



Badanie biegu wiązki światła napotykającej zwierciadła

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Symulacja interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Badanie biegu wiązki światła napotykającej zwierciadła

Czy to nie ciekawe?

Będąc w labiryncie luster widzimy swoje odbicia w wielu zwierciadłach. Czasem są one zdeformowane, czasem zaś zniekształcenia nie występują. W niniejszym materiale przyjrzymy się sytuacjom, w którym światło odbija się kolejno od kilku zwierciadeł oraz temu, co może być efektem takich odbić.



Rys. a. Wielokrotne odbicia od zwierciadeł można napotkać między innymi w labiryncie luster

Twoje cele

Zapoznanie z treścią materiału sprawi, że:

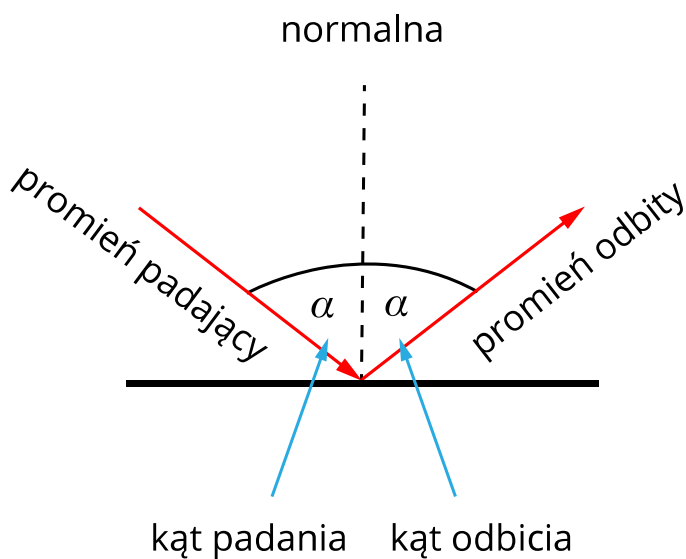
- przypomnisz sobie, czym są zwierciadła oraz jakie są ich rodzaje,
- zrozumiesz, w jaki sposób światło odbija się od układu zwierciadeł,
- poznasz zastosowania układów kilku zwierciadeł w technice,
- przeanalizujesz odbicie światła i bieg wiązki przy różnych układach zwierciadeł.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Zwierciadło optyczne to gładka powierzchnia odbijająca światło umożliwiającą zmianę kierunku biegu jego wiązki. Wyróżniamy:

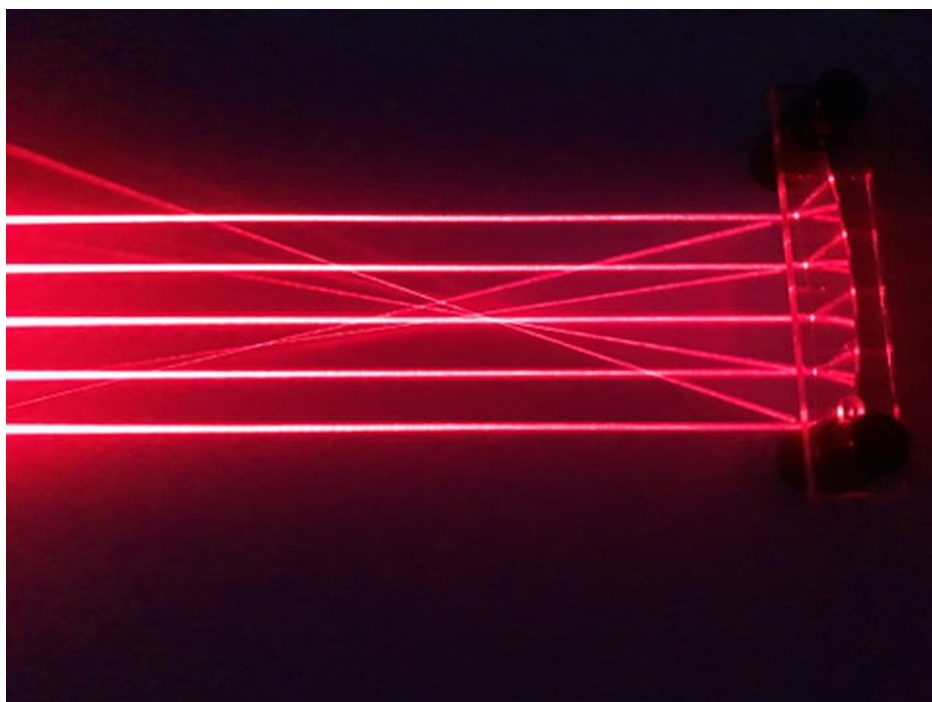
1. zwierciadło płaskie – płaska powierzchnia odbijająca (Rys. 1.).



