NAAM: ______________________________

VWO versie

Onderzoek doen

1. Technieken bij het doen van een onderzoek

1a. Coordinaten transformatie: van krom naar recht.

Een natuurkundige grootheid bepalen is het nauwkeurigste als je dat doet door een verband tussen twee grootheden te onderzoeken.
Als dat verband niet lineair is moet je de grootheden langs de assen zo kiezen dat er wel een trechte lijn ontstaat.
Uit de r.c. en/of het snijpunt met de y-as kun je de gezochte grootheid berekenen.

Voorbeeld:
Bij een valbeweging geldt voor het verband tussen afstand en tijd: $s(t) = ½at^2$
Als je s(t) langs de y-as zet en t langs de x-as wordt de formule $y = ½ax^2$ dus een tweede graads of parabolisch verband.
Als je s(t) langs de y-as en t^2 langs de x-as zet wordt de formule $y = ½a.x$
Dat is een lineair verband. De r.c. = ½a en het snijpunt met de y-as is 0.
Als je het experiment uitvoert en de $s(t)$-t^2 grafiek tekent zul je een rechte krijgen met een r.c. van ongeveer 4,8.
Volgens de theorie is de r.c. = ½a
Daaruit volgt dat a = 9,6 m/s^2

Ga zo te werk: Schrijf de gegeven formule $s(t) = ½a \,.\, t^2$ en y = H.x + B zo op dat de variabelen en de constanten onder elkaar staan:

variabele	=	constante	.	variabele	+	constante
y	=	H	.	x	+	A
s(t)		½a	.	t^2		

Je ziet dan dat s(t) langs de y-as gezet moet worden en t^2 langs de x-as.
De r.c = H = ½a en het snijpunt bij de y-as B = 0.

Hieronder zie je een aantal veel voorkomende verbanden.

	Formule	**Coördinatentransformatie**		**rc**	**Snijpunt y-as**
		horizontaal	**vertikaal**		
1	y = a.x + b	nvt	nvt	a	b
2	$y = ax^2 + b$	x^2	y	a	b
3	$y^2 = a.x$	x	y^2	a	0
4a	$y = a\sqrt{x}$	$\sqrt{x}$	y	a	0
4b	Ofwel $y = a.x^{½}$	$x^{½}$	y	a	0
4c	Ofwel $y^2 = a^2.x$	x	y^2	a^2	0
4d	y = a/x ofwel $y = a.x^{-1}$	x^{-1}	y	a	0
4e (Algemene vorm van 4a t/m 4d)	$y = a.x^n + b$	x^n	y	a	b
5	$y = a.b^x$ kun je omzetten in logy = logb . x + loga	x	logy	logb	loga

N.B.: Bij sommige functies (bijvoorbeeld $y = a.x^2 + b.x$) lukt een coördinatentransformatie niet.

1b. Een nulmeting doen.

Als je een idee hebt voor een proef is het handig na te gaan of je gekozen meetmethode wel goed werkt. Doe een nulmeting (oriënterende of proefmeting)! Dan blijkt misschien dat de te meten kracht slechts 0,01 N is en je dus niet een veerunster kunt gebruiken zoals je aanvankelijk misschien dacht.
Op grond van de bekende theorie kun je soms ook berekenen hoe groot de te meten grootheid ongeveer zal zijn. Als je berekent dat de daalsnelheid van een parachutemodel 2 m/s is dan weet je dat je niets aan een stopwatch hebt als de parachute 2 m eenparig aflegt.

1c. Meetgegevens meteen verwerken.

Het is verstandig bij waarnemingen elke meting meteen in een (voorlopige) grafiek te zetten. Je ziet dan snel of je een sterk afwijkend resultaat vindt zodat je de meting kunt controleren. Bovendien zie je meteen of je meetpunten goed gespreid op de grafiek liggen.

1d. Systematische en toevallige meetonzekerheden.

Toevallige meetonzekerheden*:*

Toevallige meetonzekerheden ontstaan doordat je bijvoorbeeld nooit exact een waarde van een schaalverdeling kunt aflezen. Je zult (naar het toeval) elke keer iets te veel of iets te weinig aflezen. Deze onzekerheid is onvermijdelijk en uit zich in het resultaat dat je meetpunten afwisselend iets onder of boven de grafiek liggen.

