

Slapové jevy – příliv a odliv

Pojmy příliv a odliv, souborně nazývanými slapové jevy, označujeme periodické zdvihání a klesání mořské hladiny oproti průměrné poloze hladiny ve světových oceánech.

Příčiny vzniku

Slapové jevy jsou důsledkem deformace povrchu oceánu vlivem sil kterými na vodní masu působí nebeská tělesa, v případě Země především Měsíce a Slunce.

Při zdvihání a klesání hladiny se linie břehu zvolna posouvá směrem k pevnině a od pevniny. Účinky přílivu poznají u moře již malé děti, když jim moře zničí hrady z písku, vybudované během odlivu na pláži. Příliv a odliv jsou natolik důležité jevy, že se o jejich průběhu již několik set let vedou podrobné záznamy v téměř každém přístavu. V jazycích přímořských států lze nalézt mnoho příkladů, kde slova označující tento děj přešla do každodenního jazyka. U nás se přeje „dobrý vítr do plachet“ nebo se o někom říká, že „jde proti větru“, Angličané místo toho přejí „dobrý příliv“ (good tidings) a nebo tvrdí, že dotyčný se dere proti přílivu (goes against the tide).

Lidé sledují příliv a odliv nepochybně již od dob, kdy začali osidlovat pobřežní oblasti kontinentu. Nejstarší písemné záznamy o tomto jevu pochází od Herodota, který svá pozorování konal ve Středoziemní moři v roce 450 před naším letopočtem. I dávní mořeplavci věděli o existenci nějakého vztahu mezi přílivem a odlivem a cyklem Měsíce, neboť oba jevy se opakují podobným cyklickým způsobem. Správné vysvětlení těchto jevů však podal až Isaac Newton (1642-1727), když formuloval obecný gravitační zákon.

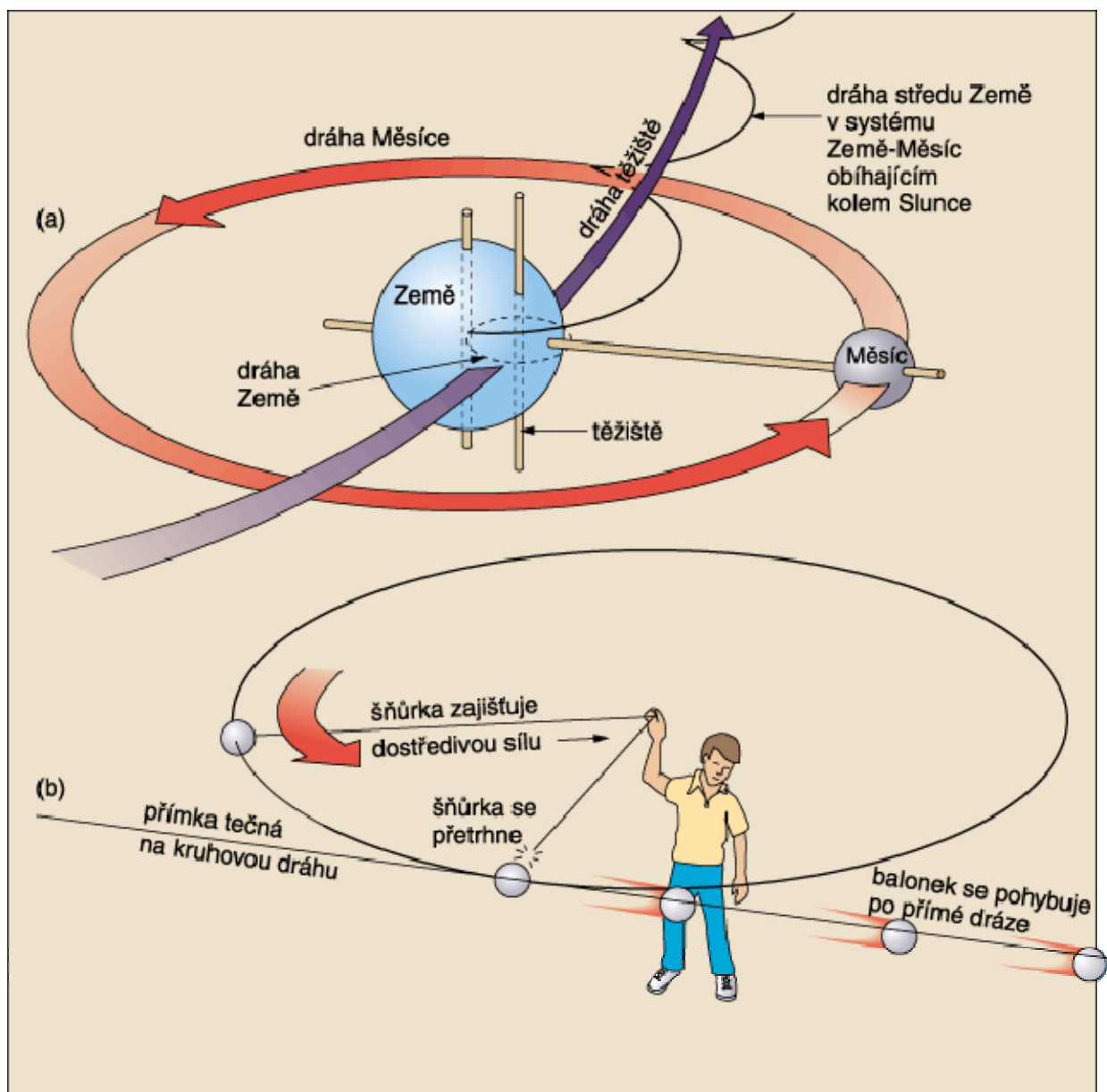
Ačkoliv může být studium slapových jevů velmi složité, v podstatě se jedná o velmi dlouhé a pravidelné vlny na mělčinách. Jejich vlnové délky čítají tisíce kilometrů a jejich výšky mohou dosáhnout až patnácti metrů. Slapové jevy jsou způsobeny gravitační přitažlivostí Slunce a Měsíce působící na každou částičku mořské vody, od hladiny až po oceánské dno.

