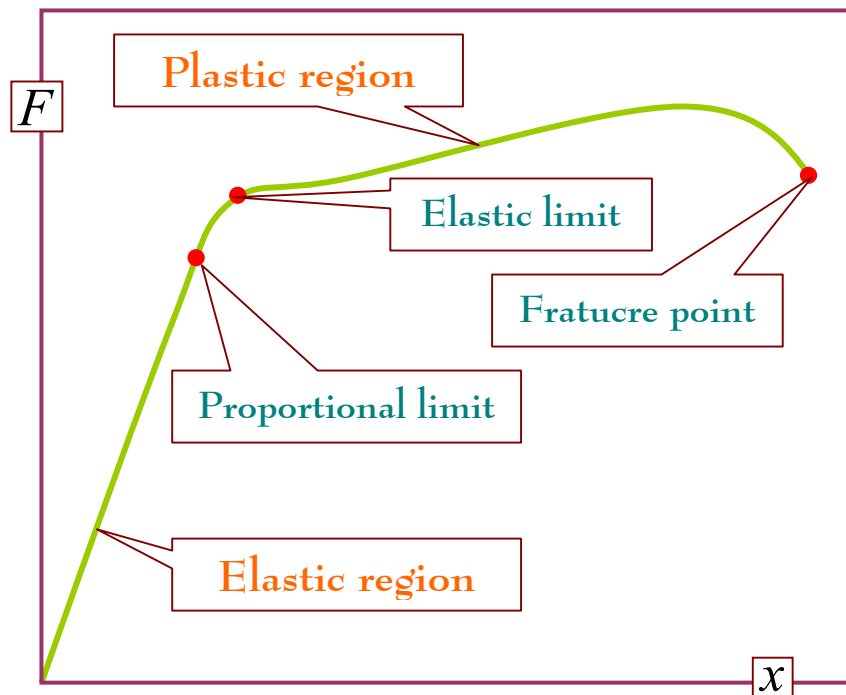


# บทที่ 10 สภาพยืดหยุ่น

## 1. แรงกระทำต่อวัสดุ

ในการศึกษากลศาสตร์ของวัสดุ เมื่อมีแรงภายนอกกระทำต่อวัตถุ วัตถุจะมีรูปร่าง ไม่เปลี่ยนแปลง แต่ในความเป็นจริง ไม่ได้เป็นเช่นนั้น เมื่อมีแรงภายนอกกระทำต่อวัตถุ วัตถุจะมีการเปลี่ยนรูปร่างไป ขึ้นกับขนาดของแรง ทิศทางของแรง โครงสร้างของวัสดุ เป็นต้น



วัสดุถูกแรงภายนอกกระทำ จะมีการเปลี่ยนรูปร่าง ขนาด ซึ่งเป็นสมบัติที่อยู่ในช่วง **Elastic region** และสามารถกลับสู่สภาพเดิมได้หากยังอยู่ภายในขอบเขต **Proportional limit** และจะหมดสภาพยืดหยุ่นเมื่อออกนอกขอบเขต **Elastic limit** และเข้าสู่สภาพสมบัติของพลาสติก **Plastic region** เมื่อให้แรงกระทำต่อไปเรื่อย ๆ วัสดุจะเกิดการแตกหักซึ่งเรียกว่าจุดนั้นว่า **Fracture point**

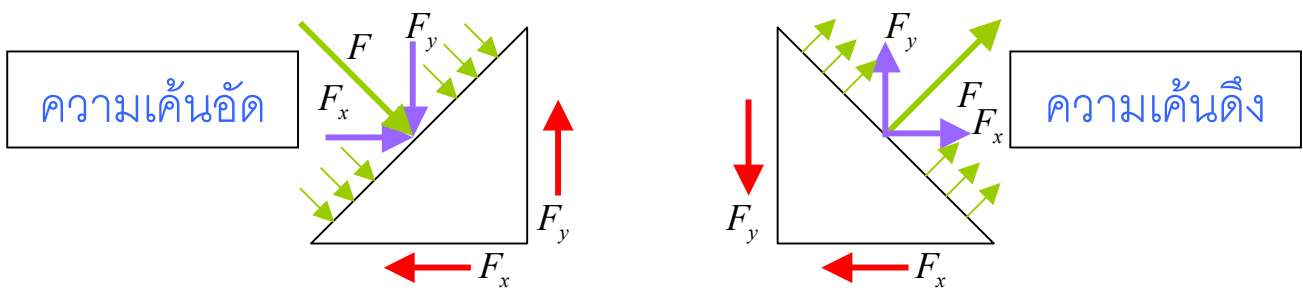
## 2. ความเค้น (stress)

