الأكاديمية العربية الدولية
Arab International Academy

اسم المحاضرة :علم السكون

اسم المحاضر: م. راما زهره

الأكاديمية العربية الدولية – منصة أعد

مخطط المادة العلمية

١- مقدمة عن علم الميكانيك .

٢- مبادئ أساسية في علم الميكانيك.

٣- التصنيف الفيزيائي للقوى في المنشآت.

٤- التصنيف الهندسي للقوى في المنشآت.

٥- مبادئ علم السكون .

٦- خطوات تصميم المنشآت الهندسية و منهجية التصميم.

٧- المقادير الشعاعية و المقادير السلمية .

٨- تحليل القوى في المستوي .

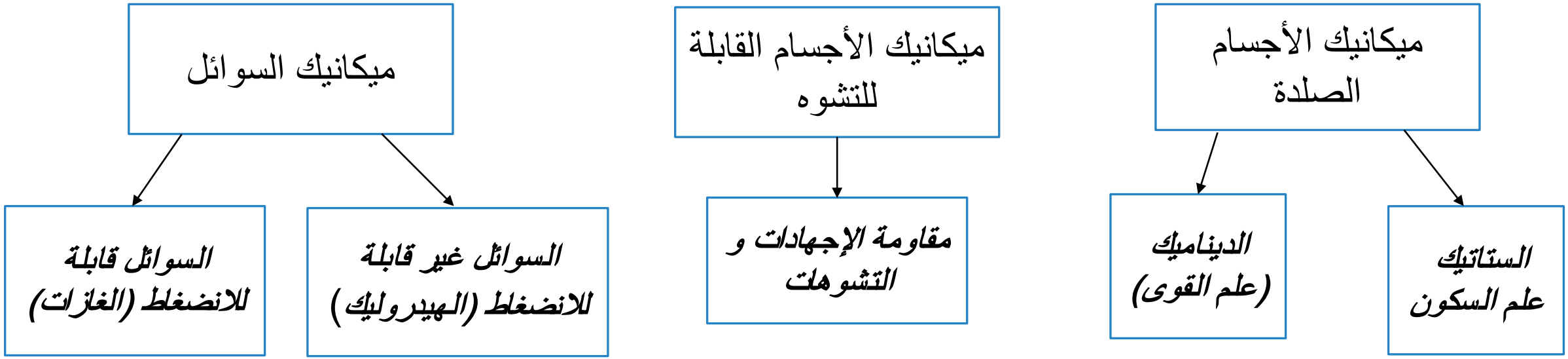
٩- خصائص جبر و طرح الأشعة .

١٠-محصلة جملة القوى في المستوي.

مقدمة عن علم الميكانيك

الميكانيك الهندسي هو العلم الذي يقوم بدراسة و تحليل السلوك لتراكيب الأجسام الصلبة والتي تخضع تبعاً لنوع ارتباطها إلى تقييدات خاصة على حركتها وذلك تحت تأثير القوى الخارجية .

أو بتعريف اخر: هو العلم الذي يقوم بدراسة وتحليل موقع وشكل الأجسام المادية تبعاً للزمن تحت تأثير القوى الخارجية المختلفة .



مبادئ أساسية

علم الحركة : (فضاء+ زمن+ كتلة)

يتناول هذا العلم دراسة حركة الأجسام المادية بغض النظر عن دراسة مسببات هذه الحركة (يحدد مواقع نقاط الأجسام الصلبة بكل لحظة زمنية بغض النظر عن سبب الحركة).

علم القوى : (فضاء +زمن + قوة)

يتناول دراسة الحمولة و تغيراتها ويكون الجسم المادي بحد ذاته غير مهم لأننا نبحث عن شكل التحميل و لا نبحث عن تأثيره.

علم التحريك (فضاء + زمن + كتلة + قوة)

يتناول دراسة و تحليل أسباب الوضع الحركي للجسم المادي مما يقودنا إلى عملية الربط بين الحمولة و الوضع الحركي وذلك بمساعدة بديهيات معينة أو بما يمكن أن ندعوها مبادئ ومنه يشتق علم السكون.

مبادئ أساسية

علم السكون

يمكن اشتقاقه كحالة خاصة من علم التحريك و ينتج عنه مبدأ التوازن الذي ينص على عدم وجود تغير في السرعة أو الكمية الحرة للجسم و هنا يمكن التعبير عنه بالشكل التالي

$$\sum F=0$$

أي في علم الستاتيك تكون الأجسام معرضة لقوى خارجية (مؤثرات) لكنها لا تتحرك فنقول عنها ساكنة أو متوازنة

مبادئ أساسية

للقيام بالدراسة الميكانيكية لأي جسم نحن بحاجة لتحديد العناصر التالية :

الفضاء (الإحداثيات)

الزمن

الكتلة

القوى المؤثرة

١ - الفضاء :

هو الحيز المكاني الذي تتم فيه الحركة و نعبر عنه بالجملة الإحداثية يرمز للفضاء بالرمز m أنواع الجمل الإحداثية :

أحادية / ثنائية (حالة مستوية) أي تحوي محورين فقط (X,Y) أو (X,Z) أو (Y,Z)/

ثلاثية (فراغية) أي تحوي ثلاثة محاور (X,Y,Z)

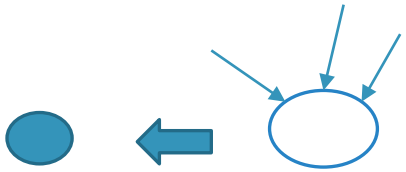
مبادئ أساسية

٢ - الزمن :

هو متحول يصف التغير المستقبلي ليرسم تسلسل تغير الأحداث و يعبر عنه بمركبة سلمية (عددية) و هي الثانية Ts.

٣-الكتلة :

الأجسام الصلبة يعبر عنها من خلال الكتلة و تقاس kg.



الجسم الصلب مجموعة نقاط مادية حيث يمكن ضغط كتلة ما لتصبح نقطة مادية .

الكتلة توزع بشكل خاص في كل مرة بحيث كل شكل من هذه الأشكال يتمتع بمواصفات هندسية مختلفة ويناسب مواصفات مختلفة .

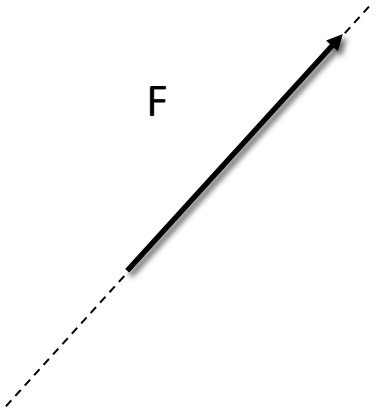
مثال : لدينا كتلة 5kg من الحديد يمكن ضغطها بأشكال مختلفة :

مبادئ أساسية

٤- القوة :

هي التأثير المتبادل بين الأجسام أو الأقسام من هذه الأجسام و التي تؤدي إلى توليد أو تغيير في التسارعات (هي فعل يؤثر على أي جسم).

حيث لكل قوة



- ✓**مقدار معين**
- ✓**نقطة البداية (نقطة التأثير)**
- ✓**الاتجاه .**

التصنيف الفيزيائي للقوى في تصميم المنشآت

القوى الداخلية

الوزن الذاتي للجسم.

