



KUNGL.
VETENSKAPS-
AKADEMIEN

THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

Kungl. Vetenskapsakademien har beslutat utdela Nobelpriset i fysik 2019 "för bidrag till vår förståelse av universums utveckling och jordens plats i universum" med ena hälften till **James Peebles** "för teoretiska upptäckter inom fysikalisk kosmologi" och med andra hälften gemensamt till **Michel Mayor** och **Didier Queloz** "för upptäckten av en exoplanet i bana kring en solliknande stjärna".

Nobelpriset 2019 i fysik



Nobelpriset i fysik 2019
Nobelpriset i fysik 2019

Vår plats i universum

Årets Nobelpris i fysik belönar ny förståelse av universums uppbyggnad och historia, samt den första upptäckten av en planet i bana kring en solliknande stjärna utanför vårt solsystem.

James Peebles idéer om fysikalisk kosmologi lade grunden till det senaste halvseklats omvandling av kosmologin från spekulationer om världssalltet till vetenskap. Hans teoretiska ramverk, som han utvecklat sedan mitten av 1960-talet, ligger till grund för vår tids kunskap om universum.

Det började för nästan 14 miljarder år sedan då vårt universum var extremt hett och tätt. Sedan dess har det expanderat och blivit allt större och allt kallare. Knappt 400 000 år efter big bang blev universum genomskinligt och ljusstrålar kunde flöda fritt. Än i dag finns den urgamla kosmiska strålningen kvar överallt runtom oss, och inkodade i den döljer sig många av världssalltets hemligheter. Observationer av denna strålning har visat oss ett universum där bara fem procent av dess innehåll av materia och energi är känt, vanlig materia som bygger upp stjärnor, planeter, blommor och oss. Resten, 95 procent, är dold för våra ögon. Det är ett mysterium och en utmaning för den moderna fysiken.

I oktober 1995 tillkännagav **Michel Mayor** och **Didier Queloz** sin upptäckt av den allra första planeten utanför vårt solsystem, en exoplanet, i bana kring en solliknande stjärna i vår hemgalax Vintergatan. Med hjälp av specialbyggda

