Blok 6 Draaien

INHOUD

	PRACTICUM
P1	**OVER KRACHTEN EN MOMENTEN**
P2	**CIRKELBEWEGINGEN**
P3	**OVERBRENGINGEN**
	BASISSTOF
TW1	**OVER KRACHTEN EN MOMENTEN**
TW2	**CIRKELBEWEGINGEN**
TW3	**OVERBRENGINGEN**
	HERHAALSTOF
H1	**MOMENTEN**
H2	**DRAAIEN EN OVERBRENGEN**
H3	**OEFENEN MET EXAMENOPGAVEN**
	EXTRASTOF
	ONDERZOEK AAN KANTELEN

TIJDSINDELING

P1, T1, W1	3 lesuren
P2, T2, W2	3 lesuren
P3, T3, W3	3 lesuren
D-toets	1 lesuur
H-stof	2 lesuren
E-toets	1 lesuur
Totaal	13 lesuren

ALGEMEEN

Blok 6 bevat het gedeelte van de mechanica dat betrekking heeft op de toepassing van de momentenwet in de meest ruime zin. Dat betekent dat in dit blok behalve rechtstreekse toepassingen van de momentenwet in allerlei (evenwichts)situaties ook overbrengingen en de daarmee samenhangende cirkelbewegingen ter sprake komen.
Uit het examenprogramma komen in dit blok de volgende eindtermen aan de orde: 1, 49*, 51*, 53 (alleen D-niveau). De met * gemarkeerde eindtermen zijn tot nader te bepalen datum uitgesloten van het examen. Desgewenst zou PTW1 van dit blok dus kunnen worden overgeslagen. PTW2 en PTW3 gelden alleen voor D-niveau.

BIJ BLOK 6

P1

In P1 wordt de momentenwet ingevoerd aan de hand van een practicum, met vragen en een standaardproef. Eventueel kan gekozen worden voor een theoretisch inleiding, waarbij P1 wordt overgeslagen en direct met de behandeling van T1 wordt begonnen.

Benodigd materiaal (per groepje leerlingen):
- krachtmeter
- evenwichtslatje met om de cm een gaatje, draaibaar om horizontale as
- statief
- 6 massablokjes van 50 gram

BIJ BLOK 6

P2

P2 is bedoeld om de leerlingen aan de hand van vragen zelf de formules voor de omtreksnelheid te laten afleiden. Ook hier kan gekozen worden voor een frontale uitleg, waarbij P2 wordt overgeslagen en direct met de bespreking van T2 kan worden begonnen.

BIJ BLOK 6

P3

P3 is een practicum dat om redenen van haalbaarheid vermoedelijk als demonstratiepracticum gegeven zal moeten worden. Voor leerlingen met weinig technische achtergrond zou het overslaan van dit practicum erg ongewenst zijn.

Benodigd materiaal:
fiets met derailleur en dynamo

BIJ BLOK 6

T1

De toepassingen die in T1 en W1 ter sprake komen blijven elementair. De vorm waarin de momentenwet hier wordt gepresenteerd is de minst formele en daarmee voor leerlingen hoogstwaarschijnlijk het meest helder. In het informatieboekje van de leerlingen staat een andere schrijfwijze.

BIJ BLOK 6

T2

In T2 wordt de eenparige cirkelbeweging besproken. De formules voor de omtreksnelheid en het toerental worden afgeleid en behandeld in drie voorbeelden.

BIJ BLOK 6

T3

In T3 worden overbrengingen besproken. De formules voor een tandwiel- en een snaaroverbrenging worden afgeleid en behandeld.

BIJ BLOK 6

H1

In H1 wordt de momentenwet nogmaals vanuit een praktijkvoorbeeld afgeleid en wordt nog meer oefenmateriaal aangeboden.

BIJ BLOK 6

H2

In H2 worden de eenparige cirkelbeweging en de overbrengingen nogmaals besproken.

BIJ BLOK 6

H3

Oefenen met examenopgaven.

BLOK 6

Samenvattingen

SAMENVATTING T1

Wanneer is er evenwicht van krachten?
Antwoord: de krachten moeten *even groot* zijn en *tegengesteld* van richting.
Wanneer is er evenwicht van krachten die een draaibeweging willen veroorzaken?
Antwoord: Als het totale moment tegen de wijzers van de klok in gelijk is aan het totale moment met de wijzers van de klok mee.

In formulevorm wordt dit:

$$M_+ = M_-$$

Dit heet de *momentenwet.*
De afzonderlijke momenten bereken je met:

$$M = F \cdot l$$

In deze formule is:
M het moment van de kracht in Nm;
F de kracht in N;
l de arm van de kracht in m.

