

Max Musterläser

1. Klausur zur Vorlesung

„Experimentalphysik I für Naturwissenschaftler“

Im Wintersemester 2016/2017

am Dienstag, 07.02.2017, 18:00-20:00

ID Nr. 2

Beachten Sie folgende Hinweise:

Die **Heftung** der Aufgabenblätter **nicht lösen!**

Tragen Sie auf der ersten und auf der letzten 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.

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. Jede richtige Antwort gibt einen Punkt.

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

Ich wünsche Ihnen viel Erfolg, Sebastian Slama!

Max Musterläufer

Wissens- und Verständnisfragen / Fragen aus den Onlinetests (es ist immer nur 1 Antwort richtig):

- 1) Die Einheit welcher physikalischen Größe ist **KEINE** SI-Grundeinheit ?

- ☒ A) Elektrische Spannung Volt ist keine Grundeinheit
 B) Länge ~~m~~ Meter
 C) Stoffmenge mol
 D) Lichtstärke Candela
 E) Masse kg

- 2) Wie berechnet man aus der Ortsfunktion $s(t)$ die Beschleunigung $a(t)$?

- A) Integrieren
 B) Zweimal Integrieren
 C) Ableiten
☒ D) Zweimal Ableiten
 E) Gar nicht, denn es fehlt die Information, welche Masse beschleunigt wird.

$$v(t) = \frac{ds}{dt}$$

$$a(t) = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}$$

- 3) Bei einer Messung einer physikalischen Größe x mit N Wiederholungen beträgt die

Standardabweichung $\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}$, mit Mittelwert μ . Wie oft muss man messen, damit die Standardabweichung um den Faktor zehn kleiner wird?

- A) Doppelt so oft
 B) Fünfmal so oft
 C) Zehnmal so oft
 D) Hundertmal so oft
☒ E) Es bringt nichts, öfters zu messen, denn die Standardabweichung hängt (abgesehen von statistischen Schwankungen) nicht von der Anzahl der Messungen ab.

σ ist unabh. von der Anzahl
Was besser wird mit der Anzahl der Messungen
ist die Unsicherheit des Mittelwerts

- 4) Eine Person steht in einem Aufzug auf einer Waage. Welche Gewichtskraft F zeigt die Waage während der Abschnitte (1), (2) und (3) der Fahrt an, wenn der Aufzug in (1) vom Erdgeschoß aus nach oben beschleunigt, in (2) mit konstanter Geschwindigkeit weiterfährt und in (3) seine Bewegung abbremst, so dass der Aufzug in einem oberen Stockwerk anhält? Die „normale“ Gewichtskraft der Person außerhalb des Aufzugs sei mit F_G bezeichnet.

- A) Die Waage zeigt in allen drei Abschnitten die „normale“ Gewichtskraft $F = F_G$ an
 B) (1) $F > F_G$; (2) $F = F_G$; (3) $F > F_G$
 C) (1) $F < F_G$; (2) $F = F_G$; (3) $F < F_G$
☒ D) (1) $F > F_G$; (2) $F = F_G$; (3) $F < F_G$
 E) (1) $F < F_G$; (2) $F = F_G$; (3) $F > F_G$

Trägheitskraft!

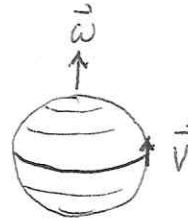
$$\vec{F}_T = -m\vec{a}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{\text{tot}} = m\vec{g} - m\vec{a}$$

Max Musterlöser

- 5) Ein Zug bewegt sich in nördlicher Richtung über den Äquator. In welche Richtung zeigt die Corioliskraft?

- ☒ A) Die Corioliskraft ist bei dieser Bewegung null.
 B) Die Corioliskraft zeigt nach Norden.
 C) Die Corioliskraft zeigt nach Süden.
 D) Die Corioliskraft zeigt nach Osten.
 E) Die Corioliskraft zeigt nach Westen.



$$\vec{T}_C = 2m \vec{v} \times \vec{\omega}$$

Da $\vec{v} \parallel \vec{\omega}$ ist
 $\vec{T}_C = 0$

- 6) Die Differentialgleichung $\ddot{\alpha} = -\frac{g}{l} \sin(\alpha)$ beschreibt

