

# NYHEDER fra Fysikforlaget

Claus Thorp Hansen  
Per Boelskifte  
*Innovation i Naturvidenskab*

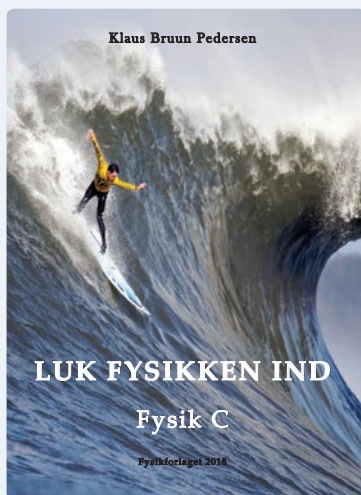
Februar 2018, 64 sider  
50 kr. (40 kr. v/10 stk.)



Klaus Bruun Pedersen

*Luk fysikken ind*  
– Fysik C

Maj 2018, 192 sider  
220 kr. (175 kr. v/10 stk.)



Lars Nyvang, Lennart Egedal Petersen  
Klaus Seiersen, Peter Frøhlich Staantum

*Hospitalsfysik*  
– stråleterapi og nuklearmedicin

Maj 2018, 180 sider  
160 kr. (130 kr. v/10 stk.)



## Tidevand – en simpel vektormodel

MADS PETER STEENSTRUP, Rysensteen Gymnasium

Vektorregning er med reformen kommet ind på alle niveauer. Her præsenteres en simpel vektormodel som kan benyttes i l.g. hvor naturfænomenet tidevand kan undersøges. Udover at give eleverne et eksempel, hvor det at bruge vektorer faktisk gør livet lettere, styrker det også modelleringskompetencen. Modellen skal helt konkret bruges til at forklare, at der er højvande og lavvande to gange i døgnet.

### Modellen

Modellen begrænser sig til Månens påvirkning på Jorden gennem Newtons tyngdelov

$$F = G \frac{m \cdot M}{d^2} \quad (1)$$

hvor kraften  $F$  er omvendt proportional med afstanden  $d$  i anden mellem to legemer med masserne  $m$  og  $M$ .

Dette er en model, vi laver for at forstå tidevandskraften. For at gøre det simpelt, ser vi stort på de rigtige afstande og masser. Vi kan derfor modellere Newtons tyngdelov som

$$\vec{F} = \frac{a}{|d|^2} \vec{e} = \frac{a}{|d|^3} \vec{d} \quad (2)$$

hvor  $\vec{e}$  er enhedsvektoren pegende mod Månen og  $a$  er proportionalitetskonstanten. Rent praktisk vil vi lave modellen i GeoGebra med følgende konstanter: proportionalitetskonstanten  $a = 200$ , afstanden fra Jordens centrum til Månen  $d = 14$  og Jordens radius  $r = 4$ . Denne skalering gør modellen let at arbejde med, og hvis man laver det i et CAS-værktøj er det let til sidst at analysere, hvad effekterne vil være af fx at ændre Månens afstand til noget mere realistisk. Den fulde model kan ses i figur 1.

### Tidevandskraften

Vores planet og alle andre himmellegemer bevæger sig rundt mellem hinanden i overensstemmelse med Newtons tyngdelov. Denne samlede bevægelse, som Jorden fx foretager omkring Solen, mærkes ikke. Vi er i det, man kalder et fritfaldssystem, og det vi kan mærke, er hvis tyngdekraften er forskellig på forskellige steder af Jorden. Det er netop, hvis vi fjerner den samlede påvirkning, vi får den del, som resulterer i tidevand.

### Definition (Tidevandskraften)

Tidevandskraften er den resulterende tyngdekraft, som en del af et legeme oplever, når tyngdekraften, som påvirker massemidtpunktet  $\vec{FC}$ , er trukket fra. Det kan skrives som  $\vec{F}_{\text{tidevand}} = \vec{F} - \vec{FC}$ , hvor  $\vec{F}$  er tyngdekraften fra det andet legeme.

### Modellering

Vi kigger først på punkterne tættest på og længst væk fra Månen, hhv.  $P_1 = (4, 0)$  og  $P_2 = (-4, 0)$ . Kraftvektorerne skrives som

$$\vec{F}_{P_1} = \frac{a}{10^2} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \vec{F}_{P_2} = \frac{a}{18^2} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Det er klart fra nævneren i ligning 3, at tyngdekraften tættest på Månen,  $P_1$ , er større end længst væk,  $P_2$ . Det kan også ses på figur 2, hvor krafterne er kaldt  $FP_1$  og  $FP_2$  og afsat med sorte vektorpile.

Hvis man følger definitionen og trækker kraftpåvirkningen fra massemidtpunktet fra, får man den blå kraftpil på figur 2. Disse viser, at kraften peger væk fra Jordens centrum både tættest på og længst væk fra Månen. Hvis modellen skal give mening, skal den jo også kunne give lavvande. I punkterne  $P_3$

og  $P_4$  på figur 2 ses det, at tidevandskraften netop her peger ind mod Jordens centrum. Alt dette kan selvfølgelig regnes i hånden, men jeg vil mene, at forståelsen for hvad der foregår er større, hvis det også bliver visualiseret.

### Resultater

Modellen viser, at tidevandskraften vil give højvande på to sider af Jordens centrum. Det beskriver netop, at vi oplever højvande to gange i døgnet, når Månen er tættest på, og når den er længst væk, mens der er lavvande midt mellem.

Resultatet skyldes altså kun, at kraften aftager med afstanden, og hverken Jordens hældning eller effekter af Jordens rotation som corioliskraften er nødvendig for at modellere tidevand.

En lidt mere grundig inspektion af figur 2 rejser to spørgsmål. Er tidevandskraften størst tættest på Månen, og peger kraftvektorerne faktisk væk fra Månen ved lavvande i punkterne  $P_3$  og  $P_4$ ? Dette og det væsentlige spørgsmål, om modellen giver samme resultat med realistiske afstande og masser, bør undersøges.

Det er heldigvis ikke så svært, når modellen er lavet i GeoGebra eller lignende. Prøv selv at forøge afstanden til Månen og skalér kraftpåvirkningen, så resultaterne bliver synlige.

Figur 1  
Model af Jordens, Månen og tidevandet.  
Størrelsesforholdet passer bestemt ikke.

