

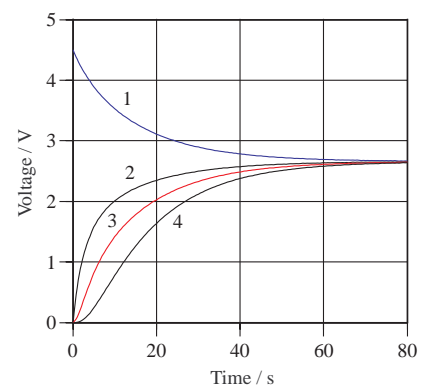
1. VORDIPLOMPRÜFUNG 2002

Blatt 1	Studiengang: MB, MI, DP Jahr: 2002 ExpertInnen: R. Bachmann
Klassen: MB1a, MI1a, DP1a	Datum: 11.9.2001
Lehrer: Fuh	Zeit: 8:00 – 11:00

SCHRIFTLICHE PRÜFUNG IN PHYSIK

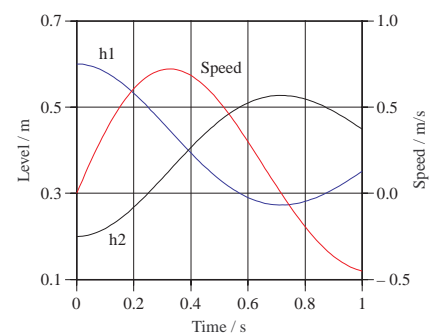
ERLAUBTE HILFSMITTEL: Eigene Zusammenfassung und Bücher (keine Aufgabensammlungen oder Notizen)

1. Stellen Sie sich ein dickwandiges zylindrisches PVC Gefäss vor, das nach aussen perfekt thermisch isoliert wird, und in das man heisses Wasser füllt. Es soll eine elektrische Schaltung aus vier Kondensatoren und einigen Widerstandselementen gebaut werden, mit der man das Verhalten des thermischen Systems simulieren kann. Konkret sollen sich die Spannungen der Kondensatoren im Laufe der Zeit in einem Versuch wie im beigegebenen Diagramm verhalten (Vergrösserung siehe Zusatzblatt).



Daten: Kapazität des ersten Kondensators: $C_1 = 130 \mu\text{F}$.

- a. Zeichnen Sie das Diagramm für eine Schaltung, die ein solches Verhalten zeigt. Welche elektrischen Elemente entsprechen welchen thermischen?
 - b. Warum ist der Anstieg der Spannung im letzten Kondensator verzögert?
 - c. Die letzten drei Kondensatoren sollen je die gleiche Kapazität haben. Wie gross muss diese gewählt werden?
 - d. Wie gross ist der Widerstand des Widerstandselementes, das vom ersten zum zweiten Kondensator geht?
2. Im Diagramm sind Daten über die hydraulische Schwingung einer Flüssigkeit (Schwefelsäure) in einem U-Rohr angegeben, und zwar die Flüssigkeitsniveaus in den beiden Schenkeln und die Fluidgeschwindigkeit. (Vergrösserte Grafik siehe Zusatzblatt.)



Verteiler

Kandidaten:
Archiv:
ExpertInnen:

nach Schluss der Prüfung an Dozierende zurück
je ein Exemplar pro Abteilung z.H. Archiv
je ein Exemplar z.H. der beteiligten ExpertInnen

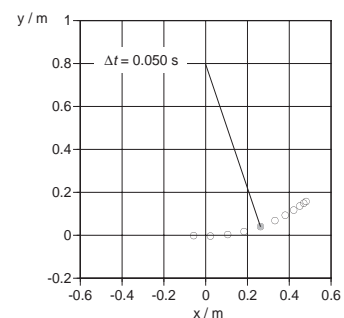
- a. Bestimmen Sie aus dem Anfahrverhalten (also ganz am Anfang) die Länge der Flüssigkeitssäule.
- b. Wieviel Energie wurde während der ersten halben Periode dissipiert?

Daten: Radius des Rohres: 0.010 m, Dichte der Flüssigkeit: 1834 kg/m³.

3. Ein Styroporball mit einem Radius von 4.0 cm hängt an einem dünnen Faden und pendelt hin und her. Der Mittelpunkt des Balls befindet sich 0.795 m vom Aufhängungspunkt entfernt. Die Masse des Balls beträgt 8.83 g. Im Diagramm sind Messungen der Position für eine kurze Zeitspanne angegeben ($x = 0$ ist der Punkt unter der Aufhängung; Zeitschritt: 0.050 s; Dichte der Luft: 1.2 kg/m³).



- a. Bestimmen Sie auf grafischem Weg die Beschleunigung (Vektor \mathbf{a} , Tangentialkomponente a_T und Normalkomponente a_n) für den Zeitpunkt 0.30 s (grauer Punkt, Vergrößerung der Grafik siehe Zusatzblatt).
- b. Bestimmen Sie die Luftwiderstandskraft für den Zeitpunkt 0.30 s.
- c. Bestimmen Sie den c_w Wert für die Kugel.



4. Ein Gemisch aus Eis und Wasser mit einer Temperatur von 0°C befindet sich in einer dünnwandigen, polierten Alu-Dose. Am Anfang sind 50% der Masse Eis. Das Gemisch wird ständig gerührt.

Daten: Radius der Dose: 3.3 cm; Höhe der Dose: 15.0 cm; Wärmeübergangskoeffizient aussen: 8.0 W/(K·m²); spezifische Schmelzentropie von Eis: 1220 J/(K·kg); Energiekapazität von Wasser: 4180 J/(K·kg). Der Wärmeübergangskoeffizient innen ist sehr hoch, das Blech sehr dünn. Deckel und Boden sind isoliert; Leistung des Rührers ist 2.0 W; Aussentemperatur konstant 20°C.



- a. Welcher Temperaturverlauf ist über lange Zeit zu erwarten? Machen Sie eine qualitative Skizze. Erklären Sie alle wichtigen Abschnitte der Funktion.
- b. Wie lange dauert es, bis das Eis geschmolzen ist?
- c. Wie gross wird die Endtemperatur des Wassers nach langer Zeit sein.

5. Betrachten Sie den idealisierten Otto-Zyklus eines Motors, der aus folgenden vier Schritten besteht. 1. Adiabatische Kompression. 2. Heizen bei konstantem Volumen. 3. Adiabatische Expansion. 4. Kühlen bei konstantem Volumen.

Angaben: Das Gas sei Luft, die Sie als ideales Gas behandeln können. Die Menge des Gases ist bekannt.

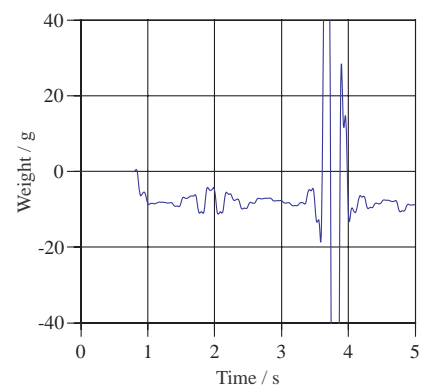
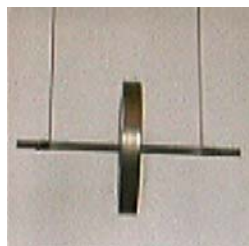
- Skizzieren Sie das TS und das TV Diagramm.
- Füllen Sie die Tabelle aus, wo Fragezeichen stehen (mit + für Zunahme oder positiv, – für Abnahme oder negativ, 0 wenn unverändert oder null). Siehe Zusatzblatt.

