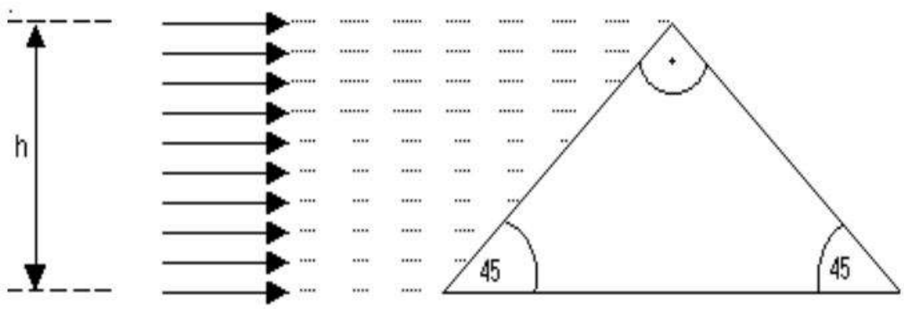
XXXVII OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP II
Zadanie teoretyczne

ZADANIE T3
Nazwa zadania: „Bieg promieni świetlnych w pryzmacie”

Równoległa wiązka światła o szerokości *h* pada na pryzmat równoramienny o kącie łamiącym 90° (i wysokości *h*) jak na rys.1 (równolegle do podstawy i prostopadle do krawędzi łamiącej).

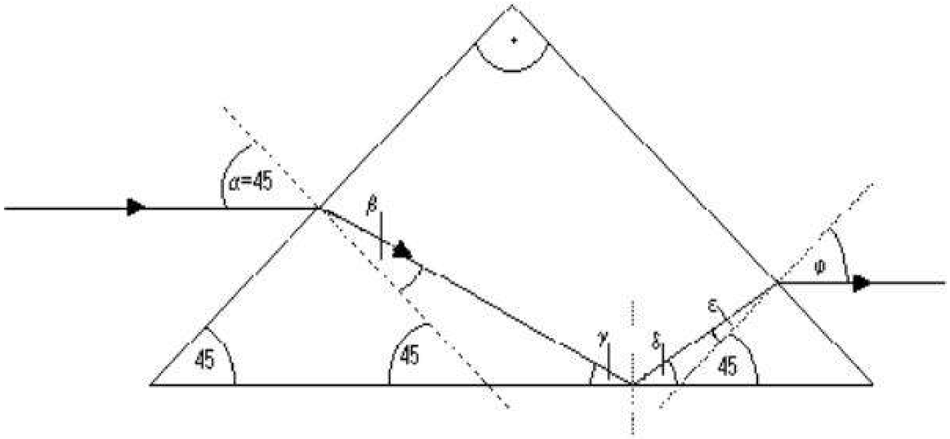
Oblicz szerokość tej części wiązki wychodzącej, która jest równoległa do wiązki padającej zakładając, że przy przejściu przez pryzmat uległa ona co najwyżej dwóm wewnętrznym odbiciom.

Czy wśród promieni ulegających wewnętrznym odbiciom istnieje taki, który opuszcza pryzmat prostopadle do wiązki pierwotnej? Współczynnik załamania pryzmatu względem otoczenia wynosi n= 3/2.

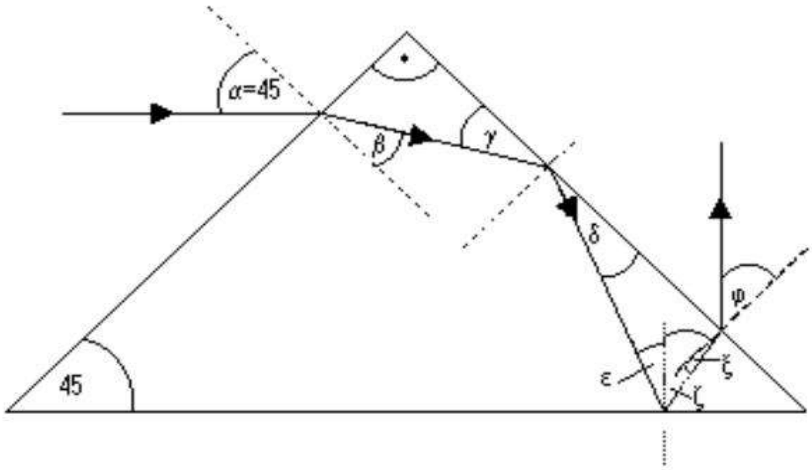


Rys.1

ROZWIĄZANIE ZADANIAT3
Po załamaniu na lewej przyprostokątnej promień może trafić bądź na przeciwprostokątną (rys.2) bądź na prawą przyprostokątną (rys.3).



