

## Kosmologiczne modele budowy Wszechświata

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

The background of the slide is a vibrant, multi-colored cosmic scene featuring various galaxies, nebulae, and star clusters. Overlaid on this is a diagram consisting of several interconnected nodes and lines, representing a cosmological model or the structure of the universe. A central dark blue rectangle contains the title text in white.

## Kosmologiczne modele budowy Wszechświata

Źródło: Pixabay License, <https://pixabay.com/pl/service/terms/#license>, dostępny w internecie: pixabay.com.

Zagadnienia dotyczące budowy Wszechświata nurtowały ludzkość od zawsze. Nauką o budowie i ewolucji Wszechświata jest kosmologia. Dyscyplina ta zajmuje się w zasadzie ogólną problematyką podejmowaną przez astronomię, jednak w sposób bardziej syntetyczny, nie wnikając w szczegóły. Współczesna kosmologia od strony warsztatu naukowego jest związana z astronomią pozagalaktyczną i teorią grawitacji. Pewne wyniki i metody badań kosmologicznych znajdują się także w obszarze zainteresowań filozofii, czego przyczyną są liczne implikacje światopoglądowe, jakie niesie za sobą badanie Wszechświata.

### Twoje cele

- Omówisz, jak rozwijała się wiedza kosmologiczna na przestrzeni dziejów.
- Scharakteryzujesz główne teorie kosmologiczne.
- Wyjaśnisz podstawowe pojęcia kosmologiczne.

# Przeczytaj

---

## Kosmologia starożytna i reforma kopernikańska

Współczesna kosmologia ma bardzo niewiele wspólnego z dawnymi teoriami kosmologicznymi. Ich poznanie jest jednak pod pewnym względem ważne, gdyż wyjaśnia tok rozumowania, który nie różni się zasadniczo od dzisiejszego. Pierwsze modele kosmologiczne tworzono, mając na uwadze podstawowe dla starożytnych prawo fizyki, które mówiło: ruchy wszystkich ciał niebieskich są ruchami jednostajnymi po kole. Oczywiście prawo to było błędne, a jego ścisłe przestrzeganie przez ówczesnych astronomów opóźniło rozwój astronomii.

Kluczowym osiągnięciem kosmologii starożytnej była budowa modelu geocentrycznego. W nim to, jak wiemy, to Ziemia znajdowała się w środku układu planetarnego. Dopiero Mikołaj Kopernik dał nowy początek astronomii, wprowadzając układ heliocentryczny. Niemniej nie wyrzekł się starożytnej myśli, że ruchy ciał niebieskich są ruchami kołowymi jednostajnymi. Dopiero Johannes Kepler obalił te poglądy.



Drzeworyt z XV w. ukazujący Uranię, Astronomię i Klaudiusza Ptolemeusza na tle geocentrycznego modelu świata

## Kosmologia przedrelatywistyczna

Istotny progres w kosmologii nastąpił po ogłoszeniu, a następnie akceptacji przez naukę, prawa grawitacji Newtona. Stało się ono inspiracją do powstania i rozwoju nowych koncepcji kosmologicznych, które zakładały, że [geometria euklidesowa](#) przestrzeni i jednorodny czas płynący jednostajnie mogą zostać wykorzystane do opisu zjawisk we Wszechświecie. Przy czym zakładano, że przestrzeń i czas są parametrami niezależnymi od rozmieszczenia materii. W kosmologii newtonowskiej przyjmujemy zasadę, że nie ma miejsc uprzywilejowanych we Wszechświecie. Dlatego też Ziemia, podobnie jak w modelu Kopernika, nie zajmuje szczególnego miejsca we Wszechświecie.

Jak się wkrótce okazało, kosmologia newtonowska nie była idealna i nie dawała odpowiedzi na pojawiające się wątpliwości. Dotyczyło to przede wszystkim trzech paradoksów: paradoksu fotometrycznego Olbersa, paradoksu Seeligera i paradoksu „cieplnej śmierci”. Dopiero po opracowaniu ogólnej teorii względności Einsteina możliwe stało się pokonanie wspomnianych trudności.

