مقرر مقاومة مواد وتحليل الانشاءات (2)

د. نزار عبد الرحمن

محاضرات الأسبوع الأول

الفصل الصيفي 2023-2024

مفردات المقرر

1 أنواع الحمولات والانشاءات .
2- مراكز الثقل .
3- عزوم العطالة .
4-تحليل المنشآت المقررة استاتيكيا .
5-الحمولات الداخلية داخل عناصر المنشآت .
6-الكابلات والأقواس .
7- حساب الجمل غير المقررة استاتيكيا .
8-حساب الانتقالات في الجمل المقررة .
9- حساب الانتقالات في الجمل غير المقررة .

المراجع

- 1-STRUCTURAL ANALYSIS , EIGHT EDITION ,R.C. HIBBELER
- 2Mechanics of materials , Ferdinand P. Beer

تحليل الإنشاءات – مقدمة

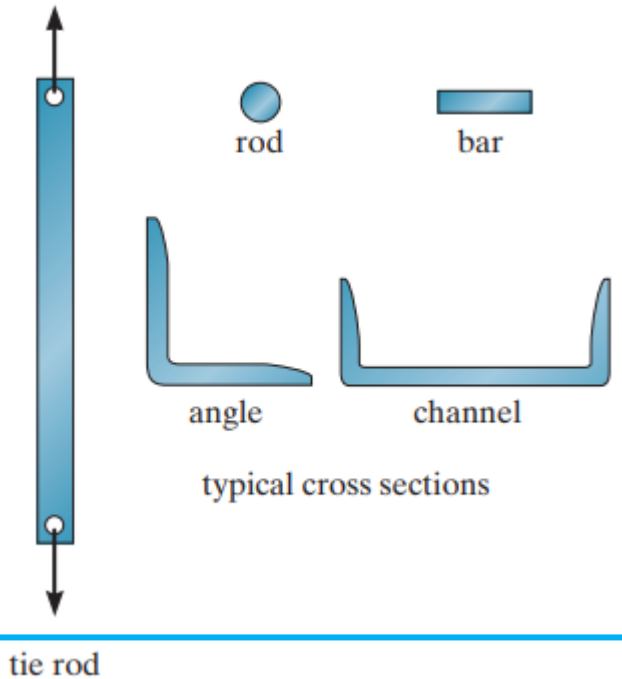
- تستخدم الإنشاءات لتحمّل الحمولات مثل الأبنية ،والجسور ، والأبراج (الهندسة المدنية) ، وفي فروع الهندسة الأخرى مثل : إنشاء السفن ،الخزانات ،والسكك الحديدية .
- عند تصميم الإنشاءات يجب على المهندس أن يأخذ بالاعتبار عوامل الأمان ، والعامل الاقتصادي.
- يتطلب تصميم المنشأة معرفة بعلم المواد وخواصها ،وبالقوانين الميكانيكية التي تحكم سلوك واستجابة المواد .

يجب أن تحقق المنشأة شرطي المقاومة ، والمتانة ،ويمكن حساب الحمولات والقوى والاجهادات المؤثرة في العناصر، والازاحات من نظرية تحليل الإنشاءات

تصنيف الإنشاءات

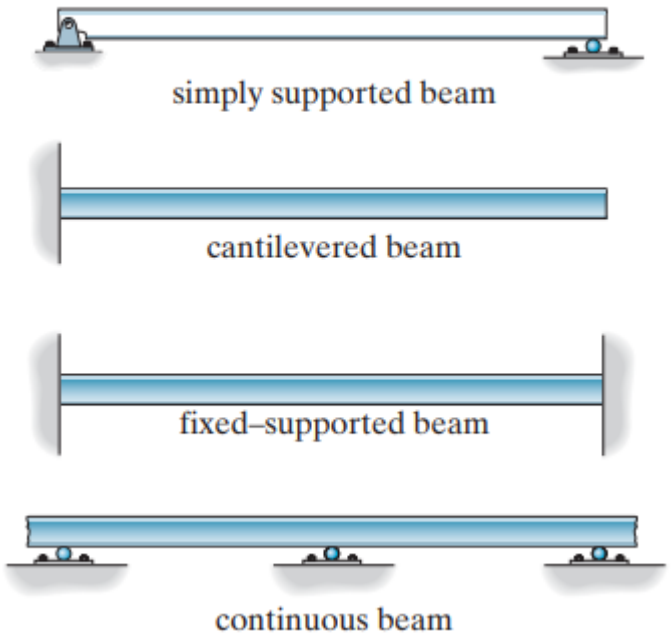
- عناصر الإنشاءات :

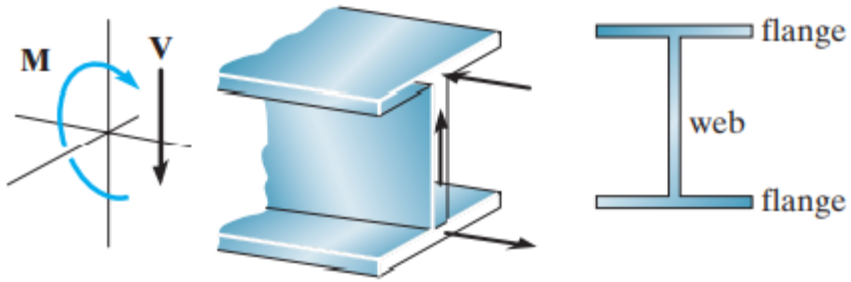
1. قضبان التوازن (Tie Rods) : عناصر إنشائية معرضة لقوى شد ، ذات مقطع عرضي دائري أو مستطيل ، أو زاوية أو على شكل مجرى .



2-العارضة (الجائز)

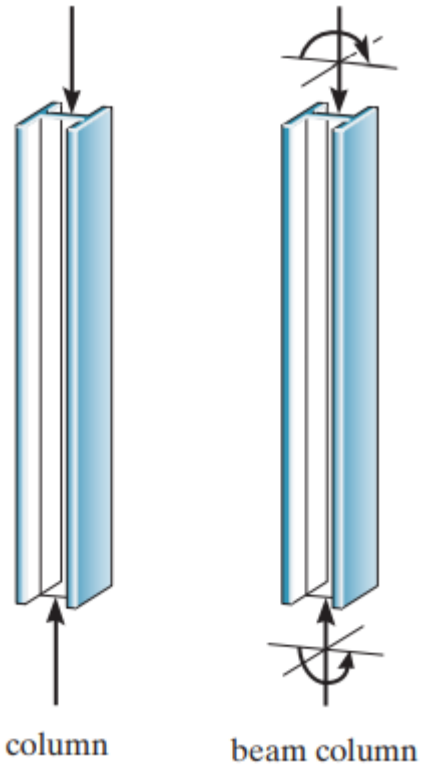
عبارة عن عناصر أفقية مستقيمة ،تستخدم لتحمل الحمولات الشاقولية ،وتصمم من أجل تحمّل عزوم الانعطاف ،وتصنع من الفولاذ أو الألمنيوم أو الخشب وتكون ذات مقاطع مختلفة مثل المقطع المقاومة لاجهادات القص وعزوم الانعطاف





3.الأعمدة (Columns) :

- تكون عادة عمودية ،وتتحمل الإجهادات المحورية ،وتكون ذات مقطع دائري ، أو أشكال مجنحة أخرى



4-الجوائز الشبكية Trusses-

- يمكن أن تكون ذات أشكال مستوية أو فراغية ،وتتألف من مجموعة من القضبات تتصل مع بعضها بواسطة العقد ، وتستخدم في تصميم الجسور ،واعمدة نقل الطاقة الكهربائية ، والر افعات ، وأسقف المنشآت الصناعية ، والأبراج .يتلخص حساب الجوائز الشبكية في حساب القوى المؤثرة في قضبان المنشأة وتعيين حالة هذه القوى إذا كانت في حالة ضغط أو شد . وتوجد طريقتان لحساب الجوائز هما : طريقة فصل العقد وطريقة المقاطع .

Fig. 1–5

5-الكابلات والأقواس

- تستخدم الكابلات من أجل المسافات الطويلة ، وتكون الكابلات مرنة ، وتستخدم لدعم الجسور وبناء أسقف المباني ،وتكون عادة مستقرة ، ولا تنهار بشكل مفاجئ .

تتحمل الأقواس قوى الانضغاط ، وتستخدم في الجسوروالقباب والفتحات في جدران البناء

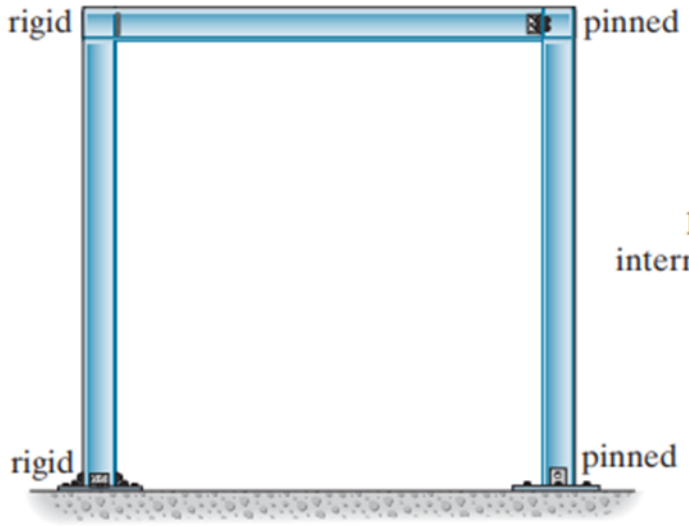
Cables support their loads in tension.
(a)

Arches support their loads in compression.
(b)

6- Frames الهياكل

- تستخدم في الأبنية ، وتتألف من عارضات وأعمدة متصلة بوصلات ثابتة أو مرنة ،
- تتسبب الحمولات بعزوم انعطاف للهياكل .

تكون الهياكل عادة غير محدّدة استاتيكيا



Frame members are subjected to internal axial, shear, and moment loadings.

Fig. 1–7

7 -الإنشاءات السطحية

- تصنع من مواد قليلة السماكة مقارنة مع أبعادها الأخرى ، وتكون ذات أشكال مسطحة أو اسطوانية ، أو قطع مكافئ .تشبه الأقواس والأعمدة لأنها تدعم الأحمال في حالة التوتر والانضغاط . وتصنع من مواد مرنة أو صلبة .

الحمولات

- بعد تحديد الأبعاد الهندسية للمنشأة يجب تحديد الأحمال التي تتعرض لها .
- مثال : من أجل الأبنية البرجية يجب أن تصمم من أجل تحمل الأحمال الجانبية التي تسببها الرياح وجدران القص ،
- أما من أجل الأبنية في مناطق الزلازل فيجب أن تكون مصممة بإطارات مطيلية وروابط مرنة .

