Max Musterlöser

2. Klausur zur Vorlesung

„Experimentalphysik I für Naturwissenschaftler"

Im Wintersemester 2019/2020

am Freitag, 22. Mai 2020, 16:00-18:00

ID Nr. 100

Beachten Sie folgende Hinweise:

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

Tragen Sie auf **der ersten und letzten Seite** oben ihren **Namen, Matrikelnummer und Studienrichtung** mit angestrebtem Abschluss ein!

Bitte **merken Sie sich die ID-Nummer** Ihrer Klausur, da das Klausurergebnis nur über diese ID-Nummer veröffentlicht wird.

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

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

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

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

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

Ich wünsche Ihnen viel Erfolg, Sebastian Slama!

Wissensfragen : Es ist immer nur eine Antwort richtig!

1) Gegeben ist die Beschleunigungsfunktion $a(t) = \frac{x_0}{\tau^2} \cdot e^{-t/\tau}$. Wie lautet die dazu gehörende Ortsfunktion $r(t)$?

(A) $r(t) = x_0 \cdot e^{-t/\tau}$
B) $r(t) = -\frac{x_0}{\tau} \cdot e^{-t/\tau}$
C) $r(t) = \frac{x_0}{\tau^2} \cdot e^{-t/\tau}$
D) $r(t) = x_0\tau \cdot e^{-t/\tau}$
E) $r(t) = x_0\tau^2 \cdot e^{-t/\tau}$

$$\frac{d^2}{dt^2}\left[x_0 \cdot e^{-t/\tau}\right] = \frac{d}{dt}\left[x_0 \cdot e^{-t/\tau} \cdot \left(-\frac{1}{\tau}\right)\right] =$$

$$= x_0 \cdot e^{-t/\tau} \cdot \left(-\frac{1}{\tau}\right) \cdot \left(-\frac{1}{\tau}\right) = \frac{x_0}{\tau^2} \cdot e^{-t/\tau}$$

2) Die Einheit der Leistung P lautet

(A) $[P] = \frac{\mathrm{kgm^2}}{\mathrm{s^3}}$
B) $[P] = \frac{\mathrm{kgm^3}}{\mathrm{s^2}}$
C) $[P] = \frac{\mathrm{m^2}}{\mathrm{s^2}}$
D) $[P] = \frac{\mathrm{kgm}}{\mathrm{s^2}}$
E) $[P] = \frac{\mathrm{kgm^2}}{s}$

$$[P] = W = \frac{J}{s} = \frac{Nm}{s} = \frac{\frac{kgm}{s^2} \cdot m}{s}$$

$$= \frac{kg \cdot m^2}{s^3}$$

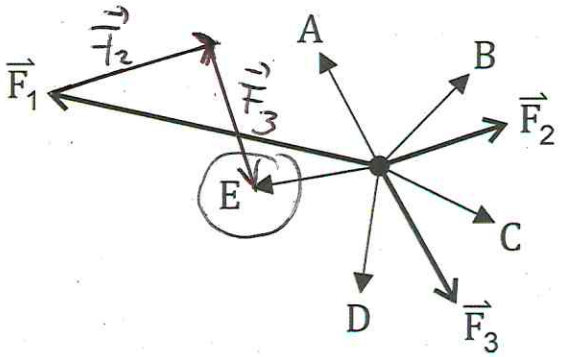
3) Bei einem Experiment werden die beiden Seitenlängen eines Rechtecks $x_1 = (5 \pm 0.9)$ cm und $x_2 = (8 \pm 0.7)$ cm gemessen. Berechnen Sie den absoluten Fehler ΔB der Fläche des Rechtecks $B = x_1 \cdot x_2 = 200\ \mathrm{cm^2}$!

