

Evenwicht en sport

LPD 24 De leerlingen illustreren hoe de positie van het zwaartepunt van een lichaam sport- of bewegingssituaties beïnvloedt.

Samenhang eerste graad: in Natuurwetenschappen werden krachten in eenvoudige en concrete situaties voor aan de hand van het vectormodel voorgesteld.

- ✓ Je kan de leerlingen de ligging van het zwaartepunt van een lichaam laten bepalen en de verandering van positie van het zwaartepunt van een lichaam in verschillende sport- of bewegingssituaties. Een lichaam kan een voorwerp (bv. een speer) of een persoon zijn.

Voorbeelden:

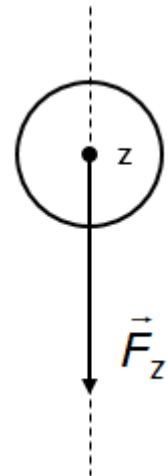
- de ligging van het zwaartepunt bij een rechtstaande persoon
 - met gestrekte armen langs het lichaam;
 - met gespreide armen;
 - met opgestoken armen.
 - de ligging van het zwaartepunt bij voorovergebogen en liggende houding (vb. bij het schaatsen);
 - de ligging van het zwaartepunt t.o.v. het steunvlak in stabiele en onstabiele sport- of bewegingssituaties
 - hoe kan de stabiliteit verbeterd worden door verlaging van het zwaartepunt of door vergroting van het steunvlak?(bv. bij het overschrijden van een hoogspringlat bij de Fosbury-flop komt het zwaartepunt lager te liggen in vergelijking met een schaarsprong).
 - ✓ Via eenvoudige proefjes kan je nagaan dat het zwaartepunt bij meisjes doorgaans lager ligt dan bij jongens.
-

Zwaartekracht

a) Kenmerken van de zwaartekracht als vector

Een vector wordt voorgesteld door een pijl en heeft 4 kenmerken.

- Grootte: wordt weergegeven door de lengte van de pijl.
- Richting: wordt aangegeven door de rechte die doorheen de pijl loopt. We spreken ook soms van de werklijn. Bij de zwaartekracht is de richting verticaal.
- Zin: wordt aangegeven door het pijlpunt. Bij de zwaartekracht is dat naar beneden.
- Aangrijpingspunt: het zwaartepunt z .



Opmerkingen:

- In het dagelijks leven spreken we over de “richting”, waar we in de fysica het woord “zin” gebruiken. Zo zeggen we bv. dat we op de E40 in de richting van Gent rijden. Eigenlijk is de E40 de richting waarlangs we rijden en is de zin waarnaar we rijden Gent.
- Vaklui zoals metselaars, schrijnwerkers, behangers maken gebruik van een schietlood om muren, ramen en deuren, banen behangpapier perfect verticaal te krijgen. Een schietlood bestaat uit een touwtje met een zware massa eraan. De zwaartekracht op de massa zorgt ervoor dat het touwtje perfect verticaal hangt.

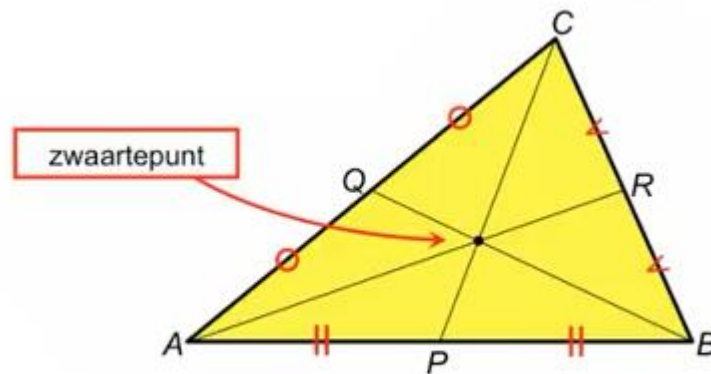


b) Zwaartepunt bij regelmatige voorwerpen

Bij regelmatige voorwerpen met een gelijkmatige massaverdeling, kunnen we het zwaartepunt gemakkelijk achterhalen vanuit symmetrieoverwegingen.

- Bol: middelpunt
- Kubus en balk: snijpunt van de diagonalen
- Cilinder: middelpunt van de doorsnede op halve hoogte

- Driehoek: snijpunt van de zwaartelijnen.
Een zwaartelijns = verbindingslijn tussen een hoekpunt en het midden van de overstaande zijde.



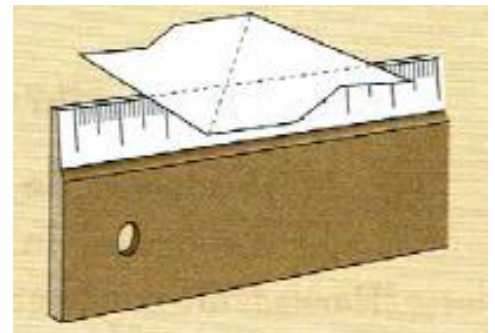
c) Zwaartepunt bij onregelmatige voorwerpen

Zie ook

- Plantyn Wetenschappelijk Werk Leerwerkboek A, L. De Valck, J.M. Gantois, M. Jespers en F. Peeters, ISBN 978-90-301-2216-6 (p. 113 - 122)

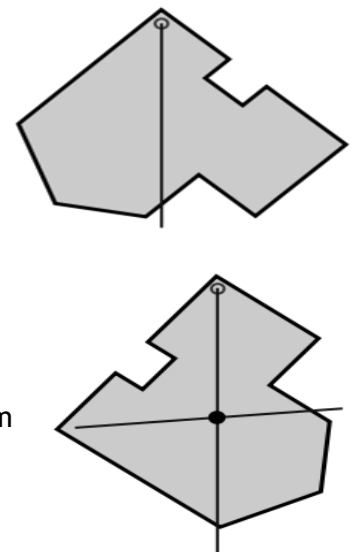
Bepaling van het zwaartepunt door ondersteuning

- Je legt het voorwerp in evenwicht op een scherpe rand en je tekent hierbij de steunlijn.
- Je herhaalt deze werkwijze voor nog 2 andere willekeurige posities van het voorwerp.
- Het snijpunt van de steunlijnen is het zwaartepunt.
 - Om aan te tonen dat deze methode werkt, heb je 3 steunlijnen nodig.
 - Eens dit is aangetoond, volstaat het 2 steunlijnen te tekenen.



Bepaling van het zwaartepunt door ophanging

- Je maakt een gaatje op 3 willekeurige posities in het voorwerp.
- Je hangt het voorwerp op aan een naald door één van de 3 willekeurige posities.
- Via een schietlood (een massa aan touwtje met een lus) bepaal je een zwaartelijns.
- Je herhaalt dit bij de 2 andere gaatjes.
- Het snijpunt van de zwaartelijnen is het zwaartepunt.
Ook hier kan je aantonen dat de methode werkt door de vaststelling dat de 3 zwaartelijnen vanuit 3 willekeurige ophangpunten steeds hetzelfde snijpunt opleveren. Eens dit aangetoond dan volstaat het om het snijpunt te bepalen van 2 zwaartelijnen.



d) Zwaartepunt bij enkele voorwerpen met een ongelijke massaverdeling

Zwaartepunt van een borstel

Om het zwaartepunt te bepalen leg je de borstelstok op je 2 uitgestrekte wijsvingers en breng je handen naar elkaar toe.



Ter info voor de leraar:

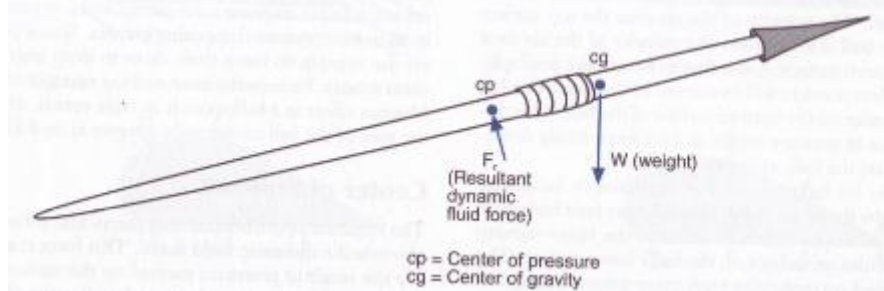
Als je op het zwaartepunt, de stok zou doorzagen, dan wegen de 2 bekomen stukken niet evenveel. Dit is te verklaren door de momentenwet (zoals bij hefboomen). Zie hiervoor naar LPD25.

Zwaartepunt van een speer

De bouw van een speer moet aan strenge normen voldoen. In een speer hebben we een ongelijkmatige massaverdeling. Daar de scherpe punt uit een massieve metaallegering bestaat en de rest van de speer een holle metalen buis is, ligt het zwaartepunt niet in het midden, maar iets naar voor. Dit is interessant omdat zo tijdens de vlucht, de speer iets naar voor gaat kantelen om zo met de punt in het gras terecht te komen.

Bij de mannen is de speer 800 g zwaar en 2,6 à 2,7 m lang en tot 1984 bevond het zwaartepunt zich op 1,06 m van de punt.

In 1984 vestigde de Oost-Duitser Uwe Hohn een nieuw WR met een worp van 104,80 m ver. Hierdoor kon men de veiligheid van de andere atleten niet meer garanderen en heeft men het zwaartepunt teruggebracht tot 0,80 m van de punt. Dit om de speer sneller met zijn punt naar beneden te laten hellen. Meer info voor de leraar vind je via deze [link](#).



Ter info, de “resultant dynamic fluid force” is de vectoriële som van de liftkracht en de weerstandskracht.

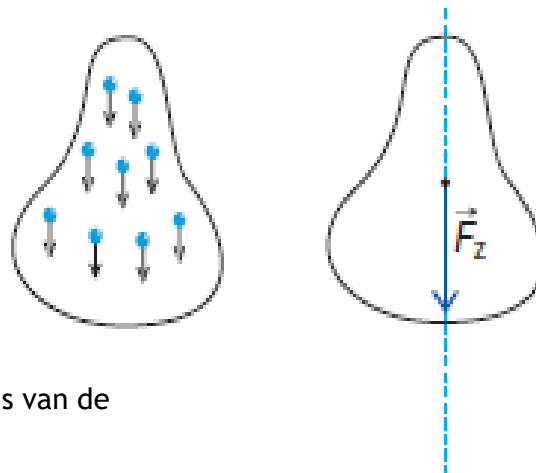
e) Zwaartepunt als aangrijpingspunt van de resultante

Het voorgaande is eigenlijk een vereenvoudiging. In werkelijkheid grijpt de zwaartekracht aan op elk deeltje waaruit een voorwerp is samengesteld. We krijgen zo een zeer groot aantal kleine zwaartekrachtjes, die allemaal verticaal zijn (= richting) en naar beneden (= zin) wijzen.

Om hier mee te kunnen werken, vervangen we dit groot aantal evenwijdige zwaartekrachtjes door een resultante, die dezelfde werking heeft als al die kleine zwaartekrachtjes te samen.

Een resultante is gedefinieerd als een denkbeeldige kracht met hetzelfde effect als al die kleine werkelijke krachtjes te samen.

Eigenlijk werken we met een “model”. Je zou kunnen zeggen dat dit een werkbare vereenvoudiging is van de werkelijkheid.

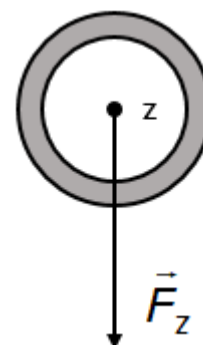


Opmerking: door die definitie is het soms mogelijk dat het zwaartepunt buiten het voorwerp zelf ligt.

