

# Prüfungsvorbereitung Physik: Bewegungen und Kräfte

Theoriefragen: Diese Begriffe müssen Sie auswendig in ein bis zwei Sätzen erklären können.

- a) Vektor/Skalar
- b) Woran erkennt man eine Kraft?
- c) Welche Wirkungen können Kräfte haben?
- d) Wie stellt man Kräfte zeichnerisch dar? Warum?
- e) Masse:       - Welche Eigenschaften hat eine Masse?  
                  - Was bedeutet jede dieser Eigenschaften?
- f) Was ist ein Modell/wozu brauchen wir Modelle?
- g) Nennen Sie die drei Axiome von Newton
- h) Trägheitsprinzip
- i) Beschleunigungsprinzip
- j) Wechselwirkungsprinzip
- k) Definition der Einheit der Kraft: Wann liegt die Kraft 1 N vor?
- l) Kraftkomponente/Resultierende Kraft
- m) Kräftegleichgewicht
- n) Reibungskräfte:       - In welche Richtung wirken sie?  
                              - Wovon hängt der Betrag ab?
- o) Gleitreibungskraft
- p) Haftreibungskraft

Physikalische Grössen: Diese physikalischen Grössen müssen Sie kennen, mit Symbolen und Einheiten.

	Symbol	Einheit		Symbol	Einheit
Weg			Beschleunigung		
Zeit			Fallbeschleunigung		
Geschwindigkeit			Kraft		
Masse			Gewichtskraft		
Dichte			Volumen		
Reibungskraft			Reibungszahl		
Normalkraft			Federkonstante		

Formeln: An der Prüfung erhalten Sie ein Formelblatt. Auf dem Formelblatt finden Sie alle Formeln, die Sie brauchen, sowie Tabellenwerte und ein paar wichtige Formeln aus der Mathematik. Das Formelblatt können Sie auf [ga.perihel.ch](http://ga.perihel.ch) anschauen und herunterladen.

Fähigkeiten: Diese Fähigkeiten müssen Sie beherrschen.

- ❖ Die Welt aus verschiedenen Bezugssystemen betrachten
- ❖ Formeln umformen
- ❖ Gleichungen für physikalische Situationen aufstellen und lösen
- ❖ Zahlenwerte mit Einheiten einsetzen und richtig ausrechnen
- ❖ Resultate auf die richtige Anzahl Ziffern runden
- ❖ Diagramme zeichnen und interpretieren
- ❖ Fehlerschranken ausrechnen und korrekt angeben für Resultate, die aus Messwerten (mit Fehlerschranken) berechnet wurden
- ❖ Vektoren zeichnerisch (in der Pfeildarstellung) zusammensetzen und zerlegen
- ❖ Eine Wurfbewegung in Teilbewegungen zerlegen und aus Teilbewegungen zusammensetzen
- ❖ Alle Kräfte, die an einem Körper angreifen, in einem Kräfteplan aufzeichnen

Übungsaufgaben:

**Alle Arbeits- und Theorieblätter sowie Aufgabenblätter A10 bis A13, Praktikum V6 bis V8**

#### Internet

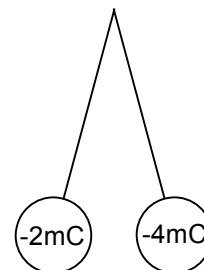
[www.leifiphysik.de](http://www.leifiphysik.de)

wählen Sie unter «Inhalte nach Teilgebieten der Physik» → Mechanik

- Kraft und Bewegungsänderung
- Reibung und Fortbewegung (ohne *Luftwiderstand*)
- Kräfteaddition und -zerlegung

