

Physik I

BIOL/PHARM

Übungsstunde 3

11.10.2021

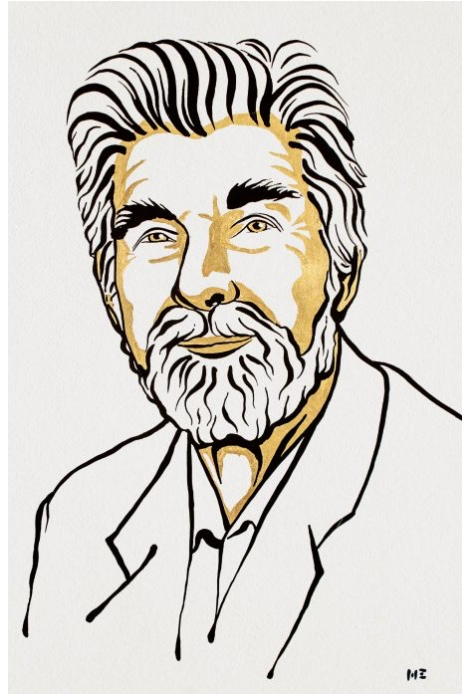
- Kreisbewegungen
- Kräfte

The Nobel prize in Physics 2021



Syukuro Manabe
Princeton University

"for the physical modelling of Earth's climate, quantifying variability and reliably predicting global warming"



Klaus Hasselmann
Max Planck Institute for
Meteorology



Giorgio Parisi
Sapienza University of
Rome

"for the discovery of the interplay of disorder and fluctuations in physical systems from atomic to planetary scales"

Kreis- bewegungen

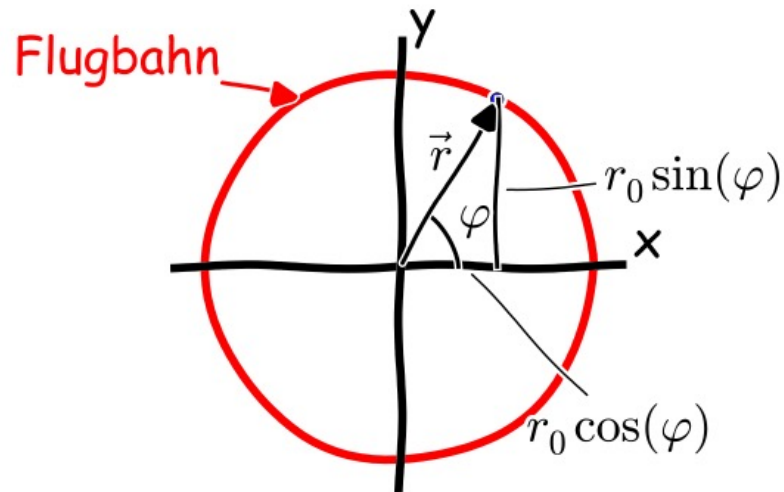
Lernziele

- Kreisförmige Bewegungen mit kinematischen Variablen beschreiben
- Zusammenhang zwischen linearen Bewegungen und kreisförmige Bewegungen verstehen
- Zwischen kartesischen Koordinaten und Polarkoordinaten transformieren können

Koordinatensysteme

Die Position eines Objekts wird mit dem Ortsvektor beschrieben, welcher abhängig vom Koordinatensystem ist.

Für eine Kreisbewegung nutzt man am einfachsten Polarkoordinaten, dessen Ursprung im Mittelpunkt der Kreisbahn ist.



Kartesische Koordinaten

$$\vec{r}(t) = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \\ 0 \end{pmatrix} \\ = \begin{pmatrix} r_0 \cos(\varphi(t)) \\ r_0 \sin(\varphi(t)) \\ 0 \end{pmatrix}$$

Polarkoordinaten

Konstanter Radius r_0 und

$$\vec{\varphi}(t) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \varphi(t) \end{pmatrix}$$

Kreisbewegungen

Befindet sich eine Masse auf einer Kreisbahn, so wirkt auf die Masse immer eine Beschleunigung, die Richtung Kreismitte zeigt.

Bogenmaß für Winkel

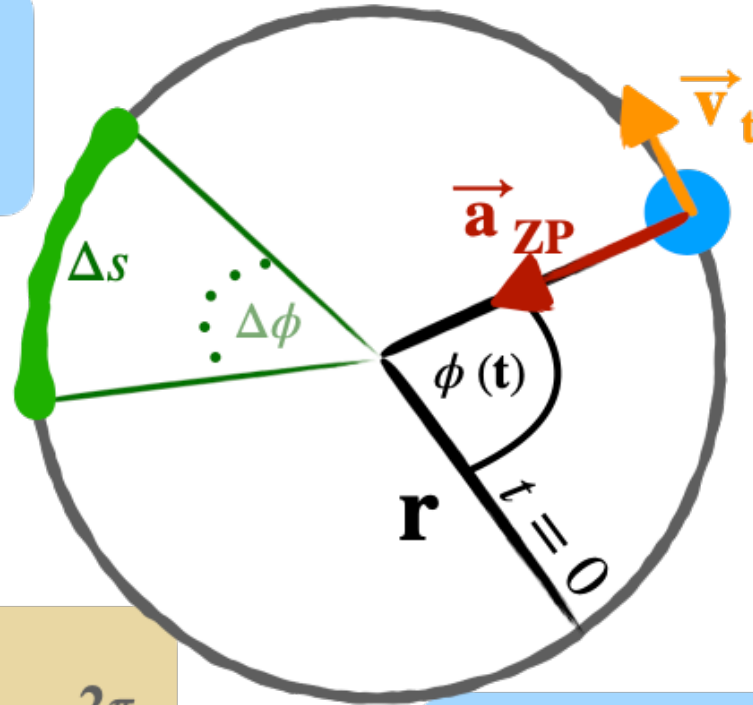
$$360^\circ \hat{=} 2\pi \iff 3^\circ \hat{=} \frac{3^\circ}{360^\circ} \cdot 2\pi$$

Länge Kreissegment:

$$\Delta s = r \cdot \Delta\phi$$

Winkelgeschwindigkeit

Wieviel Winkel pro Zeit? $\omega = \frac{2\pi}{T}$
(volle Umdrehung nach T)



Winkel, der nach Zeit t überstrichen wurde: $\phi(t) = \omega t$ [für $\omega = const.$]

Tangentialgeschwindigkeit: $|\vec{v}_t| = \omega r$

Zentripetalbeschleunigung: $|\vec{a}_{ZP}| = \omega^2 r = \frac{v_t^2}{r}$
(hält Masse auf Kreisbahn)

übrigens:

Beträge von v_t und a_{ZP} lassen sich durch (zweifaches) Ableiten des Positionsvektors herleiten

Verständnisfrage: Parametrisierungen

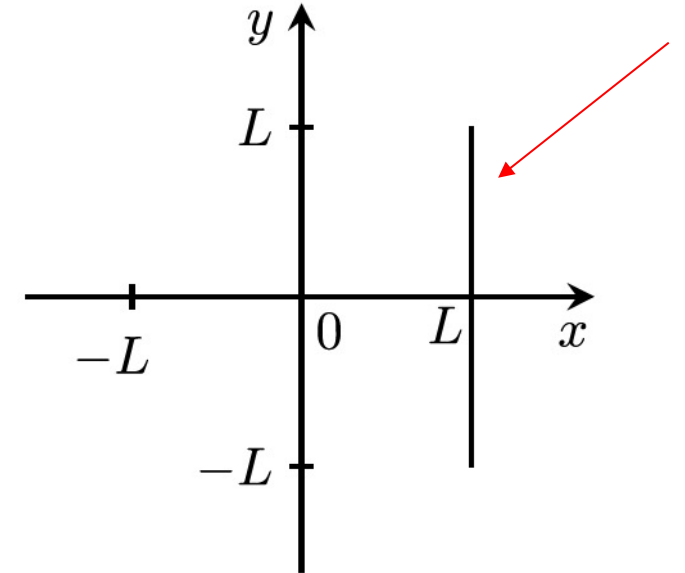
Welche der folgenden Parametrisierungen $(x(t), y(t))$ beschreibt die rechts skizzierte Bahn (schwarze Linie) in der xy -Ebene?

a) $(x(t), y(t)) = (L \sin(\omega t), L \cos(\omega t))$

b) $(x(t), y(t)) = (L \cos(\omega t), L \sin(\omega t))$

c) $(x(t), y(t)) = (L, L \cos(\omega t))$

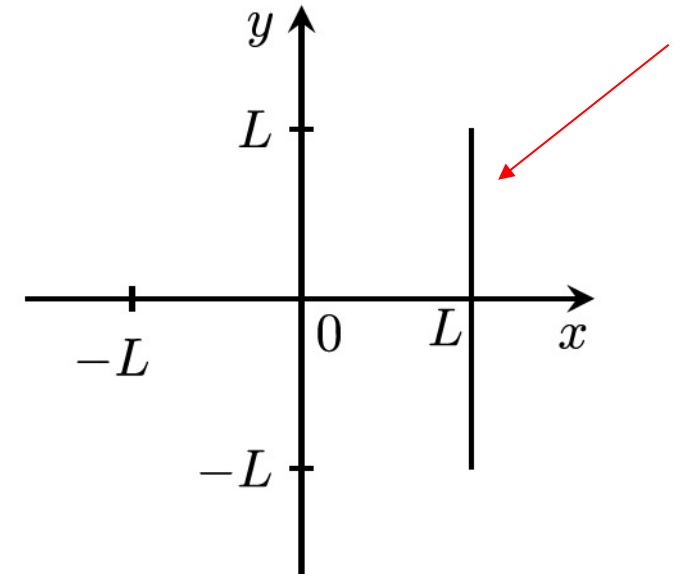
d) $(x(t), y(t)) = (L \cos(\omega t), L)$



<https://pollev.com/jessezhang348>

Verständnisfrage: Parametrisierungen

Welche der folgenden Parametrisierungen $(x(t), y(t))$ beschreibt die rechts skizzierte Bahn (schwarze Linie) in der xy -Ebene?



a) $(x(t), y(t)) = (L \sin(\omega t), L \cos(\omega t))$

b) $(x(t), y(t)) = (L \cos(\omega t), L \sin(\omega t))$

c) $(x(t), y(t)) = (L, L \cos(\omega t))$

d) $(x(t), y(t)) = (L \cos(\omega t), L)$

a) und b) beschreiben einen Kreis
d) beschreibt eine horizontale Linie
-> c) ist richtig

Verständnisfrage: Ball um die Erde

Man nehme an die Erde hat keine Atmosphäre. Ein Ball wird von höchsten Punkt der Erde, tangential zur Erde geworfen und zwar so, dass er die Erde kreisförmig umrundet. Wie gross ist die Beschleunigung des Balls während dem Flug?