أنواع الحمولات

1. الأحمال الميّتة :

- تتكون من مختلف أوزان عناصر المنشأة وأوزان الأجزاء المعلقة على الهيكل ، وتشمل هذه الأحمال : الأعمدة ، والعوارض ،والأرضية ، والأسقف ، والجدران والنو افذ، والتجهيزات الكهربائية .
- من أجل المباني متعددة الطو ابق ، يجب أن تكون الحسابات دقيقة لجميع الأحمال الميتة ، وذلك من أجل تصميم الأعمدة بشكل صحيح وخاصة بالنسبة للطو ابق السفلية .

2-الأحمال الحيّة

يمكن أن تتغيركمقدارومجال تأثير، ويمكن أن تنتج عن أوزان الأشياء المؤقتة المتوضعة على هيكل المنشأة ، أو العربات المتحركة (مرآب طابقي) ،أوعن قوى الطبيعة.

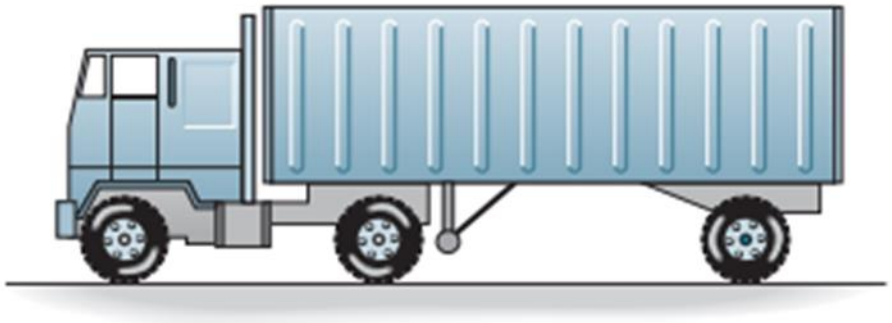
3- أحمال المباني

- من الممكن أن تشمل الدراسة التصميمية حماية ضد الأحمال المفاجئة الناتجة عن حالات الطوارئ ، ومتطلبات الخدمة ، نتيجة للاهتزازات ،بالإضافة إلى الأحمال المنتظمة
- من المفترض توحيد كافة الأحمال الحية بالنسبة لكافة طوابق المباني ،والتي تعتمد على الغرض الذي تم تصميم المبنى من أجله .

مثال: مرآب طابقي للسيارات

4- أحمال الجسور للطرق السريعة

تنتج هذه الحمولات بسبب حركة المروروخاصة للشاحنات الكبيرة ، ويجب معرفة أوزان الشاحنات والعربات الكبيرة عند تصميم هذه الجسور



5 -أحمال جسور السكك الحديدية

- يشمل حساب هذه الحمولات سلسلة معقدة من القوى المركّزة لتبسيط الحسابات ، ويتم التصميم بمساعدة الحاسب لحساب الحمولات الحرجة .

6- أحمال الرياح

- عنما تقوم المنشأة بصدّ تدفق الرياح ، فإن الطاقة الحركية للرياح تتحول إلى طاقة ضغط كامنة ، وتعتمد حمولات الرياح على كثافة وسرعة الرياح وعلى صلابة المنشأة ودرجة خشونة السطوح .

Hurricane winds caused this damage to a condominium in Miami, Florida.

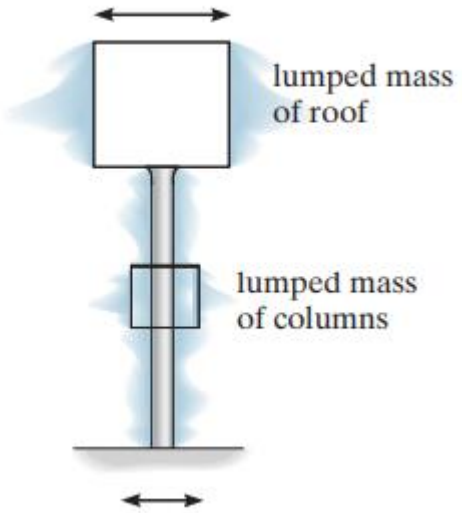
7 – الحمولات الثلجية

- تنشأ عن تراكم طبقات الثلج على أسطح المنشآت ، ويمكن أن تصل هذه الأحمال إلى مرحلة حرجة .

Excessive snow and ice loadings act on this roof.

8- أحمال الزلازل

- تسبب الزلازل حمولات خطيرة على المنشآت ، من خلال تفاعلها مع الأرض وخصائص الاستجابة .
- هذه الأحمال ناتجة عن تشوّه المنشأة الناتج عن حركة الأرض والمقاوم الجانبية للمنشأة .
- تعتمد الدراسة التصميمية على كتلة وصلابة المنشأة وعلى تسارع الأرضية .
- أثناء الزلازل تهتز الأرض أفقيا وعموديا .
- يمكن تمثيل المنشأة بشكل بسيط مؤلف من كتلة واحدة ، الكتلة الوسطى تمثل صلابة جميع أعمدة البناء .
- يولّد التسارع الأفقي قوى قص في الأعمدة ، وتتسارع الكتلة بنفس تسارع الأرض ،وإذا كان العمود مرنا فإن الزلازل تسبب تسارعات صغيرة .
- يجب الاهتمام بهذه الأحمال بشكل جدي وخاصة في الأبنية البرجية ، ومحطات الطاقة النووية .
- يمكن حساب الأحمال الديناميكية باستخدام نظرية الإنشاءات الديناميكية وهي معقدة نسبيا وتتم بمساعدة الحاسب



- يمكن تمثيل المنشأة بشكل بسيط مؤلف من كتلة واحدة ،
- تمثل الكتلة الوسطى صلابة جميع أعمدة البناء .
- يولّد التسارع الأفقي قوى قص في الأعمدة ،

وتتسارع الكتلة بنفس تسارع الأرض ،وإذا كان العمود مرنا فإن الزلازل تسبب تسارعات صغيرة .

- يجب الاهتمام بهذه الأحمال بشكل جدي وخاصة في الأبنية البرجية ، ومحطات الطاقة النووية .
- يمكن حساب الأحمال الديناميكية باستخدام نظرية الإنشاءات الديناميكية وهي معقدة نسبيا وتتم بمساعدة الحاسب

9 -الضغط الهيدروستاتيكي وضغط التربة

تنتج هذه الحمولات عندما تستخدم المنشآت لتخزين المياه أو التراب

أو المواد الحبيبية ،وتشمل هذه الأنواع من المنشآت :السدود والسفن والجدران الاستنادية ، ويتم حساب هذه الإنشاءات عن طريق تطبيق قوانين الهيدروستاتيك وميكانيك التربة

تحليل الانشاءات المقررة استاتيكيا

- **مبدأ التراكب :**
- ينص مبدأ التراكب على الآتي :
- "يمكن تحديد الإزاحة الكلية أو الحمولات الداخلية (الاجهادات)عند نقطة محددة من المنشأة معرضة لحمولات خارجية ، عن طريق جمع الإزاحات الجزئية أو الأحمال الداخلية (الاجهادات)، الناتجة عن تطبيق كل من هذه الحمولات على حدة ".
- يجب أن يتوفر الشرطين التاليين لتطبيق مبدأ التراكب :
- - أن يكون سلوك المادة خطيا ومرنا ، بحيث يكون قانون هوك صالحا للاستخدام ، أي أن الحمولة يجب أن تكون متناسبة مع الإزاحة .

- أن لا تتغير هندسية المنشأة عند تطبيق الحمولات

حساب ردود الأفعال

- الشرطين اللازمين والكافيين لتوازن المنشأة هما :
- 1.محصلة كافة القوى الخارجية يجب أن تكون مساوية للصفر ,
- 2.مجموع عزوم كافة القوى الخارجية والمزدوجات يجب أن يكون مساويا للصفر.
- في الفراغ لدينا المعادلات التالية :

$$\Sigma F_x = 0 \quad \Sigma F_y = 0 \quad \Sigma F_z = 0$$
$$\Sigma M_x = 0 \quad \Sigma M_y = 0 \quad \Sigma M_z = 0$$

- في المستوي نكتب الشكل الأكثر استخداما :

$$\Sigma F_x = 0$$
$$\Sigma F_y = 0$$
$$\Sigma M_O = 0$$

Free Body Diagramقواعد رسم مخطط الجسم الحر

قبل كتابة معادلات التوازن من الضروري رسم مخطط الجسم الحر وفق الجدول 2-1:

نتخيّل الجسم حرا في الفراغ محررا من كافة قيوده، ونستبدل عن هذه القيود بردود الأفعال

القيد : هوكل ما يمنع حركة الجسم في الفراغ (مساند ، كبل ، حبل ، سطح استناد ...)

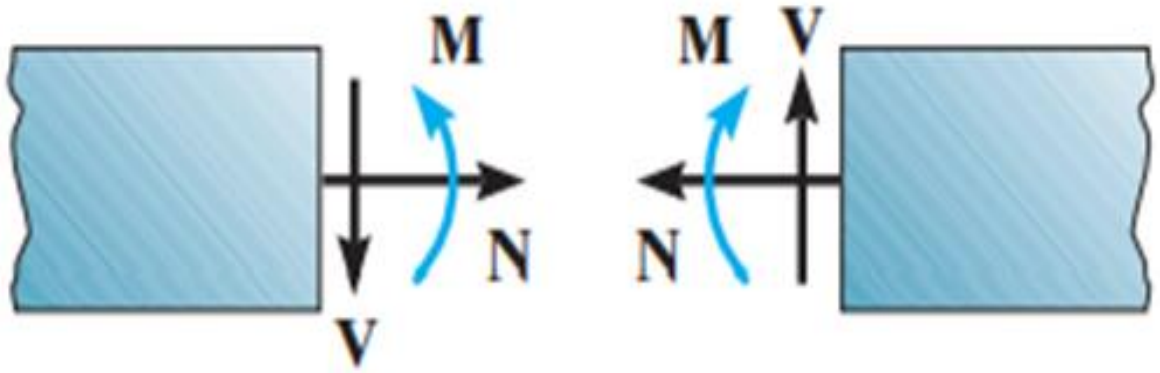
•

الحمولات الداخلية

القوة الناظمية N

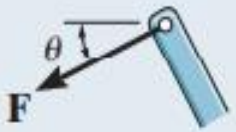
قوة القص V

عزم الانعطاف M

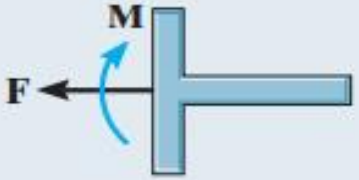
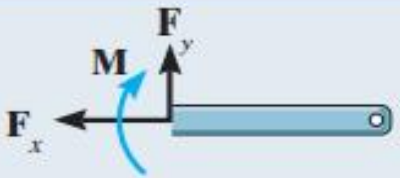


internal loadings

TABLE 2–1 Supports for Coplanar Structures

Type of Connection	Idealized Symbol	Reaction	Number of Unknowns
(1) light cable weightless link			One unknown. The reaction is a force that acts in the direction of the cable or link.
(2) rollers rocker			One unknown. The reaction is a force that acts perpendicular to the surface at the point of contact.
(3) smooth contacting surface			One unknown. The reaction is a force that acts perpendicular to the surface at the point of contact.

https://manara.edu.sy/

	smooth pin-connected collar		One unknown. The reaction is a force that acts perpendicular to the surface at the point of contact.
(5)	smooth pin or hinge		Two unknowns. The reactions are two force components.
(6)	slider fixed-connected collar		Two unknowns. The reactions are a force and a moment.
(7)	fixed support		Three unknowns. The reactions are the moment and the two force components.

