تلخيص ميكانيكا هندسية

للطالب المبدع

كريم عبد الهادي

إرادة - ثقة - تغيير

SI units and English units: (CH1) ①

* To convert from english to SI unit we (multiply) (نضرب)

* To convert from SI unit to English unit:
we (divide) نقسم

	SI	E.unit	convert
Force, weight	N	Ibf	4.448
Pressure, stress	($MPa / N/mm^2$)	ksi	6.895
moment, torque	N.m	ft.Ibf	1.356

CamScanner

significant figure:

(*) جميع الأرقام عدا الصفر تحسب (S.g.f.)

(*) (zero) بين أرقام تحسب (S.g.f.)

(*) (zero) شمال الرقم لا تحسب (S.g.f.)

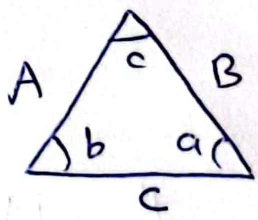
(*) (zero) يمين الرقم تحسب (s.g.f.)

CH2

(*) components of a vector

$$A = \sqrt{(A_x)^2 + (A_y)^2} \qquad \theta = \tan^{-1}\left(\frac{A_y}{A_x}\right)$$

(*) sign law: $C = \sqrt{A^2 + B^2 - 2AB\cos\theta}$



(*) cosine law:

$$\frac{A}{\sin a} = \frac{B}{\sin b} = \frac{C}{\sin c}$$

For 3D system

$$A = \sqrt{A_x i^2 + A_y \hat{j}^2 + A_z \hat{k}^2}$$

* $\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{A_x}{A}\right)$ $\quad \beta = \cos^{-1}\left(\frac{A_y}{A}\right)$ $\quad \gamma = \cos^{-1}\left(\frac{A_z}{A}\right)$

---

* position vector , unit vector

* تحديد إحداثي كل نقطة مطلوبة

* r = (الثاني - الأول) ← نطلعه (M)

* $u = \left(F * \frac{r}{M}\right)$ إذا كان يوجد قوة (F) نضربها

* ⊖ ←

$$\alpha = \frac{A_x}{A}$$

$$\beta = \frac{A_y}{A}$$

$$\gamma = \frac{A_z}{A}$$

* الفرق بين (position) و (unit) vector

Position ← نجيب الفرق بين الإحداثيات بس

unit ← ① نجيب الفرق ② محصلة ③ الفرق لكل محور / المحصلة

Dot product (projection)

$$A \cdot B = A \cdot B \cdot \cos\Theta$$

$$\Theta = \cos^{-1}\left(\frac{A \cdot B}{AB}\right)$$

---

in 3D system

* Force

نضرب (F) بـ (unit vector) لنفس الخط

إلي هي فيه

* projection

Force * (unit vector)

↳ للمحور المطلوب أعمل عليه Projection

CamScanner

cross product

$$C = \vec{A} \times \vec{B} \qquad \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & k \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

$$C_x = \begin{vmatrix} A_y & - & A_z \\ B_y & & B_z \end{vmatrix} \qquad C_y = \begin{vmatrix} A_x & - & A_z \\ B_x & & B_z \end{vmatrix}$$

$$C_z = \begin{vmatrix} A_x & - & A_y \\ B_x & & B_y \end{vmatrix}$$

* Equilibrium of particles:

* عبارة عن تحليل قوى :

$$\begin{cases} \sum F_y = \text{zero} \\ \sum F_x = \text{zero} \\ \sum F_z = \text{zero} \end{cases}$$

⊛ Equilbrium of particles in 3D system

1. ⊛ unit vector for each

2. $\sum F_x = 0$ $\sum F_y = 0$ $\sum F_z = 0$

⊛ $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$ (cross)

moment → $M = r \cdot F \cdot \sin\theta$ (dot)

⊛ counter clockwise (+ moment)

⊛ clock wise (− moment)

⊛ moment about specific axis:

⊛ $M = u\,(r \times F)$

(unit vector) → Force ⊛

(Force) line النقطة من المسافة → r ⊛

(line المطلوب) → u ⊛

cross product

$$C = \vec{A} \times \vec{B}$$

$$\begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & k \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

$$C_x = \begin{vmatrix} A_y & A_z \\ B_y & B_z \end{vmatrix} \qquad C_y = \begin{vmatrix} A_x & A_z \\ B_x & B_z \end{vmatrix}$$

$$C_z = \begin{vmatrix} A_x & A_y \\ B_x & B_y \end{vmatrix}$$

---

* Equilibrium of particles:

* عبارة عن تحليل قوى :-

$$\begin{cases} \Sigma F_y = \text{zero} \\ \Sigma F_x = \text{zero} \\ \Sigma F_z = \text{zero} \end{cases}$$

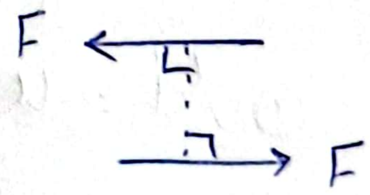
١) * حالة ③ لإيجاد المومنت :

إذا كان جسم من (complex) (syst)

$$M_{\square} = r_{\square} \times F_{\square}$$

محور ③	محور ①		محور ②
z	x	أو	y
	y		x
y	z	أو	x
	x		z
x	y	أو	z
	z		y

* moment of a couple



قوتان متوازيتان متساويتان

في المقدار ومتعاكستان

في الاتجاه

(*) resultant force and moment and location

(*) $\sum F_x = zero$

$\sum F_y = zero$

$\sum M = zero$

location $= \dfrac{M_R}{F_R}$

(*) Distributed load:

(*) إما تكامل اقتران $F =$

(*) أو مساحة أشكال $F =$

(*) location of load:

(*) مستطيل ← $\dfrac{\text{القاعدة}}{2}$

(*) مثلث

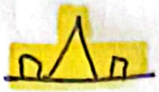
من ناحية الزاوية الحادة القاعدة × $\frac{2}{3}$

من ناحية الزاوية القائمة القاعدة × $\frac{1}{3}$

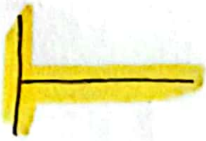
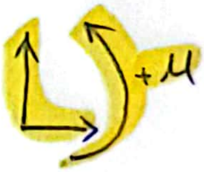
(*) تكامل

$$\bar{x} = \frac{\int_A^B x\, P(x)}{F} \Leftarrow R = \frac{M}{F}$$

* support reactions:

* pin  $\Rightarrow$  reaction

* roller  $\Rightarrow$  reaction

* Fixed support  $\Rightarrow$ 

---

* structural analysis

① نحدد (reactions)

② نحاول نحدد قيم (reaction) قبل الحمل

③ نحدد الحمل (إللي بدو نحلل فعالية)
عن طريق

$$\sum F_x = zero$$

$$\sum F_y = zero$$

$$\sum M = zero$$

CamScanner

* zero force member

* (3 member)

(2) ← (one line) والثالث عمودي عليهم

* (2 member) بينهم زاوية

لا يوجد عليهم (load)

---

* method of sections

* عندما يكون عدد ~~(unknowns)~~ (unknown) أكبر من equations

* نأخذ قطع عند (members) المراد معرفة قيمها

Frames

بدل (joints) تكون عبارة عن (Pin)

يتم فصل (truss) عندها

* moment about inclined axis:

$$I_u = \frac{I_x + I_y}{2} + \frac{I_x - I_y}{2}\cos 2\theta - I_{xy}\sin 2\theta$$

$$I_v = \frac{I_x + I_y}{2} - \frac{I_x - I_y}{2}\cos 2\theta + I_{xy}\sin 2\theta$$

