

Schriftelijk tentamen	CTB1110
	ConstructieMechanica 1
Totaal aantal pagina's	22 pagina's excl voorblad
Datum en tijd	27-01-2017 van 09:00-12:00 uur
Verantwoordelijk docent	J.W. (Hans) Welleman

Alleen het op dit uitwerkformulier geschreven werk / antwoord wordt beoordeeld, tenzij onder 'aanvullende informatie' anders is aangegeven.

Tentamenvragen (in te vullen door examiner)

Totaal aantal tentamenvragen: 5, allen open vragen

☐ alle vragen tellen even zwaar

☒ de vragen hebben verschillende gewicht (het gewicht is in tijd weergegeven)

Gebruik hulpmiddelen en informatiebronnen tijdens tentamen (in te vullen door examiner)

Niet toegestaan:

- Nietje verwijderen
- Mobiele telefoon, smart Phone of apparaten met vergelijkbare functies.
- Antwoord geschreven met rode pen of met potlood.
- Hulpmiddelen en/of informatiebronnen tenzij hieronder anders vermeld.

Toegestaan:

- ☐ boeken ☐ aantekeningen ☐ woordenboeken ☐ dictaten
- ☐ formulebladen (zie ook onder aanvullende informatie) ☒ rekenmachines ☐ computer
- ☒ grafische rekenmachine ☒ tekenmaterialen waaronder een passer

Aanvullende informatie (eventueel in te vullen door examiner)

...

Uiterlijke datum nakijken tentamen: (de uiterlijke nakijktermijn is 15 werkdagen)



Elk vermoeden van fraude wordt
gemeld bij de examencommissie.

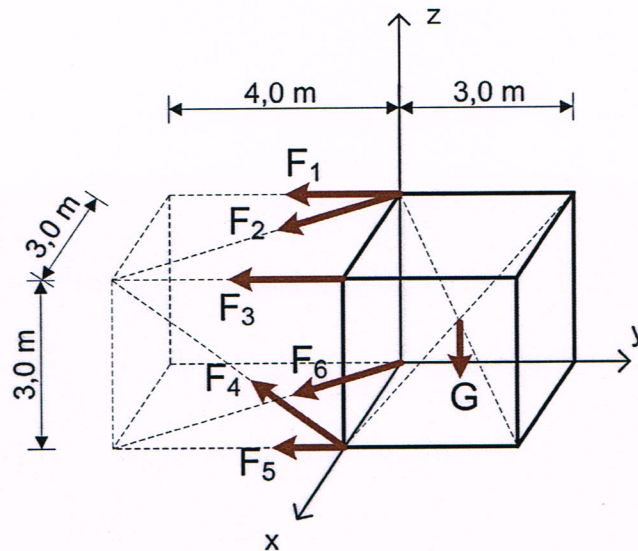
NIETJE NIET LOSHALEN !!

**Mobiel UIT en
opbergen in tas**

--	--	--	--	--	--	--

Opgave 1 (ongeveer 30 minuten)

Een massieve kubus met riblengte 3,0 m en een soortelijk gewicht van $\frac{8}{9} \text{ kN/m}^3$, wordt met 6 onbekende krachten F_1 t/m F_6 , in evenwicht gehouden. De werklijnen en de aangrijpingspunten van deze krachten zijn in de figuur aangegeven.



Vragen:

- a) Stel de evenwichtsvergelijkingen op voor dit blok en houd daarbij de aangegeven richtingen van de onbekenden aan in uw vergelijkingen.

$$\sum F_x = 0 \quad \frac{3}{5} F_2 + \frac{3}{5} F_6 = 0 \quad (1)$$

$$\sum F_y = 0 \quad -F_1 - \frac{4}{5} F_2 - F_3 - \frac{4}{5} F_4 - F_5 - \frac{4}{5} F_6 = 0 \quad (2)$$

$$\sum F_z = 0 \quad -\frac{3}{5} F_2 + G = 0 \quad (3)$$

$$\sum T_x = 0 \quad -\frac{3}{2} G + F_1 \cdot 3 + \frac{4}{5} F_2 \cdot 3 + F_3 \cdot 3 = 0 \quad (4)$$

$$\sum T_y = 0 \quad \frac{3}{2} G - \frac{3}{5} F_4 \cdot 3 + \frac{3}{5} F_2 \cdot 3 = 0 \quad (5)$$

$$\sum T_z = 0 \quad -F_3 \cdot 3 - F_5 \cdot 3 - \frac{4}{5} F_4 \cdot 3 = 0 \quad (6)$$

$$\text{met } G = \frac{\rho}{\gamma} \cdot V = \frac{\rho}{\gamma} \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 = 24 \text{ kN}$$

Voor vervolg opgave 1 zie volgend blad ►

--	--	--	--	--	--	--	--

b) Los de onbekenden op.

$$(3): F_4 = \frac{5}{3} \cdot 24 = 40 \text{ kN}$$

$$(5): \frac{8}{2} \cdot 24 - \frac{8}{5} \cdot 40 \cdot 3 + \frac{3}{5} F_2 \cdot 3 = 0 \Rightarrow F_2 = 20 \text{ kN}$$

$$(1): F_6 = -F_2 = -20 \text{ kN}$$

$$(4): F_1 + 16 + F_3 = \frac{1}{2} G \rightarrow F_1 + F_3 = -4$$

$$(6): F_3 + F_5 = -32$$

$$(2): 5F_1 + 80 + 5F_3 + 160 + F_5 + 4F_6 = 0$$

$$F_1 = -F_3 - 4$$

$$F_5 = -32 - F_3$$

$$5(-F_3 - 4) + 80 + 5F_3 + 160 + (-32 - F_3) - 80 = 0$$

$$F_3 = -4 \text{ kN} \Rightarrow F_1 = 0$$

$$\Rightarrow F_5 = -28 \text{ kN}$$

Voor vervolg opgave 1 zie volgend blad ►

--	--	--	--	--	--	--	--

Antwoordformulier van het tentamen :
CM1, 27 januari 2017

- c) Welke mogelijkheden heeft u om uw antwoord te controleren en pas er 1 toe om uw antwoord te controleren.

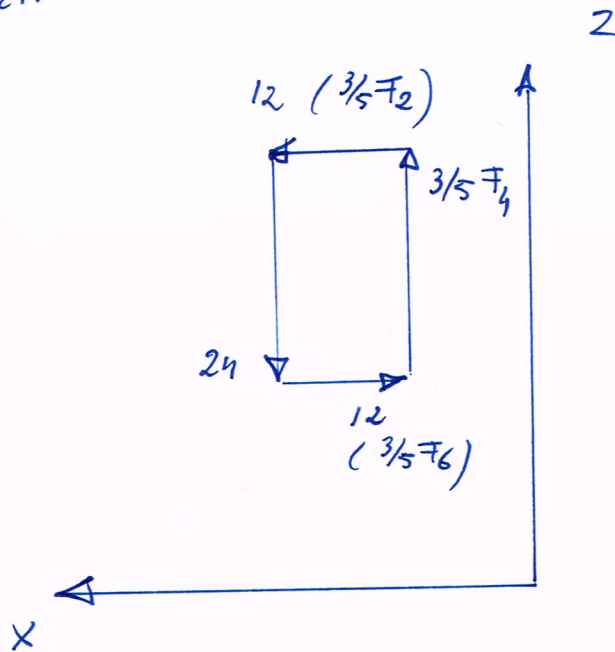
controleer machthevenmacht in $x-y$; $y-z$; $z-x$ ✓

