



Skąd znamy wiek Wszechświata?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film \(standardowy\)](#)
- [Sprawdź się](#)

- Dla nauczyciela



## 0336 Skąd znamy wiek Wszechświata?

### Czy to nie ciekawe?

Wiek Wszechświata jest to czas, który upłynął od Wielkiego Wybuchu do dnia dzisiejszego. Wielki Wybuch traktujemy jako moment powstania Wszechświata. Wszechświat rozumiany jest jako wszystko to, co znajduje się wokół nas, wszystkie cząstki, gwiazdy, gromady, galaktyki, w tym również i Ziemia wraz z innymi planetami, a także wszystko to, co było i będzie. W miarę upływu lat i rozwoju techniki naukowcy informują o nowych wyliczeniach wieku Wszechświata – czasami mówią o 14 miliardach lat, innym razem o 13 miliardach lat. Jaki jest prawdziwy wiek Wszechświata? Czy naprawdę potrafimy go określić? Istnieje kilka metod, którymi astronomowie wyznaczają ten wiek. Jak misje kosmiczne, badające obecny kosmos, pomagają w oszacowaniu wieku Wszechświata? O tym dowiesz się w tym e-materiale.

#### Twoje cele

- dowiesz się, co uczeni rozumieją przez wiek Wszechświata,
- poznasz misje kosmiczne badające wiek Wszechświata,
- przeanalizujesz problemy związane z badaniem wieku Wszechświata.

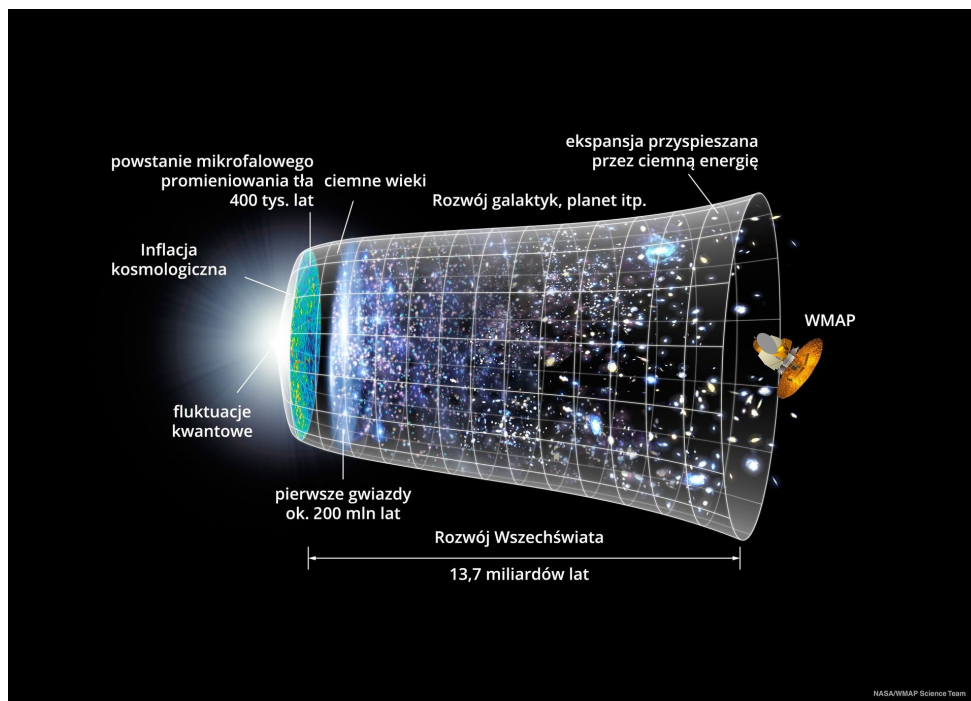
# Przeczytaj

---

## Warto przeczytać

Wiek [Wszechświata](#) to czas kosmiczny w danej chwili, czyli czas, jaki upłynął od jego początku. Za początek kosmosu uważa się [Wielki Wybuch](#). Problemem wieku Wszechświata zaczęto zajmować się stosunkowo niedawno, dopiero w drugiej połowie XX wieku. Pierwszych przesłanek świadczących o skończonym wieku Wszechświata dostarczył Edwin Hubble w 1929 roku, który badał odległe galaktyki. Zauważył on, że galaktyki oddalają się od siebie z określoną prędkością, więc cały kosmos musi się rozszerzać. Dopiero w latach 50-tych XX wieku wprowadzono teorię Wielkiego Wybuchu opisującą, jak powstał Wszechświat. Teoria ta bazowała na wszystkich dotychczasowych pomiarach znanego kosmosu. W ciągu kolejnych lat powstawało wiele modeli opisujących Wszechświat, jego rozszerzanie się, a także starano się wyznaczyć jego wiek.

