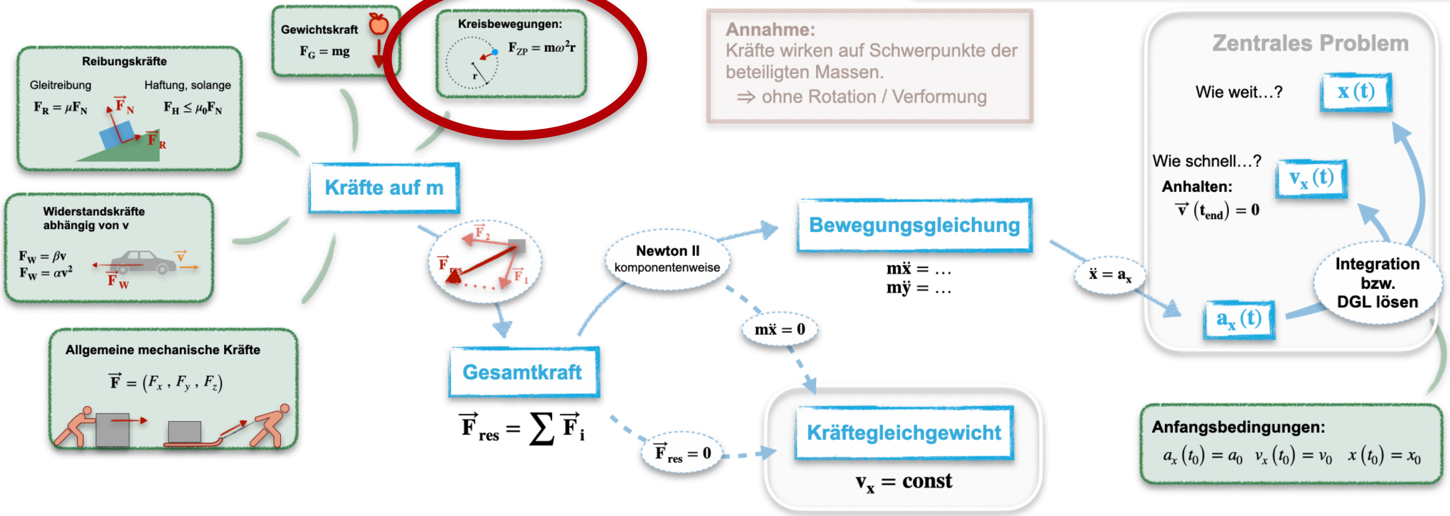
Physik I für Medis 2021

Einordnung: Was machen wir gerade?

Zusätzlich: Beschleunigte Bezugssysteme und Scheinkräfte

Wiederholung heute

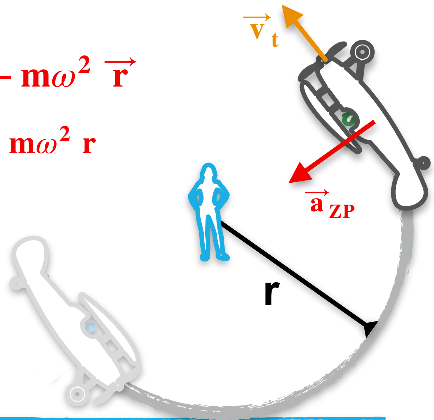


Kreisbewegungen und Bezugssysteme

Rotation im Inertialsystem

$$\vec{F}_{ZP} = -m\omega^2\,\vec{r}$$

$$\left|\vec{F}_{ZP}\right| = m\omega^2\,r$$

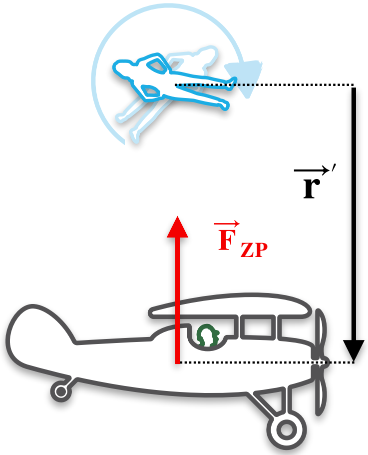


Zentripetalkraft $\vec{F}_{ZP}$

Wirkt auf jedes Objekt, das kreist!