Voor vervolg opgave 1 zie volgend blad ►

--	--	--	--	--	--	--	--

(controle)

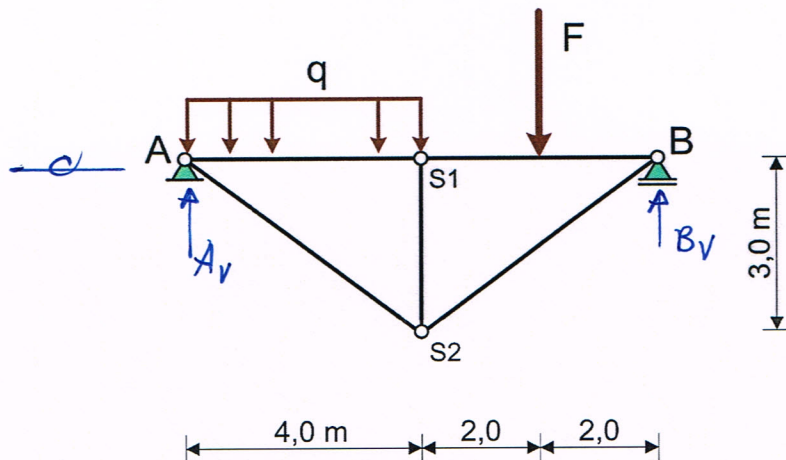
$$1 \text{ cm} \stackrel{!}{=} 8 \text{ kN}$$



--	--	--	--	--	--	--

Opgave 2 (ongeveer 40 minuten)

De onderstaande versterkte ligter is in A en B scharnierend opgelegd waarbij B tevens een horizontale roloplegging is. In de constructie zijn alle verbindingen tussen de staven scharnierend uitgevoerd. Op het deel AS_1 wordt de constructie belast met een gelijkmatig verdeelde belasting q en halverwege BS_1 grijpt een verticale puntlast F aan.



Gegeven : $F = 20 \text{ kN}$; $q = 10 \text{ kN/m}$;

Vragen:

a) Hoeveel pendelstaven heeft deze constructie?

3 pendels AS, en S, B zijn geen pendel!

Voor vervolg opgave 2 zie volgend blad ►

--	--	--	--	--	--	--	--

Antwoordformulier van het tentamen :
CM1, 27 januari 2017

- b) Bepaal de oplegreacties in A en B en teken deze in de voorgaande figuur zoals ze in werkelijkheid werken op de constructie en schrijf de waarden erbij.

$$\sum F_H = 0 \Rightarrow A_H = 0$$

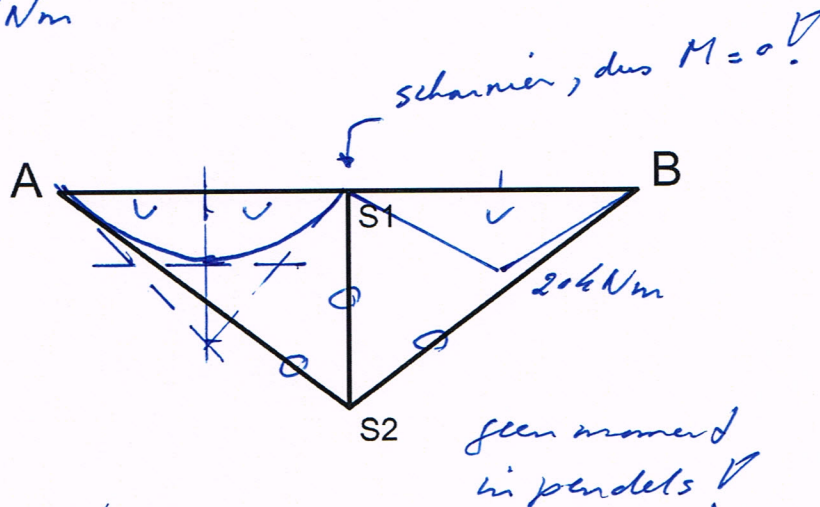
$$\sum T/A = 0 \quad 49 \cdot 2 + 67 - 8 B_V = 0$$

$$80 + 120 - 8 B_V = 0 \quad B_V = 25 \text{ kN}$$

$$\sum F_V = 0 \quad A_V = 35 \text{ kN} \uparrow$$

- c) Teken voor de gehele constructie de M-lijn met de vervormingstekens. Schrijf de waarden erbij. Kies zelf een geschikte schaal.

$$1 \text{ cm} \triangleq 20 \text{ kNm}$$



$$\frac{1}{8} \cdot 10 \cdot 4^2 = 20 \text{ kNm}$$

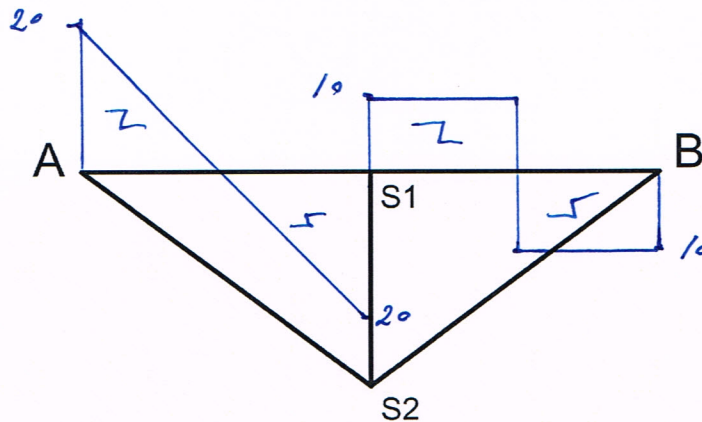
$$\frac{1}{2} \cdot 20 \cdot 4 = 20 \text{ kNm}$$

M-lijn in kNm

Voor vervolg opgave 2 zie volgend blad ►

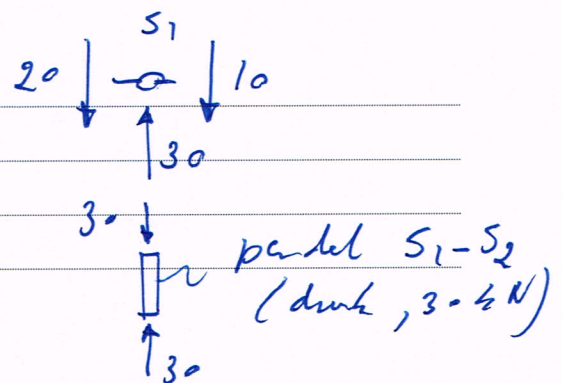
--	--	--	--	--	--	--	--

- d) Teken voor de gehele constructie V -lijn met de vervormingstekens. Schrijf de waarden erbij. Kies zelf een geschikte schaal.



