Klausur zur Experimentalphysik 1

Prof. Dr. M. Rief

Wintersemester 2009/10

17.2.2010

Aufgabe 1: (7 Punkte)

Betrachten Sie einen Neutronenstern mit der Masse $M = 10^{30}\,\mathrm{kg}$ und dem Radius $R = 10\,\mathrm{km}$. Eine Schneeflocke fällt aus der Ruhe und aus der Höhe $h = 1\,\mathrm{km}$ frei auf die Oberfläche hinab.

(a) Berechnen Sie die Geschwindigkeit, mit der die Schneeflocke auf die Oberfläche auftrifft.

Die Schneeflocke befinde sich nun im Abstand $r = 100 \cdot 10^6\,\mathrm{km}$ vom Mittelpunkt des Neutronensterns und wird mit einer zum Radiusvektor senkrechten Anfangsgeschwindigkeit der Größe v auf eine Umlaufbahn um den Neutronenstern geschickt.

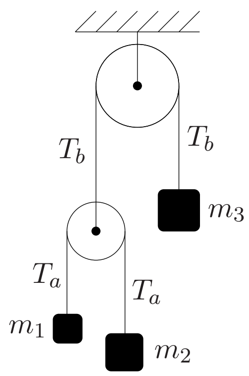
(b) Wie groß muss v sein, damit die Umlaufbahn kreisförmig wird?

(c) Beantworten Sie die folgenden Fragen ohne Rechnung oder Begründung: Welche Bahnform stellt sich ein, wenn die Anfangsgeschwindigkeit kleiner als der in (b) berechnete Wert ist? In welcher Richtung vom Anfangspunkt liegt dann der Bahnpunkt kleinsten Abstandes vom Neutronenstern? Wo liegt der Bahnpunkt größten Abstandes? (Stichworte genügen)

Hinweise: Die Newtonsche Gravitationskonstante ist $G = 6.67 \cdot 10^{-11}\,\mathrm{Nm}^2/\,\mathrm{kg}^2$. Relativistische Effekte brauchen nicht berücksichtigt zu werden.

Aufgabe 2: (7 Punkte)

Berechnen Sie für die in der folgenden Abbildung dargestellte Atwoodsche Fallmaschine die Fadenspannungen T_a und T_b. Die Rollen und die Fäden seien masselos. Die Rollen drehen sich reibungsfrei in ihren Lagern und die Fäden laufen ohne zu rutschen über die Rollen. Für die Massen gelte $m_2 = 2m_1$ und $m_3 = 3m_1$.



Hinweis: Zwischen den Koordinaten der drei Massen besteht der Zusammenhang $x_1 + x_2 + 2x_3 = \mathrm{const.}$ Bedenken Sie, dass die Rollen masselos sein sollen!

Aufgabe 3: (5 Punkte)

(a) Betrachten Sie ein ruhendes Teilchen der Masse m, das in zwei Bruchstücke m_1 und m_2 zerfällt. Beim Zerfall wird die Energie Q frei, die vollständig in kinetische Energie der beiden Bruchstücke umgesetzt wird. Berechnen Sie die Geschwindigkeiten der Bruchstücke.

(b) Betrachten Sie ein Teilchen der Masse m und der Geschwindigkeit v, das in zwei Bruchstücke m_1 und m_2 zerfällt, die sich entlang derselben Geraden wie das ursprüngliche Teilchen bewegen sollen. Beim Zerfall wird die Energie Q frei, die vollständig in kinetische Energie der beiden Bruchstücke umgesetzt wird. Wie groß sind die Geschwindigkeiten der Bruchstücke?

Hinweis: Alle Geschwindigkeiten seien so klein, dass Sie nichtrelativistisch rechnen können.

Aufgabe 4: (8 Punkte)

Ein Raumschiff fliegt mit 60% der Lichtgeschwindigkeit an einem Stern vorbei, der sich anschickt als Supernova zu explodieren. Nachdem das Raumschiff den Stern passiert und sich (vom Inertialsystem des Sterns betrachtet) 6 Lichtminuten von ihm entfernt hat, bricht die Supernova aus.

(a) Zeichnen und beschriften Sie ein (sauberes!) Minkowski-Diagramm, das die Situation bezüglich des Inertialssystems des Sterns darstellt. Im Nullpunkt des Diagramms soll sich dabei das Ereignis „Das Raumschiff passiert den Stern“ befinden.

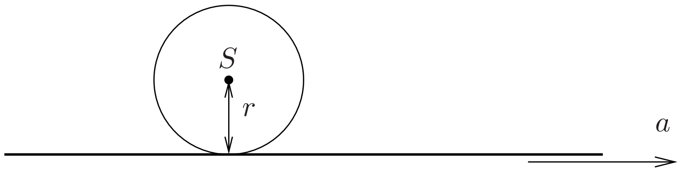
(b) Welche Koordinaten hat der Supernovaausbruch im Inertialsystem des Sterns?

(c) Berechnen Sie mit Hilfe der Lorentz-Transformation, welche Zeit auf der Raumschiffsuhr zwischen dem Vorbeiflug am Stern und dessen Explosion verstreicht.

(d) In welcher Entfernung ereignet sich die Supernova vom Raumschiff aus betrachtet?

