

Physik * Jahrgangsstufe 10 * Jahrmarktsphysik

1. Rotor

Beim Rotor, einem Karussell auf dem Jahrmarkt, werden die Fahrgäste durch Rotation so an die Innenwand eines Zylinders gepresst, dass sie wegen der Reibungskraft nicht herabrutschen. (Zur Haftreibung siehe Rückseite!)

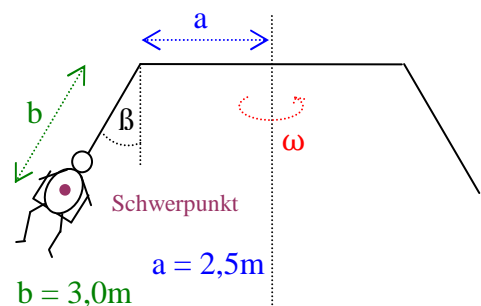
Trommelradius $r = 3 \text{ m}$, Haftreibungszahl $\mu = 0,6$

- Welche Kräfte wirken auf den abgebildeten Fahrgast?
- Ab welcher Frequenz bleiben die Fahrgäste an der Wand hängen, auch wenn der Boden unter ihren Füßen weggezogen wird?
- Hängt die in b) berechnete Frequenz von der Masse des Fahrgastes ab?



2. Karussell

- Zeichnen Sie alle auf einen Fahrgast einwirkenden Kräfte ein.
- Wie groß ist die Winkelgeschwindigkeit bzw. Geschwindigkeit eines Fahrgastes, wenn der Auslenkungswinkel $\beta = 30^\circ$ beträgt?
- Mit welcher Kraft wird der Fahrgast auf den Sessel gepresst? Geben Sie diese Kraft in Vielfachen seiner Gewichtskraft an!



3. Olympia Looping

Die Höhe des abgebildeten Loopings beträgt etwa 19 m , der Krümmungsradius an der höchsten Stelle etwa 8 m .

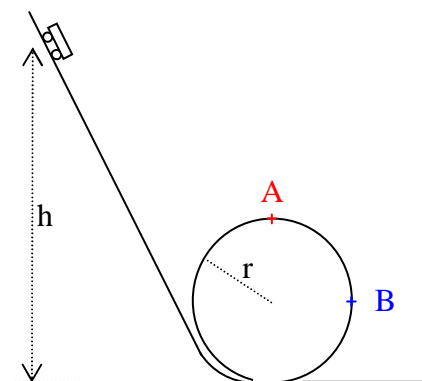
- Warum verringert man den Krümmungsradius mit zunehmender Höhe?
- An der höchsten Stelle sollen die Fahrgäste mit etwa zweifacher Erdbeschleunigung auf ihre Sitze gepresst werden. Mit welcher Geschwindigkeit muss damit der Wagen unten in den Looping einfahren?



4. Looping-Bau

Ein Wagen soll aus der Höhe h starten und dann den Looping mit dem Radius r durchfahren. Bestimmen Sie h in Vielfachen von r so, dass die Fahrgäste im höchsten Punkt A des Loopings

- mit einfacher Erdbeschleunigung gegen die Unterlage gepresst werden,
- sich schwerelos fühlen. (Warum wird dieser Fall nicht realisiert?)
- Mit welcher Beschleunigung werden die Fahrgäste für den Fall a) im Punkt B gegen die Unterlage gepresst?



Hinweis zur so genannten Haftreibungskraft :

Kräfteparallelogramm $\vec{F}_G = \vec{F}_N + \vec{F}_H$

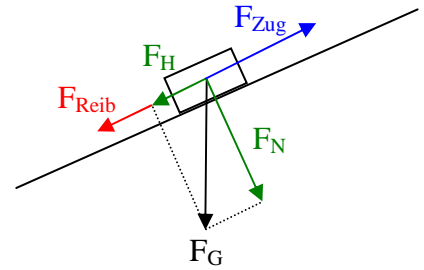
Die Haftreibungskraft F_{Reib} ist proportional zur Normalkraft F_N , das ist die Kraft, mit der ein Gegenstand senkrecht auf die Unterlage drückt.

