الفصل السابع عشر

التكلم حول العالم

لم تكد تتضاءل دهشة العالم من ذلك الاختراع الذي مكنهم من نقل أصواتهم إلى مسافات بعيدة بالاسلاك ، حتى فاجأهم العلم بما هو أحدث وأعجب . ذلك هو الراديو ، الجهاز العجيب الذي ينقل الأغاني والأحاديث في الهواء دون حاجة الى اسلاك .

لقد ألفنا اليوم الاصغاء الى مناهج الاذاعات حتى كدنا ننسى ذلك العمل العلمي العظيم الذي مهد لنا هذا السبيل . وقد تؤدي الدهشة بمن يتأمل الراديو الى أنه جهاز معقد لا يدرك كنهه انسان . ولكن ذلك اعتقاد خاطىء ، لأن الراديو جهاز بسيط كالتلفون ، بل أيسر استعمالا منه .

لقد صار من السهل نقل أقل وشوشة أمام الميكروفون بجهاز البث الحديث الى مسافة خمسة آلاف أو عشرة آلاف ميل . واستطاع العلماء ان يخاطبوا أنفسهم عبر محيط الارض البالغ خمسة وعشرين ألف ميل . وبات بامكان حتى الصبيان أن يخاطب بعضهم بعضاً بالراديو . وقد خاطب مرة صبي من مقاطعة ماساشوست في أمريكا صديقاً له في الصومال في افريقيا مساء كل يوم لمدة بضعة أشهر رغم أن هناك محيطاً وقارة يفصلان بينهما . وكانت مخاطبتهما واضحة ، مع العلم أن وصول صوت احدهما الى الآخر لم يستغرق أكثر من عشر الثانية .

لو انبيء جدنا أيام صباه أنه سوف يستطيع التحدث بصوت اعتيادي فيصل صوته الى الاقطار البعيدة لصعب عليه تصديق هذا الخبر . ولو قيل له مثلا : سيكون في استطاعتك يوماً ما أن تتكلم حول العالم ، وما عليك إلا أن تسعى الى تحقيق ذلك منذ الآن . » ما الذي كان يفعل؟ هل سيخطر بباله ان يرقى قمة جبل فيصرخ بأعلى صوته مكرراً ذلك يومياً ، أملاً منه أن يستطيع يوماً ما إيصال صوته الى مسافة آلاف الاميال ؟

الظفر بأفضل ما في الطبيعة

من العبث أن يقوم جدنا بتلك المحاولة . لقد درس علماء الطبيعة الموجات الصوتية فوجدوا أن أعلى هذه الموجات في العالم لا يمكن أن تسمع على مسافة تزيد عن بضع مئات من الاميال . يحتوي الصوت على موجات تسبح في الهواء فتكون تحت رحمة الرياح والاشجار والجبال

وكل ما تصادفه في طريقها . ويعد مسيرها مسافات معينة تضعف قوتها مهما بلغت من الشدة ، بحيث تتعذر عليها مواصلة سيرها . ولقد حكي انه كان في قديم الزمن رجل يدعى ستنتر (Stentor) له صوت عالٍ جداً ، ولكن مع هذا لم يكن ليصل صوته الى مسافة تزيد على بضعة أميال .

لقد كان اعلى صوت سمع في التاريخ ذلك الصوت الذي نتج حين انفجرت جزيرة كراكاتوا (Krakatoa) في المحيط الباسيفيكي عام ١٨٨٣ . فقد كان في تلك الجزيرة بركان ، انسدت فوهته بطريقة ما ، فاحتبست الغازات الساخنة فيه فأدى الى اشتداد الضغط الداخلي الى اقصى حد ، فانفجرت الجزيرة بكاملها ، فحدث هياج شديد في المحيط ، وتصاعدت سحب كثيفة في الهواء ، وسمع دوي الانفجار الى مسافة مئات الاميال ، وارتفع الغبار في جميع انحاء العالم فسبب احمراراً في الجو عند غروب الشمس استمر بضع سنوات . ومع كل ذلك لم يستطع البركان اسماع صوته جميع سكان الارض . فكيف يتسنى للانسان اذاً أن يسمع العالم وهو يصرخ بأعلى صوته ؟ .

ولكنه قد استطاع ذلك فعلاً . ولو فرضنا أن أحد العلماء وضع أمامه ميكروفون وأخذ يتكلم فيه مرسلاً صوته على موجة قصيرة من محطة البث لوصلت هذه الموجات الى كل انحاء العالم ، ويمكن أن تلتقط في مدة لا تزيد عن جزء من سبعة أجزاء من الثانية بجهاز مستقبل للراديو موضوع في نفس المختبر الذي اذيعت منه . فعندما يطرق بقلمه أمام

الميكروفون يسمع تلك الطرقة في الجهاز المستقبل بعد ان تكون الموجات قد دارت حول العالم وعادت اليه .

لقد استطاع العلماء تسخير قوى الطبيعة بحيث صار في مقدورهم أن يسمعوا العالم كله حتى وشوشهم . ففي الوقت الذي لم يتمكن البركان أن يسمع صوته للعالم لانه لا يملك الدماغ بل القوة وحدها ، استطاع العلم ان يتغلغل بذكائه الى خبايا الطبيعة فسخرها الى تحقيق أهدافه .

أنواع جديدة من الموجات

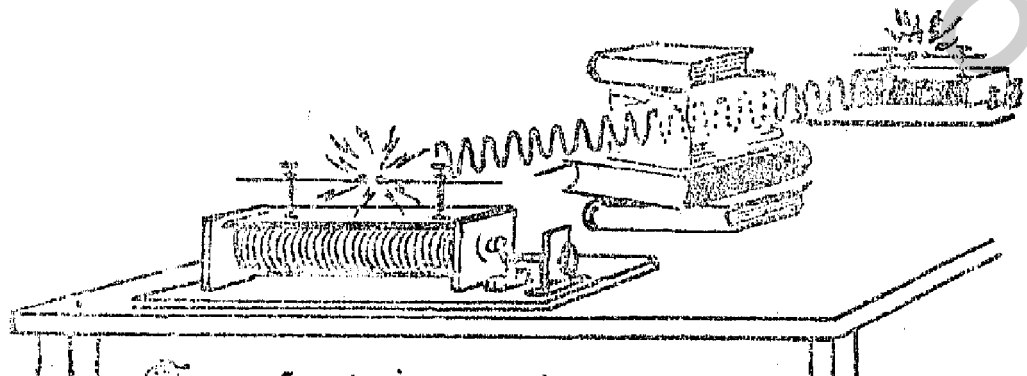
لقد استطاع العلماء اكتشاف موجات جديدة تمكنوا بها من بث الاصوات الى مسافات بعيدة دون استعمال الاسلاك . وقد سميت بالموجات الكهربائية المغناطيسية (Electromagnetic Waves) وتستطيع التغلغل في طبقات الهواء أو الأثير دون أن تؤثر فيها الرياح أو الاشجار أو الجبال . وهي تشبه الموجات الضوئية عدا أنها أطول منها كثيراً وأقل سرعة منها في ذبذباتها .

