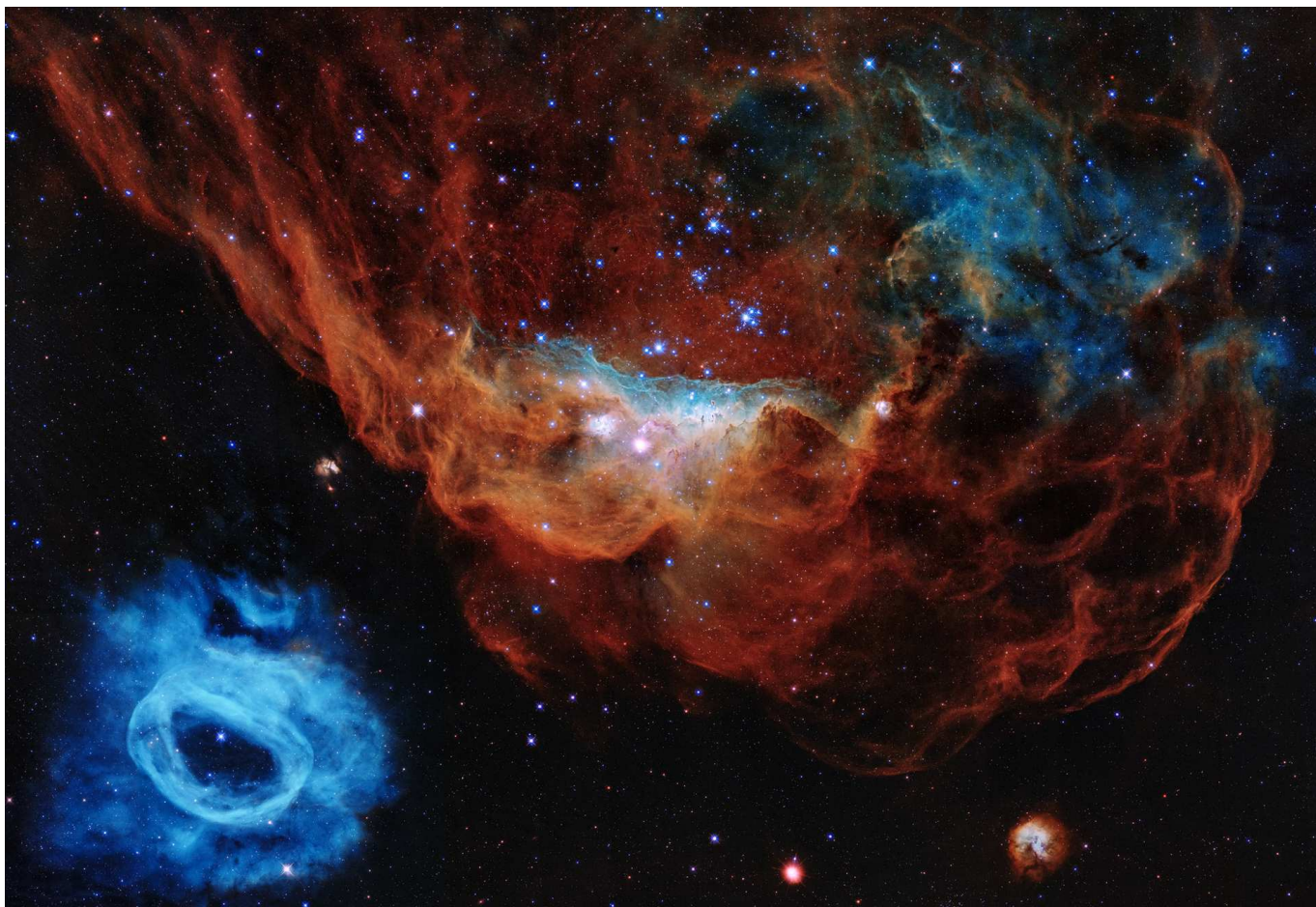




Co nazywamy Wielkim Wybuchem?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Grafika interaktywna \(schemat\)](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Co nazywamy Wielkim Wybuchem?

Czy to nie ciekawe ?

Amerykański astronom Edwin Hubble odkrył w 1929 roku, że galaktyki oddalają się od siebie z prędkościami wprost proporcjonalnymi do wzajemnych odległości. Fakt ten interpretujemy w ten sposób, że przestrzeń Wszechświata rozszerza się, unosząc ze sobą galaktyki. Skoro Wszechświat rozszerza się, to dawniej musiał być mniejszy. Gdy cofamy się w myślach w czasie, Wszechświat robi się coraz mniejszy i mniejszy, aż... No tak, skurczył się do nieskończonego małych rozmiarów, a materia osiągnęła nieskończoną gęstość. To właśnie początek Wszechświata - Wielki Wybuch. Może wydawać się zaskakujące, że wiedzę o najwcześniejszym Wszechświecie zawdzięczamy nie astronomom, a fizykom badającym świat cząstek elementarnych i jąder atomowych.



