

(T1) **Đúng hoặc Sai**

Xác định những câu hỏi sau là Đúng hay Sai. Trong phiếu trả lời, đánh dấu (Đúng / Sai) vào mỗi câu. Không cần giải thích cho mỗi câu.

(T1.1) Trong một hình chụp bầu trời vào một đêm trăng tròn với thời gian phơi sáng đủ lâu, màu của bầu trời sẽ có màu giống như màu xanh da trời vào ban ngày. 2

(T1.2) Một nhà thiên văn ở Bhubaneswar đánh dấu vị trí của Mặt Trời trên bầu trời lúc 05:00 UT hàng ngày trong năm. Nếu trục Trái Đất vuông góc với mặt phẳng quỹ đạo của nó thì những vị trí này có thể tạo thành một cung của đường tròn lớn. 2

(T1.3) Nếu chu kì của một vật thể nhỏ quanh Mặt Trời trong mặt phẳng hoàng đạo nhỏ hơn chu kì của sao Thiên Vương thì quỹ đạo của nó phải nằm hoàn toàn trong quỹ đạo của sao Thiên Vương. 2

(T1.4) Khối tâm của hệ mặt trời luôn nằm trong Mặt Trời. 2

(T1.5) Một photon đang chuyển động tự do trong không gian. Khi Vũ Trụ giãn nở, động lượng của nó giảm. 2

(T2) **Khí của Titan**

Các phân tử khí trong khí quyển một hành tinh có phân bố tốc độ rộng. Nếu tốc độ chuyển động nhiệt r.m.s của các hạt khí nào đó lớn hơn 1/6 tốc độ thoát khỏi hành tinh thì hầu hết khí đó sẽ thoát khỏi hành tinh đó. Khối lượng nguyên tử nhỏ nhất (khối lượng nguyên tử tương đối, A_{\min} , của một khí lý tưởng, đơn nguyên tử để có thể duy trì khí cho Titan là bao nhiêu?

Cho, khối lượng Titan $M_T = 1.23 \times 10^{23}$ kg, bán kính Titan $R_T = 2575$ km, nhiệt độ bề mặt Titan $T_T = 93.7$ K

(T3) **Vũ Trụ thuở ban đầu**

Các mô hình Vũ Trụ chỉ ra rằng mật độ năng lượng bức xạ, ρ_r , trong Vũ Trụ tỉ lệ thuận với $(1+z)^4$, và mật độ năng lượng vật chất, ρ_m , tỉ lệ thuận với $(1+z)^3$, trong đó z là dịch chuyển đỏ. Tham số mật độ không thứ nguyên, Ω , được cho bởi $\Omega = \rho/\rho_c$, trong đó ρ_c là mật độ năng lượng giới hạn của Vũ Trụ. Trong Vũ Trụ hiện tại, các tham số mật độ tương ứng với bức xạ và vật chất là $\Omega_{r_0} = 10^{-4}$ và $\Omega_{m_0} = 0.3$.

(T3.1) Tính độ dịch chuyển đỏ, z_e , mà ở đó mật độ năng lượng vật chất bằng mật độ năng lượng bức xạ. 3

(T3.2) Giả sử rằng, bức xạ từ Vũ Trụ ban đầu có dạng phổ của vật đen, với nhiệt độ đỉnh là 2.732 K, hãy ước lượng nhiệt độ, T_e , của bức xạ tại dịch chuyển đỏ z_e . 4

(T3.3) Ước lượng năng lượng trung bình của photon, E_ν (theo đơn vị eV), của bức xạ tại độ dịch chuyển đỏ z_e , khi nó nhận được bởi người quan sát hiện nay. 3

(T4) **Các bóng đổ**

Một người quan sát ở bán cầu bắc, đã thấy rằng chiều dài của bóng ngắn nhất của một cây cột thẳng đứng cao 1.000 m (1 mét) vào một ngày là 1.732 m. Vào cùng ngày đó, chiều dài của bóng dài nhất của cây gậy đó là 5.671 m.

Tìm vĩ độ, ϕ , của người quan sát và xích vĩ của mặt trời, δ_\odot , vào ngày đó. Giả sử rằng, Mặt Trời là một nguồn điểm và bỏ qua sự khúc xạ của khí quyển.

