

LYCEUM

KINEMATICA

FYSICA

Valbeweging van de bal

Auteurs

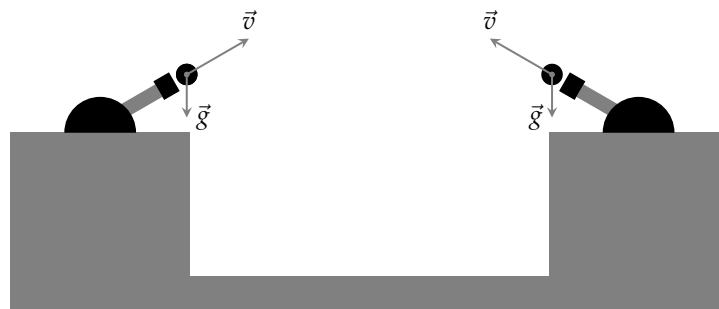
Fidon NAMANI

Jorn SMIT

Beoordeler

E.ZIJLSTRA

5 januari 2018



Inhoudsopgave



Inleiding	3
1. Theorie	3
2. Methode	4
3. Resultaten & Discussie	5
3.1. Resultaten	5
3.2. Discussie	6
4. Conclusie	7
A. Tabellen	8

Inleiding

In de Middeleeuwen waren kastelen essentieel voor de beheersing van het landbouwgrond. Het behouden van de kastelen was dus van een heel groot belang. Daarom bezaten kastelen allerlei verdedingswerktuigen. Eén van deze werktuigen is heet kokend olie. De heet kokende olie werd vanaf de muren van de kasteel op de beleegers naar beneden gegooid. Hoeveel tijd zouden de beleegers hebben om te ontsnappen van de olie? Beantwoording vereist een analyse van de valbeweging van de olie. Deze analyse is ook afleidbaar door de valbeweging van een ander object te onderzoeken.

In deze proef werd de valbeweging van een bal geanalyseerd met behulp van een videometing en *Coach7*. De beantwoording van de volgende vragen was beoogd:

Hoofdvraag Wat voor type beweging is de valbeweging van de bal?

Deelvraag 1 Wat is het verband tussen de verplaatsing van de bal en de tijd?

Deelvraag 2 Wat is het verband tussen de snelheid van de bal en de tijd?

1. Theorie

Op aarde is de gravitatieversnelling $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$. Een object die in een rechte beweging naar beneden valt, ondervindt ook luchtweerstand (\vec{F}_l). Volgens de 2^{de} wet van Newton is de netto kracht op een vallende object gelijk aan verg. (1.1):

$$F_{\text{netto}} = \vec{F}_z + \vec{F}_l \rightarrow m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_l. \quad (1.1)$$

Als $\vec{F}_l \approx 0 \text{ N}$ dan geldt voor \vec{a} bij benadering:

$$\vec{a} \approx \vec{g}.$$

In verg. (1.2) wordt a geïntegreerd naar de tijd (t) gemeten in secondes (s).¹ Deze integratie levert een vergelijking op van de snelheid (v) in m s^{-1} als functie van t . Deze vergelijking beschrijft een lineair verband tussen v en t .

$$v(t) = \int g dt = gt + v_i \quad (1.2)$$

¹Integreren is de inverse van differentiëren, zoals delen de inverse is van vermenigvuldigen.

Wanneer verg. (1.2) geïntegreerd wordt, wordt (1.3) verkregen:

$$y(t) = \int (gt + v_i) dt = \frac{1}{2}gt^2 + v_it + y_i. \quad (1.3)$$

Vergelijking (1.3) beschrijft een functie tussen de eindhoogte (y) in meter (m) en t . In de proef begint de valbeweging van de bal in rust. Vergelijking (1.3) kan dus herleid worden tot:

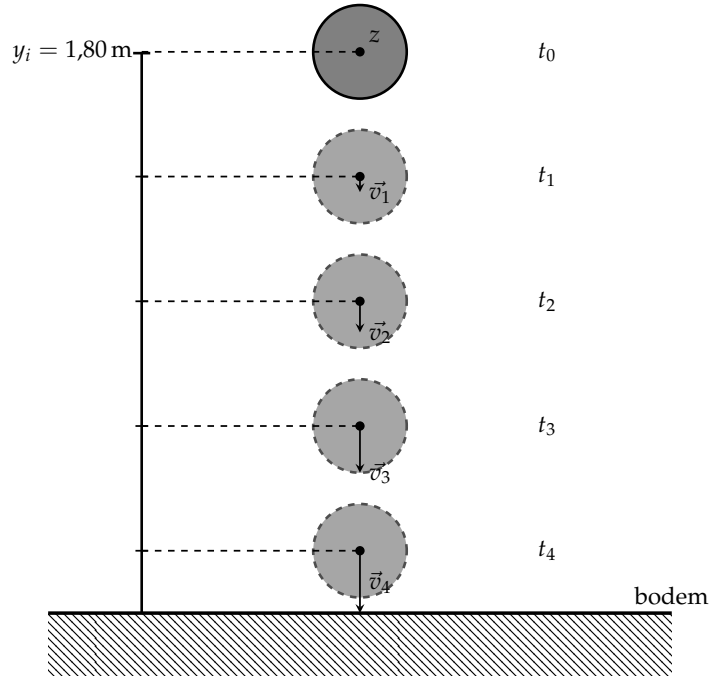
$$y(t) = \frac{1}{2}gt^2 + y_i.$$

Op basis van de bovengenoemde theorie waren de volgende hypothesen opgesteld, indien $\vec{F}_l \approx 0 \text{ N}$ gedurende de val:

- De valbeweging is een eenparige versnelde beweging.
- Een kwadratische verband bestaat tussen y en t .
- Een lineair verband bestaat tussen v en t .

2. Methode

Eén individu hield een lichte voetbal vast op een hoogte (y_i) van 1,80 m in een windstille ruimte (fig. 1). Deze hoogte werd gemeten met een meetlint met een $\pm 1 \text{ cm}$ precisie. Een andere individu nam de valbeweging op met een moderne smartphone. In verband met overschakeltijd van fotografie naar opname-mode was de opname gestart voor de val. Dit deel van de opname en de stuiterbeweging aan het eind van de opname waren verwijderd met behulp van *Windows Movie Maker*. De resulterende opname werd ingevoerd in *Coach7*. Met behulp van de videometingcapaciteiten van *Coach7* was y en v bepaald op 17 verschillende tijdstippen. De tijdsinterval was constant gehouden bij de 17 verschillende tijdstippen.



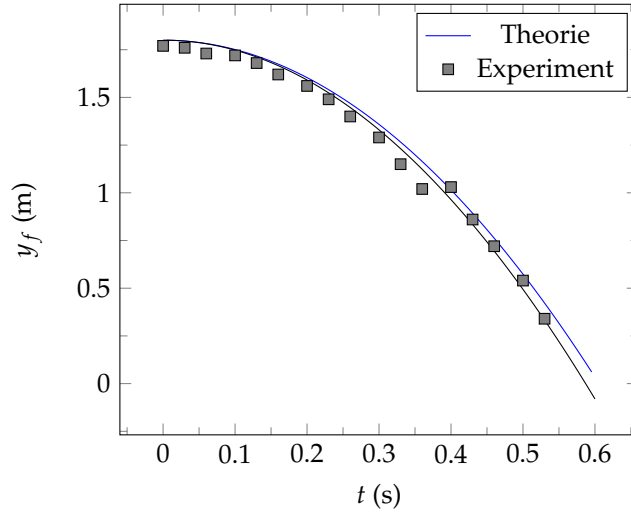
Figuur 1: Een schematische weergave van metingsprincipe. Op een beginhoogte $y_i = 1,80 \text{ m}$ werd op gelijke tijdsintervallen de eindhoogte y_f en v bepaald.

