

Zestaw do doświadczeń z optyki geometrycznej z laserem diodowym i metalową tablicą – nr art. 1007520

## Zestaw do doświadczeń z optyki geometrycznej z laserem diodowym i metalową tablicą

[ BAP\_1007520.doc ]

Zestaw uzupełniający do optyki geometrycznej plus – nr art. 1075205.

Kolumna „Niezbędny sprzęt” zawiera informację o zestawie potrzebnym do wykonania danego doświadczenia (1007520, 1075205 lub oba zestawy)

### Wprowadzenie

Zestaw do doświadczeń z optyki geometrycznej z laserem diodowym i metalową tablicą służy do poglądowego demonstrowania podstaw optyki geometrycznej oraz funkcjonowania różnych urządzeń optycznych. Źródłem światła jest laser diodowy z 5 niezależnymi diodami (107.5209). W niniejszej instrukcji opisano liczne podstawowe doświadczenia z elementami optycznymi obu zestawów (100. 7520 i 107.5205). Opis każdego doświadczenia składa się z trzech części:

1. Prosty opis doświadczenia
2. Graficzna prezentacja doświadczenia
3. Rysunek ze schematem ułożenia urządzeń podczas wykonywania doświadczenia.

Pod tytułem doświadczenia znajduje się informacja, który zestaw umożliwi jego wykonanie: 100.7520, 107.5205 lub 100.7520/107.5205. Ta sama informacja znajduje się również w ostatniej kolumnie spisu treści.

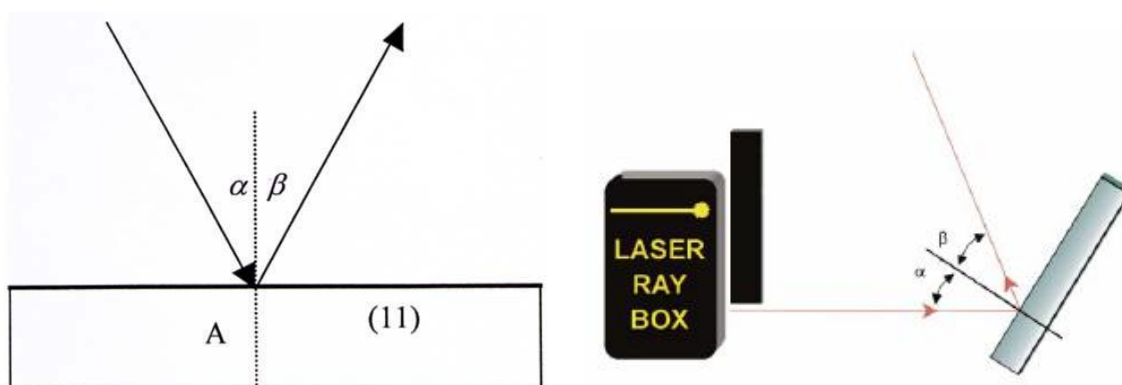
Ważnym elementem doświadczeń jest laser diodowy 107.5209. Pięć diod laserowych emituje pięć równoległych wiązek światła. Istnieje możliwość wyboru liczby emitowanych wiązek. Wyboru dokonuje się jednokrotnie, dwukrotnie lub trzykrotnie wciskając przycisk. **Korzystając z lasera, należy unikać bezpośredniego kontaktu oczu z wiązką laserową.**

### E1 Odbicie wiązki od zwierciadła płaskiego (100.7520/107.5205)

Prezentacja prawa odbicia. Promień światła, padając na płaską powierzchnię lustra pod kątem  $\alpha$ , ulega odbiciu pod kątem  $\beta$ .

$$\alpha = \beta$$

Oba kąty mierzy się w stosunku do normalnej padania.



CONATEX-DIDACTIC Pomoce Naukowe Sp. z o.o. - ul. Powstańców Śląskich 103/1, 01-355 Warszawa  
Dział Obsługi Klienta: tel.: 22 228 88 51, faks: 22 228 88 52

Internet: [www.conatex.pl](http://www.conatex.pl) – e-mail: [biuro@conatex.pl](mailto:biuro@conatex.pl)

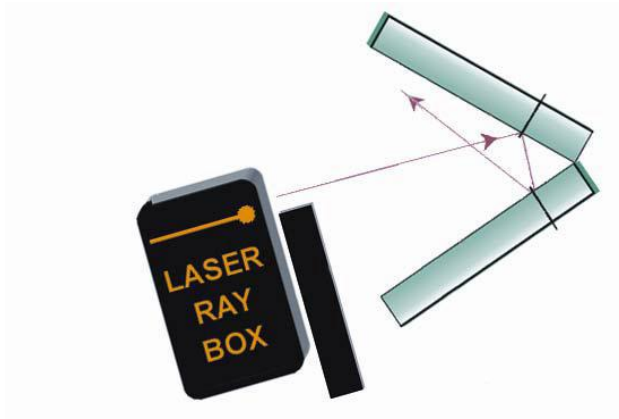
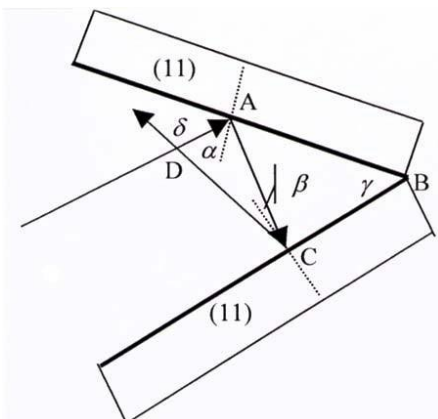
Wszelkie prawa zastrzeżone. Powielanie i rozpowszechnianie części lub całości tej publikacji bez wyraźnej pisemnej zgody Conatex-Didactic Pomoce Naukowe Sp. z o.o. jest zabronione.

**E2 Odbicie wiązki od dwóch zwierciadeł płaskich (107.5205)**

Prezentacja równania:

$$\delta = 2 \gamma$$

w którym kąt  $\delta$  tworzą padająca i odbita wiązka, zaś kąt  $\gamma$  jest kątem pomiędzy powierzchniami zwierciadeł.

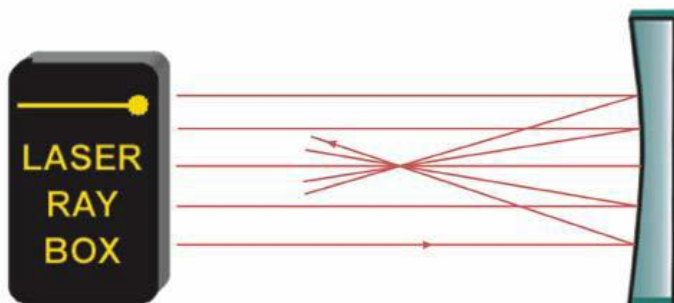
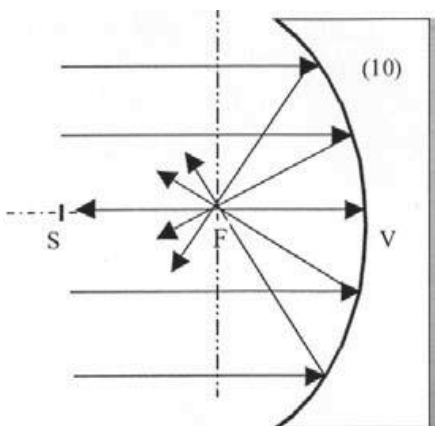


**E3a Odbicie wiązki od zwierciadła wklęsłego – wiązki równoległej do osi optycznej (100.7520)**

Ognisko  $f$  zwierciadła wklęsłego wyznacza długość odcinka VF. Promień krzywizny można wyliczyć ze wzoru:

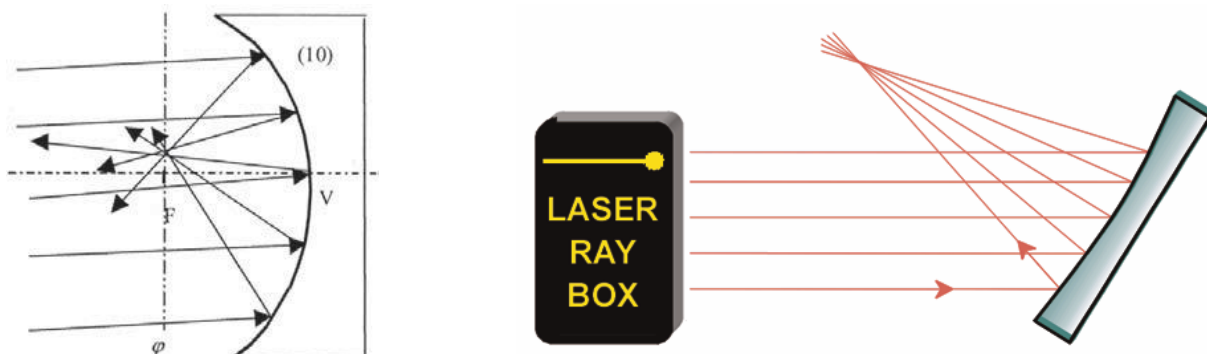
$$f = r/2$$

Odległość VS jest dwa razy dłuższa od odległości VF.