Aufgabe 5: (6 Punkte)

Auf einer ebenen horizontalen Unterlage kann ein Zylinder rollen ohne zu rutschen. Die Masse des Zylinders sei $m = 2\,\mathrm{kg}$, sein Radius $r = 5\,\mathrm{cm}$ und das Trägheitsmoment um seinen Schwerpunkt sei $I = 0.003\,\mathrm{kg\,m^2}$. Der Schwerpunkt S des Zylinders befinde sich auf seiner Symmetrieachse. Nun wird die Unterlage mit der Beschleunigung $a = 1\,\mathrm{m/s^2}$ unter dem Zylinder weggezogen (siehe Skizze).



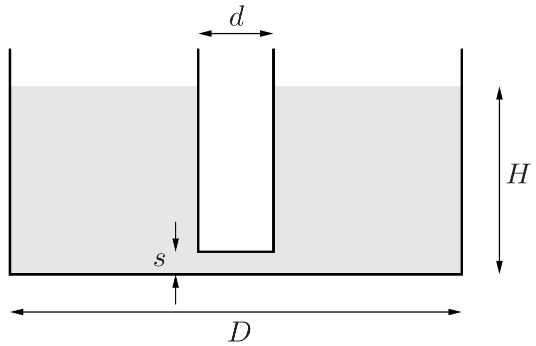
(a) Berechnen Sie (vorzeichenrichtig!) die Winkelbeschleunigung und die Translationsbeschleunigung des Zylinders.

(b) Wie groß muss der Haftreibungskoeffizient μ_H zwischen Zylinder und Unterlage mindestens sein, damit der Zylinder tatsächlich rollt ohne zu rutschen?

Hinweis: Wenn Sie Teil (a) nicht bearbeiten, gehen Sie in Teil (b) davon aus, dass die Translationsbeschleunigung des Zylinders $0.412\,\mathrm{m/s^2}$ beträgt. (Dies ist *nicht* der wahre Wert.)

Aufgabe 6: (7 Punkte)

In der Mitte eines kreisrunden Wasserbeckens mit Durchmesser $D = 12\,\mathrm{m}$ befindet sich ein oben offener Hohlzylinder mit Durchmesser $d = 2\,\mathrm{m}$. Der Hohlzylinder sei so fixiert, dass seine Unterseite $s = 50\,\mathrm{cm}$ vom Beckenboden entfernt ist. Die Höhe des Wasserspiegels sei $H = 5\,\mathrm{m}$.



(a) Wie groß ist der Wasserdruck an der Unterseite des Zylinders? Wie groß ist die Kraft, mit der der Zylinder nach unten gedrückt werden muss um zu verhindern, dass er aufschwimmt?

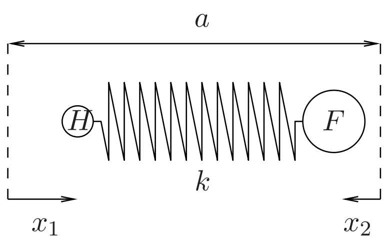
(b) Nun befinde sich in der Mitte der Unterseite des Zylinders ein kleines Loch, durch das Wasser aus dem Becken in den Zylinder eindringt. Berechnen Sie die Anfangsgeschwindigkeit des emporspritzenden Wassers und die Höhe, die die Wasserfontäne erreicht.

(c) Mit welcher Geschwindigkeit sinkt der Wasserspiegel, wenn das Loch im Zylinder kreisförmig ist und den Durchmesser $l = 4\,\mathrm{cm}$ hat?

Hinweise: Betrachten sie das Wasser als eine inkompressible ideale Flüssigkeit, die Strömung als laminar und vernachlässigen Sie den Luftdruck. Nehmen Sie in Teil (b) und (c) an, dass sich die Höhe des Wasserspiegels noch nicht nennenswert verändert hat. In Teil (b) kann die zeitliche Änderung des Wasserspiegels ganz vernachlässigt werden. Wenn Sie Teil (b) nicht bearbeiten, gehen Sie in Teil (c) davon aus, dass die Anfangsgeschwindigkeit der Wasserfontäne $9.1\,\mathrm{m/s}$ beträgt. (Dies ist *nicht* der wahre Wert.)

Aufgabe 7: (6 Punkte)

Fluorwasserstoff ist ein 2atomiges Molekül, das man sich in einer ersten Näherung als zwei durch eine Feder gekoppelte Massenpunkte vorstellen kann, die entlang ihrer Verbindungslinie schwingen können (siehe Skizze).



Der Gleichgewichtsabstand der Atome beträgt $a = 92\,\mathrm{pm}$, ihre Massen sind $m_H = 1.66 \cdot 10^{-27}\,\mathrm{kg}$ bzw. $m_F = 31.5 \cdot 10^{-27}\,\mathrm{kg}$. Durch spektroskopische Untersuchungen stellt man fest, dass die lineare Schwingungsfrequenz des Systems $\nu = 12.4 \cdot 10^{14}\,\mathrm{Hz}$ beträgt. Stellen Sie die Bewegungsgleichungen für die Auslenkungen x_1 und x_2 der beiden punktförmig gedachten Atome aus ihren eingezeichneten Gleichgewichtslagen auf, und berechnen Sie die Federkonstante k der HF-Bindung, indem Sie die „Relativkoordinate“ $r = x_2 - x_1$ betrachten.