(T5) **Di chuyển qua búp sóng của kính vô tuyến GMRT**

Kính thiên văn vô tuyến bước sóng mét không lỗ (GMRT), là một trong những kính thiên văn vô tuyến lớn nhất thế giới hoạt động ở bước sóng mét, nằm ở phía tây Ấn Độ (vĩ độ: $19^\circ 6' N$, kinh độ: $74^\circ 3' E$). GMRT bao gồm 30 đĩa ăng ten, mỗi cái có đường kính 45.0 m. Một đĩa đơn GMRT được dựng cố định với trục của nó hướng tới thiên đỉnh ở góc $39^\circ 42'$ dọc theo kinh tuyến bắc (kinh tuyến địa phương) để sao cho một nguồn điểm sóng vô tuyến sẽ đi theo đường kính của búp sóng (beam) khi di chuyển qua kinh tuyến địa phương.

Tính thời gian di chuyển T_{transit} của nguồn này qua FWHM (độ rộng tại cường độ $1/2$) của búp sóng (beam) của một anten GMRT khi quan sát ở tần số 200 MHz.

10

10

10

Gợi ý: FWHM (độ rộng tại cường độ $1/2$) của búp sóng của một đĩa anten hoạt động ở tần số nào đó sẽ là độ phân giải góc của đĩa anten, với giả thiết là mặt sóng rơi đều khắp mặt đĩa anten.

(T6) **Sự dao động Cepheid**

Sao β -Doradus là một sao biến quang Cepheid với chu kỳ phát xung 9,84 ngày. Chúng ta cùng giả sử đơn giản rằng, ngôi sao đó sáng nhất khi nó co lại nhiều nhất (bán kính khi đó R_1) và nó mờ nhất khi nó giãn nở nhất (bán kính khi đó là R_2). Để đơn giản, giả sử rằng ngôi sao đó duy trì hình dạng cầu và xem nó như là một vật đen hoàn toàn ở thời điểm bất kỳ trong suốt chu kỳ biến đổi của nó. Cấp sao bolometric biến đổi từ 3.46 đến 4.08. Từ việc đo hiệu ứng Doppler, chúng ta biết rằng, suốt quá trình phát xung, bề mặt ngôi sao giãn nở hoặc co lại theo phương bán kính với tốc độ trung bình 12.8 km s^{-1} . Suốt quá trình phát xung, đỉnh cực đại của nhiệt bức xạ của ngôi sao biến đổi từ 531.0 nm đến 649.1 nm.

(T6.1) Tìm tỉ số bán kính của ngôi sao khi nó co nhiều nhất và giãn nhiều nhất (R_1/R_2). 7

(T6.2) Tìm bán kính của ngôi sao (theo mét) trong trạng thái co nhất và giãn nhất (R_1 và R_2). 3

(T6.3) Tính thông lượng của ngôi sao, F_2 , khi nó giãn nhất. 5

(T6.4) Tìm khoảng cách đến ngôi sao đó, D_{star} , theo đơn vị parsec. 5

(T7) **Kính thiên văn quang học.**

Trong một kính thiên văn khúc xạ lý tưởng có tỉ số tiêu cự $f/5$, chiều dài tiêu cự của vật kính là 100 cm và của thị kính là 1 cm.

(T7.1) Độ bội giác, m_0 , của kính này là bao nhiêu? Tìm chiều dài kính, L_0 , là khoảng cách giữa vật kính và thị kính? 4

Một kính lồi được đặt vào (kính Barlow) giữa vật kính và tiêu điểm chính là một cách để tăng độ bội giác mà không làm tăng chiều dài kính. Một kính Barlow có tiêu cự 1 cm được đặt giữa vật kính và thị kính để tăng gấp đôi độ bội giác.

(T7.2) Ở khoảng cách nào, d_B , từ tiêu điểm chính phải đặt kính Barlow để đạt được độ phóng đại gấp đôi này? 6

(T7.3) Cần phải tăng chiều dài, ΔL , của kính thiên văn bao nhiêu? 4

Một kính thiên văn được cấu tạo với cùng vật kính và một đầu dò CCD được thay thế tại tiêu điểm chính (không có kính Barlow hay thị kính). Kính cỡ của mỗi điểm ảnh của đầu dò CCD là 10 μm .

