

LUNETY NA LEKCJI W SZKOLE, CZYLI ZOSTAŃ SAM GALILEUSZEM...¹

Krzysztof Rochowicz

Liceum Ogólnokształcące nr 5 w Toruniu, Zakład Dydaktyki Fizyki, UMK Toruń

Przedstawiam Państwu scenariusz lekcji „Przyrządy optyczne: teleskopy” (Załącznik 1). Jeszcze w czasie trwania Międzynarodowego Roku Astronomii jest on wraz z prezentacją poświęconą teleskopom optycznym – ich krótkiej historii oraz stanowi obecnemu - elementem projektu HIPST (History and Philosophy in Science Teaching, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/hipst/>). Zachęcam do korzystania z tych materiałów na lekcjach.

W aktualnej podstawie programowej dla szkoły ponadgimnazjalnej jako podstawowe cele figurują m.in. dostrzeganie natury i struktury fizyki oraz astronomii, ich rozwoju i związku z innymi naukami przyrodniczymi. Trudno byłoby znaleźć bardziej znamienity w historii rozwoju astronomii wynalazek i wydarzenie niż zastosowanie lunety do obserwacji nieba przez Galileusza w roku 1609. Dokonane wówczas odkrycia (plamy na Słońcu, góry i kratery na Księżycu, fazy Wenus, pierścienie Saturna, rozdzielenie Drogi Mlecznej na szereg słabych gwiazd, a nade wszystko – księżyc Jowisza) stanowiły obiektywny i niepodważalny fakt, wobec którego musiała opowiedzieć się nowożytna nauka. Doświadczenie i obserwacja przyszyły tu z pomocą teorię, którą prawie sto lat wcześniej sformułował Mikołaj Kopernik (Comentariolus, ok. 1506 i De Revolutionibus... 1543). Ewidentny przykład (w postaci układu księżyców Jowisza) na to, że nie wszystko obiega Ziemię, **oznaczał kres geocentrycznego modelu budowy świata**. Rozpoczyna się złoty wiek nauki, opierającej swe teorie i modele nie tylko na bezpośrednim spostrzeżeniu, ale na wnioskowaniu i weryfikowaniu hipotez [1].

Budowa i zastosowanie lunet i teleskopów astronomicznych mieści się w obrębie treści nauczania fizyki zarówno w dziale „Światło i jego rola w przyrodzie” (gdzie doskonale uzupełniamy i wzbogacamy wiedzę uczniów dotyczącą soczewek i zjawiska załamania światła oraz zwierciadeł i zjawiska odbicia), jak i w dziale „Narzędzia współczesnej fizyki i ich rola w badaniu mikro- i makroświata” pod hasłem „Współczesne obserwatoria astronomiczne”. Opisany tu przypadek badawczy jest próbą połączenia elementów obu tych zagadnień, jest też z jednej strony nawiązaniem do historii rozwoju nauki, a z drugiej próbą naszkicowania stopnia jej obecnego zaawansowania.

Lunety jako przyrządy optyczne dają nam możliwość zrealizowania elementów praktycznie wszystkich zadań stojących przed szkołą. Pomagają w kontekstowym podejściu do nauczania fizyki, opierając się na typowych daniach przyrody i techniki zagadnieniach. Rozszerzają wiedzę fizyczną ucznia w celu pogłębienia rozumienia nauki. W wyjątkowo dobitny sposób ukazują rolę obserwacji i teorii w poznawaniu przyrody. Inspirują dociekliwość i postawę badawczą uczniów. Zapoznają z możliwościami współczesnych technik badawczych.

Opisywany przypadek spełnia też istotną rolę w kształtowaniu osiągnięć uczniów. Ukazuje dobitnie umiejętność obserwacji i opisywania zjawisk astronomicznych oraz wykorzystywania modeli do wyjaśniania tych zjawisk. Pozwala wykorzystywać nabytą wiedzę fizyczną w poznawaniu działania przyrządów optycznych.

