① Thermal Strain

$$\Delta_{th} = \alpha \cdot \Delta T \cdot L$$ صفحة

Δ_{th} = Thermal deformation
وهو مقدار التغير بالطول نتيجة زيادة او نقصان درجة الحرارة

α = Coefficient of thermal expansion $\left(\frac{1}{^\circ C}\right)$
وهو معامل التمدد الحراري وهي فيزيائية يتم حسابه مختبرياً لكل مادة
$\alpha = 16 \cdot 10^{-6}$ Per $^\circ C$ مثلاً اذا تقول
بتبسيط درجات حرارة مختلفة.

$$16 * 10^{-6} * \frac{1}{^\circ C} = \frac{16\ (mm)}{1{,}000{,}000\ (mm)} / {}^\circ C$$

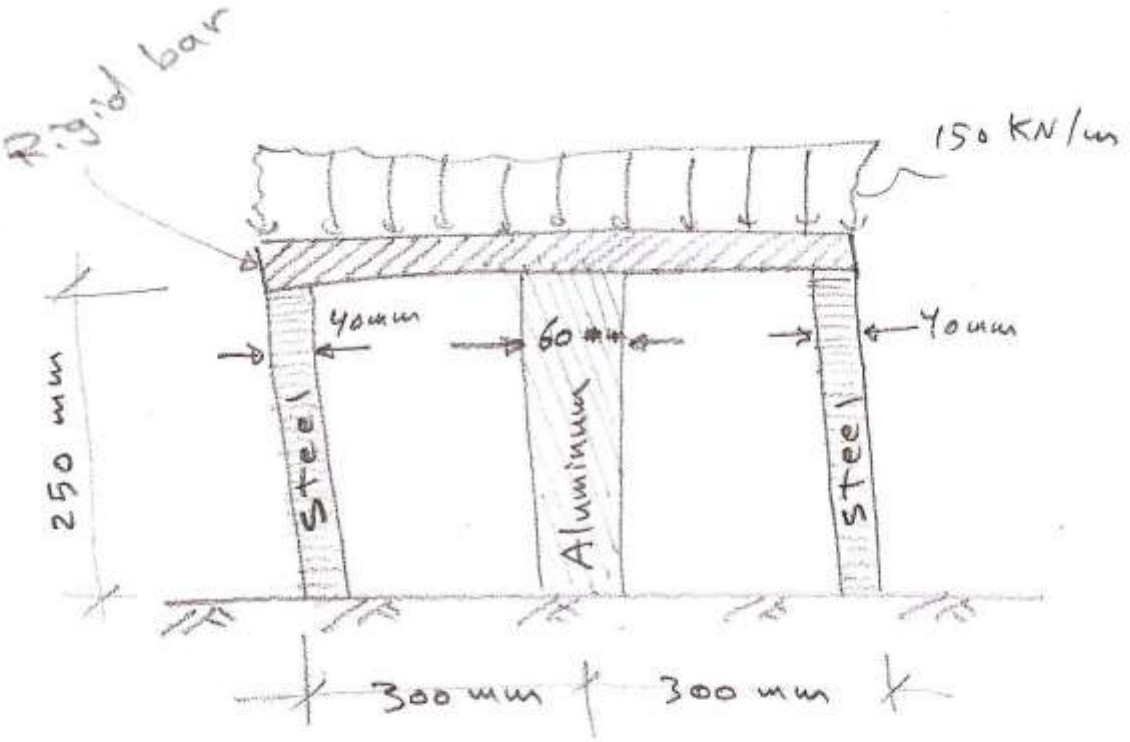
يعني ان هذه المادة تزداد في طولها بمقدار 16 ملم لكل مليون ملم لكل زيادة في درجة الحرارة مقدارها واحد درجة مئوية.

ΔT = change in Temperature مقدار التغير في درجة الحرارة
$T_2 - T_1$

L :- The Length of the material
وهو الطول الاصلي للمادة قبل تسليط درجة الحرارة اي قبل حصول تشوه زيادة (elongation) او نقصان (Contraction)

(2) Thermal strain

Example the rigid bar shown is fixed to the top of the three posts (Column 3, 4) made of steel and Aluminum. The posts each have a length of 250 mm when no load is applied to the bar. And the temperature is $T_1 = 20^\circ C$. Determine the force supported by each post if the bar is subjucted to a Uniform distributed load of 150 KN/m and the Temperature is raised to $T_2 = 80^\circ C$.



