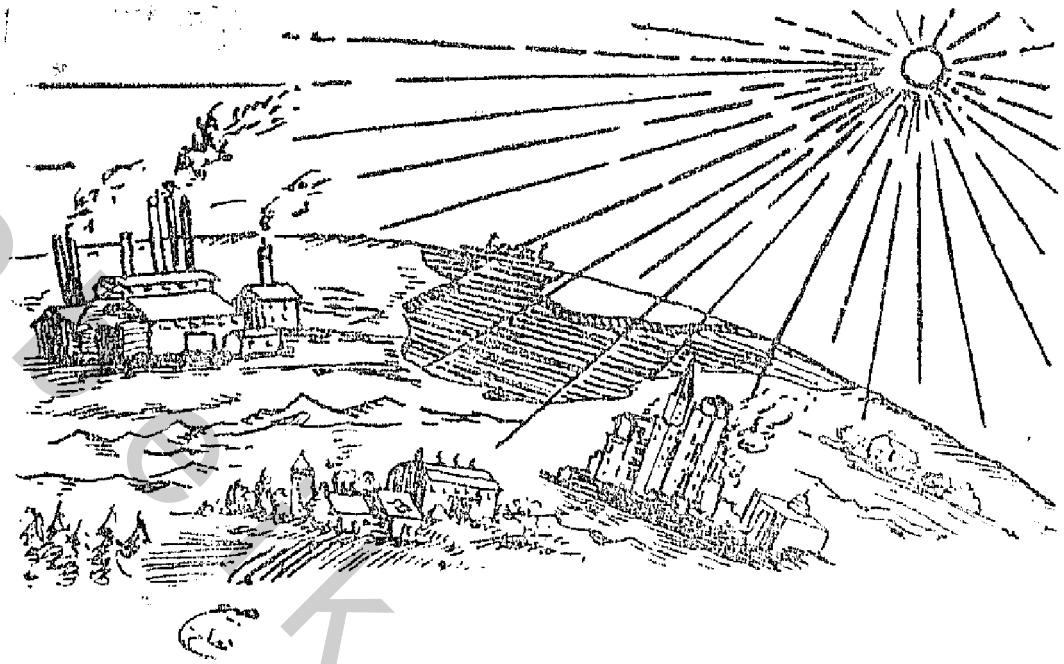


الفصل الأول

النور يديم الحياة

هذه الأرض التي نعيش عليها كرة صخرية هائلة ، عمقها ثمانية آلاف ميل، ومحيطها خمسة وعشرون الفاً من الأميال، مغطاة بالتربة والماء .وعندما يدور هذا الكوكب في فلك اهليلجي حول الشمس يضاء نصف سطحه فقط . ومع ان الأرض تدور حول نفسها أيضاً أثناء دورانها حول الشمس فمن حسن الحظ ان يقضي أي قطر فوقها نصف الوقت في الظلام ويقضي النصف الآخر منه في النور .

أما الشمس فهي كتلة هائلة كروية ملتهبة تشع النور والحرارة الى مسافات شاسعة منذ بلايين السنين ، وقد كان ضياؤها ينير الأرض دوماً منذ تكوينها ولولا هذا النور لما عاش فوق الأرض حيّ . ان الشمس تمد

أرضنا بالطاقة وهذه الطاقة تمهد للنبات والحيوان سبيل الحياة والنمو .

لا يعلم أحد ماهية الطاقة ، ولكننا نعلم لأي شيء نحتاجها ، وأننا بها نعمل أشياء كثيرة مفيدة فوائد جمة . وقد عرّفت الطاقة بما يدفع الأشياء إلى العمل . إن كل عملية تسبب حركة شيء ما تحتاج إلى الطاقة ، فعندما تركض أو تقفز أو ترقص أو تغني ، تستطيع إجراء هذه الأعمال لأنك تملك هذه الطاقة في جسمك . وعندما يسخن شيء ما تتولد في داخله طاقة حرارية . وللطاقة أشكال عديدة سنأتي إلى البحث عنها في فصول قادمة .

يحصل كل من الانسان والحيوان على حاجته من الطاقة مما يأكله من الطعام وما يستنشقه من الهواء . فالطعام يحتوي على طاقة كيميائية تنبعث منه عندما يتحد في الدم مع ما يحتويه الهواء الموجود في الرئتين من مواد كيميائية . ان الحيوانات تتخذ النبات طعاماً لها أو أنها تأكل لحم حيوانات أخرى تعيش بدورها على النبات، وهكذا فان الطاقة التي تستهلكها هذه الحيوانات تأتي أصلا من النباتات ، وما دامت النباتات تحصل على طاقتها من نور الشمس مباشرة ، ذلك النور الذي تمتص أشعته من خلال أوراقها ، فان الطاقة التي تديم كل شيء حي تأتي بالأصل من الشمس .

ادخار الطاقة في النباتات

إن المزرعة بما تحويه حقولها من الحبوب والقش والخضروات الاخرى إنما هي نوع من المعمل . فهي معمل إذ تخزن طاقة نور الشمس في النباتات

لكي تكون جاهزة للاستعمال فيما بعد . ويخزن قسم من هذه الطاقة في السكر والنشأ والمواد الكيميائية الاخرى التي نستعملها في طعامنا، كما يدخر قسم من هذه الطاقة أيضاً في بعض أقسام النباتات التي لا تستطيع معدتنا هضمها فنستفيد من الطاقة المدخرة فيها بطرق أخرى . فالطاقة المدخرة في جذوع الشجرة وسيقانها وأوراقها مثلا يمكن استهلاكها بحرق هذه المواد.

إن كمية كافية من نور الشمس في يوم صافٍ تعطي من الطاقة لميل مربع واحد من الحقل ما يعادل الطاقة المنبعثة عن احتراق ستة آلاف طن من الفحم ، ولا يدخر سوى جزء قليل من هذه الطاقة في النباتات في أوراقها لغرض النمو . والنبات يحتاج لنموه إلى أربعة أشياء . النور والهواء والماء والسماد ، غير ان القسم الأعظم من غذاء النبات لا يأتي من السماد أو التربة التي ينمو فيها ، بل من الهواء الذي يتنفسه والماء الذي يمتصه من جذوره .

لقد قام أحد العلماء بوضع غرسة من الطماطم في وعاء صغير يحتوي على بضعة أوقيات من التربة وكان يسقيها بالماء الصافي الخالي من المواد الكيميائية ، ويغطيها بوعاء زجاجي بحيث لا تحصل إلا على الماء والهواء لتغذيتها فقط . وبعد بضعة أشهر نمت هذه الغرسة نمواً مدهشاً حتى أصبح وزنها بضعة أرطال ، أما التربة التي كانت تنمو فيها فقد حافظت على وزنها . وهذا مما يثبت أن ما اكتسبته الغرسة من ثقل في وزنها مصدره الماء والهواء فقط .

تحصل النباتات على مواد كيميائية من الهواء تبني بها أوراقها وجذوعها وجذورها . والهواء هو عبارة عن مزيج من عدة غازات ، أحدها ثاني

اوكسيد الكاربون ، وهذا الغاز يمكن تجميده إلى كتل صلبة تستعمل في عمل بعض المرطبات ويسمى بالثلج الجاف . يتكون هذا الغاز من مادتين كيميائيتين مهمتين هما الكاربون والاوكسجين . تمتص النباتات هذا الغاز وبنتيجة تعرضها لنور الشمس تقوم خلايا خاصة في الأوراق بفصل الكاربون عن الغازات فتتخلص من الاوكسجين بينما تحتفظ بالكاربون لكي تبني به وبالاشتراك مع ما تحتويه عصاراتها من مواد كيميائية أخرى خلايا جديدة تتكون منها أوراقها وسيقانها وقشورها .

وعندما يتنفس الانسان أو الحيوان يسحب الهواء إلى رئتيه فيمتص الدمُ الموجود فيها غاز الاوكسجين من الهواء فيتحد هذا مع الكاربون الموجود في الدم مكوناً غاز ثاني اوكسيد الكاربون الذي يتخلص منه بالزفير .

وبهذه الوسيلة يحافظ الجو على توازنه بطريقة مدهشة حقاً، فتأخذ النباتات غاز ثاني اوكسيد الكاربون وتعطي الاوكسجين بعملية التركيب الضوئي ، بينما تستنشق الحيوانات غاز الاوكسجين وتزفر ثاني اوكسيد الكاربون بعملية التنفس . وهكذا يحافظ الهواء على نقاوته عندما يقوم كل من النبات والحيوان بفعاليته في آن واحد .

عندما تأكل قطعة من الخس أو الجزر أو أي نوع آخر من الخضار تحلل المواد الكيمائية التي في معدتك قسما من الطاقة التي تحويها هذه القطعة والتي قد سبق أن ادخرتها من نور الشمس . وتحمل هذه الطاقة فيما بعد الى أنحاء جسمك كافة بالدم، ثم تخزن في عضلاتك. وبهذه الطريقة يمكنك تحريك ذراعيك أو التكلم أو المسير أو القيام بأي عمل يثبت وجود الحياة.

فيك . فتذكّر دائماً — عندما تستهلك هذه الطاقة — أنها قد وصلت اليك من نور الشمس .

الاحتفاظ بالنباتات في مائز الفعاليات

هل فكرت يوماً ما انه كان من المحتمل ان تكون أوراق النباتات سوداً بدلاً من ان تكون خضراً ؟ الحقيقة ان الاوراق كان يجب ان تكون سوداً لكي تستطيع امتصاص الطاقة التي تأتيها من نور الشمس برمتها ، ولكن ما أبشع منظر الحقول وهي مكسوة بهذا اللون الاسود الكئيب

ليس هنالك من فرق محسوس لدى النباتات فيما إذا حصلت على نور الشمس أو أي نور آخر غيره، إذ أن النبات ينمو جيداً فيما إذا عرض إلى نور كهربائي كافٍ . فلو تمكن المزارعون من الحصول على قوة كهربائية هائلة وبتكاليف رخيصة جداً ، لاستطاعوا تنمية أي نوع من النبات في أي فصل شاءوا. ففي أقاصي الشمال من كندا حيث تكسو الارض طبقة جليدية سميكة طيلة فصل الشتاء يمكن الحصول على الكرز (Cherry) الناضج في شهر كانون الاول لو حفظت أشجاره في محل خاص يسمى البيت الاخضر ، أو بيت النبات (Greenhouse) لأنه مدفأ بطريقة اصطناعية ، ومجهز بأنوار كهربائية قوية تسطع فوق أوراق الشجر فتعطيها ضياء براقاً كنور الشمس في يوم صاف من أيام حزيران ، وهكذا تزدهر الاشجار. وإن وجد النحل فانه يحمل الطلع من زهرة إلى اخرى فيلقحها وحينئذ يمكن الحصول على الثمر .

إن هذه الطريقة باهضة التكاليف في الوقت الحاضر لغلاء أسعار القوة الكهربائية ولكنها قد تصبح طريقة عملية في المستقبل إذا أمكن التوصل إلى ادخار الطاقة بتكاليف زهيدة . أما في الوقت الحاضر فسيبقى الفلاح معتمداً على نور الشمس فقط . إن ما يسقط من نور الشمس فوق سطح منضدة متوسطة توضع في الحديقة في يوم صاف يكلف على الأقل اثني عشر فلساً في الساعة الواحدة فيما إذا استحصل ما يعادله من القوة الكهربائية ، وعلى هذا المعدل فان إضاءة مزرعة صغيرة تكلف في الوقت الحاضر مالا يقل عن مئتين وخمسين ديناراً في اليوم. فعندما يتمكن العلماء من الحصول على القوة الكهربائية بأسعار زهيدة سوف لا يهتم الفلاح إذ ذاك أشرقت الشمس أو لم تشرق . وحتى في حالة غلاء أسعار الوحدة الكهربائية فمن المستحسن استعمال النور الكهربائي في ساعات مبكرة من النهار أو متأخرة من الليل لزيادة مدة تعرّض النبات للنور وبهذا يزداد معدل نموه في اليوم الواحد .

إن النباتات أو الازهار التي تتفتح في فصل الصيف تفعل ذلك لان النهار يكون طويلا في هذا الفصل وعلى هذا الاساس يستغل المشتغلون بالازهار هذه الحقيقة لتعجيل تفتيح بعض الازهار كالزنابق (Lilies) قبل ميعادها بتعريضها للنور الكهربائي حالما تغرب عنها الشمس ، وهكذا تنمو الزنابق كما لو كانت قد طالت عليها الايام فزادت في مدة تعرضها للنور ، فتتبرعم وتتفتح أزهارها قبل ميعادها الطبيعي بعدة أسابيع . وقد أمكن أيضا إزهار العطر قبل ميعاده بخمسة أسابيع بتعريضه للنور الكهربائي في البيت الاخضر .

وتتفتح بعض الازهار عندما يقصر النهار ، فالاقحوان (Chrysanthemums) (الداودي) مثلا يتفتح في نهاية الخريف عندما يبدأ النهار في القصر فيستغل بعض مربي الأزهار هذه الملاحظة بتأخير تفتيحها وبتعريضها إلى النور الكهربائي حالما تغيب عنها الشمس فتتكيف بهذا كما لو كان النهار طويلا ، وهكذا يتأخر تفتيحها ، وبالعكس إذا أرادوا إزهارها قبل الميعاد فما عليهم إلا ان يقوموا بتظليلها يومياً حوالي الساعة الثالثة أو الرابعة بعد الظهر فيكون كما لو حل عليها المساء مبكراً . فالنباتات تتكيف بطريقة أوتوماتيكية بحسب النور الذي تتعرض له .

وإذا ما أريد تفتيح الازهار قبل ميعادها أو بعده بالنور الكهربائي كان من الضروري اعطاؤها مقادير هائلة من هذا النور لأن نور الشمس الذي تنمو بوساطته عظيم جداً ، بينما لا تزيد قوة النور الكهربائي الذي نستعمله في دورنا عن جزء من ألف من نور الشمس . ولذا يقتضي تزويد بيوت النبات بأقصى ما يمكن من المصابيح الكهربائية لاحداث نور ساطع فيها مما يستهلك مقادير هائلة من القوة الكهربائية .

الربيع طيلة أيام السنة

إن البيت الأخضر أو بيت النبات هو عبارة عن ملجأ صيفي لأنواع النباتات يبعدها عن رياح الشتاء الباردة . فاذا ما قدم لأي نوع من النبات كميات كافية من النور والهواء الدافيء نما وأزهر وأثمر في أي فصل من فصول السنة ، وبالنظر الى غلاء أسعار القوة الكهربائية يقتضي

الاستفادة القصوى من نور الشمس والهواء ولهذا السبب تصنع بيوت النبات عادة من الزجاج .

وما البيت النباتي هذا إلا مصيدة لالتقاط النور والطاقة الحرارية من الشمس فيخترق نور الشمس الزجاج الى الداخل حيث تمتصه أوراق النبات والتربة ، ومن ثم يتحول الى طاقة حرارية تدفىء النبات والتربة . وبما أن الجزء الاعظم من هذه الحرارة لايتسرب للخارج فان الطاقة المدخرة تزداد تدريجياً ، وهكذا ترتفع الحرارة في الداخل .

وأقل ثغرة في سقف البيت النباتي تؤدي الى تسرب الحرارة الى الخارج ، ولذا فمن الضروري إحكام وضع الزجاج بحيث لا يكون فيه أي منفذ وحتى في هذه الحالة قد يكون من الضروري تدفئته بالبخار أو بالطريقة الاعتيادية المحافظة على حرارة كافية في داخله في فصل الشتاء . وقد يقلق البستاني عند إحكام غلق البيت النباتي من عدم وجود الهواء الكافي داخله ولكن لما كان النبات يحتاج الى غاز ثاني أوكسيد الكاربون بكثرة ، فمن الممكن وضع قطعة من الغاز المجمد داخل مسحوق نشارة الخشب فينبعث منها الغاز تدريجياً فيتناوله النبات ، ويمكن الاستعاضة عن ذلك بطريقة بسيطة جداً بحرق قليل من الخشب داخل البيت فيمتص لهيبه غاز الاوكسجين الصادر من النبات ويحوله الى غاز ثاني أوكسيد الكربون الذي يحتاجه .

كيف يستفيد النبات من النور ؟

تنمو النباتات عادة تحت تأثير النور الابيض لأنه النوع الذي تحصل عليه من الشمس ، والنور الابيض هذا مزيج من ألوان الطيف كافة بنسب معينة ، غير أن النبات لايستفيد من جميع هذه الألوان بل يستفيد من

قسم منها فقط ، وهي الاصفر والبرتقالي والاحمر . ولا يمتص النبات سوى خمس ما يقع عليه من النور . وقد يكون للألوان الاخرى ضرر على النبات نظراً الى احتمال إحراق الطاقة المتولدة عنها لأوراقه في الايام الحارة .

وقد وجد العلماء أن خير البيوت النباتية هي تلك التي تسقف بالزجاج الصافي لينفذ الى داخلها أكثر ما يمكن من النور ، لتدفئة هوائها وتربتها ، ثم توضع قطعة من الزجاج الملون فوق كل غرسة من النبات لمنع تسرب الاشعة المحرقة ، وهذا الزجاج الملون مصنوع بطريقة بحيث لا تتسرب منه سوى الاشعة المفيدة للنبات .

من الممتع جداً دراسة نمو النبات بطريقة الضياء الملون ، فمن هذه التجارب أن نأخذ ثلاث غرسات متساوية من نفس النبات عند أول نموها ، ثم نعرّض احداها للنور الابيض حيث تصبح شجيرة طويلة بعد بضعة أشهر ، ونعرض الثانية للنور الازرق فقط فلا تنمو نمواً محسوساً ، أما الثالثة فنعرّضها للنور الاحمر فقط فتنمو نمواً متوسطاً وتكون أوراقها هزيلة دقيقة ، وهذا مما يدل على أن النبات رغم احتياجه الى النور الاحمر بالدرجة الاولى فانه بحاجة الى ألوان أخرى من النور .

وإذا ما وضعت نبتتان متساويتان احداهما تحت تأثير النور الاصفر والاخرى تحت تأثير النور الازرق فان الاولى تنمو بسرعة تعادل ضعف سرعة نمو الثانية ، إن الضياء الازرق يؤخر نمو النبات ، والبنفسجي أكثر تأثيراً في عرقلة نموه بينما توقف الاشعة فوق البنفسجية (سنبحث عنها في فصل قادم) نمو النبات تماماً .

ينبت فوق قمم جبال الالب في سويسرا نوع من النبات ذو زهر جميل يسمى (Edelweiss) وهذا نبات صغير الحجم ولكن الغريب في أمره أنه ينمو نمواً مدهشاً إذا ما غرس في الوديان المنخفضة فيتحول الى شجيرة كثيفة ، وعند وضع هذه الشجرة في محل تتعرض فيه الى الاشعة البنفسجية وفوق البنفسجية فقط من مصباح خاص تكمش وتعود الى حالتها التي كانت عليها فوق قمم الجبال ، وهذا يدل على أن النباتات تمتص فوق قمم الجبال كمية من الاشعة البنفسجية وفوق البنفسجية أكثر مما تمتصه في المناطق المنخفضة .

وما زلنا نفتقر الى دراسة أوسع لنتبين تأثير مختلف الالوان من النور في نمو النبات إذ لا يزال هنالك غموض شديد في الموضوع . ويجري العلماء تجارب عديدة بتنمية مختلف أنواع النبات بتعريضها الى الالوان المختلفة من النور . وليس ببعيد ذلك اليوم الذي سنعرف فيه أي نوع من النور يكون أكثر فائدة لنمو النبات ، وعند ذلك يمكننا استعمال مصابيح خاصة لانتاج ذلك النور فقط دون الاهتمام الزائد بمقدار ما يتعرض اليه النبات من أشعة الشمس .

مزارع بدون تربة

قد نظن ، نتيجة لتعودنا على زرع البذور وتنمية النباتات في التربة ، أن هذه التربة ضرورية جداً للنبات . إن هذا الظن لا صحة له بالنظر الى أن فائدة التربة تقتصر على حفظ النبات في محل ثابت لكي لا تؤثر فيه الرياح فتزحزحه من محل الى آخر ، كما أنها تساعد على انتشار جذوره فيها لتمتص الرطوبة ، كما توجد في التربة أيضاً مواد كيميائية ، إلا أن هذه المواد

ليست الغذاء الرئيسي للنبات ، بل هي مواد إضافية لا تزيد حاجته اليها عن حاجة الانسان الى الملح في طعامه .

فيمكن إذاً أن ينمو النبات في الماء فقط إذا وضعت فيه مواد كيمائية مناسبة . ولقد أمكن تنمية غرسة من الطماطم الى حجم يقرب من حجم شجرة للتفاح، امتدت فروعها داخل البيت النباتي وأنتجت أجود نوع من الطماطم الناضجة في وقت كانت الثلوج تتراكم فيه خارج البيت . ولم تكن جذورها في التربة بل في مسحوق من نشارة الخشب المرطبة بماء ، داخله مواد كيمائية . ان نباتاً من هذا النوع إذا ما حفظ في حرارة مناسبة وأعطي كميات كافية من الهواء ينتج عشرين ضعفاً من الطماطم عما ينتجه غرس آخر في مزرعة اعتيادية . هذا بعض ما يتمكن من إنتاجه العلماء عند دراستهم لطبيعة وادراكهم ما يحتاجه النبات فعلاً لغرض نموه بصورة صحيحة .

كان الناس قديماً يسحبون الماء بأيديهم ، وما زالت هذه الطريقة متبعة في بعض أنحاء العالم ، ولكن الاقطار التي قام العلماء فيها بدراسة دقيقة للطاقة تستطيع الحصول على هذه الغاية بطريقة سهلة لا يجهد المرء فيها نفسه فيحتاج سحب ثلاثة آلاف غالون من الماء من النهر بمضخة يدوية الى ما لا يقل عن الساعة الواحدة، بينما يمكن سحب نفس الكمية في مدة لا تتجاوز خمس دقائق بالمحرك الكهربائي الذي يستهلك ما لا يزيد قيمته عن أربعة فلوس من الطاقة الكهربائية. فلا تزيد صرفيات المحرك الكهربائي إذاً عن خمسين فلساً في الساعة الواحدة .

