

บทที่ ๑
บทนำ

สัตววิทยาทั่วไปเป็นกระบวนวิชาเบื้องต้นของสาขาวิชาสัตววิทยา เป็นวิชาสำหรับนักศึกษาที่จะเรียนสัตววิทยาเป็นวิชาเอก หรือมีโครงการที่จะเรียนสาขาหนึ่งสาขาใดทางการแพทย์ ทางการเกษตร หรือสาขาอื่นของชีววิทยาเทคนิค และยังเป็นวิชาพื้นฐานสำหรับกระบวนวิชาเบื้องต้นทั้งหมดในสาขาสัตววิทยา

วิชานี้ครอบคลุมถึงหลักทั่ว ๆ ไปของการจัดหมวดหมู่ (classification), เซลวิทยา (cytology), จุลกายวิภาคศาสตร์ (histology), กายวิภาคศาสตร์ (anatomy), สรีรวิทยา (physiology), สภาพปรสิต (parasitism), พฤติกรรม (behavior), การสืบพันธุ์ (reproduction), คุ้มวิทยา (embryology), การเจริญเติบโต (growth), กรรมพันธุ์ (heredity), และวิวัฒนาการ (evolution)

การศึกษาวิชานี้ส่วนใหญ่ได้แก่ แบบฝึกหัดปฏิบัติการ การสาธิต การศึกษานอกสถานที่ การปฏิบัติการมีคุณค่าอย่างยิ่งที่จะช่วยให้นักศึกษาเกิดทักษะโดยตรงจากเนื้อหาและขบวนการทางชีววิทยา

อุปกรณ์ที่จำเป็น

๑. สิ่งที่นักศึกษาต้องจัดหามาเอง ได้แก่คู่มือปฏิบัติการสัตววิทยา ตำราสัตววิทยา เพื่ออ่านประกอบ สมุดโน้ตขนาดใหญ่ คินสอค่าเบอร์ 4H กระดาษวาดรูป คินสอสี (อย่างน้อย ๓ สี คือ แดง น้ำเงิน เขียว) ยางลบ เครื่องมือผ่าตัด (กรรไกรขนาดเล็กและใหญ่ ปากคีบขนาดเล็กและใหญ่ ใบมีคม และเข็มผ่าตัด ๒ อัน) ยานุ่ม ๆ ๑ ชิ้น (ควรเป็นผ้าลินิน) กุญแจสำหรับล็อกเกอร์ (เลือกใจความใจชอบ)

๒. สิ่งที่ภาควิชาจัดไว้ให้ กล้องจุลทัศน์ เสนมมือ สไลด์จุลทัศน์ถาวร สไลด์ และกระจกปิก กระดาษเช็ดเลนส์ ตัวอย่างสัตว์ที่มีชีวิตและที่คอง น้ำยาและสารเคมี

วิธีการและข้อบังคับการปฏิบัติการ

๑. ปฏิบัติการจะเริ่มตรงเวลาตามตารางสอน
๒. นักศึกษามีหน้าที่สำหรับปฏิบัติการ และมีล็อกเกอร์เพื่อเก็บอุปกรณ์ นักศึกษาต้องหากุญแจมาใช้ล็อกเกอร์เอง
๓. นักศึกษาจะได้รับตารางสอนสำหรับปฏิบัติการสัตววิทยา ในตอนต้นของภาคการศึกษา จึงเก็บตารางสอนไว้เพื่อจะได้รู้ยอดตลอดเวลาว่าจะต้องทำอะไรบ้าง
๔. นักศึกษาควรตรวจสอบว่า การปฏิบัติการครั้งต่อไปจะต้องทำอะไรบ้าง
๕. พนักงานเจ้าหน้าที่ หรืออาจารย์ผู้สอนจะจัดตัวอย่างที่จะศึกษาไว้ให้ ตัวอย่างจะพร้อมอยู่ในที่ของท่าน หรืออยู่ในถาดผ่าตัดบนโต๊ะปฏิบัติการใกล้ ๆ
๖. สไลด์ถาวรถูกจัดไว้เป็นชุดและให้หมายเลขไว้ ท่านจะได้รับไปจำนวนหนึ่งซึ่ง

จะเท่ากับจำนวนของสไลด์ทั้งหมดที่ท่านจะใช้ตลอดเทอม (หรือภาคการศึกษา)

๗. จงตรวจสอบสไลด์ก่อนที่จะนำไปคู่ควบของจุดทัศนัสมือ ถ้าสไลด์ชำรุดให้รายงานต่ออาจารย์ผู้ควบคุมทันที หลังจากดูเสร็จแล้วต้องเก็บสไลด์ไว้ในที่เก็บ

๘. อ่านคำแนะนำปฏิบัติการอย่างระมัดระวัง และปฏิบัติตามอย่างรอบคอบ ท่านควรปฏิบัติตามควยตัวของท่านเอง