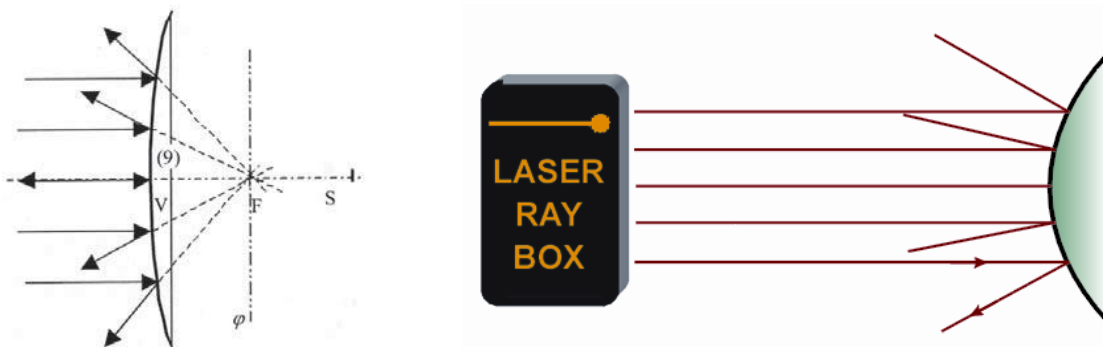
**E3b Odbicie wiązki od zwierciadła wklęsłego – wiązki nierównoległej do osi optycznej (100.7520)**

Oś jest ułożona prostopadłe w stosunku do osi optycznej i przebiega przez ognisko. Określana jest mianem płaszczyzny ogniskowej. Padające równoległe wiązki ulegają odbiciu i spotykają się w określonym punkcie na płaszczyźnie ogniskowej. Jeśli wiązki są równoległe do osi optycznej, wówczas punkt ów leży na niej i nosi nazwę ogniska F.



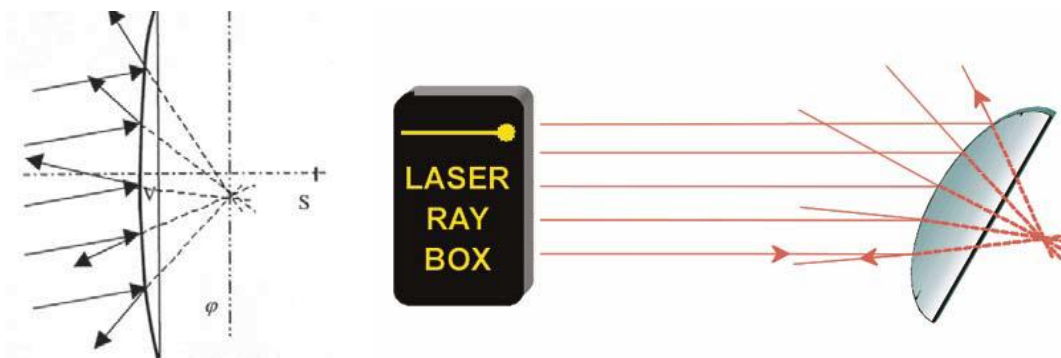
**E4a Odbicie wiązki od zwierciadła wypukłego – wiązki równoległej do osi optycznej (100.7520)**

Odbite promienie wydają się wychodzić z punktu leżącego za zwierciadłem. Nosi on nazwę pozornego ogniska zwierciadła. Odcinek VF wyznacza ognisko zwierciadła. Promień krzywizny można wyliczyć ze wzoru:  $f = r/2$ . Odległość VS jest dwa razy dłuższa od odległości VF.



**E4b Odbicie wiązki od zwierciadła wypukłego – wiązki nierównoległej do osi optycznej (100.7520)**

Oś jest ułożona prostopadłe w stosunku do osi optycznej i przebiega przez ognisko. Określana jest mianem płaszczyzny ogniskowej. Jeśli na zwierciadło padają równoległe wiązki, wówczas ulegają one takiemu rozproszeniu, że wydają się wychodzić z punktu na płaszczyźnie ogniskowej za zwierciadłem.

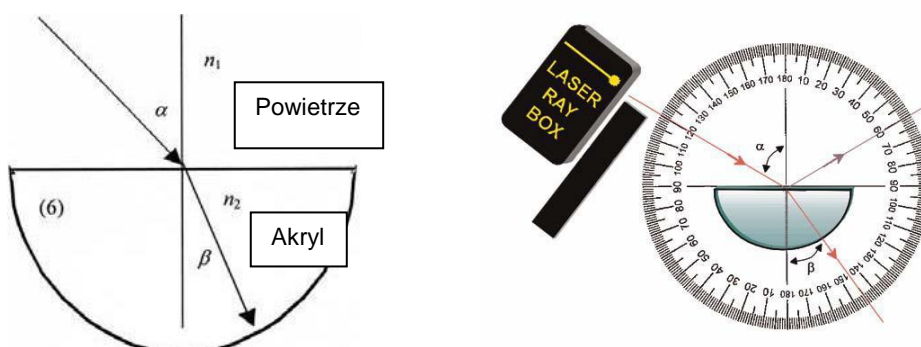


### E5a Załamanie wiązki podczas przejścia z powietrza do akrylu (100.7520)

Podczas przejścia wiązki światła z jednego ośrodka o współczynniku załamania  $n_1$  do innego ośrodka o współczynniku załamania  $n_2$  zmianę kierunku biegu wiązki opisuje prawo Snelliusa:

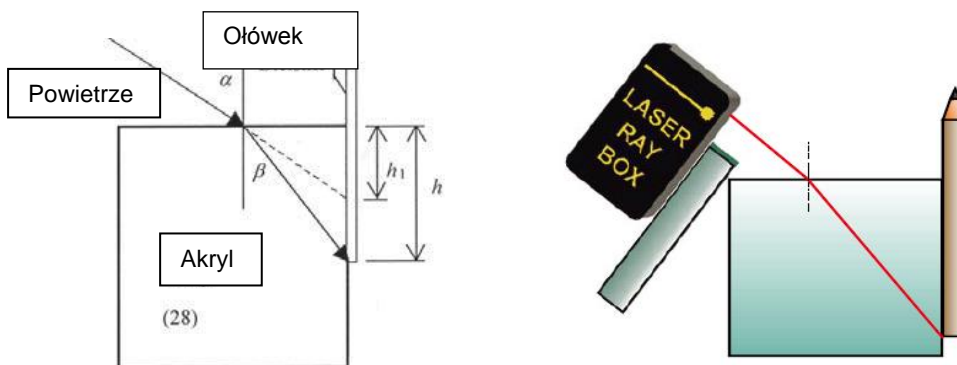
$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

gdzie  $\alpha$  to kąt padania w ośrodku  $n_1$ , a  $\beta$  kąt załamania w ośrodku  $n_2$ .



### E5b Pozorna głębokość obiektu (100.7520)

Doświadczenie pozwalające zaobserwować pozorną głębokość obiektu w wodzie lub za akrylem z perspektywy powietrza.



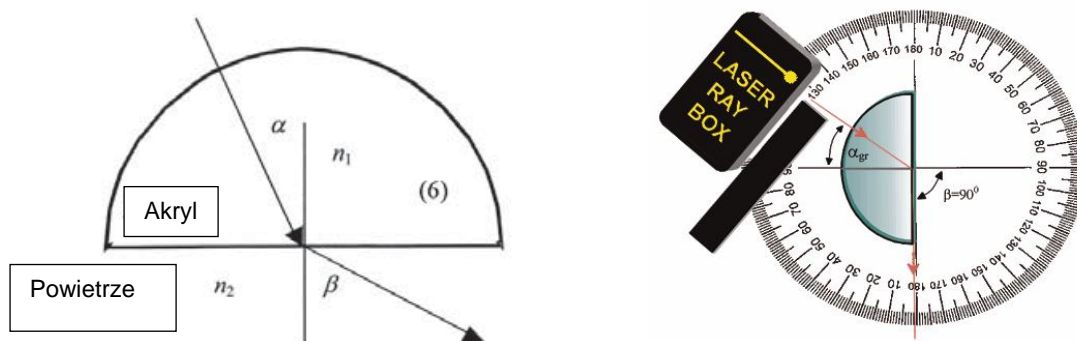
CONATEX-DIDACTIC Pomoce Naukowe Sp. z o.o. - ul. Powstańców Śląskich 103/1, 01-355 Warszawa  
Dział Obsługi Klienta: tel.: 22 228 88 51, faks: 22 228 88 52

Internet: [www.conatex.pl](http://www.conatex.pl) – e-mail: [biuro@conatex.pl](mailto:biuro@conatex.pl)

Wszelkie prawa zastrzeżone. Powielanie i rozpowszechnianie części lub całości tej publikacji bez wyraźnej pisemnej zgody Conatex-Didactic Pomoce Naukowe Sp. z o.o. jest zabronione.