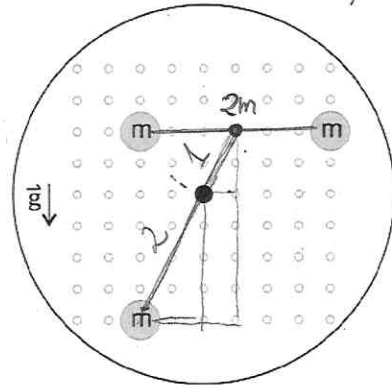
- A) eine harmonische Schwingung
 B) ein ungedämpftes Federpendel
☒ C) ein ungedämpftes Fadenpendel
 D) ein gedämpftes Federpendel
 E) ein gedämpftes Fadenpendel

$$\frac{1}{3m} \left(m \begin{pmatrix} 4 \\ 2 \end{pmatrix} + m \begin{pmatrix} -2 \\ 2 \end{pmatrix} + m \begin{pmatrix} -2 \\ -4 \end{pmatrix} \right) = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

- 7) Eine um ihren Mittelpunkt drehbare Scheibe sei an der Wand montiert, siehe Skizze. Welche Situation liegt vor?

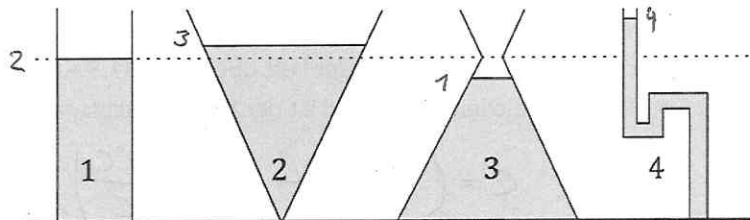
SP liegt auf Drehachse

- A) Drehmoment mit Drehung im Uhrzeigersinn
 B) Drehmoment mit Drehung im Gegenuhrzeigersinn
☒ C) Indifferentes Gleichgewicht
 D) Stabiles Gleichgewicht
 E) Instabiles Gleichgewicht



- 8) Ordnen Sie die vier mit Wasser gefüllten, skizzierten Gefäße (Nr. 1 bis 4) nach ihrem Schweredruck am Boden der Gefäße von klein zu groß:

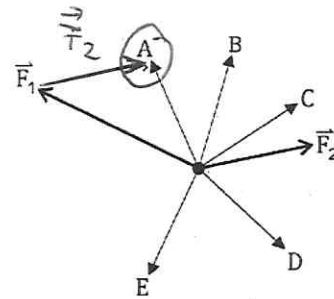
- A) 1-2-3-4
 B) 2-4-1-3
 C) 3-1-4-2
☒ D) 3-1-2-4
 E) 4-2-1-3



$$p_s = \rho g h$$

Max Musterbauer

- 9) Auf einen ruhenden Massenpunkt m wirken die beiden Kräfte $\vec{F}_1$ und $\vec{F}_2$ (Skizze). In welche Richtung wird der Massenpunkt beschleunigt?



- 10) Welche Aussage über stehende Wellen an einem beidseitig eingespannten Seil ist **falsch**?

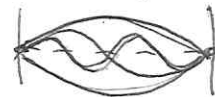
A) Die stehenden Wellen besitzen an den Seilenden Knoten. ✓

B) Es gibt eine kürzeste erlaubte Wellenlänge. → *nein, eine größte*

C) Die erlaubten Frequenzen sind Vielfache der Grundfrequenz. ✓

D) Die Grundfrequenz ist umso größer, je kürzer das Seil ist. ✓

E) Die Grundfrequenz ist umso größer, je größer die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Seilwelle ist. ✓ $c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \nu \rightarrow \nu \propto c$



- 11) Welcher der folgenden Aussagen ist nach dem 1. Hauptsatz der Thermodynamik bei einer isothermen Zustandsänderung **falsch**?

↳ $T = \text{const}$

A) Wird dem System Wärme zugeführt, so wird mit der zugeführten Wärmeenergie Arbeit geleistet.

B) Wird dem System Wärme zugeführt, bleibt die Temperatur trotzdem konstant.

C) Leistet man an dem System Arbeit, so muss gleichzeitig Wärme vom System abgegeben werden.

D) Wird am System Arbeit geleistet, so steigt die innere Energie des Systems an. *nein, denn mit $\Delta U = C_V \Delta T$ müsste dann auch die Temp. ansteigen,*

E) Wird dem System Wärme zugeführt, und bleibt der Druck konstant, muss sich das Volumen vergrößern.

