# الوحدة الثالثة

# الكتلة والوزن والقوة

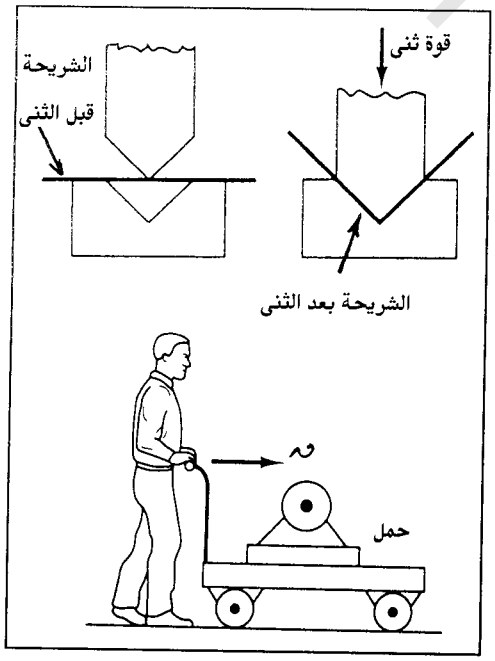
## • الكتلة :

هى مقدار ما يحتويه أى جسم من مادة ، وهى مجموع كل كتل الجسيمات الذرية الموجودة فى هذا الجسم . ولا يتغير الكتلة ما لم يضف أو ينقص من مادة الجسم وطبقا لهذا فإن عدد الذرات الموجودة فى كيلو جرام من الزبد على سطح الأرض هو نفسه عدد الذرات الموجودة فى كيلو جرام من الزبد على سطح القمر ويهمنا هنا أن نذكر أن الوحدة الأساسية لقياس الكتلة من الكيلوجرام هناك أيضا وحدتان شائعتان هما الطن ويساوى ١٠٠٠ كجم وجزء هو المليجرام ويساوى ٠,٠٠١ كجم .

## • القوة :

يتبادر إلى ذهننا دائماً سؤال عند تناول الكتلة وهو : ما الفرق بين الكتلة والوزن ؟ وقبل أن نناقش علاقة الوزن بالكتلة لابد أولاً أن نتفهم ماهية القوة ، فالقوة لا نراها ولكننا نستشعر آثارها كالآتى :

ـ محاولة تغيير شكل ما ، فالرسم المقابل يبين عملية ثقب شريحة معدنية . وبداية فإن القوة ستحاول



ثنى الشريحة ، فإذا تغلبت على مقاومة الشريحة فإنها تنثنى .

ـ محاولة تحريك جسم ساكن كما هو موضح بالشكل السفلى بالصفحة السابقة ، فالقوة (ق) المؤثرة على يد الترولى كافية للتحريك فى اتجاه تطبيق هذه القوة ( اتجاه الدفع ) أما اذا كانت القوة صغيرة فإنها لا تزال تحاول تحريك الترولى فى نفس الاتجاه .

ـ تغيير حركة جسم فى حالة حركة فعلية فمثلاً :

( أ ) قوة الرياح الشديدة المقابلة تقلل من سرعة الطائرة ، بينما رياح الذيل القوية تزيد من سرعتها .

(ب) قوة الرياح الجانبية قد تسبب انحراف السيارة خارج الطريق

• ويعتمد أثر أى قوة على الآتى :

١ ـ مقدار القوة ٢ ـ اتجاه القوة

٣ ـ نقطة تأثير القوة ٤ ـ قدرة الجسم على مقاومة آثار القوة

## • المتجهات Vectors :

من الناحية العلمية فإن الكميات الطبيعية تنقسم إلى قسمين

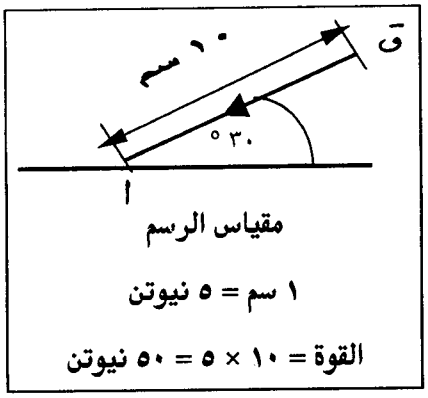
• كميات عددية • كميات متجهة

### • الكميات العددية Scalars:

وهذه لها مقدار فقط مثل قدرة محرك تساوى ٤٠ ك . وات أو شدة تيار تساوى ١٠ أمبير أو الزمن المستغرق مثل ١٠ ثوان .

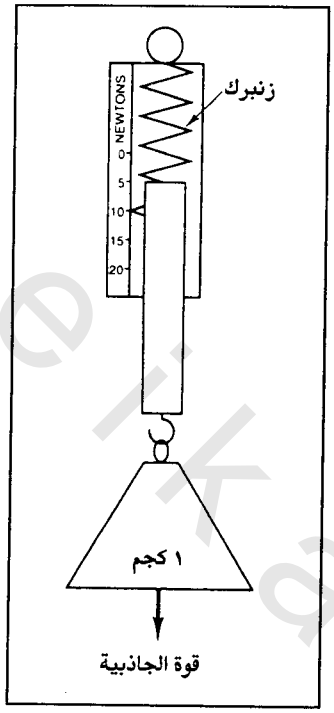
### • الكميات المتجهة Vectors:

وهذه لها مقدار واتجاه مثل سرعة قطار يتحرك شمالاً من القاهرة بسرعة ١٢٠ كم/ساعة وفى الشكل المقابل قوة ق تؤثر على نقطة ( أ ) مقدارها ٥٠ نيوتن بزاوية ميل ٣٠° على الأفقى . فالشكل عبارة عن رسم لمتجه يمثل القوة ثم



رسمه بمقياس رسم مناسب ( ١ سم لكل ٥ نيوتن ) و فى اتجاه ٣٠° على الأفقى ويمر بنقطة ( ا ) .

## • الـوزن :




هو شكل من أشكال القوة ينتج بسبب تأثير الجاذبية الأرضية على الكتل المختلفة ، فأنت إذا أمسكت بكيس من السكر كتلته الحجم فإن الحمل الواقع على يديك يساوى تقريباً ١٠ نيوتن ويؤثر رأسياً إلى أسفل . هذا هو وزن الحجم على سطح الأرض ( ٩,٨١ نيوتن على وجه الدقة ) . لكن هذا الوزن يختلف قليلاً عند الأقطاب فيزيد قليلاً عنه عند خط الاستواء حيث أن الكرة الأرضية ليست كروية تماماً ، وعلى ذلك فإن وزن أى جسم يمثل قوة الجاذبية المؤثرة على كتلة هذا الجسم ويبين الشكل المقابل كتلة تساوى الحجم معلقة فى ميزان زنبركى مؤثر عليها قوة الجاذبية الأرضية فيتمدد الزنبرك حتى تساوى قوته وزن الكتلة ، وهنا يشير المؤشر على الرقم ٩,٨١ نيوتن . أما إذا أخذنا نفس الكتلة وقسنا وزنها على سطح القمر فإن النتيجة ستصبح ١,٦٤ نيوتن ، فما معنى ذلك ؟ فى الواقع أن الجاذبية على سطح القمر تعادل تقريباً $\frac{١}{٦}$ الجاذبية على سطح الأرض حيث أن القمر كتلته حوالى $\frac{١}{٦}$ كتلة الأرض .

مما سبق يتضح أن كتلة أى جسم لا تتغير بينما يتغير وزنه تبعاً لقوة الجاذبية على سطح أى كوكب .

## • الكتلة والقصور الذاتى :

حينما يكون أى جسم ثابتاً فإنه يحتاج إلى قوة حتى يتحرك ، وكلما زادت كتلته زادت القوة اللازمة لتحريكه ، ولهذا نقول بأن الكتل لها « قصور ذاتى »

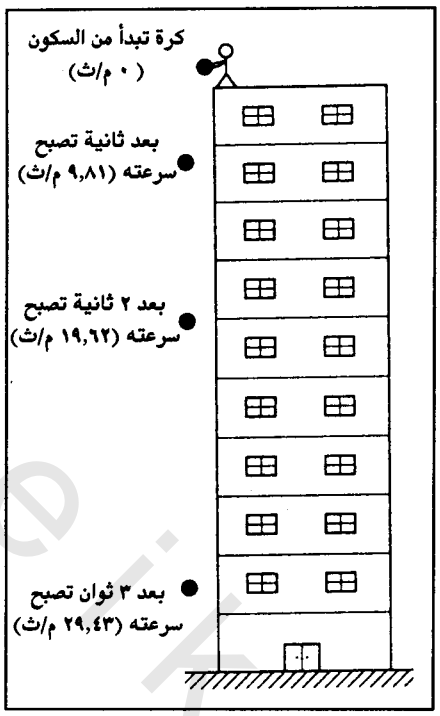
وهو مقاومة الحركة . ويعتمد القصور الذاتى على كتلة الجسم ( وليس وزنه ) ، وبناءًا على هذا فإنه يحتاج إلى نفس القوة لتحريكه حتى ولو كان على سطح القمر . العكس أيضاً صحيح ، فلو أن الجسم يتحرك فإنه يحتاج لقوة حتى يقف لأن القصور الذاتى يحتفظ به متحركاً .