لا يعلم أحد بالضبط ماهية هذه الموجات غير أن العلماء توصلوا بنتيجة دراستهم الى معرفة الدور الذي تلعبه ، والى طريقة استخدامها . تبلغ سرعة هذه الموجات في الفضاء ١٨٦٫٢٧٢ ميلاً في الثانية ، وهي نفس سرعة الموجات الضوئية . وتستطيع الموجة الكهربائية المغناطيسية (وتسمى عادة موجة الراديو) اذا كانت قوية أن تدور حول العالم في مدة أقل من المدة التي يستغرقها المرء عندما يعطس . إن الموجات الضوئية - كما ذكرنا - قصيرة جداً بحيث ان خمسين ألفاً منها لو صفت جنباً الى جنب لما زاد طول المسافة التي تشغلها عن انج واحد . والموجة

الضوئية الخضراء مثلاً ، عليها أن تسير أسرع من موجة الراديو الاعتيادية ألف مليون مرة ومع ذلك فانها تستطيع الالتحاق بالموجات الطويلة . ويبلغ طول أطول موجات البث حوالي نصف ميل ، ولا يقل طول أقصرها عن طول دار اعتيادية . وهذه الاخيرة هي التي تستعمل للاذاعات البعيد عبر المحيط .

وتسمى موجات الراديو احياناً بموجات هرتز (Hertzian Waves) نسبة الى مكتشفها العالم الالماني هنريخ هرتز (Heinrich Hertz) عام ١٧٨٧ .

كان هذا العالم يجري تجارب كهربائية في مختبره ، ومن هذه التجارب انه كان يقوم بوصل كرتين من المعدن الى نهايتي ملف من الاسلاك المعزولة ، وعند امراره تياراً كهربائياً في السلك حدثت شرارات كهربائية صغيرة بين الكرتين . وصادف ان كان لديه على نفس المنضدة ملف آخر يشبه الاول ، وفيه كرتان من المعدن أيضاً ، تفصل بينهما مسافة لا تزيد عن سُمك الاظفر ، فلاحظ هرتز حدوث شرارة بين هاتين الكرتين رغم عدم اتصالهما بالجهاز الذي امامه .



كيف تسير الموجات الكهربائية الفضائية

فقام من وقته باجراء عدة تجارب لمعرفة سبب حصول هذه الشرارة ، الى ان ادرك انه لا بد من تسرب نوع من الطاقة من الملف الاول الى الثاني ، ولاحظ عند وضع عدد من الكتب أو قطع من الخشب بينهما ان هذه الطاقة تستمر في تسربها دون ان يعوقها حاجز .

وقبل بضع سنوات من هذا الحادث كان قد درس العالم الانكليزي جيمس كلارك ماكسويل (James Clerk Maxwell) نظرية الموجات الضوئية ، فقرر احتمال وجود نوع آخر من الموجات الضوئية تشبه الموجات الاعتيادية ولكنها أطول منها . وهكذا جزم هرتز حالا ان الموجات التي تنبأ عنها سلفه ماكسويل هي التي حملت الطاقة من الملف الاول الى الثاني على نفس المنضدة . ولقد ثبت فيما بعد أنه كان مصيباً في اعتقاده هذا .

ثم قام علماء عديدون بعد هرتز بدراسة الموجات الكهربائية المغناطيسية حتى توصلوا الى احداثها بمختلف الأطوال ، ما بين القصيرة منها التي لا يزيد طولها عن جزء من مئة الف من طول الموجات الضوئية الى الطويلة منها التي قد يبلغ طولها آلاف الاميال . ووجدوا ان هذه الموجات تتكون عندما يحرك الالكترون بسرعة . فاذا ما حرك هذا بسرعة مئة مليون مليون مرة في الثانية فانه يعطي الموجات الضوئية القصيرة ، أما اذا حرك بسرعة بضعة ملايين من المرات في الثانية فانه يرسل موجات الراديو الطويلة .

وتقوم الموجات الكهربائية المغناطيسية بالطريقة نفسها في احداث

ارتجاج في ألكترون الذرة عندما يعترض سبيلها ، كما تقوم الموجات الضوئية التي تسقط على أعيننا بتحريك ألكترونات العصب البصري بسرعة هائلة فنرى الضياء بهذه الطريقة . وتوجد الألكترونات في السلك النحاسي الهوائي لجهاز الراديو المستقبل ، فعندما تقوم موجات الرايو القادمة من مسافات بعيدة بتحريك هذه الألكترونات بشدة تحدث تيارات كهربائية في الهواء تنقل الموجات الى جهاز الراديو .

تسخير الضوء لحمل الصوت

بعد اكتشاف هذه الموجات الحديثة بزمن قصير خطرت لبعض علماء الطبيعة فكرة ، وهي أن هذه الموجات قد يمكن أن تكون واسطة لنقل رسالة من محل الى آخر . لقد سبق الموجات الضوئية أن قامت بعمل من هذا النوع فقد وصل ميكروفون بصورة بحيث أن حزمة من الضوء تتذبذب بشكل مطابق لشكل الموجات الصوتية الصادرة من الميكروفون والتي تؤثر فيها ، ثم سلط هذا الضوء على أنبوب ضوئي (عين كهربائية) موضوع على مسافة بضعة أميال . وعند وصل هذا الانبوب الى مستقبلة تلفونية امكن سماع ما دار من الحديث أمام الميكروفون بوساطة التلفون . ان المشكلة في استخدام الضوء لحمل الصوت على هذه الصورة هي أنه لا يمكن نقل الصوت إلا لمسافات قصيرة فقط ، إذ أن الشعاع الضوئي يسير في خط مستقيم ويضعف بعد أن يقطع مسافة قصيرة ، وحتى لو كان لدينا شعاع ضوئي قوي يصل الى مسافة خمسة وعشرين الف ميل ، فيما أن الأرض كروية يقتضي وضع مرايا في طريقه لكي يسير بحسب كروية

الارض . وكل ذلك يجعل من الصعب استخدام الموجات الضوئية لحمل الموجات الصوتية حول العالم .

ومن حسن الحظ ان موجات الراديو الطويلة لا تسير بخطوط مستقيمة بل تتبع في مسيرها انحناء سطح الارض وانها تخترق الضباب والامطار وكل ما يعترض سبيلها كالاشجار والاخشاب والأبنية . فهي تستطيع عبور الجبال والبحار كما يعبرها العمالقة ذوو الاحذية ذات ارتفاع سبعة فراسخ ، الوارد ذكرهم في الاساطير .