3. Resultaten & Discussie

3.1. Resultaten

Bij de uitvoering van de beschreven methode was de data in tabel 1 verkregen. De data vertoonde een kwadratisch verband tussen y en t . Deze vondst was in overeenkomst met de hypothesen. De kwadratische verband tussen y_f en t wordt bevestigd en gevisualiseerd in fig. 2. Verder was gebleken dat een lineaire verband bestaat tussen v en t . De lineaire verband is weergegeven in fig. 3. De richtingscoëfficiënt, oftewel \vec{a} , wordt weergegeven in verg. (3.1):

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{0 \text{ m s}^{-1} - -6 \text{ m s}^{-1}}{0 \text{ s} - 0,6 \text{ s}} = -10 \text{ m s}^{-2}. \quad (3.1)$$



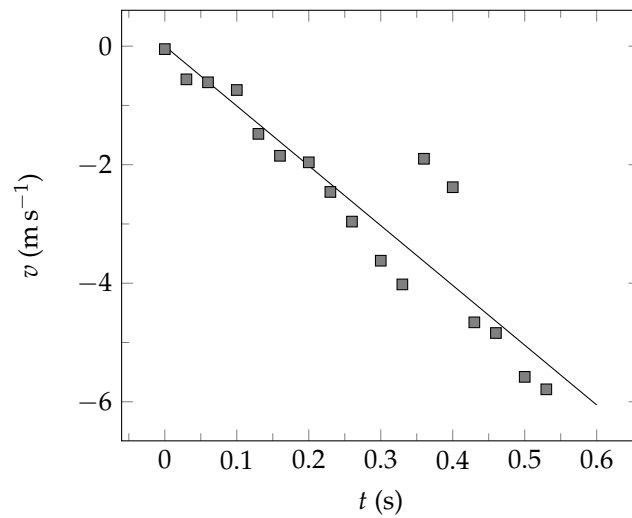
Figuur 2: De grafiek met y_f uitgezet tegen t van het experiment en de theorie. Een kwadratische verband bestaat tussen de verplaatsing en tijd.

3.2. Discussie

De gestelde hypothesen waren positief. De valbeweging was een eenparige versnelde beweging. Een kwadratische verband bestond tussen y_f en t . Verder leverde de grafiek met v uitgezet tegen t een rechte op. De valbeweging van de lichte voetbal week echter af van de realiteit. De gevonden waarde voor a was groter dan g . De percentuele fout tussen de gevonden en realistische waarde is weergegeven in verg. (3.2):

$$\delta g = \frac{a - g}{g} \times 100 = \frac{10 \text{ m s}^{-2} - 9,81 \text{ m s}^{-2}}{9,81 \text{ m s}^{-2}} = 1,9\%. \quad (3.2)$$

Een hogere g zou betekenen dat een object sneller valt onder dezelfde omstandigheden in de ruimte waar de proef is afgenomen dan elders op de wereld. In fig. 2 neemt $\frac{d^2 y_f}{dt^2}$ toe bij latere tijdstippen. Dit is te verwijten aan het gebrek van stroboscopische capaciteit op de smartphone. Hierdoor was het beeld van de bewegende bal wazig op latere tijdstippen. Dit resulteerde in onnauwkeurigheid in de positie van het zwaartepunt van de bal. Als gevolg werd het zwaartepunt repeterend te laag gekozen op latere tijdstippen in *Coach7*. Deze systematische fouten leiden tot een hogere $\frac{d^2 y_f}{dt^2}$ en dus



Figuur 3: De grafiek met v als functie van t . Een lineair verband bestaat tussen v en t . De twee meetfouten wijken duidelijk af van de overige datapunten.

hogere g .

4. Conclusie

Concluderend was de valbeweging van de bal geanalyseerd met een smartphone en de videometingcapaciteiten van *Coach7*. De valbeweging was eenparig versneld met een kwadratisch verband tussen y_f en t en een lineair verband tussen v en t .

A. Tabellen

Tabel 1: De 17 verschillende tijdstippen met daarbij horende hoogte en snelheid. De 13^{de} en 14^{de} meting, de grijs gekleurde cellen, bevatten een meetfout.

Meting	t (s)	y_f (m)	v (m s ⁻¹)
1	0	1,77	-0,05
2	0,03	1,76	-0,56
3	0,06	1,73	-0,61
4	0,10	1,72	-0,74
5	0,13	1,68	-1,48
6	0,16	1,62	-1,85
7	0,20	1,56	-1,96
8	0,23	1,49	-2,46
9	0,26	1,40	-2,96
10	0,30	1,29	-3,62
11	0,33	1,15	-4,02
12	0,36	1,02	-1.90
13	0,40	1.03	-2.38
14	0,43	0,86	-4,66
15	0,46	0,72	-4,84
16	0,50	0,54	-5,58
17	0,53	0,34	-5,79