المقتطف

الجزء الثاني من المجلد التاسع والثمانين

١ يوليو سنة ١٩٣٦ — ١٢ ربيع الثاني سنة ١٣٥٥

عيون العلم

التي ترى ما لا يُرى

بأجهزة العلم العجيبة ألمس بيدي أبعد النجوم كما ألمس
بيدي هذه المائدة [الأستاذ غلبرت لوس]

الاستاذ الفرد نورث هويتهد ، كبير اساتيذ الفلسفة في جامعة هارفرد ، عالم وفيلسوف . ولعلَّهُ أرسخ الفلاسفة المحدثين قدماً في العلوم الرياضية والطبيعية . قد يجاريه برتراند رسل في العلوم الرياضية ، لانهُ كان رياضيًّا قبل ان ينحو النحو الفلسفي ، ولكن فلسفة رسل اوثق صلة بالاجتماع منها بقضايا الفلسفة الكبرى ، وفي هذه من حيث صلتها بالعلوم الحديثة قد يكون هويتهد نسيج وحده

يقول هويتهد ما معناه : يدعي العلماء ان مادة العلم تستمدُّ من اشياء تدركها الحواس ، — المرئيات والمسموعات والملموسات وما اليها — إلاَّ انها في الواقع لا تحصر في هذه الحدود . بل ان ريادة العالم للكون الذي من وراء الحواس ، من اروع المظاهر التي تبدو في افق العلم الحديث . فانا نعلم ان اللورد رذرفرد ، عند ما يهشم ذرة في معمله بكمبردج ، لا يرى جزيئاً ولا كهرباً . بل هو لا يشاهد الاَّ اثر لمعة من الضوء . وعند ما يقيس الدكتور هبل ، احد علماء مرصد جبل ولسن ، حيود الخط الاحمر ، في طيف سديم لولبي ناء ، فهو في الواقع لا يرى ضوءاً مجاراً بل هو لا يرى ضوءاً ولا سديماً على الاطلاق . وكل ما يراهُ ، صورة فيها خطوط

شعث تختلط بعضها ببعض ، صورت بتعريض اللوح ربع ساعة متواصلة ، لناحية معيّنة في الفضاء

ولولا التصوير الضوئي (١) لتعذّر على الانسان ادراك الاجسام البعيدة عنهُ . فهو يراها من ناحية دون اخرى . ثم ان ما يرى بأكبر المراقب ، ويبتصر سوء بعضها من ناحية اخرى على انهُ لا يحسها عصب البصر في عين الانسان (كالنجوم التي معظم ضوئها من الاشعة التي تحت الاحمر infrared) . وعند ما نعرض لاضاف الاشعاع الكثيرة من الاشعة اللاسلكية الى التي تحت الاحمر في الطرف الواحد الى الاشعة التي فوق البنفسجي وما وراءها في الطرف الآخر نرى ان العين الانسانية لا ترى الاّ جزءاً من ستين جزءاً منها وهو طائفة الامواج الواقعة بين اللونين الاحمر والبنفسجي

فارتقاء العلم تمَّ بمدّ آفاق العين البشرية بوسائل مختلفة مكنت العالم من رؤية ما لا يرى ، مدركاً من ناحية المتناهي في الصغر ومن ناحية المتناهي في البعد

وجلُّ ما يعرف الآن عن الذرّات والنجوم والدم عرف عن طريق هذه الوسائل غير المباشرة

ولكن هذه الوسائل غير المباشرة جميعاً لا تجدي اذا لم تصل آثارها أو تائجها بطريقة من الطرق إلى العين البشرية . فالعين بهذا المعنى لا تزال الحكم الأخير في حقائق العلوم وعلى الباحث العلمي ان يعتمد على عينيه في قراءة ما تدونه الآلات والاجهزة من المقاييس او ما تصوره من الصور . أنه كالشرطي السري ، يبحث عن مجرم فارّ ، فيرى آثاره ولكنه لن يراه . انه ينظر الى صور بصماته ، وأوراق خطه ، وآثار اقدامه ، وغير ذلك من الأدلة فينسج منها صورة لهُ . كذلك عالم الطبيعة الحديث ، يرسم صورة الذرة كما يجب ان تكون ، من الآثار التي تتركها الذرة في ألواح التصوير الضوئي ، وغيرها من اجهزة البحث العلمي