Vznik přílivu a odlivu

Slapové jevy jsou v podstatě důsledkem sil působících na Zemi, jejichž příčinou jsou gravitace a vzájemný pohyb Země, Měsíce a Slunce.

Síly způsobující příliv a odliv

Newtonova práce popisující síly, které v systému Země – Měsíc – Slunce působí, vedla k prvnímu pochopení projevů přílivu a odlivu. Je dobře známo, že gravitace udržuje Slunce, Měsíc a planety pohromadě. Většina z nás ve škole slyšela, že „Měsíc obíhá kolem Země“, ale skutečnost není zase tak jednoduchá. Dvě tělesa spíše rotují kolem společného těžiště (středu hmotnosti obou těles), jež se nachází uvnitř Země, asi 1600 kilometrů pod zemským povrchem (obr. 1a).



Obr. 1

Rotace systému Země – Měsíc

(a) Střed těžiště systému Země – Měsíc se pohybuje po téměř kruhové dráze kolem Slunce.

(b) Přivážeme-li balónek na šňůrku a roztočíme nad hlavou, bude se pohybovat po kruhové dráze, neboť na něj prostřednictvím šňůrky bude působit dostředivá síla. Pokud se šňůrka přetrhne, balónek odletí po přímé dráze tečné na kruhovou dráhu.

