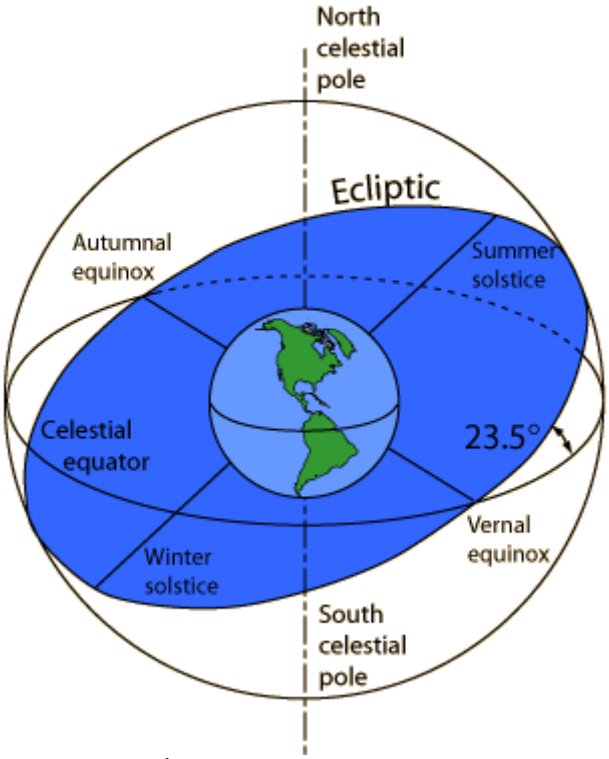
# ***المحاضرة الرابعة***

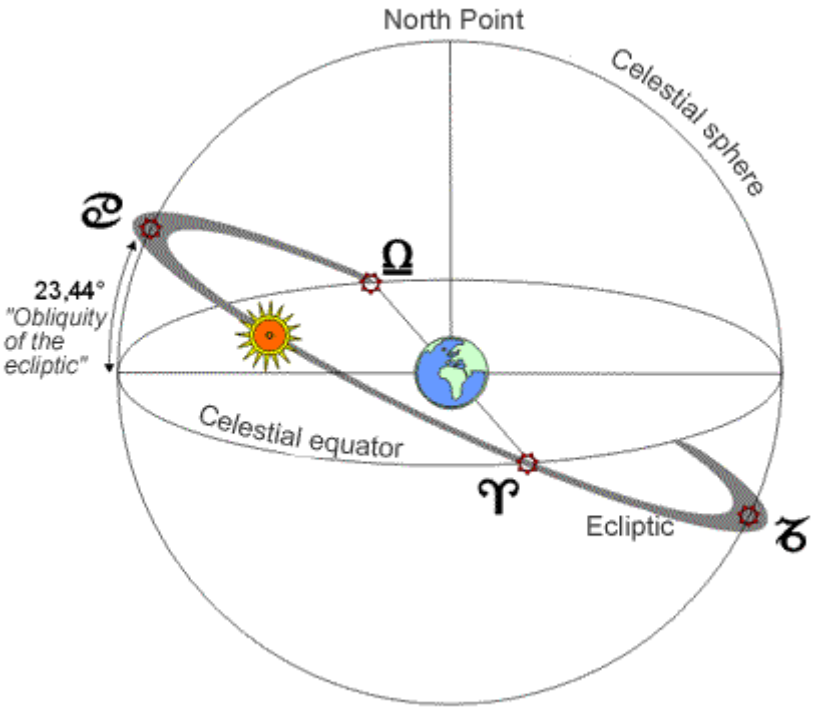
ترنح محور الأرض:

الأرض جسم كروي الشكل، ذي انبعاج بسيط عند خط الاستواء، ويبلغ قطر الأرض عند القطبين 12715 كيلومتر ، ويكون عند خط الاستواء 12756 كيلومتر.
وتقع الشمس والقمر كليهما (مع ملاحظة ميل مدار القمر بخمس درجات) ، في المستوى الكسوفي Ecliptic Plane الذي يميل عن المستوى الاستوائي celestial equatorبمقدار 23.5 درجة.