وفي هذه اللحظة ذاتها تخترق جسمك مئات من موجات الراديو في اتجاهات متعددة وهي في طريقها حول العالم .

الراديو الحربي

ليست مسألة الاحاديث بالراديو الى المسافات البعيدة هي اعجب مافيه ، بل أغرب منها هو كيف يستطيع ملايين البشر أن يسمعوا صوتاً واحداً في آن واحد .

وتذاع اليوم الحفلات والمناسبات المهمة على العالم بالراديو ، فيسمعها الجميع كما لو كانوا حاضرين في المحل الذي تذاع منه . ففي صبيحة يوم تتويج جورج السادس ملك انكلترا ، كان كل شخص يسير في شوارع أي مدينة يسمع المراسيم الدينية في كنيسة ويستمنستر ، فقد كانت تذاع حفلات التتويج على الموجة القصيرة الى انحاء العالم كافة ، وكانت محطات الاذاعة الرئيسية في امريكا تلتقط الاصوات التي تصل عبر المحيط وتعيد أذاعتها على موجات أطول لكي يستطيع سماعها كل من كان

لديه جهاز اعتيادي للراديو . فقد كان صوت اسقف كانتربري يسمع من دار الى اخرى ومن عمارة الى اخرى ، وكانت تتكرر جميع نبرات الأسقف في آن واحد ، في اكثر من أربعين مليون مكبرة صوتية في جميع انحاء العالم . وكانت أربعون مليون قطعة من الكارتون والحديد والنحاس تتذبذب في آن واحد مع ذبذبة الاوتار الصوتية للاسقف ، محدثة أصواتاً مشابهة لها تماماً . ومن أطرف ما في الموضوع أن الشخص في امريكا ، وهو على بعد ما يقارب ثلاثة آلاف ميل عن انكلترا ، كان يسمع صوت الأسقف حتى قبل أن يسمعه كثير من الحاضرين في الكنيسة التي كانت تجرى فيها المراسيم ، وذلك لان الاصوات التي تسمع في الكنيسة لم تزد سرعتها عن ١١٤٠ قدماً في الثانية ، في الوقت الذي كانت موجات الراديو قد دارت بهذا الصوت حول العالم سبع مرات .

ويوجد اليوم أكثر من ثلاثين مليون جهاز للراديو في الولايات المتحدة ، ولم يصل عددها الى هذا الرقم الهائل إلا خلال السنوات القلائل الاخيرة ، فلم تبدأ الاذاعة بالراديو إلا عام ١٩٢٩ ولم يكن يوجد حينئذ سوى عدد قليل من الاجهزة . وبعد عشرين عاماً من ذلك التاريخ صار ما يباع من أجهزة الراديو يزيد عن ثمانية ملايين جهاز في العام الواحد . ويوجد اليوم ما يزيد عن خمس وعشرين ألف محطة للبث في انحاء المعمورة ، وقد يصغي اكثر من خمسين مليوناً من الناس الى منهاج واحد في آن واحد . وقد تم كل ذلك بفضل ماصرفه العلماء والمهندسون

من وقت طويل وجهد كبير في دراسة كيفية تسخير موجات الراديو لنقل الموجات الصوتية .

شاب آخر ذو فكر ثاقب

ولو ان هرتز كان أول من اكتشف موجات الراديو بعد أن تنبأ ماكسويل بوجودها فقد كان الطالب ماركوني (Guglielmo Marconi) أول من استطاع تسخيرها لحمل الاشارات الصوتية .

كان ماركوني في الثامنة عشرة من عمره ، طالباً في جامعة بولونا في ايطاليا . وبينما كان ينصت ذات يوم الى استاذه في الفيزياء وهو يجري تجربة هرتز التي ذكرناها ، خطرت له فكرة وهي لماذا لا تستخدم هذه الموجات لحمل الاشارات الى مسافات بعيدة ؟ لم يكن يفكر طبعاً في استخدامها لنقل الاحاديث والموسيقى بل كان جل تفكيره محصوراً في نقل النقط والخطوط التي تتكون منها الرموز البرقية ، تلك الرموز التي كانت ترسل من قبل بواسطة الاسلاك التلغرافية . فقرر ماركوني أن في الامكان الاستغناء عن الاسلاك والاستعاضة عنها بالموجات ، فأنكب على دراسة علم الفيزياء ليلاً ونهاراً ، وعندما بلغ الحادية والعشرين من عمره (أي عام ١٨٩٥) كان قد حصل على معلومات كافية عن هذه الموجات ليقوم باجراء التجارب عليها .

لقد كان لدى ماركوني ملف سلكي مع اسلاك ومكثفات كهربائية وغير ذلك مما كان يستعمله هرتز في تجاربه . فأوصل ماركوني كرتين معدنيتين الى نهاية الملف واستطاع ان يرسل موجات الى مسافة بضعة

أقدام كما فعل سلفه هرتز . ثم وجد أن بامكانه ارسال هذه الموجات الى مسافات أبعد كلما باعد بين الصفيحتين المعدنيتين اللتين تلتقطان هذه الموجات . كما وجد أيضاً انه كلما رفع احدى الصفيحتين عن الارض وخفض الثانية حتى تلامس الارض تقطع هذه الموجات مسافات أطول فأطول . وهكذا لم يجد نفسه إلا وهو يرقى درجات السلم حاملاً الصفيحة المعدنية العليا حتى اضطر أخيراً الى تعليقها بين صاريتين عاليتين في الهواء . وبذلك تم اختراع أول جزء هوائي للراديو (Antenna) . ثم وضع ماركوني أنبوباً معدنياً في الارض يقوم مقام الصفيحة المعدنية السفلى . وبهذه العملية أمكنه إيصال الموجات لمسافة بضعة أميال . كما توصل الى نتيجة هي انه كلما ضاعف ارتفاع الصفيحة العليا استطاع ارسال الموجات الى مسافة تعادل أربعة أضعاف المسافة الاولى .

لقد كان عمل ماركوني هذا هو ايجاد خير طريقة لتنظيم جهازه بحيث يرسل الموجات الكهربائية الى أبعد المسافات في الفضاء . فلو فرضنا أنك تريد ارسال اشارات عبر بركة ماء بالموجات المائية فبامكانك وضع رأس صارية صيد السمك في وسط البركة ، وعندما تضرب على الصارية بعصا تحدث حولها موجات مائية تخرج بشكل دائري عن المركز ، وهذه تكون بمثابة القسم المرسل . ويستطيع شخص آخر في طرف البركة التقاط تلك الاشارات بوضع قطعة من الفلين تتمرجح الى الأعلى والأسفل عندما تصطدم بها الموجات المائية ، وهذه تكون بمثابة الجزء المستقبل .

