

1. Hvad er årsagen til tidevand

Tidligere lærte man i (folke)skolen, at tidevandseffekten skyldes månens tiltrækningskraft på verdenshavene, idet tiltrækningskraften på den side af jorden, der vender mod månen, er stærkere end den side, der vendte bort fra månen.

Idet tiltrækningskraften aftager med kvadratet på afstanden mellem de to legemer, vil vandet på den side, der vender mod månen, mærke en større tiltrækningskraft, og der vil forståeligt nok komme en bule, der giver højvande. Mere overraskende er det, at det samme vil ske på den modsatte side af jorden, men dette skyldes derimod den svagt formindskede centripetalkraft, så vandet "slynges ud".

Dette bliver engang imellem formuleret som at: "vandet slynges ud på grund af centrifugalkraften". Centrifugalkraften er jo ikke en fysisk kraft, men skyldes fraværet af en centripetalkraft til at opretholde en krum bevægelse.

Da jorden roterer en omgang i døgnet, skulle der efter denne simple forklaring være flod og ebbe to gange i døgnet.

At perioden ikke præcis er et døgn, skyldes månens omløb om Jorden.

Månen bevæger sig 360° på 27,3 døgn, og den bevæger sig altså $360^\circ/27,3 = 13^\circ,2$ på 1 døgn.

Ved jordens omløb, svarer 1 time til $360^\circ/24 = 15^\circ$.

Perioden bliver derfor $1 \text{ døgn} + 13,2/15 \text{ h} = 1 \text{ døgn og } 53 \text{ minutter}$.

2. Gravitationskraften fra sol og måne

Da jeg senere studerede fysik på universitet undrede det mig, at det kun skulle være månen, som var årsag til tidevandsbevægelserne, da gravitationskraften fra solen jo er langt større.

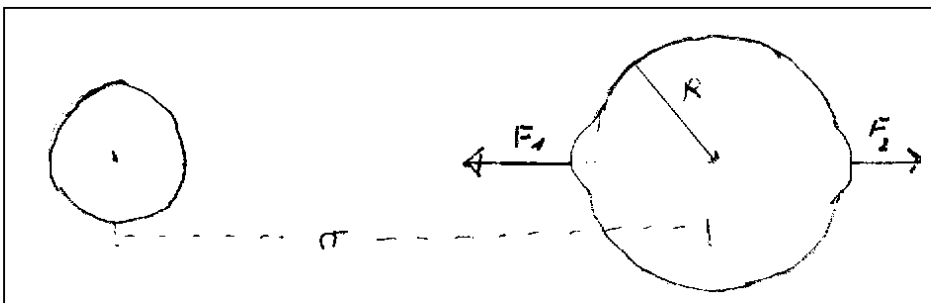
Det var dog først mange år senere, at jeg i forbindelse med undervisningen i fysik fandt tid til at sætte mig ned og lave en beregning.

For at forklare fænomenet er det nødvendigt at anvende Newtons gravitationslov.

Gravitationskraften F mellem to kugleformede legemer med masserne m_1 og m_2 , og hvor r betegner afstandene mellem deres centre, er givet ved Newtons Gravitationslov:

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

G er gravitationskonstanten $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$.



Det er ikke særlig vanskeligt, at udlede et udtryk for forskellen i centripetalkraft på forsiden og bagsiden af jorden. Lad det legeme, hvorfra gravitationskraften stammer have massen M , den massedel der påvirkes have massen m , og jordradius er R . Afstanden mellem de to legemer er r .

Vi tager udgangspunkt i gravitationsloven og opstiller herefter et udtryk for forskellen på gravitationskraften på forsiden og bagsiden af jorden.

$$\Delta F = G \frac{mM}{(r-R)^2} - G \frac{mM}{(r+R)^2}$$

Dette kan vi skrive som $\Delta F = F(r-R) - F(r+R)$.

Hvis $R \ll r$, kan vi anvende den tilnærmede formel: $\Delta f = f'(x)\Delta x$. Som da bliver $\Delta F = F'(r) \cdot 2R$

$$\text{Idet } F'(r) = -2G \frac{mM}{r^3}, \text{ får man: } \Delta F = -2G \frac{mM}{r^3} 2R = -4G \frac{mM}{r^3} R$$

Idet vi sætter månens masse $M = 7,348 \cdot 10^{22} \text{ kg}$, $R = 6,370 \cdot 10^6 \text{ m}$ og afstand jord-måne $r = 60R$. Vil dette give en forskel i acceleration,

$$\frac{\Delta F}{m} = 4 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{7,348 \cdot 10^{22}}{(60 \cdot 6,370 \cdot 10^6)^3} 6,370 \cdot 10^6 = 2,24 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$$

Selv om det i undervisningen ofte er månen, der angives som årsagen til tidevandet, så er gravitationskraften fra solen jo langt kraftigere.

Uden en beregning, kunne man derfor tro, at det i virkeligheden er solen der er hovedårsag til tidevandet. En beregning viser imidlertid, at svaret ligger stort set midt imellem.

Beregningen for solen er den samme, hvor blot M er solens masse og r betegner afstanden til solen.

Vi nøjes derfor med at beregne forholdet mellem bidraget fra solen og bidraget fra månen:

Vi anvender indeks s for solen og indeks m for månen:

$$(\text{Moon}) \quad \Delta F_m = -4G \frac{mM_m}{r_m^3} R \quad (\text{Sun}) \quad \Delta F_s = -4G \frac{mM_s}{r_s^3} R$$

Dette giver forholdet for tidevandspåvirkningen fra sol og måne.

$$\frac{\Delta F_s}{\Delta F_m} = \frac{M_s}{M_m} \frac{r_m^3}{r_s^3} = \frac{2,0 \cdot 10^{30}}{7,35 \cdot 10^{22}} \left(\frac{3,82 \cdot 10^8}{1,50 \cdot 10^{11}} \right)^3 = 0,45$$

Ifølge denne beregning, udgør solens effekt på tidevandet 45% i forhold til det, som er tilfældet for månen, hvilket er i overensstemmelse med, hvad man finder ved opslag i et leksikon.

Selv om solens masse er knap 100 millioner gange større end månens, mens afstanden til solen kun er godt 1000 gange større, så det er 3. potens af forholdet mellem radierne, der gør udslaget.