### Ćwiczenie 1

Na podstawie dostępnych źródeł znajdź informacje i opisz trzy paradoksy: paradoks fotometryczny Olbersa, paradoks Seeligera i paradoks „cieplnej śmierci”.

## Rozwój narzędzi badawczych współczesnej kosmologii

Wraz z pojawieniem się ogólnej teorii względności nastąpił równoległy postęp w zakresie astronomii pozagalaktycznej i radioastronomii. Badania skupiły się w znacznej mierze na badaniu galaktyk. Vesto M. Slipher zauważył, że widma galaktyk są z reguły przesunięte w kierunku czerwieni. Ponadto stwierdził, że owo przesunięcie jest wprost proporcjonalne do odległości badanej galaktyki (przynajmniej w pierwszym

przybliżeniu). Zaobserwowane zjawisko nazwano „poczerwienieniem” galaktyk. Z przesuwania się widma ku czerwieni należy wnioskować oddalanie się innych galaktyk od siebie, więc także i od naszej galaktyki. Prędkość oddalania się jest proporcjonalna do odległości dwóch galaktyk od siebie.



Radioteleskop w Piwnicach pod Toruniem

Źródło: R. Feiler, CC BY-SA 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>, dostępny w internecie: [commons.wikimedia.org](https://commons.wikimedia.org).

## Ciekawostka

Odkrycie poczerwienienia galaktyk pozwoliło na znaczny rozwój wielu obszarów kosmologii. Przede wszystkim dotyczyło obliczania odległości poszczególnych galaktyk. Jeśli wartość przesunięcia dopplerowskiego linii widmowej (określa ona prędkość oddalania się galaktyki) jest proporcjonalna do odległości tego obiektu  $r$ , wówczas konieczna jest jeszcze znajomość współczynnika proporcjonalności  $H$  z tej zależności, aby móc w oparciu o obserwacje widma galaktyki wyznaczyć jej odległość od nas. Stała  $H$  nazywana jest stałą Hubble'a. Współcześnie jej wartość szacowana jest na 74,03 km/s na [megaparsek \(Mps\)](#). Stała  $H$  jest odwrotnie proporcjonalna do wieku Wszechświata. Wpływ niepewności wyznaczania  $H$  na wiek Wszechświata prezentuje poniższe zestawienie:

STAŁA HUBBLE'A H (km/s/Mps)	WIEK WSZECHŚWIATA (mln lat)
50	19,6
53	18,4
70	14
100	9,8

Stała Hubble'a a wiek Wszechświata

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., CC BY-SA 3.0, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.

Inny ważny fakt obserwacyjny, prócz przesunięcia ku czerwieni, dotyczył rozmieszczenia przestrzennego galaktyk, które – rozpatrywane w dużej skali – może być uważane za jednakowe we wszystkich kierunkach przestrzeni. Był to argument przemawiający za słusnością [zasady kosmologicznej](#).

## Kosmologia relatywistyczna

Dzięki nowym odkryciom i danym obserwacyjnym oraz teorii względności pojawiły się nowe teorie kosmologiczne. Czas i przestrzeń nie są już w nich rozpatrywane oddzielnie od rozmieszczenia materii. Prawa grawitacji Newtona zostały zastąpione przez uogólnienia teorii względności Einsteina. Geometria euklidesowa została zastąpiona przez tzw. przestrzeń Riemanna o krzywiznie zależnej od rozmieszczenia mas.

W połowie lat 50. XX wieku w kosmologii dominowały dwa modele teoretyczne – model nawiązujący do teorii stanu stacjonarnego i model ewolucji. Pierwszy z nich zakłada obraz świata, który nie zmienia się w czasie i przestrzeni, a także pozwala na precyzyjne przewidywanie wyników wielu obserwacji. W drugim przypadku obraz Wszechświata podlega zmianom w czasie.

Współcześnie powszechnie przyjmowana jest teoria Wielkiego Wybuchu. W oparciu o nią powstały dwa modele różniące się zasadniczo w kwestii koncepcji rozszerzającego się Wszechświata. Pierwszy zakłada, że Wszechświat będzie się rozszerzał w nieskończoność. Drugi model wskazuje, że „ucieczka” galaktyk jest na tyle wolna, że grawitacja może zwolnić, co doprowadziłoby do zatrzymania ekspansji. Wszechświat po osiągnięciu stanu krytycznego zacznie się zapadać (nastąpiłaby Wielka Zapaść). Wszechświat w modelu tym mógłby cyklicznie kurczyć się i rozszerzać.