ความเค้นคือ อัตราส่วนระหว่าง แรงที่กระทำต่อวัตถุต่อพื้นที่  $\frac{F}{A}$  มีหน่วย เป็น นิวตัน/ตารางเมตร เป็นปริมาณเทนเซอร์ **Tensor** ซึ่งกำหนดทิศตามทิศที่ พิจารณาเท่านั้น

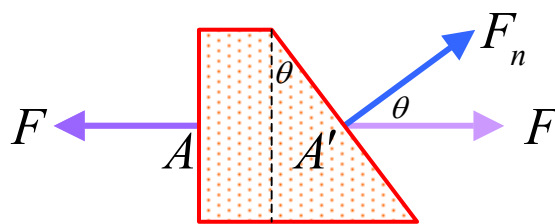
ความเค้นดึง **Tensile stress**



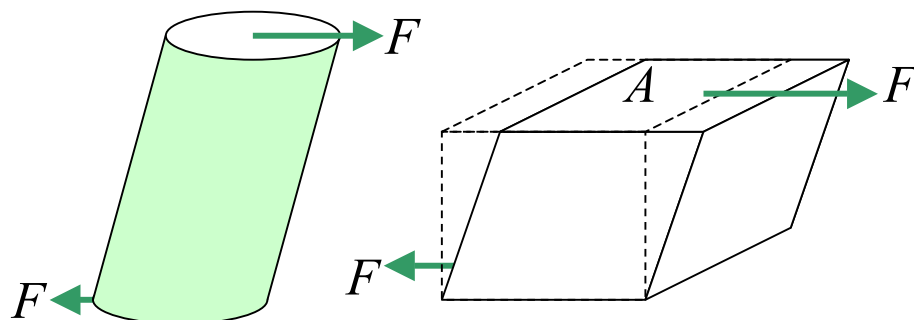
ความเค้นอัด **Compressive stress**



ความเค้นตั้งฉาก **Compressive stress** อัตราส่วน แรงตั้งฉาก  $F_n$  ต่อพื้นที่  $A'$



ความเค้นเฉือน **Tangential stress** หรือ **shear stress** คืออัตราส่วนของ แรงที่ กระทำขนานกับพื้นที่

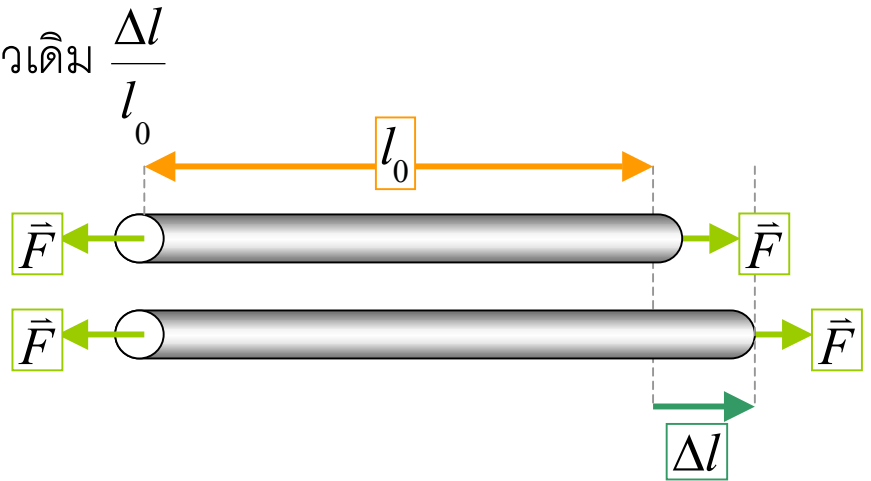


### 3. ความเครียด (strain)

ความเครียดหมายถึงการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ในมิติหรือรูปร่างของวัตถุ เมื่อมีความเค้นเกิดขึ้นบนวัตถุ เป็นปริมาณที่ไม่มีหน่วย

