Physik I

BIOL/PHARM

Übungsstunde 5

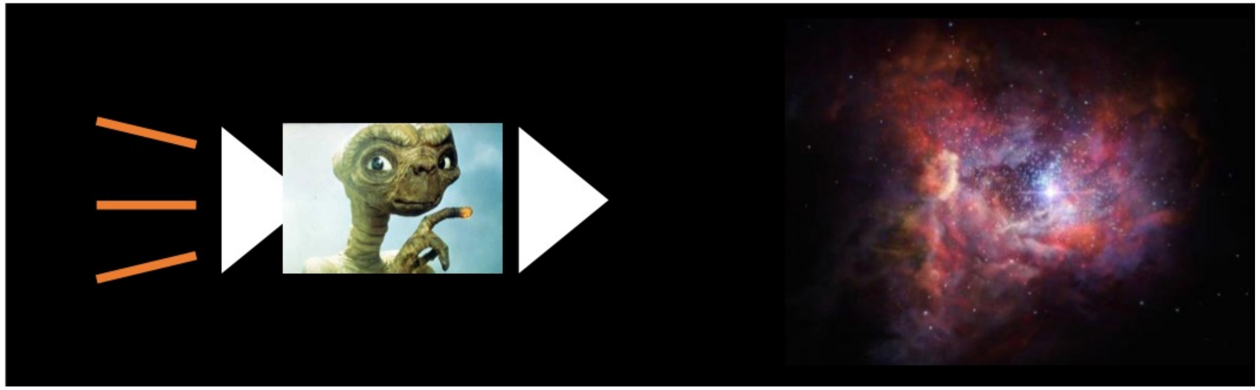
25.10.2021

- Newton'sche Gesetze 2
- Reibung
- Kräfte und Kinematik

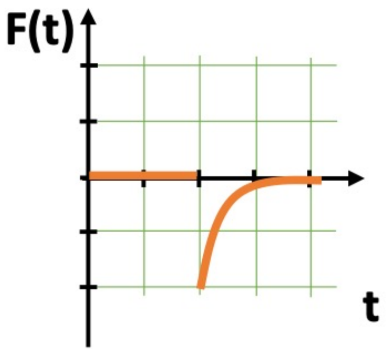
Jesse Zhang, zhangje@ethz.ch

Warm up: E.T: nach Hause

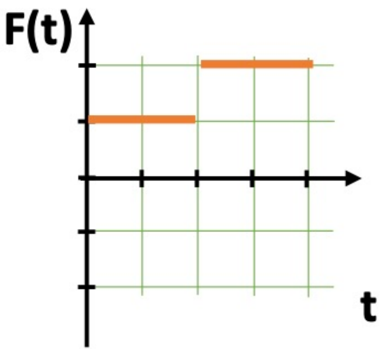
Das Raumschiff von E.T. flog lange Zeit mit konstanter Geschwindigkeit durch das Weltall (Vakuum) und trifft nun auf eine dichte Wolke aus interstellarem Staub (plötzlich viel Reibung). Wie könnte das F-t Diagramm des Raketenantriebs aussehen, damit E.T.s Raumschiff eine konstante Geschwindigkeit beibehält?



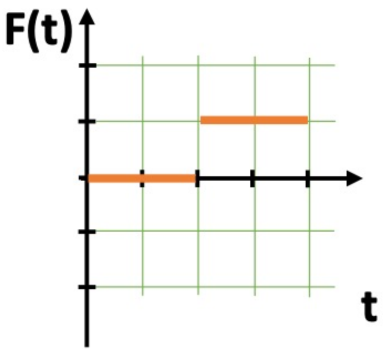
a)



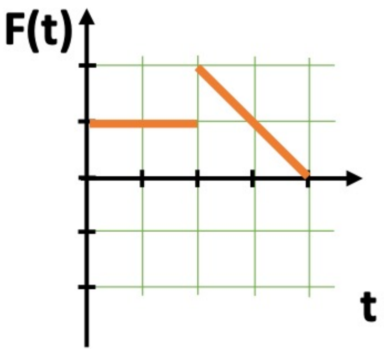
b)



c)



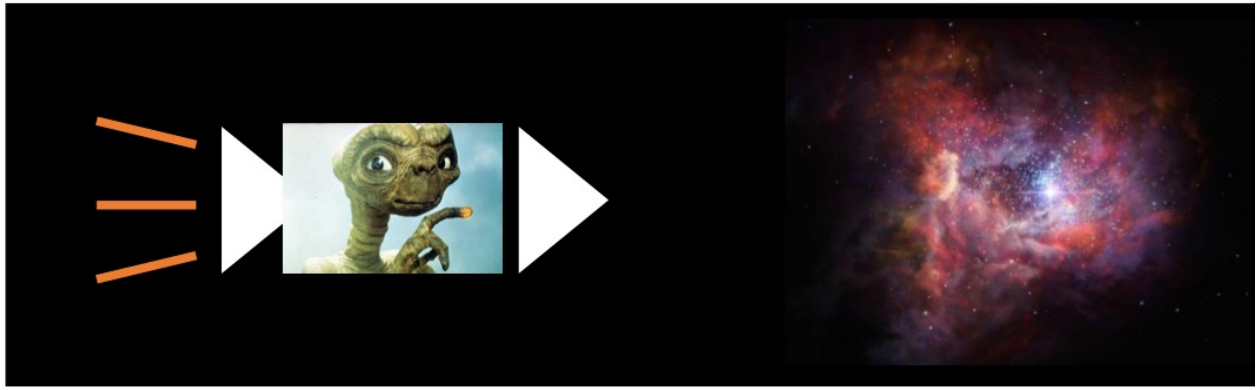
d)



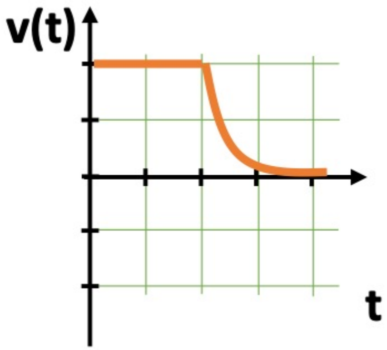
https://pollev.com/jessezhang348

Warm up: E.T: nach Hause 2

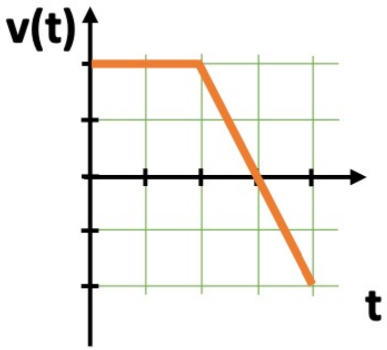
In einem weiteren Abenteuer erfährt E.T.'s Raumschiff auch plötzlich eine Reibungskraft. Wie kann das v-t Diagramm sicher <u>nicht</u> aussehen?



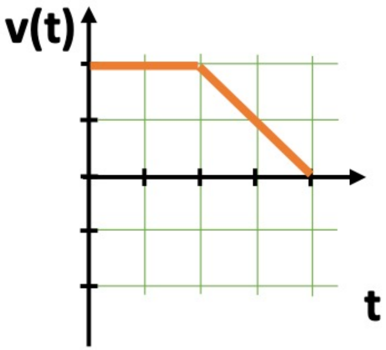
a)



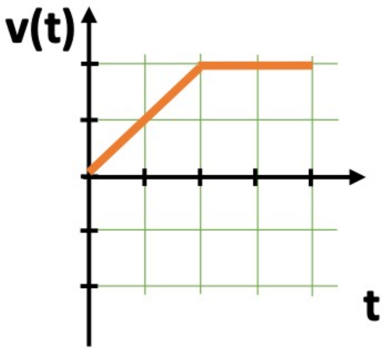
b)



c)



d)



Newtonsche Gesetze

Lernziele

- Die Newton’sche Gesetze in verschiedenen Problemen erkennen und beschreiben
- Alle wirkenden Kräften für verschiedene Systeme einzeichnen können
- Auswirkung auf die Dynamik kennen

Die 3 Newton’sche Gesetze

Newton I: Trägheitsprinzip

- ”Ein Körper verharrt in Ruhe oder in gleichförmig geradliniger Bewegung, sofern keine Kräfte eine Zustandsänderung bewirken.”