A) $\Delta B = 5\ \mathrm{cm^2}$
B) $\Delta B = 6\ \mathrm{cm^2}$
C) $\Delta B = 7\ \mathrm{cm^2}$
(D) $\Delta B = 8\ \mathrm{cm^2}$
E) $\Delta B = 9\ \mathrm{cm^2}$

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

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

4) Auf einen ruhenden Massenpunkt m wirken die drei Kräfte $\vec{F_1}$, $\vec{F_2}$ und $\vec{F_3}$ (Skizze). In welche Richtung (A bis E) wird der Massenpunkt beschleunigt?



$$m \cdot \vec{a} = \sum_i \vec{F}_i$$

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

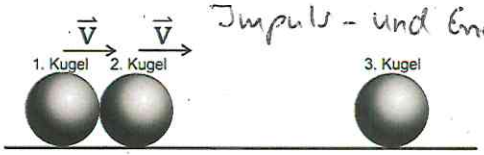
$F = G\frac{M_E}{r_E^2}\cdot m \rightarrow F' = G\cdot\frac{20\cdot M_E}{(5r_E)^2}\cdot m$

A) $F' = 0{,}4\,F$
B) $F' = 0{,}5\,F$
C) $F' = 0{,}6\,F$
D) $F' = 0{,}7\,F$
(E) $F' = 0{,}8\,F$

$F' = \frac{20}{25}\cdot \underbrace{G\frac{M_E}{r_E^2}\cdot m}_{F} = 0{,}8\cdot F$

6) Zwei Kugeln prallen gleichzeitig mit Geschwindigkeit v auf eine dritte Kugel. Alle Kugeln besitzen die gleiche Masse, und alle Stöße zwischen den Kugeln sind **vollkommen elastisch.** Was passiert?

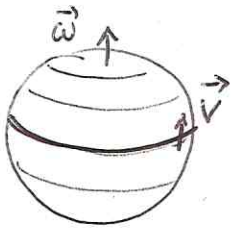
Impuls- und Energieerhaltung!



A) Alle drei Kugeln bewegen sich mit $\frac{1}{2}v$ weiter.
B) Alle drei Kugeln bewegen sich mit $\frac{2}{3}v$ weiter.
C) Die 1. und die 2. Kugel bleiben stehen, und die 3. Kugel bewegt sich mit $2v$ weiter.
(D) Die 1. Kugel bleibt stehen, und die 2. und 3. Kugel bewegen sich mit v weiter.
E) Die 1. Kugel wird mit Geschwindigkeit v reflektiert, die 2. Kugel bleibt stehen, und die 3. Kugel bewegt sich mit v weiter.

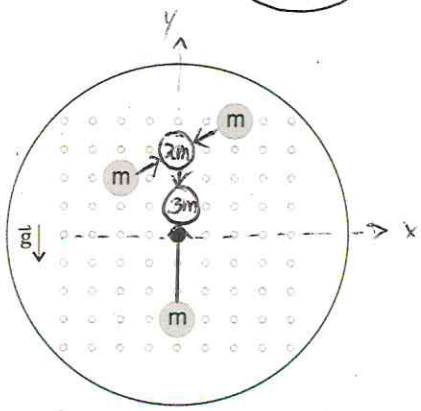
7) Bei welcher Bewegung auf der Erdoberfläche gibt es keine durch die Erdrotation verursachte Corioliskraft?

$\vec{F}_c = 2m\vec{v}\times\vec{\omega} = 0$, falls $\vec{v}$ parallel zu $\vec{\omega}$ (oder $-\vec{\omega}$)



A) Bei der Überquerung des Nordpols.
B) Bei der Bewegung entlang des Äquators in West- und Ostrichtung.
(C) Bei der Überquerung des Äquators in Nord- und Südrichtung.
D) Bei jeder Bewegung auf der Erdoberfläche in Nord- und Südrichtung.
E) Bei allen Bewegungen A bis E entsteht eine Corioliskraft.

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



A) Stabiles Gleichgewicht
(B) Labiles Gleichgewicht
C) Indifferentes Gleichgewicht
D) Drehmoment für Drehung im Uhrzeigersinn
E) Drehmoment für Drehung im Gegenuhrzeigersinn

SP (3m) senkrecht oberhalb der Drehachse
⇒ Labiles GG

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

$= \frac{1}{3}\left(\begin{pmatrix}0\\3\end{pmatrix}\right) = \begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix}$

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 (nach jeweils gleicher Dauer des Drehmoments)?

