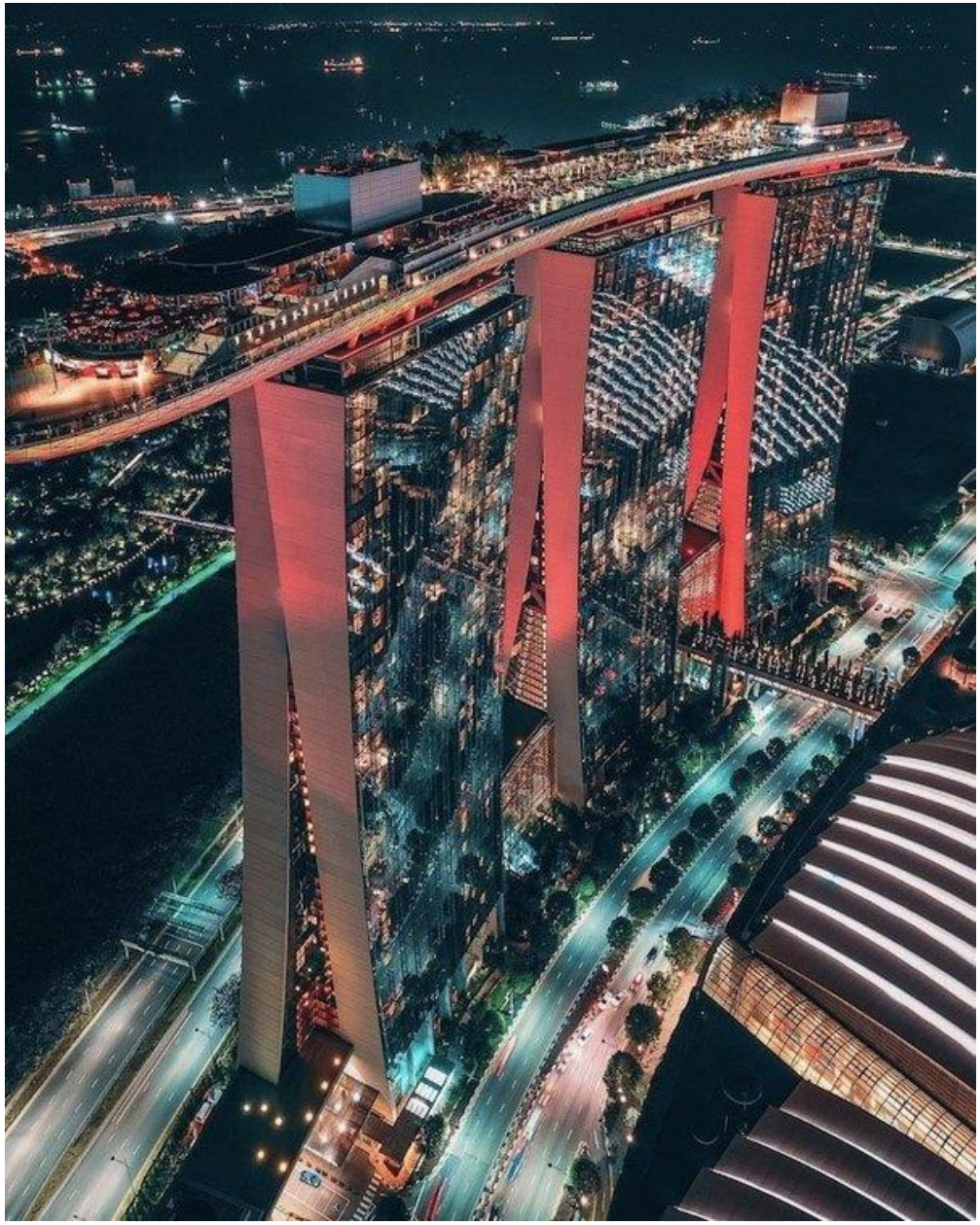


مقاومة المواد وحساب الانشاءات 1

Sem. 2

2023-2024

أ.د. نايل محمد حسن

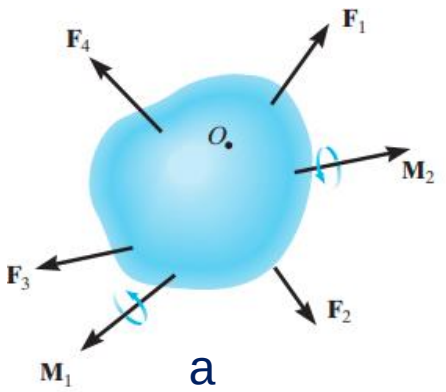
جَـامعة
المَـنارة
MANARA UNIVERSITY

المحاضرة الثامنة

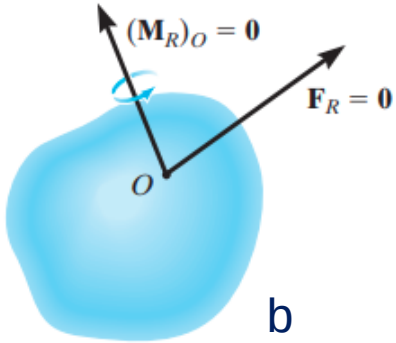
توازن الأجسام الصلبة

EQUILIBRIUM OF A RIGID BODY

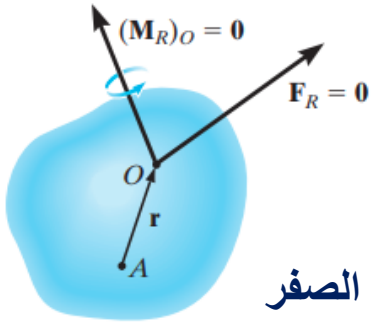
شروط توازن الجسم الصلب



a



b



c

تحديد الشروط اللازمة والكافية لتوازن الجسم الصلب:

