

Elektromagnetische Felder und Wellen: Klausur 2016-1

| | | | |
|-------------|-------------|-------------|----------|
| Aufgabe 1: | Aufgabe 2: | Aufgabe 3: | Σ |
| Aufgabe 4: | Aufgabe 5: | Aufgabe 6: | Σ |
| Aufgabe 7: | Aufgabe 8: | Aufgabe 9: | Σ |
| Aufgabe 10: | Aufgabe 11: | Aufgabe 12: | Σ |

Gesamtpunktzahl:

Ergebnis:

Bemerkungen:

Aufgabe 1 (5 Punkte)

Eine monochromatische Welle mit Kreisfrequenz ω befindet sich in einem ungeladenem, anisotropen Medium, in dem $\mu = 1$ und

$$[\varepsilon] = \begin{pmatrix} a & 0 & 0 \\ 0 & b & 0 \\ 0 & 0 & c \end{pmatrix}$$

gilt.

Wie lautet die Lösung der Wellengleichung für das elektrische Feld?

Aufgabe 2 (10 Punkte)

Eine sehr große Platte befindet sich im Abstand h parallel zur Erdoberfläche. Unterhalb der Platte schwebt eine Punktladung Q mit der Masse m im Abstand $d < h$ zur Platte.

Welche Flächenladung trägt die Platte?

Was passiert, wenn ein Dielektrikum zwischen die geladene Platte und die Punktladung gebracht wird?

Aufgabe 3 (2 Punkte)

Begründen Sie, weshalb sich eine geladene Kugel mit einer radialsymmetrischen Ladungsdichte zur Berechnung des elektrischen Feldes außerhalb der Kugel auf eine Punktladung mit der Größe der Gesamtladung der Kugel reduzieren lässt, die sich im Zentrum der Kugel befindet.

Aufgabe 4 (5 Punkte)

Ein Proton wird aus der Ruhe über eine Potentialdifferenz U beschleunigt und bewegt sich danach parallel zur Erdoberfläche.

Die Anordnung ist so orientiert, dass sich die Einflüsse des Erdmagnetfeldes und der Gravitation kompensieren.

Wie groß muss die Spannung U sein, damit das Proton weiterhin in die selbe Richtung fliegt? Vernachlässigen Sie die Effekte durch Gravitation und das Magnetfeld während der Beschleunigung im elektrischen Feld.

Schätzen Sie die Geschwindigkeit des Protons und die Spannung mit folgenden Werten ab:

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

Masse eines Protons: $m_p = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Erdbeschleunigung: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Erdmagnetfeld am Äquator: $B = 30 \text{ } \mu\text{T}$

Aufgabe 5 (3 Punkte)

Ein gerader Glasstab mit dem in Abbildung 1 dargestellten Querschnitt steht senkrecht zur Zeichenebene. Die einfallende Lichtstrahl 1 läuft in der Zeichenebene.

Wie ist der Winkel β jeweils als Funktion des Winkels α zu wählen, wenn Strahl 2 und 3 bzw Strahl 1 und 3 parallel verlaufen sollen ?

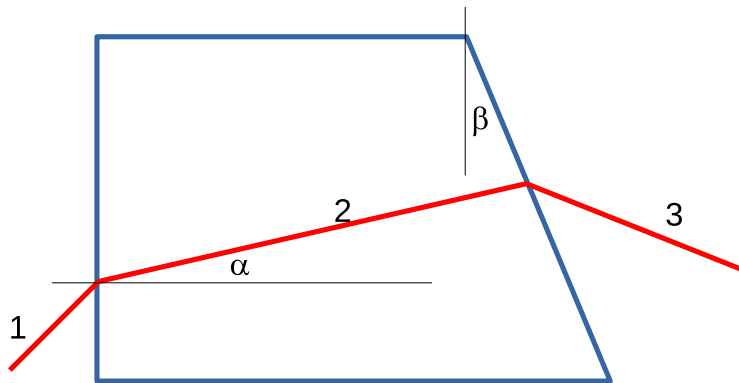


Abbildung 1: Strahlengang durch einen Glasstab.

Aufgabe 6 (3 Punkte)

Ein rechtwinkliges, gleichschenkliges Prisma der Brechzahl n_1 liegt wie in Abbildung 2 skizziert auf einem Medium mit Brechzahl n_2 .

Welche Brechzahl muss das Prisma haben, damit das Licht an der Grenzfläche zum Medium gerade total reflektiert wird?