A) Das Objekt mit der kleinsten Masse m
B) Das Objekt mit dem kleinsten Trägheitsmoment J
C) Das Objekt mit dem kleinsten Radius r
D) Das Objekt mit dem kleinsten Verhältnis von $\frac{m}{r}$
E) Das Objekt mit dem kleinsten Verhältnis von $\frac{J}{r}$

Drehimpuls $\vec{L} = \vec{M} \cdot \Delta t$ gleich

$\vec{L} = J \cdot \vec{\omega}$

$\rightarrow \omega = \frac{L}{J} = \frac{M \cdot \Delta t}{J}$

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

A) Die Breite vergrößert sich um 0,1 %.
B) Die Breite vergrößert sich um 0,2 %
C) Die Breite vergrößert sich um 0,4 %
D) Die Breite vergrößert sich um 0,8 %
E) Die Breite vergrößert sich um 1,2 %

$\frac{\Delta d}{d} = -\mu \frac{\Delta l}{l} = -0{,}5 \cdot 0{,}4\,\% = -0{,}2\,\%$

11) Berechnen Sie die Auftriebskraft F_A, die auf einen Körper mit Volumen $V = 485\ cm^3 = 485 \cdot 10^{-6}\ m^3$, der sich komplett unter Wasser (Dichte ρ=1025 kg/m³) befindet. (Erdbeschleunigung g=9,81 m/s²)

A) F = 4,9 N
B) F = 49 N
C) F = 490 N
D) F = 4900 N
E) F = 49000 N

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

$= 4{,}9\ N$

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

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

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

$= 0{,}215\ V_K$

$\hat{=}\ 21{,}5\,\%$

13) Nach der barometrischen Höhenformel ist der Luftdruck in einer Höhe von 8000 m auf 36,8 % des Wertes an der Erdoberfläche abgefallen. Auf wieviel Prozent ist der Luftdruck in einer Höhe von 4000 m abgefallen ?

A) Auf 57,6 %
B) Auf 60,7 %
C) Auf 63,5 %
D) Auf 68,4 %
E) Auf 73,6 %

$h =$

$e^{-h/h_0} = 0{,}368$

$e^{-h'/h_0} = e^{-\frac{h/2}{h_0}} = \left(e^{-h/h_0}\right)^{1/2} = (0{,}368)^{1/2}$

$= \sqrt{0{,}368} = 0{,}607 \;\hat{=}\; 60{,}7\,\%$

14) Eine inkompressible Flüssigkeit fließe mit Geschwindigkeit v_1 durch ein Rohr mit Radius R_1. Wie groß ist die Geschwindigkeit v_2 der Flüssigkeit in einer Engstelle mit Radius $R_2 = 0.25 \cdot R_1$.

A) $v_2 = 1/16 \cdot v_1$
B) $v_2 = 1/4 \cdot v_1$
C) $v_2 = v_1$
D) $v_2 = 4 \cdot v_1$
E) $v_2 = 16 \cdot v_1$

$A_1 v_1 = A_2 v_2 \rightarrow \pi R_1^2 v_1 = \pi R_2^2 v_2$

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

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

A) 5 l/s
B) 2,5 l/s
C) 1,25 l/s
D) 0,625 l/s
E) 0,3125 l/s

Hagen Poiseuille - Gesetz

$I = \frac{\pi \Delta p}{8 \eta \ell} \cdot R^4 \rightarrow I' = \frac{\pi \Delta p}{8 \eta \ell} \cdot \left(\frac{R}{2}\right)^4 = \frac{1}{16} \frac{\pi \Delta p}{8 \eta \ell} R^4$

$= \frac{1}{16} I = \frac{1}{16} \cdot 10\,\ell/s = 0{,}625\,\ell/s$

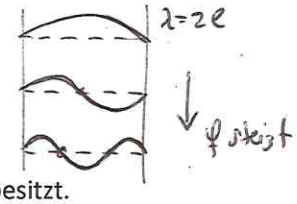
16) Entlang eines Seils läuft eine harmonische Welle mit Wellenlänge $\lambda = 2{,}8\ m$ und Frequenz $f = 1{,}5\ Hz$. Wie groß ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit c der Welle?

