

المحتويات



قائمة المحتويات

01 تعريف مقاومة المواد

02 هدف من مقاومة المواد

03 فرضيات مقاومة المواد

04 الأفعال

05 الجهود الداخلية

06 التحريضات البسيطة

بتوفيق من الله عزوجل انجزت هذا العمل المتواضع
الذي أرجوا أن يفيد تلاميذ المقبلين على امتحان
شهادة البكالوريا على ما تحتوي من جوانب علمية
قيمة و مطروحة بشكل واضح و بسيط.

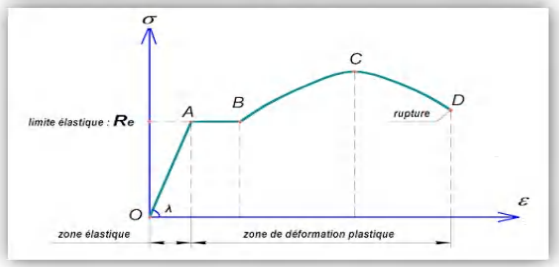
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

استعد للبكالوريا 2020

3 GC

الشعبة الهندسة المدنية
المستوى ثالثة ثانوي
المجال الميكانيك المطبقة
الوحدة التعليمية الأولى





كتابة الأستاذ

كحلة معاد

مقاومة المواد

R . D . M

Résistance De Matériaux



اصدار سبتمبر 2020

Top GC Mila

صفحتنا في فيسبوك : دروس الدعم في الهندسة المدنية و الرياضيات
https://www.facebook.com/groups/984781801659782/?ref=group_header

دروس الدعم و التقوية في مادة الهندسة المدنية
تخصص: تكنولوجيا (هندسة مدنية)

يوم: 13 سبتمبر 2019
المجال: الميكانيك المطبقة

الوحدة التعليمية الأولى
مقاومة المواد

نشاط:

لدينا رافدة خرسانية قبل وضع احمال عليها:



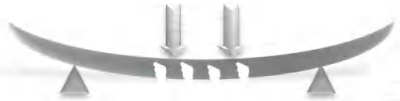
- ما هي القوى المؤثرة في الرافدة؟
  - ✓ هي قوة ابتدائية.

بعد وضع حمولة عليها:



- ما هي القوى المؤثرة في الرافدة؟ و ماذا تلاحظ؟
  - ✓ هي قوة مركزة خارجية.
  - ✓ نلاحظ انحناء الرافدة.

ثم نضيف حمولة اخرى عليها:



- ما هي القوى المؤثرة في الرافدة؟ و ماذا ينتج عن هذه المؤثرات؟
  - ✓ هي قوتين مركزتين خارجيتين.
  - ✓ ينتج تشوه و قد يؤدي الى انهيار أو انكسار الرافدة.
- ماذا تقترح لمقاومته؟
  - ✓ نقترح بقيام الدراسات لهذه المواد من أجل تحديد و معرفة الخصائص الميكانيكية و القوى المطبقة عليها حتى تضمن مقاومة و أمانا، و تسمى هذه الدراسات بـ: مقاومة المواد.

1/ تعريف مقاومة المواد

وهو علم يختص بدراسات تحليلية و تقويمية لمواد هندسية مختلفة قصد ضمان المقاومة و الأمان، و التي تستخدم في إقامة المنشآت وفي صناعة الماكينات وفي إنشاء وصيانة الأعمال الهندسة المدنية.

2/ هدف من مقاومة المواد

تتلخص أهمية مقاومة المواد في ثلاثة أهداف رئيسية و هي:

1. معرفة السلوك و الخصائص الميكانيكية و الطبيعية (المصدر، الانتماء، المكونات ، التشوهات ، المقاومة..) للمواد المستعملة في مجال البناء (تربة – خرسانة – فولاذ ....) وعلى هذا الأساس يتم اختيار المادة المناسبة.
2. دراسة مقاومة العناصر ضد الانهيار والاجهادات والانفعالات للمنشآت والماكينات من المواد المختلفة نتيجة تأثير الأحمال.
3. دراسة تشوهات عناصر المنشآت.