Zrozumienie zajęć wymaga prostej, elementarnej wiedzy fizycznej. Tematyka jest na tyle uniwersalna, że można ją z powodzeniem zastosować nie tylko na lekcji w szkole ponadgimnazjalnej, ale też i w gimnazjum, zwłaszcza dla uczniów bardziej zainteresowanych fizyką, np. w czasie zajęć pozalekcyjnego koła fizycznego lub astronomicznego. Temat jest szczególnie aktualny ze względu na obchody Międzynarodowego Roku Astronomii, w 400 rocznicę odkryć Galileusza. Jeszcze bardziej podkreśla to historyczny aspekt niniejszego opracowania.

Luneta i teleskop zajmują fundamentalną pozycję wśród przyrządów optycznych. Nie są tak powszechne w użyciu jak okulary, lupy czy aparaty fotograficzne, ale trudno wyobrazić sobie bez nich nowożytną astronomię. Sama historia tego wynalazku nie jest do końca wyjaśniona i poznana.

Pierwsze dobrze udokumentowane historycznie stosowanie soczewek pojawia się w źródłach greckich i rzymskich. Za oficjalny początek astronomii teleskopowej można uznać działalność żyjącego w XI wieku mezopotamskiego astronoma **Alhazena** (Abu Ali Hasan Ibn al-Hajsam). Był on najwybitniejszym fizykiem ówczesnego świata i uważa się go za ojca optyki. Zajmował się szeroko załamaniem i rozszczepieniem światła, zaś jego prace miały znaczący wpływ na rozwój nowożytnego teleskopu. Soczewki odkryto w znaleziskach archeologicznych w Visby na Gotlandii (terytorium Szwecji). Soczewki te datuje się na drugą połowę XI wieku. Kształt tych soczewek jest taki, że połowa to prawie idealna elipsoida, zaś druga strona jest płaska. Niektóre z tych soczewek posiadały oprawę ze srebra i zapewne używane były jako wisiorki [2].

Jednym z najwybitniejszych w Europie uczonych XIII wieku był **Witelo** (jak podają źródła historyczne – był on synem Polaków i Turyngów). Należał do najściślejszej czołówki ówczesnej elity intelektualnej, a jego dzieła znane były m.in. Mikołajowi Kopernikowi, Johannesowi Keplerowi oraz Leonardo da Vinci. W dziele „Perspectivorum libri decem” zebrany został cały stan ówczesnej wiedzy w zakresie optyki. Zjawiska:

¹ Praca wykonana w trakcie realizacji Europejskiego Projektu FP7 HIPST (Historia i Filozofia Nauki w Nauczaniu Przedmiotów Przyrodniczych).

prostoliniowego rozchodzenia się światła, jego odbicia, załamania i rozproszenia zostały omówione w sposób najbardziej ścisły, w oparciu o prawa matematyki i geometrii.

W kilku opracowaniach napisanych między 1230 i 1235 rokiem **Robert Grosseteste** napisał m.in.: Ta część optyki, gdy dobrze się ją pojmie, pokazuje nam jak możemy sprawić, by przedmioty bardzo odległe sprawiały wrażenie będących bardzo blisko, zaś duże bliskie przedmioty zdawały się małe, i jak możemy sprawić, by odległe przedmioty były takiej wielkości, jakiej zechcemy, tak że może być możliwym przeczytanie najmniejszych liter z niestęchanych odległości.

Robert Bacon był uczniem Grosseteste'a w Oksfordzie, i często twierdzi się, że opisał teleskop w XIII wieku, choć nie można stwierdzić z całą pewnością, że kiedykolwiek zbudował w pełni funkcjonalną konstrukcję.