- 12) **Test 01 - Geschwindigkeit (Blitz und Donner):** Zwischen dem sichtbaren Erscheinen eines Blitzes und dem hörbaren Donner liegt eine Zeitdauer von $t=10.7$ s. Die Schallgeschwindigkeit in Luft berechnet sich aus der Temperatur T der Luft über $c = (331,5 + 0,6 \cdot T / ^\circ\text{C})$ m/s. Die Temperatur beträgt $T = 10^\circ\text{C}$. In welchem Abstand d ist der Blitz eingeschlagen?

A) $d = 3511$ m

B) $d = 3611$ m

C) $d = 3711$ m

D) $d = 3811$ m

E) $d = 3911$ m

$$c = \left(331,5 + 0,6 \cdot \frac{10^\circ\text{C}}{^\circ\text{C}} \right) \frac{\text{m}}{\text{s}} = 337,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$c = \frac{d}{t} \rightarrow d = c \cdot t = 337,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 10,7 \text{ s} = 3611,25 \text{ m} \approx 3611 \text{ m}$$

Max Musterlöser

- 13) **Test 02 - Fehlerfortpflanzung:** Es werden bei einem Experiment die beiden Seitenlängen eines Rechtecks $x_1 = (10 \pm 0.9)$ cm und $x_2 = (20 \pm 0.7)$ cm gemessen. Berechnen Sie den absoluten Fehler ΔB der Fläche des Rechtecks $B = x_1 \cdot x_2$

- A) $\Delta B = 0,63 \text{ cm}^2$
 B) $\Delta B = 1,14 \text{ cm}^2$
 C) $\Delta B = 1,60 \text{ cm}^2$
 D) $\Delta B = 19,31 \text{ cm}^2$
 E) $\Delta B = 200,00 \text{ cm}^2$

$$\Delta B = \sqrt{(x_1 \cdot \Delta x_2)^2 + (x_2 \cdot \Delta x_1)^2}$$

$$= \sqrt{(10 \cdot 0,7)^2 + (20 \cdot 0,9)^2} \text{ cm}^2$$

$$= 19,31 \text{ cm}^2$$

- 14) **Test 03 - Gravitationskraft:** Auf einen Menschen mit einer Masse von $m=80$ kg wirkt auf der Erde die Gravitationskraft $F_G = mg = 80 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 800 \text{ N}$. Welche Gravitationskraft F'_G spürt derselbe Mensch auf der Oberfläche eines anderen Planeten? Der andere Planet besitzt eine Masse von $m_P = 0.49 \cdot m_E$ und einen Radius von $r_P = 0.36 \cdot r_E$, wobei m_E und r_E die Masse und der Radius der Erde sind.

- A) $F'_G = 211 \text{ N}$
 B) $F'_G = 533 \text{ N}$
 C) $F'_G = 587 \text{ N}$
 D) $F'_G = 1088 \text{ N}$
 E) $F'_G = 3025 \text{ N}$

$$F'_G = G \cdot \frac{m_P \cdot m}{r_P^2} = G \cdot \frac{0,49 m_E \cdot m}{(0,36 r_E)^2} =$$

$$= G \cdot \frac{m_E \cdot m}{r_E^2} \cdot \frac{0,49}{0,36^2} = 800 \text{ N} \cdot \frac{0,49}{0,1296} = 3024,63 \text{ N} \approx 3025 \text{ N}$$

- 15) **Test 04 - Leistung:** Ein 1362 kg schweres Auto kann konstant eine Leistung von 70 Kilowatt bringen. Wie lange benötigt das Auto, um auf 120 km/h = 33,33 m/s zu beschleunigen?
Hinweis: Die Reibung ist zu vernachlässigen.

- A) 9,8 s
 B) 10,8 s
 C) 11,8 s
 D) 12,8 s
 E) 13,8 s

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} ; \Delta E = E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2$$

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{\frac{1}{2} m v^2}{P} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 1362 \text{ kg} \cdot 33,33^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{70 \cdot 10^3 \text{ W}} = 10,8 \text{ s}$$

- 16) **Test 05 - Drehmoment:** Eine Schraube soll mit einem Drehmoment von $M=142$ Nm angezogen werden. Der Schraubenschlüssel ist $l=25$ cm lang. Mit welcher Kraft F muss man am Ende des Schraubenschlüssels drehen?

