مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (19) العدد (6) 1997
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Basic Science Series Vol. (19) No (6) 1997

قياس الارتفاع الزاوي للشمس (زاوية ارتفاع الشمس) فوق مدينة اللاذقية

الدكتور جبور جبور*

الملخّص

تم تصميم جهاز يسمح بالقياس المباشر لزاوية ارتفاع الشمس. بعد التحقق من صحة عمل ودقة الجهاز المستخدم في القياس، تم قياس زاوية ارتفاع الشمس فوق مدينة اللاذقية. إن المقارنة بين القيم التجريبية والنظرية لزاوية ارتفاع الشمس تُظهر توافقاً مرضياً وجيدا.

* أستاذ مساعد في قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (19) العدد (6) 1997
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Basic Science Series Vol. (19) No (6) 1997

Measurement of the Angular Altitude of the Sun Over Lattakia

Dr. Jabbour JABBOUR*

❐ ABSTRACT ❐

The device which has been made allows a direct measurement of the angular altitude of the sun. After the verification of good functioning and precision of the device used in the measurement, the angular altitude of the sun has been measured over Lattakia. The comparison between the experimental and theoretical values of the angular altitude of the sun shows a good agreement.

* Associate Professor at the Department of Physics, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria.

1- مقدمة:

تتكون المجموعة الشمسية من نجم هائل في الحجم والضوء "الشمس-The Sun"، و9 كواكب، و31 تابعاً، علاوة على أجسام أخرى صغيرة لا حصر لها من الأقمار الصغيرة، والمذنبات، والشهب.

إن الأرض تابع من توابع الشمس، وهي الكوكب (Planet) الثالث من حيث القرب من الشمس، وتقع بين الزهرة (Venus) والمريخ (Mars).

هناك نحو 12 عنصراً من عناصر الحركة المعروفة تؤثر على الأرض ككوكب. ومعظمها يحدث ببطء شديد، بحيث نتعرف عليه عن طريق قياس الشذوذ أو عدم الانتظام الصغير الذي يطرأ على الحركتين الأساسيتين. والحركتان الأساسيتان اللتان يمكن رصدهما من غير الاستعانة بأجهزة خاصة هما: أولاً دوران الأرض حول محورها، وثانياً دوران الأرض من حول الشمس، وتستغرق الحركة الأولى يوماً واحداً، بينما تستغرق الحركة الثانية سنة واحدة.

إن دوران الأرض حول محورها، الذي يتجه من الغرب نحو الشرق، يؤدي إلى تعاقب الليل والنهار. وهذا الدوران يولد قوة مركزية طاردة هي عند خط الاستواء أقوى منها في أي مكان آخر، فيسبب ذلك انتفاخاً طفيفاً عند خط الاستواء وتسطحاً عند القطبين. وهذا ما يجعل قطر الأرض عند خط الاستواء (12756 كيلو متر) أطول مما هو عليه بين القطبين (12713 كيلو متر) بـ 43 كيلو متر تقريباً.

بالإضافة إلى دوران الأرض حول نفسها، فإنها تدور حول الشمس على مدار اهليجي (شكل القطع الناقص). إن محور دوران الأرض ليس عمودياً على مستوي مسارها حول الشمس، لكنه يصنع مع الناظم على هذا المستوي زاوية تقدر بـ 23.45^{o}، وهذا يؤدي إلى نشوء مفهوم الفصول وتعاقبها.

لدراسة الحركتين الأساسيتين للأرض، علينا أن نختار بعض النقاط أو الخطوط التي نستعملها في اخذ القياسات. بعبارة أخرى، يجب علينا أن نحدد إحداثيات المكان الذي يتم فيه القياس مثل: خط الطول، وخط العرض، وزاوية الارتفاع. يمكننا تحديد خط طول وعرض منطقة ما بالاستعانة بخارطة هذه المنطقة. بالنسبة لزاوية ارتفاع الشمس، فيجب علينا قياسها. وهكذا فإن الهدف الأساسي من هذا العمل هو قياس زاوية ارتفاع الشمس ودراسة تغيرات هذه الزاوية على مدار العام في مدينة اللاذقية. إن هذا النوع من الدراسات مهم جداً خاصة عند دراسة الأشعة الشمسية والطاقة والمجمعات الشمسية، وطبقة الأوزون، لأنه من الضروري معرفة إحداثيات المنطقة التي يتم فيها القياس. وهذا بدوره يسمح انا بمقارنة النتائج التي تم الحصول عليها في مناطق مختلفة على سطح الأرض ومعرفة الاختلاف بينها.

نعطي في المقطع الثاني من هذه المقالة بعض المفاهيم الأساسية المتعلقة بالإحداثيات الأرضية، بحركة الأرض حول نفسها، وبحركة الأرض حول الشمس. ونخصص المقطع الثالث للقسم التجريبي: وصف الأجهزة المستخدمة في القياس، التحقق من صحة عمل ودقة الأجهزة، والنتائج التجريبية. بينما المقطع الرابع فهو مخصص للمقارنة بين النتائج التجريبية والحسابات النظرية لزاوية ارتفاع الشمس.

