# خاتمة
# شربة من البئر

الحقيقة الجوهرية التي تنجم عن هذه التساؤلات هي تلك
العزلة الشديدة للنظام الشمسي. إنه مَرْكَبٌ صغير يبحر في محيط واسع،
لكنه ليس وحيداً.

**ـ أكنس كلارك، من كتابه The System of the Stars، المؤلَّف سنة 1905.**

. . . وهكذا فإننا نموت، ونحن نواصل بحثنا، مثل قدامى الفلكيين
المساكين، الذين يذهبون مترنحين إلى فراشهم، ليحلموا بالنجوم التي
أمضوا نهارهم في التفكير فيها

**ـ إدوين آرلنكتون روبنسون، شاعر أمريكي ( 1869 ـ 1935 )**

★ ★ ★

بعد أن جرى، بتعاقب سريع، اكتشاف اختلافات منظر ثلاثة من النجوم ـ الدجاجة 61، والنسر الواقع، والحضار ألفا ـ من بين آلاف النجوم التي تتلألأ فوق رؤوسنا، والتي كان اكتشاف اختلافات منظرها مهمة صعبة، أغرت مملكة النجوم جيلاً جديداً من الفلكيين باصطياد المزيد من اختلافات المنظر النجمية. ولأكثر الفلكيين طموحاً، كانت الآلة التي اختاروها هي

الهليومتر. إن فردريش بسل، من خلال الشرح المطول لمبادئ الهليومتر وعمليات القياس بواسطته، مهد السبيل لتصبح هذه الآلة هي أفضل كاشف لاختلاف المنظر في القرن التاسع عشر. في سنة 1848، بنى ميرز ومالر، اللذان أتيا بعد جوزيف فراونهوفر، نسخة مطابقة إلى حد ما لهليومتر كونكسبرك مخصصة لجامعة بون، ثم صنعا هليومتراً أكبر أوصى عليه ولهلم شتروفي لمرصد بولكوفا الملكي في روسيا. وقد رُكِّبت هليومترات ربسولد Repsold في مرصد رادكليف بأكسفورد وفي مراصد أخرى بشتوتكارت، ولايبزك، وكابشتات، وكوتنكن، وبامبرك.

وفي الوقت نفسه، في نصف الكرة الجنوبي، بدأ ديفيد جيل، في مرصد رأس الرجاء الصالح، بقياس اختلافات المنظر النجمية باستعمال هليومتر قطره سبعة إنشات. وقد أطلق لويس إلكين، الذي كان مساعد جيل في وقت من الأوقات، أول برنامج أمريكي لصنع الهليومترات، كان ذلك في ييل سنة 1855. وفي سنة 1896 رُكّب أكبر هليومتر في العالم ـ قطر فتحته 8،5 إنش، وطوله عشرة أقدام ـ في مرصد كوفنر بمدينة فيينا، ومازال قائماً هناك حتى الآن.

وكما هو الحال في السابق، كان الباحثون عن اختلاف المنظر يركزون جهودهم على صنفين من النجوم، هي التي احتمال كون اختلافات منظرها قابلاً للقياس أكبرَ ما يمكن : الصنف الأول هو أشد النجوم سطوعاً في السماء، والثاني هو الذي يكون لنجومه حركات ذاتية كبيرة (النجوم الطائرة، مثل نجم الدجاجة 61). وقد تبيّن أن قلة من أشد النجوم سطوعاً، مثل الشعرى اليمانية، والشعرى الشامية، قريبة منا نسبياً. بيد أن أغلبيتها العظمى ـ ومن ضمنها سهيل، ثاني أسطع النجوم في السماء، ومنكب الجوزاء في كوكبة الجبار ؛ وذنب الدجاجة، الموجود مع نجم الدجاجة 61 في كوكبة واحدة ـ لم تبد أي اختلاف منظر البتة. من الواضح أن هذه النجوم تقع على مسافة كبيرة جداً من الأرض ؛ لا شيء، سوى ضياؤها الشديد، يجعلها ظاهرة في السماء الليلية. إنها نجوم منتفخة، إما عمالقة giants أو عمالقة

فائقة الضخامة supergiants، وصفها المؤرخ أكنس كلارك بقوله «إن ضخامتها وجمالها يفوقان حدود التصور».

وهكذا فإن النجوم التي لا يميزها سوى سطوعها الشديد، لم تسهم في حل مشكلة اختلاف المنظر طوال القرن التاسع عشر إلا قليلاً. وبالمقابل، تبيّن أن النجوم التي تتحرك بسرعة كبيرة نسبياً عبر السماء، بقطع النظر عما إذا كانت ساطعة أو باهتة، هي النجوم التي نجني منها فائدة كبرى في هذا المجال. وقد اكتشف المتخصصون في علم فلك المواقع positional astronomy، نتيجة استعمالهم مقاريب عبور متزايدة الدقة، أن كثيراً من النجوم الباهتة تغيرت مواقعها تغيراً جوهرياً، منذ أن حدد جيمس برادلي مواقعها قبل قرن من الزمان (لاحظ أيضاً إدموند هالي، بعد برادلي، انزياحات نجمية حدثت في المدة التي تفصله عن زمن هيبارخوس). وقد تبيّن أن لكلّ واحد تقريباً من النجوم التي لها حركات كبيرة اختلاف منظر يمكن كشفه. وهكذا توثق الفلكيون من صحة آرائهم التي طالما تشككوا فيها وهي أن مثل هذه «النجوم الطائرة» لا تندفع في الفضاء بسرعة أكبر من سرعة النجوم العادية ؛ فسبب ظهورها مندفعةً بسرعات أعلى من غيرها هو أنها أقرب إلى النظام الشمسي. إن السمتين المتلازمتين، البهوت والقرب، ترسمان صورة لمجموعة نجمية مختلفة تماماً عن العمالقة والعمالقة الفائقة الضخامة المتألقين : فمعظم النجوم المجاورة للشمس صغيرة نسبياً، ولا تصدر سوى نسبة ضئيلة من طاقة الشمس. وفي فجر القرن التاسع عشر، بينت أرصاد وليام هيرشل، التي أجراها لدراسة النجوم المضاعفة، تنوع الصنوف النجمية؛ ومع اقتراب ذلك القرن من نهايته، أثبت العاملون في اختلاف المنظر صحة استنتاج هيرشل.

في نهاية القرن التاسع عشر حدث إحباط أيضاً : فاختلافات المنظر لأقل من 100 نجم، التي استنتجت في مراصد مختلفة، كانت متباعدة جداً للنجم نفسه. ونتيجة لذلك، حدثت نزاعات بين هذه المراصد التي حاول كل منها الادعاء بأن قياساته هي الصحيحة. من المعلوم أن كل قياس مقرابي

يحوي في ثناياه درجة من الارتياب، لكن الارتيابات في قياسات اختلافات المنظر كانت كبيرة جداً. ويبذل العلماء قصارى جهدهم للإقلال إلى الحد الأدنى من أثر ما يسمى بالأخطاء العشوائية في النتيجة النهائية؛ فهم يكررون الأرصاد مرات عدة، ثم يأخذون متوسط البيانات التي حصلوا عليها. فإذا كانت الأخطاء عشوائية حقاً، فإن قيم القياسات تكون أحياناً كبيرة جداً، وأحياناً صغيرة جداً، لكن متوسط هذه القياسات الكثيرة يجب أن يكون قريباً من القيم الحقيقية التي يجري البحث عنها. وما أثّر في الجهود التي بذلت في القرن التاسع عشر لكشف اختلافات المنظر شيء مستتر هو «الأخطاء المنهجية» الناتجة عن انحراف مخفيّ في الآلة أو الراصد، وهذا يجعل القياسات تبدو دائماً إما كبيرة جداً وإما صغيرة جداً. وعلى سبيل المثال، فإن ميزاناً للحمام، غير معايَر بدقة، قد يشير إلى وزنك بدقة عُشْرِ باوند فقط، ومع ذلك فالوزن المشار إليه غير صحيح؛ الميزان دقيق، لكنه أيضاً منحرف عن وضعه السليم. وبالمثل، قد يحددُ مرصدٌ اختلافَ منظرِ نجمٍ بدقة كبيرة، لكن النتيجة قد تكون خاطئة.

تمسك فلكيو اختلاف المنظر، قدر الإمكان، بمبدأ «المقراب الذي يُبنى مرتين» الذي اعتمده فردريش بسل، لكنهم لم يحسبوا حساباً أبداً للانحرافات المتأصلة في آلاتهم أو فيهم هم. وكما يقول المؤرخ أكنس كلارك، من السهل فهم تعرض الفلكيين «لخصوصيات معينة في الحساسيات والأمزجة» نتيجة جلوسهم ساعة بعد أخرى في العزلة التي تغمر مراصدهم، حيث الأصوات الوحيدة التي يسمعونها هي أزيز آلات دفع المقاريب، وصرير كرسي الراصد الذي يحدث بين الفينة والأخرى؛ في هذه المراصد تتجمد أصابع الراصد من برد الليل القارس، ويبلغ التعب مبلغه في كل من عيني الراصد وذهنه، وترتعش، دون توقف، الصورة النجمية في عينيّة المقراب.

بحلول نهاية القرن التاسع عشر، ساد جوّ البحث عن اختلاف المنظر غمٌّ شديد. فمنذ اللحظة التي أعلن فيها بسل اكتشافه لأول اختلاف منظر

نجمي سنة 1838، تصور الفلكيون القيام بمسيرة متواصلة إلى حد ما باتجاه هدف نهائي، ألا وهو رسم التوزع النجمي الكامل حول النظام الشمسي. وبعد ستة عقود من الرصد الكثيف، لا بد أن يكون هذا الهدف بدا بعيداً بُعْدَ النجوم التي كانوا يسعون لقياس اختلافات منظرها. شعر بعض الباحثين بأن عصر قياس اختلاف المنظر انتهى عملياً، وأن الفلكيين هُزموا نتيجة الضخامة الهائلة للعالم الذي كانوا يحاولون رسمه. بيد أنه تبيّن أن هذا التشاؤم غير مبنيّ على أساس. فقد كان عدد اختلافات المنظر النجمية على وشك التفجر، إذ قفز هذا العدد من مجرد 100 إلى نحو 2،000 خلال 25 سنة فقط. ومثلما كان الحال مع أسلافهم في ذلك القرن، رَكِبَ جيل جديد من صيادي اختلاف المنظر موجة التقانة (التكنولوجيا). فقد اختفى الهليومتر، وحلّت محله الكاميرا (آلة التصوير الفوتوغرافي).

ففي 7 يناير / كانون الثاني سنة 1839، بعد شهرين تماماً من ظهور أرصاد فردريش بسل لنجم الدجاجة 61 في الطباعة، أعلن الفلكي ـ الفيزيائي فرانسوا أراكو Francois Arago أن مصمم المسارح لوي جاك داكير Louis Jaques Daguerre اكتشف وسيلة لتسجيل العالم المرئي على صفائحَ نحاسيةٍ معالجةٍ بطريقةٍ خاصةٍ. ولّد هذا الإعلان ضجة قوية، ولم يمض وقت طويل حتى عرض آخرون أشكالاً مختلفة لهذا النوع من التصوير. وقد أُخذت لبسل نفسه صورة بهذه الطريقة سنة 1843، وربما لم يكن يدري آنذاك أن عملية التصوير الفوتوغرافي التي أفرزتها طريقة داكير ستجعل من هليومتره آلة من طراز عتيق يوماً ما.

أصيب الراصدون بالذهول من واقعية «الطريقة الداكيرية» daguerrotype في التصوير. وفي ديسمبر / كانون الأول سنة 1839 أوردت مجلة Knickerbocker الكلمات التالية : «شاهدنا الصور التي أُخذت في باريس بواسطة «الطريقة الداكيرية»، ولن نتردد في المجاهرة بأنها صور تحظى بأكبر قدر ممكن من الاهتمام والإعجاب من قبل العاملين في مجال الأعمال الفنية. إن إتقانها الرائع ربما تجاوز حدود مفاهيمنا الواقعية». لم يكن الناس

أقل ذهولاً، ويشهد على هذا فنان مارس الطريقة الداكيرية في التصوير إذ قال: «كان الناس خائفين في البداية من النظر إلى صورهم مدة طويلة من الزمن. كانوا مأخوذين بوضوح هذه الأشكال، واعتقدوا بأن الوجوه الصغيرة للناس في الصور يمكن أن تنظر إليهم. كانت هذه التفصيلات غير العادية، وتلك الحقيقة غير العادية لطبيعة أول صور أُخذت بالطريقة الداكيرية مدعاة لذهول كل من شاهدها».

لم يمض وقت طويل على الفلكيين ليقرّوا بالإمكانات الهائلة للتكنولوجيا الجديدة. فالتصوير الفوتوغرافي سيكون أكثر فاعلية من الرصد البصري، لأن كل لوحة فوتوغرافية تسجل صور عدة نجوم في وقت واحد. ثم إن هذا التصوير أكثر ملاءمة، ذلك أن الصور الفوتوغرافية يمكن أن تؤخذ في الليل، ثم تُدرس من قبل أي عدد من الباحثين خلال النهار. إن تعريض اللوحات الفوتوغرافية الزمني لضوء النجوم كي يسقط عليها جعل التصوير الفوتوغرافي قادراً على كشف الأجرام السماوية التي كان سطوعها الضعيف جداً يحول دون رؤيتها بالعين عبر المقراب ؛ صار بمقدور فلكي اختلاف المنظر رؤية مجموعات من نجوم المقارنة المكتشفة حديثاً، التي يمكن أن يقاس بالنسبة إليها موقع نجم ما. وعقب فحص مبدئي، يمكن حفظ اللوحات الفوتوغرافية لتكوّن سلسلة تعيش طويلاً من سجلات السماء الليلية. (تحفظ معظم المراصد مثل هذه السجلات. وما يسمّى «أكداس الصفائح» في مرصد هارفرد، يحوي قرابة 500،000 صورة فوتوغرافية سماوية، تعود تواريخها إلى أكثر من 100 سنة).

بدأ استعمال تكنولوجيا الفوتوغرافيا الفلكية astrophotography سنة 1845 عندما حصل جان فوكو، وأرمان هيبوليت فيزو، بباريس، على أول صورة بالطريقة الداكيرية للشمس. كان تصوير النجوم أشد صعوبة. فأكبر عيب في الطريقة الداكيرية (إضافة إلى استعمالها لأبخرة الزئبق السامة في تظهير الصور) يكمن في «بطئها»؛ وحتى في ضوء النهار الساطع، كان من الضروري تسجيل الصور مدة تمتد من عشر دقائق إلى خمس عشرة دقيقة.

لذا كان لا بد من الانتظار حتى حلول تاريخ 16 يوليو / تموز سنة 1850 لأخذ أول صورة بالطريقة الداكيرية لنجم ـ النسر الواقع ـ من قبل فلكيين من هارفرد هما جي. إي ويبل J.A. Whipple ووليام كرانش بوند William Cranch Bond.

التصوير الفوتوغرافي السماوي هو أحد فروع علم الفلك الذي قدم فيه الهواة، ومازالوا يقدمون، إنجازات جوهرية. ففي سنة 1852، بدأ الفلكي الهاوي وارين دو لا رو Warren De la Rue في إنكلترا بتصوير أجرام سماوية من خلال مقراب عاكس يدار ساعياً(*)، وتظهير اللوحات في مكان مظلم تحت الطابق الذي أقام فيه مرصده. وقد دفعت صور دو لا رو المفصّلة لسطح القمر الجمعية الفلكية الملكية لتمنحه مداليتها الذهبية. وتجدر الإشارة إلى أن الصور الفوتوغرافية اليومية التي كان يأخذها للشمس بيّنت حدوث النشاط الدوري للبقع الشمسية (الكلف الشمسي).

تلقت الفوتوغرافيا الفلكية الجديدة دعماً آنياً من فلكيٍّ هاوٍ آخر، هو محام من الشخصيات البارزة اجتماعياً في نيويورك. فقد اتخذ لويس رذرفورد علم الفلك هواية له خلال دراسته الجامعية الأولى في أمهرست. وفي سنة 1856 أغلق مكتب المحاماة الذي كان يعمل فيه، وبنى مرصداً ذا قبة كبيرة في حديقة منزله بحي مانهاتن. هناك ركّب مقراب عبور ومقراباً كاسراً قطره 11 إنشاً (استعاض عنه فيما بعد بمقرابٍ قطره 13 إنشاً) صنعه مع صديقه صانع المقاريب هنري فتز.

تضايق رذرفورد من عملية التصوير الداكيرية البطيئة. لذا اعتمد بدلاً منها طريقة أخرى، ليست أقل تعقيداً، لكنها أشد حساسية للضوء، هي طريقة الكولوديون الرطب، التي ابتكرها النحات الإنكليزي فردريك سكوت آرثر سنة 1850. كان رذرفورد، قبل كل تعريض للضوء، يطلي لوحة زجاجية بطبقة رقيقة من محلول القطن المتفجر guncotton ومركباتٍ مختلفةٍ من اليود

(*) الإدارة الساعية clock drive آلية تتسبب في تدوير مقراب على خط استواءٍ حول محوره القطبي، بحيث تُبْقِي النجمَ نفسه في مجال الرؤية. (المعرّب)

والبرومين. (القطن المتفجر، أو النتروسليلوز، مادة متطايرة جداً تُصنع من قطن مطهّر، وحامض النتريك، وحامض الكبريتيك، وكان يستعمل في صناعة المتفجرات). كان رذرفورد يترك الصفيحة الرطبة لتجف قبل وضعها في محلول من أملاح الفضة. كانت اللوحة المعالجة حساسة للضوء ما دامت رطبة، وهذا كان يدوم نحو ست دقائق، لذا كان من الضروري وضعها في الكاميرا (آلة التصوير) فوراً وتعريضها للضوء.

