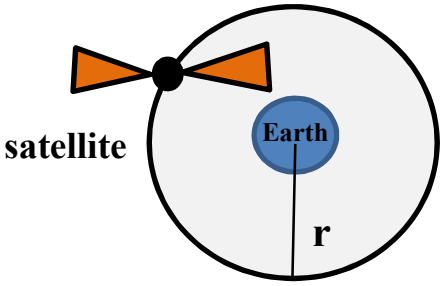
المدارات الدائرية Circular Orbits

تستخدم هذه المدارات عادة للأقمار الصناعية عند دورانها حول الارض او حول اي كوكب. ولكي نحسب السرعة المدارية اللازمة للدوران نستخدم قوانين الحركة الدائرية المتمثلة بالقوة المركزية والتعجيل المركزي.

القوه المركزية F_c : هي القوه التي تؤثر على الجسم المتحرك وتسبب التعجيل المركزي فتجعله يتحرك حركة دائريه. حيث تؤثر هذه القوه على الجسم وتجعل مساره نحو المركز لذلك سميت **بالقوة المركزية** حيث:



$$F_c = m \;\; a_c \;\Rightarrow\; a_c = \frac{F_c}{m} \ldots\ldots\ldots\ldots 1$$

حيث a_c هو التعجيل المركزي

التعجيل المركزي a_c : هو التعجيل الذي يمتلكه الجسم المتحرك

حركة دائرية بسبب تغير اتجاه السرعة وليست مقدارها. و بسبب هذا التغير

في الاتجاه نحو مركز المسار الدائري للجسم سمي **التعجيل بالمركزي** حيث:

$$a_c = \frac{V_c^2}{r} \ldots\ldots\ldots\ldots 2$$

من قانون نيوتن للجاذبية ومن مساواة المعادلتين 1 و 2 نحصل على:

$$\frac{V_c^2}{r} = \frac{G\dfrac{m \;\; m_p}{r^2}}{m}$$

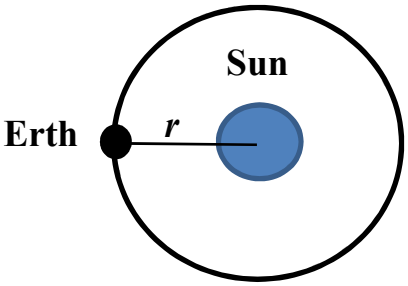
حيث ان m_s هي القمر الصناعي او كتلة الكوكب.

$$V_c \;\; = \sqrt{G\,\frac{m_s}{r}}$$

مثال/ ما هي السرعة المدارية للأرض عند دورانها حول الشمس اذا كان مسارها دائريا؟

اذا علمت ان معدل نصف القطر المداري من الارض الى الشمس هو $1.5 \times 10^{11} m$ وكتلة الشمس $1.99 \times 10^{30} kg$

الحل/



$$V_{\oplus-\odot} = \sqrt{G\,\frac{m_{\odot}}{r_{\oplus-\odot}}}$$

$$V_{\oplus-\odot} = \sqrt{6.67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N.m^2.kg^{-2}}\ \frac{1.99 \times 10^{30} kg}{1.5 \times 10^{11} m}}$$

$$V_{E-S} = 2.97 \times 10^{11} m/s$$

المدارات البيضوية Elliptical Orbits

كما تم تحديد السرعة المدارية للكواكب في المدار الدائري يمكننا ايضا تحديدها بالمدار البيضوي وسوف لن نتطرق الى اشتقاقها لامه اكثر تعقيدا من المدار الدائري وعلية:

$$V_{Elliptical} = \sqrt{GM\ \ \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)}$$

حيث $\boldsymbol{r}$ موقع الكوكب في المدار و $\mathbf{a}$ شبه المحور الرئيسي. وفي حالة $\boldsymbol{a = r}$ فان $V\ \ = \sqrt{G\ \frac{m}{r}}$

وهي معادلة السرعة للمدار الدائري.

