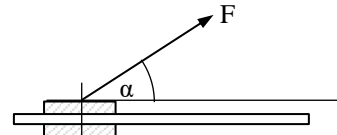


1.3. Aufgaben zur Statik

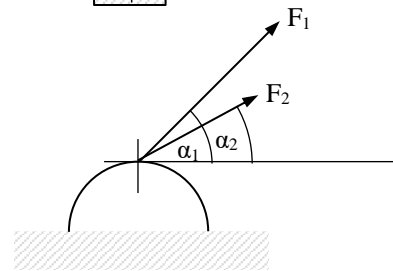
Aufgabe 1: Kräftezerlegung

Ein Schlitten kann auf einer Schiene horizontal bewegt werden. Im Winkel von $\alpha = 40^\circ$ zur Schiene zieht ein Seil mit der Kraft $F = 100 \text{ N}$ an dem Schlitten. Bestimme die Komponenten F_x und F_y der Kraft, welche parallel bzw. orthogonal zur Bewegungsrichtung wirken.



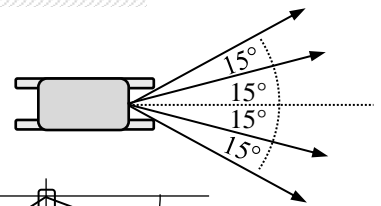
Aufgabe 2: Kräftezerlegung

Auf das Fundament der Verankerung eines abgespannten Mastes wirken zwei Seilkräfte $F_1 = 300 \text{ N}$ und $F_2 = 180 \text{ N}$ unter den Winkeln $\alpha_1 = 45^\circ$ und $\alpha_2 = 30^\circ$ zur Horizontalen. Berechne den Betrag der resultierenden Kraft und ihren Winkel zur Horizontalen.



Aufgabe 3: Kräftezerlegung

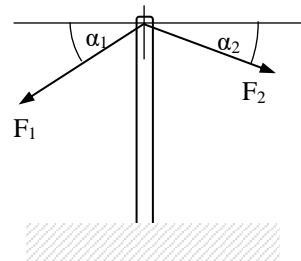
Ein Schlitten wird von vier Hunden mit jeweils 600 N in die rechts angegebenen Richtungen gezogen. Berechne die gesamte Zugkraft in Fahrtrichtung.



Aufgabe 4: Kräftezerlegung

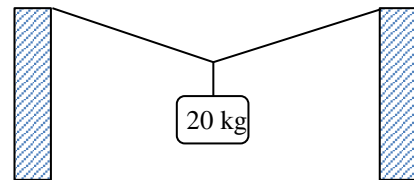
Ein Mast wird mit zwei Seilen unter den Winkeln $\alpha_1 = 30^\circ$ und $\alpha_2 = 20^\circ$ zur Horizontalen abgespannt. Die Seilkräfte betragen $F_1 = 4 \text{ kN}$ und $F_2 = 2 \text{ kN}$.

- Bestimme den Betrag der resultierenden Kraft und ihren Winkel zur Vertikalen.
- Auf welchen Betrag muss man die Spannung im rechten Seil (F_2) erhöhen, damit die resultierende Kraft nicht mehr schief ist?



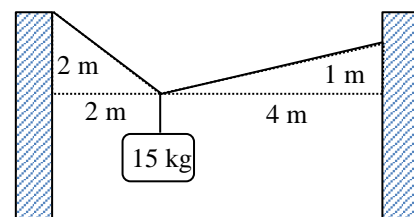
Aufgabe 5: Kräftezerlegung

Eine 20 kg schwere Lampe ist in der Mitte eines 6 m breiten Durchganges an einem Seil aufgehängt, welches dort 1 m durchhängt. Wie groß sind die Seilkräfte?



Aufgabe 6: Kräftezerlegung

Eine 15 kg schwere Lampe ist an einem Seil aufgehängt, welches mit den nebenstehenden Maßen befestigt ist. Wie groß sind die Seilkräfte?



Aufgabe 7: Gravitationskraft

- Berechne die Anziehungskraft, die zwei $100\,000 \text{ t}$ schwere Supertanker aufeinander ausüben, die im Abstand von 200 m nebeneinander liegen.
- Berechne die Anziehungskraft, die zwei 50 kg schwere Menschen aufeinander haben, wenn sie sich bis auf 1 m nähern.

