

VORDIPLOMPRÜFUNG

Department: Maschinenbau
Year: 1998
Experts: Caravatti

Page 1

Classes: 1Mb

Date: Sept. 16, 1998

Teacher: Fc

Time: 8:00 – 11:00

WRITTEN EXAM IN PHYSICS

ALLOWED MEDIA: Personal summary, Calculator

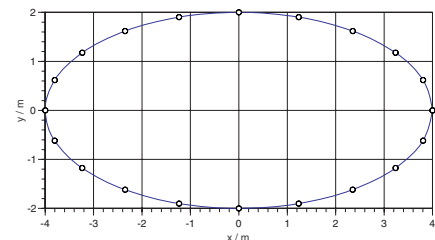
1. A small body with a mass of 0.50 kg moves on an elliptic path (size of the major semi-axis $a = 4$ m, minor semi-axis $b = 2$ m). The path is horizontal. If the coordinate system is placed in the middle of the ellipse, the position of the body can be described as follows:

$$x(t) = a \cos(ct)$$

$$y(t) = b \sin(ct)$$

where $c = \pi/10 \text{ s}^{-1}$.

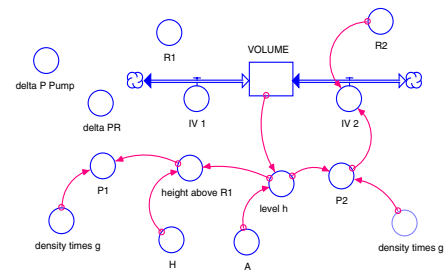
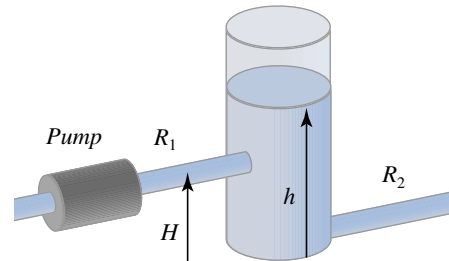
- What is the period of movement and what is the time interval in the figure?
 - Determine the largest and the smallest values of the speed (absolute value of velocity).
 - What is the body's acceleration at the moment that it crosses the y -axis.
 - What is the resulting force upon the body four seconds after it crosses the y -axis?
2. A bicyclist upon a straight, flat street wishes to travel between points A and B at constant speed. She needs 20 minutes for the entire distance of 12 km. The wind resistance increases quadratically with the air speed relative to the bicyclist. At 5 m/s it measures 9.0 N. Ignore all other friction forces.



Elliptic path with points at equal time intervals. An enlarged diagram can be found in the appendix.

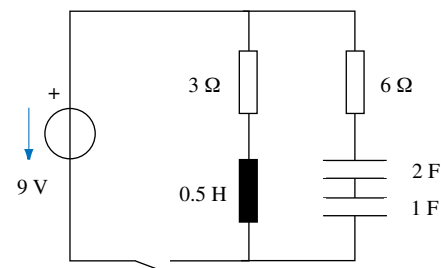
- a. If there is no wind, how much energy must the bicyclist deliver to the bicycle in these twenty minutes?
 - b. How much energy does she transmit to the bicycle if the wind blows from A to B at 6 m/s?
 - c. How much energy does she transmit with a wind blowing from the side at 6 m/s?
3. An ideally working pump transports oil in that it creates a pressure difference (See graphic). At the same time oil flows out of the lower pipe. The hydraulic resistances R_1 and R_2 are $2.0 \cdot 10^7$ Pa·s/m³ and $5.0 \cdot 10^7$ Pa·s/m³, respectively. The height H of the inflowing pipe is 2.0 m above the floor. The cross section of the container is 0.20 m². Density of oil: 900 kg/m³.

- a. Complete the system dynamic diagram by adding the relations necessary for computing the inflowing current. Give the necessary formulas.
- b. Add to the system dynamic diagram the relationships which are necessary for the computation of the energy released by the pump from the beginning until the end.
- c. How much must the pump increase the fluid pressure so that the fluid level stays constant at 3.0 m?
- d. What must the power be for the pump to meet the requirements for c?

