

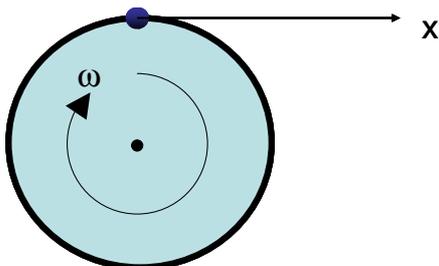
Sommersemester 2008	Blatt 1 (von 4)
Studiengang: BT(B)2 / CI(B)2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 2040 2041 (B)
Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 120 Minuten

Gesamtpunktzahl: 120, Lösungen ohne Gewähr!

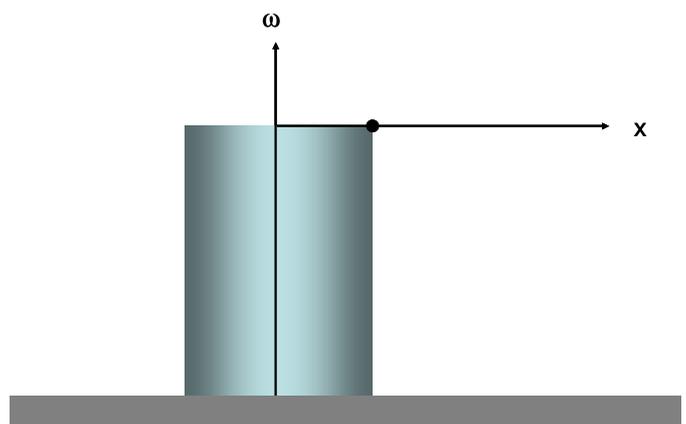
Aufgabe 1: (25 Punkte)

Beim Betrieb einer Tischzentrifuge löst sich während des Betriebes bei einer Drehfrequenz von $f = 8 \text{ Hz}$ ein Tropfen der Masse $m = 0,002 \text{ g}$ vom oberen Rand ab. Die Drehachse der Zentrifuge ist senkrecht zur ebenen Tischplatte justiert. Die Zentrifuge hat einen Durchmesser von $d=10 \text{ cm}$ und eine Höhe von $h=15 \text{ cm}$. Nehmen Sie im Folgenden an, dass die Luftreibung und die Verdunstungsverluste des als Punktmasse angenommenen Tropfens vernachlässigbar klein sind.

- Wie groß ist die Geschwindigkeit des Tropfens beim Verlassen des Zentrifugenrandes?
- Wie groß ist die kinetische Energie des Tropfens zu diesem Zeitpunkt?
- Wie groß ist zu diesem Zeitpunkt der Betrag des Drehimpulses des Tropfens bezüglich der Drehachse der Zentrifuge?
- Berechnen Sie die Wegstrecke Δx , die der Tropfen in x-Richtung parallel zur Tischoberfläche nach $t = 0,05 \text{ s}$ zurückgelegt hat.
- Skizzieren Sie den Weg des Tropfens in der Seitenansicht auf die Zentrifuge.
- Berechnen Sie die Fallstrecke des Tropfens nach der Zeit $t = 0,05 \text{ s}$.
- Hat sich zu diesem Zeitpunkt der Betrag des Drehimpulses bezüglich der Drehachse geändert? Begründung! Wie groß ist die kinetische Energie des Tropfens beim Aufprall auf den Labortisch?



Aufsicht auf die Zentrifuge



Seitenansicht

Lösungsvorschlag

Wie groß ist die Geschwindigkeit des Tropfens beim Verlassen des Zentrifugenrandes?

$$v = 2\pi \cdot f \cdot r = 2\pi \cdot 8s^{-1} \cdot 0,05m = 2,5132 \frac{m}{s}$$

Wie groß ist die kinetische Energie des Tropfens zu diesem Zeitpunkt?

$$E = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} \text{kg} \cdot \left(2,5132 \frac{m}{s}\right)^2 = 6,316 \cdot 10^{-6} \text{J}$$

Wie groß ist zu diesem Zeitpunkt der Betrag des Drehimpulses des Tropfens bezüglich der Drehachse der Zentrifuge?

$$L = r \cdot m \cdot v \cdot \sin\alpha = 0,05m \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{kg} \cdot 2,5132 \frac{m}{s} \cdot 1 = 2,513 \cdot 10^{-7} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}}$$

Berechnen Sie die Wegstrecke Δx , die der Tropfen in x-Richtung parallel zur Tischoberfläche nach $t = 0,05s$ zurückgelegt hat.

$$x = v \cdot t = 2,5132 \frac{m}{s} \cdot 0,05s = 0,12566m$$

Skizzieren Sie den Weg des Tropfens in der Seitenansicht auf die Zentrifuge.

