Newton spiegava l'effetto di marea con la differenza di attrazione gravitazionale che un astro esercita rispettivamente sulla parte più vicina e su quella più lontana di un altro astro. Cosi` ad es. la luna determina un rigonfiamento sulle due superfici opposte della terra a causa della diversa attrazione esercitata su di esse dato che si trovano a distanze diverse da essa.

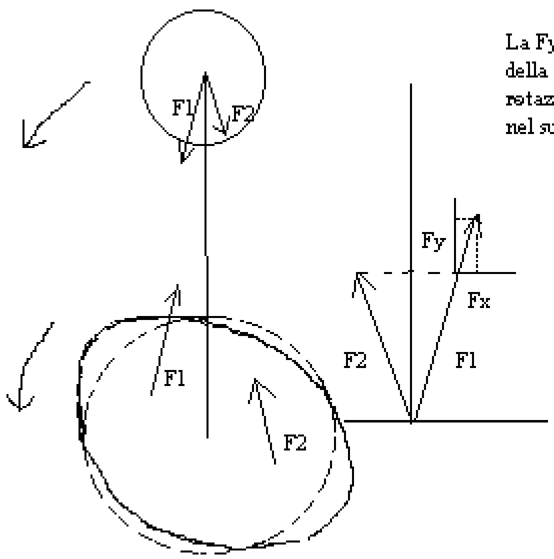
Se si effettua il calcolo di queste forze con la legge di gravità universale si osserva che l'effetto della luna è circa il doppio di quello del sole sulla terra, malgrado che l'attrazione del sole sia maggiore di quella della luna.

Questo fatto è sorprendente, eppure è facilmente prevedibile. Infatti la variazione di attrazione fra due oggetti situati a distanza r e r+dr si ottiene derivando l'espressione della gravitazione rispetto ad r :

$$\frac{dF}{dr} = - \frac{G\ M\ m}{r^3}$$

Si vede quindi che l'effetto di marea e` inversamente proporzionale al cubo della distanza tra i due astri. Pertanto applicandola con M = massa del sole, m = massa della terra e r = distanza terra-sole si ottiene un valore che è circa la metà di quello che si ottiene per il sistema terra-luna.

Se il moto di rotazione di un pianeta e il moto di rivoluzione di un suo satellite avvengono entrambi nello stesso senso come nel caso del sistema terra-luna che è antiorario per un osservatore situato dalla parte del polo nord celeste e la velocità angolare di rotazione del pianeta è maggiore della velocità angolare di rivoluzione del satellite, il rigonfiamento di marea sul pianeta si sfalsa in anticipo a causa dell'attrito e si viene a creare una distribuzione delle masse tale da determinare una coppia di forze risultante che si oppone al moto del pianeta rallentandolo nel suo moto di rotazione e accelera il satellite nel suo moto di rivoluzione.



La Fy della Terra è neutralizzata dalla analoga della Luna mentre la Fx rallenta il moto di rotazione e la Fx della Luna accelera il satellite nel suo moto di rivoluzione.

Si ha quindi un trasferimento di momento angolare e di energia dal pianeta al sistema pianeta-satellite e una perdita di energia rotazionale del pianeta per attrito.

Se la velocità di rotazione del satellite è uguale alla sua velocità di rivoluzione non si avranno altri effetti da considerare per effettuare una analisi di questo sistema.
L'energia totale del sistema e` :

$$E = \frac{1}{2} m v^2 - G \frac{M m}{R} + \frac{1}{2} I \omega_T^2$$

energia cinetica del satellite | energia potenziale del sistema | energia rotazionale del pianeta

In un sistema orbitante vale la relazione $E_c = -\frac{1}{2} E_p$

Quindi $E = -\frac{GMm}{2R} + \frac{1}{2} I\omega_T^2$ e derivando rispetto al tempo

$$\dot{E} = \frac{GMm}{2R^2}\dot{R} + I\omega_T \dot{\omega}_T \qquad 1)$$

Ora, ricordando l'espressione della velocità orbitale $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$

per la conservazione del momento angolare avremo :

$$P = I\omega_T + mR\sqrt{\frac{GM}{R}} = I\omega_T + m\sqrt{GM}R^{\frac{1}{2}} = \cos t$$

e derivando rispetto a t :

$$I\dot{\omega}_T + \frac{m}{2}\sqrt{\frac{GM}{R}}\dot{R} = 0$$

da cui $I\dot{\omega}_T = -\frac{m}{2}\sqrt{\frac{GM}{R}}\dot{R} = 0$ *)

che sostituita nella 1) da` :

$$\dot{E} = \frac{m}{2}\left[\frac{GM}{R^2} - \omega_T\sqrt{\frac{GM}{R}}\right]\dot{R} \qquad 2)$$

Quindi se $\dot{R}>0$ e $\dot{E}<0$ → $\omega_T \geq \frac{1}{R}\sqrt{\frac{GM}{R}}$

e ricordando che $\frac{1}{R}\sqrt{\frac{GM}{R}}$ è la velocità angolare orbitale della luna, la condizione $\omega_T \geq \omega_L$ pone un limite per il trasferimento di momento angolare e di energia.
e perdita di parte dell'energia ($\dot{E}<0$).

Dalla *) si ha $\dot{R} = -\frac{2I}{m}\sqrt{\frac{R}{GM}}\,\dot{\omega}_T$
condizione tra decremento nel tempo della ω_T e incremento del raggio dell'orbita lunare.

(Cosa accade se il moto di rivoluzione di un satellite avviene in senso inverso del moto di rotazione del pianeta ?)