

Kracht en beweging

De essentie van dynamica

DynaLearn niveau 4 | Versie 1.0

Samenvatting	
In deze les leer je eerst over de relatie tussen de grootheden netto kracht, versnelling, en snelheid. In het tweede deel van de les leer je hoe de zwaartekracht en luchtweerstand samen de netto kracht bepalen van een voorwerp in (val)beweging en hoe snelheid en luchtweerstand samenhangen. Je leert over de relatie tussen deze grootheden aan de hand van het maken van een model in DynaLearn.	
Voornaam	
Achternaam	
Klas	
Datum	
Opmerkingen door docent	

1. Dynalearn starten

Er zijn meerdere manieren om in te loggen. Gebruik één van de twee onderstaande opties.

Via een code:

1. **Ga** naar DynaLearn (<https://create.dynalearn.nl/>).
2. **Klik** op 'inloggen met code', links onderin.
3. **Vul** de projectcode en je (school)email adres in.
4. **Kopieer** de code uit de bevestigingsmail van de afzender dynalearn.nl (zie spam folder) en **vul** de overige gegevens in.
5. **Log in** op DynaLearn en **controleer** of het inloggen is gelukt (zie 'Even controleren!').

Via een uitnodiging:

1. **Kopieer** de inlogcode uit de uitnodigingsmail van de afzender dynalearn.nl.
2. **Ga** naar Dynalearn (<https://create.dynalearn.nl/>).
3. **Log in** op DynaLearn en **controleer** of het inloggen is gelukt (zie 'Even controleren!').

Even controleren!

Na inloggen kom je automatisch in de witte werkruimte van de opdracht. Je herkent het aan het grijze vraagteken aan de rechterkant in het scherm . Ontbreekt het vraagteken? Doe dan eerst:

- **Klik** in Dynalearn op . **Klik** op 'Kies norm model'.
- **Kies** 'Kracht en beweging' en **druk** op 'Laden'.

Model opslaan en beginnen:

1. **Klik** op  linksboven. Verander de naam in 'Kracht en beweging' en **klik** op 'Opslaan'.
2. Hoe ga je verder aan de slag? **Volg** gewoon de stappen in deze lesbrief. Let op! Je kan geen stappen overslaan. Vraag om hulp als je er bij een bepaalde stap niet uitkomt. De video-functie  in Dynalearn laat zien hoe een model ingrediënt gemaakt kan worden. In de **bronnen** staat informatie over kracht en beweging. In de **kaders** staat een korte uitleg van over het model ingrediënt. Zet een vinkje ✓ door het nummer van een stap die je hebt uitgevoerd. Zo hou je bij waar je bent gebleven.

2. Netto kracht en versnelling

1. **Bekijk** Bron 1.

$$\text{versnelling}(a) = \frac{\text{netto kracht } (F_{res})}{\text{massa } (m)}$$

Bron 1. De **tweede wet van Newton** luidt: de versnelling (a) van een voorwerp is **positief evenredig** met de resulterende kracht (F_{res}): als de ene toeneemt (*afneemt*) dan neemt de andere ook toe (*af*). De vergelijking geeft deze evenredigheid weer. We zeggen ook wel dat de versnelling van een voorwerp **proportioneel** is tot de netto kracht. In deze les gaan we uit van voorwerpen waarvan de massa (m) niet verandert tijdens de beweging.

2. **Lees** Kader 1.

Kader 1. Entiteit en grootheid.

Een entiteit  is meestal een fysiek ding (bijv. auto, mens) in een systeem.

Een grootheid  is een meetbare eigenschap van een entiteit (bijv. temperatuur, lengte).

3. **Maak** de entiteit *Voorwerp* (zie  $\rightarrow$ .
4. **Maak** de grootheid *Netto kracht* (F_{res}) van de entiteit *Voorwerp* (zie  $\rightarrow$ .
5. **Maak** de grootheid *Versnelling* (a) van de entiteit *Voorwerp*.
6. **Lees** Kader 2.

Kader 2. Verandering van een grootheid.