- ✓ يتعرض الجسم الصلب لنظام قوى خارجية ومزدوجات عزوم تنتج عن تأثيرات قوى: الجاذبية، الكهربائية، المغناطيسية
  او التماسية التي تسببها المساند والاجسام المجاورة، الشكلa
  (لايبين الشكل القوى الداخلية الناتجة عن التفاعل بين ذرات المادة)، لأن هذه القوى تحدث بشكل أزواج خطية متساوية ومتعاكسة وبالتالي تلغي بعضها البعض، وهي نتيجة لقانون نيوتن الثالث
- ✓ كنتيجة لما عرض سابقاً، يمكن تخفيض نظام القوى وعزوم المزدوجات إلى قوة محصلة وعزم محصل لإي نقطة o داخل او خارج الجسم
- ✓ إذا كانت كلتا المحصلتين مساوية للصفر، فإن الجسم يكون في حالة توازن، أي أن الجسم ساكن او في حالة سرعة ثابتة
- ✓ يعبر عن توازن جسم رياضيا كما يلي:

$$\mathbf{F}_R = \Sigma \mathbf{F} = \mathbf{0}$$

$$(\mathbf{M}_R)_O = \Sigma \mathbf{M}_O = \mathbf{0}$$

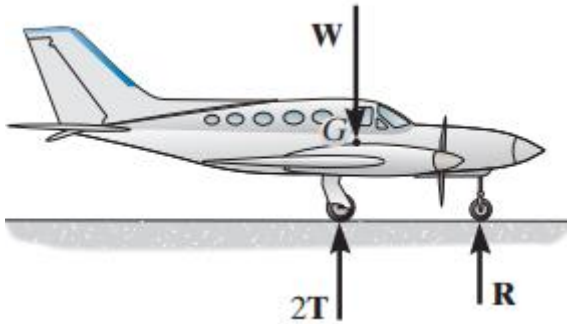
تعتبر المعادلات كافية ولازمة

- المعادلة الاولى تعبر عن مجموع كل القوى المؤثرة تساوي الصفر
- المعادلة الثانية تعني أن مجموع عزوم كل القوى والمزدوجات المؤثرةحول نقطة ما تساوي الصفر
- عند تطبيق معادلات التوازن نعتبر الجسم يبقى صلب وغير متشوه (في الواقع تكون التشوهات صغيرة ويمكن اهمالها)

شروط توازن الجسم الصلب

التوازن في المستوي (ثنائي الأبعاد) EQUILIBRIUM IN TWO DIMENSIONS

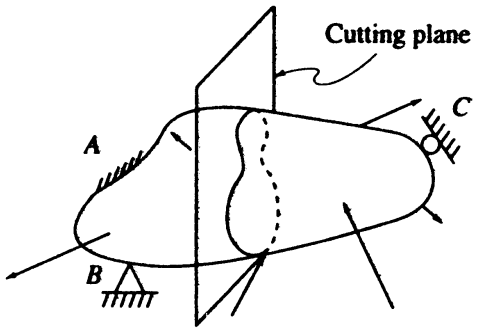
- ✓ سنعتبر أن القوى والمزدوجات تؤثر في المستوي اي أنها عمودية عليه
- ✓ مثلاً، الطائرة المبينة في الشكل تملك محور تناظر حول محورها المتوسط، بالتالي الحمولات المؤثرة على الطائرة متناظرة بالنسبة لهذا المحور. الحمولة T هي حمولة أحد عجلات الجناحين.
- ✓ باعتبار نمثل الطائرة في المستوي يكون وزن كلا العجلتين 2T.



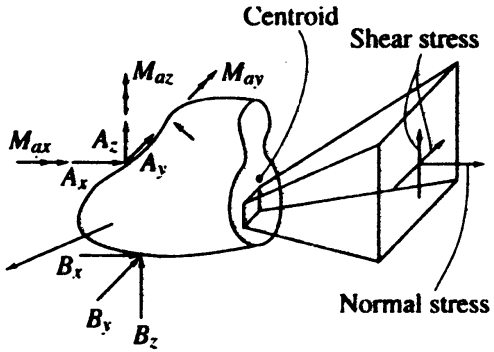
شروط توازن الجسم الصلب

مخطط الجسم الحر FREE-BODY DIAGRAMS

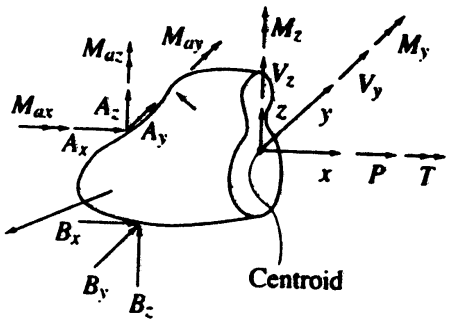
✓ نعرف مخطط الجسم الحر بأنه **مخطط للإنشاء أو جزء منه حرر من أي قيد**، وهو يظهر كل القوى الخارجية والقوى في القيود (المساند)



(a)



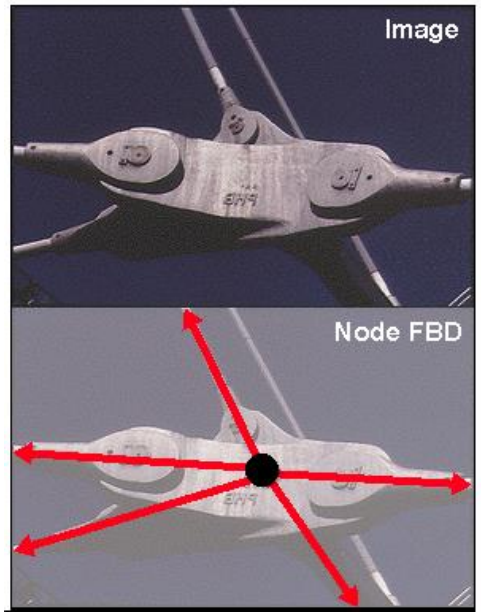
(b)