القوى الخارجية

الأحمال الثابتة و الأحمال المتحركة المطبقة داخل المنشأة أو بمصطلح هندسي (DEAD &LIVE LOADS)

الأحمال الخارجية : الثلوج ،الأمطار، المياه (SNOW, RAIN , HYDRAULIC LOADS)

قوى الرياح و العواصف (WIND LOADS)

القوى الترددية أو الأحمال الترددية (DYNAMIC LOADS)

قوى الزلازل (EARTHQUAKE LOADS)

القوى المكافئة للتغيرات الحرارية (TEMPERATURE LOAD)

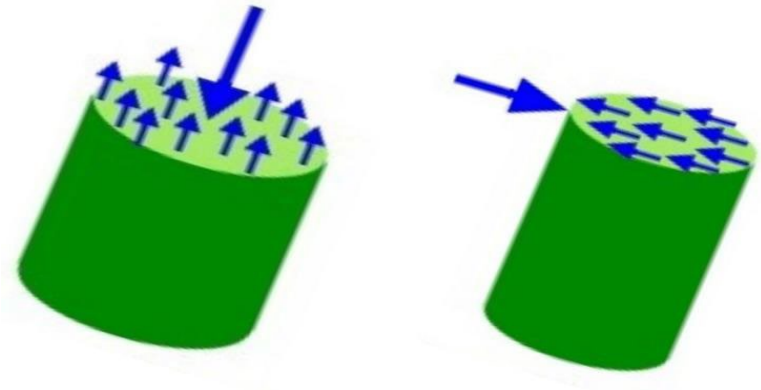
التصنيف الفيزيائي للقوى في تصميم المنشآت

الإجهادات الداخلية

و تعرف بأنها القوى الداخلية الناتجة عن الأحمال الخارجية تقسم إلى :

الإجهادات الناظمية (NORMAL STRESSES) عمودية على سطح التحميل.

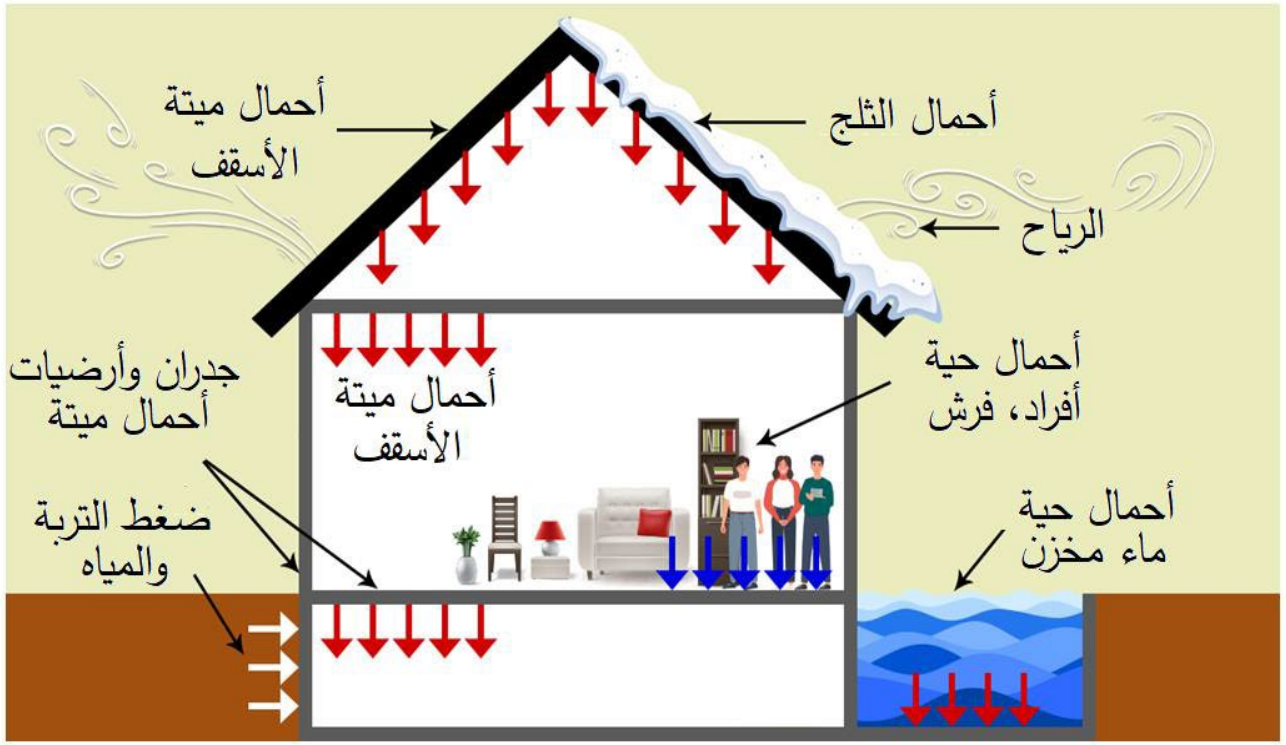
الإجهادات المماسية (TRANSVERSE OR SHEAR STRESSES) منطبقة على سطح القطع .



ناظمية

مماسية

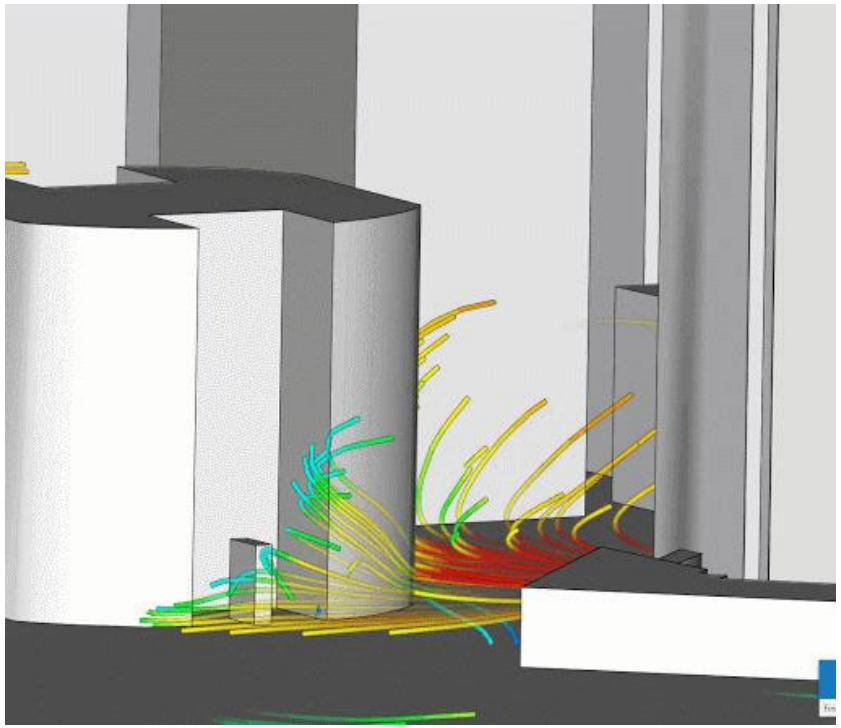
التصنيف الفيزيائي للقوى في تصميم المنشآت



