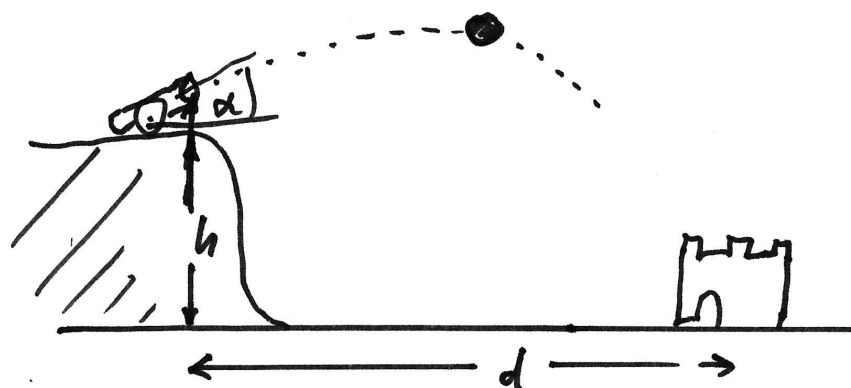


Aufgabe 1. Burgbelagerung

(10 Punkte)

Eine Kanone steht auf einem Berg der Höhe h und feuert eine Kugel mit Anfangsgeschwindigkeit v_0 und Anstellwinkel α auf eine Burg.

Die Erdbeschleunigung sei g ; der Luftwiderstand ist zu vernachlässigen.

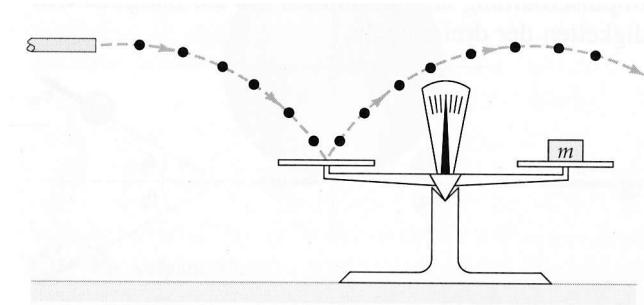


- Zeichnen Sie ein Koordinatensystem in das Bild ein und geben Sie eine Gleichung für die Flugbahn an. **(2 P.)**
- Bestimmen Sie den Zeitpunkt an dem die Kugel auftrifft als Funktion der gegebenen Parameter h , α , v_0 und g . **(4 P.)**
- Unter welchem Winkel schlägt die Kugel auf? **(3 P.)**
- Für den Sonderfall $h=0$ erreicht die Kanone für gegebenes v_0 eine maximale Entfernung bei einem Anstellwinkel von $\alpha=45^\circ$. Wird die maximale Entfernung für $h>0$ bei größerem, kleinerem oder gleichem α erreicht? Skizzieren Sie Ihre Antwort! **(1 P.)**

Name: _____

Aufgabe 2. Kugelwaage

(10 Punkte)



Ein Strom von 100 Glaskügelchen mit jeweils der Masse 0.5g trete pro Sekunde aus einem horizontalen Röhrchen aus. Die Kügelchen fallen 0.5m tiefer auf die Schale einer Waage und prallen von ihr so ab, dass sie ihre ursprüngliche Höhe wieder erreichen.

- a) Mit welcher *vertikalen* Geschwindigkeit prallen die Kugeln auf? **(4 P.)**
- b) Wie groß muss die Masse in der anderen Waagschale sein, damit der Zeiger in der Mitte stehen bleibt? **(6 P.)**

Name: _____

Aufgabe 3. Gravitation

(15 Punkte)

Der Mars ist, von der Sonne aus gesehen, der vierte Planet in unserem Sonnensystem. Sein Durchmesser ist knapp 6800 Kilometer und seine Umlaufbahn um die Sonne hat eine große Halbachse von 227,99 Mio. km.