Posiadamy dobrze udokumentowane przekazy świadczące, że zarówno soczewkowe jak i lustrzane teleskopy były znane w Anglii w drugiej połowie XVI wieku. Pisma Jana Dee oraz Tomasza Diggesa z lat odpowiednio 1570 i 1571 opisują zastosowanie tych konstrukcji optycznych przez ojca Tomasza, Leonarda Diggesa. Niezależne potwierdzenie tego faktu znaleźć można w innych zapisach z tamtego okresu. Jednakże wiedza o tym nie rozprzestrzeniła się i dopiero na początku wieku siedemnastego (około roku 1608) wiedza ta stała się powszechna w Niderlandach. Odkrycie - z dzisiejszego, historycznego punktu widzenia - należy przypisać trzem osobom: **Janowi Lippershey**, **Zachariaszowi Janssen** (obydwaj byli konstruktorami okularów) oraz **Jakubowi Adrianszoon** [3].

Pierwsze teleskopy zbudowane były z soczewki skupiającej i soczewki rozpraszającej - takie teleskopy nie odwracają obrazu, tj. uzyskany obraz jest obrazem prostym. Ze względu na wielość praktycznych zastosowań takich lunet, ich znacząca liczba szybko rozprzestrzeniła się w całej Europie. Warto podkreślić, że zadanie rekonstrukcji lunety Galileusza podjął z powodzeniem Zakład Dydaktyki Fizyki UMK w Toruniu, obecnie eksponat ten jest częścią interaktywnej wystawy z optyki „FIAT LUX – od Witelona do tomografu optycznego” (http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/FIAT_LUX/html/).

W niniejszym opracowaniu położono nacisk na wykorzystanie lunety przez Galileusza do obserwacji nieba. Było to niewątpliwie epokowe wydarzenie, które otworzyło przed badaczami zupełnie nowy świat. Przez około dwa stulecia postęp w tworzeniu naszej wiedzy o kosmosie wydaje się z dzisiejszej perspektywy niewielki. Ogromny krok naprzód spowodowały badania spektroskopowe Słońca i gwiazd. Pozwoliły one stwierdzić, że skład materii kosmicznej nie odbiega od ziemskiej, tzn. występują w niej te same elementarne składniki – pierwiastki. Dalsza analiza widm umożliwiła wyznaczenie całego szeregu parametrów fizycznych i chemicznych obiektów występujących w kosmosie. Innym, niezwykle ważnym i przełomowym dla astronomii wydarzeniem było stwierdzenie pozagalaktycznego charakteru niektórych mgławic – czyli odkrycie innych galaktyk, a wkrótce potem rozszerzania się Wszechświata. W dalszej perspektywie doprowadziło to do ogromnego przewrotu w naszym postrzeganiu Wszechświata – ze statycznego i na wieki uporządkowanego, stał się on tworem żywym, dynamicznym, rozwijającym się i podlegającym ciągłym zmianom.

Literatura:

- [1]. Sierotowicz T., „Galileusz”, WAM Kraków, 2003.
- [2]. Kreiner J. „Ziemia i Wszechświat”, Wyd. Naukowe UP Kraków, 2009.
- [3]. North J. „Historia astronomii i kosmologii”, Wyd. Książnica, Katowice 1997.

Załącznik 1

Temat: Przyrządy optyczne – teleskopy.

Autor: Krzysztof Rochowicz, V LO w Toruniu.

Cele lekcji

- ogólny:
 - Poznanie podstawowych narzędzi badawczych astronomii: teleskopów optycznych.
- operacyjne (uczeń):
 - wie, że wśród lunet (refraktorów) są dwa rodzaje, dające obraz prosty lub odwrócony,
 - wie, że są dwa rodzaje teleskopów, refraktory i reflektory,
 - potrafi zaproponować zbudowanie modelu teleskopu z soczewek,
 - potrafi wyjaśnić na czym polegają wady soczewek - aberracja sferyczna i chromatyczna.