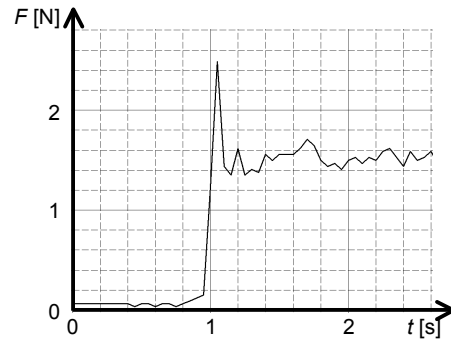
#### Weitere Aufgaben

1. In einem Gefäss befindet sich 0.0220880 kg Alkohol (bei 20 °C). Das Volumen soll berechnet werden.
  - a) Wie viele signifikante Ziffern besitzen die benötigten Zahlenwerte? Wie viele Ziffern sollte das Resultat besitzen?
  - b) Rechnen Sie aus, wie gross das Volumen (in  $\ell$  und in  $\text{mm}^3$ ) ist. Runden Sie das Resultat auf die richtige Anzahl signifikanter Ziffern.
  - c) Notieren Sie die Resultate mit einer Zehnerpotenz in der üblichen Form.
2. Erdogan befindet sich auf einem unbekannten Planeten. Er bestimmt die Gewichtskraft seines Schraubenschlüssels zu  $(2.2 \pm 0.1) \text{ N}$  und seine Masse zu  $(243.00 \pm 0.08) \text{ g}$ . (4 Pt.)
  - a) Geben Sie die Fallbeschleunigung korrekt mit (absoluter) Fehlerschranke an.
  - b) Um welche(n) Planeten könnte es sich handeln? Geben Sie alle an, die möglich sind.
3. Braucht ein Auto auf dem Mond weniger Kraft zum Anfahren als auf der Erde? Begründen Sie Ihre Antwort.
4. Zwei elektrisch geladene Kugeln hängen an je einem Faden (siehe Abbildung). Formulieren Sie das Wechselwirkungsprinzip für die Kräfte, die zwischen den beiden Kugeln wirken. Zeichnen Sie die Kräfte ein.



5. Mit einem Seil (Zugfestigkeit 1.0 kN) soll ein Kartoffelsack ( $m = 50.0 \text{ kg}$ ) hochgehoben werden.
  - a) Warum zerreißt das Seil, wenn man zu ruckartig daran zieht?
  - b) Mit welcher maximalen Beschleunigung könnte der Sack gehoben werden?
  - c) Welche Geschwindigkeit hätte er dann nach 3.00 s erreicht?
  - d) Wie hoch hätte man ihn nach diesen 3.00 s gehoben?

6. Karima führte im Praktikum einen Versuch zur Reibung durch: Ein Holzklötzchen, das auf einem waagrechteten Tisch lag, war mit einem Kraftsensor verbunden. Sie zog mit einer immer grösser werdenden Kraft am Sensor, bis es einen Ruck gab und das Klötzchen zu rutschen begann. Die Kurve, die der Computer aufzeichnete, sehen Sie im Diagramm rechts.



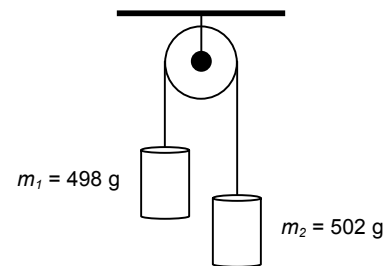
- Wie gross ist die maximale Haftreibungskraft zwischen Tisch und Holzklötzchen?
- Wie gross ist die Gleitreibungskraft?

7. Eine Gewehrkuugel ( $m = 30.0 \text{ g}$ ) wird im Lauf längs  $60.0 \text{ cm}$  Weg auf  $500.0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  beschleunigt.

- Wie gross ist die mittlere Kraft, die es zum Beschleunigen braucht?
- In einer Mauer wird sie von der gleichen Geschwindigkeit aus auf  $5.00 \text{ cm}$  Weg abgebremst. Vergleichen Sie die Bremskraft mit der Beschleunigungskraft im Lauf.

8. Über eine sehr leichte, reibungsfrei drehbare Rolle ist eine Schnur gelegt. An jedem Ende hängt eine Masse (siehe Bild).