- $\sum_i \overrightarrow{F_i} = 0 \;\rightarrow\; \vec{v} = \text{const}$

Newton II: Bewegungsgleichung

- ”Die Änderung des Zustands der Bewegung ist proportional zu einwirkenden Kraft.”

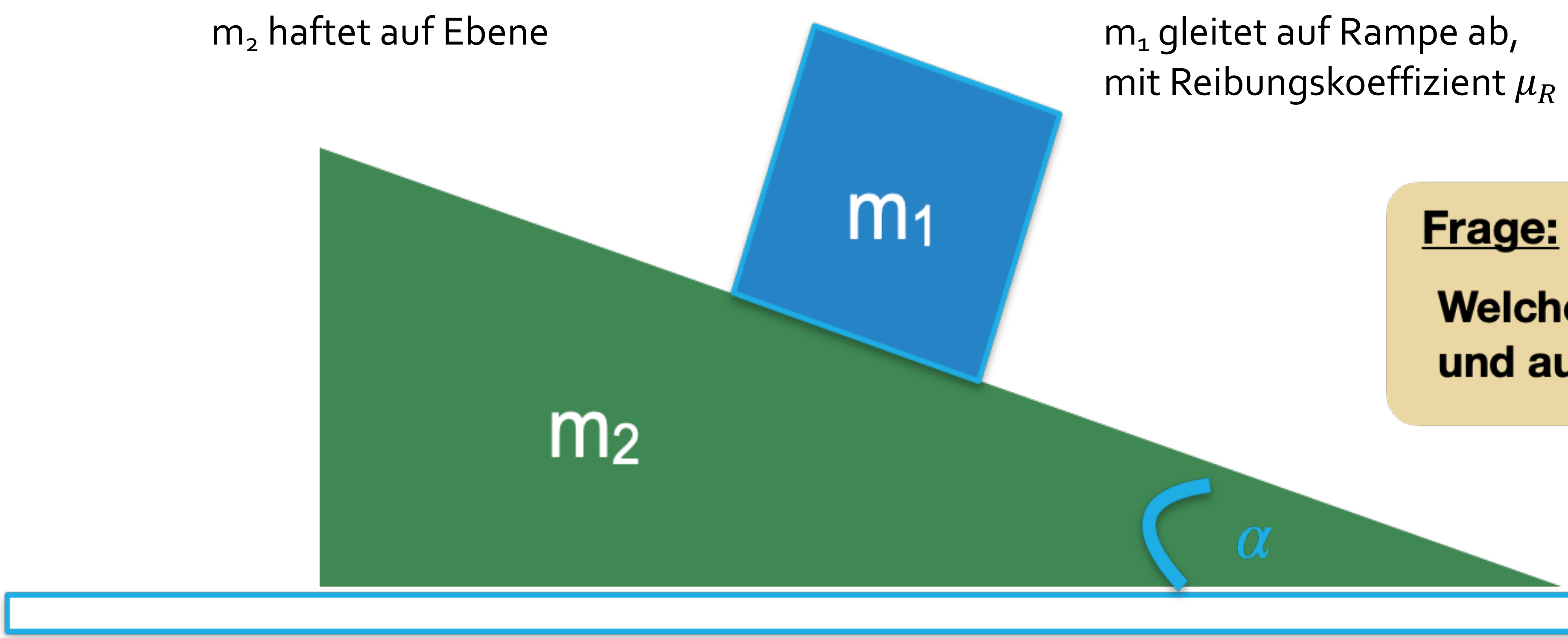
- $m\,\vec{a} = \frac{d(m\,\vec{v})}{dt} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$

Newton III: Reaktionsprinzip

- ”Kräfte treten paarweise auf. Übt ein Körper A auf einen anderen Körper B eine Kraft aus, so wirkt eine gleich grosse, entgegegesetzte Kraft von Körper B auf Körper A.”

- $\vec{F}_{A\rightarrow B} = -\,\vec{F}_{B\rightarrow A}$

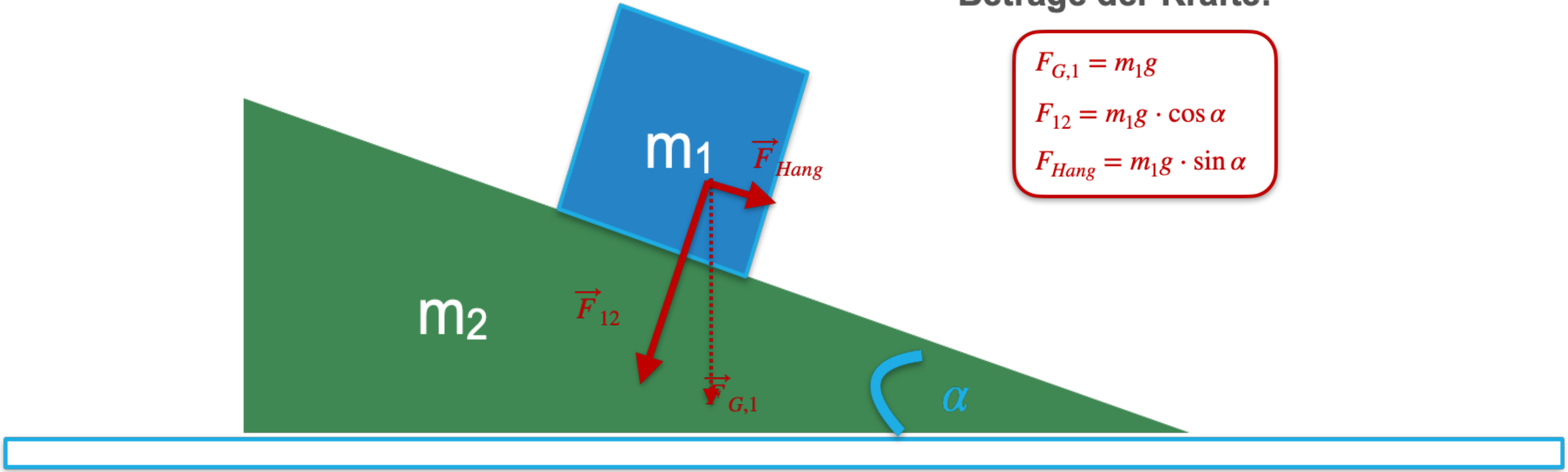
Beispielsaufgabe: Block auf Rampe



Frage:

Welche Kräfte wirken je auf m_1 und auf m_2?

Block auf Rampe: Kräfte auf m_1



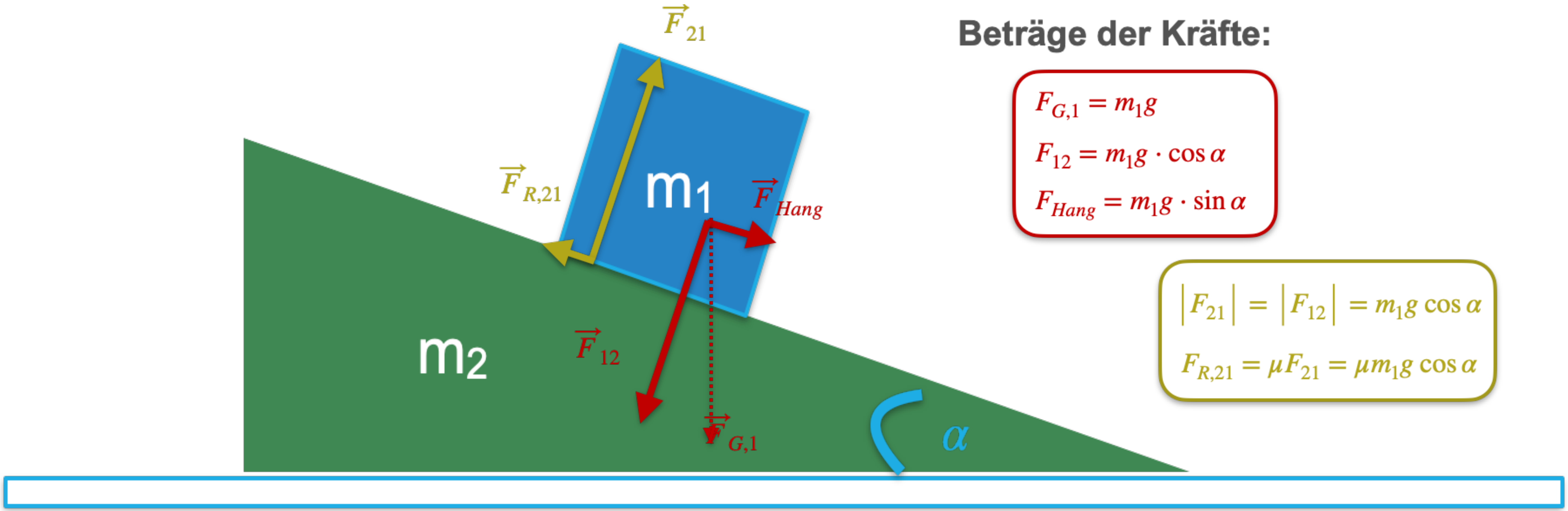
Beträge der Kräfte:

$$F_{G,1} = m_1 g$$

$$F_{12} = m_1 g \cdot \cos\alpha$$

$$F_{Hang} = m_1 g \cdot \sin\alpha$$

Block auf Rampe: Kräfte auf m_1



Beträge der Kräfte:

$$F_{G,1} = m_1 g$$

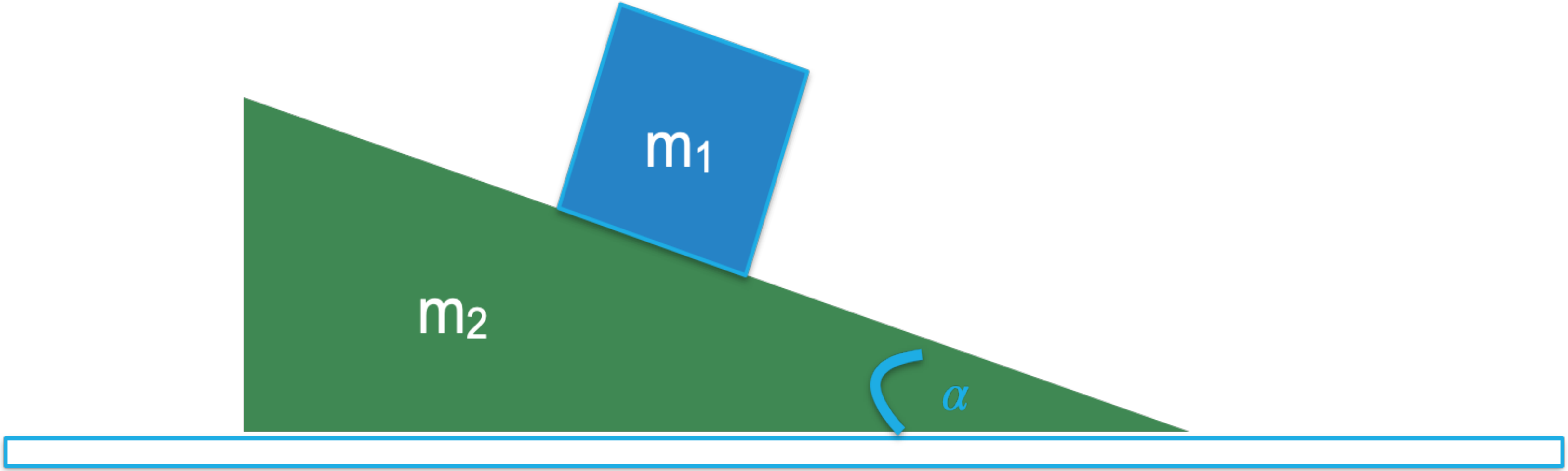
$$F_{12} = m_1 g \cdot \cos\alpha$$

$$F_{Hang} = m_1 g \cdot \sin\alpha$$

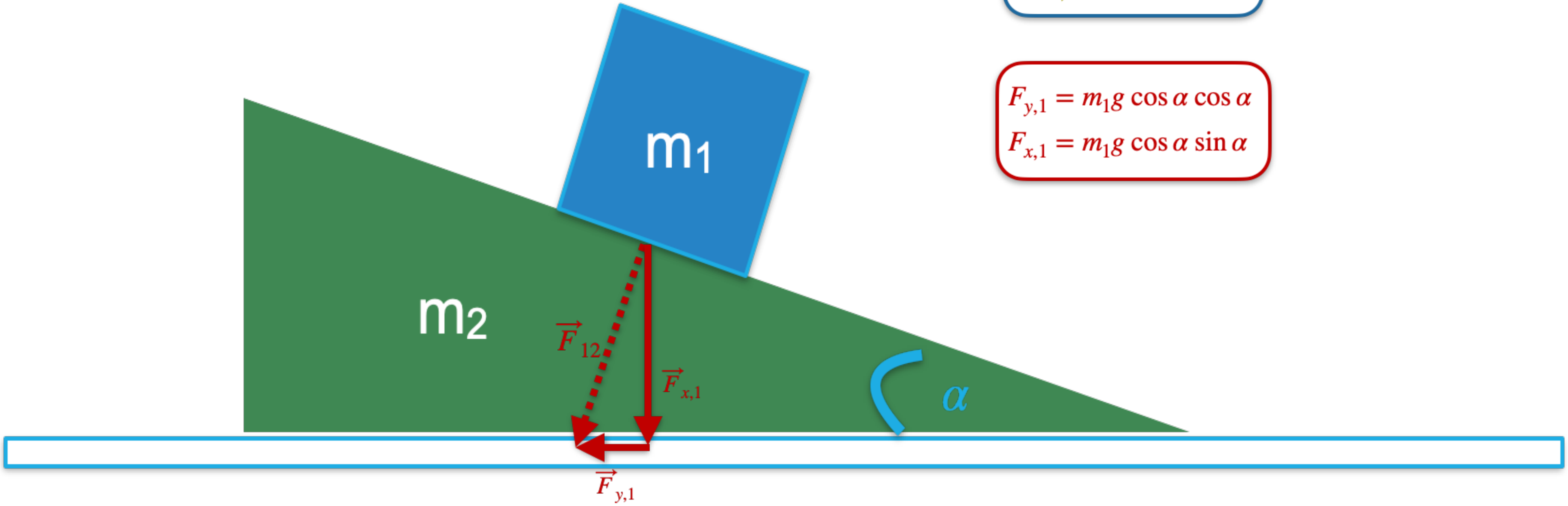
$$\left|F_{21}\right| = \left|F_{12}\right| = m_1 g \cos\alpha$$

$$F_{R,21} = \mu F_{21} = \mu m_1 g \cos\alpha$$

Block auf Rampe: Kräfte auf m_2



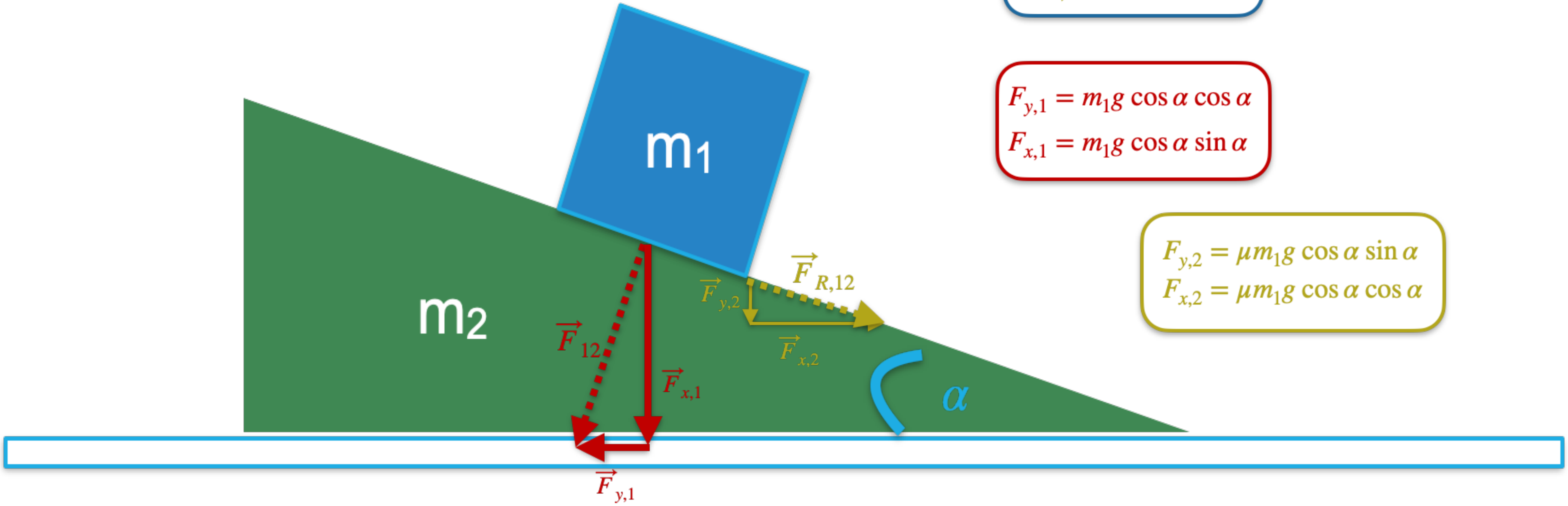
Block auf Rampe: Kräfte auf m_2



$$F_{12} = m_1 g \cdot \cos\alpha$$
$$F_{R,12} = \mu m_1 g \cos\alpha$$

$$F_{y,1} = m_1 g \cos\alpha \cos\alpha$$
$$F_{x,1} = m_1 g \cos\alpha \sin\alpha$$