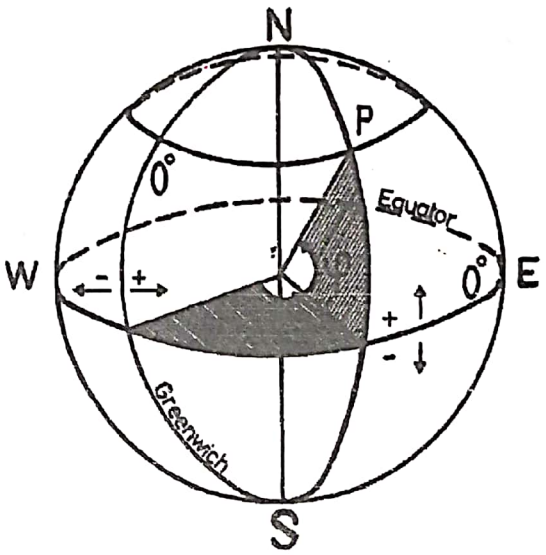
2- القسم النظري:

2-1- الإحداثيات الأرضية (Terrestrial coordinates):

يمكن ان نعتبر بشكل تقريبي، أن الأرض عبارة عن كرة تدور حول نفسها من حول محور القطبين (المستقيم الواصل بين القطبين، القطب الشمالي والقطب الجنوبي - North and South Poles). لتحديد مكان أية نقطة على سطح الأرض نستخدم خطين أساسيين كمحاور للقياس، لكل منهما صلة وثيقة بمحور

دوران الأرض. فالأول هو خط الاستواء (Equator)، وهو عبارة عن محيط دائرة نتخيلها تقع في منتصف الطريق بين القطبين الشمالي والجنوبي (يتعامد مستوى هذه الدائرة مع محور دوران الأرض)، وتقسم الأرض إلى نصفي الكرة الشمالي والجنوبي. أما الخط الثاني فهو محيط الدائرة التي نتخيلها تصل بين القطبين وتمر بالمرصد الملكي بجرينتش (Greenwich) بالقرب من لندن (London).

إن كل نقطة من سطح الأرض تُحدد بإحداثياتها الجغرافية: خط الطول λ (Longitude)، خط العرض φ (Latitude)، وارتفاعها (Altitude)، الشكل (1).



الشكل (1):

الإحداثيات الأرضية: الشمال (North – N)، الجنوب (South – S)، الشرق (East – E)، الغرب (West – W).

إن خط طول مكان ما يتعين بالزاوية التي يصنعها المستوي المار في القطبين وفي المكان المأخوذ بعين الاعتبار مع المستوي المار بخط زوال جرينتش وبالقطبين أيضاً (يُعتبر خط زوال جرينتش المبدأ لحساب λ، من أجل هذا الخط فإن $\lambda = 0^o$). ويصطلح على أن تكون λ موجبة بالنسبة لخطوط الطول الواقعة شرقي خط جرينتش وسالبة بالنسبة لخطوط الطول الواقعة غربي خط جرينتش، وبحسب المكان فإن قيم λ يمكن أن تتغير من 180^o+ وحتى 180^o-.

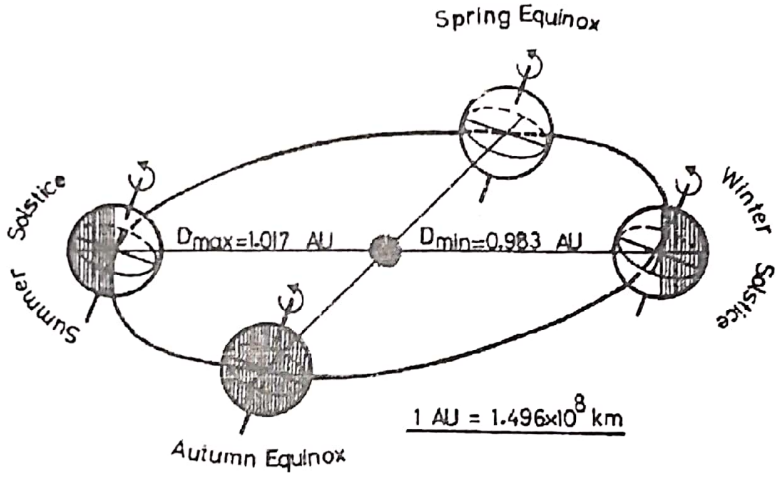
بينما خط عرض مكان ما يتعين بالزاوية التي يصنعها نصف قطر الأرض المنسوب لهذا المكان مع مستوى خط الاستواء. وتصنع كافة النقاط التي تقع على خط كافة الزاوية نفسها مع مستوى خط الاستواء، وتقع هذه النقاط كلها على محيط دائرة مستواها يوازي مستوى خط الاستواء. ويُصطلح على أن كل الأماكن الواقعة على خط الاستواء يكون خط عرضها مساويا للصفر، أي أن $\varphi = 0^o$ (يعتبر خط الاستواء المبدأ لحساب φ)، بينما خط عرض القطب الشمالي $\varphi = + 90^o$ والقطب الجنوبي $\varphi = - 90^o$، أي أن المناطق الواقعة في النصف الشمالي (الجنوبي) من الأرض تتميز بخطوط عرض موجبة (سالبة). إذن، فإن قيم خط العرض يمكن أن تتغير بين القيمتين $90^o +$ و$90^o -$.

وأخيراً فإن ارتفاع نقطة ما يتعين بالمسافة العمودية بين هذه النقطة ومستوى سطح البحر، وتقـدر عادة بالأمتار.

2-2- حركة الأرض حول الشمس (Revolution of the earth around the sun):

بحسب قوانين كبلر Kepler [3, 2, 1]، عند دوران الأرض حول الشمس، فإن مركز ثقل الأرض يرسم قطعاً ناقصاً، أحد محرقيه الشمس، وهذا القطع يقع في مستوى يدعى بمستوى دائرة البروج أو بمستوي دائرة الكسوف (Ecliptic plane).

