Engaging Physics Tutoring

Physik I

Lektion 4

Newton's Axiome
Impulserhaltung

Themen der Lektion

Newton’sche Axiome und Kräfte

Newton II - Bewegungsgleichungen

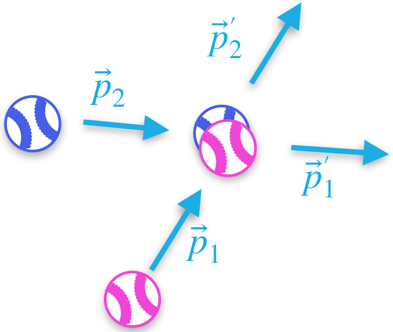
Zerlegung und Addition von Kräften

Actio - Reactio

Kräftegleichgewicht

Impulserhaltung

Summe aller Impulse ist konstant, wenn keine äussere Kraft wirkt

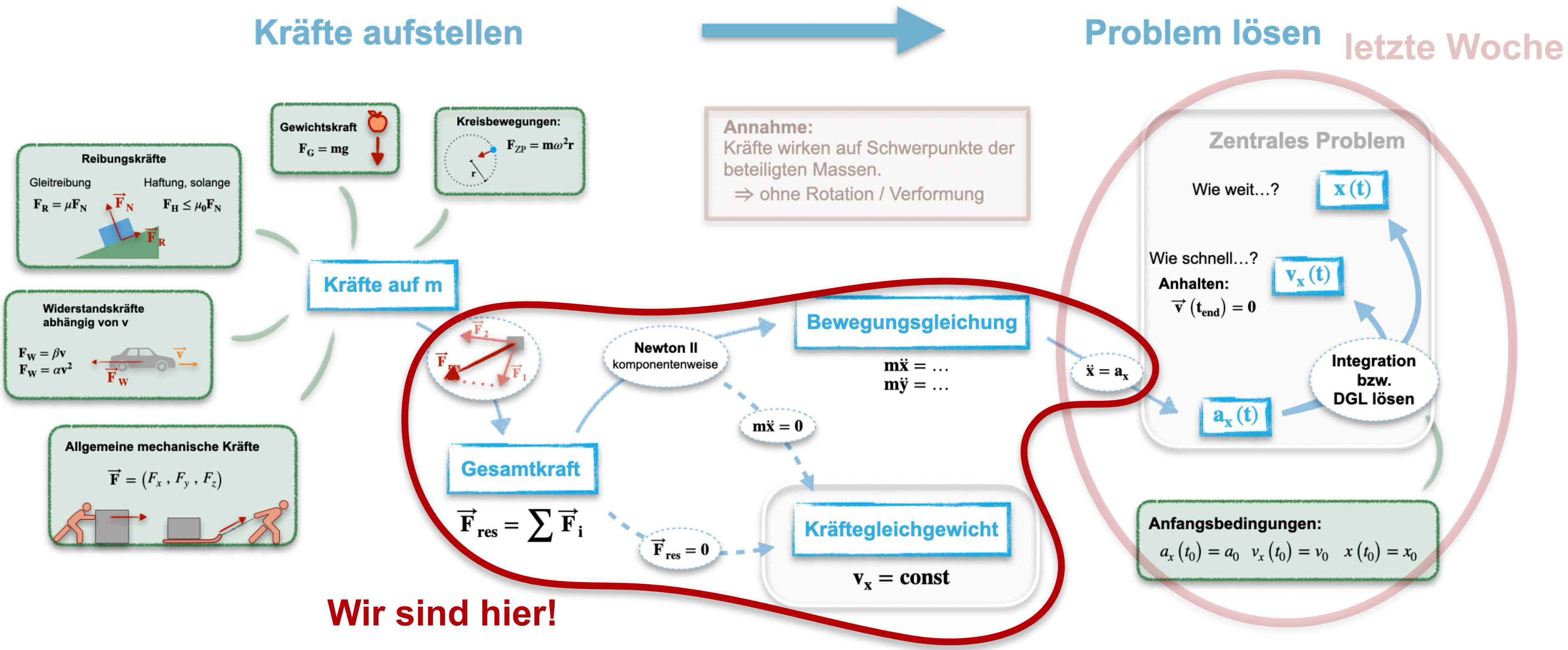


$$\sum_{\mathrm{i}} \vec{\mathbf{p}}_{\mathrm{i}} = \mathrm{const}\,.$$

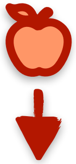
inkl. Richtung!

Überblick

Einordnung: Was machen wir gerade?

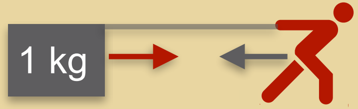


Kraft $\vec{F}$



actio - reactio:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$



Einheit "Newton"

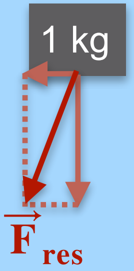
$$[F] = N = kg\frac{m}{s^2}$$

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

Superposition:

$$\vec{F}_{res} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \ldots$$

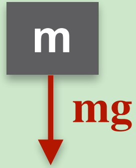
Kräfte auf eine Masse addieren sich vektoriell



Newton II:

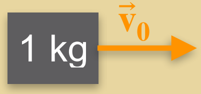
$$\vec{F} = \dot{\vec{p}}$$

$$m\vec{a} = \vec{F}_{res} \quad [m = const.]$$



Beschleunigung wird immer durch Kräfte ausgelöst

Ohne Kräfte:



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

Geschwindigkeit der Masse bleibt unverändert!

analog:

Kräftegleichgewicht:

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

Die Newton'sche Bewegungsgleichung

Mit Newton II lässt sich aus Kräften auf die Dynamik eines Körpers schliessen

$$m\vec{a} = m\ddot{\vec{x}} = \sum_i \vec{F}_i$$

heisst deshalb **"Bewegungsgleichung"**

Vorgehen:

1.) **Kräfte aufsummieren** $\quad \vec{F}_{tot} = \ldots$

2.) **Bewegungsgleichung hinschreiben** $\quad m\ddot{\vec{r}} = \ldots$

3.) **Bewegungsgleichung lösen**

3. a) Integration

$$\vec{a} \xrightarrow{\int} \vec{v} \xrightarrow{\int} \vec{r}$$

oder

3. b) Lösung der DGL

Falls r, v und/oder a gemeinsam in Gleichung

Beispiel für freien Fall:

1.) $\vec{F}_{tot} = -mg\hat{e}_z$

2.) $m\ddot{\vec{r}} = -mg\hat{e}_z$

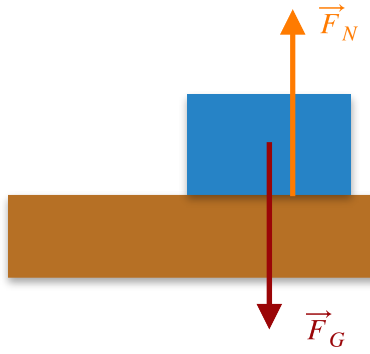
$\rightarrow m\ddot{z} = -mg$

3.) $v_z = -gt + v_0$

$z = z_0 - \frac{1}{2}gt^2 + v_0 t$

Kräftegleichgewichte

Statisches KGG



$\left|F_N\right| = \left|F_G\right|$

F_N **wird von Boden aufgebracht.**

Keine Bewegung, $v = 0$

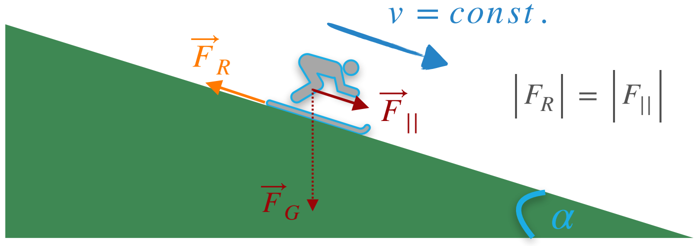
Allgemein gilt:

$$\sum_i \vec{F}_i = 0$$

$$\rightarrow m\ddot{\vec{s}} = 0$$

$$\vec{v} = const\,.$$

Dynamisches KGG

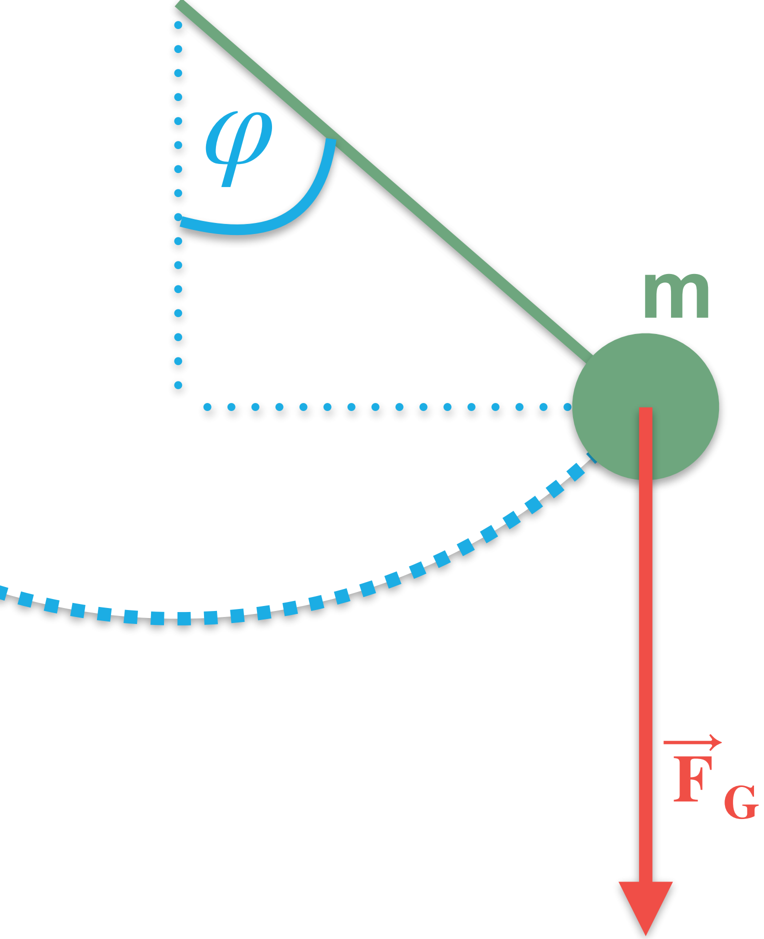


Reibung ist zufällig gleich gross wie Abtriebskraft.

Bewegung mit Geschwindigkeit $v = const\,.$

(senkrecht auf Ebene herrscht statisches KGG)

Kräfte beim Fadenpendel



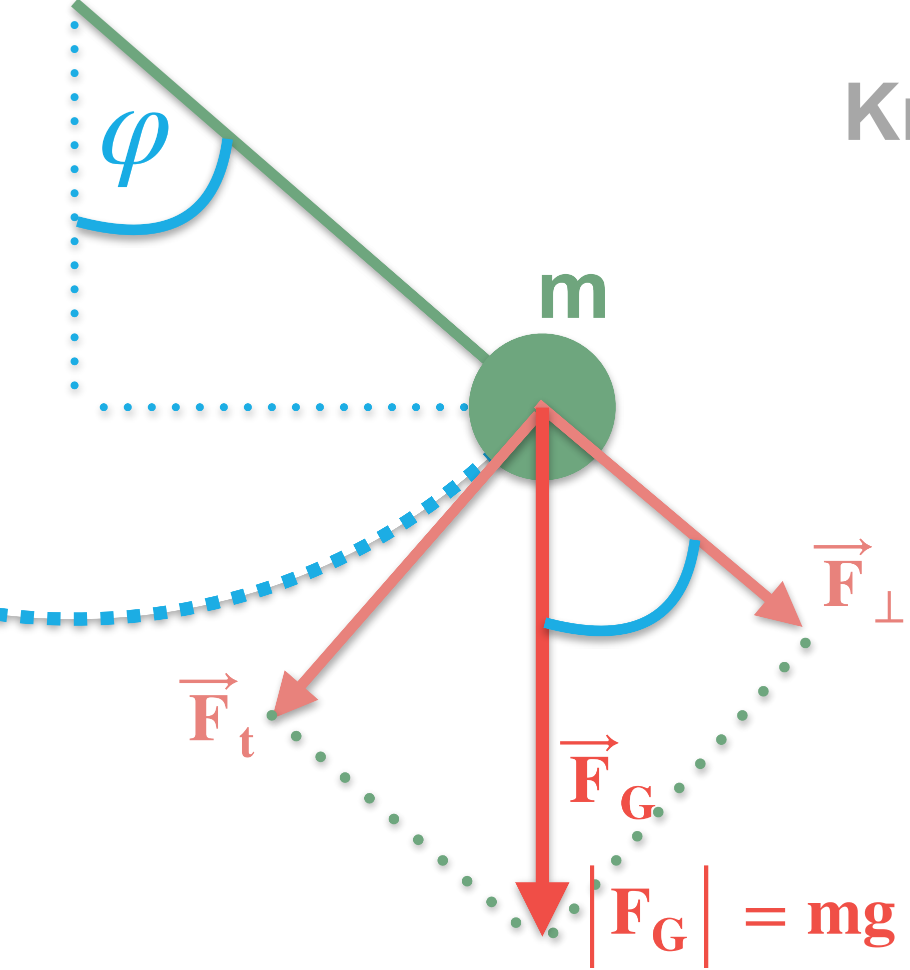
Kräfte beim Fadenpendel

Frage:

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

Gibt es weiteren Kräfte, die auf Masse m wirken?
Tipp: Wohin bewegt sich die Masse?

Kräfte beim Fadenpendel



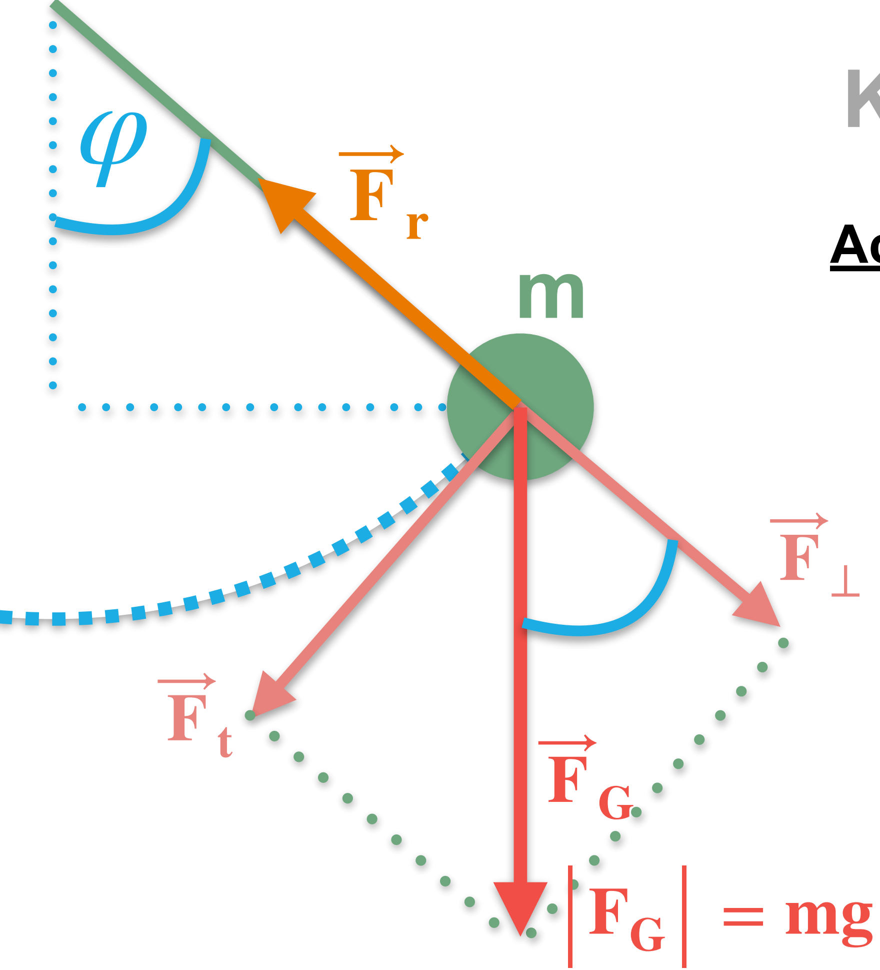
Konstruktion des Kräfteparallelograms

Finde: $\left|\vec{F}_\perp\right| = mg\cos\varphi$

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

Aber warum bewegt sich das Pendel dann nur in tangential?

