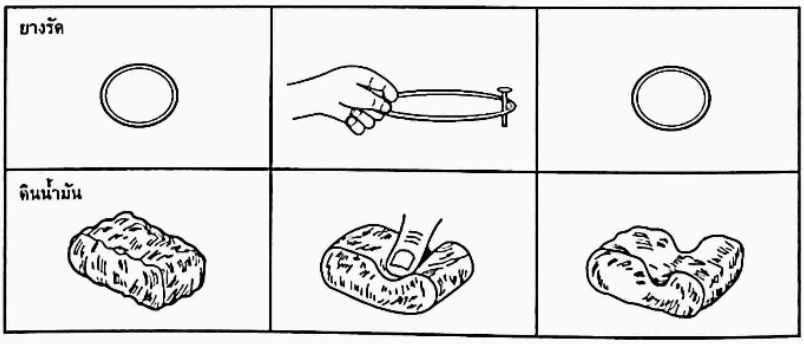
สภาพยืดหยุ่น

สภาพยืดหยุ่น (elasticity) เป็นสมบัติของวัตถุที่เมื่อถูกแรงกระทำ วัตถุจะเปลี่ยนรูปร่างไปจากเดิมและเมื่อแรงกระทำนั้นหมดไป วัตถุจะกลับคืนสู่สภาพเดิม แต่มีวัตถุหลายชนิดเมื่อถูกแรงกระทำ รูปร่างของวัตถุจะเปลี่ยนไปเลย ไม่สามารถกลับสู่สภาพเดิมได้ ก็อาจเนื่องมาจากวัตถุนั้นมีสภาพยืดหยุ่นน้อย

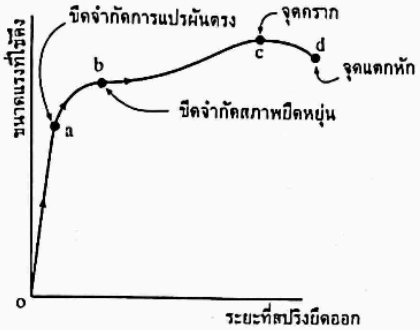


การเปลี่ยนรูปร่างของยางรัดและดินน้ำมัน

ในกรณีที่วัตถุเปลี่ยนรูปร่างไปอย่างถาวรโดยผิววัตถุไม่มีการฉีกขาดหรือแตกหักเรียกสมบัตินี้ว่า **สภาพพลาสติก (plasticty)** วัตถุหลายชนิดมีทั้งสภาพยืดหยุ่นและสภาพพลาสติกในตัวเอง โดยมีสภาพยืดหยุ่นเมื่อแรงกระทำมีค่าน้อย และมีสภาพพลาสติกเมื่อแรงกระทำมีค่ามาก

การหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะยืดของสปริง

เมื่อให้สปริงวางตัวในแนวราบ ปลายข้างหนึ่งถูกตรึงแน่น แล้วออกแรงดึงที่ปลายอีกข้างหนึ่ง ทำให้สปริงยืดออกไปเรื่อย ๆ เมื่อเขียนกราฟระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริง (F) กับระยะที่สปริงยืดออก (x) จะได้กราฟดังรูป



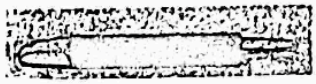
กราฟระหว่างขนาดของแรงดึงกับความยาวที่สปริงยืดออก

จากกราฟสรุปได้ดังนี้

1. กราฟในช่วง oa เป็นเส้นตรง แสดงว่า F α x เป็นไปตาม**กฎของฮุก (Hooke's Law)** จุด a เป็นจุดสุดท้ายที่ F α x เรียกจุด a ว่า **ขีดจำกัดการแปรผันตรง (proportional limit)** ถ้าออกแรงดึงสปริงมากกว่าแรงที่จุด a แรงกระทำ F จะไม่แปรโดยตรงกับระยะยืด x อีกต่อไป

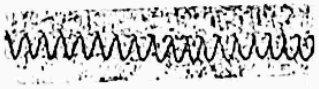
2. ถ้าออกแรงเลยจุด a แต่ไม่เลยจุด b พบว่าเมื่อแรงกระทำหมดไป สปริงจะกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ แต่ถ้าออกแรงกระทำมากกว่าแรงที่จุด b หลังจากแรงกระทำหมดไป สปริงจะไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ จึงเรียกจุด b ว่า **ขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น (elastic limit)**

3. ถ้าออกแรงตั้งแต่จุด b เป็นต้นไป สปริงจะเปลี่ยนรูปร่างไปอย่างถาวรและถ้าดึงต่อไปอีกจนถึงจุด c จุดนี้เรียกว่า **จุดคราก (yield point)** ซึ่งเป็นจุดที่ความยาวของสปริงเพิ่มอย่างรวดเร็ว ขณะที่แรงดึงเพิ่มขึ้นอีกเพียงเล็กน้อย เมื่อออกแรงดึงต่อไปจนเลยจุด d ซึ่งเป็นจุดที่เส้นวัตถุขาด จุดนี้เรียกว่า **จุดแตกหัก (breaking point)**