التعيين والاستقرار

- بعد حل معادلات التوازن وتحديد القوى والعزوم من هذه المعادلات ،فهذا يعني أن المنشأة محددة استاتيكيا .إذا احتوت المنشأة على عد من المجاهيل أكبر من عدد معادلات التوازن المتاحة ، فهذا يعني أن المنشأة غير محددة استاتيكيا

بفرض:

n عدد الأقسام

r عدد المجاهيل (القوى والعزوم)..اكتب المعادلة هنا

-- المنشأة محددة استاتيكيا $r = 3n$

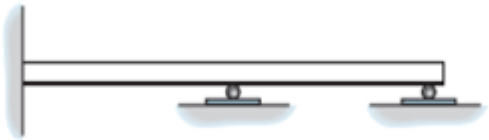
--المنشأة غير محددة استاتيكيا $r > 3n$

طريقة التعيين للمنشآت المقررة استاتيكيا

- نرسم مخطط الجسم الحر لكافة عناصر المنشأة ، أو لأجزاء مختارة منها ، ونقارن عدد المجاهيل الكلي بعدد المعادلات الممكنة .
- - إذا كان عدد المجاهيل = عدد المعادلات ، تكون المنشأة محددة استاتيكيا .

- إذا كان عدد المجاهيل أكبر من عدد المعادلات ، تكون المنشأة غير محددة استاتيكيا .نستطيع عندها كتابة معادلات إضافية للإزاحة أو للإنحناء عند نقاط مختلفة من المنشأة ، كما يمكن أن تشمل هذه المعادلات بعض الخواص الهندسية والفيزيائية للمنشأة .

مسألة (1) :المطلوب تصنيف العتبات التالية فيما إذا كانت محددة استاتيكيا ،
،أم غير محددة ، وتحديد درجة عدم التعيين ،بفرض أن القوى الخارجية المؤثرة معلومة .



(b)

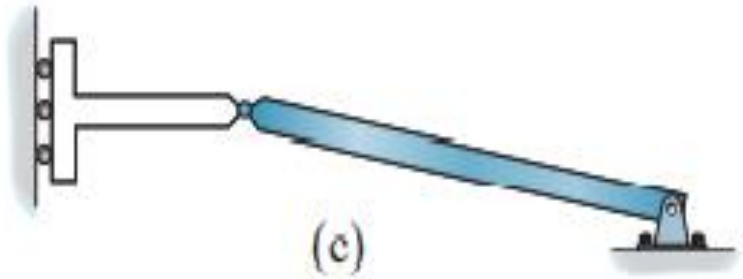
$r = 5, n = 1,5 > 3(1)$

Statically indeterminate to the second degree

(a)

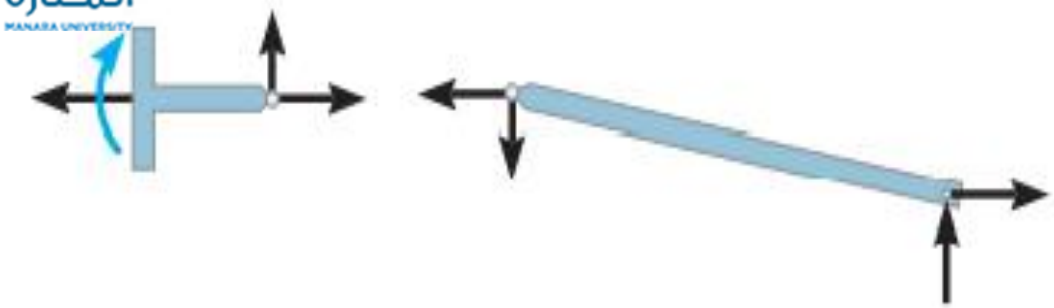
$r = 3, n = 1,3 = 3(1)$

Statically determinate

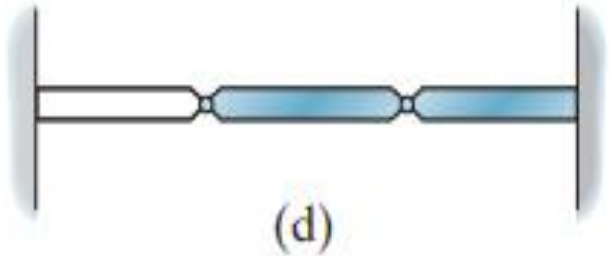


(c)

$r = 6, n = 2, 6 = 3(2)$



Statically determinate



(d)

$r = 10, n = 3, 10 > 3(3)$

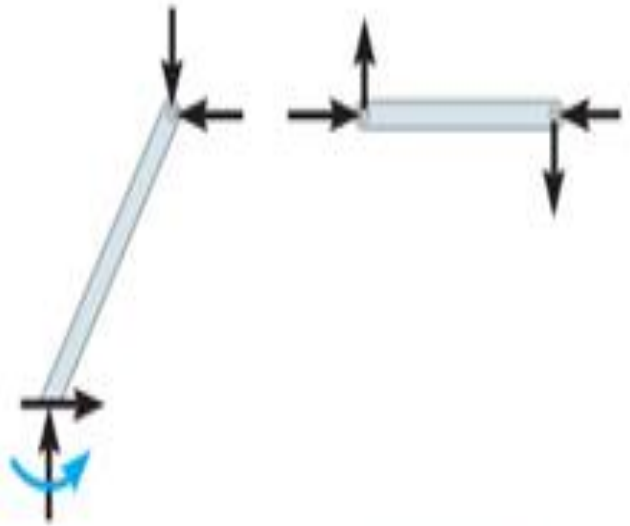
Statically indeterminate to the first degree

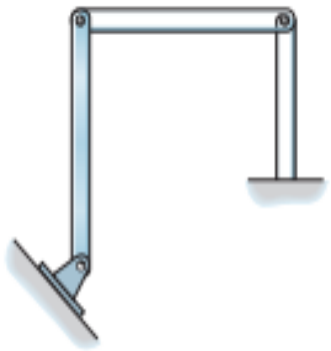
مسألة (2): المطلوب تصنيف الهياكل ذات الوصلات المفصلية ،
فيما إذا كانت محددة استاتيكيا ، وإذا كانت غير محددة أوجد درجة عدم التعيين .
الهياكل معرّضة لحمولات خارجية معلومة ويمكن أن تؤثر في أية نقطة من المنشأة

(a)

$r = 7, n = 2, 7 > 6$

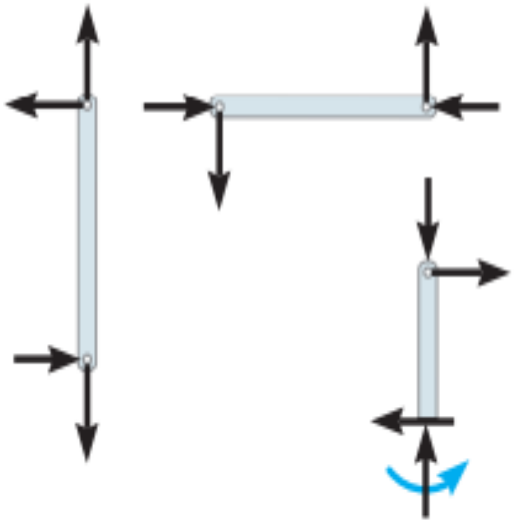
Statically indeterminate to the first degree *Ans.*

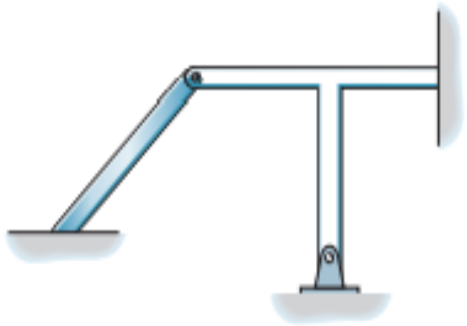




(b)

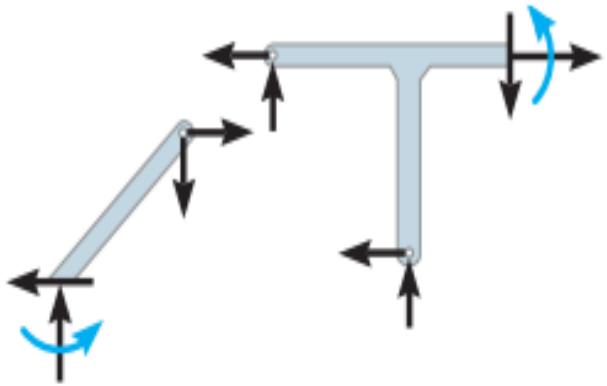
$r = 9, n = 3, 9 = 9,$
Statically determinate *Ans.*





(c)

$r = 10, n = 2, 10 > 6,$
Statically indeterminate to the fourth degree *Ans.*

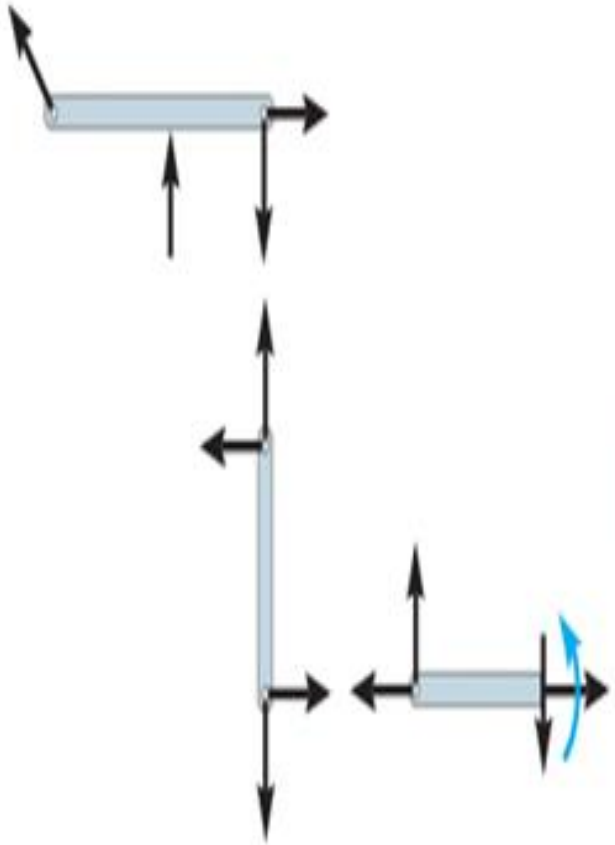


(d)