كما تسمح بحل عدة مشاكل منها:

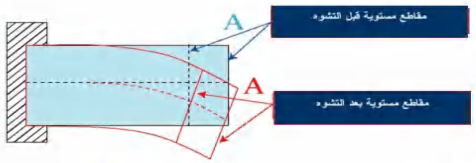
- ✓ حساب مقاومة المواد.
- ✓ حساب الصلابة.
- ✓ تحديد الأشكال الأكثر اقتصادا بحساب أبعاد المواد التي تقاوم بكل أمان الجهود المعلومة القيمة وطريقة التأثير.

مثال:

- **برج إيفل**: هو أشهر مثال لهندسة القرن 19 و يتكون خصوصا من الحديد المصنوع المقاوم للصدأ و لسلامة البرج تمت مراقبته وفقا لمقاومة المواد.
- **السكك الحديدية**: المصنوع من حديد الزهر و المعروف بمقاومته للضغط سمح لنا بصنع شبكة السكك الحديدية و ذلك بفضل دراستها وفقا لمقاومة المواد.

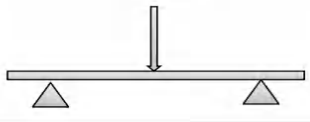
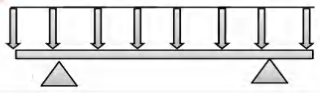
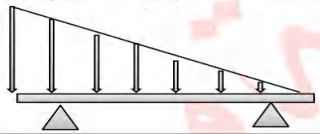
3/ فرضيات مقاومة المواد

- **فرضيات حول القوى**: لا يوجد في الجسم أي قوة داخلية قبل وضع الحمل عليه.
- **فرضيات حول الأجسام**: تقبل هذه الفرضية، بوجود علاقة خطية بين القوة و التشوه.
- **فرضيات حول التشوهات**: التشوهات صغيرة جدا بالنسبة لأبعاد الجسم بحيث نهمل التشوهات أثناء كتابة معادلات التوازن.



4/ الأفعال

- **حسب طبيعة عملها**:
  - ✓ قوة دائمة: وهي لا تتغير في القيمة أو المكان مثل وزن المنشأ الذاتي.
  - ✓ قوة متغيرة: وهي تتغير في القيمة أو المكان مثل هبوب الرياح وتساقط الأمطار و الثلوج.
- **حسب توزيعها**:

✓ قوة مركزة	✓ قوة موزعة بانتظام	✓ قوة ذات توزيع متغير
		

5/ الجهود الداخلية

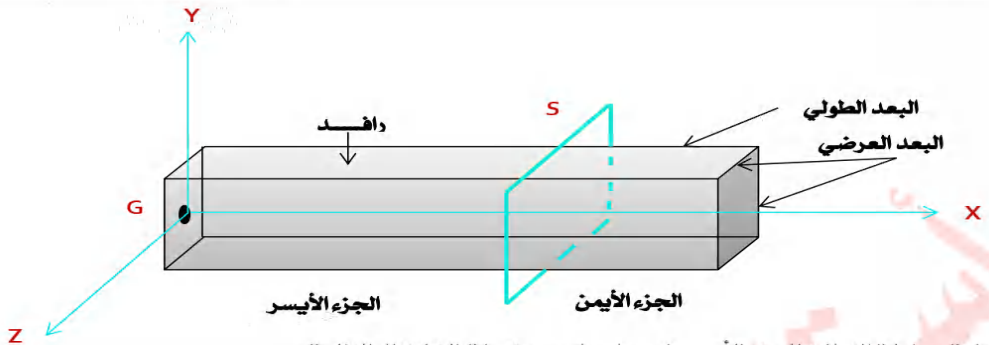
الدراسة تكون محددة على الروافد بحيث تعرف هذه الروافد بمحورها و مقاطعها المستقيمة.

نعتبر رافدة في توازن تحت تأثير جملة من الأفعال نحدث قطع خيالي (S) متعامد مع المحور الطولي للرافدة حيث نفصل به الرافدة إلى جزأين: الجزء الأيمن و الجزء الأيسر.

نعزل الجزء الأيمن و ندرس الجزء الأيسر

- ✓ التأثيرات الميكانيكية التي يؤثر بها الجزء الأيسر على الجزء الأيمن في المقطع المستقيم هي تأثيرات ميكانيكية داخلية للرافدة .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



بعد كتابة معادلة التوازن للجزء الأيسر نحصل على مركبات الاختزال التالية:

N_X: الجهد الناظمي على محور (G_X).	M_X: عزم الالتواء على محور (G_X).
T_Y: الجهد القاطع على محور (G_Y).	M_Y: عزم الانحناء على محور (G_Y).
T_Z: الجهد القاطع على محور (G_Z).	M_Z: عزم الانحناء على محور (G_Z).

