Nachholklausur zur Experimentalphysik 1

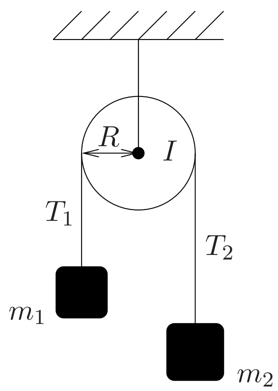
Prof. Dr. M. Rief

Wintersemester 2009/10

7.4.2010

Aufgabe 1: (6 Punkte)

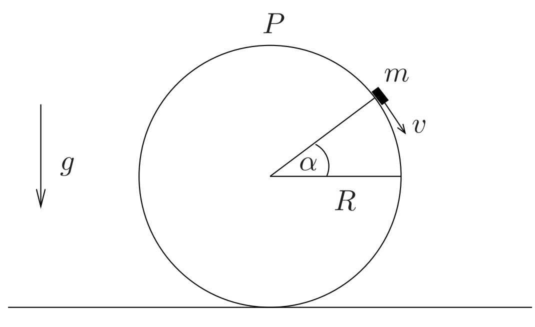
Betrachten Sie die abgebildete Atwoodsche Fallmaschine. Der die Massen m_1 und m_2 verbindende masselose Faden läuft ohne zu rutschen und ohne Längenänderung über die reibungsfrei drehbare Rolle mit Radius R und Trägheitsmoment I.



Berechnen Sie die Winkelbeschleunigung der Rolle.

Aufgabe 2: (7 Punkte)

Auf dem Erdboden liegt eine glatte Kugel mit dem Radius R. Auf deren oberstem Punkt P befindet sich ein Teilchen der Masse m, das nach einer infinitesimalen Auslenkung der Schwerkraft mit dem Ortsfaktor g folgend an der Kugel hinabgleitet.



(a) Bestimmen Sie die Geschwindigkeit v des Teilchens als Funktion des Winkels α, solange sich das Teilchen noch auf der Kugeloberfläche befindet.

(b) Wo löst sich das Teilchen von der Kugel?

(c) Berechnen Sie für $R = 1\,\mathrm{m}$ und $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$ die Zeit, die das Teilchen vom Ablösen bis zum Auftreffen auf dem Boden braucht.

Aufgabe 3: (6 Punkte)

Behandeln Sie die folgenden Stoßprozesse im Rahmen der nichtrelativistischen Mechanik:

(a) Zwei Punktteilchen der Massen m_1 und m_2 bewegen sich mit entgegengesetzt gleichen Geschwindigkeiten entlang einer Geraden und kollidieren elastisch. In welchem Verhältnis müssen die Massen der Teilchen zueinander stehen, damit Teilchen 2 nach dem Stoß genau in Ruhe ist?

(b) Ein Punktteilchen der Masse m_1 trifft mit der Geschwindigkeit v elastisch auf ein ruhendes Punktteilchen der Masse m_2, wobei m_1 und m_2 die in (a) berechnete Bedingung erfüllen. Wie groß ist die Geschwindigkeit von Teilchen 2 nach dem Stoß?

Aufgabe 4: (7 Punkte)

In einem Inertialsystem S ruht bei $x = 0$ ein Sender, der zur Zeit $t = 0$ einen Lichtimpuls sowohl in positive als auch in negative x-Richtung schickt. Das Ganze wiederholt sich periodisch mit der Periodendauer T.

(a) Zeichnen Sie ein (sauberes!) Minkowski-Diagramm, das die Situation für die ersten drei Lichtimpulse darstellt.

Ein Beobachter B bewegt sich mit der konstanten Geschwindigkeit $0 < v < c$ bezüglich S, wobei B den Ursprung des Inertialsystems S zur Zeit $t = 0$ passiert.

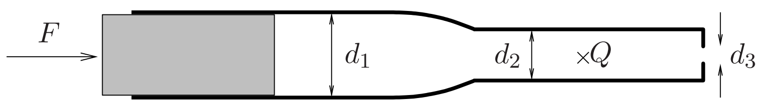
(b) Zeichnen Sie die Weltlinie von B und die Achsen seines Inertialsystems in das Minkowski-Diagramm ein. (Nehmen Sie an, dass B im Ursprung seines Inertialsystems ruht und dass seine Uhr den Zeitpunkt $t' = 0$ anzeigt, wenn B den Ursprung des Inertialsystems S passiert.)

