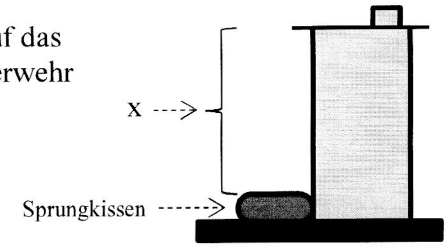
Aufgabe 1 (10 Punkte)

Bei einem Brand in einem Haus flüchtet ein Bewohner auf das Dach. Von dort springt er auf das **Sprungkissen** der Feuerwehr (*Figur 1*). Er prallt mit 65 km/h auf.



Figur 1

a) Wie lange dauert es, bis ein frei fallender Körper 65 km/h schnell ist?

a1) formal

$v = gt + (v_0)$

$t = \frac{v}{g}$

1 P.

a2) numerisch

$t = \frac{18{,}056 \frac{m}{s}}{10 \frac{m}{s^2}} = 1{,}8\,s$

1 P.

b) Wie gross ist die dabei zurückgelegte Strecke x (*Figur 1*)?

b1) formal

$h = \frac{1}{2} g t^2 + (v_0 t)$

$= \frac{v^2}{2g}$

1 P.

b2) numerisch

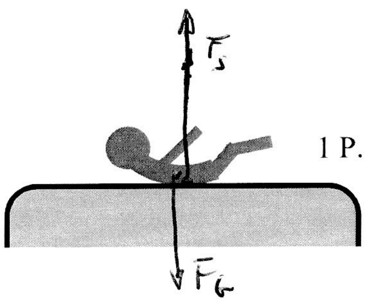
$h = \frac{(18{,}056 \frac{m}{s})^2}{2 \cdot 10 \frac{m}{s^2}} = 16{,}3\,m = 16\,m$

1 P.

Beim Aufprall übt das Sprungkissen eine vertikale Kraft F_s von 4.9 kN auf den Bewohner (Masse 70 kg) aus.

c) Zeichnen Sie F_s in *Figur 2* gut sichtbar ein, beschriftet mit F_s (beachten Sie den Angriffspunkt).

1 P.



Figur 2

d) Auf den Bewohner wirkt seine Gewichtskraft F_G. Berechnen Sie deren Grösse und zeichnen Sie F_G in *Figur 2* ein, beschriftet mit F_G (beachten Sie den Angriffspunkt).

$F_G = mg = 700\,N = 0{,}70\,kN$

1 P.

e) Wir betrachten die Gegenkraft von F_s.
Ergänzen Sie die folgenden Sätze:
Die Gegenkraft von F_s ist die Kraft, die der Bewohner auf das Kissen ausübt.

Sie ist nach unten gerichtet und ihre Grösse beträgt 4,9 kN.

2 P.

f) Berechnen Sie Grösse und Richtung der resultierenden Kraft, die auf den Bewohner wirkt (nur numerisch).

$$F_{eff} = F_S - F_G = \underline{4.2\,kN}$$

1 P.

g) Berechnen Sie numerisch seine Verzögerung (negative Beschleunigung) beim Aufprall.

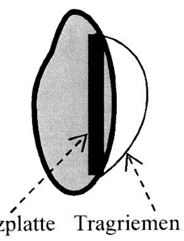
$$F_{eff} = m a$$

1 P.

$$\underline{a} = \frac{F_{eff}}{m} = \underline{60\,\frac{m}{s^2}} = 6g$$

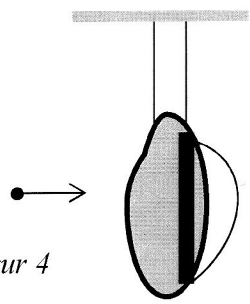
Aufgabe 2 (10 Punkte)

Damit Schüler bei einem Amoklauf nicht völlig ungeschützt sind, gibt es in den USA **Schul-Rucksäcke** mit einer eingearbeiteten Schutzplatte (*Figur 3*). In dieser bleiben Pistolenkugeln stecken. Hält man einen solchen Rucksack vor sich, ist man fast wie durch eine Kugelweste geschützt.



