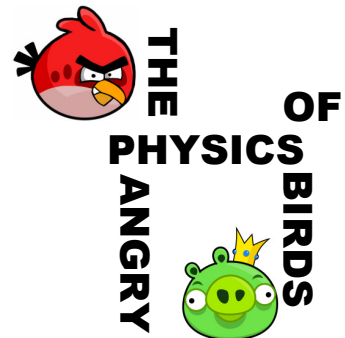


Karel Langendonck
www.fysikarel.nl

WND-conferentie
13 en 14 december 2013 Noordwijkerhout

ANGRY BIRDS ; of.....

De vogels zijn boos! Boos op groene varkentjes! Ze willen er daarom alles aan doen deze varkentjes te vernietigen. Deze hebben zich echter verstopt op, onder en tussen de meest fantasierijke constructies. Met meerdere typen vogels trekken ze ten strijde..... een rode vogel, een gele vogel, een blauwe vogel, een witte vogel en een zwarte vogel. Jazeker..... u leest nog steeds in de documentatie van de aanstaande WND-conferentie natuurkunde. In deze werkgroep gaan we namelijk het razend populaire smartphone-spelletje 'Angry Birds' aan een nadere inspectie onderwerpen. Misschien is Angry Birds wel het meest infantiele en debiele computerspelletje ooit bedacht. De speler heeft de schone taak de Angry Birds te lanceren vanuit een katapult. Hiermee de constructies en varkentjes rakend. Angry Birds is een combinatie van inzicht, tactiek, geluk, brute kracht..... en natuurkunde!



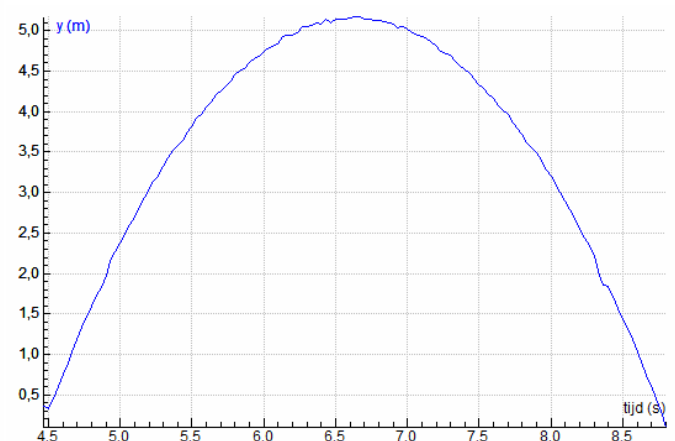
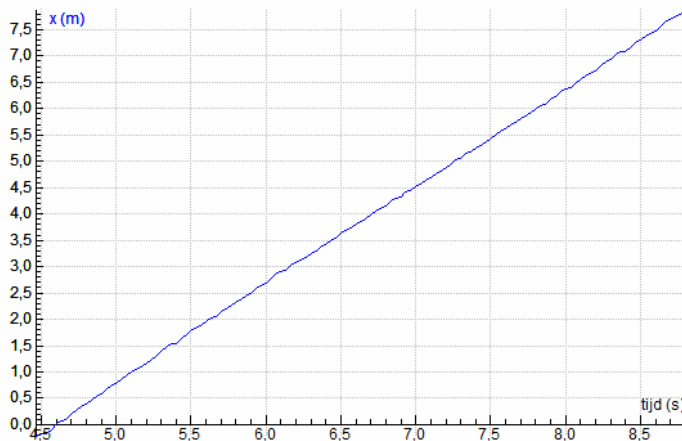
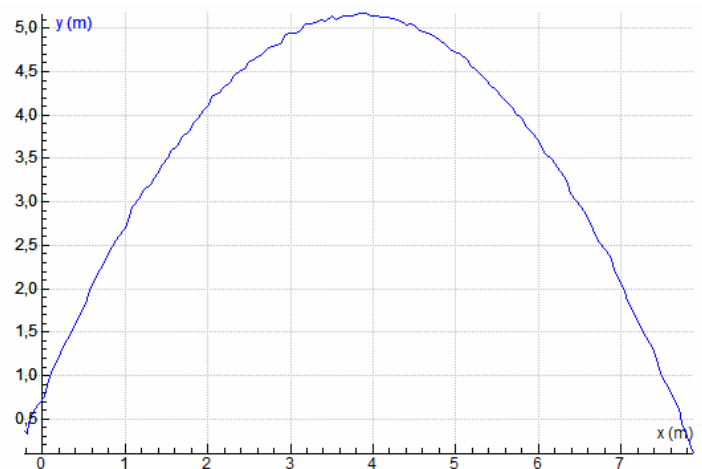
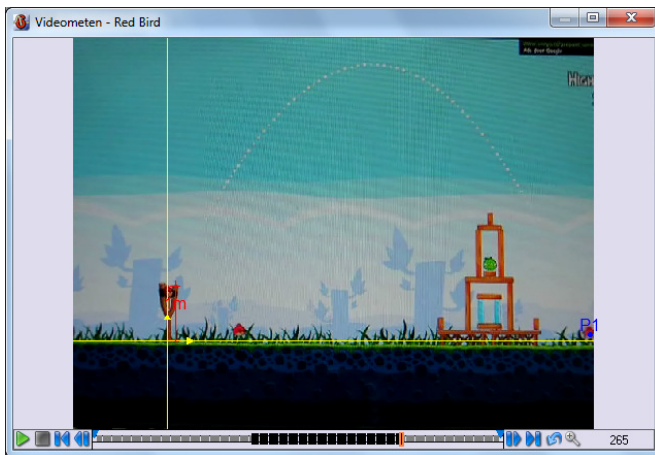
In deze werkgroep richten we ons uiteraard voornamelijk op dat laatste aspect. Onderwerpen als bewegingsanalyse, videometen en modelleren komen uitgebreid aan bod. Een prachtige manier om uw leerlingen, binnen een (in ieder geval voor hen) zeer aansprekende context, een aantal basisbeginselen uit de klassieke mechanica eigen te laten maken en/of te laten toepassen. Meer informatie zal, in de periode voor en na de conferentie, te vinden zijn op www.fysikarel.nl.

