المحاضرة الثامنة عشر
الفصل الخامس

المنظومات والمتغيرات النجمية:

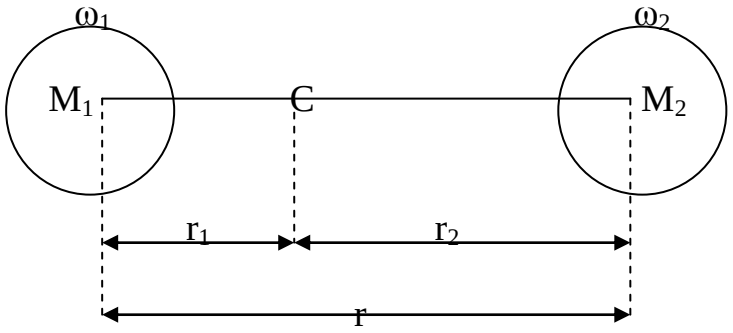
النجوم الثنائية-: يطلق اسم النجم الثنائي او المزدوج على كل نجمين متقاربين ومرتبطين ببعضهما بواسطة الجاذبية المشتركة وان قوة الجاذبية بينهما تؤدي الى دورانهما حول مركز ثقليهما المشترك.
تتكون من الثنائيات المرئية والثنائيات المطيافية. وكل نوع يمكن أن يكون أيضًا ثنائي الكسوف.

الثنائيات المرئية. عندما تُرى خلال التلسكوب، تشبه نجمين يدور أحدهما حول الآخر. وقد تستغرق دورة واحدة من دورات هذه النجوم ١٠٠ سنة.

الثنائيات المطيافية. تشبه نجومًا منفردة، حتى خلال التلسكوب. وقد أخذ اسمها من المطياف (المقياس الطيفي) أي الجهاز الذي يستعمله الفلكيون للتعرف عليها. ينشر المنظار الطيفي ضوء النجم الثنائي إلى الطيف، وهو شريط من الألوان مشابه لقوس قزح. وتميز خصائص معينة من الطيف الضوء الذي يأتي من الثنائي. وتكمل الثنائيات المطيافية دوراتها بعضها حول بعض في أيام قليلة أو شهور قليلة.

تشمل الثنائيات المشهورة نجم الأزار (المئزر)، ونجم رأس الغول (السهَا)، وهما نجمان في الدب الأكبر يشكلان نجمًا مزدوجًا، يمكن أن يرى بدون تلسكوب. أيضًا يظهر نجم الأزار خلال التلسكوب كثنائي مرئي. وعليه، فإن كلا النجمين اللذين يكونان نجم الأزار هما من الثنائيات المطيافية. ونجم رأس الغول أيضًا نجم مطيافي. وهكذا تشكل نجوم الأزار الأربعة ونجما رأس الغول مجموعة من ست نجوم. وتسمى مثل هذه المجموعات من النجوم النجوم المتعددة.

وفيما يلي اشتقاق المعادلة اللازمة لأستخراج مجموع كتلتي نجمين في مزدوج.



شكل (٥-١)
مخطط استخراج مجموع كتلتي نجمين الثنائيات الكسوفية

لنفرض ان كتلة كل من النجمين في منظومة ثنائية M_1 , M_2 وان بعديهما عن مركز ثقليهما المشترك r_1 , r_2 كما موضح في الشكل (٥-١) ولنفرض ان السرعة الزاوية لكل منهما , ω_1 ω_2 وان p الزمن الدوراني للنجمين حول مركز ثقليهما ، اذن:

$$\omega_1 \cong \omega_2 = \frac{2\pi}{p} \quad \text{..... 1-5}$$

$$r = r_1 + r_2 \text{ .....2-5}$$

من الشكل (٥-١) نجد ان :

$$M_1 r_1 = M_2 r_2 = \frac{M_1 M_2}{M_1 + M_2} r \quad \text{.....3-5}$$

واستنادا الى قوانين نيوتن في الجاذبية العامة نجد ان القوة المؤثرة بين النجمين هي :

$$F = G\frac{M_1 M_2}{r^2} = M_1 \frac{v_1^2}{r_1} = M_2 \frac{v_2^2}{r_2} \quad \text{.....4-5}$$

حيث v_1 , v_2 السرعة الخطية للنجمين
وبما ان :

$$v = r\omega$$

$$G\frac{M_1 M_2}{r^2} = M_1 \frac{v_1^2}{r_1} = M_1 \omega_1^2 r_1 = \frac{4\pi^2}{p^2} M_1 r_1 \quad \text{.....5-5}$$

$$G\frac{M_2}{r^2} = \frac{4\pi^2}{p^2} r_1$$

من المعادلة (٥-٣) نحصل على :

$$r_1 = \frac{M_2}{M_1 + M_2} r \quad \text{.....6-5}$$

وعند التعويض نحصل على :

$$p = 2\pi \left(\frac{r^3}{G(M_1 + M_2)} \right)^{1/2} \quad \text{.....7-5}$$

وبالنسبة للارض عند دورانها حول الشمس تصبح المعادلة ٥-٧ كما يلي:

$$p_{\oplus} = 2\pi\left(\frac{A^3}{G(M_o + M_{\oplus})}\right)^{1/2} \quad \text{.....8-5}$$

