

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC TÂY NGUYÊN

NGUYỄN TIẾN ĐỒNG

PHƯƠNG PHÁP QUAN SÁT THIÊN VĂN  
SỬ DỤNG PHẦN CỤC KẾ

Chuyên ngành: Vật lý lý thuyết và vật lý toán

Mã số: 8440103

ĐỀ ÁN TỐT NGHIỆP THẠC SĨ

ĐẮK LẮK, NĂM 2024

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC TÂY NGUYÊN

NGUYỄN TIẾN ĐỒNG

PHƯƠNG PHÁP QUAN SÁT THIÊN VĂN  
SỬ DỤNG PHẦN CỤC KẾ

Chuyên ngành: Vật lý lý thuyết và vật lý toán

Mã số: 8440103

Người hướng dẫn khoa học: TS. Lê Minh Tân

ĐỀ ÁN TỐT NGHIỆP THẠC SĨ

ĐẮK LẮK, NĂM 2024

## LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan rằng đây là công trình nghiên cứu của tôi, có sự hỗ trợ từ giảng viên hướng dẫn là TS. Lê Minh Tân. Các nội dung nghiên cứu và kết quả trong đề tài này là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất cứ công trình nghiên cứu nào trước đây. Những số liệu trong các bảng biểu phục vụ cho việc phân tích, nhận xét, đánh giá được chính tác giả thu thập từ các nguồn khác nhau có ghi trong phần tài liệu tham khảo.

Nếu phát hiện có bất kỳ sự gian lận nào tôi xin hoàn toàn chịu trách nhiệm trước Hội đồng cũng như kết quả luận văn của mình.

*Đắk Lắk, tháng 11 năm 2024*

**Tác giả**

**Nguyễn Tiến Đồng**

## LỜI CẢM ƠN CỦA TÁC GIẢ

Trước tiên, tôi xin gửi lời cảm ơn và biết ơn sâu sắc đến TS. Lê Minh Tân, người đã tận tình hướng dẫn, chỉ bảo, giúp đỡ tôi trong suốt thời gian tôi nghiên cứu luận văn. Và cũng là người đưa ra những ý tưởng, kiểm tra sự phù hợp của luận văn.

Tôi cũng xin gửi lời cảm ơn đến toàn thể các quý thầy cô đã giảng dạy, và tạo điều kiện cho tôi trong quá trình học tập và nghiên cứu tại trường. Những kiến thức quý báu mà tôi nhận được trong suốt quá trình học tập đã giúp tôi vận dụng rất nhiều vào quá trình làm luận văn và những kiến thức đó cũng sẽ là hành trang giúp tôi vững bước trong tương lai.

Tôi xin cảm ơn đài thiên văn Quy Nhơn thuộc trung tâm Khám phá khoa học và Đổi mới sáng tạo. Lãnh đạo trung tâm, các anh chị nhân viên và đặc biệt anh Lê Quang Thủy, TS.Nguyễn Lương Quang (SAGI) đã giúp đỡ chuyên môn rất nhiều tôi trong quá trình làm đề án. Xin cảm ơn các anh chị, bạn bè cùng học tập tại lớp Cao học Vật lý lý thuyết và vật lý toán K22 đã cùng nhau học tập, và cùng nhau giúp đỡ, trao đổi trong quá trình tiếp thu kiến thức.

Cuối cùng, tôi xin cảm ơn gia đình, bạn bè, người thân đã luôn ở bên để động viên và là nguồn cổ vũ lớn lao, là động lực giúp tôi hoàn thành luận văn này. Mặc dù đã cố gắng hoàn thành luận văn trong phạm vi và khả năng có thể.

Tuy nhiên sẽ không tránh khỏi những thiếu sót. Tôi rất mong nhận được sự cảm thông và tận tình chỉ bảo của quý thầy cô và toàn thể các bạn.

Tôi xin chân thành cảm ơn!

*Đắk Lắk, tháng 11 năm 2024*

**Tác giả**

**Nguyễn Tiến Đồng**

## DANH MỤC HÌNH ẢNH

|  |    |
|--|----|
| Hình 1.1: Vector của ánh sáng phân cực một phần .....  | 9  |
| Hình 1.2: Thí nghiệm mô tả định luật Malus [13] .....  | 10 |
| Hình 1.3: Hiệu ứng lọc phân cực của ánh sáng phản xạ từ mặt nước[13].....  | 11 |
| Hình 1.4: Sơ đồ tạo ánh sáng phân cực do tinh thể calcite[7] .....   | 14 |
| Hình 1.5: Tham số Stock.....   | 16 |
| Hình 1.6: Phân cực kế polaroid.....  | 18 |
| Hình 1.7: Phân cực kế dual beam - Wollaston[5] .....   | 19 |
| Hình 1.8: Nguyên lý hoạt động của phân cực kế dual beam – Wollaston [7]  | 20 |
| Hình 1.9: Hình ảnh thu được qua phân cực kế dualbeam, hình ảnh ở hai góc $0^\circ$ và $90^\circ$ của một sao trên ảnh..... | 20 |
| Hình 1.10:Hệ kính thiên văn CDK600 tại đài thiên văn Quy Nhơn.....   | 22 |
| Hình 1.11:CameraZWOASI2600MMPRO.....   | 22 |
| Hình 1.12: Công cụ web SIMBAD.....   | 23 |
| Hình 1.13: Sơ đồ thời gian xuất hiện các thiên thể.....  | 24 |
| Hình 1.14: Khẩu độ đo quang.....   | 27 |
| Hình 1.15: Thu thập dữ liệu trên ảnh.....  | 28 |
| Hình 1.16: Tính toán hàng loạt bằng công cụ Photometry.....  | 29 |
| Hình 1.27: Lấy dữ liệu sau xử lý.....  | 29 |

|   |    |
|---|----|
| Hình 3.1: Xử lý phân cực tinh vân Con Cua với R(0) G(90) B(135).....              | 32 |
| Hình 3.2: Ảnh phân cực tinh vân Con Cua với L(90+0)R(135-45)G(90-135)B(90-0)..... | 33 |
| Hình 3.3:Plate solve với nova.astrometry.net.....                                 | 35 |
| Hình 3.4: Các sao trong ic 1805 dễ dàng nhận diện.....                            | 40 |
| Hình 3.5:Sao chổi C/2023 A3 và sao hiệu chuẩn .....                               | 43 |
| Hình 3.6: C/2023 A3 ngày 01/11/2024 và sao hiệu chuẩn.....                        | 46 |
| Hình 3.7: C/2023 A3 ngày 04/11/2024 và sao hiệu chuẩn.....                        | 48 |
| Hình 3.8: C/2023 A3 ngày 09/11/2024 và sao hiệu chuẩn.....                        | 50 |
| Hình 3.9 : Sự thay đổi góc pha trong thời gian quan sát.....                      | 52 |
| Hình 3.10: Sự thay đổi của độ phân cực của C/2023 A3 theo góc pha.....            | 54 |
| Hình 3.11: So sánh sự thay đổi của độ phân cực theo góc pha của C/2023 A3.....    | 54 |

## TỪ VIẾT TẮT

| <b>Từ viết tắt</b> | <b>Từ đầy đủ</b>                              | <b>Nghĩa tiếng Việt</b>   |
|--------------------|---|---------------------------|
| AVG                | Average                                       | Giá trị trung bình cộng   |
| PA                 | Polarization angle                            | Góc phân cực              |
| SNR                | Signal to noise ratio                         | Tỉ lệ tín hiệu trên nhiễu |
| TYC                | star list Tycho                               | Danh mục sao Tycho        |
| STD DEV            | Standard deviation                            | Độ lệch chuẩn             |
| CDS                | Centre de Données astronomiques de Strasbourg | Tên riêng                 |
| NOT                | Nordic Optical Telescope                      | Tên riêng                 |
| IAC                | Instituto de Astrofísica de Canarias          | Tên riêng                 |

## MỤC LỤC

|   |    |
|---|----|
| LỜI CAM ĐOAN .....  | 1  |
| LỜI CẢM ƠN CỦA TÁC GIẢ .....  | 2  |
| DANH MỤC HÌNH ẢNH.....  | 3  |
| MỞ ĐẦU .....  | 8  |
| 1. LÍ DO CHỌN ĐỀ ÁN .....   | 8  |
| 2. MỤC ĐÍCH NGHIÊN CỨU.....   | 8  |
| CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN TÀI LIỆU.....   | 9  |
| 1.1. ÁNH SÁNG PHÂN CỰC .....  | 9  |
| 1.1.1. Tính chất sóng của ánh sáng .....  | 9  |
| 1.1.2. Ánh sáng tự nhiên và ánh sáng phân cực .....                             | 9  |
| 1.1.3. Các loại phân cực ánh sáng .....   | 9  |
| 1.2. CÁC NGUYÊN NHÂN GÂY PHÂN CỰC ÁNH SÁNG .....                                | 10 |
| 1.2.1. Phân cực do hấp thụ .....  | 10 |
| 1.2.2. Phân cực ánh sáng do phản xạ .....                                       | 11 |
| 1.2.3. Phân cực do tán xạ.....  | 12 |
| 1.2.4. Phân cực do lưỡng chiết .....  | 13 |
| 1.3. THAM SỐ STOCK.....   | 14 |
| 1.4. Ý NGHĨA CỦA PHÂN CỰC ÁNH SÁNG TRONG THIÊN VĂN<br>HỌC.....                  | 17 |
| 1.5.1. Nguyên lý và cấu tạo của phân cực kế loại Polaroid .....                 | 18 |
| 1.5.2. Ưu nhược điểm của phân cực kế loại Polaroid.....                         | 18 |
| 1.5.3. Nguyên lý và cấu tạo của phân cực kế loại dual beam - Wollaston<br>..... | 19 |
| 1.5.4. Ưu nhược điểm của phân cực kế loại dual – beam.....                      | 21 |
| 1.6. Thiết bị sử dụng.....  | 21 |
| 1.6.1. Thông số kính thiên văn CDK600 .....                                     | 21 |
| 1.6.2. Camera sử dụng .....   | 22 |
| 1.7. Thu thập và xử lý số liệu.....   | 23 |



|   |           |
|---|-----------|
| 1.7.1. Sử dụng SIMBAD Astronomical Database - CDS<br>(Strasbourg) ( <i>u-strasbg.fr</i> ) .....               | 23        |
| 1.7.2. Sử dụng Visibility Plots ( <i>iac.es</i> ) .....   | 24        |
| 1.7.3. Sử dụng maxim DL .....   | 25        |
| <b>CHƯƠNG 2: ĐỐI TƯỢNG, NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU .....</b>  | <b>30</b> |
| 2.1. ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU.....  | 30        |
| 2.2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU .....  | 30        |
| 2.3. PHẠM VI NGHIÊN CỨU .....   | 30        |
| 2.4. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU .....   | 30        |
| 2.4.1. Phương pháp nghiên cứu lý thuyết .....   | 30        |
| 2.4.2. Phương pháp phân tích số liệu .....  | 30        |
| <b>CHƯƠNG 3: KẾT QUẢ.....</b>   | <b>32</b> |
| 3.1. SỬ DỤNG PHÂN CỰC KẾ QUAN SÁT TINH VÂN.....   | 32        |
| 3.2. SỬ DỤNG SAO CHUẨN ĐỂ HIỆU CHUẨN PHÂN CỰC KẾ.....   | 34        |
| 3.2.1. Hiệu chuẩn phân cực kế polaroid .....  | 34        |
| 3.2.2. Phân cực kế dual beam – lăng kính Wollaston .....  | 35        |
| 3.3. SỬ DỤNG PHÂN CỰC KẾ QUAN SÁT SAO VÀ CỤM SAO .....  | 38        |
| 3.3.1. Sử dụng phân cực kế loại polaroid quan sát IC 1805 .....   | 38        |
| 3.3.2. Sử dụng phân cực kế loại dual beam - Lăng kính Wollaston<br>trên các sao trong cụm sao mở IC1805 ..... | 38        |
| 3.3.3. IC1085 và các sao không phân cực thu 8/1/2024. ....  | 40        |
| 3.4. SỬ DỤNG PHÂN CỰC KẾ QUAN SÁT SAO CHỖI C/2023 A3 .  | 42        |
| 3.4.1. Quan sát C/2023 A3 ngày 25/10/2024 .....   | 43        |
| 3.4.2. Quan sát C/2023 A3 ngày 01/11/2024 .....   | 46        |
| 3.4.4. Quan sát C/2023 A3 ngày 09/11/2024 .....   | 50        |
| 3.4.5. Mối quan hệ giữa góc pha và sự phân cực của sao chổi C/2023<br>A3 .....                                | 52        |
| 3.4.6. Nguyên nhân gây phân cực của sao chổi C/2023 A3 .....  | 55        |
| <b>KẾT LUẬN.....</b>  | <b>57</b> |
| <b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>   | <b>58</b> |

# MỞ ĐẦU

## 1. LÍ DO CHỌN ĐỀ ÁN

Vật lý thiên văn là một trong những ngành khoa học cổ nhất, đóng vai trò quan trọng trong quá trình nhận biết các tính chất vật lý và chuyển động của các vật thể vũ trụ; từ đó làm dần sáng tỏ thế giới quan của con người về vũ trụ, gián tiếp nghiên cứu sự hình thành và phát triển của vũ trụ.

Ánh sáng là sóng điện từ có hai thành phần điện trường và từ trường luôn chuyển động vuông góc với nhau, đối với ánh sáng không phân cực thì vector cường độ điện trường phân bố ngẫu nhiên trên mặt cắt phương truyền. Vì một vài lý do có thể do môi trường mà ánh sáng đi qua (những đám mây bụi, khí,...) cũng có thể là do bị ảnh hưởng của từ trường của một thiên thể có từ trường rất mạnh và có thể là do bản thân thiên thể phát ra.

Trong thiên văn học, phân cực ánh sáng có thể được sử dụng để nghiên cứu ánh sáng phát ra từ các nguồn khác nhau, chẳng hạn như các ngôi sao, tinh vân và thiên hà. Nó cũng có thể được sử dụng để đo các đặc điểm vật lý của vũ trụ, chẳng hạn như hướng của từ trường và sự phân bố của bụi và đặc tính môi trường liên sao.

Ở Việt Nam các nghiên cứu về phân cực ánh sáng của các thiên thể khá mới. Do đó tôi đã lựa chọn nghiên cứu đề tài “PHƯƠNG PHÁP QUAN SÁT THIÊN VĂN SỬ DỤNG PHÂN CỰC KẾ”.

## 2. MỤC ĐÍCH NGHIÊN CỨU

Tìm hiểu phương pháp quan sát thiên văn sử dụng phân cực kế và ứng dụng để quan sát các đối tượng thiên văn tại đài thiên văn Quy Nhơn.

# CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN TÀI LIỆU

## 1.1. ÁNH SÁNG PHÂN CỰC

### 1.1.1. Tính chất sóng của ánh sáng

Sóng ánh sáng là sóng điện từ, sóng ngang. Ánh sáng có hai thành phần là điện trường  $\vec{E}$  và từ trường  $\vec{B}$ , chúng dao động vuông góc với nhau và với phương truyền ánh sáng [14].

Do thành phần từ trường luôn dao động vuông góc với điện trường và phương truyền sóng nên ta chỉ cần quan tâm đến điện trường.

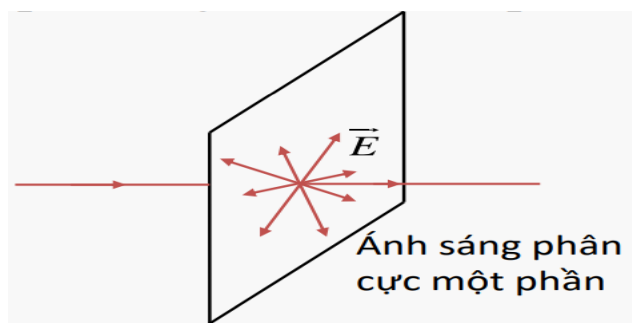
### 1.1.2. Ánh sáng tự nhiên và ánh sáng phân cực

Dựa vào đặc điểm phân bố vector điện trường ta có thể phân loại thành ánh sáng tự nhiên và ánh sáng phân cực.

Ánh sáng tự nhiên là tổ hợp tia sáng theo mọi phương. Do đó vector cường độ điện trường được phân bố một cách ngẫu nhiên theo mọi phương. Khi ánh sáng có sự mất đối xứng hay có một hay nhiều phương và vector điện trường mạnh hơn hoặc yếu hơn so với những phương còn lại thì đó là ánh sáng phân cực [14].

### 1.1.3. Các loại phân cực ánh sáng

Phân cực tuyến tính: Ánh sáng có vector  $\vec{E}$  chỉ dao động theo một phương xác định được gọi là ánh sáng phân cực tuyến tính hay ánh sáng phân cực toàn phần. Ánh sáng có vector  $\vec{E}$  chỉ dao động theo mọi phương vuông góc với



Hình 1.1: Vector của ánh sáng phân cực một phần

đường truyền tia sáng nhưng có phương dao động mạnh có phương dao động yếu được gọi là phân cực một phần.

Phân cực tròn và phân cực elip: Khi ánh sáng phân cực có sự lệch pha của  $\vec{E}_x$  và  $\vec{E}_y$  là  $90^\circ$  thì ta có phân cực tròn. Khi độ lệch pha của 2 thành phần khác  $0^\circ$  và  $90^\circ$  thì ta có phân cực elip.

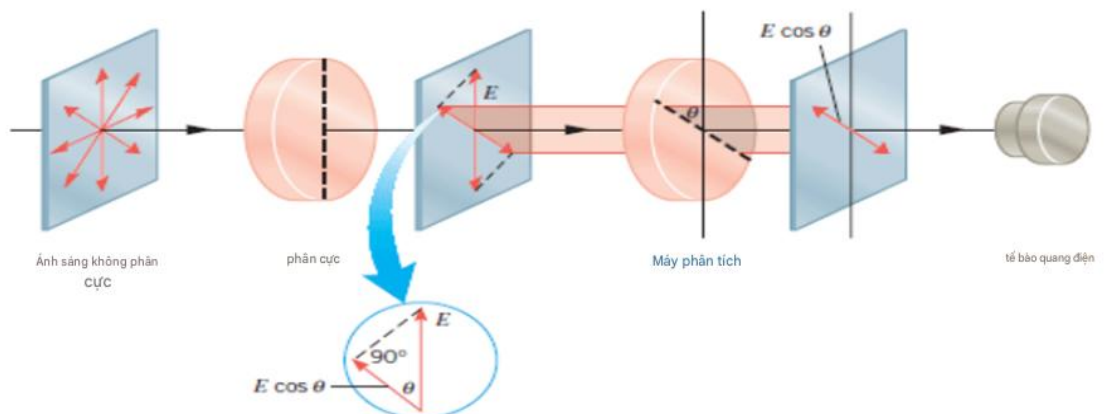
## 1.2. CÁC NGUYÊN NHÂN GÂY PHÂN CỰC ÁNH SÁNG

### 1.2.1. Phân cực do hấp thụ

Phân cực bằng hấp thụ là hiện tượng vật liệu hấp thụ chọn lọc các sóng ánh sáng dao động theo một hướng cụ thể, chỉ cho phép các sóng dao động theo một hướng đi qua. Nguyên lý này là cơ bản đối với hoạt động của bộ lọc phân cực [13].