Bv.: het zwaartepunt van een ring

Bv.: bij de Fosbury-flop in het hoogspringen

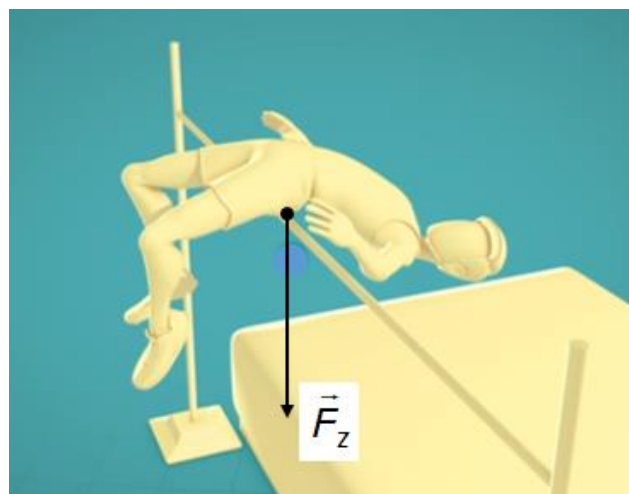
In normale stand bevindt het zwaartepunt van het menselijk lichaam zich ter hoogte van het bekken (voor meer uitleg zie verder in de tekst), centraal in een horizontale doorsnede van het lichaam.



Bij de Fosbury-flop gaat een hoogspring(st)er echter met gekromde rug over de lat, waardoor het zwaartepunt iets lager in het lichaam ligt en hij/zij met dezelfde sprongkracht en de goede techniek iets hoger kan springen.

Een daling van het zwaartepunt met een 5-tal cm bij een dergelijke gekromde rug, kan het verschil maken tussen goud of geen podium.

In deze [animatie](#) geeft men aan dat het zwaartepunt onder het lichaam komt te liggen. Uit recent wetenschappelijk onderzoek (UGent) blijkt dit echter niet te kloppen. Het zwaartepunt daalt, maar niet zo ver dat het onder het lichaam zou liggen en onder de lat zou doorgaan.



Intermezzo: hoogspringen en zwaartepunt

Het (outdoor) wereldrecord hoogspringen voor mannen is momenteel 2,45 m en staat sinds 1993 op naam van een Cubaan: Javier Sotomayor.

Bij de dames is de Bulgaarse hoogspringster Stefka Kostadinova houdster van het (outdoor) wereldrecord met 2,09 m. Dit record stamt al weer uit 1987.

Bij het hoogspringen zijn lange mensen in het voordeel. Het zwaartepunt van een lang persoon bevindt zich in stand hoger boven de grond dan dat van een kortere persoon. De spronghoogte die nodig is om het zwaartepunt op de benodigde hoogte te brengen om de lat te passeren is dus geringer naarmate de springer langer is. Eigenlijk een beetje oneerlijk. Natuurlijk zou je voor dit effect kunnen corrigeren.



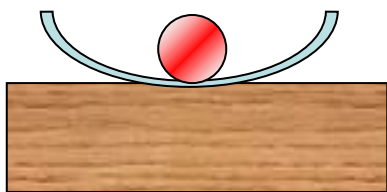
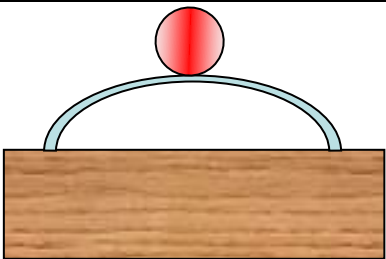
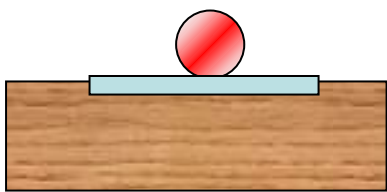
Een eerlijker methode zou zijn: Meet de lichaamslengte van alle deelnemende springers en bepaal na afloop het verschil tussen de gesprongen hoogte en de lichaamslengte. De springer die het grootste verschil tussen de eigen lengte en de gesprongen hoogte weet te realiseren is de kampioen. Op deze manier gemeten is de titel 'beste hoogspringer van de wereld' in handen van twee atleten. Ten eerste de slechts 1,73 m lange Franklin Jacobs (VS), die in 1978 2,32 m hoog sprong en daarnaast de Zweed Stefan Holm (lichaamslengte 1,81 meter, spronghoogte 2,40 meter). Beide atleten wisten 59 cm boven hun eigen lengte te springen. De vrouw die het hoogst boven haar eigen lengte heeft gesprongen is de Griekse Niki Bakoyanni (1,71 m) met een sprong van 2.03 meter. Een verschil van 32 cm.

Soorten evenwicht

Onderzoeksvragen:

- Wanneer is er evenwicht?
- Welke verschillende evenwichtssituaties bestaan er?

Benodigheden: horlogeglas, vlak glazen plaatje, knikker

Realiseer achtereenvolgens onderstaande 3 situaties.		
		
In welke situaties is er evenwicht? In alle drie.		
Wat hebben ze gemeenschappelijk? Er is evenwicht als het zwaartepunt juist boven het steunpunt ligt.		
<u>Tip:</u> duid telkens het zwaartepunt (z) en het steunpunt (s) aan.		
Wat gebeurt er met het evenwicht, als we de knikker een klein zetje geven?		
De knikker komt terug naar zijn evenwichtspunt.	De knikker komt niet meer terug naar zijn evenwichtspunt.	De knikker neemt een ander evenwichtspunt in.
Zoek de namen op van deze 3 verschillende soorten evenwicht.		
Stabiel evenwicht	Labiël evenwicht	Onverschillig evenwicht
Verklaar het verschil m.b.v. het zwaartepunt.		
Bij verplaatsing verhoogt het zwaartepunt.	Bij verplaatsing verlaagt het zwaartepunt.	Bij verplaatsing blijft het zwaartepunt even hoog.

Samengevat:

- Bij evenwicht bevindt het zwaartepunt (z) zich boven het steunpunt (s).
- We onderscheiden:
 - stabiel evenwicht: z komt hoger bij verplaatsing
 - labiël evenwicht: z komt lager bij verplaatsing
 - onverschillig evenwicht: z blijft even hoog bij verplaatsing

Oefening: welk soort evenwicht hebben we in deze 3 situaties?

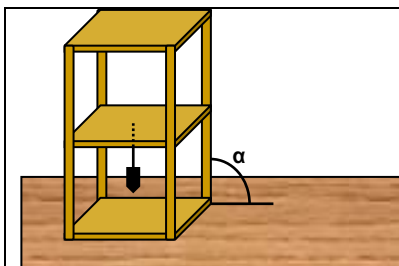


Opmerking:

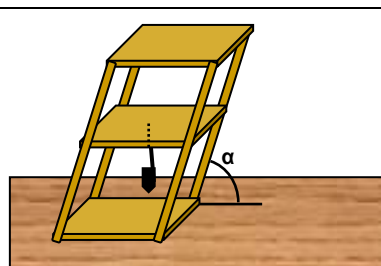
Bij de meeste voorwerpen hebben we niet één steunpunt, maar een heel steunvlak. Het voorwerp is dan in evenwicht als het zwaartepunt zich boven het steunvlak bevindt.

Onderstaand toestel is dus in evenwicht, zolang het schietlood zich boven het steunvlak bevindt.

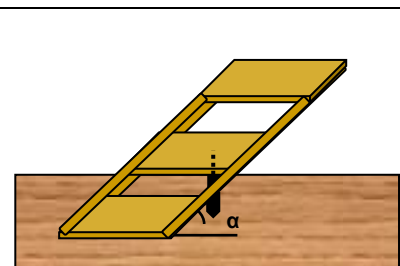
Dit verklaart ook waarom de scheve toren van Pisa recht blijft. Het is wel zo dat de ondergrond ondertussen verstevigd is met een flinke betonplaat.



$$\alpha = 90^\circ$$



$$\alpha = 70^\circ$$



$$\alpha = 30^\circ$$

Bij deze wijnfleshouder is er evenwicht, zolang het zwaartepunt van de fles zich boven het smalle steunvlak bevindt.



Hoe kunnen we het evenwicht verbeteren?

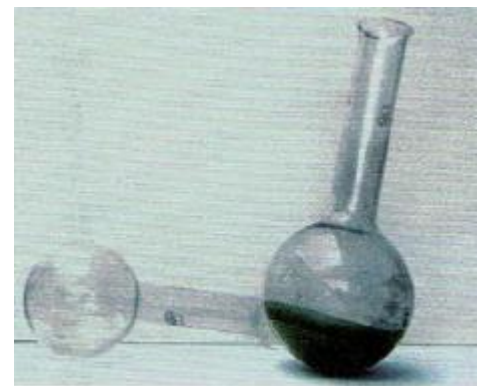
1) Door het zwaartepunt (z) te verlagen.

By.: bij een lege rondbodemkolf bevindt het zwaartepunt zich boven het midden van het bolvormig gedeelte.

Waarom? Door de hals komt het zwaartepunt hoger.

Welk soort evenwicht hebben we hier? Labiel evenwicht.

Door wat zand in de kolf te brengen kunnen we het zwaartepunt verlagen, waardoor we stabiel evenwicht verkrijgen.



By.: in Technopolis in Mechelen kan je op een gespannen kabel fietsen.

Waarom hoef je niet bang te zijn? Door de metalen constructie onder de fiets komt het zwaartepunt onder de kabel te liggen. We hebben hier stabiel evenwicht.



By.: De arend steunt met zijn snavel op de punt van een vinger. Hij kan best tegen een stootje. Hij komt steeds weer in de toestand van de foto terug, als de stoot niet te heftig is. Waar ongeveer vermoed jij het zwaartepunt van de arend?



By.: een klassiek voorbeeld is het balanceren van 2 vorken in een kurk op een speld. Omdat zwaartepunt onder de speld ligt, is er hier stabiel evenwicht. In het wipplank-gadget heb je ook een lager zwaartepunt dan bij een gewone wipplank.



2) Door het steunvlak te vergroten.

By.: Welk krukje verkies je om op te staan terwijl je het bovenste deel van je ramen poetst?

Het krukje met 4 poten.

Verklaar je antwoord.

Het steunvlak is groter.



By.: bij een F1-racewagen staan de wielen ver naar buiten.

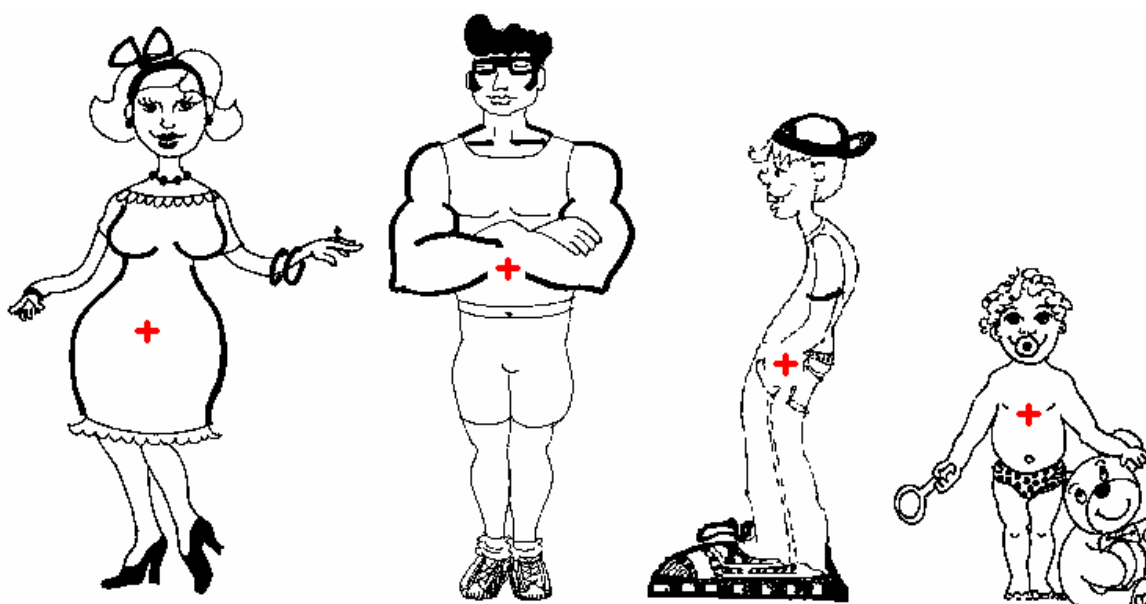


Evenwicht bij het menselijk lichaam

a) Zwaartepunt bij het menselijk lichaam

Het zwaartepunt van het menselijk lichaam in gewone stand bevindt zich centraal in het lichaam ongeveer ter hoogte van het bekken. Afhankelijk van de specifieke lichaamsbouw van elk individu ligt het zwaartepunt iets hoger of iets lager.