بالإضافة إلى ذلك، فإن الأرض تدور حول نفسها من حول محور القطبين ومستوى خط الاستواء، المتعامد مع هذا المحور، ويميل بزاوية قدرها 23.45° على مستوى دائرة الكسوف، الشـكل (2). بتعبيـر آخر، فإن محور دوران الأرض يصنع مع الخط الواصل بين مركزي الأرض والشمس زاوية معينة، أ, كما يقال في علم الفلك بميل مستوى خط الاستواء عل مستوى مدار الأرض [10,9,4].



الشكل (2): مسار الأرض حول الشمس، مبيناً موضعها في اعتدالي الربيع والخريف، والانقلابين الصيفي والشتوي، وفصول نصف الكرة الشمالي.

الاعتدال الربيعي: 21 آذار ($\delta = 0°$).

الانقلاب الصيفي: 22 حزيران أطول يوم ($\delta = +23.45°$).

الاعتدال الخريفي: 23 أيلول ($\delta = 0°$).

الانقلاب الشتوي: 22 كانون الثاني أقصر يوم ($\delta = -23.45°$).

الاقتراب الأعظمي للأرض من الشمس (نقطة الرأس Aphelion): 2 كانون الثاني.

الابتعاد الأعظمي للأرض عن الشمس (نقطة الأوج Perihelion): 2 تموز.

(Astronomical unit – Au): واحدة قياس فلكية وتساوي إلى المسافة الوسطى بين الأرض والشمس: 1 Au = 149.6 مليون كيلو متر.

إن هذه الحركات لا تبدو كما هي على حقيقتها بالنسبة لمراقب متواجد على سطح الأرض. في الواقع، بالنسبة لهذا المراقب، فإن الشمس هي التي تبدو ظاهريا وكأنها تتحرك من الشرق نحو الغرب راسمة المسار اليومي أو النهاري (Diurnal trajectory). إن الزاوية المُشكلة باتجاه الشمس ومستوى خط الاستواء تُدعى زاوية انحراف الشمس δ أو انحراف الشمس (Declination of the sun).

إن قوانين الحركة المتعلقة بالأرض والشمس تسمح بحساب δ على مدار العام. توجد صيغ رياضية تقريبية كافية، من الناحية العملية، لحساب δ، تم الحصول عليها باعتبار أن زاوية انحراف الشمس:

1- تنعدم عند الاعتدال الربيعي (Spring equinox) والاعتدال الخريفي (Autumn equinox).

2- تتغير بشكل جيبي ملموس على مدار العام.

3- إحدى الصيغ الأكثر استعمالاً تُعطى بالعلاقة التالية [4]:

$$\delta = 23.45 \sin(0.986n - 80^\circ) \quad (1)$$

حيث n عدد صحيح موجب يمثل رقم اليوم من السنة، $x = 1$ و $n = 1$ في 1 كانون الثاني، $x = 2$ و $n = 2$ في 2 كانون الثاني، $x = 1$ و $n = 32$ في 1 شباط ... الخ، ويمكن استنتاج قيم n من الجدول (1) [$365 \geq n \geq 1$ أو 366 من أجل السنة الكبيسة (Leap-year) التي يكون فيها شهر شباط 29 يوما].

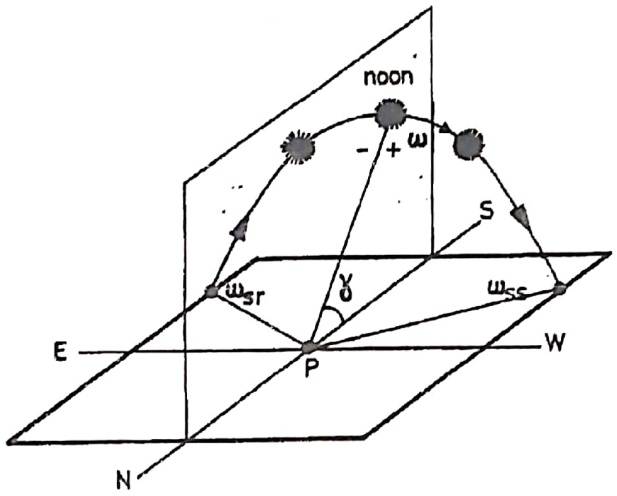
الشهر	رقم اليوم من السنة n
January-J	x
February-F	x+31
March-M	x+59
April-A	x+90
May-My	x+120
June-Je	x+151
July-Jy	x+181
August-At	x+212
September-S	x+243
October-O	x+273
November-N	x+304
December-D	x+334

الجدول (1).

إن معرفة قيمة الزاوية δ يساعدنا على حساب زاوية ارتفاع الشمس كما سنرى في الفقرة القادمة.

2-3- حساب زاوية ارتفاع الشمس (Calculation of the angular altitude of the sun):

تُعرف زاوية ارتفاع الشمس γ أو ارتفاع الشمس (Altitude of the sun) بأنها الزاوية المُشكلة بالمستوي الأفقي للمكان الذي يؤخذ فيه القياس واتجاه الشمس، الشكل (3).



الشكل (3): زاوية ارتفاع الشمس γ والزاوية الساعية للشمس ω: الشمال (North-N)، الجنوب (South-S)، الشرق (East-E)، الغرب (West-W). ω_{sr}: الزاوية الساعية للشمس عند الشروق، ω_{ss}: الزاوية الساعية للشمس عند الغروب.

