Max Musterlöser

1. Klausur zur Vorlesung

„Experimentalphysik I für Naturwissenschaftler“

Im Wintersemester 2017/2018

am Dienstag, 06. Februar 2018, 18:00-20:00

ID Nr. 2

Beachten Sie folgende Hinweise:

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

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

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

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

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

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

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

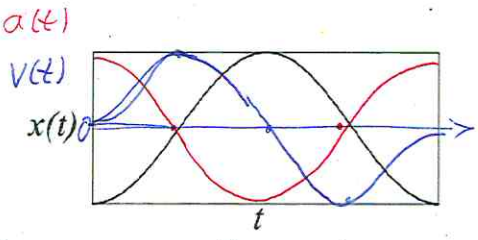
Nochmals: Die Lösungen müssen unbedingt auf das Lösungsblatt (letztes Blatt) übertragen werden.

Ich wünsche Ihnen viel Erfolg, Sebastian Slama!

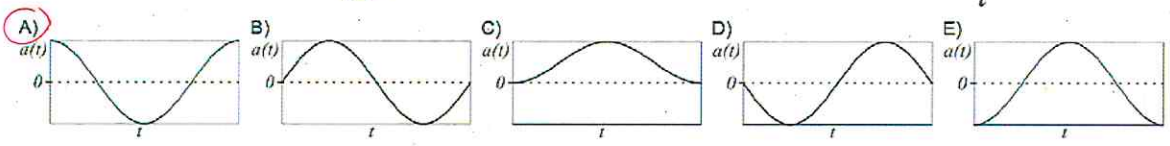
Max Musterläser

Wissensfragen : Es ist immer nur eine Antwort richtig!

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



Wie sieht die dazu gehörende Beschleunigungsfunktion $a(t)$ aus? $a(t) = \frac{d^2x}{dt^2}$



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

A) Pa $= \frac{N}{m^2} = \frac{kg\,m}{s^2 m^2} = \frac{kg}{m\,s^2}$ (C) (B)

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

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

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

E) $\frac{J}{m^3} = \frac{kg\,m^2}{s^2 \cdot m^3} = \frac{kg}{m\,s^2}$ (B)

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

Hinweis: Berechnen Sie den Fehler mit Gauß'scher Fehlerfortpflanzung

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

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

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

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

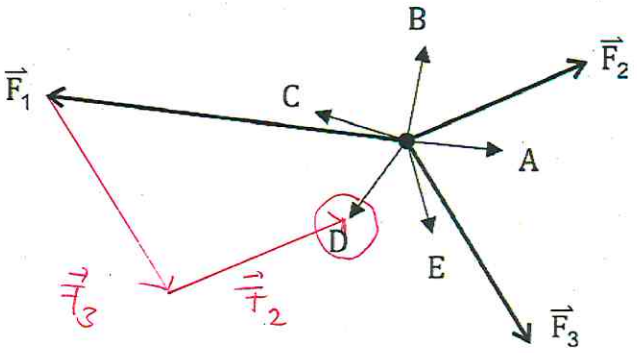
E) $\Delta z = \sqrt{(e^x \cdot y \cdot \Delta x)^2 + (e^x \cdot y \cdot \Delta y)^2}$.

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

$= \sqrt{e^{x^2}\left[(y\Delta x)^2 + \Delta y^2\right]}$

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

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?



Max Musterlöser

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) $r' = \frac{1}{4}r$
B) $r' = \frac{1}{2}r$
C) $r' = r$
(D) $r' = 2r$
E) $r' = 4r$