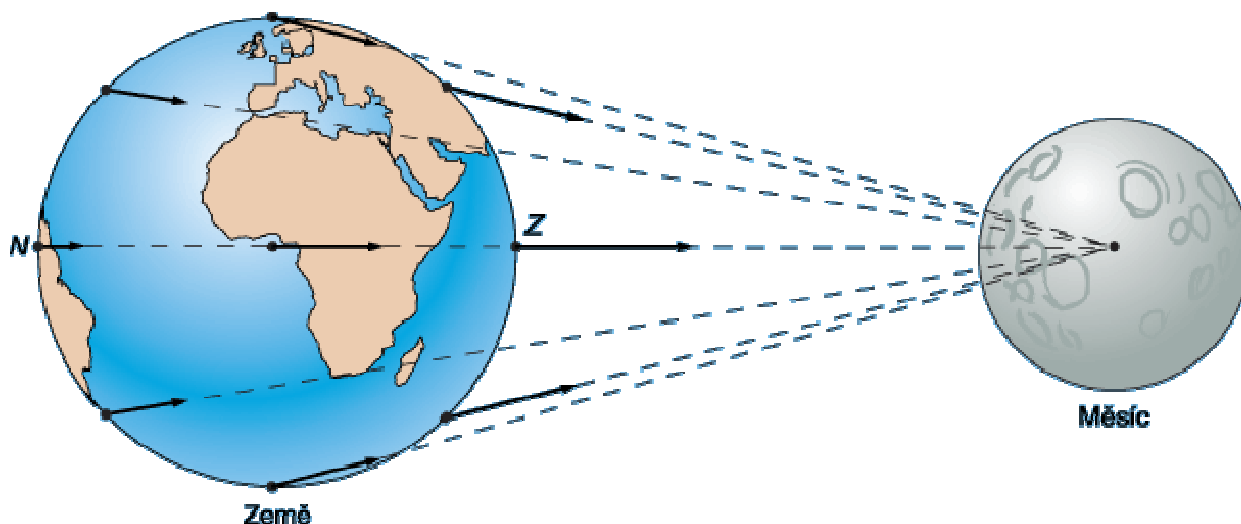
Můžeme si to představit jako kladivo vržené do prostoru a rotující při letu kolem rovnovážného bodu, který se nachází blízko hlavy kladiva. Obě nebeská tělesa v systému Země – Měsíc se pohybují po drahách určených gravitací, v nichž setrvávají ve víceméně stejné vzdálenosti od sebe, a jejich vzájemný pohyb zabraňuje srážce. Gravitace rovněž přitahuje každou částičku vody k Měsíci i ke Slunci, čímž zapříčiňuje vznik přílivu a odlivu.

Gravitační a dostředivé síly v systému Země – Měsíc

Abychom porozuměli jak slapové síly na oceán působí, musíme si napřed ujasnit, jak v systému Země – Měsíc působí gravitační a dostředivé síly na pozemská tělesa (vliv Slunce v tuto chvíli zanedbáme).

Gravitační sílu odvozujeme od Newtonova zákona všeobecné gravitace, který říká, že každé hmotné těleso ve vesmíru působí přitažlivě na ostatní hmotná tělesa. Dvě tělesa se přitahují silou, jež je přímo úměrná součinu jejich hmotností a nepřímo úměrná druhé mocnině jejich vzdálenosti. Můžeme říct, že pokud vzroste hmotnost tělesa, pak se zvětší i gravitační síla, kterou působí. Objekty s velkou hmotností, jako například Slunce, proto vytvářejí silné gravitační pole. Druhým významným faktem je, že pokud se zvětší vzdálenost od objektu, pak se jeho gravitační přitažlivost prudce sníží.

Gravitační přitažlivost se mění se čtvercem (druhou mocninou) vzdálenosti, takže i malé zvětšení vzdálenosti mezi dvěma objekty významně sníží gravitační sílu, kterou na sebe objekty vzájemně působí. Čím větší je tedy hmotnost dvou objektů a čím jsou si blíže, tím silněji se gravitačně přitahují.



Obr. 2

Gravitační síly, kterými působí Měsíc na Zemi. Gravitační síla Měsíce působící na všechny objekty na Zemi je vyznačena šipkami. Délka šipek je úměrná velikosti síly a jejich orientace vyznačuje směr a smysl jejího působení. Vzdálenost Země – Měsíc neodpovídá měřítku.