V -lijn in kN

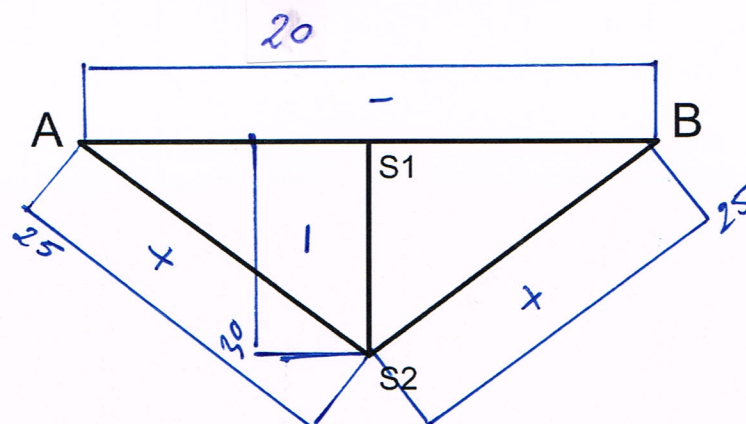
helling in V -lijn



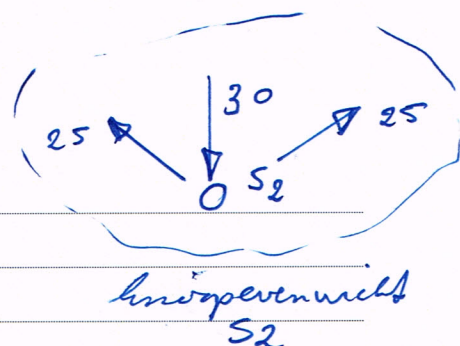
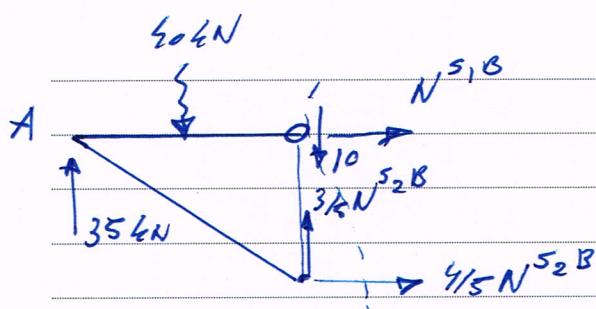
Voor vervolg opgave 2 zie volgend blad ►

--	--	--	--	--	--	--

- e) Teken voor de gehele constructie de N -lijn en geef met het teken aan of het om trek of druk gaat. Schrijf de waarden erbij. Kies zelf een geschikte schaal.



N -lijn in kN



$$\sum T \Big|_A = 0$$

$$40 \cdot 2 + 10 \cdot 4 - \frac{3}{5} N^{S2B} \cdot 4 - \frac{4}{5} N^{S2B} \cdot 3 = 0$$

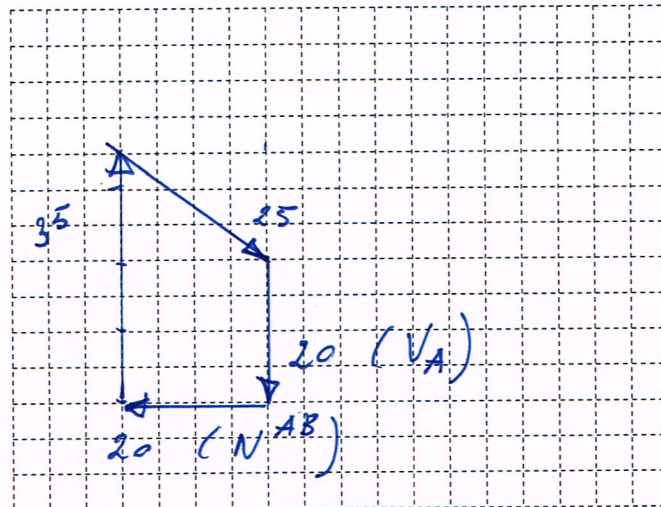
$$N^{S2B} = 25 \text{ kN} \Rightarrow N^{S1B} = -20$$

$$N^{S1S2} = -30$$

Voor vervolg opgave 2 zie volgend blad ►

--	--	--	--	--	--	--

- f) Teken een krachtenveelhoek voor de krachten op knooppunt A. Kies zelf een geschikte schaal.

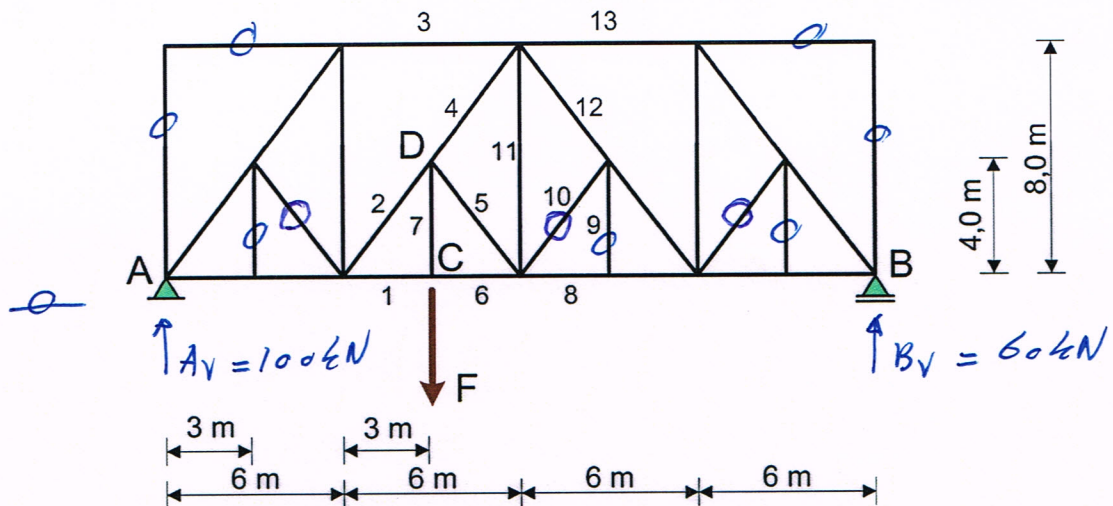


Krachtenveelhoek knoop A in kN

--	--	--	--	--	--	--

Opgave 3 (ongeveer 35 minuten)

Een vakwerk wordt verticaal belast in C met de aangegeven kracht F . Houd de aangegeven staafnummers aan in de berekeningen.



Gegeven : $F = 160 \text{ kN}$;

Vragen:

- a) Geef in de bovenstaande tekening de nulstaven aan.

10 staven!

- b) Bereken de oplegreacties, teken deze in de bovenstaande figuur zoals ze in werkelijkheid werken en schrijf de waarden er bij.

$$\sum F_H = 0 \quad A_H = 0$$

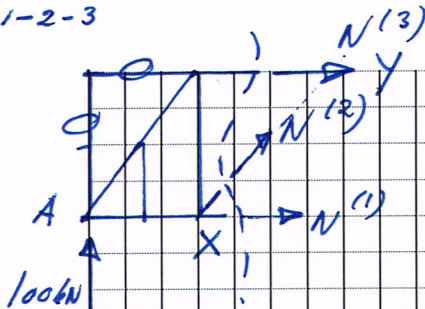
$$\sum T|_A = 0 \quad F \cdot 9 - B_V \cdot 24 = 0 \quad B_V = 60 \text{ kN} \uparrow$$

$$\sum F_V = 0 \quad A_V = 100 \text{ kN} \uparrow$$

Voor vervolg opgave 3 zie volgend blad ►

- c) Bereken met de snedemethode de krachten in staaf 1 t/m 7, met de juiste tekens (trek positief en druk negatief) en verzamel de antwoorden in de tabel op pagina 14.

