1. **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.
Hinweis: Die Torsion des Fadens der Aufhängung kann vernachlässigt werden.

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?

2. Gegeben sei die Funktion $u(x,y) = y^3 - 3x^2 y$.
Berechnen Sie

a) $\vec{G}(x,y) = \vec{\nabla} u(x,y)$. *(Lösung: $\vec{G} = -6xy \cdot \vec{e}_x + \left(3y^2 - 3x^2\right) \cdot \vec{e}_y$)*
b) $\vec{\nabla} \cdot \vec{G}(x,y)$ *(Lösung: $\vec{\nabla} \cdot \vec{G}(x,y) = 0$)*

3. **Beliebige Kräfte und Arbeit.** Gegeben sei die Kraft $\vec{F}(\vec{r}) = y \cdot \vec{e}_x + x^2 \cdot \vec{e}_y$.

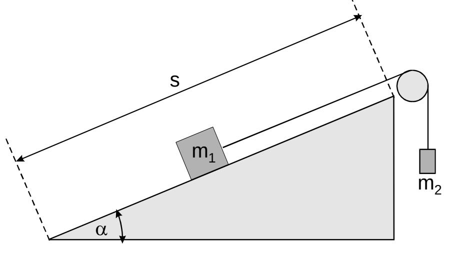
➔ Man berechne die Arbeit (in beliebigen Einheiten), welche bei der Verschiebung vom Ursprung in den Punkt $P = (2, 4, 0)$

a) entlang der Geraden ($y = 2x$, $z = 0$) oder *(Lösung: 28/3)*
b) entlang des Parabelstückes ($y = x^2$, $z = 0$) *(Lösung: 32/3)*

verrichtet wird.

➔ Welche Aussage erlaubt das Ergebnis über das Kraftfeld?

4. **Bewegung auf einer schiefen Ebene.** Eine **Masse *m*₁** ist über eine Umlenkrolle und ein masseloses Seil mit einem Gewicht der **Masse *m*₂** verbunden (siehe Skizze). ***m*₁** gleitet reibungsfrei auf einer schiefen Ebene mit dem **Neigungswinkel α zur Horizontalen**.



➔ In welcher Zeit ***t*** durchläuft die anfangs ruhende Masse **die Strecke *s*** auf der schiefen Ebene?

(Lösung: $t = \sqrt{\dfrac{2s(m_1 + m_2)}{g(m_2 - m_1 \sin\alpha)}}$)

5. 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***.

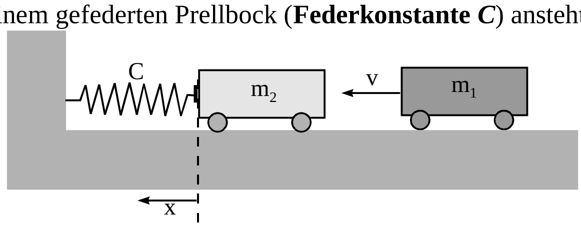
a) Fertigen Sie eine Skizze des Aufbaus an.
b) Um welche Länge ***a*** muss die Feder kontrahiert werden, damit das Lämpchen ausgelöst wird?

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.

6. Ein vollbeladener Güterwaggon der **Masse m_1** prallt auf einen leeren Güterwaggon (**Masse: m_2**), der am Ende des Gleises an einem gefederten Prellbock (**Federkonstante *C***) ansteht. (siehe Skizze).



Die Anfangsgeschwindigkeit des vollen Güterwaggons ist ***v***. Nach seinem Aufprall auf den leeren Waggon können die beiden Waggons als eine Masse betrachtet werden.

a) Leiten Sie aus der Impulserhaltung die Geschwindigkeit der beiden Waggons nach dem Aufprall ab.
b) Wie weit wird der gefederte Prellbock komprimiert (allgemeine Rechnung)?
c) Man berechne den **Federweg *A*** für $m_1 = 50$ t, $m_2 = 10$ t, $v = 1$ ms^{-1}, $C = 1000$ kNm^{-1}.
(Lösung: A = 20 cm*)*

Hinweis: Massen und Rotationsenergien der Räder können vernachlässigt werden.