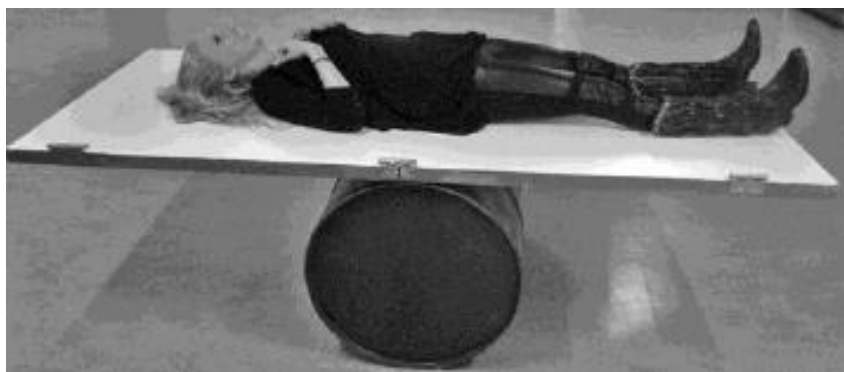
- Bij volwassen vrouwen ligt het zwaartepunt eerder ter hoogte van de heupen, daar het bekken van een vrouw iets breder is en de schouders meestal smaller zijn.
- Bij volwassen mannen ligt het zwaartepunt eerder ter hoogte van de navel, omdat een man een smaller bekken en meestal bredere schouders heeft.
- Bij jonge kinderen ligt het zwaartepunt nog hoger, want kinderen hebben in verhouding kortere benen en een groter hoofd.



Daarenboven is het ook zo dat wanneer één of meer ledematen worden verhoogd, het zwaartepunt hoger zal komen te liggen.. Deze verplaatsing is zowel afhankelijk van de relatieve massa van het lidmaat als van de afstand waarover het wordt verplaatst. Zo zal het voorwaarts opheffen van een been het zwaartepunt iets naar vóór en naar boven doen opschuiven.

Bepaal je eigen zwaartepunt:

- Maak een eenvoudige balans met een lange stevige plank (deur) en een grote cilinder. Vermoedelijk lukt dit ook (op een veilige manier) met een pvc-buis, zoals bv. van een regenpijp?
- Breng eerst de plank in evenwicht en plaats een merkstreepje op zijkant van de plank ter hoogte van het zwaartepunt van de plank.
- Ga liggen op de plank en laat een vriend(in) je helpen om opnieuw evenwicht te bekomen bij hetzelfde merkstreepje.
- Je zwaartepunt bevindt zich nu precies boven het merkstreepje.
- Meet de afstand boven je voeten.



b) Enkele proefjes

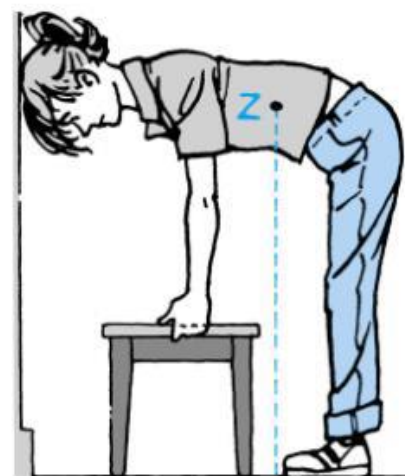
Krukje opheffen met hoofd tegen de muur

- Ga op 2 voetlengten van een muur staan.
- Buig voorover en steun met je hoofd tegen de muur.
- Hef het krukje op tot tegen je borst.
- Probeer los te komen van muur.

Meestal lukt dit bij meisjes en niet bij jongens. Waarom?

Het antwoord vind je bij "[Het lichaam van Coppens](#)". (3 min 14 s)

Meisjes hebben een lager zwaartepunt waardoor hun zwaartepunt boven het steunvlak (hun voetzolen) blijft.



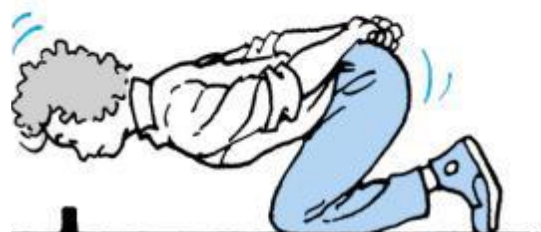
Geknield een dominoblokje met je neus omver duwen

- Ga op je knieën zitten.
- Plaats een rechtstaand dominoblokje op een afstand van je knieën, gelijk aan de afstand tussen je ellebogen en je vingertoppen.
- Kom terug recht en plaats je armen op je rug.
- Probeer het dominoblokje (of luciferdoosje) met je neus omver te duwen.

Meestal lukt dit bij meisjes en niet bij jongens. Waarom?

Meisjes hebben een lager zwaartepunt waardoor hun zwaartepunt boven het steunvlak blijft.

Het steunvlak is hier het vlak gevormd door beide knieën en beide voettippen.



Een knikker oprapen met je hielen tegen de muur

- Leg een knikker voor je voeten op de grond en ga met je hielen tegen de muur staan.
- Lukt het jou om de knikker met gestrekte benen van de grond te nemen?
- Herhaal dit zonder dat je hielen de muur raken en laat iemand je observeren van op zij?
- Waarom lukt het nu wel?

Onbewust ga je achterover leunen (je zitvlak komt wat naar achter), waardoor je zwaartepunt terug boven je steunvlak (je voetzolen) komt te liggen.



Je been zijdelings zwaaien, als je met je schouder tegen een muur staat

- Ga met je rechterschouder tegen de muur staan. Je rechterbeen bevindt zich verticaal.
- Probeer je linkerbeen zijdelings te zwaaien.
- Herhaal dit los van de muur en laat iemand je observeren in vooraanzicht.
- Waarom lukt het nu wel?

Onbewust ga je met je bovenlichaam naar rechts, waardoor je zwaartepunt terug boven je steunvlak (je voetzolen) komt te liggen.

Hoe slaagt een koorddanser er in om evenwicht te houden?

We testen dit zelf even op een veilig manier uit op een smalle lat:

- Sta op je linkervoet op de smalle lat.
- Wat doe je intuïtief als je dreigt aan de linkerkant van de lat te vallen?

Je brengt je rechterbeen naar omhoog en gaat met je rechterarm omhoog.

- Wat doe je intuïtief als je dreigt aan de rechterkant van de lat te vallen,

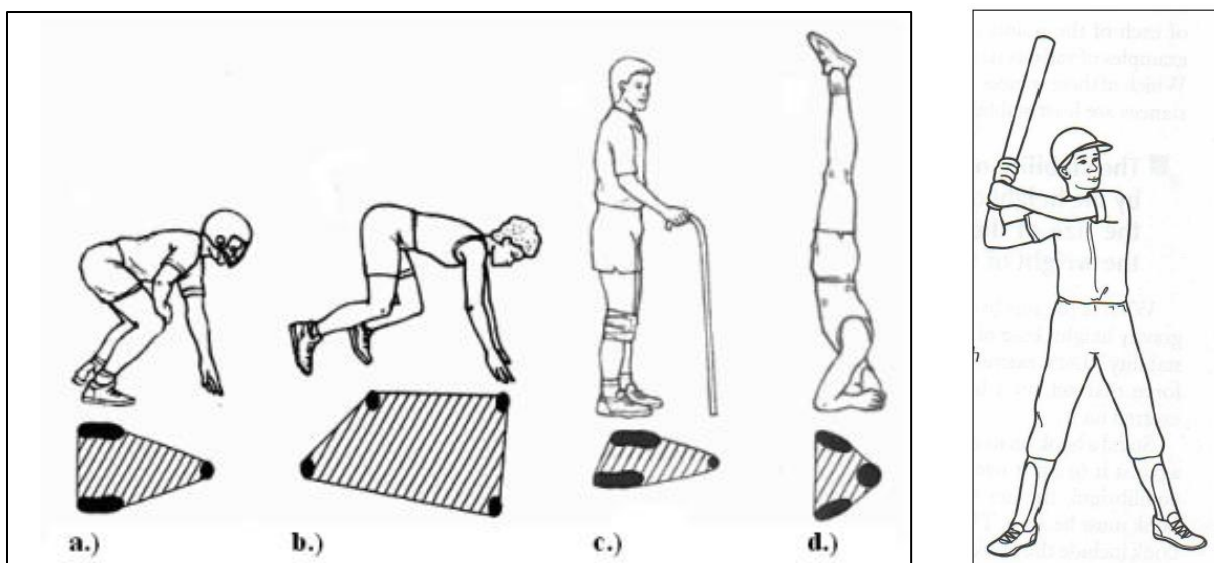
Je kan enkel je linkerarm naar omhoog brengen. Je probeert telkens door een andere houding je zwaartepunt boven het steunvlak te brengen.

In het filmpje "[Evenwicht in de sport](#)" van school-TV uit Nederland wordt aangegeven dat bv. turnsters van nature uit een talent voor evenwicht hebben. Naar verluidt kan je dat ook oefenen en vooral door jezelf te bekijken in de spiegel.

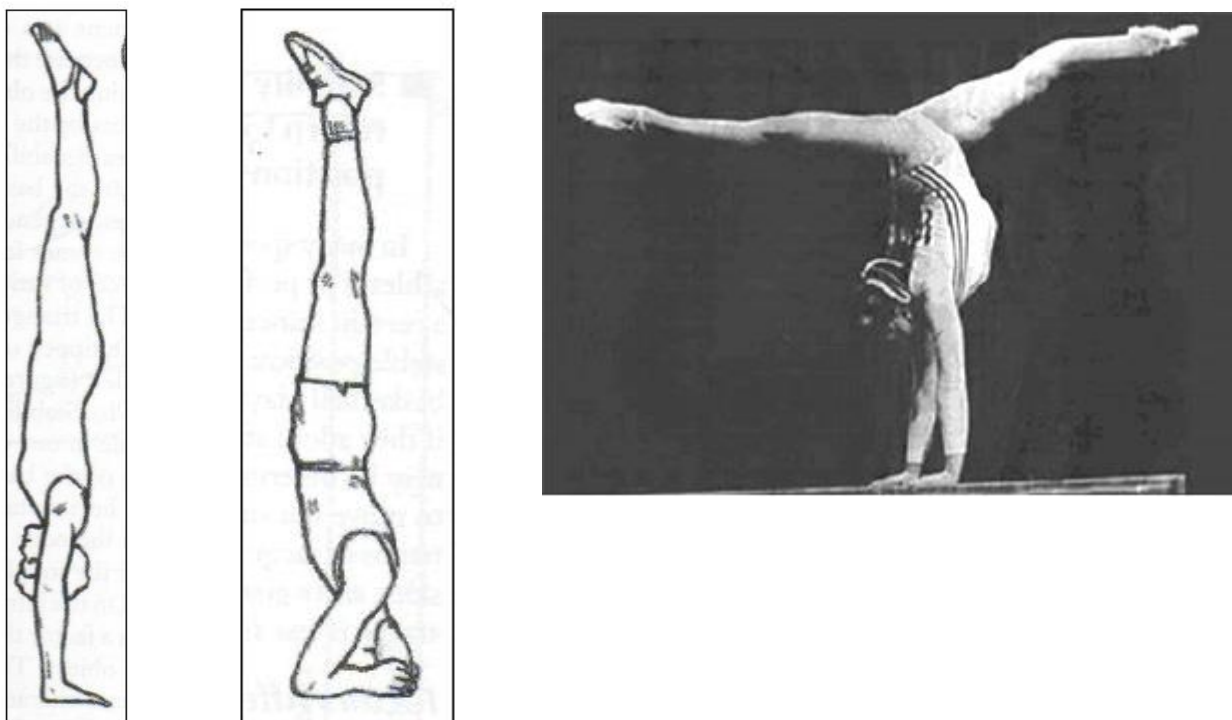


c) Enkele evenwichtssituaties

Onderstaande situaties zijn voorbeelden van een vergroot steunvlak met het oog op beter evenwicht.



