

Forsøg

Frit fald i én dimension

Formål

I denne øvelse skal I undersøge det frie fald. Først med en bold, og derefter med en kageform/et kaffefilter, der falder lodret i tyngdefeltet.

Teori

For bevægelser med konstant acceleration gælder stedfunktionen:

$$s(t) = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 + v_0 \cdot t + s_0 \quad (1)$$

og hastighedsfunktionen:

$$v(t) = a \cdot t + v_0 \quad (2)$$

Hvor s_0 er startpositionen, v_0 er starthastigheden, t er tiden og a er accelerationen.

Hvis s_0 og v_0 sættes til at være lig nul, gælder således:

$$s(t) = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \quad (3)$$

og

$$v(t) = a \cdot t \quad (4)$$

Hvis t isoleres i ligning (4), og erstatter t i ligning (3), fås følgende sammenhæng:

$$v^2 = 2 \cdot a \cdot s \quad (5)$$

Dette kan isoleres til udtrykket:

$$v = \sqrt{2 \cdot a \cdot s} \quad (6)$$

Opstilling og udførelse

- Bold
- Kageform/kaffefilter
- Meterstok (alternativt en person med kendt højde)
- Mobil til videooptagelse

Hold bolden/formen op i luften, og hold meterstokken, så den står lodret og er synlig for kameraet. Slip bolden i samme dybde som meterstokken i forhold til kameraet (overvej hvorfor). Optag med telefonen hele faldet. Hvis bolden hopper, så inkluder 3-4 hop i optagelsen.

Gentag nu forsøget med det andet objekt – kaffefilteret eller kageformen.

Overfør videoerne til jeres computer, og lav en videoanalyse på de to videoer.

Efterbehandling

I skal nu i gang med jeres efterbehandling. Lav følgende grafer, kommentér på resultaterne, og forklar sammenhængen til teorien:

- 1. Positionsgraf af bold og kageform for y-aksen, altså en (t,s) -graf**
 - Forklar, hvad vi observerer på graferne.
 - Stemmer det overens med teorien?
- 2. Hastighedsgraf for bold og kageform for y-aksen (t,v_y)**
 - Forklar, hvad vi observerer på graferne, og find tyngdeaccelerationen ud fra graferne.
- 3. Accelerationsgraf for bold og kageform for y-aksen (t,a_y)**
 - Forklar, hvad vi observerer på graferne.
 - Stemmer det overens med teorien?
 - Forklar, hvad forskellen er på accelerationen for bolden og kageformen.
 - Hvorfor er kageformens acceleration ikke konstant?

Ekstraopgave 1

Hvis vi forestiller os et "frit fald" med en bold, vælger vi ofte at se bort fra boldens friktion med luften – luftmodstanden. Virkeligheden er dog, at luftmodstanden stiger med farten. Hvis vi ser på en faldskærmsudspringer, betyder det, at vedkommendes hastighed på et tidspunkt vil nå en maksimal hastighed, når luftmodstanden og tyngdekraften er lige store, og derfor ophæver hinanden. Dette kan vi også opnå ved kageformen.

Find den maksimale hastighed for kageformen ved hjælp af jeres (t,s)-graf.

Ekstraopgave 2

Formlen for luftmodstand kan udtrykkes som følgende:

$$F_{mod} = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot A \cdot \rho_{luft} \cdot v^2$$

Her er ρ_{luft} luftens densitet, A er arealet af kageformen, og c_w er formfaktoren.

Udtrykket skyldes, at man sætter luft i bevægelse foran objektets bevægelsesretning, da objektet skubber til det. Årsagen til formfaktoren er, at det ikke kun nødvendigvis er den luft, der er lige foran legemet, der sættes i bevægelse. Alt efter legemets udformning kan det rive noget af den omkringliggende luft med sig. Og hvis det er et objekt, der er aerodynamisk smart udformet, kan det få luften til at glide af, og derved skubbes der til mindre luft, end arealet giver udtryk for.

Hvis vi udnytter, at:

$$F_{mod} = -F_t$$

kan dette skrives som:

$$\frac{1}{2} \cdot c_w \cdot A \cdot \rho_{luft} \cdot v^2 = -m \cdot g$$

Luftens densitet kan sættes til:

$$\rho_{luft} = 1,204 \frac{kg}{m^3}$$

Isoleres c_w , kan formfaktoren nu beregnes, da det er den eneste parameter, som vi hverken kender, kan måle eller veje.

Beregn c_w .