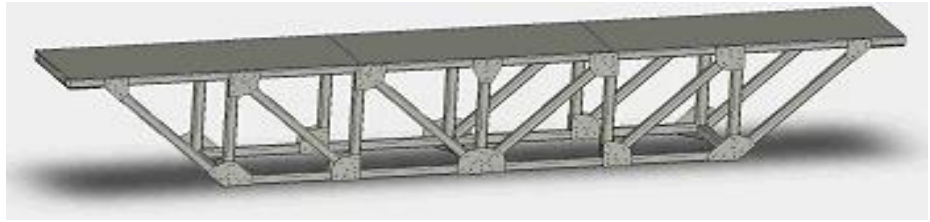
Trusses الجيزان الشبكية

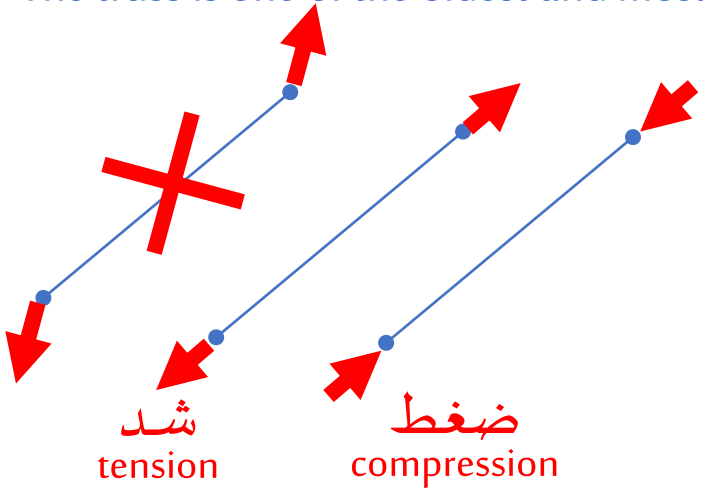
1. Introduction
2. Statically Determinate Trusses
3. Determination of the Internal Forces
   3.1. Method of Joints
   3.2. Method of Sections
4. Supplementary Examples

1. مقدمة
2. الجائز الشبكي المقرر ستاتيكياً
3. تحديد القوى الداخلية
   3.1. طريقة توازن العقد
   3.2. طريقة توازن المقطع
4. أمثلة إضافية.



Definition: A truss is a structure composed of straight slender members that are connected at their ends by pin joints. The truss is loaded only at its joints, making its members working axially.

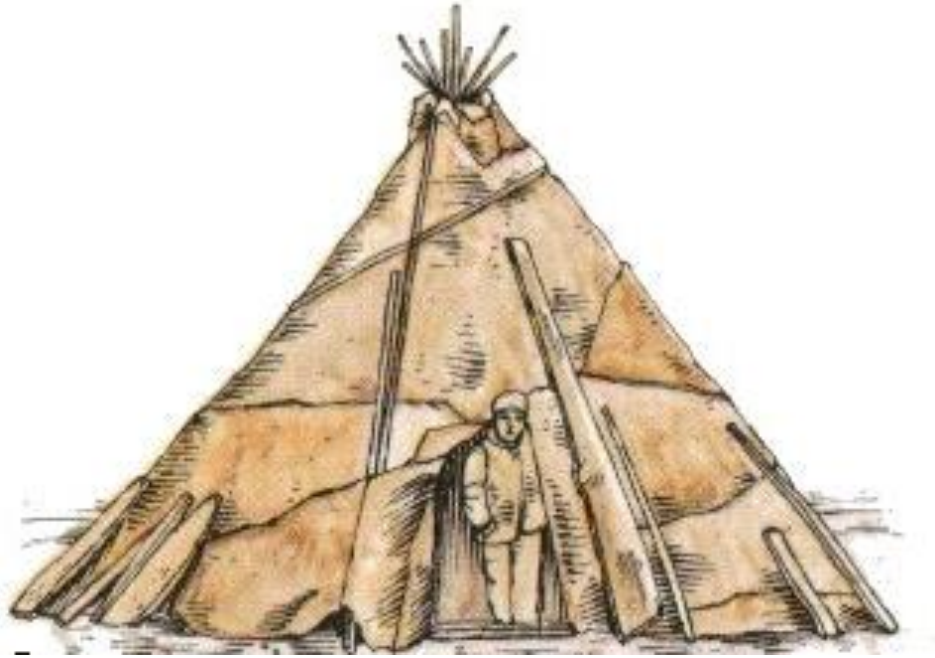
The truss is one of the oldest and most important structures in engineering applications.



تعريف: يتكون الجائز الشبكي من عناصر مستقيمة نحيلة تتصل ببعضها عند نهاياتها بواسطة عقد مفصلية مشكلة شبكة من المثلثات.

تُحصر الحمولات في العقد مما يجعل العناصرَ النحيلةَ المهملةَ الكتلةِ، تعملُ محورياً (أي: عناصر- قوتين Two-force members).

الجيزان الشبكية من أقدم الجمل الإنشائية وأكثرها انتشاراً وفعاليةً.



Using DragonPlate "carbon fiber square tubes and gussets", a very light, incredibly strong truss was built. It measures 8 feet (2.44 m) long, 16 inches (41 cm) high with a depth of 12 inches (30 cm). Weighing in at just 14 lbs. (6.35 kgf), the truss is light enough for a six year old child to lift and carry!

The truss is loaded with 35×80 lbs bags of concrete mixture, totaling a weight of 2800 lbs (1270 kgf)!

Trusses are very efficient structures

The ratio of the self weight to the load bearing capacity, is very small.

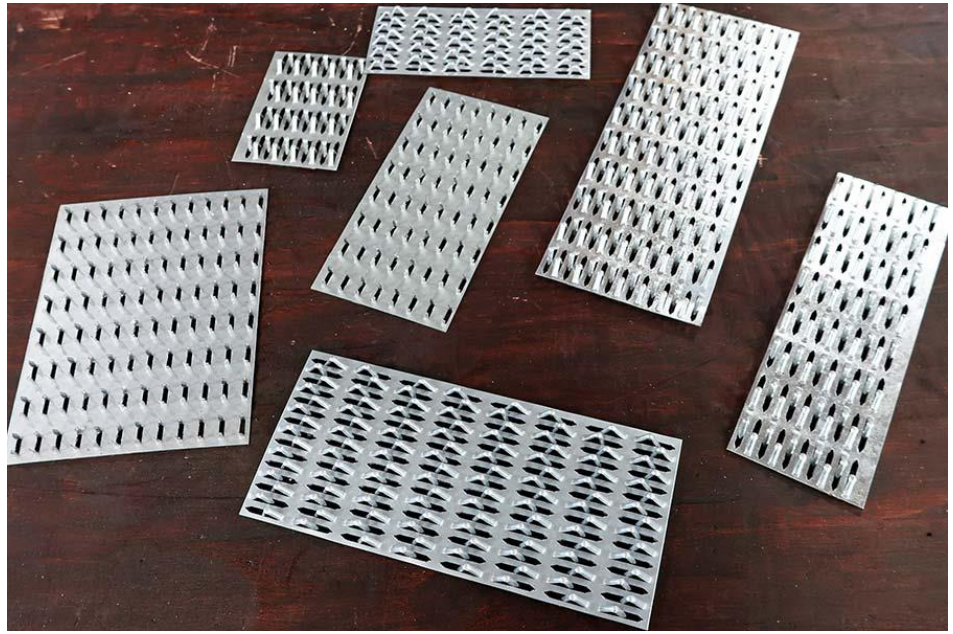
Connections

الوصلات

- البراغي
- البراشيم
- اللحام
- صفائح مسمارية
- وصلات ذكية

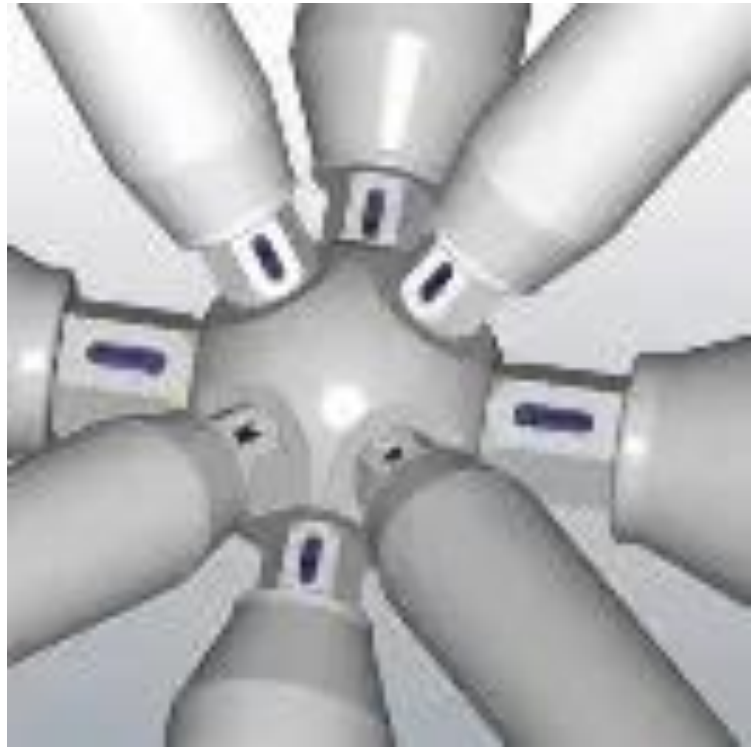
القاعدة المهمة:

التقاء محاور العناصر في نقطة واحدة من الوصلة

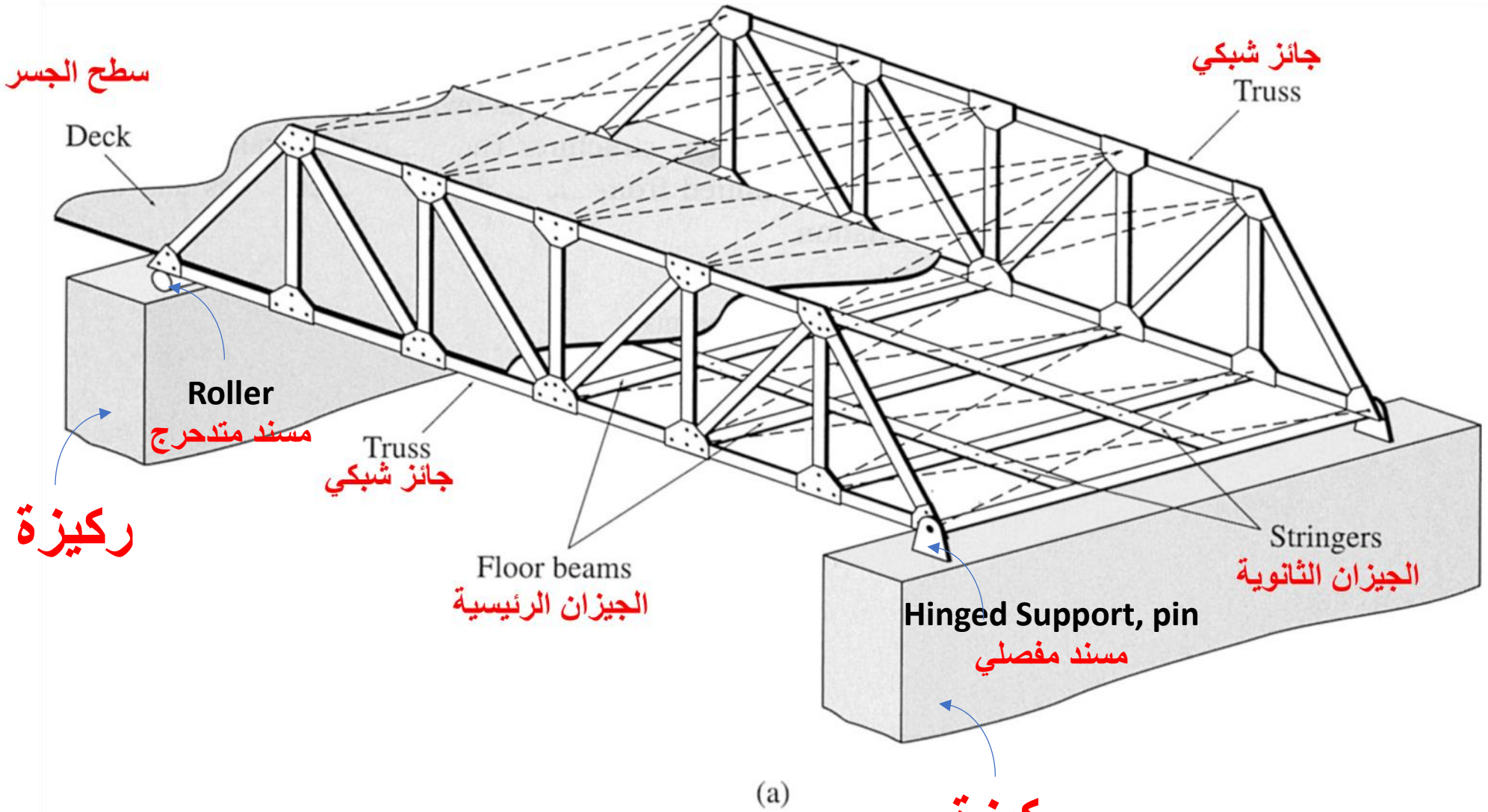


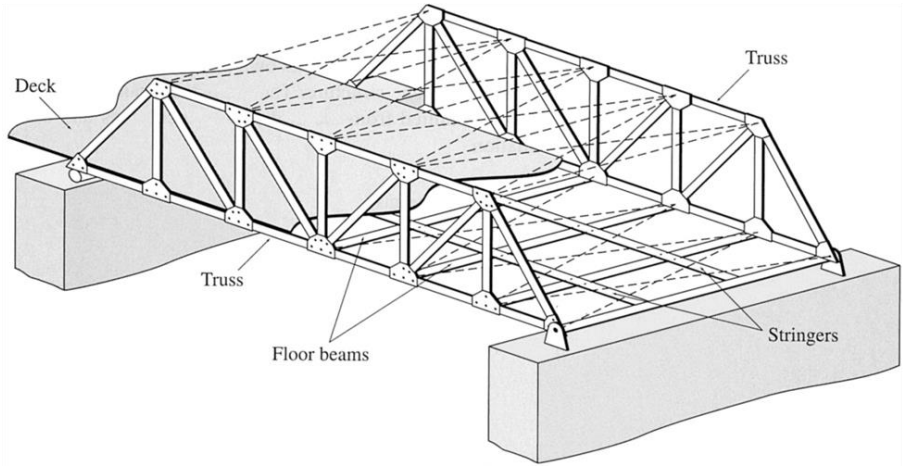
Connections

- البراغي
- البراشيم
- اللحام
- صفائح مسمارية
- وصلات ذكية

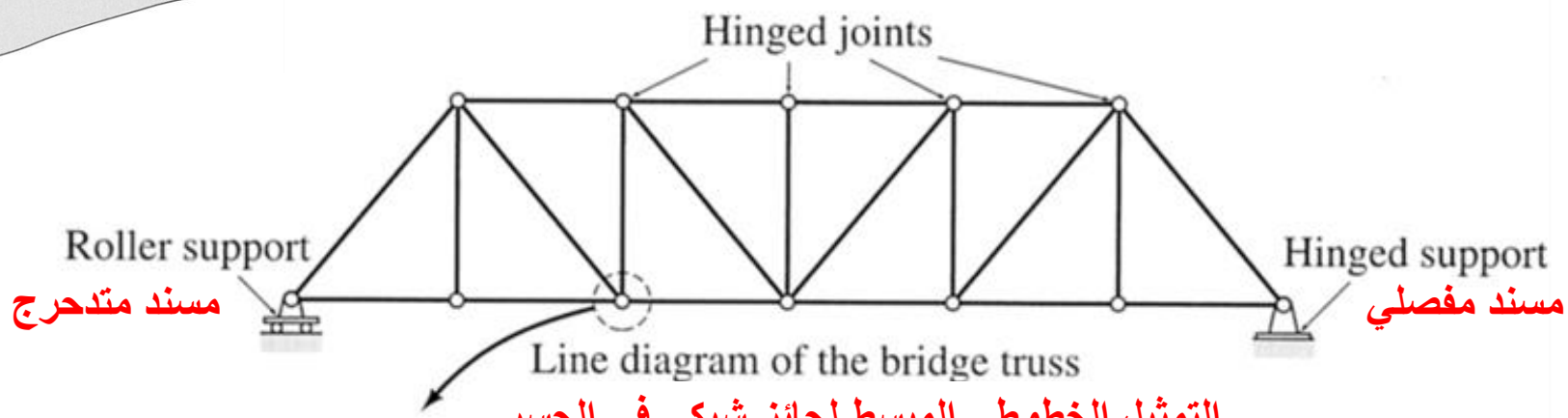


القاعدة المهمة: التقاء محاور العناصر في نقطة واحدة من الوصلة

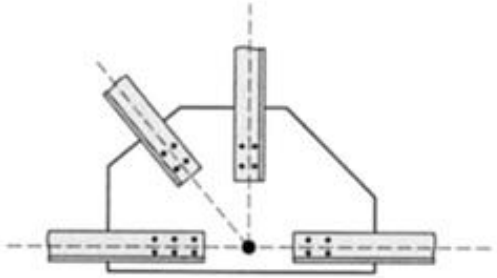

سطح الجسر
Deck
جائز شبكي
Truss
Roller
مسند متدحرج
Truss
جائز شبكي
ركيزة
Floor beams
الجيزان الرئيسية
Stringers
الجيزان الثانوية
Hinged Support, pin
مسند مفصلي
(a)
ركيزة