ก. ก่อนสปริงถูกดึง

ข. สปริงถูกยืดจนใกล้ขีดกำจัดสภาพยืดหยุ่น



ค. สปริงถูกยืดจนเกินขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น

รูปร่างของสปริงเมื่อถูกแรงกระทำ

ช่วง o → b เรียกว่า **การผิดรูปแบบยืดหยุ่น** (elastic deformation) และสภาพของวัตถุในช่วง o → b เรียกว่า **สภาพยืดหยุ่น** ซึ่งเป็นสมบัติของวัตถุที่มีการเปลี่ยนรูปร่างเมื่อมีแรงมากระทำ และเมื่อหยุดออกแรงกระทำวัตถุจะสามารถกลับสู่สภาพเดิมได้อีก

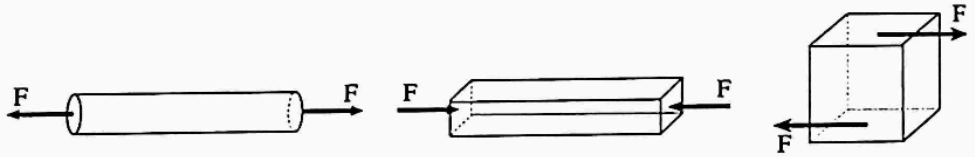
ช่วง b → d เรียกว่า **การผิดรูปแบบพลาสติก** (plastic deformation) ซึ่งเป็นสมบัติของวัตถุที่เปลี่ยนรูปร่างไปอย่างถาวร โดยวัตถุยังไม่ฉีกขาดหรือแตกหัก

วัตถุส่วนใหญ่จะมีทั้งสภาพยืดหยุ่นและสภาพพลาสติกในตัวเองโดยมีสภาพยืดหยุ่นมื่อมีแรงกระทำขนาดน้อยๆ และมีสภาพพลาสติก เมื่อแรงกระทำมีขนาดมาก แต่มีวัตถุบางชนิดมีแต่สภาพพลาสติก

แรงที่ทำให้วัตถุผิดรูป

จากความรู้เรื่องสภาพยืดหยุ่นของวัตถุ ทำให้ทราบว่า เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุ พบว่า รูปร่างของวัตถุจะเปลี่ยนแปลงไป ตามทิศทางของแรงที่มากระทำ โดยวัตถุเหล่านั้นจะประพฤติตามกฎของฮุก ถ้าแรงที่กระทำมีขนาดไม่มากเกินไป โดยแรงมีขนาดน้อยกว่า ขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น เช่น ลวดโลหะ แก้ว พลาสติก เป็นต้น แต่มีวัตถุบางชนิดที่ไม่เป็นไปตามกฎของฮุก เช่น ดินน้ำมัน หมากฝรั่ง เพราะเมื่อมีแรงกระทำเพียงเล็กน้อยรูปร่างจะเปลี่ยนไปอย่างถาวร โดยทั่วไปแล้วแรงที่กระทำต่อวัตถุมีผลให้วัตถุมีรูปร่างเปลี่ยนไป มี 3 แบบ ได้แก่

1. **แรงดึง** (tensile forces) เป็นแรงที่กระทำต่อวัตถุ มีผลทำให้ความยาวของวัตถุเพิ่มขึ้น
2. **แรงอัด** (forces of compression) เป็นแรงที่กระทำต่อวัตถุมีผลทำให้ความยาวของวัตถุลดลง
3. **แรงเฉือน** (shear forces) เป็นแรงที่กระทำบนผิววัตถุ มีผลทำให้ผิววัตถุเลื่อนไป หรือทำให้รูปร่างวัตถุบิดรูปร่างไปจากเดิม ตามแนวยาว แรงที่กระทำนี้เรียกว่า **แรงบิด** (forces of torsion) ซึ่งเป็นแรงเฉือนชนิดหนึ่ง

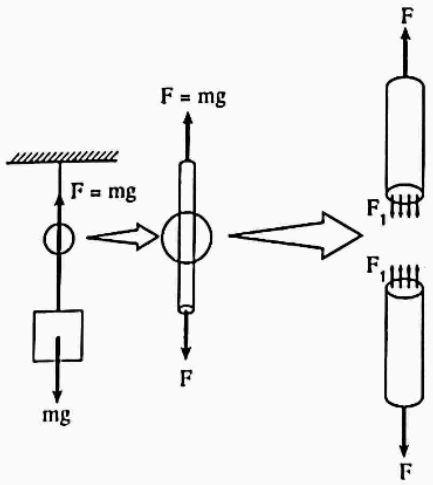


ก. แรงดึง ข. แรงอัด ค. แรงเฉือน

แรงที่กระทำต่อวัตถุและผลของแรงทำให้วัตถุเปลี่ยนรูปร่าง

ความเค้นและความเครียด

เมื่อนำวัตถุแขวนเข้ากับเส้นลวดในแนวดิ่ง ดังรูป 17.5



แรงในเส้นลวด

เมื่อพิจารณาส่วนของเส้นลวดที่ถูกแรงดึงจากน้ำหนักวัตถุที่แขวนดังรูป 17.5 การที่เส้นลวดยังรับน้ำหนักของวัตถุอยู่ได้นั้น ย่อมแสดงว่าเส้นลวดจะต้องมีแรงภายในหรือแรงระหว่างโมเลกุลเพิ่มขึ้นเพื่อที่จะยึดโมเลกุลของเส้นลวดไม่ให้เส้นลวดขาดออกจากกัน แรงยึดระหว่างโมเลกุลที่เพิ่มขึ้นนี้เรียกว่า **แรงเค้น**

