



**Aufgabe 1:** Experiment

(5 Punkte)

Erklären Sie die physikalischen Phänomene, die die musikalischen Töne in der Holzflöte bestimmen.

**Aufgabe 2:** Kurzfragen

(19 Punkte)

Beantworten Sie so kurz wie möglich:

i) 3 P. Nennen Sie die Newtonschen Axiome und erläutern Sie diese.

ii) 3 P. Nennen Sie drei Erhaltungsgrößen der klassischen Mechanik und erläutern Sie diese.

iii) 2 P. Erläutern Sie die Unterschiede zwischen konservativen und nicht-konservativen Kräften. Warum ist eine Zentralkraft konservativ?

iv)  2 P. Erläutern Sie das archimedische Prinzip.

v)  3 P. Erläutern Sie die drei Hauptsätze der Thermodynamik

vi)  2 P. Was ist eine Zustandsgröße eines thermodynamischen Systems?

vii)  2 P. Kann sich eine transversale Welle im Gas fortpflanzen? Wenn ja, warum?

viii)  2 P. Erläutern Sie den Unterschied zwischen einer idealen Flüssigkeit und einem idealen Gas.

**Aufgabe 3: Rotierende Systeme**

(10 Punkte)

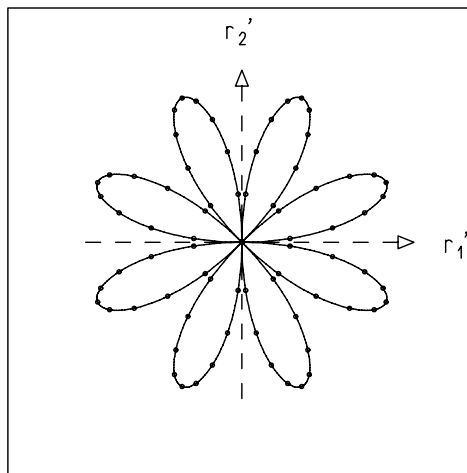
Ein Körper führe eine Schwingung

$$\vec{r}(t) = r_0 \cos(\omega_0 t) \vec{e}_1$$

entlang der  $\vec{e}_1$  Achse des Koordinatensystems  $K$  mit der Oszillatorwinkelfrequenz  $\omega_0$  aus. Wir betrachten ihn in einem mit der Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  rotierenden Koordinatensystem  $K'$  :

$$\vec{e}'_1(t) = \cos(\omega t) \vec{e}_1 - \sin(\omega t) \vec{e}_2, \quad \vec{e}'_2(t) = \sin(\omega t) \vec{e}_1 + \cos(\omega t) \vec{e}_2, \quad \vec{e}'_3(t) = \vec{e}_3$$

Ein Beispiel für die Form der Bahn in  $K'$  ist in der unteren Abbildung gezeichnet.



- i) 3 P. Berechnen Sie die Koordinaten  $r'_i$ ,  $i = 1, 2, 3$ , der Zerlegung

$$\vec{r}(t) = r'_1 \vec{e}'_1(t) + r'_2 \vec{e}'_2(t) + r'_3 \vec{e}'_3(t)$$

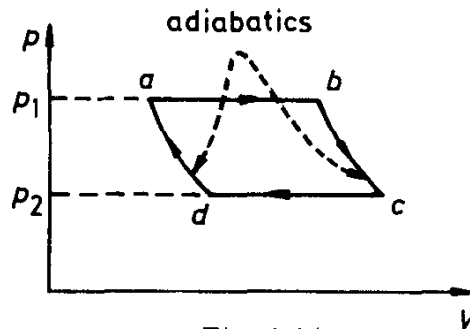
des Ortsvektors im rotierenden Koordinatensystem.

- ii) 2 P. Bestimmen Sie den Abstand  $r(t)$  des schwingenden Körpers vom Ursprung des Koordinatensystems
- iii) 3 P. Berechnen Sie die Position  $(r'_1, r'_2, 0)$  der Punkte gleicher Phase zu den Zeiten  $t = t_0 + nT_0$ ,  $T_0 = \frac{2\pi}{\omega}$ ,  $n \in \mathbb{N}_0$  der Schwingung im rotierenden Koordinatensystem.
- iv) 2 P. Wann ist die Bahn im rotierenden Koordinatensystem geschlossen?

**Aufgabe 4:** Thermodynamische Prozesse

(8 Punkte)

Betrachte eine Maschine, welche einen reversiblen Prozess ausführt und dabei als Arbeitssubstanz ein ideales Gas mit der Wärmekapazität  $c_p$  benutzt. Der Zyklus besteht aus zwei Prozessen bei konstanten Druck, verbunden mit zwei adiabatischen.

