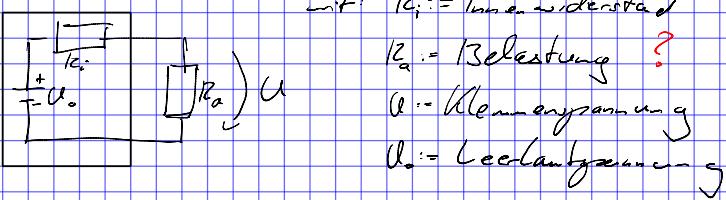


Versuch 2.32: Gleichstromma., Spannungsquellen und Widerstände

Theorie

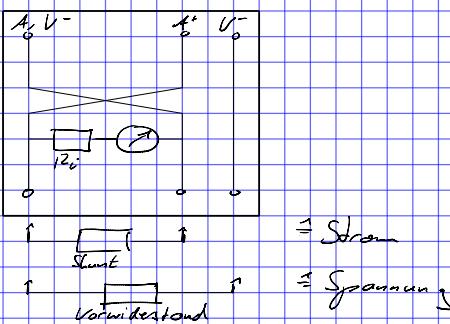
- ideale Spannungsquelle $\rightarrow U_0$: Stromanode $\rightarrow 0$
- reale Spannungsquelle $\rightarrow U$: Stromanode $\rightarrow I$
 \hookrightarrow Ersatzschaltbild:



$$\hookrightarrow \Delta = U_0 - R_i I = U_0 \frac{R_a}{R_a + R_i} = U_0 \cdot \frac{1}{1 + \frac{R_i}{R_a}}$$

$$\hookrightarrow R_a \rightarrow \infty \Rightarrow \Delta \rightarrow U_0$$

- Mavometer:

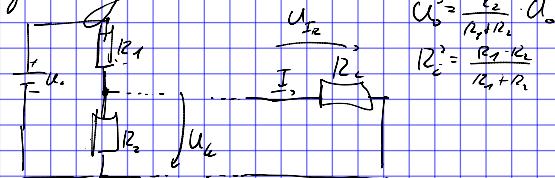


\hookrightarrow zum messen

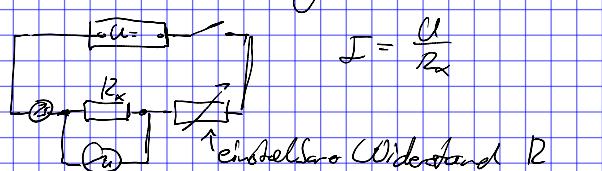
\hookrightarrow einstellbare Shunt mit Strom und Vorwiderstand

\hookrightarrow Welche Shunt eingeschaltet ist, steht auf dem Shunt **Kennwertes ausrechnen?**

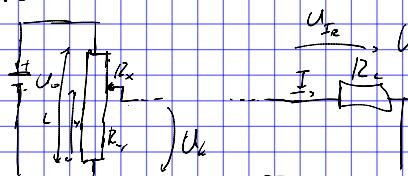
- Spannungsteiler:



- Widerstandsteiler:



- Potentiometer:



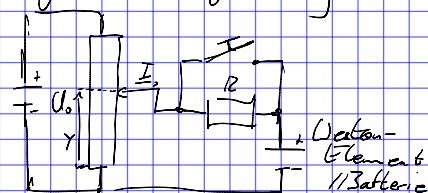
- Temperaturabhängigkeit:

$$\hookrightarrow R(T) = R_0 \cdot e^{\frac{E_a}{kT}}$$

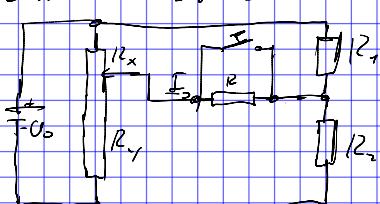
$$\Rightarrow \ln(R(T)) = \ln(R_0) + \frac{E_a}{kT}$$

$$\Rightarrow E_a = \left(\frac{R(T)}{R_0} \right)_0 \cdot k \cdot T$$

- Compensationsspannung:

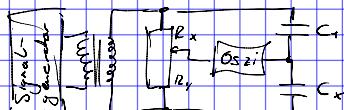


- Widerstandsmeiste Brücke



Versuch 2.24: Wechselstromamplitudenmesser, Phasenabnehmer, 12C-Glieder und Schwingungen