يبدو من الاجدى إذاً أن يصرف المرء وقته ليتعلم كيف يحصل على الطاقة

بطريقة رخيصة بدل أن يصرف هذا الوقت في إجهاد جسمه بأعمال يدوية وجسمية ، اللهم إلا إذا كانت غايته من ذلك التمرين الرياضي .

الحصول على الكرنب الناضج في الشتاء

كانت قضية حفظ الطعام طازجاً من أهم المشاكل التي تواجه العلماء والمخترعين . ففي قبل بضع سنوات كان لكل نوع من المحصول موسم خاص . أما اليوم فقد أخذت هذه المواسم بالزوال تدريجياً باختراع طرق لحفظ الأثمار والخضار طازجة طيلة أيام السنة حتى بعد جنيها بمدة طويلة . ومن أفضل الطرق لذلك هي طريقة التجميد السريع .

كان كلارنس بردزاى (Clarence Birdseye) ذات شتاء في أقصى الشمال فلاحظ أن لحم الابل المجمّد بعد اصطياده حالاً يبقى محتفظاً بنكهته لمدة بضعة أشهر . لقد سبق للناس استعمال المبردات لحفظ طعامهم ولكن لم يكن يدري أحد منهم إذ ذاك أن المهم في الامر هو تجميد الطعام وتبريده بعد الحصول عليه من مصدره فوراً .

لقد اخترع بردزاى طريقة لتجميد أنواع الخضار والأثمار واللحوم كافة بصورة فورية . ولما كان الثلج الاعتيادي غير كاف لاعطاء البرودة الكافية فقد استعمل مواد كيميائية مبردة جداً تدفع في أنابيب تلامس الطعام المراد تجميده . وبهذه الطريقة أمكنه إيصال حرارة الطعام الى ٣٠ درجة فهرنهايت تحت الصفر .

تتكون بلورات كبيرة في الطعام إذا كان تجميده بطيئاً . هذه البلورات تسبب تكسراً في أليافه وحجيراته فتغير شكلها، وبذا تتبدل نكهته . أما

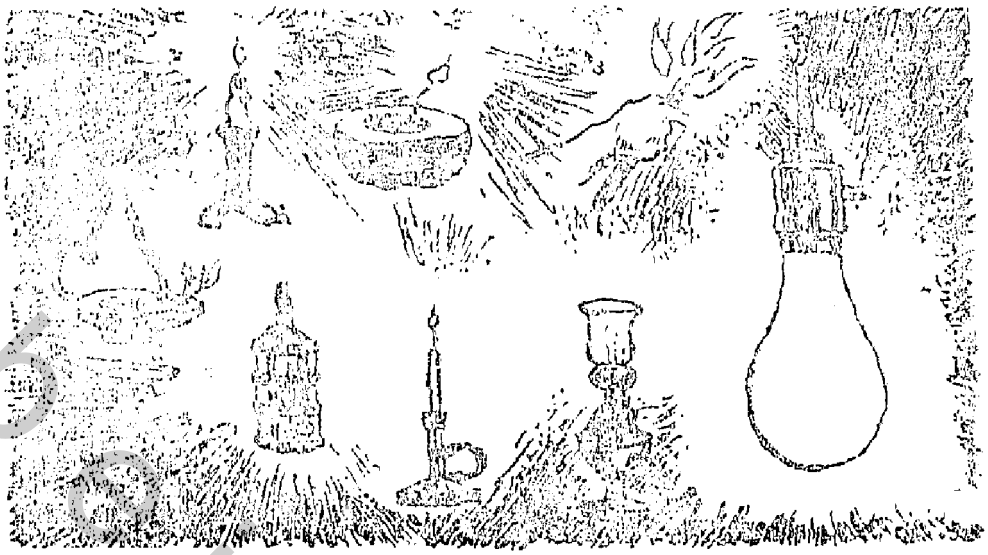
إذا كان التجميد سريعاً فلا تتكون في الطعام سوى بلورات صغيرة جداً لا تؤثر فيه .

تنظف الأثمار والخضار فور استحصالها من الحقل ثم تجرى عملية تجميدها فوراً قبل أن تتعرض للتلف . وهكذا تكون عند بيعها في المخازن أكثر طراوة من الأثمار والخضار الجديدة التي مرّ على اقتطافها بضع ساعات . إن الاطعمة التي تجمد فور الحصول عليها لا تتلف مهما مرّ عليها من الزمن.

ويقدم للمسافرين عبر البحار حليب طازج يومياً ، وهذا لا يعني شرط وجود الابقار في السفينة ، أو أن الحليب من النوع المعلّب ، ولكنه حليب مجمد في كتل كبيرة بيضاء تشبه الثلج الاعتيادي . وما على الطباخ إلا كسر قطعة منه وتسخينها فتذوب وتكون جاهزة لتقديمها مع الطعام. إن تلف الحليب يحصل بتأثير الجراثيم الموجودة في الهواء وفي الحليب نفسه . هذه الجراثيم لا تستطيع النمو في درجات الحرارة الواطئة جداً ، ولذا فانها تكون في دور السبات عند تجميد الطعام الى أن يسخن مرة ثانية فتستيقظ . ومع ذلك لا يكون هنالك مجال لنموها بالنظر الى أكل الطعام وشرب الحليب بعد التسخين مباشرة .

أما ثمار الكرز فتقطف في شهر حزيران وتثلج فوراً ثم تبقى على هذه الصورة الى حين استعمالها للأكل حسب الرغبة .

هذا مثال آخر لما يستطيع العلماء عمله عند حصولهم على المعلومات الوافية عن الطاقة والاستفادة منها . لقد أصبح في مقدورنا جعل هذا العالم أسعد مما هو عليه الآن بدراستنا المستمرة للطبيعة وخواصها ، وهذا هو بعينه ما يفعله علماء العصر الحاضر .



الفصل الثاني

النور وسيلة الابصار

لنور الشمس فوائد أخرى عدا فائدته الرئيسية في إبقاء كل شيء حي في العالم . ومن أهم هذه الفوائد استعماله للابصار من قبل الانسان والحيوان جميعاً .

تصور أي عالم يصبح عالمنا هذا لو لم تكن لنا عينان ولا نور نبصر به . أغمض عينيك لحظة وتصور حالة هذا العالم المظلم . كنا بالطبع نقدر الاشياء التي نحيط بنا إذ ذاك بالاصغاء الى الاصوات وبلمس الاشياء وبشم الروائح وبذوق الطعم .

كم يمكنك أن تدرك من أشياء وأمور عندما تنظر خلال نافذة لك . ترى الغيوم على مسافة عدة أميال عندما تنظر الى السماء . وتستطيع حتى

أن تقدر فوق أي بقعة من الارض تتسلط هذه الغيوم كما لو كنت في تلك البقعة . إن الابصار هو احدى حواسنا العجيبة ونحن نملك هـذه الحاسة بسبب وجود الطاقة الضوئية .

إن الارض الدائرة حول نفسها مائلة بحيث أن الشمس لا تسطع فوقها بشدة متساوية في مختلف أقسامها عند دورانها حولها . فلو لم يكن الامر كذلك لما كان هنالك صيف او شتاء أو أي فصل آخر . ففي القسم الشمالي من الارض مثلاً يكون النهار طويلاً والليل قصيراً عندما يكون ميل الارض نحو الشمس ، إذ تكون مدة تعرض هذا القسم للشمس أطول من المدة التي يقضيها في الظلام ، وبذا يكون في فصل الصيف ، بينما يكون الفصل شتاء في نفس الوقت في القسم الجنوبي من الارض حيث يكون الليل أطول من النهار . وتنقلب الآية عندما ينعكس ميل الارض حيث يكون القسم الجنوبي أكثر تعرضاً للشمس من القسم الشمالي فيكون الفصل صيفاً في الاول وشتاءً في الثاني .

والناس لا ينامون حالما تغيب الشمس فأخذوا يستعملون النور الاصطناعي كالكهرباء أو طرق التنوير الاخرى لأطالة مدة يقظتهم دون الاعتماد على نور الشمس وحده .

كيفية تجهيز النور الاصطناعي

كانت الطريقة المتبعة قبل مئات السنين للحصول على النور إحراق شيء ما ، فقد كان البشر يستضيء أول الأمر بنور الاخشاب المشتعلة ، ثم اخترع بعد ذلك مصابيح الزيت والشموع على اختلاف أنواعها ، ثم قام بتحسينها كلما أمكنه ذلك .

أما في الوقت الحاضر فنستطيع إضاءة دورنا الى أي درجة ممكنة وبطريقة أيسر كثيراً مما كنا نستعمله سابقاً. وما ذلك إلا بفضل ما توصل اليه العلماء خلال الستين سنة التي مضت، إذ استطاعوا أن يحدثوا النور دون أن يحرقوا شيئاً مما كان يحرقه آباؤهم. فغير الطرق اليوم للاضاءة تلك التي نحصل عليها من الطاقة الكهربائية. إن النور الكهربائي أقوى وأرخص وأنسب للصحة وأسلم من أي نوع آخر من الضياء.

من سيئات المصابيح الزيتية والشموع أن للهيبها رائحة، وأن احتراقها يستهلك قسماً من الاوكسجين الذي نحتاجه للتنفس، وأن الضياء الذي تحدثه غير كاف مما يضطرنا الى تقريب أعيننا كثيراً من الضياء لنبصر جيداً في أثناء المطالعة، وفي هذا للعينين أذى كثير.

فلو كنا لا نزال نستعمل الشموع للاضاءة وأردنا أن نحصل منها على نسبة من النور بقدر ما تفتحه المصابيح الكهربائية لوجب علينا صرف ما يقارب نصف الطن منها شهرياً.

ليس في المصباح الكهربائي شيء يحترق ولهذا لا يوجد فيه لهيب. فعندما تدفع حساب ما صرفته من الطاقة الكهربائية لا يكون ذلك ثمناً لما استهلكته من القوة فحسب بل ثمناً لما أمنت به على حياتك من الحريق وثمناً للمحافظة على صحتك أيضاً. وعلاوة على ذلك فليس هنالك إجهاد لاحداث النور الكهربائي لأن كل ما في الامر هو أن تحرك زراً صغيراً لكي تنير مصباحاً واحداً أو عدة مصابيح.

اختراع المصباح الكهربائي

إن أسهل طريقة لاحداث النور هي تسخين المادة الى درجة عالية من

الحرارة. ويمكن استعمال أي شيء لهذا الغرض، لكن من الانسب استعمال ما لا ينصهر بالحرارة العالية . ومن أحسن ما يستعمل لهذه الغاية المعدن الصلب المعروف بالتنكستن (Tungsten) الذي يمكن تسخينه الى حرارة عالية قبل أن ينصهر .

فاذا وضعنا قطعة من شريط التنكستن في غرفة مظلمة لا تحدث ضياء عندما تكون باردة ، أما إذا سخنت هذه القطعة الى درجة عالية من الحرارة بامرار تيار كهربائي فيها فانها تتوهج تدريجياً علاوة على أنها تشع الحرارة قبل النور. ولكي نفهم ما الذي يسبب هذه الحرارة، علينا أولاً أن نتعمق في دراسة الضوء وخواصه .

لقد وجد العلماء أن الضياء يتكون من موجات قصيرة جداً تختلف أطوالها بالنسبة الى ألوانها ، فأطول هذه الموجات هي الموجات الحمر ، ومع ذلك فلا يزيد طول الموجة الواحدة منها عن جزء من خمسة وثلاثين ألفاً من أجزاء الانج الواحد ، أما تسلسل ألوان الطيف الشمسي بالنسبة الى طول موجاتها فهو كالآتي : - الاحمر ، البرتقالي ، الاصفر ، الاخضر ، الازرق ، النيلي ، والبنفسجي . وتبلغ طول موجة اللون الاخضر ($\frac{1}{50000}$) من الانج واللون البنفسجي ($\frac{1}{70000}$) من الانج .

إننا نبصر لهيب الشمعة عندما ننظر اليه لأنه يبعث سلسلة من هذه الموجات القصيرة الى أعيننا فتعبر عن وجوده . إذا دخل شخص الى غرفة مظلمة تماماً فانه لا يتمكن من رؤية شيء ما ، أما إذا أشعل شمعة فانه لا يرى هذه الشمعة فحسب بل سيرى الغرفة بكاملها وذلك لأن الموجات الضوئية الصادرة عن الشمعة الى كافة الجهات تنعكس من جدران الغرفة

وسقفها وأرضها ومن كل ما فيها من المحتويات ، وهكذا تعكس صورة هذه الاشياء كافة الى عين ذلك الشخص .

إن الموجات الضوئية هي نوع من الطاقة . وقد درس علماء الفيزياء هذه الموجات دراسة دقيقة وقاسوا الوقت الذي تستغرقه في حركتها من موقع الى آخر . وقد علموا أن هـذه الموجات ذات حركة لا تفوقها في السرعة حركة أي شيء آخر في العالم . إن سرعة الضوء تبلغ ١٨٦٢٧٢ ميلاً في الثانية أي انه اسرع ملايين المرات من اسرع طلقة مـدفع في العالم ، وهو سريع الى درجة أن ضياء الشمس يصلنا في مدة لا تزيد على ثماني دقائق مع العلم بان المسافة بين الشمس والارض تقدر بثلاثة وتسعين مليوناً من الاميال .

لماذا تبصر الاشياء بألوانها

يكون الضوء الذي يصلنا من الشمس أبيض اللون لأنه مركب من نسب معينة من الموجات الضوئية السبع المختلفة التي يتكون منها الطيف الشمسي . ولا تظهر الاشياء التي تحيط بنا بالوانها الطبيعية إلا حينما نراها بالضوء الابيض .

إن الغلاف الاحمر لكتاب ما إنما نراه أحمر لأن معظم الموجات الضوئية التي تقع عليه لا تنعكس منه بل يمتصها عـدا الموجات الحمر التي تنعكس منه . وإذا ما وضعنا هذا الكتاب ذا الغلاف الاحمر في غرفـة مضاءة باللون الاخضر فقط فاننا سوف نراه أسود اللون ونرى أوراقه البيض خضراً . فالورقـة البيضاء تبدو كذلك لأن الموجات الضوئية

التي تقع فوقها تنعكس بكاملها، أما إذا أضيئت هذه الورقة باللون الاخضر فقط فمعنى ذلك أننا قد غطيناها بمادة تمتص الموجات الضوئية كافة عدا الخضراء .

وبذلك يمكننا أن نفسر لماذا تشع الحرارة من شريط التنكستن قبل أن يتوهج نوره . فالحرارة تنتج عن موجات تنبعث من شريط التنكستن وهذه الموجات طويلة بحيث لا يمكن رؤيتها ، وتسمى بالموجات تحت الحمراء أي انها أطول من الموجات الحمر نفسها .

تشع من شريط التنكستن موجات قليلة جدا عندما يكون في حالة البرودة أما إذا سخن فيبدأ باشعاع الموجات تحت الحمراء أولاً وعندما نستمر في تسخينه يتوهج بلون ترابي وذلك لأنه يأخذ باشعاع الموجات المرئية ، وإذا ما استمررنا في التسخين الى درجة الاحمرار فستنبعث موجات حمر ، ثم يصير لونه أصفر . وعند اشتداد حرارته يصير أبيض . وفي هذه الحالة تكون الموجات الصادرة عنه هي الموجات تحت الحمراء مضافاً اليها جميع الموجات الموجودة في الطيف . وقد ينصهر هذا الشريط إذا سخن الى درجة أعلى من هذه الحرارة. ولو فرضنا وجود مادة تتحمل هذه الحرارة العالية التي لا يتحملها التنكستن دون أن تنصهر لانقلب لونها الى اللون الازرق تحت تأثير هذه الحرارة ، وهذا ما يفسر لنا سبب كون بعض الكواكب زرقاء اللون .

نستنتج من ذلك انه كلما اشتدت حرارة مادة ما ، ازدادت نسبة الموجات الضوئية . أي الموجات القصيرة المنبعثة منها . وقد استفاد العلماء من هذه الملحوظة إذ أخذوا يضمون سلكاً دقيقاً من التنكستن داخل

حويصلات زجاجية ثم يسخنون هذا السلك الى حرارة عالية جداً - ولكن تحت درجة الانصهار - فينبعث عنه ضياء أبيض براق . وهذا هو المصباح الكهربائي الذي سنفصل البحث عنه .

أول مصباح كهربائي

لأجل عمل مصباح كهربائي يضيء الى أقصى حد ممكن بأقل ما يمكن استهلاكه من الطاقة يقتضي - نظرياً - أن يسخن سلك التنكستن الى درجة من الحرارة تعادل درجة حرارة سطح الشمس . والشمس - كما نعلم - عبارة عن كرة هائلة ملتهبة تبلغ درجة حرارتها على سطحها عشرة الآف درجة فهرنهايت وتزيد هذه الحرارة في الداخل فلا تقل عن خمسين مليون درجة في الوسط .

ولكن جميع المواد الموجودة في العالم لا تتحمل هذه الدرجة العالية من الحرارة إذ تنصهر قبل أن تصل حرارتها الى هذا الحد بكثير جداً . أما المعادن الموجودة في الشمس فهي ليست حتى في حالة الانصهار بل بشكل غازات ساخنة . وهكذا تتكون الامطار التي تسقط فوق الشمس من قطرات من الحديد والنحاس والتنكستن وغيرها من المعادن .

لقد حاول العلماء والمخترعون لسنوات عديدة ، اكتشاف السلك الذي يمكن تسخينه الى أقصى درجة ممكنة من الحرارة دون أن ينصهر حتى وإن لم تعادل هذه الدرجة حرارة الشمس . فوجدوا أن الكاربون صعب الانصهار فلذا حاول الكثيرون منهم استعماله . ويعطي خيط الكاربون الدقيق نوراً جيداً عند مرور تيار كهربائي فيه ، ولكنه يحترق في الفضاء

بعد لحظات . فالكاربون يحترق كأي شيء آخر عندما يتحد مع الاوكسجين الموجود حواليه ، ولهذا فقد وجدوا من الممكن تجنب احتراق خيط الكاربون بعزله عن الاوكسجين الموجود في الهواء ، وذلك بوضعه في وعاء زجاجي ووصل طرفيه بسلكين كهربائيين ثم تسد فتحتا الوعاء الزجاجي أو المصباح ويفرغ فيه تيار كهربائي بعد تفريغه من الهواء فلعدم وجود الاوكسجين يستمر الكاربون في الاضاءة ولكن الى مدة محدودة . لقد كان أولُ من توصل الى عمل مصباح من هذا النوع هو العالم البريطاني جوزيف ولسن سوان (Joseph Wilson Swan) عام ١٨٧٦ وعندما سمع توماس اديسن (Thomas A. Edison) بخبر هذا الاختراع أخذ يحاول التوصل الى عمل مصباح أحسن منه . وبعد مرور عامين كاملين من العمل المتواصل تمكن بالاشتراك مع مئتين من مساعديه من انتاج مصباح كهربائي يدوم اشتعاله لمدة خمس وأربعين ساعة وتبلغ قوة اضاءته اثنتي عشرة شمعة .

غير أن مصباح أديسن كان أشد عتمة من المصباح الذي نستعمله اليوم إذ تترسب على سطحه الداخلي ذرات من الكاربون بعد مرور بضع ساعات من ابتداء اشتعاله . فلم يقتنع أديسن بهذا المصباح فقضى عشرين عاماً أخرى في سبيل تحسينه حتى استطاع عام ١٩٠٠ عمل مصباح تبلغ قوة اضاءته ضعف المصباح الاول عند امرار نفس التيار الكهربائي فيه ويدوم اشتعاله حوالي ست مئة ساعة .

استعمال أكثر ما يمكن من الطاقة الضوئية

بأقل قوة كهربائية

أخذ العلماء بعد عهد أديسن يعملون على تحسين المصباح الكهربائي ، إذ لو استمر الناس على استعمال مصباح أديسن الى هذا اليوم لوجب عليهم صرف ملايين الدولارات اضافة الى ما يصرفونه اليوم لتسديد حساباتهم فيما يختص بتكاليف القوة الكهربائية. وإلا وجب عليهم إذ ذاك الاقتصاد بالصرفيات الكهربائية الى حد يفوق التقتير . فالمصابيح الكهربائية التي نستعملها اليوم تعطي من النور ستة أضعاف ما يعطيه أحسن مصباح من مصابيح أديسن بنفس التيار الكهربائي . وتدوم ضعف مدة دوام تلك المصابيح وأفضلية المصابيح الحالية آتية بالدرجة الاولى من أن أسلاكها الداخلية الدقيقة مصنوعة من التنكستن لا من الكاربون . لم يكن هذا المعدن معروفاً أيام أديسن ولكن بعد اكتشافه وجد العلماء أن من الممكن سحقه الى ذرات ناعمة تمزج بالعسل الاسود لعمل عجينة يمكن تحويلها الى خيوط دقيقة عند امرارها خلال ثقوب صغيرة في قطعة معدنية، وعند امرار تيار كهربائي في احد هذه الخيوط يتحول العسل الى الكاربون الذي يحترق تدريجياً فيبقى التنكستن بشكل خيط دقيق متماسك الاجزاء .

وقد عهدت شركة جنرال الكتريك (General Electric Co.) عام ١٩٠٦ الى وليم كولدج (William Coolidge) للقيام باكتشاف طريقة لعمل أسلاك دقيقة وقوية من هذا المعدن . وبعد مدة من العمل المتواصل تمكن مع مساعديه أن يحصل على مسحوق من أنقى

أنواع التنكستن . فقام بتسخين هذا المسحوق وطرقه ثم دفعه تحت ضغط شديد خلال قطعة معدنية مثقبة واسرار تيار كهربائي فيه داخل غاز الهايدروجين الساخن . وبهذه الطريقة أمكن جعل ذرات المعدن تتلاصق بعضها ببعض بشكل قضبان يمكن تحويلها الى أسلاك دقيقة .

وتعمل هذه الاسلاك بتسخين القضبان المعدنية وسحبها خلال ثقوب دقيقة في صفيحة من معدن صلب فيتحول القضيب الواحد الى آخر أدق وأطول منه ، ثم يدخل هذا خلال ثقب أدق من الاول فيتحول الى سلك أدق وأطول من سابقه ، وهكذا يستمر في تحويل هذا السلك الى أشكال أدق فأدق حتى يصبح دقيقاً للغاية ، وبما أن اسلاك المصباح الكهربائي يجب أن تكون في غاية الدقة لذا يجب امرارها خلال ثقوب ضيقة في قطعة من الماس لأنه أصلب مادة نعرفها حتى الآن ، ولا يمكن لأي مادة اخرى مقاومة هذا الضغط الشديد لادخال أميال عديدة من الاسلاك خلال ثقب صغير فيها .

