BIBLIOTHECA ALEXANDRINA
مكتبة الإسكندرية

احتفالية إيراتوستينس

٢١ يونية

إعداد
رضا قنديل

تحرير
إنجي حافظ

تصميم
مها شرين

إشراف
مايسة عزب

Planetarium
Science Center

لمزيد من المعلومات، برجاء الاتصال
مركز القبة السماوية العلمي
هاتف: ٤٨٣٩٩٩٩ (٢٠٣)+، داخلي: ٢٣٥٠-٢٣٥١
فاكس: ٤٨٢٠٤٦٤ (٢٠٣)+

ALEXploratorium@bibalex.org

www.bibalex.org/psc

احتفالية
إيراتوستينس

٢١ يونية

المحتويات

كان ياما كان ...

من أنا؟

أهم أعمالي

كم هو كبير حجم الأرض!

الآن جاء دورك لتلعب!

المفردات

المصادر

اختبر نفسك!

١

كان ياما كان ...

أضاف اليونانيون إلى كمّ الملاحظات التي وصلتهم من المصريين القدماء، مما قادهم إلى المنهج الاستدلالي والتصور الرياضي، وهي الأسس التي يقوم عليها العلم الحديث.

وفي مجال الطب، كان هناك تقدم كبير وذلك بفضل عمليات التشريح، وهو الأمر الذي كان محرّمًا من قبل لاعتبارات دينية، وكان أول من مارسه عدد من أطباء الإسكندرية.

وفيما بين القرن الثالث قبل الميلاد والقرن الخامس الميلادي، توسعت العلوم في المجالات، فقد أدت فتوحات الإسكندر الأكبر إلى امتداد آفاق العالم المعروف، وازدهرت دقة المعلومات الجغرافية واتسمت الاستكشافات بالنظرة العلمية، وقدم بعض الملوك الهلينستيين وخاصة البطالمة في الإسكندرية وحكام برجام الدعم الكبير وخصوصًا الدعم المالي.

٢

من أنا؟

السيرة الذاتية:

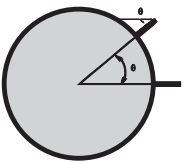
الاسم: إيراتوستينس
الجنسية: ليبي الأصل
تاريخ الميلاد: حوالي ٢٧٦ ق.م/ قورينة، ليبيا
مكان الدراسة: أثينا والإسكندرية
مجال العمل: عالم، وثالث من احتل منصب أمين مكتبة الإسكندرية القديمة
تاريخ الوفاة: حوالي ١٩٤ ق.م

وُلدتُ بمدينة قورينة الواقعة حاليًا بليبيا. وكانت مدينة قورينة – مثل الإسكندرية وأثينا – إحدى المدن الثقافية الهلينستية البارزة في البحر المتوسط. ودرستُ في أثينا ثم انتقلتُ للعيش بالإسكندرية.

وقد واكبت العصر الذي ظهر فيه أهم علماء التاريخ مثل صديقي عالم الرياضيات أرشميدس[١]. لُقبتُ بـ"بيتا" (Beta)[٢] – الحرف الثاني من الحروف الإغريقية – من قِبَل زملائي الذين اعتبروني ثاني أهم وأكبر عالم من بين علماء ذلك الوقت.

لقد اتّسع نطاق اهتمامي وعملي ليشمل مجالات علمية عديدة مثل الفلك، والجغرافيا، والرياضيات، والأدب، والشعر والفلسفة. وفي حوالي عام ٢٣٦ ق.م تم تعييني على يد بطليموس الثالث يورجتيس[٣] رئيسًا لمكتبة الإسكندرية القديمة، فأصبحت ثالث رئيس لهذا المكان العظيم.

٣



أهم أعمالي

لي مؤلفات في علم الرياضيات؛ حيث أضفت عددًا من التعريفات الهامَّة في كلٍّ من الهندسة وعلم الحساب. كما ألَّفت أول بحث عن الجغرافيا الرياضية ملحقًا به خريطة للعالم. وكذلك ابتكرت كلمة (الجغرافيا) المشتقَّة من اللاتينية Geographikos، والتي تعني "علم رسم الأرض".

