

## Blok 18 | Mechanika (3)



## Blok 18 Mechanika (3)

### Inhoudsopgave basisstof

	bladzijde
Inleiding	4
P 1. Kracht en snelheidsverandering	5
P 2. Kracht en versnelling	6
T 0. Stroboscoop en luchtkussenbaan	8
T 1. Kracht en snelheidsverandering	9
T 2. Kracht, massa en versnelling	11
T 3. Rekenen aan bewegingen	11
T 4. Traagheid, botsingen, impulsformule	13
W 0. Stroboscoop en luchtkussenbaan	17
W 1. Kracht en beweging	18
W 2. Kracht, massa en versnelling	19
W 3. Rekenen aan bewegingen	20

De volgorde waarin je de paragrafen het beste kunt doorwerken is:

T 0, W 0,  
P 1, T 1, W 1,  
P 2, T 2, W 2,  
T 3, W 3,  
T 4.

### Overzicht differentiële stof

Herhaalstof	bladzijde
H 1. Krachten en versnelling	21
H 2. Rekenen aan bewegingen	23
H 1. Antwoordblad	26
H 2. Antwoordblad	27

Hieronder staan de extra stof bladen, die je kunt doen na dit blok.

Wil je meer weten over de inhoud van deze bladen, lees dan de catalogus voor de extra stof.

#### Extra stof bij je eigen lesmateriaal

147. Max Planckgas	29
150. Experimentele controle van $F = m \cdot a$	34
152. Oefenen met examensommen	35

#### Extra stof die los in de klas aanwezig is

151. Actie = - Reactie	
------------------------	--

## Blok 18 Leerdoelen

### Wat moet je kunnen aan het eind van blok 18

<b>1</b> Je moet weten dat een kracht een snelheidsverandering tot gevolg heeft.	<b>Te vinden in:</b> <b>Blok 15 P 1</b>
<b>2</b> Je moet weten dat de wrijvingskracht de beweging van een voorwerp afremt.	<b>P 1, T 1, W 1</b>
<b>3</b> Je moet weten dat de wrijving alleen afhangt van het soort materiaal van het glijvlak en de massa van het voorwerp.	<b>P 1, T 1</b>
<b>4</b> Je moet weten dat de wrijvingskracht gelijk is aan de trekkracht als een blokje in rust blijft.	<b>T 1, W 1</b>
<b>5</b> Je moet weten dat de wrijvingskracht waarden kan aannemen tussen 0 N en de maximale wrijvingskracht.	<b>T 1, W 1</b>
<b>6</b> Je moet weten hoe je de maximale wrijvingskracht bepaalt met een proef.	<b>P 1, P 2</b>
<b>7</b> Je moet weten dat de trekkracht gelijk is aan de maximale wrijvingskracht als het voorwerp op het punt staat te gaan bewegen.	<b>T 1, P 2</b>
<b>8</b> Je moet weten wat er gebeurt met een bewegend voorwerp als <ul style="list-style-type: none"><li>- <math>F_{\text{trek}} &lt; F_{w, \text{max.}}</math></li><li>- <math>F_{\text{trek}} = F_{w, \text{max.}}</math></li><li>- <math>F_{\text{trek}} &gt; F_{w, \text{max.}}</math></li></ul>	<b>T 1, W 1</b>
<b>9</b> Je moet weten, dat de normaalkracht de zwaartekracht opheft als een voorwerp op tafel ligt.	<b>T 1, W 1</b>
<b>10</b> Je moet alle krachten op een voorwerp op een hellend vlak kunnen tekenen.	<b>T 1, W 1</b>
<b>11</b> Je moet weten dat je voor de beweging steeds moet kijken naar de resultante van alle krachten op een voorwerp.	<b>T 1, W 1, Blok 15</b>
<b>12</b> Je moet weten dat de snelheidsverandering niet alleen afhangt van de kracht, maar ook van de massa.	<b>P 2, W 2</b>
<b>13</b> Je moet de formules kennen die het verband geeft tussen kracht, massa en versnelling en je moet, wanneer er twee gegeven zijn, de derde kunnen berekenen.	<b>P 2, T 2, W 2</b>
<b>14</b> Je moet weten hoe het komt dat je de massa (in kg) met (bij benadering) 10 moet vermenigvuldigen om het gewicht te krijgen.	<b>W 2</b>
<b>15</b> Je moet de sommen kunnen maken, zoals in T 3 en W 3 staan.	<b>T 3, W 3</b>

## Blok 18 Inleiding

---

Dit blok gaat over mechanika. In het eerste blok over mechanika, blok 15, heb je gemeten aan bewegingen. Je hebt er met een aantal formules leren werken. We hebben daar gezien dat verandering van beweging altijd door een kracht gebeurt. In blok 17 heb je krachten verder onderzocht (vektor, ontbinden, hefboom, moment).

In dit blok gaan we proberen een verband te vinden tussen kracht en versnelling. We zoeken naar een verband zodat we de versnelling kunnen berekenen als de kracht gegeven is.





4

Bedenk zelf een proef waarmee je na kunt gaan of de grootte van het oppervlak van het blokje invloed heeft op de wrijving. Het gaat om het oppervlak van het blokje dat op de tafel rust. Schrijf voor je de proef uitvoert je verwachting op.

Voer de proef uit en controleer je voorspelling.

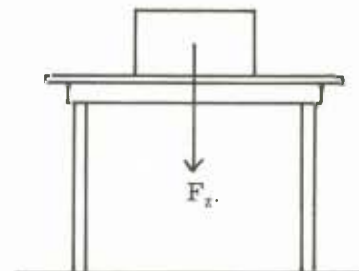
Wel een kracht, maar geen snelheidsverandering?

5

In de tekening hiernaast staat een kist op tafel.

Op de kist werkt de zwaartekracht  $F_z$ .

Toch is er geen sprake van een snelheidsverandering. Hoe komt dat?



## P 2 Kracht en versnelling

Je weet, dat een resulterende kracht altijd een snelheidsverandering tot gevolg heeft. Niet bij alle voorwerpen is de snelheidsverandering bij een bepaalde kracht even groot. In deze paragraaf ga je eerst bekijken wat de massa daar voor invloed op heeft.

Je weet dat een verandering in de snelheid een versnelling genoemd wordt.

Het verband tussen de kracht op een voorwerp, zijn massa en zijn versnelling, ga je in deze paragraaf onderzoeken.

**Bewegingsverandering en massa.**

1

Wat krijgt een grotere snelheid als je het met een bepaalde kracht weggooit: een gewicht van 10 kg of een gewicht van 50 kg?

Als je met dezelfde kracht een dikke man of een dun mannetje op een karretje vooruit trekt, wie krijgt dan de grootste snelheid?



Kracht, massa en versnelling

2

De volgende proef moet op de gang of op het schoolplein worden gedaan.

De proef verloopt als volgt:

op het schoolplein (of gang) wordt 10 m gemarkeerd. Over deze afstand wordt een leerling op een kar met konstante kracht voortgetrokken. De kracht lees je af op een veerunster, die aan het touw is bevestigd. Met de tijd waarin het traject wordt afgelegd kun je de versnelling berekenen. Door tenslotte de wrijvingskracht te bepalen kun je het verband onderzoeken tussen de resulterende kracht en versnelling.

De meting:

a. Bepaal de massa van de leerling die vervoerd wordt en de kar samen:

..... kg.

Vul deze massa in bij meting 1 in de tabel.

b. Bepaal de maximale wrijvingskracht die de kar ondervindt:

..... N.

Vul deze waarde weer in in de tabel.

c. Spreek af met welke kracht de kar voortgetrokken zal worden:

..... N (invullen in de tabel).

Opmerking: Probeer tijdens de uitvoering van de proef je zo nauwkeurig mogelijk aan die waarde te houden.

d. Zet een traject uit van 10 m (invullen).

e. Meet de tijd die de kar met de leerling erover doet:

..... s (invullen).

f. Bereken de versnelling en vul ook deze in in de tabel.

Herhaal de meting een aantal malen maar met andere leerlingen (andere massa!) op de kar en andere trekkrachten. Vul telkens de tabel in.

**Tabel:**

meting	massa (kg)	$F_{w,max}$ (N)	$F_{trek}$ (N)	afstand (s)	tijd (t)	versnelling (a)	resulterende kracht (N)
1							
2							
3							
4							
5							
6							

Wat is het verband tussen de versnelling, de massa en de resulterende kracht? .....

### T 0 Stroboscoop en luchtkussenbaan

#### Stroboscoop:

Een stroboscoop is een lamp die met een vaste regelmaat lichtflitsen uitzendt. Het aantal flitsen per seconde, **de frequentie**, kan met een instelknop veranderd worden.

Stroboscopen worden in de techniek veel gebruikt om snelle bewegingen zichtbaar te maken en vast te leggen.

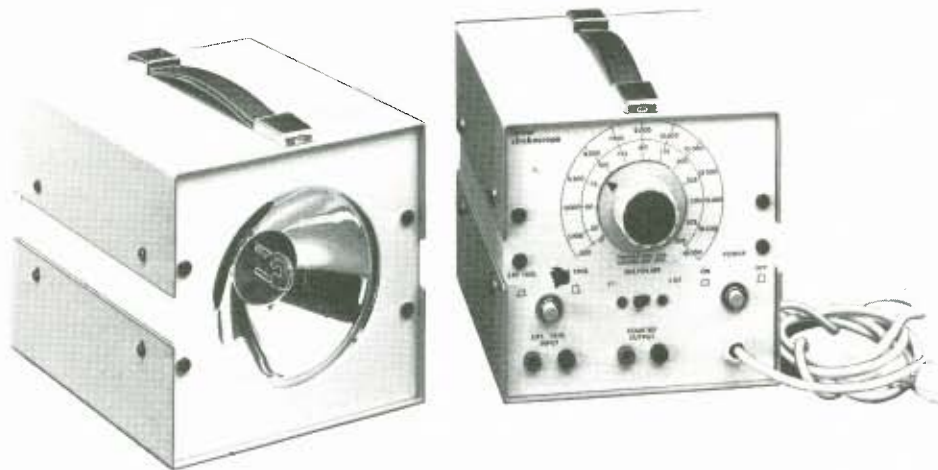
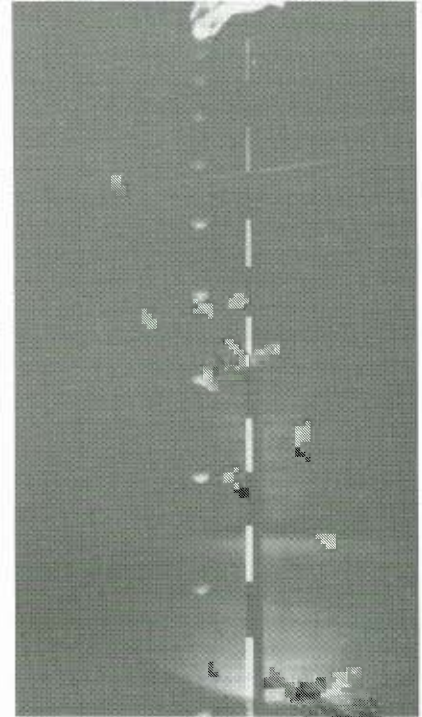
Een stroboscopische foto kan gemaakt worden door het bewegende voorwerp in een verduisterde ruimte te belichten met de stroboscoop en het te fotograferen met een lange sluitertijd. Hierdoor ontstaat een foto met een serie beeldjes.

Uit de flitsfrequentie kun je de tijdsduur van de beweging bepalen. Als bijvoorbeeld de frequentie van de stroboscoop 10 Hz is, zullen er 10 flitsen per seconde uitgezonden worden en zal de tijdsduur tussen twee beeldjes 0,1 seconde zijn. Let op! De totale tijdsduur bij zes beeldjes is 0,5 s, want er zijn maar 5 tussentijden van 0,1 s.

Afstanden kun je vinden door een liniaal mee te fotograferen.

Het verwerken van stroboscopische foto's lijkt veel op het meten en rekenen met **tikkerband**, de strookjes uit de tijdtikker (zie blok 15).

Bewegingen kunnen ook onderzocht worden met behulp van een **luchtkussenbaan**. Hierbij wordt gebruik gemaakt van karretjes die bijna wrijvingsloos over een baan glijden omdat het karretje door perslucht vrijkomt van de baan. De tijdsduren worden meestal elektronisch gemeten.





# T 1 Kracht en snelheidsverandering

## Wrijvingskracht:

Een rijdende auto wordt afgeremd doordat hij wrijving ondervindt. Een fietser moet trappen om in beweging te blijven. Zodra hij stopt met trappen komt hij tot stilstand. Daar zorgt de wrijving voor.

In het algemeen geldt dat bewegende voorwerpen wrijving ondervinden. Anders gezegd: bewegende voorwerpen worden afgeremd door de wrijvingskracht.

De wrijvingskracht werkt dus altijd tegengesteld aan de bewegingsrichting van het voorwerp.

In P 1 heb je onderzocht hoe groot de wrijvingskracht is in verschillende situaties. We zetten de resultaten nog eens op een rijtje.

In de tekeningen is  $F_{tr}$  de trekkracht en  $F_w$  de wrijvingskracht.

