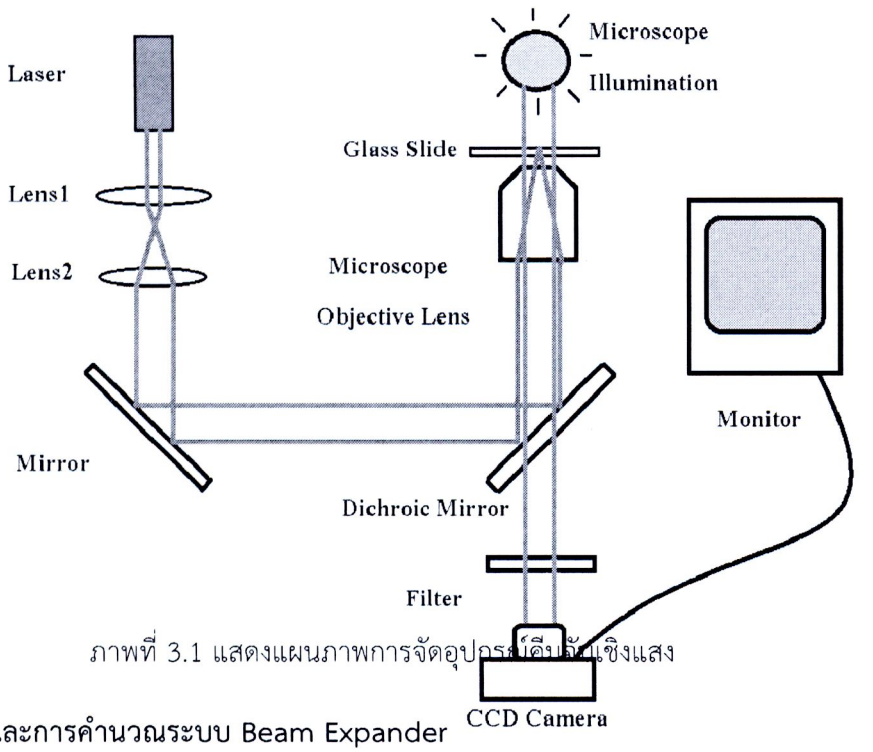
บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

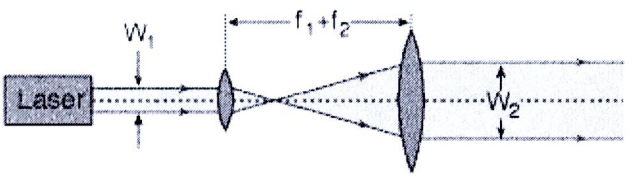
3.1 ออกแบบและวางแผนการสร้างอุปกรณ์คีมจับเชิงแสง

ในการออกแบบการสร้างอุปกรณ์คีมจับเชิงแสงนี้จะแสดงการสร้างและการจัดอุปกรณ์หลักที่จำเป็นต้องใช้ในการออกแบบและการสร้างอุปกรณ์คีมจับเชิงแสงอย่างง่ายโดยจะคำนึงถึงอุปกรณ์ที่มีอยู่เป็นหลักเพื่อนำอุปกรณ์ที่มีอยู่นี้มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบการทำงานของคีมจับเชิงแสงอย่างง่ายจากรูปที่ 3.1 จะแสดงไดอะแกรมของการออกแบบระบบคีมจับเชิงแสงอย่างง่าย



ภาพที่ 3.1 แสดงแผนภาพการจัดอุปกรณ์คีมจับเชิงแสง

3.2 การออกแบบและการคำนวณระบบ Beam Expander



ภาพที่ 3.2 แสดงการทำงานของ Beam Expander

ในการออกแบบระบบ Beam Expander ของโครงงานพิเศษนี้จากรูปเลนส์ตัวที่ 1(นับจากซ้ายมือ) จะมีจุดโฟกัสที่ 30 mm เลนส์ตัวที่ 2 จะมีจุดโฟกัสอยู่ที่ 100mm ดังนั้นในการคำนวณ

ระยะห่างจากเลนส์ทั้งสองคือระยะห่างของเลนส์ = (จุดโฟกัสของเลนส์ตัวที่ 1) +(จุดโฟกัสของเลนส์ตัวที่ 2)