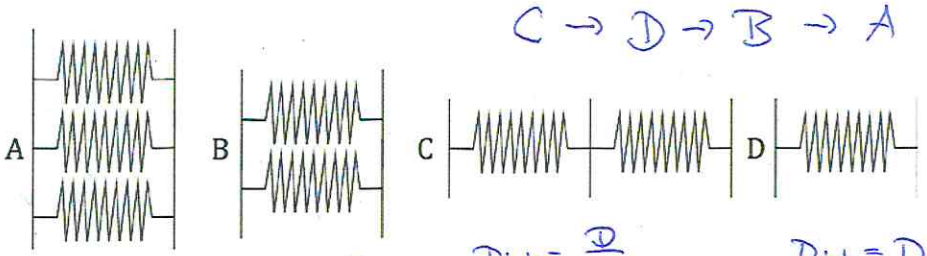
$F = G\frac{M_1 M_2}{r^2} = F' = G\frac{M_1' M_2'}{r'^2}$

$\rightarrow G\frac{M_1 M_2}{r^2} = \frac{2M_1 \, 2M_2}{r'^2} \rightarrow r' = \sqrt{4r^2} = 2r$

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

A) A-B-C-D
B) B-A-D-C
C) C-D-A-B
D) A-D-C-B
(E) C-D-B-A

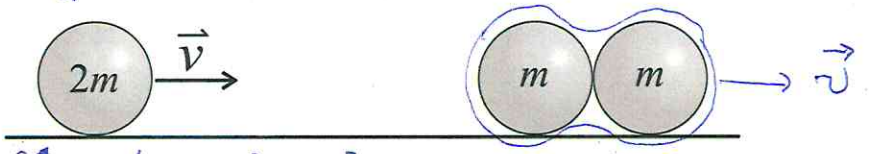
C → D → B → A



$D_{tot} = 3D$ $D_{tot} = 2D$ $D_{tot} = \frac{D}{2}$ $D_{tot} = D$

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?

$p = 2mv$ $p_2 = 2mv$



$E_{kin,1} = \frac{1}{2}\cdot(2m)v^2 = mv^2$ $E_{kin,2} = \frac{1}{2}\cdot(2m)v^2 = mv^2$

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

Max Musterlöser

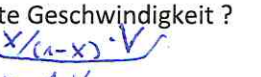
8) Verschiedene Massen m_i befinden sich in einem mit konstanter Winkelgeschwindigkeit ω drehenden Bezugssystem im jeweiligen Abstand r_i von einer Drehachse. Welche der Massen erfährt die größte Zentrifugalkraft?

$F_Z = m\omega^2 r \propto m \cdot r \quad (\omega = \text{const})$

A) $m = 1\,kg, r = 10\,cm$ — $m \cdot r$: 10
B) $m = 2\,kg, r = 8\,cm$ — 16
C) $m = 3\,kg, r = 7\,cm$ — 21
D) $m = 4\,kg, r = 5\,cm$ — 20
E) $m = 5\,kg, r = 3\,cm$ — 15

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

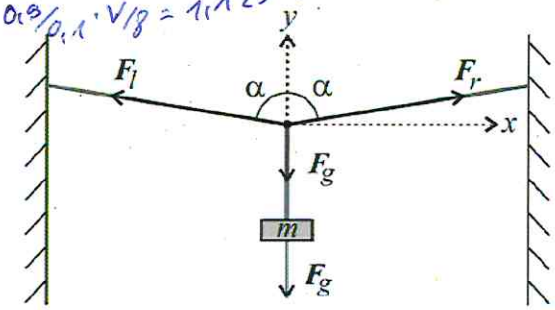
Impulserhaltung: $m \cdot V = (M-m)\,u$



$u = \frac{m}{M-m} \cdot V = \frac{xM}{M-xM} V = \frac{x}{1-x} V$

A) Anteil $x = 0{,}5$ mit Geschwindigkeit v — $\frac{x}{1-x} \cdot V$: $1 \cdot V$
B) Anteil $x = 0{,}6$ mit Geschwindigkeit $v/2$ — $0{,}6/0{,}4 \cdot V/2 = 0{,}75\,V$
C) Anteil $x = 0{,}7$ mit Geschwindigkeit $v/4$ — $\frac{0{,}7}{0{,}3} \cdot V/4 = 0{,}58\,V$
D) Anteil $x = 0{,}8$ mit Geschwindigkeit $v/6$ — $\frac{0{,}8}{0{,}2} \cdot V/6 = 0{,}67\,V$
E) Anteil $x = 0{,}9$ mit Geschwindigkeit $v/8$ — $0{,}9/0{,}1 \cdot V/8 = 1{,}125\,V$

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



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

siehe Vorlesung!