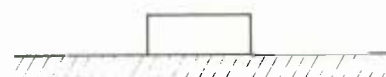


wrijving

1

Op het blok werkt geen trekkracht. ( $F_{tr} = 0$  N).

De wrijvingskracht:  $F_w = 0$  N.



2

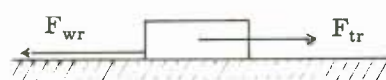
Er wordt nu een kracht op het blokje uitgeoefend. Het blokje gaat niet bewegen. De wrijvingskracht is even groot als de trekkracht.

$$F_{tr} = F_w.$$



3

Er wordt iets harder aan het blokje getrokken, maar het beweegt nog niet. De wrijvingskracht is dus nog steeds gelijk aan de trekkracht. De trekkracht is groter geworden. De wrijvingskracht is dus ook groter geworden.



4

De wrijvingskracht kan niet onbeperkt groot worden. Op een gegeven moment is de wrijvingskracht maximaal.

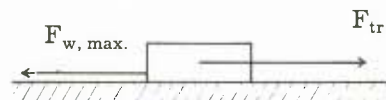
De **maximale wrijvingskracht** schrijven we als

$$F_{w, \max.}$$

Als er nu nog iets harder getrokken wordt, is de trekkracht groter dan de wrijvingskracht en komt het blokje in beweging. Er geldt nu:

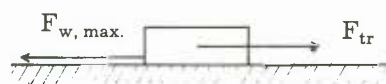
$$F_{tr} > F_w \text{ en } F_w = F_{w, \max.}$$

Zolang  $F_{tr}$  groter dan  $F_{w, \max.}$  is, wordt het blokje versneld.



5

Als  $F_{tr}$  nu iets afneemt, zodat weer geldt:  $F_{tr} = F_{w, \max.}$  is de totale kracht nul. Het blokje wordt niet meer versneld, maar beweegt eenparig.



6

Als de trekkracht nog kleiner wordt, zodat  $F_{tr} < F_{w, \max.}$  wordt het blokje vertraagd. De wrijvingskracht blijft maximaal tot het voorwerp stilstaat.



De maximale wrijvingskracht verschilt van voorwerp tot voorwerp.

Uit proef 3 van P 1 blijkt dat:

1.  $F_{w, \max.}$  (de maximale wrijvingskracht) groter is naarmate de massa van het voorwerp groter is.  
Vergelijk maar eens het wegduwen van een geladen vrachtauto met het wegduwen van een lege vrachtauto.
2. Naarmate het glijvlak ruwer is, wordt  $F_{w, \max.}$  groter.  
Op ijs glijdt het gemakkelijker dan op hout. Een blok ijs glijdt beter dan een baksteen.

Uit proef 4 van P1 blijkt dat de grootte van het raakoppervlak **geen** invloed heeft op de maximale wrijvingskracht.

Samenvattend:

1

Een bewegend voorwerp ondervindt een wrijvingskracht die de beweging afremt.

2

De wrijvingskracht heeft een maximale waarde  $F_{w, \max}$ . Zolang het voorwerp beweegt is de wrijvingskracht maximaal.

3

$F_{w, \max}$  is voor elk voorwerp anders. Hij hangt af van het glijvlak en van de massa, maar **niet** van de grootte van het raakoppervlak.

4

Als je op een stilstaand voorwerp een kracht uitoefent, kan:

- $F_{tr} < F_{w, \max}$  zijn. Het voorwerp blijft in rust.
- $F_{tr} = F_{w, \max}$  zijn. Het voorwerp staat op het punt te gaan bewegen.

Als je op een bewegend voorwerp een kracht uitoefent, dan kan:

- $F_{tr} < F_{w, \max}$  zijn. Het voorwerp wordt afgeremd.
- $F_{tr} = F_{w, \max}$  zijn. Het voorwerp beweegt eenparig.
- $F_{tr} > F_{w, \max}$  zijn. De snelheid van het voorwerp wordt steeds groter.

### Normaalkracht.

Een kist die op tafel staat wordt door de aarde aangetrokken. Toch verandert de beweging van de kist niet. Er moet dus een andere kracht zijn die de zwaartekracht opheft.

Deze kracht noemen we de normaalkracht.

In dit geval is de normaalkracht de kracht die de tafel op de kist uitoefent.

Dat lijkt vreemd: een tafel die een kracht uitoefent. Echter door het gewicht van de kist buigt de tafel een klein beetje door. De veerkracht van het tafelblad heft daardoor de zwaartekracht op.

Dus: een voorwerp in rust oefent een kracht uit, op een ondersteunend vlak (bijvoorbeeld een tafel of de grond). Dat ondersteunende vlak oefent dan op dat voorwerp een kracht uit, die even groot is als het gewicht van het voorwerp, maar tegengesteld gericht.

Die kracht noemen we de **normaalkracht**.

Het symbool ervoor is  $F_n$ .

### Aangrijpingspunt

We hebben niet afgesproken waar de wrijvingskracht en de normaalkracht moeten aangrijpen.

De normaalkracht is een kracht die door het ondersteunende vlak op een voorwerp wordt uitgeoefend.

Hij grijpt dus aan in een punt van het raakvlak van voorwerp en ondersteunend vlak (zie tekening).

De wrijvingskracht wordt veroorzaakt door de wrijving tussen de vlakken die elkaar raken.

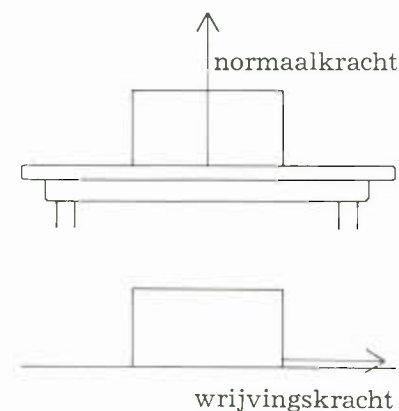
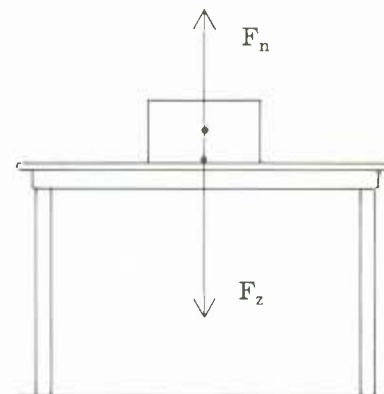
Hij grijpt aan in een punt van het raakvlak (zie tekening).

Voor de eenvoud laten we  $F_n$  en  $F_w$  ook wel aangrijpen in het zwaartepunt Z. Je moet dan wel bedenken dat dat niet helemaal juist is.

Voorbeeld:

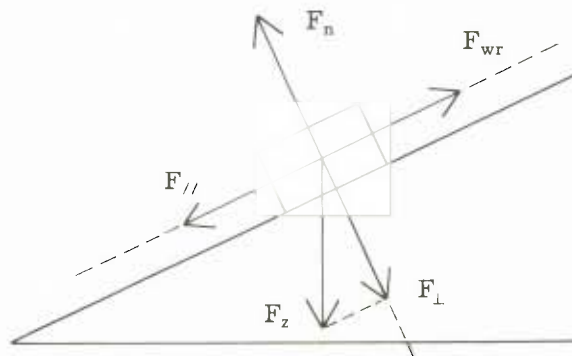
Op een hellend vlak staat een doos. De zwaartekracht is in de figuur op de volgende bladzijde getekend. De zwaartekracht kun je ontbinden in een component langs en loodrecht op het vlak.

De component langs het vlak heft de wrijvingskracht op (het voorwerp beweegt niet). De component loodrecht op het vlak is in evenwicht met de normaalkracht die het vlak op het voorwerp uitoefent.



Op het voorwerp werken dus in totaal 3 krachten (zwaartekracht, normaalkracht en de wrijvingskracht).

**Op een voorwerp werkt meestal méér dan één kracht. Om de beweging van een voorwerp te onderzoeken moet je steeds kijken naar de vektorsom van alle krachten (de resultante).**



## T 2 Kracht, massa en versnelling

In P 2 heb je de relatie tussen de kracht, massa en versnelling onderzocht.

Resultaten:

1. De versnelling die een voorwerp krijgt is groter naarmate de kracht die op het voorwerp werkt groter is.
2. Als op twee voorwerpen een even grote kracht werkt, dan krijgt het voorwerp met de grootste massa de kleinste versnelling.

Het blijkt dat tussen kracht, massa en versnelling het volgende verband bestaat: Kracht is massa maal versnelling.

In formule:  $F = m \cdot a$ .

(massa in kg, F is de totale kracht)

Rekenvoorbeeld:

Op een voorwerp werkt een kracht van 30 N. De versnelling is  $6 \text{ m/s}^2$ .

Wat is de massa van het voorwerp?

$$F = m \cdot a. \text{ Dus: } 30 = m \cdot 6 \Rightarrow m = \frac{30}{6} = 5 \text{ kg.}$$

## T 3 Rekenen aan beweging

We weten nu veel van kracht en beweging. In deze paragraaf zetten we alles nog eens op een rijtje en maken een paar voorbeeldsommen.

1

Om de kracht die op een voorwerp werkt te weten te komen, moet je alle krachten die op dat voorwerp werken optellen. Je hebt dan twee mogelijkheden:

- a. de resultante is 0 N. Er is evenwicht van krachten. De beweging van het voorwerp verandert niet. Het blijft in rust of het blijft met een konstante snelheid bewegen.
- b. de totale kracht is groter dan 0 N. De resultante zorgt ervoor dat het voorwerp een versnelling krijgt. Het verband tussen F, m en a kun je met de volgende formule weergeven:  $F = m \cdot a$ .

In blok 16 heb je andere formules over bewegingen geleerd.  
Hieronder volgt een tabel met al de gebruikelijke symbolen.

Symbol	Grootheid	Eenheid
$s_0$	afgelegde weg op $t = 0$ s.	m
$s_t$	afgelegde weg na $t$ s.	m
$v_0$	beginsnelheid van het voorwerp	m/s
$v_t$	snelheid na $t$ s	m/s
$a$	versnelling	m/s <sup>2</sup>
$F$	kracht	N
$m$	massa	kg
$t$	tijd	s

Formules:

$$F = m \cdot a$$

$$v_t = v_0 + a \cdot t$$

$$s_t = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

Opmerking:

- Deze formules kun je ook gebruiken als de beweging eenparig is.  
De versnelling  $a = 0$  m/s<sup>2</sup>.
- Bij een vertraging, moet je voor  $a$  een negatief getal invullen.

Tenslotte twee voorbeelden waarin deze formules gebruikt worden.

#### Voorbeeld 1:

Een blok heeft een massa van 1,0 kg. Op  $t = 0$  s wordt dit blokje door een kracht van 2 N gedurende 10 s versneld. Het blokje ondervindt een wrijving die verwaarloosbaar klein is.

- Bereken de versnelling die het blokje gedurende 10 s ondervindt.
- Bereken de snelheid op  $t = 5$  s.
- Bereken de afgelegde weg op  $t = 8$  s.

a. Gegeven :  $F = 2$  N;  $m = 1,0$  kg  
 Gevraagd :  $a$   
 Berekening :  $F = m \cdot a$   
 $m = 1,0$  kg  
 $F = 2$  N

$$\left. \begin{array}{l} F = m \cdot a \\ m = 1,0 \text{ kg} \\ F = 2 \text{ N} \end{array} \right\} \Rightarrow 2 = 1,0 \cdot a \Rightarrow a = 2 \text{ m/s}^2$$

b. Gegeven : zie bij a. en  $a = 2$  m/s<sup>2</sup>  
 Gevraagd :  $v_5$  (de snelheid op  $t = 5$  s)  
 Berekening :  $v_t = v_0 + a \cdot t$   
 $t = 5$  s  
 $v_0 = 0$  m/s  
 $a = 2$  m/s<sup>2</sup>

$$\left. \begin{array}{l} v_t = v_0 + a \cdot t \\ t = 5 \text{ s} \\ v_0 = 0 \text{ m/s} \\ a = 2 \text{ m/s}^2 \end{array} \right\} v_5 = 0 + 2 \cdot 5 \text{ m/s} \Rightarrow v_5 = 10 \text{ m/s.}$$

c. Gegeven : zie a. en  $a = 2$  m/s<sup>2</sup>  
 Gevraagd : de afgelegde weg op  $t = 8$  s ( $s_8$ )  
 Berekening :  $s_t = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$   
 $t = 8$  s  
 $v_0 = 0$  m/s  
 $a = 2$  m/s<sup>2</sup>

$$\left. \begin{array}{l} s_t = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \\ t = 8 \text{ s} \\ v_0 = 0 \text{ m/s} \\ a = 2 \text{ m/s}^2 \end{array} \right\} s_8 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot (8)^2 \Rightarrow s_8 = 64 \text{ m.}$$

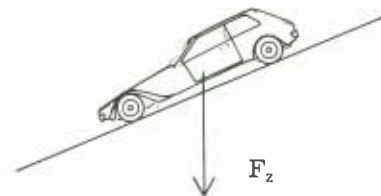
#### Voorbeeld 2:

Op een helling staat een auto. De zwaartekracht is in de figuur getekend en bedraagt 5000 N.