snede:
1-2-3



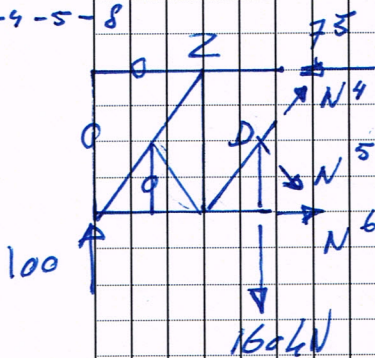
$$\sum T/x = 0 \quad N^{(3)} \cdot 8 + 100 \cdot 6 = 0$$

$$N^{(3)} = -\frac{600}{8} = -75 \text{ kN}$$

$$\sum T/y = 0 \quad 100 \cdot 12 - N^{(1)} \cdot 8 = 0$$

$$N^{(1)} = 150 \text{ kN}$$

snede
3-4-5-8



$$\sum F_V = 0 \quad \frac{4}{5} N^{(2)} + 100 = 0$$

$$N^{(2)} = -125 \text{ kN}$$

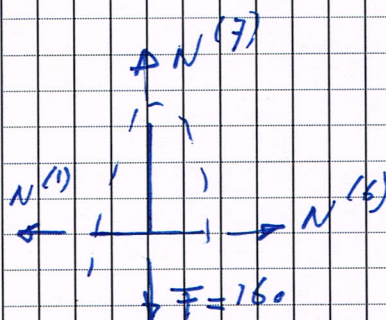
$$\sum T/D = 0 \quad 100 \cdot 9 - 75 \cdot 4 - N^{(6)} \cdot 4 = 0$$

$$N^{(6)} = +150 \text{ kN}$$

$$\sum T/z = 0 \quad 100 \cdot 6 + 160 \cdot 3 - 150 \cdot 8 - \frac{3}{5} N^{(4)} \cdot 8 = 0$$

$$N^{(4)} = -25 \text{ kN}$$

snede
1-7-6



$$\sum F_H = 0 \quad 150 - 15 - 75 + N^{(5)} \cdot \frac{3}{5} = 0$$

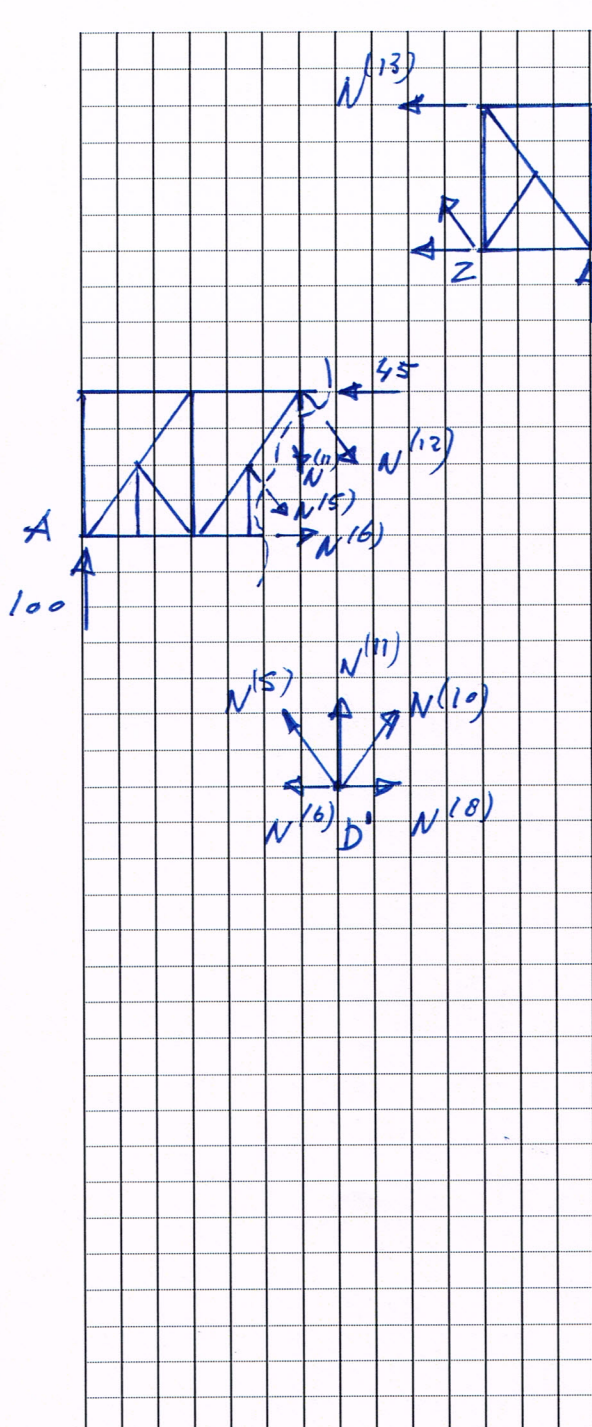
$$N^{(5)} = -100 \text{ kN}$$

$$\sum F_V = 0 \quad N^{(7)} = +160 \text{ kN}$$

Voor vervolg opgave 3 zie volgend blad ►

--	--	--	--	--	--	--	--

- d) Bereken met een methode naar keuze de krachten in staaf 8 t/m 13 en verzamel deze antwoorden met de juiste tekens in de tabel op blz 14.



$$\sum T|_Z = 0 \quad 60 \cdot 6 + N^{(13)} \cdot 8 = 0$$

$$N^{(13)} = \frac{-360}{8} = -45 \text{ kN}$$

Snijpunt van 5-6-11:

$$\sum T|_Z = 0 \quad -45 \cdot 8 + \frac{3}{5} N^{(12)} \cdot 8 + 100 \cdot 12 - 60 \cdot 3 = 0$$

$$N^{(12)} = -75 \text{ kN}$$

$$\sum F_V = 0 \quad -100 + 160 + \frac{4}{5} (-100) + N^{(11)} + \frac{4}{5} (-75) = 0$$

$$N^{(11)} = 80 \text{ kN}$$

Knoop D'

$$\sum F_H = 0 \quad -150 + \frac{3}{5} \cdot 100 + \frac{3}{5} N^{(10)} + N^{(18)} = 0$$

$$\sum F_V = 0 \quad -\frac{4}{5} \cdot 100 + N^{(11)} + \frac{4}{5} N^{(10)} = 0$$

$$-\frac{4}{5} \cdot 100 + 80 + \frac{4}{5} N^{(10)} = 0$$

$$N^{(10)} = 0 \rightarrow N^{(18)} = 90 \text{ kN}$$

(klopt)

--	--	--	--	--	--	--

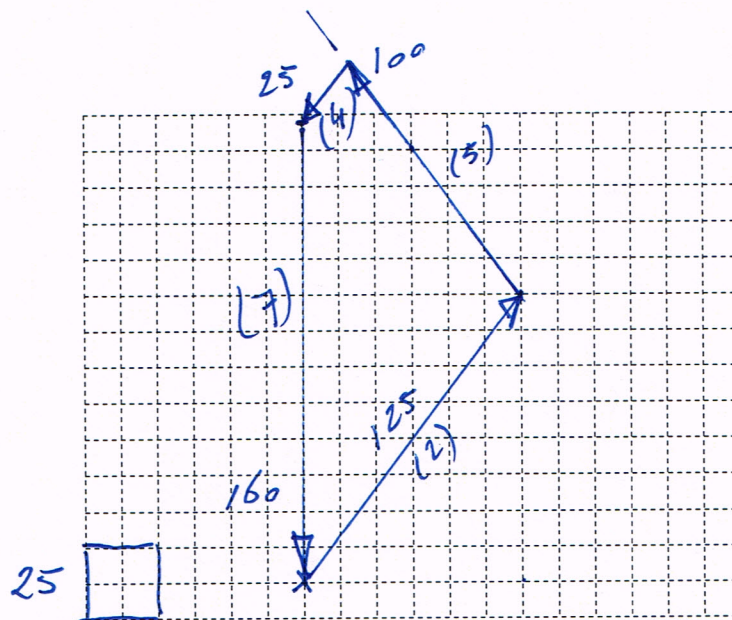
Staaf	N [kN]
1	+150
2	-125
3	-75
4	-25
5	-100
6	+150
7	+160

Staaf	N [kN]
8	90
9	0
10	0
11	+80
12	-75
13	-95

na rekenen

Vergeet niet deze tabel in te vullen i.v.m. het automatische leesapparaat.....