Systematische meetonzekerheden:

Systematische meetonzekerheden ontstaan doordat je meetsysteem of de theorie niet helemaal deugt. Het is de kunst er voor te zorgen dat je daar toch geen last van hebt.
Een voorbeeld van een systematische fout is een valproef waarbij de wrijving wordt verwaarloosd, meters die niet goed geijkt zijn enz.
Een simpel voorbeeld. Bij de wet van Ohm (I = 1/R.U) is er volgens de theorie een lineair verband tussen spanning en stroomsterkte. Je verwacht dus een rechte I-U grafiek door de oorsprong met een r.c. = 1/R. Als je ampèremeter nu steeds 5 mA teveel aanwijst is dat een systematische fout. Daardoor gaat de grafiek iets boven de oorsprong langs. Maar de r.c. blijft hetzelfde! De waarde van R die je met de r.c. bepaalt is dus toch juist ondanks de systematische fout.
N.B.:
R bepaal je dus het nauwkeurigst door het verband tussen U en I te onderzoeken en R te berekenen met de R=1/r.c.. Het feit dat de ampèremeter (5 mA) te veel aanwijst heeft geen invloed op de r.c. dus ook niet op de gevonden waarde van R.
Zou je R echter berekenen met R= U/I dan kom je steeds te laag uit omdat de ampèremeter steeds (5 mA) te veel aanwijst.

N*oteer alles (Fase 1 t/m Fase 3) in je logboek. Alleen het verslag(Fase 4) print je uit.*
Noteer in je logboek telkens de datum waarop je in het logboek hebt geschreven.

<u>Fase 1. Plan van aanpak (De voorbereiding)</u>

2.1 Het onderwerp:
Brainstorm over mogelijke onderwerpen die je interesseren en/of waar je eventueel al wat van afweet.
Blijf niet te lang in deze fase steken want (bijna) elk onderwerp leent zich voor onderzoek.
Er zijn meestal zoveel deelvragen dat het vooral de kunst is om het aantal (deel)vragen te beperken!

Als (voorlopig) onderwerp kies ik de auto.
Ik kan onderzoek doen naar de remweg, luchtweerstand, rolweerstand, rendement, rempedaal als hefboom, het brandstofverbruik, de maximale snelheid, vangrails, botsingen, de versnelling bij het optrekken, de dynamo, tandwieloverbrenging, geluidsproductie enz.
Met vakantie zag ik in de bergen een noodhelling. Als een auto een helling afrijdt en de remmen weigeren wordt zijn snelheid erg groot. De chauffeur stuurt auto de weg af en rijdt deze steile weg op waardoor de auto toch tot stilstand komt. Daarom kies ik als onderwerp de noodhelling. Aan welke eisen moet zo'n helling voldoen?

2.2 De hoofdvraag:
Als hoofdvraag kies ik: Waar hangt de hoogte van een noodhelling van af?
Onder de hoogte versta ik het hoogteverschil tussen het begin en het eind van de noodhelling.

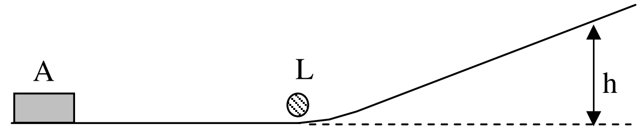
2.3 De deelvragen:
Bij natuurkunde heeft een onderzoeksvraag altijd de volgende vorm: Wat is het (wiskundige) verband tussen . . . . (noem een natuurkundige grootheid) en . . . . (noem een natuurkundige grootheid).
Overtuig je er van dat de apparatuur die je nodig hebt om de deelvraag te beantwoorden aanwezig is.

Ik denk dat de vereiste hoogte van een noodhelling afhangt van 1) de snelheid van de auto, 2) de massa van de auto, 3) de rolwrijving die op de auto werkt, 4) de steilheid van de noodhelling.

De deelvraag die ik ga beantwoorden is:
<u>Wat is het verband tussen de snelheid van de auto en de hoogte van de noodhelling</u>.
Dit lijkt mij een goede deelvraag omdat de vereiste meetapparatuur aanwezig is (zie 1.4). Bovendien beschik ik over de theorie die hier van toepassing is (zie 1.5). Omdat volgens de theorie de massa van de auto er niet toe doet kan ik een modelautootje gebruiken en mijn resultaten op een echte auto toepassen.

2.4 Een meetplan.
Leg uit hoe je de metingen uitvoert. Maak een schematische tekening van de opstelling.
Voer een oriënterende meting (een proefmeting) uit om te kijken of je meetplan deugt.

