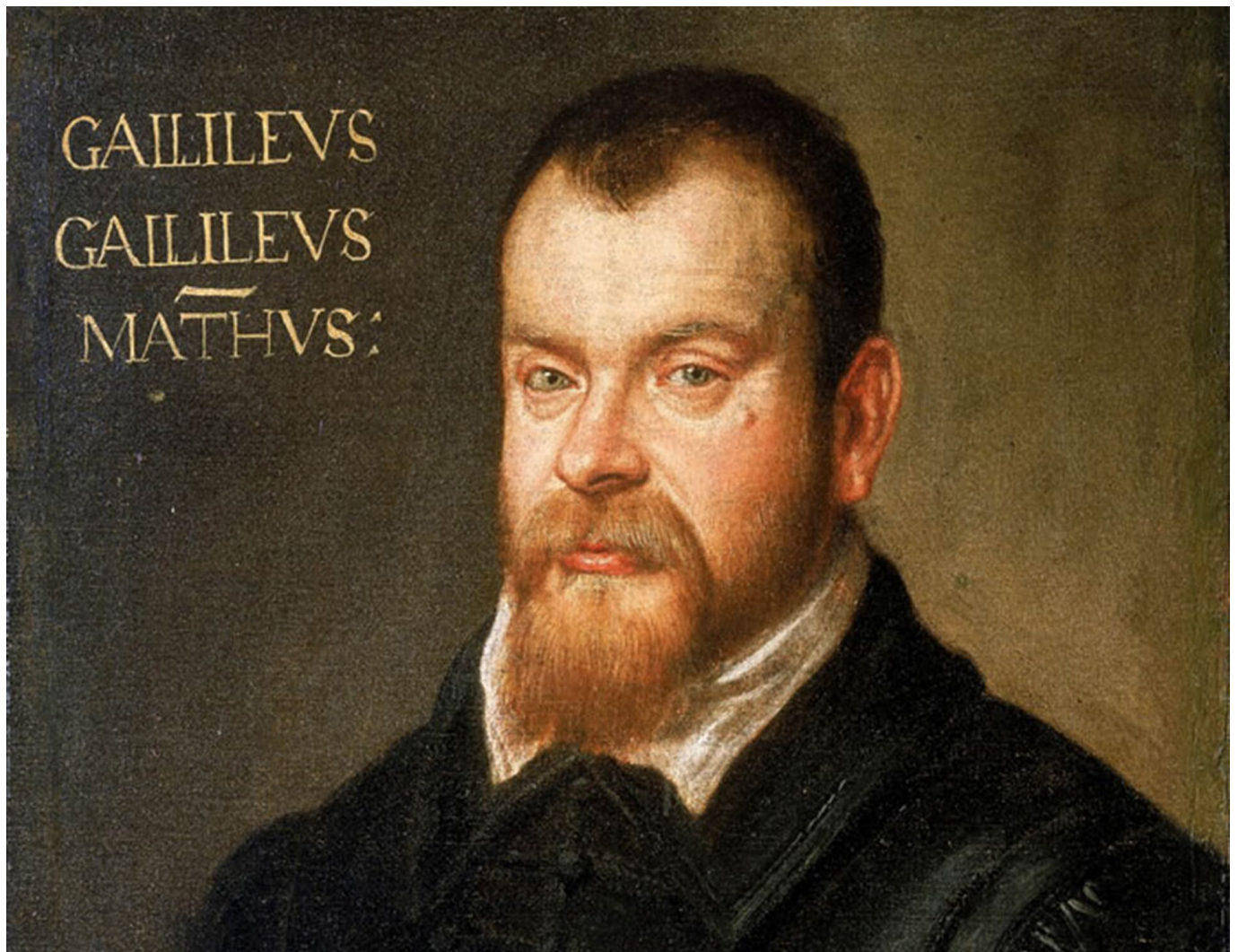
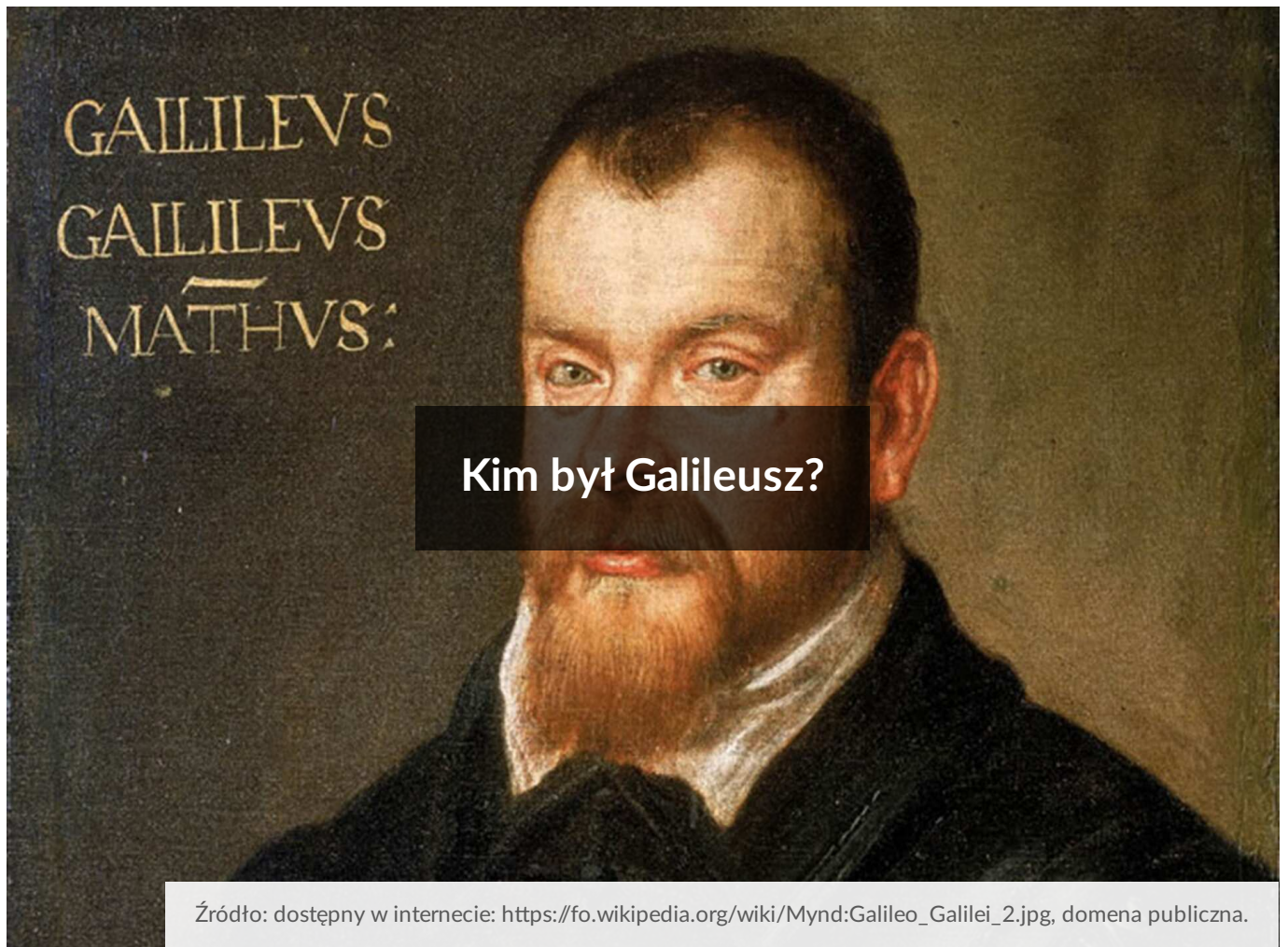