مثال/ تكون الارض في الحضيض الشمسي على بعد $1.47 \times 10^{11}\ m$ عن الشمس, وتكون في الاوج على بعد $1.53 \times 10^{11} m$. احسب سرعة الارض في الاوج والحضيض اذا علمت ان كتلة الشمس هي $1.99 \times 10^{30} kg$؟

الحل: نطبق قانون السرع في المدارات البيضوية:

$$V_{Elliptical} = \sqrt{GM\ \ \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)}$$

نجد قيمه a من العلاقة:

$$a = \frac{r_a + r_b}{2} = \frac{1.47 \times 10^{11}\, m + 1.53 \times 10^{11} m}{2} = 1.50 \times 10^{11} m$$

الان نجد سرعه الارض في الحضيض حيث $r = r_p$

$$V_p = \sqrt{6.67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N.m^2.kg^{-2}} \times 1.99 \times 10^{30} kg \left(\frac{2}{1.47 \times 10^{11}\, m} - \frac{1}{1.50 \times 10^{11} m}\right)}$$

$$V_p = 3.03 \times 10^4\ m/s$$

نجد سرعه الارض في الاوج حيث $r = r_a$

$$V_a = \sqrt{6.67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N.m^2.kg^{-2}} \times 1.99 \times 10^{30} kg \left(\frac{2}{1.53 \times 10^{11} m} - \frac{1}{1.50 \times 10^{11} m}\right)}$$

$$V_a = 2.92 \times 10^4\ m/s$$

الوحدات الفلكية Astronomy Units

الوحدة الفلكية Astronomical Unit (AU)

وتمثل المسافة بين الارض والشمس حيث $\mathbf{1AU = 150 \times 10^6 km}$

11.2. الفرسخ الفلكي Parsec (P_c)

وهو وحدة قياس المسافات البعيدة جدا والتي لم تعد وحدات القياس الفلكي تستجيب لها حيث:

$$1\ P_c = 30.8 \times 10^{12}\ \mathrm{km}$$

$$1\ P_c = 3.26\ L.Y$$

$$1\ P_c = 206265\ AU$$

اعداد الدكتور عباس مجي قسم الفيزياء

1.3. السنة الضوئية Light year (L.Y)

وتعرف على انها المسافة التي يقطعها الضوء في الفراغ خلال سنة واحدة.

$$\mathrm{L.Y} = \mathrm{c}\,.\,\mathrm{t}$$

$$L.Y = \frac{3\ \times 10^{5}\ \ km}{s}\ (365 \times 24\ \times 60\ \times 60)\mathrm{s} = 9.45\ \times 10^{12}\ \ km$$

العلاقة بين الوحدات الفلكية

$$1\ AU = 4.84 \times 10^{-6}\ \ P_c$$

$$1\ AU = 1.58\ \times 10^{-5}\ \ L.Y$$

$$1\ \mathrm{L.Y} = 0.306\ P_c$$

العلاقة بين الفرسخ الفلكي وزاوية اختلاف المنظر تعطى بالعلاقة:

$$P_c = \frac{1}{P''}$$

كذلك

$$\mathrm{L.Y} = \frac{3.26}{P''}$$

مثال: زاوية اختلاف المنظر لأقرب نجم لنا وهو النجم الفا قنطورس تبلغ $0.763''$ فما هو بعدة عن الارض؟

