

Aufgabe 1 (3 Punkte)

Welche elektrische Feldstärke benötigt man, um ein Elektron (Masse m_e , Ladung $q = -e$) im Schwerfeld der Erde schweben zu lassen? Schätzen Sie mit den unten gegebenen Größen die elektrische Feldstärke ab.

Welche Aussage lässt sich aus dem Ergebnis über den Einfluss der Erdanziehung bei typischen elektrischen Feldstärken von einigen Volt/Meter machen?

Ladung eines Elektrons: $q = -e = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{C}$,

Masse eines Elektrons: $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$

Fallbeschleunigung auf der Erde: $g = 9,81 \text{m/s}^2$,

Aufgabe 2 (3 Punkte)

Leiten Sie die Wellengleichung direkt aus den Maxwell-Gleichungen im quellenfreien Vakuum her.

Aufgabe 3 (3 Punkte)

Skizzieren Sie (2D) ein quell- aber nicht wirbelfreies und ein wirbel- aber nicht quellfreies Feld. Nennen Sie je ein Beispiel, wo diese im Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldern auftreten.

Aufgabe 4 (5 Punkte)

Gegeben ist folgendes Potential:

$$\Phi_{\text{el}}\{\vec{r}, t\} = -at(x + y)^2, \quad \vec{A} = \vec{0}$$

Berechnen Sie das elektrische und das magnetische Feld, sowie die Ladungs- und Stromverteilung im gesamten Raum.

Aufgabe 5 (4 Punkte)

Zwei leitende, unendlich lange Hohlzylinder mit den Radien a und $b = 2a$ sind konzentrisch entlang der z -Achse angeordnet. Auf dem inneren Zylinder fließt ein Strom I_1 in z -Richtung, auf dem Außenzylinder ein Strom $I_2 = 3I_1$ in die Gegenrichtung. Wie groß darf der Strom I_1 maximal sein, so dass der Betrag des Magnetfeld einen kritischen Wert H_{krit} im gesamten Raum nicht überschreitet?

Aufgabe 6 (4 Punkte)

Ein kapazitiver Beschleunigungssensor wird, wie in Abbildung 1 dargestellt, mit einer Metallplatte mit Masse m realisiert, die mit zwei (idealen und nicht leitenden) Federn zwischen zwei fixierten Metallplatten gehalten wird. Die beiden Federn haben die Federkonstante D und im entspannten Zustand die Länge l . Sowohl der Abstand, als auch die Dicke der Platten sei im Vergleich zur Ausdehnung in der x - y -Ebene klein und die elektrischen Anschlüsse haben keinen mechanischen Einfluss auf den Aufbau. Berechnen Sie die Änderung der Kapazität ΔC_{12} , wenn auf den Sensor die Beschleunigung $a\vec{e}_z$ wirkt.

Hinweis: Hookesches Gesetz: $F = D \cdot \Delta l$

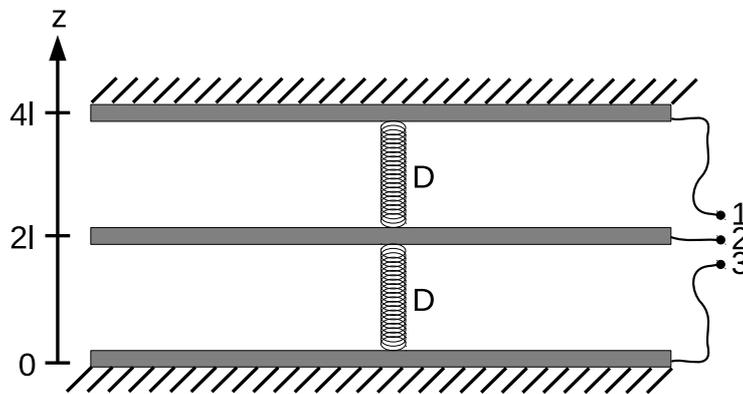


Abbildung 1: Kapazitiver Beschleunigungssensor.

Aufgabe 7 (3 Punkte)

Gegeben ist der in Abbildung 2 dargestellte Verlauf der relativen Permittivität in einem nicht magnetischen Medium. Mit welcher Geschwindigkeit breitet sich eine ebene Welle aus, deren Frequenz 10 MHz ist?