SAMENVATTING T2

Een voorwerp dat met een *constante snelheid in een cirkel beweegt,* voert een zogenoemde *eenparige cirkelbeweging* uit.
De snelheid van zo'n voorwerp noemen we de *omtreksnelheid* (omdat de beweging langs de omtrek van een cirkel is).
De tijd die het voorwerp nodig heeft voor 1 rondje (omwenteling) noemen we de *omlooptijd T.*
De omtreksnelheid v kun je berekenen met:

$$v = \frac{\pi \cdot d}{T}$$

In de praktijk wordt vaak niet de omlooptijd gegeven maar het *toerental n.* Dit is het *aantal omwentelingen per minuut.*
Als n gegeven is, kun je T berekenen met:

$$T = \frac{60}{n}$$

Voor de cirkelbeweging van wielen geldt het volgende: Als een voertuig met wielen op een normale manier rijdt (dus zonder slippen), *dan is de snelheid van het voertuig gelijk aan de omtreksnelheid van de wielen.*

SAMENVATTING T3

Je moet drie soorten overbrengingen kennen:
1 tandwieloverbrenging;
2 kettingoverbrenging;
3 snaaroverbrenging.

Voor snaaroverbrengingen geldt:

$$n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2$$

Voor tandwiel- of kettingoverbrengingen geldt:

$$n_1 \cdot z_1 = n_2 \cdot z_2$$

Onder de overbrengingsverhouding verstaan we de verhouding van de toerentallen van de (tand)wielen bij één van drie soorten overbrengingen.
In formule is de overbrengingsverhouding:

$$\frac{n_2}{n_1}$$

ANTWOORDEN BLOK 6

P1

1 Als beiden even grote, tegengestelde krachten uitoefenen.

2 **ab** Zie vraag **1**.

3 **ab** Op de aarde is de zwaartekracht op 1 kg gelijk aan 10 N. Dus op 100 gram (= 0,1 kg) gelijk aan 1 N.
c De kracht die de krachtmeter op het blokje uitoefent.
d Die is ook 1 N.

4 **a** De blokjes houden elkaar in evenwicht.
b Het linker blokje verder van het midden hangen.

5 **abcd** De ingevulde tabel moet er zo uitzien:

F_l	l_l	$(F \cdot l)_l$	F_r	l_r	$(F \cdot l)_r$
1,0	2	2,0	0,5	4	2,0
1,5	2	3,0	0,5	6	3,0
1,0	4	4,0	1,0	4	4,0
1,0	4	4,0	0,5	8	4,0
2,0	4	8,0	1,0	8	8,0
2,0	4	8,0	2,0	4	8,0

e $(F \cdot l)_{links} = (F \cdot l)_{rechts}$

ANTWOORDEN BLOK 6

P2

1 **a** 60/12 = 5 s
b $T = 60/n$

2 **a** $T = 60/3000 = 0{,}02$ s
b 3000/60 = 50 omw/s
c $T = 0{,}02$ s dus $f = 1/T = 1/0{,}02 = 50$ Hz (omw/s). Komt overeen met vraag **2b**.
d $f = 1/5 = 0{,}2$ Hz (omw/s)

3 **a** $T = 60/10 = 6$ s
c 8 m
d omtrek = $\pi \times 8 = 25$ m
e 6 s
f $v = 25/6 = 4{,}2$ m/s
g Bij een cirkelbeweging doe je in de omlooptijd T 1 rondje. De lengte van 1 rondje is $\pi \cdot d$ meter. Dus in T leg je $\pi \cdot d$ meter af. In de formule $v = s/t$ is s dus $\pi \cdot d$ en t is T. Dus $v = \pi \cdot d/T$
h $T = 10/5 = 2$ s; $d = 2 \times 0{,}5 = 1$ m;
dus $v = \pi \times 1/2 = 1{,}6$ m/s

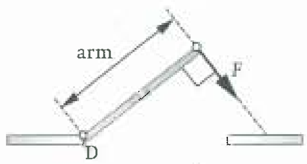
ANTWOORDEN BLOK 6

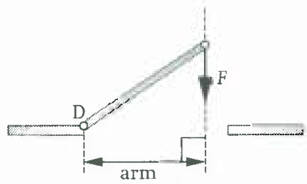
W1

1 **a** Als ze even groot zijn en tegengesteld gericht.
b Als de momenten van die krachten even groot zijn en tegengesteld gericht.
c Van de grootte van die kracht en van de arm van die kracht ten opzichte van het draaipunt.
d De lijn waar de krachtvector op ligt.
e Door de (loodrechte) afstand te meten van het draaipunt tot de werklijn van de kracht.