Rys. a. Zdjęcie odległej gromady galaktyk wykonane przez teleskop Hubble'a.

Twoje cele

- dowiesz się, czym był Wielki Wybuch,
- poznasz kolejne etapy ewolucji wczesnego Wszechświata,
- zrozumiesz, w jakich warunkach powstały protony, jądra atomowe i atomy,
- uzasadnisz, dlaczego teoria Wielkiego Wybuchu jest powszechnie uznawana przez naukowców.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Teoria Wielkiego Wybuchu (ang.: *Big Bang*) jest obecnie powszechnie uznawana przez naukowców, istnieją bowiem solidne dowody jej słuszności. Ale gdy ta koncepcja pojawiła się w pierwszej połowie XX wieku, wzbudzała wiele wątpliwości. Nazwę *Big Bang*, co po polsku tłumaczymy dosłownie jako „Wielkie Bum”, stworzyli przeciwnicy tej teorii, aby ją ośmieszyć i wydrwić. Nie spodziewali się pewnie, że nazwa się przyjmie. Przez Wielki Wybuch rozumiemy początek Wszechświata. Wszechświat zaczął rozszerzać się od początkowego stanu niezwykle gęstej i gorącej materii, która w niczym nie przypominała materii obserwowanej obecnie. W miarę rozszerzania się Wszechświata temperatura spadała i mogły pojawić się najpierw cząstki elementarne, potem jądra atomowe, atomy, gwiazdy, galaktyki. Zanim przejdziemy do omówienia kolejnych etapów powstawania obserwowanego dziś Wszechświata, odpowiemy na kilka narzucających się pytań.

Co właściwie wybuchło?

Nic nie wybuchło. Nazwa Wielki Wybuch jest myląca, bo początek Wszechświata nie miał nic wspólnego z wybuchem, na przykład granatu. Granat podczas wybuchu rozpada się na części, które przemieszczają się w przestrzeni. A przecież zanim powstał Wszechświat, nie istniały przestrzeń i czas. W trakcie Wielkiego Wybuchu powstały przestrzeń, czas i materia. Przestrzeń zaczęła się gwałtownie rozszerzać, unosząc z sobą materię. Może trafniejszą nazwą byłoby „Wielkie Rozdęcie”?

Co było przed Wielkim Wybuchem?

No cóż, przed Wielkim Wybuchem czas jeszcze nie istniał, więc nie było żadnego „przedtem”. Pytanie to nie ma sensu.

Gdzie miał miejsce Wielki Wybuch?

Wszędzie, w każdym punkcie obecnego Wszechświata, zarówno w odległej galaktyce, jak i w miejscu, gdzie siedzisz, czytając te słowa. Jeśli w myślach cofniemy się w czasie odpowiednio daleko, to wszystkie te punkty zbiegną się w jednym punkcie Wielkiego Wybuchu.

Wszechświat miał swój początek w niezwykle gęstym i gorącym obszarze o rozmiarach milion miliardów razy mniejszych od protonu. Podczas rozszerzania się spadała gęstość i temperatura materii Wszechświata.

Skąd kosmolodzy wiedzą, jak przebiegała ewolucja wczesnego Wszechświata? Przecież nikt nie mógł tego bezpośrednio zaobserwować. Pomogła wiedza o tym, jak materia zachowuje

się w bardzo wysokich temperaturach. Wysokie temperatury oznaczają ogromne energie cząstek. Podstawą naszej wiedzy o początkach Wszechświata są eksperymenty, podczas których w akceleratorach badane są zderzenia cząstek elementarnych i jąder atomowych o wielkich energiach. Wyniki tych eksperymentów pozwoliły stworzyć teoretyczny opis kolejnych etapów ewolucji wczesnego Wszechświata.

Era Plancka (pierwsze 10^{-43} s)

To najbardziej tajemniczy okres dziejów Wszechświata. Nie potrafimy go opisać. Ogromna gęstość sprawia, że siły grawitacji są ogromne, a jednocześnie z powodu małych odległości do opisu niezbędną byłaby mechanika kwantowa. Jednak nie istnieje teoria, która łączyłaby mechanikę kwantową i teorię grawitacji. Obie te teorie doskonale się sprawdzają, ale w zupełnie innych obszarach. Mechanika kwantowa opisuje mikroświat, czyli cząstki elementarne, atomy itp., a teoria grawitacji (ogólna teoria względności) dotyczy układów o wielkiej skali, jak systemy planetarne, gwiazdy, galaktyki. Prace teoretyczne nad stworzeniem kwantowej teorii grawitacji to jeden z najważniejszych obszarów badań fizyków.

