



# ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ BLUETOOTH VÀ CẢM BIẾN ÁNH SÁNG ĐỂ THIẾT KẾ HỆ THỐNG VẼ CƯỜNG ĐỘ VÂN GIAO THOA, NHIỄU XẠ

Ngô Minh Nhật\*, Nguyễn Lâm Duy

Khoa Vật lý – Trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh

Ngày nhận bài: 12-10-2018, ngày nhận bài sửa: 05-12-2018, ngày duyệt đăng: 21-12-2018

## TÓM TẮT

Trong bài báo này, chúng tôi giới thiệu kết quả nghiên cứu chế tạo hệ thống vẽ cường độ vân giao thoa ánh sáng có sử dụng vi điều khiển Arduino để thu nhận dữ liệu từ cảm biến ánh sáng và trao đổi dữ liệu với máy vi tính thông qua giao diện tương tác. Bộ thí nghiệm này có khả năng vẽ được sự phân bố cường độ các vân giao thoa trên trường giao thoa có bề rộng tối đa 5cm với độ phân giải nhỏ nhất về vị trí là 0,1mm. Hệ thí nghiệm này được sử dụng cho hệ giao thoa khe Young để xác định bước sóng ánh sáng laser He-Ne với sai số tương đối nhỏ hơn 2%. Giao diện điều khiển và hiển thị trên máy vi tính được thiết kế đơn giản, dễ sử dụng, kết nối với bộ thí nghiệm bằng công nghệ không dây Bluetooth giúp cho việc tiến hành, ghi nhận, và biểu diễn kết quả đo được thuận tiện, nhanh chóng và chính xác.

**Từ khóa:** Arduino, Bluetooth, giao thoa ánh sáng, thiết bị thí nghiệm, khe Young.

## ABSTRACT

### *Applying Bluetooth wireless technology and light intensity sensor to fabricate a light interfering drawing system*

*In this paper, we present the results of the study on the fabrication of a light interfering drawing system, using an Arduino microcontroller to receive data from light sensor, and exchange data with computer through an interactive user interface. It can draw the intensity distribution of interference bands in the interfering field with a maximum width of 5cm and with a minimum resolution of position of 0.1mm. This system was used for a Young's double-slit experiment to determine the wavelength of a He-Ne laser light with a relative error of less than 2%. The interactive user interface on the computer is kept to be easy-to-use, and can clearly display the recorded light intensity values in real time. It connects to the measurement kit by Bluetooth wireless technology which enables us to record, and display conveniently and accurately measured results.*

**Keywords:** Arduino, Bluetooth, interference, laboratory equipments, Young's double-slits.

## 1. Mở đầu

Trong dạy và học môn Vật lý, việc sử dụng các thiết bị thí nghiệm đóng vai trò quan trọng trong việc hình thành, củng cố kiến thức và kỹ năng thực hành của học sinh. Tuy nhiên, việc trang bị và sử dụng các thiết bị thí nghiệm ở trường trung học phổ thông

\* Email: [nhutnm@hcmue.edu.vn](mailto:nhutnm@hcmue.edu.vn)

(THPT) vẫn còn nhiều hạn chế có thể kể đến như: thiếu các thiết bị cần thiết, việc đo đạc xử lý số liệu mất nhiều thời gian hoặc một số bộ thí nghiệm có sai số lớn dẫn đến kết quả đo đạc định lượng không chính xác, giáo viên ngại sử dụng thí nghiệm vào hoạt động dạy học. Trong chương trình Vật lý lớp 12, bộ thí nghiệm xác định bước sóng ánh sáng bằng hiện tượng giao thoa đã và đang được trang bị rộng rãi ở các trường THPT. Bộ thí nghiệm này sử dụng nguồn laser diode ánh sáng đỏ chiếu tới hai khe Young, hình ảnh giao thoa được quan sát trên màn trắng có thước chia vạch với độ chia nhỏ nhất 1mm [1]. Bước sóng ánh sáng được xác định theo công thức:

$$\lambda = \frac{il}{D} \quad (1)$$

với  $i$  là khoảng cách giữa hai vân sáng liên tiếp,  $l$  là khoảng cách giữa hai khe,  $D$  là khoảng cách từ màn tới hai khe. Để đo bước sóng ánh sáng laser sử dụng, học sinh cần xác định khoảng cách giữa hai vân sáng liên tiếp bằng hệ thước chia trên màn.