Het practicum "The Physics of..... Angry Birds" bestaat uit vier experimenten, die zowel los van elkaar als in combinatie met elkaar kunnen worden uitgevoerd.

	Omschrijving	Klas
1.	<p>Angry Birds Bewegingsanalyse (1)</p> <p>Er wordt een videometing uitgevoerd aan één van de Angry Birds. Aan de hand van deze videometing wordt een analyse gemaakt van de beweging van de Angry Bird en de krachtwerking die aan de orde is.</p> <p><u>Voorkennis:</u> eenparige beweging, eenparig versnelde beweging, omgang met mechanicadiagrammen, wetten van Newton, energie(behoud)</p>	<p>havo4</p> <p>havo5</p> <p>vwo4</p> <p>vwo5</p>
2.	<p>Angry Birds Bewegingsanalyse (2)</p> <p>Dit practicum is gelijk aan practicum 1 met dat verschil dat er nu van wordt uitgegaan dat de begrippen energie en energiebehoud nog niet aan de orde zijn geweest. De leerling ontdekt deze begrippen (deels) zelf aan de hand van dit practicum.</p> <p><u>Voorkennis:</u> eenparige beweging, eenparig versnelde beweging, omgang met mechanicadiagrammen, wetten van Newton</p>	<p>havo4</p> <p>vwo4</p>
3.	<p>Angry Birds "real life"</p> <p>In dit practicum wordt de lancering van een Angry Bird nagebootst in het klaslokaal. Voor deze lancering moeten lanceerinstallaties gemaakt worden en rubberen Angry Birds worden aangeschaft (maar een balletje werkt natuurlijk ook goed). In het practicum voeren de leerlingen de meting een ruim aantal maal uit om de betrouwbaarheid te vergroten. De uit te voeren berekening is uitgebreid en lastig. Hier wordt de leerling dan ook doorheen geleid.</p> <p><u>Voorkennis:</u> eenparige beweging, eenparig versnelde beweging, omgang met mechanicadiagrammen</p>	<p>havo4</p> <p>havo5</p> <p>vwo4</p> <p>vwo5</p>
4.	<p>Angry Birds bewegingsanalyse en modelleren</p> <p>Dit practicum is vergelijkbaar met practicum 1 met dat verschil dat er nu ook aandacht wordt besteed aan het modelleren van de beweging van een Angry Bird. Het practicum is meer onderzoekgericht. De bewegingsanalyse en het ontworpen model moeten aan elkaar verbonden worden:</p> <p><u>Voorkennis:</u> eenparige beweging, eenparig versnelde beweging, omgang met mechanicadiagrammen, wetten van Newton, energie(behoud), modelleren</p>	<p>vwo5</p> <p>vwo6</p>

Opdracht 1

In onderstaande figuren staan de resultaten weergegeven van een videometing aan de rode Angry Bird. Uit deze metingen kan eenvoudig de valversnelling bepaald worden.