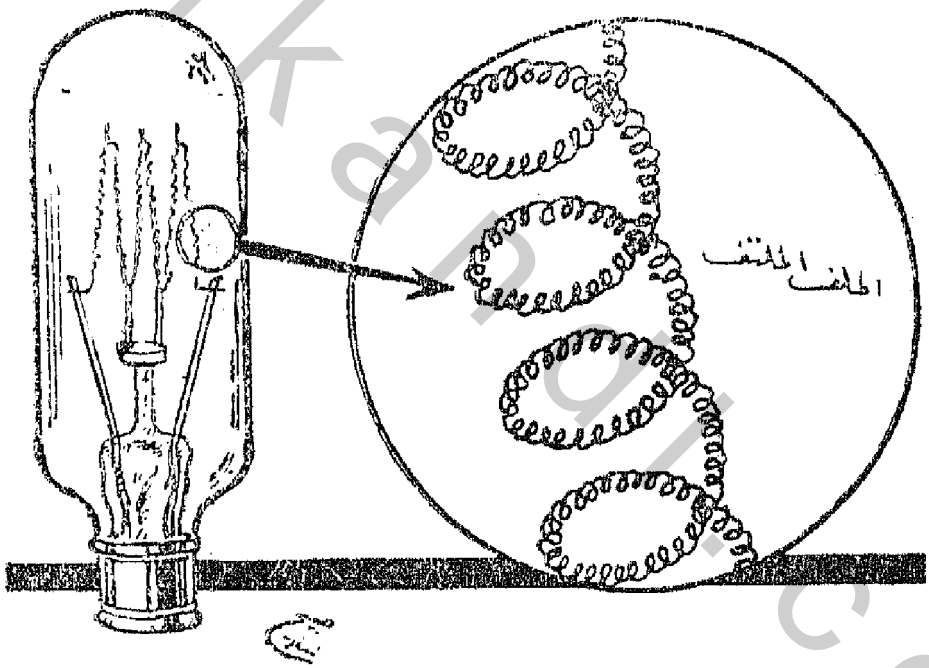
لقد فشل كولدج أول الامر ولكنه كان صبوراً ، استمر في عمله هذا أربع سنوات متواصلة حتى أمكنه الحصول على أدق سلك ممكن ، صنع منه مصباحاً كهربائياً ناجحاً .

مصابيح أخرى

جرت الخطوة الثانية لتحسين المصباح الكهربائي على يد الدكتور أرفنك لانكمير (Dr. Irving Langmuir) . لقد كان هذا يعمل لحساب شركة جنرال الكتريك ايضاً ، وقد وجد ان سلكا

غليظاً من التنكستن يشع ضياء اكثر مما يشعه السلك الدقيق إذا مرت خلاله نفس القوة الكهربائية . وحيث ان المصباح ذا السلك الغليظ يستهلك مقداراً كبيراً من التيار الكهربائي فقد فكر لانكمير في حيلة اخرى وهي استعمال السلك الدقيق بشكل حلزوني بحيث يعطي ضياء اكثر من السلك المستقيم دون ان يستهلك مقداراً اكثر من القوة الكهربائية .

وقد استخدمت هذه الحيلة مؤخراً بطريقة مضاعفة إذ أمكن لف هذا السلك الحلزوني الى شكل حلزوني ثان .



ولقد وجد لانكمير ان من الممكن زيادة قوة المصباح بادخال نوع من الغاز داخل فراغه . لقد كنا نلاحظ قبل عشرين سنة حصول انفجار عند سقوط المصباح الكهربائي على الارض وتحطمه ، وذلك لوجود فراغ داخل فجوته . والفراغ كما نعلم هو خلو فسحة معينة من الغاز . والصوت الحاصل عند انكسار المصباح هو نتيجة اندفاع الهواء الخارجي الى

الفجوة الفراغية . اما المصباح الحديث فلا ينبعث منه سوى صوت ضئيل عند انكساره لانه مملوء تقريباً بالغاز . لقد كانت الغاية من سحب الهواء سابقاً للتخلص من الاوكسجين الذي يسبب احراق الاسلاك الدقيقة ، غير أن لانكمويرادخل غازاً لا يسبب احتراقه وهذا الغاز هو اما الآزوت (Nitrogen) او الارغون (Argon) .

للحصول على الاضاءة يجب تجهيز المصباح الكهربائي بالطاقة وهذه الطاقة هي القوة الكهربائية . ولو تحولت كل الطاقة الكهربائية التي تصل المصباح الى الضياء لحصلنا على اضاءة تعادل قوتها عشرة اضعاف ما نحصل عليه فعلياً ، والسبب في ذلك هو تحول القسم الاعظم من هذه الطاقة الى الموجات تحت الحمراء الطويلة التي لا يمكن رؤيتها .

وعلى كل فما زالت جهود متواصلة تبـذل لتحسين نوع المصباح الكهربائي ، وتهدف هذه الجهود بالدرجة الاولى الى الحصول على اكثر ما يمكن من الاضاءة باقل قوة كهربائية ممكنة .

الضوء من المصابيح الباردة

عند ما ندفع دولاراً واحداً عن قيمة ما صرفناه من القوة الكهربائية نكون قد دفعنا تسعة اعشار هذا المبلغ لتدفئة الغرفة التي فيها المصباح ، والعشر الباقي فقط هو قيمة الضياء الحقيقي . ولذا فقد حاول العلماء لمدة طويلة اختراع المصباح البارد اي الذي تتحول فيه القوة الكهربائية برمتها الى ضياء . ويجب ان لا يشع هذا المصباح طبعاً الاشعة تحت الحمراء لانها اشعة حرارية لا ضوئية . ولقد شجعهم على الاقدام على هـذا العمل

ما شاهدوه من وجود بقع ضوئية في اجسام بعض الحشرات تقوم مقام المصابيح .

لقد جهزت الطبيعة كثيراً من المخلوقات الحية بمصابيح صغيرة جداً . فكثيراً ما يشاهد المرء بقعاً ضوئية تتوهج ليلا على الرمال الساحلية في بعض المناطق الاستوائية والجنوبية كما يلاحظ ايضاً في المياه الشمالية في اثناء فصل الصيف وجود بصيص ضعيف من النور حول المجاذيف التي تحرك القوارب ليلا . ومصدر هذا النور من ملايين الطفيليات اوالبكتريا التي تعيش في الماء والتي تطلق هذه الانوار معبرة عن انزعاجها من حركة المجاذيف . وتوجد ايضاً انواع كثيرة من الاسماك ينبعث منها النور ، فالاسماك التي تعيش في اعماق المحيطات حيث لا يصلها إلا أقل قدر من النور تكون مجهزة بمصابيح تنير لها طريقها ، وقد وجد ان لبعضها مصباحين اماميين ابيضي اللون وستة او سبعة مصابيح حمر خلفية منتشرة على أطرافها .

ان الذباب المنير (Firefly) هو اشهر ما نعرفه من الحشرات التي تشع النور ، فاذا ما دققنا في القسم السفلي لاحداها نجد هنالك اشعاعات ضوئية قصيرة متقطعة تحدث بتماس مادة كيماوية في بطنها مع الهواء .

ولقد استفاد العلماء من هذه الملحوظة لاحداث النور بطريقة كيميائية مشابهة كما في التجربة التالية : يصب اولا بضعة غالونات من سائل ازرق في وعاء زجاجي كبير، ثم تعتم الغرفة ويسكب سائل آخر فوق السائل الازرق يختلف عنه . فعند ما يمتزج السائلان يحدث بصيص من النور يضيء الغرفة قليلا ، وعند تغطيس اليد في السائل تغطى بطبقة من

النور الأخضر . لقد ظن كثيرون أن من الممكن الاستفادة من هذا السائل في طلاء جدران الغرف فينير الغرفة دون حاجة الى المصابيح .

إلا أن هناك نقاطاً ثلاثاً تثبت خطأ هذه الفكرة . أولاها : أن هذه المواد الكيميائية صعبة التحضير وتكلف مصاريف باهضة . وثانيها : لا تكون الغرفة مضاءة بهذا السائل بالقدر الذي نحتاجه ، بل يقتضي طلاء القسم الأعظم من سقف الغرفة لنتمكن من المطالعة . وثالثها : لا يكون الضياء مساعداً على الرؤية الصحيحة بالرغم من كل المحاولات .

لما كنا نريد رؤية الاشياء بألوانهـا الطبيعية اقتضى استعمال النور الابيض لهذه الغاية . فالنور الأخضر يرينا الاشياء البيض خضراء اللون بينما تبدو الاشياء ذات اللون الاصفر أو الاحمر أو البنفسجي بلون أخضر او اسود ، وهو منظر مكروه ولا سيما عند ما ينظر احدنا الى وجه صاحبه داخل غرفة مضاءة بنور من هذا اللون .

اننا نحتاج في بعض الاعمال الى الدقة في البصر ، ويمكن الحصول على هـذه الغاية بالضوء ذي اللون الواحد فقط خيراً من الضوء الابيض وذلك لان حافة الاشياء تبدو أوضح للرؤية فيكون ادخال الخيط في ثقب الأبرة او تصليح الساعة اسهل بالنور ذي اللون الواحد ، ويستعمل الضوء الازرق البراق في المعامل ذات الآلات الدقيقة .

انفصال الضوء من الزرات

لقد توصل العلماء حديثاً الى اكتشاف طرق للحصول على نور يفوق نور المصباح الكهربائي او النور الناتج من التفاعلات الكيميائية . وقـد

توصل علماء الطبيعة الى ذلك نتيجة لدراستهم الموجات الضوئية وكيفية حركتها وتكوينها .

فلقد وجدوا أن أي مادة في هذا العالم تتركب من ملايين الاجزاء الدقيقة ، سمّوها بالجزيئات (Molecules) . وسنجد في المستقبل أن هناك آلاف الانواع من مختلف الجزيئات وأن الاشياء كافة كالخشب والحديد والزجاج والهواء تتركب من هذه الدقائق التي تشع موجات نسميها بالضوء .

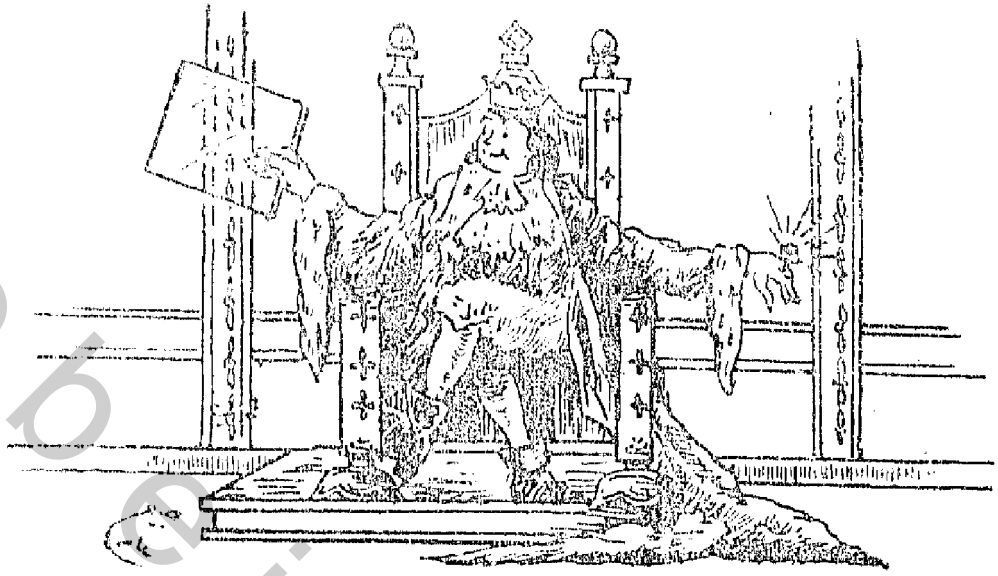
فتحدث جزيئات سلك التنكستن داخل المصباح الكهربائي نوراً عند مرور التيار الكهربائي فيها ، لان هذا التيار يرفع درجة حرارتها . ولقد وجد العلماء اليوم أن من الممكن إحداث النور بطريقة أحسن بتفريق الجزيئات بعضها عن بعض ، ومن المواد التي تكون جزيئاتها متباعدة بعضها عن بعض هي الغازات ، كالآزوت والاوكسجين والهايدروجين .

وتعطي الجزيئات عند ما تكون متماسكة - كما في الجوامد والسوائل - نوراً ذا لون واحد ، اما عند ما تكون متباعدة - كما في الغازات - فان لكل منها لوناً خاصاً من الضوء . وكما سنأتي على بحثه قريباً . يتكون كل جزيء من قسم أو قسمين آخرين يسمى كل منهما بالذرة . وللذرات قابلية اشعاع الضوء كالجزيئات . فذرات الصوديوم تشع الضوء الاصفر الخاص بها ويمكن مشاهدة هذا الضوء عند ما يغطس سلك معدني في محلول ملح الطعام المحتوي على ذرات الصوديوم ، ثم يوضع فوق لهيب مصباح الغاز . وتشع ذرات الزئبق الضوء الازرق . بينما تشع ذرات النيون (Neon) ضوءاً هو مزيج من البرتقالي والاحمر ، ويستعمل هذا للاعلان بكثرة .

يستعمل الضوء الاصفر المنبعث عن ذرات الصوديوم غالباً لتنوير الشوارع . فيوضع قليل من الصوديوم في مصباح زجاجي ثم يفرغ هذا المصباح من الهواء ، ويدخل فيه قليل من غاز النيون وعند إمرار تيار كهربائي فيه يتحول الصوديوم بالحرارة الى الغاز، اي ان ذراته تتباعد بعضها عن بعض فتشع ضياء اصفر براقاً . وتزيد قوة الاضاءة في مصباح الصوديوم عن قوة اضاءة اي مصباح آخر .

ولا يزال العلماء يحاولون التوصل للحصول على أعظم قوة للاضاءة بالمصابيح الكهربائية مع الاقتصاد التام في استهلاك هذه القوة . ولفرض تحسين المصباح الكهربائي - بالاضافة الى الحاجة الماسة الى اجهزة علمية دقيقة اخرى - علينا ان نبحث ونسعى للحصول على اجود انواع الزجاج .

obeikandl.com



الفصل الثالث

أهمية الزجاج

لو خيرت بين أن تملك رطلا (باوند) من الماس أو أن تملك رطلا من الزجاج فاذا ستختار ؟ إنك ستختار الماس بلا شك ، لان ماسة تزن رطلا لا تقل قيمتها عن مليون دولار بينما لا تزيد قيمة رطل من الزجاج عن خمس دولار . ان الناس لو خيروا بين أن يحرموا الماس أو أن يحرموا زجاج شبابيكهم والاواني الزجاجية وجميع ما يصنع من الزجاج ، أليس من الحكمة ان يفضلوا وجود الزجاج على الماس ؟ إن الزجاج في نظرنا أهم من كل الماس والياقوت وسائر ما نعرف من المجوهرات .

لم يكن في الازمان القديمة سوى نوع واحد من الزجاج ، وهو مادة خضراء سهلة التكسر ، يمكن الرؤية من خلالها . ولذا كان من الممكن

استعمالها لنفوذ النور ومنع دخول الامطار والرياح . ولكن العلماء في العصر الحديث اكتشفوا مئات الانواع من الزجاج ، ومن ذلك عمل صفائح من السكر البلوري الصافي تقوم مقام الزجاج . ولكن هذه الصفائح ليست ذات قيمة عملية اذ ما إن تسقط عليها زخة واحدة من المطر حتى تذوب في الحال . غير أن زجاجاً لا يذيبه الماء امكن الحصول عليه فيما بعد بخلط الرمل مع مواد كيميائية ، كالكلس والصودة ثم تسخين هـذا الخليط في أتون حار جداً حتى ينصهر ويتحول الى سائل صاف يصبح صلباً كالصخر إذا برد ، ولكنه يبقى صافياً شفافاً .

إن هذا النوع من الزجاج أفاد كثيراً لعمل أقداح للماء وصفائح للشبابيك ، وذلك لانه يسيل كالعسل عند صهره بالحرارة فيمكن تحويله اذ ذاك الى اي شكل كان قبل أن يصبح صلباً .

وهناك طرق عديدة لتحويل الزجاج السائل الى ما يرغب عمله من الحاجات . ومن أطرف هـذه الطرق الطريقة المسماة بنفخ الزجاج (Blowing Glass) تلك الطريقة التي يستطيع بها عامل ماهر ان ينفخ في قطعة صغيرة من الزجاج السائل فيحولها الى أي شكل شاء .

عمل زجاج للشبابيك

يمكن عمل زجاج الشبابيك بسهولة بطريقة النفخ . يأخذ العامل انبوباً طويلا من الصلب ويلتقط بأحد رأسيه قطعة من الزجاج المائع ثم ينفخ من الطرف الثاني للانبوب حتى يحصل على كرة كبيرة من الزجاج تشبه فقاعة الصابون ، ويستمر في النفخ حتى تكبر الى حد تقارب فيه ملامسة

الارض فتنقطر الى الصعود على درجات سلم كلما ازداد حجم هذه الكرة التي تتحول الى شكل منطاد مستطيل ، أضخم قطراً من الرجل البدين ، وقد يبلغ من الطول ما يعادل ارتفاع بناء ذي ثلاث طبقات .

وعند ذلك تترك لتبرد ثم يقطع رأساها بقاطع الزجاج فتبقى لدينا اسطوانة زجاجية طويلة . ثم تشرح هذه الاسطوانة بالقاطع بخط طولي من رأس الى رأس حيث تفتح فيها ثغرة على طولها وتسخن بعد ذلك بلطف تدريجياً حتى تصبح لينة بحيث يمكن فتحها وتحويلها الى صفيحة منبسطة تقسم الى صفائح صغيرة حسب الطلب . وقد يحصل في هذا النوع من الزجاج خدوش او فقاعات هوائية مما نلاحظه غالباً في الانواع الرخيصة من الزجاج .

ولقد اكتشفت طريقة أحسن لعمل صفائح الزجاج قبل بضع سنوات . يوضع قضيب حديد طويل وضعاً افقياً فوق سطح البلور الماثع في الاتون ، ثم يرفع هذا القضيب تدريجياً بسلسلتين معدنيتين مربوطتين برأسيه ، فيرتفع معه البلور المتعلق به على شكل غشاء يتصلب بسرعة كلما ارتفع القضيب ، ويتحول الى صفيحة زجاجية كبيرة . وتستعمل هذه الطريقة في الولايات المتحدة اليوم لانتاج ملايين من صفائح الزجاج سنوياً.

قد يبدو من الممكن عمل ألواح الشبابيك من الماس بدلا من الزجاج الا ان ذلك أمر أصعب مما يمكن تصوره ، اذ يحتفظ الماس ببريقه وصلابته في أي فرن اعتيادي ، اما اذا سخن الى حرارة عالية فانه يحترق احتراقاً خفياً . ولأن الماس اصلب مادة نعرفها لذا يقتضي استعمال منشار منه لأجل

نشر قطعة من الماس وتحويلها الى صفائح تشبه صفائح الزجاج . ومع ذلك فان هذه العملية شاقة جداً تستغرق بضعة اسابيع لعمل لوح واحد فقط .

عمل الانابيب الزجاجية

نحتاج الى انابيب الزجاج لعمل انابيب الكيون ذات الضوء الاحمر التي تستعمل للاعلان على واجهات المحلات التجارية ، ولعمل أنواع كثيرة من الاجهزة الكيميائية ومقاييس الحرارة وأشياء اخرى من هذا القبيل . إن اسهل طريقة لعمل انبوب زجاجي هي سحب قطعة من الزجاج السائل بسرعة حتى تصبح على شكل انبوب طويل ، ثم يقطع هذا الانبوب بعد تصلبه الى اطوال مختلفة حسب الحاجة ، ولأجل أن تكون هذه الطريقة عملية من حيث السرعة والرخص يمكن استخدام الآلات التي تستطيع انتاج عدة أطنان من الانابيب الزجاجية دفعة واحدة بدون توقف.

يوضع الفرن الذي يصهر فيه الزجاج فوق برج عال جداً حيث ينصب البلور السائل منه خلال فتحة تصنع من الحجر ، لأن المعدن يتلف بالحرارة. وينصب الزجاج من وسط قضيب في هذه الفوهة فيخرج على شكل انبوب اجوف يتصلب تدريجياً بعد تعريضه للهواء ، غير أنه يبقى ليناً حتى على مسافة مئة قدم ، ولذا يمكن حنيه ليدور حول عجلة وبهذه الصورة يكون من السهل مد هذا الانبوب الى مسافة مئات الاقدام بصورة أفقية كما أنه يتصلب اذ ذاك فيقوم عامل واحد بتقطيعه الى انابيب يبلغ طول كل منها أربعة اقدام .

نفاخ الزجاج

تعمل الأباريق والاواني والمصابيح الزجاجية بطريقة النفخ بمنتهى السهولة . ويستطيع العمال الذين مارسوا هذه العملية بضع سنوات فاكتسبوا مهارة عجيبة فيها ، أن يمسكوا قطعة صغيرة من الزجاج المنصهر على نهاية قضيب من الصلب طوله ستة أقدام ، ثم بتدوير هذا القضيب - كما يفعل الجندي الذي يسير أمام الجوق الموسيقي بعصاه - تتحول هذه الكتلة الى شكل كمثري طويل ، فيقوم العامل بالنفخ فيها آناً وبتدوير القضيب آناً آخر بمنتهى السرعة حتى يكبر حجمها . ويدير هذه الكتلة فوق منضدة من الصلب بمحرك خشبي مع استمراره في النفخ طيلة هذا الوقت ، وعندما تبدأ في التصلب يمكنه استعمال المقص لرفع الزوائد التي فيها ثم يعيد تسخينها ليحصل على الشكل المطلوب .