2 **a** Kracht maal arm. In formule $M = F \cdot l$
b $M = 0{,}3 \times 4 = 1{,}2$ Ncm (+).
Ook kan $M = 0{,}3 \times 0{,}04 = 0{,}012$ Nm (+).
c De draaiing die dit moment veroorzaakt, is tegen de wijzers van de klok in. Volgens afspraak dus positief.

3 **abc** Zie figuur.



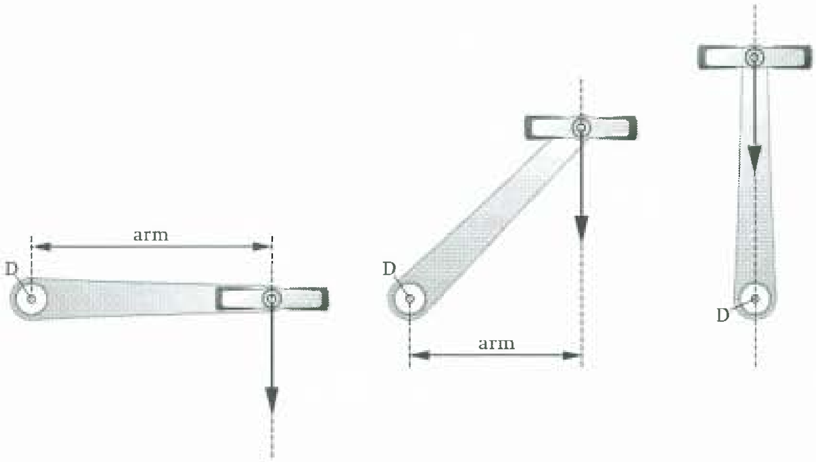


d De arm is in de bovenste figuur 2,0 cm. Dus in werkelijkheid $40 \times 2{,}0 = 80$ cm. In de bovenste figuur geldt dus: $M = 80 \times 0{,}8 = 64$ Nm (−).
De arm is in de onderste figuur 1,6 cm. Dus in werkelijkheid $40 \times 1{,}6 = 64$ cm. In de onderste figuur geldt dus $M = 80 \times 0{,}64 = 51$ Nm (−).
e De bovenste manier, want daar heb je met dezelfde kracht toch een groter moment dus een 'sterkere draaiing'.

4 Voor evenwicht moet gelden $M_+ = M_-$. M_- wordt veroorzaakt door de kracht van 2,5 N.
Dus $M_- = 2{,}5 \times 7 = 17{,}5$ Ncm.
Dan moet M_+ dus ook 17,5 Ncm zijn.
Dus $F_1 \times 9 = 17{,}5 \rightarrow F_1 = 17{,}5/9 = 1{,}9$ N

5 Voor evenwicht moet gelden $M_+ = M_-$. M_+ wordt veroorzaakt door de kracht van 2 N.
Dus $M_+ = 2 \times 10 = 20$ Ncm. Dan moet M_- dus ook 20 Ncm zijn.
Dus $3{,}5 \times l_2 = 20 \rightarrow l_2 = 20/3{,}5 = 5{,}7$ cm

6 **ab** Zie figuur.



c In de horizontale stand: arm in tekening 3,2 cm. Dus in werkelijkheid 3,2 × 5 = 16 cm
In de schuine stand: arm in tekening 2,3 cm. Dus in werkelijkheid 2,3 × 5 = 11,5 cm
In de verticale stand: arm = 0 cm.
d Horizontale stand: M = 300 × 0,16 = 48 Nm (–)
Schuine stand: M = 300 × 0,115 = 34,5 Nm (–)
Verticale stand: M = 300 × 0 = 0 Nm
e In de horizontale stand, want daar is het moment het grootst.

ANTWOORDEN BLOK 6 W2

1 **a** De tijd nodig voor één rondje.
b Het aantal rondjes per minuut.
c Het aantal rondjes per seconde.
d De snelheid waarmee langs de omtrek van de cirkel wordt bewogen.

2 $v = \pi \cdot d/T$ en $v = \pi \cdot d \cdot n/60$

3 **a** Voor 33 rondjes zijn nodig 60 s. Dus, voor 1 rondje is nodig 60/33 = 1,8 s. Ofwel T = 1,8 s.
b Als de straal 15 cm is dan is d = 2 × 0,15 = 0,3 m. Dan $v = \pi \cdot d/T = \pi \times 0{,}3/1{,}8 = 0{,}52$ m/s
c Dan wordt d kleiner dus v ook. Anders gezegd: een punt meer naar het midden van de plaat maakt in dezelfde tijd een kleiner rondje dan een punt op de rand. Minder afstand in dezelfde tijd betekent een lagere snelheid.