orthogonal zur Bewegungsrichtung

Im rotierenden System (des Fliegers)

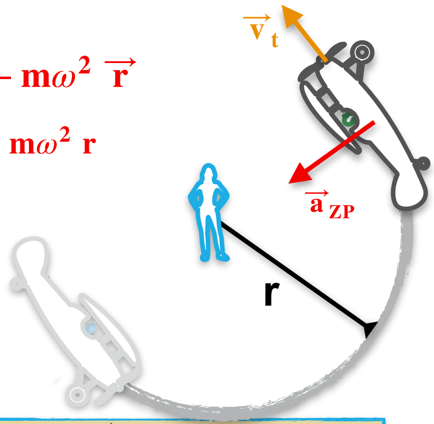


Kreisbewegungen und Bezugssysteme

Rotation im Inertialsystem

$$\vec{F}_{ZP} = -m\omega^2\,\vec{r}$$

$$\left|\vec{F}_{ZP}\right| = m\omega^2\,r$$



Zentripetalkraft $\vec{F}_{ZP}$

Wirkt auf jedes Objekt, das kreist!

orthogonal zur Bewegungsrichtung

Im rotierenden System (des Fliegers)

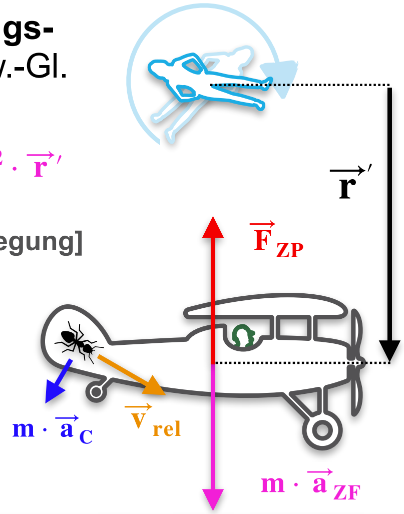
Zusätzliche Beschleunigungs-terme müssen in lokaler Bew.-Gl. bedacht werden:

Zentrifugalterm $\vec{a}_{ZF} = \omega^2 \cdot \vec{r}\,'$

Coriolisterm [bei Relativbewegung]

$$\vec{a}_C = -2\left(\vec{\omega} \times \vec{v}_{rel}\right)$$

Diese Terme sind rein mathematisch bedingt !

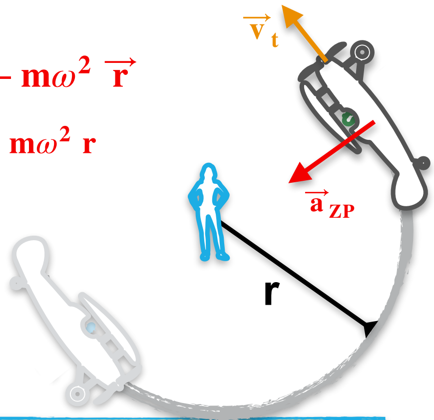


Kreisbewegungen und Bezugssysteme

Rotation im Inertialsystem

$$\vec{F}_{ZP} = -\, m\omega^2\, \vec{r}$$

$$\left|\vec{F}_{ZP}\right| = m\omega^2\, r$$



Zentripetalkraft $\vec{F}_{ZP}$

Wirkt auf jedes Objekt, das kreist!

orthogonal zur Bewegungsrichtung

Im rotierenden System (des Fliegers)

Äusserst seltene Perspektive!

