

## KRACHTEN - VWO

Foton is een opgavenverzameling voor het nieuwe eindexamenprogramma natuurkunde.

Foton is gratis te downloaden via [natuurkundeuitgelegd.nl/foton](http://natuurkundeuitgelegd.nl/foton)

Uitwerkingen van alle opgaven staan op [natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen](http://natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen)

Videolessen over de theorie zijn te vinden op [natuurkundeuitgelegd.nl/videolessen](http://natuurkundeuitgelegd.nl/videolessen)

Theorie bij dit hoofdstuk wordt behandeld in onderstaande videolessen:

[Krachten](#)

[Ontbinden](#)

[Krachtsoorten](#)

[Luchtwrijving](#)

[Schuifwrijving](#)

[Helling](#)

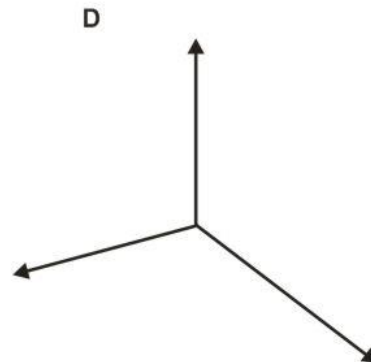
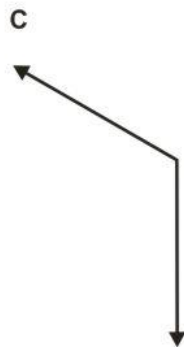
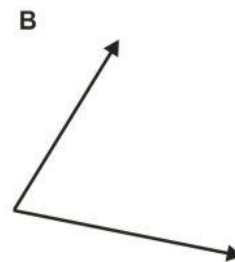
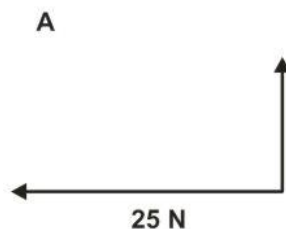
[Scheefgetrokken Slinger](#)

[Wetten van Newton](#)



### 1 Kopstaart-methode

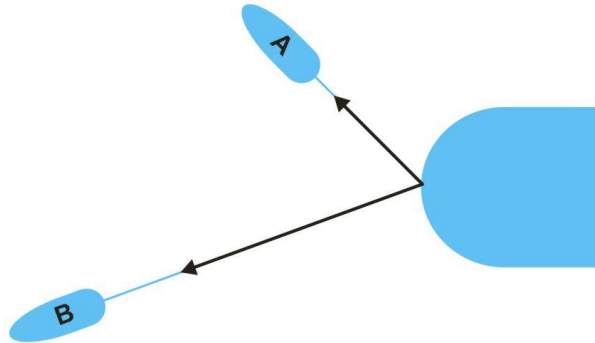
Op een voorwerp werken steeds meerdere krachten. Teken voor elk van onderstaande situaties met de kop-staart-methode de resulterende kracht. Bepaal door het meten van de lengte van de resulterende kracht de grootte hiervan. Voor het bepalen van de schaal is de grootte van één van de krachten aangegeven.



## 2 Sleepboten

Een groot schip wordt door twee sleepboten voortgesleept. Zie onderstaande tekening. De krachtvectoren staan aangegeven met pijlen.

- Laat met een constructietekening zien dat de richting waarin het schip gesleept wordt recht naar voren is.
- Sleepboot A trek met een kracht van 20,3 kN, sleepboot B trekt met 42 kN.  
Bepaal uit de constructietekening de grootte van de resulterende kracht waarmee de sleepboten het schip naar voren trekken.



## 3 Horizontaal verticaal

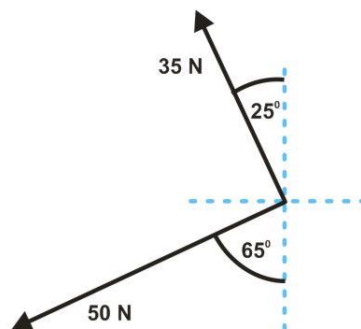
Op een bal werken alleen horizontale en verticale krachten. Bereken voor elk van onderstaande de situaties de grootte van de resulterende kracht.

- Een kracht van 10 N omhoog en een kracht van 12 N naar beneden.
- Een kracht van 34 N naar links en een kracht van 120 N naar boven.
- Een kracht van 45 N naar rechts, 90 N naar links en 45 N naar boven.
- Een kracht van 23 N naar rechts, 23 N naar links, 65 N naar boven en 120 N naar beneden.

## 4 Rechte hoek

Op een voorwerp werken twee krachten: Een kracht van 35 N naar linksboven onder een hoek van  $25^\circ$  met de verticaal en een kracht van 50 N onder een hoek van  $65^\circ$  met de verticaal (zie afbeelding hieronder).