حيث :

$p_{\oplus}$: مدة دوران الارض حول الشمس ١ سنة

M_o : كتلة الشمس

$M_{\oplus}$: كتلة الارض

A : نصف المحور الاكبر لمدار الارض حول الشمس

وبما ان كتلة الارض أصغر بكثير من كتلة الشمس لذا يمكن اهمالها فتصبح المعادلة (٥-٨) :

$$p_{\oplus} = 2\pi\left(\frac{A^3}{GM_o}\right)^{1/2} \quad \text{.....9-5}$$

نعوض عن $p_{\oplus}$ بمقدار سنة واحدة ونعوض عن قيمة G من المعادلة (٥-٩) في المعادلة (٥-٧) نحصل على:

$$M_1 + M_2 = \left(\frac{r}{A}\right)^3 \frac{M_o}{p^2} \quad \text{.....10-5}$$

ان المعادلة (٥-١٠) هي معادلة استخراج مجموع كتلتي نجمين في منظومة ثنائية بدلالة كتلة الشمس حيث r البعد بين النجمين و A نصف المحور الاكبر لمدار الارض حول الشمس . ولكن في أغلب الاحيان لا يمكن استخراج قيمة r بدون معرفة البعد الزاوي بين النجمين فلهذا يفضل استخدام الزاوية القوسية بين نجمي الثنائي.

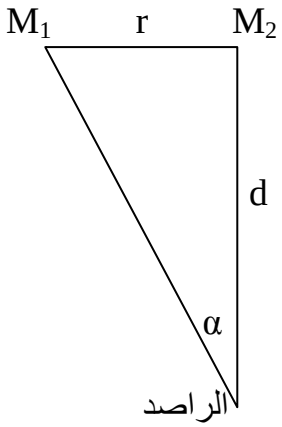
فاذا فرضنا ان البعد الزاوي بين النجمين α وان زاوية اختلاف المنظر للنجم الثنائي p'' نحصل على ما يلي:

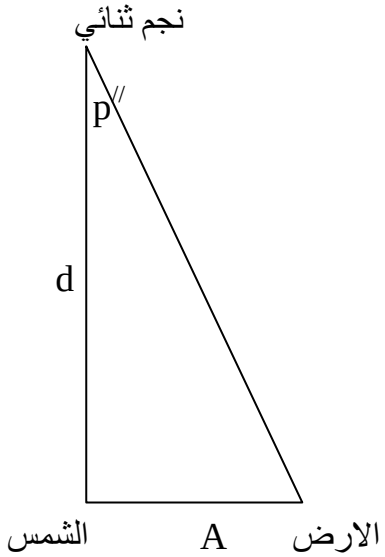
$$Sin\alpha = \frac{r}{d}$$

وبما ان α صغيرة جدا فأن

$Sin\alpha = \alpha$ نصف قطرية

$$\alpha = \frac{r}{d} \quad \text{.....(11-5)}$$





من الشكل اعلاه

$$\text{Sin } p'' = A / d \quad \text{.....(12 -5)}$$

من المعادلتين (٥-١١)و (٥-١٢) نحصل على :

$$\frac{r}{A} = \frac{\alpha}{p''} \quad \text{.....(13-5)}$$

وبالتعويض في معادلة (٥-١٠) نحصل على :

$$M_1 + M_2 = \left(\frac{\alpha}{p''}\right)^3 \frac{M_o}{p^2} \quad \text{.....(14-5)}$$

وهي المعادلة التي تستخدم عادة في استخراج مجموع كتلتي النجم الثنائي

حيث α : الزاوية القوسية بين النجمين (بالثانية القوسية)
p'' : زاوية اختلاف المنظر للنجم الثنائي (بالثانية القوسية)
P : مدة الدورة الواحدة للنجم الثنائي (بالسنين)
M_o : كتلة الشمس

مثال: ان النجم المسمى الشعرى اليمانية هو أحد النجوم الثنائية المشهورة حيث ان زاوية اختلاف المنظر له ٠.٣٧ ثانية قوسية وبالبعد الزاوي بين النجمين ٧.٥٧ ثانية قوسية فاذا كانت مدته الدورانية ٥٠ سنة فما مجموع كتلتيهما

الحل:

$$M_1 + M_2 = \left(\frac{\alpha}{p''}\right)^3 \frac{M_o}{p^2}$$

$$= \left(\frac{7.57}{0.37}\right)^2 \left(\frac{1}{50}\right)^2 M_o$$

$$= 3.43\ M_o$$