๙. ท่านควรฝึกนิสัยแห่งความเชื่อมั่นในตนเองไว้ตั้งแต่แรก เพื่อความสำเร็จในการปฏิบัติการ แต่ผลการทดลองจะต้องมีการเปรียบเทียบกับของนักศึกษาคณะอื่น ๆ ก็ย่อมกระทำได้นอกนั้นจะต้องถือว่าเป็นหน้าที่ของนักศึกษาแต่ละคนโดยเฉพาะ

๑๐. คำแนะนำและภาพประกอบนั้นจัดทำขึ้นเพื่อช่วยนักศึกษา นอกเหนือจากนี้นักศึกษาจะต้องชวนช่วยหาเอาเองเพื่อตอบปัญหาต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นในใจ นักศึกษาควรพยายามทุกวิถีทางที่จะตอบปัญหาและตีความหมายด้วยตนเอง ถ้ามีความสงสัยเกิดขึ้น แทนที่จะถามผู้ควบคุมเดี๋ยวนั้น ก็ควรจะอ่านคำแนะนำมาล่วงหน้าซึ่งอาจชักจูงความไม่แน่ใจลงได้

๑๑. ผู้ควบคุมจะไม่ตอบคำถามใด ๆ ที่แสดงว่านักศึกษาไม่ได้อ่านคำแนะนำ คำถามเช่นนั้นจะถือว่าเป็นหลักฐานแห่งการไม่เอาใจใส่ที่ยกโทษให้ไม่ได้

๑๒. การปฏิบัติการจะเปิดตามที่ผู้ควบคุมได้ประกาศไว้ เพื่อประโยชน์ของนักศึกษาที่จะได้ไม่พลาดงานบางอย่าง นักศึกษาจะต้องเข้าปฏิบัติการตั้งแต่ครั้งแรก และรูปที่วาดจะต้องมีลายเซ็นรับรองของผู้ควบคุม

สมุคโนตปฏิบัติการ

๑. การบันทึกที่มีค่าที่สุดของงานปฏิบัติการได้แก่รูปภาพที่นักศึกษาวาดจากของจริงที่โคศึกษา รูปภาพที่เลเบลไว้พร้อมจะเป็นโนตที่นักศึกษาสามารถทบทวนได้อย่างถูกต้อง นักศึกษาไม่จำเป็นต้องวาดรูปวิจิตรพิศดารมากนัก เพราะจะเสียเวลาเกินไป

๒. เพื่อประหยัดเวลา จะมีรูปหลายรูปที่วาดเป็นเค้าโครงไว้ให้ ซึ่งพร้อมที่จะให้นักศึกษาเติมรายละเอียดที่จำเป็นลงไป ส่วนรูปอื่น ๆ นั้นจะมีชื่อรูปและบรรยายสั้น ๆ ของรูปที่จะวาด พร้อมทั้งเว้นที่สำหรับรูปดังกล่าว รูปทั้งหมดเหล่านี้จะต้องส่งตามเวลาที่กำหนดเพื่อผู้ควบคุมจะโคตรวจและแก้ไข รูปที่ตรวจแล้วจะถูกเจาะตรงมุมขวาคานกลาง

๓. รูปต่าง ๆ ในคู่มือปฏิบัติการจะช่วยแนะนำการวางรูปและเลเบล ความปกติรูปภาพของนักศึกษาควรเป็นรูปลายเส้นชัดเจน และไม่ควรถือเสียเวลาในทองปฏิบัติการเพื่อแลเงา ส่วนโคของรูปที่วาดยากควรวาดไว้แค่เพียงเบา ๆ ก่อนเพื่อว่าถ้าจำเป็นต้องแก้ไขจะได้ลบออกได้ง่าย

๔. นักศึกษาจะต้องจำไว้ว่ารูปในคู่มือเป็นแค่เพียงการแนะนำเพื่อศึกษาตัวอย่างในทองปฏิบัติการเท่านั้น และรูปที่นักศึกษาวาดนั้นควรเพื่อประโยชน์สำหรับนักศึกษาเอง เหนือสิ่งอื่นใดก็คือ นักศึกษาควรคิดอยู่ในใจเสมอว่าความรู้ที่จะได้รับนั้นมีโคอยู่ที่รูปภาพหรือรูปในคู่มือ แต่อยู่ที่ตัวอย่างที่โคศึกษาในทองปฏิบัติการนั้นต่างหาก

