

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

- a) Elektrische Spannung (V)
- b) Länge (m)
- 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) Zwei mal Ableiten
- e) Gar, nicht

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 10 kleiner wird?

- A)
- B)
- C)
- D)
- E) Es bringt nichts, öfters zu messen, denn die Standardabweichung hängt nicht von der Anzahl der Messungen ab.

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.

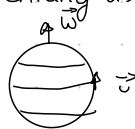
- A)
- B)
- C)
- D) ① $F > F_G$; ② $F = F_G$; ③ $F < F_G$

Trägheitskraft!
 $\vec{F}_T = -m\vec{a}$
 $\Rightarrow F_{\text{tot}} = m\vec{g} - m\vec{a}$

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

A) Corioliskraft ist gleich null

- B)
- C)
- D)
- E)



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

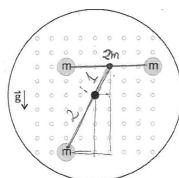
Da $\vec{v} \parallel \vec{\omega}$ ist $\vec{F}_C = 0$

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

- A)
- B)
- C) ein ungedämpftes Fadenpendel
- D)
- E)

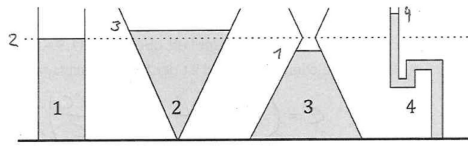
7) Eine um ihren Mittelpunkt drehbare Scheibe sei an der Wand montiert, siehe Skizze. Welche Situation liegt vor?

- A)
- B)
- C) Indifferentes Gleichgewicht
- D)
- E)



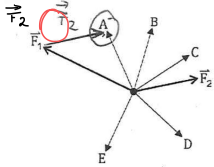
8) Ordnen Sie die vier mit Wasser gefüllten, skizzierten Gefäße nach ihrem Schweredruck am Boden der Gefäße von klein zu groß.

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



$$p_s = \rho \cdot g \cdot h$$

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



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

- A)
B) Es gibt eine kürzeste erlaubte Wellenlänge.
C)
D)
E)

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

- A)
B)
C)
D) Wird am System Arbeit geleistet, so steigt die innere Energie des Systems an.
E)

12) Test 01 - Geschwindigkeit (Blitz und Donner): Zwischen dem sichtbaren Erscheinen eines Blitzes und dem hörbaren Donner liegt eine Zeitdauer von $t = 10,7 \text{ s}$. Die Schallgeschwindigkeit in Luft berechnet sich aus der Temperatur der Luft über $c = (331,5 + 0,6 \cdot T/^\circ\text{C}) \text{ m/s}$. Die Temperatur beträgt $T = 10^\circ\text{C}$. In welchem Abstand d ist der Blitz eingeschlagen?

- A) $c = (331,5 + 0,6 \cdot \frac{10^\circ\text{C}}{^\circ\text{C}}) \text{ m/s} = 337,5 \text{ m/s}$
B) $d = 3611 \text{ m}$ $c = \frac{d}{t} \rightarrow d = c \cdot t = 337,5 \text{ m/s} \cdot 10,7 \text{ s} = 3611,25 \text{ m}$
C)
D)
E)

13) Test 02 - Fehlerfortpflanzung: Es werden bei einem Experiment die beiden Seitenlängen eines Rechtecks $x_1 = (10 \pm 0,9) \text{ cm}$ und $x_2 = (20 \pm 0,7) \text{ cm}$ gemessen.

Berechnen Sie den absoluten Fehler ΔB der Fläche des Rechtecks $B = x_1 \cdot x_2$.

- A)
B) $\Delta B = \sqrt{(x_1 \cdot \Delta x_2)^2 + (x_2 \cdot \Delta x_1)^2}$
C) $= \sqrt{(10 \cdot 0,7)^2 + (20 \cdot 0,9)^2}$
D) $\Delta B = 19,31 \text{ cm}^2$ $= 19,31 \text{ cm}^2$
E)

- 14) Test 03 - Gravitationskraft: Auf einen Menschen mit einer Masse von $m = 80 \text{ kg}$ wirkt auf der Erde die Gravitationskraft $F_G = m \cdot g = 80 \cdot 10 = 800 \text{ N}$. Welche Gravitationskraft F'_G spürt der selbe 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) $F'_G = G \cdot \frac{m_p \cdot m}{r_p^2} = G \cdot \frac{0,49 m_E \cdot m}{0,36^2 r_E^2}$
 B) $= G \cdot \frac{m_E \cdot m}{r_E^2} \cdot \frac{0,49}{0,36^2} = 3024,69 \text{ N}$
 C) $= 800 \text{ N}$
 D)
 E) $F'_G = 3025 \text{ N}$

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

A) $P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$; $\Delta E = E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
 B) $10,8 \text{ s}$ $\Delta t = \frac{\frac{1}{2} m \cdot v^2}{P} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 1362 \text{ kg} \cdot 33,33^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{70 \cdot 10^3 \text{ W}} = 10,8 \text{ s}$
 C)
 D)
 E)

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

A)
 B) $M = l \cdot F$
 C) $F = \frac{M}{l} = \frac{142 \text{ Nm}}{0,25 \text{ m}} = 568 \text{ N}$
 D) $F = 568 \text{ N}$
 E)

- 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) $v = 0,64 \text{ m/s}$ $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$
 B) $\Rightarrow v = v_1 \cdot \frac{m_1}{m_1 + m_2} = 1,07 \text{ m/s} \cdot \frac{6 \text{ kg}}{10 \text{ kg}} = 0,642 \text{ m/s}$
 C)
 D)
 E)

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

A) $p_B = \rho \cdot g \cdot h$; $F = \Delta p \cdot A = 16008510,5 \text{ Pa} \cdot 50 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
 B) $= 1025 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 1602 \text{ m} = 80042,55 \text{ N}$
 C) $= 16108510,5 \text{ Pa}$
 D) $\Delta p = p_B - 1 \text{ bar} = 16008510,5 \text{ Pa}$
 E) $F = 81000 \text{ N}$

- 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. ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

A) $F = 4,9 \text{ N}$
 B) $F_A = \rho_{\text{FL}} g V_K = 1025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 485 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
 C) $= 4,9 \text{ N}$
 D)
 E)

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 v_1 im Rohrstück 2) mit der Querschnittsfläche von $A_2 = 7,2 \text{ cm}^2$?

A)

B)

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

D)

E)

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? $1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa}$

A)

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

B) $v = 62 \text{ cm/s}$

$$\rightarrow v(r=0) = \frac{\Delta p}{4\eta l} R^2 = \frac{0,02 \cdot 10^5 \cdot (5 \cdot 10^{-3})^2}{4 \cdot 1,01 \cdot 10^{-3} \cdot 20}$$

C)

D)

$$= 0,62 \text{ m/s} = 62 \text{ cm/s}$$

E)

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)

$$f' = f \cdot \frac{1}{1 - \frac{v_a}{c}} = \frac{410 \text{ Hz}}{1 - \frac{24}{340}} = 441 \text{ Hz}$$

B)

C) $f' = 441 \text{ Hz}$

D)

E)

23) Test 12 - spezifische Wärme: Welche Wärmemenge ΔQ braucht man, um 189 L Wasser (eine volle Badewanne) 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 $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

A)

B)

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

C)

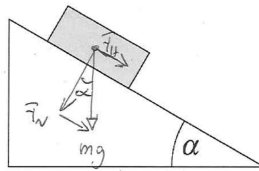
$$= 4186 \cdot 189 \cdot 28 = 221\,523\,12 \text{ J} = 22,2 \text{ MJ}$$

D) $\Delta Q = 22,2 \text{ MJ}$

E)

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?

Haftreibungskoeffizient $\mu_G = 0,15$

A) $F_H \geq F_R$ mit $F_R = \mu_G \cdot F_N = \mu_G \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha$

B) $F_H = m \cdot g \cdot \sin \alpha$

C) $\Rightarrow \sin \alpha \geq \mu_G \cdot \cos \alpha$

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

E) $\alpha > 26,6^\circ$

25) Wir wählen $\alpha = 30^\circ$. Der Quader startet aus der Ruhe. Wie groß ist die Geschwindigkeit v des Quaders nach einer Zeit von $t = 0,5s$? $\mu_G = 0,2$ $g = 10 m \cdot s^{-2}$

A) $v = 1,6 m/s$ $F_{tot} = F_H - F_R = m \cdot g \cdot \sin \alpha - m \cdot g \cdot \mu_G \cdot \cos \alpha = mg(\sin \alpha - \mu_G \cos \alpha)$

B) $F_{tot} = ma \rightarrow a = \frac{F_{tot}}{m} = g(\sin \alpha - \mu_G \cos \alpha)$

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

D) $= 1,6 m/s$

E)

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

A) $E_{pot} = mgh = mg \cdot s \cdot \sin(\alpha)$

B) 35% $E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m g^2 (\sin \alpha - \mu_G \cos \alpha)^2 t^2$

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

D) $\frac{E_R}{E_{pot}} = 100\% - 65\% = 35\%$

E)

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

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

Themengebiet 2: Fallender Regentropfen

Wir betrachten einen Regentropfen, der aus einer Wolke zu Boden fällt, und wollen die Fallgeschwindigkeit des Tropfen 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 die Tropfenform). Wie groß ist die konstante Sinkgeschwindigkeit v des Tropfens? Hinweis: Viskosität von Luft $\eta = 17,1 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{s}$, Erdbeschleunigung $g = 10 \text{ m/s}^2$.

A)

B) $v = 3102 \text{ m/s}$

$$F_G = F_R \Rightarrow m \cdot g = 6\pi \cdot \eta \cdot R \cdot v$$
$$v = \frac{m \cdot g}{6\pi \cdot \eta \cdot R} = \frac{0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{6\pi \cdot 17,1 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = 3102 \text{ m/s}$$

C)

D)

E)

28) Wie groß wäre die Reynoldszahl Re bei A27) angenommen viskosen Fall des Regentropfens? Hinweis: Charakteristische Länge = Durchmesser des Regentropfens, Luftdichte $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$

A)

B)

$$Re = \frac{\rho \cdot d \cdot v}{\eta} = \frac{1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 3102 \text{ m/s}}{17,1 \cdot 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{s}} = 2176842$$

C)

D)

E) $Re = 2176842$

29) Wie groß ist die Sinkgeschwindigkeit v des Tropfens unter Annahme von turbulenter Reibung? Hinweise: Tropfenquerschnittsfläche $A = \pi R^2$ und c_w Wert $c_w = 0,02$.

A) $v = 73 \text{ m/s}$

$$F_G = F_R$$

B)

$$m \cdot g = \frac{1}{2} \rho c_w A v^2 ; v = \sqrt{\frac{2mg}{\rho c_w \pi R^2}}$$

C)

D)

E)

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{1,2 \cdot 0,02 \cdot \pi \cdot (5 \cdot 10^{-3})^2}} = 72,8 \text{ m/s}$$

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 $c_s = 1500\text{ m/s}$

A) $c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f \rightarrow \lambda = \frac{c}{f} = \frac{1500\text{ m/s}}{2 \cdot 10^6\text{ Hz}} = 0,000750\text{ m}$

B) $= 750\text{ }\mu\text{m} = 800$

C) $\lambda = 800\text{ }\mu\text{m}$

D)

E)

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) $I = \frac{1}{2} \cdot \frac{p_0^2}{\rho \cdot c_s} = \frac{1}{2} \cdot \frac{(2 \cdot 10^{-4})^2}{1000 \cdot 1500}$

B)

C) $= 133\text{ W/m}^2$

D)

E) $I = 133\text{ W/m}^2$

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) $\Delta f = 53\text{ Hz}$ $\Delta f = f' - f = f \cdot \frac{1 + v_{e/c}}{1 - v_{e/c}} - f = f \left(\frac{1 + v_{e/c}}{1 - v_{e/c}} - 1 \right)$

B

$$= 2 \cdot 10^6\text{ Hz} \left(\frac{1 + \frac{0,02}{1500}}{1 - \frac{0,02}{1500}} - 1 \right) = 53,3\text{ Hz}$$

C

D)

E

Themengebiet 4: Elastomechanik

33) Um welchen Betrag Δd wird der Durchmesser $d = 3 \text{ cm}$ eines Stahlzylinders dünner, wenn man an beiden Enden mit einer Kraft

von 1 MN zieht? Hinweis: Die Poissonzahl beträgt $\mu = 0,3$, der Elastizitätsmodul $E = 210 \text{ GPa}$

A) $\frac{\Delta d}{d} = -\mu \frac{\Delta \epsilon}{\epsilon} = -\mu \frac{F}{E \cdot A}$; $|\Delta d| = \frac{\mu \cdot F \cdot d}{E \cdot A}$ $A = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$

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

C) $= 61 \mu\text{m}$

D)

E) $\Delta d = 61 \mu\text{m}$

34) Kohlenstoff-Nanoröhrchen besitzen mit $\sigma_{\text{max}} = 63000 \text{ MPa}$ 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?

$g = 10 \text{ m/s}^2$

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

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

B) $m = 0,05 \text{ g}$

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

C)

D)

E)

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 Bretts, 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? $E = 10 \text{ GPa}$

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

B)

$F_r = m \cdot a = m \cdot \ddot{x}$

C) $\Rightarrow \ddot{x} = \frac{F_r}{m} = -\frac{a^3bE}{4l^3 \cdot m} x$ vgl. harmon. Schw.

D)

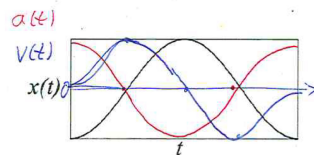
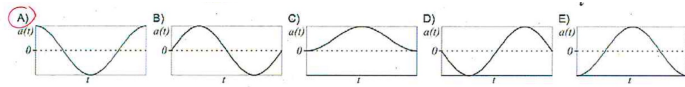
$\ddot{x} = -\omega^2 x$

E) $\omega = 16,8 \text{ s}^{-1}$

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

1) Gegeben ist die skizzierte Ortsfunktion $x(t)$:

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



2) Vier der folgenden fünf Einheiten beschreibt die gleiche physikalische Größe. Welche der fünf tut dies nicht?

A) $\text{Pa} = \text{N/m}^2 = \frac{\text{kg}}{\text{s}^2 \text{m}^2} = \frac{\text{kg}}{\text{m s}^2}$

B) $\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$

C) $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$

D) $\frac{\text{W}}{\text{m}^3 \cdot \text{s}}$

E) $\frac{\text{N}}{\text{m}^3} = \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2 \cdot \text{m}^3} = \frac{\text{kg}}{\text{m s}^2}$

3) Es werden zwei Größen x und y mit den Fehlern Δx & Δy gemessen. Wie groß ist der Fehler Δz der zusammengesetzten Größe $z = e^{x \cdot y}$?

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

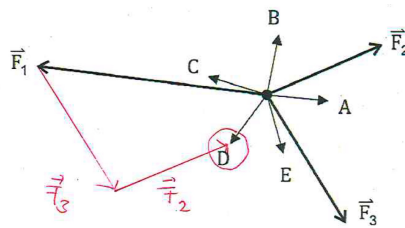
B)

C)

D)

E)

4) Auf einen ruhenden Massenpunkt m wirken die drei Kräfte $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ und $\vec{F}_3$ (Skizze). In welche Richtung (Abzisse) wird der Massenpunkt beschleunigt?



5) Zwei Sterne mit Massen M_1 und M_2 umkreisen sich in einem Abstand r voneinander. Hierbei ziehen sie sich mit der Gravitationskraft F an. Wie groß müsste der Abstand r' von zwei anderen Sternen mit Massen $M_1' = 2 \cdot M_1$ und $M_2' = 2 \cdot M_2$ sein, damit die Gravitationskraft F' gleich groß ist, also damit $F' = F$ gilt?

A) $F = G \cdot \frac{M_1 M_2}{r^2} = F' = G \cdot \frac{M_1' M_2'}{r'^2}$

B) $\rightarrow \frac{M_1 M_2}{r^2} = \frac{2 M_1 2 M_2}{r'^2} \rightarrow r' = \sqrt{4 r^2} = 2r$

C)

D) $r' = 2r$

E)

6) Sortieren Sie die skizzierten Kombinationen von Federn nach ihrer Gesamtfederkonstante von klein nach groß. Die Einzelfederkonstanten sind alle gleich.

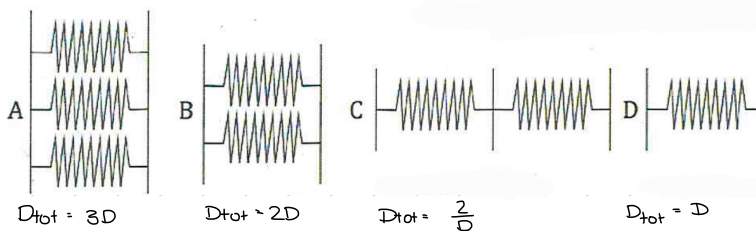
A)

B)

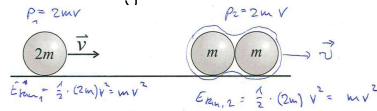
C)

D)

E) C - D - B - A



- 7) 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 elastisch. Was passiert?



- A) Die erste Kugel bleibt stehen, und die zweite und dritte Kugel bewegen sich mit v weiter.
 B)
 C)
 D)
 E) Verschiedene Massen m_i befinden sich in einem mit konstanter Winkelgeschwindigkeit ω drehenden Bezugssystem im jeweiligen Abstand r_i von einer Drehachse. Welche der Massen erfährt die größte Zentrifugalkraft?

A)
 B) $\vec{F}_Z = m \cdot \omega^2 \cdot r \propto m \cdot r \quad (\omega = \text{const})$

C) $m = 3\text{ kg}, r = 7\text{ cm}$

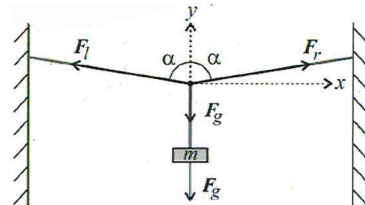
D)

E)

- 9) 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 wird mit x bezeichnet, das bedeutet $m = x \cdot M$. Bei welcher der folgenden Situationen erreicht die Rakete dadurch die größte Geschwindigkeit?

