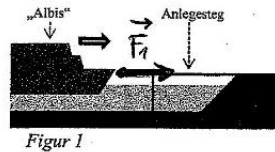


Aufgabe 1 (11 Punkte)

Nach einem missglückten Fahrmanöver infolge eines technischen Defekts prallte das Schiff „Albis“ in einen Anlegesteg (Figur 1). Dabei wurde es auf 2.0 m Weg zum Stillstand abgebremst, wobei die Verzögerung (= negative Beschleunigung) 7.5 m/s^2 betrug.



Figur 1

a) Wie gross war die Geschwindigkeit der „Albis“ vor dem Aufprall?

a1) formal

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot s$$

$$0 = v_0^2 + 2a \cdot s \rightarrow v_0 = \sqrt{-2as}$$

1 P.

a2) numerisch (Resultat in km/h angeben)

$$v_0 = \sqrt{-2 \cdot (-7.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) \cdot 2 \text{ m}} = 5.477 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$= 20 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

1 P.

b) Wie lang dauerte das Abbremsen?

b1) formal

$$t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{-v_0}{a} = \frac{-\sqrt{-2as}}{a}$$

1 P.

b2) numerisch

$$t = \frac{-\sqrt{-2 \cdot (-7.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) \cdot 2 \text{ m}}}{-7.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0.73 \text{ s}$$

1 P.

c) Die „Albis“ hat $1.5 \cdot 10^2 \text{ t}$ Masse. Wie gross war die bremsende Kraft (nur numerisch)?

$$F = m \cdot |a| = 150000 \text{ kg} \cdot 7.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1.1 \text{ MN}$$

1 P.

d) Welches ist die Gegenkraft F_1 zu der in Aufgabe c) betrachteten bremsenden Kraft? Ergänzen Sie den untenstehenden Satz und zeichnen Sie F_1 in Figur 1 gut sichtbar ein, beschriftet mit F_1 .

Die Gegenkraft F_1 zur bremsenden Kraft ist die Kraft, die auf den Steg wirkt (gleich gross wie F , entgegengesetzt zu F .)

2 P.

Vor dem missglückten Fahrmanöver fuhr die „Albis“ während längerer Zeit mit 24 km/h auf dem ruhigen Zürichsee geradeaus. Während der Fahrt sagte eine Bekannte zu Ihnen: „Jetzt ist das Schiff im Kräftegleichgewicht.“ Hatte sie recht?

e) Betrachten Sie zuerst nur die vertikale Richtung.

e1) Geben Sie an, welche Kräfte in vertikaler Richtung auf das Schiff wirken und wie sie gerichtet sind (nach oben/nach unten).

Gewichtskraft nach unten
Auftriebskraft nach oben

1 P.

e2) Besteht ein Kräftegleichgewicht? Begründen Sie Ihre Antwort.

Ja. Die resultierende Kraft aus \vec{F}_G und \vec{F}_A ist null, weil $|\vec{F}_G| = |\vec{F}_A|$.

Keine Beschleunigung in vertikaler Richtung.

1 P.

f) Betrachten Sie nun die horizontale Richtung.

f1) Geben Sie an, welche Kräfte in horizontaler Richtung auf das Schiff wirken und wie sie gerichtet sind (nach vorne/nach hinten).

Antriebskraft (Motor) nach vorne

Reibungskraft (Wasser, Luft) nach hinten

1 P.

e2) Besteht ein Kräftegleichgewicht? Begründen Sie Ihre Antwort und führen Sie die Formel auf, auf die Sie sich beziehen.

Ja.

$$v = \text{konstant, also ist } a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \text{ und}$$

$$F_{\text{res}} = m \cdot a = 0 \text{ N}$$

1 P.

Aufgabe 2 (9 Punkte)

Beim Eisschnelllauf gibt es die Disziplin „Shorttrack“. Dabei wird auf einem Eishockeyfeld ein ovaler Kurs durchlaufen. Weil die Teilnehmer in Gruppen starten, kommt es oft zu Stürzen. Um gestürzte Läufer abzubremsen, liegen ausserhalb des Kurses mit Sand gefüllte, gepolsterte Quader auf dem Eis.