Om het onderzoek te kunnen uitvoeren moet ik (een model van) een auto met een bekende snelheid onder aan de helling zonder te remmen en zonder aandrijving een helling opsturen. Als de auto tot stilstand is gekomen moet ik de hoogte meten.
Ik maak een vlakke weg die zonder scherpe knik overgaat in een helling zodat de auto onder aan de helling geen last heeft van een scherpe knik. Zie de tekening.



De snelheid van de auto kan ik meten met een lichtpoort L. De auto onderbreekt een lichtstraal. De lichtsensor die het licht opvangt sluit ik aan op de computer en met Coach kan ik de onderbreektijd meten. De afstand die de auto in die tijd heeft afgelegd is gelijk aan zijn eigen lengte.
Nu weet ik genoeg om de snelheid onder aan de helling te berekenen: v = afstand/tijd
De hoogte meet ik met een liniaal.

Ik heb een nulmeting uitgevoerd. Ik gebruikte een auto van 80 g en 10,0 cm lengte. De hellingshoek was 30° en de lengte van de helling was 1,00 m. De resultaten staan in de tabel. Mijn meetplan is dus uitvoerbaar. Wel is er assistentie nodig want iemand moet de auto een zet geven en een ander moet de bereikte hoogte meten

Onderbreektijd in s	bereikte hoogte in m
0,030	0,504
0,072	0,070

2.5 De theorie.
Print de internetbladzijde waarop deze informatie staat uit en doe deze in je logboek
Kopieer een bladzijde uit het gebruikte boek en doe het in je logboek.
Vermeld de formules, geef de betekenis van de symbolen aan en de bijbehorende eenheid
Je onderzoekt het verband tussen twee grootheden.
- Er zijn (soms) formules nodig om deze grootheden te berekenen.
- Er is een formule nodig om te voorspellen welk wiskundig verband je verwacht.
Vermeld welke grafiek je gaat tekenen en hoe deze volgens de theorie er uit zal zien.
Vermeld zo mogelijk ook wat je tegen elkaar uitzet om een rechte lijn te krijgen.
Geef aan welke natuurkundige grootheid je hiermee gaat berekenen en hoe je dat doet.

Op internet (www.natuurkunde.nl) vond ik uitgebreide informatie over een auto die een helling op rijdt waarbij er wel rolwrijving is. Deze rolwrijving speelt een verwaarloosbare rol. (Zie bijlage op blz 14).

Ik bespreek hier alleen de theorie als er geen wrijving.
Een auto die zonder aandrijving en zonder remmen een helling op rijdt bereikt een hoogte waarvoor geldt:
$\boxed{h = 1/(2.g)\ .\ v^2}$
h is de hoogte van de helling in m
g is de valversnelling (9,81 ms^{-2})
v is de snelheid onder aan de helling in m/s

Deze formule geldt alleen als er geen wrijving is.
Het is opvallend dat volgens deze theorie de massa en de hellingshoek er niet toe doen.
Omdat er in werkelijkheid wel wrijving is zal de met deze formule berekende hoogte iets te groot zijn maar dat is niet zo erg. Een te lage noodhelling is wel erg!

Als ik h uitzet tegen v verwacht ik een paraboolvormige grafiek want het is een tweede graads functie. Ik wil een rechte grafiek maken en vergelijk daarom bovenstaande formule met de formule voor een rechte lijn.
$y = H\ .\ x + A$
$h = 2^{-1}g^{-1}\ .\ v^2$
Als ik h uitzet tegen v^2 ontstaat een rechte lijn met een r.c = $2^{-1}g^{-1}$ = 1/(2g). De lijn gaat door de oorsprong.
Als de r.c. van de grafiek is bepaald kan ik g berekenen.

Ik leid deze formule af met de theorie die in Systematische Natuurkunde N1 is behandeld.
Als er geen wrijving is wordt kinetische energie omgezet in zwaarte-energie. Dus E_k(onder) = E_z (boven) ofwel $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$
m is de massa van de auto in kg
v is de snelheid van de auto in ms^{-1}
h is de hoogte die de auto op de helling bereikt in m.
m kan weggedeeld worden, dan blijft er over: $\frac{1}{2}v^2 = gh$ ofwel $\boxed{h = 1/(2.g) . v^2}$

De snelheid v onder aan de helling bereken ik met de formule:
$v = \Delta s/\Delta t$
v is de snelheid in m/s
Δs is de lengte van het wagentje in m.
Δt is de tijd in s . Het geeft aan hoe lang de lichtbundel door het wagentje wordt onderbroken.