Table 1: Otto Cycle

Step	ΔS	ΔU	Q	W_{mech}
1	?			
2			?	
3		?	?	?
4	?			
Complete cycle		?		?

- Wenn bei der adiabatischen Kompression die Änderungsrate des Volumens vorgegeben wird, wie berechnen Sie dann die Temperaturänderungsrate für einen bestimmten Zeitpunkt? (Formal, allgemein, keine Zahlen. Der Zustand des Gases ist im betrachteten Moment bekannt.)

- Ein Rad mit einer dünnen Achse ist an zwei Fäden aufgehängt, die auf der Achse aufgerollt sind. Das Rad rollt an den Fäden ab. Dabei steht die Aufhängeeinrichtung samt Rad auf einer Waage. Die Anzeige der anfangs austarierten Waage ist im Diagramm dargestellt.

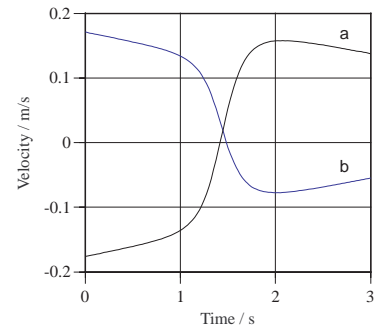
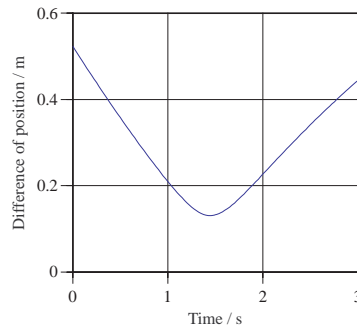
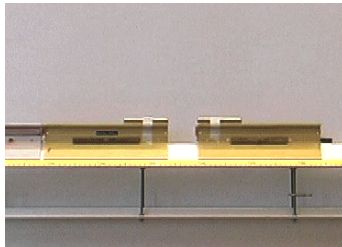


Erklären Sie die Messung im Bereich von 0.86 s bis 3.62 s (in dieser Zeit rollt das Rad ab, die Achse senkt sich um 33 cm).

Als Teil der Erklärung sollten Sie mit Hilfe eines Modells wichtige mechanische Größen während des Abrollens des Rades berechnen.

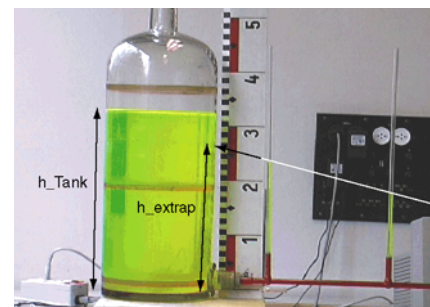
Daten: Radius des Rades: 5.26 cm, Radius der Achse: 3.50 mm; Masse des Rades: 0.950 kg; Masse der Achse vernachlässigbar.

7. Zwei Gleiter mit auf ihnen befestigten Magneten bewegen sich auf einer Luftschiene aufeinander zu und stossen sich ab. Da der Luftstrom relativ schwach ist, gibt es merkliche Reibung. In den beiliegenden Diagrammen sind die Distanz der beiden Gleiter und ihre Geschwindigkeiten gegeben (Vergrößerungen siehe Zusatzblatt).



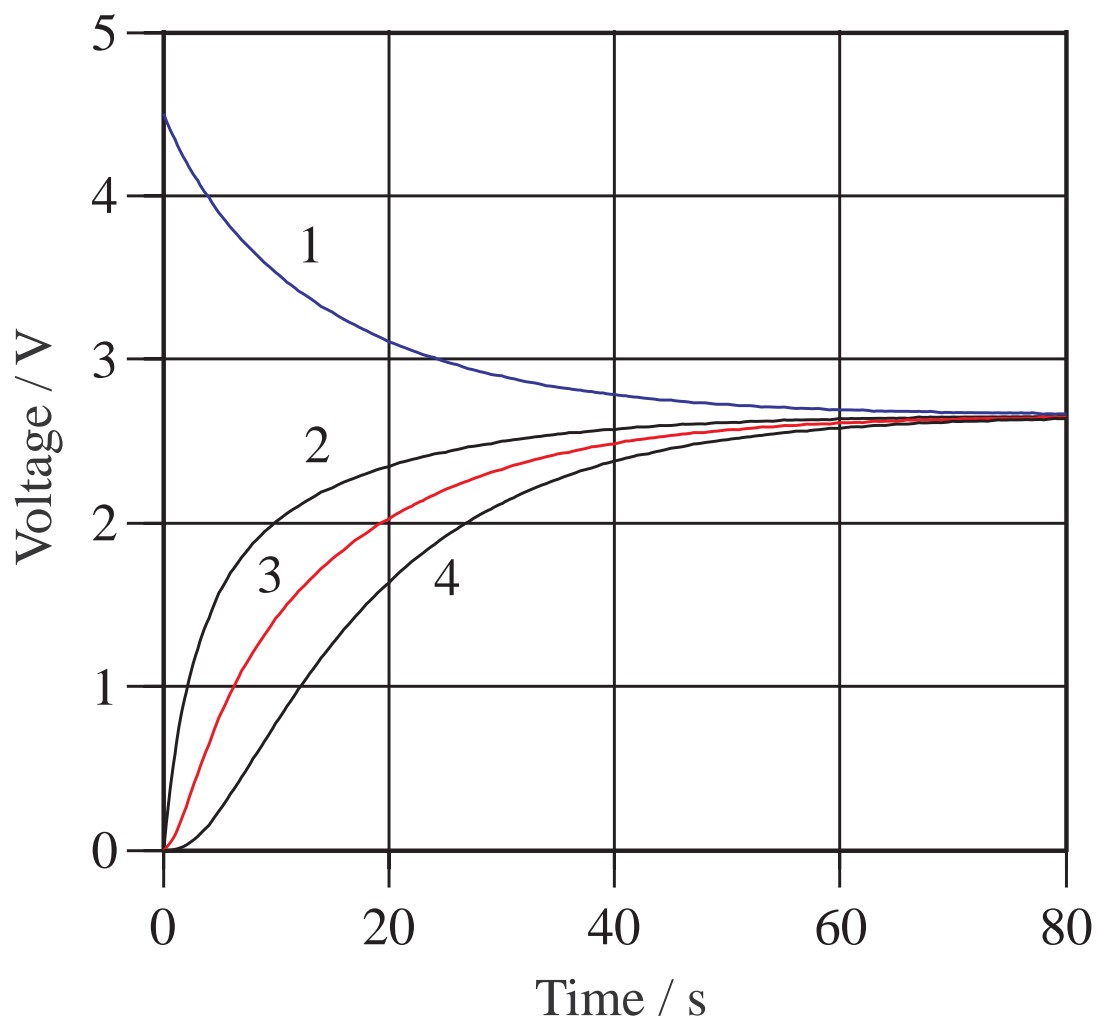
Daten: Masse Gleiter 1: 0.868 kg; Masse Gleiter 2: 0.618 kg.

