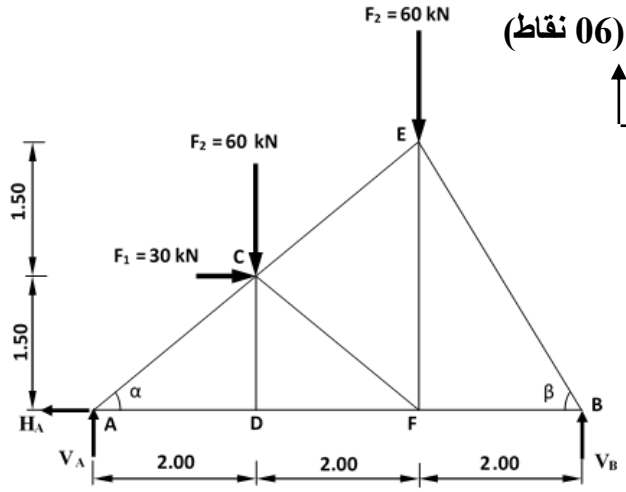
عناصر الإجابة (الموضوع الأول)	العلامة مجزأة	العلامة مجموع
ميكانيك تطبيقية:		
النشاط الأول: الأنظمة المثلثية (06 نقاط)		



1) حساب ردود الأفعال في المسندين (A) و (B): ---------- **01.50**

$\sum F_{/xx'} = 0 \Rightarrow -H_A + 30 = 0 \Rightarrow \boxed{H_A = 30kN}$ — 0.25

$\sum M_{F/A} = 0 \Rightarrow -(V_B \times 6) + (60 \times 4) + (60 \times 2) + (30 \times 1.5) = 0$

$\boxed{V_B = 67.5kN}$ — 0.50

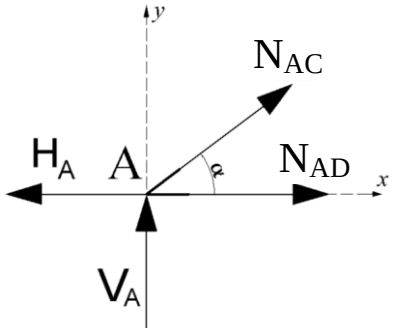
$\sum M_{F/B} = 0 \Rightarrow (V_A \times 6) + (30_1 \times 1.5) - (60 \times 4) - (60 \times 2) = 0$

$\boxed{V_A = 52.5kN}$ — 0.50

$\sum F_y = 0 \Rightarrow V_A + V_B - 60 - 60 = 0 \Rightarrow V_A + V_B = 120kN$

$V_A + V_B = 52.5 + 67.5 = 120kN$ محققة — 0.25

2) حساب شدة الجهود الداخلية في القضبان: ---------- **03.50**



- **عزل العقدة A**

$\sum F_{/xx'} = 0 \Rightarrow N_{AD} + (N_{AC} \times \cos\alpha) - H_A = 0$

$\Rightarrow \boxed{N_{AD} = -(N_{AC} \times \cos\alpha) + H_A}$.....(I)

$\sum F_{/yy'} = 0 \Rightarrow V_A + (N_{AC} \times \sin\alpha) = 0$

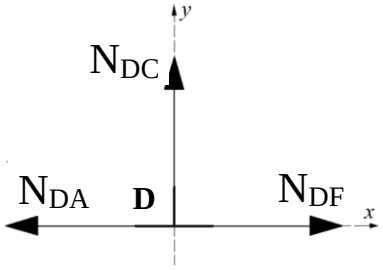
$\Rightarrow N_{AC} = \dfrac{-V_A}{\sin\alpha} = \dfrac{-52.50}{0.6}$

$\Rightarrow \boxed{N_{AC} = -87.50KN}$ — 0.50

بالتعويض في العلاقة (I)

0.50 $(I) \Rightarrow N_{AD} = -(-87.5)\times 0.8 + 30 \Rightarrow \boxed{N_{AD} = 100kN}$

عزل العقدة D

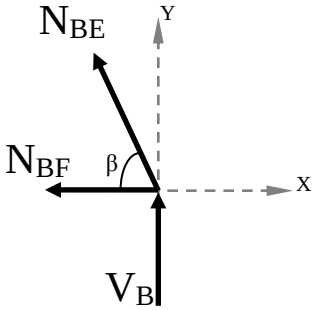


$\sum F_{/xx'} = 0 \Rightarrow N_{DF} - N_{DA} = 0 \Rightarrow N_{DC} = N_{DA}$

0.50 $\Rightarrow \boxed{N_{DF} = 100kN}$

0.50 $\sum F_{/yy'} = 0 \Rightarrow \boxed{N_{DC} = 0}$

عزل العقدة B:



$\sum F_{/xx'} = 0 \Rightarrow -N_{BF} - (N_{BE}\times\cos\beta) = 0$

$\Rightarrow \boxed{N_{BF} = -N_{AC}\times\cos\beta}.....(I)$

$\sum F_{/yy'} = 0 \Rightarrow V_B + (N_{BE}\times\sin\beta) = 0$

0.50 $\Rightarrow N_{BE} = \dfrac{-V_B}{\sin\beta} = \dfrac{-67.50}{0.832} \Rightarrow \boxed{N_{BE} = -81.12KN}$