- Mit welcher Beschleunigung setzt sich die Anordnung in Bewegung?
- Welche Geschwindigkeit erreichen die Massen nach  $10.0 \text{ s}$ ?
- Welchen Weg hat jede Masse in dieser Zeit zurückgelegt?



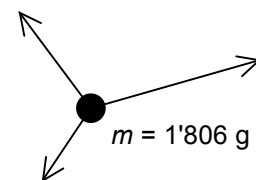
9. Eine Person steht in einem Lift auf einer Personenwaage. Während der Lift steht, zeigt die Waage eine Masse von  $80.0 \text{ kg}$  an.

- Misst man mit einer Personenwaage wirklich die Masse? Was misst man eigentlich mit einer Personenwaage?
- Während der Aufwärtsbeschleunigung zeigt die Waage für einige Zeit  $90.0 \text{ kg}$  an. Warum zeigt die Waage mehr an? Berechnen Sie die Aufwärtsbeschleunigung.
- Wie gross müsste die Abwärtsbeschleunigung sein, damit die Waage nur noch  $60.0 \text{ kg}$  anzeigen würde?

10. Beim Fussballspielen erreicht ein scharf geschossener Ball ( $m = 450 \text{ g}$ ) eine Geschwindigkeit von  $100 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ . Wenn der Goalie einen solchen Ball fangen will, muss er auf einer Strecke von etwa  $30.0 \text{ cm}$  die Geschwindigkeit des Balles auf 0 herabsetzen. Wie gross ist die durchschnittliche Kraft, die der Ball auf den Goalie ausübt?

11. Ein Körper bewegt sich gleichförmig unter dem Einfluss zweier äusserer Kräfte. Was folgt daraus für die beiden Kräfte?

12. Hier sind drei Kräfte, die an einer Kugel angreifen, durch Pfeile dargestellt. Konstruieren Sie die resultierende Kraft und ermitteln Sie deren Betrag aus der Zeichnung ( $1.0 \text{ N}$  entspricht  $1.0 \text{ cm}$ ). Bestimmen Sie anschliessend Betrag und Richtung der Beschleunigung.



13.  $m = 800 \text{ g}$
- 

Eine kleine Kugel wird durch zwei Kräfte  $F_1$  und  $F_2$  in die Richtung der doppelt gestrichelten Linie beschleunigt ( $a = 4.0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ).

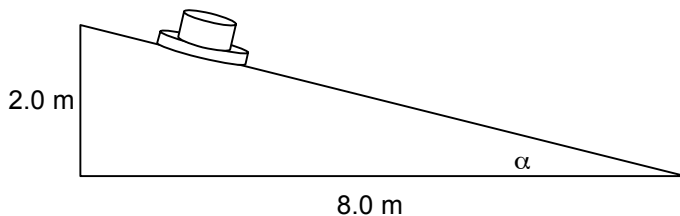
Berechnen Sie  $F_{\text{res}}$  und bestimmen Sie die Beträge von  $F_1$  und  $F_2$  mit Hilfe der Zeichnung.

14. Herr Detektiv Wunderfitz analysiert Materialien. Er schiebt eine Kiste ( $m = 510 \text{ g}$ ) aus unbekanntem Material über einen ebenen Fussboden aus unbekanntem Material. Dabei bemerkt er, dass er  $2.0 \text{ N}$  braucht, um die Kiste mit konstanter Geschwindigkeit zu schieben...AHA! Jetzt nimmt er die zweite Kiste ( $m = 680 \text{ g}$ ) aus unbekanntem Material: Wieder braucht er  $2.0 \text{ N}$ , um sie mit konstanter Geschwindigkeit zu schieben. AHA, AHA!!!! Herr Wunderfitz weiss jetzt, aus welchem Material die beiden Kisten und der Fussboden sind; Sie auch????? Welche Materialien sind es?

