

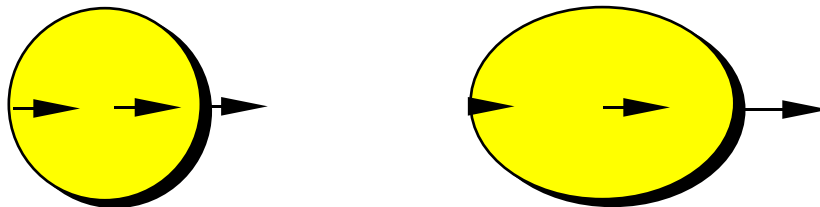
## Prílív a odliv

Prílív a odliv mora býva často správne, ale dosť povrchné, vysvetľovaný pomocou príťažlivej sily Mesiaca a Slnka. Len zriedka býva vysvetlené podrobnejšie, ako vlastne vzniká. Prečo býva prílív aj odliv dvakrát za deň? Prečo je vplyv Mesiaca viac ako dvojnásobný oproti vplyvu Slnka, keď príťažlivá sila Slnka na vodu v oceánoch je 180 krát väčšia ako sila Mesiaca? Je možné pozorovať aj “prílív pevniny” alebo “prílív atmosféry”? Existuje prílív aj na Mesiaci?

Rozhodujúca sila určujúca prílív a odliv je gravitačná sila. Už Newton ukázal, že prílivové javy vznikajú v dôsledku *rozdielu* gravitačného pôsobenia medzi Mesiacom a Zemou na opačných stranách zemegule. Táto gravitačná sila je najväčšia na tom mieste na Zemi, ktoré je najbližšie k Mesiacu, a najmenšia na mieste najvzdialenejšom od Mesiaca. To preto, lebo gravitačná sila sa s rastúcou vzdialenosťou znižuje. Pre tých, čo majú radi aj matematickú krásu, uvádzame vzťah pre gravitačnú silu  $F$  medzi dvoma hmotnými bodmi s hmotnosťami  $m_1$  a  $m_2$ :

$$F = k \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

kde  $k$  je gravitačná konštanta a  $r$  je vzájomná vzdialenosť týchto hmotných bodov.



**Obr. 1.** Balón má tvar gule, ak naňho vo všetkých miestach pôsobia rovnaké sily. Ak na jednej strane pôsobí väčšia sila ako na opačnej, tak sa v tomto smere natiahne.

Aby sme lepšie pochopili ako rozdiel v gravitačnom pôsobení na opačných stranách Zeme spôsobuje prílív, predstavme si obrovský balón. Ak máme balón, na ktorý v každom bode pôsobíme rovnakou silou, tak sa pohybuje zrýchlene v smere sily. Ak ho však na jednej strane ťaháme väčšou silou ako na druhej, tak sa deformuje a mení sa na elipsoid, pričom sa pohybuje so zrýchlením spôsobeným strednou silou (obr.1). A presne to sa stane aj so zemeguľou. Zrýchlenie, ktoré pôsobí uprostred Zeme je dostredivé zrýchlenie k ťažisku sústavy Zem – Mesiac a spôsobuje otáčanie Zeme okolo tohto ťažiska. Vydutie zemegule je pozorovateľné hlavne v oceánoch, kde na najbližšom a najvzdialenejšom mieste k Mesiacu

dosahuje priemerne 1 – 2 metre nad strednú úroveň oceánu. Pretože Zem sa otočí okolo svojej osi raz za deň, určité miesto na Zemi sa počas tohto dňa ocitne dvakrát v oblasti prílivu a dvakrát v oblasti odlivu (obr.2). Odliv nastáva 6 hodín po prílive, keď sa Zem pootočí o  $90^\circ$ . Voda, ktorá chýba na miestach odlivu je v miestach prílivu, pri odlive je vodná hladina je 1 – 2 metre pod priemernou úrovňou oceánu. Čo sa týka periodicity prílivov, presnejšie by sme mali hovoriť o cykle 24 hodín a 50 minút, lebo aj Mesiac sa pohybuje, a tak sa ocitne na rovnakom mieste oblohy s takýmto časovým intervalom. Preto sa príliv neobjavuje na tom istom mieste každý deň v rovnakom čase.