- Welche der Geschwindigkeits-Kurven gehört zum *kleinen* Gleiter? a oder b? Warum?
 - Für die Reibung zwischen Gleiter und Luftschiene soll ein Kraftgesetz der Form $F_R = \mu F_N$ angenommen werden, mit einem Reibungskoeffizienten μ und der Normalkraft F_N (die Reibungskraft wird also als konstant angenommen). Bestimmen Sie diesen Reibungskoeffizienten.
 - Bestimmen Sie die Kraft des einen Magneten auf den andern zum Zeitpunkt des kleinsten Abstandes der beiden Gleiter.
8. Ein grosses Gefäss mit Wasser wird über ein langes horizontales Rohr entleert. Die Füllhöhe in einem Steigrohr nahe am Ansatz des Ausflussrohres zeigt, dass beim Eintritt in dieses Rohr der Druck kleiner als am Boden des Gefässes ist. In Tabelle 2 (siehe Zusatzblatt) sind die Füllhöhe im Gefäss und (extrapoliert) beim Eintritt ins Ausflussrohr gegeben. Zusätzlich wurde der Volumenstrom durch das Rohr gemessen.
- Bestimmen Sie mit Hilfe der Daten in der Tabelle die Differenz des Wasserdrucks unten im Gefäss und beim Eintritt ins Ausflussrohr (in Tabelle 2, Zusatzblatt).
 - Stellen Sie diese Druckdifferenz grafisch als Funktion des Quadrates der Strömungsgeschwindigkeit dar (auf dem Zusatzblatt).
 - Warum ist die in b gefundene Beziehung theoretisch durch $0.5 \cdot \rho v^2$ gegeben? (Herleitung?) Wie gut stimmt das mit dem Experiment überein?

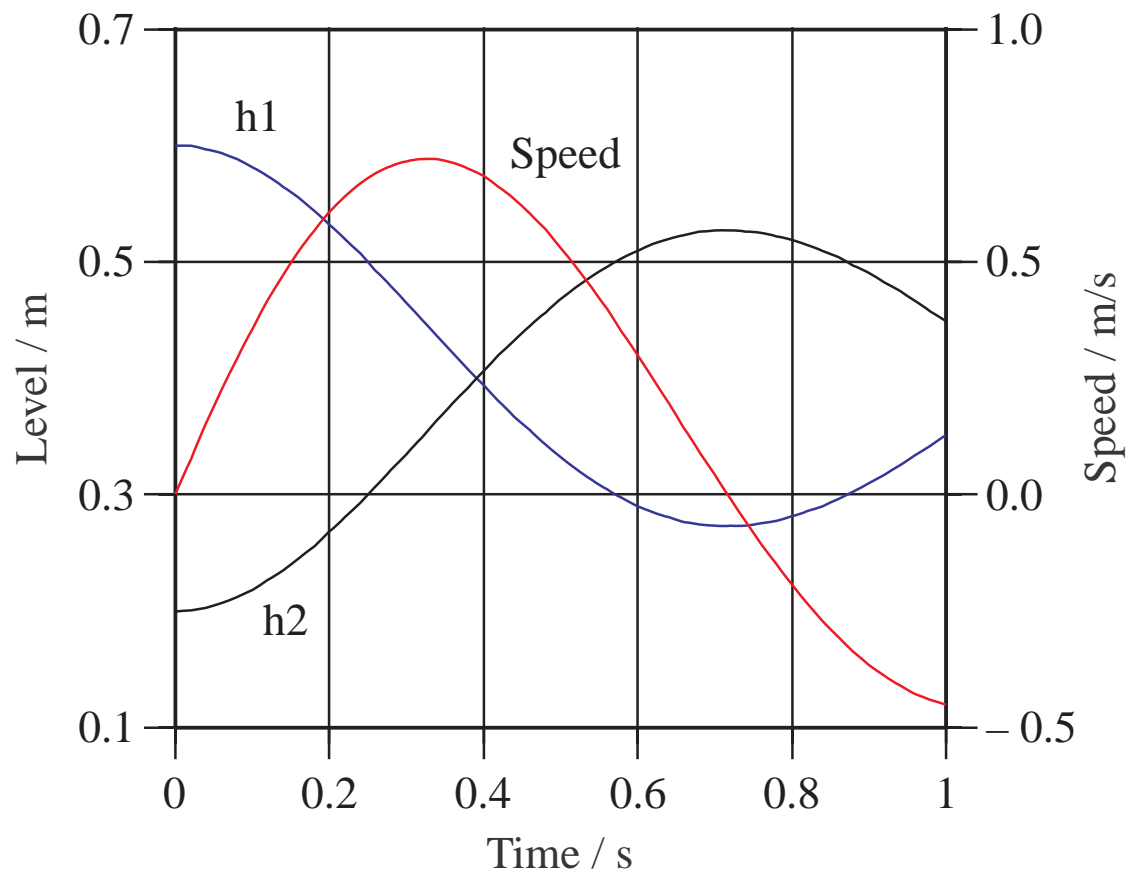


Daten: Radius des Ausflussrohres: 3.9 mm.

