Force Transducer
G25

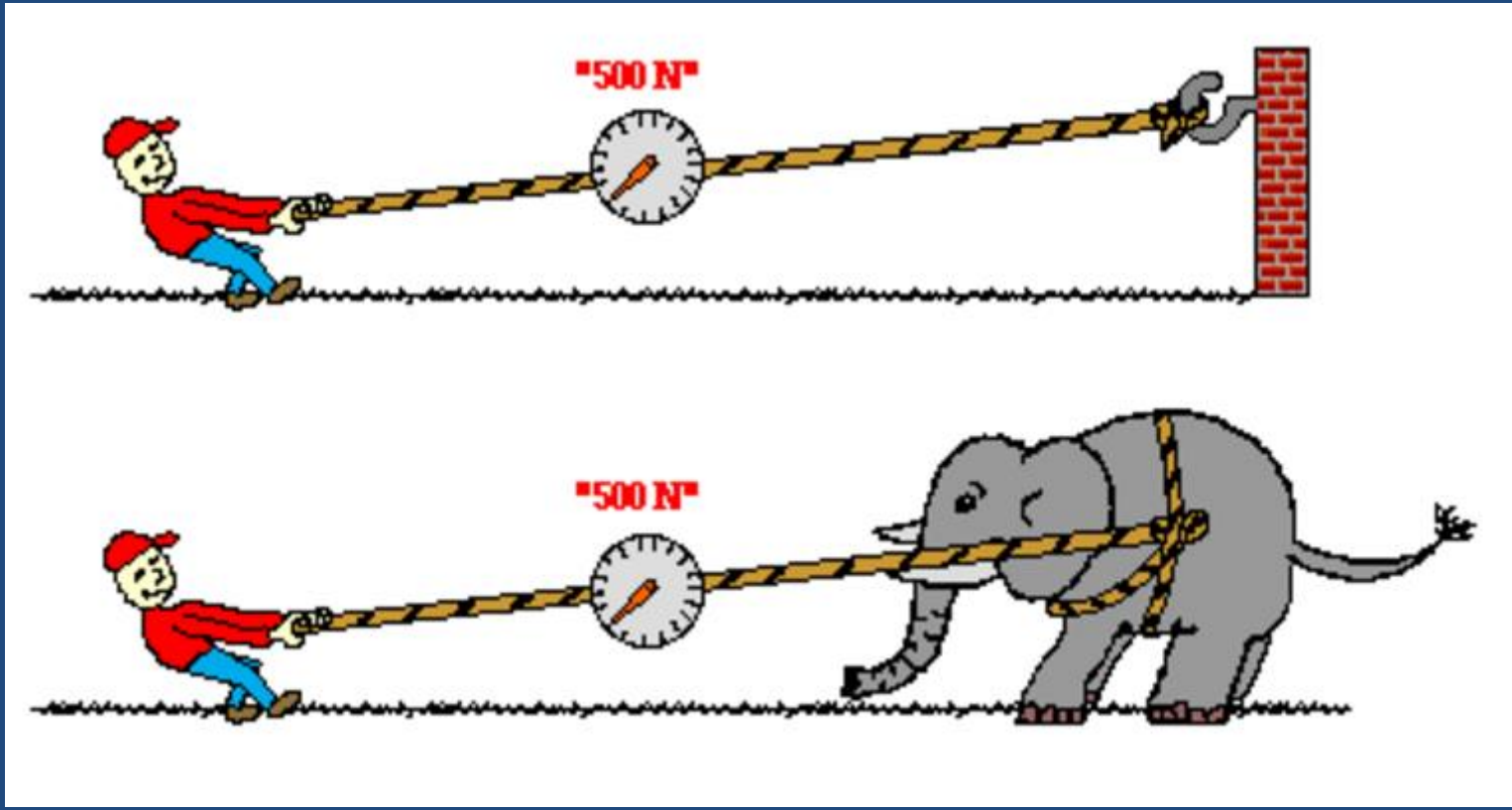
Start Date: November,28 2015

Final Date:

File Name:030-OECF-SENSOR force transducer

Force Transducer Overview

- Laws of statics
- Phenomenon of elastic reaction
- Phenomenon of piezoelectricity


"500 N"
"500 N"

Measuring the Strength of a Force

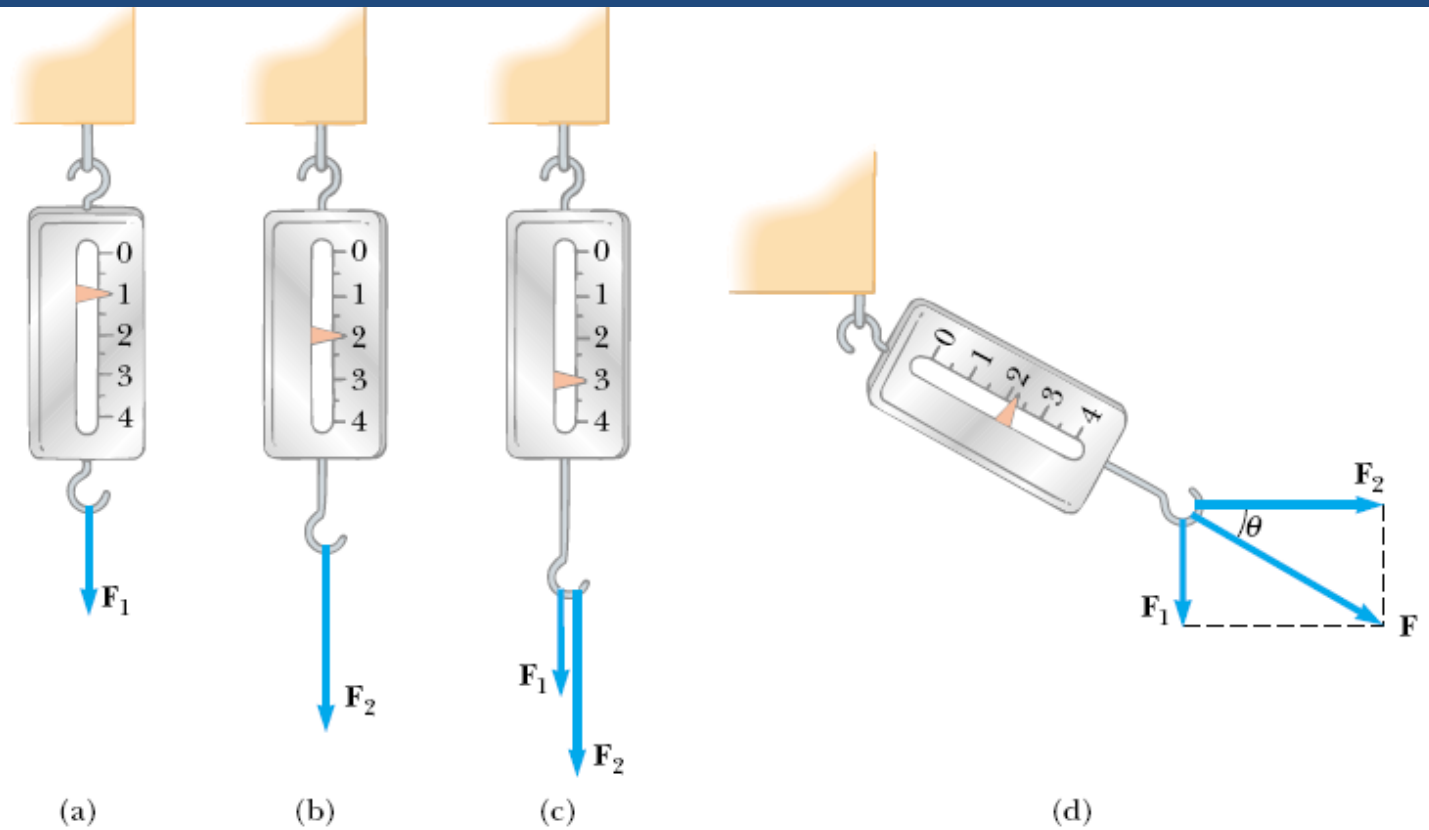


Figure 5.2 The vector nature of a force is tested with a spring scale. (a) A downward force F_1 elongates the spring 1.00 cm. (b) A downward force F_2 elongates the spring 2.00 cm. (c) When F_1 and F_2 are applied simultaneously, the spring elongates by 3.00 cm. (d) When F_1 is downward and F_2 is horizontal, the combination of the two forces elongates the spring $\sqrt{(1.00\text{ cm})^2 + (2.00\text{ cm})^2} = 2.24\text{ cm}$.

Example 5.4 A Traffic Light at Rest

A traffic light weighing 122 N hangs from a cable tied to two

other cables fastened to a support, as in Figure 5.10a. The

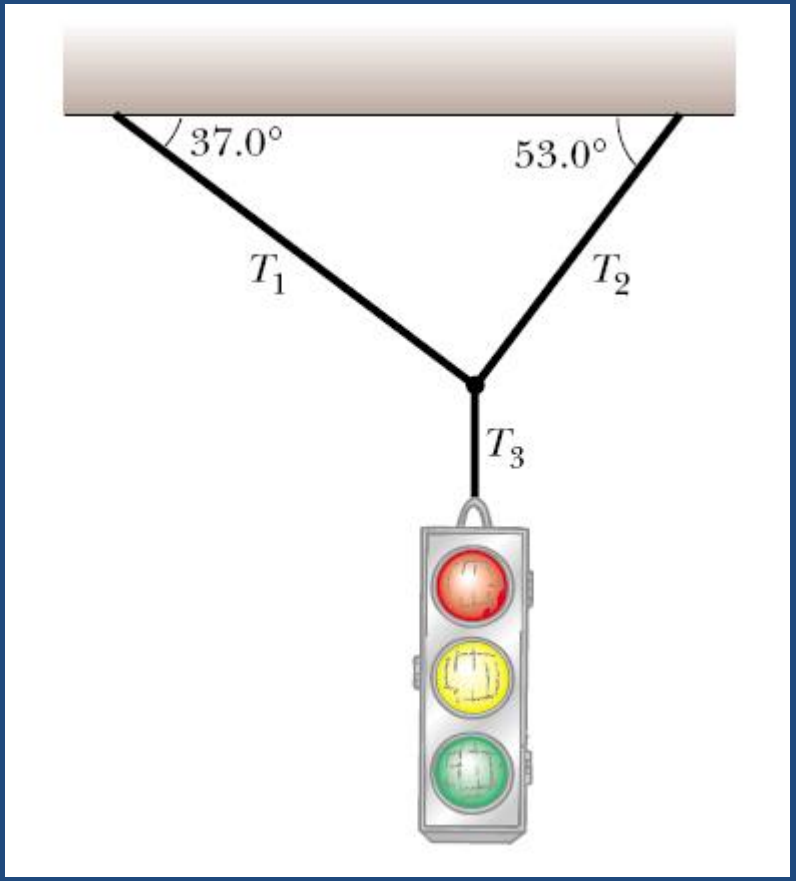
upper cables make angles of 37.0° and 53.0° with the horizontal.

These upper cables are not as strong as the vertical

cable, and will break if the tension in them exceeds 100 N.

Will the traffic light remain hanging in this situation, or will

one of the cables break?



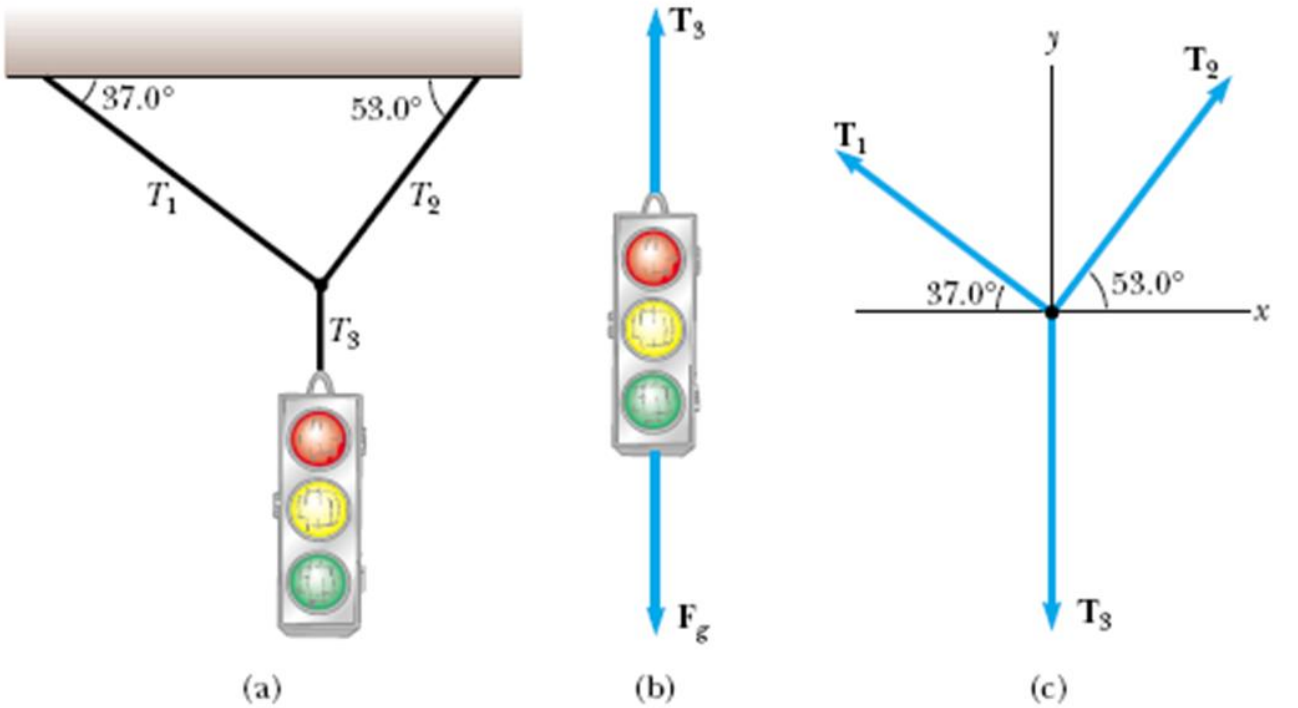


Figure 5.10 (Example 5.4) (a) A traffic light suspended by cables. (b) Free-body diagram for the traffic light. (c) Free-body diagram for the knot where the three cables are joined.