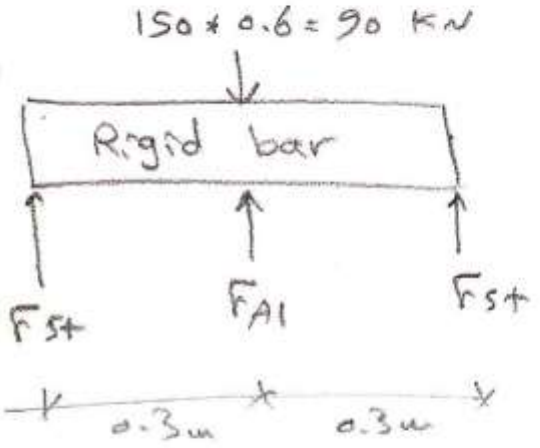
$E_{steel} = 200 \times 10^3$ MPa, $\alpha_{st} = 12 \times 10^{-6}$

$E_{Aluminum} = 73.1 \times 10^3$ MPa, $\alpha_{Al} = 23 \times 10^{-6}$

(3) Thermal Strain

الاجابة :

١- نرسم Free body diagram للنظام وهو عبارة عن القوى المؤثرة عليه



٢- نأخذ ΣF_y للنظام للحصول على معادلة رقم (A)

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0$$

$$2F_{St} + F_{Al} - 90 = 0 \quad --- \quad (A)$$

٣- لا نستطيع ان نأخذ ΣM حول نقطة معينة للحصول على معادلة (B) وذلك لان المطلوب بالسؤال مقدار القوة بعد تسليط درجة حرارة لذلك يجب ان نفكر بمعادلة $\Delta = \alpha \cdot \Delta T \cdot L$

