

**Klausur zur Vorlesung E1: Mechanik  
für Studenten mit Hauptfach Physik (9 ECTS)**

Wintersemester 2016/2017

Prof. Dr. Joachim O. Rädler, PD Dr. Bert Nickel

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

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

Fachrichtung: ..... 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 sondern mit Kugelschreiber oder Füller
- Bitte beschriften Sie jedes Blatt, das Sie abgeben, mit Ihrem Namen
- Erlaubte Hilfsmittel: - einfacher Taschenrechner

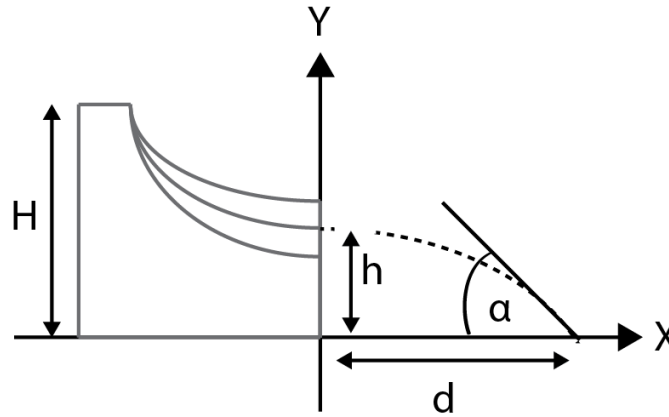
**Erreichte Punktzahl:**

1	2	3	4	5	6	7	Bonus	Summe
12	14	15	15	15	15	14	6	100+6

**Aufgabe 1. Rutsche und Flug**

(12P)

Es soll eine Rutsche gebaut werden, mit der man möglichst weit fliegen kann. Die Höhe  $H$  der Startposition ist festgelegt. Die Position der horizontal ausgerichteten Plattform am Ende der Rutsche in Höhe  $h$  soll optimiert werden, so dass die Flugweite  $d$  im homogenen Schwerfeld  $g$  maximal wird.



- Bestimmen Sie die horizontale Geschwindigkeit  $v(h)$  eines reibungsfrei von der Höhe  $H$  rutschenden Körpers als Funktion der Abflughöhe  $h$ . (2P)
- Berechnen Sie die Flugweite  $d(h)$ . (4P)
- Bei welcher Abflughöhe  $h^*$  wird die Flugweite maximal? Und wie groß ist diese? (3P)
- Unter welchem Winkel  $\alpha$  erfolgt der Aufprall bei maximaler Flugweite? (3P)

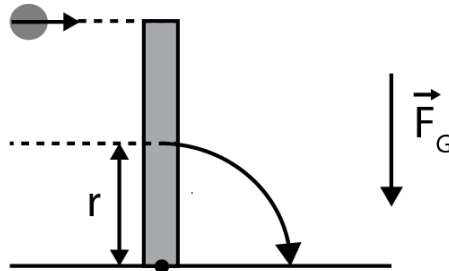
Name: \_\_\_\_\_

Klausur E1 (WS16/17)

**Aufgabe 2. Schießbude**

(14P)

Eine dünne Klappe (Länge  $2r$ , Masse  $M$ ) ist an einem Ende mit einem Scharnier drehbar verbunden. Die aufrecht stehende Klappe wird am oberen Ende von einer Bleikugel getroffen. Die Kugel habe eine Masse  $m_1=M/6$  und eine Geschwindigkeit  $v_1$  und bleibt in der Klappe stecken. Die Klappe fällt daraufhin unter Einwirkung des Schwerfelds um.

