

Il Nobel della fisica 2020 sui misteriosi mostri celesti

✍ I. Ciufolini 📅 30-10-2020 🔗 <http://www.primapagina.sif.it/article/1192>

È di qualche giorno fa la notizia che il premio Nobel per la fisica 2020 è stato assegnato metà a Roger Penrose *"per la scoperta che la formazione dei buchi neri è una solida previsione della teoria della relatività generale"*. L'altra metà è stata assegnata a Reinhard Genzel e Andrea Ghez *"per la scoperta di un oggetto compatto super massivo al centro della nostra galassia"* ossia per l'evidenza osservativa di un buco nero supermassivo di circa quattro milioni di masse solari al centro della Via Lattea. Non ho mai avuto la fortuna di conoscere personalmente Reinhard Genzel e Andrea Ghez ma avuto l'onore di conoscere e collaborare con Roger Penrose.

Inoltre, da quando ho iniziato a studiare la relatività generale, ho sempre seguito con grande interesse le geniali intuizioni scientifiche e le innovative teorie di Penrose: credo che sia uno dei più profondi pensatori e "filosofi naturali" viventi. Lo studio dei buchi neri segnò intorno agli anni sessanta l'inizio del "rinascimento della relatività generale" considerata fino ad allora una teoria quasi esclusivamente matematica con poche applicazioni astrofisiche.

Il rinascimento della teoria gravitazionale di Einstein iniziò specialmente in tre paesi: USA, Russia e UK. Negli USA, nel gruppo di John Archibald Wheeler (mio maestro e coautore di un testo di relatività) il quale ha dato fondamentali contributi alla fisica dei buchi neri e ha coniato il termine "buchi neri" per questi misteriosi oggetti che i fisici russi chiamavano "stelle congelate". Nel gruppo di Wheeler c'era Kip Thorne (Nobel per la fisica 2017 per l'osservazione e lo studio delle onde gravitazionali emesse dalla collisione di due buchi neri). In Russia, con Yakov Borisovich Zel'dovich, Igor Novikov e altri, e in UK, con Dennis Sciama, Roger Penrose, Steven Hawking e altri. La previsione dei buchi neri in relatività generale iniziò nel 1916 con la derivazione di Karl Schwarzschild di una soluzione spaziotemporale della relatività generale, poco dopo la sua pubblicazione a opera di Albert Einstein nel 1915. L'esistenza di oggetti così collassati che persino le particelle di luce (i fotoni, le particelle più veloci previste dalla relatività ristretta del 1905) non ne possano sfuggire, era stata predetta nel diciottesimo secolo. Nel 1939 J. Robert Oppenheimer e R. Snyder dimostrarono l'ineluttabile collasso gravitazionale di un sistema estremamente idealizzato, sferico e di particelle di polvere, così chiamate perché non in grado di esercitare una pressione reciproca.

Il contributo di Penrose allo studio dei buchi neri è stato fondamentale, ricordo qui solo due sue scoperte. Nel 1965 Penrose ha pubblicato una pietra miliare della relatività, ovvero che il collasso gravitazionale è in generale inarrestabile per ogni materia che soddisfi condizioni "naturali", come la non negatività dell'energia locale e le equazioni della relatività generale. Questa materia collassa fino a formare una singolarità, una regione dove tutte le leggi note della fisica cessano di essere valide poiché la curvatura dello spaziotempo e la densità di massa-energia diventerebbero infinite. In seguito, altri importanti teoremi sulle singolarità furono dimostrati da Penrose e Hawking. Un altro importante contributo pionieristico del 1969 di Penrose alla fisica dei buchi neri è l'accumulazione e la potenziale estrazione di energia dai buchi neri rotanti, chiamati di Kerr dal suo scopritore. Intorno a questi buchi neri rotanti, un altro fenomeno relativistico, chiamato "trascinamento dei sistemi inerziali" o "frame-dragging", ha affascinanti conseguenze (i satelliti dell'Agenzia Spaziale Italiana LARES, in orbita dal 2012, e LARES 2, di prossimo lancio, sono stati realizzati per lo studio di questo fenomeno). Nel 1974 Hawking derivò poi la nota radiazione di Hawking dai buchi neri. Ho ricordato solo due fondamentali scoperte di Penrose relative ai buchi neri dato che ci vorrebbe un libro per descrivere i suoi importanti contributi, non soltanto alla relatività ma in generale alla fisica e alla matematica (si pensi per esempio ai "Penrose tiles").

Chiudo questa breve nota ricordando una mia esperienza personale. Sono rimasto impressionato dalla vastità delle conoscenze scientifiche di Penrose. È possibile discutere con Penrose di relatività, di meccanica quantistica, di matematica e persino di logica matematica, dei teoremi di Gödel e di biologia: su ogni argomento ha le sue idee personali e innovative. Una delle ultime affascinanti idee di Penrose consiste nella Cosmologia Ciclica Conforme (CCC) dove espone un'attraente teoria di un universo ciclico in cui vivremmo.

