

Opis Przypadku badawczego
„Wkład obserwacji Mikołaja Kopernika do reformy kalendarza”
- dla wymiany w projekcie HIPST

1. Temat

Wkład obserwacji Mikołaja Kopernika do reformy kalendarza

słowa kluczowe: kalendarz, pozorny ruch Słońca, doświadczenie Kopernika, gnomon refleksyjny.

2. Autorzy i instytucje

mgr Magdalena Czerwińska,

Zespół Szkół Ogólnokształcących Nr 3 – Gimnazjum nr 30

ul. Raszei 1, 87 – 100 Toruń, Polska,

e-mail: macz@poczta.onet.pl

współpraca z Instytutem Fizyki UMK Toruń, dr Józefina Turło, e-mail: jturlo@fizyka.umk.pl

3. Streszczenie

W gimnazjum nauczyciele wprowadzają uczniów w świat wiedzy ... wdrażają ich do samodzielności ... Edukacja w gimnazjum powinna przede wszystkim: ...” Rozwijać umiejętności społeczne ucznia przez zdobywanie prawidłowych doświadczeń we współżyciu i współdziałaniu w grupie rówieśniczej”.

Zgodnie z powyższymi ogólnymi celami nauczania na III etapie edukacji zaproponowałam w ramach Przypadku badawczego przeprowadzenie **ciekawego eksperymentu fizycznego** dla tych **młodych ludzi, którzy chcą** pewien czas przeznaczyć na *Poznawanie podstawowych praw opisujących przebieg zjawisk fizycznych i astronomicznych w przyrodzie (cele edukacyjne w nauczaniu fizyki)* oraz *pobudzić w sobie zainteresowanie szeroko rozumianą przestrzenią geograficzną (cele edukacyjne w nauczaniu geografii)*. Zadaniem szkoły jest *„Ukazanie znaczenia odkryć w naukach przyrodniczych dla rozwoju cywilizacji...”*, a można to osiągnąć dzięki korelacji między-przedmiotowej. A wszystko po to, aby młody człowiek kończąc gimnazjum mógł *Stosować wiedzę geograficzną w życiu, Umiejętnie obserwował i opisywał zjawiska fizyczne i astronomiczne, Umiejętnie posługiwał się metodami badawczymi typowymi dla fizyki i astronomii oraz Operował podstawowymi kategoriami historycznymi: czasem ,..., zmiennością (osiągnięcia ucznia z danych przedmiotów)*.

Biorąc pod uwagę złożony rozwój tych różnorodnych zagadnień zaproponowałam wyposażenie uczniów zarówno w **wiedomości o charakterze fizyczno – astronomiczno – geograficzno – historycznym**, jak również w **umiejętności potrzebne do funkcjonowania w społeczeństwie i w życiu codziennym**. Tym ciekawym doświadczeniem łączącym tak wiele elementów jest **eksperyment Mikołaja Kopernika**, który miał wpływ na reformę kalendarza w XVI wieku. Podczas odtwarzania obserwacji sławnego astronoma, torunianina, młodzi ludzie poznają metodę gnomoniczno – odbiciową i samodzielnie przeprowadzają trwające dwa miesiące doświadczenie. W wyniku przeprowadzonych obserwacji wykreślają krzywe stożkowe, podobne do wyników Mikołaja Kopernika, świadczących o znalezieniu dnia równonocy wiosennej.

Zagadnienie poruszane w czasie realizacji ww. Przypadku badawczego zawarte są w następujących zagadnieniach polskiej Podstawy programowej:

- historia: Europa i świat śródziemnomorski w wiekach średnich...
- geografia: Ziemia jako część Wszechświata.
- fizyka: Układ Słoneczny,... Rozchodzenie się światła – zjawiska odbicia i załamania ... Natura światła...
- ścieżka filozoficzna: Najwybitniejsi przedstawiciele filozofii starożytnej: ..., Arystoteles.
- ścieżka regionalna: Elementy historii regionu i jego najwybitniejsi przedstawiciele.

Interesujące, niestandardowe doświadczenie fizyczno – geograficzne zostało **przeprowadzone w szkole**, dla kilkunastu uczniów, gdyż *Stworzenie możliwości przeprowadzenia doświadczeń fizycznych oraz Zapoznanie z metodami obserwowania, badania i opisywania zjawisk fizycznych i astronomicznych* jest zadaniem tej instytucji.

