



# The Big Bang theory and stages of the development of the Universe

- The Big Bang theory and stages of the development of the Universe
- Scenariusz
- Lesson plan



# The Big Bang theory and stages of the development of the Universe

Source: licencja: CC 0.

## Teoria Wielkiego Wybuchu i etapy rozwoju Wszechświata

### You will learn

- to describe the Big Bang theory.

Before you start, do the following.

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

---

- Recall Hubble's law regarding the escape of galaxies.

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

---

One of the most widespread theories describing the origin and [development](#) of our Universe is the [Big Bang](#) theory. According to it, the origin of the Universe took place at one point with infinite density and temperature. This is the point where the laws of physics known to us did not function, as well as the notions of time and space.

At first it was assumed that the Universe is static, but Hubble observed that all distant galaxies are moving away from us and that the faster they are further away.

The Big Bang theory describes the evolution of the universe from its beginning to the present, assuming it is expanding all the time.

### Definition: Cosmology

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

---

[Cosmology](#) is a science that deals with the structure and evolution of the Universe.

**In the evolution of the Universe, the following cosmological epochs are distinguished.**

**Planck epoch (duration: 0 to  $10^{-43}$  s)**

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

---

The first phase of the [development](#) of the early Universe is called Planck epoch. It covered the time from 0 to  $10^{-43}$  s. It is assumed that very high temperatures of the order of  $10^{32}$  K prevailed. We cannot yet describe what this state was or what processes occurred in it.

**Hadronic epoch (duration:  $10^{-43}$  to  $10^{-32}$  s)**

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

---

The period between  $10^{-43}$  s and  $10^{-32}$  s is the time in which the size of the Universe has increased  $10^{20} - 10^{26}$  times - this period is called the inflationary **epoch**. At the end of this stage, the Universe's space consisted of a hot and dense mixture of quarks, antiquarks and gluons as well as photons, electrons and positrons. The prevailing temperature is slightly lower - of the order of  $10^{27}$  to  $10^{28}$  K.

### Definition: Hadrons

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

---

**Hadrons** is a strong interacting elementary particles made of quarks and gluons. These include, for example, proton and neutron.

### Lepton epoch (duration: $10^{-4}$ to 10 s)

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

---

The next stage was the merging of quarks into protons and neutrons, and when the Universe existed one second, and its temperature dropped to 5 billion Kelvin, there were processes of annihilation of electrons and positrons (after contact of electron and positron both particles disappear, and instead two photons of gamma radiation appear), as a result of which the number of photons increased.

### Definition: Leptons

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

---

**Leptons** is light elementary particles which include 6 particles and 6 corresponding neutrinos. Each of them has its own antiparticle. These are: electron, mion, tau, electron **neutrino**, mion neutrino, tau neutrino and corresponding antiparticles: positron (antielectron), antimion, antitau and antineutrinos.

## Radiation epoch (duration: 10 s to approx. 100 million years)

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

---

The era of nucleosynthesis began - atomic nuclei of deuterium, tritium, and helium were created. It lasted about 4 minutes and it was at that time that the composition of the Universe was established (about 75% of protons and 24% of helium nuclei). Then the heavy nuclei could no longer be formed, because the temperature became too low for the helium nuclei to undergo fusion reactions and form heavier nuclei.

The further expansion of the Universe led to a decrease of temperature - protons and helium nuclei could be combined with electrons into neutral hydrogen and helium atoms. Radiation was then created which at the moment we observe as a relic radiation - cosmic microwave background radiation.

## Galactic epoch (duration: 100 million years - up to now / probably 13,7 billion years)

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

---

The era of the formation of stars took place (about 100 million years), which then began to merge into galaxies (about 500 million years). The Sun and the Solar System were created around 4,6 billion years ago.

The average temperature in space is  $T = 2,725 \text{ K}$ .

Evolution of the Universe

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

## Remember

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

nagranie abstraktu

---

- The **Big Bang** theory describes a possible scenario of the creation of the Universe.
- The astronomical observations confirm the expansion of the Universe and allow determining its age.
- The current state of knowledge, however, does not allow us to find an unambiguous answer to what the absolute beginning of the Universe looked like.

