

Interazione delle Onde gravitazionali con la Materia

Primo Galletti Aldo Aluigi

20 Gennaio 2003

Le due *Onde Gravitazionali* di elevata intensità registrate il 16 ÷ 23 Agosto 1999 e il 25 ÷ 30 Agosto 1999 (v. **Grafico 1999_6**) hanno reso evidente la interazione che queste hanno con la materia.

Anche la recente ripresa della "attività gravitazionale" che si é registrata da Giugno a Settembre 2002 (v. **Grafico 2002_5**), anche se di piú bassa intensità, ci fornisce una ulteriore evidenza di questa interazione.

Si vuole, qui, riportare un (primo) elenco di effetti che le onde gravitazionali provocano sui corpi, distinguendo tra le onde di grande intensità prodotte dai collassi dei nuclei dei *Quasar a Nucleo Multiplo* (QNM) rispetto alle onde di breve durata che si producono durante la caduta di oggetti celesti sulla superficie di detti nuclei.

1 Onde Gravitazionali di grande intensità

Effetti sulla Terra. Nell'Agosto 1999, durante il fronte di salita della prima onda gravitazionale si é registrata una *serie di terremoti molto forti che sono avvenuti contemporaneamente su tutta la fascia equatoriale della Terra*. Con la seconda onda gravitazionale si sono avute ulteriori scosse di terremoto di intensità sempre molto elevata.

Come avviene questo fenomeno? Il nucleo della Terra, all'arrivo dell'onda gravitazionale, *subisce una brusca frenata provocando lo slittamento verso Est del mantello*. I vari strati esterni subiscono slittamenti via via crescenti fino ad arrivare alla crosta terrestre la quale é quella che subisce lo slittamento maggiore. Inoltre, lo slittamento é massimo all'equatore ed é tanto minore quanto piú ci si avvicina ai poli, dove non accade nulla o quasi.

Il fenomeno, che si innesca quando l'onda inizia a salire e dura per tutto il tempo di durata dell'onda stessa (o delle onde, se sono piú di una), é prodotto dalla interazione delle onde gravitazionali con il campo magnetico terrestre ¹.

¹La Terra, con il suo campo magnetico, si comporta come il nostro emfensore magnetico che si trova sul piatto di una bilancia, il quale reagisce con una spinta (nella stessa direzione dell'onda) ogni volta che viene investito da un'onda gravitazionale.

Dopo circa $2 \div 3$ mesi dall'arrivo di queste onde si é assistito ad una *riattivazione di quei vulcani in fase quiescente*. In Italia vulcani come l'Etna hanno iniziato ad eruttare molto intensamente. Questa intensificazione dell'attività vulcanica é durata per tutto l'anno 2000 e soltanto nel 2001 possiamo dire che le cose sono rientrate in una certa "normalità".

L'attivazione dei vulcani é conseguente al *riscaldamento subito dalla Terra per l'attrito che si genera tra il nucleo ed il mantello* durante lo slittamento verso Est di quest'ultimo. L'intensificazione dell'attività vulcanica dipende dalla diffusione del calore verso la superficie e, pertanto, inizia con ritardo rispetto all'arrivo dell'onda ².

In conseguenza dell'impatto con l'onda gravitazionale, sulla Terra verrebbero prodotti, inoltre, altri due fenomeni rilevanti:

- il *rallentamento della rotazione della Terra intorno al proprio asse*;
- lo *spostamento dell'asse magnetico terrestre*.

Il rallentamento della rotazione terrestre si avrebbe per tutto il tempo di durata del fenomeno ondoso ³.

Per quanto riguarda, invece, l'entità dello spostamento dell'asse magnetico terrestre, oltre a dipendere dalla intensità dell'onda, esso dipende anche dalla direzione di arrivo della stessa.

Effetti sul Sole. Con le onde dell'Agosto 1999, anche sul Sole si é assistito ad un *aumento della attività solare con una intensificazione delle macchie solari*. Ciò si é avuto a partire dalla primavera-estate del 2000, ossia con un ritardo maggiore ($12 \div 18$ mesi) di quello sulla Terra.

Durante tale periodo si é registrata una *intensificazione delle "esplosioni superficiali" con un aumento della temperatura superficiale e un irraggiamento superiore alla media*.

L'impatto delle onde gravitazionali con il Sole é analogo a quello con la Terra ma avviene con una intensità maggiore a causa del suo campo magnetico piú elevato (circa 10 mila volte superiore). Pertanto, anche il calore che si genera all'interno del Sole all'arrivo di queste onde é molto piú elevato. Inoltre, la maggiore massa e la presenza di un campo magnetico piú intenso ne ostacolano la sua diffusione verso la superficie, per cui questo calore verrà rilasciato in tempi piú lunghi. Inoltre, sul Sole il fenomeno del rallentamento della rotazione sarebbe piú marcato.

