Technische Universität München
TUM School of Natural Sciences
Physik Department

Experimentalphysik 1

Wintersemester 2023/2024

Prof. Dr. Alexander Holleitner

Klausur

14. Februar 2024

Aufgabe 1 - Masse an Schnur (10 Punkte)

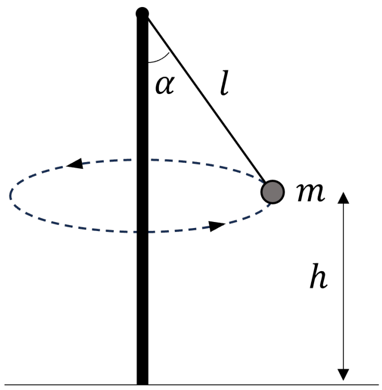
Eine punktförmige Masse $m = 100$ g sei an einer Schnur der Länge $l = 1,0$ m befestigt, welche an einem Fahnenmast im homogenen Schwerefeld der Erde aufgehängt ist. Nach einem anfänglichen Anstoßen, rotiere die Masse kreisförmig und reibungsfrei um den Fahnenmast (siehe Abbildung). Die Aufhängung ist drehbar gelagert, der Faden wickle sich also nicht auf.

(a) Nennen Sie die Kräfte, die auf die Masse wirken. Zeichnen Sie ein Kräftediagramm im Bezugssystem der Masse. (3P)

(b) Während der Rotation messen Sie als Winkel zwischen Stange und Schnur $\alpha = 22°$. Bestimmen Sie die Geschwindigkeit v, mit der die Masse um die Stange rotiert. (4P)

Ersatzergebnis: $v = 1,5$ m/s

(c) Die Masse rotiere in einer Höhe von $h = 2,0$ m. Während der Rotation schneiden Sie plötzlich die Schnur durch. Berechnen Sie die Weite, die die Masse fliegt. Betrachten Sie die Masse weiterhin als Punktmasse und vernachlässigen Sie etwaige Reste der Schnur an der Masse. (3P)



Aufgabe 2 - Reibung bei Autofahrt (14 Punkte)

Ein Auto der Masse $m = 1,5$ t fahre mit konstanter Geschwindigkeit $v_0 = 120$ km/h auf einer geradlinigen Strecke. Zwischen Reifen und Boden wirke die Rollreibung mit Rollreibungskoeffizient $\mu_{RR} = 0,01$.

(a) Erklären Sie anschaulich, warum die Rollreibungskraft F_{RR} proportional zur Normalkraft F_N ist, die vom Boden auf das Fahrzeug wirkt, also: (2P)

$$F_{RR} = \mu_{RR} F_N \tag{1}$$

(b) Berechnen Sie die Leistung, die das Auto aufwenden muss, um die Geschwindigkeit v_0 konstant zu halten. Vernachlässigen hier die Luftreibung. (3P)

Zusätzlich zur Rollreibung wirke nun auch Luftreibung auf das Auto. Die Luftreibungskraft F_{LR} ist proportional zum Quadrat der Geschwindigkeit v des Autos, also:

$$F_{LR}(v) = f_{LR}\, v^2 \tag{2}$$

(c) Welche Einheit hat der Luftreibungskoeffizient f_{LR}? (1P)

(d) Um die Geschwindigkeit v_0 auf gerader Strecke konstant zu halten, benötigt das Auto tatsächlich eine Leistung von $P = 100$ kW. Berechnen Sie den Luftreibungskoeffizienten des Autos. (3P)

(e) Das Auto kann eine maximale Leistung von $P_{\max} = 130$ kW aufbringen. Schafft es das Auto, unter Berücksichtigung aller Reibungseffekte, einen Berg mit einer Steigung von 10% hochzufahren und dabei die Geschwindigkeit v_0 konstant zu halten? (5P)

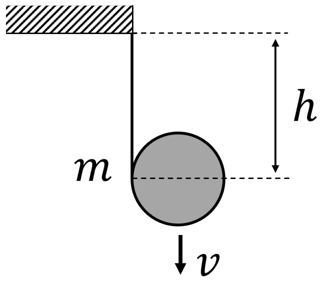
Aufgabe 3 - Jojo (12 Punkte)

Ein aufgerolltes Jojo der Masse m befindet sich zunächst in Ruhe und werde losgelassen, woraufhin es sich entlang seines Fadens abrollt. Das Jojo kann als Hohlzylinder mit Radius R und unendlich dünner Mantelfäche betrachtet werden. Der Faden sei um diesen Zylinder gewickelt (vgl. Abbildung). Reibungseffekte können vernachlässigt werden.