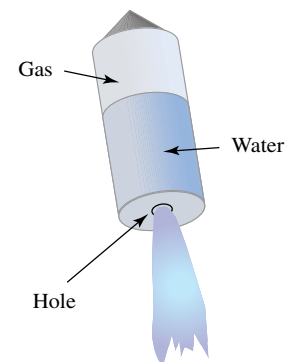


Stella System dynamic diagram. An enlarged diagram can be found in the appendix.

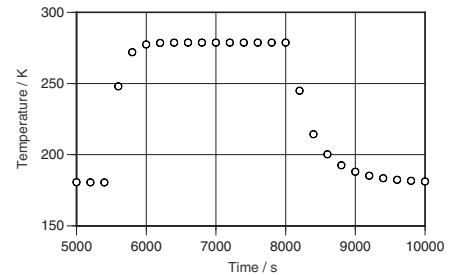
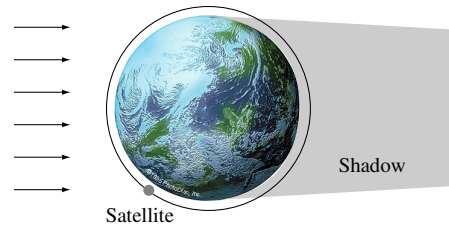
4. The sketch shows a circuit with a constant voltage source of 9V.
- a. How strong is the current which flows through the source immediately after the circuit is closed?
 - b. What is the power of the source used to drive the circuit a few minutes later?
 - c. How much energy is contained in the electric field of the smaller capacitor after several minutes?



5. A pressure vessel of steel having a mass of 8 kg and a volume of 6.0 liters contains 4 liters of water and 0.50 kg of nitrogen gas at a temperature of 20°C. The container stands on three legs. On the bottom of the container is a hole with an automatic valve.
- a. What is the pressure of the gas?
 - b. At what speed does the water flow out of the hole immediately after it is opened?
 - c. What diameter must the hole have so that the initial acceleration of the vessel is 30 m/s²?

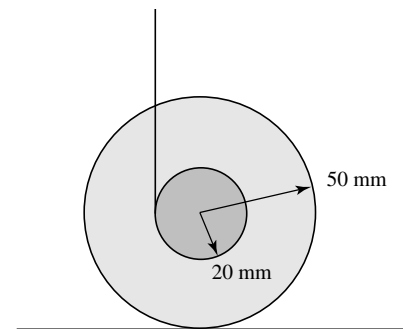


6. A spherical satellite with a radius of 0.50 m moves in an orbit near the earth. Approximately half the time it is exposed to the sun's light (radiation density 1370 W/m^2). In the earth's shadow it is irradiated by the earth itself. The satellite is a thin aluminum shell (Data below).
- The earth absorbs approximately 70% of the energy of the incident light of the sun. The energy is then reradiated uniformly over the entire surface. What is the energy flow of the earth's radiation per square meter (radiation density)?
 - Determine the highest and the lowest temperatures reached by the satellite. This temperature is uniform over the entire surface. Assume that the satellite is a black body radiator. When it is in sunlight, ignore the earth's radiation.
 - Determine the mass of the satellite with the help of the temperature as a function of time (see graph).