وعلاوة على ذلك، فقد قمت برسم خريطة لوادي النيل جنوبي دائرة العرض التي تمر بمدينة الخرطوم الحديثة. كما قدمت تقريرًا بأنه تمت ملاحظة هطول الأمطار الغزيرة على الروافد العليا من النهر، والتي كانت كافية لتتسبب في حدوث الفيضانات.

كما قمت بتصنيف شعوب اليمن إلى أربعة أعراق رئيسية، وبناءً على ذلك التصنيف، بدأ العلماء المعاصرون في التحدُّث عن مملكة معين، وسبأ، وقتبان، وحضرموت. وقمت أيضًا بقياس زاوسية ميل مدار الشمس، والمسافات بين الأرض والقمر وبين الأرض والشمس.

ولكن أبرز إنجازاتي هو أنني قمت بقياس محيط الأرض بدقة مذهلة مستعينًا بقياسات دوائر العرض بين مدينتي الإسكندرية وسيان (أسوان) في مصر. ولكن للأسف لم يتبقّ شيء من مؤلفاتي، إلا أن إسهاماتي العلمية وخاصة قصة قياس محيط الأرض، قد صمدت مع الزمن بفضل خلفائي من العلماء والشُرّاح.

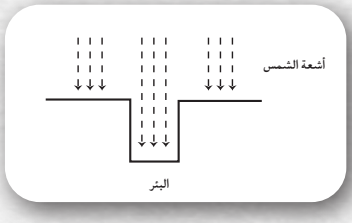
٤

كم هو كبير حجم الأرض!

هل تستطيع قياس محيط الكرة الأرضية بسهولة؟

لقد نجحت في القيام بهذا! فلقد قمت باستخدام طريقة بسيطة يمكن للجميع تطبيقها.

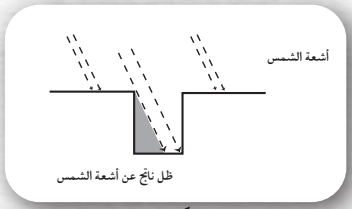
لقد علمت أنه إذا نظرنا داخل أحد الآبار بمدينة سيان في وسط النهار تمامًا يوم الانقلاب الصيفي[٤] يمكننا رؤية انعكاس الشمس على سطح المياه في القاع.



الشكل (١)

ولأن سطح المياه في البئر أفقي فقد أدركت أن الشمس في هذه اللحظة لابد وأن تكون قائمة رأسيًا؛ لذا تكون أشعتها عمودية تمامًا فتصل إلى أعماق الآبار، ويكون ظل الأشياء متمركزًا حولها فيبدو منعدمًا.

الشكل (١): أشعة الشمس عمودية على قاع البئر في أسوان وقت الظهر، عندما تكون الشمس قائمة رأسيًا.



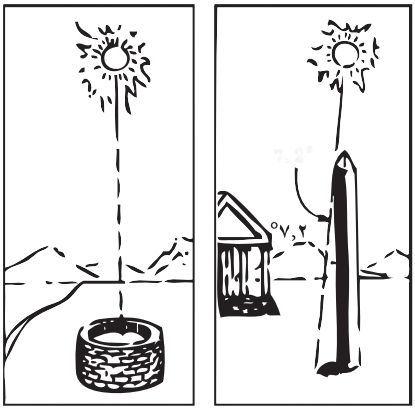
الشكل (٢)

على العكس، فإن أشعة الشمس بالإسكندرية في نفس الوقت لا تكون عمودية ويكون للأجسام ظل قصير.

الشكل (٢): أشعة الشمس تسقط على قاع البئر في الإسكندرية وقت الظهر في نفس اليوم كما هو موضّح في الشكل (١)، ولكن الشمس ليست قائمة رأسيًا. ويوضِّح شكل الأشعة وجود ظل في جانب البئر.

٥

وفي عام ٢٠٥ ق.م، قمت باقتراح طريقة في غاية الدقة والسهولة لقياس محيط الكرة الأرضية، معتمدًا فيها على مراقبة الظل.



أين؟

بمدينتَي الإسكندرية وسيان (أسوان).

متى؟

في وسط النهار تمامًا تبعًا للتوقيت المحلي في يوم الانقلاب الصيفي.