وضع ماركوني مفتاحاً تلغرافياً بصورة بحيث انه يحدث شرارات كهربائية في الملف عند الضغط عليه ، وبذا يستطيع ارسال موجات الى

القسم الهوائي من جهازه فيرسل هذا موجات الراديو في طبقات الأثير بنفس الطريقة التي تحدث فيها اهتزاز العصا التموجات في الماء . وقد كانت الاشارات التي يرسلها ماركوني عبارة عن مجموعة من التموجات . فاذا كانت هذه المجموعة صغيرة تقابل النقطة في الرموز التلغرافية ، واذا كانت كبيرة فتقابل الخط . وكان يلتقط هذه الاشارات بالتلفون .

واستطاع ماركوني ، بعد سنة من مباشرته لهذه التجارب ، ايصال الاشارات الى مسافة ميلين . وفي سنة ١٨٩٧ أوصلها الى مسافة ثمانية عشر ميلاً . وفي سنة ١٨٩٩ أوصلها الى مسافة خمسة وثمانين ميلاً ، من فرنسا الى انكلترا . وحتى ذلك الحين لم يكن يتصور ان في أمكانه ارسالها الى مسافات أبعد ، إذ أنه فكر ان بروز سطح الارض لا يساعده على الحصول على صوار عالية جداً لحمل الجزء الهوائي من جهازه الى علو شاهق . ولكن من حسن حظه أيضاً أنه تبين بأن موجات الراديو الطويلة لا تسير في خطوط مستقيمة ولكنها تتبع سطح الارض في انحنائه . وهكذا استطاع ماركوني عام ١٩٠١ ارسال نقطه وخطوطه عبر المحيط الاطلسي لمسافة تزيد عن ألفي ميل .

التلفون اللاسلكي

(Radio - Telephone)

ولو أن التلغراف اللاسلكي (Radio - Telegraph) الذي اخترعه ماركوني كان ناجحاً تمام النجاح ، إلا أن هنالك اختراعاً آخر كان يقتضي ان يتم لكي يصير في الامكان نقل الاحاديث والموسيقى بالراديو . ولم

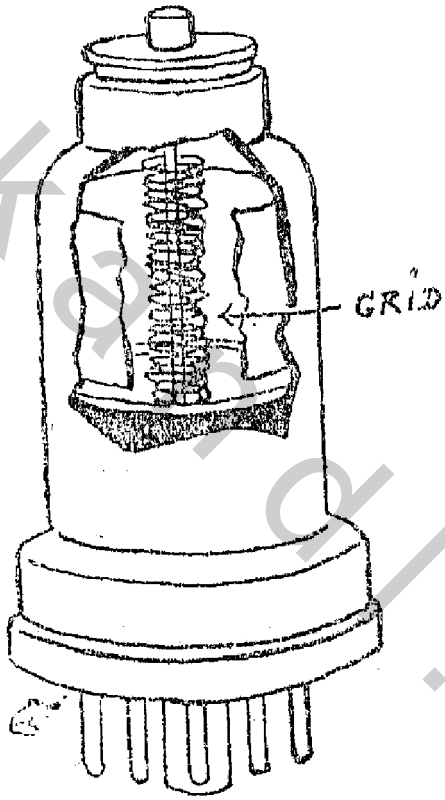
يكن يصعب الوصول الى ذلك ، إذ كان قد تم اختراع التلفون فاستطاع العلماء تحويل الموجات الصوتية الى تيارات كهربائية مختلفة بالميكروفون أو المرسلة التلفونية . فكل ما كان يقتضي عمله للحصول على التلفون اللاسلكي هو تحوير هذه التيارات لكي تطابق تلك الموجات التي يرسلها الراديو . غير انه عند احداث هذه الموجات بالشرارة الكهربائية ، كما في جهاز ماركوني ، تسبب الشرارة جلبة كبيرة ، ولذا كان من الضروري اختراع طريقة أخرى لاحداث موجات هادئة .

لقد اشترك عدد من علماء الطبيعة في هذا الموضوع فتمكنوا عام ١٩٠٦ من ارسال مجموعة من الموجات الطويلة الهادئة من القسم الهوائي للراديو ، ثم وصلوا جهاز الميكروفون بحيث تطابقت الموجات الصوتية الداخلة فيه مع شكل الموجات الكهربائية المغناطيسية فحملت الصوت معها . وبعد أن قطعت أميالاً عديدة فوق الارض أو البحار ، أمكن التقاطها بجهاز مستقبل حيث ينتزع الصوت من الموجات على شكل تيار كهربائي يؤثر في المكبرة (Loudspeaker) .

ولم يبق سوى اختراع واحد يقتضي ان يتم لنقل الموسيقى الى المسافات البعيدة . وقد تم ذلك عام ١٩١٢ إذ قام العالم لي دي فوريست (Lee de Forest) باختراع الأنابيب الألكترونية الموسعة التي سبق أن بحثناها . فعند وضع احداها في جهاز الارسال يمكن تقوية الاشارات الضعيفة ، وبوضع اخرى في جهاز الاستقبال يمكن للموجات الضعيفة أن تحدث اشارات اقوى .

من فوائد الالكترونات الحرة

ذكرنا كيف أن الالكترونات التي تنطلق من الشريط الساخن في الانبوب الالكتروني تعبر فراغه الى صفيحة معدنية تمتصها ثم تعيدها بأسلاك خارجية الى الشريط . أما دي فوريست فقد وضع سلكاً آخر بين الشريط الساخن والصفيحة المعدنية ، أطلق عليه كا



ثم وجد أنه عند ارسال ألكترونات الى هذا السلك من بطارية كهربائية (أي شحنه شحناً سالباً) تدفع هذه الالكترونات تلك التي تخرج من الشريط الساخن ، فتعيدها الى محلها . أما لو سحبت بعض الألكترونات من هذا السلك (أي انه يشحن ايجابياً) فعند ذلك يخرج من الشريط الساخن عدد أكبر من الألكترونات الى الصفيحة المعدنية . وبهذه

الطريقة يمكن احداث تغييرات كبيرة في التيار الكهربائي بمجرد التأثير في هذا السلك ، ولو بقوة كهربائية ضئيلة . وتسمى هذه الظاهرة بالتوسع (Amplification) . ويوجد ما بين الثلاثة الى الثلاثين من هذه الأنابيب في كل جهاز مستقبل للراديو . وتقوم أغلبها بتكبير ما يصلها من الارشارات الصوتية . وتحتوي مرسلات الراديو أيضاً على أنابيب من هذا النوع إلا انها أكبر حجماً ، إذ أن المطلوب منها احداث موجات كهربائية تؤثر في الموجات المرسلة فتقوم بتكبيرها .

