

GRUPPO ASTRONOMICO TRADATESE

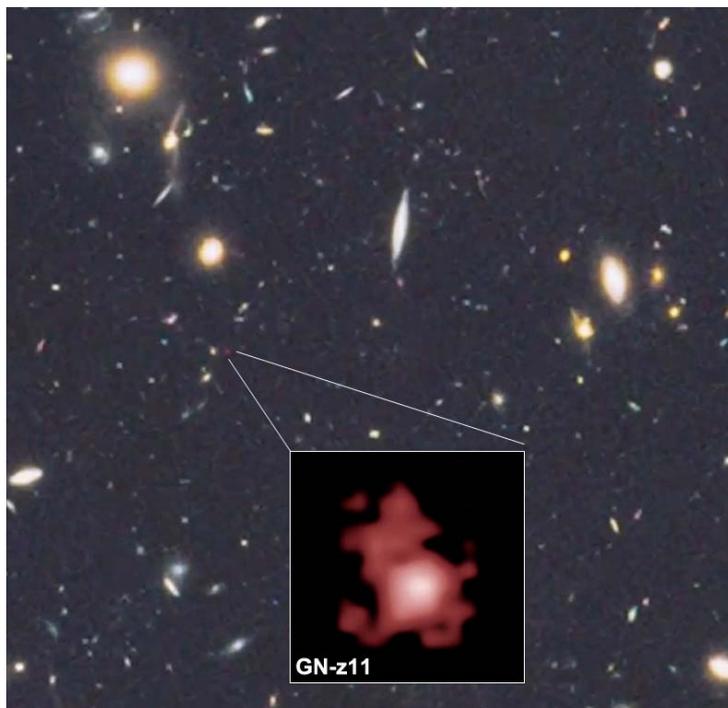
LETTERA N. 147

42° ANNO

Marzo-Aprile 2016

<http://www.gruppoastronomicotradatese.it>

A tutti i soci



La galassia più lontana conosciuta, scoperta dal Telescopio Spaziale Hubble nel campo di galassie GOODS-Nord: la sua luce partì 13,3 miliardi di anni fa, ossia solo 400 mila anni dopo il Big Bang !

Due eventi hanno fatto di recente letteralmente 'tremare' il mondo della ricerca astronomica. Il primo è naturalmente la scoperta di onde gravitazionali (epocale e da immediato Premio Nobel !), comunicata lo scorso 14 Febbraio in USA da parte del team del rivelatore laser-interferometrico LIGO: vi dedichiamo gran parte di questa lettera e una già attesissima serata il 18 Aprile prossimo. La seconda scoperta, in pubblicazione sull' Astrophysical Journal ('A remarkably luminous galaxy at $Z=11,1$ confirmed with Hubble Space Telescope GRISM spectroscopy') riguarda il mondo delle galassie ed è scioccante: lo Space Telescope ha infatti scoperto (elaborando misure dell' Aprile 2015) nell' Orsa Maggiore, all' interno del campo di galassie GOODS (Great Observatories Origins Deep Survey) una galassia (GN-z11) dotata di un redshift (spostamento verso il rosso) $z=11,1$ e grande $\frac{1}{4}$ della Via Lattea ! Questo significa che la normale riga Lyman-ALFA dell' Idrogeno a 121,6 nm è spostata addirittura nel vicino infrarosso a 1,47 micron, essendo partita qualcosa come 13,3 miliardi di anni fa, quando l'Universo aveva solo il 3% della sua età. Il record precedente ($z=8,68$) apparteneva alla galassia EGSY8p7 in Bootes.

Si pensava che in quel lontano passato l' Universo ancora non avesse iniziato a produrre stelle (figurarsi galassie !); invece GN-z11 possiede già alcuni miliardi di stelle e sembra produrre stelle venti volte più della Via Lattea (attorno ad un buco nero primordiale?). Un vero enigma che è destinato a mettere in crisi profonda le moderne teorie di evoluzione del Cosmo, secondo le quali il Big Bang sarebbe avvenuto solo 400 mila anni prima.

E anche in campo astronautico c'è una notizia di grande effetto: il ritorno a Terra (h 5,26 di martedì 1 Marzo) dopo 342 giorni passati sulla ISS (Stazione Spaziale Internazionale) di Scott Kelly (52 anni), gemello omozigote di Mark Kelly, rimasto a Terra: il confronto tra i due darà importanti informazioni sugli effetti di una lunga permanenza nello spazio, nell'ottica, ormai non lontanissima, del primo viaggio umano verso Marte.

Ricordiamo infine ASTROLANDIA 2016, una iniziativa impegnativa e molto importante che vede il GAT per un mese a Comerio assieme alla Biblioteca e ad alcuni gruppi locali: imperdibile per ogni tipo di scuola.

Passiamo adesso alle nostre iniziative di Marzo-Aprile 2016, legate obbligatoriamente al centesimo anniversario della pubblicazione ufficiale della teoria della Relatività Generale ed alla recentissima scoperta di onde gravitazionali.

