senkrecht nach oben geschossen. Hierbei erreicht sich die Höhe  $h$ . Welche Höhe  $h'$  könnte die Masse theoretisch aufgrund von Energieerhaltung erreichen, wenn man die Feder mit der doppelten Kraft spannt?

- A)  $h' = \sqrt{2} h$   
 B)  $h' = 2 h$   
 C)  $h' = 3 h$   
 D)  $h' = 4 h$   
 E)  $h' = 5 h$

$$E_{\text{Spann}} = \frac{1}{2} D \cdot x^2 = E_{\text{pot}} = m g h$$

$$\Rightarrow h = \frac{D x^2}{2 m g}$$

$$\text{und mit } F = D \cdot x \text{ bzw. } x = \frac{F}{D}$$

$$\Rightarrow h = \frac{D \cdot \frac{F^2}{D^2}}{2 m g} = \frac{F^2}{2 m g D}$$

$$\Rightarrow h' = \frac{(2F)^2}{2 m g D} = 4 \cdot \frac{F^2}{2 m g D} = 4 \cdot h$$

Max Mufklöser

- 13) Ein starrer Körper mit Trägheitsmoment  $J$  rotiere mit einer Frequenz von  $f = 7$  Hz. Auf welchen Wert  $f'$  ändert sich die Frequenz, wenn das Trägheitsmoment verdreifacht wird? Es gelte Drehimpulserhaltung.

- A)  $f' = 2,33$  Hz  
 B)  $f' = 0,78$  Hz  
 C)  $f' = 12,12$  Hz  
 D)  $f' = 21,00$  Hz  
 E)  $f' = 4,04$  Hz

$$L = J \cdot \omega = J' \cdot \omega' \quad \omega = 2\pi f$$

$$J \cdot f = J' \cdot f' \Rightarrow J f = 3J \cdot f'$$

$$f' = \frac{1}{3} f = \frac{7}{3} \text{ Hz} = 2,33 \text{ Hz}$$

- 14) Ein mit Helium gefüllter, geschlossener Wetterballon mit flexibler Hülle besitzt an der Erdoberfläche ein Volumen von  $V$ . Wie groß ist das Volumen  $V'$  des Ballons, wenn der Ballon in eine Höhe von  $h = \frac{p_0}{\rho_0 \cdot g} \approx 7750$  m über dem Erdboden gebracht wird?

- A)  $V' = \frac{V}{10}$   
 B)  $V' = \frac{V}{e}$   
 C)  $V' = V$   
 D)  $V' = e \cdot V$   
 E)  $V' = 10 \cdot V$

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \rightarrow V_2 = V' = V_1 \cdot \frac{p_1}{p_2} = V_1 \cdot \frac{p_1}{p_1/e} = e \cdot V_1$$

$$p_2 = p_1 \cdot e^{-h/h_0} \stackrel{h=h_0}{=} p_1/e$$

- 15) Wieviel Prozent eines in Ethanol schwimmenden Körpers mit Dichte  $\rho_K = 0,62$  g/cm<sup>3</sup> befinden sich oberhalb der Ethanoloberfläche? Die Dichte von Ethanol beträgt

$$\rho_E = 0,79 \text{ g/cm}^3.$$

- A) 21,5 %  
 B) 24,5 %  
 C) 27,5 %  
 D) 30,5 %  
 E) 33,5 %

$$V_0 = \left(1 - \frac{\rho_K}{\rho_E}\right) V_K = \left(1 - \frac{0,62 \text{ g/cm}^3}{0,79 \text{ g/cm}^3}\right) V_K = 0,215 V_K$$

- 16) Eine inkompressible Flüssigkeit fließe mit Geschwindigkeit  $v_1$  durch ein Rohr mit Radius  $R_1$ . Wie groß ist die Geschwindigkeit  $v_2$  der Flüssigkeit in einer Engstelle mit Radius  $R_2 = 0,25 \cdot R_1$ ?

