

LEKCJA OPTYKI Z WYKORZYSTANIEM BADAŃ WITELONA¹

Justyna Chojnacka

Zespół Szkół nr 4, IV liceum Ogólnokształcące im. K. K. Baczyńskiego we Włocławku

Wprowadzenie

Międzynarodowy projekt HIPST (History and Philosophy in Science Teaching) skupia się na realizacji celów, wśród których dominują integracja nauki z życiem społecznym i społeczeństwa z nauką, wspieranie młodych ludzi w ich zainteresowaniach nauką poprzez zachęcanie do krytycznego i twórczego myślenia, a także wskazanie pozytywnych stron wynikających ze związania swojego życia z nauką, poświęcenia się karierze naukowej. Nie tylko koordynatorzy tego projektu, ale przede wszystkim nauczyciele powinni zauważyć tu ogromne pole dla swoich działań – nie tylko dydaktycznych. Od nas bowiem, od tego czy w jasny i zrozumiały dla ucznia sposób przekazujemy wiedzę z przedmiotów przyrodniczych oraz od tego, ile pozostawimy „wolnego miejsca” na samodzielne jego dążenie do poznania prawdy zależy, jaką drogę zawodową wybierze. Mając to na uwadze oraz konkretny temat – „Badania Witelo nad prostoliniowym rozchodzeniem się światła” do realizowania, zagłębiłam się w lekturze „Witelona Perspektywy” w przekładzie na język polski L. Bieganowskiego, A. Bielskiego, R.S. Dygdała [1].

Tematyka związana ze światłem oraz jego rolą w przyrodzie w polskim programie nauczania podzielona jest na tematy związane z optyką geometryczną, która jedynie w sposób lakoniczny opisuje rozchodzenie się światła oraz optykę falową, w ramach której omawiane są zjawiska związane z falową naturą światła, czyli interferencja, dyfrakcja, polaryzacja. Później, w ramach fizyki współczesnej, omawiana jest jego druga – cząsteczkowa natura. Jednym z pierwszych – jeśli nie pierwszym tematem jest zjawisko odbicia i załamania światła padającego na granicę między dwoma różnorodnymi ośrodkami. Najczęściej właśnie przy tej okazji mówi się o podstawowym założeniu optyki geometrycznej, czyli o prostoliniowym rozchodzeniu się światła, a samo światło przedstawia się w postaci promieni. Później taki model światła wykorzystywany jest przy konstruowaniu obrazów powstających w zwierciadłach, soczewkach, a także bardziej złożonych przyrządach optycznych. Na ogół jednak, w natłoku materiału, który należy zrealizować w przeciągu jednostki lekcyjnej, pomija się wyjaśnienia dotyczące tego, na jakiej podstawie światło „rysuje się” w postaci półprostych lub odcinków, czyli promieni świetlnych, a także dyskusję o fizycznych przesłankach, obserwacjach potwierdzających słuszność tego założenia. Przyjmujemy to za pewnik (aksjomat). Brakuje więc w naszym programie nauczania lekcji wprowadzającej do optyki geometrycznej, lekcji, podczas której uczniowie samodzielnie wnioskowałyby o prostoliniowym biegu światła oraz o konsekwencjach takiego jego zachowania.

Doświadczenie Witelona

Mówiąc o prostoliniowym rozchodzeniu się światła nie sposób pominąć osoby Witelo – pierwszego w dziejach polskiego uczonego, którego dzieła znane były m.in. Mikołajowi Kopernikowi, Johannes'owi Kepleroowi oraz Leonardo da Vinci [2].

Wiek XIII - głębokie średniowiecze – to czas zabobonów, czarownic, demonów i diabłów. Za sprawą jednak Witelo i jemu podobnych czas ten stał się czasem fascynacji logiką, racjonalizmem Arystotelesa. Dla Witelo bowiem fakty empiryczne miały istotniejsze znaczenie niż poznanie intuicyjne. Zarówno sytuacja polityczna w kraju, jak i powszechnie przyjęty światopogląd, podnoszący rangę kościoła do najwyższej, nie sprzyjały rozwojowi Witelo, który właśnie rozpoczynał studia na uniwersytecie w Paryżu. Tam też spotkał Witelo św. Tomasza będącego, jak on sam, zwolennikiem teorii Arystotelesa. Równocześnie na uniwersytecie paryskim wykładał św. Bonawentura, reprezentujący drugą stronę barykady światopoglądowej. W ostatecznym rozrachunku, to jednak św. Bonawentura, a nie Tomasz zaszczylił młodemu Polakowi swoją fascynację światłem. Witelo miał już wtedy bowiem własną teorię mechanizmu widzenia oraz jego fizjologii, w szczególności własną teorię powstawania złudzeń optycznych, pisząc że „oko nie otrzymuje żadnej innej informacji poza światłem, barwą i wielkością kątową” a dopiero umysł dokonuje „przetworzenia wrażeń za pomocą przedstawień branych z doświadczenia”. Swoją teorię Witelo doskonale wykorzystał wyjaśniając, bez odwołania się do „szatańskich mocy” zdarzenia, do którego doszło w jego rodzinnych stronach. Oto szarym światem, niejaki Henryk Kot z zawodu rycerz, podczas polowania na wilki w lesie pod Legnicą, ujrzał wilka wielkości ściany lasu. Gigantyczna bestia biegła do wieprzka przywiązanego na przynętę obok sideł. Rycerz Kot, choć "w wielkim strachu", zdołał jednak pozostać na stanowisku na tyle długo, by ujrzeć rzecz niezwykłą - wilk w miarę jak zbliżał się do prosiaka robił się coraz mniejszy i mniejszy, a gdy dopadał ofiary był już naturalnej wielkości. Witelo zwrócił uwagę, że obserwacji dokonywano przy bardzo słabym świetle (o świcie),