بالتعويض في العلاقة (I)

0.50 $(I) \Rightarrow N_{BF} = -(-81.12)\times 0.555 \Rightarrow \boxed{N_{BF} = 45kN}$

- تدوين النتائج في جدول

0.50

N_{BF}	N_{BE}	N_{DC}	N_{DF}	N_{AD}	N_{AC}	الجهود الناظمية
45	81.12	0.00	100	100	87.50	الشدة(KN)
شد	ضغط	تركيب	شد	شد	ضغط	الطبيعة

01 **3) استخراج المجنب اللازم والكافي للمقاومة:**

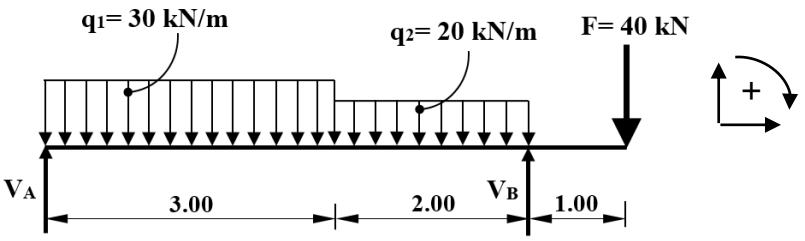
0.25 $\sigma_{max} \le \overline{\sigma} \Rightarrow \dfrac{N_{max}}{2S} \le \overline{\sigma} \Rightarrow S \ge \dfrac{N_{max}}{2\times\overline{\sigma}}$

0.25 $\Rightarrow S \ge \dfrac{100\times 10^2}{2\times 1600} \Rightarrow \boxed{S \ge 3.125cm^2}$

0.50 من الجدول نختار: $S=3.90\ cm^2$ ومنه المجنب المناسب L (45×45×4.5)

06

النشاط الثاني: الانحناء البسيط المستوي (06 نقاط)



0.75 ---------- **1) حساب ردود الأفعال:** ----------

0.25 $\sum F_{/XX'} = 0 \Rightarrow \boxed{H_A = 0}$

$\sum M_{/A} = 0 \Rightarrow -(V_B \times 5) + (30 \times 3 \times 1.5) + (20 \times 2 \times 4) + (40 \times 6) = 0$

0.25 $\Rightarrow V_B = \boxed{107kN}$

$\sum M_{/B} = 0 \Rightarrow (V_A \times 5) - (30 \times 3 \times 3.5) - (20 \times 2 \times 1) + (40 \times 1) = 0$

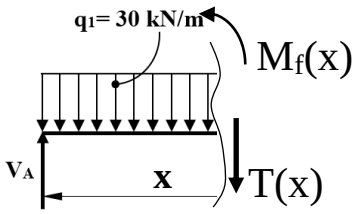
0.25 $\Rightarrow V_A = \boxed{63kN}$

$\sum F_{/yy'} = 0 \Rightarrow V_A + V_B - (30 \times 3) - (20 \times 2) - 40 = 0 \Rightarrow V_A + V_B = 170kN$

العلاقة محققة

03.50 ---------- **2) معادلات الجهد القاطع (T) وعزم الانحناء (M_f):** ----------

- $0 \le x \le 3$

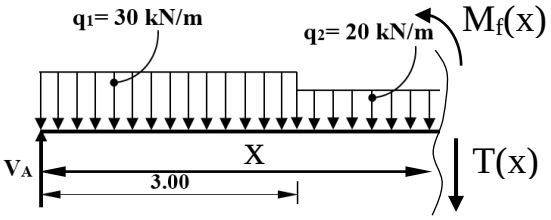


0.50 $T(x) = -30 \times x + 63 \Rightarrow \boxed{T(x) = -30x + 63}$

0.50 $M_f(x) = -30 \times \frac{x^2}{2} + 63 \times x \Rightarrow \boxed{M_f(x) = -15x^2 + 63x}$

x(m)	0	3
T(kN)	63	-27
M_f (kN.m)	0	54

- $3 \le x \le 5$



$T(x) = -30 \times 3 + 63 - 20(x - 3)$

0.50 $\Rightarrow \boxed{T(x) = -20x + 33}$

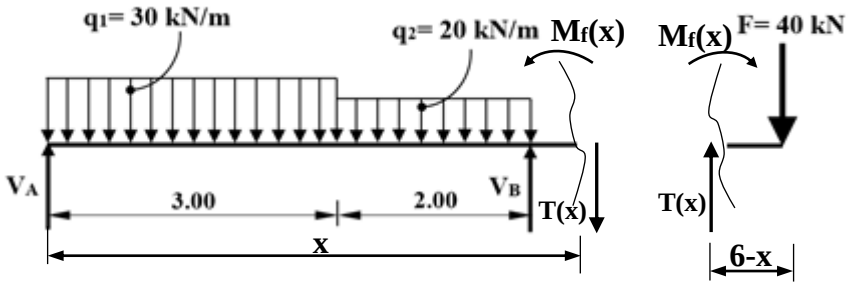
$M_f(x) = -30 \times 3(x - 1.5) + 63x - 20\frac{(x-3)^2}{2}$

