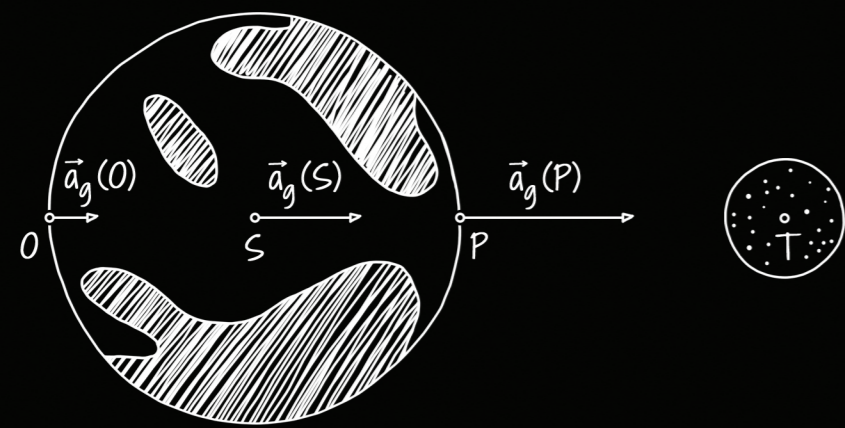


# SLAPOVÉ JEVY

## JAK VZNIKAJÍ SLAPOVÉ SÍLY?



Na obrázku nahoře je patrné, že předměty umístěné blízko Měsíce jsou urychlovány více nežli předměty vzdálenější. To je v souladu s Newtonovým gravitačním zákonem, který závislost na vzdálenosti objasňuje. Mezi vyznačenými gravitačními zrychleními tedy platí:

$$a_g(O) < a_g(S) < a_g(P).$$

Nyní na jednotlivá zrychlení nahlédneme ze středu Země, tj. z bodu S. Pozorovatel, který by se v zemském středu nacházel, by sledal, že předměty v bodě P se vůči němu vzdalují se zrychlením

$$a_s(P) = a_g(P) - a_g(S),$$

keré nazveme slapovým zrychlením.

Předměty umístěné v bodě O se sice k pozorovateli pohybují se zrychlením  $a_g(O)$ , nicméně pozorovatele nikdy „nedostihnou“, jelikož samotný pozorovatel disponuje větším zrychlením totožného směru. Pozorovatel vnímá situaci tak, že tyto předměty se od něho vzdalují se slapovým zrychlením

$$a_s(O) = a_g(S) - a_g(O).$$

Země tvoří pevný celek a všem jejím bodům lze přiřadit stejné zrychlení  $a_g(S)$ . V opačném případě by planeta nadržela pohromadě. Předměty v bodech O a P jsou tak slapově urychlovány nejen vůči středu Země, ale i vůči zemskému povrchu. Celou situaci znázorňuje obrázek dole.

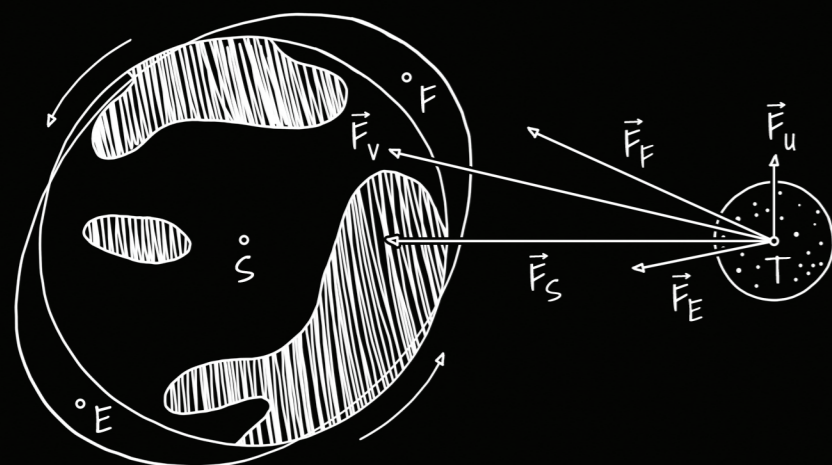
Síly, které na základě těchto zrychlení vznikají, nazýváme slapové.



## VZDALOVÁNÍ MĚSÍCE

Měsíc se od Země vzdaluje podobnou rychlostí, jako rostou lidské nehty. Důvodem jsou slapové síly.

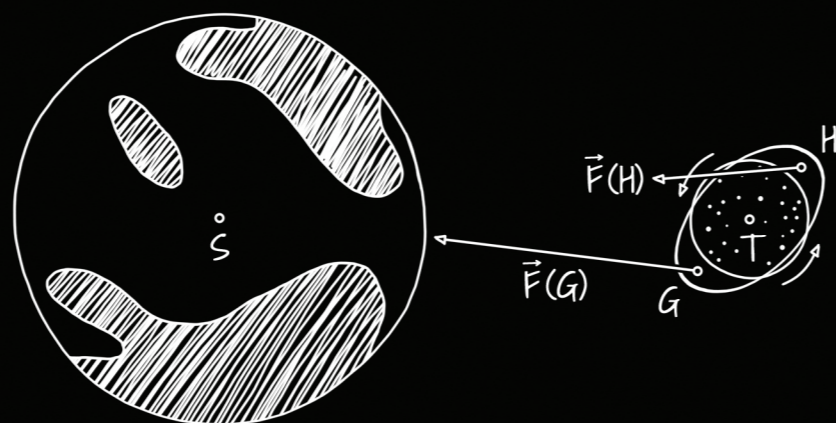
Oceány pokrývající Zemi, nejsou dokonale tekuté. Země během své rotace unáší slapově deformované oceány s sebou a jejich natáčení směrem k Měsíci se děje s určitým zpožděním (viz obrázek). Důsledek je takový, že výsledná síla  $\vec{F}_v$ , kterou výdutě přitahují Měsíc, nesměřuje přímo do středu Země. Rozložíme-li tuto sílu tak, aby jedna její složka do zemského středu směřovala, zjistíme, že existuje jistá urychlující síla  $\vec{F}_u$ , která má tečný směr k orbitě Měsíce. Právě tato síla způsobuje vzdalování Měsíce od Země.