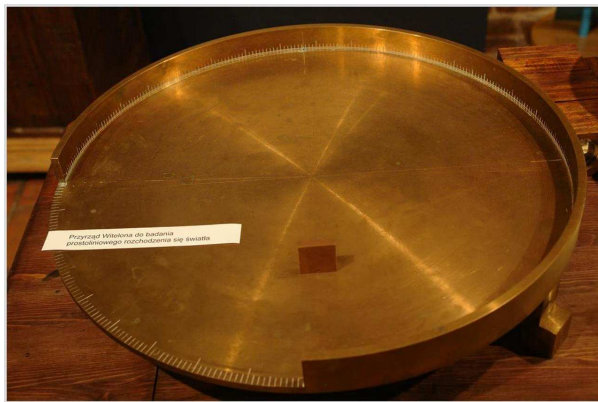
¹ Powyższa praca została zrealizowana w ramach Europejskiego Projektu FP7 HIPST (Historia i Filozofia Nauki w Nauczaniu Przedmiotów Przyrodniczych).

co uniemożliwiało właściwą ocenę odległości. Stąd doszło do złudzenia optycznego, wynikłego z niedostatku informacji odebranej przez oko [3].

Poważną pracą naukową nad optyką Witelo rozpoczął jednak dopiero na dworze papieskim – podczas konklawe po śmierci papieża Klemensa IV. W wyniku tejże pracy powstało dzieło życia Witelo „*Perspectivorum libri decem*”. W księdze tej zebrany został cały stan ówczesnej wiedzy w zakresie optyki. Zjawiska prostoliniowego rozchodzenia się światła, jego odbicia, załamania i rozproszenia zostały omówione w sposób najbardziej ścisły, w oparciu o prawa matematyki i geometrii.

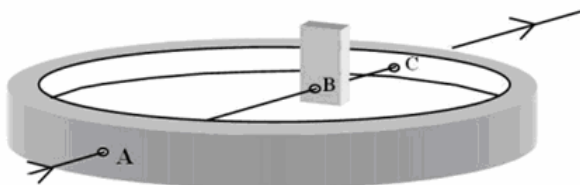
Witelo w dziele „*Perspectivorum...*” opisuje urządzenia, które posłużyły mu w empirycznym poznaniu zjawisk fizycznych, w szczególności urządzenie, przy pomocy którego w prosty, acz genialny sposób dowiódł on prostoliniowości biegu światła. Urządzenie to zostało zrekonstruowane, a następnie wykorzystane najpierw podczas pokazów eksperymentów historycznych [4,5], a przeze mnie podczas lekcji (Zał. 1).

Przyrząd stanowi pusty, płaski cylinder z zakrytym dnem (Rys. 1.). Na wewnętrznej ścianie cylindra została naniesiona skala w stopniach. W ścianie cylindra, w dwóch wzajemnie naprzeciwległych położeniach (miejscach) wywiercono identycznych rozmiarów (2-3 mm) otwory kołowe. Otwory te znajdują się na takiej samej wysokości: ok 2-3 mm względem dna przyrządu. We wnętrzu naczynia umieszczono płasko – równoległą płytkę z wywierconym otworem, o takiej średnicy oraz na takiej wysokości, jak szczeliny kołowe wywiercone w ścianach walca.

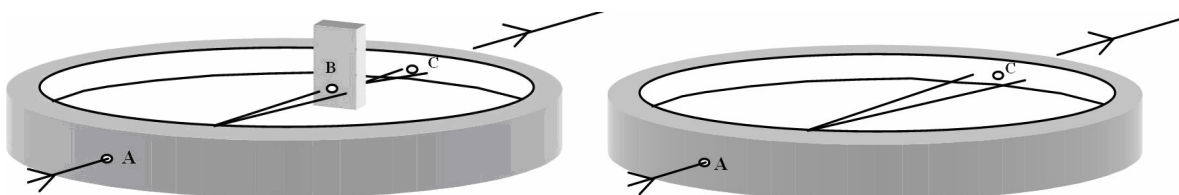


Rys. 1. Replika przyrządu Witelo.

