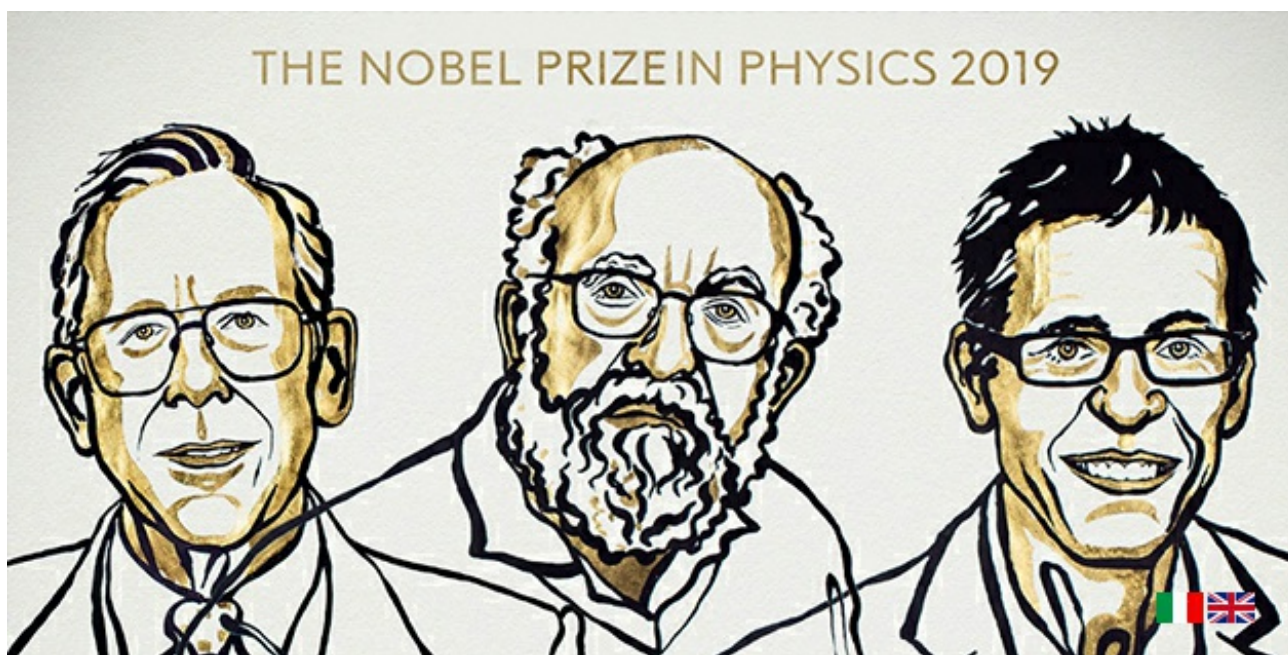


Il Premio Nobel per la Fisica 2019

✍ A. Bettini 📅 04-11-2019 ↗ <http://www.primapagina.sif.it/article/1018>



James Peebles, Michel Mayor and Didier Queloz, 2019 Nobel Laureates in Physics. Credits: © The Nobel Foundation, Ill: N. Elmehed. © Nobel Media

Il premio Nobel per la Fisica è stato assegnato quest'anno "per contributi alla nostra comprensione dell'Universo e del posto della Terra nel cosmo." La frase, curiosa in contesto scientifico, vuole includere due contributi molto diversi tra loro. Infatti, la metà assegnata a James Peebles è "per scoperte teoriche in cosmologia fisica", quella conferita congiuntamente a Michel Mayor e Didier Queloz "per la scoperta di un esopianeta che orbita attorno a una stella simile al Sole." Il Nuovo Saggiatore pubblicherà nel suo prossimo numero gli articoli di due esperti, Sabino Matarrese e Giampaolo Piotto. Qui ne riferiamo brevemente.

La cosmologia, lo studio scientifico dell'evoluzione dell'Universo dalle sue origini al presente, è oggi fisica di precisione. Abbiamo un "modello cosmologico standard", il Λ CMB, ben in accordo con i dati osservativi di tutte le epoche della sua evoluzione. Molti, alcuni dei quali non ci sono più, hanno dato contributi rilevanti. Il premio a Jim Peebles non è per una singola rivoluzionaria scoperta, ma, come dice la motivazione, per diversi importanti contributi, che egli diede sin dall'inizio. Questo fu, in buona sostanza, nel 1965, quando Arnold Penzias e Robert Wilson (Bell Labs) scoprirono, con loro sorpresa, una misteriosa radiazione di fondo nella regione delle microonde. Trovarono che la sorgente non era galattica, ma il mistero della sua origine fu risolto solo quando un preprint di Peebles arrivò da Princeton. Era stato scritto prima della scoperta, ma allora i preprint viaggiavano per posta. Peebles vi aveva delineato gli aspetti della radiazione di corpo nero, residuo del Big Bang.