(T7.4) Có bao nhiêu điểm ảnh, n_p , giữa tâm 2 ảnh của 2 ngôi sao trên CCD nếu hai ngôi sao cách nhau $20''$ trên bầu trời? 6

(T8) **Trắc quang dải U-band**

Một ngôi sao có cấp sao biểu kiến $m_U = 15.0$ trong băng U . Phin lọc băng U là lý tưởng, nghĩa là, nó trong suốt hoàn toàn trong băng đó (100 % truyền qua) và mờ hoàn toàn ngoài băng đó (0% truyền qua). Phin lọc có bước sóng trung tâm là 360 nm, và có bề rộng băng thông 80 nm. Giả sử rằng, ngôi sao đó có phân bố năng lượng không đổi theo tần số. Sự chuyển đổi giữa cấp sao, m , trong bất kỳ băng phổ nào và mật độ thông lượng, f , của một ngôi sao trong vị Janskies ($1 \text{ Jy} = 1 \times 10^{-26} \text{ W Hz}^{-1} \text{ m}^{-2}$) được cho bởi

$$f = 3631 \times 10^{-0.4m} \text{ Jy}$$

(T8.1) Khoảng bao nhiêu photon, N_0 , trong băng U này, từ ngôi sao này sẽ đến trong một m^2 tiết diện ở tầng trên cùng của khí quyển Trái Đất mỗi giây? 8

Ngôi sao này được quan sát trong băng U , dùng một kính thiên văn mặt đất, có một gương vật kính có đường kính 2 m. Khí quyển làm tắt băng U trong quá trình quan sát là 50%. Thí sinh có thể giả sử rằng tầm nhìn là tốt. Độ sáng trung bình của trời đêm trong băng U được đo là $22.0 \text{ mag/arcsec}^2$.

(T8.2) Tìm tỉ số, R , của số photon nhận được trong một giây từ ngôi sao đó và nhận từ bầu trời, khi đo trên một vùng tròn đường kính khẩu độ $2''$? 8

(T8.3) Khi thực hành, chỉ 20% photon của băng U rơi vào gương vật kính được dò thấy. Tìm số photon, N_i , từ ngôi sao đó dò được trong 1 giây? 4

(T9) **Nhiệm vụ thăm dò sao Hỏa**

Tàu Nhiệm vụ thăm dò sao Hỏa của Ấn Độ (MOM) đã được phóng, sử dụng thiết bị phóng vệ tinh cực (PSLV) vào ngày 5 tháng 11 năm 2014. Khối lượng khô của MOM (thân + thiết bị) là 500 kg và nó mang nhiên liệu khối lượng 852 kg. Nó có vị trí ban đầu trong quỹ đạo elip quanh Trái Đất với cận điểm ở độ cao 264.1 km và viễn điểm ở độ cao 23903.6 km, trên bề mặt Trái Đất. Sau khi nâng quỹ đạo lên sáu lần, MOM đã được chuyển tới một quỹ đạo chuyển tiếp sao Hỏa (quỹ đạo Hohmann).

Lần thực hiện nâng quỹ đạo đầu tiên đó được thực hiện bằng cách đốt động cơ trong thời gian ngắn, khi gần cận điểm. Động cơ được đốt thay đổi quỹ đạo mà không thay đổi mặt phẳng quỹ đạo và không thay đổi cận điểm. Điều này đẩy một xung lực tổng $1.73 \times 10^5 \text{ kg m s}^{-1}$ lên vệ tinh. Bỏ qua sự thay đổi khối lượng do đốt nhiên liệu.

(T9.1) Độ cao của điểm cực viễn mới, h_a từ bề mặt Trái Đất, sau khi chạy động cơ là bao nhiêu? 14

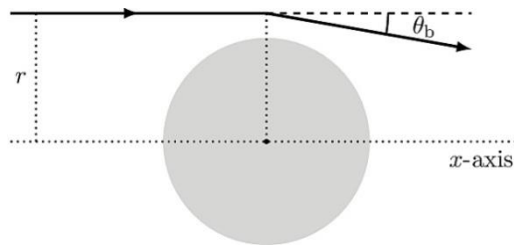
(T9.2) Tìm tâm sai (e) của quỹ đạo mới sau khi đốt động cơ và chu kỳ quỹ đạo mới (P) của MOM theo đơn vị giờ. 6

(T10) Thấu kính hấp dẫn

Lý thuyết tương đối rộng của Anhtanh đã tiên đoán sự bẻ cong tia sáng quanh các vật khối lượng lớn. Để đơn giản, chúng ta giả sử rằng sự bẻ cong tia sáng xảy ra ở một điểm duy nhất cho mỗi tia sáng, như trên hình. Góc bẻ, θ_b , được cho bởi

$$\theta_b = \frac{2R_{sch}}{r}$$

Trong đó R_{sch} là bán kính Schwarzschild liên kết với vật hấp dẫn đó. Chúng ta gọi r là khoảng cách từ tia sáng tới đến trục x - theo phương song song tia tới và qua tâm vật thể, như là “tham số tương tác”.



