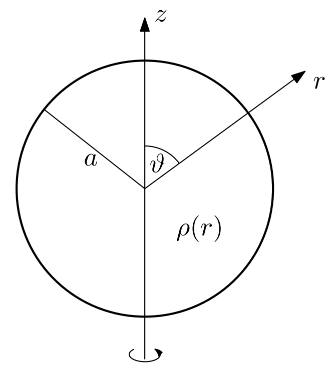
# Klausur Theoretische Elektrotechnik

22.07.2013

1. Aufgabe

   (a) Geben Sie die Maxwellschen Gleichungen der Elektrostatik in integraler Form an. Benennen Sie die Einheit aller vorkommenden Größen in SI-Einheiten.

   (b) Gegeben ist eine Ladungskugel mit dem Radius $a$ und der Raumladungsdichte $\rho(r) = \rho_0 \frac{r}{a}$

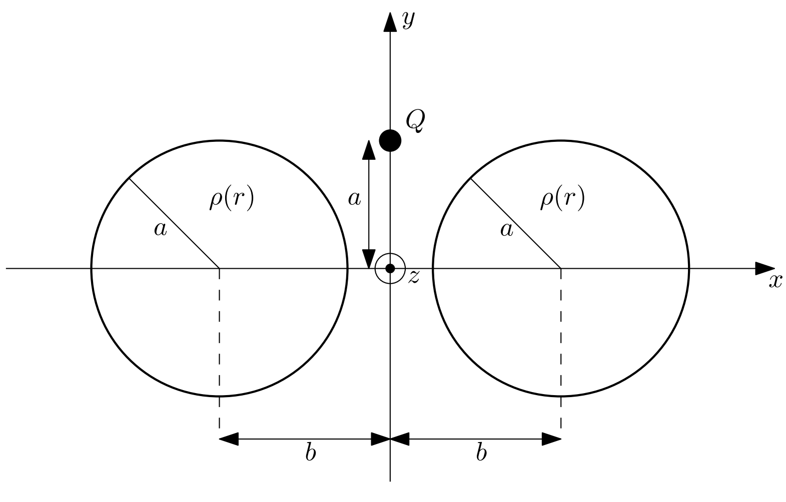



   Berechnen Sie das Elektrische Feld innerhalb und außerhalb der Ladungskugel. Bestimmen Sie auch die Gesamtladung der Ladungskugel.

   (c) Bestimmen Sie das elektische Potential innerhalb und außerhalb der Ladungskugel.

   (d) Berechnen Sie die Feldenergie der gesamten Anordnung.

   (e) Gegeben sei nun die folgende Anordnung bestehend aus zwei identischen Ladungskugeln mit Mittelpunkt bei $x = b$ und $x = -b$. An der Stelle $y = a$ befindet sich eine Punktladung der Größe $Q$. Berechnen Sie die Kraft auf die Punktladung.



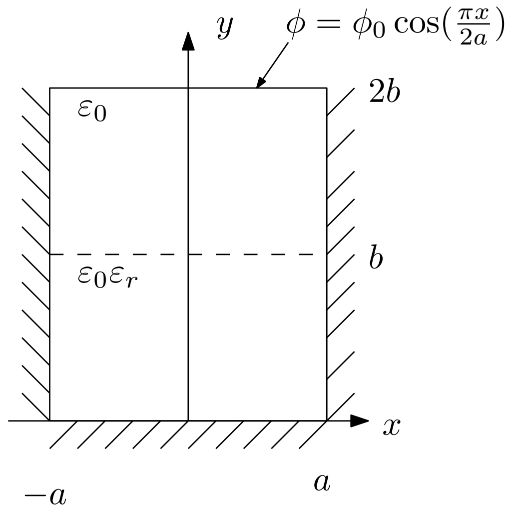
2. Aufgabe

(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 $\rho$ 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 $\varepsilon_r$ 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.

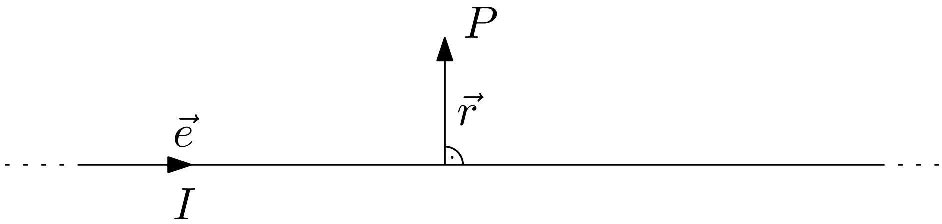
**Hinweis: Das Gleichungssystem muss nicht gelöst werden.**