Po przedstawieniu wyników, na lekcji fizyki, uczniowie żywo dyskutowali i planowali powtórzenie eksperymentu, aby skorygować niedoskonałości wykonanych obserwacji

4. Opis Przypadku Badawczego

Zjawiska fizyczne i astronomiczne będące przedmiotem Przypadku badawczego są na ogół przedstawiane w szkole w oderwaniu od historii. Dzięki tablicy astronomicznej Mikołaja Kopernika, można wspólne zagadnienia dla fizyki, astronomii, geografii, filozofii i historii połączyć.

Celem Przypadku badawczego jest przedstawienie naukowej metody gnomoniczno – odbiciowej, zastosowanej na zamku w Olsztynie przez Mikołaja Kopernika oraz sprawdzenie, czy metoda ta pozwala wyznaczyć dzień równonocy słonecznej również w czasach obecnych.

Ze względu na długość czasową doświadczenia, zaplanowałam następujący przebieg Przypadku badawczego: lekcja wprowadzająca, przeprowadzenie eksperymentu, lekcja główna.

W trakcie lekcji wprowadzającej uczniowie poznają metodę gnomonu refleksyjnego wykorzystaną przez Mikołaja Kopernika (scenariusz lekcji wprowadzającej) oraz zgłaszają się chętni do pracy.

Przed przystąpieniem do odtworzenia doświadczenia należy wybrać miejsce na przeprowadzenie obserwacji (w naszym przypadku była to świetlica szkolna) tak, aby okna tego pomieszczenia były skierowane na stronę południową (półkula północna). Należy także przygotować przyrząd niezbędny do eksperymentu – zwierciadło na podstawce (np. dzięki aktywności jednego z uczniów).

Ochotnicy podzielili się na trzy zespoły oraz ustaliliśmy zasady dotyczące przebiegu eksperymentu:

- doświadczenie przeprowadzamy raz w tygodniu (środa),
- jeśli w ten dzień tygodnia nie będzie odpowiedniej pogody, to przeprowadzamy obserwacje w pierwszy najbliższy dzień słoneczny (oprócz soboty i niedzieli).

Pomiarów dokonywaliśmy trzy razy w ciągu dnia:

- pierwszy o 8.30,
- drugi o 12.00,
- trzeci o 15.00, czasu miejscowego.

Następnie przez dwa miesiące młodzi ludzie zaznaczali punkty obserwacyjne na suficie. Po wyznaczeniu ostatnich punktów wraz z dwoma uczniami i we współpracy z dydaktykami Instytutu Fizyki UMK przenieśliśmy wybrane punkty na układ współrzędnych.

W trakcie lekcji głównej, po przeprowadzeniu obserwacji, uczniowie zapoznali się z wynikami eksperymentu przeprowadzonego z grupą chętnych młodych ludzi, na lekcjach fizyki. Na zajęciach uczniowie za pomocą doświadczeń poznali cel obserwacji i wykorzystania tablicy astronomicznej przez Mikołaja Kopernika oraz wyniki naszego przedsięwzięcia (scenariusz lekcji głównej). W trakcie lekcji młodzież utrwaliła sobie pojęcie ruchu obrotowego i postępowego Ziemi oraz dowiedziała się dlaczego i jakie krzywe stożkowe pojawiają się bądź na suficie, bądź na ścianie. Ponadto, na następnych zajęciach została zaprezentowana uczniom tablica astronomiczna polskiego astronoma w trakcie prezentacji multimedialnej.

W moim przypadku lekcja wprowadzająca była przeprowadzona w ostatnim tygodniu przed feriami zimowymi dla uczniów klas drugich i trzecich gimnazjum. Pierwsze punkty zostały zaznaczone 18 lutego, a ostatnie 22 kwietnia 2009 roku. Lekcja główna została przeprowadzona w ostatnim tygodniu zajęć lekcyjnych.

Uczniowie jako pierwsi w Polsce i być może na świecie, pod moją opieką, odtworzyli doświadczenie Mikołaja Kopernika!