Model Lambda-CDM ( $\Lambda$ -CDM ang.: *Lambda-cold dark matter*) jest obecnie najpowszechniej uznawanym modelem kosmologicznym opisującym Wszechświat. Nazwa modelu pochodzi od dwóch głównych zależności: stałej lambda, wykorzystywanej w równaniach modelu oraz założenia, że głównym składnikiem we Wszechświecie jest ciemna materia i ciemna energia. Model ten opisuje obserwowaną wielkoskalową strukturę kosmosu, rozszerzanie się Wszechświata, a także wyjaśnia mikrofalowe promieniowanie tła (zwane również reliktywym). Wszystkie przeprowadzane obserwacje potwierdzają ten model. Zgodnie z nim, zaledwie 5% składników kosmosu to atomy, z których zbudowane są planety, gwiazdy i to co z nimi związane, czyli fotony. Pozostałe składniki to ciemna energia (68%) oraz ciemna materia (27%), czyli wszystko to, czego nie potrafimy bezpośrednio zaobserwować. Jednak istnienie tych składników potwierdza się w obserwacjach materii świecącej, ponieważ oba rodzaje materii oddziałują ze sobą grawitacyjnie. Istnienie tych niewidocznych składników kosmosu jest niezbędne do wyjaśnienia zachowań materii świecącej.



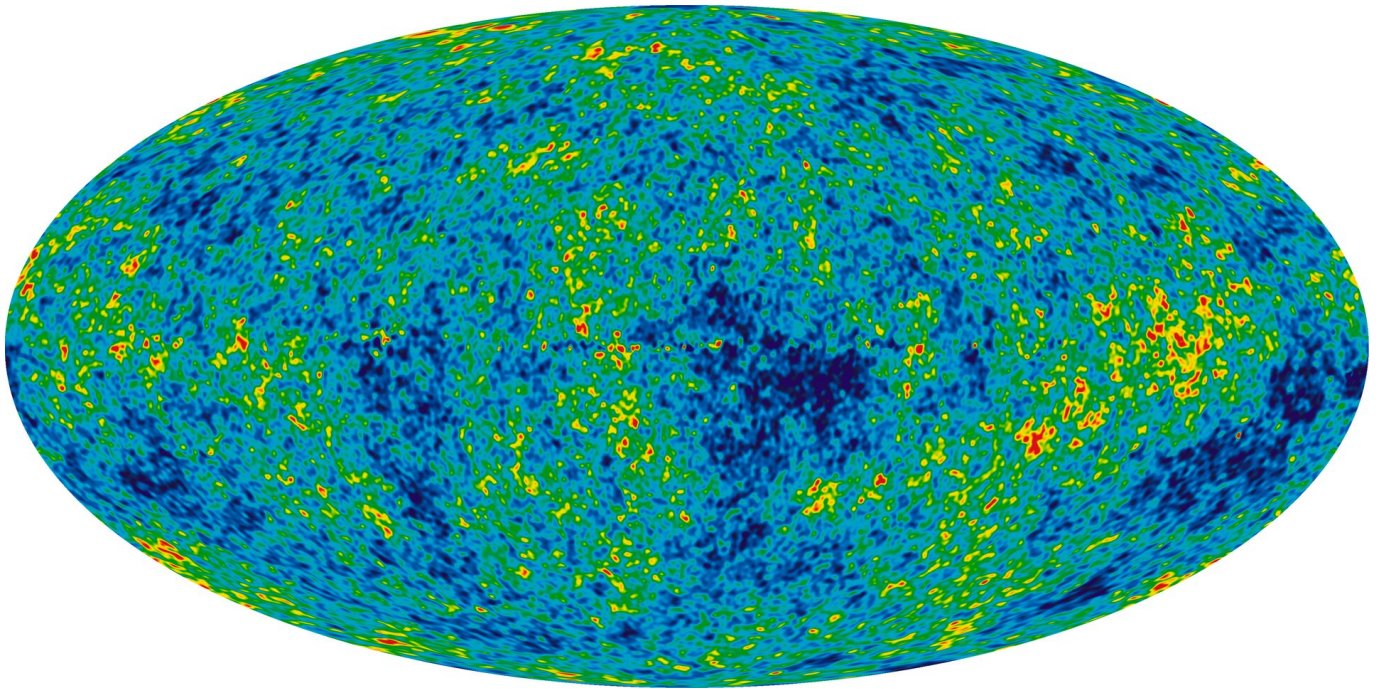
Rys. 1. Grafika przedstawia sposób rozwoju Wszechświata od Wielkiego Wybuchu (od lewej) do czasów współczesnych. Zakłada się 4 wielkie epoki Wszechświata: Wielki Wybuch, inflację, pierwotną nukleosyntezę oraz ostatnią, czyli formowanie się galaktyk

Obserwacje wielu kosmologicznych zjawisk umożliwiają badanie wieku Wszechświata. Poniżej wymieniamy główne ich rodzaje, które w dalszej części omówimy:

- **anizotropia** mikrofalowego promieniowania tła,
- przesunięcia ku czerwieni supernowych typu Ia,
- słabe soczewkowanie grawitacyjne,
- analiza gromad galaktyk,
- analiza wieku gromad kulistych.

