

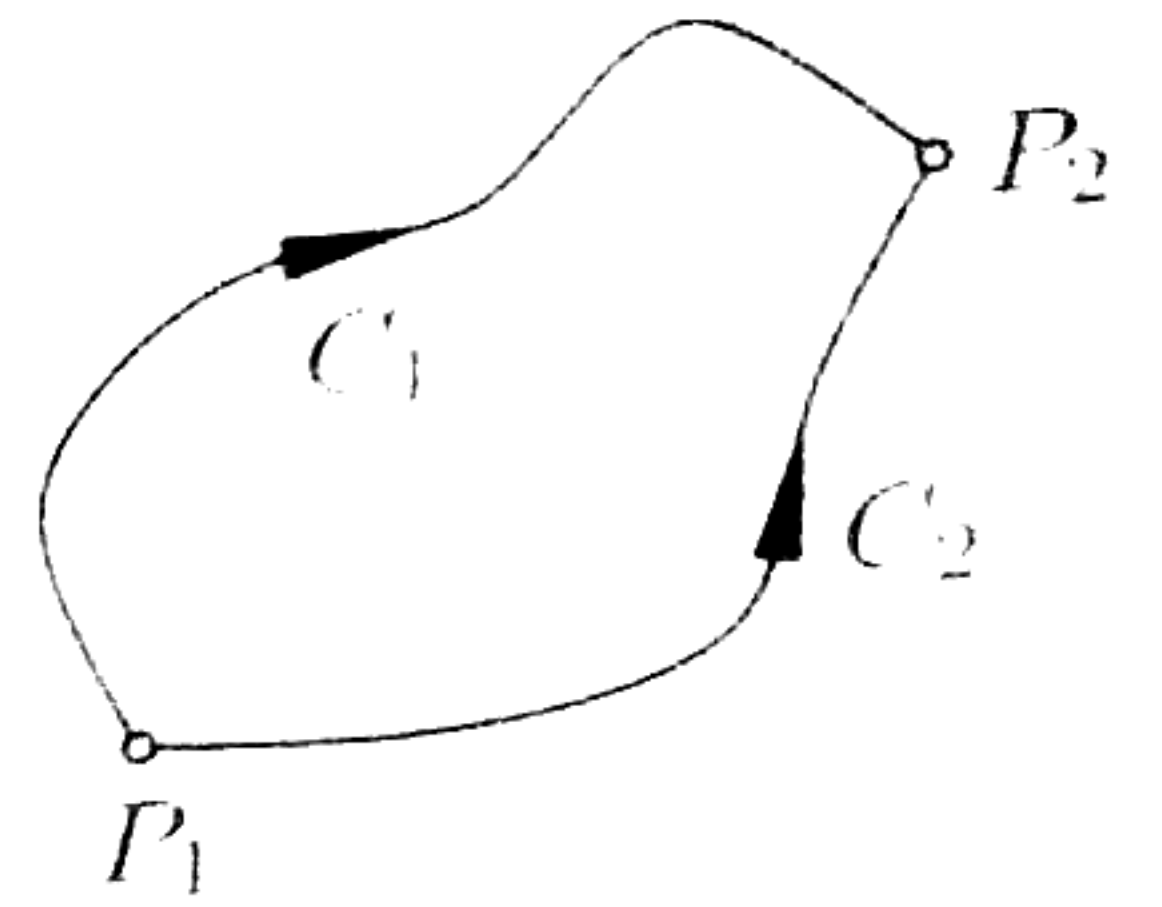
Allgemeines Verständnis

a) Wie lauten die MAXWELL'schen Gleichungen in integraler Form? Geben Sie zu allen Feldgrößen (Stromdichte, elektrisches Feld, ...) in den MAXWELL'schen Gleichungen die Einheit an. Erläutern Sie mit Hilfe einer Skizze am Beispiel des Induktionsgesetzes die Rechte-Hand-Regel.

b) Die beliebigen Wege C_1 und C_2 verbinden jeweils die Punkte P_1 und P_2 . Zeigen Sie, dass in der Elektrostatik gilt:

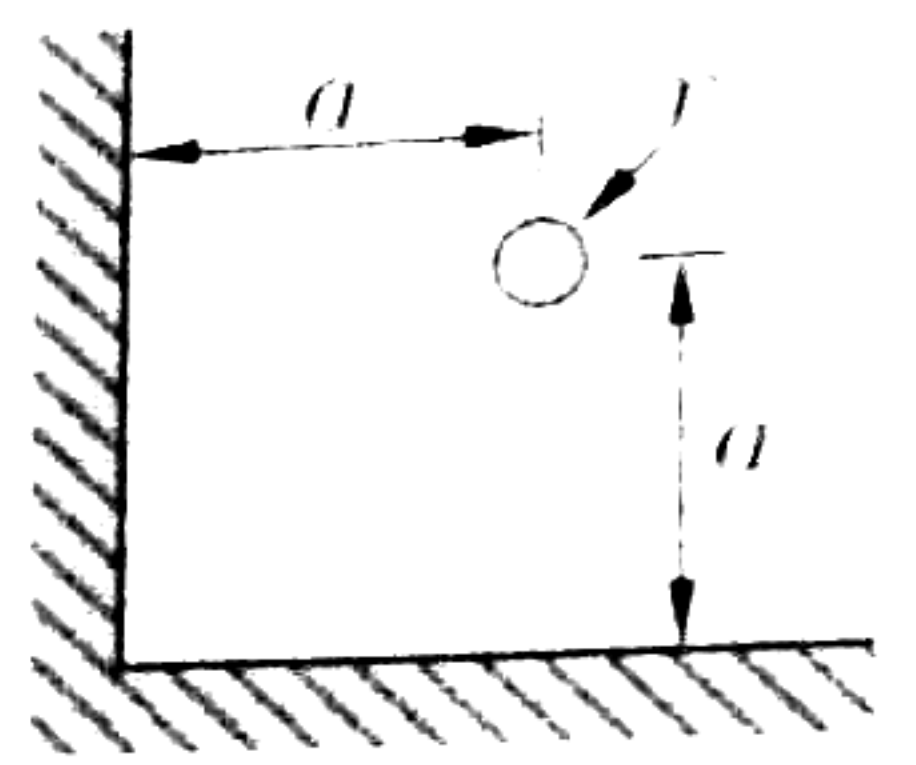
$$\int_{C_1} \vec{E} \cdot d\vec{s} = \int_{C_2} \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

Begründen Sie damit die Einführung des elektrostatischen Potentials.