* المستوى الكسوفي : هو المستوى الذي تدور به الأرض حول الشمس ، ولو تمت حركة القمر في نفس هذا المستوي لوقع الخسوف والكسوف شهرياً

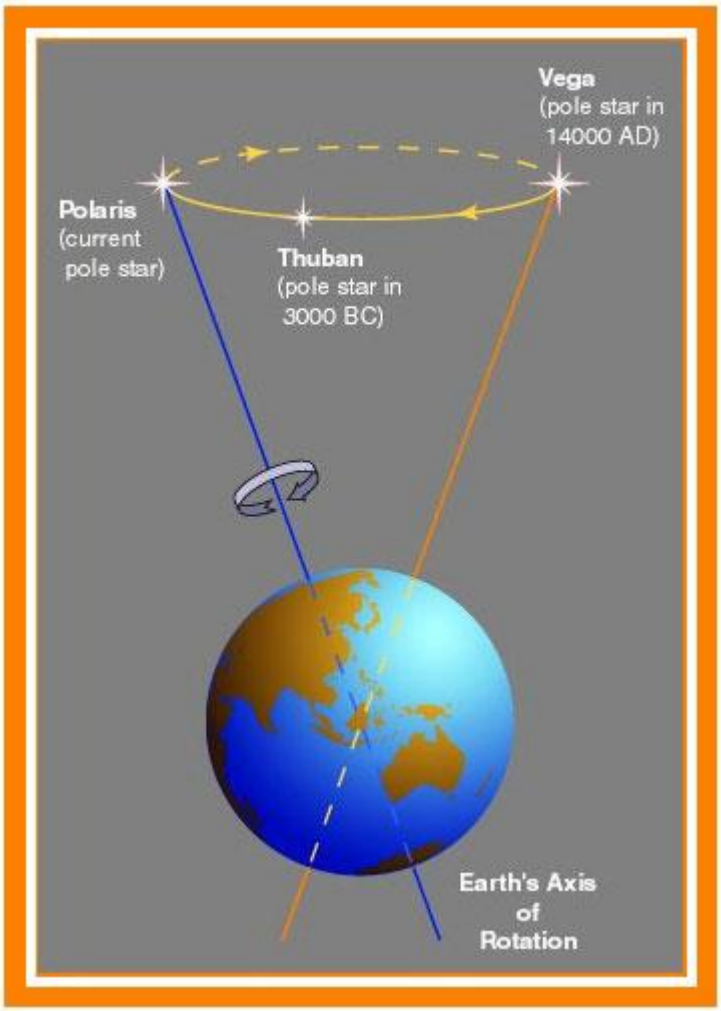
* المستوى الاستوائي : وهو المستوى الذي يقع على كرة السماء ، ويقسمها نصفين ،وتكون موازية تماما لخط الاستواء الأرضي .