15. Wie lange braucht ein Auto mindestens auf einer waagrechten, trockenen Strasse, um von  $0$  auf  $80 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  zu beschleunigen?

16. Ein Auto ( $m = 1250 \text{ kg}$ ) bremst mit blockierten Reifen auf einer waagrechten, nassen Strasse (bei einer Anfangsgeschwindigkeit von  $50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ ). Wie lang ist der Bremsweg?

17. Ein Hut ( $m = 357 \text{ g}$ ) liegt reibungsfrei auf einer schiefen Ebene. (Die Gewichtskraft des Hutes greift im Schwerpunkt an und zeigt senkrecht nach unten;  $1.0 \text{ N}$  entspricht  $1.0 \text{ cm}$ .)

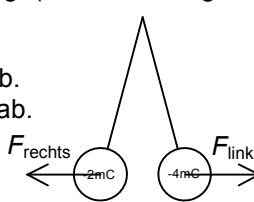


- Stellen Sie die Gewichtskraft als Pfeil dar.
- Ersetzen Sie die Gewichtskraft durch zwei Komponenten:
  - eine senkrecht zum Hang ( $F_{\perp}$ )
  - eine parallel zum Hang ( $F_{\parallel}$ )
- Bestimmen Sie den Winkel  $\alpha$ .
- Bestimmen Sie die Beträge der zwei Komponenten.
- Mit welcher Beschleunigung gleitet der Hut hinab?
- Wie lange würde er brauchen, um die gesamte Rampe von zuoberst bis zuunterst hinunterzugleiten?

18. Ein Holzfigürchen ( $m = 255 \text{ g}$ ) befindet sich auf einer schiefen Ebene aus Stein, die um  $\alpha = 20^\circ$  geneigt ist.

- Fertigen Sie eine Zeichnung an, in der Sie die folgenden Kräfte als Pfeile darstellen: die Gewichtskraft, die durch zwei Komponenten ersetzt wird (eine parallel und eine rechtwinklig zum Hang), und die Normalkraft. Bestimmen Sie die Beträge der dargestellten Kräfte.
- Beginnt das Klötzchen von selbst zu rutschen? Begründen Sie Ihre Antwort.
- Wie gross ist die Kraft, die man braucht, um das Klötzchen mit konstanter Geschwindigkeit hangaufwärts zu schieben?

# Lösungen:

1. a)  $0.0220880 \text{ kg} : 6 \quad 0.789 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} : 3 \quad \text{Resultat: } 3$   
 b)  $V = \frac{m}{\rho} = \frac{0.0220880 \text{ kg}}{0.789 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.00002799493 \text{ m}^3 = 0.02799493 \text{ l} = \underline{\underline{0.0280 \text{ l}}}$   
 $= 27.99493 \text{ cm}^3 = 27'994.93 \text{ mm}^3 = \underline{\underline{28'000 \text{ mm}^3}}$   
 c)  $\underline{\underline{2.80 \cdot 10^{-2} \text{ l}}} \quad \underline{\underline{2.80 \cdot 10^4 \text{ mm}^2}}$
2. a)  $g = \frac{F_G}{m} = \frac{2.2 \text{ N}}{0.243 \text{ kg}} = 9.053497942 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \quad g_{\max} = \frac{F_{\max}}{m_{\min}} = \frac{2.3 \text{ N}}{0.24292 \text{ kg}} = 9.468137658 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$   
 $\Delta g = g_{\max} - g = 9.468137658 \frac{\text{N}}{\text{kg}} - 9.053497942 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 0.414639716 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 0.4 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$   
 $g = (9.1 \pm 0.4) \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$   
 b) möglich sind alle zwischen  $8.7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  und  $9.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ , d.h. Venus, Saturn, Uranus
3. nein; beim Beschleunigen ist die Trägheit der Masse wichtig. (Die Anziehungskraft spielt keine Rolle).
4. Die linke Kugel stösst die rechte Kugel mit der Kraft  $F_{\text{links}}$  ab.  
 Die rechte Kugel stösst die linke Kugel mit der Kraft  $F_{\text{rechts}}$  ab.  
 $F_{\text{links}}$  und  $F_{\text{rechts}}$  sind gleich gross und entgegengesetzt gerichtet.  