Przypuszcza się, że w tej epoce wszystkie **oddziaływania**: grawitacyjne, silne, słabe i elektromagnetyczne były nierozróżnialne.

Era inflacji (do 10^{-32} s)

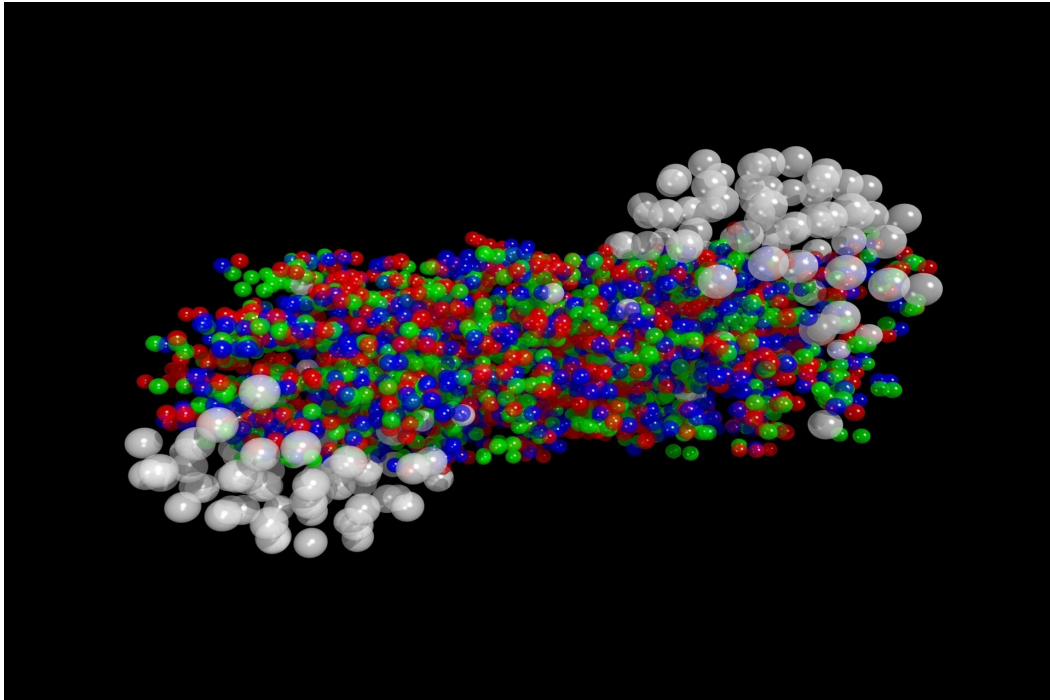
Po epoce Plancka oddziaływania elektromagnetyczne silne i słabe nadal są nierozróżnialne, ale grawitacja istnieje już jako osobne oddziaływanie. Wtedy zachodzi coś bardzo dziwnego. Gdy temperatura obniża się na tyle, aby wyodrębniło się oddziaływanie silne, staje się to początkiem kosmicznej inflacji, czyli gwałtownego przyspieszenia rozszerzania się Wszechświata. W ciągu bardzo małego ułamka sekundy rozmiary Wszechświata powiększają się 10^{50} razy, po czym tempo rozszerzania się Wszechświata wraca do poprzedniej wartości.

Era plazmy kwarkowo-gluonowej (do około 10^{-9} s)

Temperatura jest tak wysoka, że nie mogą istnieć cząstki takie jak protony czy neutrony. Ich składniki, czyli **kwarki**, tworzą wraz z **gluonami** mieszaninę, zwaną **plazmą kwarkowo-gluonową**. Obecne są też cząstki elementarne, takie jak elektrony i neutrina, zwane leptonami. Wszechświat wypełnia wysokoenergetyczne promieniowanie. Nieustannie kosztem energii promieniowania powstają nowe pary cząstka – **antycząstka**. Jednocześnie zachodzi **anihilacja** tych par, czyli cząstka i antycząstka znikają, zamieniając się znów na promieniowanie. Procesy te są w równowadze, co oznacza, że materii jest tyle samo co antymaterii.