Khi ta chiếu ánh sáng qua kính phân cực thì ta thu được ánh sáng phân cực toàn phần theo phương của kính. Lý do nó có thể tạo ra ánh sáng phân cực là trên bề mặt của nó được tráng một lớp vật liệu trong đó các phân tử liên kết theo một chuỗi dài đồng hướng.

Tấm phân cực chỉ có thành phần ánh sáng theo một phương đi qua còn thành phần theo phương vuông góc bị hấp thụ. Do đó ánh sáng tự nhiên khi đi qua tấm phân cực cường độ sẽ giảm một nửa nghĩa là  $I_1 = \frac{1}{2} I_0$ . Để định lượng cường độ ánh sáng qua tấm phân cực ta sử dụng định luật Malus.



Hình 1.2: Thí nghiệm mô tả định luật Malus [13].

Ta đặt kính phân cực và kính phân tích sao cho góc của 2 trục của chúng tạo với nhau một góc  $\theta$ . Gọi  $E_1$  là biên độ của vector điện trường ra khỏi kính phân cực vào kính phân tích. Khi đó biên độ đi qua kính phân tích sẽ là:

$$E_2 = E_1 \cdot \cos\theta \quad (1.1)$$

Định luật Malus: khi ánh sáng truyền qua bản phân cực là phân cực hoàn toàn, cường độ  $I$  của ánh sáng truyền qua các bản phân cực sẽ tỉ lệ thuận với bình phương cosin của góc giữa trục truyền của hai bản phân cực.

Do cường độ sáng tỉ lệ với bình phương biên độ nên ta có:

$$I_2 = E_2^2 = E_1^2 \cdot \cos^2 \theta \text{ Hay: } I_2 = I_1 \cdot \cos^2 \theta \quad (1.2)$$

### 1.2.2. Phân cực ánh sáng do phản xạ

Ánh sáng tự nhiên có thể được phân cực khi phản xạ trên các bề mặt điện môi. Mức độ phân cực phụ thuộc vào góc tới của ánh sáng trên bề mặt và vật liệu tạo nên bề mặt đó. Ánh sáng phân cực này luôn ưu tiên theo phương ngang. Đối với bề mặt kim loại ánh sáng phản xạ không bị phân cực [13].

Tại góc Brewster sự phân cực do phản xạ là 100%, tức phân cực toàn phần. Góc Brewster được xác định bằng :

$$\tan\theta_B = \frac{n_2}{n_1} \quad (1.3)$$



Hình 1.3: Hiệu ứng lọc phân cực của ánh sáng phản xạ từ mặt nước.

### ***1.2.3. Phân cực do tán xạ***

Sự phân cực cũng xảy ra khi ánh sáng bị tán xạ khi truyền qua môi trường. Khi ánh sáng chiếu vào các nguyên tử của vật liệu, nó thường sẽ khiến các electron của nguyên tử đó rung động. Các electron dao động sau đó tạo ra sóng điện từ của riêng chúng và bức xạ ra ngoài theo mọi hướng. Sóng mới được tạo ra này tương tác với các nguyên tử lân cận, buộc các electron của chúng dao động ở cùng tần số ban đầu. Những electron dao động này tạo ra một sóng điện từ khác một lần nữa được tỏa ra ngoài theo mọi hướng. Sự hấp thụ và phát lại sóng ánh sáng này làm cho ánh sáng bị tán xạ trong môi trường. Ánh sáng tán xạ này bị phân cực một phần.

Có hai cơ chế tán xạ chính dùng trong phân cực là tán xạ Rayleigh và tán xạ Mie.

#### **- Tán xạ Rayleigh**

Sự tán xạ Rayleigh là hiện tượng trong đó ánh sáng hoặc bức xạ điện từ khác bị tán xạ bởi các hạt nhỏ hơn nhiều so với bước sóng của bức xạ [10]. Những điểm chính:

Sự tán xạ bởi các hạt nhỏ: Các hạt gây ra sự tán xạ Rayleigh thường là các phân tử hoặc các hạt bụi nhỏ trong khí quyển.

Sự phụ thuộc vào bước sóng: Lượng tán xạ tỉ lệ nghịch với lũy thừa bậc bốn của bước sóng. Điều này có nghĩa là các bước sóng ngắn hơn (như xanh lam và tím) bị tán xạ mạnh hơn nhiều so với các bước sóng dài hơn (như đỏ và cam) [12].

Vào ban ngày, ánh sáng mặt trời đi qua bầu khí quyển. Các bước sóng ngắn hơn của ánh sáng xanh và tím bị phân tán theo mọi hướng bởi các phân tử không khí. Ánh sáng phân tán này đến mắt chúng ta từ mọi hướng, khiến bầu trời có màu xanh.

Hoàng hôn đỏ: Khi hoàng hôn, ánh sáng mặt trời phải di chuyển theo một đường đi dài hơn trong bầu khí quyển. Hầu hết ánh sáng xanh bị tán xạ, chỉ để lại những bước sóng dài hơn của ánh sáng đỏ và cam đến mắt chúng ta, khiến mặt trời có màu đỏ [12].

- Tán xạ Mie

Sự tán xạ Mie, được đặt theo tên nhà vật lý Gustav Mie, mô tả sự tán xạ của sóng ánh sáng phẳng bởi các quả cầu. Hiện tượng này xảy ra khi kích thước của các hạt tán xạ tương đương hoặc lớn hơn bước sóng của ánh sáng tới [10].

Đặc điểm chính của sự tán xạ Mie:

Mẫu tán xạ: Mẫu tán xạ phức tạp và phụ thuộc vào tham số kích thước (tỷ lệ giữa chu vi hạt và bước sóng) và chiết suất của hạt. Nó có thể dao động từ tán xạ gần đẳng hướng đối với các hạt nhỏ đến tán xạ hướng về phía trước nhiều hơn đối với các hạt lớn hơn.

Sự phụ thuộc vào bước sóng: Sự tán xạ Mie ít nhạy cảm với bước sóng hơn sự tán xạ Rayleigh, đó là lý do tại sao nó thường được quan sát thấy ở tầng khí quyển thấp hơn, nơi có các hạt lớn hơn.

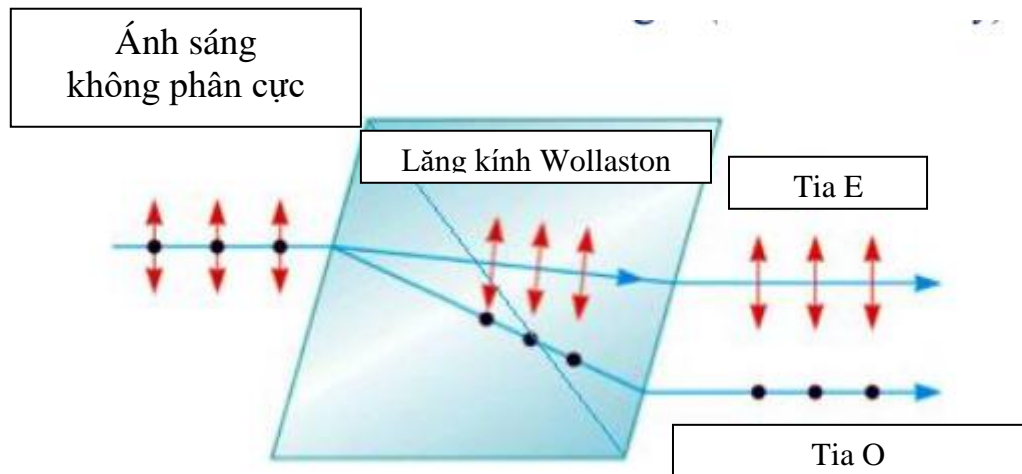
Phân cực: Sự tán xạ Mie có thể tạo ra cả ánh sáng phân cực và không phân cực, tùy thuộc vào góc tán xạ và độ phân cực của ánh sáng tới.

#### ***1.2.4. Phân cực do lưỡng chiết***

Lưỡng chiết là hiện tượng xảy ra khi ánh sáng đi qua một số tinh thể bất đẳng hướng (Wollaston, calcite, thạch anh,...) bị tách ra thành hai tia sáng. Tia thường O (ordinary) và tia bất thường E (extraordinary) [7].

Tia thường O có chiết suất không đổi theo phương truyền sóng (tuân theo định luật khúc xạ) và phân cực theo phương vuông góc với mặt phẳng chứa tia thường và quang trục.

Tia bất thường E có chiết suất  $n_e$  thay đổi theo phương truyền sóng và phân cực theo phương song song với mặt phẳng chứa tia bất thường và quang trục. Nếu  $n_e < n_o$ : tinh thể âm và ngược lại là tinh thể dương



Hình 1.4: Sơ đồ tạo ánh sáng phân cực do tinh thể calcite.

### 1.3. THAM SỐ STOCK

Với mọi sóng ánh sáng phân cực bất kì. Ta gọi  $z$  là phương truyền sóng và mặt phẳng Oxy là mặt phẳng truyền sóng và vuông góc với phương truyền sóng. Khi đó ta có thể phân tích vectơ thành 2 thành phần theo phương  $x$  và  $y$

khi  $\theta = 0$  ta có phân cực tuyến tính

$$E_x(z, t) = E_{0x} \cos(kz - \omega t) \vec{x}; E_y(z, t) = E_{0y} \cos(kz - \omega t + \theta) \vec{y} \quad (1.4)$$

khi  $\theta = 90$  ta có (2) khi đó

$$E_x(z, t) = \cos(kz - \omega t) \vec{x}; E_y(z, t) = \sin(kz - \omega t) \vec{y} \quad (1.5)$$

suy ra:

$$\left(\frac{E_x}{E_{0x}}\right)^2 + \left(\frac{E_y}{E_{0y}}\right)^2 = \cos^2 \theta + \sin^2 \theta = 1 \quad (1.6)$$

Đây chính là phương trình mô tả phân cực tròn. Khi  $\theta \neq 0$  và  $90$  ta có phương trình đây là phương trình mô tả phân cực Elip

$$\left(\frac{E_x}{E_{0x}}\right)^2 + \left(\frac{E_y}{E_{0y}}\right)^2 - 2 \frac{E_x}{E_{0x}} \frac{E_y}{E_{0y}} \cos \theta = \sin^2 \theta \quad (1.7)$$



Nhân hai vế với  $E_{0x} \cdot E_{0y}$  ta có:

$$4E_{0y}^2 E_x^2 + 4E_{0x}^2 E_y^2 - 8E_{0x} E_{0y} E_x E_y \cos \theta = (2E_{0x} E_{0y} \sin \theta)^2 \quad (1.8)$$

Ta chọn các giá trị trung bình được cho bởi

$$E_a(t)E_b(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} \int_0^t E_a(t)E_b(t)dt \quad (1.9)$$

$$E_x^2 = \frac{1}{2} E_{0x}^2; E_y^2 = \frac{1}{2} E_{0y}^2; E_x E_y = \cos \theta \quad (1.10)$$

Thay (1.10) vào (1.8) ta được:

$$2E_{0y}^2 E_x^2 + 2E_{0x}^2 E_y^2 - 4E_{0x} E_{0y} E_x E_y \cos \theta = (2E_{0x} E_{0y} \sin \theta)^2 \quad (1.11)$$

Ta thêm bớt các cặp  $E^4_{0x}; E^4_{0y}$  [4].

$$\begin{aligned} E^4_{0x} + 2E_{0y}^2 E_x^2 + E^4_{0y} - E^4_{0x} + 2E_{0x}^2 E_y^2 - E^4_{0y} - 4E_{0x} E_{0y} E_x E_y \cos \theta \\ = (2E_{0x} E_{0y} \sin \theta)^2 \end{aligned} \quad (1.12)$$

Gộp hằng đẳng thức từ đó ta có

$$(E_{0x}^2 + E_{0y}^2)^2 - (E_{0x}^2 - E_{0y}^2)^2 - (2E_{0x} E_{0y} \cos \varphi)^2 = (2E_{0x} E_{0y} \sin \varphi)^2. \quad (1.13)$$

$$\Rightarrow S_0^2 - S_1^2 - S_2^2 = S_3^2 \quad \Rightarrow I^2 = Q^2 + U^2 + V^2 \quad (1.14)$$

Đây là phương trình phân cực toàn phần của các tham số Stock. Để định lượng độ phân cực, các tham số Stokes được sử dụng[4].

Tham số Stokes thường được biểu diễn dưới dạng vectơ cột S.

$$S_0 = I = E_{0x}^2 + E_{0y}^2; \quad S_1 = Q = E_{0x}^2 - E_{0y}^2 \quad (1.15)$$

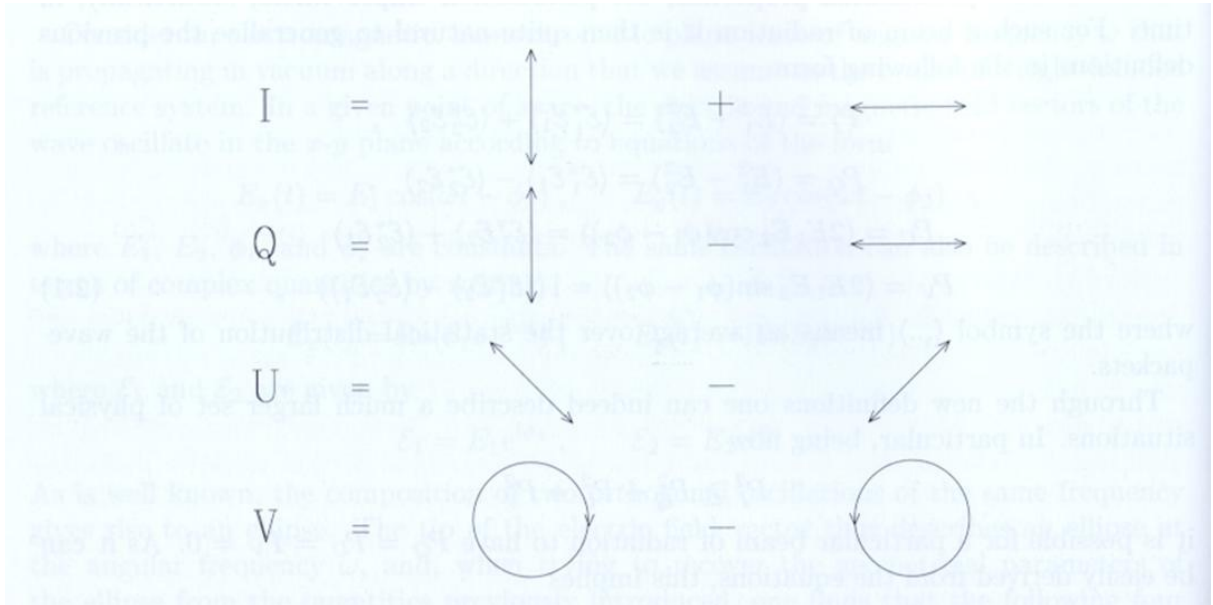
$$S_2 = U = 2E_{0x} E_{0y} \cos \theta; \quad S_3 = V = 2E_{0x} E_{0y} \sin \theta \quad (1.16)$$

trong đó : I là cường độ ánh sáng tổng

Q là cường độ ánh sáng phân cực tuyến tính ở phương thẳng đứng

U là cường độ ánh sáng phân cực tuyến tính ở phương hợp với phương thẳng đứng  $45^\circ$

V là cường độ ánh sáng phân cực tròn



Hình 1.5: Tham số Stock

$$[S] = \begin{bmatrix} I \\ Q \\ U \\ V \end{bmatrix}$$

Phân cực toàn phần:  $I^2 = Q^2 + U^2 + V^2$

Phân cực một phần:  $I^2 > Q^2 + U^2 + V^2$

Phân cực tròn:  $Q = 0, U = 0, V \neq 0$

Không phân cực:  $Q = U = V = 0$

Phân cực được ghi nhận trong thiên văn đa số là phân cực tuyến tính một phần. Khi đó tham số  $V = 0$  ta có công thức độ phân cực và góc phân cực là [4]:

$$p = \frac{\sqrt{Q^2 + U^2}}{I} \quad \theta = \frac{1}{2} \arctan\left(\frac{U}{Q}\right) \quad (1.17)$$

#### 1.4. Ý NGHĨA CỦA PHÂN CỰC ÁNH SÁNG TRONG THIÊN VĂN HỌC.

Phân cực ánh sáng là một hiện tượng quang học quan trọng, mang lại nhiều thông tin quý báu trong các nghiên cứu thiên văn học. Khi ánh sáng từ các vật thể thiên văn đến Trái đất, nó có thể bị phân cực do nhiều nguyên nhân khác nhau như [3]:

- Sự hấp thụ của vật chất: Ánh sáng khi đi qua các đám mây bụi, khí bị hấp thụ sẽ khiến cho một vài thành phần ánh sáng bị mất dẫn tới phân cực.

- Phản xạ: Ánh sáng phản xạ từ các bề mặt như hành tinh, vệ tinh hoặc các vật thể rắn khác cũng sẽ mang tính phân cực.

- Quá trình tán xạ: Một số quá trình tán xạ ánh sáng, đặc biệt là các quá trình liên quan đến bụi và đặc tính của nó tạo ra ánh sáng phân cực khác nhau.

Phân cực ánh sáng là một hiện tượng quang học quan trọng trong vật lý thiên văn, cung cấp nhiều thông tin giá trị. Ánh sáng từ các vật thể thiên văn có thể bị phân cực do nhiều nguyên nhân như sự hấp thụ của vật chất, phản xạ từ các bề mặt và các quá trình tán xạ.

Phân cực ánh sáng gắn liền với đặc tính hình học của nguồn bức xạ, bao gồm cường độ và hướng của từ trường, sự phân bố và định hướng của các hạt tán xạ, cấu trúc vi mô của bề mặt phản xạ, hoặc dị hướng nội tại của plasma trong vũ trụ sơ khai.

Việc đo phân cực rất quan trọng cho nhiều lĩnh vực nghiên cứu vật lý thiên văn, từ nghiên cứu vật lý Mặt trời đến vũ trụ học. Nó cung cấp những thông tin về vật lý của các mục tiêu thiên văn mà không cách nào khác có thể thu thập được. Ứng dụng của phép đo phân cực đang ngày càng phát triển, với nhiều công cụ quan sát chuyên dụng được thiết kế và phát triển. Điều này hứa hẹn những khám phá thiên văn mới thú vị trong tương lai [9].