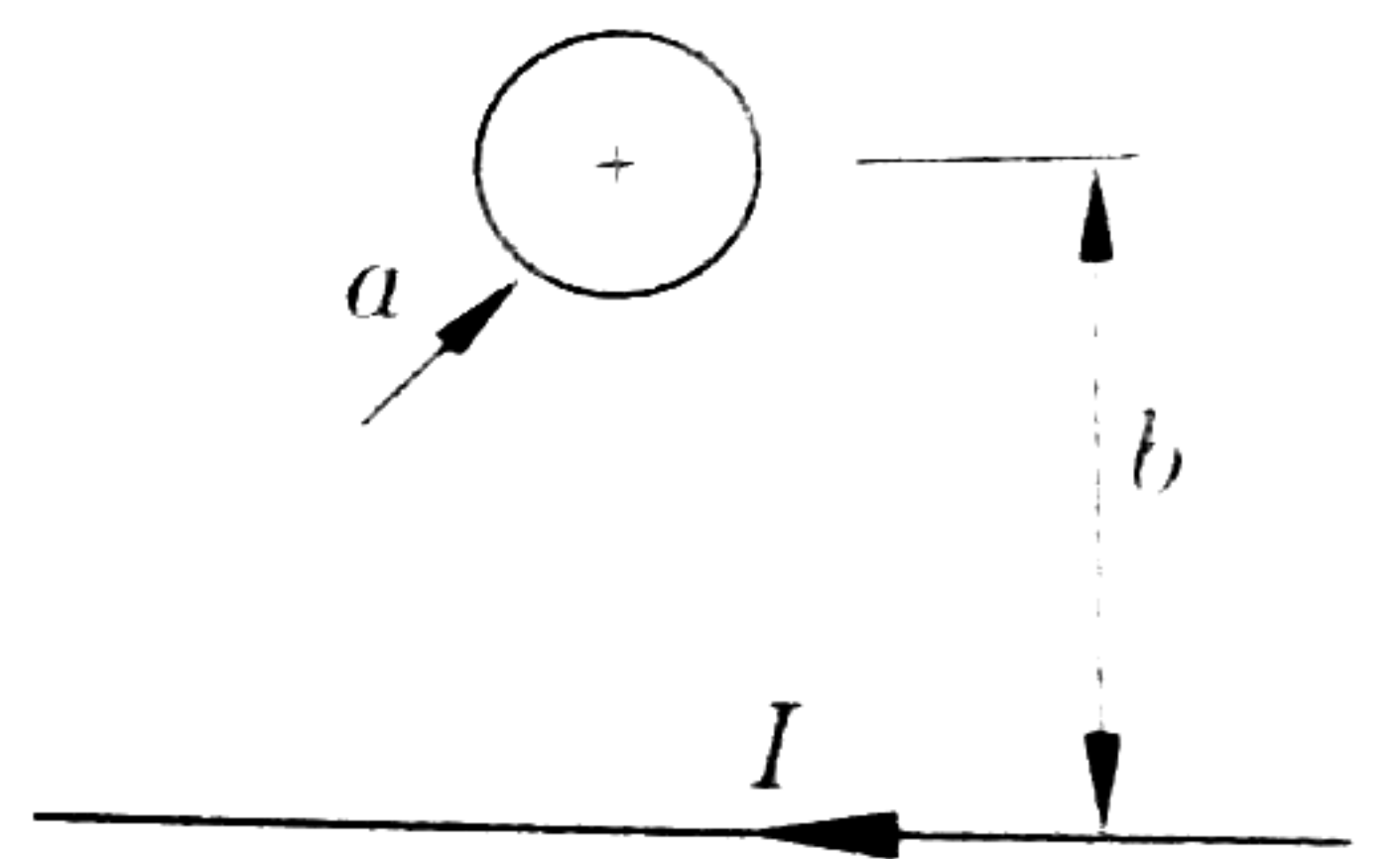


c) Vor einem leitenden, geerdeten Winkel befinde sich eine kleine, leitende Kugel mit Radius $r \ll a$. Berechnen Sie die Kapazität der Anordnung.

Hinweis: Nehmen Sie auf der Oberfläche der Kugel ein Potential $\Phi_1 > 0$ an und ersetzen Sie deren Ladung durch eine Punktladung in ihrem Mittelpunkt (erlaubt wegen $r \ll a$).



d) Ein unendlich langer Draht wird vom Strom I durchflossen. Vor dem Draht befinde sich im Abstand b eine kleine Leiterschleife mit dem Radius $a \ll b$, siehe Skizze. Bestimmen Sie näherungsweise die Gegeninduktivität der Anordnung.



e) Begründen Sie die Einführung eines magnetischen Vektorpotentials \vec{A} und leiten Sie aus den Grundgleichungen der Magnetostatik die POISSON-Gleichung für \vec{A} her. Geben Sie dabei auch die Voraussetzungen an. 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 $\underline{k} = \beta - j\alpha$, wenn das Medium

