บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ความก้าวหน้าของวิทยาการและเทคโนโลยีต่างๆในปัจจุบันนั้นมาจากศึกษาพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์คณิตศาสตร์เคมีชีววิทยาพันธุศาสตร์หรือศาสตร์อื่นๆที่เป็นการผสมกันระหว่างศาสตร์ที่ได้กล่าวไปข้างต้นนี้ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่ามีความเกี่ยวข้องกันยิ่งนับวันเราได้ศึกษาระบบที่ยิ่งเล็กลงไปเรื่อยๆ เราก็ยิ่งจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่มีความสามารถสูงเพื่อใช้ในการศึกษาระบบเหล่านั้นซึ่งหลักการหนึ่งที่นำมาใช้ในการศึกษาสิ่งที่เล็กมากๆหรือระบบที่เล็กมากๆ คือการใช้แสงจับอะตอมหรืออนุภาคที่เราต้องการศึกษาซึ่งอาจจะมีขนาดอยู่ในระดับไมโครเมตรนาโนเมตรหรือเล็กกว่านั้นตัวอย่างเช่นการศึกษาเซลล์ของสิ่งมีชีวิตแบคทีเรียไวรัสเม็ดแก้วใสหรือเม็ดโลหะขนาดเล็ก เป็นต้นซึ่งวิธีการหนึ่งที่ใช้นั้นก็คือวิธีการใช้แสงจับอนุภาคที่เรียกกันว่าคีมจับเชิงแสง (Optical Tweezers) หลักการนี้ถูกคิดค้นและทดลองโดย Dr. Arthur Ashkin เมื่อปีค.ศ.1970 และในปัจจุบันหลักการของคีมจับเชิงแสงนี้เป็นวิธีการที่มักจะถูกใช้ในการศึกษาระบบทางชีววิทยาอย่างแพร่หลายอีกด้วยจึงเป็นผลดีที่เราได้นำความรู้จากหลายๆศาสตร์ซึ่งอาจดูแยกจากกันโดยเนื้อหาอย่างเช่น ฟิสิกส์และชีววิทยาแต่เราสามารถที่จะนำมาความรู้ที่ได้จากศาสตร์หนึ่งประยุกต์ใช้งานร่วมกับอีกศาสตร์หนึ่งได้อย่างลงตัวเพื่อแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมจากการเรียนรู้ไปพร้อมกัน

หลักการทำงานของคีมจับเชิงแสงเป็นสิ่งที่ค่อนข้างเข้าใจได้ยากว่าทำไมแสงถึงสามารถที่จะจับอนุภาคได้อย่างเช่นเครื่องมือเชิงกลต่างๆนั้นอาจเป็นคำถามว่าแสงเอาแรงมาจากไหนในการจับอนุภาคเล็กๆเหล่านี้ให้หยุดอยู่กับที่ได้ทั้งๆที่โฟตอนหรืออนุภาคของแสงนั้นไม่มีมวลหลักการก็คือจะอาศัยการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของสิ่งเล็กๆหรือระบบเล็กๆที่เราต้องการจับนั้นเอง

ซึ่งในกรณีนี้โมเมนตัมที่เปลี่ยนไปจะขึ้นอยู่กับชนิดของอนุภาคเล็กๆหรือระบบที่เราต้องการศึกษาหรือที่ต้องการจะจับว่ามีคุณสมบัติทางแสงเป็นอย่างไรวัตถุรอบข้างของอนุภาคก็เช่นกันและกำลังของแสงที่ใช้ในการจับด้วย โดยที่ถ้าหากใช้แสงที่มีกำลังประมาณ 10 มิลลิวัตต์แรงที่ได้จะอยู่ในระดับพิโคนิวตันซึ่งโดยทฤษฎีแล้วก็มีกำลังมากพอที่จะสามารถจับอนุภาคในระดับไมโครถึงระดับนาโนได้

แรงที่เกิดจากแสงนี้จะเกิดขึ้นเมื่อเราโฟกัสลำแสงลงไปใกล้ๆกับอนุภาคที่เราต้องการจะจับที่มีความโปร่งใสระดับหนึ่งเพื่อให้แสงสามารถหักเหเข้าไปภายในและสะท้อนที่พื้นผิวได้ยกตัวอย่างเช่นเมื่อแสงหักเหจากซ้ายไปขวาผ่านเข้าไปภายในอนุภาคเล็กๆนี้ก็จะเกิดแรงปฏิกิริยาย้อนกลับจากขวาไปซ้ายด้วยตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตันซึ่งเมื่อคำนวณทางคณิตศาสตร์แล้วแรงลัพธ์ที่เกิดขึ้นจะมีทิศเข้าหาจุดโฟกัสหรือจุดที่มีความเข้มสูงสุดของเลเซอร์นั้นเองซึ่งอนุภาคก็จะอยู่ในสภาพที่คล้ายกับว่าถูกจับเอาไว้ภายในลำเลเซอร์นั้นเอง

