

## TELESKOP NEWTONA. CZ. II

Ukośne ustawienie płaskiego lusterka względem osi optycznej w pewnym stopniu ułatwia jego wykonanie. Możemy zwiększyć dopuszczalne odchyłki jego powierzchni od idealnej płaszczyzny.

Wielkość deformacji czoła fali świetlnej, odbitej od płaszczyzny obarczonej błędami, zależna jest od odchyłki tej płaszczyzny  $d$  i cosinusa kąta padania fali świetlnej  $a$  (rys. 1).

Jak już wiemy, przy kącie padania  $a = 0$ , aberracja falowa  $h$  jest dwukrotnie większa od odchyłki powierzchniowej  $d$ . Przy kątach  $a$  większych od zera, wielkość aberracji falowej wyraża się wzorem:

$$h = 2d \cos a \quad (1)$$

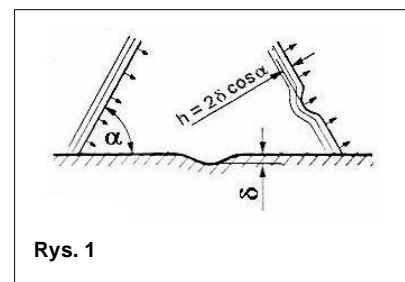
Widzimy, że w miarę wzrostu kąta padania  $a$ , aberracje falowe przy danym  $d$  maleją.

W przypadku lusterka newtonowskiego, najmniejszy kąt padania zależny jest od względnej ogniskowej  $''$  i pola widzenia teleskopu  $2w$  (rys. 2). Przy  $2w = 1^\circ$  i  $''$  zmieniającej się od 4 do 11, najmniejszy kąt padania  $a$  zmienia się od  $37^\circ$  do około  $42^\circ$ . Parametry te są typowe dla teleskopów amatorskich systemu Newtona, tak więc kąty  $a = 37^\circ$  i  $2w = 1^\circ$  możemy przyjąć jako stałe do dalszych obliczeń.

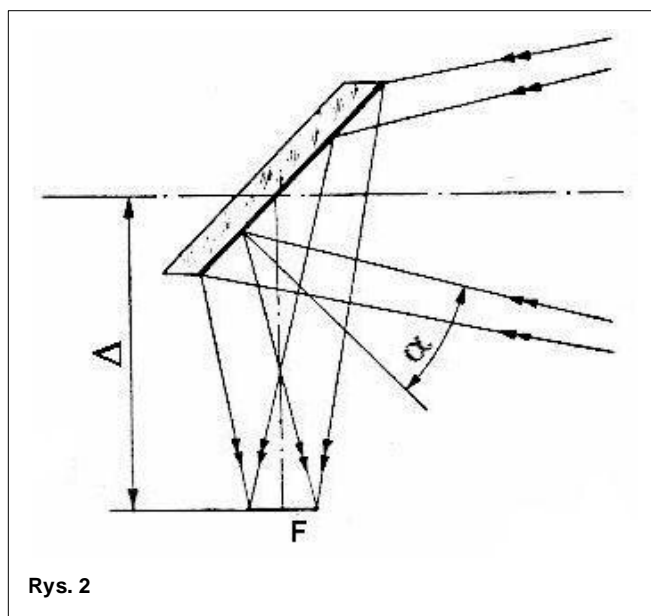
I tak na przykład: jeżeli  $'' = 4$ , to zwierciadło główne musi być paraboloidalne. Jego maksymalna aberracja falowa  $h_{\max}^o = l/8$ , a odchyłka powierzchni  $d_{\max}^o = l/16 = 0.062l$ . Lusterko płaskie ma w tym wypadku maksymalną aberrację falową również  $h_{\max}^c = l/8$ , natomiast odchyłka jego powierzchni wyniesie:

$$d_{\max}^c = \frac{h_{\max}^c}{2 \cos a} = \frac{0.125l}{1.596} = 0.078l \quad (2)$$

Oznacza to, że lusterko płaskie może być wykonane mniej dokładnie od zwierciadła głównego o  $0.016l$ . Sprawa nieco się komplikuje, gdy zwierciadło główne jest sferyczne. Zwierciadło takie z racji swego kształtu wprowadza aberrację, której wielkość jest zależna od względnej ogniskowej  $''$  (zakładamy, że kształt zwierciadła jest idealnie sferyczny). Zwierciadło sferyczne, którego względna ogniskowa  $'' = 1.9\sqrt[3]{D}$ , wprowadza aberrację falową równą dopuszczalnej aberracji zwierciadła paraboloidalnego, to jest  $h_{\max}^o = l/8$ . Wobec tego, kryteria dokładności lusterka płaskiego są w tym przypadku takie same, jak przy zwierciadle głównym paraboloidalnym. Aberracja sferyczna zwierciadła o względnej ogniskowej  $''$  mniejszej od  $1.9\sqrt[3]{D}$ , jest większa od  $l/8$  i tym samym dopuszczalna odchyłka powierzchni płaskiego lusterka  $d_{\max}^c$  jest mniejsza od  $0.078l$ . I odwrotnie,



Rys. 1



Rys. 2

jeżeli względna ogniskowa " sferycznego zwierciadła głównego jest większa od  $1.9\sqrt[3]{D}$ , to jego aberracja sferyczna jest mniejsza od  $1/8$ , a maksymalna odchyłka powierzchni płaskiego lusterka  $d_{\max}^{\text{c}}$  jest większa od  $0.078I$ . Najmniejszą graniczną, względną ogniskową dla zwierciadeł sferycznych jest  $"_{\min} = 1.52\sqrt[3]{D}$ . Aberracja sferyczna takiego zwierciadła wynosi  $h_{\max}^{\text{o}} = 1/4$ , wobec czego odchyłka powierzchni lusterka płaskiego  $d_{\max}^{\text{c}} = 0$ .