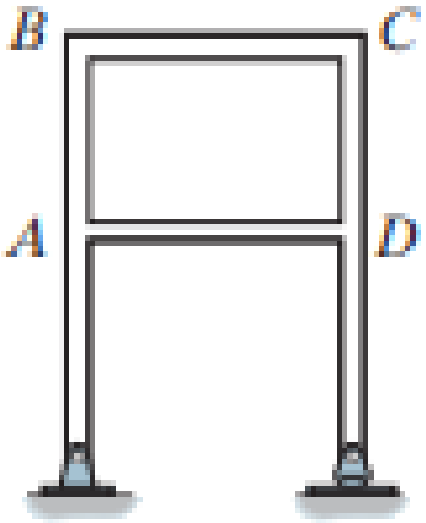
$r = 9, n = 3, 9 = 9,$

Statically determinate

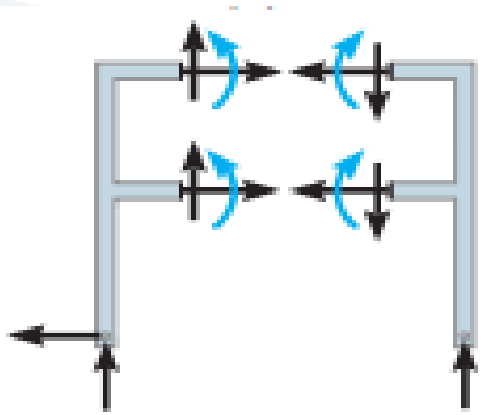
Ans.



مسألة (3): المطلوب تصنيف الانشاءات ذات الوصلات المفصلية ، فيما إذا كانت محددة استاتيكيا ، وإذا كانت غير محددة أوجد درجة عدم التعيين .الانشاءات معرضة لحمولات خارجية معلومة ويمكن أن تؤثر في أية نقطة من المنشأة



(a)

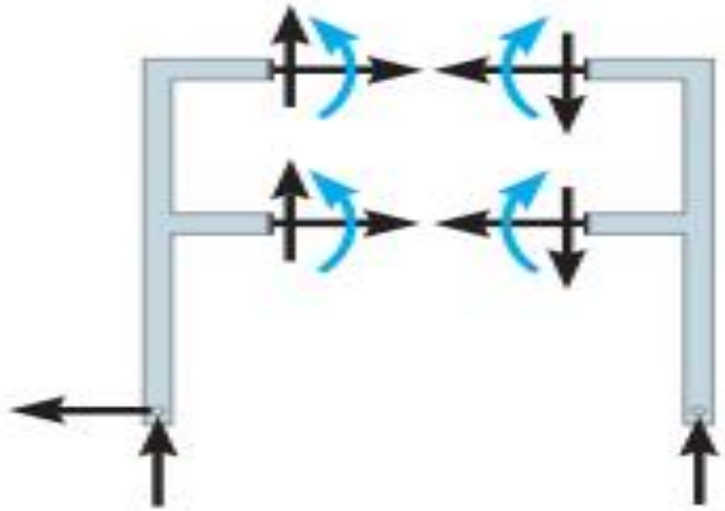


$r = 9, n = 2, 9 > 6,$
Statically indeterminate to the third degree *Ans.*

(a)

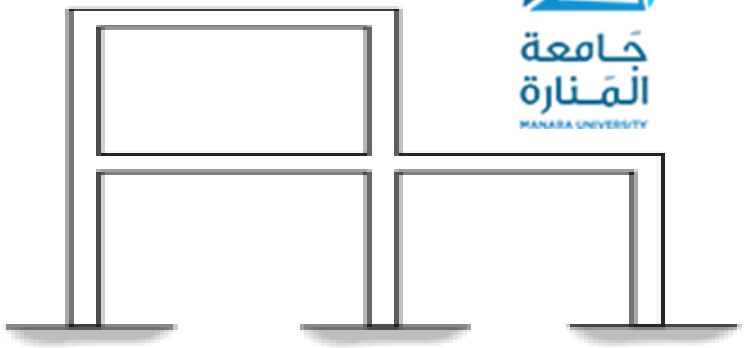
الحل : بخلاف المنشآت والعتبات التي تحتوي على وصلات مفصلية ،
.لدينا هنا للهيكل المبين في المثال عناصر تتصل مع بعضها بواسطة مفاصل صلبة.
أحيانا تؤلف العناصر حلقات داخلية مثال الحلقة ABCD تشكل حلقة مغلقة .
من أجل تصنيف هذه المنشأة يجب استخدام طريقة المقاطع وقطع الحلقة . نرسم مخطط الجسم الحر وبعدها يمكن تصنيف المنشأة ، مع ملاحظة أنه نحتاج إلى اجراء يمكن عمل مقطع واحد في الحلقة ، المثال في الشكل C لا يحتوي على حلقة مغلقة ، ويمكننا اجراء نفس الطريقة باستخدام مقطع عرضي من أجل تصنيف المنشأة . في هذه الحالة يمكننا أيضا رسم مخطط الجسم الحر الكامل للمنشأة .

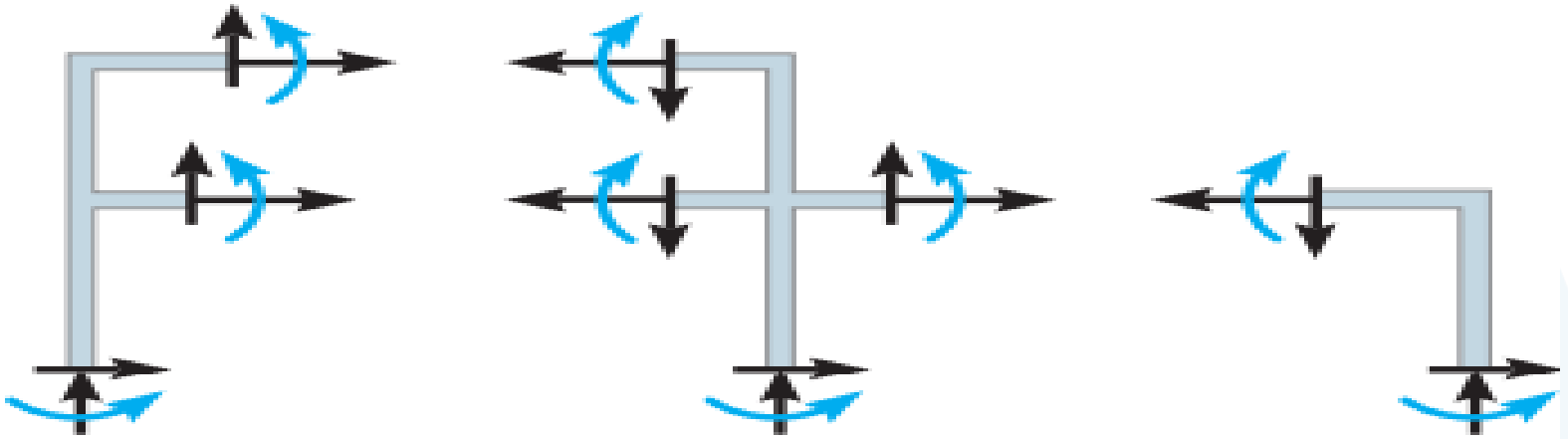
(a)



$r = 9, n = 2, 9 > 6,$
Statically indeterminate to the third degree *Ans.*

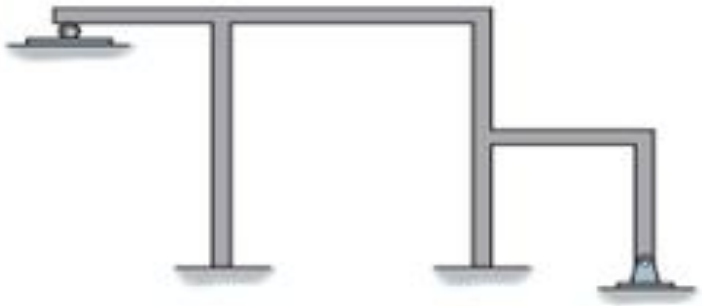
(a)



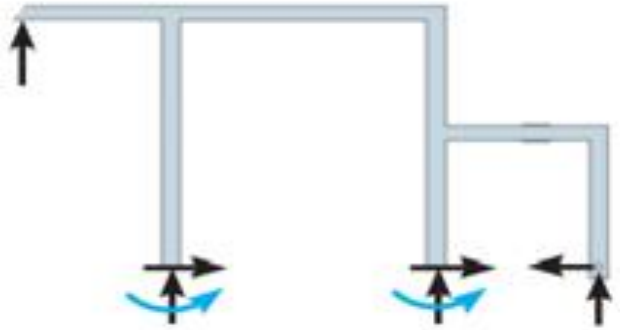


$r = 18,\ n = 3,\ 18 > 9,$
Statically indeterminate to the ninth degree *Ans.*

(b)



(This frame has no closed loops.)



$r = 9, n = 1, 9 > 3,$
Statically indeterminate to the sixth degree *Ans.*

(c)

$r = 18, n = 4, 18 > 12,$
Statically indeterminate to the sixth degree *Ans.*

الاستقرار

في بعض الحالات لا تكون كتابة معادلات التوازن كافية للتأكد من توازن المنشأة ،وتوجد ضرورة لتثبيت بعض العناصر بقيودها .

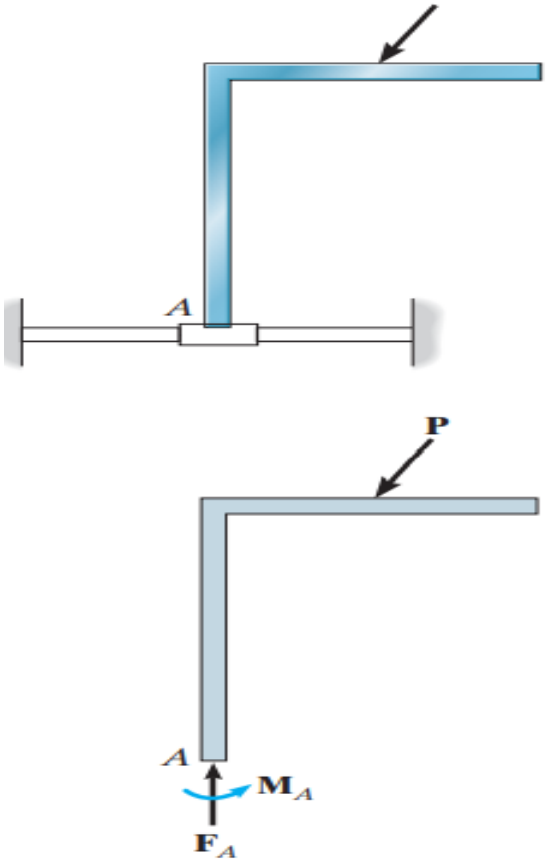
حالات عدم الاستقرار:

1-يمكن أن تحوي المنشأة على عدد من المجاهيل أقل من عدد المعادلات للتوازن الشكل1

2 يمكن أن يكون عدد المجاهيل مساويا لعدد المعادلات،ولكن عدم الاستقرار ينتج بسبب امكانية حركة بعض العناصر، وهذا يحدث في حال كون ردود الأفعال تلتقي في نقطة واحدة الشكل2 أو تكون ردود الأفعال متوازية مع بعضها البعض الشكل 3 .