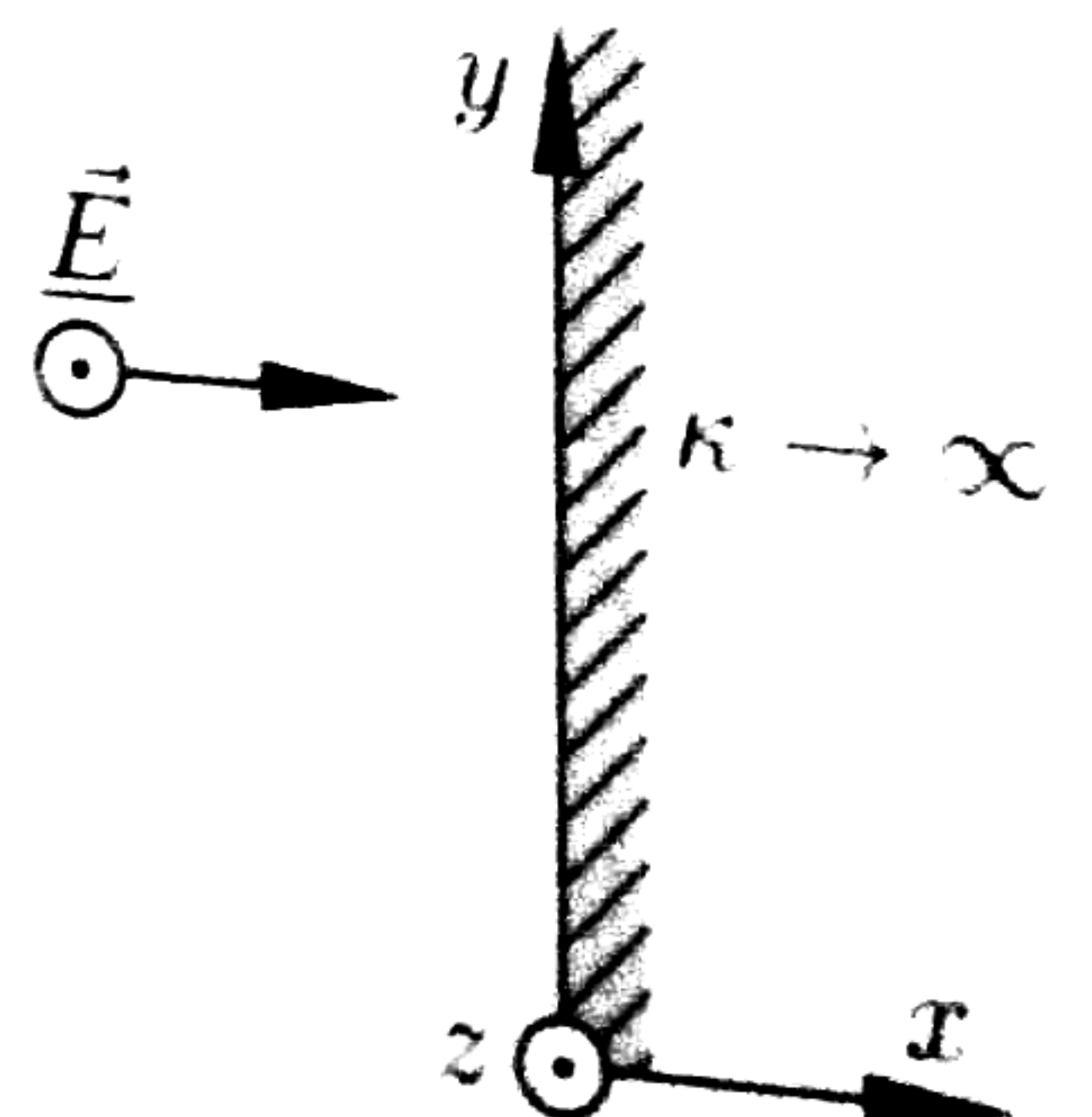
die Leitfähigkeit $\kappa \gg \omega\epsilon$ bzw.

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 $\vec{E} = \vec{e}_z E_0 e^{-jkx}$ fällt gemäß Skizze senkrecht auf einen ideal leitenden Halbraum ein.

Berechnen Sie die induzierte Flächenstromdichte. Definieren Sie dabei auch den Wellenwiderstand Z und geben Sie seinen ungefähren Wert in Vakuum an.