Một vật khối lượng lớn được coi như một thấu kính hội tụ. Các tia sáng đến từ khoảng cách rất xa vượt qua một vật khối lượng lớn, và có cùng tham số tương tác r , tập trung tại một điểm dọc theo trục, ở khoảng cách f_r từ tâm của vật khối lượng lớn. Một người quan sát ở điểm đó sẽ thu lợi từ sự khuếch đại khổng lồ nhờ thấu kính hấp dẫn này. Vật khối lượng lớn đó trong trường hợp này được dùng như một Kính Thiên Văn Hấp Dẫn dùng để khuếch đại các tín hiệu xa.

(T10.1) Xem xét khả năng dùng Mặt Trời như là một Kính Thiên Văn Hấp Dẫn. Tính khoảng cách ngắn nhất, f_{min} , từ tâm của Mặt Trời (theo đơn vị A. U.) mà tại đó các tia sáng hội tụ. 6

(T10.2) Xét một đầu dò tròn, nhỏ bán kính a , giữ ở khoảng cách f_{min} có tâm trên trục x và vuông góc với trục. Chú ý rằng, chỉ các tia sáng đi qua giữa hình vành khăn (nhấn) có bề rộng h (với $h \ll R_{\odot}$) quanh Mặt Trời có thể đến đầu dò. Tham số khuếch đại tại đầu dò được xác định như là tỉ số của cường độ của ánh sáng tới đầu dò khi có Mặt Trời và cường độ ánh sáng khi không có Mặt Trời. 8

Biểu diễn hệ số khuếch đại, A_m , tại đầu dò theo R_{\odot} và a .

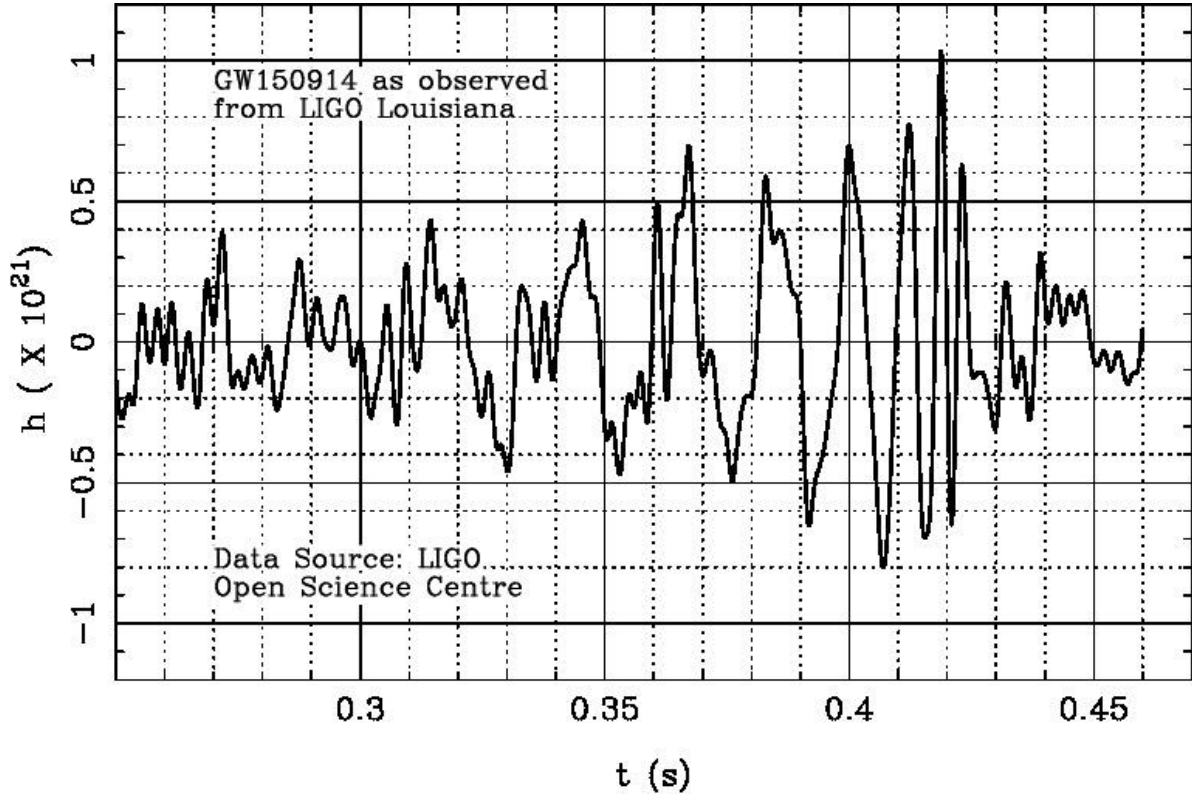
(T10.3) Xét một vật khối lượng phân bố cầu, chẳng hạn vật chất tối trong một đám thiên hà, qua đó, các tia sáng có thể đi qua trong khi vẫn bị lệch bởi sự hấp dẫn. Giả sử đơn giản rằng, đối với sự bẻ tia sáng do hấp dẫn, với tham số tương tác, r , chỉ có khối lượng $M(r)$ phía trong bán kính r là liên quan. 6