ان جانباً كبيراً مما نعرفه الآن عن بناء الذرة ، نشأ عن اطلاق دقائق معينة على الذرات ثم قياس انحراف هذه الدقائق خلال ارتدادها بعد اصطدامها بذرة ما ، وهذا العمل يشبه قذف كرات التنس على جسم غير منظور ، ثم ملاحظة كيف ترتدّ هذه الكرات وجهات ارتدادها وزواياها وطاقتها . ومن هذا كله يعرف شكل الجسم الذي ردَّها . قد يقول القارىء ان هذه طريقة فيها كثير من المداورة لمعرفة اشكال الاجسام . ولكن اذا كان جسم ما ، مما لا تراه عين او تلمسه يدٌ يردُّ ، في الوقت نفسه كرات التنس ، فلماذا لا نعمد الى هذه الطريقة في معرفة بعض خصائصه ؟

فكرات التنس في هذه الحالة امتدادٌ ليد الانسان ، بل يصحّ ان نقول ان رأسها يمسّ

(١) فضلنا التصوير الضوئي على التصوير الشمسي ، لانها ادق في ترجمة اللفظ الاصلي لان التصوير يمكن بضوء غير ضوء الشمس كالتصوير ليلا بضوء منبعث من المغنزيوم

الجسم الذي يردُّها . وعلى هذا المنوال يقول الاستاذ غلبرت لويس « ادعي ان عيني تلمس النجم كما تلمس يدي هذه المائدة »

بهذا المعنى تلمس عين الانسان المجردة ستة آلاف نجم لا غير . فلما صنع غليليو مرقبه الاول — كان قطر عدسته بوصتين وربع بوصة — ووجّهه الى السماء دهش دهشاً عظيماً عند ما تبين له انهُ يستطيع ان يرى به من النجوم عشرة اضعاف ما يراه بالعين المجرّدة

واطّرد الارتقاء في صنع المراقب وتكبير عدساتها ومرايلها من عهد غليليو الى يومنا هذا فأصبح العلماء ينظرون الى السماء بمراقب اقطارها ستون بوصة وسبعون بوصة ومائة بوصة . فمرقب هوكر في مرصد جبل ولسن بكليفورنيا قطره مائة بوصة ، وقدرتهُ على جمع الضوء تعدل قدرة تسعين الف عين . وهذا يعني اننا نستطيع ان نرى بهذا المرقب أجساماً أضأل تسعين الف ضعف من أصغر النجوم التي نراها بالعين المجردة . وقد زاد عدد النجوم التي تمكن رؤيتها به الى ٥٠٠ مليون نجم او اكثر قليلاً ، وبألواح التصوير الضوئي المتصلة به كشف عن ٥٠٠ مليون نجم أخرى ، اي ان العالم يستطيع الآن ان يدرس الف مليون نجم بواسطة هذا المرقب وجهاز التصوير الضوئي المتصل به . وينتظر ان يتم قريباً صنع مرقب آخر قطره مائتا بوصة

ولكن هذه النجوم الثانية ، لا تظهر في عدسة المرقب ، ولا على لوحة التصوير الضوئي اكثر من نقطة من النور . ان بعدها العظيم يحول دون ظهورها عليها بمظهر قرص كما نرى الشمس او القمر

فاذا عجز العلماء عن النفوذ الى بعض اسرار النجوم ، بالرؤية المباشرة ، فلماذا لا يحاولون ان ينفذوا اليها من سبيل غير مباشر ؟ ان ظهور شبح النجم قرصاً بالمرقب ضروريٌّ للتمكن من قياس حجمهِ . فاذا كان لا يبدو الا نقطة من النور حتى في اكبر المراقب ، أيجب ان يبقى قطر قرصه محجباً عنا ؟