٤- ان الـ Rigid bar لا يحمل فيه اي تشوهات سواء انضغاط او كسر

٥- لان الحمل متناظر فان اي هطول نتيجة الحمل يكون متساوي لذلك فان والشكل

$$\Delta_{steel} = \Delta_{Aluminum}$$

٦- لحساب مساحة العمود نطبق القانون $\frac{\pi}{4} d^2$

حيث d لـ steel = 40mm

d لـ المنيوم = 60mm

(4) Thermal strain

٧- ان معادلة حساب الـ Δ نسبة تشليط حمل محوري

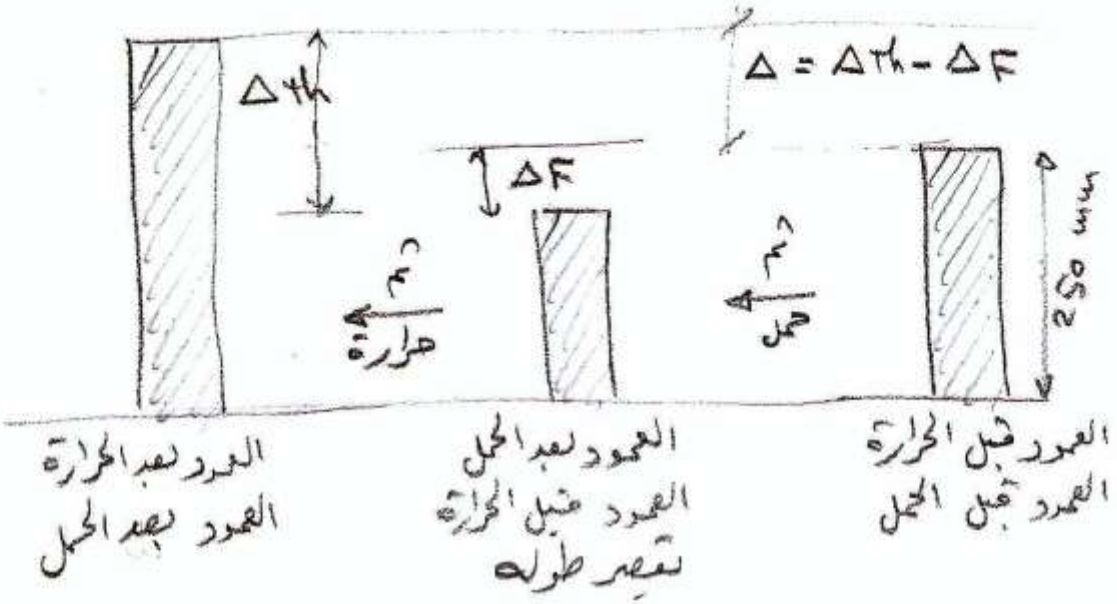
$$\Delta = \frac{PL}{AE}$$

٨- حيث الطول متساوي لجميع الاسئلة وهو 250 سم

٩- للاطلاع ان جميع الوحدات موحدة بالسؤال

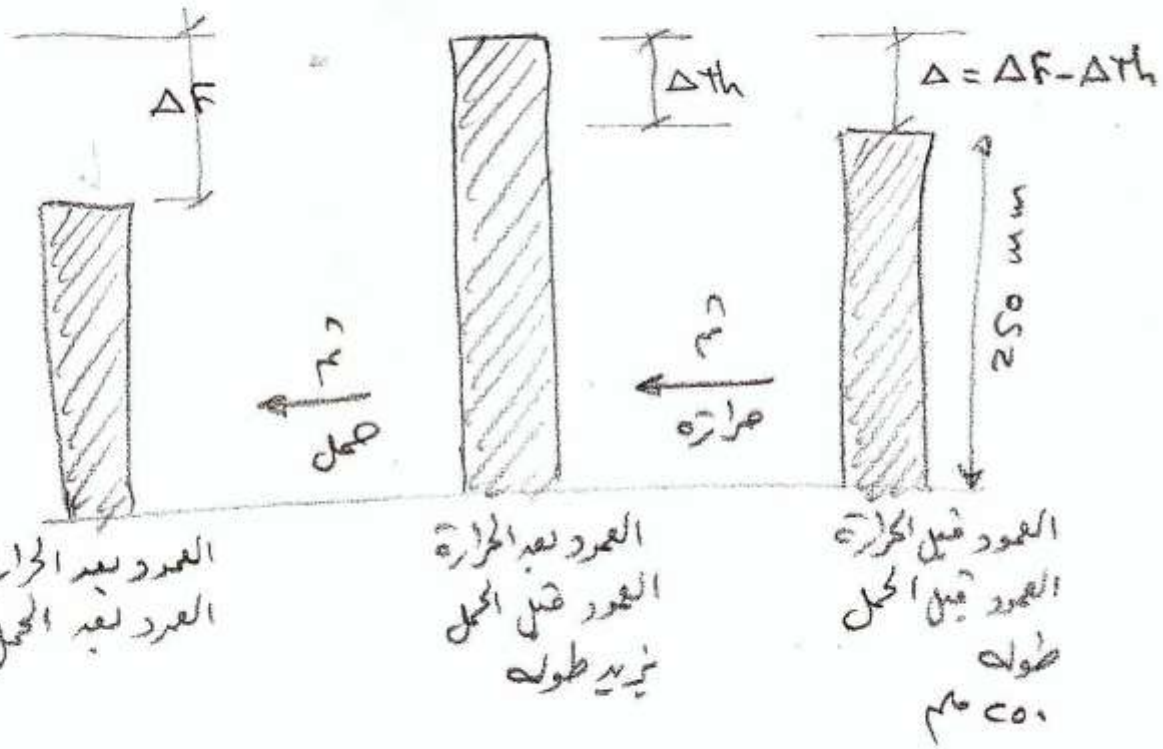
١٠- لاجل مقدار التغير Δ في الـ bar حسب الفرضيات التالية :-

الفرضية الاولى :- طول العمود 250 سم ثم يسلط عليه حمل فيقل طوله ثم بزيادة درجة الحرارة يزداد طوله وكما يلي :-



(5) Thermal strain

الفرضية الثانية طول العمود 250 سم ثم سلط عليه حرارة فزيدت طوله ثم سلط عليه حمل فنقل طوله وكما يلي :



