

BIOMECHANICA IN HET BEWEGINGSONDERWIJS

3e druk



Mariëtte van Maarseveen

BIOMECHANICA IN HET BEWEGINGSONDERWIJS

Inkijkexemplaar

Mariëtte van Maarseveen

3^e druk, 2022

© 2022 Mariëtte van Maarseveen

www.biomechanicainhetbewegingsonderwijs.com

Vormgeving: Mariëtte van Maarseveen

Tekstcorrectie: Sanne Visch

Druk: BoekenGilde

ISBN 978-90-9035941-0

NUR 180

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteur.

Inhoudsopgave

1.	Introductie biomechanica	9
1.1	Legitimatie.....	10
1.1.1	Wat is biomechanica?.....	10
1.1.2	Waarom biomechanica?.....	10
1.1.3	Rekenen.....	12
1.2	Basiskennis biomechanica	12
1.2.1	Grootheden en eenheden.....	12
1.2.2	Translatie en rotatie.....	13
	Vragen en opdrachten	15
2.	Principes van Newton	17
2.1	Principes van Newton	18
2.1.1	Het traagheidsprincipe.....	18
2.1.2	Het onafhankelijkheidsprincipe	20
2.1.3	Het actie-reactieprincipe	23
	Vragen en opdrachten	25
3.	Krachten	27
3.1	Krachten.....	28
3.2	De zwaartekracht en valversnelling.....	29
3.3	Normaalkracht.....	30
3.4	Wrijvingskracht	31
3.5	Scalaire grootheden en vectorgrootheden.....	32
3.6	Vectoren tekenen	32
3.7	Twee vectoren optellen	33
3.7.1	Twee vectoren in dezelfde richting.....	33
3.7.2	Twee vectoren in tegengestelde richting	33
3.7.3	Twee vectoren met verschillende richtingen	33
3.8	Een vector ontbinden	34
	Vragen en opdrachten	37
4.	Zwaartepunt en stabiliteit	41
4.1	Zwaartepunt.....	42
4.1.1	Positie zwaartepunt.....	42
4.1.2	Voordeel halen uit positie zwaartepunt.....	44

4.2	Stabiliteit.....	46
	Vragen en opdrachten	49
5.	Snelheid en versnelling.....	51
5.1	Bewegingen beschrijven	52
5.2	Eenparige bewegingen.....	53
	5.2.1 $s-t$, $v-t$ en $a-t$ diagram van een eenparige beweging	55
5.3	Eenparig versnelde bewegingen	56
	5.3.1 Eenparig versnelde bewegingen zonder beginsnelheid.....	56
	5.3.2 $s-t$, $v-t$ en $a-t$ diagram van een eenparig versnelde beweging.....	60
	5.3.3 Eenparig versnelde beweging met beginsnelheid.....	61
5.4	Eenparig vertraagde bewegingen	62
	5.4.1 $s-t$, $v-t$ en $a-t$ diagram van een eenparig vertraagde beweging.....	64
	Vragen en opdrachten	66
6.	Impuls	69
6.1	Impuls.....	70
	6.1.1 Impuls bij een voorwerp met een beginsnelheid.....	71
6.2	Impuls om snelheid te vergroten	72
6.3	Impuls om snelheid te verminderen.....	73
6.4	Wet van behoud van impuls	74
	Vragen en opdrachten	76
7.	Cirkelbeweging	79
7.1	Cirkelbeweging.....	80
7.2	Snelheid bij een cirkelbeweging	80
	7.2.1 Radialen.....	81
	7.2.2 Omrekenen graden naar radialen.....	81
	7.2.3 Hoeksnelheid in rad/s.....	81
7.3	Verband baansnelheid en hoeksnelheid	82
7.4	Hoe ontstaat een cirkelbeweging?.....	83
	7.4.1 Centripetale kracht.....	83
	7.4.2 Centrifugale kracht.....	84
7.5	Voorbeeld ringzwaaien.....	85
	Vragen en opdrachten	87