الحل/

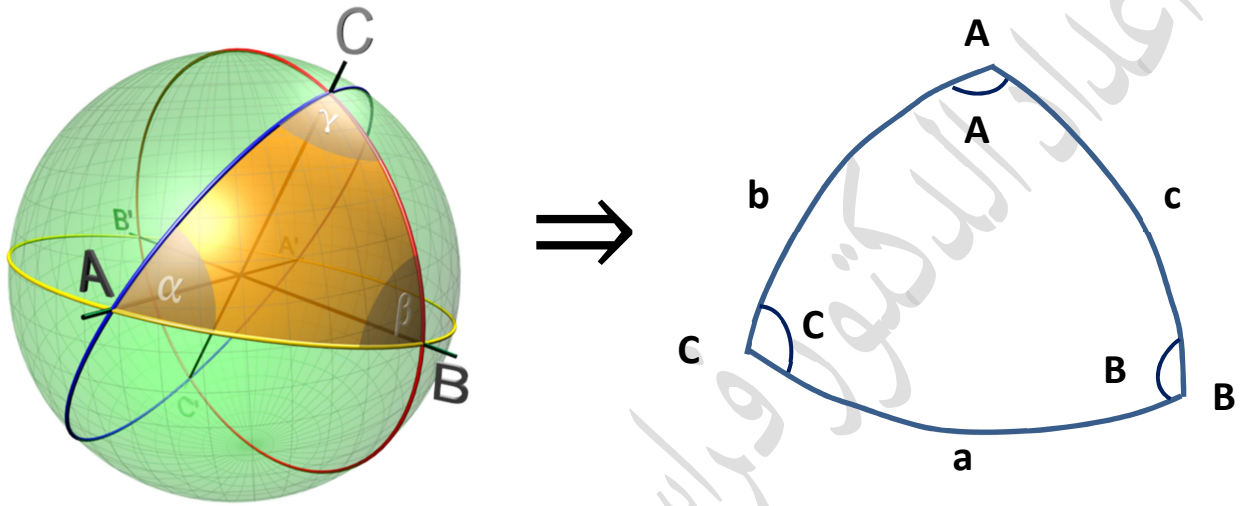
$$P_c = \frac{1}{\mathrm{P}''} = \frac{1}{0.763''} = 1.31\ \mathrm{P_c} = 4.27\ L.Y$$

اعداد الدكتور وليد محي قسم الفيزياء

الفصل الثاني

المثلثات الكروية Spherical Triangles

في المثلثات الكروية، تكون الأضلاع **أقواسًا من دوائر عظمى**، وليس خطوطًا مستقيمة كما في المثلثات المستوية. عندما نرسم مثلثًا على سطح الكرة، فإن كل ضلع منه هو **جزء من دائرة عظمى** تمر عبر نقطتين من رؤوس المثلث كما في الشكل:



ما هي الدوائر العظمى؟

الدوائر العظمى هي **أكبر الدوائر الممكنة على سطح الكرة**، حيث تنتج عن تقاطع الكرة مع **مستوى يمر بمركزها** .أي أن نصف قطر الدائرة العظمى يساوي نصف قطر الكرة نفسها.

- **خط الاستواء** هو دائرة عظمى لأنه يمر عبر مركز الأرض.
- **أي خط طول (مثل خط غرينتش)** هو أيضًا دائرة عظمى، حيث يمر عبر مركز الأرض ويصل بين القطبين الشمالي والجنوبي.
- **دوائر العرض الأخرى (باستثناء خط الاستواء) ليست دوائر عظمى**، لأنها لا تمر بمركز الأرض.

من الشكل يكون لدينا المثلث الكروي **ABC** بحيث الاحرف الكبيرة تمثل زوايا هذا المثلث **(A,B,C)** والاحرف الصغيرة **(a,b,c)** تمثل الاقواس المقابلة للزوايا وهي جزء من الدوائر العظمى كما في الشكل اعلاه.

من خواص المثلثات الكروية:

$$a + b + c < 2\pi$$

$$\pi < A + B + C < 3\pi$$

قانون الجيب Sine Formula

$$\frac{sinA}{sina} = \frac{sinB}{sinb} = \frac{sinC}{sinc}$$

قانون الجيب تمام Cosine Formula

$$\cos a = cosb\ cosc + sinb\ sinc \cos A$$

$$\cos b = cosc\ cosa + sinc\ sina \cos B$$

$$\cos c = cosa\ cosb + sina\ sinb \cos C$$

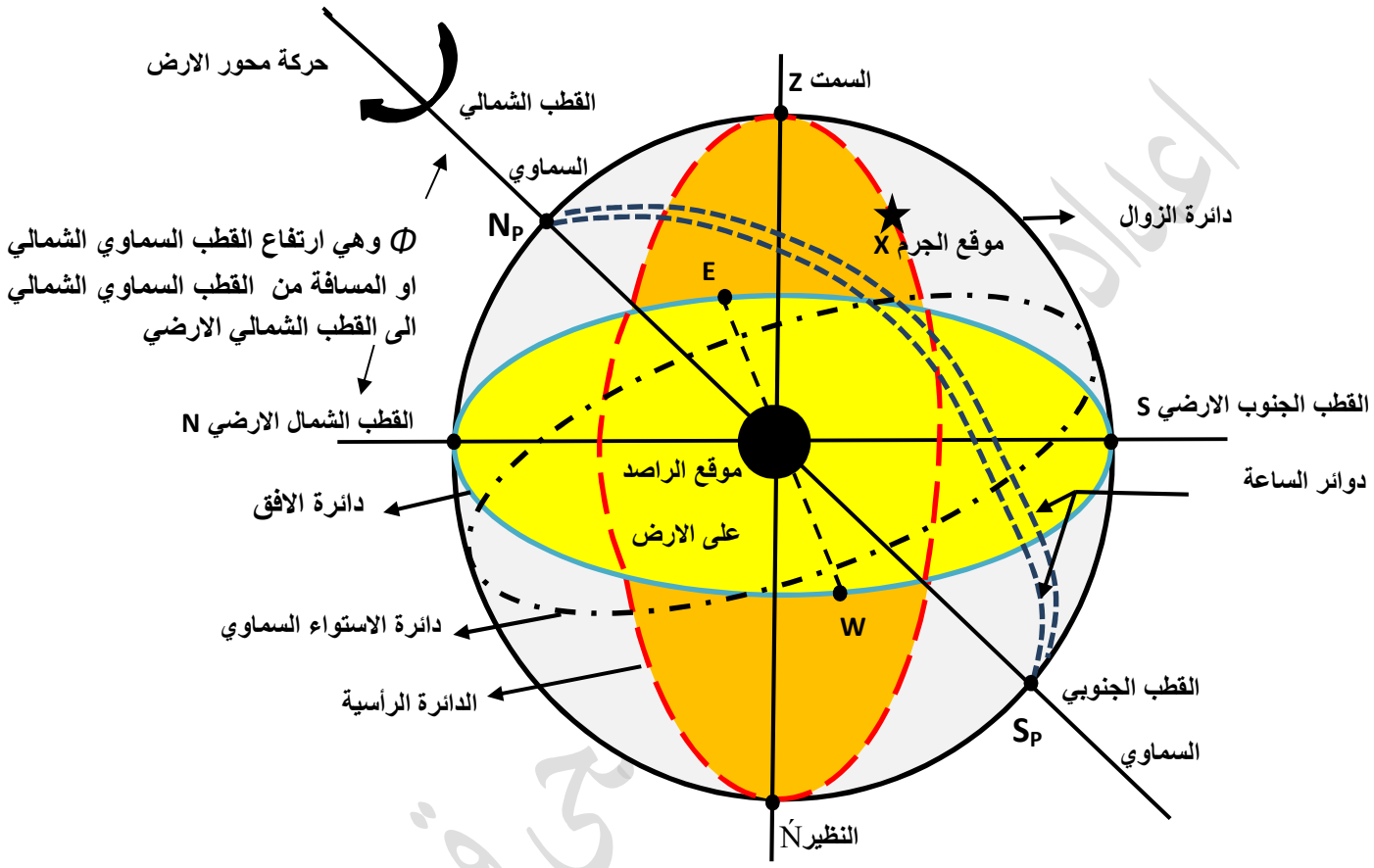
القبة السماوية celestial sphere

ان حركة القبة السماوية ناتجة من دوران الارض حول محورها من الغرب الى الشرق مره كل (**24**) ساعة، فالنجوم تتحرك من الشرق الى الغرب (الشمس)، والارض تدور حول محورها كل يوم (360^0)، وهي مقسمة الى خطوط طول وهمية تبدأ من القطب الشمالي وتنتهي بالقطب الجنوبي مقسمة الى (360^0) تبتدأ من خط كرينج (**0.0**) وتستغرق الارض بانتقالها من خط الى آخر أي (1^0) بفترة (**4**) دقائق. يكون دوران الارض من الغرب الى الشرق بمعدل (15^0) لكل ساعة حيث:

(**24** ساعة × 15^0 \ ساعة = 360^0) لليوم الواحد. نفس الفكرة يمكن ان تطبق ايضا على رصد ومعرفة موقع اي نجم او جرم سماوي في السماء. بحيث تم اعتبار السماء عباره عن كره وهميه مركزها الارض ونصف قطرها لا نهائي ولتحديد موقع الجرم في السماء يلتزم ان يتوفر نظام احداثيات. تم الاعتماد على عدد الانظمة استنادا الى موقع معين يعتبر مركزا (نقطة الاصل) وبتغير هذه النقطة يتغير النظام.