**Hình 1.** Bộ thí nghiệm xác định bước sóng ánh sáng [1]

Sai số tương đối của phép đo có thể được tính bởi công thức:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\Delta i}{i} + \frac{\Delta D}{D} + \frac{\Delta a}{a} \quad (2)$$

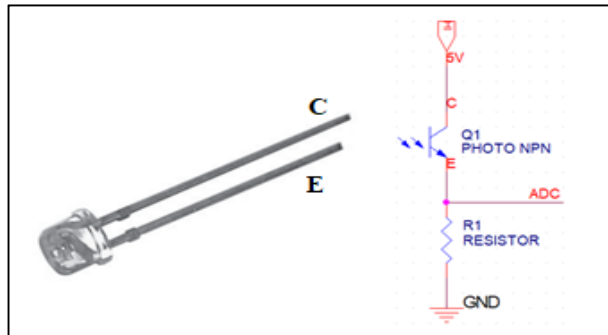
Do khoảng cách  $D$  thường rất lớn, nên sai số phép đo chủ yếu phụ thuộc vào sai số đo  $i$ . Vì vậy, việc cải thiện sai số dụng cụ khi đo khoảng vân  $i$  sẽ góp phần làm chính xác kết quả thí nghiệm. Đối với các bộ thí nghiệm về giao thoa và nhiễu xạ được sử dụng trong giảng dạy ở một số trường đại học, các hãng chế tạo sử dụng một cảm biến ánh sáng để đo cường độ các vân giao thoa, tín hiệu từ cảm biến được khuếch đại và được đo bằng vôn kế. Cảm biến được gắn trên ray trượt, độ dịch chuyển của cảm biến được đo bằng thước panme với sai số dụng cụ 0,01mm. Bằng cách vận thước panme để di chuyển cảm biến trên trường giao thoa, đồng thời xác định các cực đại giao thoa bằng cách nhìn chỉ số vôn kế, ta có thể xác định vị trí chính xác các cực đại giao thoa. Tuy nhiên, bộ thí nghiệm này khó có thể trang bị rộng rãi ở trường phổ thông vì giá thành cao, nhiều dụng cụ đòi hỏi sự cẩn thận khi sử dụng, và học sinh chưa được học cách sử dụng thước panme.

Bên cạnh đó, việc sử dụng các bộ thí nghiệm kết nối với máy vi tính đang là một xu thế tất yếu trong việc đổi mới phương pháp dạy và học Vật lí. Nhiều nghiên cứu trong nước đã ứng dụng vi điều khiển và các cảm biến trong thiết kế các bộ thí nghiệm kết nối với máy vi tính; giúp cho việc đo đạc và xử lí số liệu nhanh chóng và dễ dàng hơn [2] - [4]. Xuất phát từ ý tưởng sử dụng cảm biến để đo cường độ sáng, trong nghiên cứu này, chúng tôi thiết kế một hệ thí nghiệm có thể đo cường độ các vân giao thoa cũng như sự phân bố các vân này trên trường giao thoa bằng cảm biến ánh sáng. Ngoài ra, bộ thí nghiệm còn có thể đồng thời nhận và gửi dữ liệu thu được với máy vi tính thông qua kết nối không dây Bluetooth.