²Non si può dire altrettanto per questi vulcani che come il Vesuvio sono apparentemente inattivi. Per scuotere questi vulcani occorrono onde particolarmente intense (e, quindi, anche piuttosto rare) per cui la loro attività inizierebbe all'improvviso, probabilmente con una esplosione iniziale che potrebbe essere quasi contemporanea a quella tellurica.

³Il rallentamento della Terra sarebbe solo temporaneo. Successivamente, e con tempi piú lunghi, la velocità di rotazione della Terra aumenterebbe (per effetto "ciclonico") riportandosi nuovamente ai valori iniziali, in quanto i cicloni e gli anticicloni che si formano in continuazione, con il loro attrito che esercitano sulla superficie terrestre, accelerano/decelerano il moto rotatorio della Terra in base al calore ricevuto dal Sole (si tenga presente che la coppia del ciclone é (sempre) maggiore di quella dell'anti-ciclone).

Effetti sugli altri pianeti del Sistema Solare. Sugli altri pianeti del nostro Sistema Solare si avrebbero fenomeni del tutto analoghi a quelli che si osservano sulla Terra.

Su Giove, ad esempio, detti fenomeni sarebbero piú intensi anche a causa della sua piú elevata velocità di rotazione.

Per quanto riguarda Urano invece, per il suo asse di rotazione che giace sul piano dell'orbita, le spinte prodotte dalle onde gravitazionali risulterebbero inferiori.

Sui corpi celesti che, come la Luna, non possiedono al loro interno un campo magnetico le onde gravitazionali non producono alcun effetto.

Effetti sugli altri corpi celesti. L'interazione delle onde gravitazionali con la Terra ed il Sole ci consente di spiegare anche altri fenomeni, tutt'ora inspiegabili, che si osservano nell'Universo.

1. Si osservano stelle appartenenti a galassie (ellittiche) molto vecchie che *nonostante abbiano esaurito tutto o quasi il loro combustibile termonucleare continuano a brillare nel cielo di luce fioca*. Ebbene, il calore che ancora irraggiano queste stelle proviene, in massima parte, dalle onde gravitazionali che le attraversano.
2. Moto "anomalo" di alcuni corpi celesti ad alta densità come come le pulsar o le stelle di neutroni. Questi corpi celesti si muovono a zig-zag attraverso lo spazio e, in alcuni momenti possono assumere velocità notevoli (centinaia di km/s) in determinate direzioni. Poiché detti corpi celesti ruotano velocemente ed, inoltre, possiedono un campo magnetico estremamente elevato, le spinte esercitate dalle onde gravitazionali risultano molto elevate e tali da venire letteralmente scagliate via come proiettili nella stessa direzione di arrivo dell'onda. Inoltre, nell'impatto con l'onda viene rilasciata una grande quantità di energia sotto forma di calore per cui questi oggetti, anche se hanno esaurito tutto il combustibile termonucleare, possiedono una temperatura molto elevata. In misura minore un fenomeno del genere avviene anche per le nane bianche.

2 Onde Gravitazionali di breve durata

Per quanto concerne le onde gravitazionali di breve durata, ad oggi possiamo dire che:

1. vengono prodotte dalla caduta di corpi celesti quali stelle, pianeti, etc... su nuclei che costituiscono i QNM, oppure sui *quasar comuni* che abitano il centro di alcune galassie (ellittiche) molto vecchie;
2. la durata di queste onde va da alcuni secondi per i corpi piú massicci (e.g. qualche decina di masse solari) fino a qualche centesimo di secondo e anche inferiore per quelli piú piccoli;

3. l'intensità di queste onde é modesta (qualche centinaio di microVolt). La corrispondente variazione della velocità della luce va da qualche decina fino a qualche migliaio di m/s;
4. per le onde provenienti da distanze piú elevate si nota l'effetto dovuto al redshift.

Un fenomeno molto appariscente prodotto dalla interazione di queste onde con la materia é *la produzione di rumore a bassa frequenza nei circuiti elettronici*.

Oggi, possiamo senz'altro affermare che *il rumore 1/f presente nei circuiti elettronici tutto di origine gravitazionale!*

Abbiamo intenzione di ritornare in seguito su questo importante argomento.