5. Podstawa historyczna i filozoficzna, włączając naturę nauki

Mikołaj Kopernik, który urodził się w Toruniu w 1473 roku, najbardziej jest znany z pracy opublikowanej w roku jego śmierci (1543 roku) „*O obrotach sfer niebieskich...*” („*De revolutionibus*”) zawierającej wykład na temat **heliocentrycznej** budowy naszego układu planetarnego. Do jego czasów obowiązywał model **geocentryczny** (w środku takiego układu znajduje się Ziemia, a pozostałe planety, Księżyc oraz Słońce na trzeciej orbicie krążą wokół niej po orbitach kołowych) opisany przez Ptolemeusza w II wieku n.e. Polski astronom zaś twierdzi, że w środku układu heliocentrycznego

znajduje się Słońce, a pozostałe planety, Księżyc oraz Ziemia na trzeciej orbicie krążą wokół niego po orbitach kołowych.

Okazuje się, że Mikołaj Kopernik pozostawił po sobie także inną pamiątkę. Do naszych czasów przetrwał oryginalny instrument astronomiczny na zamku w Olsztynie - **tablica astronomiczna**, służący do wyznaczenia dnia równonocy wiosennej, dzięki obserwacji pozornego ruchu Słońca. Była ona pomocna przy zmierzeniu czasu pełnego obrotu Ziemi wokół Słońca.

Na podstawie badań archeologicznych wiemy, że instrument ten wyznaczył dzień równonocy wiosennej w 1517 roku na 11 marca kalendarza juliańskiego.

Przypuszcza się, że tablica astronomiczna ma związek z pracami Mikołaja Kopernika nad reformą **kalendarza juliańskiego**, do której został zaproszony w 1513 roku przez papieża Leona X za pośrednictwem biskupa Pawła z Middelburga.

Za czasów sławnego astronoma obowiązywał kalendarz juliański, w którym średni rok kalendarzowy liczył 365,25 dni. Na **soborze nicejskim** w 325 roku ustalono kiedy mają być tzw. „święta ruchome”. Szczególnie chodziło o Święta Wielkanocne, które mają się rozpoczynać w pierwszą niedzielę po pierwszej wiosennej pełni Księżyca, a zatem po wiosennej równonocy. Początkowo równonoc wiosenna przypadała 21 marca, jednak z biegiem lat ta data zaczęła się przesuwać. W XIII wieku mówiło się o potrzebie zmian, jednak do czasów Kopernika nie udało się ich wprowadzić. Dopiero w 1582 roku papież Grzegorz XIII zreformował kalendarz, który obowiązuje obecnie i nazywa się **gregoriańskim**.

Przedstawiany Przypadek badawczy to propozycja odtworzenia obserwacji Mikołaja Kopernika, który do swoich badań wykorzystał jako pierwszy **zasadę refleksji**, która polegała na zaznaczaniu na płaszczyźnie kolejnych punktów padania promieni słonecznych po odbiciu od zwierciadła. W trakcie eksperymentu młodzi ludzie samodzielnie przeprowadzają doświadczenie poprzez zaznaczanie punktów w ściśle określonym czasie i zgodnie z samodzielnie „wymyślonymi” i wspólnie opracowanymi sposobami. Dzięki takiej pracy poznają trudności związane z obserwacją nieba i swoją z tym często bezradność.

W tym projekcie wykorzystane są elementy historii (kalendarz) oraz filozofii (układ geocentryczny i heliocentryczny), aby zaprezentować szeroki aspekt pracy i myśli fenomenalnego człowieka jakim był Mikołaj Kopernik.

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

Ten Przypadek badawczy to propozycja dla młodych osób, uczących się w **gimnazjum** (13 – 15 lat). Zajęcia przeprowadzane są w **szkole**. Mogą być to lekcje przedmiotowe optyki – szczególnie, gdy omawiamy właściwości światła lub prawo odbicia światła. Prezentujemy wówczas sposób przeprowadzenia obserwacji przez Mikołaja Kopernika (scenariusz lekcji wprowadzającej). Mogą też to być zajęcia pozalekcyjne, bądź realizowane w postaci projektu badawczego.