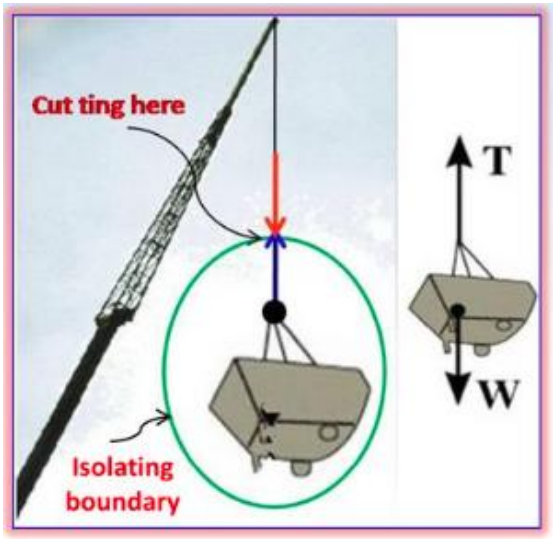


شروط توازن الجسم الصلب

مخطط الجسم الحر FREE-BODY DIAGRAMS

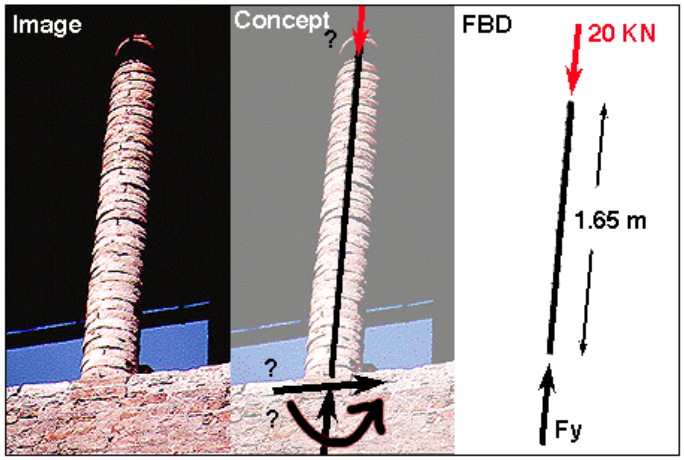
- ✓ عند اجراء الحسابات يجب معرفة كل القوى المعلومة والمجهولة المؤثرة على الجسم
- ✓ أفضل طريقة لتمثيل هذه القوى هي رسم مخطط الجسم الحر.
- ✓ وهو رسم للمحيط الخارجي للجسم أو جزء منه باعتباره معزول او حر من محيطه، (جسم حر)
- ✓ يجب ان تظهر كل القوى والمزدوجات التي تؤثر بها المساند والاجسام المحيطة بحيث يتم تطبيق معادلات التوازن عليه.
- ✓ من المهم جدا معرفة كيف يتم رسم مخطط الجسم الحر.

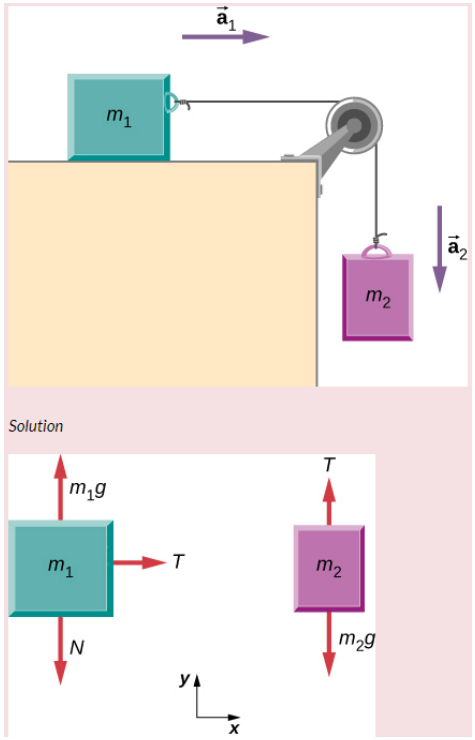


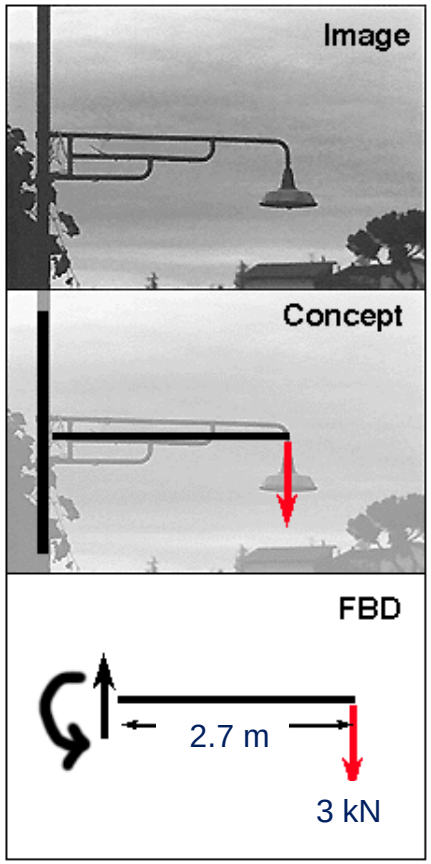


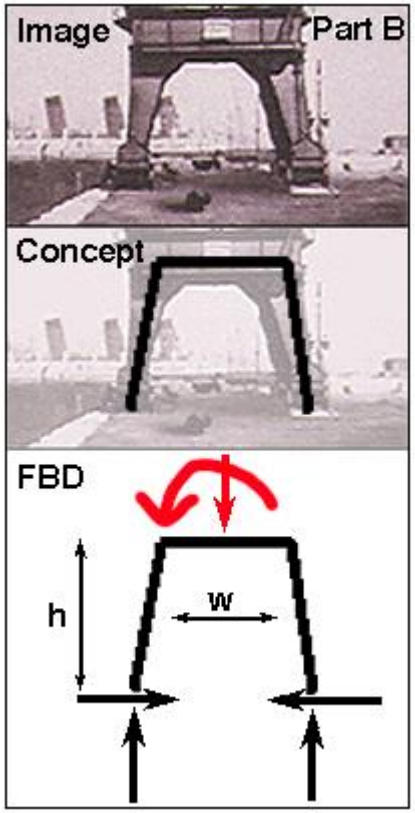
شروط توازن الجسم الصلب

مخطط الجسم الحر FREE-BODY DIAGRAMS









المساند Supports

- تكون الأجسام في علم السكون حرة أو مقيدة كلياً أو جزئياً.
- تستطيع الأجسام الحرة أن تتحرك في كل الاتجاهات بكل حرية.
- الأجسام المقيدة لا تملك حرية الحركة الكاملة وإنما يعيق حركتها في بعض الاتجاهات عوائق تستند عليها هذه الأجسام أو تتصل بها (تسمى هذه العوائق المساند).
- عندما يؤثر جسم على جسم أخر بقوة (قوة الفعل) يرد الجسم على الجسم بقوة (قوة رد الفعل) تساويها وتعاكسها مباشرة، يعرف هذا بمبدأ الفعل و رد الفعل.
- نعرف المساند بأنها جمع مسند وهو ما استندت عليه الإنشاءات وعندها تؤثر مركبات ردود الفعل اللازمة لإحداث التوازن في الإنشاء تحت تأثير الحمولات والمؤثرات الداخلية والخارجية.

شروط توازن الجسم الصلب

ردود أفعال المساند Support Reactions.

هناك أنواع مختلفة من ردود أفعال المساند التي تحدث في المساند وفي مناطق التماس بين الاجسام المستوية الخاضعة لنظام القوى.

