

## De versnelling

Wanneer de snelheid van een voorwerp verandert in de tijd, heeft het een *versnelling*. Een synoniem voor het woord versnelling is *acceleratie*, dat het symbool  $\vec{a}$  van deze grootheid verklaart. Acceleratie is soms handiger om te gebruiken, dat vermijdt verwarring met het begrip snelheid, wat helemaal niet hetzelfde is!

$\vec{v}$  = velocity = vitesse = snelheid

$\vec{a}$  = acceleration = acceleratie = versnelling = snelheidsverandering

De vector  $\vec{a}$  grijpt aan op het versnellend voorwerp en beschrijft de bewegingsverandering.

**Definitie 1.** De gemiddelde versnelling  $\vec{a}$  tussen twee tijdstippen wordt gedefinieerd als

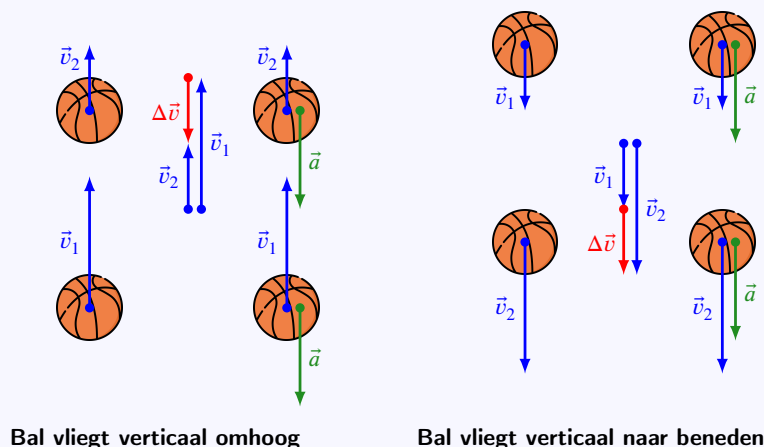
$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1}$$

De eenheid van versnelling is meter per seconde, per seconde – wat meter per seconde in het kwadraat geeft  $[a] = \text{m/s}^2$ .

Als de snelheid van een voorwerp wijzigt, dan wijzigt ook de snelheidsvector. Afhankelijk van welk kenmerk van de snelheidsvector (en dus ook van de beweging) verandert, maakt men een onderscheid tussen twee verschillende soorten versnellingen:

**Definitie 2.** Als enkel de *grootte* van de snelheidsvector verandert, spreekt men over een **tangentiële versnelling**  $\vec{a}_t$ . In dit geval is de versnellingsvector tangentieel of evenwijdig met de snelheidsvector. Dit komt voor bij eendimensionale bewegingen. Hierbij blijft de richting van de beweging onveranderd.

**Voorbeeld 1.** Een verticaal omhoog geworpen basketbal versnelt tangentieel, de bal gaat eerst trager en trager en na het hoogste punt sneller en sneller. Enkel de grootte van de snelheid verandert. De richting niet, want de bal blijft verticaal bewegen. De versnellingsvector staat evenwijdig met de snelheidsvector, dit volgt uit de constructie van  $\Delta(\vec{v})$ . Wegens de definitie van  $\vec{a}$  staan  $\vec{a}$  en  $\Delta(\vec{v})$  altijd in dezelfde richting en zin.



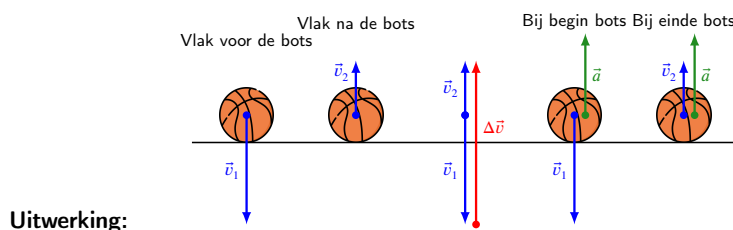
Figuur 1: Snelheid en versnelling bij een verticale worp

**Voorbeeld 2.** Een auto trekt op een rechte weg op met een versnelling van  $3 \text{ m/s}^2$ . Dit wil zeggen dat per seconde de grootte van zijn snelheid met  $3 \text{ m/s}^2$  verandert (of in dit geval toeneemt).

## De versnelling

### Oefening 1.

1. Als een basketbal botst op de grond verandert de snelheidsvector ook van *zin*. Maak een tekening met vectoren net voor en na de bots.

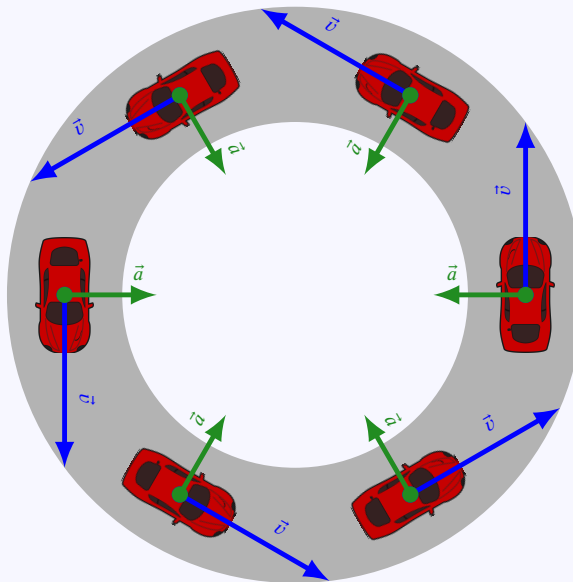


2. Waarom is dit een tangentiële versnelling?

Uitwerking: De snelheidsvector is enkel in de grootte en zin gewijzigd.