Fase 2: De waarnemingen.

Vermeld de waarnemingen in een tabel.
De waarnemingen zo kiezen dat ze goed verspreid liggen over een groot meetbereik.
Vermeld ook de constant gehouden grootheden.
Vermeld ook problemen die zich voordeden en hoe je die hebt opgelost.

Ik gebruik een metalen speelgoedautootje van 80 gram en een lengte van 10,0 cm.
N.B.: De lichtstraal werd eerst alleen maar door de wielen onderbroken omdat de lichtstraal te dicht bij de grond zat. Daarom heb ik de lichtstraal iets hoger boven het wegdek gezet.

onderbreektijd in s	Bereikte hoogte in m
0,032	0,481
0,035	0,392
0,042	0,281
0,055	0,156
0,071	0,097

Tabel 1

Fase 3: De resultaten.

De eerste meting werk ik uit:
In 0,032 s legt het wagentje 0,100 m af.
Zijn snelheid v = afstand/tijd = 0,100/0,032 = 3,13 m/s dus $v^2 = 3{,}13^2 = 9{,}797\ m^2s^{-2}$
De resultaten staan in tabel 2.

v in m/s	v^2 in m^2s^{-2}	h in m
3,13	9,797	0,481
2,86	8,180	0,392
2,38	5,664	0,281
1,82	3,312	0,156
1,41	1,988	0,097

Tabel 2

In figuur 4 is de hoogte (h) uitgezet tegen de snelheid in het kwadraat (v^2).
Volgens Grafische Analyse is de r.c. = 0,0492.
Volgens de theorie is de r.c. = 1/(2g)
1/(2g) = 0,0492 dus g = 10,2 ms^{-2}

Het snijpunt met de verticale as ligt bij -0,003 en volgens de theorie ligt het snijpunt bij 0.

Bij discussie zal ik hiervoor een verklaring geven.

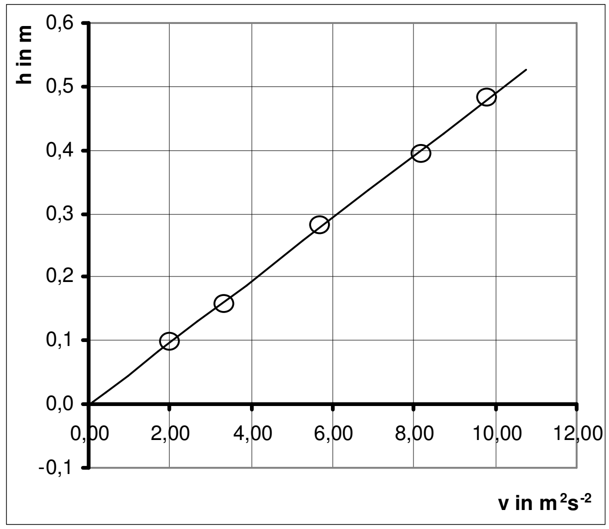


Fig. 4 Resultaten Grafische Analyse:
rc = 0,049; h(0) = -0,003

Fase 4: Het verslag
Omdat ik fase 1, 2 en 3 al heb uitgevoerd is al veel van het verslag gedaan!!
Begin elke paragraaf op een nieuwe bladzijde.
Nummer de bladzijden.

Titel:
De titel moet kort zijn en toch aangeven waar het onderzoek over gaat. Een subtitel kan uitkomst bieden.
Een plaatje dat op het onderzoek van toepassing is mag.

De noodhelling

Een redmiddel in de bergen als je remmen weigeren.

Het Vlietland College
Leiden

Aleida van Daatselaar

24 februaris 2005

§1. Inleiding.

Hier geef je het onderwerp van je onderzoek aan. Geef zo mogelijk het nut aan
Geef aan welke factoren een rol spelen bij het gekozen onderwerp.
Vermeld de hoofdvraag en de deelvraag of vragen die je gaat beantwoorden.
Geef aan welke natuurkundige grootheid je uit je resultaten gaat bepalen.

Als in de bergen de remmen van een auto weigeren kan een noodhelling je redding betekenen. Een noodhelling is een uitvoegstrook die steil omhoog loopt. Als je remmen weigeren stuur je de auto de noodhelling op zodat deze vanzelf tot stilstand komt.
Bij het aanleggen van een noodhelling is het handig als je weet hoe hoog zo'n noodhelling moet worden.