Metody

- poszukująca: pogadanka z uczniami (na zasadzie pytań i odpowiedzi);
- praktyczna: wykonywanie przez uczniów doświadczeń.

Formy pracy

- zbiorowa,
- indywidualna.

Środki dydaktyczne

- podręcznik
- zestaw doświadczalny – soczewki różnych rodzajów
- zdjęcia i schematy pierwszych lunet i teleskopów wyświetlane za pomocą komputera i rzutnika, ilustracje wyjaśniające aberrację sferyczną i chromatyczną
- opcjonalnie: prezentacja „Teleskopy optyczne”; fragment filmu DVD „Eyes on the skies”

Scenariusz lekcji

CZYNNOŚCI NAUCZYCIELA	CZYNNOŚCI UCZNIÓW
<i>1. Powitanie i sprawdzenie obecności. Wprowadzenie.</i>	
- Na dzisiejszej lekcji poznamy zasadę budowy jednego z przyrządów optycznych, niezwykle ważnego dla astronomii (pokazując soczewki). Czy domyślacie się, jaki to przyrząd możemy zbudować, dysponując soczewkami?	- Odpowiadają. Możliwe odpowiedzi: lupę, lunetę, teleskop.
- Jeżeli jest to potrzebne zaznaczam, że lupa składa się z pojedynczej soczewki i służy do oglądania bliskich przedmiotów w powiększeniu. Czy wiecie, kto i kiedy po raz pierwszy skierował lunetę na niebo?	- Odpowiadają, dodatkowo naprowadzani, że był to Galileusz. Prawdopodobnie nie znają daty.
- Działo się to dokładnie 400 lat temu i dlatego rok 2009 został uznany przez ONZ za Międzynarodowy Rok Astronomii (można pokazać fragment filmu „Eyes on the skies”).	
- Podaje temat lekcji.	- Zapisują w zeszytach.
<i>2. Rozwinięcie lekcji – doświadczalne poznawanie konstrukcji lunet.</i>	
- Rozdanie uczniom soczewek, aby im się przyjrzeni i zbadali ich własności	- Oglądają soczewki, próbują uzyskać obrazy.
- Co możecie powiedzieć o tych soczewkach?	- Możliwe odpowiedzi: Różnią się wielkością i kształtem.
- Co można na tej podstawie stwierdzić?	- Możliwe odpowiedzi: Są dwa podstawowe rodzaje soczewek; wypukłe – skupiające i wklęsłe – rozpraszające.
- Spróbujmy zestawić ze sobą dwie soczewki w odległości ok. 20-30cm, tak aby powstał obraz.	- Próbują w parach łączyć ze sobą soczewki i sprawdzają, czy powstaje obraz; podają propozycje.
- Oryginalna luneta Galileusza składała się z soczewki płasko-wypukłej jako obiektywu i płasko-wklęsłej jako okularu; jaki obraz możemy w ten sposób uzyskać?	- Uczniowie zestawiają w podany sposób soczewki, sprawdzają cechy obrazu; podają propozycje.
- Luneta Galileusza daje obraz prosty.	- Uzupełniają karty pracy (Pkt. 1 i 2).
- Sprawdźmy, jaki mógłby być sposób wykorzystania dwóch soczewek płasko-wypukłych w celu uzyskania obrazu.	- Uczniowie zestawiają dwie soczewki płasko-wypukłe, próbują uzyskać obraz; podają spostrzeżenia.
- Tego typu rozwiązanie zaproponował Kepler; jego luneta daje obraz odwrócony.	- Uzupełniają karty pracy (Pkt. 3 i 4).
- Mówimy o lunetach i teleskopach; jaka jest między nimi różnica?	- Mogą dawać różne odpowiedzi; nauczyciel wyjaśnia (w zasadzie nie jest zobowiązany, ale dla porządku na ogół mówimy lunety na refraktory, zaś teleskopy na reflektory, ale nie jest to ściśle przestrzegane).
- Dlaczego współczesne duże teleskopy budowane są w oparciu o zwierciadła?	- Próbują zgadywać; nauczyciel udziela odpowiedzi.
- Krótkie wyjaśnienie aberracji sferycznej i chromatycznej na podstawie ilustracji.	
- Jakie są średnice największych na świecie optycznych teleskopów astronomicznych?	- Wybrany uczeń wyszukuje informacji w internecie; uzupełniają karty pracy (Pkt.5)
- Zwraca uwagę na teleskop SALT, którego budowę wspierała Polska; poleca stronę inter-netową z prezentacją „Teleskopy optyczne”	
<i>3. Podsumowanie</i>	
- Czego dotyczyła dzisiejsza lekcja?	- Odpowiadają: lunet, teleskopów