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

A) $\Delta E = 10\,J$
B) $\Delta E = 20\,J$
C) $\Delta E = 30\,J$
D) $\Delta E = 40\,J$
E) $\Delta E = 50\,J$

$E_1 = E_{Spann} = \frac{1}{2} D s_1^2$

$E_2 = \frac{1}{2} D s_2^2$

$\Delta E = E_2 - E_1 = \frac{1}{2} D (s_2^2 - s_1^2)$

$= \frac{1}{2} \cdot 5 \frac{J}{cm^2} \cdot (16\,cm^2 - 4\,cm^2)$

$= 2{,}5\,J/cm^2 \cdot 12\,cm^2 = 30\,J$

$s_1 = 2\,cm$
$s_2 = 4\,cm$
$D = \frac{2E_1}{s_1^2} = \frac{20\,J}{4\,cm^2} = 5\,J/cm^2$

Max Musterlöser

12) 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 am schnellsten (nach jeweils gleicher Dauer des Drehmoments)?

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

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

M, t const

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

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 von $h = \frac{p_0}{\rho_0 \cdot g} \approx 7750\ m$ über dem Erdboden gebracht wird?

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

$\rho_1 \cdot V_1 = \rho_2 \cdot V_2 \rightarrow V_2 = V' = V_1 \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2} = V_1 \cdot \frac{\rho_1}{\rho_1/e} = e \cdot V_1$

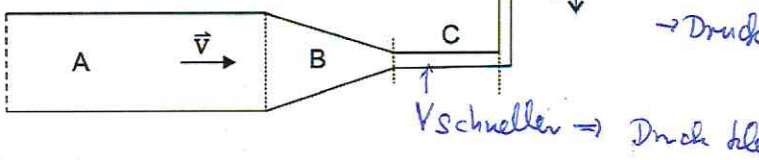
$\rho_2 = \rho_1 \cdot e^{-h/h_0} = \rho_1/e$ mit $h = h_0$

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

m/a^3 [g/cm^3] $\rho = \frac{m}{a^3}$

A) $a = 2\ cm, m = 6{,}5\ g$ → 0,8125
B) $a = 5\ cm, m = 95\ g$ → 0,76 < 0,789
C) $a = 0{,}5\ cm, m = 0{,}12\ g$ → 0,96
D) $a = 4\ cm, m = 58\ g$ → 0,90625
E) $a = 10\ cm, m = 900\ g$ → 0,9

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



höher: Druck noch kleiner

V wieder langsamer → Druck wieder größer

V schneller ⇒ Druck kleiner

Max Musterlöser

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 $R_2 = 0{,}5 \cdot R_1$?

A) $v_2 = 4 \cdot v_1$
B) $v_2 = 2 \cdot v_1$
C) $v_2 = v_1$
D) $v_2 = 0{,}5 \cdot v_1$
E) $v_2 = 0{,}25 \cdot v_1$

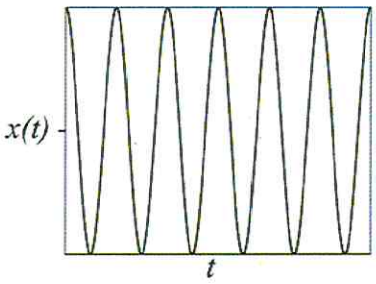
$v_1 A_1 = v_2 A_2$; $v_1 \pi R_1^2 = v_2 \pi R_2^2$

$v_2 = v_1 \cdot \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2 = v_1 \cdot \left(\frac{R_1}{0{,}5 R_1}\right)^2 = 4 \cdot v_1$