4 **a** Voor 3 rondjes is nodig 1 s. Dus, voor 1 rondje is nodig 1/3 = 0,33 s. Ofwel T = 0,33 s.
b De snelheid van de auto is gelijk een de omtreksnelheid van het wiel. We weten al T = 0,33 s.
Verder is d = 2 × 0,3 = 0,6 m
Invullen: $v = \pi \cdot d/T = \pi \times 0{,}6/0{,}33 = 5{,}7$ m/s
c Eerst rekenen we de snelheid om in m/s: 144 km/u = 40 m/s (delen door 3,6). We gebruiken nu de formule voor v met het toerental n erin:
$v = \pi \cdot d \cdot n/60$. We weten al v = 40 m/s en d = 0,6 m.
Let op: omdat de snelheid in m/s wordt ingevuld *moeten* we de diameter ook in meters geven.
Invullen: $40 = \pi \times 0{,}6 \times n/60 \rightarrow 40 \times 60 = \pi \times 0{,}6 \times n$
$\rightarrow 2400 = 1{,}884 \times n \rightarrow n = 1273$ omw/min
d Als een wiel in 60 s 1273 rondjes maakt, dan maakt het in 1 s 1273/60 = 21 rondjes. Dus f = 21 Hz

5 Eerst 18 km/u = 5 m/s (delen door 3,6). Verder is d = 0,65 m.
$v = \pi \cdot d/T \rightarrow 5 = \pi \times 0{,}65/T \rightarrow 5 \times T = \pi \times 0{,}65 \rightarrow$
$T = 2{,}04/5 = 0{,}41$ s
b Eén rondje kost 0,41 s. In 1 minuut = 60 s 'passen' dan 60/0,41 = 146 rondjes. Het toerental is dus 146 omw/min.

ANTWOORDEN BLOK 6 W3

1 **a** Kettingoverbrenging, snaaroverbrenging, tandwieloverbrenging.
b Kettingoverbrenging: fiets en bromfiets.
Snaaroverbrenging: aandrijving cassetterecorder, aandrijving dynamo en waterpomp bij een automotor.
Tandwieloverbrenging: versnellingsbak auto en aandrijving boormachine.

2 **a** n_1 is het toerental van tandwiel 1.
z_1 is het aantal tanden van tandwiel 1.
n_2 is het toerental van tandwiel 2.
z_2 is het aantal tanden van tandwiel 2.
b n_1 is het toerental van wiel 1.
d_1 is de diameter van wiel 1.
n_2 is het toerental van wiel 2.
d_2 is de diameter van wiel 2.

3 **a** We gebruiken de formule voor de tandwieloverbrenging: $n_1 \cdot z_1 = n_2 \cdot z_2$. Invullen: $400 \times 20 = 50 \times z_2$ $\rightarrow z_2 = 400 \times 20/50 = 160$
b De tandwielen draaien tegen elkaar in; de draairichtingen zijn tegengesteld aan elkaar.

4 **a** $n_1 \cdot z_1 = n_2 \cdot z_2$. Tandwiel 1 is het wiel op de trapas. Dus $n_1 = 35$ omw/min en $z_1 = 54$. Verder is z_2 (het aantal tanden van tandwiel 2 op de achteras) 18. Invullen: $35 \times 54 = n_2 \times 18 \rightarrow$
$n_2 = 35 \times 54/18 = 105$ omw/min
b De snelheid waarmee Mirjam fietst, is gelijk aan de omtreksnelheid van het achterwiel. Nu zit het achterwiel vast aan de achteras en heeft dus ook een toerental van 105 omw/min. De diameter van het achterwiel is 0,72 m. Invullen: $v = \pi \cdot d \cdot n/60 \rightarrow$
$v = \pi \times 0{,}72 \times 105/60 = 4$ m/s

5 **a** Eerst 27 km/u = 7,5 m/s (delen door 3,6).
$d = 0{,}65$ m. $v = \pi \cdot d/T \rightarrow 7{,}5 = \pi \times 0{,}65/T \rightarrow$
$7{,}5 \times T = \pi \times 0{,}65 \rightarrow T = 2{,}04/7{,}5 = 0{,}27$ s
b Als 1 rondje 0,27 s kost dan 'passen' er in 1 minuut = 60 s 60/0,27 = 222 rondjes.
Dus $n = 222$ omw/min
c $n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2 \rightarrow 222 \times 65 = n_2 \times 1{,}3 \rightarrow$
$n_2 = 222 \times 65/1{,}3 = 11\,100$ omw/min