- Ontbind de zwaartekracht langs en loodrecht op de helling.  
Meet hoe groot de beide componenten zijn.

Iemand haalt de auto van de handrem. Daardoor wordt de wrijvingskracht 1000 N.

- Gaat de auto rijden? Zo ja, welke snelheid heeft hij na 3 s?



a. In de tekening hiernaast is de zwaartekracht ontbonden. 1 cm komt overeen met 1000 N.

De componenten zijn:  $F_{//} = 1900 \text{ N}$  (meet maar na).

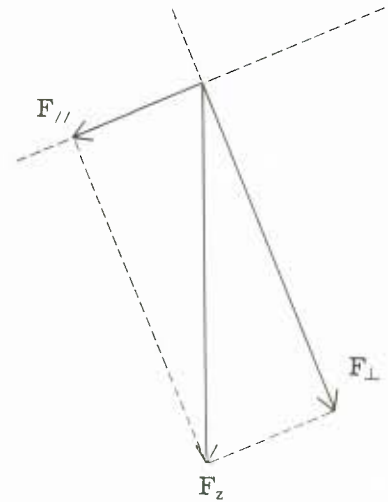
$$F_{\perp} = 4600 \text{ N}$$

b. De wrijvingskracht was 1900 N.

(Deze kan precies  $F_{//}$  opheffen). Nu wordt de wrijvingskracht 1000 N. Dat is 900 N kleiner dan  $F_{//}$ . De resultante kracht evenwijdig aan het vlak is 900 N. De massa van de auto is 500 kg. (want  $F_z$  is 5000 N)

Uit  $F = m \cdot a$  volgt nu:  $a = \frac{900 \text{ N}}{500 \text{ kg}} = 1,8 \text{ m/s}^2$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Je weet: } v_t = v_o + at \\ t = 3 \text{ s} \\ v_o = 0 \text{ m/s} \\ a = 1,8 \text{ m/s}^2. \end{array} \right\} \Rightarrow v_3 = 1,8 \cdot 3 \text{ m/s. Dus } v_3 = 5,4 \text{ m/s.}$$



## T 4 Traagheid, botsingen, impulsformule

### Traagheid

Je weet inmiddels (T1), dat er een kracht nodig is om een voorwerp in beweging te zetten. Ook weet je dat als  $F_{\text{trek}} = F_{w, \text{max}}$  een voorwerp met eenparige snelheid beweegt: de resulterende kracht is dan 0 N.

Als een voorwerp beweegt zonder last te hebben van wrijving ( $F_{w, \text{max}} = 0 \text{ N}$ ) zal er dus geen kracht nodig zijn om dit voorwerp in een eenparige beweging te houden.

Als  $F_{\text{tot}} = 0 \text{ N}$  zijn er 2 mogelijkheden:

1. het voorwerp staat stil ( $F_{\text{tot}}$  was en is 0 N);
2. het voorwerp beweegt eenparig ( $F_{\text{tot}}$  is tijdens de beweging 0 N geworden).

Het kost moeite om bewegende voorwerpen af te remmen en/of tot stilstand te brengen. Voorwerpen hebben de neiging om de beweging die zij hebben in stand te houden: er bestaat a.h.w. 'verzet' tegen een verandering van beweging (= verandering van snelheid). Dit noemen we 'traagheid' (1e wet van Newton ofwel de 'traagheidswet').

Voorbeelden:

1. Als je in een auto zit die snel optrekt, wordt je achteruit in je stoel gedrukt:  
De auto gaat bewegen, maar je lichaam verzet zich tegen de snelheidsverandering en wil blijven stilstaan.
2. Als je uit een langzaam rijdende trein het perron op springt val je (bijna) voorover:  
Je beweegt nog met de snelheid van de trein, terwijl je voeten op het perron tot stilstand komen. Je lichaam verzet zich tegen deze snelheidsverandering.
3. Als je in een bus zit die een bocht neemt, word je tegen de zijkant geduwd:  
Je beweegt zelf nog rechtdoor, terwijl de bus een snelheidsverandering (van richting) maakt waartegen je je verzet.

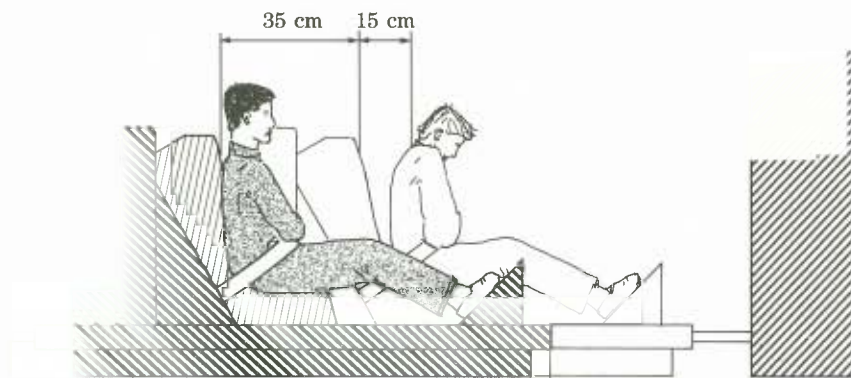
In het verkeer is het nodig om je tegen dit soort (vaak onplezierige) bewegingsveranderingen te beveiligen. Denk hierbij aan veiligheidsgordels, valhelm, hoofdsteunen en kreukzones.

4. Een veiligheidsgordel in een auto zorgt ervoor, dat je bij plotseling remmen wordt tegengehouden en niet met de oorspronkelijke snelheid van de auto blijft bewegen. Bij de botsing zal de veiligheidsgordel je geleidelijk afremmen, ook doordat de gordel elastisch is en daardoor zal uitrekken: hierdoor neemt de 'botstijd' extra toe en zal de versnelling die je krijgt kleiner worden.
5. Bij een botsing zorgt de kreukzone in een auto ervoor, dat de auto niet direkt stilstaat, maar dat het afremmen enige tijd kost, waardoor de krachten kleiner zijn.



6. Ook de binnenbekleding van een veiligheidshelm (valhelm) is indrukbaar, waardoor de 'botstijd' toeneemt en ook hierbij de versnelling kleiner wordt. Bovendien zal de stevige buitenwand van je helm ervoor zorgen, dat de druk op je schedel minder wordt.  
( $p = F/A$ )

### Opgave



- Je ziet hierboven een slee getekend met een proefpop. De opstelling wordt gebruikt bij het onderzoeken van veiligheidsgordels. De vetgetekende lijnen geven de situatie aan vlak vóór de botsing. De auto had toen een snelheid van 54 km/h. De dunne lijnen geven de situatie weer vlak ná de botsing. Je ziet dat de slee zich bij de botsing 35 cm heeft verplaatst en dat bovendien de pop in de slee 15 cm is opgeschoven.
- Bereken de gemiddelde kracht die de veiligheidsgordel tijdens de botsing op de pop uitoefent.  
De massa van de pop is 75 kg.
  - Noem een voordeel, maar ook een nadeel van een riem die méér rek had vertoond.

### Rekenvoorbeeld:

Bereken de kracht die jij ( $m = 60$  kg) op de veiligheidsgordel van de auto uitoefent als deze frontaal tegen een boom botst met een snelheid van 108 km/h. De kreukzone van de auto is 1,0 m lang.

Gegeven:  $v_0 = 108$  km/h  $\rightarrow v_0 = 30$  m/s  
 $v_t = 0$  m/s  
 $s_t = 1,0$  m  
 $m = 60$  kg

Oplossing: Kracht kun je berekenen met  $F = m \cdot a$   
 $F = 60 \text{ kg} \cdot a$  (1)

de versnelling  $a$  is echter nog onbekend; die zul je dus op een andere manier moeten vinden

Je hebt als gegevens  $v_0$  en  $v_t$  die je kunt invullen in:

$$\begin{aligned} v_t &= v_0 + a \cdot t \\ 0 \text{ m/s} &= 30 \text{ m/s} + a \cdot t \\ \rightarrow a \cdot t &= -30 \text{ m/s} \end{aligned} \quad (2)$$

Maar nu kun je de  $a$  nog niet uitrekenen, want je hebt ook de tijd  $t$  niet. Je kunt het probleem toch oplossen, want je hebt nog één gegeven niet gebruikt, nl.  $s_t$ :

$$\begin{aligned} s_t &= v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \text{ en deze formule iets anders:} \\ s_t &= v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot (a \cdot t) \cdot t \\ 1,0 \text{ m} &= 30 \text{ m/s} \cdot t + \frac{1}{2} \cdot -30 \text{ m/s} \cdot t \\ &= 30 \text{ m/s} \cdot t - 15 \text{ m/s} \cdot t \\ &= 15 \text{ m/s} \cdot t \end{aligned}$$

$$\rightarrow t = \frac{1,0 \text{ m}}{15 \text{ m/s}} \rightarrow t = 0,067 \text{ s}$$

Invullen van  $t$  in formule (2) levert:

$$a \cdot t = -30 \text{ m/s}$$

$$t = 0,067 \text{ s} \rightarrow a = \frac{-30 \text{ m/s}}{0,067 \text{ s}} \rightarrow a = -450 \text{ m/s}^2$$

Dit is dus een gigantische vertraging (vergelijk met de versnelling van de zwaartekracht:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ).

Invullen van dit antwoord in formule (1) levert de gevraagde kracht:

$$F = 60 \text{ kg} \cdot -450 \text{ m/s}^2 \\ = -27\,000 \text{ N}$$

Dit is een bijzonder grote kracht; vergelijk deze kracht met je eigen zwaartekracht van 600 N.

Zonder kreukzone zou de botsingstijd veel korter zijn dan de huidige 0,067 s, waardoor de  $a$  en dus ook de  $F$  veel groter zouden zijn. Je ziet dus, dat kreukzones (en ook veiligheidsgordels) wel degelijk nodig zijn!!

In het volgende blok 19 zullen we in T4 hetzelfde voorbeeld op een andere (waarschijnlijk eenvoudiger) manier uitrekenen.

### Stoot/impuls

Uit T2 ken je de 2e wet van Newton:  $F = m \cdot a$ .

Als je op een voorwerp met massa  $m$  een kracht  $F$  uitoefent, krijgt dat voorwerp een versnelling  $a$ . Het voorwerp ondergaat dus een snelheidsverandering.

In T4 van Blok 15 hebben we de versnelling afgesproken als: de verandering van de snelheid ( $\Delta v$ ) in een seconde ( $\Delta t$ ).

( $\Delta$  betekent verandering)  $\Delta v = v_{\text{eind}} - v_{\text{begin}}$

Bijvoorbeeld

$$a = 5 \text{ m/s}^2 \text{ betekent: } a = \frac{5 \text{ m/s}}{1 \text{ s}} \text{ of } \frac{10 \text{ m/s}}{2 \text{ s}}; \text{ algemeen: } a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Als we deze formule voor  $a$  invullen in  $F = m \cdot a$  krijgen we:

$$F = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} \text{ en dit is anders te schrijven als: } F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$$

$F \cdot \Delta t$  noemen we 'stoot': de kracht  $F$  werkt een korte tijd  $\Delta t$  op een voorwerp, dat daardoor een andere snelheid krijgt.

$m \cdot \Delta v$  'impulsverandering': de massa  $m$  ondervindt een snelheidsverandering  $\Delta v$ , waardoor de hoeveelheid beweging van dat voorwerp verandert.

### Rekenvoorbeeld:

Je geeft een stilliggende bal van  $m = 4 \text{ kg}$  een trap met een kracht van  $F = 10 \text{ N}$  in een aanrakingstijd  $t = 0,2 \text{ s}$ .

Bereken de snelheidsverandering die de bal hierdoor krijgt.

$$\text{Oplossing: } F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v \\ 10 \text{ N} \cdot 0,2 \text{ s} = 4 \text{ kg} \cdot \Delta v$$

$$\Delta v = \frac{10 \text{ N} \cdot 0,2 \text{ s}}{4 \text{ kg}} \\ = 0,5 \text{ m/s}$$

dit is de snelheidsverandering, maar omdat de bal geen beginsnelheid had, is dit ook de eindsnelheid die de bal krijgt.

Om het voorbeeld netjes op te lossen moeten we de term  $\Delta v$  schrijven als:  $\Delta v = v_{\text{eind}} - v_{\text{begin}}$ , waardoor de impulsverandering eruit komt te zien als:

$$m \cdot \Delta v = m \cdot v_{\text{eind}} - m \cdot v_{\text{begin}} \quad (m \cdot v \text{ heet } \textit{impuls}) \\ 4 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ m/s} = 4 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ m/s} - 4 \text{ kg} \cdot 0 \text{ m/s}$$

Bijvoorbeeld: Een auto rijdt met een snelheid van 72 km/h (20 m/s).

De bestuurder wil gaan inhalen en geeft gas gedurende  $t = 15 \text{ s}$ , waardoor de motor een kracht levert van 2000 N. Bereken de eindsnelheid van de auto als deze een massa heeft van 1000 kg.