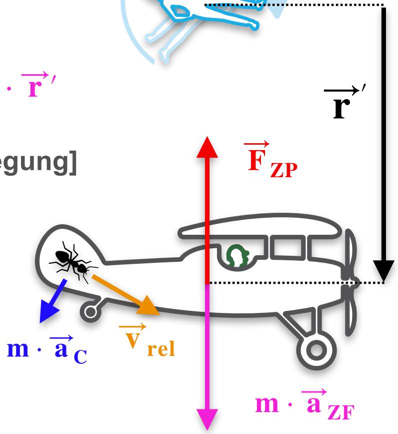
Zusätzliche Beschleunigungs-terme müssen in lokaler Bew.-Gl. bedacht werden:

Zentrifugalterm $\vec{a}_{ZF} = \omega^2 \cdot \vec{r}\,'$

Coriolisterm [bei Relativbewegung]

$$\vec{a}_C = -\, 2\, \left(\vec{\omega} \times \vec{v}_{rel}\right)$$

Diese Terme sind rein mathematisch bedingt !



Wiederholung: Kräfte in der Zentrifuge

Peter spielt mit seinem Jo-Jo. Er dreht sich mit Kreisfrequenz ω um seine Achse und das Jo-jo schwingt um einen Winkel α aus.

Betrachtung aus Inertialsystem

A) Welche Kräfte wirken auf das Jo-Jo?
Zeichnet sie in die Skizze ein!

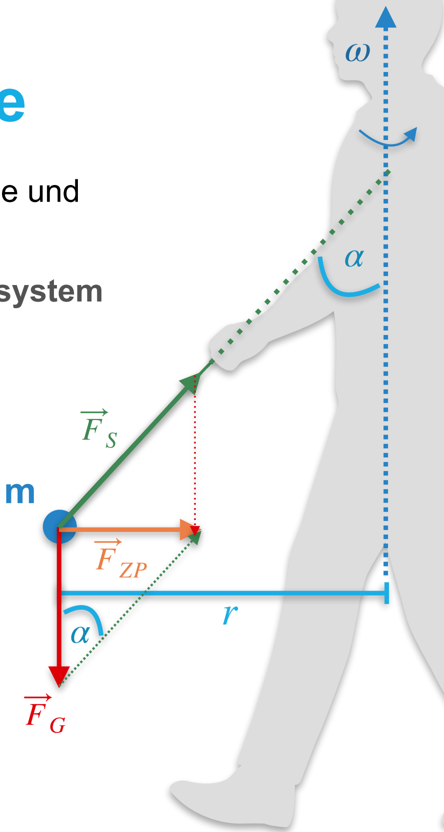
$\vec{F}_{ZP}$ gewährleistet Kreisbahn! $\vec{F}_s$ muss $\vec{F}_G$ und $\vec{F}_{ZP}$ ausgleichen.

B) Wie lässt sich der Winkel α durch die Kräfte ausdrücken?

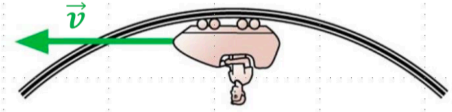
$$\tan\alpha = \frac{|F_{ZP}|}{|F_G|}$$

C) Wie lässt sich der Winkel α durch ω und den Radius r ausdrücken?

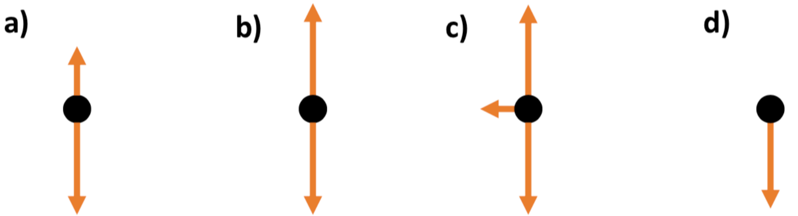
$$\tan\alpha = \frac{|F_{ZP}|}{|F_G|} = \frac{\omega^2 r}{g}$$