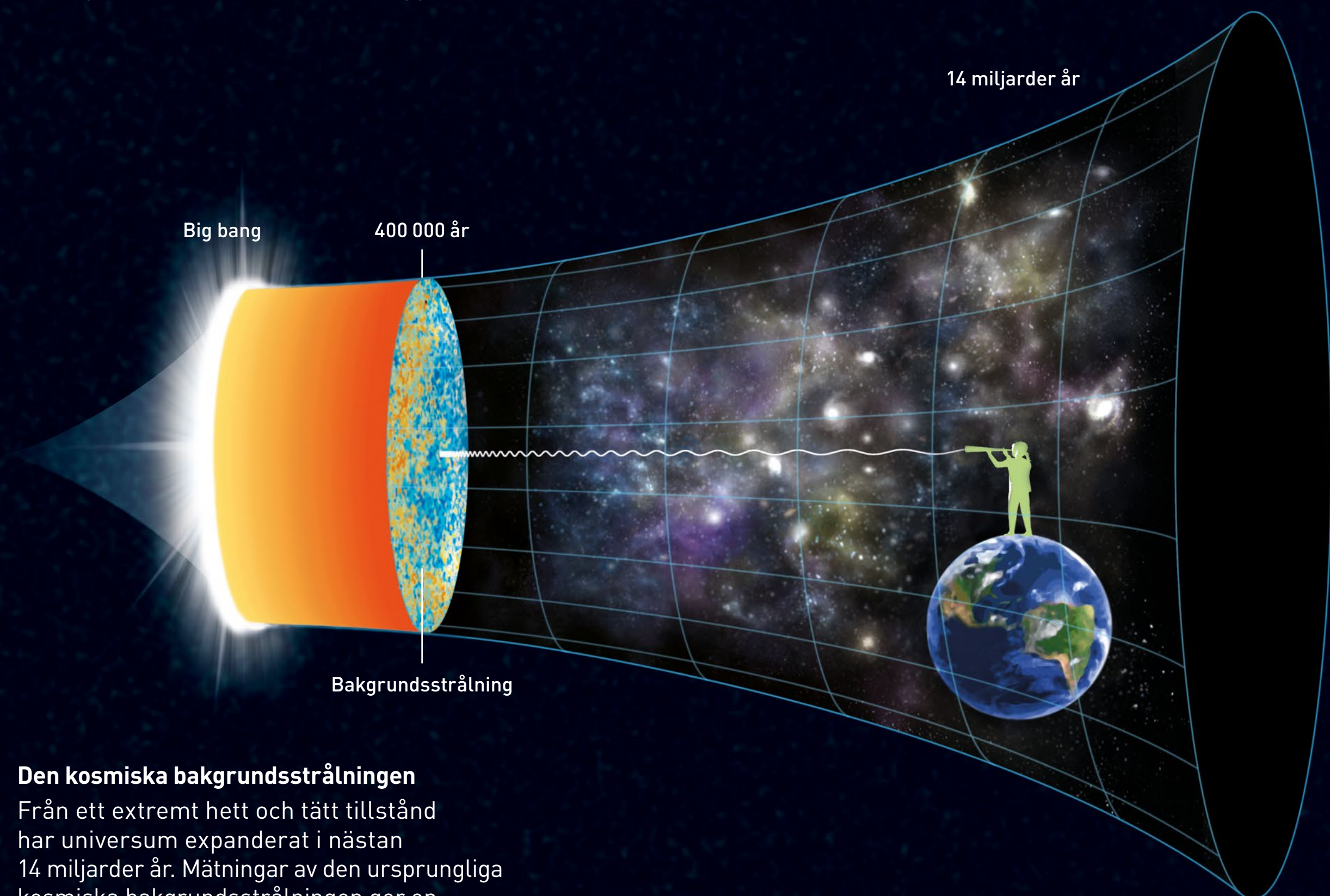
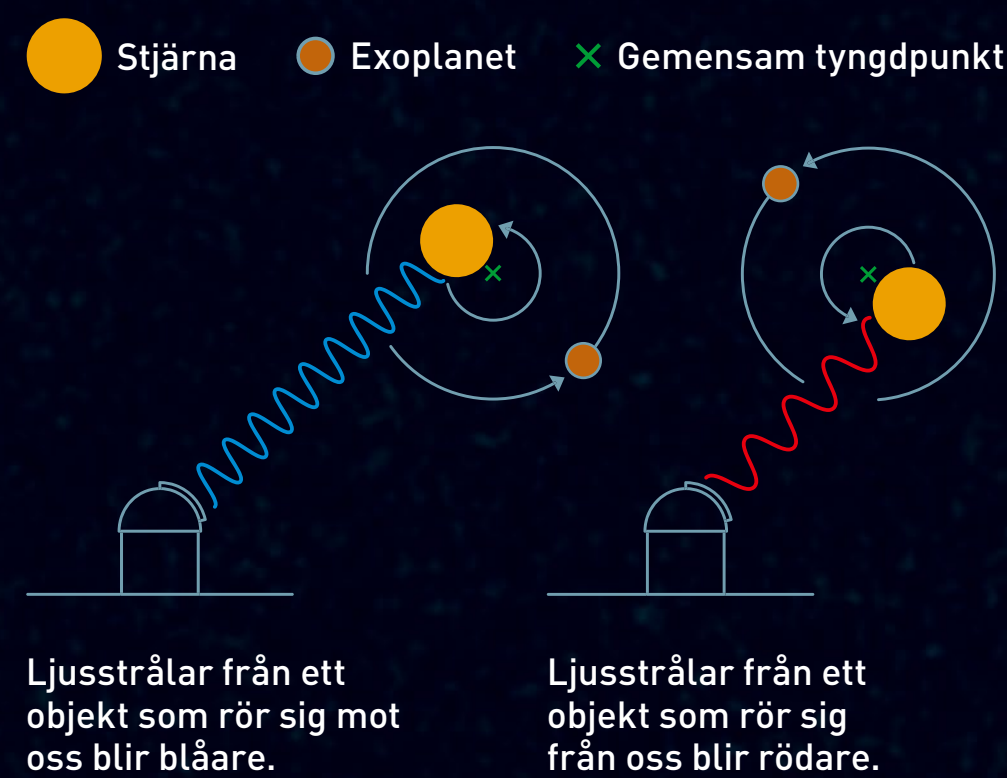
instrument kunde de vid observatoriet Haute-Provence i södra Frankrike upptäcka planeten 51 Pegasi b, ett gasklot jämförbart med solsystemets största gasjätte, Jupiter.