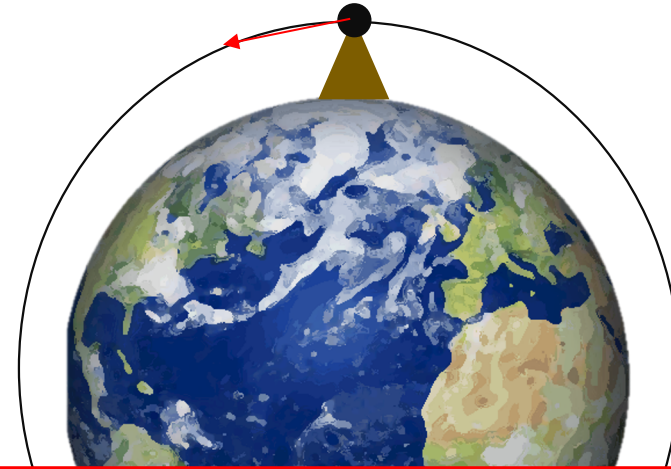
- a) Viel kleiner als g
- b) Etwa g
- c) Viel grösser als g
- d) Hängt von der Geschwindigkeit ab



Verständnisfrage: Ball um die Erde

Man nehme an die Erde hat keine Atmosphäre. Ein Ball wird von höchsten Punkt der Erde, tangential zur Erde geworfen und zwar so, dass er die Erde kreisförmig umrundet. Wie gross ist die Beschleunigung des Balls während dem Flug?

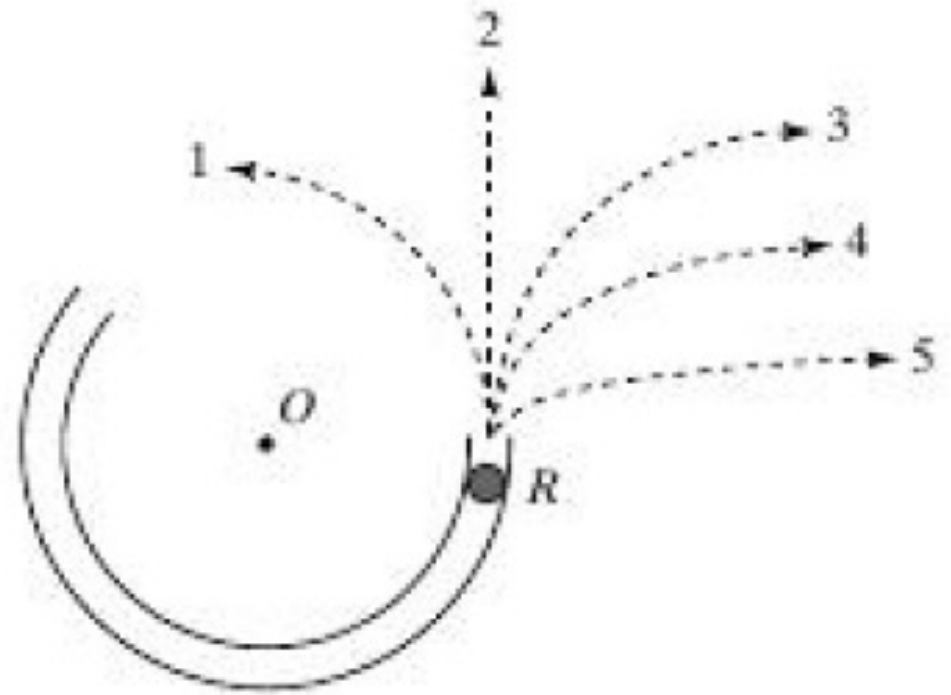
- a) Viel kleiner als g
- b) Etwa g
- c) Viel grösser als g
- d) Hängt von der Geschwindigkeit ab



Es wirkt nur eine Art von Beschleunigung auf den Ball, die Erdbeschleunigung. Auf der Höhe des Mount Everest ist die Erdbeschleunigung zwar nicht mehr so gross wie auf Meereshöhe, unterscheidet sich aber nur gering davon. Von der Geschwindigkeit des Balls kann die Beschleunigung nicht abhängen, da eine ganz bestimmte Geschwindigkeit nötig ist, damit der Ball in dieser Höhe eine Kreisbewegung um die Erde vollführt.
-> b) ist richtig

Verständnisfrage: Ball in Röhre

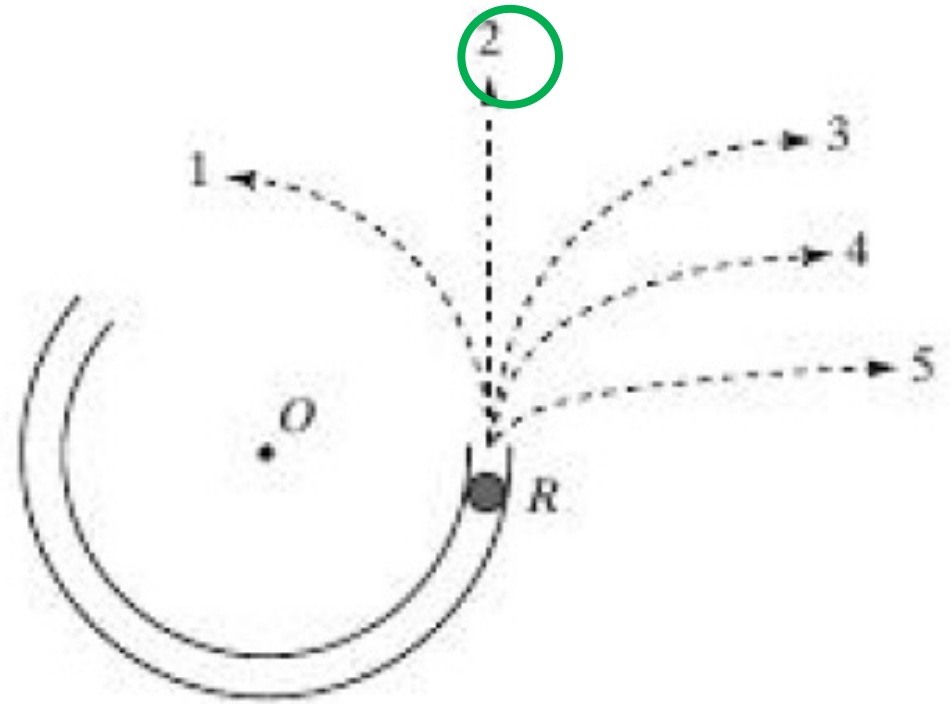
Ein Ball wird in einer reibungsfreien Röhre geführt, wie in der Skizze gezeigt. Welchen Weg nimmt der Ball?



Verständnisfrage: Ball in Röhre

Ein Ball wird in einer reibungsfreien Röhre geführt, wie in der Skizze gezeigt. Welchen Weg nimmt der Ball?

Beim Austritt aus der Röhre fliegt der Ball in die Richtung seiner momentanen Geschwindigkeit. Die momentane Bewegungsrichtung beim Austritt kann sich nur ändern, falls eine äussere Kraft auf den Ball wirkt.
2) ist richtig



Kräfte

Lernziele

- Alle wirkenden Kräfte in einem Diagramm einzeichnen können
- Die resultierende Kraft mittels Vektoraddition bestimmen können
- Die Beschleunigung auf den Körper durch die Kraft bestimmen können
- Newton's zweite Gesetz bei Bewegungen mit konstanter Geschwindigkeit nutzen

Einheit "Newton"

"1N beschleunigt
1kg in 1s auf 1m/s"

Superposition:

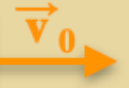
$$\vec{F}_{\text{res}} = ???$$

1 kg



Ohne Kräfte:

1 kg



$$\vec{F} = 0 \rightarrow \vec{v} = ???$$

Kraft \vec{F}



analog:

Kräftegleichgewicht:

$$\sum \vec{F}_i = ???$$

1 kg



Einheit "Newton"

$$[\mathbf{F}] = \mathbf{N} = \mathbf{kg} \frac{\mathbf{m}}{\mathbf{s}^2}$$

"1N beschleunigt
1kg in 1s auf 1m/s"

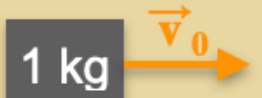
Superposition:

$$\vec{\mathbf{F}}_{\text{res}} = \vec{\mathbf{F}}_1 + \vec{\mathbf{F}}_2 + \dots$$

Kräfte auf eine Masse
addieren sich vektoriell



Ohne Kräfte:



$$\vec{\mathbf{F}} = \mathbf{0} \rightarrow \vec{\mathbf{v}} = \text{const.}$$

Geschwindigkeit der Masse
bleibt unverändert!