Figur 3

Für eine Demonstration wird ein solcher Rucksack an zwei Schnüren aufgehängt (*Figur 4*), seine Masse ist 4.0 kg. $= M$
Nun wird aus einer Pistole eine Kugel mit 12 g Masse $= m$
auf ihn abgefeuert. Danach bewegt sich der Rucksack (mit der in der Schutzplatte steckenden Kugel) mit 0.70 m/s $= u$
nach rechts.
Hinweis: Aufgabe c) ist unabhängig von den Aufgaben a) und b).


Figur 4

a) Wie gross war die Geschwindigkeit der Kugel?
Diese Frage lässt sich mit Hilfe des Begriffs 'Impuls' beantworten.

a1) Beschreiben und begründen Sie Ihre diesbezüglichen Überlegungen.

Impulserhaltung: Impuls vor dem Aufprall ist gleich dem Impuls nach dem Aufprall.

1 P.

a2) Berechnen Sie die Geschwindigkeit der Kugel formal.

$$m \cdot v = (m + M) \cdot u$$

$$\underline{v = \frac{m + M}{m} \cdot u}$$

2 P.

a3) Berechnen Sie die Geschwindigkeit der Kugel numerisch.

$$v = \frac{4{,}0125\,kg}{0{,}0125\,kg} \cdot 0{,}7\,\frac{m}{s} = 234\,\frac{m}{s} = \underline{0{,}23\,\frac{km}{s}}$$

1 P.

b) Berechnen Sie (nur numerisch) die kinetische Energie

b1) der Kugel vor dem Aufprall,

$$E = \frac{1}{2} m v^2 = \underline{0{,}33\,kJ}$$

1 P.

b2) von Rucksack und Kugel nach dem Aufprall.

$$E = \frac{1}{2}(m+M)u^2 = \underline{0{,}98\,J}$$

1 P.

b3) Vergleichen und kommentieren Sie die Resultate von b1) und b2).

vollkommen unelastischer Stoss. Praktisch die ganze kin. Energie wurde in Verformungsarbeit / Wärme umgewandelt.

1 P.

c) Eine Person bremst den sich mit 0.70 m/s bewegenden Rucksack auf 5.0 cm Weg zum Stillstand ab. Wie gross ist die dafür erforderliche, konstante Kraft?

c1) Beschreiben und begründen Sie Ihre diesbezügliche Überlegung.

Die Änderung der Geschwindigkeit über die Strecke gibt die Beschleunigung. Die Kraft ist zu ihr proportional.

1 P.

c2) Berechnen Sie die Kraft numerisch.

$$F = m a = m \frac{v^2}{2s} = 19{,}7\,N = \underline{20\,N}$$

1 P.

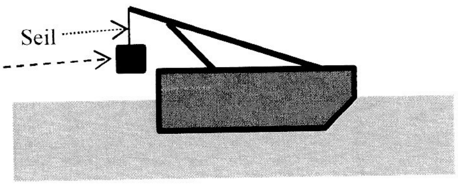
c3) Kommentieren Sie das Resultat.

Die Kraft ist so klein (Gewicht Rucksack: 40 N), dass kein Schaden entstehen kann.

1 P.

Aufgabe 3 (10 Punkte)

Für den Bau eines Wellenbrechers im Meer werden **Betonwürfel** von 3.0 m Kantenlänge mit 60 t Masse verwendet. *Figur 5* zeigt einen solchen Betonwürfel, der mit einem Kranschiff an den Bestimmungsort transportiert wird.



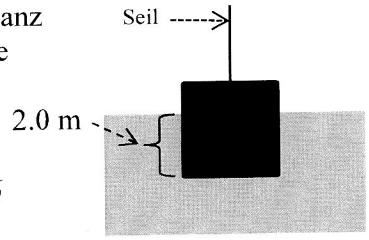
Figur 5

a) Wie gross ist in *Figur 5* die Zugkraft F_s im Seil (nur numerisch)?