Force	x Component	y Component
$\mathbf{T}_1$	$-T_1 \cos 37.0^\circ$	$T_1 \sin 37.0^\circ$
$\mathbf{T}_2$	$T_2 \cos 53.0^\circ$	$T_2 \sin 53.0^\circ$
$\mathbf{T}_3$	0	-122 N

Knowing that the knot is in equilibrium ($\mathbf{a} = 0$) allows us to write

$$(1) \qquad \sum F_x = -T_1 \cos 37.0^\circ + T_2 \cos 53.0^\circ = 0$$

$$(2) \qquad \sum F_y = T_1 \sin 37.0^\circ + T_2 \sin 53.0^\circ + (-122 \text{ N}) = 0$$

$$(3) \qquad T_2 = T_1\left(\frac{\cos 37.0^\circ}{\cos 53.0^\circ}\right) = 1.33T_1$$

This value for T_2 is substituted into (2) to yield

$$T_1 \sin 37.0^\circ + (1.33T_1)(\sin 53.0^\circ) - 122 \text{ N} = 0$$

$$T_1 = 73.4 \text{ N}$$

$$T_2 = 1.33T_1 = 97.4 \text{ N}$$

What If? Suppose the two angles in Figure 5.10a are equal. What would be the relationship between T_1 and T_2?

Answer We can argue from the symmetry of the problem that the two tensions T_1 and T_2 would be equal to each other. Mathematically, if the equal angles are called θ, Equation (3) becomes

$$T_2 = T_1\left(\frac{\cos\theta}{\cos\theta}\right) = T_1$$

The effects of forces on materials

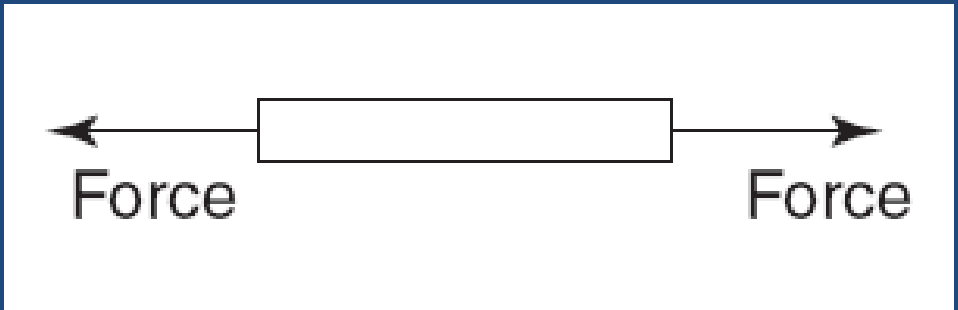
1.1 Introduction

A **force** exerted on a body can cause a change in either the shape or the motion of the body. The unit of force is the **newton, *N***.

The three main types of mechanical force that can act on a body are:
(i) tensile,
(ii) compressive, and
(iii) shear

1.2 Tensile force

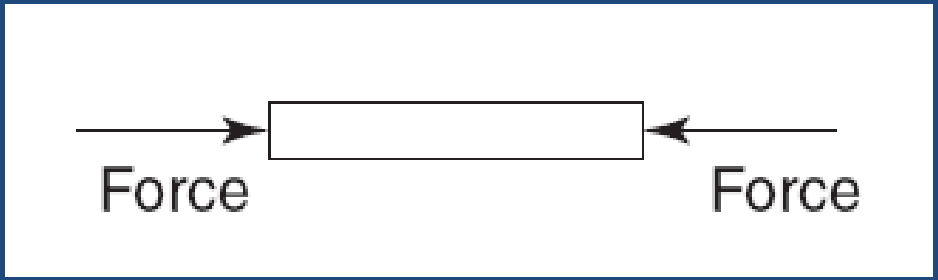
Tension is a force that tends to stretch a material, as shown in Figure 1.1. For example



- (i) the rope or cable of a crane carrying a load is in tension
- (ii) rubber bands, when stretched, are in tension
- (iii) when a nut is tightened, a bolt is under tension
- A tensile force, i.e. one producing tension, increases
- the length of the material on which it acts.

1.3 Compressive force

Compression is a force that tends to squeeze or crush a material.

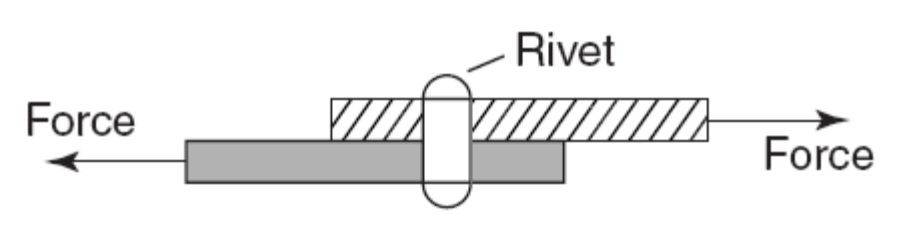


- (i) a pillar supporting a bridge is in compression
- (ii) the sole of a shoe is in compression
- (iii) the jib of a crane is in compression

A compressive force, i.e. one producing compression, will decrease the length of the material on which it acts.

1.4 Shear force

Shear is a force that tends to slide one face of the material over an adjacent face.



- (i) a rivet holding two plates together is in shear if a tensile force is applied between the plates.
- (ii) a guillotine cutting sheet metal, or garden shears, each provide a shear force.
- (iii) a horizontal beam is subject to shear force.
- (iv) transmission joints on cars are subject to shear forces.

A shear force can cause a material to bend, slide or twist.

1.5 Stress

Forces acting on a material cause a change in dimensions and the material is said to be in a state of **stress**. Stress is the ratio of the applied force *F* to cross-sectional area *A* of the material. The symbol used for tensile and compressive stress is σ (Greek letter sigma). The unit of stress is the **Pascal, Pa,** where 1 Pa = 1 N/m2.

$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ Pa}$$

- Hence where *F* is the force in Newton's and *A* is the cross-sectional area in square metres. For tensile and compressive forces, the cross-sectional area is that which is at right angles to the direction of the force. For a shear force the shear stress is equal to *F/A*, where the cross-sectional area *A* is that which is parallel to the direction of the force.
- The symbol used for shear stress is the Greek letter tau, τ .

Problem 2. A rectangular bar having a cross-sectional area of 75 mm^2 has a tensile force of 15 kN applied to it. Determine the stress in the bar.

Cross-sectional area $A = 75\ \text{mm}^2 = 75 \times 10^{-6}\ \text{m}^2$
and force $F = 15\ \text{kN} = 15 \times 10^3\ \text{N}$

$$\textbf{Stress in bar, } \sigma = \frac{F}{A} = \frac{15 \times 10^3\ \text{N}}{75 \times 10^{-6}\ \text{m}^2}$$

$$= 0.2 \times 10^9\ \text{Pa} = \textbf{200 MPa}$$

Problem 3. A circular wire has a tensile force of 60.0 N applied to it and this force produces a stress of 3.06 MPa in the wire. Determine the diameter of the wire.

Force $F = 60.0$ N and
stress $\sigma = 3.06$ MPa $= 3.06 \times 10^6$ Pa

Since $\sigma = \dfrac{F}{A}$

then area, $A = \dfrac{F}{\sigma} = \dfrac{60.0 \text{ N}}{3.06 \times 10^6 \text{ Pa}}$

$= 19.61 \times 10^{-6} \text{ m}^2 = 19.61 \text{ mm}^2$

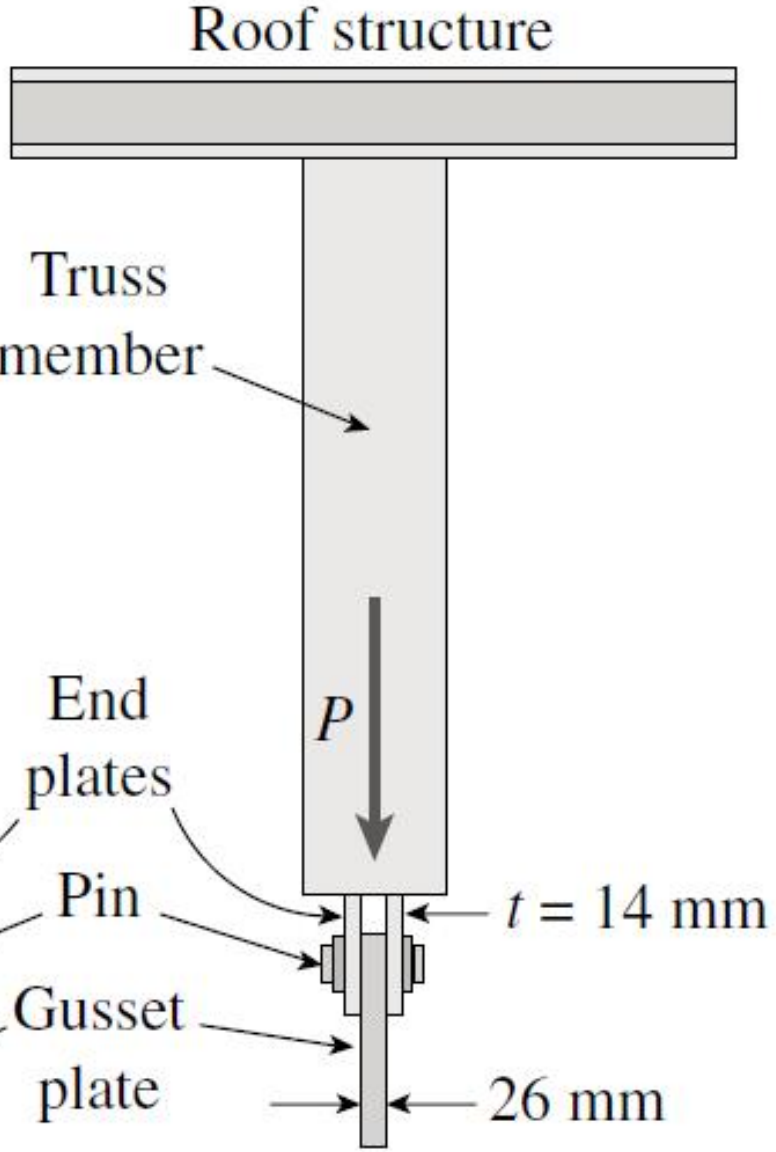
Cross-sectional area $A = \dfrac{\pi d^2}{4}$;

hence $19.61 = \dfrac{\pi d^2}{4}$, from which,

$d^2 = \dfrac{4 \times 19.61}{\pi}$ from which, $d = \sqrt{\left(\dfrac{4 \times 19.61}{\pi}\right)}$

i.e. **diameter of wire = 5.0 mm**

P

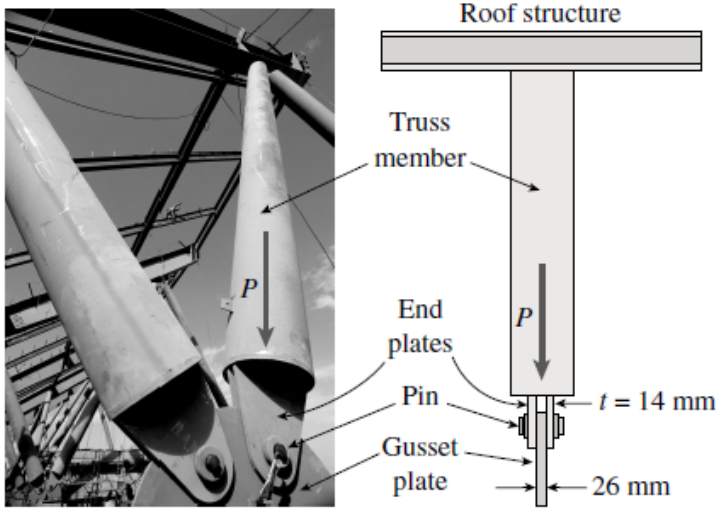

Roof structure
Truss member
P
End plates
Pin
Gusset plate
t = 14 mm
26 mm

Problem 1.6-2 Truss members supporting a roof are connected to a 26-mm-thick gusset plate by a 22 mm diameter pin as shown in the figure and photo. The two end plates on the truss members are each 14 mm thick.