**Głównym sposobem** badania Wszechświata jest analiza anizotropii promieniowania relikтового, często nazywanego mikrofalowym. Jest to promieniowanie o rozkładzie termicznym energii, jaki ma widmo ciała doskonale czarnego o temperaturze około 2,725 K. Maksimum długości fali tego promieniowania przypada na 1,1 mm. Wypełnia ono niemal jednorodnie przestrzeń kosmiczną. Jest pozostałością po wczesnych etapach ewolucji Wszechświata. Badanie tego promieniowania dostarcza informacji na temat procesów, jakie zachodziły w młodym Wszechświecie, jeszcze przed powstaniem gwiazd. Promieniowanie to powstało w czasie tak zwanej rekombinacji, w czasie której materia oddzieliła się od promieniowania. Fotony przestały wtedy oddziaływać z elektronami. To, co nazywamy promieniowaniem reliktowym, to właśnie pozostałość po tym okresie. Niewielkie fluktuacje rozkładu tego promieniowania, czyli jego **anizotropia**, oraz rozkład tych nierównomierności potwierdzają teorię Wielkiego Wybuchu. Pomiary te są również zgodne z powszechnie stosowanymi modelami opisu Wszechświata. Dokładna analiza obserwacji tego promieniowania oraz dopasowania matematyczne pozwalają oszacować, jak dawno od momentu obserwacji to promieniowanie zostało wyświecone. W połączeniu

z modelem kosmologicznym, otrzymany wynik pozwala oszacować ogólny wiek Wszechświata.



Rys. 2. Mapa przedstawia szczegółowy rozkład mikrofalowego promieniowania tła w całym kosmosie. Grafikę wykonano dzięki dziewięcioletnim obserwacjom projektu WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe). Zakres temperatur prezentowany na mapie to zaledwie +/- 200  $\mu\text{K}$ . Światło zaobserwowane przez WMAP, którego rozkład reprezentuje różnica temperatur na mapie, zostało wyemitowane około 375 tysięcy lat po Wielkim Wybuchu.

Zgodnie z wyliczeniami bazującymi na pomiarach misji kosmicznej Planck (misja trwała od 2009 do 2013 roku), która mierzyła anizotropię mikrofalowego promieniowania tła, wiek Wszechświata szacuje się na  $13,813 \pm 0,038$  miliardów lat. Natomiast łącząc dane z misji Planck z innymi pomiarami szacuje się wiek Wszechświata na  $13,799 \pm 0,021$  miliardów lat. W ogólnych rozważeniach można przyjmować, że wiek ten wynosi 13,8 mld lat.

**Drugą metodą** pozwalającą oceniać wiek kosmosu, jest analiza widm supernowych typu Ia. Supernowa jest wynikiem śmierci masywnej gwiazdy. Wskutek szybkich reakcji termojądrowych w całej gwiazdzie następuje wybuch. Materia ekspanduje i uwalniana jest energia rzędu  $10^{44}$  J. Następuje ogromny wzrost jasności obiektu i rozchodzi się fala uderzeniowa. Supernowe Ia mają charakterystyczną krzywą blasku, czyli w sposób bardzo charakterystyczny zmienia się ich jasność. Ponadto, w ich widmie nie ma linii wodoru i helu, natomiast występują linie absorpcyjne krzemu. Występują we wszystkich rodzajach galaktyk, a ich umiejscowienie nie jest związane z regionami gwiazdotwórczymi w galaktyce. Ponieważ ten typ supernowych zawsze osiąga maksimum jasności absolutnej na poziomie  $-19,3$  magnitudo (wielkości gwiazdowej), porównując otrzymaną jasność z modelową krzywą blasku łatwo wyznacza się odległość do macierzystej galaktyki. Odległość w kosmosie jest związana z tak zwanym przesunięciem ku czerwieni, oznaczanym literą  $z$ . Przesunięcie to wyznacza się z analizy widma promieniowania supernowej. Sprawdza się, o ile dana linia widmowa jest przesunięta w stronę dłuższych fal, w stosunku do widma modelowego. Widmo modelowe to takie, jakim widzielibyśmy je,