- A)  $v_2 = 2 \cdot v_1$   
 B)  $v_2 = 4 \cdot v_1$   
 C)  $v_2 = 4 \cdot v_1$   
 D)  $v_2 = 16 \cdot v_1$   
 E)  $v_2 = 32 \cdot v_1$

$$v_1 A_1 = v_2 A_2$$

$$v_1 \pi R_1^2 = v_2 \pi R_2^2 \rightarrow v_2 = v_1 \cdot \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2$$

$$v_2 = v_1 \cdot \left(\frac{R_1}{0,25 R_1}\right)^2 = 16 v_1$$

Max Musterläser

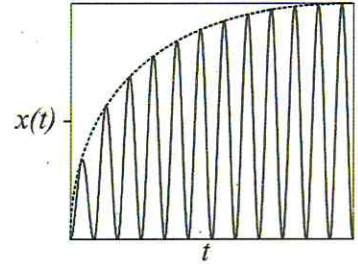
- 17) Die Differenzialgleichungen des harmonischen Oszillators mit/ohne Dämpfung bzw. mit/ohne externen Antrieb lauten

DGL 1:  $\ddot{x}(t) = -\omega^2 \cdot x(t)$

DGL 2:  $\ddot{x}(t) = -2 \cdot \gamma \cdot \dot{x}(t) - \omega^2 \cdot x(t)$

DGL 3:  $\ddot{x}(t) = -2 \cdot \gamma \cdot \dot{x}(t) - \omega^2 \cdot x(t) + \frac{F_0}{m} \cdot \sin(\omega_{ext} t)$

Welche der DGL besitzen die rechts skizzierte Funktion mit asymptotisch ansteigender Schwingungsamplitude als Lösung?



- A) Nur DGL 1  
B) Nur DGL 2  
C) Nur DGL 3  
D) DGL 1 und DGL 2  
E) DGL 1 und DGL 3

Amplitude wird größer  $\rightarrow$  Antrieb  
Amplitude strebt gegen konst. Wert  $\rightarrow$  Dämpfung  
 $\Rightarrow$  DGL 3

- 18) Betrachten Sie die harmonische Welle der Formel:

$$\vec{s}(\vec{r}, t) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ s_0 \end{pmatrix} \cos(ky - \omega t).$$

Welche der Aussagen über die **Schwingungsrichtung S**, die **Ausbreitungsrichtung A**, und die Art der Welle ist korrekt?

- A) S: z, A: y, Transversalwelle  
B) S: y, A: z, Transversalwelle  
C) S: z, A: y, Longitudinalwelle  
D) S: x, A: z, Longitudinalwelle  
E) S: y, A: y, Longitudinalwelle

$\uparrow$  Ausbreitung in y-Richtung  
Schwingung in z-Richtung  
y  $\perp$  z  $\rightarrow$  Transversalwelle

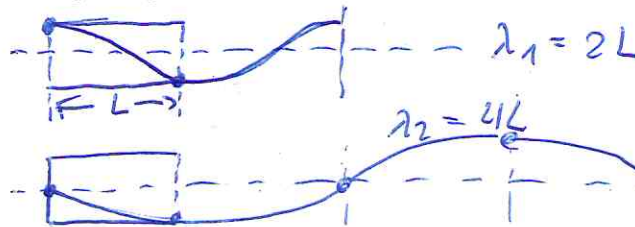
- 19) Ein Blasinstrument besteht aus einem Rohr, dessen beide Enden offen sind. Darin wird die Grundschwingung mit Frequenz  $f$  angeregt. Wie groß ist die Frequenz  $f'$  der Grundschwingung im Rohr, wenn man eines der beiden Rohrenden verschließt?

offen: Bauch

geschlossen: Knoten

**Hinweis:** Überlegen Sie sich, wo jeweils die Knoten und Bäuche der entsprechenden Stehwelle sind, und wie groß die dazu gehörigen Wellenlängen bzw. Frequenzen sind.