ولعمل مصباح كهربائي يقوم العامل بتحويل قطعة من الزجاج السائل الى شكل فقاعة زجاجية صغيرة على نهاية قضيب الحديد . ولأجل صوغ الشكل الخارجي للمصباح يوضع داخل قالب خاص يتكون من نصفين ينطبقان حول المصباح كما تنطبق الصدفتان حول القوقعة. ويكون السطح الداخلي للقالب مغطى بطبقة من مسحوق الفحم المرطب، وفي أعلاه فتحة يرتكز عليها أنبوب الحديد أثناء نفخ الزجاج ويقوم العامل في أثناء النفخ بتدوير القضيب بسرعة لكي يصقل الوجه الخارجي للزجاج بالبخار المتكون من تلامس الزجاج الساخن مع مسحوق الفحم المرطب . وتحتاج هذه العملية الى خبرة ممتازة لكي يستطيع العامل الماهر تقدير مقدار

النفخ والتدوير ليحصل على الشكل المراد عمله تماماً .

يستطيع العامل الماهر مع مساعد واحد أن ينتج من المصابيح ما يتراوح عدده بين خمس مئة مصباح وألف وخمس مئة مصباح في اليوم الواحد . وعلى الرغم من ذلك فان قطراً كالولايات المتحدة مثلاً يستهلك يومياً حوالي ثلاثة ملايين من المصابيح ، وهذا العدد الضخم يكلف غالياً لو صنعت هذه المصابيح بهذه الطريقة . ولذلك تصنع أغلب المصابيح اليوم بالآلات حيث تنتج الآلة الواحدة عشرين ضعف ما ينتجه العامل الواحد في نفس المدة ، فالآلة الواحدة تنتج ما يقارب ثمان مئة مصباح في الدقيقة الواحدة . أو ما يعادل ٢٨٠٠٠ ألف مصباح في الساعة و (٧) ملايين في الاسبوع .

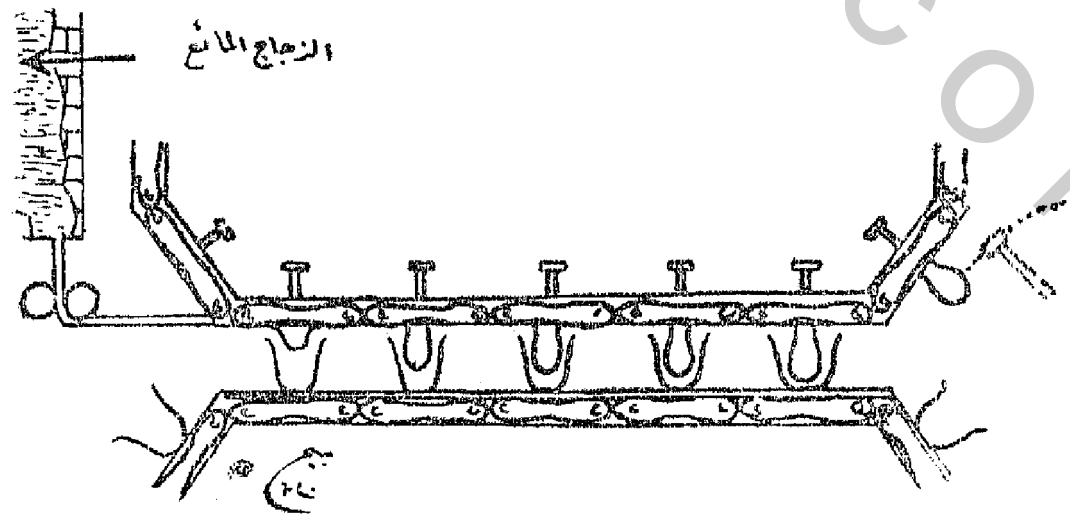
إن اختراع آلات من هذا النوع تدار بنفسها ولا تحتاج إلا الى عامل أو عاملين لمراقبتها ، لهو من أعظم الاعمال التي تمت على يد العلماء والمهندسين ، ولولا هذه الآلات لما كان بامكاننا أن نحصل على المصابيح الكهربائية بأسعارها البخسة الحاضرة ، ولكنا ندفع اضعاف هذا الثمن فنضطر الى الاقتصاد في الاضاءة .

الآلات لنفخ الزجاج

كيف نستطيع عمل آلة تقوم بنفخ الزجاج من تلقاء نفسها ؟ هذا ما كان يدور في خلد العلماء وما توصلوا الى اكتشافه نتيجة لدراستهم الدقيقة لخواص الزجاج السائل . لقد كانت الفكرة الاولى تهيئة آلة تتحرك تشابه تماماً حركات العامل عندما يقوم بنفخ الزجاج ، ولكن ثبت عدم إمكان

تطبيق هذه الفكرة عملياً . أما الطريقة الحديثة فتعتمد على دراسة طبيعة الزجاج المائع بحيث يمكن تحويل ملء ملعقة شاي أو ملء سطل كبير منه الى مصباح أو قنينة أو أي شيء آخر .

من الممتع حقاً مراقبة مثل هذه الآلة في أثناء عملها . يسيل الزجاج المائع من الاتون حيث يدخل بين اسطوانتين (Rollers) تبردانه فتصبح لدونته كالجبن ، يتحول الى شكل شريط مسطح يمتد فوق سلسلة من الحديد متحركة كما لو كان شريطاً اعتيادياً من الجلد . وعند خروج الشريط من بين هاتين الاسطوانتين تتكون فيه انتفاخات على مسافة كل بضعة انجات، وتدخل هذه الانتفاخات خلال ثقوب في السلسلة ، وإذ ذاك يندفع هواء مضغوط من خراطيم هوائية خاصة فوق كل من هذه الانتفاخات فيدفعها الى قالب تحتها يكون بشكل المصباح ويستمر في حركته مع سلسلة الحديد. وعندما تصل هذه القوالب الى موقع معين تدفعها مطرقة صغيرة فتفصلها عن السلسلة ، وتقطع هذه المطرقة أربعة عشر قالباً في الثانية ، وهي سرعة فائقة لا تستطيع العين أن تتابعها .



إن آلة كهذه تنتج من المصابيح ما ينتجه ألف وخمس مئة عامل يعملون معاً . فعندما نراقب العامل الذي ينفخ الزجاج نعجب من قدرته على السيطرة على الزجاج ومهارته في تحويله الى الشكل الذي يريده. أما عندما نراقب الآلة في أثناء عملها فنعجب كيف تحول قطعة صغيرة من الزجاج المائع الى أي شكل يطلب . وما أمكن ايجاد مثل هذه الآلات إلا بفضل الدراسة الدقيقة للزجاج وخواصه .

بيوت من الزجاج للسكنى

يصنع الطابوق الاعتيادي من الطين الذي يحرق في الاتون حتى يكتسب صلابة كافية . ويمكن أن تقوم قطع مماثلة من الزجاج مقام الطابوق للبناء وتلون عادة باللون الاخضر الغامق أو الاحمر لكي لا يمكن الرؤية منها .

لقد قيل فيما مضى « من كان بيته من زجاج فلا يرم بيوت الناس بالحجر » ، ولكن بالرغم من أن في رمي الحجارة شيئاً من الخطر ، فان من الممكن رمي الدار المصنوعة من الطابق الزجاجي كما ترمي الدار المصنوعة من الطابوق الاعتيادي . وتكون هذه الدور مريحة أكثر من الدور الاعتيادية ، لأن الحرارة تتسرب من الزجاج ببطء ، ولذا تكون أدفأ وأبرد صيفاً من الدور الاخرى .

وهنالك أسباب عديدة أخرى تشجعنا على استعمال الزجاج لكل ما نحتاجه في حياتنا اليومية ، فنصنع الاقداح والقناني وما اشبه من الزجاج لا لأننا نرغب أن ننظر الى ما فيها من محتويات فحسب بل لأن للزجاج سطحاً أملس صلباً يمكن غسله وتنظيفه بسهولة . وتصنع العازلات

(Insulators) التي تثبت بها الاسلاك الى الاعمدة التلغرافية غالباً من الزجاج لأن من الصعب جداً تسرب الكهرباء فيه .

ويجري اليوم اختراع أنواع عديدة من الزجاج لعمل مقلاة زجاجية أو قماش من الزجاج أو ألواح زجاجية مرنة تستعمل في المسابح للقفز من فوقها بدلاً من الالواح الخشبية الى آخره . .

وما دامت هنالك مئات من الأدوات يمكن عملها من الزجاج فلا عجب أن تستهلك الولايات المتحدة وحدها ملايين الاطنان منه في كل سنة .

القصارة الزجاجية

لقد تعود الناس منذ مدة طويلة على استعمال الزجاج لأواني شرب الماء والحليب ، ولكنهم أدركوا مؤخراً أن من الممكن استعماله لأواني الطبخ ايضاً . إذا وضعت قدحاً اعتيادياً من الزجاج فوق المدفأة يتكسر فور ملامسة قعره لسطح المدفأة الساخن ، لأن الزجاج يتمدد بالحرارة ، فعندما يوضع القدح فوق المدفأة يتمدد قعره بينما لا يتأثر القسم الآخر ، وهكذا يتكسر نتيجة لاختلاف التمدد . فلأجل صنع أواني زجاجية للطبخ والقلي يقتضي ايجاد نوع من الزجاج لا يتمدد كثيراً عند تسخينه .

كانت المشكلة الكبرى لدى مراقبي سير القطارات فيما يخص زجاج مصابيحهم ، أن هذا الزجاج يتحطم عند سقوط الامطار عليه ، فتشبثوا لدى شركات الزجاج لأيجاد نوع آخر لا يتمدد بمجرد تسخينه أو تبريده فجأة .

لقد أدرك العلماء أن سبب تصدع الزجاج هو تقلصه فجأة عند هبوط قطرات الماء البارد عليه ، فعملوا لايجاد زجاج لا يتقلص أو يتمدد عند تبريده أو تسخينه . وقد قاموا خلال سبع سنوات متواصلة بمزج أنواع متعددة من المواد الكيميائية مع الرمل فاكتشفوا بذلك عشرات الانواع من الزجاج ، ومن هذه المواد البوركس (Borax) إلا أن هذه المادة تذوب في الماء فلم تصلح لعمل زجاج المصابيح .

وبعد جهد سنوات عديدة أخرى تمكنوا من الحصول على زجاج لا تزيد نسبة تقلصه عن ١/٩ من تقلص الزجاج الاعتيادى . ومن هذا الزجاج أمكن عمل أوانٍ توضع في الفرن رأساً دون أن تنكسر . وقد سمي هذا النوع من الزجاج (Pyrex) وهو يستعمل اليوم في أنحاء العالم كافة. ورغم إمكان وضع هذا الزجاج في الفرن رأساً إلا أنه لا يمكن الاستفادة منه لعمل ابريق الشاي أو المقلاة وغيرها من الاوانى التي توضع فوق لهيب النار مباشرة . ثم توصل بعض العلماء الى الحصول على نوع من الزجاج لا يتمدد بالحرارة إلا بدرجة ضئيلة جداً بحيث لا ينكسر عند وضعه فوق اللهيب مباشرة . وهكذا أمكن عمل مقلاة من زجاج وهي تفوق النوع المعدني حيث لا يحترق الطعام فيها بسرعة لأن الحرارة تتوزع في الزجاج بصورة متساوية في كل أقسامه ، وهي بالاضافة الى ذلك سهلة التنظيف .

ومن الغرابة أن هذا النوع من الزجاج صار من أصلح الانواع لعمل مرايا التلسكوبات

تحويل الزجاج الى خيوط

لقد تعودنا أن نرى الزجاج بشكل صفائح أو كتل ، ولكن من الممكن أيضاً الحصول على الزجاج بشكل خيوط . فيمكن عمل ليف من الزجاج بتغطيس نهاية قضيب من الصلب في الزجاج المائع ثم سحبه بسرعة فيتعلق به الزجاج على شكل ليف دقيق . ولو وصلت نهاية هذا الليف بعجلة تدور بسرعة لأمكن الحصول على خيط طويل يلتف حول العجلة.

ويمكن ايضاً عمل خيوط زجاجية قصيرة بطريقة النفخ فوق سطح الزجاج بنافورات هوائية وشرارات كهربائية ، فتتناثر الالياف من سطح الزجاج بسرعة تزيد عن تسع مئة ميل في الساعة، أي ضعف سرعة أسرع طائرة في العالم . ولا يتجاوز قطر الليف الواحد عن عشر قطر شعرة الانسان . ويصنع في الولايات المتحدة من هذه الخيوط اسبوعياً ما يعادل طوله المسافة بين الارض والشمس (٩٣ مليون ميل) . وينتج المصنع الواحد ما يعادل سبعين ميلاً من هذه الخيوط في الثانية .

وعند جمع هذه الالياف بعضها مع بعض تكتسب ليونة كالقطن ولهذا تسمى أيضاً الصوف الزجاجي (Glass Wool) وتستعمل هذه المادة لحشو جوانب المبردات وداخل جدران البيوت وحول أحواض الماء الساخن ، وذلك لعدم تسرب الحرارة منها إذ تكون عازلا .

ويمكن برم هذه الألياف الى خيوط ونسج هذه الألياف قماشاً براقاً لطيف المنظر. غير أنه لا يصلح للبس فوق الجلد مباشرة ، لأن أليافه سهلة التكسر فتخدش الجسم .

وتصنع من قماش الزجاج ألبسة تشبه الحرير. وبالنظر الى عدم احتراقه يكون سالماً من هذه الناحية .

فوائد مهمة للزجاج

لو لم يكن الزجاج سهل الكسر لكان من اصلب المواد في العالم وتبلغ سهولة كسر الزجاج حداً بحيث ان مجرد تحريك مبرد فوق قضيب منه ثم ضربه ضربا خفيفاً يفصله الى قطعتين . ومع هذا فالزجاج يقاوم الاثقال مهما بلغت بحيث ان قطعة من الزجاج بحجم المحبرة لها من القوة ما يكفي لحمل سيارة كبيرة محملة .

وتقاوم زجاجة سمكها انج واحد طلقة مدفع . ويكون زجاج السيارات قوياً جداً إذ يصنع من صفيحتين زجاجيتين ملصقتين ببعضهما بمادة بلاستيكية . وهذه المادة بحد ذاتها ليست قوية ولكنها قاسية بحيث إذا كسرت صفيحة من زجاج السيارة تبقى قطعها متماسكة بوساطتها .

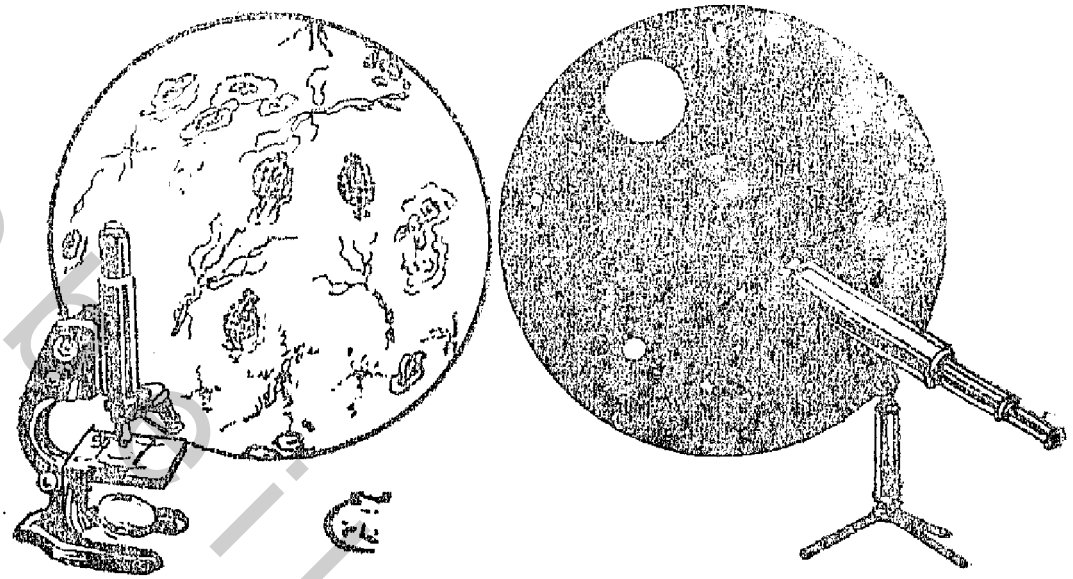
ولا يزال العلماء يحاولون ايجاد نوع من الزجاج يجمع بين المرونة والمطاطية من جهة والصلابة والمقاومة من جهة اخرى . وقد يأتي يوم يتوصلون فيه الى ذلك .

إن هناك مساع كبيرة تبذل لاكتشاف انواع كثيرة من الزجاج وذلك بالعمل على مزج انواع مختلفة من المواد الكيميائية للحصول على أشكال متنوعة من الزجاج، واختبار كل من هذه الاشكال، وما يمكن ان يصنع منها . وعند ما يمكن انتاج الزجاج بتكاليف رخيصة جداً سيكون

في استطاعتنا استعماله في مختلف الاغراض ومنها عمل الطابوق والقرميد الزجاجي لبناء دور صحية جميلة . ويصلح القرميد الزجاجي للحمامات بصورة خاصة لسهولة تنظيفه . وعند مزج الذهب بالزجاج المائع يكتسب لوناً احمر . اما ما يستعمل من الزجاج الاحمر في المحلات التجارية فهو من النوع الرخيص الذي يصنع بمزج مادة تسمى (Selenium) السلنيوم مع الزجاج المائع . ويصنع الزجاج الاصفر بمزج الكبريت او الفضة مع الزجاج المائع . ويصنع الزجاج الازرق بمزج مادة تسمى الكوبالت (Cobalt) مع الزجاج المائع .

وسنبحث في الفصل القادم كيفية الرؤية بالزجاج . فيحتاج الفلكيون الى العدسات والمرايا من اجود انواع الزجاج لتركيب التلسكوب ، ويحتاج الاطباء الى المكرسكوب . ويجب ان نعلم ان مقياس الحرارة الذي يستعمله الاطباء يحتوي على خمسة انواع مختلفة من الزجاج .

لم يكن العالم ليحصل على هذا التقدم في المضمار العلمي لولا وجود الزجاج . وكلما تقدمت صناعته صار في امكاننا استعماله لأغراض جديدة أخرى .



الفصل الرابع

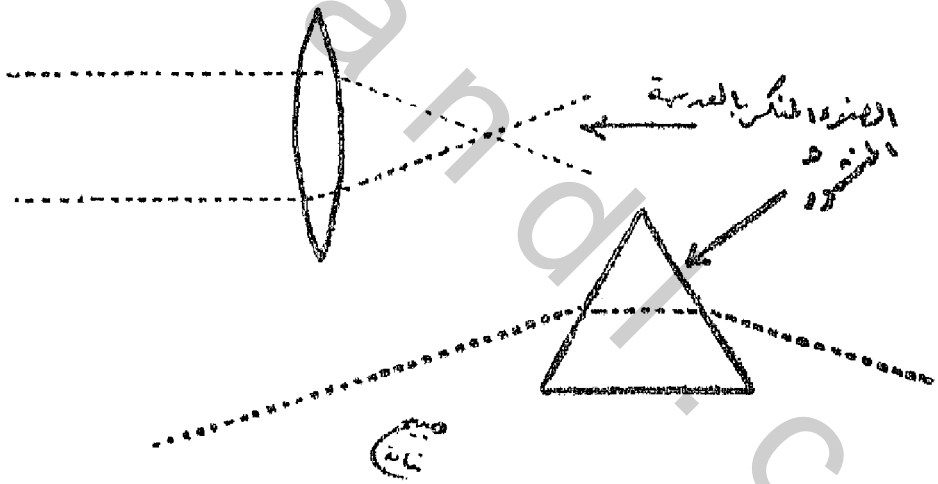
العربات ترينا هوالم أخرى

إن متعة النظر من خلال الزجاج تفوق متعة استعماله في الاغراض الاخرى كافة . فاذا وضعنا أمام أعيننا قطعاً من زجاج مصنوع بطرق خاصة ، وبأشكال معينة ، تمكنا من رؤية دقائق صغيرة لا نستطيع رؤيتها بالعين المجردة ، إما لأنها غير واضحة ، أو لأنها تقع على مسافات بعيدة منا.

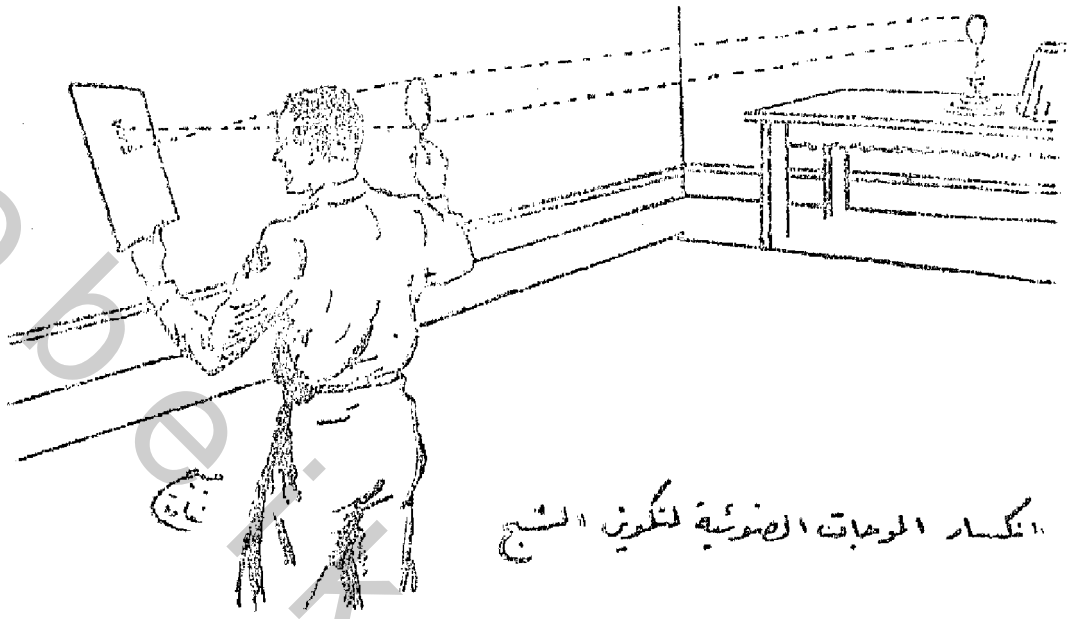
أنظر الى السماء في ليلة مظلمة صافية ، فقد يبدو لك أن هنالك ملايين النجوم . ولكن لو أحصيت ما يمكنك أن تراه منها بعينك المجردة لما تجاوز عددها ثلاثة آلاف ، بينما إذا نظرت الى السماء من خلال المنظار (التيلسكوب)، وهو انبوب يحتوي على قطع زجاجية تعرف بالعدسات ، فانك سوف ترى أضعاف ما تراه بعينك المجردة مئات المرات . ومعنى

كلمة التيلسكوب « الابصار البعيد » . فلماذا نستطيع بهذه المدسات أن نرى كواكب لم يكن في استطاعتنا رؤيتها بالعين المجردة ؟

يساعد الزجاج على رؤية الاشياء بصورة أوضح لأنه يحد من سرعة الموجات الضوئية التي تمر فيه ، وبهذا ينحرف اتجاهها عند مرورها منه . وعندما لا يكون السطح الزجاجي الذي تدخل منه الموجات الضوئية متوازياً مع السطح الذي تخرج منه. تنحرف هذه الموجات عند خروجها عن اتجاهها عند دخوله . والمنشور الزجاجي هو من هذا النوع لأن سطحيه غير متوازيين بحيث أن الشعاع الضوئي الذي يدخله يغير اتجاهه حتماً عند خروجه .