(a) Finden Sie eine Funktion für die Fallgeschwindigkeit v des Jojos nach der Fallhöhe h. (5P)

(b) Vergleichen Sie die Funktion aus (a) mit der Fallgeschwindigkeit bei einem freien Fall nach der Fallhöhe h. (2P)

(c) Sie betrachten nun ein weiteres zylinderförmiges Jojo mit gleicher Masse m und gleichem Radius R, aber mit unbekannter Massenverteilung. Sie messen für dieses Jojo nach der Fallhöhe h eine um den Faktor $\sqrt{\frac{4}{3}}$ höhere Geschwindigkeit, als für das Jojo in (a). Wie groß ist das Trägheitsmoment des Jojos und welche Massenverteilung im Jojo könnten Sie damit annehmen? (5P)

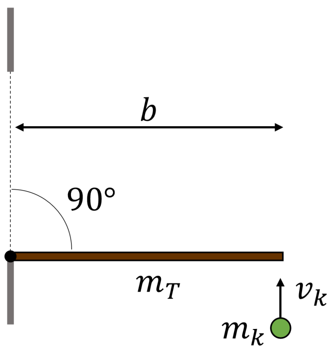


Aufgabe 4 - Knetball auf Tür (12 Punkte)

Eine dünne Tür sei anfangs um 90° geöffnet und in Ruhe. Die Tür habe eine Breite von $b = 1,0$ m und eine Masse von $m_T = 12$ kg. Sie lässt sich reibungsfrei bewegen.

(a) Sie schließen die Tür, indem Sie auf diese mit einer konstanten Kraft von 80 N am äußeren Rand drücken. Die Kraft wirke immer senkrecht zur Tür. Wie lange dauert es bis die Tür geschlossen ist? (6P)

(b) Nun möchten Sie die um 90° geöffnete Tür schließen, indem Sie einen Knetball (punktförmige Masse mit $m_k = 0,5$ kg) mit der Geschwindigkeit $v_k = 12$ m/s an den äußeren Rand werfen (siehe Abbildung). Der Knetball bleibt vollständig an der Tür haften. Wie lange dauert es bis die Tür geschlossen ist? (6P)



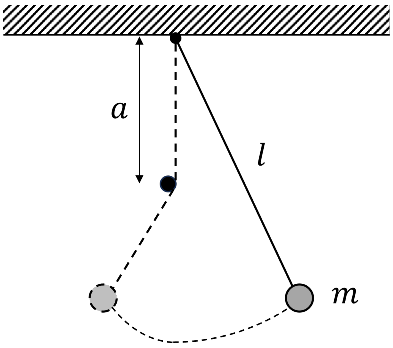
Aufgabe 5 - Fadenpendel mit Nagel (8 Punkte)

An einem Faden der Länge $l = 1,0$ m hänge ein (punktförmiges) Gewicht der Masse $m = 100$ g. Der Faden sei an der Decke befestigt. Im Abstand $a = 40$ cm unter dem Aufhängepunkt befinde sich ein dünner Nagel in der Wand, an den sich der Faden während des Schwingens vorübergehend anlegt (siehe Abbildung). Gehen Sie von kleinen Auslenkungen aus, Reibungseffekte können vernachlässigt werden.

(a) Wie viele Schwingungen führt das Pendel in einer Minute aus? (5P)

Ersatzergebnis: 40 Schwingungen pro Minute.

(b) Tatsächlich messen Sie bei dem Pendel 45 Schwingungen pro Minute. Begründen Sie, ob das abweichende Messergebnis dadurch erklärbar ist, dass Sie die Masse als Punktmasse und nicht als ausgedehnten Körper betrachtet haben. (3P)

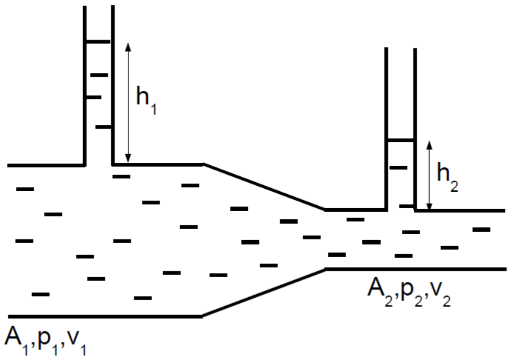


Aufgabe 6 - Verjüngendes Rohr (8 Punkte)

Gegeben sei ein von Wasser ($\rho = 1,0$ kg/L) durchströmtes Glasrohr, dessen Querschnitt sich verjüngt. Der Radius des Rohres ändere sich von $r_1 = 2,0$ cm auf $r_2 = 1,0$ cm. Vor und hinter der Verjüngung sind auf dem Rohr Steigröhrchen aufgesetzt (siehe Abbildung). Die Steigröhrchen seien oben offen. Außerhalb der Anordnung herrsche ein Luftdruck von $p_0 = 1$ bar.

(a) Im ersten Steigröhrchen steht der Wasserspiegel $h_1 = 15$ cm hoch. Wie hoch steht das Wasser im zweiten Steigröhrchen, wenn die Strömungsgeschwindigkeit im engen Rohrteil $v_2 = 80$ cm/s beträgt und die Viskosität von Wasser vernachlässigbar ist? (5P)

(b) Sie möchten nun die Fließgeschwindigkeit v_2 im Rohr soweit anpassen, dass der Flüssigkeitsstand h_2 gegen 0 geht, h_1 aber unverändert bleibt. Begründen Sie, ob das möglich ist. Wenn ja, wie groß muss die Fließgeschwindigkeit v_2 sein? (3P)



Aufgabe 7 - Mathematische Ergänzungen (8 Punkte)

Betrachten Sie eine bikonvexe, parabolische Linse aus homogenem Material, die symmetrisch durch zwei rotierte Parabeln begrenzt ist. Der Radius der Linse sei R, die Dicke der Linse sei ebenfalls R und die Masse M.

Berechnen Sie das Trägheitsmoment I der Linse als Funktion von R und M bei Rotation um die Symmetrieachse durch explizite Integration.