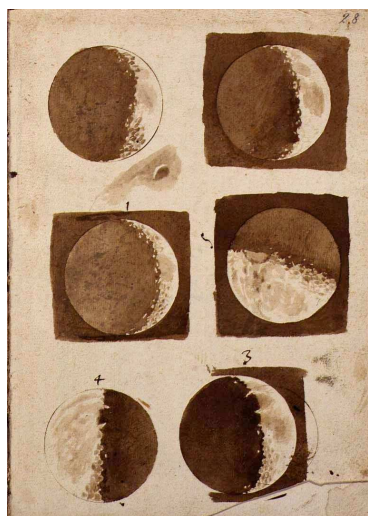
- Jakie są rodzaje teleskopów?	- Odpowiadają: refraktory i reflektory
- Jaki obraz daje luneta Galileusza?	- Odpowiadają: obraz prosty
- Jaki obraz daje luneta Keplera?	- Odpowiadają: obraz odwrócony
- Ocenia pracę uczniów na lekcji.	

Załączniki:

1. Karty pracy
2. Pierwsze lunety

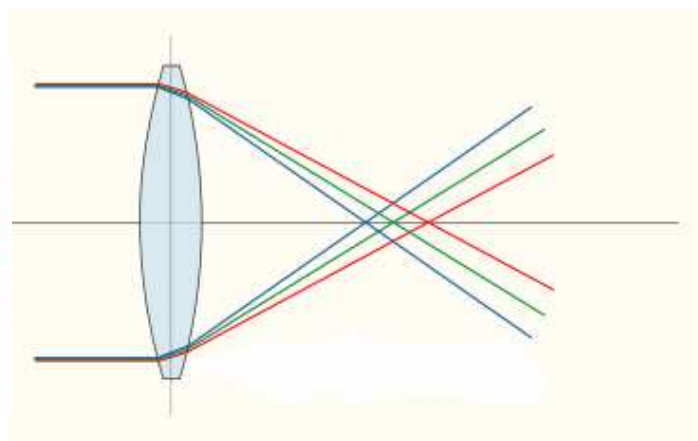
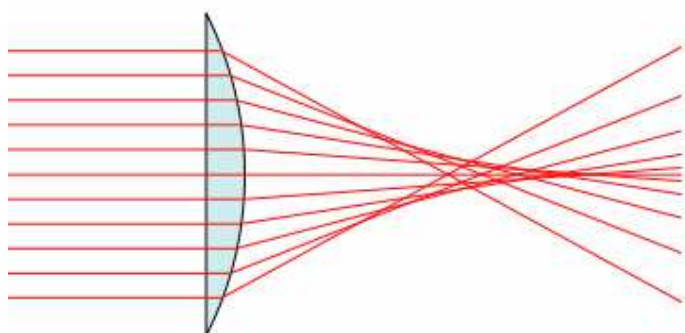


Luneta Galileusza (po lewej) i jej rekonstrukcja (po prawej) wykonana w Zakładzie Dydaktyki Fizyki UMK, eksponowana na interaktywnej wystawie z optyki FIAT LUX.



Szkice Księżyca wykonane przez Galileusza podczas obserwacji przez teleskop.