Een grootheid  kan veranderen. Dit wordt aangegeven met . Het delta symbool (δ) is het wiskundige teken voor verandering (ook wel de afgeleide). Het pijltje omlaag (∇) is een afname, de nul ($\emptyset$) is constant en de het pijltje omhoog ($\blacktriangle$) is een toename.

7. Lees Kader 3.

Kader 3. Een proportioneel verband

Bij een proportioneel verband veroorzaakt **een verandering** van de grootheid die de **oorzaak** is **een verandering** bij de grootheid die het **gevolg** is. In Dynalearn worden **positieve** en **negatieve proportionele** verbanden tussen grootheden aangegeven respectievelijk een P_+ en een P_- .

8. Het verband tussen *Netto kracht (Fres)* en *Versnelling (a)* is **proportioneel** (zie ook Bron 1).

Maak dit verband (zie  $\rightarrow$ ). Let op de juiste richting van de pijl (oorzaak $\rightarrow$ gevolg).

9. Lees Kader 4.

Kader 4. Hulpfunctie

Als het vraagteken  of een ingrediënt in je model  rood is, dan is er iets niet in orde. Klik op het vraagteken  voor een hint. Klik vervolgens op een nummer, bijvoorbeeld  om te zien waar de fout in je model zit. Gebruik het vraagteken alleen als je er zelf niet uitkomt!

10. Lees Kader 5.

Kader 5. Wat is een exogene invloed.

Als je wilt dat een grootheid gedurende de gehele simulatie afneemt, stabiel blijft of toeneemt, dan moet je een invloed van buitenaf (een exogene invloed) aan de grootheid toevoegen.

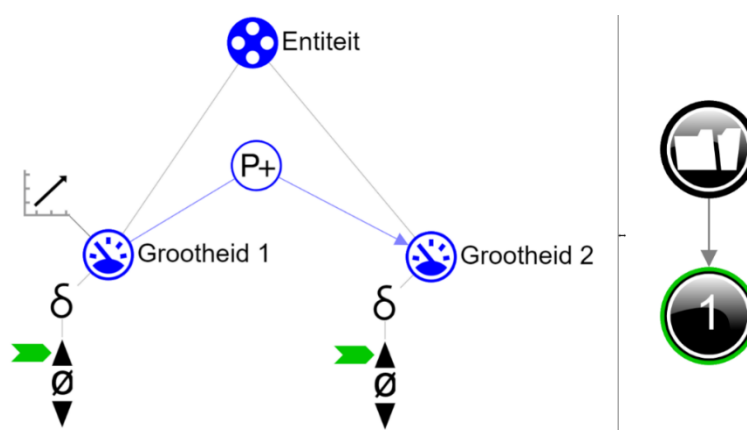
11. **Stel in** als beginwaarde:

- Maak** een exogene invloed (zie  $\rightarrow$ ) van het type **dalend**  voor *Netto kracht (Fres)*. Er is namelijk niet vastgelegd door welke krachten de *Netto kracht (Fres)* wordt bepaald.

12. Lees Kader 6.

Kader 6. De uitkomst van een simulatie aflezen.

Na het starten van een simulatie (met ) verschijnt aan de rechterkant een venster waarin de mogelijke toestanden van het systeem worden aangegeven. Er is in dit **voorbeeld** één mogelijke toestand .



Je kan de toestand aanklikken om de uitkomst te bekijken. De toestand krijgt dan een groene rand. In het model worden de verandering voor deze toestand aangegeven met een groene pijl . In het model valt af te lezen dat in toestand  Grootheid 1 toeneemt (door een exogene invloed van het type **stijgend**) en dat daardoor Grootheid 2 ook toeneemt.

13. **Start** de simulatie . **Onderzoek** ook wat er gebeurt als de *Netto kracht (Fres)* constant is of afneemt. **Verander** hiervoor de exogene invloed naar het type **gelijk** en **stijgend**. Beschrijf hieronder wat de oorzaak-gevolg relaties zijn die plaatsvinden (streep foute antwoorden door):

- Als de netto kracht afneemt dan zal de versnelling *afnemen/gelijk blijven/toenemen*
- Als de netto kracht gelijk blijft dan zal de versnelling *afnemen/gelijk blijven/toenemen*
- Als de netto kracht toeneemt dan zal de versnelling *afnemen/gelijk blijven/toenemen*

3. Correspondentie tussen netto kracht en versnelling

1. **Bekijk** Bron 2.