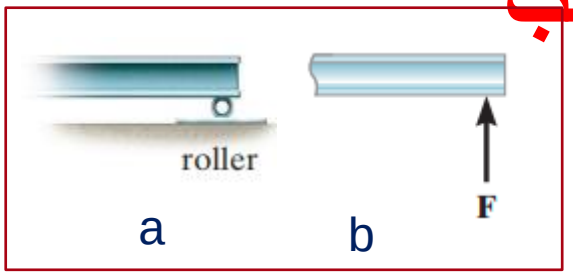
كقاعدة عامة، لدينا:

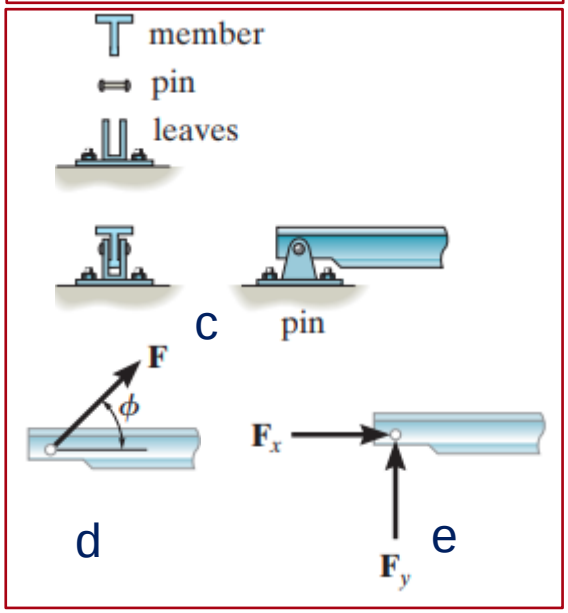
- **يمنع المسند حركة الجسم بتطبيق قوة على الجسم**
- **يمنع المسند دوران الجسم بتطبيق عزم مزدوجة على الجسم**

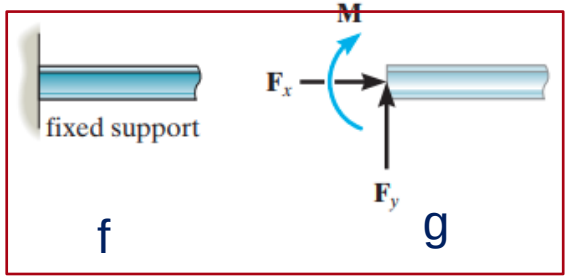
نميز ثلاثة أنواع اساسية من المساند هي:

- **المسند المتحرك Roller Support**
- **المسند الثابت (المفصلي) Pin Support**
- **المسند الموثوق Fixed Support**

شروط توازن الجسم الصلب







حالة أولى: لنعتبر الجائز الافقي **مسنود في نهايته** (مسند متحرك أو اسطواني)، نلاحظ أن المسند **يمنع** الجائز من الانتقال شاقوليا. سيؤثر المسند المتحرك بقوة شاقولية واحدة فقط على الجائز، الأشكال a,b

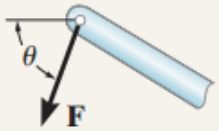
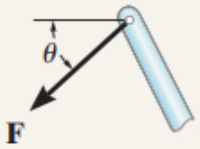
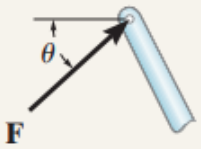
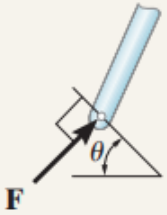
حالة ثانية: لنعتبر الجائز الافقي مسنود في نهايته **أكثر تقييدا** (مسند مفصلي)، المسند يمنع الجائز من الانتقال **بأي اتجاه** (ϕ). سيؤثر المسند المفصلي بقوة F معاكسة على الجائز. يستحسن تمثيل القوة بمركبتيها الشاقولية F_y والافقية F_x. الأشكال c,d,e

حالة ثالثة: لنعتبر الجائز الافقي مسنود في نهايته **بتقييد كامل** (مسند موثوق)، المسند **يمنع** الجائز من **الانتقال والدوران**. سيؤثر المسند المفصلي بقوة F ومزدوجة عزم معاكسة على الجائز. يستحسن تمثيل القوة بمركبتيها الشاقولية F_y والافقية F_x.

شروط توازن الجسم الصلب

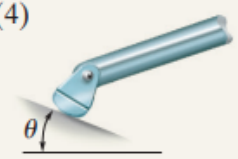
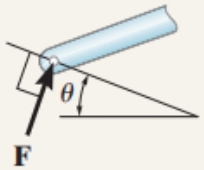
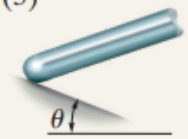
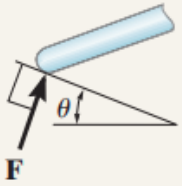
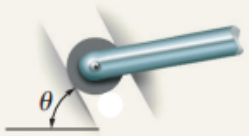
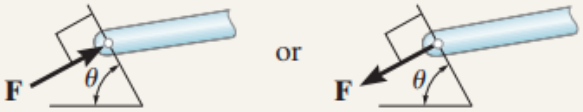
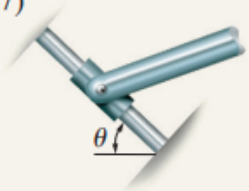
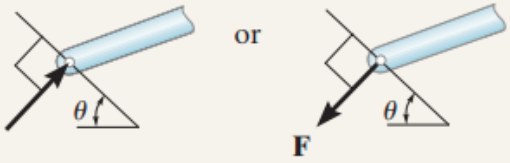
يبين الجدول الحالات الشائعة لمساند الاجسام الخاضعة لنظام قوى في المستوي، تعتبر الزاوية θ معروفة، من المهم دراسة الرموز المستخدمة لتمثيل هذه المساند وأنواع ردود الافعال المؤثرة على عناصر التماس

Supports for Rigid Bodies Subjected to Two-Dimensional Force Systems

Types of Connection	Reaction	Number of Unknowns
(1) cable		One unknown. The reaction is a tension force which acts away from the member in the direction of the cable.
(2) weightless link	 or 	One unknown. The reaction is a force which acts along the axis of the link.
(3) roller		One unknown. The reaction is a force which acts perpendicular to the surface at the point of contact.

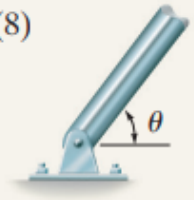
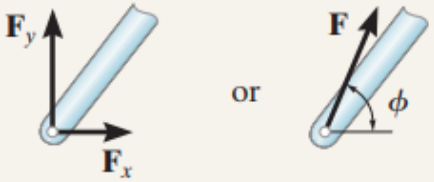
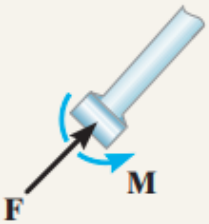
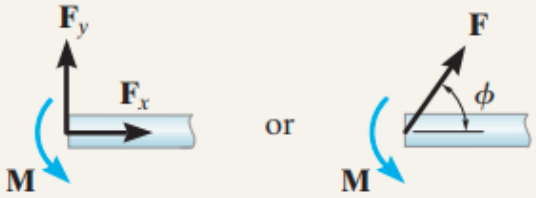
شروط توازن الجسم الصلب

Supports for Rigid Bodies Subjected to Two-Dimensional Force Systems

Types of Connection	Reaction	Number of Unknowns
(4)  rocker		One unknown. The reaction is a force which acts perpendicular to the surface at the point of contact
(5)  smooth contacting surface		One unknown. The reaction is a force which acts perpendicular to the surface at the point of contact
(6)  roller or pin in confined smooth slot		One unknown. The reaction is a force which acts perpendicular to the slot.
(7)  member pin connected to collar on smooth rod		One unknown. The reaction is a force which acts perpendicular to the rod.