Kraft $\vec{\mathbf{F}}$

analog:

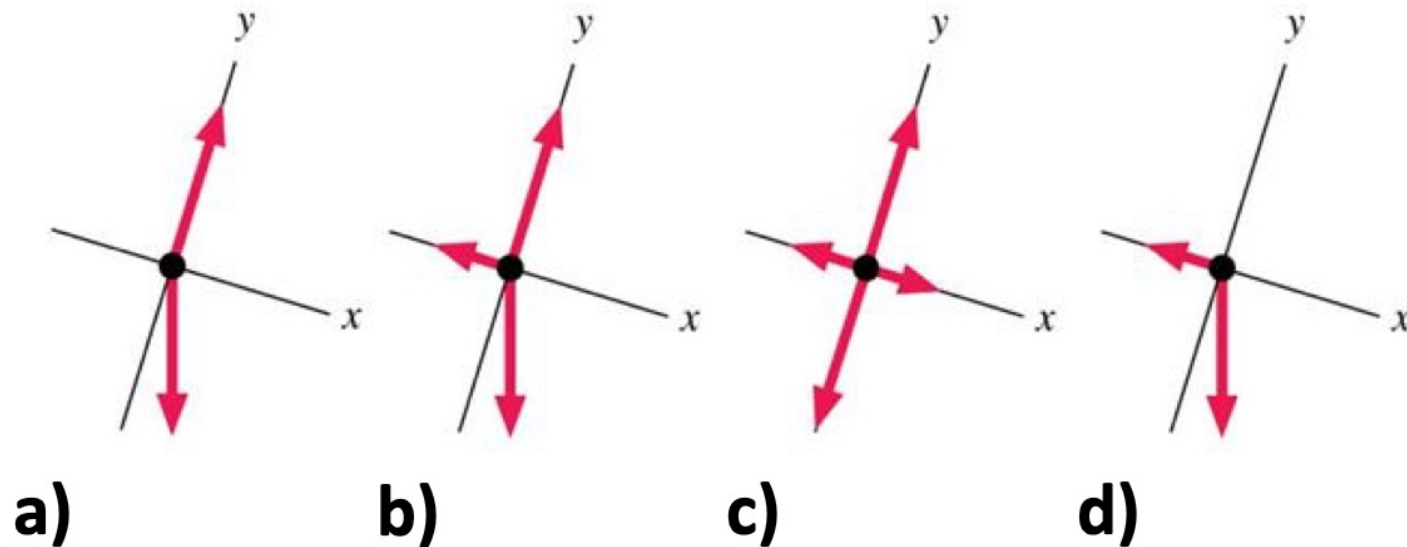
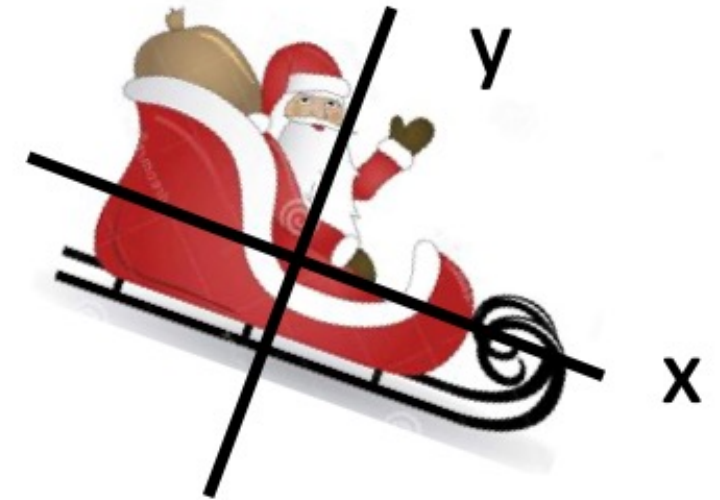
Kräftegleichgewicht:

$$\sum \vec{\mathbf{F}}_i = \mathbf{0} \rightarrow \vec{\mathbf{v}} = \text{const.}$$



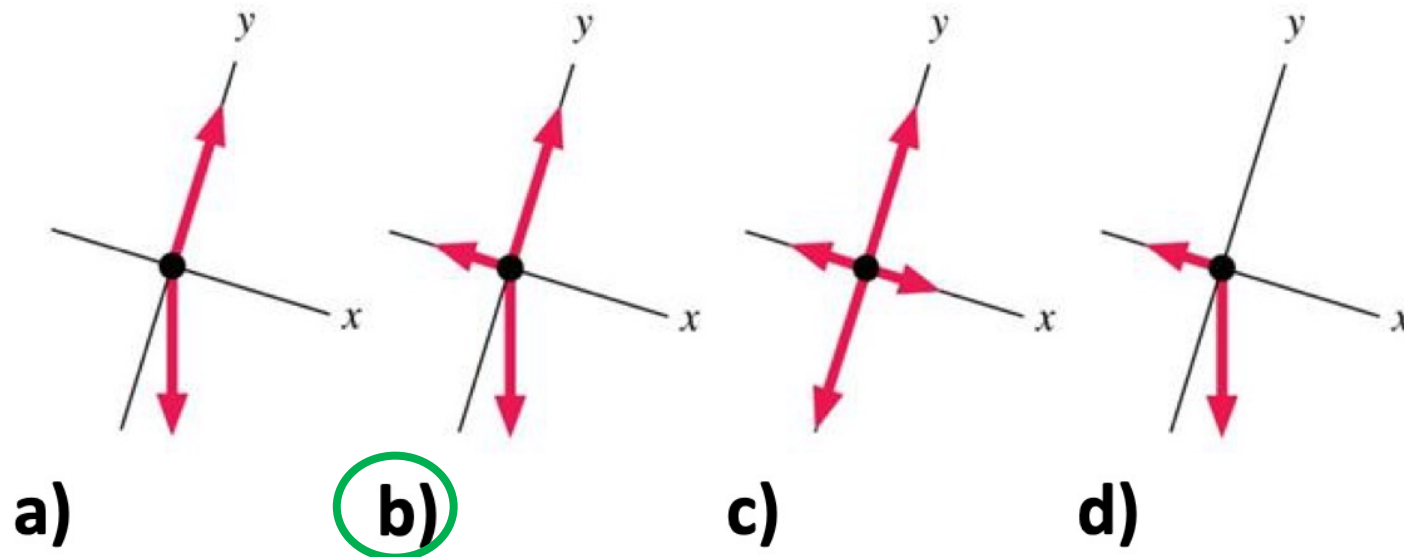
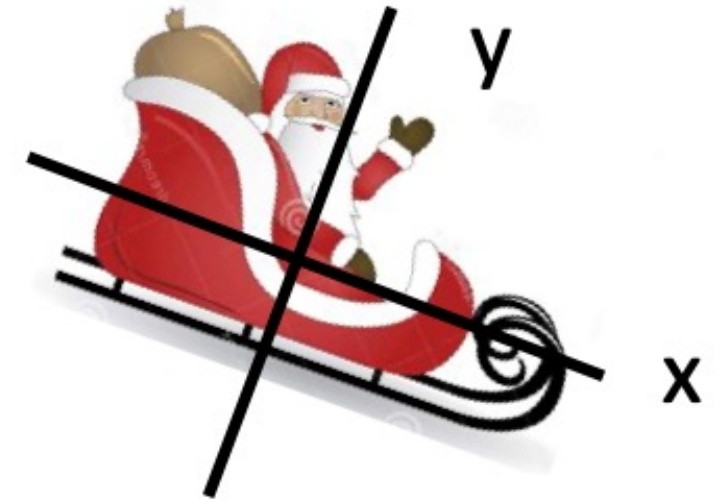
Verständnisfrage: Schlitten des Weihnachtsmann

Der Weihnachtsmann parkt seinen Schlitten auf einem Hang. Welche Diagramm zeigt die wirkenden Kräfte?



Verständnisfrage: Schlitten des Weihnachtsmann

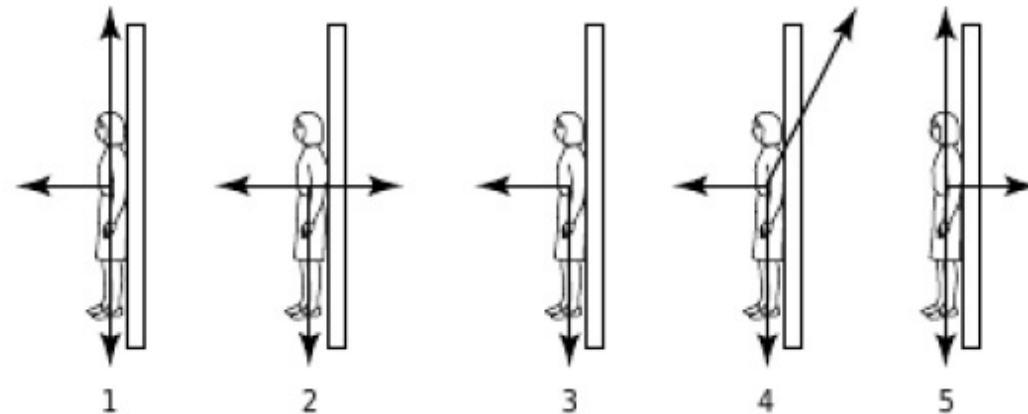
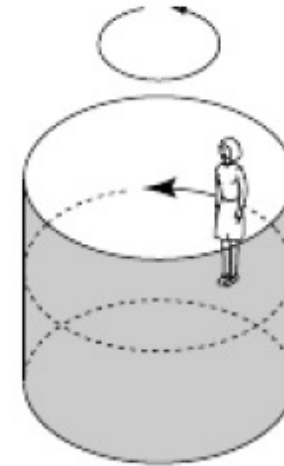
Der Weihnachtsmann parkt seinen Schlitten auf einem Hang. Welche Diagramm zeigt die wirkenden Kräfte?