## 2. Nội dung nghiên cứu

### 2.1. Cảm biến đo cường độ sáng

Cảm biến ánh sáng được sử dụng là một phototransistor – một linh kiện bán dẫn hoạt động dựa trên tính chất lớp tiếp giáp p-n-p (hoặc n-p-n). Khi chiếu ánh sáng với bước sóng thích hợp vào phototransistor, tại lớp tiếp giáp p-n xảy ra hiện tượng quang điện, năng lượng của photon được hấp thụ và sinh ra cặp lỗ trống – electron hình thành dòng quang điện làm phototransistor ở trạng thái dẫn. Cường độ dòng quang điện tỉ lệ với cường độ ánh sáng chiếu tới. Như vậy, để đo cường độ ánh sáng, ta đo cường độ dòng quang điện sinh ra thông qua việc đo điện thế chân E của phototransistor khi được mắc theo mạch điện Hình 2.



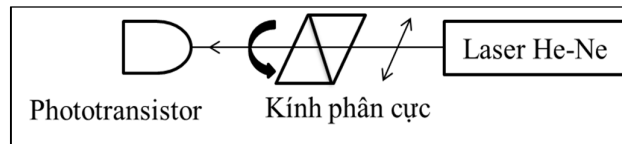
**Hình 2.** Hình thực tế và sơ đồ mạch điện cho phototransistor TEPT5700

Trong hệ thí nghiệm này, chúng tôi sử dụng phototransistor TEPT5700 để đo cường độ sáng. Đây là loại phototransistor NPN có giới hạn làm việc trong vùng ánh sáng khả kiến (340 đến 800nm) với độ nhạy cao nhất ở bước sóng 570nm [5] – phù hợp trong các bài thí nghiệm sử dụng nguồn ánh sáng laser đỏ có bước sóng khoảng 640nm. Phototransistor được mắc nối tiếp với một điện trở và nguồn 5V, điện thế tại chân E được đưa vào bộ phận chuyển đổi tín hiệu analog thành tín hiệu số (ADC) của vi điều khiển. Khi chưa được chiếu sáng, phototransistor đóng nên điện thế tại chân E ở mức thấp. Tùy vào cường độ chiếu sáng mà transistor dẫn ít hay nhiều, điện thế tại chân E sẽ thay đổi trong khoảng 0-5V.

Một hệ đo đơn giản đã được thiết lập để khảo sát vùng tuyến tính của điện áp ngõ ra theo cường độ ánh sáng chiếu tới phototransistor. Cường độ của ánh sáng phân cực thẳng được phát ra từ nguồn laser He-Ne model LG-471-830 của hãng Leybold chiếu tới phototransistor có thể thay đổi sau khi cho đi qua một kính phân cực với phương phân cực được thay đổi. Cường độ ánh sáng ló ra khỏi kính phân cực khi đó sẽ tuân theo công thức:

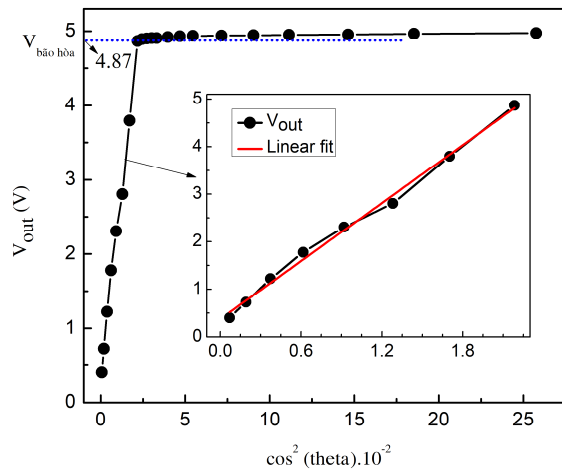
$$I = I_0 \cos^2 \theta \quad (3)$$

với  $\theta$  là góc hợp bởi các phương phân cực của ánh sáng tới và của kính phân cực. Bằng cách xoay kính phân cực quanh trục quang học của hệ, ta có thể thay đổi cường độ ánh sáng chiếu tới phototransistor. Nếu đáp ứng của phần mạch điện tử cho phototransistor là tuyến tính thì điện áp thu được sẽ tỉ lệ với  $\cos^2 \theta$ .