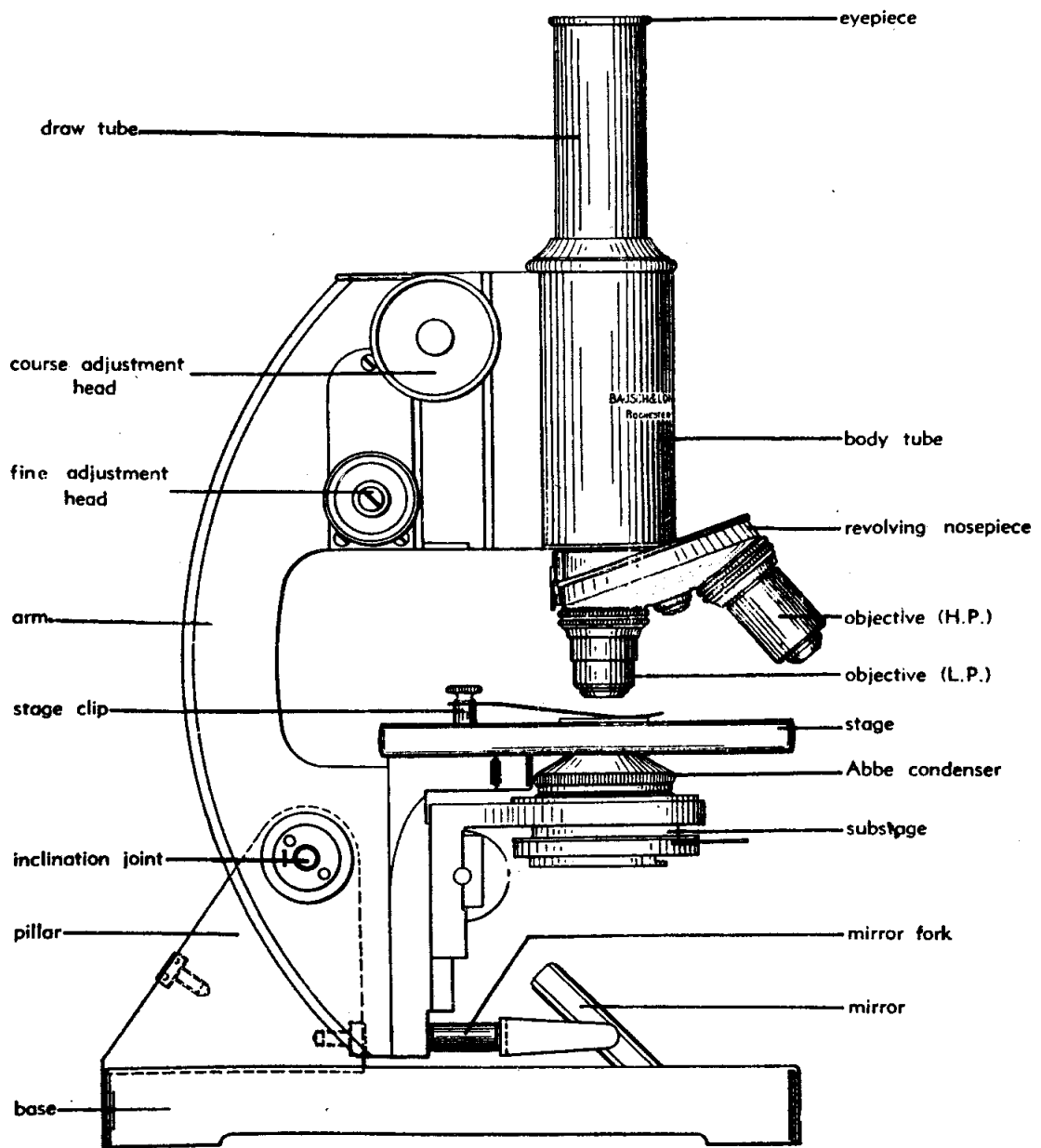
กล้องจุลทัศน์และประโยชน์

กล้องจุลทัศน์เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์มากที่สุดในการศึกษาสัคววิทยา เนื่องจากการปฏิบัติการส่วนมากของวิชานี้ต้องพึ่งกล้องจุลทัศน์ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องคุ้นเคยกับส่วนประกอบของมัน ตลอดจนวิธีการใช้ และการดูแลรักษา

ส่วนประกอบ รูปที่ 1A ให้อารมณ์คิดว่า arm และ base อยู่ตรงไหน จากนั้นจึงยกกล้องจุลทัศน์ออกจากลอคเกอร์ของโต๊ะด้วยความระมัดระวัง โดยใช้มือหนึ่งจับที่ arm ให้แน่นและใช้มือหนึ่งรองที่ base วางกล้องลงบนโต๊ะให้อยู่ในท่าที่ทานพบ (ขณะเปิดลอคเกอร์) วิชาส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ โดยอาศัยรูปที่ 1A และ 1B เป็นแนวทาง