De hoofdvraag van dit onderzoek is "Waar hangt de vereiste hoogte van een noodhelling af?"
Deze hoogte hangt af van de snelheid van de auto en van de wrijvingskracht die op de auto werkt.
Bij dit onderzoek beperk ik me tot de invloed van de snelheid op de hoogte van de noodweg.

De deelvraag die ik ga beantwoorden is:
Wat is het verband tussen de snelheid van de auto en de hoogte van een noodhelling.
Met dit verband kan ik de valversnelling brekenen.

§2. De experimentele methode:
Hier vertel je hoe het onderzoek verloopt aan de hand van een schematische opstelling. Vermeld alle grootheden die je meet.

Ik gebruik een model van een auto en geef deze met de hand een snelheid. Na een stukje gaat de horizontale weg vloeiend over in een overal even steile helling. Zie figuur 1.

De snelheid bepaal ik door onder aan de helling de auto door een lichtpoort L te laten rijden en de onderbreektijd te meten met het computermeetprogramma IPCoach. Een lichtpoort bestaat uit een lampje dat op een lichtsensor schijnt. Tijdens de onderbreektijd legt de auto een afstand af die gelijk is aan zijn eigen lengte.

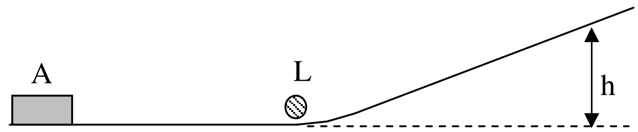


Fig. 1

Ik meet de lengte van de auto. Ik varieer de snelheid en meet telkens de onderbreektijd. In het hoogste punt waar de auto tot stilstand is gekomen meet ik de hoogte h.

§3. De theorie.

Geef de formule aan die het te onderzoeken verband weergeeft. Geef van elk symbool de betekenis en de eenheid aan.
Probeer de formule zelf af te leiden uit bekende formules. Vermeld je bronnen.
Geef aan welke grafiek je gaat tekenen en voorspel de vorm aan de hand van de gegeven formule.
Geef aan welke grootheid je uit je metingen gaat bepalen.

Op internet (www.natuurkunde.nl) vond ik uitgebreide informatie (Zie de bijlage op blz. 14).
Ik bespreek hier alleen de theorie als er geen wrijving is.
Een auto die zonder aandrijving en zonder remmen een helling op rijdt bereikt een hoogte waarvoor geldt:
$\boxed{h = 1/(2.g)\ .\ v^2}$
h is de hoogte van de helling in m
g is de valversnelling (9,81 ms^{-2})
v is de snelheid onder aan de helling in m/s

Deze formule geldt alleen als er geen wrijving is.
Het is opvallend dat volgens deze theorie de massa en de hellingshoek er niet toe doen.
Omdat er in werkelijkheid wel wrijving is zal de met deze formule berekende hoogte iets te groot zijn maar dat is niet zo erg. Een te lage noodhelling is wel erg!

Als ik h uitzet tegen v verwacht ik een paraboolvormige grafiek want het is een tweede graads functie.Ik wil een rechte grafiek maken en vergelijk daarom bovenstaande formule met de formule voor een rechte lijn.
$y = a\ .\ x + b$
$h = 2^{-1}g^{-1}\ .\ v^2$
Als ik h uitzet tegen v^2 ontstaat een rechte lijn met een r.c = $2^{-1}g^{-1} = 1/(2g)$. De lijn gaat door de oorsprong.
Als de r.c. van de grafiek is bepaald kan ik g berekenen.

Ik leid deze formule af met de theorie die in Systematische Natuurkunde N1 is behandeld.
Als er geen wrijving is wordt kinetische energie omgezet in zwaarte-energie. Dus E_k(onder) = E_z (boven) ofwel $½mv^2 = mgh$
m is de massa van de auto in kg
v is de snelheid van de auto in ms^{-1}
h is de hoogte die de auto op de helling bereikt in m.

m kan weggedeeld worden, dan blijft er over: $½v^2 = gh$ ofwel $\boxed{h = 1/(2.g)\ .\ v^2}$

De snelheid v onder aan de helling bereken ik met de formule:
$v = \Delta s/\Delta t$
v is de snelheid in m/s
Δs is de lengte van het wagentje in m.
Δt is de tijd in s . Het geeft aan hoe lang de lichtbundel door het wagentje wordt onderbroken.