$F_S = F_G = mg = 600\ kN = 6{,}0 \cdot 10^5\ N$

1 P.

b) Am Bestimmungsort wird der Betonwürfel gleichförmig und ganz langsam abgesenkt. Wie gross ist in der in *Figur 6* gezeigten Lage die Zugkraft F_s im Seil?



Figur 6

b1) Beschreiben Sie verbal Ihre Lösungsidee.

Der Auftrieb vermindert die Kraft, die vom Seil getragen werden muss. Er entspricht dem Gewicht des verdrängten Wassers.

1 P.

b2) Berechnen Sie F_s formal.

$a = 3m$
$h = 2m$

$F_S = F_G - F_A$
$= mg - \rho_W \cdot a^2 \cdot h \cdot g$

2 P.

b3) Berechnen Sie F_s numerisch.

$F_S = 60000 kg \cdot 10 \frac{N}{kg} - 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9 m^2 \cdot 2m \cdot 10 \frac{N}{kg}$
$= 4{,}2 \cdot 10^5 N$

1 P.

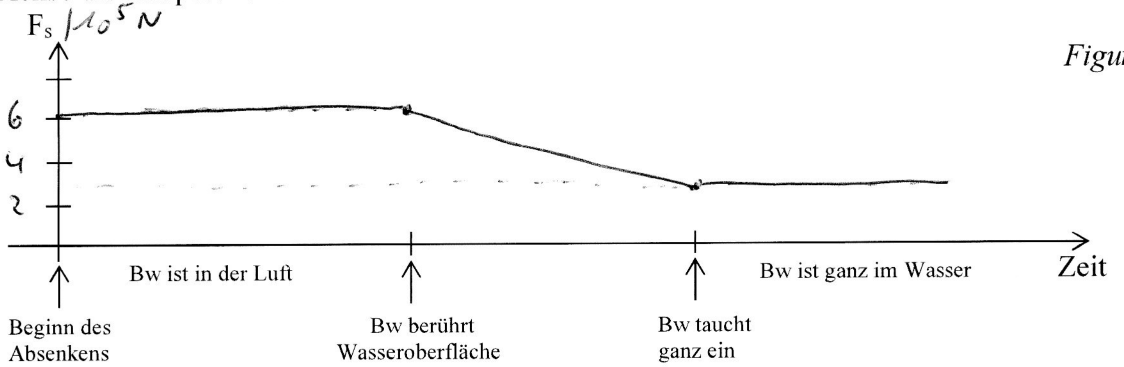
c) Wie gross ist F_s, wenn der Betonwürfel beim Absenken ganz eingetaucht ist (nur numerisch)?

$a^2 \cdot h \rightarrow a^3 = 27 m^3$

$F_S = 3{,}3 \cdot 10^5 N$

2 P.

d) Wie ändert sich F_S während des Absenkens des Betonwürfels? Stellen Sie F_S in *Figur 7* graphisch dar und begründen Sie ihre Lösung stichwortartig. Tragen Sie auf der vertikalen Achse die entsprechenden Einheiten ein. Hinweis: "Bw" bedeutet "Betonwürfel".



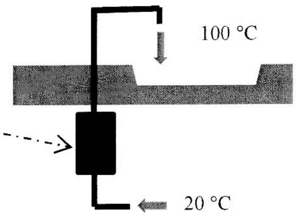
Figur 7

$F_A = \underbrace{\varrho \cdot a^2 \cdot g}_{\text{konst}} \cdot h \sim h$ also linear

3 P.

Aufgabe 4 (10 Punkte)

Für Küchen gibt es Armaturen, die einen Auslauf haben, dem man Wasser von 100 °C entnehmen kann (*Figur 8*).
Unter der Spülfläche ist ein **Boiler** mit 7.0 l Fassungsvermögen installiert, in dem Wasser von 20 °C auf 100 °C erwärmt wird.



