



Głodna czarna dziura

Czas trwania	2 x 45 minut
Poziom	Klasy 1-4 Liceum
Cele lekcji	Cel ogólny: Zapoznanie i zainteresowanie uczniów tematyką czarnych dziur, ich zachowań oraz sposób ich badań poprzez obserwacje astronomiczne. Cele szczegółowe (uczeń): • Potrafi wyjaśnić, czym jest czarna dziura i jakie procesy zachodzą w jej otoczeniu, • Potrafi opisać mechanizm akrecji i świecenia w kwazarze, • Wie, jak zinterpretować krzywe zmian blasku na przykładzie rzeczywistych danych (prawdziwy obiekt astronomiczny BL Lac), • Umie poszukiwać rozbłysków w danych obserwacyjnych i omówić ich możliwe przyczyny, • Współpracuje w grupie.
Realizowane treści podstawy programowej (liceum)	Fizyka (poziom podstawowy i rozszerzony): • uczeń opisuje elementy ewolucji gwiazd • uczeń omawia supernowe i czarne dziury • planowanie i przeprowadzanie obserwacji oraz doświadczeń i wnioskowanie na podstawie ich wyników

	Geografia (poziom podstawowy i rozszerzony): • prowadzenie obserwacji i pomiarów w terenie, opracowanie i prezentacja wyników, analizowanie pozyskanych danych oraz formułowanie wniosków na ich podstawie • uczeń interpretuje dane liczbowe przedstawione w postaci tabel i wykresów Informatyka (poziom podstawowy i rozszerzony): • programowanie i rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem komputera oraz innych urządzeń cyfrowych: układanie i programowanie algorytmów, organizowanie, wyszukiwanie i udostępnianie informacji, posługiwanie się aplikacjami komputerowymi • posługiwanie się komputerem, urządzeniami cyfrowymi i sieciami komputerowymi, w tym: znajomość zasad działania urządzeń cyfrowych i sieci komputerowych oraz wykonywania obliczeń i programów • rozwijanie kompetencji społecznych, takich jak: komunikacja i współpraca w grupie, w tym w środowiskach wirtualnych, udział w projektach zespołowych oraz zarządzanie projektami
Metody pracy	• Pogadanka heurystyczna – nauczyciel wprowadza temat poprzez pytania problemowe i animacje multimedialne, zachęcając uczniów do aktywnego myślenia i formułowania wniosków. • Prezentacja multimedialna – użycie przygotowanych slajdów oraz animacji (PDF, ZPE, YouTube) do wizualizacji procesów fizycznych (akrecja, emisja promieniowania, zmienność jasności). • Analiza danych rzeczywistych – uczniowie interpretują krzywą zmian blasku obiektu BL Lac w systemie BHTOM.space, identyfikując rozbłyski i omawiając ich przyczyny. • Dyskusja kierowana – wspólne omawianie obserwowanych zjawisk oraz wyciąganie wniosków dotyczących fizyki kwazarów i zmiennych źródeł światła. • Praca z tekstem i pojęciami kluczowymi – uczniowie poznają i utrwalają terminy naukowe (np. magnitudo, filtr, akrecja, dysk akrecyjny). • Zadanie indywidualne lub w parach – wybór innego obiektu

	zmiennego z katalogu BHTOM i przygotowanie krótkiej prezentacji z interpretacją danych.
Formy pracy	• Praca z całą klasą (zbiorowa) – wspólne oglądanie animacji, analiza pojęć i wykresów na ekranie. • Praca w grupach/parach – uczniowie wspólnie analizują dane z BHTOM.space, identyfikują rozkłady, formułują wnioski. • Praca indywidualna – przygotowanie prezentacji na temat wybranego obiektu zmiennego z katalogu BHTOM. • Praca zdalna (opcjonalnie) – samodzielne przeglądanie danych online i przygotowanie zadań w domu. • Dyskusja klasowa – wymiana hipotez na temat przyczyn zmienności kwazara i różnic względem gwiazd.