normalna = prosta prostopadła

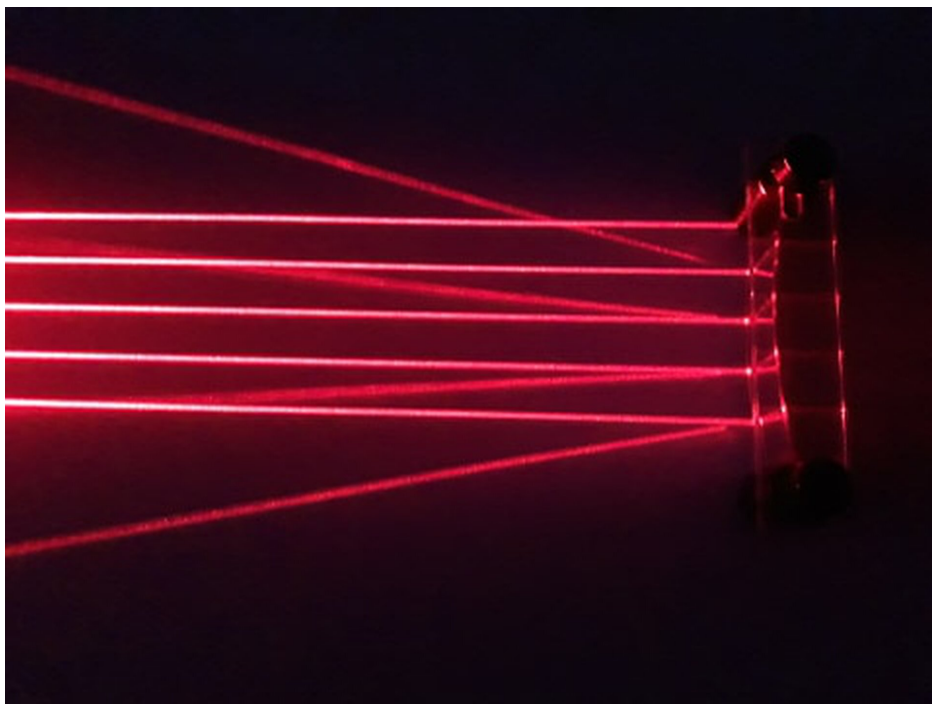
Rys. 1. Odbicie światła od zwierciadła płaskiego

2. zwierciadło kuliste wklęsłe – powierzchnią odbijającą jest wewnętrzny wycinek sfery (Rys. 2.).



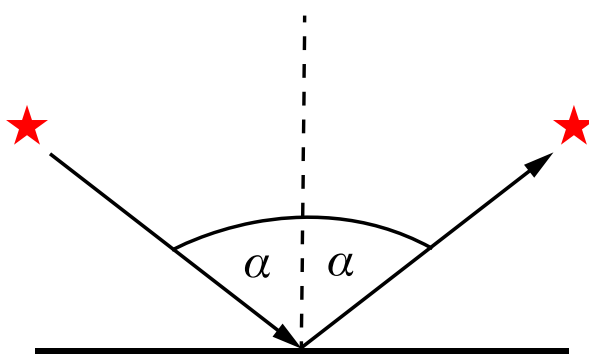
Rys. 2. Odbicie światła od zwierciadła kulistego wklęsłego

3. zwierciadło kuliste wypukłe – powierzchnią odbijającą jest zewnętrzny wycinek sfery (Rys. 3.).