Kräfte beim Fadenpendel



<u>Achtung:</u> Actio - Reactio

Weitere Kraft wird durch Seil aufgebracht!

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

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

→ Resultierende Beschleunigung ist rein tangential

Turmspringer und Erde

Turmspringer und Erde

Ein Turmspringer mit Masse m=100 kg springt vom 10-Meter-Turm.
Für den Fall braucht er die Zeit t = 1.4 s.

Frage:

Um welche Strecke wird der Turmspringer während seines Falls die Erde anheben?

Annahme: Erdbeschleunigung g = 10 m/s²

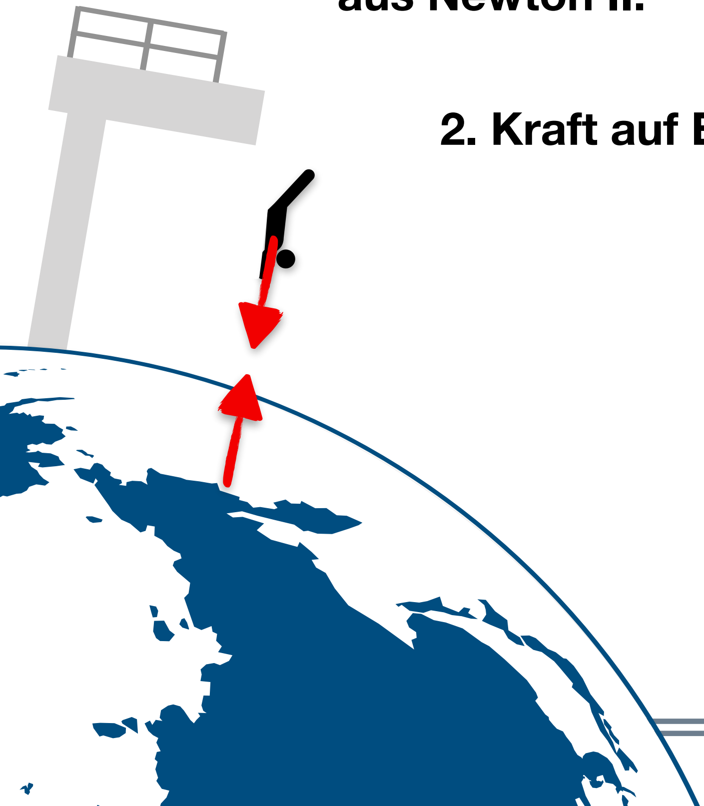
Die Masse der Erde beträgt etwa $m_E = 6 \cdot 10^{24}$ kg

Turmspringer und Erde

$$m = 100 \text{ kg} \qquad t_{tot} = 1.4 \text{ s}$$

$$m_E = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg} \qquad g = 10 \ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

1. Gewichtskraft des Springers aus Newton II: $\vec{F}_G = -mg\hat{e}_z$



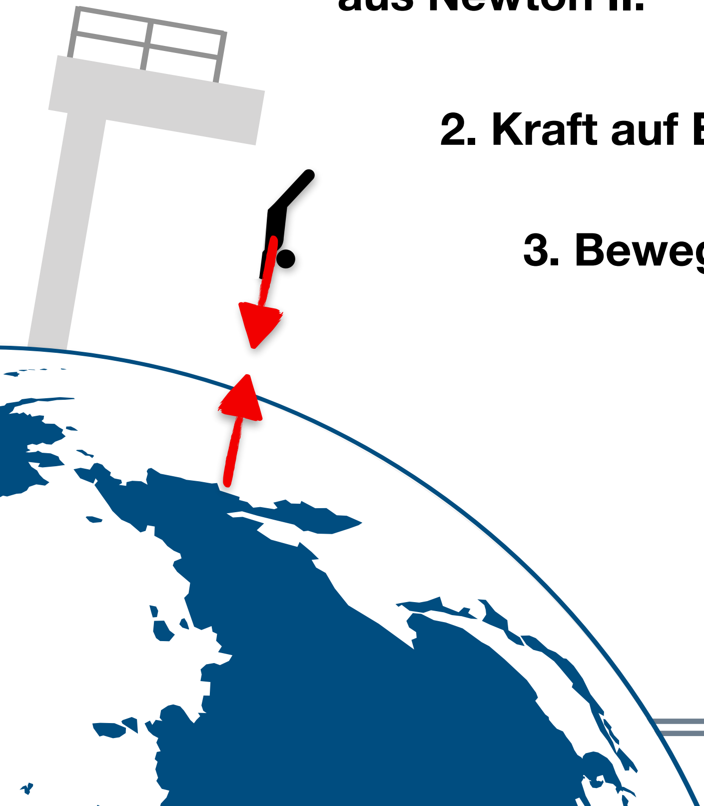
2. Kraft auf Erde aus **Actio - Reactio** $\vec{F}_E = -\vec{F}_G = mg\hat{e}_z$

Turmspringer und Erde

$$m = 100 \text{ kg} \qquad t_{tot} = 1.4 \text{ s}$$

$$m_E = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg} \qquad g = 10 \ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

1. Gewichtskraft des Springers aus Newton II: $\vec{F}_G = -mg\hat{e}_z$



2. Kraft auf Erde aus Actio - Reactio $\vec{F}_E = -\vec{F}_G = mg\hat{e}_z$

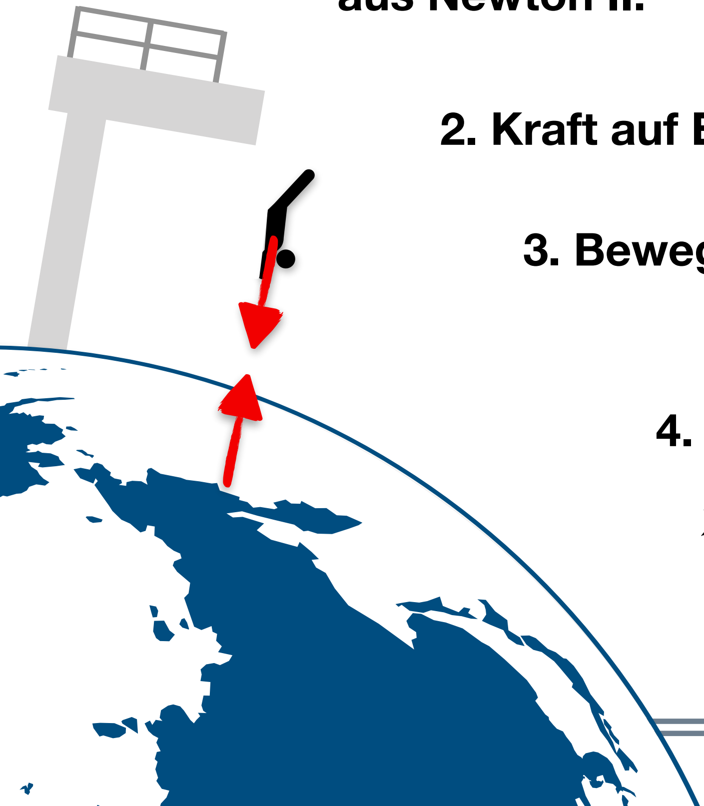
3. Bewegungsgleichung für Erde aufstellen:

$$m_E\ddot{\vec{r}} = \vec{F}_E \quad \Rightarrow m_E\ddot{z} = mg$$

Turmspringer und Erde

$m = 100\ \mathrm{kg}$ $t_{tot} = 1.4\ \mathrm{s}$

$m_E = 6 \cdot 10^{24}\ \mathrm{kg}$ $g = 10\ \dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$



