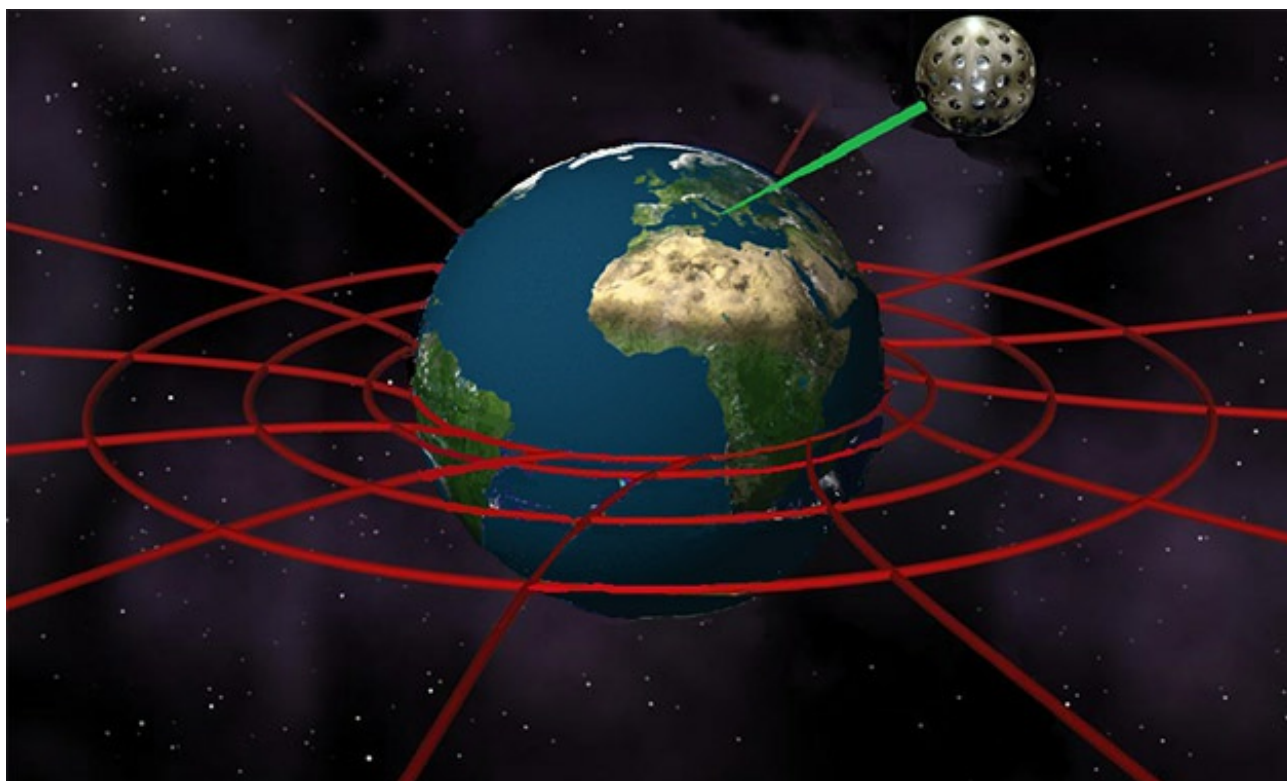


# LARES misura il frame-dragging

✍ I. Ciufolini 📅 29-04-2016 ↗ <http://www.primapagina.sif.it/article/435>

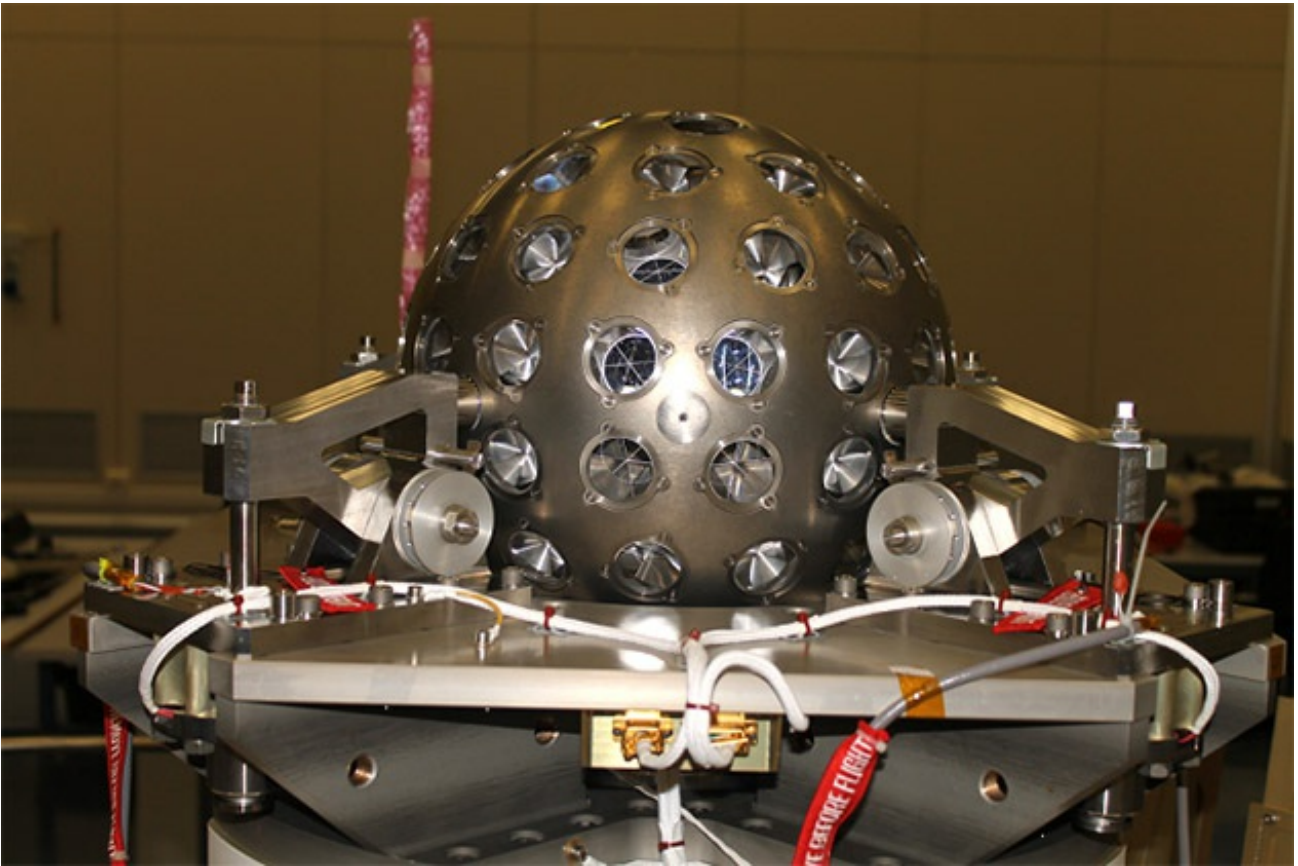


Una rappresentazione artistica del satellite LARES, centrato da un raggio laser, insieme al fenomeno del “frame-dragging” previsto dalla teoria della relatività generale. Il frame-dragging, una deformazione spaziotemporale dovuta alla rotazione di una massa, è stato misurato con un'accuratezza senza precedenti mediante il satellite LARES.

È una singolare coincidenza che conferme sperimentali, sempre più accurate, di alcuni dei più arcani fenomeni previsti dalla relatività generale di Albert Einstein siano arrivate dopo 100 anni dalla formulazione definitiva della teoria di Einstein. L'osservazione diretta delle onde gravitazionali con i due interferometri LIGO ha aperto l'avvincente era dell'astronomia gravitazionale. L'osservazione ha ripreso la spettacolare collisione di buchi neri formando, come previsto dalla relatività generale, un singolo buco nero rotante con un'enorme emissione di energia sotto forma di onde gravitazionali.