Berechnen Sie die Fallstrecke des Tropfens nach der Zeit $t = 0,05s$.

$$y = \frac{1}{2} g \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot (0,05s)^2 = 0,0122625m$$

Hat sich zu diesem Zeitpunkt der Betrag des Drehimpulses bezüglich des Koordinatenursprungs auf der Drehachse geändert? Begründung!

Ja, Gravitationskraft in y-Richtung

Wie groß ist die kinetische Energie des Tropfens beim Aufprall auf den Labortisch?

$$E_{\text{kin, end}} = E_{\text{ges}} = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{end}}^2 \text{ oder } E_{\text{kin, end}} = E_{\text{ges}} = \frac{1}{2} m \cdot v_x^2 + mgh$$

$$v_x = 2,513 \frac{m}{s}, v_y^2 = 2gh$$

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2$$

$$E_{\text{kin}} = 6,56 \cdot 10^{-6} \text{J}$$

Sommersemester 2008	Blatt 2 (von 4)
Studiengang: BT(B)2 / CI(B)2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 1040 1041 (B)
Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 120 Minuten

Aufgabe 2: (57 Punkte)

Auf dem Frühlingsfest beobachten Sie eine Kabine mit Fahrgast, die an einem elastischen Seil zwischen zwei hohen Stangen aufgehängt ist und harmonische Schwingungen senkrecht zum Boden ausführt. Beim Abschalten des Antriebes notieren Sie die in der Tabelle notierten Schätzwerte für die zeitliche Abnahme der maximalen Auslenkungen. Als Messgenauigkeit schätzen Sie $\Delta y = \pm 0,002 m$ und $\Delta t = \pm 0,01 s$ ab.

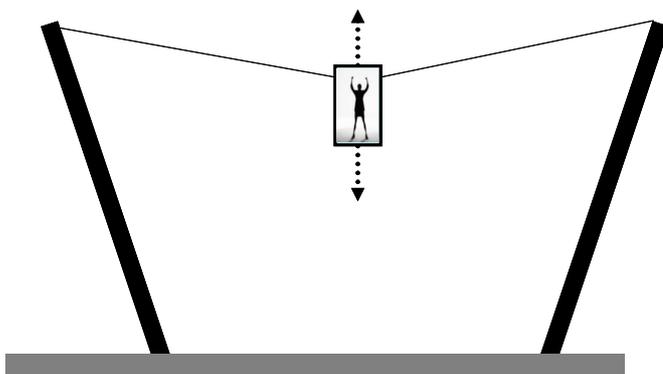
Die Masse von Kabine und Person nehmen Sie als $m=150 \text{ kg}$ an, die Masse des Seiles vernachlässigen Sie.

t / s	0	2,00	4,00	6,00	8,00
\hat{y} / m	8	4,390	2,410	1,322	0,726

- Berechnen Sie die Schwingungsfrequenz f_D und die Kreisfrequenz ω_D der gedämpften Schwingungen der besetzten Kabine sowie den Fehler $\Delta \omega_D$.
- Ermitteln Sie durch eine geeignete grafische Auftragung der Daten den Abklingkoeffizienten δ sowie seinen Fehler $\Delta \delta$.
- Berechnen Sie die Kreisfrequenz der ungedämpften Schwingung ω_0 .
- Berechnen Sie den Dämpfungsparameter D .
- Handelt es sich um eine stark oder schwach gedämpfte Schwingung? Begründung! 2

kann unabhängig gelöst werden

- Berechnen Sie den Abklingkoeffizienten δ sowie seinen Fehler $\Delta \delta$ aus der Abnahme der maximalen Auslenkungen).
- Geben sie die beiden Endergebnisse an.
- Vergleichen und bewerten Sie die Ergebnisse.