Block auf Rampe: Kräfte auf m_2

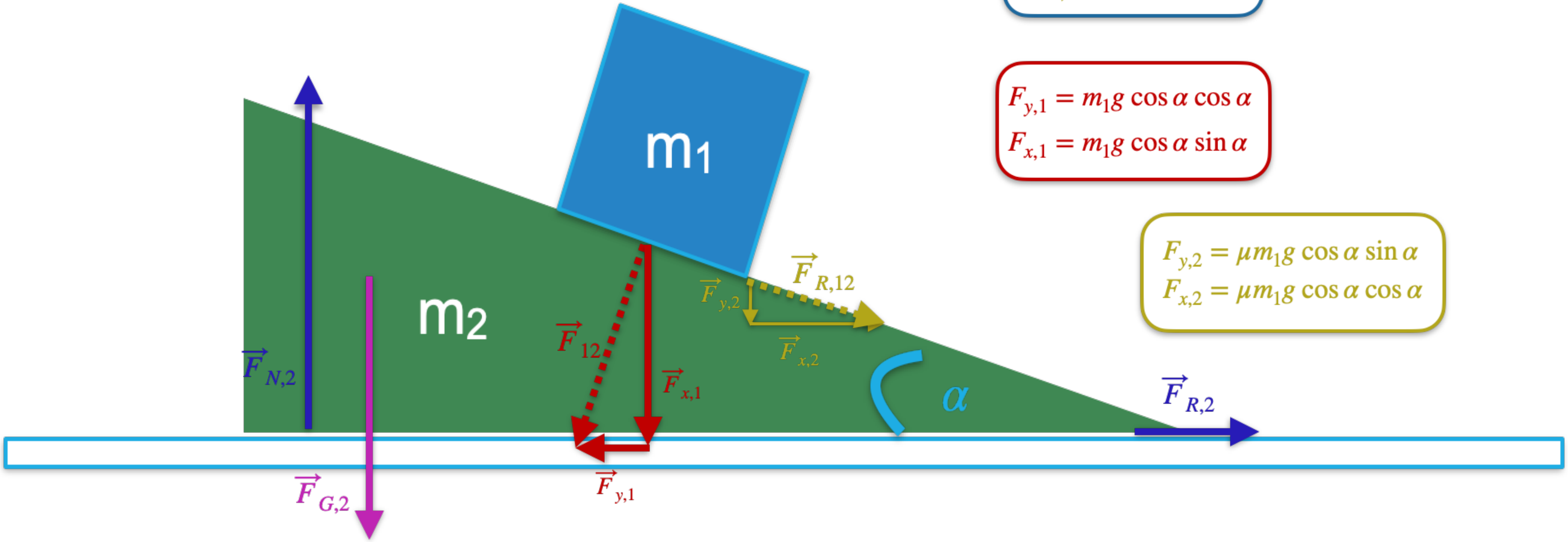


$$F_{12} = m_1 g \cdot \cos\alpha$$
$$F_{R,12} = \mu m_1 g \cos\alpha$$

$$F_{y,1} = m_1 g \cos\alpha \cos\alpha$$
$$F_{x,1} = m_1 g \cos\alpha \sin\alpha$$

$$F_{y,2} = \mu m_1 g \cos\alpha \sin\alpha$$
$$F_{x,2} = \mu m_1 g \cos\alpha \cos\alpha$$

Block auf Rampe: Kräfte auf m_2



$$F_{12} = m_1 g \cdot \cos\alpha$$
$$F_{R,12} = \mu m_1 g \cos\alpha$$

$$F_{y,1} = m_1 g \cos\alpha \cos\alpha$$
$$F_{x,1} = m_1 g \cos\alpha \sin\alpha$$

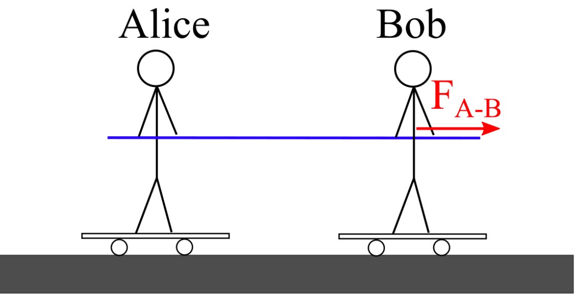
$$F_{y,2} = \mu m_1 g \cos\alpha \sin\alpha$$
$$F_{x,2} = \mu m_1 g \cos\alpha \cos\alpha$$

Tips Aufgabe 6.1: Konzeptfragen zu Newton

Zeichne alle wirkenden Kräfte ein.

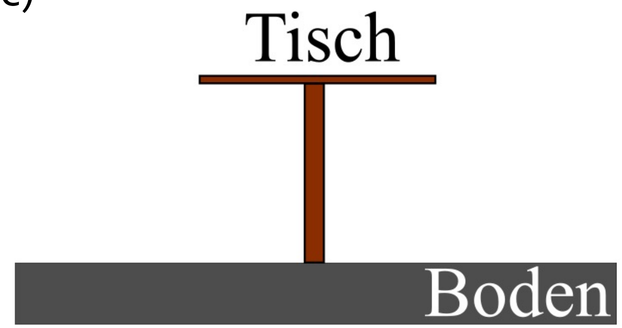
- Newton II
  - Kraft bewirkt Beschleunigung
  - Falls keine Beschleunigung dann Kräftegleichgewicht
- Newton III
  - Kräftepaar

a)

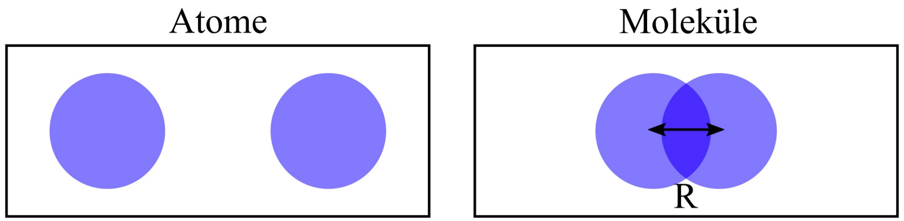


b)

c)



d)



Reibung

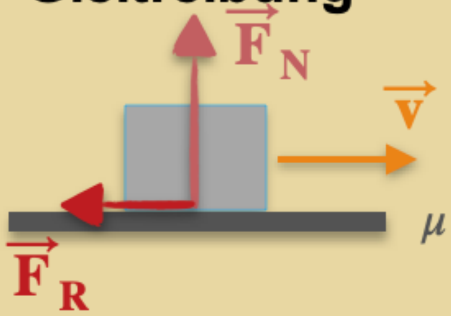
Lernziele

- Reibungskräfte berechnen und für die Beschreibung von bewegten Systemen nutzen
- Unterschied zwischen Gleit- und Haftreibung kennen
- Erklären warum Luftwiderstand zu einer maximalen Geschwindigkeit bei frei fallenden Objekten führt

Reibungkräfte auf Oberflächen

Reibung auf Oberflächen!