Figur 2 zeigt einen gestürzten Läufer (Masse 60 kg), der auf einen solchen Quader (Masse 90 kg) zu rutscht.



Figur 2

Nach dem Aufprall des Läufers schiebt er den Quader vor sich her und wird so abgebremst.

Hinweis: Die Aufgaben a) und b) sind voneinander unabhängig.

a) Nach dem Aufprall des Läufers haben er und der Quader die Geschwindigkeit 4.8 m/s . Mit welcher Geschwindigkeit prallte der Läufer auf?

Diese Frage lässt sich unter Verwendung des Begriffs „Impuls“ beantworten.

nächste Seite →

a1) Erklären und begründen Sie Ihr Vorgehen verbal.

Der Gesamtimpuls (Person und Quader) bleibt konstant. Es handelt sich um einen vollkommen unelastischen Stoß, weil beide nach dem Stoß dieselbe Geschwindigkeit haben.

a2) Berechnen Sie die gesuchte Geschwindigkeit formal.

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v + m_2 v$$

$$\rightarrow u_1 = \frac{m_2 + m_1}{m_1} \cdot v$$

a3) Berechnen Sie die gesuchte Geschwindigkeit numerisch.

$$u_1 = \frac{60 \text{ kg} + 90 \text{ kg}}{60 \text{ kg}} \cdot 4,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

b) Nach dem Aufprall bewegen sich Läufer und Quader mit 4,8 m/s.

b1) Wie gross ist deren gesamte kinetische Energie (nur numerisch)?

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot 150 \text{ kg} \cdot \left(4,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 1,7 \text{ kJ}$$

b2) Läufer und Quader rutschen auf dem Eis. Dabei wirkt eine bremsende Kraft von 0,30 kN. Weil der Läufer einen „aalglaten“ windschlüpfrigen Anzug trägt, wirkt diese Kraft ausschliesslich zwischen Quader und Eis. Wie gross ist der Reibungskoeffizient (nur numerisch)?

$$F_{\text{GR}} = \mu_G \cdot m \cdot g$$

$$\rightarrow \mu_G = \frac{F_{\text{GR}}}{m \cdot g} = \frac{300 \text{ N}}{90 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,34$$

b3) Nach welcher Strecke kommen Läufer und Quader zum Stillstand? Beantworten Sie diese Frage unter Verwendung des Begriffs „Energie“.

b31) Begründen Sie Ihr Vorgehen verbal.

Die kinetische Energie wird vollständig in Reibungsarbeit umgewandelt.

b32) Berechnen Sie die Strecke formal.

$$\frac{1}{2} (m_1 + m_2) \cdot v^2 = F_R \cdot s$$

$$\rightarrow s = \frac{(m_1 + m_2) \cdot v^2}{2 \cdot F_R}$$

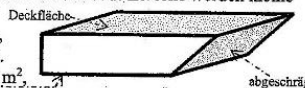
b33) Berechnen Sie die Strecke numerisch.

$$s = \frac{(90 \text{ kg} + 60 \text{ kg}) \cdot \left(4,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \cdot 300 \text{ N}} = 5,8 \text{ m}$$

Aufgabe 3 (10 Punkte)

Für Kontrollen von Anlagen unter Wasser, wie auch für touristische Zwecke werden kleine Tauchboote (Unterseeboote) verwendet.

Ein solches Tauchboot hat die Form eines Quaders, bei dem eine Seitenfläche abgeschragt ist (Figur 3). Es ist 2,0 m hoch und hat eine Bodenfläche von 10 m² sowie eine Deckfläche von 15 m².