كلاَّ . فالعلامة ميكلسن (راجع ترجمته في كتابنا اساطين العلم الحديث) استنبط جهازاً غاية في البراعة ، يدعى الانترفرومتر . بهذا الجهاز يستطيع الباحث ان يستخلص من صورة خاصة لرسم للاشعة الواصلة من نجم ما ، حقائق عن قطره ، فاستعمله في قياس قطر النجم المعروف بمنكب الجوزاء فاذا هو ٢١٥ مليون ميل ثم استعمل في قياس اقطار خمسة نجوم اخرى منها قلب العقرب فاذا قطره ٤٠٠ مليون ميل اي ان قطر هذا النجم اكبر من قطر فلك الارض حول الشمس ! ولا ريب في ان لهذه الآلة ، شأناً عظيماً في علم الفلك الحديث ، لدقتها وسهولة استعمالها . فنقاس بها الآن المسافة بين نجمين في نجم مزدوج علاوة على قياس النجوم الصغيرة والكبيرة التي لا يمكن ان يرى لها قرص لبعدها عنا

وعلم المطياف spectroscope والصور الطيفية من احدى الاجهزة الحديثة على علمي الفلك والطبيعة . فيه امتدت عين الانسان الى أبعد الابعاد ، من ناحية ونفذت الى ادق واصغر اجزاء الذرة من ناحية اخرى

كان الفيلسوف الفرنسي اوغست كونت من اعلم اهل زمانه ، ولكنه مع ذلك قال ان العقل البشري لا بدَّ ان يبقى جاهلاً بعض الاشياء . وضرب على ذلك مثلاً بناء الاجرام السموية من الناحية الكيمائية . فهذه المسألة كانت في نظر كونت وغيره من علماء ذلك العصر من وراء مقدرة العقل البشري ، لانهم كانوا يجهلون حينئذٍ الوسيلة التي تفتح أمامهم ابواب هذا السرّ المغلق

ونحن اليوم ندرس بناء النجوم ، كما ندرس بناء الاجسام المادية في المعمل الكيماوي . والمفتاح الذي فتح امامنا الابواب ، هو علم الحلّ الطيفي وآلته المطياف

فما كاد العلماء يكتشفون المطياف ، حتى اصبح بناء الاجرام السموية امامهم كالكتاب المفتوح . بهِ عرفوا العناصر التي تدخل في بنائها ، وقد كشفوا حتى العهد الأخير ، نحو ستين عنصراً من العناصر الارضية في كتل النجوم ، ثم انهم اثبتوا بالحلّ الطيفي ان جوّ المريخ يحتوي على الاكسجين وان لا أثر لهُ في جوّ الزهرة . وبيّنوا بواسطة الخطوط المختلفة التي تظهر في طيوف النجوم والسدم ، ان الذرّات التي على الارض ، كائنة كذلك في أبعد السدم وفي اذناب المذنبات وعلى سطوح النجوم البيض التي بلغت حرارتها درجة البياض . وبذلك سبحنا المطياف اقوى الادلة على وحدة الطبيعة

من نحو ٢٠٠ سنة امرَّ العلاَّمة اسحق نيوتن شعاعةً من الضوء في موشور من الزجاج في غرفة مظلمة ، فرأى على الجدار المقابل الوان قوس قزح . فأفضى بهِ ذلك الى الاعتقاد بأن نور الشمس مركَّب من اشعة مختلفة ، ولكن نيوتن ادخل شعاعة النور الى الغرفة المظلمة من ثقب مستدير ، فكان شبح الشعاعة بعد اختراقها للموشور وقوذها منهُ رقعة مستديرة من الضوء . ولو اتفق لهُ ان يدخل شعاعة النور من شقّ مستطيل ، لكان اكتشف علمَ الحل الطيفي حينئذٍ . وهذا ما فعله كرشوف وبنصن الالمانيان في النصف الثاني من القرن التاسع عشر