وإذا نظرنا إلى الشكل المبين لوجدنا أن ركاب السيارة لديهم كمية كبيرة من القصور تظهر خصوصاً عند بداية الحركة بسرعة وهذا ما يجعلك تشعر بقوة كبيرة تجذبك إلى الخلف ، وتظهر بصورة أكبر من إيقاف السيارة فجأة فإن هذا القصور يحتفظ باندفاع الركاب إلى الأمام حتى يخترقوا الزجاج الأمامى للسيارة لولا حزام الأمام الذى يقوم بإيقافهم ماذا يحدث أيضاً إذا حاولت السيارة الالتفاف عند منحنى ؟ نتيجة للقصور الذاتى فإن جسمك يحتفظ باندفاعه فى خط مستقيم ولهذا تشعر بميله للخارج لولا أن كرسيك يؤثر عليك بقوة تشدك مع التفاف السيارة . هذا يشرح القانون الأول لنيوتن الذى يقول :

**« إن أى جسم يظل على حالته من حيث السكون أو الحركة بسرعة منتظمة ما لم يؤثر فيه قوة خارجية »** .

- **العلاقة بين القوة والكتلة والعجلة :**

حتى الآن تستطيع أن تحسب وزن أى كتلة بسهولة وذلك بضرب ٩,٨١ × الكتلة بالكجم فينتج الوزن بالنيوتن . ولكن ما المعنى الحقيقى للرقم ٩,٨١ ومن أين جاء ؟ بداية لابد أن نفرق أنه عند تأثير قوة على كتلة فإنها تغير من سرعتها واتجاه حركتها . والتغير فى هذه السرعة هو ما نسميه بالعجلة سواء كانت تسرع أو تبطىء . وبمعاونة الشكل المقابل فإننا لو تركنا كرة تسقط من السكون من فوق سطح مبنى فإن أول سرعة لها سوف تكون ( صفر/ث ) ولكن بتأثير الجاذبية الأرضية تزداد حتى تصبح ( ٩,٨١ م/ث ) بعد ثانية




واحدة ثم تزيد إلى ( ١٩,٦٢ م/ث ) بعد ثانيتين وتصل إلى ( ٢٩,٤٣ م/ث ) بعد ثلاث ثوان . وبهذا المعدل فإن السرعة تزداد بمقدار ٩,٨١ م/ث كل ثانية أو ٩,٨١ م/ث$^{٢}$ وهذا ما نسميه عجلة الجاذبية ( جـ ) أو g . والمعادلة العامة التى تحكم هذه الظاهرة هى :

القوة (ق) = الكتلة (ك) × العجلة (جـ)

أو ق = ك × جـ

إلا أن الوزن ما هو إلا صورة من صور القوى المختلفة حيث تسبب قوة الجاذبية على سطح الأرض عجلة تزايدية مقدارها ٩,٨١ م/ث$^{٢}$ ، ويقاس الوزن بالنيوتن الذى يعرف كالآتى :

**« إذا أسرع حجم كتلته ١ كجم من الثبات بحيث تزيد سرعته بمقدار ١ م/ث فى كل ثانية فإن القوة التى تؤثر على هذا الجسم تساوى ١ نيوتن » .**

وهكذا ببساطة فإن الرقم ٩,٨١ هو معامل تحويل من الكتلة إلى الوزن . كذلك فإن العلاقة بين السرعة والعجلة تحكمها المعادلة الآتية :

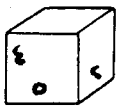
ع = ع$_{صفر}$ + جـ ن  حيث  ع = السرعة النهائية للجسم

ع$_{صفر}$ = السرعة الابتدائية للجسم

جـ = عجلة الجاذبية = ٩,٨١ م/ث$^{٢}$

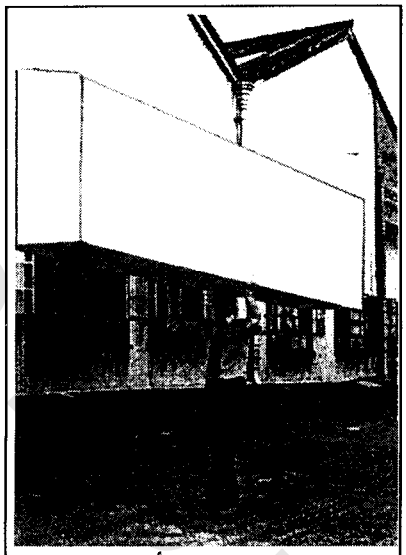
ن = الزمن الذى استغرقه الجسم فى السقوط

**• الكثافة :**




إذا كانت أبعاد الجسم المبين هى ٢ ، ٥ ، ٤ سم

فإن حجمه هو ٢ × ٥ × ٤ = ٤٠ سم$^{٣}$



يعتبر البوليسترين من أقل المواد كثافة

فإذا كان كتلته هى ٤٠٠ جـم فليس من الصعوبة معرفة كتلة سـم$^{٣}$ واحـد مـن المـادة ( وهى وحدة الحجوم ) وذلك بقسمة الكتلة على الحجم

$$\therefore \text{كتلة ١ سم}^{٣} = \frac{\text{٤٠٠ جم}}{\text{٤٠ سم}^{٣}} = \text{١٠ جم سم}^{٣}$$

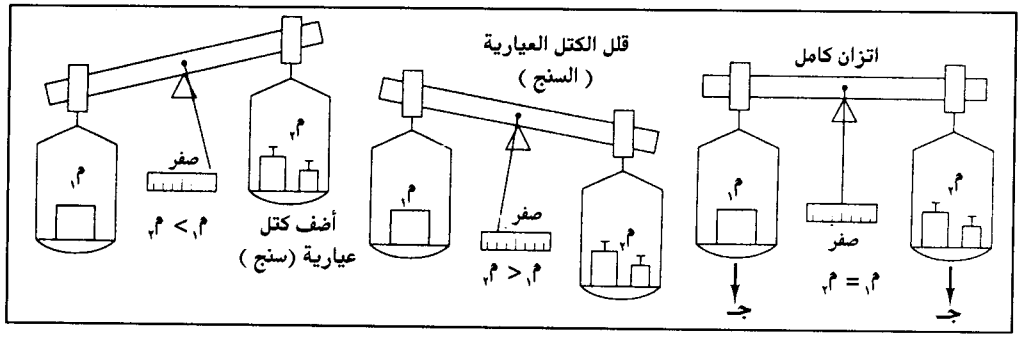
وتسمى كتلة وحدة الحجوم بالكثافة ورمزها ( ρ )

$$\therefore \text{الكثافة } (\rho) = \frac{\text{الكتلة (m)}}{\text{الحجم (V)}}$$

ويبين الجدول التالى كثافة بعض المواد الشائعة وهى قيم متوسطة تعتمـد علـى درجة الحرارة ونقاوة المادة ... الخ .

| المـادة | الكثافة | | المـادة | الكثافة | |
|---|---|---|---|---|---|
| | كجم/م$^{٣}$ | جم/سم$^{٣}$ | | كجم/م$^{٣}$ | جم/ سم$^{٣}$ |
| ألومنيوم | ٢٧٢٠ | ٢,٧٢ | كحول | ٨٠٠ | ٠,٨٠ |
| نحاس أصفر | ٨٤٨٠ | ٨,٤٨ | زئبق | ١٣٥٩٠ | ١٣,٥٩ |
| برونز | ٨٧٩٠ | ٨,٧٩ | بارافين | ٨٠٠ | ٠,٨٠ |
| ( سبيكة من النحاس والقصدير ) | | | بترول | ٧٢٠ | ٠,٧٢ |
| حديد زهر | ٧٢٠٠ | ٧,٢٠ | ماء نقى | ١٠٠٠ | ١ |
| رصاص | ١١٣٥٠ | ١١,٣٥ | | | |
| نايلون | ١١٢٠ | ١,١٢ | استيلين | ١,١٧ | ٠,٠٠١١٧ |
| **p v c** | ١٣٦٠ | ١,٣٦ | هواء | ١,٣٠ | ٠,٠٠٠١٣ |
| مطاط | ٩٦٠ | ٠,٩٦ | ثانى أكسيد الكربون | ١,٩٨ | ٠,٠٠١٩٨ |
| حديد | ٧٨٢٠ | ٧,٨٢ | هيدروجين | ٠,٠٩ | ٠,٠٠٠٠٩ |
| قصدير | ٧٢٨٠ | ٧,٢٨ | نيتروجين | ١,٢٥ | ٠,٠٠١٢٥ |
| زنك | ٧١٢٠ | ٧,١٢ | أكسجين | ١,٤٣ | ٠,٠٠١٤٣ |

## • قياس الكتلة :




تقاس الكتلة باستخدام الميزان وفيه تقارن بين كتلة غير معلومة بكتل عيارية معروفة القيمة وهذه الكتل تسمى خطأ « أوزان » ، فيوضع الجسم فى الكفة اليسرى وتجرب الكتل العيارية فى الكفى اليمنى حتى يستقر رأسياً عن العنصر بالمنتصف ، وهنا تصبح كتلة الجسم مساوية للكتل العيارية .

وقبل استخدام الميزان فى المعمل يجب التأكد من الآتى :

ـ أن الميزان مستو أفقيًا وذلك باستخدام ميزان التسوية المائى وضبط أرجله .

ـ أن مسامير المعايرة مضبوطة بحيث يشير المؤشر إلى الصفر والكفتان فارغتان .

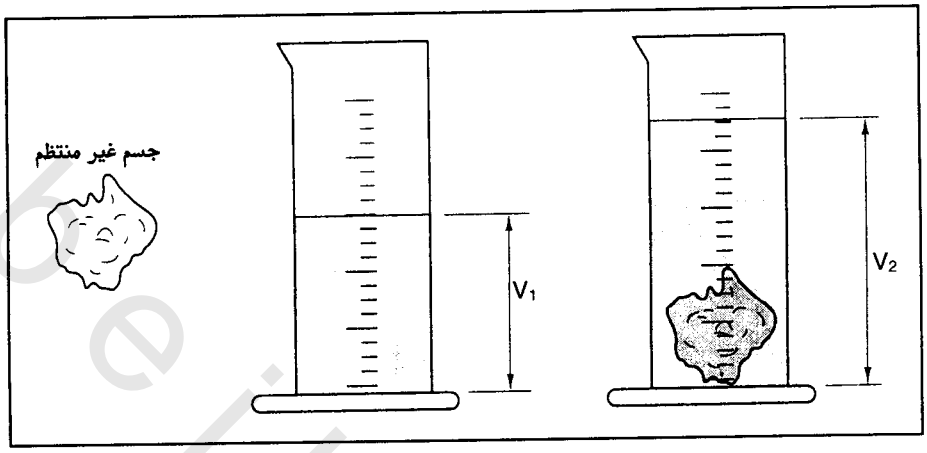
جدير بالذكر أن هذا الميزان يقيس الكتل أما الميزان الزنبركى فهو يقيس الوزن وليس الكتلة لأنه يقيس القوة التى تؤثر على الزنبرك وهى هنا تساوى كتلة الجسم المعلق مضروبة فى عجلة الجاذبية الأرضية . ولا ينبغى أبداً استخدام الميزان الزنبركى فى قياس الكتل .

