Klausur zur Experimentalphysik 1 für TUM twoinone

Prof. Dr. C. Pfleiderer
Sommersemester 2011
5. August 2011

Zugelassene Hilfsmittel:

- 1 beidseitig handbeschriebenes DIN A4 Blatt
- 1 nichtprogrammierbarer Taschenrechner

Bearbeitungszeit 90 Minuten.

Aufgabe 1 (5 Punkte)

Ein als masselos anzunehmendes Gummiseil, das in entspanntem Zustand die Länge $l_0 = 40\,\mathrm{m}$ hat, ist am Geländer einer Brücke der Höhe $h_0 = 100\,\mathrm{m}$ befestigt. Am anderen Ende des Seils ist ein Mensch mit der Masse $m = 70\,\mathrm{kg}$ befestigt. Nehmen Sie an, dass sich das Gummiseil bei Dehnung gemäß dem Hookeschen Gesetz mit einer Federkonstante von $k = 40\,\mathrm{N/m}$ verhält. Nun springt der Mensch zur Zeit $t_0 = 0$ von der Brücke. Reibungseffekte seien zu vernachlässigen.

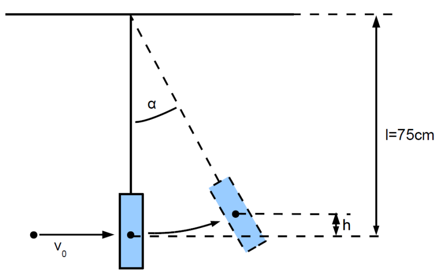
a) Berechnen Sie die Geschwindigkeit v_1 zu dem Zeitpunkt t_1, zu dem das Seil erstmals gestreckt ist und dessen Dehnung beginnt. Wie groß ist t_1?

b) Nach welcher Fallstrecke x_2 kompensieren sich gerade die Schwerkraft auf den Menschen und die elastische Kraft des Seils?

c) Wie groß ist die maximale Geschwindigkeit v_{max}, die der Springer erreicht?

Aufgabe 2 (5 Punkte)

Ein hartes Geschoss ($m = 100\,\mathrm{g}$, $v_0 = 150\,\mathrm{m/s}$) trifft einen aufgehängten mit Sand gefüllten Sack ($M = 15\,\mathrm{kg}$) genau im Schwerpunkt, der $75\,\mathrm{cm}$ unterhalb des Aufhängepunktes liegt. Dadurch wird der Sack ausgelenkt (siehe Abbildung).



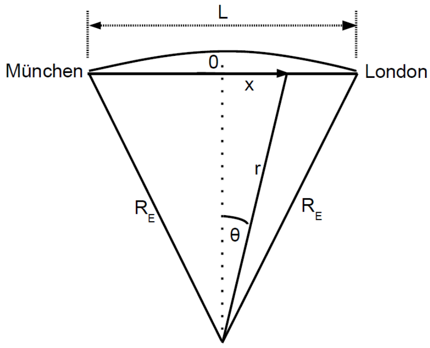
a) Das Geschoss ist in den Sack eingedrungen. Welche Geschwindigkeit besitzt der Sack nach dem Stoß?

b) Wieviel Energie wurde bei dem Stoß in Wärme umgewandelt?

c) Um welchen Wert h wird der Schwerpunkt des Sackes angehoben und welchem Auslenkwinkel α entspricht dies?

Aufgabe 3 (7 Punkte)

Zwischen München und London soll zum schnellen Transport ein geradliniger Rohrtunnel gebaut werden, also nicht der Erdkrümmng folgend (siehe Abbildung). Der Transport von Containern soll dabei reibungsfrei erfolgen. Die geradlinige Entfernung zwischen London und München beträgt 900 km.



a) Zeigen Sie, dass die in $x-$Richtung wirkende Komponente der Gravitationskraft gegeben ist durch

$$F_{G,x} = F_G(r) \cdot \sin(\theta) = \frac{GmM_E}{R_E^3} \cdot r \cdot \frac{x}{r} \quad , \quad \mathbf{F}_{G,x} = -F_{G,x}\mathbf{e}_x \tag{1}$$

Hinweis: Die Gravitationskraft am Ort $r < R_E$ vom Erdmittelpunkt entfernt beträgt:

$$F_G(r) = G\frac{mM_E(r)}{r^2} = G\frac{4}{3}\rho_E \pi r m \tag{2}$$

Gehen Sie dabei von einer konstanten Dichte ρ_E der Erde aus. Betrachten Sie zunächst die am Ort $r < R_E$ wirkende Gravitation.

b) Ermitteln Sie damit die Bewegungsgleichung des Containers in $x-$Richtung. Lösen Sie diese Bewegungsgleichung mit den Anfangsbedingungen $v(0) = 0\,\mathrm{m/s}$ und $x(0) = -L/2$ (Start des Transports in München). Gehen Sie dabei davon aus, dass das Be- und Entladen des Containers in London und München vernachlässigbar ist.

c) Welche Zeit t_D benötigt der Transport (mit Anfangsgeschwindigkeit $v(0) = 0\,\mathrm{m/s}$) von München nach London durch diesen Tunnel? Welche Höchstgeschwindigkeit v_{max} wird dabei erreicht?

Hinweis: Der Radius der Erde beträgt $R_E = 6371\,\mathrm{km}$, die Masse $M_E = 5.972 \times 10^{24}\,\mathrm{kg}$ und die Graviationskonstante ist $G = 6.674 \times 10^{-11}\,\mathrm{m^3/(kg\,s^2)}$.