بدأ رذرفورد تصويره الفوتوغرافي للسماوات بأجرام سماوية ساطعة، كالشمس والقمر والكواكب. لكنه سرعان ما صار يسجل المناطق المحيطة بنجوم معينة، مثل الدجاجة 61، لاعتقاده بأن صفائحه يمكن استعمالها في قياس اختلاف المنظر. لقد بنى مقرابه لبلوغ هذا الهدف، لكنه لم يتم مشروعه. وبحلول سنة 1877، الذي هجر فيه الرصد، كان رذرفورد كدّس أكثر من 1،400 صورة فوتوغرافية سماوية. في سنة 1883 وهب مقرابيه وآلة قياسه لجامعة كولومبيا ؛ وفي سنة 1890 أهدى تلك الجامعة مجموعته الكبيرة من الصفائح. وتجدر الإشارة إلى أن الذي تكفل بتعيين اختلاف منظر نجم الدجاجة 61 كان هيرمان ديفيس، الذي نشر نتائجه سنة 1898.

انضم الفلكي تشارلز برتشارد، من أكسفورد، إلى العاملين في قياس اختلاف المنظر النجمي سنة 1886. استعمل برتشارد التصوير الفوتوغرافي مستعيناً بلوحات جافة عالية الحساسية، وهذه طريقة ابتكرها سنة 1871 الفيزيائي الإنكليزي ريتشارد مادوكس. وبعد تطبيق هذه الطريقة، التي تستعمل صفائح جافة مطلية سلفاً بجيلاتين من بروميد الفضة، أصبحت طريقة الكولوديون الرطب من طراز قديم. بعد أن حصل برتشارد على المقراب العاكس الأصلي الذي صنعه المصور الفوتوغرافي الفلكي وارين دو لا رو، أخذ 330 صورة لنجم الدجاجة 61 خلال سنتين. وعلى الرغم من أن قيمة اختلاف المركز الذي قاسه كانت 0,45 ثانية قوسية، وهي أكبر بنحو 50 في المئة من القيمة التي حصل عليها بسل، فإن الفضل يعزى إلى برتشارد في إثبات قابلية التصوير الفوتوغرافي للتطبيق في قياس اختلاف المنظر.

ومثلما وضع فردريش بسل معايير لاستعمال الهليومتر في قياس اختلاف المنظر النجمي، وضع الفلكي الأمريكي فرانك شليسنكر معايير ملائمة للتصوير الفوتوغرافي. وقد وصف شليسنكر البحث عن اختلاف المنظر النجمي بأنه «صراع مستمر بين ضرورات المسألة وبين الطرائق المستعملة للتصدي لها، وهذا شبيه جداً بالصراع الذي حدث بين المدفعية الثقيلة فالأثقل، وبين الدروع القوية فالأقوى». بين سنتي 1903 و 1905 صور شليسنكر ـ الذي كان يعمل في مرصد ييركس Yerkes خارج شيكاغو ـ عدداً كبيراً من النجوم، المرشحه لكشف اختلافات منظرها النجمية، بواسطة مقراب كاسر قطره 40 إنشاً، وهو أكبر مقراب كاسر في العالم. درس تأثير ظواهر مختلفة في التصوير الفوتوغرافي لقياس بعض المواقع، منها: الانكسار الجوي، والتواء المقراب، وزمن التعريض، والتفاف الصفيحة، وعدم انتظام الطبقات الحساسة في الصفيحة الفوتوغرافية، وغيرها. بعد ذلك، نظم اتحاداً دولياً لقياس اختلاف المنظر بواسطة التصوير الفوتوغرافي، ضمّ مرصدي كرينتش ورأس الرجاء الصالح، ومرصدي أليكيني وسبراول في بنسلفانيا، ومرصد ماونت ويلسون في كاليفورنيا، ومرصد لينذر ماك كورميك في فرجينيا. اعتمدت المراصد المتعاونة فيما بينها منهجية شليسنكر، بدءاً من تحضير الصفائح الفوتوغرافية، وصولاً إلى تعريضها وتظهيرها وقياسها، ثم إجراء طريقة اختزال البيانات (المعطيات).

نتيجة لذلك، ارتفع عدد اختلافات المنظر الموثوقة ارتفاعاً كبيراً جداً. فكاتالوك شليسنكر الذي أصدره سنة 1924 بعنوان الكاتالوك العام لاختلافات المنظر النجمية، الذي تضمن بياناتٍ وردته من المراصد المتعاونة، حوى قياسات 1،870 نجماً. (نُفِّذَ قرابة 500،000 تعريض في مرصد أليكيني وحده.) وقد صدر بعد الطبعة الأصلية ثلاث طبعات أخرى، أحدثها تلك التي نشرها مرصد جامعة ييل سنة 1995، والتي تحوي اختلافات منظر 8،112 نجماً.

إن إنتاج مقاريب عاكسة في الستينيات من القرن العشرين تتميز بدقة عالية وبفتحات كبيرة، مثل آلة المرصد البحري الأمريكي التي قطر فتحتها 61

إنشاً، الموجودة في فلاكستاف بأريزونا، سمح للفلكيين بقياس اختلافات منظر نجوم باهتة جداً، تكوّن مجموعة طالما أغفلتها عمليات المسح الفوتوغرافي السابقة. في السنوات العشرين الأولى من عمل ذلك المرصد، أُخذت أكثر من 50،000 لوحة فوتوغرافية بواسطة مقراب المرصد البحري، واستُنتِج نحو 800 اختلاف منظر جديد. وقد شهدت الستينيات من القرن العشرين أيضاً تطوير آلات قياس أوتوماتيكية تستطيع الآن تحديد المواقع النسبية لصور نجم بمعدل آلاف منها كل ساعة.

منذ عهد قريب، أحدثت التكنولوجيا ثورة ثانية في موضوع اكتشاف اختلاف المنظر النجمي. فقد حلّت مركبات إلكترونية، مؤسسة على السليكون، لها سطوح حساسة جداً للضوء، محل الصفائح الفوتوغرافية. إن أدوات الشحن القرني(*) هذه charged-coupled devices ـ أو اختصاراً الأدوات CCD ـ هي من أقرباء الرقاقة chip الكاشفة للضوء الموجودة داخل آلة تصوير فيديو بيتية. والآن، تشاهد صورُ النجوم على شاشة كمبيوتر بدلاً من صفيحة فوتوغرافية مضاءة من الخلف. وقد أُلغيت الغرفة المظلمة والمواد الكيميائية التي كانت تُستعمل في الصفيحة. نتيجة لذلك، تحسنت الدقة في قياس اختلاف المنظر عشر مرات تقريباً مقارنة بأحسن صور فوتوغرافية. (لم تحلّ أدوات الشحن القرني كلياً محلّ تكنولوجيا التصوير الفوتوغرافي في قياس اختلاف المنظر؛ ففيما يتعلق بالتصوير الفوتوغرافي الذي له مساحة رؤية واسعة، فإن الرقاقات الحساسة للضوء الصغيرة، مقصورة على رقعة صغيرة من السماء في وقت واحد). في آلات التصوير التي تستعمل أدوات الشحن القرني، لم تعد طاقة الضوء النجمي «محصورة» داخل المستحلب الكيميائي الموجود على صفيحة زجاجية. فعندما تُنقل فوتونات النجم إلى صيغها الإلكترونية، فإن المعلومات التي نُقلت بواسطة هذه الفوتونات يمكن نقلها بعد ذلك إلى إشارات راديوية، ثم تُرسل بطريقة

(*) أدوات شبه ناقلة مرتبة بشكل يجعل الشحنة الكهربائية في خرج output إحداها بمنزلة حافزِ دخلٍ input للأداة التالية. (المعرّب)

ملائمة من المرصد إلى المكتب، أو، وهذا أمر أهم، من ساتل (قمر صناعي) فضائي إلى الأرض.

أكبر عائق يقف في وجه قياسات اختلاف منظر من الأرض هو جوها. فالفوتونات التي تأتي من نجوم بعيدة، والتي تجتاز محيطاً من جزيئات الهواء التي تغلف كوكبنا، تتبدد في الهواء. وبحلول الوقت الذي تصل فيه الفوتونات إلى المقراب، تكون قد انحرفت جداً عن مساراتها الأصلية، وهذا يشوه صور النجوم التي تشكلها هذه الفوتونات في العين أو على الصفيحة الفوتوغرافية. عندئذٍ يصبح تعيين الموقع الحقيقي للنجم، ومن ثم اختلاف منظره، أمراً صعباً. لذا فإن أفضل مكان للبحث عن اختلاف المنظر هو الفضاء الخارجي، حيث يمكن تفادي التأثيرات المشوِّهة لجو الأرض (إن المقاريب التي تدور حول الأرض تتفادى أيضاً التشوهات التي تحدثها الثقالة في المقاريب الأرضية).

اقتُرح إقامة أول مرصد فضائي لقياس اختلاف المنظر سنة 1967 في الاجتماع الذي عقده الاتحاد الفلكي العالمي في مدينة براغ. وقد رصدت الأموال اللازمة له وكالة الفضاء الأوروبية ESA سنة 1980. سمي الساتل الذي يحمل هيباركوس Hipparcos، وهذا الاسم مكوّن من الحروف (المائلة) الأولى من التسمية الكاملة وهي: High Precision Parallax Collecting Satellite هذه التسمية تمجيد للفلكي هيباركوس Hipparchus، الذي يُروى أنه أخرج أول كاتالوك نجمي «دقيق جداً» قبل زهاء 2،000 سنة. أُطلق الساتل هيباركوس في أغسطس / آب سنة 1989 من كورو في غيانا الفرنسية، بواسطة أربعة صواريخ من نوع أريان Ariane. وبسبب خلل في صاروخ دفع المرحلة الأخيرة، فإن الساتل، الذي وزنه 1,4 طن، لم يبلغ فلكه الدائري المنشود، الذي يرتفع عن الأرض مسافة 22،000 ميل. كان من المفترض أن يكون هذا الساتل متزامناً(*) geostationary، بحيث

(*) أي أن يدور حول الأرض من الغرب إلى الشرق، وتكون سرعة دورانه بحيث يظل ساكناً فوق مكان معين على خط الاستواء على ارتفاع 22،000 ميل (35،000 كيلو متر تقريباً). عند ذلك يتم دورة كاملة في 24 ساعة، متزامناً مع دوران الأرض. (المعرِّب)

يستقر فوق محطته القاعدية، ويرسل بيانات إلى كمبيوترات الباحثين طوال 24 ساعة في اليوم ؛ لكن ما حدث هو أن هيباركوس دار في فلك متطاول أهليليجي الشكل، لم يوفر سوى اتصال متقطع بالأرض. وفي مسعى لإنقاذ مهمة الساتل، الذي كُلْفَتُهُ عدة ملايين من الدولارات، سارعت وكالة الفضاء الأوروبية إلى إقامة سلسلة على نطاق العالم من هوائيات الاستقبال، وعدّلت إجراءاتها التشغيلية لتنسجم مع المدار الجديد لساتل هيباركوس. وبحلول الوقت الذي توقف فيه هيباركوس عن العمل ـ في أغسطس / آب سنة 1993، بعد إطلاقه بأربع سنوات ـ كانت المشاريع العلمية الأصلية التي أُنيطت به أنجزت تماماً.

كانت شدة ضوء النجوم المستهدفة كافية إلى درجة جعلت الفلكيين يشعرون بأنهم ليسوا بحاجة إلى تكبير المقراب نفسه ؛ وفي الحقيقة، كان قطر مرآة هيباركوس، التي تجمع الضوء، 11 إنشاً، ولم تكن تكبر المرآة الموجودة في مقراب عادي للهواة إلا قليلاً. (للمقارنة، فإن قطر المرآة في مقراب هابل الفضائي 97,5 إنش). كان هيباركوس يدور حول محوره ببطء خلال دورانه حول الأرض، وكانت فتحته الصغيرة توجه لتتطلع دوماً إلى السماء. لقد رصد كل نجم مستهدف نحو 100 مرة خلال السنوات الأربع التي عاشها الساتل. كانت البيانات الأولية التي يرسلها بالراديو إلى الأرض تدخل في مجموعة ضخمة من الكمبيوترات، قال عنها أحد العلماء الذين أشرفوا عليها إنها «نفّذت أضخم عملية حسابات جرت في تاريخ علم الفلك». والحصيلة النهائية هي : كاتالوك لاختلافات المنظر النجمية، لو اطلع عليها صيادو اختلافات المنظر في الأوقات الماضية، لما صدقوا ما رأته أعينهم.

يورد الكاتالوك الرئيسي لهيباركوس اختلافات منظرٍ (ومواقعَ، وحركاتِ، وسطوعَ، وألوانَ) ما مجموعه 118،218 نجماً. الدقة المتوسطة لاختلافات المنظر نحو 1/10,000 من الثانية القوسية، وهذا أفضل بزهاء مئتي مرة من قياسات هليومتر بسل التي أُجريت في الثلاثينيات من القرن

التاسع عشر؛ تماثل هذه الدقة قراءة عنوان رئيسي عرضه إنش واحد في صحيفة بمدينة نيويورك من مدينة لوس أنجلوس، أو تمييز شخص يأخذ حمّاماً شمسياً على سطح القمر من قبل راصد أرضي. وعموماً، يمكن القول إن هيباركوس كبّر المدى الفضائي الذي يستطيع الفلكي أن يقيس فيه اختلاف المنظر ثلاث مرات، ليصبح اتساع هذا المدى 300 سنة ضوئية. قبل هيباركوس، استطاع الفلكيون قياس المسافات التي تفصلنا عن أقل من 1،000 نجم بدقة 10 في المئة تقريباً ؛ أما الآن فأصبح عدد النجوم التي قيست مسافاتها يربو على 22،000. إن المسافات التي تفصلنا عن النجوم المجاورة مباشرة للشمس ـ النجوم التي تبعد عنا مسافة لا تتجاوز 30 سنة ضوئية ـ موثوقة بدقة لم يسبق لها مثيل، وهي 1 في المئة. هذا وإن هيباركوس حدد المسافة إلى أقرب نجم إلينا يقع خارج النظام الشمسي، سبق أن رصده توماس هندرسون خلال مكوثه في «المستنقع الموحش»، إذ وجد أن هذه المسافة تساوي 4,395 سنة ضوئية. ثم وجد هيباركوس أن المسافة إلى النسر الواقع، الذي كان في وقت من الأوقات هدفاً لولهلم شتروفي ـ مستعيناً بمقراب فراونهوفر الكاسر العظيم ـ تساوي 25,3 سنة ضوئية. وَجَد أيضاً أن نجم الدجاجة 61، الذي استهدفه فردريش بسل، يبعد عنا مسافة 11,4 سنة ضوئية، وهذه المسافة قريبة من المسافة التي حددها بسل سنة 1838.

ولأول مرة في التاريخ، جرى تعيين المسافة إلى أقرب حشد نجمي، وهو القلائص Hyades، بواسطة القياس المباشر لاختلاف منظره، فوُجد أن هذه المسافة تساوي 151 سنة ضوئية. كذلك، وجد أن حشد الثريا النجمي (البنات السبع) يبعد عنا بمقدار 385 سنة ضوئية، ومن ثم فهو أقرب بنسبة 10٪ تقريباً مما كان يُظن سابقاً، وهذا اقتضى ضرورة إعادة تقييم النظريات المتعلقة بإنتاج الطاقة النجمية.

خلال قيام المقراب الرئيسي في هيباركوس بعملية مسح السماء، كان نظام توجيه الساتل ـ المسمّى مقتفي أثر النجوم star-tracker ـ يقوم في نفس

الوقت بجمع البيانات عن المواقع النجمية. واستناداً إلى نتائج مقتفي أثر النجوم، تمكن العلماء المشرفون على مهمة هيباركوس من إعداد كاتالوك تيخو Tycho، نسبةً إلى الفلكي الدانمركي الذي عاش في القرن السادس عشر. يحوي كاتالوك تيخو اختلافات منظر أسطع النجوم في السماء، التي عددها 2,5 مليون نجم. من الواضح أن «مسألة» اختلاف المنظر النجمي لم تعد واحدة من مسائل القياسات ـ لأن القياس أصبح، بفضل هيباركوس، عملية ميكانيكية تقريباً ـ إذ صارت تلك المسألة تدرس كيفية التعامل مع الكمية الهائلة من البيانات. ومع وجود جيل جديد من سواتل اختلاف المنظر في المصانع، فإن «المسألة» آخذة في الاستفحال.