Pojęcia i zjawiska fizyczne, które są wykorzystane w trakcie zajęć to: prostoliniowe rozchodzenie się światła i prawo odbicia światła, zwierciadło, gnomon, gnomon refleksyjny, układ geocentryczny, układ heliocentryczny, ekliptyka, równik niebieski, równonoc, kalendarz, „białe noce”, ruch obrotowy Ziemi, ruch postępowy (obiegowy) Ziemi, ruch pozorny Słońca.

Pojawiają się też znane **postacie** z historii filozofii: Arystoteles, Ptolemeusz, Arystarch i Kopernik.

Część z tych pojęć jest znana uczniom już od klasy pierwszej gimnazjum. W ramach treści nauczania geografii związanych z Ziemią jako częścią Wszechświata, młody człowiek poznaje zagadnienia dotyczące ekliptyki, równika niebieskiego, ruchu obrotowego Ziemi, ruchu postępowego (obiegowego) Ziemi, ruchu pozornego Słońca. Natomiast w ramach treści nauczania fizyki z elementami astronomii - gdy młodzież poznaje budowę Układu Słonecznego, zapoznaje się także z historią opisu Wszechświata: układem geocentrycznym, układem heliocentrycznym, teoriami Ptolemeusza i Mikołaja Kopernika.

W zależności od sugestii odpowiedniego programu nauczania, pojęcia z optyki uczniowie poznają, bądź utrwalają w trakcie tego Przypadku badawczego.

Na koniec przedsięwzięcia uczniowie rozumieją podstawowe własności światła, a w szczególności prostoliniowe rozchodzenie się światła oraz prawo odbicia światła, a także pozorny ruch Słońca. Ponadto, poznają rozwój wiedzy oraz umiejętności fizycznych i technicznych związanych z gnomonem.

Dzięki dwumiesięcznej pracy nabywają umiejętność komunikacji i współpracy z sobą oraz osobami dorosłymi (m.in. rodzicami, nauczycielami, pracownikami i Dyrekcją Szkoły, pracownikami Instytutu

Fizyki UMK). Bardzo ważnym jest, iż jednocześnie uczniowie uczą się odpowiedzialności za przeprowadzany eksperyment. Wystarczyłoby, aby jeden zespół nie dokonał pomiaru, a praca pozostałych grup byłaby daremna. Oczywiście nieraz było tak, że pomiar był niemożliwy do wykonania ze względu na złą pogodę, np. rano, a już w południe i popołudniu można było wyznaczyć punkty i to robiliśmy mając świadomość, że dzięki nowoczesnym metodom matematyczno-informatycznym można będzie znaleźć brakujący punkt. Dzięki temu, że zespoły były trzyosobowe uczniowie pilnowali się wzajemnie i na miarę swoich możliwości i umiejętności podchodzili odpowiedzialnie do przeprowadzenia doświadczenia.

Istotnym jest, że w tym eksperymencie mogli brać udział wszyscy uczniowie, a więc i ci bardzo zdolni i mniej zdolni, ale również i uczniowie stwarzający czasem problemy wychowawcze.

7. Działania, metody i środki uczenia się

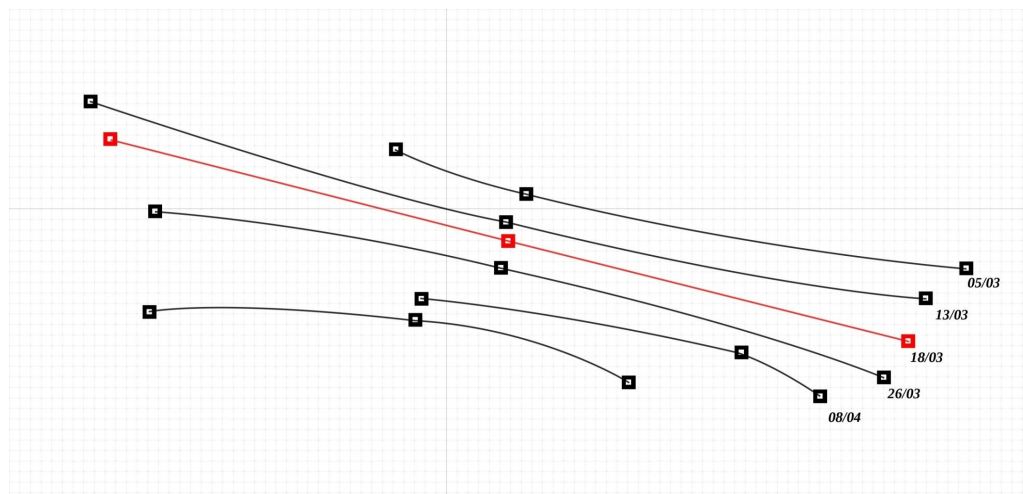
W trakcie realizacji Przypadku badawczego podejmowane są następujące działania:

1) Na lekcji wprowadzającej uczniowie **poznają** naukową metodę gnomoniczną – odbiciową zastosowaną przez Mikołaja Kopernika oraz zrealizowane są zaplanowane cele operacyjne poprzez **doświadczenia** wykorzystujące wskaźnik laserowy, lusterko i kartkę papieru. Na koniec zajęć dzięki zainicjowanej **dyskusji motywacyjnej** znajduje się uczniów chętnych do współpracy przy przeprowadzeniu doświadczenia.



Rys. 1. Zdjęcie sufitu, na którym zaznaczone były punkty pomiarowe

2) W trakcie dwumiesięcznych obserwacji **młodzież zaznaczyła** na suficie wiele punktów (rys. 1) zgodnie z ustalonymi zasadami. Dzięki współpracy z nauczycielami i innymi pracownikami Szkoły przeprowadzono doświadczenie. Niestety, Mikołaj Kopernik miał rację mówiąc, że „niebo w Polsce jest niedobre, o wiele lepsze jest we Włoszech”, gdyż w czasie przebiegu doświadczenia często niebo było zachmurzone. W ostateczności udało się przeprowadzić sześć pełnych pomiarów, tzn. zaznaczyć trzy punkty o różnych godzinach w ciągu jednego dnia (rys.2).



Rys. 2. Wykresy przedstawiające wyniki naszych pomiarów

3) Na lekcji głównej następuje podsumowanie dwumiesięcznej pracy uczniów oraz zrealizowanie celów operacyjnych poprzez **doświadczenie** z lampką i globusem, aby wyjaśnić ruch postępowy i obiegowy Ziemi, oraz z przyrządem zwanym w skrócie „gnomon z lampką”, aby wyjaśnić pozorny ruch Słońca i powstawanie krzywych stożkowych. Pod koniec zajęć młodzież **porównuje** podczas **dyskusji** wyniki pracy osób zaangażowanych w odtworzenie obserwacji Mikołaja Kopernika z wykresami otrzymanymi na lekcji. Wspólnie **odnajdujemy** istotne różnice:

- linia (w przybliżeniu) prosta określająca równonoc wiosenną przypada na 18 marca,
- w miarę wyraźne hiperbole są przed równonocą, jednak kolejne wykresy wskazują na pewne błędy podczas pomiaru lub podczas przenoszenia ich na układ współrzędnych (szczególnie widoczny jest błąd na wykresie z datą 8 kwietnia).

Następnie **zastanawiamy się nad przyczynami powstałych błędów**:

- utrudnienia przy zaznaczaniu punktów: średnica kółka („zajęczka”) dość duża; szybkie przemieszczanie się punktu – każda grupa zaznaczała go innym sposobem.
- przenoszenie punktów na podłogę. Pion zrobiony przez uczniów wisiał na cienkich nitkach i mimo staranności pomiaru nie zawsze był zawieszony w linii pionowej.
- zmiana czasu w nocy z 28 na 29 marca, co spowodowało, że zaznaczane punkty przesunęły się. Na wykresie jest to szczególnie widoczne, gdy porównamy pierwszy pomiar z 5.03 – godzina około 10.30, a także pomiary: pierwszy z 8.04 – około 12.00 oraz drugi pomiar z 22.04 – też około 12.00. W ten sposób punkt zakrzywienia hiperboli nie był odczytywany. I z tego też powodu krzywe nie mają spodziewanych kształtów.
- pogoda, zachmurzone niebo nie dawało możliwości dokonania większej ilości pomiarów, które by zweryfikowały inne pomiary.