Kształt powierzchni lusterka płaskiego jest zazwyczaj badany metodą interferencyjną przy pomocy płytki wzorcowej. Wykorzystujemy tu zjawisko tzw. „prążków Newtona”. Odchyłkę wyrażoną w częściach fali świetlnej możemy łatwo zamienić na ilość „prążków Newtona”, według następującej zależności:

$$I = 2 \text{ prążki} \quad (3)$$

Tabela I podaje względne ogniskowe zwierciadeł głównych w teleskopach systemu Newtona oraz odpowiadające im aberracje i odchyłki obu powierzchni odbijających. Odchyłki płaskiego lusterka podane są również w ilościach „prążków Newtona”. Należy pamiętać o tym, że  $d_{\max}^{\text{c}}$  zwierciadła sferycznego nie jest dopuszczalną odchyłką powierzchni zwierciadła od sfery, lecz pokazuje nam odchyłkę idealnej sfery od najbliższej jej paraboloidy porównania. W amatorskiej praktyce szlifierskiej nie robimy pomiarów strefowych odchyłek zwierciadeł sferycznych, lecz oceniamy kształt zwierciadła zawsze od razu jako całości. Sposób ten pozwala w zupełności na osiągnięcie praktycznie idealnej sfery. Natomiast  $d_{\max}^{\text{o}}$  zwierciadła paraboloidalnego, jest rzeczywistą dopuszczalną odchyłką powierzchni tego zwierciadła od idealnej paraboloidy. Przy bardzo starannym wykonaniu takiego zwierciadła, można odchyłkę jego powierzchni zredukować do kilku setnych części fali świetlnej, co znacznie zwiększy dopuszczalne odchyłki płaskiego lusterka, a w konsekwencji jeszcze bardziej ułatwi jego wykonanie.

Tabela I

paraboloida			sfera						
Zwierciadło główne	"	dowolne	$1.52\sqrt[3]{D}$	$1.74\sqrt[3]{D}$	$1.77\sqrt[3]{D}$	$1.80\sqrt[3]{D}$	$1.84\sqrt[3]{D}$	$1.90\sqrt[3]{D}$	$2.02\sqrt[3]{D}$
	$h_{\max}^{\text{o}}$	$0.125I$	$0.250I$	$0.167I$	$0.159I$	$0.150I$	$0.139I$	$0.125I$	$0.107I$
	$d_{\max}^{\text{o}}$	$0.062I$	$0.125I$	$0.083I$	$0.079I$	$0.075I$	$0.069I$	$0.062I$	$0.053I$
Lusterko płaskie	$h_{\max}^{\text{c}}$	$0.125I$	0	$0.083I$	$0.091I$	$0.100I$	$0.111I$	$0.125I$	$0.143I$
	$d_{\max}^{\text{c}}$	$0.078I$	0	$0.052I$	$0.057I$	$0.062I$	$0.069I$	$0.078I$	$0.089I$
	$d_{\max}^{\text{c}}$ II pr. Newtona	0.156	0	0.104	0.114	0.124	0.138	0.156	0.178

W teleskopach amatorskich rolę płaskiego lusterka spełnia często pryzmat prostokątny. Płaszczyzna przeciwprostokątna tego pryzmatu jest poaluminizowana i pracuje zewnątrz jako lusterko płaskie. Jest oczywiste, że podlega ona tym samym wymogom dokładności co powierzchnia normalnego lusterka płaskiego. Zamocowanie pryzmatu jest znacznie łatwiejsze, gdyż nie wymaga dwustronnego trzypunktowego podparcia, tak jak ma to miejsce w przypadku lusterka wykonanego z płasko – równoległej płytki szklanej. Użycie pryzmatu z wykorzystaniem wewnętrznego odbicia światła na płaszczyźnie przeciwprostokątnej jest bardzo niewskazane, gdyż wprowadza to szkodliwe aberracje.

**DODATEK. Czy można jako małego płaskiego lusterka użyć soczewki płasko – wypukłej?**

Użycie powierzchni kondensora jako lusterka płaskiego jest praktycznie niemożliwe. Powierzchnie soczewek typu „kondensor” są bardzo niedokładne. Elementy optyczne instrumentu astronomicznego, szczególnie dla celów wizualnych, mają ściśle określoną klasę dokładności, od której odstąpić nie można. Dopuszczalne odchyłki są uwarunkowane falową naturą światła i nic na to nie poradzimy. Jeżeli chcemy uniknąć robienia płaskiego lusterka, to można użyć zamiast niego pryzmatu prostokątnego. Płaszczyzna przeciwprostokątna takiego pryzmatu jest wtedy poaluminizowana i pracuje zewnętrznie jako lusterko płaskie. Naturalnie, że powierzchnia odbijająca musi być tak dokładnie płaska, jak powierzchnia lusterka wykonanego z płytki szklanej. Trzeba też dążyć do osiągnięcia idealnej sfery na zwierciadle głównym. Powierzchnie pryzmatów nie zawsze są płaskie i lepiej jest mieć ich kilka do wyboru. Zwierciadło główne musi być dokładnie wypolerowane, tak by nie było widać żadnych śladów (w postaci kropek) pod lupą — co najmniej dwudziestokrotną — inaczej po aluminizacji lustro może zmatowieć.

*Lucjan Newelski*