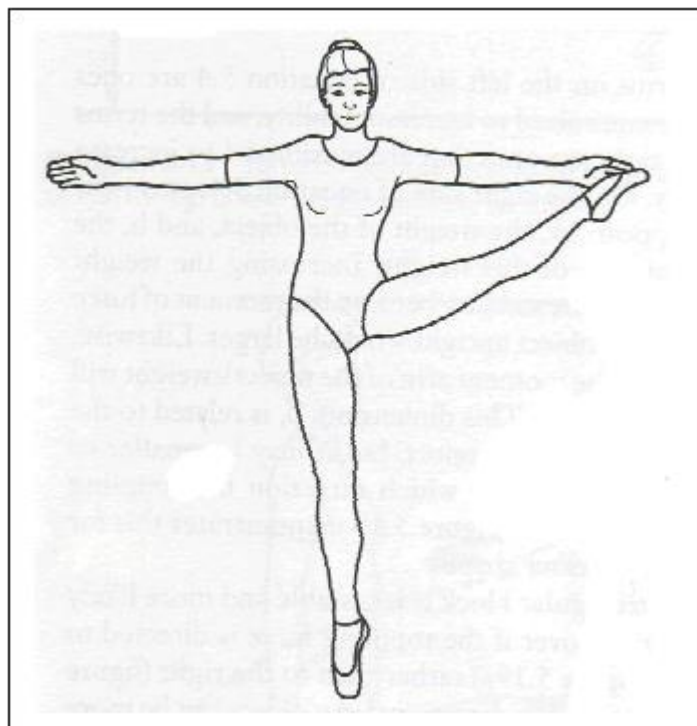
Rangschik onderstaande situaties in volgorde van meest naar minder evenwicht.



- 1-Bij de figuur in het midden is het evenwicht het best, daar het steunvlak het grootst is.
- 2-Bij de foto rechts wordt het steunpunt verlaagd door de omgekeerde spagaat.
- 3-Bij de linker figuur ligt het zwaartepunt hoger dan bij de foto rechts.

De tekening hiernaast klopt niet.
Wat heeft de tekenaar over het hoofd gezien?

Doordat de ballerina zowel haar linkerbeen als haar linkerarm naar buiten brengt, kan haar zwaartepunt niet boven haar rechervoet liggen door alleen maar met haar rechterarm te compenseren. Ze moet ook haar romp zijdelings wat naar rechts buigen.
Zie ook op p. 24 van deze [link](#).

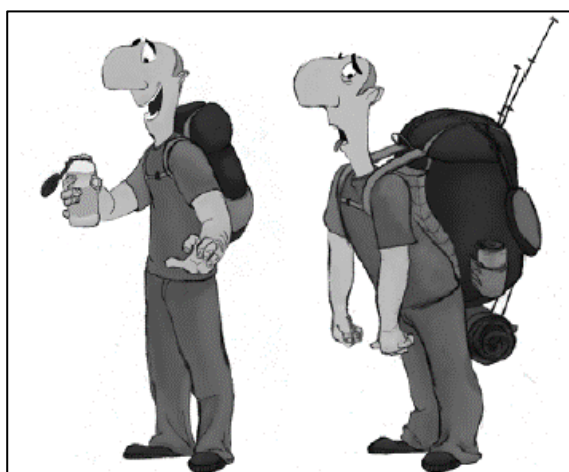


Een aantal zaken die hierboven aan bod zijn gekomen vind je ook terug onder de vorm van een [werkblad](#) van een collega (Liesbeth Bleys) van campus St-Jozef van WICO, Lommel.

Duid via een kruisje aan, waar in nevenstaande foto het zwaartepunt van deze turnster ongeveer gelegen is.



Verklaar de stand van het lichaam van dit meisje en van de 2 situaties van de man met de rugzak.



Verklaar waarom het evenwicht in onderstaande situaties verbeterd wordt.



Bij de situatie op de gespannen kabel, verwachten we van de leerlingen dat ze het hebben over het verlagen van het zwaartepunt. In deze [video](#) geeft men aan dat er dus te meer evenwicht is naarmate de staaf langer, zwaarder en flexibeler is. Zo komt het zwaartepunt lager te liggen, dan bij een korte, lichte en niet flexibele stok.

De zaak is echter iets ingewikkelder (en niet geschikt voor het 2^{de} jaar) omdat er bij die lange en zware stok het traagheidsmoment groter is. Ter info: zoals massa de traagheid weergeeft voor een rechtlijnige beweging, doet het traagheidsmoment dit voor een rotatie.

Hieronder zie je een foto van een vrouw die op de tenen van één voet balanceert. De vrouw staat stil. Ernaast zie je een tekening van de vrouw, waarop in het rood de punten A, B, C, D en E aangegeven zijn.

- Welk van deze punten geven het zwaartepunt van deze vrouw in die positie weer?
- Leg uit hoe je dit gevonden hebt.



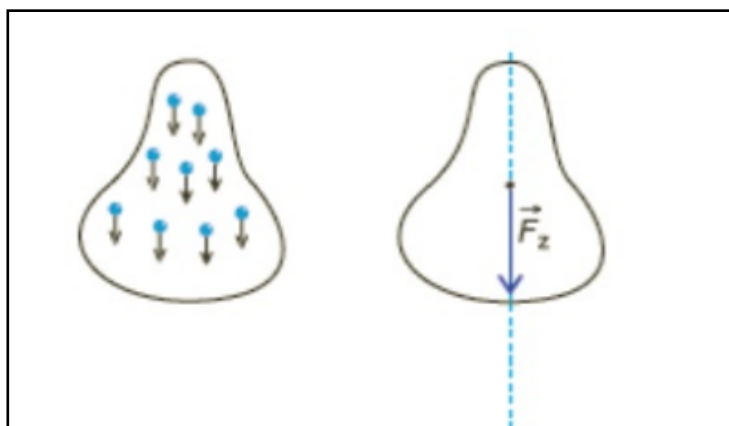
Het zwaartepunt van een lichaam

Omschrijving

We maakten in het verleden al kennis met de zwaartekracht \vec{F}_z op een lichaam. Dat is de aantrekkende gravitatiekracht die de aarde uitoefent op voorwerpen. We leerden ook dat er een verband bestaat tussen de grootte van de zwaartekracht en de massa van het voorwerp, namelijk $F_z = m \cdot g$, waarbij g de zwaartevelddsterkte is ($g = 9,81 \text{ N/kg}$). De zwaartekracht is verticaal gericht en werkt uiteraard naar beneden.

De zwaartekracht grijpt aan in het **zwaartepunt** van dit lichaam. Als op een lichaam een constante zwaartekracht aangrijpt, dan valt het zwaartepunt samen met het eerder gebruikte massamiddelpunt.

Elk lichaam bestaat uit een zeer groot aantal deeltjes met massa's m_i , waarop telkens de zwaartekracht inwerkt. Al deze zwaartekrachtjes \vec{F}_i zijn onderling evenwijdig en hebben natuurlijk alle dezelfde zin. We vervangen dit groot aantal kleine zwaartekrachtjes door een resulterende kracht, die hetzelfde translatie- en rotatie-effect heeft op het lichaam als alle krachtjes samen.



Uiteraard geldt dat $\vec{F}_z = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$.

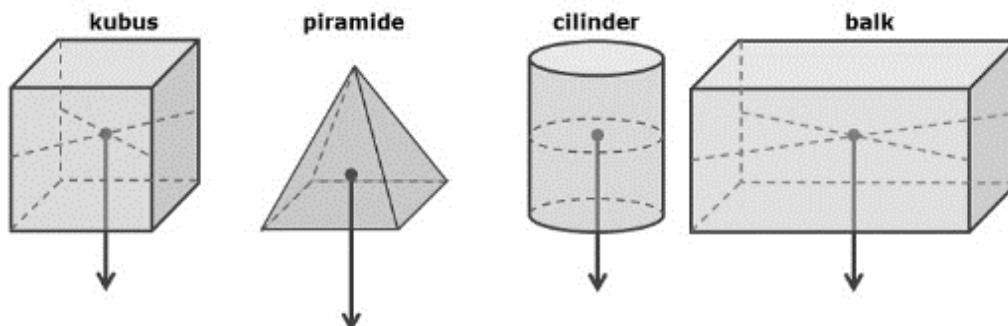
Verder moet de resulterende \vec{F}_z hetzelfde moment hebben ten opzichte van dit zwaartepunt als alle \vec{F}_i samen. Dat wil zeggen dat het resulterend moment van alle krachten \vec{F}_i ten opzichte van het zwaartepunt gelijk moet zijn aan nul.

Definities

De **zwaartekracht** op een lichaam is de resulterende kracht van alle zwaartekrachtjes op alle deeltjes van het lichaam.

Het **zwaartepunt** van een lichaam is het aangrijpingspunt van de zwaartekracht op dit lichaam.

Bij een homogeen lichaam, d.w.z. dat de massadichtheid constant is, ligt het zwaartepunt in het geometrisch centrum van het lichaam. Indien het lichaam ook nog eens een gemakkelijke vorm heeft, kunnen we het zwaartepunt zelfs construeren.

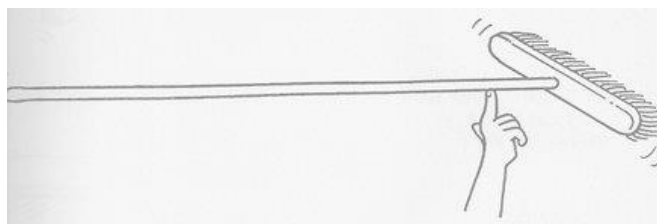


Het zwaartepunt van een lichaam ligt niet noodzakelijk in het lichaam zelf.

Voorbeelden daarvan zijn een ring, een torus of een bol met een holte die symmetrisch is rond het middelpunt.

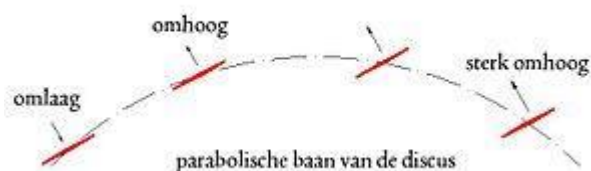
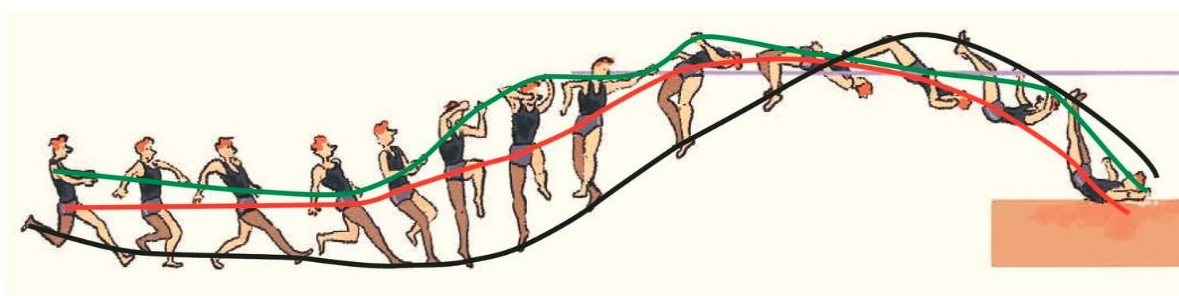


Indien voorwerpen bestaan uit zwaardere en lichtere onderdelen, dan zal het aangrijpingspunt dicht bij het zwaardere gedeelte liggen. Een voorbeeld daarvan is een bezem.