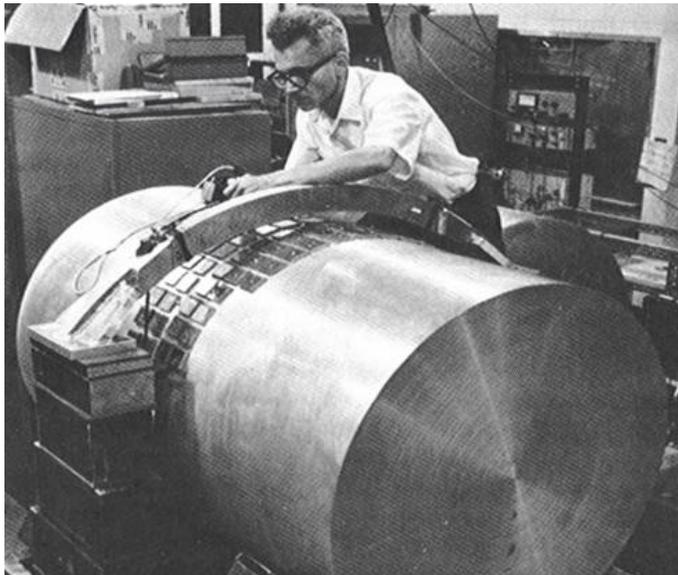
Lunedì 21 Marzo 2016 h 21 Villa TRUFFINI	Serata a cura di Marco Arcani e Cesare Guaita sul tema <u>TUTTA COLPA DI EINSTEIN.</u> <i>Un viaggio tra i giovani scienziati del CERN di Ginevra alla scoperta delle applicazioni più estreme della famosa equazione di Einstein $E=mc^2$. Una suggestiva disamina della vita e dell' attività di chi lavora nel massimo centro mondiale per lo studio dei segreti più nascosti della materia e dell' energia.</i>
Lunedì 4 Aprile 2016 h 21 Villa TRUFFINI	Conferenza della dott.ssa Valentina ABINANTI sul tema <u>I TORNADI, IMPARARE A CONOSCERLI.</u> <i>I cambiamenti climatici hanno tragicamente aumentato numero ed intensità dei fenomeni atmosferici più violenti e distruttivi, tra cui i tornadi. La relatrice è una autentica cacciatrice di fenomeni atmosferici violenti, dei quali ha avuto esperienza diretta sia in Italia che negli Stati Uniti.</i>
Lunedì 11 Aprile 2016 h 21 Cine- GRASSI	Conferenza di Cesare GUAITA, presidente del GAT sul tema <u>L' ENERGIA OSCURA, MOTORE DEL COSMO.</u> <i>La materia visibile è solo il 4% del totale. Un altro 21% è costituito da misteriosa materia oscura, dotata solo di effetti gravitazionali. Inoltre la recente clamorosa scoperta che l'Universo si espande in maniera accelerata impone la nascita, nel momento del Big bang, di una ancor più misteriosa energia oscura. L'evento si inserisce nella Settimana della Cultura 2016, organizzata dal Tavolo della Cultura.</i>
Lunedì 18 Aprile 2016 h 21 Cine-GRASSI	Conferenza del dott. Marco GIAMMARCHI (INFN, team di VIRGO) sul tema <u>LA SCOPERTA DELLE ONDE GRAVITAZIONALI.</u> <i>Grazie alla collaborazione LIGO-Virgo, si è ottenuta la massima verifica sperimentale di quanto previsto da Einstein 100 anni fa ed anche la più forte evidenza dell' esistenza dei buchi neri. Si apre ora una nuova astronomia dalle conseguenze inimmaginabili. UN EVENTO IMPERDIBILE !</i>
15 Aprile-15 Maggio 2016 Grande mostra triennale COMERIO-Sala Civica	GAT di Tradate, Associazione IL SESTANTE, Biblioteca di Comerio presentano <u>ASTROLANDIA 2016.</u> <i>1000 immagini planetarie ottenute dalle ultime missioni spaziali. Modelli del Sistema Solare, di stagioni, di eclissi, quadranti solari, pendolo di Foucault, deriva dei continenti. Capsule spaziali (Vostok e Philae), meteoriti normali e marziani. Conferenze serali e serate osservative. Adattissima a tutte le scuole. Programma completo sul sito del GAT.</i>

La Segreteria del G.A.T.

1) Il passato delle onde gravitazionali.

Nel 1936, ossia 10 anni dopo aver pubblicato la teoria della Relatività Generale, lo stesso Einstein assieme ad un suo giovane collaboratore, mandò un articolo alla rivista *Physical Review Letters* dal titolo: "Do gravitational waves exist?" (Esistono le onde gravitazionali?). In questo articolo Einstein negava l'esistenza delle onde gravitazionali e di questo informò per lettera anche Max Born. Ma, incredibilmente, l'articolo conteneva un errore di matematica e venne rifiutato dalla rivista. Sembra che Einstein si sia parecchio risentito del rifiuto e decise di pubblicare l'articolo su una rivista molto meno nota. Ma proprio prima della pubblicazione anche Einstein si rese conto dello sbaglio (attribuibile al suo collaboratore...) e quindi della reale esistenza delle onde gravitazionali. Solo che si convinse anche che si trattava di un fenomeno talmente debole che mai avrebbe potuto essere evidenziato sperimentalmente.

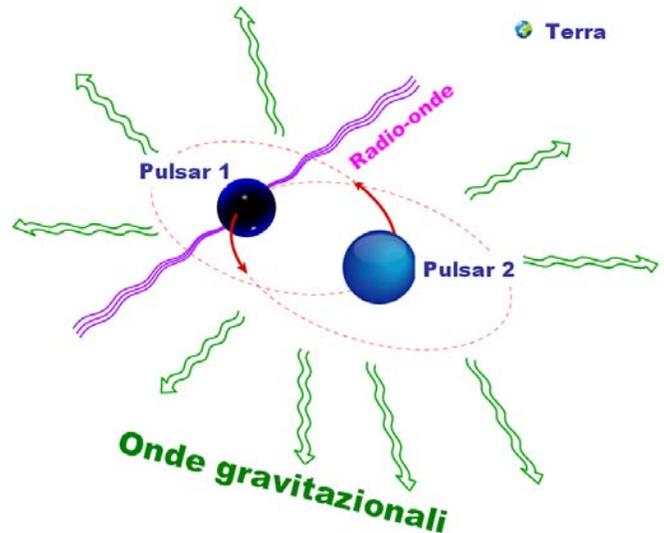
La discussione restò su termini puramente teorici fino al 1969, quando il fisico [Joseph Weber](#) (Università del Maryland) annunciò la prima possibile evidenza di onde gravitazionali. Il rivelatore di Weber era costituito da due cilindri di alluminio di 2 x 1m e peso di 1,5 ton, posti a 1000 km di distanza l'uno dall'altro:



I cilindri potevano 'allungarsi' con una frequenza di 1600 Hertz e dei sensori piezoelettrici potevano misurare variazioni di lunghezza fino a 10^{-16} metri. Nonostante che Weber abbia sostenuto di aver ricevuto segnali gravitazionali provenienti dal nucleo galattico ([Weber, J. \(1969\), "Evidence for discovery of gravitational radiation", Physical Review Letters 22 \(24\): 1320-1324](#)) questi segnali non vennero mai ritrovati da altri ricercatori e, in generale, vennero ritenuti troppo 'intensi' (ossia in pratica dei rumori di fondo) per essere veramente onde gravitazionali. Negli anni successive vennero costruite nel mondo molte altre 'barre di Weber' (tipo ALLEGRO nell'Università della Louisiana, EXPLORER al CERN, NAUTILUS a Frascati, AURIGA all'INFN di Legnaro, in Italia, Niobe a Perth, in Australia). Loro caratteristica era quella di un completo isolamento sia meccanico che termico (leggi: temperature vicino allo zero assoluto) ma sempre i risultati furono dubbi o nulli. Da ricordare in particolare le feroci polemiche sorte nel 1987, quando il rivelatore italiano (del gruppo romano di Edoardo Amaldi e Guido Pizzella) sembrava aver rivelato onde gravitazionali dall'esplosione della supernova 1987a.