0.50 $\Rightarrow \boxed{M_f(x) = -10x^2 + 33x + 45}$

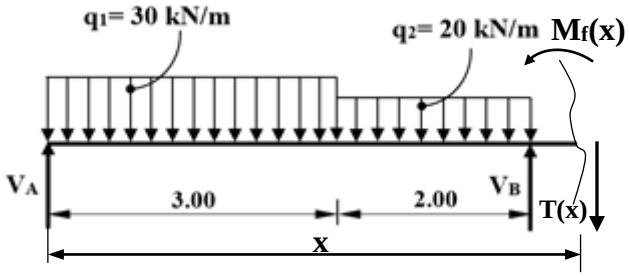
x(m)	3	5
T(kN)	-27	-67
M_f(kN.m)	54	-40

0.25

- $5 \le x \le 6$



- **الطريقة الأولى: نختار الجزء المقطوع على اليسار**



$$T(x) = V_A - (q_1 \times 3) - (q_2 \times 2) + V_B$$

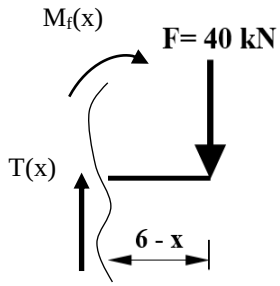
$$T(x) = 63 - 90 - 40 + 107 \rightarrow \boxed{T(x) = 40}$$

$$M_f(x) = (V_A.x) - (q_1 \times 3)(x - 1.5) - (q_2 \times 2)(x - 4) + V_B.(x - 5)$$

$$M_f(x) = 63x - 90x + 135 - 40x + 160 + 107x - 535$$

$$\rightarrow \boxed{M_f(x) = 40x - 240}$$

- **الطريقة الثانية: نختار الجزء المقطوع على اليمين**



$$\boxed{T(x) = 40}$$

$$M_f(x) + 40(6 - x) = 0 \Rightarrow M_f(x) = -40(6 - x)$$

$$\boxed{M_f(x) = 40x - 240}$$

x(m)	5	6
T(kN)	40	40
M_f(kN.m)	-40	0

0.50
0.50
0.25

3) حساب عزم الانحناء الأعظمي: ----------

0.50

من خلال المجال [0 ; 3]: $T(0) > 0$ ، $T(3) < 0$

0.25

ومنه:

$$T(x) = 0 \Rightarrow -30x + 63 = 0 \Rightarrow x = 2.1m$$

0.25

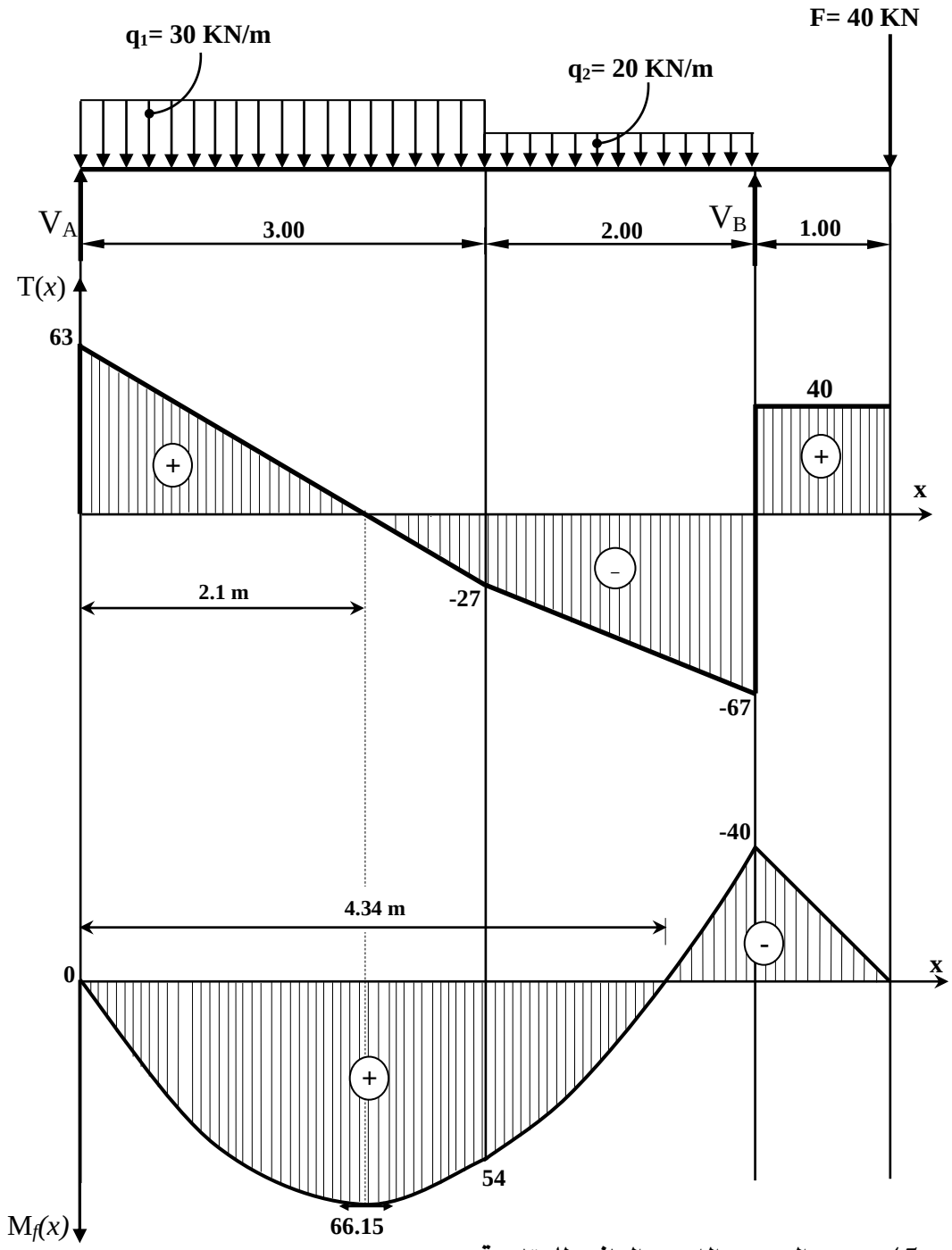
$$M_f(2.1) = 66.15kN.m \rightarrow \boxed{M_{f\,max} = 66.15kN.m}$$