Phân bố khối lượng, $M(r)$, như nào để ở đó thấu kính hấp dẫn thể hiện giống như một thấu kính quang học lỗi lý tưởng?

(T11) Các sóng hấp dẫn

Tín hiệu sóng hấp dẫn đầu tiên được quan sát bởi hai đầu thu LIGO đặt tại Hanford và Livingston, Mỹ vào tháng 9 năm 2015. Một trong những kết quả đo đạc này (độ biến dạng theo thời gian tính theo giây) được cho trên hình. Trong bài này, ta sẽ phân tích tín hiệu này theo dạng là một khối lượng nhỏ m

chuyển động trên quỹ đạo quanh một khối lượng lớn M (nghĩa là $m \ll M$) và xem xét một số mô hình về bản chất của khối lượng ở trung tâm.



Khối lượng thử nghiệm (m) mất mát năng lượng do phát xạ sóng hấp dẫn. Do vậy quỹ đạo sẽ co nhỏ dần cho đến khi khối lượng thử nghiệm này tới được bề mặt của vật thể, hoặc trong trường hợp của hố đen là tới vị trí quỹ đạo ổn định trong cùng -ISCO- được cho bởi công thức $R_{\text{ISCO}} = 3 R_{\text{sch}}$ trong đó R_{sch} là bán kính Schwarzschild của hố đen. Tên gọi của hiện tượng này là thời kỳ hợp nhất. Tại thời điểm đó, biên độ của sóng hấp dẫn là lớn nhất và tần số của sóng cũng vậy vì nó luôn bằng hai lần chu kỳ quỹ đạo. Trong bài này ta sẽ chỉ tập trung vào sóng hấp dẫn trước khi xảy ra hiện tượng hợp nhất, khi mà các định luật Kepler vẫn còn áp dụng được. Sau khi xảy ra hiện tượng hợp nhất, dạng của sóng hấp dẫn sẽ thay đổi đi rất nhiều.

(T11.1) Xét sóng hấp dẫn được cho trên hình bên trên. Hãy ước lượng chu kỳ, T_0 , và tần số, f_0 , của sóng hấp dẫn tại thời điểm ngay trước khi xảy ra hiện tượng kết hợp. 3

(T11.2) Đối với sao trong dãy chính (MS), bán kính của sao, R_{MS} và khối lượng M_{MS} của nó được liên hệ qua luật hàm mũ như sau: 10

$$R_{\text{MS}} \propto (M_{\text{MS}})^{\alpha}$$

$$\text{where } \alpha = \begin{cases} 0.8 & \text{for } M_{\odot} < M_{\text{MS}} \\ 1.0 & \text{for } 0.08M_{\odot} \leq M_{\text{MS}} \leq M_{\odot} \end{cases}$$

Nếu như vật ở trung tâm là một ngôi sao trong dãy chính, hãy viết biểu thức cho tần số cực đại của sóng hấp dẫn f_{MS} , theo khối lượng của sao theo đơn vị khối lượng mặt trời (M_{MS}/M_{\odot}) và α .