Kim był Galileusz?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Audiobook](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)

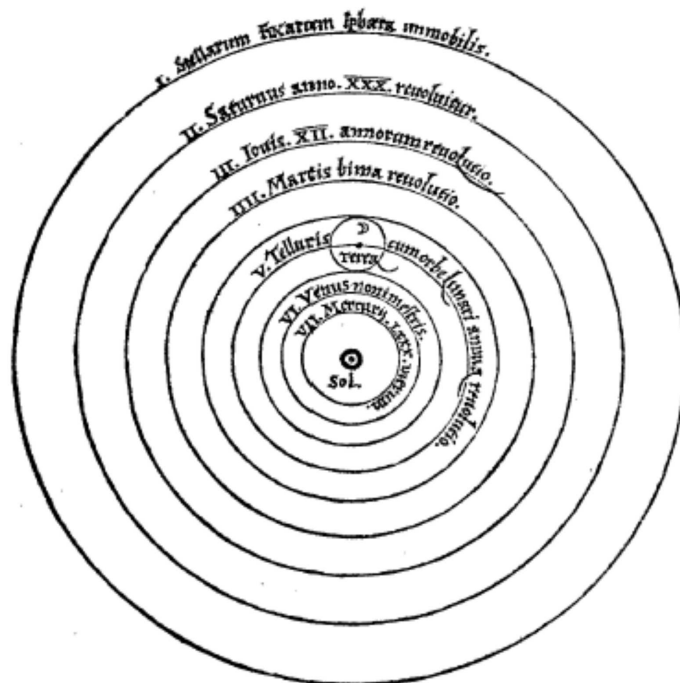


Kim był Galileusz?

Źródło: dostępny w internecie: https://fo.wikipedia.org/wiki/Mynd:Galileo_Galilei_2.jpg, domena publiczna.

Czy to nie ciekawe?

Kopernikowi przypisuje się „wstrzymanie Słońca i ruszenie Ziemi”. Dokładniej: uczony zaproponował model (ówczesnego) Wszechświata, w środku którego było nieruchome Słońce, a pozostałe planety krążyły wokół niego. Nie zawsze pamiętamy, że przez pierwsze pół wieku model ten nie zyskiwał aprobaty ... naukowców. Galileusz jako jeden z pierwszych poparł pomysły Kopernika. Odkrył on, że Jowisz jest okrążany przez cztery księżyce; zaobserwował też, że Wenus jest widoczna w podobnych fazach, co nasz Księżyc. Te odkrycia stanowiły niezbity **eksperymentalny** dowód, że ciała niebieskie nie muszą krążyć wokół Ziemi. A taki właśnie aksjomat obowiązywał przez całe średniowiecze.



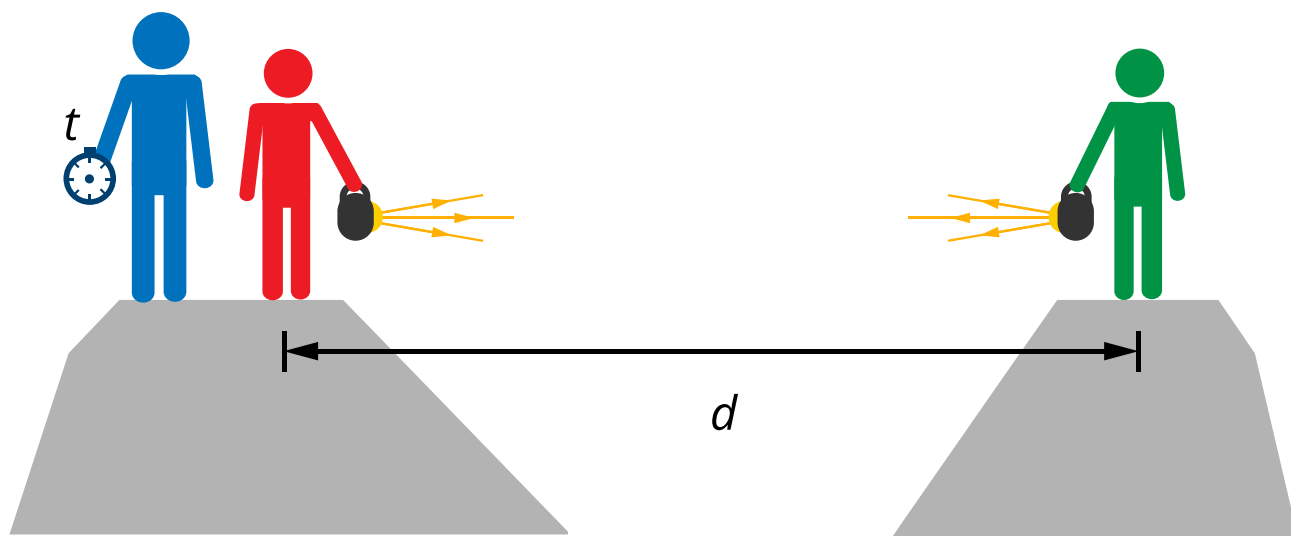
Rys. a. Układ heliocentryczny według Mikołaja Kopernika.

