

# De tykke er de hurtigste

Af Ole Witt-Hansen, Køge Gymnasium.

For et par år siden havde jeg en behagelig meningsudveksling med DTU, om hvorvidt de gymnasielærere, der underviste i fysik, forstod at anvende Newtons 2. lov korrekt og især, hvorvidt de forstod det begrebsmæssige indhold af "Den resulterende kraft". Jeg vil godt medgive, at jeg var ret påståelig, idet jeg mente, at naturligvis gjorde de det. Udsagn fra de nye studerende på DTU er ikke altid det mest bibelfaste udtryk for, hvad der faktisk er foregået i timerne i gymnasiet. Men sådan skal det jo være!

Nogen oplevelser her i foråret har imidlertid bragt mig i tvivl om, hvorvidt jeg faktisk forløb mig dengang, og at jeg måske skylder DTU en undskyldning.

I foråret havde vi en matematiklærer nede på mit gymnasium for at fortælle om tværfaglige projektfølber i 1g.

Et af projekterne var "Risikovurdering for større kernekraftværker" med udgangspunkt i ulykken på *Three Mile Island* i 1979. Matematiklæreren forklarede, at man ved sandsynlighedsberegningerne ikke havde taget højde for afhængige/uafhængige hændelser, og at det var en af årsagerne til, at man havde vurderet tingene forkert. Ganske vist behersker eleverne ikke på dette tidspunkt sandsynlighedsregning – og slet ikke betingede sandsynligheder – men her kom matematiklæreren så ind og leverede dem den rigtige konklusion på projektet.

Jeg var næsten målløs. Her har jeg troet, at risikovurdering af kernekraftværker var noget man overlod til professorer i statistik, højt uddannede og specialiserede ingeniører, ledsaget af logikprogrammering på meget højt niveau, og så var det i virkeligheden noget, man kunne lave som projekt i 1g.

Men det er nu ikke pointen. Så mens man kunne klare sikkerhedsproblematikken omkring A-kraftværker, så nævnte han en anden ting, idet han hævdede, at han aldrig havde kunnet få nogen fysiklærere til at svare på, hvorfor en tung

person vil overhale en lettere person, når de kører ned ad en bakke på cykel. Dette mente han (helt korrekt) ikke var i overensstemmelse med Gallileis faldlove.

Hvis det første eksempel havde bragt mig lidt i vildrede med hvilket fagligt niveau, vi befandt os på, så var min forvirring nu total.

For det er fuldstændigt elementært, at luftmodstanden er proportional med tværsnitsarealet af et legeme og ikke med massen af legemet, og at afhængigheden af formen af legemet kun lader sig udregne for en kugle (Stokes lov), som yderligere kun gælder for laminar strømning, som er helt urealistisk for luftmodstand blot ved moderate hastigheder.

En almindelig (men ikke helt korrekt) antagelse er, at  $F_{\text{luft}} = -\gamma \cdot A \cdot v^2$ , hvor  $A$  er tværsnitsarealet,  $v$  er farten og  $\gamma$  er en proportionalitetskonstant. Og så vender vi tilbage til Newtons 2. lov for bevægelse på et skråplan med hældning  $\alpha$ , og hvor gnidningskraften i lejer mv. antages at være proportional med normalkraften med proportionalitetskoefficienten  $\mu$ . Vi finder da som sædvanlig:

$$F_{\text{res}} = m \cdot a \text{ og} \\ F_{\text{res}} = m \cdot g \cdot \sin(\alpha) - \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos(\alpha) - \gamma \cdot A \cdot v^2$$

Hvorefter man bestemmer accelerationen ved at dividere med massen  $m$ .

$$a = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha - \gamma \frac{Av^2}{m}$$

Under den antagelse, at der ikke er nævneværdig forskel på tværsnitsarealet af de to personer, kan man se, at den deceleration, luftmodstanden er årsag til, er omvendt proportional med massen af personen. Dette skulle levere forklaringen på matematiklærerens spørgsmål til fysiklæreren.

Om denne forskel også giver sig udtryk i ens praktiske erfaringer, er lidt sværere at svare på fordi, det er umuligt at beregne teoretiske værdier for  $\gamma$  og  $\mu$ . Opskrevet som differentialligning bliver det:

$$\frac{dv}{dt} = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha - \gamma \frac{Av^2}{m}$$