W ten etap ewolucji Wszechświata możemy mieć już wgląd, zderzając ciężkie jądra rozpędzone do ogromnych energii. W wyniku tych zderzeń na ułamek sekundy powstaje

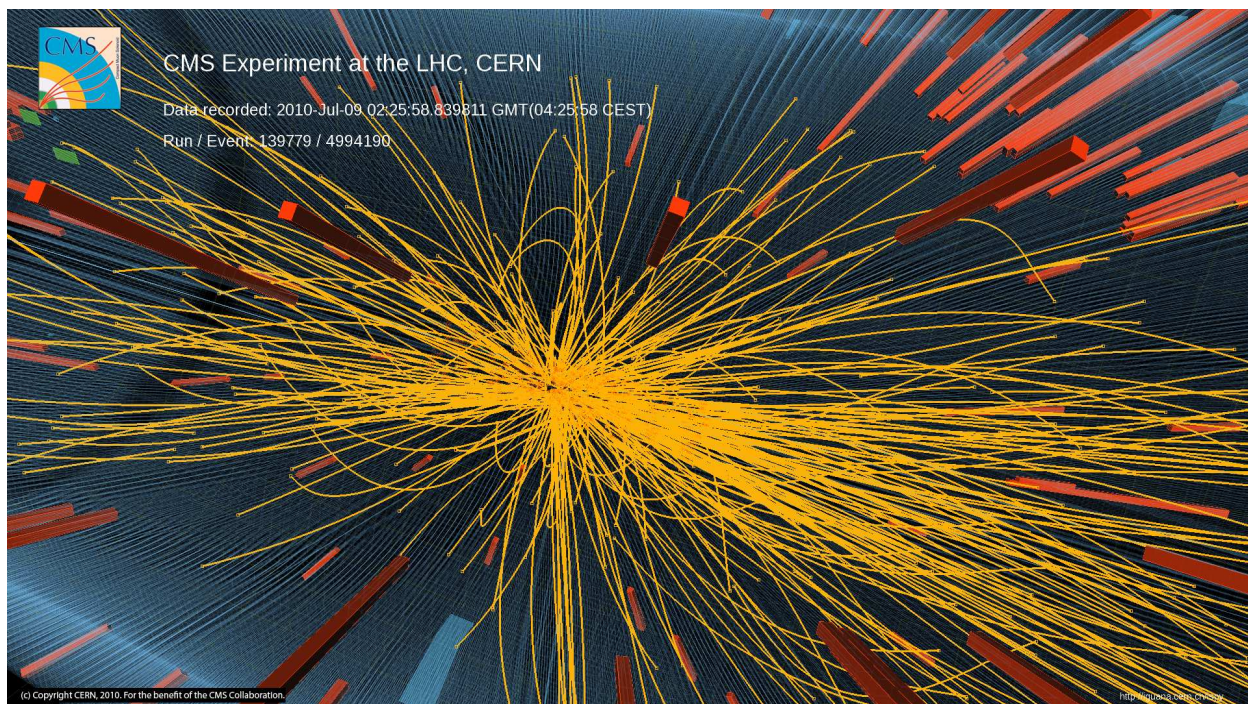
plazma kwarkowo-gluonowa, której własności można badać. Na Rys. 1. pokazana jest wizualizacja tworzenia się plazmy kwarkowo-gluonowej w wyniku zderzenia dwóch jąder złota rozpędzonych w Wielkim Zderzaczu Hadronów (LHC – Large Hadron Collider), który znajduje się w Europejskim Ośrodku Badań Jądrowych CERN w pobliżu Genewy.



Rys. 1. Dwa jądra złota, zawierające po 197 nukleonów, zderzyły się czołowo z ogromną energią. W obszarze zderzenia wielka gęstość i temperatura spowodowały rozbite nukleonów. Składniki nukleonów - kwarki - wymieszały się, tworząc plazmę kwarkowo-gluonową.

Era hadronowa (do około 10^{-4} s)

Hadrony to cząstki składające się z kwarków, na przykład protony i neutrony. Gdy temperatura Wszechświata spada do 10^{15} K, możliwe jest już łączenie się kwarków i powstanie hadronów. Początkowo hadrony są cząstkami relatywistycznymi, co oznacza, że poruszają się z prędkościami bliskimi prędkości światła, a ich energia kinetyczna jest wielokrotnie większa od [energii spoczynkowej](#). Cząstki zderzają się, a wyniku zderzeń rodzą się nowe cząstki i antycząstki. Cząstki i antycząstki ulegają anihilacji, zamieniając się na inne cząstki lub fotony. Dynamiczny obraz Wszechświata w tym momencie może przybliżyć nam Rys. 2., pokazujący zderzenie proton-proton o energii 7 TeV ([teraelektronowoltów](#)) zarejestrowane w eksperymencie CMS na zderzaczu LHC w 2010 r.



Rys. 2. Przykładowy obraz przedstawiający zderzenie proton-proton o energii 7 TeV produkujące ponad 100 cząstek naładowanych.

Protony lecące z obu stron w kierunku prostopadłym do płaszczyzny obrazu, zderzyły się w punkcie centralnym. Energia kinetyczna protonów zamieniła się na energie powstałych w zderzeniu nowych cząstek, których tor wychodzi z punktu zderzenia.

