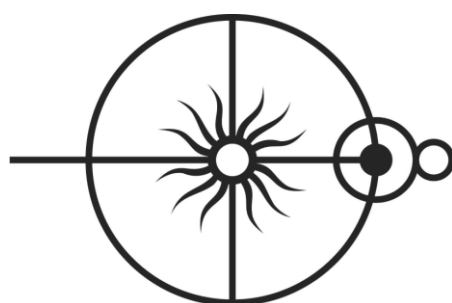


STEM 6

ASTRONOMIA I EKONOMIA z profesjonalnymi obserwacjami i analizą ekonomiczną

skierowany do uczniów Szkół Ponadpodstawowych



**fundacja
copernicus**
est. 2024



**Ministerstwo
Edukacji Narodowej**

Charakter cyklu

Cykl „Astronomia i Ekonomia” to interdyscyplinarny projekt edukacyjny realizowany w formule STEM, **łącaący nauki ścisłe, przyrodnicze i społeczne**. Jego osią narracyjną jest postać Mikołaja Kopernika – ukazana nie tylko jako wybitny astronom, lecz także jako praktyk gospodarki, administrator i myśliciel ekonomiczny. Cykl pokazuje, że **obserwacja przyrody, analiza danych i podejmowanie decyzji ekonomicznych są ze sobą ściśle powiązane**.

Zajęcia mają charakter badawczy, projektowy i warsztatowy. Uczniowie poznają podstawy astronomii poprzez obserwacje nieba, pracę z teleskopami, analizę zdjęć archiwalnych oraz rekonstrukcję dawnych instrumentów astronomicznych. Równolegle wprowadzane są zagadnienia ekonomiczne, takie jak wartość pieniądza, regulacja rynku czy zależność cen od dostępności surowców, osadzone w realiach epoki Kopernika.

Cykl rozwija myślenie analityczne i naukowe, umiejętność pracy zespołowej, planowania działań oraz interpretowania wyników obserwacji i doświadczeń. Uczniowie uczą się poprzez działanie: eksperymentują, konstruują, obliczają, porównują dane i wyciągają wnioski. Ważnym elementem jest także refleksja nad odpowiedzialnością uczonego i znaczeniem wiedzy w zarządzaniu zasobami.

Całość kończy się ewaluacją formatywną i podsumowaniem projektowym, które pozwalają na integrację zdobytej wiedzy oraz ocenę procesu uczenia się. Cykl kształtuje kompetencje XXI wieku, pokazując naukę jako proces praktyczny, interdyscyplinarny i osadzony w realnym świecie.

CELE OGÓLNE CYKLU

- poznanie Mikołaja Kopernika jako astronoma i ekonoma,
- rozwijanie myślenia analitycznego, naukowego, projektowego i zespołowego,
- integracja wiedzy z zakresu astronomii, technologii i ekonomii,
- kształtowanie kompetencji XXI wieku: współpracy, analizy danych, refleksji i odpowiedzialności.

STRUKTURA CYKLU

ETAP I – WPROWADZENIE I INSPIRACJA

Cel etapu: wprowadzenie uczniów w kontekst epoki, zagadnień astronomicznych oraz wielowymiarowej postaci Mikołaja Kopernika.

1. Wprowadzenie do astronomii – planetarium lub alternatywa online

Wariant A: zajęcia w planetarium

Uczniowie poznają ideę planetarium, zasadę działania projektora gwiazd oraz uczą się orientacji na sferze niebieskiej. Analizują zmienność nieba w czasie, rozpoznają planety, gwiazdozbiory Zodiaku oraz najjaśniejsze gwiazdy.

Wariant B: brak planetarium – praca z materiałami online

W przypadku braku dostępu do planetarium zajęcia mogą być w całości realizowane w sali lekcyjnej lub pracowni komputerowej z wykorzystaniem:

- interaktywnego przewodnika po niebie:
https://www.astronomia24.com/viewpage.php?page_id=51,
- map nieba i symulatorów czasu.

Przebieg proponowany:

- wspólna analiza aktualnego nieba (pora roku, kierunki świata),
- identyfikacja planet i gwiazdozbiorów,
- rozmowa o tym, jak dawniej obserwowano niebo bez nowoczesnych narzędzi.

Efekt: uczeń potrafi opisać wygląd nocnego nieba i rozumie, że obserwacja astronomiczna jest procesem wymagającym systematyczności.

2. Lekcja o Mikołaju Koperniku – muzeum lub materiały źródłowe

Wariant A: lekcja muzealna / terenowa

Analiza wystawy lub ekspozycji poświęconej Kopernikowi, ze szczególnym uwzględnieniem jego ról społecznych i zawodowych.