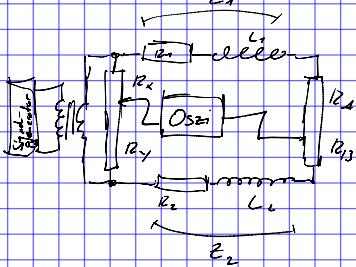
- Gleichstromkreis Brücke: Kapazität eines Kondensators



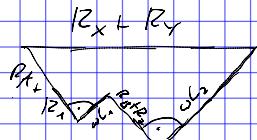
$$\frac{R_x}{R_y} = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{C_0}{C_x} \Leftrightarrow C_x = \frac{R_x}{R_y} C_0$$

Abgleichdimmung

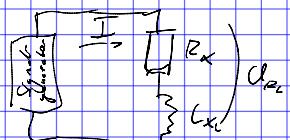
- Gleichstromkreis Brücke: Induktivität einer Spule



$$\frac{R_x}{R_y} = \frac{L_0}{L_2} = \frac{R_z + R_0}{R_z} \Leftrightarrow L_2 = L_0 \cdot \frac{R_z}{R_x}$$



- RLC-Strangstroms



$$Z = R + i\omega L$$

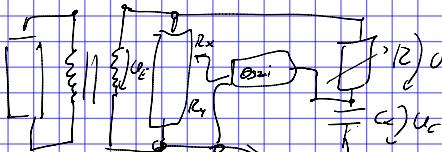
$$\frac{U}{I} = |Z| = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$$

$$\Rightarrow \varphi = \arg(Z) = \arctan\left(\frac{\omega L}{R}\right)$$

$$\Rightarrow L = \sqrt{\frac{U^2}{I^2} - R^2} = \sqrt{\frac{1}{2\pi f}}$$

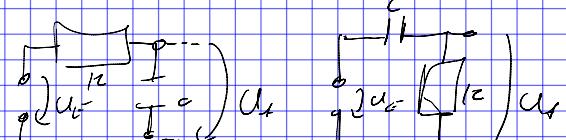
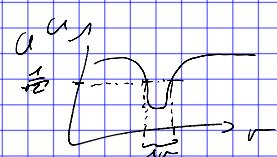
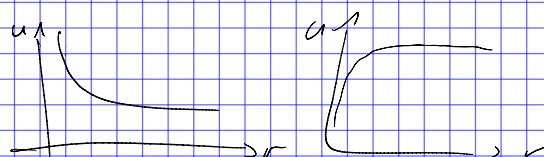
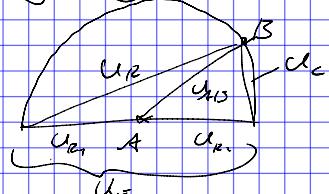
$$L \ddot{U} + R \dot{U} + \frac{1}{C} U = U_0 \cos(\omega t)$$

- Phasenabnehmer:



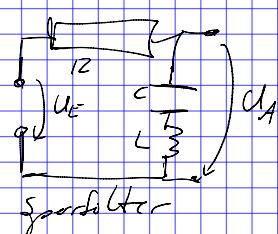
- U_x und C_0 gegen R messen

1. Zeigerdiagramm



Hilfsschaltung
Ausgang

$$\Leftrightarrow U_x = U_0 / \sqrt{2}$$



Gegenleiter

Praktisch: Bei C_0 U_0 gegen U_0 abzulesen

Theoretisch: $\omega_{gr} = \frac{1}{RC} \Rightarrow \omega_{gr} = \frac{1}{2\pi RC}$

$$G_{exp} = \frac{U_0}{U} = \frac{\omega_0}{\omega}$$

$$G_{theo}'' = \omega_0 \cdot \frac{1}{R} = \frac{1}{C_0 \cdot R}$$

Vorlesung 2.36: Galvanometer zur Strom- und Ladungsmessung

- $F_L = q (\vec{v} \times \vec{B})$, $q = I \cdot t$

$$= I \cdot t (\vec{v} \times \vec{B})$$

$$= I (l_n \vec{l} \times \vec{B})$$

$$= I \cdot l \cdot l \cdot B \sin 90^\circ$$

B-Feld radial

$$\Rightarrow \Theta = 90^\circ$$

$$\Rightarrow F = I \cdot 2 \pi l \cdot B$$

$$M_e = r \cdot F = \frac{1}{2} \pi a^2 l \cdot I \cdot 2 \pi l$$

$$= a \cdot l \cdot n \cdot B$$

- $\partial M_e = -n \dot{\phi} = ?$

- $\dot{\phi} = -n B A = -?$

- $M_e = -D \cdot \dot{\varphi}$, $M_e = -\rho \dot{\varphi} (t)$, D : Dämpfungskonstante