A)
 B) $x/(1-x) \cdot v$ Impulserhaltung $m \cdot v = (M-m) u$
 $u = \frac{m}{M-m} \cdot v = \frac{x M}{M-x M} v = \frac{x}{1-x} v$
 C)
 D)
 E) Anteil $x = 0,9$ mit Geschwindigkeit $v/8$ $\frac{0,9}{1-0,9} \cdot v/8 = 1,125 v$

- 10) Eine Masse m wird mittig an ein Trageil 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)
 B)
 C)
 D)
 E) $F_L = F_R = \infty$

- 11) Eine Feder wird mit einer Energie von $E_1 = 10\text{ J}$ um eine Strecke $s = 2\text{ cm}$ zusammengedrückt. Welche zusätzliche Energie ΔE ist nötig, um die Feder um weitere 2 cm , also insgesamt um 4 cm zusammenzudrücken?

A) $E_1 = E_{\text{Spann}} = \frac{1}{2} D s_1^2$ $s_1 = 2\text{ cm}, s_2 = 4\text{ cm}$
 B) $E_2 = \frac{1}{2} D s_2^2 \quad \Delta E = E_2 - E_1 = \frac{1}{2} D (s_2^2 - s_1^2)$ $D = \frac{2 E_1}{s_1^2} = \frac{20\text{ J}}{4\text{ cm}^2} = 5\text{ J/cm}^2$
 C) $\Delta E = 30\text{ J}$ $= \frac{1}{2} \cdot 5\text{ J/cm}^2 \cdot (16\text{ cm}^2 - 4\text{ cm}^2)$
 D) $= 2,5\text{ J/cm}^2 \cdot 12\text{ cm}^2 = 30\text{ J}$
 E)

- 12) Mehrere Zylinder mit verschiedenen Massen m , Radien r und Trägheitsmomenten J werden durch das gleiche Drehmoment M in Rotation versetzt. Welche der Objekte dreht sich am schnellsten (nach jeweils gleicher Dauer des Drehmoments)?

A) Objekt mit kleinster Masse m .
 B) Objekt mit kleinstem Radius r .
 C) Objekt mit kleinsten Trägheitsmoment J .
 D) Objekt mit kleinsten Verhältnis von m/r .
 E) Objekt mit kleinsten Verhältnis von J/r .

$$M = J \cdot \alpha; \quad \omega = \alpha \cdot t$$

$$\rightarrow \omega = \frac{M}{J} \cdot t \propto \frac{1}{J}$$

$M, t \text{ const.}$

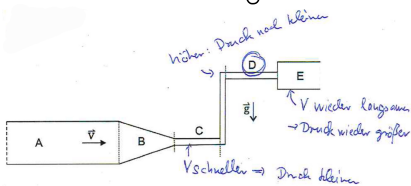
13) Ein mit Helium gefüllter, geschlossener Wetterballon mit flexibler Hülle besitzt an der Erdoberfläche ein Volumen von V . Wie groß ist das Volumen V' des Ballons, wenn der Ballon in eine Höhe $h = \frac{p_0}{\rho \cdot g} = 7750 \text{ m}$ über dem Erdboden gebracht wird?

- A) $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \rightarrow V_2 = V' = V_1 \cdot \frac{p_1}{p_2} = V_1 \cdot \frac{p_1}{p_1/e} = e \cdot V_1$
 $p_2 = p_1 \cdot e^{-h/h_0} = \frac{p_1}{e}$
 $h = h_0$
 B)
 C)
 D) $V' = e \cdot V$
 E)

14) Welcher der folgenden Würfel mit Kantenlänge a und Masse m schwimmt in Ethanol? Dichte von Ethanol: $\rho = 789 \text{ kg/m}^3$

- A) $m/a^3 \text{ [g/cm}^3\text{]} \rho = \frac{m}{a^3}$
 B) $a = 5 \text{ cm}, m = 95 \text{ g} \rightarrow 0,76 < 0,789$
 C)
 D)
 E)

15) Eine inkompressible Flüssigkeit strömt durch ein Rohrsystem. In welchem Teilabschnitt ist der Druck am kleinsten?

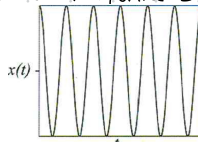


16) Eine inkompressible Flüssigkeit fließe mit Geschwindigkeit v_1 durch ein Rohr mit Radius R_1 . Wie groß ist die Geschwindigkeit v_2 der Flüssigkeit in einer Engstelle mit Radius $R_2 = 0,5 R_1$?

- A) $v_2 = 4 \cdot v_1$ $v_1 A_1 = v_2 A_2$; $v_1 \pi R_1^2 = v_2 \pi R_2^2$
 B) $v_2 = v_1 \cdot \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2 = v_1 \cdot \left(\frac{R_1}{0,5 R_1}\right)^2 = 4 \cdot v_1$
 C)
 D)
 E)

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

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



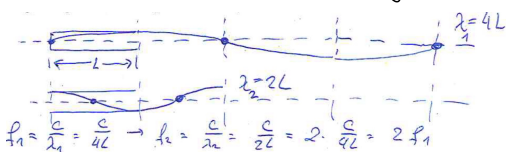
Welche der DGL können die skizzierte Funktion mit konstanter Schwingungsamplitude als Lösung besitzen.

- A)
 B) entweder: keine Dämpfung, kein Antrieb (DGL 1)
 C) oder: Dämpfung & Antrieb (DGL 3)
 D)
 E) DGL 1 und DGL 3

18) Ein Blasinstrument besteht aus einem Rohr, mit einem geschlossenen und einem offenen Ende. Darin wird die Grundschiwingung mit Frequenz f angeregt. Wie groß ist die Frequenz f' der Grundschiwingung, wenn man das geschlossene Ende öffnet?

offen: Bauch
zu: Können

- A) $f' = 2f$
 B)
 C)
 D)
 E)



19) 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°C erhitzt und auf eine Wachsplatte gelegt. Durch die Wärme schmilzt das Wachs und die Kugeln sinken ein. Sortieren von tief zu groß.

- A) Einsinktiefe $\propto$ Wärmekapazität der Kugel
 B) Blei, Alu, Messing $C = c \cdot m$
 C)
 D)
 E)

20) Bei einer (i) isothermen, (ii) isobaren und (iii) adiabatischen Zustandsänderungen sind folgende Größen konstant:

- A)
 B) (i) Temperatur; (ii) Druck; (iii) Wärmemenge
 C)
 D)
 E)

21) Steigt in einem idealen Gas die Temperatur von 300K auf 1200K an, so steigt die mittlere Geschwindigkeit der Gasteilchen von v zu

- A) $v \propto \sqrt{T} \rightarrow \sqrt{4 \cdot T_1} = 2 \sqrt{T_1} = 2v$
 B) $v' = 2 \cdot v$
 C)
 D)
 E)

22) Welche der folgenden Aussagen über Wärmekapazitäten im idealen Gas ist falsch? $C_V = \frac{f}{2} N k_B$

- A) C_V ist proportional zur Teilchenzahl im Gas
 B) C_V eines zweiatomigen Gases ist größer als C_V eines einatomigen Gases
 C) C_V eines Gases ist größer als C_P $C_P = C_V + N k_B > C_V$
 D)
 E)

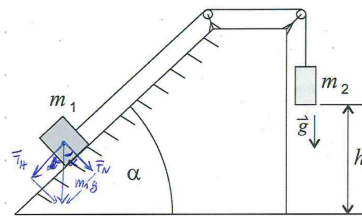
23) Bei der reversiblen (isothermen) Expansion eines Gases vom Volumen V_1 zu $V_2 = 2 \cdot V_1$ steigt die Entropie an um

- A)
 B)
 C) $\Delta S = 0,69 \cdot N k_B$ $\Delta S = N k_B \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) = N k_B \ln 2 \approx 0,69 N k_B$ $\frac{V_2}{V_1} = 2$
 D)
 E)

Themengebiet 1: Schiefe Ebene

Zwei Massen m_1 und m_2 sind über ein Seil (Masse unwichtig) verbunden.

Mass m_1 liegt auf einer schiefen Ebene mit Winkel α auf, und Masse m_2 hängt frei in der Höhe h über dem Boden.



- 24) Wir vernachlässigen in A24 & A25 zunächst die Reibung der Masse m_1 mit der schiefen Ebene. Wie groß muss die Masse m_2 mindestens, damit sie die Masse m_1 die schiefe Ebene nach oben zieht, und nicht umgekehrt nach oben gezogen wird?

A) $m_2 g > \underbrace{m_1 \cdot g \cdot \sin(\alpha)}_{F_H}$

B)

C) $m_2 > m_1 \cdot \sin(\alpha)$ $m_2 > m_1 \cdot \sin \alpha$

D)

E)

- 25) Wir nehmen nun folgende Werte an: $m_1 = 2 \text{ kg}$, $m_2 = 1,5 \text{ kg}$, $\alpha = 45^\circ$, $h = 30 \text{ cm}$, $g = 10 \text{ m/s}^2$. Berechnen Sie die Beschleunigung, die auf die beiden Massen wirkt. Wie lange dauert es, bis die Masse m_2 auf den Boden aufprallt?

A) Es dauert 1,56 s. $F_{\text{tot}} = m_2 g - m_1 g \sin(\alpha) = (m_1 + m_2) \cdot a$

B)

C)

D)

E)

$\Rightarrow a = \frac{m_2 g - m_1 g \sin(\alpha)}{m_1 + m_2}$ $h = \frac{1}{2} a t^2 \rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{a}} = \sqrt{\frac{2h(m_1 + m_2)}{g(m_2 - m_1 \sin(\alpha))}}$

- 26) Jetzt nehmen wir an, dass die auf der schiefen Ebene aufliegende Masse der Haftreibung mit der Ebene unterliegt. Wie groß muss nun die Masse m_2 mindestens sein, damit sie die Masse m_1 die schiefe Ebene hochziehen kann? Verwenden Sie die Werte aus A25 und einen Haftreibungskoeffizienten von $\mu = 0,5$.

A) $m_2 g > F_H + F_{Hr} = m_1 g \sin(\alpha) + m_2 g \cos(\alpha) \cdot \mu \quad | : g$

B)

$m_2 > m_1 (\sin(\alpha) + \mu \cdot \cos(\alpha)) = 2 \text{ kg} \cdot (\sin(45^\circ) + 0,5 \cdot \cos(45^\circ)) = 2,12 \text{ kg}$

C)

D) $m_2 > 2,12 \text{ kg}$

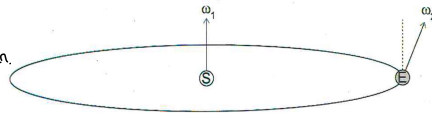
E)

Themengebiet 2: Drehungen der Erde

Die Erde vollführt mehrere Drehbewegungen.

Sie dreht sich z.B. mit einem Radius von

$R = 150 \cdot 10^6 \text{ km}$ und einer Umlaufzeit von 365 Tagen um die Sonne. Außerdem dreht sie sich pro 24h einmal um sich selbst. Wir betrachten die Erde als homogene Kugel mit einem Radius von $r = 6371 \text{ km}$ und einer Masse von $M = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.



27) Wie groß ist die Bahngeschwindigkeit v der Erde um die Sonne?

A)

B)

$$v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi R}{1 \text{ Jahr}} = \frac{2\pi \cdot 150 \cdot 10^6 \cdot 10^3 \text{ m}}{365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s}} = 29886 \text{ m/s} = 30 \text{ km/s}$$

C)

D) $v = 30 \text{ km/s}$

E)

28) Wie groß ist die Rotationsenergie $E_{\text{rot},1}$ der Erde bei der Rotation um die Sonne. Hierzu können Sie die Erde in guter Näherung als Punktmasse annehmen.

A)

$$E_{\text{rot},1} = \frac{1}{2} J \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot R^2 \cdot \frac{v^2}{R^2} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

B)

C)

D)

E) $E_{\text{rot},1} = 2,7 \cdot 10^{33} \text{ J}$

$$= \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot (29886 \text{ m/s})^2 = 2,7 \cdot 10^{33} \text{ J}$$

29) Wie groß ist die Rotationsenergie $E_{\text{rot},2}$ der Erde bei der Rotation um sich selbst?

Hinweis: Trägheitsmoment der Kugel $J = \frac{2}{5} m \cdot r^2$

A)

B)

C) $E_{\text{rot},2} = 2,6 \cdot 10^{29} \text{ J}$

D)

E)

$$E_{\text{rot},2} = \frac{1}{2} J \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{5} m \cdot r^2 \cdot \omega^2 = \frac{1}{5} \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot (6371 \cdot 10^3 \text{ m})^2 \cdot \left(\frac{2\pi}{24 \cdot 3600 \text{ s}} \right)^2 = 2,6 \cdot 10^{29} \text{ J}$$

Themengebiet 3: Strömende Gase und Flüssigkeiten

30) Die obere Seite der Plane eines LKW-Anhängers (schraffiert) habe eine Fläche von $A = 12 \text{ m}^2$. Welche Kraft F wirkt auf diese Fläche aufgrund des Bernoulli-Effekts, wenn der LKW mit $v = 40 \text{ m/s}$ Geschwindigkeit fährt?

Hinweis: Luftdichte $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$

A) $F = 11520 \text{ N}$

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

B)

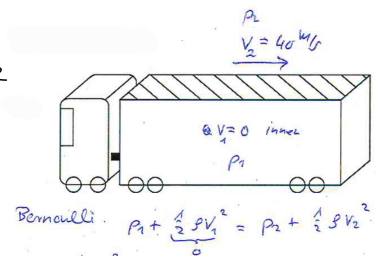
$$F = \Delta p \cdot A = \frac{1}{2} \rho v_2^2 \cdot A = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot (40 \text{ m/s})^2 \cdot 12 \text{ m}^2$$

C)

$$= 11520 \text{ N}$$

D)

E)



31) Gegeben sei ein mit Wasser gefüllter Bottich. Am unteren Ende (8m unter der Wasseroberfläche) befindet sich seitlich ein Loch mit einem Radius von $R = 1 \text{ cm}$. Mit welcher Geschwindigkeit v strömt das Wasser durch das Loch?

Hinweis: $g = 10 \text{ m/s}^2$

A)

$$\text{Gesetz von Torricelli: } v_2 = \sqrt{2gh}$$

B)

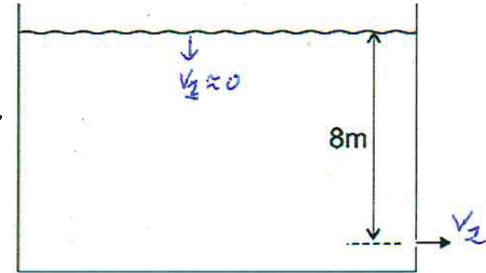
$$= 2 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 8 \text{ m}$$

C) $v = 12,65 \text{ m/s}$

$$= 12,65 \text{ m/s}$$

D)

E)



32) Gleiche Situation wie in A31. Nun ist gefragt, wie viel Liter Wasser pro Sekunde aus dem Loch strömen.

A)

B)

$$I = A \cdot v = \pi \cdot R^2 \cdot v$$

C)

$$= \pi \cdot (0,01 \text{ m})^2 \cdot 12,65 \text{ m/s} = 0,0040 \text{ m}^3/\text{s} = 4 \text{ L/s}$$

D) 4 Liter

E)

Themengebiet 4: Thermodynamik

33) Unmöbliertes, isoliertes Zimmer ist 5m lang, 6m breit und 2,5m hoch. Wie viel kostet es das Zimmer von 10°C auf 21°C zu heizen?

Wände müssen nicht geheizt werden.

Hinweise: Luftdichte $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ Wärmekapazität von Luft $c = 1005 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$; Kosten 12 ct/kWh, 1 kWh Energie bei der Leistung von 1 kW in Stunde

Umrechnung $1 \text{ J} = \frac{1}{3,6 \cdot 10^6} \text{ kWh}$

- A) 3,3 Cent $\Delta Q = c \cdot \Delta T = c \cdot m \cdot \Delta T = c \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta T$
 $= 1005 \text{ J/kg} \cdot \text{K} \cdot 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 2,5 \text{ m}^3 \cdot 11 \text{ K}$
 $= 994950 \text{ J} = 0,276 \text{ kWh}$
 Preis = 12 ct/kWh $\cdot 0,276 \text{ kWh} = 3,3 \text{ ct}$
 B)
 C)
 D)
 E)

34) Zimmer $T = 21^\circ \text{C}$; Fenster mit 1 m^2 Wärme raus; Außentemperatur 10°C ; Verglasung Fenster 5mm dick und Wärmeleitfähigkeit $\lambda_r = 1 \text{ W/m} \cdot \text{K}$. Welche Heizkosten hat man pro 24h um Temp auf 21°C konst. zu halten?

Hinweise: Kosten Heizenergie: 12 ct/kWh, 1 kWh ist Energie die bei Leistung 1 kW pro Stunde anfällt

- A) $p = I = \lambda \cdot \frac{A}{d} \cdot \Delta T = 1 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{0,005 \text{ m}} \cdot 11 \text{ K}$
 $= 2200 \text{ W}$
 B)
 C) $E = p \cdot t = 2200 \text{ W} \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s} = 190 \cdot 10^6 \text{ J} = 52,8 \text{ kWh}$
 D) $12 \text{ ct/kWh} \cdot 52,8 \text{ kWh} = 6,34 \text{ €}$
 E) 6,34 €

35) Carnot Wirkungsgrad η bestimmen (Außen 10°C ; Innen 21°C)

Hinweise: $0^\circ \text{C} = 273,15 \text{ K}$

- A) $\eta = 3,7\%$ $\eta = 1 - \frac{T_k}{T_H} = 1 - \frac{(10 + 273,15) \text{ K}}{(21 + 273,15) \text{ K}} = 0,037 = 3,7\%$

1) Welche der Einheiten ist keine SI-Einheit?

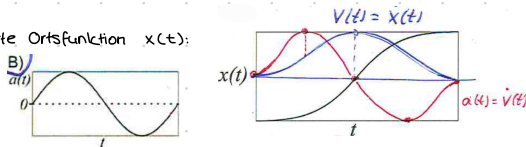
E) Joule $1\text{J} = 1\text{Nm} = 1 \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}^2}$

2) Wie groß ist die Unsicherheit $\Delta\mu$ des Mittelwerts μ der Messwerte $t_1=3,5\text{s}$, $t_2=2,8\text{s}$, $t_3=3,2\text{s}$, $t_4=3,6\text{s}$, $t_5=3,3\text{s}$

B) $\Delta\mu = 0,1\text{ms}$ $\mu = \frac{1}{5} (3,5 + 2,8 + 3,2 + 3,6 + 3,3)\text{s} = 3,28\text{s}$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{4} (3,5 - 3,28)^2 + (2,8 - 3,28)^2 + (3,2 - 3,28)^2 + (3,6 - 3,28)^2 + (3,3 - 3,28)^2} = 0,3\text{ms}$$

$$\Delta\mu = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = \frac{0,3\text{ms}}{\sqrt{5}} = 0,14$$

3) Gegeben ist die skizzierte Ortsfunktion $x(t)$:Wie sieht $a(t)$ aus?4) Es werden zwei Größen x und y mit den Fehlern Δx und Δy gemessen. Wie groß ist der relative Fehler $\frac{\Delta z}{z}$ der Größe $z = e^{xy}$?

