Übungen zu Physik 1 für Ingenieure – Musterlösung Blatt 12

Aufgabe 1 – Kurzsichtigkeit

Der Gegenstand befindet sich in der Entfernung $g = \infty$ vor dem Auge(bzw. vor der Linse). Die Linse soll den Gegenstand im Abstand $a_f = 225$cm vor der Linse abbilden. Bilder die auf der dem Gegenstand zugewandten Seite der Linse liegen haben eine negative Bildweite, d.h. $g = -a_f = -225$cm.
Die Abbildungsgleichung

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} = \frac{1}{b} \tag{1}$$

liefert nun die gesuchte Brennweite f. Setzt man $g = -a_f = -225$cm und $g = \infty$ in Gleichung 1 erhält man

$$f = -225\text{cm} \tag{2}$$

Bei Linsen mit negativer Bennweite handelt es sich um Zertreuungslinsen. Die Brechkraft B ist die reziproke Brennweite und es ergibt sich: $B = \frac{1}{f} = -\frac{4}{9}\frac{1}{\text{m}} = -\frac{4}{9}$dpt

Aufgabe 2 – Wellen

Allgemein lassen sich harmonische Wellen durch $\Psi(r,t) = \sin(kr - \omega t + \delta)$ beschreiben. Das Argument der Sinusfunktion wird als Phase Φ bezeichnet, also $\Phi = kr - \omega t + \delta$. Außerdem gilt $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ und $\omega = 2\pi\nu = 2\pi\frac{c}{\lambda}$ mit c: Geschwindigkeit der Welle.
(a) Bezeichnet man die Phase der Welle mit Φ_1 und den Ort der Quelle mit r_{Q1} so gilt nach Aufgabenstellung: $\Phi_1(r_{Q1}, t_1) = 0$
Zur Zeit t und am Ort r hat die Welle die Phase

$$\Phi_1(r,t) = k(r - r_{Q1}) - \omega(t - t_1) \tag{3}$$

so daß am Ursprung des Kooerdinatensystems zur Zeit t_1 gilt $\Phi_1(0,t) = k(0 - r_{Q1}) - \omega(t_1 - t_1) = k(0 - 15\text{cm}) = \frac{-2\pi}{1.5\text{cm}}15\text{cm} = -20\pi$
(b) Für die Phase zur Zeit t_2 am Ursprung der Quelle gilt nach Gleichung 3:

$$\Phi_1(r_{Q1}, t_2) = k(r_{Q1} - r_{Q1}) - \omega(t_2 - t_1) = \frac{-2\pi c}{\lambda}(t_2 - t_1) \tag{4}$$

Mit $(t_2 - t_1) = 4 \cdot 10^{-12}$s ergibt sich $\Phi_1(r_{Q1}, t_2) = -0.16\pi$
Analog zu (a) gilt für die Phase am Ursprung $\Phi_1(0, t_2) = k(0 - r_{Q1}) - \omega(t_2 - t_1)$ und mit dem Ergebnis aus (a) erhält man: $\Phi_1(0, t_2) = -20.16\pi$
(c) Die Phase der zweiten Welle sei mit Φ_2 bezeichnet. Die Quelle dieser Welle hat den Abstand $r_{Q2} = \sqrt{3^2 + 14^2}$cm $= 14.32$cm zum Ursprung. Die Phasendifferenz zur ersten Welle wird durch das δ in Gleichung 3 beschrieben, so daß man als Phase der zweiten Welle erhält

$$\Phi_2(r,t) = k(r - r_{Q2}) - \omega(t - t1) + \frac{\pi}{4} \tag{5}$$

Die Phasendifferenz der beiden Wellen ist gegeben durch $\Phi_2(r,t) - \Phi_1(r,t)$, so dass am Ursprung gilt:

$$\begin{aligned}
\Phi_2(0,t) - \Phi_1(0,t) &= k(0 - r_{Q2}) - \omega(t - t1) + \frac{\pi}{4} - (k(0 - r_{Q1}) - \omega(t - t1)) && (6)\\
&= -k \cdot r_{Q2} + k \cdot r_{Q1} + \frac{\pi}{4} && (7)\\
&= 1.16\pi && (8)
\end{aligned}$$

Aufgabe 3 – Michelson Interfermoneter

(a) Falls $l_1 = l_2$ tritt konstruktive Interferenz auf. Bewegt man den Spiegel 1 um $\frac{\lambda}{4}$, so erhält das Licht, das von diesem Spiegel reflektiert wird einen Gangunterschied von $\frac{\lambda}{2}$.(Hier wird Hin- und Rückweg bedacht).