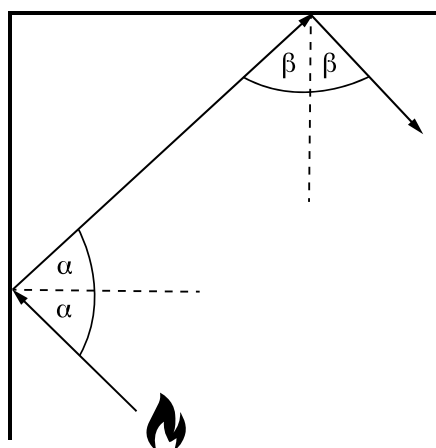
Rys. 3. Odbicie światła od zwierciadła kulistego wypukłego

Światło padające na zwierciadło pod **kątem α** – zgodnie z prawem odbicia – odbija się od niego pod takim samym **kątem** (Rys. 4.). Zmianie ulega więc kierunek jego biegu. Wyjątkiem jest sytuacja, w której na zwierciadło padają **promienie** pod kątem 0° , wówczas światło odbite zachowuje kierunek, zmienia się jedynie zwrot biegu.



Rys. 4. Promień padający pod kątem α odbija się od tej powierzchni pod takim samym kątem α . Promień padający, promień odbity i normalna leżą w jednej płaszczyźnie

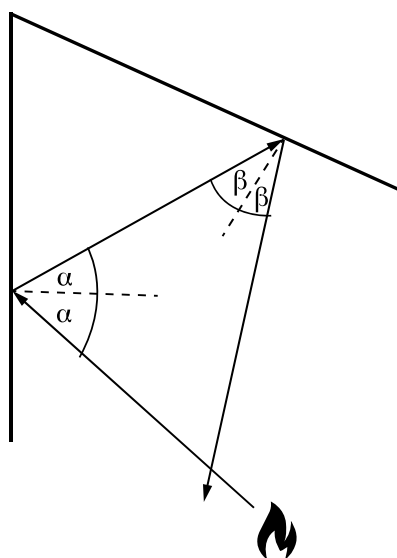
Czy można zmienić jednak kierunek biegu wiązki bardziej diametralnie? Tak, wystarczy użyć kilku zwierciadeł. Przyjrzyjmy się temu dokładniej. De facto już dwa zwierciadła płaskie dają nam dużo więcej możliwości.



Rys. 5. Odbicie światła od dwóch zwierciadeł płaskich ustawionych pod kątem 90°

Najprostszym ustawieniem jest utworzenie kąta prostego pomiędzy powierzchniami zwierciadeł płaskich (Rys. 5.). Wówczas promień odbity od drugiego z nich zostaje przesunięty względem promienia padającego. Oba promienie są do siebie równoległe.

A jak będzie wyglądała sytuacja, jeśli kąt pomiędzy zwierciadłami będzie różny od 90° ? Przykład jest zobrazowany na Rys. 6. Widzimy, że kierunek biegu wiązki światła zmienia się w zależności od kąta pomiędzy zwierciadłami. Zamiast zwierciadeł płaskich można również zastosować zwierciadła kuliste.

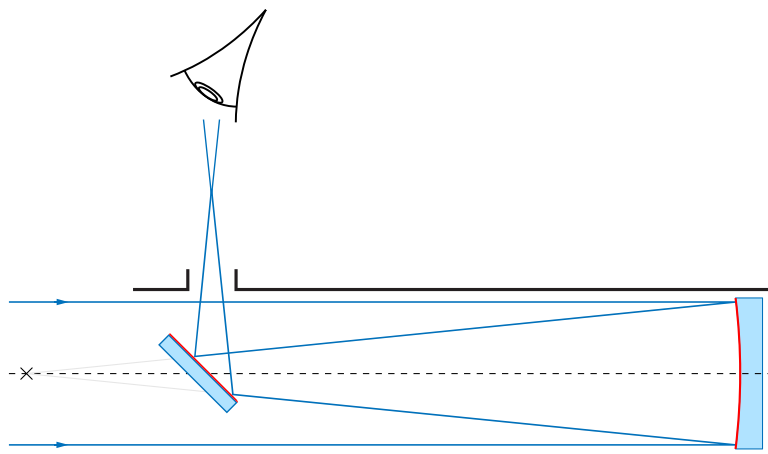


Rys. 6. Odbicie światła od dwóch zwierciadeł płaskich ustawionych pod kątem ostrym

To właśnie połączenie kilku zwierciadeł umożliwia bardziej złożone zmiany kierunku biegu [promieni świetlnych](#). Znalazło to także szereg zastosowań w technice. Przyjrzyjmy się wybranym z nich.