Il [primo vero indizio INDIRETTO](#) dell'esistenza delle onde gravitazionali, si ebbe comunque nel 1974 grazie a Joseph Taylor e Russel Hulse. Al radiotelescopio di Arecibo, venne osservato il [pulsar doppio PSR 1913+16](#), costituito da due stelle di neutroni di circa 1,4 masse solari in rotazione intorno al comune baricentro in 7,75 ore, su un'orbita ellittica con apoastro di 3,1 milioni di km e periastro di 0,75 milioni. Secondo la Relatività Generale il moto di due masse in orbita reciproca deve produrre un'emissione di onde gravitazionali con ampiezza direttamente proporzionale alle masse e inversamente al periodo orbitale: quanto più grandi le masse e quanto più breve il periodo, tanto più forte l'emissione di

onde. L'emissione di onde gravitazionali deve far perdere energia al sistema, facendo avvicinare la coppia di pulsar, quindi ridurre il loro periodo orbitale. Nel caso specifico, le due pulsar si avvicinano di 4 metri/anno, ovvero il loro periodo diminuisce di 0,0000765 secondi/anno. Esattamente quanto misurato, in venti anni di osservazioni da Taylor ed Hulse, che per questo si guadagnarono il premio Nobel per la Fisica nel 1993:



Si arriva infine al Marzo 2014 quando un team di studiosi dell'Università di Harvard (Cambridge, Mass) presentò con grande enfasi i risultati di due anni di misure (2010-12) dell'[esperimento BICEP-2](#) (Background Imaging of Cosmic Extragalactic Polarization, presso la base Amundsen-Scott, in Antartide) (vedi anche Lettera GAT N. 140): sembrava che nella radiazione cosmica di fondo fosse stata individuata una particolare polarizzazione nota come 'modalità B' tipica delle onde gravitazionali emesse in conseguenza del Big Bang. Ma ben presto, e grazie anche ai dati europei della sonda Planck, ci si accorse che a produrre quella polarizzazione non erano onde gravitazionali primordiali, bensì micro-particelle di polvere della nostra galassia.

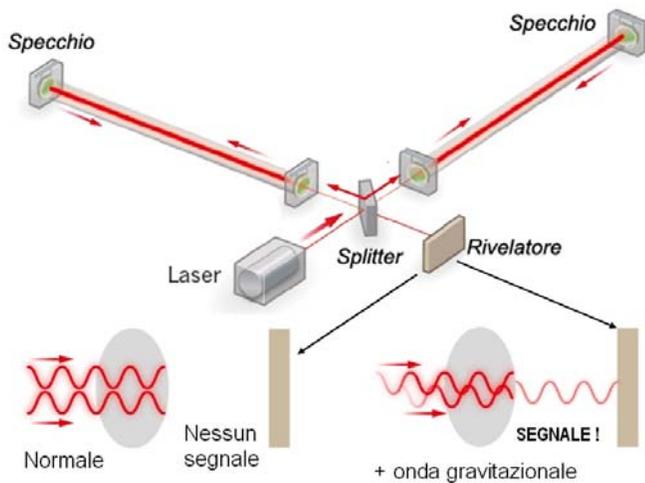
2) Il presente delle onde gravitazionali.

Date le minime distorsioni spaziali indotte da ipotetiche onde gravitazionali, [l'unico principio fisico teoricamente in grado di rivelarle è l'interferenza della luce, sulla quale si fonda l'americano LIGO](#) (ed un'altra manciata di rivelatori nel mondo), lo strumento che ha permesso la prima rilevazione di onde gravitazionali il 14 settembre 2015, alle 10:50:45 ora italiana (09:50:45 UTC):



LIGO venne fondato nel 1990 per opera di Kip Thorne e Ronald Drever del Caltech e Rainer Weiss del MIT. La costruzione venne completata nel 1999 e dal 2002 lo strumento divenne operativo. Due raggi laser si propagano lungo due bracci tra loro perpendicolari lunghi 4 km, larghi 1,2 metri e all'interno dei quali si trova il vuoto più spinto (10^{-12} Atm) che possiamo sperare di