**Hình 3.** Sơ đồ bố trí thí nghiệm khảo sát sự phụ thuộc của điện áp ngõ ra vào cường độ sáng chiếu tới phototransistor

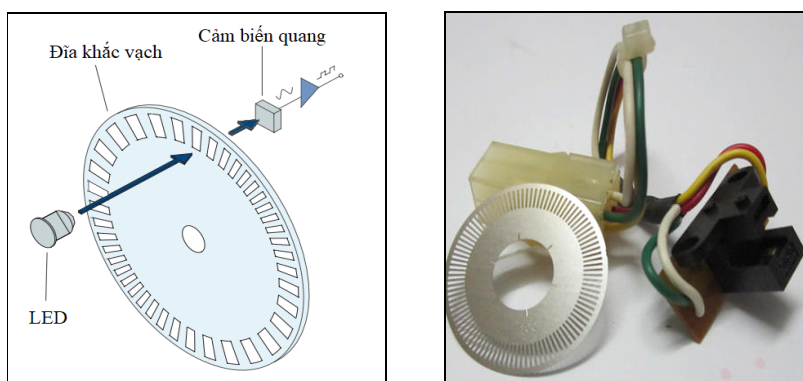
Kết quả khảo sát được cho bởi Hình 4: Khi cường độ sáng tăng dần, điện áp ngõ ra của phototransistor tăng tuyến tính từ 0V và bắt đầu đạt giá trị bão hòa ở 4,87V. Nếu tiếp tục tăng dần cường độ sáng thì  $V_{out}$  tăng rất chậm và tiệm cận giá trị 5V. Vì vậy, để đảm bảo độ tuyến tính của cảm biến, trong quá trình làm thí nghiệm, người dùng phải điều chỉnh nguồn sáng chiếu vào phototransistor ở cường độ tối đa sao cho điện áp ngõ ra dưới 4,87V.



**Hình 4.** Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của điện áp ngõ ra vào cường độ sáng chiếu tới phototransistor khi thay đổi góc hợp bởi phương phân cực của ánh sáng và của kính phân cực

### 2.2. Hệ thống đo độ dịch chuyển của cảm biến ánh sáng

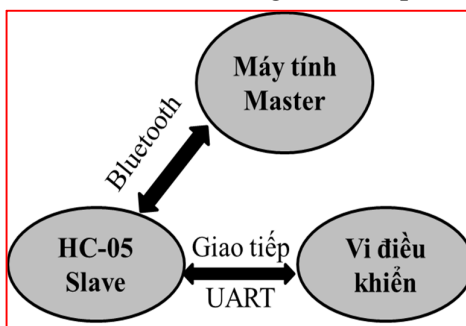
Phototransistor được đặt trên hệ thống thanh trượt và được gắn với một hệ encoder quang học nhằm xác định vị trí của cảm biến ánh sáng. Encoder quang học sử dụng có cấu tạo gồm một đĩa tròn có thể quay quanh một trục; trên đĩa được khắc 100 vạch và một cổng quang thu phát hồng ngoại được đặt đối diện nhau qua các vạch trên đĩa [6]. Khi đầu thu dịch chuyển, nhờ hệ thống bánh răng, đĩa tròn được quay theo. Nếu khe trống nằm trên đường thẳng nối giữa phần thu và LED phát, ánh sáng đi qua được đĩa tới phần thu, giá trị điện thế ngõ ra của encoder sẽ ở mức cao (xấp xỉ 5V). Ngược lại, khi phần kim loại nằm trên đường thẳng nối giữa phần thu và LED phát, ánh sáng không đi qua được đĩa tới phần thu, giá trị điện thế ngõ ra của encoder sẽ ở mức thấp (0V). Dựa vào việc đếm các xung tín hiệu, ta tính được độ dịch chuyển của đầu thu với độ phân giải là 0,1 mm/xung.



Hình 5. Sơ đồ cấu tạo của encoder quang học [6] và hình ảnh thực tế

### 2.3. Truyền nhận dữ liệu bằng Bluetooth

Dữ liệu về cường độ sáng và độ dịch chuyển của phototransistor được vi điều khiển Arduino xử lý và gửi về máy vi tính bằng phương thức truyền dẫn không dây Bluetooth. Module Bluetooth HC-05 được sử dụng trong nghiên cứu này. Đây là loại module thu phát sóng radio công suất thấp tần số 2,4GHz với khoảng cách thu phát tối đa 10m [7].