Figur 3

Dieses Boot befindet sich in einem 9,0 m tiefen Gewässer (Figur 4) in 6,0 m Tiefe.



a) Wie gross ist der Wasserdruck in 6,0 m Tiefe?

a1) formal

$$p = \rho_w \cdot g \cdot h$$

a2) numerisch

$$p = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 6 \text{ m} = 5,9 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

b) Wie gross ist die Kraft F_D , die das Wasser auf die Deckfläche des Tauchboots ausübt (nur numerisch)?

$$F_D = p \cdot A_D = 58860 \text{ Pa} \cdot 15 \text{ m}^2 = 0,88 \text{ MN}$$

c) Wie gross ist die Kraft F_B , die das Wasser auf die Bodenfläche des Tauchboots ausübt (nur numerisch)?

$$F_B = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 8 \text{ m} \cdot 10 \text{ m}^2 = 0,78 \text{ MN}$$

d) Das Tauchboot hat ein Volumen von 25 m³. Es schwebt in der in Figur 4 gezeigten Lage. Wie gross ist seine Masse?

d1) Beschreiben und begründen Sie Ihre Überlegungen zur Beantwortung dieser Frage.

Beim Schweben ist die resultierende Kraft vertikal gleich null, weil keine weiteren Kräfte wirken, ist $|\vec{F}_G| = |\vec{F}_A|$.

d2) Wie gross ist die gesuchte Masse (nur numerisch)?

$$m = \frac{F_A}{g} = \frac{\rho_w \cdot g \cdot V}{g} = \rho_w \cdot V = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 25 \text{ m}^3 = 25 \text{ t}$$

e) Wie gross ist die Auftriebskraft, die auf das Tauchboot wirkt (nur numerisch)?

$$F_A = \rho_w \cdot g \cdot V = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 25 \text{ m}^3 = \underline{0,25 \text{ MN}}$$

1 P.

f) Bestimmen Sie die resultierende Kraft von F_D (Kraft auf die Deckfläche des Tauchboots, Aufgabe c)) und F_B (Kraft auf die Bodenfläche des Tauchboots, Aufgabe d)). Vergleichen Sie diese Kraft mit der Auftriebskraft (Aufgabe e)). Erklären Sie die Diskrepanz.

$$F' = F_D - F_B = 9,8 \cdot 10^4 \text{ N} \quad (\text{nach oben gerichtet})$$

Die Kraft auf die abgechräppte Fläche ist nicht berücksichtigt.

2 P.

Aufgabe 4 (10 Punkte)

Thermalwasser als Energielieferant. Die St. Lorenz-Quelle in Leukerbad liefert pro Sekunde 15 Liter Thermalwasser von 51 °C. Bevor dieses in die Badbecken geleitet werden kann, muss es auf 36 °C abgekühlt werden.

a) Wie gross ist die Wärmemenge, die dabei den 15 Litern entzogen wird?

a1) formal

$$Q = c_w \cdot \rho_w \cdot V \cdot (T_2 - T_1)$$

1 P.

a2) numerisch (Thermalwasser können Sie wie „gewöhnliches“ Wasser behandeln)

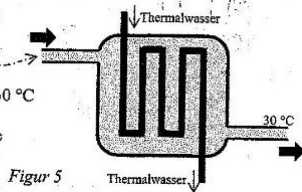
$$Q = 4182 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 1 \frac{\text{kg}}{\text{l}} \cdot 15 \text{ l} \cdot (36^\circ - 51^\circ) = -0,94 \text{ MJ}$$

1 P.

es werden 0,94 MJ entzogen.

b) Für das Abkühlen wird das Thermalwasser durch die Rohre eines Wärmetauschers geleitet (Figur 5). In diesen Tank strömt Leitungswasser von 12 °C, welches darin vom heissen Thermalwasser erwärmt wird und rechts unten mit der Temperatur 30 °C wieder ausfliesst.

Wie viele Liter Leitungswasser lassen sich durch die bei Aufgabe a) betrachtete Wärmemenge von 12 °C auf 30 °C erwärmen (nur numerisch)?