Potrzebne materiały

- ☐ **Tablica multimedialna lub projektor z komputerem** – do prezentacji materiałów wizualnych i wykresów,
- ☐ **Dostęp do Internetu** – umożliwiający wejście na stronę <https://bhtom.space> i analizę danych,
- ☐ **Prezentacja nauczyciela** – „Głodna czarna dziura.pdf” (zawierająca definicje i ilustracje),
- ☐ **Animacja czarnej dziury (ZPE)** – <https://zpe.gov.pl/a/czarne-dziury/D184js4YP>,
- ☐ **Animacja dysku akrecyjnego** – https://www.youtube.com/watch?v=fCWteTkhd_A,
- ☐ **Link do danych BL Lac w BHTOM** – https://bh-tom2.astrolabs.pl/public/targets/BL_Lac,
- ☐ **(Opcjonalnie)** Dostęp do komputerów/tabletów dla uczniów – do indywidualnej eksploracji danych.

Przebieg lekcji

Czas trwania	Opis	Uwagi
25 minut	Wprowadzenie i teoria • Nauczyciel pokazuje animację czarnej dziury dostępną na stronie ZPE. • Nauczyciel pokazuje prezentację PDF (Materialy). • Dyskusja: co to jest czarna dziura? Co to znaczy, że „świeci”? • Zastanówcie się, jakie zjawiska/siły tam zachodzą (tarcie, grawitacja, magnetyzm, promieniowanie, przyspieszenie, ciśnienie itp.)	
45 minut	Część praktyczna • Nauczyciel otrzymuje szczegółowy link do BHTOM.space z wybranymi danymi BL Lac i udostępnia publiczne dane (bez potrzeby zakładania konta) uczniom, którzy analizują wykres: https://bh-tom2.astrolabs.pl/public/targets/BL_Lac • Nauczyciel przedstawia instrukcję odczytywania wykresu: osią poziomą jest czas, pionową magnitudo. Powiększanie danych obszarów jest możliwe poprzez opcję „zoom” w prawym górnym rogu wykresu i zaznaczenie zakresu danych. • Nauczyciel objaśnia co widać na wykresie: dane jednego koloru oznaczają wyniki obserwacji z użyciem jednego filtru. Na wykresie widać pomiary zebrane przy użyciu projektu ZTF z zastosowaniem dwóch filtrów: zr i zg. Różnica między nimi polega więc na tym, że zg rejestruje światło krótszych fal	

	(g=green), a zr – dłuższych (r=red). • Z pomocą nauczyciela uczniowie identyfikują rozbłyski i okresy spadku jasności. Próbują odpowiedzieć:^[1]_[SEP] → co może oznaczać nagły wzrost jasności? Uczniowie zgłaszają swoje hipotezy co do przyczyn rozbłysków. • Dyskusja na temat obserwowanych zmian jasności. BL Lac zmienia jasność, ponieważ wyrzuca strumień energii w naszym kierunku, a ten strumień nie jest stały – czasem jest silniejszy, a czasem słabszy, przez co obiekt wydaje się jaśniejszy lub ciemniejszy. → Jak często się to dzieje?	
20 minut	Podsumowanie • Pytania do dyskusji: → Czym różni się zmienność gwiazdy od zmienności kwazara? (Gwiazdy zmieniają jasność przez zjawiska w ich wnętrzu lub na powierzchni, a kwazary – przez procesy wokół supermasywnej czarnej dziury.) → Jakie informacje można uzyskać z długoterminowej obserwacji obiektu? (okres, amplituda itp.)	

Zadanie dodatkowe (opcjonalne)

Uczeń wybiera jeden obiekt zmienny o klasyfikacji Quasar z katalogu BHTOM i przygotowuje krótką prezentację na następne zajęcia (5 slajdów):

- Co to za obiekt?
- Jak wygląda jego krzywa blasku?
- Czy występuje w niej zmienność?
- Co może być jej przyczyną?

Ewaluacja

- Pytania podsumowujące zadawane podczas dyskusji końcowej lekcji pozwolą nauczycielowi ocenić, czy uczniowie:
 - rozumieją pojęcia: czarna dziura, akrecja, dysk akrecyjny, magnitudo, krzywa blasku,
 - potrafią odczytać i zinterpretować wykres zmian jasności,
 - potrafią wskazać możliwe przyczyny zmienności kwazara.
- Obserwacja pracy uczniów podczas analizy danych w grupach/parach – ocena zaangażowania, umiejętności wyciągania wniosków i współpracy.
- Zadanie dodatkowe (prezentacja o wybranym obiekcie zmiennym z katalogu BHTOM) pozwala sprawdzić indywidualne zrozumienie tematu oraz umiejętność samodzielnego poszukiwania i interpretowania danych.
- (Opcjonalnie) Krótkie podsumowanie ucznia (na kartce lub ustnie):
 - Czego się dziś dowiedziałem?
 - Co mnie zaskoczyło?
 - O co chciałabym zapytać dalej?