Wariant B: zajęcia szkolne / online

Zajęcia mogą zostać oparte na:

- artykułach popularnonaukowych i źródłowych udostępnionych przez Fundację:
<https://sladami.kopernika.2025.astrumnarusa.org/artykuly>, publikacjach na stronie Muzeum im. Mikołaja Kopernika we Fromborku: <https://muzeumkopernika.pl/mikolaj-kopernik/>
<https://muzeumkopernika.pl/mikolaj-kopernik-zycie-i-dzieło/>
- mapach historycznych Warmii,
- fragmentach traktatów i ikonografii,
- analizie receptur fitoterapeutycznych z czasów Kopernikańskich

Przebieg proponowany:

- praca w grupach nad różnymi „rolami” Kopernika (astronom, lekarz, administrator, ekonomista),
- prezentacja wyników i wspólna dyskusja.

Efekt: uczeń rozumie, że działalność naukowa Kopernika była częścią jego codziennej pracy i obowiązków.

ETAP II – BADANIE I PROJEKTOWANIE

Cel etapu: rozwijanie myślenia badawczego poprzez doświadczenia z astronomii, rekonstrukcje przyrządów astronomicznych oraz warsztaty z zakresu ekonomii. Uczniowie poznają podstawowe sposoby obserwacji nieba i rozpoznają gwiazdozbiory. Uczestnicy poznają podstawowe pojęcia z zakresu ekonomii oraz mechanizmy gospodarcze.

1. Teleskopy i optyka – eksperyment i analiza

Wariant A: praca z teleskopami

Uczniowie porównują różne typy teleskopów, badają rolę soczewek i zwierciadeł, samodzielnie składają instrumenty i testują ich możliwości.

Wariant B: brak sprzętu astronomicznego

Zajęcia mogą być oparte na:

- prostych zestawach optycznych (soczewki, lupy),
- materiałach wideo i schematach,
- analizie historycznych instrumentów Kopernika.

Efekt: uczeń rozumie zasadę działania teleskopu i zna podstawowe pojęcia z zakresu optyki.

2. Obserwacje nocnego nieba – realne lub archiwalne

Wariant A: obserwacje terenowe

Prowadzenie obserwacji nieba i astrofotografii za pomocą przyrządów astronomicznych o różnej konstrukcji. Sugerowane jest użycie następujących przyrządów:

- **Celestron XLT 8" AZ-EQ6**, największy zwierciadlany, w systemie optycznym Schmidta - Cassegraina, na montażu paralaktycznym i na słupie, do astrofotografii
- **GSO systemu Newtona na montażu Dobsona**, najprostszy zwierciadlany, prosty montaż azymutalny, do obserwacji wizualnych

- **Skywatcher 120/1000 EQ-5**, teleskop soczewkowy, czyli luneta na montażu paralaktycznym, do obserwacji wizualnych
- **Seerstar S50**, kompletny system obserwacyjny, do astrofotografii

Zadania:

- wycelowanie teleskopu w wybrany obiekt
- prowadzenie teleskopu za obiektem
- odpowiedni dobór powiększenia lub parametrów ekspozycji

Efekt: uczeń wykona obserwacje teleskopem oraz uzyska efekt w postaci zdjęcia nieba

Wariant B: analiza zdjęć archiwalnych

W przypadku braku warunków pogodowych lub sprzętowych uczniowie korzystają z galerii zdjęć nieba Fundacji Copernicus:

<https://sladami.kopernika.2025.astrumnarusa.org/galerianieba>

Zadania:

- identyfikacja obiektów na zdjęciach,
- porównanie zdjęć z różnych źródeł,
- analiza jakości i parametrów obserwacji.

Efekt: uczeń potrafi interpretować dane wizualne i wyciągać wnioski na podstawie obserwacji.

3. Ekonomia i zarządzanie – Kopernik jako praktyk gospodarki

Cel zajęć: zrozumienie roli Kopernika jako administratora i ekonomisty oraz podstawowych mechanizmów gospodarczych.

Przebieg zajęć:

1. **Wprowadzenie**
Dyskusja: czy naukowiec może być jednocześnie menedżerem?
2. **Badanie i odkrywanie**
Analiza pojęć „dobra” i „zła” moneta na podstawie fragmentów traktatu *Monetae cudendae ratio* oraz opracowań popularnonaukowych. Wyjaśnienie zasady: „gorszy pieniądz wypiera lepszy”.
3. **Projektowanie i tworzenie – taksa chlebowa**
Uczniowie obliczają przykładową cenę 1 kg bochenka chleba na podstawie ceny zboża, wzorując się na historycznej olsztyńskiej taksie chlebowej.
https://sladami.kopernika.2025.astrumnarusa.org/public/files/gra_taksa_chlebowa.jpg

4. Testowanie i analiza

Sprawdzenie wpływu zmian cen surowców na cenę końcową produktu; dyskusja o regulacji rynku.