Berechnen Sie die Schwingungsfrequenz f_D und die Kreisfrequenz ω_D der gedämpften Schwingungen der besetzten Kabine für sowie den Fehler $\Delta\omega_D$.

$$f_D = \frac{1}{T_D} = \frac{1}{2s} = 0,5 \text{ Hz}$$

$$\omega_D = 2\pi f = 3,14 \text{ Hz}$$

$$\Delta\omega_D = \omega_D \left(\frac{\Delta T}{T} \right) = \pm 3,14 \frac{1}{s} \left(\frac{0,01s}{2s} \right) = 0,0157 \frac{1}{s} \approx 0,02 \text{ Hz}$$

Ermitteln Sie durch eine geeignete grafische Auftragung der Daten den Abklingkoeffizienten δ sowie seinen Fehler $\Delta\delta$.

Zeichnung

Berechnen Sie die Kreisfrequenz der ungedämpften Schwingung ω_0 .

$$\omega_0 = \sqrt{\omega_D^2 + \delta^2} = \sqrt{(3,14 \text{ Hz})^2 + (0,3 \frac{1}{s})^2} = 3,15 \text{ Hz}$$

Berechnen Sie den Dämpfungsparameter D.

$$D = \frac{\delta}{\omega_0} = \frac{0,3s^{-1}}{3,15s^{-1}} = 0,0952$$

Handelt es sich um eine stark oder schwach gedämpfte Schwingung? Begründung!
schwach, da $D < 0,1$

Berechnen Sie den Abklingkoeffizienten δ sowie seinen Fehler $\Delta\delta$ aus der Abnahme der maximalen Auslenkungen.

$$y(nT) = y(0) \cdot e^{-n\delta T}$$

$$\delta = \frac{1}{n \cdot T} \ln\left(\frac{y(0)}{y(nT)}\right) = \frac{1}{4 \cdot T} \ln\left(\frac{y(0)}{y(4T)}\right) = \frac{1}{4 \cdot 2s} \ln\left(\frac{8m}{0,726m}\right) = 0,2999s^{-1}$$

Substitution der Formel als $\delta = B \cdot A$ mit $A = \ln C$, $C = \frac{y(0)}{y(nT)}$ und $B = \frac{1}{n \cdot T}$

$$\frac{\Delta\delta}{\delta} = \frac{\Delta B}{B} + \frac{\Delta A}{A}$$

$$B = 0,125s^{-1}$$

Fehler von B

$$\frac{\Delta B}{B} = \left| -1 \frac{\Delta T}{T} \right| = \pm \left| \frac{0,01s}{2s} \right|$$

$$\Delta B = \pm \left| \frac{0,01s}{2s} \right| \cdot B = \pm \left| \frac{0,01s}{2s} \right| \cdot \frac{1}{n \cdot T} = \pm \left| \frac{0,01s}{2s} \right| \cdot \frac{1}{4 \cdot 2s} = 0,000625s^{-1}$$

$$C=11,01028$$

Fehler von C

$$\frac{\Delta C}{C} = \left| -1 \left| \frac{\Delta y(nT)}{y(nT)} \right| + \left| \frac{\Delta y(0)}{y(0)} \right| \right| = \pm \left(\left| \frac{0,002m}{0,726m} \right| + \left| \frac{0,002m}{8m} \right| \right) = 0,27548 \cdot 10^{-3} + 0,025 \cdot 10^{-3} = 0,30048 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta C = 0,30048 \cdot 10^{-3} \cdot C = 0,30048 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{y(0)}{y(nT)} = 0,30048 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{8m}{0,726m} = 3,31107 \cdot 10^{-3}$$

$$A=\ln(C)=2,39883$$

Fehler von A=ln(C)

$$\Delta A = \frac{\partial(\ln C)}{\partial C} \cdot \Delta C = \frac{1}{C} \cdot \Delta C = 0,09075 \cdot 3,31107 \cdot 10^{-3} = 0,3005 \cdot 10^{-3}$$

$$\delta=0,2999s^{-1}$$

Berechnung des Fehlers von δ

$$\Delta \delta = \delta \left(\frac{\Delta B}{B} + \frac{\Delta A}{A} \right) = 0,2999s^{-1} \left(\left| \frac{0,000625s^{-1}}{0,125s^{-1}} \right| + \left| \frac{0,3005 \cdot 10^{-3}}{2,39883} \right| \right) = 0,2999s^{-1} (0,005 + 0,000125) = 0,005s^{-1}$$

$$\text{rechnerisch } \delta = 0,300s^{-1} \pm 0,005s^{-1}$$

$$\text{grafisch } \delta = 0,31s^{-1} \pm 0,01s^{-1}$$

Vergleichen und bewerten Sie die beiden Ergebnisse.