Teleskop Newtona

Zawiera on dwa zwierciadła: wklęsłe (najczęściej paraboliczne), które pełni rolę obiektywu, i płaskie nachylone pod kątem 45° do osi optycznej teleskopu, którego zadaniem jest kierowanie promieni świetlnych na okular. Dzięki takiemu ustawieniu możliwe jest wyprowadzenie światła z tubusu. Okularzem jest soczewka skupiająca lub układ soczewek, których zadaniem jest powiększenie obrazu uzyskanego w obiektywie. Dokładny bieg promieni padających i odbitych możemy prześledzić na Rys. 7.

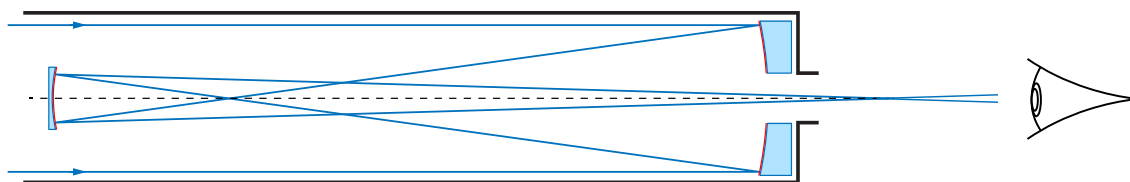


Rys. 7. Schemat teleskopu Newtona wykorzystującego układ dwu zwierciadeł: wklęsłego i płaskiego

Promienie świetlne wpadające do tubusu zostają odbite od zwierciadła wklęsłego w taki sposób, że trafiają na zwierciadło płaskie obiektywu, którego zadaniem jest skierowanie światła na okular, który dodatkowo powiększa obraz uzyskany przy pomocy zwierciadła wklęsłego.

Podobnie sytuacja wygląda w innych teleskopach, na przykład w teleskopie Gregory'ego posiadającym zwierciadła wklęsłe: paraboliczne oraz eliptyczne (Rys. 8.), czy teleskopie Cassegraina, w którym jedno zwierciadło wklęsłe zostało zastąpione zwierciadłem wypukłym (Rys. 9.).

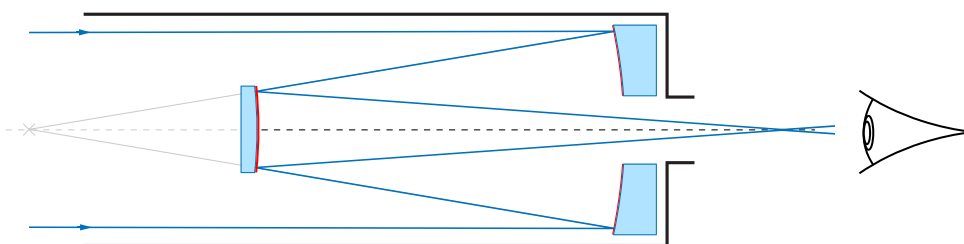
Teleskop Gregory'ego



Rys. 8. Schemat teleskopu Gregory'ego wykorzystującego układ zwierciadeł wklęsłych

Promienie świetlne wpadające do tubusu (Rys. 8.) zostają odbite od zwierciadła głównego tak, że trafiają na drugie zwierciadło wklęsłe, które kieruje światło do otworu w zwierciadle głównym, gdzie znajduje się okular.

Teleskop Cassegraina



Rys. 9. Schemat teleskopu Cassegraina

W teleskopie Cassegraina (Rys. 9.) światło odbite od zwierciadła głównego jest kierowane na zwierciadło wypukłe, którego zadaniem jest skierowanie światła przez otwór w zwierciadle wklęsłym do okularu.

