

# 1. Klausur EPH – Kirmesphysik

**Bitte bei allen Aufgaben beachten:**

1. Alle Lösungsschritte sind ausführlich und mit Einheiten anzugeben
2. Zunächst sind immer Formeln für die gesuchten Größen herzuleiten.
3. Der Luftwiderstand ist zu vernachlässigen.
4. Rechne mit der genäherten Erdbeschleunigung von  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .
5. Alle Klausurbögen sind mit Namen zu versehen und alle Seiten sind zu nummerieren.
6. Bitte lasse 1/3 Rand zur Korrektur frei!

## „Wurfparabeln“ (30 Punkte)

### Jonglieren auf Pützchens Markt

Die Clowns Juri und Krusty möchten auf Pützchens Markt mit Bällen jonglieren. Zum Aufwärmen starten die beiden zunächst mit einem Ball, den sie möglichst weit werfen wollen. **Lege in den folgenden Aufgaben den Ursprung der Bewegung („Koordinatenursprung“) immer in den Ballmittelpunkt im Moment der Ballabgabe.**



1. Krusty wirft den Ball mit einer Geschwindigkeit von  $13,7 \text{ m/s}$  aus einer Höhe von  $1,80 \text{ m}$  und unter einem Winkel von  $40^\circ$  gegen die Horizontale. Leider fängt Juri den Ball nicht, sondern er prallt auf den Boden.
  - a) Skizziere die Flugbahn des Balls. (2P)
  - b) Benenne die Art von physikalischem Wurf beim Jonglieren. (2P)
  - c) Berechne die maximale Höhe, die der Ball dabei über dem Boden erreicht. (4P)
  - d) Berechne die gesamte Flugdauer des Balls bis zum Aufprall auf dem Boden. (4P)
  - e) Berechne die gesamte Flugweite, die sein Ball erreicht. (4P)
2. Während der Show von Krusty und Juri werden gleichzeitig zwei dieser Bälle aus einer Höhe von  $2,80 \text{ m}$  gestartet: Ball A wird mit  $2,0 \text{ m/s}$  horizontal abgeschossen und Ball B wird einfach nur fallen gelassen.
  - a) Vergleiche die Dauer beider Flugbewegungen bis zum Aufprall. (4P)
  - b) Beschreibe die Bewegung von Ball A mathematisch durch eine Formel  $y(x)$  in einem geeigneten Koordinatensystem ( $x$ -Achse horizontal,  $y$ -Achse nach oben). (4P)
  - c) Berechne die Ortskoordinaten  $(x(t), y(t))$  des abgeschossenen Balls A zu den Zeitpunkten  $0 \text{ s}$ ,  $0,3 \text{ s}$  und  $0,6 \text{ s}$ . Stelle die Ergebnisse übersichtlich in einer Tabelle dar. (6P)

### „Schiefe Ebene“ (30 Punkte)

## SkyScaper

In Orlando, Florida wird demnächst die höchste Achterbahn der Welt gebaut. 173 Meter wird "SkyScaper" hoch sein. Mit einer Geschwindigkeit von bis zu 105 km/h schießen die Passagiere in die Tiefe, auf einer Streckenlänge von über 2,5 Kilometern. 2017 soll die Attraktion als Teil des neuen "SkyPlex"- Vergnügungszentrums in Orlando eröffnen, beginnen soll der Bau der monströsen Achterbahn nächstes Jahr.



Zu Beginn werden die Wagen über Kabelzüge steil nach oben gezogen. Die gesamte Masse eines „Zuges“ mit 7 Wagen und Passagieren beträgt 2.100 kg, der Bahnwinkel (gemessen gegen die Horizontale) ist hier bei der Startrampe  $60^\circ$ . Der Zug rollt auf Stahlrädern praktisch reibungsfrei.

3. Berechne die Kraft, die das Kabel unter oben genannten Bedingungen auf den reibungsfreien rollenden Zug übertragen muss, damit dieser die „Startrampe“ hinauf kommt. (5P)
4. Jeder Wagen rollt auf 4 Rädern. Berechne die Kraft, welche auf jedes Rad dabei wirkt. (5P)
5. Beim Hochziehen des Zuges kommt es zu einem Unfall: Das Kabel reißt, als alle Wagen noch auf der Startrampe sind. Obwohl ein Notfall-Mechanismus fast sofort die Bremse auslöst, hat der Zug in diesem Moment bereits eine Geschwindigkeit von 10 m/s erreicht. Zum Bremsen werden die Räder blockiert, die blockierten Stahlräder rutschen dann auf den Stahlschienen. Der Reibungskoeffizient für Stahl-Stahl beträgt dabei  $\mu_{GR} = 0,28$ .
  - a) Skizziere die in Aufgabe 5 beschriebene Situation, als die Bremse schon ausgelöst hat und ZEICHNE darin ALLE wirkenden Kräfte maßstabsgetreu ein. Fasse dabei den Zug als „Punkt“ zusammen. (6P)
  - b) Berechne die Geschwindigkeit  $v(t)$  des Zuges zum Zeitpunkt  $t = 5$  s nach dem Auslösen der Bremse bei  $v_0 = 10$  m/s. (8P)
  - c) Leite kommentiert eine Formel zu Berechnung des maximalen Rampenwinkels her, bei welchem die Bahn unter obigen Bedingungen noch abgebremst werden kann. Berechne diesen Winkel. (6P)

Erlaubte Hilfsmittel: Wissenschaftlicher Taschenrechner, Formelsammlung.