Figur 8

a) Welche Wärmemenge ist nötig, um 7.0 l Wasser von 20 °C (T_1) auf 100 °C (T_2) zu erwärmen?

a1) formal

$\Delta Q = c \cdot \varrho \cdot V \cdot (T_2 - T_1)$

1 P.

a2) numerisch

$\Delta Q = 4182 \frac{J}{kg K} \cdot 1 \frac{kg}{dm^3} \cdot 7 dm^3 \cdot 80 K = 2{,}3 MJ$

1 P.

b) Eine Installation im Auslauf stellt sicher, dass nur flüssiges Wasser von 100 °C, nicht aber Wasserdampf von 100 °C austreten kann. Wir untersuchen, wieso das Ausströmen von Wasserdampf verhindert werden muss.

b1) Berechnen Sie numerisch die Wärmemenge, die 1.0 g Wasser abgibt, wenn es von 100 °C auf 35 °C abgekühlt wird (35 °C ist etwa die Temperatur der Hautoberfläche).

$\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta T = 4182 \frac{J}{kg K} \cdot 0{,}001 kg \cdot 65 K = 272 J = 0{,}27 kJ$

0.5 P.

b2) Berechnen Sie numerisch die Wärmemenge, die 1.0 g Wasserdampf abgibt, wenn er von 100 °C auf 35 °C abgekühlt wird.

$\Delta Q = m \cdot L_v + c\, m\, \Delta T = 0{,}001 kg \cdot 2{,}3 \cdot 10^6 \frac{J}{kg} + 272 J = 2{,}6 kJ$

1.5 P.

b3) Wieso muss, aufgrund von b1) und b2), das Ausströmen von Wasserdampf verhindert werden?

Die gleiche Menge Dampf würde 10x mehr Energie auf den Menschen übertragen. Die Verbrennung wäre 10x so schlimm. 1 P.

c) Ein Heizelement im Boiler muss dauernd 10 W abgeben, um das Abkühlen des Wassers im Boiler zu verhindern, d. h. um auch bei Nichtgebrauch die Wassertemperatur auf 100 °C zu halten. Um wieviel würden sich 7.0 l Wasser in 60 min abkühlen, wenn das Heizelement abgeschaltet wäre (nur numerisch)?

$$\Delta Q = P \cdot t = c \cdot m \, \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{P \cdot t}{c \cdot m}$$

$$= \frac{10\,W \cdot 60 \cdot 60\,s}{4182\,\frac{J}{kgK} \cdot 7\,kg} = 1{,}2\,K$$

2 P.

d) In welchem Verhältnis muss Wasser von 100 °C mit Wasser von 20 °C gemischt werden, damit man Wasser von 40 °C erhält (nur numerisch, aber Rechnung begründen)?

$\Delta Q_{ab} = \Delta Q_{auf}$ Energieerhaltung

$c\, m_1 \Delta T_1 = c\, m_2 \Delta T_2$ gleiches Material, c kürzt sich

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = \frac{20\,K}{60\,K} = \frac{1}{3}$$

2 P.

e) Der Hersteller schreibt: „Dem Auslauf entströmt das 100 °C heisse Wasser nicht als kompakter Wasserstrahl, sondern feinperlig, d. h. in Form von winzigen Tröpfchen".
Wieso ist das vom Hersteller so gewollt?

Die viel grössere Oberfläche ermöglicht eine viel schnellere Wärmeübertragung. 1 P.

Aufgabe 5 (10 Punkte)

Chris hat einen **Experimentierkasten** zur Elektrizitätslehre erhalten. Er führt als erstes den Versuch "Kleiner Widerstand, grosse Leistung" durch.

a) Gemäss Anleitung schliesst er ein 30-Ω-Glühbirnchen an eine 4.5-V-Batterie an. Wie gross ist die erzeugte Leistung?

a1) formal

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

1 P.

a2) numerisch

$$P = \frac{(4{,}5\,V)^2}{30\,\Omega} = 0{,}675\,W = 0{,}68\,W$$

1 P.

b) Anschliessend ersetzt er das 30-Ω-Glühbirnchen durch ein 60-Ω-Glühbirnchen. Wie gross ist die jetzt erzeugte Leistung (nur numerisch)?

