



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

---

### Experiment (5 P)

Erläutern Sie den Versuch und erklären Sie warum in gekoppelter Pendel die symmetrischen und antisymmetrischen Schwingungsmoden einer rein harmonischen Bewegung entsprechen.

---

### Kurzfragen (25 P)

• Nennen Sie das 2. Newtonsche Axiom und erläutern Sie dies. (2 P)

• Nennen Sie das Gravitationsfeld eines Massenpunktes und erläutern Sie dies. (2 P)



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

- Nennen Sie die kinetische Energie für die Rotation eines starren Objekts. Welchen Rolle spielt der Trägheitsmoment? (3 P)

- Erläutern Sie die Bedeutung der Temperatur für einen Idealgas. (3 P)

- Warum ist Wärme keine thermodynamische Zustandsgröße? (3 P)

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

- Erläutern Sie das 2. Prinzip der Thermodynamik (3 P).
-

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

---

## Rechenteil (40 P)

### • KINEMATIK (8 P)

#### Planetenbewegung (8 P)

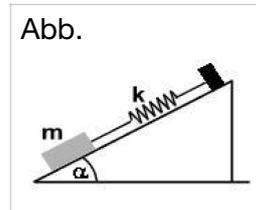
Im Folgenden soll ein bisschen im Sonnensystem herum gerechnet werden. Nehmen Sie dazu an, dass die Planetenbahnen kreisförmig sind und der Erdradius 6378 km beträgt.

1. Berechnen Sie die Masse der Sonne aus dem Abstand  $150 \cdot 10^6$  km zwischen Erde und Sonne sowie der Umlaufzeit der Erde um die Sonne.
2. Berechnen Sie die Masse der Erde.
3. Berechnen Sie aus der Länge eines Jupiterjahres, nämlich 11.86 Erdjahre, den Abstand zwischen Sonne und Jupiter.

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

• DYNAMIK (8 P)

Feder auf schiefer Ebene (8 P)



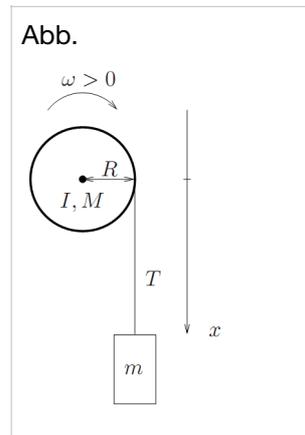
Auf einer schiefen Ebene mit Neigungswinkel  $\alpha = 20^\circ$  befindet sich ein Körper der Masse  $m = 1$  kg. An dem Körper ist ein masseloser starrer Draht befestigt, der den Körper mit einer Feder der Federkonstanten  $D$  verbindet, die ihrerseits an der Spitze der schiefen Ebene befestigt ist.

1. Stellen Sie die Bewegungsgleichung des Systems auf und lösen Sie diese für die Anfangsbedingungen  $x(0) = x_0$  und  $x'(0) = v_0$ . Vernachlässigen Sie hierbei die Reibung.
2. Welche Federstärke  $D$  muss die Feder besitzen, damit die Masse mit einer Frequenz  $\nu = 10$  Hz schwingt?
3. Welchen Einfluss hat der Neigungswinkel  $\alpha$  auf das System?

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

• STARRE OBJEKTE (8 P)

Masse am Zylinder (8P)



Ein Zylinder mit dem Radius  $R$ , der Masse  $M$  und dem Trägheitsmoment  $I = \frac{1}{2}MR^2$  ist raumfest so gelagert, dass er um seine horizontal liegende Symmetrieachse rotieren und sich ansonsten nicht bewegen kann. Eine Schnur wird um den Zylinder gewickelt und die Masse  $m$  angehängt. Bestimmen Sie die lineare Beschleunigung der angehängten Masse, die Winkelbeschleunigung des Zylinders, die Spannung in der Schnur sowie die vertikale Kraft, die den Zylinder trägt.