**E6a Załamanie wiązki podczas przejścia z akrylu do powietrza (100.7520)**

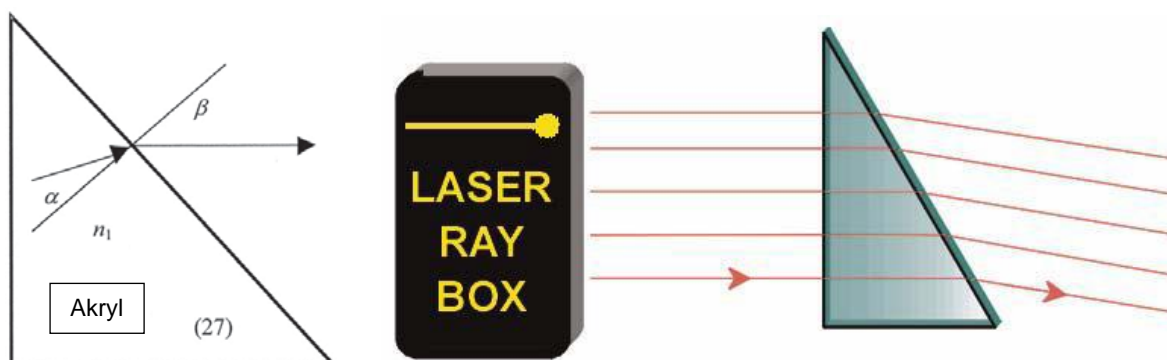
Kąt załamania  $\beta$  jest większy niż kąt padania  $\alpha$ . Wiązka ulega załamaniu na granicy ośrodków.



**E6b Załamanie wiązki w pryzmacie akrylowym (100.7520/107.5205)**

Podczas przejścia wiązki światła z akrylu do powietrza prawo Snelliusa można zapisać następującym wzorem:

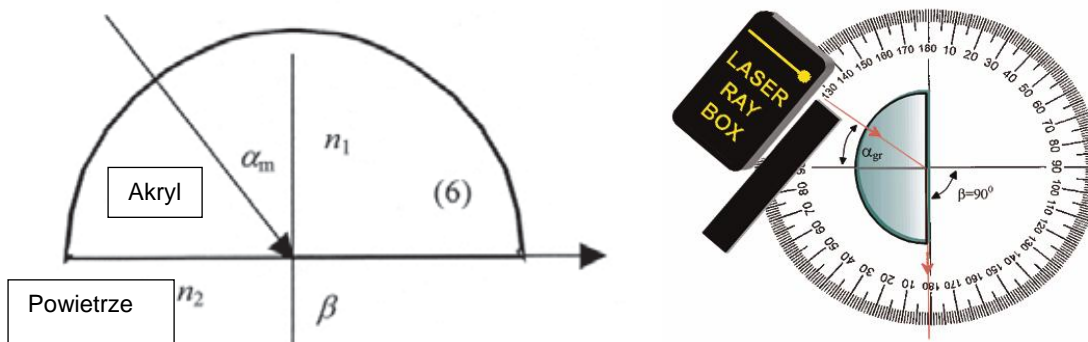
$$n_1 \sin \alpha = \sin \beta \text{ współczynnik załamania dla powietrza } n_2 = 1$$





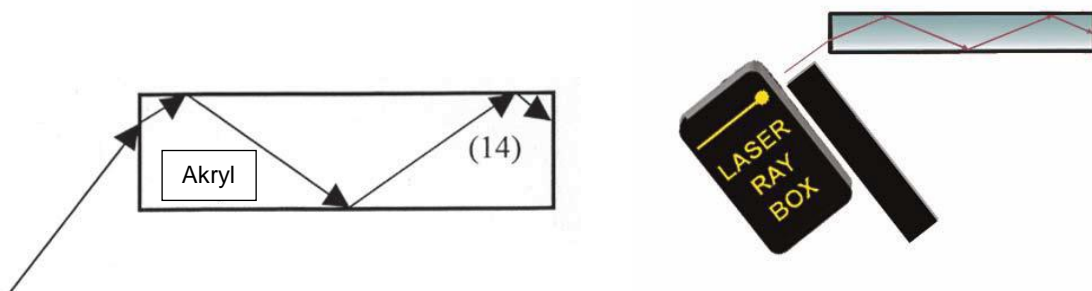
**E6c Kąt graniczny, całkowite wewnętrzne odbicie (100.7520)**

Im większy kąt padania, tym większy kąt załamania. Dla  $n_1 < n_2$  istnieje kąt graniczny  $\alpha$ . Załamana wiązka układa się wówczas na powierzchni granicznej między dwoma ośrodkami. Jeśli kąt padania jest większy od kąta granicznego, nie zachodzi wówczas zjawisko załamania i całe światło ulega odbiciu. W takim przypadku mówimy o całkowitym wewnętrznym odbiciu.



**E6d Całkowite wewnętrzne odbicie – propagacja światła w światłowodach optycznych (100.7520)**

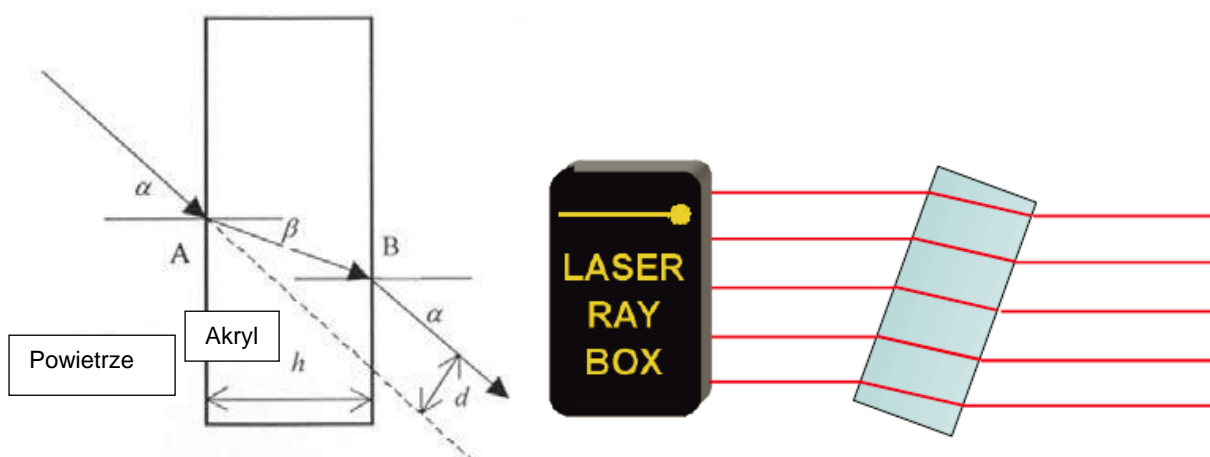
Światło w światłowodzie jest propagowane przy pomocy zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia. Parametr o nazwie apertura numeryczna określa, jakiej wartości kąta nie należy przekraczać. Odpowiada on sinusowi maksymalnego kąta akceptacji. Nawet najmniejszy promień powstający po zagięciu światłowodu jest determinowany owym parametrem. Nie wolno schodzić poniżej akceptowanego minimum w trakcie instalacji światłowodu.



**E7 Przesunięcie wiązki światła, akrylowa płytko równoległa (100.7520/107.5205)**

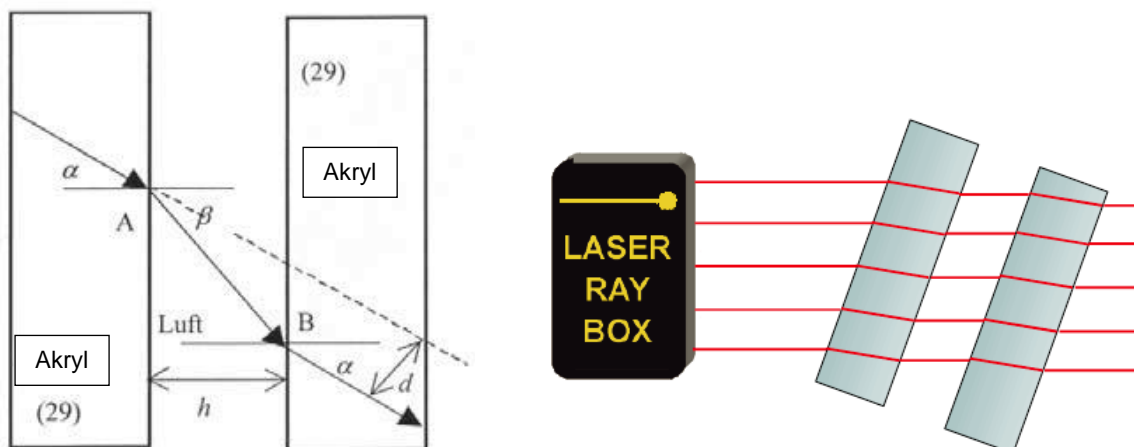
Gdy wiązka światła przechodzi przez płytkę płasko-równoległą, nie zmienia się jej kierunek. Wiązka wychodząca jest przesunięta o wartość  $d$ . Przy płytce o grubości  $h$  wartość  $d$  wylicza się ze wzoru:

$$d = h \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta}$$



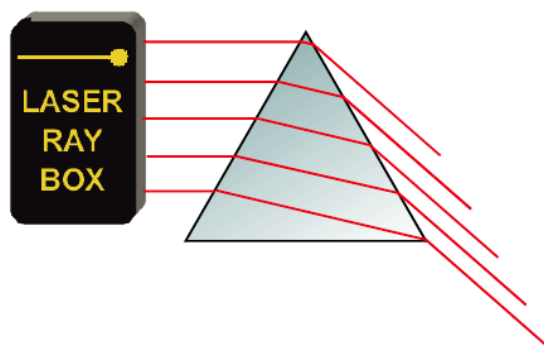
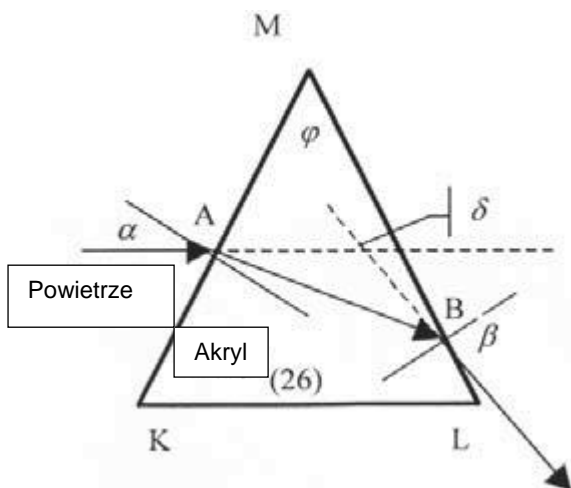
**E8 Przesunięcie wiązki światła, powietrze pomiędzy dwoma akrylowymi płytkami płasko-równoległymi (107.5205)**

W tym przypadku zachodzi zjawisko przesunięcia wiązki wchodzącej w stosunku do wiązki wychodzącej. Przesunięcie następuje jednak w odwrotnym kierunku niż w przypadku płytki akrylowej.