وتقوم وكالة ناسا NASA، ووكالة الفضاء الأوروبية، واتحاد من الجامعات الألمانية، بالتخطيط لإطلاق سواتلها الخاصة الشبيهة بهيباركوس. فمقياس التداخل الثنائي لعلم الفلك البصري Double Interferometer for Visual Astronomy (DIVA) الألماني الصنع، سيوضع في مداره سنة 2003، وسيقيس اختلافات منظر 30 مليون نجم تصل مسافاتها عنا إلى 3،000 سنة ضوئية. وقد خططت وكالة ناسا لإطلاق مستكشف الراسم الأسترومتري لكامل السماء Full-Sky Astrometric Mapping Explorer (FAME) سنة 2004. مهمته هي قياس المواقع واختلافات المنظر والحركات الذاتية لأربعين مليون نجم تصل أبعادها إلى 8،000 سنة ضوئية، بدقة أفضل من هيباركوس بنحو عشرين مرة. لن يوجَّه هذا الساتل بدفّاعات تحكّم صاروخيةً rocket thrusters عادية. بل سيوجهه ضغط الضوء الشمسي المعتدل على صف لوحاته الشمسية الكبيرة. أما بعثة مقياس التداخل الفضائيSpace Interferometry Mission (SIM)، التي ستطلقها وكالة ناسا سنة 2005، فسترصد 20،000 نجم «فقط»، لكن بدقة أكبر من دقة المستكشف FAME. إن الدخول التالي لوكالة الفضاء الأوروبية إلى مسرح اختلاف المنظر النجمي، سيكون عن طريق مقياس التداخل الأسترومتري الشامل لشؤون الفيزياء الفلكية Global Astrometric Interferometer for Astrophysics (GAIA) الذي سيطلق سنة 2009

وسيقيس مواقع واختلافات منظر أكثر من مليار نجم، أي كل نجم تقريباً في مجال رؤية مقراب أرضي من حجم معتدل. ومن المتوقع أن تكون دقة GAIA نحو 5 أجزاء في المليون من الثانية القوسية، وهذه أكبر من دقة هيباركوس بزهاء مئة مرة. وبمثل هذه الدقة، يمكنك تمييز عنوانِ مقالة طوله إنش واحد في جريدة موجودة على سطح القمر، أو ذبابةٍ على بعد أكثر من 200 ميل.

في وقت من الأوقات، كان الفلكيون يبحثون عن اختلافات منظر النجوم لسبب وحيد، هو إثبات صحة النظام الكوني الشمسي المركز. أما اليوم، فإن سبب سعيهم الحثيث لقياس اختلافات المنظر النجمية، والمسافات المرتبطة بها، هو حل مجموعة واسعة من المسائل الأساسية في علم الفلك. وسنورد الآن قائمة جزئية فقط تبيّن المجالات التي يستعمل فيها الفلكيون المعاصرون المقادير الهائلة من بيانات اختلافات المنظر المكتشفة حديثاً:

* المعايرة الدقيقة لخرج output الضوء من النجوم «المألوفة»، ذلك أنه يستند إلى هذه المعايرة الإطار الكلي لمؤشرات المسافات الكونية. (يمكن للفلكيين، باستعمال وسائل مختلفة، استنتاج المسافات إلى الأجرام السماوية التي تقع خارج مدى كشف اختلافات المنظر. لكن جميع هذه الطرائق تقريباً تعاير من مسافات نجمية مستندة إلى اختلافات المنظر. وكلما ازداد عدد اختلافات المنظر المضبوطة، ازدادت النتائج الموثوقة لهذه الطرائق «الفعالة» في قياس المسافة).
* تعيين الخرج output الحقيقي لضوء النجوم، بغية تقييم النماذج العددية لإنتاج الطاقة النجمية، ثم استعمال هذه النماذج لاستخلاص مسافات، وأعمار، ومركّبات نجوم الحشود البعيدة.
* استنتاج كتل أنظمة النجوم المضاعفة، وهذه أكثر مؤشرات الكتل النجمية وثوقية.
* استخلاص الأبعاد الحقيقية للنجوم العملاقة القريبة (بإشراك الأرصاد التي تُجرَى من الأرض).

* تقييم التوزيع الإجمالي لأنماط النجوم داخل درب التبانة بغية معرفة معدلات التكوّن النجمي وسماتها.
* تحديد الخرج الحقيقي للضوء، وأعمار النجوم التي تكوّنت حديثاً.
* التوثق مما إذا كانت نجوم معينة موجودة ضمن حشد نجمي معطى.
* استنتاج الأنماط الإجمالية لحركات النجوم، ومن ثم توزع الكتل داخل منطقتنا في درب التبانة (بإشراك قياسات الحركات الخاصة للنجوم).
* استخلاص أعمار أقدم الحشود النجمية، بغية وضع حد أدنى لعمر الكون.
* معايرة أكثر دقة للكيفية التي تعيق بها جسيمات الغبار في الفضاء الخارجي إرسال الضوء النجمي.

إن التراث الذي خلفه صيادو اختلاف المنظر الأُوَلُ ـ بدءاً من أول قياس ناجح للمسافة التي تفصلنا عن نجم ـ يتخلل البحوث المعاصرة للكون. وفي الحقيقة، فإن مايكل بيرمان، العالم السابق لمشروع بعثة هيباركوس، كتب ما يلي: «كل شيء تقريباً في علم الفلك يتوقف، بطريقة ما، على معرفة المسافات النجمية».

على مر القرون، كانت دراسة اختلاف المنظر النجمي تؤدي دوراً فعالاً في رفع مستوى فن الأرصاد الفلكية، ثم إنها مثلت معْلَماً يعاير الفلكيون بالنسبة إليه آلاتهم، ومهاراتهم، وصبرهم. بدأ البحث عن اختلاف المنظر النجمي عندما وضع أرستارخوس الأرض في مدار حول الشمس، وهذه خطوة كانت تعد «ثورية» في السياقين العلمي والتاريخي للعالم. كان غياب اختلاف المنظر النجمي حجة تقدم لدحض النظام الشمسي المركز من قبل هيبارخوس وبطليموس، اللذين كان لهما الفضل، برغم ذلك، في وضع الأساس للأرصاد والتحاليل التي أُجريت فيما بعد للسماوات. وفي القرن السادس عشر، أحيى كوبرنيك فكرة الكون الشمسي المركز، معززاً الأساس المنطقي الذي بنى عليه أفكاره بحجج رياضية قوية. عند ذلك، عاد اختلاف

المنظر النجمي ليصبح العامل الحاسم في الصدام بين النظامين الكونيين المتنافسين. وقد بدأ تيخو براهي، المعاصر تقريباً لكوبرنيك، البحث عن اختلاف المنظر المراوغ، لكنْ تبيّن أنه حتى عينه الحادة وآلاته المتطورة، لم تَرْقَ إلى مستوى المهمة التي كان يحاول التصدي لها.

وباستعانة كاليليو بمقرابه، منح فلكيي القرن السابع عشر قدرةً لم يسبق لها مثيل على سبر أغوارٍ أعمقَ من الفضاء، ومن ثم إماطة اللثام عن أسرار مخفية في العالَم. ومع ذلك كانت تبدو النجوم بلا حراك خلال إتمام الأرض دورتها السنوية حول الشمس. حاول روبرت هوك إدخال تحسينات تقنية على الآلات، لكن الواقع البدائي الضعيف لمستوى التكنولوجيا في أيامه هزمه؛ أضف إلى ذلك عدم الصبر الذي كان متأصلاً فيه. وبمثابرة مختلفة جداً عن مثابرة هوك الضعيفة، أسس جيمس برادلي التقنيات اللازمة لعلم الفلك الدقيق في القرن الثامن عشر. ومع ذلك، استعصى عليه قياس اختلاف المنظر النجمي. مع أن برادلي أثبت أخيراً، بعد اكتشافه غير المتوقع لزيغ الضوء النجمي، صحة دعوى كوبرنيك بأن الأرض تدور حول الشمس. أما وليام هيرشل، فقد جمع بين مقرابين ضخمين، وعقد عليهما آمالاً عريضة في قياس اختلاف المنظر النجمي، بعد أن بُعثت من جديد طريقة النجوم المضاعفة التي أبدعها كاليليو. لكن أرصاد هيرشل جعلته يغير أفكاره عن النجوم المضاعفة، وترك موضوع المسافات النجمية دون حل.

حدثت الطفرة الأساسية في التطور المقرابي في العشرينيات من القرن التاسع عشر، عندما قدَّم جوزيف فراونهوفر، وحرفيون ألمان آخرون، آلاتهم الدقيقة. وقد وجد اثنان من مقاريب فراونهوفر المتميزة طريقهما ليقعا بين أيادي فردريش بسل وولهلم شتروفي، في الوقت الذي كان فيه توماس هندرسون يكافح في جنوب أفريقية لاستخلاص نتائج دقيقة من مقراب مصنوع يدوياً يعرف أنه كان يعاني بعض العيوب. وفي سنتي 1838 و1839، وُضعت ثلاثة من اختلافات المنظر أمام المجتمع العلمي، وهي الأولى التي حظيت بشيء من اهتمام الفلكيين النزاعين إلى التشكك. إن الخُطا نحو

اكتشاف اختلافات المنظر النجمي، التي كانت تسير ببطء ووهن في بادئ الأمر، تسارعت حين حلّت الكاميرا (آلة التصوير الفوتوغرافي) محلّ عين الراصد في نهاية المقراب. وفي هذه الأيام، بعد أن أُطلق إلى الفضاء ساتل لكشف اختلافات المنظر، وأُعدّت سواتل أخرى لتلحق به عما قريب، أصبح بمقدور الفلكيين قياس اختلافات منظر مليون نجم في نفس المدة التي استغرقها فردريش بسل لقياس اختلاف منظر واحد فقط.

إن دراسة مراحل عملية البحث عن اختلاف المنظر هي تأريخٌ لكفاح الإنسان ابتغاء بلوغ هدف عام. إنها تدحض الاعتقاد الخاطئ بأن العلم هو مسيرة مستمرة إلى الأمام نحو التنوير (وبالمناسبة، عزز هذا الاعتقاد الخاطئ كثير من الكتب العلمية الجامعية المقررة، لأنها لا تبرز، بغية الإيجاز في الشرح، سوى التقدم العلمي). العلم، كما رأينا في البحث الطويل الذي أوردناه عن اختلاف المنظر، مليء بحوادث الفشل: افتراضات خاطئة، وتفاؤل لا أساس له، وحسد، وإفراط في الأنانية والغرور. واختصاراً نقول، إن العلم هو مشروع بشري حقاً. فإذا نظرت إلى خارج نطاق أعداده، ومنطقه، ومظهره الخارجي الذي يفترض فيه الموضوعية، فإنك ستكشف (كما حصل معي) شخصياتٍ يعوزها الكمال، وإن كانت ملهمة أحياناً، وهي موجودة في القصة الحقيقية غير المجمّلة للتقدم العلمي.

ومن خلال القصص المثيرة التي قُيض لي مؤخراً معرفتها، اكتسبَتْ وجهةُ نظري الخاصة في قصة اختلاف المنظر بعداً جديداً، هو بعد إنساني، لأن هذه القصة تكشف بطريقتها الخاصة بعداً ثالثاً كافح صيادو اختلاف المنظر أنفسهم لترسيخه في الكون. الصور التي جَمَعْتُها لهذا الكتاب، والتي كان لها في ذهني مدلولات محددة سلفاً، أراها الآن صوراً لأشخاص عانوا مشاعر شخصية بالإحباط، والأحلام الضائعة، ومع ذلك، فإنني أرى في ثناياها توقاً إلى النجاح. وخلال ملاحقة أول اختلاف منظر نجمي، الذي امتد قروناً عدة، لم يكن الفلكيون مجرد روّادٍ في عملهم هذا، بل كانوا أبطالاً، وذلك لمجرد مواجهتهم لمشكلات مضنية، تخلّى سابقوهم عنها

بعدما أصيبوا بالإحباط. ولهؤلاء الفلكيين بالذات، يقدم الفلكيون المعاصرون عرفانهم بالجميل، وهذا دَيْنٌ عليهم أن يؤدوه إليهم. وفي هذا العصر، الذي يعج بالأعاجيب التكنولوجية، والذي تتوهج فيه شاشات الكمبيوترات، وتطوف فيه السواتل في عنان السماء، ويمكن النفاذ فيه إلى أكداس من المعلومات بمجرد كبسة زر، من السهل نسيان ما فعله أسلافنا لبلوغ ما وصلنا إليه الآن. بيد أنه من المناسب في هذا السياق تذكر حكمة المثل الصيني الذي يقول: «عندما تشرب من البئر، تذكّر أولئك الذين حفروه».

# كلمات شكر ★★★

كتبت كتاب اختلاف المنظر النجمي خلال إجازة أكاديمية منحتها لي جامعة ماستشوستس دارموث، التي كنت أدرّس فيها علم الفلك والفيزياء طوال عشرين عاماً. إنني مدين لزملائي في قسم الفيزياء هناك الذين حملوا عني مجموعة من الأعباء التدريسية كي أتمكن من إتمام هذا الكتاب. أودّ توجيه شكري إلى مركز الفيزياء النظرية في جامعة هارفرد على كرم الضيافة الذي غمرني به أثناء إجازتي الأكاديمية. وإلى القيّمين على مكتبة وولباخ، الذين قدموا إلي مساعدات كبيرة بغية الحصول على الكتب والمجلات التي أضحت قابعة في غياهب النسيان.

قامت مساعِدتي سالي برادلي بالقراءة الأولى لكل جملة من كل فصل؛ لقد كان لخبرتها المتقدمة في التحرير والنشر ودعمها، الذي لم يعرف الفتور إليه سبيلاً، أكبر الأثر في اكتشاف الكاتب الذي كان يقبع في داخلي، وهي التي منحتني الثقة لأضع بصماتي الشخصية على اختلاف المنظر النجمي. أما إريكا كولدمان، المحررة في مؤسسة فريمان للنشر، فقد علمتني، منذ البداية، أن أهم القصص التي تشدّ القارئ هي تلك التي تتعلق بالناس، وقد وعيت هذا الدرس جيداً، وكانت النتيجة تميز الكتاب بطابع خاص ونكهة فريدة لا بد أن يتذوقها كل من يقرؤه. هذا وإن مؤرخ العلوم أوين جينكريتش غمرني بكرمه إذ اقتطع جزءاً من وقته الثمين ليقرأ مسوّدة الكتاب كله، ويلفت انتباهي إلى إجراء مزيد من التدقيق في بعض الروايات التاريخية؛ ثم إنه صوّب بعض الأخطاء في النص؛ وزودني بالكثير من

الرسوم التي استلها من مجموعته الخاصة. وأرى من واجبي الإشادة بصديقتي منذ زمن بعيد جين لانكتون التي كانت مصدر إلهام متواصل لي، وهي التي راجعت كتابي بعد أن شجعتني على كتابته طوال عدة سنوات. وتجدر بي الإشارة إلى أن كين مالوري، جاري ومدير نشر في مؤسسة نيو إنكلاند أكواريوم تابع تطور كتابي منذ بدء إعدادي له، وهيأ لي الاتصال بشخصيات مرموقة من المتخصصين في الكتابة العلمية.

الشكر الجزيل أيضاً للكثير ممن شاركوا في إخراج اختلاف المنظر النجمي، أخصّ بالذكر منهم: ميني تاي، مساعدة تحرير مؤسسة فريمان، التي اهتمت برحابة صدر بطلباتي واستفساراتي الكثيرة عن طريق البريد الإلكتروني؛ وروجر سينوت من مجلة Sky & Telescope، الذي تكرّم علي بآراء قيمة في مجموعة من المواضيع الفلكية؛ ودوريت هوفليت ووليام فان ألتينا من جامعة ييل، اللذين اقترحا عليّ العودة إلى مراجع تتعلق بموضوع الكتاب، وزوداني بمعلومات عن هليومتر ييل؛ والقيّمين على مكتبة كاونتويي، التابعة لكلية الطب في هارڤرد، الذين قدموا لي المساعدة في البحث عن المراجع المتعلقة بابتكار النظارات؛ وبيتر هينكلي، من مكتبة الجمعية الفلكية الملكية، الذي استفدت من خبرته في مصادر الصور التاريخية لعلم الفلك؛ ومارغريت هيرشفيلد وولفهارد كيرن، اللذين ساعداني في صقل لغتي الألمانية الصدئة؛ وإلين شابيرو وبيتر وفورتي، التي ترجمت لي بعض النصوص الإيطالية القديمة؛ وسكوت رانوم من هارڤرد، و س. داكويرث من مدرسة سلاح المدفعية التابعة للجيش الأمريكي، الذي زودني بالمعلومات عن معينات مدى المدافع؛ وتوبي هف، الذي ألقى عليّ درساً مركّزاً في علم الفلك الإسلامي. أما الأشخاص التالية أسماؤهم، فقد ساعدوني في الحصول على الصور التاريخية التي أدرجتها في كتابي: ألان باتن، من مرصد الدومنيون للفيزياء الفلكية؛ وإليزابيث دان، من جامعة بون؛ وريتشارد درايزر، من مرصد ييركس؛ وإيرين فانوف، من متحف فردريكسبورك كاسل؛ وباولو كالوزي، وفرانكا برانسيب، من متحف العلوم

في فلورنسا؛ وجين هولمكويست، من جامعة برنستون وإنكين لاستوفيكا، من مرصد جنوب إفريقية الفلكي؛ ولوريتس ليديارف، من مرصد تارتو بإستونيا؛ وديريك أوهلاند، من متحف جنوب إفريقية؛ ومارغريت بروسيا، من متحف ديتش؛ وتافي توفيكين من جامعة تارتو.

ثمة كلمتا شكر أخيرتان: أولاهما لزوجتي ساشا، لصبرها الجميل ودعمها، اللذين سمحا لي بتحقيق هذا العمل الذي طالما حلمت بإنجازه؛ وثانيهما لخالتي أليس بوبر، التي كان كتاب علم الفلك الذي أهدتني إياه في صباي، أول حلقة في سلسلة النشاطات الفلكية التي قمت بها، والتي توجتها بكتاب اختلاف المنظر النجمي.