Wenn also $(l_2 - l_1) = \frac{\lambda}{4}$ gilt, so tritt destruktive Interferenz auf und die Strahlen löschen sich aus. Man muss die Schraube also um

$$l_2 - l_1 = \frac{\lambda}{4} = 0.1285\mu\text{m} \tag{9}$$

bewegen

(b) Die Lichtgeschwindigkeit in Glas c_g ist geringer als die Lichtgeschwindigkeit in Luft c und das Verhältnis der beiden nennt man Brechungsindex $n = \frac{c}{c_G}$. Die zeitliche Differenz Δt die durch die unterschiedliche Lichtgeschwindigkeiten zwischen Strahl 1 und Strahl 2 entsteht ist gegeben durch

$$\Delta t = \frac{1\text{cm}}{c_G} - \frac{1\text{cm}}{c} = \frac{1\text{cm} \cdot \text{n}}{c} - \frac{1\text{cm}}{c} \tag{10}$$

Diese zeitliche Differenz entspricht einem Gangunterschied Δs von $\Delta s = \Delta t \cdot c$, weil die Lichtgeschwindigkeit nach dem Austritt aus dem Glas wieder c entspricht. Der Gangunterschied wird durch das Verschieben des Spiegels um $l_2 - l_1 = 520\mu$m ausgeglichen, so dass sich für den Brechungsindex der Platte ergibt

$$l_2 - l_1 = 520\mu\text{m} = \left(\frac{1\text{cm} \cdot \text{n}}{\text{c}} - \frac{1\text{cm}}{\text{c}}\right) \cdot \text{c} \tag{11}$$

Löst man diese Gleichung nach n auf erhält man

$$n = \frac{520\mu\text{m}}{1\text{cm}} + 1 = 1.052 \tag{12}$$

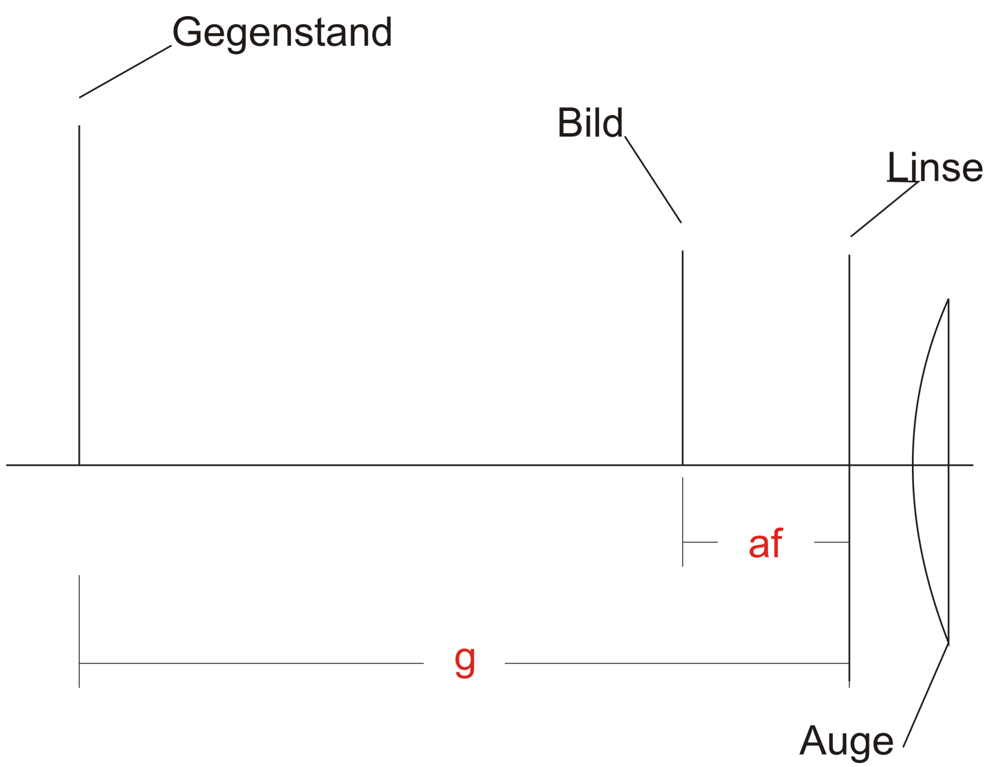

Abbildung 1: zu Aufgabe 1