gdyby obiekt się nie poruszał. Przesunięcie ku czerwieni jest wyznacznikiem nie tylko odległości, ale również czasu. Ze względu na ograniczoną prędkość światła w próżni, promieniowanie od odległych obiektów potrzebuje dużo czasu, aby dotrzeć do obserwatorów na Ziemi. Czas ten jest proporcjonalny do przesunięcia ku czerwieni. Dzięki analizie dużej liczby supernowych typu Ia potwierdzono, że Wszechświat rozszerza się. Znając tempo rozszerzania się Wszechświata, rozkład materii w obecnym kosmosie oraz zakładając wybrany model powstania Wszechświata można oszacować jego wiek. Analiza rozkładu odległości i przesunięcia ku czerwieni tych supernowych pozwala dokładnie wyznaczyć stałą Hubble'a, czyli jedną z podstawowych wielkości opisującą Wszechświat w modelach kosmologicznych.

Według szacowań misji kosmicznej Planck stała Hubble'a wynosi  $67,4 \pm 0,5$  (km/s)/Mpc. Jednak niektóre zespoły badawcze zajmujące się tym problemem twierdzą, że wynosi ona nieco ponad 70 (km/s)/Mpc. Zgodnie z prawem Hubble'a-Lemaitre'a, prędkość ucieczki galaktyk jest wprost proporcjonalna do ich odległości pomnożonej przez stałą Hubble  $H_0$ . Temat ten jest cały czas badany, jednak różnica w wynikach nie jest bardzo duża.

**Inne metody**, takie jak analiza słabego soczewkowania grawitacyjnego (czyli zaginania światła przez pole grawitacyjne masywnych obiektów), wieku gromad kulistych gwiazd oraz gromad galaktyk potwierdzają wyniki, jakie przynoszą badania supernowych typu Ia oraz promieniowania relikтового. Są one jednak znacznie mniej dokładne. Metody te, również dzięki modelowaniu tych zjawisk, pozwalają oszacować stałą Hubble'a. Stała ta opisuje tempo rozszerzania się Wszechświata w funkcji czasu. Użyta wraz z innymi wartościami, mierzonymi podczas obserwacji, jest elementem modelu opisującego Wszechświat i pozwala oszacować jego wiek.

Obserwacje promieniowania relikтового oraz obserwacje innych obiektów, umożliwiające wyznaczenie wieku Wszechświata, są bardzo trudne. Składają się z wielu precyzyjnych pomiarów, ale przede wszystkim z bardzo wnikliwych analiz uzyskanych danych. W celu otrzymania precyzyjnego wyniku należy dysponować bardzo dużą próbką danych. Dodatkowo, wyznaczenie odległości do danej galaktyki, w której odkryto supernową typu Ia, związane jest z dużym błędem pomiarowym. Błąd ten spowodowany jest różnego rodzaju ruchami galaktyki, chociażby w jej grupie lokalnej galaktyk. Łączenie różnych metod obserwacyjnych oraz wieloletnich badań umożliwiło wyznaczenie wieku Wszechświata na:  **$13,799 \pm 0,021 \cdot 10^9$  lat**. Dokładność tych wyliczeń jest rzędu 21 milionów lat. Wydawać by się mogło, że jest to ogromna liczba, jednak w stosunku do mierzonej wielkości jest to bardzo precyzyjny wynik.

## Słowniczek

### Wielki Wybuch

(ang.: *Bing Bang*) – nazwa modelu opisującego powstanie Wszechświata. Zgodnie ze scenariuszem tego modelu, Wszechświat – obserwowana materia, energia

i oddziaływania – wyłonił się z bardzo gęstej, gorącej, podlegającej ekspansji materii.

## **Wszechświat**

(łac.: *universum*, ang.: *universe*) – wszystko to, co fizycznie istnieje: przestrzeń, czas, prawa fizyki, energia i materia. W nauce przyjmuje się, że słowo Wszechświat i kosmos są sobie równoważne i często używane zamiennie.

## **Inflacja**

(łac.: *inflatio* – nadęcie, ang.: *inflation*) hipoteza kosmologiczna, według której tuż po Wielkim Wybuchu Wszechświat przeszedł przez fazę szybkiego rozszerzania się spowodowanego ujemnym ciśnieniem. Zgodnie z wyliczeniami, trwała ona niewyobrażalnie krótko: mniej więcej od  $10^{-36}$  do  $10^{-32}$  sekundy po Wielkim Wybuchu.

## **Magnitudo (mag)**

(ang.: *magnitude*) wielkość gwiazdowa – jednostka używana w astronomii do określania jasności obiektów na niebie. Im większa wartość magnitudo tym słabsza jasność obiektu. Księżyc w pełni to -12,74 mag, Wenus, najjaśniejsza z planet, ma -4,6 mag. Ludzkie zdrowe oko dostrzega jasności do 6 mag.