# كتب مقترحة لمزيد من البحث ★ ★ ★


Abetti, Giorgio. 1952. *The History of Astronomy.* New York: Henry Schuman, Inc.

Aitken, R. G. 1936. *The Binary Stars.* New York: McGraw-Hill.

Allen, Richard H. 1963. *Star Names: Their Lore and Meaning.* New York: Dover Publications.

Ambronn, L. 1899. *Handbuch der Astronomischen Instrumentkunde.* Berlin: Springer Verlag.

Andrade, E. N. da C. 1950. "Wilkins Lecture: Robert Hooke." *Proceedings of the Royal Society* 201A, 439–473.

Ashbrook, Joseph. February 1963. "The 'Long Night' of Selenography." *Sky & Telescope* 29, 92–94.

———. August 1970. "Edmund Halley at St. Helena." *Sky & Telescope* 40, 86–87.

———. September 1975. "Old Greenwich Observatory and Flamsteed's Well." *Sky & Telescope* 50, 157.

———. 1984. *The Astronomical Scrapbook: Skywatchers, Pioneers, and Seekers in Astronomy.* Cambridge, MA: Sky Publishing Corporation.

Babb, M. I. 1998. "The Relation of David Rittenhouse and His Orrery to the University," University of Pennsylvania. [www.library.upenn.edu/vanpelt/pennhistory/orrery/orrery.html]

Baily, Francis. 1835. *An Account of the Rev. John Flamsteed.* London: William Clowes and Sons.

Batten, Alan H. 1988. *Resolute and Undertaking Characters: The Lives of Wilhelm and Otto Struve.* Dordrecht: D. Reidel.

Beckett, Francis, and Christensen, Charles. 1921. *Tycho Brahe's Uraniborg and Stjerneborg on the Island of Hveen.* London: Oxford University Press.

Bell, Louis. 1922. *The Telescope.* New York: McGraw-Hill.

Bessel, Friedrich Wilhelm. 1831. "Vorläufige Nachricht von einem auf der Königsberger Sternwarte befindlichen grossen Heliometer." *Astronomische Nachrichten* 8, no. 189, 396–426.

———. November 9, 1838(a); December 14, 1838. "A Letter from Professor Bessel to Sir J. Herschel, Bart., Dated Königsberg, Oct. 23, 1838." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 4, no. 17, 152–161; no. 18, 163.

———. December 13, 1838(b). "Bestimmung der Entfernung des 61sten Sterns des Schwans." *Astronomische Nachrichten* 16, 66–95.

———. 1848. *Populäre Vorlesungen über wissentschafliche Gegenstände.* Schumacher, H. C., ed. Hamburg: Perthes-Besser and Mauke.

———. 1875. *Abhandlung von Friedrich Wilhelm Bessel.* Engelmann, Rudolph, ed. Leipzig: Verlag von Wilhelm Engelmann.

Blackwell, D. E. 1963. "The Discovery of Stellar Aberration." *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society* 4, 44–46.

Blumenberg, Hans. 1987. *The Genesis of the Copernican World.* Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology Press.

Boorstin, Daniel. 1983. *The Discoverers.* New York: Random House.

Both, Ernst E. July 1977. "Joseph von Fraunhofer." *Sky & Telescope* 54, 49–50.

Bradley, James. 1727–1728. "An Account of a New-Discovered Motion of the Fixed Stars." *Philosophical Transactions* 35, 636–661.

———. 1748. "An Apparent Motion Observed in Some of the Fixed Stars." *Philosophical Transactions* 45, 1–43.

Brahe, Tycho. 1901. *Astronomiae Instauratae Mechanica* (Facsimile edition). Holmiae: P. A. Norstedt.

———. 1913. *Opera Omnia* (includes *De Nova Stella*). Dreyer, J. L. E., ed. Copenhagen: Nielsen and Lydiche.

Brück, Hermann A. 1983. *The Story of Astronomy in Edinburgh.* Edinburgh: Edinburgh University Press.

Bukowski, Jerzy. April 1973. "In the Footsteps of Copernicus." *Courier,* 5–19.

Burmeister, Karl Heinz. 1967–1968. *Georg Joachim Rhetikus, 1514–1574: Eine Bio-bibliographie.* Wiesbaden: Pressler-Verlag.

Burnham, Robert, Jr. 1978. *Burnham's Celestial Handbook.* New York: Dover Publications.

Chance, W. H. S. 1937. "The Optical Glassworks at Benediktbeuern." *Proceedings of the Physical Society* (London) 49, part 5, no. 275, 433–443.

Chapman, Allan. 1990. *Dividing the Circle: The Development of Critical Angular Measurement in Astronomy, 1500–1850.* New York: Ellis Horwood.

———. 1993. "The Astronomical Revolution." In *Möbius and His Band: Mathematics and Astronomy in Nineteenth-Century Germany.* Fauvel, John, et al., eds. Oxford: Oxford University Press, 35–76.

Christianson, Gale. July 1987. "Newton's *Principia:* A Retrospective." *Sky & Telescope* 74, 18–20.

Christianson, John. February 1961. "The Celestial Palace of Tycho Brahe." *Scientific American* 204, 118–128.

Church, John A. March 1963. "Optical Designs of Some Famous Refractors." *Sky & Telescope* 63, 302–308.

Clark, David H., and Stephenson, F. Richard. 1977. *The Historical Supernovae.* New York: Pergamon Press.

Clerke, Agnes. 1895. *The Herschels and Modern Astronomy.* New York: Macmillan and Company.

———. 1902. *A Popular History of Astronomy during the Nineteenth Century.* London: Adam & Charles Black.

———. 1905. *The System of the Stars,* 2nd ed. London: Adam & Charles Black.

Cohen, I. Bernard. January 1942. "The Astronomical Work of Galileo Galilei (1564–1642)." *Sky & Telescope* 1, 3–5.

Cole, K. C. 1999. *First You Build a Cloud.* New York: Harcourt Brace.

Comparato, Frank E. 1965. *Age of Great Guns.* Harrisburg, PA: Stackpole Company.

Cook, Alan. 1998. *Edmond Halley: Charting the Heavens and the Seas.* Oxford: Clarendon Press.

Copernicus, Nicolaus. 1944. *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (Facsimile of original manuscript). Munich: Verlag R. Oldenbourg.

———. 1965. *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (Facsimile of first edition, 1543). New York: Johnson Reprint Corporation.

Cowen, Ron. December 18/25, 1999. "Danish Astronomer Argues for a Changing Cosmos." *Science News* 156, vii.

Crowe, Michael J., ed. 1998. *A Calendar of the Correspondence of Sir John Herschel.* Cambridge, England: Cambridge University Press.

Dewhirst, D. W. 1955. "Observatories and Instrument Makers in the Eighteenth Century." *Vistas in Astronomy* 1, 139–143.

Dick, Oliver Lawson, ed. 1957. *Aubrey's Brief Lives.* Ann Arbor: University of Michigan Press.

Dick, W. R., and Ruben, G. 1988. "The First Successful Attempts to Determine Stellar Parallaxes in the Light of the Bessel/Struve Correspondence." In *Mapping the Sky: Past Heritage and Future Directions* (International Astronomical Union Symposium No. 133). Debarat, S., et al., eds. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 119–121.

Dillard, Annie. February 1974. "Sight Into Insight." *Harper's Magazine* 248, 39–46.

Dobrzycki, Jerzy. 1973. "Nicolaus Copernicus—His Life and Work." *The Scientific World of Copernicus.* Bienkowska, Barbara, ed. Boston: D. Reidel Publishing Company, 13–37.

Drake, Stillman. 1957. *Discoveries and Opinions of Galileo.* Garden City, New York: Doubleday Anchor Books.

———. 1970. *Galileo Studies.* Ann Arbor: University of Michigan Press.

———. 1992. *Galileo.* New York: Oxford University Press.
Dreyer, J. L. E. 1890. *Tycho Brahe.* Edinburgh: Adam & Charles Black.
———. 1953 (reprint). *A History of Astronomy from Thales to Kepler.* New York: Dover Publications.
Dryden, John, trans. 1957. *Plutarch: The Lives of the Noble Grecians and Romans.* New York: Modern Library.
Dyson, F. W. 1915. "Measurement of the Distances of the Stars." *Observatory* 38, 249–254, 292–299.
Eichhorn, Heinrich. 1974. *Astronomy of Star Positions.* New York: Frederick Ungar Publishing Company.
Einstein, Albert, and Infeld, Leopold. 1938. *The Evolution of Physics.* New York: Simon & Schuster.
Ellis, William S. 1998. *Glass.* New York: Avon Books.
'Espinasse , Margaret. 1956. *Robert Hooke.* London: William Heinemann, Ltd.
Evans, David S. 1967. "Historical Notes on Astronomy in South Africa." *Vistas in Astronomy* 9, 265–282.
———. 1988. *Under Capricorn: A History of Southern Hemisphere Astronomy.* Philadelphia: Adam Hilger.
Evans, James. 1998. *The History and Practice of Ancient Astronomy.* New York: Oxford University Press.
Ferguson, Kitty. 1999. *Measuring the Universe: Our Historic Quest to Chart the Horizons of Space and Time.* New York: Walker and Company.
Fernie, J. D. 1975. "The Historical Search for Stellar Parallax." *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada* 69, 153–161, 222–239.
———. 1976. *The Whisper and the Vision: Voyages of the Astronomers.* Toronto: Clarke, Irwin and Company.
Ferris, Timothy. 1988. *Coming of Age in the Milky Way.* New York: William Morrow and Company.
Fine, Gerald J. September 1991. "Glass and Glassmaking." *Journal of Chemical Education* 68, 765–768.
Forbes, Eric C., ed. 1995. *The Correspondence of John Flamsteed, the First Astronomer Royal.* Philadelphia: Institute of Physics.
Fricke, Walter. 1985. "Friedrich Wilhelm Bessel (1784–1846)." *Astrophysics and Space Science* 110, 11–19.
"The Galilean Satellites 2,000 Years Before Galileo." February 1982. *Sky & Telescope* 63, 145.
Galilei, Galileo. 1964. *Dialogue on the Great World Systems.* Salusbury translation, with introduction by Giorgio de Santillana. Chicago: University of Chicago Press.
———. 1987. *Sidereus Nuncius* (Facsimile of British Library copy). Alburgh, England: Archival Facsimiles Ltd.
———. 1989. *Sidereus Nuncius, or The Sidereal Messenger.* Van Helden, Albert, trans. Chicago: University of Chicago Press.
"Galileo Saw Neptune." November 1980. *Sky & Telescope* 60, 363.

Gamow, George. 1961. *One Two Three . . . Infinity.* New York: Viking Press.

Gause, Fritz. 1968. *Die Geschichte der Stadt Königsberg in Preussen.* Köln: Böhlau-Verlag.

Gavine, David. January 1998. "Thomas Henderson 1798–1844." *Scottish Astronomers Group Magazine.*
[star-www.st-and.ac.uk/~fv/sag/dave2.htm]

Gesellschaft "Union" zu Bremen. 1890. *Bessel als Bremer Handlungslehrling.* Bremen: J. Kühtmann's Buchhandlung.

Gill, David. 1913. *A History and Description of the Royal Observatory, Cape of Good Hope.* London: His Majesty's Stationery Offices.

Gillespie, C. C. 1972. *Dictionary of Scientific Biography.* New York: Charles Scribner's Sons.

Gingerich, Owen. April 1973. "The Foundation of Modern Science." *Courier,* 10–13.

———. December 1977. "Tycho Brahe and the Great Comet of 1577." *Sky & Telescope* 54, 452–458.

———. May 1981. "Great Conjunctions, Tycho, and Shakespeare." *Sky & Telescope* 61, 394–395.

———. August 1982. "Dreyer and Tycho's World System." *Sky & Telescope* 64, 138–140.

———. October 1984(a). "Herschel's 1784 Autobiography." *Sky & Telescope* 68, 317–319.

———. December 1984(b). "Galileo and the Phases of Venus." *Sky & Telescope* 68, 520–522.

———. 1992. *The Great Copernicus Chase and Other Adventures in Astronomical History.* Cambridge, MA: Sky Publishing Corporation.

———. March 1993(a). "How Galileo Changed the Rules of Science." *Sky & Telescope* 85, 32–36.

———. 1993(b). *The Eye of Heaven: Ptolemy, Copernicus, Kepler.* New York: American Institute of Physics.

Gladwell, Malcolm. 2000. *The Tipping Point: How Little Things Can Make a Big Difference.* New York: Little, Brown.

Gould, William L. March 1989. "Small-Scale Telescope/Joseph Fraunhofer 1786–1826." *Sky & Telescope* 77, 250–251.

Grant, Robert. 1852. *History of Physical Astronomy.* London: Henry G. Bohn.

Hamel, Jürgen. 1984. *Friedrich Wilhelm Bessel.* Leipzig: BSB B.G. Teubner Verlagsgesellschaft.

Hartner, Willy. 1969. "Galileo's Contribution to Astronomy." *Vistas in Astronomy* 11, 31–43.

Harwit, Martin. 1984. *Cosmic Discovery.* Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology Press.

Heath, Thomas L. 1956. *The Thirteen Books of Euclid's Elements.* New York: Dover Publications.

———. 1966. *Aristarchus of Samos: The Ancient Copernicus.* Oxford: Clarendon Press.

———. 1990. "The Sand-Reckoner," in *The Works of Archimedes Including the Method.* Chicago: Encyclopaedia Britannica, Inc.
———. 1991. *Greek Astronomy.* New York: Dover Publications.
Henderson, Thomas. 1839(a). "On the Parallax of Alpha Centauri." *Memoirs of the Royal Astronomical Society* 11, 61–68.
———. 1839(b) "On the Parallax of Sirius." *Memoirs of the Royal Astronomical Society* 11, 239–248.
Herrman, Dieter. 1984. *The History of Astronomy from Herschel to Hertzsprung.* Cambridge, England: Cambridge University Press.
Herschel, John F. W. 1829. "Address to Members (presentation of Gold Medal to Bessel)." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 1, 110–113.
———. 1842. "Address Delivered at the Annual General Meeting of the Royal Astronomical Society, February 12, 1842, on Presenting the Honorary Medal to M. Bessel." *Memoirs of the Royal Astronomical Society* 12, 442–454.
Herschel, William. 1781. "Account of a Comet." *Philosophical Transactions* 71, 492–501.
———. 1782. "On the Parallax of the Fixed Stars." *Philosophical Transactions* 72, 82–111.
———. 1803/1804. "Account of the Changes that have happened during the last Twenty-five Years, in the relative Situation of Double-stars; with an Investigation of the Cause to which they are owing." *Philosophical Transactions* 93 (1803), 339–382; 94 (1804), 353–384.
———. 1912. *The Scientific Papers of Sir William Herschel.* Dreyer, J. L. E., ed. London: Royal Society and Royal Astronomical Society.
Hevelius, Johannes. 1967. *Selenographia Sive Lunae Descripto* (Facsimile of first edition, 1647). New York: Johnson Reprint Corporation.
Hoffleit, Dorrit. 1949. "The Quest for Stellar Parallax." *Popular Astronomy* 57, 259–273.
———. 1992. *Astronomy at Yale 1701–1968.* New Haven, CT: Connecticut Academy of Arts and Sciences.
Hogben, Lancelot. 1937. *Mathematics for the Million.* New York: W. W. Norton.
Holden, Edward S. 1881. *Sir William Herschel: His Life and Works.* New York: Charles Scribner's Sons.
Hooke, Robert. 1674. *An Attempt to Prove the Motion of the Earth from Observations.* London: Royal Society.
Hoskin, Michael. 1963. *William Herschel and the Construction of the Heavens.* London: Oldbourne Book Co., Ltd.
———. 1966. "Stellar Distances: Galileo's Method and Its Subsequent History." *Indian Journal of History of Science* 1, 22–29.
———. 1982. *Stellar Astronomy.* Chalfont St. Giles, England: Science History Publications.
Hoskin, Michael, ed. 1997. *The Cambridge Illustrated History of Astronomy.* Cambridge, England: Cambridge University Press.

Howse, Derek. July 1970. "Restoration at Greenwich Observatory." *Sky & Telescope* 40, 3–9.

———. 1975. *Greenwich Observatory, Volume 3: The Buildings and Instruments.* London: Taylor and Francis Ltd.

———. 1995. *Francis Place and the Early History of the Greenwich Observatory.* New York: Science History Publications.

Hoyle, Fred. 1973. *Nicolaus Copernicus: An Essay on His Life and Work.* New York: Harper and Row.

Huffer, C. M. December 1946/ January 1947. "The Astronomy of Tycho Brahe." *Sky & Telescope* 6 (December 1946), 3–5; 6 (January 1947), 9–11.

Humberd, Charles D. 1937. "Tycho Brahe's Island." *Popular Astronomy* 45, 118–125.

Hunter, A., and Martin, E. G. 1956. "Fifty Years of Trigonometrical Parallaxes." *Vistas in Astronomy* 2, 1023–1030.

Ionides, Stephen. 1939. *Stars and Men.* New York: Bobbs-Merrill.

Jackson, J. 1922. "Early Estimations of Stellar Distances." *Observatory* 45, 341–352.

———. 1956. "The Distances of the Stars: A Historical Review." *Vistas in Astronomy* 2, 1018–1022.