Via de raaklijnmethode kan bepaald worden dat de snelheid in verticale richting gelijk is aan 4,42 m/s. De lancering vindt plaats op tijdstip $t = 4,53$ s. Het hoogste punt wordt bereikt op tijdstip $t = 6,65$ s. Hier is de verticale component van de snelheid gelijk aan 0 m/s.

De valversnelling bedraagt dan: $g = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{4,42}{6,65 - 4,53} = 2,1 \text{ m/s}^2$

Op aarde geldt een valversnelling van $9,81 \text{ m/s}^2$. Zou de lancering op aarde plaats hebben gevonden dan zal de katapult een afmeting moeten hebben van: $h = \frac{9,81}{2,1} = 4,7 \text{ m}$.

In dezelfde verhouding kan dan de afmeting van de Angry Bird bepaald worden: $d_{AB} = 1,2 \text{ m}$

Opdracht 2

De vraag is of de Angry Bird een wrijvingskracht ondervindt als deze door de lucht beweegt. Eigenlijk is in onderstaande figuren voor het (x,t) -diagram en het (y,t) -diagram onmiddellijk het antwoord te zien. Het (x,t) -diagram beschrijft een rechte lijn. Dit betekent dat de snelheid constant is in de horizontale richting. Het (y,t) -diagram laat een parabool zien die symmetrisch is in het hoogste punt. De grootte van de snelheid voor het hoogste punt is dientengevolge gelijk aan de grootte van de snelheid na het hoogste punt. Alleen de richting

van de snelheid is omgekeerd. Op een willekeurige hoogte voor en na het hoogste punt zal de kinetische energie dus ook gelijk zijn.

Een rekenvoorbeeld kan, vooral voor leerlingen, nog meer duidelijk geven. Als we uitgaan van een hoogte van 1,00 m, dan kunnen we op de tijdstippen $t = 4,67$ s (punt A) en $t = 8,60$ s (punt B) via de raaklijnmethode de snelheid bepalen: $v(4,67) = 4,30$ m/s en $v(8,60) = -4,30$ m/s. De wet van behoud van energie zegt dan:

$$E_{tot,A} = E_{tot,B}$$

$$E_{z,A} + E_{k,A} = E_{z,B} + E_{k,B}$$

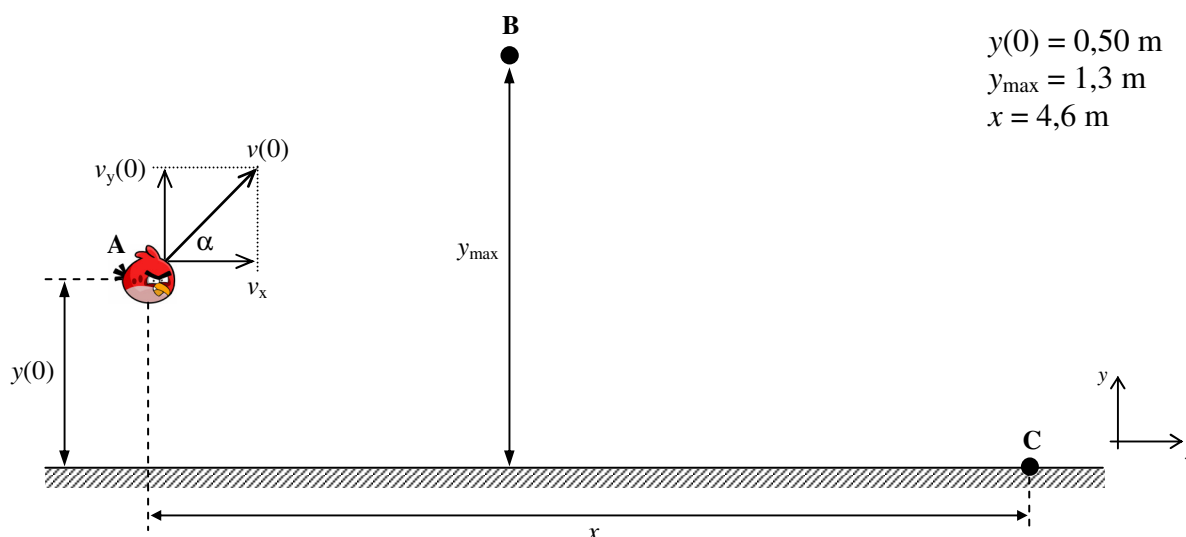
$$m \cdot g \cdot h_A + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_A^2 = m \cdot g \cdot h_B + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_B^2$$