Figur 5

Thermalwasser

$$c_w \cdot \rho_w \cdot V_x \cdot (30 - 12) \text{ K} = c_w \cdot \rho_w \cdot V_{Th} \cdot (51 - 36) \text{ K}$$

$$\rightarrow V_x = \frac{15 \text{ l} \cdot 15 \text{ K}}{18 \text{ K}} = \underline{13 \text{ Liter}}$$

1 P.

c) Ein Bekannter sagt Ihnen, er hätte ausgerechnet, dass man mit der bei Aufgabe a) berechneten Wärmemenge 4,7 Liter Leitungswasser von 12 °C auf 60 °C erwärmen könnte. Also sollte man in Figur 5 nur 4,7 Liter Leitungswasser in den Tank strömen lassen und rechts unten würde es dann mit 60 °C ausströmen – so könnte es direkt als heisses Wasser im Haushalt verwendet werden.

Beurteilen Sie den Vorschlag Ihres Bekannten und begründen Sie Ihre Antwort (Tipp: „welcher Satz der Physik spielt eine Rolle?“). Hinweis: Ihr Bekannter hat sich nicht verrechnet!

Der Energieerhaltungssatz ist erfüllt ("abgegebene Wärme gleich aufgenommene Wärme").

Das Leitungswasser kann gemäss 2. Hauptsatz aber nicht eine höhere Temperatur erreichen als das Thermalwasser. Wärme geht von alleine immer von Orten höherer Temperatur zu Orten niedrigerer Temperatur.

d) Das aus den Badebecken schliesslich abfliessende Thermalwasser hat die Temperatur 25 °C. Unter anderem wird es im Winter genutzt, um die steile Zufahrt zum Thermalbad eisfrei zu halten.

Wieviel Wasser von 25 °C muss auf 0 °C abgekühlt werden, um 20 kg Eis von -10 °C zu schmelzen (nur numerisch, aber Rechnung begründen)?

$$c_{\text{Eis}} \cdot m_{\text{Eis}} \cdot 10 \text{ K} + L_f \cdot m_{\text{Eis}} = c_w \cdot m_x \cdot 25 \text{ K}$$

Eis erwärmen Eis schmelzen Wasser abkühlen

$$\rightarrow m_x = \frac{2100 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 20 \text{ kg} \cdot 10 \text{ K} + 333800 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot 20 \text{ kg}}{4182 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 25 \text{ K}}$$

$$= \underline{68 \text{ kg}} \quad \text{bzw.} \quad V_x = \underline{68 \text{ Liter}}$$

3 P.

e) Einleitend wurde gesagt, dass die St. Lorenz-Quelle in Leukerbad Thermalwasser der Temperatur 51 °C liefert. Um welche Art des Wärmetransports handelt es sich? Begründen Sie Ihre Antwort und geben Sie an, „von wo nach wo“ dieser Wärmetransport stattfindet.

Art des Wärmetransports: Wärmeleitung

Begründung:

Das warme Wasser fließt von der Quelle zum Tank.

2 P.

(Zu Tank wird Wärme durch Wärmeleitung ans kältere Leitungswasser abgegeben.)

Aufgabe 5 (10 Punkte)

Ein Bekannter fragt Sie um Ihren Rat. Er sagt, er habe ein kleines elektrisches Heizgerät für 230 V, in dem ein Heizstab mit dem Widerstand 53 Ω eingebaut ist. In gewissen Situationen sei die erzeugte Wärme aber zu gross und deshalb habe er sich überlegt, wie er die Heizleistung bei Bedarf verkleinern könnte. Nun habe er eine Idee!

a) Wie gross ist die Leistung des Geräts im jetzigen Zustand?

a1) formal

$$P_0 = \frac{U^2}{R}$$

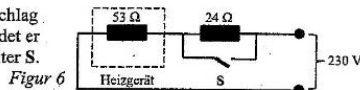
1 P.

a2) numerisch

$$P_0 = \frac{(230V)^2}{53 \Omega} = 998 W = \underline{\underline{1.0 kW}}$$

1 P.

b) Ihr Bekannter präsentiert folgenden Vorschlag (Figur 6): zusätzlich zum Heizgerät verwendet er einen Widerstand von 24 Ω und einen Schalter S.