5. a) Zur Gewichtskraft kommt die Kraft infolge der Beschleunigung hinzu  
 b)  $F_{\max} = 1000 \text{ N} = m(a + g) \quad a = \frac{F_{\max}}{m} - g = \frac{1000 \text{ N}}{50 \text{ kg}} - 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 10.2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$   
 c)  $v = a \cdot t = 10.2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 3.00 \text{ s} = \underline{\underline{30.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$   
 d)  $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 10.2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (3.00 \text{ s})^2 = \underline{\underline{45.9 \text{ m}}}$
6. a) Maximalwert: 2.5 N  
 b) Mittelwert der waagrechteten Linie: ca. 1.5 N
7. a)  $a = \frac{v^2}{2 \cdot s} = \frac{(500.0 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \cdot 0.60 \text{ m}} = 208'333 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad F = m \cdot a = 0.030 \text{ kg} \cdot 208'333 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \underline{\underline{6250 \text{ N}}}$   
 b)  $a = \frac{v^2}{2 \cdot s} = \frac{(500.0 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \cdot 0.050 \text{ m}} = 2'500'000 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad F = m \cdot a = 0.030 \text{ kg} \cdot 2'500'000 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \underline{\underline{75.0 \text{ kN}}}$
8. a) Die Kraft, die eine Beschleunigung verursacht, ist  
 $F = (m_2 - m_1) \cdot g = 0.00400 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.0392 \text{ N}$   
 Die Masse, die beschleunigt wird, ist  $m = m_1 - m_2 = 1.00 \text{ kg}$   
 $a = \frac{F}{m} = \frac{(m_2 - m_1) \cdot g}{m_1 + m_2} = \frac{0.00400 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1.00 \text{ kg}} = \underline{\underline{0.0392 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}$   
 b)  $v = a \cdot t = 0.0392 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 10.0 \text{ s} = \underline{\underline{0.392 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$   
 c)  $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 0.0392 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (10.0 \text{ s})^2 = \underline{\underline{1.96 \text{ m}}}$

9. a) Nein, man misst die Gewichtskraft. Die Waage «rechnet» diese dann in die Masse um:

$$m_{\text{Waage}} = \frac{F_{\text{Waage}}}{g}$$

- b) Zur Gewichtskraft kommt die beschleunigende Kraft hinzu. Auf die Waage wirkt die Kraft

$$F_{\text{Waage}} = m_{\text{Person}} (g + a) = m_{\text{Waage}} \cdot g$$

$$a = \frac{m_{\text{Waage}} \cdot g}{m_{\text{Person}}} - g = \frac{90.0 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{80.0 \text{ kg}} - 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1.23 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

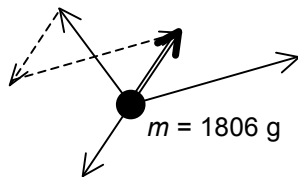
- c) Beim Abwärtsfahren wirkt auf die Waage die Kraft  $F_{\text{Waage}} = m_{\text{Person}} (g - a) = m_{\text{Waage}} \cdot g$

$$a = g - \frac{m_{\text{Waage}} \cdot g}{m_{\text{Person}}} = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - \frac{60.0 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{80.0 \text{ kg}} = 2.45 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

10.  $a = \frac{v^2}{2 \cdot s} = \frac{(27.8 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \cdot 0.30 \text{ m}} = 1'286 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$   $F = m \cdot a = 0.450 \text{ kg} \cdot 1'286 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \underline{\underline{579 \text{ N}}}$

11.  $F_{\text{res}} = 0$ . Es herrscht Kräftegleichgewicht.