James, Peter, and Thorpe, Nick. 1994. *Ancient Inventions.* New York: Ballantine Books.

Keynes, Geoffrey. 1960. *A Bibliography of Dr. Robert Hooke.* Oxford: Clarendon Press.

King, Henry C. 1955. *The History of the Telescope.* New York: Dover Publications.

Klein, Morris. 1959. *Mathematics and the Physical World.* New York: Thomas Y. Crowell Company.

Koestler, Arthur. 1989. *The Sleepwalkers: A History of Man's Changing Vision of the Universe.* New York: Penguin Books.

Kolb, Rocky. 1996. *Blind Watchers of the Sky.* Reading, MA: Addison-Wesley.

Kopal, Zdenek. 1973. "Foreword." In *The Scientific World of Copernicus.* Bienkowska, Barbara, ed. Boston: D. Reidel Publishing Company, vii–xii.

———. 1985. "Friedrich Wilhelm Bessel—an Appreciation." *Astrophysics and Space Science* 110, 3–10.

Koretz, Jane F., and Handelman, George H. July 1988. "How the Human Eye Focuses." *Scientific American* 259, 92–99.

Kovalevsky, Jean. May 1990. "Astronomy from Earth and Space." *Sky & Telescope* 79, 493–497.

Krisciunas, Kevin. 1978. "A Short History of Pulkova Observatory." *Vistas in Astronomy* 22, 26–37.

Krupp, E. C. December 1996. "Observing the Occasion [Tycho Brahe]." *Sky & Telescope* 92, 68–69.

Kuhn, Thomas S. 1979. *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Kurinsky, Samuel. 1991. *The Glassmakers.* New York: Hippocrene Books.
Labitzke, P. 1935. "Die Königsberger Sternwarte." *Die Himmelswelt* 45, 9–13.
Laurie, P. S. 1956. "Flamsteed's Well." *Observatory* 76, 24–25.
Learner, Michael. 1981. *Astronomy through the Telescope.* New York: Van Nostrand Reinhold.
Leggat, Robert. 2000. *A History of Photography.* [www.rleggat.com/photohistory/]
Leitch, Alexander. 1978. *A Princeton Companion.* Princeton, NJ: Princeton University Press.
Ley, Willy. 1963. *Watchers of the Skies.* New York: Viking.
Lodge, Oliver. 1960. *Pioneers of Science.* New York: Dover Publications.
Lovi, George. January 1985. "The Distance Dilemma." *Sky & Telescope* 69, 45–46.
———. September 1988. "An Anniversary for a Special Star [61 Cygni]." *Sky & Telescope* 76, 275–276.
Lubbock, Constance A. 1933. *The Herschel Chronicle: The Life Story of William Herschel and His Sister Caroline Herschel.* Cambridge, England: Cambridge University Press.
Main, R. 1842. "On the Present State of Our Knowledge of the Parallax of the Fixed Stars." *Memoirs of the Royal Astronomical Society* 12, 1–60.
Marly, Pierre. 1988. *Spectacles and Spyglasses.* Paris: Editions Hoebeke.
McCrea, W. H. 1963(a). "James Bradley, 1693–1762." *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society* 4, 38–40.
———. 1963(b) "The Significance of the Discovery of Aberration." *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society* 4, 41–43.
McCutcheon, Robert A. December 1994/January 1995. "Sunset on Pulkova." *Air & Space Magazine* 9, 38–45.
Miller, Donald T. January 2000. "Retinal Imaging and Vision at the Frontiers of Adaptive Optics." *Physics Today* 53, 31–36.
Moore, Patrick. 1989. *Astronomers' Stars.* New York: W. W. Norton.
———. 1994. *The Great Astronomical Revolution: 1534–1687 and the Space Age Epilogue.* Chichester, England: Albion Publishing.
Moore, Patrick, and Collins, Peter. 1977. *The Astronomy of Southern Africa.* London: Robert Hale and Company.
Morrison, Philip. February 1998. "The Star Mapper." *Scientific American* 278, 100–102.
Morrison, Philip, and Morrison, Phylis. May 2000. "Netting the Deep Sky." *Scientific American* 282, 116–118.
Motz, Lloyd, and Duveen, Anneta. 1977. *Essentials of Astronomy,* 2nd ed. New York: Columbia University Press.
Motz, Lloyd, and Weaver, Jefferson H. 1995. *The Story of Astronomy.* New York: Plenum Press.
Murray, C. A. 1988. "The Distances to the Stars." *Observatory* 108, 199–217.

Neugebauer, O. 1975. *A History of Ancient Mathematical Astronomy.* New York: Springer Verlag.

Nichols, Richard. 1999. *Robert Hooke and the Royal Society.* Sussex, England: The Book Guild, Ltd.

Nielsen, Axel V. 1968. "Ole Roemer and His Meridian Circle." *Vistas in Astronomy* 10, 105–112.

North, John. 1995. *Norton History of Astronomy and Cosmology.* New York: W. W. Norton.

Olbers, Wilhelm. 1852. *Briefwechsel Zwischen W. Olbers und F. W. Bessel.* Leipzig: Avenarius and Mendelssohn.

Oriti, Ronald A., and Starbird, William B. 1977. *Introduction to Astronomy.* Encino, CA: Glencoe Press.

Panek, Richard. 1998. *Seeing and Believing: How the Telescope Opened Our Eyes and Minds to the Heavens.* New York: Viking.

Pannekoek, A. 1969. *A History of Astronomy.* New York: Barnes and Noble.

Park, David. 1997. *The Fire within the Eye: A Historical Essay on the Nature and Meaning of Light.* Princeton, NJ: Princeton University Press.

Paterson, E. Russell. February 1957. "Robert Hooke." *Sky & Telescope* 16, 179–180.

Payn, Howard. 1914. "The Well of Eratosthenes." *Observatory* 37, 286–288.

Pearson, William. 1824–1829. *An Introduction to Practical Astronomy.* London: Longman, Hurst.

Pederson, Olaf. April 1973. "The Making of a New Universe." *Courier,* 14–18.

Pedoe, Daniel. 1976. *Geometry and the Liberal Arts.* New York: St. Martin's Press.

Perryman, Michael. June 1998. "The Hipparcos Astrometry Mission." *Physics Today* 51, 35–43.

———. June 1999. "Hipparcos: The Stars in Three Dimensions." *Sky & Telescope* 97, 40–50.

Peterson, Ivars. December 18/25, 1999. "Gravity Tugs at the Center of a Priority Battle." *Science News* 156, v.

*The Principles of Rangefinding.* 1911. Glasgow: Barr and Stroud.

*Range Finder M7* (War Department Technical Bulletin TB 9-585-1). 1944. Washington, DC: War Department.

*Range Finder M9* (War Department Technical Manual TM 9-585). 1943. Washington, DC: War Department.

Repsold, Johann A. 1908. *Zur Geschichte der Astronomischen Messwerkzeuge von Purbach bis Reichenbach, 1450 bis 1830.* Leipzig: Verlag von Wilhelm Engelmann.

———. 1919. "Friedrich Wilhelm Bessel." *Astronomische Nachrichten* 210, 161–214.

Rigaud, S. P. 1832. *Miscellaneous Works and Correspondence of the Rev. James Bradley.* Oxford: Oxford University Press.

Roberts, Royston M. 1989. *Serendipity: Accidental Discoveries in Science.* New York: John Wiley and Sons.

Rogers, Eric M. 1982. *Astronomy for the Inquiring Mind.* Princeton, NJ: Princeton University Press.

Rogers, Frances, and Beard, Alice. 1948. *5000 Years of Glass.* New York: J. B. Lippincott Company.

Ronan, Colin. February 1964. "Galileo Galilei—1564–1642." *Sky & Telescope* 27, 72–78.

———. March 1981. "William Herschel and his Music." *Sky & Telescope* 61, 195–204.

Ronchi, Vasco. 1967. "The General Influence of the Development of Optics in the Seventeenth Century on Science and Technology." *Vistas in Astronomy* 9, 123–133.

Rosen, Edward. 1956. "The Invention of Eyeglasses." *Journal for the History of Medicine and Allied Sciences* 11, 13–46, 183–218.

———. 1971. *Three Copernican Treatises.* New York: Octagon Books.

———. trans. Dobrzycki, Jerzy, ed. 1978. *Nicolaus Copernicus: On the Revolutions.* Baltimore: Johns Hopkins University Press.

———. June 1981. "Render Not Unto Tycho That Which Is Not Brahe's." *Sky & Telescope* 61, 476–477.

Rosenthal, J. William. 1996. *Spectacles and Other Vision Aids: A History and Guide to Collecting.* San Francisco: Norman Publishing.

Roth, Gunter D. 1976. *Joseph von Fraunhofer.* Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH.

Roy, A. E., and Clark, D. 1977. *Astronomy: Principles and Practice.* New York: Crane Russell.

Sacks, Oliver. 1995. *An Anthropologist on Mars.* New York: Alfred A. Knopf.

Sagan, Carl. 1980. *Cosmos.* New York: Random House.

de Santillana, Giorgio. 1955. *The Crime of Galileo.* Chicago: University of Chicago Press.

Sarton, George. 1931. *Introduction to the History of Science.* Baltimore: Williams and Wilkins.

———. 1957. *Six Wings: Men of Science in the Renaissance.* Bloomington: Indiana University Press.

———. 1959. *A History of Science: Hellenistic Science and Culture in the Last Three Centuries* B.C. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Schlesinger, Frank. 1927. "Some Aspects of Astronomical Photography of Precision." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 87, 506–523.

Schmeidler, F. July 1984. "Der Astronom Friedrich Wilhelm Bessel." *Nachrichten der Olbers-Gesellschaft,* no. 130. [www.rz.hs-bremen.de/planetarium/plabesse.htm]

Schweiger-Lerchenfeld, Armand von. 1898. *Atlas der Himmelskunde.* Vienna: A. Hartleben's Verlag.

Shapley, Harlow. 1960. *Source Book in Astronomy 1900–1950.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Shapley, Harlow, and Howarth, H. E. 1929. *A Source Book in Astronomy.* New York: McGraw-Hill.

Sidgwick, J. B. 1954. *William Herschel: Explorer of the Heavens.* London: Faber and Faber, Ltd.

Sime, J. 1900. *William Herschel and His Work.* Edinburgh: T. & T. Clark.

Simonsen, Erik. February 1974. "A Visit to Tycho Brahe's Observatory." *Sky & Telescope* 47, 86–88.

Simplex. 1916. *One-Man Range Finders and How to Use Them.* London: Forster Groom and Company.

Slocum, Frederick. 1967. "Stellar Parallax." In *Starlight: What It Tells About the Stars.* Page, Thornton, and Page, Lou Williams, eds. New York: Macmillan.

Smart, W. M. 1950. *Some Famous Stars.* London: Longman Green.

Sobel, Dava. 1999. *Galileo's Daughter.* New York: Walker & Company.

Spencer-Jones, Harold. 1941. "The Solar Parallax: A Coordinated International Measure of a Fundamental Constant." *Observatory* 64, 99–104.

Stewart, Albert B. March 1964. "The Discovery of Stellar Aberration." *Scientific American* 210, 100–108.

Stille, Alexander. May 8, 2000. "Resurrecting Alexandria." *The New Yorker,* 90–99.

Strand, K. A. January 1942. "The Double Star System 61 Cygni." *Sky & Telescope* 1, 6–8.

Struve, Otto. November/December 1956. "The First Determination of Stellar Parallax." *Sky & Telescope* 16 (November 1956), 9–12; 16 (December 1956), 69–72.

———. 1959. "The First Stellar Parallax Determination." In *Men and Moments in the History of Science.* Evans, H. M., ed. Seattle: University of Washington Press.

Suter, Rufus. November 1951. "Galileo in Padua." *Sky & Telescope* 11, 3–4.

Thiel, Rudolph. 1957. *And There Was Light: The Discovery of the Universe.* New York: Alfred A. Knopf.

Thoren, Victor. 1990. *The Lord of Uraniborg: A Biography of Tycho Brahe.* New York: Cambridge University Press.

Toomer, G. J., trans. 1984. *Ptolemy's Almagest.* New York: Springer Verlag.

Turner, Herbert Hall. 1963. *Astronomical Discovery.* Berkeley: University of California Press.

Turon, Catherine. July 1997. "From Hipparchus to Hipparcos." *Sky & Telescope* 94, 28–34.

Unsöld, Albrecht. 1969. *The New Cosmos.* New York: Springer Verlag.

van de Kamp, Peter. 1985. "Friedrich Wilhelm Bessel: 1784, July 22–1846, March 17." *Astrophysics and Space Science* 110, 103–104.

van Helden, Albert. 1977. *The Invention of the Telescope.* Philadelphia: American Philosophical Society.

———. 1985. *Measuring the Universe: Cosmic Dimensions from Aristarchus to Halley.* Chicago: University of Chicago Press.

Warner, Brian. 1995. *Royal Observatory, Cape of Good Hope, 1820–1831: The Founding of a Colonial Observatory.* Boston: Kluwer Academic Publishers.

Warner, Brian, and Warner, Nancy. 1984. *Maclear and Herschel: Letters and Diaries at the Cape of Good Hope, 1834–1838.* Cape Town: A. A. Balkema.

Wattenberg, D. 1929(a). "Die Alte Sternwarte in Lilienthal." *Das Weltall* 28, 123–125.

———. 1929(b). "Bessel als Bremer Kaufmannslehrling." *Das Weltall* 29, 8–11.

———. 1933. "Wilhelm Olbers." *Die Himmelswelt* 44, 176–184.

———. 1934. "Friedrich Wilhelm Bessel." *Die Himmelswelt* 44, 124–135.

Whitney, Charles. 1971. *The Discovery of the Galaxy.* New York: Alfred A. Knopf.

Williams, Henry Smith. 1915. *Modern Warfare.* New York: Hearst's International Library.

Williams, M. E. W. 1979. "Flamsteed's Alleged Measurement of Annual Parallax for the Pole Star." *Journal for the History of Astronomy* 10, 102–116.

———. 1981. *Attempts to Measure Annual Stellar Parallax: Hooke to Bessel.* Ph.D. thesis, Imperial College, University of London.

Wilmoth, Frances, ed. 1997. *Flamsteed's Stars.* Rochester, NY: Boydell Press.

Woolley, Richard. 1963. "James Bradley, Third Astronomer Royal." *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society* 4, 46–52.

Zeilik, Michael, Gregory, Stephen, and Smith, Elske V. P. 1992. *Introductory Astronomy and Astrophysics,* 3rd ed. New York: Saunders College Publishing.

# الفهرس ★★★


آدامز (جون) 61
آراس 59
آرثر (فردريك سكوت) 381
آسيا الصغرى 18، 21
الآشوريون 354
آل مديتشي 177، 182
آلة التصوير الفوتوغرافي 379، 392
آلة روبرت هوك 221
آل شتروفي 341، 362
الآلات الضوئية 146
آلات فراونهوفر 337
آلات كرينتش 252
آلة كيو 224
آلة المرصد البحري الأمريكي 383
آلة مولينو 224
آلة وانستيد 228
آلهة الشمس 360
آمل ألاّ أبدو أنني ضيعت حياتي سدى 142
آن (ماري) 276، 281، 282
آينشتاين (ألبرت) 18، 56
أبتون 258
الإبداعي 48
أبدايك (جون) 107
أبرشيته ببردستو 213
إبسيلون 292
ابن الشاطر (المسلم) 76
ابن الهيثم 146
أبولو 315
أبولونيوس 49
أبيرون 260
اتجاه معاكس 109
الاتحاد السوفييتي السابق 315
الاتحاد الفلكي العالمي 385
أثينا 17
الأحزاب الدينية 186
أحلام مرعبة وقاسية 199
الأجرام السماوية 9
اختراع النظارات 150
اختلاف المنظر 8، 26، 82، 85، 88، 91، 94
اختلاف منظر جسم 85، 120
اختلاف منظر الحضار ألفا 368
اختلاف المنظر الدقيق 306
اختلاف منظر المريخ 97
اختلاف منظر نجم الدجاجة (61)350
اختلاف المنظر النجمي 9، 10، 28، 31، 38، 54، 75، 76، 97، 106، 108، 110، 120، 139، 186، 189، 190، 192، 199، 212، 219، 226، 229، 237، 244، 261، 267، 273، 286، 299، 305، 338، 356، 362، 366، 370، 383، 388، 390، 392، 395، 397
الأخطاء العشوائية في النتيجة النهائية 378
الأخطاء المنهجية 378
أخيراً، أصبحت الأرض حرة... 15
أخيلوس 17
الإدارة الساعية 381
إدنبرة 282، 316، 372
أدوات الشحن القرني 384
أراكو (فرانسوا) 305، 379
ارتفاعسمتية 336
أرخميدس 28، 29، 30، 31، 32، 33، 35، 36
أرستارخوس 9، 15، 16، 17، 18، 22، 23، 25، 27، 28، 32، 36، 38، 43، 48، 61، 75، 78، 105، 126، 261، 390
الأرستارخوسية 27
أرسطوطاليس 18، 20، 21، 22، 24، 43، 49، 53، 55، 67، 77، 136، 172، 185، 187، 191
الأرض جزيرة مؤقتة للحياة والموت 23
أرض الفراعنة 155
الأرض كروية 20
الأرض يجب أن تكون مثبتة في مركز العالم 139
أرضي المركز ـ شمسي المركز 139
أرماتي (سالفينو دِلْ) 150
أريسيبو 271، 272
الإزار 192
استخلاص الأبعاد الحقيقية للنجوم العملاقة القريبة 389
استخلاص أعمار أقدم الحشود النجمية 390
أستراليا 273
إستروئيدات 48
استنتاج الأنماط الإجمالية