والعدسة هي قطعة من الزجاج منحنية الطرفين بحيث تنحرف الحزم الضوئية التي تقع عليها، فتتجه عند خروجها منها اتجاهات مختلفة. وتجتمع بعد خروجها مكونة شبحاً أو صورة للجسم الذي صدرت منه ، فتبدو عندما تصل الى أعيننا كأنها آتية من الصورة لا من الجسم . فالعدسة تقوم بتركيز الموجات الضوئية في البؤرة (Focus) مكونة ما يسمى بالشبح (Image) .



انكسار الموجات الضوئية لتكوين الشبح

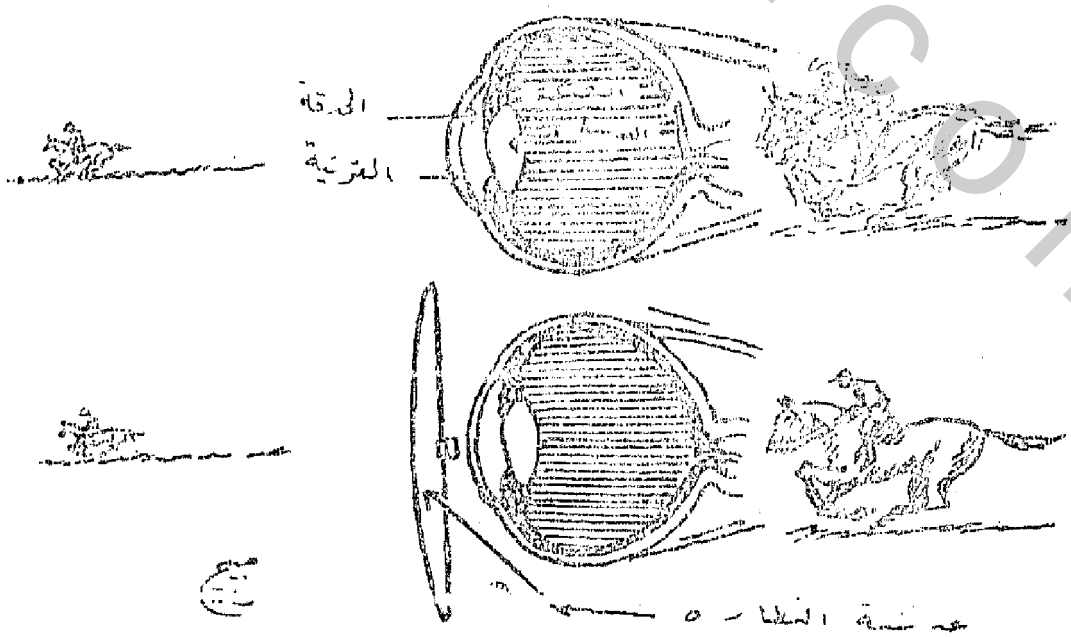
والزجاجة المكبرة هي أبسط أنواع العدسات . فمن الممكن القيام بتجربة جمع الموجات الضوئية في البؤرة بالعدسة ، وذلك باستعمال المكبرة في غرفة مظلمة لا يدخلها النور إلا من ثقب واحد في أحد أطرافها . فيقف شخص قرب نهاية الغرفة مواجهاً الضياء وماسكاً العدسة باحدى يديه، وورقة بيضاء باليد الاخرى مقابلة للجهة الثانية من العدسة. فتتكون على الورقة بقعة مضيئة مستديرة الشكل ، وعند تثبيت العدسة وإبعاد الورقة عنها تدريجياً تصغر البقعة الضوئية المتكونة فوقها . ولكنها تزداد وضوحاً بنتيجة تجمع الموجات الضوئية في نسحة صغيرة. والبقعة الضوئية هذه ما هي إلا شبح الضوء الواقع فوق العدسة .

وآلة التصوير (Camera) هي عبارة عن صندوق مظلم صغير يدخله الضوء من زجاجة بحيث يتجمع ثانية في البؤرة ليكون شبحاً للأشياء ، ويسقط هذا الشبح فوق الفلم (أي الشريط الفوتوغرافي) حيث تلتقط صورته عليه . كما سنأتي الى تفصيله .

العدسات التي في أعيننا

تشبه العين في تركيبها آلة تصوير صغيرة ، فهي تحتوي على عدسة ولكن ليس من الزجاج بل من سائل صاف داخل غشاء شفاف عدسي الشكل . وعوضاً عن احتوائها على الورقة البيضاء التي ذكرناها في التجربة السابقة ، أو الفلم الفوتغرافي لآلة التصوير ، تحتوي العين في مؤخرتها على طبقة حساسة تسمى الطبقة الشبكية (Retina) . فعندما يسقط الضوء على هذه الطبقة يرينا أشباح المرئيات التي صدر عنها .

وقد تكون العدسات في عيون بعض الاشخاص مختلفة عن الشكل الطبيعي ، فلا تركز الضوء بصورة صحيحة . وحتى العدسات ذات الشكل الطبيعي قد يتبدل شكلها عند المطالعة على ضوء ضعيف ، أو عندما يقرأ الشخص وهو مضطجع على ظهره . وفي الاحوال التي لا تكون فيها عدسة العين صحيحة الشكل يقتضي وضع عدسات إضافية تسمى العوينات أو النظارات .



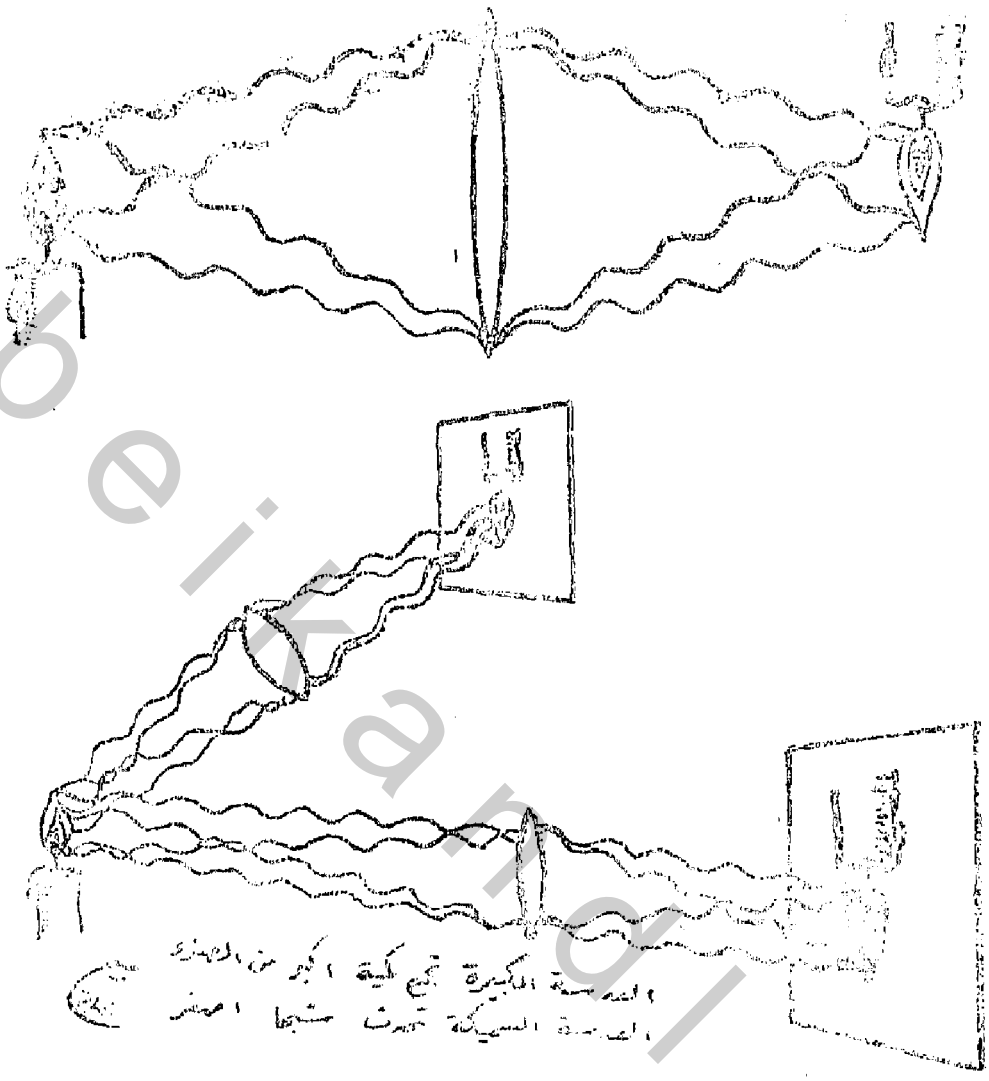
وهذه العدسات الاضافية ليست مصنوعة لتركيز الضياء من تلقاء نفسها، ولكنها قد عملت بشكل بحيث إذا مر الضوء خلالها ثم اتجه نحو عدسة العين يكون إنكساره بعد خروجه من هذه الأخيرة صحيحاً فيحدث شبحاً واضحاً للمرئيات فوق شبكية العين . وقد تختلف عدسة العين اليمنى لشخص ما عن عدسة العين اليسرى، فيحتاج مثل هذا الشخص الى عدسة زجاجية خاصة لكل عين من عينيه .

وقد لا يتمكن ذو البصر القصير من رؤية الاشياء واضحة على مسافة تزيد عن ثلاثة أقدام ، فقد يرى الاشجار والبيوت والاشخاص مشوهة غير واضحة عندما تكون بعيدة عنه ، ولكنه يراها واضحة عند وضع النظارات المناسبة أمام عينيه ، بسبب إنكسار الأشعة الضوئية بصورة صحيحة تعينه على تمييز هذه الأشياء .

يتوقف حجم الصورة التي تحدثها العدسة على المسافة بينها وبين موقع تلك الصورة ، فالعدسة ذات التحدب الكبير تكوّن صورة صغيرة قريبة منها ، أما العدسة القليلة التحدب فتحدث صورة أكبر على مسافة أبعد . والأصح أن العدسات الكبيرة لا تكوّن صوراً كبيرة بل صوراً واضحة نظراً لقدرتها على جمع كمية كبيرة من الضوء .

يمكن إرسال الحزمة الضوئية الواحدة من خلال عدة عدسات على التعاقب ، فتكبر الصورة التي تحدثها العدسة الاولى بالعدسة الثانية وتكبر هذه الصورة بالعدسة الثالثة ، وهكذا حتى يمكن الحصول على أعلى درجة من التكبير لتلك الصورة . إن النظارات والتلسكوبات هي عبارة عن أنابيب داخلها عدة عدسات تعمل بموجب هذه النظرية .

obeikandl.com



كيف تصنع العدسات ؟

ينبغي أن يكون الزجاج الذي تصنع منه العدسات من النوع الصافي النقي حتى يتمكن الضوء من أن ينفذ منه بسهولة. وأن يكون الرمل الذي يعمل منه هذا الزجاج خالياً من الحديد والنحاس وغيرهما من المواد التي تسبب تلون الزجاج ، لأنه يمتص عند تلونه قسماً مما ينفذ فيه من الموجات الضوئية .

ولقد وجد في أحد المعامل - بعد اخراج الزجاج المصهور منه - أن هذا الزجاج لم يكن أبيض كالمعتاد بل كان أخضر اللون. وعند تحري السبب في هذه الظاهرة وجد أن أحد العمال كان قد أهمل رفع كرة صغيرة من الصلب كانت موجودة مع الرمل عند وضعه في الأتون ، فسببت هذا التغيير في لون الزجاج . ولا يسمح اليوم لعمال الرمل في معامل العدسات استعمال مجارف الحديد، بل المجارف الخشبية إذ أن احتكاك الرمل بالمجرفة الحديدية يسبب تآكل قسم من حديدها فيكوّن اللون الاخضر عند امتزاجه بالرمل .

من الممتع حقاً مشاهدة عملية صنع العدسات . تُحضر - أولا - قطعة من الزجاج الصافي ثم تضغط في القالب للحصول على الشكل المطلوب ، وتسمى هذه بالعدسة غير المصقولة (Lens Blank) ثم تلصق هذه العدسات بالزفت الأسود ، واحدة بجانب الاخرى ، على صفيحة معدنية منحنية ، وبعد أن يتصلب الزفت تكون قد تماسكت هذه العدسات به فتفرك حينئذ بصفيحة حديد منحنية مغطاة من الداخل بطبقة مرطبة من مسحوق الكاربوراندوم (Carborundum) ومادة الكاربوراندوم تشبه نوعاً من الرمل ولكنها أقوى منه ، إذ تستطيع إزالة كل النتوءات الزجاجية التي فوق سطح العدسات ، وتساعدها على أخذ الشكل المطلوب . ثم تفرك العدسات بعد ذلك بقطعة مغطاة بنوع من مسحوق أحمر خاص لازالة النتوآت الدقيقة والخدوش الصغيرة لكي تصير ملساء صافية تماماً .

ثم يذاب الزفت وتقلب العدسات وتجرى نفس العمليه على الوجوه

الثانية منها . فتصبح عدسات كاملة جاهزة .

فتشاهد وأنت في أحد هذه المعامل صفوفاً طويلة من مئات العدسات تتأرجح متتابعة بانتظام تحت الصفيحة المعدنية التي تصقلها كما تتأرجح الراقصات فوق المسرح .

التلسكوب لمشاهدة النجوم

الى أي مسافة يا ترى يستطيع الشخص أن يرى ؟ ذلك ما يتوقف على قوة اضاءة الجسم الذي يتطلع اليه . فضوء الشمعة يمكن أن يرى على بعد أميال عديدة في ليلة صافية . والشمس التي تبعد عنا ثلاثة وتسعين مليوناً من الأميال لا نستطيع أن نتطلع اليها ، لما يحدثه نورها من أذى لعيوننا رغم هذا البعد الهائل . إن أغلب النجوم التي نراها تتلألأ في السماء تبعد عنا آلاف ملايين الاميال ، ومع هذا فاننا نستطيع رؤيتها . وذلك مما يبعث على الاعتقاد بصحة كون الموجات الضوئية تسير في الفضاء الى أي مسافة كانت . وكل ما تفعله عيوننا لرؤية شيء ما هو أن تجمع كمية كافية من الموجات الضوئية في عدساتها لكي تؤثر في الطبقات الشبكية فيها .

وقد يثار سؤال مهم وهو : كيف يمكن أن تكون هنالك موجات إذا كانت هذه الفسحة بين عالمنا وبين النجوم خالية ؟ فاننا نعلم مثلاً أننا لا نجد موجات مائية لو لم يكن هنالك ماء . وقد صوّر العلماء الموجات الضوئية فهي إذاً موجودة بالفعل . فما الذي يتموج عندما تسير في فضاء خال إذن ؟ والجواب مجهول حتى الآن . فعندما نقول إن فسحة ما

خالية نعني أن لا هواء فيها ولا أرض ولا ماء ولا أي شيء مما ندعوه بالمادة . وحتى يتسنى لنا التوصل الى معلومات أوفى عن الموضوع فسنظل قائمين بان هذه الفسحة الخالية تتكون مما نسميه « الأثير » (Ether) ، ولا نعني به مادة الأثير المخدرة التي يستعملها الأطباء . وكل ما نعرفه عن هذا الاثير أنه هو الذي يحمل الينا الموجات الضوئية .

وعلى الرغم من السرعة الهائلة التي تسير بها الموجات الضوئية ، تلك السرعة التي تبلغ ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية فانها تستغرق حوالي ثمان دقائق لكي يصل الينا من الشمس كما سبق أن ذكرنا . فلو فرضنا أن الشمس انطفأت في هذه اللحظة فأننا سنستمر في رؤيتها لمدة ثماني دقائق أخرى . ونشاهد أحياناً انفجار بعض النجوم ، وقد يحدث هذا الانفجار في نجوم تبعد عنا مسافات هائلة بحيث يحتاج ضياؤها آلاف السنين للوصول الينا . ولا بد أن تدهش عندما تعلم أن الفلكي حين يرى من خلال منظاره نجماً ينفجر فانه بالحقيقة ينظر الى أمر قد حدث قبل أن يولد هو بآلاف السنين .

يهتم الفلكيون بصورة خاصة بالنجوم ذات المسافات البعيدة جداً ، التي لا تشع ضياء كثيراً . ولأن الحاجة تقضي باستعمال عدسات كبيرة لجمع ضياء كاف لتكوين صورة واضحة للنجم المراد رصده ، احتوت التلسكوبات على أكبر عدسات في العالم . ويبلغ ثمن بعض العدسات ثلاثة أقدام وتبلغ من الحجم بحيث لا يستطيع الرجل الواحد حمل واحدة منها .

وتعمل أكبر عدسات التلسكوب بشكل تستطيع فيه جمع أكثر مايمكن

من الضوء لتحدث صورة واضحة للنجم . وتأتي بعدها عدسة أخرى أصغر منها تقوم بتكبير الصورة الاولى بحيث يمكن التقاطها بآلة التصوير.

إن النجوم هي بالحقيقة شموس كبيرة ، بعضها أكبر من شمسنا ، ولكنها تظهر كبقع صغيرة ، لأنها تبعد عنا مسافات لا يتصورها العقل .

اكبر التلسكوبات في العالم

توجد أكبر عدسة في العالم في تلسكوب مرصد يركس في وسكونسن (Yerkes Observatory, Wisconsin) حيث يبلغ قطرها اربعين انجا . فالقمر الذي يبعد عنا اكثر من مئتي الف ميل نراه وكأنه يبعد عنا مئة ميل فقط عند ما ننظر اليه من هذا التلسكوب . وهناك تلسكوبات أخرى أعظم من هذا غير أنها لا تحتوي على العدسات بل تستعمل فيها مرايا كبيرة تقوم بجمع الضوء بدلا من العدسات .

فالمرآة المنحنية تقوم بنفس عمل العدسة . ولم يتمكن أحد حتى الآن أن يصنع عدسة يزيد قطرها عن أربعة اقدام لتعذر الحصول على قطعة بهذا الحجم من زجاج صاف يصلح لهذا الغرض . كما أن عمل المرآة لا يتطلب الزجاج الصافي بهذه الدرجة ، لأن الأشعة الضوئية تنعكس منها ولا تنفذ فيها كما في العدسة . فاذا صقلت قطعة من الزجاج ، أحد وجهيها منحن ، ثم طليت هذه الزجاجة بالفضة لكي تعكس الضياء ، فان الأشعة الساقطة عليها تعكس وتجمع لتكون صورة للمرئي . ويستعمل الزجاج لمرآة التلسكوب لانه صلب وسهل الكسر وقابل للانحناء حسب الشكل المطلوب ، وقابل للصقل بصورة جيدة . ولهذا السبب تستعمل المرآة بدلا

من المدسة في اكبر تلسكوبات العـــالم .

كان اكبر تلسكوب في العـــالم يحتوي على مرآة قطرها خمسة أقدام فقط . وبعد أن حاول الفلكيون عمل مرآة أكبر ليستطيعوا الرؤية بها الى مسافات أبعد ، توصلوا الى عمل مرآة يزيد قطرها على ثمانية اقدام في التلسكوب المسمى « التلسكوب ذو المئة انج » وهو موجود فوق قمة جبل ولسن في جنوب كالفورنيا .

يتضح مما سبق أن الفلكيين يستطيعون رؤية كواكب أبعد كلما توصلوا الى عمل تلسكوب أكبر . ولذا فانهم دائبون للحصول على تلسكوب أعظم من هذا ، إذ يجري العمل الآن لصنع تلسكوب يبلغ قطر مرآته اكثر من ستة عشر قدما . وسيوضع هـذا التلسكوب فوق قمة جبل بالومار في جنوب كالفورنيا أيضاً .

وسيكون الذي ينظر من خلال هذا التلسكوب كأنه قد وضع امام عينيه نظارة تزن عشرين طناً . وسيمكن رؤية ضوء ضئيل من شمعة اعتيادية على مسافة أربعين ألف ميل . وستستعمل آلة التصوير بالطبع لتصوير الكواكب التي يرصدها هذا التلسكوب .

ويحتاج عمل مرآة هذا التلسكوب الى سنوات عديدة متواصلة في عمل دقيق شاق . إذ اقتضى اول الامر عمل زجاجة كبيرة يزيد ثخنها عن القدمين وقطرها عن سبعة عشر قدما . وقد قامت شركة كورننك للزجاج (Corning Glass Works) بعمل هذه الزجاجة واحتاج الأمر الى بناء قطار خاص لنقلها من مقر الشركة في نيويورك الى كالفورنيا .

ولا يمكن عمل هذه المرآة الضخمة من الزجاج الاعتيادي بل يجب

ان تعمل من ذلك الزجاج الذي بحثنا عنه ، أي النوع الذي لا يتمدد بالحرارة . وعلى الرغم من سعة سطح هذه المرآة يجب أن يكون مضبوطاً الى حد الجزء الواحد من المليون جزء من الانج ، لكي يكوّن صورة في مركزها البؤري تبلغ من الوضوح منتهاه . ولعدم وجود فاصل بين المرآة وبين الفضاء ، تكون معرضة للبرودة شتاء وللحرارة صيفاً ، ولذا كان الزجاج الاعتيادي الذي يتمدد في الحرارة ويتقلص بالبرودة غير صالح لعمل هذه المرآة ، إذ تكون عرضة للتبدل الدائم فلا تحدث صوراً مضبوطة . أما الزجاج الحديث الخاص فلا يتمدد أو يتقلص إلا بدرجة ضئيلة جداً ، ولذا كان من المناسب استعماله في تركيب هذا التلسكوب الضخم ، فاذا ما اكمل تشييد هذا التلسكوب ذي المئتي انج فسيتمكن الفلكيون من الرؤية الى مسافة ملايين الملايين من الاميال فوق ما توصلوا اليه لحد الآن ، وبذا سيكون في مقدورهم تصوير ملايين النجوم التي لا يرونها بالتلسكوب الموجود في الوقت الحاضر .

