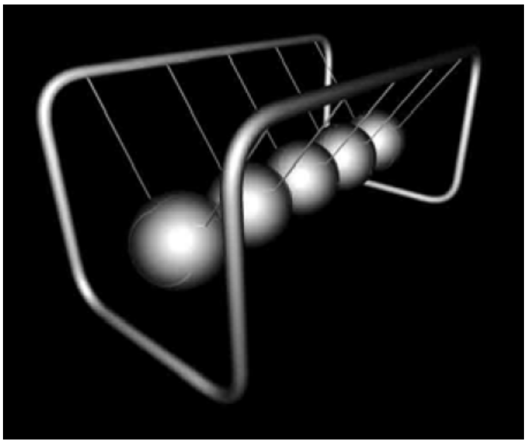
5. Übung zur Physik A2 für Nebenfächler WS 2017/18

Ausgabe: 09.11.2017
Abgabe: bis 16.11.2017 08:30 Uhr

Prof. Dr. D. Suter

Aufgabe 1: Klick-Klack

Beim so genannten Klick-Klack sind fünf Kugeln an gleich langen Fäden so aufgehängt, dass sie sich berühren und ihre Mittelpunkte auf einer horizontalen Linie liegen. Lenkt man links eine Kugel bis in die Höhe h aus und lässt sie auf die Kugelreihe zu schwingen, so bleibt sie nach dem Auftreffen in Ruhe und die rechte Kugel schwingt nach rechts aus. Auch sie bleibt nach ihrem erneuten Auftreffen in Ruhe und die linke Kugel schwingt wieder aus. Vernachlässigt man Reibung, so erreichen die Kugeln rechts und links immer die gleiche Höhe h, der Stoß ist voll elastisch.



a) Nehmen Sie $h = 5\,\text{cm}$ an. Mit welcher Geschwindigkeit trifft die ausgelenkte Kugel auf die Kugelreihe?

b) Mit welcher Geschwindigkeit fliegt die Kugel an der anderen Seite weg?

c) Mit der Impulserhaltung wäre auch vereinbar, dass beim Auftreffen einer Kugel mit Geschwindigkeit v auf der anderen Seite zwei Kugeln mit halber Geschwindigkeit abgestoßen werden. Warum geschieht das nicht? Geben sie eine kurze Rechnung an.

Aufgabe 2: Reibung

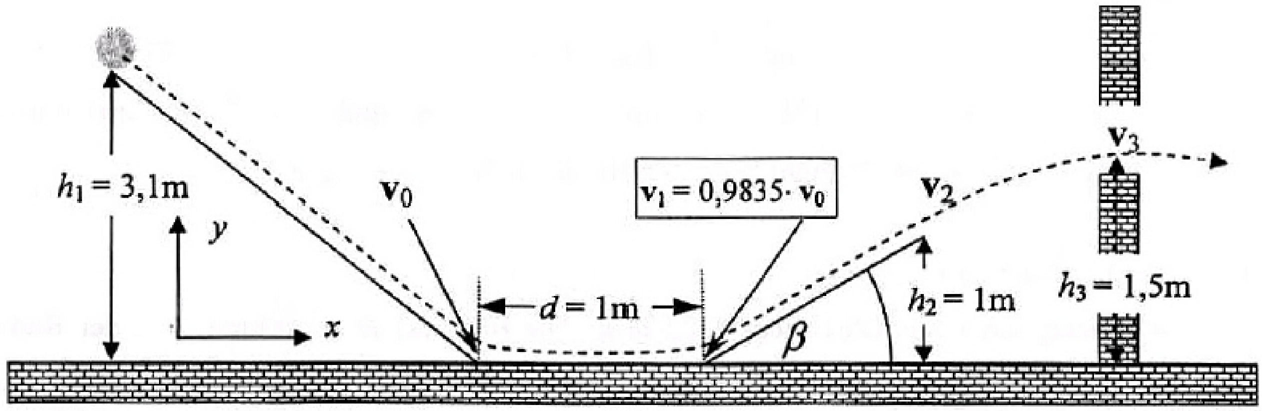
Im alten Ägypten soll auf einer Pyramidenbaustelle ein Stein über eine schiefe Ebene mit dem Winkel $\alpha = 30°$ auf eine Höhe von $h = 50\,\text{m}$ befördert werden. Oben angekommen, benötigt der Bauarbeiter eine kleine Pause und lässt den Stein los.