Aufgabe 4 (4 Punkte)

Wie schnell muss ein Raumfahrer mit konstanter Geschwindigkeit fliegen, um die Strecke von der Erde bis zum nächsten Fixstern Proximus Centaurus (Entfernung 4.3 Lichtjahre) in einer Zeitspanne zurückzulegen, während der er selber um fünf Jahre altert?

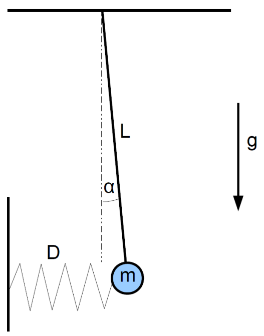
Aufgabe 5 (6 Punkte)

Eine Leiter der Länge $l = 8\,\mathrm{m}$ und der Masse $m_L = 15\,\mathrm{kg}$ lehnt an einer glatten, senkrechten Wand. Der Winkel zwischen Wand und Leiter beträgt $\theta = 25°$. Die Schwerkraft greift dabei im Schwerpunkt der Leiter an. Der Reibungskoeffizient zwischen Boden und Leiter ist $\mu = 0.2$. Nun klettert eine Frau mit Masse $m_F = 60\,\mathrm{kg}$ auf die Leiter. Berechnen Sie die Höhe h, bis zu der sie die Leiter hinaufklettern kann, bevor die Leiter anfängt zu rutschen. Erstellen Sie eine Skizze der Anordnung und zeichnen Sie die Kräfte ein.

Aufgabe 6 (10 Punkte)

Die Masse m eines idealen Pendels der Länge L wird mit einer masselosen Feder mit Federkonstante D verbunden. Am tiefsten Punkt des Pendels (d.h. bei $\alpha = 0$) wird die Feder um die Strecke x_0 aus ihrer Gleichgewichtslage eingedrückt.

Hinweis: Nehmen Sie näherungsweise an, dass eine Auslenkung der Feder senkrecht zu ihrer Achse keine rücktreibende Kraft zur Folge hat, und vernachlässigen Sie Reibungseffekte. Das Pendel schwingt im Gravitationsfeld der Erde. Sie dürfen ebenfalls annehmen, dass $\alpha << 1$.



a) Stellen Sie die Bewegungsgleichung für die Pendelauslenkung α auf. Zeigen Sie, dass im Fall kleiner Auslenkungen ($\alpha << 1$) die allgemeine Lösung folgende Form hat:

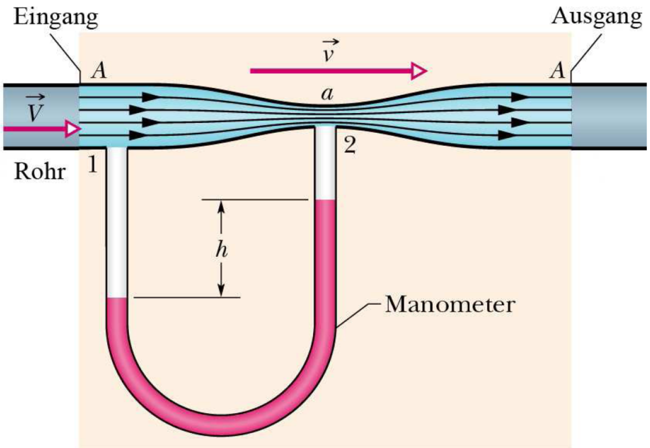
$$\alpha(t) = A\sin(\omega t) + B\cos(\omega t) + \alpha_R \tag{3}$$

b) Geben Sie die Schwingungsperiode T und die Ruhelage α_R als Funktion von m, L, D und x_0 an.

c) Wie lautet die Lösung der Bewegungsgleichung, wenn das Pendel zum Zeitpunkt 0 in die Position $\alpha = 0$ gebracht und losgelassen wird?

Aufgabe 7 (6 Punkte)

Die Venturi-Düse wird oft zur Messung der Strömungsgeschwindigkeit von Fluiden in einem Rohr verwendet (siehe Abbildung). Das Rohr habe am Eingang und Ausgang die Querschnittsfläche A. Am Eingang und Ausgang fließt das Fluid mit derselben Geschwindigkeit V wie im Rohr. Dazwischen strömt es mit der Geschwindigkeit v durch eine Verengung mit der Querschnittsfläche a. Das Manometer verbindet den breiteren Teil der Düse mit dem engeren Teil.



a) Was wird durch die Änderung des Fluiddrucks $\Delta p = p_2 - p_1$ bewirkt?

b) Betrachten Sie die Druckdifferenz Δp zwischen Punkt 1 und Punkt 2 und zeigen Sie, dass für die Geschwindigkeit V gilt:

$$V = \sqrt{\frac{2a^2 \Delta p}{\rho(a^2 - A^2)}} \tag{4}$$

wobei ρ die Fluiddichte ist.

c) Nehmen Sie nun an, bei dem Fluid handle es sich um Wasser mit der Dichte $\rho_W = 1\,\mathrm{g/cm^3}$. Die Querschnittsflächen seien $5\,\mathrm{cm^2}$ im Rohr und $4\,\mathrm{cm^2}$ in der Düsenverengung. Der Druck im Rohr sei $5.3\,\mathrm{kPa}$ und der Druck in der Verengung $3.3\,\mathrm{kPa}$. Welche Wassermasse wird pro Sekunde durch den Rohreingang transportiert?

Konstanten:

- Vakuumlichtgeschwindigkeit $c = 3 \times 10^8\,\mathrm{m/s}$
- Erdbeschleunigung $g = 9.81\,\mathrm{m/s^2}$
- Gravitationskonstante $G = 6.67 \times 10^{-11}\,\mathrm{m^3/(kg\,s^2)}$