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

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

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

5) Auf einer Masse $m = 0,5\text{kg}$ wirkt die Kraft $\vec{F}_1 = \begin{pmatrix} 3\text{N} \\ 4\text{N} \end{pmatrix}$ Wie groß ist die Beschleunigung a ?

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

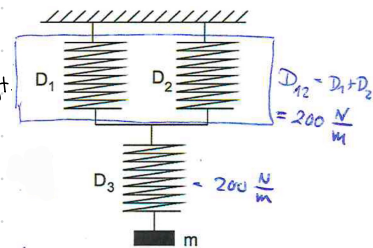
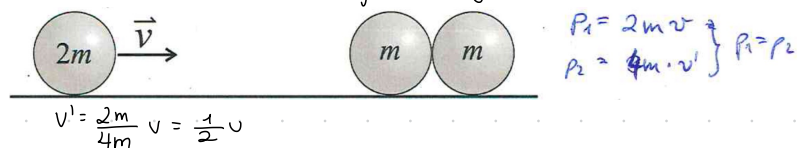
E) $a = 10\text{m/s}^2$ $|\vec{F}| = \sqrt{3^2 + 4^2}\text{N} = 5\text{N}$ $a = \frac{5}{0,5} = 10\text{m/s}^2$

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

B) $F' = \frac{1}{25} F$ $F = G \frac{M_E m}{r_E^2} \rightarrow F' = G \frac{4M_E m}{(10r_E)^2} = G \frac{4M_E m}{r_E^2} \cdot \frac{1}{100} = \frac{1}{25} F$

7) Drei Federn mit Federkonstanten von $D_1 = 100\text{N/m}$, $D_2 = 100\text{N/m}$, $D_3 = 200\text{N/m}$ werden aneinander gehängt. Um welche Strecke x wird die Anordnung gedehnt, wenn man $m = 1\text{kg}$ dran hängt?

D) $x = 10\text{cm}$ $D_{\text{tot}} = \frac{D_1 \cdot D_2 \cdot D_3}{D_1 + D_2 + D_3} = \frac{100 \cdot 100 \cdot 200}{100 + 100 + 200} = 100\text{N/m}$ $F = D \cdot x$ $x = \frac{F}{D} = \frac{m \cdot g}{D} = \frac{1 \cdot 10}{100} = \frac{1}{10} = 10\text{cm}$

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?C) Alle drei Kugeln bewegen sich mit $\frac{1}{2}v$ weiter.9) Verschiedene Massen m_j befinden sich in einem mit konstanter Winkelgeschwindigkeit ω drehenden Bezugssystem im jeweiligen Abstand r_j von einer Drehachse. Welche der Massen erfährt die kleinste Zentrifugalkraft?

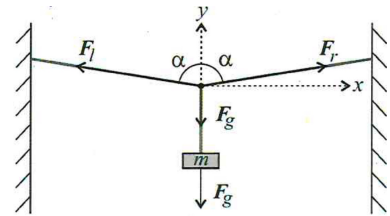
A) $m = 1\text{kg}$, $r = 10\text{cm}$ $F_z = m \cdot r \cdot \omega^2$ $\omega = \text{konst.}$

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 die größte Geschwindigkeit?

E) $x = 0,9$ Geschwindigkeit $v/5$ $\frac{x}{1-x} \cdot v = \frac{0,9}{1-0,9} \cdot v/5 = 1,8v$

- 11) Eine Masse m wird mittig an ein Trageil gehängt, welches zwischen zwei 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 $\alpha = 90^\circ$?

e) $F_L = F_R = \infty$



- 12) Eine Masse m wird von einer gespannten Feder senkrecht nach oben geschossen. Hierbei erreicht sich die Höhe h . Welche Höhen könnte die Masse theoretisch aufgrund von Energieerhaltung erreichen. Wenn Feder mit doppelter Kraft gespannt.

D) $h' = 4h$

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

$$\Rightarrow h = \frac{D x^2}{2mg} \quad \text{und mit } F = Dx \text{ bzw. } x = \frac{F}{D}$$

$$\Rightarrow h = \frac{D \cdot F^2 / D^2}{2mgD} = \frac{F^2}{2mgD} \rightarrow h' = \frac{(2F)^2}{2mgD} = 4 \cdot \frac{F^2}{2mgD} = 4 \cdot h$$

- 13) Ein starrer Körper mit Trägheitsmoment J rotierte mit einer Frequenz von $f = 7 \text{ Hz}$. Auf welchen Wert f' ändert sich die Frequenz, wenn das Trägheitsmoment verdreifacht wird? Drehimpulserhaltung gilt.

A) $f' = 2,33 \text{ Hz}$ $L = J \cdot \omega = J' \cdot \omega' \quad \omega = 2\pi f \quad J \cdot f = J' \cdot f'; \quad 3J \cdot f = 3J \cdot f' \quad f' = \frac{1}{3} f = \frac{7}{3} \text{ Hz} = 2,33 \text{ Hz}$

- 14) Ein mit Helium gefüllter, geschlossener Wetterballon mit flex. Hülle besitzt an der Erdoberfläche ein Volumen von V . Wie groß ist das Volumen V' des Ballons, wenn der Ballon eine Höhe von $h = \frac{p_0}{\rho \cdot g} \approx 7750 \text{ m}$ hat.

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

- 15) Wieviel Prozent eines in Ethanol schwimmenden Körpers mit Dichte $\rho_K = 0,62 \text{ g/cm}^3$ befinden sich oberhalb der Erdoberfläche? Die Dichte von Ethanol $\rho_E = 0,79 \text{ g/cm}^3$

A) 21,5% $V_0 = \left(1 - \frac{\rho_K}{\rho_E}\right) V_K = \left(1 - \frac{0,62}{0,79}\right) V_K = 0,215 V_K$

- 16) Eine inkompressible Flüssigkeit fließt 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 $R_2 = 0,25 \cdot R_1$?

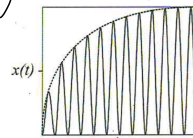
D) $v_2 = 16 \cdot v_1 \quad v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2 \quad v_1 \pi R_1^2 = v_2 \pi R_2^2 \rightarrow v_2 = v_1 \cdot \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2 \quad v_2 = v_1 \cdot \left(\frac{R_1}{0,25 R_1}\right)^2 = 16 v_1$

- 17) Die DGLs des harmonischen Oszillators mit/ohne Dämpfung bzw. mit/ohne ext. Antrieb lauten

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

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

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



Welche der DGL besitzen die rechts skizzierte Funktion mit asymp. ansteigender Schwingungsamplitude als Lösung

c) Nur DGL 3

- 18) Betrachten Sie die harmonische Welle der Formel: $\vec{S}(\vec{r}, t) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ S_0 \end{pmatrix} \cos(ky - \omega t)$.

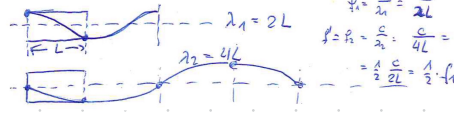
Welche Aussage über die Schwingrichtung S , die Ausbreitung A , und die Art der Welle ist korrekt?

Ausbreitung in y -Richtung
Schwingung in z

A) $S: z, A: y$, Transversalwelle

19) Ein Blasinstrument besteht aus einem Rohr, dessen beiden Enden offen sind. Darin wird die Grundschwingung mit Frequenz f angeregt. Wie groß ist f' der Grundschwingung im Rohr wenn an ein Ende verschlossen?

D) $f' = 0,5 f$



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°C erhitzt und auf eine Wachsplatte gelegt. Durch die Wärme schmilzt das Wachs und die Kugeln sinken ein. Sortieren von tiefte klein nach groß

B) Blei, Alu, Messing Einsinktiefe $\propto$ Wärmekapazität der Kugel $C = c \cdot m$

21) Bei einer (i) isobaren, (ii) isothermen und (iii) adiabatischen Zustandsänderung sind folgende Größen konstant:

c) (i) Druck, (ii) Temperatur, (iii) Wärmemenge

22) Senkt man in einem idealen Gas die Temp von 300K auf 3K , so sinkt die mittlere Geschwindigkeit der Gasleichen von v zu

D) $v' = 10^{-4} \cdot v$ $v \propto \sqrt{T_1} \rightarrow v' \propto \sqrt{T_2}$ $\frac{v'}{v} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = \sqrt{\frac{3}{300}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 10^{-6}}{3 \cdot 10^2}} = \sqrt{10^{-8}} = 10^{-4} \Rightarrow v' = 10^{-4} \cdot v$

23) Bei einer reversiblen (isothermen) Expansion eines Gases mit $N = 10^{23}$ Teilchen vom Volumen V_1 zu $V_2 = 10 V_1$ steigt die Entropie um $\Delta S = \dots \text{ a.u.}$ $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

D) $\Delta S = 3,2 \text{ J/K}$ $\Delta S = N k_B \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} = 10^{23} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot \ln \left(\frac{10 V_1}{V_1} \right) = 1,38 \cdot \ln(10) \text{ J/K} = 3,18 \text{ J/K}$

Themengebiet 1: Auf der Achterbahn

Ein Achterbahnwagen soll einen Looping durchlaufen.

- 24) Wie groß muss die Geschwindigkeit v des Wagens im oberen Umkehrpunkt des Loopings mit $D = 15\text{m}$ mindestens sein, so dass der Wagen durch die Zentrifugalkraft an den Schienen bleibt und nicht herunterfällt. $g = 10\text{ m/s}^2$

B) $v = 8,7\text{ m/s}$ $m v^2/r = m g \rightarrow v = \sqrt{r \cdot g} = \sqrt{15 \cdot 2 \cdot 10}$

- 25) Welche Geschwindigkeit v erreicht der Wagen im Umkehrpunkt des Loopings, wenn er aus einer Starthöhe von 36m aus der Ruhe reibungsfrei losrollt? $\Delta h = 21\text{m}$ $g = 10\text{ m/s}^2$

E) $v = 20,5\text{ m/s}$ $E_{\text{pot}} = E_{\text{kin}} \quad m \cdot g \cdot \Delta h = \frac{1}{2} m v^2 \quad v = \sqrt{2 g \Delta h} = \sqrt{2 \cdot 10\text{ m/s}^2 \cdot 21\text{m}} = 20,5\text{ m/s}$

- 26) Der Wagen wird durch eine Kugel mit Radius 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: $g = 10\text{ m/s}^2$, Trägheitsmoment einer Kugel $J = \frac{3}{5} m R^2$

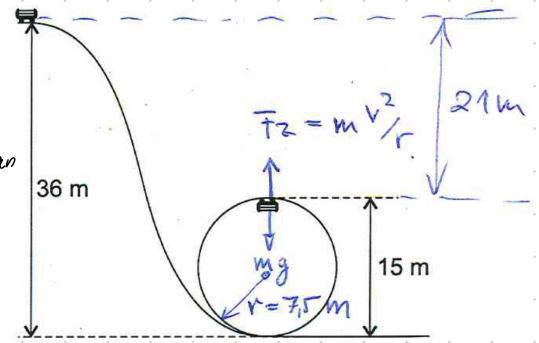
C) $v = 17,3\text{ m/s}$

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

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

$\frac{1}{2} \cdot \frac{3}{5} m R^2 \cdot \frac{v^2}{R^2}$ mit $\omega = \frac{v}{R}$

$m \cdot g \Delta h = \frac{1}{2} m \cdot v^2 + \frac{1}{5} m \cdot v^2 \quad \left. \vphantom{\frac{1}{2} m \cdot v^2} \right\} v = \sqrt{\frac{g \cdot \Delta h}{0,7}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 21}{0,7}} = 17,3$



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 λ ? $c_s = 340\text{ m/s}$

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

- 28) Lautstärke: 140 dB Wie groß ist die akustische Leistung P , wenn Schall mit Querschnittsfläche $A = 1\text{ cm}^2$ austritt?

Hörschwelle: $I_0 = 10^{-12}\text{ W/m}^2$

E) $P = 10\text{ mW}$ $I = I_0 \cdot 10^{4/10\text{ dB}} = 10^{-12}\text{ W/m}^2 \cdot 10^{\frac{140\text{ dB}}{10}} = 10^{-2}\text{ W/m}^2$ $P = I A = 10^{-2}\text{ W/m}^2 \cdot (10^{-2}\text{ m})^2 = 10^{-2} \cdot 10^{-4} = 10^{-2}\text{ W} = 10\text{ mW}$

- 29) Wie groß ist die „gemessene“ Frequenz f' der an einer Wand reflektierten und von der Fledermaus empfangenen Schallwelle, wenn sich die Fledermaus mit einer Geschwindigkeit von $v = 5\text{ m/s}$ auf eine Wand zubewegt. Die emittierte Ruhfrequenz beträgt wieder $f = 100\text{ kHz}$.

Bewegte Quelle & bewegter Empfänger. $c_s = 340\text{ m/s}$

B) $f' = 103\text{ kHz}$ $f' = f \cdot \frac{1 + v/c_s}{1 - v/c_s} = f \cdot \frac{1 + v/c_s}{1 - v/c_s} = 100\text{ kHz} \cdot \frac{1 + \frac{5}{340}}{1 - \frac{5}{340}} = 103\text{ kHz}$

Themengebiet 3: Elastische Verformungen

Eisendraht Länge $l = 100 \text{ cm}$ Querschnittsfläche $A = 0,1 \text{ cm}^2$

30) Um welche Temperatur ΔT muss man den Draht abkühlen, damit er um 1 mm kürzer wird? Dehnungskoeff. $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} / \text{K}$

c) $\Delta T = 83^\circ \text{C}$ $\Delta l = l \cdot \alpha \cdot \Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{\Delta l}{l \cdot \alpha}$

31) Mit welcher mechanischen Kraft F muss man den Draht der Länge $l = 100 \text{ cm}$ ziehen, damit er 1 mm länger wird. $E = 150 \text{ GPa}$

d) $F = 1500 \text{ N}$ $\Delta l = \frac{F}{E \cdot A} \cdot l \rightarrow F = \frac{\Delta l \cdot E \cdot A}{l} = \frac{10^{-3} \text{ m} \cdot 150 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2 \cdot 0,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}{1 \text{ m}} = 1500 \text{ N}$

32) Welche Masse kann man an den senkrecht aufgehängten Stahldraht gerade noch anhängen, bevor er zerreißt. $\sigma_{\text{max}} = 500 \text{ MPa}$ $g = 10 \text{ m/s}^2$

e) $m = 500 \text{ kg}$ $\sigma = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \sigma_{\text{max}} \quad m = \frac{\sigma_{\text{max}} \cdot A}{g} = 500 \text{ kg}$

Themengebiet 4: Thermodynamik

33) Welche Wärmemenge ΔQ braucht man, um 189 l Wasser von $T_1 = 10^\circ \text{C}$ auf $T_2 = 38^\circ \text{C}$ zu erwärmen? $C = 4186 \text{ J/(K} \cdot \text{kg)}$ $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

d) $\Delta Q = 22,2 \text{ MJ}$ $\Delta Q = C \cdot \Delta T = C \cdot m \cdot \Delta T = C \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta T = 4186 \cdot 1000 \cdot 189 \cdot \underbrace{10^{-3} \text{ m}^3}_{1 \text{ l}} \cdot 28 \text{ K} = 22152312 \text{ J} \approx 22 \text{ MJ}$

34) Wie groß ist die relative Änderung der Volumens $\frac{V_k}{V_H}$ beim 2. (adiabatischen) Prozessschritt von $T_H = 900 \text{ K}$ zu $T_K = 300 \text{ K}$ im Carnot-Kreisprozess?

Zweiatomiges Gas mit Isentropenexponent $\kappa = 1,4$.

e) $\frac{V_k}{V_H} = 15,6$ Adiabaten Gleichung $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\kappa-1} \rightarrow \frac{T_K}{T_H} = \left(\frac{V_H}{V_K}\right)^{\kappa-1} \quad | \quad ^{1/(\kappa-1)}$
 $\frac{V_H}{V_K} = \left(\frac{T_K}{T_H}\right)^{1/(\kappa-1)} \rightarrow \frac{V_K}{V_H} = \left(\frac{T_H}{T_K}\right)^{1/(\kappa-1)} = \left(\frac{900}{300}\right)^{1/1,4-1} = 15,6$

35) 4 Atome befinden sich in einer Box, die in vier gleiche Teile unterteilt wird. Wie groß ist der Entropieunterschied ΔS 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? $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

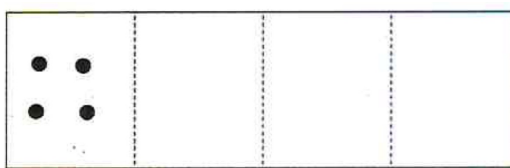
c) $\Delta S = 4,4 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

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

$\Delta S = k_B \ln(W_B) - k_B \underbrace{\ln(W_A)}_0$

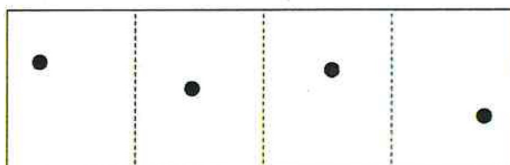
$= 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \cdot \ln(24)$

$= 4,4 \cdot 10^{-23}$



1 Mikrozustand
 $W_A = 1$

$\updownarrow \Delta S$



1) Gegeben $a(t) = \frac{x_0}{\tau^2} \cdot e^{-t/\tau}$. Was ist die Ortsfunktion?

A) $r(t) = x_0 \cdot e^{-t/\tau}$

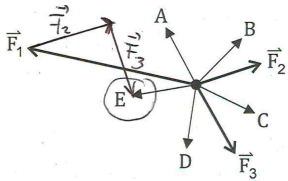
2) Einheit von Leistung P lautet?