الى جوزف فراونهوفر يعود الفضل في اكتشاف اهم حقيقة علمية تتعلق بحل الطيف بعد اكتشاف نيوتن وهو أن نور الشمس مركَّب من طوائف من الاشعة لكلٍّ لونها الخاص . ذلك ان فراونهوفر اكتشف ما يعرف بظاهرة « الخطوط السود او القاتمة » في الطيف . ومع انهُ توفي سنة ١٨٢٦ وهو في التاسعة والثلاثين من عمره ترك في هذا الاكتشاف اثراً في علمي الطبيعة والفلك لا يزول . كان ابن خزّاف بافاريّ ، فتلقى عليهِ اصول الحرافة ثم تعلم فن صقل الزجاج فأتقنهُ واشتهر فيهِ فاختير للتدب في معهد بصري optical بمدينة مونيخ ، حيث انتخب عضواً في اكادمية العلوم وعيّن ايضاً لمكتبتها في العلوم الطبيعية . هناك استنبط اسانيب

جديدة لصقل العدسات وقياسها ، وصنع زجاجاً خاصًّا بصالح للعدسات . وتعلّم كيف يحسب أشكال العدسات المختلفة حساباً رياضيًّا دقيقاً

ولكن همه الاعظم كان متجهاً الى صنع عدسات (أكروماتيكية) اي لا يظهر في الاشعة التي تخترقها بقع ملوّنة ، وهذه البقع تنشأ اذا كان سطح العدسة غير محدّب تحديباً تامًّا فتكسر الامواج وتتفرّق فتنشأ ظاهرة البقع الملوّنة . ولكي يتمكن من تحقيق غرضه هذا ، درس طيوف انوار مختلفة . وكان اذا يوم يدرس طيف نور صادر من مصباح ، فاكتشف في الجزء الاصفر من الطيف خطًّا مزدوجاً . هذا الخط يعرف الآن بخط الصوديوم . وهو من اشهر خطوط الطيف لان رؤيته سهلة . وتملك أيها القارىء اذا زرت معملاً علميًّا في مدرسة وطلبت ان ترى مطياناً ، كان خط الصوديوم هذا اول ما يُرى من خطوط الطيف . وامتدّ به البحث ، فاكتشف هذا الخط في طيوف انوار اخرى ، ولكن الخط كان دائماً في محل واحد من منطقة اللون الاصفر . ثم حلّ نور الشمس ، فرأى مكان الخطين الاسودين في طيوف انوار المصابيح طائفة من الخطوط المتلازة وبعضها اكثر قتاماً من البعض الآخر ، بل ان بعضها اسود . ثم فحص فرانهوفر نور النجوم فرأى في طيفه خطوطاً تشبه الخطوط التي رآها في طيف الشمس

قدعيت هذه الخطوط خطوط فرانهوفر . ولكن فرنهوفر مات قبل ان يدرك تعليلها ، وما لها من الشأن في زيادة السماء ومعرفة بناء النجوم والسدم وحركات الاجرام السموية

وتلا فرنهوفر في هذا الميدان عالمان المانيان هما روبرت وليم بنصن الكيماوي وغوستاف كرشوف الطبيعي . كانا حينئذٍ استاذين في جامعة هيدلبرج وكان بنصن قد استنبط المصباح المعروف باسمه وكان هذان العالمان يبخران في لهيب هذا المصباح بعض العناصر الكيائية ثم ينظران الى الوانها بالمطياف . وكانت هذه الآلة مركبة حينئذٍ من ثلاثة أجهزة اولها جهاز لجمع اشعة الضوء على موشور زجاجي ، ثم الموشور نفسه الذي يفرق النور الى الالوان المؤلف منها ، ثم مرقب صغير يجسّم الطيف حتى تستطاع رؤيته . وما لبثا حتى وفقا الى اكتشاف اساسيّ في هذا الميدان ، وهو ان لكل عنصر خطوطاً لامعة في الطيف خاصة به