أجزاء القبة السماوية:

لمعرفة موقع أي نجم أو جرم سماوي يتوجب علينا معرفة أجزاء القبة السماوية وهي:



1- دائرة الزوال (Celecital Circle):

وهي الدائرة الوهمية العظمى على القبة السماوية والتي تمر بالنقاط التالية: السمت، النظير، القطب الشمالي السماوي، والقطب الجنوبي السماوي.

2- السمت (سمت الرأس، Zenith) :

وهي نقطة في الفضاء تقع على امتداد الخط العمودي على سطح الأرض والمار في النقطة التي يقف عليها الراصد، النقطة و تقع فوق رأس الراصد وتسمى بسمت الرأس.

3- النظير(سمت القدم،Nadir):

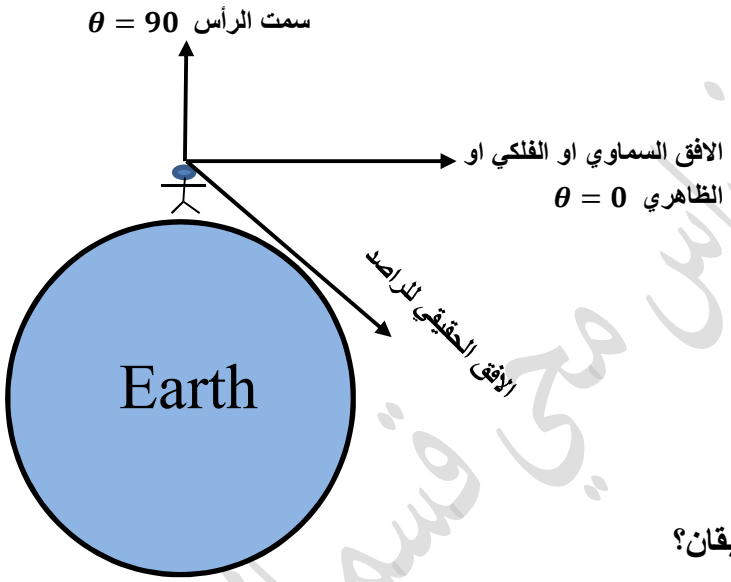
هي النقطة التي تقع في الجهة المقابلة للسمت أي إنها تبعد عن السمت بزاوية (180^0) وتعرف هذه النقطة بسمت القدم.

4- القطبان السماويان (Celestial Pole):

وهما نقطتان في طرفي القبة السماوية، ويمر فيهما محور دوران الارض وتدعى النقطة التي تقع عموديا فوق القطب الشمالي الجغرافي بالقطب الشمالي السماوي.

5- دائرة الافق(Horizon) :

وهي الدائرة العظمى التي تبعد (90^0) عن كلا من السمت والنظير، ولدينا أفقان أفق ظاهري وأفق حقيقي ويكون ألافق الحقيقي أسفل الافق الظاهري بسبب الانحناء بكروية الأرض ووجود المرتفعات على سطحها، (الافق الظاهري هو المحل الهندسي لالتقاء حدود السماء مع نقطة تلاشي النظر لسطح الارض).



متى يكون الافق الظاهري والافق الحقيقي متطابقان؟

يتطابق الأفق الظاهري مع الأفق الحقيقي عندما تكون الأرض مسطحة نسبيًا ولا توجد عوائق مثل التلال أو المباني أو الأشجار تحجب الرؤية. في هذه الحالة، يكون الأفق الذي نراه (الظاهري) هو نفس الأفق الحقيقي الذي يمثل النقطة التي يلتقي فيها سطح الأرض مع السماء.هذا يحدث غالبًا في المناطق المفتوحة والمسطحة مثل البحار أو الصحاري، حيث لا توجد عوائق تعترض الرؤية، ما يجعل الأفق الظاهري والحقيقي متطابقين تقريبًا.

6- دائرة الاستواء السماوي (Celestial Equator) :

وهي الدائرة الوهمية العظمى الواقعة في منتصف المسافة بين القطبين السماويين الشمالي والجنوبي.

