Aufgabe 24: Drehung der Polarisationsrichtung (schriftlich, 3 Punkte)

a) [2 Punkte] Die Transmission einer Polarisationsfolie betrage in Durchlassrichtung 90%, senkrecht dazu polarisiertes Licht werde völlig absorbiert. Zehn dieser Folien werden so übereinander gelegt, dass ihre Durchlassrichtung jeweils 10° gegeneinander verdreht sind, d.h. die Polarisationsrichtungen der ersten und der letzten Folie stehen dann senkrecht aufeinander.
Wie groß ist die durchgelassene Lichtintensität bei unpolarisiert einfallendem Licht (unpolarisiertes Licht ist eine Überlagerung von linear polarisiertem Licht aller möglicher Polarisationsrichtungen)?
Hinweis: Verwenden Sie das Gesetz von Malus: $I = I_0 \cos^2(\alpha)$*, wobei* I_0 *die einfallende Intensität und* α *der Winkel zwischen linear polarisiertem Licht und der Durchlassrichtung ist.*

b) [1 Punkte] Betrachten Sie nun eine entsprechende Anordnung aus N Folien, die jeweils um $\frac{90°}{N-1}$ gegeneinander verdreht sind.
Bei welcher Anzahl von Folien ist die durchgelassene Lichtintensität am größten?
Hinweis: Berechnen Sie dazu explizit die durchgelassene Intensität für $N = 2$ *bis* $N = 10$*.*

Aufgabe 25: Polarisation einer transversalen Welle (schriftlich, 7 Punkte)

Eine elektromagnetische Welle im Vakuum habe die Form

$$\vec{E} = E_{10}\cos(kz - \omega t)\vec{e}_1 + E_{20}\cos(kz - \omega t + \phi)\vec{e}_2 \ .$$

a) [2 Punkte] Was muss für die Beziehung zwischen E_{10} und E_{20} sowie für ϕ gelten, damit die angegebene Welle linear, zirkular, elliptisch polarisiert oder unpolarisiert ist?

b) [1,5 Punkte] Ein optisches Element in Form einer idealen Polarisators, dessen Transmissionsachse in der Ebene aus $\vec{e}_1$ und $\vec{e}_2$ liegt und um den Winkel α zu $\vec{e}_1$ geneigt ist, transformiert das E-Feld gemäß

$$\vec{E}' = \left(\vec{E} \cdot \vec{a}\right)\vec{a} \qquad \text{mit} \quad \vec{a} = \cos(\alpha)\vec{e}_1 + \sin(\alpha)\vec{e}_2 \ .$$

Berechnen Sie für eine elliptisch polarisierte Welle mit $E_{20} = E_{10}$ und $\phi = \pi/4$ das resultierende Feld $\vec{E}'$ für $\alpha = 45°$. Wie ist dieses polarisiert?
Hinweis: Additionstheorem: $\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta) = 2\cos(\alpha)\cos(\beta)$

c) [2 Punkte] Das E-Feld falle bei $z = 0$ auf eine Platte, die aus einem doppelbrechenden Material besteht. Entlang der $\vec{e}_1$-Richtung besitzt die Welle die Phasengeschwindigkeit v_1, entlang der $\vec{e}_2$-Richtung die Phasengeschwindigkeit v_2. Berechnen Sie die Phasendifferenz der beiden Komponenten 1 und 2 als Funktion der Plattendicke d in z-Richtung. Was versteht man unter einer $\lambda/4$- bzw. $\lambda/2$-Platte?
Hinweis: Im Medium gilt $\omega = v_1 k_1 = v_2 k_2 = 2\pi c/\lambda_0$*, wobei* λ_0 *die Wellenlänge im Vakuum ist.*

d) [1,5 Punkte] Wie verändert eine $\lambda/4$-Platte, mit der selben Ausrichtung wie in c), eine einfallende linear polarisierte Welle mit

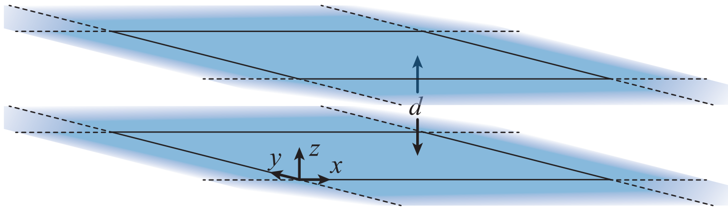
i) [0,5 Punkte] E_{10} und E_{20} beliebig

ii) [0,5 Punkte] $E_{10} = E_{20}$

iii) [0,5 Punkte] $E_{10} = 0$ und E_{20} beliebig?

Aufgabe 26: Wellenausbreitung zwischen Spiegeln (mündlich, 10 Punkte)

Gegeben seien zwei unendlich ausgedehnte, parallele metallische Spiegel, die senkrecht zur z-Achse im Abstand d orientiert sind.



a) [1,5 Punkte] Wie lauten die Randbedingen für E- und B-Feld an den Metallflächen, also bei $z = 0$ und $z = d$?

b) [2 Punkte] Leiten Sie aus den Maxwell-Gleichungen im Vakuum die Wellengleichung

$$\left[\Delta - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right]\begin{pmatrix}\vec{E}(\vec{r},t)\\ \vec{B}(\vec{r},t)\end{pmatrix} = 0$$

für die beiden Felder her.

c) [5 Punkte] Lösen Sie die Wellengleichung für $\vec{E}$ mit dem Ansatz

$$\vec{E}(\vec{r},t) = \vec{E}_0(z)\mathrm{e}^{i(kx-\omega t)}\,,$$

Geben Sie $\vec{E}_0(z)$ explizit an.
Wie lautet der Zusammenhang zwischen ω und k?

Hinweise: Sie sollten beachten, dass $\vec{k} \perp \vec{E}$ *und* $\vec{k} \perp \vec{B}$ *ist.*
Außerdem gilt $\mathrm{div}(\vec{E}) = 0$.
In Ihrer Lösung sollten Sie zwischen den Fällen $E_{0z}(z) = 0$ *und* $E_{0z}(z) \neq 0$ *unterscheiden.*

d) [1,5 Punkte] Berechnen Sie aus den E-Feldern die zugehörigen B-Felder.