W zaprezentowanych powyżej przypadkach zastosowanie układu zwierciadeł pozwala na oglądanie odległych przedmiotów w powiększeniu. Czasem jednak układy takie mają również inne cele – na przykład służą rozrywce – wymienić można tutaj między innymi:

- labirynty luster (zadaniem obserwatora jest przejście przez korytarz utworzony z luster, od których odbicia stanowią ogromne utrudnienie – Rys. 10.),



Rys. 10. Wyjście z labiryntu luster jest utrudnione ze względu na wielokrotne odbicia od zwierciadeł

- pokoje zwierciadlane (na ścianach, suficie oraz podłodze umieszczone są tam zwierciadła, od których odbija się obraz znajdujących się w pokoju przedmiotów, na Rys. 11. zobaczyć można wielokrotne odbicie umieszczonych w pudełku ochraniaczy na obuwie – efektem tego jest pozorne zwielokrotnienie obrazu),



Rys. 11. Ochraniacze na obuwie umieszczone w pokoju luster

- bilard świetlny (zadaniem graczy jest takie ustawienie zwierciadeł, by promień dotarł do określonego celu).

Jak widać, dobre zrozumienie fizyki nie tylko ułatwia nam życie, ale również pozwala na dobrą zabawę.

Słowniczek

Promień świetlny

(ang. *ray of light*) – teoretyczne pojęcie pozwalające na dokonanie opisu rozchodzenia się światła w przyrodzie symbolizujące jego nieskończenie wąską wiązkę.

Kąt padania

(ang. *angle of incidence*) – kąt pomiędzy promieniem padającym na płaszczyznę oddzielającą dwa ośrodki a normalną do tej płaszczyzny.

Kąt odbicia

(ang. *angle of reflection*) – kąt pomiędzy promieniem odbitym od płaszczyzny oddzielającej dwa ośrodki a normalną do tej płaszczyzny.

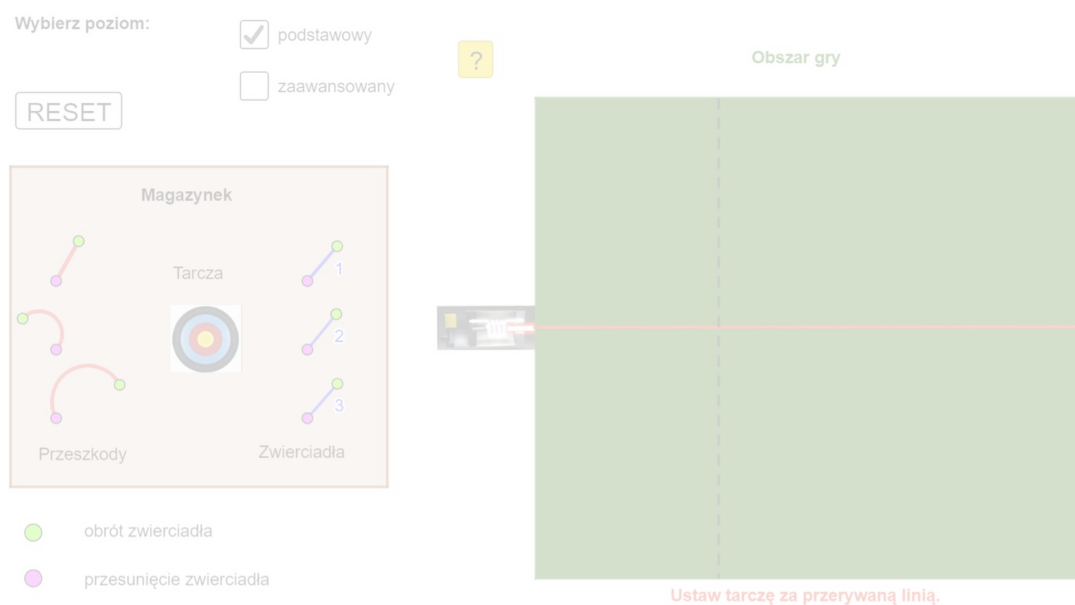
Symulacja interaktywna

Badanie biegu wiązki światła napotykającej zwierciadła

Symulacja pozwoli Ci na zbadanie, jak odbicie od zwierciadeł zmienia bieg wiązki światła. Ustaw tarczę na polu gry. Na drodze promienia między laserem a tarczą ustaw co najmniej jedną przeszkodę. Postaraj się ustawić taki układ zwierciadeł, by pomimo przeszkód promień trafił w tarczę.

Zwróć uwagę, że nie wszystkie ruchy są dozwolone.

