Fakultät für Physik der LMU 19.02.2013

Klausur zur Vorlesung E1: Mechanik für Studenten des B.Sc. Physik und B.Sc. Physik + Meteorologie (9 ECTS)

Wintersemester 2012/13

Prof. Dr. Joachim O. Rädler

Name: .... Vorname: ....

Matrikelnummer: .... Übungsgruppe: ....

Studiengang: .... Fachsemester: ....

Die erreichte Punktzahl soll mit Matrikelnummer im Internet veröffentlicht werden ☐ ja

---

Bitte beachten Sie folgende Informationen:

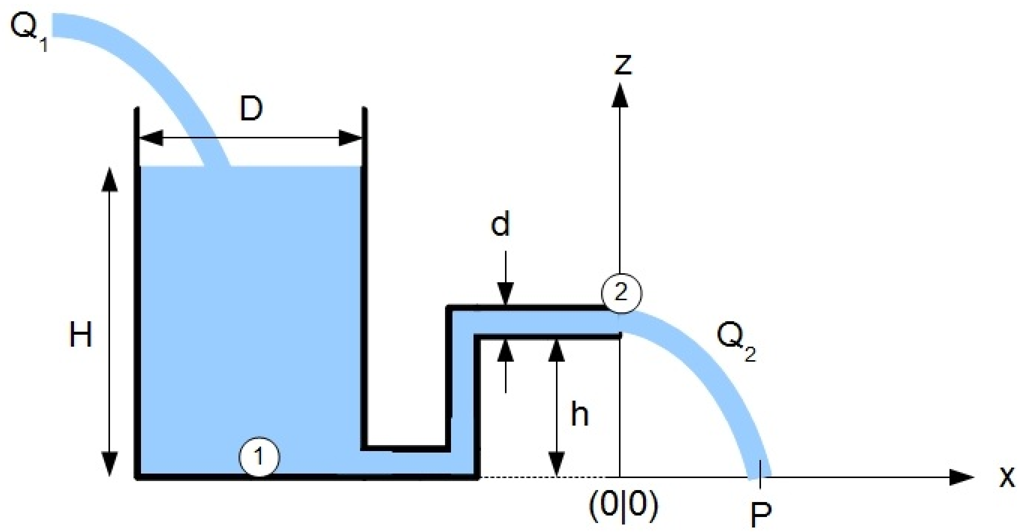
- Die Bearbeitungszeit beträgt 180 Minuten
- Bitte nicht mit Bleistift schreiben
- Bitte jedes Blatt mit **Namen und Matrikelnummer** beschriften
- Erlaubte Hilfsmittel: Taschenrechner (nicht grafisch programmierbar)

Erreichte Punktzahl (von 100)

1	2	3	4	5	6	7	Bonus	Σ

Aufgabe 1: Hydrodynamik (16 Punkte)

Gegeben sei ein Behälter mit Durchmesser D aus dem über ein Rohr mit Durchmesser d Wasser abläuft (siehe Skizze). Der Wasserstand H kann durch einen Zufluss mit Flussrate Q_1 reguliert werden. Betrachten Sie das Wasser als ideale Flüssigkeit.



a) Wie groß ist der statische Druck im Punkt 1?