$$g \cdot h_A + \frac{1}{2} \cdot v_A^2 = g \cdot h_B + \frac{1}{2} \cdot v_B^2$$

$$9,81 \cdot 1,00 + \frac{1}{2} \cdot (4,30)^2 = 9,81 \cdot 1,00 + \frac{1}{2} \cdot (-4,30)^2 \rightarrow 19,06 = 19,06 \quad (\text{dus het klopt})$$

Opdracht 3

De situatie is zoals geschetst in onderstaande figuur. De lanceersnelheid (grootte en richting) kan berekend worden uit de bewegingsvergelijkingen in horizontale en verticale richting.



- Eerst kunnen de formules worden opgesteld:

$$x(t) = v_x \cdot t$$

$$y(t) = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + v_y(0) \cdot t + y(0) \quad \rightarrow \quad y(t) = -4,905 \cdot t^2 + v_y(0) \cdot t + 0,50$$

$$v_y(t) = g \cdot t + v_y(0) \quad \rightarrow \quad v_y(t) = -9,81 \cdot t + v_y(0)$$

- In het hoogste punt van de baan geldt: $y(t) = 1,3$ m en $v_y(t) = 0$ m/s

De formules voor de verticale beweging worden dan:

$$1,3 = -4,905 \cdot t^2 + v_y(0) \cdot t + 0,50$$

$$0 = -9,81 \cdot t + v_y(0)$$

- De snelheidsfunctie kan worden omgeschreven en worden ingevuld in de (verticale) plaatsfunctie:

$$0 = -9,81 \cdot t + v_y(0) \rightarrow v_y(0) = 9,81 \cdot t$$

$$1,3 = -4,905 \cdot t^2 + (9,81 \cdot t) \cdot t + 0,50$$

$$1,3 = -4,905 \cdot t^2 + 9,81 \cdot t^2 + 0,50 = +4,905 \cdot t^2 + 0,50 \rightarrow 0,80 = 4,905 \cdot t^2$$

De tijd die de Angry Bird dus nodig heeft om van punt A naar punt B te komen, is:

$$t = \sqrt{\frac{0,80}{4,905}} = 0,40 \text{ s}$$

- Als we deze tijd terug invullen in de (verticale) plaatsfunctie kan de verticale component van de beginsnelheid $v_y(0)$ berekend worden:

$$v_y(0) = 9,81 \cdot t$$

$$v_y(0) = 9,81 \cdot 0,404 = 3,96 \text{ m/s}$$

- In punt C bereikt de Angry Bird de grond. Hier geldt dus: $y(t) = 0 \text{ m}$
Uit de (verticale) plaatsfunctie kan weer berekend worden op welk tijdstip de Angry Bird de grond bereikt:

$$y(t) = -4,905 \cdot t^2 + v_y(0) \cdot t + 0,50$$

$$0 = -4,905 \cdot t^2 + 3,96 \cdot t + 0,50$$

Met de abc-formule of de grafische rekenmachine kan worden berekend dat de Angry Bird dan op tijdstip $t = 0,918 \text{ s}$ de grond bereikt.