5. Warsztat menniczy

- o **bez matrycy:** wykonanie „monety” metodą frotażu (odcisk wzoru na papierze),
- o **z matrycą:** pokaz lub warsztat inspirowany historycznym wybijaniem monet – praca z krążkami menniczymi i matrycami.

6. *Zajęcia z wybijania monet to interaktywne warsztaty historyczne, podczas których uczestnicy własnoręcznie wykonują pamiątkową monetę, poznając dawne techniki mennicze znane z muzeów i skansenów.*

7. Podsumowanie i refleksja

Kopernik jako przykład odpowiedzialnego zarządzania wiedzą i zasobami.

Efekt: uczeń rozumie podstawowe mechanizmy ekonomiczne i potrafi powiązać je z działalnością Kopernika.

4. Warsztaty: Instrumenty Mikołaja Kopernika.

Cel zajęć: Znalezienie odpowiedzi na pytania: w jaki sposób obserwowano niebo przed wynalezieniem teleskopu. Dokonanie praktycznej analizy: jak służyły Kopernikowi ówczesne instrumenty do obserwacji nieba. Sprawdzenie jak wygląda celowanie w obiekty za pomocą przeziernic i odczytywanie wyników z podziałki. Na podstawie wyznaczeń, omówienie zakresu błędu.

Przebieg zajęć:

- Przy pomocy kopii triquetrum, każdy z uczniów wykonuje pomiar położenia zadanego punktu. Dokonuje analizy błędów pomiaru, czyli zostaną porównane w celu oceny ich przydatności, odstępstw od średniej.
- Omówienie wykonania pomiaru wysokości Słońca przy pomocy kwadrantu.
- Omówienie sposobu używania astrolabium, jako urządzenia do określania czasu, wysokości gwiazd, azymutu, a także pozycji ciał niebieskich nad horyzontem. Rola astrolabium w nawigacji i rozwoju astronomii.

Przydatne linki:

budowa kwadrantu: <https://tata-astronom.pl/warmia/kwadrant>

instrukcja budowy astrolabium: <https://www.youtube.com/watch?v=qddv17d5vNA>

Zadanie praktyczne: Budowa triquetrum (liniała paralaktycznego).

Cel zajęć:

- Zbudowanie prostego instrumentu astronomicznego do pomiaru wysokości ciał niebieskich
- Poznanie zasad działania historycznych narzędzi pomiarowych używanych przez astronomów (m.in. Mikołaja Kopernika)

- Wykonanie pomiarów kątowych obiektów na niebie
- Zrozumienie podstaw geometrii w astronomii

Wprowadzenie teoretyczne: Omówienie instrumentu i zasady działania. Triquetrum składa się z trzech drewnianych listew:

- Dwie listwy nieruchome ustawione pod kątem prostym (90°)
- Jedna listwa ruchoma
- Przezierniki (otwory do celowania) na końcach listew
- Podziałki kątowe do odczytu pomiarów

Instrument pozwala na:

- Pomiar wysokości ciał niebieskich nad horyzontem
- Określenie odległości kątowej między obiektami na niebie
- Wyznaczanie odległości do obserwowanych celów na podstawie geometrii

Materiały podstawowe:

- Drewniane listwy sosnowe – 3 sztuki (długości: 50 cm, 30 cm, 60-70 cm)
- Śruby lub nity do połączeń ruchomych
- Klej stolarski (opcjonalnie)

Narzędzia:

- Kątomierz
- Linijka milimetrowa
- Piła do drewna
- Papier ścierny
- Wiertarka z wiertłem (średnica ok. 5-8 mm)
- ołówek/marker do oznaczania podziałek
- Taśma miernicza

Przebieg zajęć:

Etap I: Przygotowanie ramion instrumentu:

- 1. Przygotowanie listew stałych:**
 - Odmierzenie i odcięcie listwy długiej na 50 cm
 - Odmierzenie i odcięcie listwy krótkiej na 30 cm
 - Wygładzenie krawędzi papierem ściernym
- 2. Przygotowanie listwy ruchomej:**
 - Odmierzenie i odcięcie listwy na długość 60-70 cm
 - Wygładzenie powierzchni

Etap II: Montaż konstrukcji podstawowej:

- 1. Utworzenie kąta prostego:**
 - Połączenie listwy krótkiej (30 cm) z długą (50 cm) pod kątem dokładnie 90°
 - Sprawdzenie kąta za pomocą kątomierza
 - Trwałe połączenie za pomocą kleju i/lub śrub
- 2. Czas schnięcia (jeśli używano kleju):**
 - Odczekanie ok. 15 minut
 - W tym czasie można przejść do przygotowania przezierników