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

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

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



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

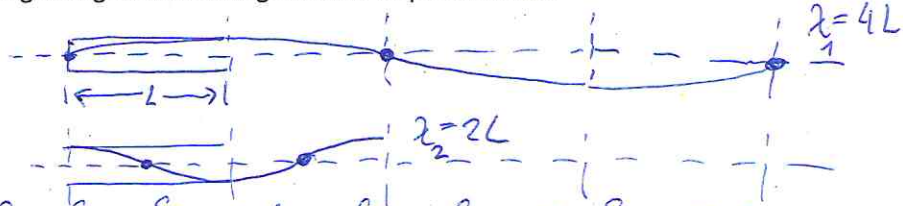
entweder: keine Dämpfung, kein Antrieb (DGL 1)
oder: Dämpfung und Antrieb (DGL 3)

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

offen: Bauch
geschlossen: Knoten

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

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



$f_1 = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{c}{4L} \rightarrow f_2 = \frac{c}{\lambda_2} = \frac{c}{2L} = 2 \cdot \frac{c}{4L} = 2 f_1$

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

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

Einsinktiefe $\propto$ Wärmekapazität der Kugel

$C = c \cdot m$

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

Max Musterlöser

T = const p = const Q = const

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

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

21) 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) $v' = 4 \cdot v$

$v \propto \sqrt{T_1} \rightarrow \sqrt{4 \cdot T_1} = 2\sqrt{T_1}$, $\sqrt{T_1} \propto v$

22) Welche der folgenden Aussagen über Wärmekapazitäten im idealen Gas ist **falsch**?

$C_V = \frac{f}{2} N k_B$

A) C_V (Wärmekapazität bei konstantem Volumen V) ist proportional zur Teilchenzahl im Gas. ✓
B) C_V eines zweiatomigen Gases (z.B. O_2) ist größer als C_V eines einatomigen Gases (z.B. He) gleicher Teilchenzahl. ✓ f größer
C) C_V eines Gases ist größer als C_p (Wärmekapazität bei konstantem Druck p) falsch! $C_p = C_V + N k_B > C_V$
D) Die Wärmekapazität hängt von der Temperatur ab, da je nach Temperatur mehr oder weniger Freiheitsgrade ausgefroren sind.
E) Je nach Prozess gilt entweder $\Delta Q = C_V \cdot \Delta T$ oder $\Delta Q = C_p \cdot \Delta T$, immer gilt jedoch die Formel $\Delta U = C_V \cdot \Delta T$.

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) $\Delta S = 0{,}41 \cdot N k_B$
B) $\Delta S = 0{,}55 \cdot N k_B$
C) $\Delta S = 0{,}69 \cdot N k_B$
D) $\Delta S = 0{,}83 \cdot N k_B$
E) $\Delta S = 0{,}99 \cdot N k_B$

$\Delta S = N k_B \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$ mit $\frac{V_2}{V_1} = 2$

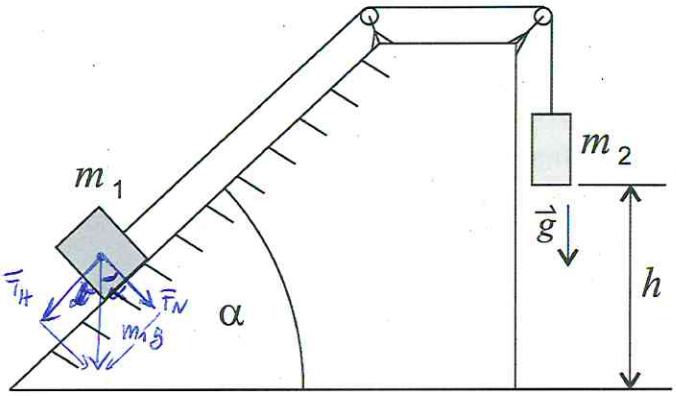
$= N k_B \cdot 0{,}69$

Max Musterlöser

Rechenaufgaben: Es ist immer nur eine Antwort richtig!