Figur 6

b1) Wie fliesst der Strom, wenn der Schalter S in Figur 6 geschlossen ist, d. h. sich in dieser Position befindet (verbale Antwort)?

Der Strom fliesst durch das Heizgerät (und sourt durch den Draht). Wej mit dem kleinsten Widerstand.

0.5 P.

b2) Wie gross ist die dann produzierte Leistung (nur numerisch)?

$$P_0 = \underline{\underline{1.0 kW}}$$

0.5 P.

c) Nun wird der Schalter S geöffnet (in Figur 6 dargestellt).

c1) Wie gross ist der fliessende Strom (nur numerisch)?

$$I = \frac{230V}{53 \Omega + 24 \Omega} = \underline{\underline{3.0 A}}$$

2 P.

c2) Wie gross ist die Leistung, die im Heizstab des Heizgeräts produziert wird (nur numerisch, aber Rechnung begründen)? Kommentieren Sie dieses Resultat (ist der gewünschte Effekt erreicht)?

$$P_1 = 53 \Omega \cdot (2.987 A)^2 = 473 W = \underline{\underline{0.47 kW}}$$

2 P.

Ja, die Leistung und somit die erzeugte Wärme sind kleiner.

d) Ihr Bekannter sagt, er habe sich schon den benötigten 24-Ω-Widerstand im Internet gekauft und zeigt Ihnen den Widerstand.



Figur 7

Abbildung in Originalgrösse!

Nun müsse er das Ganze nur noch zusammensetzen.

d1) Berechnen Sie die Leistung, die in Figur 6 im 24-Ω-Widerstand produziert wird (nur numerisch). Tipp: greifen Sie auf die Berechnungen in Aufgabe c) zurück.

$$P_2 = 24 \Omega \cdot (2.987 A)^2 = 214 W = \underline{\underline{0.21 kW}}$$

1 P.

d2) Vergleichen Sie diese Leistung mit der des Heizstabs im Heizgerät (berechnen Sie das Verhältnis der beiden Leistungen).

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{R_1 \cdot I^2}{R_2 \cdot I^2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{53 \Omega}{24 \Omega} = \underline{\underline{2.2}}$$

1 P.

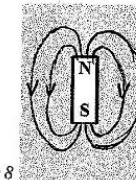
d3) Diese Leistung wird im Widerstand von Figur 7 produziert! Welchen Ratschlag (mit Begründung) geben Sie Ihrem Bekannten in Bezug auf seine Idee, auf diese Weise die Heizleistung seines Geräts zu verkleinern?

Der Zusatzwiderstand (24 Ω) wird erhitzt. Es besteht die Gefahr, dass bei Überhitzung etwas zu brennen beginnt.

1 P.

Aufgabe 6 (9 Punkte)

a) Auf einem grauen Stück Papier liegt ein Metallstab, ein Ende ist mit N, das andere mit S angeschrieben (Figur 8). Dieser Stab erzeugt ein Feld.



Figur 8

a1) Um welche Art Feld handelt es sich? Begründen Sie Ihre Antwort.

Es handelt sich um ein Magnetfeld. Der Metallstab hat einen Nord- und einen Süd-Pol, ist also magnetisch.

1 P.

a2) Skizzieren Sie in Figur 8 das erzeugte Feld (beachten Sie dessen Richtung).

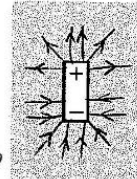
1 P.

a3) Das Feld ist nicht sichtbar, es lässt sich aber nachweisen. Beschreiben Sie ein mögliches Vorgehen.