Płytkę tą przymocowana jest do dna. W ten sposób środki wszystkich trzech otworów leżą na jednej prostej, prostopadłej do średnicy cylindra (Rys. 2.) [1]. Aby właściwie wykorzystać opisany wyżej przyrząd należy naprzeciw jednego z otworów (A) umieścić źródło światła. Światło po przejściu przez ten otwór oraz otwór w płycie (B) pada na ścianę walca, gdzie znajduje się trzeci otwór (C), tworząc w tym miejscu kolistą plamę o niewielkiej średnicy (Rys. 3a.). Na wewnętrznej ścianie walca odczytujemy rozwartość wiązki w stopniach, a następnie usuwamy z jego wnętrza prostopadłościenną płytkę. Na ścianie walca obserwujemy wówczas znaczny wzrost średnicy kolistej plamy (Rys. 3b.). Dokonując kolejnego pomiaru rozpiętości wiązki stwierdzamy, iż jej przyrost mierzony w stopniach po obu stronach otworu C jest taki sam. Wniosek – światło w ośrodkach jednorodnych, nie napotykając na żadne przeszkody, rozchodzi się prostoliniowo, w przeciwnym razie bowiem przyrost wiązki po jednej i po drugiej stronie względem środka otworu C byłby różny.



Rys. 2. Schemat urządzenia do badania prostoliniowego biegu światła.



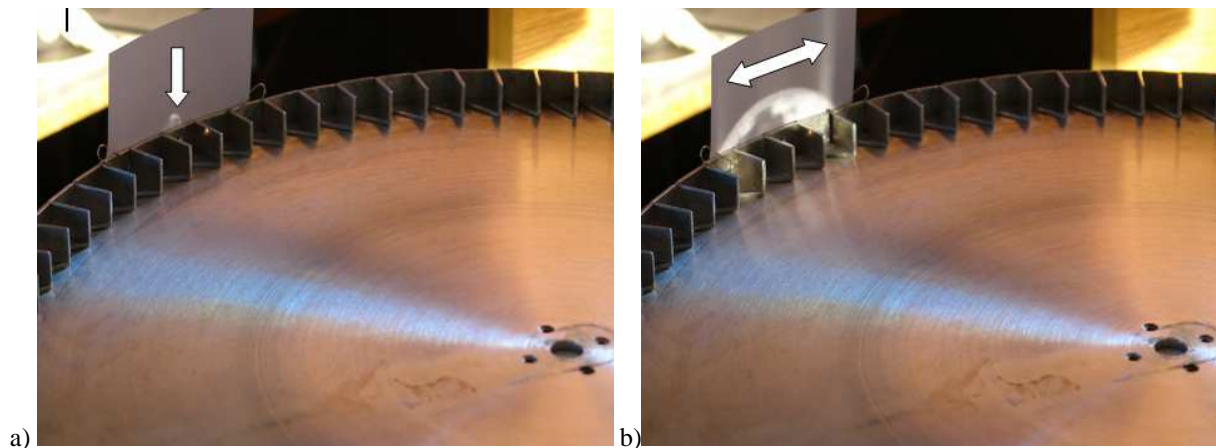
a)

b)

Rys. 3 a, b. Efekt doświadczenie Witelo.

Analogiczne doświadczenie (w formie) zostało przeprowadzone podczas lekcji nt. „Badania Witelo nad prostoliniowym rozchodzeniem się światła”. Konspekt jej został zamieszczony w załączniku do niniejszego artykułu. Zmieniono tu – jedynie nieznacznie – układ pomiarowy. Korzystaliśmy bowiem nie z wiernej repliki układu witelońskiego a jedynie z jego kopii (Rys. 4a,b.), co nie jest tu bez znaczenia, okazuje się bowiem, że przyrząd można wykonać samodzielnie z powszechnie używanych materiałów. Dla jedynie jakościowego pomiaru prostoliniowego rozchodzenia się światła nie należy również zbytnio skupiać się na jego dokładności (stopnie na wewnętrznej ścianie walca wystarczy odmierzyć co 5^0).

Wyniki „naszego” doświadczenia, przeprowadzonego podobnie do wyżej opisanego, dawały zadowalające rezultaty. Wykonaliśmy dwa pomiary rozpiętości wiązki – z prostopadłością i bez niej wewnątrz walca – które po porównaniu pozwoliły stwierdzić, że światło biegnie prostoliniowo (Rys. 4a. i 4b).



Rys. 4a, b. „Nasze” wyniki doświadczenia Witelo.

Omówiona wyżej metoda pomiaru prostoliniowości biegu światła jest znakomita dla przypadku rozciągniętych źródeł. Natomiast na dowód takiegoż biegu skupionej wiązki światła, chociażby laserowego, znamy wiele współczesnych metod opartych na zwiększeniu gęstości środowiska, w którym ono się rozchodzi (np. zadymionym akwarium).

Lekcja przeprowadzona w ramach projektu HIPST miała realizować cele zaznaczone na początku artykułu. Aby zbadać w jakim stopniu zostały zrealizowane, czyli czy i w jakim stopniu wzrosło zainteresowanie młodzieży badaniami naukowymi i nauką w ogóle, została przeprowadzona ankieta. Pytania składające się na ankietę miały za zadanie wydobyc indywidualne poglądy uczniów nt. szeroko pojętej nauki, ludzi, którzy się nią zajmują (naukowców), a w dalszej części także informacje o ich predyspozycjach do uprawiania nauki. W odpowiedzi na to ostatnie pytanie, pomoc miała możliwość samodzielnego prowadzenie prostych badań (planowanie przebiegu doświadczenia, obserwacja, formułowanie – niekoniecznie prawdziwych wniosków) oraz ich weryfikacja.