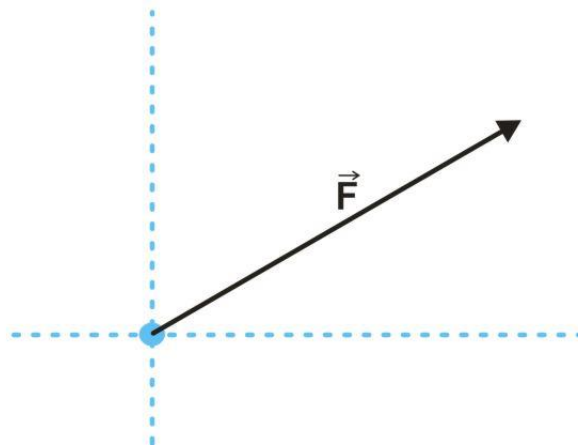
- Bereken de grootte van de resulterende kracht.
- Bereken de richting van de resulterende kracht ten opzichte van de horizon.



## 5 Grafisch ontbinden

Op een voorwerp werkt een kracht  $\vec{F}$  van 28 N volgens onderstaande tekening.

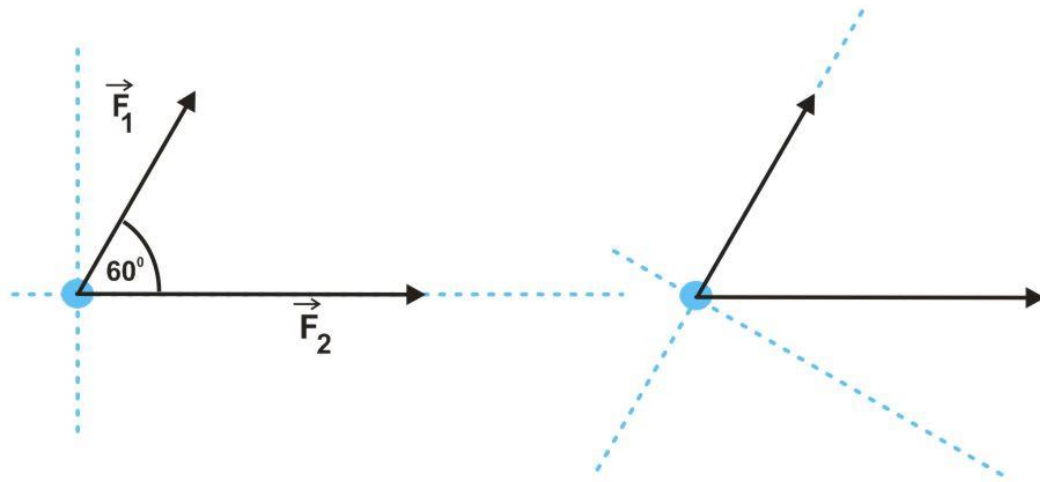
- Teken de horizontale en verticale component ( $\vec{F}_x$  en  $\vec{F}_y$ ) van deze kracht.
- Bepaal door opmeten van de lengtes van  $\vec{F}_x$  en  $\vec{F}_y$  de grootte van deze krachten.
- Toon met een berekening aan dat de resulterende kracht van  $\vec{F}_x$  en  $\vec{F}_y$  weer kracht  $\vec{F}$  is.
- Bereken de grootte van  $\vec{F}_x$  en  $\vec{F}_y$  vergelijk je antwoord met vraag b. Meet hiervoor eerst de hoek die  $\vec{F}$  maakt met de horizon.



## 6 Componenten

Op een voorwerp werken twee krachten. Een kracht schuin omhoog van 40 N en een horizontale kracht van 60 N. De krachten staan onder een hoek van  $60^\circ$ . Om uit te rekenen wat de resulterende kracht is moeten we één van de twee krachten ontbinden. In de linker figuur hieronder staan met stippellijntjes de richtingen voor het ontbinden van  $\vec{F}_1$  aangegeven.

- Bereken de grootte van de horizontale en verticale component van  $\vec{F}_1$  ( $\vec{F}_{1,x}$  en  $\vec{F}_{1,y}$ )
- Bereken met behulp van de je antwoord op vraag a de totale kracht in de x-richting en in de y-richting.
- Bereken de grootte en richting van de resulterende kracht.
- In plaats van  $\vec{F}_1$  te ontbinden kunnen we de resulterende kracht ook bepalen door  $\vec{F}_2$  te ontbinden (zie rechter figuur). Laat met een berekening zien dat je op deze manier op hetzelfde antwoord komt.