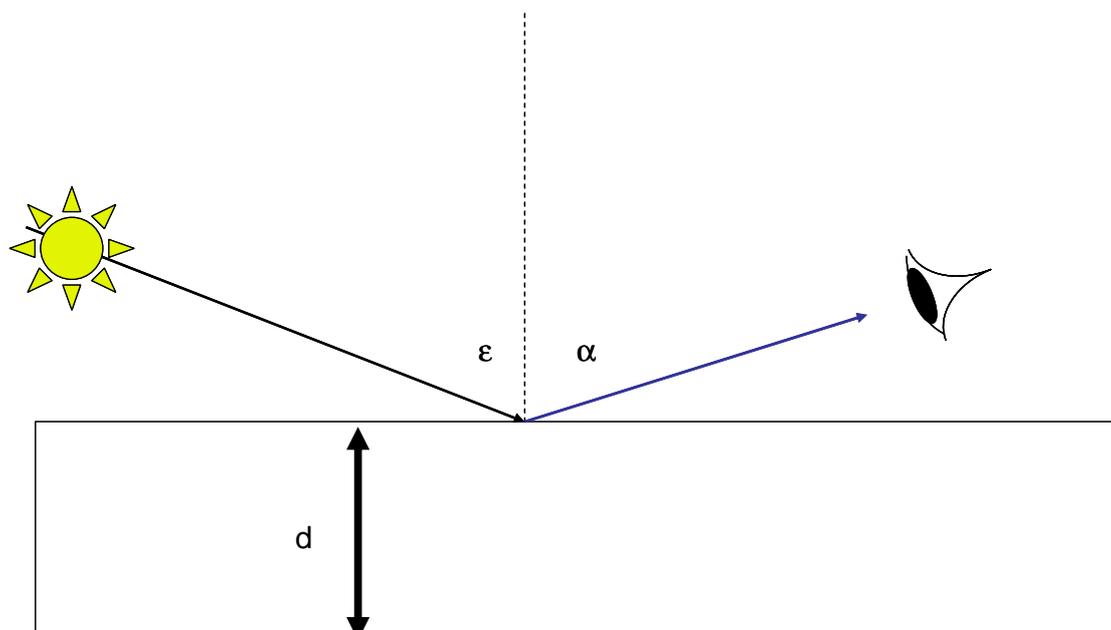
Die beiden Fehlerbalken überlappen. Beide Werte stimmen daher im Rahmen der Messgenauigkeit überein.

Sommersemester 2008	Blatt 3 (von 4)
Studiengang: BT(B)2 / CI(B)2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 1040 1041 (B)
Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 120 Minuten

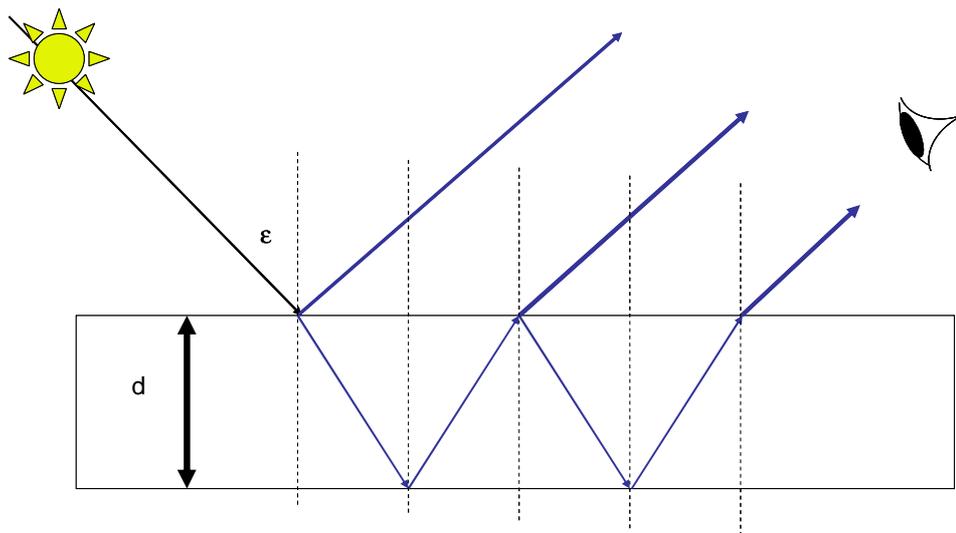
Aufgabe 3: (17 Punkte)

