جامعة الملك سعود
كلية العلوم
قسم الفيزياء والفلك

مقرر 210 فيز

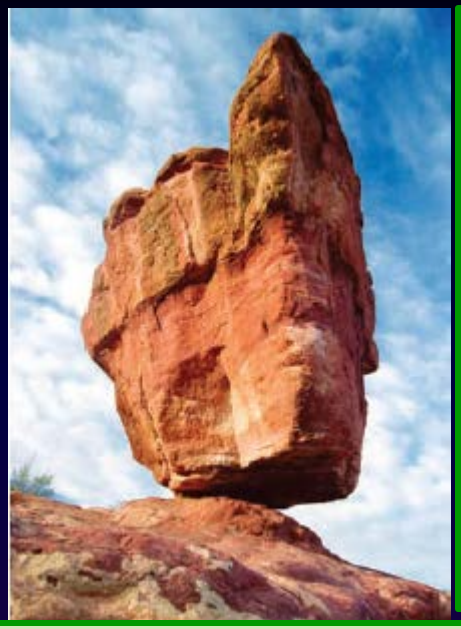
د. ناصر بن صالح الزايد

nalzayed@ksu.edu.sa

المحاضرة رقم: 19

الباب 12: الاتزان والمرونة Equilibrium and Elasticity

12.1 الاتزان Equilibrium



- معنى كون الجسم في حالة اتزان أنه لا تتغير حالته الراهنة، أي أنه أن كان ساكنا تماما فيظل على سكونه، وأذا كان يتحرك في خط مستقيم فيظل كذلك بدون تغير في سرعته، وإذا كان يدور فيظل يدور ولكن بنفس السرعة. من امثلة ذلك: مروحة السقف التي تدور بسرعة ثابتة.
- هناك شرطان أساسيان حتى يصبح الجسم في وضع اتزان:
- الاندفاع الخطي لمركز الكتلة يكون ثابتا
- الاندفاع الزاوي حول مركز الكتلة يكون ثابتا
- أي أن:
- $\boldsymbol{P}$ = constant and: $\boldsymbol{L}$ = constant (12.1)

- شرح متطلبات الاتزان:
- أولا: أن كون الاندفاع الخطي لمركز الكتلة ثابتا يعني ان تفاضله بالنسبة للزمن = صفرا
- وهذا معناه أن محصلة القوى الخارجية المؤثرة = صفرا (أي لا يوجد تسارع أو التسارع = كمية ثابتة
- ثانيا: أن كون الاندفاع الزاوي حول مركز الكتلة ثابتا يعني أن تفاضله بالنسبة للزمن = صفرا
- وهذا معناه أن محصلة عزوم اللي الخارجية حول مركز الكتلة = صفرا ، أي أن التسارع الزوي يساوي صفرا أو يساوي كمية ثابتة.
- إذن الجسم لا يتغير تسارعه الخطي ولا تسارعه الزاوي

Equilibrium and Elasticity الباب 12: الاتزان والمرونة

Equilibrium 12.1 الاتزان

• نعبر عن ذلك رياضيا كما يلي:

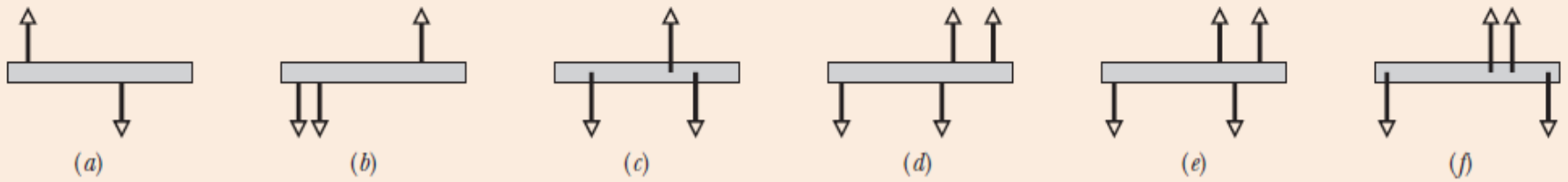
$$F_{net} = \frac{dP}{dt} = 0 \qquad (12.3)$$

$$\tau_{net} = \frac{dL}{dt} = 0 \qquad (12.5)$$

• أي من الأشكال التالية يمكن أن يؤدي إلى الاتزان؟ القوى المبينة ليست بالضرورة متساوية ولكنها لا تساوي الصفر في كل الاحوال.