Un altro affascinante e misterioso fenomeno è il “frame-dragging”, termine coniato nel lontano 1913 dallo stesso Einstein in una sua lettera a Ernst Mach, il fisico e filosofo che con le sue idee sull'origine dell'inerzia aveva in parte ispirato lo sviluppo della relatività generale. Oggi grazie al satellite LARES (LAsER RELativity Satellite) dell'Agenzia Spaziale Italiana, messo in orbita il 13 febbraio 2012 con eccezionale precisione con il volo di qualifica del lanciatore VEGA dell'ESA e

sviluppato principalmente da AVIO ed ELV di Colleferro, il frame-dragging è stato misurato con un'accuratezza senza precedenti di pochi percento. Il gruppo di ricerca, guidato dalle Università del Salento e Sapienza e dal Centro Fermi di Roma, ha coinvolto le Università del Maryland, del Texas ad Austin e di Oxford e i centri di ricerca Helmholtz di Potsdam e Alikhanian di Yerevan.



Il satellite LARES, dotato di 92 retro-riflettori, sul meccanismo di separazione prima del lancio.

Il LARES è un satellite sferico di lega di tungsteno di 386,8 kg di massa e 18,2 cm di raggio. È il singolo oggetto noto più denso in orbita nel sistema solare, così progettato proprio per minimizzare le perturbazioni della sua orbita dovute agli effetti non gravitazionali come la pressione di radiazione. LARES si avvicina quindi a una “particella di prova” ideale per la misura degli effetti gravitazionali. L’orbita del LARES è misurata con precisione millimetrica grazie alla tecnica del “laser-ranging”. Impulsi laser inviati da terra sono riflessi dai retro-riflettori sul satellite. Dal tempo di andata e ritorno di questi impulsi si misura la distanza del satellite da terra e si ricostruisce quindi con estrema precisione la sua orbita.

