

Von der rollenden Kugel auf der Rinne zum Spielzeugauto auf der Schleifenbahn

1. Abb. 1 zeigt die stroboskopische Aufnahme einer Kugel, die sich zunächst auf einer besonders geformten Rinne bewegt. Die Kugel wird im Punkt A losgelassen. Beschreiben und erläutern Sie die Bewegung der Kugel längs der Bahnabschnitte

- a) AB,
- b) BC,
- c) CD,
- d) DE.

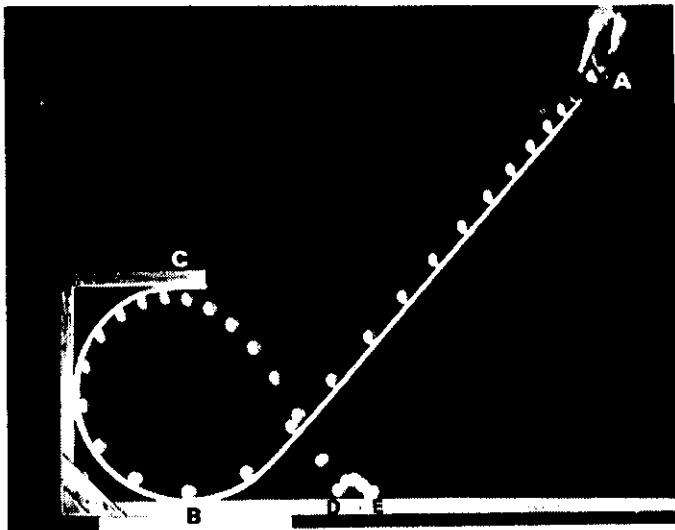


Abb. 1: Stroboskopische Aufnahme einer Kugel, die sich zunächst auf einer besonders geformten Rinne bewegt (Bild entnommen aus: J. Jardine. Nat Phil "0" Text. London und Edinburgh: Heinemann 1975, S. 75)

2. Ein Spielzeugauto (Masse $m = 100 \text{ g}$) soll eine vertikal aufgestellte Looping-Schleife vom Radius $r = 7,5 \text{ cm}$ durchfahren, ohne im oberen Punkt O des Loopings herunterzufallen (siehe Abb. 2). Längs des Bahnabschnittes SU wird das Auto nur durch die Erdanziehungskraft beschleunigt.

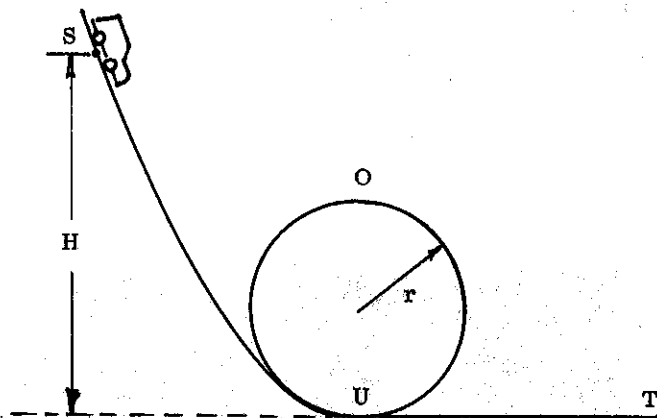


Abb. 2: Spielzeugauto durchfährt vertikal aufgestellte Schleifenbahn

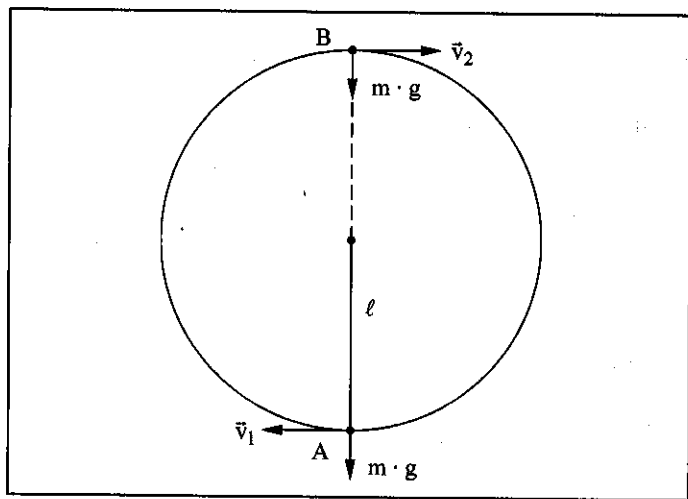
- Beschreiben Sie die Energieumwandlungen, die in Abb. 2 auf dem Weg SUOUT stattfinden. Die Lageenergie im Punkt U sei Null. Von Reibungskräften ist abzusehen.
 - Sehen Sie von Reibungskräften ab und ermitteln Sie die Mindesthöhe H des Startpunktes S in Abb. 2, aus dem das Auto (mit der Anfangsgeschwindigkeit 0 m/s) gestartet werden muß.
3. Das Spielzeugauto in Abb. 2 startet aus der Höhe $H = 20 \text{ cm}$.
- Welche kinetische Energie hat das Auto noch im Punkt O der Schleifenbahn?
 - Wie groß ist die Zentrifugalkraft im Punkt O? Warum fällt das Auto im Punkt O nicht herunter?