- a) nicht da Reibungskraft fehlt
- b) richtig
- c) nicht da Gravitationskraft fehlt
- d) nicht da Normalkraft fehlt

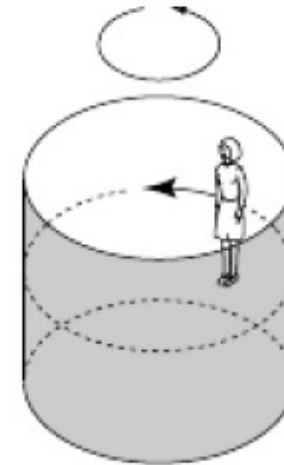
Verständnisfrage: Drehende Trommel

Eine Person befindet sich in einer drehenden Trommel, welche sich so schnell dreht, dass die Person an der Wand "kleben" bleibt. Welches Kraftdiagramm, der auf die Person wirkenden Kräfte, ist korrekt?



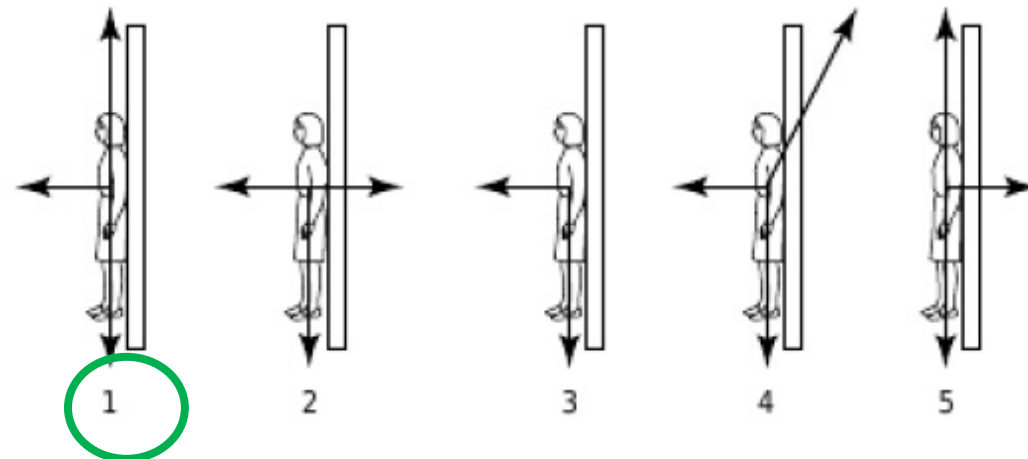
Verständnisfrage: Drehende Trommel

Eine Person befindet sich in einer drehenden Trommel, welche sich so schnell dreht, dass die Person an der Wand "kleben" bleibt. Welches Kraftdiagramm, der auf die Person wirkenden Kräfte, ist korrekt?



Die auf die Person wirkende Gewichtskraft ist in jeder Abbildung eingezeichnet. Diese muss kompensiert werden durch die Reibungskraft an der Wand, da die Person sonst runterfallen würde. Weil sich die Person von oben gesehen im Kreis dreht, muss eine Kraft zum Kreismittelpunkt vorhanden sein.

-> 1) ist richtig



Verständnisfrage: Tauziehen

Beim Tauziehen wird das Verlierer Team langsam, mit konstanter Geschwindigkeit in die Mitte gezogen. Welche Aussage stimmt?

- a) Die Verlierer üben mehr Kraft aus als die Sieger.
- b) Die Verlierer üben gleich viel Kraft aus wie die Verlierer.
- c) Die Sieger üben mehr Kraft aus als die Verlierer.
- d) Die Elastizität des Seils sorgt dafür, dass beide Teams immer gleich viel Kraft ausüben.



Verständnisfrage: Tauziehen

Beim Tauziehen wird das Verlierer Team langsam, mit konstanter Geschwindigkeit in die Mitte gezogen. Welche Aussage stimmt?

Offensichtlich wirken hier Kräfte. Gegeben ist die konstante Geschwindigkeit der Verlierer
-> es herrscht ein Kräftegleichgewicht
-> b) ist richtig



a) Die Verlierer üben mehr Kraft aus als die Sieger.

b) Die Verlierer üben gleich viel Kraft aus wie die Verlierer.

c) Die Sieger üben mehr Kraft aus als die Verlierer.

d) Die Elastizität des Seils sorgt dafür, dass beide Teams immer gleich viel Kraft ausüben.

Verständnisfrage: Kräftegleichgewicht

Ein Körper befindet sich unter der Wirkung von drei Kräften, die in verschiedene Richtungen wirken, im statischen Gleichgewicht ($v = 0$). Müssen die drei Kräfte dann in derselben Ebene liegen?

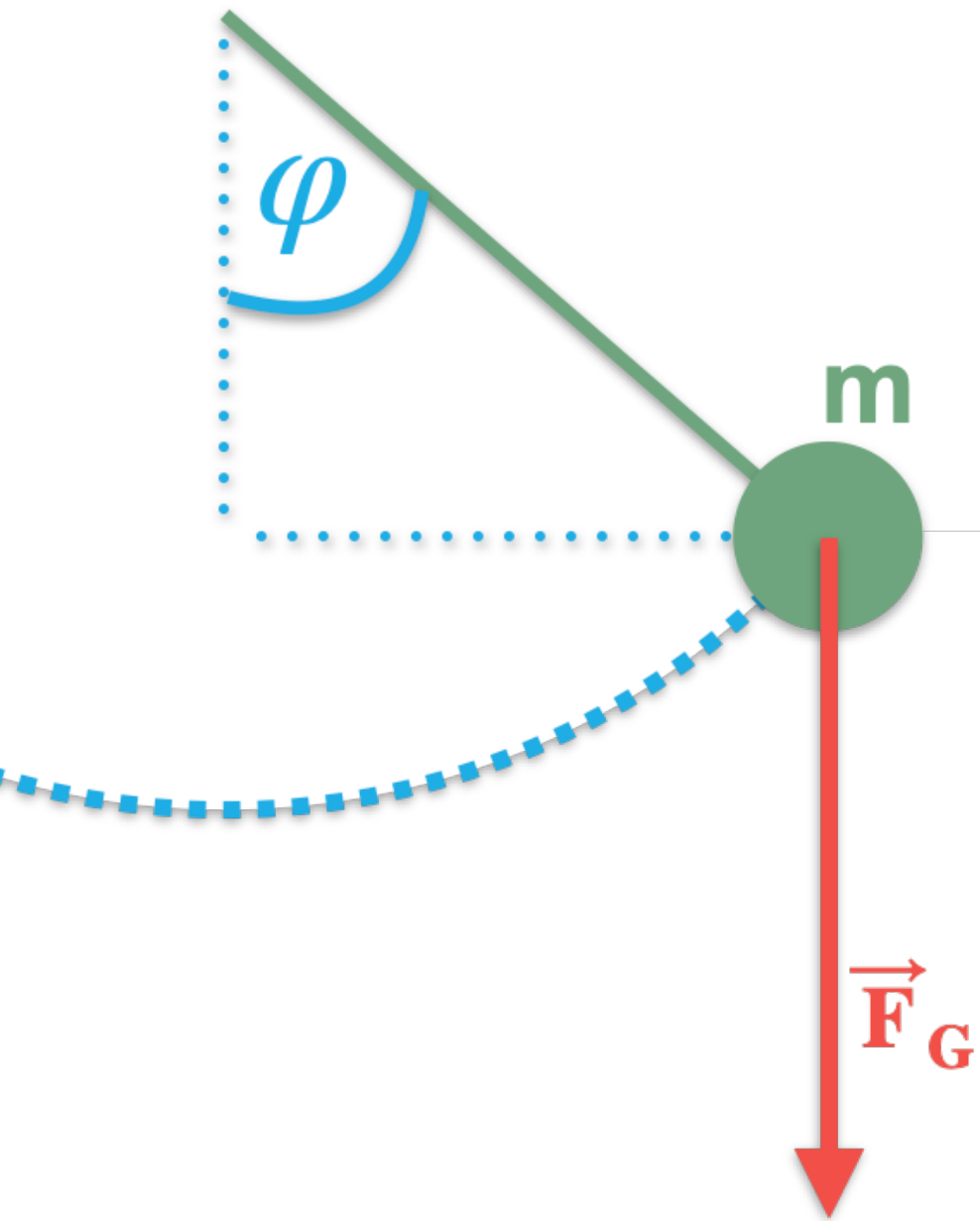
- a) Nein sicher nicht.
- b) Ja, auf jeden Fall.
- c) Das hängt davon ab, wie genau die Kräfte angeordnet sind.
- d) Das hängt davon ab, welche Form der Körper hat.

Verständnisfrage: Kräftegleichgewicht

Ein Körper befindet sich unter der Wirkung von drei Kräften, die in verschiedene Richtungen wirken, im statischen Gleichgewicht ($v = 0$). Müssen die drei Kräfte dann in derselben Ebene liegen?