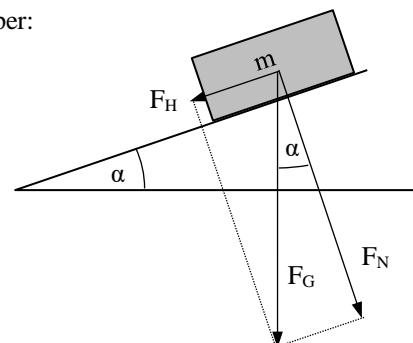
Aufgabe 8: Gravitationskraft

Berechne die Gravitationsfeldstärke auf der Oberfläche der folgenden Himmelskörper:

- Mond: $m = 7,3 \cdot 10^{22} \text{ kg}$ und $r = 1738 \text{ km}$
- Venus: $m = 5,8 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ und $r = 6100 \text{ km}$
- Jupiter: $m = 1,9 \cdot 10^{27} \text{ kg}$ und $r = 71\,350 \text{ km}$

Aufgabe 9: Gravitationskraft

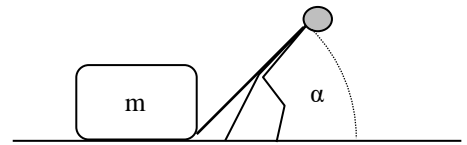
Eine Kiste mit der Masse $m = 50 \text{ kg}$ sitzt auf einer schiefen Ebene mit dem Neigungswinkel $\alpha = 20^\circ$ zur Horizontalen. Bestimme die Normalkraft F_N , welche den Körper senkrecht zur Ebene andrückt und die Hangabtriebskraft F_H , welche die Kiste parallel zur Ebene beschleunigt. Rechne mit $g \approx 10 \text{ m/s}^2$.



Aufgabe 10: Reibungskraft

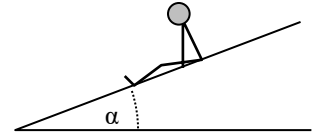
Ein Arbeiter will eine $m = 100$ kg schwere Kiste an einem Seil über den Boden mit Gleitreibungskoeffizient $\mu = 0,9$ ziehen.

- Zunächst zieht er waagrecht an dem Seil. Wie stark muss er ziehen? Rechne mit der Gravitationsfeldstärke $g \approx 10 \text{ m/s}^2$.
- Nun bringt er das Seil weiter unten an und zieht unter einem Winkel von $\alpha = 45^\circ$ zur Horizontalen schräg nach oben an der Kiste. (siehe rechts) Wie stark muss er nun ziehen? Beachte, dass er durch den nach oben gerichteten Anteil der Kraft auch die Reibungskraft vermindert.



Aufgabe 11: Reibungskraft

- Berechne die resultierende Beschleunigungskraft auf ein 20 kg schweres Kind, das mit seiner Nylon-Matschhose (Gleitreibungskoeffizient $\mu = 0,3$) auf einer Rutsche mit dem Neigungswinkel $\alpha = 30^\circ$ sitzt. Rechne mit der Gravitationsfeldstärke $g \approx 10 \text{ m/s}^2$.
- Welchen Neigungswinkel muss eine Rutsche mindestens aufweisen, wenn sie mit Jeans (Haftreibungszahl 0,9) noch funktionieren soll?
- Bei welcher Haftreibungszahl funktioniert die Rutsche aus a) nicht mehr?



Aufgabe 12: Reibungskraft

Bei einem Umzug soll eine 100 kg schwere Truhe über eine 45° steile Bretterrampe zum 1. Stock hochgezogen werden. Mit welcher Kraft muss man ziehen, wenn die Haftreibungszahl $\mu = 0,8$ beträgt? Rechne mit $g \approx 10 \text{ m/s}^2$.

Aufgabe 13: Federkräfte

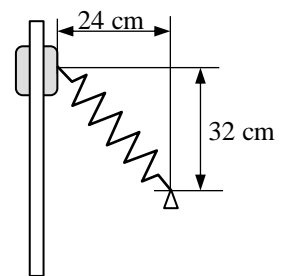
Um eine Feder um 2 cm aus der entspannten Lage zu dehnen, muss man mit 20 N ziehen.

- Welche Zugkraft benötigt man für die Dehnung um 5 cm aus der entspannten Lage?
- Welche Druckkraft benötigt man für die Stauchung um 3 cm aus der entspannten Lage?
- Wie stark ist die Dehnung bei einer Zugkraft von 30 N?

Aufgabe 14: Federkräfte

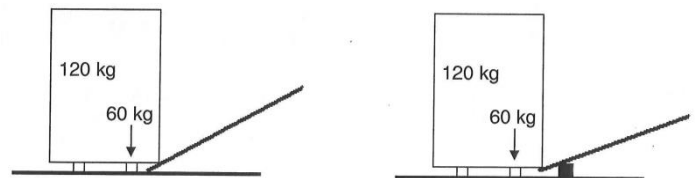
Eine Hülse ist auf einer senkrechten Schiene beweglich und wird von einer schräg befestigten Rückstellfeder gespannt, die im entspannten Zustand 35 cm lang ist und die Federkonstante $D = 25 \text{ N/cm}$ besitzt.

- Berechne den Gesamtbetrag der Federkraft.
- Wie groß sind die Komponenten der Federkraft parallel zur Schiene (Rückstellkraft) und senkrecht zur Schiene?



