المحاضرة الأولى – ميكانيك النقطة المادية والجسم الصلب - د. نزار عبد الرحمن

مفردات المقرر:

- مقدمة عامة :واحدات القياس – قوانين نيوتن.
- أشعة القوى: (تمثيل الأشعة ،تحليل الأشعة إلى مركبات متعامدة – محصلة مجموعة من القوى المستوية – تحليل قوة وفق منحيين غير متعامدين – محصلة قوتين غير متعامدتين – الأشعة الديكارتية –جمع وطرح الأشعة – أشعة الموقع).
- توازن الجسيم في المستوي – توازن الجسيم في الفراغ .
- محصلة نظام القوى :عزم القوة –الجداء الشعاعي – النظام المكافئ (محصلة قوة وعزم – الارجاع إلى قوة وعزم مزدوجة – القوى الموزعة).
- توازن الأجسام: توازن الأجسام في المستوي. توازن الأجسام في الفراغ
- المنشآت المعدنية : طرقة فصل العقد – طريقة المقاطع
- الهياكل والآليات
- الاحتكاك
- مراكز الثقل
- عزم القصور الذاتي.
- حركة النقطة المادية
- تحريك النقطة المادية
- الحركة الدورانية للجسم الصلب
- الحركة العامة المستوية للجسم الصلب
- المراجع :

- R.C . HIBBELER 1.ENGINEERING MECHANICS, STATICS, FOURTEENTH EDITION

2-.ENGINEERING MECHANICS, DYNAMICS, TENTH EDITION , R.C . HIBBELER

الميكانيك الهندسي

ينقسم علم الميكانيك الهندسي للجسم الصلب إلى قسمين رئيسيين هما : الستاتيك (التوازن)، والديناميك (الحركة والتحريك).

يدرس علم الستاتيك توازن الأجسام تحت تأثير القوى والعزوم المختلفة .

يدرس علم الحركة حركة النقطة المادية والأجسام خلال الزمن ، دون التطرق إلى القوى والعزوم المؤثرة .

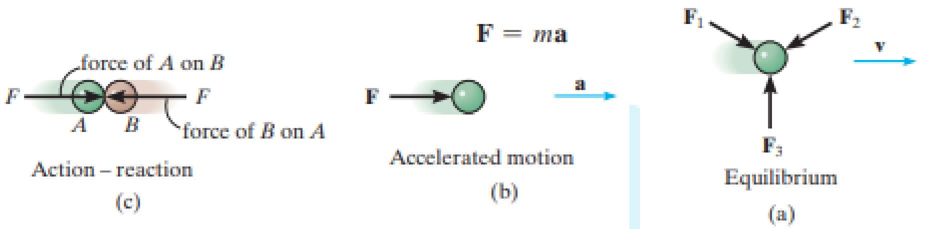
يدرس التحريك حركة الأجسام المادية تحت تأثير القوى والعزوم المختلفة

قوانين نيوتن :

القانون الأول : يبقى الجسم في حالة توازن أو يتحرك بالحركة المستقيمة المنتظمة إذا لم تؤثر على الجسم أية قوة غير متوازنة .

القانون الثاني : إذا أثّرت قوة F غيرمتوازنة على جسم كتلته m ،فإنها تكسبه تسارعاً مقداره a بنفس الاتجاه ، وتتحقق العلاقة : F=m.a.

القانون الثالث : لكل فعل رد فعل يساويه في المقدار ويعاكسه بالاتجاه .



Action – reaction
(c)
Accelerated motion
(b)
Equilibrium
(a)

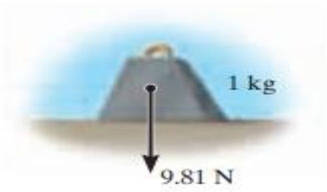
واحدات القياس النظامية : في نظام القياس العالمي يقدّر الطول بالمتر ، والزمن بالثانية ، والكتلة بالكيلو غرام ، والقوة بالنيوتن .

العلاقة بين الوزن والكتلة :من علاقة القوة تساوي الكتلة مضروبة بالتسارع $F = m.a$

أي أن 1 نيوتن يساوي القوة اللازمة من أجل تحريك كتلة مقدارها 1 كيلو غرام ، بحيث تكسبها تسارعاً مقداره $1 m/s^2$.