6/ التحريضات البسيطة

هي الجهود الناتجة في كل نقطة وفي كل مقطع للهيكل عن التأثيرات وتكون معرفة بقوى أو جهود أو عزوم.

- لإيجاد تأثير قوى خارجية كيفية على جسم صلب ، من البديهي دراسة سلوكه تحت تأثير التحريضات البسيطة.
- نسمي تحريض بسيط ، حالة إجهاد الرافدة إذا نتج مركب اختزال وحيد من بين المركبات الستة السابقة.

يكون الجسم تحت تأثير:

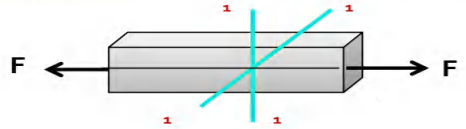
✓ الشد البسيط.	✓ الالتواء البسيط.
✓ الانضغاط البسيط.	✓ الانحناء البسيط.
✓ القص البسيط.	

1- الشـــد البسيـــط

إذا اختزلت القوى الخارجية إلى قوتين متساويتين متعاكستين خارجيا و آلت إلى تمديد الجسم.
في هذه الحالة نوع التحريض هو شـــد بسيـــط.

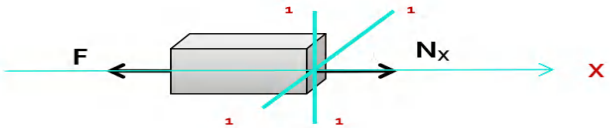
- مثل : حبل يرفع حمولة قضبان من نظام مثلثي.

ليكن لدينا جسم معرض للشد البسيط نقوم بقطع تخيلي للجسم حسب المستوى 1-1
و نحذف الجزء الأيمن منه
مع المحافظة على الجسم
في حالة التوازن



سـؤال:

- ✖ اكتب معادلة التوازن للجسم؟
- ✖ أكتب معادلة الاجهاد؟



معادلـــة التوازن:

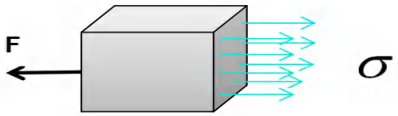
$$* \ \sum F/_X = 0 \Leftrightarrow N_X - F = 0$$

$$\Rightarrow N_X = F$$

$$N_X \neq 0 (N_X \succ 0) \ ; \ T_Y = 0 \ ; \ T_Z = 0 \ ; \ M_X = 0 \ ; \ M_Y = 0 \ ; \ M_Z = 0$$

معادلـــة الاجهاد الناظمي (σ) :

$$\sigma \times S = N \quad \Rightarrow \quad \sigma = \frac{N}{S}$$



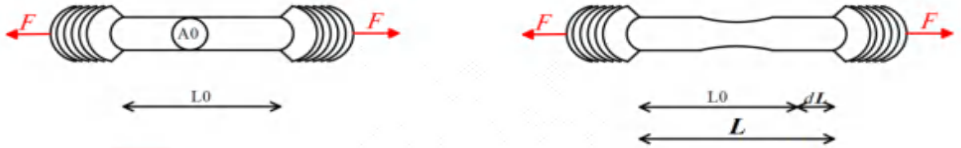
معناه أن : **الاجهاد الناظمي (σ)** $= \frac{\text{قوة الشـــد } (N)}{\text{المساحة } (S)}$

حيث:

N : قوة شـــد (الجهـــد).
S : مساحـــة المقطع المشـــدود.
σ : الاجهاد الناظمي.

تجربـــة الشـــد البسيـــط:

نأخذ عينة و نعرضها للشـــد قصد دراسة خواص المواد و تحديد معايير الاجهادات المسموح بها، حيث يتميز بكبر أطرافها حتى يسهل مسكها و بالتالي شدها.



حيث:

A_0 : السطح الابتدائي للمقطع.
L_0 : الطول الابتدائي للعنصر (الطول الأصلي).