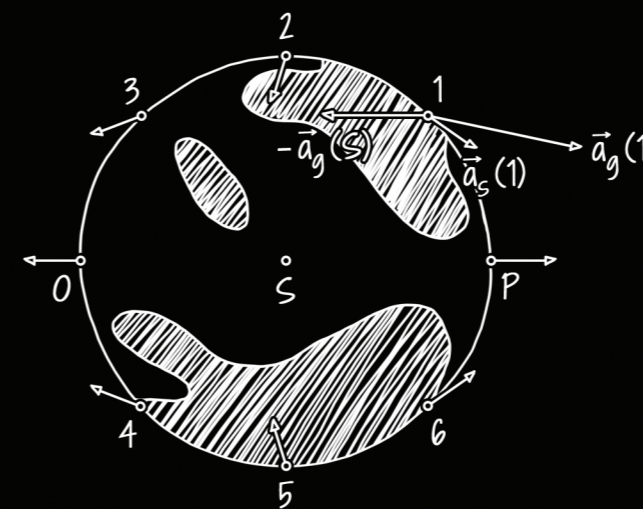
## VÁZANÁ ROTACE MĚSÍCE

Měsíc již mnoho let ukazuje lidem na Zemi pouze jednu ze svých polokoulí. To je způsobeno tím, že během jedné otáčky kolem Země vykoná právě jednu rotaci kolem své osy. Proč tomu tak je?

Podobně jako na Zemi také na Měsíci vznikají slapové výdutě. V době, kdy Měsíc rotoval kolem své osy rychleji než nyní, docházelo i zde k jejich opožděnému natáčení (viz obrázek). Síly, kterými Země přitahovala výdutě, tedy měly rozdílnou velikost i směr. Zaměníme-li Měsíc za dvojitou páku, jejíž ramena tvoří úsečky HT a TG, rychle nám dojde, že taková páka nebyla v rovnováze, ale měla tendenci se otáčet proti směru měsíční rotace. Úhlová rychlost Měsíce počala klesat, až došlo k její synchronizaci s oběžnou dobou. Vznikla vázaná rotace.



## PŘÍLIV A ODLIV



Chceme-li popsat slapová zrychlení i na jiných místech Země, je nutné předchozí úvahy chápat vektorově. Odvození ovšem bude obdobné jako v bodech P a O.

Slapové zrychlení pro libovolný bod X, je dáno rozdílem gravitačních zrychlení v bodech X a S, tentokrát však vektorovým:

$$\vec{a}_s(X) = \vec{a}_g(X) - \vec{a}_g(S).$$

Tuto operaci lze hezky graficky ilustrovat doplněním na rovnoběžník, jak je naznačeno v bodě 1 na výše uvedeném obrázku.

Pro objasnění přílivu a odlivu jsou klíčová slapová zrychlení v bodech 1, 3, 4 a 6. Slapové síly, které díky nim vznikají, způsobují odtok vody z bodů 2 a 5 a přítok vody do bodů O a P. V bodech 2 a 5 hladina oceánu klesá a v bodech O a P stoupá. Vzniká příliv a odliv.

Země je spolu s výdutěmi formována do tvaru elipsoidu. Půdorys této situace, je znázorněn na obrázku dole.

Z obrázku je dále patrné, že příliv, resp. odliv, vzniká na dvou místech Země současně. Jelikož se Země během jednoho dne otočí právě jednou, pozorujeme v průběhu dne na jednom místě Země dva přílivy a dva odlivy.



## OSTATNÍ DŮSLEDKY SLAPOVÝCH SIL

- Podobně jako Země zpomaluje rotaci Měsíce, zpomaluje také Měsíc rotaci Země. Během jednoho století dochází k prodloužení pozemského dne o 1,7 ms.
- Fyzikální modely dokazují, že každý systém dvou a více těles dospěje dříve nebo později do stavu vázané rotace. Nepřímým důkazem jsou desítky objektů Sluneční soustavy, které rotují vázaně: Phobos, Deimos, Io, Europa, Ganymed, Callisto, Titan, Charon, Pluto a další.
- Měsíc lo obíhá kolem Jupiteru v podobné vzdálenosti jako náš Měsíc, avšak hmotnost mateřské planety je asi 300krát větší než hmotnost Země. Podpovrchové vrstvy měsíce jsou tak díky silným slapům uváděny do pohybu a vlivem tření dochází k jejich zahřívání a tavení. To souvisí s bohatou vulkanickou aktivitou na měsíci Io.
- Další Jupiterův měsíc, Europa, je pokryt obrovským zamrzlým oceánem. Předpokládá se, že slapové síly tento oceán zahřívají a vytváří tak vhodné prostředí pro primitivní život.
- Černá díra je extrémně hmotný objekt generující gravitační pole s obrovskou intenzitou. Tělesa v její blízkosti jsou vlivem slapových sil silně deformována a za jistých podmínek může dojít až k jejich roztržení. Jako analogii lze uvést natahování žvýkačky, která od určitého okamžiku přestává držet pohromadě.