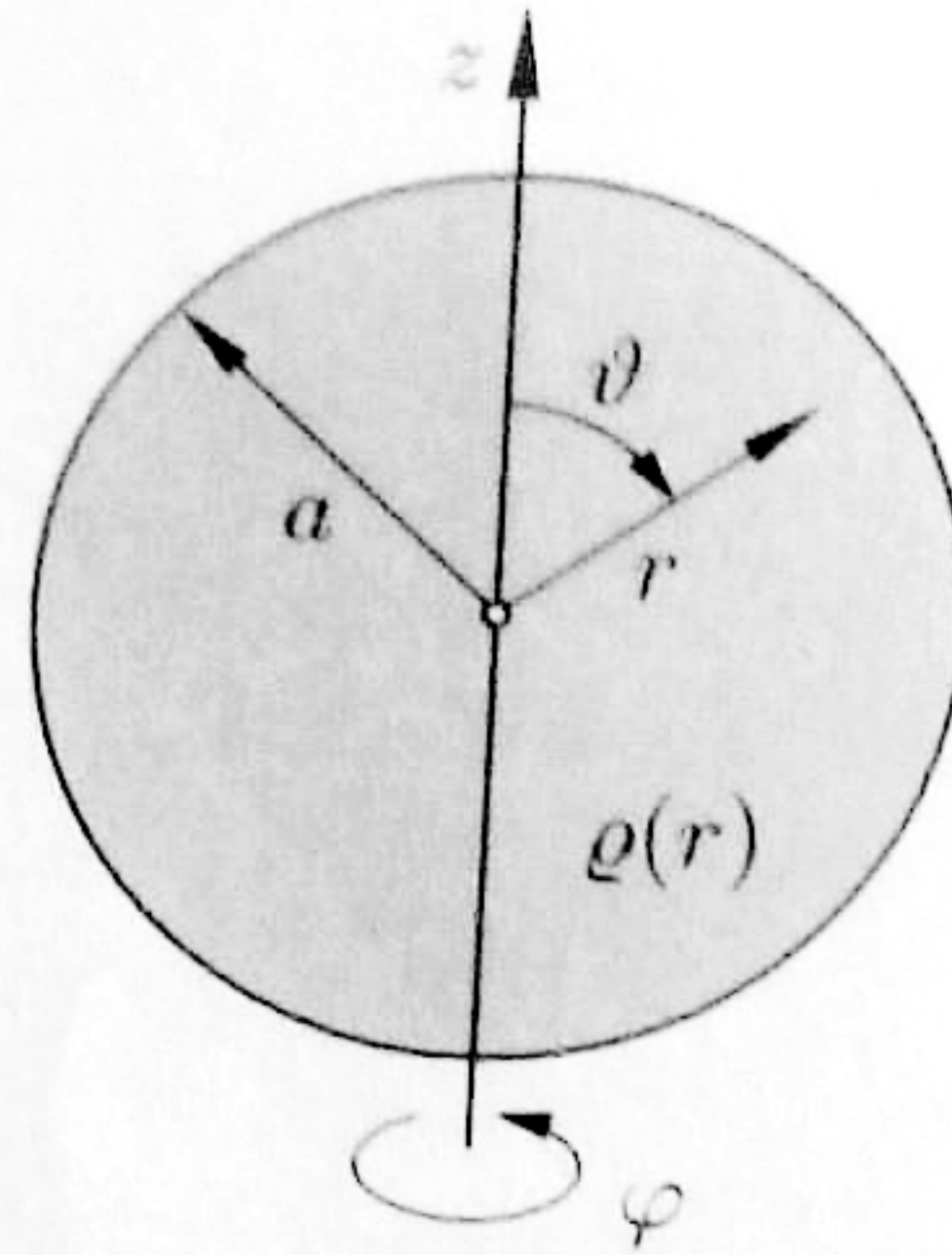


Elektrostatik

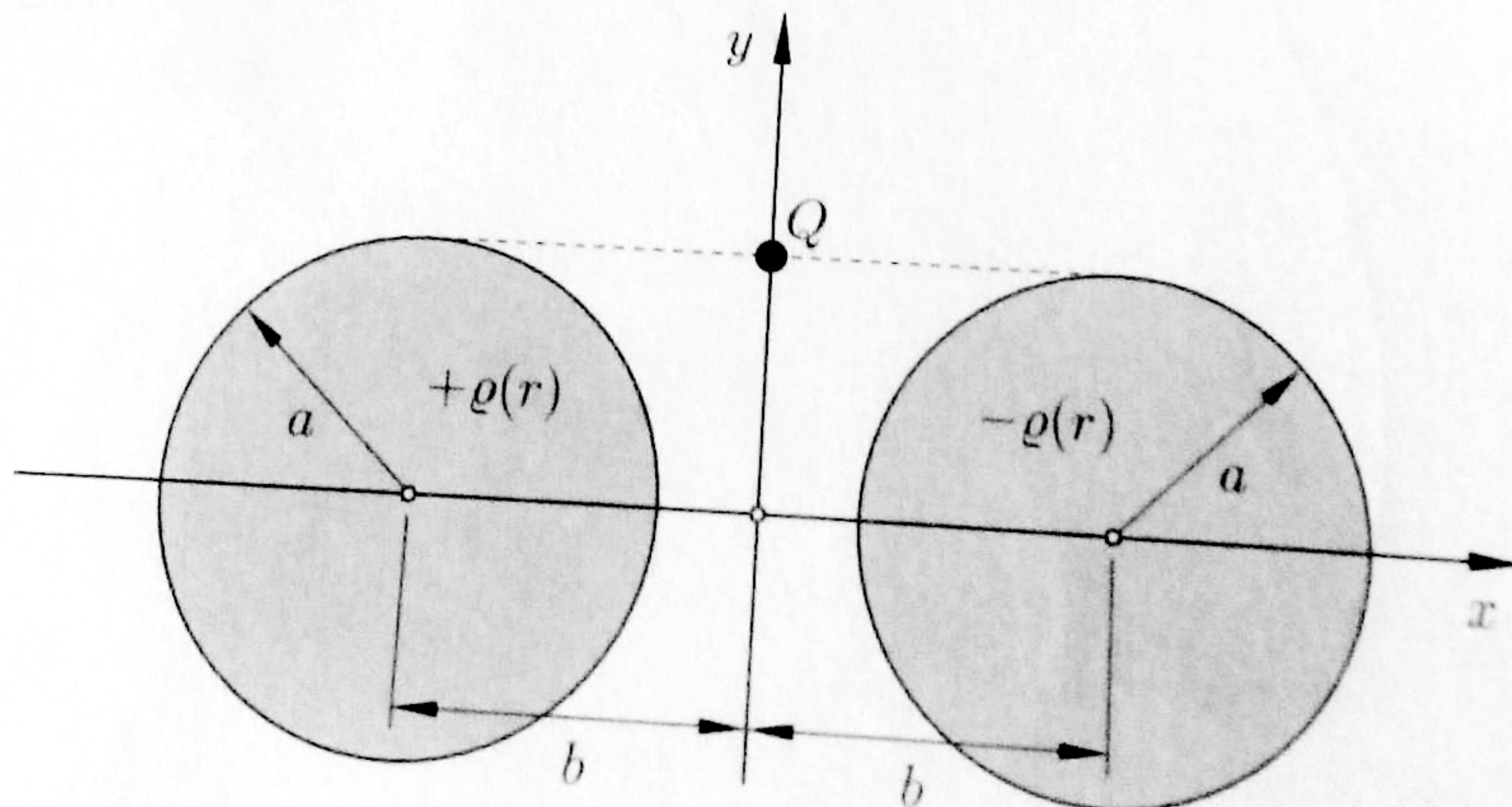
- a) Verwenden Sie das GAUSS'sche Gesetz der Elektrostatik, um das elektrische Feld innerhalb und außerhalb einer kugelförmigen Raumladung mit dem Radius a und der Raumladungsdichte

$$\rho(r) = \rho_0 \frac{r}{a}$$

zu berechnen. Geben Sie auch die Gesamtladung der Kugel an.