In realtà R. H. Dicke aveva iniziato il suo progetto di misure della luminosità del cielo nelle microonde e suggerito a Peebles, allora trentenne, di studiare quali informazioni di cosmologia se ne potessero ricavare. Dicke era stato anticipato, e due articoli, uno con la misura di Penzias e Wilson, l'altro con l'interpretazione di Dicke, Peebles, Roll e Wilkinson, uscirono nello stesso numero dell'*Astrophysical Journal*.

Da allora, lo studio del Λ CMB, con esperimenti di precisione crescente a terra e nello spazio e con gli sviluppi teorici, è stato l'elemento chiave per il progresso della cosmologia fisica. Sappiamo oggi di cosa l'Universo è composto, ma di esso solo meno del 5% è materia ordinaria. Del resto, materia oscura ed energia oscura, sappiamo in che frazioni contribuiscono e come agiscono, ma non cosa siano. Dobbiamo in larga misura a Peebles l'introduzione nella teoria sia dell'una sia dell'altra. Infatti, fu lui per primo a considerare nel 1982 la materia oscura fredda, cioè non relativistica, a studiare come questa determinasse la formazione delle strutture a grande scala e a predire le fluttuazioni di temperatura del CMB, diversi anni prima della loro scoperta. E fu ancora Peebles a reintrodurre nel 1984 la costante cosmologica (Λ), o energia oscura, e a studiare i suoi effetti sull'evoluzione delle strutture, più di un decennio prima della scoperta che l'espansione dell'Universo accelera. In precedenza, il pregiudizio corrente era che fosse "naturale" che la costante fosse enorme. Non essendo così, si era ipotizzato che Λ , che pure compare come fondamentale nelle equazioni di Einstein, fosse nulla. Nel 1984, tutte le componenti del modello cosmologico standard Λ CMB erano state introdotte.

Il pianeta scoperto da Mayor e Queloz nel 1994 orbita attorno a una stella, la 51 Pegasi, nella costellazione, appunto, del Pegaso, che è di tipo G, cioè dello stesso tipo spettrale del Sole. Da allora di esopianeti ne sono stati scoperti diverse migliaia, tanti che si ritiene che molte delle stelle, almeno nelle galassie come la nostra, siano al centro di sistemi planetari. Ce ne sono quindi miliardi in miliardi di galassie e non si può non immaginare che su qualcuno, o forse molti, ci sia qualche forma di vita.

Gli esopianeti non si vedono direttamente, ma osservando la stella. Nel caso più semplice di un solo pianeta, i due corpi girano attorno al loro baricentro. Se il piano dell'orbita non è troppo inclinato rispetto alla linea di vista, la proiezione su questa della velocità della stella varia nel tempo col periodo orbitale. Possiamo quindi cercare di osservare questa variazione come spostamento Doppler di alcune righe spettrali. L'effetto è ovviamente tanto maggiore quanto maggiore è la massa del pianeta in confronto con quella della stella, ma è comunque piccolo. Se qualcuno, ad esempio, volesse da lontano scoprire Giove dallo spettro del Sole dovrebbe poter misurare variazioni di velocità radiale del Sole di ± 13 m/s su un periodo di 12 anni. Serve quindi uno spettrografo stabile a qualche metro al secondo su molti anni.

Già negli anni 1980 parecchi astronomi erano alla ricerca di esopianeti in diversi osservatori, ma furono Mayor e Queloz i primi ad avere successo. Avevano sviluppato ELODIE, strumento che fu installato nel 1993 sul telescopio da 1,93 m dell'Osservatorio della Haute-Provence. ELODIE era uno spettrografo con potere risolutivo di 42000 ed estremamente stabile. Due fibre ottiche, una con la luce della stella, una dalla sorgente di calibrazione, alimentavano un reticolo di diffrazione a 76° di incidenza. L'uso della fibra permetteva l'osservazione di stelle di luminosità inferiore rispetto a quanto possibile prima. Una camera CCD registrava lo spettro, da circa 390 nm a 680 nm. L'accuratezza nella velocità radiale era di 13 m/s. Il tempo di esposizione di una stella era di soli 30'. Mayor e Queloz poterono così pianificare l'osservazione di 142 stelle, molte di più di quanto fosse possibile ad altri osservatori.

Già nell'autunno del 1994, i due scienziati trovarono che la velocità radiale della 51 Pegasi variava

periodicamente con un periodo di circa 4 giorni. La massa del pianeta era grande, simile a quella del nostro Giove. Ma era vicinissima al suo Sole, solo 0,05 unità astronomiche. Questo aveva da un lato favorito la scoperta, dato che in un tempo non lungo si potevano osservare parecchi periodi, dall'altro destò qualche meraviglia, perché il pregiudizio corrente era che fosse "naturale" per i pianeti grandi stare lontani dai loro soli. Ancora una volta la natura dimostrava di aver più fantasia degli uomini: evidentemente esistono sistemi solari diversi dal nostro.