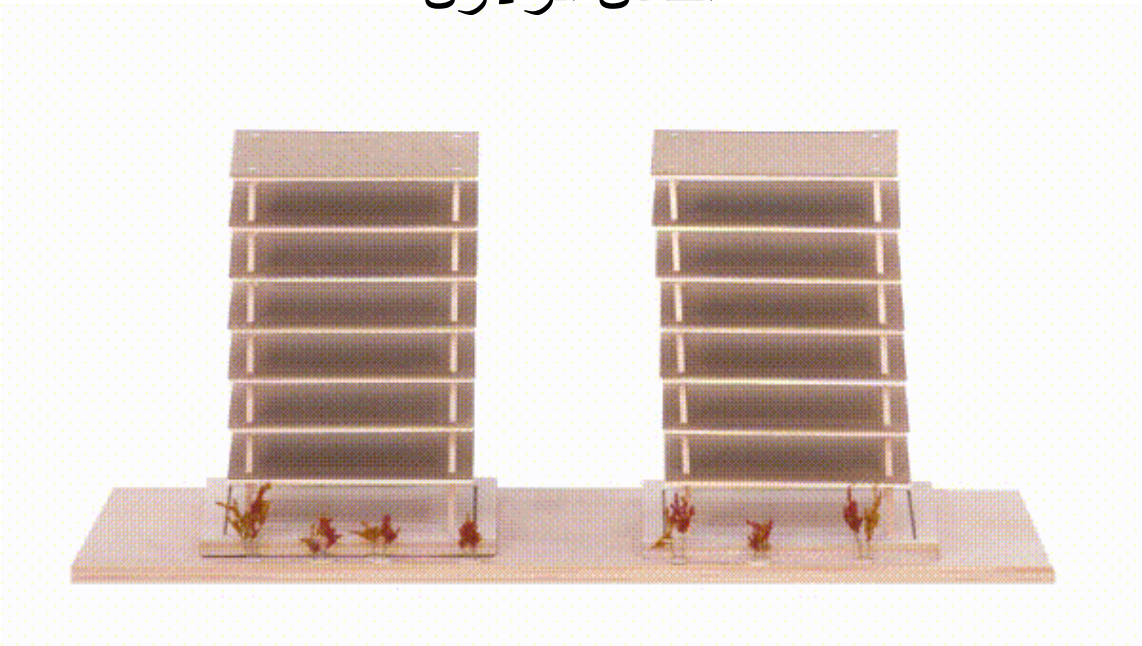
الأحمال الديناميكية

التصنيف الفيزيائي للقوى في تصميم المنشآت

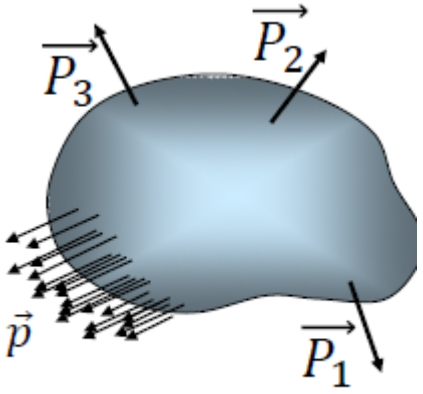
أحمال الرياح



أحمال الزلازل



التصنيف الهندسي للقوى



القوى الذاتية: يعبر عنها بمحصلة الوزن الذاتي لجزيئات الجسم.

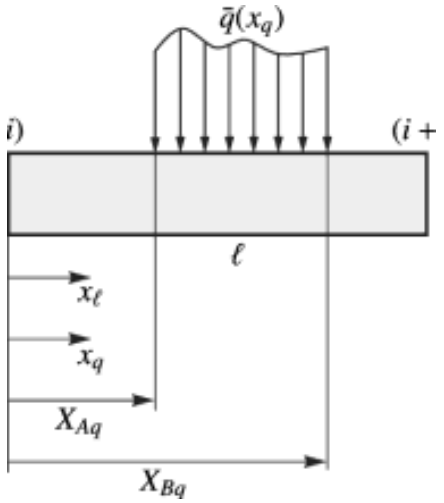
القوى الخارجية:

قوة مركزة P : تؤخذ كقوة مطبقة في نقطة.

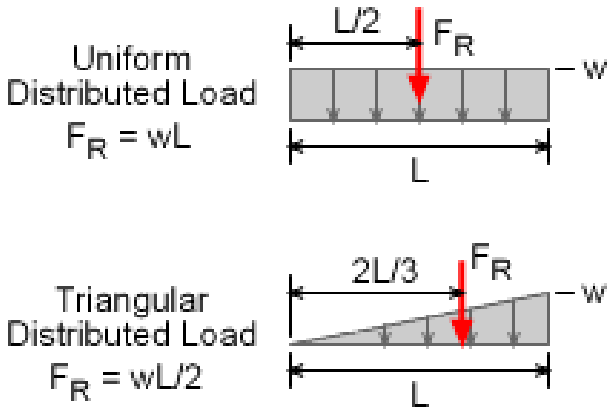
القوى الموزعة p : منها المنتظمة أو غير المنتظمة، تطبق على الجسم أو على مساحة محددة الأبعاد.

الإجهادات الداخلية w : وهي كثافة القوى الداخلية التي تبديها المادة لمقاومة القوى الخارجية .

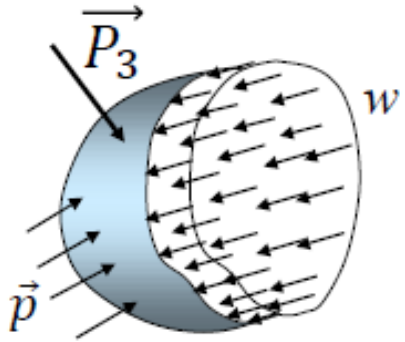
التصنيف الهندسي للقوى



قوى موزعة غير منتظمة
(لا يمكن تمثيلها بمعادلة رياضية)



قوى موزعة منتظمة (ثابتة، ومثلثية)
وكل ما يمكن تمثيله بمعادلة رياضية



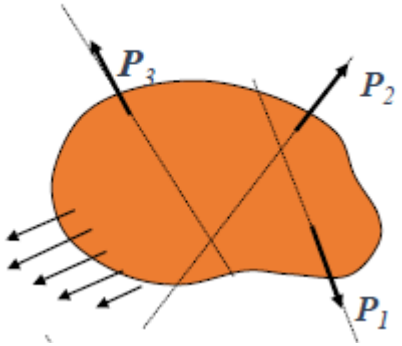
الإجهادات الداخلية

التصنيف الهندسي للقوى

مجموعة القوى :

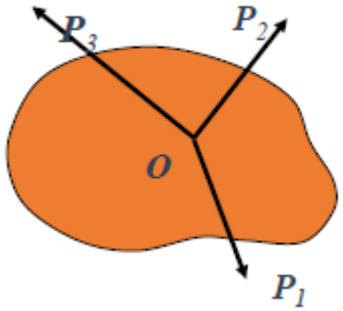
هي عبارة عن عدة قوى تؤثر في جسم صلد بأن واحد .

أولاً : نظام القوى المستوية أي الواقعة في مستوٍ واحد

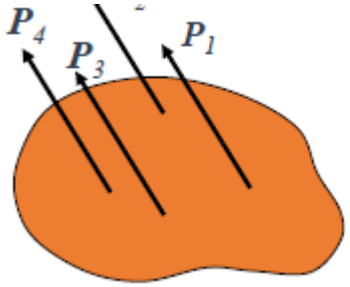


ثانياً : نظام القوى الغير مستوية أي لا تقع في مستوٍ واحد

ثالثاً : نظام القوى المتلاقية



رابعاً :نظام القوى الغير متلاقية



التصنيف الهندسي للقوى

الجسم المتوازن:

إذا بقي الجسم الصلد ساكناً أو متمتعاً بحركة مستقيمة منتظمة بعد تأثير مجموعة من القوى نقول بأن الجسم الموجود هو في حالة توازن و أن مجموعة القوى المؤثرة عليه هي مجموعة **قوى متوازنة.**

المجموعة المتوازنة:

هي تلك المجموعة من الأفعال التي إذا أثرت في جسم واقع في حالة توازن لا تسبب أي تغيير في هذه الحالة .

المجموعتان المتكافئتان **: إذا استطعنا استبدال مجموعة قوى مؤثرة في جسم ما بمجموعة أخرى دون أن نغير في سكون ذلك الجسم أو توازنه فإن هاتين المجموعتين تسمى مجموعتين متكافئتين.**

مبادئ علم السكون

البديهية :

عبارة عن فرضية أساسية تؤخذ بدون برهان و تعتبر مثبتة من خلال الكثير من الملاحظات و التجارب التي أكدتها الحياة العملية و التطبيقية .

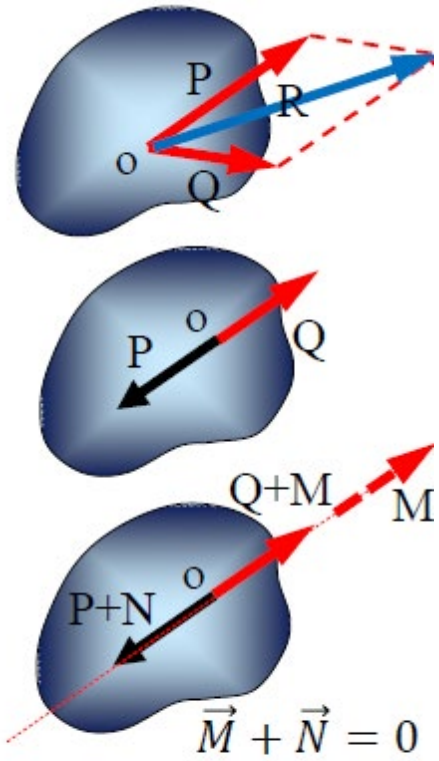
المبدأ الأول: قانون متوازي الأضلاع

إن حاصلة قوتين مطبقتين على الجسم في نقطة واحدة منه وبينهما زاوية ما، تتعين مقداراً واتجاهاً وموضعاً بقطر متوازي المنشأ على هاتين القوتين .