Etap III: Wykonanie przezierników:

- 1. Oznaczenie miejsc na otwory:**
 - Na końcu długiej listwy (50 cm)
 - Na końcu listwy ruchomej (60-70 cm)
 - Opcjonalnie: na obu końcach krótkiej listwy (30 cm)
- 2. Wywiercenie otworów:**
 - Wykonanie otworów o średnicy 5-8 mm
 - Wygładzenie krawędzi otworów papierem ściernym

Etap IV: Wykonanie podziałki kątovej:

- 1. Podziałka na listwie długiej (50 cm):**
 - Narysowanie podziałki co 10° (0° , 10° , 20° , 30° , itd.)
 - Oznaczenie wyraźnie głównych wartości kątowych
 - Opcjonalnie: dodanie drobniejszych podziałek co 5° lub 2°
- 2. Podziałka na listwie ruchomej:**
 - Dodanie dodatkowej podziałki dla precyzyjniejszych odczytów

Etap V: Montaż listwy ruchomej:

- 1. Połączenie ruchome:**
 - Zamocowanie listwy ruchomej (60-70 cm) do górnego końca listwy długiej (50 cm)
 - Użycie śruby lub nitu jako osi obrotu
 - Sprawdzenie swobodnego ruchu w płaszczyźnie pionowej
 - Dokręcenie tak, aby listwa była stabilna, ale ruchoma

Instrukcja użytkowania instrumentu:

Krok 1: Ustawienie bazowe

- Spojrzenie przez przezierniki na jednym końcu podstawy
- Ustawienie instrumentu na horyzoncie (pozycja 0°)

Krok 2: Pomiar wysokości ciała niebieskiego

- Celowanie ruchomą listwą (przez jej przezierniki) w wybrany obiekt (gwiazda, Księżyc, punkt orientacyjny)
- Odczytanie wysokości kątowej z podziałki
- Zapisanie wyniku

Krok 3: Pomiar odległości kątowej

- Mierzenie kąta między dwoma punktami na niebie
- Obliczenie odległości na podstawie geometrii (przy znajomości odległości między obserwowanymi obiektami)

Ćwiczenia praktyczne:

- Pomiar wysokości wskazanych obiektów w terenie (np. wieża, drzewo, budynek)
- Porównanie wyników między zespołami uczniów
- Omówienie możliwych źródeł błędów pomiarowych

Efekty zajęć: Uczeń zna i potrafi nazwać trzy urządzenia służące do obserwacji nieba.

- **Zna budowę i zasadę działania triquetrum** – potrafi wymienić elementy składowe instrumentu (listwy stałe i ruchoma, przezierniki, podziałki kątowe) oraz wyjaśnić ich funkcje
- **Rozumie historyczny kontekst instrumentu** – wie, że triquetrum było wykorzystywane przez astronomów renesansowych, w tym Mikołaja Kopernika, do obserwacji i pomiarów astronomicznych
- **Zna podstawowe pojęcia astronomiczne** – rozumie terminy: wysokość ciała niebieskiego, horyzont, odległość kątowa, pomiar paralaktyczny
- **Rozumie zastosowanie geometrii w astronomii** – wie, w jaki sposób pomiary kątowe pozwalają na wyznaczanie odległości do obiektów niebieskich
- **Potrafi porównać metody pomiarowe** – rozumie różnice między historycznymi a współczesnymi instrumentami astronomicznymi oraz wie, jak rozwijała się precyzja pomiarów

Umiejętności praktyczne. Po zakończeniu zajęć uczeń:

- **Potrafi wykonać prosty instrument pomiarowy** – samodzielnie lub w zespole konstruuje funkcjonalne triquetrum z dostępnych materiałów
- **Posługuje się narzędziami stolarskimi** – bezpiecznie używa linijki, kątomierza, piły, papieru ściernego oraz (pod nadzorem) wiertarki
- **Wykonuje precyzyjne pomiary i oznaczenia** – dokładnie odmierza długości, sprawdza kąty proste, nanosi równomierne podziałki kątowe
- **Łączy elementy konstrukcyjne** – tworzy stabilne połączenia stałe i ruchome, dobiera odpowiednie metody montażu
- **Kalibruje i testuje instrument** – sprawdza poprawność działania skonstruowanego urządzenia, dostosowuje elementy ruchome

Umiejętności pomiarowe. Po zakończeniu zajęć uczeń:

- **Przeprowadza pomiary kątowe** – prawidłowo ustawia instrument, celuje przez przezierniki i odczytuje wartości z podziałek
- **Określa wysokość obiektów nad horyzontem** – mierzy wysokość kątową ciał niebieskich lub obiektów naziemnych
- **Mierzy odległości kątowe** – wyznacza kąty między dwoma obserwowanymi punktami
- **Interpretuje wyniki pomiarów** – oblicza rzeczywiste odległości na podstawie pomiarów kątowych, stosując podstawowe zasady geometrii
- **Ocenia dokładność pomiarów** – identyfikuje źródła błędów pomiarowych, szacuje niepewność wyników

Kompetencje społeczne i metodologiczne. Po zakończeniu zajęć uczeń:

- **Pracuje w zespole** – współdziała przy realizacji wspólnego projektu, dzieli się zadaniami, wspiera innych członków grupy
- **Planuje i organizuje pracę** – dzieli proces budowy na etapy, zarządza czasem, ustala kolejność czynności
- **Rozwiązuje problemy praktyczne** – radzi sobie z trudnościami technicznymi podczas konstrukcji, proponuje alternatywne rozwiązania
- **Dbą o bezpieczeństwo** – przestrzega zasad bezpiecznego posługiwania się narzędziami, utrzymuje porządek w miejscu pracy
- **Dokumentuje proces i wyniki** – zapisuje pomiary, opisuje przebieg pracy, formułuje wnioski

Kompetencje kluczowe. Po zakończeniu zajęć uczeń:

- **Myśli analitycznie** – łączy wiedzę teoretyczną z praktycznym zastosowaniem, rozumie związki przyczynowo-skutkowe
- **Działa kreatywnie** – proponuje udoskonalenia konstrukcji, eksperymentuje z różnymi rozwiązaniami technicznymi
- **Docenia wartość metody naukowej** – rozumie znaczenie precyzyjnych pomiarów i systematycznych obserwacji w nauce
- **Dostrzega ciągłość rozwoju nauki** – łączy historyczne osiągnięcia astronomii z współczesnymi metodami badawczymi
- **Rozwija postawy badawcze** – wykazuje ciekawość poznawczą, chęć eksperymentowania i weryfikowania hipotez

ETAP III – POSZERZENIE KONTEKSTU

Cel etapu: ukazanie zależności między obserwacją świata przyrody, rozwojem wiedzy naukowej oraz praktycznym zarządzaniem zasobami w czasach Mikołaja Kopernika.

1. Spacer przyrodniczo-ziółowy – środowisko naturalne jako zasób

Cel zajęć: poznanie lokalnej roślinności jako elementu zaplecza gospodarczego, medycznego i użytkowego oraz rozwijanie umiejętności obserwacji terenowej.

Etapy spaceru:

1. Wprowadzenie (problem badawczy)

Rozmowa wstępna: jakie rośliny rosną w najbliższym otoczeniu szkoły / ośrodka? Jakie trudności może sprawiać ich rozpoznanie (pora roku, podobieństwo gatunków, brak kwiatów)?

2. Badanie i odkrywanie (teren)

Uczniowie poruszają się wyznaczoną trasą (las, park, łąka, teren miejski), identyfikując drzewa, krzewy i rośliny zielne. Omawiane są:

- różnice między gatunkami,
- twardość i zastosowanie drewna (opał, budownictwo, meblarstwo),
- podstawowe właściwości fitoterapeutyczne roślin.

3. Projektowanie i tworzenie – zielnik

Uczniowie zbierają wybrane okazy (zgodnie z zasadami ochrony przyrody) i projektują **zielnik**, decydując o kluczu porządkowania:

- użytkowym (technologicznym),
- leczniczym,
- środowiskowym.

4. Testowanie i weryfikacja

Sprawdzenie poprawności rozpoznania gatunków z wykorzystaniem literatury i narzędzi:

- *Dendrologia*, W. Seneta, J. Dolatowski,
- *Prawie wszystko o ziołach i ziołolecznictwie*, M.E. Senderski,
- atlas online: <https://atlas.roslin.pl/>,
- aplikacje mobilne: **PlantNet**, **Flora Incognita**.

5. Podsumowanie i refleksja

Porównanie zebranych okazów, omówienie zagrożeń wynikających z błędnego rozpoznania roślin.

Efekt: uczeń potrafi rozpoznać i opisać co najmniej 3 gatunki roślin oraz rozumie znaczenie zasobów naturalnych w gospodarce.

2. Warsztaty optyczne "Światło na zakrętach - jak działają ośrodki optyczne"

Cel zajęć: Uczniowie poznają podstawowe prawa optyki geometrycznej, rozumieją zjawiska załamania i rozszczepienia światła oraz nauczą się, jak różne ośrodki wpływają na drogę promieni świetlnych. Zajęcia nawiązują do praktycznych umiejętności Mikołaja Kopernika, który rozumiał zjawiska optyczne i wykorzystywał je w swoich obserwacjach

astronomicznych, między innymi używając luster do odbijania i kierowania światła słonecznego w swoich eksperymentach pomiarowych.