Differentialligningen er af formen:

$$\frac{dv}{dt} = a - bv^2$$

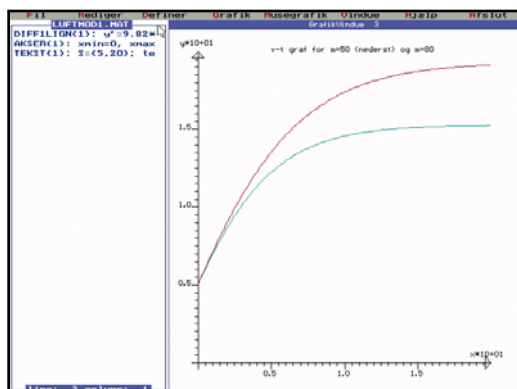
hvor a og b er positive konstanter

Denne ligning kan faktisk løses ved separation, men løsningen,

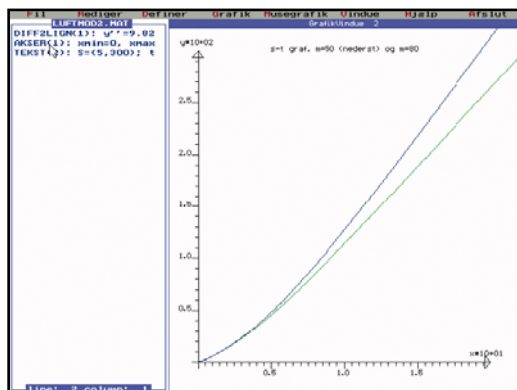
$$-\sqrt{\frac{a}{b}} \ln\left(\tan\left(\frac{1}{2} \arcsin\left(\sqrt{\frac{a}{b}} v - \frac{\pi}{2}\right)\right)\right) = a(t - t_0)$$

der, når den isoleres mht. v, naturligvis er helt uanvendelig. For dog at illustrere fænomenet har jeg anvendt et matematikprogram, som jeg lavede for godt 10 år siden, skrevet i Borland Pascal 7.0 med en DOS- grafisk-windows-lignende grafik.

Jeg har ret vilkårligt sat  $\gamma A = 0.5$ ,  $\mu = 0.02$  og inklination på  $15^\circ$ . v-t grafen, som man får ved at løse  $dv/dt = F_{\text{res}}/m$  numerisk med matematikprogrammet, og s - t grafen, som man får ved at løse  $d^2s/dt^2 = F_{\text{res}}/m$  numerisk med matematikprogrammet, er vist nedenfor.



Der er ikke noget overraskende ved denne v-t, graf. Hastigheden nærmer sig asymptotisk en værdi, som man kan finde ved at sætte  $dv/dt = 0$  i differentialligningen.



Heller ikke disse s - t grafer er overraskende. De er asymptotisk retlinede. Efter 10 m er den tunge ca. 1 m foran den lette.

Nu tilbage til udgangspunktet. Denne simple mekaniske opgave er løst ved at opskrive den resulterende kraft og anvende Newtons 2. lov, som man har gjort det i 100 år.

I sidste skoleår overtog jeg en 2g obligatorisk niveau, som har læst efter ORBIT systemet.

Og det er da rigtigt, at man efter at have været igennem det meste af fysikken, har eleverne indtil slutningen af 2g ikke den fjerneste anelse om Newtons love, forskellen på hastighed og acceleration, begreberne potentiel og kinetisk energi, forskellen på kraft, arbejde, energi og effekt. Indtil nu, kan jeg ikke forestille mig et lærebogssystem, der ligger fjernere fra det, jeg selv skrev i slutningen af 70'erne, men min fornemmelse siger mig, at det nok vil dukke op med den nye reform.

Men i ORBIT har man droppet  $F_{\text{res}}$  og erstattet den med  $F_{\text{samlet}}$ , og dette helt centrale begreb for analysen af mekaniske systemer står kun nævnt på to sider i slutningen af bind 2. Jeg synes ikke at "samlet" er en pædagogisk gevinst for "resulterende". Det sidste refererer jo til resultatet af de virkende kræfter, hvorimod det første er mere uldent. Man kan jo ikke tale om vektorsummen af de virkende kræfter, idet vektorbegrebet slet ikke optræder i lærebogssystemet.

Så der er måske ikke noget, der hedder resulterende kraft længere – i nogle af de eksisterende lærebøger. Og ude af syne ude af sind, som man siger. Så måske er det alligevel sandt, at nogle fysiklærere ikke længere kan analysere den simple situation overfor, men det jeg vægrer mig stadig ved at tro. I modsat fald skylder jeg DTU en undskyldning.

Det undrer mig i øvrigt, at man i lærebogssystemet anvender ordet "udledning" i stedet for "udledning". Udledning associerer jeg mere med spildevand, men det er naturligvis forkert.

*DOS-programmet Mathemat findes sammen med en del andre matematik og fysikprogrammer på min private hjemmeside [home20.inet.tele.dk/ole\\_witt\\_hansen/](http://home20.inet.tele.dk/ole_witt_hansen/).*