- e) Teken de krachtenveelhoek voor knoop D en bepaal hiermee de kracht in staaf 7 en controleer of dit antwoord aan uw verwachting voldoet.



Krachtenveelhoek knoop D in kN

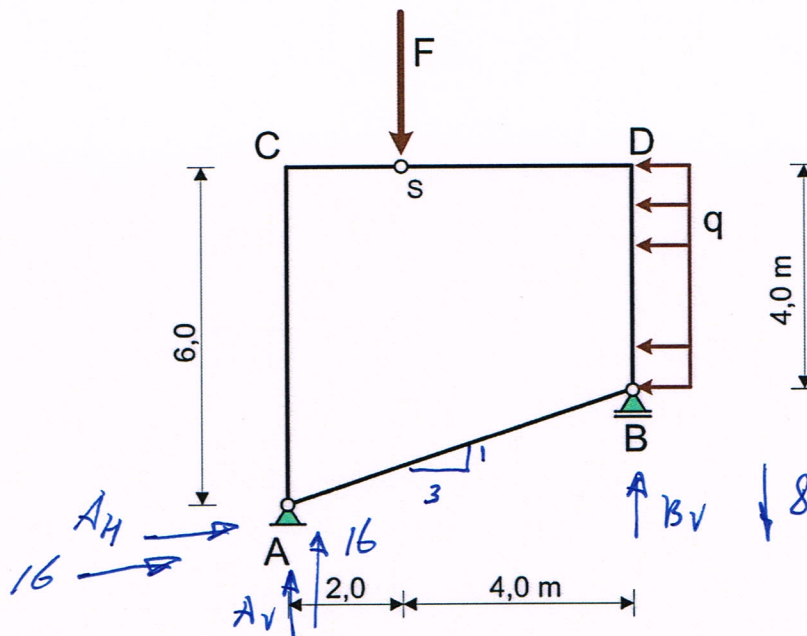
--	--	--	--	--	--	--

Antwoordformulier van het tentamen :

CM1, 27 januari 2017

Opgave 4 (ongeveer 45 minuten)

De onderstaande spantconstructie is in A en B scharnierend ondersteund, B is tevens een horizontale roloplegging. S is een scharnier in het spant. De verbindingen in C en D zijn star. Staaf AB is een zogenaamde trekstang. De constructie wordt in S verticaal belast met een puntlast F en op staaf BD grijpt een horizontale gelijkmatig verdeelde belasting q aan in de, in de tekening, aangegeven richting.



Gegeven : $F = 8 \text{ kN}$; $q = 4 \text{ kN/m}$;

Vragen:

- a) Bepaal de oplegreacties en geef deze in de bovenstaande figuur weer zoals ze in werkelijkheid werken. Zet de waarden erbij.

$$\sum F_H = 0 \quad A_H - 4 \cdot 4 = 0 \quad A_H = 16 \text{ kN} \rightarrow$$

$$\sum T_A = 0 \quad B_V \cdot 6 + (4 \cdot 4) \cdot 4 - 8 \cdot 2 = 0$$

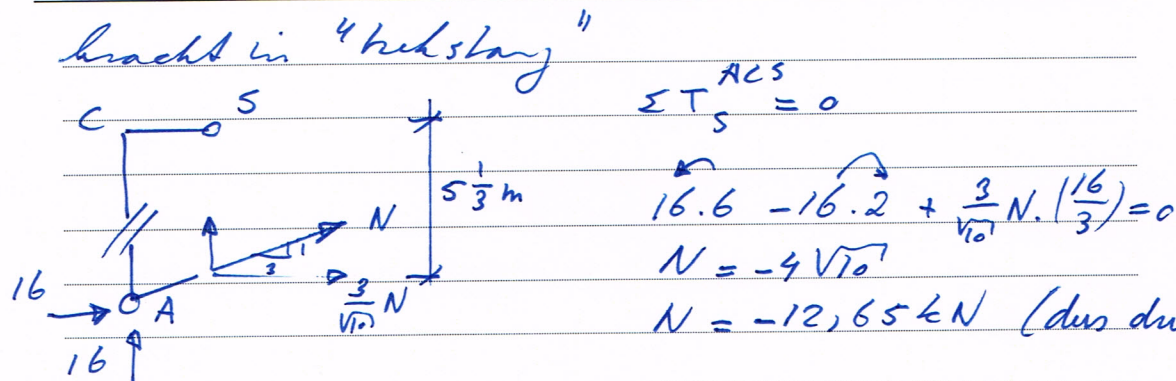
$$B_V = \frac{16 - 64}{6} = -8 \text{ kN} \downarrow$$

$$\sum F_V = 0 \quad A_V = 16 \text{ kN} \uparrow$$

Voor vervolg opgave 4 zie volgend blad ►

Antwoordformulier van het tentamen :