بعد تعريض المخبرة لاختبار الشـــد ، و جعل الشد يتزايد تدريجيا ماذا تلاحظ؟

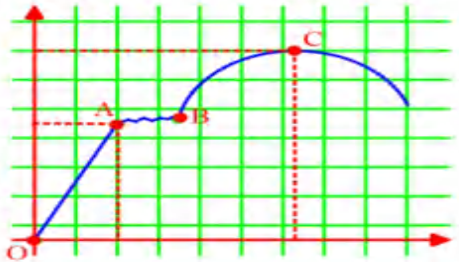
- ✓ نلاحظ زيادة و تمـــدد المقطع.

تسمى الزيادة في الطول (ΔL) بـ : الاستطالة المطلقـــة للقضيب.

يمكن ايجاد الاستطالة النسبية (التشوه النسبي) و يرمز لها بالرمز (ε) : $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

لو اجرينا التجربة على الفولاذ ضئيل الكربون لاتضحت لنا مميزاته و ذلك بزيادة الحمل المحوري على دفعات تجريبية صغيرة و يستمر حتى يحدث كسر العينة حيث نتحصل على الرسم البياني الذي يصف خصائص مقاومة المواد.
أو من الناحية الرياضية يمكن التعبير عن الاجهاد المحوري كدالة للاستطالة النسبية (التشوه النسبي) : $\sigma = f(\varepsilon)$.



قراءة المنحنى:

✓ **المرحلة (OA) مرحلة المرونة:**
المنحنى عبارة عن خط مستقيم ، و يتميز بالتناسب حيث كل ما زاد التشوه كلما زاد الاجهاد.

✓ **المرحلة (AB) مرحلة الانسياب:**
حيث يتغير طول العينة تغيرا محسوبا بزيادة بسيطة للحمولة.

✓ **المرحلة (BC) مرحلة عودة المتانة (مرحلة اللدونة):**
في هذه المرحلة لا يوجد تناسب بين الاجهاد و التشوه

✓ **المرحلة (CD) مرحلة الانهيار:**
نلاحظ أن الاجهادات تكبر دون زيادة في الحمولة و عند بلوغ الاجهاد حد المقاومة (حد الانكسار) (σ_r) يتشكل ما يدعى بالعنق في هذه الحالة يحدث انكسار للعينة.

σ_e : اجهاد المرونة.
σ_r : اجهاد الانكسار.

قانون هوك:

في مرحلة المرونة لاحظنا ان المنحنى عبارة عن خط مستقيم يمر بالمبدأ معادلته : $\sigma = f(\varepsilon)$ من منحنى تجربة الشد البسيط.

معناه أن : الميل $(E) = \frac{\text{المقابل}(\sigma e)}{\text{المجاور}(\varepsilon e)}$ اذن قانون هوك هو : $\sigma = E \times \varepsilon$

E : معامل المرونة الطولي (بيانيا هو ميل المستقيم او معامل توجيهه) و قيمته تختلف من مادة لأخرى.

شرط المقاومة:

حتى يكون العنصر مقاوما بأمان الاجهاد المحسوب (σ) يجب أن لا يتجاوز الاجهاد المسموح به $(\overline{\sigma})$: $\sigma \leq \overline{\sigma}$

استنتاج قانون الاستطالة (التمدد):

$$\begin{cases} \sigma = E \times \varepsilon = E \times \dfrac{\Delta L}{L} \\ \sigma = \dfrac{N}{S} \end{cases} \Leftrightarrow \sigma = E \times \frac{\Delta L}{L} = \frac{N}{S}$$

$$\Rightarrow \Delta L = \frac{N \times L}{E \times S}$$

مثال تطبيقي 01:

1. أحسب اجهاد قضيب فولاذي ذو أبعاد $(30 \times 40)cm$ تحت تأثير قوة شد تساوي $(12t)$ ، ثم تحقق من شرط المقاومة علما ان: $\overline{\sigma} = 1440kg/cm^2$
2. أحسب استطالة هذا القضيب، علما أن الطول الابتدائي يساوي $(5m)$ و $E = 2.1 \times 10^6\ kg/cm^2$.

