

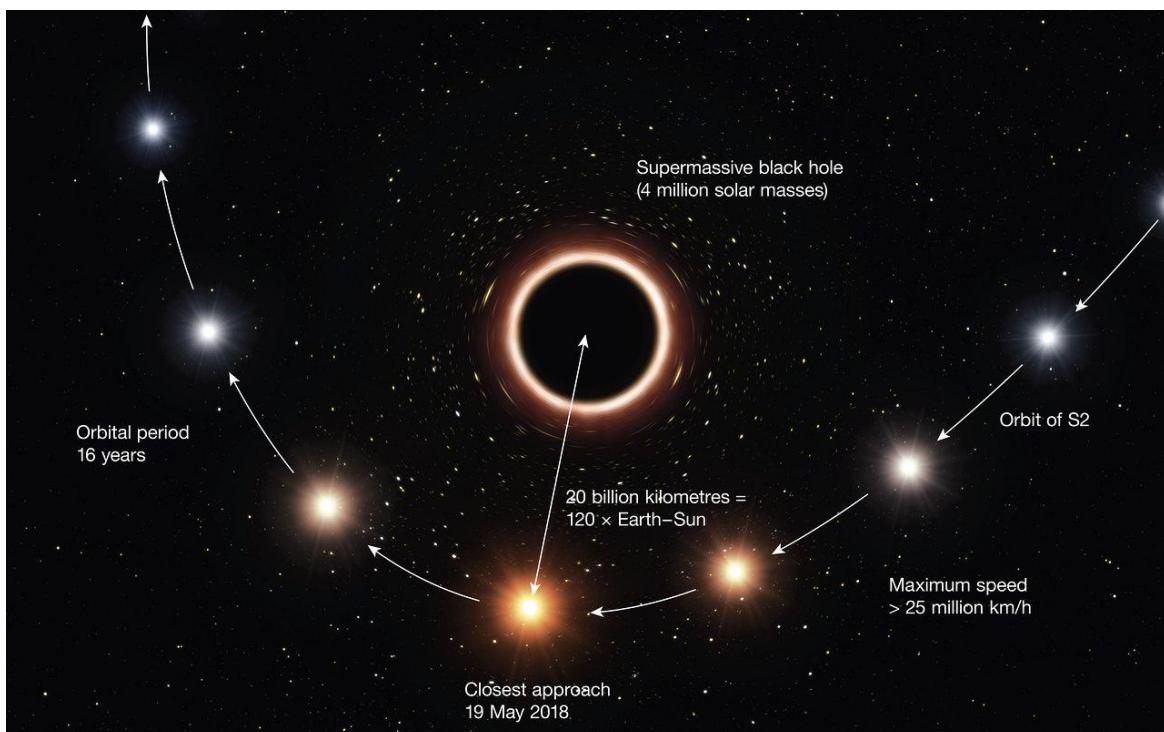
* NOVA *

N. 1354 - 29 LUGLIO 2018

ASSOCIAZIONE ASTROFILI SEGUSINI

LA PRIMA VERIFICA DELLA RELATIVITÀ GENERALE NEI PRESSI DI UN BUCO NERO SUPERMASSICCIO

Riprendiamo dal sito dell'ESO - European Southern Observatory il Comunicato Stampa Scientifico del 26 luglio 2018 relativo alla prima verifica della relatività generale di Einstein nei pressi di un buco nero supermassiccio, dopo 26 anni di osservazioni.



Questa rappresentazione artistica mostra il cammino della stella S2 nel suo passaggio ravvicinato intorno al buco nero supermassiccio al centro della Via Lattea. Avvicinandosi al buco nero, il campo gravitazionale intensissimo provoca un cambiamento del colore della stella, che tende verso il rosso, un effetto della teoria della relatività generale di Einstein.

In questo grafico l'effetto di colore e la dimensione dell'oggetto sono esagerati per miglior chiarezza.