Themengebiet 1: Schiefe Ebene

Zwei Massen m_1 und m_2 sind über ein Seil (mit vernachlässigbarer Masse) verbunden. Masse 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 Aufgabe 24) und 25) zunächst die Reibung der Masse m_1 mit der schiefen Ebene. Wie groß muss die Masse m_2 mindestens sein, damit sie die Masse m_1 die schiefe Ebene nach oben zieht, und nicht umgekehrt nach oben gezogen wird?

A) $m_2 > m_1$
B) $m_2 > m_1 \cdot \cos(\alpha)$
C) $m_2 > m_1 \cdot \sin(\alpha)$
D) $m_2 > \frac{m_1}{\cos(\alpha)}$
E) $m_2 > \frac{m_1}{\sin(\alpha)}$

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

$m_2 > m_1 \sin(\alpha)$

25) Wir nehmen nun folgende Werte an: $m_1 = 2\,kg$, $m_2 = 1{,}5\,kg$, $\alpha = 45°$, $h = 30\,cm$, und rechnen mit der Erdbeschleunigung $g = 10\frac{m}{s^2}$. Berechnen Sie die Beschleunigung, die auf die beiden Massen wirkt. Wie lange dauert es, bis die Masse m_2 auf dem Boden aufprallt?

A) Es dauert 1,56 s.
B) Es dauert 1,36 s.
C) Es dauert 1,16 s.
D) Es dauert 0,96 s.
E) Es dauert 0,76 s.

$F_{tot} = m_2 g - m_1 g \sin(\alpha) = (m_1 + m_2) \cdot a$ ← 2. Newton

$\Rightarrow a = \frac{m_2 g - m_1 g \sin(\alpha)}{m_1 + m_2}$

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

$= \sqrt{\frac{0{,}6\,m \cdot 3{,}5\,kg}{10\,m/s^2 \cdot (1{,}5\,kg - 2\,kg \cdot \sin(45°))}} = 1{,}56\,s$

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 Zahlwerte aus Aufgabe 25) und einen Haftreibungskoeffizienten von $\mu = 0{,}5$.

A) $m_2 > 1{,}41$ kg
B) $m_2 > 2{,}62$ kg
C) $m_2 > 2{,}83$ kg
D) $m_2 > 2{,}12$ kg
E) $m_2 > 2{,}31$ kg

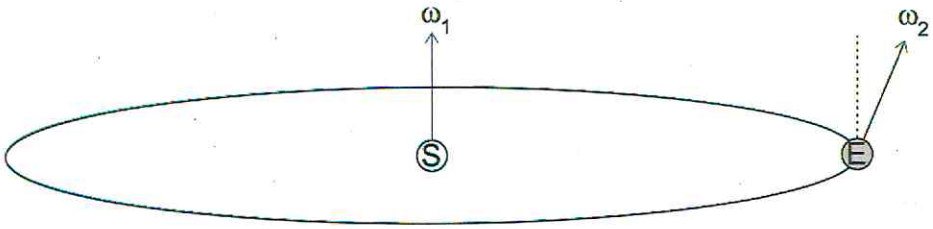
$m_2 g > F_H + F_{HR} = m_1 g \sin(\alpha) + m_1 g \cos(\alpha) \cdot \mu \quad | : g$

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

$= 2{,}12\,kg$

Max Musterlöser

Themengebiet 2: Drehungen der Erde



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

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

A) $v = 30\ m/s$
B) $v = 300\ m/s$
C) $v = 3\ km/s$
D) $v = 30\ km/s$
E) $v = 300\ km/s$

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

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

A) $E_{rot,1} = 2{,}7 \cdot 10^{25}\ J$
B) $E_{rot,1} = 2{,}7 \cdot 10^{27}\ J$
C) $E_{rot,1} = 2{,}7 \cdot 10^{29}\ J$
D) $E_{rot,1} = 2{,}7 \cdot 10^{31}\ J$
E) $E_{rot,1} = 2{,}7 \cdot 10^{33}\ J$