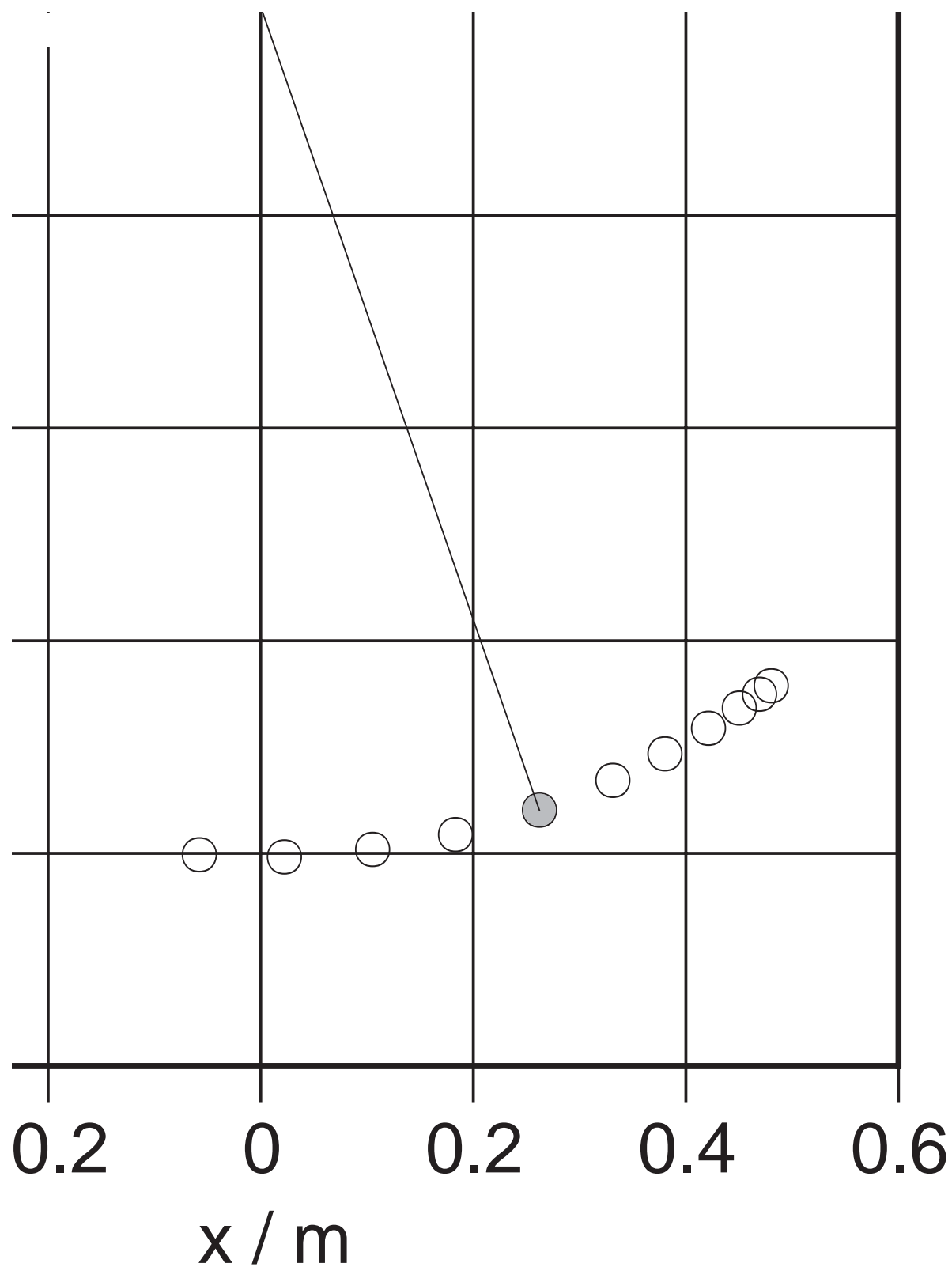
Problem 1



Problem 2



Problem 3

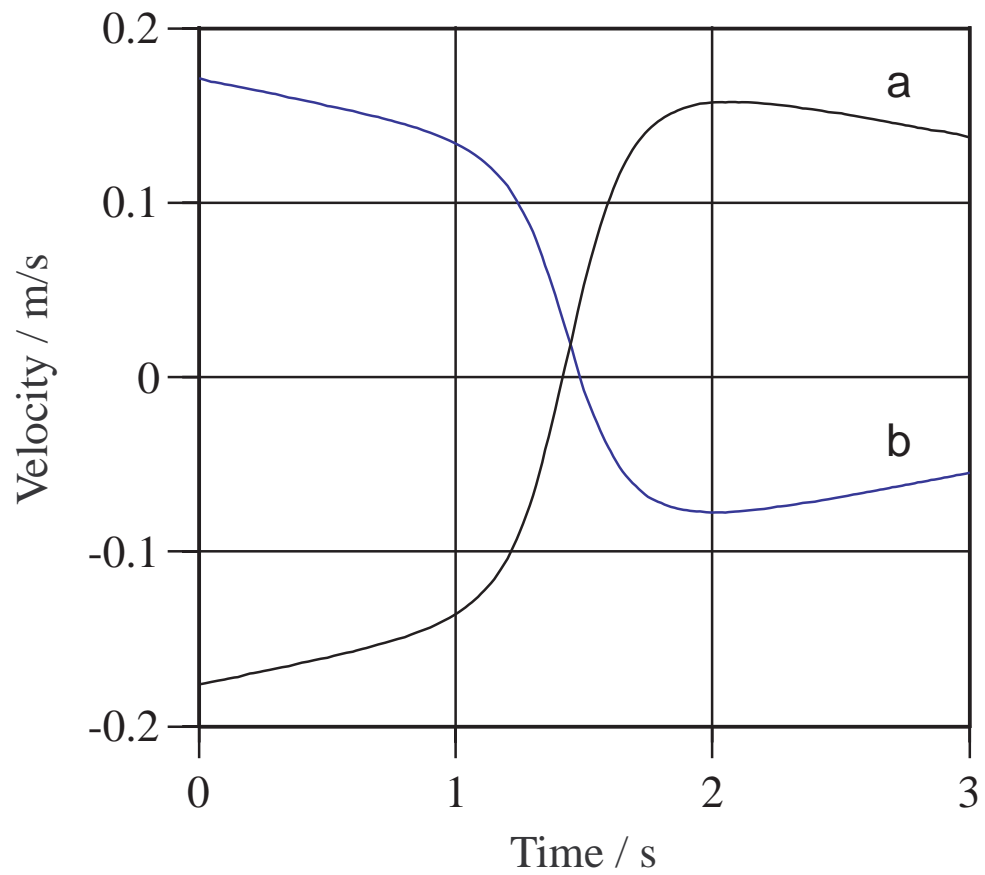
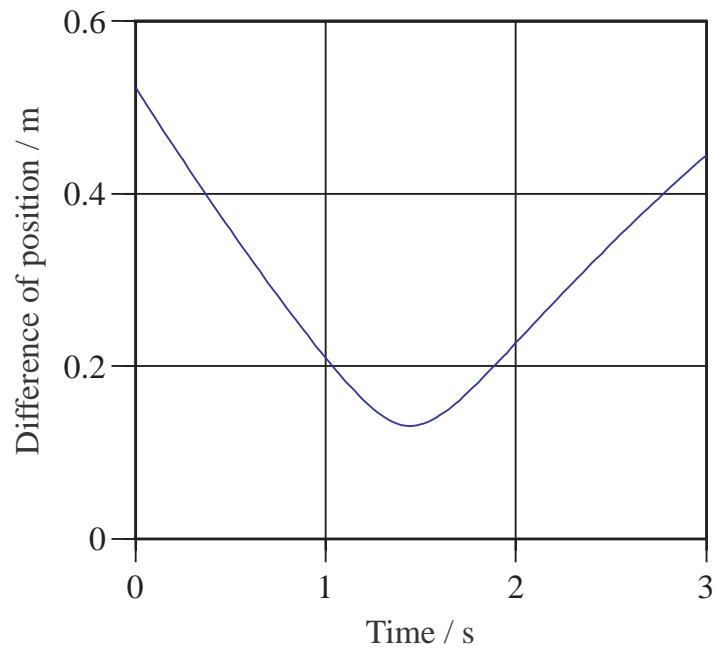


Problem 5

Table 1: Otto Cycle

Step	ΔS	ΔU	Q	W_{mech}
1	?			
2			?	
3		?	?	?
4	?			
Complete cycle		?		?

Problem 7



Problem 8

Table 2: Tank with outflow

t / s	h_Tank / m	h_extrap / m	IV / m³/s		
44	0.240	0.195	4.44E-05		
52	0.228	0.186	4.35E-05		
60	0.217	0.177	4.24E-05		
68	0.207	0.168	4.11E-05		
76	0.195	0.161	3.98E-05		

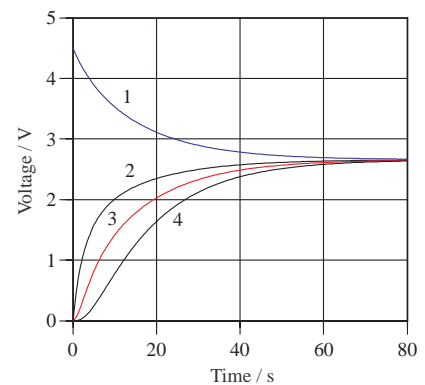
1. VORDIPLOMPRÜFUNG 2002

Blatt 1	Studiengang: MB, MI, DP Jahr: 2002 ExpertInnen: R. Bachmann
Klassen: MB1a, MI1a, DP1a	Datum: 11.9.2001
Lehrer: Fuh	Zeit: 8:00 – 11:00

SCHRIFTLICHE PRÜFUNG IN PHYSIK

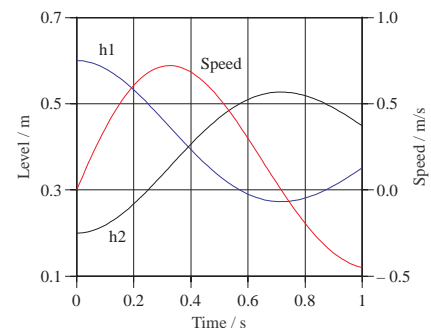
ERLAUBTE HILFSMITTEL: Eigene Zusammenfassung und Bücher (keine Aufgabensammlungen oder Notizen)

1. Imagine a thick-walled cylindrical PVC container. It is perfectly insulated from the environment. Hot water is filled into the cold container. We want to build an electric circuit consisting of four capacitors and some resistors that simulates the thermal system. The voltages across the capacitors are supposed to behave as shown in the diagram (enlargement on separate sheet).