- a) Nein sicher nicht.
- b) Ja, auf jeden Fall.
- c) Das hängt davon ab, wie genau die Kräfte angeordnet sind.
- d) Das hängt davon ab, welche Form der Körper hat.

Angenommen wir haben drei verschiedene Kräfte \vec{F}_1 , \vec{F}_2 und \vec{F}_3 . Dann kann man die Kräfte \vec{F}_1 und \vec{F}_2 zu einer Kraft \vec{F}_Σ zusammenfassen, die in der von \vec{F}_1 und \vec{F}_2 aufgespannter Ebene liegt. Im Kräftegleichgewicht muss dann $\vec{F}_3 = -\vec{F}_\Sigma$ sein und damit in derselben Ebene liegen.



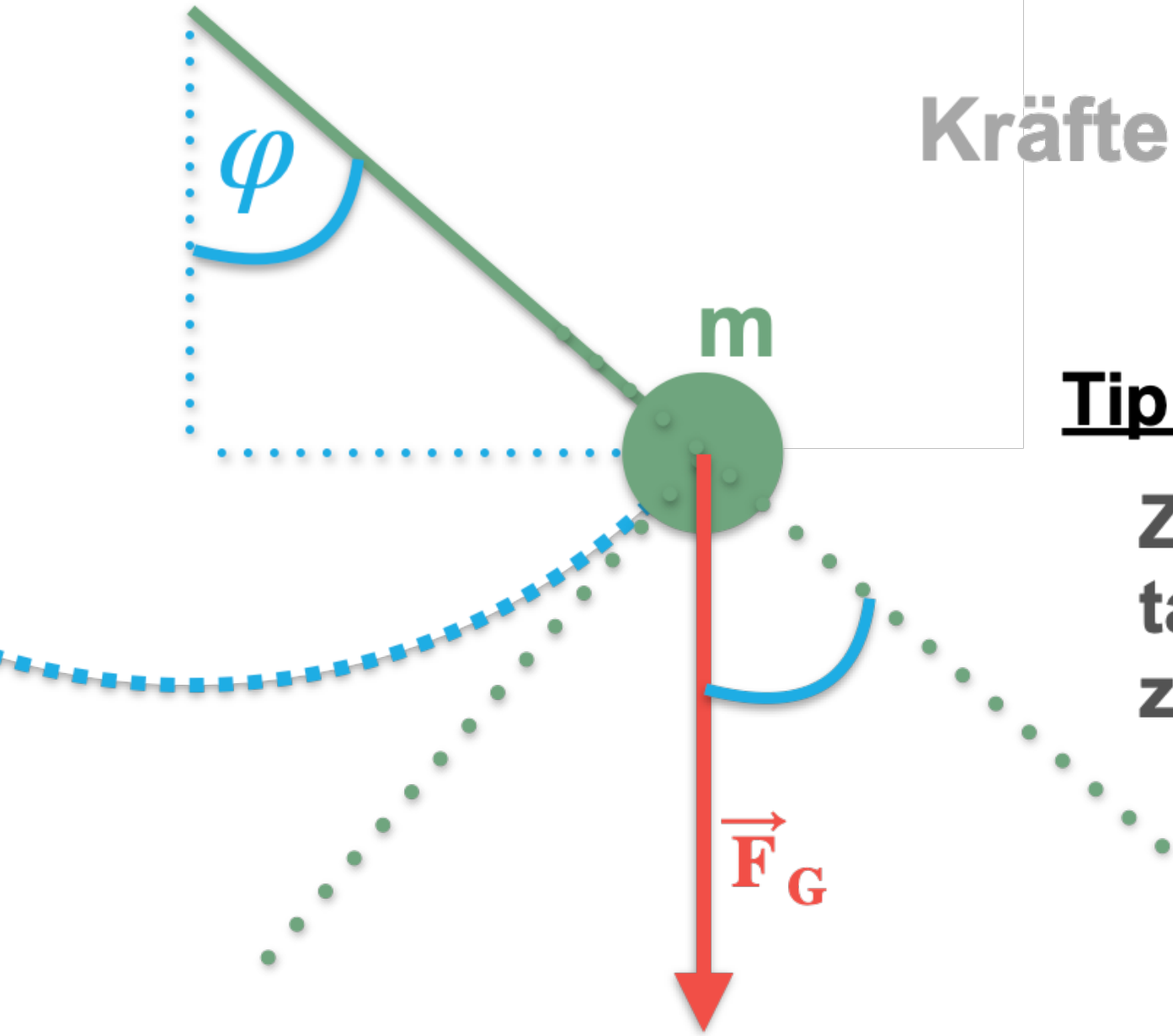
Kräfte beim Fadenpendel

Frage:

In welche Kraftkomponenten lässt sich die Gewichtskraft beim abgebildeten Fadenpendel zerlegen?

Welche weiteren Kräfte wirken auf die Masse m ?

Kräfte beim Fadenpendel

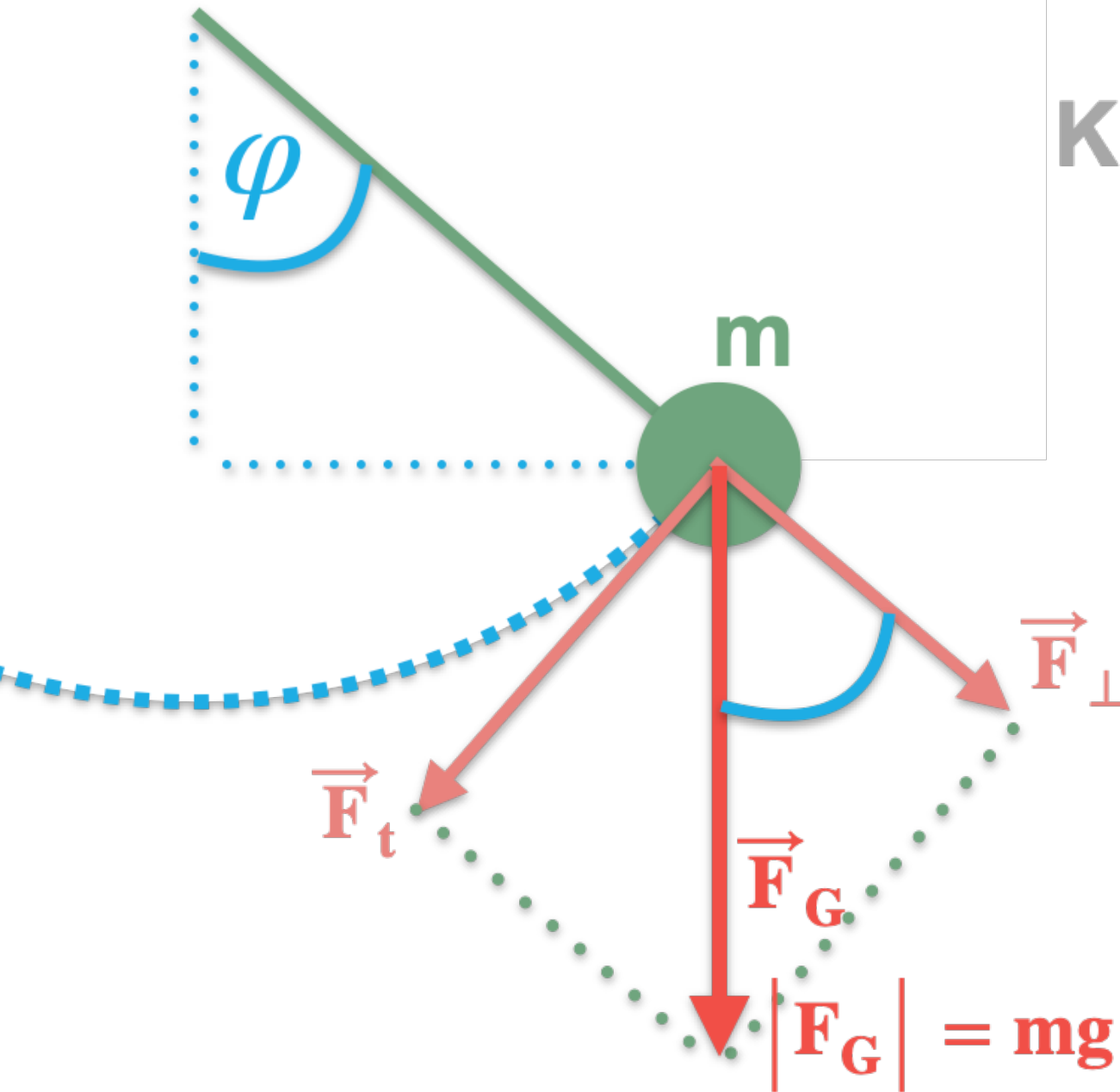


Tipp:

Zerlege in Komponenten
tangential und orthogonal
zur Bewegungsrichtung!