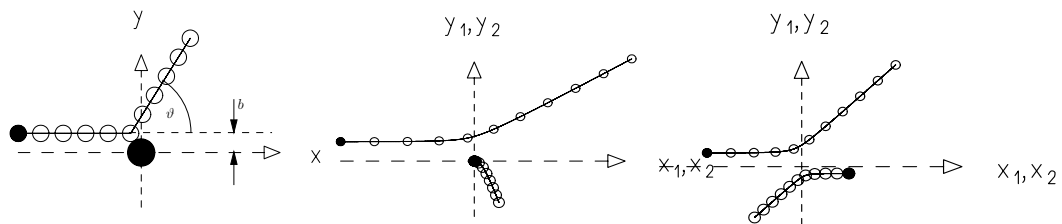


- i) 3 P. Berechne die Effizienz der Maschine in Abhängigkeit von  $p_1$  und  $p_2$
- ii) 2 P. Welche Temperatur von  $T_a, T_b, T_c, T_d$  ist die höchste, welche die niedrigste?
- iii) 3 P. Zeige, dass eine Carnot-Maschine, die mit dem selben idealen Gas arbeitet, zwischen der höchsten und der niedrigsten Temperatur eine größere Effizienz hat als diese.

**Aufgabe 5: Stoßwinkel**

(10 Punkte)

In der Abbildung ist der elastische Stoß zweier harter Kugeln, mit den Radien  $R_1$  bzw.  $R_2$  und den Massen  $M_1$  bzw.  $M_2$  dargestellt. Diese Kugeln bewegen sich, außer im Augenblick des Stoßes kräftefrei. Das Bild ist eine Darstellung im System der Relativkoordinaten. Die Kugel 1 ruht unverrückbar im Ursprung. Der Stoßparameter  $b$  ist der Abstand der Trajektorie des Schwerpunktes der Kugel 1 vom Ursprung, die durchlaufen würde, wenn kein Stoß stattfände. Berechnen Sie den Stoßwinkel zwischen den Trajektorien der Kugel 2 vor und nach dem Stoß



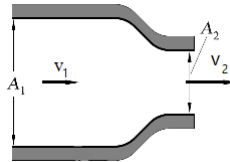
- i) 3 P. Im Laborsystem ( $\vec{p} = 0$  vor dem Stoß), Bild in der Mitte
- ii) 3 P. Im Schwerpunktsystem, Bild links
- iii) 4 P. Im System der Relativkoordinaten, Bild rechts



**Aufgabe 6:** Gartenschlauch

(8 Punkte)

Ein Mann hält einen Gartenschlauch von  $A_1 = 10\text{cm}^2$  Innenquerschnitt mit einer Durchflußrate  $Q$  von 15 Liter Wasser pro Minute. Über der Düse ergibt sich ein Druckabfall  $\Delta p = 2\text{bar}$ .

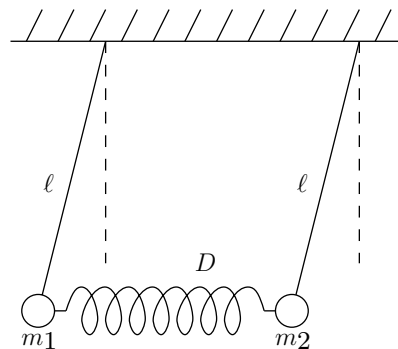


- i) 3 P. Mit welchen Geschwindigkeiten  $v_1$  und  $v_2$  strömt das Wasser im waagrecht gehaltenen Schlauch und in der Düse, wenn man eine reibungsfreie laminare Strömung annimmt? Welchen Durchmesser  $d_2$  hat die Austrittsöffnung der Düse?
- ii) 2 P. Welche Rückstoßkraft  $F$  erfährt der Mann vom Strahl?
- iii) 3 P. Wie hoch steigt der Wasserstrahl, wenn die Düse senkrecht nach oben gerichtet ist? In welcher Entfernung  $x_e$  treffen die Wassertropfen auf den ebenen Boden auf, wenn die Düse unter einem Winkel  $\alpha = 45^\circ$  schräg nach oben spritzt? Der Luftwiderstand soll dabei vernachlässigt werden.

**Aufgabe 7: Mathematisches Pendel**

(10 Punkte)

Gegeben seien zwei mathematische Pendel mit der Länge  $\ell$  und den Massen  $m_1$  bzw.  $m_2$ . Die beiden Massen seien durch eine Feder mit der Federkonstanten  $D$  verbunden. Die Feder sei bei  $\phi_1 = \phi_2 = 0$  entspannt.



- i) 3 P. Stellen Sie die Bewegungsgleichung für  $\phi_1$  und  $\phi_2$  auf unter der Annahme, dass  $\phi_1, \phi_2 \ll 1$
- ii) 3 P. Bestimmen Sie die Normalfrequenz des Systems
- iii) 4 P. Beschreiben Sie die Normalschwingungen. Geben Sie Anfangsbedingungen an, die das System zu den Normalschwingungen anregt.