

1. Introduction

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล (Mechanics of Machinery)

วิชาบังคับก่อน: 525203 พลศาสตร์วิศวกรรม

- ความรู้ความเข้าใจพื้นฐานและการทำงานของกลไกแบบต่างๆ
- วิเคราะห์ การกระจัด ความเร็วและความเร่งในเครื่องจักรกล
- การสังเคราะห์ชิ้นส่วนกลไก การวิเคราะห์แรงสถิตและแรงทางพลศาสตร์ที่เกิดขึ้น
- การถ่วงสมดุลมวลและมวลเคลื่อนที่กลับไปมา
- เฟืองและขบวนเฟืองต่างๆ

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล	กระวี ตรีอำรรค
------------------------------	----------------

1. Introduction

ตำรา Mechanisms and Dynamics of Machinery / Hamilton H. Mabie and Charles F. Reinholtz

หรือฉบับแปล กลไกและพลศาสตร์ของเครื่องจักรกล / รศ.วุฒิชัย กปิลกาญจน์
สำนักพิมพ์ ฟิสิกส์เซนเตอร์

หนังสืออ่านประกอบ

- 1) Design of machinery / Robert L. Norton
- 2) Kinematics and Dynamics of Machinery / Charles E. Wilson and J. Peter Sadler

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล	กระวี ตรีอำรรค
------------------------------	----------------

1. Introduction

การเก็บคะแนน

1. ทดสอบย่อย	10%	(ประมาณ 4 ครั้ง)
2. การบ้าน ความสนใจและงานมอบหมาย	10%	
3. สอบกลางภาค	35%	
4. สอบปลายภาค	45%	

- เวลาเรียนน้อยกว่า 80% นำไปหักจากคะแนนทดสอบย่อย การบ้าน ความสนใจและงานมอบหมาย (20%) ตามจำนวนครั้งตั้งแต่ที่ขาดเกิน 4 ครั้งเป็นต้นไป โดยจะยึดคนที่ขาดมากที่สุดเป็นเกณฑ์ 0 คะแนน แล้วลดหลั่นไป
- กรณีมีความจำเป็นให้ลาล่วงหน้าพร้อมเอกสารแนบ หรือป่วยไข้ไปรับรองแพทย์

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำนรรค

1. Introduction

การประเมินผล

คะแนน	เกรด
≥ 80	A
75 – 79	B+
70 – 74	B
65 – 69	C+
60 – 64	C
55 – 64	D+
50 – 54	D
< 50	F

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำนรรค

1. Introduction

กรอบการจัดการเรียนการสอน

สัปดาห์ที่	เนื้อหา
1	- Introduction
2	- Linkages and Mechanisms - Cams
3	- Spur Gears
4	- Bevel, Helical and Worm Gearing
5	- Gear Trains
6	- Velocity and Acceleration Analysis I
7	สอบกลางภาค

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำรรค

1. Introduction

กรอบการจัดการเรียนการสอน

สัปดาห์ที่	เนื้อหา
8	- Velocity and Acceleration Analysis II
9	- Force Analysis of Machinery I
10	- Force Analysis of Machinery II
11	- Balance of Machinery
12	- Kinematic Synthesis Problems

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำรรค

1. Introduction

เกี่ยวกับผู้สอน

	ดร.กระวี ตรีอำนรรค
ห้องพัก	MT10
	สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
อีเมล	krawee@sut.ac.th
facebook	www.facebook.com/กระวี ตรีอำนรรค
การเข้าพบ	- เช็กตารางสอน พบได้ตามเวลาที่ว่าง - นัดหมายทาง facebook, E mail - เห็นไฟในห้องพักเปิดอยู่และไม่มีแขก เข้าพบได้เลย

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำนรรค

1. Introduction

ข้อตกลงอื่นๆ

- การเข้าชั้นเรียนสาย นาที
- ข้อตกลงระหว่างเรียน
 - 1.
 - 2.
 - 3.
- รูปแบบการเช็คชื่อ
 -
- การส่งงาน
 -

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำนรรค

1. Introduction

1.1 บทนำ

- การศึกษา กลไก (mechanisms) เป็นเรื่องสำคัญมาก เพราะถูกใช้ในการออกแบบเครื่องมือ, ระบบควบคุมอัตโนมัติ และอุปกรณ์ที่ทำงานได้ด้วยตัวเองมากมาย
- กลไก นับเป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบเครื่องจักรกล (machine design) โดยถูกเน้นไปที่ ชิ้นต่อโยง (linkages) ลูกเบี้ยว (cams) เฟือง (gears) และ กระบวนเฟือง (gear trains)

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำรรค

1. Introduction

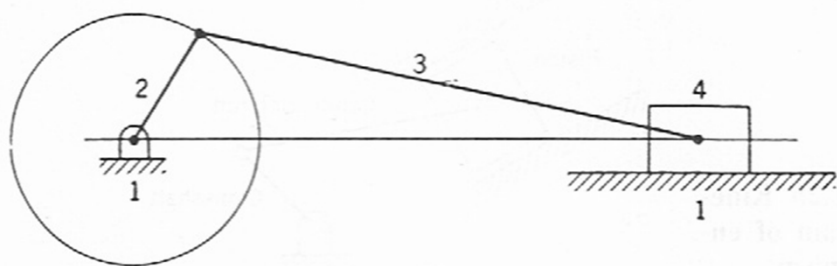


FIGURE 1.1 Slider-crank mechanism.

- กลไกที่เห็นนี้คือ Slider-crank โดย link 1 คือ frame ติดตาย, link 2 คือ crank, link 3 connecting rod, link 4 คือ slider
- เป็นกลไกที่ใช้มากในเครื่องยนต์สันดาปภายใน

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำรรค

1. Introduction

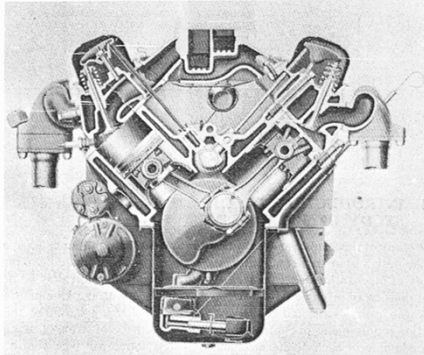


FIGURE 1.2a Chevrolet V-8 engine showing slider-crank mechanism. (General Motors Corporation).

- การ analyze ทำได้ยากเพราะมีความสลับซับซ้อน
- เราใช้ kinematic diagram แทนซึ่งดูได้ง่ายกว่า

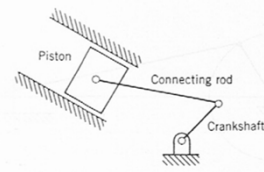


FIGURE 1.2b Kinematic diagram of engine mechanism.

วิดีโอเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำรรค

1. Introduction

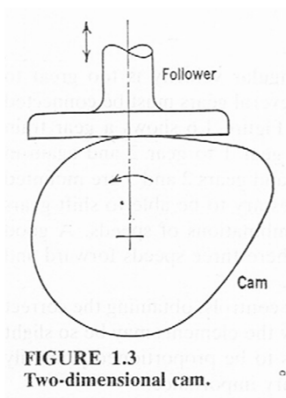


FIGURE 1.3 Two-dimensional cam.

- ในภาพ cam (ลูกเบี้ยว) หมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงที่ → ผลักให้ Follower (ตัวตาม) เคลื่อนที่ขึ้นและลงได้

- ขึ้นเพราะ ?
- ลงเพราะ ?
- อะไรเป็น input ?
- อะไรเป็น output ?
- เอาไปใช้ทำอะไรได้ ?

วิดีโอเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำรรค

1. Introduction

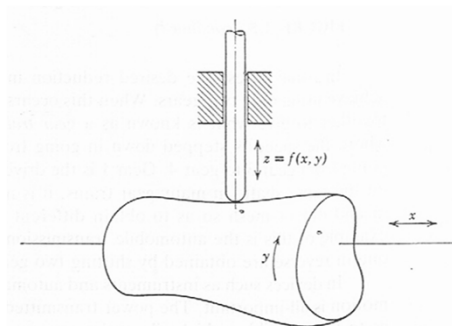


FIGURE 1.4 Three-dimensional cam.

- กรณีต้องการออกแบบให้ ระบบรับ input มากกว่า 1 ตัว เราใช้ cam เป็น 3 มิติเลย

อะไรเป็น input บ้าง

อะไรเป็น output บ้าง

- เราประยุกต์ใช้เป็น summing point รวม สัญญาณ input 2 ตัวทางกล ได้ใน automatic control

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำรรค

1. Introduction

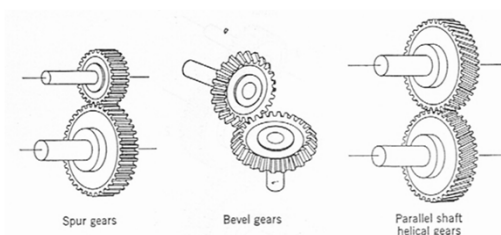


FIGURE 1.5 (continued next page)

- ส่วนกลไกที่พบมากที่สุดในแทบทุก เครื่องจักร คือ เฟืองแบบต่างๆ ดังภาพ

ใช้เพื่ออะไร ?

แบบไหนเกิดการขัดสีมากๆ บ้าง ?

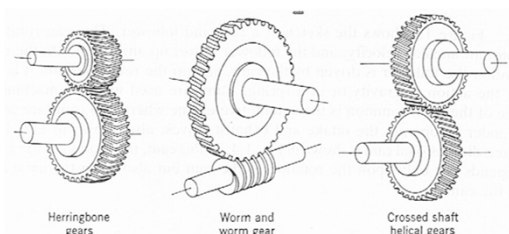
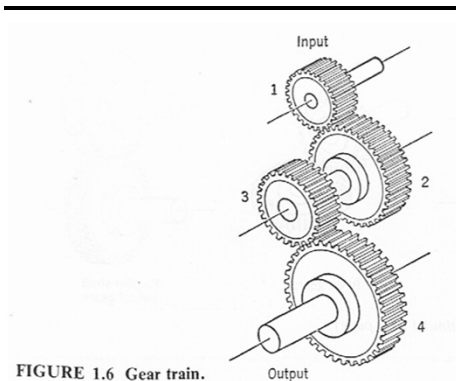


FIGURE 1.5 (continued)

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำรรค

1. Introduction



- บางครั้งจะพบ เฟืองต่อกันเป็นระบบ
มากกว่า 1 คู่ เราเรียก Gear trains

ในภาพ output จะเร็วหรือช้ากว่า input ?

ทิศทางล่ะ ?

มันดีกว่า ใช้เฟือง 1 คู่ยังงัย ?

- บางครั้งเราต้องการส่งสัญญาณทางกลด้วยฟันเฟือง ซึ่งไม่ได้ต้องการส่งกำลัง ดังนั้น การ
หมุนส่งกำลัง และความแข็งแรง จึงเป็นเรื่องรองๆ (แทบไม่สนใจ)

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำรรค

1. Introduction

1.2 Mechanism/ Machine

Mechanism (กลไก) คือการเอาชิ้นส่วนต่างๆมาประกอบกันแล้วสามารถเคลื่อนไหวย่าง
สัมพันธ์กันไปได้ → เรียกว่าง่าย ๆ คือชิ้นส่วนกลไก เช่นชิ้นส่วนต่างๆในเครื่องยนต์

Machine คือ mechanism (กลไก) หรือส่วนของกลไกที่มุ่งหวังให้มันถ่ายทอดกำลังจากต้น
กำลัง ไปยังปลายทางได้ → เรียกว่าง่าย ๆ คือการเอาชิ้นส่วนกลไกมาประกอบแล้วให้มัน
ทำงาน เช่น ตัวเครื่องยนต์

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำรรค

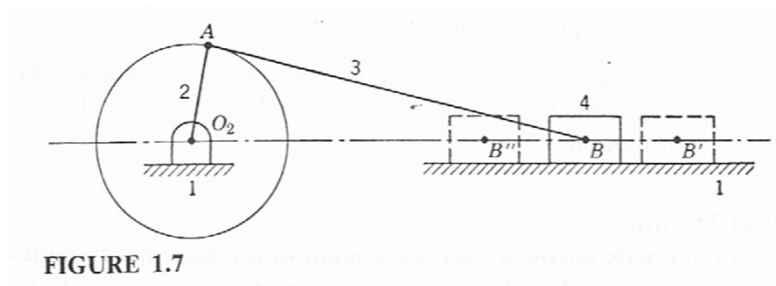
1. Introduction

1.3 Motion เป็นการระบุนิยามเพื่อใช้ในบทต่อไป motion (การเคลื่อนที่) แบ่งออกเป็น

1. Plan Motion การเคลื่อนไปบนระนาบ

1.1 Translation คือการเคลื่อนที่ที่มีระนาบขนานที่คงที่อยู่ที่ 1 ระนาบ (การเลื่อน)

- Rectilinear translation → เลื่อนเป็นเส้นตรง

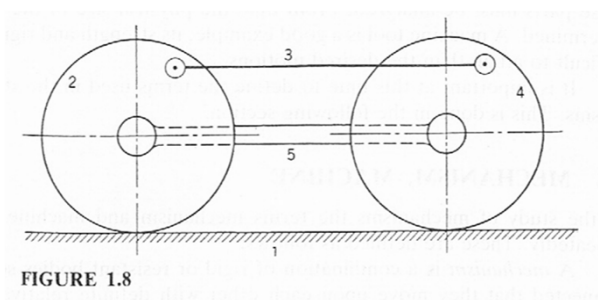


525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำรรค

1. Introduction

- Curvilinear translation → เลื่อนเป็นเส้นโค้ง

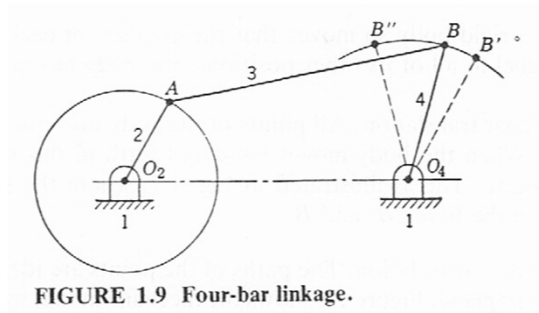


525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำรรค

1. Introduction

1.2 Rotation คือการหมุนรอบแกนคงที่ (ยังอยู่บนระนาบ)

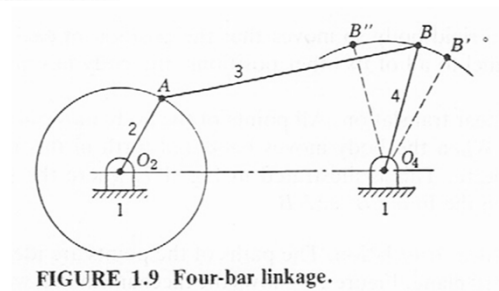
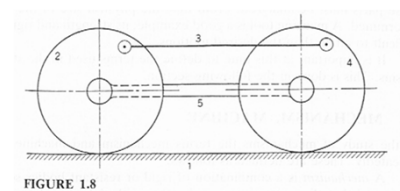
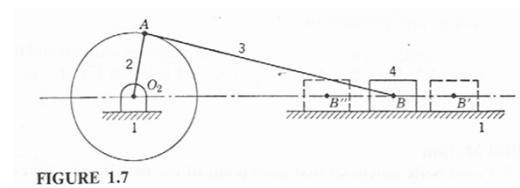


525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำรรค

1. Introduction

1.3 Rotation and Translation คือการเคลื่อนที่แบบหมุน + แบบเลื่อน (ยังอยู่บนระนาบ)



525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำรรค

1. Introduction

2. **Helical Motion** คือชิ้นส่วนหมุนรอบแกนคงที่แกนหนึ่ง พร้อมกับเคลื่อนที่แบบเลื่อนขนานไปกับแกนนั้น เช่น Nut (น็อตตัวเมีย) ที่ขันให้หมุนไปบน Bolt (น็อตตัวผู้)
3. **Spherical Motion** คือชิ้นส่วนหมุนรอบจุดคงที่จุดหนึ่งแบบ 3 มิติ เช่น อิเล็กตรอนหมุนรอบนิวเคลียส
4. **Spatial Motion** คือชิ้นส่วนหมุนใน 3 มิติ โดยไม่ขนานกับแกนใดเลย และมีทิศทางอิสระใน 3 มิติ

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

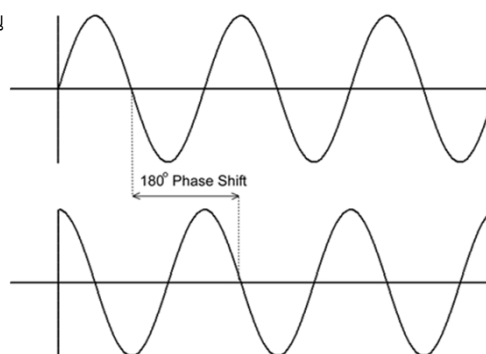
กระวี ตรีอำรรค

1. Introduction

1.4 Cycle, Period and Phase of Motion

การที่ชิ้นส่วนเคลื่อนที่นับจากตำแหน่งเริ่มต้นไปด้วยรูปแบบที่ออกแบบไว้แล้วกลับมาผ่านตำแหน่งที่ set ไว้ได้

- Cycle คือ รูปแบบดังกล่าว 1 รอบ
- Period คือ เวลาที่ชิ้นส่วนนั้นใช้ไปใน
- Phase คือ หากรูปแบบการเคลื่อนที่ซ้ำเหมือนเดิม ตำแหน่งใดๆบนเส้นทางการเคลื่อนที่ ที่กลับมาซ้ำเดิมได้ คือ Phase (เช่นตำแหน่งใดๆ บนคลื่น sine ที่สนใจและเกิดซ้ำ)



525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำรรค

1. Introduction

1.5 Pairing Elements

คือการที่ชิ้นส่วน 2 ชิ้นที่สัมผัสกันเพื่อทำงานตามที่ออกแบบ โดย

- หากเป็นพวกจุดหมุน เราเรียก Lower pair เช่น พวก pin joint
- หากเป็นการเลื่อนเช่น ลูกสูบเลื่อนอยู่ในกระบอกล เราเรียก Sliding pair เช่น slider ใน slider crank
- หากเป็นการสัมผัสแบบกุด หรือตัน เราเรียก higher pair เช่น พวก ฟันเฟืองขบกัน หรือ cam + follower

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำรรค

1. Introduction

1.6 Link, Chain

- Link คือชิ้นส่วนนั้นแหละ ดังรูปซ้าย หากเชื่อมต่อแล้วขยับไม่ได้ เรียก locked chain (หรือกลายเป็น structure) หากเชื่อมต่อแล้วขยับได้เรียก Chain

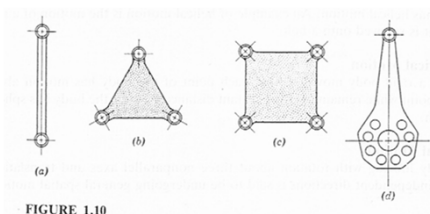


FIGURE 1.10

อาจมีจุดเชื่อมต่อได้มากมาย

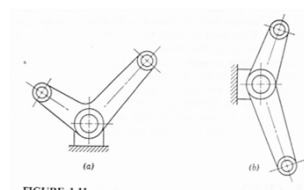


FIGURE 1.11

รูปนี้คือ bell crank (คานหรือกระเดื่อง นิยมใช้เพราะให้ grain หรืออัตราส่วน (ratio) ในการขยายสัญญาณดี

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำรรค

1. Introduction

1.8 Transmission of Motion

คือการถ่ายทอดการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นได้ 3 รูปแบบคือ

1. Direct contact คือตัวขับ ขับตัวตาม โดยตรง เช่น cam + follower, เฟือง (
2. ผ่าน Connecting rod ตัวขับไปโยก link ตัวกลางที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อ ก่อนส่งต่อไปที่ตัวตาม
3. ผ่าน Flexible connector คือพวก สายพาน หรือโซ่

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำรรค

1. Introduction

ลองดูรูป

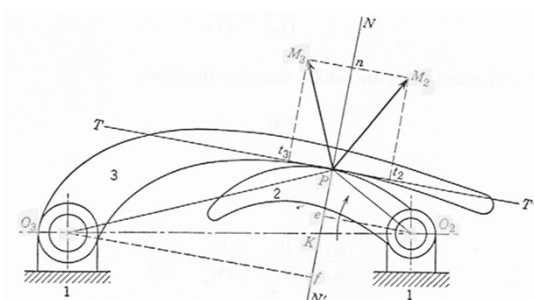


FIGURE 1.12

PM_2 เป็นความเร็วของ
link 2

PM_3 เป็นความเร็วของ
link 3

- ยิ่งการ transmit นี้ก็ต้องมี
การเลื่อนถื่นในแนว $t_3 - t_2$
พร้อมกับการดันไปในแนว $N' - N$

- ถ้าอยากให้ไม่มีการเลื่อนถื่นเลย จุด P ต้องอยู่ในแนว $O_3 - O_2$ เช่นพวก roller ที่끼่ง
สัมผัสกัน (กลไกนี้ทำไม่ได้)

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำรรค

1. Introduction

การคำนวณ

- ใช้สมการ $\omega = v/r$ ไปที่ละตัว

$$\omega_2 = \frac{PM_2}{O_2P} \quad \text{and} \quad \omega_3 = \frac{PM_3}{O_3P}$$

$$\frac{\omega_3}{\omega_2} = \frac{PM_3}{O_3P} \times \frac{O_2P}{PM_2}$$

From the fact that triangles PM_2n and O_2Pe are similar,

$$\frac{PM_2}{O_2P} = \frac{Pn}{O_2e}$$

Also, PM_3n and O_3Pf are similar triangles; therefore,

$$\frac{PM_3}{O_3P} = \frac{Pn}{O_3f}$$

Therefore,

$$\frac{\omega_3}{\omega_2} = \frac{Pn}{O_3f} \times \frac{O_2e}{Pn} = \frac{O_2e}{O_3f}$$

With the common normal intersecting the line of centers at K , triangles O_2Ke and O_3Kf are also similar; therefore,

$$\frac{\omega_3}{\omega_2} = \frac{O_2e}{O_3f} = \frac{O_2K}{O_3K} \quad (1.1)$$

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำนรรค

1. Introduction

ลองดูรูปการถ่ายทอดการเคลื่อนที่ด้วย flexible connector

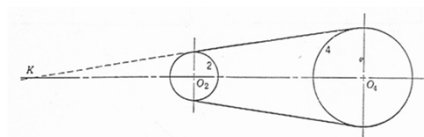


FIGURE 1.14

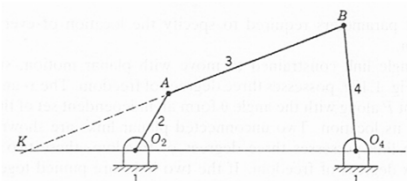


FIGURE 1.13

It is also possible to derive the above relations for the transmission of motion through an intermediate link or connecting rod and for the transmission of motion through a flexible connector. Figures 1.13 and 1.14 show these two cases, respectively, where the angular velocity ratio is given by

$$\frac{\omega_4}{\omega_2} = \frac{O_2K}{O_4K} \quad (1.2)$$

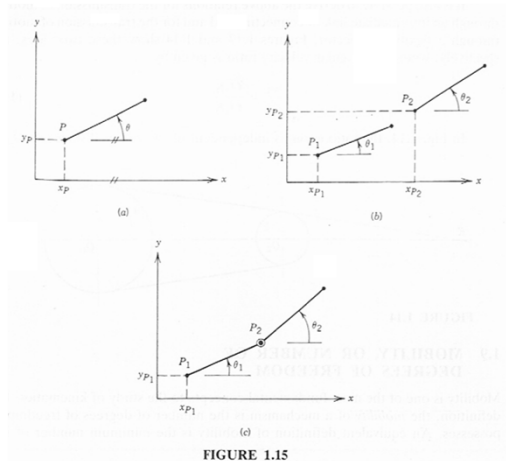
525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำนรรค

1. Introduction

1.9 Mobility or Number of Degrees of Freedom

พิจารณารูป



- การบอกว่าชิ้นส่วนของเราอยู่ตรงไหน ต้องการข้อมูลระบุ (parameter) เช่น บนระนาบ การระบุใช้แค่ 2 ข้อมูล (x,y) ก็พอ
- Parameter นี้คือ Degree of Freedom (ย่อเป็น DOF) นั่นเอง
- รูป 1.15 a ใช้ ที่ DOF
- รูป 1.15 b ใช้ ที่ DOF
- รูป 1.15 c ใช้ ที่ DOF

FIGURE 1.15

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำนรรค

1. Introduction

กฎของ Grubler ใช้ช่วยในการคำนวณหา M หรือ DOF ดังนี้

$$M = 3(n - 1) - 2f_1 - f_2 \quad (1.3)$$

where

M = the mobility, or number of degrees of freedom

n = the total number of links, including the ground

f_1 = the number of one-degree-of-freedom joints

f_2 = the number of two-degree-of-freedom joints

โดยที่ ถ้า

$M \geq 1$: the device is a mechanism with M degrees of freedom

$M = 0$: the device is a statically determinate structure

$M \leq -1$: the device is a statically indeterminate structure

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำนรรค

1. Introduction

ลองใช้ Grubler's law กับรูป 1.16 ดู

Grubler's equation to the mechanism of Fig. 1.16 gives

$$M = 3(5 - 1) - 2(6) = 0$$

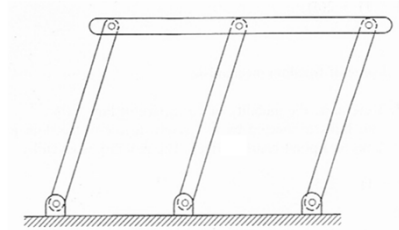


FIGURE 1.16

พบว่าไม่น่าจะถูกเพราะ กลไกยังขยับได้ (ถ้า $M = 0$ คือขยับไม่ได้) และน่าจะใช้แค่ $M = 1$

- ดังนั้นบางกลไกจึงมีข้อบกพร่องในการใช้ กฎของ Grubber กรณีรูป 1.16 ให้นับ link ตัวนอน เป็นแค่ 2 (นับเป็น $k-1$ ไม่ใช่ k) แม้จะมี 3 joint ที่เป็น one degree of freedom joint ก็ตาม
- ลองคำนวณใหม่

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำรรค

1. Introduction

Joint Type (Symbol)	Physical Form	Schematic Representation	Degrees of Freedom
Revolute (R)			1 (Pure rotation)
Prismatic (P)			1 (Pure sliding)
Cam or gear			2 (Rolling and sliding)
Rolling contact			1 (Rolling without sliding)

FIGURE 1.17 Common types of joints found in planar mechanisms.

- ในตาราง figure 1.17 คือชิ้นส่วนที่เจอบ่อยๆในกลไกที่ทำงานแค่ 1 ระนาบ และจำนวน DOF ของมัน

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำรรค

1. Introduction

Example 1.1. Determine the mobility of the four-bar linkage of Fig. 1.18.

There are four links and four revolute joints, each having one degree of freedom. The mobility is given by

$$M = 3(4 - 1) - 2(4)$$

$$M = 1$$

So this is a one-degree-of-freedom mechanism.

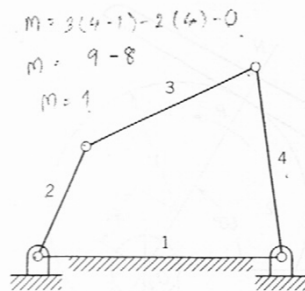


FIGURE 1.18

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำนรรค

1. Introduction

Example 1.2. Determine the mobility of the device of Fig. 1.19.

There are four links connected by five single-degree-of-freedom joints (the joint connecting three links at a point counts twice). The mobility is given by

$$M = 3(4 - 1) - 2(5)$$

$$M = -1$$

This is a statically indeterminate structure.

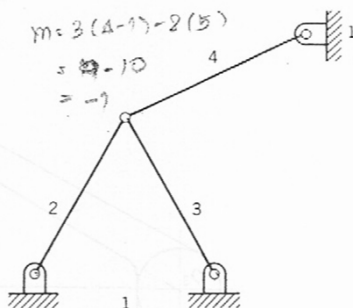


FIGURE 1.19

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำนรรค

1. Introduction

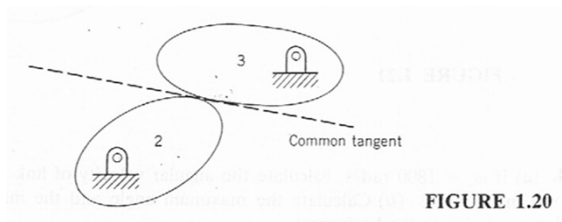
Example 1.3. Determine the mobility of the device of Fig. 1.20.

There are three links, two one-degree-of-freedom revolute joints and one two-degree-of-freedom higher-pair joint. In the higher-pair joint, the two contacting bodies may translate along the common tangent to the two surfaces or rotate about the contact point, thus giving two degrees of freedom. The mobility is given by

$$M = 3(3 - 1) - 2(2) - 1(1)$$

$$M = 1$$

This is a one-degree-of-freedom mechanism.



525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำนรรค

1. Introduction

Home work

Problems

1.1. (a) If $\omega_2 = 20$ rad/min, calculate the angular velocity of link 3 for the two cases shown in Fig. 1.21. (b) Calculate the maximum angle and the minimum angle of the follower with the horizontal.

1.4. (a) If $\omega_2 = 1800$ rad/s, calculate the angular velocity of link 3 for the mechanism shown in Fig. 1.22. (b) Calculate the maximum angle and the minimum angle of the follower relative to the horizontal.

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำนรรค

1. Introduction

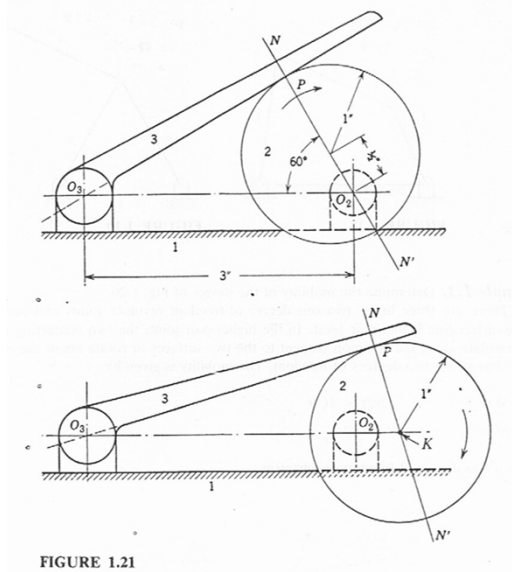


FIGURE 1.21

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำนรรค

1. Introduction

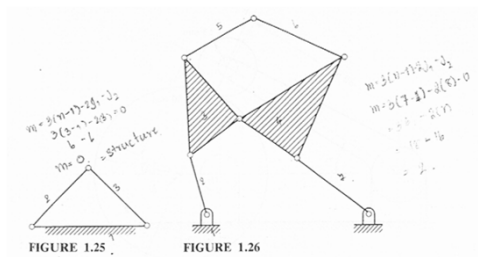


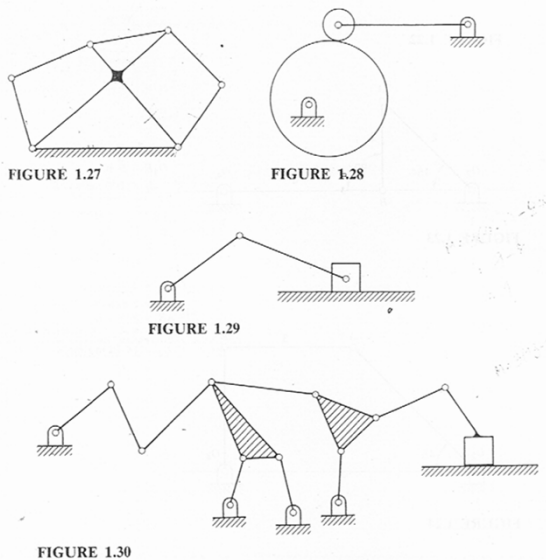
FIGURE 1.25

FIGURE 1.26

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำนรรค

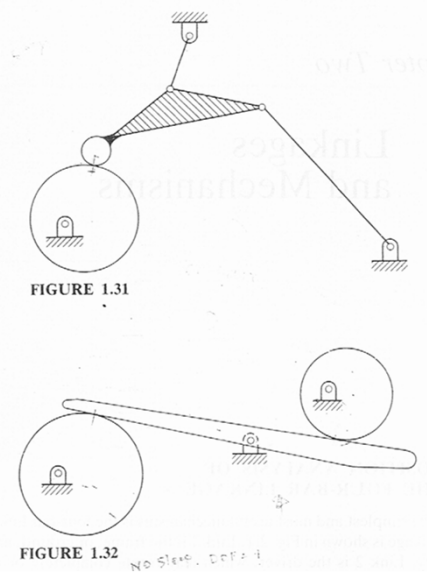
1. Introduction



525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำนรรค

1. Introduction



525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล

กระวี ตรีอำนรรค

1. Introduction

จบบท

อย่าลืมทบทวนและทำแบบฝึกหัด

525305 กลศาสตร์เครื่องจักรกล	กระวี ตรีอำรรค
------------------------------	----------------