Kräfte beim Fadenpendel

Konstruktion des Kräfteparallelogramms

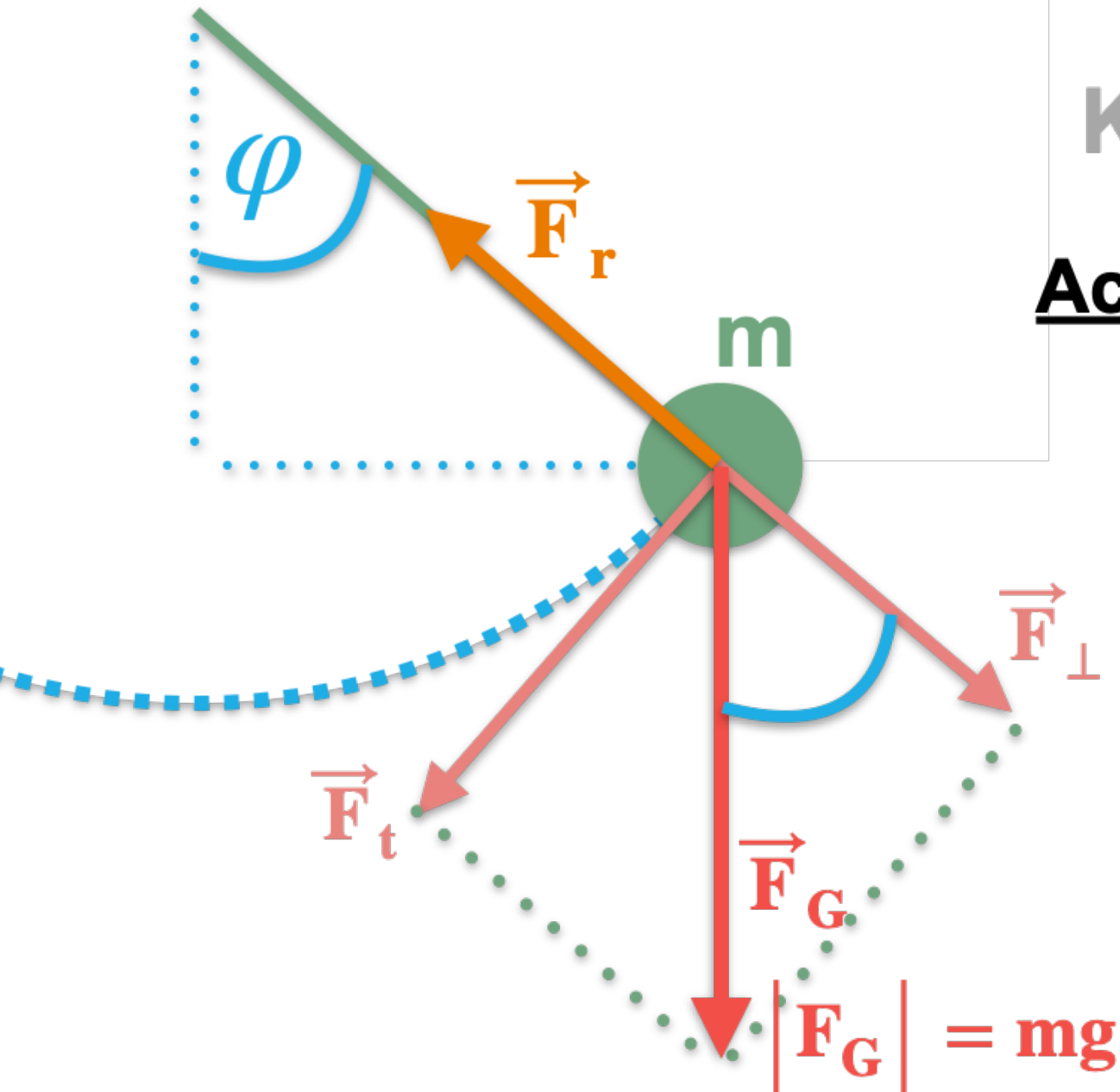


Finde:

$$|\vec{F}_\perp| = mg \cos \varphi$$

$$|\vec{F}_t| = mg \sin \varphi$$

Kräfte beim Fadenpendel



Achtung: Actio - Reactio

Weitere Kraft wird durch Seil
aufgebracht!

$$|\vec{F}_r| = |\vec{F}_\perp|$$

Als resultierende Kraft
bleibt nur \vec{F}_t übrig!



**Beschleunigung ist
rein tangential**

Rechnen im Kräftegleichgewicht

Kräftegleichgewicht: $\sum \vec{F}_i = \vec{0}$ "Summe aller Kräfte ist null"

mit 2. Newton folgt $m \ddot{\vec{r}} = \sum_i \vec{F}_i = \vec{0}$ $\ddot{\vec{r}} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{0}$
 \rightarrow Geschwindigkeit muss konstant sein!

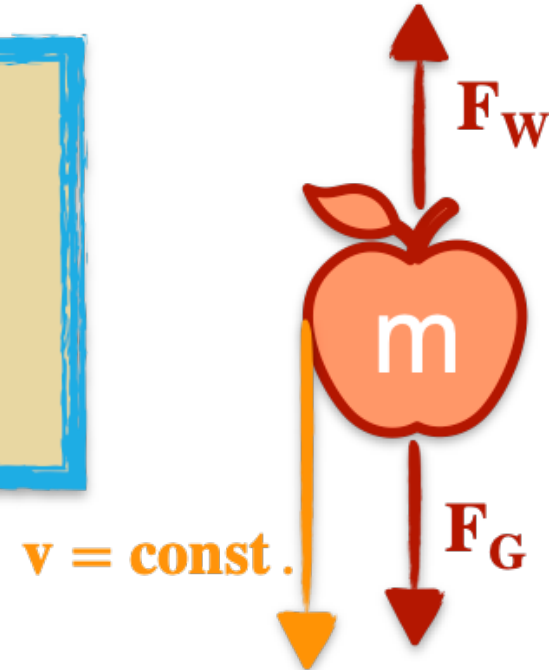
Häufige Aufgabe: Berechne konstante Geschwindigkeit

Vorgehen:

- 1.) Stelle Summe aller Kräfte auf
- 2.) Setze $\vec{F}_{\text{tot}} = \vec{0}$ und löse nach v auf

Beispiel: Fall mit Luftwiderstand

$$\vec{F}_G = -m\vec{g} \quad \text{und} \quad \vec{F}_W = \alpha v^2$$
$$\rightarrow \vec{F}_{\text{tot}} = ??? \quad \rightarrow v^2 = ???$$



Rechnen im Kräftegleichgewicht

Kräftegleichgewicht: $\sum \vec{F}_i = 0$ "Summe aller Kräfte ist null"

mit 2. Newton folgt $m \ddot{\vec{r}} = \sum_i \vec{F}_i = 0$ $\ddot{\vec{r}} = \frac{d\vec{v}}{dt} = 0$
 \rightarrow Geschwindigkeit muss konstant sein!

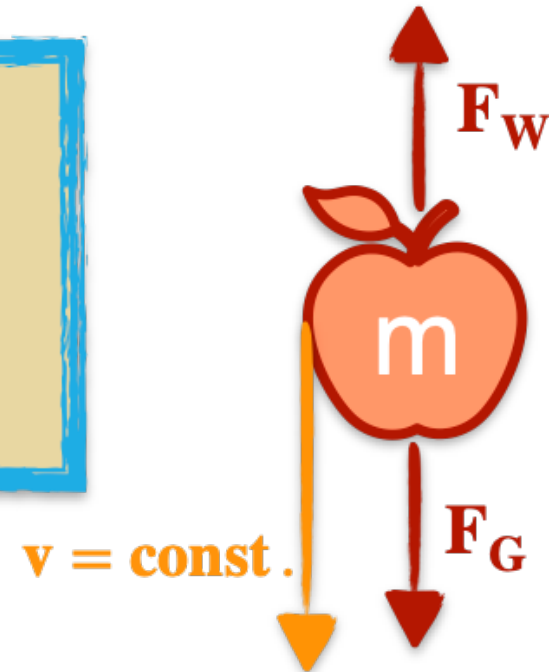
Häufige Aufgabe: Berechne konstante Geschwindigkeit

Vorgehen:

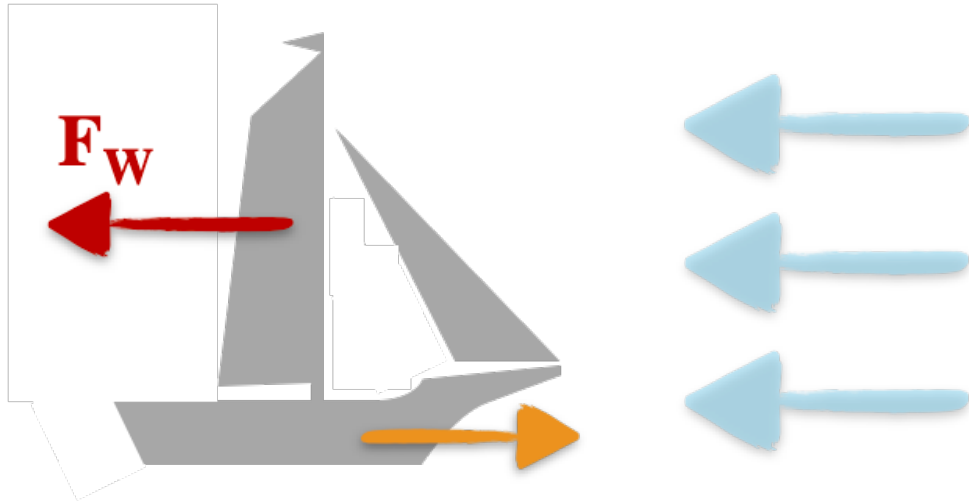
- 1.) Stelle Summe aller Kräfte auf
- 2.) Setze $\vec{F}_{\text{tot}} = \mathbf{0}$ und löse nach v auf

Beispiel: Fall mit Luftwiderstand

$$\vec{F}_G = -m\vec{g} \quad \text{und} \quad \vec{F}_W = \alpha v^2$$
$$\rightarrow \vec{F}_{\text{tot}} = -m\vec{g} + \alpha v^2 = \mathbf{0} \quad \rightarrow v^2 = \frac{mg}{\alpha}$$



Aufgabe: Abbremsen einer Segeljolle



Eine Jolle ($m = 400 \text{ kg}$) ist mit einer Geschwindigkeit von $v_o = 5 \text{ m/s}$ unterwegs.