$P' = \frac{1}{2}P = 0{,}34\,W$

1 P.

c) Die beiden Glühbirnchen werden nun parallel geschaltet und an die Batterie angeschlossen. Wie gross sind die erzeugten Leistungen (nur numerisch)? Begründen Sie Ihre Antwort.

U bleibt gleich, Teilströme addieren sich, also addiert sich auch die Leistung

$P_G = P + P' = 1{,}0\,W$

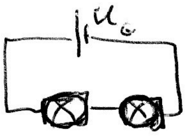
1 P.

d) Ergänzen Sie den Satz: "*Bei diesen parallel geschalteten Widerständen verhalten sich die Leistungen* ...indirekt proportional zu den Widerständen................ ."

1 P.

e) Gemäss Anleitung schaltet Chris danach die beiden Glühbirnchen in Serie und schliesst sie an die Batterie an.

e1) Skizzieren Sie diese Schaltung mit den korrekten Schaltsymbolen.



1 P.

e2) Wie gross ist der Gesamtwiderstand ("Ersatzwiderstand") dieser Schaltung (nur numerisch)?

$R_G = R_1 + R_2$

1 P.

e3) Wie gross ist der fliessende Strom (nur numerisch)?

$I = \frac{U_G}{R_G} = \frac{4{,}5\,V}{90\,\Omega} = 0{,}050\,A = 50\,mA$

1 P.

e4) Berechnen Sie numerisch die Leistungen, die im 30-Ω-Glühbirnchen, bzw. im 60-Ω-Glühbirnchen erzeugt werden.

$P_1 = R_1 I^2 = 30\,\Omega \cdot (0{,}05\,A)^2 = 0{,}075\,W = 75\,mW$

$P_2 = R_2 I^2 = 60\,\Omega\,(0{,}05\,A)^2 = 0{,}15\,W$

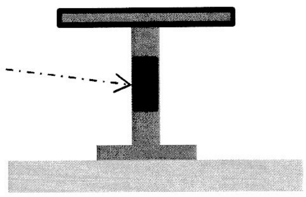
1 P.

e5) Ergänzen Sie den Satz: "*Bei diesen in Serie geschalteten Widerständen verhalten sich die Leistungen* ..proportional zu den Widerständen.................... ."

1 P.

Aufgabe 6 (8 Punkte)

Lara hat einen "**Cocktailtisch mit Heizstrahler**" gekauft (*Figur 9*). In der Stütze, welche die Tischplatte trägt, ist ein Heizstrahler eingebaut. "Der Heizstrahler sorgt dort für angenehme Sofortwärme, wo sie benötigt wird: an Füssen und Beinen" (aus dem Prospekt). Auf dem Typenschild findet Lara die Angaben "44 Ω, 1.2 kW".



Figur 9

a) Wie gross ist die Stromstärke, wenn der Heizstrahler in Betrieb ist (nur numerisch)?

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{1200\,W}{44\,\Omega}} = 5{,}2\,A$$

1 P.

b) Lara schaut sich den Heizstrahler genauer an. Sie sieht, dass er einen 12 m langen Draht mit 0.15 mm^2 Querschnittsfläche enthält. In diesem Draht wird die Leistung des Heizstrahlers erzeugt. Wie gross ist der spezifische Widerstand des Materials, aus dem der Draht besteht (nur numerisch)?

$$R = \rho_{el} \cdot \frac{l}{A}$$

$$\rho_{el} = \frac{R \cdot A}{l} = \frac{44\,\Omega \cdot 0{,}15\,mm^2}{12\,m} = 5{,}5 \cdot 10^{-7}\,\Omega m$$

2 P.

c) Ein Sensor in der Stütze des Tisches bewirkt, dass der Heizstrahler nur dann in Betrieb ist, wenn jemand am Tisch sitzt. Lara sitzt 25 Minuten dort. Wie gross sind die in dieser Zeit anfallenden Energiekosten, wenn pro kWh 20 Rappen verrechnet werden (nur numerisch)?

$$E = P \cdot t$$

$$K = p \cdot E = p \cdot P \cdot t = 20\,\frac{Rp}{kWh} \cdot 1{,}200\,kW \cdot 0{,}417\,h$$

$$= 10\,Rp$$

2 P.

d) Wir betrachten die vom Heizstrahler ausgesandten Wellen.

d1) Können sich diese Wellen auch im Vakuum ausbreiten? Begründen Sie Ihre Antwort.