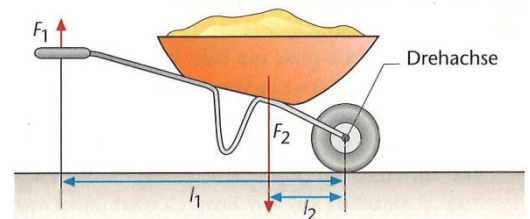
Aufgabe 15: Hebelgesetz

Bestimme in beiden Fällen die erforderliche Kraft, um den 120 kg schweren Schrank mit einem 1,5 m langen Hebel anzuheben, wenn der Lastarm zwischen Schrank und Boden bzw. zwischen Schrank und Klotz noch 20 cm lang ist. Welche Variante ist günstiger? Begründe.



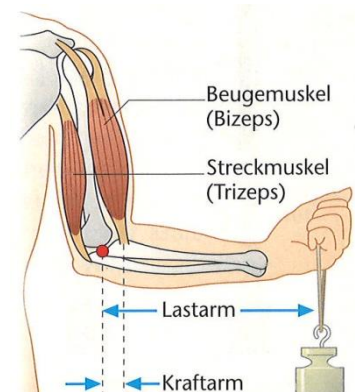
Aufgabe 16: Hebelgesetz

Bestimme die notwendige Hubkraft F_1 für eine mit 50 kg Sand beladene Schubkarre mit Achsabstand $l_2 = 50 \text{ cm}$ und Griffabstand $l_1 = 150 \text{ cm}$.



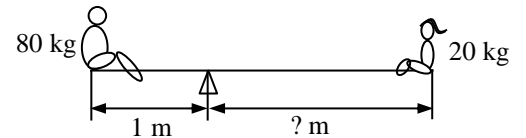
Aufgabe 17: Hebelgesetz

Berechne die für das Heben eines 5 kg schweren Gewichts erforderliche Muskelkraft im Bizeps, wenn der Kraftarm 2 cm und der Lastarm 20 cm lang ist.



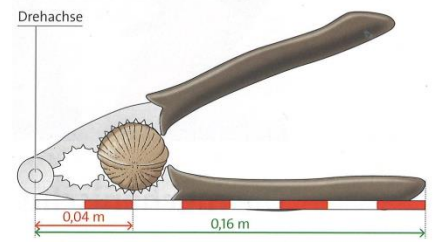
Aufgabe 18: Hebelgesetz

Wie weit weg von der Drehachse muss Susi sitzen, um im Gleichgewicht zu bleiben?



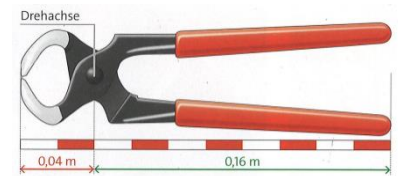
Aufgabe 19: Hebelgesetz

Bestimme die erforderliche Kraft, mit der man am Nussknacker drücken muss, wenn die Nuss durch ein 60 kg schweres Gewicht geknackt wird.



Aufgabe 20: Hebelgesetz

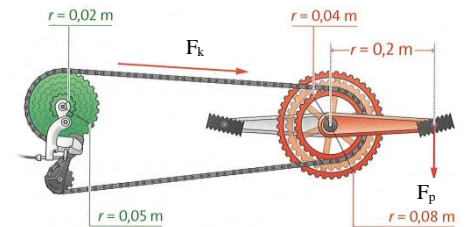
Bestimme die Kraft, mit der man die Zange zusammendrücken muss, um einen Draht mit 700 N Presskraft zu trennen.



Aufgabe 21: Hebelgesetz

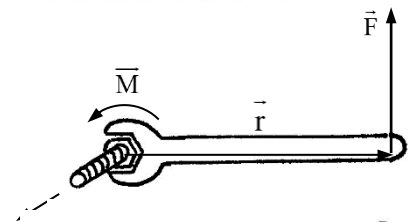
Das 70 cm große Hinterrad eines Rennrades soll eine Reibungskraft von 20 N auf die Straße übertragen.

- a) Berechne die erforderliche Kettenkraft F_k .
- b) Berechne die erforderliche Trittkraft F_p .
- c) Bestimme die bei einer Pedalumdrehung zurückgelegte Strecke.



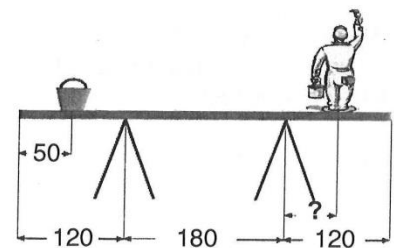
Aufgabe 22: Drehmoment

Mit welcher Kraft muss man die Schraube festziehen mit dem 25 cm langen Schlüssel festziehen, wenn ein Drehmoment von 20 Nm vorgeschrieben ist?