W ankiecie którą w całości zamieszczono na str. 32 – 35, 31 numeru „Nauczanie Przedmiotów Przyrodniczych”, wyraźnie wyodrębniono dwie części. Część pierwsza, na którą składają się pytania dotyczące pojęcia nauki, wyobrażenia uczniów o jej uprawianiu oraz osobach, które to czynią, czyli naukowcach, a także świadomości uczniów związanej ze stosowaniem osiągnięć nauki w życiu współczesnym. Uczniowie udzielając odpowiedzi na poszczególne pytania stosowali skalę Likiersta wybierając spośród odpowiedzi: nie, raczej nie, nie wiem, raczej tak, tak. Druga część ankiety natomiast zawiera 15 zdań twierdzących, przy czym każde zdanie opisuje dwa typy osób. Przy udzielaniu odpowiedzi, należało określić, która z tych osób lepiej opisuje ankietowanego ucznia. Uczniowie mieli do wyboru dwie odpowiedzi: dany typ osoby opisuje mnie bądź umiarkowanie, bądź doskonale. Uczniowie wypełniali tę samą ankietę dwukrotnie: przed i po zakończeniu lekcji.

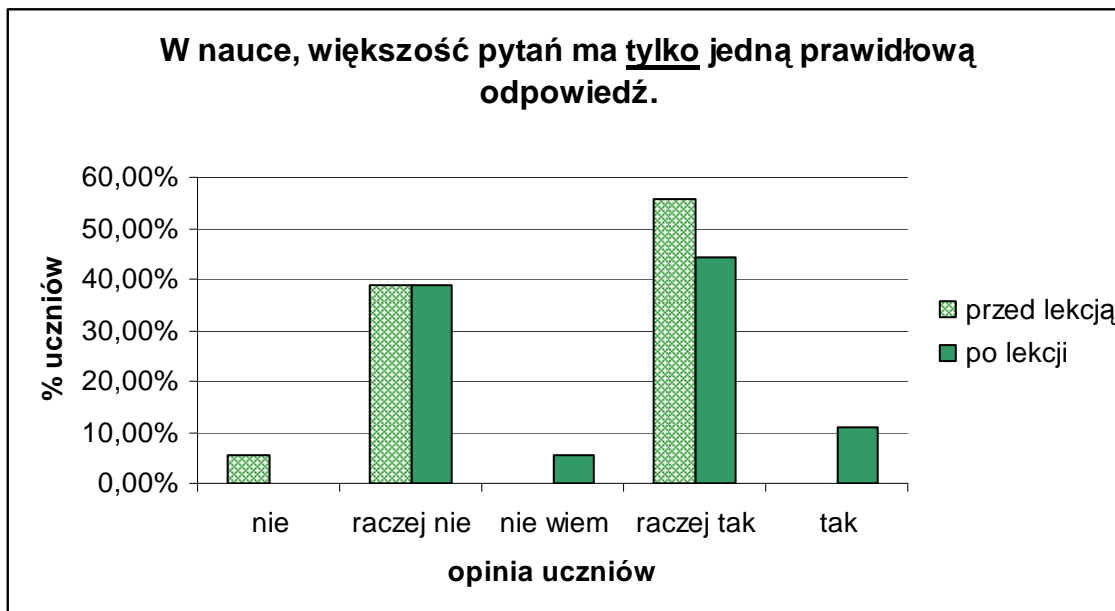
W ankiecie wzięli udział uczniowie II klasy Liceum Ogólnokształcącego (młodzież w wieku 18 – stu lat) uczący się w profilu matematyczno – fizycznym. Ogółem ankietę wypełniło 18 osób, w tym 13 mężczyzn i 5 kobiet.

Poniżej zamieszczam wykresy wraz z krótkim komentarzem ilustrujące, w jaki sposób zmienia się podejście uczniów, ich pogląd na naukę i naukowców po przeprowadzonej lekcji nt. „Badania Witelo nad prostoliniowym

rozchodzeniem się światła”.