- De horizontale verplaatsing van de Angry Bird is bekend. De snelheid in de horizontale richting v_x kan dan berekend worden:

$$x(t) = v_x \cdot t$$

$$x(0,918) = 4,6 = v_x \cdot 0,918 \rightarrow v_x = \frac{4,6}{0,918} = 5,01 \text{ m/s}$$

- De grootte van de snelheid bij lancering kan berekend worden met behulp van de stelling van Pythagoras:

$$v(0)^2 = v_x^2 + v_y(0)^2$$

$$v(0) = \sqrt{v_x^2 + v_y(0)^2} = \sqrt{(3,96)^2 + (5,01)^2} = 6,4 \text{ m/s}$$

- De richting van de snelheid bij lancering is daarmee ook bekend:

$$\tan \alpha = \frac{v_y(0)}{v_x}$$

$$\tan \alpha = \frac{5,01}{3,96} \rightarrow \alpha = \tan^{-1}\left(\frac{5,01}{3,96}\right) = 52^\circ$$

Opdracht 4

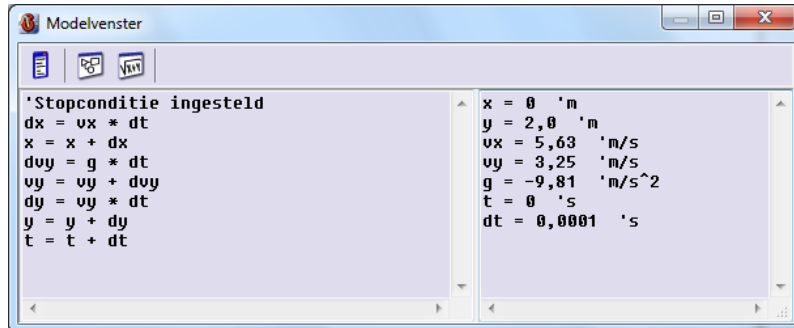
De beweging die een Angry Bird uitvoert, kan beschreven worden met de formules voor de schuine worp (de wrijvingskracht is immers gelijk aan 0 N). Deze luiden:

$$x(t) = v_x \cdot t$$

$$y(t) = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + v_y(0) \cdot t + y(0)$$

$$v_y(t) = g \cdot t + v_y(0)$$

Deze formules moeten worden omgeschreven tot modelregels. Dit geeft het onderstaande resultaat:

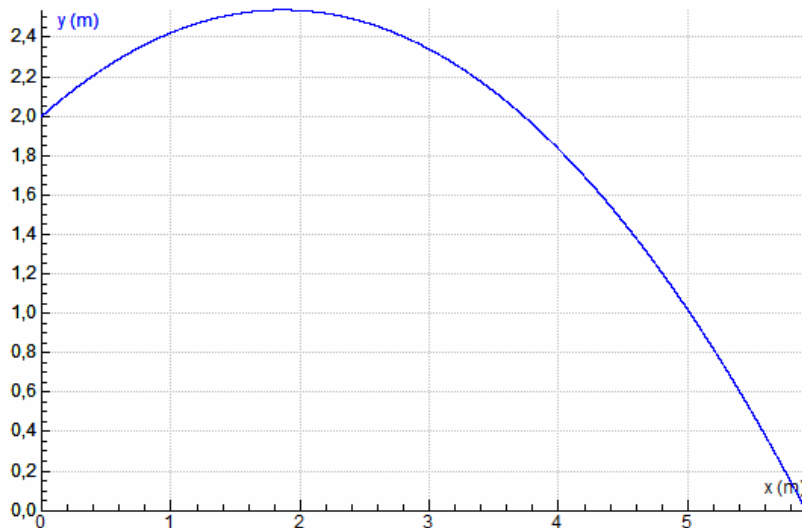


```

Modelvenster
-----
'Stopconditie ingesteld
dx = vx * dt
x = x + dx
dvy = g * dt
vy = vy + dvy
dy = vy * dt
y = y + dy
t = t + dt

x = 0 'm
y = 2,0 'm
vx = 5,63 'm/s
vy = 3,25 'm/s
g = -9,81 'm/s^2
t = 0 's
dt = 0,0001 's
  
```

Als vanuit dit model een grafiek gemaakt wordt waarin de verticale positie wordt uitgezet tegen de horizontale positie, ontstaat de volgende grafiek:



Opdracht 5

De volgende onderzoeksvragen zouden o.a. aan de orde kunnen zijn:

- Yellow Bird:
 - Hoe groot is de extra versnelling van de Angry Bird?
 - Hoeveel extra energie wordt er in de Angry Bird gebracht?
- Blue Bird:
 - Gaat de wet van behoud van impuls hier op?
 - Hoeveel extra energie is er nodig om de splitsing te realiseren?
- White Bird:
 - Gaat de wet van behoud van impuls hier op?
 - Aan welke valversnelling is het ei onderhevig?