Crediti: ESO / M. Kornmesser

Alcune osservazioni effettuate con il VLT (Very Large Telescope) dell'ESO hanno rivelato per la prima volta gli effetti previsti dalla relatività generale di Einstein sul moto di una stella che passa nel campo gravitazionale estremo vicino al buco nero supermassiccio nel cuore della Via Lattea. Questo risultato, atteso da lungo tempo, rappresenta il culmine di una campagna osservativa, durata 26 anni, con i telescopi dell'ESO in Cile.

Oscurato da spesse nubi di polvere opaca, il buco nero supermassiccio più vicino alla Terra si trova a circa 26 000 anni luce da noi, nel cuore della Via Lattea. Questo mostro gravitazionale, con una

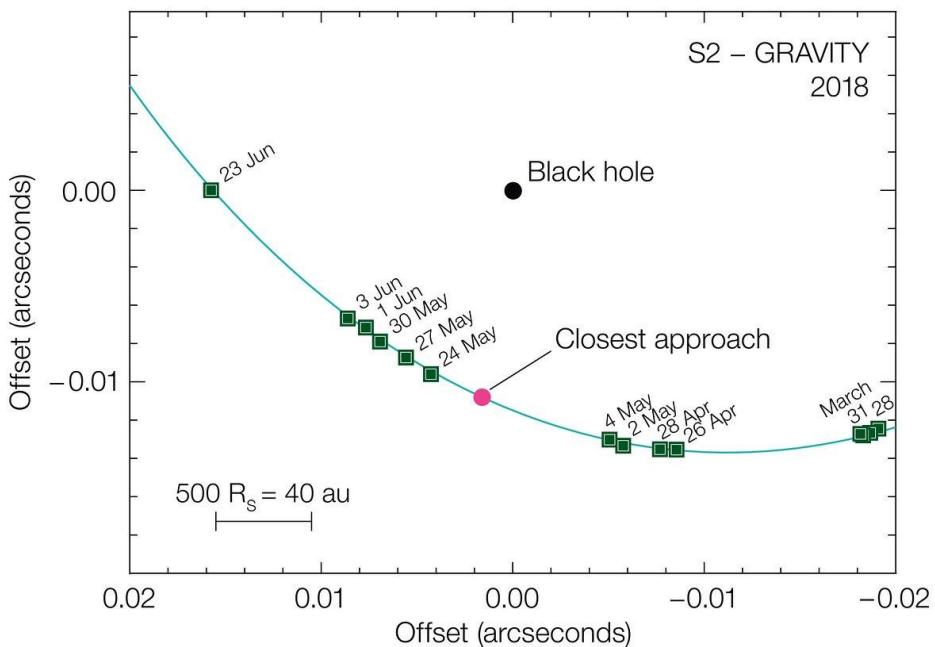
NEWSLETTER TELEMATICA APERIODICA DELL'A.A.S. PER SOCI E SIMPATIZZANTI - ANNO XIII

La Nova è pubblicazione telematica aperiodica dell'A.A.S. - Associazione Astrofili Segusini di Susa (TO) riservata a Soci e Simpatizzanti.

È pubblicata senza alcuna periodicità regolare (v. Legge 7 marzo 2001, n. 62, art. 1, comma 3) e pertanto non è sottoposta agli obblighi previsti della Legge 8 febbraio 1948, n. 47, art. 5. I dati personali utilizzati per l'invio telematico della Nova sono trattati dall'AAS secondo i principi del Regolamento generale sulla protezione dei dati (GDPR - Regolamento UE 2016/679).

massa di quattro milioni di volte quella del Sole, è circondato da un piccolo gruppo di stelle che gli orbitano intorno ad alta velocità. Questo ambiente estremo - il campo gravitazionale più forte nella nostra Galassia - è il luogo ideale per esplorare la fisica gravitazionale e in particolare per verificare la teoria della relatività generale di Einstein.