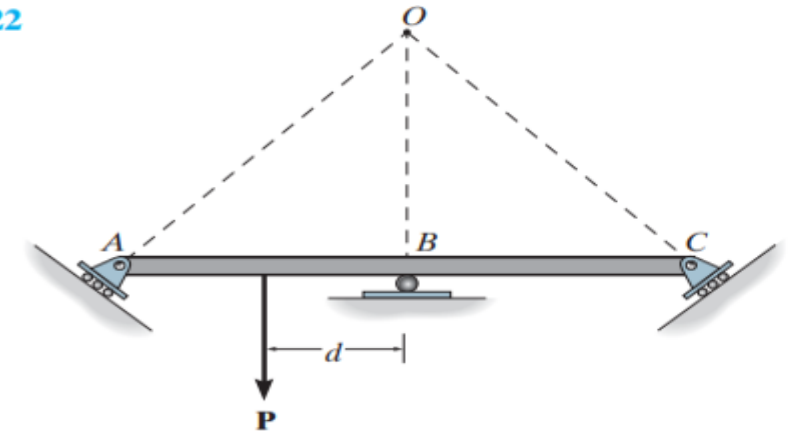
$r \geq 3n$ المنشأة غير مستقرة (ردود الأفعال متلاقية ،أو متوازية)

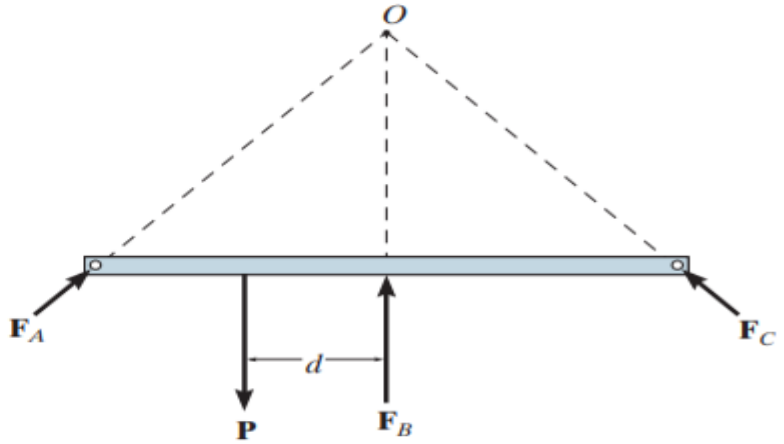
$r < 3n$ المنشأة غير مستقرة



partial constraints

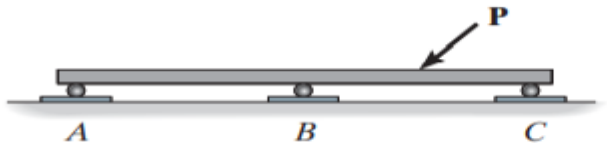
-22

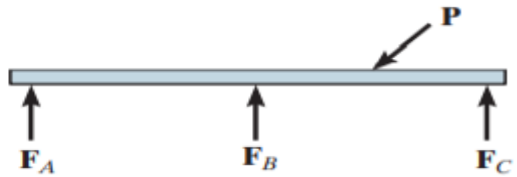




concurrent reactions

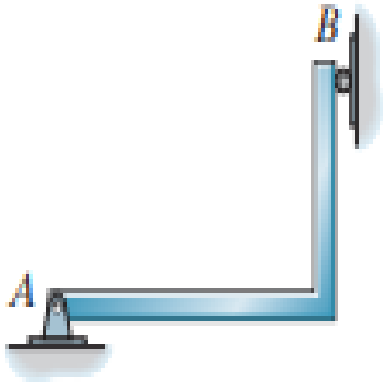
Fig. 2–23



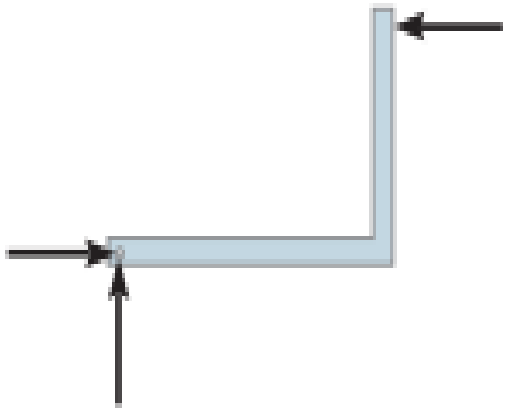


parallel reactions

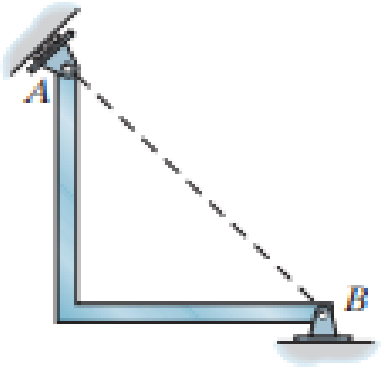
مسألة (4): المطلوب تحديد حالة المنشآت التالية إذا كانت في حالة استقرار، المنشآت معرضة لقوى خارجية معلومة .



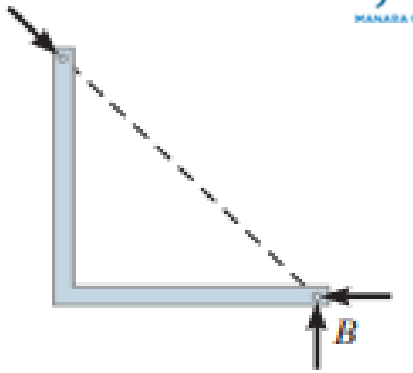
(a)



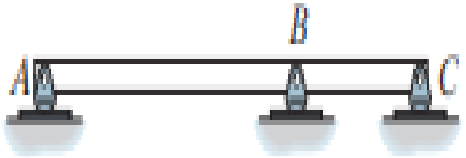
العنصر في حالة استقرار، حيث ،أن ردود الأفعال غير متقاطعة مع بعضها ، وليست متوازية .



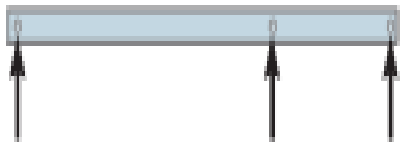
(b)



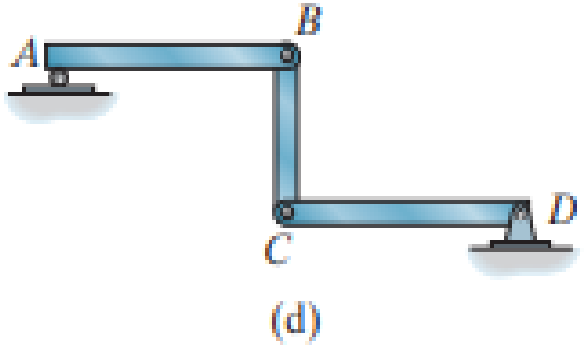
العنصر غير مستقر، حيث تتقاطع ردود الأفعال عند النقطة B



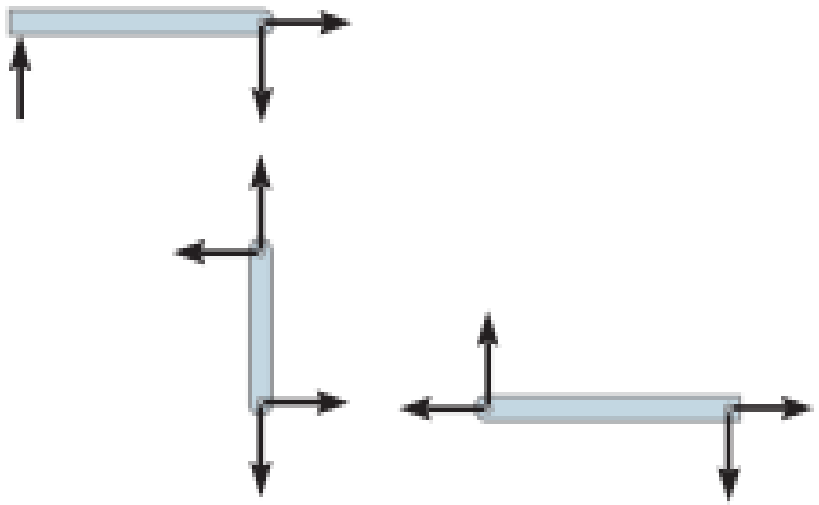
(c)



العتبة غير مستقر، حيث أن كافة ردود الأفعال متوازية



(d)



المنشأة غير مستقر، حيث أن n=3, r =7 ,أي أن 3n, 7 <9 r < . مع ملاحظة أن العنصر ABيستطيع التحرك أفقيا بحريّة .