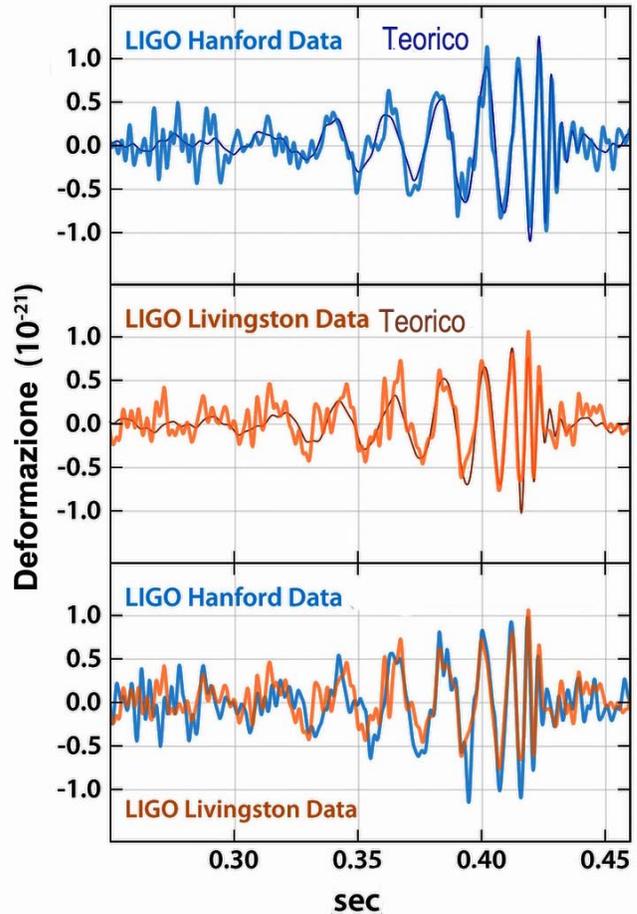
riprodurre sulla Terra, proprio per rendere costante la velocità della luce ed evitare fenomeni di diffusione a causa delle molecole di gas, che potrebbero falsare la lettura. Due fasci distinti vengono generati dividendo un unico fascio laser iniziale con uno speciale specchio separatore semitrasparente ('splitter'). I due fasci sono poi riflessi, avanti e indietro per centinaia di volte, da appositi specchi posti all'interno di speciali sezioni dette "cavità risonanti di Fabry-Perot", in modo da aumentarne il percorso, allungando così virtualmente i bracci dell'interferometro fino a 1600 km. Quando passa un'onda gravitazionale, le distanze percorse dai due raggi di luce perpendicolari non sono più le stesse, in particolare una direzione viene leggermente contratta e l'altra allungata. Anche se la variazione fosse di una frazione impercettibile, quando i raggi luminosi tornano indietro e si ricombinano, le due onde non sono più in perfetta fase perché entrambe si saranno spostate a causa del tragitto più lungo (o più corto) che hanno dovuto compiere proprio a causa del passaggio dell'onda gravitazionale. I massimi dell'una non coincideranno con i massimi dell'altra e così l'intensità totale al posto che azzerarsi, mostrerà un valore definito diverso da zero. Eccone uno schema molto semplificato :



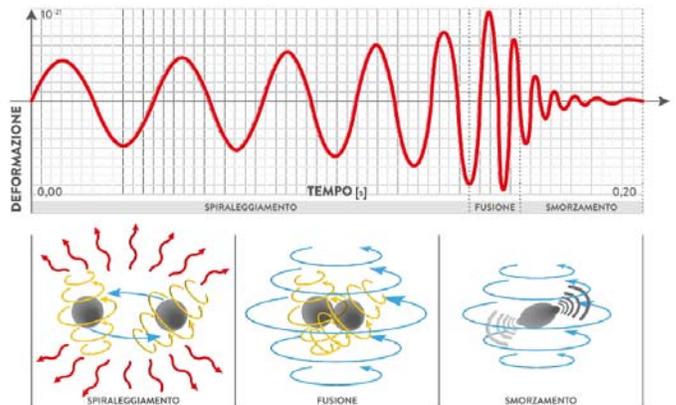
Poiché la luce del laser ha una lunghezza d'onda piccola (precisamente 1064 nm), anche uno spostamento di una minuscola frazione di nanometro può essere 'facilmente' misurato. Non basta tuttavia avere un apparato molto sensibile per raggiungere l'obiettivo: occorre infatti anche e soprattutto eliminare tutte le fonti di disturbo che potrebbero produrre effetti superiori a quelli del passaggio di un'onda gravitazionale. In pratica è di fondamentale importanza eliminare tutti i disturbi dell'attività terrestre naturale (ossia geologica) e artificiale (ossia umana). Per questo motivo tutti gli apparati ottici del sistema, specchi e rivelatori sono sospesi a un sistema di isolamento sismico: ammortizzatori collegati in fila come una catena di pendoli che evitano che movimenti del terreno facciano vibrare i delicati sistemi di misura.

Siccome dal 2002 al 2010 ci si accorse che la sensibilità era insufficiente, il sistema venne fermato per alcuni anni con lo scopo di dotarlo di sensori ancora più avanzati e sensibili. Questi lavori, completati nel settembre 2015 (con un costo di 200 milioni di \$...), hanno fatto ribattezzare l'attuale strumento aLIGO (ossia Advanced LIGO). Nella configurazione attuale, LIGO è formato da due strutture identiche, separate da 3000 km di distanza (poste entrambe negli Stati Uniti, una a Hanford, stato di Washington, e una a Livingston, Louisiana), ognuna delle quali è un interferometro laser. Le due strutture, poste agli antipodi degli Stati Uniti, hanno il compito di aiutare i ricercatori nel distinguere un segnale di natura cosmica associato a onde gravitazionali dalle numerose interferenze di origine terrestre. Il passaggio di un'onda gravitazionale che si muove alla velocità della luce verrà quindi rivelato da entrambi gli strumenti, misurato nello stesso modo e a seconda della direzione dell'onda subirà dei ritardi dovuti alla diversa distanza che la perturbazione deve percorrere per raggiungere i due strumenti. Questo punto è cruciale perché la misura del ritardo di rivelazione tra i due strumenti aiuta a risalire alla direzione dalla quale arriva una ipotetica onda gravitazionale. Lo scorso 14 Settembre 2015, alle 10:50:45 ora italiana ENTRAMBI i rivelatori LIGO (sia quello di Livingstone che quello di Hanford)

hanno evidenziato lo stesso identico segnale (dalla sorgente GW150914) con un ritardo temporale di 0,007 sec (in perfetta concordanza con la distanza chilometrica delle due stazioni):



La forma di queste curve va interpretata secondo questa schematizzazione:



Dai tempi e dalla forma ('frequenza') delle curve evidenziate da LIGO è stato possibile stabilire che si è trattato di onde gravitazionali associate a uno degli eventi più esotici e violenti dell'Universo: la fusione di due buchi neri di 36 e 29 masse solari, legati in un sistema binario, situati a 1,3 miliardi di a.l. I due buchi neri perdendo energia gravitazionale si sono avvicinati (a 150.000km/s!) fino a fondersi in un unico enorme oggetto di 62 masse solari. Poco prima di fondersi, i buchi neri hanno emesso sotto forma di onde gravitazionali un'energia enorme, ben calcolabile tenendo presente che il buco nero risultante ha una massa inferiore di 3 masse solari rispetto la somma dei singoli buchi neri che l'hanno formato. Secondo la relazione di Einstein $E=mc^2$, la massa mancante si è allora trasformata in energia, ovvero in pochi istanti è stata convertita in onde gravitazionali la massa equivalente di tre masse solari. Qualcosa di davvero incredibile! I grafici presentati dal team di LIGO durante la

conferenza stampa del 14 Febbraio 2016 al National Press Club di Washington, mostrano molto bene la tipica forma delle onde gravitazionali che precedono gli istanti finali di un sistema molto stretto e massiccio: nel momento in cui i due buchi neri sono sul punto di fondersi iniziano ad emettere onde gravitazionali di frequenza sempre maggiore, in un crescendo che si conclude con la loro fusione.