Data: Capacitance of first capacitor: $C_1 = 130 \mu\text{F}$.

- a. Draw the diagram for a circuit that shows this behavior. Which electric elements correspond to which thermal ones?
 - b. Why is the rise of the voltage across the last capacitor delayed?
 - c. The last three capacitors are all supposed to have the same capacitance. How large does it have to be made?
 - d. What is the resistance of the resistor leading from the first to the second capacitor?
2. In the diagram you see data of the hydraulic oscillation of a liquid (sulfuric acid) in a U-pipe. Fluid levels and fluid speed are shown.



Data: Radius of the pipe: 0.010 m, density of the liquid: 1834 kg/m³.

Verteiler

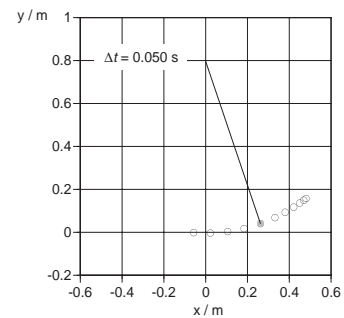
Kandidaten:
Archiv:
ExpertInnen:

nach Schluss der Prüfung an Dozierende zurück
je ein Exemplar pro Abteilung z.H. Archiv
je ein Exemplar z.H. der beteiligten ExpertInnen

- a. Determine the length of the fluid column from how the flow starts, i.e., from the data right near $t = 0$ s.
 - b. How much energy is dissipated during the first half of the first period?
3. A ball made of styrofoam having a radius of 4.0 cm hangs from a thin thread and oscillates back and forth. The center of the ball is 0.795 m from the pivot. The mass of the ball is 8.83 g. In the diagram, data for a short period of the oscillation are shown ($x = 0$ is the point below the pivot; time step: 0.050 s; density of air: 1.2 kg/m^3).



- a. Graphically determine the acceleration of the ball (vector \mathbf{a} , tangential component a_T and normal component a_n) at $t = 0.30$ s (gray dot; see enlargement on separate sheet).
 - b. Determine the force of air resistance for $t = 0.30$ s.
 - c. Determine the coefficient of air resistance (c_w) for the ball.
4. A mixture of ice and water at a temperature of 0°C is in a thin-walled polished aluminum can. Initially, 50% of the mass of the mixture is ice. The mixture is stirred continuously.



Data: Radius of can: 3.3 cm; height of can: 15.0 cm; external heat transfer coefficient: $8.0 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$; specific entropy of fusion of ice: $1220 \text{ J}/(\text{K}\cdot\text{kg})$; energy capacitance of water: $4180 \text{ J}/(\text{K}\cdot\text{kg})$. The inside heat transfer coefficient is very high, the metal sheet is very thin. Lid and bottom are insulated. Power of the mixer: 2.0 W; temperature of ambient is a constant 20°C .

- a. How will the temperature of the fluid change over a long time? Make a qualitative sketch. Explain all important parts of the function.
 - b. How long will it take for the ice to melt?
 - c. What is the steady-state temperature of the water after a very long time?
5. Consider the ideal Otto cycle of a heat engine. It consists of the following four steps: 1. adiabatic compression, 2. heating at constant volume, 3. adiabatic expansion, 4. cooling at constant volume.



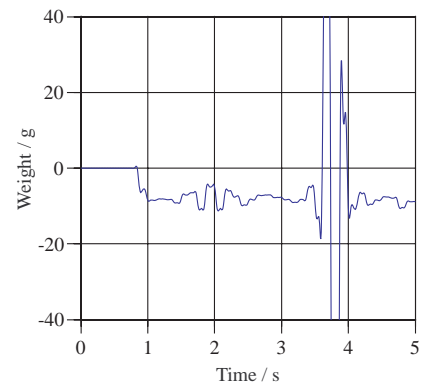
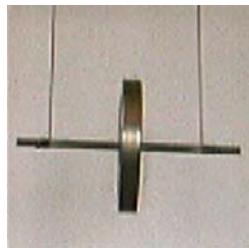
Data: The gas is air which you can treat as an ideal gas. The amount of the gas is known.

- a. Sketch the TS and TV diagrams.
- b. Fill in the table cells containing question marks (use the separate sheet). Use + for increase or positive, 0 for constant or zero, – for decrease or negative.

Table 1: Otto Cycle

Step	ΔS	ΔU	Q	W_{mech}
1	?			
2			?	
3		?	?	?
4	?			
Complete cycle		?		?

- c. Assume the rate of change of volume is known for a point in time during the adiabatic compression. How do you calculate the rate of change of temperature for this moment? (Formal result, no numbers. The state of the gas is known for the moment under consideration.)
6. A wheel having a thin shaft is suspended from two threads which are wound around the shaft. The wheel rolls downward as the threads unwind. The wheel and its mounting stand on a scale whose reading is shown in the diagram. Before the wheel starts rolling, the reading of the scale is set to zero.

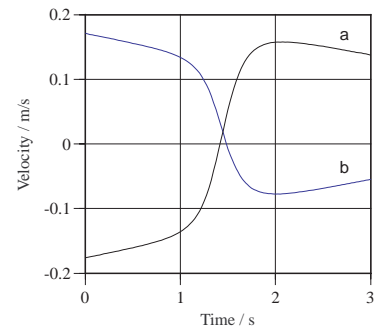
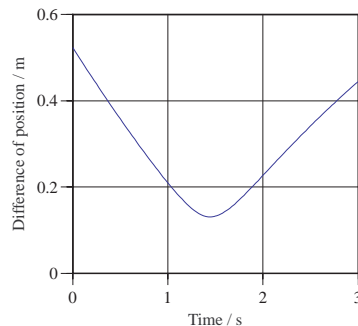
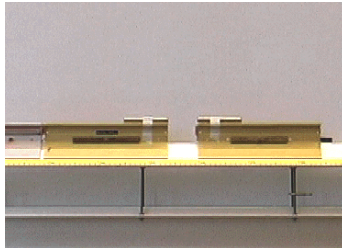


Explain the observation for the time span from 0.86 s to 3.62 s (during this time, the wheel rolls downward, and the shaft is lowered by 33 cm).

As a part of your explanation, calculate important mechanical quantities with the help of a detailed model of the rolling motion of the wheel.

