

Zadanie T1

Układ optyczny składa się z dwóch cienkich, płaskowklęsłych soczewek szklanych, między którymi znajduje się woda — rysunek 1. W powietrzu ogniskowa układu wynosi f_1 , a w wodzie jest ona równa f_2 . Czy na podstawie tych danych można obliczyć współczynnik załamania światła w wodzie lub szkłe względem powietrza? Jeśli tak, to podaj odpowiednie wyrażenia.

rys. 1



Rozwiązanie zadania T1

Wykorzystamy:

a) Wzór na ogniskową soczewki o promieniach krzywizny R_A i R_B :

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_m}{n_o} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} \right),$$

gdzie n_m jest (bezwzględnym) współczynnikiem załamania materiału, z którego wykonana jest soczewka, a n_o jest (bezwzględnym) współczynnikiem załamania ośrodka otaczającego soczewkę.

b) Fakt, że zdolność skupiająca (odwrotność ogniskowej) układu blisko położonych soczewek jest równa sumie zdolności skupiających poszczególnych soczewek tego układu:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_a} + \frac{1}{f_b} + \dots$$

Oznaczmy wewnętrzne promienie krzywizny soczewek rozważanych w zadaniu przez R_1 i R_2 . W powietrzu układ można uznać za zestaw trzech blisko położonych soczewek. Uwzględniając, że krzywizna soczewki wklęsłej jest ujemna, na podstawie punktów a) i b) dostajemy:

$$\frac{1}{f_1} = (n_s - 1) \left(-\frac{1}{R_1} \right) + (n_w - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) + (n_s - 1) \left(-\frac{1}{R_2} \right) = (n_s - n_w) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right), \quad (1)$$

gdzie n_s i n_w są współczynnikami załamania szkła i wody względem powietrza, a f_1 ogniskową rozważanego układu.

W wodzie mamy układ dwóch soczewek, którego ogniskową f_2 wyznaczamy w analogiczny sposób:

$$\frac{1}{f_2} = \left(\frac{n_s}{n_w} - 1 \right) \left(-\frac{1}{R_1} \right) + \left(\frac{n_s}{n_w} - 1 \right) \left(-\frac{1}{R_2} \right) = \left(\frac{n_s - n_w}{n_w} \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right). \quad (2)$$

Jak widać, możemy stąd obliczyć współczynnik załamania wody względem powietrza:

$$n_w = \frac{f_2}{f_1}.$$

Aby otrzymać współczynnik załamania szkła względem powietrza, potrzebna jest dodatkowo znajomość promieni R_1 i R_2 (lub tylko sumy $\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$).

Punktacja

Wzór (1) lub równoważny 4 pkt.

Wzór (2) lub równoważny 4 pkt.

Wynik końcowy 2 pkt.