## Słownik

### **geometria euklidesowa**

jest to rodzaj geometrii pierwszy raz opisanej przez Euklidesa w IV w. p.n.e.. W dziele Elementy autor zgromadził wiedzę matematyczną znaną Grekom. Ówczesnie stosowaną ją na płaszczyźnie oraz w przestrzeni trójwymiarowej opisując za jej pomocą świat fizyczny, nie stosując innego rodzaju geometrii w badaniu świata.

### **megaparsek**

jest to inaczej  $10^6$  parseków, gdzie jeden parsek jest odległością stosowaną w astronomii gwiazdowej równą 3,26 lat świetlnych.

### **Wszechświat**

cała czasoprzestrzeń wypełniona materią

### **zasada kosmologiczna**

jest to teoria w kosmologii teoretycznej oraz obserwacyjnej stosowana w co najmniej dwóch przypadkach: słabszym (gdy prawa fizyki są takie same w całym Wszechświecie) oraz mocniejszym (gdy Wszechświat jest jednorodny oraz izotopowy na dużych przestrzeniach)

# Film edukacyjny

---

## Polecenie 1

Zapoznaj się z filmem edukacyjnym. Napisz, na czym polega teoria Wielkiego Wybuchu.

## Polecenie 2

Na podstawie filmu oraz dostępnych źródeł przedstaw metodę opisującą zjawisko rozszerzania się Wszechświata.

# Trwa wczytywanie danych..


Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DNqtpscgN>

Źródło: reż. K. Poznański.

Nagranie filmowe lekcji - dotyczy prezentacji kosmologicznych modeli budowy wszechświata.

---

# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

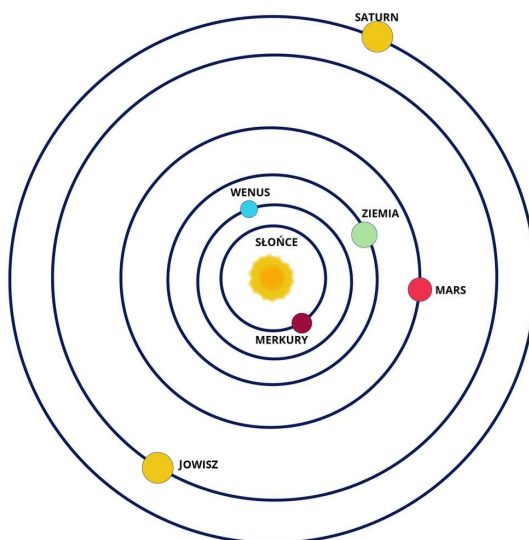
## Ćwiczenie 1



Wybierz prawidłową odpowiedź.

Twórcą zaprezentowanego na poniższym schemacie modelu budowy Wszechświata był:

- Mikołaj Kopernik
- Klaudiusz Ptolemeusz
- Jan Heweliusz
- Johannes Kepler



## Ćwiczenie 2



Uzupełnij tekst odpowiednimi sformułowaniami.

Johannes Kepler, Klaudiusz Ptolemeusz, kumulacji ciemnej materii, Mikołaj Kopernik, Edwin Powell Hubble, parsekiem, Wielkiego Wybuchu, jednostką astronomiczną

Twórcą teorii heliocentrycznej budowy Wszechświata był.....

Zjawisko rozszerzania się Wszechświata odkrył.....

Obecnie sądzi się, że Wszechświat powstał w wyniku .....

Do pomiaru bardzo dużych odległości we Wszechświecie (poza Układem Słonecznym) stosuje się jednostkę nazywaną.....

