# Luftmodstand i lodret fald

I dette projekt skal vi simulere luftmodstand ved lodret fald. Formålet er at undersøge mekanismen bag luftmodstand og visualisere indvirkning uden og med luftmodstand.

# Modeller i fysik og i fysik-CT

En central metode i fysik er at modellere omverdenen.

En model er per definition en simplificering af en virkelig situation. Faktisk kan fysikere ikke regne på noget overhovedet, uden at simplificere situationen.

Kan du acceptere denne unøjagtighed? Måske kan et citat fra Richard P. Feynmann hjælpe?

”*In physics the truth is rarely perfectly clear, and that is certainly universally the case in human affairs. Hence, what is not surrounded by uncertainty cannot be the truth.*”, The Character of Physical Law, 1965, Richard P. Feynmann.

En anden vigtig rolle som modeller kan spille, udtrykkes af David Scherer, pensioneret fysik-professor fra University of Calinfornia, Santa Cruz (UCSC):

"Models are an essential tool for physicists and engineers, but they are also critical for students learning about physics. Through models, students can explore complex physical phenomena and develop a deeper understanding of the underlying concepts."

Ovenstående udtrykker essensen i hvad Computational Thinking kan for fysik.

# Grundlæggende mekanisme og teori

## Det frie fald

I Fysik B htxc lærer vi om det ”frie fald”. Modellen, ”det frie fald”, er at objektet kun påvirkes af tyngdekraften og dermed ikke af luftmodstand+ som ellers kan være en betydelig bidragsyder.

Under denne antagelse anvender lærebogen bevægelsesligningerne for konstant acceleration:

En simulering af et frit fald kunne så afbilde punkter.

## Numerisk simuleringsteknik - Euler-Cromer

Men hvad hvis der er ikke-idealiteter til stede?

Vi må anvende numerisk simuleringsteknik, hvor man typisk ikke kan få en analytisk løsning, men i stedet får en række af værdier, f.eks. tuplerne hvor man til et tidspunkt kender , dvs. stedet og øjeblikshastigheden .

Det kan vi gøre ved at anvende grunddefinitionerne af hastighed og acceleration:

Kan vi bruge dem til at bevæge os et lille skridt fremad ad gangen? Det kan vi se hvis vi omskriveIndeks 1 indikerer foregående værdi:

Nu anvendes: og :

Og henholdsvis og isoleres i de to ligninger:

Vi ved fra Newtons 2. lov at:

Og nu kan vi indsætte kræfterne der virker på objektet i stedet for :

Ovenstående kaldes Euler-Cromer approksimationen. Bemærk: ny hastighed, skal beregnes før ny position, , kan bestemmes.

I et frit fald er og indsætter vi det får vi:

## Empirisk luftmodstandsmodel fra lærebogen

I Orbit B htx angives formlen:

Dette er en såkaldt empirisk model, som er udviklet ud fra erfaring og eksperimenter. Den beskriver at luftmodstanden er proportional med:

* densiteten af den luft der skal flyttes,
* tværsnitsarealet af objektet, der skal flytte luft,
* en objektudformningsfaktor, .

Og modellen beskriver at luftmodstanden er proportional med

* objektets kvadrerede hastighed,   
  (eller mere præcist den relative hastighed af objektet i forhold til luften).

Men modellen er empirisk og siger som sådan ikke så meget om den bagvedliggende mekanisme.

## En ikke-empirisk model

Den bagvedliggende mekanisme er at objektet kolliderer med luftmolekylerne og derved mister energi til dem. Dermed taber objektet også bevægelsesenergi og bremses lidt.

Hvordan bevæger objekterne sig efter kollisionen?

Det kan vi anvende sætningen om bevægelsesmængdebevarelse (impulsbevarelse).

Bevægelsesmængde for et objekt er:

Dvs. lig med masse gange med hastighed.

Indfører vi betegnelserne:

* For objektet: bevægelsesmængde før kollision, efter kollision, massen, hastigheden før kollision og hastigheden efter kollision.
* For luftmolekyler: bevægelsesmængde før kollision, efter kollision, massen, hastigheden før kollision og hastigheden efter kollision.

Så gælder der bevarelsesmængdebevarelse, dvs:

Vi er nu nød til at indføre mere viden eller antagelser for at simplificere udtrykkene. Dette arbejde er ikke kernestof og udelades her. Vi anfører blot resultatet af beregningerne:

Note til mig selv:

I stedet for at gøre det så simplificerer vi modellen:

Eller hvis der antages fuldstændig uelastisk kollision

Hvor er antal luftmolekyler der indgår i kollisionen.

# Aktivitet 1

## Aktivitet 1-0

Hvis du ikke allerede har NetLogo, downloades og installeres det:

<https://ccl.northwestern.edu/netlogo/index.shtml>

## Aktivitet 1-1

Hent quick-vejledning til NetLogo, anvist af din underviser.

Skim vejledningen og diskuter hvad der står.

## Aktivitet 1-2

Hent filen ”lodret-fald-luftmodstand\_elever.nlogo” og åben den i NetLogo.

Åben Interface, tryk ”Setup” og ”Tegn punktmængde”.

,  og dernæst 

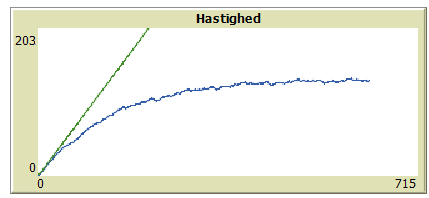
Bemærk hvad der sker i plot. Overså du det kan du trykke på Setup igen og gentage.

# Aktivitet - Variationsmuligheder

Lidt programmeringsintroduktion, kig lidt ind i koden og skift farve på objekt.

Fysik-simuleringer sammenlignes med:

Hvorfor bliver hastigheden konstant?



Prøv med større og mindre objekt.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

NB: Vi kan ”kun” indstille diameter på kuglelignende objekt.

Prøv med tættere eller tyndere luft.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Prøv med luftbælter omkring planet.