* $$I_{uv} = \frac{I_x - I_v}{2}\sin 2\theta + I_{xy}\cos 2\theta$$

---

* principible moment (angle)

$$\tan 2\theta = \frac{-I_{xy}}{(I_x - I_y)/2}$$

---

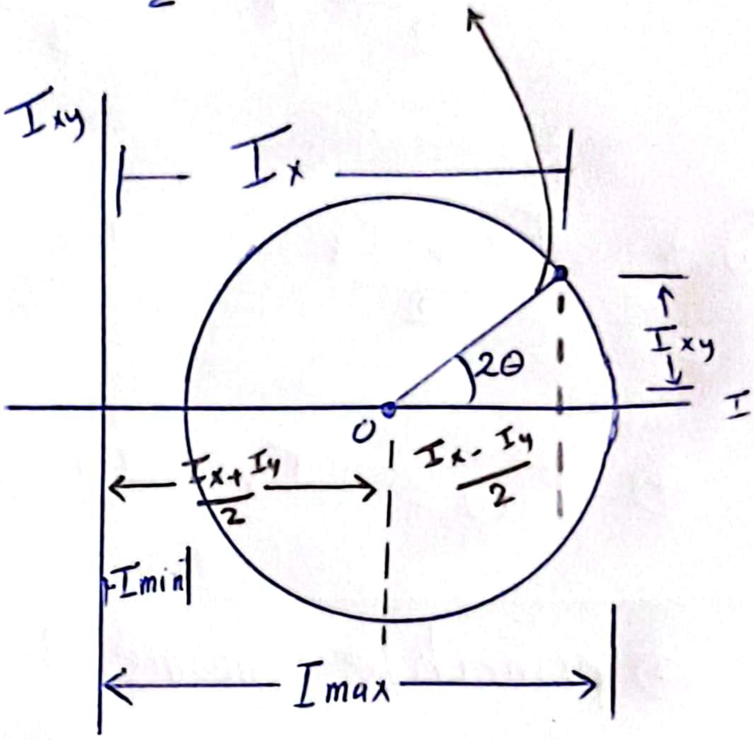
* maximum and minimum (M of inertia)

$$I_{\substack{max \\ min}} = \frac{I_x + I_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{I_x - I_y}{2}\right)^2 + I_{xy}^2}$$

CamScanner

* mohr's circle

* $R = \sqrt{\left(\frac{I_x - I_y}{2}\right)^2 + I_{xy}^2}$



End of statics

CH 9: Centroid:

if we need to find center of shape

about x → $\bar{x} = \frac{\Sigma A \cdot \bar{x}}{\Sigma A}$

about y → $\bar{y} = \frac{\Sigma A \cdot \bar{y}}{\Sigma A}$

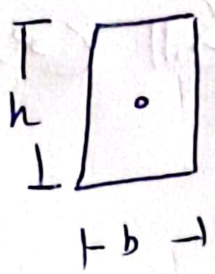
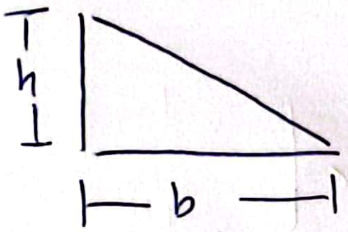
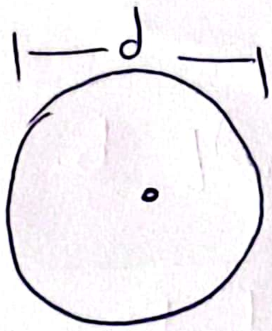
② إذا كان الشكل معقد

نقسم الشكل إلى أشكال بسيطة

#	$\bar{y}$	A	$A\bar{y}$
شكل ١			
شكل ٢			
شكل ٣			
⋮			

ΣA $\Sigma A\bar{y}$

For first moment.