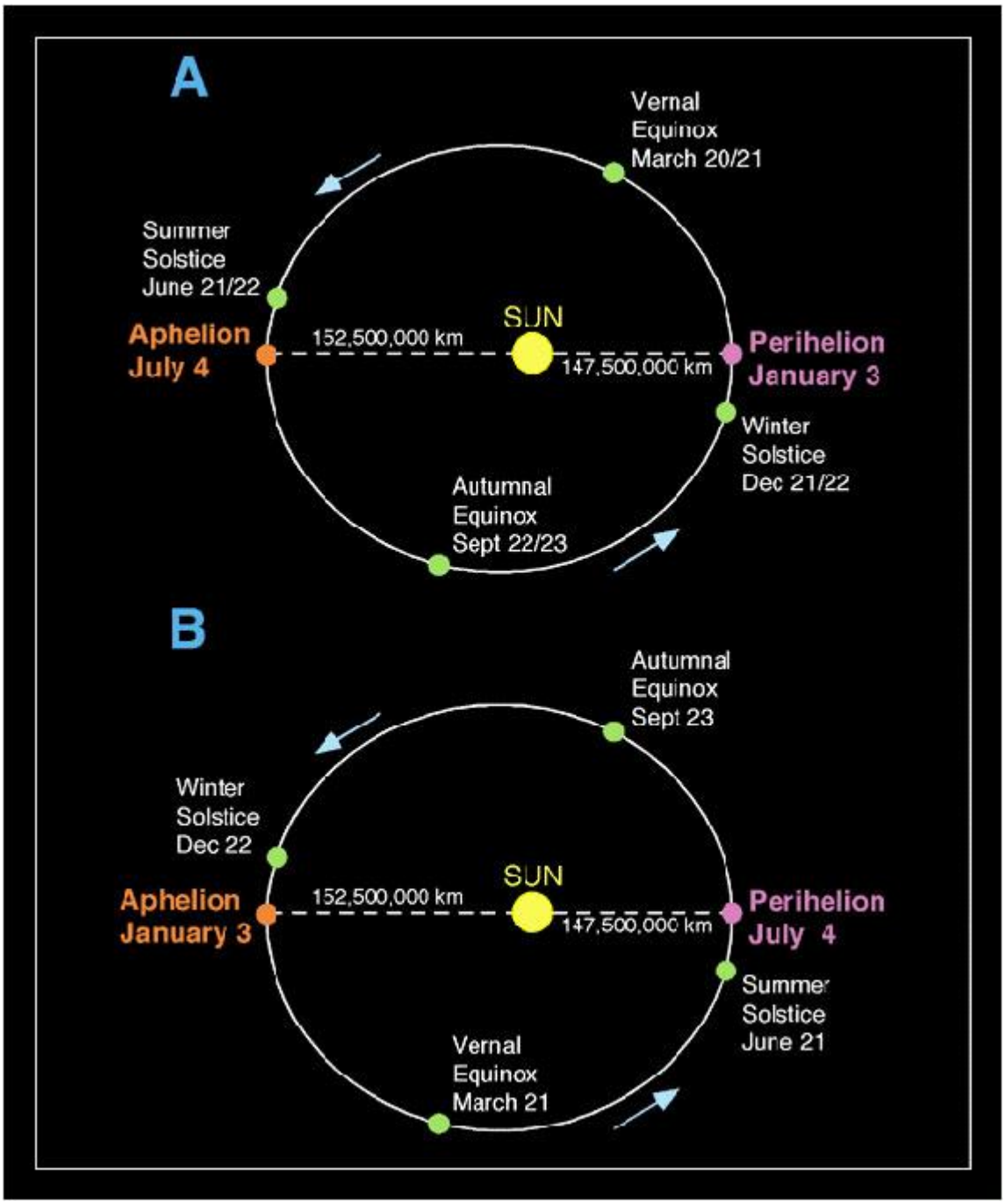

ولهذا تتعرض الأرض لقوة خاصة من الشمس والقمر تشد محور دورانها ليصبح عموديا على مستوى الدائرة الكسوفية ( أي تحاول سحب مواقع القطبين السماويين إلى مواقع القطبين البروجيين)

إلا أننا نعلم أن تدوير محور دوران جسم دوار يلاقي مقاومة كبيرة ؛ وذلك بسبب اتجاه العزم الدوراني الذي يكون منطبقا على محور الدوران (وبإمكانك التأكد من ذلك بمحاولة تدوير محور عجلة دراجة هوائية دائرة بسرعة كبيرة إذ ستلاقي مقاومة واضحة.)

ونتيجة لهذه المقاومة يدور محور الدوران على محيط دائرة صغيرة يتناسب قطرها مع مقادير العزم الدوراني للجسم الدائر ، والقوة الخارجية المسلطة التي تحاول تدوير المحور ، ولهذا السبب يتعرض محور دوران الأرض حول نفسها إلى تغيير تدريجي طويل الأمد على محيط دائرة مركزها القطب البروجي ، ويسمى هذا التغيير الدوري ترنح محور الارض.




والآن إذا كان قطبي السماء غير ثابتين تماما ، فإن الأمر هو كذلك بما يتعلق بخط الاستواء السماوي أيضا ، ولما كان خط الاستواء السماوي موازيا لخط الاستواء الأرضي فهذا معناه تغير نقطتي تقاطع المستوى الكسوفي مع مستوى الاستواء ، وبالتالي تغير مواقع الاعتداليين (الربيعي والخريفي) والانقلابين (الصيفي والشتوي ) ، وهذا يعني تغير أوقات الفصول الأربعة على مناطق الأرض المختلفة ، ومقدار هذا التغيير هو 5 ثانية قوسية لكل سنة أي حوالي درجة واحدة على مدى متوسط عمر الإنسان!




يوضح الشكل تغيرات اتجاه ميلان المحور وأثره في زحزحة الفصول الأربع، حيث يمثل نموذج Â العصر الحاضر، بينما نموذج B المستقبل بعد 13000 سنة والله أعلم.