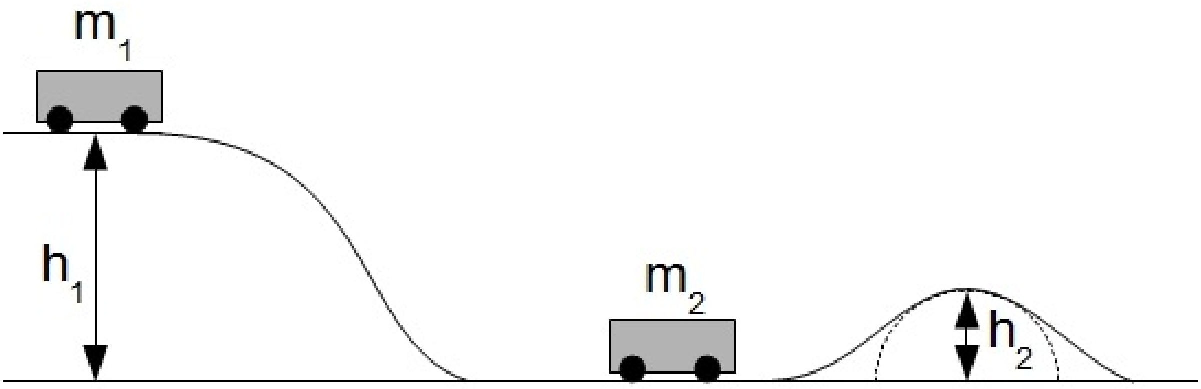
b) Mit welcher Geschwindigkeit strömt das Wasser im Punkt 2 mittig aus dem Rohr aus?

c) Wie groß muss die Zuflussrate Q_1 sein, damit sich der Wasserpegel im Behälter nicht ändert?

d) An welchem Punkt auf der X-Achse des gezeigten Koordinatensystems trifft das Wasser auf, das mittig aus dem Rohr strömt?

Aufgabe 2: Bergab, bergauf (16 Punkte)

Ein Wagen (Masse m_1) rollt reibungsfrei von einer Höhe h_1 ins Tal. Dort trifft er auf einen stehenden Wagen (Masse m_2) und koppelt an ihn an. Die Wagen rollen nach dem Stoss gemeinsam und reibungsfrei auf einen Hügel mit halbkugelförmiger Kuppe und Höhe h_2 zu (der Radius der Kuppe ist h_2).



a) Mit welcher Geschwindigkeit stößt der Wagen 1 auf den Wagen 2, wenn er aus der Ruhelage bergabwärts fährt?

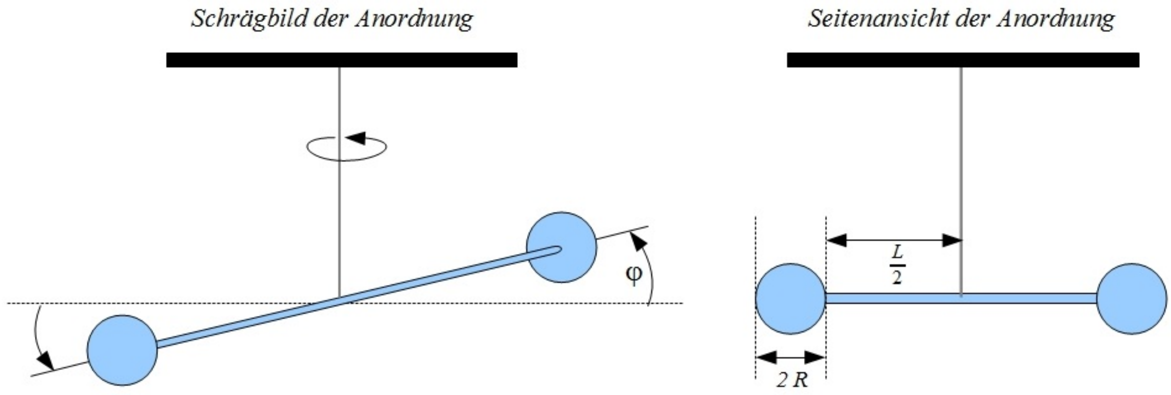
b) Mit welcher Geschwindigkeit fahren die Wagen nach dem Stoss gemeinsam weiter?

c) Unter der Voraussetzung, dass die Wagen den Scheitelpunkt des zweiten Hügels erreichen: Mit welcher Geschwindigkeit kommen die Wagen am Scheitelpunkt an?
Wie lautet die Bedingung an die Anfangshöhe h_1 als Funktion von h_2, m_1 und m_2 für das Erreichen des Scheitels?

d) Wie hoch muß h_1 als Funktion von h_2, m_1 und m_2 mindestens sein, damit die Wagen auf dem Scheitel abheben (Bodenhaftung verlieren)?