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

$\omega = v/R$

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

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

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

A) $E_{rot,2} = 2{,}6 \cdot 10^{25}\ J$
B) $E_{rot,2} = 2{,}6 \cdot 10^{27}\ J$
C) $E_{rot,2} = 2{,}6 \cdot 10^{29}\ J$
D) $E_{rot,2} = 2{,}6 \cdot 10^{31}\ J$
E) $E_{rot,2} = 2{,}6 \cdot 10^{33}\ J$

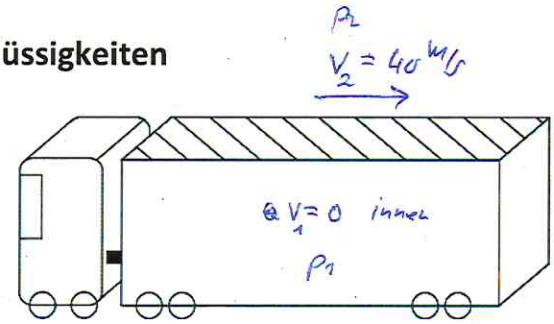
$$E_{rot,2} = \frac{1}{2} J \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{5} m r^2 \cdot \omega^2$$

$$= \frac{1}{5} \cdot 6 \cdot 10^{24}\ kg \cdot (6371 \cdot 10^3\ m)^2 \cdot \left(\frac{2\pi}{24 \cdot 3600\ s}\right)^2$$

$$= 2{,}6 \cdot 10^{29}\ J$$

Max Musterlöser

Themengebiet 3: Strömende Gase und Flüssigkeiten



30) Die obere Seite der Plane eines LKW Anhängers (in Skizze schraffiert) habe eine Fläche von $A = 12\ m^2$. Welche Kraft F wirkt auf diese Fläche aufgrund des Bernoullieffekts, wenn der LKW mit $v = 40\ {}^{m}/_{s}$ Geschwindigkeit fährt?
Hinweis: Luftdichte $\rho = 1{,}2\ kg/m^3$

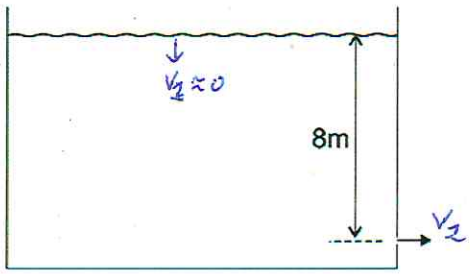
A) $F = 11520\ N$
B) $F = 12141\ N$
C) $F = 13156\ N$
D) $F = 14360\ N$
E) $F = 15395\ N$

Bernoulli: $p_1 + \underbrace{\frac{1}{2}\rho v_1^2}_{0} = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$

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

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

$= 11520\ N$



31) Gegeben sei ein mit Wasser gefüllter Bottich. Am unteren Ende (8 m unter der Wasserkante) befinde sich seitlich ein Loch mit einem Radius von $R = 1\ cm$. Mit welcher Geschwindigkeit v strömt das Wasser durch das Loch?
Hinweis: $g = 10\ ms^{-2}$

A) $v = 5{,}65\ m/s$
B) $v = 9{,}65\ m/s$
C) $v = 12{,}65\ m/s$
D) $v = 15{,}65\ m/s$
E) $v = 19{,}65\ m/s$

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

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

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

32) Gleiche Situation wie in Aufgabe 31) Nun ist gefragt, wieviel Liter Wasser pro Sekunde aus dem Loch strömen.

