

# Klausur zur Experimentalphysik I

## Prof. Dr. G. Abstreiter

15. Februar 2002, 10-12 Uhr

WS 2001/02

Zugelassene Hilfsmittel: Skripten, Bücher, Mitschriften, Musterlösungen, Formelsammlungen, Taschenrechner

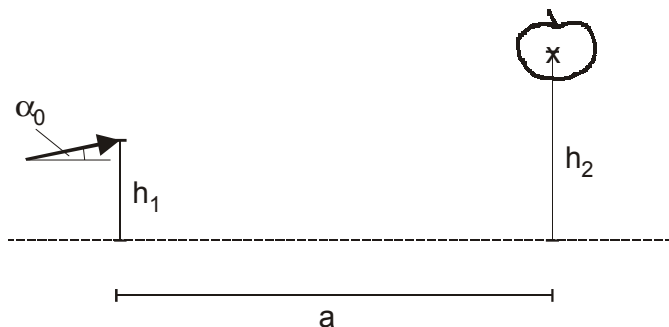
Nicht zugelassen: Laptop, Handy o.a. Hilfsmittel zur externen Kommunikation

**Wichtig:** Auf jedes Blatt Name und Matrikelnummer schreiben !

Aufgabenblatt enthält auf 3 Seiten 6 Aufgaben mit zusammen maximal erreichbaren 40 Punkten.

### Aufgabe 1: (6 Punkte)

Wilhelm Tell will mit einem Pfeil ( $m_1=50$  g) einen Apfel ( $m_2=200$  g) vom Kopf seines Sohnes schießen.



Berechnen Sie

- die Abschusshöhe  $h_1$ , die Tell wählen muss, damit er bei einem Abschusswinkel  $\alpha_0 = 4^\circ$  zur Horizontalen, einer Anfangsgeschwindigkeit  $v_0 = 70$  m/s und einem Abstand  $a = 20$  m vom Sohn den Apfel (Höhe  $h_2 = 1.50$  m) genau in der Mitte trifft.
- den Winkel  $\alpha_1$  sowie die Geschwindigkeit  $v_1$  des Pfeils beim Auftreffen auf den Apfel.
- die Geschwindigkeit  $v_2$  mit der Apfel und Pfeil den Kopf des Sohns gemeinsam verlassen und den dabei auftretenden Winkel  $\alpha_2$ .

Die Luftreibung ist zu vernachlässigen.

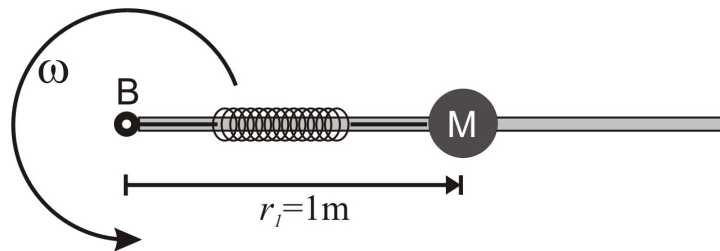
### Aufgabe 2 (6 Punkte)

Ein Mann ( $m=75$  kg) möchte vor seinem ersten Sprung vom  $s = 10$  m Turm abschätzen, ob das Schwimmbecken ausreichend tief ist. Nach seinem freien Fall in Luft (Luftreibung zu vernachlässigen) taucht er in das Wasser ein (Annahme: Dichte Mann = Dichte Wasser) und wird durch eine geschwindigkeitsabhängige Reibung ( $\vec{F} = -k\vec{v}$ ,  $k = 210$  kg/s) abgebremst. Zur Vereinfachung ist der Eintauchvorgang Luft – Wasser als vernachlässigbar kurz anzunehmen.

- Welche max. Geschwindigkeit erreicht der Mann in Luft ?
- Wie lautet die Bewegungsgleichung im Wasser ?
- Lösen Sie die Bewegungsgleichung durch Variablenseparation. Wie tief sinkt der Mann im Wasser ? (Betrachten Sie den Grenzfall unendlich langer Sinkzeit  $t \rightarrow \infty$ )

### Aufgabe 3 (11 Punkte)

Eine masselose, horizontal angeordnete Stange ist an einem Ende so befestigt, daß sie in der horizontalen Ebene um die Befestigung **B** rotieren kann. Entlang dieser Stange kann eine punktförmige Masse  $M = 1\text{ kg}$  gleiten. Die Masse ist über eine Feder (Federkonstante  $k = 25\text{ N/m}$ ) an den Befestigungspunkt gekoppelt. Ihr Abstand zu **B** sei mit  $r$  bezeichnet.