Um schnell anzuhalten, lässt die Person am Steuer das Boot gegen den Wind aufschiesen.

Der Gegenwind verursacht eine Kraft von $F_W = 500 \text{ N}$ entgegen der Fachrichtung der Jolle.

Frage: Wie weit fährt die Jolle weiter, bevor sie steht?

Lösung: Abbremsen einer Segeljolle

1. Bewegungsgleichung aufstellen:

$$m\ddot{x} = -F_W \leftrightarrow \ddot{x} = -\frac{F_W}{m}$$

2. Integrieren auf Geschwindigkeit:

$$\dot{x} = v_0 - \frac{F_W}{m} \cdot t$$

Erhalte Zeit des Stillstands aus $\dot{x} = 0$:

$$t_{end} = \frac{mv_0}{F_W}$$

3. Integrieren auf Position:

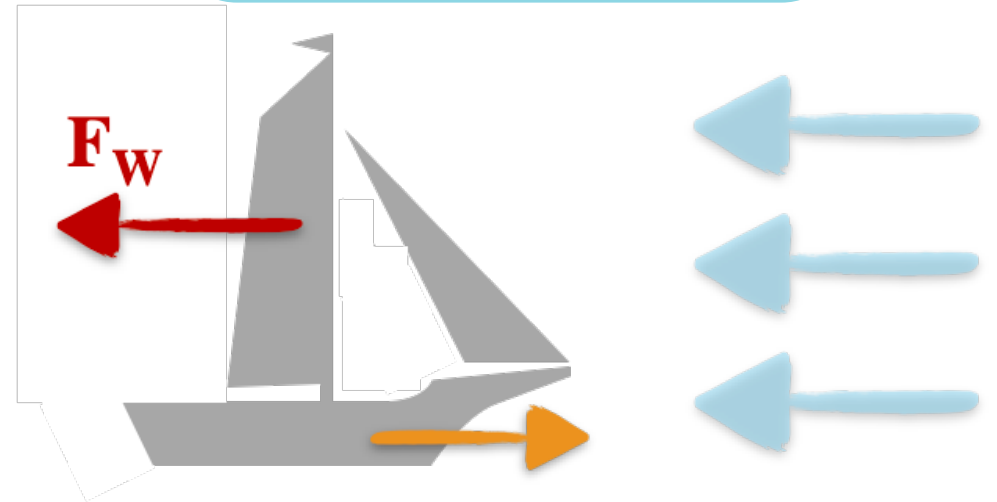
$$x(t) = v_0 \cdot t - \frac{1}{2} \frac{F_W}{m} \cdot t^2 \quad \Rightarrow \quad x(t_{end}) = \frac{mv_0^2}{2F_W} = 10 \text{ m}$$

Gegeben:

$$v_0 = 5 \text{ m/s}$$

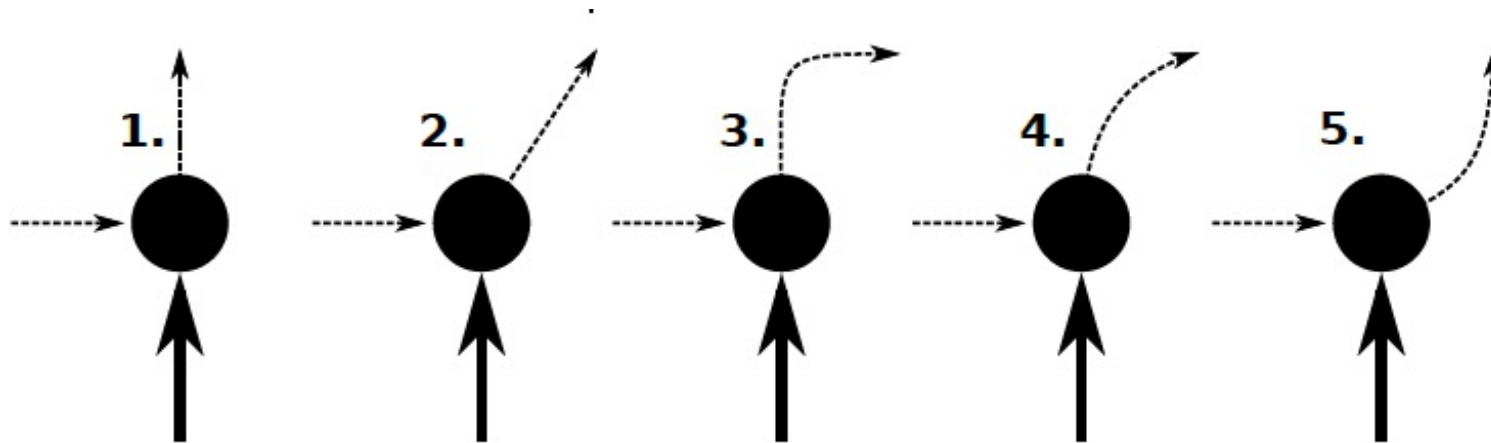
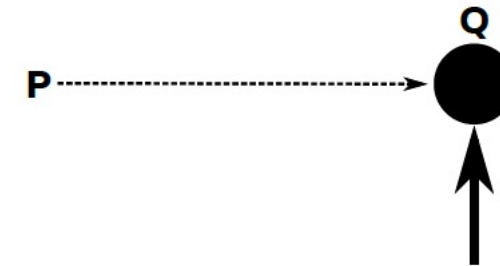
$$F_W = 500 \text{ N}$$

$$m = 400 \text{ kg}$$



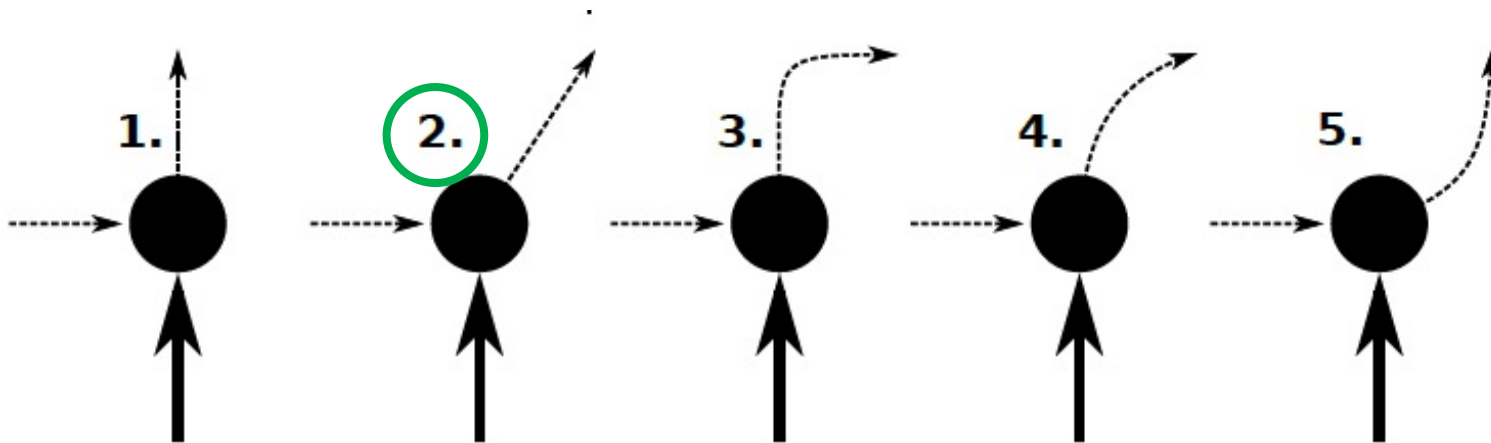
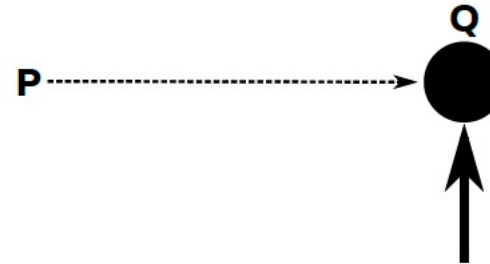
Verständnisfrage: Kraftstoss

Ein Ball fliegt mit einer Geschwindigkeit v_0 vom Punkt P nach Q. Im Punkt Q erfährt der Ball einen Kraftstoss in die gezeigte Richtung. Welchen Weg nimmt der Ball nach dem Kraftstoss?



Verständnisfrage: Kraftstoss

Ein Ball fliegt mit einer Geschwindigkeit v_0 vom Punkt P nach Q. Im Punkt Q erfährt der Ball einen Kraftstoss in die gezeigte Richtung. Welchen Weg nimmt der Ball nach dem Kraftstoss?



Zu Beginn hat der Ball nur eine Geschwindigkeit in horizontaler Richtung. Durch den Kraftstoss erhält er eine Geschwindigkeitskomponente in vertikaler Richtung. Nach dem Kraftstoss wirken keine Kräfte mehr auf den Ball. Seine Geschwindigkeit ändert sich also richtungs- und betragsmässig nicht mehr.
-> 2) ist richtig

Verständnisfrage: Kraftstoss II

Wie gross ist die Geschwindigkeit des Balls nach dem Kraftstoss? (Geschwindigkeit davor v_o , durch Kraftstoss erhalten v_k)

- a) Die Geschwindigkeit ist weiterhin v_o .
- b) Die Geschwindigkeit ist v_k unabhängig von v_o .
- c) Die arithmetische Summe von v_o und v_k .
- d) Grösser als v_o aber kleiner als die arithmetische Summe.

