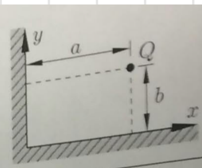
1)

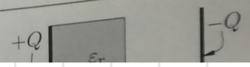
35P

Allgemeines Verständnis

a) Eine Punktladung befindet sich gemäß Bild vor einem leitenden geerdeten Winkel mit unendlich ausgedehnten Schenkeln. Skizzieren Sie eine Ersatzanordnung, in welcher der leitende Winkel durch Ladungen ersetzt wird und geben Sie die Kraft auf die Punktladung an.

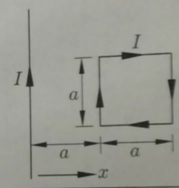


... Plattenkondensator (Randeffekte ver-

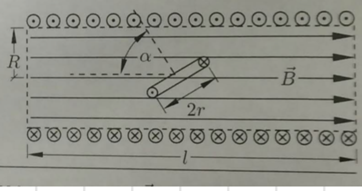


auf den Platten befinden sich die Ladungen ±Q ...
Polarisation $\vec{P}$ des Dielektrikums?

c) Bestimmen Sie die Kraft zwischen einem unendlich langen, vom Gleichstrom I durchflossenen, geraden Leiter und einer quadratischen, ebenfalls vom Strom I durchflossenen, dünnen Leiterschleife der Kantenlänge a. Leiter und Leiterschleife haben gemäß Bild den Abstand a voneinander und liegen in einer Ebene. In welche Richtung wirkt die Kraft?



d) Innerhalb einer Spule (Radius R, N Windungen, Länge l, Randeffekte vernachlässigbar) befinde sich gemäß Bild eine kreisförmige Leiterschleife mit dem Radius r und mit dem Winkel α zur Spulenachse. Wie groß ist die Gegeninduktivität der Anordnung?



... $\frac{V}{m}$ und $\mu = \mu_0$?
(Hinweis: Es ist kein Taschenrechner erforderlich!)

g) In einem homogenen Medium (ε, μ, $\kappa = 0$) interferieren zwei ebene Wellen mit der Frequenz f und den elektrischen Feldern

$$\underline{\vec{E}}_1 = -E_0\, \mathrm{e}^{\mathrm{j}kz}\, \vec{e}_x \quad \text{und} \quad \underline{\vec{E}}_2 = E_0\, \mathrm{e}^{-\mathrm{j}kz}\, \vec{e}_x\,.$$

E_0 sei reell. Bestimmen Sie aus den Phasoren das *zeitabhängige, magnetische* Gesamtfeld. Definieren Sie dabei auch Wellenzahl, Wellenlänge und Wellenimpedanz einer ebenen Welle.

e)

Geben Sie die Stetigkeitsbedingungen für Tangential- und Normalkomponente des $\vec{H}$-Feldes an. Leiten Sie die Stetigkeitsbedingung für die Normalkomponente aus den Maxwell'schen Gleichungen her (inkl. Skizze).

d)

Wie lässt sich aus dem Vektorpotential $\vec{A}$ das magnetische Feld berechnen? Warum wird das magnetische Vektorpotential verwendet? Leiten Sie die Poisson-Gleichung aus den Grundgleichungen der Magnetostatik her. Welche Voraussetzungen müssen dafür gelten? Welche Einheit hat das Vektorpotential?

f) Eine ebene Welle breite sich in einem verlustbehafteten Medium aus. Wie lauten näherungsweise die Phasenkonstante β und die Dämpfungskonstante α der komplexen Wellenzahl $\underline{k} = \beta - \mathrm{j}\alpha$, wenn das Medium

die Leitfähigkeit $\kappa \gg \omega\varepsilon$ bzw.

schwache dielektrische Verluste mit dem Verlustfaktor $\tan\delta \ll 1$ aufweist?

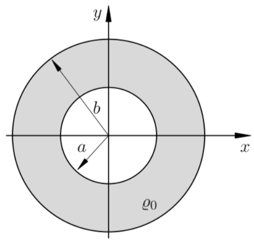
Hinweis: $\sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{x}{2}$ für $|x| \ll 1$

g) Eine ebene Welle ...

2)

20P

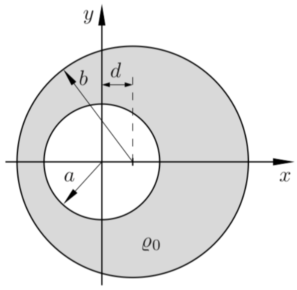
Im Bereich $a^2 < (x^2 + y^2) < b^2$, $-\infty < z < \infty$ befinde sich gemäß Skizze eine unendlich lange, homogene Raumladung ϱ_0.



a) Das Feld im Außenraum $(x^2 + y^2) > b^2$ entspricht dem Feld einer unendlich langen Linienladung λ_0. Wie groß ist diese Linienladung?

b) Berechnen Sie mit Hilfe des GAUSS'schen Gesetzes der Elektrostatik die elektrische Feldstärke im gesamten Raum.