## **Absolutna wielkość gwiazdowa**

(ang.: *absolute magnitude*) obserwowana wielkość gwiazdowa (wyrażona w magnitudo), jaką miałby obiekt, gdyby znajdował się w odległości dokładnie dziesięciu parseków ( $1 \text{ pc} = 3,09 \cdot 10^{16} \text{ m}$ ) od Ziemi. Wyraża się ją wzorem Pogsona:  $M = m - 5(\log r - 1)$ , gdzie  $m$  to obserwowana jasność, a  $r$  to odległość rzeczywista do obiektu wyrażona w parsekach.

## **Anizotropia**

(ang.: *anisotropy*) zależność właściwości fizycznych ciała od kierunku, w którym się je bada.



# Film (standardowy)

---

## Skąd znamy wiek Wszechświata?

W wywiadzie, ekspert z Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Warszawskiego, prof. dr hab. Łukasz Wyrzykowski, opisuje sposób badania wieku Wszechświata i problemy z tym związane. Dowiesz się, w jaki sposób astronomowie badają Wszechświat oraz jak szacują jego wiek.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1LHNp1ek9TKw>

Wywiad z prof. dr hab. Łukaszem Wyrzykowskim, ekspertem w dziedzinie astrofizyki.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

W filmie "SKĄD ZNAMY WIEK WSZECHŚWIATA?" wykorzystano wywiad z prof. dr hab. Łukaszem Wyrzykowskim.

---

### Polecenie 1

Jaki wiek Wszechświata podaje ekspert w wywiadzie?

prawie 14 milionów lat

prawie 14 miliardów lat

ponad 14 milionów lat

ponad 14 miliardów lat

### Polecenie 2




Podaj trzy metody badania wieku Wszechświata, które wymienia ekspert.

### Polecenie 3

Wysłuchaj wywiadu z ekspertem i zastanów się, czy rozwój technologii może doprecyzować pomiary wieku Wszechświata.

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Ile wynosi szacowany wiek Wszechświata?

13,8 milionów lat

13,8 miliardów lat

13,5 miliona lat

14 miliardów lat

## Ćwiczenie 2



Jak nazywała się misja kosmiczna badająca promieniowanie reliktowe w latach 2009-2013?

Planck

NASA ESA

Hubble Space Telescope

WMAP

### Ćwiczenie 3



Wybierz z poniższych nazw misji kosmicznych te, które badały mikrofalowe promieniowanie tła na początku XXI wieku.

WMAP

HST

Pioneer

Planck

ISS

Apollo

COBE

### Ćwiczenie 4



W którym wieku rozpoczęto badania nad wiekiem Wszechświata? Odpowiedź wpisz cyframi arabskimi.

Odpowiedź: .

### Ćwiczenie 5



Szacuje się, że Układ Słoneczny ma  $4,571 \cdot 10^9$  lat. Oblicz, ile lat miał Wszechświat w momencie powstania Układu Słonecznego. W obliczeniach przyjmij wiek Wszechświata wynoszący 13,799 mld lat.

Odpowiedź:  · 10  lat

## Ćwiczenie 6



Wybierz te obserwacje astronomiczne, które pozwalają wyznaczyć wiek Wszechświata. Ułóż je w kolejności od najdokładniejszej i dającej bezpośrednio wyniki, do najmniej precyzyjnej.

Odpowiedź:

1.
2.
3.

materia międzygwiazdowa

supermasywne galaktyki eliptyczne

czarne dziury w układach podwójnych

promieniowanie gamma

soczewkowanie grawitacyjne

mikrofalowe promieniowanie tła

gwiazdy zmienne typu Miry

supernowe typu Ia

## Ćwiczenie 7



Przeczytaj poniższy fragment artykułu z gazety Newsweek z marca 2013 roku opisujący odkrycia teleskopu Planck. Zaznacz w tekście poprawne sformułowania lub wartości.

„Konkretnie, obiektem zainteresowania urzędników jest jeden rodzaj promieniowania kosmicznego, tzw. mikrofalowe promieniowanie tła, które przenika cały kosmos i zdaniem naukowców jest pozostałością po bardzo  wczesnych  /  niedawnych  etapach ewolucji Wszechświata.

(...)

Szczegóły widoczne na niej każą przypuszczać, że Wszechświat jest nie tylko starszy, ale też nieco inaczej zbudowany, niż dotychczas sądzono. Jest w nim na przykład więcej materii takiej, z której zbudowane są gwiazdy, galaktyki planety i wszystkie obiekty w naszym otoczeniu. Stanowi ona  4,9  /  49  procent wszystkiego, co istnieje we Wszechświecie, choć wcześniej szacowano, że to zaledwie 4,5 procent.