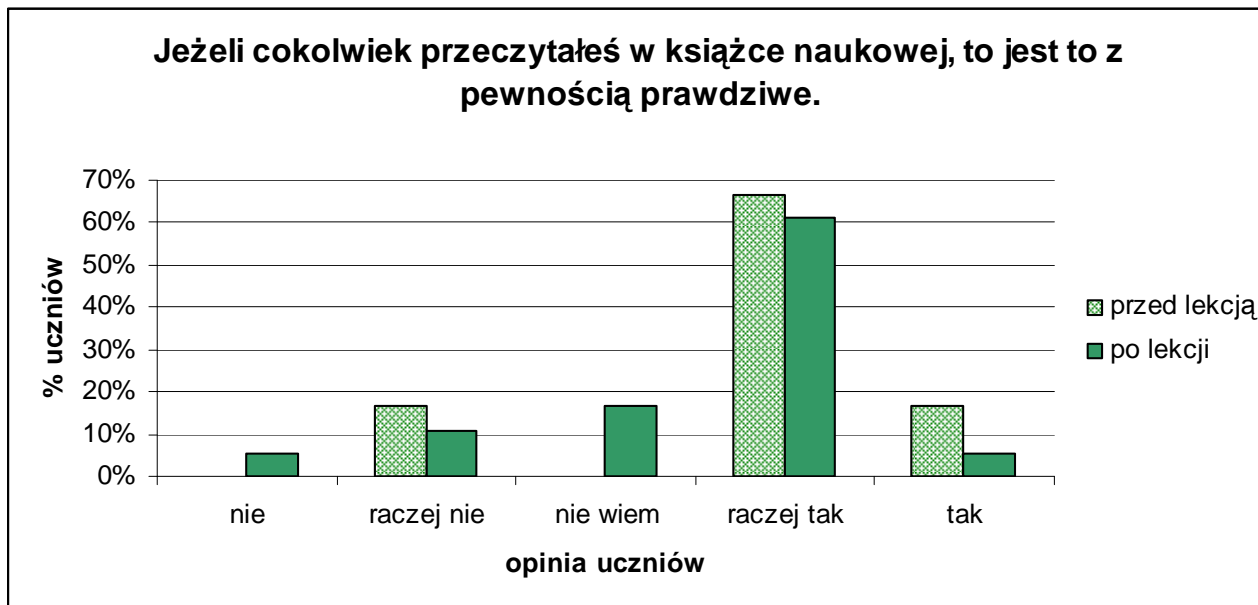
Część pierwsza ankiety zawiera 22 zdania twierdzące, które można podzielić na trzy podgrupy: zdania dotyczące nauki, jej unitarności, naukowców i warunków ich pracy oraz naszego wpływu na dokonywane odkrycia oraz prowadzone prace badawcze. Uczniowie zaznaczając pole wyboru poprzez X określali zgodność (lub niezgodność) z opinią przedstawioną w zdaniu. Na część pierwszą składają się zdania typu:

W nauce większość pytań ma tylko jedną prawidłową odpowiedź, Nauka pomaga zrozumieć nam świat, W nauce prawda pozostaje zawsze ta sama, Nauka jest tylko dla mężczyzn/kobiet. Poniżej zamieszczone zostały jedynie dwa spośród dwudziestu dwóch wykresów.



Rys.5. Tendencje prezentowane przez uczniów w związku ze zdaniem „W nauce, większość pytań ma tylko jedną prawidłową odpowiedź”.

Przed lekcją nt. prostoliniowego biegu światła 55,6% uczniów stwierdziło, że w nauce raczej większość pytań ma tylko jedną poprawną odpowiedź i tylko jedna osoba stanowczo zaprzeczyła temu stwierdzeniu. Po lekcji pogląd uczniów na ten fakt nie ulegnie nieznacznej zmianie (Rys.5.).



Rys. 6. Tendencje prezentowane przez uczniów w związku ze zdaniem „Jeżeli cokolwiek przeczytałeś w książce naukowej, to jest to z pewnością prawdziwe”.

Ponad połowa uczniów (przed lekcją 66,7%, po lekcji 61,1%) jest zdania, że treści zawarte w książkach naukowych są prawdziwe. Pozostaje więc tylko pytanie: czy uczniowie potrafią odróżnić książki (treści) naukowe od popularno – naukowych czy pseudo naukowych i prawdę w nich zawartą, na podstawie której

uważają je za niepodważalne (Rys.6.).

Druga część ankiety składa się z 15 zdań opisujących dwa typy osób. Uczniowie stawiając w polu wyboru znak X określają w jakim stopniu: umiarkowanie czy doskonale, utożsamiają się z danym typem osoby. Zdania opisujące poszczególne typy osób nie różnią się zasadniczo od siebie, krążą one wokół tego samego tematu: Czy uczniowie wykazują samodzielność w odkrywaniu praw przyrodniczych? Stąd też wynika moje ogólne podsumowanie drugiej części ankiety.

Uczniowie (młodzież w wieku szkolnym) lubią samodzielnie pracować podczas lekcji przyrodniczych. Aż 83,3% osób zaznaczyło, że zdanie dotyczące samodzielności pracy na lekcji opisuje ich w sposób doskonały. Od nauczyciela wymagają jedynie nieznacznego zaangażowania np. poprzez ustalenie tematyki prowadzonych badań. Jednocześnie wykazują chęć do pracy w zespole – 77,8% osób po skończeniu lekcji stwierdziła, iż ten typ osoby opisuje właśnie ich. Łatwiej jest im prowadzić dyskusje, poddawać w wątpliwość czynione obserwacje, bądź wyciągane wnioski w gronie swoich rówieśników, niż dyskutować je z nauczycielem. Dla młodych ludzi, dla których przedmioty przyrodnicze nie stanowią ulubionych zajęć, możliwość samodzielnego prowadzenia prostych badań „naukowych” jest nie lada wyzwaniem i jak się okazuje czystą przyjemnością. Lekcje, podczas których uczniowie samodzielnie wykonują doświadczenia są dla znakomitej większości uczniów atrakcyjne. Jednocześnie ponosząc trud badań zdają sobie sprawę, jak czasami trudno jest zrozumieć cokolwiek powiązanego z nauką, a w szczególności nauką ścisłą.

Lekcja przeprowadzona w opisanym powyżej formie zakończyła się sukcesem. Uczniowie bardzo chętnie brali udział w każdej części lekcji, a podczas lekcji kolejnych nie trudno było uzyskać od nich pomoc w przeprowadzaniu doświadczeń i omawiania ich wyników.