๑. Base ซึ่งมีรูปเป็นตัว V และเป็นฐานรองรับกล้อง
๒. Pillar ซึ่งรองรับส่วนที่เคลื่อนไหวได้
๓. Inclination joint เพื่อเอียงกล้องในเวลาจำเป็น
๔. Stage clips เพื่อยึดสไลด์ให้อยู่กับที่
๕. Arm ซึ่งใช้สำหรับยกกล้อง และยังรองรับส่วนที่ขยายภาพด้วย
๖. Fine adjustment head หัวปรับโฟกัสอย่างละเอียด
๗. Coarse adjustment head หัวปรับโฟกัสอย่างหยาบ
๘. Draw tube ส่วนที่สำหรับสวม Ocular
๙. Eye-piece หรือ ocular
๑๐. Body tube ส่วนที่ต่อจาก Draw tube
๑๑. Revolving nose-piece ซึ่งยึด objectives
๑๒. High power objective ขนาด ๔ มม. มีเลนส์ที่ยาวกว่าและเล็กกว่าเพื่อขยายภาพได้ใหญ่กว่า
๑๓. Low power objective ขนาด ๑๖ มม. มีเลนส์ที่สั้นกว่าและใหญ่กว่าเพื่อขยายภาพได้เล็กกว่า
๑๔. Stage ซึ่งมีช่องเปิดอยู่ตรงกลางเพื่อวางสไลด์ที่มีวัตถุที่ต้องการจะศึกษา
๑๕. Abbe condenser เป็นเลนส์ชิ้นหนึ่งอยู่ตรงกลางของ stage เพื่อรวมแสง
๑๖. Iris diaphragm ซึ่งควบคุมช่องเปิดที่ stage และควบคุมปริมาณความเข้มของแสง
๑๗. Mirror fork สำหรับยึดกระจกเงา
๑๘. Mirror คือกระจกเงาสองหน้า สำหรับสะท้อนแสงผ่านวัตถุและเลนส์ของกล้องจุลทัศน์ไปเข้าตา

ประโยชน์ วัตถุประสงค์ของกล้องจุลทัศน์คือ เพื่อขยายภาพของวัตถุให้ใหญ่ขึ้น ซึ่งจะทำให้เราสามารถศึกษารายละเอียดของโครงสร้างของวัตถุหรือสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ไม่อาจมองเห็น (หรือเห็นยาก) ด้วยตาเปล่าได้



(Courtesy of the Bausch and Lomb Optical Company)

Fig. 1A. PARTS OF THE COMPOUND MICROSCOPE.

การขยายนั้นขึ้นอยู่กับเลนส์ของ ocular และของ objectives โดยเฉพาะอย่างยิ่งของ objectives เลนส์ที่ใช้โดยทั่ว ๆ ไปในกระบวนวิชาเบื้องต้นทางชีววิทยาได้แก่ 5X, 7.5X, และ 10X ของ ocular ส่วนเลนส์ของ objectives นั้นใช้ 10X และ 43X สำหรับ objectives อื่น ๆ ๖ มม. และ ๔ มม. ตามลำดับ

อ็อกคิวลาร์ 10X หมายถึงว่า อ็อกคิวลาร์ขยายได้ ๑๐ เท่าของวัตถุเดิม (เส้นผ่าศูนย์กลาง) ส่วนอ็อบเจกทีฟ ๑๖ มม. มีโค่นหมายควมว่ามันขยายได้ ๑๖ เท่า แต่มันหมายถึงระยะทางจากสไลด์ถึงอ็อบเจกทีฟ ซึ่งเรียกว่า "ระยะทำงาน" (working distance)

ระยะทางระหว่างจุดที่จะสอดอ็อกคิวลาร์และอ็อบเจกทีฟเข้าไปใน body tube ของกล้องจุลทรรศน์เรียกว่า tube-length ระยะสั้นมาตรฐานของ tube-length ที่ใช้กันมากคือ ๑๖๐ มม. (ดูรูป 1B) เมื่อตั้งระยะ tube-length ไว้ที่ ๑๖๐ มม. กำลังขยายที่ไ้จากเลนส์ต่าง ๆ จะเป็นดังต่อไปนี้

อ็อกคิวลาร์	อ็อบเจกทีฟ	กำลังขยาย
5X	๑๖ มม. (10X)	๕๐ ส.ป.ก.
7.5X	๑๖ มม. (10X)	๗๕ ส.ป.ก.
10X	๑๖ มม. (10X)	๑๐๐ ส.ป.ก.
5X	๔ มม. (43X)	๒๑๕ ส.ป.ก.
7.5X	๔ มม. (43X)	๓๒๒.๕ ส.ป.ก.
10X	๔ มม. (43X)	๔๓๐ ส.ป.ก.