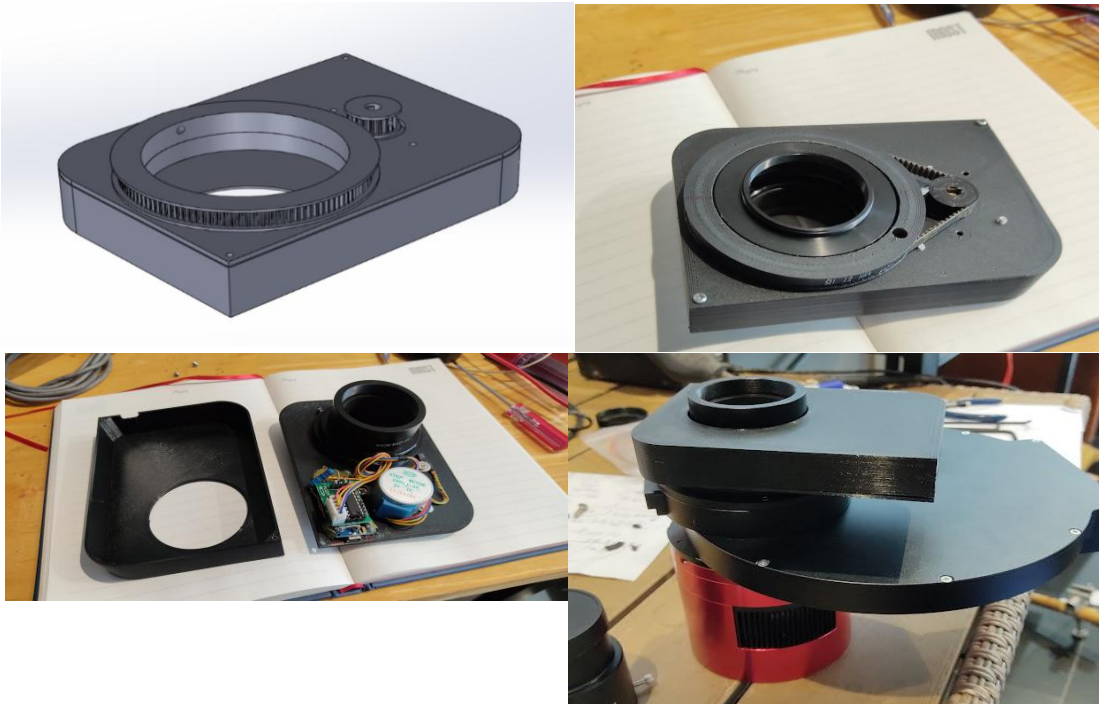
## 1.5. NGUYÊN LÝ VÀ CẤU TẠO CỦA PHÂN CỰC KẾ TRONG QUAN SÁT THIÊN VĂN

### 1.5.1. Nguyên lý và cấu tạo của phân cực kế loại Polaroid

Là phân cực kế sử dụng tấm phân cực để thu cường độ ánh sáng theo các góc khác nhau từ đó ta có thể tính các tham số Stock để quan sát phân cực của thiên thể.

Phân cực kế loại polaroid được cấu tạo bởi một tấm phân cực có động cơ giúp quay góc, bộ lọc Sloan được gắn cố định trên tấm phân cực và các thành phần khác để điều khiển quay góc chính xác.

Cấu hình phân cực kế polaroid dùng trong đề án: Camera ASI 2600 - ZWO FW7x50 (hộp chứa tấm phân cực và bộ lọc) - Bộ nhận tín hiệu - Bộ quay - Kính thiên văn.



Hình 1. 6: Phân cực kế polaroid

### 1.5.2. Ưu nhược điểm của phân cực kế loại Polaroid.

**Ưu điểm:** Chế tạo đơn giản, dễ dàng tìm kiếm được linh kiện và giá thành rẻ. Phù hợp quan sát các đối tượng lớn có độ phân cực cao

**Nhược điểm:** Một phần ánh sáng bị mất đi do tâm phân cực chỉ cho ánh sáng theo một phương đi qua. Đối với lĩnh vực thiên văn cường độ sáng của chủ thể quan sát đã rất thấp nên việc chặn đi một phần ánh sáng như vậy làm tăng sự khó khăn trong xử lý số liệu và làm tăng sai số[6].

Phép đo của Polaroid là không đồng nhất về thời điểm đo gây sai số lớn đối với các thiên thể nhỏ và có độ phân cực thấp.

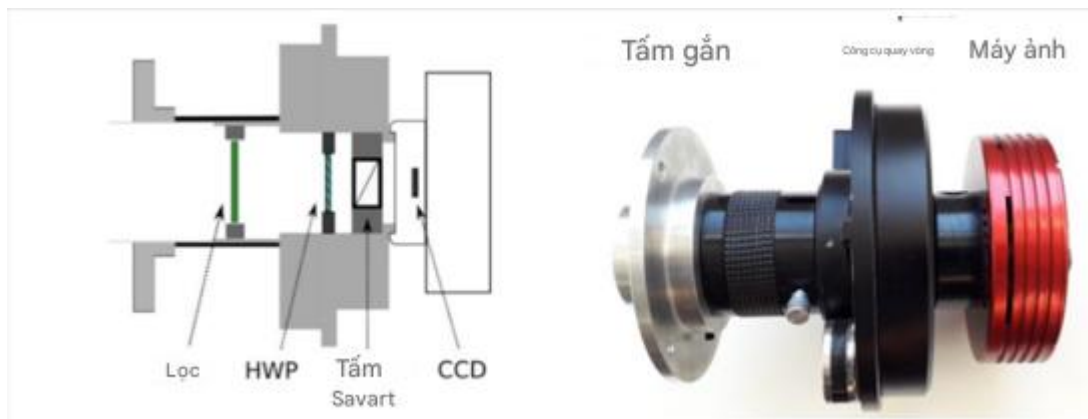
Do đó, phân cực kế loại polaroid phù hợp quan sát tinh vân, sao chổi,...

Đối với các thiên thể như sao thì cần các phương pháp xử lý hiệu chuẩn để có kết quả chính xác.

### 1.5.3. Nguyên lý và cấu tạo của phân cực kế loại dual beam - Wollaston

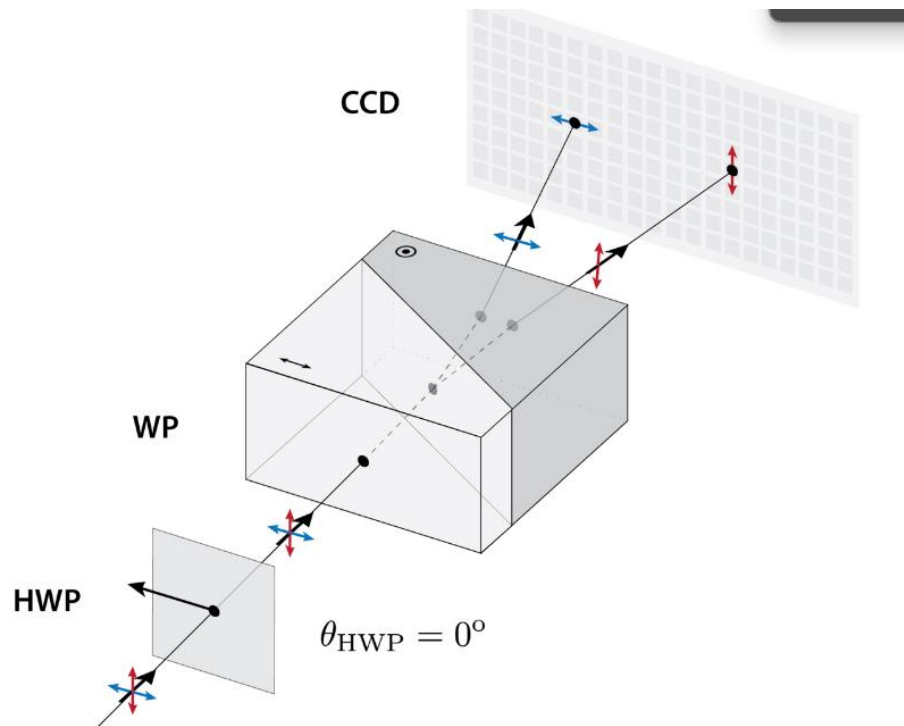
Là phân cực kế sử dụng các lăng kính lưỡng chiết để phân tích ánh sáng. Một vài loại như Lăng kính Nicol, kính phân cực Thompson, lăng kính Wollaston, Lăng kính Taylor.

Tại đề án này chúng tôi chọn lăng kính Wollaston

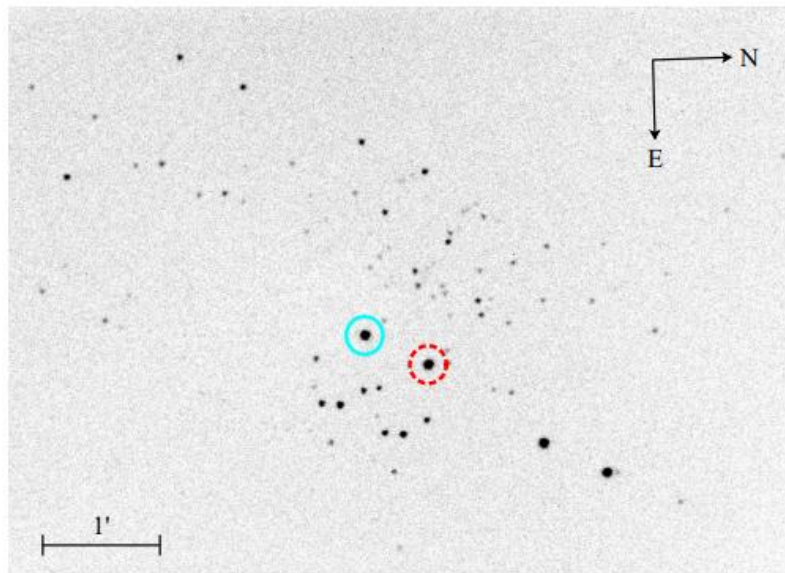


Hình 1.7: Phân cực kế dual beam – Wollaston [5]

Khi ánh sáng sao đi tới lăng kính sẽ bị tách thành 2 tia thành phần vuông góc nhau đây sẽ là góc  $0^\circ$  và  $90^\circ$ , khi ta xoay lăng kính một góc  $45^\circ$  ta sẽ thu được góc  $45^\circ$  và  $135^\circ$ . Và hình ảnh thu được như hình dưới:



Hình 1.0.8: Nguyên lý hoạt động của phân cực kế dual beam – Wollaston [7]



Hình 1.9: Hình ảnh thu được qua phân cực kế dualbeam, hình ảnh ở hai góc  $0^\circ$  và  $90^\circ$  của một sao trên ảnh

Vị trí khoanh tròn chính là hình ảnh của hai tia thành phần của thiên thể trên ảnh với tính chất này ta có thể thu được tín hiệu đồng thời ở hai góc khác nhau cùng một lúc làm tăng đáng kể độ chính xác so với loại polaroid.

#### ***1.5.4. Ưu nhược điểm của phân cực kế loại dual – beam***

**Ưu điểm:** có được những phép đo đồng thời nên tăng độ chính xác cao hơn nhiều lần so với polaroid. Ta có thể đo đồng thời 2 góc phân cực 1 lúc. Không làm giảm cường độ sáng như phân cực kế loại polaroid giúp dễ dàng quan sát các sao tối hơn.

**Nhược điểm:** Khó khăn trong chế tạo, căn chỉnh, chi phí đắt đỏ. Không thể dùng với các thiên thể có kích thước trên ảnh lớn do rất khó phân tách hình ảnh các góc khác nhau ( $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ).

Do đó phân cực kế dual-beam phù hợp để quan sát các thiên thể nhỏ có độ phân cực thấp với độ chính xác cao như sao, cụm sao, hành tinh,..... [7].

### **1.6. Thiết bị sử dụng**

#### ***1.6.1. Thông số kính thiên văn CDK600***

PlaneWave CDK600 có đường kính gương 600mm và tiêu cự đạt 3962mm. CDK (Corrected Dall-Kirkham) là một hệ thống kính thiên văn mang tính cách mạng với ống kính hiệu chỉnh được thiết kế đặc biệt để loại bỏ sắc sai và loạn thị lệch trục, kính có trường phẳng rộng đến 70mm, phù hợp cho chụp ảnh thiên văn.

Chân đế L-600 lắp đặt theo hệ tọa độ chân trời, giúp hệ thống Kính thiên văn hoạt động ổn định, có khả năng định hướng với độ chính xác đến 2 arcsec và khả năng bám theo chỉ sai lệch khoảng 0.3 arcsec/ 5 phút.



*Hình 1.10: Hệ kính thiên văn CDK600 tại đài thiên văn Quy Nhơn*

### **1.6.2. Camera sử dụng**

Camera ZWO ASI2600MM PRO là một máy ảnh CMOS, với dải động đạt 14 bit, độ nhiễu thấp và có cảm biến ADC 16 bit. Camera có một cảm biến 26 Megapixel ảnh với điểm ảnh kích thước là 3,76um và đầy đủ đạt đến 50 khung.



*Hình 1.11 :Camera ZWO ASI2600MM PRO*



## 1.7. Thu thập và xử lý số liệu

### 1.7.1. Sử dụng SIMBAD Astronomical Database - CDS (Strasbourg) ([ustrasbg.fr](http://ustrasbg.fr)).

SIMBAD là viết tắt của Set of Identifications, Measurements, and Bibliography for Astronomical Database.

Nó là một cơ sở dữ liệu thiên văn được quản lý bởi Centre de Données astronomiques de Strasbourg (CDS), Pháp. Chứa thông tin về các thiên thể bên ngoài Hệ Mặt Trời. Cung cấp:

- Thông tin cơ bản: Tọa độ, loại thiên thể (sao, thiên hà, tinh vân, v.v.), khoảng cách, độ sáng, vận tốc, v.v.
- Tài liệu tham khảo: Danh sách các bài báo khoa học, sách, và các tài liệu khác liên quan đến từng thiên thể.
- Liên kết chéo: Liên kết đến các cơ sở dữ liệu thiên văn khác, cho phép người dùng truy cập thông tin liên quan từ nhiều nguồn khác nhau.

SIMBAD là một công cụ quan trọng cho các nhà thiên văn học, sinh viên và những người quan tâm đến thiên văn. Nó cung cấp một nguồn thông tin đáng tin cậy và dễ truy cập về các thiên thể trong vũ trụ.

IC 1805

other query modes : Identifier query Coordinate query Criteria query Reference query Basic query Script submission TAP Output options Object types Help

Query : IC 1805

**Basic data :**  
**IC 1805 -- Open Cluster**

Other object types: [?](#) OpC (2013A&A, OCISM, ...), Cl\* (2020A&A, C, ...), HII (LBN, SH), \* (IC), Rad (NRL), IR (RAFGL)

ICRS coord. (ep=J2000) : 02 32 50.4 +61 28 16 (Optical) [ ] D 2021A&A...647A..19T

FK4 coord. (ep=B1950 eq=1950) : 02 29 01.8 +61 15 03 [ ]

Gal coord. (ep=J2000) : 134.7331 +00.9446 [ ]

Proper motions mas/yr : -0.702 -0.669 [0.015 0.018 90] C 2020A&A...633A..99C

Radial velocity / Redshift / cz : V(km/s) -40.60 [0.21] / z(spectroscopic) -0.000135 [0.000001] / cz -40.60 [0.21] (NIR) A 2019A&A...623A..80C

Parallax (mas) : 0.449 [0.003] C 2020A&A...633A..99C

Angular size (arcmin) : 13.3 13.3 0 (Opt) D 2020A&A...633A..99C

SIMBAD Query around within 2 arcmin

02 32 50.400 +61 28 16.00

PoV: 13.25°

2MASS DSS SDSS

Hình 1.12: Công cụ web SIMBAD

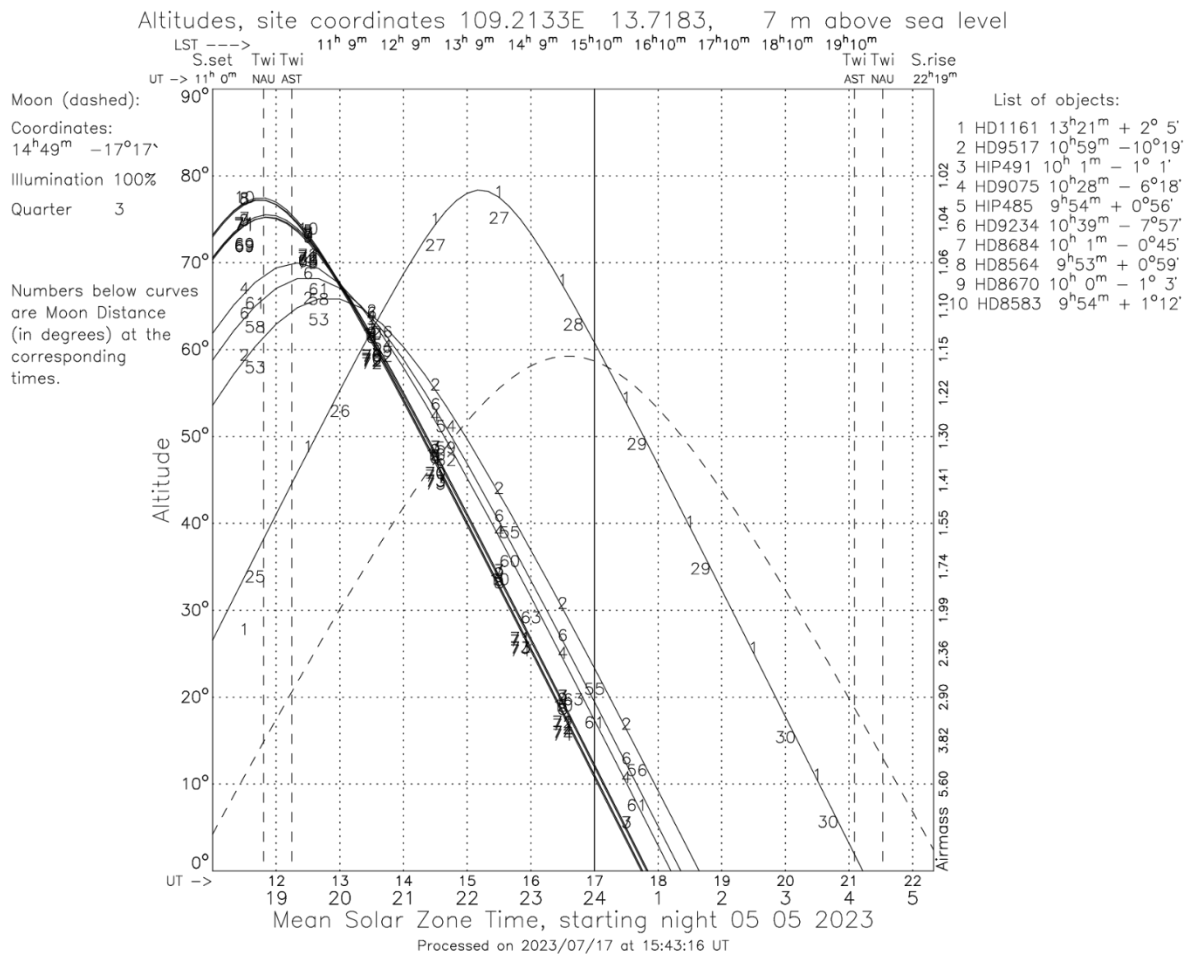
### 1.7.2. Sử dụng Visibility Plots (iac.es)

Visibility Plots là một công cụ trực quan mạnh mẽ được phát triển bởi Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC). Công cụ này cho phép các nhà thiên văn học, đặc biệt là những người làm việc với kính thiên văn Nordic Optical Telescope (NOT), dự đoán được khả năng quan sát một vật thể thiên văn cụ thể tại một thời điểm nhất định.