(...)

Zmieniły się też szacunki dotyczące tzw. ciemnej energii, która nie jest widoczna, ale wykrywalna dzięki oddziaływaniu  magnetycznemu  /  grawitacyjnemu . Do tej pory sądzono, że Wszechświat składa się z niej w 22,7 procent. Obserwacje Plancka dowodzą, że raczej w 26,8 procenta.”

## Ćwiczenie 8



Przeanalizuj tekst pod tytułem „Hubble i Gaia wykonują najdokładniejsze w historii pomiary ekspansji Wszechświata”, opublikowany w lipcu 2018 r. w magazynie Urania, opracowany przez Agnieszkę Nowak, w oparciu o artykuł anglojęzyczny NASA.

<https://www.uraniamagazine.pl/wiadomosci/hubble-gaia-wykonuja-najdokladniejsze-historii-pomiary-ekspansji-wszechswiata-4527.html>

*„Wykorzystując moc i współdziałanie dwóch teleskopów kosmicznych, astronomowie dokonali najbardziej dokładnego pomiaru dotychczasowego tempa ekspansji Wszechświata.*

*Wyniki dodatkowo uwydatniają różnice między pomiarami tempa ekspansji pobliskiego i odległego, pierwotnego Wszechświata – zanim jeszcze powstały gwiazdy i galaktyki.*

*Łącząc obserwacje z Kosmicznego Teleskopu Hubble’a oraz Obserwatorium Kosmicznego Gaia, astronomowie udoskonalili poprzednią wartość stałej Hubble’a – tempo, w jakim Wszechświat się rozszerza od momentu Wielkiego Wybuchu 13,8 mld lat temu.*

*Ponieważ jednak pomiary stały się bardziej precyzyjne, ustalenie przez zespół stałej Hubble’a coraz bardziej różni się od pomiarów z innego obserwatorium kosmicznego, misji Planck, która przewiduje inną jej wartość.*

*Planck odwzorował pierwotny Wszechświat z okresu zaledwie 360 000 lat po Wielkim Wybuchu. Całe niebo jest naznaczone podpisem Wielkiego Wybuchu, zakodowanym w mikrofalach. Planck zmierzył rozmiar zmarszczek w kosmicznym mikrofalowym promieniowaniu tła. Drobne szczegóły tych zmarszczek zawierają informacje na temat tego, ile jest ciemnej materii i normalnej materii, trajektorii Wszechświata w tamtym czasie oraz innych parametrów kosmologicznych.*

*Te pomiary, nadal jeszcze oceniane, pozwalają naukowcom przewidzieć, w jaki sposób wczesny Wszechświat najprawdopodobniej przekształcił by się do stopnia ekspansji, który możemy zmierzyć dzisiaj. Jednak przewidywania te wydają się nie pasować do nowych pomiarów naszego pobliskiego współczesnego Wszechświata.*

Po dodaniu nowych danych z Gai i Hubble'a, pojawiają się poważne sprzeczności z danymi z Cosmic Microwave Background (CMB). Sprzeczności dotyczą poglądu naukowców na temat wczesnego i późniejszego Wszechświata.

W 2005 roku Adam Riess ze Space Telescope Science Institute, oraz członkowie zespołu SHOES (Supernova H0 for the Equation of State) postanowili zmierzyć tempo rozszerzania się Wszechświata z niespotykaną dotąd dokładnością. Dzięki połączeniu danych z Gai i Hubble'a, zespół zmniejszył niepewność pomiaru do zaledwie 2,2%.

Ponieważ stała Hubble'a jest potrzebna do oszacowania wieku Wszechświata, wartość ta jest jedną z najbardziej poszukiwanych liczb w kosmosie. Jej nazwa pochodzi od nazwiska amerykańskiego astronoma Edwina Hubble'a, który blisko sto lat temu odkrył, że Wszechświat rozszerza się równomiernie we wszystkich kierunkach. Odkrycie to zrodziło współczesną kosmologię.

Wydaje się, że galaktyki oddalają się od nas proporcjonalnie do ich odległości, co oznacza, że im dalej się znajdują, tym szybciej wydają się oddalać. Jest to konsekwencją rozszerzania się przestrzeni, a nie wartość rzeczywistej prędkości kosmicznej. Mierząc wartość stałej Hubble'a w czasie, astronomowie mogą skonstruować obraz naszej kosmicznej ewolucji, wnioskować o stworzeniu Wszechświata i odkryć wskazówki dotyczące jego ostatecznego losu.