التحديق في قطرة من ماء

نتمكن أن نرى أجساماً صغيرة لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة باستعمال عدستين سميكتين . توضع هاتان العدستان في انبوب بشكل تكبران فيه صورة اي جسم يقع تحتهما . ويسمى هذا الجهاز بالمكروسكوب (Microscope) او المجهر .

يكبر المجهر حجم أي جسم صغير الى بضعة آلاف من المرات . فعند وضع قطرة من الماء على صفيحة زجاجية صغيرة وتثبيت هذه الزجاجة

فوق مسند خاص تحت عدسة المجهر السفلي ، لن نرى قطرة الماء عند ما ننظر من خلال العدسة العليا ، بل سنجد أنواعاً من المخلوقات الصغيرة التي تعوم في تلك القطرة ، وهذه الدقائق لا يمكن رؤيتها الا بالمجهر .

ويستعمل الاطباء المجهر غالباً لفحص قطرة من دم مرضاهم لكشف ما فيها من جراثيم . وبعض هذه الجراثيم تبلغ من الدقة بحيث لا يمكن رؤيتها حتى بالمجهر . ولكن هناك عدداً منها يستطيع الطبيب اكتشافه بمجهره ، كما يمكنه التميز فيما إذا كانت الجراثيم التي أمامه هي التي تسبب مرض التيفوئيد أو ذات الرئة أو أي مرض آخر .

أما العالم فيستعمل المجهر للنظر في بعض الدقائق التي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة بحيث يتمنى أن يحصل على مجهر يكبر الاشياء حتى الى اكثر من ألفي مرة . والمكرسكوبات الحاضرة قوة من التكبير بحيث انها تساعدنا على رؤية ما لا يمكن رؤيته بالعين المجردة بتاتاً .

أما أن نحصل في المستقبل على مجهر له قوة تكبير تفوق ما للمجهر الحالي من قوة ، فقد يكون ذلك ممكنا ، إلا أننا لا نتمكن من رؤية الأجسام التي لا نستطيع رؤيتها بالمجهر الحالي لأن هذه الأجسام أقل حجما من الموجات الضوئية نفسها .

عند ما ندير الاسطوانة على المحاكي ترتكز الابرة فوق حفرة الاسطوانة ، وهكذا نحصل على الصوت ، ولو كانت أصابعنا بدقة تلك الابرة لامكننا إحداث الصوت بوضع إحداها داخل حفر الاسطوانة بدلا من الابرة . ولكن لما كانت أصابعنا كبيرة استحال إجراء هذه العملية . وينطبق هذا المثال تماماً على الموجات الضوئية فبالرغم من انها

قصيرة جداً إلا أن بعض الأجسام الدقيقة أقل حجماً منها بكثير . فقد لا يزيد حجم إحداها عن جزء من مئة ألف من الانج ، أي ما يعادل نصف طول الموجة الضوئية تقريباً ، وعلى هذا لا يمكن للموجات الضوئية نقل صورة لهذه الدقائق .

فلأجل رؤية هذه الجسيمات الدقيقة يجب استعمال موجات ضوئية أقصر من الموجات الضوئية الاعتيادية . ولقد توصل العلماء للحصول على ما سموه بالموجات فوق البنفسجية (Ultra-Violet) وهي أقصر حتى من الأشعة البنفسجية ، وقد أطلقوا عليها أيضاً اسم النور المظلم لانها لا نبصر بها رغم كونها موجات ضوئية . وبعمل مكروسكوبات خاصة تستخدم فيها الموجات أمكن الحصول على قوة تكبير لأربعة آلاف مرة .

وقد اكتُشفت مؤخراً الموجات الالكترونية Electronic Waves التي لا يزيد طولها عن جزء من آلاف من طول الموجات الاعتيادية ، فأمكن عمل المجهر الالكتروني الذي يكبر الاجسام الف مرة . فامكن بهذا المجهر اكتشاف أنواع أخرى من الميكروبات التي لم يكن في الامكان اكتشافها بالمجهر الاعتيادي . ولا يستبعد أن نتوصل في المستقبل في اكتشاف أدق الاجسام الحية .

الفصل الخامس

الاحتفاظ بالمناظر للذكرى

(التصوير الفوتوغرافي)

قبل مئات السنين ، في صبيحة يوم من أيام الربيع ، وعلى حافة بركة هادئة ، جلس صبي صغير يمعن النظر في الماء ، فرأى صورته فيه ، ورأى صورة ما حواليه من أشجار وطيور وغيوم . فقال ذلك الصبي في نفسه : « ألا يمكن أن يجمد الماء وتحفظ هذه الصورة منقوشة فيه لتبقى ذكرى أبدية ، فيستطيع بعد أن يبلغ من العمر عتيا أن ينظر الى صورته وهو في ريعان الشباب ؟ . »

لقد كان يعلم ذلك الصبي كما نعلم نحن اليوم أن الماء المتجمد لا يحتفظ بصورة ما ينعكس عليه ، ولكن لو أفيء أن الاحتفاظ بصور الاشياء أصبح ممكناً بعد مئات السنين — ولكن بطريقة تختلف عما تخيل — لدهش لهذه المعجزة حقاً .

obeikandl.com

لقد صار بامكاننا اليوم إلتقاط صورة أي منظر نراه دون أي عناء . فكل ما في الامر أن نضع فلماً في آلة التصوير ، ثم نوجه عدستها الى ما نريد التقاط صورته ، ونضغط على عتلة صغيرة فتسجل الآلة ذلك المنظر في لحظة واحدة . وبعد التقاط العدد الذي يستطيع الفلم تسجيله من المناظر تجري عليه عملية الاظهار (Developing) ، ثم نطبع الصور على ورق أبيض فنحصل صوراً طبيعية للمناظر التي التقطناها .

قد تبدو هذه العملية سهلة بحيث لا تتصور ما فيها من التعقيد . فرغم أننا نسميها عملية التصوير أو التقاط الصور ، إلا أنها بالحقيقة عبارة عن تعريض آلاف الملايين من بلورات أملاح الفضة الى النور، فتمتص موجاته الضوئية ، وهكذا تتحرر منها بعض ذرات الفضة .

هل تدري كم عدد ما يلتقط من الصور في كل سنة ؟ ستكون بعيداً عن الحقيقة كل البعد إذا قدرت ذلك بمليون صورة ، إذ انه يزيد على أربعين ألف مليون صورة . ففي كل يوم تغطى ما مساحته آلاف الافدنة من الورق الابيض النقي بأملاح الفضة التي تثبت فوقه بالجلاتين، فيستعمل ذلك الورق لطبع الصور . ويغطى في نفس الوقت ما مساحته آلاف الاميال من مادة السليويد (Celluloid) بأملاح الفضة تثبت فوقه بالجلاتين ثم يقطع الى مختلف الأحجام لعمل أفلام التصوير الاعتيادية والسينمائية .

التقاط المناظر

إن كل ما يجب عمله لأخذ صورة دائمية لمنظر ما هو أن ينعكس شبح ذلك المنظر بالعدسة على قطعة من الورق أو الزجاج أو السليويد المغطى

بطبقة من مادة يتغير لونها عندما تتعرض النور . فأما أن تكون هذه المادة غامقة اللون فتصير فاتحة أو أن يكون لونها فاتحاً فيصير غامقاً . إذا وضعت - وأنت على الساحل - رقة من الشجر فوق كتفك وتركتها حتى إنتهاء المدة التي تقضيها هناك من عطلتك فستجد عند رفع هذه الورقة أن الجلد الذي كانت تغطيه قد حافظ على لونه الطبيعي . وهذا مثال بسيط للتصوير الفوتغرافي .

تعني كلمة التصوير الفوتغرافي (Photography) الكتابة الضوئية أو بالاحرى ، رسم صور الاشياء بالضوء . ولو استطعت أن تجلس ثابتاً وأنت على ساحل البحر ، لمدة شهر كامل لأمكنك التقاط صورة المناظر الساحلية على جلدك . ولأجل عمل ذلك يقتضي أن تكون داخل خيمة معتمة لا يدخلها النور إلا من خلال عدسة تجمع الأشعة الضوئية لتركزها فوق جلدك محدثة صورة المناظر التي صدرت عنها . ولكن هذه الطريقة بطيئة وعديمة النفع . وقد توصل علماء الطبيعة الى صنع أفلام تتأثر بالضوء بسرعة تفوق كثيراً سرعة تأثر الجلد به . لقد استغرق العمل أكثر من عام في سبيل الحصول على الفلم الحساس ، وما زال العلم مستمراً في السعي لتحسينه .

يمكننا التقاط صورة لمنظر ذي إضاءة كافية بآلة تصوير اعتيادية رخيصة في مدة لا تتجاوز جزءاً من الثانية . لقد كان التقاط صورة المنظر الواحد عام ١٨٦٠ يحتاج الى ما لا يقل عن عشر دقائق حين كانت تستعمل تلك الصفائح الزجاجية القديمة بدلاً من الافلام الحالية . وفي عام ١٨٢٠ كانت تستغرق العملية نهاراً كاملاً . وقد ذكرنا توا أن التقاط صورة

فوق جلد الانسان يستغرق ما لا يقل عن شهر كامل . هذا بينما تفوق حساسية الفلم في الوقت الحاضر حساسية جلدنا بملايين المرات .

عندما كان يراد تصوير أحد أجدادنا أيام صباه كان يقتضي أولاً تغطية وجهه بالدقيق الابيض لكي يعكس كمية كافية من الضوء لتؤثر في زجاجة التصوير ، ويثبت رأسه من الخلف بما يؤمن عدم حركته . ومع ذلك يقتضي أن يبقى جامداً كالتمثال لمدة عشرين دقيقة ، والآلة مفتوحة أمامه و عيناه مغمضتان ، لا يفتحها إلا في اللحظات الأخيرة من مدة العرض .

أما اليوم ، بعد أن صار الفلم حساساً جداً ، فقد صار بالامكان التقاط صورة الطائرة بأقصى سرعتها ، إذ أن جزء من الالف من الثانية تكفي لهذه العملية . وعند طبع الصورة تبدو لنا الطائرة وكأنها واقفة . كما تكون هذه الصورة واضحة جلية . أما إذا طالت مدة العرض عن الحد المقرر فان الطائرة تكون قد تحركت فتكون صورتها مشوهة . وسبب قدرة آلات التصوير الحديثة على التقاط الصور بهذه السرعة هو أن عدساتها تجمع أكبر كمية ممكنة من الضوء . وأهم من ذلك لأن لها حساسية تفوق حساسية الافلام القديمة بآلاف المرات .

آلة التصوير

إن آلة التصوير ، أو الكاميرا عبارة عن صندوق صغير محكم لا يدخله النور . وعند وضع الفلم داخلها بحيث يكون مفتوحاً لا يتعرض للنور في الأحوال الاعتيادية إلا لما يدخله منه بوساطة العدسة عندما يراد التقاط

صورة ما . لقد وصفنا في الفصل الرابع تجربة جمع الموجات الضوئية من الشمعة بالعدسة ، ثم تكوين صورة الشمعة فوق قطعة من الورق . وتعمل العدسة الموجودة في القسم الامامي من آلة التصوير نفس هـذا العمل فتكوّن شبحاً لأي مرئي أمامها بتركيز موجاته الضوئية فوق الفلم .

يوجد وراء العدسة مغلاق يمنع تسرب الضوء الى الداخل فعندما يراد التقاط صورة منظر ما ، يضغط على عتلة صغيرة فيفتح ذلك المغلاق بصورة أوتوماتيكية لمدة قصيرة جداً ويسد حالاً . وفي الامكان تكييف هذا المغلاق بحيث يبقى مفتوحاً لأي مدة كانت ، من جزء من الثانية الى بضع دقائق ، حسب المدة التي يراها المصور كافية لالتقاط الصورة .

أما الجزء الاخير من أجزاء الآلة فهو ماسك الفلم الذي يمكن تدوير الفلم به كلما تم التقاط صورة على جزء من أجزائه على التعاقب . ويمكن عمل بعض آلات التصوير بحيث تطوى عند عدم الحاجة اليها .

ويكون الفلم في أغلب الآت ملفوفاً ، يفتح في داخلها ويدار بمفتاح خاص . وقد تحوي بعضها أفلاماً ذات خمس وثلاثين قطعة . أما آلات التصوير السينمائية الكبيرة فيمكن أن تلتقط ١٦٠٠٠ صورة على الفلم الواحد .

إن أهم جزء في آلة التصوير هو عدستها ، وتكلف بعض الآلات أثماناً باهضة لاحتوائها على عدسات دقيقة ممتازة . ولأجل التقاط الصور بوضوح يجب أن تكون العدسة مركبة من عدة قطع من الزجاج ، تركز جميع الموجات الضوئية للمرئي ، فتحدث شبحاً واحداً . وكلما كانت العدسة أكبر ازداد ثمنها نظراً الى حاجتها لعملية صقل تستغرق وقتاً طويلاً .

ويوجد في أغلب الآلات ترتيب خاص في المغلاق بحيث يمكن تغيير مساحة الفتحة التي تتكون فيه . فاذا كانت هنالك حاجة الى كمية كبيرة من الضوء لأخذ صورة سريعة أولكون الجو غائماً وُسّعت هذه الفتحة بحيث يدخل الضوء من العدسة بكاملها . ولكن الصورة لا تكون واضحة كالصورة التي تلتقط عندما تكون الفتحة ضيقة، وذلك لعدم وجود عدسة كبيرة مضبوطة للغاية . كما أنه من الاسهل جمع الموجات بصورة صحيحة بالعدسة الصغيرة .

عمل الفلم الحساس

إن أصعب فرع من فروع فن التصوير هو عمل الأفلام . يحتوي الفلم أولاً على طبقة من مادة السليلويد القرنية ، فوقها طبقة أخرى رقيقة جداً تحتوي على ملايين بلورات أملاح الفضة المتماسكة بوساطة الجلاتين .

إن الجلاتين الذي يدخل في تركيب الفلم هو من نفس النوع الذي نستعمله كطعام في أسفارنا ، ولكنه أكثر نقاوة وعناية في تحضيره . ويصنع عادة من جلد العجل الرقيق .

لقد لاحظ العلماء لمدة طويلة فيما سبق أن بعض الافلام تكون حساسة وبعضها لا يكون حساساً . وبعد تجربات طويلة حول هذا الموضوع تبين أن الافلام الحساسة هي التي يكون جلاتينها مستخرجاً من جلد العجل الذي تأكل أمه الخردل البرّي ، بينما تكون الافلام غير الحساسة محتوية على الجلاتين المستخرج من جلد العجل الذي لم تأكل أمه الخردل. وقد لاحظوا أيضاً أن الجلاتين المستخرج من جلد الأرنب لا ينتج أفلاماً

حساسة ، لأن الأرانب لا تأكل الخردل . إن هذه الحقيقة هي السبب الاول للحصول على الافلام السينمائية الحساسة .

ولقد حيّرت هذه المعضلة العلماء مدة طويلة حتى وجدوا أن خير وسيلة لحلها هي أن يبحثوا عن سر المادة الموجودة في الخردل والتي تسبب هذه الحساسية . وبعد تجارب عديدة تبين لهم أن الكبريت الموجود في زيت الخردل هو الذي يسبب هذه الحساسية . وتم بذلك تركيب مادة شبيهة بالمادة الكبريتية الموجودة في الخردل . ويكفي إضافة قطعة واحدة منها الى طن من الجلاتين لجعله صالحاً لعمل أجود الافلام الحساسة .

ولأجل صنع الفلم يذاب الجلاتين الصافي في الماء ثم تمزج به أملاح الفضة فيتكون من ذلك المزيج مستحلب يفرش فوق صحائف المادة السليلوزية التي تجفف بعد ذلك في محل مظلم . وعندما يجف المستحلب تتكون فيه ملايين البلورات الدقيقة التي لا يزيد قطر أكبرها عن خُمس خُمس الورق الخفيف . أما الصغيرة منها فقد لا يمكن رؤيتها حتى بأقوى الميكروسكوبات .

ثم تغلّف هذه الافلام بعد إنجاز صنعها . وعند وضع أحدها في آلة التصوير يكون جاهزاً لالتقاط الموجات الضوئية التي تقع فوقه . عندما تقع موجة ضوئية على احدى البلورات تغير لونها بعد أن كانت شفافة ، ولكن هذا التغير لا يمكن مشاهدته إلا بعد إجراء عملية الاظهار في وضع الفلم في مزيج كيميائي (Developer) حيث تصير هذه البلورة سوداء اللون .

ويمكن مشاهدة هذه البلورات بالميكروسكوب ، إذ تبدو المحلات

البيض من الفلم صافية ، بينما تجـد في المحلات السود منه حبيبات تشبه حبيبات الفحم . وهذه هي البلورات التي تغير لونها . فحيث يسقط الضوء على الفـلم تكون البقعة المعرضة له سوداء اللون . وتتفاوت نسبة السواد بحسب قوة الضوء .

إن الصورة التي تراها على الفلم غريبة حقاً لأنها صورة معكوسة للمرئي الذي تمثله ، إذ تكون الاقسام المضاءة مظلمة ، والاقسام غير المضاءة شفافة . ولهذا تسمى بالصورة السالبة (Negative) . ولأجل جعلها طبيعية يقتضي أخذ صورة معكوسه لها ، أما بآلة التصوير أو بوضع الفلم فوق قطعة من الورق الابيض المطلي بالمستحلب الحساس وتعريضه للضياء. فعندما تجري عملية الاظهار على هذه الورقـة نحصل على صورة أصلية تسمى بالصورة الموجبة (Positive) .

ومن الممكن طبع عدة صور من الصورة السالبة الواحدة ، كما يمكن أيضاً تكبير هذه الصورة أو تصغيرها حسب الرغبة .

تكبير الصور

تشاهد ـ وأنت في السينما ـ صوراً كبيرة على الشاشة ، فلو أوقفت حركة الشريط السينمائي دقيقة واحدة لرأيت صورة ثابتة فوقها. ولو كانت الشاشة مغطاة بورق التصوير الحساس ، ثم أجريت عملية الاظهار عليها لأمكن الحصول على صورة ثابتة لذلك المنظر . وتلك هي بالحقيقة عملية التكبير (Enlarging) . فالفلم السينمائي نفسه لا يزيد عن حجم طابع البريد الاعتيادي بينما تكون الصورة التي يحدثها فوق الشاشة بقدر مساحة الشاشة نفسها .

يستطيع المصور اليوم تكبير صورة فلم صغير لاي حجم كان ، وهذا ما يساعد المصورين على الاحتفاظ بآلات صغيرة سهلة الحمل للحصول على أكبر عدد من الصور من فلم صغير ، كما يمكنهم ايضاً تكبير هذه الصور لاي حجم يريدونه .

وقد نستطيع في المستقبل الحصول على أصغر حجم من آلات التصوير. أما في الوقت الحاضر فيصعب استعمال آلات أصغر من التي لدينا لأن الصور التي تلتقطها تكون صغيرة جداً ، وعند تكبيرها الى الحجم المناسب تكبر أيضاً صورة البلورات الدقيقة الموجودة في الفلم ، فتظهر واضحة على الصورة وتشوهها . أما إذا توصلنا لعمل أفلام تحتوي على بلورات أدق حجماً بكثير من البلورات الموجودة في أفلامنا الحالية ، فسيمكن استعمال آلات التصوير هذه .

إنه لتحول عظيم في صناعة الافلام ، ذلك الذي حصل خلال مدة لا تزيد عن خمسين عاماً . ففي ذلك الوقت كان على المصور أن يحمل معه خيمة صغيرة ليغطي بها آلة التصوير مع ما يعادل ثقله أربعين رطلاً من أوانٍ ومواد يستعملها في عملية الاظهار . ولم تكن الافلام الحالية قد اخترعت إذ ذاك، بل كان المصور يضع بنفسه المستحلب الحساس فوق طبقة من الزجاج ، يضعها في داخل الآلة قبل جفافها ، لكي يلتقط المنظر المطلوب. وعليه أن يظهرها فوراً قبل أن يتبدل لونها .

أما في المستقبل فقد تصبح آلة التصوير بحجم النظارات الاعتيادية ، توضع مثلها في إطار، وما على المصور إلا أن يضعها على عينيه ليثبت الوضع

الصحيح ، فيضغط على زر صغير ليلتقط المنظر المطلوب . ويستطيع التقاط مئات الصور على شريط واحد .

الصور المتحركة

إن إقبال ملايين البشر على ارتياد دور السينما يتطلب صنع أفلام متعددة لهذه الغاية . إن من يقضي ساعتين من الزمن في مشاهدة عرض سينمائي يكون قد رأى بالفعل ما لا يقل عن ١٧٥٠٠٠ صورة مختلفة ، تظهر على التعاقب فوق الشاشة بسرعة فائقة جداً بحيث لا تراها العين إلا صورة متحركة واحدة .

إن الآلة السينمائية هي بدعة طريفة بحد ذاتها . فعندما ننظر الى الشريط السينمائي نفسه لا نرى سوى صور صغيرة مختلفة . ولنفرض أننا نشاهد صور رجل يفتح باباً في مختلف الأوضاع . فالصور الاولى من الشريط ترينا الرجل وهو يضع يده على سعدانة الباب ، وترينا الصور التي تليها الباب وهو مفتوح قليلاً ، وهكذا حتى نهاية هذه العملية . أما الآلة السينمائية فتدفع بتلك الصور على الشاشة بالتوالي بسرعة كبيرة بحيث لا ترى العين كل صورة بمفردها ، بل تراها صوراً متحركة فوق الشاشة .