تتغير هذه الزاوية خلال النهار، بحسب الموقع الجغرافي على سطح الأرض، من ° 0 (الشمس عند الأفق، أي عند الشروق – Sunrise، أو عند الغروب – Sunset) إلى °90 (الشمس عند السمت – Zenith، أي أقصى ارتفاع تصل إليه)، وتُعطى هذه الزاوية بالعلاقة التالية [4]:

$$\sin\gamma = \sin\varphi.\sin\delta + \cos\varphi.\cos\delta.\cos\omega \quad (2)$$

حيث أن φ خط عرض المنطقة التي نتواجد فيها، δ زاوية انحراف الشمس و ω الزاوية الساعية (The hour angel) للشمس.

إذن، لحساب γ يجب أن نعرف φ و δ و ω. إن خارطة المنطقة التي يتم فيها القياس تسمح لنا باستنتاج قيمة φ، و δ تُحسب من العلاقة (2). أما الزاوية الساعية للشمس ω، التي تُعتبر عاملاً فلكياً يُعين موضع الشمس على مسارها الدائري النهاري، تتعلق بشكل مباشر بالساعة التي يتم بها القياس، باليوم، وبخط طول منطقة القياس. وقبل إعطاء العلاقة التي تسمح بحساب ω لا بد من إيضاح بعض المفاهيم الأساسية المتعلقة بالتوقيت (الزمن) مثل: الزمن العالمي، الزمن الشمسي الوسطي، الزمن المحلي، والزمن الشمسي الحقيقي.

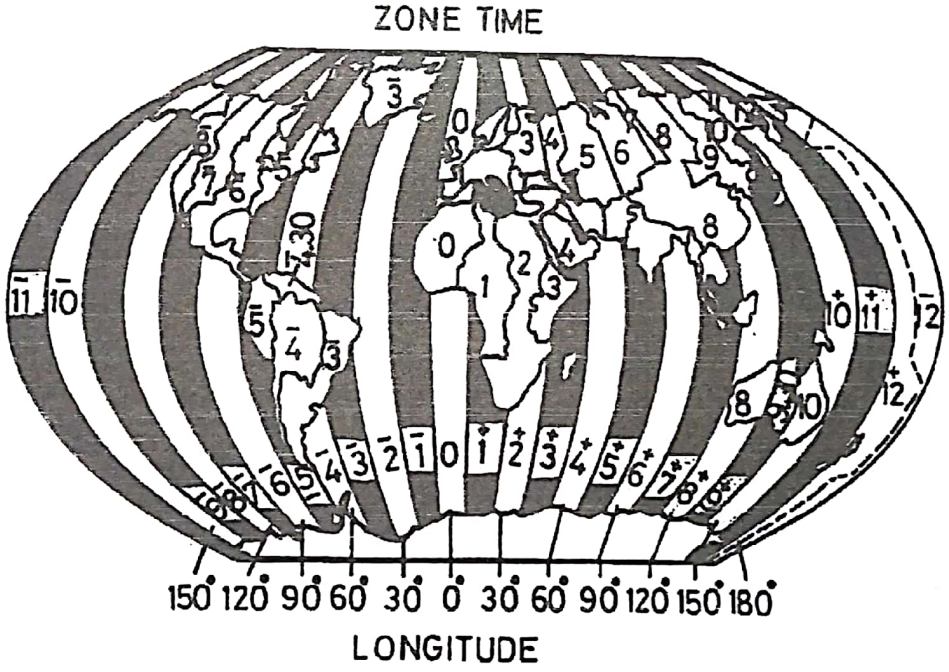
إن الدوران النظامي للأرض حول نفسها (حول المحور الواصل بين القطبين) يُحدد تعاقب الليل والنهار. ولكي تتم الأرض دورة كاملة حول نفسها (°360) يلزمها، وسطياً على مدار عام كامل، 24 ساعة، وذلك باعتبار الشمس هي نقطة الاستدلال (نقطة المرجع). ويُعرف هذا الزمن بالزمن الشمسي الوسطي (Mean solar time-Tsm). وهكذا نرى أن كل ساعة يرافقها انزياح زاوي في خط الطول قدره °15، أي 4 دقائق لكل درجة. واستنادا إلى تعريف خط الطول وخط زوال جرينتش (الفقرة 2-1)، فإن ساعة مرور

الشمس بمنطقة خط طولها λ تستنتج من ساعة مرور الشمس بخط زوال جرينتش الذي يُعتبر مبدأ القيـــاس لـــλ. إذن، فإن الشمس تمر بالمناطق التي لها خط الطول نفسه λ عند الظهيرة (Noon)، بالساعة t_0 بحيث يكون [4]:

$$t_0 = 12h - \frac{\lambda}{15} \quad (3)$$

والزمن t_0 المقدر بالساعة والمرافق لخط الزوال جرينتش يُعرف بتوقيت جـــرينتش أو بالتوقيـــت العـــالمي (Universal time-Tu).

إن التوقيت المحلي أو المدني (Civil time-Tc) المُعتمد في بلد ما يتعلق بخط طول هذا البلد وببعد هذا الخط عن خط زوال جرينتش (العالم مُقسم إلى مناطق زمنية بحيث يُستخدم توقيت جرينتش أو التوقيـــت العالمي كأصل يرجع إليه في كل أنحاء العالم) [8,7,6,5,4] ، ويختلف عن التوقيت العالمي Tu، الشـــكل (4). على سبيل المثال، إن التوقيت المحلي الشتوي في سورية يزيد ساعتين عن التوقيت العـــالمي Tc = Tu+2، أما في التوقيت الصيفي فإن الفارق يصبح ثلاث ساعات Tc = Tu+3.