Oplossing:  $F \cdot \Delta t = m \cdot v_{\text{eind}} - m \cdot v_{\text{begin}}$   
 $2000 \text{ N} \cdot 15 \text{ s} = 1000 \text{ kg} \cdot v_{\text{eind}} - 1000 \text{ kg} \cdot 20 \text{ m/s}$   
 $30\,000 = 1000 \text{ kg} \cdot v_{\text{eind}} - 20\,000$   
 $v_{\text{eind}} = \frac{30\,000 - (-20\,000)}{1000}$   
 $= 50 \text{ m/s (180 km/h)}$  Dit is dus een snelle auto!

### Impulsbehoud

In bovenstaande voorbeelden is de *impulsverandering* het gevolg van een kracht die van buiten af op het voorwerp werkte: trap geven en een motor gebruiken.

Als voorwerpen alleen *onderling* krachten op elkaar uitoefenen kan er *impulsverandering* optreden:

Bijvoorbeeld: als 2 ballen tegen elkaar botsen of als je een geweer afschiet (terugslag).

Er is dan sprake van **impulsbehoud**:  $\sum m \cdot v_{\text{begin}} = \sum m \cdot v_{\text{eind}}$   
 ( $\sum$  betekent: de *som* van, *alle*)

Bijvoorbeeld: 2 biljartballen  $m_1$  en  $m_2$  botsen tegen elkaar.

Gegeven:

	m (kg)	$v_{\text{begin}}$ (m/s)	$v_{\text{eind}}$ (m/s)
Bal 1:	0,5	0,0	??
Bal 2:	0,5	4,0	3,0

$$\begin{aligned} \sum m \cdot v_{\text{begin}} &= \sum m \cdot v_{\text{eind}} \\ m_1 \cdot v_{\text{begin}} + m_2 \cdot v_{\text{begin}} &= m_1 \cdot v_{\text{eind}} + m_2 \cdot v_{\text{eind}} \\ 0,5 \text{ kg} \cdot 0 \text{ m/s} + 0,5 \text{ kg} \cdot 4,0 \text{ m/s} &= 0,5 \text{ kg} \cdot v_{\text{eind}} + 0,5 \text{ kg} \cdot 3 \text{ m/s} \\ 0 + 2,0 &= 0,5 \cdot v_{\text{eind}} + 1,5 \\ 0,5 &= 0,5 \cdot v_{\text{eind}} \\ v_{\text{eind}} &= \frac{0,5}{0,5} \\ &= 1,0 \text{ m/s} \end{aligned}$$

## Blok 18 Werkblad

### W 0 Stroboscoop en luchtkussenbaan

1

Hiernaast zie je een stroboscopische 'foto' van een vallende kogel die opgenomen is met 50 beeldjes per seconde.

- Bepaal de totale tijdsduur van de beweging.
- Bepaal de gemiddelde snelheid van de gehele beweging.

2

Bepaal de gemiddelde snelheid van de auto hieronder



1 cm op deze foto is in werkelijkheid 125 cm. De frequentie van de stroboscoop was 4 Hz.



# W 1 Kracht en beweging

1

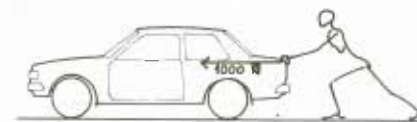
Hiernaast is een auto getekend.

Als je met een kracht van 1000 N tegen de auto duwt, gaat hij net bewegen.

a. Hoe groot is  $F_{w, \max}$  in dit geval?

De auto rijdt nu met een konstante snelheid van 80 km/h.

b. De kracht die de auto moet leveren is groter/kleiner dan 1000 N; Motiveer je keuze.



2

Een voorwerp wordt met een konstante snelheid voortgetrokken.

Welke van de volgende beweringen is waar? Waarom?

A.  $F_{tr} > F_{w, \max}$ .

B.  $F_{tr} = F_{w, \max}$ .

C.  $F_{tr} < F_{w, \max}$ .

3

Om een kist over een stenen vloer te duwen met een konstante snelheid is 2000 N nodig.

a. Hoe groot is  $F_{w, \max}$ ?

De kist wordt op een ijsvloer geduwd.

b. Is  $F_{w, \max}$  nu groter of kleiner dan 2000 N?

c. Kun je de kist nu makkelijker voortduwen?

4

Waarom kunnen auto's op een wrijvingsloze weg niet optrekken?

5

Van een blok wordt op twee manieren  $F_{w, \max}$  gemeten. In de tekening hiernaast is de meetopstelling weergegeven.

In welk geval is  $F_{w, \max}$  het grootst? Waarom?

A



B



6

Op een tafel staan twee voorwerpen. Het kleinste voorwerp weegt 200 N. Het grootste 1000 N.

a. Geef in de tekening de normaalkracht aan die het grootste voorwerp op het kleinste uitoefent. (1 cm komt overeen met 100 N).

b. Hoe groot is de normaalkracht die de tafel op de voorwerpen uitoefent?



7

Een voorwerp van 5 kg staat op een helling. Neem de tekening over en teken de zwaartekracht erin (1 cm komt overeen met 10 N).

a. Ontbind de zwaartekracht in een komponent langs en loodrecht op de helling.

Hoe groot zijn beide componenten?

b. Teken in de figuur met verschillende kleuren de wrijvingskracht, zwaartekracht en normaalkracht.

Hoe groot is  $F_{w, \max}$ ?

En de normaalkracht?

c. Wat kun je doen om het voorwerp naar beneden te laten glijden? Geef zoveel mogelijk manieren waarbij je geen extra kracht nodig hebt!

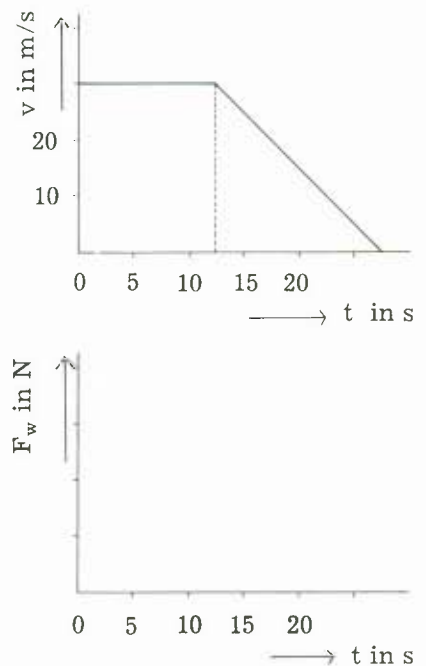




8

Van een auto wordt de snelheid op verschillende tijdstippen gemeten. De gegevens worden verwerkt in een diagram. Dat diagram is hiernaast getekend.

De maximale wrijvingskracht die de auto ondervindt bedraagt 1000 N. Geef in het diagram hiernaast het verband aan tussen  $F_w$  en  $t$ .



## W 2 Kracht, massa en versnelling

1

Op een voorwerp werkt een kracht van 3 N. Het voorwerp ondervindt een versnelling van  $0,6 \text{ m/s}^2$ .

Hoe groot is de massa van het voorwerp?

2

Op een kogel van 2 kg werkt een kracht van 0,5 N.

Bereken de versnelling.

3

Een kar van 50 kg ondervindt een versnelling van  $0,1 \text{ m/s}^2$ .

Hoe groot is de kracht op de kar?

4

Op een voorwerp werkt een kracht van 0 N.

a. Wat is de versnelling?

b. Wat voor soort beweging voert het uit?

5

Een auto heeft een massa van 800 kg (bestuurder meegerekend). Hij trekt in 10 s op van 0 m/s tot 20 m/s (eenparig versneld).

a. Wat is de versnelling?

b. Wat is de totale kracht op de auto?

c. Kun je met deze gegevens de kracht die de motor levert berekenen?

6

In blok 2 heb je geleerd, dat een voorwerp van 1 kg een gewicht heeft van 10 N. Er is niet gezegd waarom je de massa juist met 10 moet vermenigvuldigen om het gewicht te krijgen. In deze opgave ga je dat uitzoeken.

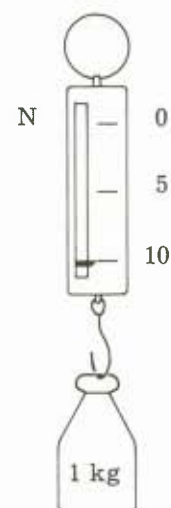
a. Welke kracht werkt op een vallend voorwerp?

In P 3 van blok 15 heb je gezien dat de versnelling van dat voorwerp  $10 \text{ m/s}^2$  is (bij benadering).

b. Bereken nu met  $F = m \cdot a$  de grootte van de kracht, die je bij a. hebt genoemd ( $m = 1 \text{ kg}$ ).

c. Dezelfde kracht werkt ook op dat voorwerp als het op een weegschaal ligt of aan een veerunster hangt.

Leg zelf uit dat een voorwerp van 1 kg 10 N weegt.



8

Waarom moet een supertanker al 16 km vóór de haven afremmen als hij op tijd tot stilstand wil komen? (Hoe groot zou de vertraging zijn?)

9

Op een kar (massa 20 kg) werkt een kracht van 18 N. De maximale wrijvingskracht die de kar ondervindt, is 8 N.

a. Bereken de versnelling van de kar.

Op ruwer terrein neemt de wrijvingskracht toe tot 30 N, terwijl de trekkracht 18 N blijft.

b. Bereken de versnelling van de kar.

## W 3 Rekenen aan bewegingen

1

Een automotor levert een kracht van 2000 N. De auto van 500 kg krijgt daardoor een versnelling van  $2 \text{ m/s}^2$ .

a. Hoe groot is  $F_{w, \text{max}}$ ?

De auto versnelt gedurende 10 s vanuit stilstand. Daarna blijft zijn snelheid konstant.

b. Hoe groot is zijn snelheid na 5 s?

Hoe groot is zijn snelheid na 10 s?

Hoe groot is zijn snelheid na 20 s?

c. Hoeveel meter heeft de auto afgelegd na 5 s?

Hoeveel meter heeft de auto afgelegd na 10 s?

Hoeveel meter heeft de auto afgelegd na 20 s?

2

Een stalen kogel rolt over een baan. Het eerste deel van de baan loopt horizontaal. Daarna loopt hij schuin omhoog. Aan het begin van de helling heeft de kogel van 100 g een snelheid van 8 m/s. Na 4 s is de kogel tot stilstand gekomen.

a. Bereken de versnelling van de kogel op de helling.

b. Bereken de kracht waarmee de kogel afgeremd wordt.

c. Hoeveel meter legt de kogel op de helling af?

3

In het diagram hiernaast is de beweging van het voorwerp weergegeven.

a. Wat voor soort beweging voert het voorwerp uit van  $t = 0 \text{ s}$  tot  $t = 2 \text{ s}$ ?

Wat voor soort beweging voert het voorwerp uit van  $t = 2 \text{ s}$  tot  $t = 5 \text{ s}$ ?

Wat voor soort beweging voert het voorwerp uit van  $t = 5 \text{ s}$  tot  $t = 6 \text{ s}$ ?

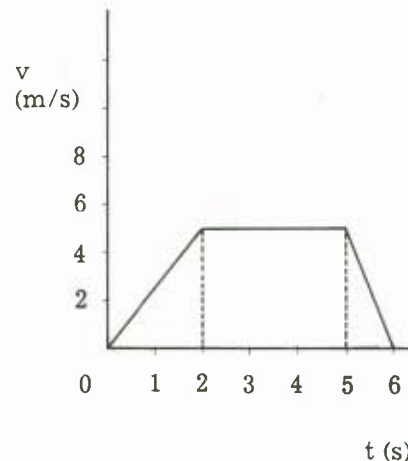
b. Bereken de versnelling van  $t = 0 \text{ s}$  tot  $t = 2 \text{ s}$ .

c. Bereken de afgelegde weg van  $t = 0 \text{ s}$  tot  $t = 2 \text{ s}$ .

d. Hoeveel meter legt de kogel af gedurende de hele beweging?

De maximale wrijvingskracht die de kogel ondervindt is 10 N.

e. Hoe groot is de kracht die op de kogel werkt van  $t = 2 \text{ s}$  tot  $t = 5 \text{ s}$ .



4

Op een helling ligt een blok.

De massa ervan is 5 kg.

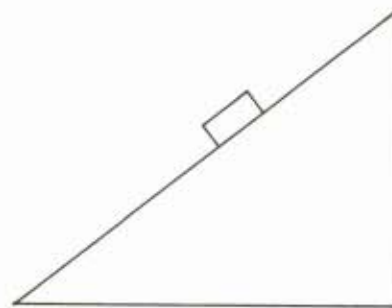
a. Construeer op schaal de componenten van  $F_z$  langs en loodrecht op de helling.

b. Hoe groot is  $F_{//}$ ?

Het blokje krijgt een versnelling van  $2 \text{ m/s}^2$ .

c. Bereken de totale kracht op het blok.

d. Bepaal de maximale wrijvingskracht.



## H 1 Krachten en versnelling

In dit blad gaan we de nieuwe begrippen uit dit blok op een rijtje zetten. Je gaat zelf een aantal opgaven maken.

**Kracht heeft bewegingsverandering tot gevolg.**

Voorbeeld:

Een auto versnelt bij een inhaalpoging van 80 km/h naar 100 km/h.

Zijn snelheid is veranderd. De kracht die daarvoor nodig is wordt geleverd door de motor.