(a) If the load $P = 80$ kN, what is the largest bearing stress acting on the pin?

(b) If the ultimate shear stress for the pin is 190 MPa, what force P_{ult} is required to cause the pin to fail in shear?

(Disregard friction between the plates.)



Solution 1.6-2

NUMERICAL DATA

$t_{ep} = 14$ mm

$t_{gp} = 26$ mm

$P = 80$ kN

$d_p = 22$ mm

$\tau_{ult} = 190$ MPa

(a) BEARING STRESS ON PIN

$$\sigma_b = \frac{P}{d_p t_{gp}}$$ gusset plate is thinner than $(2\ t_{ep})$ so gusset plate controls

$\sigma_b = 139.9$ MPa ←

(b) ULTIMATE FORCE IN SHEAR

Cross sectional area of pin

$$A_p = \frac{\pi d_p^2}{4}$$

$A_p = 380.133\ mm^2$

$P_{ult} = 2\tau_{ult} A_p$ $P_{ult} = 144.4$ kN ←

Problem 1.6-5 The force in the brake cable of the V-brake

system shown in the figure is *T* 45 lb. The pivot pin at *A* has

diameter *dp* 0.25 in. and length *Lp* 5/8 in.

Use dimensions show in the figure. Neglect the weight of the

brake system.

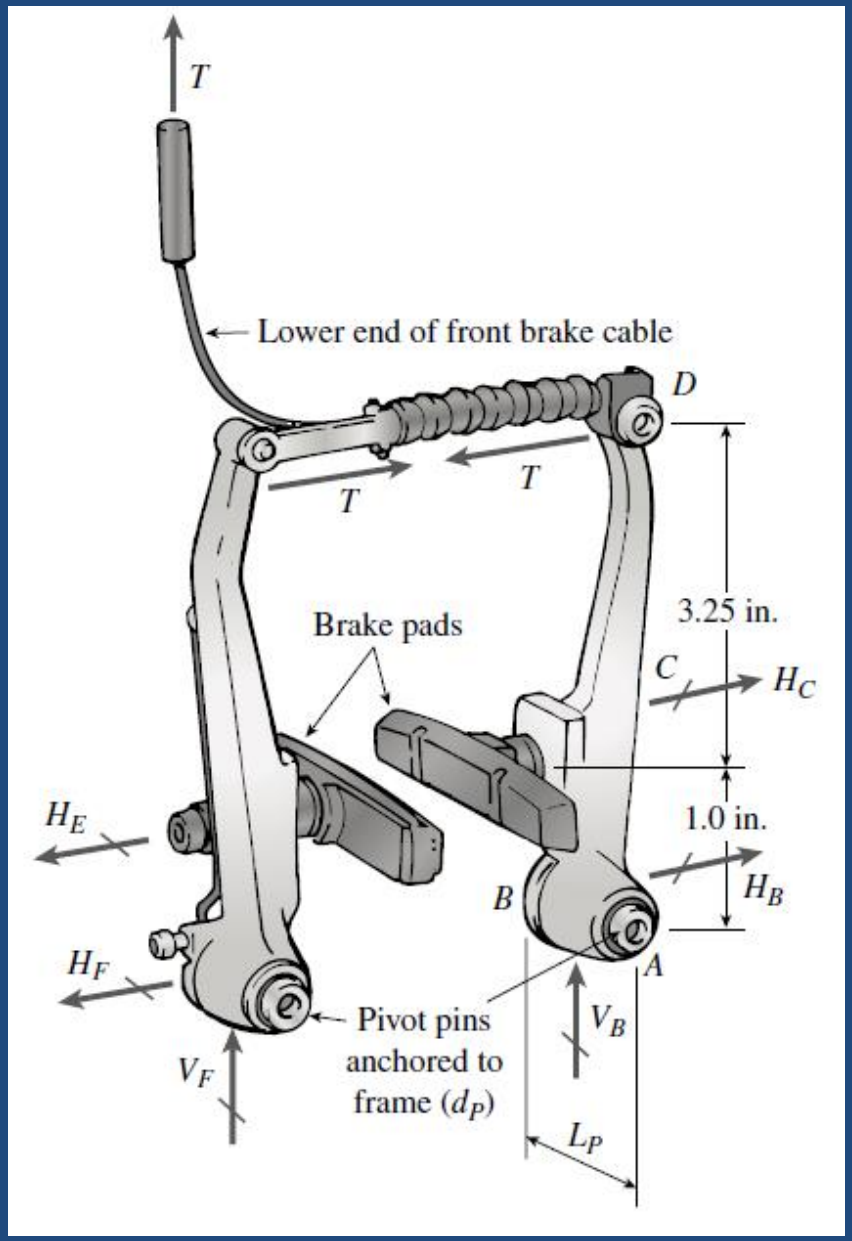
(a) Find the average shear stress aver in the pivot pin where it

is anchored to the bicycle frame at *B*.

(b) Find the average bearing stress *b*,aver in the pivot pin over

segment *AB*.

3.25



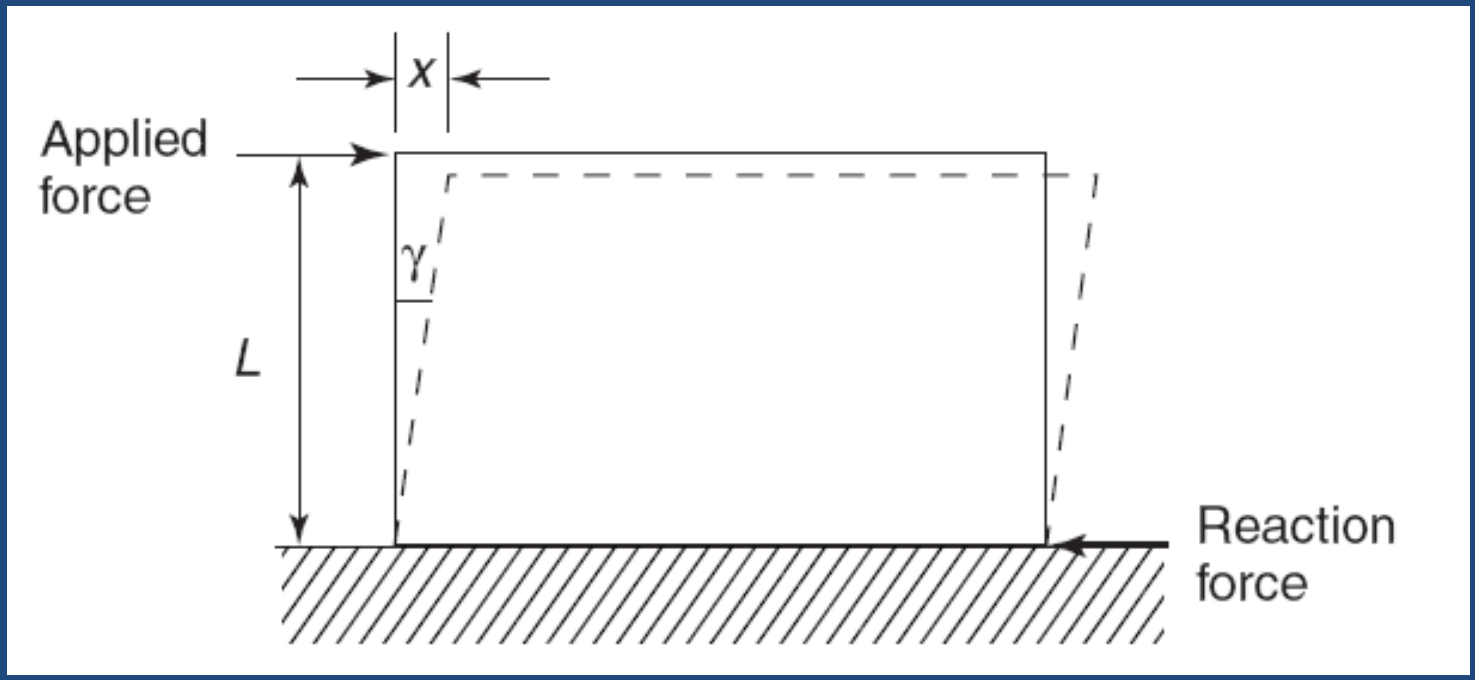
1.6 Strain

The fractional change in a dimension of a material produced by a force is called the **strain**. For a tensile or compressive force, strain is the ratio of the change of length to the original length. The symbol used for strain is ε (Greek epsilon). For a material of length L metres which changes in length by an amount x metres when subjected to stress,

$$\varepsilon = \frac{x}{L}$$

Strain is dimension-less and is often expressed as a percentage, i.e.

$$\text{percentage strain} = \frac{x}{L} \times 100$$



For a shear force, strain is denoted by the symbol γ (Greek letter gamma).

$$\gamma = \frac{x}{L}$$

Problem 4. A bar 1.60 m long contracts axially by 0.1 mm when a compressive load is applied to it. Determine the strain and the percentage strain.

$$\textbf{Strain } \varepsilon = \frac{\text{contraction}}{\text{original length}} = \frac{0.1 \text{ mm}}{1.60 \times 10^3 \text{ mm}}$$

$$= \frac{0.1}{1600} = \mathbf{0.0000625}$$

$$\textbf{Percentage strain} = 0.0000625 \times 100 = \mathbf{0.00625\%}$$

Problem 5. A wire of length 2.50 m has a percentage strain of 0.012% when loaded with a tensile force. Determine the extension of the wire.

$$\text{Original length of wire} = 2.50 \text{ m} = 2500 \text{ mm}$$

$$\text{and strain} = \frac{0.012}{100} = 0.00012$$

$$\text{Strain } \varepsilon = \frac{\text{extension } x}{\text{original length } L}$$

$$\text{hence, } \mathbf{extension} \quad x = \varepsilon L = (0.00012)(2500)$$

$$= \mathbf{0.30 \text{ mm}}$$

ความเครียด (Strain)

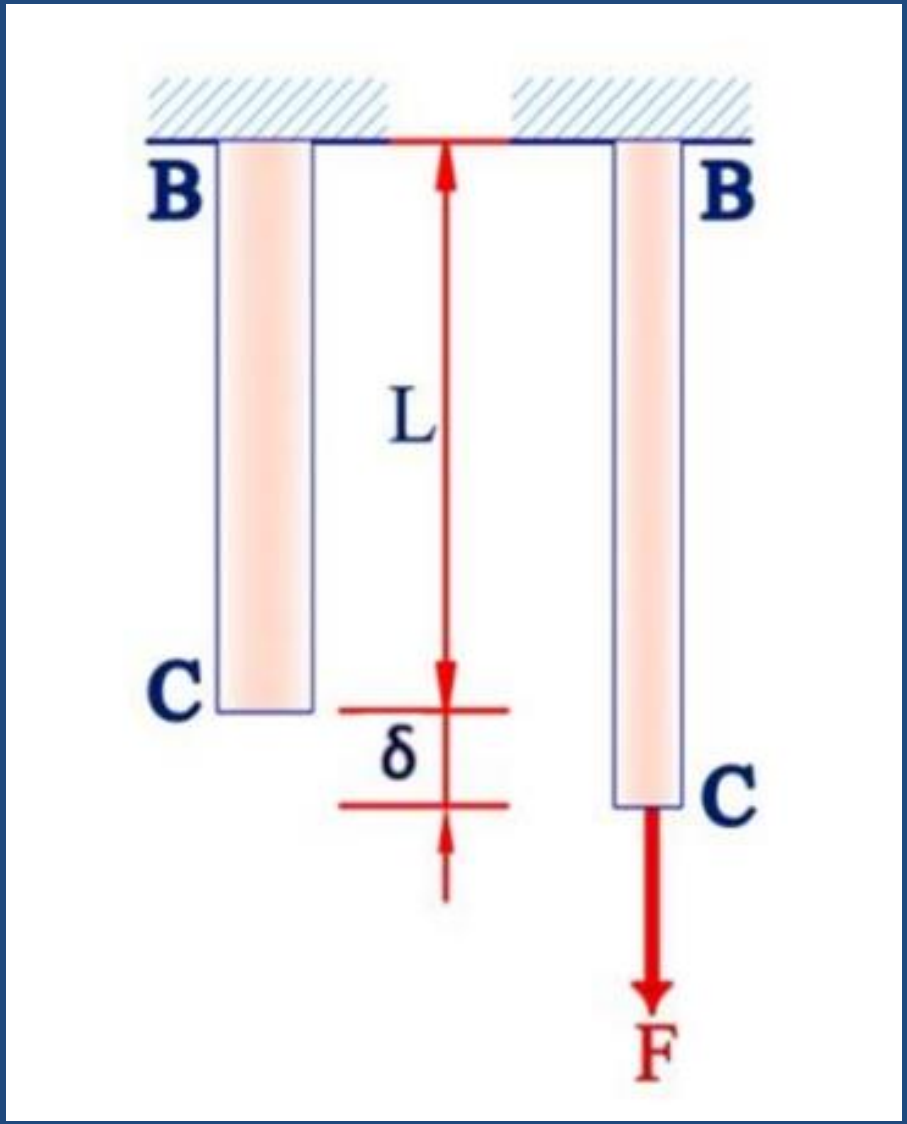
- ความเครียด (Strain) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของวัตถุเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ กับวัตถุ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นการเปลี่ยนแปลงต่อขนาดเดิมซึ่งหมายถึงความยาวที่เปลี่ยนไปต่อความยาวเดิม ใช้สัญลักษณ์ ϵ เรียกว่า (epsilon)
- ความเครียดดึง (Tensile strain)
- ความเครียดอัด (Compressive strain)
- ความเครียดเฉือน (Shear strain)

