1. Ein einfaches Spielzeug besteht aus einer Feder (**Federkonstante *D***), auf der am Fußpunkt einer schiefen Ebene (Neigungswinkel α zur Horizontalen) eine Masse ***M*** aufgelegt wird (das Eigengewicht der Feder kann vernachlässigt werden). Das Ziel ist es, die Masse an das Ende der schiefen Ebene zu befördern, indem man die Feder zunächst um eine Länge ***a*** kontrahiert und dann loslässt. Dort stößt die reibungsfrei gleitende Masse gegen einen leichtgängigen Schalter, der ein Lämpchen zum Leuchten bringt. Der Abstand des Lämpchens von der Masse bei entspannter Feder sei ***L***.

a) Fertigen Sie eine Skizze des Aufbaus an.
b) Um welche Länge ***a*** muss die Feder kontrahiert werden, damit das Lämpchen ausgelöst wird?

Hinweis: Wird die Feder kontrahiert, so ändert sich die Höhendifferenz.

(Lösung: $a = \frac{Mg}{D}\sin\alpha + \sqrt{\left(\frac{Mg}{D}\sin\alpha\right)^2 + \frac{2MgL}{D}\sin\alpha}$ *)*

c) Das Problem führt auf eine quadratische Gleichung. Man interpretiere die beiden Lösungen.

2. **Bestimmung der Gravitationskonstante G.** Mit einer Drehwaage nach **Cavendish** soll experimentell die Gravitationskonstante **G** ermittelt werden. Dazu wird der Einschwingvorgang der beiden kleineren Massenstücke ***m*** betrachtet, die sich nach dem Umlegen der beiden größeren Massen ***M* = 1,5 kg** in deren Gravitationsfeld wie im freien Fall bewegen. Die Strecke ***y*(*t*)**, die die beiden kleinen Massen ***m*** dabei in Richtung der großen Massen ***M*** zurücklegen, wird mit einem Laserstrahl über einen Spiegel auf einen in der Entfernung ***L*** befindlichen Schirm übertragen und dort als Strecke ***x*(*t*)** stark vergrößert dargestellt, was die Längenmessung deutlich vereinfacht.

a) Skizzieren sie die Versuchsanordnung und benennen Sie darin alle für die Berechnung von **G** nötigen Größen.
b) Leiten Sie nun eine allgemeine Formel für die Berechnung des Zahlenwertes für die Gravitationskonstante **G** her.
c) Nehmen Sie an, Sie hätten das Experiment selbst durchgeführt und ***x*(*t* = 50 s) = 4,7 cm** gemessen. Die größeren Massen seien jeweils ***M* = 1 kg**, der Abstand der kleineren Massen ***m*** von der Drehachse ***d* = 4 cm**, der Zentralabstand zwischen ***m*** und ***M*** vor dem Umlegen der größeren Massen ***r* = 5 cm** und der Abstand zwischen Spiegel und Schirm ***L* = 15 m** gewesen.
Welchen Wert für **G** erhalten Sie?
d) Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit dem Literaturwert. Wie stark (in %) weicht Ihr Ergebnis davon ab? Warum?

3. Ein Satellit bewegt sich knapp über der Erdoberfläche.

a) Bewegt er sich schneller oder langsamer als der Mond?
b) Wie kann man das Geschwindigkeitsverhältnis durch das Radienverhältnis ausdrücken?
c) Wie verhalten sich die Perioden der Bahnbewegungen?
d) Bestimmen Sie die Umlaufdauer des Satelliten aus der des Mondes (**27 d**) und den Bahnradien $\boldsymbol{r_{EM} = 384000}$ **km** und $\boldsymbol{r_{Sat} = 6370}$ **km**! (*Lösung:* $T = 1{,}405$ h)

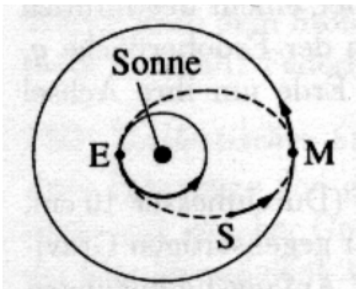
4. Ein Meteor hat im Perihel die Geschwindigkeit $\boldsymbol{v = 7 \cdot 10^4\ \mathrm{ms^{-1}}}$ und den Abstand $\boldsymbol{r_P = 5 \cdot 10^{10}\ \mathrm{m}}$ von der Sonne.

a) Bestimmen Sie seinen Abstand von der Sonne und seine Geschwindigkeit im Aphel, sowie die Exzentrizität seiner Bahn! *(Lösung:* $r_A = 5{,}994 \cdot 10^{11}$ m, $v_A = 5{,}839 \cdot 10^3$ ms^{-1}, $\varepsilon = 0{,}846$*)*
b) Man zeige mittels einer Dimensionsbetrachtung, dass die Exzentrizität ε dimensionslos ist.

Hinweis: Die Sonnenmasse beträgt $M_S = 1{,}99 \cdot 10^{30}$ kg.

Bitte Seite wenden!

5. Von der Erde (E) wird in Richtung ihrer Bahnbewegung um die Sonne eine Sonde (S) zum Mars (M) gestartet (siehe untenstehende Skizze). Die Umlaufbahnen der beiden Planeten werden wegen ihrer geringen Exzentrizität näherungsweise als kreisförmig angenommen. Die Sonde bewegt sich entlang der gestrichelt gezeichneten Ellipse, deren große Achse gleich der Summe der Entfernungen Erde-Sonne (Perihelabstand $\boldsymbol{r_P = 1{,}5 \cdot 10^{11}}$ **m**) und Sonne-Mars (Aphelabstand $\boldsymbol{r_A = 2{,}28 \cdot 10^{11}}$ **m**) ist.



a) Berechnen Sie daraus die Flugdauer der Sonde! *(Lösung:* t = 258,5 d)

b) Wie groß muß die Einschußgeschwindigkeit der Sonde in die Umlaufbahn sein und wie groß ist die Geschwindigkeit, mit der die Sonde den Mars erreicht? Die Anziehungskraft von Erde und Mars soll bis dahin unberücksichtigt bleiben. *(Lösung:* v_0 = 32,7 kms^{-1}, v = 21,5 kms^{-1})

6. Beim Periheldurchgang des Kometen ***Halley*** im Februar 1986 wurden seine Bahnelemente genau bestimmt: Perihelabstand $\boldsymbol{r_P = 8{,}784 \cdot 10^{10}}$ **m**, numerische Exzentrizität $\boldsymbol{\varepsilon = 0{,}9673}$, Umlaufzeit $\boldsymbol{T = 76{,}0289}$ **a**.

➔ Man berechne daraus den Aphelabstand $\boldsymbol{r_A}$, die Halbachsen $\boldsymbol{a}$ und $\boldsymbol{b}$ der Bahnellipse, sowie die Geschwindigkeiten $\boldsymbol{v_P}$ und $\boldsymbol{v_A}$ im Perihel, bzw. Aphel.
(Lösung: $r_A = 5{,}285 \cdot 10^{12}$ m, $a = 2{,}686 \cdot 10^{12}$ m, $b = 6{,}813 \cdot 10^{11}$ m, v_P = 54,5 kms^{-1}, v_A = 0,9 kms^{-1}*)*