8.	Arbeid, energie en vermogen	91
8.1	Arbeid	92
8.1.1	Voorwaarde voor het gebruik van de formule $W = F \cdot s$	93
8.1.2	Verplaatsing omrekenen naar verplaatsing in de richting van de kracht.....	93
8.1.3	Kracht omrekenen naar kracht in de richting van de verplaatsing	94
8.2	Energie	95
8.2.1	Kinetische energie	95
8.2.2	Potentiële energie	96
8.2.3	Wet van behoud van energie.....	97
8.3	Verband tussen arbeid en energie	99
8.3.1	Arbeid leveren om energie te vergroten	100
8.3.2	Arbeid leveren om energie te verminderen	101
8.4	Vermogen.....	101
	Vragen en opdrachten	103
9.	Moment en momentstelling	107
9.1	Moment.....	108
9.1.1	Voorbeeld flikflak.....	110
9.1.2	Meerdere momenten optellen.....	110
9.2	Momentstelling.....	111
9.2.1	Lichaamszwaartepunt en momentstelling	112
9.3	Gebruikmaken van moment en momentstelling in het bewegingsonderwijs.....	113
	Vragen en opdrachten	115
10.	Rotatie.....	119
10.1	Rotaties	120
10.2	Traagheidsmoment	121
10.3	Rotatiesnelheid	123
10.4	Hoe ontstaat een rotatie?	124
10.5	Rotatiesnelheid aanpassen	126
10.6	Rotatie terugzetten.....	127
10.7	Balansverstoringen opvangen.....	128
10.8	Rotatie en schijnrotatie	129
	Vragen en opdrachten	131

11. Bewegen door de lucht	133
11.1 Luchtweerstand	134
11.2 Liftkracht.....	135
11.3 Luchtweerstand en liftkracht bij speerwerpen	136
11.4 Magnus effect	139
11.5 Luchtwervelingen	141
Vragen en opdrachten	143
12. Bewegen door het water	145
12.1 Drijfvermogen.....	146
12.2 Stuwning	149
12.2.1 Liftkracht.....	150
12.3 Weerstand	151
12.3.1 Vormweerstand.....	151
12.3.2 Golfweerstand.....	152
12.3.3 Wrijvingsweerstand.....	152
Vragen en opdrachten	153
13. Basisvaardigheden biomechanisch bekeken	155
13.1 Lopen, rennen, sprinten	156
13.2 Springen en landen.....	157
13.3 Zwaaien en schommelen.....	159
13.4 Draaien en over de kop gaan.....	161
13.5 Balanceren.....	162
13.6 Klimmen en klauteren.....	163
13.7 Gooien en vangen	164
13.8 Slaan.....	167
13.9 Schieten	169
13.10 Stoeien.....	170
14. Basis wiskunde.....	173
14.1 Rekenkundige bewerkingen.....	174
14.2 Voorrangsregels.....	174
14.3 Rekenen met letters	175
14.4 Vergelijkingen oplossen	176
14.5 Tijden.....	177
14.6 Snelheden	177

14.7 Rekenen met driehoeken (sos-cas-toa).....	178
14.8 Stappenplan voor het oplossen van een som.....	179
Vragen en opdrachten	180

Hoofdpunten Biomechanica in het bewegingsonderwijs 183

Antwoorden 187

Hoofdstuk 1.....	188
Hoofdstuk 2.....	188
Hoofdstuk 3.....	189
Hoofdstuk 4.....	192
Hoofdstuk 5.....	193
Hoofdstuk 6.....	199
Hoofdstuk 7.....	202
Hoofdstuk 8.....	206
Hoofdstuk 9.....	212
Hoofdstuk 10.....	215
Hoofdstuk 11.....	218
Hoofdstuk 12.....	219
Hoofdstuk 14.....	221

Literatuurlijst..... 223

Over de auteur 224

Inkijkexemplaar

Cirkelbeweging



Wat hebben kogelslingeren en schommelen met elkaar gemeen? Het zijn allebei voorbeelden van een cirkelbeweging. Bij kogelslingeren beweeg je de kogel in een cirkel om je heen, tot je de kogel loslaat. Dan vliegt de kogel in een rechte lijn weg. Bij schommelen leg je met de schommel steeds een stuk van een cirkel af, heen en weer. Zodra je de schommel loslaat om eraf te springen, ga je ook hier in een rechte lijn weg. In dit hoofdstuk kijk je naar wat cirkelbewegingen zijn, hoe je de snelheid van een cirkelbeweging kunt beschrijven en hoe een cirkelbeweging ontstaat.

