
Lösungen PhIT Übung 9

Prof. Dr. R.M. Füchslin

Diese Übungen dienen dazu, Sie mit einigen Konzepten und Rechenmethoden der Physik vertraut zu machen. Sie machen diese Übungen für sich. Das bedeutet:

- Sie müssen keine Übungen abgeben.
- Sie können gerne in Gruppen arbeiten. Wir empfehlen das sogar.
- Wir machen keine Korrekturen, stellen aber Musterlösungen zur Verfügung. Der/die ÜbungsbetreuerIn ist Ihr Coach. Diese(r) wird Ihnen nach bestem Wissen Ihre Fragen beantworten. Die Fragen stellen müssen Sie aber selber.

Aufgabe 1 Glasfaserkabel

Ein Glasfaserkabel der Länge 300 km verbindet Zürich und Genf. Der Brechungsindex von Glasfaser ist 1.4. Wieviel Zeit braucht es, um ein Signal zwischen den zwei Städten zu übertragen?

Aufgabe 2 Frequenz und Wellenlänge

Berechnen Sie die Wellenlängen im Vakuum von

- a) einer elektromagnetischen Welle mit $\nu = 50\text{Hz}$ (entspricht der Wechselstromfrequenz in der Schweiz)
- b) einer 100 MHz FM-Radiowelle
- c) einem grünen Laserpointer, der Licht mit der Frequenz $\nu = 5.64 \cdot 10^{14}\text{Hz}$ emittiert
- d) Röntgenstrahlen mit $\nu = 5 \cdot 10^{18}\text{Hz}$

Aufgabe 3 Einsetzen in Wellengleichung.

In Ihrer Mikrowelle haben Sie stehende Wellen. Wir wählen die Koordinaten so, dass die x – Achse die Wellenachse ist. Die stehende Welle hat die Form:

$$\vec{E}(x, y, z, t) = \begin{pmatrix} 0 \\ E_0 \sin(kx) \sin(\omega t) \\ 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Zeigen Sie, dass diese Welle die Wellengleichung

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \vec{E}(x, y, z, t) = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \vec{E}(x, y, z, t) \quad (2)$$

erfüllt. Hinweis: Die Anwendung einer Ableitung auf einen Vektor bedeutet einfach die Anwendung auf jeden einzelne Komponente.

Aufgabe 4

Gegeben sei eine ebene elektromagnetische Welle, welche auf eine, senkrecht zu Ausbreitungsrichtung stehende Fläche auftrifft. Die Intensität I (Leistung pro m^2) entspreche der Leistung der Sonnenstrahlung auf die Erde: $I = 1.36 \cdot 10^3 W / m^2$. Wie gross sind die Amplituden E_0 und B_0 des elektrischen und magnetischen Feldes dieser Welle?

Aufgabe 5 Brechung in Glasfaser

In einer Glasfaser breiten sich Lichtstrahlen über eine lange Strecke aus, wobei sie an den Wänden der Faser total reflektiert werden. Wie in der Abbildung gezeigt ist, besteht die Faser aus einem Kern mit der Brechzahl n_2 und dem Radius b . Der Kern ist umgeben von einem Mantel mit der Brechzahl $n_3 < n_2$. Die **numerische Apertur** der Faser ist definiert als $\sin(\theta_1)$. Dabei ist θ_1 der maximale Einfallswinkel eines Lichtstrahls an der Stirnfläche der Faser, der, nach Eintritt in die Faser, gerade noch an der Grenzfläche zum Mantel unter dem kritischen Winkel der Totalreflexion reflektiert wird. Zeigen Sie anhand der Abbildung, dass bei einem aus der Luft in die Glasfaser eintretenden Lichtstrahl für die numerische Apertur gilt:

$$\sin(\theta_1) = \sqrt{n_2^2 - n_3^2}$$

Hinweis: Benützen Sie

$$\sin(\theta_2) = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

$$\sin(\theta_k) = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

Setzen Sie $\sqrt{a^2 + b^2} = c$ und eliminieren Sie a, b, c unter Benützung der Beziehungen für die Sinusse, die Sie aus den Brechungsgesetzen kennen.

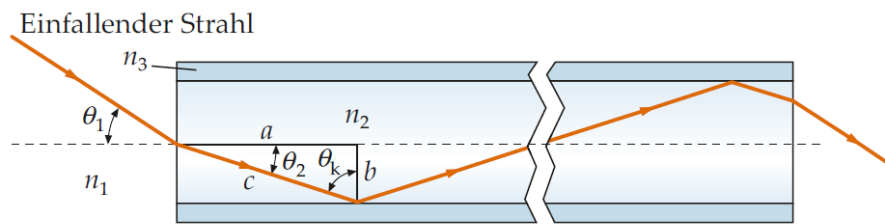


Fig. 1

Aufgabe 6 (Wiederholung)

(Author: M. Jazbinsek) Eine Lore, also ein offener Güterwagen der Masse $m_L = 500\text{kg}$, fährt waagrecht mit einer Geschwindigkeit von $v_0 = 8.3\text{m/s}$. James Bond und der Bösewicht, beide mit einer Masse von $m_B = 85\text{kg}$, fallen von einer Brücke senkrecht in die Lore. James Bond wirft danach den Bösewicht waagrecht aus der Lore, dies mit einer Geschwindigkeit von $v_B = -2\text{m/s}$ relativ zur Lore. Mit welcher Geschwindigkeit fahren jetzt James Bond und die Lore?

Hinweis: Benützen Sie den Impulserhaltungssatz und beachten Sie, dass der Prozess aus zwei Schritten (Sprung in die Lore und danach Rauswurf des Bösewichts) besteht.

a) $v = 50\text{ Hz}$ (elek. mag. Welle) / b) 100 MHz / c) Licht Frequenz $v = 5.64 \cdot 10^{14}\text{ Hz}$ /

d) $v = 5 \cdot 10^{18}\text{ Hz}$

Wellenlänge λ in [m]; $\lambda = c/f$

a) $c = 300'000'000\text{ m/s}$
 $f = 50$

b)

$c = 300'000'000\text{ m/s}$
 $f = 100\text{ MHz} \rightarrow 100'000'000\text{ Hz}$ } = 3

c) $c = 300'000'000\text{ m/s}$
 $f = 564'000'000'000'000$ } = 5.319×10^{-7}

d) $c = 3 \times 10^8$
 $f = 5 \times 10^{18}$ } = 6×10^{-11}