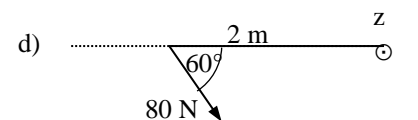
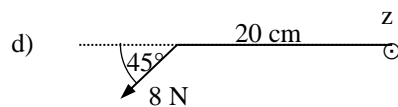
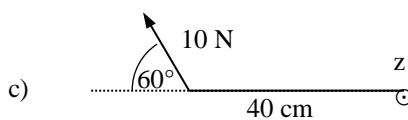
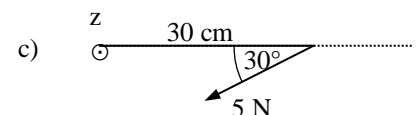
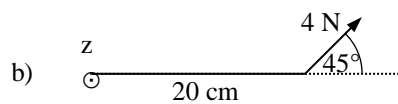
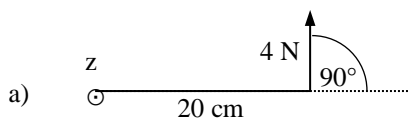
Aufgabe 23: Drehmoment

- a) Berechne, wie weit draußen der 75 kg schwere Maler noch stehen darf, ohne dass das Gestell einstürzt, wenn der Eimer 25 kg wiegt.
- b) Wie ändert sich der maximal zulässige Abstand von der Stütze, wenn das Brett 15 kg schwer ist?



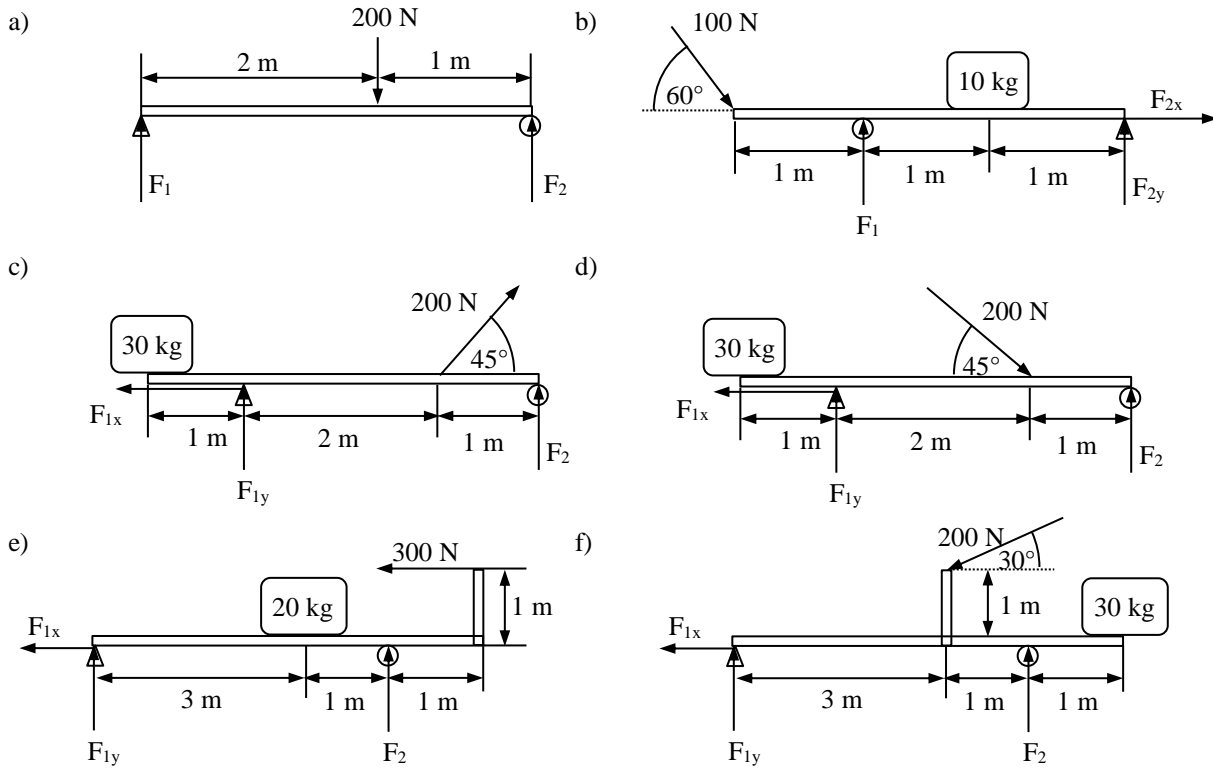
Aufgabe 24: Drehmoment

Bestimme jeweils die Richtung und den Betrag des Drehmomentes bezogen auf die z-Achse.