A) $P = \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}^3}$ $P = W = \frac{J}{s} = \frac{Nm}{s} = \frac{\frac{\text{kgm}}{\text{s}^2} \cdot m}{s} = \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}^3}$

3) Beide Seilenlängen von einem Rechteck $x_1 = (5 \pm 0,9) \text{ cm}$ und $x_2 = (8 \pm 0,7) \text{ cm}$ werden gemessen. Berechne absoluten Fehler ΔB der Fläche. $B = x_1 \cdot x_2 = 200 \text{ cm}^2$

D) $\Delta B = 8 \text{ cm}^2$ $\Delta B = \sqrt{(x_1 \cdot \Delta x_2)^2 + (x_2 \cdot \Delta x_1)^2} = \sqrt{(5 \cdot 0,7)^2 + (8 \cdot 0,9)^2} = 8,0 \text{ cm}^2$

4) Auf einen ruhenden Massenpunkt m wirken die Kräfte $\vec{F}_1, \vec{F}_2$, und $\vec{F}_3$. In welche Richtung wird MP beschleunigt?

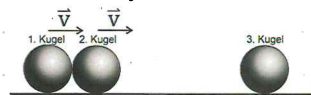


5) Ein Körper wird an der Erdoberfläche mit einer Gewichtskraft F angezogen. Welche Gewichtskraft F' hätte der Körper auf einem Planeten mit dem 5-fachen Erdradius und der 20-fachen Masse der Erde?

E) $F' = 0,8 F$ $F = G \frac{M_E m}{r_E^2} \rightarrow F' = G \frac{M_P m}{r_P^2} = G \frac{20 M_E m}{(5 r_E)^2} = G \frac{M_E m}{r_E^2} \cdot \frac{20}{25} = 0,8 F$

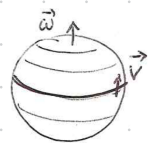
6) Zwei Kugeln prallen gleichzeitig mit Geschwindigkeit v auf eine dritte Kugel. Alle haben die gleiche Masse, alle Stöße sind vollkommen elastisch.

D) Erste Kugel bleibt stehen, 2. und 3. Kugel bewegen sich mit v weiter



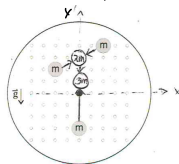
7) Bei welcher Bewegung auf der Erdoberfläche gibt es keine durch die Erdrotation verursachte Corioliskraft?

C) Bei der Überquerung des Äquators in Nord- und Südrichtung. $\vec{F}_C = 2m\vec{v} \times \vec{\omega} = 0$



8) Eine um ihren Mittelpunkt drehbare Scheibe ist an der Wand montiert. An den skizz. Plätzen hängen drei gleich große Massen m. Welche Situation liegt vor?

B) Stabiles Gleichgewicht



9) Mehrere Zylinder mit verschiedenen Massen m, Radien r und Trägheitsmomenten J werden durch das gleiche Drehmoment M in Rotation versetzt. Welches der Objekte dreht sich mit der größten Winkelgeschwindigkeit?

B) Das Objekt mit dem kleinsten Trägheitsmoment.

10) Ein Stab wird durch eine Kraft zusammengedrückt und verkürzt sich hierbei um 0,4%. Wie ändert sich die Breite? Poissonzahl 0,5

B) Breite vergrößert sich um 0,2%. $\frac{\Delta d}{d} = -\nu \frac{\Delta l}{l} = -0,5 \cdot 0,4\% = -0,2\%$

11) Berechnen Sie die Auftriebskraft F_A mit $V = 485 \text{ cm}^3 = 485 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$, komplett unter Wasser ($\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$) $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

A) $F = 4,9 \text{ N}$ $F_A = \rho_{\text{Fl}} \cdot V_k \cdot g$

12) Wieviel Prozent eines in Ethanol schwimmenden Körpers mit Dichte $\rho_k = 0,62 \text{ g/cm}^3$ befinden sich oberhalb der Erdoberfläche? Die Dichte von Ethanol $\rho_E = 0,79 \text{ g/cm}^3$

A) 21,5%. $V_0 = \left(1 - \frac{\rho_k}{\rho_E}\right) V_k = \left(1 - \frac{0,62}{0,79}\right) V_k = 0,215 V_k$

13) Nach der barometrischen Höhenformel ist der Luftdruck in einer Höhe $h = 8000\text{m}$ auf 36,8% des Wertes an der Erdoberfläche abgefallen. Auf wieviel % ist der Luftdruck bei

$h = 4000\text{m}$ abgefallen $e^{-h/h_0} = 0,368$ $e^{-h/h_0} = e^{-\frac{h/2}{h_0}} = (e^{-h/h_0})^{1/2} = (0,368)^{1/2} = \sqrt{0,368} = 0,607$

B) 60,7%

14) Eine inkompressible Flüssigkeit fließt 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 $R_2 = 0,25 \cdot R_1$?

E) $v_2 = 16 \cdot v_1$ $v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2$ $v_1 \pi R_1^2 = v_2 \pi R_2^2 \rightarrow v_2 = v_1 \cdot \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2$ $v_2 = v_1 \cdot \left(\frac{R_1}{0,25 R_1}\right)^2 = 16 v_1$

15) Durch ein Rohr mit Durchmesser d strömt eine Menge von 10 l/s. Wie viel Liter pro Sekunde strömen bei gleichem Druck durch ein zweites, gleich langes Rohr mit dem halben Durchmesser?

D) 0,625 l/s $I = \frac{\pi \cdot \Delta p}{8 \eta \cdot l} \cdot R^4 \rightarrow I' = \frac{\pi \cdot \Delta p}{8 \eta \cdot l} \cdot \left(\frac{R}{2}\right)^4 = \frac{1}{16} \cdot \frac{\pi \cdot \Delta p}{8 \eta \cdot l} \cdot R^4 = \frac{1}{16} I = \frac{1}{16} \cdot 10 \text{ l/s} = 0,625 \text{ l/s}$

16) Entlang eines Seils läuft eine harmonische Welle mit Wellenlänge $\lambda = 2,8\text{m}$ und Frequenz $f = 1,5\text{Hz}$.

Wie groß ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit c der Welle?

E) $c = 4,2\text{m/s}$ $c = \lambda \cdot f = 2,8 \cdot 1,5 = 4,2$

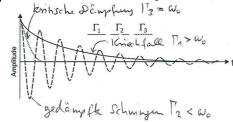
17) Eine an beiden Enden eingespannte Saite der Länge l wird zu einer Stehwellenschwingung angeregt. Was ist falsch?

C) In der Mitte der Saite hat die Stehwelle einen Bauch.

18) Die Skizze zeigt die Ortskurven eines gedämpften harmonischen Oszillators mit drei verschiedenen großen Werten für die Dämpfungskonstante $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3$.

Ordne von klein nach groß.

D) $\Gamma_2 < \Gamma_3 < \Gamma_1$



19) Wie groß ist die Wärmekapazität C_v von einem mol ($N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ Teilchen) eines 1-atomigen idealen Gases, z.B. Helium?

Hinweise: Wie groß ist die innere Energie eines 1-atomigen Gases? $\Delta U = C_v \cdot \Delta T$ $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

A) $C_v = 12,5 \text{ J/K}$ $C_v = \frac{3}{2} N k_B = \frac{3}{2} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} = 12,5$

20) Bei einer (i) isothermen, (ii) isochoren und (iii) adiabatischen Zustandsänderungen sind folgende Größen konstant:

C) (i) Temperatur, (ii) Volumen, (iii) Wärmemenge

21) Formel $p_2 = p_1 \cdot \frac{V_2}{V_1}$ benutzt man in der Thermodynamik idealer Gase

C) Nicht, denn sie ist falsch

22) In einer Gasflasche befindet sich Stickstoff mit Raumtemperatur ($T_1 = 293\text{K}$) und 200 bar Druck. Beim Ausströmen aus der Flasche auf Raumdruck 1 bar kühlt sich das Gas ab. Wie groß ist T_2 des ausgeströmten Gases? Ausströmen adiabatischen Prozess mit Isentropenexponent von $\kappa = 1,4$.

D) $T_2 = 64\text{K}$ $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}$ $\frac{1,4-1}{1,4} = \frac{1}{4}$
 $T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{1}{\kappa}} = 293\text{K} \cdot \left(\frac{1}{200}\right)^{\frac{1}{1,4}} = 64\text{K}$

23) Steigt in einem idealen Gas die Temperatur von 300 K auf 1200 K an, so steigt die mittlere Geschwindigkeit der Gasteilchen von v zu

B) $v' = 2 \cdot v$ $v \propto \sqrt{T} \rightarrow \sqrt{4 \cdot T_1} = 2 \sqrt{T_1} = 2v$

Themengebiet 1: Freier Fall und Aufprall

Ein Stein wird von einer 65m hohen Brücke fallengelassen. $g = 10 \text{ m/s}^2$

24) Mit welcher Geschwindigkeit v prallt der Stein am Boden auf?

A) $v = 36,1 \text{ m/s}$ $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 65} = 36,1 \text{ m/s}$

25) Wie lange dauert es bis der Stein aufprallt?

E) $3,6 \text{ s}$ $h = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

26) Mit welcher Geschwindigkeit v_0 müsste man einen zweiten Stein genau eine Sekunde nach dem Ablassen des ersten hinterher werfen, damit dieser den ersten beim Aufprall einholt?

B) $v_0 = 12 \text{ m/s}$ $h = v_0 t_2 + \frac{1}{2}gt_2^2 \rightarrow v_0 = \frac{h - \frac{1}{2}gt_2^2}{t_2} = \frac{h}{t_2} - \frac{1}{2}gt_2 = \frac{65 \text{ m}}{2,6 \text{ s}} - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 2,6 \text{ s} = 12 \text{ m/s}$

Themengebiet 2: Drehscheibe und Drehimpulserhaltung

Radius $R = 1 \text{ m}$; Trägheitsmoment $J = 250 \text{ kg m}^2$; Kind $m = 30 \text{ kg}$; Geschwindigkeit $v = 5,0 \text{ m/s}$

27) Wie groß ist der Drehimpuls L des Kindes vor dem Aufspringen?

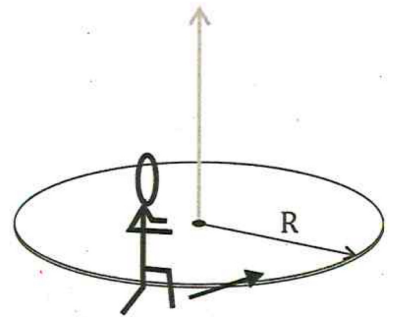
B) $L = 150 \text{ kg m}^2/\text{s}$ $L = m \cdot v \cdot R$

28) Wie groß ist das Trägheitsmoment der Scheibe inkl. Kind?

E) $J = 280 \text{ kg m}^2$ $J_{\text{tot}} = J + m \cdot R^2$

29) Mit welcher Winkelgeschwindigkeit dreht sich die Scheibe, nachdem das Kind gelandet ist?

D) $\omega = 0,54 \text{ s}^{-1}$ $L = J_{\text{tot}} \cdot \omega \Rightarrow \omega = L/J_{\text{tot}}$



Themengebiet 3: Fallender Regentropfen

Fallgeschwindigkeit des Tropfens berechnen.

30) Luft ist viskoses Medium; Tropfen = kleine Wasserkugel (Dichte $\rho_k = 1000 \text{ kg/m}^3$; $R = 5 \text{ mm}$; $m = 0,52 \text{ g}$) Wie groß ist die konstante Sinkgeschwindigkeit? Hinweise: Viskosität Luft $\eta = 17,1 \cdot 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{s}$; Luftdichte $\rho_l = 1,2 \text{ kg/m}^3$; $g = 10 \text{ m/s}^2$

B) $v = 3245 \text{ m/s}$ $F_g = F_R \rightarrow mg = 6\pi \eta R \cdot v$ $v = \frac{m \cdot g}{6\pi \eta R}$

31) Wie groß wäre die Reynoldszahl Re bei A30)

E) $Re = 2300000$ $Re = \frac{\rho_l v R}{\eta} = \frac{1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 3245}{17,1 \cdot 10^{-6}}$

32) Wie groß ist die Sinkgeschwindigkeit v unter der Annahme von turbulenter Reibung? Hinweise: Tropfenquerschnittsfläche $A = \pi R^2$; $c_w = 0,02$; $g = 10 \text{ m/s}^2$

A) $v = 74 \text{ m/s}$ $mg = \frac{1}{2} \rho c_w A v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2mg}{\rho c_w \pi R^2}}$

Themengebiet 4: Wärme im TK-Schrank

- 33) Quaderförmiger TK-Schrank; Innen -18°C , Außen 20°C ; Innenvolumen $30\text{cm} \times 20\text{cm} \times 60\text{cm}$. Wie viel Wärmeenergie W wird in den Tiefkühler eingebracht, wenn die kalte Luft beim Öffnen der Tür komplett durch warme Luft ersetzt wird? Hinweise: Luftdichte $\rho = 1,2\text{kg/m}^3$; Wärmekapazität $c = 1013\text{J/(kg}\cdot\text{K)}$

D) $W = 1,64\text{kJ}$ $W = \Delta Q = C \cdot \Delta T = c \cdot m \cdot \Delta T = c \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta T = 1 \cdot 10^3 \cdot 1,2 \cdot (0,3 \cdot 0,2 \cdot 0,6) \cdot 38\text{K} = 1,64\text{kJ}$

- 34) Der TK-Schrank ist nach allen Seiten mit 5cm dick Polyurethan isoliert. Das hat eine Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,02\text{W/(m}\cdot\text{K)}$. Welche Kühlleistung $\dot{P}$, muss der TK-Schrank leisten um den Temperaturunterschied aufrecht zu erhalten?

A) $\dot{P} = 11\text{W}$ $A = 2 \cdot (0,6 \cdot 0,3) + 2 \cdot (0,6 \cdot 0,2) + 2 \cdot (0,3 \cdot 0,2) = 0,72\text{m}^2$

$$\dot{P} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{\lambda \cdot A}{d} \cdot \Delta T = \frac{0,02 \cdot 0,72}{0,05} \cdot 38 = 11\text{W}$$

- 35) Die Kühlleistung sei $\dot{P}$. Welche elektrische Leistung P_{el} bräuhete der TK im Idealfall d.h. wenn er genauso effizient wie eine Carnotmaschine ist?

A) $P_{el} = 0,14\dot{P}$ Wirkungsgrad $\eta = \frac{P_{el}}{P_{out}} = 1 - \frac{T_K}{T_H} = 1 - \frac{255\text{K}}{293\text{K}} = 0,13$

$$P_{out} = \dot{P} + P_{el} \rightarrow \eta = \frac{P_{el}}{\dot{P} + P_{el}}; \eta \dot{P} + \eta P_{el} - P_{el} = 0$$

$$\eta \dot{P} + (\eta - 1) P_{el} = 0 \Rightarrow P_{el} = \frac{\eta}{1 - \eta} \dot{P} = \frac{0,13}{1 - 0,13} \dot{P} = 0,15\dot{P} \approx 0,14\dot{P}$$

- 1) Gegeben $r(t) = x_0 \cdot \ln\left(\frac{t}{\tau}\right)$. Was ist die Beschleunigungsfunktion?

A) $v(t) = \frac{x_0}{\tau^2}$

- 2) Einheit von Leistung P lautet?

A) $P = \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}^3}$ $P = W = \frac{J}{s} = \frac{Nm}{s} = \frac{\frac{\text{kgm}}{\text{s}^2} \cdot m}{s} = \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}^3}$

- 3) Bei einem Experiment durchfliegt ein Elektron innerhalb einer Zeit von $\Delta t = 1 \text{ ns} \cdot (1 \pm 1,1\%)$ eine Strecke von $\Delta s = 1 \text{ m} \cdot (1 \pm 1,8\%)$. Bei den angegebenen Fehlern ($1,1\%$ & $1,8\%$) handelt es sich um relative Fehler. Wie groß ist der relative Fehler Δv der aus den Messwerten berechneten Geschwindigkeit von $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = 1000 \text{ m/s}$?

C) $\Delta v = 2,1\%$ $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ ist $\frac{\Delta v}{v} = \sqrt{\left(\frac{\Delta s}{s}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{t}\right)^2} = \sqrt{(1,1\%)^2 + (1,8\%)^2} = 2,1\%$

- 4) Auf eine Masse $m = 0,2 \text{ kg}$ wirken die Kräfte $F_1 = 3 \text{ N}$ in x -Richtung und $F_2 = 5 \text{ N}$ in y -Richtung. Wie groß ist der Betrag der Beschleunigung $a = |\vec{a}|$ der Masse?

E) $a = 29 \text{ m/s}^2$ $F = m \cdot a$ $F = |\vec{F}| = \sqrt{(3 \text{ N})^2 + (5 \text{ N})^2} = \sqrt{34 \text{ N}} = \sqrt{5,83 \text{ N}}$ $a = \frac{F}{m} = \frac{5,83 \text{ N}}{0,2 \text{ kg}} = 29,15 \text{ m/s}^2$

- 5) Ein Körper wird an der Erdoberfläche mit einer Gewichtskraft F angezogen. Welche Gewichtskraft F' hätte der Körper auf einem Planeten mit dem 5-fachen Erdradius und der 20-fachen Masse der Erde?

C) $F' = 0,8 F$ $F = G \frac{M_E m}{r_E^2} \rightarrow F' = G \frac{M_P m}{r_P^2} = G \frac{20 M_E m}{(5 r_E)^2} = G \frac{M_E m}{r_E^2} \cdot \frac{20}{25} = 0,8 F$

- 6) Zwei Kugeln prallen gleichzeitig mit Geschwindigkeit v auf eine dritte Kugel. Alle haben die gleiche Masse, alle Stöße sind vollkommen elastisch.

D) Erste Kugel bleibt stehen, 2. und 3. Kugel bewegen sich mit v weiter

- 7) Bei welcher Bewegung auf der Erdoberfläche gibt es keine durch die Erdrotation verursachte Corioliskraft?

C) Bei der Überquerung des Äquators in Nord- und Südrichtung $\vec{F}_C = 2m\vec{v} \times \vec{\omega} = 0$

- 8) Eine um ihren Mittelpunkt drehbare Scheibe ist an der Wand montiert. An den skizz. Plätzen hängen drei gleich große Massen m . Welche Situation liegt vor?

B) Stabiles Gleichgewicht

- 9) Mehrere Zylinder mit verschiedenen Massen m , Radien r und Trägheitsmomenten J werden durch das gleiche Drehmoment M in Rotation versetzt. Welches der Objekte dreht sich mit der größten Winkelgeschwindigkeit?

