

---

# Ferienkurs Experimentalphysik 1

## Übungsblatt 1

**Tutoren:** Elena KAISER und Gloria ISBRANDT

---

### 1 Klassische Mechanik

#### 1.1 Raketengleichung

Betrachten Sie eine Rakete im luftleeren Raum, die durch den Ausstoß von Treibstoff beschleunigt wird. Die Rakete verliert durch den Antrieb permanent Gas, sodass ihre Masse  $m(t)$  eine Funktion der Zeit wird.

- Stelle Sie die Bewegungsgleichung für die Rakete auf, wobei  $v_g$  die Ausstoßgeschwindigkeit des Gases ist und  $m(t)$  die verbleibende Raketenmasse beschreibt.
- Durch die einfache Integration nach der Zeit erhält man aus der Bewegungsgleichung den Geschwindigkeitsverlauf. Zeigen Sie, dass für konstante Ausströmgeschwindigkeit diese Gleichung folgendermaßen lautet:

$$v = v_g \cdot \frac{m(t=0)}{m(t)} \quad (1)$$

- Welche Endgeschwindigkeit hat demnach eine Rakete, die ihren Treibstoff mit konstanter Geschwindigkeit von 3km/h ausstößt, und deren Masse beim Start von 2900t auf 760t am Ende sinkt (Apollo 12).
- In der obigen Rechnung ist die Schwerkraft vernachlässigt. Um wie viel geringer ist die Geschwindigkeit aufgrund der Gravitation, wenn man während des Starts ein konstantes Schwerfeld mit Erdbeschleunigung  $g$  annimmt, die Rakete senkrecht nach oben fliegt und für den Start 16 Sekunden benötigt? Geben Sie die resultierende Endgeschwindigkeit an.

#### 1.2 Wurf von einem Balkon

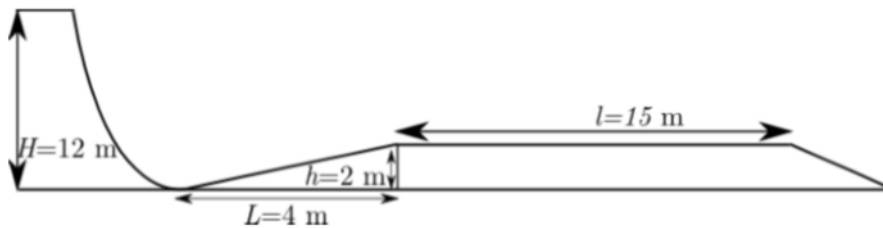
Von einem Balkon in der Höhe  $h$  werde eine Kugel mit Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  unter dem Winkel  $\alpha$  zur Horizontalen nach oben geworfen.

- Wähle ein geeignetes Koordinatensystem und beschreibe die Wurfbahn durch einen zeitabhängigen Ortsvektor  $\vec{r}(t)$ . Gib auch die Geschwindigkeit  $\vec{v}(t)$  an.
- Zu welchem Zeitpunkt trifft die Kugel auf dem Erdboden auf?
- Welche Geschwindigkeit  $v_1 = |\vec{v}_1|$  hat die Kugel beim Auftreffen auf dem Boden?

- d) Eine zweite Kugel werde unter dem Winkel  $\beta = -\alpha$  nach unten geworfen. Um welche Zeitdifferenz  $\Delta t$  erfolgt der Aufprall auf den Boden schneller als im ersten Fall?
- e) Warum hängt das Ergebnis von d) nicht von  $h$  ab?

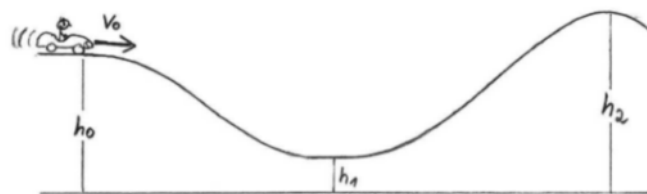
### 1.3 Snowboardfahrer

Ein Snowboardfahrer fährt von einem Anfangshügel mit gegebener Höhe  $H = 12\text{ m}$  auf eine Sprungschanze zu (siehe Abbildung). Das flache Stück vor dem Absprung hat eine Länge  $l = 15\text{ m}$ . Wurde die Schanze ordnungsgemäß gebaut bzw. gelingt es dem Snowboarder im Aufsprung zu landen? (Reibung wird vernachlässigt)



### 1.4 Achterbahnen

- a) Du bist auf dem Rummel mit verschiedenen Achterbahnen. Auf einer Achterbahn wird ein Wagen aus der Höhe  $h_0$  mit einer Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  gestartet. An der tiefsten Stelle (Höhe  $h_1$ ) ist der Wagen doppelt so schnell wie an der höchsten Stelle (Höhe  $h_2$ ). Welche Anfangsgeschwindigkeit hat der Wagen in Abhängigkeit von den Höhen  $h_0, h_1, h_2$ ?



