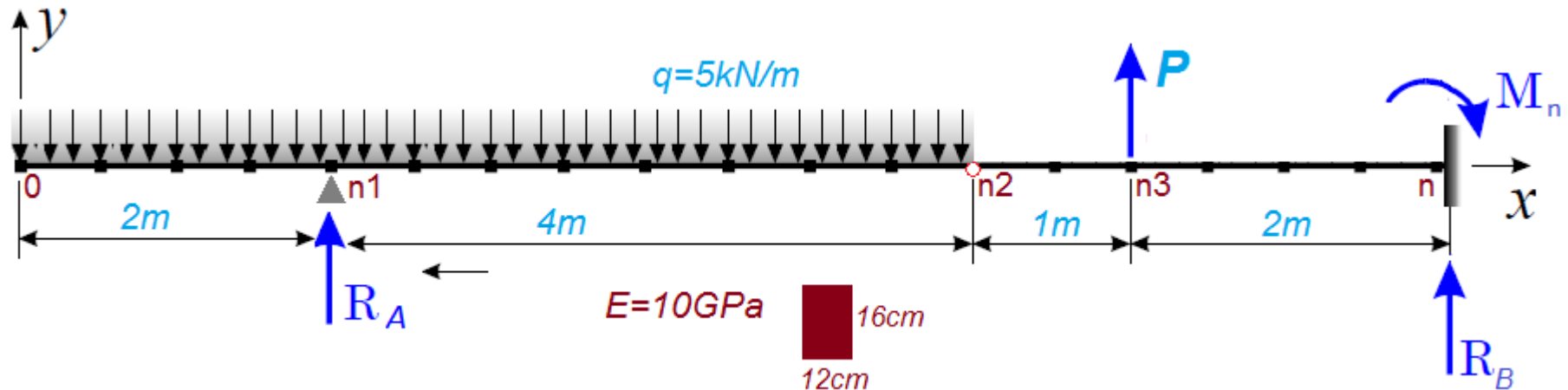


Obliczenie ugięcia belki metodą różnic skończonych (MRS)

ORIGIN := 0



$$b := 12\text{cm} \quad h := 16\text{cm} \quad J := \frac{b \cdot h^3}{12} \quad E := 10\text{GPa}$$

$$q := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad P := 12\text{kN} \quad \Delta := 25\text{cm} \quad \alpha := \frac{\Delta^2}{E \cdot J} = 0.153 \cdot \frac{1}{\text{MN}}$$

$$L1 := 2\text{m} \quad L2 := 6\text{m} \quad L3 := 7\text{m} \quad L := 9\text{m}$$

$$n1 := \frac{L1}{\Delta} \quad n2 := \frac{L2}{\Delta} \quad n3 := \frac{L3}{\Delta} \quad n := \frac{L}{\Delta} \quad n = 36.000$$

$$Rn1 := \frac{q \cdot 6\text{m} \cdot 3\text{m}}{4\text{m}} = 22.500 \cdot \text{kN}$$