§4. Waarnemingen

Vermeld alle waarnemingen in een tabel. Vermeld ook de constant gehouden grootheden.

Ik gebruik een metalen speelgoedautootje van 80 gram en een lengte van 10,0 cm.
De hellingshoek houd ik steeds gelijk aan 30°.
De lengte van de helling is 1,00 m

onderbreektijd in s	Bereikte hoogte in m
0,032	0,481
0,035	0,392
0,042	0,281
0,055	0,156
0,071	0,097
Tabel 1	

§5. De resultaten.
Voer je plan uit zoals je bij theorie hebt aangegeven.
Geef één voorbeeld van een berekening. De uitkomsten zet je in een tabel.
Vertel welke grafiek je gaat tekenen en op welke bladzijde deze is te vinden.
De grafieken kun je in de tekst opnemen of als bijlage.

De eerste meting werk ik uit:
In 0,032 s legt het wagentje 0,100 m af.
Zijn snelheid $v = \Delta s/\Delta t = 0{,}100/0{,}032 = 3{,}13$ m/s dus $v^2 = 3{,}13^2 = 9{,}797\ m^2s^{-2}$
De resultaten staan in tabel 2.

v in ms^{-1}	v^2 in m^2s^{-2}	h in m
3,13	9,797	0,481
2,86	8,180	0,392
2,38	5,664	0,281
1,82	3,312	0,156
1,41	1,988	0,097
Tabel 2		

In figuur 4 is de hoogte (h) uitgezet tegen de snelheid in het kwadraat (v^2).
Volgens Grafische Analyse is de r.c. = 0,0492.
Volgens de theorie is de r.c. = 1/(2g)
1/(2g) = 0,0492 dus g = 10,2 ms^{-2}

Het snijpunt met de verticale as ligt bij -0,003 en volgens de theorie ligt het snijpunt bij 0.

Bij discussie zal ik hiervoor een verklaring geven.

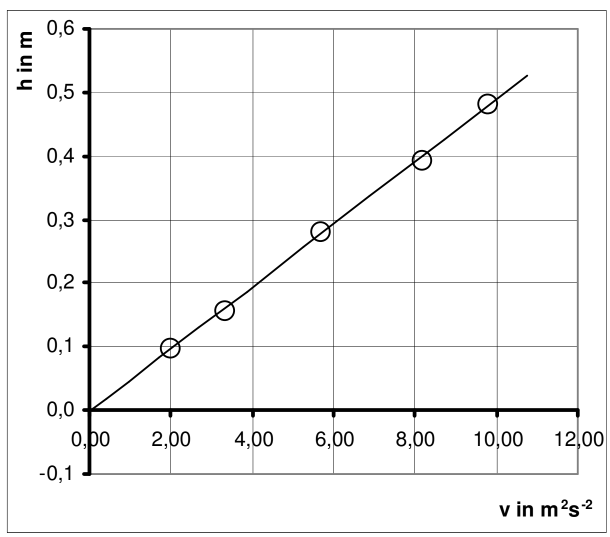


Fig. 4 Resultaten Grafische Analyse:
rc = 0,0492; h(0) = -0,003

§6. Discussie:
Hier vergelijk je jouw resultaten (de vorm van je grafiek en de berekende waarden) met de bij de theorie voorspelde grafiek.
Vergelijk ook de door jouw berekende waarde van de natuurkundige grootheid met de bekende waarden (van de fabrikant, uit BINAS enz.)
Geef zo mogelijk met een voorbeeld aan hoe de gevonden formule gebruikt kan worden.

Bij de theorie heb ik voorspeld dat de grafiek waarin de hoogte (h) uitgezet wordt tegen de snelheid in het kwadraat (v^2) een rechte lijn door de oorsprong is. In figuur 3 is te zien dat de meetpunten goed op een rechte lijn liggen.
De grafiek begint volgens de theorie in de oorsprong. Maar bij de theorie is de wrijving verwaarloosd. In werkelijkheid is er wel wrijving waardoor de gemeten waarde lager zijn dan de theoretische. Dat komt overeen met de resultaten want de grafiek snijdt de verticale as onder de oorsprong.