Era hadronowa zbliża się do końca po ok. 10^{-4} s. Energie cząstek są już zbyt niskie, aby mogły powstawać w zderzeniach nowe hadrony. Prawie wszystkie protony i neutrony anihilują, zwiększając liczbę fotonów. Pozostaje nadwyżka materii nad antymaterią. Ta pozostała po wielkiej anihilacji nadwyżka materii to bardzo niewielka część materii początkowego Wszechświata. Szacuje się, że zaledwie kilka na każde dziesięć miliardów protonów nie uległo anihilacji. Z tej niewielkiej nadwyżki zbudowany jest obecnie cały Wszechświat. Fakt, że po wielkiej anihilacji w ogóle coś pozostało jest niewyjaśnioną zagadką nauki. Fizycy mają nadzieję, że eksperymenty na największym zderzaczu LHC w CERN pozwolą zweryfikować hipotezy wyjaśniające, dlaczego pozostała nadwyżka materii nad antymaterią.

Era leptonowa (do około 14 s)

Leptony to klasa cząstek elementarnych, do której należą między innymi elektrony oraz neutrino – bardzo przenikliwe cząstki o masie niewiele większej od zera.

Temperatura początkowo równa 10^{11} K, jest już zbyt niska, aby mogły powstawać w zderzeniach hadrony, ale znacznie lżejsze leptony nadal powstają w aktach kreacji par cząstka - antycząstka. Początkowo kreacja i anihilacja są w równowadze. Pod koniec ery leptonowej temperatura spada do $3 \cdot 10^9$ K – poniżej progu produkcji par elektron-pozyton. Większość elektronów i pozytonów anihiluje, zamieniając się w fotony.

Wszechświat cały czas ekspanduje i zmniejsza się jego temperatura. Ale to nie znaczy, że ta temperatura jest już niska. Temperatura Wszechświata pod koniec ery leptonowej jest 200 razy większa, niż temperatura panująca wewnątrz Słońca.

Era nukleosyntezy (do około 3 min)

W temperaturach panujących do tej pory nie mogły istnieć jądra atomowe. Gdyby nawet proton i neutron połączyłyby się, tworząc jądro **deuteru**, w następnej chwili jądro rozpadłoby się w zderzeniu o wielkiej energii. Dopiero, gdy temperatura zmniejszyła się odpowiednio, mogły zacząć powstawać pierwsze lekkie jądra. Najpierw powstawały najmniejsze jądra deuteru, potem stopniowo jądra helu składające się z dwóch protonów i dwóch neutronów. Zauważmy, że taki właśnie proces syntezy jądrowej, w wyniku której z jąder wodoru (protonów) powstają jądra helu, zachodzi w naszym Słońcu. Wszechświat w tym czasie przypominał wnętrze Słońca. Na skutek ciągłego rozszerzania Wszechświata temperatura spadała i już po 3 minutach stała się zbyt niska, aby mogła zachodzić **nukleosynteza**. Protony miały już zbyt małą energię kinetyczną, aby mogły dostatecznie zbliżyć się do siebie, przezwyciężając siły odpychania kulombowskiego.

W pierwszych 3 minutach ustaliła się obfitość helu we Wszechświecie – około 24% masy stanowił hel, co zgadza się z występowaniem tych pierwiastków w obecnym Wszechświecie.

Zgodność ta stanowi jeden z dowodów na słuszność teorii Wielkiego Wybuchu.

Promieniowanie mikrofalowe tła (około 380 000 lat)

Przez ponad trzysta tysięcy lat materia występowała w postaci plazmy – jądra atomowe i elektrony poruszały się niezależnie od siebie. Jądra nie mogły przyłączyć elektronów z powodu zbyt wysokiej temperatury. Materia była nieprzezroczysta dla promieniowania. Fotony zderzały się z elektronami i jądrami, zmieniając wciąż kierunek ruchu. Około 380 000 lat po Wielkim Wybuchu temperatura obniżyła się do wartości umożliwiającej powstanie atomów. Elektrony przyłączyły się do jąder atomowych, a energia fotonów była już zbyt mała, aby mogły oddziaływać z atomami. Materia stała się przezroczysta dla promieniowania elektromagnetycznego. Fotony od tej pory mogły bez przeszkód przemierzać Wszechświat, a niektóre z nich możemy rejestrować w detektorach promieniowania mikrofalowego. Nazywamy to promieniowanie **mikrofalowym promieniowaniem tła** (lub promieniowaniem reliktowym). Promieniowanie tła wypełnia Wszechświat w sposób **jednorodny**, co oznacza, że fotonów promieniowania w każdym obszarze jest tyle samo. Promieniowanie to jest też **izotropowe**, co znaczy, że żaden kierunek propagacji nie jest wyróżniony – fotony poruszają się we wszystkie strony. Widmo promieniowania tła dokładnie zgadza się z teoretycznym widmem promieniowania termicznego dla temperatury 2,7 K. Taka jest obecnie temperatura Wszechświata.