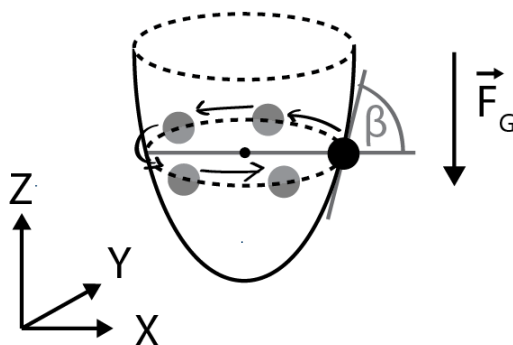


- Welcher Erhaltungssatz ist für das System vor und nach Auftreffen der Kugel gültig? (3P)
- Bestimmen Sie die Winkelgeschwindigkeit  $\omega_1$  der Klappe kurz nach dem Einschlag der Kugel (Betrachten Sie die Kugel als Punktmasse). Tipp: Das Trägheitsmoment  $I$  eines dünnen Stabs mit Länge  $L$  bezüglich Rotation um die Querachse (im Mittelpunkt) ist  $I = M L^2 / 12$ . (4P)
- Formulieren Sie einen Erhaltungssatz für das System während des Umfallens unter Berücksichtigung der Schwerkraft. (3P)
- Mit welcher Winkelgeschwindigkeit  $\omega_2$  schlägt die Klappe auf dem Boden auf? (4P)

**Aufgabe 3. Rotation im Paraboloid**

(15 P)

Ein Stück Seife der Masse  $m$  bewegt sich reibungsfrei in einer parabelförmigen Mulde, deren Oberfläche durch  $h(x,y) = a(x^2 + y^2)$  beschrieben ist. Es wirke ein homogenes Schwerfeld  $\vec{F}_G = -mg \vec{e}_z$ . Gesucht ist die horizontale Bahngeschwindigkeit, welche die Seife auf einer geschlossenen Kreisbahn hält.

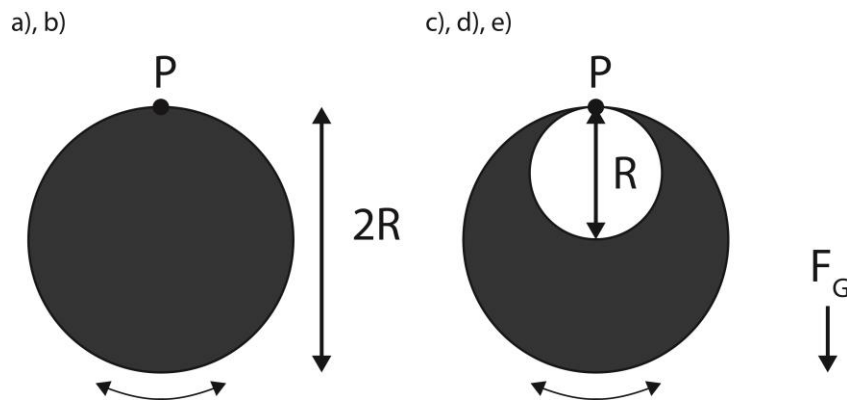


- Nehmen Sie an, dass sich die Seife auf einer stabilen Kreisbahn mit Radius  $r$  in der Höhe  $h(r)$  befindet. Bestimmen Sie die Steigung  $\beta(r)$  und die Hangabtriebskraft. Wie hängen die Hangabtriebskraft und die Gewichtskraft über den Winkel  $\beta$  zusammen? (4P)
- Betrachten Sie nun das Problem in einem mitrotierenden Bezugssystem und stellen Sie ein Kräftegleichgewicht auf, so dass die Seife auf der Höhe  $h$  gehalten wird. (4P)
- Bestimmen Sie Geschwindigkeit  $v$  in Abhängigkeit der Höhe  $h$  und die Umlaufzeit  $T$  einer stabilen horizontalen Bahn. Geben Sie  $v$  als Vektor in Zylinderkoordinaten an und zeigen Sie das  $T$  unabhängig von  $h$  ist. (5P)
- Bestimmen Sie nun die Gesamtenergie der stabilen Kreisbahn als Funktion der Höhe  $h$ . (2P)

**Aufgabe 4. Sichelpendel**

(15P)