Gleitreibung



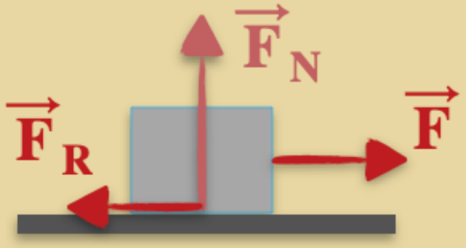
$$\mathbf{F_R} = \mu \mathbf{F_N}$$

μ : Reibungskoeffizient

Haftreibung > Gleitreibung

$\mu_0 > \mu$

Haftreibung (statisch)



$$\mathbf{F_{H,max}} = \mu_0 \mathbf{F_N}$$

μ_0 : Haftreibungszahl

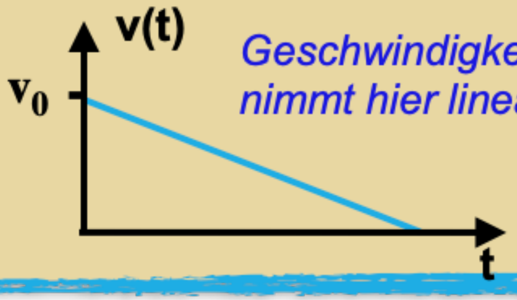
Kräftegleichgewicht:

$\mathbf{F_R} = \mathbf{F}$ solange $\mathbf{F_R} < \mathbf{F_{H,max}}$

dann: plötzliches Gleiten

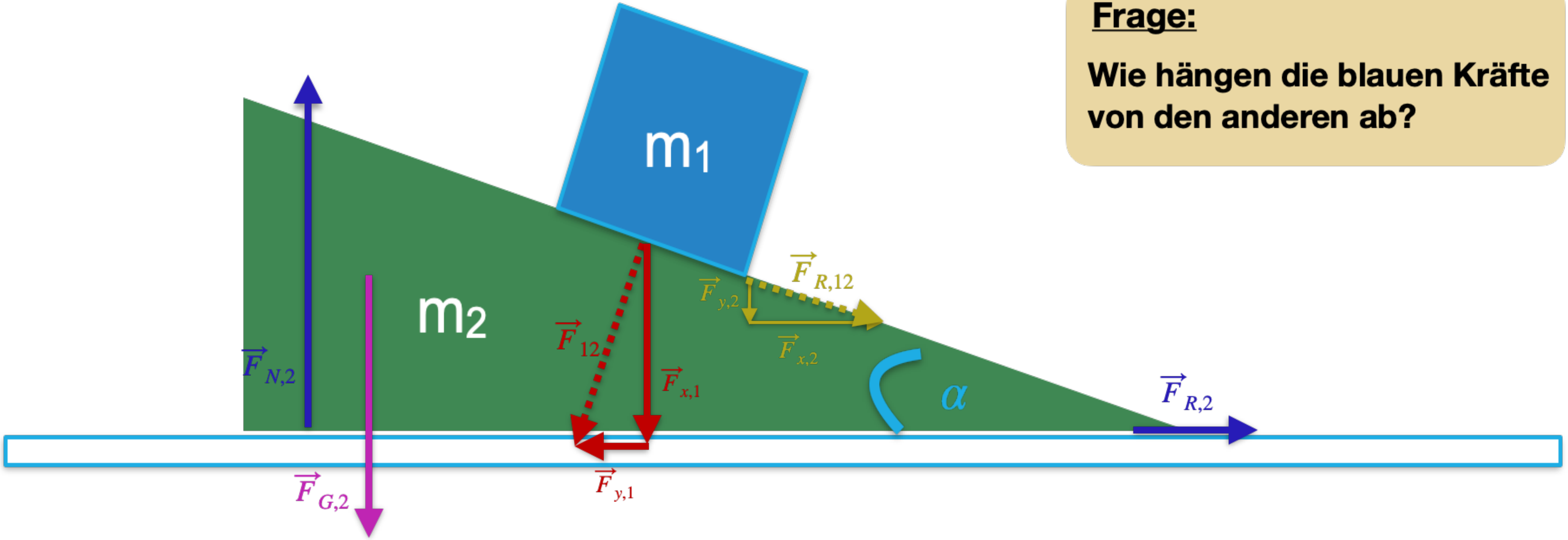
Spezialfall: $F_x = 0$

$$m\ddot{x} = -F_R \quad \Rightarrow \dot{x} = v_0 - \frac{F_R}{m}t$$



Geschwindigkeit nimmt hier linear ab

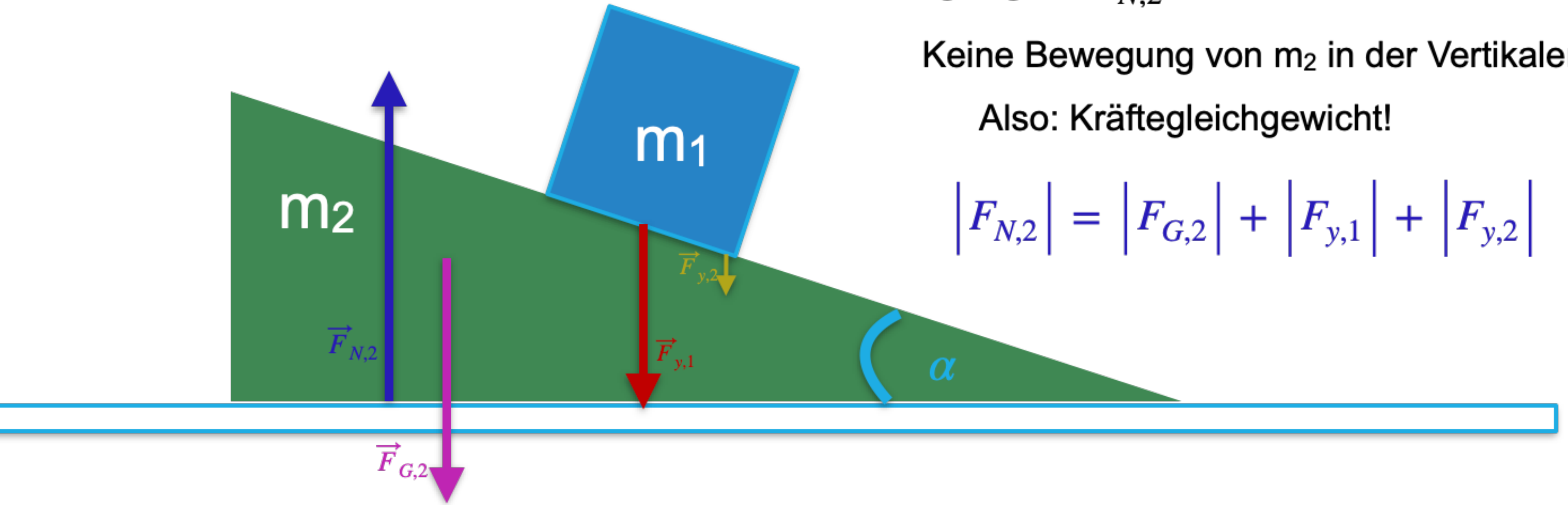
Block auf Rampe: Kräfte kombinieren



Frage:

Wie hängen die blauen Kräfte von den anderen ab?

Block auf Rampe: Vertikal kombinieren



Bedingung für $F_{N,2}$:

Keine Bewegung von m_2 in der Vertikalen

Also: Kräftegleichgewicht!

$$\left|F_{N,2}\right| = \left|F_{G,2}\right| + \left|F_{y,1}\right| + \left|F_{y,2}\right|$$