Istnienie mikrofalowego promieniowania tła zostało przewidziane przez fizyków jako pozostałość po Wielkim Wybuchu jeszcze przed odkryciem tego promieniowania w 1965 roku.

Odkrycie mikrofalowego promieniowania tła stanowi dowód na słuszność teorii Wielkiego Wybuchu.

Badanie własności mikrofalowego promieniowania tła dostarcza informacji o Wszechświecie z okresu, kiedy po raz ostatni promieniowanie oddziaływało z materią, czyli z czasu, gdy Wszechświat miał około 380 000 lat. Wszechświat był wtedy około 1000 razy mniejszy niż teraz. Temperatura Wszechświata spadła od tego momentu 1000-krotnie. Średnia energia fotonu maleje wraz z temperaturą, a więc zwiększa się długość fali promieniowania. W momencie odłączenia promieniowania od materii, 380 000 lat temu, promieniowanie tła leżało w świetle widzialnym i bliskiej podczerwieni, obecnie obserwujemy je jako promieniowanie mikrofalowe o długościach fali rzędu milimetrów i centymetrów.

Oto niektóre z wniosków wynikających z badania własności promieniowania relikтового:

1. Wiek Wszechświata wynosi 13,7 mld lat z dokładnością 1%.
2. Promieniowanie reliktowe pochodzi z okresu 379 000 lat po Wielkim Wybuchu.
3. Materia składająca się z atomów, czyli wszystko, co możemy zaobserwować, stanowi tylko 5% zawartości Wszechświata. Cała reszta to [ciemna materia](#) i [ciemna energia](#), których natury nie znamy.
4. Własności promieniowania potwierdzają teorię inflacji, czyli gwałtownego rozděcia Wszechświata tuż po Wielkim Wybuchu.

Dodatkowe medium: fragmenty z filmu <http://ilf.fizyka.pw.edu.pl/> (należy kliknąć na znajdującą się po prawej stronie ikonkę z napisem „FILM”).

- Od 1 do 30 sekundy
- Od 1 min do 3 min 30 s

Słowniczek

energia spoczynkowa

(*ang.: rest energy*) energia związana z masą ciała w spoczynku, równa $E = mc^2$, gdzie m to masa, c – prędkość światła.

teraelektronowolt (TeV)

(*ang.: teraelectronvolt*) $10^{12} eV$. Elektronowolt to jednostka energii spoza układu SI, używana w opisie mikroświata. Jest to energia elektronu przyspieszonego różnicą potencjałów 1 V.

plazma kwarkowo-gluonowa

(ang.: *quark-gluon plasma*) stan materii jądrowej występujący przy wysokich temperaturach i dużej gęstości materii. Jest to mieszanina swobodnych kwarków i gluonów.

deuter

(ang.: *deuterium*) izotop wodoru, którego jądro zawiera jeden proton i jeden neutron.

nukleosynteza

(ang.: *nucleosynthesis*) powstawanie nowych jąder atomowych w wyniku łączenia się protonów i neutronów lub jąder lżejszych w cięższe. W trakcie nukleosyntezy wydzielana jest energia.

pozyton

(ang.: *positron*) antycząstka elektronu.

ciemna materia

(ang.: *dark matter*) materia stanowiąca składnik galaktyk, która nie oddziałuje elektromagnetycznie i silnie, a tylko grawitacyjnie. Nie znamy cząstek, z których zbudowana jest ciemna materia.

ciemna energia

(ang.: *dark energy*) czynnik powodujący przyspieszanie ekspansji Wszechświata. Nie znamy jej natury.

oddziaływanie

(ang.: *interaction*) we Wszechświecie istnieją 4 oddziaływania: grawitacyjne działające na każde ciało posiadające masę, elektromagnetyczne działające na ładunki elektryczne, silne - wiążące kwarki w nukleonie, oraz słabe - odpowiedzialne za rozpady cięższych cząstek elementarnych na lżejsze.

antycząstka

(ang.: *antiparticle*) cząstka, której masa jest taka sama jak masa odpowiadającej jej cząstki materii, ale o przeciwnych liczbach kwantowych.

anihilacja

(ang.: *annihilation*) proces, w którym para: cząstka i antycząstka znika, a ich energia całkowita zamienia się w energię promieniowania elektromagnetycznego lub innych cząstek.

kwark

(ang.: *quark*) cząstka elementarna, składnik protonów i neutronów.

gluon

(ang.: *gluon*) bezmasowa cząstka elementarna, będąca nośnikiem oddziaływań silnych.