حساب ردود الأفعال

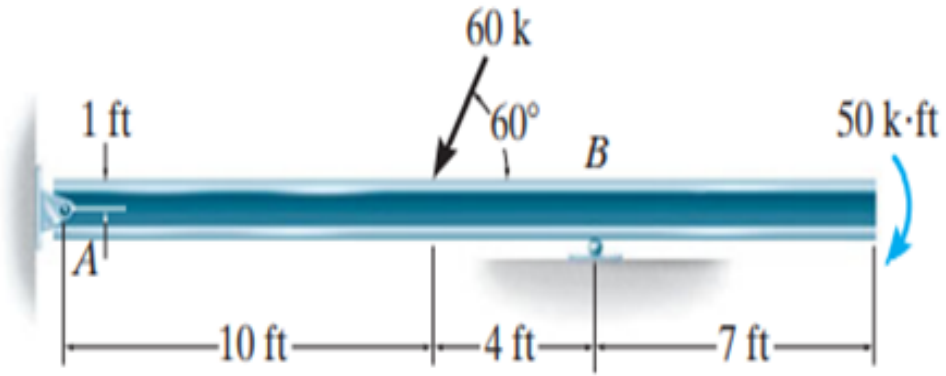
- الشرطين اللازمين والكافيين لتوازن المنشأة هما :
- 1.محصلة كافة القوى الخارجية يجب أن تكون مساوية للصفر ,
- 2.مجموع عزوم كافة القوى الخارجية والمزدوجات يجب أن يكون مساويا للصفر.
- في الفراغ لدينا المعادلات التالية :

$$\Sigma F_x = 0 \quad \Sigma F_y = 0 \quad \Sigma F_z = 0$$
$$\Sigma M_x = 0 \quad \Sigma M_y = 0 \quad \Sigma M_z = 0$$

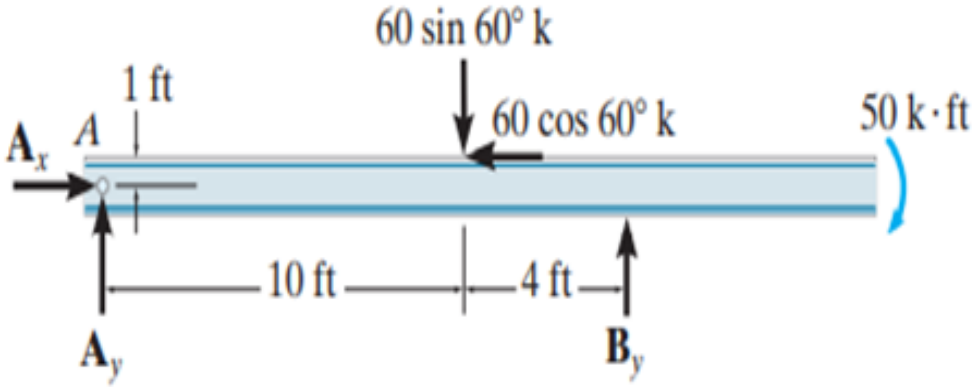
- في المستوي نكتب الشكل الأكثر استخداما :

$$\Sigma F_x = 0$$
$$\Sigma F_y = 0$$
$$\Sigma M_O = 0$$

مسألة (5): المطلوب حساب ردود الأفعال عند نقاط الاستناد للعتبة .



(a)



(b)

مخطط الجسم الحر : يبيّن الشكل bمخطط الجسم الحر، حيث تم وضع ردود الأفعال المناسبة عند المفصلين الثابت A والمتحرك B . وتحليل القوة 60K إلى مركبتين متعامدتين وفق المحورين X-Y

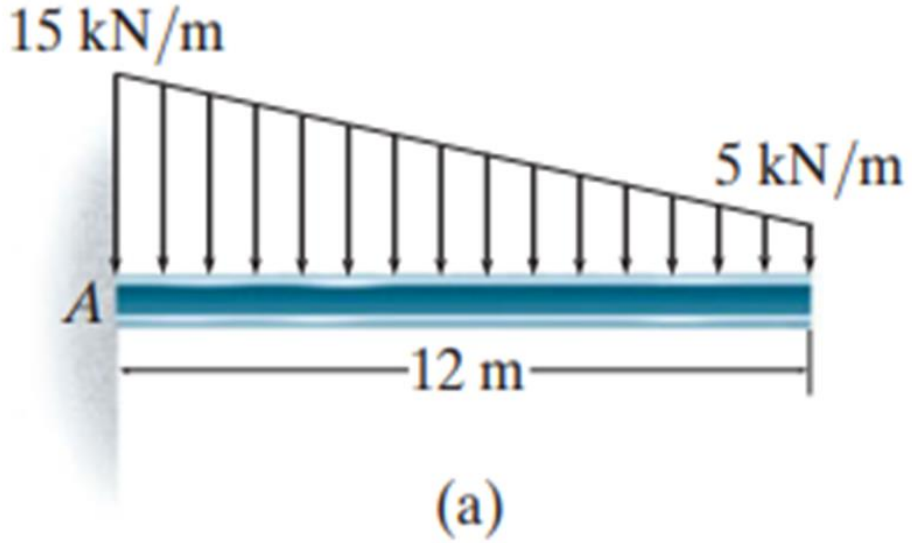
كتابة معادلات التوازن:

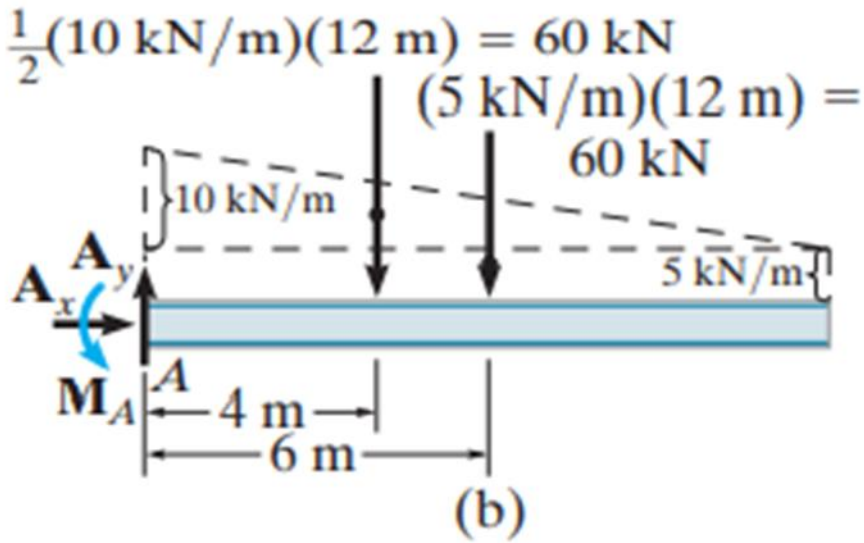
$$\stackrel{+}{\rightarrow}\Sigma F_x = 0; \quad A_x - 60\cos 60^\circ = 0 \quad A_x = 30.0\,\text{k}$$

$$\circlearrowleft +\Sigma M_A = 0; \quad -60\sin 60^\circ(10) + 60\cos 60^\circ(1) + B_y(14) - 50 = 0 \quad B_y = 38.5\,\text{k}$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad -60\sin 60^\circ + 38.5 + A_y = 0 \quad A_y = 13.4\,\text{k}$$

مسألة (6) : المطلوب حساب مركبات ردود الأفعال عند المفصل A(تثبيت تام) .





مخطط الجسم الحر: يبيّن الشكل b مخطط الجسم الحر، حيث تم استبدال التثبيت التام عند النقطة Aبثلاثة مجاهيل : مركبتين لرد الفعل تمنع حركة العتبة وفق الاتجاهين الأفقي والعمودي ، وعزم مزدوجة يمنع دوران العتبة .

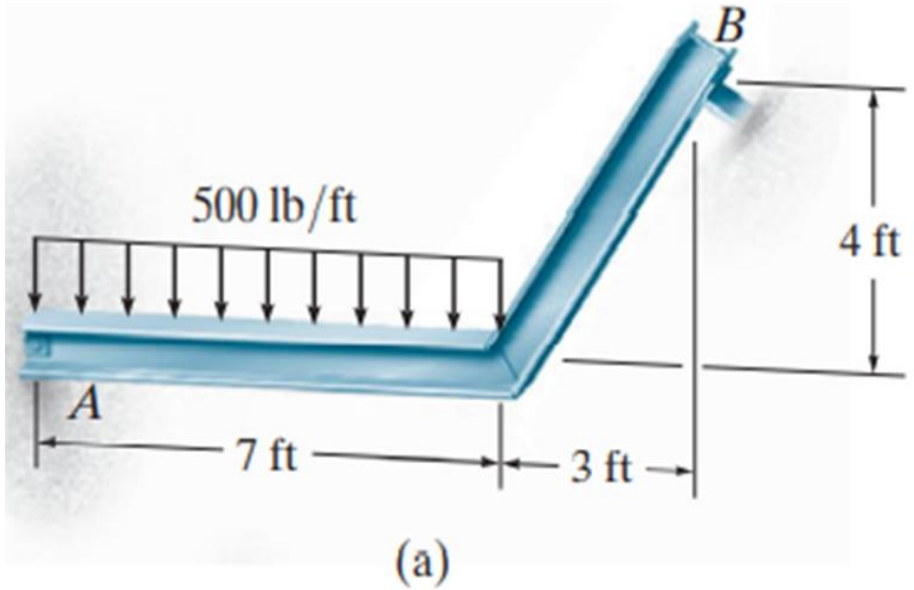
معادلات التوازن :

$$\pm\rightarrow \Sigma F_x = 0; \quad A_x = 0$$

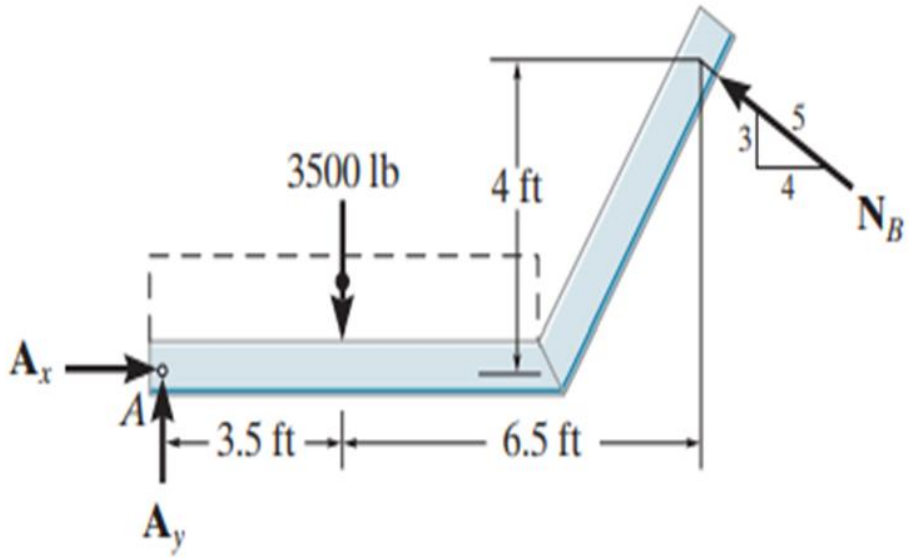
$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad A_y - 60 - 60 = 0 \qquad A_y = 120\ \text{kN}$$

$$\circlearrowleft + \Sigma M_A = 0; \quad -60(4) - 60(6) + M_A = 0 \quad M_A = 600\ \text{kN}\cdot\text{m}$$

مسألة (7) : المطلوب حساب ردود الأفعال للعتبة المبيّنة في الشكل ، بفرض أن الاستناد عند A وصلة مفصلية ثابتة ، وعند B وصلة متحركة (عجلة أو سطح أملس) .



(a)



(b)

مخطط الجسم الحر: يبيّن الشكل b مخطط الجسم الحر للعتبة ، حيث تم استبدال المفصل الثابت عند A بمركبتين لرد الفعل ، وعند المفصل المتحرك B بمركّبة وحيدة لرد الفعل عمودية على سطح الاستناد .