وتقول اغلب المصادر الغربية أن هيبارخوس Hipparchus كان أول من اكتشف ترنح الاعتدالين هذا قبل حوالي 2000 عام ، إلا أن الكشوفات الأثرية والدراسات التي جرت على اللوحات الطينية الفلكية البابلية تؤكد بما لا يقبل

الشك أن البابليين لاحظوا هذه الظاهرة وسجلوها في سجلاتهم ، ويؤثر ترنح الاعتداليين هذا في تحديد موقع الشمس على دائرة البروج إذ يعني ترنح الاعتداليين دوران البروج دورة كاملة كل 25725 سنة ، أي أن الدائرة البروجية تتحرك برجا كاملا كل 2000 عام تقريبا.

وهنا لابد من الإشارة إلى أن تحديد موقع نقطة الاعتدال الربيعي في برج الحمل ، إن هو إلا أمر اصطلاحي تم تحديده على وقت البابليين قبل أكثر من ألفي سنة ، أما الآن فإن الشمس تطلع وقت الاعتدال الربيعي في برج الحوت وستتحول إلى برج الدلو في حدود عام 2700م.

أما الانقلاب الصيفي فيحصل الآن والشمس في برج الجوزاء وقد كان سابقا في برج السرطان ، والانقلاب الشتوي يحصل والشمس في برج القوس ،وكان يحصل سابقا والشمس في برج الجدي.

وقد اعتبر الفلكيون هذا الترنح الاعتدالي دليلا على خطأ التنجيم فالأبراج التي يتحدث عنها المنجمون ، هي ما كانت عليه في السابق (قبل عام 450م) أما الآن فإنها ولابد قد أُزيحت برجا كاملا وزيادة.

إن ظاهرة ترنح الاعتداليين هذه تؤدي إلى تغير مواقع الأجرام السماوية ، والخارطة السماوية وفقا لذلك تتغير تغيرا بطيئا ، لذلك اتفق الفلكيون ـ عند الحديث عن مواقع الأجرام السماوية ـ على تعيينها وفقا لفترة أمدها 50 سنة ، وفيها تكون مواقع الأجرام الثابتة ـ وهي القبة السماوية ـ ثابتة بإحداثيات تلك الفترة ، ونحن الآن نغادر إحداثيات الفترة 1950إلى إحداثيات الفترة 2000 ، التي ستعتمد لمدة 50سنة قادمة
نظرا لتعقيد الحركات السماوية وتغير مستوى استواء الأرض ، والتغيرات الحاصلة في مدار القمر حولها ؛ فإن حركة ترنح محور دوران الأرض حول نفسها ليست حركة منتظمة تماما ، بل هي متأرجحة وبالتالي فإن دوران المحور لا يصنع دائرة كاملة مطلقا ، إلا أن هذه التأثيرات قليلة جدا وتأثيرها لا يكون إلا على مدى زمني طويل جدا .يعد بمئات آلاف وملايين السنين ، وبالمحصلة فلا شيء يبقى على حاله زمانين .

***وحدات القياس الفلكية***

## الوحدة الفلكية ( A.U ) Astronomical unit

تمثل الوحدة الفلكية ( A.U ) متوسط المسافة بين الأرض والشمس ، والتي تساوي تقريباً 149.600.000 كيلومتر.
وتستخدم هذه الوحدة للتعبير عن المسافة بين الكوكب والشمس نسبة إلى المسافة بين الأرض والشمس.

الجدول الآتي يبين متوسط المسافة بين كواكب المجموعة الشمسية والشمس بالوحدة الفلكية.

| الكوكب | متوسط المسافة بين الكوكب والشمس بالوحدة الفلكية |
|---|---|
| عطارد | 0.39 |
| الزهرة | 0.723 |
| الأرض | 1.0 |
| المريخ | 1.524 |
| المشتري | 5.203 |
| زُحل | 9.539 |
| أورانوس | 19.18 |
| نبتون | 30.06 |
| بلوتو | 39.53 |

يحتاج الضوء إلى حوالي 8.31 دقيقة ليقطع وحدة فلكية واحدة.
الوحدة الفلكية تساوي 500 ثانية ضوئية.

## السنة الضوئية ( L.Y ) Light year

إحدى وحدات قياس المسافات الفلكية البعيدة ، ويرمز لها بالرمز L.Y ، وتعرف على أنها المسافة التي يقطعها الضوء في الفراغ خلال سنة واحدة.
والسنة الضوئية من أنسب وحدات قياس بعد النجم.