(T11.3) Sử dụng kết quả trên, xác định giá trị phù hợp của α để có được tần số sóng hấp dẫn lớn nhất có thể, $f_{\text{MS, max}}$ đối với một ngôi sao trong dãy chính bất kỳ. Hãy đánh giá tần số này. 9

(T11.4) Các sao lùn trắng (WD) có khối lượng cực đại là $1.44M_{\odot}$ (được biết là giới hạn Chandrasekhar) và tuân theo mối liên hệ khối lượng - kích thước là $R \propto M^{-1/3}$. Bán kính của sao lùn trắng với khối lượng bằng với khối lượng mặt trời là 6000 km. Tìm tần số sóng hấp 8

dẫn lớn nhất được phát ra, $f_{WD,max}$, nếu khối lượng thử nghiệm chuyển động trên quỹ đạo quanh một sao lùn trắng nào đó.

- (T11.5) Sao neutron (NS) là một loại vật thể nhỏ có khối lượng từ 1 đến $3M_{\odot}$ và bán kính trong khoảng 10 – 15km. Tìm khoảng tần số sóng hấp dẫn, $f_{NS,min}$ và $f_{NS,max}$, nếu khối lượng thử nghiệm chuyển động trên quỹ đạo quanh sao neutron ở khoảng cách gần với bán kính của sao 8
- (T11.6) Nếu khối lượng thử nghiệm chuyển động trên quỹ đạo quanh một hố đen (BH), hãy viết biểu thức biểu diễn tần số của sóng hấp dẫn, f_{BH} , theo khối lượng của hố đen, M_{BH} , và khối lượng mặt trời M_{\odot} . 7
- (T11.7) Dự trên chu kỳ (hay là tần số) của sóng hấp dẫn trước thời kỳ kết hợp, hãy xác định xem vật thể trung tâm là sao trong dãy chính (MS), sao lùn trắng (WD), sao neutron (NS) hay là một hố đen (BH). Hãy đánh dấu vào ô lựa chọn phù hợp trong tờ phiếu trả lời. Đánh giá khối lượng của vật thể này M_{obj} theo đơn vị của M_{\odot} . 5

(T12) Hành tinh ngoài hệ mặt trời

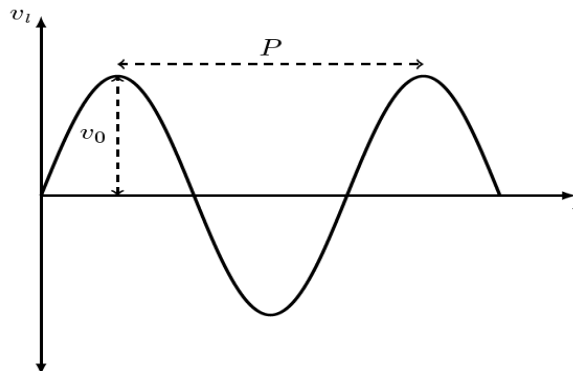
Hai phương pháp chính để phát hiện hành tinh ngoài hệ mặt trời là phương pháp vận tốc bán kính (hay còn gọi phương pháp chuyển động lắc) và phương pháp thiên thực (transit). Trong bài này chúng ta sẽ tìm hiểu bằng cách tổng hợp các kết quả của hai phương pháp này có thể đưa ra được rất nhiều thông tin về hành tinh và ngôi sao mà nó quay xung quanh.

Trong toàn bộ bài này, ta xét một hành tinh có khối lượng M_p và bán kính R_p chuyển động trên quỹ đạo tròn có bán kính a quanh ngôi sao có khối lượng M_s ($M_s \gg M_p$) và bán kính R_s . Pháp tuyến với mặt phẳng quỹ đạo của hành tinh nghiêng góc i so với đường nhìn ($i = 90^\circ$ có nghĩa là người quan sát nằm trong mặt phẳng quỹ đạo). Ta giả thiết rằng không có hành tinh nào khác chuyển động quanh ngôi sao và $R_s \ll a$.

Phương pháp chuyển động lắc:

Khi một hành tinh và một ngôi sao chuyển động quanh khối tâm chung, ngôi sao sẽ được thấy chuyển động một chút, hay là lắc vì khối tâm của ngôi sao không trùng với khối tâm chung của hệ sao - hành tinh. Do vậy ánh sáng từ ngôi sao sẽ có một chút dịch chuyển Doppler liên hệ trực tiếp tới vận tốc của chuyển động lắc này.