Der Ball erhält eine zusätzliche vertikale Geschwindigkeit v_k . Die totale Geschwindigkeit setzt sich aus beiden Komponenten zusammen ist somit:

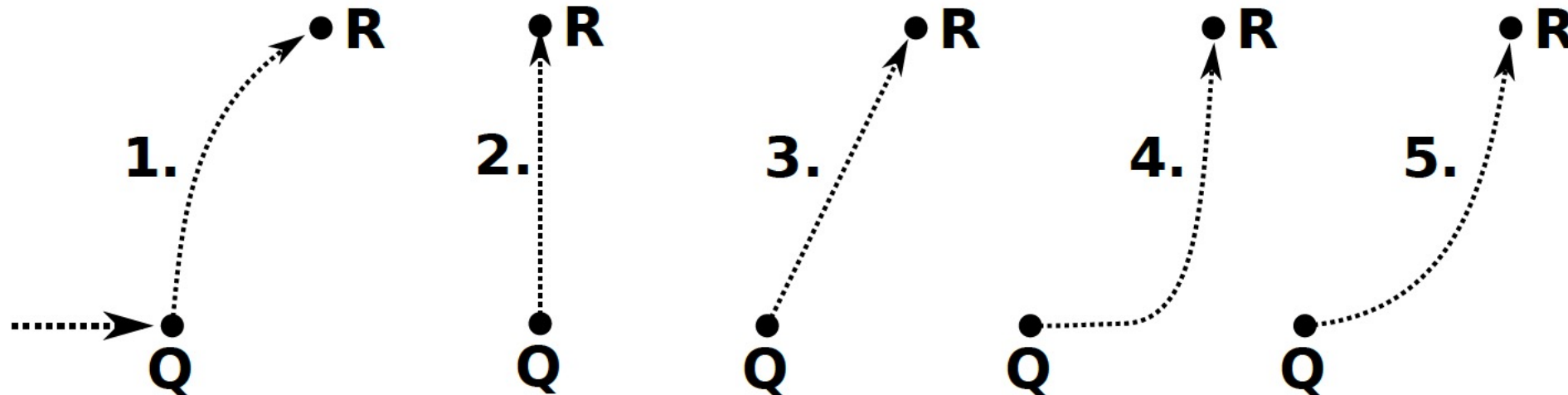
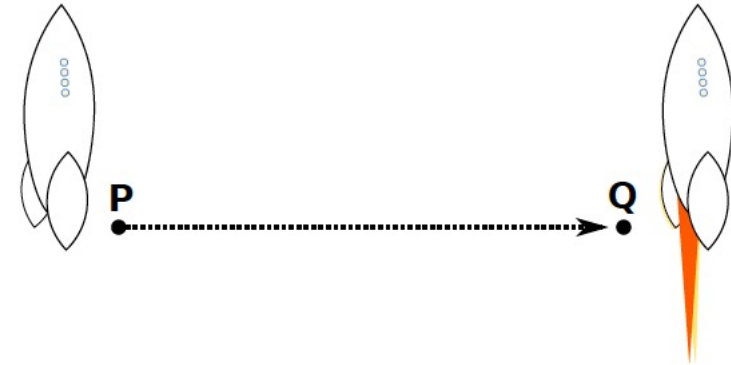
$$v_{tot} = \sqrt{v_o^2 + v_k^2}$$

Das ist die geometrische Summe, welche immer kleiner ist als die arithmetische Summe.

-> d) ist richtig

Verständnisfrage: Raumschiff

Ein Raumschiff fliegt mit einer Geschwindigkeit v vom Punkt P zum Punkt Q. Es wirken keine äusseren Kräfte auf das Raumschiff. Im Punkt Q wird das Triebwerk gezündet. Auf das Raumschiff wirkt also eine Kraft, welche nach oben zeigt. Das Triebwerk produziert konstanten Schub, bis der Punkt R erreicht wird. Welchen Weg nimmt das Raumschiff?

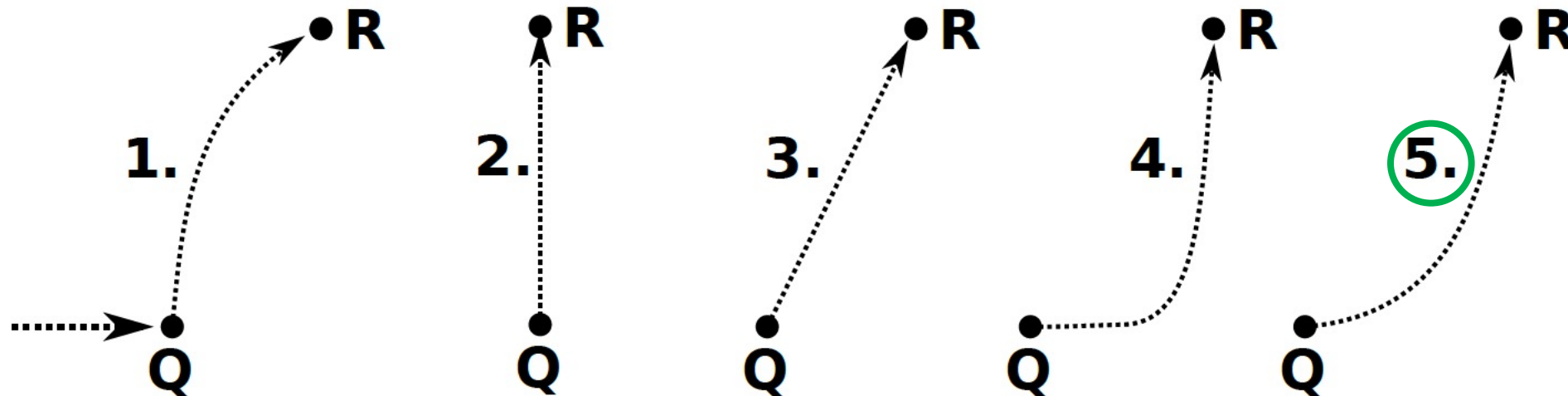


Verständnisfrage: Raumschiff

Ein Raumschiff fliegt mit einer Geschwindigkeit v vom Punkt P zum Punkt Q. Es wirken keine äusseren Kräfte auf das Raumschiff. Im Punkt Q wird das Triebwerk gezündet. Auf das Raumschiff wirkt also eine Kraft, welche nach oben zeigt. Das Triebwerk produziert konstanten Schub, bis der Punkt R erreicht wird. Welchen Weg nimmt das Raumschiff?

Im Punkt Q erhält das Raumschiff eine Geschwindigkeitskomponente in vertikaler Richtung. Die Geschwindigkeit in diese Richtung nimmt, wegen der konstanten Kraft, gleichmässig zu. Die Geschwindigkeit in horizontaler Richtung bleibt konstant, da keine Kraft in dieser Richtung wirkt. Das Problem ist äquivalent zum schiefen Wurf. Der Weg, welchen das Raumschiff zurücklegt, hat parabolische Form.

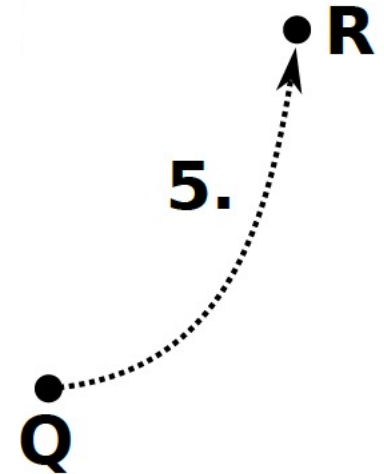
-> 5) ist richtig



Verständnisfrage: Raumschiff II

Was weiss man über die Geschwindigkeit des Raumschiffs, zwischen Q und R? Die Geschwindigkeit beim Punkt Q sei v_0 .

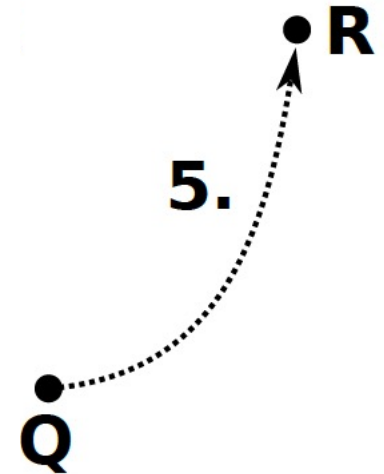
- a) Die Geschwindigkeit bleibt konstant v_0 .
- b) Die Geschwindigkeit nimmt konstant ab.
- c) Die Geschwindigkeit nimmt konstant zu.
- d) Die Geschwindigkeit bleibt eine gewisse Zeit konstant und nimmt dann zu.



Verständnisfrage: Raumschiff II

Was weiss man über die Geschwindigkeit des Raumschiffs, zwischen Q und R? Die Geschwindigkeit beim Punkt Q sei v_0 .

- a) Die Geschwindigkeit bleibt konstant v_0 .
- b) Die Geschwindigkeit nimmt konstant ab.
- c) Die Geschwindigkeit nimmt konstant zu.
- d) Die Geschwindigkeit bleibt eine gewisse Zeit konstant und nimmt dann zu.



Die Geschwindigkeit des Raumschiffs nimmt gleichmässig zu. Die Geschwindigkeitskomponente in horizontaler Richtung ist konstant. Aufgrund der konstanten Kraft in vertikaler Richtung nimmt die Geschwindigkeit in vertikaler Richtung gleichmässig zu. Die absolute Geschwindigkeit muss also auch gleichmässig zunehmen.
c) ist richtig