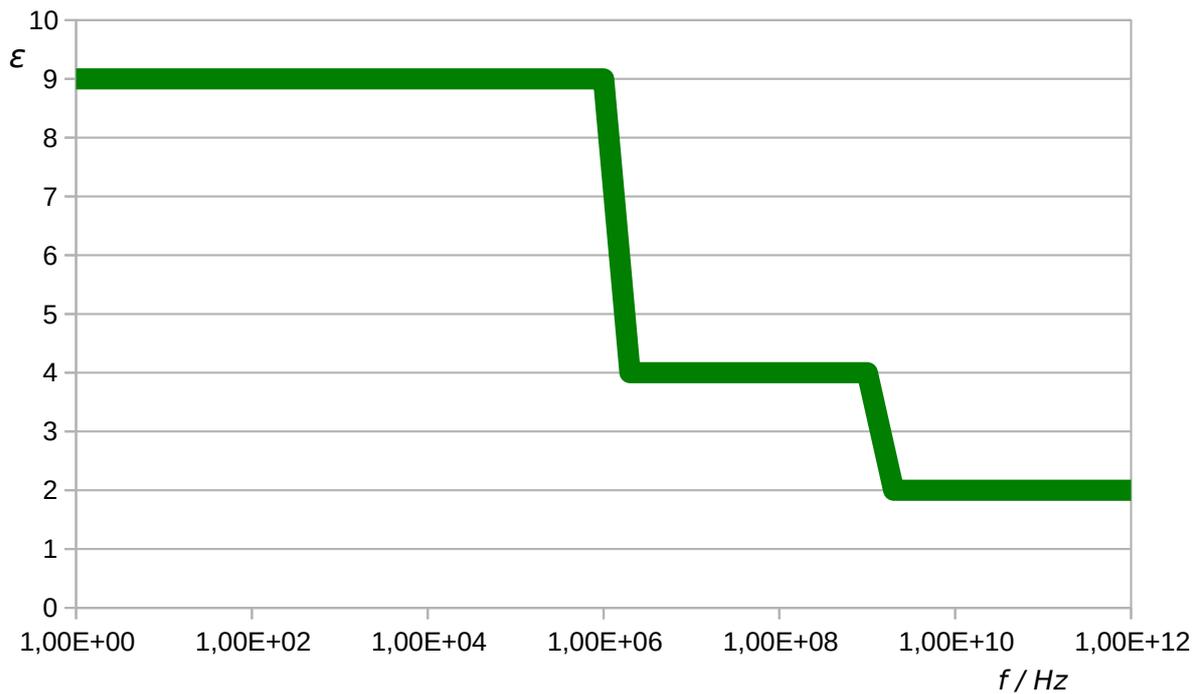


Abbildung 2: Relative Permittivität als Funktion der Frequenz.

Aufgabe 8 (3 Punkte)

Eine Punktladung befindet sich im Abstand a zu einer unendlich ausgedehnten, infinitesimal dicken, geerdeten Metallplatte. Berechnen Sie das Potential im gesamten Raum und zeigen Sie, dass das Potential die Randbedingung an der Platte erfüllt.

Aufgabe 9 (4 Punkte)

Im freien Raum ist eine unendlich große, ebene Platte der Dicke d angeordnet. Sie hat die relative Dielektrizitätszahl ε und trägt auf einer Seite die homogene Flächenladungsdichte ϱ_s . An einem Punkt auf der Gegenseite ist das Potenzial V_0 .

Welche Größe hat das Potenzial im gesamten Raum?

Aufgabe 10 (6 Punkte)

Ein unendlich langer, gerader Stab mit kreisförmigem Querschnitt vom Durchmesser $2R$ und relativer Dielektrizitätszahl ε ist homogen mit ϱ_0 geladen und befindet sich im ansonsten freien Raum. Auf einem Punkt der Oberfläche des Stabs herrscht das Potenzial V_0 .

Welche Größe hat das elektrische Potenzial im gesamten Raum?

Aufgabe 11 (12 Punkte)

Zwei unmagnetische homogene Medien grenzen bei $y = b$ aneinander. Im Bereich $y < b$ lautet die magnetische Feldstärke

$$\vec{H} = H_0 \left[\left(\exp\{ik_0(y-b)\} + 0,5 \exp\{ik_0(b-y)\} \right) \vec{e}_y - \left(\exp\{ik_0(y-b)\} - 0,5 \exp\{ik_0(b-y)\} \right) \vec{e}_x \right] \exp\{i(k_0x - \omega t)\} .$$

Welche Brechzahl hat das Medium im Bereich $y > b$?

Aufgabe 12 (9 Punkte)

Die Welle $\vec{H} = H_0(\vec{e}_x + i3\vec{e}_y) \exp\{i(\sqrt{3}k_0z - \omega t)\}$ fällt von $z < 0$ auf die Grenzfläche $z = 0$ zwischen zwei homogenen Medien mit $\mu\{z < 0\} = 1,5$, $\mu\{z > 0\} = 2$, $\varepsilon\{z < 0\} = 2$, $\varepsilon\{z > 0\} = 1,5$.

Wie ist die reflektierte Welle polarisiert?