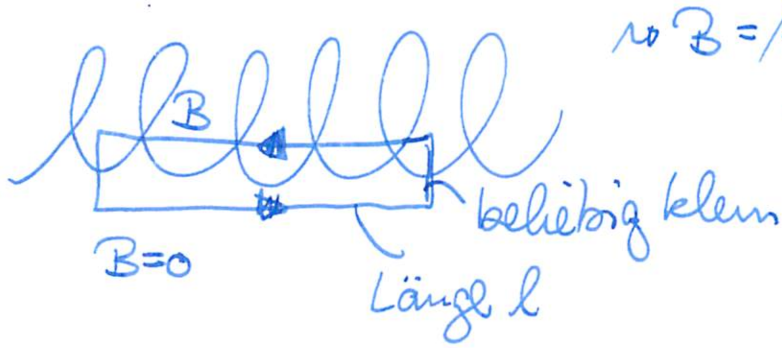
Lösungsskizzen EDS

Ⓐ

1 a) $\oint \vec{B}\, d\vec{s} = \mu_0 \hat{I} = \mu_0 N I \rightsquigarrow B \cdot l = \mu_0 N I$

$\rightsquigarrow B = \frac{\mu_0 N I}{l} = 6.4 \cdot 10^{-4}\, T$

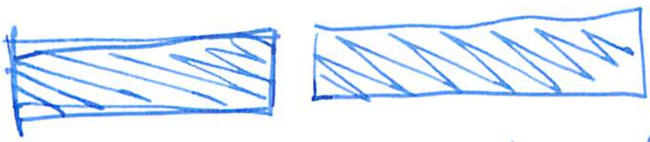


b) $\chi = \frac{\mu_0 M}{B_{Außen}} \rightsquigarrow \mu_0 M = \chi B = 4.5 \cdot 10^{-8}\, T$

Im engen Spalt macht das Magnetfeld B keinen Sprung & bleibt konstant.

$\rightsquigarrow$ B steigt um $4.5 \cdot 10^{-8}\, T$ durch das paramagnetische Titan ($\chi > 0$)

$\rightsquigarrow$ kaum merklicher Effekt c)



- Energie im Spalt steigt, weil $\frac{B^2}{\mu} \sim \frac{W}{V}$ ansteigt (B steigt mit μ an; μ steigt an; Netto $W \sim \mu$)
- Anziehende Kraft, um ansteigendes W/V auf weniger Volumen zu haben.

d) Quantitativ:

$$\frac{W_{Titan}}{V} = \frac{B^2}{2\mu\mu_0} \qquad \frac{W_{Luft}}{V} = \frac{B^2}{2\mu_0}$$

Magnetfeld B wegen engem Spalt konstant.

Energieunterschied: $$\frac{\Delta W}{V} = W_{Titan} - W_{Luft}$$
$$= \left| \frac{B^2 - \mu B^2}{2\mu\mu_0} \right|$$
$$= \left| \frac{B^2(1-\mu)}{2\mu\mu_0} \right| \approx \frac{B^2\chi}{2\mu_0}$$

$\mu = 1+\chi$

$\chi \ll 1$

$V = A \cdot d$ und $\Delta W = \int F\, ds = F \cdot d$

3

$\leadsto \quad F = \dfrac{B^2 \chi}{2\mu_0} \cdot A = 1{,}14 \cdot 10^{-9}\, N$ (anziehend)

2)

a) $n_0 = \frac{N}{V}$: N: Zahl der Atome

V: Volumeneinheit

$1/3$ steht $\perp$ auf $\vec{B}$ $\leadsto$ $n = \frac{1}{3}\frac{N}{V} = 1/3\, n_0$

$$M = \underbrace{nZ}_{\text{Dichte}} \cdot \Delta m_m = \frac{-n_0 Z q^2 r^2}{6 m_e} B \overset{!}{=} \frac{B\chi}{\mu_0}$$