معادلات التوازن : نحلل القوة NB إلى مركبتين متعامدتين ، ونكتب معادلة التوازن حول النقطة التي تحتوي على أكثر مجاهيل A

$$\downarrow+\Sigma M_A = 0; \quad -3500(3.5) + \left(\tfrac{4}{5}\right)N_B(4) + \left(\tfrac{3}{5}\right)N_B(10) = 0$$

$$N_B = 1331.5\ \text{lb} = 1.33\ \text{k}$$

$$\pm\rightarrow \Sigma F_x = 0; \quad A_x - \tfrac{4}{5}(1331.5) = 0 \qquad A_x = 1.07\ \text{k}$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad A_y - 3500 + \tfrac{3}{5}(1331.5) = 0 \qquad A_y = 2.70\ \text{k}$$

الهياكل والآليات

تعتبر الهياكل والآليات من المنشآت المؤلفة من وصلات متمفصلة مع بعضها (pin connected عناصر مؤلفة من أكثر من قوتين).

تكون الهيكل عادة مستقرة وتستخدم لتحمل الأحمال المختلفة ، بينما تحتوي الآليات على عناصر متحركة وتستخدم من أجل نقل تأثير القوى من جهة لأخرى.

أولاً : رسم مخطط الجسم الحر :

- ارسم مخطط الجسم الحر لكامل المنشأة ، ولكل جزء من المنشأة ، وذلك حسب معطيات ومتطلبات المسألة .

- عند الفصل تكون القوى في المفاصل للعناصر المشتركة متساوية في المقدار ومتعاكسة بالاتجاه ، وعند الوصل تصبح هذه القوى داخلية ولا تظهر في المخطط.

- العناصر ذات القوتين Two Forces Members هي عناصر متوازنة تحت تأثير قوتين فقط ، تؤثران على امتداد العنصر وفي نهايتيه .

- عزم المزدوجة عبارة عن شعاع حر يؤثر في أية نقطة من مخطط الجسم الحر ، وكذلك القوة عبارة عن شعاع منزلق يمكنه التأثير على أية نقطة من خط تأثير القوة

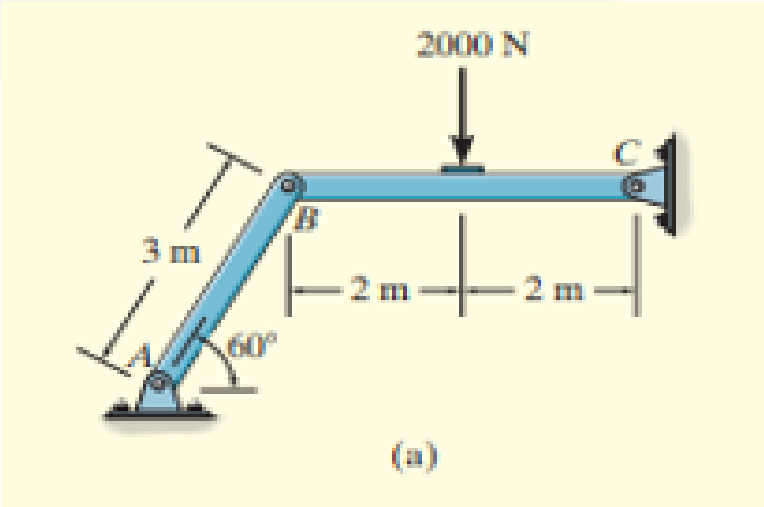
ثانياً : كتابة معادلات التوازن :

- نعدّ المجاهيل ونقارنه بعدد المعادلات الممكن كتابتها ، مع العلم أنه يمكننا كتابة ثلاث معادلات للمنشأة كاملة ،ولكل جزء من المنشأة.

- اكتب معادلة العزم حول النقطة التي يلتقي فيها أكبرعدد من المجاهيل .

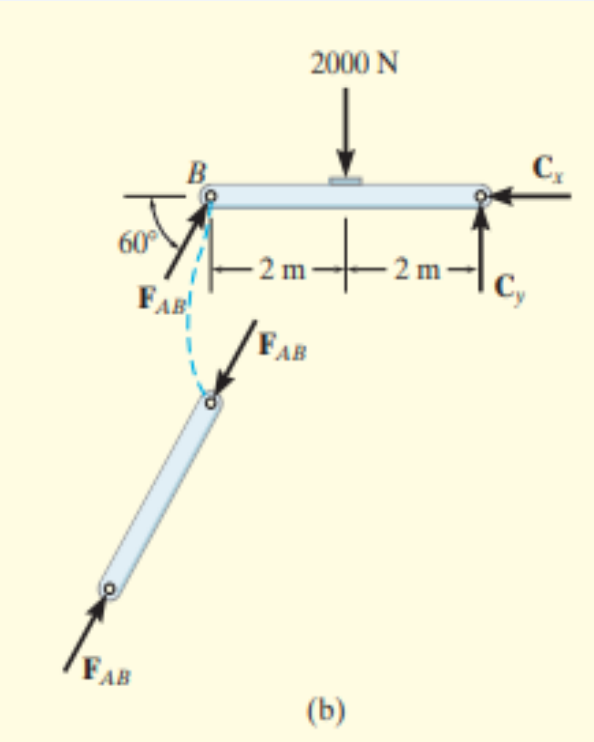
- بعد حل المعادلات وحساب المجاهيل ، إذا كانت إشارة إحدى القوى أو العزوم سالبة فهذا يعني أن الاتجاه الصحيح لهذه القوة هوعكس الاتجاه المفروض.

مسألة 8: أوجد المركبات الأفقية والعمودية لرد الفعل عند المفصل C المؤثرة على العنصر BC.



الحل : ننظر إلى كامل الهيكل ونعد المجاهيل : لدينا نقطتي استناد ذات وصلات مفصلية(Pin connected) عند Aو C وبالتالي لدينا أربعة مجاهيل ، إذاً نفصل الهيكل عند B، مع ملاحظة وجود عنصر TWO FORCES MEMBERوهو العنصرAB.

حل المسألة مع ملاحظة وجود عنصر TWO FORCES MEMBER



$$\sum Fx = 0 \,, \Rightarrow FAB \,.\, cos\, 60 - Cx = 0 \,, (1)$$

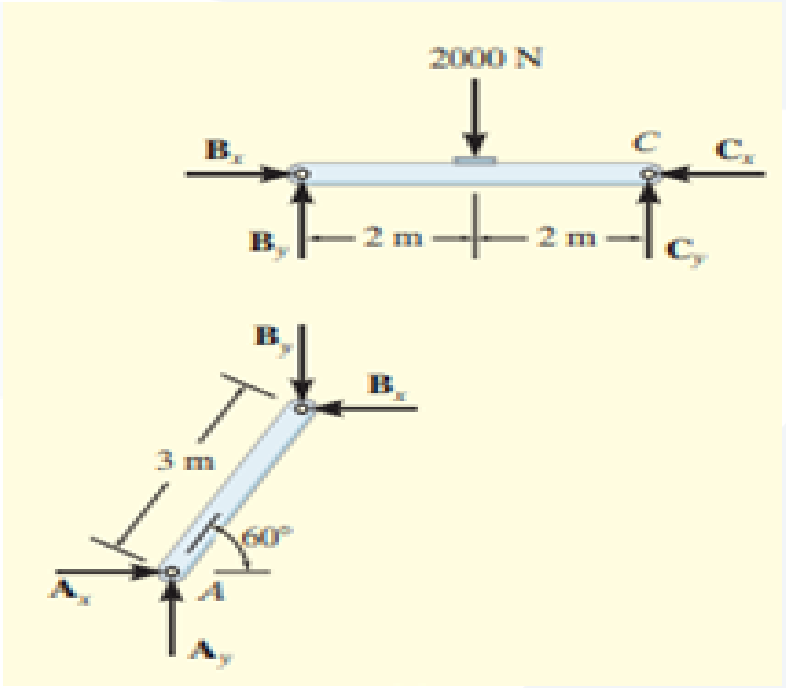
$$\sum Fy = 0 \,, \Rightarrow FAB \,.\, sin\, 60 + Cy - 2000 = 0 \,, (2)$$

$$\sum Mc = 0 \,, \Rightarrow FAB \,.\, sin\, 60(4m) + 2000(2m) = 0, (3)$$

$$FAB = 1154.7N \,, Cx = 577N \,, Cy = 1000N$$

2- حل المسألة مع عدم ملاحظة وجود عنصر TWO FORCES MEMBER:

في هذه الحالة لدينا ستة مجاهيل وهذا يكافئ ست معادلات (ثلاث معادلات لكل جزء).



العنصر AB:

$$\sum Fx = 0 \,, \Rightarrow Ax - Bx = 0 \,, (1)$$

$$\sum Fy = 0 \,, \Rightarrow Ay - By = 0 \,, (2)$$

$$\sum MA = 0 \,, \Rightarrow Bx\,(3sin\,60m) - By(3cos60m) = 0(3)$$

العنصر BC

$$\sum Fx = 0 \,, \Rightarrow -Bx - Cx = 0 \quad (1)$$

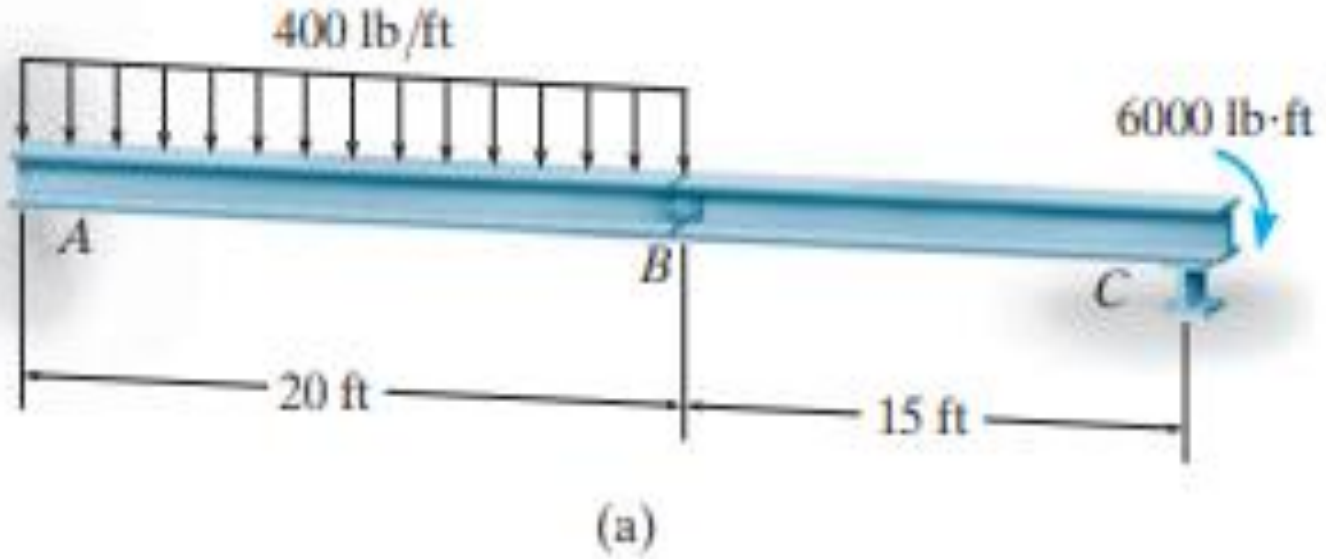
$$\sum Fy = 0 \,, \Rightarrow By + Cy - 2000 = 0 \quad (2)$$