- A) $F = 5,68 \text{ N}$
 B) $F = 31 \text{ N}$
 C) $F = 56,8 \text{ N}$
 D) $F = 568 \text{ N}$
 E) $F = 3100 \text{ N}$

$$M = l \cdot F$$

$$F = \frac{M}{l} = \frac{142 \text{ Nm}}{0,25 \text{ m}} = 568 \text{ N}$$

Max Musterlöser

- 17) **Test 06 - Stöße:** Eine Kugel mit Masse $m_1 = 6 \text{ kg}$ trifft mit einer Geschwindigkeit von $v_1 = 1.07 \text{ m/s}$ zentral auf eine zweite ruhende Kugel mit Masse $m_2 = 4 \text{ kg}$. Wie groß ist die Geschwindigkeit v der beiden Kugeln nach einem inelastischen Stoß?

- A) $v = 0,64 \text{ m/s}$
 B) $v = 0,73 \text{ m/s}$
 C) $v = 0,82 \text{ m/s}$
 D) $v = 0,91 \text{ m/s}$
 E) $v = 1,00 \text{ m/s}$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) \cdot V$$

$$\Rightarrow V = v_1 \cdot \frac{m_1}{m_1 + m_2} = 1,07 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{6 \text{ kg}}{10 \text{ kg}} = 0,642 \text{ m/s} \approx 0,64 \text{ m/s}$$

- 18) **Test 07 - Schweredruck:** Eine mit Raumlufte gefüllte und verschlossene Konservendose mit einer Oberfläche von $A = 50 \text{ cm}^2 = 50 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ wird von einem Tiefsee-Taucher in eine Wassertiefe von 1602 m unter der Meeresoberfläche gebracht. Welche Kraft F lastet bedingt durch den Schweredruck des Wassers auf der Dose? (Rechnen Sie mit einer Wasserdichte von $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$ und einer Erdbeschleunigung von $g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

- A) $F = 8,1 \text{ N}$
 B) $F = 81 \text{ N}$
 C) $F = 810 \text{ N}$
 D) $F = 8100 \text{ N}$
 E) $F = 81000 \text{ N}$

$$p_s = \rho \cdot g \cdot h ; F = \Delta p \cdot A = 16008510,5 \text{ Pa} \cdot 50 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$= 1025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1602 \text{ m} \cdot 50 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 80042,55 \text{ N}$$

$$= 16'108'510,5 \text{ Pa} \approx \underline{\underline{81000 \text{ N}}}$$

$\Delta p = p_s - p_{\text{atm}} = 16'008'510,5 \text{ Pa}$
 (Luftdruck in Dose)

- 19) **Test 08 - Auftrieb:** Berechnen Sie die Auftriebskraft F_A eines Körpers mit Volumen $V = 485 \text{ cm}^3 = 485 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$, der sich komplett unter Wasser (Dichte $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$) befindet. (Erdbeschleunigung $g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

- A) $F = 4,9 \text{ N}$
 B) $F = 49 \text{ N}$
 C) $F = 490 \text{ N}$
 D) $F = 4900 \text{ N}$
 E) $F = 49000 \text{ N}$

$$F_A = \rho_{\text{fl}} g V_k = 1025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 485 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$= 4,9 \text{ N}$$

- 20) **Test 09 - Kontinuitätsgleichung:** Durch ein Rohrstück 1) mit einer Querschnittsfläche von $A_1 = 19.7 \text{ cm}^2$ fließt eine Flüssigkeit mit einer (mittleren) Geschwindigkeit von $v_1 = 2.6 \text{ m/s}$. Wie groß ist die mittlere Geschwindigkeit v_2 im Rohrstück 2) mit der Querschnittsfläche von $A_2 = 7.2 \text{ cm}^2$?

- A) $v_2 = 0,95 \text{ m/s}$
 B) $v_2 = 6,1 \text{ m/s}$
 C) $v_2 = 7,1 \text{ m/s}$
 D) $v_2 = 8,1 \text{ m/s}$
 E) $v_2 = 9,1 \text{ m/s}$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$v_2 = v_1 \cdot \frac{A_1}{A_2} = 2,6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{19,7 \text{ cm}^2}{7,2 \text{ cm}^2} = 7,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Max Musterlöser

- 21) **Test 10 - Strömung im Zylinder:** Wasser mit einer Viskosität von $\eta = 1.01 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ strömt durch ein Rohr mit einem Radius von $R = 5 \text{ mm}$ und Länge $l = 20 \text{ m}$. Der Druckunterschied zwischen den beiden Rohrseiten beträgt $\Delta p = 0.02 \text{ bar}$. Wie groß ist die Geschwindigkeit v der Flüssigkeit in der Rohrmitte?