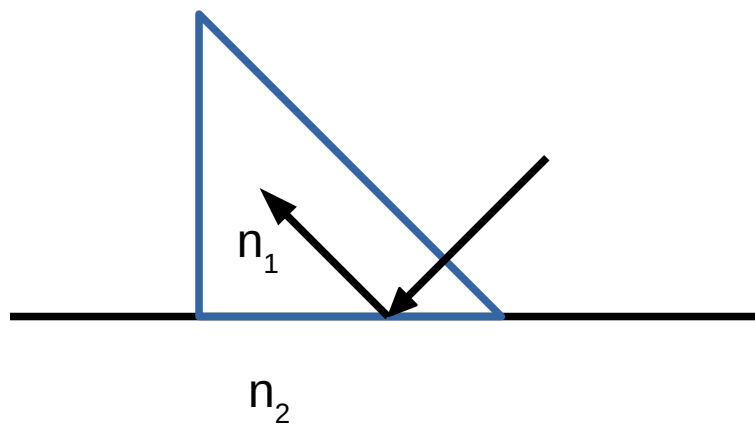


Abbildung 2: Gleichschenkliges, rechtwinkliges Prisma auf ebener Grenzfläche.

Aufgabe 7 (3 Punkte)

Ein Lichtstrahl fällt unter dem Brewster-Winkel von 60° auf eine ebene Grenzfläche.

Unter welchem Winkel breitet sich die Welle im angrenzenden Medium aus?

Aufgabe 8 (8 Punkte)

Bei einem Blitzschlag bildet sich ein Kanal von bewegten Ladungsträgern. Hier wird angenommen, dass der Kanal gerade ist und einen kreisförmigen Querschnitt mit Durchmesser $2R$ besitzt. Von der Mitte nach außen sinkt die Ladungsträgerdichte parabelförmig von ϱ_0 auf Null. Die mittlere Geschwindigkeit der Ladungsträger ist v .

Welche Verteilung hat das erzeugte Magnetfeld im gesamten Raum?

Aufgabe 9 (3 Punkte)

Eine ideal leitfähige Kugel mit Radius R befindet sich im freien Raum. Außerhalb der Kugel sind zwei Punktladungen Q so angeordnet, dass die Verbindungslinien zum Mittelpunkt der Kugel im Winkel von 90° zueinander stehen. Der Abstand beider Ladungen zum Kugelmittelpunkt ist $2R$.

Welche elektrische Feldstärke \vec{E} herrscht außerhalb der Kugel?

Aufgabe 10 (6 Punkte)

Ein unendlich langer, gerader Stromfaden mit Stromdichte I wird konzentrisch von zwei Medien mit μ_1 und μ_2 umgeben. Die Radien der beiden isolierenden Medien sind R_1 und R_2 . Die Grenzfläche zwischen den beiden Medien ist stromlos. Die Oberfläche des äußeren Zylinders ist leitfähig beschichtet. Außerhalb der Struktur verschwindet das Magnetfeld.

Welche Größe hat die magnetische Feldstärke \vec{H} im gesamten Raum?

Aufgabe 11 (7 Punkte)

Die Unterseite einer ebenen, unendlich ausgedehnten, isolierenden Platte der Dicke d_1 ist leitfähig beschichtet und trägt die Stromdichte j_0 . Die relative Permeabilitätszahl der Platte ist μ_1 . Auf der Oberseite der Platte liegt eine weitere unendlich große isolierende Platte der Dicke d_2 mit μ_2 mit leitfähiger Beschichtung auf der Oberseite. Außerhalb der Struktur verschwindet das Magnetfeld, die Grenzfläche zwischen den Platten ist stromlos.

Wie lautet der Verlauf der magnetischen Feldstärke \vec{H} innerhalb der Struktur?

Aufgabe 12 (8 Punkte)

Eine ebene, unendlich ausgedehnte Flächenantenne aus idealem Metall mit Flächennormale \vec{e}_z trägt die Stromdichte $j_0 \cos\{k_0 x/2\} \exp\{-i\omega t\} \vec{e}_x = \frac{j_0}{2} \left(\exp\{i(k_0 x/2 - \omega t)\} + \exp\{-i(k_0 x/2 + \omega t)\} \right) \vec{e}_x$. Sie strahlt zwei ebene Wellen in den angrenzenden freien Raum ab. Wie lautet die magnetische Feldstärke der beiden Wellen?