## 7 Zwaartekracht

Bereken de grootte van de zwaartekracht op onderstaande voorwerpen:

- Een bal met een massa van 500 g
- Een zwevende met helium gevulde ballon met een massa van 4,5 g
- Een stuntvliegtuig met een massa van 3,5 ton dat bezig is met het maken van een looping.
- Een astronaut met een totale massa van 95 kg op de maan

## 8 Veerkracht

Een kracht die je op een veer moet uitoefenen om hem in te drukken of uit te rekken hangt af van hoever je de veer indrukt of uitrekt en van de stijfheid van de veer. Hiervoor geldt onderstaande formule. De veerconstante  $C$  in deze formule geeft aan hoe stijf of slap een veer is. Hoe groter  $C$ , hoe meer kracht er nodig is om de veer in te drukken of uit te rekken en hoe stijf de veer.

- De lengte van een veer gaat van 7,0 cm naar 9,4 cm als er een massa van 100 g aan gehangen wordt. Bereken de veerconstante van deze veer.
- Bereken de lengte van de veer als er nog een massa van 100 g bij gehangen wordt.
- De massa's worden verwijderd en in plaats daarvan wordt een identieke tweede veer van hetzelfde type en met dezelfde lengte aan de veer gehangen. De totale lengte van de samengestelde veer wordt nu twee keer zo lang: 14 cm. Bereken de veerconstante van de samengestelde veer. De massa's van de veren zelf mogen verwaarloosd worden.

$$F_{\text{veer}} = C \cdot u$$

$F_{\text{veer}}$  = veerkracht (N)

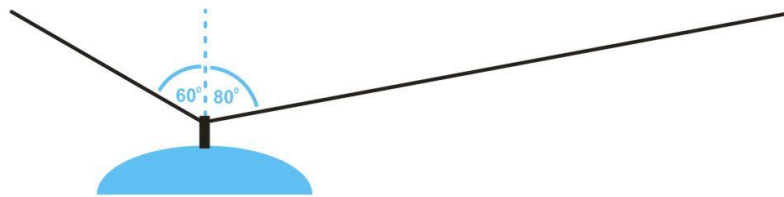
$C$  = veerconstante ( $\text{Nm}^{-1}$ )

$u$  = uitrekking (m)

## 9 Straatlamp

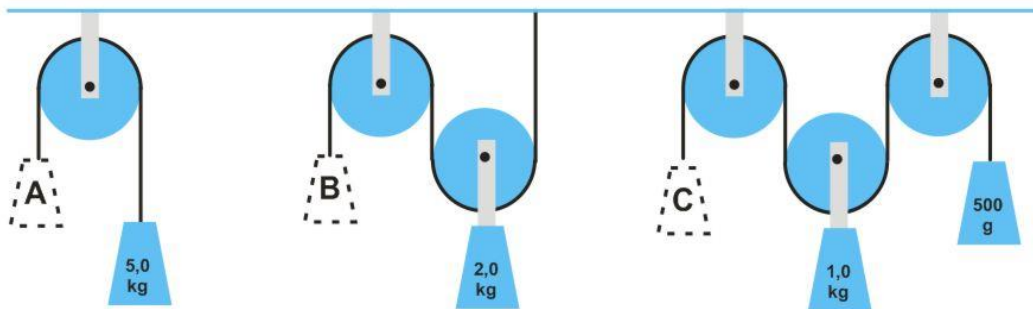
Een straatlamp hangt aan kabel tussen twee huizen boven een straat. De lamp zit vast aan de kabel en kan niet heen en weer schuiven. De lamp hangt niet in het midden. De spankracht in het kabeldeel links van de lamp bedraagt 250 N.

- Bereken waarom de spankracht in het linker- en rechter kabeldeel niet gelijk kunnen zijn.
- Bereken de grootte van de spankracht in het rechter kabeldeel. Bereken hiervoor eerst de grootte van de horizontale component van spankracht in het linker kabeldeel.
- Bereken de massa van de straatlamp.



## 10 Katrollen

Een katrol kan gebruikt worden om de spankracht in een touw van richting te veranderen zonder daarbij de grootte van de spankracht te veranderen. Leg in elk van de volgende situaties welke massa nodig is om alles in evenwicht te houden. Ga er hierbij vanuit dat de grootte van de spankracht in ieder touw constant is over de hele lengte. Verwaarloos hierbij de wrijving en de massa van de katrollen en touwen zelf.



## 11 Normaalkracht

Een massa van 3,6 kg ligt op een oppervlak. Bepaal in elke situatie de grootte en richting van de normaalkracht van het oppervlak op de massa van 3,6 kg.



## 12 Stroomlijn

Gebruik bij deze vraag BINAS tabel 28A

Een vrachtauto met een lengte van 7,9 m, een hoogte van 3,0 m en een breedte van 3,5 m ondervindt bij een snelheid van 80 km/h een luchtwrijvingskracht van  $3,2 \cdot 10^3$  N.

- Toon met een berekening aan dat deze vrachtwagen niet heel erg gestroomlijnd is. Je mag hierbij het oppervlak van de wielen verwaarlozen.
- Tot hoeveel kan de luchtwrijvingskracht afnemen als de vrachtauto gestroomlijnder zou zijn?