1. Gewichtskraft des Springers aus Newton II: $\vec{F}_G = -mg\hat{e}_z$

2. Kraft auf Erde aus Actio - Reactio $\vec{F}_E = -\vec{F}_G = mg\hat{e}_z$

3. Bewegungsgleichung für Erde aufstellen:

$$m_E\ddot{\vec{r}} = \vec{F}_E \quad \Rightarrow m_E\ddot{z} = mg$$

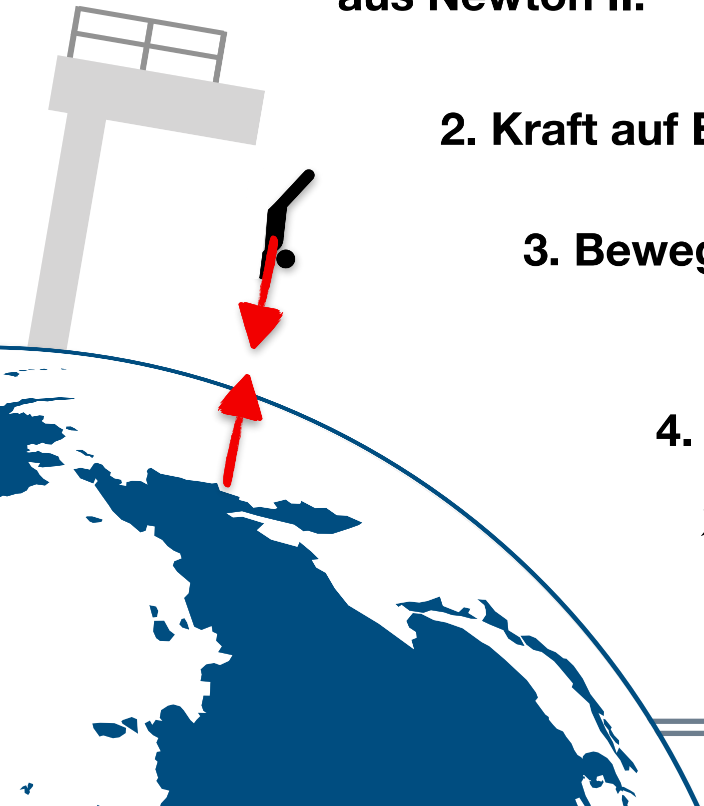
4. Zweimal integrieren auf Position:

$$\ddot{z} = \frac{m}{m_E}g \xrightarrow{\int} \dot{z} = \frac{m}{m_E}g \cdot t$$

Turmspringer und Erde

$$m = 100\ \text{kg} \qquad t_{tot} = 1.4\ \text{s}$$

$$m_E = 6 \cdot 10^{24}\ \text{kg} \qquad g = 10\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



1. Gewichtskraft des Springers aus Newton II: $\vec{F}_G = -mg\hat{e}_z$

2. Kraft auf Erde aus Actio - Reactio $\vec{F}_E = -\vec{F}_G = mg\hat{e}_z$

3. Bewegungsgleichung für Erde aufstellen:

$$m_E\ddot{\vec{r}} = \vec{F}_E \quad \Rightarrow m_E\ddot{z} = mg$$

4. Zweimal integrieren auf Position:

$$\ddot{z} = \frac{m}{m_E}g \xrightarrow{\int} \dot{z} = \frac{m}{m_E}g \cdot t \xrightarrow{\int} z_E(t) = \frac{1}{2}\frac{m}{m_E}g \cdot t^2$$

$$\mathbf{z_E\left(t_{tot}\right) = 1.6 \cdot 10^{-22}}\ \text{m}$$

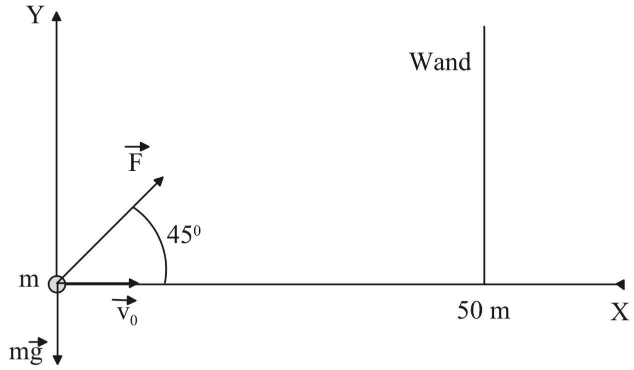
Rechnen mit Bewegungsgleichungen

Probleme lösen mit Bewegungsgleichungen - ein Beispiel

Ball mit Masse m wird geworfen mit $\overrightarrow{v_0}$.

Es wirken konstante Kräfte $\overrightarrow{F}_g$ und $\overrightarrow{F}$.

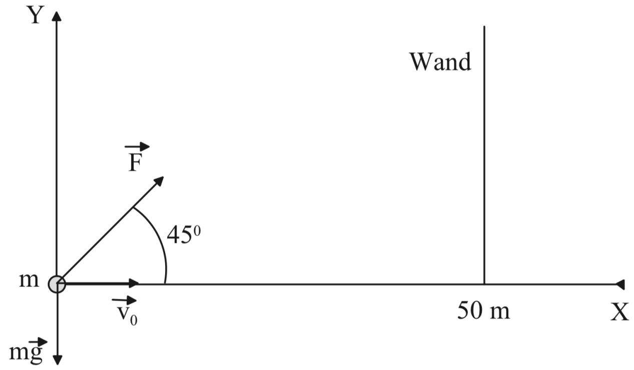
Typische Fragen: **Wie hoch …** **Wie schnell …** **Wann …** *… trifft der Ball an die Wand?*



Probleme lösen mit Bewegungsgleichungen - ein Beispiel

Ball mit Masse m wird geworfen mit $\vec{v_0}$.

Es wirken konstante Kräfte $\vec{F}_g$ und $\vec{F}$.



Typische Fragen: **Wie hoch …** **Wie schnell …** **Wann …** *… trifft der Ball an die Wand?*

Vorgehen nach Schema, wenn Kräfte konstant:

Bewegungsgleichungen aus Newton II aufstellen

$$m\ddot{\vec{r}} = \qquad \begin{pmatrix} m\ddot{x} \\ m\ddot{y} \end{pmatrix} =$$

Anfangsbedingungen

$$\vec{r}\,(t=0) = \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix} =$$

$$\vec{v}\,(t=0) = \begin{pmatrix} v_{x,0} \\ v_{y,0} \end{pmatrix} =$$

Beschleunigung

$$\begin{pmatrix} a_x \\ a_y \end{pmatrix} =$$

Geschwindigkeit

$$\begin{pmatrix} v_x \\ v_y \end{pmatrix} =$$

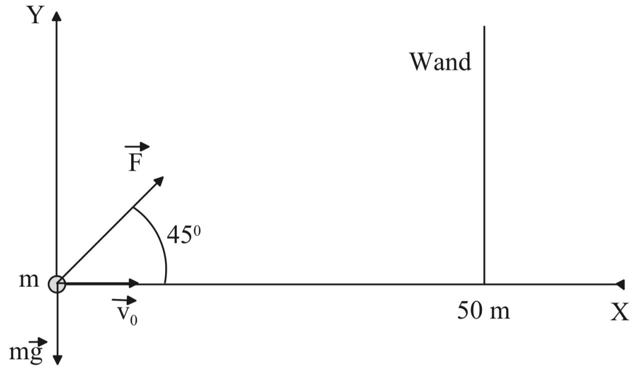
Ortskurve

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} =$$

Probleme lösen mit Bewegungsgleichungen - ein Beispiel

Ball mit Masse m wird geworfen mit $\vec{v}_0$.

Es wirken konstante Kräfte $\vec{F}_g$ und $\vec{F}$.