**E9a Odchylenie wiązki w pryzmacie akrylowym (100.7520/107.5205)**

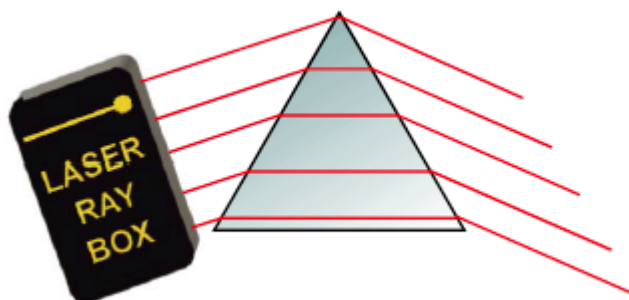
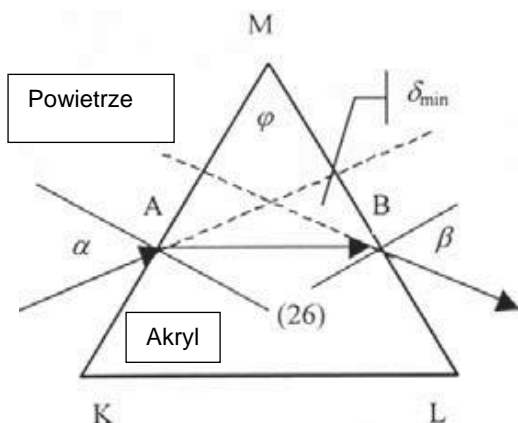
W pryzmacie akrylowym padająca wiązka światła ulega w punkcie A załamaniu na powierzchni pryzmatu. W punkcie wyjścia wiązki B ulega ponownemu załamaniu na skośnej powierzchni pryzmatu. Sumą wszystkich kątów łamiących jest kąt odchylenia promienia światelnego  $\delta$ . Jest to kąt powstały pomiędzy promieniem wchodzącym i wychodzącym.



**E9b Minimalne odchylenie wiązki w pryzmacie akrylowym (100.7520/107.5205)**

Można pokazać, że kąt padania  $\alpha$  przy najmniejszym kącie odchylenia  $\delta_{\min}$  jest równy kątowi wyjścia promienia z pryzmatu. Załamana wiązka przechodzi przez pryzmat równolegle do nieprzenikanej powierzchni. Do wyznaczania współczynnika załamania światła dla pryzmatu służy wzór:

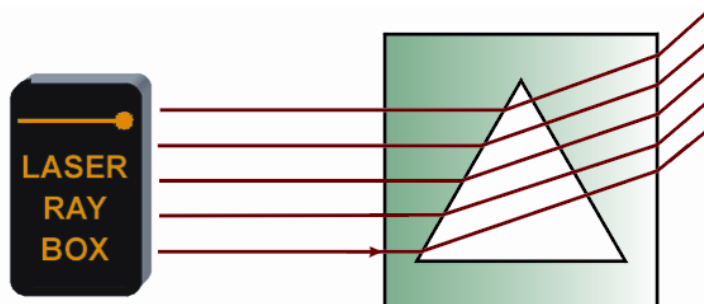
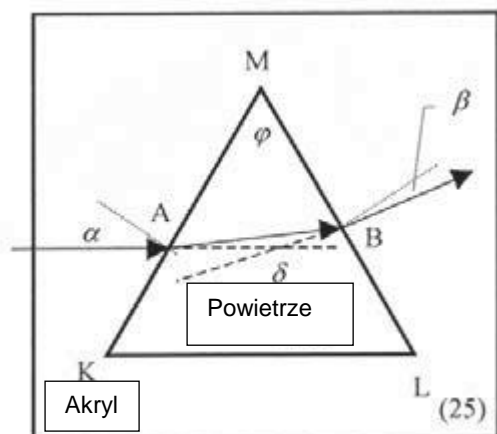
$$n = \frac{\sin \frac{\delta_{\min} + \varphi}{2}}{\sin \frac{\varphi}{2}}$$





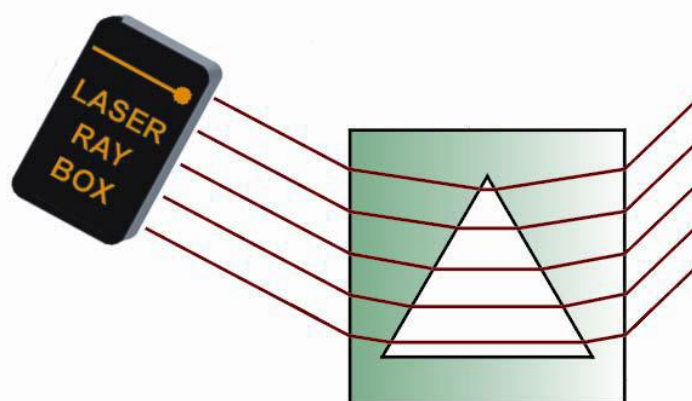
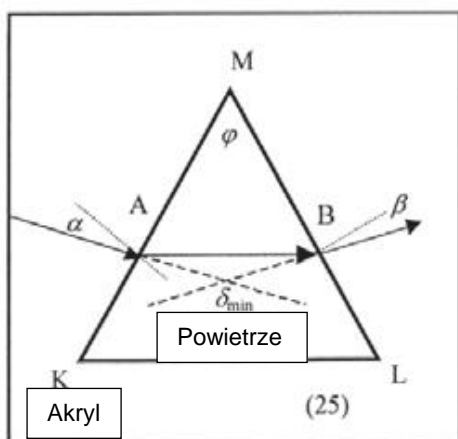
**E10a Odchylenie wiązki w pryzmacie wypełnionym powietrzem (107.5205)**

Światło pada na punkt A na granicy pomiędzy akrylem a powietrzem. Ulega załamaniu na powierzchni pryzmatu. W punkcie wyjścia wiązki B ulega ponownemu załamaniu na skośnej powierzchni pryzmatu. Sumą wszystkich kątów łamiących jest kąt odchylenia promienia świetlnego  $\delta$ . Jest to kąt powstały pomiędzy promieniem wchodzącym i wychodzącym.



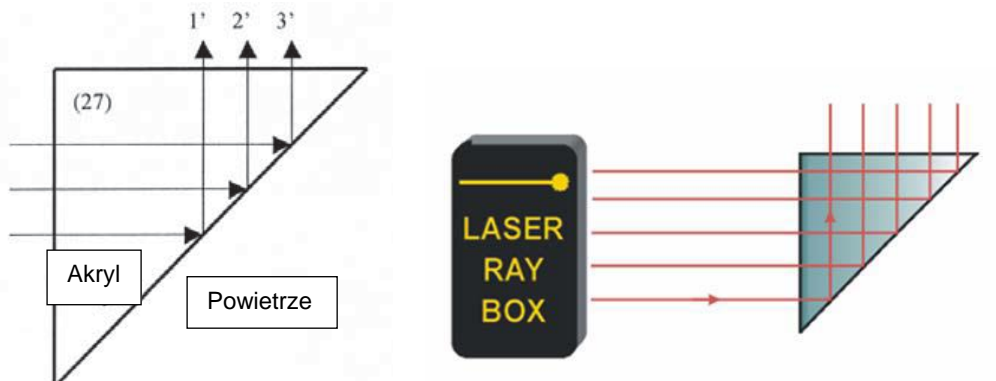
**E10b Minimalne odchylenie wiązki w pryzmacie wypełnionym powietrzem (107.5205)**

Przy najmniejszym kącie odchylenia  $\delta_{min}$  kąt padania  $\alpha$  jest równy kątowi wyjścia promienia z pryzmatu  $\beta$ . Załamana wiązka przechodzi przez pryzmat równolegle do nieprzenikanej powierzchni. Do wyznaczania współczynnika załamania światła dla pryzmatu służy wzór podany w punkcie E9b. Kierunek odchylenia jest odwrotny niż w pryzmacie akrylowym.