7- دوائر الساعة(Hour Circle):

وهي الدوائر السماوية العظمى التي تمر بالقطبين السماويين الشمالي والجنوبي وتكون عموديا على دائرة الاستواء السماوي.

8- الدائرة الرأسية(Vertical Circle):

وهي الدائرة الوهمية العظمى المارة بالسمت والنظير والعمودية على الافق.

أنظمة الرصد الفلكي وأغراضها

ما هي أنظمة الرصد الفلكي؟

أنظمة الرصد الفلكي هي **طرق وأساليب تُستخدم لتحديد مواقع الأجرام السماوية ومتابعة حركتها بدقة**، سواءً كانت نجومًا، كواكب، أقمارًا، مذنبات، أو أي جسم في السماء.

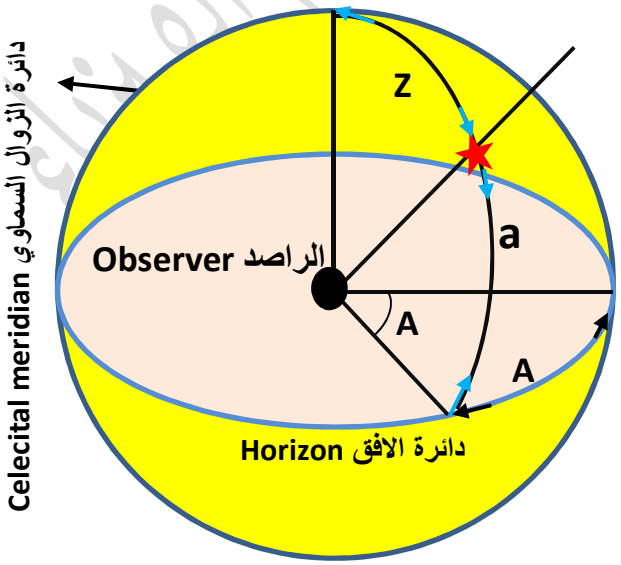
الغرض من أنظمة الرصد الفلكي

- **تحديد مواقع الأجرام السماوية** بدقة لمساعدة الفلكيين في دراسة الأجرام السماوية المختلفة.
- **تتبع حركة الكواكب والنجوم** وتحليل تغير مواقعها مع الزمن.
- **إجراء الحسابات الفلكية الدقيقة** مثل توقيتات الكسوف والخسوف وأحداث العبور الفلكي.
- **توجيه التلسكوبات والمراصد الفلكية** بحيث يتمكن العلماء من رصد أهدافهم بسهولة.
- **المساعدة في رحلات الفضاء والملاحة الفضائية** عن طريق تحديد مواقع الأجرام السماوية كنقاط مرجعية.

ويمكن تصنيف أنظمة الرصد الفلكي إلى عدة أنواع رئيسية، بناءً على المرجع المستخدم لتحديد المواقع:

1. نظام الافق Horizon System

المستوى الاساسي في هذا النظام هو مستوى الافق والدائرة الاساسية هي دائرة الافق **Horizon** وتمثل الافق الحقيقي للراصد اما النقاط الاساسية فهما السمت **Zenith (Z)** و النظير **Nadir (Ń)** إحداثيات النظام تحدد عن طريق معرفة الارتفاع الزاوي **(a)** والاتجاه الزاوي **(A)** ولتحديد موقع الجرم السماوي X يجب ان نحدد احداثيات النظام وكما يلي:



I. الارتفاع الزاوي للجرم السماوي(Altitude(a

وهو ارتفاع الجرم السماوي عن الافق مقاسا بالدرجات واجزائها وتكون **محصورة بين قيمتي (الصفر) عندما الجرم يكون في الافق و(90^0) عند السمت**، ويكون مقدار الارتفاع الزاوي للجرم السماوي سالبا عندما يكون الجرم واقع تحت الافق.

II. الاتجاه الأفقي (A) Azimuth

ويسمى أحيانا بالزاوية السمتية، وهو عبارة عن الازاحة الزاوية المحصورة بين دائرة الزوال والدائرة الرأسية المارة بالجرم، وتقاس الزاوية على دائرة الافق من نقطة الشمال الى نقطة التقاء الدائرة الرأسية بالأفق شرقا اذا كان الجرم في الجزء الشرقي من القبة السماوية أو غربا اذا كان في الجزء الغربي.

