

CHAPTER FIVE

Equilibrium of a Rigid Body

5.1. Conditions for Rigid-Body Equilibrium شروط توازن الجسم الصلب

* أي جسم، قد يتوضع في منظومة من القوى الخارجية (قوى وكزيم) الناتجة عن قوى الجاذبية، الكهروستاتيكية، المغناطيسية، أو قوى التماس من أصلاً أخرى مجاورة.

* القوى الداخلية المستولدة داخل الجسم الصلب (بين جزيئاته) تكون محصلاتها صفرية (صفر) لذلك لا تؤثر في الحساب.

* في الفصول السابقة تعلمنا كيف :-

- ① تحليل القوى إلى مركباتها (F_x, F_y, F_z) .
- ② محصل على محصلة مجموع من القوى (\vec{F}_R) .
- ③ نجد العزم Moments المستولدة عن قوى حول نقطة (أو محور) $(M_{@O})$.
- ④ محصل على محصلة مجموع من العزم $(\vec{M}_{R@O})$.
- ⑤ نجد عزم المزدوجات (Couples).
- ⑥ ننقل قوة من مكان إلى آخر (لا يقع على خط تأثير القوة)، فيقول في المكان الجديد (قوة + عزم مزدوج).
- ⑦ ننقل مجموع من القوى إلى مكان محدد جديد، فيقول في المكان الجديد (قوة + عزم مزدوج). أما الطريقة ⑧ نجد \vec{F}_R ثم ننقل \vec{F}_R للمكان الجديد، أو ⑥ ننقل كل قوة للمكان الجديد.
- ⑧ نحذف من الحمل المنتشر (Distributed loading) بما يعادله من قوة، ثم نتعامل مع كل قوة في نقطة.

* إذا كانت محصلة القوى والعزم المؤثرة على جسم ما صفرية (صفر)، فأن هذا الجسم سيكون في حالة توازن (Equilibrium) ويعبر عن ذلك بالمعادلات :-

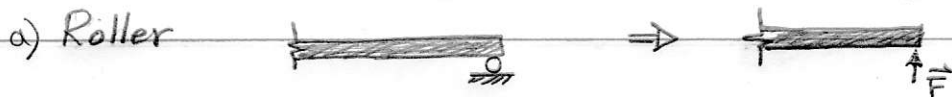
$$\begin{aligned}\vec{F}_R &= \sum \vec{F} = 0 \\ (\vec{M}_R)_O &= \sum \vec{M}_O = 0\end{aligned}$$

5.2. Free Body Diagram

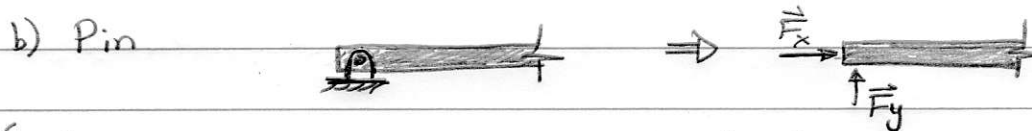
* F.B.D : مخطط (الرسم) يوضع الجسم معزولاً عن ما يحيط به من اجسام اخرى وموضراً على الجسم جميع القوى والالعزم المؤثرة عليه (المحركات أو المعلومة).

* انواع المساند (Supports) :-

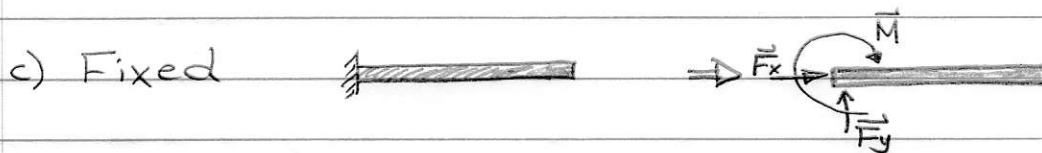
- كقاعدة عامة اذا كان المسند Support يمنع الجسم الصلب من الحركة باتجاه معين (شدة y) فان هناك قوة ستتولد على الجسم بنفس ذلك الاتجاه (y) في مكان المسند.
- واذا كان المسند Support يمنع الجسم الصلب من الدوران (الألفاف) حول محور معين، فان هناك عزم مزدوج Couple Moment ستتولد على الجسم الصلب.
- المساند Supports صنفه عامة هي ثلثة انواع :-



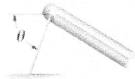
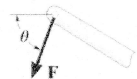














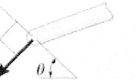





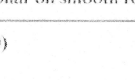
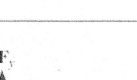
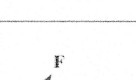
Roller : تمنع الجسم الصلب من الحركة بالاتجاه العمودي، لذلك فان roller ستولد قوة فقط (بالاتجاه الذي تمنع فيه الحركة) على الجسم الصلب في موقع المسند (Support).



Pin : تمنع الجسم الصلب من الحركة بأي اتجاه (من ضمنها الاتجاهين الافقي والعمودي)، لذلك فان ال Pin ستولد قوة فقط (بالاتجاه الذي تمنع الحركة فيه) على الجسم الصلب. مما وة حايتم تحليل هذه القوة الى مركبتها (F_x و F_y) في موقع المسند (Support).



Fixed : تمنع الجسم الصلب من الحركة بأي اتجاه وكذلك تمنع من الدوران، لذلك فان ال Fixed Support ستولد قوة (F_x و F_y) وعزم (M) على الجسم الصلب في موقع المسند (Support).

| 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. |
| (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 |  or  | One unknown. The reaction is a force which acts perpendicular to the slot. |
| (7)  member pin connected to collar on smooth rod |  or  | One unknown. The reaction is a force which acts perpendicular to the rod. |
| (8)  smooth pin or hinge |  or  | 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 |  or  | 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. |