Etapy warsztatów:

Wprowadzenie: Kopernik jako praktyk optyki:

- Historyczny kontekst: Mikołaj Kopernik nie tylko obserwował gwiazdy, ale też rozumiał prawa optyki i stosował je w praktyce
- Lustro do obserwacji Słońca: Kopernik używał luster do bezpiecznego odbijania światła słonecznego na tablice pomiarowe – dzięki temu mógł obserwować i mierzyć położenie Słońca bez patrzenia bezpośrednio na nie
- Camera obscura: Wykorzystywał zjawisko prostoliniowego rozchodzenia się światła do obserwacji zaćmień słonecznych
- Znaczenie optyki w astronomii: Precyzyjne obserwacje wymagały zrozumienia, jak światło się porusza, odbija i załamuje

Podstawowe pytania do rozmowy:

Skąd się bierze kolor światła?

- Światło białe (np. słoneczne) składa się z wszystkich kolorów tęczy
- Każdy kolor to fala elektromagnetyczna o innej długości
- Czerwony ma najdłuższą falę (~700 nm), fioletowy najkrótszą (~400 nm)
- Przedmioty widzimy w różnych kolorach, ponieważ pochłaniają jedne fale, a inne odbijają

Dlaczego tęcza ma łukowaty kształt?

- Krople deszczu działają jak małe pryzmaty
- Światło załamuje się wchodząc do kropli, odbija od jej tylnej ściany i ponownie załamuje wychodząc
- Każdy kolor załamuje się pod nieco innym kątem (czerwony najmniej, fioletowy najbardziej)
- Widzimy tęczę pod określonym kątem (~42°) od kierunku przeciwnego do Słońca
- Dlatego tęcza ma zawsze kształt łuku i pojawia się w konkretnym miejscu na niebie

Demonstracja wprowadzająca:

- Przepuszczenie światła latarki przez pryzmat lub CD (dyfrakcja)
- Obserwacja rozszczepienia światła na barwy tęczy
- Pytanie do uczniów: Co się stało ze światłem białym?

Badanie i odkrywanie – eksperymenty optyczne:

Stanowisko 1: Załamanie światła w wodzie

Materiały: kubki przezroczyste, woda, wskaźnik laserowy LED (lub ołówek), kartka papieru

Eksperyment A – "Złamany ołówek":

- Włóż ołówek do szklanki z wodą
- Obserwuj z boku – ołówek wydaje się "złamany" w miejscu, gdzie wchodzi do wody
- Wyjaśnienie: światło odbite od zanurzonej części ołówka załamuje się przechodząc z wody do powietrza

Eksperyment B – Śledzenie promienia światła:

- Napełnij płaski pojemnik wodą
- Dodaj kroplę mleka (rozpraszacz światła)
- Skieruj wskaźnik laserowy pod kątem do powierzchni wody
- Zaobserwuj i narysuj drogę promienia światła: kąt padania i kąt załamania
- Wniosek: światło zmienia kierunek przechodząc między ośrodkami o różnej gęstości optycznej

Stanowisko 2: Rozszczepienie światła w pryzmacie

Materiały: pryzmat szklany lub plastikowy, latarka (najlepiej ze białym LED), ekran (biała kartka)

Eksperyment:

- W przyciemnionym pomieszczeniu skieruj wąską wiązkę światła białego na jedną ze ścian pryzmatu
- Ustaw ekran po drugiej stronie
- Zaobserwuj powstanie widma – pasma kolorów od czerwieni do fioletu
- Zmień kąt padania światła – jak to wpływa na widmo?

Wyjaśnienie:

- Różne kolory (długości fal) załamują się pod nieco innymi kątami
- Krótsze fale (fiolet, niebieski) załamują się bardziej niż dłuższe (czerwień, pomarańcz)
- Dlatego białe światło "rozdziela się" na barwy składowe

Stanowisko 3: Mieszanie kolorów – model RGB

Materiały: latarki z filtrami kolorowymi (czerwony, zielony, niebieski) lub kolorowe LED, biały ekran

Eksperyment:

- Skieruj światło czerwone na ekran – zaobserwuj kolor
- Dodaj światło zielone tak, aby wiązki się nakładały – co powstaje? (Żółty!)
- Dodaj światło niebieskie do czerwonego – co powstaje? (Magenta/różowy)

- Nakładaj wszystkie trzy kolory – powstaje białe światło

Dodatkowe obserwacje:

- Porównanie z mieszaniem farb (model subtraktywny CMYK) – dlaczego daje inne wyniki?
- Światło: dodajemy kolory (RGB = Red, Green, Blue)
- Farby: odejmujemy kolory poprzez absorpcję (CMYK = Cyan, Magenta, Yellow, Black)