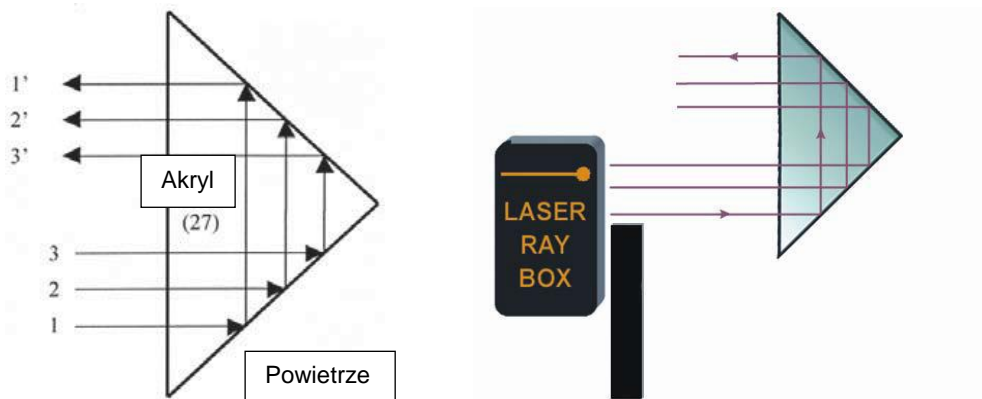
**E11a Odbicie wiązki od krawędzi pryzmatu akrylowego (107.5205)**

Gdy wiązki światła padają na krawędź pryzmatu, zachodzi zjawisko całkowitego odbicia. Lekko obracając pryzmat można zaobserwować zarówno załamanie jak również odbicie wiązki.



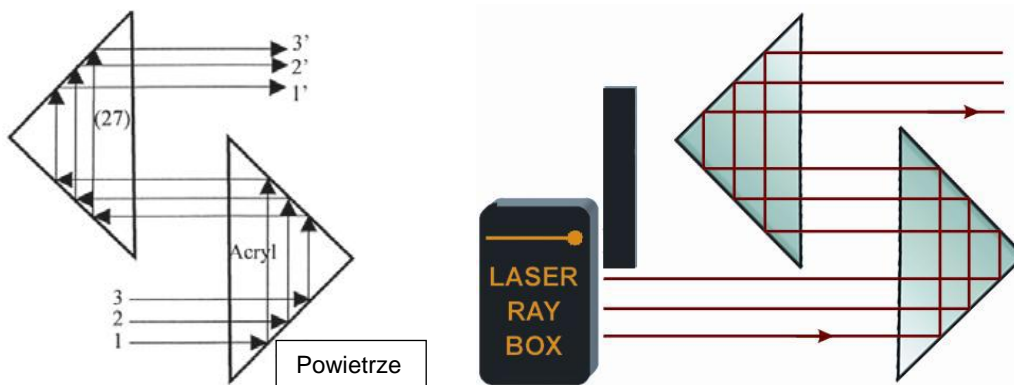
**E11b Odbicie wiązki od dwóch krawędzi pryzmatu akrylowego (107.5205)**

W tym przypadku spełnione są warunki całkowitego odbicia na obu krawędziach pryzmatu. Jeśli zakryje się najwyższą położoną wiązkę wchodzącą, znika najniższą położoną wiązkę wychodzącą. Obraz jest odwrócony o  $180^{\circ}$ .



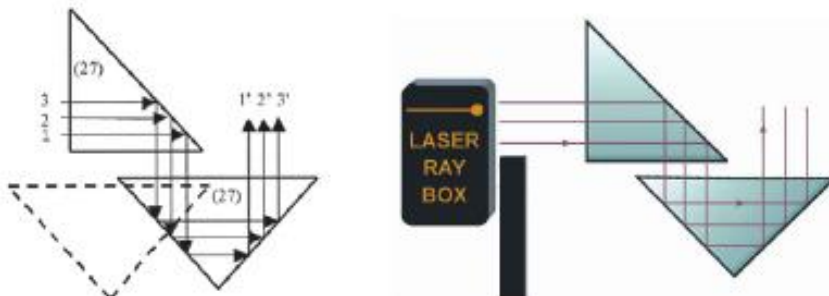
**E11c Odbicie wiązki w dwóch pryzmatach akrylowych (107.5205)**

W tym przypadku spełnione są warunki całkowitego odbicia na wszystkich krawędziach pryzmatów.



**E11d Odbicie wiązki w dwóch pryzmatach akrylowych (107.5205)**

W tym przypadku spełnione są warunki całkowitego odbicia na wszystkich krawędziach pryzmatów.



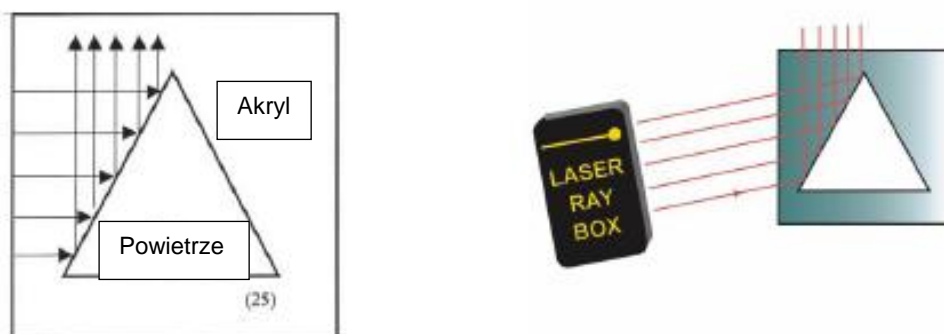
**E11e Odbicie wiązki w dwóch pryzmatach akrylowych (107.5205)**

W tym przypadku spełnione są warunki całkowitego odbicia na wszystkich krawędziach pryzmatów.



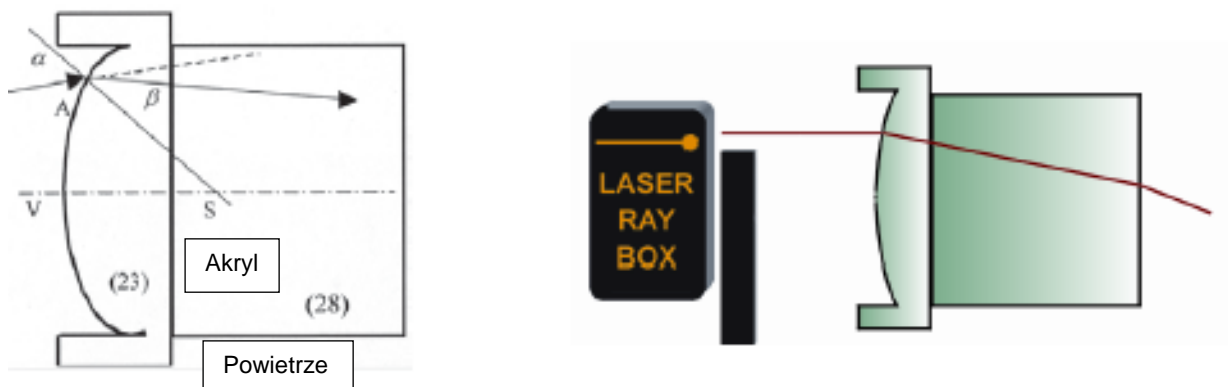
**E12 Odbicie wiązki w pryzmacie wypełnionym powietrzem (107.5205)**

Gdy kąt padania wiązki świetlnej jest mniejszy od kąta granicznego ( $42^{\circ}$ ), następuje odbicie w akrylu. Gdy kąt ten jest większy, część światła przechodzi przez pryzmat wypełniony powietrzem.



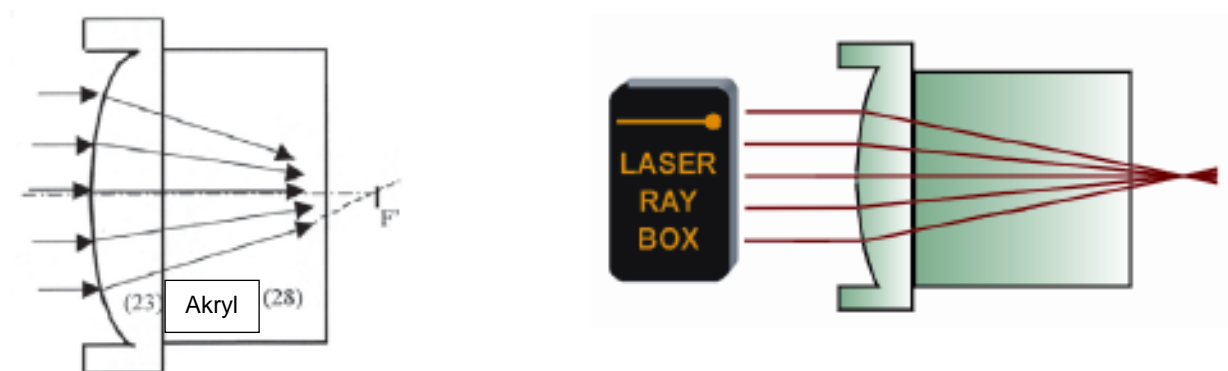
**E13a Przejście wiązki przez wypukłą granicę powietrze-akryl (107.5205)**

Gdy wiązka światła przechodzi w punkcie A przez granicę pomiędzy powietrzem a akrylem, ulega załamaniu w kierunku normalnej padania. Normalna padania jest linią prostą wiodącą od punktu A do środka krzywizny S.