The Nobel Prize in physics 2020 on the mysterious celestial monsters

A few days ago the announcement came that the Nobel Prize in Physics 2020 was awarded half to Roger Penrose "for the discovery that black hole formation is a robust prediction of the general theory of relativity". The other half was awarded to Reinhard Genzel and Andrea Ghez "for the discovery of a supermassive compact object at the centre of our galaxy", namely for the observational evidence of a supermassive black hole of about four million solar masses at the centre of the Milky Way. I never had the fortune to personally know Reinhard Genzel and Andrea Ghez but I had the honor of knowing and collaborating with Roger Penrose.

Moreover, since I started to study general relativity, I have always followed Penrose's ingenious scientific intuitions and innovative theories: I believe he is one of the most profound living thinkers and "natural philosophers". The study of black holes marked around the sixties the beginning of the "renaissance of general relativity", considered until then an almost exclusively mathematical theory with few astrophysical applications. The renaissance of Einstein's theory of gravitation began especially in three countries: USA, Russia and UK. In the US, in the group of John Archibald Wheeler (my teacher and co-author of a relativity book) who made fundamental contributions to black hole physics and coined the term "black holes" for these mysterious objects that the Russian physicists called "frozen stars". In Wheeler's group was Kip Thorne (Nobel Prize in Physics 2017 for the detection and the study of gravitational waves emitted by the collision of two black holes). In Russia, with Yakov Borisovich Zel'dovich, Igor Novikov and others, and in the UK, with Dennis Sciama, Roger Penrose, Steven Hawking and colleagues. The prediction of black holes in general relativity began with the 1916 derivation by Karl Schwarzschild of a general relativity spacetime solution, shortly after his publication by Albert Einstein in 1915. The existence of objects so collapsed that even light particles (the photons, the fastest particles according to the 1905 theory of Special Relativity) cannot escape from them was already foreseen in the eighteenth century. In 1939 J. Robert Oppenheimer and R. Snyder proved that the gravitational collapse is inescapable for a quite idealized spherical system of dust particles, so called because they do not exert any pressure on each other.

Penrose's contribution to the study of black holes was fundamental, I recall only two of his discoveries here. In 1965, Roger Penrose published a milestone of general relativity, *i.e.*, that the gravitational collapse is in general unstoppable for any material that satisfies "natural" conditions, such as the non-negativity of local energy and the equations of general relativity. This material collapses to form a singularity, a region where all the known laws of physics cease to be valid since curvature of spacetime and mass-energy density would become infinite. Later, other important theorems on singularities were proved by Penrose and Hawking. In 1969 another important pioneering contribution of Penrose to the physics of black holes was the storage and the potential extraction of energy from rotating black holes, called Kerr black holes after the name of his discoverer. Around these rotating black holes, another relativistic phenomenon, called "dragging of inertial frames" or "frame-dragging", has fascinating consequences (the satellites of the Italian Space Agency LARES, orbiting since 2012, and LARES 2, close to launch, have been realized for the study of this phenomenon). Then, in 1974 Hawking derived the well-known Hawking radiation from a black hole. I have only mentioned two fundamental contributions of Penrose to black holes since it would take a book to describe his important contributions, not only to relativity but to physics and mathematics in general (for example the "Penrose tiles").

I close this brief note by recalling my personal experience. I am impressed by the breadth of Penrose's scientific knowledge. It is possible to discuss relativity, quantum mechanics, mathematics and even mathematical logic, Gödel theorems and biology with him, on each topic he has his own innovative ideas! One of Penrose's latest fascinating ideas consists in the Conformal Cyclic Cosmology (CCC) where he describes the intriguing theory of a cyclic universe in which we would live.



Ignazio Ciufolini è professore di fisica all'Università del Salento e associato al Centro Fermi, ha pubblicato con i maggiori esperti di relatività come J.A. Wheeler e R. Penrose. Tra i premi internazionali: USA PROSE 1996 (Association of American Publishers) per il miglior testo professionale in fisica e astronomia (con Wheeler); Occhialini 2010 (IOP e SIF); Tomassoni-Chisesi 2001 (Sapienza Università di Roma). Ignazio Ciufolini is professor of physics at the University of Salento and associate at Centro Fermi. He has published with the leading experts of relativity such as J.A. Wheeler and R. Penrose. Among the international awards: USA PROSE 1996 (Association of American Publishers) for the best professional book in physics and astronomy (with Wheeler); Occhialini 2010 (IOP and SIF); Tomassoni-Chisesi 2001 (Sapienza University of Rome).