Literatura:

- [1]. L. Bieganowski, A. Bielski, R.S. Dygdała, W. Wróblewski, *Witelona Perspektywy Księga II i III*, Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, 1991.
- [2]. Bielski, L. Bieganowski, *Zarys tradycji witełńskiej w literaturze nauk przyrodniczych*, *Analecta, studia i materiały z dziejów nauki*, R. XV zeszyt 1-2, 2006.
- [3]. <http://przewodas.w.interia.pl/witelon.html>.
- [4]. J. Turło, K. Służewski, J. Rybicki, A. Karbowski, Przykłady eksperymentów historycznych w nauczaniu fizyki, *Fizyka w Szkole*, t. 262, 2002 str. 62-72.
- [5]. J. Turło, E. Dąbkowska, K. Służewski, A. Karbowski, G. Osiński, K. Przegiętka, Jak eksperymentowano dawniej? Od Witelo do Foucaulta, UMK, Toruń 2006, 20 stron, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/PDF/Historyczne_scenariusz_2006/index.html

Załącznik nr 1 – konspekt lekcji

Temat: **Badania Witelona nad prostoliniowym rozchodzeniem się światła**

Cele ogólne:

Poznanie założeń determinujących opis światła w optyce geometrycznej.

Cele szczegółowe

Uczeń:

- a) zna historyczne przesłanki motywujące do poszukiwania odpowiedzi na pytania związane z ludzkim
- b) postrzeganiem, widzeniem światła,
- c) rozumie potrzebę tworzenia i uściślenia nowych pojęć fizycznych oraz formułowania i dowodzenia twierdzeń,
- d) rozumie wagę empirycznego dowodzenia stawianych tez,
- e) dostrzega, poznając pewne fragmenty dzieła Witelona, ewolucję myśli,
- f) zna podstawowe założenia optyki geometrycznej,
- g) potrafi opisać przebieg oraz wytłumaczyć rezultat historycznego doświadczenia Witelona, wyjaśnia sposób powstawania cienia i półcienia,
- h) wie w jakich warunkach obserwujemy zjawiska zaćmienia Słońca i Księżyca,
- i) wskazuje obszary życia codziennego, w których zjawisko cienia i półcienia jest wykorzystywane.

Metody dydaktyczne:

- a) oparta na słowie, pogadanka – przedstawienie w jasny i przejrzysty sposób konieczności prowadzenia przez Witelona badań w dziedzinie optyki, a także przytoczenie niektórych definicji, postulatów i twierdzeń przez niego sformułowanych,
- b) oparta na obserwacji i pomiarze, pokaz i pomiar – powtórzenie, w najdrobniejszych szczegółach, doświadczenia Witelona przez dwie pary

uczniów, odczytanie wyników oraz wyciąganie właściwych wniosków.

Środki dydaktyczne:

- a) kopia (replika) urządzenia Witelona do prezentacji prostoliniowego rozchodzenia się światła,
- b) projektor multimedialny, komputer,
- c) rzutnik, przykładowe przedmioty przezroczyste i nieprzezroczyste,
- d) trzy źródła światła (świeczki, żarówki),
- e) trzy różnych rozmiarów piłki lub okrągłe owoce,
- f) tablica, kreda.
- g) Formy pracy:
- h) praca indywidualna,
- i) praca w zespołach 5-cio osobowych,
- j) praca domowa.

1) Nauczyciel wita się z uczniami, zapisuje temat lekcji na tablicy i informuje, w skrócie, o celach dzisiejszego spotkania.

WSTĘP

Witelo był niegdyś jednym z najznamienitszych polskich uczonych. Swoje badania rozciągnął on na niemalże każdy segment nauki, stąd też kolejne dzieła przez niego pisane tworzyły integralną z elementami życia codziennego całość. Jego praca „Perspektywa” poświęcona, jakby się mogło wydawać optyce, a więc jednemu z działów fizyki, stanowi także podstawowe dzieło z geometrii, a także fizjologii człowieka, ponieważ poświęca on całą księgę opisowi budowy oka oraz mechanizmom jego działania. Witelo uwzględnił tu również podświadome funkcjonowanie umysłu w tym zakresie, a więc jego wpływ na „widzenie”. Płaszczyzn badań Witelona było wiele, był on bowiem nie tylko przyrodnikiem, ale także matematykiem i filozofem. My, na lekcjach fizyki, ograniczymy się do prześledzenia toku myślenia Witelona, które doprowadziło go do sformułowania kolejnych twierdzeń oraz kilku doświadczeń dających podstawy współcześnie nauczanej optyki geometrycznej (Nauczyciel wyświetla slajd nr 2 z prezentacji - Rys.1.).



Rys.1. Slajd nr 2 prezentacji.

