

LPD 28 De leerlingen passen de begrippen hoeveelheid van beweging en krachtstoot toe in bewegings- en sportsituaties.

- ✓ Uit $F = m \cdot a$ kan je makkelijk het verband tussen krachtstoot en bewegingshoeveelheid afleiden.
$$F = m \cdot a \Rightarrow F = m \cdot \Delta v / \Delta t \Rightarrow F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v = m \cdot v - m \cdot v_0 \Rightarrow F \cdot \Delta t = p - p_0 \Rightarrow F \cdot \Delta t = \Delta p$$
- ✓ De leerlingen hoeven niet te rekenen, maar wel in te zien dat het effect van kracht (dus de Δv) niet alleen afhankelijk is van de grootte van de kracht maar ook van de stootduur Δt . Voorbeelden:
 - bij een veiligheidsgordel vergroot de stootduur, waardoor de kracht op je lichaam bij een botsing kleiner is. Dit gebeurt ook bij de kreukelzone achter de bumper bij een auto;
 - een vrachtwagen bij zelfde snelheid heeft een grotere bewegingshoeveelheid dan een personenwagen. Een bewegend voorwerp met grote massa heeft een grotere bewegingshoeveelheid dan een voorwerp met een kleine massa.
- ✓ Voorbeelden van sport- of bewegingssituaties die je hier kan behandelen:
 - botsingssituaties: biljart (snooker), gebruik van beschermingsmiddelen om de impacttijd bij botsingen te vergroten (helm, veiligheidsgordel, airbag ...);
 - werpnummers: kogelstoten, speerwerpen, discuswerpen;
 - startsituaties: sprinten, bobsleeën, afstoten bij verspringen;
 - klapschaats: vergroten van de stootduur.

Krachtstoot (\mathbf{I})

Uit de 2^{de} wet van Newton $F = m \cdot a$ volgt dat $F = m \cdot \Delta v / \Delta t$

Dit betekent dat $F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$

Hieruit volgt dat $F \cdot \Delta t = m \cdot (v - v_0) \Rightarrow F \cdot \Delta t = m \cdot v - m \cdot v_0$ (*)

Het product $F \cdot \Delta t$ definiëren we nu als de **krachtstoot (\mathbf{I})**

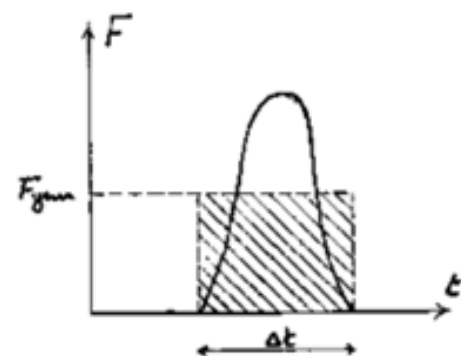
Immers het effect van een kracht is niet alleen afhankelijk van de grootte van die kracht, maar ook van de tijdsduur waarover die kracht wordt uitgeoefend.

Definitie: $\mathbf{I} = F \cdot \Delta t$

Eenheid: $[\mathbf{I}] = \text{N} \cdot \text{s}$

Opmerking:

Indien we gedurende een korte tijdsduur Δt een kracht uitoefenen, dan zal dat veelal een constante kracht zijn, maar een kracht kan ook in de tijd variëren zoals bv. op nevenstaand $F(t)$ -diagram. Om toch bovenstaande definitie te kunnen toepassen is het voldoende die kracht $F(t)$ te benaderen door F_{gem} . Hierbij wordt F_{gem} zo gekozen dat de (gearceerde) oppervlakte onder de streepjeslijn gelijk wordt aan de oppervlakte onder het eigenlijke $F(t)$ -diagram.



Bewegingshoeveelheid (p)

Stel dat als gevolg van de krachtstoot $I = F \cdot \Delta t$ de snelheid van de massa m wijzigt van v_0 naar v . Het product $m \cdot v$ wordt gedefinieerd als nieuwe grootte, de **bewegingshoeveelheid (p)**.

Definitie: $p = m \cdot v$

Eenheid: $[p] = \text{kg} \cdot \text{m/s}^2$

Voorbeelden:

- Een wagen die snel rijdt heeft een grotere bewegingshoeveelheid dan in het geval hij traag rijdt.
- Een vrachtwagen heeft een grotere bewegingshoeveelheid dan een personenauto die even vlug rijdt.
- Een "tackle" in "american football" komt dus zwaarder aan naarmate de atleet die tackelt zwaarder is en sneller loopt.
- De gevolgen van een verkeersongeval zijn erger naarmate de wagen zwaarder is en sneller rijdt.