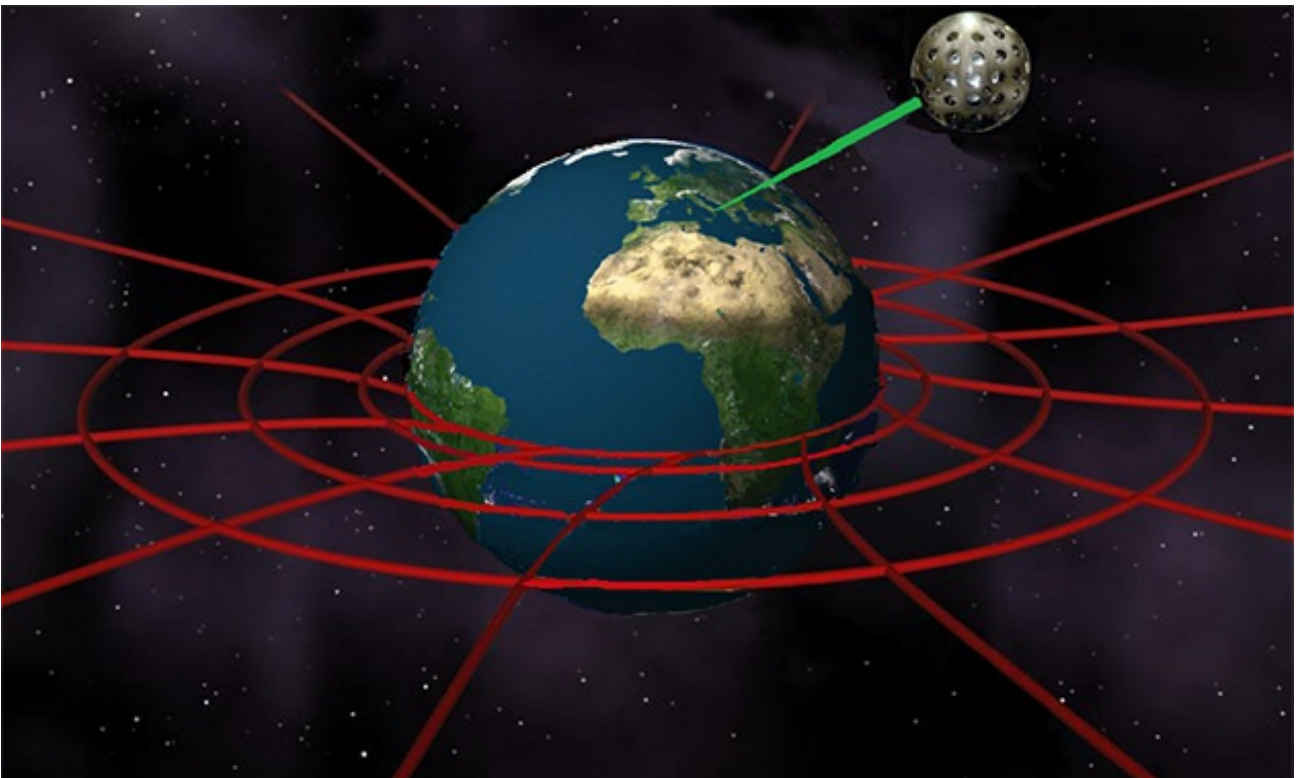
Ma cosa è il frame-dragging o “trascinamento dei sistemi di riferimento inerziali”? Come è noto nella meccanica di Galileo Galilei e Isaac Newton i sistemi di riferimento inerziali sono sistemi dove un corpo non soggetto a forze è in quiete o si muove di moto rettilineo uniforme. Questi sistemi sono globali e indipendenti dalla distribuzione di massa-energia nell’universo. Nella relatività generale, i sistemi inerziali sono locali e le loro proprietà, come l’orientazione dei loro assi, sono determinate dalla distribuzione e dalle correnti di massa-energia nell’universo. In particolare i sistemi inerziali locali sono trascinati dalla rotazione di una massa. Il fenomeno del frame-dragging si può quindi descrivere come la deformazione dello spaziotempo dovuta alle correnti di massa-energia. Una conseguenza è che un osservatore fisso in un sistema inerziale locale non è soggetto a forze centrifughe anche se il sistema e l’osservatore sono in rotazione, anche molto elevata, rispetto alle stelle “fisse” dell’universo. Questo è in contraddizione con la nostra idea “classica” di giroscopio

che punta sempre verso le stelle “fisse”. Il frame-dragging è piccolissimo intorno alla Terra e per questo è stato necessario un satellite dedicato per misurarlo con precisione. E' però un fenomeno di entità spettacolare intorno a dei buchi neri rotanti come quelli al centro dei nuclei galattici attivi. Il frame-dragging reciproco di buchi neri rotanti in collisione sarà un importante fattore nell'analisi del segnale delle onde gravitazionali emesse da tali sistemi.

Il satellite LARES e i suoi predecessori LAGEOS e LAGEOS 2 continueranno a fornire dati preziosi per la relatività e per la geodesia e geodinamica per decine di anni ancora. La misura del frame-dragging diventerà quindi sempre più accurata, anche grazie alle missioni spaziali GRACE e “GRACE Follow up” dedicate all'accurata determinazione del campo gravitazionale della Terra. Questo ci permetterà anche di verificare o porre dei limiti di validità su alcune teorie di fisica fondamentale alternative alla relatività generale, come alcune teorie delle stringhe (equivalenti alle teorie gravitazionali di Chern-Simons) proposte per spiegare uno dei più profondi enigmi scientifici dei nostri tempi: l'energia oscura e l'accelerazione nell'espansione dell'universo.