Die Huygenssche Behauptung

Der berühmte holländische Physiker CHRISTIAN HUYGENS (1629–1695) stellte folgende Behauptung auf:

Wenn eine Kugel der Masse m an einem gewichtslosen Faden der Länge ℓ auf einer Kreisbahn bewegt wird, die in einer vertikalen Ebene liegt, so muß der Faden mindestens das Sechsfache der Gewichtskraft der Kugel aushalten (siehe Abbildung).

Beweisen Sie diese Behauptung!



Abbildung

Wir fahren Achterbahn

Abb. 1 zeigt schematisch den Aufbau einer Achterbahn aus Looping (Radius r_1) und waagerechtem Halbkreis mit dem Radius $r_2 = 7,0$ m. Im Wagen sitzt ein Fahrgast mit der Masse $m = 70$ kg.

Der Wagen bewegt sich von A über B, C, B nach D, E und F. In B besitzt er jeweils den gleichen Geschwindigkeitsbetrag $v_B = 14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Alle Reibungseinflüsse sind zu vernachlässigen.

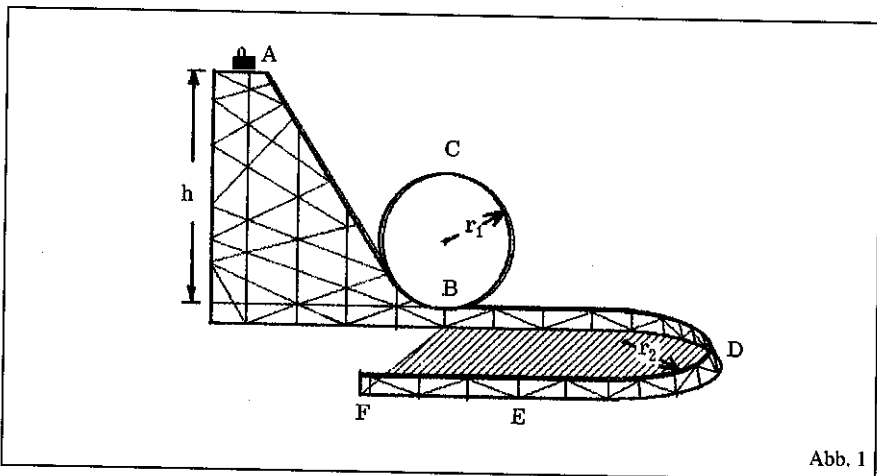


Abb. 1

1. Aus Sicherheitsgründen verlangt der Technische Überwachungsverein (TÜV), daß der Geschwindigkeitsbetrag v_C im Punkt C um 50 % über der nötigen Mindestgeschwindigkeit v_{\min} liegt.

- Zeigen Sie, daß dann für v_C die Formel $v_C = \sqrt{\frac{9}{4} \cdot g \cdot r_1}$ folgt.
- Berechnen Sie den Radius r_1 der Looping-Bahn.
- Berechnen Sie die Kraft, mit der der Fahrgast in Punkt B in den Sitz gepresst wird.
- Berechnen Sie die Höhe h des Punktes A über B, wenn $v_A = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ beträgt.

2. Aus Sicherheitsgründen muß im Halbkreisteil die Fahrbahn so überhöht werden, daß keine seitlichen Kräfte auftreten.
- Bestimmen Sie mit Hilfe einer aussagekräftigen Skizze den Überhöhungswinkel α .
 - Berechnen Sie die Kraft, mit der der Fahrgast in Punkt D in den Sitz gepresst wird.
3. Auf der Strecke [EF] wird das Fahrzeug gleichmäßig zum Stillstand abgebremst. Der Bremsvorgang beginnt zur Zeit $t = 0$ s bei E. Nach 1,0 s beträgt die Geschwindigkeit immerhin noch $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.
- Zeichnen Sie den t-v-Graph des Bremsvorgangs.
[$4 \frac{\text{m}}{\text{s}} \hat{=} 2 \text{ cm}$; $1 \text{ s} \hat{=} 2 \text{ cm}$]
 - Bestimmen Sie mit Hilfe des Graphen die Länge der Strecke [EF].
 - Berechnen Sie die Bremskraft auf den Fahrgast.