= 30 mm + 100 mm

= 130 mm

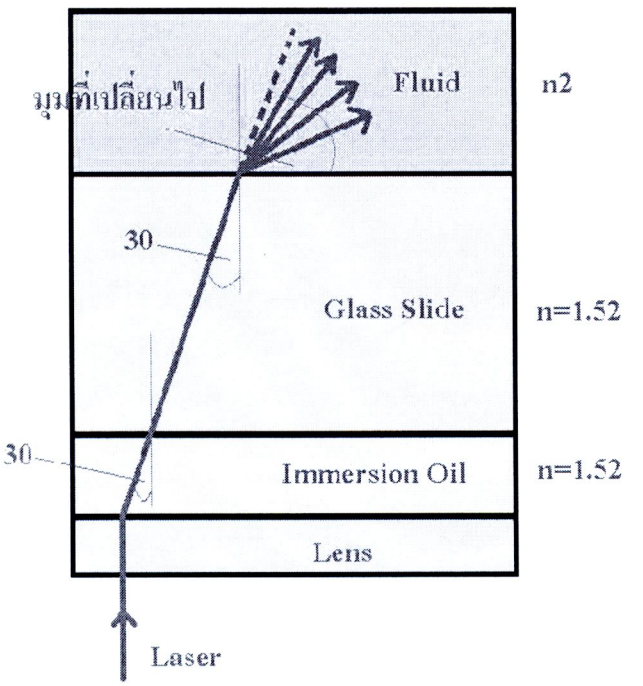
ดังนั้นเราจะต้องวางเลนส์ทั้งสองตัวให้ห่างจากกันเป็นระยะ 130 มิลลิเมตรจากนั้นจะคำนวณขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของแสงหลังจากที่ถูกขยายแล้วซึ่งจากรูปที่ 3.2 คือW2 นั้นเองซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$W_2 = \left(\frac{f_2}{f_1}\right) W_1 \qquad (1)$$

จากการคำนวณตามสมการที่ (3.1)

จะได้เส้นผ่านศูนย์กลางของแสงหลังขยายแล้ว 6.66 มิลลิเมตร

3.3 การหาตำแหน่งของอนุภาคที่จุดโฟกัส



ภาพที่ 3.3 การหาตำแหน่งของจุดโฟกัสที่ใช้จับอนุภาค

3.3.1การคำนวณมุมที่หักเหไปของจุดโฟกัส

จากสมการ

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$
$$1.52 \sin 30 = n_2 \sin\theta_2$$

ดังนั้น

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{1.52 \sin 30}{n_2}\right)$$

ซึ่งมุม θ_2 จะเปลี่ยนแปลงตามดัชนีหักเหแสงที่ต่างกันตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ผลที่ได้จากการหักเหของลำแสงเมื่อ $\theta_1 = 30^\circ$ และ $n_1 = 1.52$

n_2	θ_2
1.52	30.000°
1.45	30.610°
1.33(water)	34.849°
1.20	39.296°
1.10	43.702°
1.00(air)	49.464°

3.4 การเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.4.1 เลเซอร์สีแดงกำลังขนาด 20 มิลลิวัตต์

3.4.2 เลนส์นูนระยะโฟกัส 100 มิลลิเมตร (Convex Lens)

3.4.3 เลนส์นูนระยะโฟกัส 30 มิลลิเมตร (Convex Lens)

3.4.4 กระจกสะท้อนแสง (Mirror)

3.4.5 กระจกไดโครอิค (Dichroic Mirror)

3.4.6 กล้องจุลทรรศน์แบบส่องขึ้น(Inverted Microscope) Olympus CK30/CK40

3.4.7 เลนส์ใกล้วัตถุ (Microscope Objective Lens) กำลังขยายขนาด 10x

3.4.8 เลนส์ใกล้วัตถุ (Microscope Objective Lens) กำลังขยายขนาด 20x

3.4.9 เลนส์ใกล้วัตถุ (Microscope Objective Lens) กำลังขยายขนาด 40x

3.4.10 เลนส์ใกล้วัตถุแบบใช้น้ำมัน (Oil Immersion Objective Lens) กำลังขยายขนาด 100x

3.4.11 กล้องเว็บแคม(Logitech Webcam Camera)หรือกล้อง CCD

3.4.12 แว่นตัดแสงสีแดงหรือฟิลเตอร์ (Filter)ตัดแสงสีแดง

3.4.13 คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์มอนิเตอร์สำหรับการเฝ้าดู

3.4.14 อุปกรณ์จับเลนส์ (Lens Mount)

3.4.15 เม็ดบีตโพลีสไตรลีนขนาดไมโครเมตร(Micro Polystyrene Beads)

3.4.16 น้ำมันอีมัลชั่น(Oil Immersion)