B) Das Objekt mit dem kleinsten Trägheitsmoment.

- 10) Ein Stab wird durch eine Kraft zusammengedrückt und verkürzt sich hierbei um $0,4\%$. Wie ändert sich die Breite? Poissonzahl σ_s

B) Breite vergrößert sich um $0,2\%$ $\frac{\Delta d}{d} = -\nu \frac{\Delta L}{L} = -0,5 \cdot 0,4\% = -0,2\%$

- 11) Berechnen Sie die Auftriebskraft F_A mit $V = 485 \text{ cm}^3 = 485 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$, komplett unter Wasser ($\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$) $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

A) $F = 4,9 \text{ N}$ $F_A = \rho_{\text{Fl}} \cdot V_k \cdot g$

- 12) Wieviel Prozent eines in Ethanol schwimmenden Körpers mit Dichte $\rho_k = 0,62 \text{ g/cm}^3$ befinden sich oberhalb der Erdoberfläche? Die Dichte von Ethanol $\rho_E = 0,79 \text{ g/cm}^3$

A) $21,5\%$ $V_0 = \left(1 - \frac{\rho_k}{\rho_E}\right) V_k = \left(1 - \frac{0,62}{0,79}\right) V_k = 0,215 V_k$

- 13) Nach der barometrischen Höhenformel ist der Luftdruck in einer Höhe $h = 8000 \text{ m}$ auf $36,8\%$ des Wertes an der Erdoberfläche abgefallen. Auf wieviel % ist der Luftdruck bei

$h = 4000 \text{ m}$ abgefallen $e^{-h/h_0} = 0,368$ $e^{-h/h_0} = e^{-\frac{h/2}{h_0}} = (e^{-h/h_0})^{1/2} = (0,368)^{1/2} = \sqrt{0,368} = 0,607$

B) $60,7\%$

14) Eine inkompressible Flüssigkeit fließt 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 $R_2 = 0,25 \cdot R_1$?

E) $v_2 = 16 \cdot v_1$ $v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2$ $v_1 \pi R_1^2 = v_2 \pi R_2^2 \rightarrow v_2 = v_1 \cdot \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2 = v_1 \cdot \left(\frac{R_1}{0,25 R_1}\right)^2 = 16 v_1$

15) Durch ein Rohr mit Durchmesser d strömt eine Menge von 10 l/s. Wie viel Liter pro Sekunde strömen bei gleichem Druck durch ein zweites, gleich langes Rohr mit dem halben Durchmesser?

D) $0,625 \text{ l/s}$ $I = \frac{\pi \cdot \Delta p}{8 \eta \cdot l} \cdot R^4 \rightarrow I' = \frac{\pi \cdot \Delta p}{8 \eta \cdot l} \cdot \left(\frac{R}{2}\right)^4 = \frac{1}{16} \cdot \frac{\pi \cdot \Delta p}{8 \eta \cdot l} \cdot R^4 = \frac{1}{16} I = \frac{1}{16} \cdot 10 \text{ l/s} = 0,625 \text{ l/s}$

16) Entlang eines Seils läuft eine harmonische Welle mit Wellenlänge $\lambda = 2,8 \text{ m}$ und Frequenz $f = 1,5 \text{ Hz}$.

Wie groß ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit c der Welle?

E) $c = 4,2 \text{ m/s}$ $c = \lambda \cdot f = 2,8 \cdot 1,5 = 4,2$

17) Die Saiten einer Gitarre sind $65,0 \text{ cm}$ lang. Zupft man sie an, entstehen stehende Wellen. Eine der Saiten schwingt in der Grundschiwingung mit einer Frequenz von 110 Hz (Tonhöhe A). Verkürzt man die Saite (durch Drücken im dritten Bund) auf $54,6 \text{ cm}$ bekommt man eine neue Grundschiwingung. Wie groß ist die Frequenz des neuen Tons?

A) 131 Hz $c = \lambda_1 \cdot f_1 = 2L_1 \cdot f_1$ $c = \lambda_2 \cdot f_2 = 2L_2 \cdot f_2$ $\Rightarrow$ gleichsetzen

$$f_2 \cdot f_1 \cdot \frac{L_1}{L_2} = 110 \text{ Hz} \cdot \frac{65}{54,6} = 131 \text{ Hz}$$

18) Die Skizze zeigt die Ortskurven eines gedämpften harmonischen Oszillators mit drei verschiedenen großen Werten für die Dämpfungskonstante $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3$.

Ordnung von klein nach groß.

D) $\Gamma_2 < \Gamma_3 < \Gamma_1$

19) Wie groß ist die Wärmekapazität C_v von einem mol ($N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ Teilchen) eines 1-atomigen idealen Gases, z.B. Helium?

Hinweise: Wie groß ist die innere Energie eines 1-atomigen Gases? $\Delta U = C_v \cdot \Delta T$ $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

A) $C_v = 12,5 \text{ J/K}$ $C_v = \frac{3}{2} N k_B = \frac{3}{2} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} = 12,5$

20) Bei einer (i) isothermen, (ii) isochoren und (iii) adiabatischen Zustandsänderungen sind folgende Größen konstant:

D) (i) Temperatur, (ii) Volumen, (iii) Wärmemenge

21) Formel $p_2 = p_1 \cdot \frac{v_2}{v_1}$ benutzt man in der Thermodynamik idealer Gase

C) Nicht, denn sie ist falsch

22) In einer Gasflasche befindet sich Stickstoff mit Raumtemperatur ($T_1 = 293 \text{ K}$) und 200 bar Druck. Beim Ausströmen aus der Flasche auf Raumdruck 1 bar kühlt sich das Gas ab. Wie groß ist T_2 des ausgeströmten Gases? Ausströmen adiabatischen Prozess mit Isentropenexponent von $\kappa = 1,4$.

D) $T_2 = 64 \text{ K}$ $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = \frac{1,4-1}{1,4} = \frac{2}{7}$
 $T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = 293 \text{ K} \cdot \left(\frac{1}{200}\right)^{\frac{2}{7}} = 64 \text{ K}$

23) Steigt in einem idealen Gas die Temperatur von 300 K auf 1200 K an, so steigt die mittlere Geschwindigkeit der Gasteilchen von v zu

B) $v' = 2 \cdot v$ $v \propto \sqrt{T} \rightarrow \sqrt{4 \cdot T_1} = 2 \sqrt{T_1}$

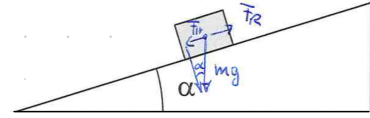
Themengebiet 1: Reibungskräfte

24) Eine Radfaherin hat Geschwindigkeit von $v = 12 \text{ m/s}$. Gleitreibungskoeffizient ist $\mu_g = 0,8$. Wie weit fährt das Fahrrad bei einer Vollbremsung? $g = 10 \text{ m/s}^2$

B) 9 m $F_r = \mu_g \cdot m \cdot g = m \cdot a \rightarrow a = \mu_g \cdot g = 0,8 \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 8 \text{ m/s}^2$ $v = a \cdot t \rightarrow t = \frac{v}{a} = \frac{12 \text{ m/s}}{8 \text{ m/s}^2} = 1,5 \text{ s} \rightarrow x = v_0 t - \frac{1}{2} a t^2 = 12 \text{ m/s} \cdot 1,5 \text{ s} - \frac{1}{2} \cdot 8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (1,5 \text{ s})^2 = 18 - 9 = 9 \text{ m}$

25) Ein Körper mit Masse m befindet sich auf einer schiefen Ebene mit Winkel α . Der Haftreibungskoeffizient zwischen Körper und Ebene beträgt $\mu_H = 0,6$. Wie groß muss der Winkel min. sein, damit der Körper anfängt zu gleiten.

C) $\alpha_{\min} = 31^\circ$ $F_H = F_G \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \mu_H \Rightarrow \tan \alpha = \mu_H \quad \alpha = \arctan(\mu_H) = \arctan(0,6) = 31^\circ$



26) Wie groß ist die Sinkgeschwindigkeit v eines fallenden Tropfens unter der Annahme von turbulenter Reibung? $R = 5 \text{ mm}$ $m = 0,5 \text{ g}$

Hinweise: Tropfenquerschnittsfläche $A = \pi R^2$; $C_w = 0,02$; $g = 10 \text{ m/s}^2$; $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$

A) $v = 7,3 \text{ m/s}$ $m \cdot g = \frac{1}{2} \rho C_w A v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2 m g}{\rho C_w \pi R^2}}$

Themengebiet 2: Impulserhaltung

27) Ein Güterwaggon mit Masse 10 Tonnen , fährt auf gerader Strecke mit $v = 21 \text{ m/s}$. Aus Kran fällt Last von 5 Tonnen in Waggon. Wie groß ist v' nach dem Einfüllen der Last?

A) $v' = 14 \text{ m/s}$ $p_1 = p_2$; $m_1 v_1 = m_2 v_2 \rightarrow v_2 = v_1 \frac{m_1}{m_2}$

28) Eine Kugel mit Masse $m_1 = 8 \text{ g}$, trifft mit Geschwindigkeit $v_1 = 220 \text{ m/s}$ auf ein Brett mit Masse $m_2 = 1 \text{ kg}$. Kugel tritt auf Rückseite mit $v'_1 = 140 \text{ m/s}$ aus. Wie groß ist die Geschwindigkeit des Bretts v'_2 nach dem Stoß, wenn es in Ruhe war?

E) $v'_2 = 0,64 \text{ m/s}$ $m_1 v_1 = m_2 v'_2 + m_1 v'_1 \rightarrow m_2 v'_2 = m_1 (v_1 - v'_1) \rightarrow v'_2 = \frac{m_1}{m_2} (v_1 - v'_1) = \frac{8 \text{ g}}{1000 \text{ g}} \cdot (220 \text{ m/s} - 140 \text{ m/s}) = 0,64 \text{ m/s}$

29) Aus einem Schlauch strömen 12 L Wasser pro min. mit einer Geschwindigkeit $v = 0,6 \text{ m/s}$ (Dichte Wasser $\rho = 1 \text{ kg/L}$). Mit dem Schlauch wird ein Blech auf einem Skateboard angespritzt, sodass der Wasserstrahl zurückspritzt (doppelter Impulsübertrag). Welche Kraft F wirkt aufs Skateboard?

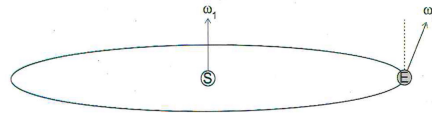
B) $F = 0,24 \text{ N}$ $F = v \cdot I \cdot \rho = 0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{12 \text{ L}}{60 \text{ s}} \cdot 1 \frac{\text{kg}}{\text{L}} = 0,12 \text{ N} \rightarrow \text{doppelt } 0,12 \cdot 2 = 0,24 \text{ N}$

Themengebiet 3: Drehungen der Erde

Die Erde vollführt mehrere Drehbewegungen.

Sie dreht sich z.B. mit einem Radius von

$R = 150 \cdot 10^6 \text{ km}$ und einer Umlaufzeit von 365 Tagen um die Sonne. Außerdem dreht sie sich pro 24 h einmal um sich selbst. Wir betrachten die Erde als homogene Kugel mit einem Radius von $r = 6371 \text{ km}$ und einer Masse von $M = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$



30) Wie groß ist die Bahngeschwindigkeit v der Erde um die Sonne?

D) $v = 30 \text{ km/s}$ $v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi R}{1 \text{ Jahr}} = \frac{2\pi \cdot 150 \cdot 10^6 \cdot 10^3 \text{ m}}{365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s}} = 29886 \text{ m/s} = 30 \text{ km/s}$

31) Wie groß ist die Rotationsenergie $E_{\text{rot},1}$ der Erde bei der Rotation um die Sonne. Hierzu können Sie die Erde in guter Näherung als Punktmasse annehmen.

E) $E_{\text{rot},1} = 2,7 \cdot 10^{33} \text{ J}$ $E_{\text{rot},1} = \frac{1}{2} J \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} m \cdot R^2 \cdot \frac{v^2}{R^2} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
 $= \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot (29886 \text{ m/s})^2 = 2,7 \cdot 10^{33} \text{ J}$

32) Wie groß ist die Rotationsenergie $E_{\text{rot},2}$ der Erde bei der Rotation um sich selbst?

Hinweis: Trägheitsmoment der Kugel $J = \frac{2}{5} m \cdot r^2$

C) $E_{\text{rot},2} = 2,6 \cdot 10^{29} \text{ J}$ $E_{\text{rot},2} = \frac{1}{2} J \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{5} m \cdot r^2 \cdot \omega^2$
 $= \frac{1}{5} \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot (6371 \cdot 10^3 \text{ m})^2 \cdot \left(\frac{2\pi}{24 \cdot 3600 \text{ s}} \right)^2$
 $= 2,6 \cdot 10^{29} \text{ J}$

Themengebiet 4: Wärme im TK-Schrank

- 33) Quaderförmiger TK-Schrank; Innen -18°C , Außen 20°C ; Innenvolumen $30\text{cm} \times 20\text{cm} \times 60\text{cm}$. Wie viel Wärmeenergie W wird in den Tiefkühler eingebracht, wenn die kalte Luft beim Öffnen der Tür komplett durch warme Luft ersetzt wird? Hinweise: Luftdichte $\rho = 1,2\text{kg/m}^3$; Wärmekapazität $c = 1023\text{J/(kg}\cdot\text{K)}$
- D) $W = 1,64\text{kJ}$ $W = \Delta Q = C \cdot \Delta T = c \cdot m \cdot \Delta T = c \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta T = 1 \cdot 10^3 \cdot 1,2 \cdot (0,3 \cdot 0,2 \cdot 0,6) \cdot 38\text{K} = 1,64\text{kJ}$

- 34) Der TK-Schrank ist nach allen Seiten mit 5cm dick Polyurethan isoliert. Dies hat eine Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,02\text{W/(m}\cdot\text{K)}$. Welche Kühlleistung P , muss der TK-Schrank leisten um den Temperaturunterschied aufrecht zu erhalten?

A) $P = 11\text{W}$ $A = 2 \cdot (0,6 \cdot 0,3) + 2 \cdot (0,6 \cdot 0,2) + 2 \cdot (0,3 \cdot 0,2) = 0,72\text{m}^2$

$$P = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{\lambda \cdot A}{d} \cdot \Delta T = \frac{0,02 \cdot 0,72}{0,05} \cdot 38 = 11\text{W}$$

- 35) TK hat Außenfläche von $A = 0,72\text{m}^2$ ist mit 5cm dick Polyurethan isoliert. Dies hat eine Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,02\text{W/(m}\cdot\text{K)}$. Der Innenraum hat eine Wärmekapazität von $C = 20\text{kJ/K}$. Wie lange dauert es bei einem Stromausfall, bis der Temp.unterschied zwischen innen und außen auf $1/e$ des Startwertes abgefallen ist?

D) 19 Stunden

$$\Delta T = \Delta T_0 \cdot e^{-t/\tau} \quad \text{mit } 1/e \text{ Zeitskala}$$

$$\tau = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} \cdot \frac{d}{\lambda A} = \frac{C_1}{\frac{C_2}{C_1} + 1} \cdot \frac{d}{\lambda A} \stackrel{!}{=} \frac{C_1 d}{\lambda \cdot A}$$

$$\tau = \frac{20 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{K}} \cdot 0,05\text{m}}{0,02 \frac{\text{W}\cdot\text{s}}{\text{m}\cdot\text{K}} \cdot 0,72\text{m}^2} = 6944\text{s} = 19,3\text{h} \approx 19\text{h}$$

1) Welche der Einheiten ist keine SI-Einheit?

E) Joule $1\text{J} = 1\text{Nm} = 1 \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}^2}$

2) Bei einer Messung einer physikalischen Größe x mit N Wiederholungen wird die Standardabweichung σ vom Mittelwert μ berechnet. Wie oft muss man messen, damit die Standardabweichung um den Faktor 10 kleiner wird?

E) Es bringt nichts, öfters zu messen, denn die Standardabweichung hängt nicht von der Anzahl der Messungen ab.

3) Es werden zwei Größen x und y mit den Fehlern Δx & Δy gemessen. Wie groß ist der Fehler Δz der zusammengesetzten Größe $z = \sin(xy)$?

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

4) Welche Aussage über Kinematik ist falsch?

B) Ist die Beschleunigung konstant und größer null, so steigt die Geschwindigkeit quadratisch mit der Zeit an.

5) Ein Objekt startet zum Zeitpunkt $t=0$ bei $x=0$ entlang der x -Achse mit der Funktion $v(t) = v_0 e^{-t/\tau}$, mit Startgeschwindigkeit $v_0 = 1\text{m/s}$ und $\tau = 5\text{s}$. Seine Geschwindigkeit nimmt exponentiell ab. Wie weit bewegt sich der Massepunkt insgesamt auf der x -Achse, d.h. was ist $x(t)$ für $t \rightarrow \infty$?

D) 5m $x(t) = -v_0 \tau (e^{-t/\tau} - 1) = v_0 \tau (1 - e^{-t/\tau})$; $\lim x(t) = v_0 \cdot \tau = 1\text{m/s} \cdot 5\text{s} = 5\text{m}$

6) Ein Stein wird von einer 42m hohen Brücke fallengelassen. $g = 10\text{m/s}^2$. Wie lange dauert es bis er aufprallt?

A) $2,9\text{s}$ $h = \frac{1}{2} a \cdot t^2 \rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{a}}$

7) Wird bei einer Kreisbewegung die Bahngeschwindigkeit v des Körpers halbiert und der Radius R der Kreisbahn halbiert, so ändert sich die Radialbeschleunigung

B) auf die Hälfte des ursprünglichen Wertes.

8) Auf eine Masse $m = 0,2\text{kg}$ wirken die Kräfte $F_1 = 3\text{N}$ in x -Richtung und $F_2 = 5\text{N}$ in y -Richtung. Wie groß ist der Betrag der Beschleunigung $a = |\vec{a}|$ der Masse?

E) $a = 29\text{m/s}^2$ $F = m \cdot a$ $F = |\vec{F}| = \sqrt{(3\text{N})^2 + (5\text{N})^2} = \sqrt{34\text{N}} = \sqrt{5,83\text{N}}$ $a = \frac{F}{m} = \frac{5,83\text{N}}{0,2\text{kg}} = 29,15\text{m/s}^2$

9) Eine Schraube soll mit einem Drehmoment von $M = 142\text{Nm}$ angezogen werden. Der Schraubenschlüssel ist $l = 25\text{cm}$ lang. Mit welcher Kraft F muss man am Ende des Schraubenschlüssels drehen?