	$\bar{x}$	$\bar{y}$
	$b/2$	$h/2$
	$b/3$	$h/3$
	$d/2$	$d/2$

* Parallel axis theorem:

$$I_x = I_{x'} + A d_y^2$$

$$I_y = I_{y'} + A d_x^2$$

$\left.\begin{matrix} I_{x'} \\ I_{y'} \end{matrix}\right\} \rightarrow$ moment of inertia

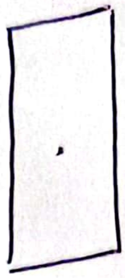
d: المسافة بين (C) القطعة و (C) الشكل

---

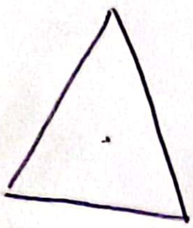
* product of inertia:

$$I_{xy} = I_{x'y'} + A d_x d_y$$

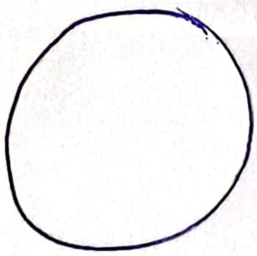
(*) second moment of intertia ①



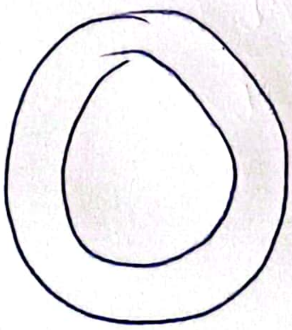
$\dfrac{b(h)^3}{12}$ (العمودي على المحور) ← المرفوع للتكعيب



$\dfrac{b(h)^3}{36}$



$\dfrac{\pi d^4}{64}$



$\dfrac{\pi}{64}(d_o^4 - d_i^4)$

* $\sigma = \frac{P}{A}$

σ : stress

P : load

A : Area.

---

* $\tau = \frac{V}{A}$

τ = shear

V = shear force

A = area

---

* $F.S. = \frac{F_{fail}}{F_{allow}} = \frac{\sigma_{fail}}{\sigma_{allow}} = \frac{\tau_{fail}}{\tau_{allow}}$