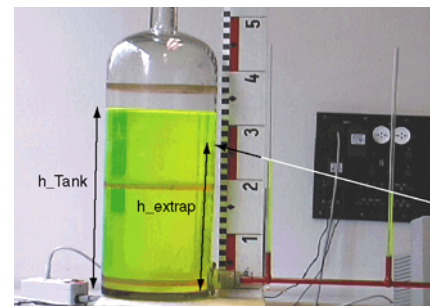
Data: Radius of the wheel: 5.26 cm, radius of the shaft: 3.50 mm; mass of the wheel: 0.950 kg; the mass of the shaft can be neglected.

7. Two gliders with magnets move toward each other on an air track. When they come closer, they are repelled. Friction is noticeable since the air stream is relatively weak. In the following diagrams you can see the distance of the gliders and their velocities (enlargements on a separate sheet).



Data: Mass of glider 1: 0.868 kg; mass of glider 2: 0.618 kg.

- Which of the velocity functions belongs to the smaller of the gliders? a or b? Why?
 - Assume a constitutive law of the form $F_R = \mu F_N$ for the force of friction with a coefficient of dynamic friction μ and the normal force F_N (i.e., friction is assumed to be constant). Determine the coefficient of friction.
 - Determine the force of a magnet upon the other at the time of the shortest distance between the gliders.
8. A large container filled with water is drained through a long horizontal pipe. The water level in a vertical pipe near the inlet of the draining pipe shows that the pressure of the water is smaller at the inlet than at the bottom of the container. In Table 2 on a separate sheet you find the water levels in the tank and at the pipe inlet (extrapolated values), and the volume flux.



- With the help of the data in Table 2, determine the pressure difference between the bottom of the tank and the pipe inlet (use the separate sheet).
- Plot the pressure difference as a function of the square of the fluid speed (use the separate sheet).
- Why is the relation found in Problem b theoretically equal to $0.5 \cdot \rho v^2$? (Derive this relation.) How good is the agreement between experiment and model?

Data: Radius of the draining pipe: 3.9 mm.

1. VORDIPLOMPRÜFUNG 2002

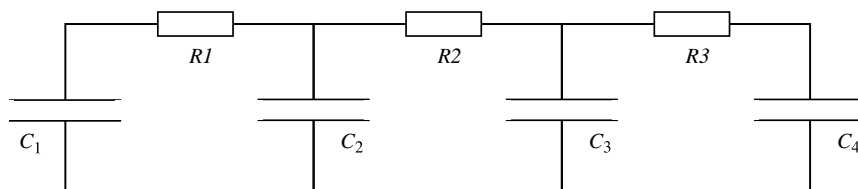
Blatt 1		Abteilung:	MB, MI, DP
		Jahr:	2002
		Experten:	R. Bachmann
Klassen:	MB1a, MI1a, DP1a	Datum:	11.9.2002
Lehrer:	Fuh	Zeit:	8:00 – 11:00

LÖSUNGEN ZUR SCHRIFTLICHE PRÜFUNG IN PHYSIK

ERLAUBTE HILFSMITTEL: Eigene Zusammenfassung und Bücher (keine Aufgabensammlungen oder Notizen)

1. Analogous electrical circuit.

- a. First capacitor: water; second through fourth capacitors: elements of PVC wall; first resistor: transfer layers from water to middle of first wall element; second and third resistors: transfer elements from middle to middle of the shells.



- b. With the capacitors in the middle, it takes time for charge to flow into the last capacitor (delay as a result of RC elements).
- c. We know the initial and the final voltages for all four capacitors from the graph of voltages (initial: 4.5 V, 0 V, 0 V, 0 V; final: 2.65 V). With the help of the balance of charge of all four capacitors we have

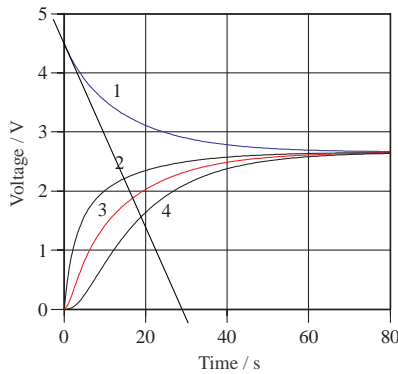
$$C_1 U_{10} + 0 = (C_1 + 3C_2) U_f$$

$$C_2 = \frac{1}{3} \left(\frac{1}{U_f} C_1 U_{10} - C_1 \right) = \frac{1}{3} \left(\frac{1}{2.65} 130 \cdot 10^{-6} \cdot 4.5 - 130 \cdot 10^{-6} \right) = 30 \cdot 10^{-6} \mu\text{F}$$

Verteiler

Spätestens bis Prüfungsbeginn: je ein Exemplar pro Abteilung z.H. Archiv
je ein Exemplar z.H. der beteiligten ExpertInnen

- d. With the help of the rate of change of the voltage of Capacitor 1 ($-4.5 \text{ V} / 27 \text{ s}$ from the graph) we can determine the flow of charge out of this capacitor. Then, knowing the voltage difference between the first and second capacitor at the beginning (4.5 V), we get the resistance of Resistor 1:

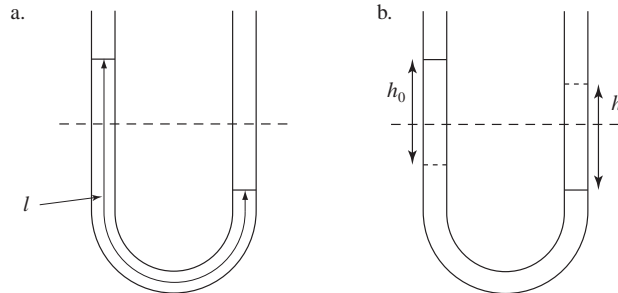


$$\dot{Q}_1 = I_{Q1}$$

$$C_1 \dot{U}_1 = -\frac{1}{R_1} (U_1 - U_2)$$

$$R_1 = -\frac{U_1}{C_1 \dot{U}_1} = \frac{4.5}{130 \cdot 10^{-6} \cdot (-4.5/27)} \Omega = 208 \text{ k}\Omega$$

2. U-pipe oscillation.



- a. At the beginning, the pressure difference between the two legs of the U-pipe is responsible for the rate of change of the volume flux:

$$\Delta p_L = -L \frac{dI_V}{dt}, \quad L = \frac{\rho l}{A}$$

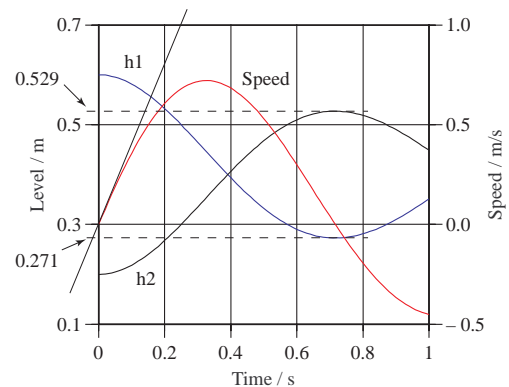
$$\Delta p_L = -\Delta p_C, \quad \Delta p_C = \rho g \Delta h_o$$

$$\frac{dI_V}{dt} = A \frac{dv}{dt}$$

Measured data: $\Delta h_o = 0.40 \text{ m}$, $dv/dt = 4.08 \text{ m/s}^2$
(from the graph).