الانواع المختلفة لموجات الراديو

لما كان في الامكان احداث موجات ذات أطوال مختلفة ، فمن السهل اختيار المناسب منها لكل غرض . فتستعمل الموجات الطويلة جداً ، التي يبلغ طول كل منها ميلاً أو نصف ميل للاذاعة الى المسافات القصيرة التي لا تتجاوز بضع مئات من الاميال . وتبلغ هذه الموجات حداً من الطول بحيث اذا اعترضت طريقها احدى ناطحات السحاب فلا تؤثر فيها أكثر من تأثير عود من القصب في الموجات المائية عندما نرمي به في بركة ماء . وتضعف موجات الراديو كلما قطعت مسافات طويلة في الفضاء ، ولكنها تحتفظ بالمسافة بينها ، كما تحتفظ بسرعتها مهما قطعت من المسافات . فالموجة التي يبلغ طولها خمس ميل ، تتذبذب دائماً بسرعة مليون مرة في الثانية مهما بلغت من الضعف .

ولأجل البث الى المسافات البعيدة ، من امريكا الشمالية الى امريكا الجنوبية مثلاً ، أو عبر المحيط الى اوربا ، يقتضي استخدام الموجات

القصيرة . ولا يزيد طول بعض هذه الموجات عن ستين قدماً . وتستطيع ان تدور حول العالم دون ان تبلغ درجة من الضعف كالدرجة التي تبلغها الموجات الطويلة ، وذلك لانها تخرج الى الفضاء ثم تنعكس الى الارض . فعلى ارتفاع خمسين الى مائتي ميل عن سطح الارض توجد طبقات هوائية تحتوي على ألكترونات تعمل عمل المرايا ، فتعكس الموجات الى الارض (انظر الشكل الموجود في أول هذا الفصل) . فعندما تصغي وأنت في امريكا الى اذاعة اوربية ، على الموجة القصيرة قد يحصل ارتفاع وانخفاض في الاشارات الصوتية بنسبة ارتفاع وانخفاض هذه المرايا الهوائية في الجو .

لقد خصص لكل محطة ارسال لاسلكية موجة ذات طول معين ، تذيع عليها لكي لا تتداخل الاشارات المرسلة من محطتين في آن واحد . فتقوم الحكومة مثلا بالايعاز الى احدى المحطات ان ترسل على موجة طولها خمس الميل وذبذبتها مليون مرة في الثانية ، بينما توعز الى محطة اخرى ان ترسل على موجة طولها ضعف الاولى وذبذبتها نصف مليون مرة في الثانية .

وعندما تحرك المؤشر في جهاز الراديو لالتقاط منهاج الاذاعة من احدى المحطات فذلك يعني انك تحاول التقاط موجة ذت طول معين وذبذبة معينة . ويمكن تشبيه ذلك بالظاهرة التي تحصل عندما تعلق ثقلا في نهاية الزنبرك ، فاذا ما سحبت الثقل الى الاسفل ثم تركته فانه سيهتز الى الاعلى والاسفل بسرعة معينة في الثانية الواحدة ، واذا ما أضفت ثقلاً آخر فسوف تقل سرعة الاهتزاز ، بينما اذا خففت الثقل تزداد

سرعة الاهتزاز . وتسمى هذه الاهتزازات بالذبذبات الميكانيكية .

توجد داخل اجهزة الراديو ملفات أو مكثفات تحدث اهتزازات كهربائية عندما يسري فيها تيار كهربائي . والمكثفة (Condensor) عبارة عن زنبرك كهربائي ، والملفات هي الاثقال الكهربائية . فعندما تحرك المؤشر في جهاز الراديو تكون كأنك قد حولت المكثفة الى رقاص كهربائي ، فيهتز جهاز الاستقبال كهربائياً بأي سرعة تريدها بمجرد تحريك المؤشر . وكل ما تحتاجه لسماع محطة ما ، هو ان تحرك المؤشر بحيث يهتز الرقاص الكهربائي عدداً من الاهتزازات في الثانية الواحدة يعادل عدد ذبذبات الموجات المرسلة من تلك المحطة ، وعند ذلك تسمع في المكبرة ما يرسل من تلك المحطة فقط من الاصوات .

أجهزة الراديو المستقبلة الحديثة

يقف المذيع أو المغني في محطة الاذاعة أمام الميكرفون . ويسمى هذا أيضاً الاذن الكهربائية ، وهو يلتقط الموجات الصوتية فيحولها الى تيارات كهربائية بنفس الشكل ، كما تفعل المرسلة التلفونية . وهذه المرسلة ما هي إلا نوع رخيص من الميكرفون الذي يصلح للحديث ولكنه لا يصلح للموسيقى .

ثم يبعث التيار من الميكرفون الى انبوب الراديو الطويل حيث تخرج ملايين الألكترونات بصورة مستمرة ، من شريط الانبوب الساخن الى الفراغ ، ويسمى هذا الانبوب (Oscillator) أي انه يهتز كهربائياً ، وهو متصل بملفات ومكثفات بصورة تجعله يتذبذب عدداً

معيناً من الذبذبات في الثانية الواحدة . وتتصل الملفات بالقسم الهوائي (Aerial) الذي تصل اليـــه الالكترونات المتذبذبة بنفس السرعة في الثانية الواحدة ، وهكذا ترسل منه موجات لاسلكية ذات طول معين الى الفضاء ، وتتوقف كمية الموجات المرسلة في أي لحظة على قوة الصوت الداخل الى الميكرفون وهكذا تتوافق الموجات المرسلة في الفضاء مع الموجات الصوتية الداخلة في الميكرفون .

تستطيع محطة البث اللاسلكي القوية تحويل كمية من القوة الكهربائية الى موجات أثيرية تكفي لتشغيل خمس مئة فرن كهربائي . ولكن بعد أن تنتشر هذه الموجات الى مسافة مئات الاميال فوق سطح الارض تكون كمية الطاقة التي تصل منها الى كل من الاجهزة المستقبلة ، أقل من جزء من ألف مليون من القوة الاصلية . ومع كل ذلك تستطيع هذه الموجات الضعيفة من تحريك الالكترونات في القسم الهوائي من الجهاز ثم توسع قوة اهتزازات هذه الالكترونات بالأنابيب الألكترونية الى ملايين المرات . وبعد أن تفصل عن الموجات التي حملتها ترسل الى المكبرة التي تعيدها الى الصوت .

عندما تفتح جهاز الراديو لاتسمع الصوت حالا بل يبدأ بالارتفاع تدريجياً وذلك لان خيوط الانابيب تكون باردة أول الأمر ، وكلما سخنت ازداد عدد ما يشع منها من الالكترونات ، حتى يصل هـــذا العدد الى أقصى حد . وعند ذلك تكون قوة الصوت قد بلغت منتهاها .