عقد مفصلية

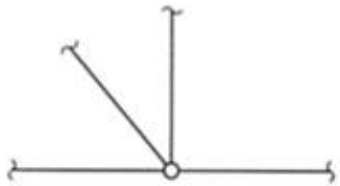


التمثيل الخطوطي المبسط لجائز شبكي في الجسر



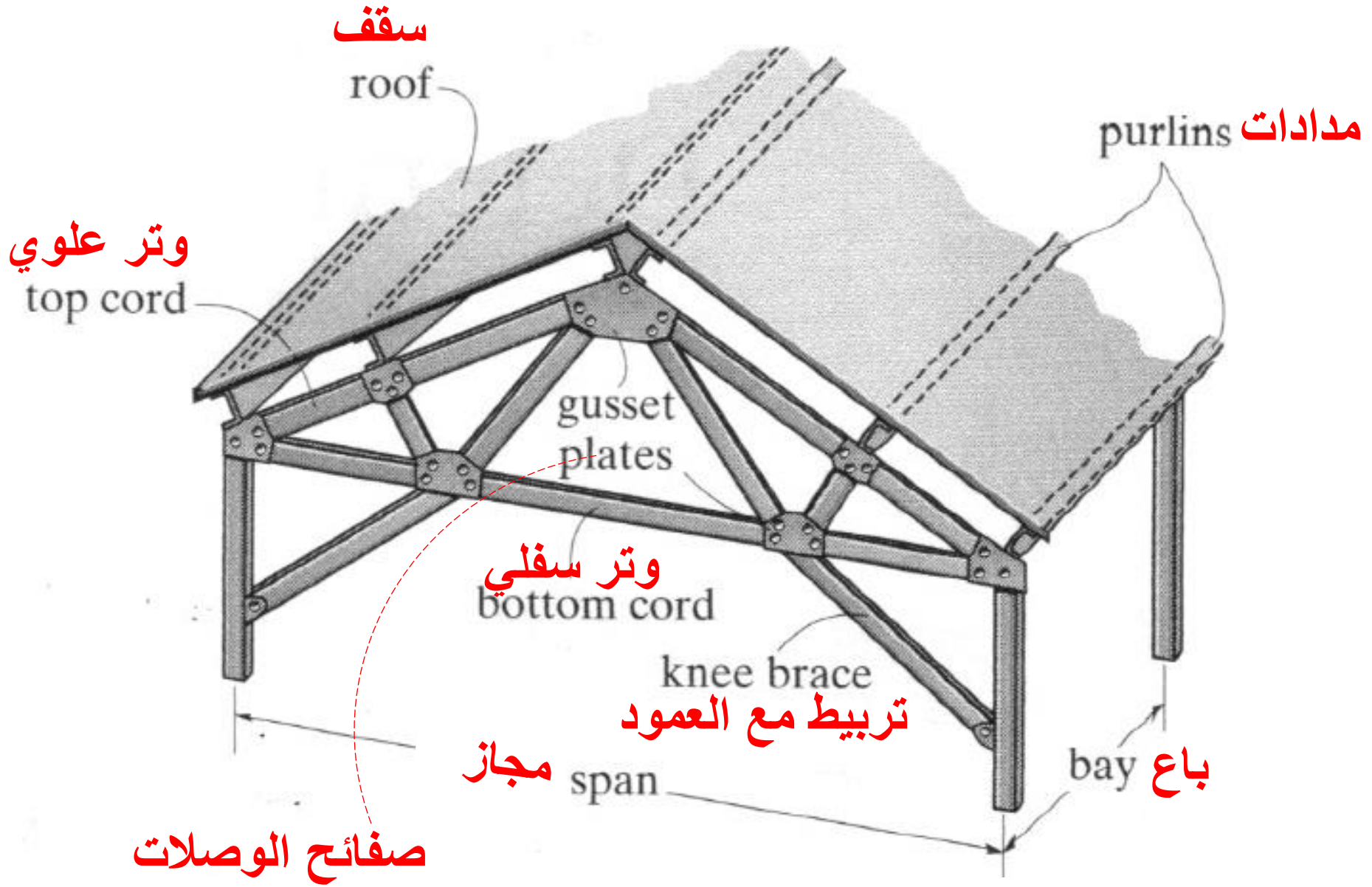
Actual bolted connection

تفصيل العقدة المفصلية



Idealized hinged connection

التمثيل الدائري المبسط للوصلة


سقف
roof
مدادات purlins
وتر علوي
top cord
gusset plates
وتر سفلي
bottom cord
knee brace
تربيط مع العمود
مجاز span
باع bay
صفائح الوصلات

Purlin
A

الخطوات الأساسية في تصميم الجائز الشبكي:

1. اختيار الأبعاد العامة للهيكل الحامل ولكل من الجيزان الشبكية المكونة له.
2. اختيار التقسيمات المناسبة للمثلثات المشكلة للجائز الشبكي الواحد.
3. تحديد أطوال عناصر الجائز الشبكي وأشكال وأبعاد صفائح الوصل
4. تحديد الحمولات الخارجية استناداً إلى وظيفة الهيكل الحامل وموقعه.
5. حساب القوة الداخلية التي ينقلها كل من عناصر الجائز الشبكي من العقد المحملة إلى العقد الأخرى ومن ثم إلى المساند.
6. اختيار مقاطع عناصر الجائز الشبكي أي تحديد أبعاده العرضية.

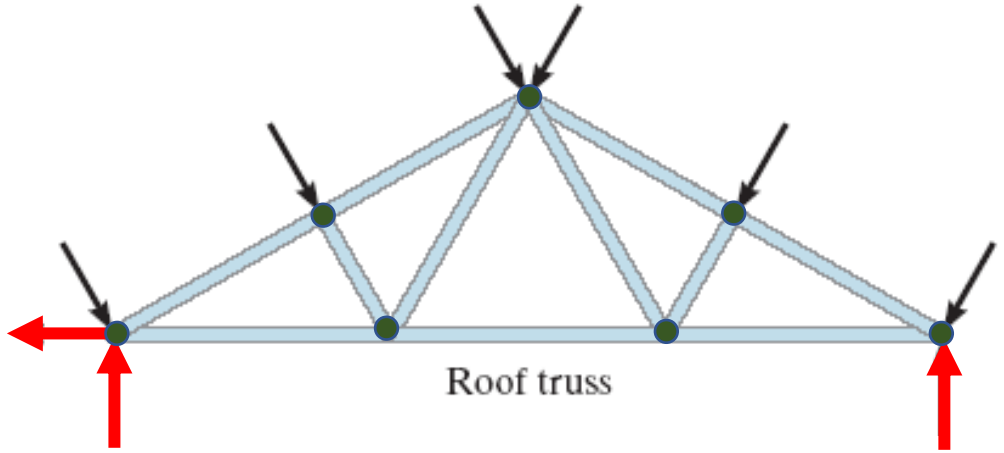
وككل عمليات التصميم الهندسي تكرر الخطوات حتى الوصول إلى الحل المناسب وفق كافة المعايير.

نترك الآن معظم هذه الخطوات لمقررات متقدمة ونركز على تعلم المهارات المطلوبة لانجاز الخطوة الخامسة التي تعتمد على معادلات التوازن، والتي تُسمى أحياناً التحليل.

2. Statically Determinate Trusses 2. الجيزان الشبكية المقررة ستاتيكياً

كي يتمكن الجائز الشبكي من نقل الحمولات إلى المساند عبر عناصره النحيلة ذات الوزن المهمل، بشكل مثالي من الضروري:

1. أن تُجمع العناصر في مفاصل ملساء تسمح عند انتقال هذه العقد، بدوران العناصر دون عائق.
2. أن تُطبق الحمولات فقط على العقد بشكل مباشر ودون أن يُحَمَّل أي من العناصر بين العقد.
3. وكي نتمكن باستخدام معادلات التوازن فقط، من حساب القوى الداخلية الناتجة عن الحمولات في عناصر الجائز الشبكي كافة، يجب أن يحقق عدد العقد j مع عدد العناصر m وعدد ردود أفعال المساند r، الشرط الموضح لاحقاً.



2. Statically Determinate Trusses

2. الجيزان الشبكية المقررة ستاتيكياً

كينماتيكياً: للحفاظ على موا قع العقد التي تتلقى الحمولات يجب تقييد حركتها أي تثبيتها.

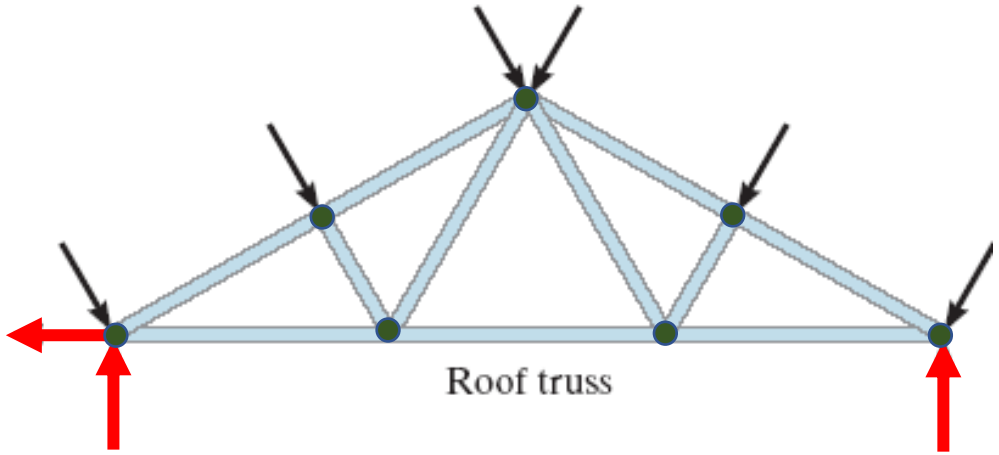
في المستوي: لكل عقدة (ممثلة كنقطة مادية) درجتي حرية. فعدد درجات الحرية لجائز يحوي j عقدة هو $2j$.

كل عنصر واصل بين عقدتين يعطي قيداً واحداً، وكل رد فعل من أحد المساند يعطي قيداً واحداً.

فإذا كان عدد العناصر m، وكان عدد ردود الأفعال r، فيكون عدد القيود الإجمالي: $m + r$.

شرط التقييد الكينماتيكي اللازم في المستوي 2D

$$m + r \geq 2j$$



شرط التقييد الكينماتيكي اللازم في الفضاء 3D هو

$$m + r \geq 3j$$

2. Statically Determinate Trusses

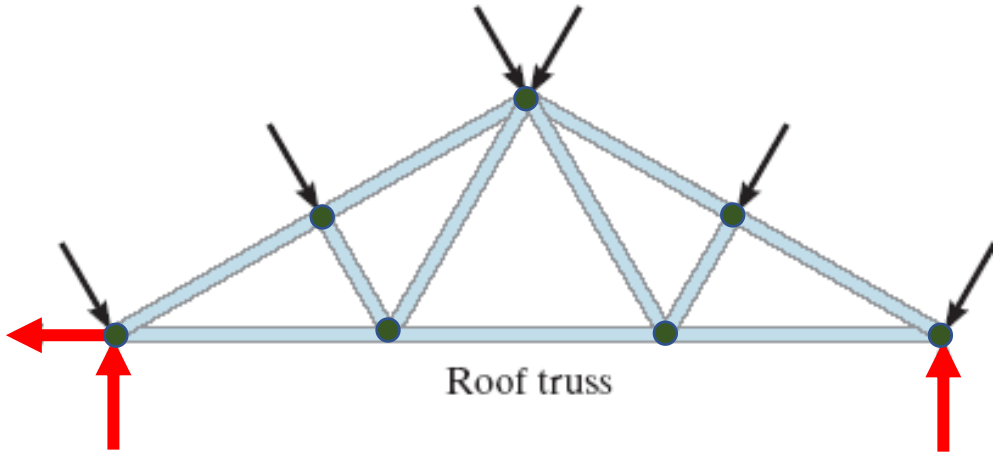
2. الجيزان الشبكية المقررة ستاتيكياً

ستاتيكياً: يكون الجائز الشبكي مقرر ستاتيكياً إذا صارت كل من المتراجحات السابقة مساواةً.

وعندئذٍ بالإمكان استخدام معادلات توازن العقد وعددها $2j$.لحساب المجاهيل وهي ردود الأفعال والقوى الداخلية في العناصر وعددها يساوي $m + r$.

