



CENTRUM NAUKI
KOPERNIK



Poland



GALILEUSZ I PRĘDKOŚĆ ŚWIATŁA

Ludzie, którzy zrewolucjonizowali naukę



90 minut (2 godziny lekcyjne)



szkoła podstawowa (klasy VII–VIII)



fizyka



badania Galileusza | metody badawcze |
światło | prędkość światła



www.esero.kopernik.org.pl

GALILEUSZ I PRĘDKOŚĆ ŚWIATŁA

Ludzie, którzy zrewolucjonizowali naukę

Autor: Zbigniew Staniszewski

Opracowane dla ESERO-Polska

Poruszane wątki

- zasługi Galileusza dla nauki
- obserwacja, pomiar, doświadczenie jako elementy metody badawczej
- prędkość światła
- pomiar prędkości światła według Galileusza
- zależność dokładności pomiaru od czynników zewnętrznych (warunki środowiskowe, dokładność narzędzi)
- niepewność pomiarowa

Rozwijane umiejętności

- wykorzystywanie aplikacji na urządzenia mobilne
- wyszukiwanie informacji
- obserwacja i wnioskowanie
- dostrzeganie podobieństw i różnic
- wykonywanie obliczeń według wzoru
- wyrażanie opinii i jej uzasadnianie
- współpraca w grupie

Metody i formy pracy

- burza mózgów
- pomiar i obserwacja
- praca w grupach
- praca indywidualna



CZAS

90 minut
(2 godziny lekcyjne)



MIEJSCE

sala lekcyjna i otwarty teren



NIEZBĘDNE MATERIAŁY

- arkusz ćwiczeniowy (dla każdego ucznia) – załącznik 1
- arkusz do wycinania – załącznik 2
- zdjęcia przyrządów używanych przez Galileusza – załącznik 3
- karta pomiaru (dla każdej grupy) – załącznik 4
- kapelusz
- nożyczki
- zestaw pomiarowy dla każdej grupy:
 - 2 mocne latarki
 - 2 telefony komórkowe z nawigacją GPS
- 2 przystoły na latarki (np. kawałki nieprzezroczystego tworzywa sztucznego, drewna lub metalu)
- stoper lub aplikacja w telefonie z funkcją czasomierza
- dalmierz laserowy lub aplikacja na urządzenia mobilne z funkcją pomiaru odległości
- długopis
- komputer z dostępem do Internetu



Wskazówka

Zajęcia najlepiej przeprowadź w pochmurny dzień – światło latarki będzie wtedy lepiej widoczne. Podczas pomiaru będziesz potrzebować pomocy asystenta.

Przygotowanie zajęć

Aby przeprowadzić ćwiczenie **Fakty z kapelusza**, będzie Ci potrzebny kapelusz, arkusz do wycinania (załącznik 2) oraz nożyczki, a także komputer z dostępem do Internetu. Uczniowie będą pracować z arkuszami ćwiczeniowymi (załącznik 1).

W ćwiczeniu **Kilka słów o metodach** wykorzystasz zdjęcia przyrządów skonstruowanych przez Galileusza (załącznik 3).

Do przeprowadzenia ćwiczenia **Mierzmy prędkość światła metodą Galileusza** potrzebny Ci będzie dalmierz lub aplikacja z taką funkcją oraz zestaw pomiarowy dla każdej grupy (latarki, telefony komórkowe, przystoły, stoper lub aplikacja z funkcją czasomierza). Uczniowie będą korzystać z kart pomiaru (załącznik 4) i kontynuować pracę z arkuszami ćwiczeniowymi (załącznik 1).



Wskazówka

Wcześniej znajdź odpowiednie miejsce do przeprowadzenia pomiaru. Wyznacz punkt, w którym będzie wykonywany pomiar, oraz punkt oddalony o ok. 2 km, gdzie będzie przebywał drugi sygnalizator. W obszarze słabo zabudowanym mogą to być dwa wzniesienia, a w mieście – dwa wysokie budynki. Uczniowie muszą się nawzajem widzieć na tyle, by dostrzec światła swoich latarek. Zapisz lokalizację obu punktów lub zaznacz je w nawigacji. Upewnij się, że uczniowie potrafią posługiwać się nawigacją w swoich telefonach. W razie potrzeby poinstruuj ich, jak to się robi. Zapewnij sobie pomoc asystenta, który będzie towarzyszył i pomagał uczniom udającym się do wyznaczonego miejsca.