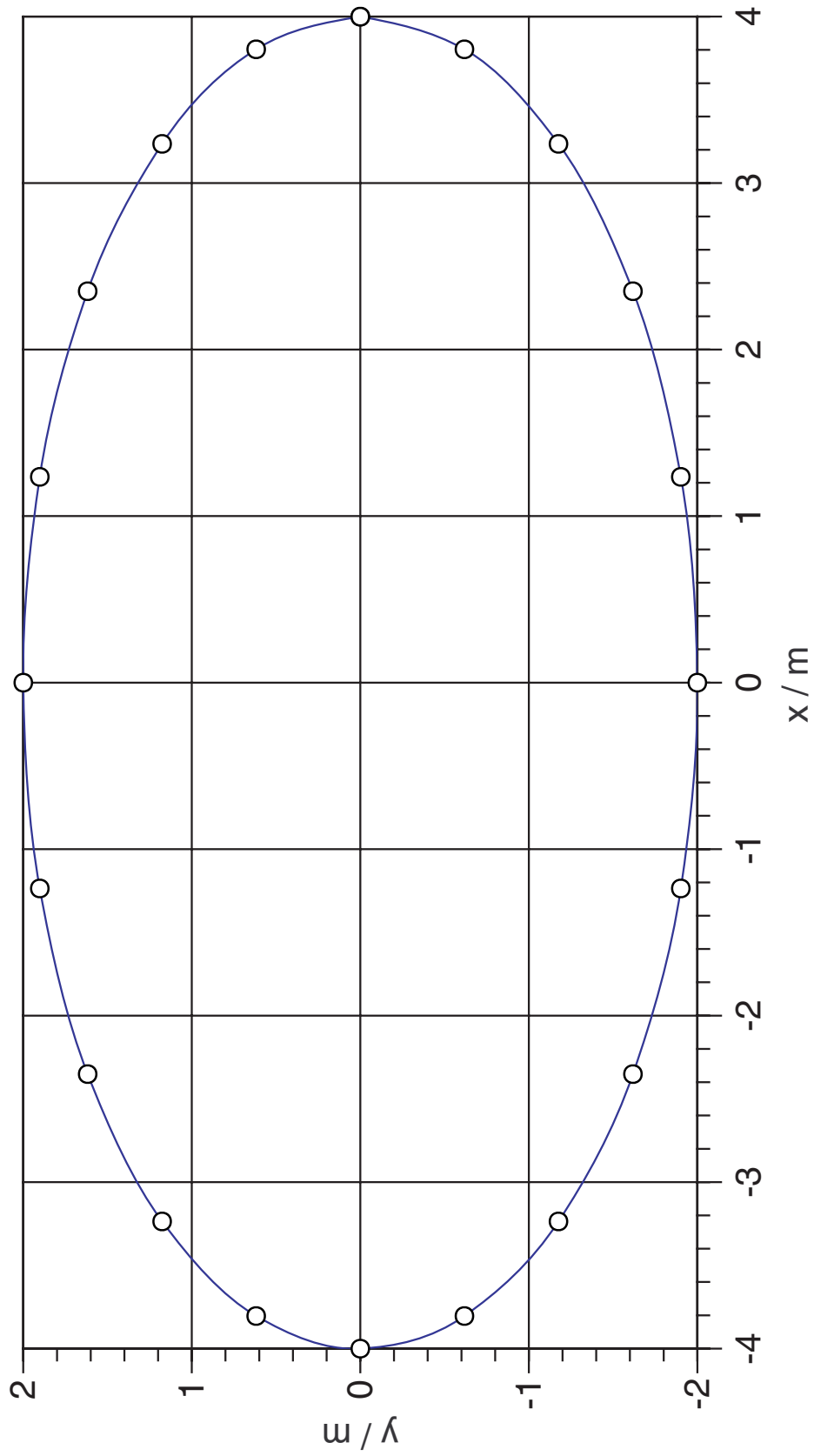
Temperature of the satellite as a function of time. An enlarged diagram can be found in the appendix.