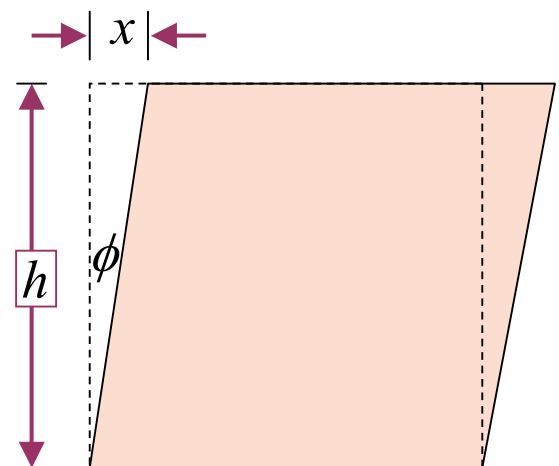
ความเครียดตามยาว (Longitudinal strain) คือ อัตราส่วนของความยาวที่เปลี่ยนไปต่อความยาวเดิม  $\frac{\Delta l}{l_0}$

ความเครียดดึง  
ความเครียดอัด



ความเครียดเฉือน (Shear strain) คืออัตราส่วนของ การกระจัดที่เปลี่ยนไป  $x$  ต่อความยาวเดิมของด้านขวาง  $h$

ความเครียดเฉือน  $\frac{x}{h} = \tan \phi \approx \phi$



ความเครียดเชิงปริมาตร (Volume strain) เกิดจากความดัน เป็นอัตราส่วนของปริมาตรที่เปลี่ยนไป  $\Delta V$  ต่อปริมาตรเดิม  $V_0$

ความเครียดเชิงปริมาตร  $\frac{\Delta V}{V_0}$

## 4. มอดูลัสยืดหยุ่น (Elastic modulus)

เนื่องจากความเค้นหรือแรงภายนอก เป็นสาเหตุที่ทำให้วัสดุมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปจากเดิม ดังนั้นสมบัติความยืดหยุ่นของวัสดุสามารถกล่าวในเทอมของความเค้นและความเครียดได้ดังนี้

$$\text{Elastic modulus} = \frac{\text{Stress}}{\text{Strain}}$$

มอดูลัสยืดหยุ่นของยัง (Young's modulus,  $Y$ ) คืออัตราส่วนความเค้น

ต่อความเครียด ตามยาว 
$$Y = \frac{F/A}{\Delta l/l_0} = \frac{F \cdot l_0}{A \cdot \Delta l}$$

เมื่อมีการดึงเส้นลวดให้ยาวขึ้น ขนาดของเส้นลวดจะเล็กลงตามไปด้วย กำหนดให้  $\omega_0$  คือความกว้างเดิม และ  $\Delta\omega$  คือความกว้างที่เปลี่ยนแปลงไป สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ว่า

$$\frac{\Delta\omega}{\omega_0} = -\sigma \frac{\Delta l}{l_0}$$

เมื่อ  $\sigma$  เป็นค่าคงตัวเรียกว่า อัตราส่วนปัวซอง (Poisson's ratio) สำหรับวัสดุทั่วไป มีค่า  $\sigma$  อยู่ระหว่าง 0.1–0.3

จากสมการ 
$$F = \frac{Y \cdot A}{l_0} \Delta l = kx$$

จะได้ค่า  $k$  เท่ากับ  $\frac{Y \cdot A}{l_0} = k$  มีหน่วยเป็นนิวตันต่อเมตร ( $N/m$ )

เรียกค่า  $\frac{1}{k}$  ว่า ความหยุ่นของสปริง (Compliance)