ففي الشكل المبين يوضح نظام الافق فلو رسمنا الدائرة الرأسية المار بالنجم فان الارتفاع الزاوي (**a**) يعادل:

$$a = 90 - Z \dots\dots\dots\dots\dots 1$$

حيث ان (**Z**) هو البعد السمتي وهو عبارة عن البعد الزاوي للجرم السماوي عن سمت الرأس, **حيث يكون قيمة البعد السمتي (صفرا) عند السمت ويكون قيمة البعد السمتي (90^0) عند الافق.**

ومن أهم الأمور التي تعيب هذا النظام :

1- إن هذا النظام موقعي بحيث أن راصدين في مواقع مختلفة على سطح الأرض يقيسان في نفس الوقت ارتفاع واتجاه أفق مختلفين لنفس الجرم السماوي.

2- كما أن الراصد يرى إحداثيات الجرم السماوي تتغير مع الزمن بسبب الدوران الظاهري للقبة السماوية، مما يستوجب تصحيح وحساب موقع الجرم بالنسبة للراصد بصوره مستمرة .

س: كيف يمكنك البحث عن نجم ما في القبة السماوية اذا علمت انه يتحدد في لحظة ما باتجاه أفقي (45^0) وارتفاع الزاوي (35^0) ؟

ج :

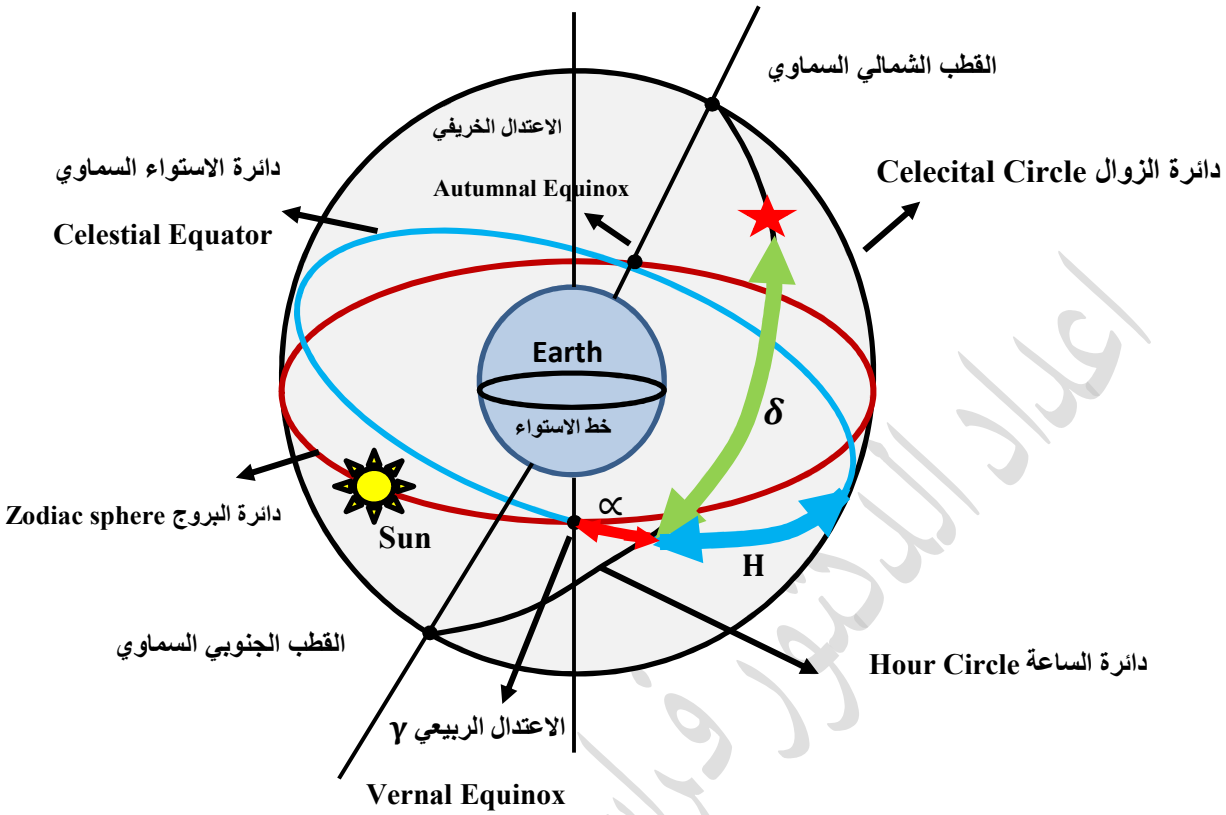
1- يدور الراصد وجهته الى نقطة الشمال في القبة السماوية.