Upptäckten startade en revolution inom astronomin, och sedan dess har över 4 000 exoplaneter hittats i Vintergatan. Ständigt uppdagas nya märkliga världar, med en häpnadsväckande rikedom av egenskaper, storlekar och omloppsbanor. Det vidgar våra föreställningar om hur ett planetsystem kan se ut och tvingar forskarna att revidera sina teorier om de fysikaliska processer som ligger bakom planeternas tillblivelse. Flera nya projekt för att hitta exoplaneter är nu på gång och så småningom får vi kanske svar på den allt överskuggande frågan – finns det liv någonstans därute?

Årets Nobelpristagare har skakat om vår bild av världssalltet. Medan James Peebles teoretiska upptäckter bidrog till att vi nu förstår hur universum utvecklades efter big bang, undersökte Michel Mayor och Didier Queloz rymden nästgårds på jakt efter främmande exoplaneter. Sedan dess blir våra föreställningar om den värld vi lever i aldrig desamma.

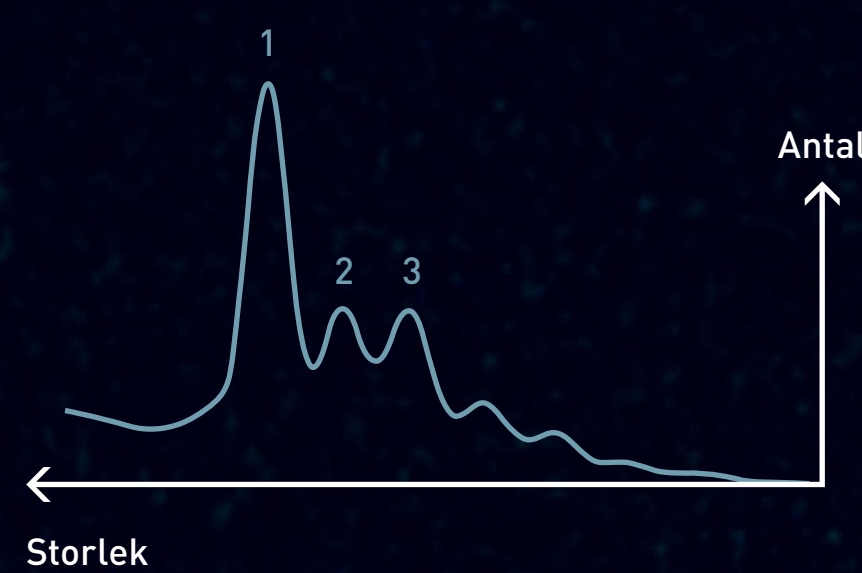
Radialhastighetsmetoden

Stjärnan rör sig när den påverkas av tyngdkraften från sin planet. Sett från jorden gungar stjärnan fram och tillbaka i synlinjens riktning. Rörelsens hastighet, den radiala hastigheten, går att bestämma med hjälp av Dopplereffekten, som innebär att ljusstrålar från ett objekt som rör sig ändrar färg.



