RT, Lösungshinweise zu Blatt 3

Aufgabe 1

Seien

$$\begin{aligned} v_1 &= v = \text{ Geschwindigkeit der strömenden Flüssigkeit} \\ v_2 &= c/n = \text{ Geschwindigkeit des Lichts im Ruhsystem der Flüssigkeit} \\ v_3 &= \text{ Geschwindigkeit des Lichts im Laborsystem} \end{aligned}$$

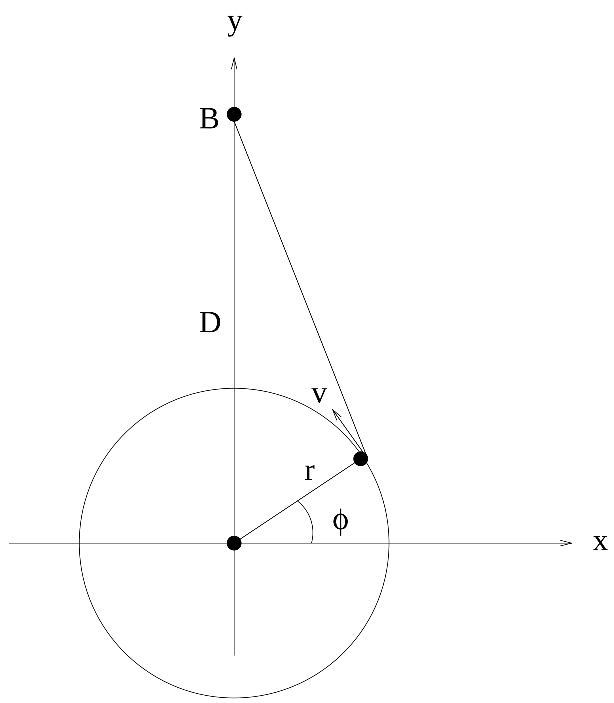
Das Additionstheorem für Geschwindigkeiten lautet dann

$$v_3 = \frac{v_1 + v_2}{1 + v_1\, v_2/c^2} = \frac{v + c/n}{1 + \frac{v}{cn}}$$

Entwickeln für $v \ll c$ liefert dann

$$v_3 = \frac{c}{n} + v\left(1 - \frac{1}{n^2}\right) + O\left(v/c\right)$$

Aufgabe 2



Wegen $r/D \ll 1$ können wir für die vom Licht zurückzulegende Strecke D annehmen. Die zu berechnende Lichtlaufzeit ist dann

$$t = \frac{D}{|\vec{c}_{\text{Licht}}|}$$

Es gilt nach der Ritzschen Additionsregel

$$\vec{c}_{\text{Licht}} = c\,\frac{\vec{r}_B - \vec{r}}{|\vec{r}_B - \vec{r}|} + \vec{v}$$

Der Betrag dieses Vektors ist (wieder wegen r/D klein) gegeben durch

$$|\vec{c}_{\text{Licht}}| \approx c\,\left(1 + \frac{v}{c}\,\cos\phi\right)\,.$$

Damit ergibt sich die Laufzeit zu

$$t = \frac{D}{c}\left(1 - \frac{v}{c}\cos\phi\right)\,.$$

Die maximale und die minimale Laufzeit sind gegeben durch

$$\begin{aligned} t_{\text{max}} &= \tfrac{D}{c}\left(1 + \tfrac{v}{c}\right) \\ t_{\text{min}} &= \tfrac{D}{c}\left(1 - \tfrac{v}{c}\right) \end{aligned}$$

Ein Zweifachbild wird z.B. möglich, wenn

$$t_{\text{max}} - t_{\text{min}} = 2\frac{D}{c}\frac{v}{c} \geq \frac{1}{2}T_{\text{Umlauf}} = \frac{\pi\,r}{v}$$

Dies ist äquivalent mit

$$\frac{v^2}{c^2} \geq \frac{\pi}{2}\,\frac{r}{D}$$

Aufgabe 3

Sei v_R die Geschwindigkeit der emittierenden Atome. Dann erhalten wir für die maximalen bzw. minimalen Laufzeiten

$$\begin{aligned} t_{\text{max}} &= \tfrac{D}{c - v_R} \\ t_{\text{min}} &= \tfrac{D}{c + v_R} \end{aligned}$$

Für die Differenz ergibt sich (für $v_R \ll c$)

$$t_{\text{max}} - t_{\text{min}} \approx 2\,\frac{D}{c}\frac{v_R}{c}$$

Setzt man die gegebenen Zahlenwerte ein, so erhält man

$$\frac{(\Delta t)_{\text{Ritz}}}{(\Delta t)_{\text{gemessen}}} \approx 3.6\,\cdot 10^{10}$$