### Vraag 1

Geef in de volgende gevallen aan welke kracht er voor een bewegingsverandering zorgt.

- een appel valt van de boom.
- een kogel verlaat de hand van een kogelstoter.
- een auto komt tot stilstand voor een stoplicht.

Bewegingsverandering betekent verandering van de snelheid van een voorwerp. In blok 16 hebben we dat versnelling of vertraging genoemd. Je kunt dus ook zeggen:

Een kracht heeft een versnelling of vertraging van een voorwerp tot gevolg.

Voortaan spreken we niet meer van vertraging. Een vertraging komt tot uiting in het teken van de versnelling (een  $-$ ).

Voorbeeld: als  $v_{\text{auto}} = 8 \text{ m/s}$  en  $a_{\text{auto}} = 2 \text{ m/s}^2$  wordt de snelheid van de auto groter. Als  $a_{\text{auto}} = -2 \text{ m/s}^2$  dan wordt de auto afgeremd (vertraging).

Er bestaat een verband tussen de kracht, de massa en de versnelling van een voorwerp.

$$\text{Kracht} = \text{massa} \times \text{versnelling}$$
$$F = m \cdot a$$

### Vraag 2

Waarom trekt een geladen vrachtauto minder snel op dan een ongeladen?

### Vraag 3

Waarom heeft een rijdende trein een lange remweg nodig om tot stilstand te komen (vergelijk de remweg van een auto)?

### Vraag 4

Op een blokje van 100 gram werkt een kracht van 60 N. Welke versnelling ondervindt hij?

### Vraag 5

Op een knikker werkt een kracht van 40 N. Hij ondervindt een versnelling van  $2,0 \text{ m/s}^2$ . Wat is de massa van de knikker?

### Vraag 6

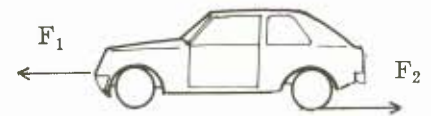
Iemand duwt tegen een kast van 50 kg. De kast krijgt daardoor een versnelling van  $2,4 \text{ m/s}^2$ . Hoe groot is de kracht op de kast?

Er geldt dat een kracht altijd een versnelling of vertraging tot gevolg heeft. Als er evenwicht van krachten is, gebeurt er niets. Je moet dus kijken naar de totale kracht op een voorwerp. Dus:

Een voorwerp krijgt een versnelling als de totale kracht die op het voorwerp werkt, groter is dan 0 N.

Voorbeeld:

Op de auto hiernaast werken twee krachten  $F_1$  en  $F_2$ .  $F_1 = 3 \text{ N}$  en  $F_2 = 3 \text{ N}$ . Ze werken elkaar tegen. Dus  $F_1 + F_2 = 0 \text{ N}$ . De auto krijgt geen versnelling.



### Vraag 7

Twee mensen duwen met een evengrote kracht tegen een kist (zie tekening). Wat is de versnelling die de kist ondervindt?



De wrijvingskracht remt bewegingen van voorwerpen. Voor een stilstaand voorwerp geldt ( $F$  is de kracht die op het voorwerp wordt uitgeoefend):

$F < F_{w, \max}$ . Het voorwerp blijft in rust (Ook geldt:  $F = F_w$ )

$F = F_{w, \max}$ . Het voorwerp beweegt net nog niet.

Voor een bewegend voorwerp geldt:

$F < F_{w, \max}$ . Het voorwerp wordt vertraagd.

$F = F_{w, \max}$ . Het voorwerp beweegt eenparig.

$F > F_{w, \max}$ . Het voorwerp wordt versneld.

### Voorbeeld:

Een aantal mensen gaat tegen een vrachtwagen duwen om die op gang te krijgen.

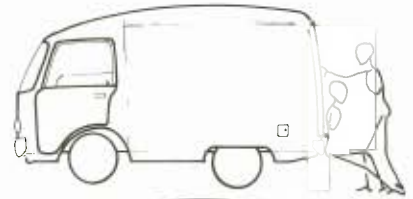
a. Eerst duwt er maar één tegen de vrachtwagen.

Zijn duwkracht is  $100 \text{ N}$ .

Hij krijgt de wagen niet van zijn plaats. De wrijvingskracht heft zijn trekkracht precies op:

$$F_{\text{duw}} = F_w = 100 \text{ N}$$

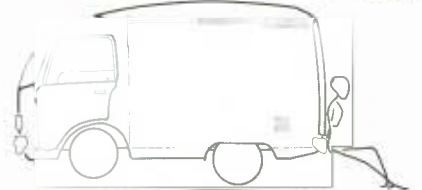
$$F_{\text{duw}} < F_{w, \max}$$



b. Er gaat nog iemand duwen. De totale duwkracht is nu  $200 \text{ N}$ . Nog steeds krijgen ze de auto niet op gang:

$$F_{\text{duw}} = F_w = 200 \text{ N}$$

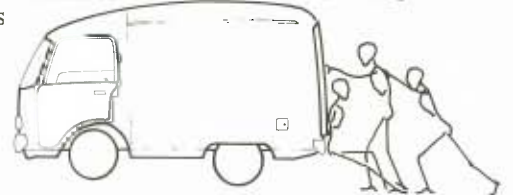
$$F_{\text{duw}} < F_{w, \max}$$



c. Nu duwt er een derde mee. De auto begint te rijden. De duwkracht is nu groter dan de maximale wrijvingskracht:

$$F_{\text{duw}} = 300 \text{ N}$$

$$F_{\text{duw}} > F_{w, \max}$$



d. Ze duwen de auto een eindje voort met een eenparige snelheid (konstante snelheid). De versnelling is weer  $0 \text{ m/s}^2$  en de duwkracht wordt precies opgeheven door de maximale wrijvingskracht:

$$F_{\text{duw}} = F_{w, \max}$$

### Vraag 8

Een fietser rijdt eenparig. De maximale wrijvingskracht is  $60 \text{ N}$ . Hoe groot is de kracht, waarmee de fietser trapt?

### Vraag 9

Een brommer heeft een motor die  $200 \text{ N}$  levert. De maximale wrijvingskracht is  $6 \text{ N}$ . Hoe groot is de totale kracht op de brommer?

### Vraag 10

Iemand trekt aan een slee met een kracht van  $3 \text{ N}$ . Hij krijgt de slee niet vooruit. De maximale wrijvingskracht is  $10 \text{ N}$ . Wat is de wrijvingskracht?

Je hebt in dit blok kennis gemaakt met de normaalkracht.

Een voorwerp oefent een gewicht uit op een ondersteunend vlak. Het vlak oefent dan een normaalkracht uit op het voorwerp.

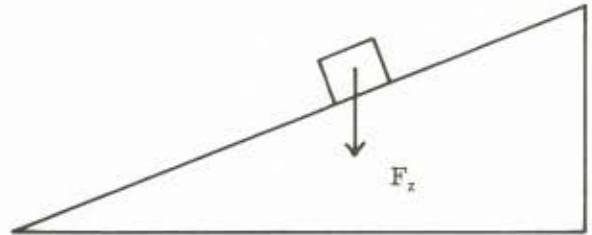
**Voorbeeld:**

Een voorwerp met een gewicht van 100 N ligt op een tafel. De tafel oefent dan een normaalkracht van 100 N op het voorwerp uit.

**Vraag 11**

Hiernaast zie je een tekening van een blok op een hellend vlak. Ontbindt de zwaartekracht in een component langs het hellend vlak en een component er loodrecht op.

Teken de normaalkracht.



## H 2 Rekenen aan bewegingen

In dit blad ga je oefensommen maken over de mechanika. Daarvoor moet je feiten en formules kennen. Ga zelf eerst maar na of je de feiten en formules kent. Beantwoord de volgende vragen:

1

- a. Wat is een eenparige beweging?
- b. Wat is een eenparig versnelde beweging?

2

- a. Schrijf de formules op die horen bij de eenparige beweging.
- b. Doe hetzelfde voor de eenparig versnelde beweging.

3

Ga na of je weet hoe je krachten moet ontbinden.

4

Wanneer verandert de beweging van een voorwerp?

5

Geef het verband tussen kracht en versnelling.

6

Wat is wrijvingskracht?

7

Welke richting heeft de wrijvingskracht?

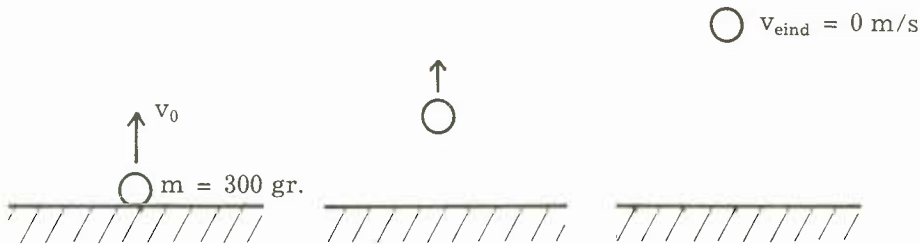
8

Wat is normaalkracht?

Wanneer je dat nodig vindt kun je één en ander nakijken in dit blok of de vorige blokken.



## Voorbeelden



1

Een kogel van 300 gram wordt omhoog geschoten. Na 10 s bereikt hij het hoogste punt. Welke snelheid had de kogel aan het begin van de beweging?

a. Gegeven:  $m = 300 \text{ g} = 0,300 \text{ kg}$

$$v_{\text{eind}} = 0 \text{ m/s.}$$

$$t = 10 \text{ s.}$$

b. Gevraagd wordt:  $v_0$ .

c. Formules waarin  $v_0$  voorkomt zijn:

$$v_t = v_0 + a \cdot t$$

$$s_t = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

d. Van de eerste formule is, behalve  $v_0$ , alles bekend:

$$v_t = v_{\text{eind}} = 0 \text{ en } t = 10 \text{ s. } a = 10 \text{ m/s}^2.$$

Invullen geeft:  $0 = v_0 - 10 \cdot 10$  (a negatief, want de kogel wordt vertraagd).

$$\text{dus: } v_0 = 100 \text{ m/s}$$

2

Op een voorwerp van 6 kg werkt een kracht van 24 N.

Wat is de afgelegde weg na 2 s als het op  $t = 0$  s een snelheid had van 0 m/s had.

a. Gegeven:  $m = 6 \text{ kg}$

$$F = 24 \text{ N}$$

$$v_0 = 0 \text{ m/s}$$



b. Gevraagd word  $s_2$ .

c. De formule waarin  $s_2$  voorkomt is ( $s_2$  is een speciaal geval van  $s_t$ ):

$$s_t = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

d. Deze formule is niet voldoende. Je kunt wel  $v_0$  en  $t$  invullen:

$$s_2 = 0 + \frac{1}{2} \cdot a \cdot 2^2, \text{ maar } a \text{ weet je niet.}$$

Nu gaan we dus  $a$  berekenen:

$$\text{Die staat in de formules: } F = m \cdot a \text{ en } v_t = v_0 + a \cdot t$$

$$\text{Met de eerste formule bereken je } a: a = \frac{F}{m} = \frac{24 \text{ N}}{6 \text{ kg}} = 4 \text{ m/s}^2.$$

$$\text{Dit vul je in } s_2 = 0 + \frac{1}{2} \cdot a \cdot 2^2.$$

$$\text{Daaruit volgt: } s_2 = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 2^2 \text{ en dus } s_2 = 8 \text{ m}$$

Maak nu zelf de volgende opgaven:

1

Een voorwerp heeft op  $t = 0$  een snelheid van 7 m/s.

Vanaf  $t = 0$  krijgt dat lichaam een versnelling van  $3 \text{ m/s}^2$ .

Wat is de snelheid van dat lichaam na 5 s.

(Je moet dus  $v_5$  berekenen).

2

Een voorwerp ondervindt vanuit stilstand een versnelling van  $2 \text{ m/s}^2$ .

Wat is de afgelegde weg na 6 s? (Dus  $s_t$  op  $t = 6 \text{ s}$ ).

3

Op een voorwerp van 2 kg werkt een kracht van 6 N.

Op het moment dat de kracht begint te werken is de snelheid van het voorwerp 0 m/s.

Hoe groot is de snelheid van het voorwerp na 5 s?

4

Een voorwerp heeft een beginsnelheid van  $7 \text{ m/s}$ .  
Na  $6 \text{ s}$  heeft dat voorwerp een snelheid van  $10 \text{ m/s}$ .  
De massa van het voorwerp is  $20 \text{ kg}$ .  
Bereken de kracht die op het voorwerp werkt.

5

Een voorwerp heeft een massa van  $16 \text{ kg}$ .  
Op dat voorwerp werkt een kracht van  $8 \text{ N}$ .  
Hierdoor legt dat voorwerp vanuit stilstand  $100 \text{ m}$  af.  
a. Hoeveel tijd is voor deze afstand nodig?  
b. Wat is de snelheid van het lichaam na deze  $100 \text{ m}$ ?

6

Een voorwerp met een massa van  $750 \text{ kg}$  ondervindt een tegenwerkende kracht (remkracht) van  $3000 \text{ N}$ . De snelheid van het voorwerp is  $28 \text{ m/s}$  als de kracht begint te werken.  
a. Hoe groot is de vertraging?  
b. Hoe lang duurt het tot het voorwerp stilstaat?  
c. Hoe lang is de remweg?