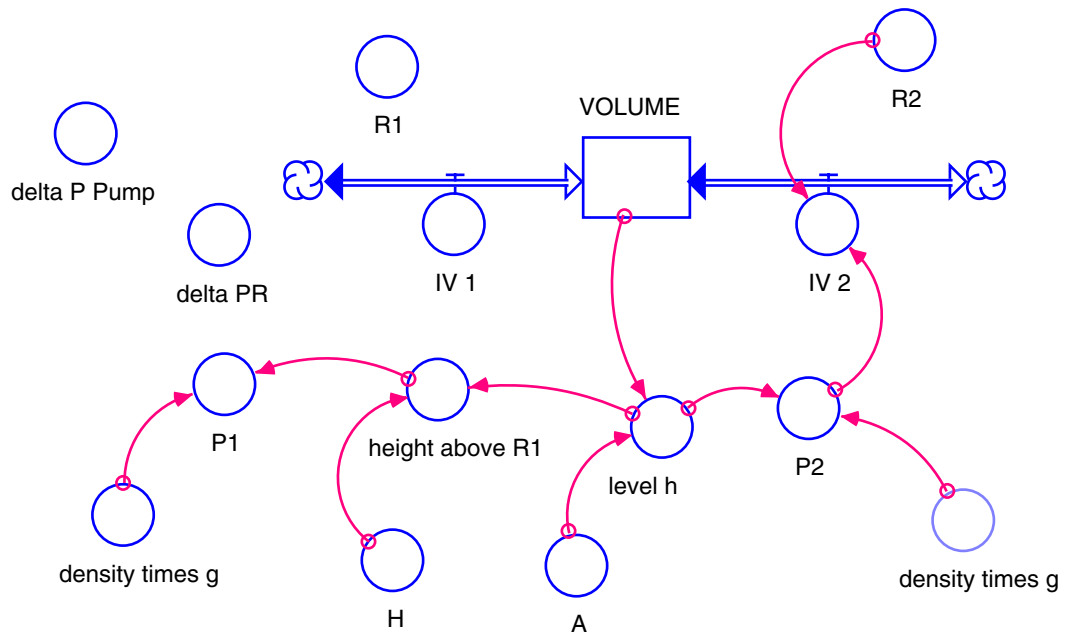
7. Ten kilograms of water have an initial temperature of 20° . We add 1.25 times as much entropy at constant pressure than is needed for the production of steam. Treat the steam as an ideal gas (Data below).
- Sketch the TS diagram of the process.
 - How much entropy is added to the fluid?
 - How much of the entropy is necessary for heating the water to 100°C ?
 - What will the end temperature be?
8. We have a vertically positioned thread attached to a spool with a diameter of 10 cm. The center around which the thread is wound has a diameter of 4 cm. The total mass is 500 g, and the moment of inertia is $4 \cdot 10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$. There is a force upon the vertical thread which is half the weight of the spool. The spool rolls to the right without sliding.
- What is the acceleration of the middle of the spool?
 - Give the lower limit for the static friction coefficient so that the spool does not slip.