Doel

Na dit hoofdstuk kun je:

- Voorbeelden van cirkelbewegingen in het bewegingsonderwijs noemen
- De begrippen hoeksnelheid en baansnelheid uitleggen en hun eenheid benoemen
- Het verband tussen hoeksnelheid en baansnelheid uitleggen en toepassen en ermee rekenen met behulp van de formule $v_{baan} = \omega \cdot r$
- De begrippen centripetale kracht en centrifugale kracht uitleggen
- Het verband tussen centripetale kracht en centrifugale kracht uitleggen
- Rekenen met centripetale kracht en centrifugale kracht met behulp van de formules $F_c = \frac{m \cdot v_{baan}^2}{r}$ en $F_c = m \cdot \omega^2 \cdot r$
- De werking van centripetale kracht en centrifugale kracht toepassen op voorbeelden uit het bewegingsonderwijs

7.1 Cirkelbeweging

Wat hebben ringzwaaien en kogelslingeren met elkaar gemeen? Het zijn allebei voorbeelden van cirkelbewegingen. Want de baan die je aflegt bij ringzwaaien is steeds heen en weer over een gedeelte van een cirkel en ook bij kogelslingeren slingert je de kogel rond in een cirkel om je heen totdat je hem loslaat. Cirkelbewegingen zijn dus bewegingen waarbij je lichaam of een voorwerp beweegt langs een cirkel of een gedeelte van een cirkel. Zo zijn er meer voorbeelden van cirkelbewegingen. Bijvoorbeeld touwzwaaien, een reuzenzwaai om de rekstok, discuswerpen, in een bocht lopen of fietsen, slaan met een honkbalknuppel et cetera.

7.2 Snelheid bij een cirkelbeweging

Net als bij een beweging in een rechte lijn, kun je ook bij cirkelbewegingen naar snelheid kijken. De meeste simpele vorm van snelheid bij een cirkelbeweging is de baansnelheid. Hiermee wordt de snelheid bedoeld waarmee een voorwerp of lichaam over de cirkelbaan beweegt. Deze snelheid wordt afgekort tot v_{baan} en uitgedrukt in meters per seconde, m/s.

Een andere manier om de snelheid van een cirkelbeweging te beschrijven, is door middel van hoeksnelheid. De hoeksnelheid geeft aan hoe groot de hoek is die per tijdseenheid wordt afgelegd. De hoeksnelheid wordt afgekort tot ω , de Griekse letter omega. De hoeksnelheid kan gemeten worden in graden per seconde, bijvoorbeeld een hoeksnelheid van $90^\circ/\text{s}$ betekent dat er elke seconde een hoek van 90° wordt afgelegd. Aangezien een cirkel 360° is, is 90° dus een

kwart cirkel. Elke seconde wordt er dan een kwart cirkel afgelegd en na 4 seconden is de cirkel helemaal rond.

In de biomechanica is het echter gebruikelijker om een andere eenheid te gebruiken voor hoeksnelheid, namelijk radialen per seconde, rad/s. Om deze eenheid te begrijpen, moet je eerst weten wat een radiaal is.

7.2.1 Radialen

Hoeken kun je naast graden ook meten in radialen. Er is iets bijzonders aan de hand met een hoek van 1 radiaal. Als je in een cirkel een hoek tekent van 1 radiaal, dan is de afstand over de cirkelbaan (=booglengte) precies even groot als de straal van de cirkel. Ter herinnering: de straal van een cirkel is de afstand van het middelpunt van de cirkel tot de cirkelrand, de straal wordt afgekort tot r .

Hoeveel radialen passen er dan in 1 cirkel? Het antwoord zie je in Figuur 7.1 - onder, namelijk: 6 radialen en een beetje. Iets preciezer: 6,28318... radialen. Nog preciezer: het zijn twee keer pi radialen, want pi is namelijk 3,14159... Dus één cirkel is $2 \cdot \pi$ radialen, ook wel opgeschreven als 2π rad. Dit wist je misschien al, omdat de omtrek van een cirkel gelijk is aan twee keer π keer de straal. De omtrek is dus: $2 \cdot \pi \cdot r$.

7.2.2 Omrekenen graden naar radialen

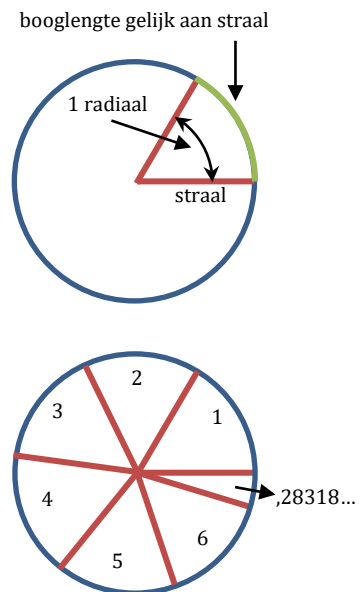
Graden en radialen kun je altijd in elkaar omrekenen, want één cirkel is 360° en dat is gelijk aan 2π radialen. Dus 1 radiaal is gelijk aan 360° gedeeld door 2π , dat is ongeveer 57° .