ส่วนประกอบอื่น ๆ ทั้งหมดของกล้องจุลทรรศน์เป็นแค่เพียงส่วนช่วยให้เลนส์ขยายภาพไ้ ส่วนประกอบเหล่านี้เป็นกลไกที่จะยึดวัตถุที่ต้องการดู เพื่อควบคุมปริมาณแสงให้ไ้ภาพชัดเจน และเพื่อสะดวกในการโฟกัส (คือการปรับความสัมพันธ์ระหว่างอ็อกคิวลาร์ อ็อบเจกทีฟ และวัตถุบนสไลด์อย่างถูกต้อง เพื่อว่าจะไ้รับภาพที่ชัดเจน)

ความสว่าง ความสว่างของวัตถุอย่างพอเหมาะนั้นนับว่าเป็นสิ่งสำคัญที่สุด วัตถุที่ไ้รับแสงไม่พอเหมาะนั้นอาจนำไปสู่ผลและข้อสรุปที่ไม่ถูกต้อง และทำให้ทาเกิดความเครียดโดยไม่จำเป็น ผลที่น่าพึงพอใจขึ้นอยู่กับการใช้กระจกอย่างถูกต้อง และโดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ไอร์ริส โคอะแพรม เพื่อควบคุมความเข้มของแสง กระจกนั้นมี ๒ ก้าน คือกระจกบานค้ำหนึ่ง และกระจกเว้าอีกค้ำหนึ่ง จึงอย่าไ้หันว่ามีอดกระจก เมื่อต้องการจะปรับกระจกขอไ้จับที่ขอบแล้วหันไปตามทิศทางการเพราะกระจกนี้ทำไว้เพื่อไ้หมุนไ้รอบตัว

แสงจะสะท้อนจากกระจกบานวัตถุและเลนส์ไปเข้าตา ในการรับแสงจากท้องฟ้าที่สว่างก็ไ้ใช้กระจกบานหรือกระจกเว้ารับแสงก็ไ้ ถ้ามีภาพรบกวนหน้าตาปรากฏในกล้องไ้ใช้กระจกเว้า เมื่อต้นกำเนิดแสงมีขนาดเล็ก การใช้กระจกเว้าจะช่วยให้แสงเข้มขึ้น เมื่อใช้ควงไฟคงที่ เช่นหลอดไฟขนาดใหญ่ที่ไ้ปฏิบัติการ ควรใช้กระจกเว้ารับแสงเสมอ และควรปรับไอร์ริส โคอะแพรม ให้แสงเข้าน้อยเมื่อใช้กำลังขยายค่า (อ็อบเจกทีฟ อื่น ๆ ๖ มม.) และปรับ

ให้แสงเข้ามามากขึ้นเมื่อใช้กำลังขยายสูง (อ็อบเจกทีฟ อัน ๔ มม.)

เนื่องจากนักศึกษาจะต้องใช้ไวรัส โคอะแพรม อีกมากเพื่อปรับแสง จึงจำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับส่วนประกอบและวิธีการใช้ ใช้มือจับที่ arm และเอียงกลองคานข้างซ้ายควมระมัดระวัง เพื่อจะได้เห็นไวรัส โคอะแพรมที่อยู่เหนือกระจก จงหาวากานเลื่อนไวรัส โคอะแพรมอยู่ที่ไหน เมื่อพบแล้วลองจับเลื่อนไปข้างหน้า-ข้างหลังอย่างช้า ๆ จะเห็นการทำงาน (บิกเบค) ของโคอะแพรมในการควบคุมปริมาณแสงที่สะท้อนจากกระจก จงหาวาเลื่อนกานไปทางไหนแสงเข้ากลองมาก และทางไหนแสงเข้ากลองน้อย เมื่อเลื่อนกานไปจนติดทางใดทางหนึ่งแล้ว จงอย่าฝืนเลื่อนกานต่อไปอีก ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้โคอะแพรมเกิดชำรุดเสียหาย เสร็จแล้วให้เอียงกลองกลับตั้งตรงเหมือนเดิม

การปรับโฟกัส หมายถึงการปรับความสัมพันธ์ของเลนซ์และวัตถุ เพื่อจะได้เห็นภาพที่ฉานอ็อคคูลาร์อย่างชัดเจน ถ้าปรับระยะระหว่างอ็อบเจกทีฟและวัตถุไม่ถูก (คือวัตถุไม่อยู่ในโฟกัส) จะมองไม่เห็นภาพของวัตถุ จงควาห้ปรับหยาบอยู่ตรงไหน เมื่อพบแล้วให้หมุนทวนเข็มนาฬิกาคือหมุนเข้าหาตัว จะเห็นวากลองเลื่อนขึ้น จากนั้นจงหมุนตามเข็มนาฬิกาคือหมุนออกจากตัว จะเห็นวากลองเลื่อนลง ระวังอย่าให้อ็อบเจกทีฟถูกกับคอนเคนเซอร์หรือสไลด์ที่อาจวางอยู่บนแทน เพราะจะทำให้เลนส์หรือสไลด์หรือทั้งสองเกิดเสียหาย จงฝึกหมุนห้ปรับหยาบไปมา แลวก้ให้ทำเช่นเดียวกันนี้กับห้ปรับละเอียดด้วย ซึ่งเกือบจะไม่รู้สึกเลยว่ากลองไค้เลื่อนขึ้นและเลื่อนลง