## • قياس الحجم :

الأمر سهل بالنسبة للأجسام الصلبة ذات الشكل المنتظم ويتم عن طريق القياس الدقيق لأبعادها باستخدام ورنية أو ميكروميتر ، فمثلاً بقياس قطر كرة فإن حجمها :

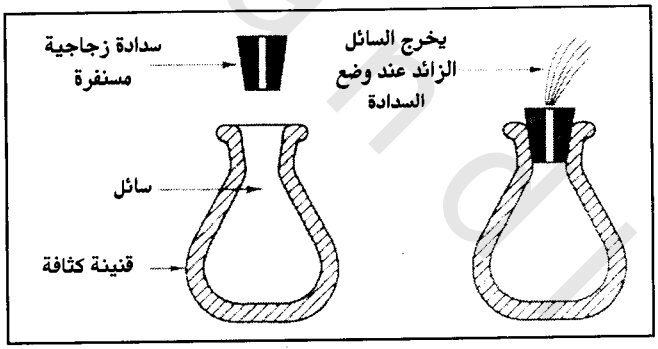
ح = $\frac{٤}{٣}$ ط نق$^{٣}$ حيث ط = ٣,١٤ ، نق = نصف قطر الكرة . أما الأجسام غير المنتظمة إذا كان حجمها صغيراً فإننا نستطيع غمرها فى سائل فى مخبار كالمبين

بحيث يكفى السائل لتغطية الجسم المغمور وبحيث لا ينسكب من المخبار ، وبإيجاد الفرق بين الارتفاعين نحسب حجم الجسم كالآتى :




حجم الجسم ح = A × ( $v_2 - v_1$ ) حيث A هى مساحة مقطع المخبار

- **كثافة السوائل :**




يتم قياس كثافة السائل بأخذ حجم معلوم من السائل المراد إيجاد كثافته وذلك باستخدام قنينة الكثافة المبينة فى الشكل ( وهى عادة ٥٠سم$^3$ ) فتملأ القنينة حتى حافتها ، ثم توضع السدادة بإحكام حتى يخرج السائل الزائد من الثقب . يستخدم الميزان الحساس فى قياس كتلة القنينة وهى فارغة ( $ك_1$ ) وكتلة القنينة وهى مملوءة بالسائل ( $ك_2$ ) ثم تحسب كتلة السائل كالآتى :

∴ ك ( السائل ) = $ك_2 - ك_1$

ومنها كثافة السائل = $\frac{ك_2 - ك_1}{\text{حجم القنينة (٥٠ سم}^3\text{ فى هذه الحالة )}}$

## • كثافة الغازات :

وهنا نستخدم إناءً ذا حجم ووزن معلومين ، يفرغ الإناء باستخدام مضخة تفريغ ثم تملأ الإناء بالغاز حتى يصل ضغطه إلى الضغط الجوى . نزن الإناء مملوءاً بالغاز ونوجد كتلة الغاز كالآتى :

ك ( الغاز ) = ك$_{٢}$ – ك$_{١}$ حيث ك$_{٢}$ هى كتلته مملوءاً بالغاز ، ك$_{١}$ هى كتلته فارغاً وبنفس الطريقة فإن كثافة فإن كثافة الغاز هى :

$$\text{ث} = \frac{\text{ك}_{٢} - \text{ك}_{١}}{\text{حجم الإناء}}$$

ولهذه الطريقة بعض التحفظات ، فالغاز قابل للانضغاط ومعنى ذلك أننا لو ضخخنا غازًا أكثر فالنتيجة أن ذلك يعطينا كثافة أعلى لأن الكتلة تزيد والحجم ثابت ، كذلك فالغاز يتمدد بالحرارة ومعنى ذلك أننا لو قسنا المسافة فى يوم حار فسوف تعطى نتيجة أقل منها فى يوم بارد . وبناءاً على ذلك فإن كل الغازات تقاس كثافتها مع ذكر أن القياسات تمت فى ظروف الحرارة والضغط العياريين standard temperature and pressure وهى درجة صفر مئوية وضغط جوى ٧٦٠ مم زئبق بتحويلها إلى الضغط الجوى والحرارة القياسيين ( العياريين ) باستخدام جداول التحويل .

## • الوزن النوعى :

هو وزن وحدة الحجوم ويمكن قياسه إما بحسابه من كثافة المادة أو باستخدام الميزان الزنبركى لوزن حجم معلوم من المادة ثم إيجاد الوزن النوعى من المعادلة :

$$\text{الوزن النوعى} = \frac{\text{وزن الجسم}}{\text{حجم الجسم}} \quad (\text{نيوتن/سم}^{٣})$$

فإذا عرفنا كثافة المادة فإن التحليل التالى يشرح كيف نحسب الوزن الفعلى :

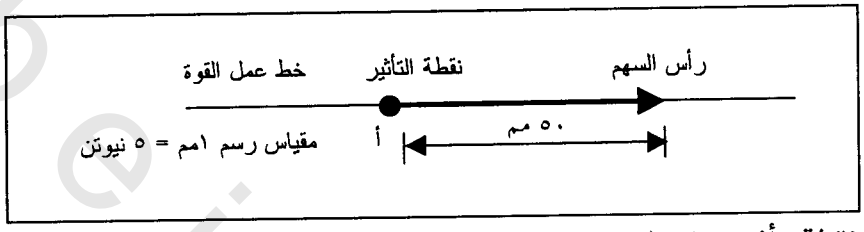
$$\text{الوزن النوعى} = \frac{\text{وزن الجسم}}{\text{حجم الجسم}} = \frac{\text{كتلة الجسم} \times \text{عجلة الجاذبية}}{\text{حجم الجسم}}$$

$$= \text{كثافة الجسم} \times \text{عجلة الجاذبية} = \text{كثافة الجسم} \times ٩,٨١$$

جدير بالذكر أن ذلك التحويل ينطبق على القياسات بكوكب الأرض وإلا ينبغى استخدام عجلة الجاذبية لأى كوكب آخر .

## • استخدام المتجهات لتمثيل قوة :

نستطيع تمثيل قوة على الورق باستخدام المتجهات وفى هذا نحن نحتاج إلى معرفة الآتى :

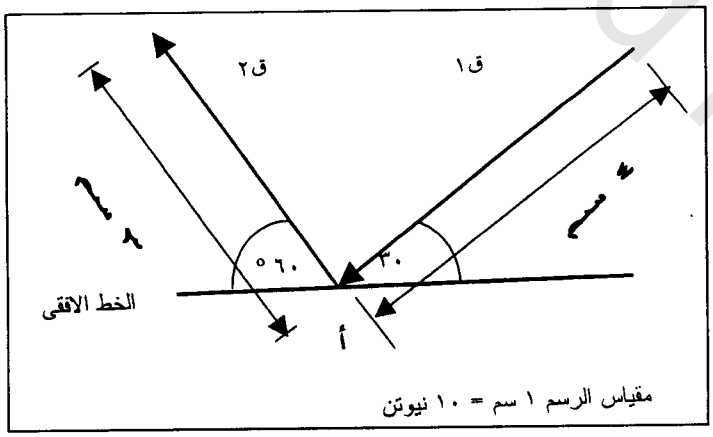



ـ نقطة تأثير هذه القوة .

ـ كمية ( حجم ) هذه القوة .

ـ اتجاه تأثير هذه القوة .

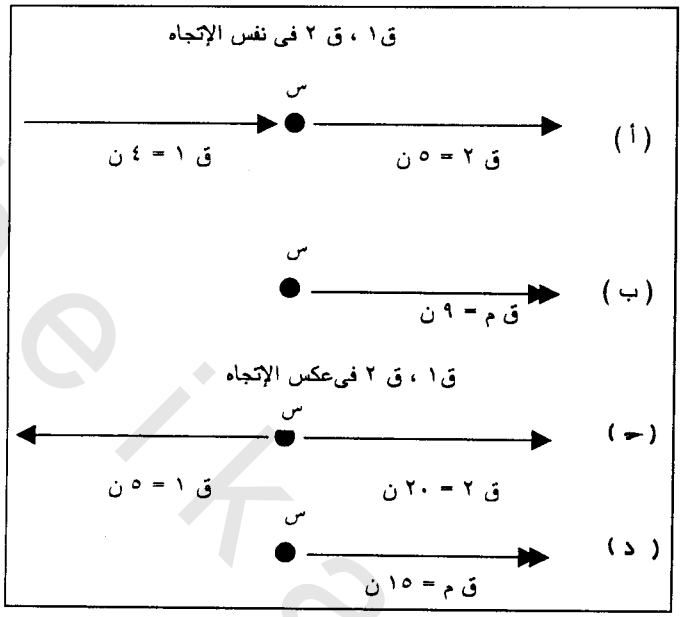
فالمتجه المرسوم بالشكل أعلاه يبين أن القوة تؤثر فى نقطة « أ » متجهة إلى الشرق وأن مقدار هذه القوة ( باستخدام مقياس الرسم ) هو ٥٠ × ٥ = ٢٥٠ نيوتن وذلك بضرب طول السهم ( مم ) × مقياس الرسم . لاحظ أن خط القوة ينطبق على خط العمل .




ويبين الشكل المقابل أيضاً قوتان مؤثران على النقطة « أ » الأولى خط عملها يميل ٦٠° على الأفقى باتجاه الشمال الغربى وخارجه من « أ » ، أما الثانية فخط عملها يميل ٣٠° على الخط الأفقى باتجاه الجنوب الغربى وداخله « أ » ويرمز للقوة الأولى بـ $ق_1$ وللقوة الثانية بـ $ق_2$ .