Tensile strain ε

ความเครียดดึง

ความเครียดดึงเกิดขึ้นเมื่อวัตถุอยู่ภายใต้แรงดึงทำให้วัตถุยืดออกเท่ากับ δ delta โดยแรงกระทำแนวแรงต้องตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัดเสมอ ใช้สัญลักษณ์ ε epsilon

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L}$$



ε : ความเครียดดึง (ไม่มีหน่วย)

δ : ความยาวที่เปลี่ยนไป mm.

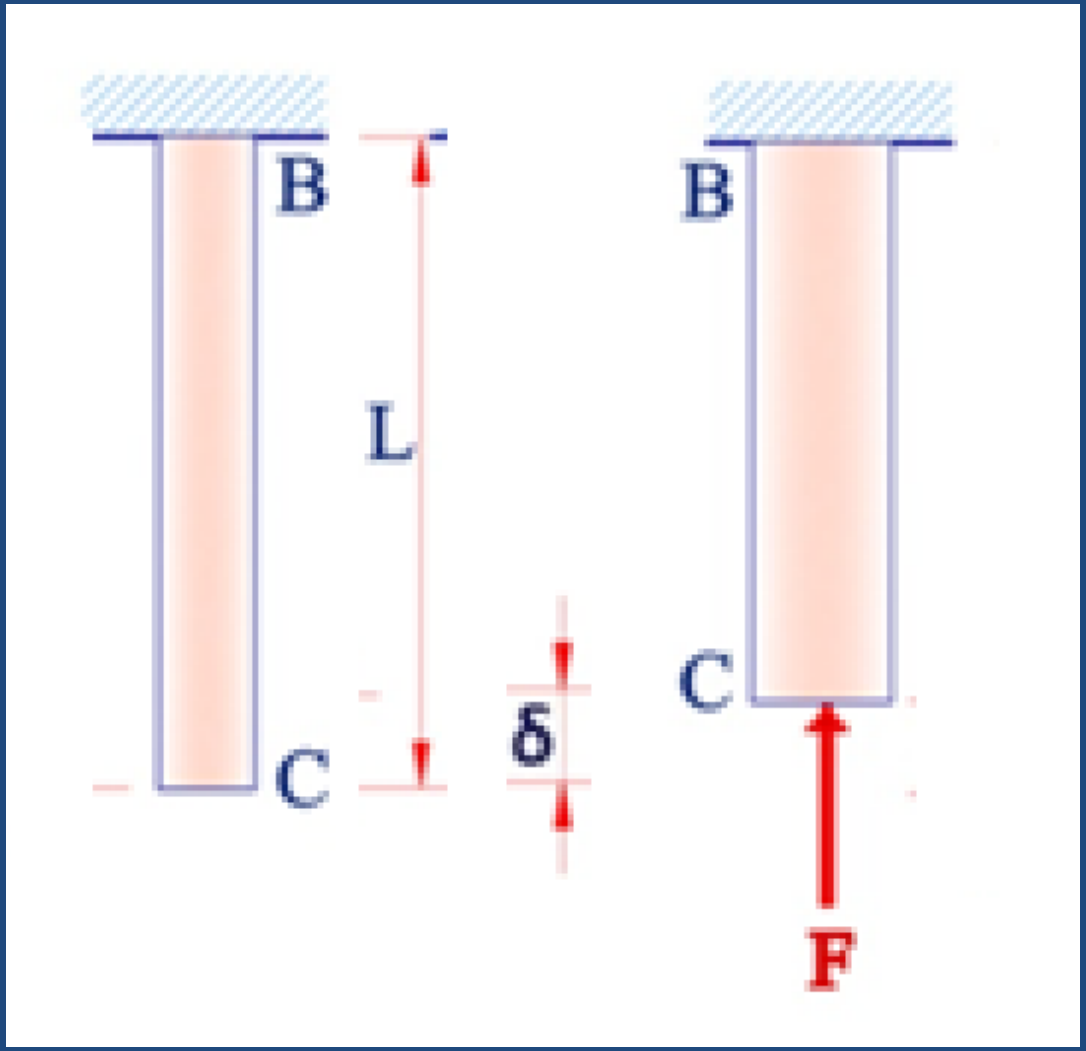
L : คือ ความยาวเดิมของวัตถุ mm.

Compressive strain ε

ความเครียดอัด

ความเครียดอัดเกิดขึ้นเมื่อวัตถุอยู่ภายใต้แรงอัด ทำให้วัตถุหดตัวลงเท่ากับ δ (delta) โดยแรงกระทำ แนวแรงต้องตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัดเสมอ ใช้สัญลักษณ์ ε

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L}$$



ε : ความเครียดดึง (ไม่มีหน่วย)

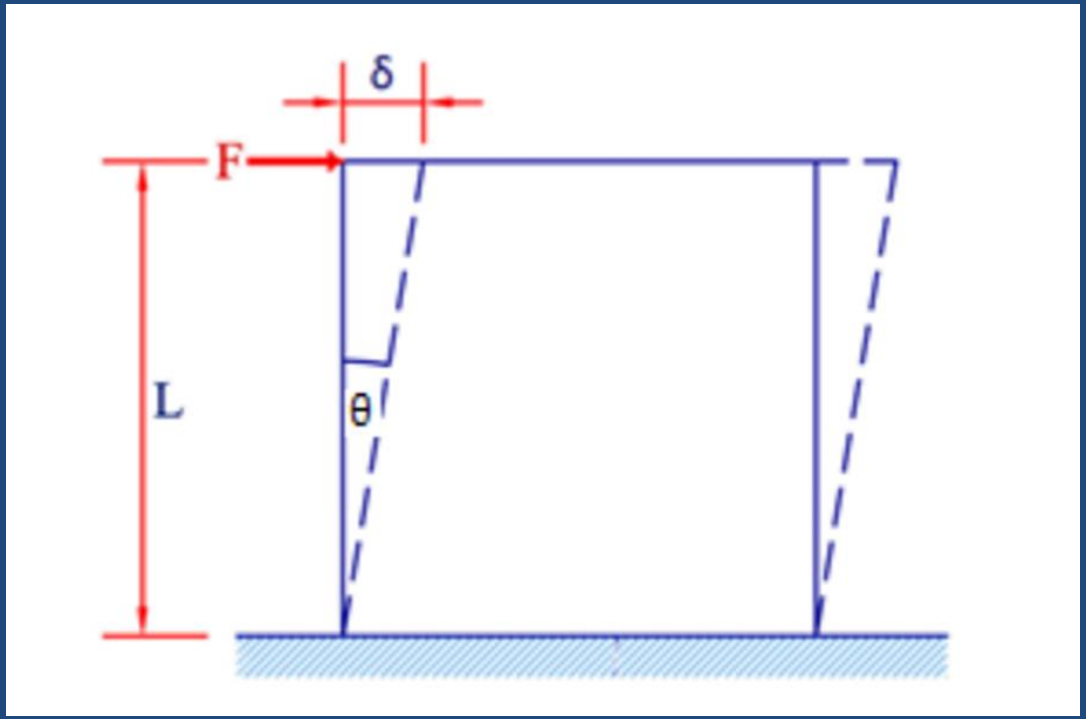
δ : ความยาวที่เปลี่ยนไป mm.

L : คือ ความยาวเดิมของวัตถุ mm.

Shear strain γ

ความเครียดเฉือน

ความเครียดเฉือน (Shear strain) ความเครียดเฉือน ใช้สัญลักษณ์ γ (gamma) เกิดขึ้นเมื่อวัตถุอยู่ภายใต้แรงเฉือน ทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงไปเป็นมุมเท่ากับ θ



$$\gamma = \frac{\delta}{L}$$

γ : ความเครียดเฉือน (Radian)

δ : ความยาวที่เปลี่ยนแปลงไป (mm.)

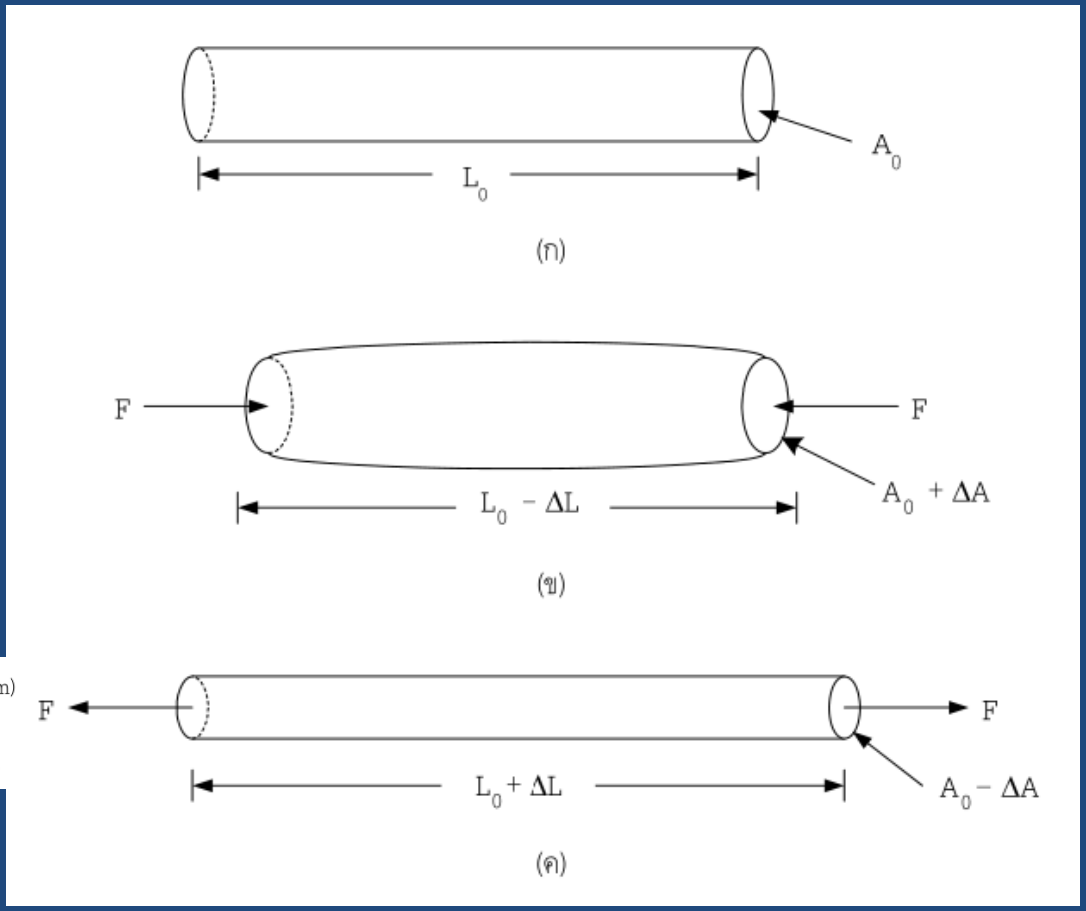
L : ความยาว (mm.)