Obejrzyj grafikę interaktywną o ewolucji wczesnego Wszechświata.



Wyjaśnij, dlaczego nukleosynteza pierwotna, czyli powstawanie pierwszych jąder atomowych, zakończyła się po trzech minutach i nie powstały jądra cięższe od helu.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wybierz wszystkie prawdziwe stwierdzenia:

- ☐ Skutkiem rozszerzania się Wszechświata maleje jego temperatura.
- ☐ Wszystkie jądra atomowe większe od jądra wodoru powstały w gwiazdach.
- ☐ Większość jąder helu powstała w pierwszych trzech minutach po Wielkim Wybuchu podczas nukleosyntezy pierwotnej.
- ☐ Skutkiem rozszerzania się Wszechświata rośnie jego temperatura.

Ćwiczenie 2



Uzupełnij zdanie:

Promieniowanie mikrofalowe tła, które pochodzi z czasów, gdy powstały pierwsze

atomy ☐ / jądra atomowe ☐ , jest promieniowaniem elektromagnetycznym ☐ /
cieplnym ☐ .

Ćwiczenie 3



Kiedy powstały jądra wodoru i helu? Połącz symbol chemiczny pierwiastka z czasem od Wielkiego Wybuchu.



Ćwiczenie 4



Wymień trzy obserwacje przemawiające za teorią Wielkiego Wybuchu.

Ćwiczenie 5



W miarę rozszerzania się Wszechświata zmniejsza się temperatura i gęstość materii. Od czasu, gdy powstały atomy i promieniowanie oddzieliło się od materii, Wszechświat powiększył się 1000 razy (odległość każdych dwóch punktów zwiększyła się 1000 razy). Ile razy gęstość materii w tym czasie była większa niż obecna gęstość materii Wszechświata. Wynik podaj z dokładnością do jednej cyfry znaczącej.

Gęstość materii była większa 10 razy

Ćwiczenie 6

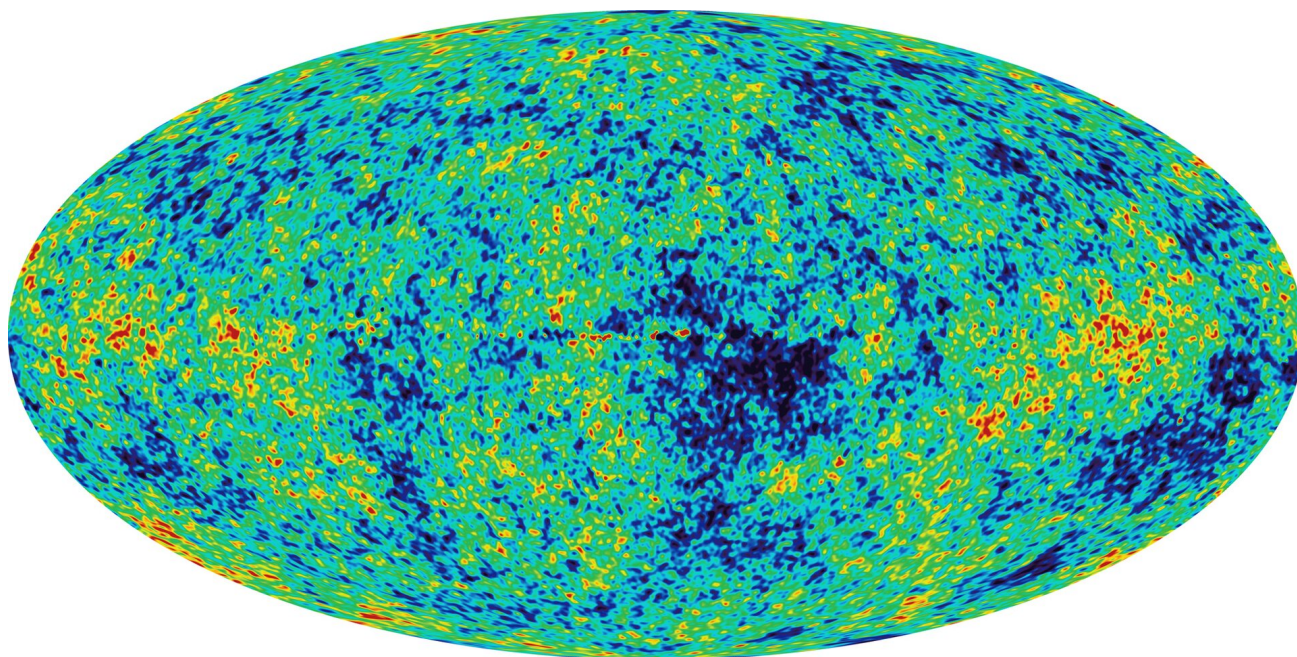


W jednym z internetowych artykułów można przeczytać: „Wszechświat powstał z hukiem 13,7 mld lat temu. A przynajmniej tak zakłada teoria Wielkiego Wybuchu.” Przeanalizuj to stwierdzenie i wyjaśnij, dlaczego jest nieprawdziwe.