(c) Berechnen Sie die Koordinaten t und x bezüglich S des Ereignisses „B trifft auf den zur Zeit $t = T$ ausgestrahlten Lichtimpuls“.

(d) Berechnen Sie den zeitlichen Abstand, in dem der Beobachter B die bei ihm eintreffenden Lichtimpulse wahrnimmt. Das Endergebnis soll keine quadratischen Terme in v mehr enthalten.

Aufgabe 5: (6 Punkte)

Betrachten Sie ein gerades wasserführendes Rohr, das sich vom Duchmesser d_1 auf den Durchmesser d_2 verengt und am Ende ein Loch vom Durchmesser d_3 hat (siehe Abbildung). Auf das Wasser wird durch einen reibungsfrei beweglichen Kolben von links die Kraft F ausgeübt, auf das aus dem Loch austretende Wasser wirke von rechts kein Druck. Das System befinde sich in einem stationären Zustand und die Strömung sei laminar. Behandeln Sie das Wasser als inkompressibles ideales Fluid.

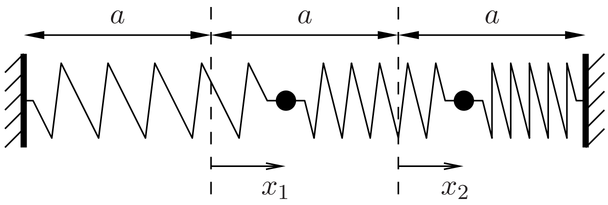


(a) Berechnen Sie den hydrostatischen Druck am Punkt Q, den Fluss (Volumenstrom) des austretenden Wassers und die Geschwindigkeit v_1 des Kolbens. (Evtl. müssen Sie dazu die Reihenfolge der Fragestellungen umstellen.)

(b) Wäre im Fall, dass kein Loch vorhanden ist, der hydrostatische Druck bei Q kleiner, größer oder gleich dem in (a) berechneten Wert?

Aufgabe 6: (5 Punkte)

Betrachten Sie das abgebildete System aus zwei gleichen Massen m und drei identischen Federn der Härte k. Die entspannte Länge der Federn sei null. Die Längen der Federn im Gleichgewichtszustand des Systems sei a. Die Ausdehnung der Massen kann vernachlässigt werden.



(a) Bestimmen Sie die Kraft auf Masse 1 und auf Masse 2 als Funktionen der Auslenkungen x_1 und x_2 der beiden Massen.

(b) Das System hat einen Schwingungsmodus der Form $x_1(t) = -x_2(t)$. Bestimmen Sie die Frequenz dieses Schwingungsmodus.

Aufgabe 7: (6 Punkte)

(a) Betrachten Sie eine Schallquelle, die einen Ton der Frequenz ν erzeugt und sich geradlinig-gleichförmig durch die ruhende Luft mit der Geschwindigkeit v auf einen ruhenden Empfänger zubewegt. Die durch den Doppler-Effekt bewirkte Frequenzänderung wird durch eine der vier folgenden Formeln korrekt beschrieben:

$$\nu' = (1 - v/c)\nu \quad , \quad \nu' = (1 + v/c)\nu \quad , \quad \nu' = \frac{\nu}{1 + v/c} \quad , \quad \nu' = \frac{\nu}{1 - v/c}$$

Beschreiben Sie *kurz*, wie Sie durch Betrachtung der Spezialfälle $v = \pm c$ die drei falschen Formeln ausschließen können.

(b) Sie stehen am Bahnsteig eines kleinen Bahnhofs und erwarten zwei in entgegengesetzten Richtungen durchfahrende Züge, die beide ein Pfeifsignal mit der Frequenz 400 Hz aussenden. Sie bemerken beim Herannahen der Züge eine Schwebung (= Differenzfrequenz) von 3 Hz. Berechnen Sie die Geschwindigkeit des zweiten Zuges, wenn bekannt ist, dass der erste Zug den Bahnhof immer mit der Geschwindigkeit 90 km/h passiert. Die Schallgeschwindigkeit beträgt 340 m/s.

(c) Erklären Sie, warum das Ergebnis von (b) nicht eindeutig ist und berechnen Sie die zweite mögliche Lösung.