$$M1(x) := -q \cdot \frac{x^2}{2}$$

$$M2(x) := M1(x) + Rn1 \cdot (x - L1)$$

$$M3(x) := M2(x) + q \cdot \frac{(x - L2)^2}{2}$$

$$M4(x) := M3(x) + P \cdot (x - L3)$$

$$i := 0 .. n \quad X_i := i \cdot \Delta$$

$$\underline{i} := 0 .. n1 \quad M_i := M1(X_i)$$

$$\underline{i} := n1 + 1 .. n2 \quad \underline{M}_i := M2(X_i)$$

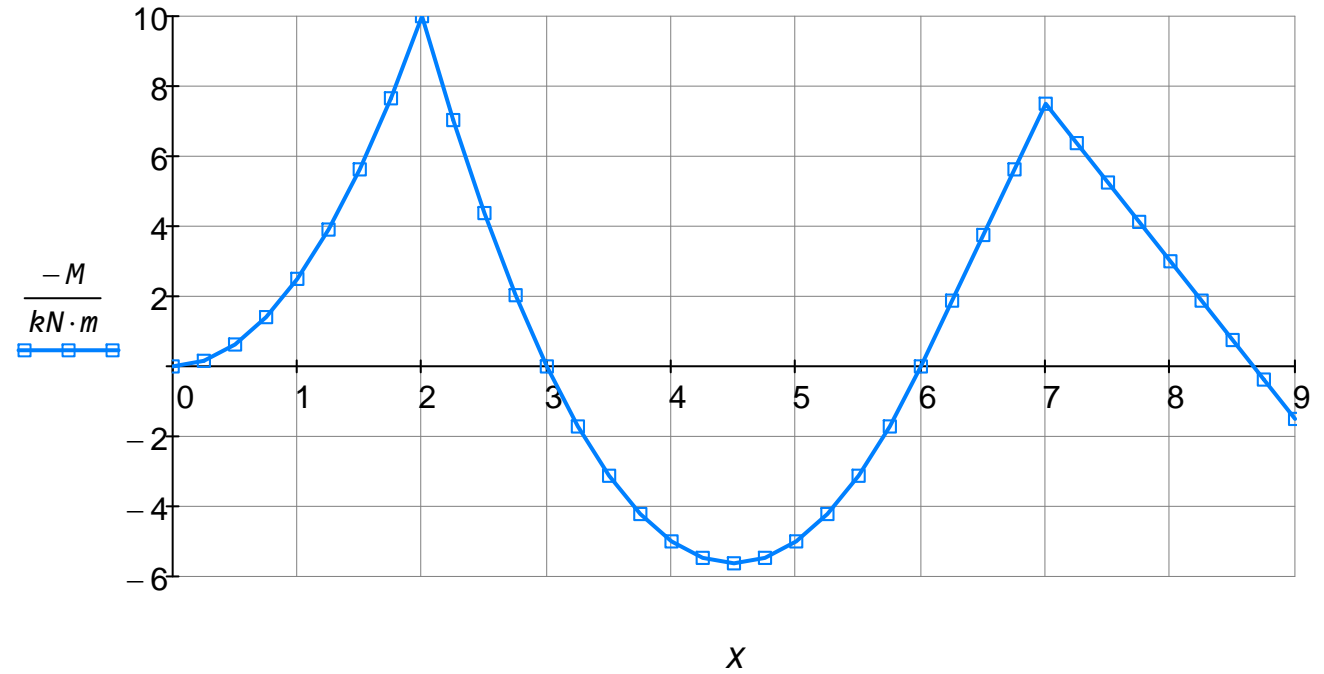
$$\underline{i} := n2 + 1 .. n3 \quad \underline{M}_i := M3(X_i)$$

$$\underline{i} := n3 + 1 .. n \quad \underline{M}_i := M4(X_i)$$

Wykres momentów zginających

$X =$	0
	0.000
	0.250
	0.500
	0.750
	1.000
	1.250
	1.500
	1.750
	2.000
	2.250
	2.500
	2.750
	3.000
	3.250
	3.500
	3.750
	4.000
	4.250
	...

$\cdot m \ M =$	0
	0.000
	-0.156
	-0.625
	-1.406
	-2.500
	-3.906
	-5.625
	-7.656
	-10.000
	-7.031
	-4.375
	-2.031
	0.000
	1.719
	3.125
	4.219
	5.000
	5.469
	...



$\max(M) = 5.625 \cdot kN \cdot m \quad \min(M) = -10.000 \cdot kN \cdot m$

Układ równań MRS:

$$i := 0.. n \quad A_{i, i} := -2$$

$$i := 1.. n \quad A_{i, i-1} := 1$$

$$i := 0.. n-1 \quad A_{i, i+1} := 1$$

$A =$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	-2.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	1.000	-2.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	1.000	-2.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	1.000	-2.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000	1.000	-2.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	-2.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	-2.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	-2.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	-2.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	-2.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	-2.000	1.000	0.000	0.000	0.000
11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	-2.000	1.000	0.000	0.000
12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	-2.000	1.000	0.000
13	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	-2.000	1.000
14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	...