Hinweis: $1 \text{ bar} = 100'000 \text{ Pa}$.

A) $v = 52 \text{ cm/s}$

☒ B) $v = 62 \text{ cm/s}$

C) $v = 72 \text{ cm/s}$

D) $v = 82 \text{ cm/s}$

E) $v = 92 \text{ cm/s}$

$$V(r) = \frac{\Delta p}{4\eta l} (R^2 - r^2)$$

$$\rightarrow V(r=0) = \frac{\Delta p}{4\eta l} R^2 = \frac{902 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot (5 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2}{4 \cdot 1.01 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s} \cdot 20 \text{ m}}$$

$$= 0.62 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 62 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

- 22) **Test 11 - Dopplereffekt:** Ein ruhender Krankenwagen sendet eine Frequenz von $f = 410 \text{ Hz}$ aus. Die Schallgeschwindigkeit beträgt $c = 340 \text{ m/s}$. Welche Frequenz f' hört man als ruhender Beobachter, wenn der Krankenwagen mit einer Geschwindigkeit von $v = 24 \text{ m/s}$ auf einen zukommt?

A) $f' = 421 \text{ Hz}$

B) $f' = 431 \text{ Hz}$

☒ C) $f' = 441 \text{ Hz}$

D) $f' = 451 \text{ Hz}$

E) $f' = 461 \text{ Hz}$

$$f' = f \cdot \frac{1}{1 - \frac{v}{c}} = \frac{410 \text{ Hz}}{1 - \frac{24 \text{ m/s}}{340 \text{ m/s}}} = 441 \text{ Hz}$$

- 23) **Test 12 - spezifische Wärme:** Welche Wärmemenge ΔQ 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 $c = 4186 \text{ J}/(\text{K}\cdot\text{kg})$, 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) $\Delta Q = 222 \text{ MJ}$

$$\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

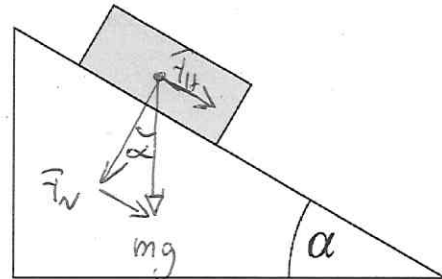
$$= 4186 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot 189 \text{ kg} \cdot 28 \text{ K}$$

$$= 22'152'312 \text{ J} \approx 22,2 \text{ MJ}$$

Max Musterlöser

Themengebiete (es ist immer nur 1 Antwort richtig):**Themengebiet 1: Quader auf der schiefen Ebene**

Ein Quader mit einer Masse m befindet sich auf einer schiefen, unter dem Winkel α geneigten Ebene.



- 24) Wie groß muss der Winkel α mindestens sein, damit der Quader zu gleiten beginnt?

Hinweis: Haftreibungskoeffizient $\mu_G = 0,5$.

A) $\alpha > 18,6^\circ$

B) $\alpha > 20,6^\circ$

C) $\alpha > 22,6^\circ$

D) $\alpha > 24,6^\circ$

☒ E) $\alpha > 26,6^\circ$

$$F_H \geq F_R \text{ mit } F_R = \mu_G \cdot F_N = \mu_G \cdot mg \cos \alpha$$

$$F_H = mg \cdot \sin \alpha$$

$$\Rightarrow mg \sin \alpha \geq \mu_G mg \cos \alpha$$

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \geq \mu_G ; \tan \alpha \geq \mu_G ; \alpha \geq \arctan(\mu_G) = 26,6^\circ$$

- 25) Wir wählen $\alpha = 30^\circ$. Der Quader startet aus der Ruhe. Wie groß ist die Geschwindigkeit v des Quaders nach einer Zeit von $t = 0,5 \text{ s}$?

Hinweise: Gleitreibungskoeffizient $\mu_G = 0,2$ und Erdbeschleunigung $g = 10 \text{ ms}^{-2}$.