3. Ilustracje wyjaśniające aberrację sferyczną i chromatyczną



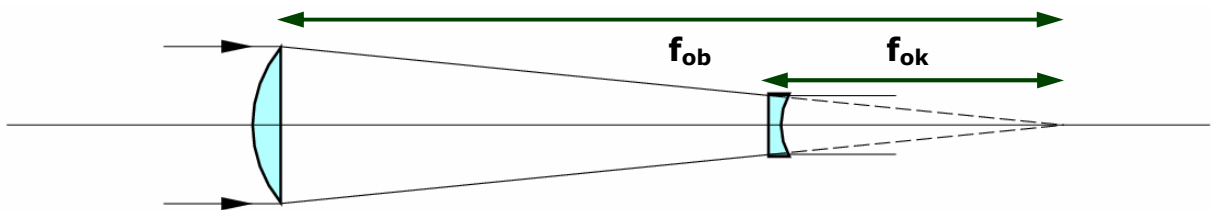
Schemat powstawania aberracji sferycznej (po lewej) i chromatycznej (po prawej). W pierwszym przypadku promienie biegnące bliżej osi optycznej ogniskowane są dalej od soczewki niż promienie skrajne; w drugim ognisko dla promieni niebieskich znajduje się najbliżej soczewki, dla promieni czerwonych – najdalej (współczynnik załamania zależy od długości fali).

KARTA PRACY

Imię i nazwisko: _____ Klasa _____ Data _____

Temat zajęć _____

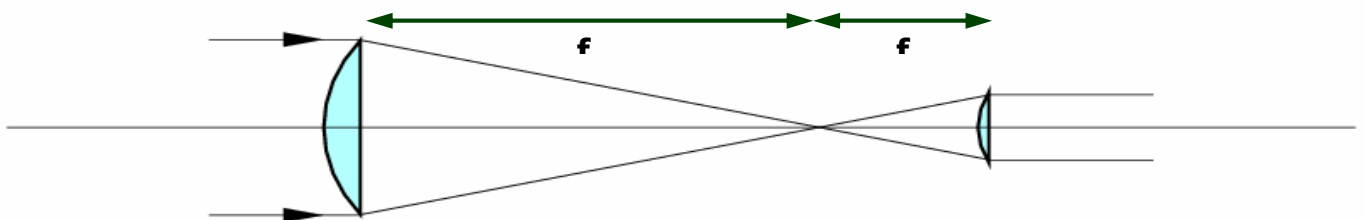
1. Podpisz elementy optyczne lunety Galileusza (podaj nazwę i rodzaj soczewki):



Luneta Galileusza składa się z soczewki _____ jako obiektywu oraz _____ jako okularu. Okular umieszczamy _____ ogniskiem.

Przyrząd ten daje obraz _____.

3. Podpisz elementy optyczne lunety Keplera.



Luneta Keplera składa się z soczewki _____ jako obiektywu oraz _____ jako okularu. Okular umieszczamy _____ ogniskiem.

Przyrząd ten daje obraz _____.

5. Uzupełnij tekst:

Największe teleskopy astronomiczne na świecie mają obecnie średnice sięgające _____.

Są to układy, w których stosujemy _____ i nazywamy je _____.