Na koniec wspólnie **zastanawiamy się jak udoskonalić** Przypadek badawczy. Na kolejnej lekcji została zaprezentowana uczniom tablica astronomiczna Mikołaja Kopernika w trakcie prezentacji multimedialnej (rys.3)



Rys.3. Tablica astronomiczna Mikołaja Kopernika na zamku w Olsztynie

Zasadniczą linią tablicy jest linia AEQUINOCTIUM, czyli równonoc. Do naszych czasów zachowały się trzy litery: pierwsza wyglądająca jak T to ligatura AE, z przeciągniętą górną beleczką, druga to I oraz trzecia to C.

8. Trudności w nauczaniu i uczeniu się

Podczas lekcji wprowadzającej nasuwa się pytanie: **w jaki sposób pojawiają się hiperbole oraz linia prosta oznaczająca równonoc słoneczną?** Można wyjaśnić to zagadnienie wykorzystując **bazę matematyczną** związaną z krzywymi stożkowymi oraz funkcjami trygonometrycznymi. Na etapie szkół ponadgimnazjalnych (technika, licea) jest to możliwe, jednak na etapie gimnazjum uczniowie nie posiadają takiej wiedzy.

Najprostszym sposobem do rozwiązania tych trudności jest **doświadczenie z „gnomonem i lampką”**, gdzie młodzi ludzie w przystępny sposób dowiadują się, dlaczego podczas równonocy słonecznej na rys.2 jest linia prosta, a w pozostałych przypadkach pozornego ruchu Słońca pojawiają się hiperbole (scenariusz lekcji głównej).

Także podczas tej lekcji następuje **pierwszy etap udoskonalania** Przypadku badawczego, aby kolejne obserwacje były „pełniejsze”. Uczniowie od razu zasugerowali, że należy zwiększyć częstotliwość pomiarów w ciągu dnia – szczególnie w pobliżu godzin południowych.

Innym sposobem na udoskonalenie obserwacji może być znalezienie innego pomysłu na zaznaczanie punktów, np. jeśli pomieszczenie jest szerokie, to punkty tzw. „zajczków” będą wypadały na suficie, a jeśli wąski, to na przeciwległej ścianie. Jeśli skonstuuujemy **pion**, dzięki któremu byłaby pewność, że punkty „zrzucające” będą prostopadłe, to też zmniejszyłoby błędy pomiarowe.

Kolejnym krokiem do usuwania trudności w dokonywaniu pomiaru jest możliwość porównania otrzymanych wyników z wynikami obliczonymi teoretycznie i umieszczonymi na **odpowiedniej stronie internetowej**: <http://epsrv.astro.uni.torun.pl/cgi-bin/magda/sun/sun.cgi>. (w przypadku uzyskania punktów pomiarowych na suficie)

9. Umiejętności pedagogiczne

O tablicy astronomicznej dotąd nie wiedziałam, tak jak i moi uczniowie. Dzięki zaangażowaniu się w projekt HIPST dowiedziałam się wiele o tym Przypadku badawczym. Uczestnicząc w seminariach dotyczących tej tematyki oraz zapoznając się z odpowiednimi źródłami historycznymi zdobyłam umiejętności konieczne do przeprowadzenia doświadczenia Mikołaja Kopernika. Oprócz wiedzy najważniejszy był entuzjazm (zapał) osób zaangażowanych w projekt – uczniów oraz innych, współpracujących pasjonatów.

Uważam, że wiele potrzebnych do przeprowadzenia zajęć informacji znajduje się w scenariuszach lekcji i w przygotowanych prezentacjach.

10. Dokumentacja (świadczenie) badań

W ramach Przypadku badawczego uczniowie aktywnie włączyli się w prace związane z odtworzeniem doświadczenia Mikołaja Kopernika.