عندما نريد تعيين الكتلة بالنيوتن يجب تطبيق تسارع الجاذبية $g=9.80665\ m/s^2$، أي أن $W = m.g(g = 9.81\,\frac{m}{s^2})$

إذن من أجل جسم كتلته 1 كيلوغرام يكون وزنه يساوي 9.81 نيوتن



(a)

في نظام القياس البريطاني (الأقل استخداما) يقاس الطول بالقدم والزمن بالثانية والكتلة بوحدة السلغ (slug) والقوة بالباوند .

Name	Length	Time	Mass	Force
International System of Units SI	meter m	second s	kilogram kg	newton* N $\left(\frac{kg \cdot m}{s^2}\right)$
U.S. Customary FPS	foot ft	second s	slug* $\left(\frac{lb \cdot s^2}{ft}\right)$	pound lb

التحويل بين الواحدات :

Quantity	Unit of Measurement (FPS)	Equals	Unit of Measurement (SI)
Force	lb		4.448 N
Mass	slug		14.59 kg
Length	ft		0.3048 m

	Exponential Form	Prefix	SI Symbol
Multiple			
1 000 000 000	10^9	giga	G
1 000 000	10^6	mega	M
1 000	10^3	kilo	k
Submultiple			
0.001	10^{-3}	milli	m
0.000 001	10^{-6}	micro	μ
0.000 000 001	10^{-9}	nano	n

1-تحليل قوة وفق منحيين متعامدين :

عندما يتطلب تحليل قوة إلى مركبتين متعامدتين وفق المحورين X-Y.هذه المركبات تدعى المركبات المتعامدة تحليلياً، يمكن تمثيل هذه المركبات بطريقتين : إما وفق الشكل العددي أو تمثيل الأشعة ديكارتيا .

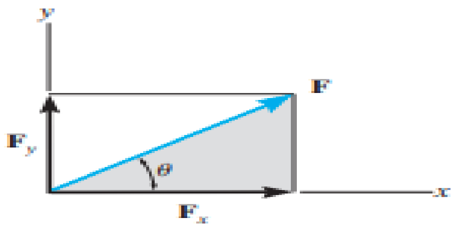
التمثيل العددي :

يمكن تمثيل المركبات المتعامدة للقوةF باستخدام قاعدة متوازي الأضلاع

$$\boldsymbol{F} = \boldsymbol{F_x} + \boldsymbol{F_y}$$

- نرسم من بداية القوة مستقيمين : الأول يوازي المحور X، والثاني يوازي المحور Y.
- نرسم من نهاية القوة مستقيمين : الأول يوازي المنحى X والثاني يوازي المحور Y.
- يتشكل لدينا متوازي أضلاع قائم الزاوية ، نأخذ أحد المثلثين القائمين ونحسب القيمة الجبرية للمركبتين **Fx ,Fy**

يمكن حساب طويلة هذه المركّبات من المثلث اليميني :

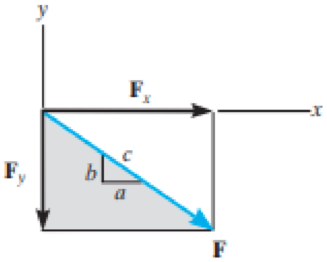


(a)

$$\boldsymbol{F_x = F\cos\theta \quad and \quad F_y = F\sin\theta}$$

أحيانا يعرّف منحى القوة عن طريق "مثلث ميل صغير" بدلا من الزاوية θ

عن طريق التشابه بين المثلث الصغير والمثلث الكبير المظلّل نكتب :



(b)

$$\frac{F_x}{F}=\frac{a}{c}\ ,F_x=F.(\frac{a}{c})$$

$$\frac{F_y}{F}=\frac{b}{c}\ ,F_y=-F.(\frac{b}{c})$$

الاشارة السالبة للقوة F_y تدل على أن اتجاه هذه القوة وفق الاتجاه السالب للمحور y.

2-محصلة قوتين متعامدتين :

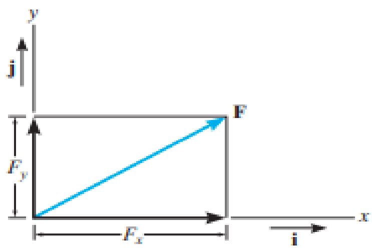
- نرسم من نهاية القوة الأولى مستقيما يوازي منحى القوة الثانية **Fy**.
- نرسم من نهاية القوة الثاني مستقيما يوازي منحى القوة الأولى **Fx**.
- يتقاطع المستقيمان في نقطة ، نصل بداية القوتين مع نقطة التقاطع فنحصل على المحصلة F_R والتي نستطيع حسابها من تطبيق نظرية فيثاغورث .

3-التمثيل الديكارتي للشعاع :

يمكن تمثيل مركبات القوة ديكارتيا أيضا ، باستخدام أشعة الواحدة الديكارتية **i** او **j** . قيمتها تساوي الواحد .

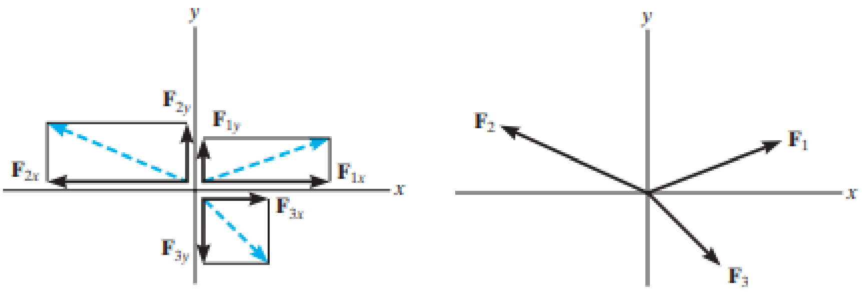
طويلة كل مركبة للقوة F تكون موجبة دوماً ، ويتم تمثيلها بواسطة عدد موجب دوماً .

نمثّل القوة Fكشعاع ديكارتي عن طريق العلاقة $F=F_x.i+F_y.j$



4-محصلة مجموعة من القوى المستوية :

- نحلّل كل قوة إلى مركبتين متعامدتين ونحسب قيمة هاتين المركبتين .
- نجمع مركبات كافة القوى على المحور x $F_{Rx} = \sum F_x$
- نجمع مركبات كافة القوى على المحور y $F_{Ry} = \sum F_y$
- تتحوّل المسألة إلى إيجاد محصلة قوتين متعامدتين وتكون قيمة المحصلة :
- $F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2}$
- منحى المحصلة : $\theta = tg^{-1} \left| \frac{F_y}{F_x} \right|$



(b) (a)

$$\mathbf{F}_1 = F_{1x}\,\mathbf{i} + F_{1y}\,\mathbf{j}$$
$$\mathbf{F}_2 = -F_{2x}\,\mathbf{i} + F_{2y}\,\mathbf{j}$$
$$\mathbf{F}_3 = F_{3x}\,\mathbf{i} - F_{3y}\,\mathbf{j}$$

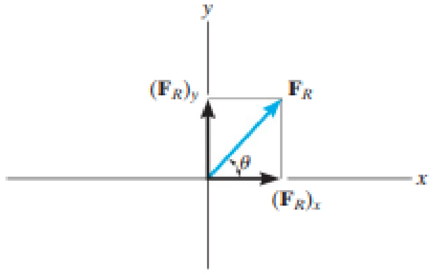
شعاع المحصلة :

$$\begin{aligned}\mathbf{F}_R &= \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \mathbf{F}_3\\ &= F_{1x}\mathbf{i} + F_{1y}\mathbf{j} - F_{2x}\mathbf{i} + F_{2y}\mathbf{j} + F_{3x}\mathbf{i} - F_{3y}\mathbf{j}\\ &= (F_{1x} - F_{2x} + F_{3x})\mathbf{i} + (F_{1y} + F_{2y} - F_{3y})\mathbf{j}\\ &= (F_{Rx})\mathbf{i} + (F_{Ry})\mathbf{j}\end{aligned}$$

- التمثيل العددي لمركبات القوى وفق المحورين x-y:

$$\xrightarrow{+} \quad (F_R)_x = F_{1x} - F_{2x} + F_{3x}$$
$$+\uparrow \quad (F_R)_y = F_{1y} + F_{2y} - F_{3y}$$

$$\boxed{\begin{aligned}(F_R)_x &= \Sigma F_x \\ (F_R)_y &= \Sigma F_y\end{aligned}}$$



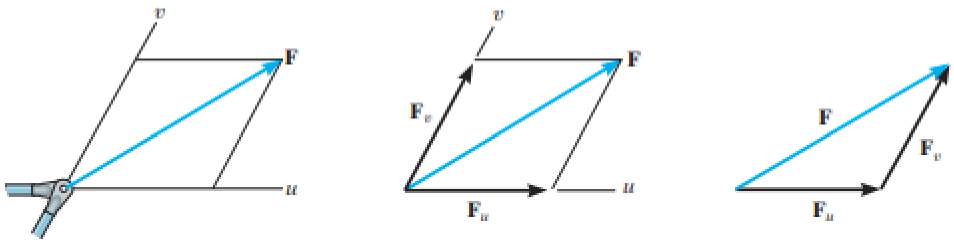
(c)