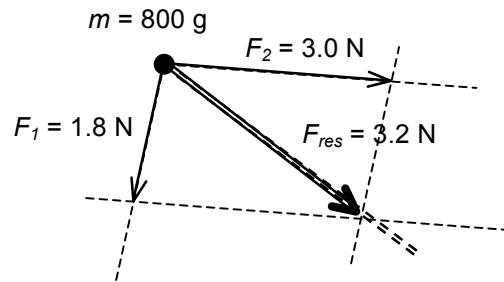
12.



$$F_{\text{res}} = \underline{\underline{1.2 \text{ N}}}$$

$$a = \frac{F_{\text{res}}}{m} = \frac{1.2 \text{ N}}{1.806 \text{ kg}} = \underline{\underline{0.66 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}$$

13.  $F_{\text{res}} = m \cdot a = 0.800 \text{ kg} \cdot 4.0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \underline{\underline{3.2 \text{ N}}}$



14. Kiste 1:  $\mu_{\text{Gleit}} = \frac{F_{\text{R}}}{F_{\text{N}}} = \frac{2.0 \text{ N}}{0.51 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 0.4$  (Holz-Holz)

Kiste 2:  $\mu_{\text{Gleit}} = \frac{F_{\text{R}}}{F_{\text{N}}} = \frac{2.0 \text{ N}}{0.68 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 0.3$  (Holz-Stein)

⇒ Holzboden, 1. Kiste aus Holz, 2. Kiste aus Stein

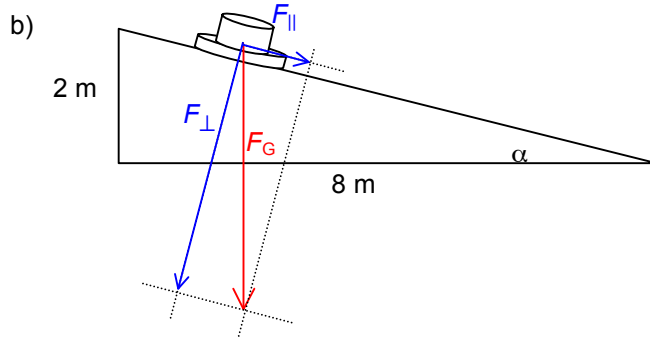
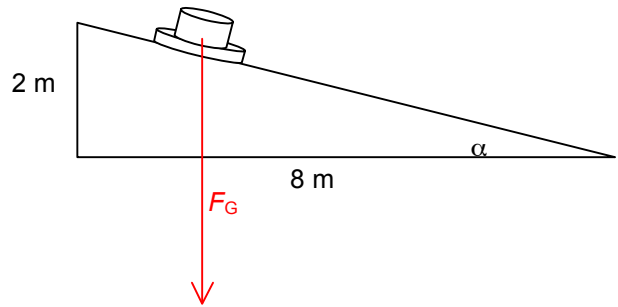
15.  $a = \frac{F_{\text{R(Haft)}}}{m} = \frac{\mu_{\text{Haft}} \cdot F_{\text{N}}}{m} = \frac{\mu_{\text{Haft}} \cdot F_{\text{G}}}{m} = \frac{\mu_{\text{Haft}} \cdot m \cdot g}{m} = \mu_{\text{Haft}} \cdot g = 0.65 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 6.4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$$v = \frac{80 \frac{\text{km}}{\text{h}}}{3.6} = 22.2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad t = \frac{v}{a} = \frac{22.2 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{6.4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \underline{\underline{3.5 \text{ s}}}$$

16.  $a = \frac{F_{\text{R(Gleit)}}}{m} = \frac{\mu_{\text{Gleit}} \cdot F_{\text{N}}}{m} = \frac{\mu_{\text{Gleit}} \cdot F_{\text{G}}}{m} = \frac{\mu_{\text{Gleit}} \cdot m \cdot g}{m} = \mu_{\text{Gleit}} \cdot g = 0.3 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2.94 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$$v = \frac{50 \frac{\text{km}}{\text{h}}}{3.6} = 13.9 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad s = \frac{v^2}{2a} = \frac{(13.9 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \cdot 2.94 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \underline{\underline{33 \text{ m}}}$$