CM1, 27 januari 2017

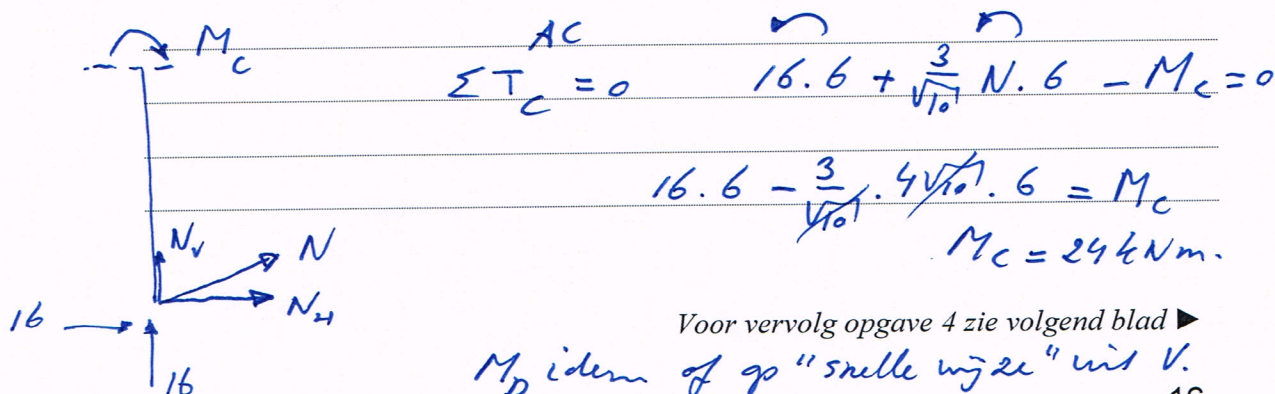
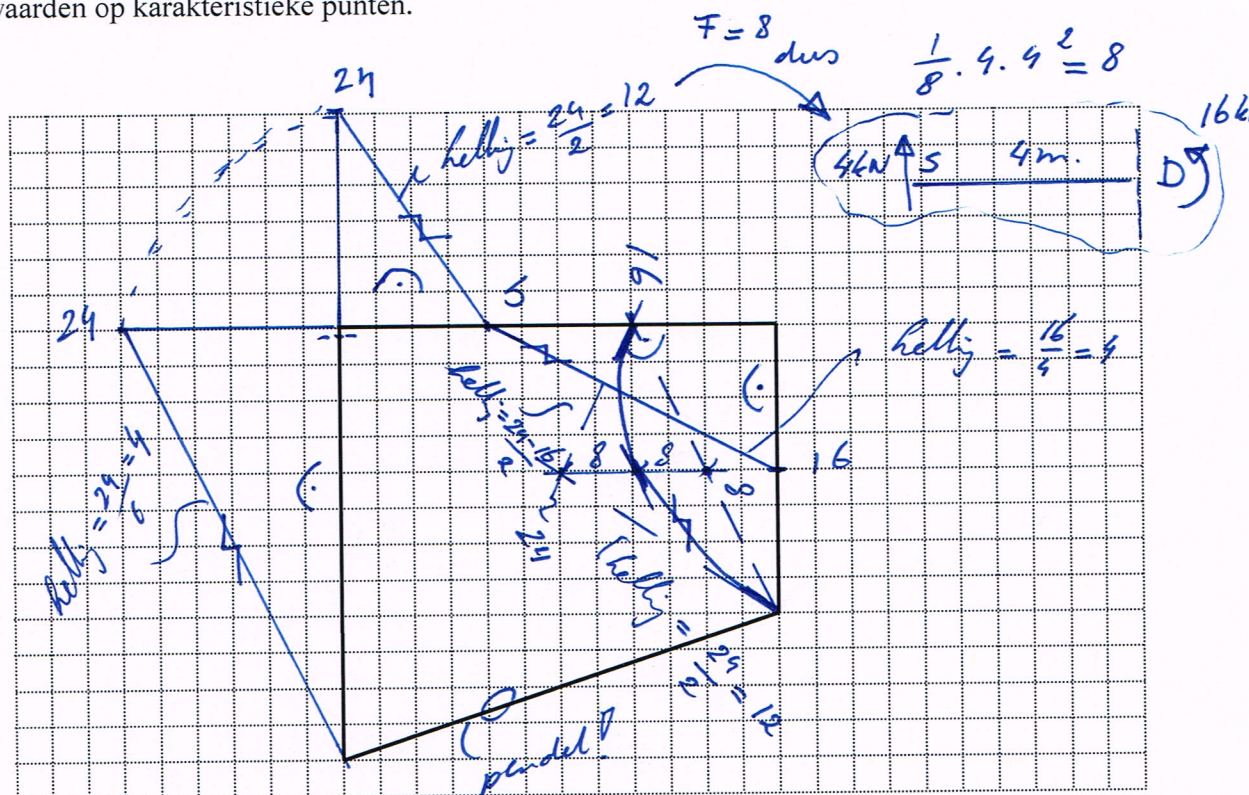


- b) Bepaal de momentenlijn en teken deze inclusief de vervormingstekens en de waarden op karakteristieke punten.

4.. kNm



M-lijn in kNm



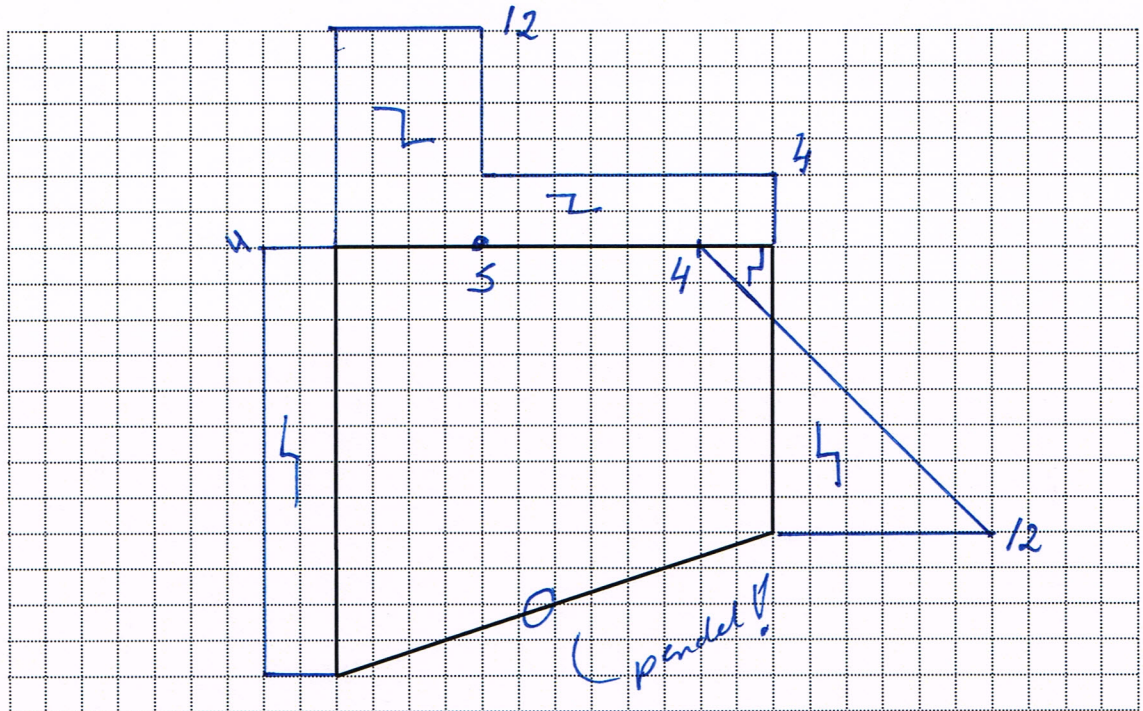
--	--	--	--	--	--	--

- c) Bepaal de dwarskrachtenlijn en teken deze inclusief de vervormingstekens en de waarden op karakteristieke punten.

2 kN



V-lijn in kNm



helling uit M-lijn + vervormingstekens.

--	--	--	--	--	--	--

Antwoordformulier van het tentamen :