نقاط مساعدة في رسم منحنى عزم الانحناء $M_f(x)$:

- في المجال [3 ; 5]: $M_f(x) = 0 \rightarrow x = 4.34m$

01

4) المنحنيات البيانية للجهد القاطع وعزم الانحناء:



0.50

0.50

0.25

5) تحديد المجنب اللازم والكافي للمقاومة:

$$\sigma_{max} \le \overline{\sigma} \Rightarrow \frac{M_{max}}{W_{/xx'}} \Rightarrow W_{/xx'} \ge \frac{M_{max}}{\overline{\sigma}}$$

0.25

$$\Rightarrow W_{/xx'} \ge \frac{66.15 \times 10^4}{1600} \Rightarrow W_{/xx'} \ge 413.44$$

من الجدول نختار $W_{/xx'} = 428.9\ cm^3$ وبالتالي المجنب المناسب IPE270

06

البناء :

النشاط الأول: عموميات حول الطبوغرافيا (05 نقاط)

01.25 **1) حساب مساحة القطعة ABCD:**

0.50 $$S_{ABCD}=\frac{1}{2}\left[X_A\left(Y_D-Y_B\right)+X_B\left(Y_A-Y_C\right)+X_C\left(Y_B-Y_D\right)+X_D\left(Y_C-Y_A\right)\right]$$

0.50 $$S_{ABCD}=\frac{1}{2}\left[35(20-60)+40(30-60)+90(60-20)+110(60-30)\right]$$

0.25 $$\boxed{S_{ABCD}=2150cm^2}$$

01.50 **2) حساب السمت الاحداثي G_{AD}:**

0.25 $$\Delta X_{AD}=X_D-X_A=110-35\rightarrow\boxed{\Delta X_{AD}=75}$$

0.25 $$\Delta Y_{AD}=Y_D-Y_A=20-30\rightarrow\boxed{\Delta Y_{AD}=-10}$$

0.25 $$\tan g=\frac{|\Delta X_{AD}|}{|\Delta Y_{AD}|}=\frac{|75|}{|-10|}=7.5$$

0.25 $$\rightarrow\boxed{g=91.56gr}$$

0.25 $$\left.\begin{matrix}\Delta X_{AD}>0\\ \Delta Y_{AD}<0\end{matrix}\right\}\Rightarrow G_{AD}=200-g=200-91.56$$

0.25 $$\rightarrow\boxed{G_{AD}=108.44gr}$$

0.50 – **حساب المسافة L_{AD}:**

0.25 $$L_{AD}=\sqrt{\Delta X_{AD}{}^2+\Delta Y_{AD}{}^2}$$

0.25 $$L_{AD}=\sqrt{75^2+(-10)^2}\rightarrow\boxed{L_{AD}=75.66m}$$

01.75 **3) ـأ استنتاج ترتيب النقطة F:**

0.25 من خلال الشكل وبما أن النقطة F تنتمي إلى الضلع BC فإن: $Y_F=Y_B=Y_C=60m$

3) ـب حساب فاصلة النقطة F:

0.25 $$S_{ABFE}=S_{EFCD}=\frac{1}{2}S_{ABCD}=1075m^2$$

0.50 $$S_{ABFE}=\frac{1}{2}\left[X_A\left(Y_E-Y_B\right)+X_B\left(Y_A-Y_F\right)+X_F\left(Y_B-Y_E\right)+X_E\left(Y_F-Y_A\right)\right]$$