**มอดูลัสเฉือน** (Shear modulus,  $S$ ) คืออัตราส่วนความเค้นเฉือนต่อ

ความเครียดเฉือน 
$$S = \frac{F_t/A}{x/h} = \frac{F_t \cdot h}{A \cdot x} = \frac{F_t/A}{\theta}$$

**มอดูลัสยืดหยุ่นเชิงปริมาตร** (Bulk modulus,  $B$ ) คืออัตราส่วนความเค้นต่อความเครียดเชิงปริมาตรหรืออัตราส่วนของการเปลี่ยนความดันน้อย ๆ  $dP$

ต่อความเครียดเชิงปริมาตร 
$$B = \frac{-dP}{dV/V_0} = -V_0 \frac{dP}{dV}$$

สภาพอัดได้ (Compressibility) 
$$k = \frac{1}{B} = -\frac{dV}{V_0 dP} = -\frac{1}{V_0} \frac{dV}{dP}$$

ตารางค่าคงตัวของกาวยืดหยุ่นโดยประมาณ

วัสดุ	$Y$ $\times 10^{11} N/m^2$	$S$ $\times 10^{11} N/m^2$	$B$ $\times 10^{11} N/m^2$	$\sigma$
แก้ว, กระจก	0.55	0.23	0.37	0.19
ตะกั่ว	0.16	0.056	0.077	0.43
ทองแดง	1.1	0.42	1.4	0.32
ทองเหลือง	0.91	0.36	0.61	0.26
ทังสเตน	3.6	1.5	2.0	0.20
นิกเกิล	2.1	0.77	2.6	0.36
เหล็ก	1.9	0.70	1.0	0.27
เหล็กกล้า	2.0	0.84	1.6	0.19
อลูมิเนียม	0.70	0.30	0.70	0.16

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(	ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(	แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุ)ไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(	คติปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

<b>● การเรียนการสอนฟิสิกส์ 1 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต ●</b>	
<b>1. การวัด</b>	<b>2. เวกเตอร์</b>
<b>3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ</b>	<b>4. การเคลื่อนที่บนระนาบ</b>
<b>5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน</b>	<b>6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน</b>
<b>7. งานและพลังงาน</b>	<b>8. การดลและโมเมนตัม</b>
<b>9. การหมุน</b>	<b>10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง</b>
<b>11. การเคลื่อนที่แบบคาบ</b>	<b>12. ความยืดหยุ่น</b>
<b>13. กลศาสตร์ของไหล</b>	<b>14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน</b>
<b>15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก</b>	<b>16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร</b>
<b>17. คลื่น</b>	<b>18. การสั่น และคลื่นเสียง</b>
<b>● การเรียนการสอนฟิสิกส์ 2 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต ●</b>	
<b>1. ไฟฟ้าสถิต</b>	<b>2. สนามไฟฟ้า</b>
<b>3. ความกว้างของสายฟ้า</b>	<b>4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน</b>
<b>5. ศักย์ไฟฟ้า</b>	<b>6. กระแสไฟฟ้า</b>
<b>7. สนามแม่เหล็ก</b>	<b>8. การเหนี่ยวนำ</b>
<b>9. ไฟฟ้ากระแสสลับ</b>	<b>10. ทรานซิสเตอร์</b>
<b>11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ</b>	<b>12. แสงและการมองเห็น</b>
<b>13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ</b>	<b>14. กลศาสตร์ควอนตัม</b>
<b>15. โครงสร้างของอะตอม</b>	<b>16. นิวเคลียร์</b>
<b>● การเรียนการสอนฟิสิกส์ทั่วไป ผ่านทางอินเทอร์เน็ต ●</b>	
<b>1. จลศาสตร์ (kinematic)</b>	<b>2. จลพลศาสตร์ (kinetics)</b>
<b>3. งานและโมเมนตัม</b>	<b>4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง</b>
<b>5. ของไหลกับความร้อน</b>	<b>6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า</b>
<b>7. แม่เหล็กไฟฟ้า</b>	<b>8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง</b>
<b>9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์</b>	