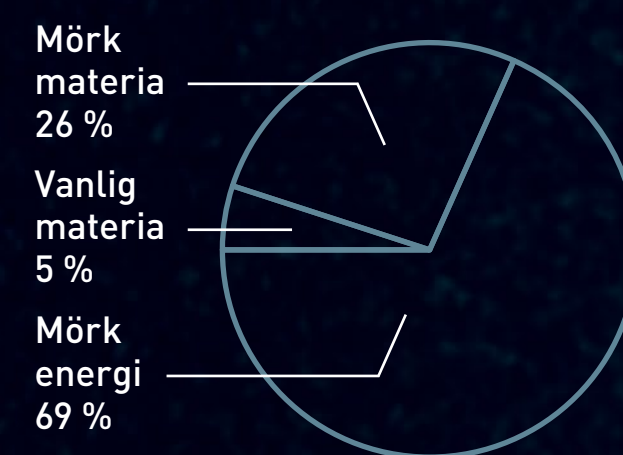
Den kosmiska bakgrundsstrålningen

Från ett extremt hett och tätt tillstånd har universum expanderat i nästan 14 miljarder år. Mätningar av den ursprungliga kosmiska bakgrundsstrålningen ger en karta över universums innehåll. Fläckarna motsvarar minimala temperaturvariationer i bakgrundsstrålningen.



Kurvan visar hur många fläckar av olika storlek det finns i bakgrundsstrålningen.

Den första vågtoppen visar att universum inte är krökt, dvs. geometriskt platt. Den andra vågtoppen talar om att vanlig materia bara utgör 5 % av universums materie- och energinnehåll. Den tredje vågtoppen pekar mot att universum innehåller 26 % mörk materia.



Ur dessa tre vågtoppar kommer också slutsatsen att om universum innehåller totalt 31 % (5 %+26 %) materia så krävs det 69 % mörk energi för att uppfylla kravet på att universum ska vara platt.



Planeten Pegasi 51 b. Stor som Jupiter och 1 000°C het gör den ett varv kring sin sol på bara 4,2 dygn.



Stjärnan Pegasi 51. Den ligger i stjärnbilden Pegasus, den flygande hästen, 50 ljusår från oss och är synlig med blotta ögat när det är riktigt mörkt.

James Peebles

Född 1935 i Winnipeg, Kanada. Albert Einstein Professor of Science vid Princeton University, USA.

Michel Mayor

Född 1942 i Lausanne, Schweiz. Professor vid Université de Genève, Schweiz.

Didier Queloz

Född 1966 i Genève, Schweiz. Professor vid Université de Genève, Schweiz och University of Cambridge, Storbritannien.



Foto: porträtt av James Peebles: Richard Sison © Princeton University; porträtt av Michel Mayor: © University of Geneva; porträtt av Didier Queloz: Nick Searl © University of Cambridge

LÄR DIG MER OM NOBELPRISEN PÅ WWW.KVA.SE Mer information om Nobelpriset i fysik 2019 finns på www.kva.se/nobelphysik2019 och www.nobelprize.org. Här finns bland annat fördjupad information om priset och pristagarna, lästips och video.

Redaktion: Mats Larsson, Gunnar Ingelman, Ulf Danielsson och Ariel Goobar, Nobelkommittén för fysik, Kungl. Vetenskapsakademien; Joanna Rose, vetenskapsjournalist; Sara Gustafsson, redaktör, och Emma Stohne, Nobelassistent, Kungl. Vetenskapsakademien. **Grafisk design:** IVY Agency AB **Illustrationer:** Johan Järnstedt/Infographics.se **Tryck:** Atta45

Tryck och distribution har möjliggjorts av
VOLVO

© Kungl. Vetenskapsakademien
Box 50005, 104 05 Stockholm
08-673 95 00, kvaldkva.se, www.kva.se
Affischer kan beställas kostnadsfritt på www.kva.se/nobelaffischer



Our place in the universe

This year's Nobel Prize in Physics rewards new understanding of the universe's structure and history, and the first discovery of a planet orbiting a solar-type star outside our solar system.

James Peebles' insights into physical cosmology have laid a foundation for the transformation of cosmology over the last fifty years, from speculation to science. His theoretical framework, developed since the mid-1960s, is the basis of our contemporary knowledge about the universe.

