

(OT01) Phát hiện ‘Z’
[25 điểm]

Bạn được cung cấp một bản đồ bầu trời “Map-OT01” cùng với đề thi. Bản đồ này chỉ hiển thị các ngôi sao, không có các thiên thể khuếch tán có kích thước lớn (diffuse objects).

Bốn ngôi sao đã biết (S1, S2, S3 và S4), có trong bản đồ trên, được liệt kê ở bảng dưới đây với tên thông dụng, tên Bayer và tọa độ xích đạo của chúng.

STT	Tên Thông Dụng	Tên Bayer	RA	Dec
S1	Alpheratz	α Andromedae	00h 08m 24s	29° 05' 16"
S2	Markab	α Pegasi	23h 04m 46s	15° 12' 17"
S3	Scheat	β Pegasi	23h 03m 47s	28° 04' 58"
S4	Algenib	γ Pegasi	00h 13m 14s	15° 10' 59"

Hoàn thành các nhiệm vụ (OT01.1) và (OT01.2) trong khi bạn đang lập kế hoạch quan sát.

(OT01.1) Nhiệm vụ đầu tiên của bạn là đánh dấu 4 ngôi sao này (với một vòng tròn xung quanh mỗi ngôi sao) và gắn nhãn chúng là S1, S2, S3 và S4 trên bản đồ bầu trời “Map-OT01” được cung cấp cho bạn. **[6]**

(OT01.2) Một nhà thiên văn học đã phát hiện một diffuse object ‘Z’ mới tại các tọa độ sau **[7]**
 RA: 21h 36m 10.6s, Dec: -26° 10' 24.4"
 Đánh dấu vị trí của diffuse object này trên cùng bản đồ bầu trời “Map-OT01” với ký hiệu $\oplus$ và gắn nhãn ‘Z’ cho nó. Giả sử rằng trong khu vực liên quan của bản đồ, có thể sử dụng lưới hình chữ nhật phẳng tuyến tính (linear rectangular grid) cho tọa độ xích đạo.

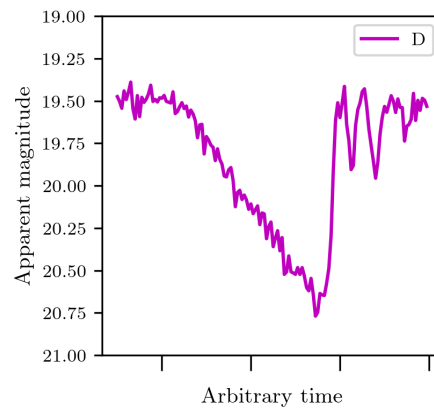
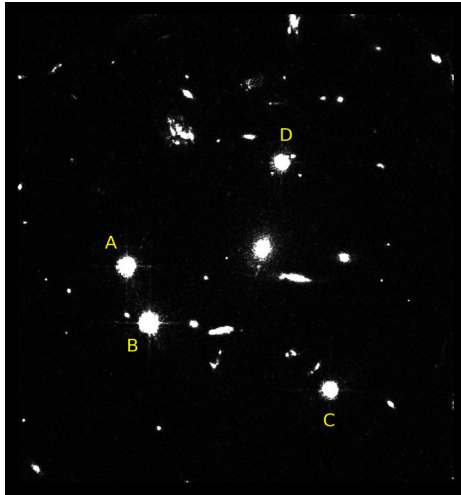
Nhiệm vụ sau đây cần được thực hiện khi bạn đến trạm kính viễn vọng.

Trên màn hình chéo đối diện với trạm của bạn, bạn đầu sẽ hiển thị một thông điệp chào mừng, sau đó là một vùng trời (không liên quan đến câu hỏi) cùng với bộ đếm thời gian. Bạn có thể sử dụng khoảng thời gian này để định hướng kính viễn vọng về phía màn hình và làm quen với các thiết bị khác được cung cấp tại trạm. Khi khoảng thời gian này kết thúc, một phần của bầu trời cho trong bản đồ “Map-OT01” sẽ được chiếu lên màn hình trong 6 phút tiếp theo.

(OT01.3) Tìm thiên thể mới ‘Z’ bằng kính viễn vọng sử dụng bất kỳ thị kính thích hợp nào. Sau đó, căn chỉnh đối tượng đúng cách trong trường nhìn của thị kính với tâm ngắm (crosshair), và cho giám khảo tại trạm của bạn xem. **[12]**
 Khi kết thúc 6 phút, hình chiếu trên màn sẽ bị làm mờ trong 20 giây. Tại thời điểm này, bạn phải rời xa kính viễn vọng. Hình chiếu sẽ được khôi phục để giám khảo kiểm tra việc nhìn qua kính viễn vọng. Điều này đánh dấu nhiệm vụ đầu tiên đã kết thúc.

(OT02) Thời gian trễ do thấu kính hấp dẫn
[25 điểm]

Thấu kính hấp dẫn có thể tạo ra nhiều ảnh của một nguồn nền ở xa (background source) nếu nguồn, thấu kính chắn giữa và người quan sát gần như thẳng hàng. Những ảnh này mất các khoảng thời gian khác nhau để đến người quan sát. Và nếu nguồn nền biến đổi, mỗi ảnh sẽ hiển thị cùng một đặc điểm của sự biến đổi đó sau những độ trễ về thời gian khác nhau. Các phép đo độ trễ thời gian này cực kỳ hữu ích để ước tính hằng số Hubble có liên quan tới tốc độ giãn nở hiện tại của Vũ trụ.



Ta xét hệ thấu kính hấp dẫn được hiển thị trong hình trên. Hình bên trái cho thấy một cụm thiên hà (đóng vai trò thấu kính) cùng với 4 ảnh của một quasar nền tạo bởi thấu kính hấp dẫn. Bốn ảnh, được gắn nhãn A, B, C và D, có các thông lượng khác nhau vì mỗi ảnh được khuếch đại với một mức độ khác nhau. Đối với mỗi ảnh, độ phóng đại không thay đổi theo thời gian. Ánh sáng mất nhiều thời gian nhất để di chuyển cho ảnh được gắn nhãn D.

Ánh sáng đến từ quasar đó biến đổi, và các nhà thiên văn học đã theo dõi hệ này hơn một thập kỷ nay. Hình bên phải hiển thị đường cong ánh sáng cho ảnh D.

Trên màn hình đối diện với trạm của bạn, bạn sẽ quan sát một đoạn phim về hệ thấu kính hấp dẫn. Đoạn phim này dài 28 giây và sẽ lặp lại 6 lần với các khoảng nghỉ 1 phút hoặc 2 phút giữa các lần chạy. Mỗi giây trên đồng hồ tương ứng với 250.0 ngày của hệ thấu kính thực tế.

(OT02.1) Giả sử độ trễ thời gian của các ảnh A, B và C so với ảnh D lần lượt là $t_{DA} = t_D - t_A$, [25]
 $t_{DB} = t_D - t_B$, và $t_{DC} = t_D - t_C$. Tìm các độ trễ thời gian này chính xác nhất có thể.