Công dụng chính của Visibility Plots:

Lập kế hoạch quan sát: Giúp lên kế hoạch chi tiết cho các buổi quan sát, đảm bảo thời gian quan sát hiệu quả nhất.

Đánh giá điều kiện quan sát: Cung cấp thông tin chi tiết về các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng quan sát như: cao độ của vật thể trên bầu trời, góc giờ, thời tiết, nhiễu do khí quyển,....



Hình 1.13: Sơ đồ thời gian xuất hiện các thiên thể

### ***1.7.3. Sử dụng maxim DL***

Maxim DL là một phần mềm chuyên dụng được sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực thiên văn học, đặc biệt là trong việc xử lý hình ảnh thu được từ các kính thiên văn. Phần mềm này cung cấp một bộ công cụ đa dạng, giúp các nhà thiên văn học có thể:

- Thu thập dữ liệu: Kết nối trực tiếp với các thiết bị quan sát như máy ảnh CCD, kính thiên văn để thu thập dữ liệu hình ảnh.
- Xử lý hình ảnh: Thực hiện các thao tác xử lý hình ảnh cơ bản như:
- Hiệu chuẩn rate: Hiệu chỉnh các ảnh thô để loại bỏ nhiễu, hiệu ứng phẳng trường, và các lỗi khác.
- Ghép: Kết hợp nhiều ảnh lại với nhau để tăng tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu.
- Phân tích dữ liệu: Thực hiện các phân tích định lượng trên hình ảnh, chẳng hạn như đo độ sáng, đo kích thước, và xác định các đặc tính vật lý của các vật thể thiên văn.

Dữ liệu thu được ở dạng ảnh luôn gồm các loại nhiễu: do nhiệt độ, do quá trình đọc tín hiệu của camera, do lỗi không đồng nhất các điểm ảnh trên cảm biến và sai lệch do hệ quang học... Do đó, cần được Hiệu chuẩn để khử các nhiễu và lỗi. Quá trình Hiệu chuẩn sẽ cần các dữ liệu (Dark Current, Bias, Flat Filed).

Nhiều do Bias: khi đọc và xử lý dữ liệu từ cảm biến, mạch điện tử luôn tạo ra nhiễu nên là Bias. Nhiễu do Bias xuất hiện dưới dạng các sọc mờ trên ảnh. Cách Xử lý nhiễu do Bias là Trừ đi Ảnh với Bias Ảnh : ảnh chụp khi camera đóng kín và thời gian phơi sáng ngắn nhất có thể.

Nhiều Dark Current là nhiễu có trong mọi cảm biến máy ảnh, tích tụ trong các điểm ảnh trong quá trình phơi sáng. Dark Current gây ra bởi nhiệt độ, làm lạnh cảm biến có thể giảm đáng kể nhiễu do Dark Current gây ra. Biểu hiện rõ nhất của Dark Current có thể thấy một số điểm ảnh khi phơi sáng dài. Phương

pháp để xử lý Dark Current là trừ với ảnh Dark , là ảnh chụp khi camera đóng kín và có cùng thời gian phơi sáng với Ảnh)

Flat Ảnh: Do cấu tạo của hệ quang, vùng tâm ảnh do nhận nhiều photon hơn sẽ luôn sáng hơn vùng biên, hiện tượng này gọi là Vignetting. Ngoài ra. Bụi trên cảm biến, tấm lọc sẽ tạo nên các vùng tối trên ảnh. Để khử các lỗi này, cần phải chụp Flat ảnh : ảnh chụp 1 nền được chiếu sáng đồng nhất với thời gian phơi sáng để mức nền trung bình khoảng 50-70% mức bão hòa của cảm biến.

Do mức nhiễu phụ thuộc vào nhiệt độ, camera cần được làm lạnh ở mức sâu và ổn định nhất có thể và tất cả các Ảnh và Ảnh dùng để hiệu chuẩn (Ảnh hiệu chuẩn Dark, Bias và Flat) đều phải được thu ở nhiệt độ đó để quá trình hiệu chuẩn có thể thực hiện chính xác và hiệu quả.

Ghép ảnh: Các tín hiệu và nhiễu thu được trên ảnh đều tuân theo phân phối Poisson, để có mức SNR cao, ta cần có thời gian phơi sáng dài (thu thập nhiều photon) hoặc chụp nhiều ảnh để có tổng thời gian phơi sáng dài. Các ảnh này sẽ được ghép lại với nhau để có SNR cao hơn.

Tương tự với các ảnh hiệu chuẩn , cần chụp ít nhất 10 ảnh mỗi loại Bias, Dark và Flat. Sau đó các ảnh được ghép để có Master Bias, Master Dark.

### **1.7.3.1. Tiến trình hiệu chuẩn**

Các Ảnh Flat được trừ với Master Bias (để khử Bias noise) và ghép với nhau để có Master Flat.

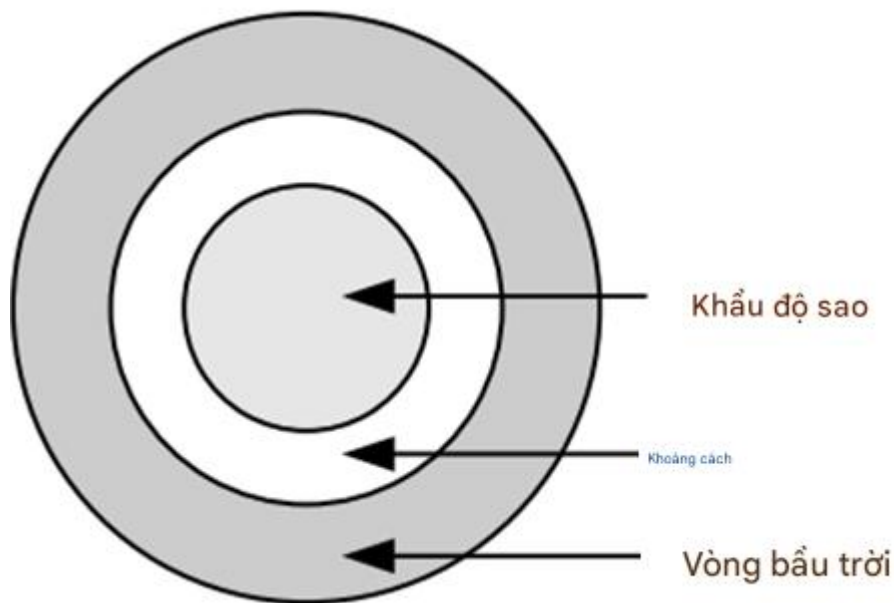
$$\text{Ảnh Hiệu chuẩn} = (\text{Ảnh} - \text{masterdark}) / \text{Master Flat} .$$

Các Hiệu chuẩn Ảnh sẽ được ghép với nhau để có ảnh Hiệu chuẩn cuối cùng. Tiến trình này có thể được tiến hành tự động trong Maxim Dl với các công cụ Hiệu chuẩn và Ghép.

### 1.7.3.2. Phương pháp đo đạc và tính toán

Nguyên lý cơ bản của phép đo trắc quang là tổng hợp thông lượng ánh sáng thu được trong một bán kính nhất định từ tâm của vật thể, sau đó trừ đi tổng phân đóng góp của nền trời trong cùng một vùng.

Việc lựa chọn kích thước khẩu độ rất quan trọng, vì các lỗi quan sát, bám theo thiên thể và tiêu điểm ảnh hưởng đến thông lượng của sao. Ngoài ra, việc sử dụng Khẩu độ quá lớn sẽ làm tăng nhiễu của nền trời và lỗi trường cân bằng sáng. Còn việc sử dụng Khẩu độ nhỏ hơn gây ra vấn đề về tỷ lệ của tổng thông lượng đo được sẽ thay đổi đối với các vật thể có thông lượng khác nhau từ ảnh này sang ảnh khác.



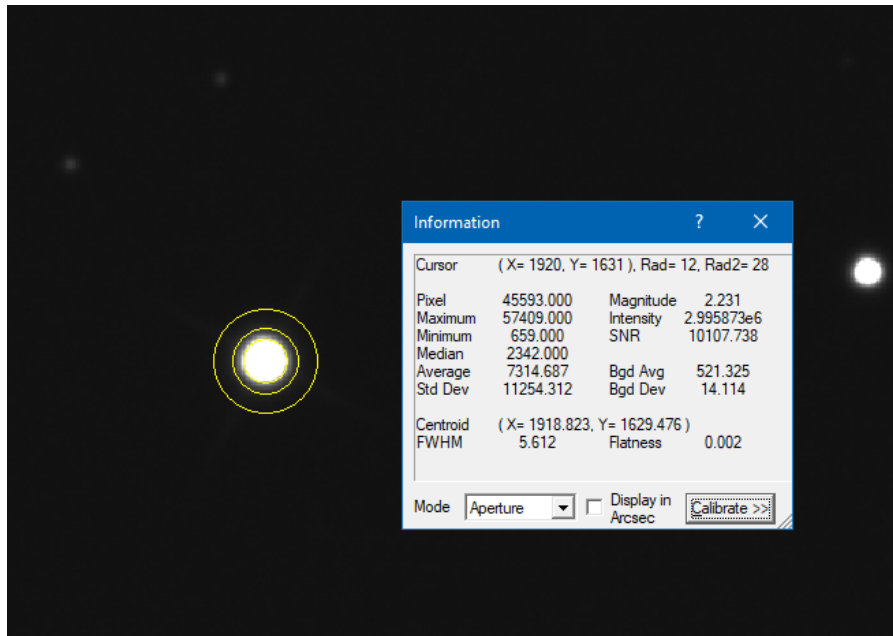
Hình 1.14: Khẩu độ đo quang

Sơ đồ về các thành phần của Khẩu độ [7]

Khẩu độ có 3 phần như trên hình ảnh.

- Khẩu độ sao: là vòng tròn bao quanh ngôi sao cần thực hiện đo đạc.
- Khoảng trống: là phần khoảng trống không đo đạc, nhằm tách riêng giữa phần tín hiệu của ngôi sao và phần nền trời.

- Vòng bầu trời: được sử dụng để thu thập thông tin về độ sáng của nền trời.

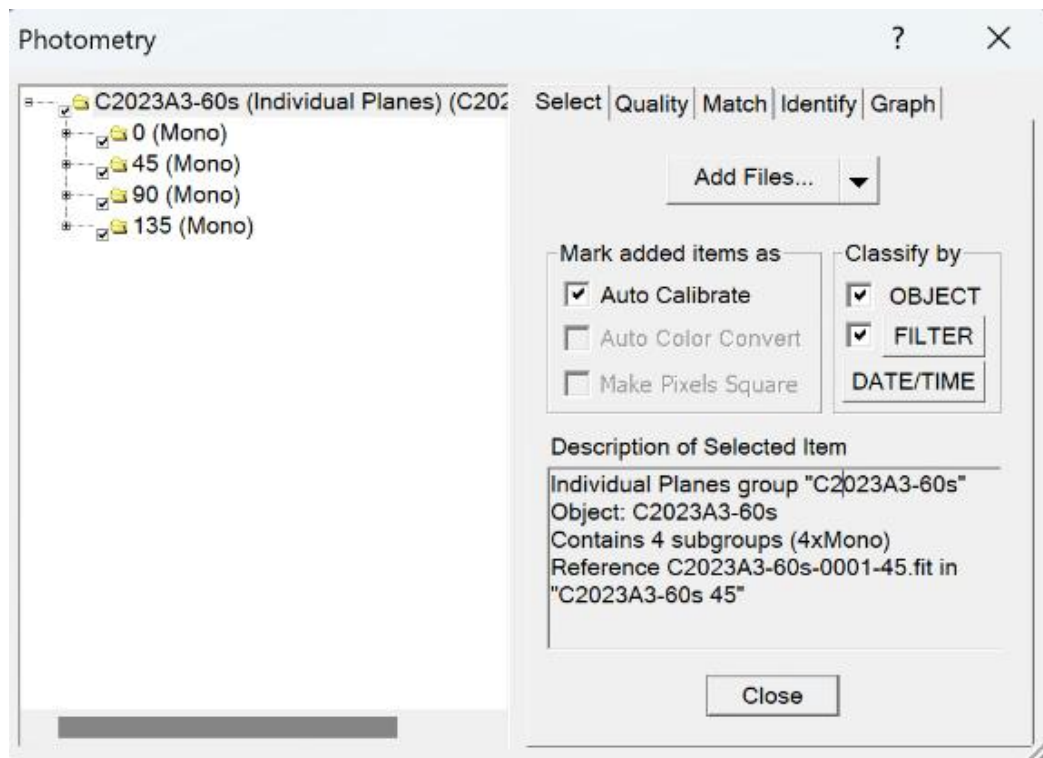


Hình 1.15: Thu thập dữ liệu trên ảnh

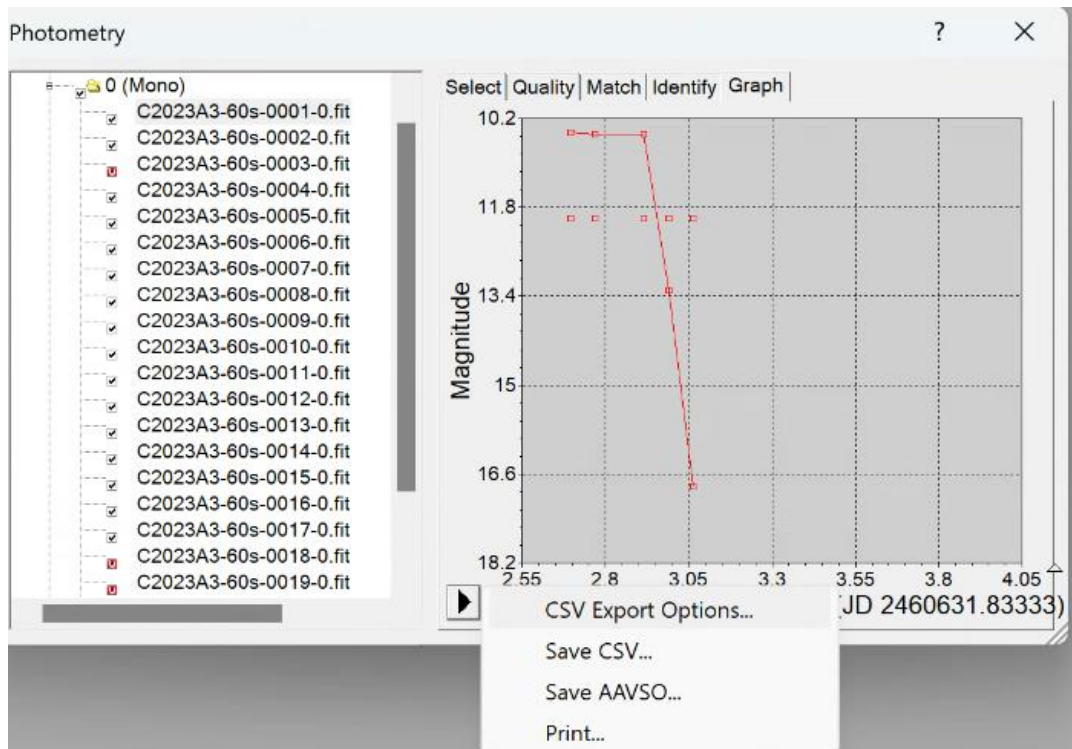
Hai thông số quan trọng nhất chúng ta cần quan tâm để thu dữ liệu là:

- Intensity ( cường độ) đơn vị ADU. Dựa vào thông số này ta có thể tính toán các thông số Stock.
- SNR (tỉ lệ tín hiệu trên nhiễu) thông số tham chiếu về chất lượng của thiên thể trên ảnh.

Để tính toán hàng loạt chúng ta dùng công cụ photometry. Đây là một công cụ giúp hiệu chuẩn, căn chỉnh, so sánh và vẽ đồ thị đánh giá dữ liệu nhanh chóng. Sau đó xuất dữ liệu ở dạng tệp Excel và tiếp tục tính toán dữ liệu.



Hình 1.106: Tính toán hàng loạt bằng công cụ Photometry



Hình 1.117: Lấy dữ liệu sau xử lý.

## **CHƯƠNG 2: ĐỐI TƯỢNG, NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

### **2.1. ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU.**

- Xây dựng phương pháp quan sát thiên văn bằng phân cực kế.
- Cơ chế vật lý phân cực ánh sáng từ các thiên thể.

### **2.2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU**

- Nghiên cứu cơ sở lý thuyết của ánh sáng phân cực
- Tìm hiểu phân cực kế và các thiết bị ở đài thiên văn Quy Nhơn. Xây dựng phương pháp quan sát thiên văn bằng phân cực kế.
- Thu thập và xử lý số liệu rồi phân tích kết quả bằng MaxIm DL kết hợp với tham số Stock để tính toán.
- Đưa ra kết luận về cơ chế gây phân cực và đặc tính của thiên thể.

### **2.3. PHẠM VI NGHIÊN CỨU**

- Phương pháp thu thập và xử lý số liệu ánh sáng phân cực thu được của tinh vân Con Cua (M1), cụm sao mở IC 1805, sao chổi C/2023 A3 và các sao đơn lẻ khác.
- Cơ chế vật lý của hiện tượng phân cực của các thiên thể được quan sát.

### **2.4. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

#### ***2.4.1. Phương pháp nghiên cứu lý thuyết***

Tìm hiểu cơ sở lý thuyết về phân cực ánh sáng và cách thu ánh sáng phân cực trong quan sát thiên văn.

#### ***2.4.2. Phương pháp phân tích số liệu***

Ta sử dụng các ngôi sao không phân cực đã công bố để quan sát để xem xét tính chính xác của phép đo và thiết bị. Danh mục các sao không phân cực tại: <https://www.not.iac.es/instruments/turpol/std/zpstd.html>



Sử dụng SIMBAD Astronomical Database - CDS (Strasbourg) ([ustrasbg.fr](http://ustrasbg.fr)) để lấy thông tin các đối tượng quan sát (độ sáng tuyệt đối, khoảng cách, tọa độ) [11].

Sử dụng Visibility Plots ([iac.es](http://iac.es)) để vẽ lại biểu đồ thời gian xuất hiện và vị trí của chúng trên bầu trời để tối ưu thời gian quan sát [10].

Sử dụng MaxIm DL để lấy số liệu và sử dụng tham số Stock để tính toán về độ phân cực (%), góc phân cực, cường độ sáng. Dựa vào đó ta đưa ra kết luận về sự phân cực của thiên thể và nó đặc trưng cho tính chất vật lý nào

## CHƯƠNG 3: KẾT QUẢ

### 3.1. SỬ DỤNG PHÂN CỰC KẾ QUAN SÁT TINH VÂN

Tinh vân Con Cua là một trong những vật thể vũ trụ nổi tiếng và được nghiên cứu nhiều nhất. Nó là một tinh vân gió sao xung, tức là một đám mây khí và bụi đang giãn nở nhanh chóng, được tạo ra từ vụ nổ của một ngôi sao khổng lồ.