Dwie główne metody pomiaru tej liczby dają sprzeczne wyniki. Jedna metoda jest bezpośrednia – zbudowana kosmiczna „drabina odległości” do pomiaru gwiazd w naszym lokalnym wszechświecie. Druga metoda wykorzystuje CMB do pomiaru trajektorii Wszechświata krótko po Wielkim Wybuchu, a następnie wykorzystuje fizykę do opisanie Wszechświata i ekstrapolacji do obecnego stopnia ekspansji. Razem, pomiary te powinny dostarczyć kompleksowego testu naszej podstawowej wiedzy na temat tak zwanego „modelu standardowego” Wszechświata. Jednak, kawałki do siebie nie pasują.

Korzystając z Hubble'a oraz nowych danych z Gaia, zespół Reissa zmierzył obecne tempo ekspansji i otrzymał wynik 73,5 km na sekundę na megaparsek. Jednak wyniki Plancka przewidują, że Wszechświat powinien się dzisiaj rozszerzać z prędkością



zaledwie 67 km na sekundę na megaparsek. Ponieważ pomiary zespołów stały się bardziej precyzyjne, przepaść między nimi stale się poszerza.

Na przestrzeni lat zespół Reissa udoskonalił wartość stałej Hubble'a, upraszczając i wzmacniając „kosmiczną drabinę odległości”, używaną do dokładnych pomiarów odległości do pobliskich i odległych galaktyk. Porównali oni te odległości z ekspansją Wszechświata mierzoną przez przesunięciem światła z pobliskich galaktyk. Wykorzystując pozorną prędkość ucieczki na każdej odległości, obliczyli stałą Hubble'a.

Aby ocenić odległości między pobliskimi galaktykami, zespół użył specjalnego typu gwiazd, jako kosmicznego miernika. Te pulsujące gwiazdy zmienne, zwane cefeidami, zmieniają swój blask z prędkościami odpowiadającymi ich wewnętrznej jasności. Porównując wewnętrzną jasność z pozorną jasnością obserwowaną z Ziemi, naukowcy mogą obliczyć odległości do nich.

Gaia dodatkowo udoskonaliła to kryterium poprzez geometryczne pomiary do 50 zmiennych cefeid w Drodze Mlecznej. Pomiary te zostały połączone z precyzyjnymi pomiarami ich jasności uzyskanymi z Hubble'a. Pozwoliło to astronomom dokładniej skalibrować cefeidy, a następnie wykorzystać te widziane poza Drogą Mleczną jako kosmiczne mierniki.

Aby móc poprawnie używać cefeid jako kosmicznych mierników, trzeba znać zarówno ich jasność jak i odległość. Hubble dostarczył informacji o ich jasności a Gaia informacji na temat paralaks, potrzebnych do dokładnego określenia odległości.

„Hubble jest naprawdę niesamowity jako obserwatorium ogólnego przeznaczenia, ale Gaia to nowy złoty standard kalibracji odległości. Jest przeznaczona do pomiaru paralaksy. Dostarcza nowej umiejętności ponownej kalibracji wszystkich pomiarów odległości z przeszłości, i wydaje się potwierdzać naszą poprzednią pracę.

Otrzymujemy tę samą odpowiedź na stałą Hubble'a, jeżeli zastąpimy wszystkie poprzednie kalibracje drabiny odległości paralaksami tylko z Gai. Jest to porównanie dwóch bardzo silnych i precyzyjnych obserwatoriów” – mówi Stefano Casertano ze Space Telescope Science Institute i członek zespołu SHOES.

*Celem zespołu Reissa jest praca z Gaią, aby przekroczyć próg udoskonalenia stałej Hubble'a do wartości zaledwie 1% na początku lat 20. tego wieku. Tymczasem astrofizycy prawdopodobnie nadal będą borykać się z ponownym przeglądem swoich pomysłów na temat fizyki wczesnego Wszechświata."*

Artykuł ten został opublikowany 5 lat po zakończeniu kosmicznej misji teleskopu Planck. Zastanów się nad problemem dokładności problemów kosmologicznych. Czy Twoim zdaniem różnica w dokładności o 1% ma aż takie znaczenie w poznawaniu Wszechświata?