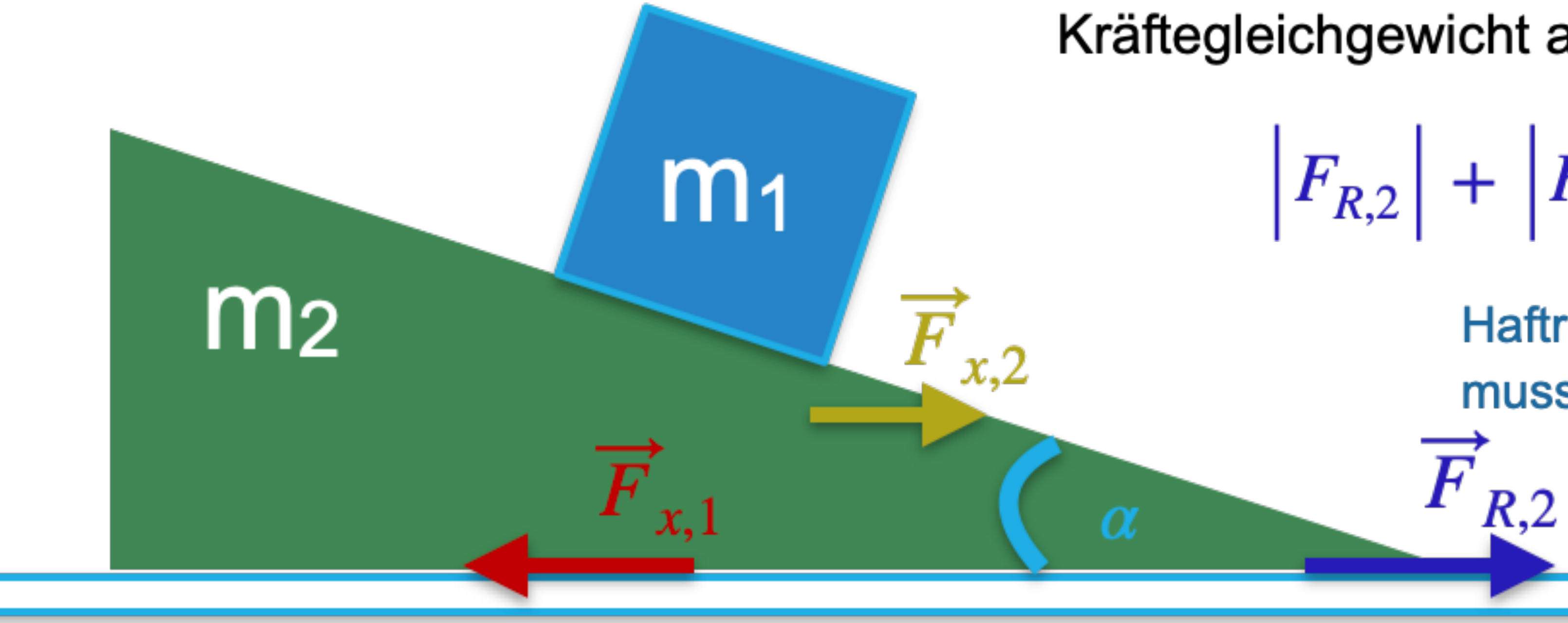
Block auf Rampe: Horizontal kombinieren

Bedingung für $F_{R,2}$:

m$_2$ haftet auf Boden, also keine Bewegung

Kräftegleichgewicht auch hier!

$$\left|F_{R,2}\right| + \left|F_{x,2}\right| = \left|F_{x,1}\right|$$



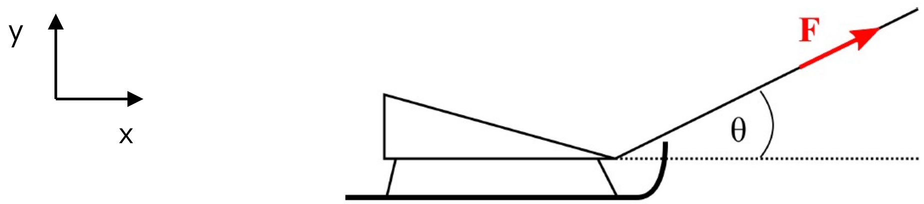
Haftreibung zwischen Rampe und Ebene muss gross genug sein, um $F_{R,2}$ aufzubringen!

$$\left|F_{R,2}\right| \leq \mu_0 \left|F_{N,2}\right|$$

Tips Aufgabe 6.2: Schlittenrennen

Aufgabe 6.2. *Schlittenrennen*

Bei einem Schlittenrennen sollen Leute die Schlitten ziehen. Dabei tragen sie Schuhe mit Spikes, die besser am Boden haften. Beim Start des Rennens zieht eine Person mit einer Kraft von 150 N unter einem Winkel von $\theta = 25°$ gegen die Horizontale an der Leine (wie in der Abbildung angezeigt). Das System aus Schlitten und Leine wird als ein Körper betrachtet. Die Masse des Körpers beträgt 80 kg; seine Reibung am Boden sei zunächst vernachlässigbar.



(a) Zeichnen Sie ein Kraftädiagram für das Schlitten-Leine System, indem Sie alle wirkende Kräfte einzeichnen. Vergessen Sie dabei nicht, ein Koordinatensystem einzuzeichnen.

(b) Bestimmen Sie die Beschleunigung des Schlittens.

(c) Bestimmen Sie den Betrag der Normalkraft F_N.

(d) Unter dem selben Winkel θ, welche maximale Kraft kann an der Leine ziehen, ohne dass sich der Schlitten vom Boden löst?

(e) Nehmen wir an, die Reibungskraft sei nicht vernachlässigbar und sei durch $F_R = -\mu |F_N|$ gegeben, wobei $\mu = 0.08$ der Reibungskoeffizient ist. Wie gross ist die Beschleunigung in diesem Fall?

- b) betrachte x, y Kompenten der Beschleunigung und aller Kräfte separate
- c) Wann lost sich der Schlitten vom Boden?

  Wenn $\vec{F}_{N,y} \geq 0$
- d) $\vec{F}_R = \mu \vec{F}_N$

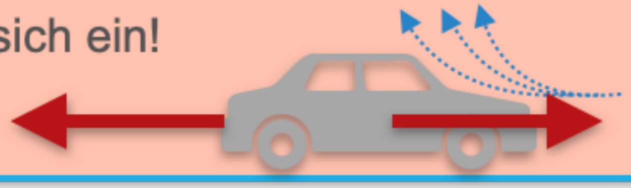
  In welche Richtung zeigt $\vec{F}_R$?

Viskose Reibungkräfte

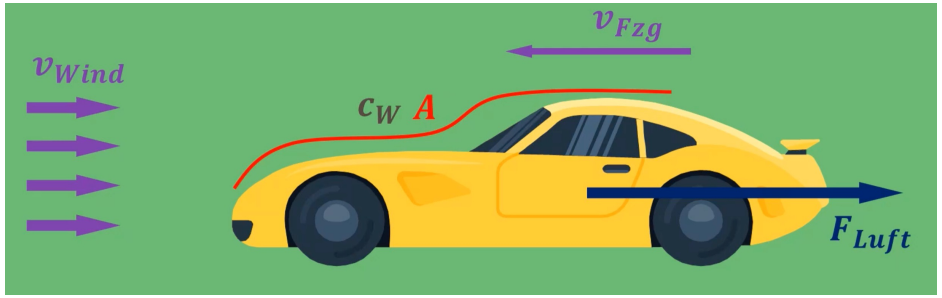
Reibung abhängig von v: z.B. $\mathbf{F_S} = -\gamma\mathbf{v}, \mathbf{F_W} = -\beta\mathbf{v}^2$

Bei konstanter Beschleunigung (z.B. freier Fall):

Kräfte-Gleichgewicht stellt sich ein!

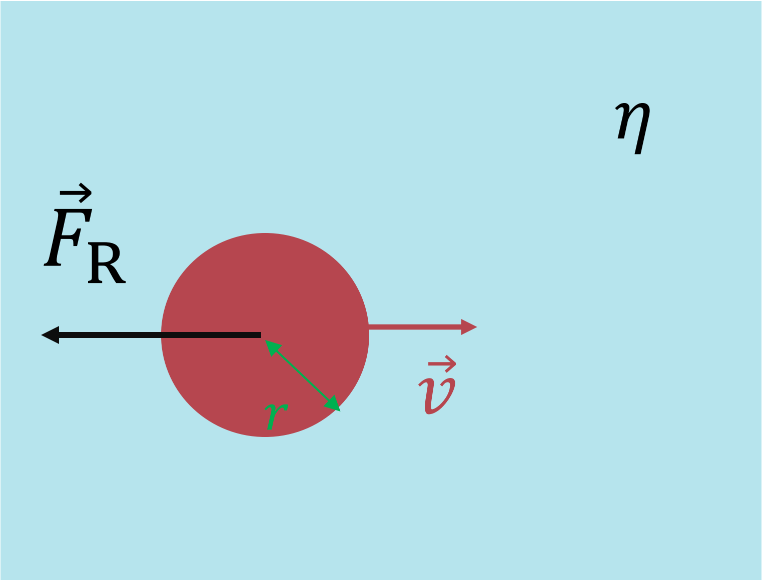


Lufwiderstand:



$$|\overrightarrow{F_W}| = -\frac{1}{2}\rho_L c_W\, A\, \vec{v}^2$$

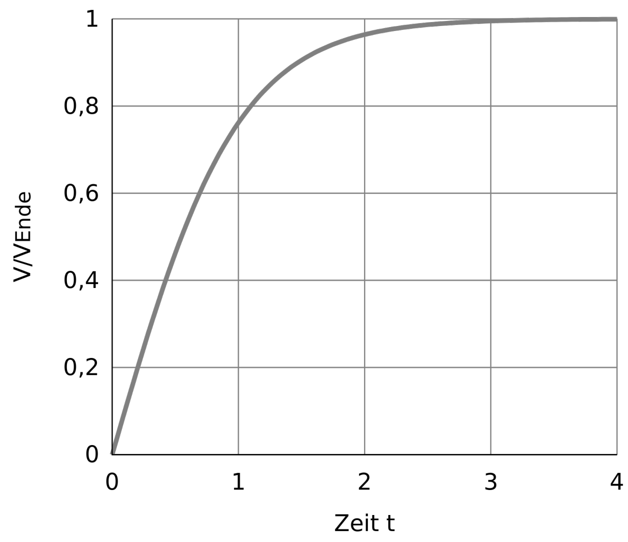
Stoke'sche Reibungskraft:



$$\vec{F}_R = -6\,\pi r\,\eta\,\vec{v}$$

Skydiving

Wie gross ist die maximale Geschwindidkeit, die man beim Skydiving erreicht?