Uit mijn metingen heb ik berekend dat de valversnelling g = 10,2 ms^{-2}. Dat is 4 % meer dan de theoretische waarde uit BINAS (9,81 ms^{-2}).

Volgens de theorie heeft de massa van de auto geen invloed op de hoogte van de noodweg. Bovendien heeft de rolweerstand van een echte auto een verwaarloosbare invloed op de hoogte van de noodweg (Zie de bijlage op blz. 14). De gevonden formule mag ik dus ook gebruiken voor een echte auto.
Stel dat de snelheid van een auto die de noodhelling op rijdt 120 km/h is, dat is 33,3 ms-1.
Volgens de gevonden formule $h = 0{,}0492.v^2 - 0{,}003$ moet de hoogte van de noodhelling dan 55 m worden.

Ik pas nu de verbeterde theorie (Zie de bijlage op blz. 14) toe op mijn onderzoeksresultaat:
Volgens deze theorie geldt: $h = 1/(2g+2fg/\tan\alpha).v^2$
Bij mijn onderzoek vond ik $h = 0{,}0492v^2 - 0{,}003$
De theorie moet overeenkomen met de praktijk, daarom geldt dat $1/(2g+2fg/\tan\alpha) = 0{,}0492$
Met $\alpha = 30°$ en g = 9,81 ms^{-2} vind ik dan f = 0,00207
Van een echte auto is de rolweerstand-coëfficiënt f gemiddeld 0,012. De rolweerstand-coëfficiënt van mijn modelauto is dus veel kleiner.

In bijlage 2 op blz. 15 heb ik de resultaten van een een computermodel weergegeven.
De resultaten van dit model komen goed overeen met de resultaten van dit onderzoek.
Uit het model blijkt dat als er rekening gehouden wordt met de luchtweerstand de bereikte hoogte minder is naarmate de luchtweerstandcoëfficiënt groter is en de massa van de auto kleiner is.

§7. Conclusie:
Hier geef je antwoord op de onderzoeksvragen.
Je benoemt het gevonden verband (evenredig, lineair, kwadratisch, derde graads enz.).
Je geeft het verband ook weer in formulevorm.
Je vermeldt (indien van toepassing) de gevonden natuurkundige grootheid.

Als een auto zonder aandrijving en zonder remmen een noodhelling oprijdt komt hij op een bepaalde hoogte tot stilstand.
Er is een lineair verband tussen de hoogte van een noodhelling en de snelheid in het kwadraat. Het verband tussen de hoogte (h in m) en de snelheid (v in ms^{-1}) wordt weergegeven met de formule $h = 0{,}0492.v^2 - 0{,}003$.
Bij een snelheid v = 120 km/h = 33,3 m/s moet de hoogte van de noodhelling 55 m hoog worden.

Bronnen
Systematische NatuurkundeN1 (Middelink)
BINAS informatieboek
Internet: www.natuurkunde.nl

Bijlagen

Bijlage 1:

Op www.natuurkunde.nl vond ik de volgende informatie

We beschouwen een auto die zonder aandrijving en zonder remmen een helling op rijdt. De kinetische energie wordt omgezet in zwaarte-energie en warmte. De warmte die ontstaat is gelijk aan de grootte van de arbeid die de wrijvingskracht verricht op de helling met lengte s:

$\frac{1}{2} mv^2 = mgh + F_w.s$

De (rol)wrijvingskracht is evenredig met de normaalkracht dus $F_w = f.F_n$

f heet de rolweerstandcoëfficiënt.

Verder geldt op een helling met hellingshoek α en een lengte s:

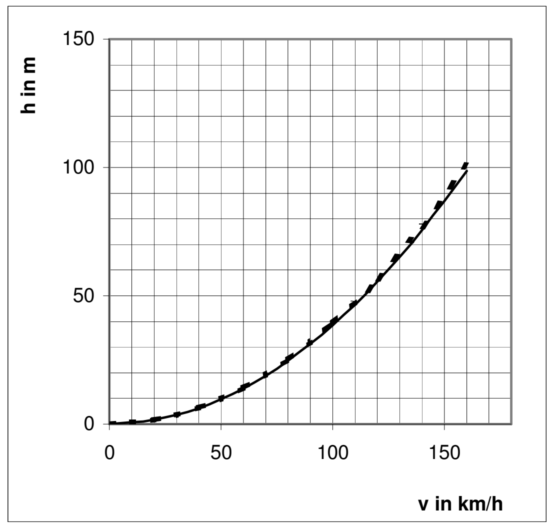
$F_n = F_{zy} = F_z\cos\alpha = mg\cos\alpha$ en $s = h/\sin\alpha$

$\frac{1}{2} mv^2 = mgh + F_w.s$ wordt nu $\frac{1}{2} mv^2 = mgh + fmg\cos\alpha.\ h/\sin\alpha$ ofwel

$h = 1/(2g+2fg/\tan\alpha).v^2$

Voor een echte auto is de rolwrijvings coëfficiënt f ongeveer 0,012.