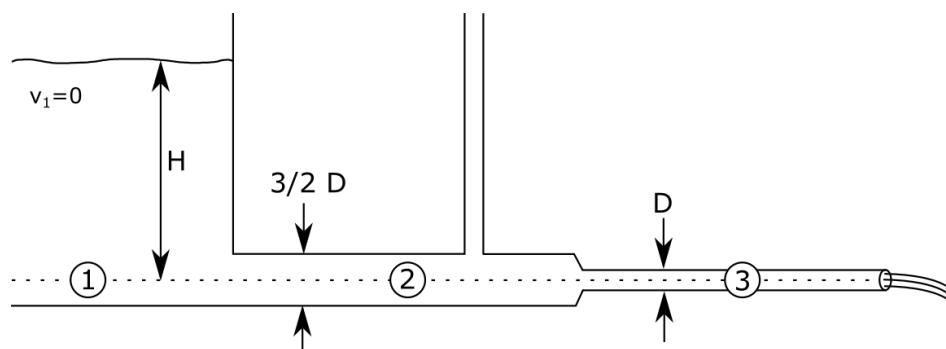
Es soll die Schwingung einer Scheibe und einer Sichelscheibe verglichen werden. Beide Scheiben sind drehbar am äußeren Rand aufgehängt und schwingen im Schwerfeld (siehe Zeichnung).



- Geben Sie zunächst das Trägheitsmoment  $I_S$  einer homogenen Scheibe (Radius  $R$  und Masse  $M$ ) bezüglich des Aufhängepunkts  $P$  an. (2P)
- Bestimmen Sie die Kreisfrequenz  $\omega$  des Scheibenpendels. (3P)
- Berechnen Sie das Trägheitsmoment  $I_M$  der sichelförmigen Scheibe (Mondsichel) bezüglich des Aufhängepunkts  $P$ , wenn eine kleine Scheibe mit Radius  $r=R/2$  so ausgestanzt wird, dass sie gerade den Rand des Aufhängepunkts berührt. (3P)
- Bestimmen Sie nun die Lage des Schwerpunkts. (3P)
- Um wie viel Prozent ändert sich die Schwingungsdauer der sichelförmigen Scheibe gegenüber der Vollscheibe? (4P)

**Aufgabe 5. Hydraulischer Abfluss**

(15P)

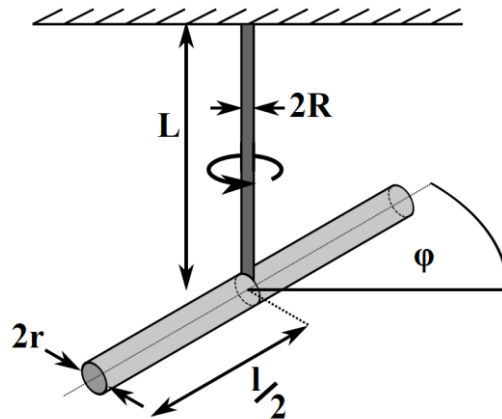


Aus einem Tank fließe eine, als *ideal und inkompressibel* angenommene Flüssigkeit mit Dichte  $\varrho=10^3\text{kg/m}^3$  aus einem Rohr. Das Rohr hat zwei Abschnitte mit den Durchmessern  $3/2 D$  und  $D$ . Im ersten Teil des Abflussrohres ist ein Steigrohr angebracht. Im Tank sei die Strömungsgeschwindigkeit  $v_1=0$  und die Höhe des Wasserstands sei  $H=5\text{ m}$  ( $g$  sei  $10\text{ m/s}^2$ ).

- Mit welcher Geschwindigkeit strömt die Flüssigkeit an der Stelle (3) aus dem Tank? (4P)
- Welche Geschwindigkeit hat die Flüssigkeit an der verbreiterten Stelle (2)? (3P)
- Wie hoch, relativ zum Wasserstand  $H$  im Tank, steht die Flüssigkeit im Steigrohr? (3P)
- Nehmen Sie nun an, dass die Flüssigkeit *viskos* ist und dass die beiden Rohrabschnitte mit unterschiedlichem Durchmesser jeweils die *gleiche Länge* haben. Der hydrodynamische Widerstand im dünneren Rohrabschnitt sei  $R_h=10^6\text{Pa s/m}^3$ . Wie viele Liter fließen dann pro Sekunde aus dem Tank? (5P)

**Aufgabe 6. Torsionspendel**

(15P)



Gegeben sei ein dünnes homogenes Stahlseil mit Durchmesser  $2R$  und Länge  $L$ , an dem eine dünne Querstange mit Länge  $l$  und Durchmesser  $2r$  befestigt sei. Das System sei durch das Richtmoment  $D_r = 4 \text{ kg m}^2/\text{s}^2$  und das Trägheitsmoment  $I = 1 \text{ kg m}^2$  beschrieben.