2- يدور الراصد وجهته نحو الشرق بزاوية يعادل 45^0

3- يرفع الراصد نظره فوق الافق بزاوية (35^0) فسوف نجد النجم المطلوب.

2. النظام الاستوائي Equatorial System

يعتمد هذا النظام كلياً على دوران الكره الأرضية، فإذا افترضنا أن الأرض واقعه في مركز القبة السماوية، فإن المحل الهندسي لتقاطع خطوط الطول والعرض الجغرافية بمحيط القبة السماوية هو ما نسميه بإحداثيات النظام الاستوائي للقبه السماوية والدائرة الرئيسية هي دائرة الاستواء السماوية **Celestial Equator**. أما إحداثيات هذا النظام فهي كالآتي:



أ- **الميل (δ) Declination**

هو البعد الزاوي للجرم السماوي عن دائرة الاستواء السماوي، وانه يقابل خط العرض الجغرافي، ويقاس بالدرجات وأجزائها (درجه، دقيقه قوسيه، ثانيه قوسيه). ويكون الميل ذو إشارة موجبه إذا كان الجرم السماوي شمال دائرة الاستواء، أو ذا إشارة سالبه عندما يكون الجرم جنوب دائرة الاستواء.

الوحدات الزمنية	الوحدات القوسية
24^h	360^0
1^h	15^0
4^m	1^0
$^s4$	1'
1^s	1"

إن الميل ثابت المقدار خلال الحركة اليومية للسماء فترسم النجوم عليها دوائر وهميه صغيره موازية لخط الاستواء، وكثيراً ما يلاحظ في السماء بعض النجوم لا تشرق ولا تغرب، أي تكون دائماً فوق الأفق في حركتها، وتدعى هذه النجوم بالنجوم فوق القطبية **(Circumpolar Stars)**.

ب- زاوية الساعة أو الساعة الزاوية (H) Hour Angle

هي الإزاحة الزاوية المحصورة بين مستوى زوال الراصد ومستوى موقع الجرم السماوي، وتقاس عادةً بوحدات الساعة وأجزائها (ساعة، دقيقه زمنيه، ثانيه زمنيه). وعندما يكون الجرم السماوي ماراً بنقطه الاعتدال الربيعي **Vernal Equinox** (النقطة التي يتقاطع بها مدار الشمس مع خط الاستواء الفلكي ويرمز لها **γ**) فان زاويته الساعية تعادل الزمن ألنجمي **Sidereal Time** (S_t) (التوقيت ألنجمي المحلي). وتأخذ زاوية الساعة القيم من **صفر** إلى الساعة **24** أو من الدرجة **صفر** إلى الدرجة **360**، ونتيجة لذلك فإن الساعة الزاوية للجرم السماوي متغيره وتزداد بمقدار 24 ساعة لكل يوم نجمي (فلكي).

ج- المطلع المستقيم (α) Right ascension

الإزاحة الزاوية المحصورة بين نقطة الاعتدال الربيعي ودوائر الساعة المارة بالجرم السماوي، مقيساً باتجاه الشرق خلال 360° أي 24 ساعة أو باتجاه الحركة الظاهرية للشمس، وأنه يقابل خط الطول الجغرافي. إن وحدات المطلع المستقيم هي الساعة وأجزائها، وانه ذو علاقه بالزمن ألنجمي كالتالي:

$$\propto + H = S_t$$

اعداد الدكتور فراس مجي قسم الفيزياء