الشكل (4): المناطق الزمنية للعالم. نذكر أنه إذا كنا نسافر نحو الغرب فإنه يجب أن نؤخر الساعة من وقت إلى آخر، أما السفر شرقاً فيستلزم تقديم الساعة. ويعادل ذلك من حيث الأثر إطالة النهار أو الليل بالنسبة إلى المسافرين غرباً، وإنقاصه للمسافرين شرقاً.

بالإضافة إلى الدوران النظامي للأرض حول نفسها، فإنها تدور حول الشمس. إذا مرت الشمس في خط طول ما، فإن مرورها التالي في الخط نفسه لا يتم تماما بعد 24 ساعة، وعند الظهيرة يمكن ان تختلف ساعة مرورها (يمكن أن تتقدم أو تتأخر) عن الساعة 12h وفق التوقيت Tsm بحسب فصول السنة، ويُدعى الزمن الذي يُحدّد بالوضع الحقيقي للشمس الزمن الشمسي الحقيقي أو الزمن الشمسي الظاهري (Apparent solar time-Tsa).

يعود هذا الانحراف المتغير بين التوقيتين Tsm وTsa إلى المسار الإهليلجي للأرض حول الشمس؛ عند دوران الأرض على مسارها الإهليلجي فإنها تقترب من الشمس، وهذا يقتضي تسارعا وتقدماً في الانتقال الزاوي اليومي للأرض حول الشمس على الانتقال الزاوي الوسطي السنوي، وفق قانون كبلر Kepler الثالث (قانون السطوح – Law if areas). وتنعكس هذه الظاهرة أثناء تباعد الأرض عن الشمس. ويُدعى الانحراف بين التوقيت الشمسي الحقيقي Tsa، المُحَدّد بالوضع الحقيقي للشمس، والتوقيت الشمسي الظاهري الوسطي Tsm لخط طول منطقة، بالمعادلة الزمنية (Equation of time) [5,4]:

$$\Delta t = Tsa - Tsm = 9.9\sin[2(0.986n + 100)] - 7.7\sin(0.986n - 2) \quad (4)$$

حيث Δt يُقدر بالدقائق، وإذا ضربنا Δt بالعامل (1/60) فيُقدر بالساعات.

إن مفهوم الزمن الشمسي الحقيقي او الزمن الظاهري يتعلق بالزاوية الساعية للشمس ω التي هي عبارة عن قوس من المسار الشمسي المحتوى بين الشمس والمستوي المار بمحور دوران الأرض وخط طول المنطقة المأخوذة بعين الاعتبار، الشكل (3). وبما أن هذا المسار يُرسم بشكل منتظم (360°) خلال 24 ساعة، فإن الزاوية الساعية للشمس تزداد بمقدار 15° كل ساعة. إن قيمة $\omega = 0°$ عند مرور الشمس في المستوي المار بمحور دوران الأرض وبخط طول المنطقة التي يتم بها القياس [عند الظهيرة بحسب التوقيت الشمسي الحقيقي أو الظاهري: 12h (Tsa)]، وتعتبر سالبة قبل الظهيرة وموجبة بعد الظهيرة.

من أجل منطقة ما، خط طولها λ، يوجد علاقة مباشرة بين Tsa وω [4]:

$$\omega = 15(Tsa - 12) \quad (5)$$

حيث تقدر ω بالدرجات وTsa بالساعات.

بحسب تعريف Δt، يمكن أن نكتب [4]:

$$Tsa = Tsm + \Delta t \quad (6)$$

$$Tsm = Tu + \frac{\lambda}{15} \quad (7)$$

ومنه نستنتج أن:

$$\omega = 15(Tu + \frac{\lambda}{15} + \Delta t - 12) \quad (8)$$

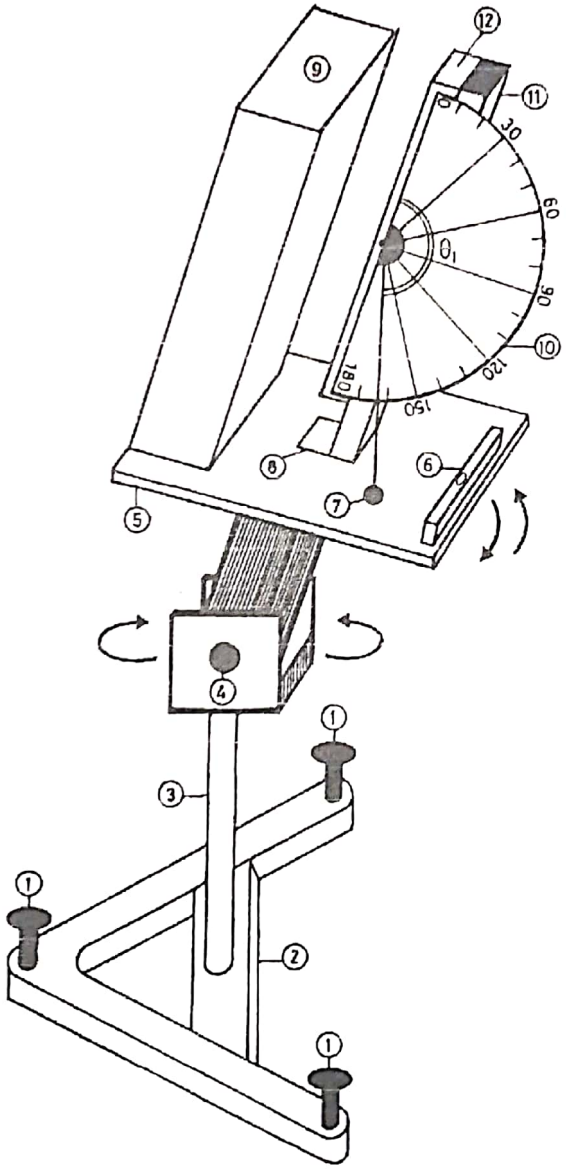
حيث ω وλ يُقدران بالدرجات، Tu وΔt يُقدران بالساعات.