- Galvanometerkonstante: $G = n \cdot ab \cdot B$

$$\Rightarrow \text{Induktionsstrom} I_{ind} = \frac{M_e}{R_g + R_a} = -\frac{G}{R_g + R_a} \dot{\varphi} \quad \text{mit } R_g = \text{Spulenwiderstand und } R_a = \text{Sättigungswiderstand}$$

$$M_e = G I - \frac{G}{R_g + R_a} \dot{\varphi}$$

$$\Rightarrow M_e = G \dot{\varphi} = -D \dot{\varphi} - \rho \dot{\varphi} + G I - \frac{G^2}{R_g + R_a} \dot{\varphi} \quad \text{Messen}$$

$$\Rightarrow \text{Aperiodisch: } f^2 = \omega^2 \Rightarrow R_a = \frac{G^2}{2 \pi D} - R_g$$

- Nach Gl. Schwingungen: $M = D \dot{\varphi} = G \cdot I \Rightarrow \dot{\varphi} = \frac{G}{D} I = c_f \cdot I$

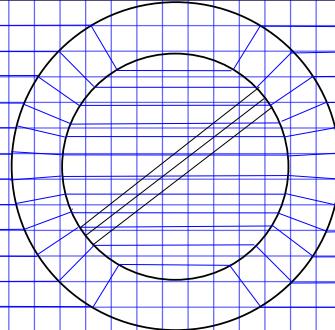
- $f_f = \frac{G}{2 \pi D}$ $\dot{\varphi}$ Heilung vielleicht relevant.

$$\left(\text{mit } q = q_0 e^{-\frac{t}{T}} \right) R \text{ leitend}$$

Maximalausschlag



Messen



Vorlesung 23.8: Transformatoren

Theorie:

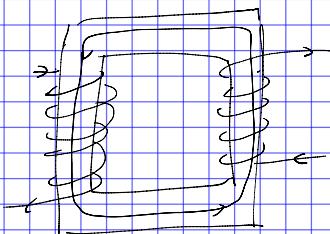
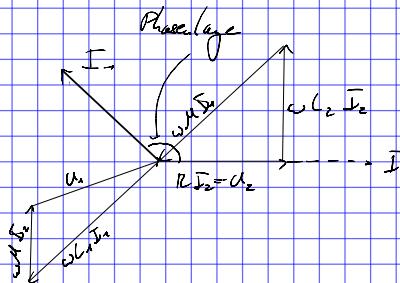
- Ringkern mit Eisenkern alle Feldlinien

- Gegeninduktivität ist M

- Übersetzts Gesetze: $\frac{U_2}{U_1} = \frac{M/L_2}{\sqrt{1+(R/L_2)^2}}$ mit $1 - \frac{M}{L_2} = \sigma :=$ Stromverstärkung (je kleiner, desto vollständiger der weg. Fluss beide Spulen durchsetzt)

- Stromübersetzung: $\frac{I_2}{I_1} = \frac{M/L_2}{\sqrt{1+(R/L_2)^2}}$

- Eingangswiderstand: $\frac{U_1}{I_1}$



$$\vec{B} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

*

Schaltleistung P_S

Kühlleistung P_K

Wirkleistung P_W

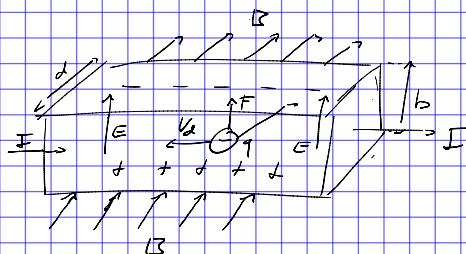
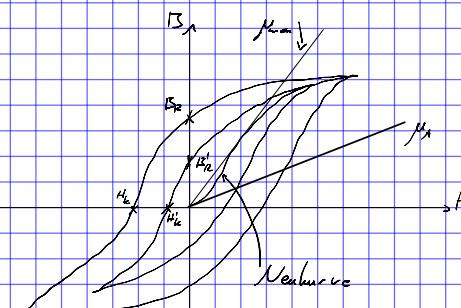
$$P = \sqrt{P_W^2 + P_K^2}$$