Die Sonne scheint unter einem Winkel von $\varepsilon=30^\circ$ auf eine Lackoberfläche, in die parallel zur Oberfläche orientierte Glimmerplättchen mit einem Brechungsindex von $n=1,6$ eingebettet sind. Unter einem Beobachtungswinkel von $\beta=30^\circ$ (kleinster Winkel) sehen Sie blaue Reflexe der Wellenlänge $\lambda = 480 \text{ nm}$. Für die Rechnung gehen Sie davon aus, dass der Klarlack den Brechungsindex $n=1$ hat.

- Skizzieren Sie in der unten stehenden Zeichnung am Beispiel eines Glimmerteilchens den Verlauf der blauen Lichtstrahlen von der Sonne bis zum Auge.
- Geben Sie Bedingungen für das Entstehen von Interferenzen allgemein und für die Beobachtung eines **hellen** Reflexes an.
- Berechnen Sie die Dicke d eines Glimmerplättchen.



a)



b) Heller Reflex = konstruktive Interferenz

Bedingungen für Interferenz: monochromatisches Licht; Kohärenz der Wellenzüge, die überlagert werden, Gangunterschied zwischen den Wellenzügen, ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge λ

c) Der Gangunterschied zwischen den direkt reflektierten Wellen und den an der Unterseite reflektierten Wellen muss (mindestens) eine ganze Wellenlänge betragen, der Gangunterschied ergibt sich aus der Geometrie unter Berücksichtigung der Brechung an allen Grenzflächen. Die parallel austretenden Strahlen werden im Auge zu einem Punkt überlagert.

Für Interferenzen gleicher Neigung an dünnen Schichten gilt für ein Maximum:

$$2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \epsilon} = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

$$d = \frac{(m + \frac{1}{2})\lambda}{2\sqrt{n^2 - \sin^2 \epsilon}}$$

Für $\sin 30^\circ = 0,45$ und $\lambda = 480 \text{ nm}$, $n = 1,6$ und $m = 0$ erhält man

$$d = \frac{(\frac{1}{2})480 \text{ nm}}{2\sqrt{1,6^2 - 0,45^2}} = 78 \text{ nm}$$

Für $m = 0$ erhält man eine Schichtdicke von $d = 78 \text{ nm}$.

Sommersemester 2008	Blatt 4 (von 4)
Studiengang: BT(B)2 / CI(B)2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 1040 1041 (B)
Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 120 Minuten

Aufgabe 4: (21 Punkte)

Eine Tischzentrifuge wird bei einer Drehfrequenz von $f = 80\text{Hz}$ betrieben. Die Drehachse der Zentrifuge ist senkrecht zur ebenen Tischplatte justiert. Das Massenträgheitsmoment der gefüllten Zentrifuge wurde als $J_z = 1,77 \cdot 10^{-3} \text{ kg m}^2$ bestimmt.

- Welche mittlere elektrische Leistung P_{ab} ist mindestens notwendig, um die Zentrifuge in 2 s aus der Ruhe auf ihre Maximaldrehzahl zu bringen?
- Welche elektrische Leistung wird benötigt, wenn die Zentrifuge mit einem Wirkungsgrad $\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = 20\%$ betrieben wird?
- Wie groß ist der mittlere elektrische Strom I bei einer Netzspannung von $U=230 \text{ V}$?

kann unabhängig gelöst werden

Laut Betriebsanleitung soll die Zentrifuge im Betrieb bei maximaler Leistung einen Strom von $I=10 \text{ A}$ benötigen. Das vorhandene Anzeigergerät für den Betrieb befindet sich in der Zuleitung und darf maximal mit einem Strom von 1 A betrieben werden.