Bron 2. Volgens de tweede wet van Newton (zie eventueel ook Bron 1) geldt:

- Als er **geen** netto kracht is, dan is er **geen** versnelling.
- Als er een netto kracht is, dan is er een versnelling.

2. **Lees** Kader 7.

Kader 7. Waardenbereik.

Een nieuw gemaakte grootheid  heeft nog geen waardenbereik. Door het toevoegen van een waardenbereik kan je aangeven welke waarden een grootheid kan aannemen. Een waardenbereik bestaat uit punten (■) en intervallen (■).

- Een puntwaarde is slechts één waarde. Bijvoorbeeld een *kookpunt*. Een speciaal punt is het nulpunt, hiervoor is een apart symbool ($\emptyset$) in Dynalearn.
- Een interval is een verzameling van waarden. De vloeibare fase van een stof is een voorbeeld van een interval. Bij water bevat het interval 'vloeibaar' alle waarden **tussen** 0 °C en 100 °C. De waarden 0 °C en 100 °C zijn resp. het 'smeltpunt' en het 'kookpunt' waartussen het interval 'vloeibaar' zich bevindt.

3. **Maak** een waardenbereik (zie  → ) voor de grootheden *Netto kracht (Fres)* **en** *Versnelling (a)* met een nulpunt ($\emptyset$) en daarboven een interval (+). Het ziet er dan zo uit:



***Let op!** Versnelling kan ook een negatieve richting hebben met betrekking tot de beweging (er is dan sprake van een vertraging). In het model laten we dit buiten beschouwing.

In het huidige model is nog **niet** vastgelegd dat bovengenoemde waarden van netto kracht en versnelling altijd samen voorkomen. Dat blijkt uit de volgende simulatie.

4. **Stel in** als beginwaarden (zie  → )

- Netto kracht (Fres)* is positief (+)  $\emptyset$. Dit is de **waarde** van de grootheid.
- Versnelling (a)* is positief (+)  $\emptyset$. Dit is de **waarde** van de grootheid.
- De exogene invloed voor *Netto kracht (Fres)* is van het type **dalend** . *Netto kracht (Fres)* neemt dus af. Dit is de **verandering** van de grootheid.

Start de simulatie. Welke eindtoestand is volgens de tweede wet van Newton **niet** mogelijk?

Eindtoestand ... is niet mogelijk omdat ...

5. **Lees** Kader 8.

Kader 8. Correspondentie

In een systeem kan het voorkomen dat **alle** waarden van een waardenbereik van een grootheid overeenkomen met de waarden van een waardenbereik van een andere grootheid. Je kan dan een **correspondentie** maken **tussen** het **waardenbereik** van beide grootheden.

6. **Maak** een correspondentie van het type **gericht** (zie  → ) tussen het waardenbereik van *Netto kracht (F_{res})* en *Versnelling (a)*.
7. Je kan het model geordend en overzichtelijk houden door gebruik te maken van een aantal knoppen onderaan het scherm. **Klik** op  om alles netjes uit te lijnen. **Klik** op  om je model passend op het scherm te maken. Gebruik deze knoppen regelmatig.
8. **Stel in** als beginwaarden:
- Laat staan zoals bij de vorige simulatie.
9. **Start** de simulatie. Hoeveel toestanden zijn er nu mogelijk?

Aantal toestanden:

10. **Lees** Kader 9.

Kader 9. Beginwaarden.

Als beginwaarden **niet** (goed) zijn ingesteld dan verschijnt na het starten van de simulatie een uitroepteken . Als je daarop klikt dan verschijnt er een vraag, bijvoorbeeld 'Beginwaarde grootheid verwijderen?'.
Klik op de nummers, bijvoorbeeld , om te zien waar iets niet (goed) ingesteld is.