A) 1 Liter
B) 2 Liter
C) 3 Liter
D) 4 Liter
E) 5 Liter

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

$= \pi \cdot (0{,}01m)^2 \cdot 12{,}65\ \frac{m}{s} = 0{,}00\cancel{39}\ 40\ \frac{m}{s}$

$= 4\ \frac{l}{s}$

Max Musterlöser

Themengebiet 4: Thermodynamik

33) Ein unmöbliertes und thermisch perfekt isoliertes Zimmer sei 5 m lang, 6 m Breit und 2,5 m hoch. Wieviel kostet es, die Luft in dem Zimmer von 10° C auf 21° C zu heizen? Nehmen Sie der Einfachheit halber an, dass die Wände nicht geheizt werden müssen.

Hinweise: Luftdichte $\rho = 1{,}2\ \mathrm{kg/m^3}$, spez. Wärmekapazität von Luft $c = 1005\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg \cdot K}}$, Kosten für Heizenergie: 12 Cent / kWh (bei einer Gasheizung), 1 kWh ist die Energie, die bei der Leistung von 1kW in einer Stunde anfällt.

Umrechnung $1\ \mathrm{J} = \frac{1}{3{,}6 \times 10^6}\ \mathrm{kWh}$

A) Es kostet 3,3 Cent.
B) Es kostet 33 Cent.
C) Es kostet 66 Cent.
D) Es kostet 99 Cent.
E) Es kostet 133 Cent.

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

$= 1005 \frac{J}{kg \cdot K} \cdot 1{,}2 \frac{kg}{m^3} \cdot 5 \cdot 6 \cdot 2{,}5\ m^3 \cdot 11\ K$

$= 994950\ J = 0{,}276\ kWh$

$Preis = 12 \frac{ct}{kWh} \cdot 0{,}276\ kWh = 3{,}3\ ct$

34) Das Zimmer habe nun eine Innentemperatur von 21°C. Leider fließt über ein Fenster mit 1 m^2 Fläche Wärme nach außen. Die Außentemperatur betrage 10°C. Das Fenster sei einfach verglast mit einer Glasdicke von 5 mm und einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda_T = 1 \frac{W}{m \cdot K}$. Welche Heizkosten hat man pro Tag (24 h), um die Temperatur im Zimmer konstant bei 21° C zu halten?

Hinweise: Kosten für Heizenergie: 12 Cent / kWh, 1 kWh ist die Energie, die bei der Leistung von 1kW in einer Stunde anfällt.

A) Die täglichen Heizkosten betragen 2,34 Euro.
B) Die täglichen Heizkosten betragen 3,34 Euro.
C) Die täglichen Heizkosten betragen 4,34 Euro.
D) Die täglichen Heizkosten betragen 5,34 Euro.
E) Die täglichen Heizkosten betragen 6,34 Euro.

$P = I = \lambda \frac{A}{d} \cdot \Delta T = 1 \frac{W}{m \cdot K} \cdot \frac{1\ m^2}{0{,}005\ m} \cdot 11\ K$

$= 2200\ W$

$E = P \cdot t = 2200\ W \cdot 24 \cdot 3600\ s = 190 \cdot 10^6\ J$

$= 52{,}8\ kWh$

$Preis = 12 \frac{ct}{kWh} \cdot 52{,}8\ kWh = 6{,}34\ €$

35) Man kann das Zimmer anstelle mit einer Gasheizung auch mit einer Wärmepumpe heizen. Hierbei wird mit Hilfe elektrischer Energie Wärme von außen in den Raum geleitet, wodurch sich die Außentemperatur (leicht) abkühlt und die Raumtemperatur ansteigt. Berechnen Sie den Carnot-Wirkungsgrad η einer entsprechenden Maschine (Außentemperatur 10°C, Raumtemperatur 21°C).

Hinweis: 0°C entspricht 273,15 K

A) $\eta = 3{,}7\ \%$
B) $\eta = 13{,}7\ \%$
C) $\eta = 23{,}7\ \%$
D) $\eta = 33{,}7\ \%$
E) $\eta = 43{,}7\ \%$

$\eta = 1 - \frac{T_K}{T_H} = 1 - \frac{(10 + 273{,}15)\ K}{(21 + 273{,}15)\ K} = 0{,}037$

$\hat{=} 3{,}7\ \%$