Die Gravitationskonstante beträgt $G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$

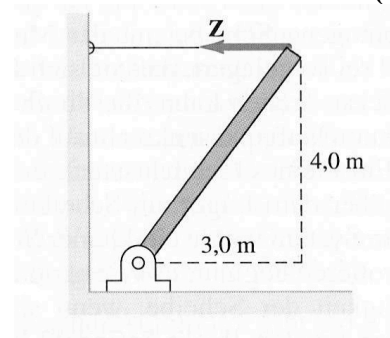
- a) Die Fallbeschleunigung auf der Marsoberfläche beträgt $3,69 \text{ m/s}^2$. Berechnen Sie die Masse vom Mars. (homogene Massenverteilung angenommen) **(3 P.)**
- b) Wie groß ist die Fluchtgeschwindigkeit auf der Marsoberfläche, also die Geschwindigkeit, die ein Geschöß in senkrechter Richtung haben muss, um dem Gravitationsfeld des Planeten zu entkommen? **(4 P.)**
- c) Die (siderische) Umlaufzeit des Mars um die Sonne beträgt 687 Tage. Bestimmen Sie daraus die Masse der Sonne (*nähern Sie dazu die Planetenbahn als Kreisbahn*) **(4 P.)**
- d) Die Bahnebenen der Planetenbahnen haben eine feste Orientierung (die Bahnnormalen sind konstant). Was ist der physikalische Grund? **(2 P.)**
- e) Zusätzlich zur Bahnbewegung hat der Mars eine Eigenrotation. Die Eigenrotationsachse ändert sich langsam und periodisch mit der Zeit. Was ist die Ursache für dieses, als Präzession bekannte, Phänomen? (*kurze Begründung in Worten*) **(2 P.)**

Name: _____

Aufgabe 4. Schlagbaum

(15 Punkte)

Ein dünner Schlagbaum besitze bei einer homogenen Masseverteilung die Masse 150kg und die Länge 5m. Er sei am Boden mit einem Scharnier verbunden und werde durch ein horizontales Seil gehalten

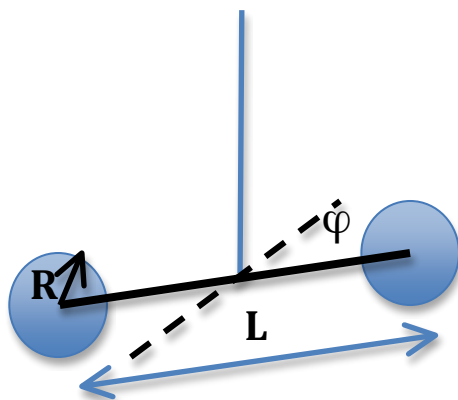


- Wie groß ist die Zugkraft auf dem Seil ? **(4 P.)**
- Das Seil werde nun durchtrennt. Wie groß ist die potentielle Energie der Lage in diesem Moment, wenn die Höhe des Scharniers als Bezugspunkt gewählt wird? **(2 P.)**
- Berechnen Sie das Trägheitsmoment des Schlagbaums bezüglich der Scharnierachse durch explizite Integration in kartesischen Koordinaten. (*Hinweis Sie dürfen den Schlagbaum als quaderförmig annehmen und eine geeignete Orientierung des Koordinatensystems wählen*) **(5 P.)**
- Wie groß ist die Winkelgeschwindigkeit, wenn der Schlagbaum die Horizontale erreicht **(4 P.)**

Name: _____

Aufgabe 5. Torsionspendel

(15 Punkte)



Zwei Kugeln mit jeweils der Masse M und Radius R sind *starr* über eine masselose Verbindungsstange der Länge L verbunden und in der Mitte an einem dünnen Stahlfaden aufgehängt. Bei Verdrehung um den Winkel φ aus der Gleichgewichtslage wirkt das rücktreibende Drehmoment $D = D_r \cdot \varphi$ (D_r : Richtmoment). Da die Kugeln außerdem in einer Flüssigkeit eingetaucht sind wirkt aufgrund von Reibung ein zusätzliches Drehmoment $D_f = 2\gamma \cdot \dot{\varphi}$.

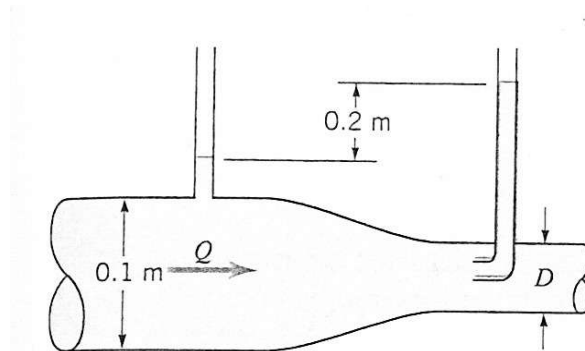
- Stellen Sie die Bewegungsgleichung für den Winkel $\varphi(t)$ auf. **(2 P.)**
- Zeigen Sie, dass ein Exponentialansatz $\varphi(t) = C e^{\lambda t}$ die Differentialgleichung löst und geben Sie die komplexe Lösung für $\lambda_{1,2}$ an. **(4 P.)**
- Bestimmen Sie die Schwingungsdauer T des Torsionspendels für den *reibungsfreien Fall* [Das Trägheitsmoment einer homogenen Kugel ist $I_{Kugel} = 2/5 MR^2$] **(4 P.)**
- Um welchen Faktor ändert sich die Schwingungsdauer, wenn die Länge des Fadens verdoppelt wird? **(2 P.)**
- Welches elastische Modul geht in das Richtmoment ein? **(1 P.)**
- Bestimmen Sie den Koeffizienten γ für den Fall, dass die Stokessche Reibung der Kugeln den Reibungskoeffizienten dominiert. **(2 P.)**