Frage 1



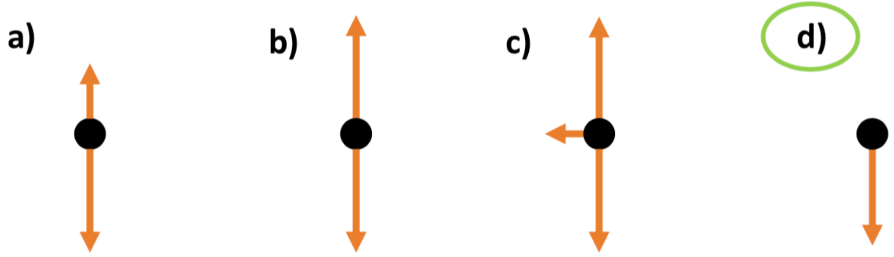
Eine Achterbahn fährt im Looping. Der Looping is kreisförmig gebaut. Der Wagen fährt so schnell, dass er es gerade so durch den Looping schafft. Welche Skizze zeigt die Kräfte, welche auf den Wagen im Scheitelpunkt des Loopings wirken? Reibung kann vernachlässigt werden.



Frage 1

a) nicht, da im Scheitelpunkt der Kreisbahn keine Normalkraft wirkt.
b) nicht, da der Wagen seine Kreisbahn so nicht fortsetzen könnte. Es muss eine Nettokraft nach innen zeigen, damit der Wagen auf einer Kreisbahn bleibt.
c) nicht, da es keine Kraft in Richtung der Bewegung gibt (ein Achterbahnwagen hat ja keinen Antrieb)
d) Ja, weil im Scheitelpunkt die Zentripetalkraft vollständig von der Gravitationskraft geliefert wird. In allen anderen Punkten zeigt die Normalkraft genau so, dass $\overrightarrow{F_{ZP}} = \overrightarrow{F_g} + \overrightarrow{F_N}$.

Eine Achterbahn fährt im Looping. Der Looping is kreisförmig gebaut. Der Wagen fährt so schnell, dass er es gerade so durch den Looping schafft. Welche Skizze zeigt die Kräfte, welche auf den Wagen im Scheitelpunkt des Loopings wirken? Reibung kann vernachlässigt werden.



Ausblick: Blatt 6, Aufgabe 4 - A: Inertialsystem

Schuss aus drehendem Gewehr. Kugel fliegt unter Einfluss der Gewichtskraft, ohne Reibung.

Bewegungsgleichungen in 3D in Inertialsystem:

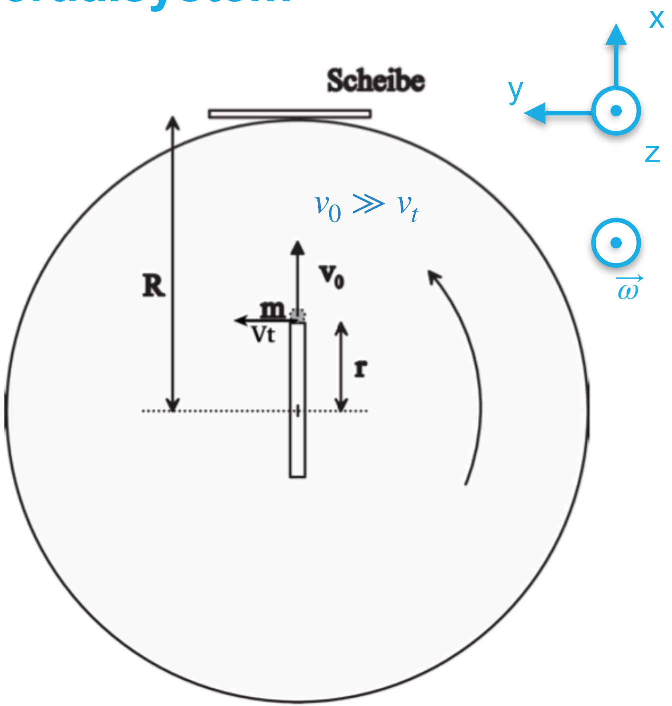
$$m\ddot{x} = 0$$

$$m\ddot{y} = 0$$

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

Anfangsbedingungen für Geschwindigkeit:

$$\dot{x}(t=0) = v_0$$
$$\dot{y}(t=0) = v_t$$



Ausblick: Blatt 6, Aufgabe 4 - A: Inertialsystem

Weiteres Vorgehen bei Rechnung im Inertialsystem:

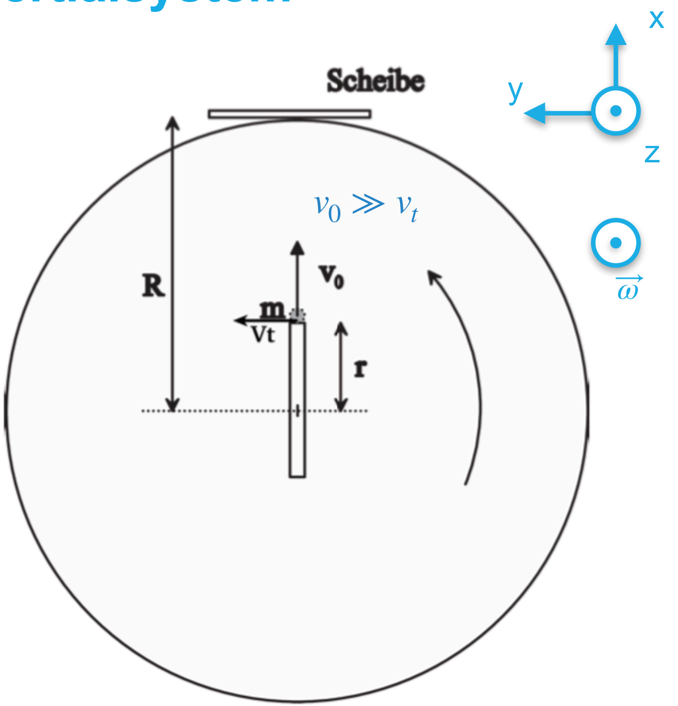
Näherung für Zeit t_{ges} bis Aufprall:

Nimm konstante Geschwindigkeit v_0 an, vernachlässige v_t und Bewegung der Scheibe.

Verwende t_{ges} und v_t zur Berechnung von Δx

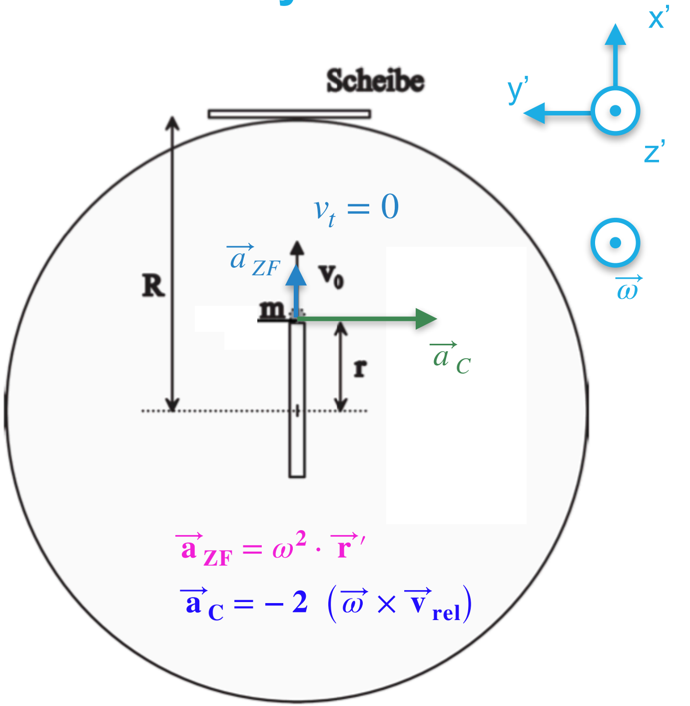
Berechne auch Δx_s, um dass sich die Scheibe in der Zeit weiterbewegt hat.

Für z-Komponente: Δz aus freiem Fall.



Ausblick: Blatt 6, Aufgabe 4 - B: rotierendes System

Schuss aus drehendem Gewehr. Kugel fliegt unter Einfluss der Gewichtskraft, ohne Reibung.