## 13 Tegenwind

Younes rijdt op de fiets met een constante snelheid van 12 km/h. Tijdens het fietsen levert hij een voorwaartse kracht van 34 N. De rolwrijving die hij ondervindt is 12 N.

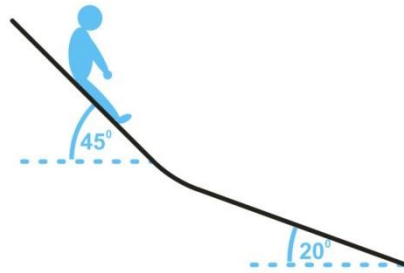
- Wat is de grootte en de richting van de luchtwrijvingskracht die Younes ondervindt?
- Op een stuk van zijn fietstocht moet hij tegen de wind in. De windsnelheid bedraagt 20 km/h. Bereken hoe groot de voorwaartse kracht is die hij moet leveren om dezelfde snelheid te houden.
- Om minder hard te hoeven trappen buigt hij zich over zijn stuur waardoor zijn frontaal oppervlak met 15% afneemt. Bereken opnieuw de voorwaartse kracht die hij moet leveren.
- Later heeft Younes wind mee. Hij gaat weer rechtop zitten om zijn frontaal oppervlak weer groter te maken. Bereken of Younes kan stoppen met trappen om dezelfde snelheid te houden. Ga er hierbij vanuit dat de  $C_w$  waarde niet wijzigt.

## 14 Glijbaan

Jesper glijdt van een glijbaan naar beneden. Het eerste stuk van de glijbaan van Jesper maakt een hoek van  $45^\circ$  ten opzichte van de horizon. Het tweede stuk een hoek van  $20^\circ$ . Het eerste stuk blijkt dat Jesper een grotere versnelling ondergaat dan op het tweede stuk. Welk van onderstaande uitspraken is waar? Leg je antwoord uit.

De versnelling van Jesper is groter op het eerste stuk omdat...

- De normaalkracht daar kleiner is
- De schuifwrijving daar kleiner is
- De component langs de helling van de zwaartekracht daar groter is.



### 15 Schuifwrijving

Je BINAS ligt op tafel. Als je je tafel een beetje kantelt blijft hij gewoon liggen maar bij een hoek van  $15^\circ$  begint hij te glijden. De massa van je BINAS is 572 g.

- Bereken de maximale waarde van de schuifwrijvingskracht.
- Bereken de schuifwrijvingscoëfficiënt. Bereken hiervoor eerst de normaalkracht.
- Beredeneer (geen berekening) of het voor de hoek waarbij de BINAS begint te glijden uitmaakt of de BINAS opengeslagen of gesloten op tafel ligt.

### 16 Krachtsoorten

In de tabel hieronder staan eigenschappen van een aantal krachten. Schrijf bij elke eigenschap op welke kracht hierbij hoort. Je kunt kiezen uit: Zwaartekracht, Spankracht, Luchtwrijving, Rolwrijving, Schuifwrijving, Veerkracht, Normaalkracht en Resulterende kracht.

Krachtsoort	Eigenschap
	Grootte afhankelijk van de snelheid van een voorwerp
	Wordt ook wel somkracht of netto kracht genoemd
	Variabel als het voorwerp stil ligt en constant als het beweegt
	Aangrijpingspunt is het zwaartepunt van het voorwerp
	Is aan beide kanten van een strak touw gelijk
	Grootte is recht evenredig met de uitrekking
	Richting is altijd loodrecht op het oppervlak
	Ontstaat als een rollend voorwerp een oppervlak raakt

### 17 Wetten van Newton

De eerste wet van Newton zegt dat als er geen resulterende kracht op een voorwerp wordt uitgeoefend, dat de snelheid constant is of dat het voorwerp stilstaat. De tweede wet van Newton zegt dat resulterende kracht en de versnelling die een voorwerp ondergaat recht evenredig met elkaar zijn. Leg uit dat de eerste wet eigenlijk volgt uit de tweede wet van Newton.

### 18 Krachtenevenwicht

Bepaal of er in de volgende situaties sprake is van krachtenevenwicht of niet.

- a Een boek ligt op tafel
- b Een ijzeren bal valt vanaf een hoge toren naar beneden.
- c Een hogesnelheidstrein rijdt met een constante snelheid van 287 km/h.
- d Een heteluchtballon stijgt met een constante snelheid van 2,3 m/s omhoog.

### 19 Valversnelling

Milou laat kogel met een massa van 3,00 kg vallen.