يمكننا الآن حساب ω وذلك بمعرفة Tu (بمعرفة التوقيت المحلي Tc، أي ساعة إجراء القياس)، وλ (بالاستعانة بخارطة المكان الذي تم فيه القياس)، وΔt (العلاقة 4). وهذا بدوره يسمح لنا بحساب γ.

3- القسم التجريبي:

3-1- وصف الجهاز المُستخدم في القياسات وطريقة عمله:

يتألف الجهاز المستخدم في القياسات من العناصر التالية: منقلة (10)، ثقل معلق بخيط (7)، أنبوب مفتوح من الطرفين (12)، زئبقية (6)، وحاملين (11) و(9)، الشكل (5).



الشكل (5): الأجهزة المُستخدمة في القياسات.

نُثبت الخيط المعلق به الثقل في منتصف المنقلة ومن ثم نثبت المنقلة والأنبوب على الحامل (11) بحيث يكون الطرف المستقيم للمنقلة منطبقا على منصف وجه الأنبوب المقابل للمنقلة، كما هو موضح على الشكل (5). اخترنا مقطع الأنبوب مستطيل الشكل لسهولة تثبيت المنقلة عليه. نُثبت جميع العنصر المذكورة سابقاً بشكل عمودي على اللوحة (5) التي بدورها تُثبت على حامل قابل للحركة حول المفصل (4). بالإضافة إلى ذلك، فإن هذا الجهاز قابل للدوران حول المحور (3) المُثبت على القاعدة (2). إذن بهذا الشكل، يمكننا تحريك الجهاز في مستوى أفقي [بتدوير الجهاز حول المحور (3)] وفي مستوى شاقولي [بتحريك الجهاز حول المفصل (4)].

إن عملية ضبط أفقية وشاقولية الجهاز تتم عن طريق ضبط أفقية اللوحة (5) وشاقولية المنطقة وذلك بوساطة الزئبقية، الثقل المعلق بالخيط، واللوالب الثلاثة (1) المُثبتة على القاعدة (2).

إن عملية القياس، بوساطة هذا الجهاز، تتم بالطريقة التالية:

1. نوجه الأنبوب (12) باتجاه الشمس، أي أن صفر المنقلة يتجه نحو الشمس.
2. نضبط أفقية اللوحة (5) وشاقولية المنقلة.
3. نحرك الجهاز حول المفصل (4) حتى يتشكل لدينا أفضل خيال للفتحة السفلية للأنبوب (12) على اللوحة (5) (الخيال هنا هو عبارة عن بقعة ضوئية مستطيلة الشكل).
4. نقرأ الزاوية θ_1 التي يشير إليها الخيط (باعتبار صفر المنقلة باتجاه الشمس)، ونطرح من هذه القيمة $90°$ [وذلك لأن الخيط يشير إلى الزاوية $\theta_1 = 90°$ عند الوضع الأفقي للأنبوب (12)، أي عند بداية القياس، أي لحظة شروق الشمس] فنحصل على زاوية ارتفاع الشمس γ أو ارتفاع الشمس [5]:

$$\gamma = \theta_1 - 90° \quad (9)$$

3-2- التحقق من صحة عمل الجهاز ودقته:

السؤال الذي يمكن طرحه الآن هو التالي: هل النتائج التي يعطيها هذا الجهاز صحيحة؟ وما هي دقة هذه النتائج؟

قبل القيام بالقياسات بشكل نظامي ونهائي، لا بد من القيام بقياسات تمهيدية (قياسات أولية) تسمح بتحديد مدى صلاحية ودقة هذا الجهاز.

نعلم أن الشمس تصل إلى أقصى ارتفاع لها عند الظهيرة، في هذه الحالة يمكننا حساب الزاوية المرافقة لهذا الارتفاع (أي القيمة العظمى لزاوية ارتفاع الشمس γ_{max}) بمعرفة خط عرض φ المكان المتواجدين فيه وزاوية انحراف الشمس δ أو انحراف الشمس وذلك باستخدام العلاقة التالية [4]:

$$\gamma_{max} = 90° - (\varphi - \delta) \quad (10)$$

حيث تعتبر δ موجبة (سالبة) في النصف الشمالي (الجنوبي) من الأرض، أي المصطلحات المعتمدة نفسها بالنسبة لـ φ.

إذا قسنا γ_{max} تجريبيا وحسبنا δ (العلاقة 1)، يمكننا استنتاج قيمة φ. بمقارنة قيمة φ المحسوبة بهذه الطريقة مع القيمة المسجلة على خارطة المنطقة التي يتم بها القياس يمكننا أن نحكم على مدى صلاحية ودقة الجهاز المستخدم في قياس γ. وهذه هي الطريقة التي سوف أتبعها للتحقق من صحة عمل ودقة الجهاز الذي استخدمته في القياسات.