Typische Fragen: **Wie hoch …** **Wie schnell …** **Wann …** *… trifft der Ball an die Wand?*

Vorgehen nach Schema, wenn Kräfte konstant:

Bewegungsgleichungen aus Newton II aufstellen

$$m\ddot{\vec{r}} = \vec{F}_G + \vec{F} \qquad \begin{pmatrix} m\ddot{x} \\ m\ddot{y} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F\cos\alpha \\ F\sin\alpha - mg \end{pmatrix}$$

Anfangsbedingungen

$$\vec{r}\,(t=0) = \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\vec{v}\,(t=0) = \begin{pmatrix} v_{x,0} \\ v_{y,0} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Beschleunigung

$$\begin{pmatrix} a_x \\ a_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{F}{m}\cos\alpha \\ \frac{F}{m}\sin\alpha - g \end{pmatrix}$$

$\vec{a}$ konstant: integrieren

Geschwindigkeit

$$\begin{pmatrix} v_x \\ v_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_0 + a_x t \\ a_y t \end{pmatrix}$$

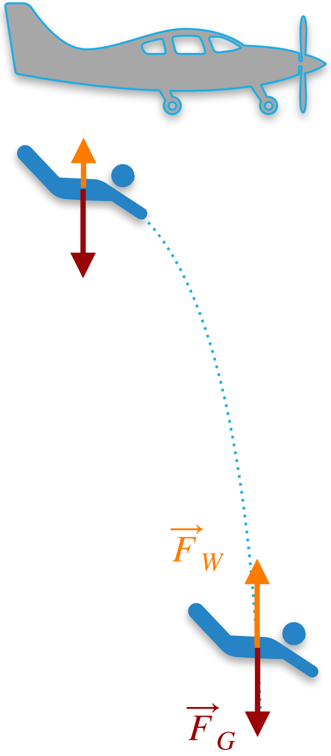
Ortskurve

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_0 t + \frac{1}{2}a_x t^2 \\ \frac{1}{2}a_y t^2 \end{pmatrix}$$

Ab jetzt nur noch Längen / Zeiten / Anfangsbedingungen einsetzen und Frage beantworten!

Grenzgeschwindigkeit und Kräftegleichgewicht

Kräftegleichgewicht im freien Fall



A) beschleunigter Fall

↓

$\vec{F}_W$ wächst mit zunehmender Geschwindigkeit

↓

B) dynamisches KGG

$$v = const.$$

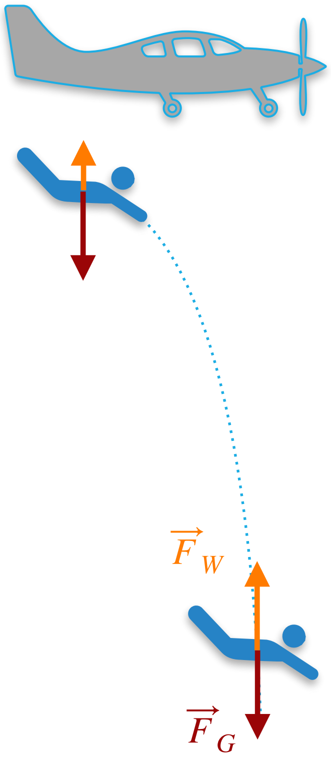
Kräfte auf Skydiver:

$\vec{F}_G = -mg\ \hat{e}_z$ und Luftwiderstand: $\vec{F}_W = \alpha v^2\ \hat{e}_z$

Bewegungsgleichung in z-Richtung aufstellen:

Berechne Grenzgeschwindigkeit:

Kräftegleichgewicht im freien Fall



A) beschleunigter Fall

$\vec{F}_W$ wächst mit zunehmender Geschwindigkeit

B) dynamisches KGG

$$v = const.$$

Kräfte auf Skydiver:

$$\vec{F}_G = -mg\ \hat{e}_z \quad \text{und Luftwiderstand:} \quad \vec{F}_W = \alpha v^2\ \hat{e}_z$$

Bewegungsgleichung in z-Richtung aufstellen:

$$m\ddot{z} = -mg + \alpha\dot{z}^2$$

DGL!

Berechne Grenzgeschwindigkeit:

$$m\ddot{z} = 0 \qquad \rightarrow v^2 = \frac{mg}{\alpha}$$

Signalwörter:

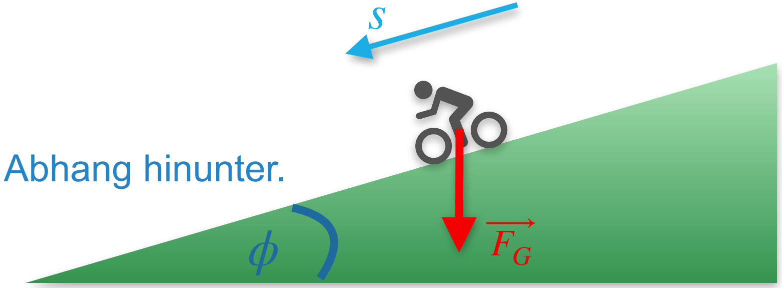
"maximale Geschwindigkeit"

"für grosse Zeiten"

"im Gleichgewicht"

Clicker-Fragen

Frage 1



Eine Fahrradfahrerin rollt reibungslos und ohne Antrieb einen Abhang hinunter.
Welche Aussagen stimmen?

A) Die Bewegungsgleichung in Fahrtrichtung kann so aussehen:

$$m\ddot{s} = mg\sin\phi$$

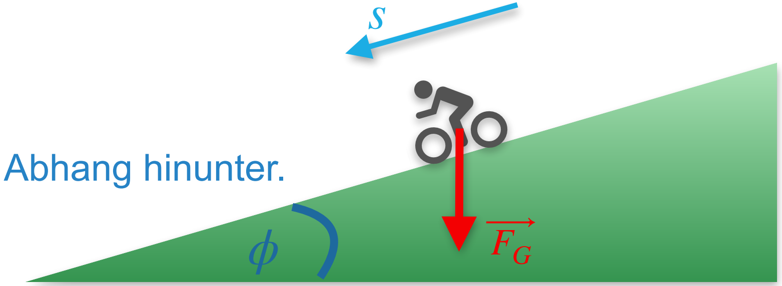
B) Ohne Reibung wirkt nur die Gewichtskraft auf die Fahrerin.

C) Orthogonal zur Strasse befindet sich die Fahrerin im Kräftegleichgewicht.

D) Die Bewegungsgleichung in Fahrtrichtung kann so aussehen:

$$s(t) = \frac{1}{2}g\sin\phi t^2 + v_0 t + s_0$$

Frage 1



Eine Fahrradfahrerin rollt reibungslos und ohne Antrieb einen Abhang hinunter.
Welche Aussagen stimmen?

Die Bewegungsgleichung in Fahrtrichtung kann so aussehen:

$$m\ddot{s} = mg\sin\phi$$

ja, das ist schon die Bewegungsgleichung

B) Ohne Reibung wirkt nur die Gewichtskraft auf die Fahrerin.

Zusätzlich drückt die Strasse mit der Normalkraft gegen die Fahrerin

Orthogonal zur Strasse befindet sich die Fahrerin im Kräftegleichgewicht.

Ja, sonst würde sie einfach nach unten Fallen

D) Die Bewegungsgleichung in Fahrtrichtung kann so aussehen:

$$s(t) = \frac{1}{2}g\sin\phi t^2 + v_0 t + s_0$$

Das ist schon die Lösung der Bewegungsgleichung

Frage 2

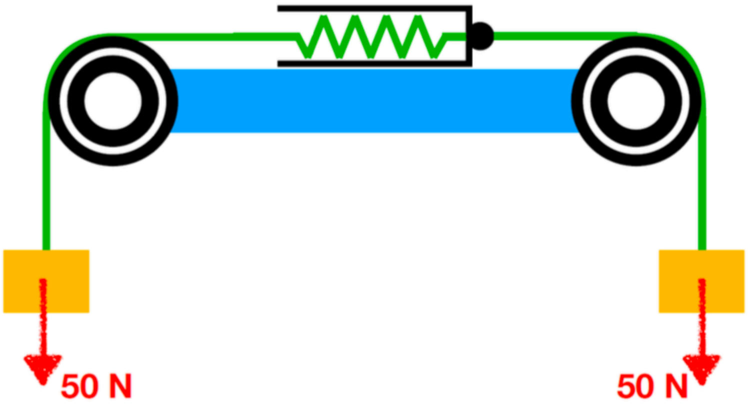
Welche Kraft zeigt der Federkraftmesser an?

a) 0 N

b) 50 N

c) 100 N

d) Kommt darauf an, aus welchem Material die Feder ist.