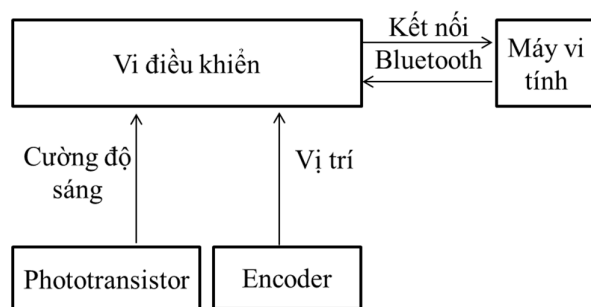


Hình 6. Mô hình truyền dữ liệu từ vi điều khiển về máy tính thông qua module Bluetooth HC-05

Mỗi module bluetooth sẽ giao tiếp với máy tính thông qua một địa chỉ (address) theo phương thức chủ – tớ (Master – Slave). Trong đó, máy vi tính đóng vai trò là Master trong việc chủ động tìm kiếm và thiết lập kết nối với Slave (HC-05). Trong sơ đồ, HC-05 như trạm trung gian chuyên nhận dữ liệu từ vi điều khiển thông qua phương thức giao tiếp UART và gửi về máy tính. Ngoài ra, mỗi module HC – 05 được đặt theo một tên khác nhau – device name (device name mặc định là HC-05). Nhờ đó, khi có nhiều module HC-05 cùng bật trong phạm vi hoạt động của Master, máy tính có thể tìm kiếm, phân biệt được các module khác nhau, và kết nối với module Bluetooth mong muốn.

#### 2.4. Cấu trúc của hệ thí nghiệm được xây dựng

Sơ đồ của hệ thống vẽ cường độ vân giao thoa được thể hiện ở Hình 7. Vi điều khiển Arduino đóng vai trò là bộ xử lý trung tâm trong việc xử lý các tín hiệu điện tử cảm biến và trao đổi dữ liệu đo được về máy vi tính thông qua kết nối không dây Bluetooth. Cảm biến ánh sáng TEPT5700 được sử dụng để ghi nhận sự phân bố cường độ vân sáng, tối trên trường giao thoa. Đồng thời, vị trí của cảm biến này được xác định nhờ hệ encoder quang học. Tín hiệu điện tử cảm biến và encoder quang học được chuyển cho vi điều khiển xử lý và gửi dữ liệu về máy tính.

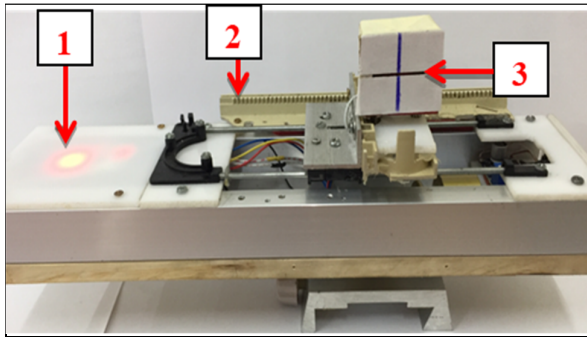


*Hình 7. Sơ đồ kết nối các phần cấu tạo hệ vẽ cường độ vân giao thoa với dấu mũi tên chỉ chiều truyền dữ liệu*