7

Op een voorwerp van  $10 \text{ kg}$  werkt een trekkracht van  $25 \text{ N}$ .  
Het voorwerp ondervindt een wrijving van  $5 \text{ N}$ .  
Het voorwerp vertrekt vanuit stilstand.  
Hoe groot is de afgelegde weg na  $10 \text{ s}$ ?

## H 1 Krachten en versnelling

1

- De zwaartekracht.
- De spierkracht van de werper.
- De wrijvingskracht van de remmen.

2

De geladen vrachtwagen heeft een grotere massa. Deze is minder gemakkelijk op gang te brengen dan de lichtere vrachtwagen.

3

Een rijdende trein heeft een grote massa. Het is dus niet gemakkelijk om de beweging ervan te veranderen.

4

Je weet:

$$F = m \cdot a. \text{ Daaruit volgt: } 60 = 0,100 \cdot a \Rightarrow a = \frac{60}{0,100} \text{ m/s}^2 = 600 \text{ m/s}^2$$

5

$$\text{Uit } F = m \cdot a \text{ volgt: } 40 = m \cdot 2,0 \Rightarrow m = \frac{40}{2,0} \text{ kg} = 20 \text{ kg}$$

6

$$\text{Uit } F = m \cdot a \text{ volgt: } F = 50 \cdot 2,4 = 120 \text{ N.}$$

7

De krachten heffen elkaar precies op. Er is dus geen versnelling.  
( $F = 0 \text{ N}$  dus  $a = 0 \text{ m/s}^2$ )

8

De beweging is eenparig. De versnelling is dus  $0 \text{ m/s}^2$ .  
De trapkracht en de wrijvingskracht moeten elkaar precies opheffen.  
De trapkracht is dus ook  $60 \text{ N}$ .

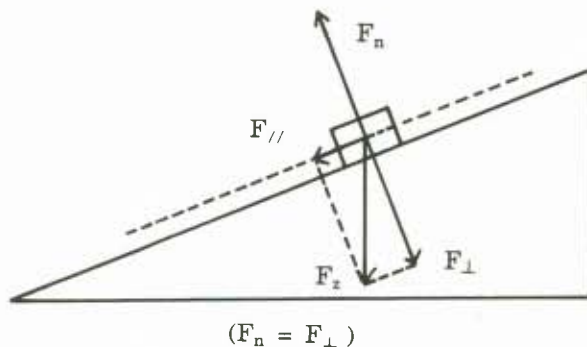
9

De totale kracht op de brommer is de vektorsom van de motorkracht en de wrijvingskracht. Deze zijn tegengesteld gericht. De vektorsom is dus  $200 - 6 = 194 \text{ N}$ .

10

Hier geldt:  $F_{\text{trek}} < F_{w, \text{max}}$  en dus  $F_{\text{trek}} = F_w = 3 \text{ N}$ .

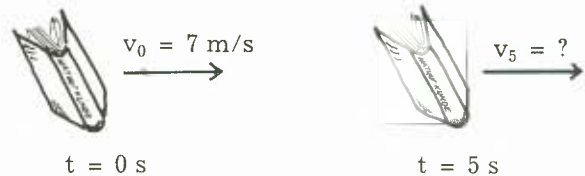
11



## H 2 Rekenen aan bewegingen

1

- a. Gegeven:  $v_0 = 7 \text{ m/s}$   
 $a = 3 \text{ m/s}^2$ .



- b. Gevraagd wordt  $v_5$

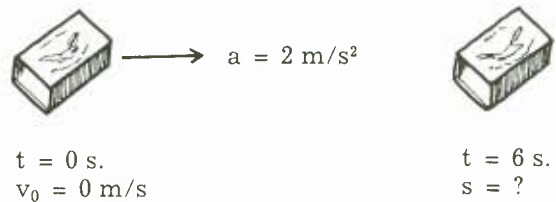
- c. Deze komt voor in:  $v_t = v_0 + a \cdot t$

Dus:  $v_5 = v_0 + a \cdot 5$ .

Alles invullen geeft:  $v_5 = 7 + 3 \cdot 5 = 22 \text{ m/s}$ .

2

- a. Gegeven:  $a = 2 \text{ m/s}^2$   
 $v_0 = 0 \text{ m/s}$



- b. Gevraagd wordt  $s_6$ .

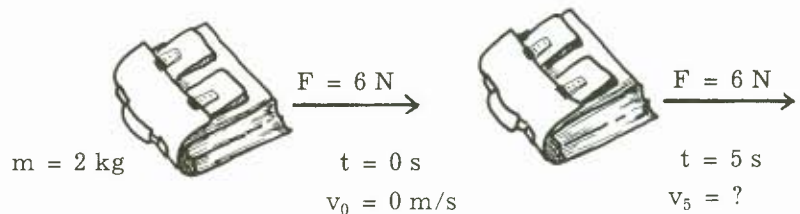
- c. Deze komt voor in  $s_t = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$

In dit geval:  $s_6 = v_0 \cdot 6 + \frac{1}{2} \cdot a \cdot 6^2$

Alles invullen geeft:  $s_6 = 0 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 6^2 = 36 \text{ m}$ .

3

- a. Gegeven:  $m = 2 \text{ kg}$   
 $F = 6 \text{ N}$   
 $v_0 = 0 \text{ m/s}$



- b. Gevraagd wordt:  $v_5$ .

- c. Deze komt voor in  $v_t = v_0 + a \cdot t$

Je weet  $v_0$  en  $t$  maar  $a$  niet. Je kunt  $v_5$  dus nog niet uitrekenen.

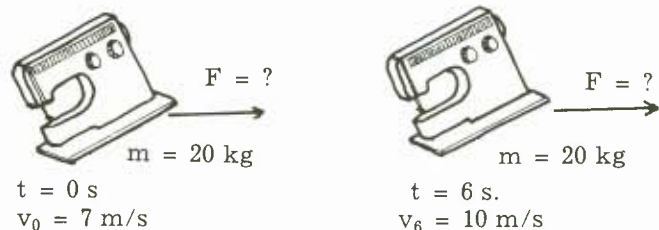
Bereken nu eerst  $a$ . Dat kun je doen met  $F = m \cdot a$

Invullen geeft  $6 = 2 \cdot a$ , dus  $a = 3 \text{ m/s}^2$ .

Dit invullen in de formule voor  $v_5$  geeft:  $v_5 = 0 + 3 \cdot 5 = 15 \text{ m/s}$ .

4

- a. Gegeven:  $v_0 = 7 \text{ m/s}$   
 $v_6 = 10 \text{ m/s}$  ( $v_6$  is  $v_t$  op  $t = 6 \text{ s}$ )  
 $m = 20 \text{ kg}$



- b. Gevraagd wordt  $F$

- c.  $F$  komt voor in  $F = m \cdot a$  (1)

Je weet  $m$  wel, maar  $a$  niet.

Maar die kun je berekenen met  $v_t = v_0 + a \cdot t$  (2)

Invullen geeft:  $10 = 7 + a \cdot 6$ . Daaruit volgt:  $a = 0,5 \text{ m/s}^2$ .

Invullen in (1) geeft:  $F = 20 \cdot 0,5 = 10 \text{ N}$ .

$$10 = 7 + a \cdot 6 \Leftrightarrow$$

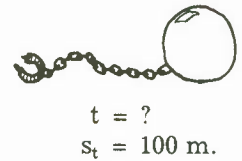
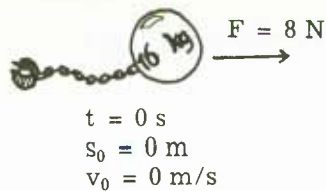
$$10 = 7 + a \cdot 6 \Leftrightarrow$$

$$3 = 6 \cdot a \Leftrightarrow a = 0,5 \text{ m/s}^2$$

5

Gegeven:  $m = 16 \text{ kg}$   
 $F = 8 \text{ N}$   
 $s_t = 100 \text{ m}$

Gevraagd:  $t$  en  $v_t$ .



- a. Eerst moeten we de tijd  $t$  berekenen.

Die staat in  $v_t = v_0 + a \cdot t$  (1)  
 en  $s_t = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$  (2)

Van (1) weet je zowel  $v_t$  als  $a$  niet.

Van (2) weet je alleen  $a$  nog niet. Maar die kun je berekenen

uit  $F = m \cdot a$ . Dus  $a = \frac{8}{16} \text{ m/s}^2 = 0,5 \text{ m/s}^2$

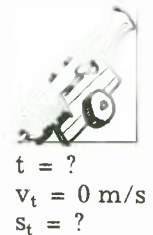
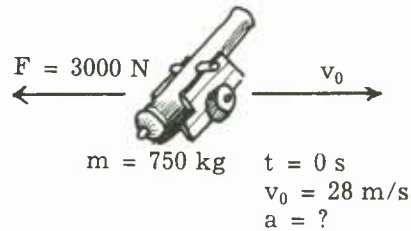
Invullen in (2) geeft:  $100 = 0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot t^2$ .  
 Daaruit volgt:  $t^2 = 400$  en dus  $t = 20 \text{ s}$ .

- b. Nu kun je  $v_t = v_0 + a \cdot t$  gebruiken.

Invullen geeft:  $v_{20} = 0 + 0,5 \cdot 20 = 10 \text{ m/s}$ .

6

a. Gegeven:  $m = 750 \text{ kg}$   
 $F = 3000 \text{ N}$   
 $v_0 = 28 \text{ m/s}$



Gevraagd wordt eerst:  $a$

Die komt voor in  $F = m \cdot a$

Invullen geeft  $3000 = 750 \cdot a$ , dus  $a = 4 \text{ m/s}^2$ . Omdat het om vertraging gaat, zullen we verder steeds gebruiken:  $a = -4 \text{ m/s}^2$ .

- b. Nu wordt gevraagd: die  $t$ , waarvoor  $v_t = 0$ .

$t$  komt voor in  $v_t = v_0 + a \cdot t$  (1)

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

Invullen van de gegevens in (1) geeft:  $0 = 28 - 4 \cdot t$ , dus  $t = 7 \text{ s}$ .

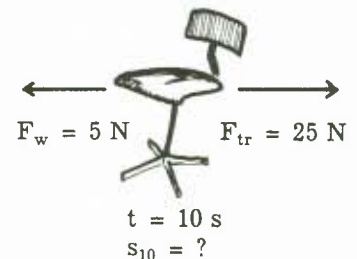
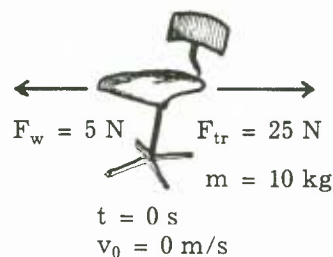
- c. Gevraagd wordt nu  $s_t (= s_7)$

Die staat in  $s_t = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$

Invullen geeft  $s_7 = 28 \cdot 7 - \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 7^2 = 98 \text{ m}$ . ( $a$  is negatief)

7

Gegeven:  $m = 10 \text{ kg}$   
 $F_{tr} = 25 \text{ N}$   
 $F_{wr} = 5 \text{ N}$   
 $v_0 = 0 \text{ m/s}$



Gevraagd wordt:  $s_{10}$ .

Die komt voor in  $s_t = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$  (1)

Je weet  $v_0$ , maar  $a$  niet.

$a$  kun je berekenen uit  $F = m \cdot a$  (2)

Invullen geeft:  $20 = 10 \cdot a$  (denk erom:  $F$  is de totale kracht, dat is dus de vektorsom van  $F_{tr}$  en  $F_w$ ;  $F = 25 - 5 = 20 \text{ N}$ ). Dus  $a = 2 \text{ m/s}^2$ .

$a$  is dus  $2 \text{ m/s}^2$ .

Invullen in (1) geeft  $s_{10} = 0 \cdot 10 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10^2 = 100 \text{ m}$ .



## Blok 18 Extra stof

### 147 Max Planckgas

In dit extra stof-blad lees je eerst een stripverhaal over een testrijder. Tijdens de ritten worden allerlei grootheden gemeten, zoals snelheid, afgelegde weg, tijd.

Daarna ga je met die gegevens wat berekeningen uitvoeren om te kijken of de theorie, die je tot nu toe over mechanika gehad hebt, klopt.

Lees nu eerst het stripverhaal over Max Planckgas. (Zie bladzijde 31).

Schrijf dan alle gegevens uit het verhaal ordelijk op in de tabellen hieronder.

FILM 1 strookje:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
afstand in m										
snelheid in km/h										
snelheid in m/s										
tijd in s										
toerental in t/minuut										

FILM 2 strookje:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
afstand in m										
snelheid in km/h										
snelheid in m/s										
tijd in s										
toerental in t/minuut										

FILM 3 strookje:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
afstand in m										
snelheid in km/h										
snelheid in m/s										
tijd in s										
toerental in t/minuut										

Teken nu in één diagram met verschillende kleuren van elk filmpje een v-t-diagram. (Gebruik de snelheid in m/s).

Teken ook in één diagram met van elk filmpje een s-t-diagram.

1

In blok 16 heb je gezien, dat het oppervlak onder het v-t-diagram de afgelegde weg is.

