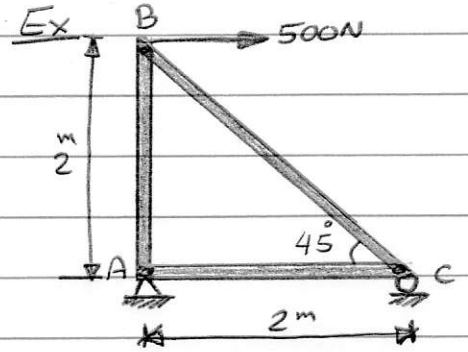
## 6.2. The Method of Joints  طريقة المفاصل

تستند هذه الطريقة الى انه " اذا كان كل الجملون truss في حالة توازن equilibrium فأن كل مفصل joint من مفاصله هو ايضاً في حالة توازن ".

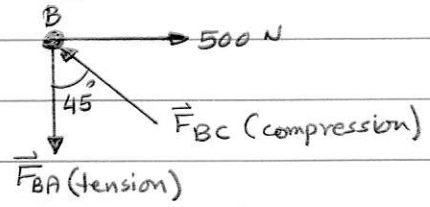
لذلك يمكن رسم (FBD) لكل مفصل وتطبيق معادلات التوازن لهذه لايجاد القوى في العناصر members المرتبطة بالمفصل . اذن :-

$$\Sigma F_x = 0 \quad \text{and} \quad \Sigma F_y = 0$$




* مثلاً ، المفصل (B) في الشكل ، هناك ثلاث قوى تعمل على هذا المفصل ( القوة 500N ، القوة المسلطة من العنصر BA ، القوة المسلطة من العنصر BC ).

* رسم (FBD) للمفصل (B) هو :-




* من رسم (FBD) يتبين بأن :-

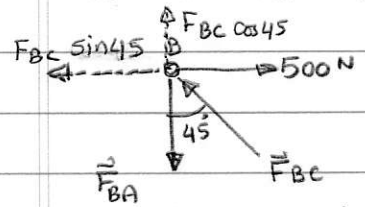
- القوة $\vec{F}_{BA}$ تسلط سحب (pulling) على المفصل ، لذلك فأن العنصر (BA) هو في حالة شد (Tension).
- القوة $\vec{F}_{BC}$ تسلط دفع (pushing) على المفصل ، لذلك فأن العنصر (BC) هو في حالة انضغاط (compression).

* عند استخدام طريقة المفاصل (method of Joints) دائماً نبدأ بمفصل له على الاقل قوة مجهولة واحدة أو على الاكثر قوتين مجهولتين . بهذه الطريقة فأن استخدام $\Sigma F_x=0$ , $\Sigma F_y=0$ سيؤدي للحصول على معادلتين يمكن من خلال حل هاتين المعادلتين ايجاد المجاهيل .

* عند تطبيق معادلات التوازن $\Sigma F_x=0$, $\Sigma F_y=0$ فأن الاتجاه الصحيح للقوة في اي عنصر (member) يمكن الحصول عليه بأستخدام احدى الطريقتين ادناه :-

أ- الطريقة الأولى :- التحري أو الاستقصاء (Inspection)

- من شكل العناصر وارتباطها بالمفصل والقوى المعلومة المؤثرة على المفصل، يمكن الاستنتاج لاتجاهات القوى المجهولة.
- مثلاً، القوة ($\vec{F}_{BC}$) يجب ان تدفع (push) المفصل (B) وتسبب (compression) في العنصر لأن مركبة هذه القوة على محور (x) وهي ($F_{BC}\sin 45$) يجب ان تعادل القوة المعلومة البالغة (500N) لكي تتحقق $\Sigma F_x = 0$




(تحليل القوة $\vec{F}_{BC}$ الى مركباتها هو :- $F_{BC}\sin 45$ وتعمل ←
$F_{BC}\cos 45$ وتعمل ↑ )

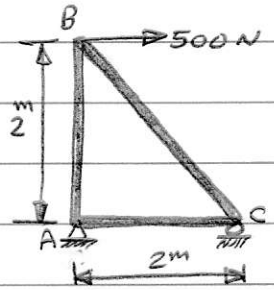
- بناءاً على ذلك، فأن القوة $\vec{F}_{BA}$ يجب ان تعمل للاسفل (شد على المفصل B) لكي تعادل المركبة العمودية $F_{BC}\cos 45$ لكي تتحقق معادلة التوازن $\Sigma F_y = 0$ (وبذلك يكون العنصر BA في حالة شد)
- في الحالات الاكثر تعقيداً، يمكن ان نفرض اتجاه القوة، ثم نتحقق الاتجاه مع الناتج النهائي (اذا كان الناتج موجب فالاتجاه المفروض صحيح، واذا كان الناتج سالب يتم عكس الاتجاه المفروض مسبقاً).