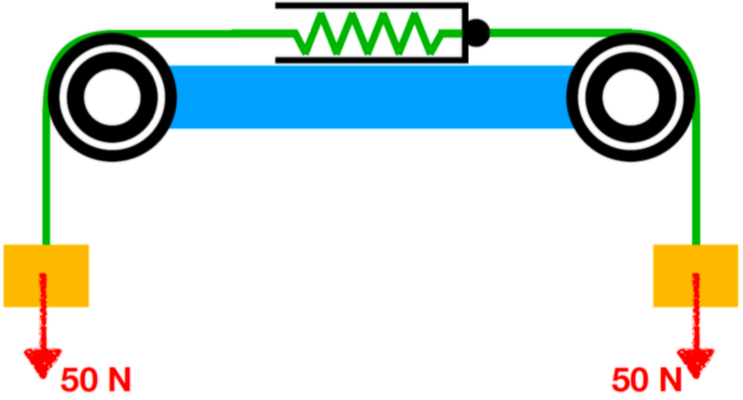


Frage 2

Wenn die linke Seite durch eine Wand ersetzt wird, ist das Resultat klar. Die Masse zieht mit 50 N am Kraftmesser, welcher wiederum mit 50 N an der Wand zieht. Da es ein Gleichgewicht ist, muss die Wand ebenfalls den Kraftmesser mit 50 N ziehen. Ersetzt die Masse die Wand, ändert sich nichts an der Situation, da nun die Masse (anstatt der Wand) die 50 N liefert.
Falls d) gewählt wird sollte nochmal besprochen werden, wie ein Federkraftmesser funktioniert.

Welche Kraft zeigt der Federkraftmesser an?

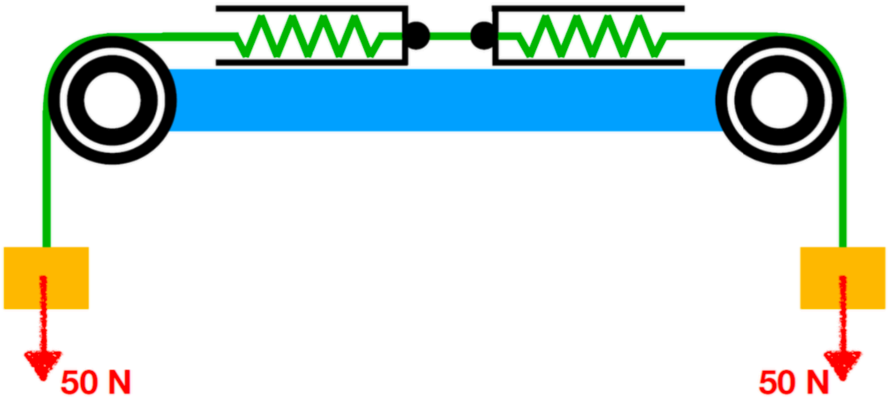
a) 0 N
b) 50 N
c) 100 N
d) Kommt darauf an, aus welchem Material die Feder ist.



Frage 3

Welche Kraft zeigen die Federkraftmesser an?

a) 0 N
b) 50 N
c) 100 N
d) Kommt darauf an, ob beide aus demselben Material sind.

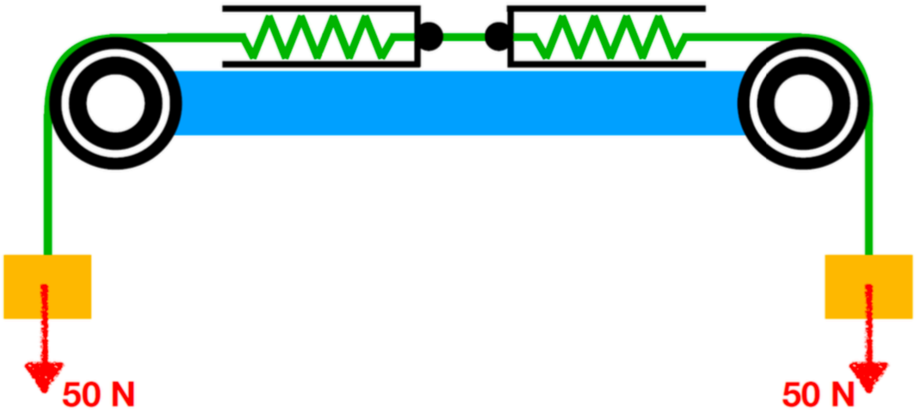


Frage 3

Es ändert sich nichts an der Situation, da die 50 N einfach «durch das System hindurch geleitet werden» und wiederum von der linken Masse geliefert werden.
Falls d) gewählt wird, sollte nochmal besprochen werden, wie ein Federkraftmesser funktioniert.

Welche Kraft zeigen die Federkraftmesser an?

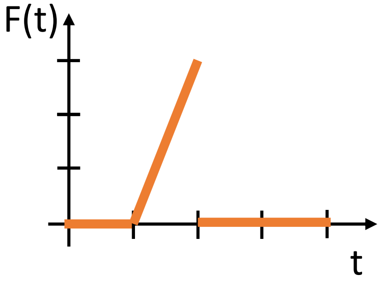
a) 0 N
b) 50 N
c) 100 N
d) Kommt darauf an, ob beide aus demselben Material sind.



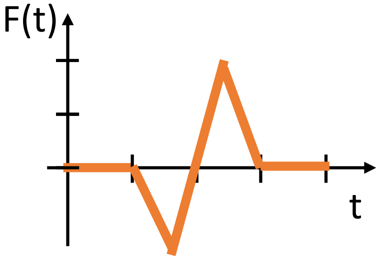
Frage 4

Roger Federer konzentriert sich am Aufschlag: Er lässt den Ball ein Paar mal auf den Boden elastisch «ditschen». Wie muss das F-t Diagramm der Kraft, welche der Ball erfährt, ungefähr aussehen?

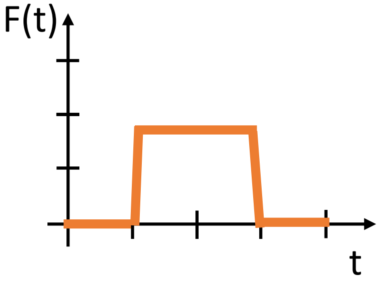
a)



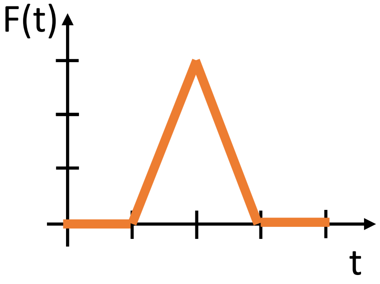
b)



c)



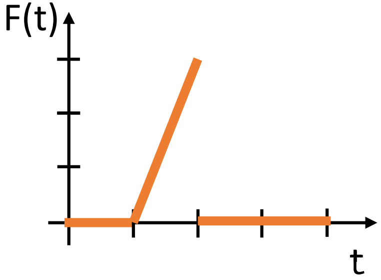
d)

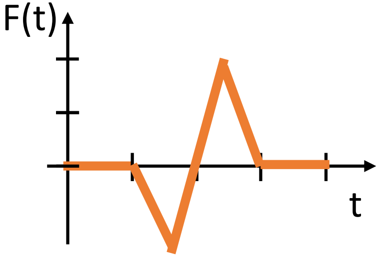


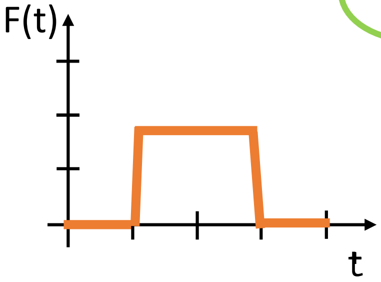
Frage 4

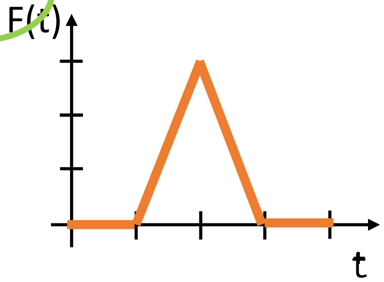
a) nicht, weil so der Ball dann nach der maximalen Krafteinwirkung (also maximale Kompression) plötzlich keine Kraft mehr spüren würde.
b) nicht, weil die Kraft des Bodens immer in dieselbe Richtung zeigt
c) nicht, weil die Kraft des Bodens nicht konstant sein kann. Der Ball deformiert sich und es muss ungefähr ein Hooke'sches Gesetz gelten.