المبدأ الثاني: قانون التوازن

إذا طبقت على جسم ما قوتان، فإن هذا الجسم يكون بحالة توازن فقط عندما تكون هاتان القوتان متساويتان و متعاكستان مباشرة و العكس صحيح.

مبادئ علم السكون



المبدأ الثالث: قانون ضم قوى وانزلاقها

لا يتغير فعل جملة قوى مفروضة في جسم إذا أضفنا إليها أو حذفتا منها جملة قوى أخرى متوازنة، $N+M=0$.

إذا طبقت قوة على جسم ما فإنه يمكن زلق هذه القوة على حاملها.

المبدأ الرابع: قانون الفعل ورد الفعل

لكل فعل رد فعل يساويه ويعاكسه بالاتجاه.

المبدأ الخامس (مبدأ الصلابة)

إذا توازن جسم قابل للانفعال تحت تأثير مجموعة من القوى فإنه يبقى في حالة توازن حتى لو أصبح هذا الجسم متمتعاً بصلابة مطلقة .

مبادئ علم السكون

المبدأ السادس (بديهية القيود و الأربطة)

هي عبارة عن أجسام صغيرة تحد من حركة الأجسام المتصلة بها كلياً أو جزئياً . يمكن اعتبار أي جسم حر من قيوده متى ما تم استبدال هذه القيود بردود أفعال.

المبدأ السابع (بديهية تنضيد الأثار أو الأفعال)

يمكن دائماً تجميع تأثير العناصر ميكانيكياً ذات النوع الواحد والتي يمكن تمثيلها شعاعياً عندما تؤثر في نفس الوقت على نفس النقطة مثل تجميع القوى أو تجميع الانتقالات أو تجميع التشوهات .

خطوات تصميم المنشآت الهندسية

تحديد طبيعة المنشأة ووظيفتها ✓

اختيار مواد البناء ✓

تحديد قيمة القوى والأحمال المطبقة ✓

التحليل الإنشائي وحساب القوى المطبقة على عناصر المنشأة ✓

تصميم عناصر المنشأة وفق الإجهادات المسموحة للمواد ✓

منهجية التصميم

ميكانيك السكون

كخطوة أولى يتم بموجبه دراسة توازن المنشأة و استقرارها (انقلاب / انزياح) تحت تأثير الأحمال و القوى المختلفة الخارجية المطبقة عليها.

حيث يرتكز التحليل الإنشائي بأساسياته على ميكانيك السكون حيث نسعى من خلال دراسة التوازن الساكن للعنصر تحديد الإجهادات (القوى الداخلية) المطبقة على عناصر المنشأة بأشكالها المختلفة (قوى محورية ، قوى قص ، عزوم الثني و الفتل).

كذلك مقاومة المواد يتم تصميم مقاطع العناصر الإنشائية وفق المقاومة المسموحة للمواد المستخدمة في حدود التشوهات المسموحة .

المقادير السلمية والمقادير الشعاعية

في علم الميكانيك نميز نوعين من المقادير:

المقادير السلمية /Scalar Quantities/،

مثل الطول، الحجم، الكتلة، العمل...، وهي مقادير فيزيائية مستقلة عن المكان.

المقادير الشعاعية /Vector Quantities/

وهي مقادير مرتبطة بالمكان، مثل الوزن، الأحمال الخارجية، الإجهادات الداخلية، السرعة، الانتقال، العزم...، حيث يعبر عنها في الفضاء الهندسي بشعاع .

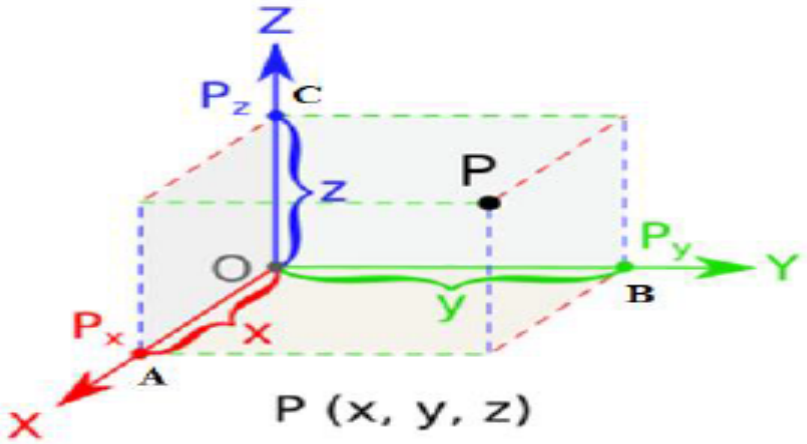
نظام الإحداثيات الفضاء الهندسي

نظام الإحداثيات الديكارتي

يعرّف نظام الإحداثيات الديكارتي، ثنائي، وثلاثي الأبعاد بمحاور الإحداثيات X،Y،Z المتعامدة فيما بينها والمتلاقية في نقطة واحدة O.

تسمى المعادلات التي تستخدم الإحداثيات الديكارتية، بالمعادلات الديكارتية.

أما التعامد فيما بين المحاور الديكارتية فيعبر عن استقلالية المحاور عن بعضها البعض بحيث يكون التغاير معدوم Covariance zero:



$$COV(X, Y)=0, \quad or \quad |X|.|Y|.\cos\theta_{XY}=0$$

$$COV(X, Z)=0, \quad or \quad |X|.|Z|.\cos\theta_{XZ}=0$$

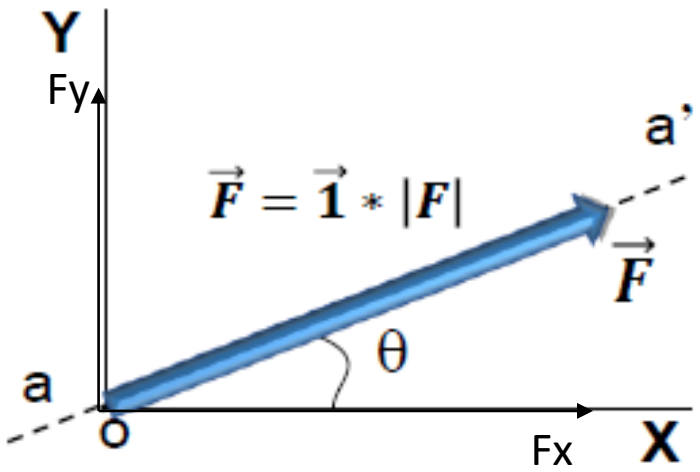
$$COV(Y, Z)=0, \quad or \quad |Y|.|Z|.\cos\theta_{YZ}=0$$

مع

$$\theta_{XY}=\pi/2,\ \theta_{XZ}=\pi/2,\ \theta_{YZ}=\pi/2,$$

المقادير السلمية والمقادير الشعاعية

عناصر الشعاع



يُعرَف الشعاع بالعناصر الأربع التالية:

نقطة تطبيق القوة : o

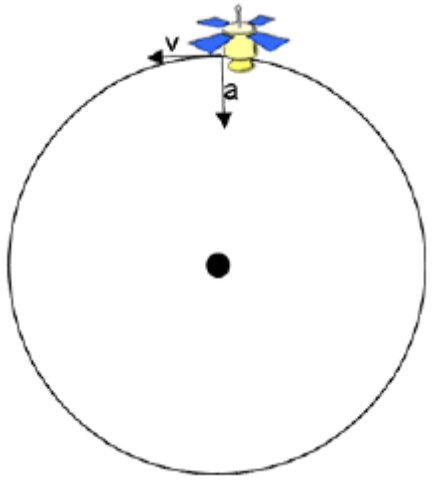
شدة القوة، أو القياس الجبري للشعاع : F

حامل الشعاع : aa'