a) Wie groß muss der Haftreibungskoeffizient sein, damit der Stein nicht herunterrutscht?

b) Angenommen, die Haftung wurde überwunden und es liegt ein (geschwindigkeitsunabhängiger) Gleitreibungskoeffizient von $\mu_G = 0,1$ vor, d.h. der Hangabtriebskraft wirke eine Kraft entgegen, die durchgehend konstant ist. Welche Geschwindigkeit hat der Stein, sobald er wieder am Boden angelangt ist? Vergleichen Sie dies mit dem reibungslosen Fall!

Aufgabe 3: Physikalische Weltrekorde

Felix Baumgartner wiegt 100 kg und springt aus einer Raumkapsel. Dann fällt er Kopfüber zu Boden. Der Schwerkraft (Erdbeschleunigung $g = 9,81\,m/s^2$) wirkt die durch den Luftwiderstand verursachte Reibungskraft $F_L = \beta v^2$ entgegen. Hierbei ist $\beta = \frac{1}{2} c_w \rho A_{eff}$,wobei $c_w \approx 2$ der Luftwiderstandsbeiwert, $A_{eff} \approx 1\,\frac{kg}{m}$ die effektive Querschnittsfläche Baumgartners und ρ die Luftdichte ist.



a) Fertigen Sie eine Skizze an, in der Sie alle auf Felix Baumgartner einwirkenden Kräfte einzeichnen. Stellen Sie mit dem 2. Newton-Axiom die Kräftebilanz auf und bestimmen Sie so die Beschleunigung a des Fallschirmspringers in Abhängigkeit von der Luftdichte ρ und der Geschwindigkeit v.

b) Leiten Sie eine Formel für die konstante Endgeschwindigkeit her, d.h. im Fall, dass die Beschleunigung nach hinreichend langer Zeit null ist. Der echte Felix Baumgartner erreichte eine Geschwindigkeit von $1238{,}4\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Wie groß muss die durchschnittliche Luftdichte sein, um diesen Wert als konstante Endgeschwindigkeit zu erreichen?

c) Leiten Sie nun mit dem Wissen aus (a) und (b) eine Funktion $v(t)$ her, welche die Geschwindigkeit v Baumgartners zu jedem Zeitpunkt t beschreibt. Zum Erreichen der oben aufgeführten Geschwindigkeit benötigte Baumgartner ca. 50 Sekunden. Beschreibt die in (b) ausgerechnete Dichte die reale Situation?
Tipp: $\int \frac{dx}{a^2-x^2} = \frac{1}{2}\text{arctanh}(\frac{x}{a}) = \frac{1}{2a}\ln(\frac{a+x}{a-x})$

Aufgabe 4: Komplizierte Murmelbahn

Die folgende Abbildung zeigt eine Kombination von Schanzen. Eine Punktmasse gleitet aus der Höhe h_1 reibungsfrei eine Schanze hinunter, um nach einer Gleitphase auf dem Boden über eine Distanz d auf Grund von Reibung 1,65% der Geschwindigkeit einzubüßen. Anschließend gleitet sie reibungsfrei eine schiefe Ebene hinauf, verlässt diese in der Höhe h_2 und fliegt auf dem Scheitelpunkt ihrer Bahn durch ein Loch in der Höhe h_3 in einer Wand mit unbekanntem Abstand von der schiefen Ebene. Bestimmen Sie

a) die Geschwindigkeit $v_0(h = 0\,\text{m})$, $v_2(h = h_2)$ und $v_3(h = h_3)$.

b) den Gleitreibungskoeffizienten μ für die Reibung auf dem Boden,

c) den Neigungswinkel β der schiefen Ebene.