$$1 \text{ cirkel} = 360^\circ = 2\pi \text{ rad}$$

$$1 \text{ rad} = 360^\circ / 2\pi \approx 57^\circ$$

7.2.3 Hoeksnelheid in rad/s

Als je een hoeksnelheid in radialen per seconde uitdrukt, dan zeg je dus eigenlijk hoe groot de hoek is die elke seconde wordt afgelegd. Als voorbeeld: een hoeksnelheid van 2 rad/s betekent dat er elke seconde een hoek zo groot als 2 radialen wordt afgelegd. Na iets meer dan 3 seconden heb je dan dus de hele cirkel afgelegd. Bij een hoeksnelheid van 2π rad/s wordt er dus elke seconde een hele cirkel afgelegd.



Figuur 7.1 Boven: Een hoek van 1 radiaal
Onder: Er passen 6,28... radialen in 1 cirkel

7.3 Verband baansnelheid en hoeksnelheid

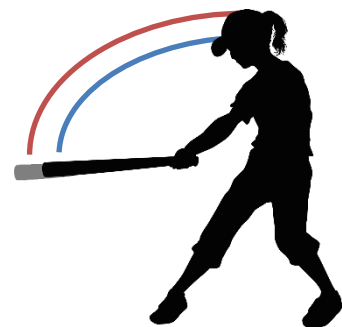
Uiteraard is er een verband tussen de baansnelheid en de hoeksnelheid van een cirkelbeweging. Dit verband wordt weergegeven met de formule:

$$v_{baan} = \omega \cdot r$$

Hierin is v_{baan} de baansnelheid in meter per seconde (m/s), ω de hoeksnelheid in radialen per seconde (rad/s) en r de straal in meter (m).

Het verband tussen baansnelheid en hoeksnelheid kun je mooi zien aan de hand van een voorbeeld. Stel je kijkt naar het schaatsen van de bocht op een schaatsbaan. Schaatser A rijdt in de binnenbaan, schaatser B rijdt in de buitenbaan. Als beide schaatsers tegelijk de bocht in gaan en ook tegelijk de bocht uitkomen, dan heeft schaatser B in de buitenbocht harder moeten schaatsen om dit voor elkaar te krijgen dan schaatser A in de binnenbocht. Beide schaatsers hebben een even grote hoek afgelegd in dezelfde tijd, namelijk een hoek van π radialen (of 180°). Dat betekent dat ze dezelfde hoeksnelheid hebben gehad. Aangezien de straal van de cirkelbaan van schaatser B groter is dan van schaatser A, is de baansnelheid van schaatser B dus groter dan van schaatser A. Je kunt dit ook zien aan de hand van een getallenvoorbeeld. Stel de straal van de binnenbocht is 25 meter en de straal van de buitenbocht 30 meter. Als beide schaatsers een hoeksnelheid hebben van 0,5 rad/s, dan geeft dat voor schaatser A een baansnelheid van 12,5 m/s en voor schaatser B een baansnelheid van 15 m/s. Andersom: als beide schaatsers eenzelfde baansnelheid zouden hebben en tegelijk de bocht in gaan, dan zal de schaatser in de binnenbocht het eerst de bocht door zijn. Hij hoeft immers minder meters af te leggen. Deze schaatser zal dan een grotere hoeksnelheid hebben.

Ook alle rackets, sticks en knuppels die gebruikt worden in het bewegingsonderwijs maken gebruik van het verband tussen de baansnelheid, hoeksnelheid en straal. Ze worden gebruikt als verlenging van de armen. Bij gelijke hoeksnelheid zal een punt dat verder van de draai-as ligt (grotere straal) dus een hogere baansnelheid krijgen. Dit betekent dat het racket, de stick of de knuppel met grotere snelheid tegen de bal komt. Hoe langer de knuppel is, hoe harder je de bal dus kunt slaan. Dit vraagt echter wel dat de speler de knuppel met dezelfde hoeksnelheid kan bewegen.



Figuur 7.2 Een korte of een lange knuppel bij softball

7.4 Hoe ontstaat een cirkelbeweging?

Om een cirkelbeweging te kunnen maken, moet de richting van de beweging continu veranderen. De beweging moet de hele tijd naar het midden van de cirkel worden afgebogen. Hiervoor is een continue kracht nodig die naar het midden van de cirkel is gericht. Dit wordt de centripetale kracht genoemd (ook wel de middelpuntzoekende kracht genoemd).