La direzione di provenienza dell' oggetto GW150914 che ha emesso le onde gravitazionali era assolutamente al di fuori della portata delle misure di LIGO: una valutazione molto grossolana dedotta per triangolazione dalla distanza dei due sistemi di rivelazione (i 3000 km tra Livingston e Hanford) ha infatti fornito una dispersione nell'emisfero Sud su un'area di qualcosa come 600 gradi quadrati, secondo questo schema:



Da qui vari tentativi di ricerca più fine effettuata con altre strumentazioni. Una di queste venne condotta dal telescopio Pan-STARRS (Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System) dell'Università della Hawaii sull'isola di Maui. Purtroppo una rassegna accurata di tutte le sorgenti presenti nella regione più probabile indicata da LIGO, condotta per i 40 giorni successivi all'evento gravitazionale e con pose di pochi minuti (causa l'incipiente luce dell'alba), ha evidenziato la presenza di qualcosa come 56 nuove sorgenti, in genere 'normali' supernovae piuttosto 'vicine', ma nulla di anomalo a distanza > 1 miliardo di anni luce.

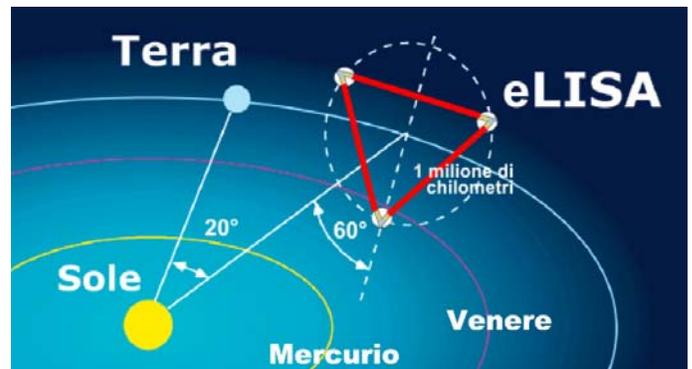
Molto interessante invece quanto rilevato dal telescopio spaziale per raggi gamma FERMI: un forte impulso di raggi gamma della durata di 0,1 sec registrato solo 0,4 secondi dopo il segnale gravitazionale di LIGO (Ryo Yamazaki et al., *Electromagnetic Afterglows Associated with Gamma Ray Emission Coincident with Binary Black Hole Merger Event GW150914*). Il segnale viene ritenuto reale anche se, purtroppo, INTEGRAL, un altro satellite per raggi gamma, non ha rilevato nulla. Apparentemente questo flash gamma potrebbe essere ideale per determinare la direzione del flash gravitazionale. Ma, pensandoci bene, c'è qualcosa che non torna: se davvero le onde gravitazionali sono state emesse da due buchi neri in fase di collasso, da questi non ci si dovrebbe aspettare NESSUNA emissione di onde elettromagnetiche (proprio perché dai buchi neri non può uscire nulla, neanche la luce). A meno che... A meno che abbia ragione Avi Loch (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics) che, in un articolo accettato il 22 Febbraio 2016 dalla rivista *Astrophysical Journal Letters* (*Electromagnetic Counterparts to Black Hole Mergers Detected by LIGO*) ha presentato un' idea nuova e suggestiva. In sostanza, dice Loch, è ben noto che una stella di grande massa (10 masse solari) finisce la sua esistenza esplodendo come supernova, processo durante il quale la parte interna collassa in un oggetto superdenso che può diventare un buco nero. Se però la stella è dotata di una elevata velocità di rotazione il materiale collassato al centro può stirarsi a manubrio e addirittura fissionarsi (ossia dividersi) non in uno ma in due buchi neri in veloce rotazione

reciproca. Questi due buchi neri collaserebbero reciprocamente emettendo onde gravitazionali, mentre l' esplosione della supernova che ha dato loro origine sarebbe la fonte di raggi gamma (del tipo di quelli evidenziati dal satellite FERMI).

3) Il futuro delle onde gravitazionali.

Il primo passo per migliorare la nuova 'astronomia gravitazionale' è quello di aumentare nel mondo il numero di sensori simili a LIGO in modo che un eventuale onda gravitazionale possa essere evidenziata, confermata e triangolata (per la sua direzione di provenienza) da più punti della Terra. In Europa ed in Medio Oriente ne sono programmati o in fase di realizzazione quattro: GEO600 in Germania, KAGRA in Giappone, LIGO-India in India e, soprattutto, VIRGO in Italia, nel comune di Cascina in provincia di Pisa (nell'ambito dell' EGO, European Gravitational Observatory). L'idea di VIRGO, che si basa sullo stesso principio laser-interferometrico di LIGO, nacque nei primi anni '80 per opera di due fisici, l'italiano Adalberto Giazotto dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) e il francese Alain Brillet del Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS): dispone di due bracci lunghi 3 km e di specchi multi-riflettenti che possono espandere la lunghezza dei due percorsi laser fino ad oltre 100 km. Nel Settembre scorso, quando LIGO vide le prime onde gravitazionali, VIRGO non era purtroppo operativo, essendo in fase di miglioramento (costo di circa 20 milioni di euro)....