Roger Federer konzentriert sich am Aufschlag: Er «ditscht» den Ball einmal auf dem Boden bevor er serviert. Wie muss das F-t Diagramm der Kraft, welche der Ball dabei erfährt, ungefähr aussehen?

a)


b)


c)


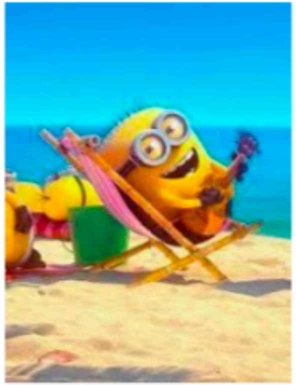
d)


Frage 5

Es ist ein schöner Tag, ich sitze im Liegestuhl auf der Veranda und geniesse das Leben. Leider habe ich vergessen die Veranda-Türe zu schliessen (Fliegen und so...). Ich habe absolut keine Lust aufzustehen und glücklicherweise habe ich 2 Bälle neben mir liegen: 1) ein perfekt klebriger Ball, 2) ein perfekt elastischer Flummi. Beide haben dieselbe Masse. Welchen sollte ich werfen, damit die Tür sicher zugeht?

a) Den klebrigen Ball.
b) Den elastischen Flummi.
c) Ist egal.

Frage 5



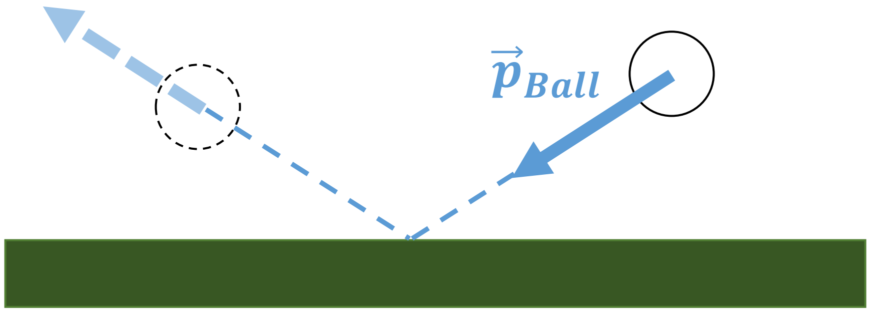
Es ist ein schöner Tag, ich sitze im Liegestuhl auf der Veranda und geniesse das Leben. Leider habe ich vergessen die Veranda-Türe zu schliessen (Fliegen und so...). Ich habe absolut keine Lust aufzustehen und glücklicherweise habe ich 2 Bälle neben mir liegen: 1) ein perfekt klebriger Ball, 2) ein perfekt elastischer Flummi. Beide haben dieselbe Masse. Welchen sollte ich werfen, damit die Tür sicher zugeht?

a) Den klebrigen Ball.
b) Den elastischen Flummi.
c) Ist egal.

Der maximale Impulsübertrag des klebrigen Balles ist $\Delta p = p_{Ball}$.
Der maximale Impulsübertrag des Flummis ist allerdings $|\Delta p| = 2p_{Ball}$ weil er ja nicht nur gestoppt wird, sondern mit $\vec{p}'_{Ball} = -\vec{p}_{Ball}$ von der Tür zurückkommt.
Der Flummi ist also die bessere Wahl.

Frage 6

Ein Ping-Pong-Ball fliegt mit Impuls $\vec{p}_{Ball}$ und stösst elastisch mit dem Tisch zusammen, wie gezeigt. Wie gross ist der Betrag der Impulsänderung $|\Delta\vec{p}|$, welche der Ball erfährt?



a) $|\Delta\vec{p}| = |\vec{p}_{Ball}|$

b) $|\Delta\vec{p}| < 2|\vec{p}_{Ball}|$

c) $|\Delta\vec{p}| = 2|\vec{p}_{Ball}|$

d) $|\Delta\vec{p}| > |\vec{p}_{Ball}|$

Frage 6

Der Ball hat $\vec{p}_{Ball} = (p_x, p_y)$. Die Impulsänderung durch den Tisch ist:

$$\Delta p_x = 0$$
$$\Delta p_y = -2p_y$$

→ $\Delta\vec{p} = (0, -2p_y)$ und wir sehen, dass $|\Delta\vec{p}| = 2p_y < 2\sqrt{p_x^2 + p_y^2}$.

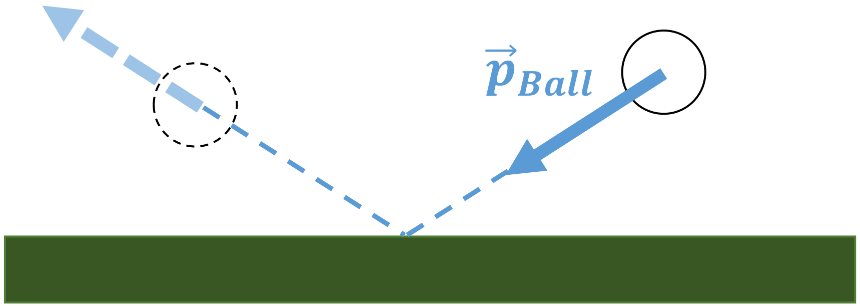
Ein Ping-Pong-Ball fliegt mit Impuls $\vec{p}_{Ball}$ und stösst elastisch mit dem Tisch zusammen, wie gezeigt. Wie gross ist der Betrag der Impulsänderung $|\Delta\vec{p}|$, welche der Ball erfährt?

a) $|\Delta\vec{p}| = |\vec{p}_{Ball}|$

b) $|\Delta\vec{p}| < 2|\vec{p}_{Ball}|$

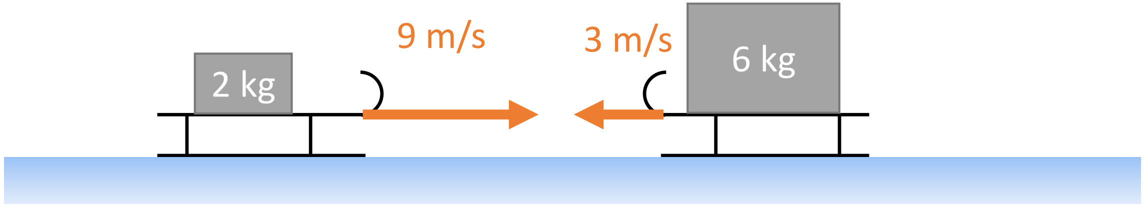
c) $|\Delta\vec{p}| = 2|\vec{p}_{Ball}|$

d) $|\Delta\vec{p}| > |\vec{p}_{Ball}|$



Frage 7

Zwei Schlitten rutschen auf dem Eis und stossen zusammen. Sie bleiben in einander stecken. Wie gross ist die Geschwindigkeit der beiden Schlitten am Ende?

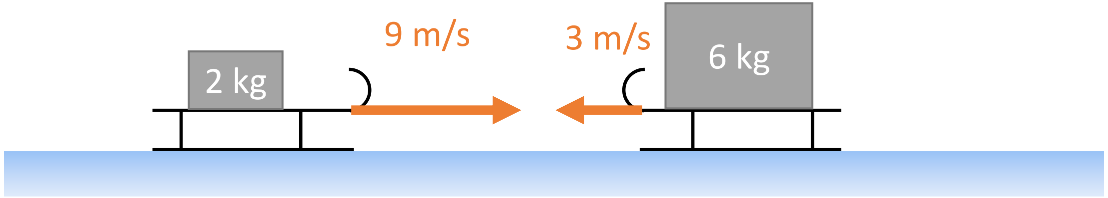


a) -2 m/s
b) 0 m/s
c) 2 m/s
d) Kann man nicht sagen ohne die Deformationsenergie zu kennen.

Frage 7

$$p_1 = 18\frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}}{s}, \quad p_2 = 18\frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}}{s} \quad \Longrightarrow \quad p_1 + p_2 = 0$$

Zwei Schlitten rutschen auf dem Eis und stossen zusammen. Sie bleiben in einander stecken. Wie gross ist die Geschwindigkeit der beiden Schlitten am Ende?



a) -2 m/s

b) 0 m/s

c) 2 m/s

d) Kann man nicht sagen ohne die Deformationsenergie zu kennen.