7.4.1 Centripetale kracht

De centripetale kracht wordt afgekort met F_c , en wordt – net als alle andere krachten – gemeten in Newton, N. De grootte van de centripetale kracht hangt af van de massa van het voorwerp, de straal van de cirkel en de snelheid van het voorwerp uitgedrukt in baansnelheid of hoeksnelheid. Er zijn dus ook twee formules, afhankelijk of de snelheid is uitgedrukt in baansnelheid of hoeksnelheid:

$$F_c = \frac{m \cdot v_{baan}^2}{r} \quad \text{of} \quad F_c = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

Hierin is F_c de centripetale kracht in Newton (N), m de massa in kilogram (kg), v_{baan} de baansnelheid in meter per seconde (m/s), ω de hoeksnelheid in radialen per seconde (rad/s) en r de straal in meter (m).

Als je op een atletiekbaan in de binnenbocht rent, moet je meer centripetale kracht leveren dan wanneer je in de buitenbocht rent bij gelijke baansnelheid. Dit vraagt meer wrijvingskracht van je schoenen op de baan in de binnenbocht.

Dit kun je zien aan de formule $F_c = \frac{m \cdot v_{baan}^2}{r}$. In beide gevallen zijn de massa m en de baansnelheid v_{baan} gelijk, maar de straal van de buitenbaan is groter dan van de binnenbaan. Dit resulteert in een grotere benodigde centripetale kracht F_c in de binnenbaan dan in de buitenbaan. Bij grote snelheden kan het dan moeilijk zijn om de benodigde centripetale kracht te leveren en dus in de baan te blijven, de kans is dan groter om uit de bocht te vliegen.



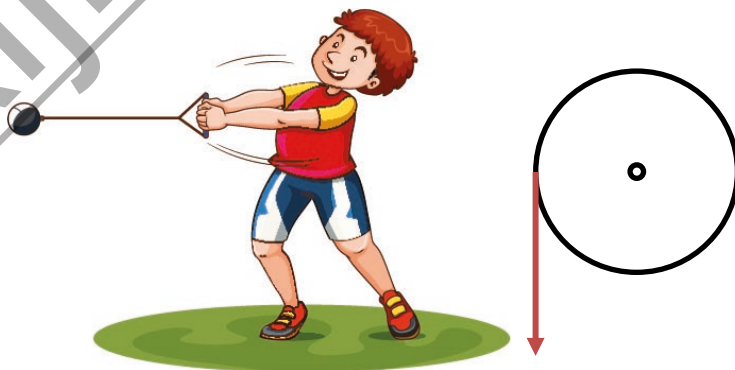
Figuur 7.3 Bij gelijke baansnelheid moet je in de binnenbaan meer centripetale kracht leveren dan in de buitenbaan

Andersom, bij bijvoorbeeld kogelslingeren, moet je bij een langere slinger meer kracht leveren dan bij een kortere slinger als je met dezelfde hoeksnelheid ronddraait. Bij gelijke hoeksnelheden kijk je naar de formule $F_c = m \cdot \omega^2 \cdot r$. Hieruit blijkt dat hoe groter de straal r , hoe groter de centripetale kracht F_c die de kogelslingeraar moet leveren. Het is dus zwaarder en moeilijker om een kogel met een langere slinger goed rond te slingeren, dan een kogel met een kortere slinger.

7.4.2 Centrifugale kracht

Als reactie op de naar binnen gerichte centripetale kracht ontstaat een naar buiten gerichte kracht. Deze noem je de centrifugale kracht (ook wel de middelpuntvliedende kracht genoemd). Dit is een schijnkracht en bestaat dus niet echt. Je kunt dit zien als actie-reactie, de centrifugale kracht is een reactiekracht, als gevolg van de centripetale kracht, de actie. De centripetale kracht en de centrifugale kracht zijn even groot, maar tegengesteld gericht: de centripetale kracht naar binnen, de centrifugale kracht naar buiten.