- Zwierciadła należy ustawiać zgodnie z rosnącą numeracją.
- Przeszkody półokrągłe można obracać tylko o kąty do 90 stopni (jedną w lewo, a drugą w prawo), a promień jest pochłaniany tylko przez wypukłą stronę.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D10M7Fu1u>

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Polecenie 1

Ustaw jedną przeszkodę oraz dwa zwierciadła płaskie tak, aby światło odbiło się od każdego z nich, a następnie trafiło w „środek” tarczy (żółty obszar).

Polecenie 2

Wybierz poziom rozszerzony i zaproś kolegę lub koleżankę do gry. Wylosowana osoba ustawia tarczę i przeszkody, a druga ma za zadanie tak ustawić zwierciadła, aby promień trafił w „środek” tarczy. Potem następuje zmiana ról.

Należy użyć jak najmniejszej liczby zwierciadeł oraz wykonać jak najmniejszą liczbę przesunięć raz ustawionych zwierciadeł. Wygrywa osoba, która zdobędzie najmniejszą liczbę punktów. Wesołej zabawy.

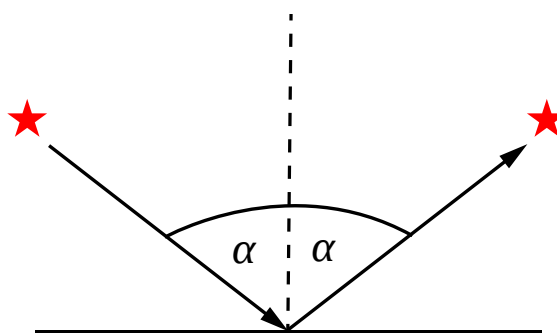
Proponowana punktacja:

- Pierwsze ustawione zwierciadło – 0 pkt.
- Drugie ustawione zwierciadło – 3 pkt.
- Trzecie ustawione zwierciadło – 6 pkt.
- Każde przesunięcie raz ustawionego zwierciadła – 1 pkt.
- Każdy obrót zwierciadła – 0 pkt.
- Zakończenie gry z trafieniem: w „środek” tarczy – 0 pkt.; w obszar czerwony – 2 pkt., w niebieski – 4 pkt., w czarny 6 pkt. (Ustawiający zwierciadła sam decyduje, czy kończy grę po trafieniu w którykolwiek obszar tarczy, czy zmienia dalej ustawienia zwierciadeł.)

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Światło padając na zwierciadło tworzy z nim kąt 40° . Wyznacz miarę kąta α .

☐ 60°

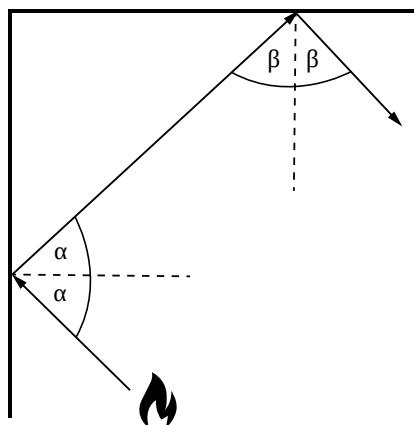
☐ 90°

☐ 45°

☐ 50°

☐ 40°

Ćwiczenie 2



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Promień świetlny pada na zwierciadło pod kątem $\alpha = 40^\circ$, a następnie odbija się od drugiego zwierciadła ustawionego pod kątem prostym względem pierwszego zwierciadła. Kąt β ma wartość:

☐ 90°

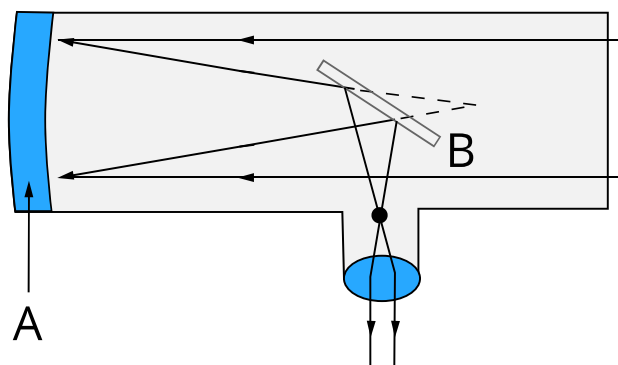
☐ 60°

☐ 40°

☐ 50°

☐ 45°

Ćwiczenie 3



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Na rysunku przedstawiono schemat teleskopu zwierciadlanego. Wybierz podpisy dla elementów A i B.