## Exercises

### Exercise 1

Determine which sentences are true.

Observed relic radiation is not a proof of the Big Bang theory.

Time and space were created at the time of the Big Bang.

The Universe is expanding all the time.

The Solar System was created over 10 billion years ago.

zadanie

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

### Exercise 2

Search for information in available sources and make a note about the relic radiation.

### Exercise 3

Describe in English the individual stages of the Universe's development predicted by the Big Bang theory.

## Exercise 4

Indicate which pairs of expressions or words are translated correctly.

hadrony - hadrons

kosmologia - development

inflacja - inflation

rozwój - quark

Wielki Wybuch - Big Bang

zadanie

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

Match Polish terms with their English equivalents.

- inflacja
- hadrony
- Wielki Wybuch
- Big Bang
- epoch
- leptony
- leptons
- inflation
- era
- hadrons

Source: Zespół autorski Politechniki Łódzkiej, licencja: CC BY 3.0.

## Glossary

### Big Bang

Wielki Wybuch

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: Big Bang

---

## **cosmology**

kosmologia

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: cosmology

---

## **development**

rozwój

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: development

---

## **epoch**

era

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: epoch

---

## **gluon**

gluon

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: gluon

---

## **hadrons**

hadrony

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: hadrons

---

## **inflation**

inflacja

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: inflation

---

## **leptons**

leptony

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: leptons

---

## **neutrino**

neutrino

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: neutrino

---

## **quark**

kwark

[Nagranie dostępne na portalu epodreczniki.pl](#)

Source: GroMar, licencja: CC BY 3.0.

wymowa w języku angielskim: quark

---

## **Keywords**

Big Bang

epoch

hadrons

inflation

leptons

# Scenariusz

---

## Temat

Teoria Wielkiego Wybuchu i etapy rozwoju Wszechświata

## Etap edukacyjny

Trzeci

## Podstawa programowa

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).

## Czas

45 minut

## Ogólny cel kształcenia

Opisuje teorię Wielkiego Wybuchu.

## Kształtowane kompetencje kluczowe

1. Wymienia etapy rozwoju Wszechświata.

## Cele (szczegółowe) operacyjne

Uczeń:

- wyjaśnia, czym jest teoria Wielkiego Wybuchu,
- opisuje etapy rozwoju Wszechświata.

## Metody kształcenia

1. Dyskusja.
2. Analiza tekstu.

## Formy pracy

1. Praca indywidualna.

## 2. Praca grupowa.

### Etapy lekcji

#### Wprowadzenie do lekcji

Uczniowie przypominają prawo Hubble'a.

Przypomnij prawo Hubble'a dotyczące ucieczki galaktyk.

#### Realizacja lekcji

Nauczyciel wprowadza ideę teorii Wielkiego Wybuchu.

Jedną z najbardziej rozpowszechnionych teorii opisujących powstanie i rozwój naszego Wszechświata jest teoria Wielkiego Wybuchu. Według niej początek Wszechświata miał miejsce w jednym punkcie mającym nieskończoną gęstość i temperaturę. Jest to punkt, gdzie nie działały znane nam prawa fizyki, jak również nie istniały pojęcia czasu i przestrzeni.

Na początku przyjmowano, że Wszechświat jest statyczny, jednak Hubble zaobserwował, że wszystkie odległe galaktyki oddalają się od nas i to tym prędszej im bardziej są oddalone.

Teoria Wielkiego Wybuchu opisuje ewolucję Wszechświata od jego początku do chwili obecnej, przyjmując, że cały czas się on rozszerza.

Definicja:

Kosmologia - to nauka zajmująca się budową i ewolucją Wszechświata.

W ewolucji Wszechświata wyróżnia się ery kosmologiczne:

Era Plancka (czas trwania: 0 do  $10^{-43}$  s):

Pierwsza faza rozwoju wczesnego Wszechświata to tzw. Era Plancka. Obejmowała ona czas od 0 do  $10^{-43}$  s. Zakłada się, że panowały bardzo wysokie temperatury rzędu  $10^{32}$  K. Nie umiemy jeszcze opisać, jaki był to stan ani jakie procesy w nim zachodziły.