ب- الطريقة الثانية :- نفرض شد دائماً (members in tension)

- في هذه الطريقة، نفرض دائماً القوى المجهولة في العناصر members تسلط سحب (pull) على المفصل (Joint).
- بعد حل معادلات التوازن عند المفصل، فأن القيم العددية الناتجة للقوى ستشير الى حالتها، فاذا كان الناتج العددي موجب فأن العنصر في حالة شد tension واذا كان الناتج العددي سالب فأن العنصر في حالة انضغاط compression.
- بعد تحديد مقدار واتجاه القوة في اي عنصر، نستخدم ذلك المقدار والاتجاه الصحيحين على بقية العناصر في الهيكل (truss).
- نتذكر دائماً ان :-

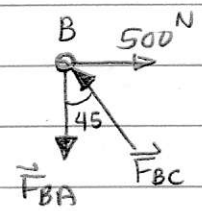
ملاحظة:
- العنصر (member) الذي يكون في حالة (compression) سوف يدفع (push) المفصل (joint).
- العنصر (member) الذي يكون في حالة (tension) سوف يسحب (pull) المفصل (joint).
- نبدأ دائماً من مفصل (joint) فيه على الاكثر مجهولين (وعلى الاقل مجهول واحد)

**Ex** Determine the force in each member of the truss shown in figure, and indicate (حدد) whether the members are in tension or compression.

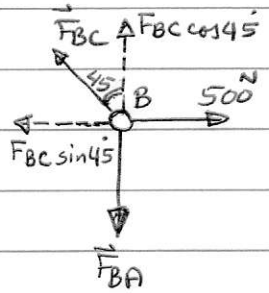



**Solution**

* المطلوب إيجاد القوى في كل عنصر (AC ، BC ، BA) وتحديد إن كانت هذه العناصر في حالة شد (tension) أو انضغاط (compression).
* سيتم استخدام طريقة (Method of joints) لحل المسألة. هذه الطريقة تفترض إن المفاصل (joints) هي في حالة توازن.
* البداية من مفصل (B) لان في هذا المفصل هنالك قوة معلومة ($500^N \rightarrow$) وقوتان مجهولتان (BA ، BC) لذلك يمكن تطبيق معادلات التوازن $\Sigma F_x = 0$, $\Sigma F_y = 0$ عند هذا المفصل لإيجاد القوى المجهولة.
* نرسم (FBD) للمفصل (B) مؤشراً عليه كل القوى (المعلومة والمجهولة):-
* تم أخذ القوة المسلطة من العنصر (BC) على المفصل (B) بالاتجاه (↖) من خلال طريقة التحري (أو الاستقصاء) لأن المفصل (B) لكي يكون في حالة توازن فأن المركبة الافقية للقوة ($\vec{F}_{BC}$) يجب ان تكون بالاتجاه (←) لكي توازن القوة ($500^N \rightarrow$)

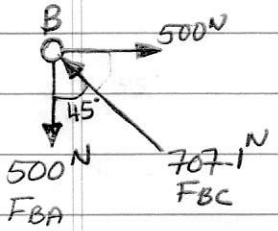



* بناءاً على ذلك، فأن المركبة العمودية للقوة ($\vec{F}_{BC}$) ستكون بالاتجاه (↑)
* نطبق معادلات التوازن عند المفصل (B):-

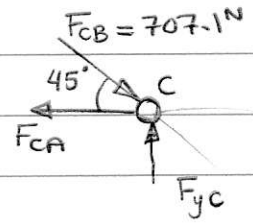



$$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow 500 - F_{BC}\sin 45 = 0$$
$$\therefore F_{BC} = 707.1\ N \nwarrow$$