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A}$$

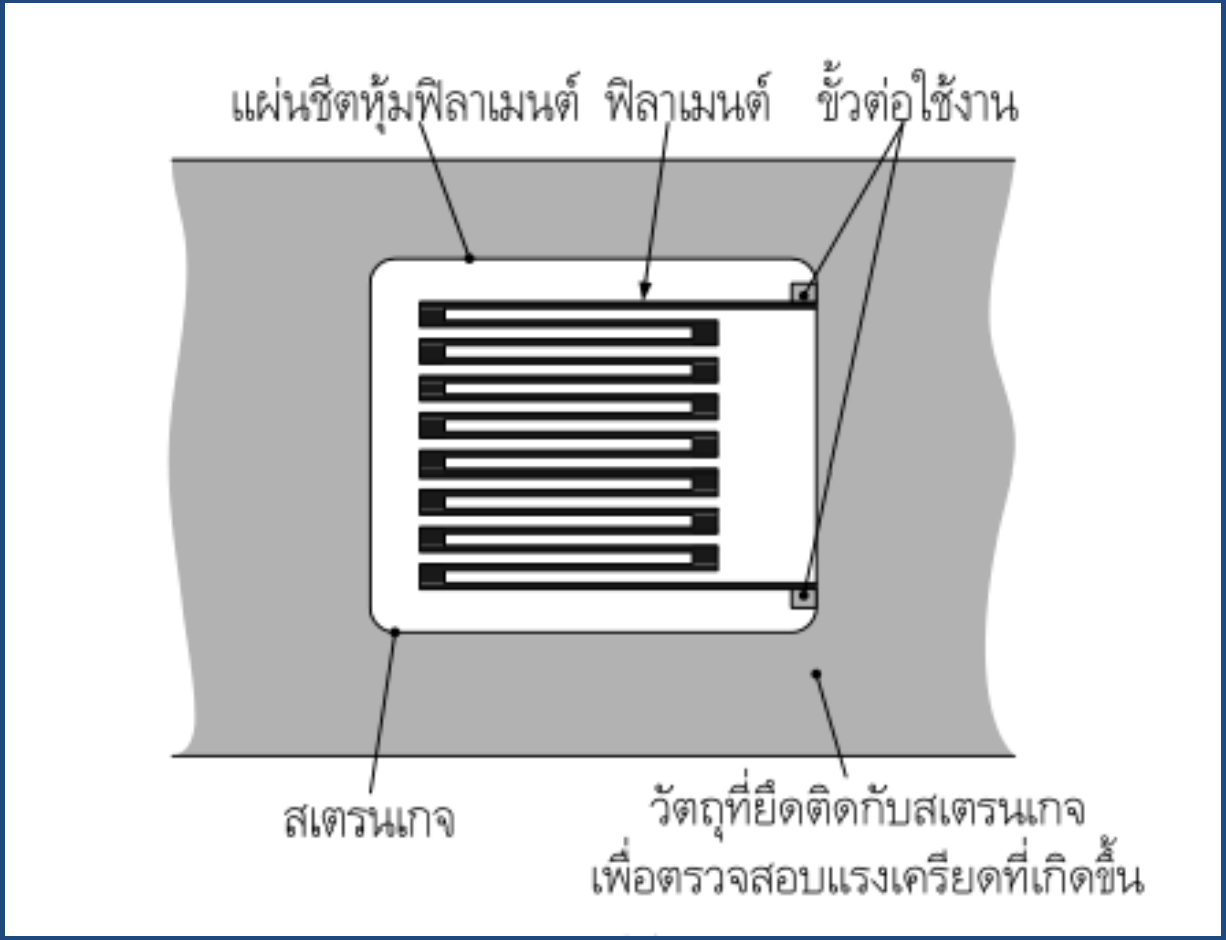
ρ คือ ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของวัสดุตัวนำ มีหน่วยเป็น โอห์ม.เมตร (Ω.m)

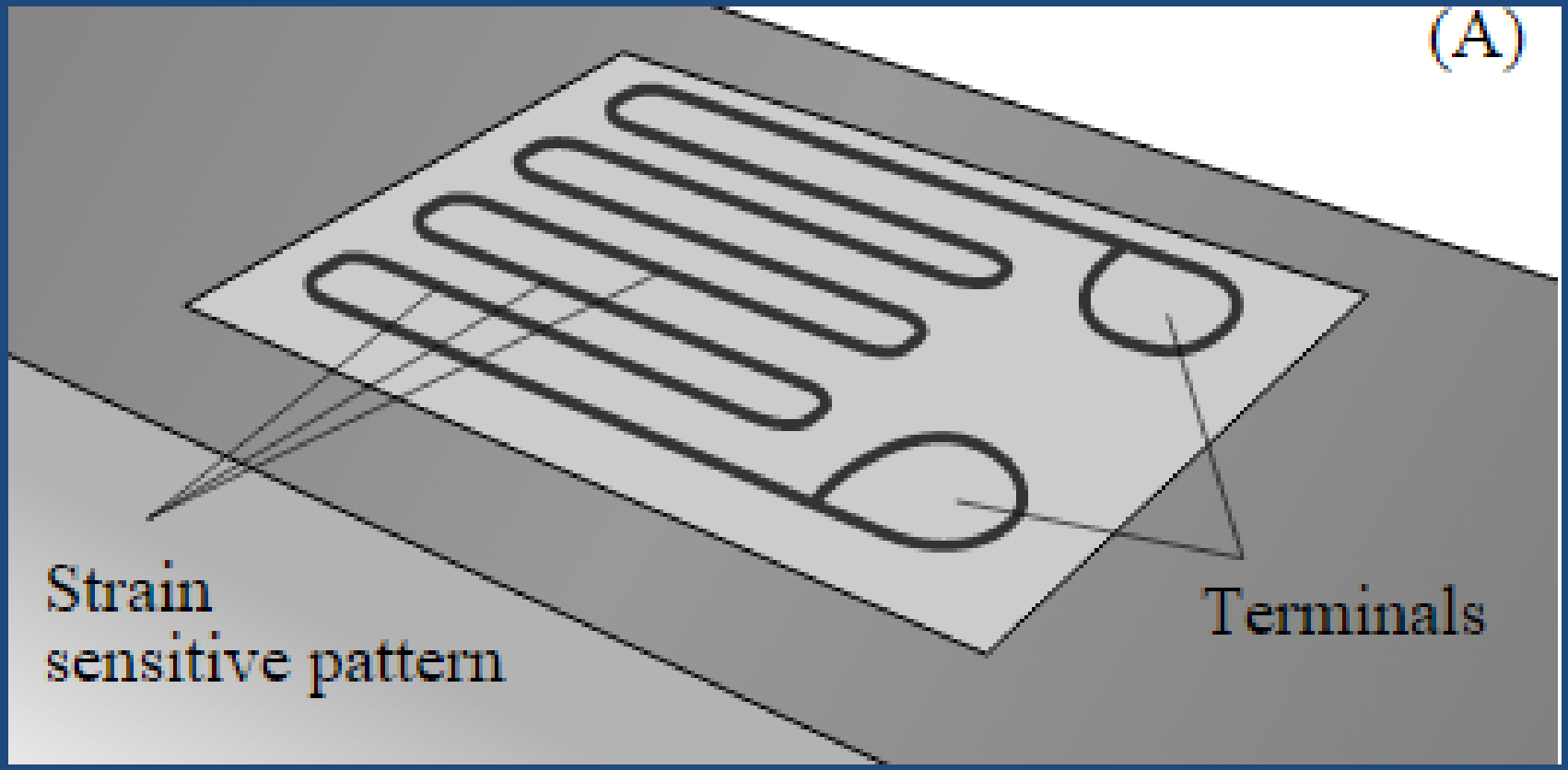
L คือ ความยาวของวัสดุตัวนำ มีหน่วยเป็น เมตร (m)

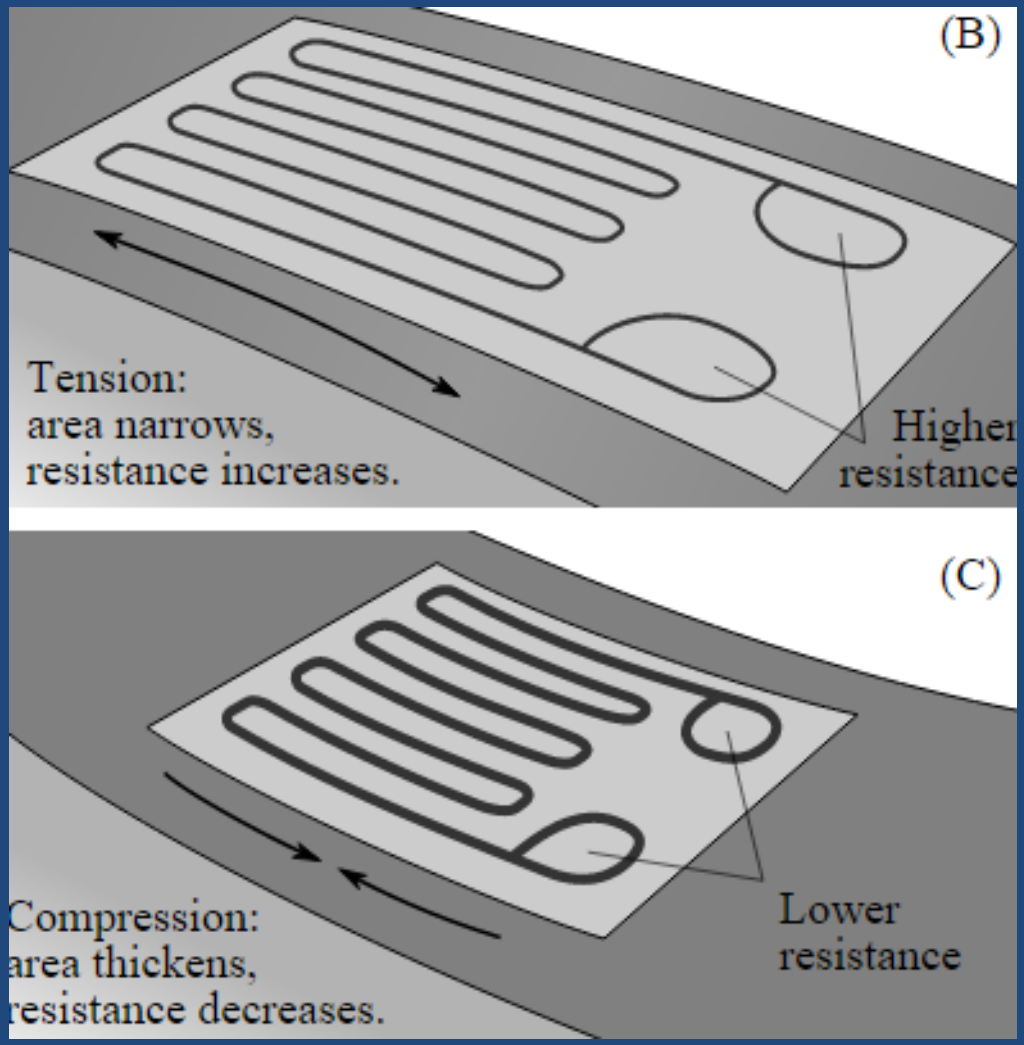
A คือ พื้นที่หน้าตัดของวัสดุตัวนำมีค่าเท่ากับ πr^2 มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)