- A)  $f' = 2f$   
B)  $f' = 1,5f$   
C)  $f' = f$   
D)  $f' = 0,5f$   
E)  $f' = 0,25f$



$$f_1 = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{c}{2L}$$

$$f' = f_2 = \frac{c}{\lambda_2} = \frac{c}{4L} = \frac{1}{2} \frac{c}{2L} = \frac{1}{2} \cdot f_1$$

- 20) Drei gleich große Kugeln aus Aluminium ( $m = 184 \text{ g}$ ;  $c = 0,986 \text{ J/(g} \cdot \text{K)}$ ), Blei ( $m = 699 \text{ g}$ ,  $c = 0,129 \text{ J/(g} \cdot \text{K)}$ ) und Messing ( $m = 553 \text{ g}$ ,  $c = 0,376 \text{ J/(g} \cdot \text{K)}$ ) werden auf  $100^\circ\text{C}$  erhitzt und auf eine Wachsplatte gelegt. Durch die Wärme schmilzt das Wachs, und die Kugeln sinken ins Wachs ein. Sortieren Sie die Kugeln nach der Einsinktiefe von klein zu groß.

- A) Aluminium, Messing, Blei  
B) Blei, Aluminium, Messing  
C) Blei, Messing, Aluminium  
D) Aluminium, Blei, Messing  
E) Messing, Aluminium, Blei

Einsinktiefe  $\propto$  Wärmekapazität der Kugel  $C = c \cdot m$

|                                                                                                                   |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Alu: $C = 0,986 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}} \cdot 184 \text{ g} = 181 \frac{\text{J}}{\text{K}}$     | ② |
| Blei: $C = 0,129 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}} \cdot 699 \text{ g} = 90 \frac{\text{J}}{\text{K}}$     | ① |
| Messing: $C = 0,376 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}} \cdot 553 \text{ g} = 208 \frac{\text{J}}{\text{K}}$ | ③ |

Max Musterlöser

- 21) Bei einer (i)  $p = \text{const}$  Isobaren, (ii)  $T = \text{const}$  isothermen und (iii)  $Q = \text{const}$  adiabatischen Zustandsänderung sind folgende Größen konstant:

- A) (i) Temperatur, (ii) Volumen und (iii) Wärmemenge  
 B) (i) Temperatur, (ii) Druck und (iii) Wärmemenge  
 C) (i) Druck, (ii) Temperatur und (iii) Wärmemenge  
 D) (i) Temperatur, (ii) Druck und (iii) Volumen  
 E) (i) Volumen, (ii) Wärmemenge und (iii) Temperatur

- 22) Senkt man in einem idealen Gas die Temperatur von 300 K auf 3  $\mu\text{K}$ , so sinkt die mittlere Geschwindigkeit der Gasteilchen von  $v$  zu

- A)  $v' = 10^{-1} \cdot v$   
 B)  $v' = 10^{-2} \cdot v$   
 C)  $v' = 10^{-3} \cdot v$   
 D)  $v' = 10^{-4} \cdot v$   
 E)  $v' = 10^{-5} \cdot v$

$$v \propto \sqrt{T_1} \rightarrow v' \propto \sqrt{T_2}$$

$$\frac{v'}{v} = \frac{\sqrt{T_2}}{\sqrt{T_1}} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 10^{-6} \text{ K}}{3 \cdot 10^2 \text{ K}}} = \sqrt{10^{-8}} = 10^{-4}$$

$$v' = 10^{-4} \cdot v$$

- 23) Bei der reversiblen (isothermen) Expansion eines Gases mit  $N = 10^{23}$  Teilchen vom Volumen  $V_1$  zu  $V_2 = 10 \cdot V_1$  steigt die Entropie um  $\Delta S = \dots$  an.

Hinweis:  $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ .

- A)  $\Delta S = 2,3 \text{ J/K}$   
 B)  $\Delta S = 2,6 \text{ J/K}$   
 C)  $\Delta S = 2,9 \text{ J/K}$   
 D)  $\Delta S = 3,2 \text{ J/K}$   
 E)  $\Delta S = 3,6 \text{ J/K}$   
 F)  $\Delta S = 4,0 \text{ J/K}$

$$\Delta S = N k_B \cdot \ln \left( \frac{V_2}{V_1} \right)$$

$$= 10^{23} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \cdot \ln \left( \frac{10 V_1}{V_1} \right)$$

$$= 1,38 \cdot \ln(10) \text{ J/K} = 3,18 \text{ J/K} \approx 3,2 \text{ J/K}$$

Max Musterlöser

## Rechenaufgaben: Es ist immer nur eine Antwort richtig!

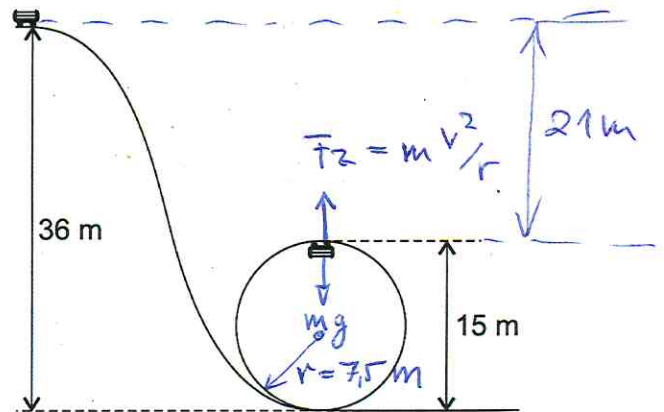
## Themengebiet 1: Auf der Achterbahn

Ein Achterbahnwagen soll einen Looping durchlaufen.

- 24) Wie groß muss die Geschwindigkeit  $v$  des Waggons im oberen Umkehrpunkt des Loopings mit Durchmesser 15 m mindestens sein, so dass der Waggon durch die Zentrifugalkraft an den Schienen bleibt und nicht herunterfällt?

Hinweis:  $g = 10 \text{ ms}^{-2}$

- A)  $v = 5,9 \text{ m/s}$   
 B)  $v = 8,7 \text{ m/s}$   
 C)  $v = 11,5 \text{ m/s}$   
 D)  $v = 14,2 \text{ m/s}$   
 E)  $v = 17,3 \text{ m/s}$



$$m \frac{v^2}{r} = m g \rightarrow v = \sqrt{r g} = \sqrt{7,5 \text{ m} \cdot 10 \text{ m/s}^2} = 8,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- 25) Welche Geschwindigkeit  $v$  erreicht der Waggon im Umkehrpunkt des Loopings, wenn er aus einer Starthöhe von 36 m aus der Ruhe reibungsfrei losrollt?  $\Delta h = 21 \text{ m}$

Hinweise:  $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ ; vernachlässigen Sie die Rotationsenergie der Räder des Waggons!

- A)  $v = 12,5 \text{ m/s}$   
 B)  $v = 14,5 \text{ m/s}$   
 C)  $v = 16,5 \text{ m/s}$   
 D)  $v = 18,5 \text{ m/s}$   
 E)  $v = 20,5 \text{ m/s}$

$$E_{\text{pot}} = E_{\text{kin}}$$

$$m g \Delta h = \frac{1}{2} m v^2$$

$$v = \sqrt{2 g \Delta h} = \sqrt{2 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 21 \text{ m}} = 20,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- 26) Der Achterbahnwagen wird durch eine Kugel mit Kugelradius  $R$  und Masse  $m$  ersetzt, so dass die Rotationsenergie der Kugel mitberücksichtigt werden muss. Wie groß ist die Geschwindigkeit  $v$  der Kugel im oberen Umkehrpunkt des Loopings?