W ćwiczeniu **Dlaczego Galileuszowi się nie udało?** może się przydać komputer z dostępem do Internetu.



10 min

Fakty z kapelusza



Zacznij zajęcia od zagadki. Podaj uczniom podstawowe informacje na temat Galileusza i zapytaj, czy wiedzą, o kim mowa.

Przykładowe informacje:

Żył w latach 1564–1642 we Włoszech. Zajmował się astronomią, fizyką, matematyką oraz filozofią. Był prekursorem metody doświadczalnej w badaniach naukowych. Nazywany jest ojcem nowożytnej nauki. Zbudował własną lunetę i prowadził pierwsze obserwacje Jowisza i Saturna. Badał też spadek swobodny ciał, zrzucając różne przedmioty z Krzywej Wieży w Pizie.

Jeśli uczniowie nie zgadną, mogą poszukać odpowiedzi w Internecie.

Zróbcie burzę mózgów. Niech uczniowie wymieniają wszystko, co kojarzy im się z Galileuszem. Możesz zapisywać te skojarzenia na tablicy w formie hasęt.



Wskazówka

Uczniowie mogą podawać informacje błędne, np. mylić Galileusza z innymi uczonymi. Zweryfikuj je – oddziel dane prawdziwe od nieprawdziwych i spróbuj wyjaśnić kwestie budzące wątpliwości. W razie potrzeby przypomnij uczniom założenia teorii geocentrycznej i heliocentrycznej oraz poglądy Mikołaja Kopernika.

Na zakończenie podsumuj wiedzę uczniów jednym zdaniem.

Przykładowe podsumowanie:

Wiemy, że Galileusz popierał teorię Kopernika, był w konflikcie z Kościołem, konstruował teleskopy i że jego imieniem nazwano sondę kosmiczną.

Powiedz, że tak naprawdę wiemy o Galileuszu znacznie więcej, zwłaszcza o jego badaniach w różnych dziedzinach, z których później korzystało wielu uczonych. Galileusz nie zawsze potrafił udowodnić swoje przekonania, a co więcej – często stały one w sprzeczności z ówczesną wiedzą, stąd uważano, że wyciąga swoje teorie jak przysłowiowe króliki z kapelusza.

Wytnij teksty zamieszczone w **arkuszu do wycinania** (załącznik 2), zwiń je i wrzuć do kapelusza. Uczniowie na ochotnika losują po fragmencie odnoszącym się do poglądów i badań Galileusza, głośno odczytują tekst. Następnie wspólnie go komentujecie, zwracając uwagę na to, czy było to w tamtych czasach przekonanie lub działanie typowe, czy raczej rewolucyjne. Podkreśl, że wiele z przekonań uczonego, które w jego czasach uważano za wymysł lub wręcz herezję, dziś uznaje się za fakty. Wymagało to jednak naukowego udowodnienia.

Po odczytaniu i skomentowaniu wszystkich fragmentów rozdaj uczniom **arkusze ćwiczeniowe** (załącznik 1). Ich zadaniem będzie uzupełnienie zadania 1. Możesz też zaprezentować klasie fragment filmu przybliżający osiągnięcia Galileusza, korzystając z linku zamieszczonego na końcu scenariusza.



10
min

Kilka słów o metodach



Zapytaj uczniów: *Co sądzicie o takiej metodzie zdobywania wiedzy, jaką postużyliśmy się przed chwilą, wyciągając informacje z kapelusza? Czy jest wiarygodna? Jakie są jej zalety, a jakie wady? Czy da się wskazać źródło i sprawdzić prawdziwość losowanych informacji?*

Wyjaśnij, że Galileusz byłby jej zagorzałym przeciwnikiem. Uważał, że nie wolno przyjmować informacji niepotwierdzonych naukowo i podanych do wierzenia jako fakty (a takie podejście przeważało w nauce w tamtych czasach), ale należy je potwierdzić w badaniach. Głosił, że każde zjawisko trzeba dokładnie sprawdzić i opisywać, a dla pewności powtarzać te badania wielokrotnie. Był zatem zwolennikiem obserwacji, pomiaru i badań doświadczalnych. Metody te zwykle się uzupełniały, więc często je ze sobą łączył. W dodatku sam skonstruował wiele instrumentów obserwacyjnych i przyrządów pomiarowych. Zaprezentuj uczniom zdjęcia przyrządów używanych przez Galileusza (załącznik 3).

Poproś uczniów, by wyjaśnili, jak rozumieją obserwację, pomiar i doświadczenie. Spróbujcie wskazać podobieństwa i różnice między tymi metodami i podać przykłady ich zastosowania.

- **Obserwacja** – badanie zjawiska w warunkach naturalnych, z uwzględnieniem czynników, od których to zjawisko zależy, np. obserwacja spadku swobodnego piłki poprzez zrzucanie jej z okna przy bezwietrznej i wietrznej pogodzie.
- **Doświadczenie** – obserwacja zjawiska w warunkach stworzonych sztucznie przez badacza, np. obserwacja spadku swobodnego piłki w warunkach próżni (co wyeliminuje ruch i opór powietrza).
- **Pomiar** – określenie wartości liczbowej danej wielkości fizycznej i jej wyrażenie w konkretnych jednostkach, często przy użyciu określonych przyrządów, np. pomiar opadów deszczu za pomocą deszczomierza czy czasu za pomocą stopera.



50 min

Mierzmy prędkość światła metodą Galileusza



Zapowiedz uczniom, że dziś przyjrzyście się bliżej jednemu z pomiarów, jakie przeprowadzał Galileusz – próbie zmierzenia prędkości światła. Przypomnij okoliczności, w jakich uczony dokonał pomiaru. Możesz zaprezentować ilustrację tego badania, korzystając z linku zamieszczonego na końcu scenariusza.



Ciekawostka

Galileusz był pierwszym badaczem, który wykonał próbę zmierzenia prędkości światła. Ucnieni w tamtych czasach pod wpływem poglądów Arystotelesa zakładali, że światło biegnie nieskończenie szybko, co oznaczałoby, że pojawia się jednocześnie we wszystkich miejscach na świecie, w których może być widoczne. Galileusz uważał natomiast, że prędkość światła jest wartością skończoną. Nie był w tym twierdzeniu odosobniony – podobne przypuszczenia mieli Awicenna czy Roger Bacon – ale tylko on postanowił zbadać to metodą naukową.

Zapytaj uczniów: *Jak sądzicie, czy Galileuszowi się udało? Dlaczego tak uważacie?* Poinformuj uczniów, że dziś będą mieli okazję sprawdzić to sami, przy czym skorzystacie z nieco bardziej współczesnych narzędzi badawczych: stopera, dalmierza lub aplikacji umożliwiających pomiar czasu i odległości.

Poproś uczniów, by zapoznali się z zadaniem 2 z **arkusza ćwiczeniowego** – niech uważnie przeczytają instrukcję przeprowadzenia pomiaru. Zapytaj, które ze wspomnianych metod wykorzystają w tym ćwiczeniu. Wyjaśnij, że posłużą się pomiarem oraz obserwacją.

Następnie zabierz klasę w teren i podziel ją na co najmniej trzyosobowe grupy. Przydziel każdej osobie z grupy zadanie: dwie osoby będą sygnalizatorami (będą wysyłać sygnały świetlne), a jedna obserwatorem (będzie wypatrywać światła, mierzyć czas i notować wyniki).

Rozdaj sygnalizatorom telefony, latarki i przystony, a obserwatorom: stopery, **karty pomiaru** i długopisy. Wyjaśnij poszczególnym osobom, na czym polega ich zadanie. Wyznacz po jednym sygnalizatorze z każdej grupy. Podaj lub prześlij im lokalizację punktu, do którego mają się razem udać pod opieką asystenta.



Wskazówka

Możesz stworzyć grupy cztero- lub pięcioosobowe. Zadaniem pozostałych osób będzie wtedy pomaganie sygnalizatorom lub obserwatorom. Jeżeli nie chcesz korzystać z nawigacji GPS przy wyznaczaniu punktu docelowego, możesz po prostu wskazać uczniom konkretne, wybrane wcześniej miejsce. Niech wszystkie grupy wykonują pomiar z tego samego miejsca: pozwoli to na zestawienie większej liczby wyników.

Objaśnij sygnalizatorom i obserwatorom pozostałym na miejscu przebieg ćwiczenia. Gdy wszystkie osoby zajmą swoje stanowiska, uczniowie przeprowadzają pomiar według instrukcji zamieszczonej w **arkuszu ćwiczeniowym**. Każda grupa wykonuje pomiar trzykrotnie i notuje wyniki na **kartach pomiaru**. Członkowie grup kontaktują się telefonicznie. W razie potrzeby pomóż obserwatorom w zmierzeniu dystansu między obydwojema punktami za pomocą dalmierza lub aplikacji z funkcją pomiaru odległości.

Po wykonaniu ćwiczenia wróćcie do sali lekcyjnej. Niech uczniowie uzupełnią zadanie 2 w **arkuszu ćwiczeniowym**, korzystając z wypełnionych **kart pomiarów**. Upewnij się, że potrafią obliczać średnią i że uśrednili wyniki poprawnie. Obliczona przez uczniów wartość prędkości prawdopodobnie będzie mieścić się w granicach 25 000–45 000 m/s. Porównajcie i omówcie wyniki poszczególnych grup. Niech uczniowie zastanowią się, z czego biorą się różnice między wynikami, skoro wszystkie grupy przeprowadzały tyle samo pomiarów i w tym samym miejscu.



15
min

Dlaczego Galileuszowi się nie udało?



Wróć do zadanego wcześniej pytania o możliwość powodzenia Galileuszowego pomiaru. Zapytaj uczniów: *Czy po samodzielnym przeprowadzeniu podobnego pomiaru wasza opinia pozostała taka sama, czy się zmieniła? Dlaczego? Czy taki pomiar może być dokładny?*

Wyjaśnij, że żadna metoda naukowa – czy to pomiar, obserwacja czy metoda doświadczalna – nie pozwala na zbadanie zjawiska z całkowitą dokładnością, gdyż na każdym etapie dochodzi do błędów wynikających choćby z zawodności naszych zmysłów, niedokładności przyrządów, a także z okoliczności przypadkowych.

Niech uczniowie spróbują wymienić te elementy przeprowadzonego przez nich pomiaru prędkości światła, w których mógł powstać błąd. Będzie to m.in.:

- niedokładność przyrządów: dalmierza, stopera czy aplikacji;
- zawodność wzroku;
- przesunięcia spowodowane ruchem sygnalizatorów i obserwatora;
- opóźniony czas reakcji przy: dostrzeżeniu światła latarki, odślanianiu i zastanianiu latarki, włączaniu i wyłączeniu stopera lub aplikacji.

Wyjaśnij, że założenie istnienia tego typu błędów w przypadku pomiaru nazywamy niepewnością pomiarową. Określa ona wątpliwości dotyczące wartości wyniku pomiarowego. Uwzględnianie niepewności pomiarowej przy obliczaniu wyniku pomiaru pozwala na maksymalne zbliżenie się do wartości prawdziwej. Zastanówcie się wspólnie, czy w obliczeniach uczniowie brali pod uwagę niepewność pomiarową. Częściowo tak: jednym ze sposobów eliminacji błędów przy kilkukrotnych pomiarach jest obliczanie średniej arytmetycznej – im więcej razy powtarza się pomiar, tym bardziej wartość uśredniona zbliża się do rzeczywistej. Natomiast nie wzięto pod uwagę przesunięć wynikających z opóźnionych reakcji, np. w przypadku pomiaru stoperem przyjmuje się, że takie opóźnienie wynosi 0,2 s.

Galileusz nie brał pod uwagę tych czynników, więc w jego pomiarze pojawiło się wiele błędów. Ostatecznie uznał, że prędkość światła jest bardzo duża. Przypuszczał, że jej wartość jest zbliżona do 30 000 m/s. Zapytaj uczniów, czy wiedzą, o ile się pomylił. Jeśli nie wiedzą, niech wyszukają w Internecie, jaka jest rzeczywista wartość prędkości światła (ok. 300 000 000 m/s, a dokładnie 299 792 458 m/s). Zatem Galileusz pomylił się jakieś 10 000 razy.

Wytłumacz uczniom, że niepowodzenie Galileusza wynikało nie tylko z niedokładności pomiaru, ale przede wszystkim z niewiedzy na temat tego, czym jest światło. Ponieważ jego prędkość jest tak wielka, próba pomiaru w warunkach

naturalnych przez człowieka siłą rzeczy była skazana na niepowodzenie. Światło po prostu jest wiele razy szybsze niż nasze reakcje. Dla ilustracji skali tej prędkości możesz zaprezentować uczniom film pokazujący w przyspieszeniu podróż światła przez Układ Słoneczny, korzystając z linku zamieszczonego na końcu scenariusza.



Ciekawostka

W czasach Galileusza uczeni nie wiedzieli jeszcze, czym tak naprawdę jest światło. Przeważnie przypisywano mu naturę boską. Dziś wiemy, że światło jest rodzajem promieniowania, a konkretnie fali elektromagnetycznej, której część (światło widzialne) jest w stanie zarejestrować ludzkie oko. Wiemy również, że światło rozchodzi się z określoną prędkością i że prędkość ta jest różna w różnych ośrodkach: największa w próżni (ok. 300 000 000 m/s), niemal tak samo duża w powietrzu, ale już znacznie mniejsza np. w szkłe.

Powiedz uczniom, że uczonym, który ostatecznie zmierzył prędkość światła, był Francuz Armand Fizeau. Dokonał tego w XIX wieku i to podobną metodą co Galileusz – w warunkach ziemskich, opierając się na zależności między odległością, prędkością i czasem oraz wykorzystując lustro i koło zębate. Fizeau określił wartość prędkości światła na 315 000 000 m/s, myląc się „zaledwie” o 15 000 000 m/s.

Na zakończenie możesz zaprezentować uczniom fragment wykładu opublikowanego na kanale TED-Ed poświęcony badaniu prędkości światła, korzystając z linku zamieszczonego na końcu scenariusza.



Zadanie dodatkowe

Przeprowadź z uczniami dyskusję na temat odkryć i badań naukowych, której myślą przewodnią będą słowa Alberta Einsteina: „Wszyscy wiedzą, że czegoś nie da się zrobić, aż znajdzie się ktoś, kto nie wie, że się nie da, i on właśnie to robi”. Przypomnij uczniom zasady prowadzenia dyskusji i kulturalnego zachowania podczas niej.

Podsumowanie

Porozmawiaj z uczniami o znaczeniu osiągnięć Galileusza dla współczesnej nauki i naukowych metod badawczych – zarówno badań udanych, jak i tych zakończonych niepowodzeniem. Podkreśl, że rola badaczy często polega na przecieraniu szlaków dla nauki – ich nieudane próby niejednokrotnie stają się inspiracją dla badań kolejnych pokoleń uczonych i kończą się sukcesem – jak było w przypadku Galileusza i Fizeau. Postęp naukowy zawdzięczamy w dużej mierze przekonaniu, że nie ma rzeczy niemożliwych – większość wielkich odkryć wynikała z kwestionowania istniejącego stanu rzeczy. Przykładem może być twierdzenie Kopernika o tym, że Ziemia krąży wokół Słońca, które podważało ówczesne przekonania o tym, że nasza planeta stanowi centrum wszechświata.

Wykaz przydatnych linków:

- film przybliżający osiągnięcia Galileusza, Newtona i Edisona (w języku angielskim); fragment dotyczący Galileusza 0:00-1:34:
https://www.youtube.com/watch?v=s_YidTB6Beg
- ilustracja pomiaru Galileusza stanowiąca część (slajd nr 6) prezentacji na temat historii pomiarów prędkości światła (w języku angielskim):
<https://www.slideshare.net/StephenKwong1/cosmic-adventure-307-08-light-speed-measurement>
- film z wykładem Adama Savage’a *Jak proste pomysły prowadzą do odkryć naukowych* (z polskojęzycznymi napisami); fragment o pomiarze prędkości światła 4:02–6:19:
https://www.ted.com/talks/how_simple_ideas_lead_to_scientific_discoveries/transcript?language=pl#t-263466
- podróż światła przez Układ Słoneczny pokazana z piętnastokrotnym przyspieszeniem:
<https://www.youtube.com/watch?v=Sv2JKJF1C88>

Odniesienie do podstawy programowej

FIZYKA

Cele kształcenia – wymagania ogólne

III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników.

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:

- 3) rozróżnia pojęcia: obserwacja, pomiar, doświadczenie; przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów;
- 4) opisuje przebieg doświadczenia lub pokazu; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów;
- 5) posługuje się pojęciem niepewności pomiarowej; zapisuje wynik pomiaru wraz z jego jednostką oraz z uwzględnieniem informacji o niepewności.

IX. Optyka. Uczeń:

- 3) ilustruje prostoliniowe rozchodzenie się światła w ośrodku jednorodnym.

Źródło: Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 14 lutego 2017 r. w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego oraz podstawy programowej kształcenia ogólnego dla szkoły podstawowej, w tym dla uczniów z niepełnosprawnością intelektualną w stopniu umiarkowanym lub znacznym, kształcenia ogólnego dla branżowej szkoły I stopnia, kształcenia ogólnego dla szkoły specjalnej przysposabiającej do pracy oraz kształcenia ogólnego dla szkoły policealnej (Dz. U. z 2017 r., poz. 356).



1 Fakty z kapelusza

Wiesz już, jakie badania prowadził Galileusz. Co uważasz za jego największe osiągnięcie i dlaczego? Jak wpłynęło na naszą dzisiejszą wiedzę o świecie?

TUTAJ wpisz swoją odpowiedź i ją uzasadnij



2 Mierzmy prędkość światła metodą Galileusza

A. W tym zadaniu odtworzycie pomiar, jaki w XVII wieku przeprowadził Galileusz. Dwie osoby będą wysyłać sygnały, a trzecia – mierzyć i notować wyniki. Jeżeli wasza grupa liczy więcej osób, pozostali członkowie zespołu pomagają sygnalizatorom i obserwatorom. W razie potrzeby możecie porozumiewać się za pomocą telefonów komórkowych.

Materiały i narzędzia

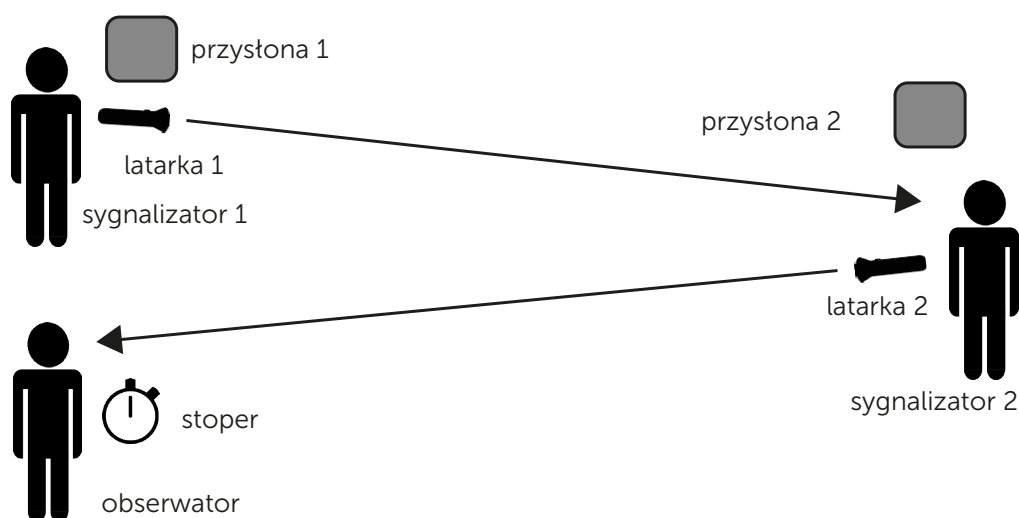
- 2 mocne latarki
- 2 telefony komórkowe z nawigacją GPS
- 2 przystoły na latarki (np. kawałki nieprzezroczystego tworzywa sztucznego, drewna lub metalu)
- stoper lub aplikacja w telefonie z funkcją czasomierza
- dalmierz laserowy lub aplikacja na urządzenia mobilne z funkcją pomiaru odległości
- **karta pomiaru** (załącznik 3)
- długopis