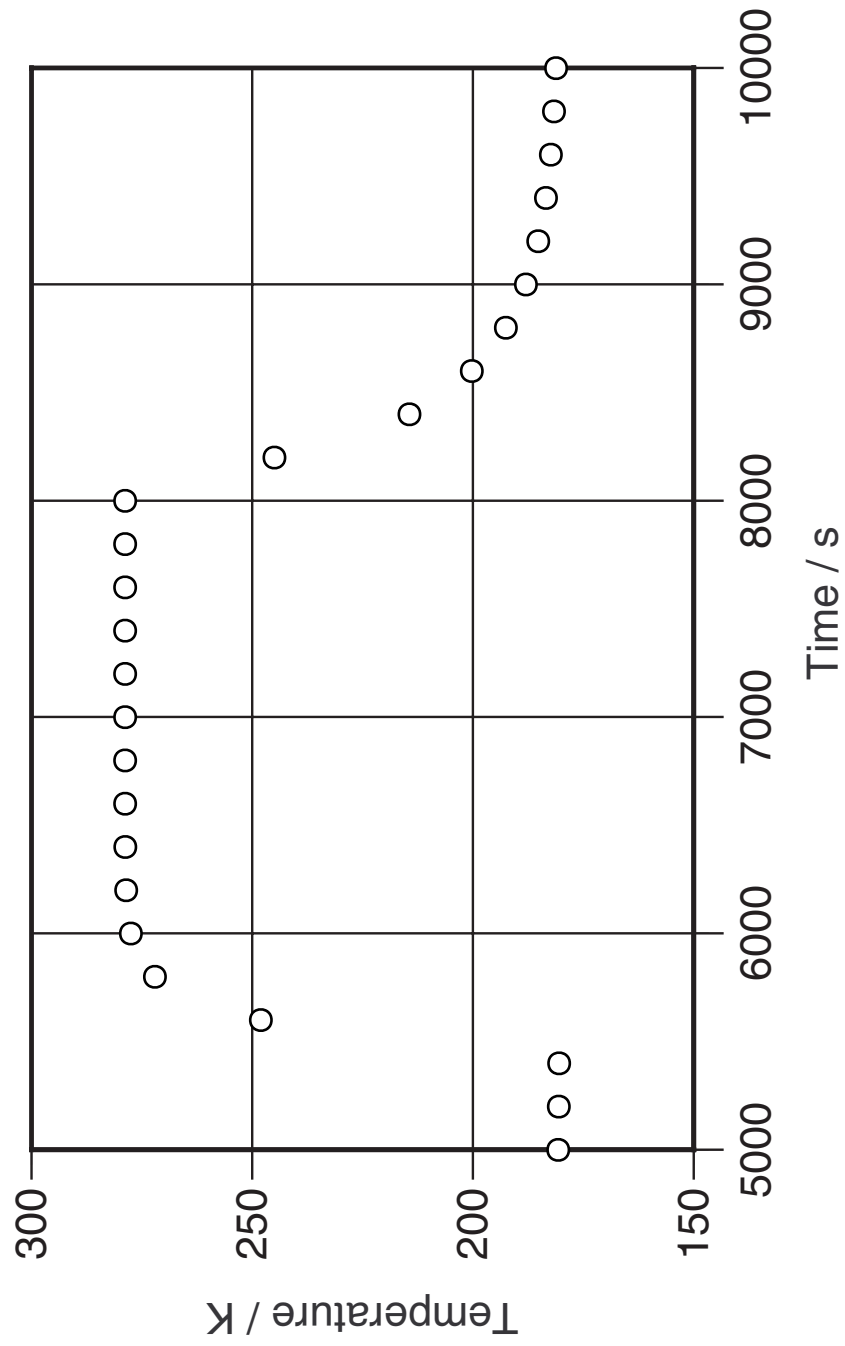


DATA

Stefan-Boltzmann constant:	$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$	Steam:	
c of aluminum:	$896 \text{ J}/(\text{K}\cdot\text{kg})$	Enthalpy of vaporization:	$2260 \text{ kJ}/\text{kg}$
Molar mass of N_2 :	$0.028 \text{ kg}/\text{mole}$	Specific energy capacity:	$1560 \text{ J}/(\text{K}\cdot\text{kg})$
Gas constant:	$8.31 \text{ J}/(\text{K}\cdot\text{mole})$	Specific enthalpy capacity:	$2035 \text{ J}/(\text{K}\cdot\text{kg})$







VORDIPLOMPRÜFUNG

Department: Maschinenbau
Year: 1998
Experts: Caravatti

Page 1

Classes:	1Mb	Date:	Sept. 16, 1998
Teacher:	Fc	Time:	8:00 – 11:00

WRITTEN EXAM IN PHYSICS

ALLOWED MEDIA: Personal summary, Calculator

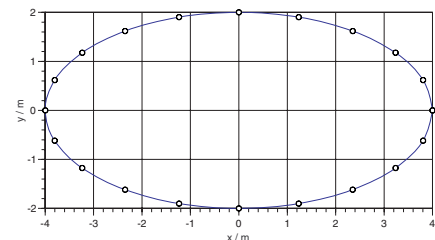
1. Ein kleiner Körper mit einer Masse von 0.50 kg bewegt sich auf einer elliptischen Bahn (grosse Halbachse $a = 4$ m, kleine Halbachse $b = 2$ m). Die Bahn liegt horizontal. Setzt man das Koordinatensystem in die Ellipsenmitte, kann der Ort des Körpers durch die folgenden Funktionen beschrieben werden:

$$x(t) = a \cos(ct)$$

$$y(t) = b \sin(ct)$$

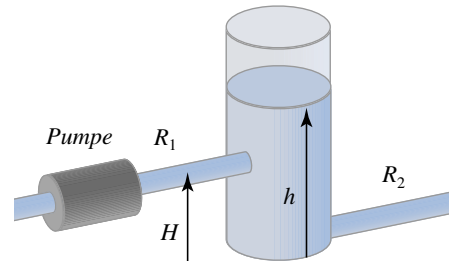
wobei $c = \pi/10 \text{ s}^{-1}$.

- Wie gross ist die Periode der Bewegung und wie gross ist ein Zeitintervall in der Figur?
 - Bestimmen Sie den grössten und den kleinsten Wert der Schnelligkeit (Betrag der Geschwindigkeit).
 - Wie gross ist die Beschleunigung des Körpers in dem Moment, in dem er die y -Achse überstreicht.
 - Wie gross ist die resultierende Kraft, die vier Sekunden nach der Überquerung der y -Achse auf den Körper wirkt?
2. Ein Velofahrer will auf einem horizontalen geraden Strassenstück mit gleichbleibender Geschwindigkeit von A nach B fahren. Für den ganzen Weg von 12 km braucht er 20 Minuten. Der Luftwiderstand nimmt quadratisch mit der Anstömgeschwindigkeit zu und beträgt bei 5 m/s 9.0 N. Andere Reibkräfte sind zu vernachlässigen.