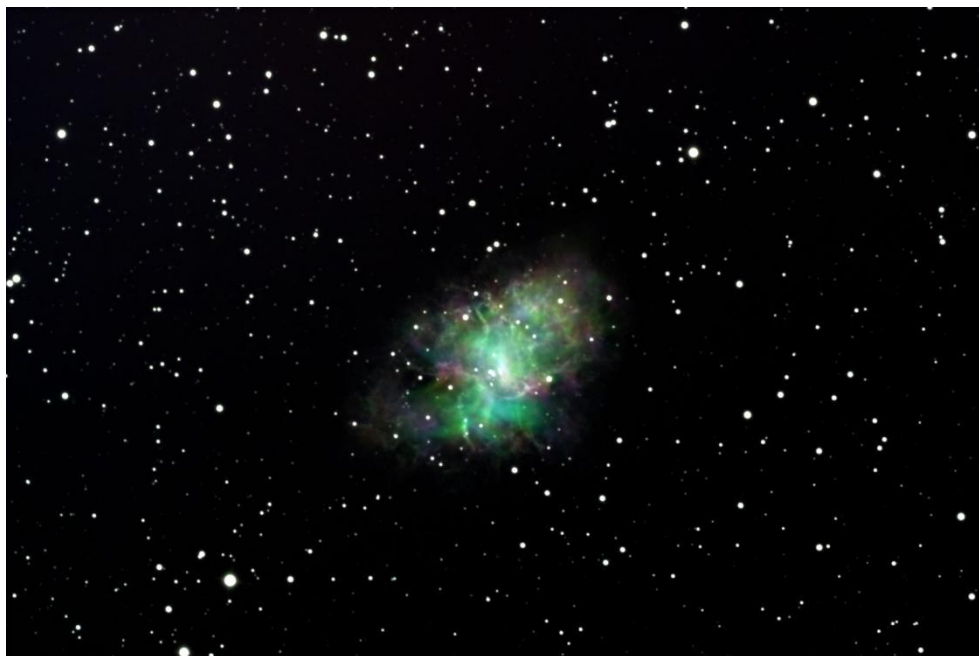
Ảnh M1, Crab nebula xử lý từ dữ liệu 2 ngày 5/11 ( $0^\circ$  và  $90^\circ$ ) và 10/11/2023 ( $45^\circ$  và  $135^\circ$ ) Camera ASI2600MM Pro kết hợp hai polarizer bộ lọc đặt vuông góc nhau ( $0^\circ$  và  $90^\circ$ ) sau đó, xoay đi  $45^\circ$  để chụp lần 2.

⇒ Tạo ảnh màu bằng cách [1]:

Gán màu đỏ ứng với góc  $0^\circ$  tức R(0)

Gán màu xanh lá ứng với góc  $90^\circ$  tức G(90)

Gán màu xanh nước biển ứng với góc  $135^\circ$  tức B(135)



Hình 3.1: Xử lý phân cực tinh vân Con Cua với R(0) G(90) B(135)

Hình ảnh thu được thấy màu xanh lá đang chiếm ưu thế tức cường độ ánh sáng ở góc  $90^\circ$  vượt trội hơn hẳn so với hai góc còn lại. Thấy rằng màu xanh đậm nhất ở vùng trung tâm ảnh tức tại đó đang có sự phân cực mạnh nhất.

Để rõ hơn chúng ta sẽ xử lý dựa theo tham số Stock

Tham số  $S_0$  ứng với L (90+0) : ánh sáng toàn dải

Tham số  $S_1$  ứng với B (90-0) : ánh sáng xanh nước biển

Tham số  $S_2$  ứng với R (135-45) : ánh sáng đỏ

Hiệu số của góc  $90^\circ$  và  $135^\circ$  ứng với G(90-135): ánh sáng xanh lá [1].



Hình 3.2: Ảnh phân cực tinh vân Con Cua với  $L(90+0)R(135-45)G(90-135)B(90-0)$

Dựa vào hình ảnh thu được ta có thể khẳng định rõ ở trung tâm tinh vân có độ phân cực rất mạnh do mật độ vật chất và bụi khí dày đặc ở khu vực này gây ra.

Các bản dựng màu với tham số Stokes của Tinh vân Con Cua có vẻ ngoài thú vị và kỳ lạ khi so sánh với các hình ảnh thông thường, sử dụng hiệu quả trong hình ảnh tổng hợp để làm nổi bật vùng sao xung trong lõi.

Sử dụng dữ liệu đường phát xạ kết hợp với dữ liệu tham số Stokes, có thể tạo ra hình ảnh tổng hợp có vẻ ngoài độc đáo. Dữ liệu Stokes hỗ trợ rất nhiều

trong việc tăng cường hình ảnh vùng sao xung. Ngoài ra, màu sắc được điều chỉnh bởi sự phân cực của cấu trúc bên trong, cung cấp hình ảnh trực quan về sự phân cực đó.

### 3.2. SỬ DỤNG SAO CHUẨN ĐỂ HIỆU CHUẨN PHÂN CỰC KẾ.

Các sao chuẩn được sử dụng trong đề án này là HD4813, HD18144, HD42182, HD65629, HD1178, HD6715, HD19820,.... Đây là các sao “zero polarization star” - sao không phân cực được lấy trong danh mục [8].

#### 3.2.1. Hiệu chuẩn phân cực kế polaroid

Dữ liệu được thu với bộ lọc L SVbony, Camera ASI2600MM đặt mức hệ số khuếch đại (Gain) 100, Offset 50, T 0°C. Với cấu hình phân cực kế trong quá trình đo : Camera ASI2600MM - ZWO FW7x50 - bộ xoay kính phân cực – kính thiên văn CDK600

Dữ liệu của các góc 0°, 45°, 90°, 135° là cường độ (intensity) - tổng số tất cả các điểm ảnh trong vùng chọn trừ nền có đơn vị là ADU (Analog-to-Digital Unit).

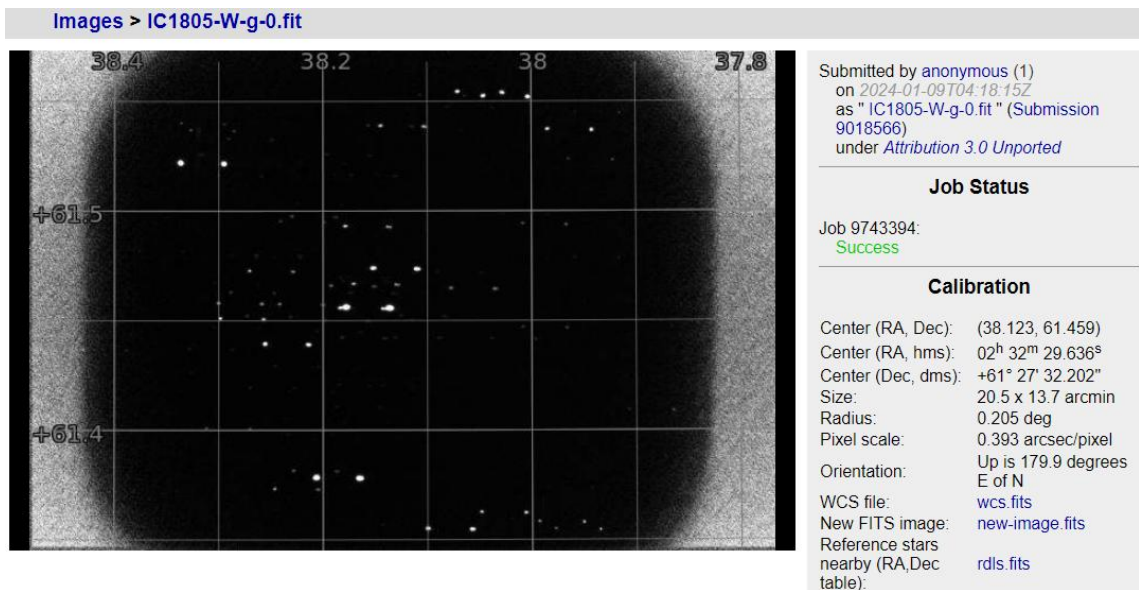
**Bảng 3.1: Dữ liệu các sao không phân cực dùng phân cực kế polaroid**

| Bộ lọc L | Gain<br>100 | Offset<br>50 | T= 0°C   |          |          |         |
|----------|-------------|--------------|----------|----------|----------|---------|
|          | HD1178      | HD4813       | HD219623 | HD225003 | HD225261 | HD42182 |
| 0°       | 837684      | 998740       | 3101328  | 2539238  | 1927483  | 2226245 |
| 45°      | 836073      | 997373       | 3083881  | 2533578  | 1925626  | 2201646 |
| 90°      | 838710      | 998230       | 3071910  | 2537446  | 1918545  | 2194408 |
| 135°     | 840321      | 999597       | 3089357  | 2543106  | 1920402  | 2202419 |
| S1       | -0,0006     | 0,0003       | 0,0048   | 0,0004   | 0,0023   | 0,0072  |
| S2       | -0,0051     | -0,0022      | -0,0018  | -0,0038  | 0,0027   | -0,0004 |
| p (%)    | 0,51        | 0,22         | 0,51     | 0,38     | 0,36     | 0,72    |

Từ kết quả trên độ phân cực trung bình thu được của các sao không phân cực dưới 1%. Tuy nhiên độ chính xác chưa phù hợp với mong muốn cần có phương pháp thu dữ liệu tốt hơn .

Với nhận định có thể do quá trình xử lý dữ liệu gây ra sự sai lệch trong số liệu. Quá trình chỉnh hướng và khử nhiễu làm sai dữ liệu phân cực. Thời gian các ảnh ở các góc có độ chênh lệch lớn khi đó các điều kiện quan sát như nền trời và vị trí thiên thể có thể biến động lớn. Thấy rằng các cặp góc  $0^\circ$  và  $90^\circ$  để tính toán tham số Stock S1 và góc  $45^\circ$  và  $135^\circ$  để tính toán tham số Stock S2. Nên chúng ta sẽ chụp theo thứ tự  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $45^\circ$  và  $135^\circ$  thay vì chụp theo thứ tự từ lớn đến nhỏ.

### 3.2.2. Phân cực kế dual beam – lăng kính Wollaston



Hình 3.3: Plate solve với nova.astrometry.net

Với loại phân cực kế này ta có thể thu được đồng thời hai góc trên một bức ảnh. do đó khắc phục được nhược điểm của phân cực kế loại polaroid. Tuy nhiên với việc hình ảnh của hai góc quan sát trên cùng 1 ảnh sẽ gây khó khăn cho việc xác định sao và đo đạc do đó chúng ta phải căn chỉnh vị trí tia sáng chiếu tới camera tạo 1 khoảng cách phù hợp.

Độ lệch hai ảnh O (góc  $0^\circ$  và  $45^\circ$ ) và E (góc  $90^\circ$  và  $135^\circ$ ) khoảng 183 điểm ảnh trên ảnh tương đương 71.5 arcsec trên nền trời. Khoảng cách này là phù hợp để các sao đủ tách biệt giúp đo đạc chính xác và giảm thiểu sai số do hiện tượng chồng chập các điểm ảnh lên nhau.

**Bảng 3.2: Dữ liệu các sao không phân cực dùng phân cực kế dual beam**

|                                 |            |            |            |
|---------------------------------|------------|------------|------------|
| Bộ lọc L                        | Gain100    | Offset 50  | Temp 0 C   |
| Exp-time                        | 3s         | 5s         | 0,3s       |
|                                 | HD6715 raw | HD1178 raw | HD4813 raw |
| $0^\circ$                       | 3194034    | 1482477    | 2686512    |
| $90^\circ$                      | 3194219    | 1483323    | 2682215    |
| $45^\circ$                      | 3217720    | 1484728    | 2493063    |
| $135^\circ$                     | 3217209    | 1486479    | 2488342    |
| s1                              | -0,000029  | -0,000285  | 0,000800   |
| s2                              | 0,000079   | -0,000589  | 0,000948   |
| P(%)                            | 0,0085     | 0,0655     | 0,0509     |
| Tự động ghép ảnh và chỉnh hướng |            |            |            |
|                                 | HD6715     | HD1178     | HD4813     |
| $0^\circ$                       | 2778494    | 1435033    | 2574368    |
| $90^\circ$                      | 2777690    | 1438828    | 2572604    |
| $45^\circ$                      | 3151251    | 1481677    | 2565589    |
| $135^\circ$                     | 3153732    | 1481809    | 2567519    |
| s1                              | 0,000145   | -0,0001321 | 0,000343   |
| s2                              | -0,000393  | -0,000045  | -0,0000376 |
| p %                             | 0,0219     | 0,0321     | 0,0140     |

Các sao trên là các sao không phân cực tức độ phân cực bằng 0. Mà cường độ phân cực bằng trên cho thấy độ phân cực rất nhỏ từ 1/10000 đến 3/10000 sự chênh lệch không đáng kể này có thể đến từ thiết bị bầu khí quyển trái đất. Kết quả đã khá sát với với tính chất không phân cực của các sao này.

Nhận xét : Độ chính xác đến  $\pm 0.01\%$  tùy thuộc vào SNR (tỉ số tín hiệu trên nhiễu), để tăng SNR cần : giảm Gain, tăng thời gian phơi sáng. Với kết quả của hai loạt ảnh một loạt là ảnh gốc và một loạt là ảnh tự động ghép ảnh và chỉnh hướng thì ta thấy kết quả ảnh gốc tốt hơn rất nhiều khoảng 10 lần do đó một lần nữa ta khẳng định được việc xử lý ảnh và khử nhiễu chỉnh hướng tự động sẽ làm sai lệch mạnh tính hiệu phân cực.

Từ phần này của đề án các dữ liệu sẽ để ở trạng thái mặc định không tự động ghép ảnh và chỉnh hướng từ phần mềm.

**Bảng 3.3: kết quả đo lại theo các góc Rotator khác nhau**

|         | HD4813<br>20s x 10F | 10s x 5<br>Ảnh | HD18144<br>20s x 10F | 10s x 5<br>Ảnh | HD42182<br>30s x 10F | 20s x 5<br>Ảnh | HD65629<br>20s x 10F | 10s x 5<br>Ảnh |
|---------|---------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|
| Rotator | 325                 | 280            | 325                  | 280            | 325                  | 280            | 325                  | 280            |
| 0°      | 4177735             | 3916069        | 2017010              | 3269340        | 2147763              | 1663279        | 2557501              | 2614438        |
| 90°     | 4173379             | 3913345        | 2012833              | 3257835        | 2138233              | 1654531        | 2550940              | 2611623        |
| 45°     | 4360551             | 3233060        | 2490591              | 3261586        | 1948735              | 1640014        | 2649458              | 2255706        |
| 135°    | 4364777             | 3237436        | 2492799              | 3253052        | 1941803              | 1638698        | 2652806              | 2258127        |
| S1      | 0,00052             | 0,00034        | 0,00103              | 0,00170        | 0,00222              | 0,00263        | 0,00128              | 0,00053        |
| S2      | -0,00048            | -0,00067       | -0,00044             | 0,00130        | 0,00178              | 0,00040        | -0,00063             | -0,00050       |
| P(%)    | 0,07                | 0,08           | 0,11                 | 0,22           | 0,18                 | 0,27           | 0,04                 | 0,08           |
| PA(°)   | 68,55               | 58,60          | 78,42                | 108,32         | 109,36               | 94,33          | 76,90                | 67,55          |
| Sai số  | 0,0700              | 0,0025         | 0,2200               | 0,1130         | 0,2700               | 0,0130         | 0,1400               | 0,0600         |

Dựa vào bảng trên ta thấy sai số đã giảm và chứng minh được phương pháp đo hiện tại phù hợp với điều kiện quan sát và trang thiết bị tại đài thiên văn Quy Nhơn

### 3.3. SỬ DỤNG PHÂN CỰC KẾ QUAN SÁT SAO VÀ CỤM SAO

#### 3.3.1. Sử dụng phân cực kế loại polaroid quan sát IC 1805

Ngày 09/12/2023: sử dụng phân cực kế loại polaroid để quan sát cụm sao mở IC 1805 .

**Bảng 3.4: Đo phân cực cụm sao IC 1805 bằng phân cực kế loại polaroid.**

| BD+60501 |         | HD15558 |         | BD+60505 |         | HD15570 |         | HD15629 |         |
|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| s0       | 1580038 | s0      | 7557019 | s0       | 1041572 | s0      | 6154173 | s0      | 4738340 |
| s1       | -0,02   | s1      | -0,02   | s1       | -0,01   | s1      | -0,01   | s1      | -0,02   |
| s2       | 0,05    | s2      | 0,04    | s2       | 0,03    | s2      | 0,05    | s2      | 0,04    |
| P(%)     | 5,50    | P(%)    | 4,93    | P(%)     | 3,02    | P(%)    | 5,29    | P(%)    | 4,49    |
| PA(°)    | -34,23  | PA(°)   | -32,26  | PA(°)    | -34,53  | PA(°)   | -38,40  | PA(°)   | -30,27  |

Sai số còn lớn do các nguyên nhân sau:

- Thời gian giãn cách giữa các lần thu dữ liệu quá lớn và độ phân cực của các sao không lớn – đây là điểm yếu chính của loại phân cực kế Polaroid.
- Phương pháp xoay góc chưa phù hợp.
- Sự tách biệt giữa bộ lọc và tâm phân cực làm sai lệch kết quả.

#### 3.3.2. Sử dụng phân cực kế loại dual beam - Lăng kính Wollastonđo trên các sao trong cụm sao mở IC1805

**Bảng 3.5: Đo phân cực của IC 1805 bằng phân cực kế dualbeam.**

| Không hiệu chỉnh tự động của phần mềm MaxIm DL |          |          |          |         |         |
|--|----------|----------|----------|---------|---------|
|  | HD 15558 | BD+60501 | BD+60505 | HD15629 | HD15570 |



|       |           |           |           |           |           |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0°    | 3337006   | 719177    | 299099    | 678320    | 1080060   |
| 90°   | 3137852   | 677384    | 287649    | 642871    | 1003764   |
| 45°   | 3292202   | 711812    | 322891    | 881616    | 887021    |
| 135°  | 3039659   | 653713    | 305774    | 779078    | 817958    |
| SNR   | 9000      | 3200      | 1500      | 4200      | 4500      |
| s1    | 0,0307580 | 0,0299257 | 0,0195143 | 0,0268311 | 0,0366135 |
| s2    | 0,0398845 | 0,0425470 | 0,0272275 | 0,0617441 | 0,0405067 |
| P(%)  | 5,04      | 5,20      | 3,35      | 6,73      | 5,46      |
| PA(°) | 122,20    | 123,50    | 123,20    | 129,30    | 120,00    |

Khá phù hợp với kết quả về độ phân cực và góc phân cực ở bảng dưới trong bảng 3.6 [2].