Źródło: dostępny w internecie: <https://pl.wikipedia.org/wiki/Plik:CopernicSystem.png> [dostęp 16.05.2022 r.], domena publiczna.

Jeszcze bardziej spektakularnym osiągnięciem, nie tylko Galileusza, ale i współczesnych mu naukowców, było zainicjowanie przełomowej zmiany w metodologii przyrodoznawstwa. Zmianę tę można porównać do przejścia od średniowiecza do renesansu w sferze literatury, sztuki, szeroko pojętej humanistyki. Do XVI wieku w filozofii przyrody obowiązywała zasada „nadrzędności teorii nad eksperymentem”: gdy wyniki obserwacji nie zgadzają się z utartymi poglądami i prawdami, zapisanymi w „mądrych księgach”, to należy odrzucić wyniki obserwacji. Od XVII wieku w coraz większym stopniu rozumiano konieczność prowadzenia obserwacji i eksperymentów. Uczono się precyzyjnego opisywania ich wyników za pomocą języka, jakim stawiała się dla przyrodoznawstwa matematyka. W wieku XVIII powszechnie uznawano już zasadę „nadrzędności eksperymentu nad teorią”. Obowiązuje ona po dziś dzień: jeśli wyniki prawidłowo przeprowadzonej i opisanej obserwacji czy pomiaru nie zgadzają się z obowiązującą teorią, to tę ostatnią należy zmodyfikować, rozszerzyć lub nawet odrzucić.

Przykładem – jednym z wielu – takiej „nowej” postawy wobec sposobu uprawiania nauki była próba pomiaru prędkości światła, przeprowadzona przez Galileusza. Jest to pierwsza znana taka próba – wcześniej po prostu przyjmowano, że światło rozchodzi się „natychmiast”, z nieskończoną prędkością. Nie ma znaczenia, że pomiar zakończył

się jedynie stwierdzeniem, że światło musi się rozchodzić szybciej niż ok. 30 km/s. Ważne jest, że Galileusz podjął działania idące w kierunku zakwestionowania i eksperymentalnego zweryfikowania obowiązującego ponad dwa tysiąclecia aksjomatu.



Rys. b. Tak być może wyglądał eksperyment Galileusza.

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Kim był człowiek, który był współinicjatorem takiej rewolucji? Czy zyskał powszechne uznanie? Jak przebiegało jego życie? Takich pytań o Galileusza można zadać bardzo wiele. Gdy poznasz odpowiedzi na niektóre z nich, z pewnością przyjdą Ci do głowy następne.

Twoje cele

Praca z tym e-materiałem sprawi, że:

- poznasz elementy życiorysu Galileusza oraz najważniejsze jego odkrycia i dokonania,
- zrozumiesz, że genialny naukowiec może nie zyskać pełnej akceptacji w swoim otoczeniu,
- określisz usytuowanie czasu, w którym żył Galileusz na tle wybranych wydarzeń historycznych, w tym z historii odkryć naukowych,

- przeanalizujesz i zinterpretujesz wkład Galileusza w powstanie nowoczesnej fizyki i astronomii.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Galileusz - człowiek

W Polsce nazywamy go Galileuszem, ale jego włoskie imię i nazwisko to Galileo Galilei, zgodnie z ówczesnym zwyczajem tokańskim, umożliwiającym tworzenie imienia pierwotnego syna przez powtórzenie nazwiska rodzinnego. Ojciec Galileusza, Vincenzio, był znanym wówczas muzykiem i kompozytorem i uczył syna rysunków i muzyki. Galileusz polubił grę na lutni i często sobie na niej przygrywał. Był krępy, niewielkiego wzrostu, miał niebieskie oczy i rudawe włosy.



Rys. 1. Galileusz na rysunku Ottavio Leoniego (1624) [National Gallery of Art, Waszyngton, USA]

Za radą ojca zaczął studiować medycynę na uniwersytecie w Pizie, mieście w którym się urodził w 1564 roku. Wkrótce jednak zafascynowała go matematyka i mechanika. Po czterech latach musiał z braku funduszy przerwać naukę. Przez następne lata zarabiał na życie, udzielając prywatnych lekcji w Sienie i Florencji. W 1589 roku otrzymał jednak, dzięki protekcji markiza Guidobaldo Del Monte, posadę profesora matematyki na uniwersytecie w Pizie. Matematykę traktowano wówczas jako przedmiot

pomocniczy i ceniono dużo niżej niż filozofię, prawo czy teologię, toteż Galileusz mógł prowadzić wykłady uniwersyteckie, chociaż nie miał ukończonych studiów i uniwersyteckiego dyplomu.

Miał żywy temperament, był zadziorny, gwałtowny i łatwo wpadał w podniecenie podczas dyskusji. Denerwowały go konserwatywne poglądy kolegów profesorów i próbował ich przekonywać do nowych pomysłów, a kiedy to nie skutkowało, posuwał się do drwin. Nie był więc lubiany na uniwersytecie i wszyscy odetchnęli, kiedy w 1592 roku Galileusz przyjął zaproszenie do objęcia stanowiska profesora matematyki na uniwersytecie w Padwie. W owym czasie Włochy były podzielone na kilka mniejszych państw. Piza była miastem w Wielkim Księstwie Toskanii, natomiast Padwa leżała w Republice Wenecji. Panowały tam trochę inne zwyczaje, a mieszkańcy mówili dialektem odmiennym od tokańskiego. Galileusz znalazł się więc w obcym kraju, ale poczuł się tam dobrze i w ciągu osiemnastoletniego pobytu dokonał swych największych odkryć w fizyce i astronomii.

W 1599 roku Galileusz poznał w Wenecji piękną młodą dziewczynę. Nazywała się Marina Gamba i pochodziła z ubogiej rodziny. Chociaż pozostawali razem przez ponad dziesięć lat i mieli dwie córki i syna, Galileusz nigdy nie zalegalizował tego związku, może dlatego, że Marina pochodziła z gminu, a może po prostu wolał jako uczony unikać wszelkich więzów. Dla starszej córki Galileusz wybrał na cześć swej siostry imię Virginia, a dla młodszej - Livia Antonia. Obu córkom pochodzącym z nieślubnego związku przyszło wdziąć habit. Virginia przyjęła zakonne imię Maria Celesta, a Livia - Arcangela. Obie spędziły resztę życia w klasztorze San Mateo w Arcetri. Syn, Vinzenzio Andrea, został przez władcę Toskanii uznany za prawowitego spadkobiercę Galileusza.

Wtedy na uniwersytetach nie było laboratoriów, więc Galileusz musiał je sobie sam urządzić. Usłyszawszy, że w Holandii wynaleziono lunetę, która umożliwia oglądanie w zbliżeniu odległych obiektów, Galileusz wkrótce sam też zbudował lunetę, która dawała powiększenie około dziesięć razy. Cieszył się oglądając odległe budynki i przedmioty, a w pewnej chwili wpadł na pomysł skierowania tej lunety na Księżyc. Wtedy wprost oniemiał, gdyż zobaczył, że Księżyc nie ma gładkiej powierzchni, jak utrzymywali ówcześni filozofowie, lecz że są na nim góry i doliny, podobne do tych na naszej planecie. Podniecony zaczął obserwować kolejne obiekty na niebie. Przekonał

się, że Droga Mleczna to nie „zgęszczenie [eteru](#)”, lecz zbiorowisko bardzo wielu gwiazd, świecących zbyt słabo, by je pojedynczo widzieć gołym okiem. Wreszcie 7 stycznia 1610 roku przyszło odkrycie najdonioślejsze, że wokół Jowisza krążą cztery satelity. Każdej pogodnej nocy spędzał przy swej lunecie wiele godzin, zapisując swe obserwacje.

Chciał jak najszybciej opisać te rewelacje. Zapełniał kolejne strony i przekazywał je do drukarni, gdzie odbywał się ich druk. Swą niewielką książeczkę, zaledwie 48 stron, Galileusz napisał po łacinie, która była wtedy językiem uczonych i zatytułował „Sidereus nuncius” (Posłanie z gwiazd). Ukazała się 12 marca tegoż roku, a ostatnia zanotowana w niej obserwacja pochodziła z 2 marca!

Już ze słów wstępu możemy wyczuć ogromną fascynację Galileusza nowymi odkryciami:

„Posłanie astronomiczne, które zawiera i wyjaśnia obserwacje wykonane niedawno za pomocą nowej lunety, odnoszące się do powierzchni Księżyca, Drogi Mlecznej, gwiazd mgiełkowych, niezliczonych gwiazd stałych, jak również czterech planet nigdy przedtem nie widzianych, a teraz nazwanych [Gwiazdami Medycejskimi](#).

Naprawdę wielkie są rzeczy, które w tym krótkim traktacie przedstawiam wszystkim badaczom natury do obserwacji i rozważań. Mówię wielkie, ze względu na doskonałość samego przedmiotu, zupełnie niespodziewany i nowy charakter tych rzeczy, wreszcie ze względu na instrument, dzięki któremu zostały one ujawnione naszym zmysłom...”

Po publikacji tej książeczki, której pięćset egzemplarzy rozprzedano natychmiast, Galileusz stał się najślawniejszym uczonym całego świata, gdyż przewracał do góry nogami całą ówczesną astronomię. Odkrycia astronomiczne przekonały go, że system świata zaproponowany przez Kopernika jest prawdziwy. To go naraziło na ostry konflikt z autorytetami kościelnymi, które uparcie utrzymywały wywodzący się z Biblii pogląd, że to Ziemia jest środkiem świata. Galileusz nie zamierzał ustępować i wydawał kolejne książki. Doprowadziło to do wezwania upartego uczonego do Rzymu, gdzie został przez sąd Inkwizycji skazany na dożywotni areszt domowy, zakaz publikacji oraz czytanie co tydzień w ciągu trzech lat siedmiu psalmów pokutnych. Schorowany, cierpiący na reumatyzm i przepuklinę, oślepy wskutek katarakty starzec

zmarł w styczniu 1642 roku, ale prześladowano go jeszcze po śmierci, nie zezwalając na publiczny pogrzeb, ani nawet na umieszczenie jego nazwiska na skromnym nagrobku w kościele Santa Croce we Florencji. Dopiero w 1737 roku uzyskano pozwolenie na przeniesienie jego zwłok do ładnego grobowca-mauzoleum w tym kościele. W tym samym grobie umieszczono zwłoki Marii Celesty, ukochanej córki uczonego, która zmarła w kwietniu 1634 roku, niedługo po procesie i skazaniu ojca. Grobowiec ozdabiają posągi dwóch muz: Astronomii i Geometrii.

W 1992 roku Galileusz został zrehabilitowany przez papieża Jana Pawła II.

Słowniczek

Eter

(ang. *aether*, z gr. αἰθήρ - czyste powietrze) koncepcja eteru wywodzi się ze starogreckiej koncepcji żywiołów jako podstawowych składowych świata materialnego. Eter był „piątym żywiołem” wprowadzonym przez Arystotelesa, niewystępującym na powierzchni Ziemi, lecz budującym ciała niebieskie i zapewniającym ich ciągły ruch okrężny.

Gwiazdy medycejskie

(ang. *Medician Stars*) cztery największe księżyce Jowisza - Io, Europa, Ganimedes i Kallisto - nazwane tak na cześć rodu Medyceuszy.

Audiobook

Kim był Galileusz

Posłuchaj audiobooka opowiadającego o życiu Galileusza i odkryciach przez niego poczynionych, a następnie wykonaj polecenia umieszczone poniżej.

Audiobook można wysłuchać pod adresem: <https://zpe.gov.pl/b/P12ghz5BC>

Galileusz

Pierwszego odkrycia naukowego Galileusz dokonał już jako nastolatek. Będąc w katedrze w Pizie obserwował z nudów kołyszące się żyrandole i zauważył, że okresy ich wahań zależą tylko od długości ich sznura, a nie od tego czy wychylają się bardziej czy mniej. Już wtedy zrozumiał, że badanie zjawisk przyrody musi polegać na obserwacjach i doświadczeniach ilościowych, których wyniki należy przedstawiać z wykorzystaniem matematyki.

W jednym ze swych dzieł napisał: *„Filozofia zapisana jest w tej ogromnej księdze, którą mamy stale otwartą przed naszymi oczami; myślę o wszechświecie; jednakże nie można jej zrozumieć, jeśli się wpierw nie nauczymy rozumieć języka i pojmować znaki, jakimi została zapisana. Zapisana zaś została w języku matematyki, a jej literami są trójkąty, koła i inne figury geometryczne, bez których niepodobna pojąć z niej ludzkim umysłem ani słowa; bez nich jest to błędzenie po mrocznym labiryncie.*” Słowo filozofia w powyższym tekście oznacza naukę o przyrodzie. Program Galileusza stał w sprzeczności z ówczesnie panującym podejściem do badania świata, ograniczonym do ogólnych jakościowych rozważań.

Jednym z najważniejszych osiągnięć Galileusza było znalezienie, na podstawie eksperymentów, matematycznej postaci prawa spadku swobodnego. Zdawał sobie sprawę z tego, że spadek ciał odbywa się bardzo szybko, wpadł więc na genialny

pomysł, aby zamiast tego badać ruch ciał na równi pochyłej. Ruch ten odbywa się wolniej, ponieważ na ciało działa tylko składowa część siły ciężkości.

W ówczesnych uniwersytetach nie było laboratoriów, więc Galileusz musiał radzić sobie sam. Wybrał gładką deskę o długości około 6 metrów, wydrążył na jej powierzchni niewielki rowek i wyłożył go bardzo gładkim papierem. Jeden koniec deski podnosił na wysokość około metra, puszczał z góry kulkę wzdłuż rowka i mierzył czas przebycia przez kulkę jakiegoś odcinka lub całej długości rowka. Ówczesne zegary mechaniczne były niedokładne, więc Galileusz mierzył czas na dwa sposoby. W pierwszym używał własnego pulsu. W drugim używał zegara wodnego: w dnie naczynia z wodą zrobił mały otworek, przez który cieniutkim strumykiem wypływała woda. Wodę, która wypływała podczas ruchu kulki zbierał i ważył na bardzo precyzyjnej wadze. Jak pisał, pomiary powtarzał wielokrotnie, przy różnych nachyleniach równi, aby uzyskać jak najdokładniejsze wyniki. Na tej podstawie udowodnił, że droga przebyta w spadku swobodnym jest proporcjonalna do kwadratu czasu spadku. Było to pierwsze ilościowe prawo fizyczne w obszarze mechaniki. Wykorzystując znalezione prawo udowodnił matematycznie, że ciało w rzucie ukośnym porusza się po paraboli (przy zaniedbaniu oporu powietrza).

W 1609 roku Galileusz skonstruował lunetę i zaczął oglądać przez nią ciała niebieskie. Odkrył, że Księżyc nie ma powierzchni gładkiej i wypolerowanej, jak przedtem sądzono, lecz że są na nim góry i doliny, podobnie jak na naszej planecie. Obliczył nawet na podstawie obserwacji wysokość księżycowych gór. Następnie odkrył cztery satelity krążące wokół Jowisza, plamy na Słońcu i fazy Wenus. Te fakty utwierdziły go w przekonaniu, że Kopernik miał rację przekonując, że Ziemia nie jest środkiem świata, lecz jedną z planet krążących wokół Słońca.

Swe odkrycia astronomiczne Galileusz opisywał w kilku książkach. W 1610 roku wydał **„Posłanie z gwiazd”**, po łacinie, która była wtedy językiem porozumiewania się uczonych z różnych krajów. Następne dzieła pisał już po włosku, by mogli je także czytać laicy nie znający łaciny. Dzieła **„Dialog o dwóch najważniejszych systemach świata”** (1632) oraz **„Rozmowy i rozważania matematyczne o dwóch nowych naukach”** (1638) były skonstruowane w postaci rozmów między trzema ludźmi. Dwaj pierwsi, którym Galileusz nadał nazwiska Sagredo i Salviati (swych rzeczywistych przyjaciół), reprezentowali w dyskusji nową naukę i omawiali nowe odkrycia, a trzeci Simplicio (czyli Prostack) podtrzymywał uparcie naukę

Arystotelesa i nie rozumiał argumentów, które przedstawiali jego rozmówcy. Te dwa dzieła Galileusza, niezależnie od wartości naukowej, zostały uznane za perły wczesnej literatury włoskiej.