Ćwiczenie 7



Mikrofalowe promieniowanie tła dochodzące z każdego kierunku ma jednakową temperaturę 2,7 K. Jednak, gdy wykonać pomiar temperatury promieniowania z bardzo dużą dokładnością, okazuje się, że występują niewielkie fluktuacje temperatury. Ilustracja pokazuje rozkład temperatur promieniowania tła - kolor granatowy to najniższe temperatury, pomarańczowy - najwyższe. O tym obrazie mówi się, że jest to zdjęcie niemowlęcego Wszechświata. Uzasadnij to powiedzenie.



Źródło: dostępny w internecie: <https://apod.nasa.gov/apod/ap050925.html> [dostęp 19.05.2022 r.].

Ćwiczenie 8



Skutkiem rozszerzania się Wszechświata zmniejsza się jego temperatura, co oznacza zmniejszanie się średniej energii kinetycznej cząsteczek i zmniejszanie się energii promieniowania. Wyjaśnij, jak to pogodzić z zasadą zachowania energii w układzie zamkniętym, jakim jest Wszechświat.

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji:

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Co nazywamy Wielkim Wybuchem?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia – wymagania ogólne I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. Zakres podstawowy Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. 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). Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. 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.

Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.
Cele operacyjne:	Uczeń: 1. tłumaczy, czym był Wielki Wybuch, 2. wymienia kolejne etapy ewolucji wczesnego Wszechświata, 3. wyjaśnia, w jakich warunkach powstały protony, jądra atomowe i atomy, 4. uzasadnia, dlaczego teoria Wielkiego Wybuchu jest powszechnie uznawana przez naukowców.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-observacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania:	wykład informacyjny, pokaz multimedialny, analiza pomysłów
Formy zajęć:	praca w grupach, praca indywidualna
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
Materiały pomocnicze:	e-materiał: „Jak powstał Wszechświat?”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?”. Wyjaśnienie, czym jest ucieczka galaktyk, jako przejaw rozszerzania się Wszechświata.	
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel prosi uczniów, aby wyobrazili sobie, jak rozszerzający się obecnie Wszechświat wyglądał dawniej. W miarę cofania się w czasie galaktyki i gwiazdy były coraz bliżej siebie, gęstość materii i temperatura rosły, aż doszły do stanu osobliwości, który nazywamy Wielkim Wybuchem. Nauczyciel podkreśla, że nazwa ta nie oznacza wybuchu w sensie potocznym, ale oznacza początek czasu, przestrzeni i materii. Następnie nauczyciel wyjaśnia, że początkowe formy materii nie przypominały tego, co znamy obecnie, ale w trakcie rozszerzania się Wszechświata temperatura spadała i powstawały znane nam formy materii: nukleony, potem jądra atomowe i atomy. Nauczyciel tłumaczy na czym polegał stan równowagi termodynamicznej promieniowania i materii przed powstaniem atomów, a następnie wyjaśnia, jak nastąpiło oddzielenie się promieniowania od materii i powstanie mikrofalowego promieniowania tła. Uczniowie oglądają grafikę interaktywną i odpowiadają na pytania aktywizujące.

Faza podsumowująca:

Uczniowie przypominają, jakie fakty obserwacyjne są dowodami na prawdziwość teorii Wielkiego Wybuchu.
W grupach rozwiązują zadania 7 i 8 z zestawu ćwiczeń, a następnie dyskutują odpowiedzi na forum klasy.

Praca domowa:

Dwa zadania do wyboru z zestawu ćwiczeń.
Nauczyciel zachęca uczniów, aby samodzielnie znaleźli wyjaśnienia niezrozumiałych terminów, z jakimi się zetknęli na lekcji i zapisali źródła wiadomości. Na kolejnej lekcji nauczyciel weryfikuje znalezione treści. To ważne działanie, mające na celu nauczania uczniów wyszukiwania źródeł, do których można mieć zaufanie.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium

Multimedium bazowe może też być wykorzystane przez uczniów po lekcji do powtórzenia i utrwalenia materiału. Zadania z zestawu ćwiczeń można potraktować jako zadania domowe lub niektóre z nich rozwiązać na lekcji.