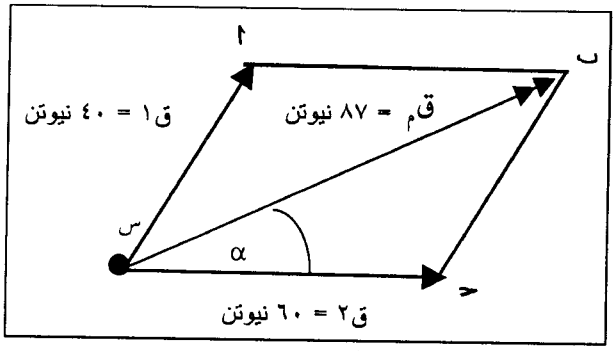
وستتناول الآن تأثير عدة قوى فى آن واحد وهو المعروف بمحصلة القوى .

## • محصلة القوى :




تسمى القوة التى تحل محلّ قوتين أو أكثر وتؤدى نفس الأثر بالمحصلة ( محصلة القوى ) مثلاً $ق_1$ ، $ق_2$ تؤثران فى النقطة س على نفس خط العمل كما فى ( أ ) وحتى نجد القوة التى تحل محلهما وتؤثر فى النقطة بنفس الأثر فإننا ببساطة نجمع المتجهين $ق_1$ ، $ق_2$ فتنتج لنا المحصلة $ق_م$ كما فى ( ب ) وهى تتميز بسهم ذى رأسين . أما إذا كانت القوى $ق_1$ ، $ق_2$ متضادة ( كل منهما عكس الآخرى ) كما فى ( حـ ) فإنه للحصول على المحصلة فى هذه الحالة ينبغى أن نطرح هذه المتجهات فنحصل على المحصلة $ق_م$ كما فى ( د ) ، وتعمل المحصلة فى اتجاه القوة الأكبر $ق_2$ .

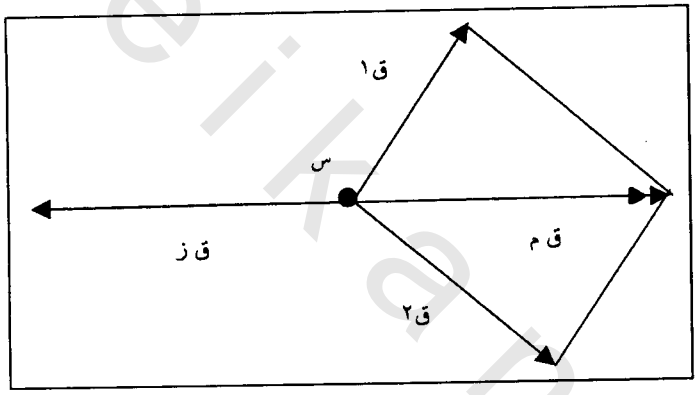
## • متوازى أضلاع القوى :




تناولنا فى المثال السابق قوى تعمل على نفس خط العمل ، لكن هناك أيضاً القوى المائلة وعندما تعمل قوتان مائلتان فإنك لا تستطيع أن تجد المحصلة من خلال

الجمع أو الطرح ولكننا فى هذه الحالة نستطيع أن نجدها إذا استخدمنا متوازى أضلاع القوى ، فنمثل ق١ ، ق٢ بمقياس رسم مناسب ( ١ سم لكل ١٠ نيوتن ) خارجتين من نقطة س . الضلع س أ يمثل القوة ق١ والضلع س جـ يمثل القوة ق٢ ثم نكمل رسم متوازى الأضلاع أ ب حـ س فيمثل القطر س ب المحصلة قم مقدارًا واتجاهًا ، وتكون الزاوية ∝ ( وهى هنا ٢٣° ) زاوية ميل المحصلة على القوة ق٢ .

## • القوى المتزنة :




إن القوة التى تلغى أثر القوى الأخرى تسمى قوة أتزان قز وتتميز هذه القوة بالخواص الآتية :

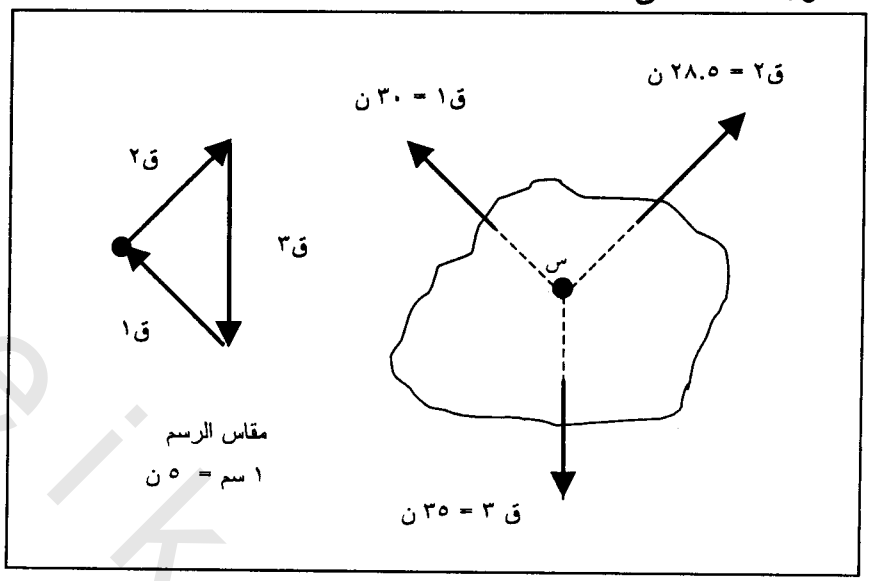
- أن لها نفس مقدار قوة المحصلة .
- أن لها نفس خط العمل .
- أنها تعمل عكس اتجاه المحصلة .

وهى فى الشكل المقابل قز وتعمل عكس المحصلة قم .

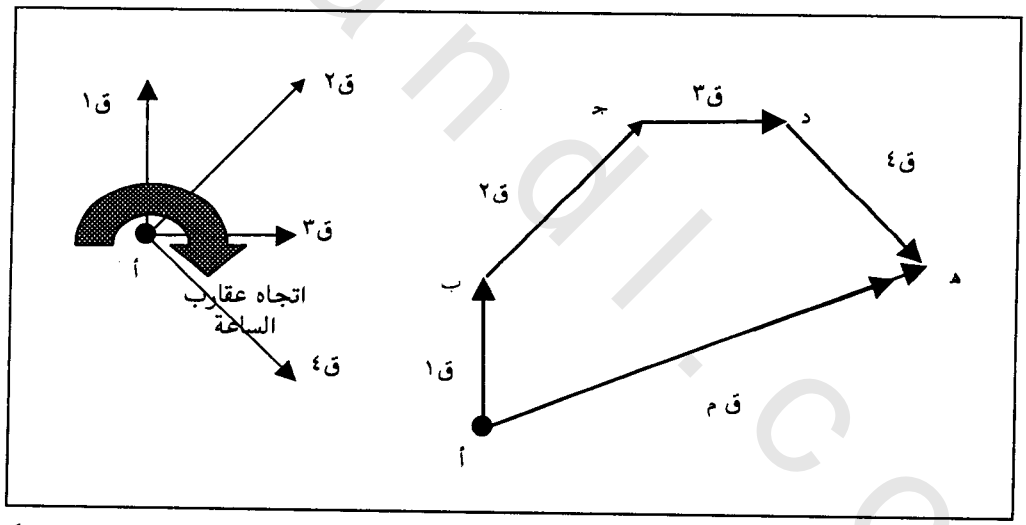
## • ثلاث قوى متزنة :

إن ثلاث قوى تعمل فى مستوى واحد وتؤثر على جسم يمكن رسم متجهاتها على ورقة ، فإذا كانت هذه القوى متزنة ( أى أن الجسم لا يتحرك بسببها ) فإن كل قوة من الثلاث يمكن تمثيلها بمثلث تمثل أضلاعه هذه القوى كما فى الشكل ، كما تسمى قوى متلاقية إذا كانت تمر بنقطة واحدة ( نقطة س فى الشكل ، وتسمى التلاقى ) . كذلك يسمى هذا المثلث بمثلث القوى . وإذا لاحظنا

مثلث القوى نجد أن اتجاهات القوى الثلاث المتزنة تجرى فى اتجاه واحـد وهـو اتجاه عقارب الساعة فى هذه الحالة .

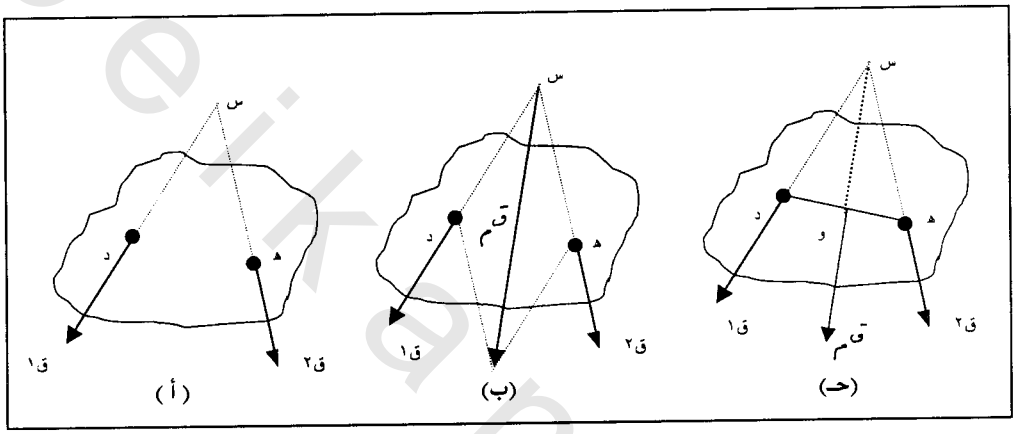



## • مضلع القوى :




حتى الآن فإننا حللنا محصلة واتزان قوتين فقط تؤثران فى نقطـة س وأحيانـاً ثلاث قوى . ماذا لو أن لدينا مجموعة من القوى المتلاقية فى نقط س ؟ فـى هـذه الحالة ينبغى علينا أن نتعامل مع ما يسمى « مضلع القوى » .