11. **Verwijder** de overbodige beginwaarde.

12. In **Bron 3** (bladzijde 9) staan een aantal grafieken (A t/m J) die van toepassing kunnen zijn op de verandering van een bepaalde grootte bij de gegeven beginsituatie. Onderzoek wat er gebeurt met de netto kracht en de versnelling bij onderstaande beginwaarden **met behulp van simulaties** van het model. Kies steeds de grafiek die het beste past.

1. **Stel beginwaarden in:** De netto kracht is positief (+)   en blijft constant . **Start** de simulatie.

a. De grafiek die het beste past bij de netto kracht op het voorwerp is:

b. De grafiek die het beste past bij de versnelling van het voorwerp is:

2. **Stel beginwaarden in:** De netto kracht is nul (0) en blijft constant. **Start** de simulatie.

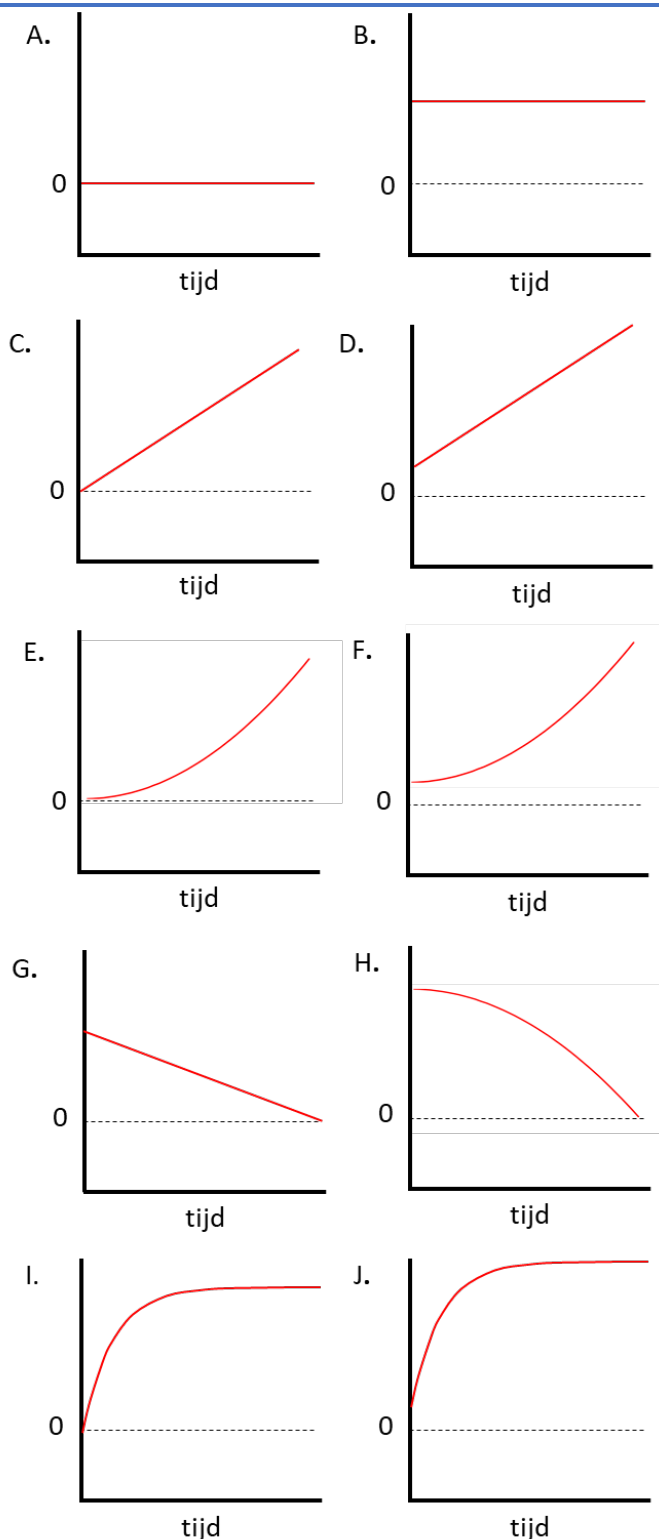
a. De grafiek die het beste past bij de netto kracht op het voorwerp is:

b. De grafiek die het beste past bij de versnelling van het voorwerp is:

3. **Stel beginwaarden in:** De netto kracht is nul (0) en blijft lineair toenemen. **Start** de simulatie.

a. De grafiek die het beste past bij de netto kracht op het voorwerp is:

b. De grafiek die het beste past bij de versnelling van het voorwerp is:



Bron 3. Grafieken. Op de x-as staat de tijd. Op de y-as kan je, afhankelijk van de vraag, de grootheden: netto kracht, versnelling, snelheid of afstand plaatsen. A en B = constant, C en D = stijgend lineair, E en F = toenemende toename, G = dalend lineair, H = toenemende daling, I en J = afnemende toename.

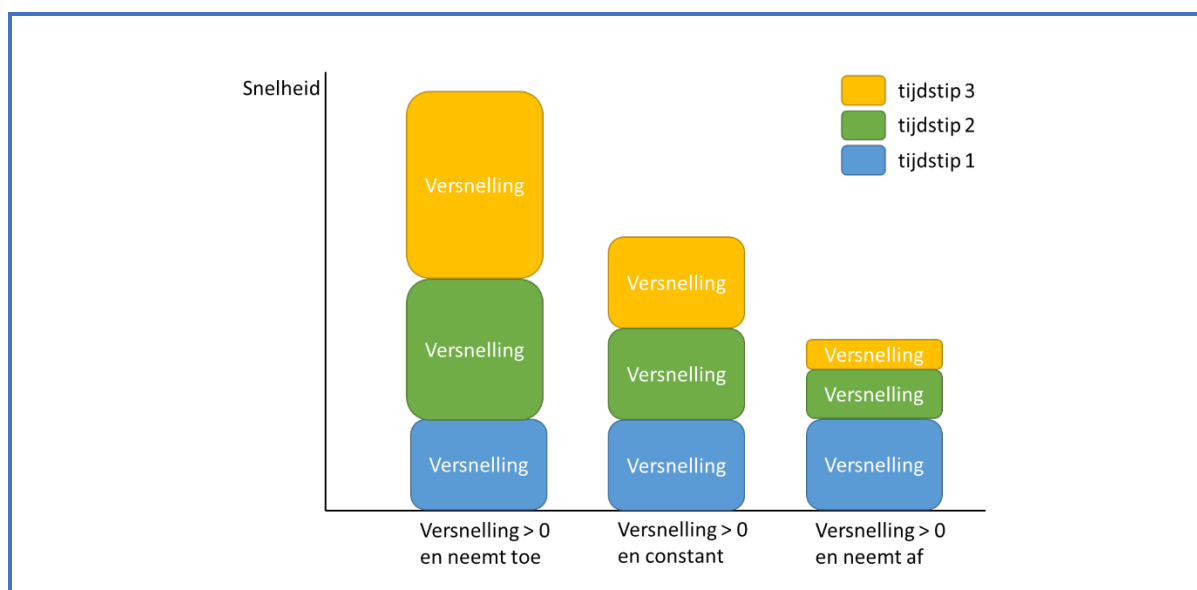
4. Het verband tussen versnelling en snelheid

1. Bekijk Bron 4.



Bron 4. De **eerste wet van Newton** luidt: zolang er **netto** geen resulterende kracht op een voorwerp werkt, zal het altijd met een constante snelheid blijven bewegen (deze snelheid kan ook 0 m/s zijn). Vaak wordt deze wet uitgelegd door als voorbeeld een ruimteschip te gebruiken. Ver in de ruimte werken er geen krachten op het ruimteschip. Als het ruimteschip even kort zijn motor aanzet om te versnellen en dan uitzet dan zal de snelheid vervolgens constant blijven. Er is immer niets wat het ruimteschip tegenhoudt, maar ook niets meer wat het harder laat gaan want de motor staat uit. Hetzelfde geldt echter voor alle voorwerpen in beweging op aarde. De trein in de Figuur hierboven heeft ook een **netto** kracht van 0 want de voorwaartse kracht en de tegenwerkende kracht zijn even groot. Als de trein al in beweging is dan zal de snelheid ook constant blijven.