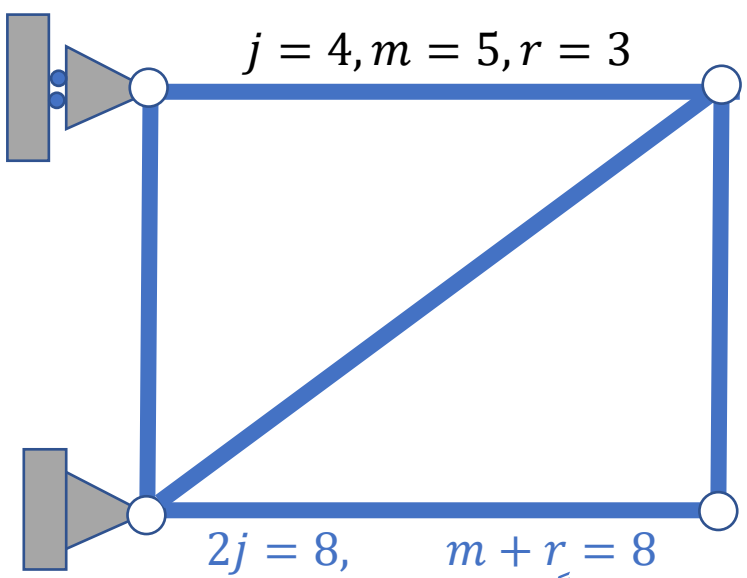
شرط التقرير الستاتيكي اللازم في المستوي 2D

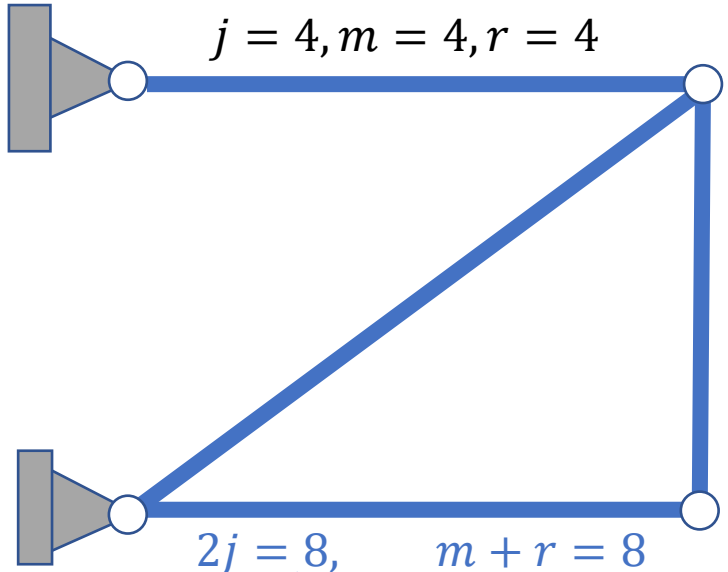
$$m + r = 2j$$

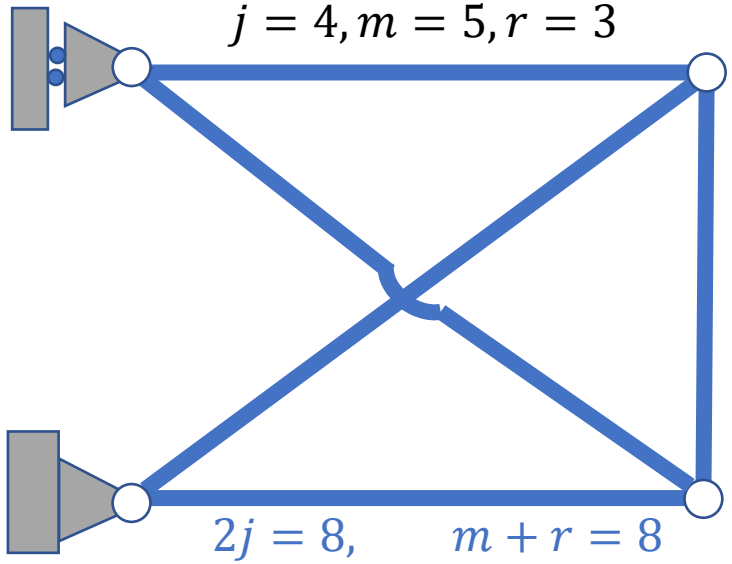


شرط التقرير الستاتيكي اللازم في الفضاء 3D هو

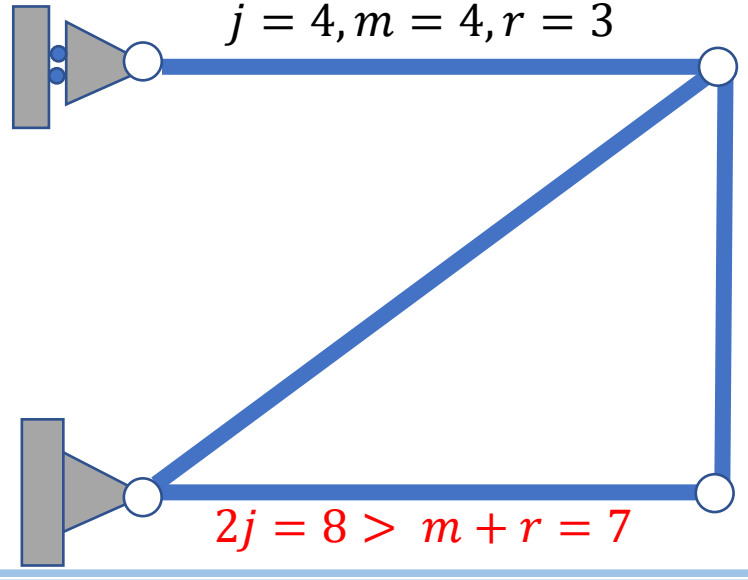
$$m + r = 3j$$



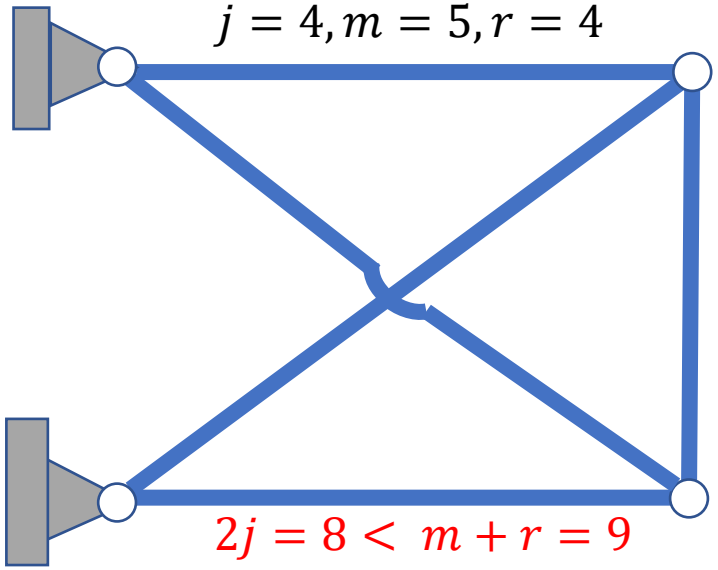




ثلاث حالات مقررة ستاتيكياً ومستقرة كينماتيكياً



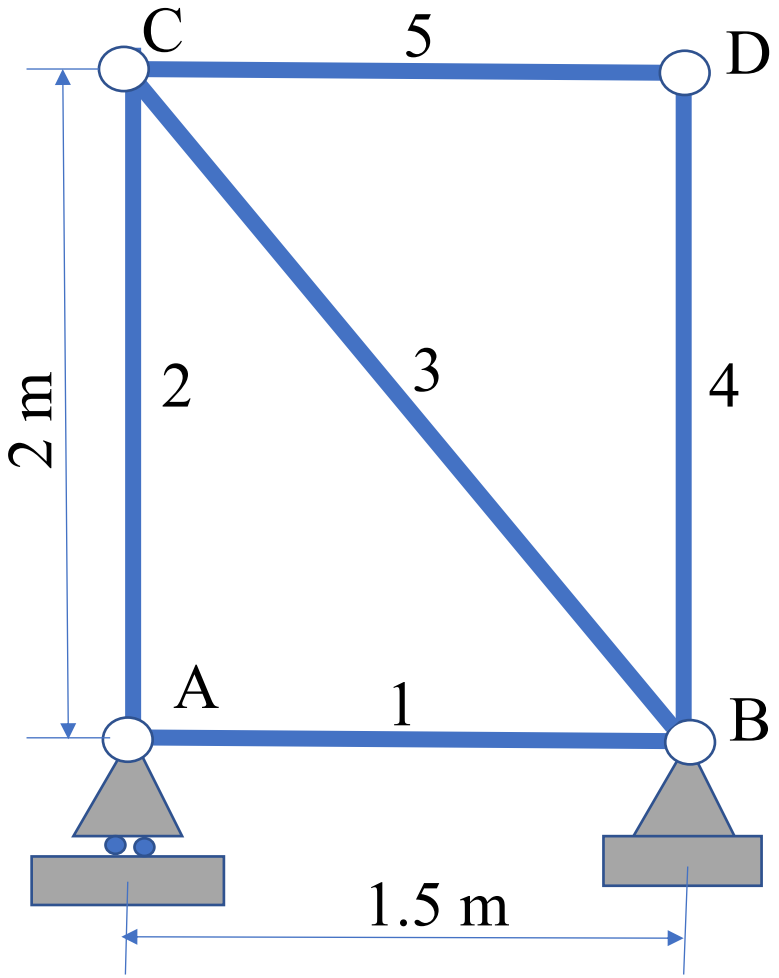
غير مستقر كينماتيكياً



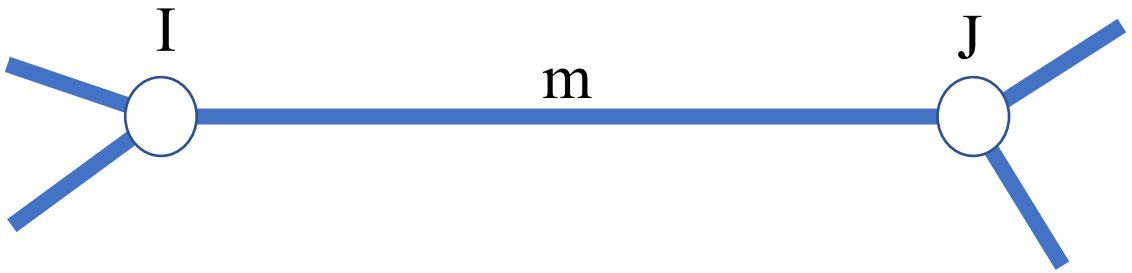
غير مقرر ستاتيكياً

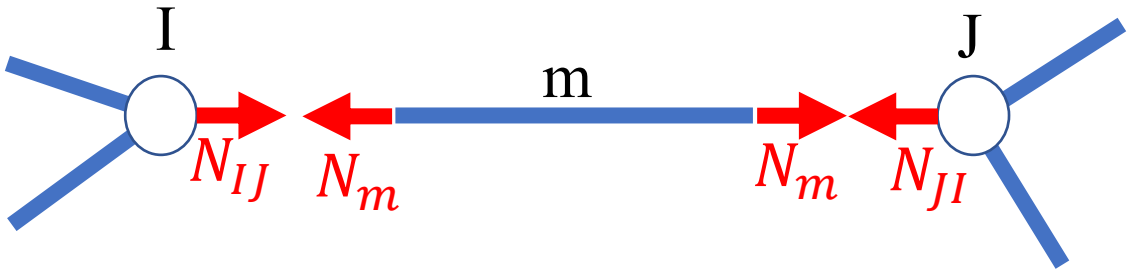
الخطوات المتبعة في حساب القوى في العناصر:

1. تسمية العقد أو ترقيمها: A, B, C, ... أو: I, II, III, IV, V, VI,...، أو: 1, 2, 3, 4, 5, ...
2. ترقيم العناصر: 1, 2, 3, 4, 5, 6,...، أو تسميتها باسم عقدتي طرفيها:... AB, CD, .
3. استكمال بعض المعطيات الجيومترية: أطوال وزوايا.
4. إنشاء مخطط الجسم الحر F. B. D.، للجائز الشبكي بأكمله.
5. حساب ردود الأفعال. أحياناً يمكن تأجيل ذلك أو تجاوزه.
6. إنشاء مخطط الجسم الحر للعقد.
7. تطبيق معادلات التوازن على كل عقدة.

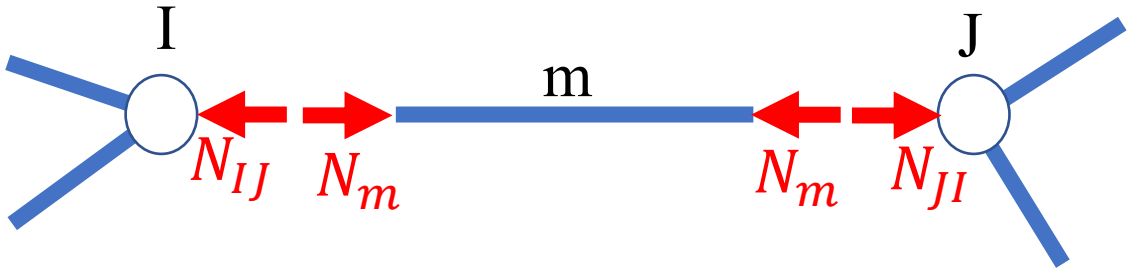


التمييز بين قوى الشد والضغط:





قوة الشد خارجة من العقدة وخارجة من العنصر.



قوة الضغط داخلة إلى العقدة وداخلة إلى العنصر.

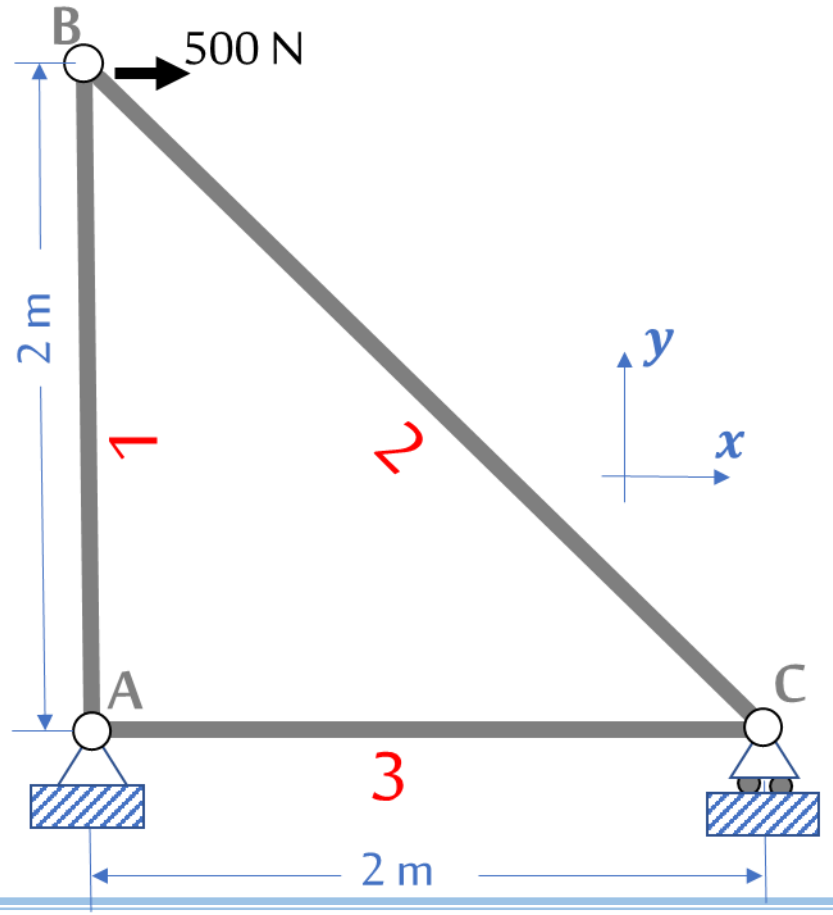
$$N_{IJ} = N_{JI} = N_m$$

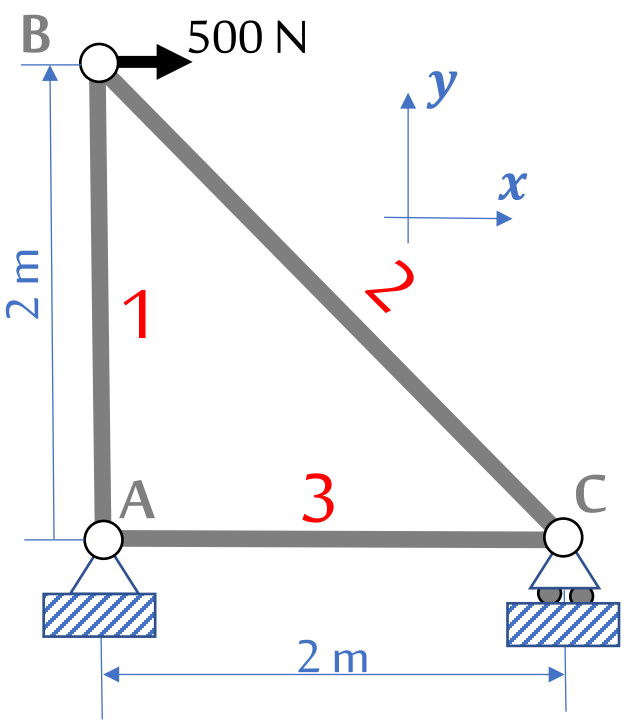
3. Determination of the Internal Forces
3. تحديد القوى الداخلية

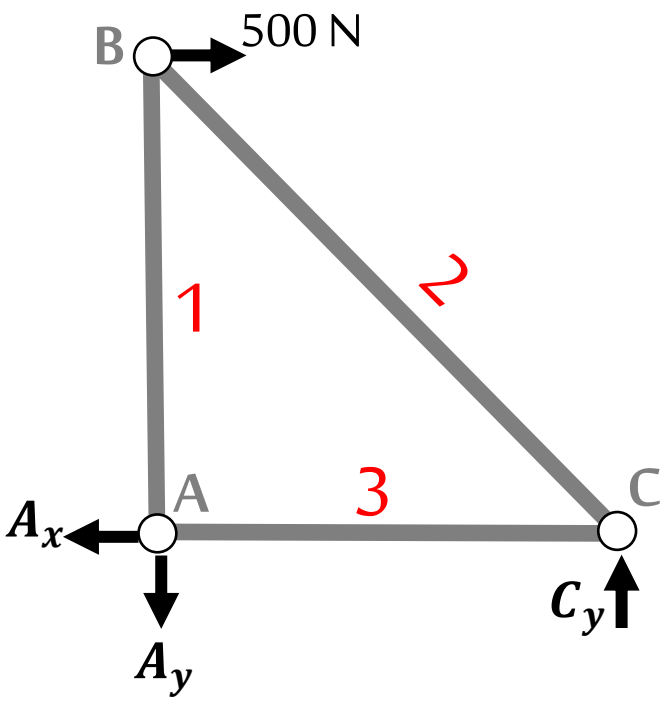
3.1. Method of Joints
3 . 1. طريقة توازن العقد

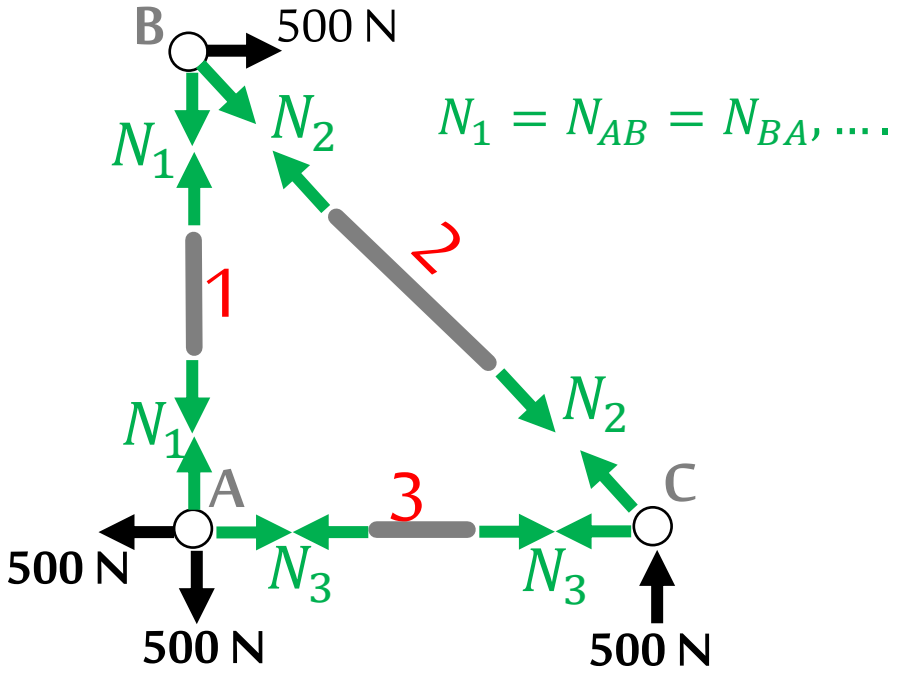
The method of joints consists of applying the equilibrium conditions to the free-body diagram of each joint of the truss. It is a systematic method and can be used for every statically determinate truss.