Verband tussen I en p

Uit $F \cdot \Delta t = m \cdot v - m \cdot v_0$ (*) volgt nu dat $I = p - p_0$

Of $I = \Delta p$

Betekenis: Als we een krachtstoot I uitoefenen op een massa m , dan ondergaat die massa een verandering van bewegingshoeveelheid Δp , die gelijk is aan de krachtstoot die op die massa werd uitgeoefend.

Voorbeelden:

- Een kogel wordt versneld zolang hij zich in de loop van het geweer bevindt

$$I = \Delta p \Rightarrow F \cdot \Delta t = m \cdot v - m \cdot v_0$$

$$\Rightarrow F \cdot \Delta t = m \cdot v$$

$$\Rightarrow v = F \cdot \Delta t / m$$

We kunnen dus de afvuursnelheid vergroten

- door een geweer met een lange loop, want dan is Δt groter,
- door een grotere vuurkracht,
- een kleinere massa van de kogel.

- Bij een meertrapsraket neemt de snelheid toe met een bedrag Δv telkens een trap wordt losgelaten.

$$I = \Delta p \quad \Rightarrow \quad F \cdot \Delta t = m \cdot v - m \cdot v_0$$

$$\Rightarrow \quad F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$$

$$\Rightarrow \quad \Delta v = F \cdot \Delta t / m$$

Bij het loslaten van een trap (als de brandstof daarvan opgebruikt is), wordt de massa kleiner zodat we, bij een even grote krachtstoot, een grotere snelheidstoename Δv hebben.

- Wanneer we een bal opvangen, dan is het best eventjes mee te bewegen om de slag op te vangen. Een bal opvangen betekent eigenlijk dat zijn bewegings-hoeveelheid op nul moet gebracht worden. Daarom moeten we een krachtstoot uitoefenen op die bal, maar oefent die bal ook op de persoon een even grote, maar tegengestelde krachtstoot uit. We moeten er dus voor zorgen dat die kracht niet te groot is, zo niet is de slag te groot en doet het pijn.

$$I = \Delta p \quad \Rightarrow \quad F \cdot \Delta t = m \cdot v - m \cdot v_0$$

$$\Rightarrow \quad F \cdot \Delta t = - m \cdot v_0$$

$$\Rightarrow \quad F = - m \cdot v_0 / \Delta t$$

Door Δt groter te maken wordt F dus kleiner.

Het minteken is te verklaren door het feit dat de kracht op de bal tegengesteld is aan de snelheid van de bal.



- We kunnen een tennisbal een hogere snelheid geven door het racket uit te zwaaien.

$$I = \Delta p \quad \Rightarrow \quad F \cdot \Delta t = m \cdot v - m \cdot v_0$$

$$\Rightarrow \quad F \cdot \Delta t = m \cdot v$$

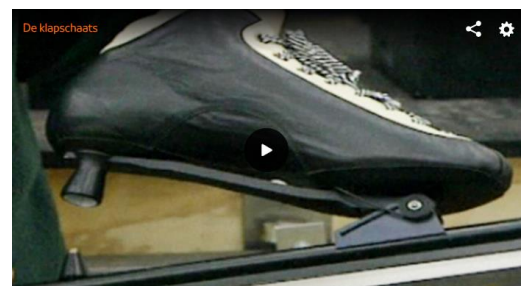
$$\Rightarrow \quad v = F \cdot \Delta t / m$$

Door uit te zwaaien vergroten we Δt en wordt v groter.



- Een analoge redenering geldt bij de klapschaats. Je hebt langer contact met het ijs, waardoor de tijdsduur Δt van je afstoot langer duurt.

[Schooltv: De klapschaats - Sneller dan de gewone schaats](#)

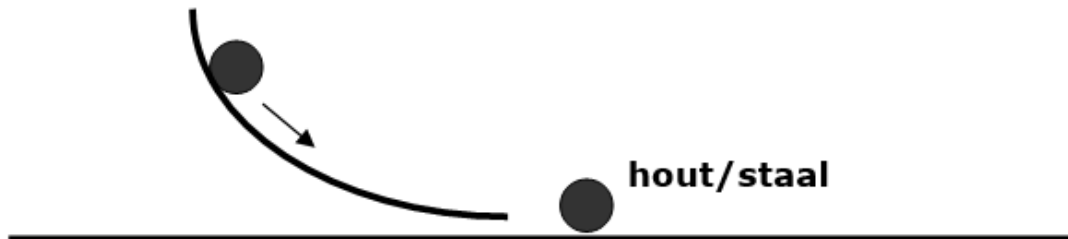


Krachtstoot en bewegingshoeveelheid

Proef

We laten een bal van een helling rollen en botsen tegen een houten balletje.

Daarna laten we dezelfde bal van dezelfde helling rollen en botsen tegen een stalen kogel.