Załącznik 1

Arkusze ćwiczeniowy

Wykonanie

1. Zdecydujcie, kto z grupy będzie obserwatorem przeprowadzającym pomiar. Pozostałe dwie osoby będą sygnalizatorami wysyłającymi sygnały świetlne.
2. Obserwator niech weźmie stoper lub telefon z funkcją czasomierza, **kartę pomiaru** i długopis, a sygnalizatorzy – telefony, przystony i latarki.
3. Uzupełnijcie na **karcie pomiaru** wszystkie dane dotyczące okoliczności pomiaru i waszej grupy.
4. Następnie jeden z sygnalizatorów, korzystając z nawigacji w telefonie komórkowym, udaje się do wyznaczonego miejsca o lokalizacji wskazanej przez nauczyciela, oddalonego o ok. 2 km. Reszta grupy pozostaje w tym samym miejscu.
5. Gdy zajmiecie wyznaczone pozycje, obserwator mierzy odległość między obydwojema miejscami dalmierzem lub aplikacją i zapisuje ją na **karcie pomiaru**.
6. Przed przeprowadzeniem pomiaru niech sygnalizatorzy zapalą latarki i kilka razy je przystonią. Dzięki temu będziecie mieć pewność, że z obu punktów widać światło latarki drugiego sygnalizatora.
7. Niech obserwator przygotuje stoper lub uruchomi aplikację z funkcją czasomierza, a sygnalizatorzy zapalą latarki i je przystonią.
8. Obserwator pokazuje stojącemu obok sygnalizatorowi, by odstąpił przystonę, i jednocześnie włącza stoper. Kiedy drugi sygnalizator dostrzeże światło, zdejmuje przystonę ze swojej latarki. Gdy pierwszy sygnalizator i obserwator zobaczą jej światło, obserwator zatrzymuje czasomierz.



9. Wykonajcie pomiar trzy razy i zanotujcie wyniki uzyskane przez waszą grupę na **karcie pomiaru**.

Załącznik 1

Arkusz ćwiczeniowy



B. Obliczcie średnią danych uzyskanych podczas pomiarów.

Średnia czasu: _____ s

C. Obliczcie prędkość światła, korzystając z danych uzyskanych podczas pomiaru oraz poniższego wzoru:

$$v_s = 2 \times \frac{s}{t}$$

v_s – prędkość światła

s – odległość między sygnalizatorami w metrach [m]

t – średnia czasu zmierzonego stoperem w sekundach [s]

Prędkość światła otrzymana w wyniku pomiaru wynosi _____ m/s.

Załącznik 2

Arkusz do wycinania



Niedoszły mnich

Galileusz, czyli Galileo Galilei, początkowo nie zamierzał zajmować się nauką – chciał zostać zakonikiem. Później zaczął studiować medycynę, ale ostatecznie został wykładowcą matematyki i astronomii na uniwersytecie.

Zwolennik teorii Kopernika

Galileusz popierał teorię heliocentryczną Mikołaja Kopernika. Uważał, że to Ziemia krąży wokół Słońca, a nie Słońce wokół Ziemi. Głosił swoje poglądy otwarcie, mimo że stały w sprzeczności z nauczaniem Kościoła opartym na teorii geocentrycznej. Spowodowało to zatargi uczonego z Kościołem, interwencję trybunału inkwizycyjnego i procesy. W efekcie nałożono na niego wyrok w postaci dożywotniego aresztu domowego.