وفي يوم من أيام سنة ١٨٥٩ ، اكتشفا سر الفرق بين خطوط فرنهوفر — وهي خطوط قاتمة في الطيف — والخطوط التي كشفاها وهي خطوط لامعة . ذلك انهما اشعلا مصباح بنصن وبخّرا في لهيبه عنصراً من العناصر ، وراقبا الطيف فوجدا الخطوط اللامعة الخاصة بهذا العنصر ثم جاءا بنور قوي من مصدر آخر وامرّاه في لهيب المصباح الذي بخر فيه ذلك العنصر ، قبل جمعه وتوجيهه الى الموشور . فلما راقبا الطيف وجدا أن الخطوط فيه قد اصبحت قاتمة . فأدرك كرشوف في الحال تعليل ذلك وكان تعليله صحيحاً أيدته المباحث التالية : قال : — اللون الخاص

الذي يولده العنصر في طيف المصباح يعدّل في النور الوارد من مصدر آخر، الامواج التي من طوله تماماً، وكذلك يلغي الواحد الآخر. فيزول اللون الذي كان يولد في الطيف خطوطاً لامعة وكذلك تشاهد خطوط قاتمة وقد حلت محلها

هذا الاكتشاف مهد السبيل لتعليل خطوط فرنهوفر. كان العلماء قد عينوا مواقع مئات من الخطوط القاتمة — خطوط فرنهوفر — في طيف الشمس. ولكنهم لم يدركوا معنى هذه الخطوط الاّ بعد اكتشاف بنصن وكرشوف الاخير، وتعليل كرشوف له التعليل الصحيح. ذلك ان طبقة الشمس الخارجية Photosphere تطلق امواجاً مختلفة تقابل امواج الطيف المرئيّ، ولكن هذه الامواج قبل ان تصل الى مراقبنا ومطايفنا يجب ان تمرّ في جوّ الشمس حيث توجد معظم العناصر في حالة غازية متألقة. وكما عدّل النورُ الصادر من جسم آخر لونَ اللهيب الخاص بعنصر معيّن في مصباح بنصن، كذلك تفعل هذه العناصر المتألقة في جوّ الشمس بالامواج الصادرة من سطحها. فلذلك نرى خطوط سوداً او قاتمة في طيف الشمس. فاذا اتفق موضع خط من هذه الخطوط او موقع طائفة منها، مع موقع خط (او طائفة) خاص بعنصر من العناصر عرفنا ان هذا العنصر موجود في جوّ الشمس. وكذلك نستطيع ان نعرف تركيب الشمس الكيماوي وهي على ٩٣ مليون ميل منا

وما كاد كرشوف وبنصن يكتشفان هذه الحقيقة حتى استعملت اداتها في الكشف عن عنصري الكيزيوم والروبيديوم في المياه المعدنية التي تنبع في دوركيم. وتروى في هذا الصدد قصة كان كرشوف يحبّ ان يرويها قال: كانت المسألة المطروحة على بساط البحث، هل تكشف خطوط فرنهوفر عن وجود الذهب في الشمس؟ وكان صرّاف كرشوف يقول لهُ وبادا يهمني ان كان الذهب موجوداً في الشمس ما زلتُ لا استطيع ان آتي به الى هنا. وبعيد ذلك نال كرشوف من احدى الجمعيات العلمية في انكلترا بدالية ذهبية ومبلغاً من المال جزاء لهُ على مباحثه. فذهب بها كرشوف الى صرّافه وقال له لقد افلحت في ان آتي لك بالذهب من الشمس!