A) $c = 0{,}5\ m/s$
B) $c = 1{,}9\ m/s$
C) $c = 2{,}4\ m/s$
D) $c = 3{,}5\ m/s$
E) $c = 4{,}2\ m/s$

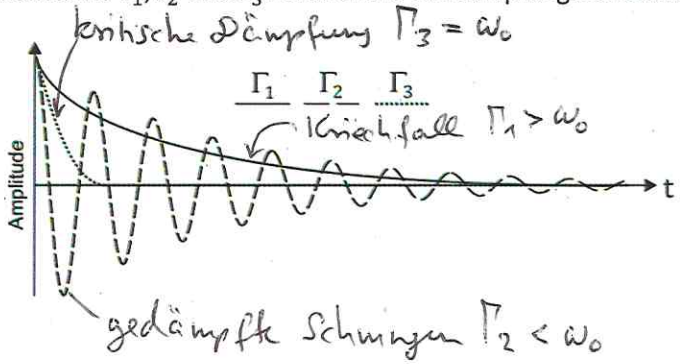
$c = \lambda \cdot f = 2.8\,m \cdot 1{,}5\,\frac{1}{s} = 4{,}2\,\frac{m}{s}$

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

A) An den beiden Enden der Saite hat die Stehwelle jeweils ein Knoten. ✓
B) Die Stehwelle besitzt mindestens einen Bauch. ✓
C) In der Mitte der Saite hat die Stehwelle einen Bauch. nicht notwendigerweise!
D) Die Frequenz, mit der die Saite schwingt ist umso größer, je mehr Bäuche die Welle besitzt.
E) Die Schwingung kann maximal eine Wellenlänge von $\lambda = 2l$ haben.



18) Die Skizze zeigt die Ortskurven eines gedämpften harmonischen Oszillators mit drei verschieden großen Werten für die Dämpfungskonstante Γ_1, Γ_2 und Γ_3. Ordnen Sie die Dämpfungskonstante von kleiner zu großer Dämpfung:



A) $\Gamma_1 < \Gamma_2 < \Gamma_3$
B) $\Gamma_1 < \Gamma_3 < \Gamma_2$
C) $\Gamma_3 < \Gamma_2 < \Gamma_1$
(D) $\Gamma_2 < \Gamma_3 < \Gamma_1$
E) $\Gamma_2 < \Gamma_1 < \Gamma_3$

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. bestehend aus Heliumatomen?
Hinweise: Wie groß ist die innere Energie eines 1-atomigen Gases? Nutzen Sie den Zusammenhang: $\Delta U = C_V \cdot \Delta T$ und verwenden Sie $k_B = 1{,}38 \cdot 10^{-23} J/K$

(A) $C_V = 12{,}5 \frac{J}{K}$
B) $C_V = 14{,}6 \frac{J}{K}$
C) $C_V = 16{,}7 \frac{J}{K}$
D) $C_V = 18{,}8 \frac{J}{K}$
E) $C_V = 20{,}9 \frac{J}{K}$

$C_V = \frac{3}{2} N k_B = \frac{3}{2} \cdot 6{,}022 \cdot 10^{23} \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-23}\ J/K$

$= 12{,}5\ J/K$

$T = \text{const}$ $V = \text{const}$ $Q = \text{const}$

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

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

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

A) bei einer isochoren Zustandsänderung.
B) bei einer isothermen Zustandsänderung.
(C) am besten gar nicht, denn sie ist falsch !
D) bei einer isobaren Zustandsänderung.
E) bei einer adiabatischen Zustandsänderung.

Isotherm: $p_1 V_1 = p_2 V_2$

$\Rightarrow \boxed{p_2 = p_1 \cdot \frac{V_1}{V_2}}$

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

A) $T_2 = 272\,K$
B) $T_2 = 204\,K$
C) $T_2 = 134\,K$
D) $T_2 = 64\,K$
E) $T_2 = 4\,K$

$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}$ Adiabatengleichung $\left| \frac{\kappa-1}{\kappa} = \frac{0{,}4}{1{,}4} = \frac{2}{7} \right.$

$\rightarrow T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{0{,}4}{1{,}4}} = 293\,K \cdot \left(\frac{1\,\text{bar}}{200\,\text{bar}}\right)^{2/7} = 64\,K$

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

A) $v' = \sqrt{2} \cdot v$
B) $v' = 2 \cdot v$
C) $v' = \sqrt{3/2} \cdot v$
D) $v' = 3 \cdot v$
E) $v' = 4 \cdot v$

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

$\frac{v'}{v} = \frac{\sqrt{T_2}}{\sqrt{T_1}} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = \sqrt{\frac{1200\,K}{300\,K}} = \sqrt{4} = 2$

$v' = 2v$

Rechenaufgaben: Es ist immer nur eine Antwort richtig!