Warunki brzegowe: $y_{n1} = 0$ $\varphi_n = 0$ $y_n = 0$

$$j := 0 .. n$$

$$w := 0 \quad A_{w,j} := 0 \quad A_{w,n1} := 1$$

$$w := n \quad A_{w,j} := 0 \quad A_{w,n-1} := 2$$

$$w := n2 \quad A_{w,j} := 0 \quad A_{w,n} := 1$$

$A =$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
1	1.000	-2.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
2	0.000	1.000	-2.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
3	0.000	0.000	1.000	-2.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
4	0.000	0.000	0.000	1.000	-2.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
5	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	-2.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	-2.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	-2.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	-2.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	-2.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	-2.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	-2.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0
12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	-2.000	1.000	0.000	0.000	0
13	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	-2.000	1.000	0.000	0
14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	-2.000	1.000	0
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	-2.000	1
16	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	-2
17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1
18	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0

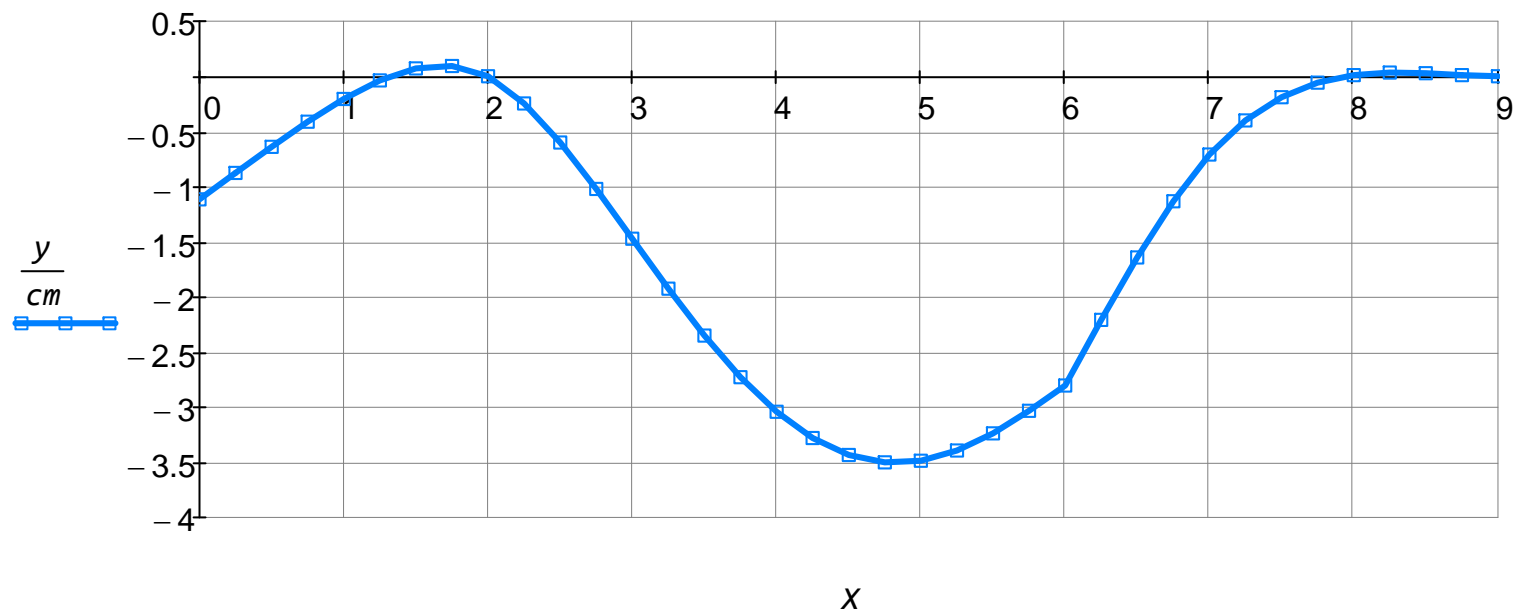
1.1 | $A = -32.000$ 0

$$y := \text{Lsolve}(A, \alpha \cdot M)$$

Wykres ugięć belki

	0
0	-1.116
1	-0.876
2	-0.639
3	-0.411
4	-0.205
5	-0.037
6	0.072
7	0.094
8	0.000
9	-0.247
10	-0.601
11	-1.022
12	-1.473
13	-1.925
14	...

$y =$ $\frac{y}{cm}$ $\cdot cm$



$$\min(y) = -3.50118 \cdot cm$$

$n :=$	9	$w :=$	3.58582
	18		3.50571
	36		3.50118
	45		3.50171
	90		3.49786
	180		3.49730
	450		3.49722
	900		3.49724
	1800		3.49723
	3600		3.49722

$n = 36$