Stanowisko 4: Lustro i odbicie światła – metoda Kopernika

Materiały: małe lustro, latarka lub promień słoneczny, kartka papieru z narysowaną skalą

Eksperyment:

- Ustaw lustro tak, aby odbijało światło (słoneczne lub z latarki) na pionową tablicę
- Zaznacz położenie odbitego punktu świetlnego
- Zmień kąt nachylenia lustra – jak zmienia się położenie punktu?
- Zmierz kąty padania i odbicia

Wyjaśnienie:

- Prawo odbicia: kąt padania = kąt odbicia
- Tak jak Kopernik w Olsztynie, możemy używać luster do bezpiecznego kierowania światłem
- Dzięki odbiciu można obserwować Słońce bez patrzenia na nie bezpośrednio

Projektowanie i tworzenie – wyzwanie optyczne:

Zadanie projektowe: *"Przeprowadź światło przez trzy różne materiały tak, aby na końcu uzyskać określony kolor"*

Przygotowanie:

- Uczniowie pracują w grupach 3-4 osobowych
- Każda grupa losuje zadanie: otrzymuje kolor docelowy do uzyskania (np. zielony, pomarańczowy, różowy, jasnoniebieski)
- Startują z białym światłem (latarka LED)

Dostępne materiały i ośrodki:

- Przezroczyste pojemniki z wodą (można dodać barwnik spożywczy)
- Kolorowe filtry (folie celofanowe, przezroczyste plastiki)
- Szkło, pleksiglas
- Pryzmaty
- Zwierciadła (do zmiany kierunku światła – jak u Kopernika!)
- Mleko lub mydło (do rozpraszania światła)

- Papiery kolorowe (jako ekrany odbijające)

Testowanie i weryfikacja – prezentacja układów: Każda grupa tworzy demonstrację swojego rozwiązania za pomocą tunelu świetlnego:

Konstrukcja tunelu:

- Z przezroczystych folii, kartonu i taśmy klejącej budują tunel/korytarz dla światła
- Na początku: źródło światła (LED lub latarka)
- W środku: zaprojektowane ośrodki optyczne
- Na końcu: ekran pokazujący uzyskany kolor

Prezentacja przed klasą:

- Każda grupa pokazuje swój układ w działaniu
- Wyjaśnia, jak każdy z trzech materiałów wpływa na światło
- Prezentuje końcowy efekt – czy udało się uzyskać wymagany kolor?

Pozostałe grupy oceniają:

- Czy cel został osiągnięty (poprawny kolor)?
- Czy wykorzystano trzy różne materiały?
- Czy wyjaśnienie jest logiczne i zrozumiałe?

Podsumowanie i refleksja: Co wpływa na drogę światła?

Wspólna dyskusja i systematyzacja wiedzy:

- **Ośrodek optyczny:** Każdy materiał ma inną gęstość optyczną (współczynnik załamania)
- **Kąt padania:** Im większy kąt, tym silniejsze załamanie (do pewnej granicy)
- **Długość fali:** Różne kolory załamują się pod różnymi kątami
- **Odbicie i załamanie:** Na granicy ośrodków część światła odbija się, część przechodzi
- **Absorpcja:** Niektóre materiały pochłaniają określone długości fal (kolory)

Efekt końcowy:

Uczniowie:

- Rozumieją podstawowe zjawiska optyczne: załamanie, odbicie, rozszczepienie światła
- Potrafią wyjaśnić, dlaczego tęcza ma kształt łuku i jak powstają kolory
- Przeprowadzili samodzielnie eksperymenty optyczne i sformułowali wnioski
- Zaprojektowali i zbudowali funkcjonalny układ optyczny osiągający określony cel

- Wiedzą, jak działa mieszanie addytywne kolorów (RGB)
- Rozumieją prawo odbicia i wiedzą, jak Kopernik wykorzystywał lustro w praktyce
- Potrafią wskazać codzienne zastosowania praw optyki
- Rozumieją, że nauka to nie tylko teoria, ale też praktyczne eksperymenty i obserwacje
- Wiedzą, że astronomia XVI wieku wymagała nie tylko matematyki, ale też praktycznej znajomości optyki

ETAP IV – EWALUACJA FORMATYWNA

Film edukacyjny „Copernicus” oraz gra „Śladami Kopernika”

Cel etapu: utrwalenie, usystematyzowanie i sprawdzenie wiedzy zdobytej podczas całego cyklu w formie angażującej, zespołowej i refleksyjnej.