CHECKPOINT 1

The figure gives six overhead views of a uniform rod on which two or more forces act perpendicularly to the rod. If the magnitudes of the forces are adjusted properly (but kept nonzero), in which situations can the rod be in static equilibrium?



• الجواب: c, e, f فقط لأن الباقي يقود إلى قوى غير متزنه فيحصل أما دوران أو حركة ألى أعلى أو اسفل. أي تؤدي إلى مخالفة الشرطين أو أحدهما.

- العمود في وضع اتزان.

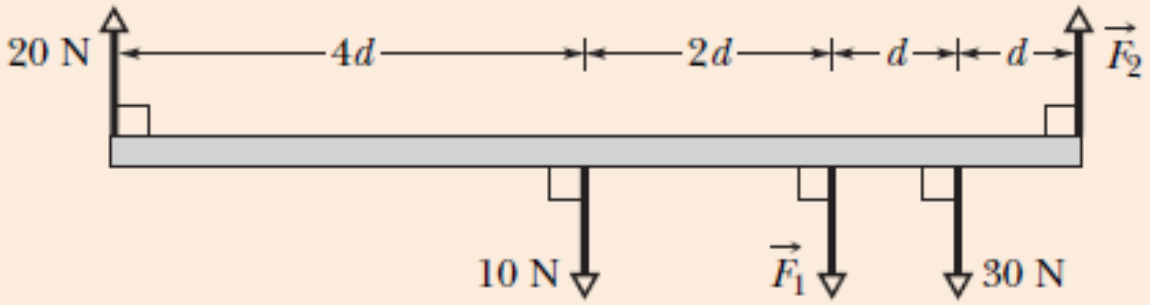
(a) هل يمكن حساب مقادير كل من: F_1 & F_2 بمجرد معادلة القوى؟

(b) إذا أردت أن تتخلص من تأثير القوة F_1 على الدوران فاين تضع محور الدوران؟

(c) إذا كان مقدار F_2= 65 N فكم هو مقدار F_1؟

CHECKPOINT 2

The figure gives an overhead view of a uniform rod in static equilibrium. (a) Can you find the magnitudes of unknown forces $\vec{F}_1$ and $\vec{F}_2$ by balancing the forces? (b) If you wish to find the magnitude of force $\vec{F}_2$ by using a balance of torques equation, where should you place a rotation axis to eliminate $\vec{F}_1$ from the equation? (c) The magnitude of $\vec{F}_2$ turns out to be 65 N. What then is the magnitude of $\vec{F}_1$?



- توضيح وحل:

(a) لا، لا يمكن ذلك بمجرد النظر إلى القوى، بل يجب استخدام الشرطين في نفس الوقت. إذن من غير الممكن الحل وأيجاد قيم القوى المجهولة من مجرد تطبيق الشرط الأول للاتزان.

(b) حيث أن طريقة حل مسائل الاتزان تبدأ بتحديد محور للدوران، وهو أمر اختياري، فيمكن اختيار محور يمر من أي نقطه على العمود. ولكن يفضل اختيارمحور يساعد على التخلص من بعض القوى. وحيث أن عزم اللي هو عبارة عن (القوة × ذراعها) إذن من أجل التخلص من القوة F_1 فكل ما علينا هو أن نختار محور دوران حول هذه القوة تحديدا حتى تصبح قيمة الذراع = صفرا.

(c) 1st cond. $\rightarrow \sum F = 0 \rightarrow 20 + F_2 - 10 - F_1 - 30 = 0$

$\therefore F_2 - F_1 - 20 = 0 \rightarrow F_1 = F_2 - 20$ (1)

2nd cond. $\rightarrow \sum \tau = 0$

$\therefore -20(4\hat{\alpha}) + 0 - F_1(2\hat{\alpha}) - 30(3\hat{\alpha}) + F_2(4\hat{\alpha}) = 0$

$\therefore -80 + 0 - 2F_1 - 90 + 4F_2 = 0$

$\rightarrow 4F_2 - 2F_1 = 170$ (2)

(1) and (2): $\rightarrow 4F_2 - 2(F_2 - 20) = 170$

$\rightarrow 4F_2 - 2F_2 + 40 = 170 \rightarrow 2F_2 = 130 \rightarrow F_2 = 65\,N$ (3)