It all began almost 14 billion years ago, when the universe was extremely hot and dense. Since then, the universe has been expanding, becoming larger and colder. Barely 400,000 years after the Big Bang, the universe became transparent and light rays were able to travel through space. Even today, this ancient radiation is all around us and, coded into it, many of the universe's secrets are hiding. Observations of this radiation showed us a cosmos in which just five per cent of its content of energy and matter is known, the matter which constitutes stars, planets, trees and us. The rest, 95 per cent, is unknown dark matter and dark energy. This is a mystery and a challenge to modern physics.

In October 1995, **Michel Mayor** and **Didier Queloz** announced the first discovery of a planet outside our solar system, an exoplanet, orbiting a solar-type star in our home galaxy,

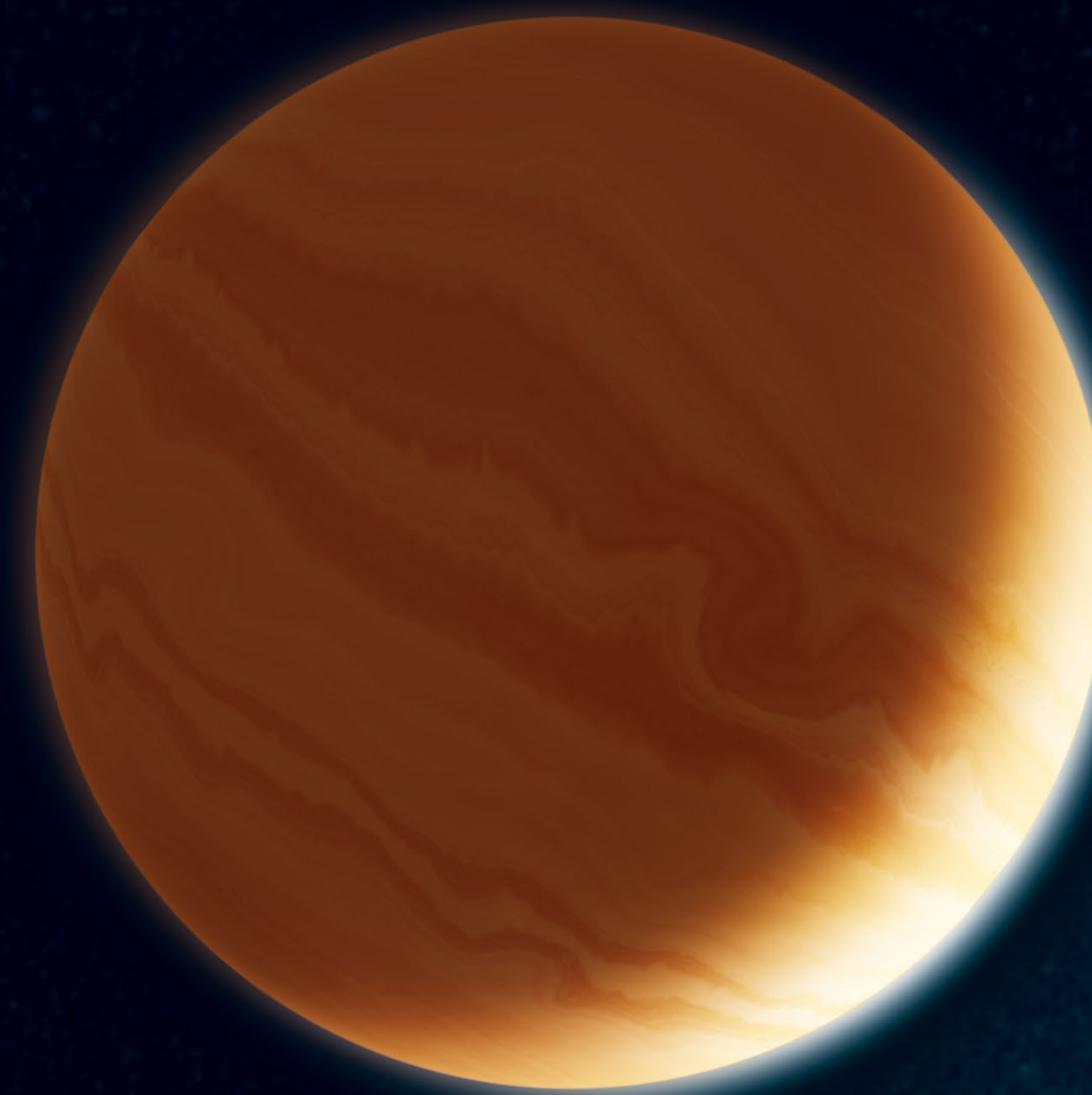
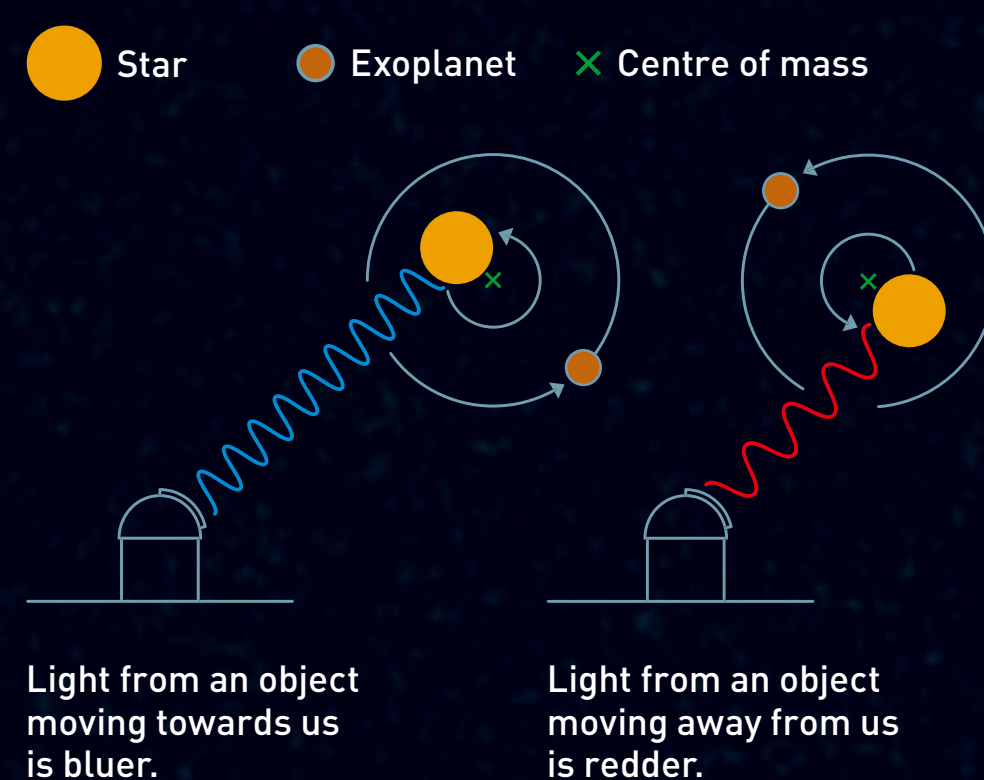
the Milky Way. At the Haute-Provence Observatory in southern France, using custom-made instruments, they discovered planet 51 Pegasi b, a gaseous ball comparable with the solar system's biggest gas giant, Jupiter.