6 **a** $v = \pi \cdot d \cdot n/60 \rightarrow v = \pi \times 28{,}8 \times 33/60 = 50$ cm/s
b $n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2$. We nemen voor wiel 1 de draaitafel en voor wiel 2 het tussenwiel. We hebben dan $n_1 = 33$ omw/min, $d_1 = 28{,}8$ cm en $d_2 = 4{,}8$ cm. Invullen levert op: $33 \times 28{,}8 = n_2 \times 4{,}8 \rightarrow$
$n_2 = 33 \times 28{,}8/4{,}8 = 198$ omw/min
c We noemen de motoras wiel 3. De overbrengingsformule wordt dan $n_2 \cdot d_2 = n_3 \cdot d_3$. Hierin is wiel 2 nog steeds het tussenwiel en wiel 3 de as van de motor. We hebben dan $n_2 = 198$ omw/min (zie vraag **b**), $d_2 = 48$ mm en $d_3 = 4{,}8$ mm. Let op: omdat we de diameter van de motoras in mm geven moet de diameter van het tussenwiel ook in mm worden ingevuld. Ingevuld: $198 \times 48 = n_3 \times 4{,}8 \rightarrow$
$n_3 = 198 \times 48/4{,}8 = 1980$ omw/min
d We bekijken eerst als voorbeeld de situatie dat het tussenwiel 2 maal zo klein is geworden. Als je de berekening bij vraag **b** nog eens naloopt en je vult voor d_2 2,4 cm in in plaats van 4,8 cm, dan zie je dat n_2 twee maal zo groot wordt. In de overbrengingsformule is dan dus n_2 twee maal zo groot geworden en d_2 twee maal zo klein. Maar in de overbrengingsformule staat $n_2 \cdot d_2$ en dat product verandert dan juist niet. De toepassing van de overbrengingsformule om de toerentallen van de andere wielen te berekenen levert dus hetzelfde resultaat; het toerental van de draaitafel verandert dus niet.

ANTWOORDEN BLOK 6

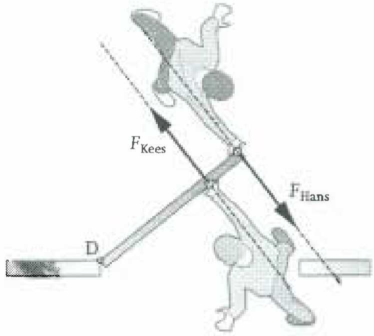
H1

2 **a** arm = 1,5 cm
b arm = 1,4 cm
c arm = 1,4 cm
d arm = 0 cm

3 $M = F \cdot l \rightarrow M = 20 \times 1{,}5 = 30$ Ncm (–)
$M = F \cdot l \rightarrow M = 20 \times 1{,}4 = 28$ Ncm (+)
$M = F \cdot l \rightarrow M = 20 \times 1{,}4 = 28$ Ncm (–)
$M = F \cdot l \rightarrow M = 20 \times 0 = 0$ Ncm

4 Voor evenwicht moet gelden $M_+ = M_-$. M_+ wordt veroorzaakt door de kracht van 750 N (Jan).
$M_+ = 750 \times 4 = 3000$ Nm. Dan moet M_- ook 3000 Nm zijn. Dit klopt: $M_- = 600 \times 5 = 3000$ Nm

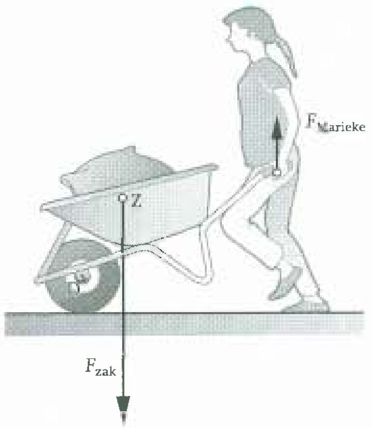
5 **ab** Zie figuur.



c We passen de momentenwet toe, waarbij Hans het negatieve moment levert en Kees het positieve.
$M_+ = M_- \rightarrow F_{Kees} \times (30 \times 1{,}8) = 100 \times (30 \times 2{,}4) \rightarrow$
$F_{Kees} = 7200/54 = 133$ N

6 Eerst 'verzamelen' we de positieve momenten. Dat is er maar één namelijk die van F_1. Het totale positieve moment is dus $1000 \times 3 = 3000$ Nm (+)
Vervolgens 'verzamelen' we alle negatieve momenten. Dat zijn er twee namelijk die van F_2 en die van F_3. Het totale negatieve moment is dus:
$500 \times 1 + 500 \times 5 = 3000$ Nm (–)
We zien nu dat het totale positieve moment gelijk is aan het totale negatieve moment. Er is dus evenwicht: $M_+ = M_-$. Wordt F_2 en/of F_3 ook maar ietsje groter, dan 'wint' het negatieve moment en valt de hijskraan om.