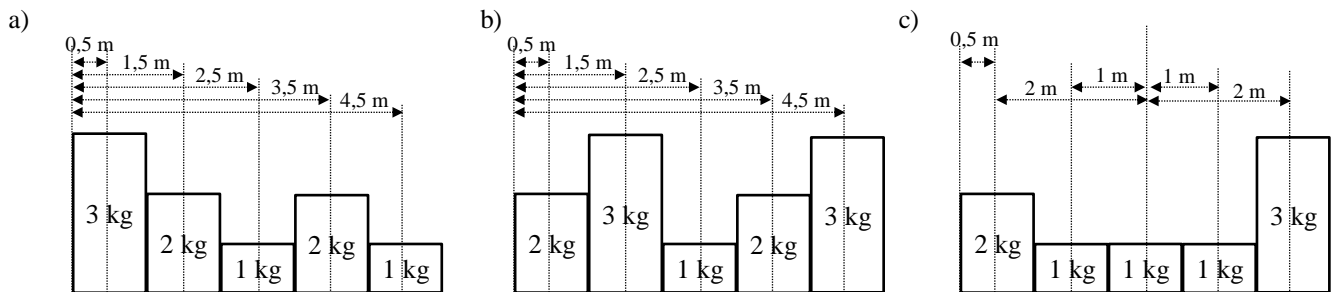
Aufgabe 26: Gleichgewicht

Berechne jeweils Betrag und Richtung aller Lagerkräfte. Wähle selbst eine geeignete Bezugsachse für die Drehmomentbilanz.



Aufgabe 27: Schwerpunkt

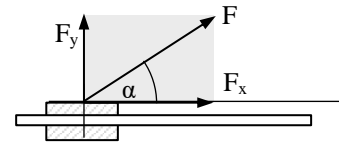
Bestimme jeweils den Schwerpunkt:



1.3. Lösungen zu den Aufgaben zur Statik

Aufgabe 1: Kräftezerlegung

$F_x = \cos(\alpha) \cdot F \approx 76,6 \text{ N}$ und $F_y = \sin(\alpha) \cdot F \approx 64,3 \text{ N}$ (siehe rechts)



Aufgabe 2: Kräftezerlegung

Horizontale Komponente: $F_x = F_1 \cdot \cos(\alpha_1) + F_2 \cdot \cos(\alpha_2) \approx 368 \text{ N}$

Vertikale Komponente: $F_y = F_1 \cdot \sin(\alpha_1) + F_2 \cdot \sin(\alpha_2) \approx 302 \text{ N}$

Winkel zur Horizontalen: $\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{F_y}{F_x}\right) \approx 39,4^\circ$

Aufgabe 3: Kräftezerlegung

$F = 2 \cdot \cos(15^\circ) \cdot 600 \text{ N} + 2 \cdot \cos(30^\circ) \cdot 600 \text{ N} \approx 2198,3 \text{ N}$

Aufgabe 4: Kräftezerlegung

a) Horizontale Komponente: $F_x = -F_1 \cdot \cos(\alpha_1) + F_2 \cdot \cos(\alpha_2) \approx -2,68 \text{ kN}$

Vertikale Komponente: $F_y = F_1 \cdot \sin(\alpha_1) + F_2 \cdot \sin(\alpha_2) \approx -1,58 \text{ kN}$

Winkel zur Vertikalen: $\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{F_x}{F_y}\right) = 30^\circ$ nach links.

b) Horizontale Komponente $F_x = F_1 \cdot \cos(\alpha_1) + F_2 \cdot \cos(\alpha_2) = 0 \Rightarrow F_2 = -F_1 \frac{\cos(\alpha_1)}{\cos(\alpha_2)} \approx 1,84 \text{ kN}$

Aufgabe 5: Kräftezerlegung

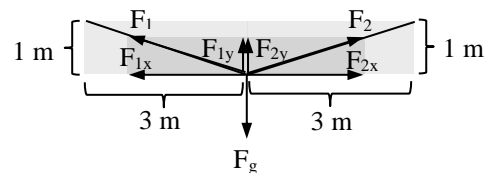
Aufgrund der Symmetrie sind die Kräfte jeweils auf beiden Seiten vom gleichen Betrag:

\Rightarrow Vertikalkräfte: $F_{1y} = F_{2y} = \frac{1}{2} F_g = 100 \text{ N}$.

Da das Kräftedreieck durch zentrische Streckung aus dem Seildreieck hervorgeht, verhalten sich Vertikal- und Horizontalkräfte wie 1 : 3.

\Rightarrow Horizontalkräfte $F_{1x} = F_{2x} = 3F_y = 300 \text{ N}$

\Rightarrow Seilkräfte $F_1 = F_2 = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \approx 316,2 \text{ N}$



Die Berechnung über $\cos(\alpha)$ und $\sin(\alpha)$ mit dem Winkel $\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{1}{3}\right) \approx 18,43^\circ$ zur Horizontalen geht natürlich auch, ist aber etwas länger und liefert weniger exakte Ergebnisse.

Aufgabe 6: Kräftezerlegung

Da die Kräftedreiecke durch zentrische Streckung aus den Seildreiecken hervorgehen, verhalten sich Vertikal- und Horizontalkräfte wie die entsprechenden vertikalen und horizontalen Abschnitte der Aufhängungen. Jeder Meter entspricht n_1 Newton auf der linken und n_2 Newton auf der rechten Seite.