$$\frac{F_{\text{Reib}}}{F_N} = \text{konstant} = \mu_H \quad (\text{Haftreibungszahl})$$

Es gilt: $0 \leq \mu_H \leq 1$

Um den Klotz mit der Gewichtskraft F_G die schiefe Ebene hochzuziehen, benötigt man die Zugkraft

$$F_{\text{Zug}} = F_H + F_{\text{Reib}} \quad \text{mit} \quad F_H = \text{Hangabtriebskraft} \quad \text{und} \quad F_{\text{Reib}} = \mu_H \cdot F_N$$



Lösungen zu den Aufgaben:

1. a) Gewichtskraft, Haftreibungskraft, Unterlagenkraft

$$b) f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{r \cdot \mu}} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{9,8}{3,0 \cdot 0,6}} \frac{1}{s} = 0,37 s^{-1} \quad \text{bzw.} \quad T = \frac{1}{f} = 2,7 s$$

c) f hängt nicht von der Masse des Fahrgastes ab!

(Aber bei kleinerem Radius oder kleinerer Haftreibungszahl müsste f größer sein!)

2. a) Gewichtskraft und Unterlagenkraft liefern genau die benötigte Zentripetalkraft.

$$b) \tan 30^\circ = \frac{F_Z}{F_G} = \frac{\omega^2 r}{g} \quad \text{und} \quad r = a + b \cdot \sin 30^\circ = 4,0 m \Rightarrow$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g \cdot \tan 30^\circ}{r}} = 1,2 s^{-1} \quad \text{also} \quad T = 5,3 s \quad \text{und} \quad v = \omega \cdot r = \sqrt{g \cdot r \cdot \tan 30^\circ} = 4,8 \frac{m}{s}$$

$$c) F_{\text{Sessel}} = \frac{F_G}{\cos 30^\circ} = 1,2 \cdot F_G$$

3. a) Durch Verkleinerung des Radius erhöht man die benötigte Zentripetalkraft und damit die von der Unterlage ausgeübte Kraft, die wegen der mit der Höhe abnehmenden Geschwindigkeit immer kleiner würde. Damit ändert sich die Zentripetalbeschleunigung auf den Fahrgast weniger stark als ohne Verkleinerung des Radius.

$$b) \text{An der höchsten Stelle: } F_U = F_{\text{Unterlage}} = 2F_G \quad \text{und} \quad \frac{mv_{\text{oben}}^2}{r} = F_Z = F_U + F_G = 3F_G \Rightarrow$$

$$v_{\text{oben}}^2 = 3rg \quad \text{und} \quad \frac{1}{2} m v_{\text{unten}}^2 = mgh + \frac{1}{2} m v_{\text{oben}}^2 \Rightarrow v_{\text{unten}}^2 = 2gh + v_{\text{oben}}^2 \quad (\text{Energieerhaltung})$$

$$\Rightarrow v_{\text{unten}} = \sqrt{2gh + 3rg} = \sqrt{(2 \cdot 19m + 3 \cdot 8m) \cdot 9,8 \frac{m}{s^2}} = 25 \frac{m}{s}$$

$$4. a) \frac{m v_A^2}{r} = F_U + F_G = 2mg \quad \text{und} \quad mg(h - 2r) = \frac{1}{2} m v_A^2 \Rightarrow h = 3r$$

$$b) \frac{m v_A^2}{r} = mg \quad \text{und} \quad mg(h - 2r) = \frac{1}{2} m v_A^2 \Rightarrow h = 2,5r$$

$$c) mg(h - r) = \frac{1}{2} m v_B^2 \quad \text{und} \quad F_U = F_Z = \frac{m v_B^2}{r} = \frac{2mg(3r - r)}{r} = 4mg = 4F_G$$

Die Fahrgäste werden im Punkt B mit 4-facher Erdbeschleunigung gegen die Unterlage gepresst.