

## **Opis Przypadku Badawczego „Przyrządy optyczne - teleskopy” - dla wymiany w projekcie HIPST**

### **1. Temat:** *Przyrządy optyczne – teleskopy*

*Słowa kluczowe:* nauczanie, historia teleskopów, luneta (refraktor), teleskop zwierciadlany (reflektor)

### **2. Autorzy i instytucje**

*Krzysztof Rochowicz, nauczyciel V LO w Toruniu, obecnie asystent w Zakładzie Dydaktyki Fizyki Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, [kroch@fizyka.umk.pl](mailto:kroch@fizyka.umk.pl)*

### **3. Streszczenie**

*W aktualnej podstawie programowej dla szkoły ponad-gimnazjalnej 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 przyszły tu z pomocą teorii, 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.*

*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”. Opisujący 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 dla styku 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.*

*Opisujący 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 przypadku badawczego.

#### 4. Opis przypadku badawczego

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 były używane jako wisiorki.

Jednym z najwybitniejszych w Europie uczonych XIII wieku był **Witelon** (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, Johannes'owi Keplerowi oraz Leonardo da Vinci. W dziele „*Perspectivorum libri decem*” zebrany został cały stan ówczesnej wiedzy w zakresie optyki. Zjawiska: prostoliniowego rozchodzenia się światła, jego odbicia, załamania i rozproszenia zostały omówione przez niego 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 niestychanych odległości.

Robert Bacon był uczniem Grosseteste'a w Oksfordzie, i często twierdził 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 wytwórcami okularów) oraz Jakubowi Adrianszoon.

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 po całej Europie. Warto podkreślić, że zadania rekonstrukcji lunety Galileusza podjął się 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/](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.

## **5. Podstawa historyczna i filozoficzna, włączając Naturę Nauki**

Już w poprzednich punktach zaznaczono jak wielkie jest znaczenie wynalazku teleskopu w rozwoju nie tylko astronomii, ale nauki w ogóle. Potwierdzenie słuszności myśli kopernikańskiej, porzucenie geocentrycznego punktu widzenia na rzecz nauki rozwijającej się w oparciu o obserwacje, logiczne wnioskowanie, przewidywanie zjawisk i ich weryfikację – to przecież podstawy nowożytnej, racjonalnej, sprawdzalnej i podlegającej dalszym modyfikacjom wiedzy. Próba samodzielnego zestawienia soczewek i odkrycie zasady budowy lunety jest dla uczniów doskonałą okazją do przekonania się, jak proste a zarazem genialne było wykorzystanie dwóch soczewek do uzyskania powiększonego obrazu.

Galileusza podaje się jako współtwórcę (obok Bacona) metody naukowej badań, przebiegającej w kolejnych etapach: rozpoznanie problemu, postawienie hipotezy, przewidywanie konsekwencji hipotezy, wykonanie doświadczenia potwierdzającego przewidywania, sformułowanie reguły (prawa).

## **6. Grupa docelowa, znaczenie dla programu nauczania i korzyści dydaktyczne**

Zagadnienie zostało opracowane dla uczniów szkoły ponadgimnazjalnej, może być realizowane zarówno na poziomie podstawowym, jak i rozszerzonym. Zwykle lunety i teleskopy włącza się w treść lekcji poświęconej przyrządom optycznym. Proponujemy wyodrębnienie tego tematu, co pozwala na podkreślenie historycznego znaczenia odkryć Galileusza. Samodzielnie wykonywane ćwiczenia motywują uczniów do bardziej aktywnej pracy na lekcji. Wzrasta zainteresowanie i zaangażowanie uczniów w proces uczenia się. Praca na lekcji poprzez wykorzystanie wcześniej przygotowanej prezentacji przebiega

sprawnie. Może to być również jedna z lekcji podsumowujących i rozszerzających wiedzę i umiejętności z zakresu optyki geometrycznej.

## **7. Działania, metody i środki uczenia się**

Początek lekcji to sformułowanie problemu i tematu. Można dodatkowo posłużyć się fragmentem filmu, demonstrując odkrycia dokonane przez Galileusza z użyciem lunety. Element historii może być środkiem angażującym uczniów w pracę na lekcji.

Podstawowym środkiem motywującym jest jednak samodzielne podejmowanie prób zestawienia soczewek w układ, przy pomocy którego uzyskać można powiększony obraz. W trakcie ćwiczenia uczniowie mogą samodzielnie dojść do dwóch właściwych rozwiązań – typowych dla lunet Galileusza (obraz prosty) bądź Keplera (obraz odwrócony). Metoda poszukująca i praktyczna znajduje tu doskonałe zastosowanie. Wykorzystanie kart pracy pozwala w sposób klarowny i prosty uporządkować zdobywaną wiedzę i umiejętności.

## **8. Trudności w nauczaniu i uczeniu się**

Wiedza o tym, jak powstaje obraz w lunecie nie powinna być powierzchowna, oparta o nieprecyzyjne, potoczne poglądy nie oddające istoty zagadnienia. Ważne jest, by była ona oparta o podstawowe prawa optyki: prawa odbicia i załamania. Jest to zresztą doskonała okazja, by zilustrować zastosowanie tych praw w praktyce.

Zachęcenie uczniów do samodzielnego eksperymentowania jest próbą odejścia od tradycyjnego sposobu podawania gotowych wiadomości, co zwykle nie jest skuteczną metodą nauczania. Trudności mogą się pojawiać na etapie systematyzowania spostrzeżeń, przy wydzieleniu dwóch odrębnych układów optycznych stosowanych w lunetach. Schematy wyświetlane za pomocą komputera i rzutnika powinny przyczynić się do jednoznacznego wyjaśnienia tej kwestii.

## **9. Umiejętności pedagogiczne nauczyciela**

Informacje potrzebne do przeprowadzenia zajęć zostały podane w scenariuszu lekcji, pracownia fizyczna na ogół wyposażona jest w pewną ilość soczewek, które mają posłużyć do samodzielnych prób odtworzenia schematów budowy lunet. Można też poprosić uczniów o przyniesienie lup bądź nieużywanych szkieł okularowych. Samo przeprowadzenie zajęć nie powinno przedstawiać trudności. Dzięki kartom pracy proces nabywania, systematyzowania i utrwalania nabytej wiedzy przebiega sprawnie i w dużej mierze odbywa się na zasadzie samodzielnej pracy uczniów, jedynie w ograniczony sposób kontrolowanej przez nauczyciela.

## **10. Dokumentacja (świadczenie) badań**

- scenariusz lekcji: <http://hipst.fizyka.umk.pl>
- karta pracy dołączona do scenariusza
- opcjonalnie fragment filmu „Eyes on the Skies” wydany na płycie DVD z okazji Międzynarodowego Roku Astronomii 2009

## **11. Dalsze doskonalenie zawodowe użytkowników**

1. Sierotowicz T., „Galileusz”, WAM Kraków
2. Kreiner J. „Ziemia i Wszechświat”, Wyd. Naukowe UP Kraków

3. North J. „Historia astronomii i kosmologii”, Wyd. Książnica
4. Prezentacja multimedialna: Rochowicz K. „Teleskopy optyczne” na stronie:  
<http://hipst.fizyka.umk.pl>

## **12. Pisemne zasoby literaturowe**

1. Referat wygłoszony na II narodowym spotkaniu uczestników programu HIPST, Olsztyn – 11.09.2009
2. Prezentacja multimedialna do wygłoszonego ww. referatu.