Rotierendes System:

In welche Richtungen zeigen $\vec{a}_{ZF}$ und $\vec{a}_C$ am Anfang?

siehe Bild

Wie sehen die Bewegungsgleichungen aus?

$$m\ddot{x}' = m\omega^2 x' \approx 0$$

(vernachlässigbar gegenüber Coriolisterm)

$$m\ddot{y}' = -2m\omega\dot{x}' \approx -2m\omega v_0$$

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

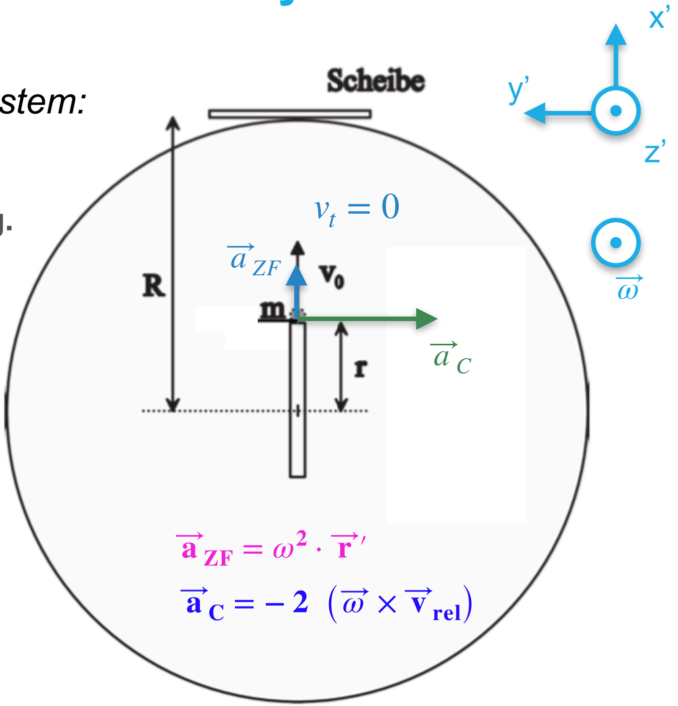
Ausblick: Blatt 6, Aufgabe 4 - B: rotierendes System

Weiteres Vorgehen bei Rechnung im rotierenden System:

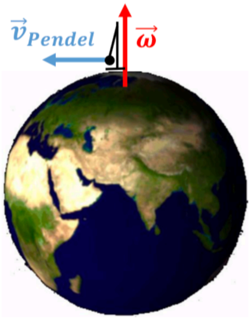
Betrachte nur Coriolis-Beschleunigung in -y Richtung.

Integriere auf Strecke, um Δx zu bekommen.

Für z-Komponente: gleich wie in Inertialsystem



Frage 7

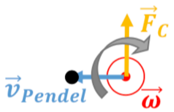


Was passiert mit einem Foucault'schen Pendel am Nordpol (von oben betrachtet)?

a. Seine Pendelebene dreht sich in 24h entgegen dem Uhrzeigersinn.
b. Es steht komplett still, da die Corioliskraft die Pendelbewegung genau kompensiert.
c. Seine Pendelebene dreht sich in 24h im Uhrzeigersinn.
d. Seine Pendelebene dreht sich in weniger als 24h entgegen dem Uhrzeigersinn.

ENGAGING PHYSICS TUTORING EPT

Frage 7



Von oben betrachtet

Was passiert mit einem Foucault'schen Pendel am Nordpol (von oben betrachtet)?

a. Seine Pendelebene dreht sich in 24h entgegen dem Uhrzeigersinn.

b. Es steht komplett still, da die Corioliskraft die Pendelbewegung genau kompensiert.

c. Seine Pendelebene dreht sich in 24h im Uhrzeigersinn.