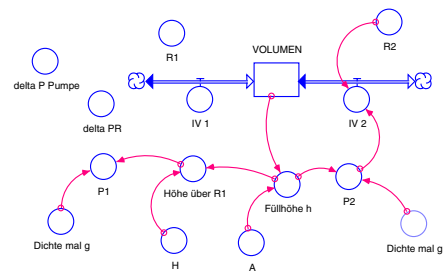


- a. Wieviel Energie muss der Velofahrer bei Windstille während diesen zwanzig Minuten an das Fahrrad abgeben?
- b. Wieviel Energie überträgt er an das Velo, wenn ein Wind mit einer Geschwindigkeit von 6 m/s von A nach B weht?
- c. Wieviel Energie überträgt er bei einem Seitenwind von 6 m/s?

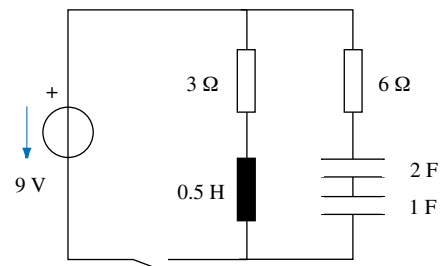
3. Eine ideal arbeitende Pumpe fördert Öl wie in der nebenstehenden Grafik ersichtlich, indem sie eine Druckdifferenz aufbaut. Gleichzeitig fließt das Öl durch das tiefer gelegene Rohr aus. Die hydraulischen Widerstände R_1 und R_2 betragen $2.0 \cdot 10^7$ Pa·s/m³ und $5.0 \cdot 10^7$ Pa·s/m³. Die Höhe H des zuführenden Rohres ist 2.0 m über dem Boden, der Gefässquerschnitt beträgt 0.20 m². Dichte des Öls: 900 kg/m³.



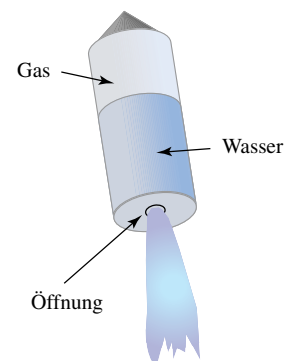
- a. Ergänzen Sie das Systemdynamik-Diagramm durch die Beziehungen, die zur Berechnung des zuführenden Stromes nötig sind und geben Sie die Formeln dazu an.
- b. Ergänzen Sie das Systemdynamik-Diagramm durch die Beziehungen, die zur Berechnung der von Anfang bis Ende von der Pumpe abgegebenen Energie benötigt werden.
- c. Wie stark muss die Pumpe den Druck des Fluids erhöhen, damit sich der Füllstand konstant bei 3.0 m einstellt?
- d. Wie gross muss die Leistung der Pumpe für die in c formulierte Bedingung sein?



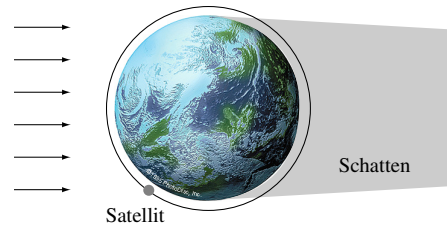
4. Die nebenstehend skizzierte Schaltung wird mit einer Gleichspannungsquelle von 9 V verbunden.
 - a. Wie stark ist der Strom, der unmittelbar nach dem Schliessen des Schalters durch die Spannungsquelle fließt?
 - b. Mit welcher Leistung treibt die Spannungsquelle einige Minuten später den Stromkreis an?
 - c. Wieviel Energie enthält dann das elektrische Feld des kleineren Kondensators?



