

FISICAST

per
SxT

Le Maree

di e con

Gianluca Li Causi, INAF



Le Maree

Gianluca Li Causi

Abstract:

Cosa c'è di più comune delle maree? Le conosciamo tutti e sappiamo che hanno a che fare con la Luna... ma siamo sicuri di sapere davvero come funzionano?

INIZIO

**Cosa c'è di più comune di alta e bassa marea? A tutti è capitato di vedere il mare laddove solo alcuni giorni prima c'era la spiaggia asciutta, o di camminare fino agli scogli con l'acqua alle caviglie, quando di solito ci si arriva a nuoto...
Ma come funzionano le maree? Vado a chiederlo a Gianluca Li Causi dell'Istituto Nazionale di Astrofisica, sono proprio curiosa di sentire che mi dice.**

...suoni di gabbiani e leggera risacca...

Q: Ciao Gianluca, questa mattina il mare è davvero una tavola...

A: Sì, è bellissimo.

Q: Ma hai visto com'è avanzato? Ieri pomeriggio gli scogli erano quasi all'asciutto...

A: È vero, dev'esserci alta marea in questo momento.

Q: Ma perché ogni tanto succede? So che ha a che fare con l'attrazione della Luna, ma non ne so molto di più... dai mi spieghi tutto sulle maree?

A: Dipende dalla Luna, hai detto bene, e infatti la Luna eccola là, dall'altra parte del cielo rispetto al Sole.

Q: ...ora che ci penso, in effetti ieri pomeriggio la Luna non c'era e nemmeno l'alta marea! Ma dimmi di più.

A: La Luna, lo sai, come ogni altro corpo celeste, esercita una forza di attrazione, la gravità, sui corpi che gli stanno vicino e quindi anche qui sulla Terra, per quanto debole vista la piccola massa della Luna e la sua grande distanza.

Q: ...si ora ricordo quel che sapevo: quando la Luna è alta nel cielo attira, come una calamita, la superficie del mare e la solleva generando l'alta marea.

A: Beh, non proprio... certamente la Luna, quando è alta nel cielo, attira il mare in direzione verticale; ma poiché la forza di gravità diminuisce con la distanza, l'attrazione

lunare, qui al livello della superficie terrestre, è molto più piccola dell'attrazione della Terra, che tira il mare verso il basso. Tutti gli oggetti qui sulla Terra perciò, risultano al massimo un po' più leggeri quando c'è la Luna, ma non vengono di certo sollevati: per farlo l'attrazione lunare dovrebbe superare quella terrestre!

Q: Già. Ma allora com'è che si spiega?

A: Beh, il motivo è piuttosto diverso. Però, prima di darti la spiegazione corretta voglio farti vedere che cosa accadrebbe se la Terra e la Luna fossero fisse nello spazio, immobili l'una rispetto all'altra.

Q: Perché, che accadrebbe?

A: Immagina di tenere in mano un mappamondo, con l'Italia rivolta verso di te, e facciamo finta che tu sia la Luna con la tua forza di gravità.

Q: Ok, mi piace fare la Luna!

A: Sul Mar Mediterraneo, che è di fronte a te, la tua attrazione è verticale, ma come abbiamo visto non riesci a sollevare l'acqua del mare, perché ti si oppone l'attrazione della Terra, che è molto più forte. Perciò l'acqua del Mediterraneo non si muove. Sull'Oceano Atlantico invece, che vedi sul lato del mappamondo alla tua sinistra, la tua attrazione è quasi orizzontale e, per quanto piccola, non c'è nulla che le si oppone, poiché l'attrazione della Terra è perpendicolare alla tua. Perciò attirerai l'acqua dell'Atlantico che comincerà a scorrere verso di te, scivolando lungo il globo terrestre in direzione del Mediterraneo.

Q: Ho capito! Visto che l'Atlantico e il Mediterraneo sono due mari comunicanti, l'oceano muovendosi verso il Mediterraneo spinge una gran quantità d'acqua verso di noi e così provoca l'innalzamento del livello del mare anche qui sulle spiagge italiane; ed ecco spiegata l'alta marea!

A: Come vedi, al contrario di quanto pensavi, l'alta marea non è dovuta all'attrazione verticale della Luna che è sopra di noi, ma alla sua attrazione orizzontale sul mare a 90 gradi di longitudine da noi. Tutto questo, beninteso, sempre nell'ipotesi che abbiamo fatto, che la Terra e la Luna stiano ferme.

Q: Però, aspetta... la Terra gira su sé stessa! Vediamo, se giro il mappamondo in senso antiorario... direi che oggi pomeriggio sarà l'Atlantico a trovarsi sotto la Luna, mentre l'Italia si troverà sul lato alla mia destra, perciò l'acqua del mare scivolerà via da noi per tornare di nuovo nell'oceano... e ci sarà la bassa marea!! È giusto?

A: Bravissima! Ti confermo che oggi pomeriggio avremo bassa marea!

Q: Bene! Ora devo andare, ma per questa sera abbiamo organizzato un bagno di mezzanotte, ti va di venire?