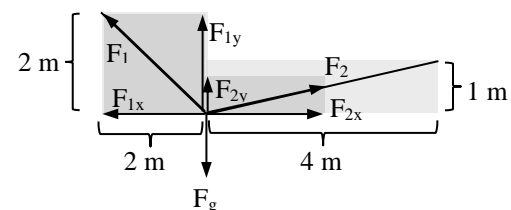
\Rightarrow Horizontalkräfte $F_{1x} = F_{2x} \Leftrightarrow 2n_1 = 4n_2 \Leftrightarrow n_1 = 2n_2$.

\Rightarrow Vertikalkräfte: $F_g = F_{1y} + F_{2y} \Leftrightarrow 150 \text{ N} = 2n_1 + n_2$.

Einsetzen $\Rightarrow 150 \text{ N} = 4n_2 + n_2 = 5n_2 \Rightarrow n_2 = 30 \text{ N}$ und $n_1 = 60 \text{ N}$

$\Rightarrow F_{1x} = 2n_1 = 120 \text{ N} = F_{2x} = F_{1y}$ und $F_{2y} = n_2 = 30 \text{ N}$.

\Rightarrow Seilkräfte $F_1 = \sqrt{F_{1x}^2 + F_{1y}^2} \approx 169,7 \text{ N}$ und $F_2 = \sqrt{F_{2x}^2 + F_{2y}^2} \approx 123,7 \text{ N}$



Die Berechnung über $\cos(\alpha)$ und $\sin(\alpha)$ mit den Winkeln $\alpha_1 = 45^\circ$ und $\alpha_2 = \tan^{-1}\left(\frac{1}{4}\right) \approx 14,0^\circ$ zur Horizontalen geht natürlich auch, ist aber deutlich (!) länger und liefert weniger exakte Ergebnisse.

Aufgabe 7: Gravitationskraft

a) $F_G \approx 16,7 \text{ N}$

b) $F_G \approx 4,17 \cdot 10^{-8} \text{ N}$

Aufgabe 8: Gravitationskraft

a) $F_G \approx 1,6 \text{ N/kg}$

b) $F_G \approx 10,4 \text{ N/kg}$

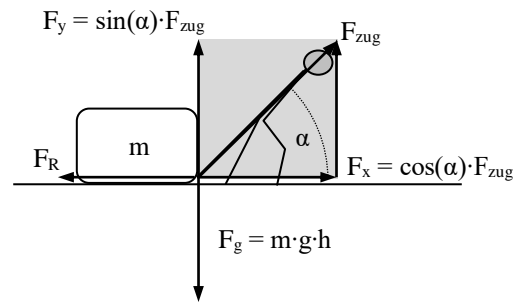
c) $F_G \approx 24,9 \text{ N/kg}$

Aufgabe 9: Gravitationskraft

Gewichtskraft $F_G = m \cdot g = 500 \text{ N}$, Normalkraft $F_N = \cos(\alpha) \cdot F_G \approx 469,8 \text{ N}$ und Hangabtriebskraft $F_H = \sin(\alpha) \cdot F_G = 171,0 \text{ N}$

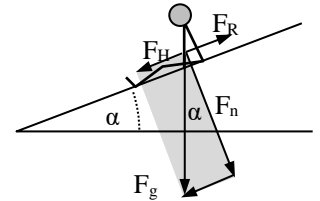
Aufgabe 10: Reibungskraft

- a) Zugkraft = Reibungskraft $F_R = \mu \cdot F_N = \mu \cdot m \cdot g = 900 \text{ N}$
b) Gewichtskraft $F_g = m \cdot g$;
Normalkraft $F_N = F_g - F_y = m \cdot g - \sin(\alpha) \cdot F_{\text{Zug}}$;
Reibungskraft $F_R = \mu \cdot F_N = \mu \cdot [m \cdot g - \sin(\alpha) \cdot F_{\text{Zug}}]$
Die Horizontalkomponente $F_x = \cos(\alpha) \cdot F_{\text{Zug}}$
muss gleich der Reibungskraft $F_R = \mu \cdot [m \cdot g - \sin(\alpha) \cdot F_{\text{Zug}}]$ sein
$$\Rightarrow F_{\text{Zug}} = \frac{\mu \cdot m \cdot g}{\sin(\alpha) + \mu \cdot \cos(\alpha)} \approx 669,9 \text{ N.}$$