Aufgabe 3: Drehpendel (16 Punkte)

Gegeben sei ein Stahldraht, an dessen Ende eine Hantel, bestehend aus einem masselosen Stab der Länge L mit zwei fest verbundenen homogenen Kugeln mit jeweils der Masse M und Radius R, waagerecht aufgehängt ist. Bei der Drehung des Stabes aus seiner Ruhelage in der horizontalen Ebene um den Winkel φ wirkt ein rücktreibendes Drehmoment $D = -D_r\varphi$ mit dem Richtmoment D_r.



Hinweis: Das Trägheitsmoment einer homogenen Vollkugel beträgt $I_K = \frac{2}{5}MR^2$

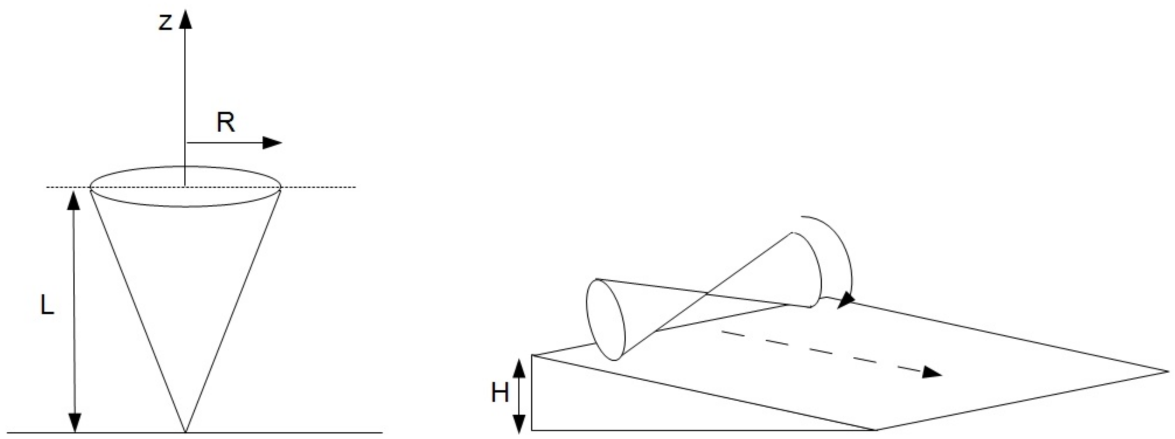
a) Stellen Sie die Bewegungsgleichung für den Winkel $\varphi(t)$ auf.

b) Bestimmen Sie die allgemeine Lösung der Differentialgleichung durch einen Exponentialansatz. Wie groß ist die Kreisfrequenz ω_0?

c) Die Anordnung werde in der Ruhelage ($\varphi = 0$) angestoßen, so dass sich die Kugeln zum Zeitpunkt t=0 mit Anfangsgeschwindigkeit v_0 bewegen. Wie lautet die realwertige Lösung mit diesen Randbedingungen?

d) Beschreiben Sie mit Worten, wie mit der bestehenden Vorrichtung das Schermodul (Schubmodul) des Stahldrahtes bestimmt werden kann. Welche Größen außer den bekannten Angaben müssen noch gemessen werden?

Aufgabe 4: Rollender Doppelkegel (15 Punkte)



a) Zeigen Sie durch explizite Integration, dass das Trägheitsmoment eines homogenen Kegels mit Radius R, Höhe L und Masse M bezüglich seiner Symmetrieachse $I_{Kegel} = \frac{3}{10} M R^2$ ist.