☒ A) $v = 1,6 \text{ m/s}$

B) $v = 2,6 \text{ m/s}$

C) $v = 3,6 \text{ m/s}$

D) $v = 4,6 \text{ m/s}$

E) $v = 5,6 \text{ m/s}$

$$F_{\text{net}} = F_H - F_R = mg \sin \alpha - mg \mu_G \cos \alpha = mg (\sin \alpha - \mu_G \cos \alpha)$$

$$F_{\text{net}} = m a \rightarrow a = \frac{F_{\text{net}}}{m} = g (\sin \alpha - \mu_G \cos \alpha)$$

$$v = a \cdot t = g (\sin \alpha - \mu_G \cos \alpha) \cdot t = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (\sin(30^\circ) - 0,2 \cdot \cos(30^\circ)) \cdot 0,5$$

$$= 1,6 \text{ m/s}$$

- 26) Wieviel Prozent der (ursprünglich) potenziellen Energie des Quaders wird während des nach unten Gleitens in Reibungsenergie umgewandelt? Berechnen Sie dazu das Verhältnis aus kinetischer Energie und ursprünglich potenzieller Energie. Der Rest wird in Reibungsenergie umgewandelt.

Hinweis: Der Anteil ist unabhängig davon, wie lange bzw. wie weit der Quader gleitet.

A) 25 %

☒ B) 35 %

C) 45 %

D) 55 %

E) 65 %

$$E_{\text{pot}} = mgh = mg \cdot s \cdot \sin \alpha$$

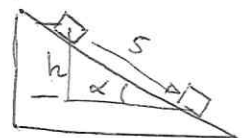
$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m g^2 (\sin \alpha - \mu_G \cos \alpha)^2 t^2$$

$$s = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} g (\sin \alpha - \mu_G \cos \alpha) t^2$$

$$\frac{E_{\text{kin}}}{E_{\text{pot}}} = \frac{\frac{1}{2} m g^2 (\sin \alpha - \mu_G \cos \alpha)^2 t^2}{mg \cdot \frac{1}{2} g (\sin \alpha - \mu_G \cos \alpha) t^2 \cdot \sin \alpha} = \frac{\sin \alpha - \mu_G \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$= \frac{\sin 30^\circ - 0,2 \cdot \cos 30^\circ}{\sin 30^\circ} = 0,65 \hat{=} 65\%$$

$$\Rightarrow \frac{E_R}{E_{\text{pot}}} = 100\% - 65\% = 35\%$$



Max Musterläser

Themengebiet 2: Fallender Regentropfen

Wir betrachten einen Regentropfen, der aus einer Wolke zu Boden fällt, und wollen die Fallgeschwindigkeit des Tropfens berechnen.

- 27) Wir betrachten die Luft zunächst als viskoses Medium, und modellieren den Tropfen als eine kleine Kugel mit einem Radius $R = 5 \text{ mm}$ und einer Masse $m = 0,5 \text{ g}$ (wir vernachlässigen zunächst die Tropfenform). Wie groß ist die konstante Sinkgeschwindigkeit v des Tropfens?

Hinweise: Viskosität von Luft $\eta = 17,1 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{s}$, Erdbeschleunigung $g = 10 \text{ m/s}^2$

- A) $v = 310 \text{ m/s}$
 B) $v = 3102 \text{ m/s}$
 C) $v = 31024 \text{ m/s}$
 D) $v = 310246 \text{ m/s}$
 E) $v = 3102461 \text{ m/s}$

~~HA Rg Rk Rf~~ Auftrieb in Luft ist vernachlässigbar:

$$\overline{F}_G = F_R \Rightarrow m \cdot g = 6\pi \eta R \cdot v$$
$$v = \frac{m g}{6\pi \eta R} = \frac{0,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2}{6\pi \cdot 171 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}\cdot\text{s} \cdot 5 \cdot 10^{-8} \text{ m}} = 3102 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- 28) Wie groß wäre die Reynoldszahl Re bei dem in Aufgabe 27) angenommenen viskosen Fall des Regentropfens?