We gaan nu een paar steekproeven nemen, om na te gaan of de gegevens uit de filmpjes met elkaar kloppen.

Bepaal het oppervlak onder het v-t-diagram van film 1.

- a. van 0 tot 5 s } Vul dit in in de tabel op de volgende bladzijde.  
b. van 0 tot 8 s }

Doe het zelfde voor film 2,

- a. van 0 tot 6 s } Vul dit in in de tabel op de volgende bladzijde.  
b. van 0 tot 9 s }

En voor film 3

- a. van 0 tot 5 s } Vul dit in in de tabel op de volgende bladzijde.  
b. van 0 tot 7 s }

Bepaal nu uit de s-t-diagrammen de afgelegde weg op  $t = 5 \text{ s}$ ,  $t = 8 \text{ s}$  enz. en vul deze ook weer in.

FILM 1		FILM 2		FILM 3	
afgelegde weg (m) uit v-t	afgelegde weg (m) uit s-t	afgelegde weg (m) uit v-t	afgelegde weg (m) uit s-t	afgelegde weg (m) uit v-t	afgelegde weg (m) uit s-t
a.					
b.					

2

We kijken nu naar de versnelling.

Uit blok 16 weten we:  $s_t = v_o \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$  en  $v_t = v_o + a \cdot t$ .

Als  $v_o = 0$  dan geldt:  $s_t = \frac{1}{2} a t^2$  en  $v_t = a \cdot t$ .

We gebruiken  $v_t = a \cdot t$  om  $a$  te berekenen.

Je kunt hem herschrijven in:  $a = \frac{v_t}{t}$

Uit de verschillende v-t-diagrammen kun je afleiden dat in alle drie de gevallen sprake is van een éénparig versnelde beweging (Hoe kun je dat zien?).

Bereken de versnelling in het geval van film 1, 2 en 3 en vul de waarde in in de tabel hieronder.

We weten nu de versnelling in alle drie de gevallen. Maar het meest geïnteresseerd zijn de ontwerpers in de **kracht** van de motor.

We herinneren ons uit blok 18:  $F = m \cdot a$ .

Dus vermenigvuldigen we de nu bekende versnelling met de massa.

Vul onderstaande tabel weer in:

	FILM 1	FILM 2	FILM 3
massa	kg	kg	kg
versnelling	$\text{m/s}^2$	$\text{m/s}^2$	$\text{m/s}^2$
kracht	N	N	N

Je ziet dat een lichte auto met een minder sterke motor (film 1) net zo snel kan zijn als een zware auto met een sterke motor (film 3).

# KRACHT

en  
snelheid

EEN DAG OP STAP  
MET  
TESTRIJDER

MAX PLANCKGAS

MAX PLANCKGAS de bekende nederlandse testrijder, zal ons vandaag laten zien hoe hij 'n nieuw model test. We treffen onze onverschrokken held aan op de testbaan van een bekende autofabriek in het zuiden van ons land.



Eerst wat bijzonderheden. Het is een wagen van 940 kg. Dat kost je zo'n 400 gulden aan wegenbelasting. Er zit een motor in van 1200 kubieke centimeter en een volledig automatische versnellingsbak. Hij is dus gemaakt voor pientere rijders. Het laadvermogen is 500 kg.

Voor de testritten is deze wagen wat omgebouwd. In plaats van de passagiersstoel staat er een kast met elektronische meetapparatuur en een automatische fotokamera in. De wagen is wel evenzwaar als een normale, maar we kunnen nu tijdens de testritten allerlei dingen meten. De kamera fotografeert om de tiende seconde het instrumentenpaneel. We kunnen dan na de rit rustig de resultaten bestuderen. Bekijk de apparatuur maar eens, dan kun je zien wat we allemaal meten.

afstand in meter  
1-000000

snelheid in km per uur  
2-000000

snelheid in m per seconde  
3-000000

tijd in seconde  
4-000000

toerental in omw per min  
5-000000

Je ziet dat er vijf kastjes zijn. Nummer 1 meet de afstand die de auto rijdt. Nummer 2 en 3 meten de snelheid die de auto op dat moment heeft. Nummer 4 meet de tijd. en nummer 5 meet het toerental van de motor. Je moet er bij dit soort instrumenten wel op letten dat je de punt leest alsof er een komma staat.

En hier is de kamera. Hij maakt tien foto's per seconde van de meetinstrumenten. De belichtingstijd van 't fotootje is één duizendste seconde. Op 't beeldje zie je dan alleen de lichtgevende cijfertjes, want voor de rest is de belichtingstijd te kort. Ik zal jullie straks een paar van die fotootjes laten zien. Eerst ga ik nog een ritje maken. We willen vandaag namelijk nog meten hoe de kar optrekt. Dat betekent gas op de plank en dan zo snel mogelijk, zo hard mogelijk rijden. Kan ik mijn naam weer eens eer aan doen.. Tot over een half uurtje.

35 m m n u l e n l a t e r . . .

Zo mensen, hier is de film van mijn ritje van daareven. Het zijn wel negatieven, maar dat maakt niets uit. Ik zal er 10 beeldjes uitknippen en dan moet je zelf maar eens kijken of je daarmee het verloop van de rit na kunt gaan. Succes.

FILM 1

1-	1.50
2-	10.80
3-	3.00
4-	4.51
5-	948

1-	6.00
2-	21.60
3-	6.00
4-	5.51
5-	1120

3	1- 13.50 2- 32.40 3- 9.00 4- 6.51 5- 1591	4	1- 24.00 2- 43.20 3- 12.00 4- 7.51 5- 2168	5	1- 37.50 2- 54.00 3- 15.00 4- 8.51 5- 2757	6	1- 54.00 2- 64.80 3- 18.00 4- 9.51 5- 3388
7	1- 73.50 2- 75.60 3- 21.00 4- 10.51 5- 3994	8	1- 96.00 2- 86.40 3- 24.00 4- 11.51 5- 4663	9	1- 121.50 2- 97.20 3- 27.00 4- 12.51 5- 5315	10	1- 150.00 2- 108.00 3- 30.00 4- 13.51 5- 5872

## FILM 2



1	1- 1.00 2- 7.20 3- 2.00 4- 3.02 5- 1017	2	1- 4.00 2- 14.40 3- 4.00 4- 4.02 5- 1088	3	1- 9.00 2- 21.60 3- 6.00 4- 5.02 5- 1129	4	1- 16.00 2- 28.80 3- 8.00 4- 6.02 5- 1333	5	1- 25.00 2- 36.00 3- 10.00 4- 7.02 5- 1570	6	1- 36.00 2- 43.20 3- 12.00 4- 8.02 5- 1902
---	---	---	--	---	--	---	---	---	--	---	--



7

1-	49.00
2-	50.40
3-	14.00
4-	9.02
5-	2 155

8

1-	64.00
2-	57.60
3-	16.00
4-	10.02
5-	2498

9

1-	8 1.00
2-	64.80
3-	18.00
4-	1 1.02
5-	278 1

10

1-	100.00
2-	72.00
3-	20.00
4-	12.02
5-	3066

### FILM 3



1

1-	1.50
2-	10.80
3-	3.00
4-	2.77
5-	1357

2

1-	6.00
2-	2 1.60
3-	6.00
4-	3.77
5-	1823

3

1-	13.50
2-	32.40
3-	9.00
4-	4.77
5-	24.96

4

1-	24.00
2-	43.20
3-	12.00
4-	5.77
5-	3 1.05

5

1-	37.50
2-	54.00
3-	15.00
4-	6.77
5-	37 14

6

1-	54.00
2-	64.80
3-	18.00
4-	7.77
5-	4323

7

1-	73.50
2-	75.60
3-	2 1.00
4-	8.77
5-	4932

8

1-	96.00
2-	86.40
3-	24.00
4-	9.77
5-	558 1

9

1-	12 1.50
2-	97.20
3-	27.00
4-	10.77
5-	6055

10

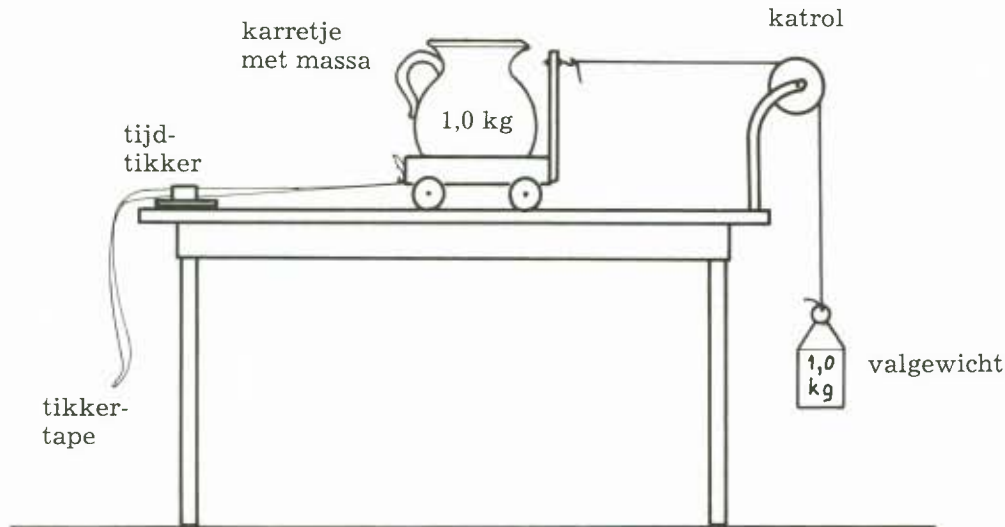
1-	150.00
2-	108.00
3-	30.00
4-	1 1.77
5-	6 107



# 150 Experimentele controle van $F = m \cdot a$

In blok 18 heb je een formule geleerd, die het verband tussen kracht, massa en versnelling geeft:  $F = m \cdot a$  (m in kg, F is de totale kracht). In dit extra stof blad doe je een proef om de juistheid van deze formule na te gaan.

## De opstelling



Op een tafel staat een karretje. Aan het karretje bevestig je ticker-tape. Het tape laat je door een tijdtikker lopen. Aan het andere eind van het karretje bevestig je een touwtje, waaraan een gewicht van 1 kg zit. Het gewicht hangt via een katrol boven de grond. Het karretje verzwaar je met een gewicht van 1 kg. Zorg dat als je het gewicht boven de grond loslaat, het karretje tenminste 1 m kan rijden. Aan het eind van zijn rit moet iemand het karretje opvangen, (anders valt het op de grond).

## De proef

Bepaal eerst de maximale wrijvingskracht die het karretje van de tafel ondervindt. In blok 18 staat, hoe je dat moet doen.

$F_{w, \max.} =$                       N.

Doe nu de proef met de tijdtikker als volgt:

Zet de tijdtikker aan. Laat het karretje los en vang het op voordat het van de tafel rijdt. De beweging wordt vastgelegd op het tape. Ga met behulp van de strook na wat voor beweging het karretje uitvoert.

Bepaal nu de massa van het karretje + gewicht:

massa =                      kg.

## De verwerking

Welke krachten werken op het karretje? En welke twee zijn van belang voor de beweging van het karretje?

Krachten die op het karretje werken:

1. ....
2. ....
3. ....
4. ....

Van belang voor de beweging zijn:

1. ....
2. ....

Hoe groot is de **totale** kracht op het karretje? ..... N.  
 Die totale kracht heeft 2 massa's versneld:  
 1. het valgewicht: ..... kg.  
 2. het karretje + de massa: ..... kg.  
 Hoe groot is dus de totale massa, die versneld werd? ..... kg.

Nu gaan we de versnelling bepalen.

Je kunt de tape op twee manieren verwerken:

**1**

Zoals in P3 van blok 16: je knipt na iedere 5e stip de tape af en legt de stukken naast elkaar. Je krijgt dan een v-t-diagram als je de middens van de bovenkanten van elk strookje verbindt. Daaruit bepaal je dan a.

**2**

Je kunt ook gebruik maken van de formule voor de afgelegde weg bij een eenparig versnelde beweging:  $s_t = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$  ( $v_0 = 0$  m/s)

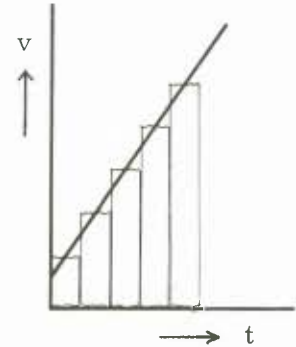
Meet de totale afgelegde weg.  $s_t =$  ..... m

De tijd tussen twee stippen komt overeen met ..... s.

Hoe groot is de totale tijd?  $t =$  ..... s.

Bereken hieruit a:  $a =$  ..... m/s<sup>2</sup>.

Je weet nu  $F_{\text{totaal}}$ , m en a en je kunt nu nagaan of  $F = m \cdot a$  klopt.  
 Probeer eventueel verschillen te verklaren.



## 152 Oefenen met examensommen

In dit extra stof-blad kun je opgaven over de stof van blok 18 maken. Je vindt hier enkele sommen over die stof uit oude examens. Succes!  
 Achterin vind je de antwoorden.