PRZEBIEG LEKCJI

Czynności nauczyciela	Czynności ucznia
1. Nauczyciel zadaje pytania: Czym jest światło?	- Światło to zakres widzialny promieniowania elektromagnetycznego (fala elektromagnetyczna), - zbiór cząstek – fotonów, każdy z nich o energii $E = h\nu$.
2. Nauczyciel pokazuje umieszczoną w prezentacji multimedialnej definicję światła wg Witelona (Rys.2.).	- uczniowie zwracają uwagę na archaiczne sformułowanie definicji,

Definicja światła wg Witelona -
Witelona Perspektywy księga II

Światłem pierwotnym nazywa się to, które jest przyczyną [światła] wtórnego. Tak np. światło wchodzące przez okno do mieszkania i oświetlające resztę mieszkania, w miejscu na które pada, nazywa się światłem pierwotnym, a w kącie mieszkania nazywa się światłem wtórnym.

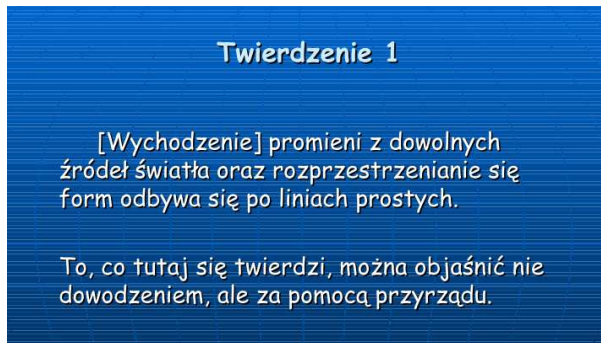
Rys.2. Definicja światła wg Witelona.

3. Co nazywamy źródłem światła?	- źródłem są wszelkie ciała świecące,
4. W jaki sposób światło rozchodzi się w przestrzeni?	- po liniach prostych
W jaki sposób możemy to zaobserwować?	- światło z lasera, cień
5. Wprowadza definicję promienia i wiązki światła: Witelon obserwując Słońce, przyjął, że światło rozchodzi się w przestrzeni w postaci tzw. promieni, linii świetlnych. Wg. Witelona światło można dostrzec jedynie wtedy, gdy posiada pewną szerokość, a więc linie wzdłuż których się rozchodzi muszą posiadać określoną szerokość. W środku tej linii znajduje się symboliczna linia matematyczna, czyli minimalna widzialna porcja światła. Wszystkie pozostałe linie światła biegną do niej równoległe. Zbiór równoległych promieni tworzy wiązkę światła. <i>Jest to pierwsze założenie optyki geometrycznej: Strumień świetlny jest to zbiór oddzielnych, niezależnych promieni.</i>	
6. Pokazuje rysunki na których można zauważyć, że promienie biegną po liniach prostych (Rys.3.).	- zauważają, że promienie na pokazywanych rysunkach są prostymi,



Rys.3. Slajd ukazujący prostoliniowość biegu światła.

<p>7. Prezentuje na slajdzie twierdzenie Witelona o prostoliniowym rozchodzeniu się światła (Rys.4.).</p>	<p>- zapoznają się z jego treścią</p> <p>„[Wychodzenie] promieni z dowolnych źródeł światła oraz rozprzestrzenianie się form odbywa się po liniach prostych. To, co tutaj się twierdzi, można objaśnić nie dowodzeniem, ale za pomocą przyrządu.”</p>
---	---



Rys.4. Slajd prezentacji ukazujący twierdzenie Witelona o prostoliniowym biegu światła.

<p>8. Pokazuje wierną kopię przyrządu, który niegdyś posłużył do udowodnienia prostoliniowego biegu światła. Jednocześnie na slajdzie znajduje się jego schemat, który uczniowie przerysowują (Rys.5.).</p>	<p>- uczeń opisuje urządzenie:</p> <p>Przyrząd stanowi pusty, płaski cylinder z zakrytym dnem. Na wewnętrznej ścianie cylindra została naniesiona skala w stopniach. W ścianie cylindra, w dwóch wzajemnie naprzeciwległych położeniach (miejscach) wywiercono, identycznych rozmiarów (2-3 mm) otwory kołowe. Otwory te znajdują się na takiej samej wysokości: ok 2-3 mm względem dna przyrządu. We wnętrzu naczynia umieszczono płasko – równoległą płytkę z wywierconym otworem o takiej średnicy oraz na takiej wysokości jak szczeliny kołowe wywiercone w ścianach walca. Płytkę tą przymocowana jest do dna. W ten sposób środki wszystkich trzech otworów leżą na jednej prostej, prostopadłej do średnicy cylindra.</p>
---	---

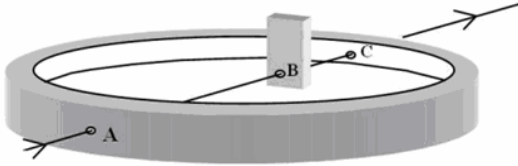


Rys.5. Slajd prezentacji ukazujący schemat układu do pomiaru prostoliniowości rozchodzenia się światła

<p>9. Wyjaśnia jak należy przeprowadzić doświadczenie.</p>	<p>- dwie pary uczniów wykonują doświadczenie, podają jego wyniki (odczytują rozwartość wiązki), inni wyciągają</p>
--	---

DOŚWIADCZENIE

Naprzeciw jednego z otworów umieszczamy źródło światła. Światło po przejściu przez ten otwór oraz otwór w płycie pada na ścianę walca, gdzie znajduje się trzeci otwór, tworząc w tym miejscu kolistą plamę.