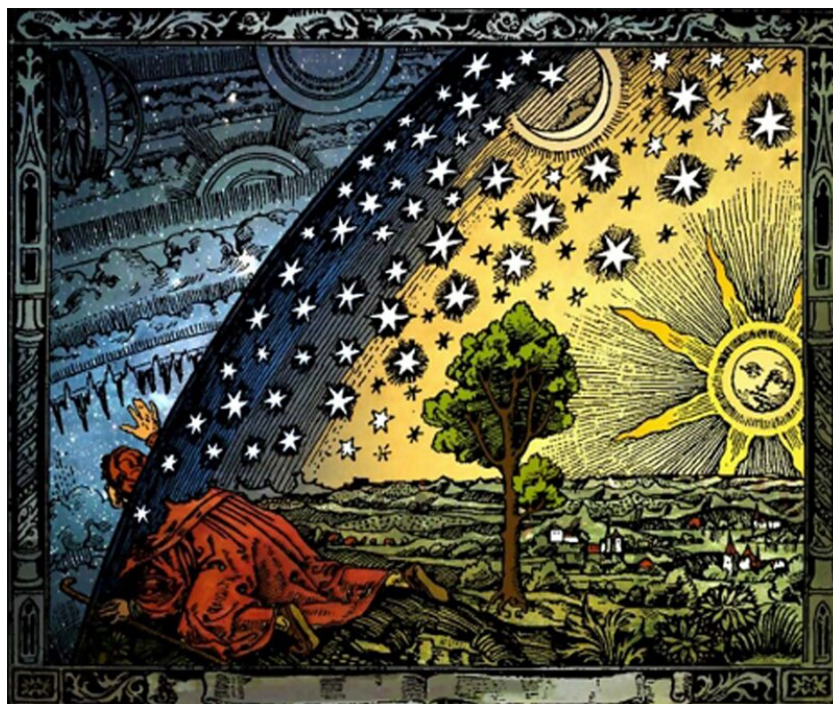
## Ćwiczenie 3



## Ćwiczenie 4



Korzystając z poniższej ryciny, scharakteryzuj jeden z modeli budowy Wszechświata obowiązujących przed Kopernikiem.



Źródło: H. Heikenwaelder, oprac. na podstawie C. Flammarion, *L'atmosphère: météorologie populaire*,

---



**Zapoznaj się z poniższym tekstem.**

Hipoteza opracowana przez Schatzmana i Huanga. Według niej Słońce wraz z Ziemią i pozostałymi planetami powstały z zagęszczenia materii pyłowej, która skupiła się w jednym miejscu, a następnie skurczyła na skutek działania siły grawitacji. Największa część pyłowego obłoku znalazła się w jego centrum i utworzyła Słońce. Pozostałe mniejsze koncentracje utworzyły pierwotne planety. Miało to miejsce prawdopodobnie 6 miliardów lat temu.

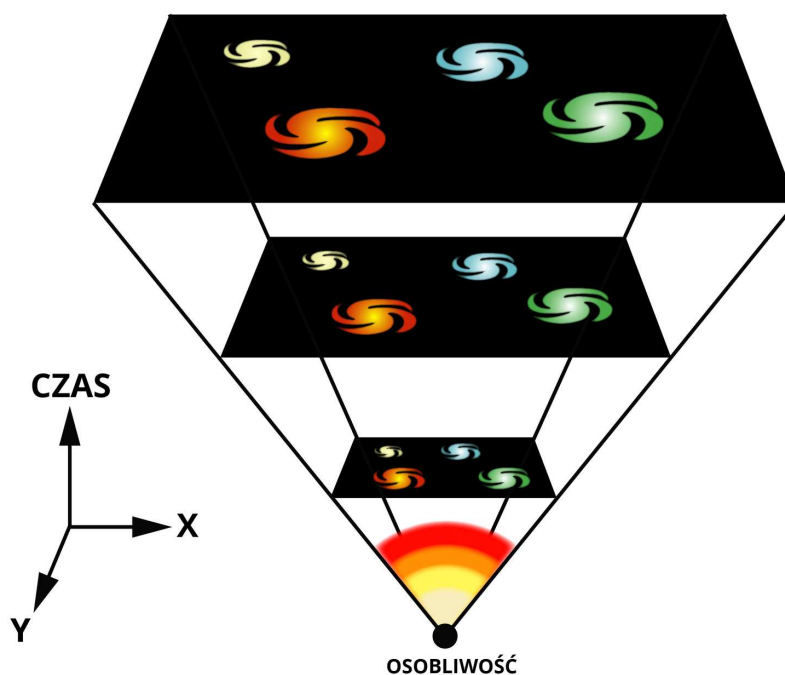
**Przedstawiona w opisie hipoteza powstania Wszechświata nazywana jest teorią:**

- kontrakcyjną.
- kreacjonistyczną.
- Wielkiego Wybuchu.