Als bij een cirkelbeweging de centripetale kracht wegvalt, valt ook de centrifugale kracht weg. Het voorwerp maakt dan geen cirkelbeweging meer, maar zal in een rechte lijn door bewegen. Dit zie je bijvoorbeeld bij het kogelslingeren. Zolang jij de kogel vasthoudt, leveren jouw spieren de naar binnen gerichte centripetale kracht. Bij de kogelslingeraar wekt dit de indruk dat de kogel een kracht naar buiten uitoefent, de centrifugale kracht. Maar deze kracht bestaat dus niet echt, de kogel levert zelf geen kracht. Als de kogel wordt losgelaten, valt de centripetale kracht weg en daarmee ook de centrifugale kracht. De kogel zal dan niet meer in een cirkel bewegen, maar de cirkel in een rechte lijn verlaten (langs de raaklijn). Het wegvliegen van de kogel is dus het gevolg van het wegvallen van de centripetale kracht.

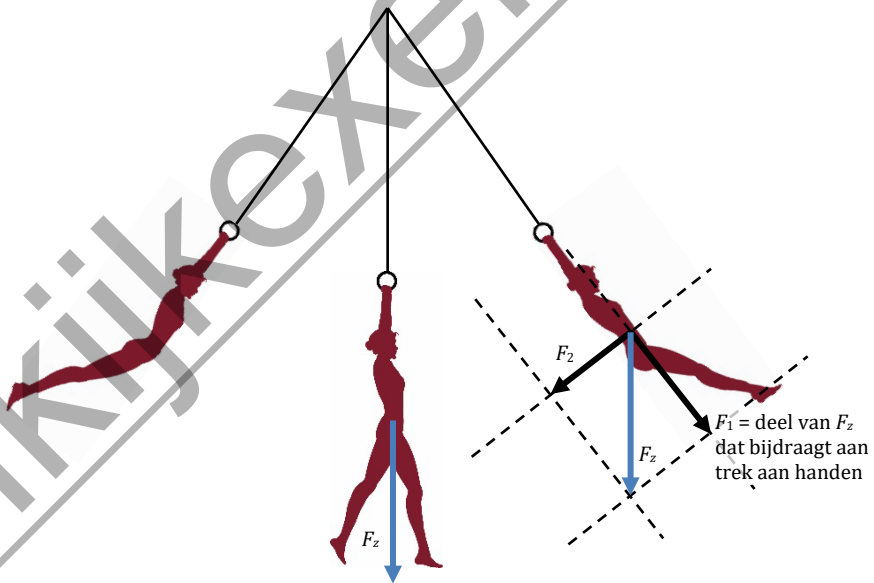


Figuur 7.4 Kogelslingeren. Rechts: Als de centripetale kracht wegvalt, verlaat de kogel de cirkel in een rechte lijn

7.5 Voorbeeld ringzwaaien

Ringzwaaien is een voorbeeld van een cirkelbeweging. Je maakt hierbij geen hele cirkels, maar je beweegt steeds heen en weer over een gedeelte van de cirkel. Een belangrijke vraag hierbij is: waar in de zwaai baan moet je de meeste kracht leveren om vast te houden? Als je daar antwoord op kunt geven, dan weet je ook waar de kans het grootst is dat leerlingen het niet meer houden en welk gedeelte van de zwaai baan je dus moeten beveiligen in het bewegingsonderwijs.

Om te bepalen waar in de zwaai baan je de meeste kracht moet leveren om vast te houden, kijk je eigenlijk naar waar je de meeste “trek” aan de handen voelt. De trek aan de handen is dus de kracht die jij moet leveren om te blijven hangen. Deze is in de richting van de touwen van het ringenstel. De trek aan de handen is afhankelijk van twee factoren: de zwaartekracht en de centrifugale kracht. De zwaartekracht werkt altijd loodrecht naar beneden en is dus niet altijd helemaal in de richting van de touwen van het ringenstel. Hiermee moet rekening gehouden worden bij het kijken naar de trek aan de handen. Als voorbeeld wordt de trek aan de handen op twee plekken bekeken: op het omkeerpunt (dode punt) en onder het ophangpunt.



Figuur 7.5 Het deel van de zwaartekracht dat bijdraagt aan de trek aan de handen bij ringzwaaien

Op het omkeerpunt werkt de zwaartekracht niet in de richting van de touwen. De zwaartekracht werkt namelijk loodrecht naar beneden en de touwen hangen schuin. Slechts een deel van de zwaartekracht draagt dus bij aan de trek aan de

handen. Hiervoor moet je de zwaartekracht ontbinden in twee factoren: één in de richting van de touwen (F_1 in Figuur 7.5) en één daar loodrecht op (F_2 in Figuur 7.5). Het deel in de richting van de touwen, F_1 , draagt bij aan de trek aan de handen. Het andere deel, F_2 , zorgt ervoor dat je vanaf het omkeerpunt weer naar beneden versnelt. De centrifugale kracht hangt af van de snelheid. Op het omkeerpunt hang je heel even stil, je hebt dan dus geen snelheid. Doordat er geen snelheid is, is er ook geen centrifugale kracht. Dit betekent dat de totale trek aan de handen niet heel groot is.