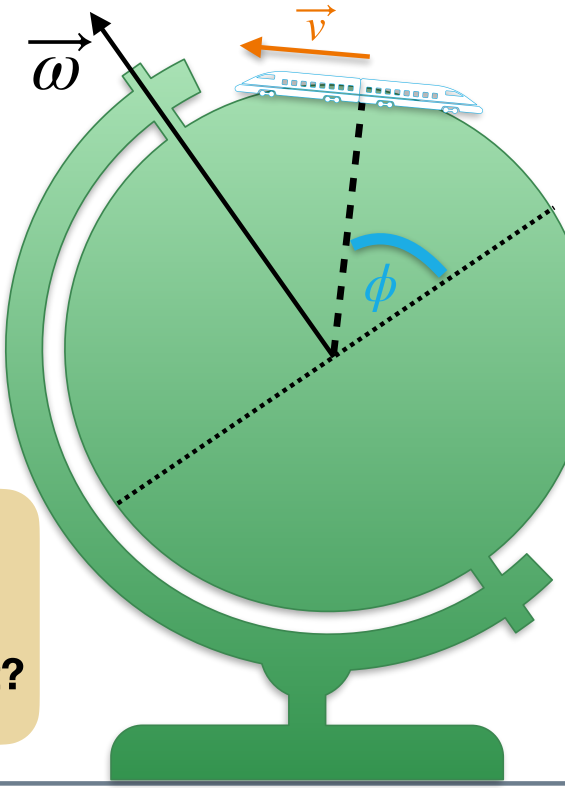
d. Seine Pendelebene dreht sich in weniger als 24h entgegen dem Uhrzeigersinn.

ENGAGING PHYSICS TUTORING EPT

Zug und Coriolisterm

Ein Zug der Gesamtmasse $m = 200$ t ist auf dem Weg Richtung Norden zwischen Zürich und Schaffhausen. Er fährt mit der Geschwindigkeit

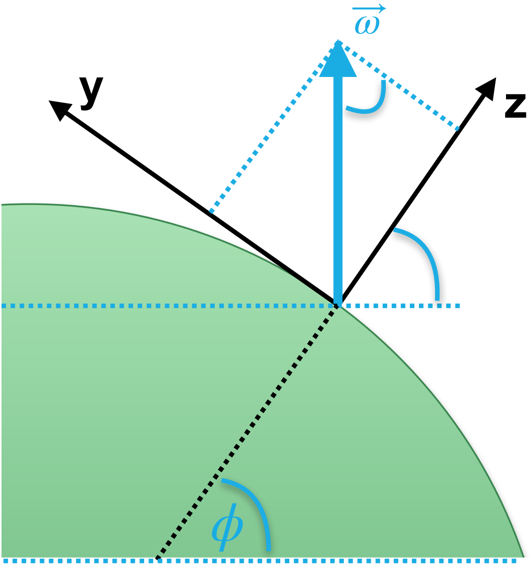
$v = 216\ \mathrm{km/h} = 60\ \mathrm{m/s}$



Frage:

Was ist die Coriolisbeschleunigung auf den Zug, wenn er bei 47.5° nördlicher Breite unterwegs ist?

Zug und Coriolisterm - lokale Koordinaten



Coriolisbeschleunigung: $\vec{a}_C = -2\left(\vec{\omega} \times \vec{v}_{rel}\right)$

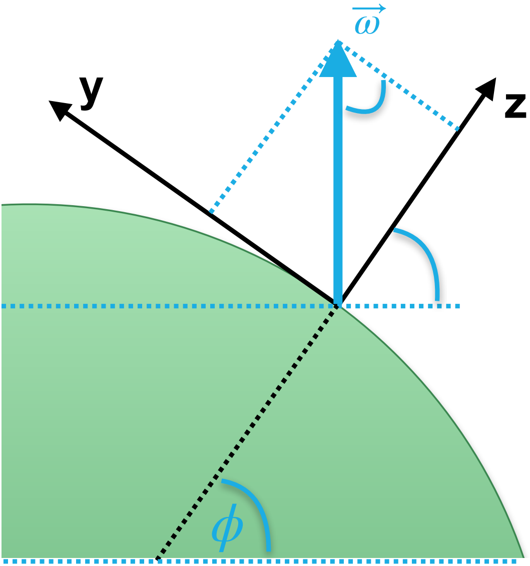
Die Winkelgeschwindigkeit ist durch die tägliche Rotation der Erde gegeben:

$$\omega = \frac{2\pi}{d} = \frac{2\pi}{3600 \cdot 24 \text{ s}} = 7.3 \cdot 10^{-5} \frac{1}{s}$$