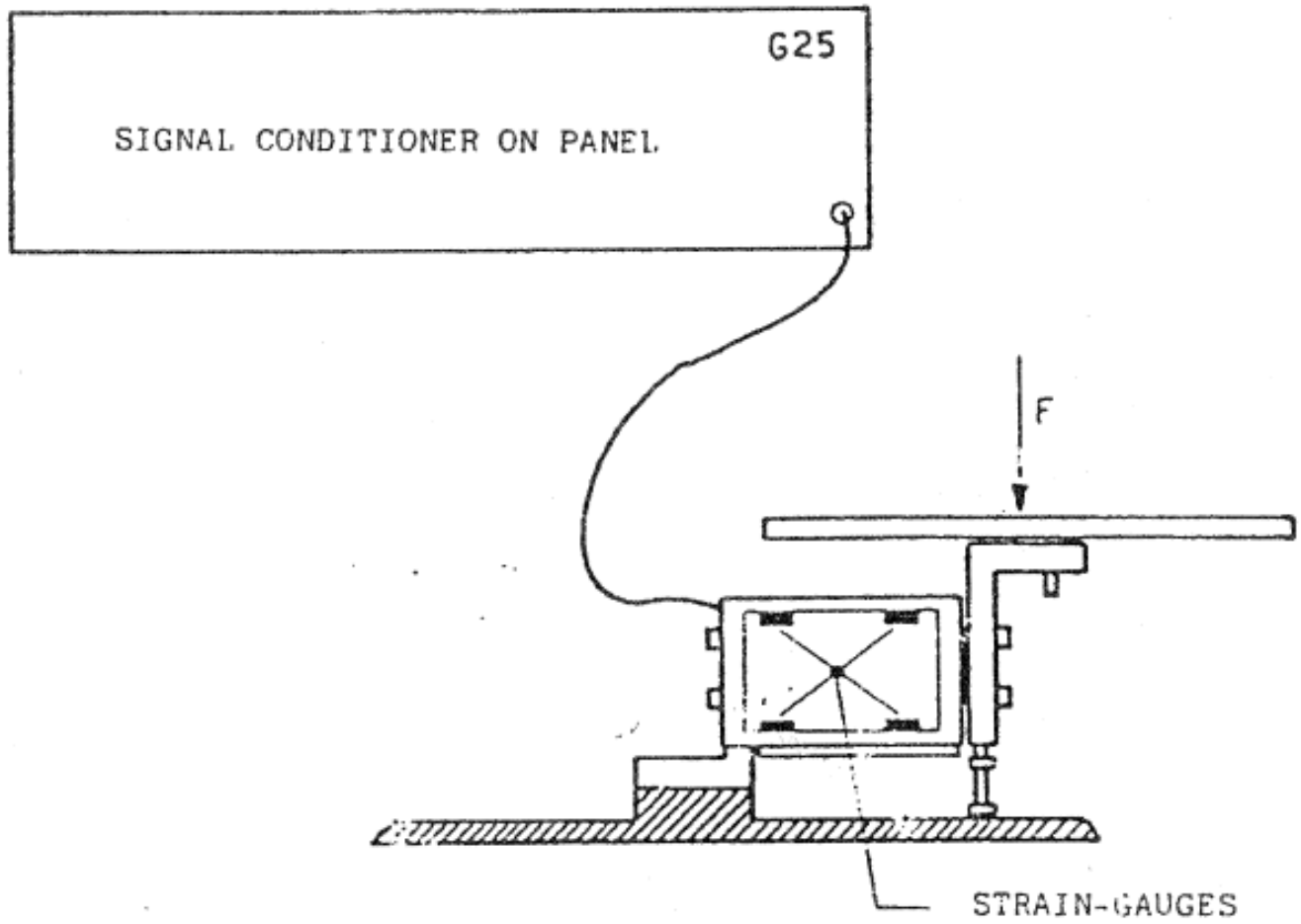


(ก) สภาวะปกติ (ข) เมื่อถูกแรงบีบ (ค) เมื่อถูกแรงดึง

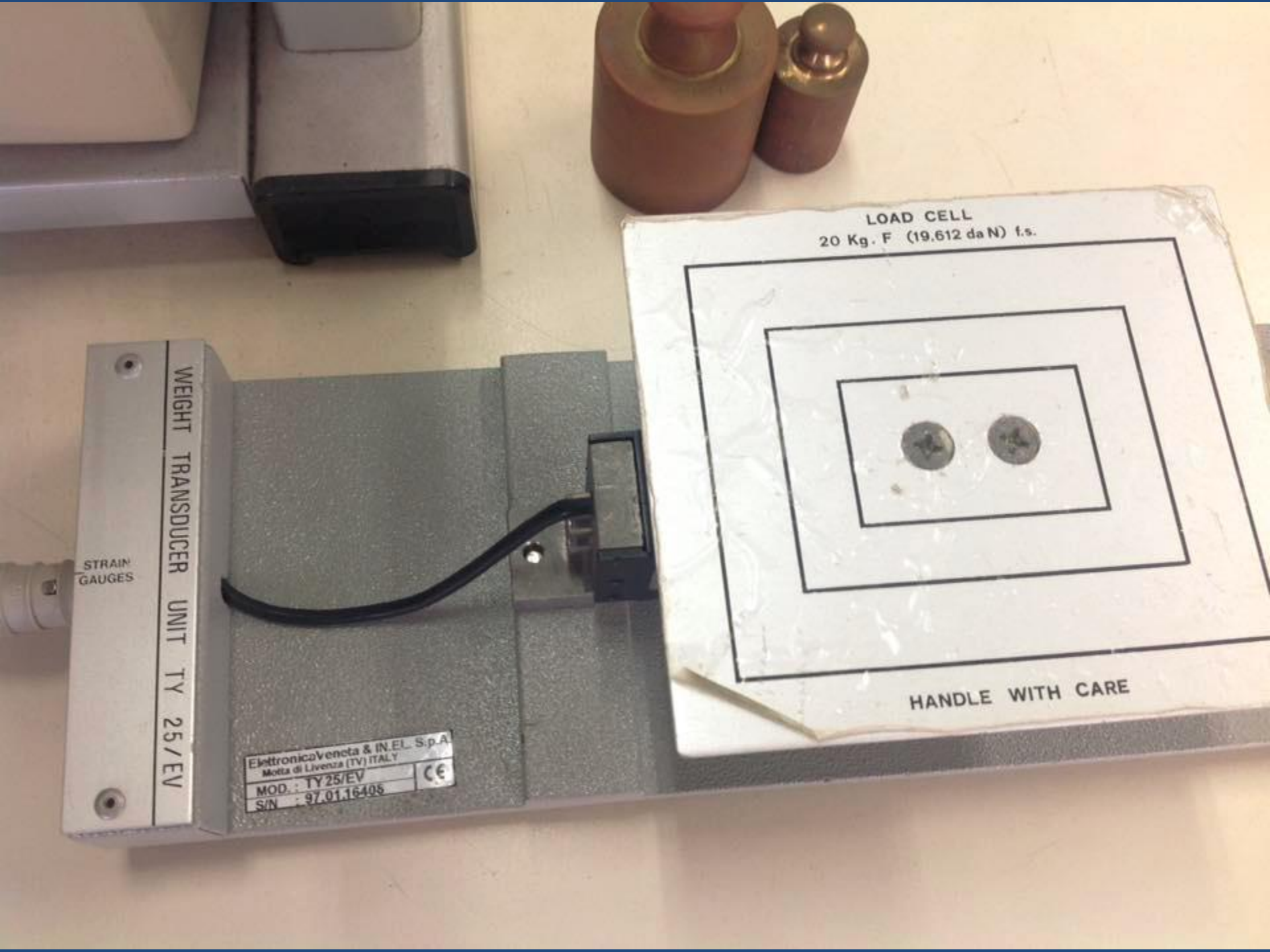

แผ่นชีตหุ้มฟิลาเมนต์
ฟิลาเมนต์
ขั้วต่อใช้งาน
สเตรนเกจ
วัตถุที่ยึดติดกับสเตรนเกจ
เพื่อตรวจสอบแรงเครียดที่เกิดขึ้น


(A)
Strain
sensitive pattern
Terminals

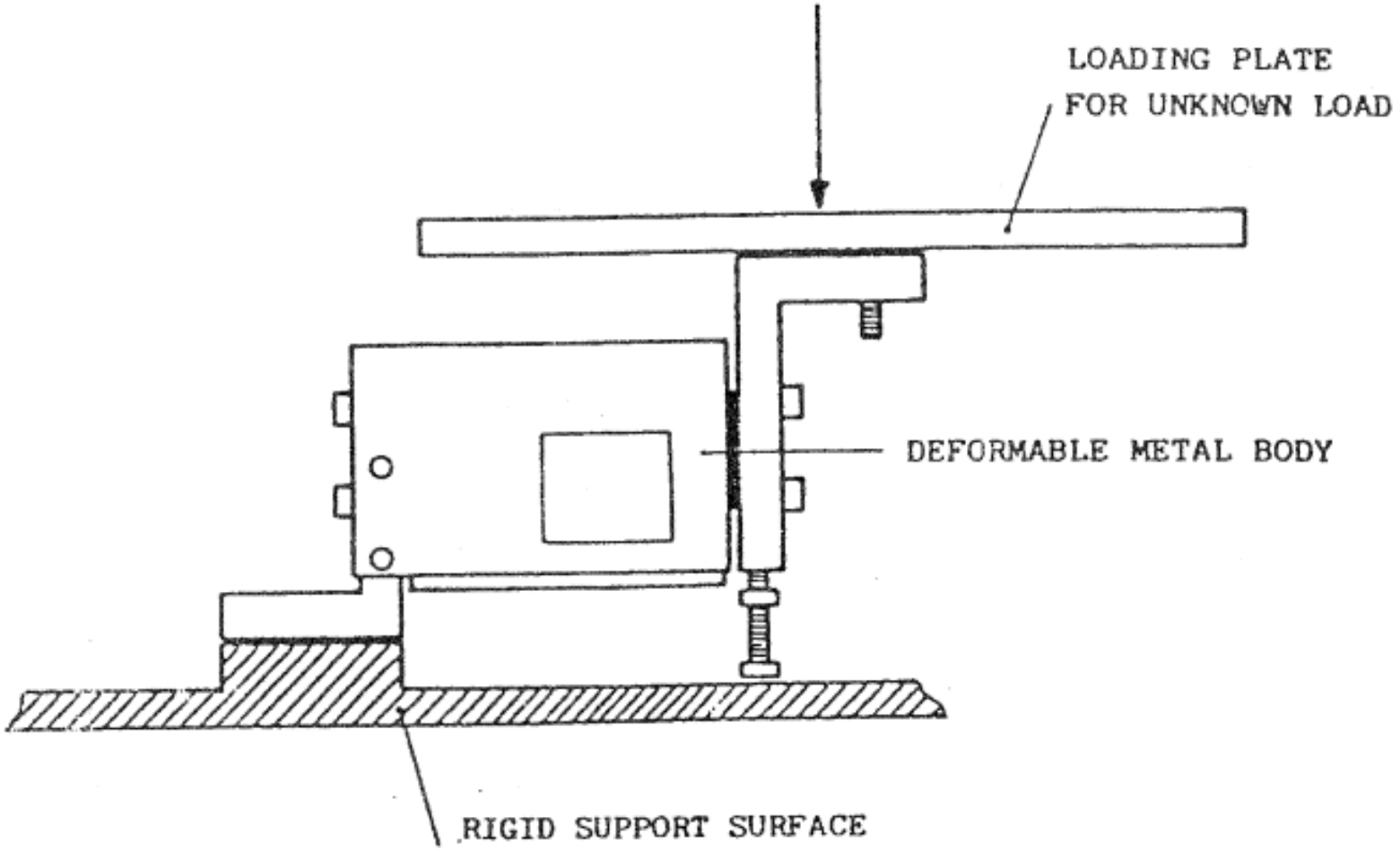

(B)
Tension:
area narrows,
resistance increases.
Higher
resistance
(C)
Compression:
area thickens,
resistance decreases.
Lower
resistance



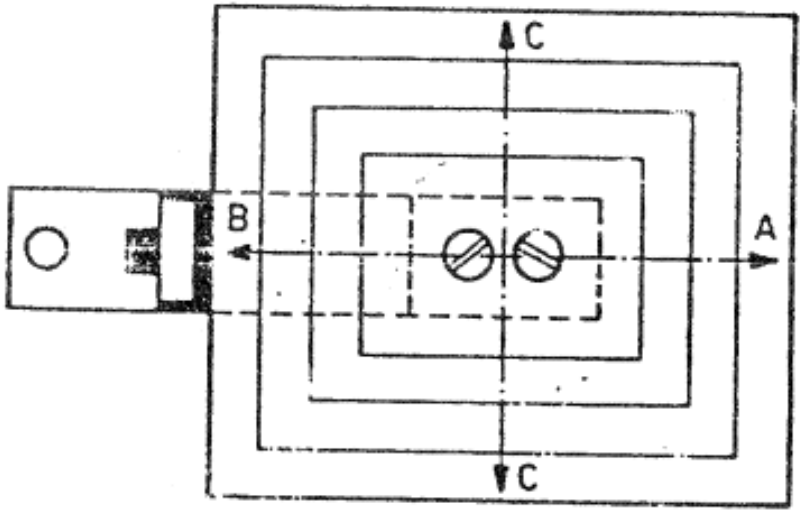
รูป 2.1


LOAD CELL
20 Kg. F (19.612 da N) f.s.
HANDLE WITH CARE
WEIGHT TRANSDUCER UNIT TY 25/EV
STRAIN GAUGES
ElettronicaVeneta & IN.EL. S.p.A.
Motta di Livenza (TV) ITALY
MOD. : TY25/EV
S/N : 97.01.16405
CE

ตัวตรวจจับที่ใช้ในชุดทดลองเป็นโหลดเซล ที่ทำจาก extensometer ความต้านทาน แรงจะกระทำต่อโครงสร้างทำให้เกิดการยืดหดตัว ดังรูปที่ 2.2