- a Bereken de grootte van de resulterende kracht die op de kogel werkt direct nadat Milou de kogel heeft losgelaten.
- b Bereken de versnelling die de kogel zal ondervinden.
- c Laat met een berekening zien dat de versnelling hetzelfde zou zijn als Milou een kogel met een twee keer zo grote massa zou hebben genomen.
- d Het lijkt er dus op dat de massa niks uitmaakt voor hoe snel voorwerpen vallen. Toch zitten er wel in de praktijk wél verschillen in de snelheid waarmee voorwerpen vallen. Leg uit hoe dit kan.

### 20 Skaten

Laura en Martha gaan skaten. Als ze allebei stilstaan geeft Laura haar vriendin een zetje waardoor Martha een snelheid van  $2,0 \text{ ms}^{-1}$  krijgt. Laura merkt dat ze zelf na het geven van het zetje naar achter gaat met een snelheid van  $1,5 \text{ ms}^{-1}$ .

- a Leg aan de hand van de derde wet van Newton uit waarom Laura zelf naar achter beweegt.
- b Beredeneer wie van de twee heeft de grootste massa heeft.

### 21 Afdaling

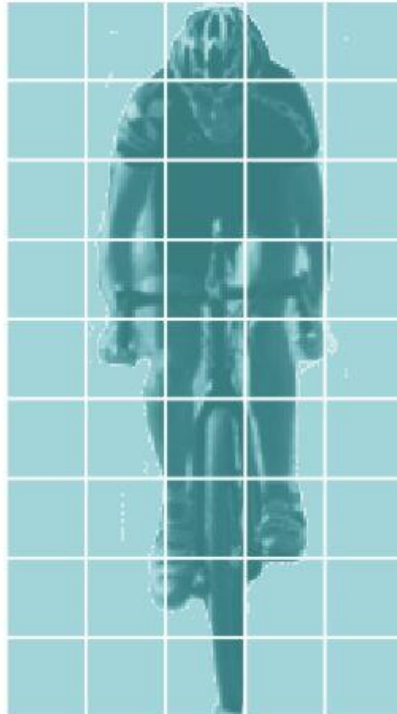
Een wielrenner met een totale massa van 65 kg inclusief fiets daalt zonder te trappen af van een heuvel met een hellingspercentage van 10%. In de figuur hieronder staat een vooraanzicht van de wielrenner.

- a Hoe groot is de hoek van de helling ten opzichte van de horizon?
- b Bereken de versnelling die de wielrenner zou ondervinden als er geen wrijvingskrachten zouden zijn.
- c In werkelijkheid is er wel sprake van wrijving waardoor de versnelling steeds kleiner wordt en de snelheid blijft steken bij 42 km/h. Hoe groot is de totale wrijvingskracht in deze situatie?
- d Bepaal de grootte van de luchtwrijvingskracht die de wielrenner ondervindt. Bepaal hiervoor eerst het frontaal oppervlak van de wielrenner uit de afbeelding hieronder. Een hokje is 20 bij 20 cm. Gebruik BINAS tabel 28A voor de  $C_w$  waarde en tabel 12 voor de



dichtheid van lucht.

- e De wielrenner komt hierna op een sterker dalend stuk met een helling van 15%. Bepaal de maximum snelheid die de fietser op dit stuk zal bereiken zonder trappen. Ga er hierbij vanuit dat de rolwrijving niet veranderd.



## 22 Slinger

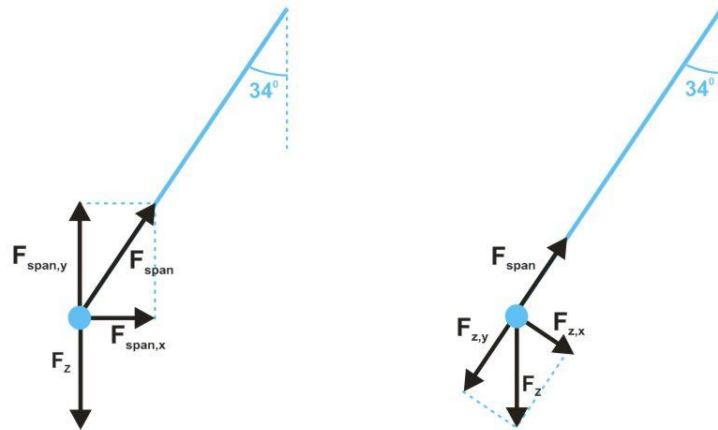
*Bij deze vraag mag je de wrijvingskracht verwaarlozen*

Vanuit de evenwichtstand wordt een slinger  $34^\circ$  opzij getrokken en losgelaten. Wim en Isa willen de resulterende kracht op de slinger uitrekenen op het moment dat hij wordt losgelaten. Het enige wat ze verder weten is de massa van de slinger (150 g) en dus de grootte van de zwaartekracht.

Volgens Wim moet je hiervoor de spankracht ontbinden. De y-component van de spankracht is bekend want die is gelijk aan de zwaartekracht en de x-component is de resulterende kracht op de massa (zie afbeelding links).