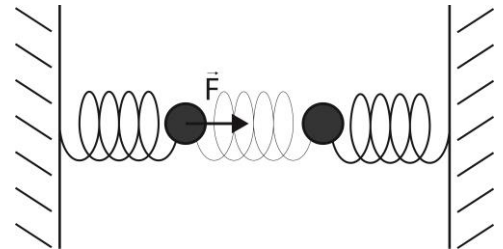
- Stellen Sie die Bewegungsgleichung des Systems auf. (2P)
- Bestimmen Sie die Schwingungsperiode  $T$  der Querstange. (3P)
- Welche Materialkonstante bzw. mechanisches Modul des Stahlseils bestimmt das Richtmoment? (Name und Einheit) (2P)
- Wie ändert sich die Schwingungsdauer  $T$ , wenn alle Abmessungen ( $L, R, l, r$ ) verdoppelt werden? Begründen Sie mit den Skalenabhängigkeiten der Teilgrößen. (4P)
- Die Vorrichtung wird nun in eine viskose Flüssigkeit getaucht. Das viskose Reibungsmoment  $M_r$  hängt von der Winkelgeschwindigkeit  $\dot{\varphi}$  und dem Reibungskoeffizienten  $b_r = 0.1 \text{ kg m}^2/\text{s}$  wie folgt ab:  $M_r = -b_r \dot{\varphi}$ . Geben Sie die Güte  $Q$  der Schwingung an. Um welche Art von Dämpfung handelt es sich? (4P)

**Aufgabe 7. Verständnisfragen**

(14P)

a) Zeichnen Sie qualitativ die Amplitude  $A(\omega)$  einer erzwungenen Schwingung eines gedämpften harmonischen Oszillators für zwei deutlich verschiedene Dämpfungen als Funktion der Erregerfrequenz  $\omega$ . Tragen Sie in die Zeichnung  $A(0)$  und die Eigenfrequenz  $\omega_0$  ein. (3P)

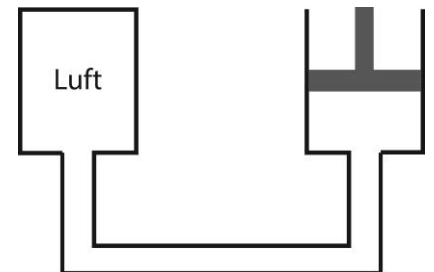
b) Zwei über starke Federn ( $k_1$ ) elastisch mit der Wand verbundene Kugeln seien durch eine deutlich schwächere Feder ( $k_2 < k_1$ ) gekoppelt. Zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf der Koordinate der ersten Kugel, wenn diese horizontal ausgelenkt und losgelassen wird. Benennen Sie das Phänomen. (3P)



c) i) Zwei Seifenblasen sind über eine Röhre verbunden. Ist das System: stabil, indifferent oder labil? (1P)



ii) Ein Kolben mit schwerem Stempel ist mit einem geschlossenen Luftgefäß verbunden. Ist das System: stabil, indifferent oder labil? (1P)



iii) Kann eines der Systeme schwingen? Wenn ja, welches? (1P)

d) Wenn sich zwei Raumschiffe A und B mit halber Lichtgeschwindigkeit aufeinander zu bewegen, sieht A einen Maßstab im Raumschiff B um den Faktor 1.15 verkürzt. Sieht B einen Maßstab im Schiff A nun: (a) verkürzt, (b) verlängert oder (c) unverändert? Was ändert sich, wenn sich beide Schiffe mit halber Lichtgeschwindigkeit voneinander wegbewegen? (2P)

e) i) Was sagt die spezielle Relativitätstheorie über die Größe  $(ct)^2 - x^2$  aus? (1P)

ii) Wie lautet die entsprechende Relation für Energie und Impuls? (2P)