$$= I \cdot U \quad \text{mit } U = I \cdot Z$$

$$= f^2 \cdot Z$$

Versuch 2.40: Hysteresis der Magnetisierung von Eisen

- Remanenzflußdichte B_r
- Koerzitivfeldstärke H_k
- Anfangspunktssättigung μ_s
- maximale Permeabilität μ_{\max}
- $H_{Fe} = \frac{NI}{l_{Fe}} - \frac{d}{\mu_0 \cdot l_{Fe}} \cdot B_{Fe}$



• $F_c = q \cdot v_0 \cdot B \quad (F = q [v \times \vec{B}])$

• Hellgrensgesetz: $U_H = Eb = v_0 B b$

$I = n \cdot q \cdot v_0 \cdot t$ mit $A = b \cdot d$ und Ladungsdichten n

$$\Rightarrow U_H = \frac{I \cdot B}{n \cdot q \cdot d} = \mu_0 \frac{I}{2} B = S_H B$$

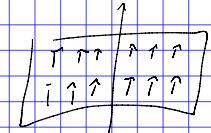
mit S_H = Hallkonstante und S_H = Sättigungsfeldstärke

Magnetismus:

↳ Atome richten sich durch die Lenzsche Regel entgegen des Magnetfeldes

Paramagnetismus:

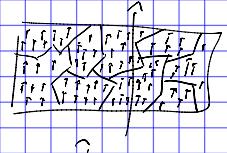
↳ mag. Momente von Atomen richten sich entlang des Magnetfeldes aus und verstärkt es



Ferrormagnetismus:

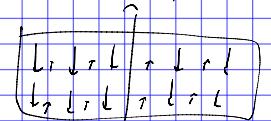
↳ mag. Momente von Atomen richten sich innerhalb eines Wisselw. Bezirks parallel aus

↳ durch Magnetisierung richten sich die Bezirke aus.



Ferromagnetismus:

↳ zwei Arten von Spinnmagneten $\uparrow \downarrow$ gleichartig richten sich parallel aus, sonst antiparallel



Antiferromagnetismus:

↳ mag. Momente von Atomen richten sich antiparallel innerhalb eines Wisselw. Bezirks aus \Rightarrow kein mag. Verhalten

↳ Wenn T wächst \Rightarrow Wärmeleitung stört die Anordnung \Rightarrow Antiferromagnet \rightarrow Ferrimagnet

↳ $T > Néel-Temperatur \Rightarrow$ paramagnetisch

Versuch 242: Elektrische und magnetische Kraftseinwirkung auf geladene Teilchen

Theorie:

- $\vec{F}_c = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$
- $\vec{F}_c = F_c / E_c = \vec{E}_{\text{pol}} = \vec{E}_{\text{pol}} \Rightarrow \frac{2U}{r^2 D^2} = \frac{e}{m} \cdot \text{spezifische Ladung}$

• Gas ionisiert \rightarrow Elektronen fliegen aus den Strahleney und bilden positive Ionen (Solenitrich). So entsteht radial eine Kraft \rightarrow dem Elektronenstrahl zum Strahlachsen.
 \Rightarrow Strahl fokussiert

- Helmholzspule: Abstand von Spulenmitte zu Spulenmitte = Spulenradius
 \Rightarrow fast homogenes $1/B$ -Feld
 $\hookrightarrow B = \left(\frac{a}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \mu_0 \frac{n \cdot I}{r^2}$ mit n : Windungsanzahl