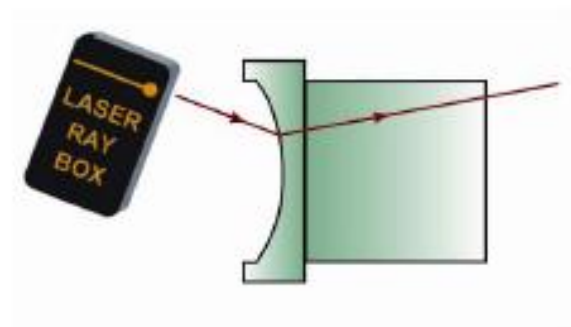
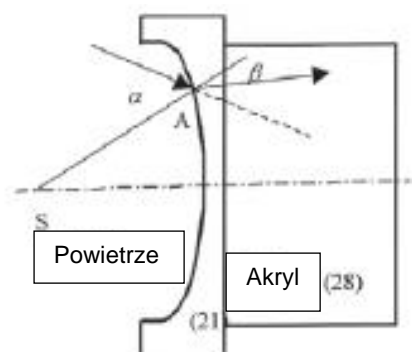
**E13b Przejście wiązek przez wypukłą granicę powietrze-akryl (107.5205)**

Padające wiązki światła ulegają dwukrotnemu załamaniu i spotykają się w punkcie F na osi optycznej, czyli ognisku.



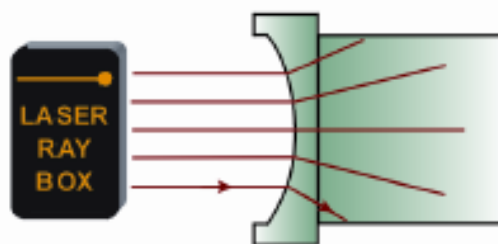
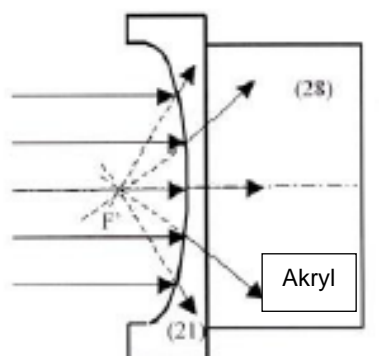
**E14a Przejście wiązki przez wklęsłą granicę powietrze-akryl (107.5205)**

Gdy wiązka światła przechodzi w punkcie A przez granicę pomiędzy powietrzem a akrylem, zaobserwować można zjawisko załamania w kierunku normalnej padania. Normalna padania jest linią prostą wiodącą od punktu A do środka krzywizny S.



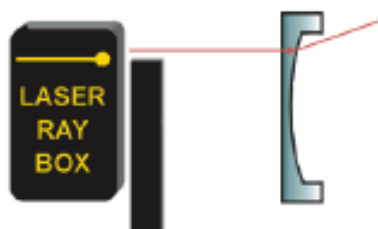
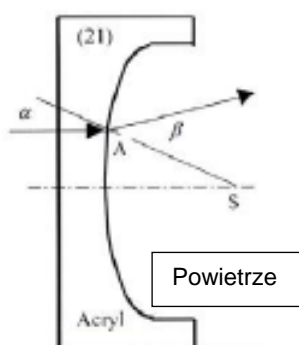
**E14b Przejście wiązki przez wklęsłą granicę powietrze-akryl (107.5205)**

Po przejściu przez granicę pomiędzy ośrodkami wiązki ulegają załamaniu i tworzą wiązkę rozbieżną. Gdy przedłuży się załamane wiązki, wówczas spotkają się one w jednym punkcie na osi optycznej. Punkt ten nosi nazwę pozornego ogniska  $F'$ .



**E15a Przejście wiązki przez wypukłą granicę akryl-powietrze (107.5205)**

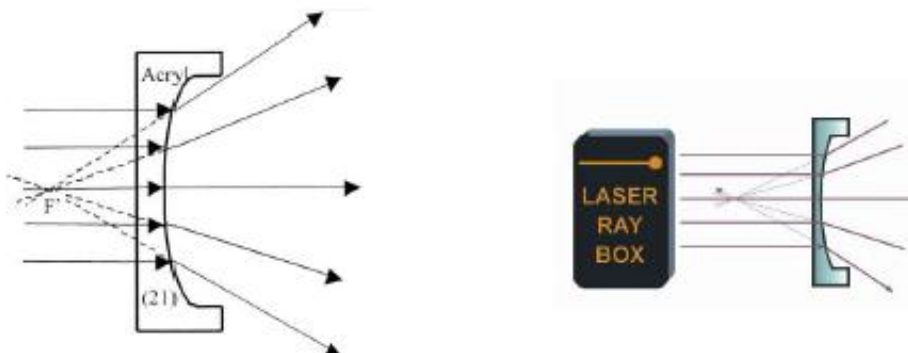
Po przejściu wiązki światła przez punkt A ulega ona załamaniu, odchylając się od normalnej padania. Normalna padania jest linią prostą wiodącą od punktu A do środka krzywizny S.





**E15b Przejście wiązek przez granicę pomiędzy akrylem a powietrzem (107.5205)**

Po przejściu przez granicę pomiędzy ośrodkami wiązki ulegają załamaniu i tworzą wiązkę rozbieżną. Gdy przedłuży się załamane wiązki, wówczas spotkają się one w jednym punkcie na osi optycznej. Punkt ten nosi nazwę pozornego ogniska  $F'$ .



**E16a Przejście wiązki przez wklęsłą granicę akryl-powietrze (107.5205)**

Po przejściu wiązki światła przez punkt A ulega ona załamaniu, odchylając się od normalnej padania. Normalna padania jest linią prostą wiodącą od punktu A do środka krzywizny S.



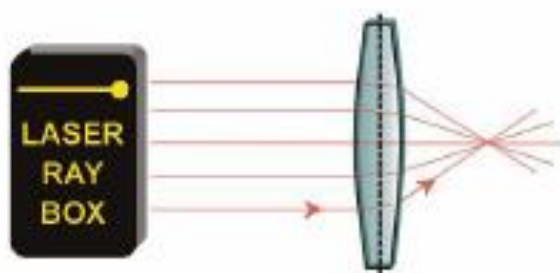
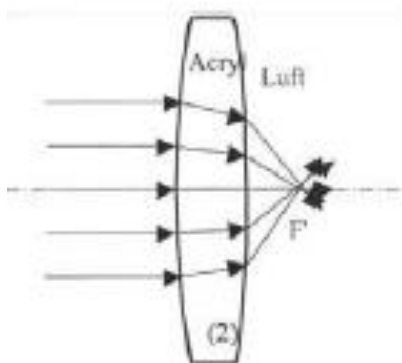
**E16b Przejście wiązek przez wklęsłą granicę pomiędzy akrylem a powietrzem (107.5205)**

Po przejściu przez granicę pomiędzy ośrodkami wiązki tworzą wiązkę zbieżną. Równoległe wiązki spotkają się w jednym punkcie na osi optycznej. Punkt ten nosi nazwę ogniska F.



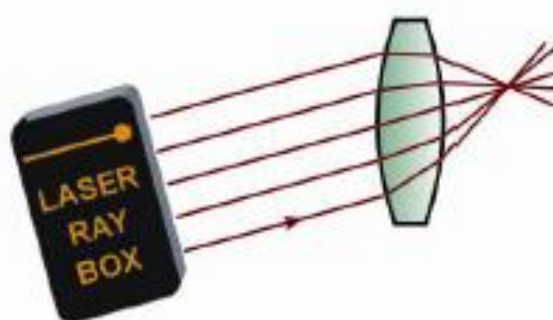
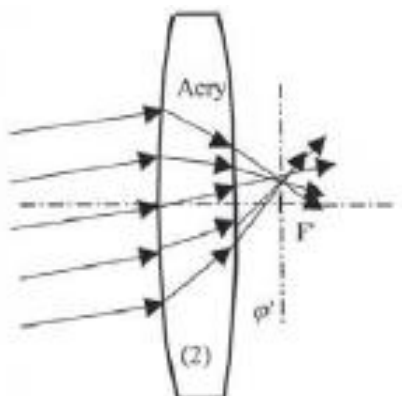
**E17a Przejście wiązek przez wypukłą soczewkę akrylową - wiązki równoległe do osi optycznej (100.7520/107.5205)**

Wypukła soczewka akrylowa jest soczewką skupiającą i wiązki światła spotykają się po przejściu przez soczewkę w punkcie zwanym ogniskiem rzeczywistym soczewki  $F'$ .



**E17b Przejście wiązek przez wypukłą soczewkę akrylową – wiązek nierównoległych do osi optycznej (100.7520/107.5205)**

Oś jest ułożona prostopadle w stosunku do osi optycznej i przebiega przez ognisko  $F'$ . Określana jest mianem płaszczyzny ogniskowej. Padające wiązki ulegają odbiciu i spotykają się w określonym punkcie na osi.