Onder het ophangpunt werkt de zwaartekracht precies in de richting van de touwen. De gehele zwaartekracht draagt dus bij aan de trek van de handen. De centrifugale kracht hangt af van de snelheid. De snelheid is bij ringzwaaien onder het ophangpunt het hoogst. Dus ook de centrifugale kracht is onder het ophangpunt het grootst. De totale trek aan de handen is dus onder het ophangpunt het grootst.

Conclusie: als je omhoog zwaait, wordt de trek aan de handen steeds kleiner, tot aan het omkeerpunt, daar is de trek het kleinst. Zwaai je weer naar beneden, dan wordt de trek aan de handen steeds groter, tot onder het ophangpunt, daar is de trek aan de handen maximaal. Dit betekent dat de kans dat leerlingen het niet meer houden het grootst is onder het ophangpunt. Als ze daar zouden loslaten, zouden ze de cirkelbaan in een rechte lijn verlaten. Dat wil dus zeggen: recht naar voren of recht naar achteren. Leerlingen met ongunstige kracht-gewichtsverhoudingen moeten hierbij extra in de gaten gehouden worden. Het plaatsen van de voeten onder het ophangpunt zorgt ervoor dat er minder trekkracht ervaren wordt.

Als je steeds hoger gaat zwaaien, ervaar je steeds meer gewichtloosheid op het omkeerpunt. Want hoe hoger je zwaait, hoe kleiner het deel van de zwaartekracht wordt dat bijdraagt aan de trekkracht. Bij een zwaaiuitslag van 90 graden staat de zwaartekracht precies loodrecht op de trekkracht. Er is dan dus geen trekkracht en je ervaart dan dus inderdaad gewichtloosheid. Bij ringzwaaien en schommelen met een standaard schommel is het echter in de praktijk onmogelijk om een zwaaiuitslag van 90 graden te behalen, dit zou betekenen dat je tegen het plafond van de gymzaal aan zwaait/schommelt. Er bestaan speciale schommels waarmee je wel een zwaaiuitslag van 90 graden kunt halen en zelfs over de kop kunt gaan. Bij deze schommels zit het zitplankje niet met kettingen vast aan de dwarsbalk, maar met metalen buizen.

Vragen en opdrachten


Kennis

- Hoe heet de snelheid van een cirkelbeweging uitgedrukt in m/s?
- Wat is hoeksnelheid?
- Wat is de eenheid van hoeksnelheid?
- Wat is de straal van een cirkel?
- Wat is de eenheid van straal?
- Wat is een radiaal?
- Hoeveel radialen passen er in één cirkel?
- Met welke formule wordt het verband tussen baansnelheid, hoeksnelheid en straal weergegeven?
- Stel er zijn twee lopers op een atletiekbaan, loper A loopt in de binnenbocht en loper B loopt in de buitenbocht. Zijn de volgende stellingen juist of onjuist?
 - Als beide lopers dezelfde hoeksnelheid hebben en tegelijk aan de bocht beginnen, dan komen ze ook weer tegelijk de bocht uit.
 - Als beide lopers dezelfde baansnelheid hebben, leggen ze evenveel afstand in meters af in eenzelfde tijd.
 - Als beide lopers dezelfde hoeksnelheid hebben, zal loper A de langste afstand in meters afleggen.
- Wat kun je zeggen over de grootte en richting van de centripetale kracht en centrifugale kracht?
- Van welke drie factoren zijn de centripetale kracht en centrifugale kracht afhankelijk?



Rekenen

- Hoeveel radialen is gelijk aan een hoek van 90° ?
- Hoeveel radialen is gelijk aan een hoek van 50° ?
- Hoeveel graden is gelijk aan een hoek van π radialen?
- Hoeveel graden is gelijk aan een hoek van 3 radialen?
- Een leerling slaat met een softbalknuppel tegen een bal. Hij beweegt hierbij met een hoeksnelheid van 28 rad/s . De straal (tot aan het einde van de knuppel) is 1,05 meter.
 - Hoe groot is de baansnelheid van het einde van de knuppel?