ولرسم هذا المضلع نختار مقياس رسم مناسب ونرسم فى اتجاه واحد ( اتجاه عقارب الساعة مثلاً ) وبنفس ترتيبها ق١ ، ق٢ ، ق٣ ثم ق٤ وهكذا بحيث تبدأ ق٢ عند رأس ق١ وتبدأ ق٣ عند رأس ق٢ وهكذا حتى نرسم كل القوى فيكون المتجه أ هـ مثلاً للمحصلة قم مقدارًا واتجاهًا وحتى تكون هذه القوة متزنة فإننا نحتاج إلى قوة خامسة تنطبق مع قم ولكنها فى عكس اتجاهها ومن الرسم نجد أن هذه القوة الخامسة يمثلها الضلع أ هـ وهى تقفل المضلع بحيث تجرى جميع القوى فى اتجاه واحد .

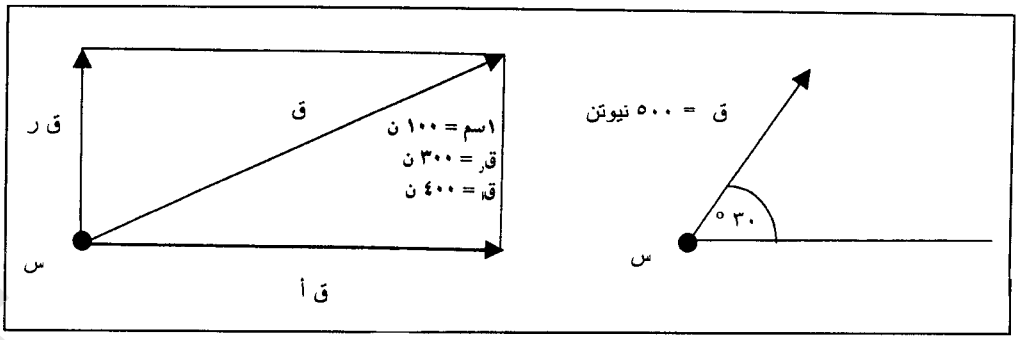



أما إذا كانت القوى تؤثر فى أكثر من نقطة كما فى الشكل أ : ق١ تؤثر فى نقطة د ، ق٢ تؤثر فى نقطة هـ فإننا نمدّ خطىّ عمل ق١ ، ق٢ حتى يتلاقيا فى نقطة خارج الجسم المرسوم ( س مثلاً ) .

وهناك باستخدام متوازى أضلاع القوى نستنتج المحصلة قم كما فى الشكل ب وحتى نوجد نقطة تأثير ق م فإننا نقدم بتوصيل الخط د هـ فتكون نقطة تقاطع خط عمل قم مع هذا الخط ( نقطة و ) وهى نقطة تأثير المحصلة على الجسم كما فى الشكل حـ .

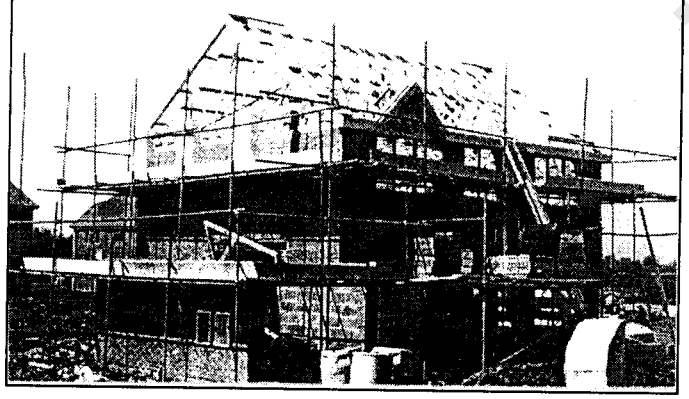
## • تحليل القوة :

كما قمنا بتجميع عدة قوى فى قوة واحدة ( هى المحصلة ) فإنه يمكننا أيضًا تحليل قوة واحدة إلى عدة قوى فى اتجاهات متعددة . وفى الشكل السابق سوف نتقيد بقوتين فقط . لدينا قوة واحدة تساوى ٥٠٠ نيوتن تميل على الأفقى بزاوية




مقدارها ٣٠° نرسم القوة بمقياس رسم مناسب ثم نرسم خطاً أفقياً وآخر رأسياً ينطلقان فى نقطة التأثير س . ثم نرسم خطاً يوازى الأفقى يمر برأس القوة ق وآخر رأسى يمر بها أيضاً فنحصل فى آخر الأمر على مضلع القوى ( مستطيل فى هذه الحالة ) ومن نحصل على المركبة الرأسية ق والمركبة الأفقية ق، وهما القوتان اللتان لهما نفس أثر القوة ق ويمكن معرفة مقدارهما بالقياس .

## • البنايات والهياكل :



أينما توجه نظرك أمامك ترى أمثالاً للبنايات من حولك ، فهى توجد فى الطبيعة كما فى الأشياء التى يصنعها الإنسان ليحل مشكلة ما أو يفى باحتياج معين . والصور المبينة هى نماذج مختلفة للبنايات والهياكل .

## • أهمية البنايات :

هناك أنواع مختلفة من البنايات كل منها مصمم ليؤدى وظيفة معينة ، وحتى تكون البناية ناجحة فإنه ينبغى أن تحقق الآتى :

١ ـ أن تكون قادرة على رفع الحمل التى صممت من أجله دون أن تميل أو تنقلب أو تنهار .

٢ ـ أن تدعم أجزاءها المختلفة فى الموضع الصحيح لها .

## • أنواع البنايات :

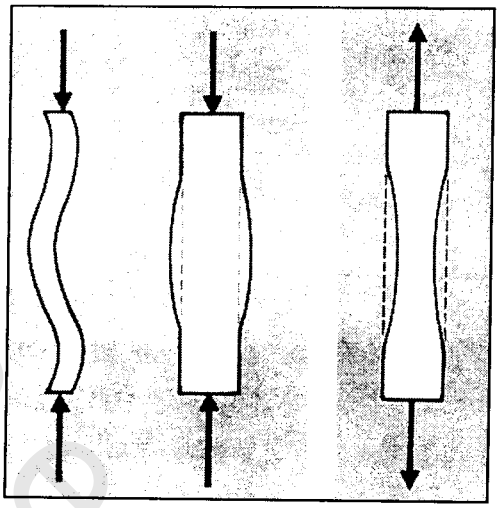
الونش وحامل الكابلات هى أمثلة حية للبناية الهيكلية . والهياكل عبارة عن قضبان تتصل ببعضها لتشكل البناية الهيكلية . وهذه واحدة من أكثر الوسائل الاقتصادية لإنشاء البنايات وبعض المبانى الحديثة لديها بنايات هيكلية يمكن رؤيتها أثناء الإنشاء ، كذلك فإن هناك أشكالاً أخرى من البنايات فمثلاً جسم السيارة مجمع ألواح متعددة بعد تشكيلها وهذا النوع بناية قشرية shell structure تماماً مثل سرطان البحر أو الجمبرى .

## • انهيار البنايات :

من حين لآخر ونظراً لخلل فى التصميم فإن البناية تنهار أو تفشل فى أداء وظيفتها . وهناك عدة أسباب لهذا أولها كما قلنا التصميم الردئ أو الإجهاد أو انهيار مفصل أو المادة المصنوعة منها البناية . ويقع الانهيار بسبب القوى المؤثرة فى البناية ، وهذه إما استاتيكية ( ثابتة ) ناتجة عن وزن البناية أو الحمل المرفوع ، وإما ديناميكية ( قوى متحركة ) ناتجة عن الرياح أو البحر أو المركبات أو الناس وغيرها .

## • توزيع القوى فى الهياكل :

إن الهيكل الناتج يجب أن يكون قادراً على تحميل كل القوى المؤثرة عليه دون أن ينقلب أو ينهار ، ومن الأهمية بمكان دراسة أنواع القوى التى تؤثر على أو داخل الهيكل . وهناك ٥ أنواع من القوى تؤثر على أى الهيكل :



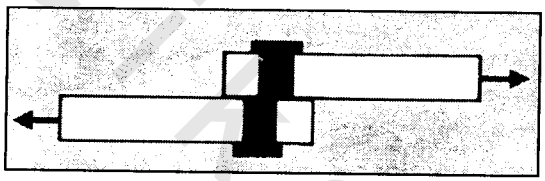
**(١) قوى الشد**

وهى التى تسبب تمددّ القضيب .

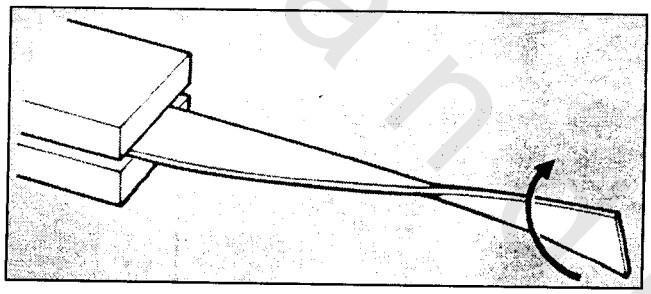
**(٢) قوى الضغط**

وهى التى تسبب انضغاط أو انبعاج القضيب .

**(٣) قوى القص**



وهى تؤثر على مادة القضيب بحيث ينزلق جزء منه على الجزء الآخر .