$$\rho g \Delta h_o = \frac{\rho l}{A} A \frac{dv}{dt}$$

$$l = \frac{g \Delta h_o}{dv/dt} = \frac{9.81 \cdot 0.40}{4.08} \text{ m} = 0.96 \text{ m}$$



- b. At the beginning and after half a period, the fluid does not move. Energy is stored in the gravitational field only (due to the storage of the fluid in the pipe). Therefore, the energy dissipated must be equal to the change of the energy of the field. If we use the common level (0.40 m) as the zero point, the energy stored in one leg equals the energy stored in the other. Therefore:

$$W_o = 2 \cdot \frac{1}{2} m_o g h_o = A \rho g h_o^2$$

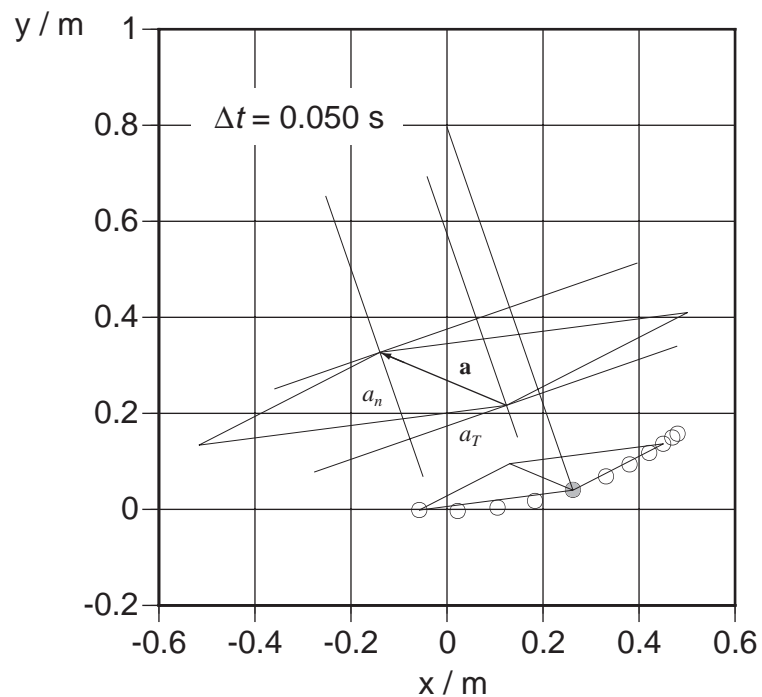
$$W_1 = 2 \cdot \frac{1}{2} m_1 g h_1 = A \rho g h_1^2$$

$$W_{diss} = W_o - W_1 = A \rho g (h_o^2 - h_1^2)$$

$$W_{diss} = 1834 \cdot \pi \cdot 0.010^2 \cdot 9.81 \cdot (0.20^2 - 0.129^2) \text{ J} = 0.132 \text{ J}$$

3. Pendulum with styrofoam ball.

- a. Graphical solution

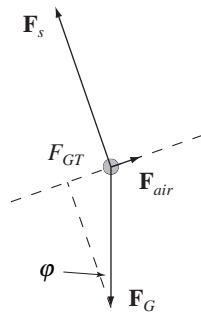


$$|\mathbf{a}| = 0.143 \text{ m} / 0.20^2 \text{ s}^2 = 3.58 \text{ m/s}^2$$

$$a_T = 2.65 \text{ m/s}^2$$

$$a_n = 2.35 \text{ m/s}^2$$

- b. Find all forces acting on ball. Sum of forces (as a vector, or for each component) must be equal to mass times acceleration:



Tangential component:

$$ma_T = F_G \sin(\varphi) - F_{air}$$

$$\sin(\varphi) = 0.33$$

$$\begin{aligned} F_{air} &= mg \sin(\varphi) - ma_T \\ &= 0.00883 \cdot (9.81 \cdot 0.33 - 2.65) \text{N} \\ &= 5.2 \cdot 10^{-3} \text{N} \end{aligned}$$

c. Determine coefficient of air resistance from constitutive law:

$$F_{air} = \frac{1}{2} c_W A \rho_{air} v^2$$

$$c_W = \frac{2F_{air}}{A \rho_{air} v^2} = \frac{2 \cdot 5.2 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0.040^2 \cdot 1.2 \cdot 1.58^2} = 0.83$$

The speed was determined graphically to be 1.58 m/s.

4. Ice-water in aluminum can.

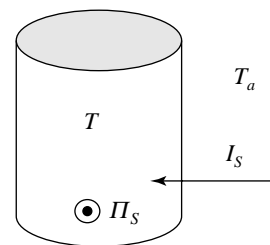
$$A = 2\pi r \cdot h = 0.0311 \text{ m}^2$$

$$V = \pi r^2 h = 0.513 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$m = 0.513 \text{ kg}$$

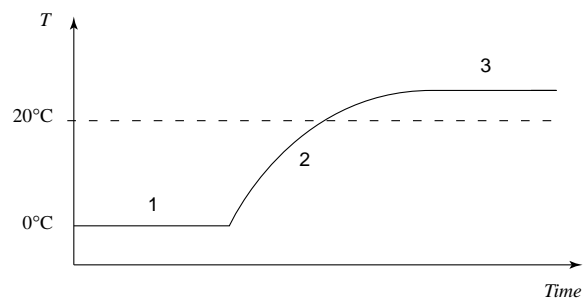
$$m_{ice,o} = 0.257 \text{ kg}$$

$$G_W = A \cdot h_{outside} = 0.249 \text{ W/(K} \cdot \text{m}^2)$$



a. Qualitative behavior of temperature:

- 1: melting of ice
2. temperature increase of water being heated by environment and by dissipation
3. steady state: $T > T_a$ because of dissipation



b. Entropy added as a consequence of entropy flow and entropy production melts the ice:

$$\Delta S = S_e + S_{prod}$$

$$\Delta S = \lambda_{S,f} \Delta m$$

$$S_e = \frac{G_W}{T_o} (T_a - T_o) \Delta t$$

$$S_{prod} = \frac{P_{diss}}{T_o} \Delta t$$

$$\lambda_{S,f} \Delta m = \frac{G_W}{T_o} (T_a - T_o) \Delta t + \frac{P_{diss}}{T_o} \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{T_o \lambda_{S,f} \Delta m}{P_{diss} + G_W (T_a - T_o)} = \frac{273 \cdot 1220 \cdot 0.257}{2.0 + 0.249 \cdot (293 - 273)} \text{ s} = 12300 \text{ s} = 3.41 \text{ h}$$

c. Steady state temperature from balance of entropy:

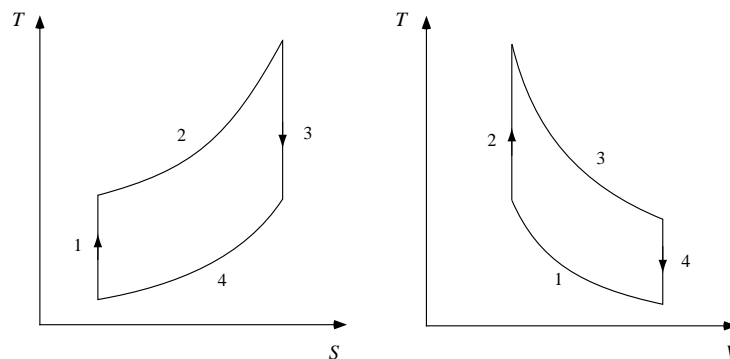
$$I_{S,out} = \Pi_S$$

$$\frac{G_W}{T} (T - T_a) = \frac{P_{diss}}{T}$$

$$T = T_a + \frac{P_{diss}}{G_W} = 20^\circ\text{C} + \frac{2.0}{0.249}^\circ\text{C} = 28.0^\circ\text{C}$$