Ma come spesso succede per le osservazioni astronomiche estreme, sarà probabilmente decisivo andare nello spazio. Alcuni anni fa era nata l'ambiziosa missione LISA (Laser Interferometer Space Antenna), una collaborazione tra NASA ed ESA, che doveva essere lanciata nel 2017. La missione prevedeva la messa in opera di una formazione di tre satelliti attorno al punto Lagrangiano L1, distanziati da 5 milioni di chilometri, ognuno dei quali avrebbe lanciato un fascio laser verso un altro satellite della formazione, costituendo così un enorme interferometro spaziale. Ma nel 2011 la NASA rinunciò a causa di tagli di bilancio. Così l' ESA ha deciso di proseguire in maniera autonoma con una nuova versione della missione denominata eLISA (evolved LISA): sarà composta sempre da tre satelliti ma distanziati solo di 1 milione di chilometri, questa volta collocati attorno al punto Lagrangiano L3:



Il lancio di eLISA non è immediato: dovrebbe avvenire entro i prossimi vent' anni. Per adesso se ne sta testando la fattibilità tecnica con una missione "apripista" LISA-Pathfinder, che l' ESA ha lanciato con successo lo scorso 3 Dicembre 2015 e che ha raggiunto il punto L1 lo scorso 22 Gennaio 2016. L'unico strumento di bordo, denominato LTP (LISA Technology Package) è costituito da due cubi d'oro-platino di 46 cm e 2 kg di peso, distanti solo 38 cm (contro 1 milione di km della futura missione eLISA !) e retroriflettenti, in modo che ogni loro microspostamento reciproco possa essere misurato da un laser, con una precisione sufficiente a registrare (in futuro) onde gravitazionali. Un complesso sistema elettrostatico e ottico isola e controlla le due masse, perfettamente immobili l'una rispetto all'altra a meno di piccolissime deviazioni che sarà possibile monitorare con sistemi di alta precisione realizzati da ricercatori dell'Università di Trento e dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare sotto la guida del Prof. Stefano Vitale. Il controllo della posizione della sonda con una precisione di 10^{-9} m viene realizzato dal DRS (Disturbance Reduction System), un dispositivo fornito dal Jet Propulsion Laboratory della NASA. Dal 1 Marzo 2016 LISA-Pathfinder ha cominciato i test scientifici.

Il transito di Mercurio del 9 maggio 2016

I transiti planetari sono fenomeni di grande interesse sia per gli astrofili che per la storia dell'astronomia. Ad essi è legata la misura dell'unità astronomica (u.a.), ovvero della distanza Terra-Sole. Con i mezzi attualmente a disposizione degli astrofili (telescopi, telecamere e orologi precisi), e grazie alla possibilità di scambiare dati con astrofili in ogni angolo della Terra, è possibile ripercorrere i passi di astronomi pionieri che si recavano ad osservare questi fenomeni in capo al mondo, in particolar modo i transiti di Venere.

L'evento di quest'anno sarà il 9 maggio, un lunedì, e comincerà all'ora di pranzo, con l' "ingresso interno" alle ore 13.12. Il Sole sarà molto alto in cielo, e vicino al meridiano: non potremo chiedere di meglio!

I dettagli con gli orari precisi sono forniti in tabella per la località di Tradate; per altre località si consiglia di consultare il sito: http://xjubier.free.fr/en/site_pages/transits/ToM_2016.html e poi cliccare "Mercury transit calculator".

Il disco di Mercurio sarà di 12,1" di diametro e impiegherà 3 minuti e 13 secondi per entrare interamente sul disco del Sole. Nel minuto successivo all' "ingresso interno" si potrà verificare il fenomeno della "goccia nera", ovvero una giunzione oscura tra il disco nero di Mercurio e il bordo del Sole. Una attenta osservazione di questi momenti, con una registrazione audio dei commenti in diretta, o –meglio– un filmato, potranno evidenziare questo fenomeno e descrivere la sua comparsa. Come chi scrive ha potuto notare durante il transito del 7 maggio 2003 (fig.1), la goccia nera è tanto più evidente quanto peggiore è la turbolenza atmosferica.

L'uscita del fenomeno non sarà facilmente osservabile in quanto avverrà a cavallo del tramonto del Sole.

Qualche consiglio finale: ottimi per l'osservazione sono telescopi rifrattori con filtro solare a tutta apertura, oculari per elevati ingrandimenti, camere digitali veloci in bianco e nero, e un sito con un buon seeing e orizzonte ovest sgombro.

Buone osservazioni e cieli sereni a tutti!

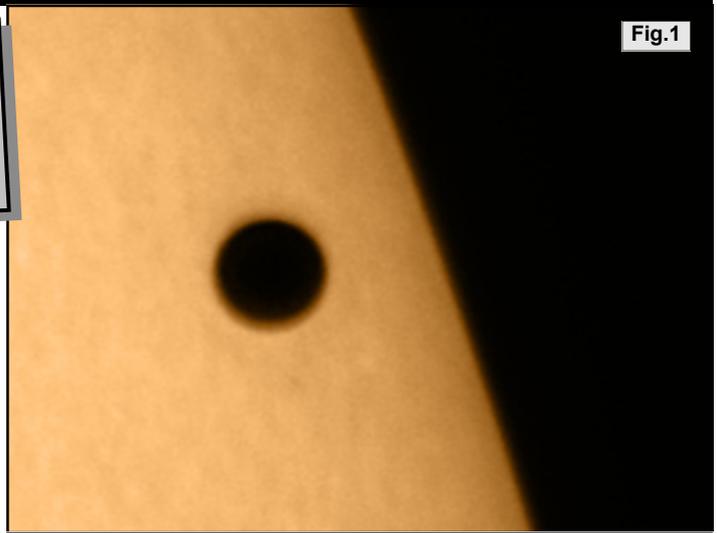


Fig.1

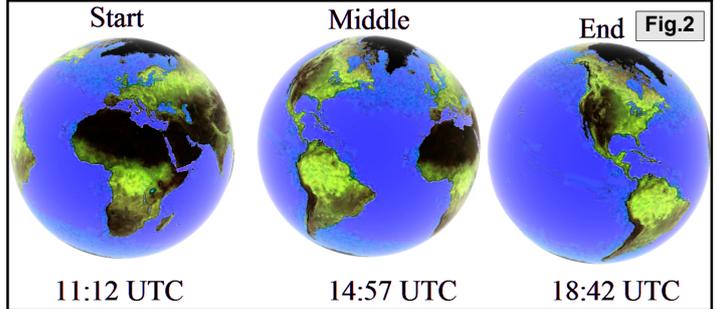


Fig.2

11:12 UTC

14:57 UTC

18:42 UTC

Condizioni del transito calcolate per Tradate

	Ora locale	Altezza [°]	Azimet [°]
Ingresso esterno	13:12:14	61.8	175.7
Ingresso interno	13:15:25	61.8	177.3
Transito in meridiano	13:21:54	61.9	180.0
Centro transito	16:56:06	37.5	256.0
Uscita interna	20:37:19	0.3	295.8
Tramonto Mercurio	20:40:03	0.0	296.2
Uscita esterna	20:40:31	-0.1	296.4