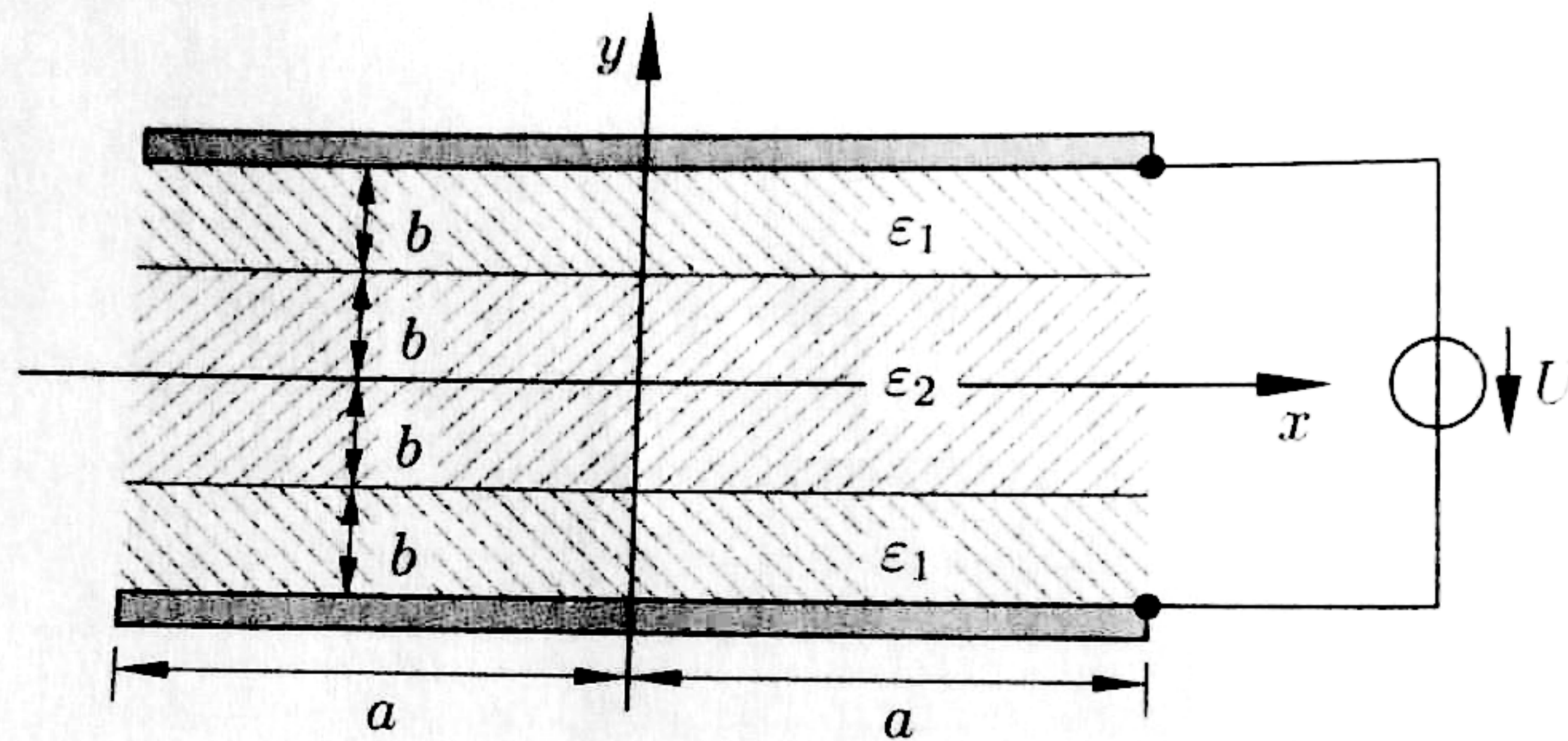
- b) Bestimmen Sie das Potential der Raumladung innerhalb und außerhalb der Raumladung.
- c) Ermitteln Sie die elektrostatische Feldenergie der Anordnung.
- d) Wie groß ist die Kraft \vec{F} auf eine Punktladung Q am Ort $(0, a, 0)$, wenn sich die Mittelpunkte zweier ungleichnamiger Raumladungen mit den Dichten $\pm \rho_0 \frac{r}{a}$ gemäß der folgenden Skizze an den Orten $(\mp b, 0, 0)$ befinden?



Randwertprobleme

- a) Leiten Sie aus den MAXWELL'schen Gleichungen in differentieller Form die LAPLACE-Gleichung her. Geben Sie dabei alle notwendigen Voraussetzungen an.
- b) Wie lautet der allgemeine Lösungsansatz für die LAPLACE-Gleichung in kartesischen Koordinaten? (Herleitung nicht erforderlich.)

Gegeben ist ein geschichteter Plattenkondensator mit angelegter Spannung U . Das Potential in der Symmetrieebene $y = 0$ sei $\Phi = 0$.



- c) Stellen Sie geeignete Lösungsansätze für das Potential in den Teilbereichen auf (Randeffekte vernachlässigbar) und bestimmen Sie die unbekanntenen Konstanten aus den Rand- und Stetigkeitsbedingungen.
- d) Berechnen Sie aus dem Potential die Flächenladung auf den Platten.
- e) Wie groß ist die gespeicherte Energie, wenn der Kondensator in z -Richtung den Bereich $|z| \leq c$ einnimmt?
- f) Bestimmen Sie die Kapazität des Kondensators sowohl aus der Flächenladung auf den Platten (Aufgabenteil d) als auch mit Hilfe der gespeicherten Energie (Aufgabenteil e).
- g) Geben Sie die Polarisation \vec{P}_2 des Dielektrikums ϵ_2 an.