لحركات النجوم 390
استنتاج كتل أنظمة النجوم المضاعفة 389
الأسطول الروماني 29
أسس 38
أسقف كانتربري 258
اسكتلندا 90، 267، 273، 282، 285، 368، 371، 372
الإسكندر الكبير 16، 21
الإسكندرانيون 95
الإسكندرية 16، 17، 31، 44، 47، 54، 95، 155
أشبروك (جوزيف) 135
الأشعة السينية 147
الإصدار الضوئي النجمي 265
اصطدام وشيك 294
الإصلاح البروتستانتي 185
الأصوليون اللوثريون 73
إعادة اكتشاف الكون 15
الإغريق 16، 74
الأفاعي الماكرة 283
إفريست (جورج) 316
أفضل ميكانيكي في عصره 219
أفلاطون 18، 21، 147
أفلاك أهليليجية 60
أفلاك جميع الكواكب هي قطوع ناقصة 142
أفيروس 70
أقصى شمال الدانمرك 122
إقليدس 48، 55، 133
الأقمار الصناعية 315
أقمار المشتري 180
أقنعة الأكسجين 10
أقواس قزح 147
الأكاديمية الأيرلندية الملكية 266
أكاديمية لينشيي العلمية 183، 186
الأكاديون 354
اكتشاف أورانوس 243
اكتشاف الضوء تحت الأحمر 260
اكتشف الكويكب asteriod الثاني بالاس 294
أكداس الصفائح 380
أكسفورد 202، 213، 218، 219، 229، 316، 331، 376، 382
أكسيد الصوديوم 157
أكويداكت 196، 198
الأكويني (توما) 56
إكيا ـ سيكي 342
إله الحب 103
الإله المرئي 74
ألبيريو 309
التامين 196
التماس الدقة 311
التونا (الدانمركية) 342، 343، 344، 345
ألتينا (وليام فان) 396
إلسينور 132
ألفا 197
إلكتراسوفكليس 74
ألكساندر الأول (قيصر روسيا) 246، 250، 255، 337، 353
ألكمار 165
إلكين (لويس) 376
ألمانيا 130، 136، 245، 297، 316، 344
ألن (وودي) 145، 146
إلى المرصد 272
الإمبراطورية الرومانية 55
أمراء سرنديب Serendip الثلاثة 224
أمريكا الجنوبية 273
امض قدماً، يا كاليليو 173
أمهرست 381
الأمير 67
الأميرالية 276، 277، 278، 281، 282، 283، 284
الأنانية 392
انبساط الأرض 20
إنجلز 198
أنجلو (مايكل) 63، 67، 71، 168، 171
أندرياس 64
إنسيلادوس 260
أنصار النظام الأرضي المركز 24
أنغولا 98
إنفيلد (ليوبولد) 18
الانكسار الجوي 231، 262
انكسار الضوء النجمي 229
الانكسار الضوئي 208
أنكسيماندر 19
إنكلترا 98، 99، 102، 199، 218، 229، 241، 245، 246، 247، 259، 267، 275، 276، 281، 282، 283، 284، 305، 320، 323، 344، 361، 366، 372، 381
أهل لندن 203
أهنئكم وأهنىء نفسي... 371
أوبري (جون) 200، 205، 206، 274
أوتزشنايدر (جوزيف فون) 313، 314، 319، 320، 321، 322، 324
أودين 243
أور (مدينة) 154
أورانوس 242، 244، 254، 260، 262
أورانومتريا 197
أورانيا 133
أورانيبورك 133، 134، 136، 137، 138، 140، 221، 230
أوروبا 54، 55، 62، 64، 96، 99، 121، 131، 152، 153، 155، 164، 165، 174، 215، 217، 290، 294، 302، 319، 320، 325، 329، 333، 338، 351
أوروبا الشرقية 103
الأوروبيون 55
أوريري (إيرل) 59، 60
أوسياندر (أندرياس) 71، 72، 73، 74
أوغسطين 151
أوفيد 241
أوكسبيرك 128
أولبرز (ولهلم) 294، 295، 296، 297، 343، 346، 365
أوهلاند (ديريك) 397
إيربان الثامن (البابا) 186
إيرل روس الثالث 327
إيرملاند 63
إيروس 103، 104
إيطاليا 64، 65، 66، 133، 165، 168، 188
إيغور 200
إيفانز (ديفيد س.) 99

الإيكوانت 52، 53
إيميلي 301

بابل 155
باتن (ألان) 396
باث 245، 246، 247، 248، 254، 255
باخ (يوهان سباستيان) 216
باخميستر (لوقا) 124
بادوا 173
بادوفير (جاك) 175
باربريني (مافيو) 186
بارسبيرك (ماندیران) 125
بارسونز (وليام) 327
بارومتر 204
بارونيوس 167
باريس 97، 165، 175، 294، 305، 316، 348، 379
باريسينو (توماسو) 144، 151
باس (جورج) 331
بالاديو 133
بالاس 294
بالبوا 67
بالومار 353
باليرمو 256، 305، 307، 316
بامبرك 376
بانكس (جوزيف) 260
باوند (جيمس) 218، 223
باير (يوهان) 197
بتراك 149
بتهوڤن (لودفيك فان) 264
البحر الأبيض المتوسط 55، 74، 95، 155
بحر إيجة 43
بحر البلطيق 344
بحر الشمال 291
البحرية البريطانية 223
بحيرة فريش هاف 66
بدأ الحاجز بالتلاشي... 371
براءة الاختراع 332
براتنسس (يوهان) 130
برادلي (جيمس) 213، 214، 215، 216، 219، 221، 222، 224، 225، 226، 228، 233، 234، 236، 237، 262، 303، 305، 315، 377، 391
برادلي (سالي) 395
براغ (مدينة) 125، 140، 385
برانسيب (فرانكا) 396
براهي (أوتو) 121
براهي (تيخو) 78، 97، 116، 117، 121، 122، 123، 124، 125، 127، 129، 130، 133، 134، 135، 136، 137، 138، 140، 142، 147، 174، 195، 207، 209، 213، 221، 227، 305، 388، 391
براهي (جورجن) 121
براون (سير توماس) 81
برتشارد (تشارلز) 382
البرتغال 122
برج بيزا 172
برج الثور 65
برج العذراء 42
برج القديس مرقص 176
برج الميزان 42
بروستو 218
برلين 364، 372
برناو 348
برنستون 61
برنكلي (جون) 305
بروسيا 266، 304، 345، 364
بروسيا الشرقية 301
بروسيا (مارغريت) 397
بروكسل 316
بريدا (فان) 279
البريسكوبات 90
البريطانيون 102
بريمن (مدينة) 290، 291، 293، 294، 297، 298، 301، 312، 372
بسل (فردريش ولهلم) 233، 288، 290، 292، 293، 294، 295، 296، 297، 299، 300، 307، 312، 314، 329، 338، 342، 343، 346، 350، 356، 359، 361، 362، 366، 367، 368، 370، 372، 383، 387، 391، 392
بصر الشيخوخة 149، 151
بطالسة مصر 47
بطرس 151
بطليموس 48، 49، 50، 52، 53، 56، 65، 73، 75، 76، 120، 126، 147، 180، 207، 213، 227، 390
بطليموس الأول السوتري 16
بطليموس الثالث 17
بطليموس (كلوديوس) 47
البعثات التبشيرية اليسوعية 183
بعثة مقياس التداخل الفضائي 388
البعد السمتي 209
البقاع المهجورة 70
بقايا مستعمرات فائقة 272
البقعة القريبة من مزرعة كوتسي 277
بك (أولغ) 196
بلاد فارس 21
بلاد ما بين النهرين 155
بلوتارك 29، 30، 36
بلوتو 110
البلور الرصاصي 323
بليس (فرانسيس) 212
بليك (وليام) 145
بليني 45، 154
البنات السبع 387
البندقية (المدينة) 155، 156، 165، 172، 175، 176، 177، 187
بنسلفانيا 383
بنسن (روبرت) 335
بهو بيتون 61
البهوت يعني البعد 261، 234
بوبر (أليس) 397
بودن (بوليماث جين) 73
بورتا (جياكومودلاّ) 171
بورتوريكو 271، 272
بورما 280
بوسطن 196، 199
بوش (جورج) 130
بوش (ليونهارت) 301
البوصلة 290
بولص الثالث 71
بولص الخامس (البابا) 183، 185
بولكوفا 356
بولندا 168

بولونيا 65
بومبي 155
بون 316
بونتس 23
بونتي كورفو 168
بوند (جون) 305
بوند (وليام كرانش) 381
بوننبيركر (تأليف) 291
بوهيميا 180
بويل (روبرت) 200
بويل (شارلز) 59
بياتسي (جيوسبي) 256، 305، 307، 308
البيان الشيوعي 198
بيبيز (إن) (صامويل) 200، 204
بيت جيراني 161
بيت (ماري) 258
بيتا 197
بيرباخ (جورج) 64
بيرد (جون) 233، 315
بيرش (توماس) 202
بيركا 49
بيرني (فاني) 258
البيرو 102
بيزا (تستند) 149، 169، 171، 172
بيكاسوس 134
بيكر (جوزفين) 145
بيكهام (جون) 146
بيكون (روجر) 146، 163
بيل (ستين) 126
بيلارمين 72
بييلا (مذنب) 294

التابع (اسم من أسماء الأجرام) 182
تاج هيرون 31
تاريخ الجمعية الملكية 202، 225
التاريخ الطبيعي 45
تالس 18، 19، 126
تاهيتي 102
تاون (كيب) 276
تاي (ميني) 396
تت 348
التثليث 91، 94، 104
التجار الفينيقيون 155
التجاوز ممنوع 196
تحت التهديد والوعيد بالتعذيب 188
تحديد الخرج الحقيقي للضوء 390
تحقيق في اختلاف المنظر المحتمل... 263
التخطيط 10
التداخل الأسترومتري الشامل لشؤون الفيزياء الفلكية 388
التدويم 23
التذبذب المحير 223
التذبذب المراوغ 359
التذبذبات 262
التراصف 91، 223
تركيا 95
الترنح 228، 231، 238
تروتون (إدوارد) 280، 316، 346
التروس 61
تريك ترام triquetrum 137
تريليونات (الفوتونات) 7، 86
تشارلز الثاني (الملك) 203، 229، 274
تشرشل (ونستون) 311
التصميم النيوتني 249
التصنيف الكبير 47
التصوير الفوتوغرافي (السماوي) 380، 381
تطورت الملاحة الفضائية 292
التعصب 244
تعليق موجز 67
تعيين حركة النظام الشمسي عبر الفضاء 260
تعيين الخرج out put الحقيقي لضوء النجوم 389
تعيين المدى الصوتي 90
تعيين المسافة إلى نجم الدجاجة (61) 366
التغير 26
التفاعل المتسلسل 68
التفصيلات الزائدة 367
تقابل 97
تقديراً ملائماً ملفوفاً بعباءة الشهرة 98
التقرير الأول 70
تقرير بليني 130
التقويم الملاحي 282
التكنولوجيا 379
تكنولوجيا الفوتوغرافيا الفلكية 380
تكيفاً 86
تل الأفاعي 277، 279
تل النمر 277
تلال كونكسبروك 302
التلسكوب (التلسكوبات) 8، 10، 129، 241
تلة توم 348
تميز طبيعي 182
التنبؤ بالمستقبل 123
توابع 182
تورن 63
توسكانيا (مقاطعة) 170، 177، 182
توسي الخط القاعدي (IV) اختلاف المنظر النجمي 105، 112
توسيع الخط القاعدي (III) اختلافات منظر النظام الشمسي 94
توسيع الخط القاعدي (II) عملية المسح 91
توسيع الخط القاعدي (I) معينات المدى 87
توفيكين (تافي) 397
تويزلر 50، 51
توين (مارك) 15، 198
تيتانيا 260
تيخو = براهي تيخو
تيخونيرس 136
تيخوي المركز 133
تيرنر (هربرت هول) 216
تيمورلنك 197
التيودوليت (جهاز) 80، 92

الثريا النجمي 387
الثقالة 140
الثقوب السوداء 217

ثنائي أكسيد السليكون، السليكا 154، 175
ثوران بركان فيزوف 155
الثورة الفلكية 77
الثورة الكوبرنيكية 77
ثيل (رودلف) 63، 327

جامعة إدنبرة 282، 285، 371
جامعة أوكسبيرك 124
جامعة أكسفورد 98، 199، 275
جامعة بادوا 65، 167، 172، 174، 177
جامعة بال 124
جامعة برلين 316
جامعة برنستون 59، 60
جامعة بنسلفانيا 61
جامعة بولونيا 64
جامعة بون 376
جامعة بيزا 169، 170، 172، 182، 185
جامعة دبلن 305
جامعة روستوك 124
جامعة فيرارا 65
جامعة كراكوف 64
جامعة كوبنهاكن (لدراسة الفلسفة وعلم البلاغة) 121، 134
جامعة كولومبيا 382
جامعة كونكسبرك 301
جامعة لايبزك 122
جامعة ماستشوستس دارموث 395
جامعة هارڤرد 395
جامعة ويتنبرك 69، 71، 124
جانتيل (كيوم لو) 102
جانسن (زاخارياس) 164
جاهل وحمار وقح 201
الجبار 199
جبال الألب 64
جبال روكي بولاية كولورادو 272
الجبل الأزرق 277
جبل تيبل 277
الجبهة الروسية 302
الجحافل الرومانية 28
جزر الهند الشرقية 102
جزيرة بولوكندور 218
جزيرة تونا 132
جزيرة ديانا بيك 99
جزيرة رودس 43
جزيرة القديسة هيلانة 98، 99، 102، 274، 285
جزيرة كايان 97
جزيرة هفن 132، 133، 135
جزيرة مورانو 155
جزيرة وايت 199
الجسم الضخم هو شيء يدعو إلى الفضول 118
الجمعية الفلكية الملكية 11، 266، 367، 371، 381
الجمعية الملكية 202، 203، 204، 206، 207، 209، 210، 243، 254، طد2
جمهورية إستونيا 344
جنادب بأعداد كبيرة 327
جنكريتش (أوين) 48
جنوب إفريقية 102، 267، 275، 276، 282، 391
جنوب شرق بلاد ما بين النهرين 154
جورج الثالث (الملك) 241، 255، 256، 258
جورجن 122، 123، 124
جوزيف (مكسمليان الأمير) 313، 314
الجوكندا 215
جون (ابن وليام) 248، 260
جونسون (صاموئيل) 145
جيبون (إدوارد) 289
جيبي 135
جيروم 151
الجيش الأمريكي 90، 93
الجيش الروسي 348
الجيش الفرنسي 303، 344، 348
جيش نابليون 302، 343، 346
جيكوب 246
جيل (ديڤيد) 275، 376
جيلون (الثاني) الملك 31، 35، 36
جينكريتش (أوين) 234، 395

حادث غير سعيد 212
الحافة الجنوبية 119، 120
الحافة الشمالية 119، 120
حداثة مطلقة 182
الحدبات 61
حديقة (بول) هاينزل 125، 126
حرب الثلاثين سنة 62
الحرب العالمية الأولى 93
الحرب العالمية الثانية 90، 165
حركات الأجرام السماوية 17
الحركات النجمية 285
الحركة التراجعية 51
الحركة الدائرية 77
الحركة الذاتية 285
الحركة الذاتية لنجم الشعري اليمانية 373
حركة الشمس عبر الخلفية النجمية 42
الحركة الكوكبية غير المنتظمة 54، 67
الحركة المدارية لأورانوس 372
الحركة المدارية للأرض 75
الحركة والثقالة 78
حريق لندن الكبيبر سنة (1666) 202، 212
حساب حبات (الرمل) الرمال 31، 32
حسنات الشوكولاتة 201
الحضار ألفا = نجم الحضار ألفا
الحقد المهني 205
حلزون مجوف 29
الحملات الصليبية 63
حوادث الاحتجاجات 282
حوار بين النظامين الأساسيين للعالم 186
حوار في الموسيقا القديمة والحديثة 169
حوار مع المراسل النجمي 183
حوارات في علمين جديدين 188
حيّ مانهاتن (الشرقي) 342، 381
حياة السماء 354

الخرج out put الضوئي 265
خريطة فرنسا 15

الخسوف القمري 274
الخط الشمسي D 335
خط قاعدي 27
الخط المستعرض 280
خطوط فراونهوفر 334، 335
خليج تيبل 277
خليج هدسون 102
الخلفية النجمية 106
الخيالة الروس 346