Volgens Isa moet je juist de zwaartekracht ontbinden in een component in de richting van het touw en een component loodrecht daarop. De component in de richting van het touw wordt gecompenseerd door de spankracht en de component loodrecht op het touw is de resulterende kracht (zie afbeelding rechts).

- Leg uit welke denkfout Wim maakt.
- Bereken de grootte van de resulterende kracht volgens de methode van Isa.
- Bereken de versnelling die de massa zal ondergaan.
- Beredeneer (geen berekening) wat het antwoord op de vorige vraag zou zijn als de massa twee maal zo groot zou zijn.



### 23 Bergtrein

*Bij deze vraag mag je de wrijvingskracht verwaarlozen.*

Een bergtrein met een totale massa van 24000 kg versneld vanuit stilstand op een vlak stuk eenparig in 3,5 s tot een snelheid van  $5,0 \text{ ms}^{-1}$ .

- Bereken de voorwaartse kracht die de motor hiervoor moet leveren.
- Hierna begint de trein met dezelfde snelheid te klimmen met een hellingspercentage van 20%. Bereken de voorwaartse kracht die de motor levert tijdens het klimmen.
- Vlak voor de eerste halte stopt de machinist de treinmotoren. De trein staat niet in één keer stil maar vertraagd eenparig. Op het moment dat de trein stilstaat schakelt de machinist de handrem in. Bereken hoe lang het vertragen duurt.
- Als de trein weer vertrekt moet de motor een grotere kracht leveren dan bij het begin van de rit omdat de trein nu bergop moet versnellen. Bereken de benodigde motorkracht als de trein met dezelfde versnelling versnelt als aan het begin van de rit.

### 24 Lift

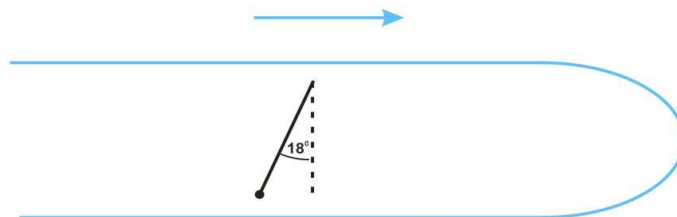
Dennis gaat met de lift omhoog. Zodra de lift vertrekt voelt Dennis zich heel eventjes zwaarder worden. Om te onderzoeken of hij ook echt zwaarder wordt neemt Dennis een personenweegschaal mee en gaat erop staan. Als de lift nog stilstaat geeft de weegschaal een massa van 65 kg aan.

- Bereken de zwaartekracht die er op Dennis werkt.
- De lift versnelt omhoog met  $1,2 \text{ ms}^{-2}$ . Bereken met de tweede wet van Newton de resulterende kracht die er op Dennis werkt.
- Hoe groot is de normaalkracht die de bodem van de lift op Dennis uitoefent.
- Hoe groot is, volgens de derde wet van Newton, de kracht die Dennis uitoefent op de bodem van de lift?
- Bereken welke "massa" de weegschaal aangeeft tijdens het naar boven versnellen van de lift.

## 25 Take-off

Mark wil tijdens de take-off van een vliegtuig de versnelling bepalen. Hij heeft hiervoor een touwtje met daaraan een gewichtje van 50 g meegenomen in het vliegtuig. Als het vliegtuig aan het begin van de startbaan staat te wachten voor vertrek laat pakt Mark het touwtje met het gewichtje en laat het recht voor zich naar beneden hangen. Zodra het vliegtuig toestemming krijgt te vertrekken en het vliegtuig versnelt op de startbaan gaat het touwtje scheef naar achteren staan. Mark meet een hoek van  $18^\circ$  tijdens het versnellen. In de afbeelding hieronder staat schematisch weergegeven wat er gebeurt.

- Hoe groot is de zwaartekracht op het gewichtje?
- De zwaartekracht wordt gecompenseerd door de verticale component van de spankracht in het touwtje. Bepaal de grootte van de horizontale component.
- Je antwoord op vraag b is meteen ook de resulterende kracht op het gewichtje. De enige twee krachten die er werken zijn namelijk spankracht en zwaartekracht. Bereken met behulp van de tweede wet van Newton de versnelling van het gewichtje, en daarmee ook de versnelling van het hele vliegtuig.



## 26 Knikkers

Jolanda laat bij een natuurkundeproef twee knikkers uit het raam op de tweede verdieping naar beneden vallen. Knikker A heeft een diameter van 1,0 cm. Knikker B is van dezelfde glasoort maar heeft een twee keer grotere diameter.