Hiernaast is het verband tussen hoogte en snelheid weergegeven voor een auto met f = 0,012 op een nodhelling met een hellingshoek $\alpha = 30°$. Ter vergelijking is ook de gestreepte grafieklijn getekend als er geen rolwrijving is. Hieruit blijkt dat de rolweerstand bij een auto op een helling geen grote rol speelt.



Bijlage 2

Met Coach 5 heb ik een model gemaakt met de volgende startwaarden:

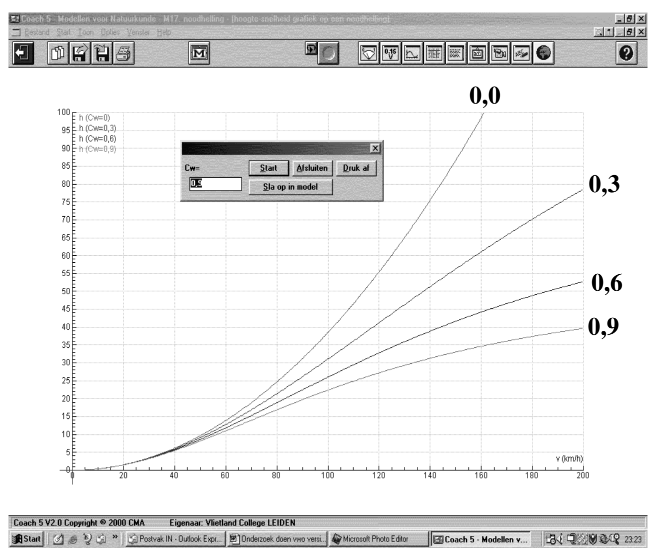
f = 0,012

m = 10.000 (kg)

A = 8 (m^2)

ρ = 1,3 (kg/m^3)

$\alpha = 30°$

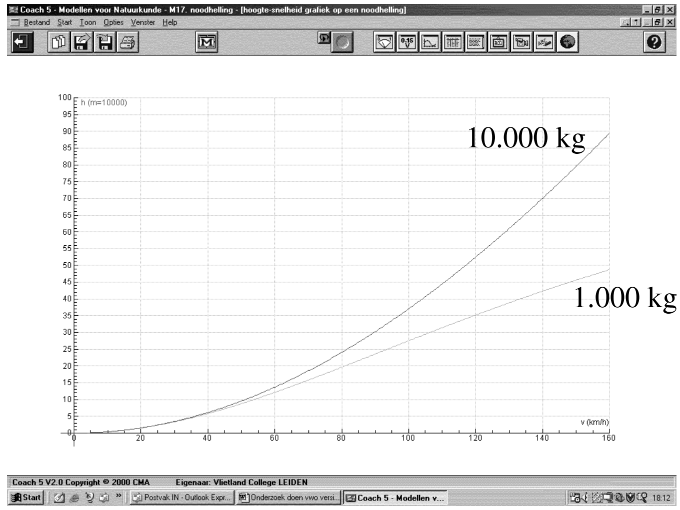


Hiernaast staan de resultaten voor vier verschillende Cw-waarden.

De grafiek voor Cw = 0,0 komt goed overeen met het resultaat van bijlage 1 waar de luchtweerstand ook is verwaarloosd.

Duidelijk is te zien dat bij een grote luchtweerstandscoefficient de auto een kleinere hoogte bereikt. Zonder luchtweerstand is er een kwadratisch verband tussen hoogte en snelheid maar met luchtweerstand duidelijk niet.

Zonder luchtweerstand heeft ook volgens het model de massa van de auto geen invloed.
Met luchtweerstand (Cw = 0,5) heeft de massa duidelijk wel invloed. Dat is duidelijk te zien in de grafiek hiernaast. Dezelfde auto met meer massa (meer vracht) ondervindt minder invloed van de luchtweerstand.



Inhoud van het verslag: