

DEBATA HISTORYCZNA

Daniel Dziob

Projekt edukacyjny z fizyki przygotowany w ramach programu
ERASMUS+ nr: 2015-1-PLO1-KA201-016801



Publikacja objęta międzynarodową licencją otwartą CC-BY-SA 4.0 umożliwiającą kopiowanie, rozpowszechnianie, remiksowanie, zmienianie i ulepszanie, również w celach komercyjnych, pod warunkiem oznaczenia autorstwa i udostępniania utworów zależnych na tych samych warunkach.



Publikacja została zrealizowana przy wsparciu finansowym Komisji Europejskiej w ramach programu Erasmus+. Publikacja odzwierciedla jedynie stanowisko jej autorów i Komisja Europejska nie ponosi odpowiedzialności za zamieszczoną w niej zawartość merytoryczną



DEBATA HISTORYCZNA - MGLAWICE SPIRALNE

Informacje wstępne dla nauczyciela

Przygotowany moduł ma charakter debaty naukowej w oparciu o poznawane chronologicznie odkrycia i postępy astronomiczne przedstawione w rozdziale III (pt. "Wielka debata") książki Simona Singha pt. "Wielki wybuch narodziny wszechświata" (wydanie pierwsze). Przebieg lekcji będzie wzorowany na programie "Decyzja należy do ciebie" (<https://www.youtube.com/watch?v=cCXQxyi73o>).

Całość sali lekcyjnej dzielimy na 3 strefy. W pierwszej z nich będą kolejno występować grupy prezentujące kolejne elementy historii odkryć astronomicznych. W tej części umieszczamy tablicę interaktywną (ew. zwykłą tablicę). Będziemy zapisywać na niej i rozwiązywać pytania/wątpliwości zgłaszane przez pozostałą część klasy, która w tym czasie zasiada w pozostałej części sali, podzielonej (np. poprzez ustawienie ławek) na dwie części: zwolenników teorii, iż mgławice są obiektami wewnątrz galaktycznymi oraz zwolenników teorii, iż mgławice znajdują się poza Drogą Mleczną. Po postawionym wstępnie problemie uczniowie proszeni są o zajęcie miejsca po jednej ze stron sali, po każdym kolejnym fragmencie mają możliwość zmiany miejsca.

Przebieg lekcji

1. Poinformowanie uczniów o przebiegu lekcji. Część klasy w małych grupach (do 3 osób) otrzyma fragmenty kolejnych odkryć astronomicznych. Ich zadaniem będzie (na następnej lekcji?) przedstawienie w ciągu 90 sekund informacji z tego fragmentu. Forma przedstawienia zależy od nauczyciela, jednak istotne, aby wszystkie grupy przedstawiały w podobnej konwencji.

ZALECANA FORMA: proponujemy, aby wyznaczone grupy otrzymały fragmenty odkryć na tydzień przed planowaną lekcją, zaś na samą lekcję przygotowały 60-90 sekundowy film streszczający opisane odkrycia. Film powinien posiadać lektora (jeden z uczniów czytający przygotowane przez grupę streszczenie) na tle zmieniających się zdjęć obrazujących opisywane rzeczy. Jak przykład można podać:

<https://www.youtube.com/watch?v=k1ox8lYoNtk>

Uwaga: należy zwrócić uczniom uwagę, iż w 60-sekundowym filmie nie może się pojawić więcej niż 20 zdjęć, tj. zwrócić uwagę na istotę doboru nie tylko odpowiednich zdjęć, lecz również ich ilości i czasu wyświetlania.