Aufgabe 11: Reibungskraft

- a) Gewichtskraft $F_g = m \cdot g = 200 \text{ N}$; Normalkraft $F_n = \cos(\alpha) \cdot F_g \approx 173,2 \text{ N}$; Reibungskraft $F_r = F_n \cdot \mu \approx 52 \text{ N}$; Hangabtriebskraft $F_H = \sin(\alpha) \cdot F_G = 100 \text{ N} \Rightarrow$ Resultierende Kraft $F_a = F_H - F_R \approx 48 \text{ N}$.
b) Das Kind fängt an zu rutschen, wenn die resultierende Kraft $F_H - F_R = 0$ ist. Einsetzen ergibt $0 = \sin(\alpha) \cdot F_G - \mu \cdot \cos(\alpha) \cdot F_G = [\sin(\alpha) - \mu \cdot \cos(\alpha)] \cdot F_G \Leftrightarrow \sin(\alpha) = \mu \cdot \cos(\alpha) \Leftrightarrow \tan(\alpha) = \mu \Leftrightarrow \alpha = \tan^{-1}(\mu) \approx 42^\circ$.
c) Ansatz wie bei b), aber diesmal löst man nach μ auf: $\mu = \tan(\alpha) \approx 0,58$.



Aufgabe 12: Reibungskraft

Da bei dieser Aufgabe nach oben gezogen wird, addieren sich diesmal Hangabtriebskraft und Reibungskraft zur Zugkraft $F = F_H + F_R = [\sin(\alpha) + \mu \cdot \cos(\alpha)] \cdot m \cdot g \approx 1272,8 \text{ N}$

Aufgabe 13: Federkräfte

$D = 10 \text{ N/cm} \Rightarrow$ a) $F(5 \text{ cm}) = 50 \text{ N}$ b) $F(-3 \text{ cm}) = -30 \text{ N}$ c) $s(30 \text{ N}) = 3 \text{ cm}$.

Aufgabe 14: Federkräfte

- a) Die gespannte Feder hat die Länge $s = \sqrt{24^2 + 32^2} \text{ cm} = 40 \text{ cm}$ und wurde also um $\Delta s = 5 \text{ cm}$ gedehnt. Die dafür erforderliche Federkraft ist also $\Delta F = D \cdot \Delta s = 125 \text{ N}$.
b) Die Komponente in Bewegungsrichtung ist $F_y = \frac{32}{40} \cdot 125 \text{ N} = 100 \text{ N}$ und die Komponente senkrecht zur Schiene ist $F_x = \frac{24}{40} \cdot 125 \text{ N} = 75 \text{ N}$ (Strahlensatz bzw. zentrische Streckung) Man kann natürlich auch wie gewohnt über den Winkel $\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{32}{24}\right) \approx 53,13^\circ$ zur Schiene rechnen, aber die Rechnung ist länger und die Ergebnisse weniger exakt!

Aufgabe 15: Hebelgesetz

- a) Einseitiger Hebel: $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2 \Leftrightarrow 600 \text{ N} \cdot 0,2 \text{ m} = F_2 \cdot 1,5 \text{ m} \Leftrightarrow \underline{F_2 = 80 \text{ N}}$ Zugkraft nach oben.
b) Zweiseitiger Hebel: $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2 \Leftrightarrow 600 \text{ N} \cdot 0,2 \text{ m} = F_2 \cdot 1,3 \text{ m} \Leftrightarrow \underline{F_2 \approx 90,2 \text{ N}}$ Druckkraft nach unten.
Da man beim zweiseitigen Hebel sein Eigengewicht zum Einsatz bringen kann, ist er trotz höheren Kraftaufwandes günstiger.

Aufgabe 16: Hebelgesetz

Einseitiger Hebel: $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2 \Leftrightarrow F_1 \cdot 1,5 \text{ m} = 500 \text{ N} \cdot 0,5 \text{ m} \Leftrightarrow \underline{F_1 \approx 16,7 \text{ N}}$

Aufgabe 17: Hebelgesetz

Einseitiger Hebel: $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2 \Leftrightarrow F_1 \cdot 0,02 \text{ m} = 50 \text{ N} \cdot 0,2 \text{ m} \Leftrightarrow \underline{F_1 = 500 \text{ N}}$

Aufgabe 18: Hebelgesetz

Zweiseitiger Hebel: $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2 \Leftrightarrow 800 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = 20 \text{ N} \cdot r_2 \Leftrightarrow \underline{r_2 = 4 \text{ m}}$

Aufgabe 19: Hebelgesetz

Einseitiger Hebel: $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2 \Leftrightarrow 600 \text{ N} \cdot 0,04 \text{ m} = F_2 \cdot 0,2 \text{ m} \Leftrightarrow \underline{F_2 = 120 \text{ N}}$

Aufgabe 20: Hebelgesetz

Zweiseitiger Hebel: $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2 \Leftrightarrow 700 \text{ N} \cdot 0,04 \text{ m} = F_2 \cdot 0,16 \text{ m} \Leftrightarrow \underline{F_2 = 175 \text{ N}}$