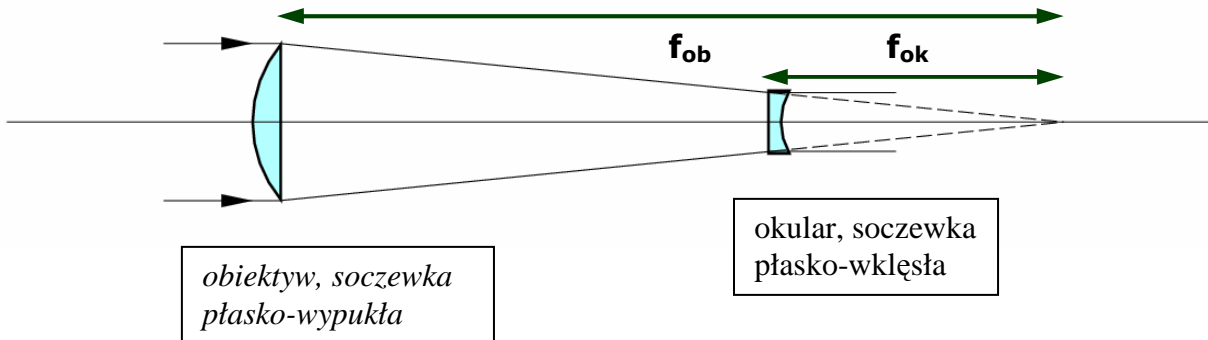
Tego typu układy pozbawione są lub w mniejszym stopniu posiadają wady charakterystyczne dla soczewek, w tym _____.

KARTA PRACY

Imię i nazwisko: _____ Klasa _____ Data _____

Temat zajęć _____ Przyrządy optyczne: teleskopy _____

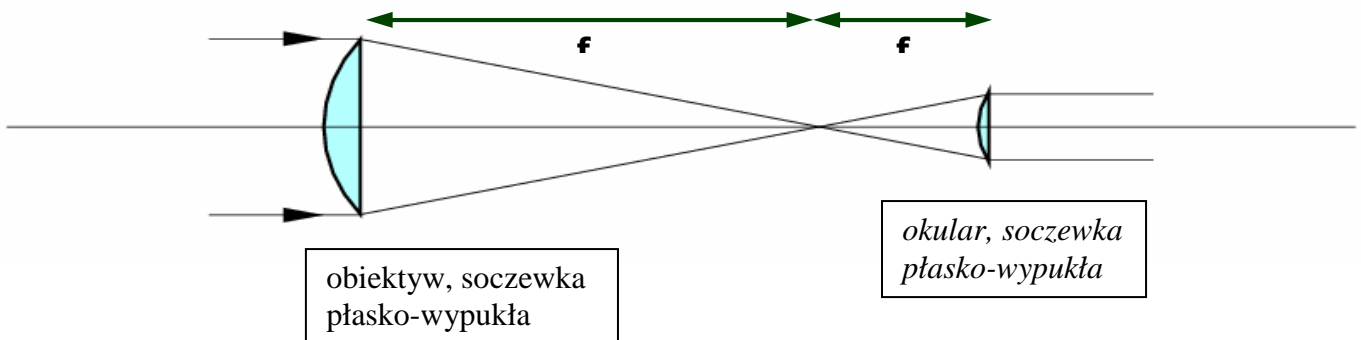
6. Podpisz elementy optyczne lunety Galileusza (podaj nazwę i rodzaj soczewki):



Luneta Galileusza składa się z soczewki _____ *płasko-wypukłej* _____ jako obiektywu oraz _____ *płasko-wklęsłej* _____ jako okularu. Okular umieszczamy __przed__ ogniskiem.

Przyrząd ten daje obraz __*prosty*_____.

8. Podpisz elementy optyczne lunety Keplera.



Luneta Keplera składa się z soczewki _____ *płasko-wypukłej* _____ jako obiektywu oraz _____ *płasko-wypukłej* _____ jako okularu. Okular umieszczamy __za__ ogniskiem.

Przyrząd ten daje obraz __*odwrócony*_____.

10. Uzupełnij tekst:

Największe teleskopy astronomiczne na świecie mają obecnie średnice sięgające __10 metrów__.

Są to układy, w których stosujemy __*zwierciadła*_____ i nazywamy je __*reflektorami*_____.

Tego typu układy pozbawione są lub w mniejszym stopniu posiadają wady charakterystyczne dla soczewek, w tym _____ *aberracje: sferyczną i chromatyczną*_____.