Hinweis: Charakteristische Länge = Durchmesser des Regentropfens. Luftdichte $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$

- A) $Re = 217$
B) $Re = 2176$
C) $Re = 21768$
D) $Re = 217684$
E) $Re = 2176842$

$$R_c = \frac{\rho \cdot dv}{\eta} = \frac{1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 3102 \text{ m/s}}{17,1 \cdot 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{s}}$$

$$= 2176842$$

- 29) Wie groß ist die Sinkgeschwindigkeit v des Tropfens unter Annahme von turbulenter Reibung?

Hinweise: Tropfenquerschnittfläche $A = \pi R^2$ und c_W Wert $c_W = 0,02$.

- A) $v = 73 \text{ m/s}$
 B) $v = 83 \text{ m/s}$
 C) $v = 93 \text{ m/s}$
 D) $v = 103 \text{ m/s}$
 E) $v = 113 \text{ m/s}$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2}{1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,02 \cdot \pi (5 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2}} = 728 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 73 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Max Musterlöser

Themengebiet 3: Doppler-Sonographie

Mit Hilfe der Doppler-Ultraschall Diagnostik kann in der Medizin u.a. die Strömungsgeschwindigkeit von Blut gemessen werden. Hierbei sendet das Gerät eine Ultraschallwelle aus, die im Körper reflektiert wird und dann vom Gerät wieder empfangen wird.

- 30) Ein typisches Doppler-Ultraschallgerät verwendet eine Frequenz von $f = 2 \text{ MHz}$. Wie groß ist die Wellenlänge λ der Schallwelle?

Hinweis: Die Schallgeschwindigkeit im Körper (Wasser / Fett) beträgt $c_s = 1500 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

A) $\lambda = 8 \mu\text{m}$

B) $\lambda = 80 \mu\text{m}$

☒ C) $\lambda = 800 \mu\text{m}$

D) $\lambda = 8 \text{ mm}$

E) $\lambda = 8 \text{ cm}$

$$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f \rightarrow \lambda = \frac{c}{f} = \frac{1500 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \cdot 10^6 / \text{s}} = 0,000750 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 750 \mu\text{m} \approx 800 \mu\text{m}$$

- 31) Ein typisches Gerät erzeugt im Körper eine Druckamplitude von $p_0 = 2 \times 10^4 \text{ Pa}$. Wie groß ist die Schallintensität I ?

Hinweis: Körpergewebe hat eine Dichte von $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

A) $I = 83 \text{ W/m}^2$

B) $I = 93 \text{ W/m}^2$

C) $I = 103 \text{ W/m}^2$

D) $I = 123 \text{ W/m}^2$

☒ E) $I = 133 \text{ W/m}^2$

$$I = \frac{1}{2} \cdot \frac{p_0^2}{\rho \cdot c_s} = \frac{1}{2} \cdot \frac{4 \cdot 10^8 \text{ Pa}^2}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1500 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 133 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

- 32) Wie groß ist die vom Gerät gemessene Frequenzverschiebung $\Delta f = f' - f$ der an einer Blutströmung reflektierten Schallwelle, wenn sich das Blut mit einer Geschwindigkeit von 2 cm/s auf die Schallwelle zubewegt. Die ursprüngliche Frequenz beträgt wie oben $f = 2 \text{ MHz}$, das Gerät misst die Frequenz f' .

Hinweis: Das Blut wirkt zunächst als bewegter Empfänger der einlaufenden Welle, und dann als bewegter Sender der zurück gestreuten Welle.

☒ A) $\Delta f = 53 \text{ Hz}$

B) $\Delta f = 73 \text{ Hz}$

C) $\Delta f = 93 \text{ Hz}$

D) $\Delta f = 113 \text{ Hz}$

E) $\Delta f = 133 \text{ Hz}$

$$\Delta f = f' - f = f \cdot \frac{1 + v_E/c}{1 - v_Q/c} - f = f \left(\frac{1 + v_E/c}{1 - v_Q/c} - 1 \right)$$

$$= 2 \cdot 10^6 \text{ Hz} \left(\frac{1 + \frac{0,02 \text{ m/s}}{1500 \text{ m/s}}}{1 - \frac{0,02 \text{ m/s}}{1500 \text{ m/s}}} - 1 \right) = 53,34 \text{ Hz} \approx 53 \text{ Hz}$$

Max Musterlöser

Themengebiet 4: Elastomechanik

- 33) Um welchen Betrag Δd wird der Durchmesser $d = 3 \text{ cm}$ eines Stahlzylinders dünner, wenn man an beiden Rohrenden mit einer Kraft von 1 MN zieht?