**1**

Wanneer een wielrenner op een horizontale weg rijdt, werken er op zijn fiets onder andere de volgende twee krachten:

1. De voorstuwende kracht  $F_v$ .
2. De som van de wrijving en de luchtweerstand  $F_w$ .
  - a. Welke beweging ontstaat er als  $F_v$  groter is dan  $F_w$ ?
  - b. Welke beweging ontstaat er als  $F_v$  gelijk is aan  $F_w$ ?
  - c. Welke beweging ontstaat er als  $F_v$  kleiner is dan  $F_w$ ?

De totale massa van wielrenner en fiets is 80 kg. Hij rijdt met een konstante snelheid van 12 m/s en bereikt dan een helling waarop hij over elke 100 meter afgelegde weg 1 m stijgt.  $F_w$  is op deze helling even groot als op de horizontale weg.

- d. Hoeveel is  $F_v$  nu groter dan op de horizontale weg als de snelheid ongewijzigd blijft?

Tijdens het bestijgen van de helling houdt de wielrenner op zeker moment op met de trapbeweging. De eenparige beweging (snelheid 12 m/s) verandert daardoor in een eenparig vertraagde beweging. In de eerste vier seconden van deze eenparig vertraagde beweging legt de wielrenner 36 m af.

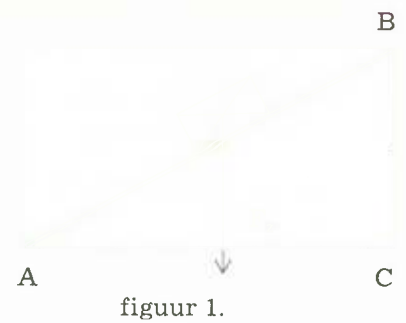
- e. Bereken de vertraging.
- f. Bereken de som van wrijving en luchtweerstand  $F_w$ .

**2**

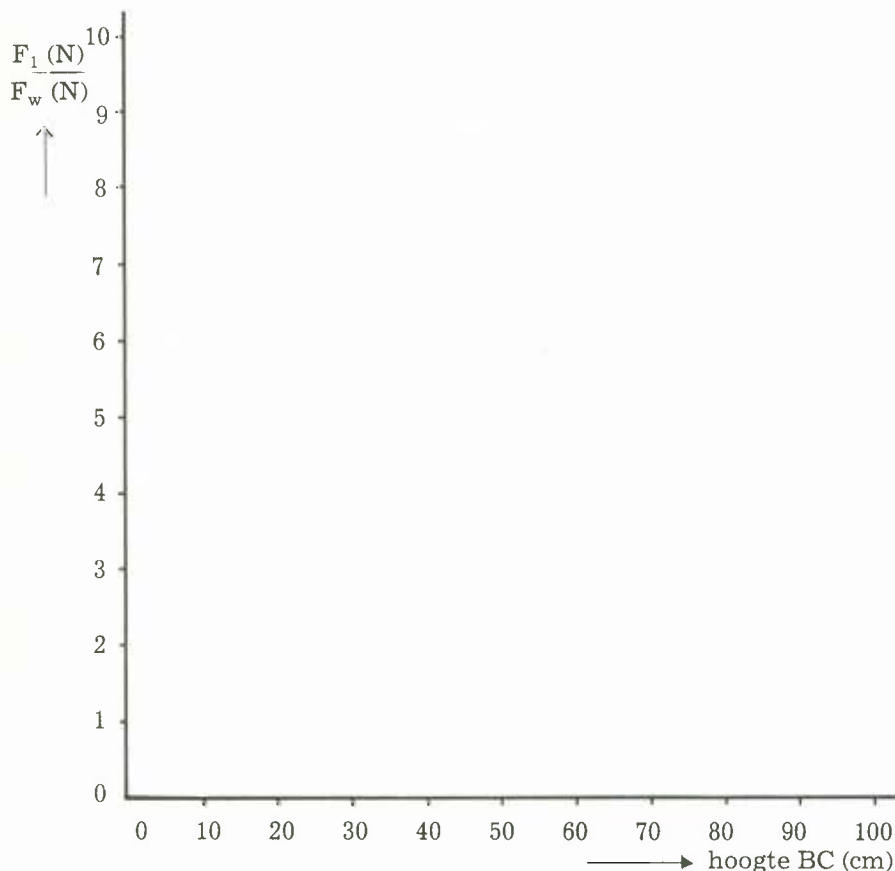
AB is een liniaal van 1 meter lengte, die bij A op een tafel rust en bij B wordt opgetild. Op de liniaal ligt een blok met een gewicht  $F_z$  van 10 N. Zie figuur 1 op de volgende bladzijde.

- a. Teken in figuur 1 hoe de kracht  $F_2$  ontbonden kan worden in een kracht  $F_1$  evenwijdig aan de liniaal en een kracht  $F_2$  loodrecht op de liniaal.  
De kracht  $F_2$  veroorzaakt de normaalkracht  $F_3$ .
- b. Teken ook deze  $F_3$  in figuur 1. In onderstaande tabel zijn enige waarden van  $F_1$  en  $F_2$  gegeven bij bepaalde waarden van de hoogte BC.

BC(cm)	$F_1$ (N)	$F_2$ (N)
0	0,0	10,0
30	3,0	9,5
50	5,0	8,6
70	7,0	7,0
86	8,6	5,0
100	10,0	0,0



- c. Schets de grafiek die het verband aangeeft tussen de hoogte BC en de kracht  $F_1$  in figuur 2.



figuur 2.

- d. Welke vorm heeft de grafiek?

Wat betekent dit voor het verband tussen  $F_1$  en BC?

De maximale wrijving  $F_w$  is bij deze proef steeds de helft van  $F_2$ .

- e. 1. Bereken de waarden van de maximale wrijving  $F_w$  bij de in de tabel aangegeven waarden van BC.  
2. Schets het verband tussen de hoogte BC en de maximale wrijving in fig. 2. De twee grafieken snijden elkaar. Geef dit snijpunt aan met S.
- f. Bij welke waarde van BC snijden de grafieken elkaar?  
Stel dat de hoogte BC, zoals die getekend is in figuur 1 de in vraag f gevonden waarde heeft.

- g. Teken dan in figuur 1 de maximale wrijving  $F_w$ .
- h. Als BC groter is dan de in vraag f gevonden waarde, dan:
1. blijft het blokje op zijn plaats.
  2. glijdt het blokje met een eenparige beweging naar beneden.
  3. glijdt het blokje met een eenparig versnelde beweging naar beneden.
- Kies het juiste antwoord en licht het toe.

3

Volgens een wettelijke bepaling moet de (gemiddelde) remvertraging van een auto minstens  $5,2 \text{ m/s}^2$  zijn.

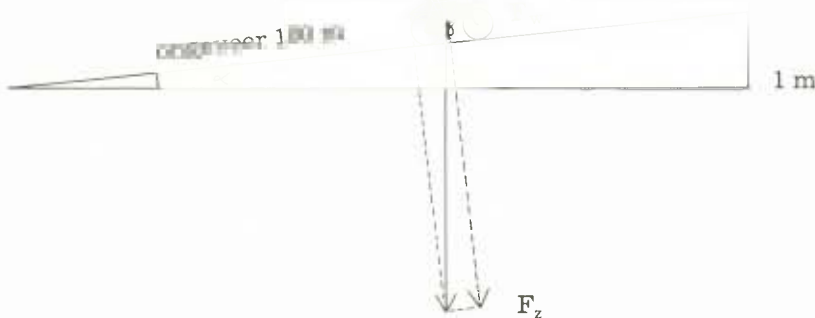
De massa van de auto (met bestuurder) is  $600 \text{ kg}$ . Bij een snelheid van  $30 \text{ m/s}$  komt de auto in  $4 \text{ s}$  tot stilstand.

- a. Laat met een berekening zien of de remmen van de auto aan de wettelijke eisen voldoen.
- b. Bereken de gemiddelde remkracht.

### Antwoorden

1

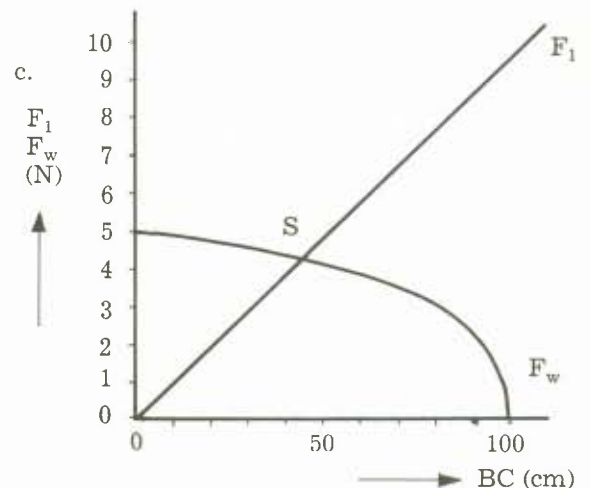
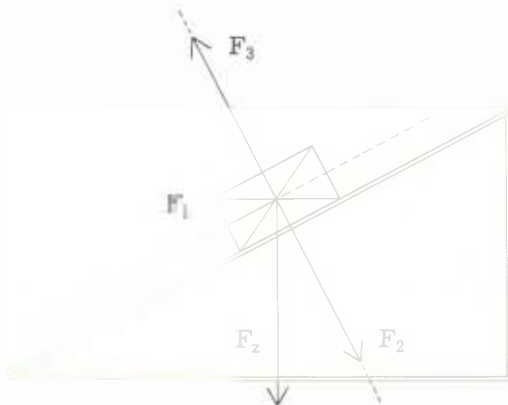
- a. De totale kracht op de fiets ( $F_w + F_v$ ) is groter dan  $0 \text{ N}$  en in de richting van de beweging. Dus de fiets volgt een eenparig versnelde beweging.
- b. Nu is de totale kracht precies  $0 \text{ N}$ . De beweging is dus eenparig.
- c. De totale kracht is nu weer groter dan  $0 \text{ N}$ , maar tegengesteld gericht aan de beweging. De beweging is dus eenparig vertraagd.
- d. Nu wordt de fietser ook afgeremd door de component van de zwaartekracht langs een hellend vlak.
- Wil de snelheid van de fietser nog konstant blijven dan moet  $F_v$  precies zoveel groter worden.
- In de tekening zie je, dat de component ongeveer  $8 \text{ N}$  is en dus moet  $F_v$  ook met  $8 \text{ N}$  groter worden.



- e. De formule voor de eenparig vertraagde beweging is
- $$s_t = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$
- Invullen geeft:  $36 = 12 \cdot 4 + \frac{1}{2} \cdot a \cdot 4^2$
- Daaruit volgt:  $a = -1,5 \text{ m/s}^2$  (a is negatief want de snelheid neemt af).
- f. De totale kracht op de fiets volgt uit  $F = m \cdot a$
- $$F = 80 \text{ kg} \cdot 1,5 \text{ m/s}^2 = 120 \text{ N}.$$
- (De component van de zwaartekracht was  $8 \text{ N}$ . Voor  $F_w$  blijft dan nog  $112 \text{ N}$  over).

2

a.



b. Zie tekening onder a.

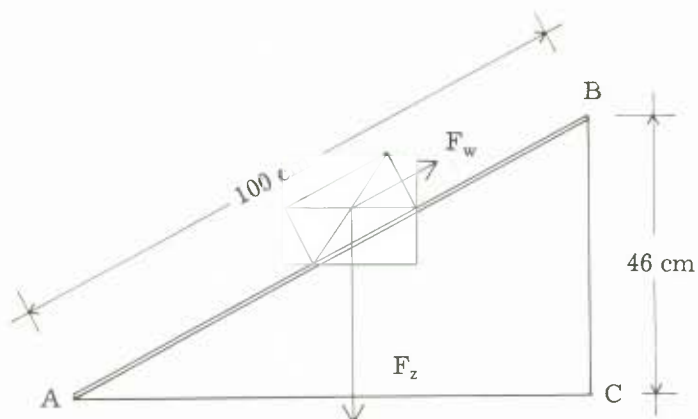
d. De grafiek is een rechte lijn. Dat betekent dat de hoogte BC en  $F_1$  evenredig zijn.

e.

BC (cm)	$F_1$ (N)	$F_2$ (N)	$F_w$ (N)
0	0,0	10,0	5,0
30	3,0	9,5	4,75
50	5,0	8,6	4,3
70	7,0	7,0	3,5
86	8,6	5,0	2,5
100	10,0	0,0	0,0

f. De grafieken snijden elkaar bij  $BC = 46$  cm en  $F_1 = F_w = 44$  N.

g.



h. Het juiste antwoord is: 3

Als BC groter wordt, wordt  $F_1$  groter dan  $F_{w, \max}$ . Er is een resultante kracht naar beneden langs het vlak, die het blokje een versnelling geeft.

3

a. We moeten dus de vertraging uitrekenen.

Voor een eenparig vertraagde beweging geldt:  $v_t = v_0 + a \cdot t$

Invullen geeft:  $0 = 30 + a \cdot 4$ . Daaruit volgt:  $a = -7,5 \text{ m/s}^2$ .

Aan de wettelijke eis is dus voldaan.

b.  $F = m \cdot a = 600 \cdot 7,5 = 4500 \text{ N}$ .