Odkrycia przyniosły Galileuszowi wielką sławę. Został wybrany na członka ekskluzywnego stowarzyszenia ludzi dążących do reformowania nauki na podstawie eksperymentów. Stowarzyszenie to założył w 1603 roku w Rzymie książę Federico Cesi. Przybrało ono nazwę Accademia del Lincei (Akademia Rysiolgłowych), co miało podkreślać, że członkowie patrzą na sprawy bardzo dokładnie, na wzór rysiów słynących z ostrego wzroku. Galileusz był dumny z członkostwa w tej akademii i podkreślał to w swych dziełach.

Propagowanie systemu kopernikańskiego naraziło Galileusza na ostry konflikt z rzymską inkwizycją, która uznawała za heretyckie zdania sprzeczne z Biblią. Skończyło się to procesem, w którym Galileusz został skazany w 1633 roku na dożywotni areszt domowy oraz zakaz publikacji i kontaktów z innymi uczonymi. Inkwizycja tępiąca wszelkie próby reformowania nauki, zmusiła także członków Akademii Rysiolgłowych do zaprzestania działalności po śmierci jej założyciela, księcia Cesi. Dzieła Galileusza, podobnie jak dzieło Mikołaja Kopernika „**De Revolutionibus**”, aż do pierwszych dekad XIX wieku były wymieniane w „**Indeksie ksiąg zakazanych**”, spisie książek, których nie wolno było czytać katolikom.

Dopiero w 1992 roku papież Jan Paweł II zrehabilitował Galileusza przyznając, że potraktowano go niesprawiedliwie.

Polecenie 1

Zaznacz odkrycia dokonane przez Galileusza.

☐

cztery Księżycy Saturna

☐

prawo spadku swobodnego

☐

niezależność okresu drgań wahadła od amplitudy

☐

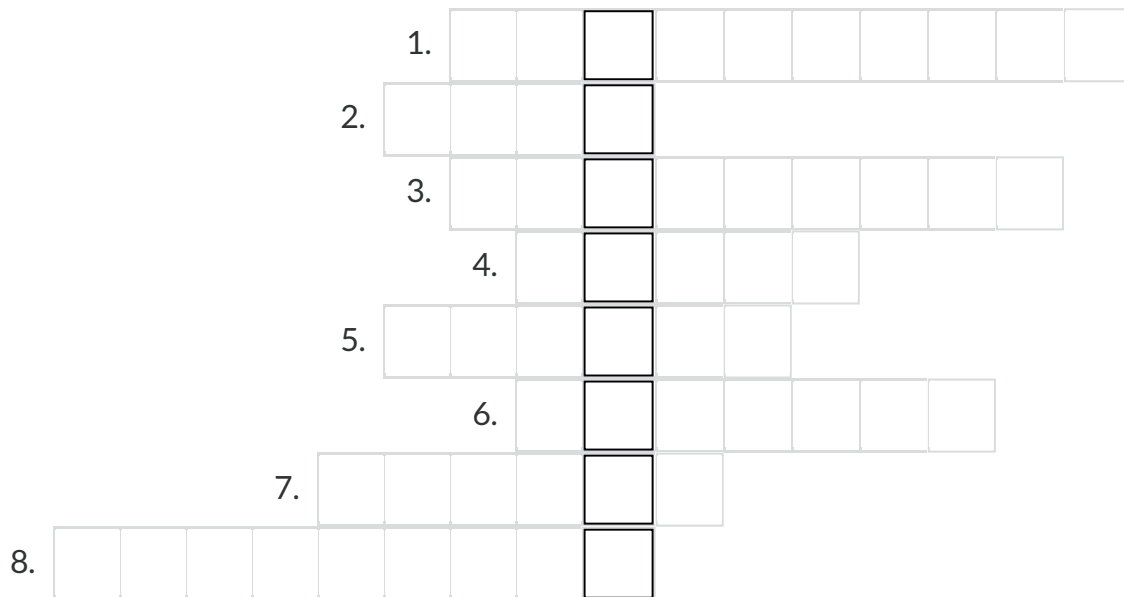
fazy Marsa

☐

heliocentryczność Układu Słonecznego

Polecenie 2

Rozwiąż krzyżówkę.



1. Instytucja Kościoła katolickiego potępiająca Galileusza
2. Miasto narodzin Galileusza
3. Nauka o przyrodzie według Galileusza
4. Odkrycie Galileusza na Słońcu
5. Ciało niebieskie obserwowane przez Galileusza
6. Galileusz odkrył na nim góry i doliny
7. Dzięki niej Galileusz uwierzył w teorię Kopernikańską
8. Prostak, jeden z bohaterów książki Galileusza

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wskaż opis, który najlepiej określa epokę działalności naukowej Galileusza:

- ☐ czasy po Reformacji, w przededniu wybuchu wojny trzydziestoletniej w Europie;
- ☐ antyk, w okresie świetności cesarstwa rzymskiego
- ☐ okres oświecenia
- ☐ okres tzw. wielkich odkryć geograficznych
- ☐ średniowiecze, pół wieku później niż podróże Marco Polo

Ćwiczenie 2



Gdy Galileusz za pomocą lunety odkrywał księżycy Jowisza, to w Polsce panował przedstawiciel dynastii:

- ☐ Andegawenów
- ☐ Wazów
- ☐ Jagiellonów
- ☐ Przemyślidów
- ☐ Piastów

Ćwiczenie 3



Galileusz korespondował przez wiele lat z pewnym sławnym astronomem. Wymieniali się oni regularnie informacjami o swych pomysłach i odkryciach, w tym o budowie i możliwych zastosowaniach lunet. Tym astronomem był:

☐ Edwin Hubble

☐ Urbain Le Verrier

☐ Mikołaj Kopernik

☐ Johannes Kepler

☐ Edmond Halley

☐ Tycho Brahe

☐ Al Battani

Ćwiczenie 4



Galileusz sformułował tzw. zasadę względności (zwaną dziś także zasadą równoważności układów inercjalnych). Głosi ona, że prawa mechaniki (dziś: wszystkie prawa fizyki) w różnych inercjalnych układach odniesienia są takie same. W związku z tą zasadą rozważ następującą sytuację. Po spokojnym morzu, równoległe do brzegu, płynie okręt, na którym stoi wycelowana idealnie pionowo w górę armata. Po wystrzale kula wzniesie się nad okręt i wpadnie z powrotem w lufę armaty. Taki ruch kuli obserwator na okręcie nazwie rzutem pionowym; pomija się w nim opór powietrza. Obserwujący ten wystrzał z brzegu powinien stwierdzić, że:



a) kula wpadła w lufę, wykonawszy wprawdzie ruch zwany rzutem ukośnym, ale jest to zgodne z zasadą względności



b) kula wpadła w lufę, wykonawszy również rzut pionowy, w pełnej zgodzie z zasadą względności



c) kula wpadła wprawdzie w lufę, ale wykonała ruch zwany rzutem ukośnym, więc jest to przykład wyjątku od zasady względności



d) kula upadła na pokład okrętu bliżej jego rufy (albo wpadła do morza za okrętem), wykonawszy rzut pionowy, w zgodzie z zasadą względności



e) kula upadła na pokład okrętu bliżej jego rufy (albo wpadła do morza za okrętem) więc jest to przykład wyjątku od zasady względności, choć kula wykonała rzut pionowy

Ćwiczenie 5



Galileusz odkrył, że Wenus jest widoczna na niebie w fazach (kolejno: nów, „pierwsza” kwadra, pełnia, „trzecia” kwadra, nów, itd.), na podobieństwo Księżyca. Późniejsze obserwacje dokonane przez innych astronomów potwierdziły, że podobny cykl faz przechodzi:

☐ Mars

☐ Saturn

☐ Merkury

☐ Jowisz

Ćwiczenie 6



Odsłuchaj fragment audiobooka, w którym zawarty jest opis badania przez Galileusza staczania się kulki po równi pochyłej ruchem jednostajnie przyspieszonym. Przyjmij, że Galileusz wraz z asystentem wyrażali przebytą przez kulkę drogę s w łokciach ($[s] = 1 \text{ ł}$), zaś czas t mierzyli w „uderzeniach serca” ($[t] = 1 \text{ u}$). Tabela przedstawia fragmentaryczne wyniki takiego badania. Uzupełnij brakujące komórki tabeli; wyniki podaj z dokładnością taką, jaką zastosowano w poszczególnych kolumnach tabeli.

Lp.	$t(u)$	$s(ł)$
1	2	
2	4	12,8
3		20,0

Ćwiczenie 7



Zapoznaj się z treścią ćwiczenia nr 6. Wartość przyspieszenia staczającej się kulki wynosi $1,6 \frac{1}{u^2}$. Przyjmij, że łokieć asystenta miał długość $0,32 \text{ m}$, zaś serce Galileusza biło w tempie 75 uderzeń na minutę. Wyraż przyspieszenie, z jakim staczała się kulka, w jednostkach SI. Wykonaj i zapisz odpowiednie obliczenia; następnie porównaj je z przedstawionymi w rozwiązaniu.

Ćwiczenie 8



W celu dokonania pomiaru prędkości światła Galileusz zatrudnił dwóch asystentów. Wraz z jednym wspiął się na wzgórze za miastem. Drugi z nich wspiął się na inne wzgórze, odpowiednio oddalone, ale usytuowane w zasięgu wzroku z pierwszego wzgórza. Każdy z asystentów miał latarnię oraz zasłonę, za pomocą której mógł przestaniać i odsłaniać swą latarnię. Gdy zapadła ciemność, na umówiony znak obaj asystenci zasłonili swe latarnie, a Galileusz przygotował...

Uzupełnij powyższy opis tak, by stanowił instrukcję postępowania dla przeprowadzającego taki eksperyment. Uwzględnij także ewentualne czynności, które należało wykonać przed udaniem się na wzgórze albo następnego dnia, po eksperymencie. Na koniec porównaj swój opis z zamieszczonym poniżej.

Dla nauczyciela

Konspekt (scenariusz) lekcji

Imię i nazwisko autora:	Andrzej Kajetan Wróblewski Włodzimierz Natorf
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Kim był Galileusz?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia - wymagania ogólne: III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji oraz doświadczeń i wnioskowanie na podstawie ich wyników. IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 3) prowadzi obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik; 10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; planuje i modyfikuje ich przebieg;

	formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji; 11) opisuje przebieg doświadczenia lub pokazu; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów i uwzględnia ich rozdzielczość; 17) przedstawia wybrane informacje z historii odkryć kluczowych dla rozwoju fizyki; II. Mechanika. Uczeń: 6) wyznacza położenie, wartość prędkości, wartość przyspieszenia i drogę w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym na podstawie danych zawartych w postaci tabel i wykresów;
Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje cyfrowe • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:	Uczeń: 1. zapozna się z pomysłem Galileusza na doświadczalne wyznaczenie prędkości światła. 2. zaplanuje przebieg takiego doświadczenia. 3. określi cele, które mógł postawić Galileusz, planując to doświadczenie. 4. przeanalizuje rozdzielczość „aparatury” użytej przez Galileusza do pomiaru czasu i porówna ją do czasu przelotu światła pomiędzy obserwatorami. 5. przedstawi i oceni argumenty przemawiające za uznaniem, że mimo nieosiągnięcia postawionego celu, doświadczenie Galileusza należy uznać za udane.
Strategie nauczania:	Kształcenie wyprzedzające.
Metody nauczania:	Dyskusja uczniowska, analiza wypowiedzi, „zaimprovizowany” pomiar.
Formy zajęć:	Wspólna praca całego zespołu klasowego.
Środki dydaktyczne:	Komputer z rzutnikiem lub tablicą interaktywną. Szkolna tablica. Telefony komórkowe uczniów.
Materiały pomocnicze:	Opracowania, internetowe lub książkowe, poświęcone Galileuszowi i jego dokonaniom, zawierające opis pomiaru prędkości światła.
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	

W ramach pracy domowej z poprzedniej lekcji, uczniowie zapoznali się ze wstępem, blokiem tekstowym i audiobookiem zawartym w e-materiale. Rozwiązali także zad. 8. z zestawu ćwiczeń, co pomaga im zrozumieć pomysł Galileusza na pomiar prędkości światła.