Ja, da elektromagnetische Wellen kein Medium benötigen (Infrarot-Strahlung)

1 P.

d2) Beschreiben Sie zwei weitere Charakteristika dieser Wellen mit jeweils 1 bis 2 Sätzen und ev. einer Skizze. (Hinweis: eine Antwort im Sinn von "Es sind Wärmewellen" genügt nicht).

1. Charakteristikum:

Die Wellenlänge ist ca 1000nm.

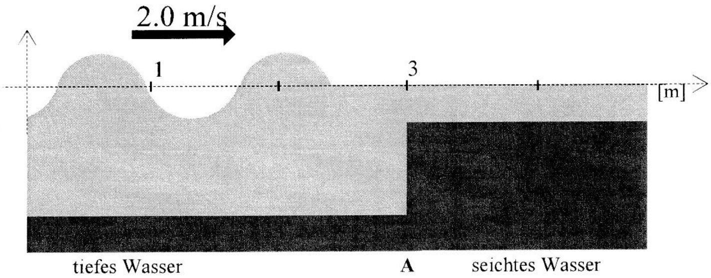
2. Charakteristikum:

Die Geschwindigkeit ist die Lichtgeschwindigkeit ca. $3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$

2 P.

Aufgabe 7 (7 Punkte)

Figur 10 zeigt eine **Welle** der Wellenlänge 1.5 m, die sich mit 2.0 m/s in einem **Schwimmbecken** nach rechts ausbreitet.



Figur 10

Wir betrachten die Frequenz dieser Welle.

a) Berechnen Sie die Frequenz (nur numerisch).

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{2\frac{m}{s}}{1{,}5m} = \frac{4}{3}\frac{1}{s} = 1{,}3\,Hz$$

1 P.

b) Beschreiben Sie, wie man mit Hilfe einer Uhr die Frequenz messen kann.

Mit der Uhr könnte man die Periode T messen.

$f = \frac{1}{T}$

1 P.

c) Die Frequenz lässt sich in *Figur 10* (näherungsweise) ablesen. Erklären Sie, wie man das machen kann.

Man kann die Wellenlänge ablesen, z.B. vom Nulldurchgang bei 1m bis zum Nulldurchgang bei 2.5m und somit die Frequenz aus $\frac{c}{\lambda}$ berechnen.

1 P.

d) Rechts von der Stelle **A** in *Figur 10* ist das Wasser weniger tief. In diesem Bereich breitet sich die Welle nur noch mit 1.0 m/s aus. Wir nehmen an, dass beim Übergang vom tiefen zum seichten Wasser die Amplitude der Welle gleich bleibt.

d1) Was lässt sich anschaulich über die *Frequenz* der Welle im seichten Wasser sagen? Beschreiben und begründen Sie Ihre Überlegung. Zu welchem Resultat kommen Sie?

Die Frequenz bleibt gleich, weil sie die zeitliche Änderung der Welle, bzw. die Bewegung von einem Teilchen zum nächsten, beschreibt.