0.25 $$1075=\frac{1}{2}\left[35(25-60)+40(30-60)+X_F(60-25)+72.5(60-30)\right]$$

$$1075=\frac{1}{2}\left[35X_F-250\right]$$

0.50 $$X_F=\frac{2400}{35}\rightarrow\boxed{X_F=68.57m}$$

05 **النشاط الثاني: المنشأ العلوي (03 نقاط)**

03 – **تسمية العناصر:**

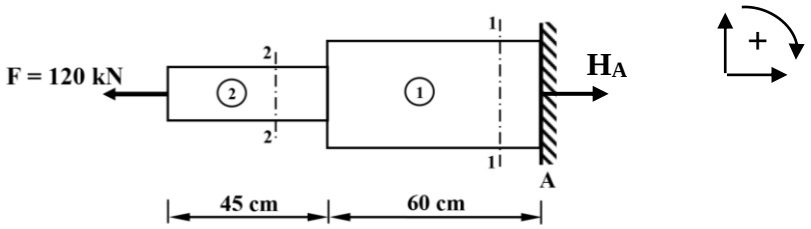
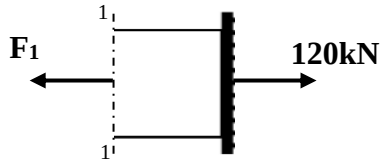
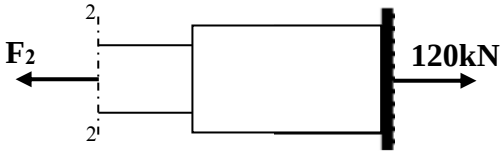
0.75 × 4

1- القائمة 2- النائمة (أو الدرجة)

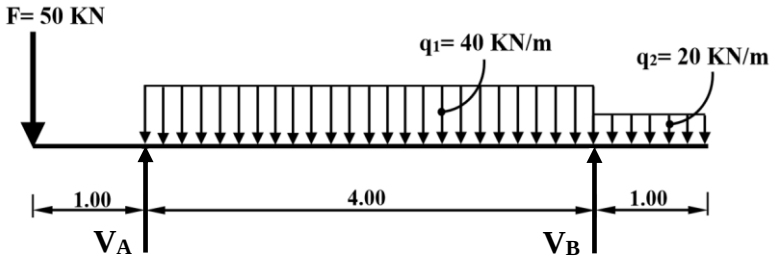
3- الفاصل (أو منبسط الراحة) 4- الحصيرة .و يقبل الجواب التالي : (القلبة)

03

20

عناصر الإجابة (الموضوع الثاني)	العلامة مجزأة	العلامة مجموع
ميكانيك تطبيقية:		
النشاط الأول: التحريضات البسيطة (05 نقاط)		
1) حساب رد فعل الوثاقة H_A:		**0.75**
$\sum F_{/xx'} = 0 \Rightarrow H_A - 120 = 0 \rightarrow \boxed{H_A = 120kN}$	0.25	
	0.5	
2) حساب الجهود الداخلية في الجسمين 1 و2:		**01**
- القطع 1-1:  $\sum F_{/xx'} = 0 \Rightarrow 120 - F_1 = 0 \rightarrow \boxed{F_1 = 120kN}$	0.25x2	
- القطع 2-2:  $\sum F_{/xx'} = 0 \Rightarrow 120 - F_2 = 0 \rightarrow \boxed{F_2 = 120kN}$	0.25x2	
3) حساب الإجهادات الناظمية في الجسمين 1 و2:		**01.50**
$\sigma_1 = \frac{N_1}{S_1} = \frac{120 \times 10^2}{3.14 \times \frac{20^2}{4}} \rightarrow \boxed{\sigma_1 = 38.22daN/cm^2}$	0.25x3	
$\sigma_2 = \frac{N_2}{S_2} = \frac{120 \times 10^2}{3.14 \times \frac{10^2}{4}} \rightarrow \boxed{\sigma_2 = 152.87daN/cm^2}$	0.25x3	
4) حساب التشوه الطولي للجملة ΔL:		**01.75**
$\sigma_1 = E_1 \times \varepsilon_1 = E_1 \times \frac{\Delta L_1}{L_1} \rightarrow \Delta L_1 = \frac{\sigma_1 \times L_1}{E_1} = \frac{38.22 \times 60}{2.1 \times 10^6} \rightarrow \boxed{\Delta L_1 = 1.09 \times 10^{-3} cm}$	0.25x3	
$\sigma_2 = E_2 \times \varepsilon_2 = E_2 \times \frac{\Delta L_2}{L_2} \rightarrow \Delta L_2 = \frac{\sigma_2 \times L_2}{E_2} = \frac{152.87 \times 45}{0.9 \times 10^6} \rightarrow \boxed{\Delta L_2 = 7.64 \times 10^{-3} cm}$	0.25x3	
$\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2 = 1.09 \times 10^{-3} + 7.64 \times 10^{-3}$ $\boxed{\Delta L = 8.73 \times 10^{-3} cm = 8.73 \times 10^{-2} mm}$	0.25	
		05

النشاط الثاني: الانحناء البسيط المستوي (07 نقاط)



01 1) **حساب ردود الأفعال:**

$\sum F_{/XX'} = 0 \Rightarrow \boxed{H_B = 0}$

0.50 $\sum M_{/A} = 0 \Rightarrow (-V_B \times 4) + (40 \times 4 \times 2) + (20 \times 1 \times 4.5) - (50 \times 1) = 0$

$\Rightarrow V_B = \boxed{90kN}$

0.50 $\sum M_{/B} = 0 \Rightarrow (V_A \times 4) - (40 \times 4 \times 2) + (20 \times 1 \times 0.5) - (50 \times 5) = 0$