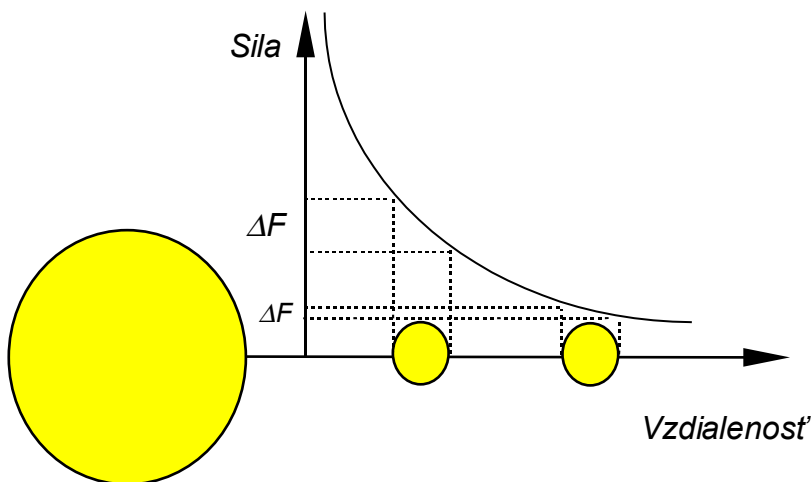
**Obr. 2.** Dve prílivové výdute ostávajú relatívne nemenné vzhľadom na Mesiac.

Zem sa však otočí raz za deň.

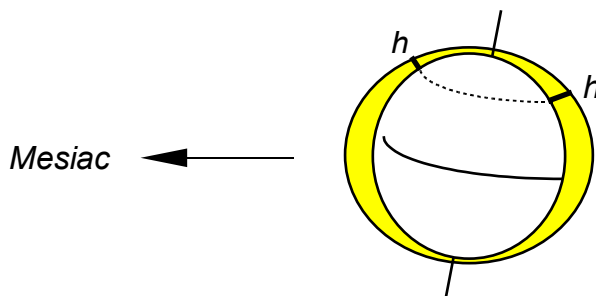
Vplyv Slnka na príliv je menej ako polovičný voči vplyvu Mesiaca, lebo rozdiel gravitačného pôsobenia Slnka, ktoré je veľmi ďaleko, je na protiľahlých stranách zemegule veľmi malý (obr.3). Tento rozdiel je len 0,017% z príťažlivej sily Slnka v porovnaní so 6,7% z príťažlivej sily Mesiaca. A hoci je celková gravitačná sila Slnka väčšia asi 180 krát oproti gravitačnej sile Mesiaca, celkový vplyv Slnka je len  $180 \times 0,017\% = 3\%$ , t.j. menej ako polovica vplyvu Mesiaca.

Keď sú Zem, Mesiac a Slnko na jednej priamke, vplyvy síl Slnka a Mesiaca sa spočítajú. Preto bývajú v čase splnu alebo novu Mesiaca prílivy silnejšie. Navyše Mesiac aj Zem sa pohybujú po eliptických dráhach, a ich vzájomné vzdialenosti sa menia, čo výrazne ovplyvňuje výšku prílivov. Preto sú prílivy najväčšie, keď sú súčasne Mesiac aj Slnko čo najbližšie k Zemi a na jednej priamke so Zemou. Ak je Mesiac v prvej alebo tretej štvrti, prílivové výdute od Slnka a Mesiaca sa čiastočne rušia a príliv je najslabší.