Mann hält eine Kompassnadel in die Nähe des Magnetstabes, sie wird sich tangential zur Feldlinie ausrichten.

1.5 P.

b) Auf einem andern Stück Papier liegt ein Kunststoffstab, ein Ende ist mit +, das andere mit - angeschrieben (Figur 9). Auch dieser Stab erzeugt ein Feld.



b1) Um welche Art Feld handelt es sich? Begründen Sie Ihre Antwort.

Elektrisches Feld, ein Stabende ist positiv, das andere negativ geladen.

1 P.

b2) Was bedeuten die Zeichen + und - in Figur 9 aus atomarer Sicht?
b21) Bedeutung des + Zeichens:

Mangel an Elektronen

b22) Bedeutung des - Zeichens:

Überschuss an Elektronen

1 P.

b3) Der in Figur 9 gezeigte Stab besteht aus Kunststoff. Könnte man denselben Versuch auch mit einem Metallstab ausführen? Begründen Sie Ihre Antwort.

Nein, weil die Elektronen sich wieder verschieben würden und die Ladungsunterschiede sich wieder ausgleichen würden.

1 P.

b4) Skizzieren Sie in Figur 9 das erzeugte Feld (beachten Sie dessen Richtung).

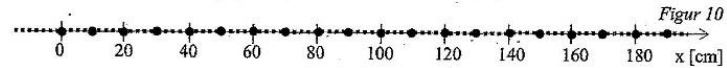
1 P.

b5) Das Feld ist nicht sichtbar, es lässt sich aber nachweisen. Beschreiben Sie ein mögliches Vorgehen.

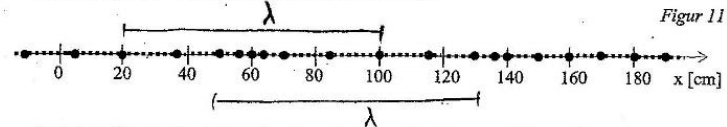
Mann nähert einen ungeladenen Isolator dem positiven Stabende. Im Isolator werden sich die Elektronen innerhalb ihrer Atomhülle asymmetrisch verteilen ("Polarisation"). Die dem positiven Stabende zugewandte Seite des Isolators ist dann leicht negativ geladen → anziehende Kraft.

Aufgabe 7 (6 Punkte)

Kugeln mit einem gegenseitigen Abstand von 10 cm sind mit einem gespannten elastischen Band verbunden (Figur 10).



Vom Ursprung 0 breitet sich eine Welle längs der x-Achse aus. Figur 11 zeigt die Welle 4.0 Sekunden nach dem Start.



Beziehen Sie sich für die Beantwortung der folgenden Fragen auf Figur 11.

a) Um welche Art Welle handelt es sich? Begründen Sie Ihre Antwort.

Longitudinalwelle, weil die Auslenkung parallel zur Ausbreitungsrichtung der Welle stattfindet.

1 P.

b) Wie gross ist die Geschwindigkeit der Welle?

$$v = \frac{s}{\Delta t} = \frac{140 \text{ cm}}{4 \text{ s}} = \underline{\underline{0.35 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

1 P.

c) Wie gross ist die Wellenlänge?

$$\lambda = \underline{\underline{80 \text{ cm}}}$$

1.5 P.

d) Wie gross ist die Schwingungsdauer?

$$v = \lambda \cdot f = \lambda \cdot \frac{1}{T}$$

$$\rightarrow T = \frac{\lambda}{v} = \frac{\lambda \cdot \Delta t}{s} = \underline{\underline{2.3 \text{ s}}}$$

1 P.

e) Wie gross ist die Amplitude der Welle? Beschreiben und begründen Sie, wie Sie Ihre Antwort gefunden haben.

$$A = \underline{\underline{10 \text{ cm}}}$$

Die dritte Kugel (bei 20) und die 7. Kugel (bei 60) bleiben an Ort und Stelle.

Die fünfte Kugel hat auf Figur 11 die maximale Auslenkung.

1.5 P.