ولكي تكون حركة الصور فوق الشاشة طبيعية يقتضي أن تكون حركة الفلم في آلة العرض مضبوطة لكي لا تظهر هذه الصور مهتزة . ويستغرق عرض الصورة الواحدة فوق الشاشة مدة بضعة أجزاء من آلاف من الثانية فقط ، ثم تسد الفتحة الضوئية بالمغلاق ، ثم تفتح لعرض الصورة التي تليها . وهكذا على التوالي . وتكون الشاشة في الواقع في حالة الظلام أكثر مما

تكون في حالة النور ، ولكن العين لا تراها إلا في حالة النور لسرعة حركة الفلم . إذ هي بمعدل أربع وعشرين صورة في الثانية .

يحتاج عمل الفلم السينمائي الواحد الى ما لا يقل طوله عن ميل ونصف ميل من الفلم الخام ، ونظراً الى عرض هذا الفلم بعد إكماله في محلات متعددة دفعة واحدة فيطبع عادة ما لا يقل عن خمس مئة نسخة منه . ويصرف في بعض استوديوهات هوليوود يومياً ما لا يقل عن مليون قدم من الفلم الخـــام .

ولم يتم عمل الافلام السينمائية إلا بعد أن أمكن عمل الفلم الخاص بمادة السليويد عوضاً عن الزجاج . ولقد كان أول من توصل الى ذلك هو جورج ايستمان (George Eastman) رغم أن رجالاً غيره توصلوا الى ذلك في نفس الوقت تقريباً . وقد أسس ايستمان « شركة ايستمان كوداك » وهي اليوم أكبر مؤسسة للتصوير الفوتوغرافي في العالم إذ تصنع ما يزيد على عشرة آلاف ميل من أفلام السينما في كل شهر ، وتصنع شركات أخرى متعددة ما يوازي هذه الكمية .

والقطن هو المادة الرئيسية لعمل الافلام السينمائية . ويصرف منه أكثر من عشرة ملايين طن سنوياً لهذه الغاية فقط . ويذاب هذا القطن في أطنان عديدة من الحامض لاستخراج عصير لزج منه يستعمل لصنع الطبقة السليويدية من الفلم ، وتسمى هذه المادة نترات السليلوز . وتفرش فوق هذه الطبقة سنوياً آلاف الاطنان من الجلاتين المحتوي على ما يزيد عن مليون رطل من الفضة النقية ، وهي تعادل ثلث ما يستخرج منها سنوياً من مناجم الولايات المتحدة .

يجري كل هذا العمل الواسع في سبيل أن يقضي أحدنا ساعة من الزمن في السينما ، بين حين وآخر لمشاهدة أناس يقومون بحركات وأعمال تختلف عما تقوم به من الاعمال .

ويقتضي عمل الفلم السينمائي في محل مظلم ، وإلا فانه يكون معرضاً للتلف بعامل الضوء . وقد كان يصنع أول الامر ، في ممرات مظلمة فوق مناضد سود طول كل منها مئتا قدم ، ويسير العمال على طول هذه المناضد وهم يقومون برش المستحلب الحساس فوق الطبقة السليلويدية .

أما في الوقت الحاضر فيصنع الفلم بآلات أوتوماتيكية ويرش مستحلب الجلاتين المحتوي على أملاح الفضة باسطوانات خاصة . ثم يجفف الفلم ويجري تقطيعه الى الحجم المقرر بمجلات خاصة . ويكون عرض الفلم السينمائي عادة حوالي إنج وربع الانج . ثم يجري تثقيب حافة الفلم بآلات خاصة . وهذه الثقوب لكي تركز عليها أسنان المجلات في آلة العرض . وبعد أن تنتهي عملية تحضير الفلم يلف حول بكرات تحتوي كل منها على بضعة آلاف قدم .

يجب أن تكون الغرف التي تستحضر فيها أفلام السينما نظيفة جداً الى حد أن لا تكون فيها ذرة واحدة من الغبار ، لأن هذه الذرة قد تكبر في الفلم في أثناء عرضه فتحدث بقعة سوداء فوق أنف سيدة جميلة .

كيف نحد من سرعة الزمن

من بين آلات التصوير الطريفة تلك التي تلتقط صور الاشياء المتحركة بسرعة ، ثم يمكن عرض هذه الصور على الشاشة بحيث تظهر حركة تلك

الاشياء بطيئة جداً ، بل يمكن إيقاف هذه الحركة تماماً . إن جناحي الطائر مثلاً يتحركان بسرعة فائقة في أثناء طيرانه بحيث لا يمكن رؤيتهما بوضوح . ولكن عند التقاط صور الطائر بآلة التصوير السينمائية التي تلتقط مئات الصور في الثانية الواحدة ، ثم عرض هذا الفلم على الشاشة بالسرعة الاعتيادية ، فلاحظ عند ذلك انخفاضاً في سرعة حركة جناحي الطائر بحيث يمكن ملاحظتهما بوضوح .

وقبل اختراع الصور المتحركة كان هنالك جدل واسع حول ما إذا كان الحصان الراكض يرفع أقدامه الاربع دفعة واحدة عن الارض أم لا . فمن يشاهد الحصان وهو يركض لا يستطيع الاجابة على ذلك ، لأن العين لا يمكنها أن تتتبع حركة أقدام الحصان السريعة . ولكن إذا التقطت صور للحصان بآلة التصوير السينمائي السريعة ، ثم عرضت هذه الصور بالسرعة الاعتيادية ، أمكن تتبع حركات أقدام الحصان. وقد عرف بالفعل أن الحصان يرفع أقدامه الاربع دفعة واحدة في بعض الاحيان .

ولا يمكن إبطاء بعض الحركات السريعة فحسب بل يمكن إيقافها أيضاً فلم يسبق مثلاً أن راقب أحد حركة كرة الكولف عندما يضربها اللاعب بعصاه . ولكن قد توصل العلم مؤخراً الى طريقة حديثة للتصوير يمكن أن نرى بها ما يحدث لهذه الكرة قبل أن تضرب بعصا اللاعب ، وبعد أن تضرب . توضع الكرة في غرفة مظلمة ، وفي اللحظة التي تضرب بالعصا تفتح أضواء في فترات متقطعة لا تتجاوز كل منها بضعة أجزاء من المليون من الثانية الواحدة ، وفي أثناء ذلك تدار آلة تصوير سينمائية سريعة

لالتقاط صور الكرة وهي في حركتها . وعند عرض هذه الصور في آلة سينمائية ذات سرعة اعتيادية يمكن مشاهدة حركة الكرة . ويمكن أيضاً التقاط هذه الصور بأجمعها فوق نفس الفلم دون تحريكه ، إذ تنطبع عليه هذه الصور في فترات تبلغ ١/١٠٠ من الثانية ، وبهذا تظهر عدة صور للكرة على هذا الفلم وهي في أوضاعها المختلفة .

ولأغراض معينة أخرى يمكننا التقاط الصور بطيئة الحركة وعرضها بسرعة عكس الطريقة السابقة . فمثال ذلك أننا نستطيع التقاط صورة الزهرة عند أول تبرعمها ، ثم تلتقط لها صورة واحدة كل ساعة الى أن يكمل تفتيحها . وعند عرض هذا الفلم على الشاشة بالسرعة الاعتيادية نرى الزهرة كأنها تتطور أمامنا من ابتداء تبرعمها حتى إكمال تفتيحها خلال بضع دقائق فقط .

التقاط الصور الملونة

لو لم تستطع عيوننا رؤية الألوان وكان يبدو لنا كل شيء باللون الأبيض أو الاسود عوضاً عن الاحمر والاخضر والازرق ومئات الالوان الاخرى لما كنا نرى الاشياء مثلما نراها الآن. ولا يفرّق الفلم الاعتيادي هذه الالوان، إذتبدو لنا الاوراق والمروج الخضر بلون أسود، بينما تبدو السماء الزرقاء بلون ترابي . ولقد تعودنا على الصور الفوتغرافية الاعتيادية بحيث أننا لا نقدر كم نرى من أشياء أخرى بالصور الملونة .

لقد توصل العلماء في السنوات القلائل الاخيرة الى طريقة لالتقاط الصور بألوانها الطبيعية بنفس السهولة التي تلتقط بها الصور الاعتيادية .

ورغم ما في هذه الطريقة من تعقيد إلا أنها قد أتقنت لدرجة أن كل ما يفعله المصور هو وضع الفلم الملون في آلته التصويرية ثم إرسال هذا الفلم بعد التقاط الصور الى معمل خاص لأظهاره ، فتظهر الصور بألوانهـا الاعتيادية .

ونظراً لوجود آلاف الألوان في الطبيعة ، فقد يتبادر الى الذهن أن من الصعب عمل فلم يلتقط كل هذه الألوان . ولكن من حسن الحظ أن العين تميز ثلاثة ألوان رئيسية فقط ، أما سائر الألوان الاخرى التي تميزها فهي مزيج من هذه الألوان الثلاثة بنسب معينة . والألوان الرئيسية هي الاحمر والاخضر والازرق الغامق . ويمكن تركيب أي لون آخر بمزج نسب معينة من هذة الألوان .

ويمكن إثبات ذلك بعمل قرص ملون بهذه الألوان الثلاثة بنسب مختلفة فعندما يدار هذا القرص بسرعة يظهر كأنه أبيض أو رمادي . ويختلف مزج الموجات الضوئية عن مزج الاصباغ ، لأن مزج الاصباغ يعني مزج المواد التي تمتص الموجات الضوئية .

إن ما سبق أن ذكرناه عن إمكان تركيب جميع الألوان من الألوان الرئيسية الثلاثة فقط ، يجعل من السهل التقاط الصور الملونة بثلاثة أنواع من الافلام فقط ، إذ نلتقط الصور باحدها تحت تأثير الضوء الاحمر ، وبالآخر تحت تأثير الضوء الاخضر ، وبالثالث تحت تأثير الضوء الازرق . وأحدث طريقة تستعمل الآن هي طريقة كوداكروم (Kodachrome) توضع ثلاثة أفلام مرة واحدة ، وهذه الافلام رقيقة بحيث لا يزيد سمكها عن سمك الفلم الاعتيادي الواحد .

إن الصور الملونة التي تراها في الكتب والمجلات تصنع بطبعها بمختلف الألوان من الحبر . أما الطريقة الحديثة لطبع الصور والافلام الملونة فهي التي ذكرناها الآن .

التقاط الصور بالضوء غير المنظور

من أهم ما لآلة التصوير من فوائد هي التقاط صور ما لا تراه العين من الاشياء . فيمكن تصوير الموجات الضوئية القصيرة جداً ، وهي الاشعة فوق البنفسجية التي تحدثنا عنها سابقاً . ولأن هذه الاشعة لا تخترق الزجاج وجب عمل عدسات خاصة من الصوان (Quartz) وهذه تستطيع التقاط الصور في الظلام .

ولالتقاط الصور بهذه الطريقة تغطى مصابيح خاصة بمادة تمنع دخول الموجات الضوئية التي يمكن رؤيتها ولكنها تسمح بدخول الموجات فوق البنفسجية فقط . وتختلف الاشياء التي تصور بهذه الطريقة عن الصور الاعتيادية . ويستعمل رجال التحقيق الاشعة فوق البنفسجية كثيراً لالتقاط صور الاشياء التي لها علاقة بالاجرام . فلبعض المجرمين مهارة في استعمال مواد كيميائية تزيل الحبر ، وبذلك يستطيعون كتابة ما يريدونه محل الكتابة الاصلية . وهكذا يستطيع أحدهم أن يغير صكاً بحيث لا يمكن الاشتباه به . ولكن عند تصوير هذا الصك بالاشعة فوق البنفسجية التي يجهلها أغلب المجرمين تظهر الكتابة الاصلية في الصورة .

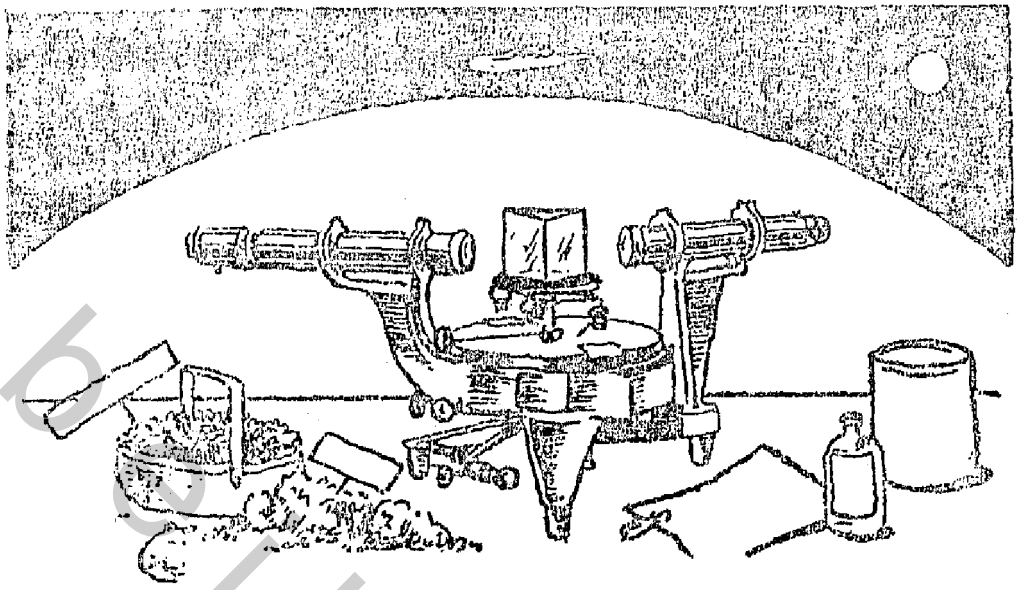
وقد زور أحد المجرمين وصية رجل مثرٍ بهذه الطريقة ، إذ محا كل ما في الورقة من كتابة عدا التوقيع ، ثم طبع الوصية بالآلة الطابعة . ولكن رغم

استطاعته اخفاء الكتابة الاصلية عن الابصار ، لم يستطع اخفاءها عن الاشعة فوق البنفسجية التي أظهرت الكتابة الاصلية .

ولا تؤثر الاشعة تحت الحمراء في الفلم الاعتيادي أيضاً ، إلا أن العلماء استطاعوا تغيير الفلم بطريقة كيميائية تجعل من الممكن استعماله لالتقاط الصور بهذه الاشعة . وتحدث هذه الموجات عادة من صفائح من الحديد حارة جداً ، وعند التقاط صورة هذه الصفائح في غرفة مظلمة تظهر بيضاء اللون في الصورة .

وتستمر آلة التصوير في طريقها نحو التحسن ، فهي ترينا الاشياء المتحركة بسرعة أو ببطء ، أو الاشياء التي لا ترى بالعين . ويتوصل العلماء كل يوم الى اكتشافات جديدة تساعدنا على رؤية ما لم نكن نستطيع رؤيته .

obeikandl.com



الفصل السادس

النظر الى الذرة

ترينا الموجات الضوئية ما تستطيع أعيننا المجردة أن تراه فقط . غير أن ذلك ما هو إلا جزء يسير مما تستطيع إظهاره هذه الموجات . لقد تمكن العلماء من تسخير الضوء لاجابة كل طلباتهم ، نتيجة دراستهم العميقة للموجات الضوئية فسخروها للتوصل الى معرفة ما إذا كانت هنالك مخلوقات تعيش فوق الكواكب كالزهرة والمريخ وعطارد والمشترى ، ولمعرفة وزن كثير من الكواكب حتى تلك التي تبعد عنهم آلاف ملايين الأميال ، ولمعرفة وزن الذرة الواحدة وهي جسم دقيق جداً لا يزيد وزن مليون منه عن رطل واحد (باوند)، ولمعرفة تركيب ذيل المذنب ، ولبيان مقدار

حرارة الشمس ، ولمعرفة ما إذا كان في القمر هواء . ولا تظهر الموجات الضوئية هذه الحقائق لمن ينظر اليها بعينه المجردة ، إذ يجب أن تدرس على إنفراد بجهاز يرينا نوع الموجات ، وكيف تمتزج مختلف ألوانها بالضوء . ويستعمل جهاز بسيط التركيب لهـذه الغاية يسمى الاسبكتروسكوب (Spectroscope) أي منظار الطيف .

إن الكلمة العلمية لقوس قزح هي ، الطيف الشمسي (Spectrum) ومنها اقتبست كلمة الاسبكتروسكوب ومعناها المنظار الذي يحول الطيف الشمسي الى قوس قزح . عندما تسقط حزمة ضوئية على منشور زجاجي تخرج منه موجات مختلفة الألوان ، مبتدئة باللون الاحمر ، فالبرتقالي فالاصفر فالاخضر فالازرق فالنيلي فالبنفسجي . فوظيفة المنشور إذاً هي فصل الألوان المختلفة في الضوء الابيض بحسب أطوال موجاتها ، فتكون الموجات الحمر الطويلة في طرف والموجات البنفسجية في الطرف الآخر ، وبينهما بقية الموجات بحسب تسلسل أطوالها .

ويحتوي الاسبكتروسكوب على منشور زجاجي مع بضع عدسات فقط ، وهذا هو كل ما في تركيبه البسيط . ولكن بالرغم من ذلك نستطيع أن نقول إنه أقوى جهاز علمي تم اختراعه حتى الآن . إذ استطاع به العلماء أن يزيحوا النقاب عن كثير من أسرار الطبيعة مما لم يقدر عليه أي جهاز علمي آخر مثله . فقد عرفنا بوساطته ما يجري على مسافات أبعد بكثير من القمر أو الشمس ، وما يجري في أصغر ذرة في العالم .

ما هو الاسبكتروسكوب

إن قوس قزح الذي يظهر في الجو أحياناً هو الطيف الذي يتكون

عندما يتحلل ضياء الشمس الى ألوانه الاساسية بقطرات الماء التي تعمل كل واحدة منها عمل المنشور الزجاجي. وقد أوجد أول قوس قزح اصطناعي في العالم طالب جامعي عام ١٦٦٦ ، ذلك الطالب هو السير اسحاق نيوتن (Sir Isaac Newton) العلامة الشهير .

لقد لاحظ نيوتن ذات يوم ، دخول شعاع من الضوء خلال فتحة صغيرة في نافذة غرفته ، فوضع منشوراً زجاجياً صغيراً أمام هذا الضوء ، فوجد أنه لا يحدث بقعة بيضاء من النور على الحائط عند خروجه من المنشور بل يحدث خطاً طويلاً يحتوي على سبعة ألوان ، وهي الأحمر فالبرتقالي فالأصفر فالأخضر فالأزرق فالبنفسجي . لقد بدأنا نعلم الآن أن هـذا المنشور يحلل الضوء الى ألوانه الاساسية ، لأن درجة إنكسارها تختلف في بعضها عن بعض ، فهي أقصى ما تكون في الموجات البنفسجية القصيرة وأقل ما تكون في الموجات الحمر الطويلة .

إن كل ما نحتاجه لتركيب الاسبكتروسكوب من منشور نيوتن هذا ، هو زوج من العدسات مع فتحة ضيقة للضوء بدلاً من ثقب النافذة . ففي المنظار الحديث يركز الضوء بعدسة تسلطه فوق شق في فوهة الجهاز ، ثم يسلط هذا الضوء في الداخل بعدسة أخرى على المنشور ، فيحلل المنشور ذلك الضوء الى ألوانه الاساسية . وعندما يدخل في عدسة أخرى يخرج منها بشكل خطوط متفرقة ، لكل منها لونه الخاص . ويمكن رؤيتها بالعدسة المكبرة ، وتصويرها كذلك بآلة التصوير .

ويتحلل ضوء المصباح الكهربائي الاعتيادي بالمنظار الى نفس الألوان السبعة ، وذلك لأن أسلاك المصباح الحارة تشع موجات ضوئية من جميع

الألوان على شكل خطوط تمد بالملايين ، ولكنها تبدو متداخلة بعضها مع بعض . أما نور أنابيب النيون أو المصابيح الزئبقية فيتحلل الى ألوان محدودة ، وهي الأحمر والأخضر والأزرق ، مع وجود فواصل مظلمة بين الخطوط . أما ضوء مصباح الصوديوم فيتحلل الى خطين أصفرين . وهذان الخطان لا تنتجهما أي ذرة عدا ذرة الصوديوم . أما ذرات النيون فتنتج اللونين الاحمر والاصفر . ومن هذا يتضح لنا أن لكل ذرة طيفاً خاصاً يمكن تمييزه بالاسبكتروسكوب الذي يقوم بتحليل ضوء أي مصباح يوضع أمامه ، فيرشدنا الى ما في ذلك المصباح من الذرات .

كيف يشع الضوء من الذرة

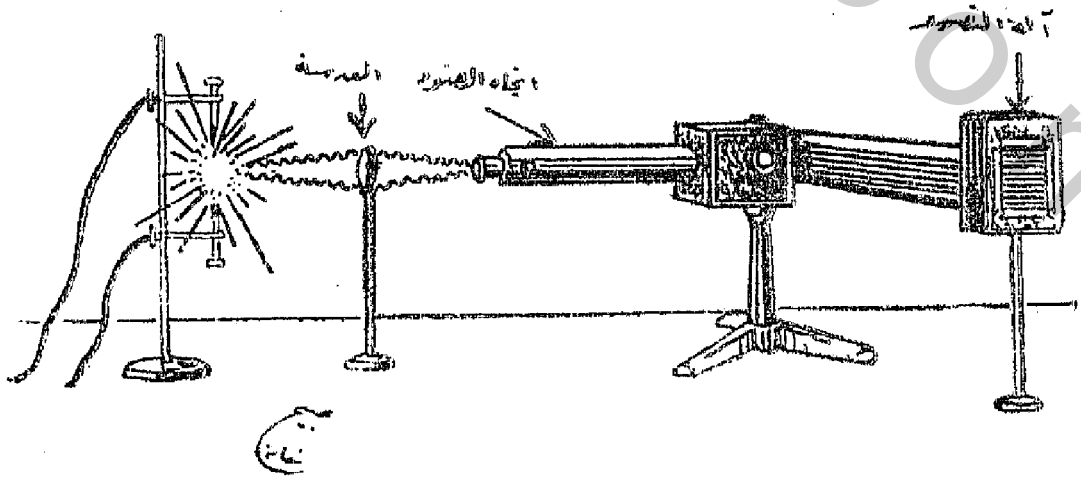
يشع الضوء من أي مادة في العالم إذا عوملت تلك المادة بالطريقة الصحيحة ، وذلك لأن كل شيء يتركب من جزيئات (Molecules) وتتركب هذه الجزيئات من دقائق أخرى وهي الذرات (Atoms) ، وتتركب كل من هذه الذرات من كهارب دقيقة تسمى الالكترونات (Electrones) . وقد وجد العلماء أن هذه الالكترونات عندما تتحرك داخل الذرة تسبب إشعاع موجات ضوئية منها ، كما وجدوا أن بالامكان تحريك الالكترون داخل الذرة ، وذلك بضربه بألكترون آخر أو بتسخين الذرة نفسها حيث تتحرك الكتروناتها فجأة ، أو بتعريض الذرة الى موجة ضوئية .