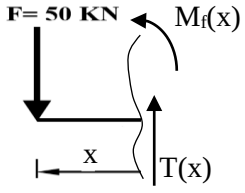
$\Rightarrow V_A = \boxed{140kN}$

$\sum F_{/yy'} = 0 \Rightarrow V_A + V_B - 50 - (40 \times 4) - (20 \times 1) \Rightarrow V_A + V_B = 230kN$

العلاقة محققة

03.50 2) **معادلات الجهد القاطع (T) وعزم الانحناء (M_f):**

- $0 \le x \le 1$

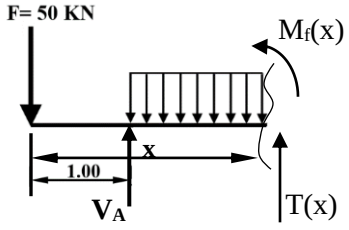


0.50 $\boxed{T(x) = -50}$

0.50 $\boxed{M_f(x) = -50x}$

x(m)	0	1
T(kN)	-50	-50
M_f (kN.m)	0	-50

- $1 \le x \le 5$



0.50 $T(x) = -50 + 140 - 40(x-1)$

$\Rightarrow \boxed{T(x) = -40x + 130}$

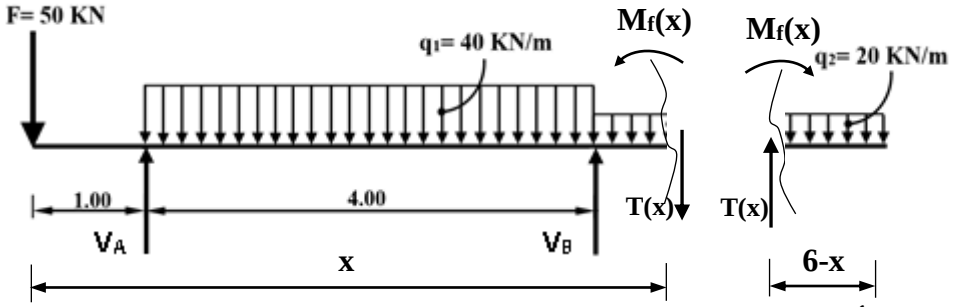
0.50 $M_f(x) = -50x + 140(x-1) - \frac{40}{2}(x-1)^2$

$\Rightarrow \boxed{M_f(x) = -20x^2 + 130x - 160}$

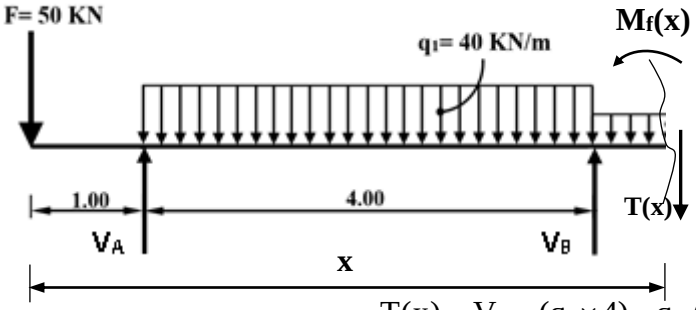
0.25

x(m)	1	5
T(kN)	90	-70
M_f(kN.m)	-50	-10

- $5 \le x \le 6$



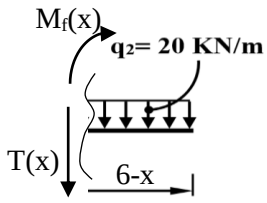
- **الطريقة الأولى: نختار الجزء المقطوع على اليسار**



$$T(x) = V_A - (q_1 \times 4) - q_2.(x-5) + V_B - 50$$
$$T(x) = 140 - (40 \times 4) - 20(x-5) + 90 - 50$$
$$\rightarrow \boxed{T(x) = -20x + 120}$$

$$M_f(x) = V_A.(x-1) - (q_1 \times 4)(x-3) - q_2.\frac{(x-5)^2}{2} + V_B.(x-5) - 50.x$$
$$M_f(x) = 140x - 140 - 160x + 480 - 10x^2 - 250 + 100x + 90x - 450 - 50x$$
$$\rightarrow \boxed{M_f(x) = -10x^2 + 120x - 360}$$

الطريقة الثانية: نختار الجزء المقطوع على اليمين



$$T(x) = 20(6-x)$$
$$\boxed{T(x) = -20x + 120}$$

0.50

$$M_f(x) + \frac{20}{2}(6-x)^2 = 0 \Rightarrow M_f(x) = -20(36 + x^2 - 12x)$$
$$\boxed{M_f(x) = -10x^2 + 120x - 360}$$