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

10) Verschiedene Massen m_i befinden sich in einem mit konstanter Winkelgeschwindigkeit ω drehenden Bezugssystem im jeweiligen Abstand r_i von einer Drehachse. Welche der Massen erfährt die größte Zentrifugalkraft?

C) $m = 3\text{kg}$, $r = 7\text{cm}$ $\vec{F}_Z = m \cdot \omega^2 \cdot r \propto m \cdot r$ ($\omega = \text{const.}$)

11) Die Erde bewegt sich aufgrund der Gravitationskraft zwischen Erde und Sonne in ca. 365 Tagen kreisförmig um die Sonne. Der Abstand zwischen Erde und Sonne beträgt $R = 150 \cdot 10^9\text{m}$. Berechne Masse von Sonne $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$.

A) $M = 2 \cdot 10^{30}\text{kg}$ $F_Z = F_G$ $M = \frac{\omega^2 \cdot R^3}{G} = \frac{\left(\frac{2\pi}{365 \cdot 24 \cdot 3600}\right)^2 \cdot (150 \cdot 10^9)^3}{6,67 \cdot 10^{-11}}$

12) Welche Leistung P ist nötig um eine Masse $m = 5\text{kg}$ in $t = 2\text{s}$ und in $h = 2,5\text{m}$ anzuheben? $g = 10\text{ms}^{-2}$

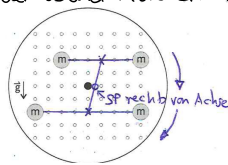
B) $P = 62,5\text{W}$ $P = \frac{W}{t} = \frac{m \cdot g \cdot h}{t}$

13) Eine Feder wird gespannt, so dass die Auslenkung aus der Ruhelage eine lineare Funktion der Zeit t ist: $x = v \cdot t$, mit Geschwindigkeit v . Wie hängt die Funktion der Leistung $P(t)$ von der Zeit t ab?

B) $P(t)$ steigt proportional zu t an.

14) Eine um ihren Mittelpunkt drehbare Scheibe ist an der Wand montiert. An den skizz. Plätzen hängen vier gleich große Massen m . Welche Situation liegt vor?

D) Drehmoment für Drehung im Uhrzeigersinn.



15) Ein Zylinder mit Masse $m = 8 \text{ kg}$ und Radius $R = 5 \text{ cm}$ wird durch Drehmoment $M = 2,5 \text{ Nm}$ in Rotation um eine Symmetrieachse versetzt. Wie groß ist die Drehfrequenz f in Hz des Zylinders nach 0,5 sek Wirkung des Drehmoments? $J = \frac{1}{2} m R^2$

A) $f = 20 \text{ Hz}$ $f = \frac{M}{\pi \cdot m \cdot R^2} \cdot t$

16) An ein 50m Stahlseil mit $d = 4 \text{ cm}$ wird Masse $m = 20 \text{ t}$ angehängt. Um welche Länge wird gedehnt? $g = 10 \text{ m/s}^2$ $E = 210 \text{ GPa}$

c) $3,8 \text{ cm}$ $\Delta l = \frac{F}{E \cdot A} \cdot l = \frac{mg \cdot l}{E \cdot \pi \cdot r^2}$

17) Ein rechteckiges Holzbrett der Länge $L = 2 \text{ m}$, Dicke $d = 2 \text{ cm}$ und Breite $b = 50 \text{ cm}$ 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? $E = 10 \text{ GPa}$

E) $\omega = 10,2 \text{ s}^{-1}$ $x = \frac{1}{E} \cdot \frac{4 \ell^3}{d^3 b} \cdot F \Rightarrow \text{Rückstellkraft } F = - \frac{d^3 b E}{4 \ell^3} x$ $F_R = m \cdot a = m \cdot \ddot{x} \Rightarrow \ddot{x} = - \frac{F_R}{m} = - \frac{d^3 b E}{4 \ell^3 m} x$ vgl. harmon. Schw.
 $\ddot{x} = -\omega^2 \cdot x \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{d^3 b E}{4 m \ell^3}} = \sqrt{\frac{0,02^3 \text{ m}^3 \cdot 0,5 \text{ m} \cdot 10 \cdot 10^9 \text{ Pa}}{4 \cdot 12 \text{ kg} \cdot 2^3}} = 10,2 \text{ s}^{-1}$

18) In einem U-Rohr befindet sich Wasser mit Dichte $\rho = 1,1 \text{ g/cm}^3$. Welche Druckdifferenz $\Delta p = p_a - p_r$ muss man erzeugen damit ein Höhenunterschied der Flüssigkeiten im Rohr $\Delta z = z_r - z_a = 0,5 \text{ m}$ beträgt? $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

D) $\Delta p = 5395 \text{ Pa}$ $\Delta p = \rho g \Delta z = 1100 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,5 \text{ m} = 5395 \text{ Pa}$

19) Ein Gefäß ist zur Hälfte mit Wasser ($\rho_{\text{Wasser}} = 1,1 \text{ g/cm}^3$) und zur Hälfte mit Öl ($\rho_{\text{Öl}} = 0,8 \text{ g/cm}^3$) gefüllt. Wachs tropfen hinzu ($\rho_{\text{Wachs}} = 0,9 \text{ g/cm}^3$). Was passiert?

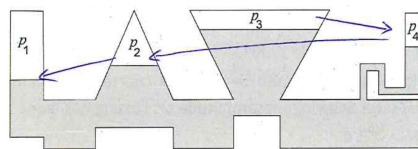
D) Wachs schwimmt an Grenzfläche

20) Ein Körper mit Dichte ρ_k und Volumen V schwimmt an der Grenzfläche zwischen zwei Flüssigkeiten mit Dichte ρ_a (unten) und ρ_o (oben). Wie groß ist Volumen V_o des Körpers in der oberen Flüssigkeit?

B) $V_o = \frac{\rho_a - \rho_k}{\rho_a - \rho_o} V$

21) Luftdruck korrekt sortieren

C) $p_3 < p_4 < p_2 < p_1$



22) Eine inkompressible Flüssigkeit fließe mit Geschwindigkeit $v_1 = 1 \text{ m/s}$ durch ein Rohr mit Radius $R_1 = 1 \text{ cm}$. Wie groß ist die Geschwindigkeit v_2 der Flüssigkeit in einer Engstelle mit Radius $R_2 = 36 \text{ cm}$?

E) $v_2 = 7,7 \text{ cm/s}$ $\rightarrow v_2 = v_1 \cdot \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2$

23) Ein Schalenanemometer misst die Windgeschwindigkeit v_w . Berechnen Sie die Geschwindigkeit v der Schalen. $C_{w, links} = 1,33$ $C_{w, rechts} = 0,34$

$$v_w = 10 \text{ m/s}$$

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

$$F_r = \frac{\rho C_w A}{2} \cdot v_A^2 \quad v_A = \text{Ausströmungsgeschwindigkeit} \quad v_{A1} = v_w - v \quad v_{A2} = v_w + v$$

$$GG: F_{r1} = F_{r2}$$

$$\Rightarrow \frac{\rho C_{w1} A}{2} (v_w - v)^2 = \frac{\rho C_{w2} A}{2} (v_w + v)^2$$

$$\rightarrow C_{w1} (v_w - v)^2 = C_{w2} (v_w + v)^2 \quad \text{bzw.} \quad C_{w1} v_w^2 - 2 C_{w1} v_w v + C_{w1} v^2 = C_{w2} v_w^2 + 2 C_{w2} v_w v + C_{w2} v^2$$

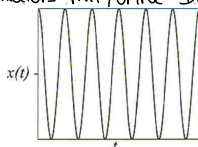
$$\rightarrow \frac{(C_{w1} - C_{w2}) v^2}{A = 0,99} - \frac{2(C_{w1} + C_{w2}) v_w v}{B = -33,4 \text{ m/s}} + \frac{(C_{w1} - C_{w2}) v_w^2}{C = 99 \text{ m}^2/\text{s}^2} = 0 \quad v_{1/2} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

24) Die Differenzialgleichung des harmonischen Oszillators mit/ohne Dämpfung bzw mit/ohne externen Antrieb lauten.

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

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

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



Welche der DGL können die skizzierte Funktion mit konstanter Schwingungsamplitude als Lösung besitzen.

e) DGL 1 und DGL 3 entweder: keine Dämpfung, kein Antrieb (DGL 1)

oder: Dämpfung & Antrieb (DGL 3)

25) Masse $m = 20 \text{ kg}$ hängt an einem Gummiseil und dehnt das Seil um 5 cm . Wie groß ist die Kräftefrequenz ω ? $g = 10 \text{ m/s}^2$

B) $\omega = 14 \text{ s}^{-1}$ $F = D \cdot x \rightarrow D = \frac{F}{x} = \frac{m \cdot g}{x} \quad \omega = \sqrt{\frac{D}{m}} = \sqrt{\frac{m \cdot g}{m \cdot x}} = \sqrt{\frac{g}{x}} = \sqrt{\frac{10}{0,05}} = 14 \text{ s}^{-1}$

26) Entlang eines Seils läuft eine harmonische Welle mit Wellenlänge $\lambda = 2,8 \text{ m}$ und Frequenz $f = 1,5 \text{ Hz}$.

Wie groß ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit c der Welle?

C) $c = 4,2 \text{ m/s}$ $c = \lambda \cdot f = 2,8 \cdot 1,5 = 4,2$

27) Die Saiten einer Gitarre sind $65,0 \text{ cm}$ lang. Zupft man sie an, entstehen stehende Wellen. Eine der Saiten schwingt in der Grundschwingung mit einer Frequenz von 110 Hz (Tonhöhe A). Verkürzt man die Saite (durch Drücken im dritten Bund) auf $48,6 \text{ cm}$ bekommt man eine neue Grundschwingung. Wie groß ist die Frequenz des neuen Tons?

E) 147 Hz $c = \lambda_1 \cdot f_1 = 2L_1 \cdot f_1 \quad c = \lambda_2 \cdot f_2 = 2L_2 \cdot f_2 \quad \Rightarrow \text{gleichsetzen}$

$$f_2 = f_1 \cdot \frac{L_1}{L_2} = 110 \text{ Hz} \cdot \frac{65}{48,6} = 147 \text{ Hz}$$

28) Ein Geräusch, dessen Schallintensität hundert Mio. mal größer ist als die Hörschwelle, besitzt eine Lautstärke von

B) $L = 80 \text{ dB}$ $I = 100 \cdot 10^6 \cdot I_0 \Rightarrow L = 10 \cdot \log_{10} \frac{I}{I_0} = 10 \cdot \log_{10} (10^8) = 80 \text{ dB}$

29) Ein Lautsprecher erzeugt im Abstand von $r_0 = 1 \text{ m}$ Musik mit einer Lautstärke von $L = 100 \text{ dB}$. Wie weit weg muss der Lautsprecher sein, damit die Lautstärke nur noch 70 dB beträgt. $I(r) = I(0) \cdot \frac{r_0^2}{r^2}$

C) $r = 32 \text{ m}$

$$\begin{aligned} L_1 &= 100 \text{ dB}; L_2 = 70 \text{ dB} \\ \Rightarrow I_1 &= I_0 \cdot 10^{L_1/10 \text{ dB}} = 10^{10} I_0 \\ I_2 &= I_0 \cdot 10^{L_2/10 \text{ dB}} = 10^7 I_0 \\ I_2 &= I_1 \cdot \frac{r_0^2}{r^2} \Leftrightarrow 10^7 I_0 = 10^{10} I_0 \cdot \frac{r_0^2}{r^2} \\ \Rightarrow r^2 &= r_0^2 \cdot \frac{10^{10}}{10^7} \Rightarrow r = r_0 \cdot \sqrt{1000} = 1 \text{ m} \cdot \sqrt{1000} = 32 \text{ m} \end{aligned}$$

30) 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?

C) $f' = 441 \text{ Hz}$ $f' = f \cdot \frac{1}{1 - \frac{v}{c}} = \frac{410 \text{ Hz}}{1 - \frac{24}{340}} = 441 \text{ Hz}$

31) Formel $p_2 = p_1 \cdot \frac{v_2}{v_1}$ benutzt man in der Thermodynamik idealer Gase

A) Nicht, denn sie ist falsch

32) 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°C erhitzt und auf eine Wachsplatte gelegt. Durch die Wärme schmilzt das Wachs und die Kugeln sinken ein. Sortieren von tiefste klein nach groß

B) Blei, Alu, Messing Einsinktiefe $\propto$ Wärmekapazität der Kugel $C = c \cdot m$

33) Drei 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 ($m = 553\text{g}$, $c = 0,376\text{ J/(g}\cdot\text{K)}$) mit einer Temp. von $T = 20^\circ\text{C}$ werden gleichzeitig in 1L kochendes Wasser ($m = 1000\text{g}$, $c = 4,185\text{ J/(g}\cdot\text{K)}$) und $T = 100^\circ\text{C}$ gelegt. Wie groß ist die Mischtemperatur T_m ?

D) $T_m = 92^\circ$ $C_{\text{tot}} = C_1 \cdot m_1 + C_2 \cdot m_2 + C_3 \cdot m_3 = 479\text{ J/K}$

$C_w = 4185\text{ J/K}$

$T_m = \frac{C_{\text{tot}} \cdot T_k + C_w T_w}{C_{\text{tot}} + C_w} = 92^\circ$

34) In einer Gasflasche befindet sich Stickstoff mit Raumtemperatur ($T_1 = 293\text{K}$) und 200bar Druck. Beim Ausströmen aus der Flasche auf Raumdruck 1bar kühlt sich das Gas ab. Wie groß ist T_2 des ausgeströmten Gases? Ausströmen adiabatischen Prozess mit Isentropenexponent von $\kappa = 1,4$.

D) $T_2 = 64\text{K}$ $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}$ $\frac{1,4-1}{1} = \frac{1}{1,4}$

$T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{1}{1,4}} = 293\text{K} \cdot \left(\frac{1}{200}\right)^{\frac{1}{1,4}} = 64\text{K}$

35) Ideales Gas wird bei Raumdruck $p = 10^5\text{Pa}$ in einem Volumen $V_1 = 10^{-3}\text{m}^3$ eingeschlossen. Das Gas wird langsam auf $V_2 = 0,1\text{L}$ komprimiert. Wie groß ist die geleistete Arbeit W ?

A) $W = 230\text{J}$ $\Rightarrow \Delta W = p \cdot V \cdot \ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right) = 10^5\text{Pa} \cdot 10^{-3}\text{m}^3 \cdot \ln\left(\frac{1\text{L}}{0,1\text{L}}\right) = 230\text{J}$

- 1) Die Einheit kg m/s^2 ist äquivalent zu
c) Newton

- 2) Wie groß ist die Standardabweichung σ der Messwerte $t_1 = 3,52, t_2 = 3,48, t_3 = 3,57, t_4 = 3,55, t_5 = 3,51$
B) $\sigma = 0,035$ $\mu = \frac{1}{5}(t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5) \Rightarrow \sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (\mu - x_i)^2}$

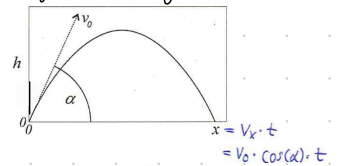
- 3) Ein Stein wird aus der Höhe h fallengelassen. Beim Auftreffen hat er Geschwindigkeit v . Nun wird der Stein aus $h' = 4h$ fallengelassen.
Wie groß ist die neue Geschwindigkeit v' ?
B) $v' = 2v$ $v = \sqrt{2gh} \Rightarrow v' = \sqrt{2g \cdot 4h} = 2\sqrt{2gh} = 2v$

- 4) Ein Stein wird von einer 22m hohen Brücke fallengelassen. $g = 10\text{ m/s}^2$. Wie lange dauert es bis er aufprallt?
D) $2,1\text{ s}$ $h = \frac{1}{2} a \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{a}}$

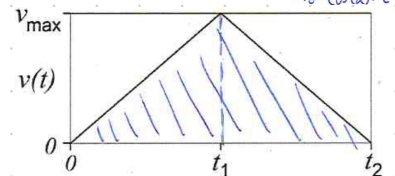
- 5) Gegeben $x(t) = a \cdot t^2 - b \cdot \sin(\omega t)$. Was ist die Beschleunigungsfunktion?
A) $a(t) = 2a + b\omega^2 \sin(\omega t)$

- 6) Ein Zug hat am Punkt $t=0$ die Geschwindigkeit $v_0 = 300\text{ km/h}$. Bei einer Vollbremsung wird der Zug mit Beschleunigung $a = -7,2\text{ m/s}^2$ abgebremst.
Wie weit fährt er noch bis er steht?
C) 482 m $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ & t aus $a = -\frac{v_0}{t} \Rightarrow t = \frac{v_0}{a}$
 $\Rightarrow x = \frac{v_0^2}{a} + \frac{1}{2} a \frac{v_0^2}{a^2} = -\frac{v_0^2}{a} + \frac{1}{2} \frac{v_0^2}{a} = -\frac{1}{2} \frac{v_0^2}{a}$

- 7) Bei einem schiefen Wurf wird ein Ball mit einer Startgeschwindigkeit von $v_0 = 10\text{ m/s}$ unter einem Winkel von $\alpha = 60^\circ$ abgeworfen. Wie groß ist die Wurfweite? $g = 10\text{ m/s}^2$
E) $x = 8,66\text{ m}$ $g \cdot t/2 = v = v_0 \sin \alpha \Rightarrow t = 2 \frac{v_0 \sin(\alpha)}{g} \Rightarrow x = v_0 \cos(\alpha) \cdot 2 \frac{v_0 \sin(\alpha)}{g} = 2 \frac{v_0^2 \cos(\alpha) \sin(\alpha)}{g}$



- 8) Die Bewegung eines Körpers folgt der Geschwindigkeitskurve, mit Maximalgeschwindigkeit $v_{\max} = 3\text{ m/s}$ und Zeiten $t_1 = 2\text{ s}$ und $t_2 = 4\text{ s}$. Welche Distanz hat der Körper zum Zeitpunkt t_2 zurückgelegt?
D) $s = 6\text{ m}$ $s = \int_0^{t_2} v(t) dt = \frac{1}{2} \cdot (t_1 - 0) \cdot v_{\max} + \frac{1}{2} (t_2 - t_1) \cdot v_{\max}$