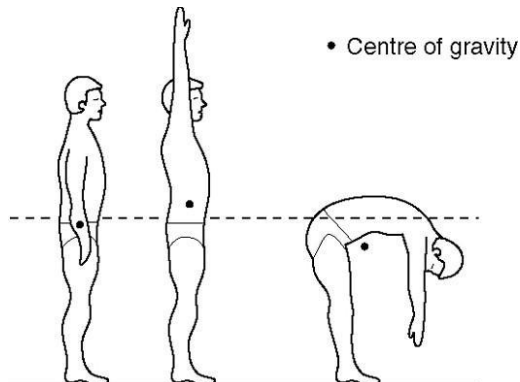


Is in bovenstaande figuur de massa van het gedeelte links van het zwaartepunt gelijk aan de massa van het gedeelte rechts van het zwaartepunt? Motiveer je antwoord.

De baan van de beweging van een lichaam kunnen we beschrijven als de baan gevolgd door het zwaartepunt van het lichaam. De baan is de verzameling van punten die achtereenvolgens door het voorwerp doorlopen worden.



Tijdens een beweging van het menselijk lichaam verandert de positie van het zwaartepunt.



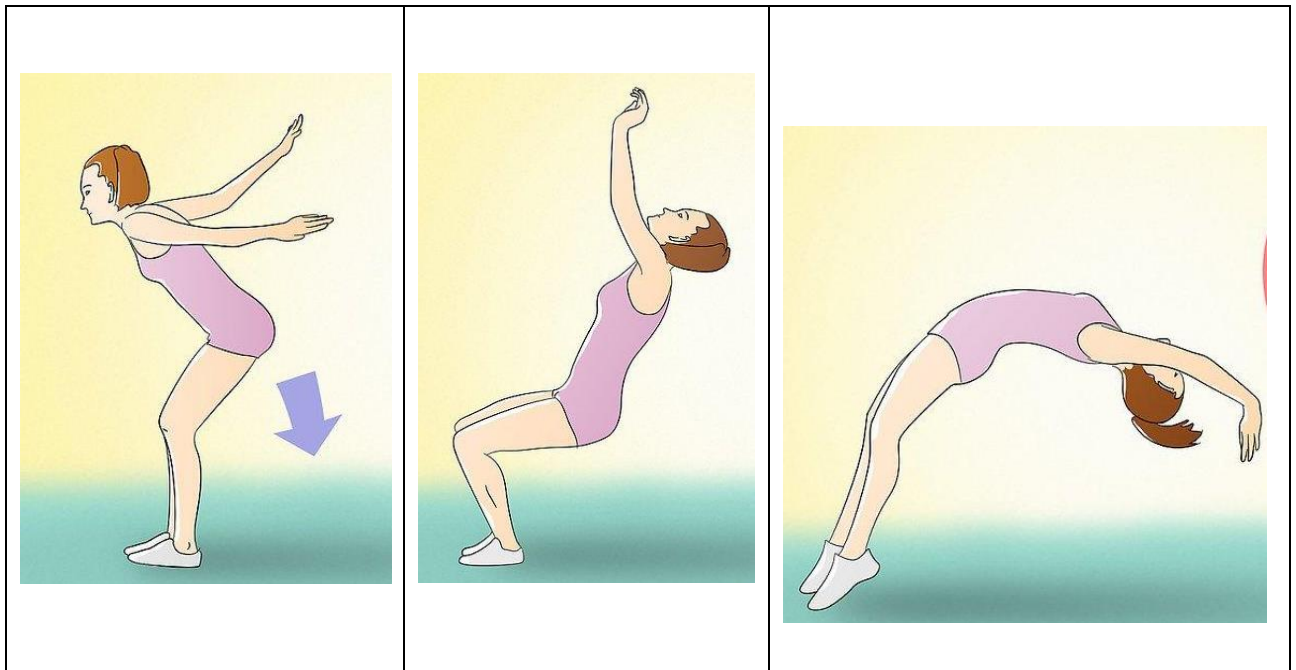
De verandering van de positie van het zwaartepunt kunnen we beïnvloeden door beweging van onze ledematen, onze armen en benen. Dit heeft uiteraard een grote impact op de beweging zelf.

Het is dus belangrijk te weten wat de invloed van de beweging van de ledematen is om een betere sportprestatie neer te zetten.

Bijvoorbeeld door de armen naast het lichaam te brengen tijdens een sprong kan men 8 cm hoger geraken doordat het zwaartepunt hoger verlegd wordt.



Of door je armen op de juiste manier te zwaaien kan je een overslag maken.



Het is dus van groot belang om het zwaartepunt goed te kunnen bepalen.

Opdracht:

Maak tegen volgende les 2 foto's van je zelf in een (on)stabiele sportsituatie.



Sporttoepassingen

Speerwerpen

Speerwerpen is een onderdeel in de atletiek waarbij, na een aanloop, getracht wordt een speer zo ver mogelijk te werpen.

De speer dient te landen in een vrij smalle sector waarbij de punt van de speer het eerst de grond moet raken.

In de 18e eeuw werd de huidige speerwerpsport ontwikkeld door de Scandinaviërs. De Zweden en vooral de Finnen toonden zich gedurende tientallen jaren ware meesters in het speerwerpen. Speerwerpen werd voor het eerst in officiële kampioenschappen opgenomen in 1906 in Engeland. Het werd een officiële Olympische atletiekdiscipline voor mannen in 1908 in Londen en in 1932 in Los Angeles voor vrouwen. Ook is het onderdeel van verschillende meerkampen.



De speren werden eerst van hout gemaakt, maar tegenwoordig van metaal of carbon. Ze hebben een metalen punt en is de doorsnede rond.

Rond het zwaartepunt is een handvat van koord aangebracht.

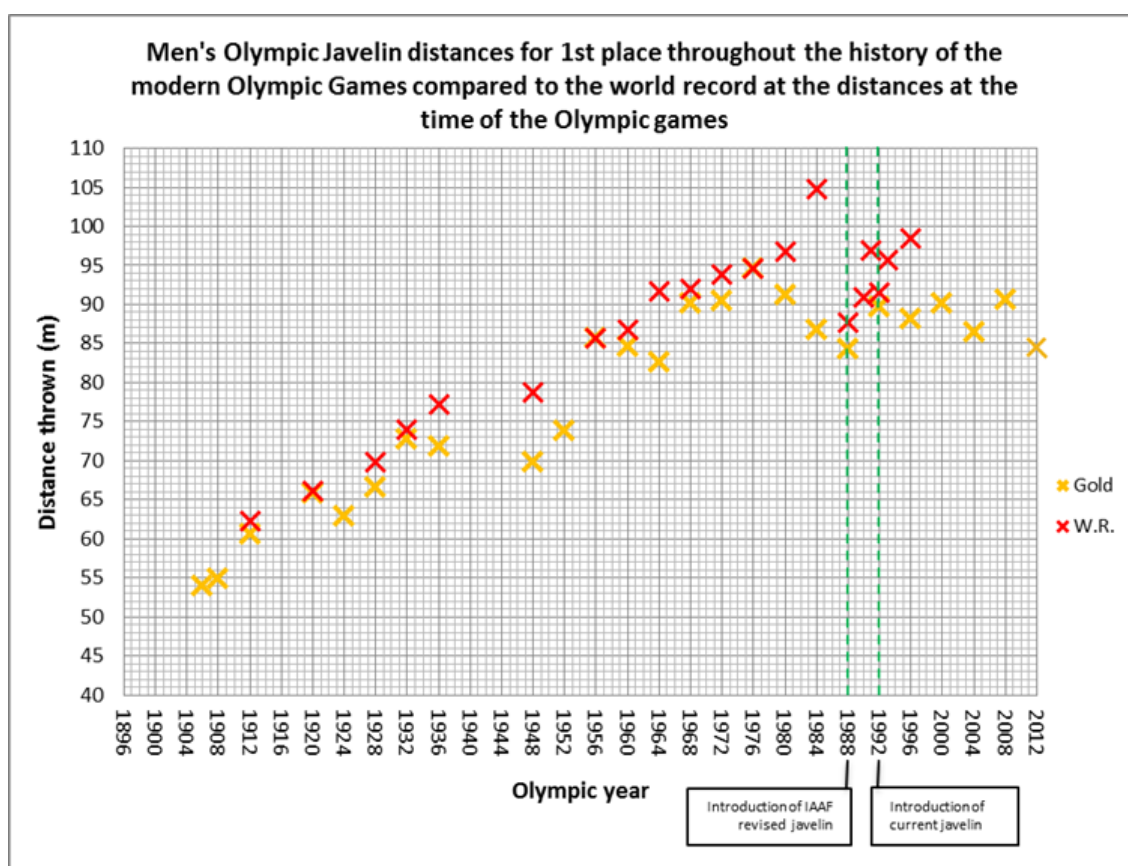
Een herenspeer is 2,6 tot 2,7 meter lang en weegt 800 gram. Een damesspeer weegt 600 gram en is 2,2 tot 2,3 meter lang. Bij jeugdwedstrijden worden ook



lichtere speren gebruikt. Speren van 400, 500 en 700 gram zijn daarbij in gebruik.

In 1956 veroorzaakte een Spaanse speerwerper grote opschudding: met een soort draai-worp kwam hij tot afstanden van meer dan 100 meter. Daar zijn slingertechniek het karakter van het speerwerpen volkomen veranderde, werd een voor de internationale atletiekwereld eensluidende regel opgesteld: de speerpunt moet tijdens de aanloop steeds in de werprichting wijzen.

Maar ook zonder de revolutionaire draaitechniek werd er steeds verder geworpen. In 1984 wierp Uwe Hohn een afstand van meer dan 100 meter (wereldrecord van Uwe Hohn van 104,80 m). De IAAF besloot toen uit veiligheidsoverwegingen om het zwaartepunt van de speer te verleggen, waardoor de geworpen afstanden met 15 tot 20 meter verminderden.



Ondertussen werpt men de speer echter regelmatig weer meer dan 90 meter ver. In 1991 werden de reglementen weer aangepast om een nieuw type speer met een ruw oppervlak (= vermindering luchtweerstandskracht) uit te sluiten. Bij de vrouwen is het model in pas in 1999 gewijzigd.

De onderstaande figuur toont de huidige modellen van speren

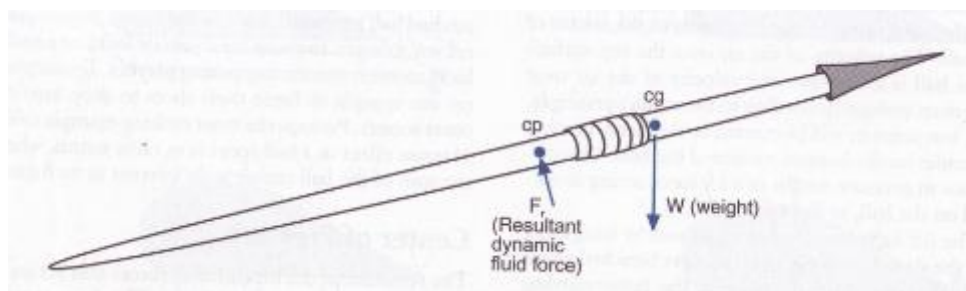


Opdracht 1

De onderstaande figuur toont een schematische voorstelling van een speer die gebruikt wordt bij het speerwerpen.