17. a)  $F_G = m \cdot g = 0.357 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 3.50 \text{ N}$   
wird dargestellt mit einem Pfeil der Länge 3.5 cm:



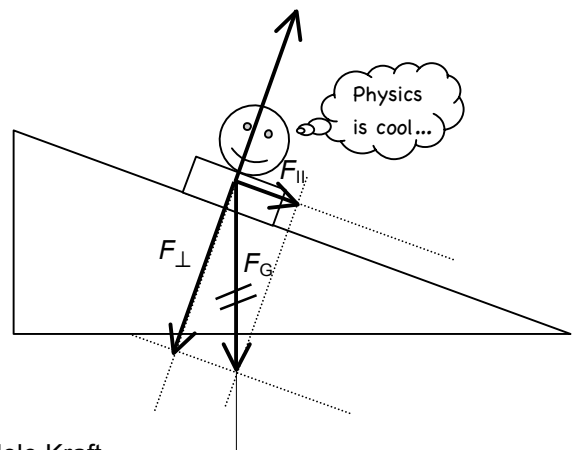
$$\begin{aligned} \text{c) } \tan \alpha &= \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}} \Rightarrow \alpha = \arctan\left(\frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}}\right) = \arctan\left(\frac{2.0 \text{ m}}{8.0 \text{ m}}\right) = 14^\circ \\ \text{d) } \sin \alpha &= \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypothenuse}} = \frac{F_{\parallel}}{F_G} & F_{\parallel} &= \sin \alpha \cdot F_G = \sin(14^\circ) \cdot 3.50 \text{ N} = \underline{0.85 \text{ N}} \\ \cos \alpha &= \frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypothenuse}} = \frac{F_{\perp}}{F_G} & F_{\perp} &= \cos \alpha \cdot F_G = \cos(14^\circ) \cdot 3.50 \text{ N} = \underline{3.4 \text{ N}} \\ \text{e) } a &= \frac{F_{\parallel}}{m} = \frac{0.85 \text{ N}}{0.357 \text{ kg}} = \underline{2.4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \\ \text{f) } s &= \sqrt{b^2 + h^2} = \sqrt{(8.0 \text{ m})^2 + (2.0 \text{ m})^2} = 8.2 \text{ m} & \bar{s} &= \frac{1}{2} \cdot \bar{a} \cdot t^2 & t &= \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8.2 \text{ m}}{2.4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = \underline{2.6 \text{ s}} \end{aligned}$$

18. a)  $F_G = m \cdot g = 0.255 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2.50 \text{ N}$

$$F_{\parallel} = \sin \alpha \cdot F_G = \sin(20^\circ) \cdot 2.50 \text{ N} = \underline{0.86 \text{ N}}$$

$$F_{\perp} = \cos \alpha \cdot F_G = \cos(20^\circ) \cdot 2.50 \text{ N} = \underline{2.35 \text{ N}}$$

$$F_N = 2.3 \text{ N} \text{ (gleicher Betrag wie } F_{\perp} \text{)}$$



- b)  $F_{R, \max(\text{Haft})} = \mu_{\text{Haft}} \cdot F_N = 0.7 \cdot 2.35 \text{ N} = \underline{1.6 \text{ N}}$   
Nein, denn die Haftkraft ist grösser als die parallele Kraft.
- c)  $F_{R(\text{Gleit})} = \mu_{\text{Gleit}} \cdot F_N = 0.3 \cdot 2.35 \text{ N} = 0.71 \text{ N}$   
 $F = 0.71 \text{ N} + 0.86 \text{ N} = \underline{1.6 \text{ N}}$