Vorzeichen wegen Lenz'scher Regel: $\vec{B}\uparrow \quad \downarrow\vec{M}$

$$\leadsto \chi = -\frac{n_0 Z q^2 r^2}{6 m_e}\mu_0 = 4{,}4 \cdot 10^{-5}$$

$n_0 = 5 \cdot 10^{-11}\,m^{-3}$

$Z = 50$; $r \approx 1\,nm$

Wiederholung aus Vorlesung:

b) Wegen Selbstinduktivität muß Ladung gegen induzierte Spannung getrieben werden:

$$W = -q\, U_{ind}$$

$$\dot{W} = -I U_{ind} \underset{\text{Induktion}}{=} I L \cdot \dot{I} \leadsto dW = L I\, dI$$

$$W = \int_0^{I_0} L I\, dI = \frac{L}{2} I_0^2 \quad \left(\text{siehe } W = \frac{C}{2} U^2\right)$$

c) ~~a)~~ Für lange Spule: $B = \mu\mu_0 \frac{N}{l} I$ ⊛

$L = \mu\mu_0 \frac{N^2}{l} A$

(aus: $\phi = NAB$ und $\dot{\phi} = -L\dot{I}$)

$$W \underset{(a)}{=} \frac{L}{2} I_0^2 = \frac{\mu\mu_0 N^2}{2l} A I_0^2 \underset{N^2 I^2 \overset{⊛}{=} \frac{B^2 l^2}{\mu^2\mu_0^2}}{=} \frac{\mu\mu_0 A}{2l} \frac{B^2 l^2}{\mu^2\mu_0^2} = \frac{B^2}{2\mu\mu_0} \underbrace{A \cdot l}_{\text{Volumen}}$$

$$\rightsquigarrow \frac{W}{V} = \frac{B^2}{2\mu\mu_0}$$

d) Nein, sie steigt an, weil $B \to \mu B$ und damit

$$\underbrace{\frac{W}{V} = \frac{B_{alt}^2}{2\cancel{\mu}\mu_0}}_{\text{ohne Eisen}} \longrightarrow \cancel{\frac{\mu B^2}{2\mu_0}} \quad \frac{W}{V} = \frac{B_{neu}^2}{2\mu\mu_0} \underset{\text{mit Eisen}}{=} \frac{\mu B_{alt}^2}{2\mu_0}$$

$\rightsquigarrow$ Anstieg von W/V um Faktor μ.

3) a) Überlagerung ergibt eine stehende Welle:

$$E = E_0 \sin k(x-ct) + E_0 \sin k(-x-ct)$$

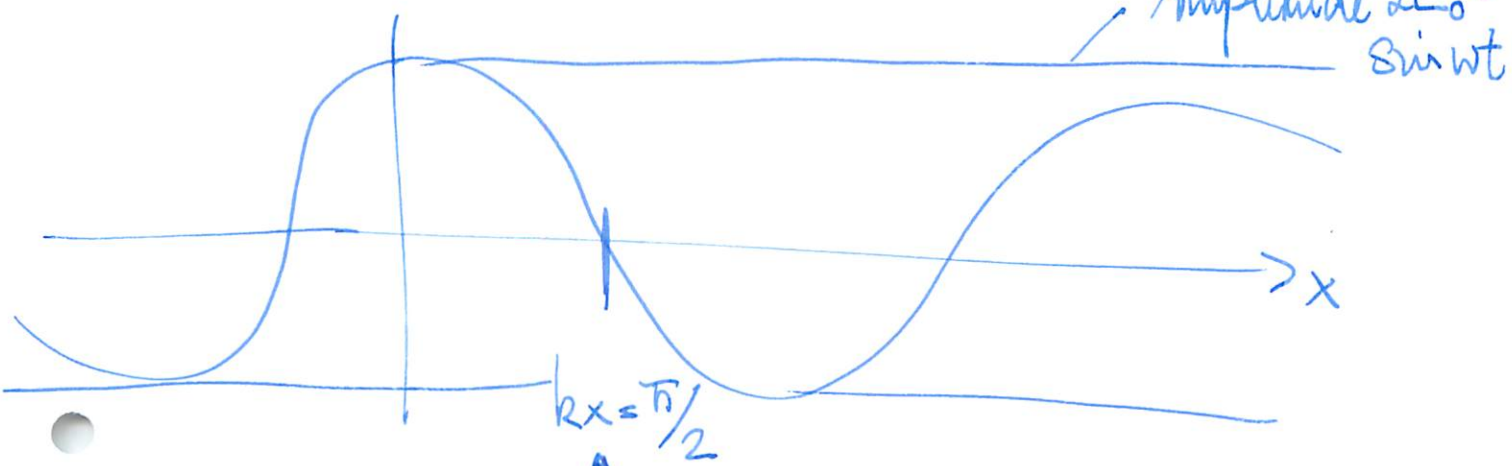
$$= 2E_0 \sin(-kct) \cdot \cos(kx)$$

$$\sin u + \sin v = 2 \sin \frac{u+v}{2} \cos \frac{u-v}{2}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}; \quad c = \lambda f; \quad \omega = 2\pi f$$