3 Collasso di un QNM vicino a noi

É ben noto che a circa 200 milioni di anni-luce di distanza da noi vi é l'ammasso di galassie nel cui centro si troverebbe un QNM, oggi comunemente chiamato il *Grande Attrattore*.

Cosa accadrebbe sulla Terra (e sul Sole!) se avvenisse il collasso di uno dei nuclei di questo QNM molto vicino a noi? Sappiamo che l'entità dell'impatto provocato da un'onda gravitazionale su un corpo celeste emphé direttamente proporzionale alla variazione rispetto al tempo della velocità della luce. Ora, l'intensità di un'onda dipende sia dalla distanza del QNM (effetto geometrico, inversamente proporzionale al quadrato della distanza), sia dal redshift (effetto dovuto all'espansione dell'Universo) il quale allargando le onde ne riduce in proporzione l'ampiezza. Ma il redshift ha anche effetto sulla variazione nel tempo (derivata) della intensità dell'onda. Pertanto, *collassi vicini generano onde gravitazionali non solo di piú elevata intensità ma anche di durata piú breve*.

Oggi, siamo in grado di calcolare l'intensità di un'onda gravitazionale, prodotta da un eventuale collasso di uno dei nuclei del *Grande Attrattore*, che investirebbe il nostro Sistema Solare. Le onde di piú elevata intensità fino ad oggi registrate (quelle dell'Agosto 1999), la cui intensità é stata di circa 1 Volt, sono partite da una distanza di circa 4 miliardi di anni-luce. Pertanto, considerando il solo effetto di distanza si avrebbe:

$$1 \text{ Volt} \times \frac{4 \cdot 10^9}{200 \cdot 10^6} \approx 20 \text{ Volt}$$

Inoltre, per l'effetto dovuto al redshift (le onde dell'Agosto 1999 avevano un redshift $z = 0.56$) e trascurando il redshift per il *Grande Attrattore*, l'ampiezza aumenterebbe ancora di una quantità pari a:

$$\frac{1 + 0.56}{1 + 0} \approx 1.6 \text{ volte}$$

e, contemporaneamente, si ridurrebbe il tempo di salita dell'onda della stessa quantità. Quindi, le spinte generate dall'onda (che sono *direttamente proporzionali alla*

variazione nell'unità di tempo della velocità della luce) sui corpi celesti come il Sole e la Terra avrebbero una intensità pari a:

$$20 \text{ Volt} \times (1.6)^2 \approx 50 \text{ Volt}$$

ossia circa 50 volte superiori rispetto a quelle che si sono prodotte nell'Agosto 1999!

Gli slittamenti subiti dal mantello e, quindi, anche dalla crosta terrestre sarebbero molto più elevati e, di conseguenza, i terremoti che ne risultano sarebbero molto più violenti e devastanti. *Il calore rilasciato sarebbe di gran lunga più elevato per cui le eruzioni vulcaniche sarebbero più intense e durerebbero molto più a lungo, per decine di anni.* La quantità di gas che verrebbero immesse nell'atmosfera sarebbe tale da oscurare a lungo la Terra, forse per centinaia di anni o più. *La sua temperatura salirebbe di parecchi gradi mettendo in serio pericolo la maggior parte delle specie viventi che si troverebbero sulla sua superficie.*

Analogamente, sul Sole verrebbero rilasciate enormi quantità di energia sotto forma di calore per cui *la sua temperatura salirebbe sensibilmente e rimarrebbe tale per molto tempo facendo aumentare ulteriormente la temperatura sulla Terra.*

Dopo la forte (e brusca) frenata iniziale provocata dall'impatto dell'onda, la Terra subirebbe successivamente una forte ri-accelerazione che la porterebbe a valori di velocità superiori a quelli iniziali, e soltanto quando la sua temperatura si sarà abbassata (ossia, quando anche il Sole avrà espulso tutto il suo calore in eccesso), la velocità di rotazione potrà ritornare a valori normali.

Anche l'asse magnetico terrestre potrebbe subire dei sensibili spostamenti, in dipendenza della direzione di arrivo dell'onda,

Analogamente toccherebbe agli altri pianeti del nostro Sistema Solare ed in particolare modo a quelli che, come Giove, possiedono di per sé una velocità di rotazione più elevata.

4 Effetti delle onde gravitazionali sul clima

Oggi, dopo oltre 8 anni di rilevazioni continue possiamo, senza dubbio, affermare che *la distribuzione temporale delle onde che ci investono è del tutto casuale. Ci sono periodi di intensa attività intervallate da periodi di stasi.*

Ai periodi di scarsa attività gravitazionale corrisponderebbero altrettanti periodi di freddo più o meno intenso e di scarsa attività solare. Anche le attività telluriche e vulcaniche in tali periodi sarebbero molto ridotte ⁴.