11- اي فرضية تطبق ما الحل صحيح ولكن يجب كل من ال steel والالمنيوم نفس الفرضية .

$$\Delta_{st} = \Delta_{Al}$$

$$(\Delta Th - \Delta F)_{st} = (\Delta Th - \Delta F)_{Al}$$

$$\left[\alpha_{st} * \Delta T * L\right] - \left[\frac{F_{st} * 250}{\frac{\pi}{4}(40)^2 * 200 * 10^3}\right] = \left[\alpha_{Al} \Delta T . L\right] - \left[\frac{F_{Al} * 250}{\frac{\pi}{4}(60)^2 * 73.1 * 10^3}\right]$$

(60 فوق ΔT في الطرف الأيمن، 60 تحت ΔT في الطرف الأيسر)

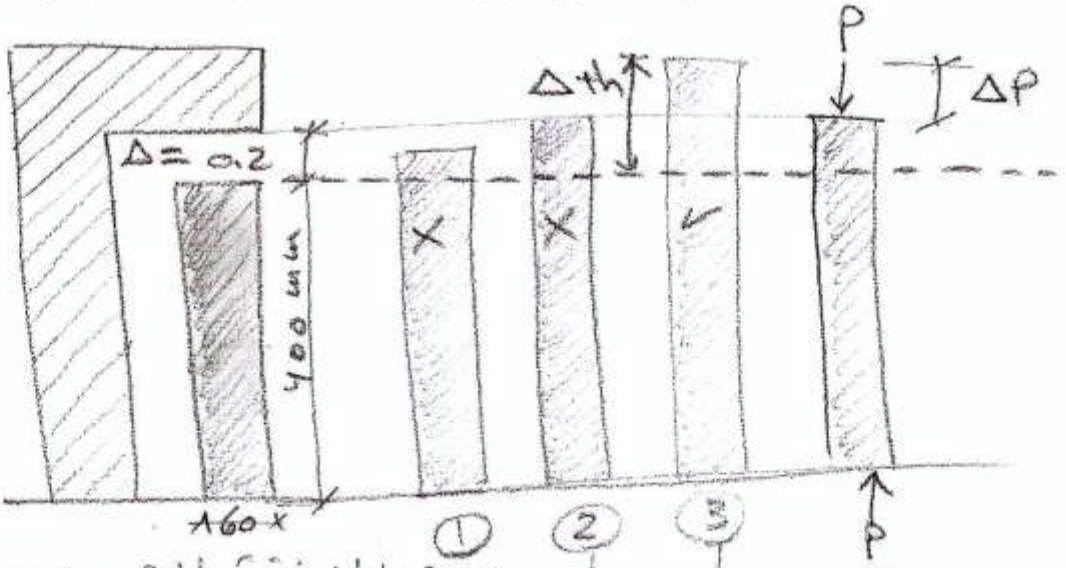
(B) وهذه هي معادلة

12- معادلة A فيها مجهولين ومعادلة B فيها نفس المجهولية حيث يتم حلها لايجاد F_{Al} و F_{st}

(6) Thermal Strain

Example A copper Cylinder of diameter 60 mm and length 400 mm is placed between Two rigid supports. The spacing between the Cylinder and the upper support is 0.2 mm as shown in the fig Determine the stress developed in the Cylinder when its Temperature is increased by 60°C

$E = 120 \times 10^9 \ N/m^2$, $\alpha = 16 \times 10^{-6} / ^\circ C$



زيادة بالطول نتيجة الحرارة بدون ان يمس بالسقف لذلك لا توجد قوة رد فعل من السقف على العمود (لا حمل)

نتيجة تمدد العمود بطول ارتفاعه ويمس نقطة السقف دون ان يسلط عليه قوة لذلك لا توجد رد فعل من السقف على العمود (لا حمل)

يرتفع طول العمود اعلى من السقف نتيجة الحرارة مما يسبب قوة رد فعل من السقف على العمود