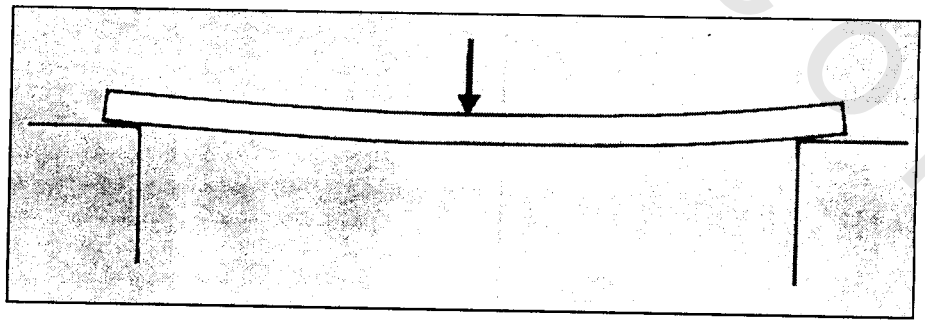
**(٤) قوى الالتواء**

عند تطبيق قوى عزم على جزء فإن هذا الجزء يلتوى .

**(٥) قوى الانحناء**

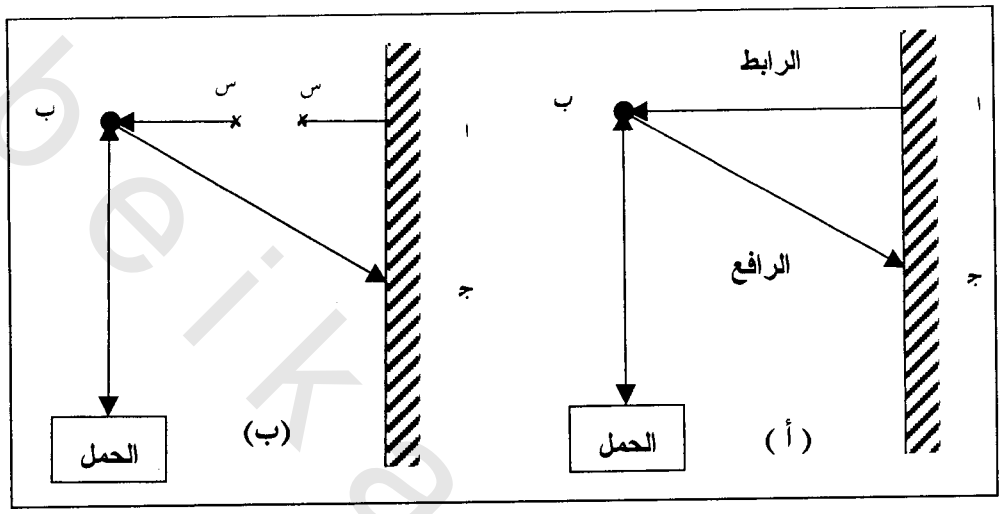
أى قوة تؤثر مائلة على عضو ( ليس فى اتجاه محوره ) تتسبب فى انحناءه .

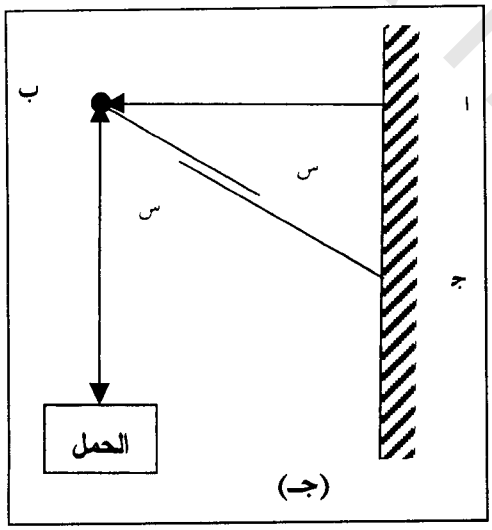
* **تحليل القوى فى الهياكل :**



فى أى بناء هيكلى تتعرض القضبان ( أو الأعضاء ) للانضغاط أو التمدد الناتج عن الشدّ أو الانحناء والانثناء . وهكذا تتولد داخل القضيب قوة داخلية تردّ على القوى الخارجية المؤثرة نتيجة الحمل .

• **تحليل الشدّ والضغط :**




فى الهياكل البسيطة يمكننا تحليل أنواع القوى المؤثرة ، فمثلاً العضو أ ب فى الشكل ( أ ) يتمدد بسبب الحمل وبالتالى فهو يتعرض للشدّ . أما إذا تصورنا أن ذلك العضو انكسر كما فى الشكل ( ب ) فإن النقاط س س سوف تتباعد . ونحن نسمى هذا العضو الذى يتعرض للشد بالرابط . أما القضيب ب جـ فإنه يتعرض للهصْر نتيجة للانضغاط ، وإذا تصورنا أنه انكسر كما فى الشكل ( جـ ) فإن النقاط س س سوف تتباعد ، كذلك فإننا نسمى هذا العضو الذى يتعرض للضغط بالرافع أو الدعامة . وهكذا فإن لديك وسيلة سهلة لمعرفة ما إذا

كان العضو يتعرض للشد أو الضغط وذلك بالإجابة على سؤال واحد ( ماذا يحدث للعضو إذا انكسر ؟ هل تتباعد النهايتان أم تتقاربان ؟ )

## • أنواع القضبان واستخداماتها :

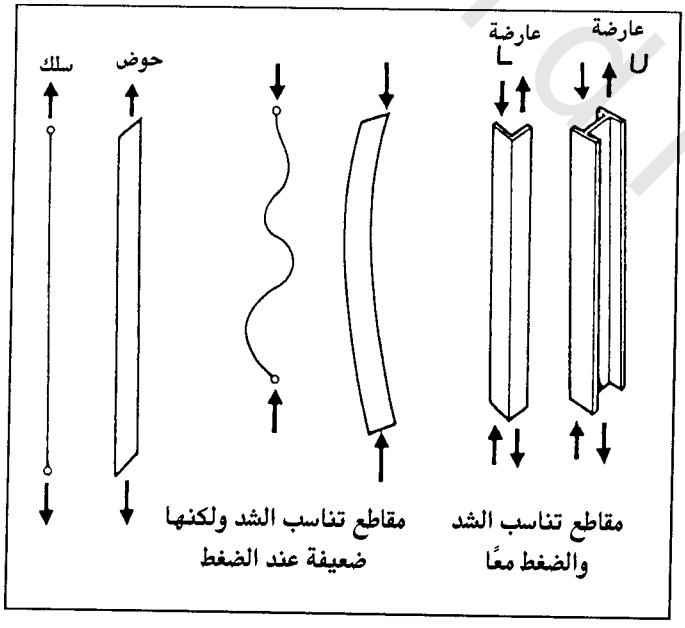
كما أوضحنا فإن كل عنصر يتعرض لأنواع مختلفة من القوى ولابد أن يقاوم هذه القوى . ومن هنا فإنه ينبغى اختيار أنسب مكون طبقاً للموقف . بالإضافة إلى قدرة العضو على المقاومة فإن الوزن والتكلفة والمظهر من العوامل التى تؤخذ فى الاعتبار عند الاختيار .

### • المقاطع :

عند التعرض للشدّ فإن الخوصة المفلطحة والكابلات والأسلاك تناسب هذا الموقف ، ومع ذلك فإن هذه الأنواع أو المقاطع ضعيفة جدًا إذا تعرضت للضغط ، ففى الحالة الثانية يكون من الأنسب استخدام العوارض ذات المقاطع على شكل L ، I ، U وهكذا .

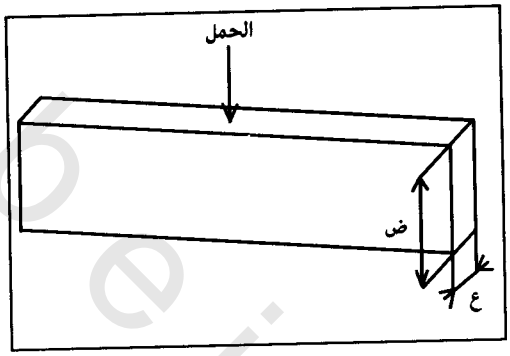
### • العوارض :

يسمى أى عضو يقاوم الانحناء « عارضة » ، وهذه العوارض تستخدم بكثرة عند إنشاء الكبارى والمبانى حينما نريد أن نغطى فجوة ونقاوم حمل . وتعتمد صلابة العارضة ( قدرتها على مقاومة الانحناء ) على المادة المختارة وكذلك مقطع العارضة .



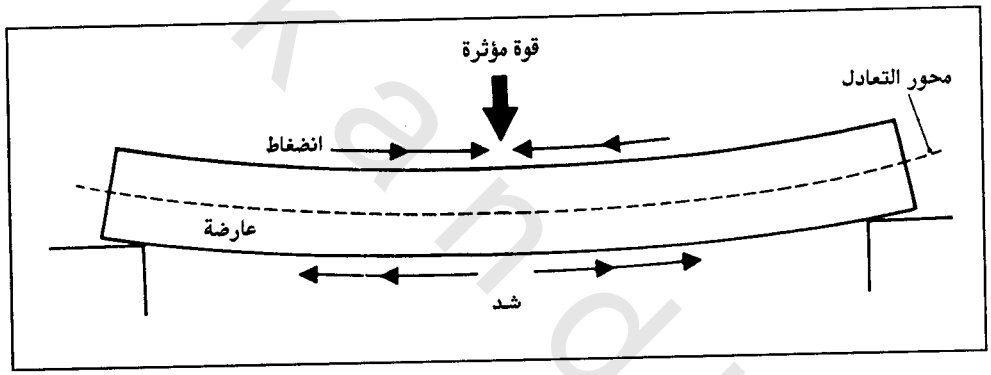
وحتى نتعرف على ذلك فإن صلابة عارضة بسيطة تتناسب مع العرض × العمق$^{٣}$

أى ض × ع$^{٣}$ ( ع هو البعد الموازى للحمل )




ومن هنا فإنه لو كان لدينا عارضة بعديها ض ، ع ، وكان ض أكبر من ع وتتعرض لحمل فإن صلابتها تزداد إذا جعلنا البعد الأصغر « ع » هو العرض و والبعد الأكبر « ض » هو العمق كما فى هو مبين بالشكل .