Scopri di più: [1](#), [2](#)

## LARES measures frame-dragging



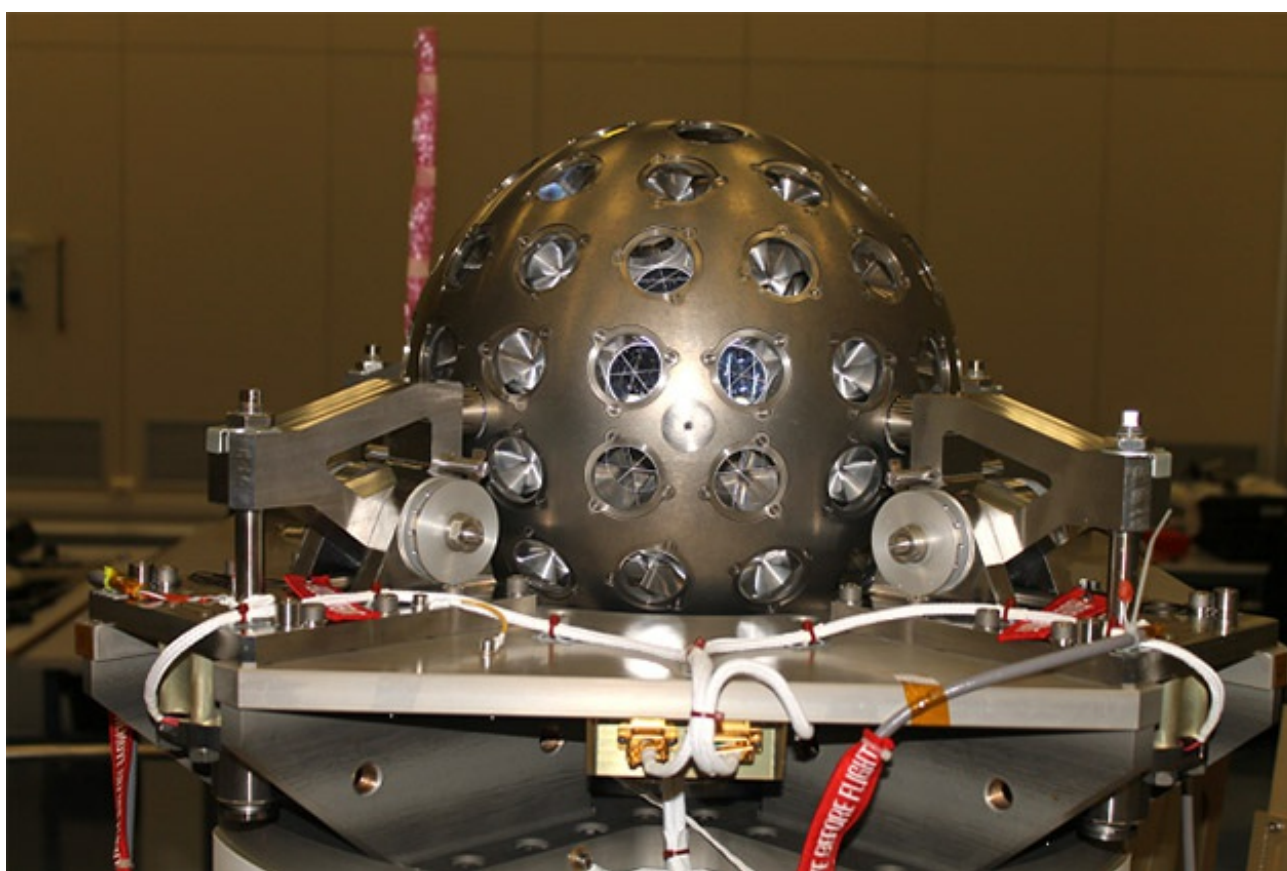
An artistic representation of the LARES satellite, with a laser beam ranging it, together with the "frame-dragging" phenomenon predicted by the theory of General Relativity. Frame-dragging, a spacetime deformation due to the rotation of a mass, was measured with an unprecedented accuracy using the LARES satellite.