2. Ustanowienie kontekstu historycznego (aneks 1: co zmierzono, co potrafią zmierzyć)
Pokazanie zdjęcia mgławicy (najlepiej historycznego, np. https://www.e-education.psu.edu/astro801/sites/www.e-education.psu.edu/astro801/files/image/ritchey_m51_spiralnebula.gif) i postawienie pytania z zaznaczeniem, w jakim okresie (lata) było ono istotne dla uczonych: “czy mgławice są obiektami wewnątrz Drogi Mlecznej, czy obiektami poza naszą galaktyką?”. Podkreślenie, iż pośrednio jest to pytanie o rozmiary wszechświata. Prośba do uczniów o wyrażenie swojej opinii poprzez zajęcie miejsca po jednej ze stron. Zapytanie po 1-2 uczniu z każdej strony o argumenty i ew. pytania. Zapisanie ich na tablicy.
3. Przedstawienie przez pierwszą grupę otrzymanego fragmentu, czas na zamianę stron przez pozostałą część klasy, dyskusja z uczniami nt. ich opinii na problem. Rozwiane wątpliwości z tablicy skreślamy (tak, aby jednak były widoczne), dopisujemy nowe. Wraz z uczniami szukamy możliwości ich rozwiązań, pilnując jednak możliwości technicznych danej epoki. Podsumowania każdego fragmentu wraz z sugestiami pytań oraz istotnymi informacjami jakie powinny się pojawić na tablicy znajdują się w aneksie 2 (tylko dla nauczyciela!). Za każdym razem notować ilość osób “po każdej stronie barykady”.
4. Po ostatnim fragmencie zdecydowana większość klasy zapewne będzie siedzieć na stanowisku “mgławice poza drogą mleczną są”. Należy zwrócić uwagę, iż w świetle ówczesnych wyników jest to poprawne stanowisko. Przywołać jednak późniejsze odkrycia (aneks 3) i zwrócić uwagę, iż dziś obiekty są i w i poza Galaktyką.
5. Podczas podsumowania zwrócić uwagę na tok dedukcji uczniów podczas poznawania nowych faktów - warto korzystać z notatek na tablicy. Podkreślić, iż poznawanie nowych faktów powoduje zmianę stanowiska, że w nauce było dużo ślepych zaułków i że nie jest istotne nie błędzić, ale szukać i interpretować nowe fakty. Zaznaczyć, iż rozumienie świata jest ograniczone przez aktualny stan wiedzy i dlatego fizyka (nauka?) jest tak pasjonująca, gdyż każdego dnia odkrywa coś nowego i zmienia nasze pojmowanie rzeczywistości.

ANEKS 1

Stan wiedzy na drugą połowę XVIII wieku:

- Znano już teleskop optyczny (pierwszy zbudowany przez Galileusza w 1609) - potrafiono prowadzić obserwacje przez teleskop tzn. powiększyć obraz, jednak nie umiano zobiektywizować obserwacji, ponieważ każdy obserwator patrzył swoim okiem i tworzył subiektywne notatki lub rysunki.
- Katalog Mgławic (Messier 1771) - skatalogowano (spisano położenia) obiekty niepunktowe, czyli wszystkie obiekty przypominające mgiełki na nieboskłonie; nie wiadano czym są i jak mierzyć odległości do nich.
- Znano zjawisko paralaksy, które umożliwiło później pomiar odległości do pobliskich obiektów.

Nieznane aspekty, kluczowe dla rozstrzygnięcia omawianego problemu:

- Fotografia - niezastąpiona w zobiektywizowaniu obserwacji, dzięki niej można porównywać pomiary wykonane przez różnych obserwatorów.
- Spektroskopia - umożliwiła badanie składu chemicznego gwiazd, ale również w połączeniu z efektem dopplera pozwoliła na pomiar prędkości i odległości do obiektów przemieszczających się.
- Teoria powstania Wszechświata - nie było żadnych przesłanek i argumentów umożliwiających wnioskowanie na ten temat.
- Inne galaktyki poza Drogą Mleczną - nie zaobserwowano żadnych przykładów, więc nie wiadano czy mogą istnieć.
- Rozmiary Drogi Mlecznej (robocza hipoteza: Droga Mleczna to cały Wszechświat) - nie znano rozmiarów Galaktyki, nie było narzędzi potrzebnych do takiego pomiaru.
- Gwiazdy zmienne fizycznie (Cefeidy itp.) - odkryto gwiazdy które zmieniają swoją jasność, a okres tych zmian jest ściśle związany z ich jasnością absolutną - dzięki temu można wyznaczyć odległość do takiej gwiazdy. Gdy odkryto cefeidę w jednej z mgiełek można było wnioskować o odległości do danej mgiełki.
- Efekt Dopplera (Christian Doppler 1842), czyli zmiana obserwowanej długości fali spowodowana ruchem obserwatora względem źródła dźwięku lub światła.