Op deze figuur wordt zowel het zwaartepunt als c_g "center of gravity" als het zogenaamde drukpunt c_p "center of pressure" weergegeven.

In het punt c_p grijpt de resulterende kracht \vec{F}_r van de liftkracht en de weerstandskracht door de lucht aan. In het zwaartepunt grijpt zwaartekracht \vec{F}_z aan.



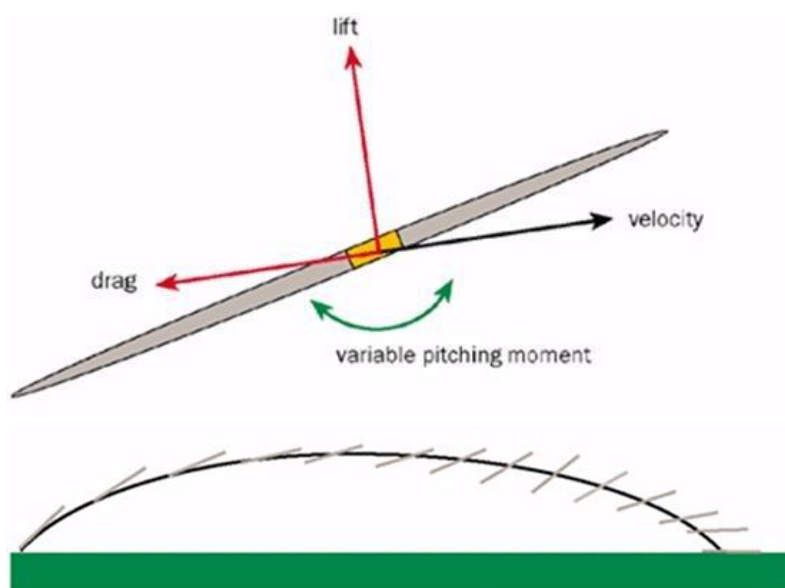
Leg uit waarom deze speer minder ver zal vliegen, dan wanneer het zwaartepunt perfect centraal in de speer gelegen is?

Opdracht 2

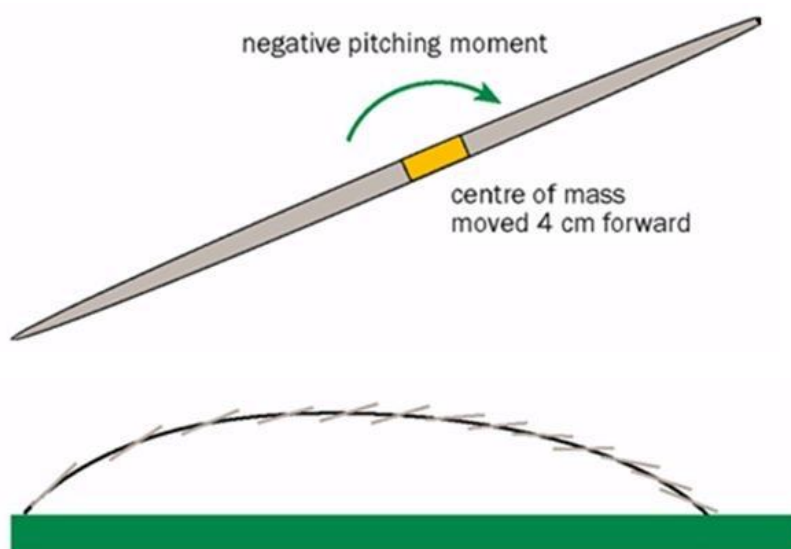
De oude modellen van speren, zowel bij de mannen als bij de vrouwen, hadden steeds betere aerodynamische eigenschappen waardoor ze verder vlogen, maar waardoor het ook steeds vaker gebeurde dat er onenigheid ontstond over de geldigheid van de worp: raakte de punt nu wel of niet als eerste de grond?

Verklaar dit aan de hand van de onderstaande figuren.

Oud model



Nieuw model



Hoogspringen

Inleiding

De fosburyflop (of kortweg "flop") is de naam voor een springtechniek die gebruikt wordt bij het hoogspringen.

De techniek is op de Olympische Spelen van 1968 in Mexico-Stad geïntroduceerd door de Amerikaanse atleet Dick Fosbury. Overigens is Fosbury niet de uitvinder van de nieuwe techniek. Reeds in 1912 gebruikte zijn landgenoot Clinton Larson een vergelijkbare sprongtechniek. In 1924 sprong deze atleet op 32-jarige leeftijd tijdens een exhibitie in Magna (Utah) zelfs over 2,07 m.

De techniek vond echter geen navolging, omdat hij in die tijd als te gevaarlijk werd beschouwd, want de springer landde na de sprong in het zand op de grond. Larsons verdienste was wel, dat hij de aanzet vormde tot het nadenken over de aanloop.

De fosburyflop is tegenwoordig de populairste springtechniek bij het hoogspringen. Andere gebruikte technieken zijn de schotse sprong (ook schaarsprong genoemd) en de rolsprong. De rolsprong of straddle was de dominante techniek vóór de uitvinding van de schuimrubber landingsmatrassen.

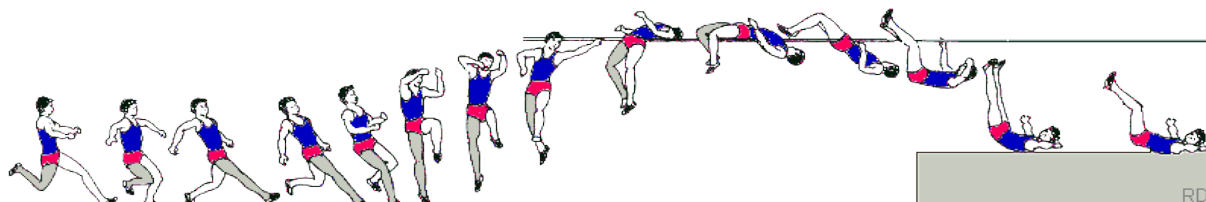


De wereldrecords hoogspringen staan op naam van de Cubaan Sotomayor 2,45 m (in 1993) bij de mannen en de Bulgaarse Kostadinova 2,09 m (in 1987) bij de vrouwen. De hoogste sprong in de zevenkamp bij vrouwen staat op naam van de Belgische atlete Nafissatou Thiam met 2,01 m in Götzis (2018).



België had met Tia Hellebaut een atlete in de internationale top van het hoogspringen. Tijdens de jaren tachtig was ook de Belg Eddy Annys een hoogspringer van internationaal niveau bij de mannen.

Fosburyflop



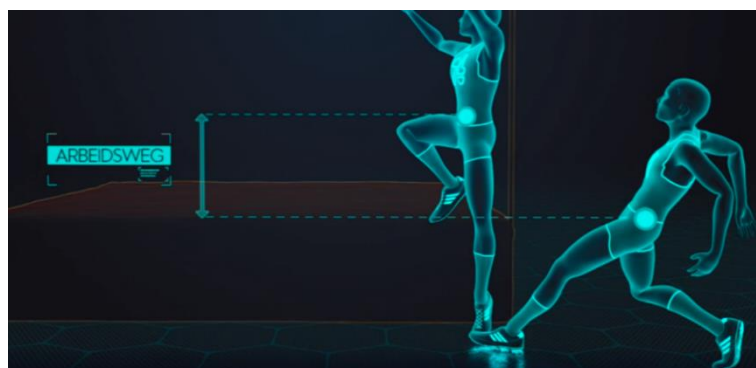
De aanloop van een fosburyflop bestaat uit:

- een aantal lange en grote passen (4 - 8) in een rechte lijn aan zeer hoge (optimale) snelheid (tot 30 km/h bij Sotomayor) en
- een aantal lage passen (3 - 5) in de vorm van een cirkelboog (bocht in de vorm van een letter J).



De juiste en optimale aanloopsnelheid tijdens de aanloop is belangrijk. Verklaar!

Tijdens de boog helt het lichaam naar binnen om tijdens de laatste pas de verticale stand in te nemen. Waarom laat de hoogspringer tijdens deze boog zijn lichaam naar binnen hellen?

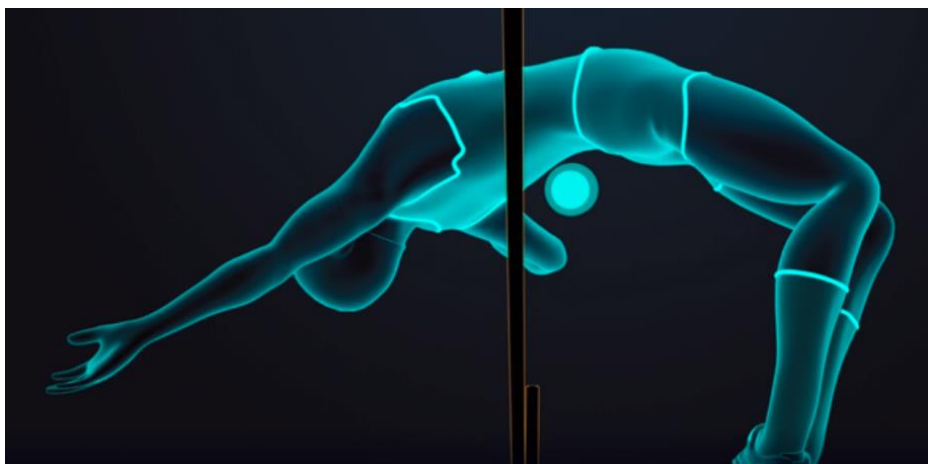


De afstoot gebeurt met één been. Dit moet altijd volgens de regels van het hoogspringen.



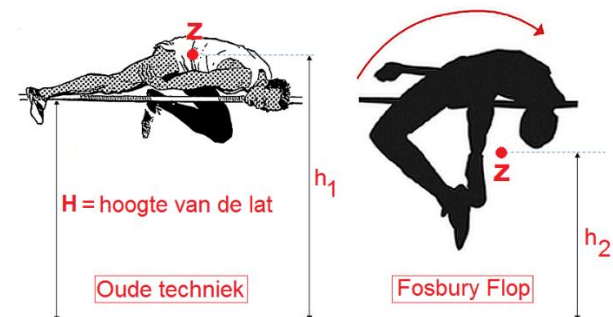
Beschrijf de "perfect" afstoot voor een hoge sprong.

Vervolgens start de zweeffase en gaat het hoofd van de atleet als eerste over de lat, waarna de rest van het lichaam om de lat heen draait met de rug ernaartoe gekeerd. Deze draaiing is het gevolg van het oprichten in de laatste pas van de aanloop en wordt verder veroorzaakt door de acties van het zwaaibeen (het been waarmee niet afgezet wordt).



Tijdens deze zweeffase maakt het zwaartepunt van de atleet een parabolische baan. Het traject van het lichaamszwaartepunt ligt vast vanaf de afstoot. Tijdens de zweeffase kan hier niets meer aan verandert worden. De atleet wil de top van deze paraboolbaan zo hoog mogelijk! Leg uit hoe de atleet dit kan realiseren.

Een biomechanisch voordeel van de floptechniek is dat de hoogspringer over de lat kan gaan, terwijl het zwaartepunt eronderdoor kan gaan. Er zijn trouwens maar heel weinig springers die de techniek zodanig beheersen, dat het zwaartepunt daadwerkelijk onder de lat doorgaat.

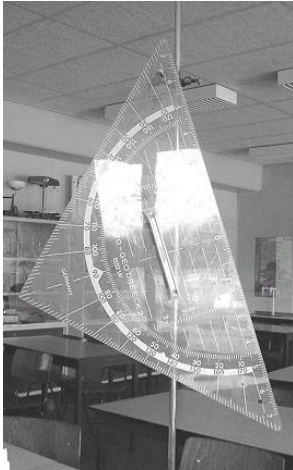


(Bij de rolsprong kan dat ook, maar de rolsprong is een stuk moeilijker om te leren en is daardoor vrijwel niet meer in gebruik.)