## Ćwiczenie 6



Korzystając z zamieszczonego schematu, wyjaśnij, na czym polega teoria Wielkiego Wybuchu.



Źródło: Jdiazch, CC BY-SA 3.0, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>, dostępny w internecie: commons.wikimedia.org.

## Ćwiczenie 7



Uzasadnij stwierdzenie, że „kosmologia stała się współcześnie dziedziną eksperymentalną”.

---

---

## Ćwiczenie 8



„W matematycznym *modelu jednorodnego* Wszechświata izotropowego zakładamy, że w jednej i tej samej chwili gęstość i ciśnienie materii są jednakowe we wszystkich obszarach przestrzeni. Ruchy systematyczne materii prowadzą do jednorodnego odkształcania ośrodka, czyli jego rozszerzania lub kurczenia, jednakowego we wszystkich kierunkach, spełniając w ten sposób warunek izotropowości (niezależności od kierunku). [...] Tego rodzaju model Wszechświata możemy nazwać ewolucyjnym”.

„*Model niejednorodnego* anizotropowego Wszechświata to Wszechświat, w którym w różnych obszarach przestrzeni rozmieszczenie mas może być różne (niejednorodność) i ruchy systematyczne nie byłyby wtedy jednakowe we wszystkich kierunkach (anizotropowość). Obserwacje dostarczają argumentów przemawiających zarówno za niejednorodnością budowy Wszechświata, jak i jego anizotropowością”.

Źródło: E. Rybka, *Astronomia ogólna*, PWN, Warszawa 1979, s. 572–573.

**Korzystając z dostępnych źródeł informacji, oceń, który z dwóch wyżej przedstawionych modeli wydaje się bardziej prawdopodobny w dobie odkryć współczesnej nauki. Uzasadnij swoją ocenę.**

# Dla nauczyciela

---

## SCENARIUSZ LEKCJI

**Imię i nazwisko autora:** Anna Ruszczyk

**Przedmiot:** geografia

**Temat zajęć:** Kosmologiczne modele budowy Wszechświata

**Grupa docelowa:** III etap edukacyjny, liceum/technikum, zakres podstawowy, klasa I

## PODSTAWA PROGRAMOWA

II. Ziemia we Wszechświecie: Ziemia jako planeta, następstwa ruchów Ziemi, ciała niebieskie, Układ Słoneczny, budowa Wszechświata.

Uczeń:

4) charakteryzuje budowę Wszechświata oraz stan jego poznania;

5) kształtuje wyobrażenie o ogromie i złożoności Wszechświata, obserwując ciała niebieskie na zdjęciach i mapach kosmosu, prowadzi obserwacje gwiazdozbiorów nieba północnego, dostrzega piękno i harmonię Wszechświata oraz Ziemi widzianej z kosmosu.

## Kształtowane kompetencje kluczowe

- 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:

- omawia, jak rozwijała się wiedza kosmologiczna ludzkości na przestrzeni dziejów,
- charakteryzuje główne teorie kosmologiczne,
- wyjaśnia podstawowe pojęcia kosmologiczne.

**Strategie nauczania:** asocjacyjna, problemowa

**Metody nauczania:** obserwacja pośrednia, miniwykład, pogadanka, dyskusja, mapa myśli/plakat, metody operatywne (praca z e-materiałem)

**Formy zajęć:** praca indywidualna, praca grupowa, praca zbiorowa

**Środki dydaktyczne:** tablica interaktywna/monitor dotykowy/tablety, e-materiał, podręcznik, obrazy (rycina, rysunek) modeli budowy Wszechświata,

### **Materiały pomocnicze**

*Modele kosmologiczne*, wiw.pl (dostęp 26.02.2021).