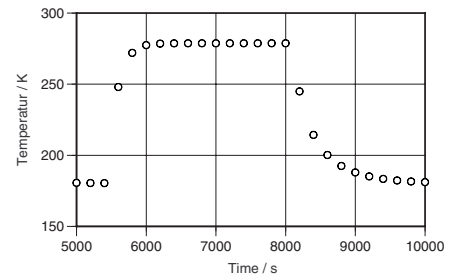
5. Ein Druckbehälter aus Stahl mit einer Masse von 8 kg und einem Volumen von 6.0 Litern enthält 4 Liter Wasser und 0.50 kg Stickstoff bei einer Temperatur von 20°C. Der Behälter steht auf drei Beinen. In der Mitte des Behälterbodens befindet sich ein Loch mit einem automatischen Verschluss.
 - a. Wie gross ist der Druck des Gases?
 - b. Mit welcher Geschwindigkeit strömt das Wasser anfänglich aus dem geöffneten Loch?
 - c. Wie gross muss der Lochdurchmesser sein, damit die Anfangsbeschleunigung des Behälters 30 m/s² gross ist?



6. Ein kugelförmiger Satellit mit einem Radius von 0.50 m bewegt sich auf einer erdnahen Bahn. Er ist etwa während der Hälfte der Zeit dem vollen Sonnenlicht (Strahlungsdichte 1370 W/m^2) ausgesetzt. Im Erdschatten wird er nur von der Erde selber angestrahlt. Der Satellit ist eine dünne Aluminiumschale (Daten siehe unten).



- Die Erde absorbiert 70% der Energie des einfallenden Sonnenlichts und strahlt diese gleichmässig auf der ganzen Oberfläche wieder ab. Wie gross ist der Energiestrom der Erdstrahlung pro Quadratmeter (Strahlungsdichte)?
- Bestimmen Sie die grösste und die kleinste Temperatur, die der auf der ganzen Oberfläche gleichmässig warme Satellit annimmt. Nehmen Sie an, der Satellit sei ein schwarzer Strahler. Wenn er im Sonnenlicht ist, vernachlässigen Sie die Erdstrahlung.
- Bestimmen Sie mit Hilfe der Temperatur, die als Funktion der Zeit bekannt ist, die Masse des Satelliten.

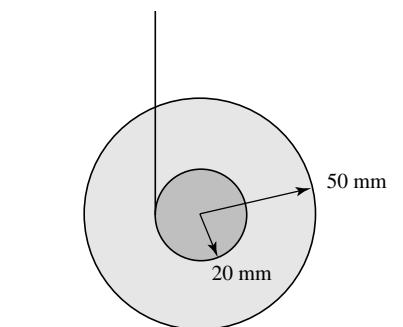


Temperaturverlauf des Satelliten. Ein vergrössertes Diagramm ist im Anhang zu finden.

7. Eine Wärmekraftmaschine mit 250 mol Helium durchläuft folgende drei Prozesse: Heizen bei einem konstanten Druck von 40 bar von 20°C auf 300°C , adiabatisch reversible Abkühlung auf 20°C gefolgt von einer isothermen Kompression in den Anfangszustand zurück.

- Bestimmen Sie die Drücke und Volumina an allen Eckpunkten des Kreislaufs.
- Skizzieren Sie das TS Diagramm des Kreislaufs.
- Wieviel Wärme nimmt die Maschine pro Umlauf auf, und wieviel gibt sie ab?
- Wie gross ist das Verhältnis von mechanisch abgegebener Arbeit zur zugeführten Energie?

8. Auf den vertikal ausgerichteten Faden einer Spule mit einem grossen Durchmesser von 10 cm und einem Wickeldurchmesser von 4 cm (Masse 500 g, Massenträgheitsmoment $4 \cdot 10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$) wirkt eine Kraft ein, die halb so gross wie das Gewicht der Spule ist. Die Spule rollt ohne zu rutschen nach rechts weg.



- Wie gross ist die Beschleunigung der Spulenmitte?
- Geben Sie eine untere Grenze für den Haftreibungskoeffizienten an, so dass die Spule nicht rutscht.

DATEN

Stefan-Boltzmann-Konstante:	$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$	Helium:	
c von Aluminium:	896 J/(K·kg)	Adiabatexponent:	5/3
Molmasse von N ₂ :	0.028 kg/mol	Molare Energiekapazität:	12.6 J/(K·mol)
Gaskonstante:	8.31 J/(K·mol)	Molare Enthalpiekapazität:	20.9 J/(K·mol)