Nauczyciel zapowiada temat i organizację lekcji. Przypomina podstawowe tezy wstępu; uruchamia audiobook. Za pomocą dwóch-trzech prostych pytań upewnia się, że uczniowie potrafią uzasadnić tezę o rewolucyjnym charakterze odkryć i dokonań Galileusza.

Faza realizacyjna:

Nauczyciel prosi uczniów o przedstawienie własnych rozwiązań zad. 8. z zestawu ćwiczeń. Pozostali uczniowie komentują zgodność pomysłów z rozwiązaniem wzorcowym.

Nauczyciel prosi uczniów o sformułowanie celów, które mógł stawiać sobie Galileusz, planując pomiar prędkości światła. Zwraca przy tym uwagę na kontekst historyczny, opisany w całym e-materiale. Spośród wypowiedzi nauczyciel powinien wyłować i zaakcentować nie tylko „zmierzyć i poznać wartość c ”, ale także „rozstrzygnąć, czy prędkość ta jest skończona czy nie”.

Nauczyciel przypomina znaną dziś wartość $c \approx 3 \cdot 10^5$ km/s i stawia tezę, że Galileusz w XVII w. nie mógł uzyskać wiarygodnego wyniku swojego eksperymentu. Uczniowie w dyskusji, przypominającej tzw. burzę mózgów, odnoszą się do tej tezy.

Nauczyciel, ukierunkowując dyskusję, proponuje uczniom kolejno (jeśli uczniowie sami tego nie zaproponują):

- przyjęcie, że odległość pomiędzy wzgórzami była rzędu kilku kilometrów;
- oszacowanie spodziewanego czas dwukrotnego przelotu światła pomiędzy wzgórzami;
- porównanie tego czasu z charakterystycznym czasem działania „aparatury pomiarowej” oraz z jej rozdzielczością (w razie potrzeby nauczyciel przypomina lub

wprowadza pojęcie rozdzielczości przyrządu pomiarowego*); rozdzielczość ta w doświadczeniu Galileusza wynikała z czasu reakcji człowieka, wynoszącym ok. 0,2-0,3 s;

- zbadanie czasu reakcji człowieka na sekwencję dwóch bodźców wzrokowych w „zaimprovizowanym” eksperymencie polegającym na pomiarze przez każdego ucznia (dysponującego stoperem w telefonie komórkowym) czasu pomiędzy dwoma sygnałami wzrokowymi (np. podnieść rękę i opuścić rękę po kilku sekundach, gdy uczniowie tego czasu nie znają z góry), nadanymi przez nauczyciela. Średnia różnica w zmierzonych czasach jest dobrym przybliżeniem tego czasu reakcji.

Wyniki tych oszacowań i wnioski nauczyciel zapisuje na tablicy. Po dyskusji nauczyciel prosi uczniów o sformułowanie dwu- trzyzdaniowych, umotywowanych odpowiedzi na pytanie zawarte w temacie lekcji: czy doświadczenie Galileusza można uznać za udane? Jako swój udział w tej fazie dyskusji, nauczyciel przedstawia odpowiedź typu „Każde doświadczenie jest udane, jeśli potrafimy prawidłowo zinterpretować jego wynik, nawet jeśli wynik ten jest negatywny.” i odnosi to do interpretacji Galileusza, który określił i eksperymentalnie uzasadnił dolne ograniczenie na prędkość światła, choć nie udało mu się dowieść, że jest ona skończona.

(*) Rozdzielczość przyrządu pomiarowego to najmniejsza wartość wielkości mierzonej, którą przyrząd jest w stanie rozróżnić, ze względu na swoją budowę i zasadę działania. Rozdzielczość przyrządu można czasami utożsamić z jego dokładnością, choć na ogół ta ostatnia jest „gorsza”.

Faza podsumowująca:

Nauczyciel prosi uczniów o podanie przykładów znanych im przyrządów pomiarowych (różnych wielkości fizycznych, nie tylko czasu) wraz z ich rozdzielczością oraz o wskazanie sytuacji eksperymentalnych, w których użycie przyrządu jest bezprzedmiotowe ze względu na zbyt słabą jego rozdzielczość.

Praca domowa:

Nauczyciel proponuje uczniom rozwiązanie zadań 1. – 7. z zestawu ćwiczeń. Pierwsze trzy pozwalają powiązać epokę Galileusza z innymi wydarzeniami historycznymi. Pozostałe pozwalają uczniom sprawdzić rozumienie lub przećwiczyć umiejętności z obszaru objętego tematyką ćwiczenia. Łącznie pozwalają poznać rozległość dokonań naukowych Galileusza.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące
różne
zastosowania
danego
multimedium:**

Notkę biograficzną można wykorzystać jako kilkuminutowy wstęp (zainteresowanie tematem) do dowolnej lekcji mechaniki, astronomii czy optyki, podczas której ma być omawiane zagadnienie, w odkryciu którego uczestniczył Galileusz, np., zasada względności, budowa Układu Słonecznego, zastosowanie lunety, itp.