

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) คีมจับเชิงแสงอย่างง่ายสำหรับห้องปฏิบัติการ

แหล่งเงินทุน จากเงินรายได้ประเภทส่งเสริมนักวิจัย

ประจำปีงบประมาณ 2552 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 50,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ต.ค. 2551 ถึง ก.ย. 2552

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัยพร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

หัวหน้าโครงการ นายธรรมรัตน์ แต่งตั้ง คณะวิทยาศาสตร์

ร่วมโครงการวิจัย นายพรประเสริฐ พุทธนรากุล คณะวิทยาศาสตร์

บทคัดย่อ

คีมจับเชิงแสงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้หลักการของแรงเนื่องจากแสงเพื่อใช้ในการดักจับอนุภาคขนาดเล็กซึ่งอยู่ในระดับไมโครเมตรจนถึงอนุภาคในระดับนาโนเมตรซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาหลักการพื้นฐานทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์คีมจับเชิงแสงอย่างง่ายจากอุปกรณ์พื้นฐานทางแสงต่างๆที่มีอยู่เพื่อเป็นการทดสอบทฤษฎีและหลักการของคีมจับเชิงแสงโดยการนำอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นไปจับอนุภาคของเม็ดปิดโพลิสไตรีนขนาด 2 ไมโครเมตรที่กำลังเคลื่อนที่อยู่ในของเหลวที่อนุภาคบรรจุอยู่และทำการเฝ้าดูปฏิกริยาและประสิทธิภาพในการจับอนุภาคของอุปกรณ์คีมจับเชิงแสงที่สร้างขึ้นซึ่งจากผลการทดลองพบว่าจากอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นรวมถึงวิธีการออกแบบและการทดลองทำให้อุปกรณ์สามารถจับอนุภาคที่เคลื่อนที่ให้หยุดอยู่กับที่ภายในลำแสงโฟกัสที่สร้างขึ้นจากอุปกรณ์ได้โดยมีลักษณะที่ถูกดึงดูดเข้าไปในลำแสงและสั้นอยู่ภายในลำแสงซึ่งจุดโฟกัสที่สร้างได้สามารถดึงดูดอนุภาคที่ใกล้เคียงที่สุดได้ 2-3 อนุภาคและจะสามารถจับให้อยู่นิ่งได้ในลำแสงเพียงอนุภาคเดียวทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับความเร็วในการเคลื่อนที่ในของเหลวของอนุภาคที่จะจับด้วย

เมื่ออนุภาคถูกจับได้แล้วนั้นการทดลองขั้นต่อไปจะทำได้โดยการเพิ่มระบบต่างๆที่ช่วยให้อุปกรณ์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อาทิ เช่นระบบที่ตรวจจับตำแหน่งของเลเซอร์อุปกรณ์ควบคุม stage และโปรแกรมที่เขียนขึ้นเพิ่มการคำนวณหรือการควบคุมต่างๆซึ่งจากระบบที่กล่าวไปนี้จะสามารถทำให้อุปกรณ์คีมจับเชิงแสงมีประสิทธิภาพที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านชีววิทยาขนาดเล็กหรืองานอื่นๆที่เกี่ยวข้องได้จริง

คำสำคัญ : คีมจับเชิงแสง, การควบคุมระดับจุลภาค, เม็ดปิดโพลิสไตรีน, การดักจับอนุภาคขนาดเล็ก

Research Title: OPTICAL TWEEZERS FOR LABORATORY
Researcher: ThamaratTaengtung
Faculty: Science **Department:** Applied Physics

ABSTRACT

The optical tweezers system is the powerful tool to trap the particle without touching. In this undergraduate thesis we begin to describe the basic principle theory and the application of the optical tweezers system. The optical tweezers can be applied as a tool to study the mechanical of biological system. In this project, the optical tweezers system had been designed and built by using some basic optical parts and instruments in our laboratory and undergraduate biology laboratory. Then , we showed that our system could be successful for trapping some micro-polystyrene beads. In our experiment we observed that some micro-polystyrene beads were moving toward the focused laser spot , when the beads were moving closed to the spot.

In the future the new advance system may be improved from this system by adding some optical instruments such as a position detector , micro-stage controlled by computer program. This new system can be use to study the mechanics of the biological system with higher efficiency than that of original one.