تمثل رد الفعل P المسلط على العمود نتيجة ارتفاع طوله نتيجة ارتفاع درجة الحرارة

$$\therefore \Delta = \Delta th - \Delta P$$

(7) Thermal Strain

$$\Delta th = \alpha \cdot \Delta T \cdot L$$

$$= 16 * 10^{-6} * 60 * 400$$

$$\Delta thermal = 0.384 \text{ mm}$$

ملاحظة : يجب توحيد الوحدات ، لذلك فان قيمة E بوحدة $\frac{N}{mm^2}$ وجميع الوحدات المعطية بال mm لذلك فان

$$E = 120 * 10^9 \frac{N}{m^2} * \frac{1}{(1000 mm * 1000 mm)}$$

$$E = \frac{120 * 10^9}{10^6}$$

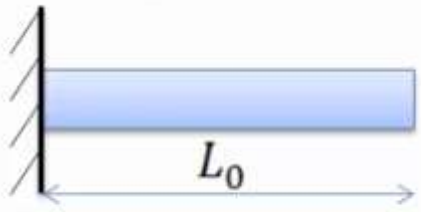
$$\Delta = \Delta Th - \Delta P$$

$$0.2 = 0.384 - \frac{P * (400 mm)}{\frac{\pi}{4}(60)^2 * \left(\frac{120 * 10^9}{10^6}\right)}$$

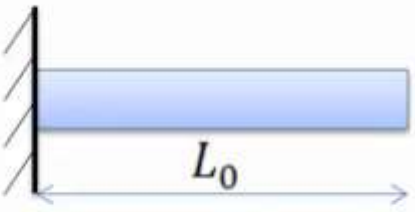
$$\therefore P = 156 * 10^3 N = 156 KN$$

Thermal stress

Changes in temperature produce expansion or contraction of materials and result in thermal strains and thermal stress.

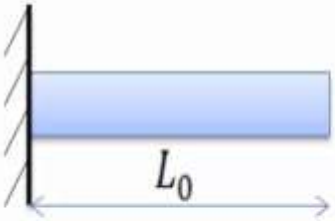


At room temperature

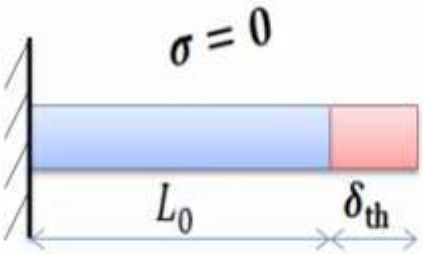


Thermal stress

Changes in temperature produce expansion or contraction of materials and result in thermal strains and thermal stress.