3.4.17 แผ่นสไลด์และที่ปิดแผ่นสไลด์(Glass Slide and Glass Cover Slip)

3.4.18 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดต่างๆเช่นไม้บรรทัดอุปกรณ์เวอร์เนียคาลิปเปอร์(Vernier Caliper)

3.4.19 โปรแกรมที่ใช้สาหรับกล้องเว็บแคม (Logitech Webcam Software)

3.5 วิธีการและขั้นตอนการดำเนินงาน

3.5.1 วางแผนการทำงานและระยะเวลาในการทดลองพร้อมทั้งวางตารางการทำงานของแต่ละช่วงของการทดลองทั้งหมดก่อนการทดลอง

3.5.2 ศึกษาทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของระบบคีมจับเชิงแสงและหลักการทางฟิสิกส์ที่ใช้ในการอธิบายการทำงานของคีมจับเชิงแสงพร้อมทั้งศึกษาการทำงานและผลการทดลองของผู้ที่ได้ทำการศึกษามาก่อนหน้านี้เพื่อช่วยในการออกแบบระบบและการวางแผนการทดลอง

3.5.3 ออกแบบระบบคีมจับเชิงแสงอย่างง่ายทั้งระบบ (Simple Optical Tweezers System) ซึ่งในการออกแบบนี้จะต้องขึ้นอยู่กับศักยภาพและความพร้อมของอุปกรณ์ที่มีอยู่เท่านั้นโดยจะยึดถือการทำงานพื้นฐานของระบบคีมจับเชิงและนำอุปกรณ์ที่มีอยู่เท่านั้นมาประยุกต์ใช้งานโดยจะแสดงอยู่ในรูปที่ 3.1

3.5.4 เริ่มการทดลองการติดตั้งอุปกรณ์คีมจับเชิงแสงจากการติดตั้งระบบ Beam Expander System และทำการวัดระยะความสูงของลำแสงและขนาดของลำแสงพร้อมทั้งคำนวณขนาดและระยะที่ถูกต้องของการจัดวางอุปกรณ์ตามที่ได้ออกแบบไว้

3.5.5 จัดลำแสงที่ได้จากระบบ Beam Expander เข้าไปยังกระจกไดโครอิค (Dichroic Mirror)ซึ่งจะต้องวางอยู่ในตำแหน่งและมุมที่ถูกต้องตามการออกแบบการทดลองและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานของอุปกรณ์พร้อมทั้งจัดให้แสงที่ได้เข้าไปโฟกัสที่เลนส์ใกล้วัตถุพร้อมทั้งสังเกตผลการทดลอง

3.5.6 จัดอุปกรณ์ที่ใช้สาหรับการเฝ้าดูการทำงานโดยการวางฟิลเตอร์หรือแว่นตัดแสงสีแดงและกล้องเว็บแคมไว้ในตำแหน่งที่ถูกต้องจากการออกแบบและจะต้องอยู่ในระยะที่เหมาะสมของการโฟกัสของกล้องด้วย

3.5.7 ต่อกล้องเว็บแคมเข้ากับอุปกรณ์มอนิเตอร์หรือคอมพิวเตอร์และทำการลงโปรแกรมการทำงานของกล้องเพื่อใช้ในการเฝ้าดูและบันทึกการทำงานของระบบที่สร้างขึ้น

3.5.8 เมื่ออุปกรณ์ทุกอย่างอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมแล้วทำการตรวจสอบอุปกรณ์และแก้ไขในส่วนที่ยังไม่ถูกต้องทั้งระยะและตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ได้จัดทำเอาไว้ต่างๆ

3.5.9 ทำการทดลองอุปกรณ์โดยการจับอนุภาคของเม็ดบีดที่เตรียมไว้และทำการการบันทึกผลของการจับโดยการบันทึกวิดีโอและทำการปรับอุปกรณ์และแก้ไขที่ตำแหน่งต่างๆหากอุปกรณ์ยังไม่สามารถที่จะจับได้จนกว่าจะสามารถปรับให้อุปกรณ์ทำการจับอนุภาคได้

3.5.10 สรุปผลการทำงานและการทดลองของอุปกรณ์

3.5.11 เสนอแนะวิธีการทดลองและการปรับปรุงอุปกรณ์คีมจับเชิงแสงที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นพร้อมทั้งออกแบบระบบที่ดีขึ้นโดยจะยึดจากระบบการทำงานที่ได้ทำการทดลองไปพร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางแก้ไขปัญหาและวิธีการพัฒนาของอุปกรณ์ที่จะสร้างต่อไปในอนาคต