وتلا ذلك استنباط وسيلة ادق من الموشور للحلّ الطيفي. فكان استنباطها من نصيب رولند العالم الاميركي والاستاذ في جامعة جُنز هبكنز في العقد الاخير من القرن التاسع عشر. ذلك انهُ صنع آلة لتخطيط قطعة من الزجاج خطوطاً عديدة متلازّة ويقال ان البوصة المربعة في الناذر منها قد تحتوي على ٣٠ الفاً من هذه الخطوط (الانسكلوبيذيا البريطانية). ومن يملك قطعة منها يحسب انهُ يملك كنزاً علميًّا لانها افضل ما عرف من وسائل العلم لحلّ نور الشمس الى الالوان التي يتركب منها. ثم قضى رولند بعد ذلك سنين عديدة في درس طيف الشمس، فقال انهُ وجد في مناطق الالوان المختلفة نحو عشرين الف خط، وان كل خطّ او كل طائفة منها تشير الى مادة معينة في كتلة

الشمس. فلما أتم رولند مباحثه ، كان قد كشف في الشمس عن ٣٦ عنصراً من العناصر الكيمائية المعروفة على الارض وقد كشفت بعد وفاته عناصر أخرى لان العلماء صنعوا الواحاً فوتوغرافية شديدة الاحساس ، تتأثر بالنور الذي تحت الاحمر، وكذلك كشف العلماء عن نحو ستين عنصراً من العناصر الكيمائية في مادة الشمس

أما في النجوم فاننا لا نستطيع ان نشهد في طيف نورها التفصيلات التي نشهدها في طيف الشمس . ولكن المطايف الكبيرة التي بنيت في العهد الاخير وألحقت بالمراصد الكبيرة كمرصد جبل ولسن ، قد كشفت عن عشرات من العناصر الكيمائية في مواد النجوم

ثم ان الخطوط التي تبدو في الطيف لا تكون مستقرة في مكانها ، اذ كان مصدر النور متحركاً بل هي تحيد الى الاحمر اذا كان الجسم يبتعد عن المراقب او تحيد نحو البنفسجي اذا كان الجسم مقترباً منه . وعلى هذا الاساس استطاع الباحثون ان يكشفوا عن دوران الشمس على محورها وسرعة هذا الدوران وكذلك دوران السيارات وسرعته . وعرفوا ايضاً ان حلقات زحل ليست مادة جامدة بل مؤلفة من كريات صغيرة كل منها بمثابة سيار صغير . وعليه بنيت ادق الحسابات لبعد الشمس عن الارض . ولما طبق هذا المبدأ على النجوم ، عرفت حركة الشمس بالقياس اليها ، وقيست ابعاد مئات منها ، وكشفت عن مئات من النجوم المزدوجة ، وعرفت كتل بعضها وأقطارها . ثم درست نتائج هذا الجهود ، فيما يرتبط بنور السدم التي خارج المجرة ، فتبين ان معظمها يبتعد عنا بسرعة عظيمة — قدرت سرعة ابتعاد احد هذه السدم بـ ١٥٠ الف ميل في الثانية — وعلى هذا بنيت نظرية الكون الآخذ في التمدد او الاتساع Expanding universe ثم ان الباحث الطيفية بينت ان السدم نوعان او طائفتان . فطائفة مكونة من كتل من الغاز المضيء او المتألق واما الطائفة الثانية فتطلق نوراً كنور النجوم فيرجح انها مجموعات من النجوم بعيدة عنا بعداً لا يمكننا من رؤية بعض نجومها الفردة

واذا كان هذا شأن المطياف في علم الفلك الحديث ، فما هو اثره في ميادين العلم الاخرى ؟ الكيماوي مدين للمطياف بالكشف عن عشرة من العناصر ، ولعل اشهرها عنصر الهليوم الذي كشفه لكير في جوّ الشمس قبلما كشفه رمزي على الارض بنحو عشرين سنة . وانت تعلم مقام الهليوم في المباحث الطبية النظرية ، كتركيب الذرة وتحويل العناصر ، كما تدرك مقامه في الشؤون العملية ، فهو الغاز الذي لا يصلح غاز مثله ، لملء اكياس البالونات ، لانه خفيف وغير قابل للالتهاب . ثم ان للمطياف شأناً اي شأن في علم الطبيعة النظري الذي يتناول الذرة وبناءها وتحويلها وكشف العناصر التي توجد منها مقادير ضئيلة في ركازاتها