Illustrative Example. Determine the force in each member of the truss and indicate whether the members are in tension (T) or compression (C).









Eq. Eqs. of the truss:

$\rightarrow: A_x = 500$ N

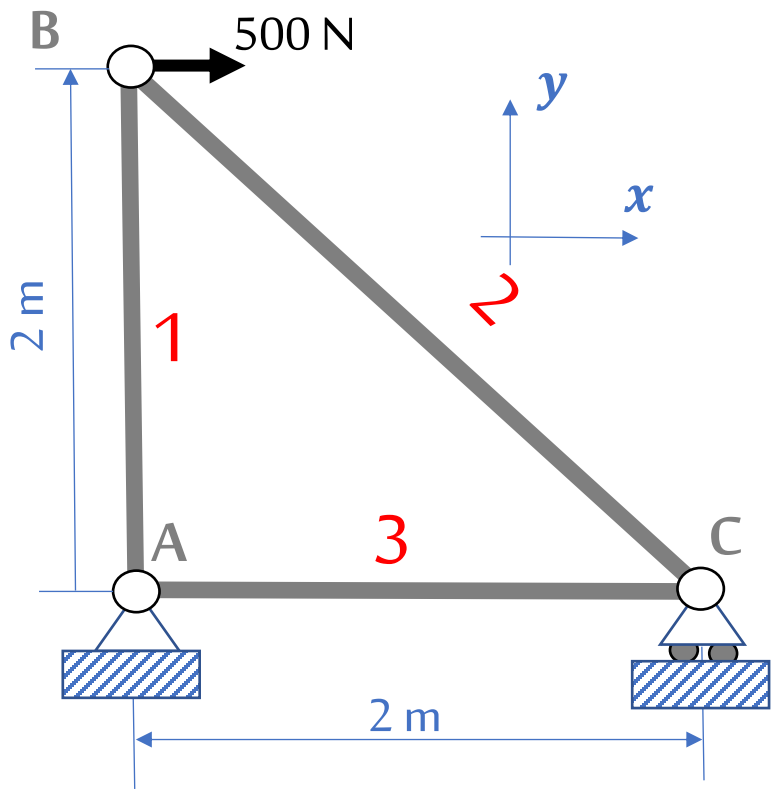
$\circlearrowleft^A$=0:$-2(500) + 2C_y = 0 \Rightarrow C_y = 500$ N

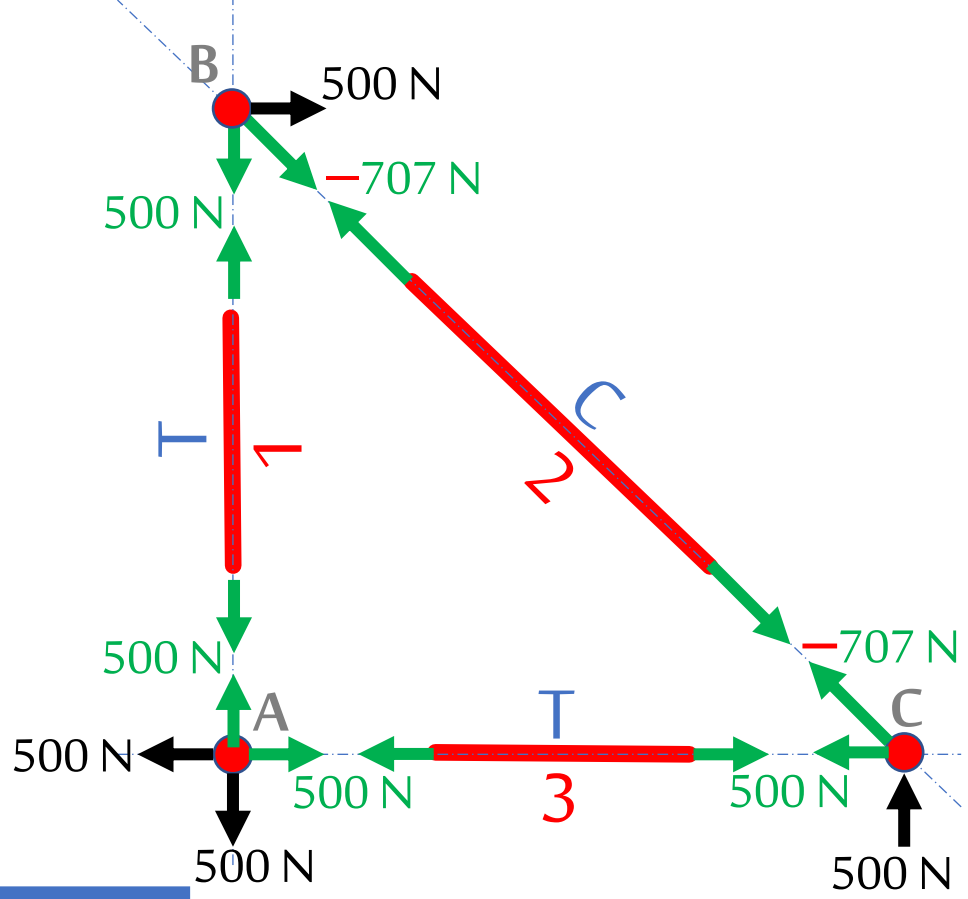
$\circlearrowleft^C$=0: $-2(500) + 2A_y = 0 \Rightarrow A_y = 500$ N

Eq. Eqs. of joint A: $N_1 = 500$ N , $N_3 = 500$ N

Eq. Eqs. of joint B: $N_2 = -707$ N , $N_1 = 500$ N

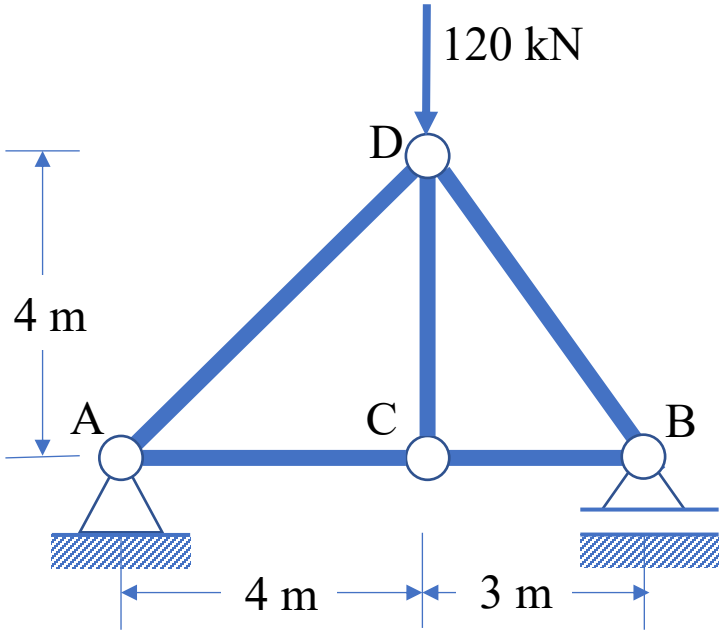
Eq. Eqs. of joint C: $N_2 = -707$ N , $N_3 = 500$ N





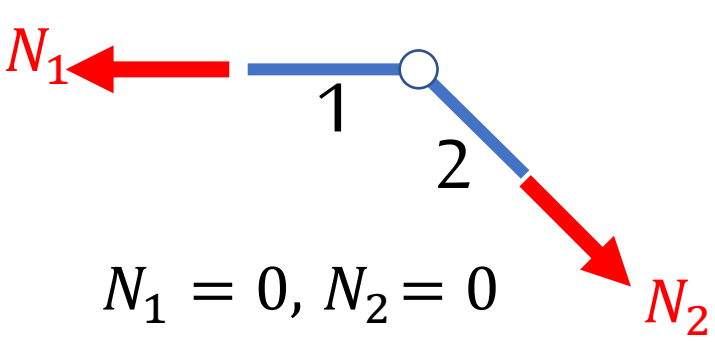
Member	Internal Force [N]
1 or AB	500
2 or BC	−707
3 or AC	500

Illustrative Example. Determine the force in each member of the truss and indicate whether the members are in tension (T) or compression (C).



