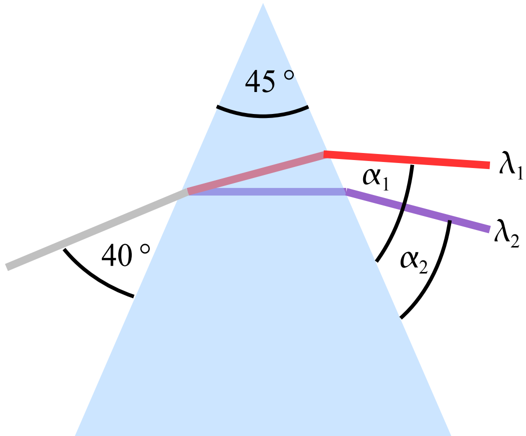
Physik II

Übungsaufgaben, Blatt 9

34. Berechnen Sie den Grenzwinkel der Totalreflexion beim Übergang von Wasser nach Luft. Die Brechungsindizes lauten $n_{Luft} \approx 1$ und $n_{Wasser} \approx 1{,}33$. Geben Sie zusätzlich die Lichtgeschwindigkeit in Wasser an!

35. Aus einem Glas mit der (angenommenen) Dispersionskurve $n_{Glas} = 1 + 400/\lambda$ (λ in nm) werde ein Prisma gefertigt und zur Spektroskopie benutzt. Ein polychromatischer Lichtstrahl mit dem Wellenlängenbereich von 400 nm bis 800nm soll „in seine Farben zerlegt“ werden.

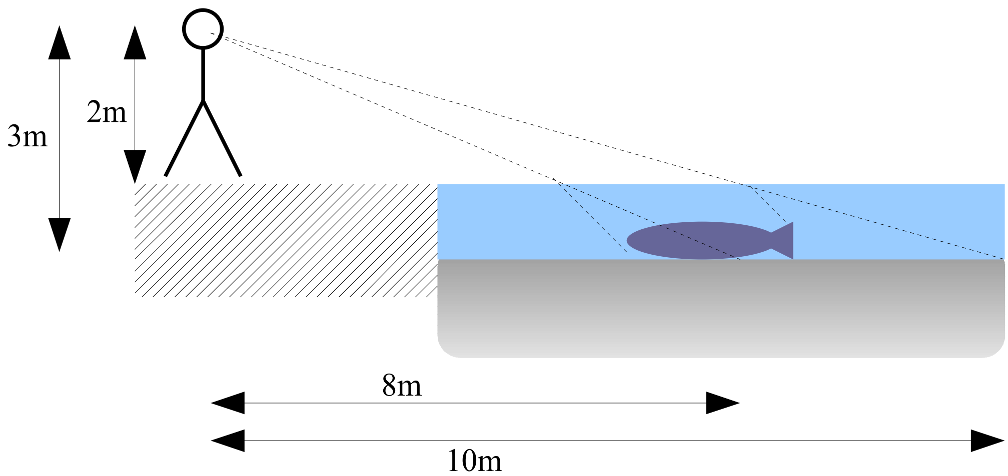


(a) Welcher Strahl wird stärker gebrochen – derjenige zu λ=400 nm oder derjenige zu λ=800nm?

(b) Berechnen Sie die Winkel α_1 und α_2 unter denen die beiden Strahlen (λ=400nm und λ=800nm) das Prisma verlassen.

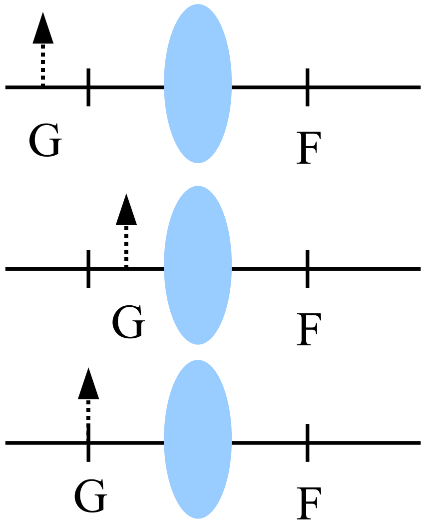
Hinweis: Das umgebende Medium sei Luft, deren Brechzahl in Aufgabe 34 gegeben ist.