แรงเค้นที่เกิดขึ้นจะกระทำในแนวตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัดของวัตถุ แรงเค้นจะกระจายสม่ำเสมอบนพื้นที่หน้าตัดของวัตถุนั้น ในกรณี**แรงเค้นในเส้นลวดก็คือ แรงดึงในเส้นลวดนั่นเอง**

อัตราส่วนระหว่างแรงเค้นต่อพื้นที่หน้าตัดที่ตั้งฉากนี้เรียกว่า **ความเค้นตามยาว** (longitudinal stress) แทนด้วยสัญลักษณ์ σ (อ่านว่า ซิกมา sigma) และเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ว่า

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

เมื่อ σ = ความเค้น (N/m^2 หรือ Pa)

F = แรงเค้น (N)

A = พื้นที่หน้าตัดของเส้นลวด (m^2)

ความเค้น (stress)

เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุ อัตราส่วนระหว่างแรงกระทำต่อพื้นที่ เรียกว่า **ความเค้น**เป็นปริมาณสเกลาร์ โดยทั่วไปความเค้น มี 2 ชนิด ได้แก่ ความเค้นตามยาวและความเค้นเฉือน

ความเค้นตามยาว (longitudinal stress) แบ่งได้ 2 ชนิดคือ **ความเค้นแบบดึง (tensile stress)** ซึ่งแรง F กระทำต่อวัตถุในลักษณะดึงให้ยืดออกดังรูป (ก) กับ**ความเค้นแบบอัด (compressive stress)** ซึ่งแรง F กระทำต่อวัตถุในลักษณะอัดให้หดสั้นลง ดังรูป (ข) **ส่วนความเค้นเฉือน (shear stress)** นั้น แรง F ที่กระทำต่อวัตถุจะทำให้วัตถุบิดเบือนรูปร่างไปจากเดิม ดังรูป (ค)

ก. ความเค้นแบบดึง

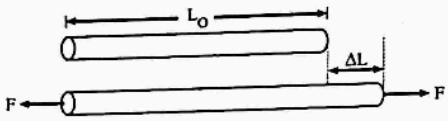
ข. ความเค้นแบบอัด

ค. ความเค้นเฉือน

แสดงความเค้นแบบต่าง ๆ

จากการศึกษาเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุที่มีความยืดหยุ่น วัตถุจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไป การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัตถุนี้อาจจะเป็นการเปลี่ยนความยาว ปริมาตร หรือเกิดการโค้งงอหรือบิดก็ได้ **อัตราส่วนระหว่างขนาดรูปร่างที่เปลี่ยนไป กับขนาดรูปร่างเดิมนี้** เรียกว่า **ความเครียด (strain)**

ในกรณีของวัตถุที่เป็นเส้น เช่น สปริง ยางยืด หรือเส้นลวด ขนาดรูปร่างที่เปลี่ยนไป คือ ความยาว จึงเรียกความเครียดชนิดนี้ว่า **ความเครียดตามยาว (longitudinal strain)** แทนด้วยสัญลักษณ์ ε (อ่านว่า เอพซิลอน epsilon) พิจารณารูป เส้นลวดมีความยาวเดิม L_O เมื่อมีแรงขนาดเท่ากันสองแรงมาดึงที่ปลายแต่ละข้างของเส้นลวดในทิศตรงข้ามกันเส้นลวดจะยืดออก ΔL



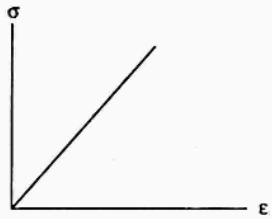
ความยาวลวดที่ยืดออก ΔL

จากนิยามของความเครียดตามยาวเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ว่า

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_O}$$

ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด

เมื่อใช้แรงดึงเส้นลวดที่ยืดปลายข้างหนึ่งไว้ แล้วบันทึกขนาดของแรงดึงกับความยาวของลวดที่เปลี่ยนไป โดยแรงที่ดึงเส้นลวดไม่ให้ขนาดของแรงเกินขีดจำกัดการแปรผันตรงของเส้นลวด แล้วนำขนาดของแรงดึงกับความยาวของเส้นลวดที่เปลี่ยนไป ไปคำนวณหาค่าความเค้นตามยาว (σ) และความเครียดตามยาว (ε) ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังกราฟ



กราฟระหว่างความเค้นตามยาวและความเครียดตามยาว

จากกราฟรูป พบว่า ความเค้นตามยาวจะแปรผันตรงกับความเครียดตามยาว นั่นคือ อัตราส่วนระหว่างความเค้นตามยาวและความเครียดตามยาวของวัตถุชนิดหนึ่ง ๆ จะมีค่าคงตัวซึ่งเรียกว่า **มอดูลัสของยัง** (Young's modulus) แทนด้วยสัญลักษณ์ **Y** และเขียนความสัมพันธ์ ได้ว่า

$$Y = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

หรือ $$Y = \frac{F/A}{\Delta L/L_O}$$ หรือ $$Y = \frac{F.L_O}{A.\Delta L}$$

เนื่องจากความเค้นและความเครียดมีด้วยกันหลายแบบ อัตราส่วนระหว่างความเค้นและความเครียดของวัตถุชนิดหนึ่ง ๆ ซึ่งมีค่าคงตัวจะเรียกว่า **มอดูลัสสภาพยืดหยุ่น (modulus of elasticity)** โดยวัตถุต่างชนิดกันจะมีมอดูลัสสภาพยืดหยุ่นต่างกัน และวัตถุชนิดเดียวกันจะมีมอดูลัสสภาพยืดหยุ่นได้หลายแบบ เช่น มอดูลัสของยัง, มอดูลัสเฉือน (shear modulus) และ **มอดูลัสเชิงปริมาตร (bulk modulus)** ซึ่งรายละเอียดในการหาจะได้ศึกษาในระดับสูงต่อไป

จากความรู้ที่ว่า มอดูลัสสภาพยืดหยุ่นและขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่นเป็นสมบัติเฉพาะตัวของวัตถุ ความรู้เกี่ยวกับสมบัติสภาพยืดหยุ่นของวัตถุจึงมีประโยชน์ในด้านวิศวกรรม เช่น ในการเลือกวัตถุเพื่อใช้เป็นโครงสร้างอาคาร สะพาน หรือชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องเลือกวัตถุที่มีสมบัติสภาพยืดหยุ่นเหมาะสมกับงาน โดยวัตถุที่มีมอดูลัสสภาพยืดหยุ่นสูงจะทนต่อแรงภายนอกได้มาก หรือทำให้รูงร่างเปลี่ยนได้ยาก ส่วนความเค้นที่ขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่นจะบอกให้ทราบว่า วัตถุนั้นทนต่อแรงภายนอกมากที่สุดเพียงใด เพื่อให้กลับสู่สภาพเดิมได้ ดังนั้นในการใช้วัตถุที่ใช้เป็นโครงสร้างอาคาร สะพาน หรือชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล จำเป็นต้องเลือกใช้วัตถุที่ทนต่อแรงกระทำได้มาก ซึ่งหมายความว่า วัตถุนั้นจะต้องมีมอดูลัสสภาพยืดหยุ่นสูงและขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่นสูงด้วย วัตถุที่ว่านี้ ได้แก่ เหล็กกล้าและโลหะผสม เป็นต้น

มอดูลัสสภาพยืดหยุ่นของวัตถุบางชนิด แสดงดังตาราง

ตาราง มอดูลัสสภาพยืดหยุ่นของวัตถุบางชนิดใด

วัตถุ	มอดูลัสของยัง ($\times 10^{10}$ N/m^2)	มอดูลัสเฉือน ($\times 10^{10}$ N/m^2)	มอดูลัสเชิงปริมาตร ($\times 10^{10}$ N/m^2)
อะลูมิเนียม	7.0	2.5	7.0
ทองเหลือง	9.1	3.5	6.1
ทองแดง	11	4.2	14
เหล็กกล้า	20	8.4	16
ทังสเตน	35	14	20
แก้ว	6.5 – 7.8	2.6 – 3.2	5.0 – 5.5
ควอรตซ์	5.6	2.6	2.7
น้ำ	–	–	0.21
ปรอท	–	–	2.8

1. **ในการทดลองหาค่ามอดูลัสโดยใช้น้ำหนัก 450 กิโลกรัม แขวนไว้ที่ปลายลวดเหล็กยาว 2 เมตร พื้นที่หน้าตัด 0.15 ตารางเซนติเมตร ปรากฏว่าลวดยืดออก 0.3 เซนติเมตร จงหาความเค้น ความเครียด และค่ามอดูลัสของยัง ของลวดเหล็กนี้**

2. **เสาคอนกรีตต้นหนึ่งรับน้ำหนักได้สูงสุด 20,000 กิโลกรัม และจะหดตัวลง 3 มิลลิเมตร ถ้าเสาคอนกรีตนี้มีฐานกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร สูง 4.5 เมตร จงหาค่ามอดูลัสของเสาต้นนี้**

3. จากกราฟระหว่างความเค้นและความเครียดของลวดเส้นหนึ่ง จงหาค่ามอดูลัสของยังของลวดเส้นนี้มีค่าเท่าใด

4. วัตถุมวล 45 กิโลกรัม แขวนกับลวดโลหะยาว 3 เมตร พื้นที่หน้าตัดของลวด 0.45 ตารางมิลลิเมตร ถ้าลวดโลหะนี้มีค่ามอดูลัสของยังเท่ากับ 3×10^{10} นิวตันต่อตารางเมตร จงหาความยาวของลวดนี้หลังแขวนวัตถุ