Hinweis:  $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ , Trägheitsmoment einer Kugel  $J = \frac{2}{5} m R^2$ .

- A)  $v = 11,3 \text{ m/s}$   
 B)  $v = 14,3 \text{ m/s}$   
 C)  $v = 17,3 \text{ m/s}$   
 D)  $v = 20,3 \text{ m/s}$   
 E)  $v = 23,3 \text{ m/s}$

$$E_{\text{pot}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{rot}}$$

$$m g \Delta h = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} J \omega^2$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{2}{5} m R^2 \cdot \frac{v^2}{R^2}$$

$$\text{mit } \omega = \frac{v}{R}$$

$$m g \Delta h = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{5} m v^2$$

$$0,5 v^2 + 0,2 v^2 = 0,7 v^2$$

$$\rightarrow v = \sqrt{\frac{g \cdot \Delta h}{0,7}} = \sqrt{\frac{10 \text{ m/s}^2 \cdot 21 \text{ m}}{0,7}}$$

$$= 17,3 \text{ m/s}$$

Max Musterlöser

## Themengebiet 2: Akustik von Fledermäusen

Fledermäuse senden, um sich zu orientieren, akustische Ultraschall-Signale aus und detektieren die reflektierten Wellen.

- 27) Eine „typische Fledermausfrequenz“ liegt im Bereich von 100 kHz. Wie groß ist die Wellenlänge  $\lambda$  der Schallwelle?

**Hinweis:** Die Schallgeschwindigkeit beträgt  $c_s = 340 \frac{m}{s}$ .

$$c = \lambda \cdot f$$

- A)  $\lambda = 3,4 \text{ mm}$   
 B)  $\lambda = 0,34 \text{ mm}$   
 C)  $\lambda = 34 \mu\text{m}$   
 D)  $\lambda = 3,4 \text{ cm}$   
 E)  $\lambda = 34 \text{ cm}$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{340 \frac{m}{s}}{100 \cdot 10^3 / s} = 0,0034 \text{ m} = 3,4 \text{ mm}$$

- 28) Die sogenannte „große Hasenmaul“ – Fledermaus kann Ultraschallsignale mit einer Lautstärke von bis zu 140 dB aussenden. Wie groß ist die von der Fledermaus emittierte akustische Leistung  $P$ , wenn man annimmt, dass der gesamte Schall aus dem Maul der Fledermaus mit einer Querschnittsfläche von  $A = 1 \text{ cm}^2$  austritt?

**Hinweis:** Die Intensität der Hörschwelle beträgt  $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ .

- A)  $P = 1 \mu\text{W}$   
 B)  $P = 10 \mu\text{W}$   
 C)  $P = 100 \mu\text{W}$   
 D)  $P = 1 \text{ mW}$   
 E)  $P = 10 \text{ mW}$

$$I = I_0 \cdot 10^{L/10 \text{ dB}} = 10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 10^{\frac{140 \text{ dB}}{10 \text{ dB}}} = 10^2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$P = I \cdot A = 10^2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot \underbrace{(10^{-2} \text{ m})^2}_{1 \text{ cm}^2} = 10^2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 10^{-2} \text{ W} = 10 \text{ mW}$$

- 29) Wie groß ist die „gemessene“ Frequenz  $f'$  der an einer Wand reflektierten und von der Fledermaus empfangen Schallwelle, wenn sich die Fledermaus mit einer Geschwindigkeit von  $v = 5 \text{ m/s}$  auf eine Wand zubewegt. Die emittierte Ruhefrequenz betrage wieder  $f = 100 \text{ kHz}$ . Berücksichtigen Sie hier, dass es zu einer Frequenzverschiebung bei der Emission (bewegte Quelle) und zu einer zweiten Frequenzverschiebung bei der Detektion (bewegter Empfänger) kommt.