---

* strain $\leftarrow \varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$

$\Delta L \rightarrow$ تغير في الطول

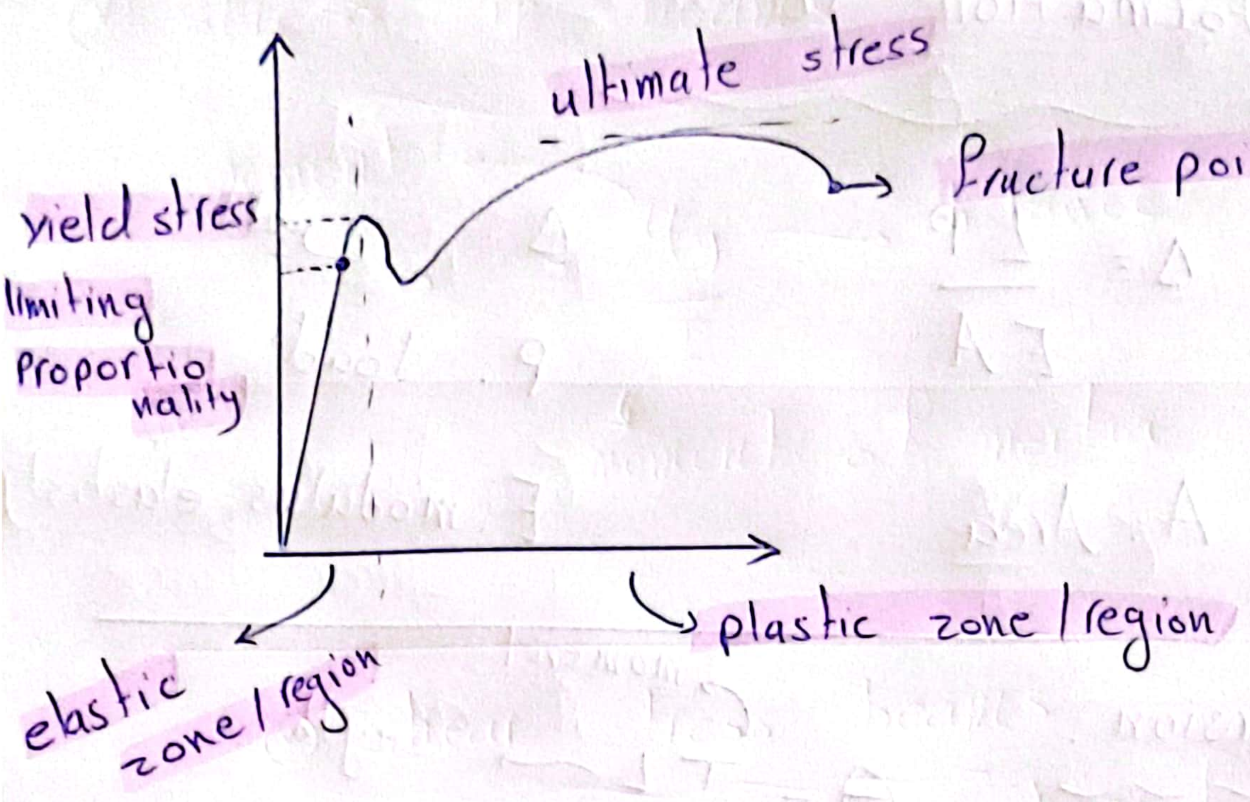
$L \rightarrow$ الطول الأصلي

* $\sigma = E \, \varepsilon$

σ → stress

E → modulus of elastisity

ε → strain



---

* poission ratio:

$$V = -\frac{\varepsilon\ lat}{\varepsilon\ long}$$

radius

Length

Youngus & shear

$E = 2G(1+v)$

Youngu / Bulk

$E = 3k(1-2v)$

Youngus / shear / Bulk

$E = \frac{9Gk}{G+3k}$

① Complex stress

(1)

deformation (Δ or ΔL)

$$\Delta = \frac{LP}{EA}$$

Δ : التغير

P : load

E : modulus elastist

A : Area

---

④ **Torsion :**

$$\theta = \frac{T\,L}{J\,G}$$

T → moment

L → length

G → modulus of rigidity

θ in rad $\xrightarrow[\text{to degree}]{\text{convert}}$ $\left(* \frac{180}{\pi}\right)$

$$\boxed{J = \frac{\pi D^4}{32}}$$

$$\boxed{\frac{T}{J} = \frac{\tau}{r}}$$

⊛ stress in beams:

moment

$$\sigma = \frac{My}{I}$$

distance

stress

moment of inertia

⊛ shear stress beams

shear force

⊛ $$\tau = \frac{VQ}{Ib}$$

thickness (width)

shear stress

moment of inertia

CamScanner

* complex stress

* (stress components)

$$\sigma_\theta = \left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}\right) + \left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)\cos 2\theta + \tau \sin 2\theta$$

* $$\tau_\theta = \left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)\sin 2\theta - \tau \cos 2\theta$$

---

* principal stress

* (maximum and minimum) stress

max $$\sigma_1 = \left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}\right) + \frac{1}{2}\left(\sqrt{4\tau^2 + (\sigma_x - \sigma_y)^2}\right)$$

min $$\sigma = \left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}\right) + \frac{1}{2}\left(\sqrt{4\tau^2 + (\sigma_x - \sigma_y)^2}\right.$$

---

* Principal plane (position)

$$\tan 2\theta = \frac{2\tau}{(\sigma_x - \sigma_y)}$$

* maximum shear stress

$$\tau_{max} = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma)$$

CamScanner

(*) Torsion

moment (N.mm)

in rad ← $\theta = \dfrac{T L}{J G}$ L (mm) → Length

J (mm^4) → $\left(\dfrac{\pi D^4}{32}\right) mm^4$

G (N/mm^2) → modulus of rigidity

$\left(\times \dfrac{180}{\pi}\right)$ degree

moments

(*) $\tau = \dfrac{T r}{J}$

r → radius

J → $\left(\dfrac{\pi D^4}{32}\right)$

(*) shear stress (beams)