- b) Als zweites siehst du eine Achterbahn mit Looping. Wie groß muss bei dem gezeichnete Looping mit Radius  $R$  die Anfangshöhe  $h$  sein, damit man am höchsten Punkt kurz Schwerelosigkeit erfährt?



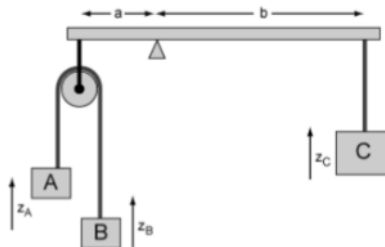
## 1.5 Kurvenplanung

Ein Bauingenieur soll einen Kurvenabschnitt einer Straße planen. Er erhält folgende Vorgaben:

- Bei vereister Straße, d.h. einem Reibungskoeffizient von  $\mu_H = 0,8$  zwischen Straße und Gummi, darf ein stehendes Auto nicht nach innen rutschen. Unter welchem Winkel  $\theta$  sollte die Straße überhöht sein?
- Autos, die mit bis zu 60 km/h fahren, dürfen nicht aus der Kurve getragen werden. Welchen Radius  $R$  muss die Kurve mindestens besitzen?

## 1.6 Gleichgewicht: Balken mit Rollen

An einem asymmetrisch unterstützten Balken sind drei Massen ( $m_A, m_B, m_C$ ) aufgehängt. Die ungleichen Massen  $A$  und  $B$  hängen über eine Rolle zusammen und setzen sich in Bewegung.



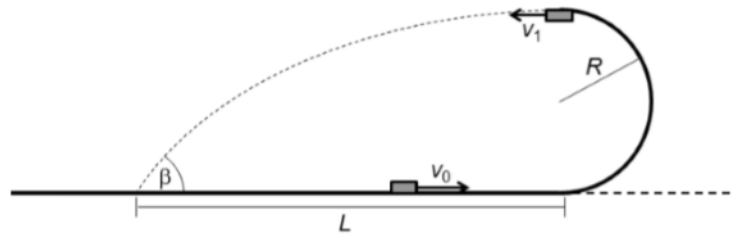
- Leiten Sie die Seilkraft  $F_S$  her, die auf den Körper  $A$  und  $B$  wirkt, wenn diese sich in Bewegung setzen, während der Balken unbeweglich ist.
- Berechnen Sie die Kraft, die die gesamte Rollenkonstruktion mit den Massen  $m_A = 1$  kg und  $m_B = 2$  kg auf den Balken ausüben.
- Wie groß muss die Masse des Körpers  $C$  sein, damit der Balken waagrecht bleibt, wenn das Längenverhältnis  $b : a = 3 : 1$  ist (während sich die Körper  $A$  und  $B$  bewegen, Massen wie in b) )?

## 1.7 Leiter

Romeo nimmt eine gleichmäßig gebaute, 10 m lange Leiter und lehnt sie gegen die glatte (reibungsfreie) Wand unter Julias Balkon. Die Leiter hat eine Masse von 22 kg und der Fußpunkt der Leiter ist 2,8 m von der Wand entfernt. Romeo hat eine Masse von 70 kg. Als er 90 % der Leiter erklommen hat, kommt die Leiter ins Rutschen. Welchen Haftreibungskoeffizient  $\mu_H$  ergibt sich damit zwischen Leiter und Boden?

## 1.8 Halber Looping

Ein Schlitten tritt in einen halben Looping mit Radius  $R = 10$  m ein, worin er reibungsfrei gleitet.



- a) Wie groß muss die Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  mindestens sein, damit der Wagen den obersten Punkt des Loopings überhaupt erreichen kann, ohne abzustürzen?
- b) Mit welcher Geschwindigkeit  $v_1$  tritt der Wagen aus dem halben Looping aus, wenn der Anfangsgeschwindigkeit  $v_0 = 25 \text{ m/s}$  beträgt?
- c) In welcher Entfernung  $L$  trifft der nach dem Austritt aus dem Looping frei fallende Schlitten für die unter b) gegebenen Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  auf dem Boden auf?
- d) Unter welchem Winkel  $\beta$  trifft der fallende Schlitten für die unter b) gegebene Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  auf dem Boden auf?