Obrázek 2 ukazuje, jak se gravitační působení Měsíce na různá místa na Zemi mění v závislosti na jejich vzdálenosti. Nejsilnější gravitační přitažlivost (nejdelší šipka) je v bodu Z, v zenitu (nadhlavníku), který je Měsíci nejbliže. Nejslaběji působí Měsíc na bod N, kde se nachází nadir (podnožník), od Měsíce nejvzdálenější. Směr gravitačního působení mezi většinou bodů na Zemi a středem Měsíce (obr. 9-2) svírá s pomyslnou spojnicí středů Země a Měsíce nenulový úhel. Tento úhel způsobuje ve velikosti gravitačního působení mezi Měsícem a různými místy na Zemi jisté malé rozdíly.

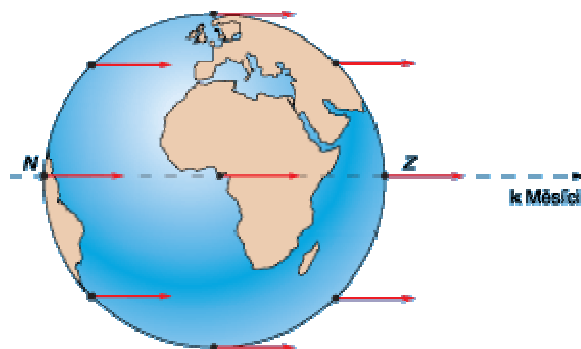
Gravitační působení mezi dvěma tělesy je nepřímo úměrné druhé mocnině jejich vzdálenosti. Slapová síla způsobující příliv a odliv je však úměrná třetí mocnině vzdálenosti mezi místem na Zemi a středem tělesa způsobujícího příliv a odliv (Slunce, Měsíc). Tato síla je sice gravitační síle podobná, ale není jí přímo úměrná.

Dostředivou sílu¹ potřebnou k tomu, aby planety zůstávaly na svých drahách, zajišťuje jejich vzájemná gravitační přitažlivost se Sluncem. Dostředivou silou k sobě jedno těleso „váže“ těleso druhé, tlačí je k sobě, „do svého středu“. Pokud například přivážeme na šňůrku balónek a roztočíme jej nad hlavou (obr. 1b), šňůrka přitahuje balónek k naší ruce. Šňůrka na něj působí dostředivou silou, snaží se jej přitáhnout ke středu jeho dráhy. Pokud by se šňůrka přetrhla, tato síla zmizí a balónek již dále nebude vykonávat kruhový pohyb, ale odlétne po přímé dráze², tečné k původní kruhové dráze (obr. 1b).

Země a Měsíc jsou také drženy pospolu – nikoli provázkem, ale gravitačními silami. Gravitace je tedy dostředivou silou, která udržuje Měsíc u Země, a stejně tak jsou díky ní udržovány planety na oběžných drahách kolem Slunce. Kdyby najednou gravitace přestala působit, planety by se rozlétly v přímých směrech tečných k jejich původní oběžné dráze. Vzhledem k tomu, že jsou však i planety drženy pohromadě gravitací, pravděpodobně by se přitom rozpadly...

Síly výsledné a síly slapové

Kvůli vzájemné rotaci Země a Měsíce se částice o stejné hmotnosti pohybují po stejných drahách (obr 3). Na každou částici by měla působit stejná dostředivá síla, aby ji udržela na kruhové dráze. Tato dostředivá síla je zajišťována gravitační přitažlivostí mezi částicí a Měsícem, ale skutečně dodaná síla je na všech místech s výjimkou středu Země jiná než síla, která by byla požadovaná, neboť gravitační přitažlivost se mění se vzdáleností od Měsíce. Tento rozdíl vytváří výsledné síly vyjádřené matematickým rozdílem mezi dvěma skupinami šipek znázorněných na obrázcích 2 a 3.