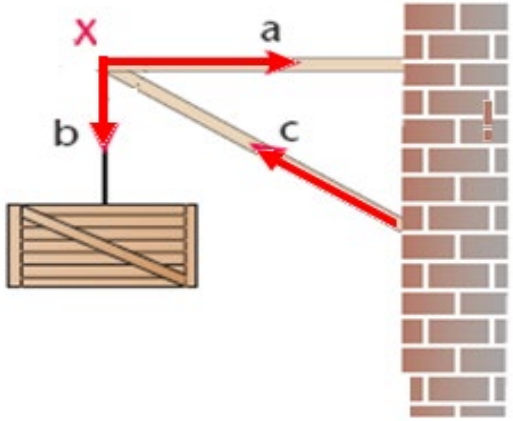
→: اتجاه القوة

إذا نسب الشعاع للمحاور الإحداثية فيمكن استبدال حامل الشعاع بزاوية ميل الشعاع θ.

تصنيف الأشعة

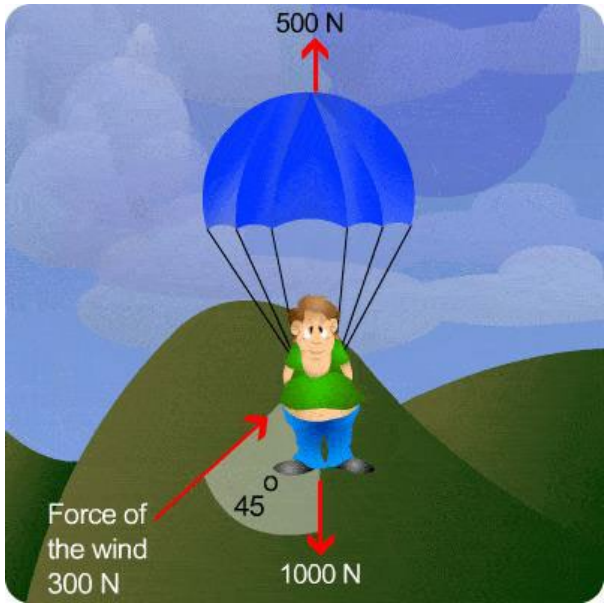


الشعاع الثابت: عناصره الأربعة ثابتة.

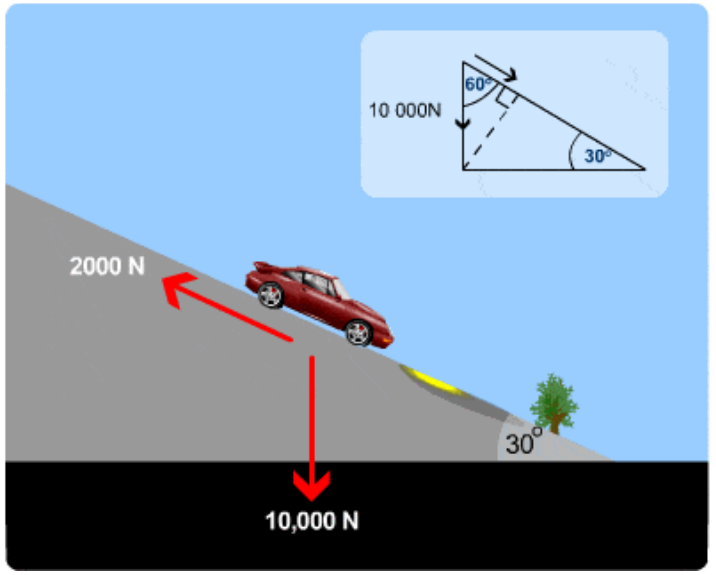


الشعاع المقيد: له نقطة تطبيق O محددة المسار مع ثبات عناصره الأخرى .

تصنيف الأشعة



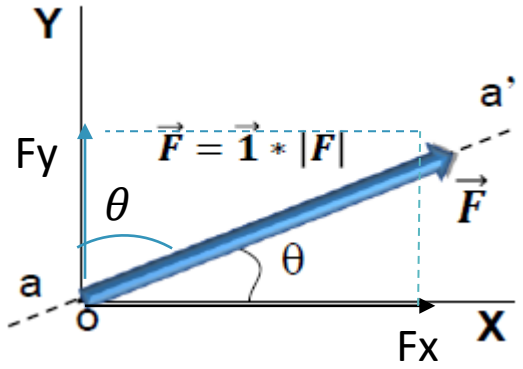
الشعاع الحر أو الطليق : يمكن لمبدئه الحركة حراً في الفضاء مع ثبات عناصره الأخرى



الشعاع المنزلق:
يمكن له الحركة على طول خط حامله، دون التأثير على التحليل

تحليل القوى

نقوم بإسقاط القوة على المحاور الإحداثية ونقوم بالحصول على مركبات القوة



$$\cos\theta = \frac{Fx}{F}$$

$$\sin\theta = \frac{Fy}{F}$$

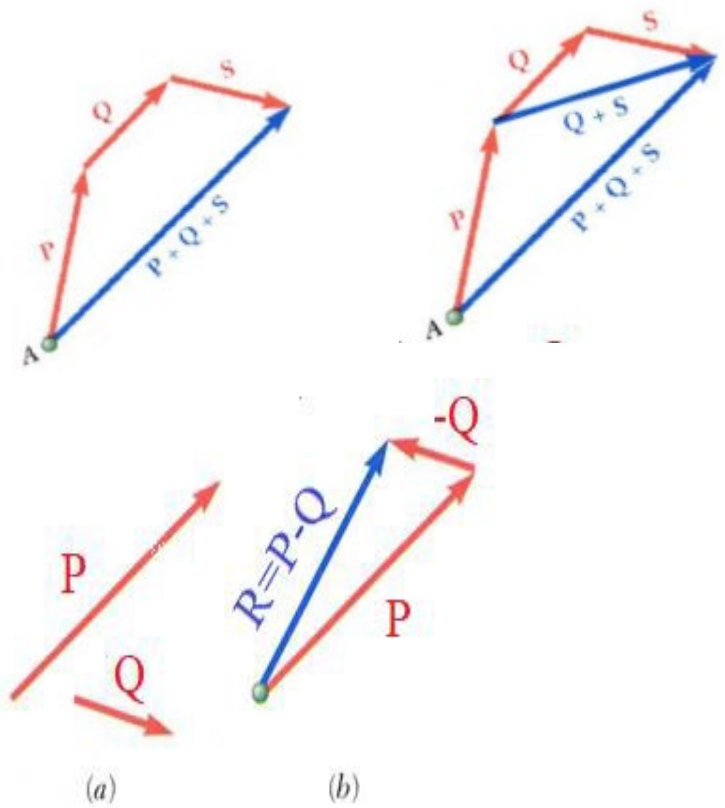
$Fx=F*\cos\theta$

$Fy=F*\sin\theta$

المركبة الأفقية للقوة = القوة * cos الزاوية المجاورة للمركبة الأفقية

المركبة العمودية للقوة= القوة * sin الزاوية المجاورة للمركبة الأفقية

خصائص جبر الأشعة



جمع مجموعة من الأشعة

- يقبل جمع ثلاثة أشعة أو أكثر من خلال التطبيق المتكرر لقاعدة جمع شعاعين، أو التجميع الشعاعي (التخطيطي) باعتماد الشكل متعدد الأضلاع.