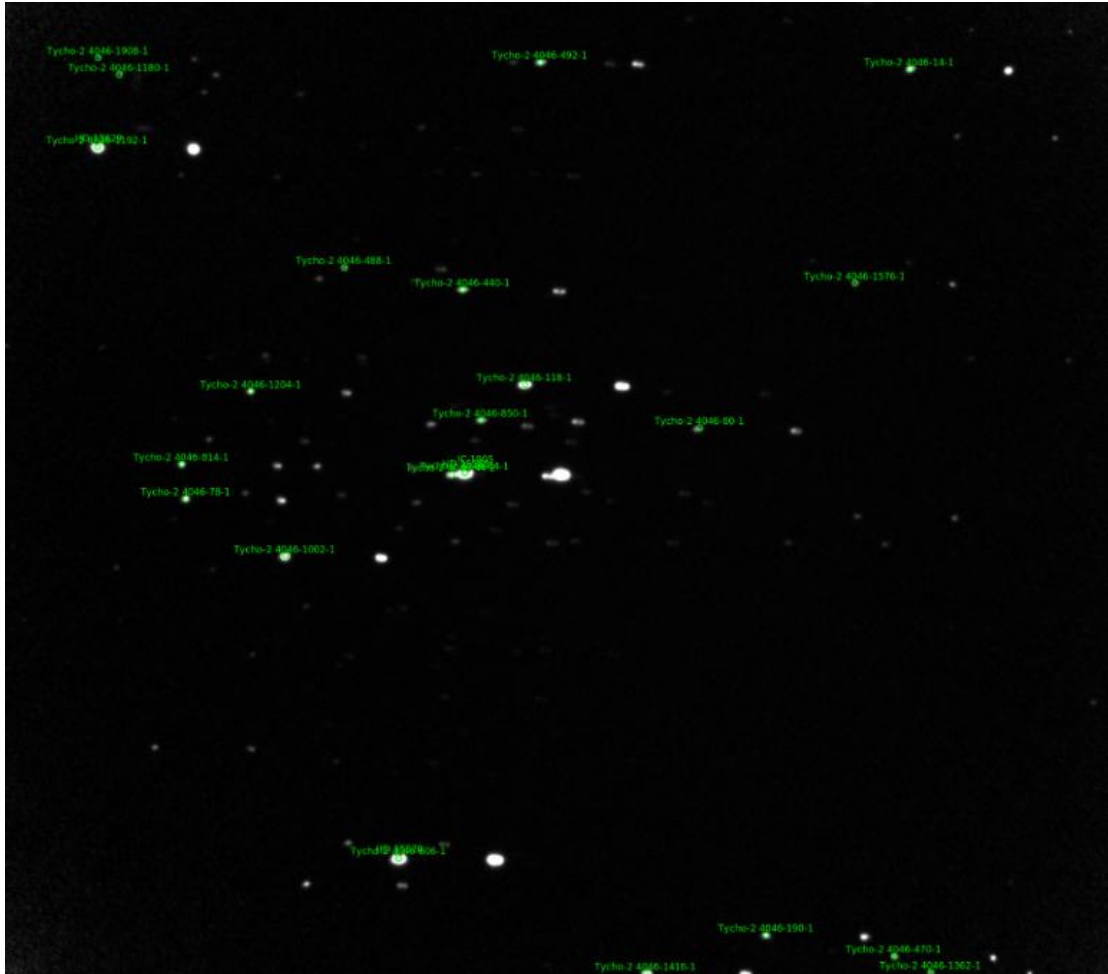
**Bảng 3.6: kết quả đo phân cực IC 1805 trong tài liệu tham khảo[2].**

| Tên sao   | Pmax(%)         | $\lambda_{max}$   | PA(độ) |
|-----------|-----------------|-------------------|--------|
| HD 15558  | $5.59 \pm 0.05$ | $0.547 \pm 0.009$ | 121.1  |
| BD +60501 | $5.35 \pm 0.02$ | $0.519 \pm 0.007$ | 121.83 |
| HD 15570  | $6.04 \pm 0.08$ | $0.554 \pm 0.016$ | 118.53 |
| HD 15629  | $4.88 \pm 0.03$ | $0.563 \pm 0.004$ | 119.73 |
| BD +60505 | $3.68 \pm 0.01$ | $0.527 \pm 0.002$ | 118.05 |

Kết quả vẫn tốt hơn rất nhiều so với việc sử dụng phân cực kế polaroid. Đối với các thiên thể có kích thước nhỏ và có độ phân cực thấp phân cực kế loại dual beam độ chính xác vượt trội với sai số rất thấp. Điều này có được do với thiết bị và phương pháp đo bằng phân cực kế dual – beam có khả năng đo các góc khác nhau đồng thời giảm sai số đáng kể do sự thay đổi điều kiện quan sát theo thời gian.

### 3.3.3. IC1085 và các sao không phân cực thu 8/1/2024.

Cấu hình chụp IC1805: bộ lọc SLOAN g cho ánh sáng có bước sóng 380nm-560nm đi qua, góc xoay 0, PA(Pinpoint astrometry) = 0°. Mức nền Flat khá đồng đều, từ 770-790 ADU. Dễ dàng nhận dạng các sao.



Hình 3.4: Các sao trong ic 1805 dễ dàng nhận diện.

Việc căn chỉnh khoảng cách từ phân cực kế đến camera sao cho phù hợp là vô cùng quan trọng. Vì nếu quá xa sẽ khiến cho ảnh o và e ở hai vùng có nền khác nhau trên bức ảnh gây sai lệch cao và làm mất đối tượng gần biên bức ảnh. Nếu quá gần sẽ làm khó khăn trong việc phân biệt và đo đạc các sao, có thể khiến tín hiệu từ sao bị giao thoa hay chồng lấp lên nhau. Do đó với phương pháp trên là phù hợp để quan sát IC1805, với các thiên thể khác có thể phải hiệu chỉnh lại.

**Bảng 3.7: Kết quả đo phân cực ic 1805 sau tinh chỉnh.**

|       | HD15558       | HD15558   | BD+60 501 | BD+60 505 | HD15570  | HD15629   |
|-------|---------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
|       | no hiệu chuẩn | noFlat    | noFlat    | noFlat    | noFlat   | noFlat    |
| 0°    | 7128634       | 6692557   | 1401680   | 650581    | 2300746  | 1107518   |
| 90°   | 7399004       | 6953758   | 1451478   | 664060    | 2401935  | 1160288   |
| 45°   | 6637995       | 6359466   | 1363323   | 595407    | 1986700  | 993746    |
| 135°  | 7277783       | 6972015   | 1514987   | 628902    | 2189906  | 1080388   |
| S1    | -0,018611     | -0,019141 | -0,017454 | -0,010253 | -0,02151 | -0,023269 |
| S2    | -0,045976     | -0,045948 | -0,052692 | -0,027358 | -0,04865 | -0,041773 |
| P(%)  | 4,96          | 4,98      | 5,55      | 2,92      | 5,32     | 4,78      |
| PA(°) | 124,00        | 123,71    | 125,85    | 124,75    | 123,09   | 120,46    |

Std Dev của p = 0.43%. Sử dụng quan sát sao không phân cực để kiểm tra độ tin cậy của kết quả.

**Bảng 3.8 : kết quả các sao không phân cực sau tinh chỉnh.**

| Sao không phân cực | HD1178      | HD18144 | HD42182 |
|--------------------|-------------|---------|---------|
| 0°                 | 3373504     | 9352072 | 3771869 |
| 90°                | 3368235     | 9351692 | 3728639 |
| 45°                | 3321743     | 9553625 | 3241694 |
| 135°               | 3336016     | 9543279 | 3211336 |
| S1                 | 0,00078     | 0,00002 | 0,00576 |
| S2                 | -0,00214    | 0,00054 | 0,00470 |
| P(%)               | 0,23        | 0,05    | 0,74    |
| PA(°)              | 55,00       | 133,95  | 109,62  |
| <b>Std dev</b>     | <b>0,36</b> |         |         |

Std Dev của  $p = 0.36\%$ . Sai số của sao không phân cực phù hợp với sai số của IC1805 với độ chính xác 0,1%. Đây cũng chính là bậc chính xác có thể đạt được bằng phương pháp đo và thiết bị này.

#### **3.3.4. Giải thích nguyên nhân xảy ra hiện tượng phân cực của IC 1805**

Các cụm sao như IC 1805 có mật độ vật chất liên sao lớn hơn nhiều so với các sao riêng lẻ, ngoài ra vị trí cụm sao này ở rất gần tâm của thiên hà với mật độ vật chất, bụi khí lớn với năng lượng cao [2]. Ánh sáng từ các sao đặc biệt các sao trong tâm cụm truyền tới chúng ta phải đi qua các lớp bụi khí này tạo ra hiện tượng phân cực ánh sáng.

Các sao có độ phân cực lớn nhất trong nhóm là các sao trẻ chưa hình thành hệ thống hành tinh của nó do đó vật chất như bụi, thiên thạch,... trên các đĩa tiền hành tinh cũng góp phần tăng độ phân cực của nó so với các sao khác trong cụm. Cơ chế chính gây ra sự phân cực ánh sáng của IC 1805 là sự tán xạ qua các đám mây bụi khí, vật chất liên sao và các đĩa tiền hành tinh của chính nó.

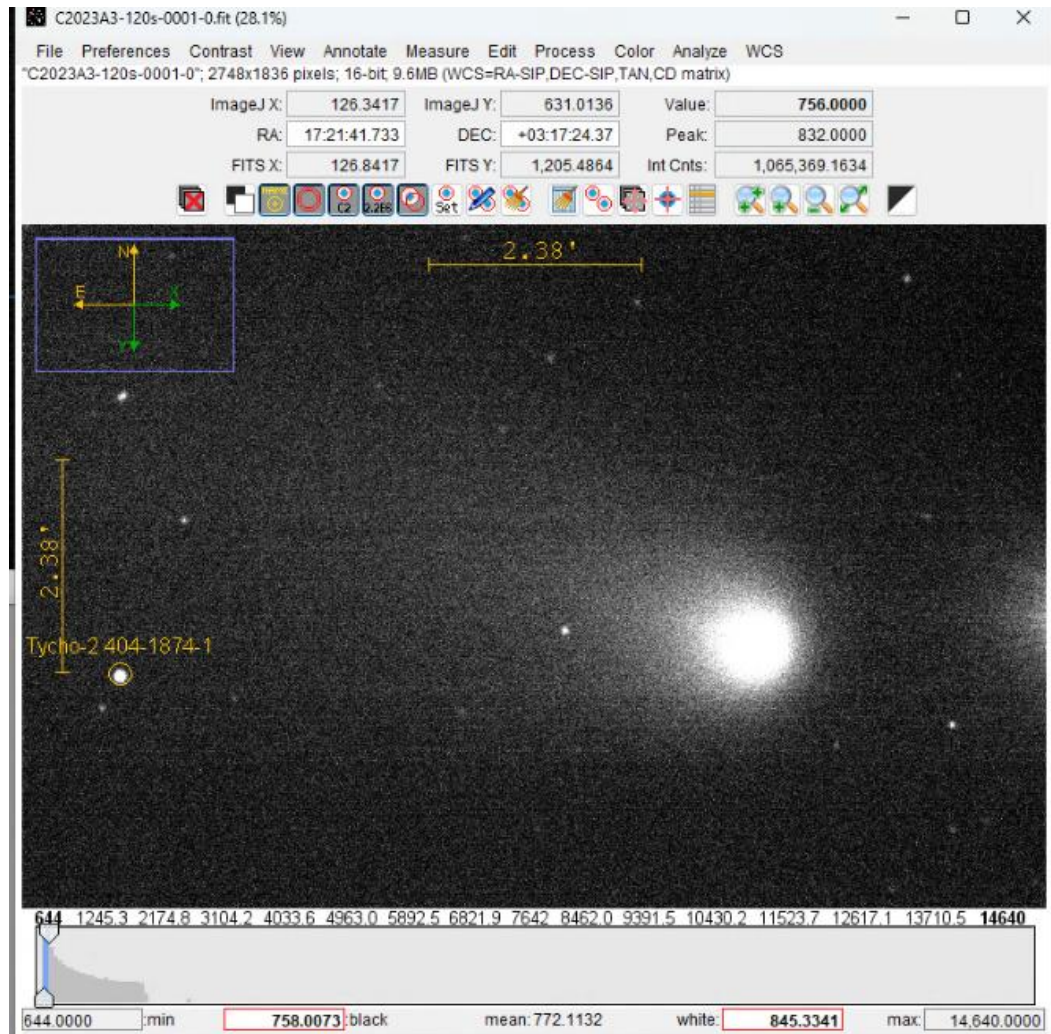
#### **3.4. SỬ DỤNG PHÂN CỰC KẾ QUAN SÁT SAO CHỖI C/2023 A3**

Sao chổi C/2023 A3 hay còn được gọi là Tsuchinshan-ATLAS là một trong những sao chổi sáng nhất và được quan sát nhiều nhất trong những năm gần đây. Với đặc điểm của thiên thể này có kích thước lớn trên ảnh và có độ phân cực lớn do đó loại phân cực kế phù hợp là polaroid. Trong quá trình quan sát góc pha của C/2023 A3 đang trên chu kì giảm của góc pha.

Góc pha trong thiên văn học là góc tạo bởi hai đường thẳng: một đường nối giữa vật thể thiên văn (ví dụ: Mặt Trăng, hành tinh, sao chổi,..) và Mặt Trời, và một đường nối giữa vật thể đó và người quan sát trên Trái Đất.

Mối quan hệ giữa góc pha và độ phân cực của sao chổi C/2023 A3 sẽ được trình bày chi tiết trong những phần tiếp theo.

### 3.4.1. Quan sát C/2023 A3 ngày 25/10/2024



Hình 3.5: Sao chổi C/2023 A3 và sao hiệu chuẩn.

Với buổi quan sát này ta có thông tin của một ngôi sao chuẩn là tycho – 2 404 -1874 – 1. Ta sẽ sử dụng sao này để hiệu chuẩn các sao và sao chổi trên ảnh bằng cách lấy tỉ số cường độ tín hiệu của nó qua các ảnh và hiệu chuẩn các thiên thể khác trên ảnh theo tỉ số đó. Lúc này góc pha của sao chổi là  $80^\circ$ .

Sau khi có tín hiệu của C/2023 A3 hiệu chuẩn ta mới sử dụng nó để tính các tham số stock để tính toán về độ phân cực và góc phân cực.

**Bảng 3.9: Dữ liệu đo C/2023 A3 25/10/2024.**

| Bộ<br>lọc | C/2023<br>A3<br>Cường độ<br>[ADU] | C/2023<br>A3 :SNR | TYC 404<br>Cường độ<br>[ADU] | TYC<br>404<br>SNR | Hệ số<br>hiệu<br>chuẩn | C/2023 A3<br>Sau hiệu<br>chuẩn [ADU] |
|-----------|-----------------------------------|-------------------|------------------------------|-------------------|------------------------|--------------------------------------|
| 0°        | 2068340                           | 1702              | 226661                       | 524               | 1                      | 2068340                              |
| 90°       | 1621489                           | 1340              | 260580                       | 491               | 1,1496                 | 1410424                              |
| 45°       | 2502053                           | 1893              | 316220                       | 623               | 1,3951                 | 1793428                              |
| 135°      | 2465761                           | 1849              | 345485                       | 647               | 1,5242                 | 1617702                              |
| 0°        | 3740635                           | 2404              | 403591                       | 783               | 1,7805                 | 2100780                              |
| 90°       | 2777442                           | 1993              | 460784                       | 848               | 2,0329                 | 1366232                              |
| 45°       | 3525171                           | 2354              | 447757                       | 851               | 1,9754                 | 1784492                              |
| 135°      | 2493730                           | 1814              | 346625                       | 636               | 1,5292                 | 1630671                              |
| 0°        | 3690054                           | 2374              | 392880                       | 773               | 1,7333                 | 2128872                              |
| 90°       | 2909526                           | 1993              | 460381                       | 822               | 2,0311                 | 1432457                              |
| 45°       | 3577027                           | 2160              | 445023                       | 813               | 1,9633                 | 1821867                              |
| 135°      | 3116051                           | 2128              | 428186                       | 755               | 1,8891                 | 1649487                              |

Từ việc hiệu chuẩn dữ liệu sao chổi C/2023 A3 ta có thể tính các tham số Stock từ đó tính độ phân cực và góc phân cực.

Phương pháp hiệu chuẩn sao chổi dùng bằng cách dùng các sao chuẩn không phân cực có trên ảnh. Bản thân sao đó không có sự phân cực hay tín hiệu các góc bằng nhau, nhưng thực tế có sự chênh lệch điều này do điều kiện quan sát hay các yếu tố nền trời,.... Do đó, ta sẽ tính tỉ số hiệu chuẩn các góc của sao chuẩn đó rồi dùng nó để hiệu chuẩn lại sao chổi. Cụ thể như sau:

- Chọn một hình có dữ liệu tốt nhất trong buổi quan sát làm chuẩn.

- Lấy tín hiệu thu được của các ảnh sáng trong buổi quan sát chia cho dữ liệu được lấy làm chuẩn, ta thu được tỉ số hiệu chuẩn.