Diametro di Mercurio: 12.1"

Diametro del Sole: 1901" (a inizio transito)

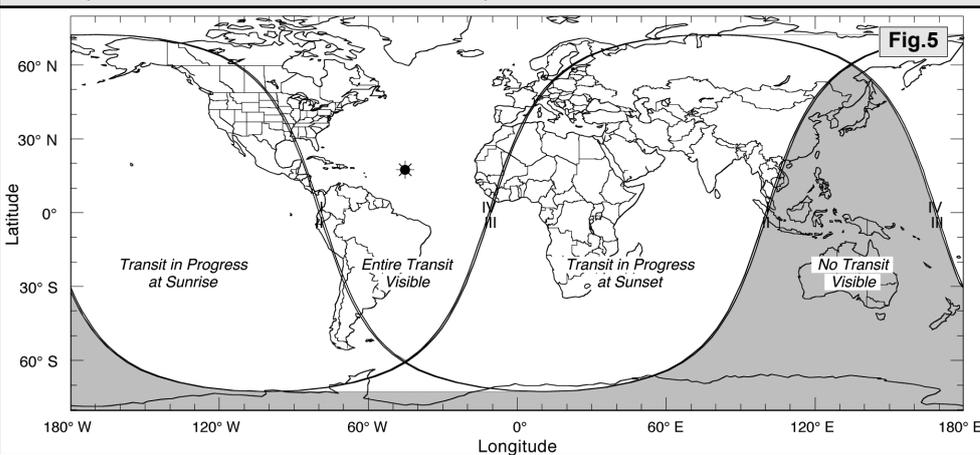
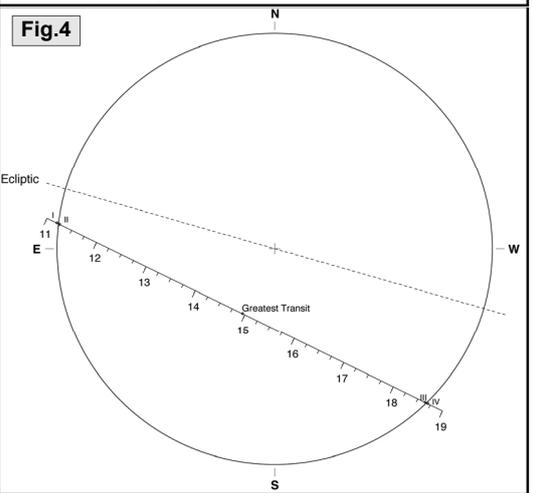
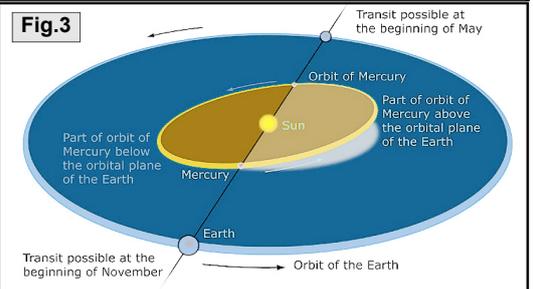
Fig.1: ripresa della fase di ingresso del transito del 7 maggio 2003, catturata da Tradate con uno Schmidt-Cassegrain da 20 cm e una telecamera digitale appoggiata all'oculare.

Fig.2: il globo terrestre visto da Mercurio nei momenti dell'inizio, metà e fine transito.

Fig.3: i piani orbitali della terra e di mercurio sono inclinati di ben 7°. Questo fa sì che Mercurio si possa frapporre tra Terra e Sole solo nei nodi, che avvengono nei mesi di Maggio (nodo discendente) e Novembre (nodo ascendente).

Fig.4: la traccia del transito sul disco del Sole, con indicate le ore in tempo universale (sommare 2 ore per l'ora locale). Fonte: Fred Espenak.

Fig.5: mappa con indicate le zone di visibilità di questo transito. Il nord Italia è proprio sulla linea del transito che finisce al tramonto del Sole. Il punto migliore per l'osservazione è nel mezzo dell'atlantico, ma anche le coste est dell'America e ovest di Europa e Africa potranno vedere per intero il fenomeno. Fonte: Fred Espenak.



I satelliti generalmente non sono nè piccoli nè economici; ne è un esempio il *Solar Dynamic Observatory* (SDO) lanciato dalla NASA nel 2010 che pesava circa 3 ton e che è costato, tra realizzazione e lancio, ben 850 milioni di \$ (attenzione a non farci troppo impressionare dalle cifre: negli USA se ogni cittadino versa l'equivalente di un caffè *all'anno*, una missione come SDO la si ripaga in 3 anni). Nel passato le cose non andavano meglio. Le missioni del noto programma **Discovery** erano nate all'insegna del *faster, cheaper and better* (ovvero: più in fretta, meno costose e più affidabili); ma per esempio la *Genesis* (lanciata con il compito di raccogliere particelle del vento solare) malgrado il design semplice, ha comunque raggiunto un costo di 164 milioni di \$, ben oltre la disponibilità finanziaria di molte compagnie private o enti di ricerca.