ANEKS 2

Tytuł	Lata	Główne postacie	Podsumowanie	Istotne spostrzeżenia	Nierozwiązane problemy
<p>Czy jest coś poza Droga Mleczną?</p> <p>s. 164 (od słów: "Uwagę przyciągnęły mgławice [...]") - s. 166 (do słów: "System gwiazd nazywamy galaktyką [...]")</p>	<p>Druga połowa XVIII wieku</p>	<p>Charles Messier i William Herschel</p>	<p>Mgławice wyglądają jak chmury, w niektórych z nich widoczne są gwiazdy. Są to zapewne młode gwiazdy i formujące się z otaczającego gazu i pyłu planety. Skoro to gwiazdy, to należą do Drogi Mlecznej, jako że Droga Mleczna to jedyne skupisko gwiazd w całym Wszechświecie</p>	<ul style="list-style-type: none"> - mgławice obserwowane jako liczne rozmyte plamki światła - wynalazek teleskopu doprowadził do skatalogowania mgławic (katalog Messiera) - Herschel rozszerza katalog mgławic - w niektórych mgławicach są gwiazdy - Herschel: Droga Mleczna to jedyne skupisko gwiazd w całym Wszechświecie 	<p>Czym są mgławice? Czy leżą w naszej Galaktyce, czy poza nią?</p>
<p>Herschel vs Kant</p> <p>s. 166 (od słów: "Herschel wierzył, że Droga Mleczna [...]") - s. 167 (do słów: "Za sprawą niezwykłego Williama Parsonsa [...]")</p>	<p>Druga połowa XVIII wieku</p>	<p>Immanuel Kant</p>	<p>Kant: mgławice to skupiska gwiazd, takie jak Droga Mleczna, będące jedynie jednym z wielu światów wyspowych</p>	<ul style="list-style-type: none"> - mgławice wyglądają jak chmury dlatego że, zawierając wiele gwiazd, znajdują się tak daleko, że ich światło zlewa się w rozmytą plamę; a skoro są tak daleko, to znaczy, że leżą poza Droga Mleczną - większość mgławic ma kształt eliptyczny, a tak wyglądałaby Droga Mleczna widziana z zewnątrz - znaczący wpływ teologii: nieskończony Bóg nie mógł stworzyć jedynie skończonej Drogi Mlecznej 	<p>Nadal natura mgławic i ich umiejscowienie. Do rozstrzygnięcia sporu potrzebne nowe dowody obserwacyjne</p>
<p>Z czego składają się mgławice?</p> <p>s. 167 (od słów:</p>	<p>Pierwsza połowa XIX wieku</p>	<p>Lord Rosse</p>	<p>Przynajmniej niektóre mgławice są skupiskami gwiazd</p>	<ul style="list-style-type: none"> - wielki teleskop pozwala na dokładniejsze obserwacje - obserwacje i szkice struktury mgławicy M51 (Mgławicy Wirowej) - M51 zawiera gwiazdy 	<p>Wyznaczenie odległości do mgławic</p>

<p>“Poślubiwszy bogatą kobietę [...]” - s. 170 (do słów: “Mimo że do rozstrzygnięcia było wiele różnych kwestii [...]”)</p>					
<p>“Więcej światła!” s. 171 (od słów: “Następnym wielkim mistrzem [...]”) - s. 175 (do słów: “Czy należały do naszej Drogi Mlecznej [...]”)</p>	Przełom XIX i XX wieku	George Hale	Do rozstrzygnięcia problemu mgławic niezbędne są bardzo duże teleskopy	<ul style="list-style-type: none"> - budowa dużych teleskopów pozwala na zaobserwowanie coraz większych ilości mgławic - kwestia natury mgławic wyraźnie jest kluczowa dla zrozumienia struktury Wszechświata 	Natura mgławic
<p>Wielka Debata - Shapley</p> <p>s. 175 (od słów: “Kwestia ta osiągnęła [...]”) - s. 179 (do słów: “Niewykluczone, że podobne deklaracje [...]”)</p>	1920	Harlow Shapley	Mgławice to obiekty w naszej Galaktyce	<p>W opinii Shapleya:</p> <ul style="list-style-type: none"> - mgławice znajdują się powyżej i poniżej płaszczyzny Drogi Mlecznej, a zatem są żłobkami dla nowo powstałych gwiazd, które w miarę swojego rozwoju dryfują ku płaszczyźnie Drogi Mlecznej - gdyby mgławice były galaktykami, powinniśmy je obserwować w każdym miejscu na niebie - w 1885 wybuchła nowa w Andromedzie o jasności 0.1 jasności Wielkiej Mgławicy, a zatem mgławica ta jest częścią Drogi Mlecznej; gdyby było inaczej, nowa musiałaby świecić tak jasno, jak setki miliardów gwiazd 	j. w.
<p>Wielka Debata - Curtis</p>	1920	Heber Curtis	Mgławice znajdują się poza naszą Galaktyką	<p>W opinii Curtisa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - mgławice znajdują się w każdym 	Debata pozostaje nierozstrzygnięta