At room temperature



After temperature increased a bar is expanded

Heat

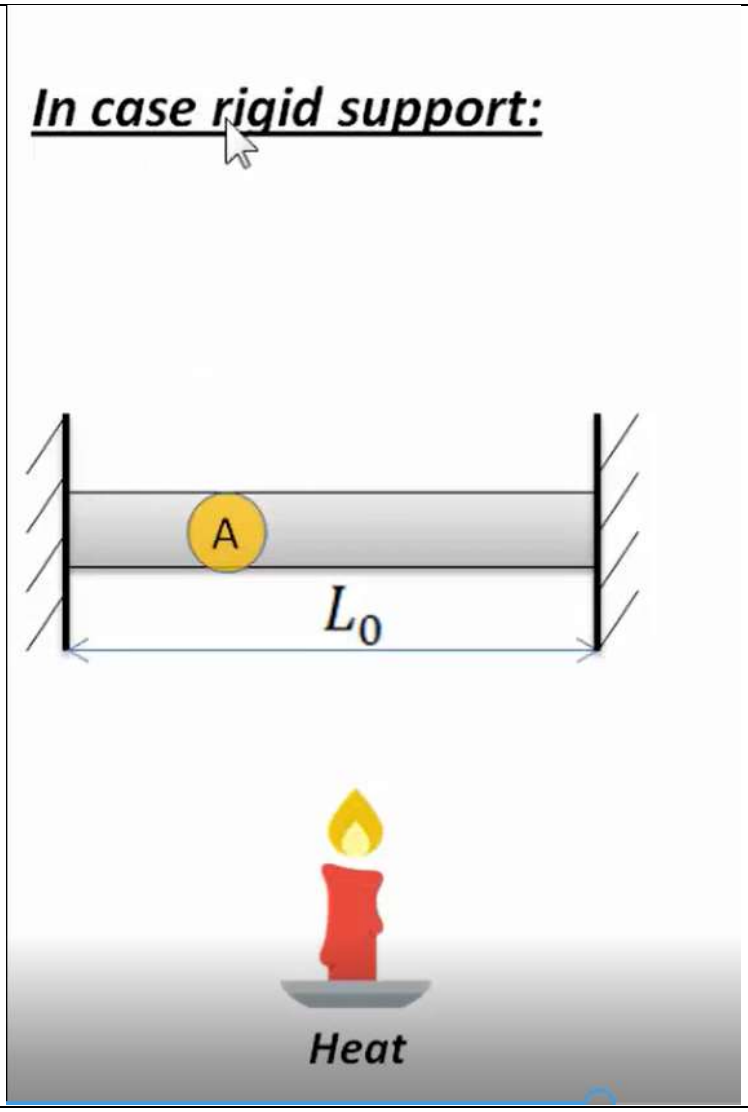
δ_{th} = *thermal strain*

L = *length of bar* (*m*)

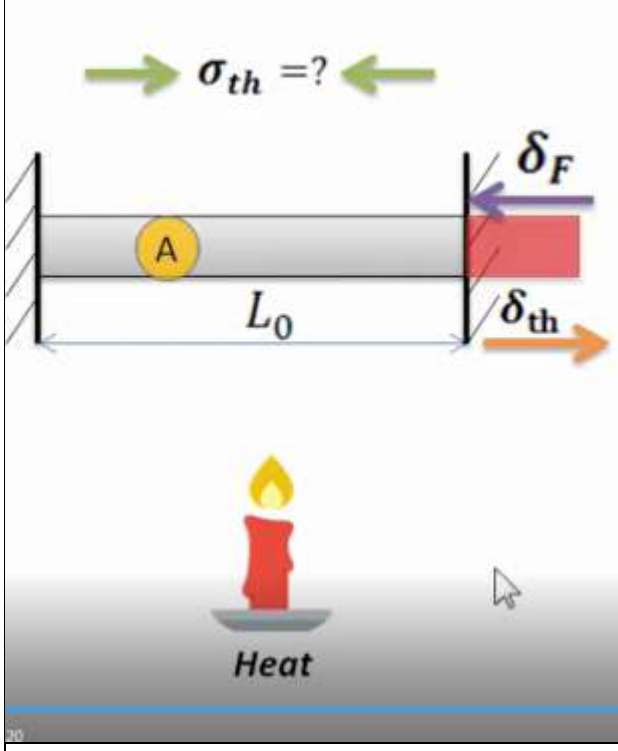
α = *coefficient of thermal expansion or contraction* $\left(\frac{m}{m}°C\right)$

ΔT = *change in the temperature* (°C)

$$\delta_{th} = L\,\alpha\,\Delta T$$


In case rigid support:
A
L_0
Heat

In case rigid support:



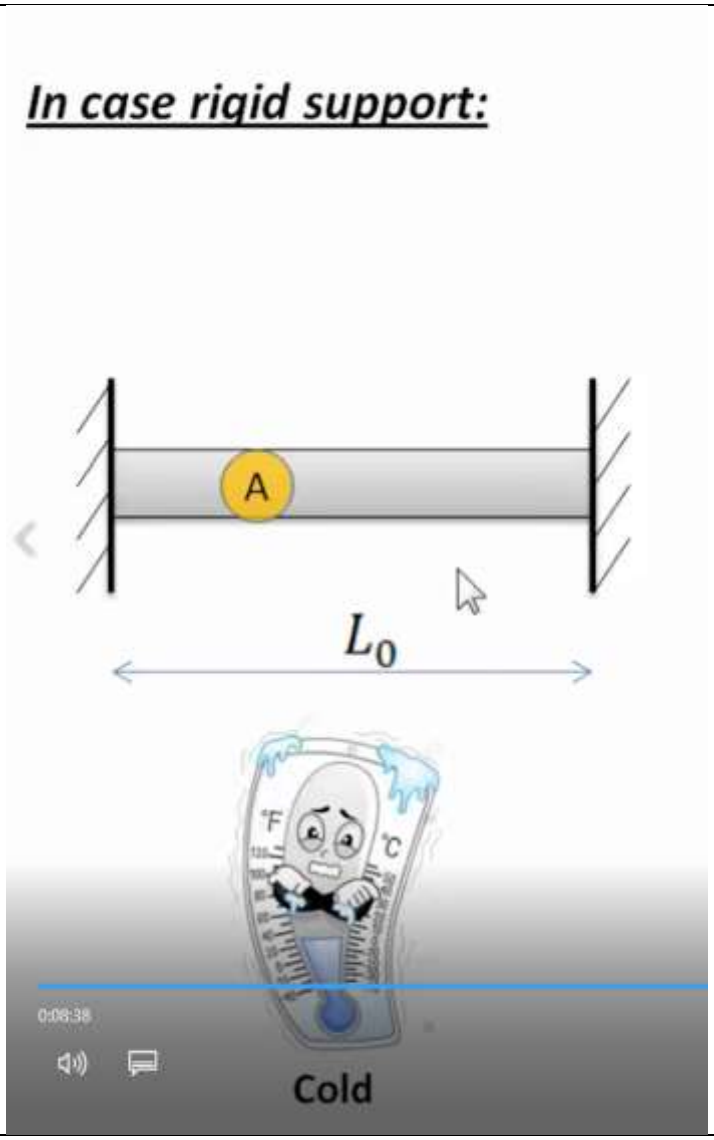
$$\delta_F = \delta_{th}$$

$$\frac{PL}{AE} = L\,\alpha\,\Delta T$$

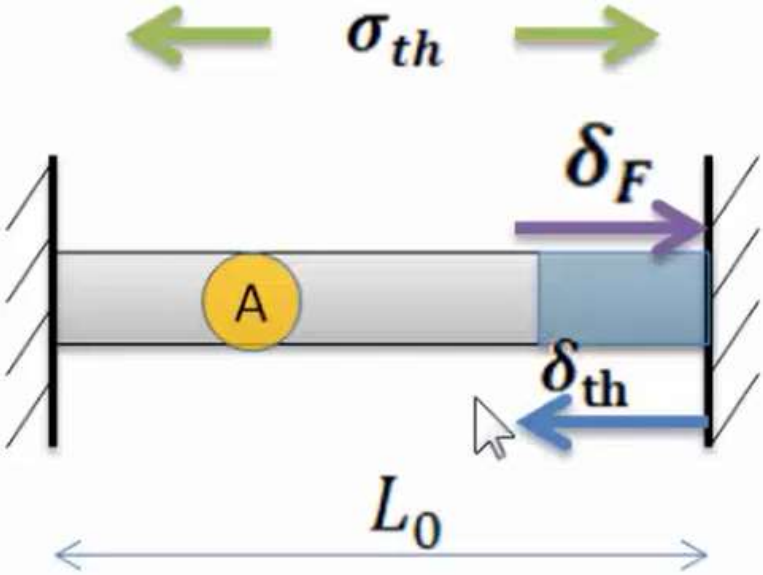
$$\frac{P}{A} = E\,\alpha\,\Delta T$$

$$\sigma_{th} = E\,\alpha\,\Delta T$$

Compression

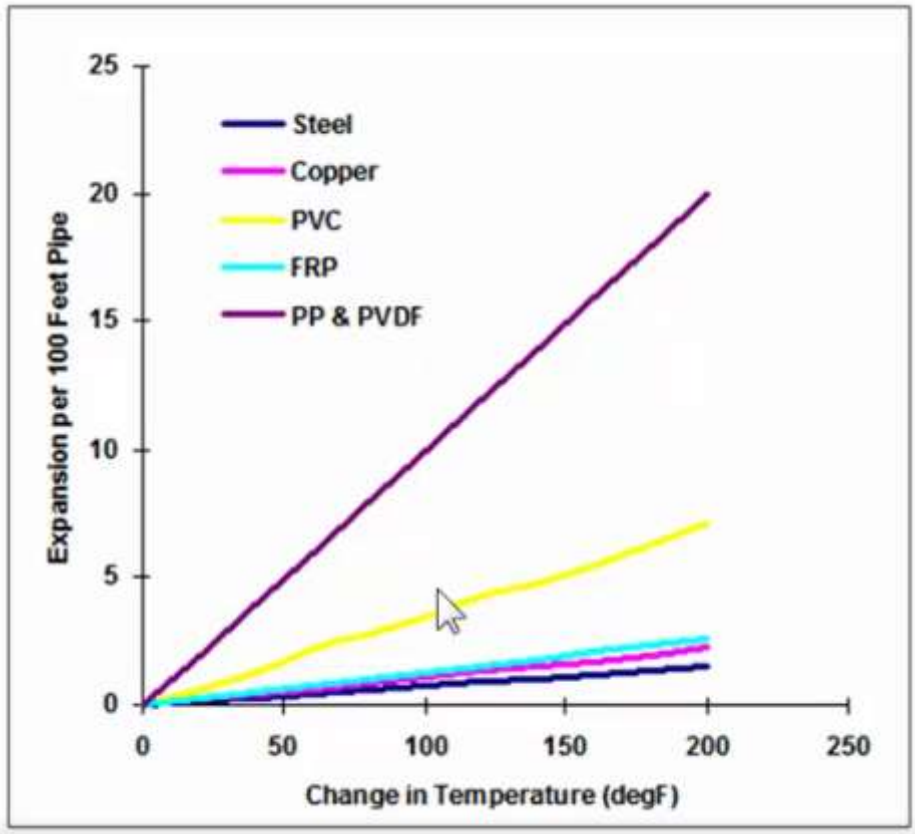

In case rigid support:
A
L_0
°F
°C
0:08:38
Cold

In case rigid support:

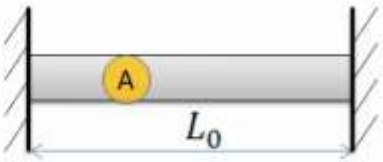


$$\sigma_{th} = E\,\alpha\,\Delta T$$

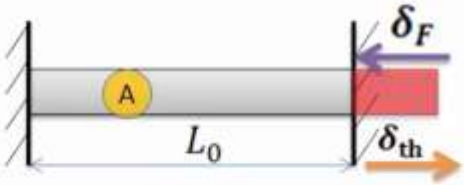
Tension



Q/ *Fixed-Fixed bar was 20℃ at room temperature, Determine the stress when the bar is heated to* ***100℃?***



Sol:



$$E_{st} = 200\ Gpa$$
$$\alpha_{st} = 11.7\ \mu m/m℃$$
$$A_{st} = 200\ mm^2$$

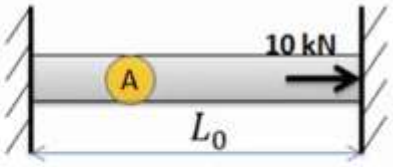
$$\sigma_{th} = E\ \alpha\ \Delta T$$

$$\sigma_{th} = E\ \alpha\ (T_2 - T_1)$$