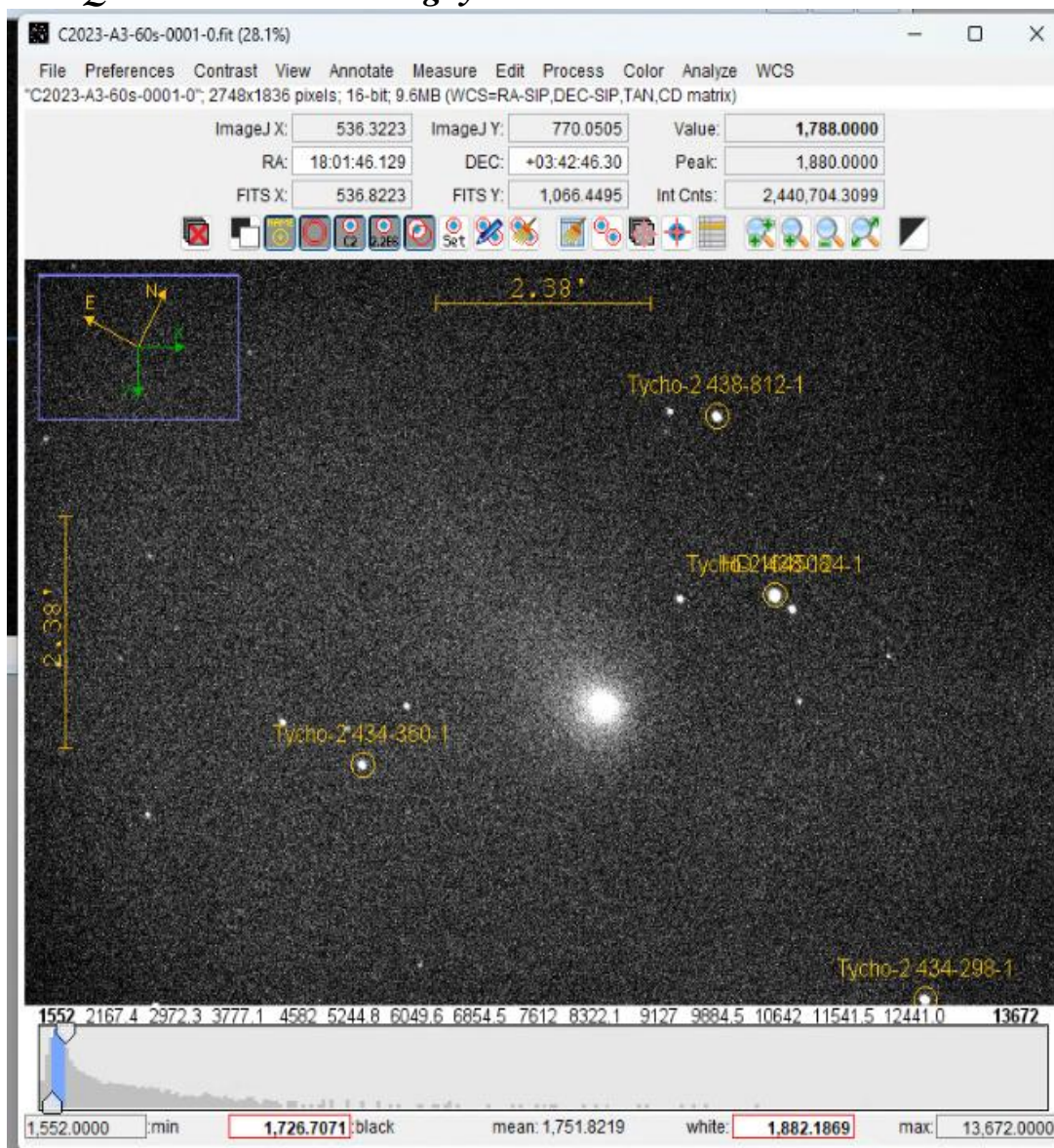
**Bảng 3.10: Kết quả đo phân cực sao chổi C/2023 A3 25/10/2024.**

| Tham số stock |                      | P(%)         | PA(°)        |
|---------------|----------------------|--------------|--------------|
| S1            | 0,189123             | 19,60        | 7,622        |
| S2            | 0,051515             |              |              |
| S1            | 0,211868             | 21,66        | 6,004        |
| S2            | 0,045041             |              |              |
| S1            | 0,195549             | 20,18        | 7,128        |
| S2            | 0,049658             |              |              |
|               | <b>Trung bình</b>    | <b>20,48</b> | <b>6,918</b> |
|               | <b>Độ lệch chuẩn</b> | <b>1,06</b>  | <b>0,829</b> |
|               | <b>sai số</b>        | <b>0,35</b>  | <b>0,28</b>  |

Dùng tỉ số hiệu chuẩn này hiệu chuẩn sao chổi bằng cách lấy tín hiệu sao chổi của từng ảnh chia cho tỉ số hiệu chuẩn riêng của từng ảnh thu được bước trên. Dùng tín hiệu sao chổi mới để tính toán các tham số Stock để tính độ phân cực và góc phân cực. Dựa vào phương pháp này ta có thể loại bỏ các tác nhân gây sai số do thời tiết, nền mây, nhiễu ánh sáng từ các nguồn xung quanh vì những yếu tố này có thể coi sẽ ảnh hưởng lên các thiên thể trên cùng một bức ảnh là như nhau.

Kết quả thu được sai số còn khá lớn do ít dữ liệu bởi buổi quan sát này mây khá nhiều nhiều loạt ảnh bị mất các ảnh ở các góc khác nhau. Ví dụ: ảnh ở các góc  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $135^\circ$  tốt nhưng ảnh ở góc  $90^\circ$  lại có mây che ta bắt buộc phải loại bỏ dữ liệu quan sát trong trường hợp đó.

### 3.4.2. Quan sát C/2023 A3 ngày 01/11/2024



Hình 3.6: C/2023 A3 ngày 01/11/2024 và sao hiệu chuẩn.

Lúc này góc pha của sao chổi là  $68^\circ$ . Chúng ta có hai sao không phân cực là Tycho – 2 438-812-1, TYC – 2 434-350-1. Ta sử dụng hai sao này để tính tỉ



số hiệu chuẩn và lấy trung bình tỉ số hiệu chuẩn này để hiệu chuẩn tín hiệu sao chổi.

**Bảng 3.11: Kết quả đo phân cực C/2023 A3 01/11/2024.**

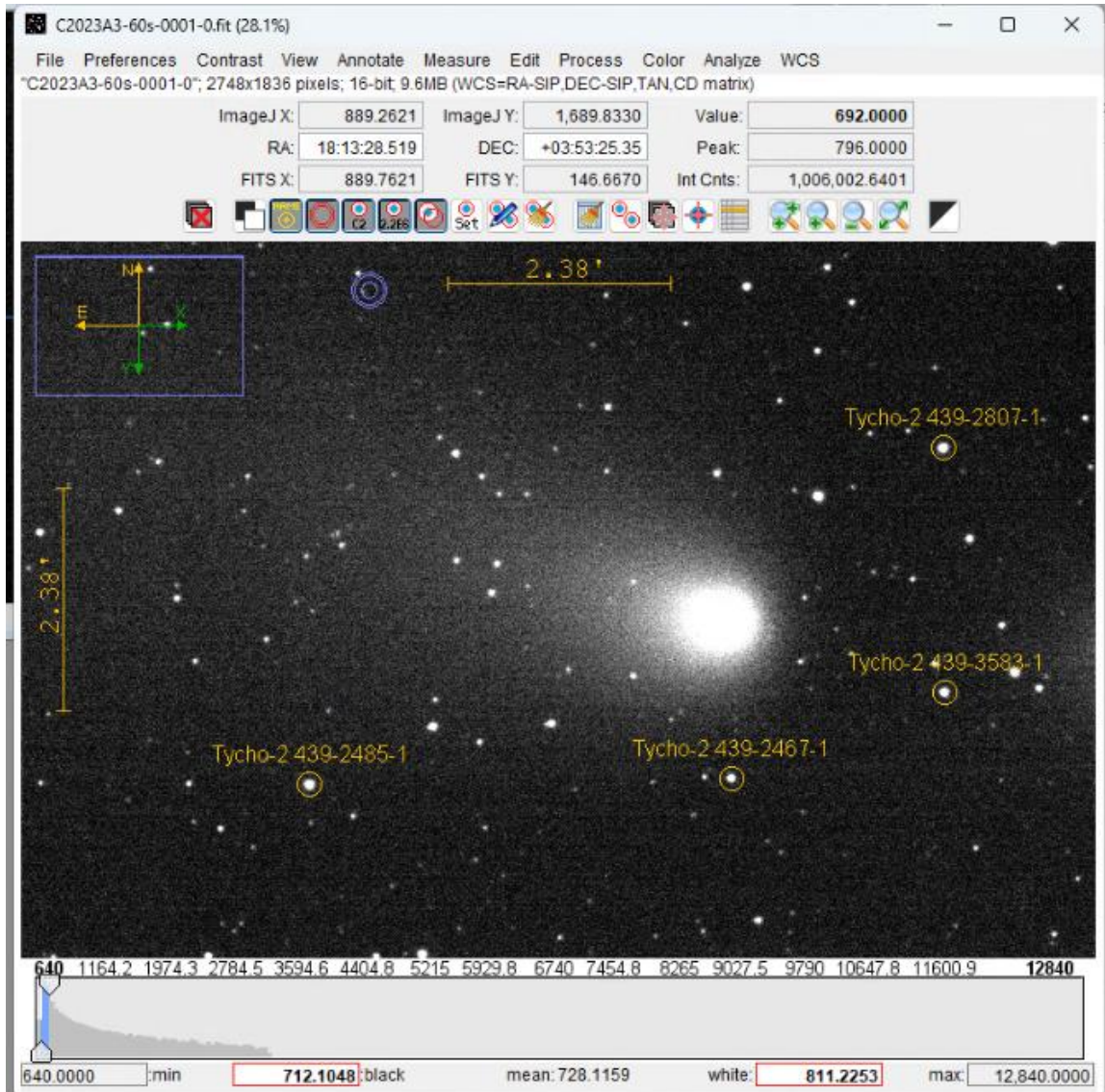
|                      |              |
|----------------------|--------------|
| <b>P AVG (%)</b>     | <b>17,38</b> |
| <b>Độ lệch chuẩn</b> | <b>1,59</b>  |
| <b>Sai số</b>        | <b>0,13</b>  |

Quan sát ngày 01/11/2024 này ta có hai sao làm chuẩn để hiệu chuẩn do đó chúng ta thấy sai số thu được thấp hơn nhiều so với ngày 25/10/2024. Với những buổi quan sát tiếp theo ta sẽ cố gắng tìm kiếm nhiều sao chuẩn không phân cực để có độ chính xác tốt hơn. Ngoài ra nhận thấy độ phân cực đã giảm hơn so với ngày 25/10/2024.

Tại buổi quan sát này với thời tiết tốt nên thu được tới 12 loạt ảnh đạt yêu cầu với chất lượng tốt. Lý do cho việc có khả năng chụp được nhiều loạt ảnh như vậy ngoài yếu tố thời tiết tốt giúp giảm thời gian phơi sáng cần thiết, còn do thời gian sao chổi đang trên bầu trời ở đài thiên văn Quy Nhơn dài hơn các ngày khác.

Với thời tiết tốt hơn nên thu được nhiều dữ liệu điều này đã góp phần đáng kể để giảm sai số của phép đo. Mặt khác chính việc thời tiết tốt do đó thời gian phơi sáng cần thiết của các tấm ảnh giảm khiến sự chênh lệch về thời gian để thu dữ liệu của các ảnh ứng với các góc khác nhau giảm. Điều này đã khắc phục rất nhiều hạn chế của phân cực kế loại Polaroid

### 3.4.3. Dữ liệu C/2023 A3 ngày 04/11/2024



Hình 3.7: C/2023 A3 ngày 04/11/2024 và sao hiệu chuẩn.

Lúc này sao chổi đang ở góc pha  $56^\circ$ . Với buổi quan sát này ta có 4 sao chuẩn như trên hình là các sao không phân cực để hiệu chuẩn sao chổi, đặc biệt nhất là các sao chuẩn phân bố thành vòng cung phía trước sao chổi do đó không bị ảnh hưởng bởi bụi khí đuôi sao chổi gây sai số về phân.

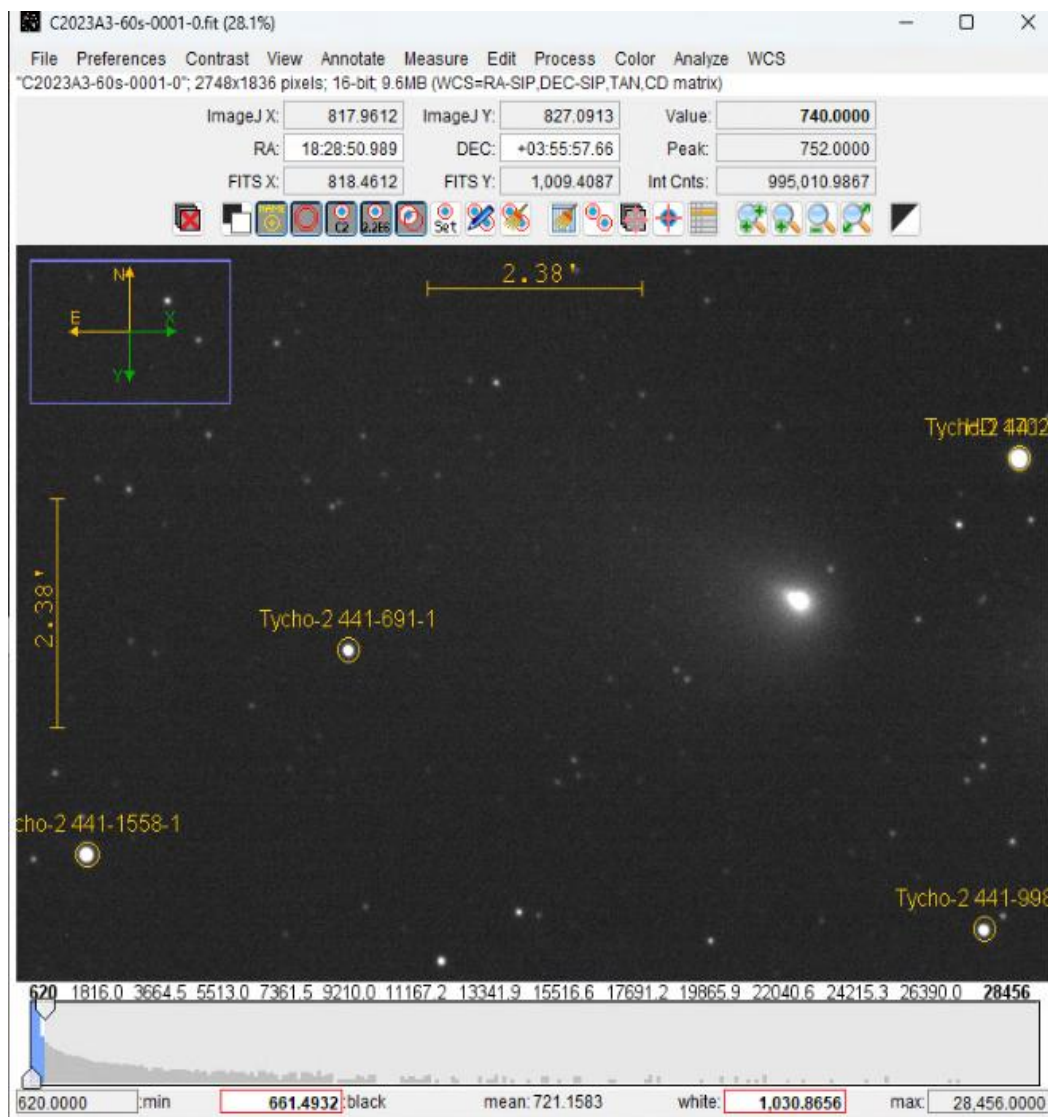
Đây là buổi quan sát có thời tiết và điều kiện quan sát rất tốt nên để giảm thêm sai số ta tăng thời gian quan sát ở mức tối đa có thể.

**Bảng 3.12: Dữ liệu và kết quả đo C/2023 A3 04/11/2024.**

| P (%) |        |       | PA(°) |                      |        | P(%)         | PA(°)        |
|-------|--------|-------|-------|----------------------|--------|--------------|--------------|
| S1    | 0,153  | 15,35 | -1,90 | S1                   | 0,151  | 15,05        | -0,40        |
| S2    | -0,010 |       |       | S2                   | -0,002 |              |              |
| S1    | 0,155  | 15,50 | -0,35 | S1                   | 0,163  | 16,33        | -0,52        |
| S2    | -0,002 |       |       | S2                   | -0,003 |              |              |
| S1    | 0,144  | 14,40 | -0,26 | S1                   | 0,162  | 16,18        | -0,60        |
| S2    | -0,001 |       |       | S2                   | -0,003 |              |              |
| S2    | -0,005 |       |       | S2                   | -0,002 |              |              |
| S1    | 0,132  | 13,27 | -3,14 | <b>Trung bình</b>    |        | <b>15,94</b> | <b>-1,13</b> |
|       |        |       |       | <b>độ lệch chuẩn</b> |        | <b>1,39</b>  | <b>1,16</b>  |
| S2    | -0,015 |       |       | <b>sai số</b>        |        | <b>0,08</b>  | <b>0,07</b>  |

Từ bảng 3.12 ta thấy độ phân cực của sao chổi tiếp tục giảm cùng với sự giảm của góc pha. Với việc có 4 sao làm chuẩn và lượng dữ liệu lớn ta có được sai số rất nhỏ. Cho thấy tính phù hợp của phương pháp đo.

### 3.4.4. Quan sát C/2023 A3 ngày 09/11/2024



Hình 3.8: C2023A3 ngày 09/11/2024 và sao hiệu chuẩn

Lúc này góc pha của sao chổi là  $48^\circ$ . Ta thấy độ phân cực tiếp tục giảm theo góc pha. Sai số khá tốt và góc shi của các ngày khá đồng nhất cho thấy tính chất bụi không đổi trong suốt quá trình quan sát. Yếu tố ảnh hưởng đến độ phân cực chính là góc pha.

**Bảng 3.13: dự liệu và kết quả đo C/2023 A3 09/11/2024.**

|                      |        | P(%)         | PA(°) |    |        | P(%)         | PA(°) |
|----------------------|--------|--------------|-------|----|--------|--------------|-------|
| S1                   | 0,120  | 12,02        | -1,50 | S1 | 0,114  | 11,40        | -0,28 |
| S2                   | -0,006 |              |       | S2 | -0,001 |              |       |
| S1                   | 0,109  | 10,95        | -1,98 | S1 | 0,096  | 9,64         | 1,84  |
| S2                   | -0,008 |              |       | S2 | 0,006  |              |       |
| S1                   | 0,114  | 11,39        | -1,73 | S1 | 0,122  | 12,9         | -3,83 |
| S2                   | -0,007 |              |       | S2 | -0,016 |              |       |
|                      |        | <b>P(%)</b>  |       |    |        | <b>PA(°)</b> |       |
| <b>Trung bình</b>    |        | <b>11,25</b> |       |    |        | <b>-1,23</b> |       |
| <b>độ lệch chuẩn</b> |        | <b>0,71</b>  |       |    |        | <b>1,49</b>  |       |
| <b>sai số</b>        |        | <b>0,07</b>  |       |    |        | <b>0,15</b>  |       |

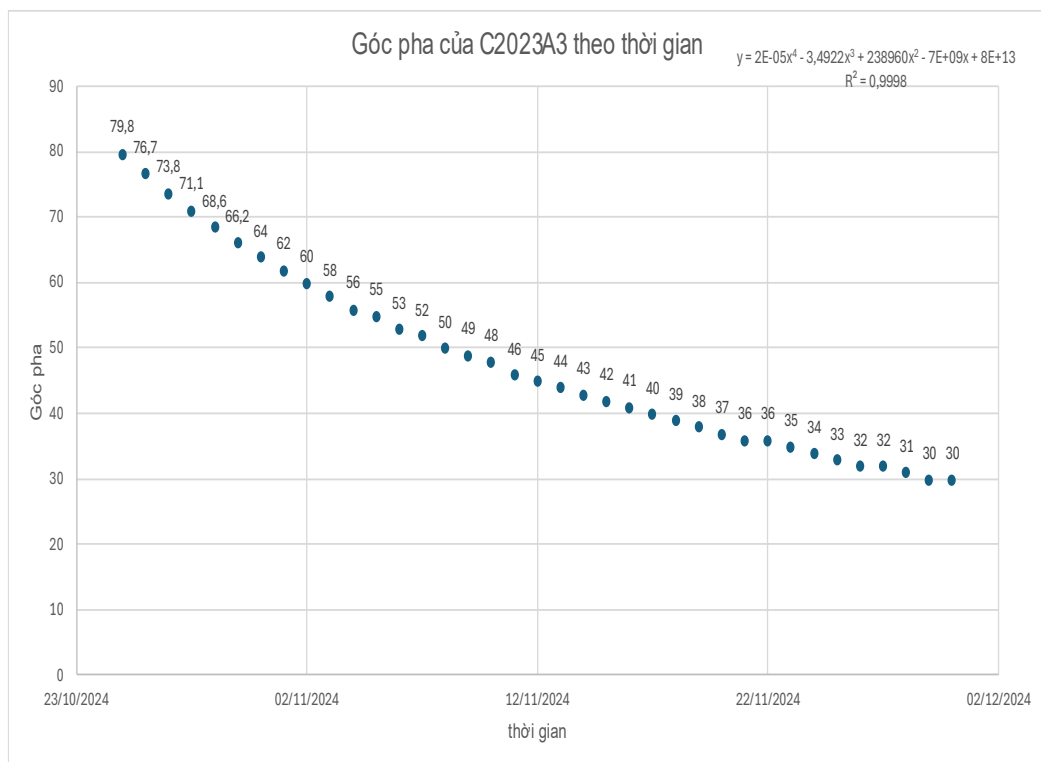
Từ bảng 3.13 ta thấy độ phân cực của sao chổi tiếp tục giảm cùng với sự giảm của góc pha.