شروط توازن الجسم الصلب

Supports for Rigid Bodies Subjected to Two-Dimensional Force Systems

Types of Connection	Reaction	Number of Unknowns
(8)  smooth pin or hinge		Two unknowns. The reactions are two components of force, or the magnitude and direction ϕ of the resultant force. Note that ϕ and θ are not necessarily equal [usually not, unless the rod shown is a link as in (2)].
(9) member fixed connected to collar on smooth rod		Two unknowns. The reactions are the couple moment and the force which acts perpendicular to the rod.
(10) fixed support		Three unknowns. The reactions are the couple moment and the two force components, or the couple moment and the magnitude and direction ϕ of the resultant force.

شروط توازن الجسم الصلب

بعض نماذج المساند الحقيقية،الرقم في الصور يبين نوع المسند حسب الجدول السابق

The cable exerts a force on the bracket in the direction of the cable. (1)

The rocker support for this bridge girder allows horizontal movement so the bridge is free to expand and contract due to a change in temperature. (4)

This concrete girder rests on the ledge that is assumed to act as a smooth contacting surface. (5)

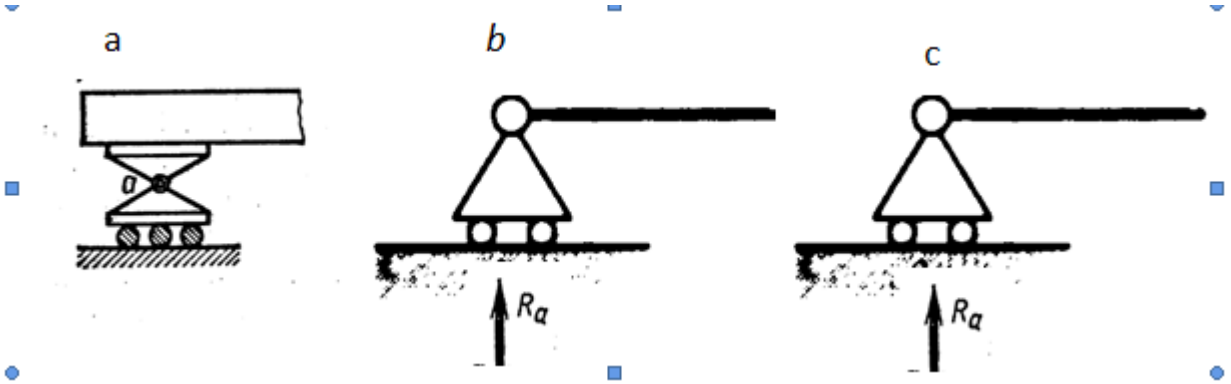
Typical pin support for a beam. (8)

The floor beams of this building are welded together and thus form fixed connections. (10)

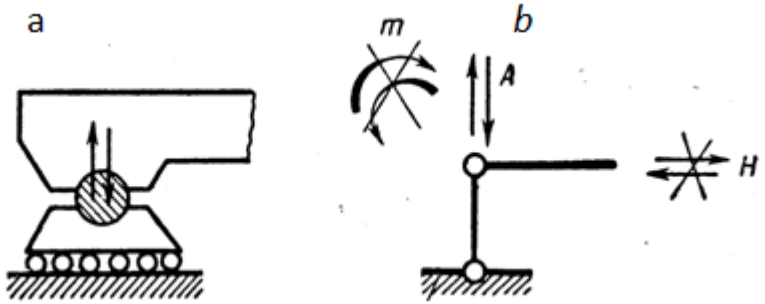
شروط توازن الجسم الصلب

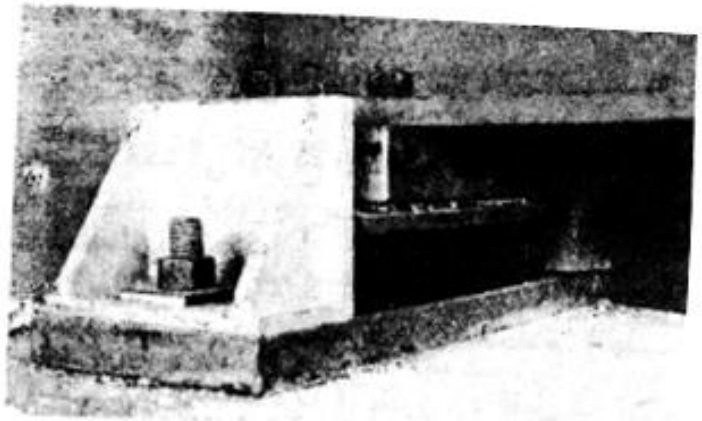
(المساند)