## • تصميم العارضة :

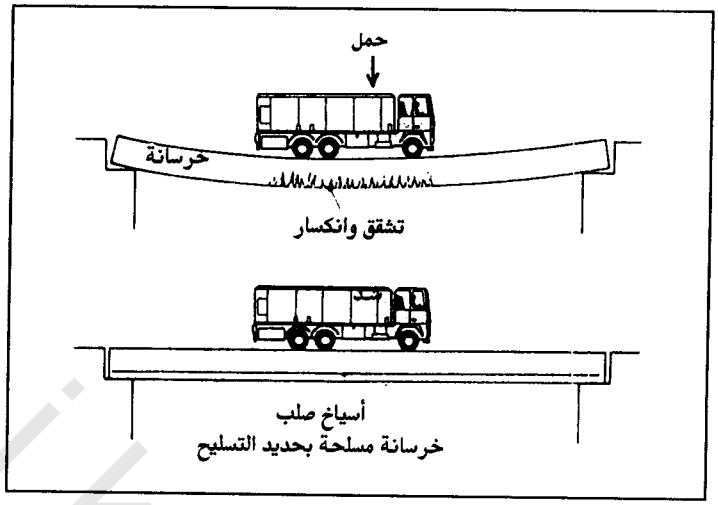



حينما يتم تحميل عارضة كما هو مبين فإن السطح العلوى يتعرض للانضغاط بينما يتعرض السطح السفلى للشدّ . وهناك بين السطحين خط وهمى متوسط نسميه بخط التعادل و عنده تتعادل قوة الشد والضغط وتكون المحصلة « صفر » . وقد كان المعتاد قديمًا استخدام عوارض صماء مصنوعة من المواد الصلبة ، أما فى الوقت الحالى فقط ظهرت تصميمات أخرى جديدة تؤدى نفس العمل ولكنها ذات وزن أخف وتكلفة أقل وتوفر لنا معامل جديد اسمه نسبة الصلابة إلى الوزن .

## • الخرسانة :

تستخدم الخرسانة عادة فى البناء ، فهى أرخص من الحديد كما إنها لا تصدأ . ولكن الخرسانة بها عيب صارخ وهو أنها لا تتحمل الشدّ وبالتالى تتشقق

بسهولة ، بينما تتحمل ضغطاً كبيراً . معنى ذلك أن الجزء السفلي مـن الكوبـرى معرّض دائماً للتشقق والكسر فما الحل ؟




الإجابة هى فى تسليح الخرسانة بأسياخ الصلب بالقرب من حافتـها السـفلية حتى تقاوم الانحناء الناتج من الحمل بدلاً من الخرسانة وفى بعض الكبارى يتـم شد أسياخ الصلب قبل صب الخرسانة وبعد أن تجف الخرسـانة تحـرر الأسـياخ فتحتفظ بالخرسانة مضغوطة وبالتالى أكثر صلابة ، هـذه هـى الخرسـانة المسـلحة سابقة الإجهاد . جدير بالذكر أن الصلـب والخرسـانة يتمـددان بنفـس الكميـة ، ماذا يحدث لو اختلفا ؟

obeikandl.com

# اختبر معلوماتك

**(١) أكمل الجدول الآتى :**

| الأرض | | القمر | |
|---|---|---|---|
| الكتلة | الوزن | الكتلة | الوزن |
| ٦ كجم | .... | .... | ٩,٨١ نيوتن |
| .... | ٩٨١ نيوتن | .... | .... |
| ٣ أطنان | ٢٩٤٣٠ نيوتن | .... | .... |
| .... | ٩٨١ كيلو نيوتن | .... | .... |
| .... | .... | ٥٠٠ كجم | .... |

* **اختر الإجابة الصحيحة مما يلى :**

**(٢) إذا كان لتر من الماء كتلته ١٠٠٠ جم فإن حجم ٥ كجم من الماء النقى هو :**

أ ـ $\frac{١}{٥}$ ب ـ ٥ لتر

جـ ـ ٥٠ لتر د ـ ٥٠٠ لتر

**(٣) كتلة ٧ × ١٠$^{٣}$ لتر من الماء النقى هو :**

أ ـ ٧ كجم ب ـ ٧٠٠ كجم

جـ ـ ٧ طن د ـ ٧٠٠ طن

**(٤) لثنى شريحة معدنية يجب أن نستعمل :**

أ ـ وزن ب ـ كتلة

جـ ـ قوة د ـ الحرارة لتليين المعدن

**(٥) الكمية المتجهة لـها :**

أ ـ مقدار ب ـ اتجاه

جـ ـ مقدار وسرعة د ـ مقدار واتجاه



obeikandi.com

(٦) مثال للكمية العددية هو :

أ ـ عجلة فى اتجاه معين
ب ـ قوة فى اتجاه معين
جـ ـ السرعة فى اتجاه معين
د ـ الحرارة

(٧) الوزن هو :

أ ـ الكتلة فقط
ب ـ قوة الجاذبية المؤثرة على كتلة الجسم
جـ ـ ١ طن
د ـ $\frac{١}{٦}$ طن

(٨) تعتمد كتلة الجسم على

أ ـ قوة الجاذبية المؤثرة على الجسم
ب ـ عجلة الجاذبية
جـ ـ إجمالى عدد الإلكترونات فى الجسم
د ـ كمية المادة الموجودة فى جسم

(٩) إذا كانت كتلة جسم ٦ أطنان على سطح الأرض فإن كتلته على سطح القمر هى :

أ ـ ٣٦ طنًا
ب ـ ٦ أطنان
جـ ـ ١ طن
د ـ $\frac{١}{٦}$ طن

(١٠) وزن جسم كتلته ١٠٠ كجم على سطح الأرض هو

أ ـ ٩٨١ كيلو نيوتن
ب ـ ٩٨,١ كيلو نيوتن
جـ ـ ٩٨١ نيوتن
د ـ ٩,٨١ نيوتن

(١١) مع إهمال أثر مقاومة الرياح فإن سرعة حجر سقط من أعلى مبنى تبلغ .

أ ـ ٠,٩٨١ م/ث بعد ١٠ ثوان
ب ـ ٩,٨١ م/ث بعد عشر ثوان
جـ ـ ١٩,٨١ م/ث بعد ١٠ ثوان
د ـ ٩٨,١ م/ث بعد عشر ثوان

(١٢) سرعة عربة تزداد من ٦ كم/س إلى ٦٠ كم/س خلال ١٠ ثوان ، إذا العجلة

أ ـ ١,٥ م/ث$^{٢}$
ب ـ ١٥ م/ث$^{٢}$
جـ ـ ١٥ م/ث$^{٢}$
د ـ ١,٥ م/ث$^{٢}$



obeikandl.com

(١٣) كتلة وحدة الحجوم تسمى

أ ـ الوزن
ب ـ وزن وحدة الحجوم
جـ ـ الكثافة
د ـ كثافة وحدة الحجوم

(١٤) باستخدام الرموز ρ للكثافة ، m للكتلة ، V للحجم فإن معادلة حساب الكثافة هى :

أ ـ $\rho = m \times V$
ب ـ $\rho = m / V$
جـ ـ $\rho = V / m$
د ـ $\rho = mv^2$

(١٥) كثافة مكعب طول ضلعه ١٠ سم ووزنه ٥ كجم هو :

أ ـ ٥ جم/سم$^3$
ب ـ ٥ كجم/سم$^3$
جـ ـ ٥٠ جم/سم$^3$
د ـ ٥٠ كجم/سم$^3$

(١٦) كتلة ٥سم$^3$ من الرصاص كثافته ١١٣٦٠ كجم/م$^3$ هى :

أ ـ ٢٢,٧ كجم
ب ـ ٢,٢٧ طن
جـ ـ ٥٦,٨ طن
د ـ ٥٦٧,٥ كجم

(١٧) إذا كانت كثافة البرافين ٠,٨ جم/سم٣ فإن حجمه ٢٤٠ كجم منه هو :

أ ـ ٠,٠٣ م$^3$
ب ـ ٠,٣ م$^3$
جـ ـ ٣,٣ م$^3$
د ـ ١٩,٢ م$^3$

(١٨) كثافة البترول هى ٧٢٠ كجم/م$^3$ ، إذًا حجم ، طنّين هو :

أ ـ ٢٧٧ لترًا
ب ـ ٢٧٧٨ لترًا
جـ ـ ٣٦٠٠ لتر
د ـ ٣٦٠٠٠ لتر

(١٩) يستخدم الميزان ذو الكفتين لمقارنة :

أ ـ الكتل
ب ـ الأوزان
جـ ـ القوى
د ـ الكثافات

(٢٠) حجم سائل فى مخبار قياس هو ٢٠٠ ميلليمتر وعند غمر جسم فيه كان الحجم ٢٤٠ ميلليمتر فإن حجم الجسم هو :

أ ـ ٢,٤ سم$^{٣}$ ب ـ ٤,٠ سم$^{٣}$

جـ ـ ٢٤ سم$^{٣}$ د ـ ٤٠ سم$^{٣}$

**(٢١) إذا كانت قنينة كثافة حجمها ٥٠ ميلليلترًا هو ١٥٠ جم ، وهى فارغة ، وكتلتها ٢٠١ جم وهى مملوءة فإن كثافة السائل هى :**