Het zwaartepunt en evenwicht

A. Demonstratieproef 1

Veronderstel dat we een geodriehoek ophangen zodat hij maar kan roteren rond één bepaald punt. Op een bepaald moment zal die geodriehoek zijn evenwichtstoestand bereike.



Welke krachten werken er op dat ogenblik op de geodriehoek? Wat zijn hun aangrijpingspunten? Waarom is er dan evenwicht?

Als we de geodriehoek rechts onderaan optillen en vervolgens loslaten, dan zal de geodriehoek natuurlijk beginnen roteren. Hoe kan je dit verklaren?

Besluit

Een lichaam, waarop enkel de zwaartekracht werkt en dat ondersteund is in een punt, bevindt zich in evenwicht als het zwaartepunt van het lichaam en het steunpunt zich op één verticale rechte bevinden. Is dat niet het geval, dan ontstaat een rotatie rond het steunpunt omdat het resulterend moment dan niet langer nul is.

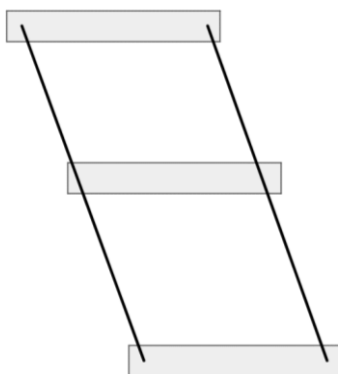
Demonstratieproef

Nevenstaand lichaam bestaat uit drie identieke homogene plankjes, verbonden door vier latjes. Het zwaartepunt van dit voorwerp ligt dan in het midden van het centrale plankje.



In dit punt is een touwtje met een schietlood vastgemaakt. Het geheel kan in die punten, waar de latjes zijn vastgemaakt, scharnieren zodat het lichaam geleidelijk van een recht tot een schuiner en schuiner parallellepipedum kan vervormd worden. We stellen vast dat het lichaam in evenwicht blijft zolang de richting van het schietlood binnen het steunvlak valt.

Verklaar dit door de krachten op het voorwerp te tekenen in.



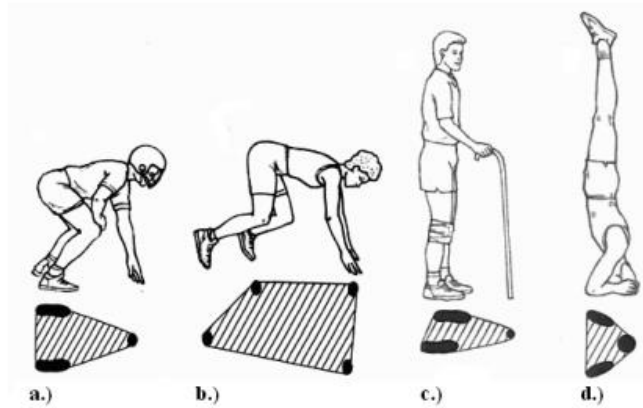
Wat verandert er aan de getekende krachten indien het zwaartepunt zich niet langer boven het steunvlak bevindt?

Besluit

Een lichaam, waarop enkel de zwaartekracht werkt en dat ondersteund is door een steunvlak, bevindt zich in evenwicht als het zwaartepunt van het lichaam zich verticaal boven het steunvlak bevindt.

Steunvlak van het menselijk lichaam

Het steunvlak van een lichaam, dus ook het menselijk lichaam is de veelhoek, gevormd door verbinding van de verst uiteen liggende punten waar het ondersteund wordt. Hieronder een figuur met voorstelling van het steunvlak in verschillende posities.



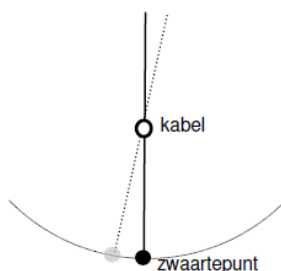
Stabiliteit van het evenwicht van een star lichaam

Voorbeeld 1

In Technopolis (Mechelen) kan je met een fiets over een stalen kabel rijden. Deze fiets is aan de onderkant verzwaard met een bijkomend gewicht, dat zich onder de kabel bevindt. Hierdoor komt het zwaartepunt van het systeem onder de kabel te liggen.



Veronderstel dat het zwaartepunt van het systeem fietser/fiets zich op een bepaald moment perfect verticaal onder de kabel bevindt. Het systeem is dan in evenwicht. Door de kleinste beweging van de fietser of de fiets zal dit zwaartepunt zich niet meer verticaal boven de kabel bevinden. Het evenwicht is dan verstoord en het zwaartepunt is verhoogd.



Wat is dan het effect van de zwaartekracht op het systeem en waarom?

Dit is een voorbeeld van stabiele evenwichtssituaties.

Definitie

Een star lichaam verkeert in stabiel evenwicht als het na een kleine storing naar het evenwicht terugkeert.

Kenmerk

Indien het zwaartepunt van een lichaam verhoogt bij verstoring van het evenwicht, dan is het evenwicht stabiel. Het zwaartepunt 'zoekt' een zo laag mogelijke positie omdat de potentiële gravitatie-energie dan kleiner is.

Het zwaartepunt van het menselijk lichaam

<http://www.hetklokhuis.nl/tv-uitzending/2762/Sportlab%20Evenwicht>

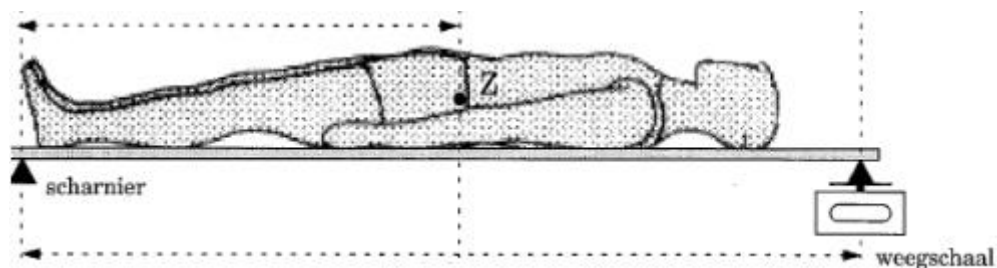
Bepaling van het zwaartepunt van het menselijk lichaam in liggende toestand: 1

Bouw met behulp van een plank en een grote cilinder of ton een eenvoudige balans. Is de plank in evenwicht? Geef dat aan op de plank. Laat dan iemand zó op de plank liggen dat er opnieuw evenwicht is bij dezelfde merkstreep. Het zwaartepunt Z van het lichaam bevindt zich nu precies boven het merkteken



Bepaling van het zwaartepunt van het menselijk lichaam in liggende toestand: 2

Je kunt het zwaartepunt van een mens bepalen door hem op een plank te leggen. Die plank leg je aan één uiteinde op een balans, aan het andere uiteinde leg je ze op een steunpunt.



Doe de nodige metingen en bepaal op die manier de positie van het zwaartepunt.

Verplaatsing van het zwaartepunt

Het menselijk lichaam is geen star lichaam. Dat heeft als gevolg dat het zwaartepunt van het menselijk lichaam niet altijd op dezelfde plaats blijft. Het zwaartepunt zal zich meestal verplaatsen indien één of meer lichaamsdelen in beweging komen. Dat kan gemakkelijk worden begrepen aan de hand van de formule, gebruikt op vorige bladzijden. Een andere coördinaat van een lichaamsdeel zal resulteren in de wijziging van de coördinaat van het zwaartepunt.

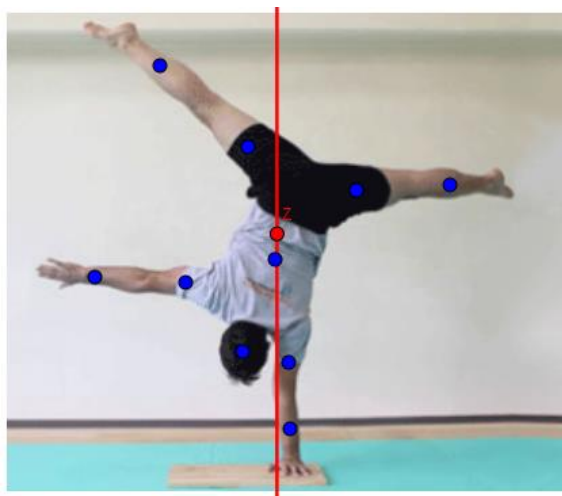
Je kunt experimenteren met het Geogebrabestand 'zwaartepunt foto.ggb', waar je een foto kan inbrengen en de mogelijkheid hebt om de deelzwaartepunten aan te duiden. Het zwaartepunt wordt aangeduid, net als de verticale door het zwaartepunt.

Voorbeeld 1: handenstand

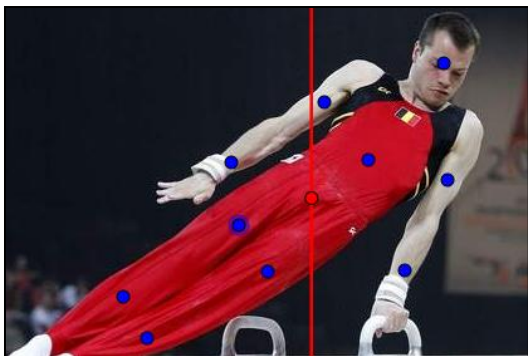


- A: zwaartepunt hoofd
- B: zwaartepunt romp
- C: zwaartepunt linkerbovenarm
- D: zwaartepunt linkeronderarm
- E: zwaartepunt rechterbovenarm
- F: zwaartepunt rechteronderarm
- G: zwaartepunt linkerbovenbeen
- H: zwaartepunt linkeronderbeen
- I: zwaartepunt rechterbovenbeen
- J: zwaartepunt rechteronderbeen

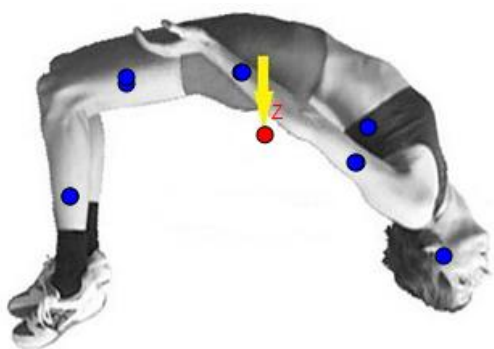
Voorbeeld 2: handenstand op 1 arm



Voorbeeld 3: positie van een gymnast op het paard met bogen



Voorbeeld 4: de Fosburytechniek bij hoogspringen



Opdrachten

1. Breng zelf volgende foto's in het Geogebrabestand 'zwaartepunt foto.ggb'. Bepaal telkens het zwaartepunt.



2. Veronderstel dat je gestrekt tegen een muur staat. Je buigt zo ver mogelijk voorover zonder de benen te bewegen. Wat zal er gebeuren? Waarom?



Veronderstel dat je dezelfde beweging wil maken zonder dat je tegen een muur staat. Welke bewegingen zal het menselijk lichaam dan maken? Waarom?

3. Kijk naar volgende foto. Verklaar de stand van het lichaam.



4. Kijk naar volgende figuur. Verklaar de lichaamshouding.



Stabiliteit van het evenwicht van het menselijk lichaam

In vorige paragrafen werd duidelijk dat een lichaam in evenwicht is indien de verticale door het zwaartepunt door het steunvlak gaat. Dat geldt zowel voor starre als niet-starre lichamen, zoals het menselijk lichaam. Een star lichaam verkeert in stabiel evenwicht indien het na een kleine storing automatisch terugkeert naar het evenwicht. Dit gebeurt als het zwaartepunt verhoogt tijdens deze storing.