Drücke ω und v im lokalen Koordinatensystem (links) aus:

$$\vec{\omega} = \omega \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ \cos\phi \\ \sin\phi \end{pmatrix} \qquad \vec{v} = \begin{pmatrix} 0 \\ v \\ 0 \end{pmatrix}$$

Zug und Coriolisterm - Rechnung



$$\omega = \frac{2\pi}{d} = \frac{2\pi}{3600 \cdot 24\ \mathrm{s}} = 7.3 \cdot 10^{-5} \frac{1}{s} \qquad \vec{\omega} = \omega \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ \cos\phi \\ \sin\phi \end{pmatrix}$$

$$\vec{v} = \begin{pmatrix} 0 \\ v \\ 0 \end{pmatrix} \qquad \phi = 47.5^o = 0.83\ \mathrm{rad} \qquad m = 200\ 000\ \mathrm{kg}$$

$$\vec{a}_C = -2\left(\vec{\omega} \times \vec{v}_{rel}\right) \qquad \Rightarrow \vec{a}_C = 2\omega v \cdot \begin{pmatrix} \sin\phi \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = 2\omega v \sin\phi \cdot \hat{e}_x$$

$\Rightarrow \left|a_C\right| = 6.5\ \frac{\mathrm{mm}}{\mathrm{s}^2}$ in Richtung Osten (in Fahrtrichtung rechts)

Daraus resultierende erhöhte Gleisabnutzung rechts ist nicht messbar (z.B. ist Erdbeschleunigung etwa 1500 mal grösser).

Warm - up Clicker

Bei einer Testfahrt entstand dieses Bild.
Welche der folgenden Aussagen beschreibt das Beobachtete physikalisch korrekt?

A) Die Wagen fallen nicht nach unten, da die Zentrifugalkraft sie gegen die Fahrbahn drückt.

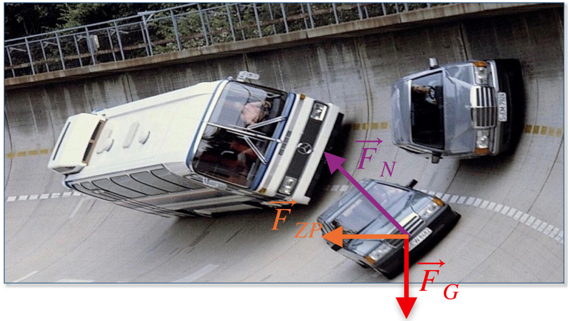
B) Die Strasse muss hier sowohl die Zentripetalkraft aufbringen, als auch der Gewichtskraft entgegenwirken.

C) Die Fahrer können die Zentrifugalkraft spüren, da sie in den Sitz gedrückt werden.

D) Beim oberen Auto (Neigungswinkel $\gg 45^o$) sollte der Betrag der Zentripetalkraft etwa gleich gross sein wie der Betrag der Gewichtskraft.

Warm - up Clicker

Bei einer Testfahrt entstand dieses Bild.
Welche der folgenden Aussagen beschreibt das Beobachtete physikalisch korrekt?



A) Die Wagen fallen nicht nach unten, da die Zentrifugalkraft sie gegen die Fahrbahn drückt.

Nein, sie fallen nicht, da ein Teil der Normalkraft der Strasse der Gewichtskraft entgegen wirkt.

Die Strasse muss hier sowohl die Zentripetalkraft aufbringen, als auch der Gewichtskraft entgegenwirken.

C) Die Fahrer können die Zentrifugalkraft spüren, da sie in den Sitz gedrückt werden.

Sie spüren die Normalkraft von der Strasse, die durch den Sitz auf sie weitergegeben wird.

D) Beim oberen Auto (Neigungswinkel $\gg 45^o$) sollte der Betrag der Zentripetalkraft etwa gleich gross sein wie der Betrag der Gewichtskraft.

Es muss hier $F_{ZP} \gg F_G$ gelten, damit das Auto nicht fällt.