- Muss der Widerstand in Serie oder parallel zum Anzeigergerät eingebaut werden?
- Skizzieren sie eine Schaltung mit Anzeigergerät und mit Widerstand, um diese Bedingung zu erfüllen.
- Berechnen sie die Größe des benötigten Widerstandes wenn das Amperemeter einen Innenwiderstand von 10Ω besitzt.
- Wie groß ist die benötigte Energie für den Betrieb der Zentrifuge bei maximaler Leistung für eine Betriebsdauer von 2 Tagen? Was kostet dieser Betrieb bei einem Preis von 20 c/kWh ?

a) Welche mittlere elektrische Leistung P_{ab} ist mindestens notwendig, um die Zentrifuge in 2 s aus der Ruhe auf ihre Maximaldrehzahl zu bringen?

$$W = E_{rot2} - E_{rot1} = \frac{1}{2} J \omega^2 - 0 = \frac{1}{2} 1,77 \cdot 10^{-3} \text{ kg m}^2 (2\pi \cdot 80 \text{ s}^{-1})^2 = 223,4 \text{ J}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{223,4 \text{ J}}{2 \text{ s}} = 111,7 \text{ W}$$

b) Welche elektrische Leistung wird benötigt, wenn die Zentrifuge mit einem Wirkungsgrad $\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = 20\%$ betrieben wird?

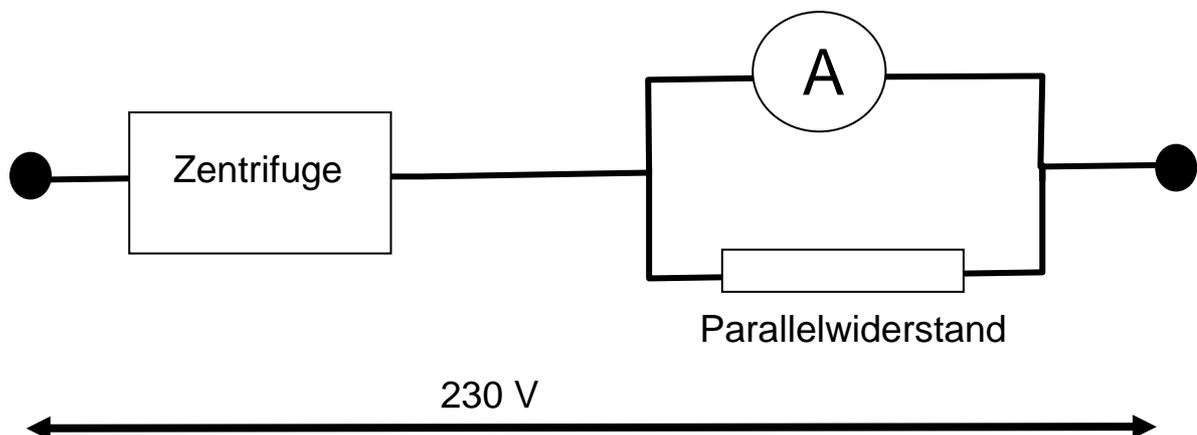
$$P_{zu} = \frac{P_{ab}}{\eta} = \frac{558,5 \text{ W}}{0,2} = 558,5 \text{ W}$$

c) Wie groß ist der mittlere elektrische Strom I bei einer Netzspannung von $U=230 \text{ V}$?

$$I = \frac{P_{zu}}{U} = \frac{558,5 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 2,43 \text{ A}$$

d) Parallelschaltung eines Widerstandes (Zeichnung)

e)



f) Durch den zum Amperemeter parallelen Widerstand fließen 9 A, am Widerstand liegt dieselbe Spannung an wie am Amperemeter, $U_A = 1 \text{ A} \cdot 10 \Omega = 10 \text{ V}$

Damit erhält man für den Gesamtwiderstand R

$$R_{\text{Widerstand}} = \frac{U_A}{I} = \frac{10 \text{ V}}{9 \text{ A}} = 1,11 \Omega$$

g) Der Preis für die elektrische Energie beträgt 20 c/kWh. Was kostet der Betrieb der Zentrifuge für 2 Tage bei maximaler Leistung? $U=230\text{ V}$ an

Benötigte Energie

$$P = U \cdot I$$

$$E = P \cdot t = U \cdot I \cdot t = 230\text{ V} \cdot 10\text{ A} \cdot 2 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60\text{ s} = 39744 \cdot 10^4\text{ J}$$

$$\text{Kosten} = \frac{20\text{c}}{\text{kWh}} \cdot 39744 \cdot 10^4\text{ J} = \frac{0,2\text{€}}{10^3 \frac{\text{J}}{60 \cdot 60\text{s}}} \cdot 39744 \cdot 10^4\text{ J} = 22,08\text{Euro}$$