المسند المفصلي المتحرك *Roller Support*



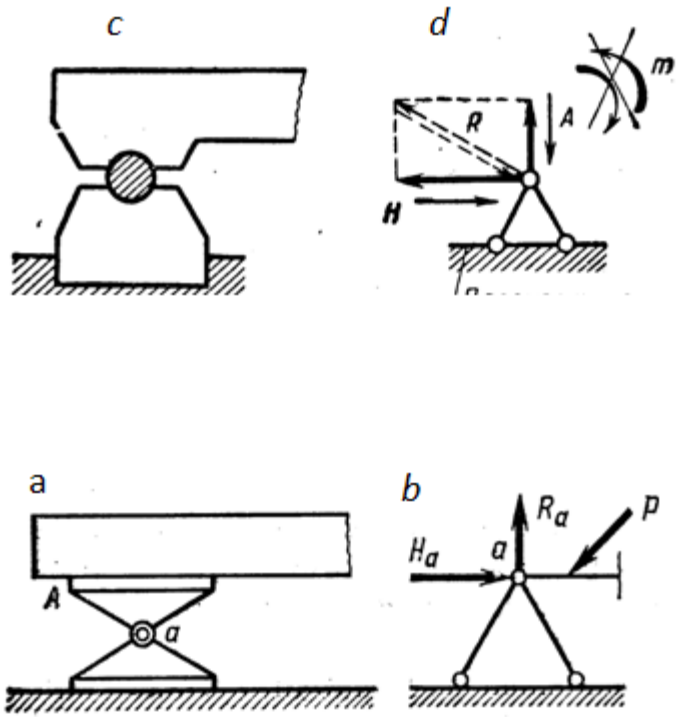
المسند النوسي (الهزاز) *Rocker Support*



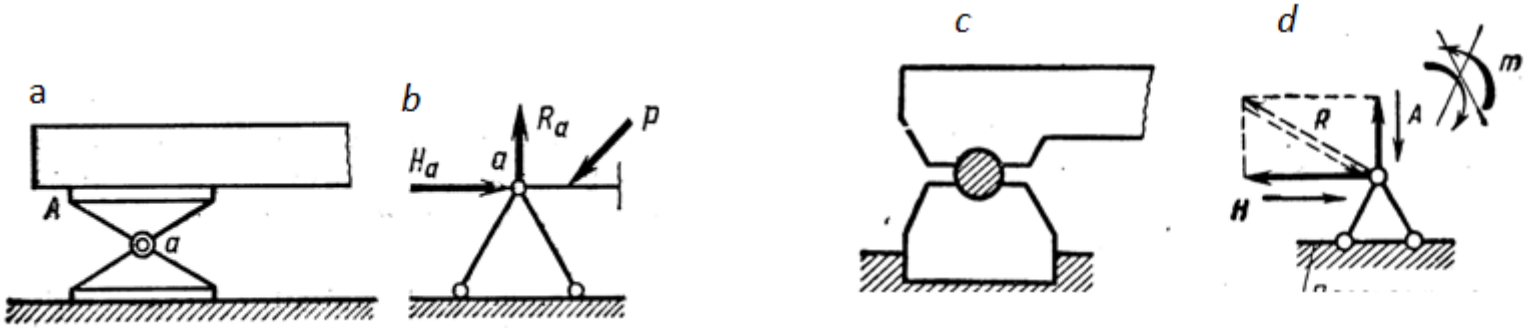


المسند مصنوع من مادة ضعيفة المقاومة
على الاحتكاك وبالتالي يمكن نمذجة
المسند على أنه مسند متحرك

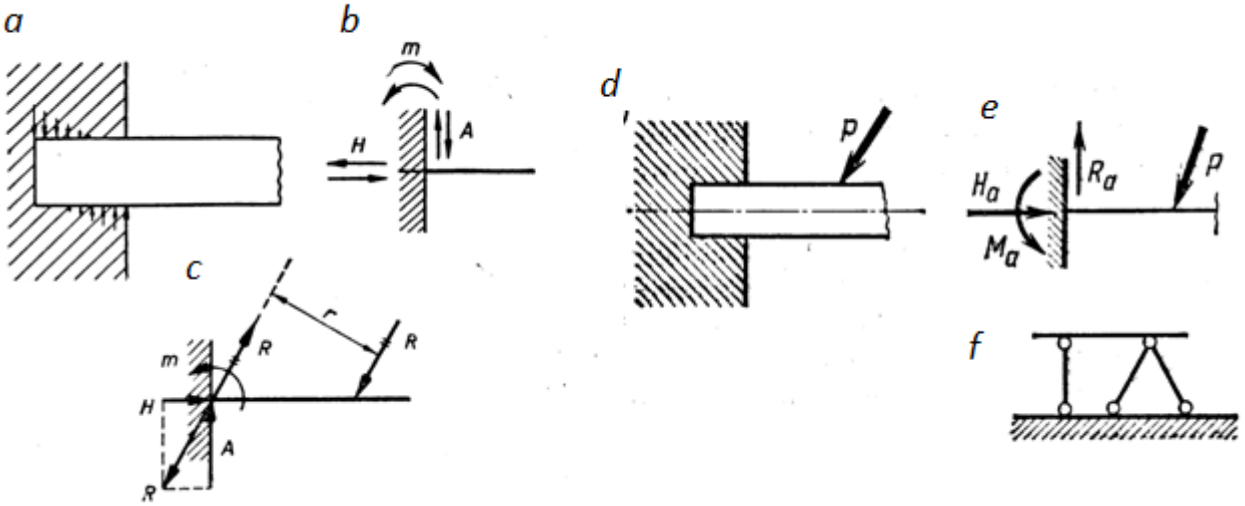
المسند المفصلي الثابت Fixed Support

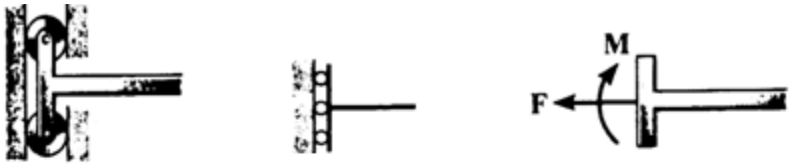


Fixed Support المسند المفصلي الثابت



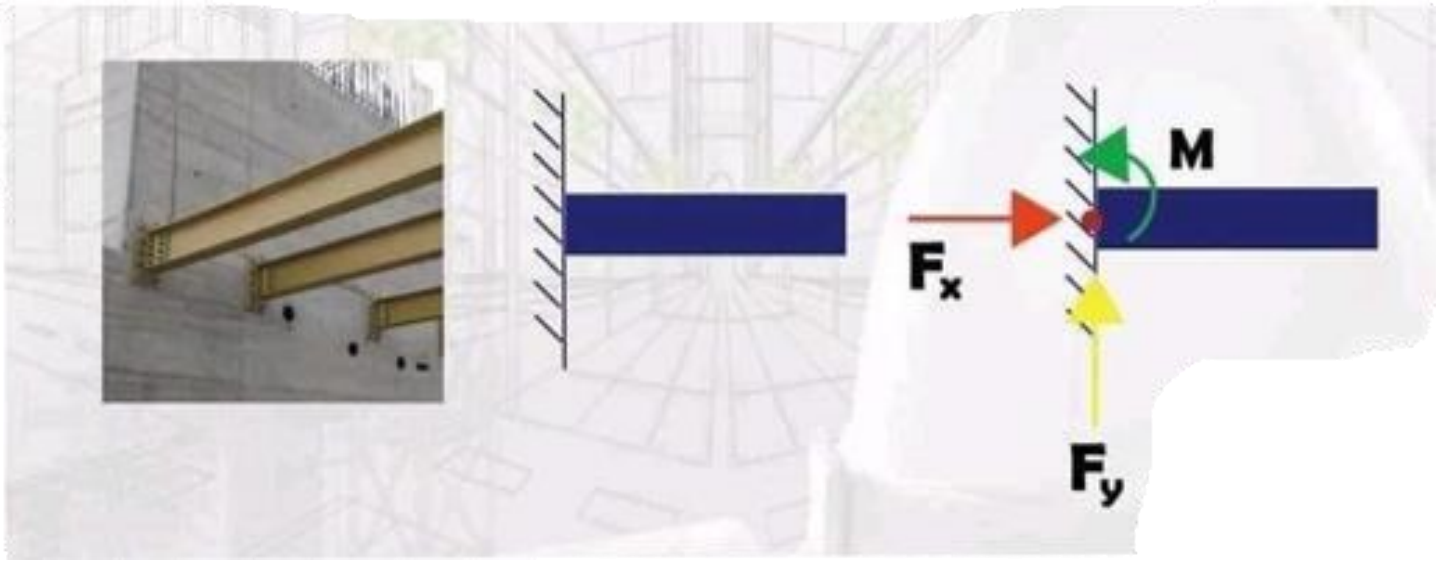
المسند الموثوق (الثابت)