Themengebiet 1: Freier Fall und Aufprall

Ein Stein wird von einer 65 m hohen Brücke fallengelassen. Wir vernachlässigen bei dieser Aufgabe die Luftreibung und rechnen mit der Erdbeschleunigung $g = 10\frac{m}{s^2}$.

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

(A) $v = 36{,}1\ m/s$
B) $v = 39{,}1\ m/s$
C) $v = 42{,}1\ m/s$
D) $v = 45{,}1\ m/s$
E) $v = 48{,}1\ m/s$

Energieerhaltung

$mgh = \frac{1}{2}mv^2$

$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10\frac{m}{s^2} \cdot 65m} = 36{,}1\ \frac{m}{s}$

25) Wie lange dauert es, bis der Stein aufprallt?

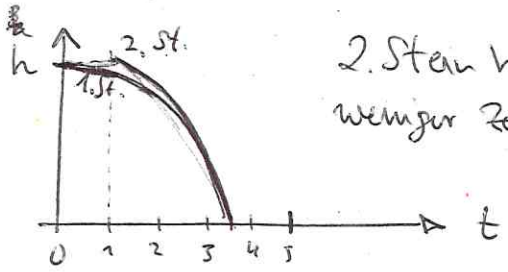
A) Es dauert 3,2 s.
B) Es dauert 3,3 s.
C) Es dauert 3,4 s.
D) Es dauert 3,5 s.
(E) Es dauert 3,6 s.

$h = \frac{1}{2}gt^2, \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 65m}{10\ m/s^2}}$

$= 3{,}6\ s$

26) Mit welcher Geschwindigkeit v_0 müsste man einen zweiten Stein genau eine Sekunde nach dem Loslassen des ersten hinterherwerfen, damit dieser den ersten beim Aufprall gerade noch einholt?

A) $v_0 = 6\ m/s$
(B) $v_0 = 12\ m/s$
C) $v_0 = 18\ m/s$
D) $v_0 = 24\ m/s$
E) $v_0 = 30\ m/s$



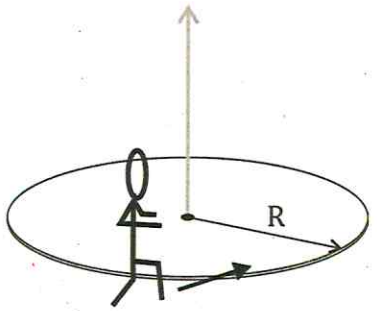
2. Stein hat eine Sekunde weniger Zeit, $t_2 = 2{,}6\ s$

$h = v_0 t_2 + \frac{1}{2}gt_2^2$

$\rightarrow v_0 = \frac{h - \frac{1}{2}gt_2^2}{t_2} = \frac{h}{t_2} - \frac{1}{2}gt_2 = \frac{65m}{2{,}6\ s} - \frac{1}{2} \cdot 10\frac{m}{s^2} \cdot 2{,}6\ s$

$= 12\ \frac{m}{s}$

Themengebiet 2: Drehscheibe und Drehimpulserhaltung



Eine Drehscheibe mit Radius $R = 1\ \mathrm{m}$ und Trägheitsmoment $J = 250\ \mathrm{kg\,m^2}$ sei reibungsfrei um seine zentrale Achse drehbar gelagert. Ein Kind mit 30 kg Masse läuft tangential entlang der Scheibe und springt mit einer Geschwindigkeit von $v = 5{,}0\ \mathrm{m/s}$ auf den Rand der zunächst ruhenden Scheibe auf.

27) Wie groß ist der Drehimpuls l des Kindes unmittelbar vor dem Aufspringen relativ zur Drehachse der Scheibe?

A) $l = 100\ \mathrm{kg}\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}}$
(B) $l = 150\ \mathrm{kg}\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}}$
C) $l = 200\ \mathrm{kg}\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}}$
D) $l = 250\ \mathrm{kg}\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}}$
E) $l = 300\ \mathrm{kg}\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}}$

$l = m \cdot v \cdot R = 30\,\mathrm{kg} \cdot 5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 1\,\mathrm{m}$
$= 150\ \mathrm{kg}\,\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}}$

28) Wie groß ist das Trägheitsmoment der Scheibe inkl. des Kindes? Betrachten Sie das Kind als zusätzlichen Massenpunkt auf dem Rand der Scheibe.