$\tau = \dfrac{V Q}{I b}$

V → shear Force

Q → (المساحة * مسافة فوق النقطة المطلوبة)

I → second moment inertia

b → thickness (المقطع العرضي)

(*) $\sigma = \dfrac{M y}{I}$

M → moment

y → distance from neutral axis

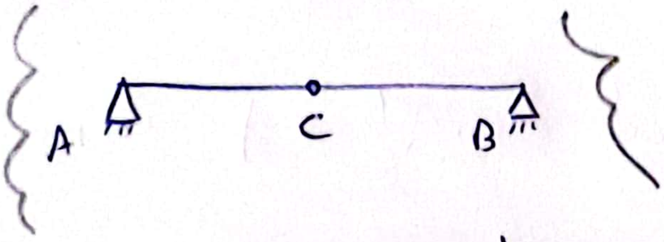
σ → stress

I → moment of inertia

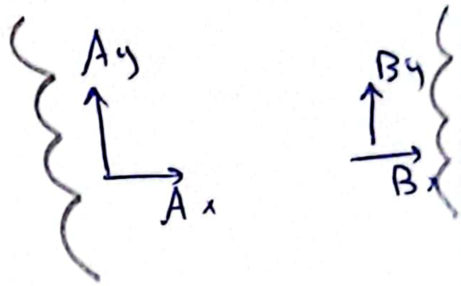
CamScanner

① CH7 statics

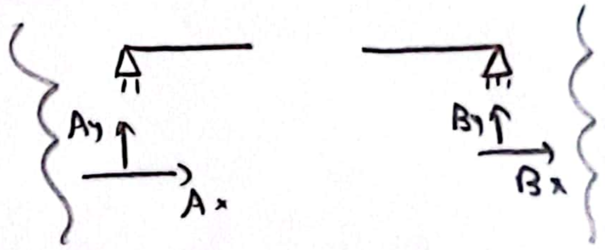
Internal forces:



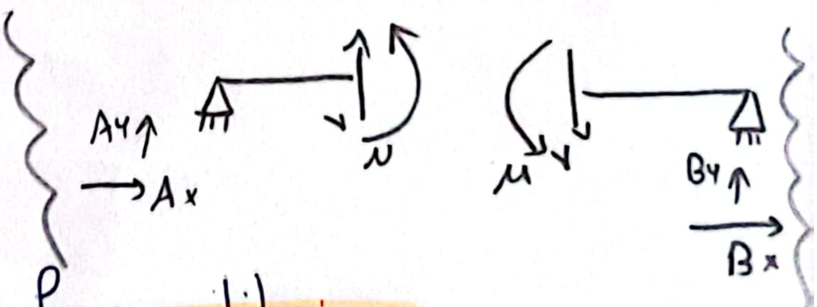
① support reactions



② take a section



③ determine (V) shear, and moment shear



④ equation of equilibrium

$\Sigma F_x = \text{zero}$

$\Sigma F_y = \text{zero}$

$\Sigma M = \text{zero}$

⊛ shear , moment diagram:

⊛ رسمة الشير   ⊛ رسمة (M)

⊛ الشير

① نبدأ من اليسار إلى اليمين

② (concentrated forces) ⟵ (constant) خط مستقيم
(يطلع أو ينزل)

③ (distributed load) ⟵ عبارة عن خط (linear)

④ أهم أهم أهم نقطة (الشير لازم يسكر عصفرر)

⊛ المومنت

⊛ رسمة المومنت عبارة عن مساحة الأشكال إلي طلعت بالشير

① constant shear ⟵ linear moment

② linear shear ⟵ اقتران تربيعي

③ اقتران تربيعي ⟵ اقتران تكعيبي

CamScanner

⊛ ملحوظة غاية في الأهمية :

⊛ مومنت عن (pin) - (roller) = zero

⊛ المومنت عند (fixed) فقط نحسبها ≠ zero