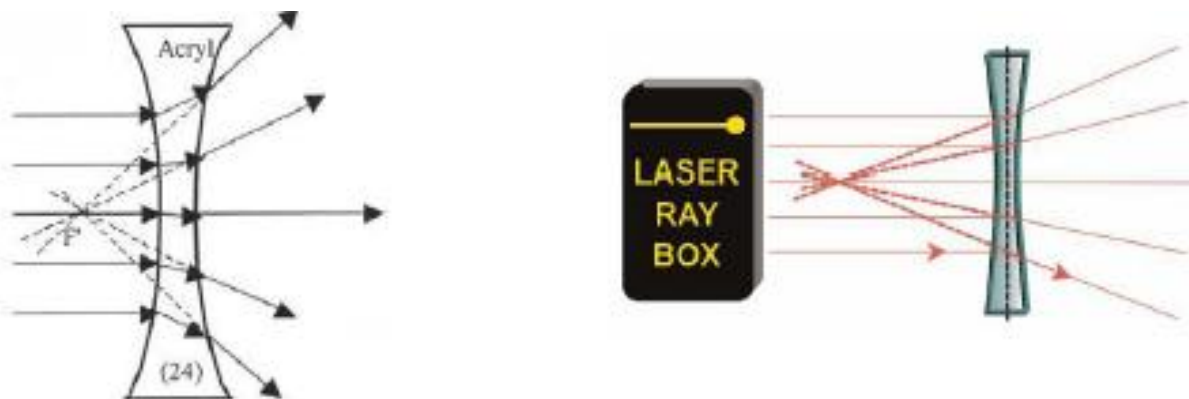
**E17c Przejście wiązek przez grubą wypukłą soczewkę akrylową (107.5205)**

Umieszczając pomiędzy dwoma soczewkami (23) płytkę płasko-równoległą, można stworzyć model grubej soczewki. Po zmianie grubości  $d$  soczewki zmienia się również ogniskowa, im grubsza soczewka, tym mniejsza ogniskowa. Po przekroczeniu grubości granicznej soczewka skupiająca staje się soczewką rozpraszającą.



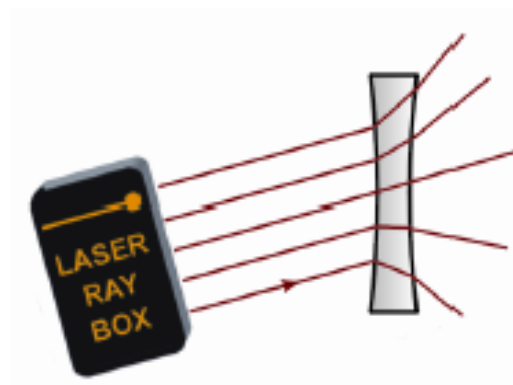
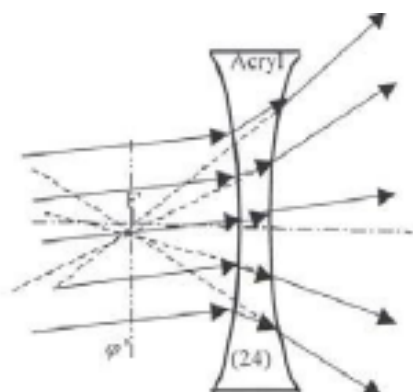
**E18a Przejście wiązek przez wklęsłą soczewkę akrylową - wiązki równoległe do osi optycznej (100.7520/107.5205)**

Wiązki po przejściu przez soczewkę tworzą wiązkę rozbieżną. Soczewka nie odwzorowuje obrazu obiektu. Po przedłużeniu wiązki spotykają się w pozornym ognisku  $F'$ .



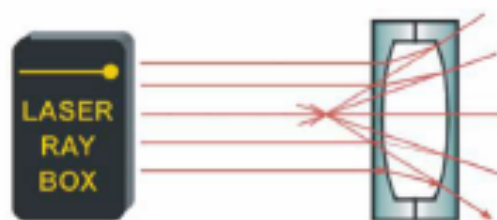
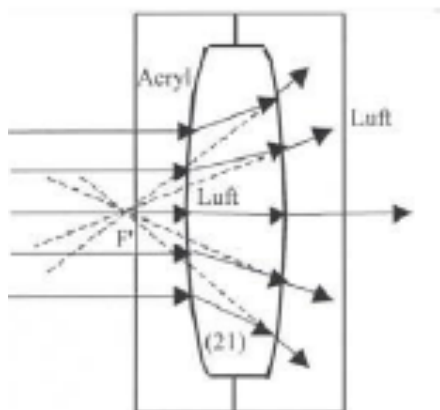
**E18b Przejście wiązek przez wklęsłą soczewkę akrylową – wiązek nierównoległych do osi optycznej (100.7520/107.5205)**

Oś jest ułożona prostopadłe w stosunku do osi optycznej i przebiega przez pozorne ognisko  $F'$ . Określana jest mianem płaszczyzny ogniskowej. Po przedłużeniu załamanych wiązek spotykają się one w jednym punkcie na osi.



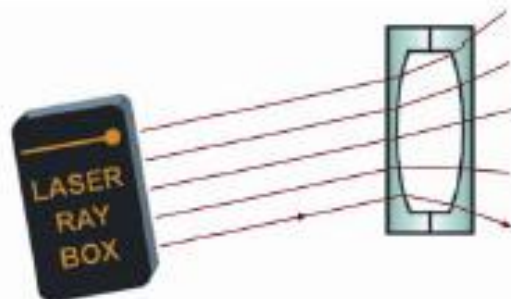
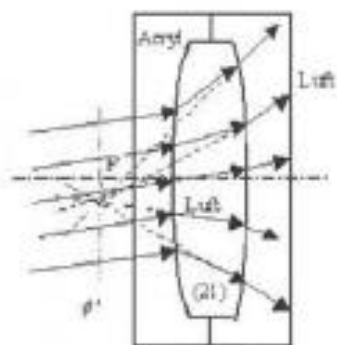
**E19a Przejście wiązek przez wypukłą soczewkę powietrzną - wiązki równoległe do osi optycznej (107.5205)**

Wiązki po przejściu przez soczewkę tworzą wiązkę rozbieżną. Soczewka nie odwzorowuje obrazu obiektu. Po przedłużeniu wiązki spotkają się w pozornym ognisku  $F'$ .



**E19b Przejście wiązek przez wypukłą soczewkę powietrzną - wiążek nierównoległych do osi optycznej (107.5205)**

Oś jest ułożona prostopadłe w stosunku do osi optycznej i przebiega przez pozorne ognisko  $F'$ . Określana jest mianem płaszczyzny ogniskowej. Po przedłużeniu załamanych wiązek spotkają się one w jednym punkcie na osi.



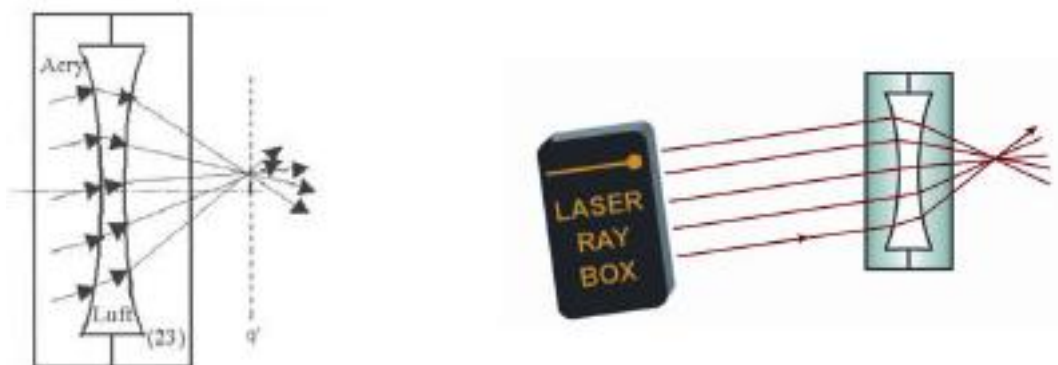
**E20a Przejście wiązek przez wklęsłą soczewkę powietrzną - wiązki równoległe do osi optycznej (107.5205)**

Wklęsła soczewka powietrzna zachowuje się jak soczewka skupiająca i załamane wiązki po przejściu przez soczewkę spotykają się ognisku  $F'$ .



**E20b Przejście wiązek przez wklęsłą soczewkę powietrzną - wiązek nierównoległych do osi optycznej (107.5205)**

Oś jest ułożona prostopadle w stosunku do osi optycznej i przebiega przez ognisko  $F'$ . Określana jest mianem płaszczyzny ogniskowej. Załamane wiązki spotykają się w jednym punkcie na osi.



**E21a Parametry grubej soczewki - wyznaczanie promienia krzywizny (100.7520/107.5205)**

Soczewki w zestawie optyki laserowej posiadają cylindryczną powierzchnię załamującą na kulistej powierzchni podstawowej o takich samych promieniach krzywizny. Przy pomocy papieru milimetrowego można wyznaczyć owe promienie.





**E21b Parametry grubej soczewki – ogniskowa (100.7520/107.5205)**

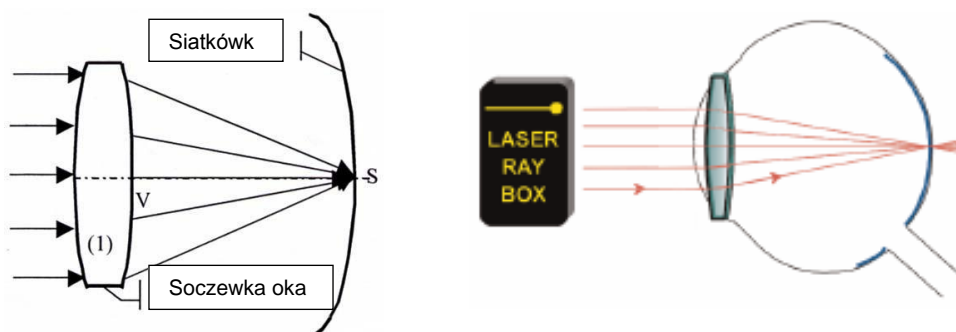
Grube soczewki to soczewki o niepomiąalnej grubości. Podczas wyznaczania ogniskowej należy więc uwzględnić odległość pomiędzy oboma głównymi płaszczyznami H i H'.