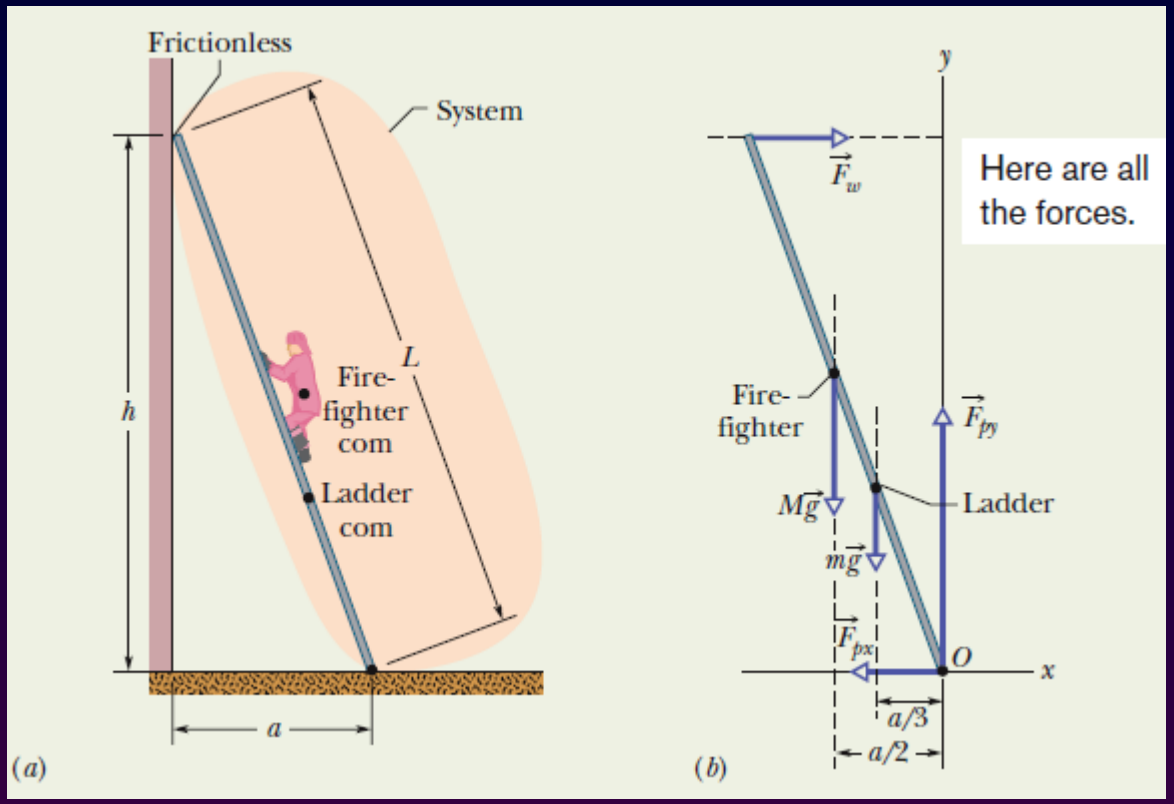
(1) & (3): $\rightarrow F_1 = 45\,N$

Equilibrium and Elasticity الباب 12: الاتزان والمرونة

Balancing a leaning ladder 12.5 مثال السلم المستند على الحائط

• مثال السلم: هناك سلم طوله L = 12 m وكتلته m = 45 kg يستند على حائط أملس (لا يوجد احتكاك بينه وبين الحائط) . نهاية السلم العلوية تقع عند h = 9.3 m بالنسبة لسطح الأرض. يقع مركز ثقل السلم عند L/3 من نهايته السفلي. هناك رجل إطفاء في منتصف السلم كلته M =72 kg .