من أجل ذلك، قمت بقياسات تمهيدية لزاوية ارتفاع الشمس عند الظهيرة (أي في الساعة 12 ظهرا حسب التوقيت المحلي الشتوي، أو في الساعة 13 حسب التوقيت المحلي الصيفي) خلال فترة زمنية تقارب الشهرين. أُعطي في الجدول (2) بعض القيم التي حصلت عليها لـــ γ_{max}، والقيم المحسوبة لكل مـــن δ وφ المرافقة لـــ γ_{max}.

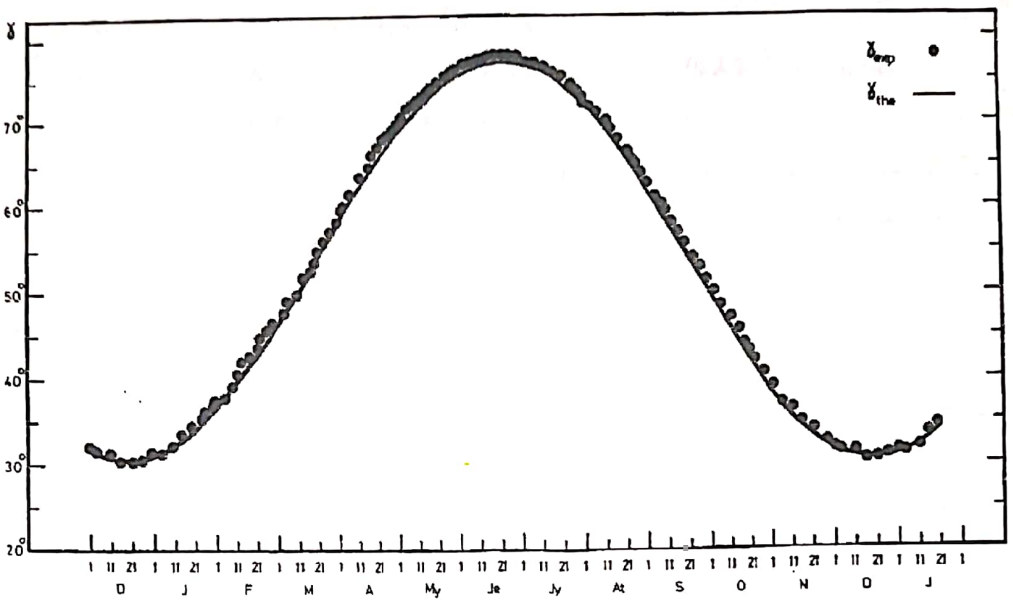
التاريخ	n	δ^o	γ^o_{max}	φ^o
4/4/1994	94	5.1490	60	35.15
7/4/1994	97	6.3227	61.5	34.82
13/4/1994	103	8.6165	64	34.62
19/4/1994	109	10.8186	66.5	34.32
24/4/1994	114	12.5665	68	34.57
28/4/1994	118	13.8985	69	34.90
2/5/1994	122	15.1647	70	35.16
9/5/1994	129	17.2043	72	35.20
18/5/1994	138	19.4565	74	35.46
28/5/1994	148	21.4106	76	35.41

الجدول (2).

إذا استعنا الآن بخارطة المنطقة التي يتم بها القياس (مدينة اللاذقية) نستنتج أن خط عرض مدينـــة اللاذقية $\varphi = 35.53°$. نجد بمقارنة هذه القيمة مع القيم التي تم الحصول عليها ابتـــداءً مـــن γ_{max} وδ، أن التطابق مرضي وأن دقة القياس تُقدر بـــ ± 3.5 %.

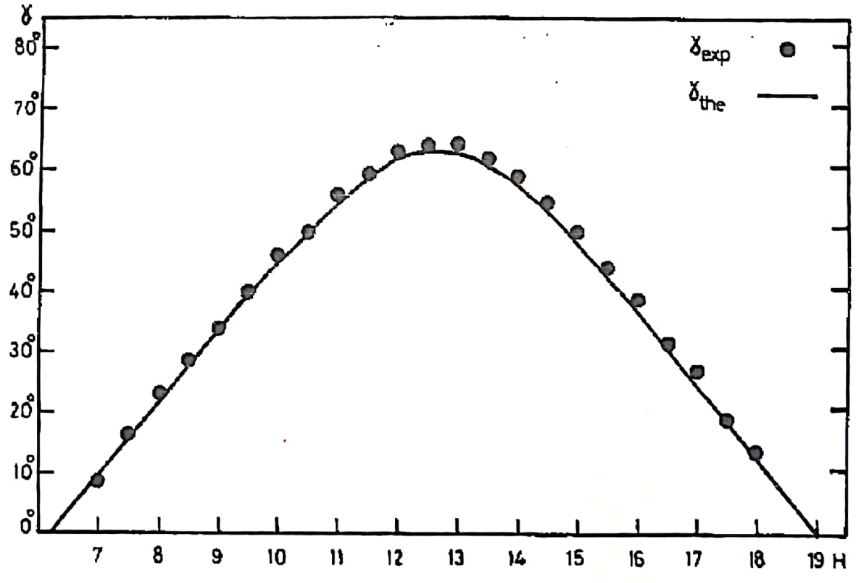
3-3- النتائج التجريبية:

بعد أن تأكدت من صحة عمل الجهاز المستخدم في القياسات ودقته المرضية قمت بقيـــاس زاويـــة ارتفاع الشمس γ، عند الظهيرة بحسب التوقيت المحلي، على مدار عام كامل (عندما يسمح الطقـــس بـــذلك) فحصلت على النتائج المعطاة على الشكل (6) الذي يمثل تغيرات γ بتراتبية أشهر السنة. إن أعظـــم قيمـــة لـــ$\gamma \approx 78°$ تم الحصول عليها في النصف الثاني من شهر حزيران.