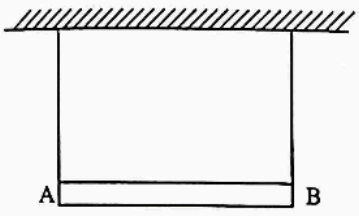
5. ลวดทังสเตนมีค่ามอดูลัสของยังเป็น 5 เท่าของลวดอะลูมิเนียม เมื่อนำลวด 2 ชนิด ที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากันทำการทดลอง พบว่า เมื่อออกแรงดึงลวดทั้งสอง ความเครียดตามยาวของลวดทังสเตนเป็น 2 เท่าของลวดอะลูมิเนียม แรงดึงที่กระทำต่อลวดทั้งสองสัมพันธ์กันอย่างไร

6. ขีดจำกัดความยืดหยุ่นของเหล็กกล้าที่ใช้ทำสายลิฟต์มีค่า 2.8×10^{8} นิวตันต่อตารางเมตร จงหาความเร่งสูงสุดของลิฟต์หนัก 8,000 นิวตัน เมื่อสายลิฟต์มีพื้นที่หน้าตัด 3.5×10^{-4} ตารางเมตรและความเค้นของสายลิฟต์จะต้องไม่เกิน $\frac{1}{\pi}$ ของขีดจำกัดความยืดหยุ่น

7. ท่อโลหะอันหนึ่งยาว 20 เมตร มีรัศมีภายในและภายนอกเป็น 1.4 และ 1.75 เซนติเมตร ตามลำดับ ถ้าท่อโลหะนี้มีค่ามอดูลัสของยัง 2×10^{11} นิวตันต่อตารางเมตร และมีแรง 10,000 นิวตัน มาดึงท่อนี้ให้ยาวขึ้น จงหาความเค้น ความเครียด และความยาวของท่อที่เพิ่มขึ้น

8. ลูกตุ้มมวล 20 กิโลกรัม สายแขวนเป็นเหล็กยาว 2.5 เมตร มีพื้นที่หน้าตัด 5 ตารางมิลลิเมตร ปล่อยลูกตุ้มให้แกว่งเป็นมุมกว้างโดยที่จุดต่ำสุดวัดอัตราเร็วได้ 2 เรเดียนต่อวินาที ความยาวของเส้นลวดที่จุดต่ำสุดจะยืดเพิ่มขึ้นจากเมื่อแขวนนิ่ง ๆ เท่าไร กำหนดให้ยังมอดูลัสของเหล็ก 20×10^{10} นิวตันต่อตารางเมตร

9. จากรูป ลวด A และ B ยาวเท่ากัน โดยลวด A และ B มีพื้นที่หน้าตัด 2 และ 1 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และมีค่ายังมอดูลัสเป็น 1.8×10^{11} นิวตันต่อตารางเมตร และ 2.7×10^{11} นิวตันต่อตารางเมตร ถ้านำลวด A และ B ไปแขวนคานเบาสม่ำเสมอยาว 1 เมตร อยากทราบว่าจะต้องนำมวล 20 กิโลกรัม มาแขวนที่คาน ณ ตำแหน่งใด คานจึงจะยังวางตัวอยู่ในแนวระดับได้



10. ลวดเหล็กจะขาดถ้าใช้แรงซึ่งทำให้เกิดความเค้นเกิน 1×10^8 นิวตันต่อตารางเมตร จงหาความยาวที่มากที่สุดของลวดเหล็กที่แขวนแล้วลวดเหล็กยังไม่ขาด กำหนดให้ความหนาแน่นของเหล็กเท่ากับ 7.8×10^3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

11. ลวดเส้นหนึ่งมีมอดูลัสสภาพยืดหยุ่นเท่ากับ 1.8×10^{11} นิวตันต่อตารางเมตร เมื่อแขวนวัตถุมวล m ที่ปลายลวดเส้นนี้ลวดยืดออกร้อยละ 0.2 ของความยาวเดิม ถ้าพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 1 ตารางมิลลิเมตร จงหามวล m ในหน่วยกิโลกรัม

1. **ข้อใดเป็นสมบัติเฉพาะของลวดโลหะที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส**

   1. ความเค้น 2. ความเครียด 3. ค่ามอดูลัสของยัง 4. ถูกทุกข้อ

2. **ลวดเหล็กเส้นหนึ่ง มีความเครียดตามความยาว 0.01 มีค่ายังมอดูลัส 10^{11} นิวตัน/ตารางเมตร พื้นที่หน้าตัด 2 ตารางมิลลิเมตร จงหาแรงดึงในเส้นลวด**

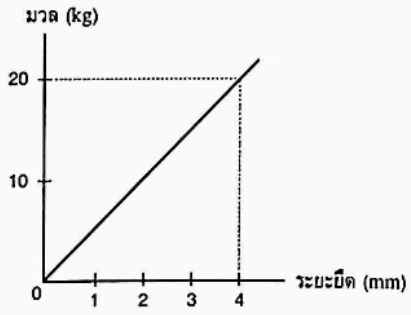
   1. 1.0×10^{3} นิวตัน 2. 2.0×10^{3} นิวตัน 3. 3.0×10^{3} นิวตัน 4. 4.0×10^{3} นิวตัน

3. **เมื่อแขวนวัตถุมวล 50 กิโลกรัม เข้ากับเส้นลวด แล้วแขวนกับเพดานพบว่าลวดยืดออกเป็น 0.25% ของความยาวเดิม ถ้าลวดมีพื้นที่หน้าตัด 0.4 ตารางมิลลิเมตร จงหาค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นของลวดเส้นนี้**