Rys. 6. Schemat przyrządu, który niegdyś posłużył do udokumentowania prostoliniowego biegu światła.

OBSERWACJE

Na części ściany leżącej naprzeciw otworu oświetlonego powstaje kolista plama światła, środek tego koła świetlnego znajduje się dokładnie w środku kolejnego otworu (ozn. C). Odczytując na wewnętrznej stronie cylindra rozwartość tej wiązki zarówno po jednej jak i drugiej stronie otworu zauważamy, że jest ona taka sama.

WNIOSEK

Linia wzdłuż, której pada promień przechodzący przez środki obu otworów A i B oraz przez środek świetlnego koła C znajduje się na powierzchni płaskiej i jest średnicą koła. Średnica koła jest prostą.

10. Formułuje drugie założenie optyki geometrycznej:

Promienie światła biegną prostoliniowo od swego źródła do momentu, w którym napotkają przeszkodę lub nastąpi zmiana ośrodka, w którym się rozchodzą (Rys.7.).

- zapisują,

Główne założenie optyki geometrycznej:

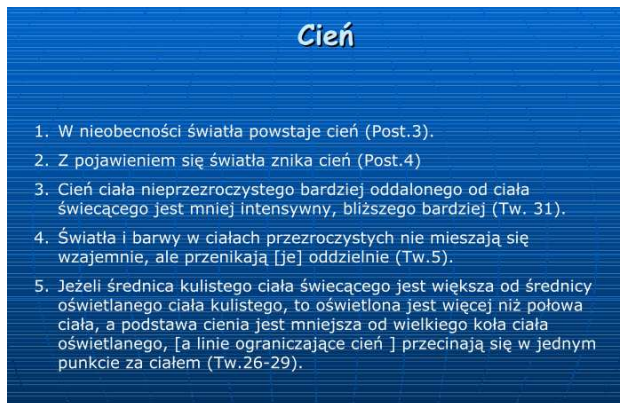
Promienie światła biegną prostoliniowo od swego źródła do momentu w którym napotkają przeszkodę lub nastąpi zmiana ośrodka, w którym się rozchodzą.

Rys.7. Slajd prezentacji ukazujący drugie założenie optyki geometrycznej.

11. Jedną z konsekwencji prostoliniowego rozchodzenia się światła jest powstawanie cienia.

12. Dzieli uczniów na 5 zespołów. Każdy zespół ma odpowiedni zestaw rekwizytów do demonstracji kolejnych zjawisk. Nauczyciel (N) zadaje pytania, uczniowie (U) odpowiadają.

Każdy wniosek płynący z doświadczenia przedstawiany jest na slajdach jako twierdzenie, które dużo wcześniej sformułował Witelon (Rys.8.).



Rys.8. Slajd prezentacji ukazujący wnioski płynące z doświadczeń.

Doświadczenie 1

Uczniowie prezentują cienie o różnych rozmiarach i kształtach. Zmieniają odległość oświetlanego przedmiotu od źródła światła.

N: Co to jest cień? Gdzie on powstaje?

U: Jest to obszar niedostępny dla światła.

N: Gdyby światło nie biegło po liniach prostych, ale w dowolny sposób, powstawanie cienia byłoby możliwe?

U: Nie, dlatego że każdy obszar mógłby być oświetlony.

N: Kiedy cień jest bardziej intensywny, a kiedy słabiej?

U: Cień jest tym intensywniejszy, im bliżej źródła światła znajduje się przedmiot.

Doświadczenie 2

Kierujemy wiązkę światła z rzutnika na przedmiot wykonany z materiału:

a) przezroczystego,

b) nieprzezroczystego.

N: Co zaobserwowaliście?

U: Cień powstaje w wyniku oświetlenia substancji nieprzezroczystej źródłem światła. Gdy oświetlmy przedmiot wykonany z substancji przezroczystej cień nie powstaje.

Doświadczenie 3

Oświetlamy te same przedmioty co w dośw.1 dwoma źródłami światła lub jednym, tym razem rozciągniętym jego źródłem.

N: Co obserwujemy?

U: Obserwujemy cień rozmyty tzn. silniejszy w obszarze cienia obu źródeł i słabszy wokół niego – obszar ten nazywamy półcieniem.

N: Jak powstaje półcień?

U: Jedno źródło światła oświetlając nieprzezroczysty przedmiot powoduje powstanie jego cienia. Jednocześnie obszar ten oświetlany jest przez drugie źródło światła, stąd efekt półcienia.

Doświadczenie 4

Oświetlamy przedmiot trzema źródłami światła.

N: Ile cieni powstało?

U: Trzy.

N: Od czego zależy liczba powstających cieni?

U: Od liczby źródeł światła.

N: Czy w przyrodzie występują naturalnie zjawiska związane z cieniem i półcieniem?

U: Tak, np. zaćmienie Słońca i Księżyca.

Doświadczenie 5

Uczniowie prezentują zaćmienie Słońca i Księżyca przez ustawienie w odpowiedniej kolejności, różnej wielkości piłek lub owoców.

2) Nauczyciel kończy lekcję zadając uczniom pracę domową: Czy istnieje „coś” (osoba, zwierzę, przedmiot) co w sprzyjających temu warunkach, nie rzuca cienia? Odpowiedź.