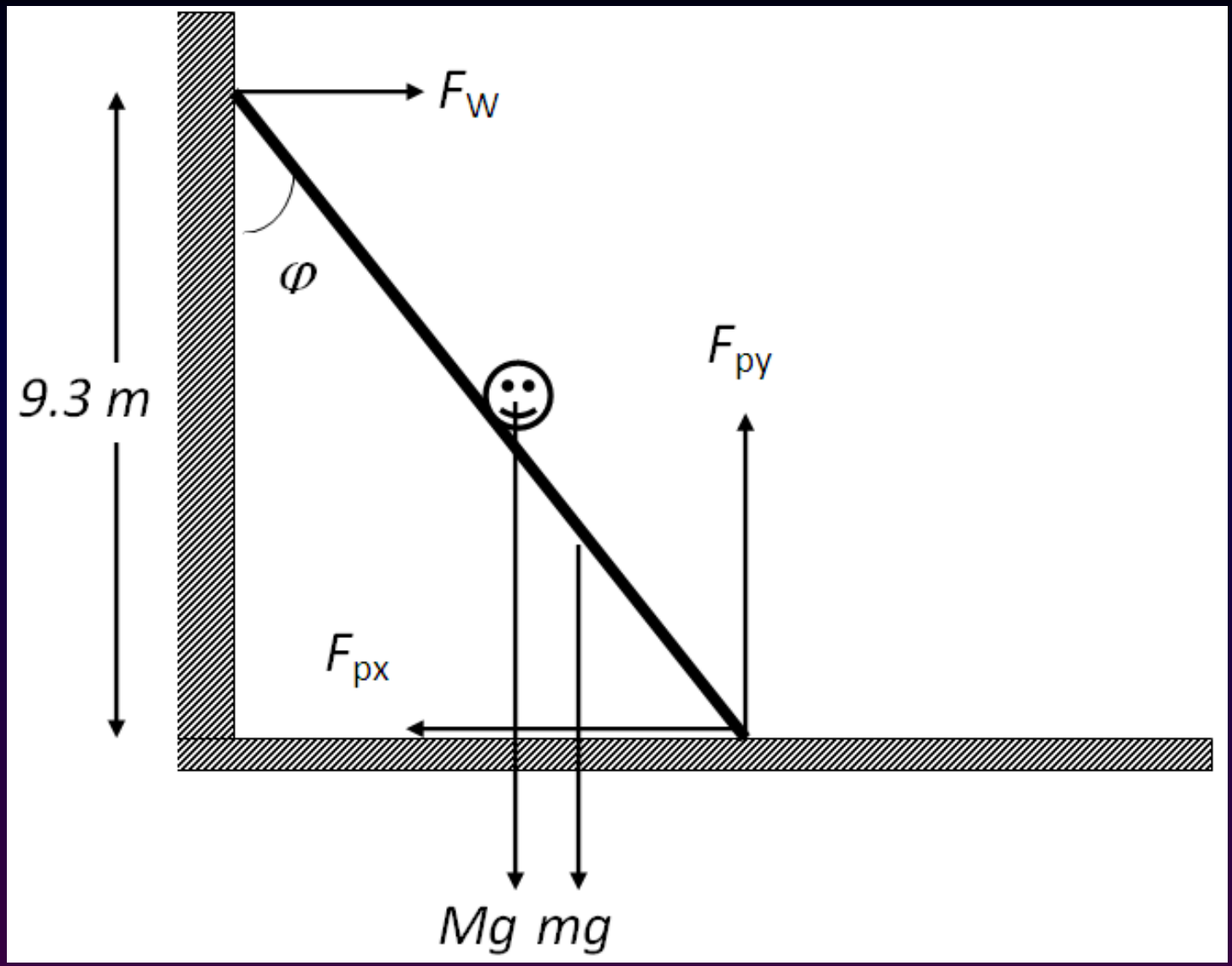
• احسب مقادير القوى المؤثرة على السلم من الحائط ومن الأرض.



• هذه مسألة اتزان. سوف نطبق عليها شرطي الاتزان ونقوم بالحل.

• لاحظ أن قوى الاحتكاك تمنع السلم من الانزلاق على الأرض، السلم يريد أن ينزلق إلى اليمين وقوى الاحتكاك تسحبه باتجاه الحائط.

• وأن السلم يضغط على الجدار من أعلى باتجاه اليسار وبالتالي فالجدار يضغط على السلم بنفس القوة (الفعل ورد الفعل) ولكن باتجاه اليمين.


F_W
φ
9.3 m
F_{py}
F_{px}
Mg mg

- الحل: سوف نختار نقطة محور الدوران حول أسفل السلم حتى نتخلص من تأثير قوتين.

$$\sum F_x = 0 \quad (1)$$

$$\sum F_y = 0 \quad (2)$$

$$\sum \tau = 0 \quad (3)$$

$$(1) \rightarrow F_w - F_{px} = 0 \quad (4)$$

$$(2) \rightarrow F_{py} - mg - Mg = 0 \quad (5)$$

$$(3) \rightarrow F_{py}(0) + F_{px}(0) + mg\frac{\cancel{L}}{3}\sin\varphi + Mg\frac{\cancel{L}}{2}\sin\varphi - F_w \cancel{L}\cos\varphi = 0 \quad (7)$$

$$\rightarrow \frac{(45)(9.8)(0.632)}{3} + \frac{(72)(9.8)(0.632)}{2} = F_w(0.775)$$