Odp. A – ; B –

zwierciadło płasko-wypukłe

zwierciadło płasko-wklęsłe

zwierciadło wklęsłe

zwierciadło wypukłe

zwierciadło płaskie

Ćwiczenie 4



Na podstawie umieszczonego poniżej tekstu oceń prawdziwość zdań w tabeli. Źródło tekstu: <https://www.astroshop.pl/teleskopy/10/a,Teleskope.Optik.Bauart=Newton>.

Reflektor Newtona, nazwany na cześć Isaaka Newtona, jest klasycznym teleskopem zwierciadlanym w czystej formie.

W dolnej części tuby optycznej znajduje się zwierciadło główne, które zbiera i odbija światło. W przedniej części tubusa znajduje się mniejsze lustro wtórne. Odchyla ono wiązkę światła o 90° i kieruje do wyciągu okularowego, w którym można umieścić okular lub kamerę i ustawić ostrość obrazu.

Zaletą tego systemu jest brak soczewek, a wraz z tym brak aberracji chromatycznej. Ta konstrukcja oferuje również największą aperturę w danym przedziale cenowym.

	Prawda	Fałsz
Zwierciadło wtórne ma średnicę większą od zwierciadła głównego.	☐	☐
Zadaniem zwierciadła wtórnego jest skierowanie wiązki świetlnej do okularu.	☐	☐
Brak soczewek eliminuje aberracje sferyczne.	☐	☐

Ćwiczenie 5



Układ zwierciadeł stosują również fryzjerzy chcąc pokazać klientkom efekty swojej pracy. Wystarczy ustawić mniejsze lustro za głową klientki, by w znajdującym się przed nią dużym zwierciadle płaskim widziała ona tył swojej głowy. Określ, jakie zwierciadło zostało użyte, jeśli klientka widzi tył swojej głowy w powiększeniu 1:1.

☐

zwierciadło płaskie

☐

zwierciadło paraboliczne

☐

zwierciadło kuliste wypukłe

☐

zwierciadło kuliste wklęsłe

Ćwiczenie 6



Ile zwierciadeł potrzeba, by obejrzeć swoje własne odbicie w nieskończonej liczbie wydań?

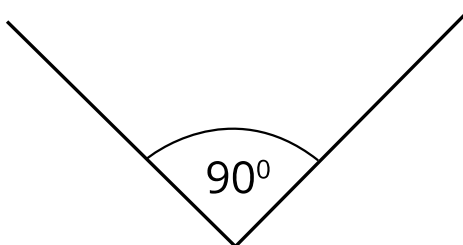
☐ cztery ustawione w kształcie kwadratu

☐ wystarczy jedno

☐ dwa ustawione równoległe

☐ dwa ustawione prostopadle

Ćwiczenie 7



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Dwa zwierciadła są ustawione względem siebie pod kątem prostym. Jeśli promień światła padnie na jedno ze zwierciadeł, a następnie odbije się od drugiego z nich, to:

☐ nie da się jednoznacznie określić zależności pomiędzy promieniem padającym i odbitym

☐ promień odbity będzie ustawiony pod kątem 45° względem promienia padającego

☐ promień odbity będzie zawsze równoległy do padającego

☐ promień odbity będzie ustawiony zawsze prostopadle do padającego

Ćwiczenie 8



Na podstawie poniższego tekstu odpowiedz, ile obrazów zobaczymy, jeśli lustra będą ustawione pod kątem 45° względem siebie. Uzasadnij odpowiedź.

Obraz w dwóch lustrach

Liczba obrazów umieszczonego pomiędzy lustrami przedmiotu rośnie wraz ze zmniejszaniem kąta między nimi. Nie będziemy szczegółowo analizować tego zagadnienia dla wszystkich możliwych konfiguracji, podamy jedynie wzór na liczbę obrazów N w funkcji kąta α przez te zwierciadła utworzonego. Ma on postać $N = (360^\circ/\alpha) - 1$.