**Obr. 3.** Graf závislosti príťažlivej gravitačnej sily  $F$  od vzdialenosti  $r$ . Čím väčšia je vzdialenosť planéty od Slnka, tým menší je rozdiel gravitačných síl  $\Delta F$  na opačných stranách planéty, a teda aj tým menší bude prílív.



Spomenieme tu ešte dva činitele ovplyvňujúce veľkosť prílívov. Jeden súvisí so sklonom zemskej osi voči rovine ekliptiky, čo spôsobuje nerovnakú výšku prílívu na tom istom mieste počas jedného dňa (obr.4).



**Obr. 4.** Pre miesto na severnej pologuli je ukázané, že sklon osi rotácie Zeme voči rovine pohybu Mesiaca spôsobuje rôznu výšku  $h$  dvoch nasledujúcich prílívov.

Druhý súvisí s tým, že naše vysvetlenie je značne zjednodušené. V skutočnosti prítomnosť pevniny a vnútorné trenie vo vode situáciu komplikujú. V mnohých oblastiach sa prílivové vlny rozpadajú na malé "oblasti krúženia", podobné tým, ktoré vznikajú po naklonení vaničky s vodou. Preto je možné pozorovať prílív aj omnoho neskôr ako je Mesiac v zenite. Sklon a členitosť pobrežia zase ovplyvňujú výšku prílívov, ktoré môžu dosahovať na niektorých miestach (napríklad vo Fundskom zálive v severnej Kanade) až 15 metrov.

Vplyvom gravitačných síl dochádza aj k "prílívu a odlívu" pevniny. Naša planéta Zem totiž nie je pevná tuhá guľa, ale skôr roztavená žeravá tekutina pokrytá tenkou vrstvou zemskej kôry. Podobne ako hladina oceánu stúpa a klesá aj pevný povrch zemskej kôry dvakrát za deň až o štvrt' metra! Aj preto býva o niečo väčšia pravdepodobnosť výskytu sopečných erupcií a zemetrasení pri veľkých prílívoch – v dobe splnu alebo novu.

Podobne dochádza aj k prílívu a odlívu v atmosfére. Najlepšie to možno pozorovať v hornej vrstve atmosféry, v ionosfére, ktorá pozostáva z elektricky nabitých atómov. Prílíkové javy ionosféry spôsobujú vznik elektrických prúdov, ktoré menia magnetické pole okolo Zeme. Magnetické pole reguluje množstvo kozmického žiarenia dopadajúceho na povrch Zeme, a to zas ovplyvňuje jemné zmeny v správaní živých tvorov. V čase najväčších prílívov a odlívov v atmosfére – počas splnu alebo novu, sa mení ochranná vrstva atmosféry od najhrubšej po najtenšiu počas šiestich hodín. Všimli ste si, že sa niektorí vaši priatelia vtedy správajú zvláštne?

Trecie sily pri pohybe vody počas prílívov a odlívov taktiež spôsobujú postupné spomaľovanie rotácie Zeme okolo vlastnej osi. Časť pôvodnej rotačnej energie sa tak postupne mení na iné formy energie (napríklad deformačnú alebo tepelnú). Týmto sa rýchlosť rotácie Zeme spomaľuje asi o jednu tisícinu sekundy za storočie.

Napokon, prílíkové výdute možno pozorovať aj na Mesiaci. Avšak vzhľadom na to, že hmotnosť Zeme je asi 81 krát väčšia ako hmotnosť Mesiaca, bolo spomaľovanie Mesiaca výraznejšie a rotácia Mesiaca voči Zemi sa už vlastne zastavila. Teraz je perióda rotácie Mesiaca okolo jeho vlastnej osi rovnaká ako perióda otočenia okolo Zeme (27,3 dňa). Preto sa oblasti prílívu na povrchu Mesiaca nepohybujú a vidíme zo Zeme stále tú istú privrátenú stranu Mesiaca.

#### Použitá literatúra:

1. Paul G. Hewitt: Conceptual Physics, Harper Colins Publishers, San Francisco, 1989, str. 146 -149