แรงที่เกิดขึ้นมีสองแบบแบบแรกเป็นแรงกระเจิง (Scattering force) ที่มีทิศทางขนานกับทิศทางของแสงตกกระทบส่วนแรงอีกชนิดหนึ่งเรียกว่าแรงเกรเดียนท์ (Gradient force) ซึ่งมีทิศทางตั้งฉากกับทิศทางของแสงตกกระทบและพุ่งเข้าสู่บริเวณที่มีกำลังของแสงสูงสุด (แสงเลเซอร์ส่วนใหญ่จะมีกำลังของแสงสูงสุดที่บริเวณกลางลำแสงและค่อยๆลดลงออกมาตามแนวรัศมี) ใ นกรณีที่อนุภาคขนาดเล็กอยู่ในตำแหน่งที่เยื้องไปจากจุดโฟกัสของลำแสงจะทำให้มันถูกดึงเข้าไปให้อยู่ในแนวเดียวกับจุดโฟกัสของแสงด้วยแรงเกรเดียนท์ซึ่งณตำแหน่งนี้ผลรวมของแรงเกรเดียนท์จะเป็นศูนย์ทำให้อนุภาคขนาดเล็กเคลื่อนไปทางด้านข้างได้ยากขึ้นหลังจากที่อนุภาคขนาดเล็กอยู่ตรงกลางแล้วเราก็สามารถใช้แรงกระเจิงมาช่วยในการทำให้อนุภาคขนาดเล็กนั้นลอยขึ้นเหนือฐานรองรับได้ซึ่งต้องเอาชนะแรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำกับอนุภาคขนาดเล็กนี้ด้วย

แรงกระเจิงที่ได้จากแสงยังสามารถนำมาใช้ในลักษณะของคีมจับคือ อนุภาคขนาดเล็กนี้อาจจะเคลื่อนที่ไปมาและเราสามารถนำคีมจับเชิงแสงนี้มาทำให้อนุภาคเหล่านั้นหยุดและติดอยู่กับคีมจับเชิงแสงนี้ทำให้เราสามารถเคลื่อนมันไปในที่ต่างๆที่ต้องการได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.เพื่อศึกษาหลักการพื้นฐานทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและการทำงานต่างๆของคีมจับเชิงแสง

2.เพื่อสามารถออกแบบการสร้างอุปกรณ์คีมจับเชิงแสงและการทดลองอย่างง่ายได้

3.สามารถนำอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นไปประยุกต์ใช้งานในด้านชีววิทยาในด้านต่างๆที่เกี่ยวข้อง

4.สามารถปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาระบบคีมจับเชิงแสงให้ดีขึ้นได้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ในโครงงานนี้จะมุ่งเน้นการศึกษาลำแสงที่มีผลต่อการจับอนุภาคที่ต้องการศึกษาและออกแบบอุปกรณ์คีมจับเชิงแสงอย่างง่ายเพื่อสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริงและสามารถวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลองรวมถึงการแก้ไขปรับปรุงอุปกรณ์ให้ดีขึ้นได้

1.4 ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีดำเนินงาน

1.4.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับหลักการทำงานของคีมจับเชิงแสงต่างๆว่ามีทฤษฎีใดบ้างที่เกี่ยวข้องหลักการทำงานเบื้องต้นและอุปกรณ์พื้นฐานที่จำเป็นต้องใช้งานในการสร้างและศึกษาผลและการทดลองที่ผ่านมาของผู้ที่ได้ทำการทดลองมาแล้วเพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงรวมทั้งโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณหรือจำลองแบบจำลองต่างๆด้วย

2. วางแผนการสร้างชุดทดลองคีมจับเชิงแสงอย่างง่ายพร้อมสรุปทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการออกแบบการทำงานของอุปกรณ์และออกแบบการทดลองเพื่อใช้ในการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์คีมจับเชิงแสงที่ออกแบบขึ้น

3. จัดเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างคีมจับเชิงแสงและเริ่มทำการสร้างและติดตั้งอุปกรณ์ทางแสงต่างๆที่ใช้งานกับการสร้างคีมจับเชิงแสงที่ได้ออกแบบไว้

4. ทำการทดลองและวัดผลการทำงานของคีมจับเชิงแสงที่สร้างขึ้นและนำผลการทดลองที่ได้ไปเปรียบเทียบกับทฤษฎีหรือผลการทดลองของผู้ที่ทำการศึกษาก่อนหน้านี้เพื่อนำมาวิเคราะห์และทำการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาอุปกรณ์ในส่วนต่างๆเพื่อประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น

5. ส รุปผลการทำงานและการทดลองต่างๆและรายงานผลการทดลองที่ได้พร้อมกับอุปกรณ์คีมจับเชิงแสงที่เสร็จสมบูรณ์พร้อมที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป

1.4.2 ตารางการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แสดงการดำเนินงานวิจัย

ระยะเวลาการดำเนินงาน	กิจกรรม
มิถุนายน 2554	ศึกษาที่มาและความสำคัญ
กรกฎาคม 2554	ศึกษาทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง
สิงหาคม 2554	วางแผนและออกแบบวิธีการดำเนินงานวิจัย
กันยายน-ตุลาคม 2554	ดำเนินการสร้างอุปกรณ์และศึกษาการทำงานจริง
พฤศจิกายน 2554	ออกแบบการจัดอุปกรณ์และการทดลอง
ธันวาคม 2554	สั่งซื้ออุปกรณ์และการศึกษาอุปกรณ์ที่ใช้งาน
มกราคม 2555	สร้างอุปกรณ์คีมจับเชิงแสง
กุมภาพันธ์ 2555	ทำการศึกษาทดลองและแก้ไขการทำงาน
มีนาคม-เมษายน 2555	สรุปผลการทดลองและเขียนรายงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

อุปกรณ์คีมจับเชิงแสงอย่างง่ายที่ใช้งานได้เพื่อสามารถใช้ในการศึกษาระบบที่สำคัญต่างๆโดยเฉพาะการประยุกต์ใช้งานด้านชีววิทยา เช่นการศึกษาทางกลศาสตร์ของเซลล์มอเตอร์โมเลกุลดีเอ็นเอหรือระบบอย่างอื่นที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติการทำงานของคีมจับเชิงแสงที่สามารถประยุกต์ใช้ได้ทั้งยังสามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงและแก้ไขระบบการทำงานของคีมจับเชิงแสงที่สร้างขึ้นเพื่อให้อุปกรณ์มีความสะดวกเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับการใช้งานต่างๆ