الشكل (6): التغيرات السنوية لزاوية ارتفاع الشمس γ والمقارنة بين القيم التجريبية (•) والنظرية (—) لهذه الزاوية في مدينة اللاذقية.

أعطي أيضاً على الشكل (7) تغيرات زاوية ارتفاع الشمس γ من أجل يوم كامل (15 نيسان 1995) بتابعية ساعات النهار. نلاحظ بشكل واضح أن أعظم قيمة لـ γ نحصل عليها عند الظهيرة (الساعة 13 وفق التوقيت المحلي الصيفي).



الشكل (7): تغيرات زاوية ارتفاع الشمس γ في يوم كامل، ومقارنة بين القيم التجريبية (•) والنظرية (—) لهذه الزاوية في مدينة اللاذقية.

4- مقارنة بين النتائج التجريبية والحسابات النظرية لـ γ:

حُسبت γ نظريا باستخدام العلاقة (2) وذلك بعد حساب كل من δ (العلاقة 1) وω (العلاقة 8) واستنتاج قيم φ وλ من خارطة مدينة اللاذقية. أعطي هنا مثالاً على حساب γ:

حساب γ في 11 أيار: من أجل 11 أيار فإن $n = 131$ (الجدول 1) و$\delta = 17.7424°$ (العلاقة 1). نجد بالاستعانة بخارطة مدينة اللاذقية أن $\varphi = 35.53°$ و$\lambda = 35.78°$. إن العلاقة (8) تسمح بحساب ω وذلك بعد حساب $\Delta t = 3.6595(minutes)$ الذي يُقدر بالدقيقة أو $\Delta t = 0.061(hour)$ مقدراً بالساعة (العلاقة 4)، فنجد أن $\omega = 6.6949°$ علماً أن $\lambda = 35.78°$ و:

$$Tu = Tc - 3 = 12 - 3 = 9 \ (hours)$$

(لأن القياس يتم عند الظهيرة وفق التوقيت المحلي $Tc = 12h$). إذا عوضنا الآن في العلاقة (2) نجد أن $\gamma = 71.24°$.

إن القيم التي حصلت عليها لـ γ، باستخدام العلاقة (2)، معطاة على الشكل (6) (تغيرات γ على مدار عام كامل) والشكل (7) (تغيرات γ على مدار يوم واحد)، وممثلة بخط مستمر. كما هو واضح، نلاحظ أن التطابق بين القيم التجريبية والنظرية لـ γ مرضٍ بشكل جيد.

5- الخاتمة:

أعطيت في هذه المقالة فكرة واضحة وموجزة عن بعض المفاهيم الأساسية المتعلقة بالإحداثيات الأرضية، بدوران الأرض حول محورها وحول الشمس، بحساب زاوية ارتفاع الشمس γ، وبالمعادلة الزمنية Δt. ثم وصفت الجهاز الذي استخدمته في القياسات وشرحت طريقة عمله. وقبل أن أقوم بالقياسات بشكل نهائي ونظامي، تحققت من صحة عمل الجهاز بإجراء قياسات أولية واستنتجت أن دقته تقدر بـ $\pm$ 3.5 %. وبعد التحقق من صحة عمل الجهاز ودقته، قست زاوية ارتفاع الشمس ودرست تغيرات هذه الزاوية على مدار عام كامل، واستنتجت أن أعظم قيمة تصل إليها γ (في مدينة اللاذقية) هي حوالي 78° وهذا يحدث في النصف الثاني من شهر حزيران.

تشير المقارنة بين القيم التجريبية والنظرية لـ γ إلى أن التطابق بينهما مرضٍ، لا بل جيد.

إن هذه النتائج التي حصلت عليها تعطي فكرة للقارئ عن تغير γ على مدار العام (في مدينة اللاذقية) وتساعد الباحثين الذين يعملون في مجال الطاقة الشمسية (المجمعات الشمسية) ودراسة طبقة الأوزون.

REFERENCES المراجع

[1] DAVID HALLIDAY **et al**, "Fundamentals of physics", Third extended, Jhon Wiley and Sons, Inc, New York. 1988.

[2] HARRIS BENSON, "University physics", Jhon Wiley and Sons, Inc, New York, 1991.

[3] PAUL M. FISHBANE **et al,** "Physics for scientists and engineer", extended version, Pretice-Hall International, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993.

[4] CHRISTIAN PERRIN de BRICHOMBAUT and CHRISTIAN VAUGE, "Le gissement solaire", Technique et Documentation (Lavoisier), Paris, 1982.

[5] The book of popular science, Vol. 7, Grolier incoporated, U.S.A., Canada, 1976.

[6] Larousse Encyclopedique en Couleur, France Loisirs, Librairie Larousse, Paris, 1978.

[7] Atlas de poche, Hitième édition publiée par le livre de poche, Librairie générale Française, Paris, 1997.

[8] The book of knowledge – The earth and the universe, TRADEXIMASA – Genève, 1971.

[9] The joy of knowledge encyclopaedia – The earth (3) Mitchell Beazley Encycloppaedia LTD, Genève-Swisse, 1976.

[10] The joy of knowledge encyclopaedia–The universe (2) Mitchell Beazley Encycloppaedia LTD, Genève-Swisse, 1976.