- 9) Verschiedene Massen m_i befinden sich in einem mit konstanter Winkelgeschwindigkeit ω drehenden Bezugssystem im jeweiligen Abstand r_i von einer Drehachse. Welche der Massen erfährt die größte Zentrifugalkraft?
C) $m = 3\text{ kg}, r = 7\text{ cm}$ $\vec{F}_Z = m \cdot \omega^2 \cdot r$ & $m \cdot r$ ($\omega = \text{const.}$)

- 10) Die Erde bewegt sich aufgrund der Gravitationskraft zwischen Erde und Sonne in ca. 365 Tagen kreisförmig um die Sonne. Der Abstand zwischen Erde und Sonne beträgt $R = 150 \cdot 10^9\text{ m}$. Berechne Masse von Sonne $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$
A) $M = 2 \cdot 10^{30}\text{ kg}$ $F_Z = F_G$ $M = \frac{\omega^2 \cdot R^3}{G} = \left(\frac{2\pi}{365 \cdot 24 \cdot 3600} \right)^2 \cdot (150 \cdot 10^9)^3$
 $6,67 \cdot 10^{-11}$

- 11) Eine Schraube soll mit einem Drehmoment von $M = 92\text{ Nm}$ angezogen werden. Der Schraubenschlüssel ist $l = 12\text{ cm}$ lang. Mit welcher Kraft F muss man am Ende des Schraubenschlüssels drehen?
E) $F = 767\text{ N}$ $M = l \cdot F$ $F = \frac{M}{l} = \frac{92\text{ Nm}}{0,12\text{ m}} = 767\text{ N}$

- 12) Welche Leistung P ist nötig um eine Masse $m = 70\text{ kg}$ in $t = 5\text{ s}$ und in $h = 15\text{ m}$ anzuheben? $g = 10\text{ m/s}^2$
A) $P = 2,1\text{ kW}$ $P = \frac{W}{t} = \frac{m \cdot g \cdot h}{t}$

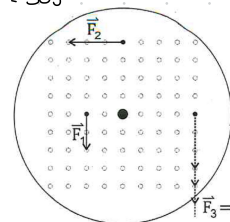
13) Eine Feder wird mit einer Energie von $E_1 = 10 \text{ J}$ um eine Strecke $s = 2 \text{ cm}$ zusammengedrückt. Welche zusätzliche Energie ΔE ist nötig, um die Feder um weitere 2 cm , also insgesamt um 4 cm zusammenzudrücken?

c) $\Delta E = 30 \text{ J}$ $E_1 = E_{\text{Spann}} = \frac{1}{2} D s_1^2$ $s_1 = 2 \text{ cm}$ $s_2 = 4 \text{ cm}$ $D = \frac{2 E_1}{s_1^2} = \frac{20 \text{ J}}{4 \text{ cm}^2} = 5 \text{ J/cm}^2$

$E_2 = \frac{1}{2} D s_2^2$ $\Delta E = E_2 - E_1 = \frac{1}{2} D (s_2^2 - s_1^2) = \frac{1}{2} \cdot 5 \text{ J/cm}^2 \cdot (16 \text{ cm}^2 - 4 \text{ cm}^2) = 2,5 \text{ J/cm}^2 \cdot 12 \text{ cm}^2 = 30 \text{ J}$

14) Eine um ihren Mittelpunkt drehbare Scheibe ist an der Wand montiert. An den skizz. Punkten wirken $F_1 = 4 \text{ N}$; $F_2 = 6 \text{ N}$. Wie groß muss F_3 sein, damit kein Drehmoment wirkt?

b) $F_3 = 8 \text{ N}$ $M_1 + M_2 = M_3$ $F_1 l_1 + F_2 l_2 = F_3 l_3 \Rightarrow 4 \text{ N} \cdot 2 + 6 \text{ N} \cdot 4 = F_3 \cdot 4 \Rightarrow 32 \text{ N} = 4 \cdot F_3$



15) Auf eine ruhende Drehscheibe mit einem Trägheitsmoment von $J = 180 \text{ kgm}^2$ wirkt für eine Zeitspanne von $t = 1,6 \text{ s}$ ein konstantes Drehmoment $M = 30 \text{ Nm}$. Mit welcher Winkelgeschwindigkeit ω dreht sich die Scheibe dann?

a) $\omega = 0,77 \text{ s}^{-1}$ $\rightarrow \omega = \frac{M \cdot t}{J}$

16) An ein 40 m Stahlseil mit $d = 5 \text{ cm}$ wird Masse $m = 25 \text{ t}$ angehängt. Um welche Länge wird gedehnt? $g = 10 \text{ m/s}^2$ $E = 210 \text{ GPa}$

e) $2,4 \text{ cm}$ $\Delta l = \frac{F}{E \cdot A} \cdot l = \frac{m g \cdot l}{E \cdot \pi \cdot r^2}$

17) Auf einen Stahlzylinder mit einem Radius von $R = 1 \text{ cm}$ und einer Länge von $l = 1 \text{ m}$ wirken an seinen beiden Enden gegenläufige Drehmomente $M = 414 \text{ Nm}$. Wie groß ist der hierdurch bewirkte Torsionswinkel φ ? $G = 79,3 \text{ GPa}$

d) $\varphi = 19^\circ$ $\varphi = \frac{2 M l}{\pi R^4 G}$ $\varphi = 0,332 \text{ rad} \cdot \frac{180^\circ}{\pi}$

18) Berechnen Sie die Auftriebskraft F_A mit $V = 485 \text{ cm}^3 = 485 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$, komplett unter Wasser ($\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$) $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

a) $F = 5 \text{ N}$ $F_A = \rho \cdot V \cdot g$

19) Eine mit Raumluft gefüllte und verschlossene Konservendose mit einer Oberfläche von $A = 50 \text{ cm}^2 = 50 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ wird von einem Taucher in eine Wassertiefe von 1602 m unter der Meeresoberfläche gebracht. Welche Kraft F lastet bedingt durch den Schweredruck des Wassers auf der Dose? (Wasserdichte $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$ & Erdbeschleunigung $g = 10$)

e) $F = 82000 \text{ N}$ $p_s = \rho \cdot g \cdot h = 1025 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 1602 \text{ m} = 16108510,5 \text{ Pa}$ $\Delta p = p_s - 1 \text{ bar} = 16008510,5 \text{ Pa}$
 $F = \Delta p \cdot A = 16008510,5 \text{ Pa} \cdot 50 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 80042,55 \text{ N}$

20) 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? $1 \text{ bar} = 100000 \text{ Pa}$

d) $v = 62 \text{ cm/s}$ $v(r) = \frac{\Delta p}{4 \eta l} (R^2 - r^2) \rightarrow v(r=0) = \frac{\Delta p}{4 \eta l} R^2 = \frac{0,02 \cdot 10^5 \cdot (5 \cdot 10^{-3})^2}{4 \cdot 1,01 \cdot 10^{-3} \cdot 20} = 0,62 \text{ m/s} = 62 \text{ cm/s}$

21) 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 viele Liter Wasser strömen pro Minute am Ende aus? $1 \text{ bar} = 100000 \text{ Pa}$

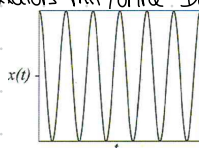
b) $l = 1,45 \text{ l/min}$ $Q = \frac{\pi \cdot \Delta p}{8 \eta l} \cdot R^4 = 0,00024 \text{ m}^3/\text{s} = 0,024 \text{ l/s} \cdot 0,024 \text{ l} \cdot \frac{60 \text{ s}}{\text{min}} = 1,45 \text{ l/min}$

22) Die Differenzialgleichung des harmonischen Oszillators mit/ohne Dämpfung bzw mit/ohne externen Antrieb lautet.

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

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

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



Welche der DGL können die skizzierte Funktion mit konstanter Schwingungsamplitude als Lösung besitzen.

e) DGL 1 und DGL 3
 entweder: keine Dämpfung, kein Antrieb (DGL 1)
 oder: Dämpfung & Antrieb (DGL 3)

23) Betrachten Sie die harmonische Welle der Formel: $\vec{S}(\vec{r}, t) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 8 \end{pmatrix} \cdot \sin(k \cdot x - \omega \cdot t)$

In welche Richtung $\vec{S}$ schwingen die Teilchen der Welle und in welche Richtung $\vec{k}$ breitet sich die Welle aus?

$$\vec{S} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 8 \end{pmatrix} = S_0 \cdot \hat{e}_y \rightarrow y\text{-Richtung}$$

$$k \cdot x = \vec{k} \cdot \vec{r} = k_x x + k_y y + k_z z \Rightarrow \vec{k} = \begin{pmatrix} k \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = k \cdot \hat{e}_x \rightarrow x\text{-Richtung}$$

Themengebiet 1: Auf der Achterbahn

Ein Achterbahnwagen soll einen Looping durchlaufen.

24) Wie groß muss die Geschwindigkeit v des Wagens im oberen Umkehrpunkt des Loopings mit $D = 15\text{m}$ mindestens sein, so dass der Wagen durch die Zentrifugalkraft an den Schienen bleibt und nicht herunterfällt. $g = 10\text{ m/s}^2$

B) $v = 8,7\text{ m/s}$ $m v^2/r = m g \rightarrow v = \sqrt{r \cdot g} = \sqrt{15 \cdot 2 \cdot 10}$

25) Welche Geschwindigkeit v erreicht der Wagen im Umkehrpunkt des Loopings, wenn er aus einer Starthöhe von 36m aus der Ruhe reibungsfrei losrollt? $\Delta h = 21\text{m}$ $g = 10\text{ m/s}^2$

E) $v = 20,5\text{ m/s}$ $E_{\text{pot}} = E_{\text{kin}} \quad m g \Delta h = \frac{1}{2} m v^2 \quad v = \sqrt{2 g \Delta h} = \sqrt{2 \cdot 10\text{ m/s}^2 \cdot 21\text{m}} = 20,5\text{ m/s}$

26) Der Wagen wird durch eine Kugel mit Radius 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: $g = 10\text{ m/s}^2$, Trägheitsmoment einer Kugel $J = \frac{2}{5} m R^2$

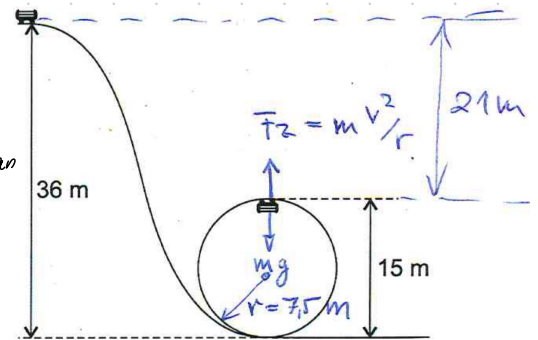
C) $v = 17,3\text{ m/s}$

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

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

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{2}{5} m R^2 \cdot \frac{v^2}{R^2} \quad \text{mit } \omega = \frac{v}{R}$$

$$m \cdot g \cdot \Delta h = \frac{1}{2} m \cdot v^2 + \frac{1}{5} m \cdot v^2 \quad \left. \vphantom{\frac{1}{2} m \cdot v^2} \right\} v = \sqrt{\frac{g \cdot \Delta h}{0,7}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 21}{0,7}} = 17,3$$



Themengebiet 2: Fallender Regentropfen

Fallgeschwindigkeit des Tropfens berechnen.

30) Luft ist viskoses Medium; Tropfen = kleine Wasserkugel (Dichte $\rho_k = 1000\text{ kg/m}^3$; $R = 5\text{mm}$; $m = 0,5\text{g}$) Wie groß ist die konstante Sinkgeschwindigkeit? Hinweise: Viskosität Luft $\eta = 17,1 \cdot 10^{-6}\text{ Pa}\cdot\text{s}$; Luftdichte $\rho_l = 1,2\text{ kg/m}^3$; $g = 10\text{ m/s}^2$

B) $v = 3100\text{ m/s}$ $F_g = F_R \rightarrow m g = 6 \pi \eta R \cdot v \quad v = \frac{m \cdot g}{6 \pi \cdot \eta \cdot R}$

31) Wie groß wäre die Reynoldszahl Re bei A30)

E) $Re = 2000000$ $Re = \frac{\rho \cdot v \cdot R}{\eta} = \frac{1,2 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 3102}{17,1 \cdot 10^{-6}}$

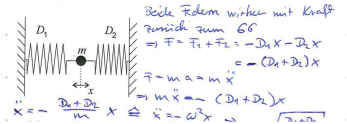
32) Wie groß ist die Sinkgeschwindigkeit v unter der Annahme von turbulenter Reibung? Hinweise: Tropfenquerschnittsfläche $A = \pi R^2$; $C_w = 0,02$ $g = 10\text{ m/s}^2$

A) $v = 73\text{ m/s}$ $m g = \frac{1}{2} \rho C_w A v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2 m g}{\rho C_w \pi R^2}}$

Themengebiet 3: Herleitung von Schwingungsfrequenzen

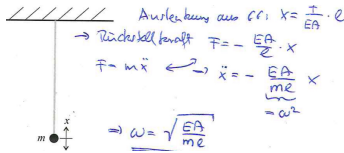
30) Eine Masse m ist beiderseits durch Federn zwischen zwei festen Wänden befestigt. Mit welcher Kreisfrequenz ω schwingt die Masse hin und her, wenn die Federkonstanten D_1 und D_2 sind? Hinweise: Wie groß ist die gesamte Rückstellkraft bei einer Auslenkung x aus dem Gleichgewicht?

A) $\omega = \sqrt{\frac{D_1 + D_2}{m}}$



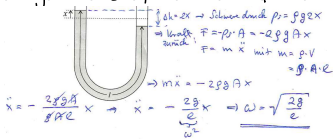
31) Eine Masse m wird an ein Gummiseil gehängt, und die Masse schwingt am Gummiseil um diese Dehnungs-Gleichgewichtslage hoch und runter. Wie hängt die Kreisfrequenz ω vom Elastizitätsmodul E , der Querschnittsfläche A , der Länge l und der Masse m ab?

E) $\omega = \sqrt{\frac{EA}{ml}}$



32) Mit welcher Kreisfrequenz ω schwingen die Flüssstände in den beiden Schenkeln eines U-Rohrs mit Rohrquerschnittsfläche A ? Die Dichte der Flüssigkeit ist ρ , der Ortsfaktor g . Die Gesamtlänge der Flüssigkeitssäule ist l .

A) $\omega = \sqrt{\frac{2g}{l}}$



Themengebiet 4: Thermodynamik

33) Unmöbliertes, isoliertes Zimmer ist 5m lang, 6m breit und 2,5m hoch. Wie viel kostet es das Zimmer von 0°C auf 20°C zu heizen?

Wände müssen nicht geheizt werden.

Hinweise: luftdichte $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ Wärmekapazität von Luft $c = 1005 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$; Kosten 12ct/kWh, 1kWh Energie bei der Leistung von 1kW in Stunde

Umrechnung $1\text{J} = \frac{1}{3,6 \cdot 10^6} \text{ kWh}$

A) 6 Cent

$$\Delta Q = c \cdot \Delta T \cdot c \cdot m \cdot \Delta T = c \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta T = 1005 \text{ J/kg} \cdot 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 2,5 \text{ m}^3 \cdot 2 \text{ K}$$

$$= 18 \cdot 10^6 \text{ J} / 3,6 \cdot 10^6 = 0,5025 \text{ kWh}$$

$$\text{Preis} = 12 \text{ ct/kWh} \cdot 0,5025 \text{ kWh} = 6,03 \text{ ct}$$

34) Zimmer $T = 20^\circ\text{C}$; Fenster mit 1 m^2 Wärme raus; Außentemperatur 0°C ; Verglasung Fenster 10mm dick und Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,016 \text{ W/m} \cdot \text{K}$. Welche Heizkosten hat man pro 24h um Temp auf 20°C konst. zu halten?

Hinweise: Kosten Heizenergie: 12ct/kWh, 1kWh ist Energie die bei Leistung 1kW pro Stunde anfällt

B) 15 ct

$$P = I = \lambda \cdot \frac{A}{d} \cdot \Delta T = 0,016 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{0,01 \text{ m}} \cdot 20 \text{ K} = 52 \text{ W}$$

$$\Delta Q = 52 \cdot 24 \text{ h} = 1248 \text{ Wh} = 1,248 \text{ kWh} \cdot 12 \text{ ct} = 15 \text{ ct}$$

35) Man kann das Zimmer anstelle Gas mit Pumpe heizen. Was kostet eine kWh an Wärmeenergie effektiv, wenn der reale Wirkungsgrad der Pumpe halb so groß ist wie der entsprechende Carnot Wirkungsgrad? Hinweise: $0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$ $T_A = 0^\circ\text{C}$, Heizwassertemp: 50°C ; Kosten 40ct/kWh

E) 12,4 ct $\eta = \frac{\Delta Q}{\Delta W} = 0,5 \cdot \frac{1}{1 - \frac{T_A}{T_H}} = 0,5 \cdot \frac{1}{1 - \frac{273}{323}} = 3,23$

$$40 \text{ ct/kWh} : 3,23 = 12,4$$

1) Die Einheit kg/ms^2 ist äquivalent zu

D) Druck

2) Bei einer Messung mit N Wiederholungen beträgt der statistische Fehler des Mittelwerts $\Delta\mu$. Wie oft muss man messen, damit der statistische Fehler ein Zehntel so groß ist?

C) Hundertmal so oft $\Delta\mu \propto \frac{1}{\sqrt{n}} \rightarrow N \propto \frac{1}{\Delta\mu^2}$

3) Ein Stein wird von einer 67m hohen Brücke fallengelassen. $g = 10 \text{ m/s}^2$. Wie lange dauert es bis der Stein aufprallt?

E) 3,7s $h = \frac{1}{2} g \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

4) Gegeben $x(t) = -b \sin(\omega t)$. Was ist die Beschleunigungsfunktion?

A) $a(t) = 2b\omega^2 (1 - 2 \cos(\omega t)^2)$

5) Ein Zug hat am Punkt $t=0$ die Geschwindigkeit $v_0 = 250 \text{ km/h}$. Bei einer Vollbremsung wird der Zug mit Beschleunigung $a = -7,2 \text{ m/s}^2$ abgebremst. Wie weit fährt er noch bis er steht?