Per saperne di più: [1](#), [2](#)

The Nobel Prize for Physics 2019

This year, the Nobel Prize in Physics has been awarded "for contributions to our understanding of the evolution of the Universe and Earth's place in the cosmos". The sentence, curious enough in a scientific contest, aims at including two contributions very different from one another. The one half awarded to James Peebles is "for theoretical discoveries in physical cosmology", the other half jointly to Michel Mayor and Didier Queloz "for the discovery of an exoplanet orbiting a solar-type star." Il Nuovo Saggiatore will publish in its next issue the articles of two experts, Sabino Matarrese and Giampaolo Piotto. Here we briefly report.

Cosmology, namely the scientific study of the evolution of the Universe, from its origins to the present, is today precision physics. We have a "standard cosmological model", Λ CMB, which is well consistent with the observations for all the epochs of the evolution. Many scientists have contributed, some of whom are not with us anymore. The prize to Jim Peebles is not for a single revolutionary discovery, but rather for several very important contributions he gave since the beginning. The beginning was, one can certainly say, in 1965, when Arnold Penzias and Robert Wilson (Bell Labs) discovered, to their surprise, a mysterious background radiation in the microwaves. They found that the source was not in the Milky Way, but the mystery of its origin was solved only when a preprint by Peebles reached Princeton. It had been written before the discovery, but, at the time, preprints travelled by mail. Peebles had outlined the features of the black body radiation, the residual of the Big Bang. As a matter of fact, R. H. Dicke had already started his project for measuring the sky luminosity in the microwaves and asked Peebles, then 30 year old, to study the cosmological information that could be obtained. Dicke had been anticipated, and two articles, one with the measurement of Penzias and Wilson, the other with the interpretation by Dicke, Peebles, Roll and Wilkinson, were published on the same issue of the *Astrophysical Journal*.

Since then, the study of the Λ CMB, with experiments on Earth and in orbit of increasing precision and theoretical developments, has been the key for the progress of physical cosmology. Today we know which the components of the Universe are. But only less than 5% is ordinary matter. Of the rest, dark matter and dark energy, we know the fractions and how they act, but not what they are. We due largely to Peebles the introduction of both of them in the theory. Indeed, it was him the first to consider in 1982 the cold, *i.e.* non-relativistic, dark matter, to study how it shapes the formation of the large scale structures and to forecast the temperature fluctuations of the CMB,

several years before their discovery. And, once more, it was Peebles who re-introduced in 1984 the cosmological constant (Λ), the dark energy, and studied its effects on the evolution of the structures, more than a decade before the discovery that the expansion of the Universe accelerates. Before then, the current prejudice was that it is "natural" for the constant to be enormous. Not being so, even if Λ is one of the two fundamental constants of the Einstein equations, it was assumed to be zero.

By 1984, all the components of the standard cosmological model Λ CMB were in place. The planet discovered by Mayor and Queloz in 1994 orbits around a star, the 51 Pegasi, in the Pegasus constellation, of type G, namely of the same spectral type as the Sun. Since then, several thousands of exoplanets have been discovered, so many that it is believed that many stars have their planetary system, at least in galaxies as our own. Planets are then billions in billions of galaxies and we cannot avoid to imagine that on some of them, or may be many, some form of life exists.

We do not see directly the exoplanets, rather we observe the star. In the simplest case of a single planet, the two bodies move periodically around their centre of mass. If the orbit is not too inclined with respect to the line of sight, the component on this line of the velocity of the star varies in time with the orbital period. We can try to observe this variation as Doppler shift of spectral lines. Obviously the larger is the mass of the planet, compared to that of the star, the larger is the effect. It is, however, very small. If somebody, for example, would try to detect the presence of Jupiter from the Sun spectrum, he should be able to measure variations of the Sun radial velocity of ± 13 m/s over a 12 year period. We need a spectrograph stable at a few metres per second over several years.

In the 1980s many astronomers were searching for exoplanets in several observatories, but the success came to Mayor and Queloz. They had developed ELODIE, an instrument that was installed in 1993 in the 1.93 m telescope of the Haute-Provence Observatory. ELODIE was an extremely stable spectrograph with a resolving power of 42 000. In order to collect more light, two optical fibers, one with the light of the star, the other with the light from the calibration lamp, fed a diffraction grating at 76° grazing incidence. Using the fiber, they could observe stars having luminosity lower than what was possible before. A CCD camera recorded the spectra between about 390 nm and 680 nm. The accuracy in the radial velocity was of 13 m/s. The exposure time of a star was as short as 30'. So that Mayor and Queloz could plan the observation of 142 stars, much more than what was possible to other observers.

Already in the Autumn 1994, the two scientists found that the radial velocity of 51 Pegasi varied periodically with a period of about four days. The mass of the planet was large, similar to that of our Jupiter, but it was very near to its sun, only about 0.05 astronomic units. This fact had, on one side, made the discovery easier, because it allowed for measurements on many periods in a not too long observation time. On the other side it raised some wonder, because the current prejudice was to be "natural" for the larger planets to be far from their suns. Once more Nature had shown to have more imagination than men: obviously solar systems different from our own do exist.

[Read more: 1, 2](#)