المطياف جهاز يفرق الاشعة والامواج والخطوط ويميز بينها . ولكن المصوّرة الضوئية

(Camera) اي آلة التصوير الضوئي (Photographic) جهاز مدوّن او مسجل . فاذا ربطنا الواحد بالآخر فربنا عطيف مصوّر (Spectrograph) . والفرق بينهما واضح . فالاول لا يركن اليه لان ما تراه العين قد يكون خاطئاً وهو على كل حال لا يزول وينسى . اما ما يرسم على لوح التصوير فيبقى بقاء ذلك اللوح . وكذلك نرى ان معظم المطايف التي يستعملها العلماء من المطايف المصوّرة . يضاف الى هذا ان لوح التصوير يتبين في الطيف خطوطاً دقيقة واموراً وراء البنفسجي وتحت الاحمر لا تتبينها العين المجرّدة ، ثم يدوّنها

ولنضرب مثلاً من ابحاث العلماء الحديثة على الفوائد العظيمة التي تجنى من استعمال المطياف المصوّر . مضت سنوات والعلماء يحاولون ان يتبينوا العناصر التي تتركب منها الشمس . ففي سنة ١٨٥٩ كشف كرشوف وبنصن الحديد والصوديوم وغيرهما في كتلتها وتبعهما غيرهما في هذه الحقبة حتى بلغ عدد العناصر المعروفة في مادة الشمس ، تسعة وخمسين عنصراً في مستهل سنة ١٩٣٤ ولكننا نعلم ان العناصر على الارض اثنان وتسعون عنصراً . واذاً فعلى العلماء ان يمضوا في بحثهم لعلهم يجدون في مادة الشمس العناصر الثلاثة والثلاثين الباقية

ولا يخفى ان من ابواب الارتقاء الحديث في التصوير الضوئي زيادة قدرة الواح التصوير على الاحساس بالاشعة التي تحت الاحمر . فمن ثلاثين سنة كان يتعذر على العالم ان يصور جسماً مغموراً بالضوء الاحمر وما تحت الاحمر . كانت آلة التصوير الضوئي حينئذٍ تشبه العين في عجزها عن تبين المرئيات في ذلك الجانب من الطيف . ولكن ارتقاء التصوير مكّن العلماء من تصوير أجسام يغمرها النور الاحمر وجانب كبير من الاشعة التي تحت الاحمر

وكان عالم اميركي يدعى كبس منذ يحاول سنة ١٩٣٢ ان يدرس بعض العناصر درساً طيفياً باستعمال التصوير بالاشعة التي تحت الاحمر . فوجد ان في طيف الفصفور المحترق ، خطوطاً كثيرة في الجانب الذي تحت الاحمر . وكان قد عرف قبل ذلك ان للفصفور خطوطاً في منطقة الضوء الذي فوق البنفسجي . وان ليس له اي خطوط في منطقة الضوء المرئي من الطيف . فعندما تشعل عود ثقاب يطلق الفصفور الذي فيه ، اشعة لا ترى بالعين لانها اشعة حرارة واشعة فوق البنفسجي

لقد الآن الى الشمس . في سنة ١٩٣٤ شرعت الآنسة شرلوت مور في مرصد جامعة برنستن في قياس بعض الخطوط الظاهرة في صور ضوئية لطيف الشمس صورت في مرصد جبل ولسن . كان مصور هذه الصور رجلاً يدعى بابكك وكان قد صورها بأكبر مطياف مصوّر في المرصد مستعملاً اشد الالواح احساساً بالاشعة التي تحت تحت الاحمر . نظهر في الصورة في المنطقة الخاصة بالضوء الذي تحت الاحمر خطوط لم تكن قد ظهرت قبل اتقان هذا الضرب من التصوير . أفلا

