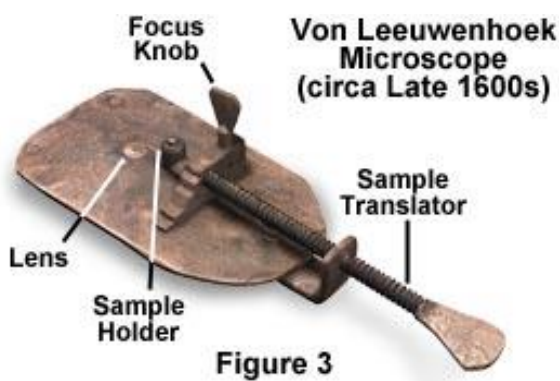


เซลล์ของสิ่งมีชีวิต

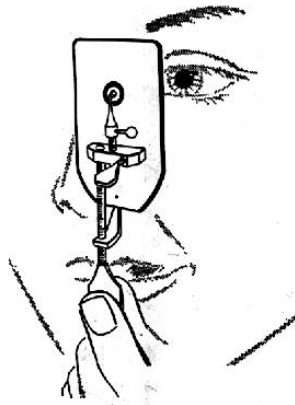
1. กล้องจุลทรรศน์ (Microscope)
2. เซลล์และโครงสร้างของเซลล์
3. การรักษาสมดุลของเซลล์
4. การแบ่งเซลล์

1. กล้องจุลทรรศน์ (Microscope)

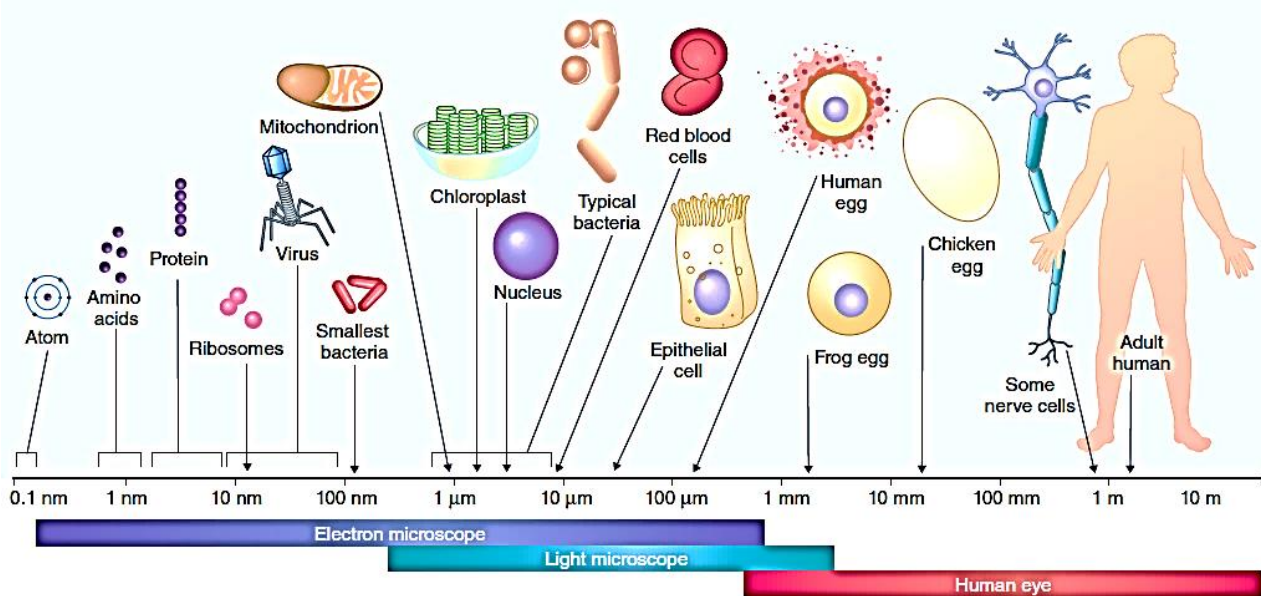
- เป็นทัศนอุปกรณ์ที่สำคัญในทางชีววิทยา ที่ใช้ขยายภาพให้มีขนาดใหญ่ขึ้น
- กล้องจุลทรรศน์ (Microscope) แบ่งเป็น 2 ชนิด
 - กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง (*Light microscope : LM*)
 - กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (*Electron microscope : EM*)



กล้องจุลทรรศน์ Antonie Van leeuwenhoek



กล้องจุลทรรศน์ Robert hook



คำอุปสรรค	สัญลักษณ์	ตัวคูณ
เมกะ	M	10^6
กิโล	k	10^3
เดคา	da	10^1
เดซี	d	10^{-1}
เซนติ	c	10^{-2}
มิลลิ	m	10^{-3}
ไมโคร	μ	10^{-6}
นาโน	n	10^{-9}
อังสตรอม	$^{\circ}\text{A}$	10^{-10}

กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Light microscope : LM)

❖ dark field microscope

- เป็นกล้องที่ทำให้พื้นภาพเป็นสีดำ ในขณะที่วัตถุที่ต้องการดูมีสีขาวหรือมีความสว่าง นิยมใช้กับเซลล์จุลินทรีย์ที่ไม่ยอมสี และที่ย้อมสีติดยาก เช่น เชื้อ *Treponema pallidum* ซึ่งก่อโรคซิฟิลิส, เม็ดเลือด

❖ fluorescence microscope

- ใช้แสง UV เป็นแหล่งกำเนิดแสง โดยพื้นหลังมักมีสีดำ
- ส่องดูจุลินทรีย์ที่ย้อมด้วยสารเรืองแสง เมื่อกระทบกับ UV จะเกิดการเรืองแสง
- นิยมประยุกต์ใช้ในการวินิจฉัยโรค โดยการทำปฏิกิริยาระหว่างแอนติเจนกับแอนติบอดีที่มีสีฟลูออเรสเซนซ์จับอยู่ ถ้าแอนติเจนคือเซลล์แบคทีเรียมีความจำเพาะกับแอนติบอดี เมื่อนำไปดูจะช่วยให้เซลล์แบคทีเรียเกิดการเรืองแสงและสว่างขึ้น และนิยมศึกษา DNA



dark field microscope



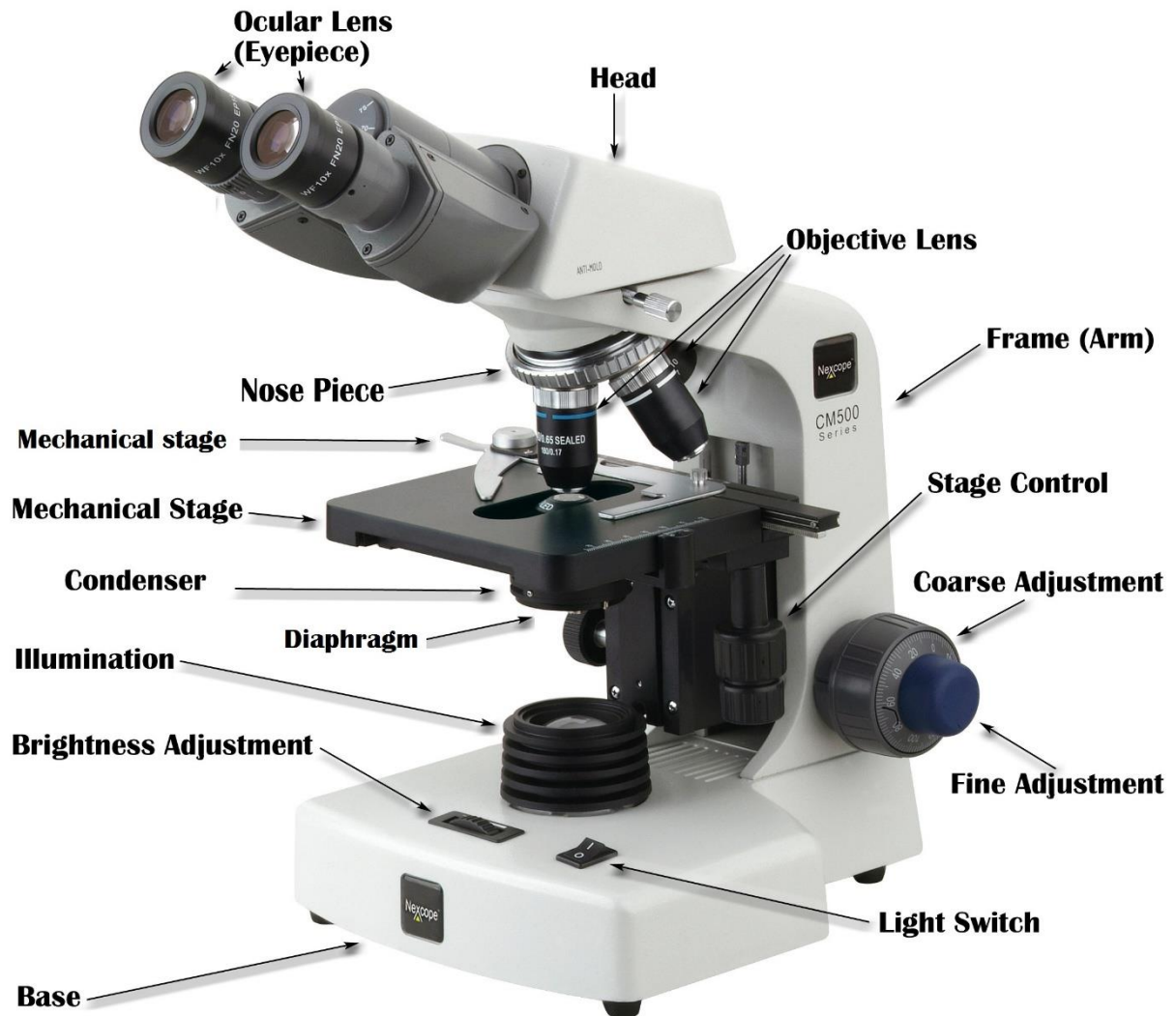
fluorescence microscope

❖ stereoscopic microscope

- ใช้ศึกษาวัตถุขนาดใหญ่ ที่แยกรายละเอียดด้วยตาเปล่าไม่ชัดเจน
- ใช้ศึกษาได้ทั้งวัตถุทึบแสงและโปร่งแสง
- นิยมใช้กับการผ่าตัดวัตถุที่มีขนาดเล็ก
- เป็นภาพเสมือน 3 มิติ มีความชัดลึก
- ใช้เลนส์ใกล้ตาและเลนส์ใกล้วัตถุ กำลังขยาย ~ 10 – 140 เท่า
- เลนส์ใกล้วัตถุมีกำลังขยายน้อยกว่า 10X
- ระยะห่างจากเลนส์ใกล้วัตถุไปยังวัตถุอยู่ในช่วง 63–225 mm



❖ Light microscope/Compound microscope/Bright field microscope



ส่วนประกอบของกล้องจุลทรรศน์

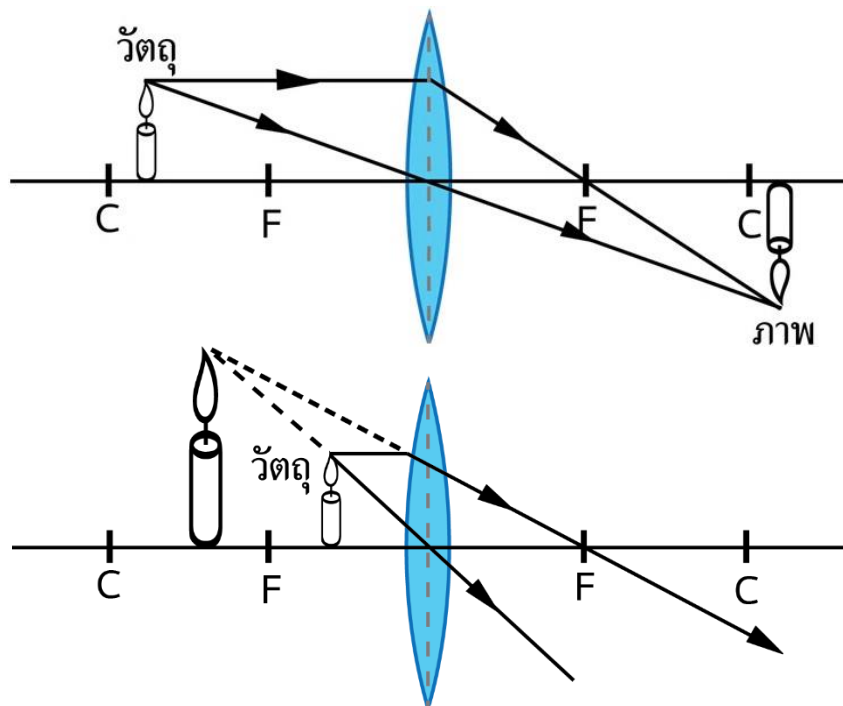
- 1) ฐาน (Base) = เป็นส่วนที่ใช้ในการตั้งกล้อง
- 2) แหล่งกำเนิดแสง = กระจกเงา (Mirror)/หลอดไฟ ทำหน้าที่สะท้อนให้ส่องผ่านวัตถุ
- 3) ไดอะแฟรม (diaphragm) = ควบคุมปริมาณแสงในปริมาณที่ต้องการ
- 4) เลนส์รวมแสง (condenser) = รวมแสงที่มาจาก diaphragm เพื่อส่งไปยังวัตถุที่ต้องการศึกษา
- 5) แท่นวางวัตถุ (Specimen stage) = ใช้วางแผ่นสไลด์ที่ต้องการศึกษา
- 6) ที่หนีบสไลด์ (Stage clip) = ใช้หนีบสไลด์ให้ติดอยู่กับแท่นวางวัตถุ (Mechanical stage)
- 7) Stage control = ควบคุมการเคลื่อนย้ายตำแหน่งของวัตถุ
- 8) ปุ่มปรับภาพหยาบ (Coarse adjustment) = หาโฟกัสของกล้อง และใช้หาภาพ
- 9) ปุ่มปรับภาพละเอียด (Fine adjustment) = ปรับภาพ ให้ได้ภาพที่ชัดเจนมากขึ้น
- 10) แขน (Arm) = ยึดระหว่างส่วนลำกล้องกับฐาน เป็นตำแหน่งที่จับเวลาแยกกล้อง
- 11) ลำกล้อง (Body tube) = เชื่อมระหว่างเลนส์ใกล้ตา กับเลนส์ใกล้วัตถุ และป้องกันแสงรบกวน
- 12) เลนส์ใกล้วัตถุ (objective lens) = เป็นเลนส์หมุน
 - ติดอยู่กับจานหมุน (Revolving nose piece)
 - มีกำลังขยาย 3-4 ระดับ คือ 4x 10x 40x 100x
- 13) เลนส์ใกล้ตา (ocular lens/eye piece) = เป็นเลนส์หมุน
 - ทำหน้าที่ขยายภาพต่อจากเลนส์ใกล้วัตถุให้มีขนาดใหญ่ขึ้น
 - มีกำลังขยาย 10x 15x 25x

*****การเกิดภาพ...จะอาศัย เลนส์หมุน 2 ตัว *****

-
-

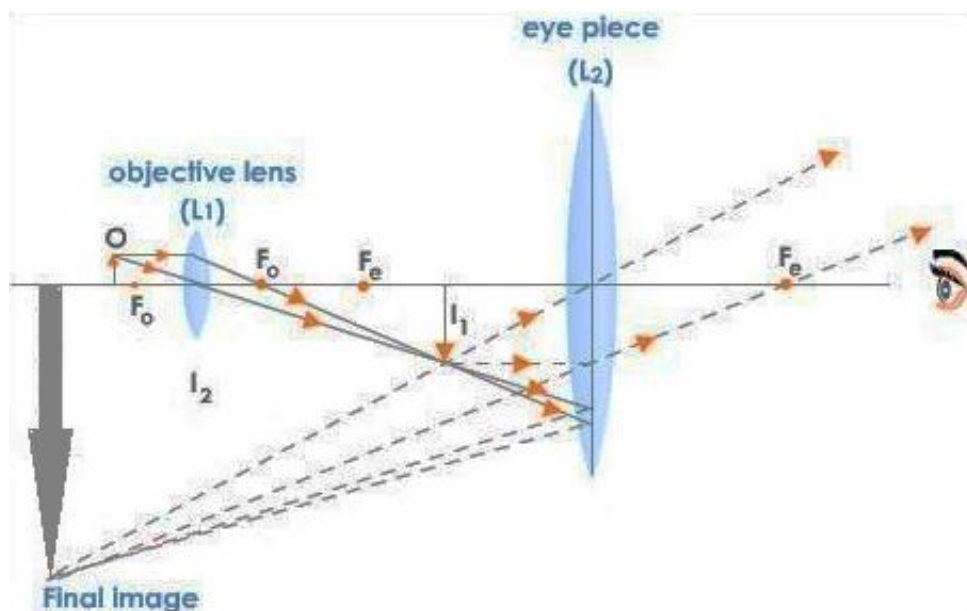
หลักการเกิดภาพ : ภาพที่เกิดจากเลนส์ใกล้วัตถุจะเป็นวัตถุให้กับเลนส์ใกล้ตา

การเกิดภาพจากเลนส์นูน



ภาพของกล้องจุลทรรศน์

- เลนส์ใกล้วัตถุ วัตถุจะอยู่ห่างในระยะระหว่าง F ถึง $2F$ (R/C) ภาพที่เกิดขึ้นจะเกิดหลังเลนส์ เป็นภาพ..... ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ
- เลนส์ใกล้ตา ภาพที่เกิดจากเลนส์ใกล้วัตถุ จะเป็นวัตถุให้เลนส์ใกล้ตาในระยะ $< F$ ภาพจะเกิดจากหน้าเลนส์ เป็นภาพ..... ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ
- ภาพจะถูกขยาย 2 ครั้ง โดยมีกำลังขยายประมาณ 1,000–2,000 เท่า
- แยกจุด 2 จุด ที่ห่างกันน้อยสุดที่ 0.2 ไมครอน ซึ่งจะได้ **ภาพเสมือนหัวกลับ**



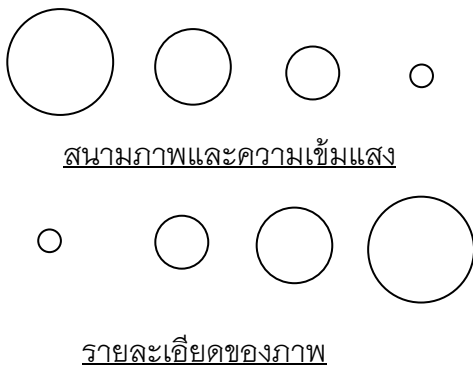
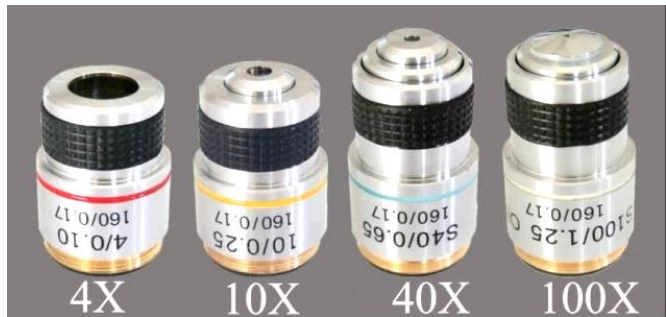
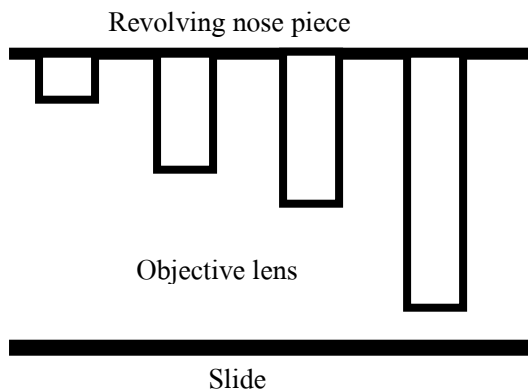
การเกิดภาพจากกล้องจุลทรรศน์

- ภาพเสมือนหัวกลับ
- หัวกลับ และ กลับซ้ายไปขวา
- ถ้าเลื่อนวัตถุไปทางหนึ่ง ภาพจะมีทิศทางตรงกันข้าม

ม..... พ..... k.....

กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ

- เลนส์ใกล้วัตถุจะมีกำลังขยาย คือ 4x 10x 40x 100x
- เลนส์จะวางอยู่บน Revolving nose piece ซึ่งสามารถหมุนและเปลี่ยนเลนส์ได้
- เลนส์ 100x ต้องใช้น้ำมันเป็นตัวกลาง เพื่อเพิ่มการหักเหของแสงให้เข้าสู่เลนส์ให้มากขึ้น

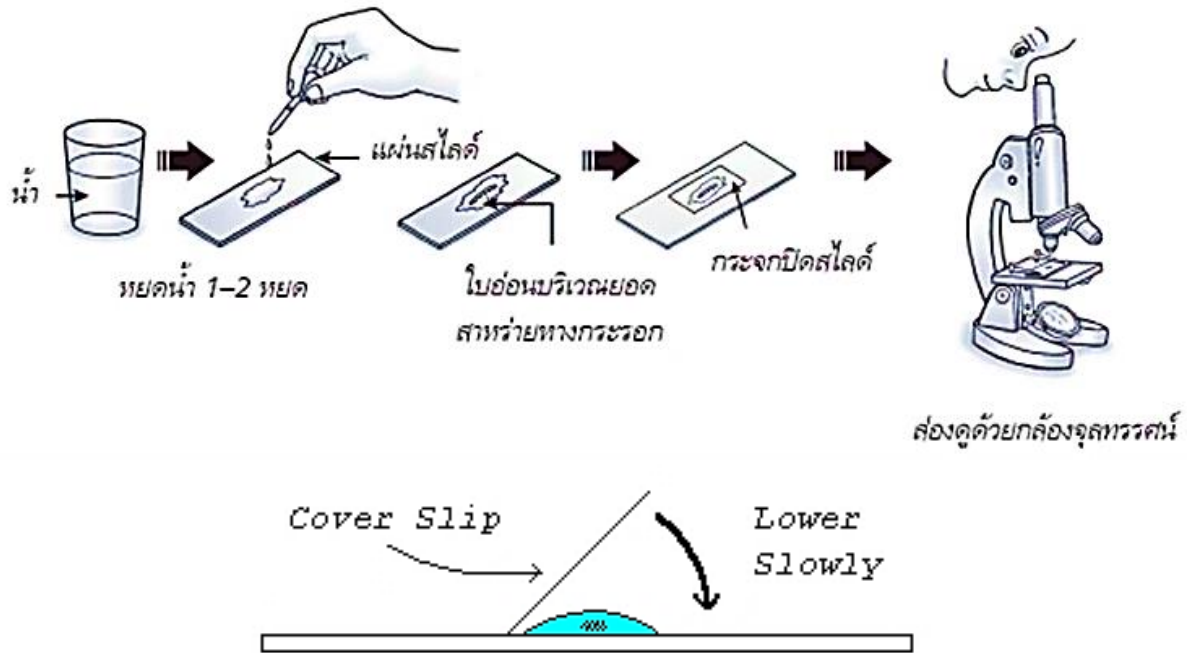


เมื่อเพิ่มกำลังขยายสูงขึ้น จะพบว่า

- ❖ เห็นรายละเอียดภาพ.....
- ❖ เนื้อที่ของภาพหรือสนามภาพ.....
- ❖ ความสว่างในบริเวณภาพจะ.....
(ต้องปรับ Iris diaphragm ให้.....)

การเตรียม slide

➤ ทำสไลด์สด (wet mount)



การใช้กล้องจุลทรรศน์

- ❖ ใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายต่ำสุดเริ่มใช้ แล้ววางสไลด์ (เตรียม/สำเร็จ) บนแท่นวางสไลด์
- ❖ เลื่อนตำแหน่งของวัตถุที่ต้องการศึกษาให้ตรงกับเลนส์ใกล้วัตถุ (objective lens) หรือตรงกับจตุรวมแสง (condenser)
- ❖ ปรับปุ่มภาพหยาบ (coarse adjustment knob) จนกระทั่งเห็นภาพที่ชัดที่สุด
- ❖ ปรับปุ่มปรับภาพละเอียด (fine adjustment knob) เพื่อให้ภาพชัดมากยิ่งขึ้น
- ❖ เปลี่ยนเลนส์ใกล้วัตถุ เพื่อให้เห็นรายละเอียดของภาพเพิ่มขึ้นตามความต้องการ

แบบฝึกหัด เรื่อง กล้องจุลทรรศน์

1. ในขณะที่ศึกษาเยื่อหุ้มหอยด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่าภายในจอสว่าง แต่ภาพเซลล์ไม่ชัด แม้จะย้อมด้วยไอโอดีนและปรับปุ่มปรับภาพก็ตาม ปัญหาจะแก้ตามข้อใด

- 1) หมุนกระจกให้รับแสงมากขึ้น
- 2) ปรับให้ช่องไดอะแฟรมเล็กลง
- 3) เปลี่ยนใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายมากขึ้น
- 4) ปรับตำแหน่งเลนส์ใกล้วัตถุให้ตรงกับเลนส์รวมแสง
- 5) เปลี่ยนกล้องจุลทรรศน์อันใหม่

2. เมื่อนำอักษร “ม” ทำ wet mount ส่องกล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ จะปรากฏภาพแบบใด

.....

3. กล้องใดที่มองเห็นเซลล์เม็ดเลือดแดงขนาดเท่า ๆ กัน

กล้องจุลทรรศน์	เลนส์ใกล้ตา	เลนส์ใกล้วัตถุ
ก.	5x	10x
ข.	10x	10x
ค.	5x	40x
ง.	15x	20x
จ.	10x	20x

- 1) ก ข
- 2) ข ค
- 3) ก ง
- 4) ค จ
- 5) ง จ

4. ถ้านำสไลด์ที่มีเยื่อหุ้มแดงแผ่นหนึ่งมาตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ทั้ง 4 กล้อง กล้องใดจะเห็นจำนวนเซลล์หุ้มแดงมากที่สุดและน้อยสุด ตามลำดับ.....

กล้องจุลทรรศน์ที่	กำลังขยายของเลนส์ตา	กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ
1	4	10
2	5	10
3	10	40
4	10	20

5. นำกระดาษกราฟติดบนแผ่นสไลด์ไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์จากกล้อง 1-4 จำนวนช่องของกระดาษกราฟที่มองเห็นเปรียบเทียบกันเป็นอย่างไร (น้อยไปมาก).....

กล้องที่	กำลังขยายของเลนส์ตา	กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ
1	15	4
2	12	10
3	10	20
4	4	40

6. การส่องดูเม็ดเลือดแดงด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้กำลังขยายของเลนส์ใกล้ตา และเลนส์ใกล้วัตถุต่าง ๆ กัน ตามตาราง กล้องใดที่เห็นเม็ดเลือดแดงมากที่สุด และเห็นรายละเอียดได้ดีที่สุดตามลำดับ

กล้องที่	กำลังขยายของเลนส์ตา	กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ
A	5x	10x
B	10x	10x
C	5x	40x
D	15x	20x
E	10x	20x

- 1) A B 2) B D 3) A D
4) C E 5) D E

7. เมื่อนักเรียนใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายต่ำส่องดูละอองเรณู พบภาพอยู่ริมขวาขีดขอบบน หากต้องการให้ภาพมาตรงกลางจอ ควรทำอย่างไร

- 1) เลื่อนสไลด์ไปทางขวาและลงล่าง
- 2) เลื่อนสไลด์ไปทางขวาและขึ้นบน
- 3) เลื่อนสไลด์ไปทางซ้ายและลงล่าง
- 4) เลื่อนสไลด์ไปทางซ้ายและขึ้นบน
- 5) เลื่อนสไลด์ไปทางขวาแล้วเลื่อนกลับมาทางซ้าย

8. เหตุใดจึงต้องใช้น้ำมันเป็นตัวกลางระหว่างสไลด์ที่วางวัตถุกับเลนส์ใกล้วัตถุในการใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงสำหรับเลนส์ 100X

จุลทรรศน์แบบใช้แสงสำหรับเลนส์ 100X

- 1) เพื่อลดการสะท้อนแสงจากหน้าเลนส์
- 2) เพื่อเพิ่มช่วงความยาวคลื่นแสงที่เข้าสู่เลนส์
- 3) เพิ่มเพิ่มกำลังขยายของกล้องให้มากกว่า 100X
- 4) เพื่อเพิ่มการหักเหของแสงจากตัวอย่างเข้าสู่เลนส์
- 5) เพื่อให้เห็นภาพชัดเจenyิ่งขึ้น

9. สิ่งทีกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอแตกต่างจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงธรรมดา คืออย่างไร

- ก. ใช้ศึกษาทั้งวัตถุโปร่งแสงและทึบแสง
- ข. เลนส์ใกล้วัตถุมีกำลังขยายน้อยกว่า 4X
- ค. ภาพที่เห็นเป็นภาพ 3 มิติ และเป็นภาพจริง

- 1) ก
- 2) ก ข
- 3) ข ค
- 4) ก ข ค
- 5) ก ค

10. วิธีการศึกษาและใช้อุปกรณ์ในการศึกษา ข้อใดใช้ได้เหมาะสมที่สุด

- 1) เตรียมตัวอย่างสด (wet mount) ของโปรโตซัว แล้วส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (light microscope)
- 2) ตัดภาคตัดขวางรังไข่พืชดอก เพื่อศึกษาสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์ (dark-field microscope)
- 3) เกลีบบาง (smear) จุลินทรีย์บนสไลด์ ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (stereo microscope)
- 4) เกลีบบาง (smear) เซลล์เม็ดเลือด ส่องด้วยกล้องฟลูออเรสเซนส์ (fluorescence microscope)
- 5) ไม่มีความเหมาะสม

การวัดขนาดของวัตถุ

1) การวัดขนาดของวัตถุด้วยกล้องจุลทรรศน์

- นำชิ้นไม้บรรทัดพลาสติกใสเส้น ๆ วางบนแท่นสไลด์ ให้สเกล (mm) อยู่ตรงกลางช่องกลมที่แสงผ่าน
- ใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายต่ำสุดหาเส้นผ่าศูนย์กลางของพื้นภาพในหน่วย มิลลิเมตร

สรุปสูตร

Ocular lens	Objective lens	เส้นผ่าศูนย์กลางภาพ (mm)
10x	4x	2
10x	10x	
10x	40x	
10x	100x	

2) การวัดขนาดของวัตถุด้วยการคำนวณ

กำลังขยายรวมของกล้อง (M) =

ทดสอบความเข้าใจ :

1. กล้องจุลทรรศน์มีกำลังขยาย 2000 เท่าสามารถมองเห็นเซลล์ยาว 100 ไมครอน ขนาดจริงของเซลล์เป็นเท่าใด
2. ถ้าใช้กล้องจุลทรรศน์ส่องดูจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งโดยใช้เลนส์ใกล้ตา กำลังขยาย 20 เท่า และเลนส์ใกล้วัตถุ 100 เท่า สามารถมองเห็น จุลินทรีย์ยาว 100 ไมโครเมตร ขนาดของจุลินทรีย์เป็นเท่าใด

3. เมื่อนำสาหร่ายสีเขียวเซลล์เดี่ยวชนิดหนึ่งมาตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ เห็นสาหร่ายมีขนาด 1.5 mm โดยดูด้วยเลนส์ใกล้วัตถุและเลนส์ใกล้ตากำลังขยาย 10x และ 10x ตามลำดับ ขนาดจริงของสาหร่ายสีเขียวชนิดดังกล่าวเท่ากับกี่ไมครอน

4. เมื่อใช้กล้องจุลทรรศน์เลนส์ใกล้ตากำลังขยาย 15x เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 4x พบว่ามีเส้นผ่านศูนย์กลางของสนามภาพ 1.2 mm ถ้าเปลี่ยนเลนส์ใกล้วัตถุเป็น 10x แล้วใช้ส่องดูสาหร่ายสไปโรไจรา พบว่าขวางกลางสนามภาพพอดี นับดูได้ 12 เซลล์ แต่ละเซลล์มีขนาดเท่าใด

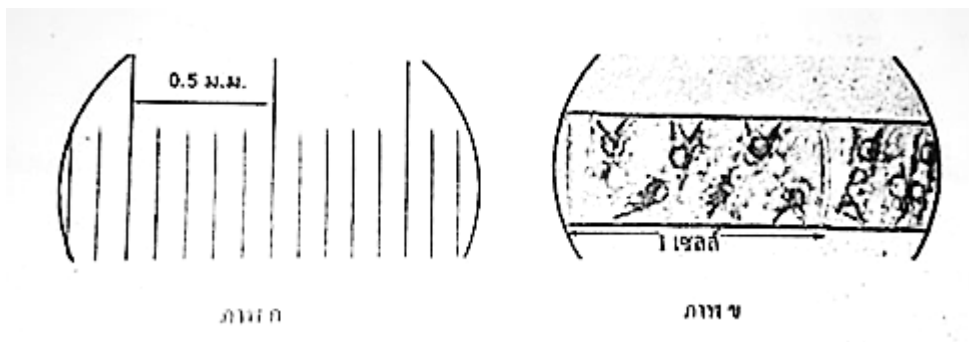
5. กล้องจุลทรรศน์ที่มีเลนส์ใกล้วัตถุ 40x และเลนส์ใกล้ตา 10x ส่องเม็ดเลือดแดง 4 เม็ดเรียงกัน วัดความยาวได้ 12 mm เซลล์เม็ดเลือดแดงแต่ละเซลล์มีขนาดกี่ไมโครเมตร

6. นักเรียนคนหนึ่งใช้กล้องจุลทรรศน์ศึกษาเซลล์พืชชนิดหนึ่งพบว่า ในแต่ละเซลล์มีความยาวจริง 4 ไมโครเมตร แล้วนำเซลล์มาวาดลงบนกระดาษให้มีขนาดขยายมากกว่าภาพที่ปรากฏในกล้องจุลทรรศน์ 10 เท่า แล้ววัดขนาดความยาวของเซลล์ที่วาดได้ยาว 6 มิลลิเมตร อยากทราบว่า กล้องจุลทรรศน์นี้มีกำลังขยายเท่าไร

7. ใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10×4 ส่องดูไม้บรรทัด เห็นภาพไม้บรรทัดส่วนที่พาดผ่านเส้นผ่านศูนย์กลางความยาว 4 mm ถ้าเปลี่ยนกำลังขยายเป็น 10×10 จะเห็นภาพไม้บรรทัดส่วนที่พาดผ่านศูนย์กลางมีความยาวเท่าใด

8. กล้องจุลทรรศน์ที่ใช้มีกำลังขยายเป็น 40 เท่า 100 เท่า และ 400 เท่า เมื่อใช้ไม้บรรทัดใส วัดเส้นผ่านศูนย์กลางกำลังขยายต่ำได้ 2.5 mm เมื่อนำไดอะตอมไปตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์นี้ที่กำลังขยาย 400 เท่า พบว่าไดอะตอมมีความยาวประมาณ $\frac{1}{5}$ ของเส้นผ่านศูนย์กลาง ไดอะตอมเซลล์นี้มีความยาวกี่มิลลิเมตร

9. เมื่อดูสเกลด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยใช้เลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยาย $10\times$ (ภาพ ก) และดูสหาย่าย spirogyra โดยใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย $40\times$ (ภาพ ข) Spirogyra 1 เซลล์ มีความยาวประมาณเท่าไร ในหน่วย mm.....



กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Electron microscope : EM)

1.1 ต้นกำเนิดอิเล็กตรอน

- electron gun เป็นหลอดทั้งสแตนรูปตัว V เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไป ทำให้หลอดทั้งสแตนร้อน จึงปล่อยอิเล็กตรอนจำนวนมากออกมา
- จะอยู่ส่วนบนของกล้อง

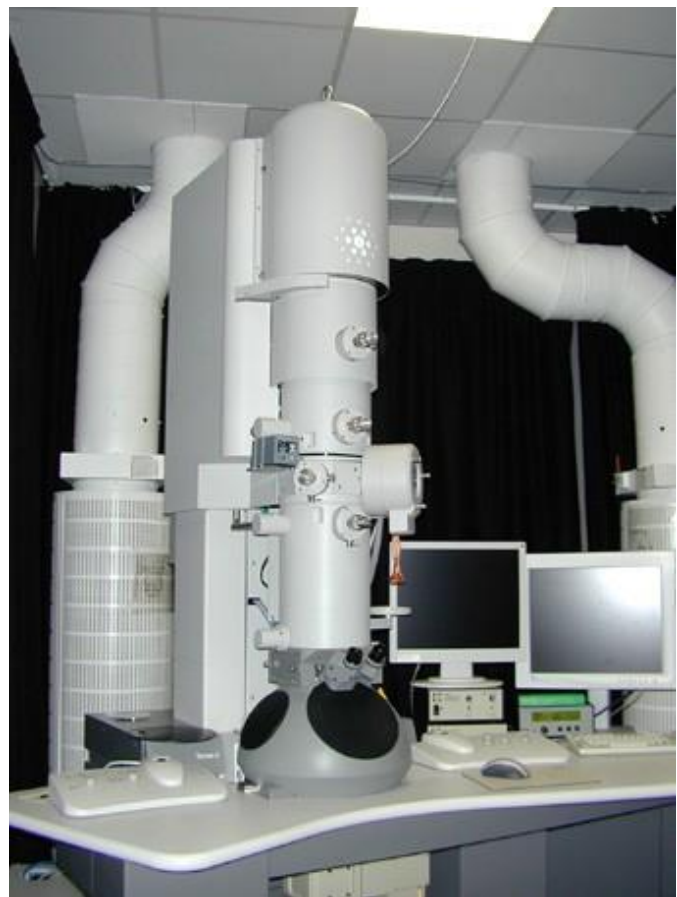
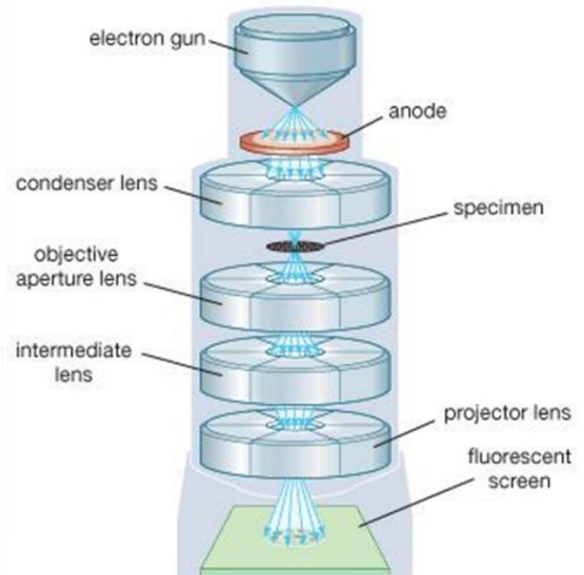
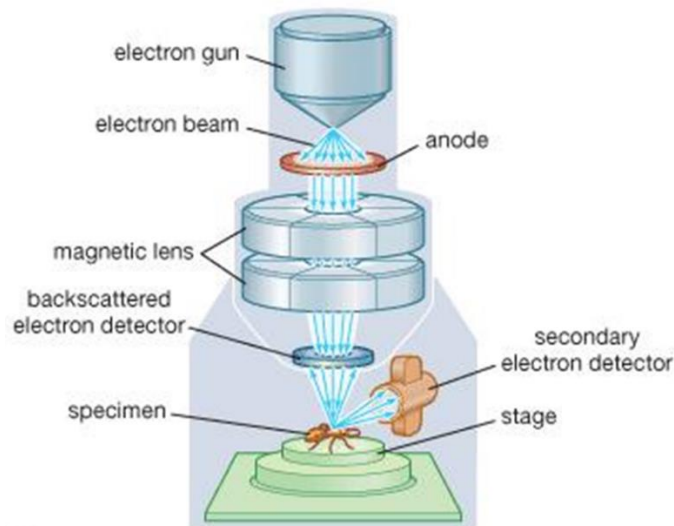
1.2 เลนส์เป็นแม่เหล็กไฟฟ้า

- ทำจากขดลวด solenoid พันอยู่รอบเหล็กอ่อน
- เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าในขดลวดก็จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้น ทำให้อิเล็กตรอนเบี่ยงเบน
- ภายในลำกล้องต้องเป็นสุญญากาศเพื่อป้องกันไม่ให้โมเลกุลของอากาศไปขวางทางเดินอิเล็กตรอน

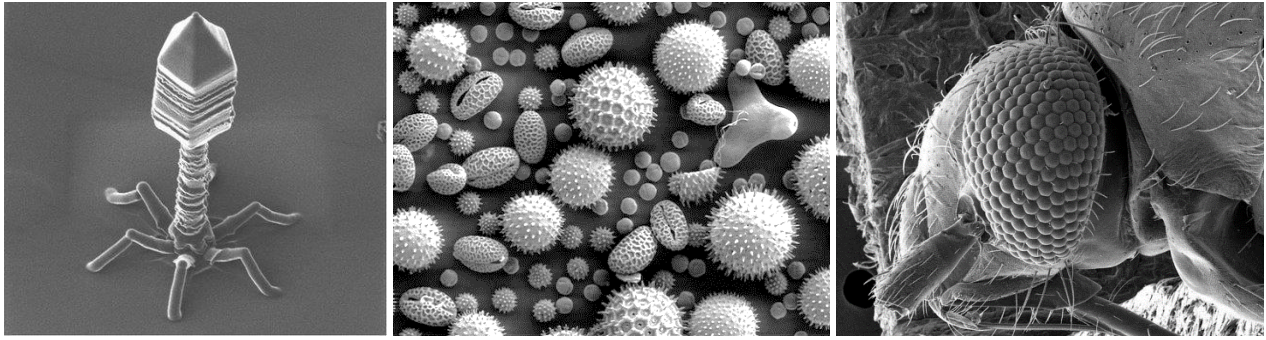
1.3 จอรับภาพ ฉาบด้วยสารเรืองแสง (fluorescent viewing screen) เมื่อแสงอิเล็กตรอนตกลงบนจอ จะทำให้เกิดเรืองแสงเกิดเป็นภาพขึ้น ภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพเสมือน และ ความสามารถในการแยกจุดสองจุดที่ห่างกันน้อยสุดที่ $0.1-2 \text{ nm}$

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน มี 2 แบบ

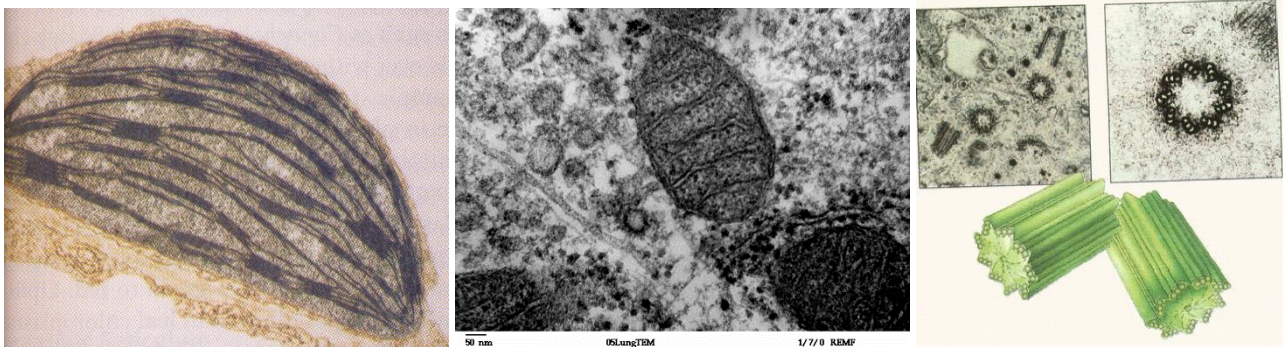
- กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องผ่าน (Transmission Electron Microscope : TEM)
 - คิดค้นโดย เอิร์นสท์ รุสกา (Ernst Ruska)
 - ใช้ศึกษาโครงสร้างภายในของเซลล์ โดยลำแสงอิเล็กตรอนจะส่องผ่านเซลล์หรือตัวอย่างที่ต้องการศึกษา ดังนั้น ต้องเตรียมตัวอย่างให้ได้ขนาดบางมากๆ ประมาณ $60-90 \text{ nm}$
 - มักเคลือบด้วยโลหะ เช่น Pb ที่มีคุณสมบัตินำไฟฟ้า แต่ไม่ยอมให้ e^- สามารถผ่านหรือทะลุได้
 - ภาพที่ได้มีลักษณะเป็น 2 มิติ
- กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM)
 - คิดค้นโดย เอ็ม วอน เอนเดนเน่ (M Von Andenne)
 - ใช้ศึกษาโครงสร้างของผิวเซลล์หรือผิววัตถุ โดยลำแสงอิเล็กตรอนจะส่องกราดไปบนผิวของวัตถุ วัตถุที่ต้องการศึกษาไม่จำเป็นต้องบาง และมักเคลือบผิวตัวอย่างด้วยทองคำ
 - ภาพที่ได้มีลักษณะเป็น 3 มิติ



Electron microscope



ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)



ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM)

ตารางเปรียบเทียบระหว่างกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกับกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

ลักษณะที่เปรียบเทียบ	กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน
1. ต้นกำเนิดแสง	กระจกหรือหลอดไฟ (visible light)	ลำแสงอิเล็กตรอน
2. ชนิดของเลนส์	เลนส์แก้ว	เลนส์แม่เหล็กไฟฟ้า
3. กำลังขยาย	1,000–2,000 เท่า	200,000–500,000 เท่าหรือมากกว่า
4. ขนาดวัตถุเล็กสุดที่มองเห็นได้	0.2 μm	0.5 nm
5. อากาศในตัวกล้อง	มีอากาศ	สุญญากาศ
6. ภาพที่ได้	ภาพเสมือนหัวกลับ	ภาพเสมือนปรากฏบนจอรับภาพเรืองแสง
7. วัตถุที่ส่องดู	มีหรือไม่มีชีวิต	ไม่มีชีวิตเท่านั้น!!!!
8. การเตรียม specimen	เตรียมแบบธรรมดา	การเตรียมยุ่งยากและมีวิธีการมาก
9. ราคา	ไม่แพง	แพงมาก
10. การใช้	ใช้ง่าย ใช้ได้ทุกที่ สะดวก	ต้องเป็นผู้ชำนาญการเท่านั้น มีห้องเฉพาะ
11. ภาพ	ภาพที่ได้เป็นภาพสีธรรมชาติหรือ ย้อมสี	ภาพที่ได้เป็นภาพขาว ดำ

แบบฝึกหัด กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

1. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนใช้สิ่งใดผลิตอิเล็กตรอน

- 1) ปืนยิงอิเล็กตรอน เป็นหลอดนิโครมรูปตัววี
- 2) ปืนยิงอิเล็กตรอน เป็นหลอดทองพันรอบแท่งเหล็ก
- 3) ปืนยิงอิเล็กตรอน เป็นหลอดทังสเตนรูปตัววี
- 4) แม่เหล็กไฟฟ้าในสนามแม่เหล็กแรงสูง
- 5) หลอดโซลีนอยด์

2. ข้อจำกัดของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนคือข้อใด

- 1) ต้องมีระบบหล่อเย็นเพราะมีความร้อนมาก
- 2) การเตรียมตัวอย่างยุ่งยากมากต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญการ
- 3) ใช้ได้เฉพาะในห้องที่เก็บกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนเท่านั้น
- 4) เคลื่อนย้ายลำบาก
- 5) ถูกทุกข้อ

3. ในการทำงานของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ส่วนประกอบที่เทียบได้กับเลนส์แก้วของกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา คือ

- 1) สนามแม่เหล็กไฟฟ้า
- 2) โลหะทังสเตนที่เป็นขั้วลบ
- 3) ความต่างศักย์ไฟฟ้าของโลหะทังสเตนที่เป็นขั้วบวก
- 4) เลนส์อิเล็กโตรนิคส์
- 5) จอรับภาพ

4. ข้อใดถูกต้อง

- 1) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนมีกำลังขยายสูงสุดถึง 50,000 เท่า
- 2) ภาพที่เกิดขึ้นกับกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนเป็นภาพจริงขนาดขยาย
- 3) ตัวอย่างที่ต้องการนำมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดต้องผ่านการเคลือบด้วยทองคำ
- 4) เอิร์นสท์ รุสกา และคณะเป็นนักวิทยาศาสตร์กลุ่มแรกที่สร้างกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด
- 5) ไม่มีข้อใดถูก

5. กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดใช้ศึกษาได้เฉพาะลักษณะผิวภายนอกของปีกด้วง

- ก. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา (compound light microscope)
- ข. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ (stereoscopic microscope)
- ค. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (transmission electron microscope)
- ง. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope)

1) ก ค

2) ก ง

3) ข ค

4) ข ง

5) ก ข ค

7. ภาพจากกล้องชนิดใดเป็นภาพ 3 มิติเช่นเดียวกับที่เห็นจากกล้องสเตอริโอ

- 1) กล้องใช้แสงแบบเลนส์ประกอบ
- 2) กล้องใช้แสงแบบฟลูออเรสเซนซ์
- 3) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน
- 4) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด
- 5) กล้องจุลทรรศน์ธรรมดา