



Mała delta

Odbłyśnik

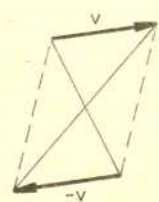
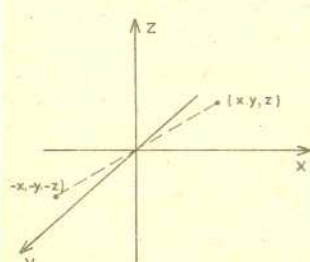
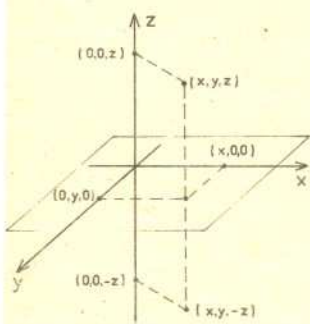
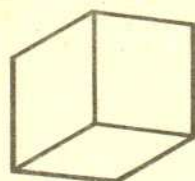
Jak z lusterek zbudować odbłyśnik, czyli takie urządzenie, które każdy padający na nie promień światła odeśle z powrotem?

Pierwsza, prawdziwa zresztą, odpowiedź brzmi – nie da się. Zamiast ją uzasadniać, spróbujmy zastanowić się nad układem lusterek, który ma tę własność, że każdy odbity przez ten układ promień będzie równoległy do promienia padającego. Jest to „prawie idealny odbłyśnik”, bo gdy układ jest mały, promień odbity jest przez całą swą drogę bardzo bliski promieniowi padającemu.

Konstrukcja „prawie idealnego odbłyśnika” (PIO) może być taka: zestawiamy trzy lusterka w ten sposób, by każde dwa z nich były prostopadłe.

Dlaczego taki układ jest PIO? Dlatego, że złożenie trzech symetrii płaszczyznowych jest symetrią środkową. Uzasadnić to można np. za pomocą układu współrzędnych związanych z lusterkami – osiami układu niech będą krawędzie styku lusterek.

Odbicie w każdej z płaszczyzn układu (w każdym lusterku) zmienia znak jednej ze współrzędnych, pozostawiając dwie pozostałe bez zmian. Zatem trzy odbicia (niezależnie od tego, w jakiej kolejności je wykonamy) przeprowadzą dowolny punkt na punkt położony symetrycznie względem początku układu współrzędnych (czyli rogu naszego zestawu lusterek). A symetria środkowa przeprowadza każdy wektor na wektor przeciwny (tak na prostej, jak na płaszczyźnie czy w przestrzeni), czyli na wektor o tym samym kierunku, ale przeciwnym zwrocie.



Powstaje pytanie, czy zaprojektowany przez nas PIO to jedyna możliwa taka konstrukcja. W całej ogólności odpowiedź na to pytanie jest negatywna. Jeśli lusterek jest więcej (a musi ich być nieparzysta liczba – dlaczego?), to można też je ustawić w PIO. Tyle że każdy układ nieparzystej liczby lusterek może być zastąpiony przez dający identyczny wynik układ trzech – dlaczego? (fakt ten jest nazywany w geometrii twierdzeniem o redukcji).

Dołożmy więc do naszego pytania dodatkowy warunek – lusterka mają być trzy (że jedno nie wystarczy, wie każdy, kto używał lustra). Czy wtedy nasza konstrukcja PIO jest jedyną możliwą?

Odpowiedź jest pozytywna. Wystarczy w przypadku, gdy dwa spośród lusterek nie są prostopadłe, wskazać promień, dla którego promień odbity będzie nierównoległy. Nazwijmy te dwa nie prostopadłe lusterka l_1 i l_2 (a trzecie l_3).

Gdy $l_1 \parallel l_2$, to odbity w nich (w każdym raz) promień będzie miał i kierunek, i zwrot taki sam, jak promień padający (dlaczego?). W tej sytuacji, aby go odwrócić, l_3 musiałoby być do niego prostopadłe. Żeby więc odwracać wszystkie promienie, musiałoby być prostopadłe do każdego z nich, a takich lusterek (płaszczyzn) nie ma.

Z kolei, gdy płaszczyzna l_1 przecina płaszczyznę l_2 , promień równoległy do krawędzi przecięcia tych płaszczyzn może być odwrócony tylko przez lusterko l_3 prostopadłe do tej krawędzi. Ale lusterko to nie odwróci promieni odbijających się od l_1 i l_2 (dlaczego?).

Czy wykazaliśmy więc, że nasz PIO jest jedynym możliwym? Otóż, nie. Wykazaliśmy tylko, że jest to jedyny możliwy PIO z płaskich lusterek. A co będzie z lusterkami o innym kształcie?

Tak się jednak składa, że produkowane PIO, zarówno te, z których złożone są światelka odbłaskowe, jak i te na Księżycu, są takie, jak opisaliśmy (tyle że z pryzmatów).