Name: _____

Aufgabe 6. Fluss im Rohr

(10 Punkte)

Wasser fließt durch ein Rohr mit Durchmesser 0.1m, welches sich auf einen Durchmesser D verengt. Siehe Zeichnung.



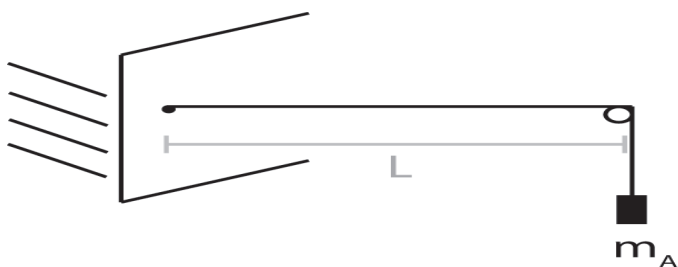
- a) Es sei Q die Flussrate in Einheiten Liter/Sekunde. Bestimmen sie die Flussgeschwindigkeit als Funktion von Q . **(3 P.)**
- b) Wie heißt der Druck im ersten Steigrohr? Geben Sie eine Formel an? Welchen Druck misst das zweite Steigrohr? Geben Sie auch hier eine Formel an? **(3 P.)**
- c) Bestimmen Sie für die gegebene Druckdifferenz von 0.2m Höhenunterschied im Manometer die Abhängigkeit der Flussrate Q vom Rohrdurchmesser D . **(4 P.)**

[Hinweis: Nehmen Sie an, dass es sich um eine *ideale Flüssigkeit handelt*]

Name: _____

Aufgabe 7. Schwingungen und Wellen

(10 Punkte)



Gezeichnet ist eine über eine Rolle gespannte Saite. Die Länge der Saite bis zur Ablenkrolle ist $L = 30 \text{ cm}$. Das Zuggewicht beträgt $m_A = 10 \text{ kg}$ und die Saite ist ein rundes Stahlseil (Durchmesser $D = 0.5 \text{ mm}$). Die Dichte von Stahl ist $\rho = 7,85 \text{ g/cm}^3$.

- Durch die festen Randbedingungen (Wand, Rolle) überlagern sich harmonische Wellen bei geeigneten Wellenlängen zu stehenden Wellen. Zeichnen Sie die Grundschiwingung und zwei Oberschwingungen für die gegebene Saite ein (jeweils stehende Transversalwellen). **(2 P.)**
- Wie groß ist die Phasengeschwindigkeit v_{ph} einer (laufenden) Transversal-Welle unter diesen Bedingungen? (Hinweis: Für eine gespannte Saite gilt folgende Beziehung zwischen Zugspannung F und Phasengeschwindigkeit: $v_{\text{ph}}^2 = F/\mu$. Hierbei ist μ die Masse pro Längeneinheit der Saite) **(2 P.)**
- Welche Höhe (Frequenz) hat die zweite Oberschwingung? **(2P.)**
- Geben Sie die Amplitude $A(x,t)$ für die zweite Oberschwingung mathematisch an. **(2P.)**
- Zeigen Sie, dass auch die Amplitude $A(x,t) = A_0 \exp [-(x-ct)^2/\sigma^2]$ die Wellengleichung erfüllt. **(2P.)**

Name: _____

Bonusfragen

(9 Punkte)

- a) Wie lautet der relativistische Ausdruck für die Lorentz-Längenkontraktion? **(3 P.)**
- b) Geben Sie die Bedeutung und/oder die Definition der Reynoldszahl an. Was bedeuten große bzw. kleine Reynoldszahlen? **(3 P.)**
- c) Geben Sie eine Definition des Begriffs „Dispersion“ einer mechanischen Welle und nennen Sie ein Beispiel für anomale Dispersion. **(3 P.)**

Name: _____