### 3. Kết quả nghiên cứu

#### 3.1. Hệ thống vẽ cường độ vân giao thoa và giao diện người dùng trên máy vi tính

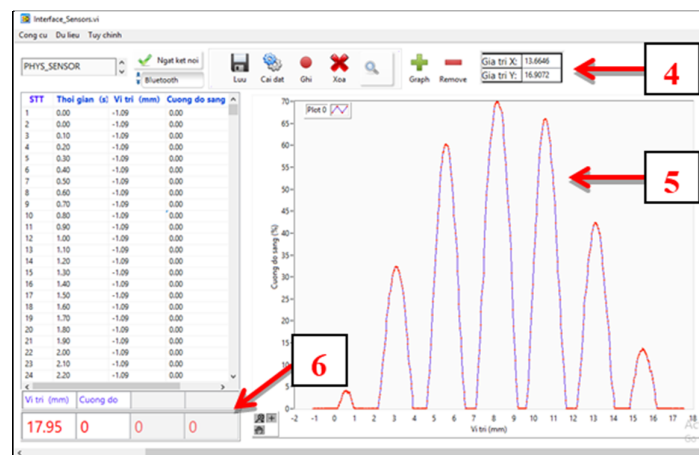
Trên đầu đo cường độ sáng có một vạch dấu chữ thập, phototransistor đặt phía trong và ngay tâm dấu chữ thập. Trong quá trình làm thí nghiệm ta cần chỉnh nguồn sáng sao cho tia sáng đúng ngay vị trí của phototransistor và độ cao của hệ vẽ vân giao thoa sao cho vạch kẻ nằm ngang. Muốn di chuyển đầu đo, ta dùng hai tay kéo thật chậm để cảm biến trượt trên rãnh. Bên trên hệ thống có đèn báo về trạng thái kết nối của thiết bị. Nếu đèn led đỏ chớp tắt nhanh (2 lần/giây) thì thiết bị vẫn chưa được kết nối, khi kết nối thành công, led sẽ nhấp nháy chậm hơn (2 giây một lần). Ngoài ra, thiết bị còn có cổng sạc pin dạng micro USB.



Hình 8. Hệ vẽ cường độ vân giao thoa

1. Đèn led báo trạng thái kết nối của thiết bị
2. Hệ ray trượt gắn với Encoder quang
3. Màn chắn với phototransistor đặt tại tâm dấu chữ thập
4. Thanh công cụ phân mềm
5. Vùng đồ thị và bảng số liệu
6. Vùng hiển thị các số liệu đo được từ cảm biến

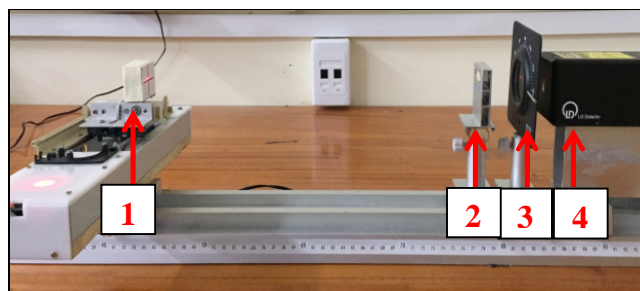
Giao diện người dùng trên máy tính được thiết kế đơn giản, dễ sử dụng, dựa trên nền tảng Labview, nhằm giúp người dùng có thể kết nối, thu nhận dữ liệu với bộ thí nghiệm, bao gồm một số chức năng cơ bản như: tìm kiếm và kết nối với các thiết bị thí nghiệm thông qua bluetooth, vẽ và xuất ảnh đồ thị dưới dạng file png, lưu dữ liệu dưới dạng file excel...



Hình 9. Giao diện tương tác với bộ thí nghiệm

### 3.2. Thí nghiệm đo bước sóng ánh sáng bằng hiện tượng giao thoa khe Young trên hệ thí nghiệm được chế tạo

Thí nghiệm được thiết kế nhằm xác định độ chính xác của hệ thí nghiệm sau khi được chế tạo hoàn chỉnh, có cấu trúc như Hình 10. Nguồn sáng sử dụng được cho bởi laser đỏ He-Ne có bước sóng  $632,8\text{nm}$ . Ánh sáng phát ra là phân cực thẳng và phương phân cực không thay đổi. Kính phân cực để điều chỉnh cường độ chùm sáng laser trong hệ. Khe Young được dùng có khoảng cách hai khe là  $l=0,18\text{mm}$ . Hệ vẽ cường độ vân giao thoa được cân chỉnh sao cho hệ vân giao thoa nằm trên vạch kẻ nằm ngang của đầu thu. Khoảng cách từ hai khe đến cảm biến đo cường độ sáng là  $D=0,7\text{m}$ .