การรักษาจุดจลทัศน์

๑. กลองจุดจลทัศน์เป็นเครื่องมือแห่งความละเอียดเที่ยงตรง ซึ่งมีส่วนประกอบที่แบบบางหลายชิ้น ฉะนั้นจึงต้องใช้ความระมัดระวัง อยาให้ส่วนหนึ่งส่วนใดถูกกระทบกระแทก

๒. ถ้ากลองไม่ทำงานไค้ตามปกติ จงรีบรายงานให้ผูควบคุมทราบในทันที

๓. อยาให้ของเหลวโดยเฉพาอย่างยิ่งกรดและแอลกอฮอล์หยดถูกส่วนใดส่วนหนึ่งของกลองจุดจลทัศน์

๔. ต้องใช้กระจกปิกเสมอเมื่อคว้วัตถุหรือสิ่งมีชีวิตในน้ำหรือของเหลว

๕. รักษาเลนส์ให้สะอาดด้วยกระดาษเช็ดเลนส์ ซึ่งภาควิชา ๆ ไค้จัดหาไว้ให้ ส้าหรับส่วนอื่น ๆ ของกลองให้เช็ดด้วยผ้าลินินที่นุ่มและสะอาดซึ่งนักศึกษาจักหามาเอง

๖. ระวังอย่าให้น้ถูกเลนส์เป็นอันขาด แม้แต่เหงื่อของมือที่สะอาดก็อาจทำให้เลนส์เสียหายไค้

การฝึกหัดใช้กลองจุดจลทัศน์และสไลด์

๑. วางกลองจุดจลทัศน์ไว้ข้างหน้าทวน ระยะ tube length ไค้ตั้งไว้ที่ ๑๖๐ มม. อยาเปลี่ยนระยะที่ตั้งไว้

๒. หมุนอ็อบเจกทีฟกำลังขยายค่าเข้าที่ (สังเกตุเสียง "กิก") ซึ่งจะอยู่ตรงจุดศูนย์กลางของช่องตรงกลางแทนพอคิ มองอ็อบเจกทีฟทางด้านข้างแล้วหมุนห้ปรับหยาบลงข้างล่างจนห่างแทนประมาณ $\frac{1}{8}$ นิ้ว

๓. เปิดไวรัส โคอะแพรม

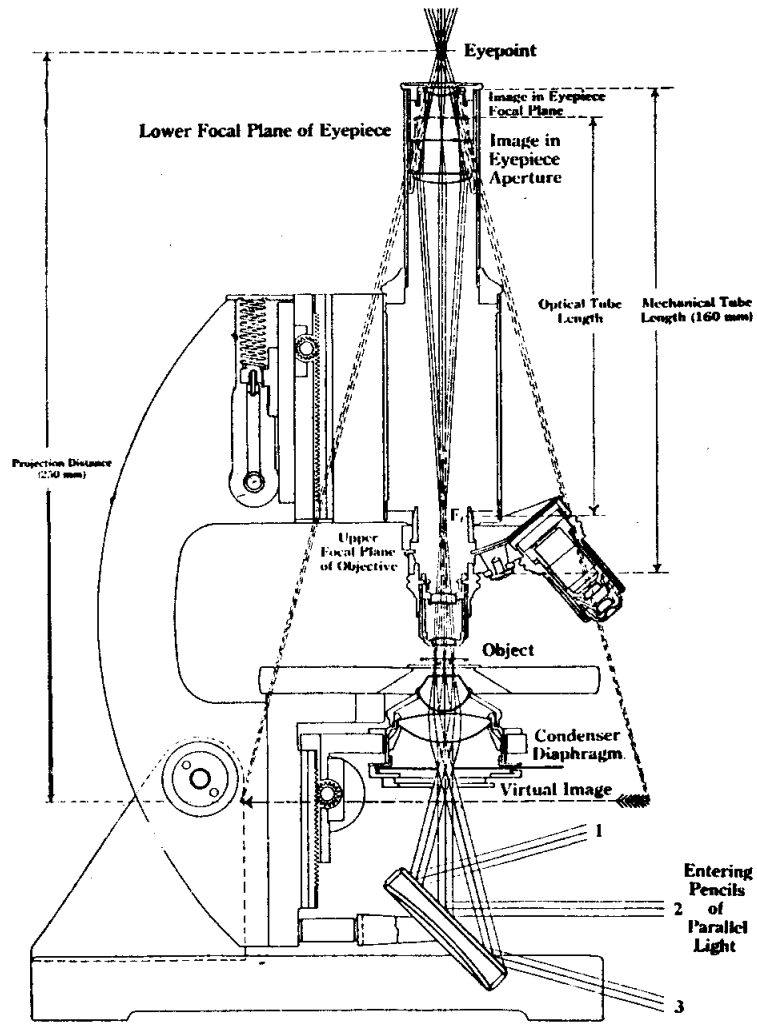
๔. หันกระจกด้านขวาไปยังหลอดไฟ แล้วมองลงไปใช้ออกคูลาร์ ปรับกระจกและไอริส โคอะแพรม จนกระทั่งท่านเห็นวงกลมความสว่างมีความสว่างโดยสม่ำเสมอ