خصائص جمع الأشعة

- جمع الأشعة تبادلي $\vec{P}+\vec{Q}=\vec{Q}+\vec{P}$
- جمع مجموعة من الأشعة ترابطي

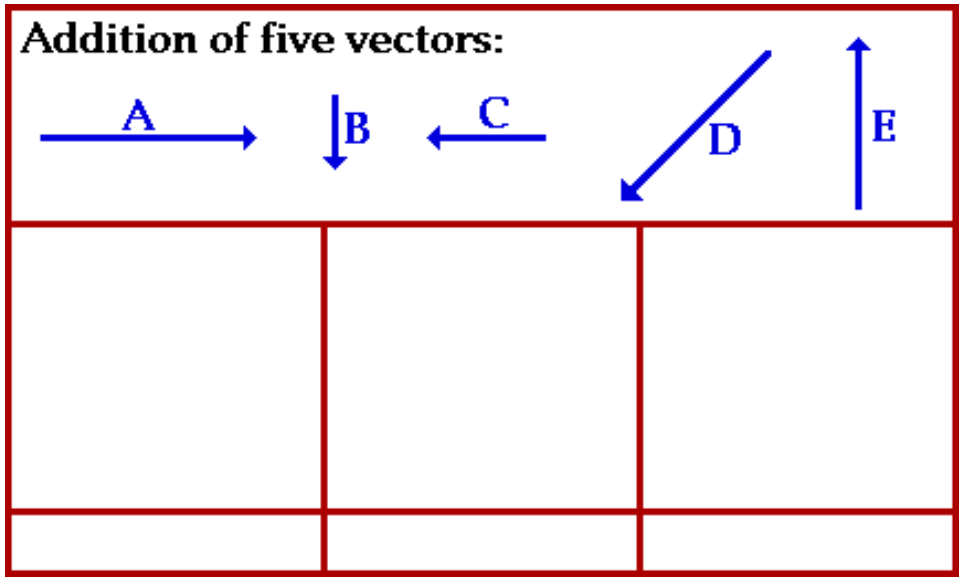
$$\vec{P}+\vec{Q}+\vec{S}=\left(\vec{P}+\vec{Q}\right)+\vec{S}=\vec{P}+\left(\vec{Q}+\vec{S}\right)$$

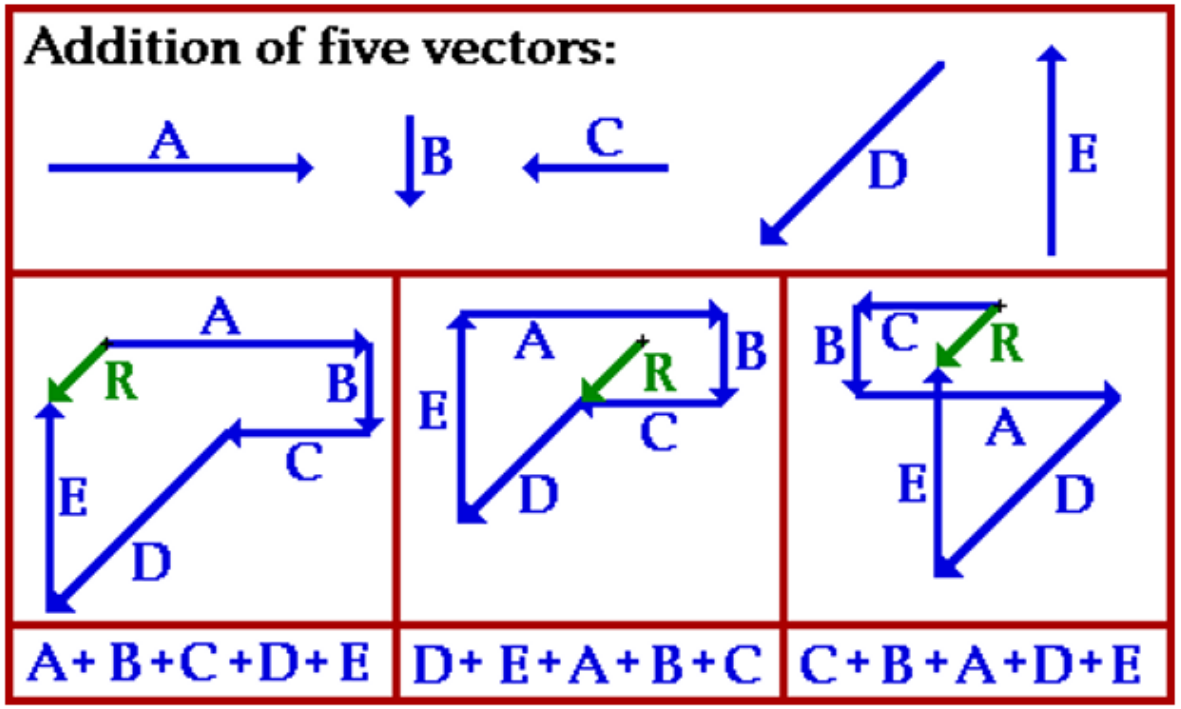
طرح الأشعة

تخطيطياً يتم طرح الشعاع Q من الشعاع P بجمع الشعاع P مع عكس اتجاه الشعاع Q، وفق ما سبق.

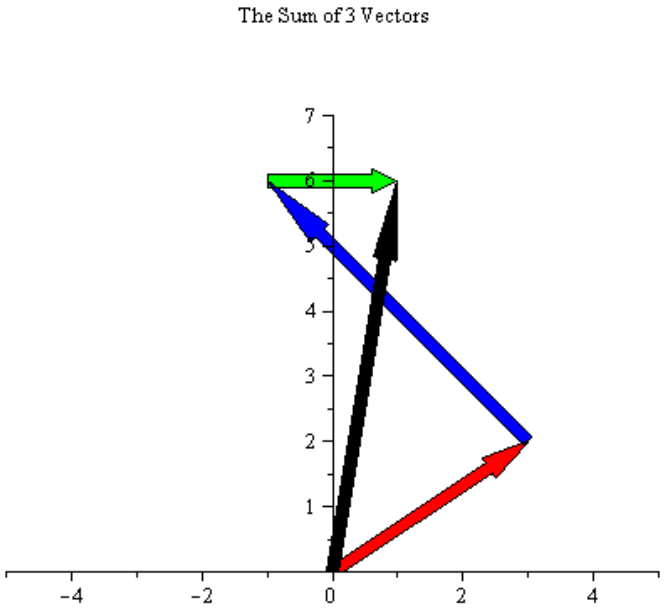
$$\vec{P}-\vec{Q}=\vec{P}+\overleftarrow{Q}$$