   1. 2.5×10^{8} นิวตัน/ตารางเมตร 2. 5.0×10^{10} นิวตัน/ตารางเมตร
   3. 5.0×10^{11} นิวตัน/ตารางเมตร 4. 2.5×10^{12} นิวตัน/ตารางเมตร

4. **ท่อนเหล็กกล้ารูปทรงกระบอกตันยาว 4 เมตร พื้นที่หน้าตัด 100 ตารางเซนติเมตร จงหาความยาวที่หดสั้นลงเมื่อต้องรับน้ำหนักบรรทุกของมวล 50 ตัน**
   กำหนดให้ ค่ายังมอดูลัสของเหล็กกล้า เท่ากับ 2×10^{11} นิวตัน/เมตร^2

   1. 10^{-4} เมตร 2. 10^{-3} เมตร 3. 10^{-2} เมตร 4. 10^{-1} เมตร

5. 

   เมื่อนำลวดยาว 2 เมตร มีพื้นที่หน้าตัด 0.2 ตารางเซนติเมตร มาถ่วงด้วยวัตถุขนาดต่างๆ กัน แล้ววัดระยะยืดได้ผลการทดลองดังกราฟ ค่ามอดูลัสของลวดเส้นนี้มีค่าเท่าไร

   1. 2.5×10^{8} นิวตัน/เมตร
   2. 5.0×10^{9} นิวตัน/เมตร
   3. 2.5×10^{10} นิวตัน/เมตร
   4. 5.0×10^{11} นิวตัน/เมตร

6. **ลวดเหล็กและลวดทองเหลืองยาวเท่ากัน มีพื้นที่หน้าตัดเป็น 0.10 และ 0.15 ตารางเซนติเมตร เมื่อดึงลวดทั้งสองด้วยแรงเท่ากัน ลวดจะยืดออก 0.25 และ 0.20 เซนติเมตร ตามลำดับ จงหาอัตราส่วนยังมอดูลัสของลวดเหล็กและลวดทองเหลือง**

   1. 3 : 4 2. 4 : 3 3. 5 : 6 4. 6 : 5

7. **ลวดโลหะชนิดหนึ่งยาว L มีพื้นที่หน้าตัด A เมื่อนำวัตถุทรงกลมมวล M มาแขวนเข้ากับลวดนี้ แล้วนำปลายลวดข้างหนึ่งไปยึดติดกับเพดานปรากฏว่าลวดยืดออก ΔL จงหาค่ามอดูลัสของยังของลวดเส้นนี้**

   1. $\frac{AL}{Mg\Delta L}$ 2. $\frac{\Delta LA}{MgL}$ 3. $\frac{Mg\Delta L}{AL}$ 4. $\frac{MgL}{\Delta LA}$

8. ลวดโลหะชนิดหนึ่งมีความยาว L ค่ามอดูลัสของยังเป็น 2.5×10^{11} นิวตัน/ตารางเมตร พื้นที่ภาคตัดขวาง 2 ตารางมิลลิเมตร นำไปยึดติดกับวัตถุมวล m ทำให้ลวดเกิดความเครียด 10^{-2} จงหาขนาดของมวล m

1. 500 กิโลกรัม
2. 1,000 กิโลกรัม
3. 2,000 กิโลกรัม
4. 5,000 กิโลกรัม

9. วัตถุมวล 10 กิโลกรัม แกว่งเป็นวงกลมในระนาบดิ่งด้วยลวดพื้นที่หน้าตัด 1 ตารางมิลลิเมตร ยาว 2.5 เมตร ปรากฏว่าวัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมได้พอดี จงหาว่าที่จุดต่ำสุดลวดจะมีระยะยืดเท่าไรค่ามอดูลัสของยังเท่ากับ 2.0×10^{11} นิวตัน/ตารางเมตร

1. 1.3×10^{-2} เมตร
2. 2.5×10^{-3} เมตร
3. 7.5×10^{-3} เมตร
4. 1.0×10^{-2} เมตร

10. ลวดโลหะต่างชนิดกัน 2 เส้น ยาวเท่ากัน มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากัน อัตราส่วนมอดูลัสของยังของลวดเส้นที่ 1 ต่อ ลวดเส้นที่สอง เป็น 4 : 5 มีแรงกระทำต่อลวดเส้นที่หนึ่งต่อเส้นที่สอง 5 : 4 จงหาอัตราส่วนของระยะยืดของลวดเส้นที่หนึ่งต่อลวดเส้นที่ 2

1. 1 : 1
2. 5 : 4
3. 16 : 25
4. 25 : 16

11. โลหะชนิดหนึ่งมีค่ามอดูลัสของยัง Y ถ้านำโลหะนี้ไปทำเป็นลวดยาว L มีพื้นที่หน้าตัด A แขวนลวดดังกล่าวด้วยมวล M ทำให้ลวดมีระยะยืด X จงหาว่ามวล M มีค่าเท่าไร