This discovery started a revolution in astronomy and over 4,000 exoplanets have since been found in the Milky Way. Strange new worlds are still being discovered, with an incredible wealth of sizes, properties and orbits. They broaden our preconceived ideas about planetary systems and are forcing scientists to revise their theories of the physical processes behind the origins of exoplanets. With numerous projects planned to start searching for exoplanets, we may eventually find an answer to the eternal question of whether there is life out there.

This year's Laureates have transformed our ideas about the cosmos. While James Peebles' theoretical discoveries contributed to our understanding of how the universe evolved after the Big Bang, Michel Mayor and Didier Queloz explored our cosmic neighbourhoods on the hunt for unknown planets. Their discoveries have forever changed our conceptions of the world.

Radial velocity method

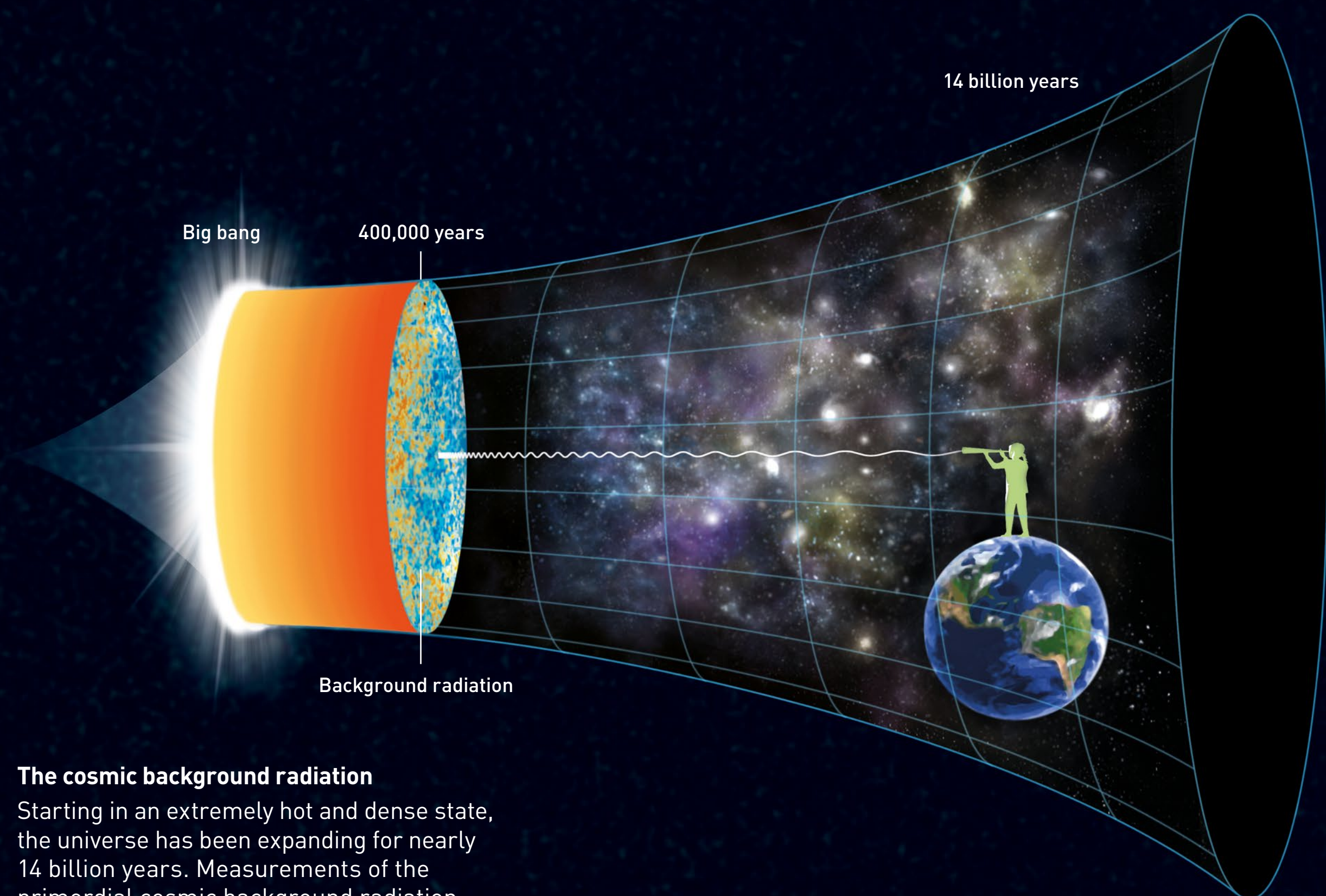
The star moves due to the gravitational attraction from its planet. Seen from the Earth, the star wobbles backwards and forwards in the line of sight. The speed of this movement, its radial velocity, can be determined using the Doppler effect, because the light from a moving object changes colour.