ماذا نغير من الراديو ؟

تذيع أغلب المحطات اللاسلكية في العالم مناهج تحتوي على موسيقى

ومحاضرات وحفلات وغير ذلك . غير أن للراديو أهمية أخرى يجب أن لا تغرب عن بالنا ، وهي استعماله للتخاطب عبر المحيط . توجد عبر المحيط الاطلسي سبع وثلاثون مجموعة من الاسلاك المعزولة لا تحمل سوى الاشارات التلغرافية . ولأجل جعلها صالحة لنقل التيارات الصوتية يقتضي وضع أنابيب موسعة على الخطوط ، وهو أمر غير ممكن لوجودها على عمق ميلين تحت الماء . ولهذا تنقل المخاطبات التلفونية كافة عبر المحيط بالراديو .

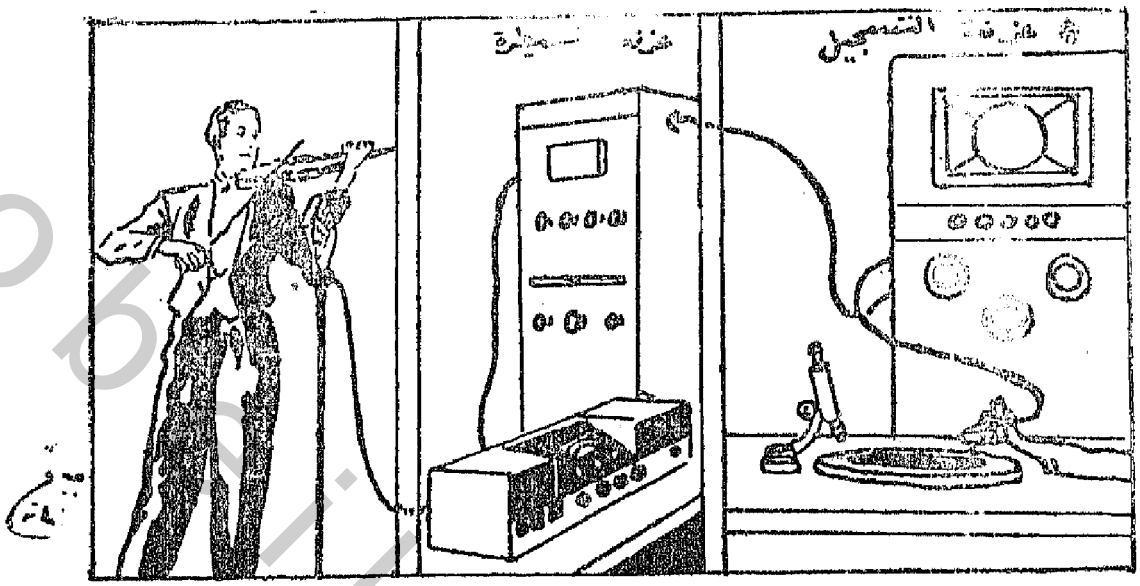
فاذا ما أردت مخاطبة شخص ما في جزر الفيليبين وانت في احدى مدن امريكا ، ينقل صوتك بالاسلاك التلفونية عبر القارة الامريكية حتى الساحل ومن ثم يرسل باللاسلكي الى الفيليبين . وهناك محذور واحد من هذه الطريقة ، وهي أن كل شخص لديه جهاز للراديو يستطيع سماع المخاطبة . غير أن الشركات التلفونية قد انتبهت الى ذلك فعملت على وضع آلات خاصة تشوه الالفاظ قبل اذاعتها بحيث لا يمكن فهمها ، فعندما تخاطب والدتك قائلاً : كيف حالك ؟ فانت ألفاظك هذه تتغير بحيث لا يمكن فهمها ، وفي الجزء المستقبل توضع آلة أخرى تعيد الالفاظ المشوهة الى ما كانت عليه سابقاً .

وقد تسمع احياناً عندما تنصت الى اذاعة على الموجة القصيرة اشارات غريبة تشبه التمتمة ، وقد تكون هذه إحدى المخابرات التلفونية ولكنك لا تفهمها لأنك لا تملك آلة تعيدها لك بألفاظها الاصلية . كما أن الشخص الذي يستمع الى هذه المخابرة قد لا يدرك ان الاصوات قد سبق

أن شوهت ، إذ أن التشويه والتعديل يجريان بصورة اوتوماتيكية بالآلات .

تذكر عندما تعود الى الاصغاء الى الراديو أنه لم يسبق لجميع الناس ان سمعوا ما يدور من الحديث في غرفة على بعد مئات الاميال عن محلاتهم . ولا يتذكر اليوم سوى متوسطي الاعمار تلك الدهشة التي اعترتهم عند سماعهم صوت الراديو لاول مرة . وسوف لا ينقضي زمن طويل حتى يستطيع الانسان اينما وجد ، سواء أكان على سطح الارض أم في الجو أم تحت الماء ان يكلم أي شخص آخر في أي بقعة من العالم مهما بعدت المسافة بينهما .

obeikandl.com



الفصل الثالث عشر

تسجيل الاصوات في الاقراص

لم يكن يتصور حتى أعقل الناس الى ما قبل بضع عشرات السنين انه من الممكن التقاط الاصوات الغنائية الجميلة مثلما تلتقط صور المناظر ، ويحتفظ بها للذكرى ثم يعاد سماعها كلما دعت الحاجة . ويرجع السبب في هذا الاعتقاد الى أن الموجات الصوتية لا تدوم اكثر من جزء صغير من الثانية .

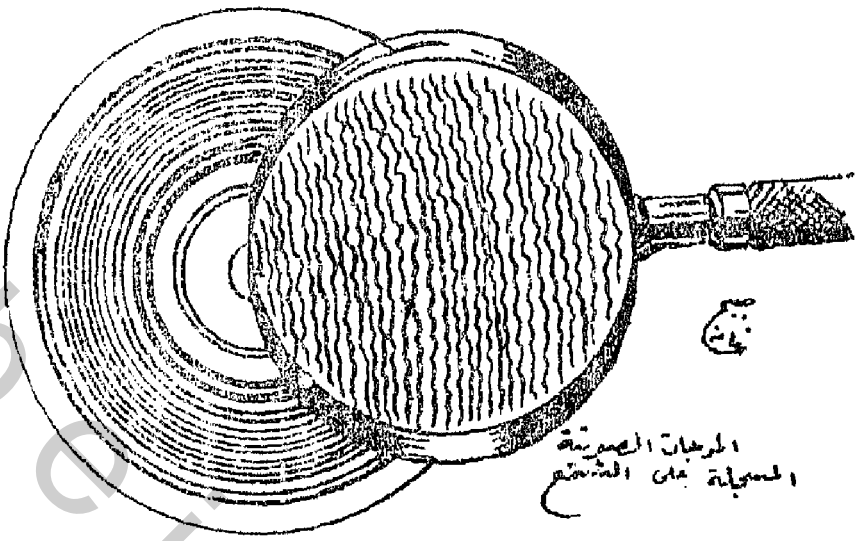
غير أننا صرنا ندرك جيداً أن الاحتفاظ بالصوت أمر يسير . إذ تم أمر التقاط الأصوات وتسجيلها ثم إعادتها عند الحاجة باختراع الجهاز الحاكي (Phonograph) . وقد لعبت الانابيب الفراغية وتلك

التجارب عن الطاقتين الصوتية والكهربائية التي ساعدت على اختراع الراديو والتلفون ، دوراً مهماً في اختراع هذا الجهاز .