Periodi ben noti di *freddo intenso e scarsa attività solare*, quali quello avutosi tra il 1650 e il 1750 (periodo di Maunder) e tra il 1800 e il 1850 (periodo di Dalton) sarebbero coincisi con periodi di bassa attività gravitazionale.

Altri periodi di caldo particolarmente intenso ed intensa attività solare quale

⁴Sarebbe interessante mettere in relazione i periodi di intensa attività solare con le attività telluriche e vulcaniche particolarmente intense che si sono avute sulla Terra.

quello avutosi subito dopo l'anno 1000 e che durato per quasi due secoli sarebbero coincisi, invece, con periodi di pi intensa attivit gravitazionale ⁵.

É stato scoperto di recente che alcune delle grandi estinzioni di massa che si sono avute nel passato sulla Terra sono state *accompagnate di un'intensa attivit vulcanica* durata a lungo. Tutto ció rende *meno credibile che possa essere stato l'impatto di un meteorite a causare tutto questo*. Che possa essere stato, invece, l'arrivo di onde gravitazionali di collassi generali di QNM avvenuti vicino a noi la causa di alcune di queste estinzioni é un'idea che sempre piú spesso attraversa la nostra mente ⁶.

5 Discussione

Sui meccanismi di interazione delle onde gravitazionali con la materia ed in particolare con i campi (elettrico e magnetico) non ci sentiamo ancora di dire nulla di piú preciso. Ció che ci sentiamo per ora di affermare é che:

1. *le forze che si esercitano sui corpi investiti da un'onda gravitazionale dipendono dalla velocitá di variazione (derivata rispetto al tempo) del segnale che viene registrato dal rivelatore (ossia, della velocitá della luce);*
2. *le onde gravitazionali interagiscono con i campi magnetici attraverso la variazione nel della velocitá della luce (permeabilitá magnetica del "vuoto");*
3. *le onde gravitazionali interagiscono anche con i campi elettrici attraverso la variazione nel della velocitá della luce (costante dielettrica del "vuoto");*
4. *la quantitá di calore che viene rilasciata durante l'impatto dell'onda gravitazionale sarebbe in relazione diretta con la conducibilitá elettrica dei corpi.*

Pertanto, al passaggio di un'onda gravitazionale, il calore rilasciato nei corpi celesti che hanno un intenso campo magnetico e posseggono una resistivitá elettrica molto bassa sarebbe notevole e tale da provocare *uno squilibrio nel bilancio di energia del corpo celeste stesso*. Pertanto, *la vita delle stelle, ivi incluso il nostro Sole, sarebbe superiore a quella derivante dall'esaurimento del loro combustibile nucleare* ⁷.

Sulla Terra il calore generato dal passaggio delle onde gravitazionali é la causa principale dello stato di fusione del mantello e (forse) anche del nucleo ⁸.

⁵Anche la scomparsa di alcune civiltá importanti del passato (e.g. quella dei Maya poco prima dell'anno 1000 a seguito di una grande siccitá) potrebbero essere messe in relazione a periodi di bassa attivitá gravitazionale con freddo intenso e, quindi, scarsa piovositá.

⁶Si tenga presente che il collasso generale di un QNM lascia la zona dove questo é avvenuto priva o quasi di materia. La ricerca di queste zone "vuote" vicine a noi potrebbe rafforzare ulteriormente questa nostra idea.

⁷Sul Sole, questo squilibrio tra le reazioni termonucleari che vi avvengono e l'energia elettromagnetica emessa oggi va sotto il nome di *problema dei neutrini mancanti*. Detto problema, *pertanto, non esiste* in quanto l'energia in piú che viene emessa con la radiazione elettromagnetica sarebbe prodotta dalle onde gravitazionali che in continuazione investono il Sole.

⁸E non é, come qualcuno ancora oggi sostiene, da attribuirsi alla radioattivitá residua ancora presente al suo interno.

Quanto sopra vale anche per altri pianeti del Sistema Solare (e molto diversi dal Sole!) quali Giove, Saturno o Nettuno i quali, come é ben noto, anch'essi emettono piú energia di quella che ricevono per irraggiamento dal Sole: *anche questo eccesso di energia sarebbe dovuto al riscaldamento prodotto dal passaggio delle onde gravitazionali.*

Su Giove, in particolare, questo effetto di riscaldamento é piú elevato a causa della sua *maggiore velocità di rotazione.*