The planet Pegasi 51 b. Big as Jupiter, and with a temperature of 1,000°C, it takes just 4.2 days to orbit its sun.

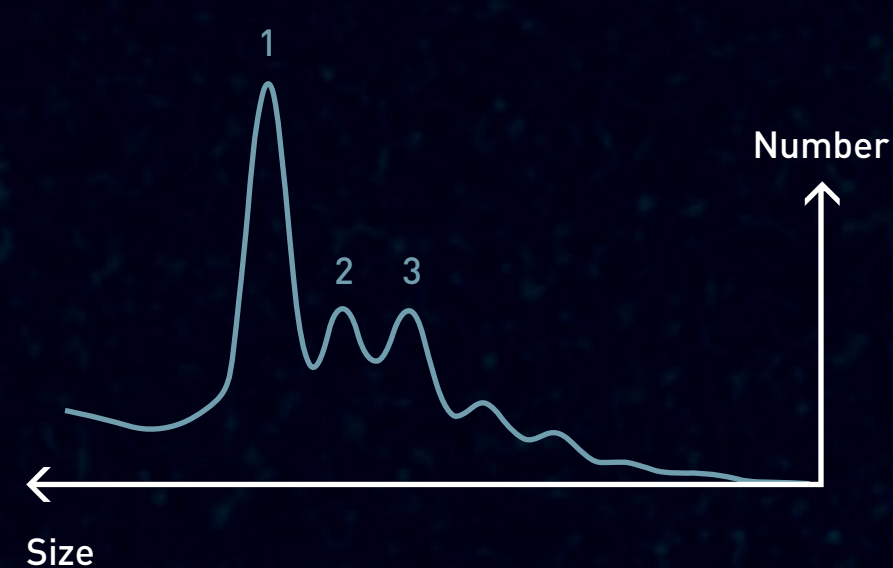


The star Pegasi 51. It is in the constellation of Pegasus, the flying horse, 50 light years from us and is visible to the naked eye when it is really dark.



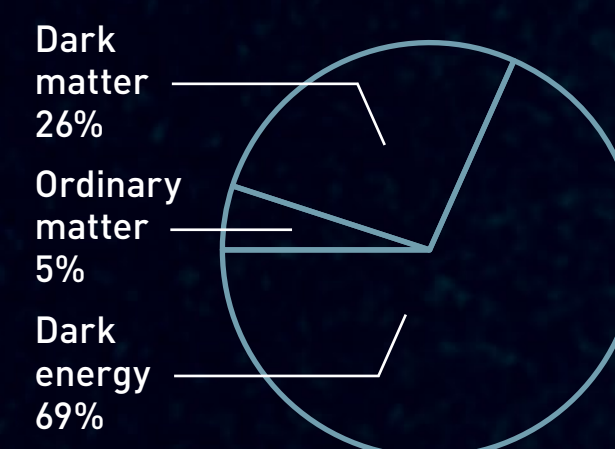
The cosmic background radiation

Starting in an extremely hot and dense state, the universe has been expanding for nearly 14 billion years. Measurements of the primordial cosmic background radiation result in a map of the contents of the universe. The spots show small temperature variations in the background radiation.



The curve shows how many spots there are of each size in the background radiation.

The first peak shows that the universe is not curved, it is geometrically flat. The second peak shows that ordinary matter is just 5% of the matter and energy in the universe. The third peak shows that 26% of the universe consists of dark matter.



From these three peaks, it is possible to conclude that if 31% (5%+26%) of the universe is composed of matter, then 69% must be dark energy in order to fulfil the requirement for a flat universe.

James Peebles

Born 1935 in Winnipeg, Canada. Albert Einstein Professor of Science at Princeton University, USA.

Michel Mayor

Born 1942 in Lausanne, Switzerland. Professor at University of Geneva, Switzerland.

Didier Queloz

Born 1966 in Geneva, Switzerland. Professor at University of Geneva, Switzerland, and University of Cambridge, UK.