- Hoeveel keer zwaarder is knikker B?
- Hoeveel keer groter is het frontaal oppervlak van knikker B?
- Jolanda denkt: Op knikker B werkt een grotere zwaartekracht, maar ook een grotere luchtwrijvingskracht. Deze zullen elkaar precies opheffen en beide knikkers zullen dezelfde eindsnelheid bereiken. Ben jij het met Jolanda eens? Leg uit.

## 27 Boeing

Een Boeing 747-400 vliegtuig stijgt onder een hoek van  $20^\circ$  met een constante snelheid van 415 km/h. Op het vliegtuig werken vier krachten: zwaartekracht, luchtwrijvingskracht, stuwkracht van de motoren in de bewegingsrichting van het vliegtuig en liftkracht van de vleugels loodrecht op de bewegingsrichting van het vliegtuig

- Bereken de zwaartekracht op het vliegtuig. Gebruik hierbij BINAS tabel 6A.

- b Bereken de grootte van de liftkracht.
- c Bereken de grootte van de luchtweerstandskracht. Ga hierbij uit van een frontaal oppervlak van  $180 \text{ m}^2$  (romp, vleugels, staart en motoren) en gebruik de  $C_W$ -waarde in BINAS tabel 28A.
- d Dit type vliegtuig heeft 4 motoren. Bepaal de grootte van de stuwkracht per motor.



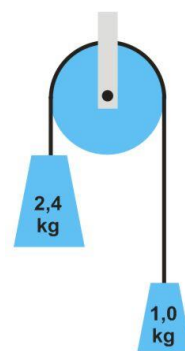
## 28 Atwood

Bij de proef van Atwood zijn twee gewichten aan een touw via een katrol met elkaar verbonden. Als het katrol vastgezet wordt zodat het touw blokkeert blijven beide massa's stilhangen.

- a Laat zien dat de spankracht in het linker en rechter touw niet gelijk zijn zolang het katrol vastzit.
- b Als de katrol losgemaakt wordt, wordt de spankracht in beide touwen gelijk. De linker massa ondervindt dan een resulterende kracht omlaag en de rechtermassa een resulterende kracht omhoog. Voor deze resulterende krachten gelden onderstaande formules. Bepaal de versnelling waarmee de massa's versnellen. Hint: Gebruik de tweede wet van Newton en bedenk dat niet alleen de spankracht links en rechts gelijk zijn maar ook de grootte van de versnelling.

$$\Sigma F_{links} = m_{links} \cdot g - F_{span}$$

$$\Sigma F_{rechts} = m_{rechts} \cdot g - F_{span}$$



## 29 Trein

*Bij deze vraag mag je de wrijvingskracht verwaarlozen.*

Een trein bestaat uit een locomotief van  $85,0 \text{ ton}$  met daarachter twee wagons (zie figuur hieronder). In de koppelingen tussen de afzonderlijk treindelen zijn krachtmeters gemonteerd. De trein trekt vanuit stilstand in  $31,0 \text{ s}$  op tot een snelheid  $12,0 \text{ ms}^{-1}$ . Tijdens

het optrekken meten de krachtmeters  $F_A = 95,0 \text{ kN}$  en  $F_B = 50,9 \text{ kN}$ .

- Hoe groot is de resulterende kracht op de locomotief?
- Hoe groot is de trekkracht die de locomotief moet leveren?
- Bepaal de massa van ieder van de wagon aan de hand van de resulterende kracht.
- Voor het remmen zijn niet alleen de locomotief maar ook alle wagons afzonderlijk voorzien van remmen. De remkracht van ieder treindeel bedraagt  $15 \text{ kN}$ . Bepaal de kracht die ieder van de krachtmeters aangeeft tijdens het afremmen.



### 30 Onderwatermodel

Marit onderzoekt hoe een knikker onder water valt. Ze heeft gelezen dat er op voorwerpen onder water een “opwaartse kracht” werkt. Deze kracht heeft een richting tegengesteld aan de zwaartekracht. Voor de grootte van de opwaartse kracht geldt de “wet van Archimedes”:

$$F_{opw} = g \cdot \rho \cdot V$$

$F_{opw}$  = opwaartse kracht (N)

$g$  = valversnelling ( $\text{m/s}^2$ )

$\rho$  = dichtheid vloeistof ( $\text{kg/m}^3$ )

$V$  = volume voorwerp ( $\text{m}^3$ )

- Marit gebruikt een knikker met een doorsnede van  $1,0 \text{ cm}$  en een massa van  $1,26 \text{ g}$  gemaakt van gewoon glas. Bereken de resulterende kracht op de knikker als hij onder water wordt losgelaten.
- Om de valtijd uit te rekenen heeft ze onderstaand rekenmodel gemaakt. Marit laat haar model uitrekenen hoe lang het voor een knikker duurt om op de bodem van een  $2,00 \text{ m}$  diep zwembad te vallen. Ze berekent een valtijd die langer is dan wanneer ze geen rekening zou houden met de opwaartse kracht maar als ze dit zelf in het echt gaat meten blijkt de valtijd nóg langer te zijn. Ze heeft in haar model namelijk geen rekening gehouden met een derde kracht die een rol speelt. Welke kracht is dit?
- Pas de modelregels en startwaarden zodanig aan dat het model wél klopt. Hint: de startwaarden die je nodig hebt staan er al.