7 **a** Zie figuur.



b Zie figuur: $F_z = 60 \times 10 = 600$ N. De pijl wordt dus 600/200 = 3 cm lang.
c Door (loodrecht) te meten, vinden we: de arm van F_{zak} = 0,5 cm en de arm van $F_{Marieke}$ = 2,6 cm.
d Voor evenwicht is nodig $M_+ = M_-$. M_+ wordt geleverd door Marieke en M_- door de zak.
We krijgen dus: $F_{Marieke} \times 2{,}6 = 600 \times 0{,}5 \rightarrow$
$F_{Marieke} = 600 \times 0{,}5/2{,}6 = 115$ N
Opmerking: Je zou kunnen stellen dat de tekening een verkleinde weergave is van de werkelijkheid en dat de armen dus eigenlijk veel groter zijn dan 0,5 cm en 2,6 cm. Dat is juist maar voor de toepassing van de momentenwet maakt dat niets uit: daar gaat het om de verhouding tussen de armen en die verandert niet als je beide armen bijvoorbeeld 20 maal zo groot maakt.

ANTWOORDEN BLOK 6

H2

1 Ook 0,8 s.

2 $f = 1/T \rightarrow f = 1/0{,}8 = 1{,}25$ Hz

3 $n = 60 \times 1{,}25 = 75$ omw/min

4 **a** $v = \pi \cdot d/T = \pi \times 0{,}65/0{,}8 = 2{,}6$ m/s
b Dit punt heeft ook een omlooptijd van 0,8 s. De diameter van de cirkelbaan van dit punt is 0,2 m (2 × 10 cm). Invullen: $v = \pi \times 0{,}2/0{,}8 = 0{,}8$ m/s

5 We vullen in de formule $n_1 \cdot z_1 = n_2 \cdot z_2$ in: $n_1 = 100$, $z_1 = 16$ en $z_2 = 8$ en krijgen $100 \times 16 = n_2 \times 8 \rightarrow$
$n_2 = 100 \times 16/8 = 200$ omw/min

6 **a** d_1 (de diameter van wiel A) is 1,6 cm.
d_2 (de diameter van wiel B) is 1,0 cm.
b $n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2 \rightarrow 40 \times 1{,}6 = n_2 \times 1{,}0 \rightarrow$
$n_2 = 40 \times 1{,}6/1{,}0 = 64$ omw/min

7 **a** In 60 seconde (1 minuut) 2400 omwentelingen. Dat betekent: in 1 seconde 2400/60 = 40 omwentelingen. Dus $f = 40$ Hz
b $v = \pi \cdot d \cdot n/60 = \pi \times 5 \times 2400/60 = 628$ cm/s

8 **a** 20 km/u = 5,6 m/s
b We bedenken eerst dat de snelheid van de fietser gelijk is aan de omtreksnelheid van de band. Deze omtreksnelheid is dus ook 5,6 m/s. Verder is d (de diameter) 0,64 m (2 × 32 cm). Invullen: $v = \pi \cdot d \cdot n/60$
$\rightarrow 5{,}6 = \pi \times 0{,}64 \times n/60 \rightarrow 5{,}6 \times 60 = 2{,}0106 \times n \rightarrow$
$n = 60 \times 5{,}6/2{,}0106 = 167$ omw/min (afgerond).
Let op: als de snelheid in m/s wordt ingevuld, dan moet d in meters.