الحل:

1. حساب اجهاد القضيب فولاذي:

$$\begin{cases} S = 30 \times 40 = 1200cm^2 \\ N = 12t = 12 \times 10^3\ kg \\ \overline{\sigma} = 1440kg/cm^2 \\ L = 5m = 5 \times 10^3\ cm \\ E = 2.1 \times 10^6\ kg/cm^2 \end{cases}$$

لدينا:

$$\sigma = \frac{\dots\dots}{\dots\dots} = \frac{\dots\dots\dots\dots\dots(kg)}{\dots\dots\dots\dots\dots(cm^2)} \quad \Rightarrow \sigma = \dots\dots\dots\ kg/cm^2$$

تحقق من شرط المقاومة:

لدينا:

$$\sigma \leq \overline{\sigma} \quad \Leftrightarrow \sigma = \dots\dots\dots \prec \overline{\sigma} = 1440kg/cm^2$$

اذن شرط المقاومة محقق.

2. حساب استطالة هذا القضيب:

نطبق قانون هوك:

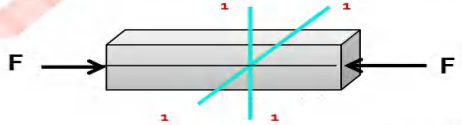
$$\Delta L = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \frac{\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots}$$

$$\Rightarrow \Delta L = \dots\dots\dots\dots\dots\ \square$$

2- الانضغاط البسيط

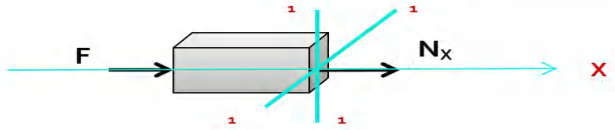
إذا اختزلت القوى الخارجية إلى قوتين متساويتين متعاكستين داخليا و آلت إلى تمديد الجسم.
في هذه الحالة نوع التحريض هو انضغاط بسيط.
- مثل : عمود تحت تأثير ثقل الأرضية.

ليكن لدينا جسم معرض للانضغاط البسيط نقوم بقطع تخيلي للجسم حسب المستوى 1-1 و نحذف الجزء الأيمن منه مع المحافظة على الجسم في حالة التوازن



سؤال:
- اكتب معادلة التوازن للجسم؟
- أكتب معادلة الاجهاد؟

معادلة التوازن:



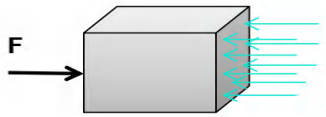
$$* \sum F/_x = 0 \Leftrightarrow N_x + F = 0$$

$$\Rightarrow N_x = -F$$

$$N_x \neq 0 (N_x \prec 0)\ ;\ T_Y = 0\ ;\ T_Z = 0\ ;\ M_X = 0\ ;\ M_Y = 0\ ;\ M_Z = 0$$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

معادلـــة الاجهاد الناظمي (σ):



$$\sigma \times S = N \quad \Rightarrow \quad \sigma = \frac{N}{S}$$

معناه أن : $\text{الاجهاد الناظمي}(\sigma) = \frac{\text{قوة الانظغاط } (N)}{\text{المساحة}(S)}$

حيث:

N : قوة انضغاط (الجهـــد).

S : مساحـــة المقطع المضغوط.

σ : الاجهاد الناظمي.

شرط المقاومـــة:

حتى يكون العنصر مقاوما بأمان الاجهاد المحسوب (σ) يجب أن لا يتجاوز الاجهاد المسموح به $(\overline{\sigma})$.

$$\sigma \leq \overline{\sigma}$$

استنتاج قانون الاستطالـــة (التقلص):

$$\begin{cases} \sigma = E \times \varepsilon = E \times \dfrac{\Delta L}{L} \\ \sigma = \dfrac{N}{S} \end{cases} \Leftrightarrow \sigma = E \times \frac{\Delta L}{L} = \frac{N}{S}$$

$$\Rightarrow \Delta L = \frac{N \times L}{E \times S}$$

مثال تطبيقي 02:

قضيب معدني طوله $(L = 110cm)$ يتلقى قوة انضغاط $(N = 80t)$ مقطعه دائري $(\phi = 10cm)$.

- أوجـــد الاجهاد الناظمي.