داتشيت 255
دارلنكتون 245
دافنشي (ليوناردو) 297
داكويرث (س.) 396
داكير (لوي جاك) 379
دان (إليزابيث) 396
دانزيك (مدينة) 209
دانسي (شارل) 130
الدانمرك 126، 131، 132، 137، 140، 344
دائرة باليرمو 307، 308
دائرة عبور 304
دائرة كرينتش الجدارية 270
الدَّبَران 285
دبلن 305، 308
الدجاجة (61) = نجم الدجاجة (61)
دجلة 154
الدحروج (الدحاريج) 21، 49، 50، 51، 52، 77، 142
دراكونيس (النجم) 213، 223
درايدن (جون) 206
درايزر (ريتشارد) د39
درب التبانة 180، 272
درسدن 140
دريك (ستليمان (السَّيَر)) 170
دلتا النيل 19
دنسينك 308
دوائر بطليموس 49
دورام (ميليشيا) 245
دوران الأرض حول الشمس 228
دوربا (مدينة) 344، 345، 346، 349، 351، 356، 361، 364، 368، 369
دوقية وارميا 63
دولاسيل (نيكولالوي) 275
دولوند (جون) 278، 280، 284، 303، 332، 348، 349، 350، 360
دي سان (أنطوان) 59
ديالوجو Dialogo 187، 191
ديتريش 266
دير الرهبان البينديكتيين 169
ديستانس DISTANCE 85
ديفيس (هيرمان) 382
ديك الرياح 226
ديكسون (جيرميا) 102
ديكنز (تشارلز) 313
ديلارد (آني) 84
ديمزياني (جيوڤاني) 183
ديموقريط 147
ديونيسوس 16

الذكاء 8
ذئب الدجاجة 305، 355، 376
الذهب مادة ثقيلة إلى حد ما 30

رأس التنين 196
رأس الرجاء الصالح 102، 267، 271، 275، 276، 282، 368
رأس الغول 199
رأس الفيل 277
رافائيل 63
رافنسكروفت (جورج) 323
رامسدن (جسي) 80، 308، 316، 320
رانوم (سكوت) 396
الربعيات 248
ربعيات كرينتش 308
الرُبعية 101، 125
ربعية أوكسبيرك 126
ربعية برادلي 233
ربعية تيخو (الجدارية) 138، 230
الربعية الجدارية (النحاسية) 137، 230، 280
ربعية محمولة 100
ربعية هالي (الجدارية) 231، 233
رجال أعمال 346
رجال الدين الكاثوليك 73
رجال الليل 156
رذرفورد (لويس) 381، 382
رسالة في نظام العالم 234
رسالة من النجوم 181
الرصد الفلكي 20
الرصد هو نقد لا يرحم للنظرية... 20
رقصة الفالس 311
رمسيس 197
الرمل الأبيض 159
رو (وارين دولا) 381، 382
روبستي (دومينيكو) 166
روبنسون (إدوين آرلنكتون) 375
رودلف الثاني (الإمبراطور الألماني) 141
روزين (إدوارد) 181
الروس 348
روستوك 124، 140
روسيا 337، 344، 345، 346
روما 65، 183، 305
الرومان 29، 54
رومر (أولي) 231، 305
رؤوس المثلث الصيفي 355
رؤية 7
الرؤية الاستريوسكوبية المجسامية 91
رؤية بيانات 108
الرؤية المضاعفة 241
ريتشي (أوستيليو) 170
ريتنهاوس (ديڤيد) 59، 60، 61، 62
ريتيكوس (جورج واكيم) 69، 70، 72، 74
ريشنباخ (جورج فردريش فون) 308، 320، 321، 322، 325، 339، 350
ريشيه (جان) 97
ريف بنسلفانيا 102
ريفالتو (جيوردانودا) 149
ريفرند 73
رين (كريستوفر) 199، 205، 212
رينهولد (إراسموس) 69

الزجاج 156
الزجاج البركاني الأسود 154

الزجاج التاجيّ 157، 322، 331، 332
الزجاج الشفاف 155
الزجاج الصوّاني 323، 331، 332
الزجاج الطبيعي 154
الزجاج الكاسرة للون 335
الزجاج المائي 157
الزجاج هو... 153
زحل (كوكب) 16، 123، 139، 184، 236، 242، 252، 342
زمن رديء 344
الزهرة 16، 42، 76، 77، 96، 98، 100، 101، 102، 242، 342
زوروا العالم الجديد عالمكم 181
الزيغ (اللوني) 227، 228، 229، 231، 237، 262، 330، 331، 332
زيليج فيلم (Zelig) 145، 146

ساتل (قمر صناعي) 385
الساتل هيباركوس 385، 386
ساحل بحر البلطيق 63
ساحل البحر المتوسط 154
ساحة بيكاديللي 308
ساحة القديس باولي بضواحي هامبورك 343
ساربي (باولو) 175، 176
ساشا 397
الساعة الرقاصة 171
ساكرس 56
ساكريدو (جيوفان فرانشيسكو) 168، 187، 191
ساكس (أوليڤر) 83، 84
سالفياتي 187، 189، 190
ساموس 15، 19
سان بطرسبرك 316، 356
سانتلانا (جيورجيودي) 186، 188
سباق اختلاف المنظر 305
«السباق» للوصول إلى الهدف 287
سبر أغوار الفضاء 242
سبينا (السّاندرودلا) 149
ستاديا 35
ستراديفاريوس 325
ستوديو ليونهارت بوش 301
السجلات البابلية الفلكية 28
السدسية 128
سديم الجوزاء 252
سديم كوكبة الجبار 117
سرّ الكون 173
السرنديبية 225
سستين 67
السطح القمري غير منتظم وخشن... 179
سكان شرق أمريكا 196
السل (داء) 338
السلاح الأخير المختار 303
سلانك كوب 277
سلو 255، 256، 258
السليكا = ثاني أكسيد السليكون
سليمان (السلطان العثماني) 123، 125
سماء كونكسبرك 306
سماء لندن 199، 237
السماء الليليّة 53
السمّاك الرامح 285، 305
السماوات لا تتحرك 131
سمبليسيو 187، 189
سميث (روبرت) 248، 249
سنديانة تشارلز 274
السنة الضوئية 117
سواءٌ أكانت الأرض متحركة أم ساكنة، فإن... 207
سواتل المشتري 182
سوبرمان 147
السوربون 17
سوفوكليس 17
السويد 63، 132
سويسرا 325
سويفت (جوناثان) 215
سيبيريا 102
سيراكوز 28، 36
سيليكوس 38
سيليوكيا 38
سيندوس 21
سينوت (روجر) 396

شابيرو (إلين) 396
الشاطىء الشرقي للبحر المتوسط 155
شاقولي 50
شِتْ مِتْ 290
شتراوبينك 312
شتروفي (أوتو، الحفيد الأكبر لويلهالم شتروفي) 359، 370
شتروفي (جيكوب) والد ولهالم شتروفي 341، 344
شتروفي (ولهالم) 337، 338، 340، 342، 343، 344، 346، 348، 349، 352، 359، 361، 363، 368، 369، 387، 391
شتوتكارت 376
شتيرنبورك 136
شربة من البئر 375
الشرق الأوسط 154
شركات الزجاج الأمريكية 156
شركة بابنشتراسي 291
شركة بار وسترونـد Barr and Stround 90
شركة دولوند 348
شركة كولنكامب 291، 296
شركة الهند الشرقية 98
شروتر (يوهان هيورونيموس) 296، 298، 303، 305
شسترتون (ج.ك.) 41
الشعرى الشامية 376
الشعرَى اليمانية 25، 236، 285، 335، 373
الشعور بالمسافة 87
شكسبير (وليام) 11، 132، 271
شليسنكر (فرانك) 383
شمال إيطاليا 152، 155
شمال تركيا 43
الشمس 42، 48، 98
الشمس هي أكثر المصادر الضوئية ملاءمة 333
الشمس هي بحجم المنخل... 209
شوارع بريمن 295
شوارع سيراكوز 31
شوارع لندن 217
شوارع هامبورك 343
شواطىء فيتنام 218
شواطىء مضيق هيليسبنت 95

شودفريد هوف بميونيخ 339
شيربون بإنكلترا 213
شيزو (فيليب دو) 236
شيزي (فريديريكو) 183
شيشرون 36
شيكاغو 61
شيكل (ريتشارد) 341
شيلي (بيرسي) 117

صانع إيطالي ماهر، لم يعرف اسمه 149
صانعو نظارات عصر النهضة 163
الصبر والذكاء 8
الصحون الطائرة 217
صخور هفن البيضاء 132
الصدفة مهمة دوماً... 241
صراع مستمر... 383
صقلية 28
صندوق نفائس 348
صَهُورات 157
صواريخ أريان 385
الصودا البوتاس 157
صورة بكسليّة 181
صيادو اختلاف المنظر (الأول) 390، 392
الصيغة الألمانية 337
الصين 183

ضد أرستارخوس 38
ضرب من السحر 151
الضوء 146

الطاحونة الهوائية 302
الطائر 302
الطرابلسية 150
الطريقة الداكيرية 379، 380، 381
طريقة الكولوديون الرطب 381
طوالع الناس 123
طومسن (توماس) 225
الطيف الشمسي 334

عاصفة غير مواتية 185
العالم الإسلامي 55، 64
عالم بطلمي 184
العالَم الشمسي المركز 38
العالم الهليني 16
عالم واسع مترامي الأطراف 237
عائلة مديتشي = آل مديتشي
عائلة براهي 125، 131
عائلة فون بيرك 345
عائلة ويسلبركر 312، 313
عبور الزهرة 103
العدسات 147، 148، 150، 159، 160
العدسات المحدبة القوية 152، 161
العدسات المقعرة 153
العدسة الجسمية (المحدبة) 160، 161، 176
العدسة العينية 160، 161
العدسة اللالونية 330، 332
العدسة المضطربة 145
العرب 354
العزلة الاجتماعية 278
عصر المعلومات 62
عصر النهضة 159
العصر الوسيط 158
عصور الظلام 55
العصور الوسطى 63، 158
العضلات المستقيمة والمنحرفة 86
عطارد (كوكب) 16، 42، 76، 96، 99، 100، 242، 290
علم التنجيم 122
علم الضوء 146
علم الفلك 248
علم الفلك الرصدي 124
علم الفلك العملي 120
علم الفلك المقرابي 193، 242
علم الفلك الموقعي 315
علم القياسات الفلكية 299
العلم هو مشروع بشري حقاً 392
العلم الوثني 54
العلماء المسلمون 55
علَيَّ العودة ثانيةً الآن إلى المرصد... 372
عمالقة فائقة (الضخامة) 8، 376
العمل المضجر 368
عملية المسح 91
العناد الإنساني 9
عندما تشرب من البئر، تذكَّر أولئك الذين حفروه 393
العوالم الصامتة 289
عيد القديس فالنتاين 104
عُين تاريخ حادثة العبور القادمة في 8 يونيو / حزيران سنة (2004) 102
العين جهاز سلبي 147
العينية 160
عيوب الآلة 231
العيون الحولاء والنجوم المرتعشة 81

غابات كارلستور 318
غابات يوغسلافيا 155
غاليليو 24
غرب آسيا 103
الغرور 392
الغزاة الرومان 28، 155
غوتنبرغ (يوهان) 62
غيانا الفرنسية 97
غيتس (بيل) 54
غيمة سديمية 178

الفاتيكان 145
فار ڤيو أفونيو Far view Avenue 342
فاسكو رونكي 150
فالنتاين 104
فالوز (الكاهن فيرون) 273، 275، 276، 278، 281، 282، 286
فالومبروزا 169
فان كوخ (فينسنت) 15
فانوف (إيرين) 396
فاينهاوزن بألمانيا 152
فتز (هنري) 381
الفتوحات الإسلامية (في القرن السابع) 17، 54
الفرات 154
فرانكشتين 200
فرانكفورت 165

فرانكلين (بن) 56
فراونهوفر (جوزيف) 310، 312، 313، 314، 317، 318، 319، 321، 322، 325، 329، 333، 335، 338، 342، 343، 350، 360، 376، 391
فرجينيا 91، 167، 188، 383
فردريش 301، 360
فردريك الثاني (الملك) 124، 131، 140
فرديناندو الثاني 182
الفرضيات الكوكبية 53
فرمبورك 66، 68، 69، 70، 74
فرنسا 102، 245، 344
فريتة 158
الفصل بين ميداني العلم والكتاب المقدس 185
الفطرة السليمة 37
الفلاحات الدانمركيات 137
الفلاحون الدانمركيون 137
فلاكستاف بأريزونا 384
فلامستيد (جون) 195، 201، 212، 229، 275، 305، 308
الفلسفة الهلينية 54
فلكرو 225
فلكيو 378
الفلكيون البريطانيون 284
الفلكيون الكوبرنيكيون 120
الفلكيون المعاصرون 393
الفلكيون اليسوعيون 183
الفلكيون اليونانيون (القدماء) 21، 33
فلنستون (فرد) 297
فلورنسا 177، 182، 184، 188
فنشنزا 133، 155
فنشنزيو 167، 168، 169
الفوتوغرافيا الفلكية 37
الفوتون 7
فورتي (بيتر) 396
فوسكاريني (ريفرند باولو أنطونيو) 72
فوكو (جان) 380
في دوران الأجرام السماوية 71، 185
في دورانات الكرات السماوية 72
في السماوات 20
في المخيم الجديد 130
فيتزجيرالد (سكوت) 145
فينيليوس 146
فيثاغورس 18، 19، 20
فيدل (أنديرس سورنس) 122، 123
فيدل (لايبزك. أنديرس) 134
فيرجيل 83، 151
فيركوس (جيمس) 248
فيرونا 155
فيزياء النواس (البندول) 364
فيفالدى (أنطونيو) 216
فيندمو لنبرك 302

القارة الأمريكية 62
القارة الأوروبية 176، 291، 323
قاضي السماء 354
قاعة بيتون 60، 61
قانون التربيع العكسي 206
قانون هوك 203
قبر أرخميدس 36
قبر الملك تت 348
قبة القديس بطرس 171
قبو فحم حجري تشاهد منه السماوات 215
قدماء اليونان 38، 42
قرب القلعة الملكية في كوبنهاكن 124
قزم أبيض 373
قصر البصر 152، 153
قصر وندسور 255
قصر يلا روتوندا Yilla Rotonda 133
القصور الذاتي (الغطالة) 24، 206
قطر مدار الأرض 33، 35
قطوع ناقصة 142
القلانص 387
قلعة بيناتكي 140
قلعة النجم (شتيرنبورك) 135
قلعة وندسور 255
القمر شبيه بوجه الأرض ذاتها 180
قمة إيفرست 9
قمة الشيطان 277
قنوات بيرسيفال لوويل 196
القوات الفرنسية 319
قوانين الثقالة الحركة 205
قوس (arc) 107
قوس قزح 147

كابشتات 376
كاتالوك تيخو Tycho 388
كاتالوك شتروفي 356
كاتالوك شليسنكر 383
الكاتالوك العام لاختلافات المنظر النجمية 383
كاتالوك النجوم الثنائية الجديدة 356
كاتالوك هيبارخوس 45
كاتدرائية بيزا 172
كاتدرائية فرمبورك 65
كاديز 316
كارل 344، 345
كارولين 246، 247، 250، 251، 252، 254، 255، 256، 257، 266
كاري 303
كاسكوين (وليام) 220
كاسيني (جيوفاني دومينيكو) 97، 98، 101، 316
كالاندريلي (جيوسبي) 305
كالوزي (باولو) 396
كالي (يوهان) 181، 372
كاليفورنيا 102
كاليليو (كاليلي) 65، 72، 73، 77، 78، 142، 166، 167، 169، 170، 171، 172، 174، 176، 179، 182، 183، 188، 192، 205، 207، 238، 244، 262، 264، 391
كاما دراكونيس (نجم) 196، 197، 198، 199، 209، 210، 211، 213، 219، 220، 222، 224، 228، 233، 236، 262
كامبا (مارينا) 168، 173
كاموف (جورج) 34، 87
كانت (عمانويل) 301
كاوس (كارل فريدريش) 295، 296

كبلر (يوهان) 53، 73، 77، 78، 129، 136، 141، 142، 173، 174، 182، 189، 293، 353
كتاب Livre 29
كتاب المبادىء (إليمينتز) Elements لإقليدس 170
كتشينر (وليام) 311
كتلر (سيرجون) 203
الكثير من الضربات المتتالية... 11
كراكوف (ببولونيا) 62، 316
كراند كانيون 118، 119
كراهام (جورج) 219، 220، 223، 230، 315
كربونات البوتاسيوم 157
كربونات الصوديوم 157
الكرنك 197
الكرة السماوية 191
كرة النجوم الثابتة 75
كريس 201
كريستوفوري (بارتولوميو) 216
كريستيان 140
كريستين 132
كريشام (توماس) 203
كريكوري (جيمس) 99، 236
كريكوري (ديفيد) 331، 332
كريمونيني (شيزار) 174
كرين (إيتشابد) 200
كرين (تشارلز) 102
كرينتش 212، 229، 252، 254، 280، 294، 305، 316
الكسوف الشمسي 19، 95، 274
كشف اختلاف المنظر النجمي 9
كل شيء تقريباً في علم الفلك يتوقف... 390
كلادويل (مالكوم) 159
كلارك (أكنس) 20، 216، 274، 375، 377، 378
كلارك (ألفان كراهام) 373
الكلب الأكبر 25
كليانتس 38
كليمنت السابع 68
كلية تريتي 34
كلية كريشام (اللندنية) 199، 203، 209، 210
كلية نيوجيرسي 61
كند سترب 131
كنيسة أوكتاغون شابل Octagon Chapel 245
كنيسة فلورنتين 150
الكوارتز 154، 159
كوازارات 272
كوبرنيك (نيقولا) 9، 62، 63، 64، 65، 67، 68، 73، 74، 75، 120، 137، 139، 172، 182، 189، 207، 293، 390، 391
كوبنهاكن 122، 130، 131، 132، 140، 344
كوتا بألمانيا 305
كوتنكن 316، 376
كوتوزوف 302
كوستلر (آرثر) 41، 141
الكوسمولوجيا (علم الكون) 19
كوسيمو الثاني 177، 182، 183
كوفنكر كاسي 317
كوك (جيمس) 102
الكوكب الأحمر 196
كوكب بطليموس 51
كوكبنا 226
كوكبة الأكتانات 281
كوكبة التنين 196
كوكبة الثريا 180
كوكبة النور 204
كوكبة الجبار 376
كوكبة الدب الأصغر 350
كوكبة الدب الأكبر 192
كوكبة الدجاجة 308
كوكبة قنطورس 273
كوكبة القوس والرامي 136
كوكبة القيثارة 354
كوللبيير (مقاطعة) 91
كولدمان (إريكا) 395
كولمبس (كريستوفر) 62
كولنكامب (أندرياس) 291
كولنكوود بكنت 372
الكوليرا (وباء) 304
الكون الشمسي المركز 78، 390
كونزاكا 183
كونكسبرك 301، 02، 304، 316، 338، 360، 369، 372
كيب تاون 277، 278، 282، 283، 284، 286
كيرشوف (كوستاف) 335
كيرن (ولنهارد) 396
كيمبردج 205، 263، 275، 276، 316، 334
كينان (بيير لوي) 323، 324، 325
كيو كرين 219، 221
كييز (الأسقف) 74