5. The Otto cycle.

a. TS and TV diagrams:



b. Table 1:

Table 1: Otto Cycle

Step	ΔS	ΔU	Q	W_{mech}
1	0			
2			+	
3		-	0	-
4	-			
Complete cycle		0		-

c. Rate of change of temperature in adiabatic compression:

$$\dot{S} = \Lambda_V \dot{V} + K_V \dot{T}$$

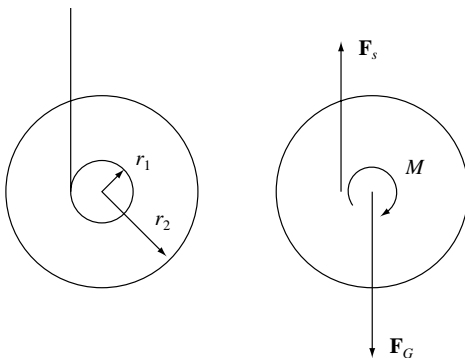
$$\dot{S} = 0$$

$$\Lambda_V = \frac{nR}{V}, \quad K_V = \frac{nR}{\gamma - 1} \frac{1}{T}$$

$$\dot{T} = -\frac{\Lambda_V}{K_V} \dot{V} = -(\gamma - 1) \frac{T}{V} \dot{V}$$

6. Maxwell's wheel.

Model:



$$ma = F_G - F_s$$

$$J\alpha = M$$

$$M = r_1 F_s, \quad J = \frac{1}{2} m r_2^2$$

$$a = r_1 \alpha$$

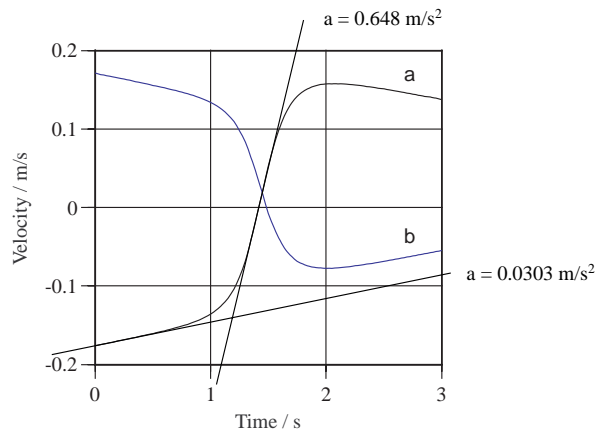
$$a = \frac{g}{1 + \frac{1}{2} \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2} = 0.086 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Results from observations: "Missing weight": roughly 8 g which corresponds to 0.08 N; $a = 2\Delta x / \Delta t^2 = 0.087 \text{ m/s}^2$.

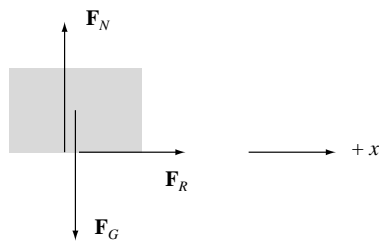
Explanation: According to the measurements, the force of the string upon the mounting must be reduced by about 8 N. This is so since during the downward movement of the wheel, the force of the strings upon the wheel must be smaller than F_G . According to the model, $\Delta F_s = F_s - F_{s0} = F_G - ma - F_G = -ma$, which corresponds to -0.082 N .

7. Collision of gliders.

- Curve a corresponds to the data of the smaller glider. Here, the change of velocity as a result of the collision is larger, since the mass of the body is smaller (balance of momentum).
- Long before the collision (or after), the interaction of the magnets is zero. For such a phase, the force of friction can be determined directly from the motion (from the rate of change of the speed) of one of the gliders. We choose the smaller one:



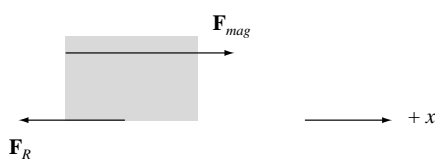
Small body, $v < 0$:



$$\begin{aligned}
 m_2 a &= F_R \\
 0 &= F_N - F_G \\
 F_G &= m_2 g \\
 F_R &= \mu F_N \\
 \mu &= \frac{a}{g} = \frac{0.0303}{9.81} = 3.1 \cdot 10^{-3}
 \end{aligned}$$

- Knowing the force of friction and the acceleration at the moment of the closest approach, the force of a magnet upon the other can be calculated. Note: at the moment of closest approach, the small glider moves in the positive direction!

Small body, $v > 0$:



$$\begin{aligned}
 m_2 a &= F_{mag} - F_R \\
 F_R &= \mu F_N = 3.1 \cdot 10^{-3} \cdot 0.618 \cdot 9.81 \text{ N} = 1.88 \cdot 10^{-2} \text{ N} \\
 F_{mag} &= m_2 a + F_R = 0.618 \cdot 0.648 \text{ N} + 1.88 \cdot 10^{-2} \text{ N} \\
 &= 0.419 \text{ N}
 \end{aligned}$$

8. Discharging of large container.

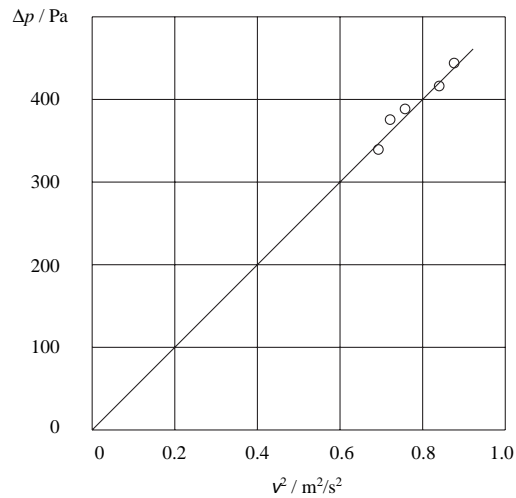
a. Pressure differences (and speeds squared)

$$\Delta p = \rho g \Delta h \quad , \quad v = \frac{IV}{A}$$

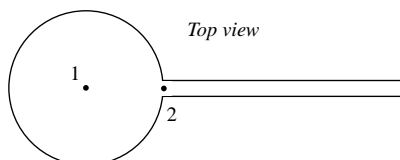
Table 2: Tank with outflow

t / s	h_Tank / m	h_extrap / m	IV / m ³ /s	Δp / Pa	v ² / m ² /s ²
44	0.240	0.195	4.44E-05	442	0.863
52	0.228	0.186	4.35E-05	412	0.829
60	0.217	0.177	4.24E-05	392	0.787
68	0.207	0.168	4.11E-05	383	0.740
76	0.195	0.161	3.98E-05	334	0.694

b.



c. Bernoulli:



$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$v_1 \approx 0 \quad \Rightarrow \quad p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

Theoretically, the relation is $\Delta p = 500 v^2$; this corresponds very closely to the result found in the experiment.