9 **a** 2,5 omw in 1 seconde betekent in 60 seconde 60 × 2,5 = 150 omw. Dus $n = 150$ omw/min.
b De omtreksnelheid van de fietsband volgt uit $v = \pi \cdot d \cdot n/60$ met $d = 0{,}72$ m en $n = 150$ omw/min.
Invullen: $v = \pi \times 0{,}72 \times 150/60 = 5{,}7$ m/s
c Gebruik de overbrengingsformule $n_1 \cdot z_1 = n_2 \cdot z_2$. We nemen als wiel 1 het tandwiel op het achterwiel. Wiel 2 is het tandwiel op de trapas. Dan geldt dus $n_1 = 150$ omw/min, $z_1 = 16$ en $z_2 = 54$.
Invullen: $150 \times 16 = n_2 \times 54 \rightarrow$
$n_2 = 150 \times 16/54 = 44$ omw/min

10 **a** 50 omw per seconde betekent in 1 minuut 60 × 50 = 3000 omw. Invullen: $v = \pi \cdot d \cdot n/60 \rightarrow$
$v = \pi \times 5{,}5 \times 3000/60 = 864$ cm/s. Opmerking: omdat we d in cm hebben ingevuld, krijgen we het antwoord in cm/s.
b De snaar mag niet over de schijf slippen en moet dus ook een snelheid van 864 cm/s hebben.
c $n = 3000$ omw/min (zie vraag **a**)
d Neem $d_1 = 5{,}5$ cm, $n_1 = 3000$ omw/min en $d_2 = 12{,}5$ cm. Gebruik $n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2 \rightarrow$
$3000 \times 5{,}5 = n_2 \times 12{,}5 \rightarrow n_2 =$
$3000 \times 5{,}5/12{,}5 = 1320$ omw/min

11 Neem $n_1 = 300$ omw/min, $d_1 = 4$ cm en $n_2 = 40$ omw/min. Gebruik $n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2 \rightarrow$
$300 \times 4 = 40 \times d_2 \rightarrow d_2 = 300 \times 4/40 = 30$ cm

ANTWOORDEN BLOK 6

H3

1 Als L op zijn maximum zit, dan staat de kraan op het punt te kantelen met als draaipunt punt D. Voor de verschillende armen krijgen we dan het volgende:
arm F_{contra} = 10,5 + 3 = 13,5 m
arm $F_{gewicht}$ = 3 m
arm F_z = 0 m
arm F_L = 29,5 - 3 = 26,5 m
We 'verzamelen' eerst de positieve momenten: dit zijn de momenten van F_{contra} en $F_{gewicht}$.
Dus M_+ = 30 000 × 13,5 + 120 000 × 3 = 405 000 Nm
Het moment van F_z = 80 000 × 0 = 0 Nm
Het negatieve moment van F_L = F_L × 26,5.
Voor evenwicht is nodig $M_+ = M_-$.
Dus 405 000 = F_L × 26,5 → F_L = 15 283 N. In C kun je dus maximaal 15 283 N uitoefenen. De maximale last met de loopkat in C is dus 15 283/10 = 1528 kg

2 **a** Als de massa 900 kg is, dan is de zwaartekracht 900 × 10 = 9000 N.
b Als de kabel er niet zou zijn, zouden de voorwielen op de grond vallen. Daarbij draait de auto om A. Bij de toepassing van de momentenwet is dus A het draaipunt. F_z geeft een draaiing met de wijzers van de klok mee en levert dus een negatief moment. De arm van F_z is 2 m. F_{span} levert een positief moment. De arm van F_{span} is 3 m. De momentenwet $M_+ = M_-$ geeft nu:
F_{span} × 3 = 9000 × 2 → F_{span} = 9000 × 2/3 = 6000 N
c Om de achterwielen. De voorwielen komen dan van de grond.
d Als Z ver naar voren ligt dan is de arm van F_z op de takelwagen ten opzichte van de achterwielen groot. Het moment van F_z dat het kantelen van de takelwagen moet voorkomen, is dan ook groot.

3 Voor evenwicht is nodig $M_+ = M_-$. M_+ wordt geleverd door de zwaartekracht op de emmer. Deze kracht is 42 × 10 = 420 N. De arm van deze kracht is 1,0 m. Dus M_+ = 420 × 1 = 420 Nm. M_- moet dus ook 420 Nm zijn. M_- is opgebouwd uit een moment van de zwaartekracht op de steen (100 N) en een moment van de voet van de man. Beide krachten hebben een arm van 2,0 m. Het moment van de zwaartekracht op de steen is dus 100 × 2 = 200 Nm. Om aan de benodigde 420 Nm te komen moet de man dus nog 220 Nm leveren.
Dus $M_{man} = F_{man}$ × 2 = 220 → F_{man} = 220/2 = 110 N

4 **a** Het draaipunt is hier punt Q. Als er evenwicht is, moet gelden $M_+ = M_-$. M_+ wordt hier geleverd door de kracht die in P op de opener werkt. De arm van deze kracht is de afstand PQ dus 1,5 cm. M_- wordt geleverd door de kracht in R. De arm van deze kracht is de afstand RQ dus 6,5 cm.
De momentenwet levert dus: F × 1,5 = 7 × 6,5 →
F = 7 × 6,5/1,5 = 30 N
b Antwoord B. Toelichting: In situatie 1 is het draaipunt Q. In situatie 2 is het draaipunt P. In situatie 2 is de arm van de kracht die je zelf uitoefent de afstand PR. In situatie 1 is deze arm de afstand QR. In situatie 2 is de arm dus groter en dus ook het moment. In situatie 2 heb je dus de minste kracht nodig.