$$\sigma_{th} = (200x10^9)(11.7x10^{-6})(100 - 20)$$

$$\sigma_{th} = 187.2\ Mpa\ (-Compression)$$

Q/ *Fixed-Fixed bar was 20℃ at room temperature, Determine the stress when the bar is initially stretched by a force at 10 KN ,then heated to 100℃ ?*



$$E_{st} = 200\ Gpa$$
$$\alpha_{st} = 11.7\ \mu m/m℃$$
$$A_{st} = 200\ mm^2$$

Sol:

$$\sigma_{th} = E\ \alpha\ \Delta T$$
$$\sigma_{th} = E\ \alpha\ (T_2 - T_1)$$
$$\sigma_{th} = (200x10^9)(11.7x10^{-6})(100 - 20)$$
$$\sigma_{th} = 187.2\ Mpa\ (-Compression)$$

$$\sigma_{initial} = \frac{P}{A} = \frac{10x10^3}{200x10^{-6}}$$
$$\sigma_{initial} = 50\ Mpa\ (+Tension)$$

Thermal stress مقاومة المواد_كتاب سنكر_ الفصل الثاني

$$\sigma_T = -187.2 + 50$$
$$\sigma_T = -137.2\ Mpa\ (-Compression)$$

هناك بعض الاخطاء بالمثالين ارجوا انتباه الطلاب لذلك