รูป 2.2



A	=	0.006%	fs/cm
B	=	0.005%	fs/cm
C	=	0.0002%	fs/cm

รูป 2.3

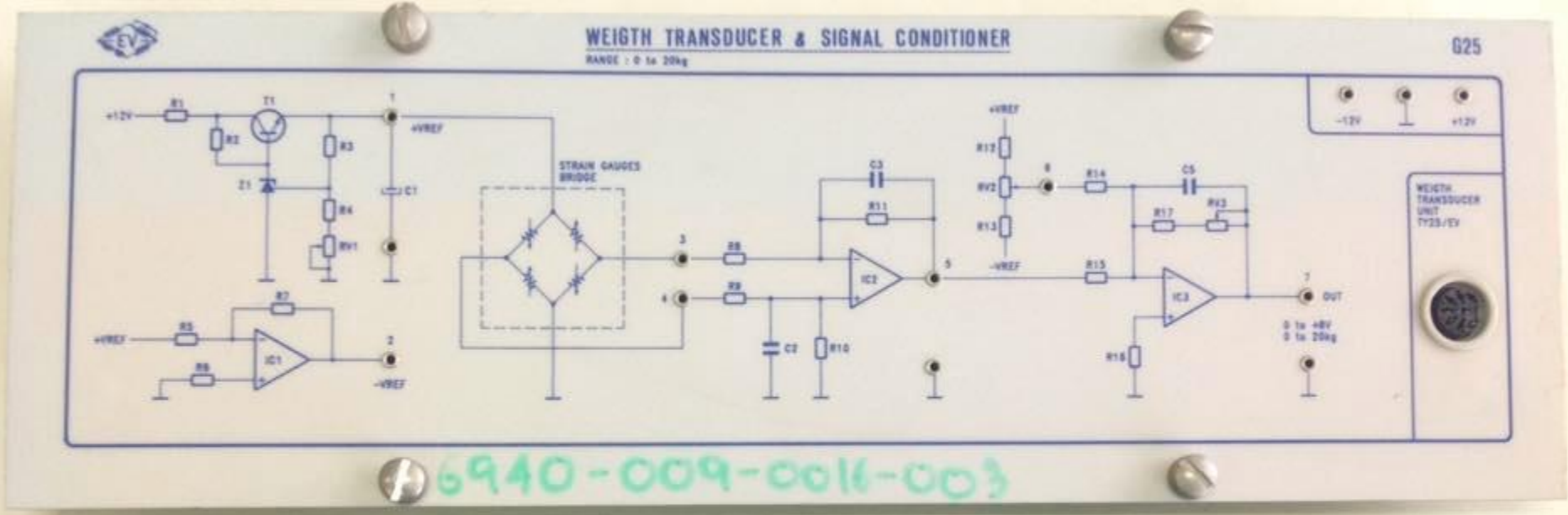
เมื่อ % fs/cm เป็นเปอร์เซนต์ของค่าเต็มสเกลสำหรับระยะทางแต่ละเซนติเมตรระหว่างจุดที่รับโหลดและแกนของโหลดเซลที่รับโหลด

ค่านี้จะแสดงพื้นที่ที่ตัวตรวจจับจะทำการวัดได้ เช่น สามารถใช้กับรูปร่างของโหลดสูงถึง 15x20 cm การให้น้ำหนักเกินพิกัดจะทำให้เสียหายได้ ควรใช้น้ำหนักประมาณ 0.5 - 2.0 kg ในกรณีที่เกิดการสั่น ช็อค หรือ น็อค แรงที่จ่ายให้กับมวลจะคูณด้วยความเร่ง (F = ma) และตัวตรวจจับอาจจะกำลังรับแรงเกินพิกัดได้ และในกรณีที่ของหล่นลงบนตัวตรวจจับจะทำให้ค่าเต็มสเกลสูงกว่าความเป็นจริงได้

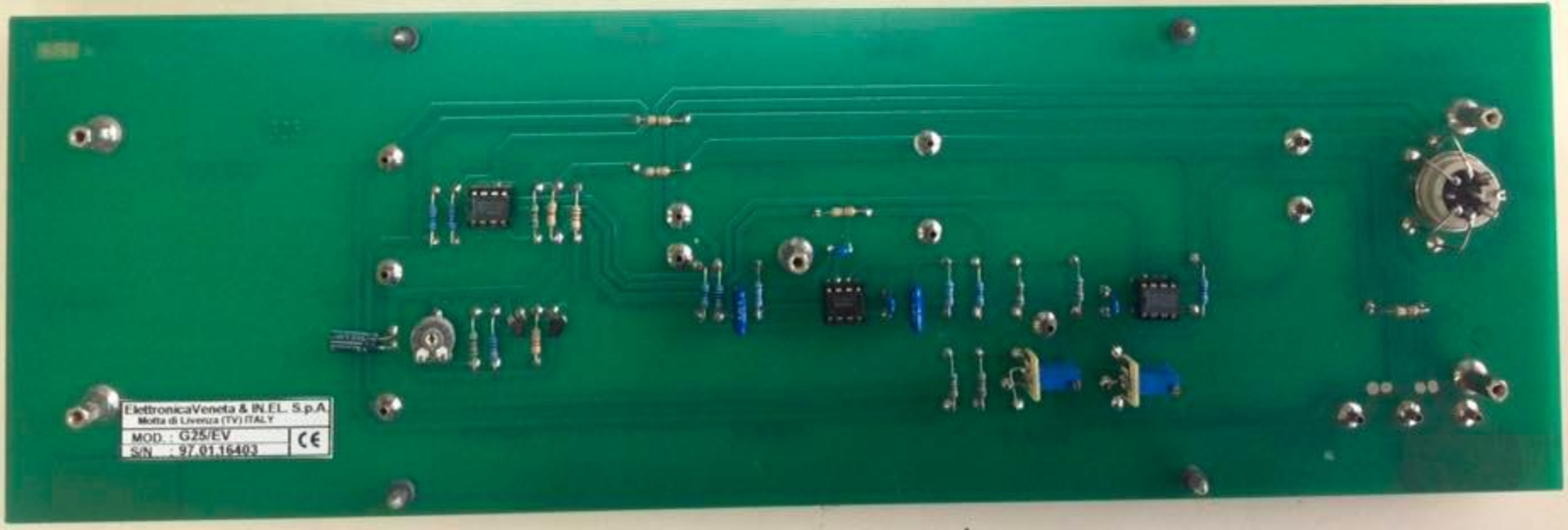
2.2 ตัวปรับสภาพสัญญาณ

ตัวปรับสภาพสัญญาณสำหรับทรานสดิวเตอร์วัดแรงกับ โหลดเซล extensometer ความต้านทานมีความจำเป็นเพราะว่าสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากทรานสดิวเซอร์ มีค่าต่ำมาก ตัวปรับสภาพสัญญาณจะต้องมีเกนขยายที่สูง ต้องมีการปรับออฟเซต และปรับเปลี่ยนเกนขยายได้เพื่อที่จะทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับแรงเหมาะสม วงจรเชื่อมต่อแสดงตามรูป 2.5

แรงดันกระตุ้น +Vref (8V) ได้จากแรงดันเร็กกลูเลท Z1 (TL431) วงจรรวม IC1 จะสร้าง -Vref (-8V) แรงดันอ้างอิงจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิต่ำที่สุด (สูงสุด 0.015%/°C) อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง 50 °C (ปกติอุณหภูมิแวดล้อมเปลี่ยนแปลง 20°C ถึง 70 °C จะไปทำให้จำกัดย่านการวัด) เป็นสาเหตุทำให้แรงดันกระตุ้นเปลี่ยน 0.075V หรือเท่ากับ 7 ใน พัน สามารถไม่คำนึงถึงได้