ولقد وجد العلماء أن القسم الأعظم من المواد الموجودة في العالم تتركب من نوع أو أكثر من الثمانية والثمانين نوعاً من الذرات المعروفة حتى الآن ، مع وجود أربعة أنواع أخرى نادرة . وقد أطلقت أسماء

خاصة على كل أنواع الذرات بحيث أصبح بعضها مألوفاً لدى الجميع فتتكون المعادن كالحديد والنحاس والقصدير مثلاً من ذرات الحديد والنحاس والقصدير على التسلسل .

وتشع كل ذرة موجات ضوئية ذات طول معين ثابت . وأسهل طريقة لقياس أطوال الموجات هو إدخال الضوء في الاسبكتروسكوب ثم درس مواقع الموجات الضوئية بعد خروجها منه ، وبهذه الطريقة يمكن معرفة نوع الذرات حتى وإن كانت مجموعة من ذرات متعددة ، وبالرغم من عدم إمكان رؤية الذرات نفسها بالعين المجردة .

ولاكتشاف ما تحتويه مادة ما من الذرات بالمنظار نحرق تلك المادة بالقوس الكهربائي (Electric Arc) . فتوصل قطعتان من الكاربون بسلكين الى دائرة كهربائية (Circuit) ، وتوضع المادة المراد كشفها فوق إحدى هاتين القطعتين ، وتقرب القطعتان حتى تتلامسا ، وعند فتح التيار الكهربائي يحدث إنفجار فجائي يسبب لهيباً حاراً بينهما ، يتحول فوراً الى بخار مهما كانت المادة التي تنتج عنها ، ويحصل تفريغ كهربائي في نفس الوقت بين الذرات فتشع الضوء .



وقد تصل درجة حرارة البخار الناتج في القوس الكهربائي الى ٩٠٠٠ فهرنهايت، أو ربما تصل أحياناً الى درجة تقارب درجة حرارة سطح الشمس. ولهذه الحرارة المحرقة قدرة على تمزيق جزيئات أي مادة كانت الى ذراتها الاصلية . وفي هذه الذرات تتحرك الالكترونات بشدة فتسبب إشعاع النور من الذرات ، ذلك الذي يعبر عن هويتها .

تفسير الموجات الضوئية

لقد اكتشف العلماء أن الموجات الضوئية تشبه تماماً موجات الراديو القصيرة ، فالذرة التي تشع الضوء هي في الحقيقة محطة إرسال للراديو على موجة قصيرة . فعندما تحاول سماع إذاعة محطة معينة بجهاز الراديو تحصل على ذروة الصوت عندما يصل المؤشر الى موقع تلك المحطة تماماً . وكذلك الحال في الاسبكتروسكوب حيث أن كل خط من الخطوط الضوئية يمثل الموجة التي ترسلها كل ذرة من الذرات .

إن ملايين الذرات الموجودة في لهيب القوس الكهربائي تبعث الضوء على مئات الموجات المختلفة فيقوم المنظار بتفريقها بعضها عن بعض .

ينقل الينا الصوت من جهاز الراديو أنواعاً من الأحاديث والرسائل والمقطوعات الغنائية والموسيقية ، أما الضوء المنبعث عن الذرة فينقل الينا رسائل أصعب فهماً من تلك التي ينقلها الراديو . ولكن علماء الطبيعة لم يفتهم تفسير هذه الرسائل بفضل الاسبكتروسكوب ، فقد صار باستطاعتهم معرفة الذرة التي ترسل الضوء بمجرد قياس طول الموجات الضوئية المنبعثة

عنها . فكما أنك تستطيع اكتشاف محطة ما في جهاز الراديو بمجرد معرفة طول الموجة التي ترسل عليها ، كذلك يستطيع العلماء اكتشاف ذرة الصوديوم مثلاً عند مشاهدتهم الضوء الأصفر الخاص بها . فهم يعلمون أن ذرة الصوديوم ترسل على موجتين ضوئيتين صفراوين طول أحداهما ٥٨٩٦ و ، وطول الاخرى ٥٨٩٠ و ، من جزء من مليون من المتر .

ولا ترسل الذرة على موجة واحدة فقط بل على عدة موجات ، تعطي كل منها خطاً خاصاً من الضوء . فعندما تسخن ذرات الحديد مثلاً الى درجة حرارة عالية ، تحدث أكثر من عشرين ألفاً من الخطوط الضوئية الخاصة بها فقط . وقد اكتشف حتى الآن ما يقارب من مليون نوع من أنواع الخطوط الطيفية ، وقيست أطوالها وعرف معظمها ، ومن أي نوع من الذرات التسعين التي اكتشفت حتى الآن ترسل . وعرفت جزيئاتها الأصلية أيضاً وهكذا ، يستطيع علماء الطبيعة تمييز الذرات بخطوطها الطيفية مثلما تستطيع أنت الآن أن تعلم ما يدور في فكر المؤلف عند قراءة هذه السطور .

التحري عن الذرات المختفية

لنفرض أن لدينا منظاراً الطيف ، وطلب الينا اكتشاف ملح مذاب في حوض من الماء ، دون أن نعرف ذلك الملح طبعاً .

ففي الامكان اكتشاف ما في هذا المحلول من الذرات بأخذ ملعقة شاي منه ووضعها فوق قطعة من الكاربون النقي حيث تمتزج ذرات الملح مع

ذرات الماء والفحم ، وعند وضع قطعة الكاربون المبللة بالملح في القوس الكهربائي ، وفتح التيار ، يحصل الانفجار فتشع الذرات ضوءاً يمكن تحليله بالمنظار الى خطوط ضوئية ذات ألوان مختلفة ، تدل على نوع الذرات التي يحتويها الملح المذاب في الماء . وهكذا يتم اكتشاف ذلك الملح .

ولنفرض أن أحد مديري معامل الساعات وجد أن نوعاً معيناً من النوابض كان أحسن من الانواع الاخرى ، فأراد أن يعرف السر في ذلك ليكي يصنع النوابض بأجمعها من هذا النوع . فباستطاعته طبعاً أن يتصل بمحلل كيميائي ليكشف له عن المادة التي يحتويها النابض ، والتي تسبب تفوقه على الانواع الاخرى . قد يحتاج هذا المحلل الى عشرات من هذه النوابض ليقوم باذابتها في الحوامض ، ويجري عليها تجارب معقدة لمعرفة المواد التي يتركب منها . غير أن هنالك طريقة بسيطة عوضاً عن هذه الطريقة المعقدة ، وهي استعمال الاسبكتروسكوب . فكل ما في الأمر هو أن نضع قطعة من هذا النابض في القوس الكهربائي ، ثم نمرر تياراً كهربائياً فيها فتحترق وتحدث ضوءاً يمكن تحليله بالمنظار الى موجات ضوئية تعرف أطوالها بحسب مواقعها . فتعرف الذرات الموجودة فيها ، فتكتشف ذرات الحديد والنحاس والكروم الموجودة في النابض في بضع دقائق . وتكتشف معها ذرات أخرى هي ذرات البريليوم (Beryllium) التي يعرف أنها هي المادة التي تسبب تفوق النوابض التي تحتويها على النوابض التي لا تحتويها .

الذرات تكتشف

يمكن إحراق أي مادة كانت بدرجة حرارة ٩٠٠٠ فهرنهايت في القوس

الكهربائي. واحراق تلك المادة يمكن اكتشاف ذراتها بالاسبكتروسكوب.

فعندما يشتبه بمريض أنه مصاب بالتسمم بالرصاص، يأخذ قطرة من الدم من أذن ذلك المريض أو أصبعه ويضعها في القوس الكهربائي لتحترق، وعند تحليل الضوء الناتج من احتراقها يمكن معرفة ما إذا كانت مادة الرصاص موجودة أم لا.

ولقد استخدم الاسكتروسكوب أيضاً لاكتشاف الجرائم، فقد أثبت في إحدى القضايا أن اللص قد دخل من فتحة شباك مكسور إذ وجدت فوق معطفه لطخات من المعجون المستعمل لتثبيت الزجاج من نفس المعجون الموجود في ذلك الشباك.

لا يوجد حتى الآن معدن خال من مواد غريبة لا يمكن اكتشافها بالاسبكتروسكوب، فحتى أنقى أنواع الذهب لا تخلو من بعض المقادير الضئيلة من الفضة والنحاس والحديد، أمكن أثبات وجودها بالاسبكتروسكوب أيضاً.

وتحتاج أجسامنا الى مقادير ضئيلة جداً من النحاس لتسهيل عملية الهضم، غير أن الكميات الكبيرة منه تسبب التسمم، ولهذا يستعمل الاسبكتروسكوب أحياناً للكشف عما إذا كانت هنالك كميات زائدة من النحاس في الطعام أم لا. لقد كانت تستعمل طريقة رش نبات الآس (Cranberry) بمزيج يحتوي على النحاس في تركيبه لقتل الطفيليات، فرأت السلطات المختصة أن من المحتمل تراكم كميات كبيرة من النحاس في التربة فيمتصها النبات فيسبب تسمماً عندما يؤكل. ولكن أمكن حل المشكلة بأخذ نماذج من ثمر الآس ومن الجلاتين المصنوع منه ومن عصيره

وسيقانه وأوراقه ، وحتى من التربة التي ينمو فيها ، ثم احراق كل من هذه الاقسام على انفراد في القوس الكهربائي وتحليل الضوء الناتج عنها بالاسبكتروسكوب . فأمكن معرفة مقدار ما في كل منها من ذرات النحاس . فوجد أن كميات النحاس الموجودة في الآس ليست بالقدر الذي يسبب ضرراً على الصحة .

التحري عن تركيب الكواكب

لقد عرفنا أن من السهل معرفة ما في أي مادة من الذرات بالاسبكتروسكوب . ولكن هذا الجهاز يستطيع أيضاً أن يكشف عن أشياء كنا نظن استحالة معرفتها .

فالشمس والنجوم تبعد عنا كثيراً ، ولا نستطيع الوصول اليها . ولكن المنظار قادر على اكتشاف أسرارها . وقد يكون أحد الكواكب بعيداً عنا ملايين الملايين من الأميال ، بحيث يستغرق نوره أكثر من ألف سنة لكي يصلنا ، ومع ذلك فقد صار بامكاننا معرفة ما فيه من أنواع الذرات . وكل ما في الأمر هو التقاط ضوئه بالتيلسكوب وتحليله بالاسبكتروسكوب وتصوير الموجات الصادرة عنه . وبهذه الطريقة استطاع أن يستنتج الفلكيون أن جميع الكواكب الموجودة في السماء تتركب من نفس المواد التي تتركب منها أرضنا .

اختبار المرار بالضوء

لقد وجدنا حتى الآن أن لكشف الذرات التي تحتويها مادة ما ، علينا أن نحرق تلك المادة لكي تشع ذراتها الضوء . ولكن هنالك طريقة

أخرى لاستعمال الاسبكتروسكوب للكشف عن جزيئات المادة ، بشرط أن تكون هذه المادة شفافة ، أي يستطيع الضوء اختراقها كالزجاج والزيوت وغيرها . ومن الزيوت المهمة التي تفحص بهذه الطريقة زيت السمك . فنحن نعلم أن من فوائد هذا الزيت أنه يحتوي على كميات من فيتامين (أ) الذي ينظم أجسامنا . وقد عرف الطب أن أكباد بعض الحيتان (Cod - Fish) تحتوي على كميات من فيتامين (أ) أكثر مما تحتويه الأسماك الاخرى ، وأن بعض الأسماك لا تحتوي على كميات كافية منه مهما استخرج من زيتها . فلأجل معرفة المقادير الموجودة منه في زيت السمك ، كان الاطباء يغذون به أولا الفيران المريضة لمدة طويلة لكي يعرفوا تأثيره في شفائها أو عدمه . ولما لم تكن هذه الطريقة سهلة التنفيذ ، التجأوا الى الاسبكتروسكوب لحل هذه المشكلة في بضع دقائق فقط . وقد وجدوا أن فيتامين (أ) شفاف للضوء الاعتيادي مثل الزجاج والماء إلا أنه يمتص بعض الموجات القصيرة فقط ، وهي نوع من الامواج فوق البنفسجية . فبامكاننا الآن فحص أي كمية من زيت السمك بارسال حزمة ضوئية فيها ، تحتوي على الاشعة فوق البنفسجية فقط من خلال الاسبكتروسكوب . وهكذا نستطيع أن نعلم مقدار ما فيها من فيتامين (أ) بمجرد معرفة مقدار ما تمتصه من الاشعة فوق البنفسجية .

الأشعة الضوئية التي تخترق الأحجار والخشب

توصل العلماء الى معرفة أنواع أخرى من الموجات الضوئية عدا الاشعة تحت الحمراء الطويلة ، والاشعة فوق البنفسجية القصيرة اللتين لا

يمكن رؤيتها ، نتيجة لدراستهم الدقيقة لطبيعة الضوء . وسنبحث عن الموجات الطويلة في بحث الراديو مفصلاً . أما الآن فسيدور بحثنا عن نوع من الموجات أقصر بكثير من الموجات الضوئية المعروفة ، هي تلك التي تستطيع اختراق الجدران والأخشاب السميكة والتي نسميها الاشعة المجهولة (X - Ray) .

في سنة ١٨٩٥ كان العالم الألماني رونتكن (Roentgen) يقوم بتجارب على مصباح يفرغه من الهواء ثم يرسل فيه تياراً كهربائياً من محول ذي ضغط عال ، فلاحظ وميضاً أخضر براقاً في أحد طرفي الانبوب فأحب أن يتحرى هذه الظاهرة .

وقد ترك رونتكن ذات يوم - مصادفة - علبة فيها صفائح تصوير يستعملها في كاميرته ، بالقرب من ذلك الانبوب في أثناء إجراء تجاربه عليه . احتاج الى استعمال هذه الصفائح للتصوير ففتح العلبة فوجد على الصفائح خطوطاً مظلمة كما لو كانت قد تعرضت للضوء ، مع علمه الأكيد بعدم وقوع ذلك . فاستمر في بحثه عن سر هذا التحول . فوجد ذلك يتكرر كلما ترك صفائح التصوير بالقرب من الانبوب وهو في حالة إشعاع ذلك الوميض الأخضر . فاستنتج أن لابد من وجود أشعة خاصة تصدر عن الانبوب ، يجهل ماهيتها ، فسماها باشعة أكس (X - Rays) أي الاشعة المجهولة .

وثابر رونتكن على دراسته لهذه الأشعة فوجد أنها تخترق أي صندوق من الخشب أو علبة من الورق تكون فيها الافلام ، وحتى أنها تخترق كتاباً أو إحدى يديه عند وضع أحدهما حاجزاً بين الافلام والانبوب .

إن الوميض الاخضر الذي رآه رنتكن هو ضوء يشعه الانبوب الزجاجي عندما تضرب فوقه أجزاء كهربائية دقيقة وهي الالكترونات التي ذكرناها سابقاً . ويشع الزجاج - إضافة الى ذلك - موجات أخرى قصيرة جداً وهي الاشعة المجهولة .

لقد وجد العلماء أن طول هذه الموجات أقل من جزء من الالف من طول الموجات الضوئية الاعتيادية ، ولا يزيد طول خمسين مليون موجة منها مجتمعة عن إنج واحد . وقد وُجد أن الذرات تشع هذه الموجات المجهولة كلما اصطدمت ألكتروناتها بشدة .

لقد صارت الاشعة المجهولة ذات قيمة عظيمة بعد أن اكتشفها رونتكن ، إذ أصبح باستطاعة الطبيب معرفة ما إذا كان عظم ذراع المريض مثلاً مكسوراً أم لا بأخذ صورة له بهذه الاشعة ، ويستطيع بوساطتها تحديد موقع دبوس ابتلعه طفل لكي تجرى العملية اللازمة لاخراجه . . . وهكذا .

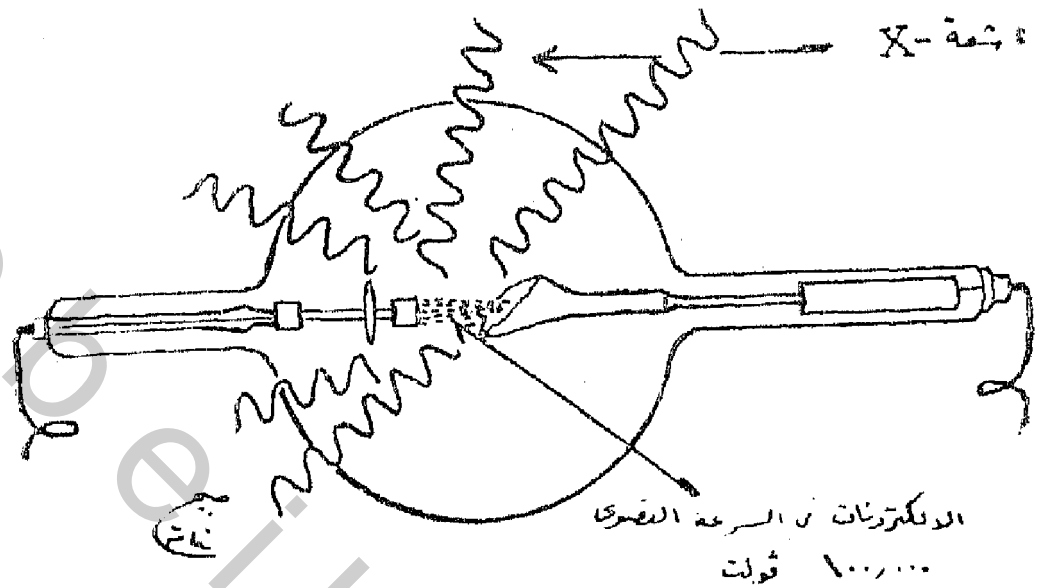
النظر الى الذرات

استطاع العلماء استخدام أشعة أكس في أعمال عجيبة تفوق استخدامها للتصوير . فبنوع خاص من الاسبكتروسكوب الذي يفضل هذه الاشعة الى موجات أخرى ذات أطوال مختلفة يمكن التعمق في دراسة نفس الذرات والجزيئات التي تتركب منها المادة . فعند عرض قطعة من المطاط على الاشعة المجهولة تخترقها هذه الاشعة ، وبعد خروجها منها يمكن تصويرها من خلال الاسبكتروسكوب الخاص بها . وإذ ذاك نرى أن جزيئات

المطاط تكون في حالة من الحركة الفوضوية السريعة عندما يكون المطاط على حالته الطبيعية ، أما إذا مـدد المطاط بقوة فنرى سلسلة من الجزيئات في صف طويل وهي تتقلص وتنبسط كالزمبرك الملتف . وهذا ما يفسر لنا سبب كون المطاط قابلاً للانبساط والعودة الى حالته الطبيعية عند رفع الشدة عنه . فيرينا هذا الاسبكتروسكوب أشكال الجزيئات التي يتكون منها المطاط ، رغم أن هذه الجزيئات لا يمكن رؤيتها بأقوى مجهر في العالم .

ويرينا هذا الاسبكتروسكوب أيضاً لماذا يسهل الزيت حركة قطعة من المعدن فوق قطعة أخرى ، إذ أنه يكشف لنا أن الزيوت والشحوم تحتوي على جزيئات طويلة تزلق بعضها فوق بعض ، كما تفعل ثعابين الماء التي تثبت رؤوسها وتترك أجسامها الطويلة تزلق بعضها فوق بعض .

وتفيد أشعه رونتكن أيضاً في دراسة الألياف التي يتكون منها القماش. فتتوقف جودة القماش القطني أو الصوفي أو الحريري على نوع الألياف التي ينسج منها . وتتوقف قوة هذه الألياف ومرونتها على نوع الجزيئات التي تتكون منها وعلى تماسكها بعضها ببعض . فترينا هذه الاشعة أن جزيئات ألياف القطن والصوف والاسبستوس تحتوي على سلسلة من الذرات الواحدة في جانب الاخرى . وقد تمكن العلماء من تبديل وضع الجزيئات بتبديل ترتيب الذرات . إن ألياف الرايون (Rayon) والنايلون (Nylon) ، هي من المواد التي حصل عليها الكيمياويون بتبديل وضع الذرات وتحويلها الى جزيئات جديدة .



وترينا هـذه الأشعة أن خواص كل مادة تتوقف على كيفية تكتل جزيئاتها . فمادة المايكا (Mica) (سليكات الألومنيوم) التي تستعمل أحياناً كصحائف للفتحات الأمامية في المدافع - تتكون من جزيئات منبسطة يمكن فصلها بعضها عن بعض بسهولة ، وهذا ما يفسر لنا سبب سهولة الحصول على طبقات رقيقة من المايكا . أما الماس فيرينا الاسيكتروسكوب الشعاعي ، إذ ذرات الكاربون التي يتركب منها متماسكة بعضها ببعض من جميع أطرافها بحيث لا يمكن تمزيقها أو فصلها . وهذا ما يفسر لنا سبب كون الماس أصلب مادة في الوجود .

ويفسر لنا أيضاً سبب أهمية الزجاج ، إذ يرينا أن جزيئاته غير مرتبة بشكل منتظم كما في المواد الصلبة الاخرى ، بل إنها مبعثرة في السوائل ، وهذا ما يجعل الزجاج قابلاً للتمييع أسهل من باقي المواد الصلبة .

ولولا الاسيكتروسكوب الشعاعي لكانت معرفة هـذه المعلومات

وغيرها صعبة جداً .

ويمكننا أن ندرك من كل ما سبق شرحه أن الاسبكتروسكوب من أقوى ما اكتشف من الاجهزة حتى الآن . فهو يساعد علماء الطبيعة على فصل الموجات الضوئية بعضها عن بعض سواء أكانت قصيرة أم طويلة ، وعلى تصنيف هذه الموجات ، ودراسة كيفية تركيب الذرات والجزيئات لأي مادة كانت في العالم ...

obeikandl.com