Era hadronowa (czas trwania:  $10^{-43}$  do  $10^{-32}$  s):

Okres pomiędzy  $10^{-43}$  s a  $10^{-32}$  s to czas, w którym rozmiary Wszechświata powiększyły się  $10^{20}$  -  $10^{26}$  razy - ten okres nazywamy erą inflacyjną. Po zakończeniu tego etapu przestrzeń Wszechświata składała się z gorącej i gęstej mieszaniny kwarków, antykwarków i gluonów oraz fotonów, elektronów i pozytonów. Panująca temperatura jest nieco niższa - rzędu  $10^{27}$  to  $10^{28}$  K.

Definicja:

Hadrony – silnie oddziałujące cząstki elementarne, zbudowane z kwarków oraz gluonów. Należą do nich np. proton i neutron.

Era leptonowa (czas trwania:  $10^{-4}$  do 10 s):

Następnym etapem było łączenie się kwarków w protony i neutrony, a gdy Wszechświat istniał jedną sekundę, a jego temperatura obniżyła się do 5 mld kelwinów, nastąpiły procesy anihilacji elektronów i pozytonów (po zetknięciu się elektronu i pozytonu obie cząstki znikają, a zamiast nich pojawiają się dwa fotony promieniowania gamma), w wyniku czego zwiększyła się liczba fotonów.

Definicja:

Leptony – lekkie cząstki elementarne, do których należy 6 cząstek i 6 odpowiadających im neutrin. Każda z nich ma swoją antycząstkę. Są to: elektron, mion, taon, neutrino elektronowe, neutrino mionowe, neutrino taonowe oraz odpowiadające im antycząstki: pozyton (antyelektron), antimion, antytaon i antyneutrino.

Era promieniowania (czas trwania: 10 s do ok. 100 mln lat):

Rozpoczęła się era nukleosyntezy – powstawały jądra atomowe deuteru, trytu, helu. Trwała około 4 minut i właśnie wtedy ustalił się skład Wszechświata (około 75% protonów i 24% jąder helu). Potem jądra ciężkie nie mogły już powstawać, gdyż temperatura stała się zbyt niska, aby jądra helu mogły się łączyć i tworzyć cięższe jądra.

Dalsze rozszerzanie się Wszechświata prowadziło do obniżenia temperatury – protony i jądra helu mogły się łączyć z elektronami w obojętne atomy wodoru i helu. Powstało wtedy promieniowanie, które w tej chwili obserwujemy jako promieniowanie reliktowe – mikrofalowe promieniowanie tła.

Era galaktyczna (czas trwania: 100 mln lat – do teraz/przypuszczalnie 13,7 mld lat):

Nastąpiła era formacji gwiazd (ok. 100 mln lat), które następnie zaczęły łączyć się w galaktyki (ok. 500 mln lat). Słońce i Układ Słoneczny powstały ok. 4,6 miliardów lat temu.

Średnia temperatura w Kosmosie wynosi  $T = 2,725$  K.

[Grafika interaktywna]

## **Podsumowanie lekcji**

Teoria Wielkiego Wybuchu opisuje możliwy scenariusz powstania Wszechświata. Obserwacje astronomiczne potwierdzają rozszerzanie się Wszechświata oraz pozwalają określić jego wiek. Obecny stan wiedzy nie pozwala jednak na znalezienie jednoznacznej odpowiedzi, jak wyglądał absolutny początek Wszechświata.

# Lesson plan

---

## Topic

The **Big Bang** theory and stages of the **development** of the Universe

## Level

Third

## Core curriculum

III. Gravity and elements of astronomy. The student:

5) describes the Big Bang as the beginning of the Universe known to us; knows the approximate age of the Universe, describes the expansion of the Universe (the escape of galaxies).

## Timing

45 minutes

## General learning objectives

Describes the theory of the Big Bang.