Das „Loch" in der oben betrachteten Raumladung sei nun exzentrisch angeordnet



d) Bestimmen Sie mit Hilfe des Superpositionsprinzips die elektrische Feldstärke im raumladungsfreien Bereich $0 < (x^2 + y^2) < a^2$.

2)

2 of

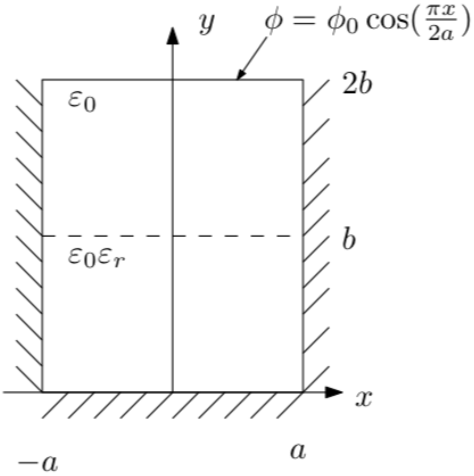
2. Aufgabe

(a) Geben Sie die Grundgleichungen der Elektrostatik in differentieller Form an. Wieso kann in der Elektrostatik ein Potentialansatz für das elektrische Feld verwendet werden?

(b) Leiten Sie aus den Grundgleichung eine Potentialgleichung in Abhängigkeit der Ladungsdichte ρ her. Welchen Namen trägt diese Gleichung für $\rho \neq 0$ und $\rho = 0$?

(c) Geben Sie die allgemeine Lösung für $\rho = 0$ für eine Abhängigkeit in x und y an.

(d) Betrachten Sie folgende Anordnung:



An den geerdeten Flächen gilt $\phi = 0$. Im unteren Bereich $(0 \leq y \leq 0)$ liegt ein Dielektrikum mit der relativen Permittivität ε_r vor. Im oberen Bereich gilt $\varepsilon = \varepsilon_0$.

Wieso muss hier ein getrennter Ansatz für das Potential gemacht werden?

Berechnen Sie das Potential in den Teilbereichen mit einem geeigneten Ansatz und stellen Sie mit Hilfe der Stetigkeitsbedingungen die Randbedingungen auf, um alle Konstanten zu bestimmen.

Hinweis: Das Gleichungssystem muss nicht gelöst werden.

(e) Wie kann mit Hilfe des Potentials ϕ die Flächenladung in der Fläche $x = a$ berechnet werden?

4) 25P

Quasistationäre Felder

a) Führen Sie in den MAXWELL'schen Gleichungen die quasistationäre Näherung durch und leiten Sie die HELMHOLTZ-Gleichung für den Phasor der magnetischen Feldstärke her.

b) Zeigen Sie anhand des zeitabhängigen POYNTING'schen Satzes

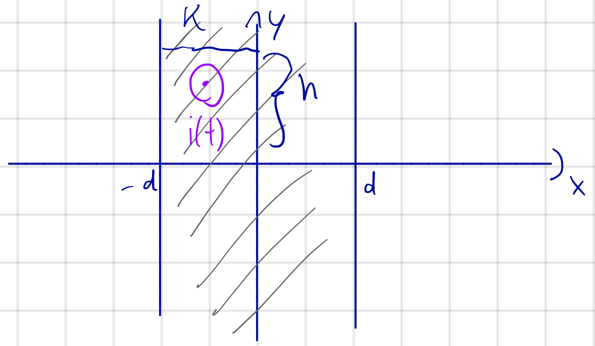
$$-\frac{\partial}{\partial t}(W_e + W_m) = P_V + \oint_A \vec{S} \cdot d\vec{A},$$

wie man den zeitlichen Mittelwert der Verluste $\overline{P_V}$ direkt aus dem komplexen POYNTING-Vektor berechnen kann.

Gegeben sind zwei an den Bereichsgrenzen isolierte Massivleiter mit der Dicke d und der Leitfähigkeit κ. Die Leiter werden pro Längenabschnitt h entgegengesetzt vom Wechselstrom

$$i(t) = I_0 \cos(\omega t)$$

durchflossen und dürfen als unendlich ausgedehnt in y- und z-Richtung angenommen werden.



c) Berechnen Sie den Phasor der magnetischen Feldstärke im gesamten Raum.

d) Geben Sie die elektrische Feldstärke an.

e) Ermitteln Sie mit Hilfe des komplexen POYNTING'schen Vektors den zeitlichen Mittelwert der Verlustleistung pro Länge l (in z-Richtung) und Höhe h.