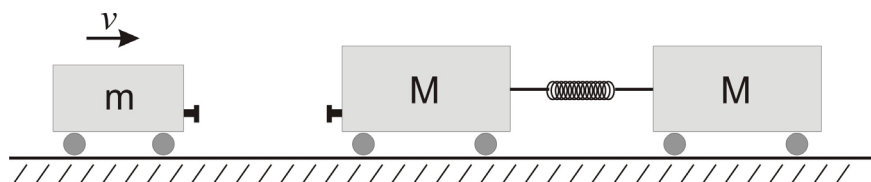
Ansicht von oben

- Zunächst soll die Stange ruhen. Die Gleichgewichtslage befindet sich im Abstand  $r_1 = 1\text{ m}$  vom befestigten Stangenende **B**. Wie groß ist die Oszillationsfrequenz um die Gleichgewichtslage, für eine reibungsfreie Bewegung der Masse.
- Die Stange wird nun durch einen starren Antrieb in eine erzwungene Drehung mit konstanter Winkelgeschwindigkeit  $\omega_1 = 2,4\text{ s}^{-1}$  versetzt. Stellen Sie die Bewegungsgleichung für  $r(t)$  auf und bestimmen sie die neue Gleichgewichtslage  $r_2$ .
- Lösen Sie die Bewegungsgleichung durch einen geeigneten Ansatz für eine harmonische Schwingung um die neue Gleichgewichtslage und geben Sie die neue Oszillationsfrequenz an.
- Nun wird die Masse in Position  $r_1$  arretiert und die Stange in eine **freie** Rotation um den Punkt **B** (d.h. **kein starrer Antrieb mehr**) mit der Winkelgeschwindigkeit  $\omega_1 = 2,4\text{ s}^{-1}$  versetzt. Berechnen Sie Rotationsenergie und Drehimpuls für dieses System.
- Während der **freien** Rotation wird ferngesteuert (ohne ansonsten in das System einzugreifen) die Arretierung gelöst. Durch eine Reibung zwischen der Masse und der Stange gedämpft, endet die Masse schließlich in einer neuen Gleichgewichtslage  $r_3$ . Wie groß ist der Drehimpuls des Systems nun? Wieviel Energie wurde (durch die Reibung) in Wärme umgewandelt, wenn die neue Gleichgewichtslage bei  $r_3 = 1,15\text{ m}$  ist?

### Aufgabe 4 (6 Punkte)

Auf einem Schienenstrang stehen zwei Wagen der Masse  $M = 30\text{ t}$ , die mit einer Feder der Federkonstante  $D = 3 \cdot 10^5\text{ N/m}$  verbunden sind. Auf diese Anordnung stößt ein Wagen der Masse  $m = 18\text{ t}$  und der Geschwindigkeit  $v_{m,1} = 36\text{ km/h}$  vollkommen elastisch. (Der Stoß erfolgt so schnell, daß die Feder während dessen nicht zusammengedrückt wird).

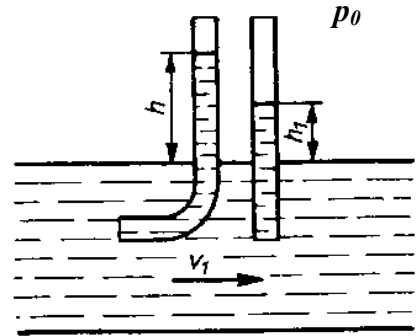
- Leiten Sie die Geschwindigkeit des einzelnen Wagens sowie die Schwerpunktgeschwindigkeit der gekoppelten Wagen nach dem Stoß her.
- Die Gesamtenergie der gekoppelten Wagen nach dem Stoß setzt sich zusammen aus der Translationsenergie des Schwerpunktes und der Schwingungsenergie. Berechnen Sie beide Komponenten.
- Zeichnen Sie ein Ort-Zeit-Diagramm für alle drei Wagen. (qualitativ!)



### Aufgabe 5: (4 Punkte)

Zur Messung des dynamischen Drucks wird, wie im nebenstehenden Bild gezeigt, ein rechtwinklig gebogenes und ein gerades Rohr in strömendes Wasser getaucht.

- Wie hoch steigt die Flüssigkeit in diesem gekrümmten Rohr auf, wenn sie in einem an gleicher Stelle eingetauchten geraden Rohr eine Steighöhe  $h_1 = 10\text{cm}$  erreicht und wenn die Strömungsgeschwindigkeit an der gegebenen Stelle gleich  $v_1 = 1,4\text{ m/s}$  ist? Wie groß ist demnach der dynamische Druck im Wasser?
- Geben Sie den statischen und den Gesamtdruck im Wasser an, wenn der Umgebungsdruck  $p_0 = 1013\text{ mbar}$  ist.



### Aufgabe 6: (7 Punkte)

Ein Behälter sei mit  $n = 2$  Mol idealen, einatomigen Gases gefüllt (Volumen  $V_0$ ) und an ein Wärmereservoir mit Temperatur  $T = 293\text{ K}$  angeschlossen. Der Behälter sei oben mit einem beweglichen, masselosen Stempel der Fläche  $A = 0,25\text{ m}^2$  abgeschlossen. Außerhalb des Behälters herrsche Luftdruck  $p_0 = 1 \cdot 10^5\text{ N/m}^2$ . Auf den Stempel wird langsam Sand bis zu einer Gesamtmasse  $m = 500\text{ kg}$  gestreut. Hierbei bedeutet *langsam*, dass die Temperatur des Gases konstant bleibt, da es mit dem Wärmereservoir in Verbindung steht.

- Wie groß sind Volumen  $V_1$  und Druck  $p_1$  des Gases, wenn der gesamte Sand auf dem Stempel liegt?
- Wie groß ist die Wärmemenge, die dabei zwischen dem Wärmereservoir und dem Gas ausgetauscht wurde?
- Durch Erwärmen des Gases soll der beladene Stempel nun auf die ursprüngliche Höhe gebracht werden. Welche Temperatur hat das Gas, wenn es das ursprüngliche Volumen  $V_0$  einnimmt? Welche Wärmemenge wurde dem Gas hierfür zugefügt?