$$\rightsquigarrow \quad kct = \omega t$$

$$= 2E_0 \sin(\omega t) \cdot \cos(kx)$$

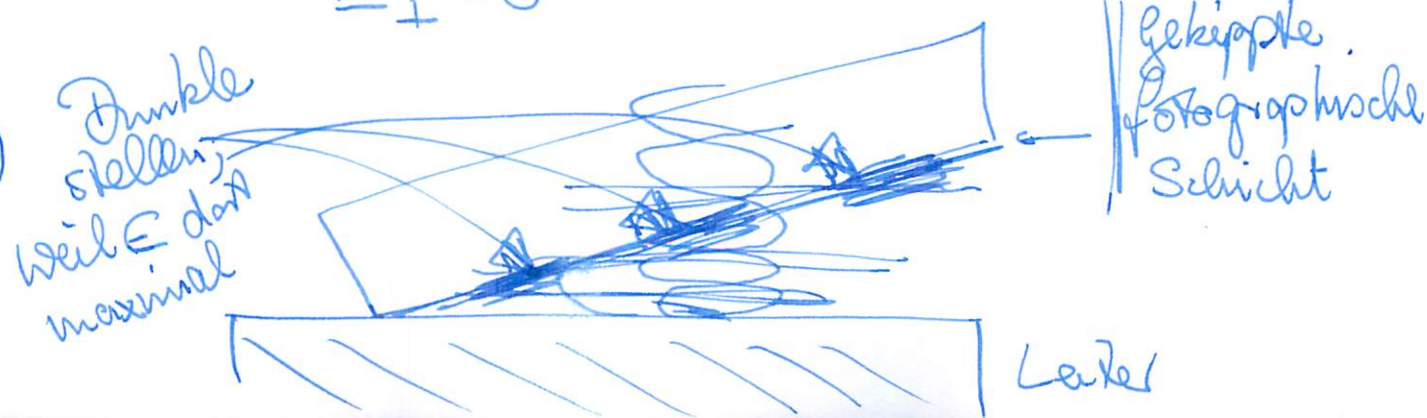


b)

Hier $E = 0 \ \forall t$: $x_0 = \frac{\pi}{2k}$

Hier Leiter aufstellen, da auf diesem $E_\perp = 0$

c)



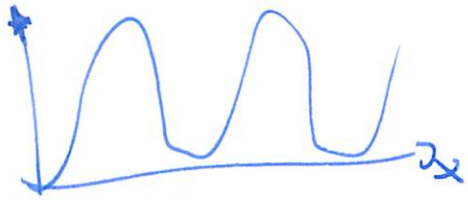
4)

a) Energiestromdichte $S = \frac{\text{Leistung}}{\text{Fläche}} = \frac{P}{A}$ 7

$= \text{Energiedichte} \cdot \text{Ausbreitungsgeschwindigkeit}$

$P = 1\,mW \; ; \; A = \pi b^2$

$\leadsto \; S = \frac{0.001\,W}{\pi \cdot 10^{-6}\,m} = \cancel{0.318}\; 318 \; W/m^2$



b) $S = \frac{1}{\mu_0}(\vec{E} \times \vec{B}) = \frac{E_{eff}^2}{\mu_0 c}$

$\leadsto \; E_{eff} = \sqrt{S \mu_0 c} = \cancel{10.4}\; 346 \; V/m \; ; \; B = E/c = \cancel{3.5 \cdot 10^{-8}}\; 1{,}15 \cdot 10^{-6}\,T$

c) S nimt mit ~~der~~ kleinerer Fläche zu:

$S_1 = S_0 \left(\frac{\pi b^2}{\pi \cdot \lambda^2}\right) = S_0 \left(\frac{0.001\,m}{532\,nm}\right)^2$

$= 1.12 \cdot 10^9 \; \frac{W}{m^2}$

$\leadsto \; E = \cancel{2.06}\; 6{,}5 \cdot 10^5 \; V/m = \sqrt{S \mu_0 c}$

$E_H = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{e}{(0.05\,nm)^2} = 5.8 \cdot 10^{11} \; \frac{V}{m} \gg E$