Hinweis: Die Poissonzahl beträgt $\mu = 0,3$, der Elastizitätsmodul $E = 210 \text{ GPa}$

$$A = \pi r^2 = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

A) $\Delta d = 101 \mu\text{m}$

B) $\Delta d = 91 \mu\text{m}$

C) $\Delta d = 81 \mu\text{m}$

D) $\Delta d = 71 \mu\text{m}$

☒ E) $\Delta d = 61 \mu\text{m}$

$$\frac{\Delta d}{d} = -\mu \frac{\Delta L}{L} = -\mu \frac{F}{E \cdot A} \quad ; \quad |\Delta d| = \frac{\mu \cdot F \cdot d}{E \cdot A}$$

$$|\Delta d| = 0,3 \cdot \frac{10^6 \text{ N} \cdot 0,03 \text{ m}}{210 \cdot 10^9 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,015 \text{ m})^2} = 0,0000606 \text{ m} \approx 61 \mu\text{m}$$

- 34) Kohlenstoff-Nanoröhrchen besitzen mit $\sigma_{\max} = 63000 \text{ MPa}$ eine der größten Zugfestigkeiten überhaupt. Welche Masse könnte man mit einem Kohlenstoff-Nanoröhrchen mit einem Radius von $r = 50 \text{ nm}$ theoretisch gerade noch anheben, bevor das Röhrchen zerreißt?

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

A) $m = 0,005 \text{ g}$

☒ B) $m = 0,05 \text{ g}$

C) $m = 0,5 \text{ g}$

D) $m = 5 \text{ g}$

E) $m = 50 \text{ g}$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{m \cdot g}{\pi r^2} = \sigma_{\max}$$

$$m = \frac{\pi r^2 \sigma_{\max}}{g} = \frac{\pi \cdot (50 \cdot 10^{-9} \text{ m})^2 \cdot 63000 \cdot 10^6 \text{ Pa}}{10 \text{ m/s}^2}$$

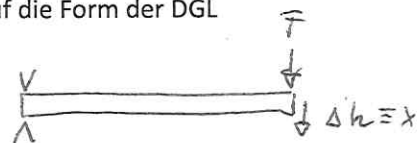
$$= 0,000049 \text{ kg} = 0,049 \text{ g} \approx 0,05 \text{ g}$$

- 35) Ein rechteckiges Holzbrett der Länge $l = 2 \text{ m}$, Dicke $a = 3 \text{ cm}$ und Breite $b = 40 \text{ cm}$ und Masse $m = 12 \text{ kg}$ wird einseitig eingespannt und am Ende mit der Kraft F belastet. Nach dem Hookeschen Gesetz ist die Durchbiegung Δh des Brettes proportional zur Kraft F .

Wir betrachten nun Schwingungen des Brett, die auftreten, wenn man das Brett kurzzeitig belastet (Sprungbrett). Bringen Sie dazu die Bewegungsgleichung $m\ddot{x} = F$ auf die Form der DGL der harmonischen Schwingung.

Wie groß ist die Schwingungsfrequenz ω des Brettes?

Hinweis: Der Elastizitätsmodul von Holz beträgt $E = 10 \text{ GPa}$.



A) $\omega = 4,8 \text{ s}^{-1}$

B) $\omega = 7,8 \text{ s}^{-1}$

C) $\omega = 10,8 \text{ s}^{-1}$

D) $\omega = 13,8 \text{ s}^{-1}$

☒ E) $\omega = 16,8 \text{ s}^{-1}$

$$x = \frac{1}{E} \cdot \frac{4l^3}{b} F \Rightarrow \text{Rückstellkraft } F = - \frac{a^3 b E}{4l^3} x$$

$$\bar{F} = m a = m \ddot{x}$$

$$\Rightarrow \ddot{x} = \frac{\bar{F}}{m} = - \frac{a^3 b E}{4l^3 m} \cdot x \quad \text{vgl. harmon. Schw.}$$

$$\ddot{x} = -\omega^2 x$$

$$\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{a^3 b E}{4l^3 m}} = \sqrt{\frac{0,03^3 \text{ m}^3 \cdot 0,4 \text{ m} \cdot 10 \cdot 10^9 \text{ Pa}}{4 \cdot 2^3 \text{ m}^3 \cdot 12 \text{ kg}}} = 16,8 \text{ Hz}$$