قيمة المحصلة	$F_R = \sqrt{(F_R)_x^2 + (F_R)_y^2}$
منحى المحصلة	$\theta = \tan^{-1}\left\|\dfrac{(F_R)_y}{(F_R)_x}\right\|$

5- تحليل قوة وفق منحيين غير متعامدين :

- نرسم من بداية القوة الأولى مستقيمين :الأول يوازي المنحىU ، والثاني يوازي المنحى V
- نرسم من نهاية القوة الثانية مستقيمين:الأول يوازي المنحى U،والثاني يوازي المنحىV

يتشكل متوازي أضلاع ، نطبق قانون الجيب على متوازي الأضلاع من حساب قيمة المركبتين **Fu ,Fv**

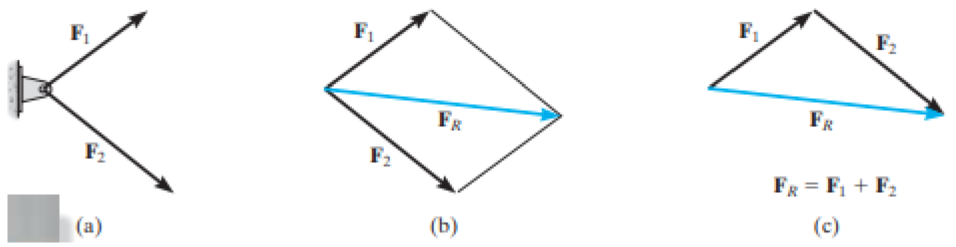


(a) (b) (c)

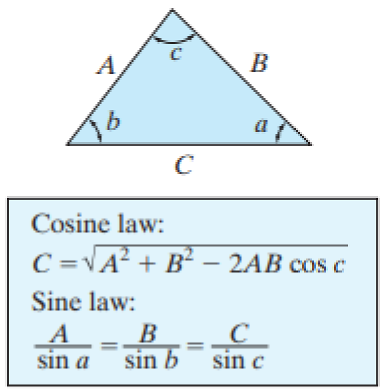
6- محصلة قوتين غير متعامدتين :

- نرسم من بداية القوة الأولى Fuمستقيما يوازي منحى القوة الثانية Fv.
- نرسم من نهاية القوة الثانية Fv.مستقيما يوازي منحى القوة الأولى Fu
- نصل بداية القوتين مع نقطة التقاطع ،فنحصل على المحصلة FR

نستخرج مثلث القوى من متوازي الاضلاع السابق ونطبق قانون التجيب على مثلث القوى من أجل حساب قيمة المحصلة.



قانوني الجيب والتجيب:



(c)

7-الأشعة الديكارتية :

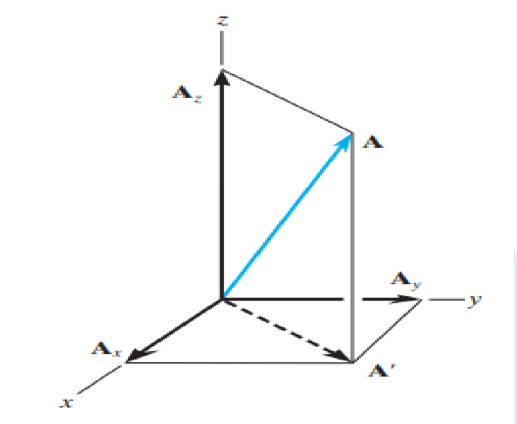
يستخدم التمثيل الديكارتي للأشعة في حل المسائل الفراغية

يتم تمثيل الشعاع عن طريق المركبات

A=Ax +Ay +Az

شعاع الواحدة $U_A = \frac{A}{A}$

$U_A . A = A$



طويلة الشعاع الديكارتي $A = \sqrt{(A_x^2) + ((A_y^2) + (A_z^2)}$

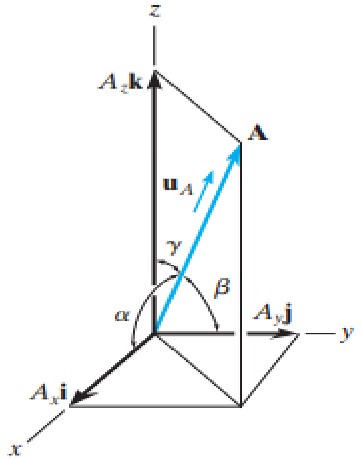
منحى الشعاع الديكارتي:

$$, \cos\alpha = \frac{A_x}{A} \quad , \quad \cos\beta = \frac{A_y}{A} \quad , \cos\gamma = \frac{A_z}{A}$$