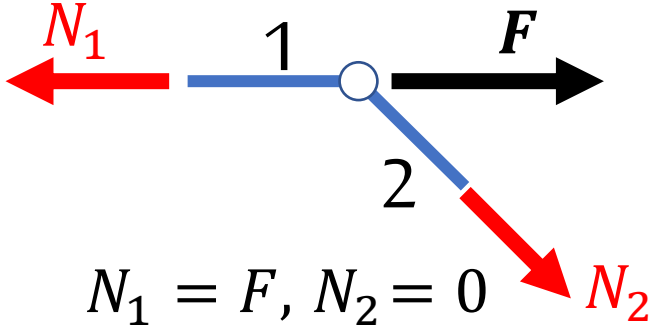
Zero-force members

عناصر قوة-صفرية



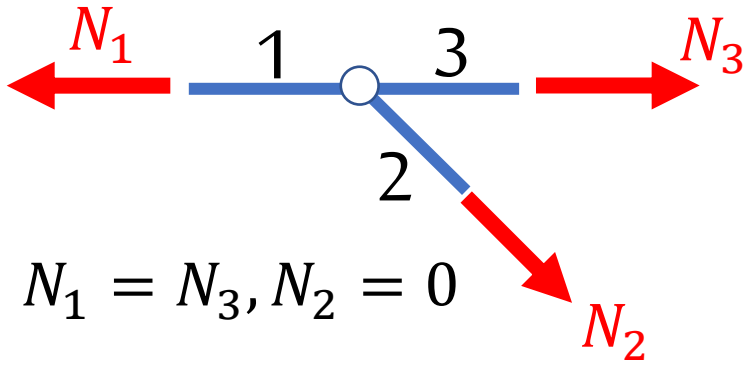
$N_1 = 0, N_2 = 0$

عنصران في عقدة غير محملة



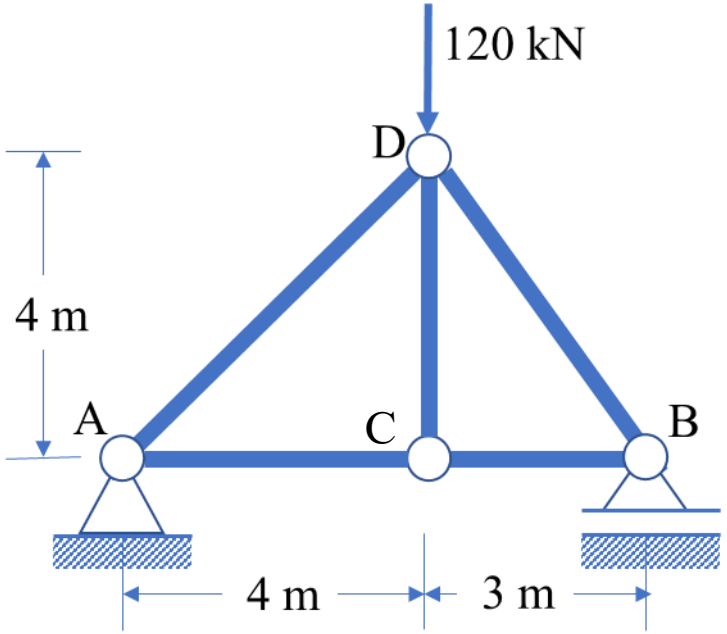
$N_1 = F, N_2 = 0$

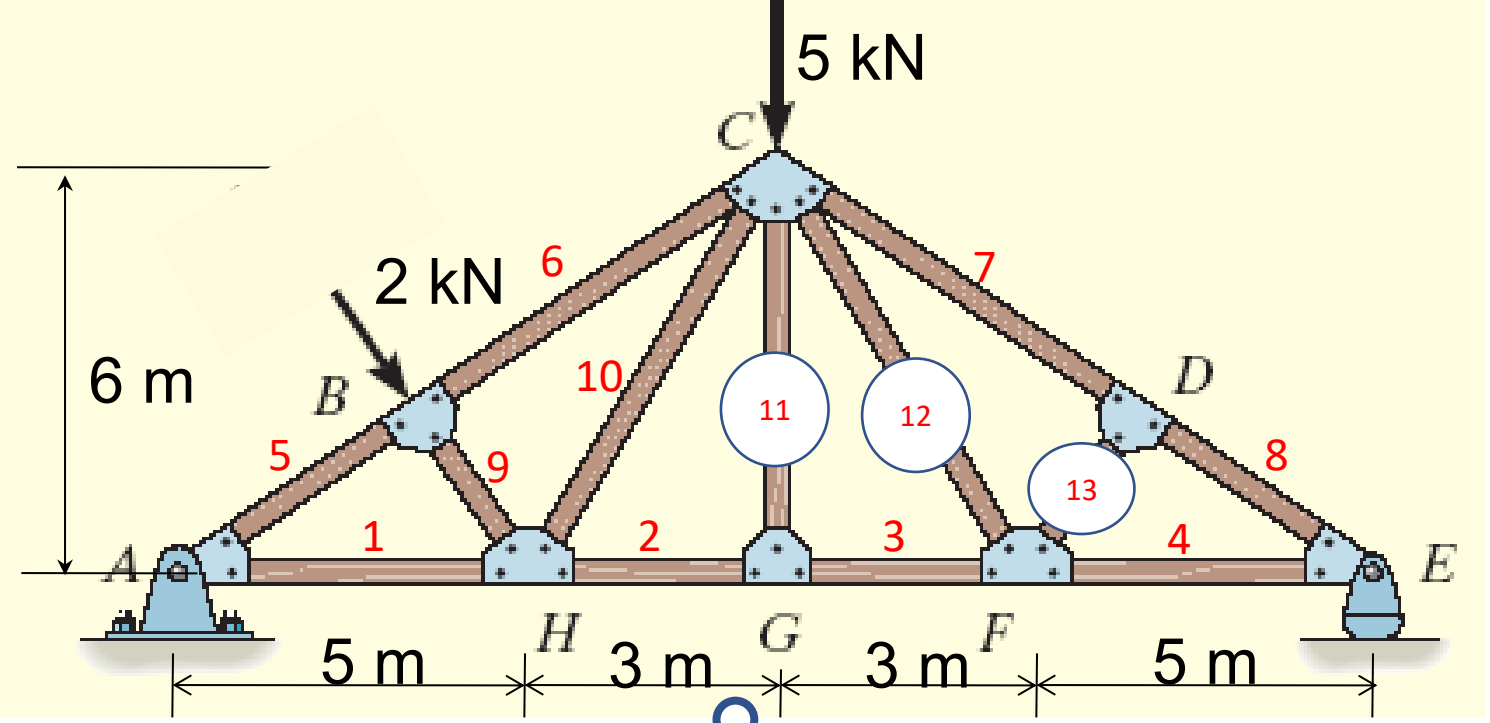
عنصر في عقدة ذات عنصرين محملة باتجاه الآخر الذي يتلقى الحمولة كاملة

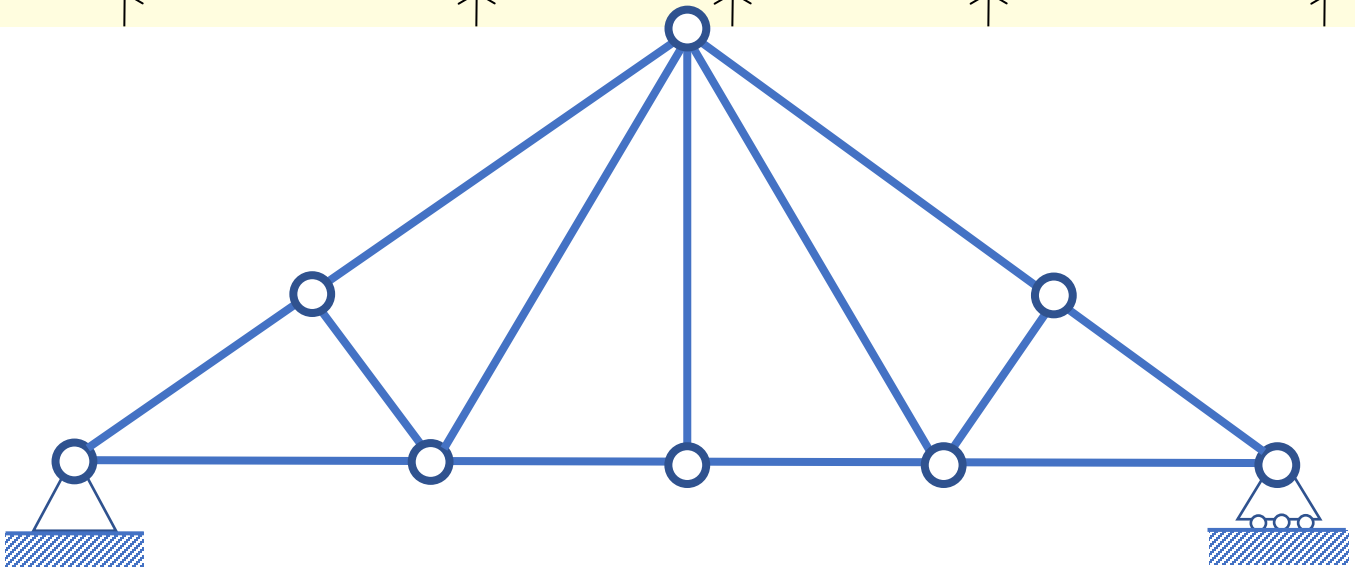


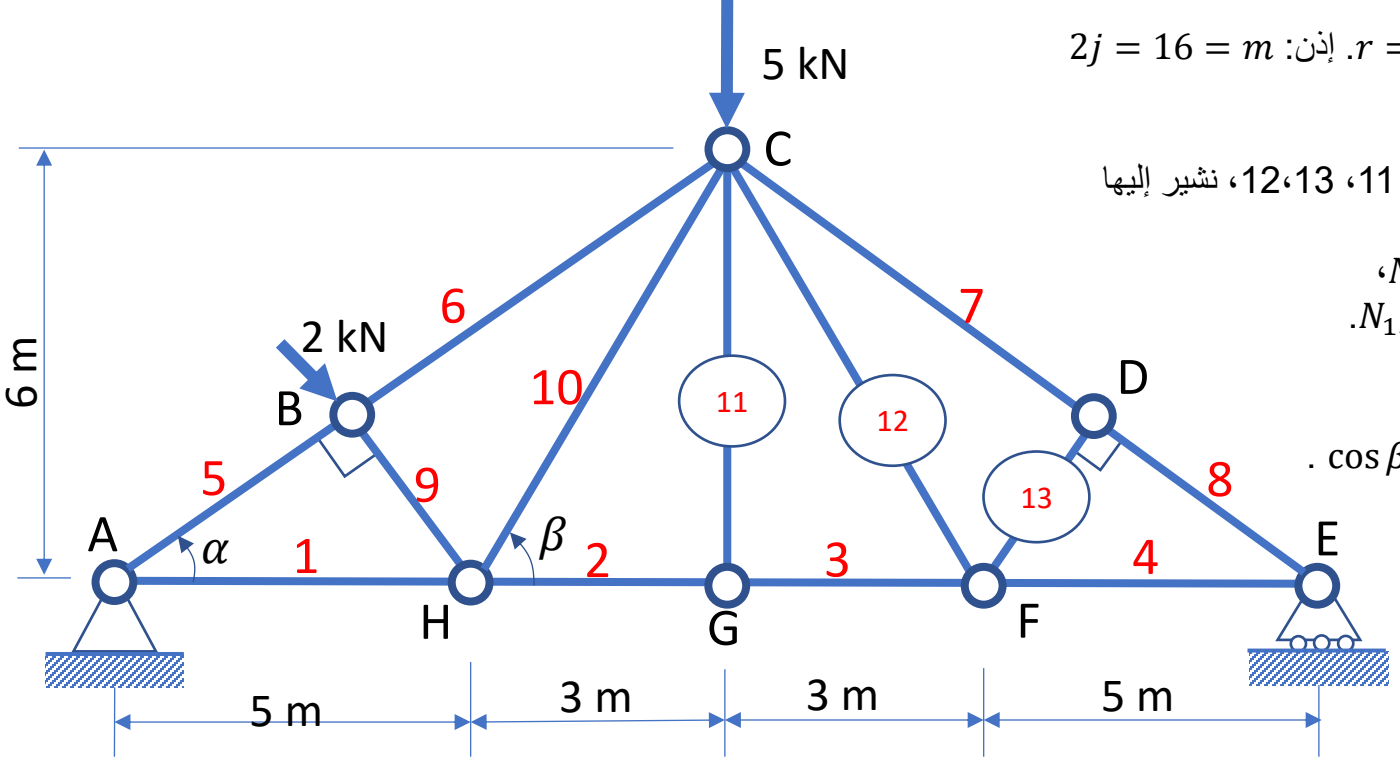
$N_1 = N_3, N_2 = 0$

عنصر في عقدة ذات ثلاث عناصر وغير محملة والآخران على استقامة واحدة ومتشاركان في القوة