De mens beschikt gelukkig niet over een star lichaam en kan door bewegingen zijn zwaartepunt verplaatsen. De bewegingen zijn van die aard dat de mens een mogelijke storing van het evenwicht in een aantal gevallen zelf kan herstellen. Het doel van de bewegingen zal er steeds in bestaan het zwaartepunt boven het steunvlak te houden of opnieuw te krijgen.

Stabiliteit van het evenwicht van het menselijk lichaam in bewegingssituaties

Het evenwicht van het menselijk lichaam wordt stabiel genoemd als het grotere krachten of momenten kan weerstaan. Stabieler evenwicht kan na uitoefening van krachten gemakkelijker worden behouden of hersteld.

In de sport is het belangrijk zelf het evenwicht te bewaren.

In een aantal contactsporten (vechtsporten, rugby, voetbal...) heeft een sporter net de bedoeling het evenwicht van zijn tegenstrever te verstoren. Door duwen en trekken oefent hij een kracht uit, wat nefast kan zijn voor het evenwicht van de tegenstrever.

Veronderstel dat je iemand onverwachts probeert omver te duwen.

Wanneer zal dat het moeilijkst verlopen? Verklaar je antwoord.

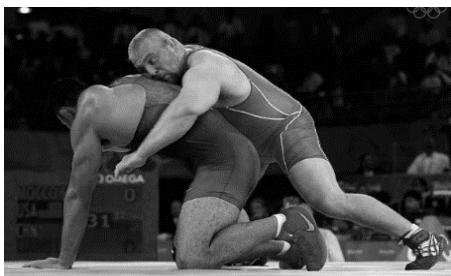
Er zijn vijf factoren aan die de stabiliteit van een sporter kunnen verhogen.

Factoren die de stabiliteit van het evenwicht van het menselijk lichaam beïnvloeden

1. Afmetingen van het steunvlak in de richting van de uitgeoefende kracht
2. Hoogte van het zwaartepunt boven het steunvlak
3. Massa van het lichaam
4. De afstand van de verticale projectie van het zwaartepunt door het steunvlak tot de randen van het steunvlak
5. De wrijvingskracht met het steunvlak

Opdrachten

1. Bestudeer volgende foto's. Verklaar waarom de stabiliteit verhoogd wordt?



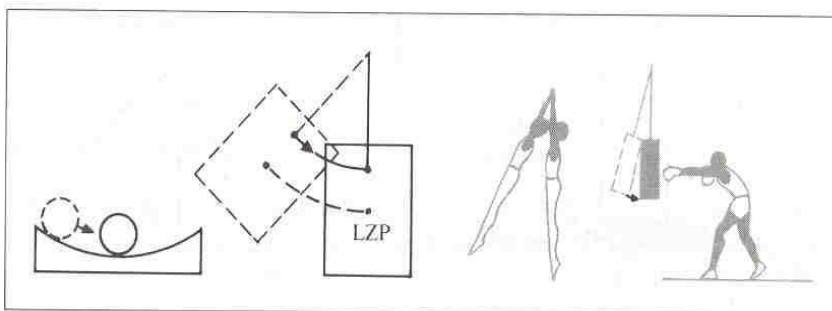
2. Bestudeer volgend filmpje, dat het belang van een laag zwaartepunt bij judo illustreert. <https://www.youtube.com/watch?v=SX0gzfXNWqo>

Evenwicht bij ondersteunde voorwerpen in het zwaarteveld

Soorten evenwicht

We onderscheiden 3 verschillende vormen van evenwicht van een star voorwerp:

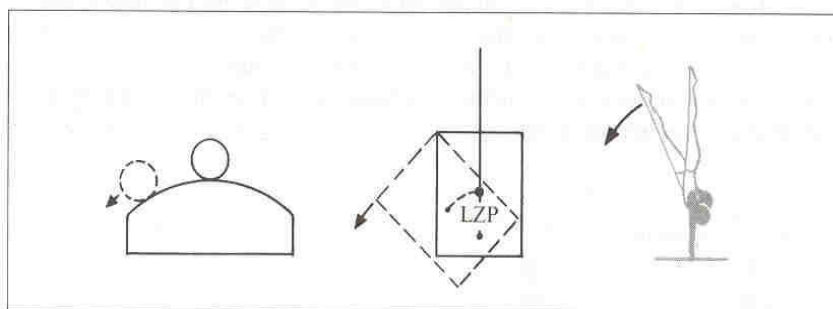
- het **stabiel** evenwicht,
- het **labiel** evenwicht en
- het **onverschillig** evenwicht



Stabiel evenwicht (kogel, blok hout dat aan een touw hangt, turner in strekhang, zandzak).

Stabiel evenwicht

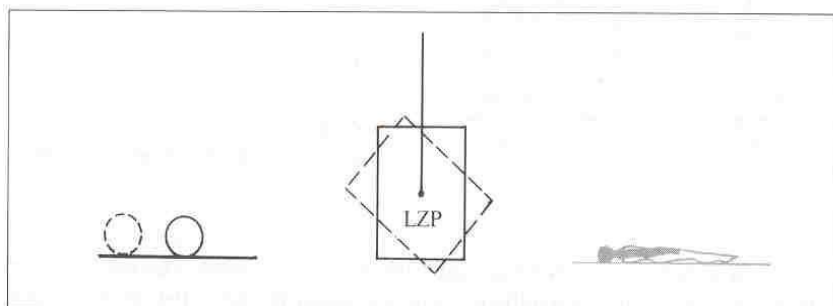
Bij een geringe kanteling van het voorwerp, keert het voorwerp terug naar zijn oorspronkelijke stand.



Labiel evenwicht (kogel, blok hout dat aan een touw hangt, turner in handstand).

Labiel evenwicht

Na een geringe kanteling van het voorwerp, kan het voorwerp niet meer uit zichzelf naar de oorspronkelijke stand terugkeren.



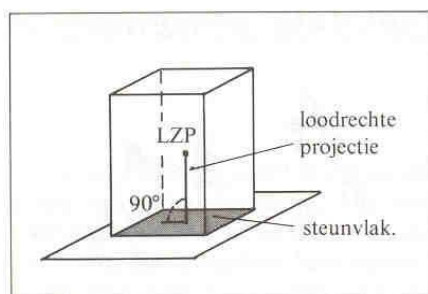
Indifferent evenwicht (kogel, blok hout dat aan een touw hangt, turner die op de grond ligt).

Onverschillig evenwicht

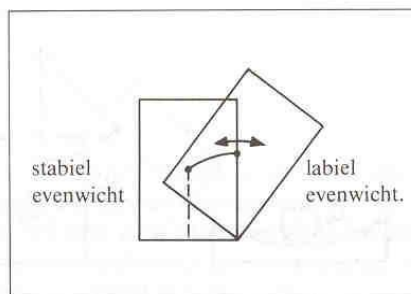
Bij een willekeurige kanteling blijft het evenwicht steeds bewaard.

Evenwicht en steunvlak

Wanneer een star voorwerp op een ondergrond rust, dan kan de evenwichtstoestand van het voorwerp ten opzichte van die ondergrond bekeken worden.



Lichaamszwaartepunt en steunvlak.



Lichaam in een toestand van labiel evenwicht kantelen.

Het vlak dat wordt begrensd door de steunpunten (= contactpunten van het voorwerp met de ondergrond), wordt het **steunvlak** genoemd.

Wanneer de loodrechte projectie van het zwaartepunt van een star voorwerp binnen het steunvlak valt, dan bevindt het voorwerp zich in een **stabiel evenwicht**.

Bij een geringe kanteling keert het voorwerp in zijn oorspronkelijke stand terug.

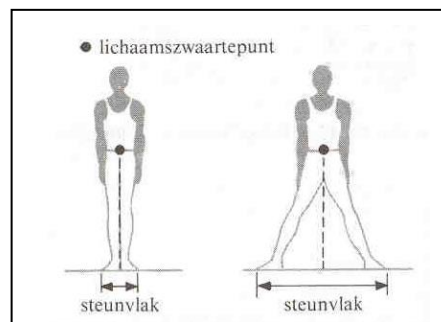
Wordt het voorwerp zodanig gekanteld dat zijn zwaartepunt precies boven de rand van het steunvlak komt te liggen, dan verkeert het voorwerp in een **labiel evenwicht**.

Hoever een voorwerp gekanteld kan worden voordat het omvalt, hangt dus af van de grootte van het steunvlak.

Stabiliteit van een atleet

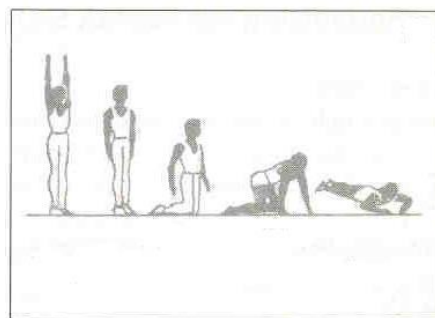
Lichaamshouding en stabiliteit

Bij sportbewegingen zijn vaak lichaamshoudingen noodzakelijk, waarin weliswaar de evenwichtstoestand behouden blijft, maar waarbij de **stabiliteit** wel erg verschillend is.



Opdracht

a) Kruis de meest stabiele lichaamshouding in nevenstaande figuur aan.



b) Beschrijf twee houdingen uit de sport (telkens in een volledige zin) waarbij je streeft naar een hoge stabiliteit.

1. ...

2. ...

c) Beschrijf twee houdingen uit de sport (telkens in een volledige zin) waarbij je streeft naar een lage stabiliteit.

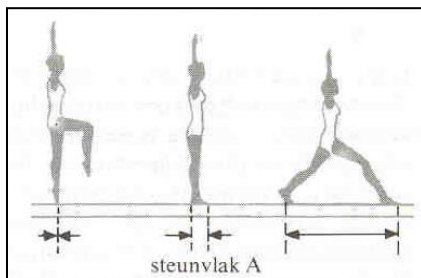
1. ...

2. ...

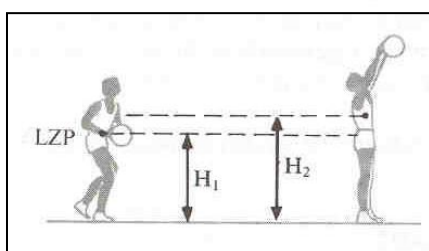
Factoren die de stabiliteit bepalen

Opdracht

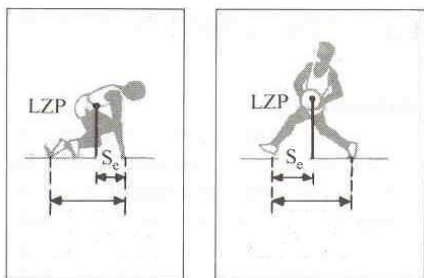
Bekijk de tekeningen hiernaast aandachtig en vervolledig de uitspraak die er mee overeenkomt..



De stabiliteit neemt toe met ...



De stabiliteit neemt af met ...



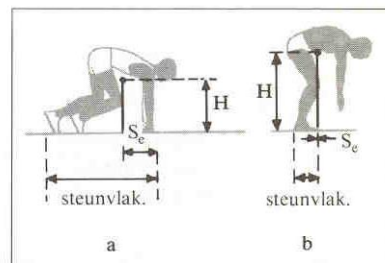
De stabiliteit neemt toe met ...

Opdracht

Om snel te kunnen starten bij een sprint of bij het zwemmen, zal je bij de starthouding streven naar een zo GROOT / KLEIN mogelijke stabiliteit.

Geef 3 factoren waar je moet op letten als je snel wil starten.

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



Opdracht

Het heeft geïjzeld en het is glad. Wat is bij deze omstandigheden de meest veilige wandeltechniek? Waarom?