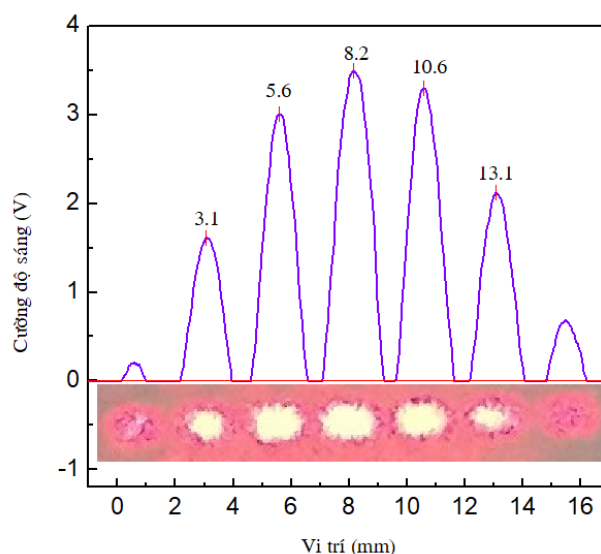


1. Màn chắn có gắn cảm biến đo cường độ sáng
2. Khe Young có khoảng cách hai khe 0,18mm
3. Kính phân cực
4. Laser He-Ne bước sóng 632,8nm

**Hình 10.** Bố trí thí nghiệm giao thoa khe Young

Sau khi bật nguồn của thiết bị, đèn led báo hiệu cho kết nối sẽ nhấp nháy nhanh. Mở chương trình giao diện trên máy vi tính, nhấp chuột vào biểu tượng tìm kiếm. Chương trình sẽ tìm kiếm và hiển thị danh sách các thiết bị bluetooth tìm được. Nhấp chuột chọn tên thiết bị cần kết nối. Khi kết nối thành công, trên giao diện sẽ hiển thị cường độ sáng mà cảm biến đo được.

Lúc này, ta tiến hành dịch chuyển khe đến vị trí vân sáng có cường độ lớn nhất (quan sát bằng giá trị cảm biến đo được). Sau đó xoay kính phân cực đến vị trí mà giá trị cường độ sáng tương đương với điện áp đầu ra của cảm biến nhỏ hơn giá trị bão hòa 4,87V, nhằm đảm bảo cảm biến hoạt động tuyến tính. Tiến hành dịch chuyển cảm biến thật chậm theo một chiều, ta thu được đồ thị biểu diễn sự phân bố cường độ vân giao thoa như Hình 11.



**Hình 11.** Đồ thị thể hiện sự phân bố của cường độ các vân giao thoa (phần trên), và hình chụp hệ vân này trong thực tế (phần dưới)

Đồ thị Hình 11 thể hiện sự phân bố cường độ các vân sáng trên trường giao thoa. Các vân phân bố tương đối đều nhau, cường độ lớn nhất ở vân trung tâm (vị trí 8,2 mm) và giảm dần ở các vân đối xứng hai bên vân trung tâm. Có sự khác nhau về cường độ của các vân bậc 1 hoặc bậc 2 ở hai bên trường giao thoa chứng tỏ chùm sáng laser chiếu tới hai khe



Young là không đều nhau. Nguyên nhân có thể là do bố trí thí nghiệm chưa tốt hoặc nguồn laser không thẳng góc với mặt phẳng hai khe Young. Dựa vào đồ thị, ta xác định được vị trí các cực đại giao thoa có cường độ lớn nhất:

$$x_1 = 3,1mm; x_2 = 5,6mm; x_3 = 8,2mm; x_4 = 10,6mm; x_5 = 13,1mm$$

Ta có thể xác định được khoảng vân và bước sóng ánh sáng theo công thức (1) và (2). Kết quả đo đặc bước sóng ánh sáng laser He-Ne bởi hệ thí nghiệm này là:

$$\lambda = 0,643 \pm 0,051 \mu m$$

Sai số tương đối giữa kết quả đo này với giá trị chính xác của bước sóng ánh sáng laser He-Ne chỉ là 1,6%.