A: Contaci! A stasera allora!

INTERVALLO MUSICA

rumore della risacca

A: Ciao Chiara, non vedo l'ora di farmi un bel bagno notturno!

Q: (tono alterato) Si anch'io, ma prima guarda il mare, sono passate ben dodici ore e la Luna ormai starà dall'altra parte del mondo: perciò mi spieghi com'è che c'è di nuovo l'alta marea? ...Io dico che stamattina non me l'hai raccontata tutta!

A: Beh, hai ragione... non ti ho detto tutto.

L'alta marea non si forma soltanto dalla parte della Luna, ma anche dalla parte opposta e infatti alta e bassa marea si alternano ogni 6 ore, non ogni 12; anzi, in realtà sono quasi 6 ore e un quarto, perché nel frattempo la Luna percorre un po' della sua orbita.

Q: Ma scusa, questa mattina mi hai spiegato che la marea è dovuta alla gravità lunare, che attira l'acqua del mare in orizzontale e la fa scivolare verso il lato della Terra rivolto alla Luna, dove l'acqua si accumula e forma l'alta marea. Perciò quando 12 ore dopo mi trovo dalla parte opposta della Terra, mi aspetto di vedere la bassa marea, no?

A: Sì, però se ricordi, il ragionamento che abbiamo fatto valeva soltanto nell'ipotesi che la Terra e la Luna fossero ferme. Ma questo non è vero!

Q: ...infatti la Terra gira su sé stessa.

A: Sì certo, ma questo l'abbiamo già considerato e spiega soltanto l'alternarsi diurno tra bassa e alta marea.

Q: ...allora ti riferisci al fatto che la Luna orbita intorno alla Terra?

A: Sì, mi riferisco a questo movimento. Anche se... non è proprio corretto dire che "la Luna gira intorno alla Terra": in realtà quel che succede è che la Luna e la Terra orbitano l'una intorno all'altra, ruotando attorno a un punto in mezzo a loro. Succede la stessa cosa quando due persone fanno girotondo tenendosi per le mani e con le braccia tese: finiscono per girare entrambe attorno a un centro che sta a metà tra di loro, perché ognuna viene tirata dall'altra.

Q: Sì è vero.

A: Ecco, per la Terra e la Luna è lo stesso, l'una tira l'altra, solo che il loro centro, che si chiama "centro di massa", è molto più vicino alla Terra che alla Luna.

Q: E questo perché?

A: Perché la Terra pesa di più. Lo puoi vedere anche col gioco di prima: se lo fai con un bambino, che è più leggero di te, il vostro centro di rotazione sarà molto più vicino ai tuoi piedi che ai suoi, perché tu pesi di più e quindi è più difficile spostarti!

Per il sistema Terra-Luna il centro di massa si trova a 1700 km sotto la superficie terrestre, dal lato della Luna, e la durata della rotazione è di circa 29 giorni e mezzo, il cosiddetto "periodo sinodico".

Q: Ok, ma torniamo a noi: perché mai se la Terra orbita attorno a questo "centro di massa", l'alta marea si forma anche dalla parte opposta alla Luna?

A: Ricordi cosa accade agli astronauti in orbita?

Q: Sì, l'ha spiegato Riccardo nella puntata "Galleggiare nello spazio": gli astronauti si sentono come "senza gravità", poiché girando attorno alla Terra subiscono una forza centrifuga che compensa esattamente l'attrazione terrestre.

A: Esatto. Allo stesso modo la Terra, girando attorno al centro di massa, subisce una forza centrifuga, che annulla esattamente la gravità della Luna.

Q: Sì, ok... ma se l'attrazione lunare è annullata... allora com'è che ci sono le maree?

A: È proprio questo il nocciolo della spiegazione! Infatti, la forza centrifuga annulla la gravità della Luna soltanto nel punto al centro della Terra. Il nostro pianeta però non è un punto, ma è esteso, e la gravità lunare sul lato più vicino alla Luna è più forte che sul lato opposto, che è più lontano; mentre la forza centrifuga è la stessa, perché la Terra è un corpo solido e quindi si muove tutta d'un pezzo.

Q: Ma allora non si annullano più?

A: Proprio così: sul lato della superficie terrestre più vicino alla Luna la forza centrifuga compensa solo in parte la gravità lunare, che quindi prevale, mentre dal lato opposto alla Luna prevale la forza centrifuga.

Q: Ah, ora ho capito! Una metà del mare tende ad accumularsi verso la Luna, per la sua forza di gravità, mentre l'altra metà si accumula dalla parte opposta, per la spinta della forza centrifuga!

A: Ed ecco spiegato perché sul nostro pianeta ci sono, in ogni momento, due alte maree e due basse maree!

Q: Quindi tutto dipende dalla differenza di attrazione lunare ai due lati del nostro pianeta?

A: Esattamente. Le maree perciò non dipendono da quanto è forte l'attrazione della Luna, ma solo da quanto è differente tra un lato e l'altro della Terra! Noi fisici chiamiamo questa differenza "gradiente di gravità" e chiamiamo "forza di marea" l'attrazione bilaterale che spinge le due metà del mare a muoversi in versi opposti.