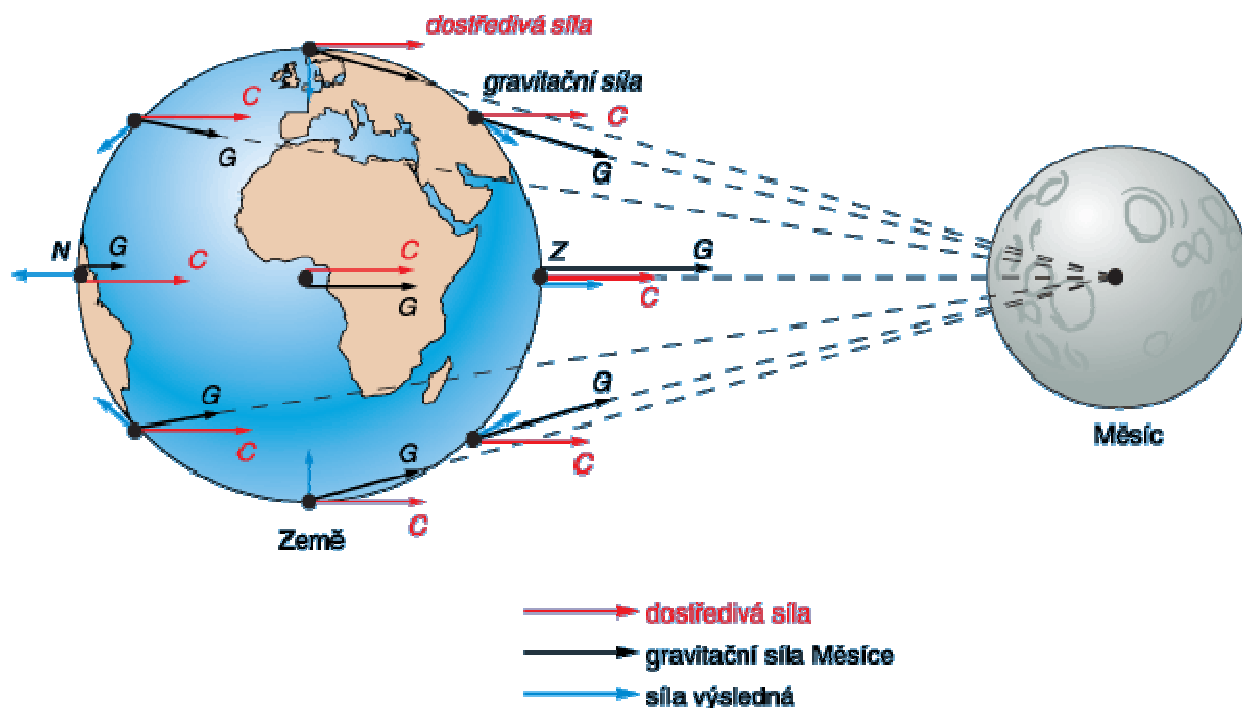


Obr. 3

Požadované dostředivé síly. Dostředivé síly, které jsou potřebné pro udržení stejně velkých částic na stejných drahách v soustavě Země – Měsíc, rotující kolem společného těžiště. Všimněte si, že šipky mají stejnou velikost a směr. Bod Z označuje zenit (nadhlavník), bod N nadir (podnožník).

Obrázek 4 oba předchozí obrázky spojuje, aby osvětlil, jak výsledné síly vznikají z rozdílu mezi požadovanou hodnotou dostředivé síly (C) a skutečnou silou gravitační (G). Nemůžeme si však myslet, že na Zemi obě tyto „síly“ skutečně působí. Hodnota