لقد بحثنا في كيفية ارسال الصوت بالتلفون فعلمنا أنه لا ينتقل بنفسه بالاسلاك ، بل انه يتحول الى موجات كهربائية تنتقل فيها . ولقد وجد العلماء ان من الممكن خزن الصوت بتغيير موجاته ، قبل أن تتلاشى ، الى موجات من نوع آخر يمكن الاحتفاظ بها لمدة طويلة ثم اعادتها عند الرغبة في سماعها ثانية .

إن الاسطوانات (Records) التي ندير ها على الحاكي هي أقراص مسطحة ، مصنوعة من مادة شمعية تحتوي على حفر حلزونية طويلة في كل من وجهيها . وهذه الحفر وان بدت لنا مستقيمة إلا أننا نرى فيها بعض التعرجات الدقيقة إذا ما نظرنا اليها خلال عدسة مكبرة . وما هذه التعرجات الدقيقة إلا تلك الموجات الصوتية المخزونة فيها . فالاسطوانة الفونوغرافية إذن هي عبارة عن خطين متموجين طويلين محفورين على سطح من الشمع يمكن استعمالها لاعادة موجات صوتية تشابه تماماً الموجات الاصلية التي سجلت فيها .

ولم نتوصل الى تسجيل موجات صوتية تشبه الموجات الاصلية تماماً إلا خلال الخمسة عشر عاماً الأخيرة . أما قبل ذلك فقد كانت الاصوات الصادرة من الاسطوانات الفونوغرافية واطئة وممسوخة ، ومع ذلك كان الناس مندهشين من قدرة هذا الجهاز على التكلم واحداث صوت يشبه صوت الانسان . اما اليوم فقد اتقنت هذه الصناعة بحيث بدأنا ننتقد أقل خطأ أو تشويه في الصوت .



صار في استطاعة العلماء تسجيل القطع الموسيقية واعادة اذاعتها بحيث لا يكاد يتصور المستمع انها تذاع من اسطوانات فونوغرافية . وماكينات من هذا النوع لا يمكن استعمالها إلا في المعاهد والمختبرات العلمية لغلاء أسعارها . لذا كان اغلب ما يذاع من القطع الموسيقية في الراديو مسجلاً على تسجيلات كهربائية (Electrical Transcriptions) . ولا يتصور المستمع أنها تذاع منها ، إذ يقوم الراديو بنقل الموسيقى أصلية كانت أم مسجلة على حد سواء .

وربما كان الماكي أبسط آلة موسيقية عرفها الانسان حتى الآن إذ بامكان أي شخص استخدامه بلا مجهود . ولكي نفهم طريقة عمله يتحتم علينا ان نعلم بعض الشيء عن الآلات الموسيقية الاعتيادية .

كيف تحدث الموسيقى ؟

لقد أجمعت الآراء على أن الكمنجة هي الآلة الموسيقية التي تحدث أجمل أنواع الموسيقى . وهي عبارة عن صندوق خشبي مسطح صغير ، تمتد

فوقه أربعة أوتار قوية يضرب العازف عليها بمجموعة من شعر ذيل الحصان ، تمتد بين رأسي عصا منحنية تسمى بالقوس .

ويمكن عمل اوتار الكمنجة من أي مادة قابلة للتوتر بشدة دون أن تنقطع . ويجب أن يكون أدق هذه الاوتار متوتراً الى درجة بحيث إذا سحب من وسطه بالاصبع قليلا يتذبذب بعد تركه مئات المرات في الثانية . وأحسن الاوتار هي التي تستخرج من امعاء الاغنام لانها قوية ومرنة وقابلة للتذبذب ، فتحدث أصواتاً موسيقية .

وتتوقف شدة الصوت الموسيقي على درجة توتر هـذه الاوتار وطولها . فاذا كان توتر أحدها بحيث يتذبذب (٢٥٦) مرة في الثانية فانه يعطي نغمة موافقة الى اشارة (C) الوسطية على البيانو ، وعند الضغط على التوتر المتذبذب قرب عنق الكمنجة بالاصبع نكون كأننا قد قصرناه ، فيحدث نغمة أعلى من الاولى .

ويسحب وتر الكمنجة الى جهة واحدة عادة ولكن ليس بالاصبع بل باحتكاكه مع عزمة شعرية من ذيل الحصان تحتوي على مئتي شعرة متوترة بوساطة القوس . ونجد بجوانب هذه الشعرات ، عند وضعها تحت المجهر ، زوائد دقيقة تشبه النتوءات الموجودة في الخيزران ، وتغطى هذه النتوءات بمادة الراتنج عندما يدلكها العازف بقطعة منها ، وعند سحب القوس على وتر الكمنجة تقوم إحدى هذه النتوءات بسحب الوتر الى جهة واحدة لمدة قصيرة ، ثم يفلت مباشرة فيتذبذب محدثاً صوتاً موسيقياً .

ويمكنك ان تصنع كمنجة بتعليق أربعة أوتار فوق عصا ، ولكن

الصوت الذي تحدثه يكون ضعيفاً جداً لأنه عندما يتذبذب الوتر وحده يرسل موجات صوتية في الهواء لا تسمع بوضوح لصغر حجمه . ولذلك تربط هذه الاوتار الى صندوق من خشب رقيق لتقوية الاصوات التي تحدثها عند تذبذبها لأن الوتر الواحد يؤثر في الصندوق محدثاً فيه ذبذبة موافقة لذبذبته ، وبما ان الصندوق الخشبي يؤثر في مساحة واسعة من الهواء في أثناء تذبذبه فانه يحدث صوتاً عالياً نتيجة لذلك . ولقد رتبت الكنجة بشكل خاص بحيث ان القوس لا يسحب إلا على وتر واحد في آن واحد .

ورتبت أوتار الكمنجة بحيث تحدث نغمات موسيقية مختلفة ، فالوتر (G) الذي يحدث النغمات الواطئة هو أغلظ الأوتار وأثقلها وأقلها ذبذبة . أما الوتر (E) الذي يحدث أعلى الاصوات فهو أخف الأوتار وأشدها توتراً لأنه أكثرها تذبذبا . ويمكن تغيير ارتفاع وانخفاض الاصوات ، بالضغط فوق الأوتار في محلات معينة بالاصبع . وتعين سرعة ذبذبة الوتر طول الموجات الصوتية التي تحدثها الكمنجة .