Vận tốc chuyển động theo đường nhìn v_i của ngôi sao có thể được xác định từ dịch chuyển Doppler của một vạch phổ đã biết and chu kỳ biến đổi t của nó được thể hiện trên hình vẽ dưới đây. Trong hình vẽ, hai đại lượng đo được bằng phương pháp này là chu kỳ quỹ đạo P và vận tốc cực đại theo đường nhìn v_0 như được chỉ ra.



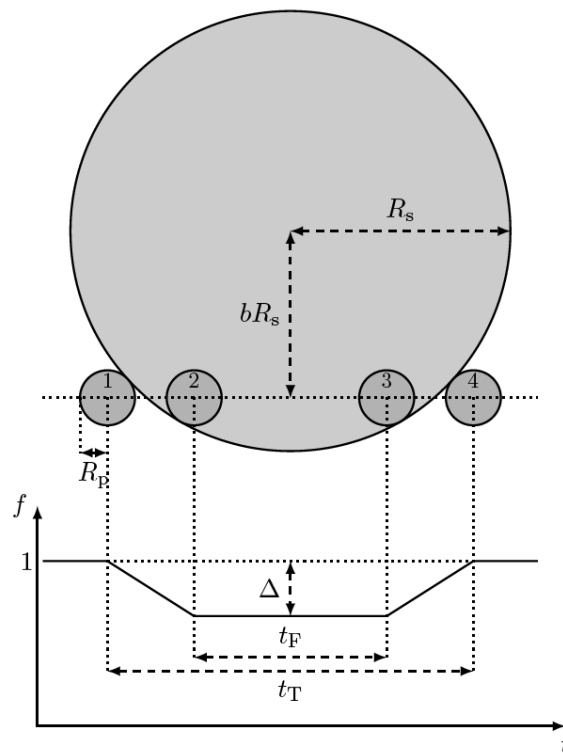
- (T12.1) Tính bán kính quỹ đạo a và vận tốc quỹ đạo v_p của hành tinh theo M_s và P . 3
- (T12.2) Tính giới hạn dưới của khối lượng hành tinh $M_{p,min}$ theo M_s , v_0 và v_p . 4

Phương pháp thiên thực:

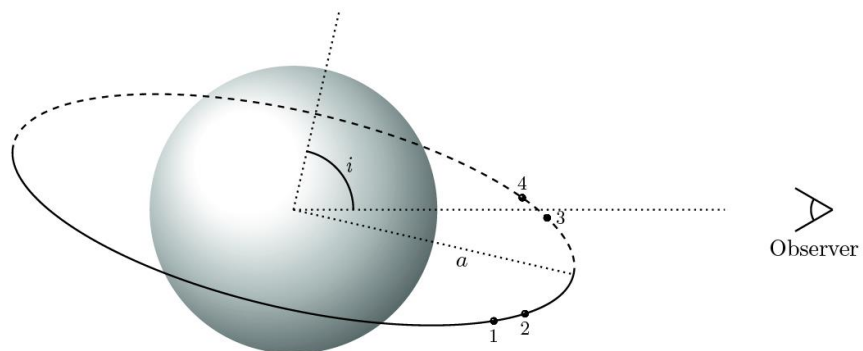
Khi một hành tinh quay trên quỹ đạo quanh ngôi sao, với mặt phẳng quỹ đạo gần với đường nhìn ($i \approx 90^\circ$), hành tinh sẽ định kỳ đi qua phía trước của đĩa sao so với người quan sát, nghĩa là gây ra thiên

thực. Hiện tượng này gây ra một sự giảm rất nhỏ, nhưng có thể đo được, với thông lượng sáng của sao. Giản đồ dưới đây (vẽ không theo đúng tỷ lệ thật) cho thấy hiện tượng này nhìn từ người quan sát và đường biểu diễn cường độ sáng (thông lượng sáng f được chuẩn hóa, biến đổi theo thời gian t) cho trường hợp đĩa sao sáng đều.

Nếu như góc nghiêng i là 90° , hành tinh sẽ được quan sát thấy đi qua đĩa sao theo đường kính. Với các giá trị khác của i , thiên thực xảy ra theo một dây cung với tâm nằm ở khoảng cách bR_s từ tâm của đĩa sao, như thể hiện trên hình. Thông lượng sáng của sao khi không có thiên thực được chuẩn hóa về 1 và cực đại của thông lượng sáng khi xảy ra thiên thực là Δ .