يجوز ان تشير بعض هذه الخطوط في هذه المنطقة الى وجود الفصفور في الشمس ؟ مضت السنون في بحثها مقابلة بين الخطوط التي في صور مبكث والخطوط التي في صور كيس وكانت قد صوّرت للفصفور في معمل البحث الطبيعي . وبعد بحث علمي دقيق أعلن في مجلة العلم ان الفصفور يمكن ان يضاف الآن الى قائمة العناصر التي تتركب منها الشمس

وللصوّرة الضوئية ميزة اخرى . ذلك ان تأثير الضوء في لوح التصوير تأثير متجمّع . فالعين اما ان ترى الجسم واما ان لا تراه . ولكن لوح التصوير يستطيع اذا استعمل في صنعه مستحلب خاص ، ان يصوّر في ساعة من التعريض للضوء ما لا يرى في ثانية او في دقائق وفي اربعين ساعة ما لا يمكن ان يدوّن في بضع ساعات . اكتشف هذه الحقيقة اولاً ، المستر جورج بُند Bond مدير مرصد كلية هارفرد اذ نبّه في سنة ١٨٥٧ الى ان فترة تنقضي بين بدء تعريض اللوح للضوء وبدء تكون الشبح عليه وهذه الفترة تختلف طولاً وقصراً وفقاً لقوة ضوء النجم واحوال اخرى معيّنة ، وهي لذلك اصبحت مقياساً دقيقاً لاشراق النجوم بدلاً من الاعتماد على البصر والظن في تحديد اقدارها ، وكذلك نشأ ما يعرف في علم الفلك الحديث باسم القياس الضوئي للنجوم stellar photometry

وقد دلّت المباحث العلمية الدقيقة في معامل شركة كوداك ، ان دقيقة واحدة من مستحلب صالح للتصوير الضوئي ، يحتاج الى عدد من مقادير (كوتات) الضوء يختلف من الف مقدار الى اربعة آلاف مقدار ، قبل ان تصبح تلك الدقيقة صالحة للتحميض والتثبيت . وفي شبكة العين ما يعرف بالمصيّات والمخروطات ، وهي تقابل دقائق المستحلب . اي انها الاجزاء التي تتأثر بالنور . ولكن العصية الواحدة او المخروط الواحد يحتاج الى مقدار واحد من الضوء ليتأثر به . اي انها اشدّ احساساً من دقائق المستحلب الوف الاضعاف . ولكن مقدرة العين على الرؤية محصورة في جزء من الثانية فاذا لم يقع على العين من مقادير النور ما يكفي لرؤية الجسم تعذّرت رؤيته . حالة ان اللوح الفوتغرافي يبقى معرّضاً زمناً طويلاً للجسم ، حتى يقع عليه عدد كافر من مقادير النور يكفي للتأثير في دقائقه . فأضأل الاجسام الثابتة التي صوّرت بمطاف جبل ولسن للصوّر ، تبعد عنا ٣٠٠ مليون سنة ضوئية . ولا يقع منها على مساحته ٢٠ سنتراً مربعاً من مرآة المرقب الا مقدار واحد من الضوء في الثانية اي انه يقع على سطح المرآة الكامل ٥٠٠ مقدار ضوء في الثانية فاذا ظلّ اللوح الفوتوغرافي معرّضاً لضوء هذا الجرم الثاني لليالي متوالية ، سقط على لوح التصوير عدد من مقادير الضوء كافٍ لاحداث التأثير في دقائق مستحلبه

قال هولدين : « ليس الكون اعجب مما نتصور بل هو اعجب ، مما نستطيع ان نتصوّر » . واذن فلا بدّ في استطلاع خفاياه من اعوان للعين البشرية وما تقدم وصف بعضها