Aufgabe 21: Hebelgesetz

- a) Zweiseitiger Hebel: $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2 \Leftrightarrow 20 \text{ N} \cdot 0,35 \text{ m} = F_k \cdot 0,05 \text{ m} \Leftrightarrow \underline{F_k = 140 \text{ N}}$
- b) Zweiseitiger Hebel: $F_k \cdot r_1 = F_p \cdot r_2 \Leftrightarrow 140 \text{ N} \cdot 0,04 \text{ m} = F_p \cdot 0,2 \text{ m} \Leftrightarrow \underline{F_p = 70 \text{ N}}$
- c) Kettenweg bei einer Pedalumdrehung $s_k = 2\pi r_k = 2 \cdot \pi \cdot 0,04 \text{ m} = 0,08 \cdot \pi \text{ m}$ Ritzelumdrrehungen $x \cdot 0,02 \text{ m} = 0,08 \cdot \pi \text{ m} \Leftrightarrow x = 4\pi$
bzw. 2 Umdrehungen mit abgerollter Strecke $s = 4 \cdot \pi \cdot 0,35 \text{ m} = 1,4 \cdot \pi \text{ m} \approx \underline{4,4 \text{ m}}$.

Aufgabe 22: Drehmoment

$$M = F \cdot r \Leftrightarrow 20 \text{ Nm} = F \cdot 0,25 \text{ m} \Leftrightarrow \underline{F = 400 \text{ N}}$$

Aufgabe 23: Drehmoment

- a) Zweiseitiger Hebel: $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2 \Leftrightarrow 250 \text{ N} \cdot 2,5 \text{ m} = 750 \text{ N} \cdot ? \Leftrightarrow \underline{? \approx 0,93 \text{ m}}$
- b) Zweiseitiger Hebel: $F_{0r_0} + F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2 \Leftrightarrow 150 \text{ N} \cdot 0,9 \text{ m} + 250 \text{ N} \cdot 2,5 \text{ m} = 750 \text{ N} \cdot ? \Leftrightarrow \underline{? \approx 1,02 \text{ m}}$

Aufgabe 24: Drehmoment

- a) $M = (+ 0,2 \text{ m}) \cdot (+ 4 \text{ N}) \cdot \sin(90^\circ) = + 0,8 \text{ Nm}$ (Linksdrehung)
- b) $M = (+ 0,2 \text{ m}) \cdot (+ 4 \text{ N}) \cdot \sin(45^\circ) \approx + 0,57 \text{ Nm}$ (Linksdrehung)
- c) $M = (+ 0,3 \text{ m}) \cdot (+ 4 \text{ N}) \cdot \sin(30^\circ) = - 0,75 \text{ Nm}$ (Rechtsdrehung)
- d) $M = (- 0,4 \text{ m}) \cdot (- 5 \text{ N}) \cdot \sin(60^\circ) \approx - 3,46 \text{ Nm}$ (Rechtsdrehung)
- e) $M = (- 0,2 \text{ m}) \cdot (+ 10 \text{ N}) \cdot \sin(45^\circ) \approx + 1,13 \text{ Nm}$ (Linksdrehung)
- f) $M = (- 2 \text{ m}) \cdot (- 80 \text{ N}) \cdot \sin(60^\circ) \approx + 160 \text{ Nm}$ (Linksdrehung)

Aufgabe 25: Gleichgewicht

- a) $F_1 \approx 66,7 \text{ N}$ und $F_2 \approx 133,3 \text{ N}$
- b) $F_1 = 179,9 \text{ N}$, $F_{2y} \approx 6,7 \text{ N}$ und $F_{2x} = -50 \text{ N}$
- c) $F_{1x} \approx 141,4 \text{ N}$, $F_{1y} \approx 635,7 \text{ N}$ und $F_2 = -194,3 \text{ N}$
- d) $F_{1x} \approx 141,4 \text{ N}$, $F_{1y} \approx 447,1 \text{ N}$ und $F_2 = -5,7 \text{ N}$
- e) $F_{1x} = - 300 \text{ N}$, $F_{1y} = 125 \text{ N}$ und $F_2 = 75 \text{ N}$
- f) $F_{1x} = - 173,2 \text{ N}$, $F_{1y} \approx 6,7 \text{ N}$ und $F_2 \approx 406,7 \text{ N}$

Aufgabe 26: Schwerpunkt

- a) $r = \frac{0,5 \cdot 3 + 1,5 \cdot 2 + 2,5 \cdot 1 + 3,5 \cdot 2 + 4,5 \cdot 1}{3 + 2 + 1 + 2 + 1} \text{ m} = 2,05 \text{ m}$ vom linken Ende
- b) $r = \frac{0,5 \cdot 2 + 1,5 \cdot 3 + 2,5 \cdot 1 + 3,5 \cdot 2 + 4,5 \cdot 3}{2 + 3 + 1 + 2 + 3} \text{ m} = 2,59 \text{ m}$ vom linken Ende
- c) $r = \frac{0,5 \cdot 2 + 1,5 \cdot 1 + 2,5 \cdot 1 + 3,5 \cdot 1 + 4,5 \cdot 3}{2 + 1 + 1 + 1 + 3} \text{ m} = 2,75 \text{ m}$ vom linken Ende