i) Bewegungsgleichung aufstellen:

$$m\,a_z(t) = m\dot{v}_z(t) = -mg + \beta v_z(t)^2$$

ii) konstante Endgeschwindigkeit -> Kräftegleichgewicht

$$m\,a_z(t) = -mg + \beta v_{Ende}^2 = 0$$

iii) Nach Endgeschwindigkeit auflösen:

$$v_{Ende} = \sqrt{\frac{mg}{\beta}} \approx 200\ km/h$$

Vereinfachung:

$$F_W = \beta\, v^2$$

$$F_G = mg$$

$$m = 70\ kg$$

$$\beta = 0.22\ kg/m$$

Tips Aufgabe 6.3: Wanderfalke

Aufgabe 6.3. ***Wanderfalke im Sturzflug***

Ein Falke der Masse $m_F = 1\,\mathrm{kg}$ befindet sich in einem senkrechten Sturzflug bei der nach unten gerichteten konstanten Endgeschwindigkeit mit Betrag $|\vec{v}_F| = 90\,\mathrm{m\,s^{-1}}$. Er zielt auf eine Taube der Masse $m_T = 0.5\,\mathrm{kg}$, die waagerecht in positiver x-Richtung mit der Geschwindigkeit $|\vec{v}_T| = 10\,\mathrm{m\,s^{-1}}$ fliegt. Diese Situation ist in Abbildung 6.1 schematisch dargestellt.

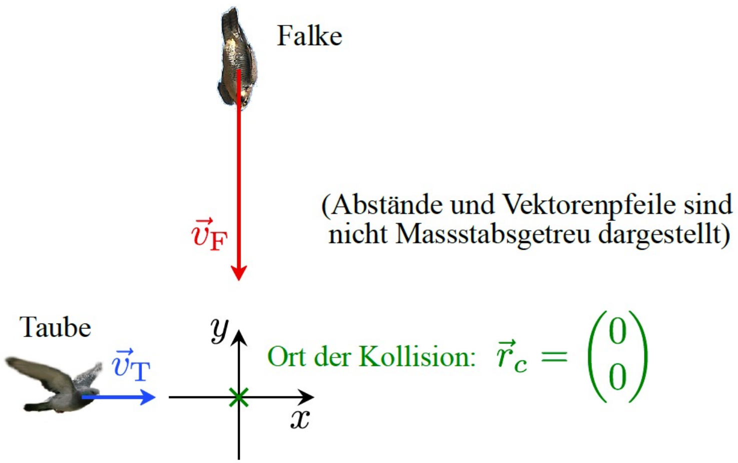


Abbildung 6.1: Bild zu Aufgabe 2. Falke und Taube vor dem Zusammenstoss.

(a) Im Sturzflug wirken auf den Falken die Gravitationskraft $\vec{F}_{gF}$ und die Reibungskraft der Luft $\vec{F}_{RF} = -\gamma_F \vec{v}$. Die Geschwindigkeit ist wie oben beschrieben konstant und nach unten gerichtet. Berechnen Sie die Beschleunigung $\vec{a}_F$ des Falkens, verdeutlichen Sie dabei den mathematischen Zusammenhang zur Geschwindigkeit. Berechnen Sie anschliessend den Wert des Reibungskoeffizienten γ_F. Verwenden Sie die oben angegebenen Zahlenwerte.

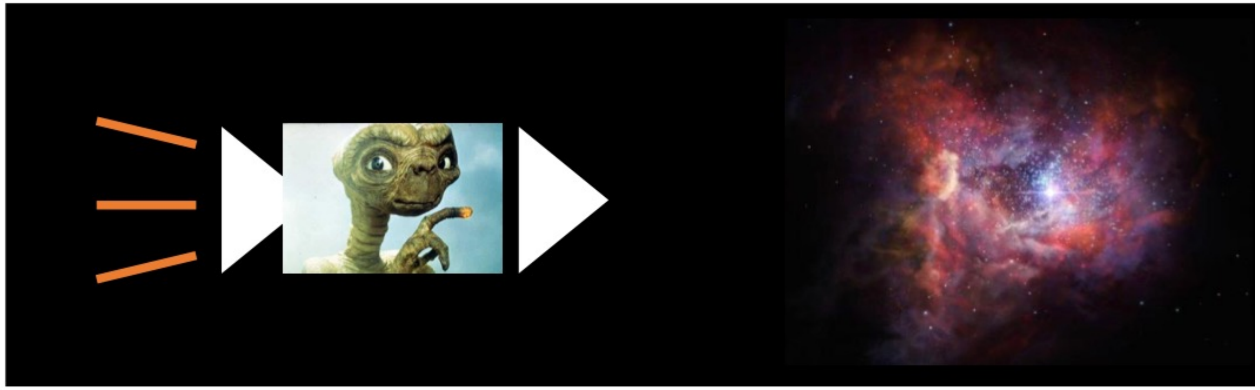
(b) Auf die Taube wirkt ebenfalls eine Reibungskraft $\vec{F}_{RT} = -\gamma_T \vec{v}$ mit einem anderen Reibungskoeffizienten γ_T. Leiten Sie eine Formel her für die Antriebskraft $\vec{F}_A$, welche die Taube erzeugen muss, um mit konstanter Geschwindigkeit in positiver x-Richtung zu fliegen. Verwenden Sie die Komponentenschreibweise, um ihr Resultat darzustellen. In dieser Teilaufgabe werden keine Zahlenwerte eingesetzt. *Hinweis:* Für einen beliebigen Vektor $\vec{b}$ mit Komponenten b_x und b_y ist die Komponentenschreibweise

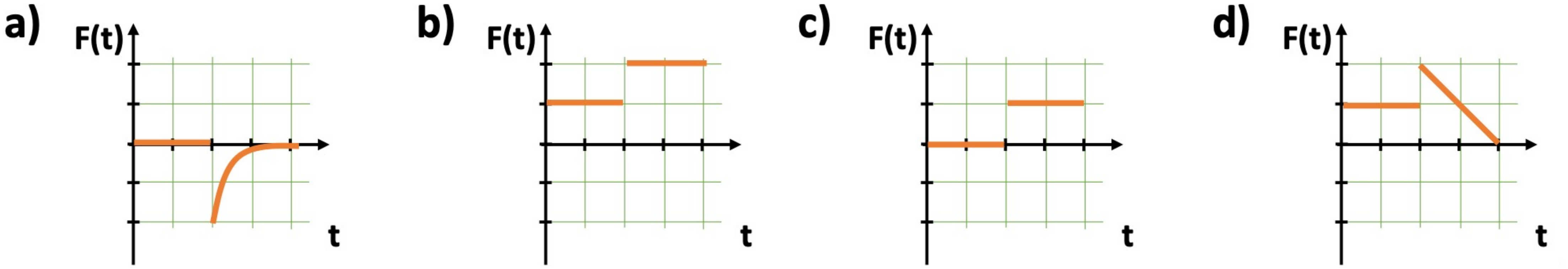
$$\vec{b} = \begin{pmatrix} b_x \\ b_y \end{pmatrix}.$$

(c) Die Vögel kollidieren am Punkt $\vec{r}_c = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ zum Zeitpunkt $t_c = 2\,\mathrm{s}$. Berechnen Sie den Ortsvektor $\vec{r}_T(t = 0)$ der Taube zur Zeit $t_0 = 0$ vor der Kollision.