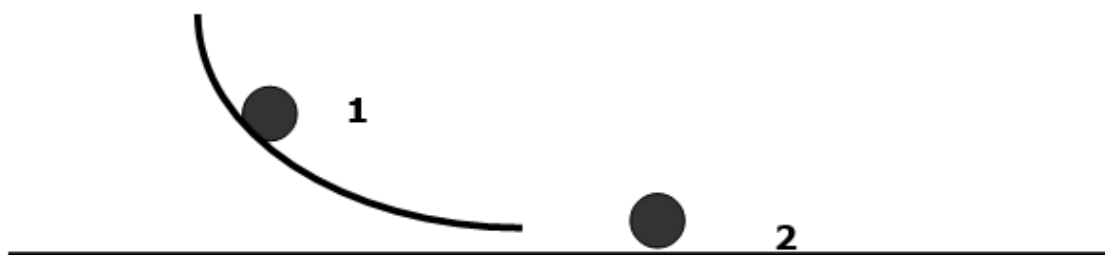
Waarneming:

Het houten balletje vliegt verder vooruit dan de stalen kogel.

Besluit:

Het houten balletje krijgt een grotere voorwaartse snelheid dan de stalen kogel.

Verklaring:



Bij de botsing oefent de eerste bal gedurende een tijd Δt een kracht F uit op de tweede bal. De tweede bal met massa m krijgt hierdoor een versnelling a en een snelheidstoename Δv .

De uitgeoefende kracht $F = \dots$ (1)

De versnelling $a = \dots$ (2)

Uit (1) én (2) volgt: $F = \dots$

Daaruit volgt: $F \cdot \Delta t = \dots$ (3)

De grootte $F \cdot \Delta t$ is de **krachtstoot** uitgeoefend door een eerste voorwerp op een tweede voorwerp.

De eenheid van krachtstoot is N · s

Bij de proef werd de kracht in beide gevallen uitgeoefend door dezelfde bal, die van dezelfde helling rolde. We mogen bijgevolg aannemen dat de krachtstoot $F \cdot \Delta t$ van de eerste bal op de tweede bal in beide gevallen even groot was.

Meestal zal men formule (3) schrijven als:

$$F \cdot \Delta t = \Delta(m \cdot v)$$

De grootte $m \cdot v$ is de **bewegingshoeveelheid** of **impuls** van een voorwerp.

We stellen bewegingshoeveelheid of impuls voor met de letter p

$$p = m \cdot v$$

De eenheid van bewegingshoeveelheid of impuls is kg·m/s.

Wanneer een eerste voorwerp een krachtstoot $F \cdot \Delta t$ uitoefent op een tweede voorwerp dan zal de bewegingshoeveelheid of impuls $m \cdot v$ van dat tweede voorwerp toenemen zodat

$$F \cdot \Delta t = \Delta(m \cdot v)$$

In de proef kregen het houten balletje en de stalen kogel een even grote krachtstoot zodat de toename van de bewegingshoeveelheid of impuls ook even groot was.

Het houten balletje (met een kleine massa) krijgt dus een grotere snelheid dan de stalen bal (met een grotere massa).

Toepassingen in de sport

Opdracht 1

Bij slagsporten (tennis, badminton, hockey, ...) komt het er vaak op aan om de bewegingshoeveelheid $m \cdot v$ van een voorwerp sterk te doen toenemen.

Om de bewegingshoeveelheid $m \cdot v$ van een bal, shuttle of puck sterk te doen toenemen, moet de krachtstoot $F \cdot \Delta t$ zo groot mogelijk zijn.

Dit kan door ofwel door ...

ofwel door ...

Bij tennis gebruik je tennisrackets en -ballen die elastisch zijn en vervormen bij elke slag

zodat ...

Om een bal efficiënt te werpen, moet je hand ...

zodat ...

Opdracht 2

Bij een strafpush ligt de hockeybal (massa van 160 g) aanvankelijk stil. De speler slaat met de stick met een kracht van 66 N tegen de bal. De contacttijd tussen bal en stick is 60 ms.

Bepaal de snelheid in m/s en in km/h die een hockeybal krijgt bij het nemen van een strafpush.



Dempingsprincipes

Bij een impact moet de persoon of een lichaamsdeel ervan een bepaalde kracht opvangen. Die kracht heeft een grootte, een richting, een zin en een aangrijpingspunt. Je kan het opvangen van de kracht optimaliseren op (minstens) drie manieren. Benoem ze. Noteer ook een andere situatie waarin dit mechanisme van toepassing is.

1. ...

2. ...

3. ...

Een fietshelm, een gordel, een airbag, beenbeschermers in voetbal, enz. beschermen je via exact dezelfde principes! Leg deze principes uit in elk van deze voorbeelden.