$$\sum Mc = 0 \,, \Rightarrow 2000(2m) - By(4m) = 0 \quad (3)$$

$$By = 1000N \;، BX = 577N$$

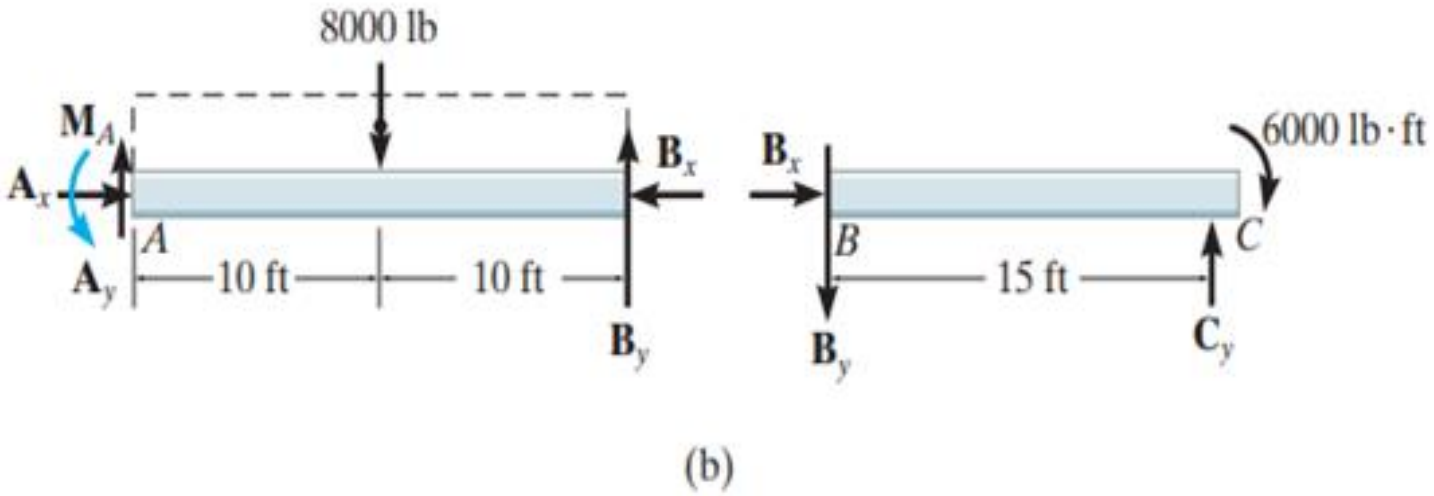
$$Cx = 577N \;، CY = 1000N$$

مسألة (9) : عتبة مركّبة ذات تثبيت تام عند A، المطلوب حساب ردود الأفعال عند النقاط A,B,C
(بفرض أن Bوصلة مفصلية ، و C عجلة)



(a)

مخطط الجسم الحر:يبيّن الشكل bمخطط الجسم الحر ، لماذا يمكن اعتبار العتبة مستقرة استاتيكيا ؟.



(b)

معادلات التوازن : لدينا ستة مجاهيل ، بحاجة إلى ستة معادلات توازن : ثلاثة معادلات لكل قسم .

Segment BC:

$$\circlearrowleft + \Sigma M_C = 0; \quad -6000 + B_y(15) = 0 \quad B_y = 400 \text{ lb}$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad 400 + C_y = 0 \quad C_y = 400 \text{ lb}$$

$$\pm \rightarrow \Sigma F_x = 0; \quad B_x = 0$$

Segment AB:

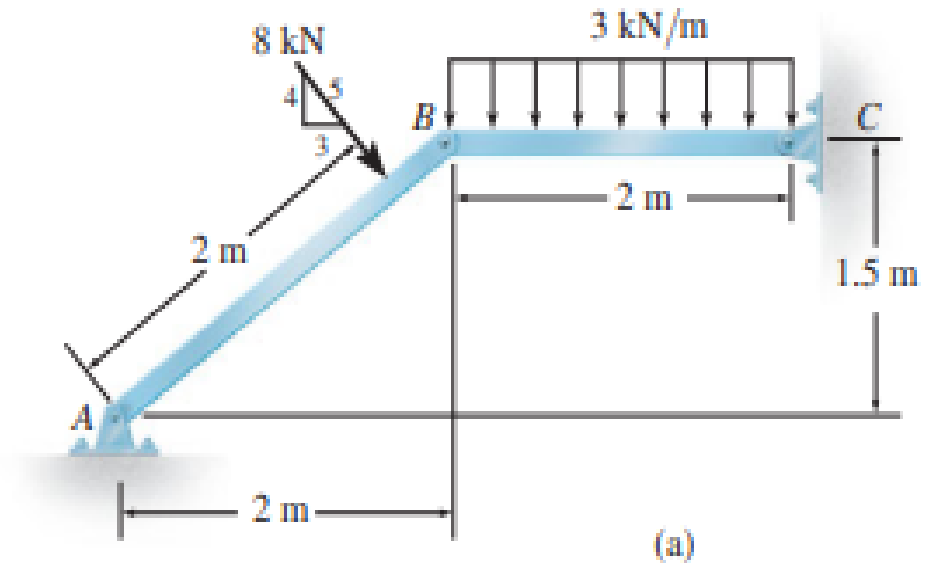
$$\circlearrowleft + \Sigma M_A = 0; \quad M_A - 8000(10) + 400(20) = 0$$

$$M_A = 72.0 \text{ k} \cdot \text{ft}$$

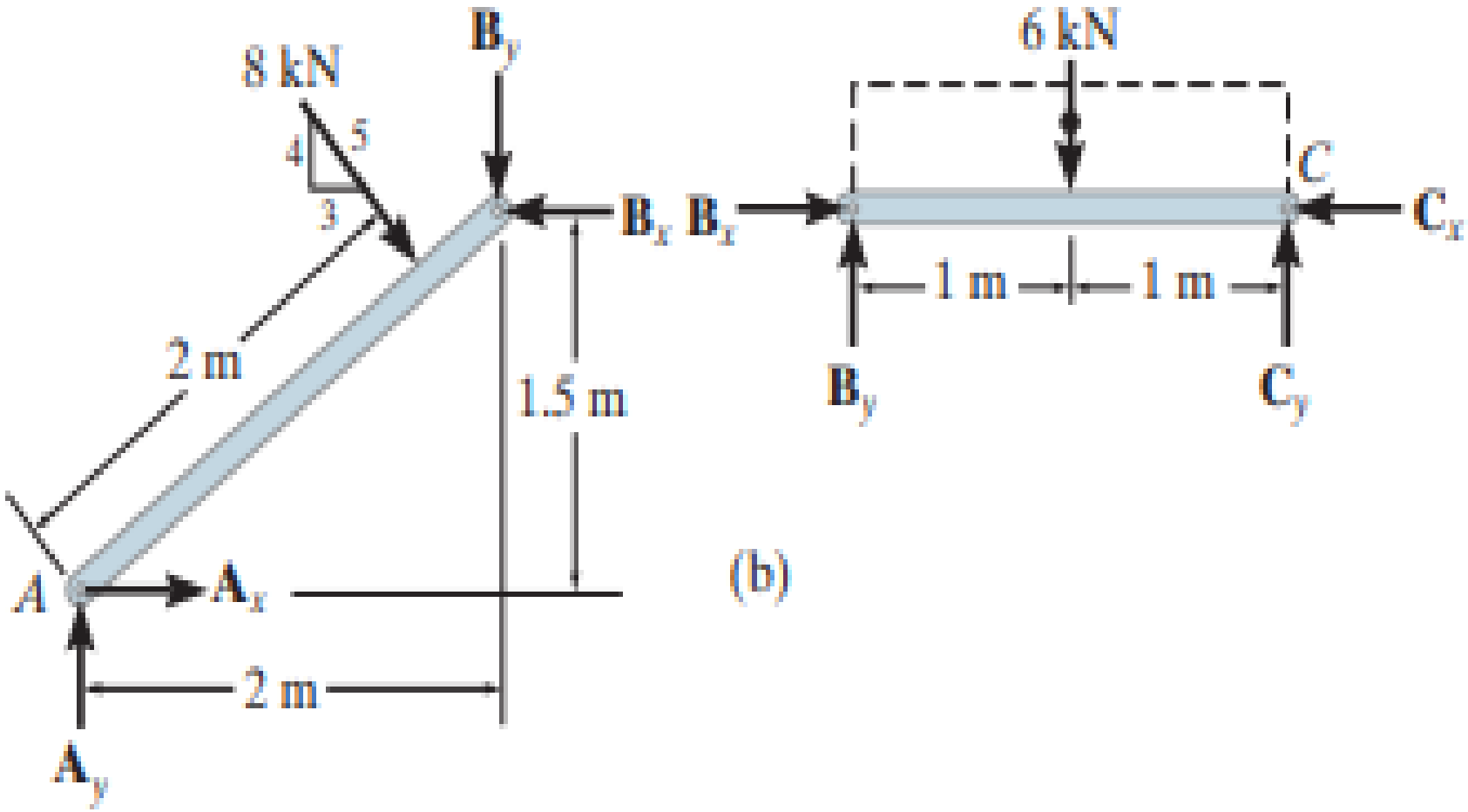
$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad A_y - 8000 + 400 = 0 \quad A_y = 7.60 \text{ k}$$

$$\pm \rightarrow \Sigma F_x = 0; \quad A_x - 0 = 0 \quad A_x = 0$$

- **مسألة (10):** المطلوب حساب المركبات الأفقية والعمودية لردود الأفعال عند المفصلين A وC



مخطط الجسم الحر :



معادلات التوازن :

Member BC:

$$\curvearrowleft + \Sigma M_C = 0; \quad -B_y(2) + 6(1) = 0 \qquad B_y = 3\ \text{kN}$$

Member AB:

$$\curvearrowleft + \Sigma M_A = 0; \quad -8(2) - 3(2) + B_x(1.5) = 0 \qquad B_x = 14.7\ \text{kN}$$

$$\pm\rightarrow \Sigma F_x = 0; \quad A_x + \tfrac{3}{5}(8) - 14.7 = 0 \qquad A_x = 9.87\ \text{kN}$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad A_y - \tfrac{4}{5}(8) - 3 = 0 \qquad A_y = 9.40\ \text{kN}$$

Member BC:

$$\pm\rightarrow \Sigma F_x = 0; \quad 14.7 - C_x = 0 \qquad C_x = 14.7\ \text{kN}$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad 3 - 6 + C_y = 0 \qquad C_y = 3\ \text{kN}$$