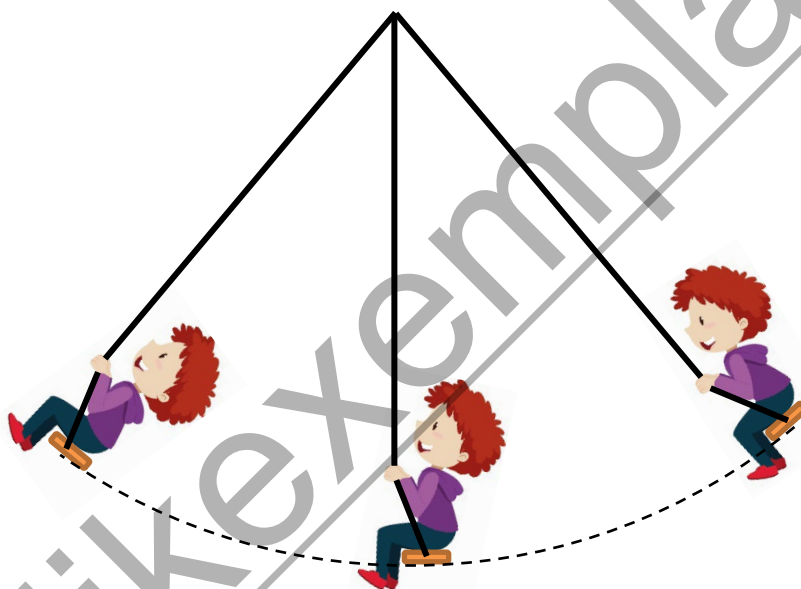
- b. De leerling pakt hierna een knuppel die 10 cm langer is. Hij slaat hiermee op dezelfde manier als met de kortere knuppel. Welke baansnelheid krijgt het uiteinde van de langere knuppel?
6. Bij een estafettespel moeten leerlingen naar een pion rennen, eromheen en zo snel mogelijk weer terug om de volgende leerling aan te tikken. Een leerling doet 0,6 seconde over de bocht om de pion. Wat is de gemiddelde hoeksnelheid van deze leerling bij het lopen van de bocht om de pion?
- 
7. De binnenbocht van een schaatsbaan heeft een straal van 25 meter. Een schaatser rijdt de bocht met een baansnelheid van 14 m/s. Hoe groot is de hoeksnelheid van de schaatser?
8. Een discuswerper werpt de discus weg met een snelheid van 22 m/s. De lengte van de arm en een deel van de schouders van de discuswerper vormen de straal van de cirkel, deze is 0,85 meter. Hoe groot is de hoeksnelheid van de discuswerper op het moment van loslaten?
9. Een kogelslingeraar draait rond met een hoeksnelheid van 10 rad/s. De kogel bevindt zich op 1,80 meter afstand van het middelpunt van de cirkel.
- a. Hoe hoog is de baansnelheid van de kogel op het moment van loslaten?
- b. De kogel weegt 5 kilogram. Hoe groot is de centripetale kracht die de kogelslingeraar moet leveren?
10. Stel dat een leerling van 55 kilogram met een snelheid van 3,3 m/s door de bocht loopt van een atletiekbaan.
- a. Hoe groot is de centripetale kracht die de leerling moet leveren als hij in de binnenste baan loopt die een straal heeft van 25 meter?
- b. Hoe groot is de centripetale kracht die de leerling moet leveren als hij in de buitenste baan loopt die een straal heeft van 32 meter?
11. Bij het ringzwaaien zwaait een leerling steeds 50° naar voren en naar achteren ten opzichte van de verticaal. De afstand van het lichaamszwaartepunt tot het ophangpunt van het ringenstel is 6 meter. De massa van de leerling is 45 kilogram.
- a. Hoe groot is de trek aan de handen op het omkeerpunt?
- b. Hoe groot is de trek aan de handen onder het ophangpunt als de leerling daar langs zwaait met een snelheid van 6,5 m/s?

Toepassen

1. Geef vijf voorbeelden van activiteiten uit het bewegingsonderwijs waar je te maken hebt met een cirkelbeweging.
2. Welk voordeel heeft een leerling met relatief lange armen bij werpbewegingen?
3. Als je voor het eerst met je klas gaat kogelslingeren, kies je dan voor een korte of een lange slinger? Geef een biomechanische onderbouwing van je antwoord.



4. Een jongen wil tijdens het schommelen van de schommel afspringen. Teken in de onderstaande afbeeldingen hoe de jongen de cirkelbaan zal verlaten als hij de schommel zou verlaten op de getekende momenten.



5. Leg uit hoe de centripetale kracht en centrifugale kracht werken bij discuswerpen.