36. Ein Angler steht an einem See und sieht einen scheinbar 2m langen Fisch. Wie groß ist der Fisch wirklich?



Hinweis: Die Brechzahlen von Luft und Wasser sind in Aufgabe 34 gegeben. Näherung/Konstruktionshilfe: Da nur recht wenige Strahlen zur Konstruktion gegeben sind (nämlich 2 Stück), sollen die Schwimmtiefe des realen Fisches und des virtuell wahrgenommen Fisches als identisch angenommen werden. (Wir verzichten also auf die Konstruktion von Strahlengängen, bei denen sich die Strahlen im Bildpunkt schneiden müssen, so wie wir das bei der Konstruktion von Strahlengängen an Linsen kennen).

37. Unten sehen Sie drei Skizzen, von denen jede einen Gegenstand zeigt, und dazu eine dünne Sammellinse, deren beide Brennpunkte beiderseits der Hauptebene durch Kreuze auf der optischen Achse markiert sind.



(a) Konstruieren Sie in jeder dieser Skizzen das jeweilige Bild. Führen Sie hierzu die Konstruktion der Strahlengänge durch, wie man sie typischerweise zu diesem Zweck anhand einiger charakteristischer Strahlen anfertigt.

(b) Beschreiben Sie die konstruierten Bilder jeweils anhand folgender Kriterien

- Handelt es sich um eine vergrößerte oder um eine verkleinerte Abbildung?
- Steht das Bild aufrecht oder auf dem Kopf?
- Sind die Bilder virtuell oder reell?

38. Nach kurzer Rechnung kann mit Hilfe der Maxwellschen Gleichungen gezeigt werden, dass im Vakuum die elektrodynamischen Potentiale $\Phi_{el}(x,y,z,t)$ und $\boldsymbol{A}(x,y,z,t)$ die Wellengleichung

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)\Phi_{el}=\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\Phi_{el} \quad \text{bzw.} \quad \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)\boldsymbol{A}=\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\boldsymbol{A} \qquad (1)$$

erfüllen, wobei c die Geschwindigkeit der elektromagnetischen Welle (also die Lichtgeschwindigkeit) bezeichnet. Wir betrachten nun die Koordinatentransformation (Lorentz-Transformation)

$$\begin{aligned} x' &= \gamma(x-v\cdot t) \\ y' &= y \\ z' &= z \\ t' &= \gamma\left(t-\frac{v\cdot x}{c^2}\right) \quad mit \quad \gamma=\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{-1/2} \end{aligned} \quad . \qquad (2)$$

(a) Zeigen Sie mit Hilfe der Kettenregel, dass die Potentiale $\Phi_{el}(x',y',z',t')$ und $\boldsymbol{A}(x',y',z',t')$ invariant unter Lorentz-Transformationen sind, d.h. es gilt

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x'^2}+\frac{\partial^2}{\partial y'^2}+\frac{\partial^2}{\partial z'^2}\right)\Phi_{el}=\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t'^2}\Phi_{el} \quad \text{bzw.} \quad \left(\frac{\partial^2}{\partial x'^2}+\frac{\partial^2}{\partial y'^2}+\frac{\partial^2}{\partial z'^2}\right)\boldsymbol{A}=\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t'^2}\boldsymbol{A} \quad . \qquad (3)$$

Starten Sie dazu mit Gleichung (1) für $\Phi_{el}(x,y,z,t)$, fassen sie die ungestrichenen Koordinaten als Funktion der gestrichenen Koordinaten auf (z.B. $x=x(x',y',z',t')$ und wenden Sie die Kettenregel auf alle partiellen Ableitungen an. Finden Sie ein Argument, warum es genügt, die Invarianz für $\Phi_{el}(x,y,z,t)$ zu zeigen.

(b) Gilt diese Invarianz auch für eine Galilei-Transformation $x'=x-v\cdot t,\ y'=y,\ z'=z,\ t'=t$?

(c) Was ist die physikalische Konsequenz der Aussagen von a) und b) ?