Nuove osservazioni nella banda dell'infrarosso, ottenute con gli strumenti di squisita sensibilità GRAVITY [1], SINFONI e NACO installati sul VLT (Very Large Telescope) dell'ESO hanno consentito finalmente di seguire una di queste stelle, nota come S2, mentre passava molto vicino al buco nero, nel maggio 2018. Nel punto più vicino questa stella si trovava a una distanza di meno di 20 miliardi di chilometri dal buco nero e si muoveva a una velocità superiore ai 25 milioni di chilometri all'ora - quasi il tre percento della velocità della luce [2].



Questo diagramma mostra il movimento della stella S2 mentre passa vicino al buco nero supermassiccio al centro della Via Lattea. È stato compilato dalle osservazioni con lo strumento GRAVITY nell'interferometro VLT. A questo punto la stella stava viaggiando a circa il 3% della velocità della luce e il suo spostamento può essere visto da una notte all'altra. Le dimensioni della stella e del buco nero non sono in scala. [v. anche <http://www.eso.org/public/italy/images/eso1825c/>]

Crediti: ESO / MPE / GRAVITY Collaboration

L'équipe ha confrontato le misure di posizione e velocità ottenute rispettivamente da GRAVITY e da SINIFONI, insieme alla precedenti osservazioni di S2 ottenute da altri strumenti, con le previsioni della gravità newtoniana, della relatività generale e di altre teorie della gravità. I nuovi risultati sono inconsistenti con le previsioni della meccanica newtoniana, mentre sono in eccellente accordo con le previsioni della relatività generale.

Queste misure molto precise sono state realizzate da un'équipe internazionale con a capo Reinhard Genzel dell'MPE (Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics) di Garching (Germania) insieme a collaboratori sparsi nel mondo: dall'Osservatorio di Parigi - PSL, all'Università di Grenoble Alpes, al CNRS, al Max Planck Institute for Astronomy, all'Università di Colonia, all'istituto portoghese CENTRA - Centro de Astrofísica e Gravitação e infine all'ESO. Queste osservazioni sono il culmine di una serie di misure sempre più precise del centro della Via Lattea ottenute con gli strumenti dell'ESO [3].

"È la seconda volta che osserviamo il passaggio ravvicinato di S2 intorno al buco nero al centro della nostra Galassia. Ma questa volta, grazie all'avanzamento tecnologico degli strumenti



disponibili, siamo stati in grado di osservare la stella con una risoluzione senza precedenti", spiega Genzel. "Ci siamo preparati intensamente a questo evento, per molti anni, poiché volevamo sfruttare al massimo questa opportunità unica di osservare gli effetti della relatività generale".

Le nuove misure rivelano chiaramente un effetto noto come redshift gravitazionale. La luce della stella viene allungata a lunghezze d'onda maggiori dal campo gravitazionale intensissimo del buco nero. E i cambiamenti osservati nella lunghezza d'onda della luce di S2 sono in perfetto accordo con quanto previsto dalla teoria della relatività generale di Einstein. È la prima volta che questa deviazione dalle previsioni della teoria di gravità newtoniana, più semplice, è stata osservata nel moto di una stella intorno a un buco nero supermassiccio.

L'équipe ha usato SINFONI per misurare la velocità di S2 in avvicinamento e in allontanamento dalla Terra, lo strumento GRAVITY sull'interferometro del VLT (VLT) per misure estremamente precise della posizione continuamente mutevole di S2 per definire la forma esatta dell'orbita. GRAVITY crea immagini così nitide che si può evidenziare lo spostamento della stella da una notte all'altra, mentre passa vicino al buco nero, a 26 000 anni luce da Terra.

"La nostra prima osservazione di S2 con GRAVITY, circa due anni fa, ha mostrato subito che questo sarebbe stato un laboratorio ideale per i buchi neri", aggiunge Frank Eisenhauer (MPE), Ricercatore Responsabile di GRAVITY e dello spettrografo SINFONI. *"Durante il passaggio ravvicinato avremmo persino potuto rivelare il debole bagliore intorno al buco nero nella maggior parte delle immagini, il che ci avrebbe permesso di seguire con precisione il cammino della stella nella sua orbita, per giungere alla fine alla detezione del redshift gravitazionale nello spettro di S2"*.