A) $J = 260\ \mathrm{kg{\cdot}m^2}$
B) $J = 265\ \mathrm{kg{\cdot}m^2}$
C) $J = 270\ \mathrm{kg{\cdot}m^2}$
D) $J = 275\ \mathrm{kg{\cdot}m^2}$
(E) $J = 280\ \mathrm{kg{\cdot}m^2}$

$J_{tot} = J + m \cdot R^2$
$= 250\ \mathrm{kg \cdot m^2} + 30\ \mathrm{kg} \cdot (1\,\mathrm{m})^2$
$= 280\ \mathrm{kg\,m^2}$

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

A) $\omega = 0{,}24\ \mathrm{s^{-1}}$
B) $\omega = 0{,}34\ \mathrm{s^{-1}}$
C) $\omega = 0{,}44\ \mathrm{s^{-1}}$
(D) $\omega = 0{,}54\ \mathrm{s^{-1}}$
E) $\omega = 0{,}64\ \mathrm{s^{-1}}$

$l = J_{tot} \cdot \omega$

$\omega = \frac{l}{J_{tot}} = \frac{150\ \mathrm{kg\,m^2/s}}{280\ \mathrm{kg\,m^2}} = 0{,}54/\mathrm{s}$

Themengebiet 3: Fallender Regentropfen

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

30) Wir betrachten die Luft zunächst als viskoses Medium, und modellieren den Tropfen als eine kleine Wasserkugel (Dichte $\rho_K = 1000\ kg/m^3$ mit einem Radius von R = 5 mm und einer Masse m = 0,52 g. Wie groß ist die konstante Sinkgeschwindigkeit v des Tropfens?
Hinweise: Viskosität von Luft $\eta = 17{,}1 \times 10^{-6}\ Pa \cdot s$, Luftdichte $\rho_L = 1{,}2\ kg/m^3$.
Erdbeschleunigung g = 10 m/s²

Auftrieb in Luft vernachlässigbar: *

A) $v = 324{,}5\ m/s$
(B) $v = 3245\ m/s$
C) $v = 32450\ m/s$
D) $v = 324500\ m/s$
E) $v = 3245000\ m/s$

$F_g = F_R \rightarrow mg = 6\pi\eta R \cdot v$

$v = \frac{m \cdot g}{6\pi\eta R} = \frac{0{,}52 \cdot 10^{-3}\ kg \cdot 10\ m/s^2}{6\pi \cdot 17{,}1 \cdot 10^{-6}\ Pa \cdot s \cdot 5 \cdot 10^{-3}\ m} =$

$= 3227\ m/s \rightarrow$ am ehesten (B)

31) Wie groß wäre die Reynoldszahl *Re* bei dem in Aufgabe 30) angenommenen viskosen Fall des Regentropfens?
Hinweis: Charakteristische Länge = Durchmesser des Regentropfens.

A) $Re = 230$
B) $Re = 2300$
C) $Re = 23000$
D) $Re = 230000$
(E) $Re = 2300000$

$Re = \frac{\rho d v}{\eta} = \frac{1{,}2\ kg/m^3 \cdot 10 \cdot 10^{-3}\ m \cdot 3245\ m/s}{17{,}1 \cdot 10^{-6}\ Pa \cdot s}$

$= 2'277'192{,}982$

$\approx 2'300'000$

32) Wie groß ist die Sinkgeschwindigkeit v des Tropfens unter Annahme von turbulenter Reibung?
Hinweise: Tropfenquerschnittfläche $A = \pi R^2$ und c_W Wert $c_W = 0{,}02$. Die Auftriebskraft ist hier vernachlässigbar klein. Erdbeschleunigung g = 10 m/s²

(A) $v = 74\ m/s$
B) $v = 94\ m/s$
C) $v = 114\ m/s$
D) $v = 134\ m/s$
E) $v = 154\ m/s$

$F_g = F_R$

$mg = \frac{1}{2}\rho c_W A v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2mg}{\rho c_W \pi R^2}}$