0.50

x(m)	5	6
T(kN)	20	0
M_f(kN.m)	-10	0

0.25

3) حساب عزم الانحناء الأعظمي: ---------- **0.50**

من خلال المجال [5 ; 1]: $T(1) > 0$ ، $T(5) < 0$

ومنه:

$$T(x) = 0 \Rightarrow -40x + 130 = 0 \Rightarrow x = 3.25m$$

0.25

$$M_f(x) = -20x^2 + 130x - 160$$

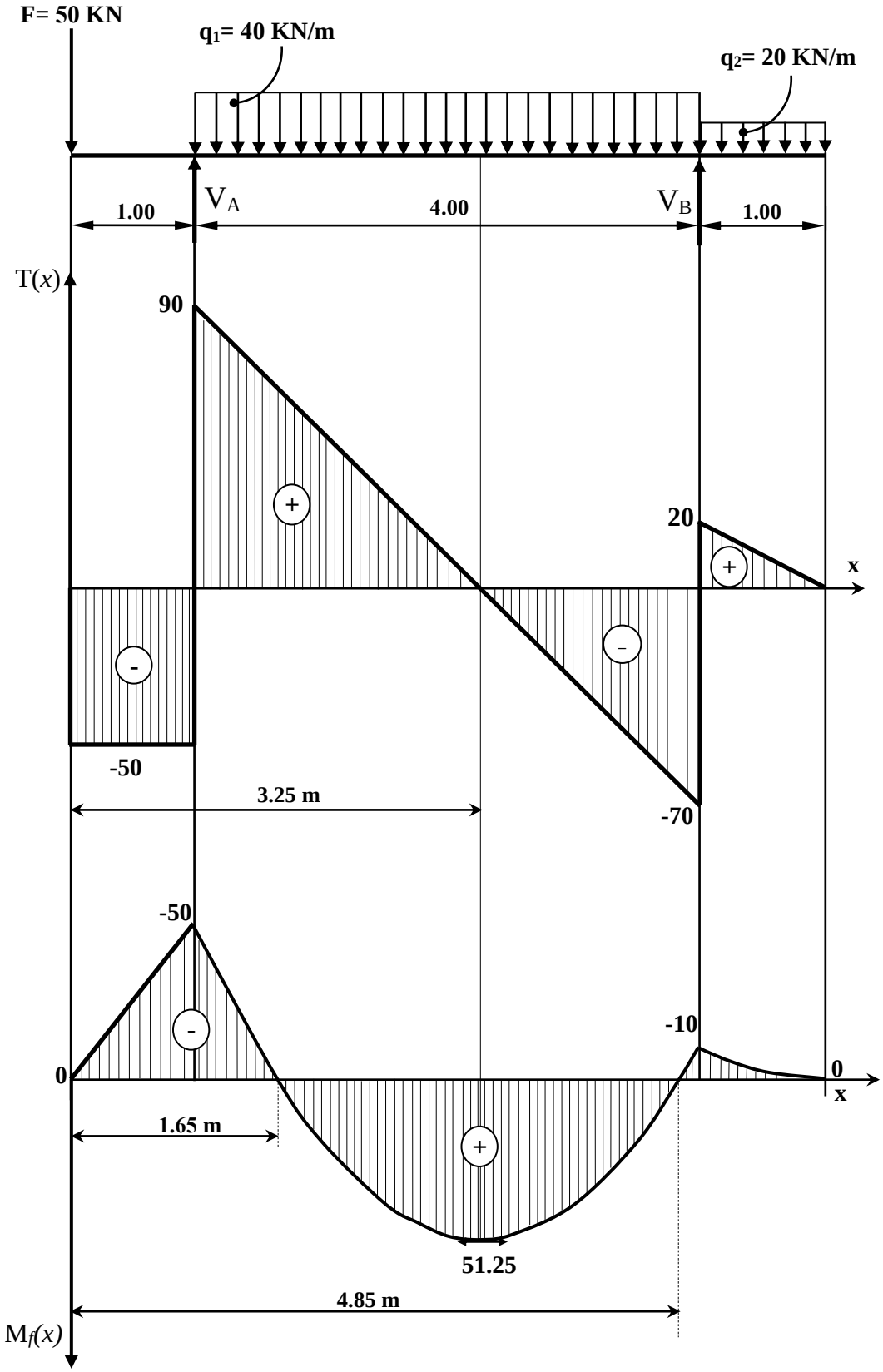
0.25

$$M_f(3.25) = 51.25kN.m \rightarrow \boxed{M_{f\,max} = 51.25kN.m}$$

نقاط مساعدة في رسم منحنى عزم الانحناء $M_f(x)$

- في المجال [5 ; 1]: $M_f(x)=0 \rightarrow \begin{cases} x_1 = 1.65m \\ x_2 = 4.85m \end{cases}$

01.50 ---------- **4) المنحنيات البيانية للجهد القاطع وعزم الانحناء:**



0.25 × 3

0.25 × 3

0.50 ---------- **5) – أ -التحقق من مقاومة المجنب IPN220:** ----------

من الجدول: $IPN220 \rightarrow W_{/xx'} = 278cm^3$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_{/xx'}} = \frac{51.25\times10^4}{278} = 1843daN/cm^2$$

0.25 $\rightarrow \boxed{\sigma_{max} > \overline{\sigma}}$

إذن المجنب IPN220 لا يحقق شرط المقاومة

5) – ب -تحديد المجنب اللازم والكافي للمقاومة:

$$\sigma_{max} \leq \overline{\sigma} \rightarrow \frac{M_{max}}{W_{/xx'}} \rightarrow W_{/xx'} \geq \frac{M_{max}}{\overline{\sigma}}$$