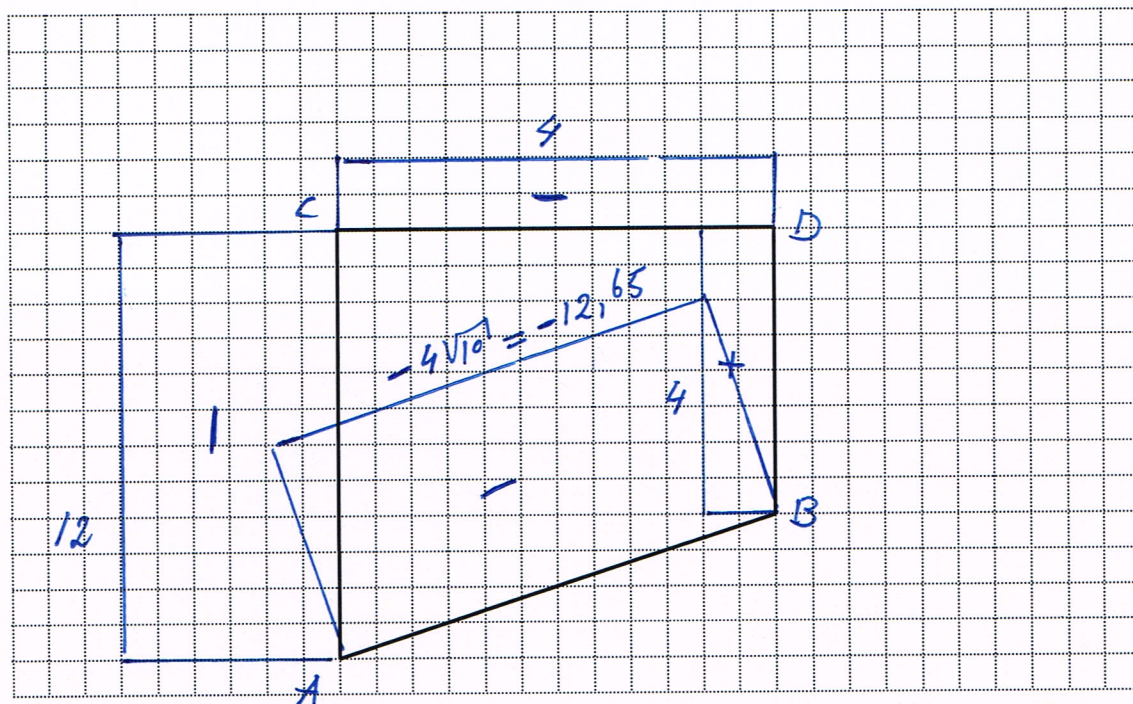
CM1, 27 januari 2017

- d) Bepaal de normaalkrachtenlijn en teken deze inclusief het teken voor trek en druk en de waarden op karakteristieke punten.

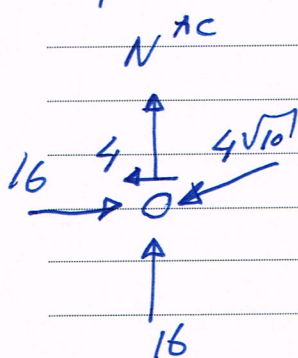
... kN



N-lijn in kNm



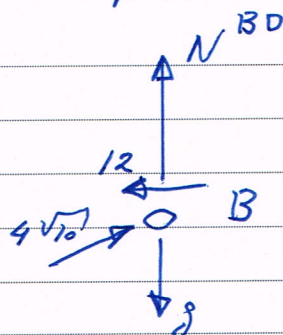
groep A:



evenwicht:

$$N^{Ac} = -12,65$$

groep B:



evenwicht:

$$N^{BD} = +4$$

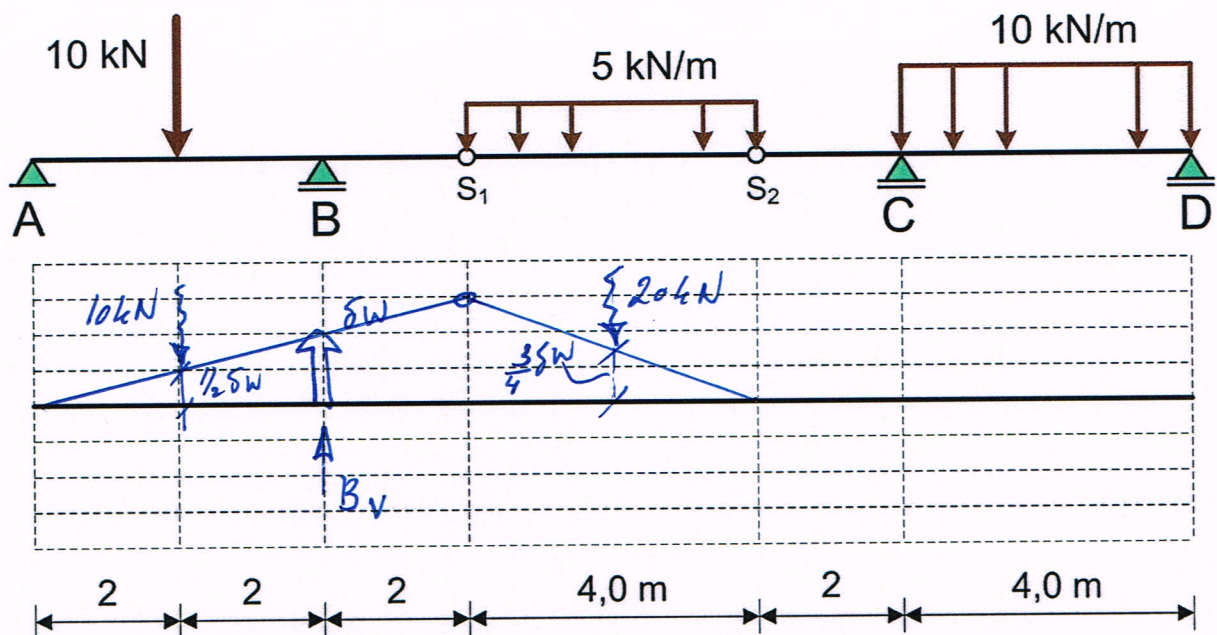
--	--	--	--	--	--	--

Opgave 5 (ongeveer 30 minuten)

Van de onderstaande scharnierligger wordt gevraagd de krachtsverdeling met behulp van **virtuele arbeid** te bepalen. De ligger wordt ondersteund in A, B, C en D op de in tekening aangegeven wijze en in de ligger zijn twee scharnieren S_1 en S_2 aangebracht.

Vragen:

- a) Bepaal met het principe van **virtuele arbeid** de verticale oplegreactie in B en geef aan hoe deze reactie in werkelijkheid werkt op de ligger.



$V_A : B_V$
in kN

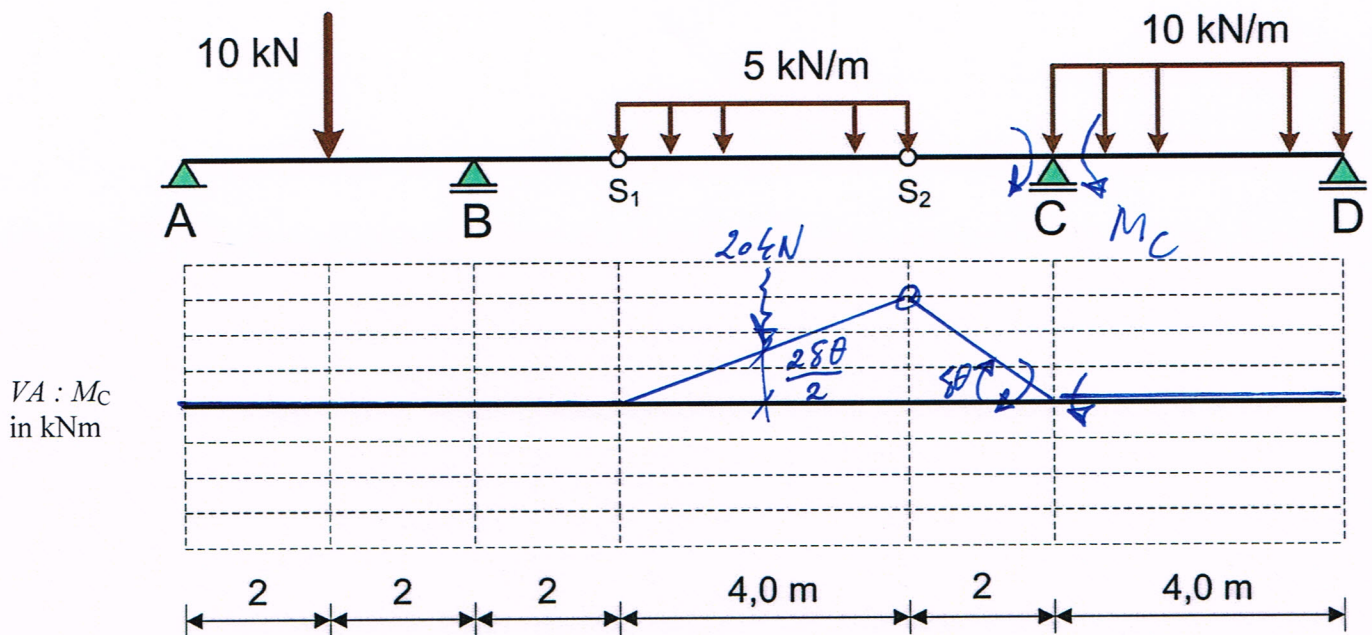
$$\delta A = -10 \cdot \frac{1}{2} \delta W + B_V \cdot \delta W - 20 \cdot \frac{3}{4} \delta W = 0$$

$$B_V = 15 + 5 = 20 \text{ kN} \uparrow$$

Voor vervolg opgave 5 zie volgend blad ►

--	--	--	--	--	--	--

- b) Bepaal met het principe van **virtuele arbeid** het steunpuntsmoment in C en geef duidelijk aan welk vervormingsteken hierbij hoort.