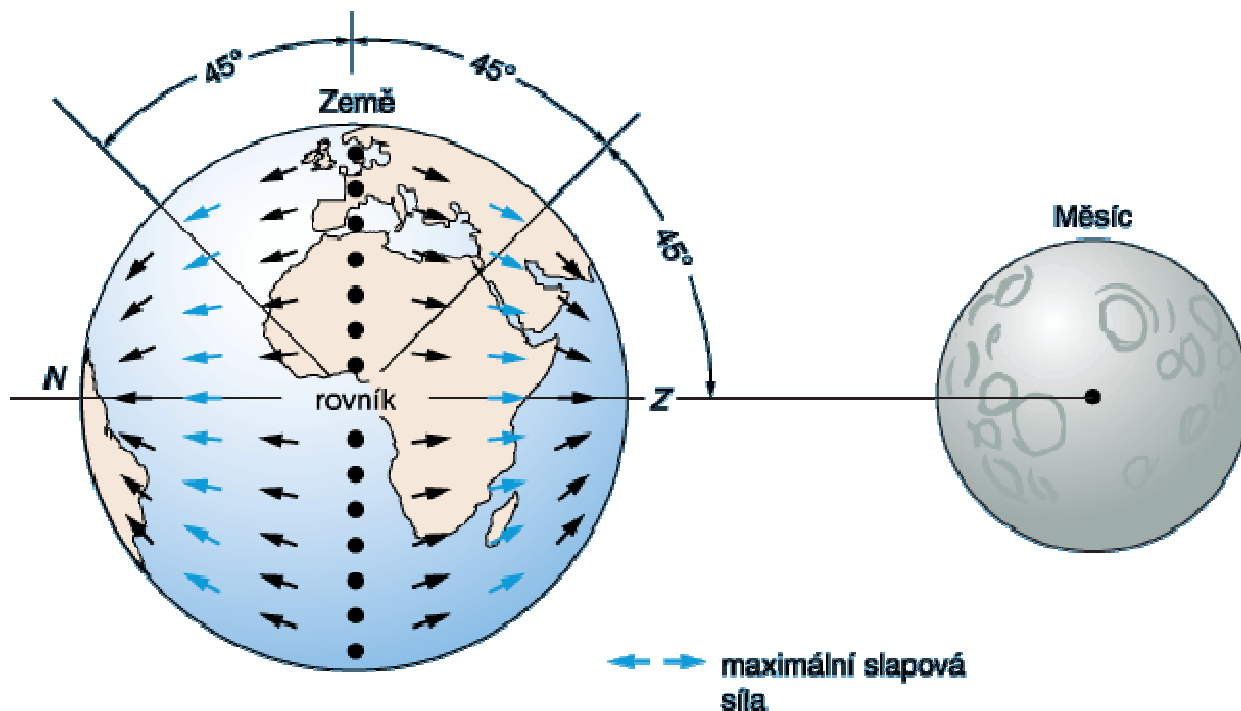
požadované dostředivé síly je pouze myšlená, tato síla by byla nutná, aby se bod mohl pohybovat po dokonalé kružnici. Gravitační síla (G), kterou Měsíc na tyto body ve skutečnosti působí, se od hodnoty (C) liší. Směr a velikost výsledné síly (modré šipky) lze zkonstruovat narysováním úsečky začínající ve špičce šipky označující požadovanou sílu dostředivou (červeně) a končící ve špičce šipky znázorňující sílu gravitační (černě). Tato síla však působí v bodě, ze kterého obě šipky (jak červená, tak černá) vycházejí, a proto musíme její počátek umístit právě tam.



Obr. 4

Výsledné síly. Červené šipky označují hodnotu požadované dostředivé síly (C), která není totožná s černými šipkami vyznačujícími sílu gravitační (G). Malé modré šipky označují rozdíly hodnot skutečně působící a požadované síly. Bod Z označuje zenit (nadhlavník), bod N nadir. Vzdálenost Země – Měsíc ani skutečná velikost sil neodpovídají měřítku.

Výsledné síly jsou malé, průměrně dosahují jedné miliontiny velikosti gravitační síly Země. Když je výsledná síla kolmá na zemský povrch, což je případ zenitu a nadiru (orientovaná nahoru) a všech bodů ležících na „rovníku“ na polovině cesty mezi těmito dvěma body (kde je orientovaná dolů), nemá na tvorbu přílivu a odlivu žádný vliv (obr 5). Pokud má ovšem výsledná síla i horizontální složku (tečnou k povrchu Země), vyvolává na Zemi dmутí vodní hladiny způsobené silami zvanými síly slapové. Tyto síly jsou velmi malé. Svého maxima na zemském povrchu dosahují v oblastech ležících na 45° „zeměpisné šířky“ vzhledem k „rovníku“ mezi zenitem a nadirem, to znamená v první a ve třetí čtvrtině cesty mezi těmito dvěma body (obr. 5).