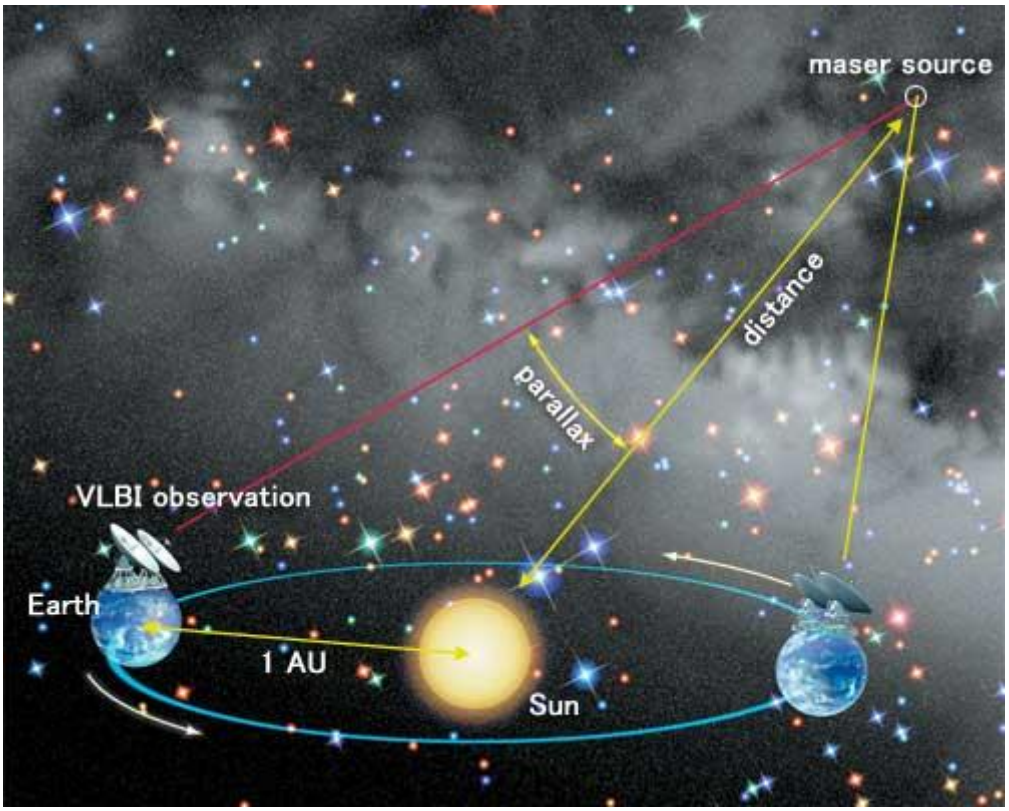
الزمن الذي يستغرقه ضوء الشمس ليصل إلى الارض يساوي 8.31 دقيقة ، والمسافة التي يقطعها الضوء خلال تلك المدة تعرف بالدقيقة الضوئية.

ولاستخراج قيمة السنة الضوئية بالكيلومترات:
السنة الضوئية = سرعة الضوء × عدد الثواني في السنة الواحدة
365 × 300.000 =يوم × 24 ساعة × 60 دقيقة × 60 دقيقة
$10^{12}$ × 9.45 =كيلومتر.

## الفرسخ الفلكي ( $P_c$ ) Parsec

إحدى وحدات قياس المسافات الفلكية البعيدة ، ويرمز لها بالرمز Pc ، وتعادل 3.26 سنة ضوئية.

**اللوص او اختلاف المنظر ( $P^{\backprime\backprime}$ ):** هي طريقة لقياس ابعاد الاجرام السماوية وبالتالي الحصول على زاوية اللوص (او زاوية اختلاف المنظر) وتعرف على انها تغير الوضع الظاهري للاجرام السماوية نتيجة تغير موقع الراصد وتقاس بالثواني القوسية. وللتوضيح اكثر انظر الشكل التالي




وفيما يلي ندرج العلاقات الرياضية بين الوحدات الفلكية المذكورة أعلاه:

$$r\,(L.Y) = \frac{3.26}{P''} \qquad (1)$$

$$r\,(P_c) = \frac{1}{P''} \qquad (2)$$

$$P_c = 3.26\ L.Y \qquad (3)$$

$$r(A.U) = \frac{206265}{P''} \qquad (4)$$