1) Zaznaczali na suficie punkty o różnych godzinach:
o 8.30 (rys. 4)



Rys. 4. Punkty zaznaczane na suficie o 8.30

o 12.00 (rys. 5)



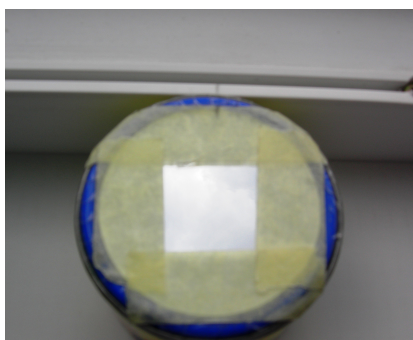
Rys. 5. Punkty zaznaczone na suficie o 12.00

o 15.00 (rys. 6)



Rys. 6. Punkty zaznaczone na suficie o godzinie 15.00

2) Jeden z uczniów wykonał przyrząd niezbędny do przeprowadzenia obserwacji – lusterko na podstawie. Było ono umieszczane na wewnętrznym parapecie w zaznaczonym ołówkiem punkcie. Także na lusterku był zaznaczony punkt ołówkiem. Układ potrzebny do doświadczenia, był ułożony prawidłowo, jeśli oba punkty zaznaczone ołówkiem były ze sobą styczne (rys. 7).



Rys. 7. Układ doświadczalny: parapet – lusterko

3) Uczniowie w następujący sposób zaznaczali punktu na suficie: w środku pojawiającego się jasnego punktu (tzw. „zajączka”) o średnicy około 5cm przyklejali taśmę papierową i kreślili krzyżyk oraz zapisywali datę i godzinę pomiaru (rys. 8)



Rys. 8. Punkt zaznaczony przez uczniów

4) Przy „zrzucaniu” punktów z sufitu uczniowie wykorzystali pion zbudowany ze sznurka i lekkiego odważnika.

5) Jeden z uczniów, zainteresowany informatyką, opracował i sporządził wykres jako wynik długotrwałej, starannej pracy (rys. 2).

Niestety nie miałam możliwości przeprowadzenia ankiety zaproponowanej przez Partnerów projektu HIPST, gdyż Przypadek badawczy zaczęłam realizować już 9 lutego 2009 roku.

11. Dalsze doskonalenie zawodowe użytkowników

Literatura:

1. Tadeusz Przytkowski, *O Mikołaju Koperniku*, PWN, Warszawa, 1953.
2. Tadeusz Przytkowski, *Astronomiczne zabytki Olsztyna*, Muzeum Mazurskie w Olsztynie, Rocznik Olsztyński, vol. II, 1959, str. 135 – 172.
3. Jerzy Sikorski, *Z zagadnień organizacji pracy badawczej i warsztatu naukowego Mikołaja Kopernika*, „Komunikaty Mazursko – Warmińskie”, 1993, nr 2 (200), str. 131 – 166.
4. Grzegorz Derfel, *Wędrówki słoneczne*, „Wiedza i Życie”, 1999, nr 9, str. 70 – 73
5. Agnieszka Witkowska, *Historia doświadczenia Mikołaja Kopernika*, prezentacja multimedialna
6. Zygmunt Turło, Agnieszka Witkowska, Józefina Turło, *O kalendarzu słonecznym Mikołaja Kopernika. Część I*, „Nauczanie przedmiotów przyrodniczych”, biuletyn Polskiego Stowarzyszenia Nauczycieli Przedmiotów Przyrodniczych, 2009, nr 29 (1/2009), str. 9 – 17.
7. Agnieszka Witkowska *O kalendarzu słonecznym Mikołaja Kopernika. Część II*, „Nauczanie przedmiotów przyrodniczych”, biuletyn Polskiego Stowarzyszenia Nauczycieli Przedmiotów Przyrodniczych, 2009, nr 30 (2/2009), str. 25 – 29.
8. Magdalena Czerwińska, *O kalendarzu słonecznym Mikołaja Kopernika. Część III*, „Nauczanie przedmiotów przyrodniczych”, biuletyn Polskiego Stowarzyszenia Nauczycieli Przedmiotów Przyrodniczych, 2009, nr 30 (2/2009), str. 30 – 40.
9. Honorata Korpikiewicz, *Jak brzmiał tytuł dzieła Kopernika?* „Urania”, 1974, czerwiec

Istnieje możliwość sprawdzenia poprawności swoich pomiarów na stronie:

<http://epsrv.astro.uni.torun.pl/cgi-bin/magda/sun/sun.cgi>

12. Pisemne zasoby literaturowe

Scenariusze lekcji (wprowadzającej i głównej), wykłady *O kalendarzu słonecznym Mikołaja Kopernika* oraz prezentacje multimedialne znajdują się na stronie <http://hipst.fizyka.umk.pl>