2. Bekijk Bron 5.



Bron 5. Je hebt net geleerd dat het verband tussen kracht en versnelling **proportioneel** is. Het verband tussen versnelling en **snelheid** (v) is **niet** proportioneel. Immers, ook als de versnelling constant is of afneemt (maar groter is dan 0) dan zal de snelheid toenemen. In de figuur hierboven is dit weergegeven voor 3 situaties. Uit de figuur kan je concluderen dat de snelheid altijd zal toenemen zolang de versnelling positief is. In de **middelste** situatie is de versnelling constant waardoor de snelheid met een constante hoeveelheid zal **toenemen**. Dit noemen we een **eenparig versnelde beweging**. In de linker en rechter situatie is er sprake van een **niet-eenparig versnelde beweging**. In de linker situatie neemt versnelling toe waardoor de snelheid **steeds sneller** toeneemt. In de rechtersituatie neemt de versnelling af (maar blijft groter dan 0) waardoor de snelheid **steeds langzamer** toeneemt. Dat een afnemende versnelling nog steeds voor een toename van de snelheid zorgt wordt vaak lastig gevonden. De snelheid van een voorwerp neemt echter **alleen af** als de versnelling **negatief** is doordat de netto kracht **in de richting van de beweging negatief** is.

3. **Maak** de grootheid *Snelheid* (v) bij de entiteit *Voorwerp*.

4. **Lees** Kader 10.

Kader 10. Een verband van het type invloed.

Sommige grootheden in een systeem zijn processen. Een proces is een grootheid die **per tijdseenheid** (bijv. per seconde, per jaar) iets aan het systeem toevoegt of weghaalt. Eenvoudige voorbeelden van processen die iets **toevoegen** zijn: (i) water uit een kraan dat instroomt (L/s) in een bad en (ii) een oven die een bepaald vermogen (J/s) levert om een gerecht te verwarmen. De uitstroom (L/s) van water via het afvoerputje is een voorbeeld van een proces dat iets uit het systeem **weghaalt**.

Het verband tussen een proces en een andere grootheid noemen we in Dynalearn een **invloed** (I^+ of I^-). Bij dit type verband is **de waarde** van het proces bepalend voor **de verandering** van de grootheid waarop een invloed wordt uitgeoefend.

5. Het verband tussen *Versnelling* (a) en *Snelheid* (v) is dus **niet proportioneel** maar van het type **invloed**. Versnelling is namelijk een proces (m/s^2). **Maak** dit verband (zie  $\rightarrow$ ).

6. **Maak** een waardenbereik voor de grootte *Snelheid* (v) met een nulpunt ($\emptyset$) en daarboven een interval (+).
7. **Klik** op  om alles netjes uit te lijnen. **Klik** op  om je model passend op het scherm te maken.
8. Onderzoek wat er gebeurt met de versnelling en snelheid bij onderstaande beginsituaties met behulp van simulaties. Kies steeds de grafiek (Bron 3: A t/m J) die het beste past en bepaal of de snelheid in de eindtoestand eenparig of niet-eenparig is (streep foute antwoord weg).

1. **Stel beginwaarden in:** De netto kracht op het voorwerp is nul (0)  $\emptyset$ en is constant , het voorwerp heeft een positieve beginsnelheid (+)  $\emptyset$. **Start** de simulatie.
 - a. De grafiek die het beste past bij de versnelling op het voorwerp is:
 - b. De grafiek die het beste past bij de snelheid van het voorwerp is:
 - c. In de eindtoestand is de snelheid *eenparig/niet-eenparig*.
2. **Stel beginwaarden in:** De netto kracht op het voorwerp is nul (0) en neemt lineair toe, het voorwerp heeft geen beginsnelheid (0). **Start** de simulatie.
 - a. De grafiek die het beste past bij de versnelling op het voorwerp is:
 - b. De grafiek die het beste past bij de snelheid van het voorwerp is:
 - c. In de eindtoestand is de snelheid *eenparig/niet-eenparig*.
3. **Stel beginwaarden in:** De netto kracht op het voorwerp is positief (+) en is constant, het voorwerp heeft geen beginsnelheid (0). **Start** de simulatie.
 - a. De grafiek die het beste past bij de versnelling op het voorwerp is:
 - b. De grafiek die het beste past bij de snelheid van het voorwerp is:
 - c. In de eindtoestand is de snelheid *eenparig/niet-eenparig*.