Keyword: optical tweezers, polystyrene beads ,Optical Trapping

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการพิเศษนี้จะไม่สำเร็จล่วงได้หากไม่ได้รับความร่วมมือคำปรึกษาและความอนุเคราะห์จากอาจารย์ดังนี้ ดร.ประธาน บุรณศิริอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมในการทำโครงการพิเศษรวมถึงงานวิจัยและข้อมูลของผู้ที่เคยได้ทำการศึกษาค้นคว้ามาแล้ว อาทิ เช่นบทความวิจัยของ ดร. ศรัณย์ สัมฤทธิ์เดชขจร และ พ.ต.สุวัฒน์ วงศ์จันทร์ฉายแสง ซึ่งเป็นประโยชน์ในการค้นคว้าข้อมูลต่อผู้ทำการทดลองเป็นอย่างสูง รวมไปถึงสาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์และอาจารย์ท่านอื่นที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้ความร่วมมือความช่วยเหลือและคำแนะนำในการทำโครงการพิเศษในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำและติดตามดูแลการทำโครงการพิเศษนี้ให้ล่วงได้ด้วยดีขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

นายธรรมรัตน์ แต่งตั้ง

นายพรประเสริฐ พุทธรากุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 หลักการโดยทั่วไป	5
2.2 อนุภาคเมียร์	5
2.3 อนุภาคเรย์ลีห์	6
2.3.1 แรงแกรเดียนท์	7
2.3.2 แรงแกระเจิง	7
2.4 คีมจับเชิงแสงแบบออปติคส์ในอากาศ	7
2.4.1 เลเซอร์สำหรับจับอนุภาค	7
2.4.2 เลนส์วัตถุล้องจุลทรรศน์	8
2.4.3 อุปกรณ์บังคับตำแหน่งคีมจับเชิงแสง	8
2.4.3.1 การเลื่อนระนาบตัวอย่าง	8
2.4.3.2 การบังคับทิศทางของลำแสง	8
2.4.3.3 การใช้วิธีการโฮโลกราฟี	9

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.4.4 อุปกรณ์บันทึกภาพและตำแหน่งของอนุภาค	10
2.4.4.1 บันทึกภาพพระนาบตัวอย่างโดยตรง	10
2.4.4.2 การบันทึกตำแหน่งที่ระนาบโฟกัสด้านหลัง	11
2.5 การใช้คีมจับเชิงแสงในการวัดแรง	11
2.6 คีมจับเชิงแสงแบบใช้ใยแก้วนำแสง (Fiber Optical tweezers)	12
2.7 คีมจับเชิงแสงแบบติดตั้งในเซลล์ของไหล	13
2.8 การประยุกต์ใช้งานคีมจับเชิงแสง	13
2.8.1 การศึกษาด้านชีววิทยาในระดับเซลล์	13
2.8.2 การศึกษาด้านชีววิทยาระดับโมเลกุล	14
2.8.3 การศึกษาโคเนซิน	15
2.8.4 การศึกษาอาร์เอ็นเอโพลิเมอเรส	16
2.8.5 การประยุกต์ใช้ในทางเคมี	16
2.8.5.1 การศึกษาเกี่ยวกับคอลลอยด์	17
2.8.5.2 การสร้างโครงสร้างระดับไมโครและนาโน	18
2.8.5.3 การทำสเปกโตรสโคปีกับโมเลกุล	19
2.9 เทคโนโลยีอื่นที่น่าสนใจเกี่ยวกับคีมจับเชิงแสง	19
2.9.1 เครื่องคัดแยกอนุภาคโดยใช้ผลึกของกัปดักเชิงแสง	20
2.9.2 คีมจับเชิงแสงในการทำเครื่องตรวจจับ (Sensors)	21
2.9.3 เครื่องตรวจหาเซลล์มะเร็ง (Leipzig)	22
2.9.4 เครื่องตรวจจับเชื้อไวรัสและอนุภาคระดับนาโนเมตร	23
2.10 แนวโน้มการพัฒนาคีมจับเชิงแสง	24
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	25
3.1 ออกแบบและวางแผนการสร้างอุปกรณ์คีมจับเชิงแสง	25
3.2 การออกแบบและการคำนวณระบบ Beam Expander	25
3.3 การหาตำแหน่งของอนุภาคที่จุดโฟกัส	26
3.4 การเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	27
3.5 วิธีการและขั้นตอนการดำเนินงาน	28