$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}52 \cdot 10^{-3}\ kg \cdot 10\ m/s^2}{1{,}2\ \frac{kg}{m^3} \cdot 0{,}02 \cdot \pi \cdot (5 \cdot 10^{-3}\ m)^2}} = 74\ m/s$

* aus 30) mit Auftrieb: $v = \frac{2g(\rho_K - \rho_L)}{9\eta} \cdot R^2 = 3245\ m/s$ auch (B)

Themengebiet 4: Wärme im Tiefkühlschrank

33) Ein quaderförmiger Tiefkühlschrank erzeugt in seinem Inneren eine Temperatur von -18°C, während die Außentemperatur 20° C beträgt. Das Innenvolumen beträgt 30 cm x 20 cm x 60 cm. Wieviel Wärmeenergie W wird in den Tiefkühler eingebracht, wenn die kalte Luft beim Öffnen der Tür komplett durch warme Luft ersetzt wird?
Hinweise: Luftdichte $\rho = 1{,}2\ kg/m^3$ und spezifische Wärmekapazität von Luft $c = 1{,}0\ kJ/(kg \cdot K)$

A) $W = 1{,}04\ kJ$
B) $W = 1{,}24\ kJ$
C) $W = 1{,}44\ kJ$
(D) $W = 1{,}64\ kJ$
E) $W = 1{,}84\ kJ$

$W = \Delta Q = C \cdot \Delta T = c \cdot m \cdot \Delta T = c \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta T$

$= 1 \cdot 10^3 \frac{J}{kg\,K} \cdot 1{,}2 \frac{kg}{m^3} \cdot (0{,}3 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}6)\,m^3 \cdot 38\,K$

$= 1{,}64\ kJ$

34) Der Kühlschrank ist nach allen Seiten mit einem 5 cm dicken Polyurethan-Hartschaum isoliert. Dieser hat einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0{,}02\ W/(m \cdot K)$. Welche Kühlleistung P muss der Kühlschrank leisten, um den Temperaturunterschied zwischen innen und außen aufrecht zu erhalten ?
Hinweis: Nehmen Sie an, dass die Fläche, über die der Wärmetransport stattfindet, gegeben ist durch die 6 rechteckigen Innenflächen.

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

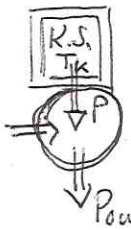
(A) $P = 11\ W$
B) $P = 22\ W$
C) $P = 33\ W$
D) $P = 44\ W$
E) $P = 55\ W$

$P = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{\lambda \cdot A}{d} \cdot \Delta T = \frac{0{,}02\ W/mK \cdot 0{,}72\,m^2}{0{,}05\,m} \cdot 38\,K$

$= 11\ W$

35) Die Kühlleistung des Tiefkühlers sei P. Welche elektrische Leistung P_{el} bräuchte der Tiefkühler im Idealfall, d.h. wenn er genau so effizient wäre wie eine Carnotmaschine?
Hinweis: Die Kühlleistung ist gegeben durch die Wärme, die aus dem kalten Reservoir pro Zeit abfließt. Rechnen Sie mit 0°C = 273 K

(A) $P_{el} = 0{,}14\ P$
B) $P_{el} = 0{,}24\ P$
C) $P_{el} = 0{,}34\ P$
D) $P_{el} = 0{,}44\ P$
E) $P_{el} = 0{,}54\ P$



Wirkungsgrad $\eta = \frac{P_{el}}{P_{out}} = 1 - \frac{T_K}{T_H} = 1 - \frac{255\,K}{293\,K} = 0{,}13$

und $P_{out} = P + P_{el}$

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

$\eta P + (\eta - 1) P_{el} = 0$

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

Max Musterlöser

Lösungsblatt – Kreuzen Sie die Antwort an, die Sie für richtig halten. Es ist immer nur eine Antwortmöglichkeit erlaubt. ID: 7 00

Aufgabe Nr	A	B	C	D	E
1	X				
2	X				
3				X	
4					X
5					X
6				X	
7			X		
8		X			
9		X			
10		X			
11	X				
12	X				
13		X			
14					X
15				X	
16					X
17			X		
18				X	
19	X				
20					X
21			X		
22					
23		X			
24	X				
25					X
26		X			
27		X			
28					X
29				X	
30		X			
31					X
32	X				
33				X	
34	X				
35	X				