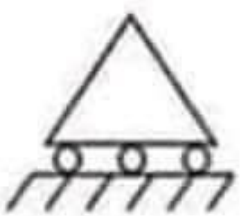
2- المسند الموثوق
والمتحرك شاقولياً (أو أفقياً)

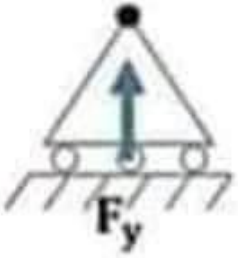
المسند الموثوق (الثابت)



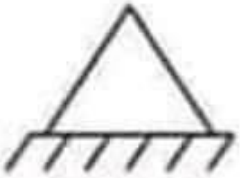
Types of supports

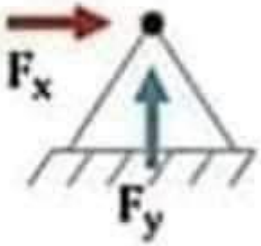
Roller



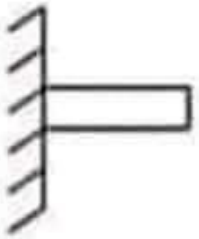


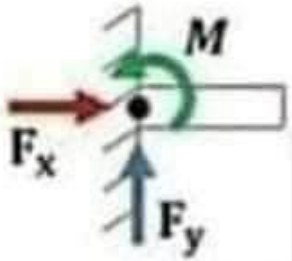
Pinned





Fixed

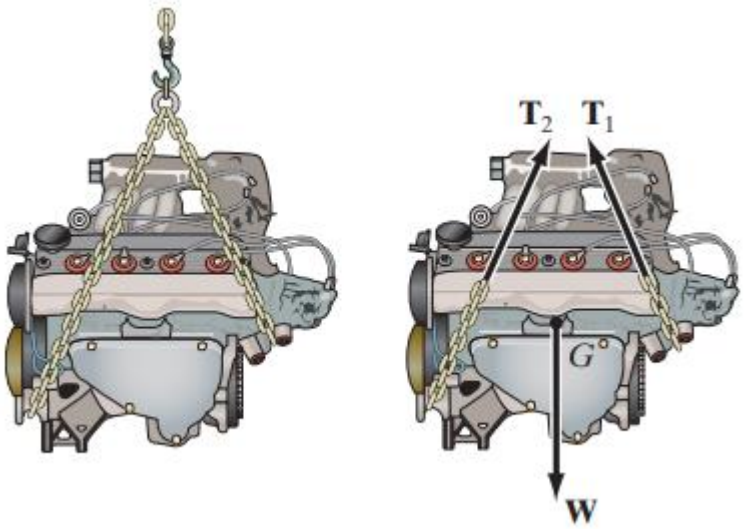




شروط توازن الجسم الصلب

القوى الداخلية Internal forces

- القوى الداخلية التي تؤثر بين ذرات مادة الجسم تحدث في ازواج خطية بحيث يكون لها نفس القيمة وعكس الاتجاه (قانون نيوتن الثالث)
- باعتبار هذه القوى تلغي بعضها البعض فإنها لن تنتج أي تاثير على الجسم
- من أجل ذلك لاتظهر في مخطط الجسم الحر



✓ مثلا المحرك المبين في الشكل a، له مخطط جسم حر في الشكل b، إن القوى الداخلية بين كل اجزاءه المتصلة، مثل عناصر التثبيت والبراغي ستلغى لانها تؤلف ثنائيات متساوية ومتعاكسة. سيظهر في مخطط الجسم الحر فقط القوى الخارجية T_1, T_2 المؤثرة بواسطة السلاسل، ووزن المحرك W.

شروط توازن الجسم الصلب

الوزن ومركز الجاذبية (الثقل) Weight and the Center of Gravity

- تملك الاجسام والجزيئات أوزان في حقل الجاذبية
- في نظام القوى هذا يمكن تخفيض نظام القوى الى قوة محصلة نؤثر عبر نقطة ما
- نشيرالى هذه المحصلة بوزن الجسم W، ونقطة تطبيقها بمركز الثقل
- عادة تعطى قيمة هذه القوة، واذا كان الجسم منتظم او مصنوع من نفس المادة، فإن مركو الثقل يكون واقع على مركز ثقل الجسم

النموذج الحسابي Idealized Models

عندما تجرى الحسابات على القوى فانه يتم اعتماد نموذج حسابي يعطي قيم قريبة قدر الإمكان من الحالة الواقعية

يجب الاهتمام باختيار المساند، سلوك المواد، أبعاد العناصر

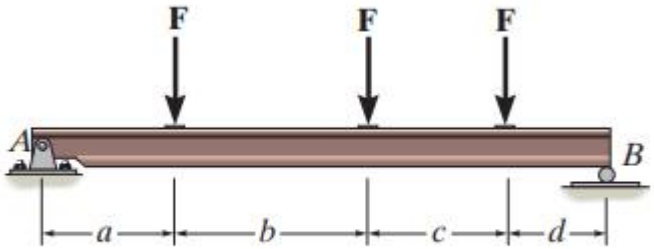
هذا يعطي الاطمئنان بان نتائج التحليل والتصميم تعطي نتائج يمكن الوثوق بها

في الحالات المعقدة يمكن اعتماد اكثر من نموذج

على كل حال، عملية الاختيار تتطلب المهارة والخبرة

شروط توازن الجسم الصلب

(a)



(b)

متطلبات انشاء النموذج الصحيح من خلال الحالتين التاليتين:

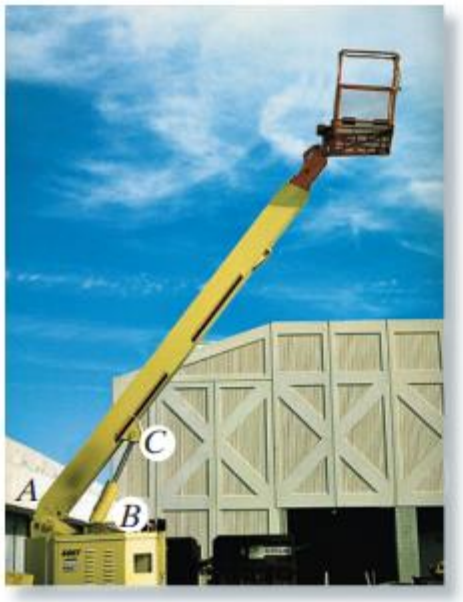
الحالة الاولى

- يستخدم الجائز المعدني لسند ثلاثة جوائز ثانوية في بناء
- من اجل تحليل القوى نعتبر مادة الفولاذ صلبة باعتبار الانتقالات صغيرة
- سنعتبر وصلة بالبراغي وانه سيسمح بدوران صغير في A عندما نطبق الاحمال، بالتالي سنعتبر المسند مفصلي ثابت
- سنعتبر مسند متحرك في B، باعتبار انه لاتوجد قوة افقية لمقاومتها. وانه سيسمح بانتقال افقي صغير في B عندما نطبق الاحمال،
- يستخدم كود البناء لتوصيف الاحمال على السقف بحيث يمكن حساب F
- اذا كان وزن الجائز صغير بالمقارنة مع الاحمال F، يمكن اهماله
- تحدد الابعاد وبالتالي يصبح ممكن عرض النموذج الحسابي

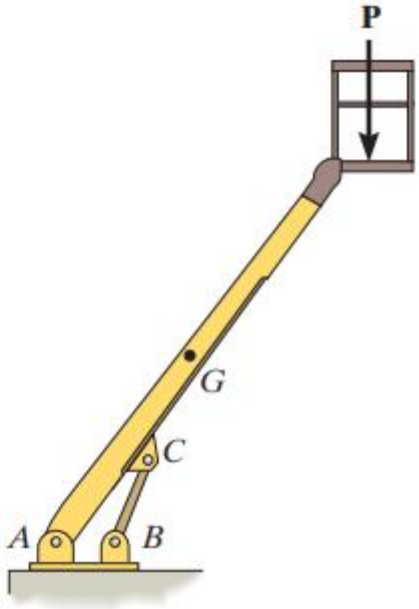
شروط توازن الجسم الصلب

الحالة الثانية: رافعة تحمل وزن

- **من اجل تحليل القوى نعتبر مادة الجسم صلبة باعتبار الانتقالات صغيرة**
- **سنعتبر وصلة بالبراغي وانه سيسمح بدوران صغير في A، بالتالي سنعتبر المسند مفصلي ثابت، سنعتبر اسطوانة هيدروليكية في BC،**
- **يمكن تحديد قيم P و G**



(a)



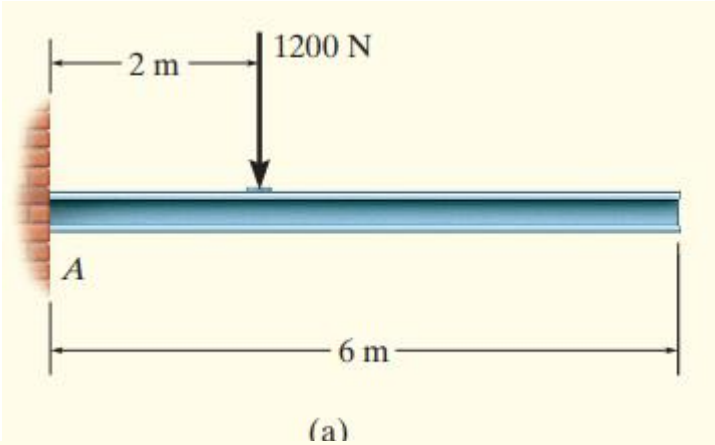
(b)

ملاحظات مهمة

1. يجب رسم مخطط الجسم الحر قبل تطبيق معادلات التوازن
2. اذا كان المسند يمنع الحركة فانه يتم تطبيق قوة على الجسم
3. اذا كان المسند يمنع الدوران فانه يتم تطبيق عزم على الجسم
4. لاترسم القوى الداخلية على مخطط الجسم الحر
5. يعتبر وزن الجسم قوة خارجية ويتم تمثيل تأثيره بقوة محصلة تؤثر في مركز ثقل الجسم
6. يمكن تطبيق مزدوجات العزوم في اي مكان من مخطط الجسم الحر لانها اشعة حرة
7. القوى تؤثر في أي مكان من خط تأثيرها لانها اشعة منزلقة

مثال 1

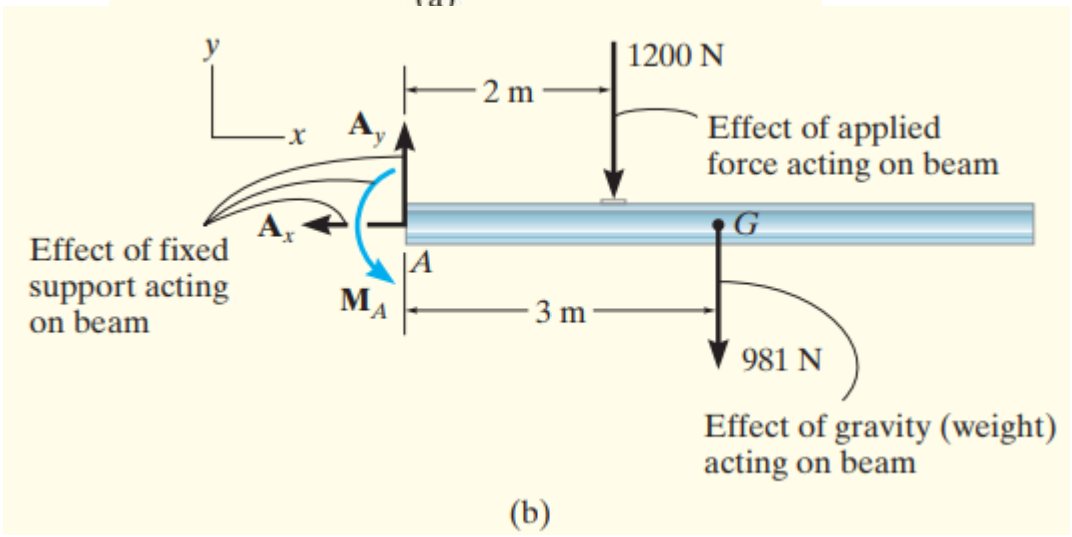
ارسم مخطط الجسم الحر للجائز المنتظم المبين في الشكل، كتلة الجائز 100 kg



(a)

مخطط الجسم الحر مبين في الشكل b

- المسند A موثوق
- 3 ردود افعال تؤثر على الجائز وهي مجهولة
- وزن الجائز
- W = 100(9.81) N = 981 N
- توثر في مركز ثقل الجائز



(b)