1. $\frac{XAY}{L}$
2. $\frac{LY}{AXg}$
3. $\frac{gL}{XAY}$
4. $\frac{XAY}{gL}$

12. ลวดอะลูมิเนียมมีค่ามอดูลัสเท่ากับ A นิวตันต่อตารางเมตรและมีพื้นที่หน้าตัด B ตารางเมตร ถ้าดึงลวดเส้นนี้ด้วยแรงขนาด C นิวตัน อยากทราบว่าจะมีความเครียดตามยาวเป็นเท่าไร

1. $\frac{C}{AB}$
2. $\frac{AB}{C}$
3. $\frac{CB}{A}$
4. $\frac{A}{CB}$

13. ลวดเหล็กเส้นหนึ่งยาว 4 เมตร มีพื้นที่หน้าตัด 5×10^{-5} ตารางเมตร จงหาว่าแรงดึงที่ทำให้ลวดเส้นนี้ยืดออก 0.02×10^{-2} เมตร มีค่ากี่นิวตัน (ค่ามอดูลัสของยังของลวดเหล็กเท่ากับ 2×10^{11} นิวตันต่อตารางเมตร)

1. 200
2. 300
3. 400
4. 500

14. มอดูลัสของยังของเหล็กมีค่า 2×10^{11} นิวตันต่อตารางเมตร ถ้าแขวนมวล 100 กิโลกรัม ที่ปลายล่างของแท่งเหล็กพื้นที่หน้าตัด 0.1 ตารางเมตร ยาว 2 เมตร โดยให้ปลายบนตรึงกับเพดาน กำหนด g = 10 เมตร/วินาที^{2} แท่งเหล็กจะยืดออกเท่าใด

1. 4.0×10^{-10} เมตร
2. 1.0×10^{-8} เมตร
3. 1.0×10^{-7} เมตร
4. 2.0×10^{-7} เมตร

15. แท่งโลหะอันหนึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร และมีค่า มอดูลัสของยัง $Y = 2 \times 10^{11}$ นิวตัน/ เมตร^2 จงหาว่าจะต้องออกแรงดึงกี่นิวตัน จึงจะทำให้แท่งโลหะมีความยาวเพิ่มขึ้น 0.01%

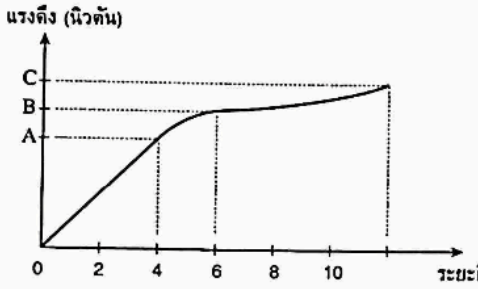
1. 5,000
2. 5,700
3. 6,300
4. 7,000

16. เส้นลวด A และ B มีความยาวเท่ากัน แต่เส้นลวด A มีเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น 2 เท่าของลวด B เมื่อออกแรงดึงลวดทั้งสองเท่ากัน เส้นลวด B จะยืดมากกว่าเส้นลวด A 2 เท่า อัตราส่วนค่ามอดูลัสของยังสำหรับเส้นลวด A ต่อเส้นลวด B คือ

1. 1 : 1
2. 1 : 2
3. 3 : 2
4. 3 : 4

17. เส้นลวด A และ B มีความยาวเท่ากันแต่เส้นลวด A มีเส้นผ่านศูนย์กลางเป็นครึ่งหนึ่งของ B และ B มีค่ามอดูลัสของยังเป็นครึ่งหนึ่งของ A เมื่อออกแรงดึงเส้นลวดทั้งสองเท่ากันจะได้ว่า

1. ส่วนยืดของ A เป็นครึ่งหนึ่งของ B
2. ส่วนยืดของ A เท่ากับส่วนยืดของ B
3. ส่วนยืดของ A เป็นสองเท่าของ B
4. ส่วนยืดของ A เป็นสี่เท่าของ B

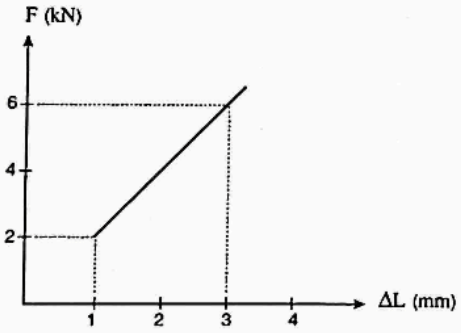
18. 

ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแรงที่ดึง ต่อระยะที่เส้นลวดยืดเป็นตามรูปถ้าพื้นที่หน้าตัดของเส้นลวดเท่ากับ 1×10^{-4} ตารางเมตร และลวดยาว 10 ซม. ความเค้นของลวดเส้นนี้ควรมีค่ากี่นิวตันต่อตารางเมตร

1. $A \times 10^4$
2. 2.5×10^4
3. 5×10^4
4. $5(B - A) \times 10^4$

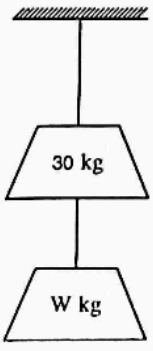
19. ถ้าต้องการแขวนวัตถุหนัก 10^6 นิวตัน ด้วยลวดที่ทำด้วยเหล็กกล้า โดยเมื่อแขวนไว้แล้วลวดสามารถยืดออกได้มากที่สุดโดยไม่เสียคุณสมบัติด้านยืดหยุ่น ควรใช้ลวดที่มีพื้นที่หน้าตัด A ตารางเมตร และยาว B เมตร ในข้อใด กำหนดค่ามอดูลัสยังของเหล็กกล้า = 2.0×10^{11} นิวตันต่อตารางเมตร ค่าความเค้นที่ขีดจำกัดของความยืดหยุ่น = 2.5×10^{10} นิวตันต่อตารางเมตร

1. $A = 0.1 \times 10^{-4}$, $B = 5$
2. $A = 0.2 \times 10^{-4}$, $B = 4$
3. $A = 0.4 \times 10^{-4}$, $B = 2$
4. $A = 0.5 \times 10^{-4}$, $B = 1$

20. 

จากการทดลองเพื่อศึกษา ความเค้นและความเครียดตามยาวของเส้นลวดได้ข้อมูล ดังนี้ ความยาวของเส้นลวดเท่ากับ 1 เมตร พื้นที่หน้าตัดของเส้นลวดเท่ากับ 8×10^{-6} ตารางเมตรและความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้ดึง (F) ในหน่วยกิโลนิวตัน (kN) กับความยาวของเส้นลวดที่เปลี่ยนไป (ΔL) ในหน่วยมิลลิเมตร (mm) เป็นดังรูป จงคำนวณหาค่ามอดูลัสของยังของเส้นลวดในหน่วย N/m^2

1. 1.6×10^{11}
2. 1.8×10^{11}
3. 2.0×10^{11}
4. 2.5×10^{11}

21. 

ลวดเหล็กเส้นหนึ่งยาว 2.0 เมตร มีมวล 30.0 กิโลกรัม ผูกไว้ตรงปลายดังรูป เมื่อนำลวดทองแดงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวเท่ากันกับลวดเหล็กมาผูกต่อกับมวล 30 กิโลกรัม จะต้องนำมวล W กิโลกรัม มาผูกที่ปลายอีกข้างหนึ่งของลวดทองแดงเท่าไรจึงจะทำให้เส้นลวดทั้งสองยืดออกได้เท่ากันกำหนดมอดูลัสของเหล็ก และทองแดงเป็น 20×10^{10} และ 13×10^{10} N/m^2 ตามลำดับ

1. 15.0
2. 19.5
3. 30.0
4. 55.7

22. ลวดเหล็กดึงลิฟต์มีความเค้นที่ยืดจำกัดความยืดหยุ่นเท่ากับ 2×10^8 นิวตัน/ตารางเมตร และมีพื้นที่หน้าตัด 1.77×10^{-4} ตารางเมตร ถ้าลิฟต์และสัมภาระมีมวล 2,000 กิโลกรัม ลิฟต์นี้จะสามารถเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่งสูงสุดเท่าใด ลวดจึงจะไม่ยืดเกินขีดจำกัดความยืดหยุ่น (กำหนดให้ $g = 10\ m/s^2$)

1. $7.7\ m/s^2$
2. $6.3\ m/s^2$
3. $5.0\ m/s^2$
4. $4.3\ m/s^2$

23. ลูกตุ้มมวล 10 กิโลกรัม สายแขวนเป็นลวดเหล็กยาว 2 เมตร มีพื้นที่ภาคตัดขวาง 4 ตารางมิลลิเมตร จับปลายลวดอีกข้างหนึ่งเหวี่ยงลูกตุ้มให้เคลื่อนที่ในแนววงกลมด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอโดยให้ระนาบการหมุนอยู่ในแนวราบและลวดเหล็กทำมุม 60° กับแนวดิ่งตลอดเวลา จงหาว่าลวดเหล็กจะยืดออกยาวกี่มิลลิเมตร
เมื่อกำหนดให้ ค่ายังมอดูลัสของเหล็ก เท่ากับ 20×10^{10} นิวตัน/เมตร

1. 0.5
2. 1.0
3. 2.0
4. 5.0

24. ลวดเส้นหนึ่งยาว L_o เมตร พื้นที่ภาคตัดขวาง A ตารางเมตร นำไปผูกกับมวล M แล้วเหวี่ยงให้เคลื่อนที่เป็นวงกลมในระนาบดิ่ง ขณะที่เคลื่อนที่ผ่านจุดสูงสุดมีอัตราเร็วต่ำสุด จงหาว่าลวดเส้นนี้ยืดออกเท่าใด (กำหนดให้ Y เป็นค่ามอดูลัสของยังของลวดนี้)

1. 0
2. mgL_o/YA
3. YA/mgL_o
4. mgA/YL_o

25. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

ก. ความดันมีทิศตั้งฉากกับผิวสัมผัสเสมอ
ข. ความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับชนิดของเหลว
ค. ความดันเกจในของเหลวขึ้นอยู่กับความลึกของของเหลว
ง. ความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวสัมผัสของของเหลวที่สัมผัสกับอากาศ

ข้อความที่กล่าวถูกต้องคือ

1. ก ข และ ค
2. ข และ ค
3. ก และ ง
4. ถูกทุกข้อ