ماذا فعلت؟

أولاً قمت بقياس طول ظل أحد المسلات بالإسكندرية في وسط النهار تمامًا يوم الانقلاب الصيفي، ثم استخدمتُ هذا القياس لحساب زاوية الميل بين أشعة الشمس والمسلة، وكانت النتيجة التي حصلتُ عليها هي ٧,٢° تمامًا؛ بحيث تكون زاوية الميل بين أشعة الشمس والأجسام الرأسية صفر°، فتوصلت إلى أن: الأرض ليست مسطحة بل كروية وأن أشعة الشمس متوازية.

وبما أن الأرض كروية، فإن امتداد الخط المركزي للمسلة بالإسكندرية وامتداد ذلك الخط ببئر في سيان يلتقيان في مركز الكرة الأرضية.

وعلمًا بأن مدينتي الإسكندرية وسيان تقعان على نفس خط الطول[٥] تقريبًا، وأن أشعة الشمس متوازية، تكون الزاوية الناتجة عن تقابل الخطين السابقين مساوية للزاوية الناتجة عن ظل المسلة ٧,٢°.

هكذا استنتجت أن: نسبة زاوية ظل المسلة ٧,٢° إلى زاوية الدائرة ٣٦٠° تساوي نسبة المسافة بين الإسكندرية وسيان (٨٠٠ كم) إلى محيط الدائرة.

كيف؟

٧,٢°/ ٣٦٠° = ٨٠٠ / س

س= ٧,٢°/ ٣٦٠° x ٨٠٠

س= ٤٠,٠٠٠ كم

أي أن محيط الكرة الأرضية يساوي ٤٠,٠٠٠ كم.

الاستاديوم

وحدة القياس التي استخدمها إيراتوستينس لقياس محيط الأرض هي الاستاديوم، وهي تعتمد على المسافة التي كان يعدوها لاعبو الرياضة في الملاعب الإغريقية القديمة.

اقترح بعض المؤرخين أن هذه الملاعب كانت قد بنيت حول حلقات مسابقات العَدْو وكانت تقاس بعدد الخطوات (١٠٠ خطوة من بداية السباق حتى النهاية). ولكن كانت الخطوات غير دقيقة لتحديد مساحة هذه الملاعب؛ نظرًا لأنها تختلف من فرد إلى آخر.

إن مساحة ملعب "أولمبيا" القديم ١٩٢٣م، ولكن هناك معلومات تؤكد أن مساحة الاستاديوم اختلفت مع مر العصور وهي تمتد من ١٥٧م إلى ٢١١م.

بعض المسافات التي توصل إليها إيراتوستينس باستخدام الاستاديوم:

المسافة بين الإسكندرية وأسوان: ٥,٠٠٠ استاديوم.

مساحة محيط الأرض: ٢٥٠,٠٠٠ استاديوم.

المسافة بين الأرض والقمر: ٧٨,٠٠٠ استاديوم.

المسافة بين الأرض والشمس: ٨٠٤,٠٠٠,٠٠٠ استاديوم.

٧

الآن جاء دورك لتلعب!

١) رقصة الظل:

الأدوات:

- غراء أو شريط
- لاصق لوح من الخشب أو البلاستيك
- كرتون "ورق"
- خلة أسنان
- بطارية صغيرة

هدف التجربة:

التعرف على مصدر الضوء والظل وفهم العلاقة بين زاوية الضوء وطول الظل.

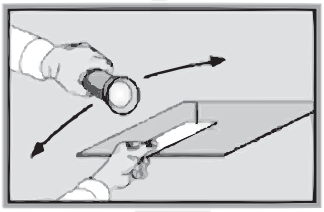
ما العمل الآن؟

١- قم بقطع قطعة صغيرة من ورق الكرتون على شكل مستطيل عرضه ٤ سم وطوله ١٠ سم.
٢- قم بوضع خلة الأسنان في وسط قطعة الكرتون.
٣- ثم قم بوضعها على اللوح الخشبي.
٤- باستخدام البطارية الصغيرة، قم بتكوين أشكال مختلفة لشكل الظل.

التجربة ١

تحريك اتجاه البطارية

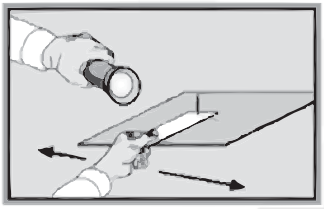
قم بتحريك اتجاه الظل وذلك بتحريك اتجاه البطارية بدون تحريك خلة الأسنان.