s. 175 (od słów: "Kwestia ta osiągnęła [...]") - s. 179 (do słów: "Niewykluczone, że podobne deklaracje [...]")				miejsca na niebie, ale my nie możemy ich obserwować w tzw. Strefie Unikania (czyli w płaszczyźnie Drogi Mlecznej), gdyż są tam przesłonięte przez gaz i pył	
Gwiazdy zmienne s. 180 (od słów: "Dwudziestoletni Edward Pigott [...]") - s. 184 (do słów: "Dokonane przezeń odkrycie [...]")	Druga połowa XVIII wieku	Edward Pigott i John Goodricke	Obserwacje prowadzone przez Goodricke'a i Pigotta przyczyniły się do odkrycia nowego typu gwiazd zmiennych - cefeid	- gwiazdy zmienne są godne uwagi; przeczą starożytnym poglądom, wg których gwiazdy to obiekty niezienne; - badania gwiazd zmiennych prowadzą do opisanie ich krzywych jasności jako pochodzących ze zjawiska zaćmienia występującego w układzie dwuskładnikowym; - niektóre zmienne (np. delta Cephei) mają zupełnie inny kształt krzywych jasności; nie są to zatem gwiazdy podwójne zaćmieniowe, tylko zupełnie nowy typ, których zmienność wynika z wewnętrznych procesów, zachodzących w tych gwiazdach - zostają nazwane cefeidami	Gwiazdy podwójne zaćmieniowe, chociaż będące ważnym odkryciem w historii astronomii, nie odegrały żadnej bezpośredniej roli w rozstrzygnięciu Wielkiej Debaty. Obserwacje cefeid natomiast przyczyniły się do ostatecznego rozwiązania problemu natury mgławic.
Dagerotypia s. 185 (od słów: "W 1830 roku [...]") - s. 187 (do słów: "Poza tym miłośnik astronomii [...]")	Połowa XIX wieku	Louis Daguerre	Fotografia umożliwia zapis obserwacji jak również obserwacje ciemniejszych gwiazd.	- powstanie i rozwój fotografii zapewnia utrwalenie obrazu, a co za tym idzie pozwala na obiektywizm we wnioskowaniu z obserwacji; - pojawia się możliwość zbierania większej ilości światła z obiektów (dzięki dostosowaniu czasu naświetlania płytki); pozwala to na	j. w.

				obserwacje gwiazd, które wcześniej były zupełnie niewidoczne	
Harem Pickeringa s. 187 (od słów: "Ułatwiło to Edwardowi Pickeringowi [...]") - s. 194 (do słów: "Gdyby udało się ustalić [...]")	Druga połowa XIX wieku	Edward Pickering, Henrietta Leavitt	Prace Henrietty Leavitt doprowadziły do możliwości wyznaczenia względnych odległości do cefeid; przybliżyły zatem naukowców o krok do rozstrzygnięcia natury mgławic	- mozolna praca, polegająca na porównywaniu fotografii nieba, pozwala na odkrycie 2400 gwiazd zmiennych; - analiza zmian jasności cefeid, prowadzona przez Henriettę Leavitt, pozwala na odkrycie prawa rządzącego zmianami ich jasności (okres zmian proporcjonalny do jasności); stąd można wyznaczyć względne odległości do cefeid; - gdyby udało się wyznaczyć bezwzględną odległość do cefeidy, możliwa byłaby kalibracja prawa odkrytego przez Leavitt; stąd już krótka droga do określenia odległości do mgławicy, zawierającej cefeidę, a zatem do rozstrzygnięcia Wielkiej Debaty	Natura mgławic nadal pozostaje nieznana; ale jedynym problemem, który stoi na drodze do rozwiązania zagadki jest wyznaczenie odległości do cefeidy.
Kamienie milowe Wszechświata s. 194 (od słów: "Decydujące obserwacje [...]") - s. 195 (do słów: "Nie żyła wystarczająco długo [...]"; koniec podróży)	Pierwsza połowa XX wieku	Harlow Shapley i Ejnar Hertzsprung	Użycie łączonych technik (m. in. paralaksy) pozwala na wyznaczenie bezwzględnej odległości do jednej cefeidy oraz w konsekwencji na kalibrację wykresu Henrietty Leavitt	Prosta procedura wyznaczenia odległości do cefeidy: - obserwacja tempa zmian blasku cefeidy; stąd jasność absolutna gwiazdy - pomiar jasności obserwowanej - odległość, wynikająca ze stosunku jasności absolutnej do obserwowanej	j. w.
Rozwiązanie zagadki	Pierwsza	Edwin Hubble	Znaczna część mgławic to	- Hubble fotografuje mgławice na	j. w.