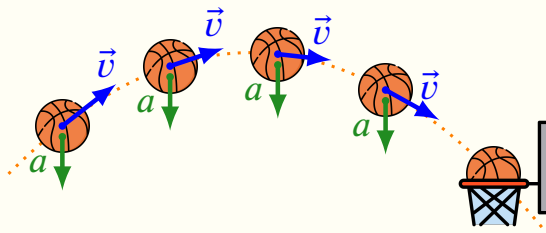
**Definitie 3.** Als de *richting* van de snelheidsvector verandert, spreekt men over een **normale versnelling**  $\vec{a}_n$ . In dit geval staat de versnellingsvector normaal of loodrecht op de snelheidsvector. Dit komt voor bij tweedimensionale cirkelbewegingen waarbij de grootte van de snelheid onveranderd blijft.

**Voorbeeld 3.** De auto in onderstaande afbeeldingen rijdt op een rotonde. De grootte van de snelheid is constant, maar de richting van de snelheid wijzigt. De auto ondergaat een normale versnelling.



1. Combinatie van de twee types versnelling is ook mogelijk, bijvoorbeeld bij een schuin geworpen basketbal.

## De versnelling



### Gemiddelde versnelling bij eindimensionale bewegingen

**Definitie 4.** Bij eindimensionale bewegingen wordt de gemiddelde versnelling  $\bar{a}$  gedefinieerd als

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

### Ogenblikkelijke versnelling bij eindimensionale bewegingen

De gemiddelde versnelling  $\bar{a}$  geeft de verandering in snelheid *tussen* twee tijdstippen  $t_1$  en  $t_2$ . Om de ogenblikkelijke versnelling  $a$  op één tijdstip  $t$  te bepalen wordt – net zoals bij de ogenblikkelijke snelheid – gebruik gemaakt van de afgeleide.

**Definitie 5.** De ogenblikkelijke snelheid wordt gedefinieerd als de afgeleide van de snelheidsfunctie  $v(t)$ :

$$a = \lim_{t \rightarrow t_0} \frac{v(t) - v(t_0)}{t - t_0} = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$$

De notatie met een accent  $a(t) = v'(t)$  of  $a = v'$  wordt op dezelfde manier als in de wiskunde gebruikt.  $a(t)$  is een functie die op elk moment de versnelling geeft.

### Ogenblikkelijke versnelling bij tweedimensionale bewegingen

In twee dimensies kan de snelheid naast een verandering van grootte ook een verandering van richting hebben. Om die te beschrijven is een vector het aangewezen object.

**Definitie 6.** De **versnellingsvector**  $\vec{a}$  van een lichaam wordt gedefinieerd als de afgeleide van de snelheidsvector naar de tijd:

$$\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}(t)}{dt},$$

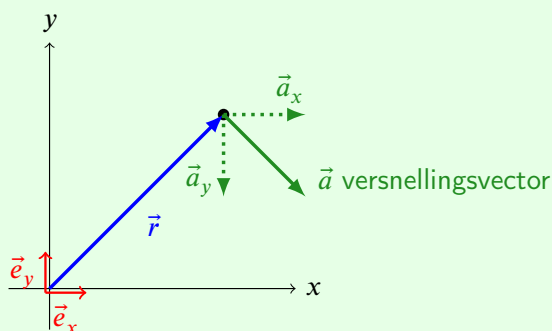
en kan worden opgesplitst in versnellingscomponenten  $a_x$  en  $a_y$ :

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt}(v_x \cdot \vec{e}_x + v_y \cdot \vec{e}_y) = \frac{dv_x}{dt} \cdot \vec{e}_x + \frac{dv_y}{dt} \cdot \vec{e}_y = a_x \cdot \vec{e}_x + a_y \cdot \vec{e}_y$$

De grootte van de versnelling wordt genoteerd met het symbool  $a$  en is gelijk aan

$$a = \|\vec{a}\| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

## De versnelling



Figuur 2: Een versnellingsvector  $\vec{a}$

2. Het begrip versnelling in de fysica heeft niet dezelfde betekenis als hoe het begrip in de volksmond wordt gebruikt.

**In de volksmond** versnelling = vergroten van snelheid  
 vertraging = verkleinen van de snelheid  
 bocht maken = richtingsverandering van de snelheid

**In de fysica** versnelling = verandering van snelheid in eender welk opzicht

De versnelling in de fysica is de grootte  $\vec{a}$  zoals die hierboven gedefinieerd is. We spreken van een vertraging wanneer de grootte van de snelheid afneemt. Dat kan voorkomen wanneer de snelheid (wat een vector is) en de versnelling (wat dus ook een vector is) een tegengestelde zin hebben. Hebben ze dezelfde zin, dan versnelt het voorwerp.

3. Wagens en fietsen hebben ook versnellingen. Weet dat deze versnellingen nauwelijks iets te maken hebben met het fysisch begrip versnelling. Een auto die in derde versnelling met een constante snelheid van 50 km/h rechtdoor rijdt, versnelt bijvoorbeeld helemaal niet. Zijn versnelling is 0 m/s<sup>2</sup>. Een juistere naam om de standen van de versnellingspook of de ketting weer te geven had eigenlijk "snelheid" geweest omdat de versnelling waarin je rijdt veel meer zegt over welke snelheid je hebt. Kleine versnellingen gebruik je voor kleine snelheden en grote versnellingen voor grote snelheden. Onze Franstalige zuiderburen hebben daar een logischere naam voor, namelijk: "vitesse" (= snelheid). Probeer dus de begrippen snelheid en versnelling niet door elkaar te gooien, want ze hebben een heel andere betekenis! Het is alsof je zou zeggen dat positie en snelheid hetzelfde is!

**Oefening 2.** Verklaar onderstaande meme.