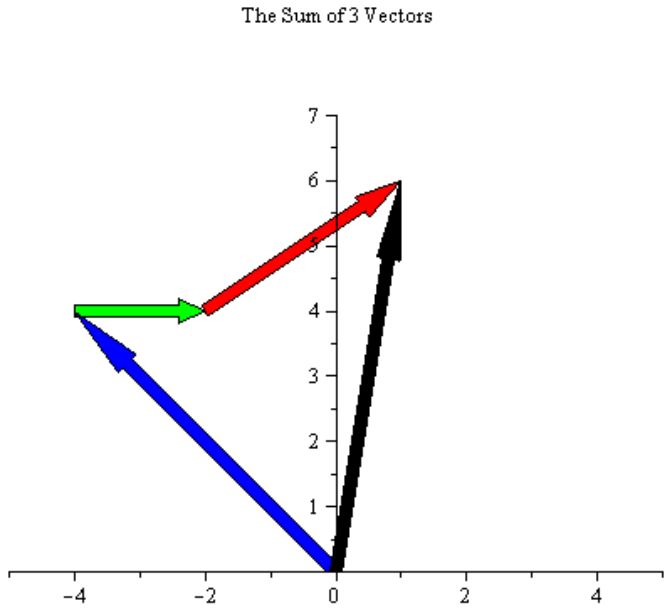
مثال تجميع خمسة أشعة

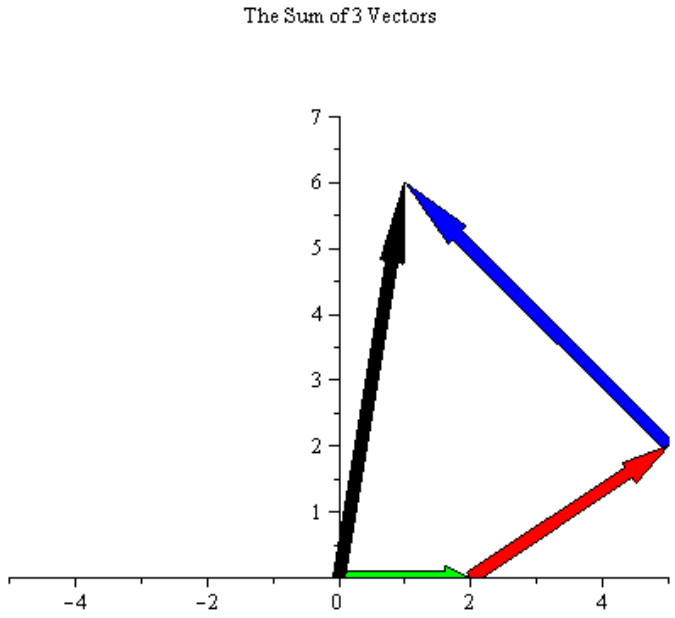




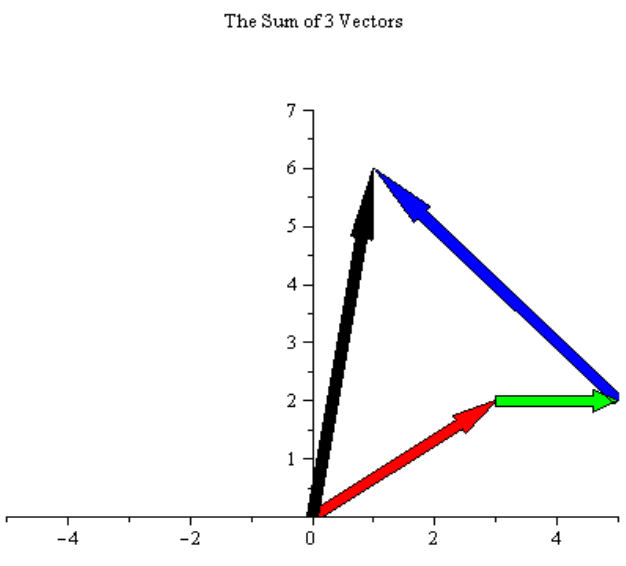
مثال تجميع ثلاثة أشعة

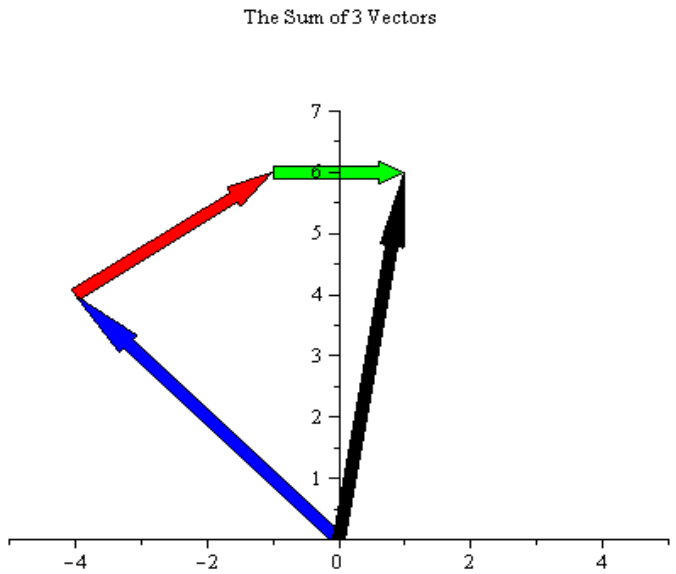


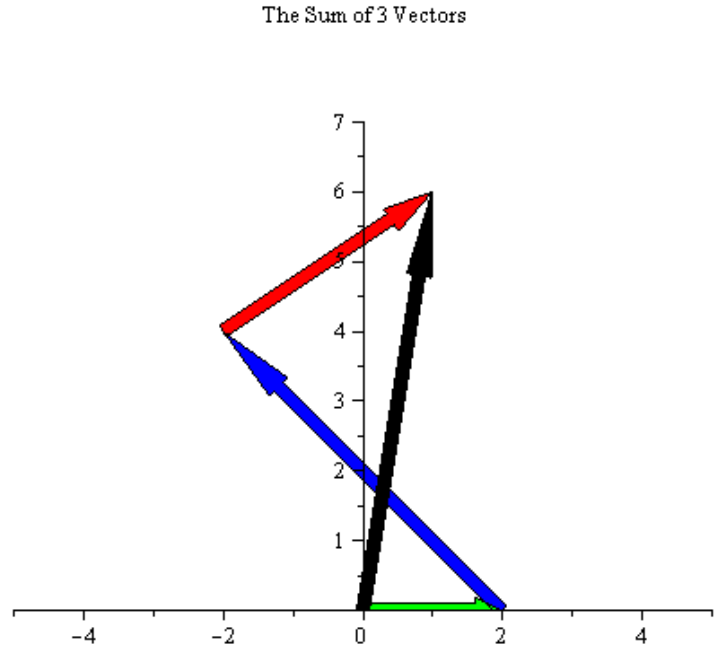




مثال تجميع ثلاثة أشعة







محصلة جملة قوى في مستوي – الحل بالطريقة التخطيطية

يمكن تمثيل شدة واتجاه ومنحى شعاع المحصلة $\vec{R}$ لشعاعي القوتين $\vec{P}$ و $\vec{Q}$ تخطيطياً وفق ما يلي:

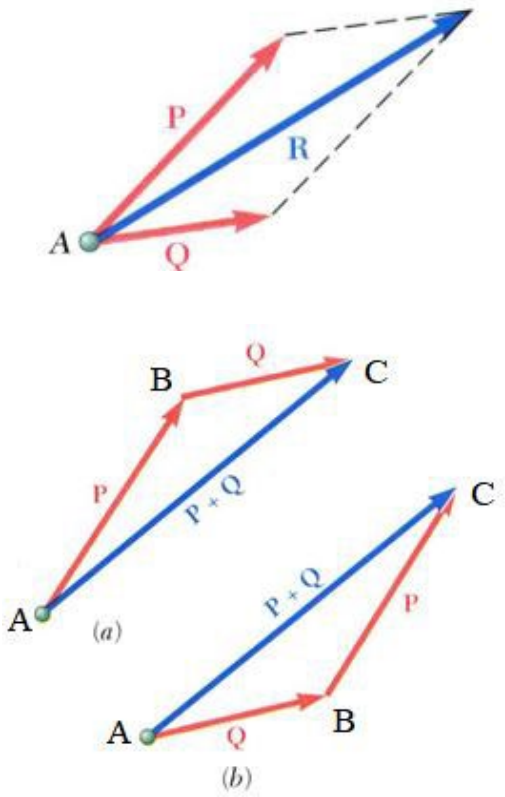
1. محصلة القوتين يساوي بالشدة والاتجاه قطر متوازي الأضلاع، حيث تمثل القوتين بالضلعين المتجاورتين .
2. بشكل آخر يمكن تمثيل شعاع المحصلة $\vec{R}$ وفق الطريقة التخطيطية ABC، حيث:

يبدأ كل شعاع من نهاية سابقه، ويرسم شعاع المحصلة $\vec{R}$ من بداية الشعاع الأول، وينتهي خطياً مع نهاية الشعاع الأخير ، وهو شرط تحقيق التوازن بين مجموع الأشعة ومحصلتها.

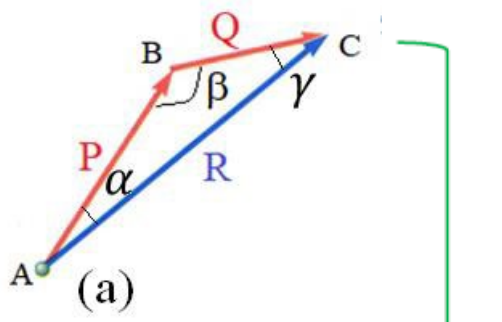
$$\vec{P} + \vec{Q} = \vec{R}$$

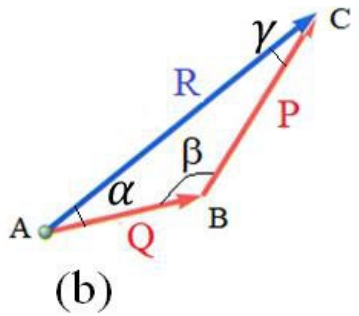
ملاحظة: تجميع الأشعة غير مقيد بترتيب محدد.