$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow F_{BC}\cos 45 - F_{BA} = 0$$
$$\therefore F_{BA} = 500\ N \downarrow$$



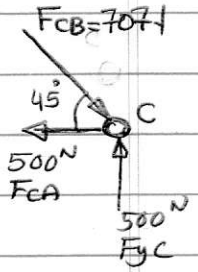

* بذلك تكون القوى المؤثرة على المفصل (B) هي:-
* ننتقل بعدها الى المفصل (C) معلوم عنده القوة $\vec{F}_{CB}$ التي تساوي القوة $\vec{F}_{BC}$ في المقدار وتعاكسها في الاتجاه، لذلك فأن القوة $\vec{F}_{CB}$ تمارس دفع على المفصل C. ويوجد ايضاً عند المفصل (C) قوتان مجهولتان ($F_{yC}$ ↑) من المسند (roller) والقوة $\vec{F}_{CA}$.




* نرسم (FBD) للمفصل (C) مؤشراً عليه كل القوى (المعلومة والمجهولة)
* القوة ($F_{CB}$) معلومة المقدار والاتجاه وهي القوة التي يسلطها العنصر (BC) على المفصل (C). (هل العنصر BC في حالة شد ام انضغاط ؟؟)
* تحليل القوة ($F_{CB}$) الى مركبتين، افقية ( $F_{CB}\cos 45 \rightarrow$ ) وعمودية ( $F_{CB}\sin 45 \downarrow$ ).
* نطبق معادلات التوازن عند المفصل (C):-

$$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow F_{CB}\cos 45 - F_{CA} = 0$$

$$\therefore F_{CA} = 707.1 * \cos 45 = 500^N \leftarrow$$




$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow F_{yC} - F_{CB}\sin 45 = 0$$

$$\therefore F_{yC} = 707.1 * \sin 45 = 500^N \uparrow$$

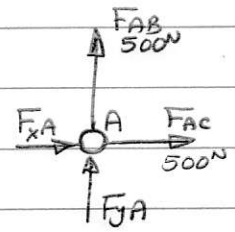
* بذلك تكون القوى المؤثرة على المفصل (C) هي:-

* ننتقل بعدها الى المفصل (A) معلوم عنده قوتين معلومتين هما:-

$$F_{AC} = 500^N \rightarrow$$

$$F_{AB} = 500^N \uparrow$$

وقوتين مجهولتين عند المسند (pin) هما ($F_{xA} \rightarrow$) و ($F_{yA} \uparrow$)



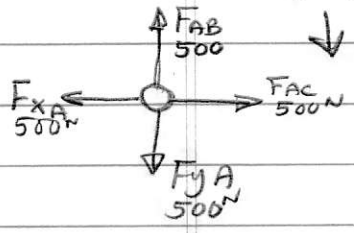

* نرسم (FBD) للمفصل (A) مؤشراً عليه كل القوى (المعلومة والمجهولة)
* نطبق معادلات التوازن عند المفصل (A):-

$$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow F_{xA} + 500 = 0 \Rightarrow \therefore F_{xA} = -500^N$$

بما ان الاشارة سالبة، فأن اتجاه $F_{xA}$ سيكون هو $\leftarrow$

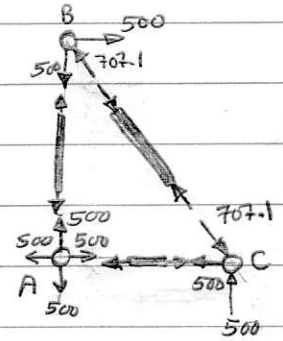
$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow F_{yA} + 500 = 0 \Rightarrow \therefore F_{yA} = -500^N$$

بما ان الاشارة سالبة، فأن اتجاه $F_{yA}$ سيكون هو $\downarrow$




* اذن (F.B.D) عند المفصل (A) هو:-

* بعد تحديد القوى عند كل المفاصل (A، C، B) يجب تحديد وضعية العناصر (AB) و (AC) و (BC) هل هي في حالة شد ام انضغاط.




* العنصر (AB) هو في حالة شد (Tension)
العنصر (BC) هو في حالة انضغاط (Compression)
العنصر (CA) هو في حالة شد (Tension)