0.25 $$\rightarrow W_{/xx'} \geq \frac{51.25\times10^4}{1600} \rightarrow W_{/xx'} \geq 320.31$$

من الجدول نختار $W_{/xx'} = 354\ cm^3$ وبالتالي المجنب المناسب IPN240

07

البناء:

النشاط الأول: عموميات حول الطبوغرافيا (03 نقاط)

01.50 ---------- **1) حساب السمت الاحداثي G_{AB}:** ----------

0.25 $\Delta X_{AB} = X_B - X_A = 90-30 \rightarrow \boxed{\Delta X_{AB} = 60}$

0.25 $\Delta Y_{AB} = Y_B - Y_A = 60-30 \rightarrow \boxed{\Delta Y_{AB} = 30}$

0.25 $$\tan g = \frac{|\Delta X_{AB}|}{|\Delta Y_{AB}|} = \frac{|60|}{|30|} = 2$$

0.25 $\rightarrow g = 70.48gr$

0.25 $\left.\begin{matrix}\Delta X_{AB} > 0 \\ \Delta Y_{AB} > 0\end{matrix}\right\} \Rightarrow G_{AB} = g$

0.25 $\rightarrow \boxed{G_{AB} = 70.48gr}$

0.50 ---------- **– حساب المسافة L_{AB}:** ----------

0.25 $L_{AB} = \sqrt{\Delta X_{AB}^{\ 2} + \Delta Y_{AB}^{\ 2}}$

0.25 $L_{AB} = \sqrt{60^2 + 30^2} \rightarrow \boxed{L_{AB} = 67.08m}$

01 ---------- **2) حساب الإحداثيات القائمة للنقطة C:** ----------

0.25 $X_C = X_A + L_{AC} \times \sin G_{AC} = 30 + 56.57 \times \sin 150$

0.25 $\rightarrow \boxed{X_C = 70m}$

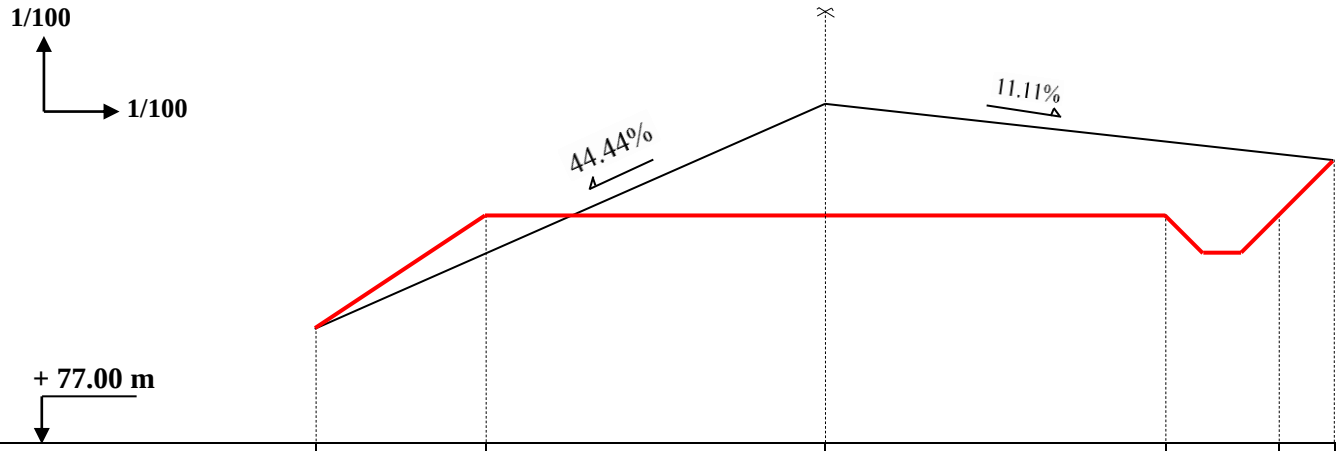
0.25 $Y_C = Y_A + L_{AC} \times \cos G_{AC} = 30 + 56.57 \times \cos 150$

0.25 $\rightarrow \boxed{Y_C = -10m}$

الإحداثيات القائمة للنقطة C: C(70 ; -10)

03

		النشاط الثاني: الطرق (05 نقاط)
0.75	0.25× 3	– مناسيب الأرض الطبيعية ----------
01	0.25× 4	– مناسيب خط المشروع ----------
0.50	0.25× 2	– الميول ----------
0.25	0.25	– المسافة الجزئية ----------
01.25	0.25× 5	– المسافات المتراكمة ----------
0.50	0.50	– رسم خط الأرض ----------
0.50	0.50	– رسم خط المشروع ----------
0.25	0.25	– إدراج سلم الرسم (و/ أو استعمال الألوان المعتمدة للحفر والردم) ----------
05		
20		



مناسيب خط الأرض الطبيعية	**78.50**	**79.50**	**81.50**	**81.00**	**80.83**	**80.75**
مناسيب خط المشروع	**78.50**	**80.00**	**80.00**	**80.00**	**80.00**	**80.75**
المسافات الجزئية	2.25		4.50	4.50	1.50	**0.75**
المسافات المتراكمة	**6.75**	**4.50**	**0.00**	**4.50**	**6.00**	**6.75**