شعاع الواحدة:

$$\boldsymbol{U_A} = \frac{\boldsymbol{A}}{A} = \frac{A_x}{A}.\boldsymbol{i} = \frac{A_y}{A}.\boldsymbol{j} = \frac{A_z}{A}.\boldsymbol{k}$$

$$\boldsymbol{U_A} = cos\alpha\, \boldsymbol{i} + cos\beta \boldsymbol{j} + cos\gamma \boldsymbol{k}$$

	$cos\alpha = \frac{A_x}{A}$ $cos\beta = \frac{A_y}{A}$ $cos\gamma = \frac{A_z}{A}$

ينتج لدينا العلاقة بين تجيبات المنحى :

$$cos^2\alpha + cos^2\beta + cos^2\gamma = 1$$

الخلاصة : عندما يعطى طويلة واحداثيات زوايا المنحى للشعاع $\boldsymbol{A}$، يمكننا كتابة الشعاع كشعاع ديكارتي وفق الصيغة التالية :

$$\boldsymbol{A} = A.\boldsymbol{U_A}$$
$$= A.cos\alpha\boldsymbol{i} + A.cos\beta\boldsymbol{j} + cos\gamma\boldsymbol{k}$$
$$A_x.\boldsymbol{i} + A_y.\boldsymbol{i} + A_z.\boldsymbol{i}$$

جمع وطرح الأشعة :

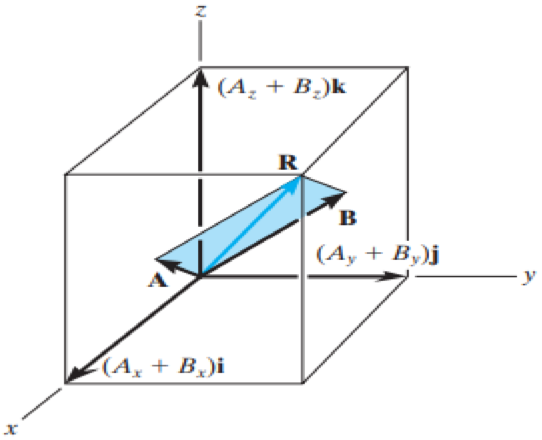
تعتبر عملية جمع وطرح الأشعة بسيطة عندما يتم التعبير عن الشعاع كصيغة ديكارتية ، مثلا من أجل الشعاعين :

$$\boldsymbol{A} = A_x.\boldsymbol{i} + A_y.\boldsymbol{j} + A_z.\boldsymbol{k}$$
$$\boldsymbol{B} = B_x.\boldsymbol{i} + B_y.\boldsymbol{j} + B_z.\boldsymbol{k}$$

يكون شعاع المحصلة R عبارة عن شعاع يمثل الجمع الجبري للمركبات I,j,k للشعاعين A وB ، أي أن :

$$\boldsymbol{R} = \boldsymbol{A} + \boldsymbol{B} = (A_x + B_x)\boldsymbol{i} + (A_y + B_y)\boldsymbol{j} + (A_z + B_z)\boldsymbol{k}$$

$$\boldsymbol{R} = \boldsymbol{A} - \boldsymbol{B} = (A_x - B_x)\boldsymbol{i} + (A_y - B_y)\boldsymbol{j} + (A_z - B_z)\boldsymbol{k}$$



نظام القوى المتلاقية :

يمكن تعميم علاقة جمع الأشعة من أجل حساب محصلة مجموعة من القوى المتلاقية :

$$\boldsymbol{F}_R = \sum \boldsymbol{F} = \sum F_x\boldsymbol{i} + \sum F_y\boldsymbol{j} + \sum F_z\boldsymbol{k}$$

حيث أن $\sum F_z$ ، $\sum F_y$ ، $\sum F_x$ تمثل المجموع الجبري للمركبات وفق المحاور x ,y, z أو مركبات الأشعة الواحدية k، j، I.