Rys.2



Rys.3

Promienie padające na przeciwprostokątną po odbiciu od niej i po załamaniu na prawej przyprostokątnej wyjdą z pryzmatu równolegle do kierunku pierwotnego – rys.2. Mamy bowiem

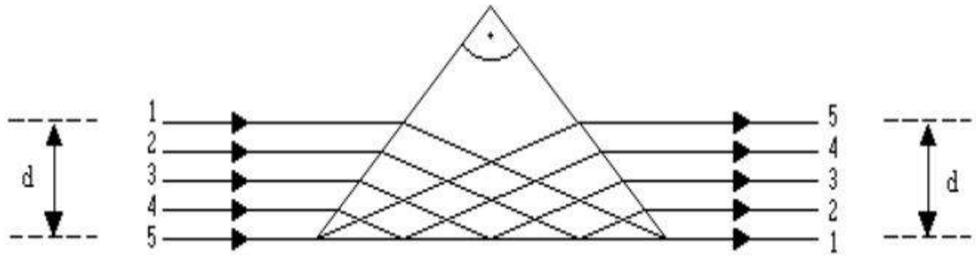
$$\gamma = 45^\circ - \beta$$
$$\delta = \gamma \text{ (z prawa odbicia)}$$
$$\varepsilon = 45^\circ - \delta = 45^\circ - \left(45^\circ - \beta\right) = \beta$$
$$\varphi = 45^\circ \text{ (bo } \sin\alpha / \sin\beta = n = \sin\varphi / \sin\beta\text{)}$$

Promienie padające na prawą przyprostokątną po odbiciu od niej i odbiciu od podstawy pryzmatu padną na prawą przyprostokątną pod kątem $\xi = \beta$ (ale po „przeciwnej" stronie normalnej niż w poprzednim przypadku) i wyjdą z pryzmatu prostopadle do kierunku pierwotnego – rys.3. Mamy

$$\gamma = \beta$$
$$\delta = \gamma \text{ (z prawa odbicia)}$$

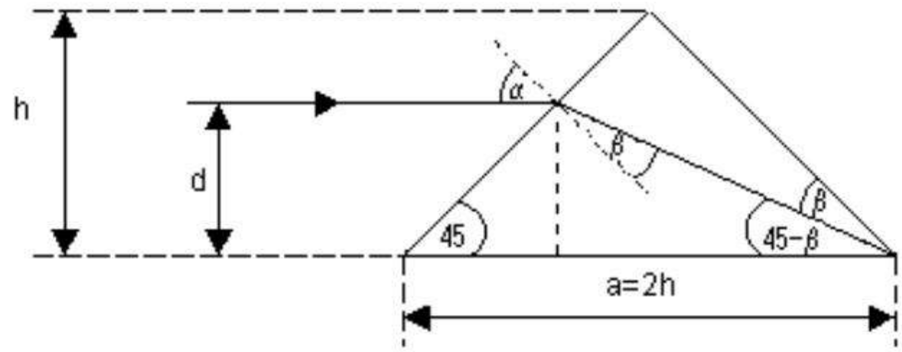
$$\varepsilon = 45^\circ - \delta = 45^\circ - \beta$$
$$\zeta = \varepsilon$$
$$\xi = 45^\circ - \zeta = 45^\circ - \varepsilon = \beta$$
$$\varphi = 45^\circ \text{ (bo } \sin\alpha / \sin\beta = n = \sin\varphi / \sin\beta\text{)}$$

Promienie „poniżej” pewnego promienia granicznego odległego od podstawy o *d* po pierwszym odbiciu wyjdą z pryzmatu równolegle do kierunku pierwotnego – rys.4 (ale w „odwróconej kolejności”) tworząc wiązkę o szerokości *d*.



Rys.4

Odbicie częściowe zachodzące przy drugim załamaniu w żadnym z dwóch przypadków nie daje wkładu do wiązki wychodzącej równolegle do pierwotnej.
Obliczamy graniczną wartość *d* (Rys.5).



Rys.5

Mamy:

$$2h = a = d + \frac{d}{tg(45^\circ - \beta)} = d\left[1 + \frac{1}{tg(45^\circ - \beta)}\right] = \frac{2d}{1 - tg\beta}$$

$$\mathrm{tg}\beta = \frac{\sin\beta}{\cos\beta}$$

$$\frac{\sin 45^\circ}{\sin\beta} = n, \qquad \sin\beta = \frac{1}{2n}\sqrt{2}$$

$$\mathrm{tg}\beta = \frac{1}{\sqrt{2n^2 - 1}}$$

$$d = h[1 - \mathrm{tg}\beta] = h\left[1 - \frac{1}{\sqrt{2n^2 - 1}}\right]$$

Liczbowo *d* =0,465 *h.*

Rozwiązania sprawdzano według następujących kryteriów:

- Rozpatrzenie biegu promieni padających na podstawę	2 pkt.
- Rozpatrzenie biegu promieni padających na prawą przyprostokątną i wychodzących prostopadle	3 pkt.
- Uwaga o drugim odbiciu	1 pkt
- Wyznaczenie *d* (wzór)	3 pkt.
- Wyznaczenie *d* z liczbową wartością współczynnika	1 pkt.
Razem	10 pkt.

Źródło:
Zadanie pochodzi z „Druk OF”

Komitet Okręgowy Olimpiady Fizycznej w Szczecinie
www.of.szc.pl