podrozdział pt. "Tytan astronomii" (s. 195 - 209)	połowa XX wieku		odrębne galaktyki	Mount Wilson i w jednej z nich (M31) odkrywa cefeidę; pozwala to na znalezienie bezwzględnej odległości do M31, która okazuje się być galaktyką - Wszechświat jest znacznie większy niż Droga Mleczna	
Spektroskopia Podrozdział pt. "Świat w ruchu" (s. 209 - 218)	XIX wiek	Robert Bunsen, Gustav Kirchhoff, Norman Lockyer, Jules Janssen, William Huggins	Spektroskopia pozwala na badanie składu gwiazd	- prócz określenia składu gwiazd, Huggins wraz ze swą żoną opracowali technikę wykorzystania spektroskopii do pomiarów prędkości gwiazd	j. w.
Ruchy własne gwiazd s. 218 (od słów: "Za Galileuszem astronomowie [...]") - s. 226 (koniec podrozdziału)	XVIII - XIX wiek	Edmond Halley, William Huggins, Vesto Slipher	Odległe obiekty oddalają się od nas	- Halley bada ruchy własne gwiazd, ale nie ma możliwości wyznaczenia ich składowej radialnej - Huggins wykorzystuje w tym celu spektroskopię - Slipher: badanie spektroskopowe mgławic ujawnia, że większość galaktyk się od nas oddala	Dlaczego galaktyki się od nas oddalają?
Prawo Hubble'a podrozdział pt. "Prawo Hubble'a" (s. 226) - s. 230	XX wiek	Edwin Hubble, Milton Humason	Pośrednie potwierdzenie teorii Wielkiego Wybuch	- pomiar przesunięć ku czerwieni i odległości pozwala na wykreślenie zależności prędkości od odległości - interpretacja: wszystkie galaktyki musiały znajdować się kiedyś w jednym punkcie - Wszechświat miał początek i nieustannie się rozszerza	j. w.

ANEKS 3

Stan wiedzy na dziś:

- Dobrze poznanie widma elektromagnetycznego, co doprowadziło do możliwości prowadzenia obserwacji nie tylko w świetle widzialnym (radioteleskopy jak np. Arecibo).
- Dużo większe możliwości techniczne obserwacji (np. satelity obserwujące Wszechświat spoza atmosfery, takie jak Kosmiczny Teleskop Hubble'a lub satelita Chandra obserwujący Wszechświat w zakresie rentgenowskim).
- Rozwój technologii umożliwia przetwarzanie i opracowanie ogromnych zbiorów danych, co umożliwiło badanie struktury Wszechświata na podstawie wielkich przeglądów galaktyk z całego nieba.
- Opracowana teoria Wielkiego Wybuchu i powstania Struktury Wielkoskalowej (gromady galaktyk, supergromady...), dzięki którym lepiej rozumiemy procesy odpowiedzialne za powstanie obiektów, które dziś obserwujemy.
- Odkrycie mikrofalowego promieniowania tła potwierdziło teorię Wielkiego Wybuchu i rzuciło światło na to, co działo się krótkim czasie po nim.
- Szczególna i ogólna teoria względności zmieniły sposób patrzenia na przestrzeń (pierwotnie uważana za arenę zdarzeń, dziś wiemy, że aktywnie uczestniczy w ewolucji Wszechświata).
- Teorie ewolucji Wszechświata (modele Friedmanna) pozwalają wysuwać hipotezy dotyczące przyszłości Wszechświata: skoro miał on swój początek w Wielkim Wybuchu i nieustannie się rozszerza, czy będzie rozszerzał się w nieskończoność, czy też dojdzie do swych maksymalnych rozmiarów i zacznie się kurczyć, by zakończyć swoje istnienie w Wielkim Krachu? Dziś nie potrafimy odpowiedzieć na to pytanie.
- Przewidywane przez teorię względności a niedawno odkryte fale grawitacyjne staną się w przyszłości zupełnie nowym oknem na Wszechświat, niosącym informacje nie tylko o oddziałujących ze sobą egzotycznych obiektach takich jak czarne dziury, ale też o pierwszych momentach istnienia Wszechświata.