5. Afstand

Een voorwerp met snelheid zal een afstand (s) afleggen.

1. **Maak** de grootte *Afstand* (s) bij de entiteit *Voorwerp*.
2. Het verband tussen *Snelheid* (v) en *Afstand* (s) is **niet proportioneel** maar van het type **invloed**. Snelheid is namelijk een proces (m/s). **Maak** dit verband.
3. **Maak** een waardenbereik voor de grootte *Afstand* (s) met een nulpunt ($\emptyset$) en daarboven een interval (+).
4. Onderzoek wat er gebeurt met de snelheid en afstand bij onderstaande beginsituaties met behulp van simulaties van het model. Kies steeds de grafiek (Bron 3: A t/m J) die het beste past.

1. **Stel de beginwaarden in:** De netto kracht op het voorwerp is nul (0)  $\emptyset$ en is constant , het heeft een positieve beginsnelheid (+)  $\emptyset$ en de afgelegde afstand is nul (0)  $\emptyset$. **Start** de simulatie.
 - a. De grafiek die het beste past bij de snelheid van het voorwerp is:
 - b. De grafiek die het beste past bij de afstand van het voorwerp is:
2. **Stel de beginwaarden in:** De netto kracht op het voorwerp is positief (+) en is constant, het voorwerp heeft geen beginsnelheid (0) en de afgelegde afstand is nul (0). **Start** de simulatie.
 - a. De grafiek die het beste past bij de snelheid van het voorwerp is:
 - b. De grafiek die het beste past bij de afstand van het voorwerp is:
3. **Stel de beginwaarden in:** De netto kracht is positief (+) en neemt lineair af, het voorwerp heeft een beginsnelheid (+) en de afgelegde afstand is nul (0). **Start** de simulatie.
 - a. De grafiek die het beste past bij de snelheid van het voorwerp is:
 - b. De grafiek die het beste past bij de afstand van het voorwerp staat niet in Bron 3. Maak de zin kloppend (streep foute antwoorden weg):
 In het begin zal de afstand [kies uit:] *eenparig/niet-eenparig* [kies uit:] *afnemen/gelijk blijven/toenemen*. Ten slotte zal de afstand [kies uit:] *eenparig/niet-eenparig* [kies uit:] *afnemen/gelijk blijven/toenemen*.

6. Vallend voorwerp, zwaartekracht en luchtwrijving

Als een voorwerp valt dan bepalen twee krachten de netto kracht: de zwaartekracht (F_g) en de luchtwrijving (F_w). De luchtwrijving wordt veroorzaakt door de botsing tussen het voorwerp en de deeltjes in de lucht (dus stikstof, zuurstof, etc.).

1. **Maak** de grootheden *Zwaartekracht (F_g)* en *Luchtwrijving (F_w)* van de entiteit *Voorwerp*.
2. **Maak** een waardenbereik voor de grootheden *Zwaartekracht (F_g)* en *Luchtwrijving (F_w)* met een nulpunt ($\emptyset$) en daarboven een interval (+).
3. **Maak** het juiste type verband tussen *Zwaartekracht (F_g)* en *Netto kracht (F_{res})*. Tip: Een voorwerp dat steeds dichterbij de aarde komt zal steeds meer zwaartekracht ondervinden en de netto kracht op het voorwerp zal toenemen.
4. **Maak** het juiste type verband tussen *Luchtwrijving (F_w)* en *Netto kracht (F_{res})*. Tip: De luchtwrijving die een vallend voorwerp ondervindt heeft het tegenovergestelde effect van de zwaartekracht: des te meer luchtwrijving des te kleiner de netto kracht.
5. **Maak** het juiste type verband tussen *Snelheid (v)* en *Luchtwrijving (F_w)*. Tip: Des te meer snelheid een voorwerp heeft des te meer luchtwrijving deze ondervindt. Bij een constante snelheid is de luchtwrijving ook constant.