๕. มีสไลด์สำหรับฝึกคุ้นหนึ่ง ซึ่งมีคำว่า "สัควิทยา" พิมพ์อยู่บนกระดาษที่ทำให้ใสโดยชุบไซลอล พร้อมทั้งบัลซัมและมีคิ้วยกกระจกปิก (หรืออาจใช้อักษรอื่น ๆ ก็ได้) วางสไลด์ตรงกลางของแท่นเพื่อให้คำว่า "สัควิทยา" อยู่ใต้อ็อบเจกทีฟและเพน็อนคอนเคนเซอร์ แสงจะส่องผ่านตัวอักษรขึ้นมาได้ มองด้านข้างของอ็อบเจกทีฟพร้อมทั้งหมุนลงให้อยู่ห่างจากกระจกปิกของสไลด์ประมาณ ๕ นิ้ว จากนั้นให้มองเข้าไปในออกคูลาร์แล้วหมุนหัวปรับหยวนขึ้นอย่างช้า ๆ จนกระทั่งอักษรตัวใดตัวหนึ่งของคำว่า "สัควิทยา" ปรากฏขึ้นมาให้เห็นชัด จึงปรับโฟกัสด้วยความระมัดระวัง และถ้าจำเป็นให้ปรับกระจกและโคอะแพรมเพื่อจะได้รับการแสงที่ชัดเจน ถ้าไม่เห็นอะไรปรากฏขึ้นในกล้อง จึงตรวจดูว่าคำว่า "สัควิทยา" อยู่ตรงตำแหน่งตามที่แนะนำไว้หรือเปล่า ถ้าเปล่าก็จงจัดแจงเสียให้ถูกต้อง

๖. คอย ๆ เลื่อนสไลด์เพื่อตรวจดูตัวอักษรทั้งหมดของคำว่า "สัควิทยา" จงสังเกตว่าตัวอักษรและคำทั้งหมดจะกลับข้าง ซ้าย-ขวา และ บน-ล่าง ให้ปรับโฟกัสที่ระยะ ๆ แล้วเลื่อนสไลด์ไปทางขวา ท่านเห็นตัวอักษรเลื่อนไปทางไหน? (ในกล้อง) หลังจากนั้นลองเลื่อนสไลด์ไปทางซ้ายบ้าง คราวนี้ตัวอักษรในกล้องเลื่อนไปทางไหน? ทั้งนี้เพราะเหตุว่าภาพในออกคูลาร์จะกลับข้างกับวัตถุ การอธิบายเหตุผลอันนี้ขอให้ดูรูป 1B. และศึกษาทางเกินของแสงที่ผ่านวัตถุและกล้องไปเข้าตา จงสำรวจคำอื่น ๆ บนสไลด์โดยวิธีเดียวกันนี้ ถ้ามีจุดจุกจุก เส้นผ่าศูนย์กลางของจุกขยายขึ้นเท่าไร? เลื่อนสไลด์ให้จุกอยู่ตรงกลางวงความสว่างเพื่อจะส่องดูด้วยอ็อบเจกทีฟที่มีกำลังขยายสูงต่อไป

๗. หมุนอ็อบเจกทีฟที่กำลังขยายสูงเข้าที่ ปรับแสง และคอย ๆ โฟกัสด้วยหัวปรับละเอียด ขณะนี้ภาพของจุกอาจจะไม่อยู่ตรงกลางจอภาพเสียทีเดียว คืออาจอยู่เยื้องจุกศูนย์กลางไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ลองจุดที่ศูนย์กลาง ๆ อาจจะทำให้ตรงกันในเรื่องนี้ เลื่อนจอภาพของจุกอยู่ตรงกลางจอภาพของอ็อบเจกทีฟอันที่มีกำลังขยายสูงนี้ หมุนอ็อบเจกทีฟที่กำลังขยายต่ำเข้าที่แล้วดูว่าคอนเนภาพของจุกอยู่ห่างจากจุกศูนย์กลางมากน้อยเท่าไรสำหรับกล้องที่ท่านกำลังใช้อยู่ อันนี้สำคัญมากเพราะมีส่วนช่วยในการใช้กล้องต่อไปในอนาคต หมุนอ็อบเจกทีฟขยายสูงเข้าที่อีกครั้งหนึ่งแล้วดูขนาดของจุก ขณะนี้เส้นผ่าศูนย์กลางของจุกขยายขึ้นเท่าใด? จงฝึกหัดเปลี่ยนหัวอ็อบเจกทีฟอันขยายสูงและต่ำไปมา จะเห็นได้ว่าขณะใดก็ตามที่เราเปลี่ยนอ็อบเจกทีฟอันใหม่ภาพจะไม่ชัดไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง เราเพียงแค่มองหัวปรับละเอียดเล็กน้อยเท่านั้น ภาพก็จะอยู่ในโฟกัส (คือชัด) อ็อบเจกทีฟอันต่าง ๆ เราสร้างติดไว้กับ nose-piece เป็นอย่างนี้ เพื่อว่าเมื่ออันหนึ่งชัดแล้ว อันอื่น ๆ ก็น่าจะใช้ได้ง่าย อันนี้เป็นประโยชน์แก่นักศึกษา และเพื่อคงไว้ซึ่งประสิทธิภาพและความเที่ยงตรงนี้ นักศึกษาจะต้องไม่ทำให้อ็อบเจกทีฟหลวมหรือคลายเกลียวออก