Obserwacja nieba

Galileusz skonstruował własny teleskop (lunetę), udoskonalając poprzednie wersje tego instrumentu. Wykorzystywał go do obserwacji nieba. Zaobserwował m.in. plamy na Słońcu, pierścienie Saturna, nierówności na powierzchni Księżyca oraz cztery największe księżyce Jowisza – Io, Kallisto, Europę i Ganimedesa – które do dziś na jego cześć nazywane są księżycami galileuszowymi. W uznaniu dla jego zasług w dziedzinie astronomii jego imieniem nazwano sondę kosmiczną (Galileo).

Przyrządy

Galileusz był konstruktorem. Oprócz lunety skonstruował także np. termometr, mikroskop, kompas geometryczny. Pozostawił po sobie również wiele projektów urządzeń, których nie zdążył wykonać.

Załącznik 2

Arkusz do wycinania



Spadek swobodny

Galileusz odkrył, że szybkość spadania swobodnego ciała nie ma związku z ich masą, a tym samym wykazał, że wartość przyspieszenia ziemskiego jest niezależna od masy.

Wahadła i pomiar czasu

Galileusz zaobserwował, że okres wahań wahadła nie zależy od jego wychylenia. Wykorzystał wahadła do pomiaru czasu. Jego badania umożliwiły Christiaanowi Huygensowi skonstruowanie zegara wahadłowego w XVII wieku.

Pomiar prędkości światła

Galileusz próbował zmierzyć prędkość światła w terenie. On i jego asystent wyposażeni w zastonięte latarnie udali się na wzgórza oddalone od siebie o ok. 2 km. Jedna osoba odślaniała latarnię, a druga natychmiast po dostrzeżeniu światła miała zrobić to samo. Dzięki ustaleniu, ile czasu upływa między kolejnymi pojawieniami się światła latarni, Galileusz planował obliczyć, z jaką prędkością światło pokonuje ten odcinek, i na tej podstawie wyliczyć średnią prędkość światła.



Pomiar prędkości światła metodą Galileusza

Grupa: _____



TUTAJ wpiszcie
numer grupy

Data pomiaru: _____

Sygnalizator 1: _____

Godzina pomiaru: _____

Sygnalizator 2: _____

Miejsce pomiaru: _____

Obserwator : _____

Pomocnicy: _____

TUTAJ wpiszcie
imiona i nazwiska osób
odpowiedzialnych
za poszczególne zadania

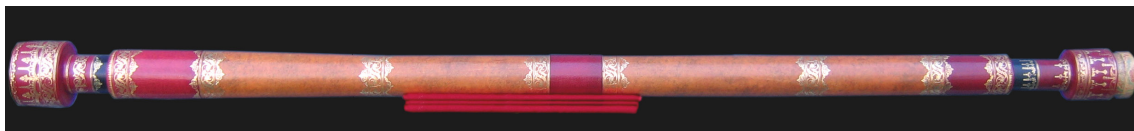


Odległość między punktami: _____ m

	Czas wskazany przez stoper [s]
Pomiar 1	
Pomiar 2	
Pomiar 3	

Załącznik 4

Przyrządy pomiarowe Galileusza



Replika teleskopu Galileusza

Źródło: [https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Instruments_by_Galileo_Galilei#/media/](https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Instruments_by_Galileo_Galilei#/media/File:Galileo_telescope_replica_(1).jpg)

File:Galileo_telescope_replica_(1).jpg



Galileo's Lodestone and Military Compass

PUBLIC DOMAIN – from Singer, Charles. Studies in the History and Method of Science. Vol. II. Oxford: At the Clarendon Press, 1921.

Kompas geometryczny Galileusza

Źródło: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/84/](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/84/Galileo-lodestone-150-768x835.png)

Galileo-lodestone-150-768x835.png



Termometr Galileusza

Źródło: [https://commons.wikimedia.org/wiki/Galileo_thermome-](https://commons.wikimedia.org/wiki/Galileo_thermometer?uselang=pl#/media/File:Galileithermometer_20%C2%B0C.JPG)

ter?uselang=pl#/media/File:Galileithermometer_20%C2%B0C.JPG