- Elementarladung:
 - $\vec{F}_g = mg = \rho_{\text{elec}} \frac{4\pi}{3} r^2 \vec{g}$, $\vec{F}_A = -\rho_{\text{elec}} \frac{6\pi}{3} r \vec{j} = \vec{g}$, $\vec{F}_{\text{el}} = qE$
 - Stokesche Bewegung: $\vec{F}_d = -6\pi r \eta_{\text{dyn}} \vec{v}$ mit η_{dyn} : dynamische Viskosität
 \hookrightarrow wirkt entgegen der Bewegungsrichtung
 - $\mu_0 I$ gilt nur davon aus, dass die Windungsdichte größer ist, als die mittlere Umlaufzeit zwischen Molekülen, sodass die Kontraktionsgeschwindigkeit g_{rel} ist
 - \hookrightarrow die Größe der Kugeln so wie die, der Moleküle, die klein so wie die Gravitation (Gravitationskonstante) berücksichtigt werden
 $\Rightarrow \eta_{\text{eff}} = \frac{\eta_{\text{dyn}}}{1 + \frac{g}{F}}$ (Cunningham-Konstante)
 - Tropfen liegt unten: $\frac{4\pi}{3} r^2 (\rho_{\text{el}} - \rho_{\text{flüssig}}) g - 6\pi r \eta_{\text{dyn}} v_g = -NeE$
 - Tropfen liegt nach oben: $\frac{4\pi}{3} r^2 (\rho_{\text{el}} - \rho_{\text{flüssig}}) g - 6\pi r \eta_{\text{eff}} v_g = -NeE$
 - $\Rightarrow r = \sqrt{\frac{3 \eta_{\text{eff}} (v_g - v_p)}{g_g (\rho_{\text{el}} - \rho_{\text{flüssig}})}}$
 - Gesamtkraft: $Ne = 3\pi \eta_{\text{eff}} r \frac{v_g + v_p}{E}$
 $\Rightarrow 2v_g - v_p - v_p$

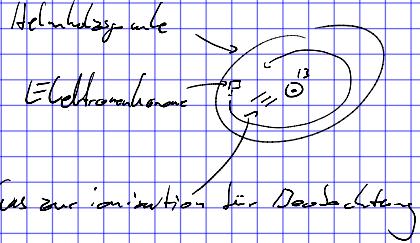
Durchführung:

- Fadarstrahlstrahl
- r gegen I variieren und um 180° drehen und r dabei konst. halten.
- wenn $r = \text{const.}$ \Rightarrow
 - $\vec{F} = \vec{F}_2$
 - $\Rightarrow qv(I_{S_1}(I_1) + I_{S_2}^2) - qv(I_S(I_2) - I_1)$
 - $\Rightarrow I_S = I_2^2 - I_S^2(I_2) - I_S(I_1)$
 - $\Rightarrow I_S = \frac{1}{2} \left(\frac{q}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \mu_0 n (I_2 - I_1)$
- $(rI)^2$ gegen $U \Rightarrow \frac{e}{m} = \frac{2 \cdot I^2}{\eta_0 \left(\frac{q}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \mu_0 n e}$

Millikan-Versuch

- $v_p, v_g \& v_u$ messen
- wenn $v_u = v_g - v_p$ gilt \Rightarrow zufällige Messung
- $r \& Ne$ berechnen
- L, gesetzte Spannung für einen Teilchen finden
- $(E_{S,1})^{\frac{2}{3}} = (E_0)^{\frac{2}{3}} \left(1 + \frac{t}{T_0}\right)$
- $(E_{S,0})^{\frac{2}{3}} \text{ gegen } \frac{t}{T_0} \Rightarrow \epsilon = \gamma$ -Abhängigkeit
- $m \downarrow \left(\frac{e}{m}\right) \downarrow \frac{e}{m} \Leftrightarrow m = \left(\frac{e}{m}\right)$

Versuchsaufbau:



Green Mayer

- Konzept Strom
 - ↳ Impedanz, Zeigerdiagramm
 - Begriffe
 - ↳ ideale Spannungsquelle, reale Spannungsquelle, Innenwiderstand, Wirkungsmaßnahmen, Laufzeitspannung, Scheinleistung, Blindleistung, Wirkleistung, Dimensionlosigkeit, Koerzitivfeldstärke, Anregungsfrequenz, μ_0
 - Schaltungen: Spannungssteiler, Potentiometer, Umspannungsrichtung, Wheatstonesche Brücke, RL-Stromkreis, Phasensteiler, Tiefpass, Hochpass, Spezialfilter
 - Galvanometer
 - ↳ DGL, Wärme
 - Transformator
 - ↳ Spannungswandler, Stromwandler, Eingangsimpedanz
 - Hallsonde
 - ↳ Hallspannung, Lorenzhalt
 - Magneten: Diamagnetismus, Paramagnetismus, Ferromagnetismus, Permeabilität, Antiferromagnetismus
 - Polymeratoren, Hallikan-Versuch
 - ↳ spezielle Ladung
 - ↳ Elementarladung, Tyrode-Radius, Gesamtladung