Nu ga je in het model aangeven dat:

$$\text{netto kracht}(F_{res}) = \text{zwaartekracht}(F_g) - \text{luchtwrijving}(F_w)$$

We stellen dus dat zwaartekracht, ondanks dat deze omlaag gericht is, een positieve kracht is.

6. **Maak** de calculus (zie  $\rightarrow$ 

$$\text{Zwaartekracht}(F_g) - \text{Luchtwrijving}(F_w) = \text{Netto kracht}(F_{res})$$

7. **Klik** op  om alles netjes uit te lijnen. **Klik** op  om je model passend op het scherm te maken.

8. **Stel in** als beginwaarden (we gaan uit van een situatie waarin een voorwerp wordt losgelaten van een bepaalde hoogte):
- Verwijder** de exogene invloed $\searrow$ bij grootheid *Netto kracht (Fres)*.
 - Zwaartekracht (Fg)* is positief (+) en constant (met een exogene invloed). Binnen de atmosfeer van de aarde kunnen we de zwaartekracht als constant beschouwen.
 - Snelheid (v)* is nul (0)
 - Luchtwrijving (Fw)* is nul (0).
9. **Start** de simulatie. Maak onderstaande zinnen kloppend (streep foute antwoorden door).

Toestand 1

De netto kracht in toestand 1 is *0/+* omdat de *zwaartekracht/luchtwrijving* groter is dan de *zwaartekracht/luchtwrijving*. De netto kracht neemt af omdat de luchtwrijving *afneemt/gelijk blijft/toeneemt* en de zwaartekracht *afneemt/gelijk blijft/toeneemt*. Omdat de netto kracht afneemt zal de versnelling *afnemen/gelijk blijven/toenemen*. De snelheid neemt *af/blijft gelijk/neemt toe* omdat de versnelling *afneemt/gelijk blijft/toeneemt/nul is/positief is*. Omdat de snelheid *afneemt/gelijk blijft/toeneemt/nul is/positief is* zal de luchtwrijving *afnemen/gelijk blijven/toenemen*.

Toestand 2

In toestand 2 is de luchtwrijving *0/+* en deze *neemt af/blijft gelijk/neemt toe*. De netto kracht is *0/+* omdat de zwaartekracht *kleiner/gelijk is/groter* is *dan/aan* de luchtwrijving. De versnelling neemt af maar is positief waardoor de snelheid *afneemt/gelijk blijft/toeneemt*. Dit heeft als gevolg dat de luchtwrijving *afneemt/gelijk blijft/toeneemt*.

Toestand 3

Omdat de snelheid toeneemt zal de afstand *afnemen/gelijk blijven/toenemen*.

Toestand 4 (eindtoestand)

In toestand 4 is de netto kracht *0/+* omdat de zwaartekracht *kleiner/gelijk/groter* is *aan/dan* de luchtwrijving. De versnelling is *0/+* omdat de netto kracht *0/+* is. Omdat de versnelling *0/+* is zal de snelheid *afnemen/gelijk blijven/toenemen*. Omdat de snelheid proportioneel is aan de luchtwrijving zal laatstgenoemde *afnemen/gelijk blijven/toenemen*.

De grafiek die het beste past bij de snelheid van het voorwerp gedurende de val is:

Conclusie:

Van een voorwerp dat valt zal de versnelling *afnemen/toenemen* en de snelheid *afnemen/toenemen* totdat de luchtwrijving *kleiner/gelijk is/groter* is ten opzichte van de zwaartekracht. De snelheid van het vallende voorwerp *neemt dan af/is dan constant/neemt dan toe*.