**Hinweis:** Die Schallgeschwindigkeit beträgt  $c_s = 340 \frac{m}{s}$ .

- A)  $f' = 102 \text{ kHz}$   
 B)  $f' = 103 \text{ kHz}$   
 C)  $f' = 104 \text{ kHz}$   
 D)  $f' = 105 \text{ kHz}$   
 E)  $f' = 106 \text{ kHz}$

$$f' = f \cdot \frac{1 + v_E/c}{1 - v_Q/c} = f \cdot \frac{1 + v/c}{1 - v/c}$$

$$= 100 \text{ kHz} \cdot \frac{1 + \frac{5 \text{ m/s}}{340 \text{ m/s}}}{1 - \frac{5 \text{ m/s}}{340 \text{ m/s}}} = 103 \text{ kHz}$$

Max Musterlöser

### Themengebiet 3: Elastische Verformungen

Wir betrachten einen Eisendraht der Länge  $l = 100 \text{ cm}$  und einer Querschnittsfläche von  $A = 0,1 \text{ cm}^2$ .

- 30) Um welche Temperatur  $\Delta T$  muss man den Draht abkühlen, damit er um 1 mm kürzer wird?

**Hinweis:** Der Längenausdehnungskoeffizient von Stahl beträgt  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} / \text{K}$

A)  $\Delta T = 3^\circ \text{C}$

B)  $\Delta T = 43^\circ \text{C}$

☒ C)  $\Delta T = 83^\circ \text{C}$

D)  $\Delta T = 123^\circ \text{C}$

E)  $\Delta T = 163^\circ \text{C}$

$$\Delta l = l \cdot \alpha \cdot \Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{\Delta l}{l \cdot \alpha}$$

$$\Delta T = \frac{1 \text{ mm}}{100 \text{ mm} \cdot 12 \cdot 10^{-6} / \text{K}} = 83 \text{ K} = 83^\circ \text{C}$$

- 31) Mit welcher mechanischen Kraft  $F$  muss man den Draht der Länge  $l = 100 \text{ cm}$  ziehen, damit er um 1 mm länger wird?

**Hinweis:** Elastizitätsmodul von Stahl  $E = 150 \text{ GPa}$ .

A)  $F = 1,5 \text{ N}$

B)  $F = 15 \text{ N}$

C)  $F = 150 \text{ N}$

☒ D)  $F = 1500 \text{ N}$

E)  $F = 15000 \text{ N}$

$$\Delta l = \frac{F}{E \cdot A} \cdot l \rightarrow F = \frac{\Delta l \cdot E \cdot A}{l}$$

$$F = \frac{10^{-3} \text{ m} \cdot 150 \cdot 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 0,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}{100 \text{ mm}} = 1500 \text{ N}$$

- 32) Welche Masse kann man an den senkrecht aufgehängten Stahldraht gerade noch anhängen, bevor dieser zerreißt? Die Zugfestigkeit (Grenzspannung) von Stahl beträgt  $\sigma_{\max} = 500 \text{ MPa}$ .

**Hinweis:** Rechnen Sie mit  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

A)  $m = 5 \text{ kg}$

B)  $m = 50 \text{ kg}$

C)  $m = 100 \text{ kg}$

D)  $m = 250 \text{ kg}$

☒ E)  $m = 500 \text{ kg}$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{m \cdot g}{A} \stackrel{!}{=} \sigma_{\max}$$

$$m = \frac{\sigma_{\max} \cdot A}{g} = \frac{500 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 0,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}{10 \text{ m/s}^2}$$

$$= 500 \text{ kg}$$

Max Mustarlöser

## Themengebiet 4: Thermodynamik

$$\Delta T = 28 \text{ K}$$

- 33) Welche Wärmemenge  $\Delta Q$  braucht man, um 189 Liter Wasser (entspricht ungefähr einer Badewanne voll) von Leitungstemperatur  $T_1 = 10^\circ \text{C}$  auf Badetemperatur  $T_2 = 38^\circ \text{C}$  zu erwärmen? Die spezifische Wärmekapazität von Wasser beträgt  $c = 4186 \text{ J/(K}\cdot\text{kg)}$ , die Wasserdichte ist  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ .

- A)  $\Delta Q = 22,2 \text{ kJ}$   
 B)  $\Delta Q = 222 \text{ kJ}$   
 C)  $\Delta Q = 2,22 \text{ MJ}$   
 D)  $\Delta Q = 22,2 \text{ MJ}$   
 E)  $\Delta Q = 222 \text{ MJ}$

$$\begin{aligned} \Delta Q &= c \cdot \Delta T = c \cdot m \cdot \Delta T = c \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta T \\ &= 4186 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 189 \cdot \frac{10^{-3} \text{ m}^3}{1\text{L}} \cdot 28 \text{ K} \\ &= 22'152'312 \text{ J} \approx 22,2 \text{ MJ} \end{aligned}$$

- 34) Wie groß ist die relative Änderung der Volumens  $\frac{V_K}{V_H}$  beim 2. (adiabatischen) Prozessschritt von der Temperatur  $T_H = 900 \text{ K}$  zur kalten Temperatur  $T_K = 300 \text{ K}$  im Carnot-Kreisprozess? Nehmen Sie an, dass es sich um ein zweiatomiges Gas mit Isentropenexponent  $\kappa = 1,4$  handelt.

- A)  $\frac{V_K}{V_H} = 0,06$   
 B)  $\frac{V_K}{V_H} = 0,33$   
 C)  $\frac{V_K}{V_H} = 1$   
 D)  $\frac{V_K}{V_H} = 3$   
 E)  $\frac{V_K}{V_H} = 15,6$

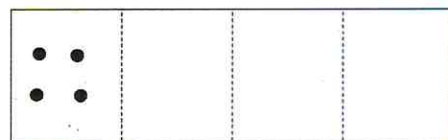
Adiabaten Gleichung index 1  $\hat{=}$  heiß, 2  $\hat{=}$  kalt

$$\frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa-1} \rightarrow \frac{T_K}{T_H} = \left( \frac{V_H}{V_K} \right)^{\kappa-1} \quad \wedge \quad \frac{1}{\kappa-1}$$

$$\frac{V_H}{V_K} = \left( \frac{T_K}{T_H} \right)^{1/\kappa-1} = \left( \frac{300 \text{ K}}{900 \text{ K}} \right)^{1/0,4} = 15,6$$

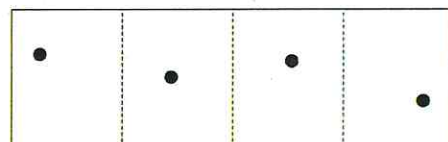
- 35) 4 Atome befinden sich in einer Box, die in vier gleiche Teile unterteilt wird. Wie groß ist der Entropieunterschied  $\Delta S$  zwischen dem Zustand, bei dem sich alle vier Atome in der linken Teilbox aufhalten, und dem Zustand, wo in jeder Teilbox genau ein Atom ist?

Hinweis:  $k_B = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$



1 Mikrozustand  
 $W_A = 1$

$\updownarrow \Delta S$



- A)  $\Delta S = 2,2 \times 10^{-23} \text{ J/K}$   
 B)  $\Delta S = 3,3 \times 10^{-23} \text{ J/K}$   
 C)  $\Delta S = 4,4 \times 10^{-23} \text{ J/K}$   
 D)  $\Delta S = 5,5 \times 10^{-23} \text{ J/K}$   
 E)  $\Delta S = 6,6 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

Teile die 4 Teilchen je auf 1 Box auf

$$W_B = 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 4! = 24$$

$$\begin{aligned} \Delta S &= k_B \ln(W_B) - k_B \underbrace{\ln(W_A)}_{=0} = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}} \cdot \ln(24) \\ &= 4,4 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \end{aligned}$$