## Key competences

1. He lists the stages of the development of the Universe.

## Operational (detailed) goals

The student:

- explains what the **Big Bang** theory is,
- describes the stages of the **development** of the Universe.

## Methods

1. Discussion.
2. Text analysis.

## Forms of work

1. Individual work.

## 2. Group work.

### Lesson stages

#### Introduction

The students recall Hubble's law.

Recall Hubble's law regarding the escape of galaxies.

#### Procedure

One of the most widespread theories describing the origin and **development** of our Universe is the **Big Bang** theory. According to it, the origin of the Universe took place at one point with infinite density and temperature. This is the point where the laws of physics known to us did not function, as well as the notions of time and space.

At first it was assumed that the Universe is static, but Hubble observed that all distant galaxies are moving away from us and that the faster they are further away.

The Big Bang theory describes the evolution of the Universe from its beginning to the present, assuming it is expanding all the time.

Definition:

**Cosmology** is a science that deals with the structure and evolution of the Universe.

In the evolution of the Universe, the following cosmological epochs are distinguished:

- Planck **epoch** (duration: 0 to  $10^{-43}$  s):

The first phase of the **development** of the early Universe is called Planck epoch. It covered the time from 0 to  $10^{-43}$  s. It is assumed that very high temperatures of the order of  $10^{32}$  K prevailed. We cannot yet describe what this state was or what processes occurred in it.

- Hadronic epoch (duration:  $10^{-43}$  to  $10^{-32}$  s):

The period between  $10^{-43}$  s and  $10^{-32}$  s is the time in which the size of the Universe has increased  $10^{20}$  -  $10^{26}$  times - this period is called the inflationary **epoch**. At the end of this stage, the Universe's space consisted of a hot and dense mixture of quarks, antiquarks and gluons as well as photons, electrons and positrons. The prevailing temperature is slightly lower - of the order of  $10^{27}$  to  $10^{28}$  K.

Definition:

**Hadrons** - strong interacting elementary particles made of quarks and gluons. These include, for example, proton and neutron.

- Lepton epoch (duration:  $10^{-4}$  to 10 s):

The next stage was the merging of quarks into protons and neutrons, and when the Universe existed one second, and its temperature dropped to 5 billion Kelvin, there were processes of annihilation of electrons and positrons (after contact of electron and positron both particles disappear, and instead two photons of gamma radiation appear), as a result of which the number of photons increased.

Definition:

**Leptons** - light elementary particles which include 6 particles and 6 corresponding neutrinos. Each of them has its own antiparticle. These are: electron, muon, tau, electron **neutrino**, muon neutrino, tau neutrino and corresponding antiparticles: positron (antielectron), antimuon, antitau and antineutrinos.

Radiation **epoch** (duration: 10 s to approx. 100 million years):

The era of nucleosynthesis began - atomic nuclei of deuterium, tritium, and helium were created. It lasted about 4 minutes and it was at that time that the composition of the Universe was established (about 75% of protons and 24% of helium nuclei). Then the heavy nuclei could no longer be formed, because the temperature became too low for the helium nuclei to undergo fusion reactions and form heavier nuclei.

The further expansion of the Universe led to a decrease of temperature - protons and helium nuclei could be combined with electrons into neutral hydrogen and helium atoms. Radiation was then created which at the moment we observe as a relic radiation - cosmic microwave background radiation.

- Galactic epoch (duration: 100 million years - up to now / probably 13,7 billion years):

The era of the formation of stars took place (about 100 million years), which then began to merge into galaxies (about 500 million years). The Sun and the Solar System were created around 4,6 billion years ago.

The average temperature in space is  $T = 2,725$  K.

[Interactive graphics]

### **Lesson summary**

The Big Bang theory describes a possible scenario of the creation of the Universe. The astronomical observations confirm the expansion of the Universe and allow determining its age. The current state of knowledge, however, does not allow us to find an unambiguous answer to what the absolute beginning of the Universe looked like.

### **Selected words and expressions used in the lesson plan**

Big Bang

cosmology

development

epoch

gluon

hadrons

inflation

leptons

neutrino

quark