Weitere Konzeptfragen

Die folgenden Fragen sind extrahiert von
“Konzeptfragen zur Newtonschen Mechanik und Thermodynamik”
von Rafael Gort

Frage 1

Ein Golfball wird auf eine Bowlingkugel geschossen, welche sich in Ruhe befindet. Er prallt elastisch an ihr ab. Welche der Aussagen über den Golfball, verglichen mit der Bowlingkugel, stimmt?

1. Der Golfball hat einen grösseren Impuls, aber weniger kinetische Energie.
2. Der Golfball hat einen grösseren Impuls, und mehr kinetische Energie.
3. Der Golfball hat einen kleineren Impuls, und weniger kinetische Energie.
4. Der Golfball hat einen kleineren Impuls, und mehr kinetische Energie.
5. Keine der Antworten stimmt.

Frage 1

Ein Golfball wird auf eine Bowlingkugel geschossen, w
che sich in Ruhe befindet. Er prallt elastisch an ihr a
Welche der Aussagen über den Golfball, verglichen n
der Bowlingkugel, stimmt?

1. Der Golfball hat einen grösseren Impuls, aber wenig
   kinetische Energie.
2. Der Golfball hat einen grösseren Impuls, und me
   kinetische Energie.
3. Der Golfball hat einen kleineren Impuls, und wenig
   kinetische Energie.
4. Der Golfball hat einen kleineren Impuls, und me
   kinetische Energie.
5. Keine der Antworten stimmt.

Antwort: 4.

Der Golfball prallt an der Bowlingkugel ab, wobei sich die Bowlingkugel Kaum bewegt. Der Impuls des Golfballs ändert sic annähernd um $-2mv$. Die Bowlingkugel muss also den Impuls $2mv$ erhalten, damit der Gesamtimpuls erhalten bleibt. Da die Bowlingkugel eine viel grössere Masse hat, ist die Geschwindigkeit viel kleiner als die des Golfballs. Weil die kinetische Energie quadratisch von der Geschwindigkeit abhängt, ist die kinetische Energie des Golfballs viel grösser als diejenige der Bowlingkugel.

Frage 2

Welche der Antworten stimmt? Die Erhaltung des Gesamtimpulses eines Systems ...

1. ...gilt nur, wenn die Energie erhalten ist.
2. ...gilt in jedem System.
3. ...folgt aus dem zweiten Newtonschen Gesetz.
4. ...ist equivalent zum dritten Newtonschen Gesetz.
5. keine der Antworten stimmt.

Frage 2

Welche der Antworten stimmt? Die Erhaltu
samtimpulses eines Systems ...

1. ...gilt nur, wenn die Energie erhalten ist
2. ...gilt in jedem System.
3. ...folgt aus dem zweiten Newtonschen (
4. ...ist equivalent zum dritten Newtonsch
5. keine der Antworten stimmt.

Antwort: 4.

Das dritte Newtonsche Gesetz lautet Aktion=Reaktion. Die Impulserhaltung in einem System zweier Körpern kann man schreiben als:

$$\mathbf{p}_{\mathrm{tot}} = \mathbf{p}_{\mathrm{A}} + \mathbf{p}_{\mathrm{B}} = \mathrm{konst.}$$

Die zeitliche Ableitung muss also verschwinden.

$$\frac{\mathrm{d}\mathbf{p}_{\mathrm{tot}}}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}\mathbf{p}_{\mathrm{A}}}{\mathrm{d}t} + \frac{\mathrm{d}\mathbf{p}_{\mathrm{B}}}{\mathrm{d}t} = 0$$

Und wegen dem zweiten Newtonschen Gesetz folgt sofort:

$$\mathbf{F}_{\mathrm{A}} + \mathbf{F}_{\mathrm{B}} = 0$$

Die Überlegungen gelten auch in umgekehrter Richtung.

Frage 3

Kollidiert eine Kugel der Masse m mit einer viel schweren Kugel der Masse M, welche zu Beginn ruht, bewegt sich die schwere Kugel praktisch nicht, während die leichtere Kugel in die entgegengesetzte Richtung zurückprallt. Man nehme nun an die Kugel M bewege sich mit der Geschwindigkeit v auf die ruhende kleinere Kugel zu. Wie gross ist die Impulsänderung der kleineren Kugel?

1. Mv
2. $2Mv$
3. mv
4. $2mv$
5. Eine andere Antwort.
6. Zu wenig Informationen.

Frage 3

Kollidiert eine Kugel der Masse m mit einer viel schwereren Kugel der Masse M, welche zu Beginn ruht, bewegt sich die schwere Kugel praktisch nicht, während die leichtere Kugel in die entgegengesetzte
prallt. Man nehme nun an die Kugel
der Geschwindigkeit v auf die ruhende
Wie gross ist die Impulsänderung der

1. Mv
2. $2Mv$
3. mv
4. $2mv$
5. Eine andere Antwort.
6. Zu wenig Informationen.

Antwort: 4. $2mv$

Man wählt als Bezugssystem die Kugel der Masse M. In diesem Bezugssystem ruht die schwere Kugel, während die kleinere mit der Geschwindigkeit $-v$ auf sie zufliegt. Sie prallt an der schwereren Kugel ab, und bewegt sich mit der Geschwindigkeit v in die andere Richtung. Die Impulsänderung der kleineren Kugel ist somit $2mv$.

Frage 4

Ein Auto beschleunigt aus dem Stillstand. Dadurch ändert sich der Impuls des Autos betragsmässig um einen bestimmten Wert. Der Impuls der Erde änders sich dadurch um:

1. einen grösseren Wert.
2. den gleichen Wert.
3. einen kleineren Wert.
4. Hängt von der Wechselwirkung zwischen Auto und Erde ab.

Frage 4

Ein Auto beschleunigt aus de
sich der Impuls des Autos b
timmten Wert. Der Impuls d
um:

1. einen grösseren Wert.
2. den gleichen Wert.
3. einen kleineren Wert.
4. Hängt von der Wechselw
   Erde ab.

Antwort: 2. Die Impulsänderung der Erde ist gleich gross

Die Kraft, welche auf einen Körper wirkt, ist definiert als seine Impulsänderung pro Zeit. Umgekehrt gilt im Falle einer konstanten (zeitunabhängigen) Kraft:

$$\Delta p = F \cdot \Delta t$$

Die Kräfte für das Auto und die Erde sind gleich gross und entgegengesetzt. Die Zeit der Krafteinwirkung ist ebenfalls in beiden Fällen dieselbe. Die Impulsänderung ist also betragsmässig gleich.

Frage 5

Ein Block der Masse m steht auf einer reibungsfreien Ebene. Eine konstante Kraft wird für eine kurze Zeit auf die Masse angewandt. Dadurch erhält der Block eine gewisse Geschwindigkeit. Wie lange müsste die gleiche Kraft auf einen Block der Masse $2m$ angewandt werden, um die gleiche Geschwindigkeit zu erreichen?

1. Viermal so lange.
2. Doppelt so lange.
3. Gleich lange.
4. Halb so lange.
5. Ein Viertel der Zeit.
6. keine der Antworten stimmt.

Frage 5

Ein Block der Masse m steh
Ebene. Eine konstante Kraft
auf die Masse angewandt. Dad
gewisse Geschwindigkeit. Wie
Kraft auf einen Block der Mas
um die gleiche Geschwindigkei

1. Viermal so lange.
2. Doppelt so lange.
3. Gleich lange.
4. Halb so lange.
5. Ein Viertel der Zeit.
6. keine der Antworten stimmt.

Antwort: 2. Doppelt so lange

Damit der doppelt so schwere Block die gleiche Endgeschwindigkeit hat, muss er doppelt so lange beschleunigt werden. Dies ist so, wegen der Beziehung $F = ma$. Alternativ kann man sich vorstellen, dass die Impulsänderung dem Kraftstoss entspricht:

$$\Delta \mathbf{p} = \int_{t_0}^{t_1} \mathbf{F} \mathrm{d}t$$

Bei konstanter Masse und konstanter Kraft sieht man sofort, dass:

$$m\Delta \mathbf{v} = \mathbf{F}\Delta t$$