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

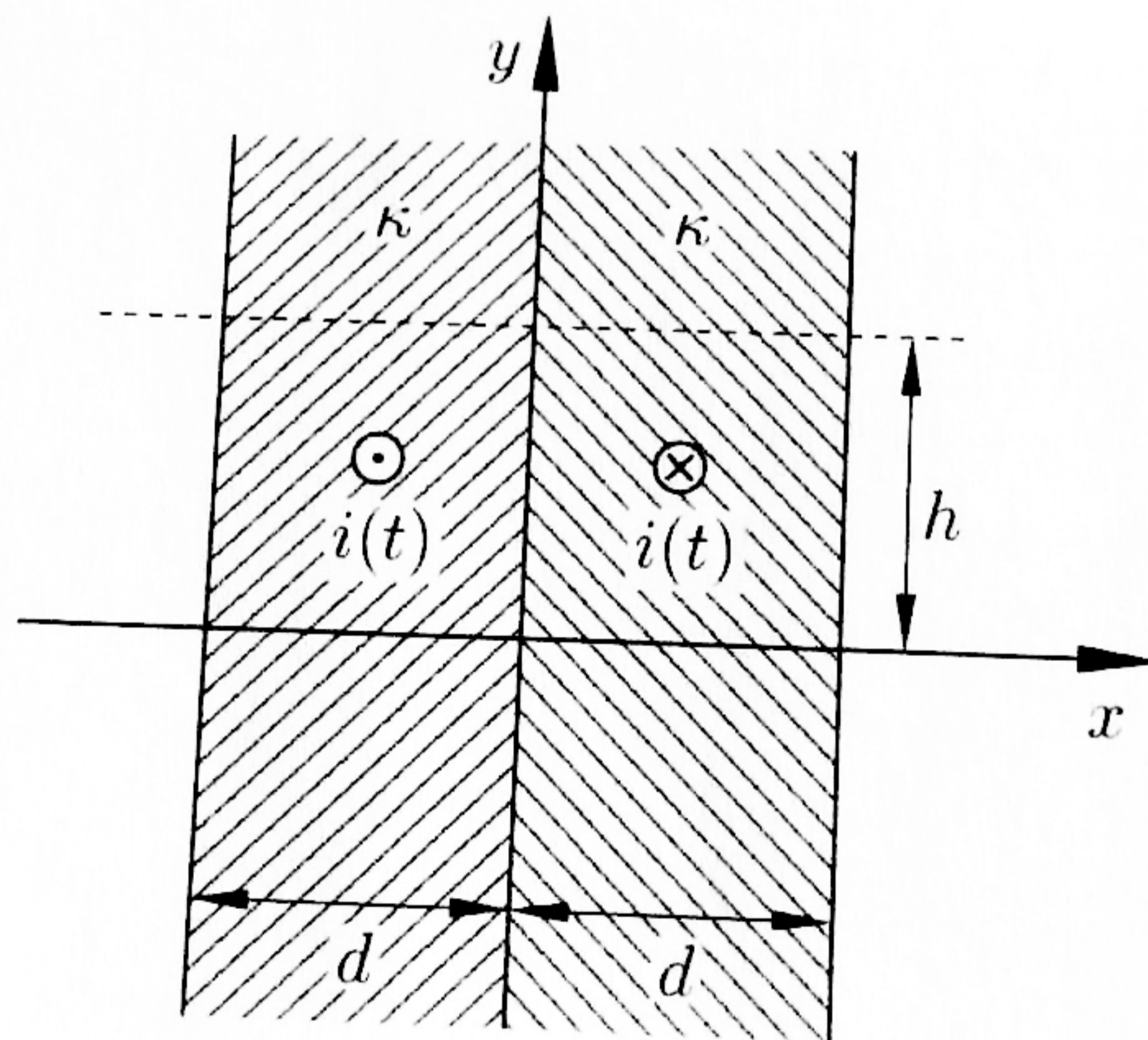
$$-\frac{\partial}{\partial t} (W_e + W_m) = P_V + \oint_A \vec{S} \cdot d\vec{A},$$

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 Längenschnitt 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 .