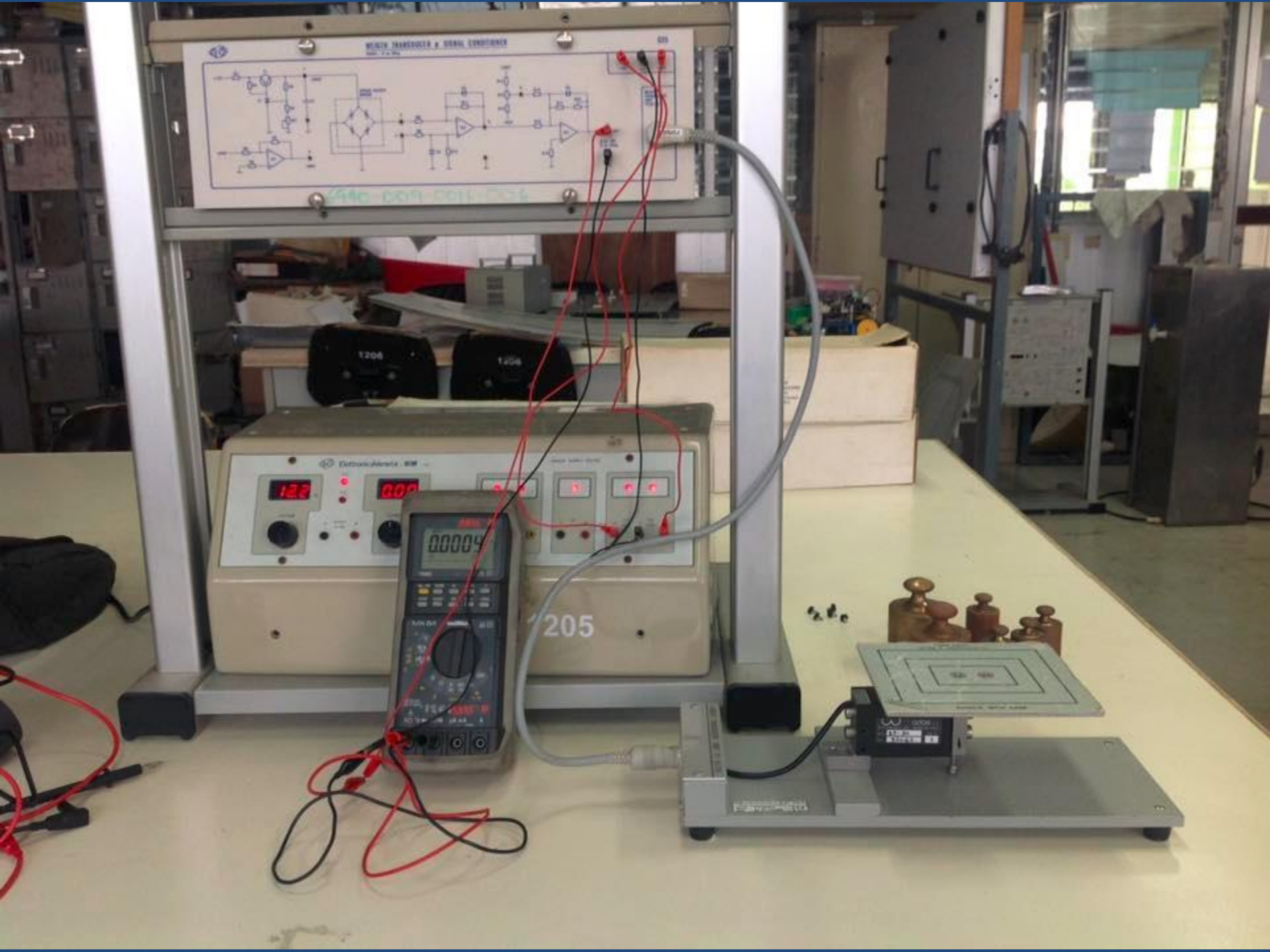


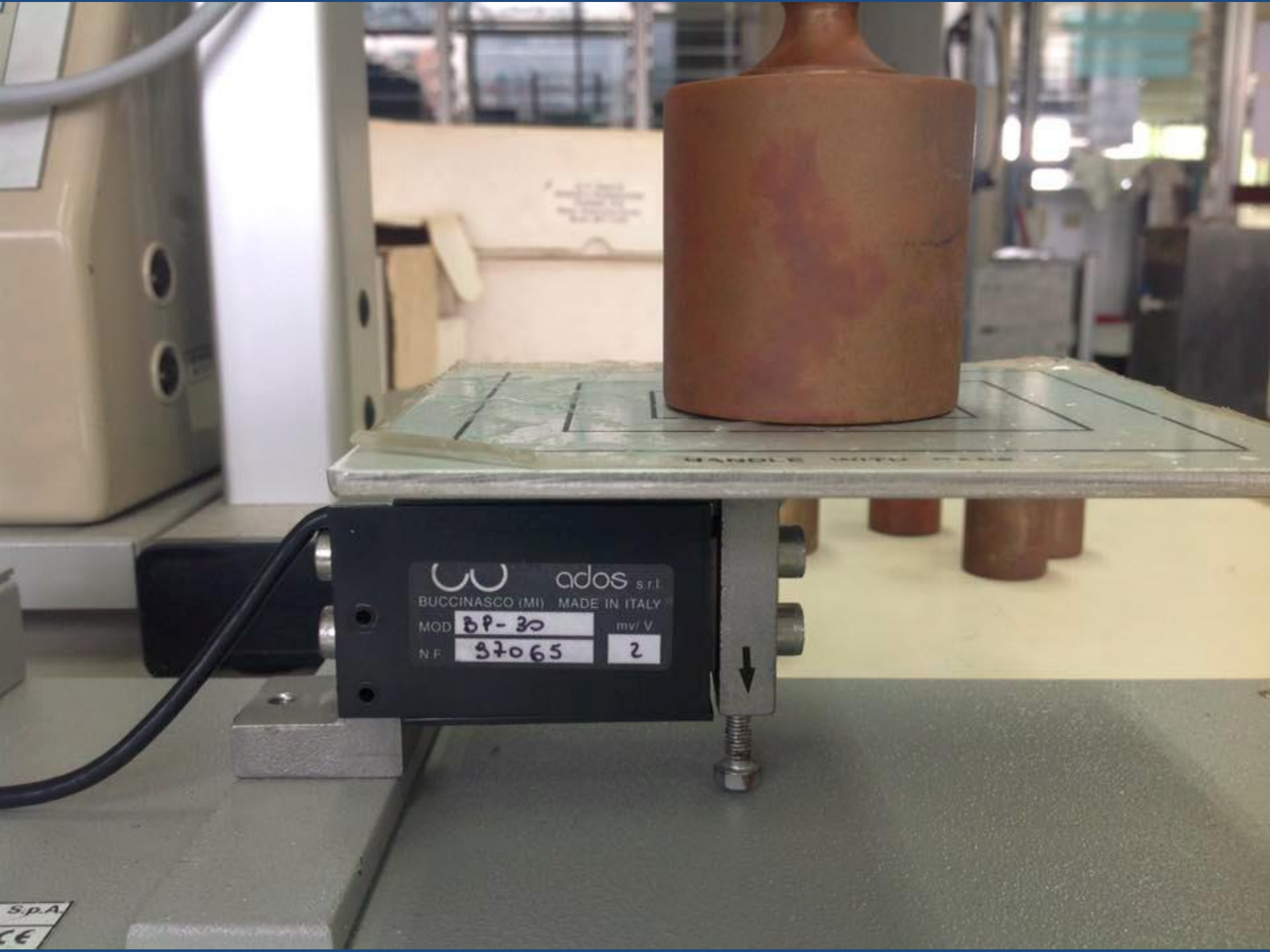
6940-009-0016-003



6940-009-0
ElettronicaVeneta & IN.EL. S.p.A.
Motta di Livenza (TV) ITALY
MOD. : G25/EV
S/N : 97.01.16403
CE

09-0016-003


1205


ados s.r.l
BUCCINASCO (MI) MADE IN ITALY
MOD BP-30
mv/V
N.F. 37065
2

3.1 การปรับเทียบตัวปรับสภาพสัญญาณ

จุดประสงค์

เพื่อทำการปรับเทียบตัวปรับสภาพสัญญาณเช่นปรับเทียบเมื่อไม่มีน้ำหนัก เอาท์พุทที่ได้เท่ากับศูนย์ และที่น้ำหนัก 20 kg สัญญาณเอาท์พุทเท่ากับ 8 V

เครื่องมือที่ต้องการ

- ดิจิตอลมัลติมิเตอร์

วิธีทดลอง

- ต่อแหล่งจ่าย +/- 12 โวลต์ และ 0 โวลต์เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ
- ต่อโหลดโมดูลเข้ากับแผงทดลองด้วยสายไฟ
- ต่อดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ที่จุดที่ 1 กับกราวน์
- เปิดสวิทช์แหล่งจ่ายไฟ
- ปรับตัวต้านทาน RV1 จนกระทั่งแรงดันเอาท์พุทได้เท่ากับ 8 V ที่ดิจิตอลโวลต์มิเตอร์(ปรับแรงดันกระตุ้น)

- ต่อดิจิตอลโวลต์มิเตอร์กับสัญญาณเอาท์พุท
- ปรับตัวต้านทาน RV2 จนกระทั่งดิจิตอลโวลต์มิเตอร์อ่านได้ ศูนย์(ปรับค่าออฟเซทที่โหลดเซล)
- วางน้ำหนักตัวอย่าง 20 kg บนโหลดเซล
- ปรับตัวต้านทาน RV3 จนกระทั่งดิจิตอลโวลต์มิเตอร์อ่านได้ 8 V (ปรับสเกลของตัวปรับสภาพสัญญาณ)

LOAD CELL
20 Kg. F (19.612 da N) f.s.
HANDLE WITH CARE
WEIGHT
ASYC II
00004
TRMS
SEL/ON
ZOOM
Hz
SURV
HOLD
PRINT
RANGE
REL
PK +/-
metrix
MX54
OFF
COM
μA mA
A

0.7984
HANDLE WITH CARE
MX84
COM

3.2 การวัดกราฟแรงดันเอาท์พุทเปรียบกับแรง

จุดประสงค์

เพื่อทำการแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่อินพุทของทรานสดิวเซอร์กับแรงดันเอาท์พุท

เครื่องมือที่ต้องการ

- ดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ ขนาด 3 ½ หลัก

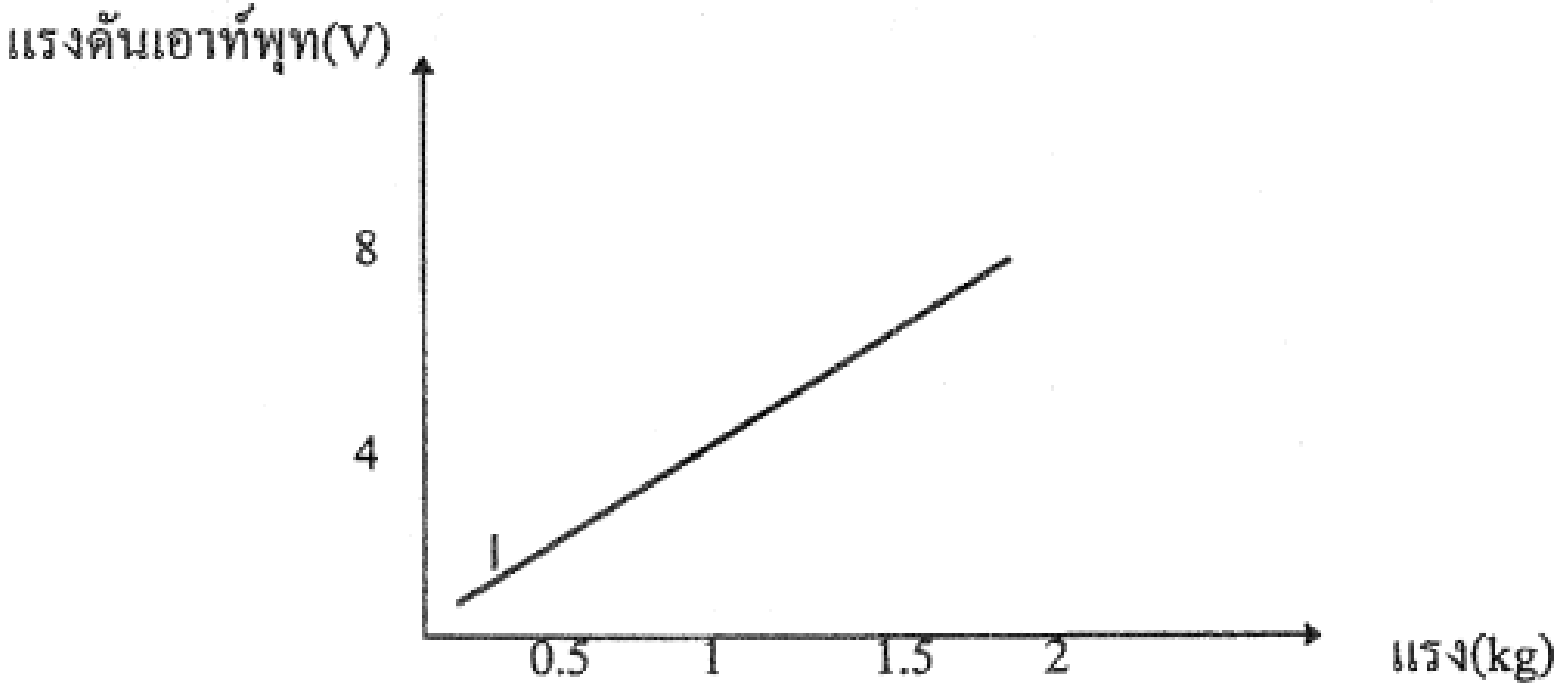
วิธีทดลอง

- ทำการปรับเทียบตัวปรับสภาพสัญญาณ
- ต่อดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ที่เครื่องหมาย OUT
- ให้น้ำหนักตัวอย่าง กับโหลดเซล(อยู่ในช่วง 10 kg) วัดแรงดันเอาท์พุท
- นำข้อมูลที่ได้จดลงในตารางที่ 3.1

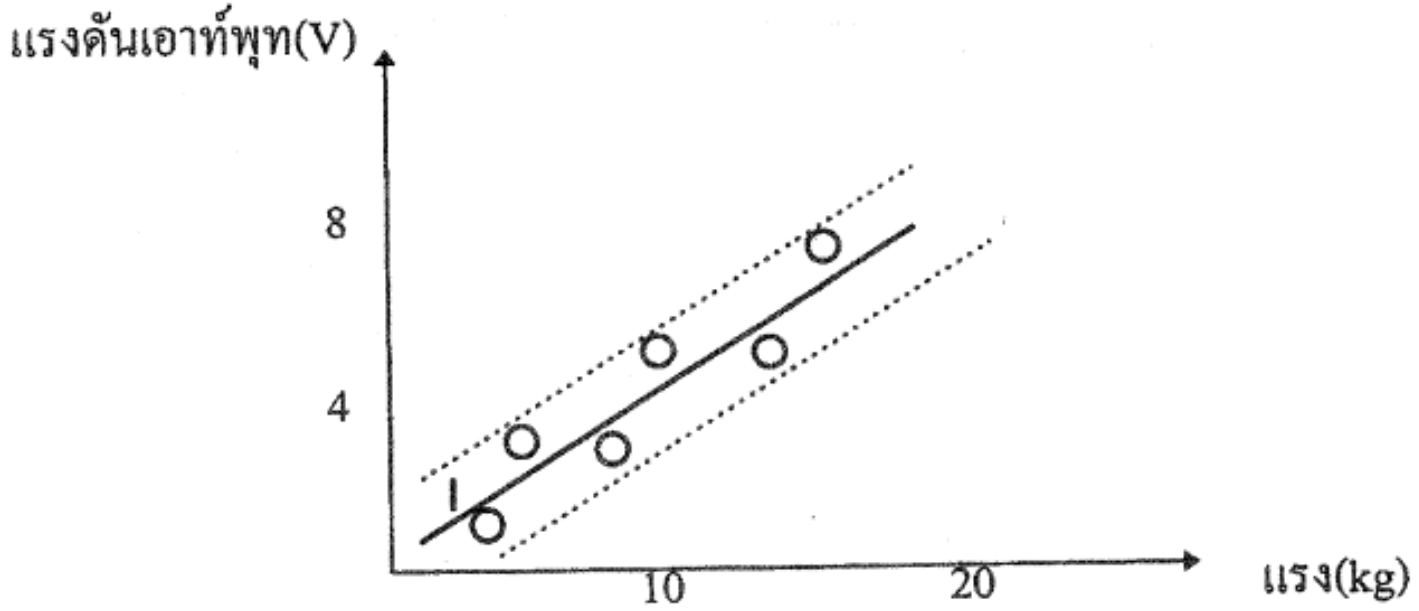
และนำค่าที่ได้วาดกราฟโดยให้แรงอยู่แกน X และให้แรงดันเอาท์พุทอยู่แกน Y กราฟนี้จะแสดงคุณลักษณะของตัวปรับสภาพสัญญาณ

จำนวน	แรง(kg)	แรงดันเอ๊าพุท(โวลต์)

ตาราง 3.1



รูป 3.1



วาดเส้นตรงสองเส้นมีระยะห่างจากเส้นตรงที่ดีที่สุดเท่ากันและจะต้องครอบคลุมทุกจุดข้อมูล ลากเส้นตรงขนานกับแกน y และหาค่าที่แรงดันที่เส้นนี้ตัดผ่านสองจุด ค่าความเป็นเชิงเส้นจะบอกเป็นเปอร์เซนต์เทียบกับค่าเต็มสเกลดังนี้

$$+/- \ 1/8 * \frac{V2 - V1}{F.S.O.} = \text{ความเป็นเชิงเส้น}$$

3.5 การหาค่าการวัดที่เปลี่ยนแปลงเมื่ออุณหภูมิของโหลดเซลเปลี่ยนแปลง

จุดประสงค์

เพื่อทำการคำนวณหาค่าความผิดพลาดของทรานสดิวเซอร์ที่เกิดจากวัดในอุณหภูมิห้องที่เปลี่ยนแปลง

3.6 การหาค่าการวัดที่เปลี่ยนแปลงเมื่ออุณหภูมิของตัวปรับสภาพสัญญาณเปลี่ยนแปลง

จุดประสงค์

เพื่อทำการคำนวณหาค่าความผิดพลาดของตัวปรับสภาพสัญญาณที่เกิดจากวัดในอุณหภูมิห้องที่เปลี่ยนแปลง