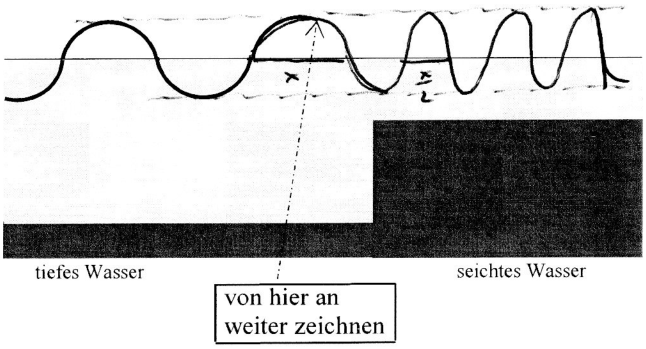
1 P.

d2) Was lässt sich über die *Wellenlänge* der Welle im seichten Wasser sagen? Beschreiben und begründen Sie Ihre Überlegung. Zu welchem Resultat kommen Sie?

Da c sich halbiert hat, f aber gleich bleibt, muss sich die Wellenlänge auch halbieren.

1 P.

d3) Wie sieht das *Bild* der Welle zu einem späteren Zeitpunkt aus - nachdem sie sich auch bis ins seichte Wasser ausgebreitet hat?
In *Figur 11* ist schon ein Stück des Teils der Welle eingezeichnet, der noch im tiefen Wasser ist. Gehen Sie von diesem Stück aus und skizzieren Sie das Bild der Welle möglichst genau. Kommentieren Sie Ihre Lösung stichwortartig.

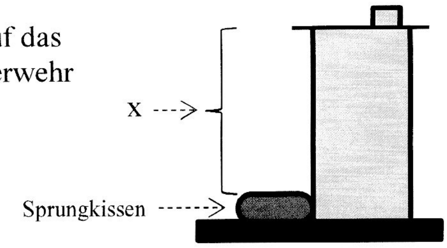


Figur 11

2 P.

Aufgabe 1 (10 Punkte)

Bei einem Brand in einem Haus flüchtet ein Bewohner auf das Dach. Von dort springt er auf das **Sprungkissen** der Feuerwehr (*Figur 1*). Er prallt mit 65 km/h auf.



Figur 1

a) Wie lange dauert es, bis ein frei fallender Körper 65 km/h schnell ist?

a1) formal

$v = gt + (v_0)$

$\underline{t = \frac{v}{g}}$

1 P.

a2) numerisch

$\underline{t} = \frac{18{,}056 \frac{m}{s}}{10 \frac{m}{s^2}} = \underline{1{,}8\,s}$

1 P.

b) Wie gross ist die dabei zurückgelegte Strecke x (*Figur 1*)?

b1) formal

$h = \frac{1}{2} g t^2 + (v_0 t)$

$\underline{= \frac{v^2}{2g}}$

1 P.

b2) numerisch

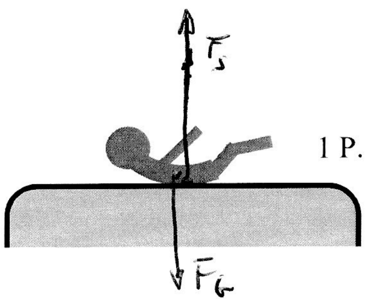
$\underline{h} = \frac{(18{,}056 \frac{m}{s})^2}{2 \cdot 10 \frac{m}{s^2}} = 16{,}3\,m = \underline{16\,m}$

1 P.

Beim Aufprall übt das Sprungkissen eine vertikale Kraft F_s von 4.9 kN auf den Bewohner (Masse 70 kg) aus.

c) Zeichnen Sie F_s in *Figur 2* gut sichtbar ein, beschriftet mit F_s (beachten Sie den Angriffspunkt).

1 P.



Figur 2

d) Auf den Bewohner wirkt seine Gewichtskraft F_G. Berechnen Sie deren Grösse und zeichnen Sie F_G in *Figur 2* ein, beschriftet mit F_G (beachten Sie den Angriffspunkt).

$F_G = mg = 700\,N = 0{,}70\,kN$

1 P.

e) Wir betrachten die Gegenkraft von F_s.
Ergänzen Sie die folgenden Sätze:
Die Gegenkraft von F_s ist die Kraft, die der Bewohner auf das Kissen ausübt.

Sie ist nach unten gerichtet und ihre Grösse beträgt 4,9 kN .

2 P.