5 kN
C
2 kN
6
7
6 m
B
10
D
11
12
13
5
9
8
1
2
3
4
A
E
H
G
F
5 m
3 m
3 m
5 m





- عدد العقد: $j = 8$، عدد العناصر: $m = 13$، عدد ردود الأفعال: $r = 3$. إذن: $2j = 16 = m + r = 13 + 3 = 16$. فالجائز مقرر ستاتيكياً.
- بالتحري عن العناصر ذات القوة الصفرية نجد أنها: DF, FC, GC.
- نرقم العناصر من 1 إلى 13، ونجعل أرقام العناصر ذات القوة الصفرية: 11، 12،13، نشير إليها بدائرة محيطة بالرقم.
- أثناء التحري عن العناصر ذات القوة الصفرية، نجد أن: $N_2 = N_3 = N_4$، وأن: $N_7 = N_8$، إذن يتبقى عاينا إيجاد القوى: $N_1, N_2, N_5, N_9, N_6, N_{10}, N_7$.
- استكمال المعطيات الجيومترية اللازمة حالياً أي الزاويتين: α, β.

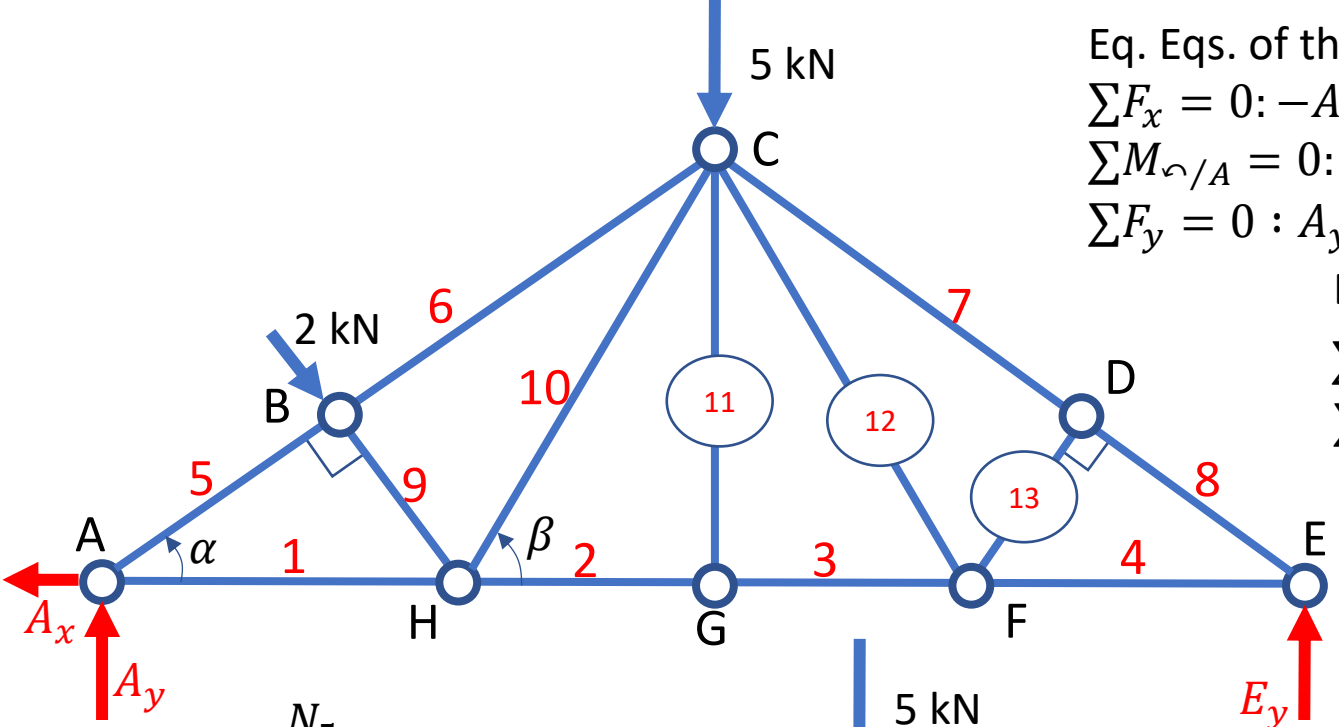
من الشكل نجد أن: $\tan\alpha = \frac{6}{8} = \frac{3}{4}$، إذن: $\cos\alpha = 0.8, \sin\alpha = 0.6$.

ومن الشكل ،جد أن: $\tan\beta = \frac{6}{3} = 2$، إذن: $\cos\beta = 1/\sqrt{5}, \sin\beta = 2/\sqrt{5}$.

- عدد العقد: $j = 8$، عدد العناصر: $m = 13$، عدد ردود الأفعال: $r = 3$. إذن: $2j = 16 = m + r = 13 + 3 = 16$. فالجائز مقرر ستاتيكياً.
- بالتحري عن العناصر ذات القوة الصفرية نجد أنها: DF, FC, GC.
- نرقم العناصر من 1 إلى 13، ونجعل أرقام العناصر ذات القوة الصفرية: 11، 12، 13، نشير إليها بدائرة محيطة بالرقم.
- أثناء التحري عن العناصر ذات القوة الصفرية، نجد أن: $N_2 = N_3 = N_4$، وأن: $N_7 = N_8$، إذن يتبقى عاينا إيجاد القوى: $N_1, N_2, N_5, N_9, N_6, N_{10}, N_7$.
- استكمال المعطيات الجيومترية اللازمة حالياً أي الزاويتين: α, β.

من الشكل نجد أن: $\tan\alpha = \frac{6}{8} = \frac{3}{4}$، إذن: $\cos\alpha = 0.8, \sin\alpha = 0.6$.

ومن الشكل ،نجد أن: $\tan\beta = \frac{6}{3} = 2$، إذن: $\cos\beta = 1/\sqrt{5}, \sin\beta = 2/\sqrt{5}$.



Eq. Eqs. of the truss:

$\sum F_x = 0: -A_x + 2(\sin\alpha) = 0 \Rightarrow A_x = 1.2\ \text{kN}$

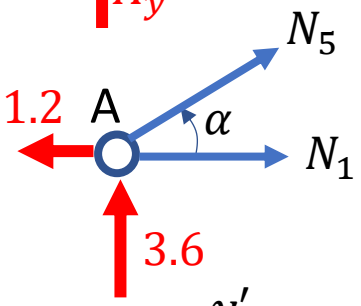
$\sum M_{\circlearrowleft/A} = 0: 16E_y - (5\cos\alpha)(2) - 8(5) = 0 \Rightarrow E_y = 3\ \text{kN}$

$\sum F_y = 0: A_y - 2\cos\alpha - 5 + 3 = 0 \Rightarrow A_y = 3.6\ \text{kN}$

Eq. Eqs. of the A:

$\sum F_y = 0: N_5 \sin\alpha + 3.6 = 0 \Rightarrow N_5 = -6\ \text{kN}$

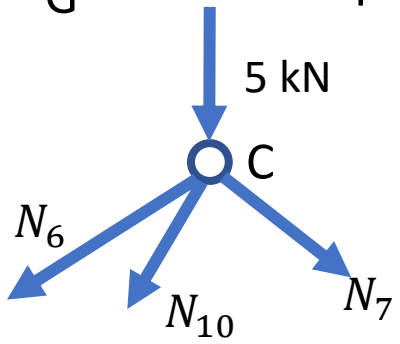
$\sum F_x = 0: N_1 + N_5\cos\alpha - 1.2 = 0 \Rightarrow N_1 = 6\ \text{kN}$



Eq. Eqs. of the B:

$\sum F_{x'} = 0: N_6 - N_5 = 0 \Rightarrow N_6 = N_5 = -6\ \text{kN}$

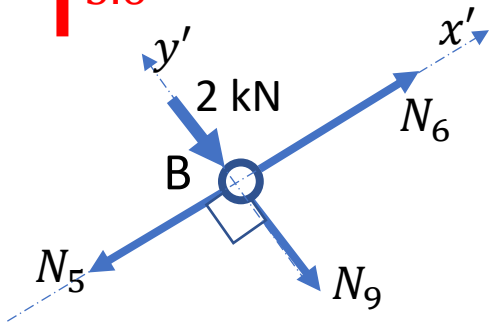
$\sum F_{y'} = 0: -N_9 - 2 = 0 \Rightarrow N_9 = -2\ \text{kN}$



Eq. Eqs. of the H:

$\sum F_y = 0: N_9\cos\alpha + N_{10}\sin\beta = 0 \Rightarrow N_{10} = 3.58\ \text{kN}$

$\sum F_x = 0: -N_1 + N_2 - N_9\sin\alpha + N_{10}\cos\beta = 0 \Rightarrow N_2 = 3.2\ \text{kN}$



Eq. Eqs. of the C:

$\sum F_y = 0: -N_6\sin\alpha - N_{10}\sin\beta - N_7\sin\alpha - 5 = 0 \Rightarrow N_7 = 3.58\ \text{kN}$

$\sum F_x = 0: N_7\cos\alpha - N_6\cos\alpha - N_{10}\cos\beta = 0 \Rightarrow N_7 = -4\ \text{kN}$