Materiały dodatkowe

Omawiane pojęcia:

Pomoc- prezentacja: Głodna czarna dziura.pdf

→ **Magnitudo:** jednostka miary stosowana w astronomii do określania jasności obserwowalnej obiektów astronomicznych, takich jak gwiazdy. Im mniejsza wartość magnitudo, tym obiekt jest jaśniejszy. Jeśli jedna gwiazda ma jasność większą o 1 mag (czyli ma niższą wartość liczbową magnitudo) od drugiej, to jest około 2,5 raza jaśniejsza.

Na przykład: Słońce ma jasność -26 magnitudo, Księżyc niecałe -13, a najsłabsze gwiazdy widoczne gołym okiem mają jasność około +6 magnitudo.

→ **Czarna dziura:** obszar o sile przyciągania grawitacyjnego tak dużej, że nic nie jest w stanie go opuścić, nawet światło (stąd nazwa). Powstaje, gdy w małej objętości zgromadzi się odpowiednio

duża masa. Czarne dziury wykrywa się pośrednio, obserwując ich wpływ na otoczenie – na przykład ruch pobliskich gwiazd lub promieniowanie emitowane przez opadającą materię.

→ **Akrecja:** proces, w którym materia (np. gaz i pył) opada na czarną dziurę. Podczas tego spadania, materiał wiruje wokół czarnej dziury i tworzy tzw. dysk akrecyjny. Ogromne siły powodują, że ten dysk świeci bardzo jasno – często jaśniej niż cała galaktyka!

Pytanie do uczniów: Jakie zjawisko zachodzi dzięki ogromnym siłom? → Tarcie → temperatura → emisja.

→ **Dysk akrecyjny:** animacja: https://www.youtube.com/watch?v=fCWteTkhd_A&t=30s

→ **Krzywa zmian blasku** (ang. light curve): wykres pokazujący, jak jasność obiektu na niebie zmienia się w czasie. Zwykle na osi X przedstawia się datę, a na osi Y jasność w skali magnitudo z odwróconym kierunkiem. Dzięki takim wykresom możemy badać np. pulsujące gwiazdy czy wybuchy supernowych. Nagłe zmiany jasności mogą być oznaką burzliwych procesów fizycznych, takich jak akrecja niejednorodnej materii na czarną dziurę.

→ Co to znaczy, że **czarna dziura „jest aktywna”**? Czarna dziura emituje więcej promieniowania, gdy pochłania większą ilość materii, natomiast gdy akrecja jest mniejsza, jej jasność również maleje. Czarna dziura jest aktywna, gdy intensywnie pochłania materię z otoczenia i emituje promieniowanie z dysku akrecyjnego.

→ **Kwazary:** aktywne jądra galaktyk, w których centrum znajduje się supermasywna czarna dziura otoczona dyskiem akrecyjnym.

→ **BL Lac:** przykład bardzo jasnego, zmiennego kwazara, którego zmienność można obserwować z Ziemi nawet niewielkimi teleskopami. Jego nazwa to “numer” kolejny obiektu (AA, AB, ... BK, BL, BM,...) w gwiazdozbiornie Lacerta = Jaszczurka, widocznym na północnym niebie z Polski.

→ **Filtry obserwacyjne:** “szkiełka” umieszczane w teleskopach w celu selekcji wybranych długości fal światła, umożliwiając badanie obiektów kosmicznych pod różnymi względami.

Notatki

Autor scenariusza: Łukasz Wyrzykowski, Olga Górna, Maria Nicewicz, Marcelina Wawrzyńczyk

Opracowanie graficzne: Sławomir Żebracki

Realizacja: Fundacja Antares

Scenariusz lekcji powstał w roku 2025 ramach projektu “Odkrywcy Wszechświata” współfinansowanego przez Ministerstwo Edukacji Narodowej.



Ministerstwo Edukacji Narodowej