Wzór ten obowiązuje jednakże tylko dla kątów α będących podwielokrotnością 180° . Tylko dla takich wartości α liczba obrazów nie zależy ponadto od położenia przedmiotu. Dla kąta α niespełniającego powyższego warunku teoria zagadnienia jest bardziej skomplikowana. Przykładowo, dla $\alpha = 120^\circ$ obserwuje się dwa lub trzy obrazy w zależności od tego, czy przedmiot znajduje się na dwusiecznej kąta między zwierciadłami, czy położony jest poza nią.

Rozważane przez nas przypadki spełniają warunek narzucony na kąt α i liczba powstałych obrazów, trzy dla $\alpha = 90^\circ$ i pięć dla $\alpha = 60^\circ$, jest zgodna z wynikiem otrzymanym z wzoru. W pierwszym przypadku widzieliśmy wprawdzie czterech ludzików, a w drugim sześć kamieni domina, ale w obu przypadkach do liczby obrazów dodać oczywiście musimy widoczny na pierwszym planie przedmiot.

(Ernst K.: Magia kalejdoskopu. Wiedza i życie. 3/2000)

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Ewelina Kędzierska
Przedmiot:	fizyka
Temat zajęć:	Badanie biegu wiązki światła napotykającej zwierciadła
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy
Podstawa programowa:	Cele kształcenia – wymagania ogólne II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników. Zakres podstawowy Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 6) tworzy teksty, tabele, diagramy lub wykresy, rysunki schematyczne lub blokowe dla zilustrowania zjawisk bądź problemu; właściwie skaluje, oznacza i dobiera zakresy osi; 7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. IX. Fale i optyka. Uczeń: 5) opisuje zjawiska jednoczesnego odbicia i załamania światła na granicy dwóch ośrodków różniących się prędkością rozchodzenia się światła; opisuje działanie światłowodu jako przykład wykorzystania zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia.
Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:	Uczeń: - wymieni rodzaje zwierciadeł; - przeanalizuje, w jaki sposób światło odbija się od układu zwierciadeł; - poda przykłady zastosowania układów kilku zwierciadeł; - zastosuje zdobytą wiedzę do rozwiązywania zadań.
Strategie nauczania:	IBSE
Metody nauczania:	merytoryczna dyskusja wprowadzająca, obserwacja, rozmowa kierowana
Formy zajęć:	praca indywidualna, dyskusja grupowa
Środki dydaktyczne:	tablica multimedialna / rzutnik
Materiały pomocnicze:	zestaw do doświadczeń z optyki geometrycznej / zwierciadła i laser
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel rozpoczyna lekcję poprzez zaciekawienie uczniów tematem. Rozmawia z uczniami na temat prawa odbicia światła i zwierciadeł i jednocześnie rozpoznaje wiedzę wyjściową w kontekście bieżącego tematu lekcji.	
Faza realizacyjna:	
- Konstruowanie wiedzy z zakresu nowego tematu: – nauczyciel prezentuje uczniom doświadczenie obrazujące odbicie promienia od zwierciadła, a następnie od układu zwierciadeł, – nauczyciel prosi uczniów o zapisanie obserwacji z przedstawionego doświadczenia, – uczniowie prezentują zapisane obserwacje, – nauczyciel omawia odpowiedzi uczniów, – uczniowie wskazują ewentualne kwestie niezrozumiałe, – nauczyciel omawia kwestie problematyczne, – nauczyciel opowiada uczniom o zastosowaniach układów zwierciadeł w życiu codziennym i technice. - Kolejny etap lekcji obejmuje rekonstruowanie wiedzy uczniów: – uczniowie wykonują zadania z części „Sprawdź się”, wskazane przez nauczyciela, – nauczyciel sprawdza poprawność uczniowskich rozwiązań.	

Faza podsumowująca:

Nauczyciel przeprowadza z uczniami rozmowę, podczas której omawiają rozwiązywane w trakcie lekcji zadania. Dodatkowo powinien sprowokować uczniów do wskazania problemów napotkanych w czasie samodzielnej pracy.

Praca domowa:

Zadaniem uczniów jest zapoznanie się z symulacją dołączoną do niniejszego materiału oraz wyselekcjonowanie kluczowych informacji i sporządzenie notatki z zajęć.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania
danego
multimedium**

Symulacja interaktywna może być wykorzystana do samodzielnej pracy ucznia przed lub na lekcji.