1	$F_{res} := F_z - F_{opw}$	Bereken de resulterende kracht	<b>Startwaarden</b> $h = 2,00 \text{ m}$ $t = 0 \text{ s}$ $v = 0 \text{ m/s}$ $m = 0,00126 \text{ g}$
2	$a := F_{res} / m$	Bereken de versnelling	
3	$dv := a * dt$	Bereken de snelheidsafname	
4	$v := v + dv$	Bereken de nieuwe snelheid	

KRACHTEN - VWO

5	$dh := v \cdot dt$	Bereken de stapgrootte	$g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$ $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$ (water) $d = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ cm}$ $V = 4/3 \pi (\frac{1}{2}d)^3$ $Fz = m \cdot g$ $F_{opw} = g \cdot \rho \cdot V$ $dt = 0,1 \text{ s}$  $A = \pi \cdot (\frac{1}{2}d)^2$ $C_w = 0,47$
6	$h := h - dh$	Bereken de nieuwe hoogte	
7	if $h < 0$ dan stop	Stop als de bodem is bereikt	
8	$t := t + dt$	Hoog tijd op en begin opnieuw	

Een werkende versie van alle rekenmodellen in Foton is te vinden op [natuurkundeuitgelegd.nl/modelleren](http://natuurkundeuitgelegd.nl/modelleren)

## ANTWOORDEN VAN DE REKENOPGAVEN

Uitwerkingen en uitleg van alle opgaven zijn te vinden op

[natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen](http://natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen)

### 1 Kop-staart

- a 28 N
- b 32 N
- c 18 N
- d 0 N

### 2 Sleepboot

- b 54 kN

### 3 Horizontaal verticaal

- a 2 N
- b  $1,2 \cdot 10^2$  N
- c 64 N
- d 55 N

### 4 Rechte hoek

- a 61 N
- b  $10^\circ$

### 5 Grafisch ontbinden

- b 14 N en 24 N

### 6 Componenten

- a 20 N en 35 N
- b 80 N en 35 N
- c 87 N /  $23^\circ$

### 7 Zwaartekracht

- a 4,91 N
- b  $4,4 \cdot 10^{-2}$  N
- c  $3,4 \cdot 10^4$  N
- d  $1,5 \cdot 10^2$  N

### 8 Veerkracht

- a  $41 \text{ Nm}^{-1}$
- b 11,8 cm
- c  $20 \text{ Nm}^{-1}$

### 9 Straatlamp

- b  $2,2 \cdot 10^2$  N
- c 17 kg

### 10 Katrollen

- a 5,0 kg
- b 1,0 kg
- c 500 g

### 11 Normaalkracht

- a 35 N
- b 35 N
- c 33 N
- d 45 N

### 12 Stroomlijn

- b  $2 \cdot 10^3$  N

### 13 Tegenwind

- a 22 N
- b  $1,7 \cdot 10^2$  N
- c  $1,5 \cdot 10^2$  N

### 15 Schuifwrijving

- a 1,5 N
- b 0,27

### 19 Valversnelling

- a 29,4 N

- b  $9,81 \text{ ms}^{-2}$

### 21 Afdaling

- a  $5,7^\circ$
- b  $0,98 \text{ ms}^{-2}$
- c 63 N
- d 50 N
- e 54 km/h

### 22 Slinger

- b 0,82 N
- c  $5,5 \text{ ms}^{-2}$

### 23 Bergtrein

- a  $3,4 \cdot 10^4$  N
- b  $4,6 \cdot 10^4$  N
- c 2,6 s
- b  $8,0 \cdot 10^4$  N

### 24 Lift

- a  $6,4 \cdot 10^2$  N
- b 78 N
- c  $7,2 \cdot 10^2$  N
- d 73 kg

### 25 Take-off

- a 0,49 N
- b 0,16 N
- c  $3,2 \text{ ms}^{-2}$

### 26 Knikkers

- a 8
- b 4

**27 Boeing**

- a  $1,4 \cdot 10^6$  N
- b  $1,3 \cdot 10^6$  N
- c  $4,8 \cdot 10^4$  N
- c  $1,3 \cdot 10^5$  N

**28 Atwood**

- b  $4,0 \text{ ms}^{-2}$

**29 Trein**

- a 32,9 kN
- b 128 kN
- c 114 en 131 ton
- d 3,42 en 2,91 kN

**30 Onder water**

- a  $7,2 \cdot 10^{-3}$  N