#### 4. Kết luận

Bộ thí nghiệm được chế tạo cho phép ta đo được sự phân bố cường độ vân giao thoa trên trường giao thoa. Bằng việc sử dụng cảm biến và công nghệ truyền dẫn dữ liệu thông qua kết nối bluetooth, bộ thí nghiệm này giúp cho việc ghi nhận và xử lý số liệu nhanh chóng, và cho hình ảnh trực quan về cường độ sáng của hệ vân giao thoa, nhiều xạ.

Tuy nhiên, do encoder có số vạch chia giới hạn nên bước nhảy khi đo độ dịch chuyển chưa thể nhỏ hơn 0,1mm. Ngoài ra, cảm biến ánh sáng chỉ đo được sự thay đổi của cường độ sáng trong phạm vi giới hạn điện áp của hệ, và đơn vị cường độ sáng thể hiện thông qua đơn vị của tín hiệu điện áp. Nếu có thể khắc phục được những khuyết điểm này, ta có thể mở rộng ứng dụng bộ thí nghiệm này cho các bài thí nghiệm về hiện tượng nhiễu xạ qua một khe, hai khe... để có thể đối chiếu với lý thuyết về sự phân bố các cực đại nhiễu xạ trên trường giao thoa. Việc dùng tay để kéo cảm biến di chuyển đều trên trường rất khó, đòi hỏi người sử dụng phải có khả năng thao tác tốt. Vì vậy, trong tương lai có thể thay đổi hệ thống cơ học của hệ này bằng cách dùng motor để kéo cảm biến di chuyển đều trên trường giao thoa.

❖ **Tuyên bố về quyền lợi:** Các tác giả xác nhận hoàn toàn không có xung đột về quyền lợi.

❖ **Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh thông qua Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Trường.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Công ty TNHH Thiết bị và Dịch vụ Kỹ thuật. (22/3/2018). *Bộ thí nghiệm xác định bước sóng ánh sáng*. Available: <http://hd-instruments.com/chi-tiet-san-pham/1213/bo-thi-nghiem-xac-dinh-buoc-song-cua-anh-sang.html>
- [2] Hoàng Văn Huệ, Phùng Việt Hải, Nguyễn Thị Thanh Hương, *Nghiên cứu chế tạo bộ cảm biến và thí nghiệm ghép nối với máy vi tính trong dạy học Vật lý ở trường phổ thông*. Đề tài khoa học và công nghệ cấp Bộ, Trường Đại học Tây Nguyên, 2012.

- [3] Mai Hoàng Phương, Ngô Minh Nhật, “Thiết kế bộ cảm biến kết nối không dây với máy vi tính kiểm chứng Định luật II và III Newton,” *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Sư phạm Hà Nội*, 61, pp. 68-75, 2016.
- [4] Nguyễn Huỳnh Duy Khang, Nguyễn Tấn Phát, Nguyễn Lâm Duy, “Ứng dụng vi điều khiển PIC16F877A và các cảm biến điện tử để chế tạo bộ thí nghiệm có tương tác với máy tính nhằm phát huy tính tích cực, sáng tạo trong hoạt động dạy học về các định luật thực nghiệm của chất khí lí tưởng,” *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Sư phạm Hà Nội*, 61, pp. 128-137, 2016.
- [5] Vishay Semiconductors. (24/09/2018). *Ambient Light Sensor*.  
<https://www.vishay.com/docs/81321/tept5700.pdf>.
- [6] Clearwater Technologies Inc. (09/4/2018). *The Basics of How An Encoder Work*.  
<http://www.clrwtr.com/How-Encoder-Works.htm>
- [7] ITead Studio. (10/09/2018). *HC-05 Bluetooth to Serial Port Module*.  
<http://www.electronicastudio.com/docs/istd016A.pdf>