التجربة ٢

تحريك الخلة

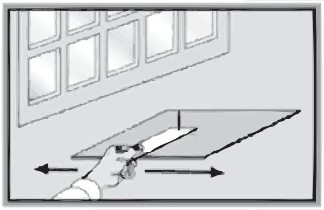
قم بتحريك اتجاه الخلة بدون تحريك اتجاه البطارية. ماذا تلاحظ؟



التجربة ٣

استخدام ضوء الشمس

تستطيع تكوين أشكال مختلفة لظل خلة الأسنان باستخدام ضوء الشمس بالخارج أو داخل المنزل بالقرب من نافذة. ماذا يحدث إذن للظل عندما تقوم بتحريك الخلة تحت ضوء الشمس؟ هل ما يحدث الآن مع ضوء الشمس مشابه لما حدث باستخدام البطارية الضوئية؟



ماذا يحدث؟

سوف تلاحظ اختلافات مثيرة للتساؤل بين الظل الذي تكون من خلال البطارية الضوئية وذلك الذي تكون من ضوء الشمس. بما أن الشمس بعيدة جدًا، فلعلك لاحظت أن زاوية الظل لم تتغير عندما قمت بتحريك الخلة. أما عندما كان مصدر الضوء أكثر قربًا، فاختلف شكل الظل.

٢) مصفاة إيراتوستينس

إن الوسيلة الأكثر دقة للعثور على كل الأعداد الأولية الصغيرة (كل الأعداد أقل من ١٠،٠٠٠،٠٠٠) هو عن طريق استخدام مصفاة مثل مصفاة إيراتوستينس:

قم بعمل قائمة بجميع الأعداد الصحيحة الأقل من أو تساوي (س) (وأكبر من واحد).

قم بشطب مضاعفات جميع الأعداد الأولية الأقل من أو تساوي الجذر التربيعي لـ(س)، ومن ثَمّ، فإن الأعداد الباقية هي الأعداد الأولية.

على سبيل المثال، لمعرفة جميع الأعداد الأولية الأقل من أو تساوي ٣٠، قم بعمل قائمة بالأعداد من ٢ إلى ٣٠:

(٢-٣-٤-٥-٦-٧-٨-٩-١٠-١١-١٢-١٣-١٤-١٥-١٦-١٧-١٨-١٩-٢٠-٢١-٢٢-٢٣-٢٤-٢٥-٢٦-٢٧-٢٨-٢٩-٣٠)

العدد الأول (٢) عدد أوّلي، فاحتفظ به (سنقوم بعمل دائرة حوله)، وقم بشطب مضاعفاته؛ ولذلك فإن تلك الأعداد ليست أعدادًا أولية.

(②-٣-~~٤~~-~~٥~~-~~٦~~-~~٧~~-~~٨~~-~~٩~~-~~١٠~~-~~١١~~-~~١٢~~-~~١٣~~-~~١٤~~-~~١٥~~-~~١٦~~-~~١٧~~-~~١٨~~-١٩-~~٢٠~~-٢١-~~٢٢~~-٢٣-~~٢٤~~-٢٥-~~٢٦~~-٢٧-~~٢٨~~-٢٩-~~٣٠~~)

١٠

العدد الأول بلا علامة هو (٣)، لذلك فهو أول عدد أوّلي فردي. فاحتفظ به وقم بشطب كل مضاعفاته. نحن نعرف أن جميع المضاعفات الأقل من ٩ (أي ٦) قد تم شطبها بالفعل؛ لذا يمكننا البدء من $٣^{٢} = ٩$

(٢-٣-٤-٥-٦-٧-٨-٩-١٠-١١-١٢-١٣-١٤-١٥-١٦-١٧-١٨-
١٩-٢٠-٢١-٢٢-٢٣-٢٤-٢٥-٢٦-٢٧-٢٨-٢٩-٣٠)

الآن العدد الأول بلا علامة هو (٥)، وهو ثاني عدد أوّلي فردي. فاحتفظ به وقم بشطب كل مضاعفاته (جميع المضاعفات أقل من $٥^{٢} = ٢٥$ قد تم شطبها بالفعل، ومن ثم فإن العدد ٢٥ هو الوحيد الذي لم يتم شطبه بعد).