Obr. 5

Síly způsobující slapové jevy. Tam, kde výsledné síly působí kolmo na zemský povrch, je výsledná slapová síla rovna nule. Tento případ nastane v zenitu (Z) a nadiru (N) a podél „rovníku“ na polovině cesty mezi těmito dvěma body (černé tečkování). Tam, kde horizontální složka výsledné síly není nulová, způsobuje slapové jevy. Pokud si představíme zenit a nadir jako „póly“, pak dosahují slapové síly maxima vždy v polovině vzdálenosti mezi nimi a jejich „rovníkem“, to znamená na 45. stupni „zeměpisné šířky“ mezi nimi (modré šipky). Vzdálenost Země – Měsíc neodpovídá měřítku.

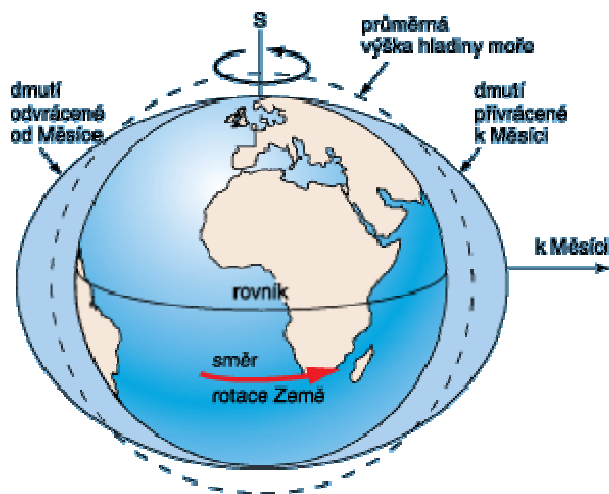
Síly způsobující příliv a odliv tlačí vodu do dvou „vyboulení“ – přílivových vln: jedna se nachází v zenitu orientovaná směrem k Měsíci, druhá je na opačné straně Země (v nadiru) orientovaná směrem od Měsíce (obr. 6). Na straně přivrácené k Měsíci se dmutí vytvoří, neboť hodnota gravitační síly je větší než potřebná síla dostředivá. Na odvrácené straně Země se dmutí vytvoří, protože zde hodnota požadované dostředivé síly převyšuje skutečnou sílu gravitační. Ačkoliv jsou síly na obou stranách Země opačně orientované, výsledné síly mají stejnou velikost, takže i dmutí jsou si rovna.

Příliv a odliv se projevují v důsledku nerovnosti mezi požadovanou dostředivou a skutečnou gravitační silou, která na Zemi působí. Tento rozdíl má za následek existenci zbytkových sil, jejichž horizontální složky vzdouvají vodu oceánů do dvou vyboulenin (dmutí), nacházejících se na protějšcích stranách Země.

Dmutí: vlivy Slunce

Příliv a odliv jsou rovněž ovlivňovány Sluncem. Stejně jako Měsíc zapříčiňuje i Slunce dmutí na opačných stranách Země. Jedno dmutí je orientováno směrem ke Slunci, druhé je orientováno opačně. I když je Slunce mnohem hmotnější než Měsíc, je od Země mnohem vzdálenější, a proto jsou dmutí způsobená Sluncem (solární

dmutí) o více než polovinu menší než dmutí způsobená Měsícem – dosahují pouze 46 % jejich hodnoty. Měsíc má tedy na příliv a odliv daleko větší vliv než Slunce.



Obr. 6

Idealizovaná slapová dmutí. V ideálním případě způsobuje Měsíc na oceánu vznik dvou dmutí: jedno směrem k Měsíci, druhé směrem od Měsíce. Jak se Země otáčí kolem své osy, mění se místa působení slapových sil, takže se do oblastí dmutí postupně dostávají různá místa na povrchu Země – lze si představit, že dmutí jsou nehybná, zatímco Země se pod nimi otáčí. Za ideálního stavu by se za jeden den měly vystřídat na všech místech na Zemi s výjimkou pólů dva přílivy a odlivy.

Zdroje:

<http://www.wikipedia.cz>

<http://www.stranypotapecske.cz>

<http://planety.astro.cz>