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	30
4.1 ลักษณะของสารตัวอย่างโพลีสไตรีนที่ใช้ Inverted Microscope เลนส์ขนาดต่างๆ	30
4.1.1 Inverted Microscope เลนส์ขนาด 10X	30
4.1.2 Inverted Microscope เลนส์ขนาด 20X	31
4.1.2 Inverted Microscope เลนส์ขนาด 40X	32
4.1.2 Inverted Microscope เลนส์ขนาด 100X (Immersion Objective Lens)	33
4.2 การจัดอุปกรณ์ Two Lens system เพื่อสร้างระบบ Beam Expander	34
4.2.1การคำนวณระยะห่างระหว่างเลนส์	35
4.2.2ผลการทดลองที่ได้จากการจัดอุปกรณ์ Beam expander	35
4.3 ระบบ Optical Tweezers System	36
4.3.1 การจัดแนวของแสงและวิเคราะห์ปัญหาที่พบจากการจัดอุปกรณ์	37
4.4 การจับอนุภาค	39
4.4.1 อภิปรายผลการทดลองการจับอนุภาคจากตารางที่ 1	40
บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ	42
5.1สรุปผลการวิจัย	42
5.2 ข้อเสนอแนะในการสร้างอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น	42
เอกสารอ้างอิง	46

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงการดำเนินงานวิจัย	3
3.1 ผลที่ได้จากการหักเหของลำแสง	27
4.1 ผลการทดลองแสดงภาพลักษณะอนุภาคที่ถูกจับ ณ เวลาต่างๆ	39

สารบัญรูป

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 2.1 แสงที่เกิดจากการหักเหของแสงผ่านอนุภาคเมียร์	6
ภาพที่ 2.2 อุปกรณ์ทดลองคิมจับเชิงแสงแบบออปติกส์ในอากาศ	8
ภาพที่ 2.3 การบังคับตำแหน่งของคิมจับเชิงแสงโดยการเปลี่ยนทิศทางของแสง	10
ภาพที่ 2.4 คิมจับเชิงแสงแบบใช้ใยแก้วนำแสง	12
ภาพที่ 2.5 การประยุกต์ใช้คิมจับเชิงแสงในเซลล์สิ่งมีชีวิต	13
ภาพที่ 2.6 การศึกษาการเคลื่อนที่ไปตามท่อไมโครทิวบูลของโคเนซิน	15
ภาพที่ 2.7 การศึกษาอาร์เอ็นเอโพลีเมอเรส	16
ภาพที่ 2.8 การศึกษาแสงที่เกิดขึ้นระหว่างอนุภาคคอลลอยด์	17
ภาพที่ 2.9 การจัดเรียงอนุภาคคอลลอยด์เป็นรูปทรงสามมิติ 5 เหลี่ยมถึง 8 เหลี่ยม	17
ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างการสร้างโครงสร้างระดับไมโครและนาโน	18
ภาพที่ 2.11 แผนผังเครื่องคัดแยกอนุภาคระดับไมโคร-นาโนเมตรของมหาวิทยาลัยเซนต์แอนดรู	20
ภาพที่ 2.12 แผนผังเครื่องคัดแยกอนุภาคจากมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย	21
ภาพที่ 2.13 การศึกษาเซลล์มะเร็ง	22
ภาพที่ 2.14 แผนผังแสดงเครื่องตรวจจับเชื้อไวรัสและอนุภาคระดับนาโนเมตร	23
ภาพที่ 3.1 แสดงแผนภาพการจัดอุปกรณ์คิมจับเชิงแสง	25
ภาพที่ 3.2 แสดงการทำงานของ Beam Expander	25
ภาพที่ 3.3 การหาตำแหน่งของจุดโฟกัสที่ใช้จับอนุภาค	26
ภาพที่ 4.1 แสดงลักษณะของเม็ดโพลีสไตรีนที่ส่องด้วย Inverted Microscope เลนส์ขนาด 10X	30
ภาพที่ 4.2 แสดงลักษณะของเม็ดโพลีสไตรีนที่ส่องด้วย Inverted Microscope เลนส์ขนาด 20X	31
ภาพที่ 4.3 แสดงลักษณะของเม็ดโพลีสไตรีนที่ส่องด้วย Inverted Microscope เลนส์ขนาด 40X	32
ภาพที่ 4.4 แสดงลักษณะของเม็ดโพลีสไตรีนที่ส่องด้วย Inverted Microscope เลนส์ขนาด 100X	33
ภาพที่ 4.5 แสดงลักษณะการจัดอุปกรณ์ Beam Expander	34
ภาพที่ 4.6 ขนาดของแสงเลเซอร์ก่อน (ก) และหลัง (ข) จากผ่านเข้าอุปกรณ์ Beam Expander	35
ภาพที่ 4.7 แสดงอุปกรณ์คิมจับเชิงแสงที่จัดทำขึ้น	36
ภาพที่ 4.8 ลักษณะการวางตำแหน่งและการจัดมุมของอุปกรณ์ต่างๆ	37
ภาพที่ 5.1 การออกแบบเพื่อปรับปรุงระบบคิมจับเชิงแสงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น	43
ภาพที่ 5.2 แสดงไดอะแกรมของวงจรตรวจจับตำแหน่งของแสงเลเซอร์	44