# Dla nauczyciela

---

<b>Imię i nazwisko autora:</b>	Monika Sitek
<b>Przedmiot:</b>	fizyka
<b>Temat zajęć:</b>	<b>Skąd znamy wiek Wszechświata?</b>
<b>Grupa docelowa:</b>	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony
<b>Podstawa programowa:</b>	<p><b>Cele kształcenia – wymagania ogólne</b> IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych.</p> <p><b>Zakres podstawowy</b> <b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b> I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 16) przedstawia własnymi słowami główne tezy tekstu popularnonaukowego z dziedziny fizyki lub astronomii; 17) przedstawia wybrane informacje z historii odkryć kluczowych dla rozwoju fizyki. III. Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń: 5) opisuje Wielki Wybuch jako początek znanego nam Wszechświata; zna przybliżony wiek Wszechświata, opisuje rozszerzanie się Wszechświata (ucieczkę galaktyk).</p> <p><b>Zakres rozszerzony</b> <b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b> I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 17) przedstawia wybrane informacje z historii odkryć kluczowych dla rozwoju fizyki; 18) przedstawia własnymi słowami główne tezy tekstu popularnonaukowego z dziedziny fizyki lub astronomii. IV. Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń: 10) opisuje Wielki Wybuch jako początek znanego nam Wszechświata; zna przybliżony wiek Wszechświata, opisuje rozszerzanie się Wszechświata (ucieczkę galaktyk); stosuje do obliczeń prawo Hubble’a.</p>

---

<b>Kształtowane kompetencje kluczowe:</b>	<p><b>Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,</li> <li>• kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,</li> <li>• kompetencje cyfrowe,</li> <li>• kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.</li> </ul>
<b>Cele operacyjne:</b>	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. opisuje, co nazywamy wiekiem Wszechświata;</li> <li>2. podaje wiek Wszechświata wraz z dokładnością;</li> <li>3. wymienia i omawia sposoby badania wieku Wszechświata;</li> <li>4. analizuje problemy związane z badaniem wieku Wszechświata.</li> </ol>
<b>Strategie nauczania:</b>	blended learning
<b>Metody nauczania:</b>	pogadanka, pokaz multimedialny, analiza pomysłów
<b>Formy zajęć:</b>	praca wspólna
<b>Środki dydaktyczne:</b>	monitor interaktywny lub rzutnik i ekran do wyświetlenia filmu, urządzenia multimedialne z dostępem do Internetu dla uczniów
<b>Materiały pomocnicze:</b>	e-materiały: „Co nazywamy Wielkim Wybuchem?”, „Co wiemy o Wszechświecie?”, „Na czym polega hierarchiczna struktura Wszechświata?”, „Model rozszerzania się Wszechświata”, „Czy Wszechświat będzie trwać wiecznie?”
<b>PRZEBIEG LEKCJI</b>	
<b>Faza wprowadzająca:</b>	<p>Ten e-materiał należy wprowadzać łącznie z innymi e-materiałami o Wszechświecie. Uczniowie, aby zrozumieć skąd znamy wiek Wszechświata, muszą wiedzieć czym on jest, od czego się rozpoczął.</p> <p>Uczniowie zapoznają się z tekstem z tego e-materiału w domu.</p> <p>Nauczyciel na lekcji odtwarza wywiad z ekspertem, który omawia sposoby badania wieku Wszechświata.</p>
<b>Faza realizacyjna:</b>	

Omówienie problematyki badań wieku Wszechświata w formie dyskusji. Nauczyciel rozpoczyna od sprawdzenia, ile uczniowie nauczyli się sami z e-materiału. Inicjuje pogadankę na ten temat, zadając pytania w celu pobudzenia dyskusji. Uczniowie w czasie lekcji mają dostęp do Internetu i urządzeń multimedialnych. Jeśli nie potrafią udzielić odpowiedzi od razu, starają się w grupach znaleźć odpowiedzi na pytania stawiane przez nauczyciela. Nauczyciel dopytuje uczniów i nakierowuje ich tak, aby szybko znajdowali odpowiedzi. Przykładowe pytania: Czym różni się projekt Planck od projektu WMAP ? Czy wcześniej, pod koniec XX wieku badano mikrofalowe promieniowanie tła – jakie to były obserwacje? Czy misje te musiały trwać aż tak długo? W jaki inny sposób, niż przy pomocy promieniowania relikтового, można badać wiek całego kosmosu? Czy metody te bardzo się od siebie różnią? Czy analizując świecąca materię w kosmosie możemy poznać ewolucję Wszechświata?

**Faza podsumowująca:**

Uczniowie rozwiązują zadania sprawdzające z tego e-materiału. Jeżeli mają z nimi problemy, nauczyciel naprowadza ich na dobrą odpowiedź. Klasa wspólnie analizuje materiał z zadania 8 i razem stara się udzielić poprawnej odpowiedzi.

**Praca domowa:**

Wypisz wszystkie misje kosmiczne, których obserwacje przyczyniają się do poznania ewolucji kosmosu i wieku Wszechświata.

**Wskazówki  
metodyczne  
opisujące różne  
zastosowania  
danego  
multimedium**

Film uczniowie oglądają wspólnie na lekcji. Mogą też obejrzeć materiał samodzielnie, w domu przed lekcją.