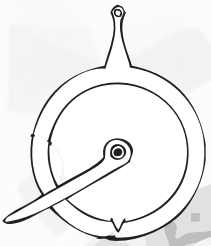
(٢-٣-٤-٥-٦-٧-٨-٩-١٠-١١-١٢-١٣-١٤-١٥-١٦-١٧-١٨-
١٩-٢٠-٢١-٢٢-٢٣-٢٤-٢٥-٢٦-٢٧-٢٨-٢٩-٣٠)

العدد التالي هو ٧، وهو أكبر من الجذر التربيعي للعدد ٣٠؛ ولذلك لا توجد مضاعفات للعدد ٧ لم يتم شطبها بعد، وهكذا تكون مصفاة إيراتوستينس قد اكتملت، وكل ما تبقّى أعداد أوّلية (٢، ٣، ٥، ٧، ١١، ١٣، ١٧، ١٩، ٢٣، ٢٩). لاحظ أننا حصلنا على الأعداد الأوّلية بدون قِسمة.

١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨	١٩	٢٠
٢١	٢٢	٢٣	٢٤	٢٥	٢٦	٢٧	٢٨	٢٩	٣٠
٣١	٣٢	٣٣	٣٤	٣٥	٣٦	٣٧	٣٨	٣٩	٤٠
٤١	٤٢	٤٣	٤٤	٤٥	٤٦	٤٧	٤٨	٤٩	٥٠
٥١	٥٢	٥٣	٥٤	٥٥	٥٦	٥٧	٥٨	٥٩	٦٠
٦١	٦٢	٦٣	٦٤	٦٥	٦٦	٦٧	٦٨	٦٩	٧٠
٧١	٧٢	٧٣	٧٤	٧٥	٧٦	٧٧	٧٨	٧٩	٨٠
٨١	٨٢	٨٣	٨٤	٨٥	٨٦	٨٧	٨٨	٨٩	٩٠
٩١	٩٢	٩٣	٩٤	٩٥	٩٦	٩٧	٩٨	٩٩	١٠٠

١١

٣) كيف يمكن عمل "ساعة شمسية للجيب"؟



يلزمك المواد الآتية:

- مقص
- شريط لاصق
- خيط رفيع
- بوصلة

١- استخدم المقص لقطع "ساعة الجيب الشمسية" بعناية، وقص ١٥ سنتيمترًا من الخيط الرفيع الذي سيتم استخدامه كمؤشر (عقرب) للساعة.

٢- استخدم الشريط اللاصق لتثبيت أحد طرفي الخيط عند منتصف الخط الواصل بين الرقمين ٦، والطرف الآخر بالعلامة التي تشير إلى خط عرض مدينتك.

٣- قم بثني "ساعة الجيب الشمسية" إلى نصفين على امتداد الخط الأفقي الموضح في الشكل؛ بحيث يكونان متعامدين.

كيف تستخدم "ساعة الجيب الشمسية"؟

خذ "ساعة الجيب الشمسية" إلى الخارج وقم بوضعها في اتجاه الشمال مستعينًا بالبوصلة. سيشير ظل الخيط (عقرب الساعة) إلى الوقت وفقًا لخطوط الساعات الموضحة.

٤) الظلال على الأرض

الأدوات:

- خمس قطع من الشفّاطات البلاستيكية، كل منها ٤ سم
- شريط لاصق أو قطعة من الصلصال
- قطعة من الورق (١٠X١٠ سم)

سوف تقوم بعمل نموذج للظلال في نقاط مختلفة على سطح الأرض.

أولاً، قم برسم خط مستقيم بعرض الورقة، وقم بلصق قطع الشفّاطات بالتساوي على طول الخط؛ بحيث تكون الشفاطات مستقيمة.

يمكن لذلك النموذج أن يُمثّل وضع عصيّ في مواقع مختلفة على الأرض عن طريق إمساك الورقة بشكل منحنٍ؛ بحيث يكون وجه الشفّاطات لأعلى.

نموذج لظلال العصي في منتصف النهار على دوائر عرض مختلفة وخط طول واحد.

تجنبًا لإلحاق الضرر بعينيك، لا تنظر مباشرة إلى الشمس.