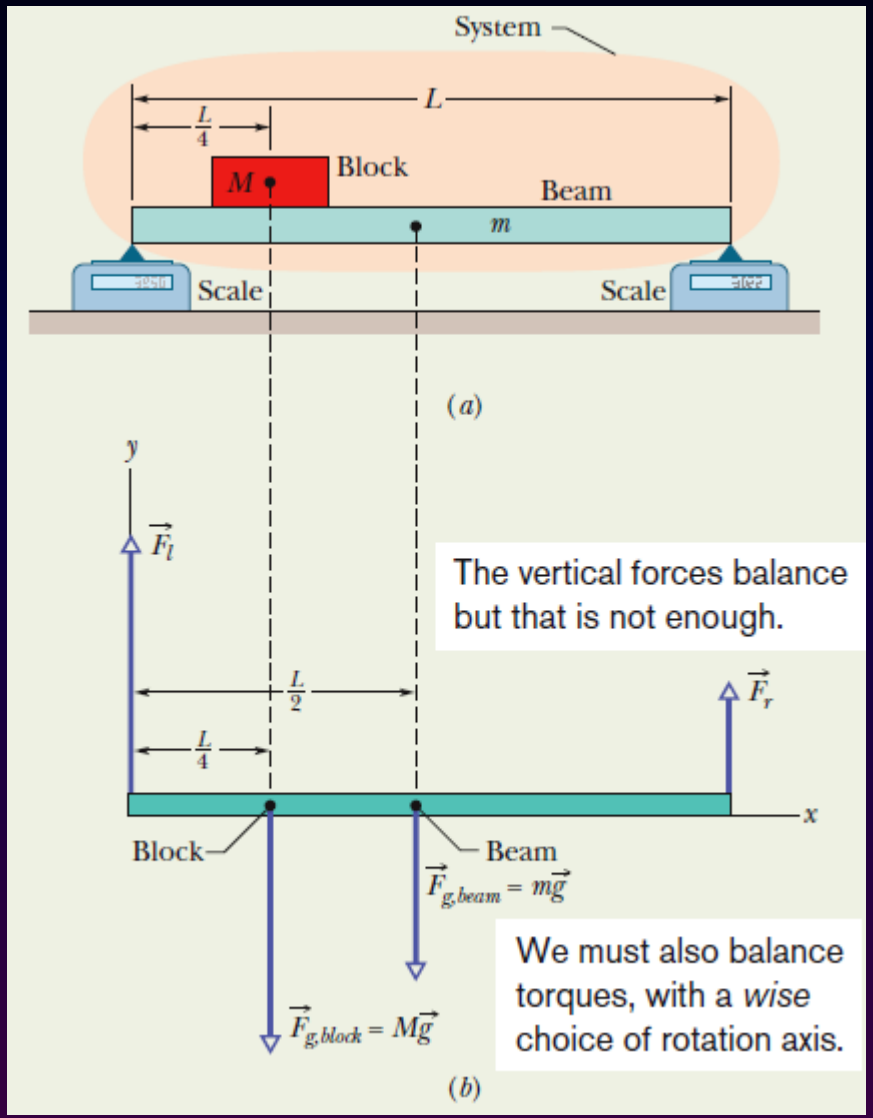
$$\rightarrow F_w = 408\ N \quad (8)$$

$$(8) \text{ in } (4): F_{px} = F_w = 408\ N$$

$$(5) \rightarrow F_{py} = mg + Mg = (45)(9.8) + (72)(9.8) = 1145\ N$$

Equilibrium and Elasticity الباب 12: الاتزان والمرونة

Balancing a horizontal beam 12.5 مثال عمود أفقي على ميزانين



- مثال عمود أفقي:
- في الشكل المجاور: العمود الذي طوله L يتكئ على ميزانين على اليسار واليمين. كتلة العمود m = 1.8 kg وموضوع عليه كتلة M = 2.7 kg بالقرب من الطرف الأيسر كما هو مبين.
- المطلوب هو: كم قراءة كل ميزان؟

- الحل:
- سوف نرمز للطرف الأيسر بالرمز *l* والأيمن *r*
- سوف نختار محور الدوران عند الطرف الأيسر حتى نتخلص من تأثير القوة F_l .
- نقوم بتطبيق شرطي الاتزان:
- الأول: محصلة القوى = صفر
- الثاني: محصلة العزوم = صفر
- نتوقع أن قراءة الميزان الأيسر تكون أكبر من قراءة الميزان الأيمن بسبب وجود الكتلة M على اليسار.