E. Rybka, *Astronomia ogólna*, PWN, Warszawa 1978.

## **PRZEBIEG LEKCJI**

### **Faza wprowadzająca**

- Nauczyciel wprowadza uczniów w tematykę zajęć – pokazuje uczniom rysunek (np. z e-materiału) przedstawiający model budowy Wszechświata Ptolemeusza (nie musi nazywać teorii geocentrycznej), rysunek jest wstępem do pogadanki o tym, jak ludzie dawniej wyobrażali sobie Wszechświat i jak to się zmieniało na przestrzeni dziejów (sprawdzenie, co uczniowie już wiedzą).
- Następnie nauczyciel przedstawia temat i cele lekcji.

### **Faza realizacyjna**

- Wprowadzenie pojęcia *model kosmologiczny* – miniwykład nauczyciela.
- Pracując w parach, uczniowie poszukują informacji na temat głównych modeli filozoficznych i astronomicznych budowy Wszechświata (chodzi o informacje zawarte w świętych księgach, np. w *Wedach*; astronomiczne – Ptolemeusz, Kopernik). Nauczyciel wybiera 3-4 modele, o których uczniowie poszukują informacji. Mogą skorzystać z e-materiału oraz informacji znalezionych w sieci.
- Dyskusja o tych modelach na forum klasy.
- Nauczyciel nawiązuje do rozmiarów Wszechświata, zapoznaje uczniów ze specjalnymi jednostkami opisującymi odległości między obiektami w kosmosie.
- Miniwykład o nowych odkryciach naukowych i metodach badania kosmosu.
- Następnie nauczyciel dzieli uczniów na 6 grup – każda ma za zadanie znaleźć, przeanalizować i dokonać selekcji informacji (przedstawić je na plakacie) dotyczących wybranych modeli ewolucji i budowy Wszechświata (uwzględniających narzędzia badawcze współczesnej kosmologii).
- Przydział losowy dla poszczególnych grup:
  - Modele ewolucji Wszechświata:
    - I grupa – model stacjonarny ewolucji Wszechświata;
    - II grupa – model Wszechświata rozciągającego się;
    - III grupa – model Wszechświata zamkniętego;
    - IV grupa – model Wszechświata pulsującego;
  - B. Współczesne modele Wszechświata:

- V grupa – model Wielkiego Wybuchu;
- VI grupa – model Wszechświata bez brzegów.
- Uczniowie korzystają z e-materiału i internetu, nauczyciel wspiera uczniów w razie potrzeby.
- Po upływie wyznaczonego czasu przedstawiciele grup prezentują swoje plakaty (referują wyniki pracy grupy).
- Nauczyciel, podsumowując, zwraca uwagę na różnice między modelami.
- Nauczyciel prosi uczniów, aby na podsumowanie swojej pracy zapoznali się z filmem edukacyjnym z e-materiału (teoria Wielkiego Wybuchu).
- Dyskusja na forum klasy o teorii Wielkiego Wybuchu, nauczyciel w razie potrzeby dopowiada i wyjaśnia wątpliwości uczniów.

### **Faza podsumowująca**

- Nauczyciel podsumowuje etapy lekcji, zestawiając je z założonymi celami – ocenia pracę uczniów, ich zaangażowanie.
- Następnie nauczyciel wprowadza do fazy ćwiczeń na podstawie poznanego materiału – uczniowie indywidualnie wykonują wskazane przez nauczyciela ćwiczenia z e-materiału.
- Uczniowie omawiają wykonane ćwiczenia.
- Uczniowie dzielą się swoimi doświadczeniami – co było łatwe, trudne, ciekawe, jakie są możliwości zastosowania zdobytej wiedzy itp.

### **Praca domowa**

- Badania kosmosu są bardzo kosztowne. Uzasadnij, że uzyskiwane dzięki badaniom kosmicznym informacje wpływają pozytywnie na życie ludzi.

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

Film edukacyjny można wykorzystać na innych lekcjach poświęconych zagadnieniom z działu *Ziemia we Wszechświecie* (zakres podstawowy II. 1, II. 3) oraz lekcjach poświęconych zagadnieniom z działu *Obserwacje astronomiczne i współczesne badania Wszechświata* (zakres rozszerzony II. 4).