Più di un centinaio di anni dopo la pubblicazione dell'articolo che descrive le equazioni della relatività generale, Einstein ha di nuovo ragione, in un laboratorio estremo come mai avrebbe potuto immaginare!

Françoise Delplancke, a capo del Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi dell'ESO, spiega l'importanza delle osservazioni: *"Nel Sistema Solare possiamo mettere alla prova le leggi fisiche in questo momento e sotto particolari circostanze. È perciò fondamentale in astronomia verificare che queste leggi siano sempre valide laddove i campi gravitazionali sono molto più intensi"*.

Le osservazioni continuano e si prevede di rivelare presto un altro effetto relativistico – una piccola rotazione dell'orbita della stella, nota come precessione di Schwarzschild – a mano a mano che S2 si allontana dal buco nero.

Xavier Barcons, Direttore Generale dell'ESO, conclude: *"L'ESO ha lavorato in collaborazione con Reinhard Genzel e il suo gruppo e altri colleghi negli Stati Membri dell'ESO per più di un quarto di secolo. È stato un compito arduo sviluppare gli strumenti unici e potenti necessari per effettuare queste misure delicatissime e per installarli al VLT in Paranal. La scoperta annunciata oggi è il risultato entusiasmante di uno straordinario sodalizio"*.

Note

[1] GRAVITY è stato sviluppato da una collaborazione costituita dall'Istituto Max Planck per la fisica extraterrestre (Germania), dall'osservatorio LESIA di Parigi-PSL / CNRS / Sorbonne Université / Univ. Paris Diderot e IPAG dell'Université Grenoble Alpes / CNRS (Francia), Max Planck Institute for Astronomy (Germania), Università di Colonia (Germania), CENTRA-Centro de Astrofísica e Gravitação (Portogallo) ed ESO.

[2] S2 orbita attorno al buco nero ogni 16 anni in un'orbita molto eccentrica che la porta entro venti miliardi di chilometri - 120 volte la distanza tra la Terra e il Sole, o circa quattro volte la distanza dal Sole a Nettuno - nel suo approccio più vicino al buco nero. Questa distanza corrisponde a circa 1500 volte il raggio di Schwarzschild del buco nero stesso.



[3] Le osservazioni del centro della Via Lattea devono essere effettuate a lunghezze d'onda più lunghe (in questo caso in luce infrarossa) poiché le nubi di polvere tra la Terra e la regione centrale assorbono fortemente la luce visibile.

Ulteriori Informazioni

Questo risultato è stato pubblicato nell'articolo intitolato “Detection of the Gravitational Redshift in the Orbit of the Star S2 near the Galactic Centre Massive Black Hole”, da parte della Collaborazione GRAVITY, pubblicato dalla rivista *Astronomy & Astrophysics* il 26 luglio 2018.