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

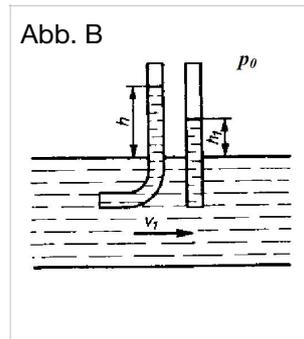
• **SCHWINGUNGEN UND FLÜSSIGKEITEN (8 P)**

A) Palme im Wind (4 P)

Eine hohe Palme mit einer 1 Tonne schweren, kompakten Krone bewegt sich im Wind. Für ein Paar Minuten übt ein konstanter Wind eine horizontale Kraft von 1000 N auf die Krone aus. Diese wird dadurch um 4 m zur Seite ausgelenkt. Bei plötzlich eintretender Windstille führt die Krone eine gedämpfte harmonische Schwingung aus. Dabei ist die Maximalamplitude der ersten Schwingung 4 m, die der zweiten 3 m und die der dritten 2.25 m.

1. Bestimmen Sie die Dämpfungskonstante der Schwingung.
2. Welchen Wert hat die Kreisfrequenz der Schwingung?

## B) Dynamischer Druck (4 P)



Zur Messung des dynamischen Drucks wird ein rechtwinklig gebogenes und ein gerades Rohr in strömendes Wasser getaucht (s. Abbildung).

1. Wie hoch steigt die Flüssigkeit in diesem gekrümmten Rohr auf, wenn sie in einem an gleicher Stelle eingetauchten geraden Rohr eine Steighöhe  $h_1 = 10$  cm erreicht und wenn die Strömungsgeschwindigkeit an der gegebenen Stelle gleich  $v_1 = 1.4$  m/s ist?
2. Wie groß ist demnach der dynamische Druck im Wasser?

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

• **THERMODYNAMIK (8 P + 4 P BONUS)**

Beheizbares Zimmer (8P)

Gegeben sei ein beheizbares Zimmer mit dem Volumen  $75 \text{ m}^3$  und der Anfangstemperatur  $14 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Die Heizung werde nun aufgedreht, bis die Endtemperatur  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  erreicht ist.

Hinweis: Betrachten Sie die Luft näherungsweise als reinen Stickstoff  $\text{N}_2$  und diesen als ideales Gas. Der Luftdruck soll  $1013 \text{ hPa}$  betragen und sich durch das Heizen nicht verändern.

Anmerkung: Der Vibrationsfreiheitsgrad von  $\text{N}_2$  ist hier eingefroren.

1. Wie groß ist die in der Zimmerluft anfänglich enthaltene Energie?
2. Wie groß ist die Energie der Zimmerluft nach Beendigung des Heizvorgangs?
3. Welche Wärmeenergie hat die Heizung abgegeben?

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

B) Klimaanlage (4 P)

Betrachtet werde eine Klimaanlage, die nach dem Prinzip eines linksläufigen Carnotschen Kreisprozesses betrieben wird. Der Carnotprozess arbeitet dabei zwischen einem kalten und einem heißen Reservoir mit den Temperaturen  $T_k$  und  $T_h$ . Je nach Jahreszeit arbeitet die Klimaanlage als Wärmepumpe oder als Kältemaschine.

Hinweis: Bedenken sie, dass die Isothermen eines Carnotprozesses recht gut mit einem  $TS$ -Diagramm betrachtet werden können.

1. Wie groß ist die Leistungsziffer  $\epsilon = \frac{Q_{\text{aus}}}{W_{\text{ges}}}$  für eine Heizung ( $T_h = 298 \text{ K}$ ,  $T_n = 268 \text{ K}$ )?
2. Wie groß ist  $\epsilon_0 = \frac{Q_{\text{ein}}}{W_{\text{ges}}}$  für die Raumkühlung im Sommer ( $T_h = 313 \text{ K}$ ,  $T_n = 298 \text{ K}$ )?