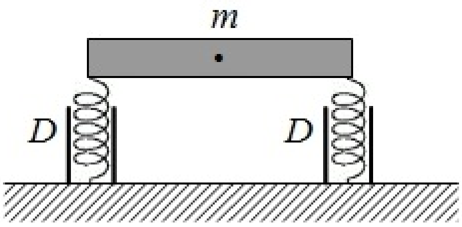
b) Welche Geschwindigkeit erreicht ein Doppelkegel mit Radius R, Breite 2L beim Herunterrollen einer Schrägen von der Höhe h=H bis zum Fuß der Schrägen (h=0)?

c) Argumentieren Sie, ob ein Hohl-Doppelkegel gleicher Masse, bestehend aus zwei Kegelmänteln (statt Vollkegeln), bei gleichen Bedingungen auf der schiefen Ebene am Fuß der Rampe eine größere, kleinere oder gleich große Geschwindigkeit wie der homogene Doppelkegel hat?

Aufgabe 5: Verständnisfragen (15 Punkte)

a) Zeichnen Sie qualitativ den Verlauf der Amplitude eines getriebenen harmonischen Oszillators, $A(\omega)$, für zwei unterschiedliche Dämpfungskonstanten $\gamma_1 < \gamma_2$.
Kennzeichnen Sie $A(\omega = 0)$, ω_0 und ω_R in der Resonanzkurve.

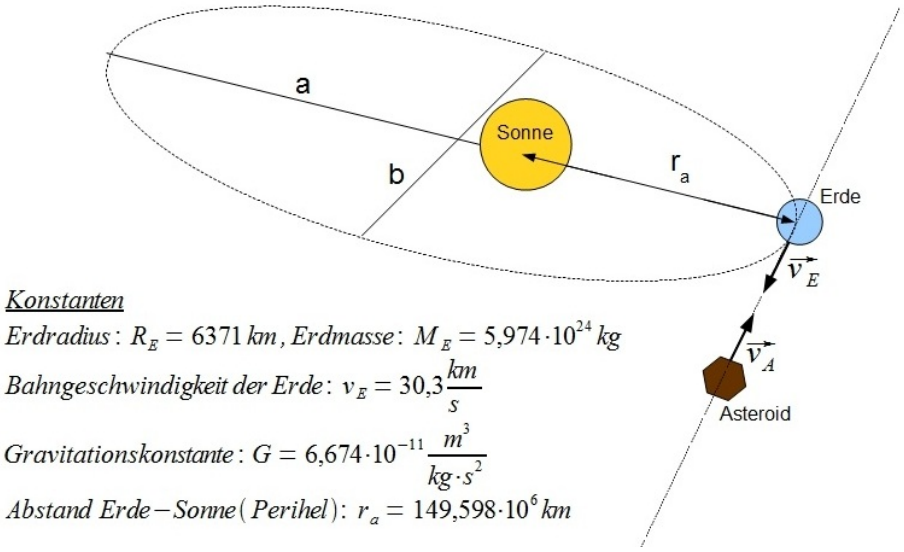
b) Wieviele Freiheitsgrade hat das gezeichnete System aus Platte mit Masse m und zwei senkrecht geführten Stoßdämpfern? Zeichnen Sie qualitativ die Schwingungs-Eigenmoden und geben Sie die Kreisfrequenz der symmetrischen Mode an.



c) Welche zwei Postulate machte Einstein zur Grundlage seiner speziellen Relativitätstheorie?

Aufgabe 6: Weltuntergang? (12 Punkte)

Ein Asteroid mit Masse $M_A = 5 \cdot 10^{10} kg$ bewegt sich mit der Geschwindigkeit $v_A = 100 \frac{km}{s}$ aus grosser Entfernung auf das Sonnensystem zu und kollidiert mit der Erde frontal im sonnennahen Schnittpunkt der Umlaufbahn mit der grossen Halbachse (Perihel) (d.h. die Richtung der Erd- und Asteroid-Geschwindigkeiten im Perihel sind exakt entgegengesetzt).



a) Wie groß ist die kinetische Energie des Asteroiden beim Aufprall auf die Erdoberfläche?
Hinweise: Der Asteroid fällt im Gravitationsfeld der Erde. Reibungseffekte in der Atmosphäre sind zu vernachlässigen. Der Einfluss der Sonne soll nicht betrachtet werden. Wegen des großen Masseunterschieds von Erde und Asteroid kann im Schwerpunktsystem der Erde (ohne reduzierte Massen) gerechnet werden.

b) Um wie viel ändert sich der Bahndrehimpuls der Erde bezüglich der Sonne durch den vollkommen inelastischen Stoß mit dem Asteroiden?