La Collaborazione GRAVITY è composta da: R. Abuter (ESO, Garching, Germania), A. Amorim (Universidade de Lisboa, Lisbon, Portogallo), N. Anugu (Universidade do Porto, Porto, Portogallo), M. Bauböck (Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics, Garching, Germania [MPE]), M. Benisty (Univ. Grenoble Alpes, CNRS, IPAG, Grenoble, Francia [IPAG]), J.P. Berger (IPAG; ESO, Garching, Germania), N. Blind (Observatoire de Genève, Université de Genève, Versoix, Svizzera), H. Bonnet (ESO, Garching, Germania), W. Brandner (Max Planck Institute for Astronomy, Heidelberg, Germania [MPIA]), A. Buron (MPE), C. Collin (LESIA, Observatoire de Paris, PSL Research University, CNRS, Sorbonne Universités, UPMC Univ. Paris 06, Univ. Paris Diderot, Meudon, Francia [LESIA]), F. Chapron (LESIA), Y. Clénet (LESIA), V. Coudé du Foresto (LESIA), P. T. de Zeeuw (Sterrewacht Leiden, Leiden University, Leiden, Paesi Bassi; MPE), C. Deen (MPE), F. Delplancke-Ströbele (ESO, Garching, Germania), R. Dembet (ESO, Garching, Germania; LESIA), J. Dexter (MPE), G. Duvert (IPAG), A. Eckart (University of Cologne, Cologne, Germania; Max Planck Institute for Radio Astronomy, Bonn, Germania), F. Eisenhauer (MPE), G. Finger (ESO, Garching, Germania), N.M. Förster Schreiber (MPE), P. Fédu (LESIA), P. Garcia (Universidade do Porto, Porto, Portogallo; Universidade de Lisboa Lisboa, Portogallo), R. Garcia Lopez (MPIA), F. Gao (MPE), E. Gendron (LESIA), R. Genzel (MPE; University of California, Berkeley, California, USA), S. Gillessen (MPE), P. Gordo (Universidade de Lisboa, Lisboa, Portogallo), M. Habibi (MPE), X. Haubois (ESO, Santiago, Cile), M. Haug (ESO, Garching, Germania), F. Haußmann (MPE), Th. Henning (MPIA), S. Hippler (MPIA), M. Horrobin (University of Cologne, Cologne, Germania), Z. Hubert (LESIA; MPIA), N. Hubin (ESO, Garching, Germania), A. Jimenez Rosales (MPE), L. Jochum (ESO, Garching, Germania), L. Jocou (IPAG), A. Kaufer (ESO, Santiago, Cile), S. Kellner (Max Planck Institute for Radio Astronomy, Bonn, Germania), S. Kendrew (MPIA), P. Kervella (LESIA; MPIA), Y. Kok (MPE), M. Kulas (MPIA), S. Lacour (LESIA), V. Lapeyrère (LESIA), B. Lazareff (IPAG), J.-B. Le Bouquin (IPAG), P. Léna (LESIA), M. Lippa (MPE), R. Lenzen (MPIA), A. Mérand (ESO, Garching, Germania), E. Müller (ESO, Garching, Germania; MPIA), U. Neumann (MPIA), T. Ott (MPE), L. Palanca (ESO, Santiago, Cile), T. Paumard (LESIA), L. Pasquini (ESO, Garching, Germania), K. Perraut (IPAG), G. Perrin (LESIA), O. Pfuhl (MPE), P.M. Plewa (MPE), S. Rabien (MPE), A. Ramírez (ESO, Chile), J. Ramos (MPIA), C. Rau (MPE), G. Rodríguez-Coira (LESIA), R.-R. Rohloff (MPIA), G. Rousset (LESIA), J. Sanchez-Bermudez (ESO, Santiago, Cile; MPIA), S. Scheithauer (MPIA), M. Schöller (ESO, Garching, Germania), N. Schuler (ESO, Santiago, Cile), J. Spyromilio (ESO, Garching, Germania), O. Straub (LESIA), C. Straubmeier (University of Cologne, Cologne, Germania), E. Sturm (MPE), L.J. Tacconi (MPE), K.R.W. Tristram (ESO, Santiago, Cile), F. Vincent (LESIA), S. von Fellenberg (MPE), I. Wank (University of Cologne, Cologne, Germania), I. Waisberg (MPE), F. Widmann (MPE), E. Wieprecht (MPE), M. Wiest (University of Cologne, Cologne, Germania), E. Wiezorek (MPE), J. Woillez (ESO, Garching, Germania), S. Yazici (MPE; University of Cologne, Cologne, Germania), D. Ziegler (LESIA) and G. Zins (ESO, Santiago, Cile).

Links

- *Articolo scientifico su Astronomy & Astrophysics:*
<https://www.aanda.org/articles/aa/abs/2018/07/aa33718-18/aa33718-18.html> - <https://arxiv.org/pdf/1807.09409.pdf>
- *Fotografie del VLT*
- *Sito di GRAVITY al Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik*
- *Prima osservazione di successo del centro galattico con GRAVITY* [v. anche Nova n. 1013 del 23/6/2016]

<http://www.eso.org/public/italy/news/eso1825/>

<http://www.eso.org/public/italy/videos/eso1825a/>