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

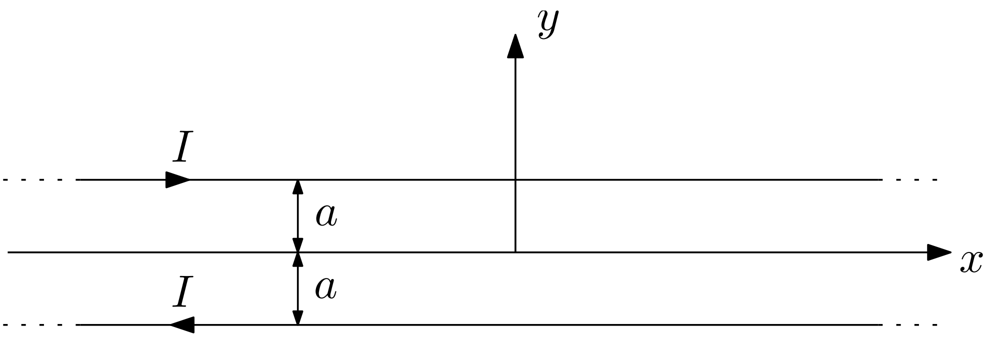
3. Aufgabe

(a) Gegeben ist ein Linienleiter in Richtung $\vec{e}$, der von einem Strom durchflossen wird (betrachten Sie folgende Abbildung). Welche Gleichung beschreibt die Magnetische Feldstärke im Punkt $P$?

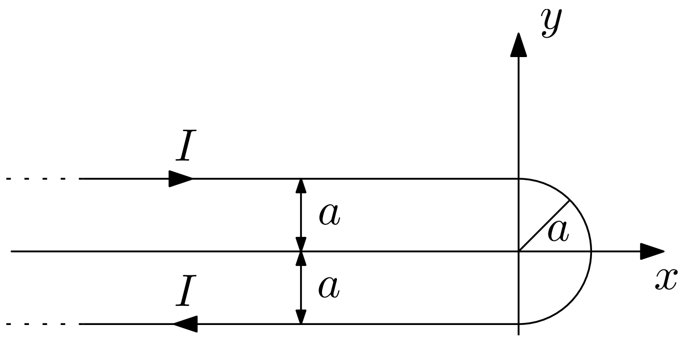
○ $\vec{H} = \frac{\mu I}{4\pi} \frac{\vec{e} \times \vec{r}}{r^3}$ ○ $\vec{H} = \frac{I}{4\pi} \frac{\vec{e} \times \vec{r}}{r^2}$ ○ $\vec{H} = \frac{I}{4\pi} \frac{\vec{e} \times \vec{r}}{r^2}$




(b) Berechnen Sie für die gegebene Anordnung bestehend aus zwei unendlichen ausgedehnten Linienleitern in der $xy-$Ebene die magnetische Feldstärke im gesamten Raum.




(c) Berechnen Sie für die folgende Anordnung die magnetische Feldstärke im Ursprung. Verwenden Sie dazu das Gesetz von Bio-Savart und betrachten Sie die Symmetrie der Anordnung.




**Hinweis:** Biot-Savart: $\vec{H} = \frac{I}{4\pi} \int\limits_C \frac{\vec{dl} \times \vec{r_d}}{r_d^3}$ , $\int \frac{dx}{(x^2+a^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{x}{a^2(x^2+a^2)^{\frac{1}{2}}}$

(d) Es wird eine kreisförmige Leiterschleife mit dem Radius $b << a$ im Ursprung platziert. Berechnen Sie näherungsweise die Gegeninduktivität der Leiterschleife.

4. Aufgabe

(a) Leiten Sie aus den vollständigen Maxwellschen Gleichungen die Wellengleichung für die magnetische Feldstärke im Zeitbereich her. Geben Sie außerdem die Wellengleichung im Frequenbereich an.

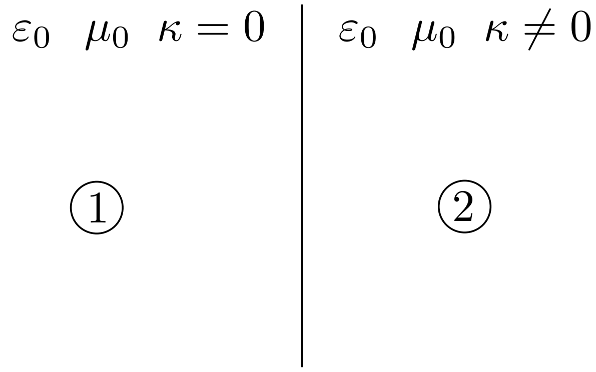
Das betrachtete Gebiet ist als homogen, Strom- und Ladungsfrei anzunehmen.

(b) Geben Sie die komplexe Wellenzahl $\underline{k}$ und die Einheiten aller vorkommenden Größen an in SI-Einheiten an.

(c) Die magnetische Feldstärke sei als $\vec{H}(z,t) = H_0 sin(\omega t - k_0 z)\vec{e_x}$ gegeben.

Bestimmen Sie den komplexen Phasor $\underline{\vec{H}}(z)$

(d) Oben beschriebene Welle fällt auf einen endlich leitenden Halbraum.




Stellen Sie einen geeigneten Ansatz für die einfallende, reflektierte und transmittierte Welle auf.

Bestimmen Sie außerdem den Transmissions- und Reflexionsfaktor.

(e) Berechnen Sie die mittlere Verlustleistungsdichte im zweiten Halbraum.

(f) Nun gilt für den zweiten Halbraum $\kappa \to \infty$

Berechnen Sie nun den Poyntingvektor im ersten Halbraum und deuten Sie das Ergebnis physikalisch.

Was bedeutet der Faktor $\frac{1}{2}$ bei der Definition des komplexen Poyntingschen Vektors?