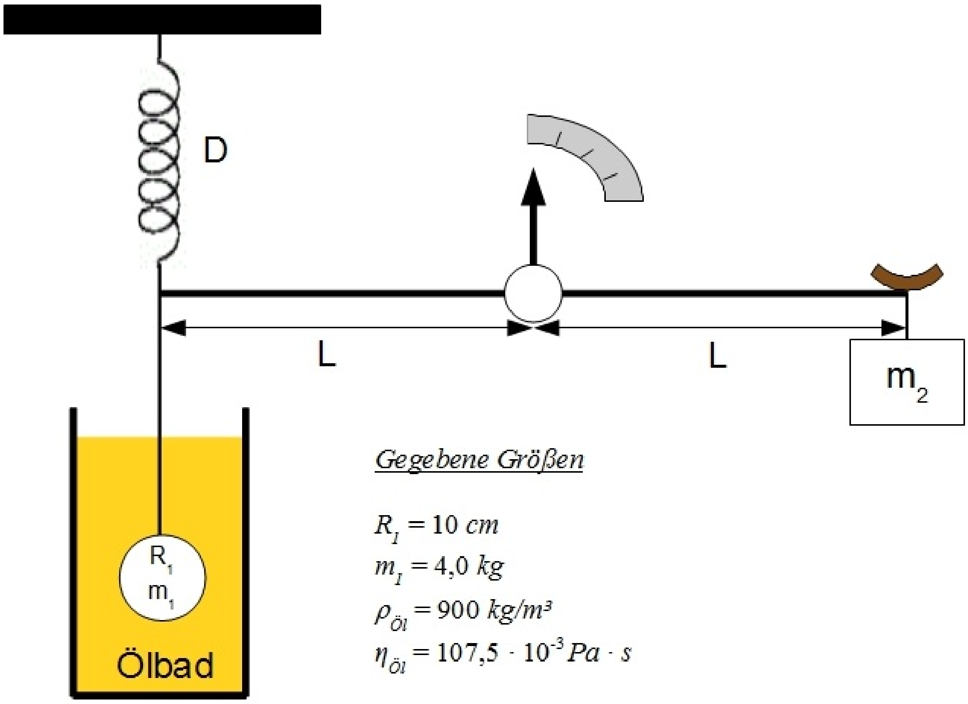
c) Zeichnen Sie qualitativ das effektive Potential $V_a = -G\frac{mM}{r} + \frac{L^2}{2mr^2}$ für die Radialbewegung der Erde (vor und nach dem Stoss), um zu entscheiden ob

(i) sich die große Halbachse der Ellipse verändert und

(ii) ob sich die Umlaufzeit um die Sonne verlängert, verkürzt oder konstant bleibt.

Aufgabe 7: Gedämpfte Federwaage (10 Punkte)

Eine Federwaage sei wie abgebildet konstruiert. Die Waage wird durch eine Kugel im Ölbad gedämpft und soll nach einer Auslenkung schnell und ohne Oszillationen wieder in die Gleichgewichtslage zurückkehren. Der Balken sei ohne Belastung in waagerechter Position und die Feder in dieser Lage entspannt. Alle Teile außer den gekennzeichneten Massen m_1 und m_2 seien als masselos angenommen.



Aufgabe:
Bestimmen Sie die Federkonstante D und die Masse m_2 des Gegengewichts in Abhängigkeit der gegebenen Größen ($m_1, R_1, \rho_{\text{Öl}}$ und $\eta_{\text{Öl}}$), sodass die statische Gleichgewichtsbedingung erfüllt ist und gleichzeitig die Dynamik dem aperiodischen Grenzfall entspricht.

Dokumentieren Sie ihren Lösungsweg mit Teilschritten in nachvollziehbarer Weise.