كيف يمكنني عمل التجربة في ضوء الشمس؟

قم بوضع الورقة في مواجهة الشمس كما تم شرحه سابقًا.

قم بتدوير الورقة؛ بحيث يختفي ظل أحد الشفّاطات عن طريق جعل هذه الشفّاطة موجّهة مباشرة نحو الشمس.

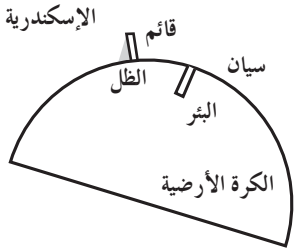
سوف تمثّل تلك الشفّاطة البئر في أسوان. ماذا سوف يحدث لظلال الشفّاطات الأخرى؟

حاول الربط بين ظل كلّ من الشفّاطات وموقعها بالنسبة لزاوية سقوط أشعة الشمس عليها. قارن بين تلك الظّلال وبين التي قمت باستخدامها لقياس محيط الأرض.

١٣

اختبر نفسك!

في هذه الصورة، قم برسم الشمس موضحًا موقعها المثالي لتعتلي السماء وتخترق البئر الموجود بمدينة أسوان، ورسم شكل الظل بالإسكندرية.



إذا كان هناك عمود في أسوان في الوقت الذي تتجه أشعة الشمس عموديًّا على البئر، هل سيكون هناك أي ظل؟

نعم

لا

لماذا نرى ظل العمود في الإسكندرية، بينما لا نرى أية ظلال في أسوان؟ هل لهذا علاقة بشكل الأرض؟

١٤

المفردات

(١)أرشميدس: عالم إغريقي نبغ في الرياضيات والفلسفة، وقام بعمل اكتشافات جوهرية في الفيزياء والهندسة.

(٢)بيتا: الحرف الثاني من الحروف الإغريقية. يعود أيضًا إلى عدة رموز يختلف معناها حسب سياق الكلام.

(٣)بطليموس الثالث يورجتيس: الحاكم الثالث لإمبراطورية البطالمة بمصر وهو ابن بطليموس الثاني فيلادلفوس والملكة أرسينوي.

(٤)الانقلاب الصيفي: الانقلاب هو ظاهرة تحدث مرتين في السنة عندما تحتل الشمس أبعد نقطة من الخط الاستوائي. وهو يُعَدُّ أطول يوم في السنة بمعنى أن الفترة الزمنية التي تمر بين شروق الشمس وغروبها هي الأطول على مدار السنة.

(٥)خط الطول: خطوط الطول هي خطوط وهميّة على الكرة الأرضية تمر بسمت الرأس والنقطة الشمالية بالأفق.

١٥

المصادر

مواقع إلكترونية:

- العام الدولي للفيزياء ٢٠٠٥

(http://www.physics2005.org/events/eratosthenes/)

- مشروع يوم الظهيرة

(http://www.k12science.org/noonday/askanexpert.html)

- قسم الفلك بجامعة كاليفورنيا ببركلي

(http://astron.berkeley.edu/~krumholz/sq/astro/class1.txt University of California (Berkeley Astronomy Department))

- جامعة تنيسي شاتانوجا

(http://www.utc.edu/Faculty/Jonathan-Mies/wkshop/wkshop_prod/eratosthenes.pdf)

كتب:

- «العلم والحضارة الهلينستية في القرون الثلاثة الأخيرة ق.م» لجورج سارتون، نيويورك، الولايات المتحدة الأمريكية ١٩٩٣
- كتاب "مكتبة الإسكندرية سيرتها ومصيرها" للدكتور مصطفى العبادي، اليونيسكو، باريس، ١٩٩٢

فيديو:

سلسلة كارل ساجان: (مكتبة الإسكندرية)

(http://www.youtube.com/watch?v=jixnM7S9tLw)

(http://aleph0.clarku.edu/~djoyce/mathhist/greece.html)

(http://www.definitions.net/definition/eratosthenes)

(http://video.google.co.uk/videoplay?docid=-6996072263812322964&ei=QFVcS4aXJ4en-Abepv0n&q=eratosthenes&hl=en#)

(http://www.lamap.fr/collaborative_projects/29/FLASH/erathist.swf)