Các ngày quan sát tiếp theo sẽ được cập nhật trong phần tiếp theo để kiểm chứng xem nhận định trên. Tiếp theo đây chúng ta sẽ cố gắng mô hình hóa phân cực của sao chổi C/2023 A3 theo các mô hình tán xạ.

### 3.4.5. Môi quan hệ giữa góc pha và sự phân cực của sao chổi C/2023 A3

Nguyên nhân: Sự phân cực của ánh sáng sao chổi chủ yếu do tán xạ của ánh sáng Mặt Trời trên các hạt bụi trong đuôi sao chổi. Khi ánh sáng Mặt Trời chiếu vào các hạt bụi này, chúng sẽ tán xạ ánh sáng theo các hướng khác nhau, tạo ra ánh sáng phân cực.

Mức độ phân cực: Mức độ phân cực của ánh sáng sao chổi thay đổi theo góc pha. Khi góc pha ở  $90^\circ$ , tức trái đất, sao chổi và mặt trời tạo thành một tam giác vuông thì độ phân cực cao nhất. Khi góc pha tăng hay giảm so với góc này thì độ phân cực đều giảm. Dưới đây là biểu đồ thay đổi góc pha theo thời gian và sự thay đổi độ phân cực của C/2023 A3 theo góc pha của nó:



Hình 3.9 : Sự thay đổi góc pha trong thời gian quan sát.

Tại thời điểm quan sát góc pha của C/2023 A3 đang giảm dần điều này ảnh hưởng tới:

Cường độ sáng của sao chổi gián tiếp do mặt phản chiếu ánh sáng từ mặt trời đến sao chổi rồi tới trái đất. Tuy nhiên yếu tố này không quá ảnh hưởng tới

phép đo phân cực. Nó chỉ ảnh hưởng tới khả năng quan sát của kính thiên văn vì góc pha càng giảm sẽ khiến độ sáng của nó khi nhìn ở trái đất cũng giảm theo. Và tới một mức giới hạn chúng ta không thể quan sát được nó nữa.

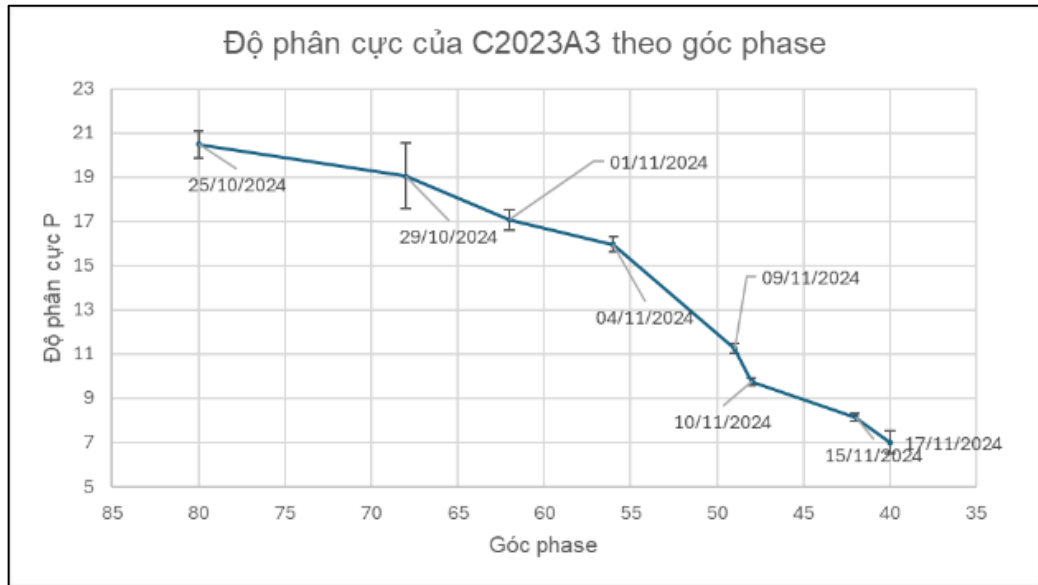
Mật độ vật chất và tính chất vật chất mà ánh sáng đi qua. Đây là yếu tố chính ảnh hưởng tới phép đo phân cực. Khi góc pha thay đổi khiến cho đường đi ánh sáng đi qua các vùng khác nhau có mật độ vật chất (bụi) và tính chất khác nhau nên độ phân cực ánh sáng cũng có sự thay đổi rõ rệt.

Sau đây là bảng tổng hợp số liệu về độ phân cực và góc pha trong suốt quá trình quan sát từ 25/10/2024 đến 17/11/2024

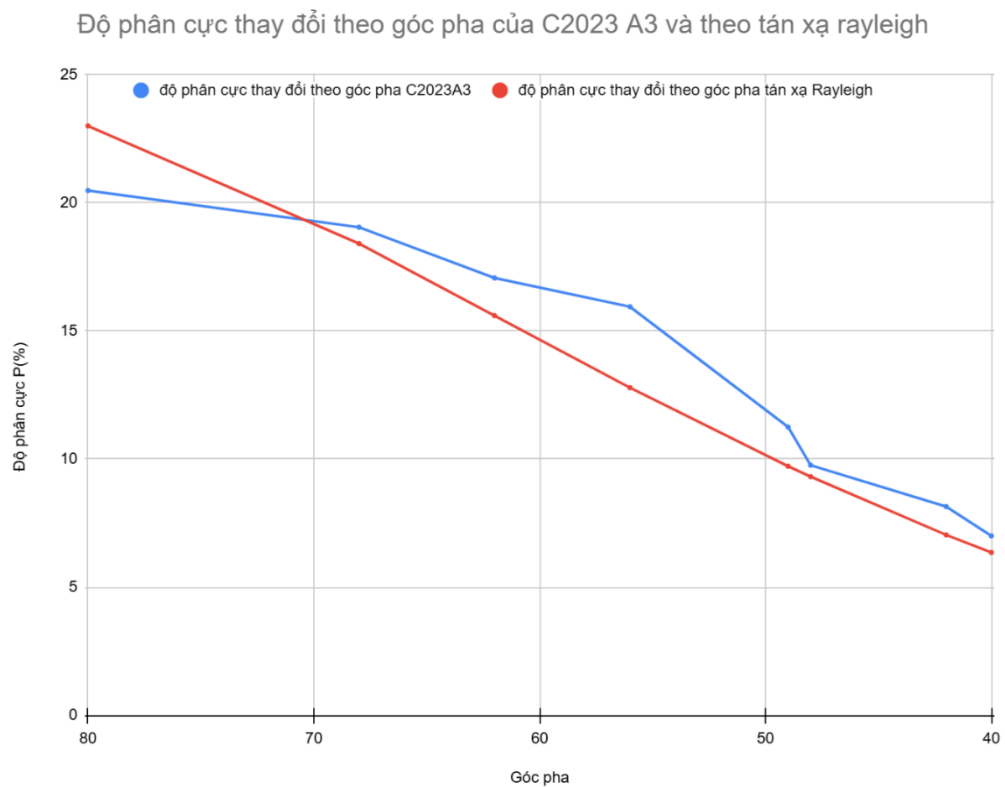
**Bảng 3.14: Bảng tổng hợp độ phân cực của sao chổi C/2023 A3**

| Ngày |            | 25/10 | 29/10 | 01/11 | 04/11 | 09/11 | 10/11 | 15/11 | 17/11 |
|------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| pha  |            | 80 °  | 68 °  | 62 °  | 56 °  | 49 °  | 48 °  | 42 °  | 40 °  |
| P(%) | AVG        | 20,48 | 19,05 | 17,07 | 15,94 | 11,25 | 9,76  | 8,15  | 7,00  |
|      | STD<br>DEV | 1,06  | 2,11  | 1,58  | 1,39  | 0,71  | 0,53  | 0,36  | 1,14  |
|      | Sai số     | 0,61  | 1,50  | 0,46  | 0,34  | 0,22  | 0,17  | 0,16  | 0,30  |

Do điều kiện quan sát thực tế nên chúng ta không thể thu được đầy đủ dữ liệu theo từng góc pha hay từng ngày được, trong đó thời tiết là yếu tố chính. Ngoài ra, tại các ngày có khả năng quan sát thì chất lượng ảnh của từng ngày và khung thời gian có thể quan sát được khác nhau dẫn tới sự chênh lệch cả về chất lượng lẫn số lượng của dữ liệu gây sự khác biệt khá lớn về sai số của từng ngày. Để dễ dàng quan sát và phân tích ta vẽ sơ đồ về sự thay đổi độ phân cực theo góc pha của sao chổi C/2023 A3. Sau đây là biểu đồ về sự thay đổi của độ phân cực với góc pha của sao chổi C/2023 A3:



Hình 3.10: Sự thay đổi của độ phân cực của C/2023 A3 theo góc pha.



Hình 3.11: So sánh sự thay đổi của độ phân cực theo góc pha của C/2023 A3.

Qua biểu đồ ta thấy độ phân cực giảm mạnh theo góc pha nó tuân theo biểu thức phát triển trên tán xạ Rayleigh. Mức độ phân cực tuyến tính của ánh sáng tán xạ bởi một hạt hình cầu nhỏ:



$$p = \frac{Q_{sca}}{I_{sca}} = \frac{1 - \cos^2 \theta}{1 + \cos^2 \theta} = \frac{\sin^2 \theta}{1 + \cos^2 \theta}. \quad (3.1)[10]$$

Ta thấy khi góc pha giảm từ  $90^\circ$  về  $0^\circ$  thì  $\sin^2 \theta$  giảm và  $\cos^2 \theta$  tăng làm cho giá trị phân cực giảm mạnh về 0%. Tuy nhiên khi các sao chổi về góc pha dưới  $20^\circ$  thì việc quan sát hầu như không tiến hành được.

Kết quả trên phù hợp với lý thuyết về sự thay đổi của độ phân cực theo góc pha tuy nhiên do điều kiện quan sát ta chỉ có dữ liệu của nó khi góc pha đang giảm từ  $80^\circ$  về  $40^\circ$ . Để so sánh với độ phân cực theo tán xạ Rayleigh được tính bằng công thức 3.1, ta thay góc pha từ  $80^\circ$  đến  $40^\circ$  vào biểu thức và vẽ biểu đồ của độ phân cực theo góc pha của mô hình này với dữ liệu thực tế thu được. Dưới đây là biểu đồ so sánh sự phân cực thay đổi theo góc pha xây dựng dựa trên công thức (3.1) và dữ liệu thực tế.

Qua biểu đồ cho thấy tính phù hợp cao của mô hình tán xạ Rayleigh trong sự thay đổi độ phân cực của C/2023 A3 theo góc pha. Hay nói cách khác, sự phân cực của C/2023 A3 tuân theo tán xạ Rayleigh với đặc trưng chính là sự phân cực của C/2023 A3 được tạo ra do ánh sáng mặt trời đi qua các hạt bụi có kích thước nhỏ hơn nhiều bước sóng ánh sáng [10].

#### **3.4.6. Nguyên nhân gây phân cực của sao chổi C/2023 A3**

Sự phân cực của sao chổi chủ yếu được gây ra bởi hai cơ chế [9]:

- Sự tán xạ ánh sáng mặt trời bởi các hạt bụi sao chổi: Khi ánh sáng mặt trời tương tác với các hạt bụi trong đầu và đuôi sao chổi, ánh sáng bị tán xạ theo các hướng khác nhau. Quá trình tán xạ này ưu tiên tán xạ ánh sáng theo một số phân cực nhất định, dẫn đến sự phân cực quan sát được của sao chổi. Mức độ phân cực phụ thuộc vào kích thước, hình dạng và thành phần của các hạt bụi.

- Phát xạ huỳnh quang của các phân tử sao chổi: Một số phân tử trong đám mây sao chổi hấp thụ ánh sáng mặt trời và sau đó phát lại ở các bước sóng cụ

thể. Quá trình này, được gọi là huỳnh quang, cũng có thể góp phần vào sự phân cực của sao chổi, đặc biệt là ở các vùng giàu khí gần nhân hơn.

Sự kết hợp tương đối của hai cơ chế này phụ thuộc vào sao chổi cụ thể và bước sóng quan sát. Nhìn chung, sự tán xạ bụi chiếm ưu thế hơn.

Sau đây là một số yếu tố bổ sung có thể ảnh hưởng đến sự phân cực của sao chổi:

Hoạt động của sao chổi: Mức độ hoạt động của sao chổi, được đo bằng tốc độ sản xuất khí và bụi, cũng có thể ảnh hưởng đến độ phân cực của nó. Sao chổi hoạt động mạnh hơn có xu hướng phân cực cao hơn.

Thành phần bụi: sự phân cực của C/2023 A3 tuân theo tán xạ Rayleigh với đặc trưng chính là sự phân cực của C/2023 A3 được tạo ra do ánh sáng mặt trời đi qua các hạt bụi có kích thước nhỏ hơn nhiều bước sóng ánh sáng.

Sao chổi được phân làm 2 loại được đánh giá theo độ phân cực tối đa:

- Độ phân cực tối đa nhỏ hơn 10% sẽ có hai trường hợp. Một là sao chổi có vật chất giải phóng bụi ở đuôi là các hạt Silicate giàu Magnesi. Hai là có một cơ chế khử phân cực do phát thải khí ga [9].

- Độ phân cực tối đa lớn hơn 10%. Đó là một sao chổi có vật chất đuôi là các hạt có chứa Carbonat [9].

Sao chổi C/2023 A3 trong đề án có độ phân cực tối đa ở góc pha  $90^\circ$  lên tới hơn 27% (tính theo công thức 3.1) do đó có thể vật chất trên C/2023 A3 phóng ra môi trường là các hạt bụi có gốc Carbonat.

## KẾT LUẬN

Đề tài “PHƯƠNG PHÁP QUAN SÁT THIÊN VĂN SỬ DỤNG PHÂN CỰC KẾ” thu được những kết quả sau:

Xây dựng phương pháp đo đạc và xử lý số liệu hướng tới giảm sai số và khắc phục nhược điểm của từng loại phương pháp.

Sử dụng phân cực kế polaroid cho kết quả tốt với tinh vân con cua, vẽ được bản đồ màu thể hiện độ phân cực theo vùng tính chất và mật độ vật chất tại đó. Từ đó dự đoán về mật độ vật chất trong lõi tinh vân lớn hơn nhiều so với vùng biên.

Sử dụng phân cực kế dual beam quan sát cụm sao mở IC 1805 cho kết quả phù hợp với các báo cáo trước đây cả về độ phân cực lẫn góc phân cực. Giải thích được nguyên nhân phân cực và sự chênh lệch độ phân cực phía bên trong và bên ngoài của cụm sao mở IC1805.

Dùng phân cực kế polaroid để quan sát C/2023 A3 một sao chổi mới được phát hiện cho thấy sự phân cực rõ ràng của nó thay đổi theo góc pha. Sự phụ thuộc pha phân cực tối đa tại góc pha  $90^\circ$ , giảm dần khi góc pha giảm dần. Sự phân cực của sao chổi này do sự tán xạ ánh sáng khi đi qua vùng bụi khí do sao chổi này phóng ra không gian. Bụi khí này có kích thước hạt nhỏ hơn nhiều bước sóng ánh sáng do đó sự phân cực trên C/2023 A3 tuân theo mô hình tán xạ Rayleigh .

Sao chổi C/2023 A3 trong đề án cho thấy sự phù hợp của mô hình tán xạ Rayleigh phù hợp với sự phân cực của sao chổi. C/2023 A3 có độ phân cực tối đa ở góc pha  $90^\circ$  lên tới hơn 27% - Suy ra từ công thức 3.1 và tại góc pha  $80^\circ$  độ phân cực là 20.48% . Do đó có thể khẳng định rằng vật chất trên C/2023 A3 phóng ra môi trường là các hạt bụi có gốc Carbonat.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Richard Crisp (2007), “*Color Astronomical Imaging Using Polarizing Beamsplitters*”, <http://www.narrowbandimaging.com/>.
- [2] G. Topasna (2019), “Optical Polarimetry in Undergraduate Education,” EPJ Web of Conferences, No. 200.
- [3] J. Hough (2006), “*Polarimetry: a powerful diagnostic tool in astronomy*” Astronomy & Geophysics, Vol 3, No. 47, pp. 3.31-3.35.
- [4] Topasna (2009), “*Stokes parameters in undergraduate laboratory exercises*”, Department of Physics and Astronomy Virginia Military Institute, Lexington, VA.
- [5] K. Zucca (2022), “*Degign, Construction And Investigation Of The Small Polarimeter*”, The Honors College, The University of Maine.
- [6] TOPASNA (2013), “*An Easily Designed and Constructed Optical Polarimeter for Small Telescopes*”, Publications Of The Astronomical Society Of The Pacific, No. 125, pp. 1056–1064.
- [7] Wiersema (2023), “*LE2Pol: the Leicester dual-beam imaging polarimeter*”, RAS Techniques and Instruments, Vol 1, No. 2, pp. 106-113.
- [8] Whittet (1992), “*Polarization standard stars*”, Astrophysical Journal, Vol 562, No.386.
- [9] O. V. DOBROVOLSKY, N. N. KISELEV, and G. P. CHERNOVA (1985),” POLARIMETRY OF COMETS: A REVIEW”, Institute of Astrophysics, Dushanbe, U.S.S.R.
- [10] Thiem Hoang(2024), “Astrophysical Dust Polarization: Theory, Modeling, and Application”, Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon 34055, Republic of Korea.

## Website

- [11] <https://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>
- [12] <https://www.not.iac.es/observing/forms/visibility/>
- [13] <https://www.britannica.com/science/Rayleigh-scattering>
- [14] <https://courses.lumenlearning.com/suny-physics/chapter/27-8-polarization/#:~:text=You%20can%20check%20this%20for,reflected%20light%20more%20horizontally%20polarized.>
- [15] <https://www.physicsclassroom.com/class/light/lesson-1/polarization>