**E22a Model oka (100.7520)**

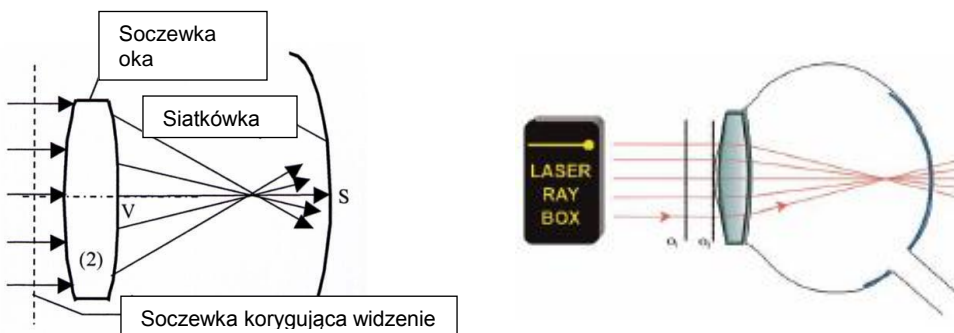
Wiązki światła padające równoległe do osi optycznej są załamywane przez soczewkę oka i spotykają się w jednym punkcie na siatkówce.

Należy umieścić soczewkę (1) bezpośrednio za linią  $O_2$ .



**E22b Model oka, krótkowzroczność (100.7520)**

Wiązki światła padające równoległe do osi optycznej są załamywane przez soczewkę oka i spotykają się w jednym punkcie przed siatkówką.  
Należy umieścić soczewkę oka (2) bezpośrednio za linią  $O_2$ , a soczewkę korygującą widzenie (5) pomiędzy liniami  $O_1$  i  $O_2$ .



**E22c Model oka, dalekowzroczność (100.7520)**

Wiązki światła padające równoległe do osi optycznej są załamywane przez soczewkę oka i spotykają się w jednym punkcie za siatkówką. Soczewka korygująca widzenie jest soczewką skupiającą. Ogniskową  $f'$  układu soczewek można wyznaczyć ze wzoru:

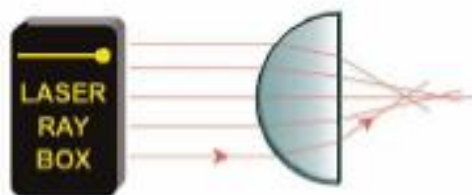
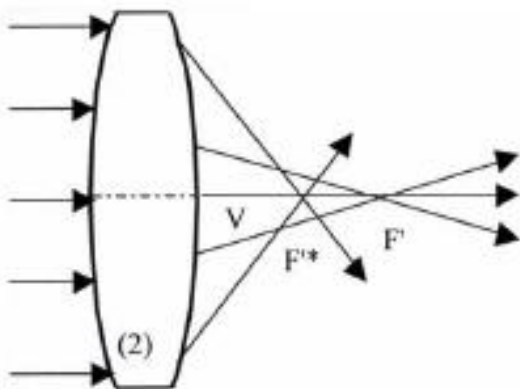
$$f' = \frac{f'_1 f'_2}{f'_1 + f'_2}$$

gdzie  $f'_1$  to ogniskowa soczewki oka, a  $f'_2$  ogniskowa soczewki korygującej widzenie.



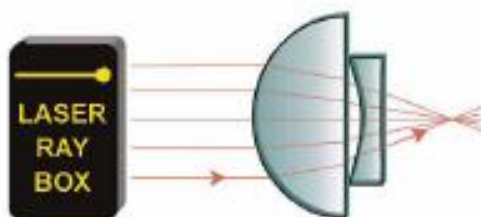
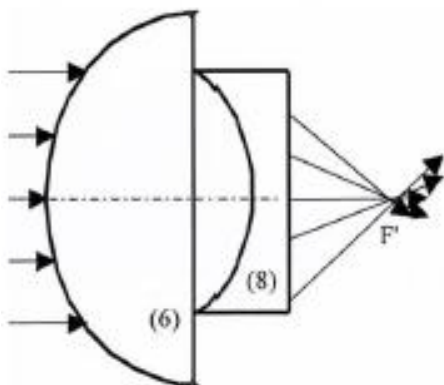
**E23a Korekcja aberracji sferycznej poprzez zmniejszenie średnicy wiązki promieni (100.7520/107.5205)**

Sferyczną aberrację soczewki można zredukować, zmniejszając średnicę wiązki promieni przechodzących przez soczewkę. W tym celu należy przesłonić skrajne promienie.



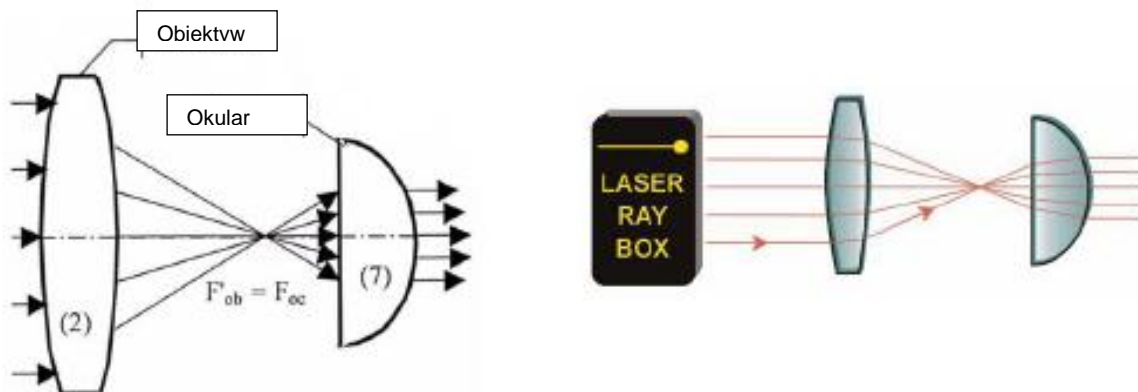
**E23b Korekcja aberracji sferycznej poprzez zastosowanie kombinacji soczewek (100.7520)**

Sferyczna aberracja soczewek skupiających i rozpraszających ma odwrotny efekt. Stosując kombinację soczewek, można skorygować ten defekt. Aberrację  $\delta f = f_1 - f_2$  definiuje się jako różnicę pomiędzy ogniskową  $f_1$  zewnętrznych promieni, a ogniskową  $f_2$  promieni wewnętrznych. W przypadku soczewek skupiających aberracja ma wartość dodatnią, zaś w przypadku soczewek rozpraszających ujemną.



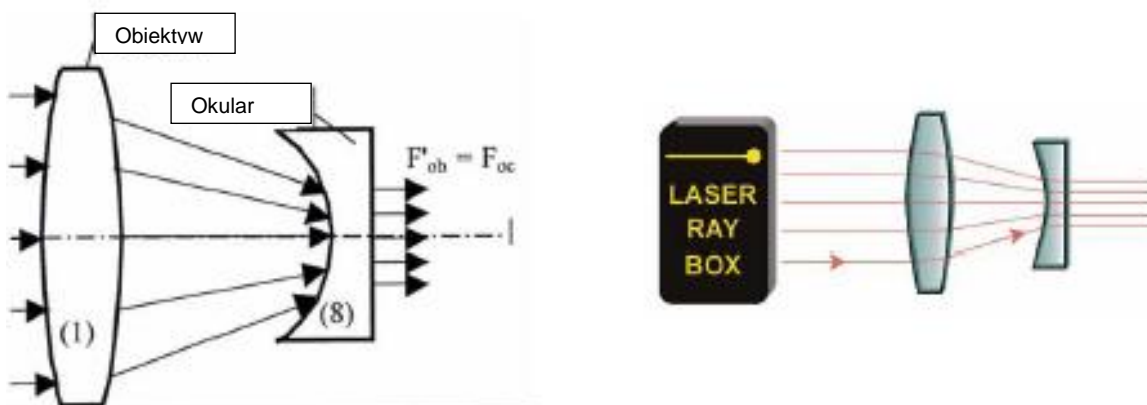
**E24a Luneta Keplera (100.7520)**

Obiektyw w lunecie Keplera tworzy pomniejszony, realny obraz obserwowanego obiektu, który powiększa okular, działając na zasadzie lupy. Powstaje obraz odwrócony (zamiana dołu z górą i prawej strony z lewą), silnie powiększony. W celu zaprezentowania owego zjawiska należy zasłonić jeden ze skrajnych promieni. Jeśli zakryje się najwyżej położoną wiązkę wchodzącą, znika najniżej położona wiązka wychodząca.



**E24b Luneta Galileusza (100.7520)**

W lunecie Galileusza promienie przechodzące przez obiektyw padają na soczewkę rozpraszającą, nim osiągną ognisko. Promienie docierają do oka jako promienie równoległe. Luneta daje obraz powiększony, prosty, z prawidłową orientacją stron obiektu.



**E25 Aparat fotograficzny (100.7520)**

Soczewka aparatu jest soczewką skupiającą. Na kliszy umieszczonej z tyłu aparatu powstaje realny, odwrócony do góry nogami obraz obiektu.