$$\delta A = + M_C \cdot \delta \theta - 20 \cdot \delta \theta = 0$$

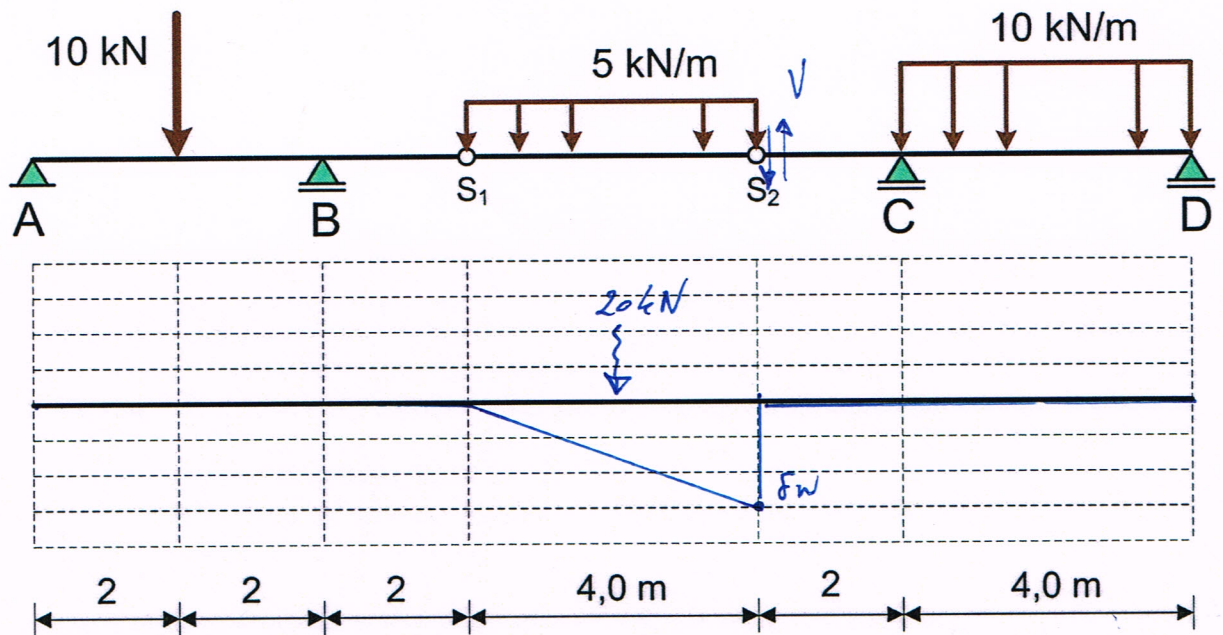
$$M_C = 20 \text{ kNm}$$

--	--	--	--	--	--	--

Antwoordformulier van het tentamen :

CM1, 27 januari 2017

- c) Bepaal met het principe van **virtuele arbeid** de dwarskracht V_{S2-R} direct rechts van S_2 en geef duidelijk aan welk vervormingsteken hierbij hoort.



$$\delta A = V_{S2-R} \cdot \delta w + 20 \cdot \frac{1}{2} \delta w = 0$$

$$V_{S2-R} = -10 \text{ kN} \quad \text{dus } \downarrow$$

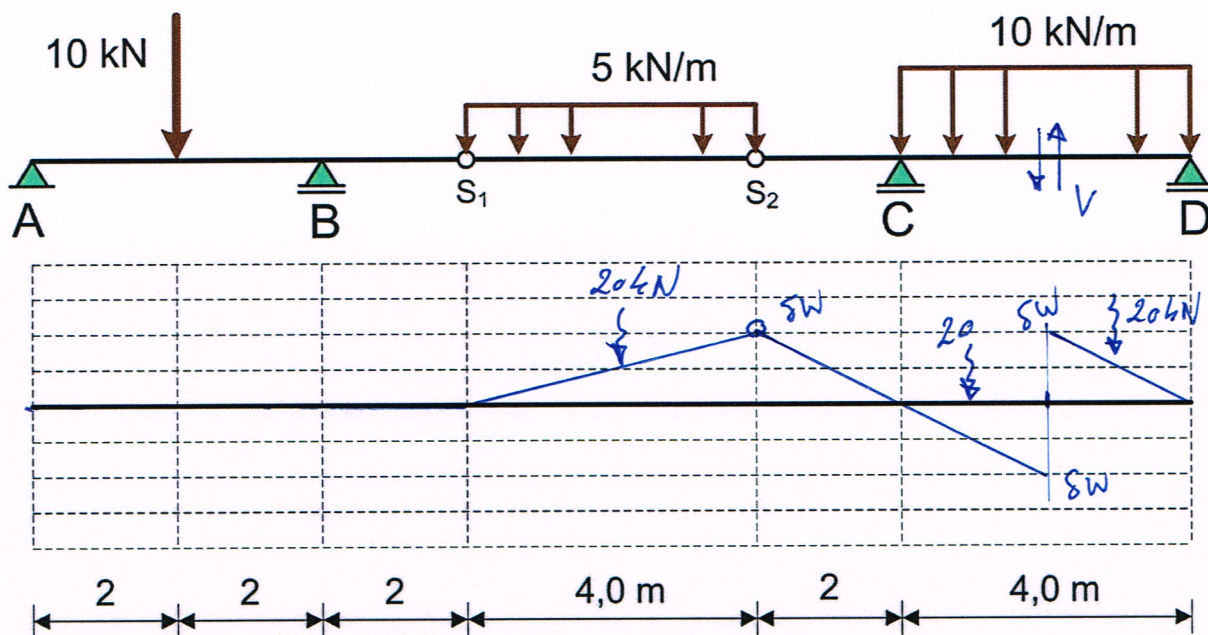
Voor vervolg opgave 5 zie volgend blad ►

--	--	--	--	--	--	--	--

Antwoordformulier van het tentamen :

CM1, 27 januari 2017

- d) Bepaal met het principe van **virtuele arbeid** de dwarskracht V_{CD-m} halverwege de overspanning CD en geef duidelijk aan welk vervormingsteken hierbij hoort.



$V_A : V_{CD-m}$
in kN

$$\delta A = V \cdot \delta w + V \cdot \delta w - 20 \cdot \frac{1}{2} \delta w + 20 \cdot \frac{1}{2} \delta w - 20 \cdot \frac{1}{2} \delta w = 0$$

$$2V = 10$$

$$V = 5 \text{ kN}$$

(2)