Warm up: E.T: nach Hause

Das Raumschiff von E.T. flog lange Zeit mit konstanter Geschwindigkeit durch das Weltall (Vakuum) und trifft nun auf eine dichte Wolke aus interstellarem Staub (plötzlich viel Reibung). Wie könnte das F-t Diagramm des Raketenantriebs aussehen, damit E.T.s Raumschiff eine konstante Geschwindigkeit beibehält?

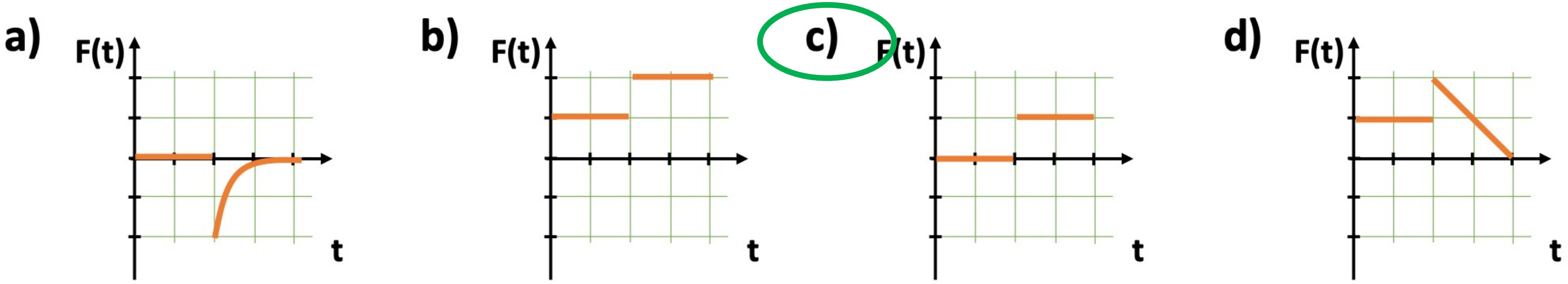




Warm up: E.T: nach Hause

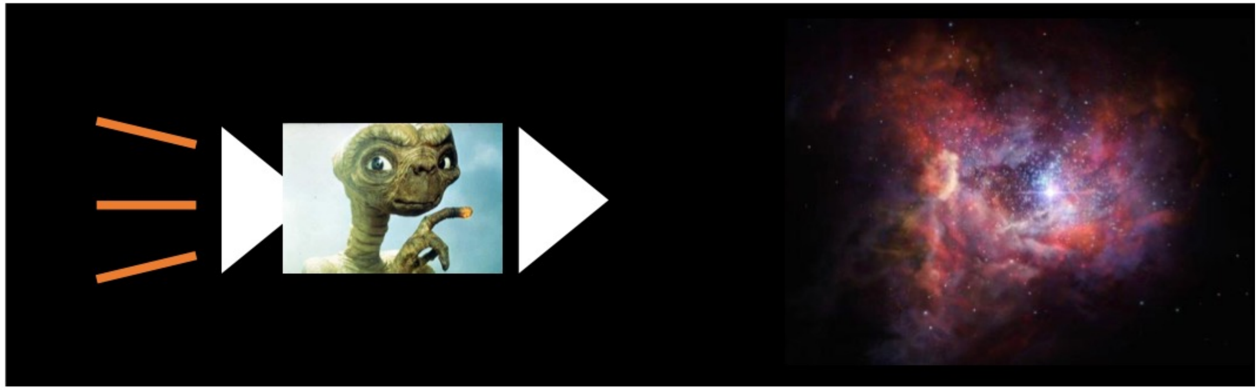
Das Raumschiff von E.T. flog lange Zeit mit konstanter Geschwindigkeit durch das Weltall (Vakuum) und trifft nun auf eine dichte Wolke aus interstellarem Staub (plötzlich viel Reibung). Wie könnte das F-t Diagramm des Raketenantriebs aussehen, damit E.T.s Raumschiff eine konstante Geschwindigkeit beibehält?

a) nicht, weil eine Kraft in negative Richtung zusätzlich bremsen würde.
b) nicht, weil F am Anfang = 0 sein muss (konstante Geschwindigkeit).
d) nicht, weil F am Anfang = 0 sein muss (konstante Geschwindigkeit).

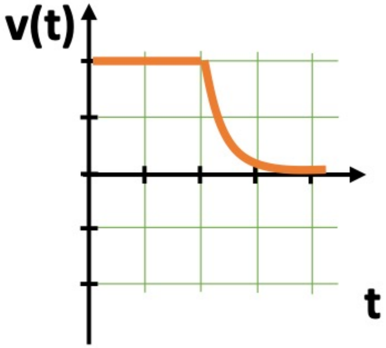


Warm up: E.T: nach Hause 2

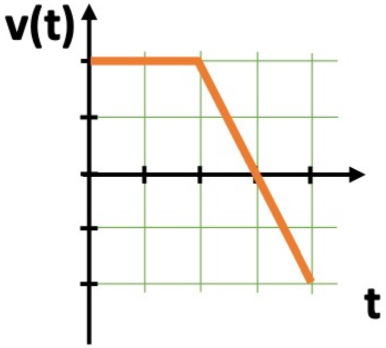
In einem weiteren Abenteuer erfährt E.T.'s Raumschiff auch plötzlich eine Reibungskraft. Wie kann das v-t Diagramm sicher <u>nicht</u> aussehen?



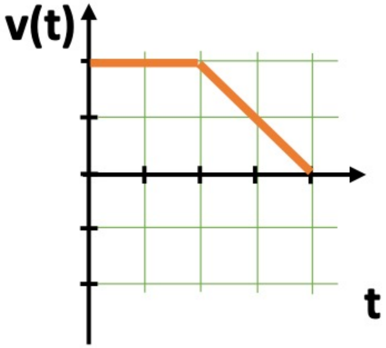
a)



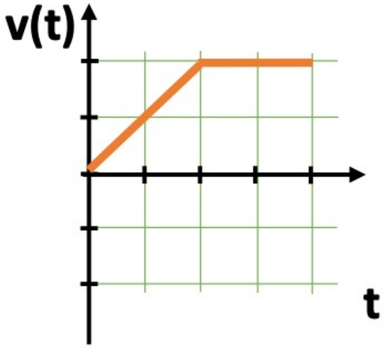
b)



c)



d)

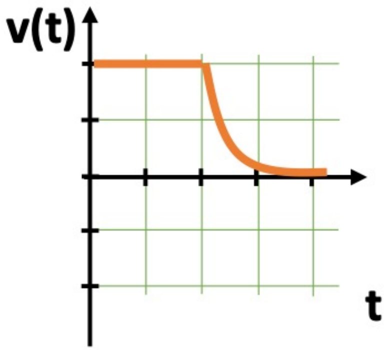


Warm up: E.T: nach Hause 2

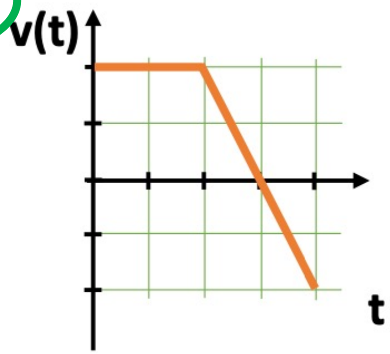
In einem weiteren Abenteuer erfährt E.T.'s Raumschiff auch plötzlich eine Reibungskraft. Wie kann das v-t Diagramm sicher <u>nicht</u> aussehen?

a) nicht, da wäre F_R proportional zu $v(t)^{\alpha}$ (wobei α eine reelle Zahl ist, z.B. 1).
b) stimmt, weil eine Reibungskraft auf null sinkt wenn die Geschwindigkeit null
wird. Dann geht Gleitreibung in Haftreibung über und v = 0.
c) nicht, da wäre F_R konstant.
d) nicht, da führt F_R zu einer Beschleunigung, welche die Anfangsbeschleunigung genau kompensiert.

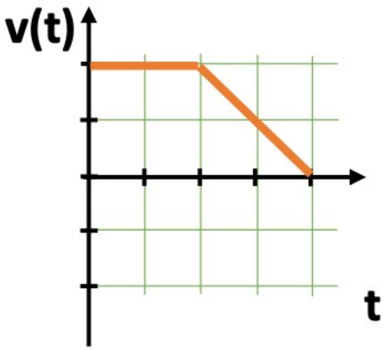
a)



b)



c)



d)