Q: Fantastico! La fisica mi stupisce anche sulle cose più comuni!

A: È per questo che io ne sono affascinato! Perché ti permette di distinguere il vero motivo delle cose dalle molte ragioni apparenti.

...INTERVALLO MUSICA...

...a ben vedere, anche la spiegazione che ti ho appena dato, che è corretta e puoi sostenerla tranquillamente, può rendersi ancora più rigorosa, se osserviamo che il vero motivo per cui ci sono le maree è che la gravità lunare e la forza centrifuga **modificano la direzione orizzontale** qui sulla Terra.

Q: ...uhm, e che vuol dire? Spiegati meglio...

A: Secondo te che cos'è una "superficie orizzontale"?

Q: È una superficie piatta che non è inclinata.

A: ...ok, cambio domanda: sai che cos'è un "filo a piombo"?

Q: Sì certo, è una corda a cui è attaccato un peso, che serve per trovare la direzione verticale. La usano i muratori per vedere se i muri sono dritti.

A: Infatti. Il peso è tirato verso il basso dalla forza di gravità e così la corda si allinea lungo la direzione del campo gravitazionale, direzione che chiamiamo "verticale", che è poi la direzione in cui cadono gli oggetti, e anche quella in cui ci sentiamo "dritti".

E ora dimmi: come fai a sapere qual è la direzione della gravità?

Q: Questo è facile: la gravità punta sempre verso il centro della Terra, no?

A: Beh, se la Terra fosse da sola sì... ma se c'è la Luna no!

Infatti, la direzione del campo gravitazionale dipende sia dalla posizione di tutti i corpi nelle vicinanze, nel nostro caso la Terra e la Luna, sia dal movimento dell'osservatore. Il risultato è che, in presenza della Luna, il campo gravitazionale che osserviamo qui sulla Terra non è più sferico, ma è allungato a forma di fuso, sia verso la Luna che nel verso opposto. Perciò, se c'è la Luna, il filo a piombo, pur puntando sempre verso la Terra, non punta più esattamente verso il suo centro, ma è inclinato in modo diverso nei vari luoghi della superficie terrestre, per quanto impercettibilmente.

Q: Ma... quindi mi stai dicendo che cambia la verticale?

A: Proprio così: la verticale è inclinata in modo diverso a seconda di dove vedi la Luna.

Accade lo stesso se, andando su una giostra di quelle con le sedie appese alle catenelle, porti con te un bicchier d'acqua: la superficie dell'acqua all'inizio è parallela al terreno, ma quando la giostra gira la superficie dell'acqua si inclina, perché la forza centrifuga cambia la tua verticale e il terreno per te non è più orizzontale.

Q: Sì... non l'ho mai fatto, ma mi pare sensato.

A: Allo stesso modo, se la presenza della Luna cambia la verticale, l'acqua del mare non sarà più orizzontale e, per quanto questa inclinazione sia impercettibile, su una superficie grande come il mare si fa sentire.

Immagina una strada dritta e lunghissima: basta che sia inclinata di poco per avere un forte dislivello tra l'inizio e la fine, no?

Q: Si certo, per esempio se è un pochino in discesa, la fine della strada sarà un po' più in basso che l'inizio.

A: Esatto. Ora, nel nostro esempio di prima, tra l'Atlantico e il Mediterraneo si estendono migliaia di chilometri di mare e l'impercettibile inclinazione del campo gravitazionale, dovuta alla presenza della Luna sopra al Mediterraneo, fa sì che quest'ultimo si trovi "più in basso" dell'Atlantico, con un dislivello dell'ordine del metro.

In altre parole: se vicino alla Terra ci metti la Luna, il mare non si trova più in orizzontale!

Q: ...vuoi dire che è "in discesa"!

A: Sì è questo che intendo; per questo l'acqua dell'oceano "scende" verso di noi innalzando il livello del nostro mare. Ed ecco spiegata l'alta marea!

Q: E dal lato opposto rispetto alla Luna?

A: La forza di gravità dal lato della Luna e la forza centrifuga dall'altro lato, cambiano la direzione del campo gravitazionale in modo opposto, cosicché, in definitiva, la superficie del mare risulta "in discesa" verso entrambe queste regioni, dove perciò l'acqua si accumula creando due zone opposte di alta marea.

Q: Perfetto. Ho solo un'ultima curiosità: perché alcune volte le maree sono molto evidenti e altre volte meno?

A: Questo succede perché l'attrazione del Sole produce anch'essa, con lo stesso meccanismo, due maree, alte circa la metà delle maree lunari.

Q: Vuoi dire che ci sono anche le "maree solari"?

A: Certo! Le maree lunari e quelle solari si sommano, o si sottraggono, a seconda delle posizioni relative tra la Terra, la Luna e il Sole, che sono sempre diverse: per questo l'altezza delle maree cambia sempre.

Q: Va bene. Sono soddisfatta! Adesso andiamo a farci questo bagno di mezzanotte, va?

A: Andiamo!

...rumore della risacca... e musica finale

FINE