لا يرى الأحمق نفس الشجرة التي يراها رجل عاقل 145
لا يوجد على بلوتو أكسجين عملياً 110
لاستوفيكا (إنكيز) 397
لاسيل (نيقولا لوي دو) 96
لامبرت 236
لانكتون (جين) 396
لاهاي 164
لايبزك 71، 376
لعبة تويزلر 52
لعبة الدائرة 41
اللعبة الضوئية 159
لعبة القط والفأر 123
لفيثاغورس 151
لقد جَعَلَ النجوم أقرب إلينا 339
لم نُعْطَ العالَم... 84
لن يكون هناك عبور آخر للزهرة إلاّ... 103
لندن 216، 233، 245، 251، 258، 276، 282، 308، 315، 360
لوثر (مارتن) 73
لودفيك الأول (الملك) 338
لوس أنجلوس 387
لوقا 64
لونك آيلند 88
ليبر (جوزيف) 320، 321، 325
ليبرهيي (هانز) 163، 164
ليدز (بارك) 66، 245
ليدو 155
ليديارف (لوريتس) 397
الليديون 19
ليفيا 167
ليفين (الأمير) 351

ليكوك (ستيفن) 241
ليلنتال 296، 301، 303، 305
لينا 247، 266
ليندیناو (البارون فون) 305
ليوناردو 63، 202
ليي (ويلي) 137

مات هندرسون إثر إصابته بمرض في القلب 372
ماتيو (كلود لوي) 305
ماثيو (القديس) 216
مادوكس (ريتشارد) 382
ماذا لو كانت الشمس واقعة في مركز العالم؟ 59
مارسيلوس 29، 36
مارغريت 267
ماركس 198
ماستشوستس 196
ماسيكيلين (نفيل) 102، 252، 254، 263
ماكلسفيلد (إيرل أف) 217
اكلير (توماس) 283
مالر 355، 376
مالوري (كين) 396
مان (سير هوريس) 225
مانسفيلد (لورد) 332
مانشستر 372
مانهاتن 367
المبادىء الرياضية للفلسفة الطبيعية 206
المتجول 42
متحف الاسكندرية 17
متحف تاريخ العلوم بفلورنسا 183
متحف العلوم بلندن 212
المثابرة 10
المجر 123
المجسطي (أي الأعظم) 47، 48، 52، 53
مجلس الرابطة البريطانية 372
مجلس شيوخ البندقية 175، 176
مجلة بيبول People 241
مجلة الجمعية الملكية 305
المجلة الفلكية الألمانية 366
مجلة نيكر بوكر Knickerbocker 379
محرك أرخميدس 195، 210، 212، 213، 218
المحور القطبي 336
المحيط الأطلسي 62
المحيط الهادي 67، 102
المخطوطات الهلينية 55
المدارات الفلكية 77
المدارات (الكوكبية) الأهليليجية (الناقصية) 53، 78
المدالية البروسية الذهبية للعلوم 266
مدالية كوبلي 243، 254
مدراس 316
المدرسة الهلينية 37
مدرسة وستمنستر 199
مذنب إنكي 284
مذنب بييك 284
المذنب شيء مدهش رائع 341
المذنب العظيم 342، 345
مذنب هالي 45
المذنبات (ذيل) 136، 254
مذهب 185
المرآة الزحلية 236
المراسل النجمي 181
المرافق 182
مرافقك بانتظارك على الأرض 135
مراكز البحوث الجامعية 316
مرصد أريسيبو الراديوي 271
مرصد أليكيني 383
المرصد أورانيبورك 132
مرصد بولكوفا (الملكي في روسيا) 346، 371، 376
مرصد جامعة ييل 383
مرصد دوربا 347، 348، 349
مرصد رادكليف 376
مرصد رأس الرجاء الصالح 278، 371، 376، 383
مرصد سبراول 383
مرصد شروتر في ليلنتال 301، 342
مرصد كالتون هيل 282، 372
مرصد كرينتش (الملكي) 228، 229، 303، 315، 383
مرصد كوفنر بمدينة فيينا 376
مرصد كونكسبرك 02، 303، 349
مرصد ليندر ماك كورميك في فرجينيا 383
مرصد ماونت ويلسون في كاليفورنيا 383
مرصد هارفرد 380
مرصد بيركس 383
المركز C 52
مركز النموذج الكوكبي 62
المريخ (كوكب) 16، 77، 96، 98، 142، 196، 242، 342
المساحون 91، 320
المسافة إلى النجوم 33، 35
مستعر (المستعرات) Nava 44، 127، 136
المستعر الفائق 127، 129
المستنقع الموحش 271، 283، 284، 387
مستودع كوابين 196
مستوطنة بونديشيري 102
المسيح (عليه السلام) 117، 151
المشاجن 170، 172
المشاحنة القانونية 333
مشاة الرومان 28
المشتري (كوكب) 16، 123، 132، 180، 182، 242
مشماس 360
مشهد جميل مثير للبهجة 182
مصر 27، 47، 146، 155
المضخة الهوائية 203
مطابقة 86
مطار سان جوان 271
المطياف الحديث 334
المعارضات الدينية لأفكار كاليليو... 185
معامل الزجاج خارج ميونيخ 342
المعاهد العلمية الألمانية 316
المعاهدة الفرنسية البروسية 345
المعايرة الدقيقة لخرج output الضوء... 389

المعايرة النجمية 261، 265
المعتم 373
معركة الأمم بمدينة لايبزيك 349
المعلم الكبير 70
المعهد الرياضي ـ الميكانيكي 322، 324، 329
معين المدى الثنائي العينية 90
معين المدى المحمول (M7) 90
المقاريب الانكسارية 242
المقاريب العاكسة (لالونية) 242، 329، 360
مقاريب هيرشل العاكسة 330
مقتفي أثر النجوم 387
مقدمة إلى إيجاد المواقع الجغرافية 291
مقراب أريسيبو 272
مقراب تروتون الكاسر 352
المقراب التلسكوب 106
المقراب (التلسكوب) الذي يُبنى مرتين 289، 378
مقراب دوربا الكاسر 326، 338، 353
مقراب دولوند 333، 349
مقراب روبرت هوك السمتي 194
المقراب السمتي 229
المقراب المعاكس (الكبير) 243، 253، 301، 331
مقراب العبور 230، 231، 248
مقراب فراونهوفر الكاسر العظيم 162، 350، 351، 355، 364، 369، 387
مقراب كاليليو 178
مقراب كونكسبرك 338
مقراب كيو (Kew) السمتي 220، 223
مقراب هابل الفضائي 386
مقراب وانستيد 224
مقراب وليام هيرشل 257
مقراب يوهان شتروتر العاكس 297
مقياس للموقع 190
مكتبة أثينا 17
مكتبة بولكوفا النادرة 346
مكتبة جامعة أوبسالا 63
مكتبة فيرستون 61
مكتبة وولباخ 395
مكسيكو سيتي (مدينة) 367
مكيافيلي 67
الملاح (هنري) 56
ملتون (جون) 59
ملتون (الشاعر) 259
ملك بروسيا 303
الملك البولوني 66
مملكة الأكاديون القديمة 154
مندن Minden في ألمانيا 290، 301
المنظار الهولندي 176
المنظر الأمامي 256
منكب الجوزاء 376
مناوتشير 213
مواطن بيزا النزاع إلى الجدل 167
موت فراونهوفر صدمة شديدة 338
موجز في الملاحة العملية 291
مودينا 144، 151
مور 291
مورانو 156
موسوعة كوبرنيك 75
موسوعة المجسطي 52، 55، 68
موظفو التجنيد الإجباري 344
المؤلفون التافهون 131
مولينو (صاموئيل) 219، 221، 222، 224، 230
الموناليزا 215
ميتشل (جون) 263، 264
ميتيوس (جيكوب) 165
ميدلبيرك 163، 165
ميدوز (وليام) 284، 286، 287، 368
الميديون 19
ميرز (جورج) 325، 355، 376
ميسون (تشارلز) 102
ميشل (جون) 236
ميلانو 165
ميليتس 18، 19
ميماس 260
ميونيخ 304، 312، 313، 314، 316، 317، 318، 319، 320، 324، 338، 350، 351، 361
نابليون 99، 302، 344، 349
نابولي 165
النازيون 289
الناقصية = المدارات الكوكبية الأهليليجية
ناقل 21
النبأ العظيم 287
ناضات 272
نبتون 181، 372
النجم (A) 109
النجم (B) 109
النجم (C) 109
النجم الباهت 262
نجم بياتسي 309
نجم الحضار ألفا Alpha Centauri الساطع 273، 307، 369، 375
نجم الدّبران 65
نجم الدجاجة (61) 308، 309، 350، 355، 357، 360، 362، 363، 364، 365، 367، 369، 375، 379، 382، 387
النجم (النجوم) الساطع 193، 262، 264، 301
نجم الشعرى اليمانية 371
النجم الطائر 309
نجم عملاق 198
نجم القيثارة 354
النجم المضاعف المكوّن إبسيلون 292
نجم النسر الواقع = النسر الواقع
النجمية الطويلة الأمد 285
نجوم آل مديتشي 182
النجوم التي خلقت لن تنطفىء أبداً... 128
النجوم الباهتة 377
نجوم بوند 305
النجوم الثابتة 111، 285
النجوم الثنائية 192، 193، 262، 351، 352، 356
نجوم درب التبانة 183

النجوم الطائرة 376، 377
النجوم في كوكبة القيثارة 341
النجوم المضاعفة (الملتزة) 244، 262، 263، 265
نجوم هيرشل 352
النرويج 102
النزاعات القانونية 332
النسر الطائر 305، 355
النسر الواقع 292، 305، 354، 355، 364، 368، 369، 375، 381
النصب اللندني 212
نصيب الأسد 163
النطرون 157
النظارات (المقعرة) 144، 146، 151، 152
نظام الإحداثيات السماوية 76
النظام الأرضي المركز (للكون) 22، 25، 35، 40
نظام الإنذار المبكر 165
النظام البطلمي 51، 65، 67، 75، 78، 138
نظام بطليموس 64، 67، 77، 123
النظام التيخوني (للسماوات) 139، 141
النظام الثنائي 238
النظام الثوري الشمسي المركز 31
النظام الشمسي (المركز للكون) 25، 38، 43، 61، 68، 77، 78، 307، 377
نظام كامل لعلم البصريات 249
نظام كوبرنيك (كوبرنيكي الشمسي) 96، 123، 124، 141، 184، 185، 189، 209
النظام الكوني الشمسي المركز 27، 120
نظام النجوم الثنائية 192
نظريات الكون 235
نقولا 64
النمط الكبلري للنظام الكوبرنيكي 78
نمفنبرك 314، 317
النموذج البطلمي 48
نموذج ريتنهاوس الكوكبي 61
النموذج الكوبرنيكي 139
نموذجه الشمسي المركز 68
النيكراد 301
نهر التيمز 225، 226، 255
نهر دجلة 38
نهر سولت 277
نهر الفستولا 63
نهر ليزبيك 277
نهر الميسيسيبي 198
نهر النيل 16
نهر الهاليز 19
نهر ويزر 291
النوابض 61
النواس (البندول) 171
النواقل 49، 52
نورمبرك 71
نوفارا (دومينيكو ماريادا) 64، 65
النيازك 94
نيرو 149
نيكل (جوزيف) 318، 320
نيكولاس (القديس) 319
نيوتن (إسحاق) 46، 77، 78، 140، 188، 200، 201، 204، 205، 206، 217، 218، 228، 234، 235، 236، 242، 293، 318، 331، 334، 353
نيوجرسي (ولاية) 272، 328، 342
نيويورك 381، 387

هارفرد 355، 381
هاركنس (وليام) 103
هاريوت (توماس) 293
هالي (إدموند) 45، 98، 99، 100، 101، 210، 218، 228، 229، 274، 285، 293، 377
هاليفاكس 245
هامبورك 140
هاندل (جورج فردريك) 215
هانسن (إيلر) 122
هانسن (هينريش) 133
هانوفر 241، 245، 246، 266، 267
هايدلبرك 316
هاينزل 128
هث (يوهان) 346، 348
هذا العالم الذي كبَّرته بأرصادي... 188
هرم مصر الكبير 19
هف (توبي) 396
هفن 134، 140
هل كل شيء على ما يرام؟ 83
هلدن (ألبرت فان) 98، 153
هلمهولتز (هيرمان فون) 84
الهليومتر 360، 363، 364، 365، 376، 379
هليومتر فراونهوفر 363
هليومتر كونكسبرك 358، 362، 376
هليومتر (ييل) 396
هليومترات ربسولد 376
همبولت (ألكساندر فون) 301، 373
الهند 102، 316
هندرسون (توماس) 267، 271، 273، 307، 282، 285، 286، 359، 368، 369، 371، 372، 387، 391
هندسة البصريات 320
الهندسة الميكانيكية 320
هنري (جون) 290
هوسكن (مايكل) 56
هوفليت (دوريت) 396
هوك (روبرت) 199، 200، 202، 205، 209، 212، 213، 216، 217، 222، 231، 305، 391
هول 332
هول (ر. هـ.) 154
هول (شستر مور) 331
هولدر (وليام) 205
هولمز (أوليفر وندل) 259
هولمكويست (جين) 397
هولندا (البروتستانتية) 152، 163، 188
هوليوود 200
هويكنز (كريستيان) 235، 236
هيبارخوس (هيباركوس) نجم 43، 44، 45، 46، 49، 94، 126، 127، 128، 130، 180، 285، 377، 385، 386، 387، 389، 390
هيبولت فيزو (أرمان) 380
هيجان السماوات 117
هيراقليدس 23
هيرشفيلد (مارغريت) 396

هيرشل 246، 252، 254، 256، 257، 259، 261، 359، 371
هيرشل (جون) 11، 267، 275، 360، 366، 367، 371، 372
هيرشل (فريدريش ولهلم) 245
هيرشل (وليام) 240، 241، 242، 243، 244، 245، 248، 250، 260، 265، 273، 305، 306، 329، 353، 363، 377، 391
هيرمز 74
هيركولانيوم 155
هيرودوتس 19
هيرون سيراكوز 29، 30
هيس 131
هيفيليوس (يوهان) 40، 201، 209، 210، 331
هيليسبنت 95
هيليكنشات 264
هيلين 167
هينكلي (بيتر) 396

واتزنرود (لوقا) 63، 64، 65، 66
الوادي الضيق كراند كانيون 118
وارميا 65، 66
واشنطن (جورج) 30، 91
والبول (هوريس) 225
والر (ريتشارد) 200، 201
واليس (جون) 205
وانستيد 218، 219، 223، 224، 229، 232، 233
وتكنشتاين (لودفيك) 81
وجدتها 31
وجه القمر 178
الوحدة الفلكية 96
ورشة (جوزيف) فراونهوفر 350، 360، 361
ورشة رامسدن 316
ورشة ريشنباخ 304
الورنيش 237
وستفول (ريتشارد س.) 201
وصف لحركة مكتشفة حديثاً للنجوم الثابتة 228
وضع قرابة 10,000 أرض مثل أرضنا... 54
وقفت أمام آلة جميلة... 352
وكالة الفضاء الأوروبية ESA 385، 386، 388
وكالة ناسا NASA 50، 104، 388
الولايات المتحدة 315
ولهلم الثالث (فردريش) ملك بروسيا 301، 316، 345
ولهلم الرابع (لاند كريف) 131
وليام 247، 256، 266
وليامز (إليزابيث) 228
وودراف (جوليا لويز) 359
وولستون (وليام هايد) 334
ويبل (جي. إي) 381
ويتمان (والت) 289
ويتنبرك (ريتيكوس) 71، 140
ويدمنشتات (جون ألبرت) 68
ويذرسبون 61
ويسلبركر (فيليب) 312، 313، 317، 319، 322

يارماوث 247
يتمتع بأخلاق كريمة نبيلة 217
يسرق الزهور من الآخرين 205
يشوع 117
يمكن رؤيته بالعين المجردة 328
يودكسس 21
يوركشاير 245
يوريبيدس 17، 167
يوكون 151
اليونان 27
اليونان القدماء 23
اليونانيون 21
ييل 376