Ma oggi possiamo dire di essere all'inizio di un cambiamento epocale, favorito dalla disponibilità di tecnologie con prestazioni più elevate rispetto al passato, che ci permettono di contenere peso e volume dei satelliti stessi. Un esempio lo si è avuto già nel 2010 quando NASA e DoD (Department of Defense) hanno lanciato **FastSat** (Fast, Affordable, Science and Technology Satellite), pesante solo 180Kg con a bordo ben 6 esperimenti per un costo di soli 10 milioni di \$, dimostrando come fosse possibile realizzare ottimi satelliti in poco tempo e a basso costo. Era solo l'inizio... Infatti una sorta di leggenda metropolitana narra che il direttore del centro NASA di Ames (Pete Kuplar), un giorno durante un discorso estrasse dal suo taschino il suo Smartphone, elogiandolo per le sue elevate prestazioni concentrate in così poco spazio. In effetti il suo processore era molto più veloce e i suoi sensori più sensibili di quelli in dotazione a molti satelliti, il tutto ad un prezzo molto contenuto. Alla fine Kuplar ripose di nuovo lo Smartphone nel taschino. Fu uno dei ricercatori che lo stava ascoltando (Chris Boshuizen) insieme ad un collega (Will Marshall) a suggerire di non rimmetterlo nel taschino, ma di integrarlo nella struttura di un satellite. Ben presto i due formarono un team che nel settembre del 2013 lanciò con successo il primo **PhoneSat** in orbita terrestre per un costo di 7000 \$. Ne costruirono 3 che vennero chiamati *Alexander, Graham e Bell*: una volta in orbita iniziarono a prendere immagini della Terra, dimostrando come la tecnologia commerciale usata fosse più che adeguata per essere impiegata nello spazio. Le successive generazioni di Phonesats lanciate dalla NASA ed incapsulate nei Cubesats hanno poi dimostrato le loro enormi potenzialità. Inutile dire che quei due ricercatori hanno lasciato la NASA ed hanno aperto una loro società per trasferire la tecnologia che usiamo quotidianamente su satelliti piccoli e poco costosi, basandosi su piattaforme hardware standardizzate, con le varianti software create per adeguarli alle specifiche richieste dai clienti. Con i primi prototipi fu subito evidente che ci si trovava davanti ad una promettente iniziativa; non fu difficile reperire fondi da investitori privati per continuare l'attività e vennero così prodotti altri satelliti (chiamati **Doves**), che grazie all'esperienza maturata con i primi esemplari, vennero migliorati e commercializzati su larga scala. Si arrivò così ad una flotta di 130 piccoli satelliti (28 di essi verranno rilasciati dal sistema di lancio a bordo della stazione spaziale). Attualmente lo scopo è di riuscire a produrre immagini giornaliere del nostro pianeta su scala globale, un'attività di cui il settore privato è molto goloso. Basta pensare alle assicurazioni che devono verificare i danni causati da una calamità oppure il procedere dei lavori delle riparazioni, alle compagnie petrolifere che devono tenere sotto controllo in

tempo reale la rete di distribuzione (le famose pipeline) del gas o del petrolio, oppure alle compagnie telefoniche che devono tenere aggiornate le mappe usate dalle loro applicazioni di navigazione GPS. Le potenzialità di questi satelliti sono state migliorate anche grazie al contributo della **Space Technology Mission Directorate** (STMD) della NASA che ha ampliato l'involuppo tecnologico di cui sono dotati questi nanosatelliti in modo da poterli usare anche lontano dall'orbita terrestre in missioni tipo *Deep Space* (spazio profondo: ovvero molto lontano dalla terra). In particolare nel 2015 la ricerca si è focalizzata sui seguenti settori: *propulsione spaziale ad alte prestazioni, comunicazioni ottiche spaziali ad alta velocità, sistemi di supporto alla vita e riutilizzo delle risorse, sistemi relativi alla discesa atmosferica e all'atterraggio (Entry, Descent and Landing), sistemi robotici spaziali come ausilio all'attività dell'uomo, strutture leggere per lo spazio, navigazione spaziale lontano dalla Terra e osservatori orbitanti*. Per una migliore comprensione riportiamo alcuni esempi dei risultati raggiunti.

Nel primo caso lo scenario è quello esotico delle Hawaii. All'interno di uno dei poligoni missilistici degli USA viene lanciato un dimostratore a forma di salsiccia che sale fino al confine dello spazio (circa 100Km) prima di iniziare il rientro a terra: si tratta del **Low Density Supersonic Decelerator** che fornirà le tecnologie da usare nell'atterraggio di missioni di supporto al futuro sbarco umano su Marte. Della missione faceva parte anche SIAD (**Supersonic Inflatable Aerodynamic Decelerator**): un grande aerofreno a forma di spagnoletta con un paracadute supersonico ad anello che però ha avuto seri problemi nel mantenere la sua integrità strutturale evidenziando come su questo tipo di paracadute vi sia ancora molto lavoro da fare. Un altro progetto prevede l'utilizzo di robot per ridurre i rischi per gli esseri umani durante le missioni. Per il momento si sta lavorando ad un rover di supporto (**Resource Prospector Project**) ovvero una missione lunare che dovrebbe volare nel 2020, dimostrando la capacità di esplorare e identificare posizione e composizione di elementi volatili quali l'acqua. Eventuali riserve di acqua ghiacciata nascoste sotto la superficie lunare potrebbero trasformarsi in utili stazioni di rifornimenti per le future missioni spaziali (dall'acqua si potrebbe facilmente estrarre idrogeno e ossigeno da utilizzare come combustibile per razzi). Anche il **Deep Space Atomic Clock**, un orologio atomico a ioni di mercurio, ha visto migliorare la prestazione di questi dispositivi di un fattore 50: una volta a bordo rivoluzionerà i sistemi di navigazione spaziale. Nell'ottica di usare almeno nel sistema solare interno la **propulsione elettrica solare** (l'energia solare viene convertita in elettricità che viene poi usata in un motore a ioni, ottenendo un'efficienza 10 volte superiore rispetto ai motori chimici) si è sperimentato con successo un motore di Hall con una potenza di 12,5Kw. Si sono anche completati i test su un nuovo tipo di celle solari di alta potenza, realizzate in grandi dimensioni ma che possono essere ripiegati in contenitori piccoli e leggeri durante il lancio riducendo peso e ingombro.

Si è felicemente conclusa la **One Year Mission**, iniziata il 27 marzo 2015 con il lancio a bordo di una Soyuz di *S. Kelly* e *M. Kornienko*, atterrati poi lo scorso 1° marzo alle 11:26 pm (EST) nelle steppe del Kazakistan dopo aver percorso (durante la loro permanenza in orbita) l'equivalente della distanza tra la Terra e Marte. Lo scopo della missione era di approfondire come il corpo umano si adatta all'assenza di peso, all'isolamento, alle radiazioni e allo stress dei voli spaziali di lunga durata, in preparazione ai futuri voli verso Marte. Durante il volo Kelly ha partecipato a ben 3 EVA di manutenzione della ISS, alla cattura di una capsula **Dragon**, di un cargo **Cygnus** e di 3 navicelle russe tutte arrivate per rifornire la ISS del necessario per la permanenza in orbita.