أ ـ ١,٠٢ جم/سم$^{٣}$ ب ـ ١٠,٢ جم/سم$^{٣}$

جـ ـ ٥١ جم/سم$^{٣}$ د ـ ٢٠,١ جم/سم$^{٣}$

**(٢٢) كثافة الغاز يجب تصحيحها عند درجة الحرارة والضغط القياسيين S T P وهى :**

أ ـ ٢٠°م و ٧٦٠ مم زئبق ب ـ صفر° م و ٧٦ مم زئبق

جـ ـ صفر° م و ٧٦٠ مم زئبق د ـ ٦٨° ف و ٧٦٠ مم زئبق

**(٢٣)إذا كان كثافة الماء النقى ١٠٠٠ كجم/م$^{٣}$ وعجلة الجاذبية هى ٩,٨١ م/ث فإن الوزن النوعى للماء هو :**

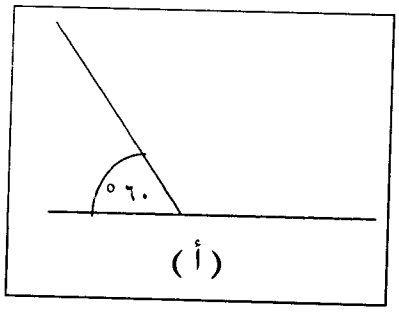
أ ـ ١٠١,٩٤ نيوتن/م$^{٣}$ ب ـ ٩٨١٠ نيوتن/م$^{٣}$

جـ ـ ١٠١,٩٤ كجم/م$^{٣}$ د ـ ٩٨١٠ كجم/م$^{٣}$

**(٢٤) منشور مثلث مصنوع من مادة كثافتها ١,١٢ جم/سم$^{٣}$ فإذا كانت العجلة جـ هى ٩,٨١ م/ث فإن ذرة وحدة الحجوم هى :**

أ ـ ١٠,٩٨ نيوتن/سم$^{٣}$ ب ـ ١٠,٩٨ كيلو نيوتن/سم$^{٣}$

جـ ـ ٨,٦٧ كيلو نيوتن/سم$^{٣}$ جـ ـ ٨,٧٦ نيوتن/سم$^{٣}$



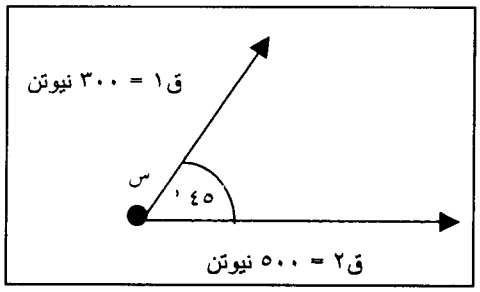

**(٢٥) باستخدام مقياس رسم ١ سم لكل ١٠٠ نيوتن ارسم متجها على خط العمل المعطى فى شكل ( أ ) لتمثيل قوة مقدارها ٤٠٠ نيوتن تعمل بزاوية مقدارها ٦٠° على الأفقى .**

oberkanali.com

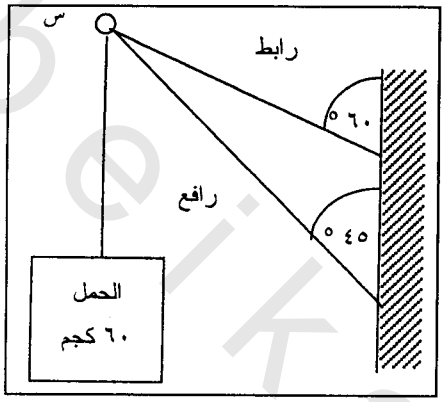
**(٢٦) أكمل متوازى أضلاع القوى بالشكل (ب) للقوتين المبينتين ثم حدّد :**

١ ـ مقدار واتجاه المحصلة ق$_م$ .

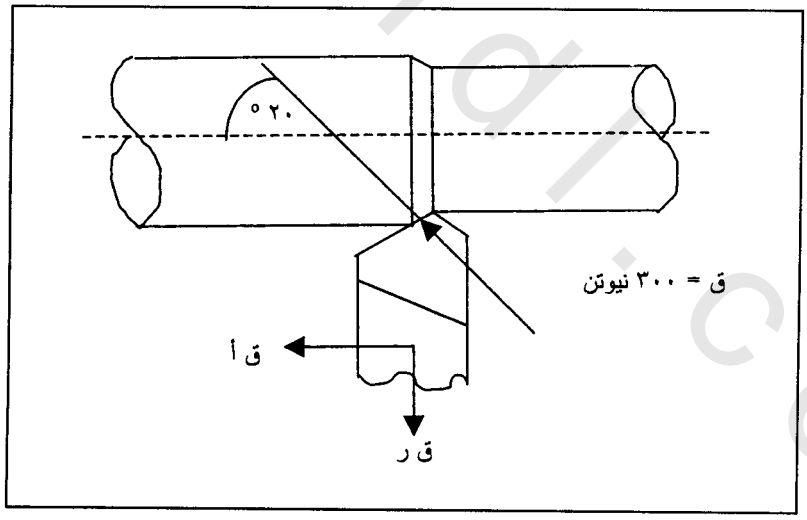
٢ ـ مقدار واتجاه قوة الاتزان .



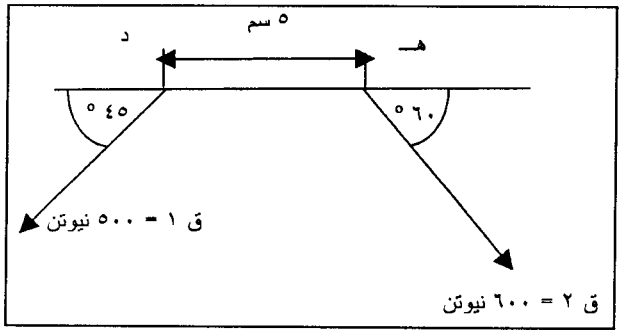

**(٢٧) ارسم مثلث القوى بالرباط والرافع والحمل وحدد مقدار واتجاه القوى فى الرباط والرافع ( جـ = ٩,٨١ م/ث )**



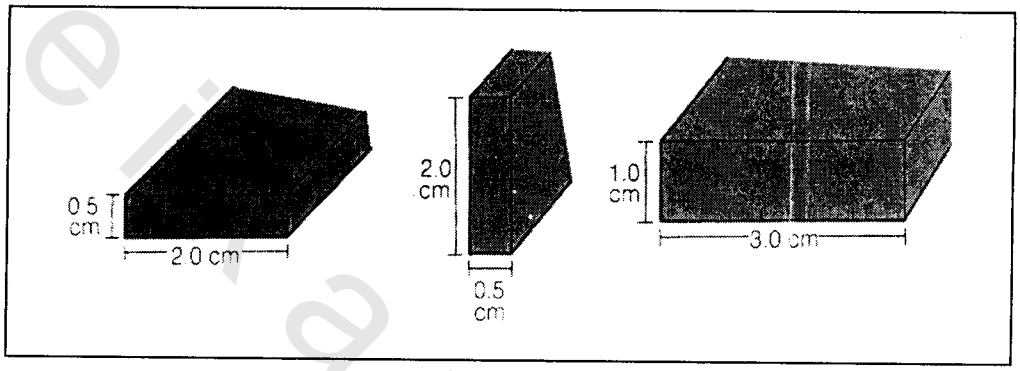

**(٢٨) حلل قوة القطع فى الشكل المبين ( ق ) إلى قوتين : قوة رأسية ق$_ر$ وقوة أفقية ق$_أ$ وأوجد مقدارهما .**



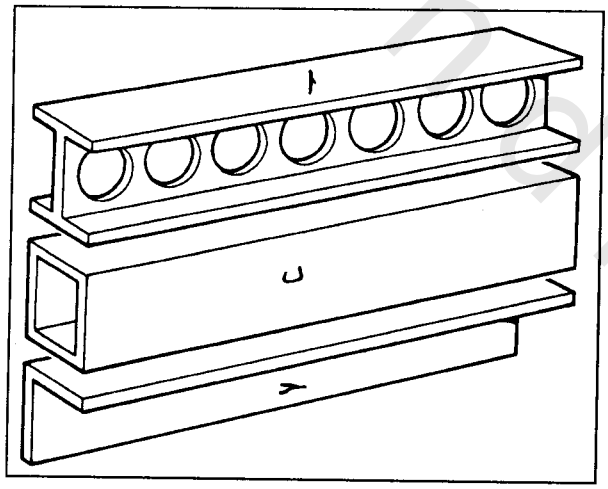
(٢٩) أوجـــد محصلـــة القوى ونقطة تأثيرها بالشكل المبين



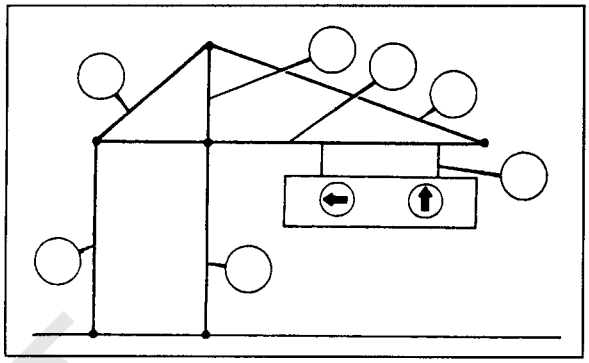

(٣٠) ما هو المقطع الأكثر صلابة فى العوارض الآتية :




(٣١) لمـــاذا تعتـــبر العارضة « أ » هـى أفضـل العارضـات الثلاثة فى الشكل ؟




(٣٢) لتصميم حامل علامات مرور كالمبين فإننا سوف نستخدم نوعين من المقاطع : الخوصة المفلطحة والزاوية ، الزاوية ثمنها ضعف ثمن الخوصة .



( أ ) اختر أنسب القضبان لتنفيذ هذا الهيكل بحيث يكون صلباً وقوياً وفى نفس الوقت أقل وزناً وثمناً .

(ب) ميز داخل الدوائر أنواع المقاطع التى اخترتها بوضع « ص » للخوصة و « ز » للزاوية .

**(٣٣) يتم إنشاء المبانى الحديثة باستخدام هيكل من جمالونات و أعمدة الأسمنت ، والأسمنت أو الخرسانة ممتازة فى تحمل الضغط ولكنها لا تتحمل الشد وبالتالى فإن الخرسانة الصافية لديها نقطة ضعف .**

**وضح من الرسم القادم كيف عالج سيخ الحديد هذه المشكلة ووضح إجهادات الشد والضغط .**