5 Antwoord D. Toelichting: Mark draagt zo maar 'de helft' van het staafje. Dat weegt dus 4 N.

6 **a** De arm van F_1 = 3 cm (loodrecht meten van D naar F_1). Voor het moment van F_1 krijg je dan:
M = 30 × 3 = 90 Ncm (+)
b Antwoord A. Toelichting: F_{blok} heeft een kleinere arm dan F_1. Deze kleinere arm moet gecompenseerd worden door een grotere kracht om toch aan hetzelfde moment te komen. F_{blok} is dus groter dan F_1.

7 **a** We passen eerst de overbrengingsformule $n_1 \cdot z_1 = n_2 \cdot z_2$ toe om het toerental van het achterwiel te berekenen. We nemen als wiel 1 het grote tandwiel en als wiel 2 het kleine tandwiel.
Invullen: 120 × 54 = n_2 × 18 → n_2 = 120 × 54/18 = 360 omw/min. Omdat het kleine tandwiel vastzit aan het achterwiel is het toerental van het achterwiel ook 360 omw/min. We passen nu de formule voor de omtreksnelheid toe: $v = \pi \cdot d \cdot n/60$ = π × 0,70 × 360/60 = 13,2 m/s.
b – Omdat Sjaak thuis stilstaat, heeft hij geen last van luchtwrijving. Buiten op de weg heeft hij dat wel.
– Omdat het voorwiel niet draait, levert dat geen tegenwerkende rolweerstand en wrijving in het wiellager.

EXTRASTOF BLOK 6

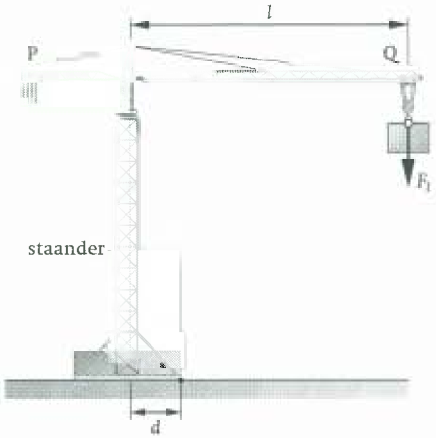
Onderzoek aan kantelen

In dit extrastofblad ga je onderzoek doen aan een kantelende hijskraan. Dit wordt geen open onderzoek, omdat dat te lastig zou zijn. De onderzoeksvraag is:

Heeft de plaats van de last invloed op het kantelen van een hijskraan?

Volg nu het volgende meetplan:

1 Je doet deze proef met een hijskraan (zie figuur). Hang de hijskraan *zonder* last (de last is het blokje aan het haakje) zo aan een krachtmeter dat hij recht (de staander precies verticaal) hangt. Hangt hij niet recht hang dan links (bij P in de figuur)



nog wat extra gewichtjes.

a Noteer de zwaartekracht op de hijskraan.
b Hang nu in punt Q (zie figuur) een last. Maak deze last zo groot dat de hijskraan juist op het punt van kantelen staat.
c Meet de afstand *l* van het ophangpunt van de last tot het midden van de staander (zie figuur). Noteer *l*.
d Noteer ook het gewicht van de last.
e Herhaal opdracht *c* en *d* voor nog 5 andere waarden van *l*. Zorg daarbij dat je in ieder geval een waarde van *l* hebt die dicht bij *d* ligt (zie figuur). Houd *l* wel groter dan *d*.
f Noteer je meetresultaten in een tabel.
g Maak van deze tabel een diagram. Zet daarbij *l* horizontaal en het gemeten gewicht van de last (in N) verticaal.
i Verklaar het verloop van deze grafiek.

Verwerk in je eindconclusie antwoorden op de volgende vragen:
- Waar zit het draaipunt bij het kantelen?
- Hoe groot is de arm van de zwaartekracht op de hijskraan ten opzichte van dit draaipunt?
- Hoe bepaal je de arm van de kracht die de last op de hijskraan uitoefent ten opzichte van dit draaipunt?
- Hoe groot kan theoretisch de last worden als hij op een afstand *d* wordt gehangen?