1. Film „Copernicus” – analiza i refleksja

Opis:

Zajęcia rozpoczynają się projekcją filmu fabularno-edukacyjnego „Copernicus”, dostępnego bezpłatnie w serwisie YouTube:

<https://www.youtube.com/watch?v=DH1VNCLqbSc>

Film ukazuje życie Mikołaja Kopernika z perspektywy jego ucznia, prezentując go jako uczonego, ale także człowieka osadzonego w realiach epoki – podejmującego decyzje, ponoszącego odpowiedzialność i mierzącego się z konsekwencjami swoich wyborów.

Cele dydaktyczne projekcji:

- pogłębienie wiedzy biograficznej o Koperniku,
- rozwijanie umiejętności krytycznego odbioru przekazów audiowizualnych,
- porównanie wizji filmowej z wiedzą historyczną zdobytą wcześniej.

Przebieg zajęć:

1. **Wprowadzenie:** krótkie przypomnienie kluczowych faktów z życia Kopernika.
2. **Projekcja filmu** (ok. 24 min).
3. **Rozmowa kierowana:**
 - które sceny są zgodne z wiedzą historyczną?
 - które elementy mają charakter artystyczny lub symboliczny?
 - jak film pokazuje relację między nauką a codziennymi obowiązkami Kopernika?
4. **Praca z materiałami źródłowymi:** odniesienie wybranych scen do rękopisu *De revolutionibus* (faksymile, reprodukcje).

Efekt: uczeń potrafi krytycznie ocenić przekaz filmowy i odnieść go do faktów historycznych.

2. Gra edukacyjna „Śladami Kopernika” – systematyzacja wiedzy

Opis ogólny:

Gra planszowa pełni funkcję podsumowującą i ewaluacyjną. Uczniowie pracują w zespołach, rywalizując o punkty poprzez odpowiadanie na pytania, rozwiązywanie zadań oraz podejmowanie decyzji strategicznych.

Warianty realizacji:

- **wersja wielkoformatowa** (plansza, pionki, kostki),
- **wersja klasowa/cyfrowa** – plansza wyświetlana na ekranie lub ścianie, pionki w formie naklejek, karty gry do wydruku.

<https://sladami.kopernika.2025.astrumnarusa.org/public/files/graplansza.jpg>

Przebieg gry (etapy STEM):

1. **Wprowadzenie / problem:** jak zaplanować strategię, by zdobyć jak najwięcej punktów?
2. **Badanie i odkrywanie:** analiza zasad gry, losowości (kostki) i wiedzy zespołu.
3. **Projektowanie:** wybór strategii (pytania vs punkty terenowe).
4. **Testowanie i modyfikacja:** zmiana strategii w trakcie gry.
5. **Podsumowanie:** omówienie wyników i odniesienie pytań do konkretnych zajęć z cyklu.

Efekt: nauczyciel uzyskuje informację zwrotną o stopniu opanowania materiału przez uczniów, a uczniowie porządkują wiedzę w atrakcyjnej formie.

Uwaga: pomocne mogą być również inne publikacje gier, dostępne online np.:

<https://kopernik.warmia.mazury.pl/wydrukuj-sobie-planszowke-wedrowki-z-mikolajem-kopernikiem/>

ETAP V – PODSUMOWANIE PROJEKTOWE

Cel etapu: integracja wiedzy, refleksja nad procesem uczenia się oraz rozwijanie kompetencji prezentacyjnych i zespołowych.

Zajęcia podsumowujące – praca w grupach

Ze względu na różnorodne formy realizacji cyklu, podsumowanie ma charakter **elastyczny i adaptowalny**.

Proponowany przebieg:

1. Podział na zespoły (3–5 osób)

Każda grupa losuje lub wybiera jeden z tematów:

- „Mikołaj Kopernik – astronom i ekonom”,
- „Od obserwacji nieba do decyzji ekonomicznych”,
- „Jak nauka wpływa na codzienne życie – wtedy i dziś”,
- „Które kompetencje Kopernika są aktualne we współczesnym świecie?”.

2. Praca projektowa

Zespoły opracowują krótką formę podsumowującą:

- plakat,
- mapa myśli,
- mini-prezentacja,
- infografika.

3. Prezentacja wyników

Grupy przedstawiają efekty pracy, a pozostali uczniowie zadają pytania.

4. Refleksja i ewaluacja

Dyskusja moderowana:

- czego się nauczyliśmy?
- które zajęcia były najbardziej angażujące?
- jak można wykorzystać zdobytą wiedzę w przyszłości?

5. Ewaluacja formalna

Wypełnienie ankiet ewaluacyjnych przez uczniów i nauczycieli.

Efekt: uczeń potrafi syntetyzować wiedzę z różnych dziedzin, pracować zespołowo i formułować wnioski.



Ministerstwo
Edukacji Narodowej