๘. ขณะนี้มองเข้าไปในกล้องจุดที่ศูนย์กลาง จงสังเกตทั้งสองข้าง ศาข่างที่ไม่ได้ใช้จะขึ้นไปเองในไม่ช้า เพื่อป้องกันการใช้ของคาจึงควรเปลี่ยนฉากกันทั้งสองข้าง แยกการทำเช่นนี้จะต้องระลึกลอยเสมอว่า ศาทั้งสองข้างอาจไม่เท่ากัน ภาพที่ชัดสำหรับศาข้างหนึ่งอาจจะไม่ชัดสำหรับ



(Courtesy of the Bausch and Lomb Optical Company)

Fig. 1B. PATH OF LIGHT RAYS THROUGH THE MICROSCOPE.

ตาอีกข้างหนึ่งก็ได้ จึงอย่าพยายามโพธิ์สภาพควยตา แค้นใจโพธิ์ควยหัวปรับละเอียก ความปก
ติแล้วควรคุกคลองควยตาชาย ส่วนตาขวานั้นเอาไว้ว่ากรปหรือค้อย่างอื่น

๕. ในการเริ่มศึกษาลองจูลทัศน์ ต้องเริ่มคุสไลค์หรือวัตถุควยอ้อมเจดที่พอนขยาย
ค่าก่อนเสมอ เพื่อจะได้ภาพพจน์ทั่ว ๆ ไปของภาพเสียก่อน และถ้าจำเป็นจึงเลื่อนส่วนที่คองการ
จะศึกษาโดยเฉพาะใหม่มาอยู่ตรงกลางจอภาพเพื่อจะได้ศึกษาควยอ้อมเจดที่พาลังขยายสูงต่อไป
(บางโอกาสอาจไม่จำเป็นคองใช้อ้อมเจดที่พาลังขยายสูง) การคูกควยอ้อมเจดที่พอนขยายค่า
จะเห็นวัตถุหรือพินที่บนสไลค์เป็นบริเวณกว้าง แต่ถาคควยอ้อมเจดที่พอนขยายสูงจะเห็นวัตถุหรือ
พินที่เป็นบริเวณแคบแต่ขยายได้ใหญ่มาก เพื่อว่าจะได้ศึกษารายละเอียกได้มากขึ้น

๖๐. แม่ว่านักศึกษาจะถูกขอรองให้ใช้กำลังขยายค่าเพื่อหาวัตถุหรือเพื่อเลื่อนให้อยู่
ตรงกลางก็ตาม แต่บางครั้งมันักช้กจุงใจที่จะเริ่มควยกำลังขยายสูงเลยที่เคียว อันนี้เป็นการ
กระทำที่ไม่ฉลาดเพราะเป็นการยากมากที่จะคล่าหาวัตถุควยกำลังขยายสูง (กำลังขยายค่าหางาย
กว่า) ลองปฏิบัติควยมันยากแคไหน คือเลื่อนสไลค์ไปจากตำแหน่งเคิมเสียแล้วพยายามหารจุดเคา
ควยกำลังขยายสูง ความพยายามนี้แทบจะไร้ประโยชน์ นอกจากนี้ยังเป็นการเสี่ยงที่สไลค์จะ
แตกอีกควย หากสไลค์ที่ใช้มีวิธีการใช้คองอันนี้แตกจะไม่คิมูลค่าค้อย่างไท แต่คองไปนัก
ศึกษาจะคองใช้สไลค์ถาวร ซึ่งในคองนั้นถาคสไลค์แตกก็จะคองชคใช้เงินคองคักส่วนของราคา
สไลค์ที่ท่าแตก เมื่อได้ศึกษาเกี่ยวกับคองจูลทัศน์เสร็จแล้ว จงหมูนกำลังขยายค่าเข้าที่ เอา
สไลค์ออกแลวนำไปวางในถาคตรงตำแหน่งที่ถูกคองของมัน