It is a singular coincidence that accurate experimental confirmations of some of the most arcane phenomena predicted by Einstein's General Relativity have come 100 years after the final



formulation of Einstein's theory. The direct observation of gravitational waves with the two LIGO laser interferometers opened the era of gravitational-wave astronomy. The observation captured the spectacular collision of two black holes forming, as predicted by General Relativity, a single rotating black hole with an enormous release of energy in the form of gravitational waves.

Another intriguing phenomenon is "frame-dragging", a term coined by Einstein himself in a 1913 letter to Ernst Mach, the physicist and philosopher who, with his ideas on the origin of inertia, had in part inspired the development of General Relativity. Today frame-dragging has been measured to an unprecedented accuracy of a few percent, thanks to the Italian Space Agency satellite LARES (LAsER RELativity Satellite). LARES was launched into orbit on 13 February 2012 with exceptional precision on the qualification flight of the European Space Agency's VEGA launcher mainly developed by AVIO and ELV of Colleferro. The research team, led by the universities of Salento, Sapienza and by Centro Fermi in Rome, included the universities of Maryland, of Texas at Austin and of Oxford and the research centers Helmholtz of Potsdam and Alikhanian of Yerevan.



LARES, with 92 retro-reflectors, on the separation system before launch.

LARES is a laser-ranged spherical satellite made of a tungsten alloy with mass of 386.8 kg and 18.2 cm radius. It is the densest known object orbiting in the Solar System, so designed to minimize its orbital perturbations due to the non-gravitational effects such as radiation pressure. LARES is therefore a close-to-ideal "test particle" for the measurement of the gravitational effects. The orbit of LARES is measured with millimetric accuracy thanks to the technique of laser-ranging. Laser pulses sent from the ground stations are reflected by the retro-reflectors on the satellite. The distance of the satellite from the ground is measured from the round trip time of these pulses and its orbit is reconstructed with extreme precision.

But what is frame-dragging or "dragging of inertial frames"? As is known, in the mechanics of

Galileo Galilei and Isaac Newton inertial reference systems are systems where a body not subject to any force is at rest or moves with constant velocity. These systems are global and independent of the distribution of mass-energy in the universe. In contrast, in General Relativity, the inertial systems are local and their properties, such as the orientation of their axes, are determined by the distribution and flow of mass-energy in the universe. In particular the local inertial systems are dragged by the rotation of a mass. The phenomenon of frame-dragging can then be described as the spacetime deformation due to mass-energy currents. A consequence is that an observer fixed with respect to a local inertial system is not subject to centrifugal forces even though the system and the observer are rotating, even very rapidly, with respect to the “fixed stars” in the universe. This is in contradiction with our “classical” idea of a gyroscope that maintains its direction to always point toward a “fixed star”. Frame-dragging is very tiny around the Earth and for this reason it took a dedicated satellite to accurately measure it. It is however a spectacular phenomenon around rotating black holes such as those at the center of active galactic nuclei. Mutual frame-dragging of colliding rotating black holes will be an important factor in the analysis of the signal of the gravitational waves emitted by such systems.

The LARES satellite and its predecessors, LAGEOS and LAGEOS 2, will continue to provide important data for relativity and for geodesy and geodynamics for decades. The measurement of frame-dragging will thus become more and more accurate, thanks also to the space missions GRACE and "GRACE Follow up" dedicated to the accurate determination of the gravitational field of the Earth. This accuracy will also allow us to verify or set validity limits on some theories of fundamental physics alternative to General Relativity, such as some string theories (equivalent to Chern-Simons gravity) that have been proposed to explain one of the deepest scientific riddles of our time: dark energy and the accelerating expansion of the universe.

Learn more about: [1](#), [2](#)