تعتمد النتائج على دقة الرسم



محصلة جملة قوى في مستوي – الحل وفق نظرية المثلثات





3. قانون الكوسينوس cosβ (أو نظرية Kashi)

$$R^2 = P^2 + Q^2 - 2PQcos\beta$$

حيث β الزاوية الكائنة بين الشعاعين $\vec{P}$ و $\vec{Q}$

4. قانون السينوس Sinβ

✓ الشكل (a)

$$\frac{sin\,\alpha}{Q} = \frac{sin\,\beta}{R} = \frac{sin\,\gamma}{P}$$

✓ الشكل (b)

$$\frac{sin\,\alpha}{P} = \frac{sin\,\beta}{R} = \frac{sin\,\gamma}{Q}$$

محصلة القوى المتزامنة

القوى المتزامنة : مجموعة من القوى تمر جميعها عبر نقطة واحدة.

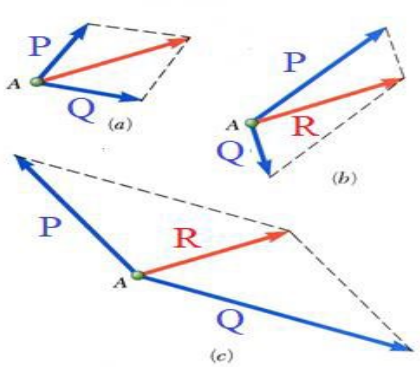
- يمكن استبدال مجموعة من أشعة القوى المتزامنة المطبقة على الجسم بقوة واحدة $\vec{R}$ يكافئ فعلها محصلة أفعال أشعة القوى المطبقة.

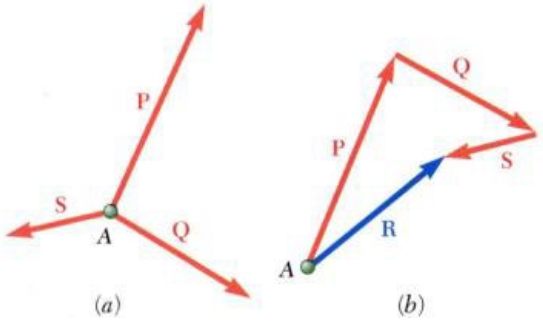
ملاحظة : إذا كان شعاع محصلة القوى مساوي لمجموع أشعة القوى.

$$\vec{P} + \vec{Q} + \vec{S} = \vec{R}$$

فإن القياس الجبري للمحصلة $|R|$ لا يساوي مجموع القياس الجبري للقوى، إلا إذا كانت جميع القوى متوازية.

$$|P| + |Q| + |S| \neq |R|$$





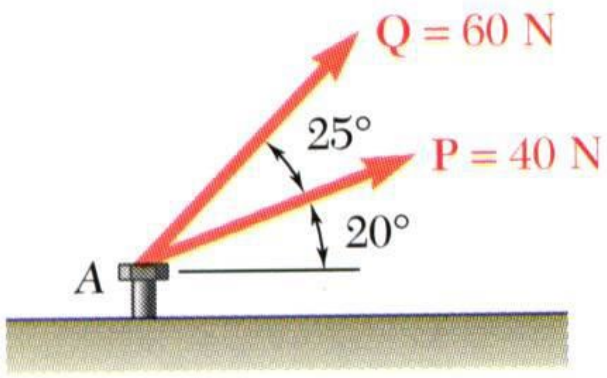
مثال

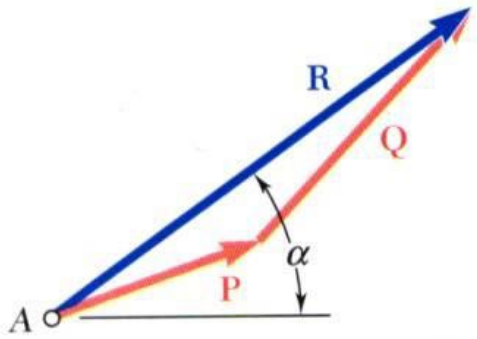
مثال 1

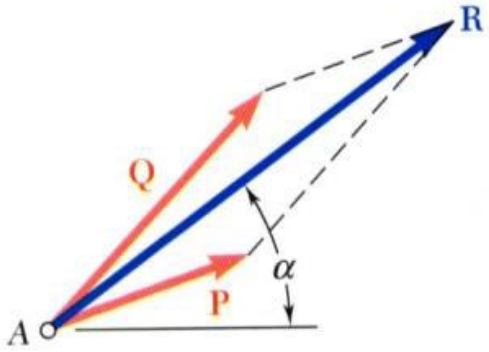
المطلوب تحديد شعاع محصلة القوى P و Q المطبقة في النقطة A

الطريقة التخطيطية

- أنشئ متوازي أضلاع اتجاهه P و Q بأطوال متناسبة مع شدة القوى.
- احسب بالقياس شدة قطر متوازي الأضلاع المكافئ للمحصلة R.
- احسب بالقياس قيمة الزاوية α ميل اتجاه المحصلة R.



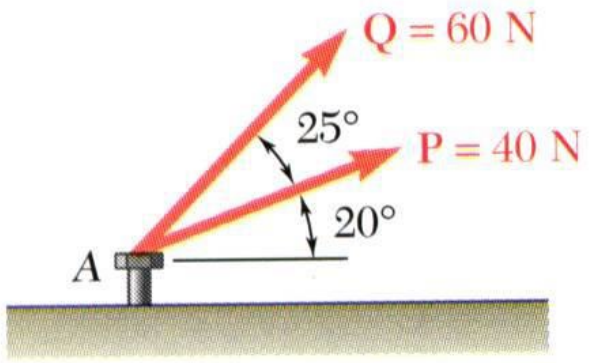




القيم بالقياس

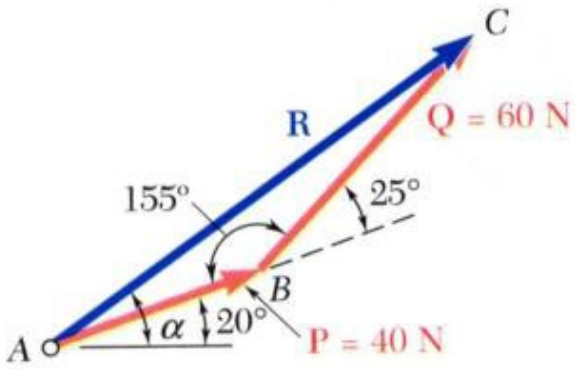
$$\mathbf{R} = 98\ \text{N} \quad \alpha = 35°$$

أمثلة



- استخدم قاعدة المثلثات بإضافة الشعاع R بالتزامن مع قانون جيب التمام و قانون الجيب لإيجاد النتيجة.
- باستخدام قانون تمام الجيب cos

$$R^2 = P^2 + Q^2 - 2PQ\cos B$$
$$= (40\text{N})^2 + (60\text{N})^2 - 2(40\text{N})(60\text{N})\cos 155°$$
$$R = 97.73\text{N}$$



- باستخدام قانون الجيب sin

$$\frac{\sin A}{Q} = \frac{\sin B}{R}$$
$$\sin A = \frac{Q}{R}\sin B = \frac{60N}{97.73N}\sin 155°$$
$$A = 15.04°$$
$$\alpha = 20° + A = 35.04°$$
$$\alpha = 35.04°$$

نهاية المحاضرة

آمل أن تكونوا قد حققتم الفائدة

شكرا لحضوركم .....