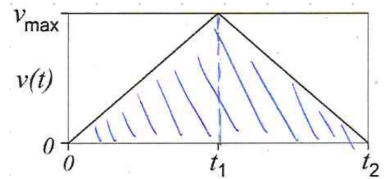
C) 335m $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ t aus $a = \frac{-v_0}{t} \Rightarrow t = \frac{-v_0}{a}$
 $\Rightarrow x = \frac{v_0^2}{-a} + \frac{1}{2} a \frac{v_0^2}{a^2} = -\frac{v_0^2}{a} + \frac{1}{2} \frac{v_0^2}{a} = -\frac{1}{2} \frac{v_0^2}{a}$

6) Zwischen dem sichtbaren Erscheinen eines Blitzes und dem hörbaren Donner liegt eine Zeitdauer von $t = 10,7 \text{ s}$. Die Schallgeschwindigkeit in Luft berechnet sich aus der Temperatur der Luft über $c = (331,5 + 0,6 \cdot T/^\circ\text{C}) \text{ m/s}$. Die Temperatur beträgt $T = 10^\circ\text{C}$. In welchem Abstand d ist der Blitz eingeschlagen?

B) $d = 3611 \text{ m}$ $c = (331,5 + 0,6 \cdot \frac{10^\circ\text{C}}{^\circ\text{C}}) \text{ m/s} = 337,5 \text{ m/s}$ $c = \frac{d}{t} \rightarrow d = c \cdot t = 337,5 \text{ m/s} \cdot 10,7 \text{ s} = 3611,25 \text{ m}$

7) Die Bewegung eines Körpers folgt der Geschwindigkeitskurve, mit Maximalgeschwindigkeit $v_{\text{max}} = 24 \text{ m/s}$ und Zeiten $t_1 = 2 \text{ s}$ und $t_2 = 4 \text{ s}$. Welche Distanz hat der Körper zum Zeitpunkt t_2 zurückgelegt?

D) $s = 48 \text{ m}$ $s = \int_{t_1}^{t_2} v(t) dt = \frac{1}{2} \cdot (t_1 - 0) \cdot v_{\text{max}} + \frac{1}{2} (t_2 - t_1) \cdot v_{\text{max}}$



8) Der Mond bewegt sich aufgrund der Gravitationskraft zwischen Erde und Mond in ca. 27,32 Tagen kreisförmig um die Erde. Der Abstand zwischen Erde und Mond beträgt $R = 384000 \text{ km}$. Berechne Masse von Erde $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$

E) $M = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ $F_z = F_G$ $M = \frac{\omega^2 \cdot R^3}{G} = \frac{(\frac{2\pi}{27,32 \cdot 24 \cdot 3600})^2 \cdot (384 \cdot 10^3 \text{ m})^3}{6,67 \cdot 10^{-11}}$

9) An eine Feder mit Konstante $D = 1,2 \text{ N/cm}$ wird Masse $m = 300 \text{ g}$ angehängt. Um welche Länge wird ausgelenkt? $g = 10 \text{ m/s}^2$

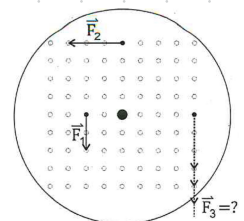
A) 2,5 cm $F = D \cdot s \rightarrow s = \frac{F}{D} = \frac{m \cdot g}{D}$

10) Welche Leistung P ist nötig um eine Masse $m = 25 \text{ kg}$ in $t = 0,5 \text{ s}$ und in $h = 1,5 \text{ m}$ anzuheben? $g = 10 \text{ m/s}^2$

D) $P = 750 \text{ W}$ $P = \frac{W}{t} = \frac{m \cdot g \cdot h}{t}$

11) Eine um ihren Mittelpunkt drehbare Scheibe ist an der Wand montiert. An den skizz. Punkten wirken $F_1 = 4 \text{ N}$, $F_2 = 8 \text{ N}$. Wie groß muss F_3 sein, damit kein Drehmoment wirkt?

C) $F_3 = 10 \text{ N}$ $M_1 + M_2 = M_3$ $F_1 l_1 + F_2 l_2 = F_3 l_3 \Rightarrow 4 \text{ N} \cdot 2 + 8 \text{ N} \cdot 4 = F_3 \cdot 4 \Rightarrow 40 \text{ N} = 4 \cdot F_3$



12) Eine typische Bierbank hat eine Länge von 1,80m zwischen den Auflagepunkten, Breite 25cm, Dicke 3cm. Wie groß ist die Durchbiegung Δ , wenn Person mit 80kg in der Mitte steht? $g = 10 \text{ m/s}^2$ $E = 12 \text{ GPa}$

B) $\Delta = 1,4 \text{ cm}$ $\Delta = \frac{1}{E} \frac{\rho^3}{4d^3b} m \cdot g$

13) Wie groß ist die Auftriebskraft F_A , die auf eine kugelförmige Luftkase mit $R = 1 \text{ cm}$ wirkt, die sich im Wasser mit Dichte $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ befindet. $g = 10 \text{ m/s}^2$ $V = \frac{4\pi}{3} R^3$

A) $F = 42 \text{ mN}$ $F_A = m_{\text{H}_2\text{O}} \cdot g = \rho_{\text{H}_2\text{O}} \cdot V_k \cdot g$

14) Eine mit Raumluff gefüllte und verschlossene Konservendose mit einer Oberfläche von $A = 27 \text{ cm}^2 = 27 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ wird von einem Taucher in eine Wassertiefe von 240m unter der Meeresoberfläche gebracht. Welche Kraft F lastet bedingt durch den Schweredruck des Wassers auf der Dose? (Wasserdichte $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$ & Erdbeschleunigung $g = 10$)

D) $F = 6480 \text{ N}$ $F = p \cdot A = \rho \cdot g \cdot h \cdot A = 1025 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 240 \text{ m} \cdot (27 \cdot 10^{-4}) = 6480 \text{ N}$

15) Ein Röhrchen mit $R = 350 \mu\text{m}$ taucht in Wasserbecken ein. Um welche Strecke Δh kann die Flüssigkeit durch den Kapillareffekt maximal hochgezogen werden? Die Wasserdichte beträgt $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, die Oberflächenspannung $\sigma = 70 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$; $g = 10 \text{ m/s}^2$.

D) $\Delta h = 4 \text{ cm}$ $\Delta h = \frac{2\sigma}{r \cdot \rho g}$

16) Eine Seifenblase wird mit Überdruck von $p = 5 \text{ Pa}$ aufgeblasen. Wie groß ist der Radius? Oberflächenspannung $\sigma = 23 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$

E) $R = 1,8 \text{ cm}$ $p = \frac{4\sigma}{R} \rightarrow R = \frac{4\sigma}{p}$

17) Wasser mit einer Viskosität von $\eta = 1,01 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ strömt durch ein Rohr mit einem Radius von $R = 6 \text{ mm}$ 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? $1 \text{ bar} = 100000 \text{ Pa}$

B) $v = 89 \text{ cm/s}$ $v(r) = \frac{\Delta p}{4\eta l} (R^2 - r^2) \rightarrow v(r=0) = \frac{\Delta p}{4\eta l} R^2 = \frac{0,02 \cdot 10^5 \cdot (6 \cdot 10^{-3})^2}{4 \cdot 1,01 \cdot 10^{-3} \cdot 20} = 0,89 \text{ m/s} = 89 \text{ cm/s}$

18) 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 viele Liter Wasser strömen pro Minute am Ende aus? $1 \text{ bar} = 100000 \text{ Pa}$

E) $l = 3,0 \text{ l/min}$ $Q = \frac{\pi \cdot \Delta p}{8\eta l} \cdot R^4 = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{60} = 3$

19) An einem Faden der Länge $l = 71 \text{ cm}$ hängt $m = 5 \text{ kg}$. Wie groß ist die Schwingungsdauer T des Pendels? $g = 10 \text{ m/s}^2$

A) $T = 1,67 \text{ s}$ $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}} \rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

20) Wie groß ist die Druckamplitude p_0 einer Schallwelle in Luft mit einer Intensität $I = 10^{-4} \text{ W/m}^2$? $c_s = 340 \text{ m/s}$ $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$

C) $p_0 = 9 \text{ Pa}$ $I = \frac{1}{2} \frac{p_0^2}{\rho \cdot c_s} \rightarrow p_0 = \sqrt{2 \rho \cdot c_s I}$

21) Wie groß ist die Lautstärke L eines Geräusches mit Intensität $I = 10^{-4} \text{ W/m}^2$? Hörschwelle $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$

E) $L = 110 \text{ dB}$ $L = 10 \text{ dB} \cdot \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$

22) Wie groß ist der Druckunterschied Δp zwischen einem idealen Gas und van der Waals Gas mit $N = 2 \cdot 10^{24}$ Teilchen in Volumen $V = 10^{-3} \text{ m}^3$ bei Temp. $T = 300 \text{ K}$.

Hinweise: Kovolumen $V_m = 6,5 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$ & Kohäsionsdruck $p_k = 3,9 \cdot 10^{-10} \text{ Pa} \cdot \text{m}^6$ $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

D) $\Delta p = 3,2 \text{ bar}$ $\Delta p = p_{\text{ideal}} - p_{\text{vdW}} = \frac{N k_B T}{V} - \left(\frac{N k_B T}{V - N V_m} \right)^2 p_k$

23) Betrachten Sie die harmonische Welle der Formel: $\vec{S}(\vec{r}, t) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 8 \end{pmatrix} \cdot \sin(k \cdot x - \omega \cdot t)$

In welche Richtung $\vec{S}$ schwingen die Teilchen der Welle und in welche Richtung $\vec{k}$ breitet sich die Welle aus?

$\vec{S} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 8 \end{pmatrix} = S_0 \cdot \hat{e}_z \rightarrow z\text{-Richtung}$

$k \cdot x = \vec{k} \cdot \vec{r} = k_x x + k_y y + k_z z \Rightarrow \vec{k} = \begin{pmatrix} k \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = k \cdot \hat{e}_x \rightarrow x\text{-Richtung}$

Themengebiet 1: Schrank verschieben

Schrank $h = 1,80\text{m}$; $b = 1\text{m}$, $m = 40\text{kg}$.

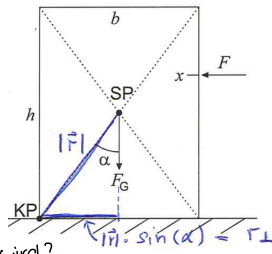
Soll mit Kraft F von der Seite verschoben werden.

F wirkt auf Höhe x in horizontaler Richtung.

24) Wie groß muss Kraft F mindestens sein damit die Haftreibung überwunden wird?

$$\mu_H = 0,5 \quad g = 10\text{ms}^{-2}$$

$$A) F = 200\text{N} \quad F_H = \mu_H \cdot m \cdot g$$



25) Durch F kann es auch passieren, dass der Schrank um den Punkt KP zu kippen beginnt. Berechnen Sie das Drehmoment $M = |\vec{M}|$. $g = 10\text{ms}^{-2}$

$$A) M = 200\text{Nm} \quad |\vec{M}| = |\vec{r} \times \vec{F}| = |\vec{r}| \cdot |\vec{F}| \cdot \sin(\alpha) = r_{\perp} \cdot |\vec{F}| = \frac{b}{2} \cdot |\vec{F}| = \frac{b}{2} \cdot m \cdot g = \text{Nm}$$

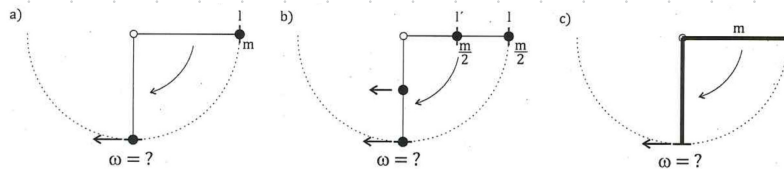
26) In welcher maximalen Höhe x kann man den Schrank verschieben, ohne dass er kippt?

$$B) x = 1\text{m} \quad F \cdot x \leq 200\text{Nm} \quad \text{mit } F = F_H = 200\text{N} \Rightarrow x \leq 1\text{m}$$

Themengebiet 2: Rotierender Stab

Starrer Stab mit Länge $L = 3\text{cm}$.

Winkelgeschwindigkeit am tiefen Punkt berechnen.



27) Masse am Stab ende betrachten. Abb a) $g = 10\text{m/s}^2$

$$E) \omega = 8,2/\text{s} \quad E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot L \quad E_{\text{rot}} = \frac{1}{2} J \omega^2; J = m L^2 \Rightarrow m g L = \frac{1}{2} m L^2 \cdot \omega^2 \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{2g}{L}}$$

28) Masse in zwei gleich große Teilmassen aufgeteilt, eine am Stab ende andere im Abstand $L' = L/2$ von Drehachse, Abb b) $g = 10\text{m/s}^2$

$$D) \omega = 8,9/\text{s} \quad E_{\text{pot}} = \frac{m}{2} \cdot g \cdot L + \frac{m}{2} \cdot g \cdot \frac{L}{2} = \frac{m}{2} \cdot g \cdot L \left(1 + \frac{1}{2}\right) = \frac{3}{4} m g L$$

$$J = \frac{m}{2} \cdot L^2 + \frac{m}{2} \cdot \left(\frac{L}{2}\right)^2 = \frac{5}{8} m L^2$$

$$\rightarrow \omega = \sqrt{\frac{2g}{L} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{8}{5}} = \sqrt{\frac{6g}{5L}}$$

29) Masse m wird gleichmäßig auf den ganzen Stab verteilt, Abb c). Was ist die pot Energie aus der Position der Schwerpunkte; $J = \frac{1}{3} m L^2$ $g = 10\text{m/s}^2$

$$D) \omega = 10/\text{s} \quad E_{\text{pot}} = E_{\text{rot}} \Rightarrow m \cdot g \cdot \frac{L}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} m L^2 \omega^2 \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{3g}{L}}$$

Themengebiet 3: Getriebener harmonischer Oszillator

Oszillator $m = 1,5 \text{ kg}$; ungedämpfte Resonanzfrequenz $\omega_0 = 80 \text{ s}^{-1}$; Dämpfungsrate von $\gamma = 20 \text{ s}^{-1}$; periodische Kraft $F = F_0 \cdot \sin(\omega t)$; Kraftamplitude $F_0 = 10 \text{ N}$.

30) Wie groß ist die statistische Auslenkung x_s des Oszillators, für $(\omega = 0)$

A) $x_s = 1,0 \text{ mm}$ $x_s(\omega_{\text{ext}}) = \frac{F_0/m}{\omega_0^2}$

31) Wie groß ist die Amplitude $x(\omega)$ der Schwingung bei resonanter Anregung $\omega = \omega_0$?

B) $x(\omega) = 2,1 \text{ mm}$ $x_s(\omega = \omega_0) = \frac{F_0/m}{2 \cdot \gamma \cdot \omega_0}$

32) Bei welcher Antriebsfrequenz ω erreicht die Amplitude ein Maximum?

C) $\omega = 75 \text{ s}^{-1}$ $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - 2\gamma^2}$

Themengebiet 4: Wärmekraftmaschine

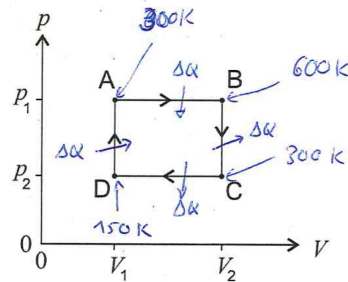
Wir analysieren den im pV-Diagramm skizzi. Kreisprozess, der aus zwei isobaren und zwei isochoren Prozessschritten besteht.

Umlauf von A bis D und zurück zu A.

$V_1 = 1 \text{ l}$ $V_2 = 2 \text{ l}$ $1 \text{ l} = 10^{-3} \text{ m}^3$

$p_1 = 2 \text{ bar}$, $p_2 = 1 \text{ bar}$ $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

$T_A = 300 \text{ K}$, $C_V = 1 \text{ J/K}$, $C_P = 1,6666 \text{ J/K}$



33) Wie groß ist die Wärmeänderung ΔQ_{AB} von A nach B?

D) $\Delta Q = 500 \text{ J}$ isobar: $\Delta Q_{AB} = C_P \cdot \Delta T$ ΔT aus: $\frac{T_B}{V_B} = \frac{T_A}{V_A} \rightarrow T_B = T_A \cdot \frac{V_B}{V_A} = 300 \text{ K} \cdot \frac{2 \text{ l}}{1 \text{ l}} = 600 \text{ K} \Rightarrow \Delta T = T_B - T_A = 300 \text{ K}$

34) Wie groß ist die Wärmeänderung ΔQ_{BC} von B nach C?

E) $\Delta Q_{BC} = -300 \text{ J}$ isobar: $\Delta Q_{BC} = C_V \cdot \Delta T$ ΔT aus: $\frac{T_C}{p_C} = \frac{T_B}{p_B} \rightarrow T_C = T_B \cdot \frac{p_C}{p_B} = 600 \text{ K} \cdot \frac{1 \text{ bar}}{2 \text{ bar}} = 300 \text{ K} \Rightarrow \Delta T = T_C - T_B = -300 \text{ K}$

35) Berechne die Wärmeänderung aus den übrigen Prozessschritten und ermittle Wirkungsgrad η der Maschine.

C) $\eta = 15\%$

$$\begin{aligned} -\Delta W &= |\Delta Q_{\text{in}}| - |\Delta Q_{\text{out}}| \\ \text{• Isochor 2 (C} \rightarrow \text{D): } T_D &= T_C \cdot \frac{V_D}{V_C} = 300 \text{ K} \cdot \frac{1 \text{ l}}{2 \text{ l}} = 150 \text{ K} \rightarrow \Delta T = -150 \text{ K} \\ &\rightarrow \Delta Q_{CD} = 1,6666 \text{ J/K} \cdot (-150 \text{ K}) = -250 \text{ J} \\ \text{• Isochor 1 (D} \rightarrow \text{A): } \Delta T &= T_A - T_D = 150 \text{ K} \\ &\rightarrow \Delta Q_{DA} = 1,0 \text{ J/K} \cdot 150 \text{ K} = 150 \text{ J} \\ \rightarrow \Delta Q_{\text{in}} &= 500 \text{ J} + 150 \text{ J} = 650 \text{ J} \\ \Delta Q_{\text{out}} &= -300 \text{ J} - 250 \text{ J} = -550 \text{ J} \\ \rightarrow \Delta W &= -100 \text{ J} \\ \rightarrow \eta &= \frac{-\Delta W}{\Delta Q_{\text{in}}} = \frac{100 \text{ J}}{650 \text{ J}} = 0,153 \approx 15\% \end{aligned}$$