الحـــل:

1. ايجاد الاجهاد الناظمي:

لدينا:

$$\begin{cases} L = 110cm \\ N = 80t = 12 \times 10^3\ kg \\ \phi = 10cm \end{cases}$$

$\sigma = \frac{\dots\dots}{\dots\dots} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \frac{\dots\dots\dots\dots\dots(t)}{\dots\dots\dots\dots(cm^2)} \Rightarrow \sigma = \dots\dots\dots t/cm^2 = \dots\dots\dots kg/cm^2$ □

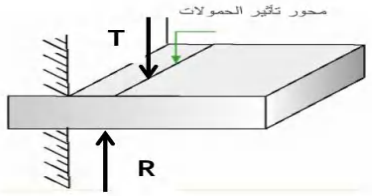
3- القـــص البسيـــط

إذا اختزلت القوى الخارجية إلى قوتين تؤولان الى فصل الجسم الى قطعتين بالانزلاق حسب مستوى القطع.

- مثل : قطع صفيحة حديدية الى قطعتين.

لتكن رافدة مدمجة تؤثر عليها حمولات قريبة من مقطع الاندماج (حمولة T و رد فعل R)، اذا ضاعفنا الحمولة فإننا نلاحظ مرحلة الانزلاق المرن ثم مرحلة الانزلاق غير المرن ليتبع بانفصال بالقص، في هذه الحالة نوع التحريض هو قـــص بسيـــط.

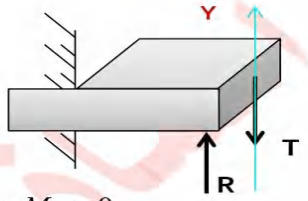
ليكن لدينا جسم معرض للقـــص البسيط نقوم بقطع تخيلي للجسم .



ســـؤال:

- اكتب معادلة التوازن للجسم؟
- أكتب معادلـــة الاجهاد؟

معادلـــة التوازن:

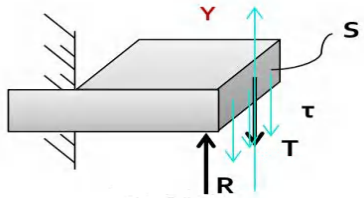


$$* \quad \sum F/_Y = 0 \Leftrightarrow R - T = 0$$

$$\Rightarrow T = R$$

$$N_X = 0 \ ; \ T_Y \neq 0 \ ; \ T_Z \neq 0 \ ; \ M_X = 0 \ ; \ M_Y = 0 \ ; \ M_Z = 0$$

معادلـــة الاجهاد المماسي (τ) :



$$\tau \times S = T \quad \Rightarrow \quad \tau = \frac{T}{S}$$

معناه أن : $\text{الاجهاد المماسي}(\tau) = \frac{\text{قوة القص}(T)}{\text{المساحة}(S)}$

حيث:

T : قوة القـــص .

S : مساحـــة المقطع المضغوط.

τ : الاجهاد المماسي.

قانـــون هـــــوك:

نفترض أنه يحدث للمقطع انزلاق شاقولي في مستواه الخاص و من قانون هـــوك فان الاجهادات متناسبة مع الانزلاقات و بالتالي: $\tau = G \times \gamma$

G : معامل المرونـــة العرضي و يختلف باختلاف المادة.

γ : زاويـــة الانزلاق أو القـــص و تكون بالراديان.

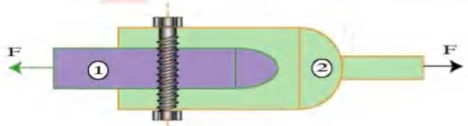
شرط المقاومـــة:

حتى لا يحدث تشوه للقطعة يجب أن يتحقق شرط المقاومـــة: $\tau \leq \overline{\tau}$

مثال تطبيقي 03:

أحسب قطر البرغي الضروري الذي يربط العنصرين (1) و (2) بأمان علما أن: $(F = 30KN)$ و $(\overline{\tau} = 1000kg/cm^2)$.

الحـــل:



$$\tau = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} \leq \overline{\tau} \Leftrightarrow D \geq \frac{\dots\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots\dots} \Rightarrow D \geq \dots\dots cm$$

$$\Rightarrow D = \dots\dots mm$$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الهندسة المدنية



Prof: Kahla Mouad
Mouad.kahla43@gmail.com

ان كان هناك توفيق فهو من الله عزوجل
و ان وجد خطأ فهو مني و من الشيطان
اذا ورد خطأ مطبعي عليكم بتبليغنا في
المجموعة ..... شكـرا .....



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

بالتوفيـــــ