Bốn vị trí quan trọng trong quá trình xảy ra thiên thực là tiếp xúc lần 1 lần 2, lần 3 và lần 4, được đánh số lần lượt từ 1 đến 4 trên hình vẽ. Khoảng thời gian giữa tiếp xúc lần 2 và lần 3 được gọi là t_F , khi đĩa của hành tinh nằm hoàn toàn bên trong đĩa sao. Khoảng thời gian giữa tiếp xúc lần 1 và lần 4 được gọi là t_T . Các điểm này cũng được đánh dấu trên hình vẽ dưới đây, mô tả quỹ đạo của hành tinh nhìn theo



phương ngang (vẽ không đúng tỉ lệ).

Các đại lượng đo được trong phương pháp thiên thực là P , t_T , t_F và Δ .

- (T12.3) Tìm các giới hạn của i theo R_s và a để thiên thực có thể quan sát được đối với tất cả người quan sát ở xa.
- (T12.4) Tìm biểu thức biểu diễn Δ theo R_s và R_p . 1
- (T12.5) Biểu diễn t_T và t_F theo R_s , R_p , a , P và b . 8
- (T12.6) Trong gần đúng khi mà quỹ đạo lớn hơn bán kính sao rất nhiều, biểu diễn tham số b theo các tham số đo được từ đường biểu diễn độ sáng thu được qua quan sát. 5
- (T12.7) Sử dụng kết quả ở phần (T13.6) để tìm biểu thức cho tỷ số a/R_s theo các đại lượng đo được từ hiện tượng thiên thực, nhờ sử dụng phép gần đúng phù hợp. 3
- (T12.8) Kết hợp các kết quả của phương pháp chuyển động lắc và phương pháp thiên thực để xác định khối lượng riêng trung bình của sao $\rho_s \equiv \frac{M_s}{4\pi R_s^3/3}$ theo t_T , t_F , Δ và P . 6

Hành tinh đá hay khí:

Xét một hệ sao - hành tinh nhìn ngang ($i = 90^\circ$, người quan sát từ trái đất nằm trong mặt phẳng quỹ đạo) với hành tinh chuyển động trên quỹ đạo tròn. Biết rằng khối lượng của ngôi sao là $1.00M_{\text{sun}}$. Các thiên thực được quan sát có chu kỳ P là 50.0 ngày và toàn bộ thời gian xảy ra thiên thực t_T là 1.00 giờ. Độ sâu (Δ) của thiên thực là 0.0064. Hệ này cũng được quan sát bằng phương pháp chuyển động lắc cho thấy giá trị cực đại của vận tốc theo đường nhìn là 0.400 m/s.

- (T12.9) Tìm bán kính quỹ đạo a của hành tinh theo đơn vị AU và theo mét. 2
- (T12.10) Tìm tỷ số t_F/t_T của hệ. 2
- (T12.11) Tính khối lượng M_p và bán kính R_p của hành tinh theo khối lượng và bán kính của trái đất. Thành phần của hành tinh sẽ là đất đá hay khí? đánh dấu tương ứng vào ô Đất đá (ROCKY) hoặc KHÍ (GASEOUS) trong phiếu trả lời. 8

Đường biểu diễn thực tế cường độ sáng của thiên thực.

(T12.12) Xét một thiên thực gây bởi hành tinh với $i = 90^\circ$ quanh một ngôi sao có vết đen có kích thước tương tự như kích thước của hành tinh, R_p , ở xích đạo của nó. Chu kỳ quay của ngôi sao là $2P$. Hãy vẽ giản đồ biểu diễn cường độ sáng cho 5 lần thiên thực liên tiếp gây bởi hành tinh. Khi không có thiên thực cường độ sáng có thể được chuẩn hóa về đơn vị. Giả thiết rằng hành tinh không gặp vết đen khi xảy ra thiên thực thứ nhất nhưng gặp ở lần thiên thực thứ hai. 4

(T12.13) Trong toàn bộ bài này ta đã coi đĩa sao là sáng đều. Tuy nhiên đĩa sao thực tế có hiện tượng tối ở biên (limb darkening). Hãy vẽ giản đồ biểu diễn cường độ sáng khi hiện tượng tối ở biên xảy ra ở ngôi sao này. 2