والبيانو آلة موسيقية ليس للعازف سيطرة على أوتارها ، بل إنه يضرب على مفاتيح تدفع مطارق مكسوة باللباد ، فوق أوتار لكل منها شدة صوتية معينة ، وتحدث كل نغمة عادة بتأثير وترين من نفس النوع ويجري تعديل الاوتار كل بضعة اشهر لكي تعطي نغماتها الاصلية دائماً . وعندما تضرب المطارق على الاتار تنسحب عنها حالاً تاركة اياها في حالة التذبذب . ولتقوية الصوت توجد في البيانو لوحة كبيرة تسمى

لوحة التصويت (Sounding Board) تحدث حركة كبيرة في الهواء عند تذبذبها بتأثير اهتزاز الاوتار .

وتقوم الآلات الموسيقية الهوائية كالابواق ، باحداث الاصوات نتيجة تذبذب الهواء في أنابيبها . فعندما ينفخ العازف فيها يحدث اهتزازاً في هوائها . وتتوقف حدة الصوت على عدد ذبذبات الهواء في الثانية . ففي الآلة المسماة (Trombone) تغير قوة الصوت بانزلاق انبوب داخل الآخر فيتبدل طول العامود الهوائي حسب ما يريده العازف . أما في القرناطة (Cornet) والبوق (Trumpet) فيتبدل طول العمود الهوائي بسد صمامات صغيرة بالضغط على الازرار فتقوم هذه الصمامات بتقصير العمود الهوائي داخل الانبوب أو تطويله .

ويقوم العازف في جميع الآلات الموسيقية الاعتيادية بضبط شدة الاصوات بتبديل سرعة ذبذبات الاوتار أو الأعمدة الهوائية ، وبضبط ارتفاع الصوت وانخفاضه بتغيير قوة التذبذب . أما نوع الموسيقى فيتوقف على نوع الآلة الموسيقية . ويقتضي صرف ساعات طويلة في التدريب لاتقان العزف على كل من هذه الآلات الموسيقية .

أما الحاكي فهو آلة موسيقية تختلف عن تلك الآلات التي تستعمل في الاوركسترا والاجواق الموسيقية كل الاختلاف . فلا يقوم الشخص الذي يدير اسطوانته باحداث اصوات جديدة بل انه يعيد اصواتاً سجلت من قبل . وكل تغيير في الصوت يحدثه الحاكي يشوه الموسيقى الاصلية ، ولذا تؤثر الانواع الرخيصة منه تأثيراً سيئاً لانها تحدث أصواتاً مضافة الى الاصوات المسجلة على الاسطوانة فتشوهها .

قد يفكر البعض بأنه لم تعد هناك حاجة لتعلم العزف على أي آلة موسيقية طالما اتقنت صناعة الحاكي فصار ينقل الاصوات بصورة مطابقة للاصل . فان اردت سماع معزوفة من أحد مشاهير عازفي الكمنجة فما عليك إلا أن تبتاع اسطوانة تحتوي على احدى مقطوعاته الموسيقية فتديرها على الحاكي لتسمعها . غير أن هذا الظن خطأ محض لأن النتيجة الواقعة عكس ذلك ، لأن الاكثار من الاستماع الى القطع الموسيقية التي يذيعها الحاكي والراديو قد خلق ميلا موسيقياً لدى كثير من الناس فشوقهم الى أن يتعلموا عزف المقطوعات الموسيقية التي يسمعونها .

لقد انتشر تعليم الموسيقى في المدارس وجهزت أكثرها بأحدث الآلات الموسيقية . كما ازداد عدد ما يباع من الآلات الموسيقية على اختلاف أنواعها . فالراديو والحاكي إذاً قد أوصلا الموسيقى الى آذان كثير من الناس فخلقا فيهم ميلا شديداً اليها والى آلاتها المختلفة ، ذلك الميل الذي لم يسبق أن سجل التاريخ له مثيلا .

رنات الموجات الصوتية

لقد كان للمغني الشهير كاروزو (Enrico Caruso) صوت عالٍ جداً بحيث يقال انه كان يستطيع كسر قدح من الزجاج عندما يغني مقطوعة موسيقية بالقرب منه ، وذلك بتأثير الصدى (Resonance) الذي يحدثه فيه . فعندما يصطدم الجرس بموجات صوتية تعادل شدتها شدة الاصوات التي يحدثها فانه يتذبذب ذبذبة قوية كما لو كان قد طرق بمطرقته الخاصة . واذا ضرب القدح الزجاجي بالملعقة يحدث فيه صوت

موسيقي . واذا ما غنى أو صفر شخص على نفس النغمة التي يحدثها القدح باهتزازه تضرب موجاته الصوتية بشدة على القدح فتزيد في ذبذبته تدريجياً كلما ارتفع الصوت ، حتى قد تصل الى درجة تستطيع فيها كسر الزجاج اذا ما كان الغناء أو الصفير عالياً بدرجة كافية .

واذا وضعت أمامك قطعة من الورق وغنيت بصوت عال تبدأ هذه الورقة بالاهتزاز ، واذا ما ثبت قطعة من القش فوقها ثم وضعت النهاية الاخرى لقطعة القش بحيث تلامس سطحاً زجاجياً متحركا مغطى بقطعة من الكاربون ، فتستطيع تسجيل الموجات الصوتية على الزجاج باهتزازات قطعة القش فوقه . ويلاحظ انه كلما زادت شدة الصوت تقاربت الموجات في الخط المرسوم ، وكلما علا الصوت تباعدت هذه الموجات . وعندما تضرب عدة أصوات على الورقة تجتمع كلها في خط واحد أكثر تعقداً من الخط الذي يحدثه كل منها على انفراد . إن الخطوط التي نجدها على الاسطوانات الفونوغرافية هي من نفس هذا النوع من الخطوط .

قياس ارتفاع الصوت

قبل ان يتوفق العلماء لدراسة الصوت دراسة كافية كان من الضروري توصلهم الى طريقة لقياس ارتفاعه . فاخترعوا وحدة قياسية سموها (Decibel)

لنتصور صوتنا واطئاً كحفيف ورق الشجر في يوم هادىء . فعند سماع صوت آخر يعادل ارتفاعه عشرة أضعاف هذا الصوت تكون قوته عشر وحدات قياسية ، واذا سمعنا صوتاً آخر يعادل عشرة أضعاف الصوت

الثاني تكون قوته عشرين وحدة . وهذا يعني انه كلما تضاعف الصوت عشر مرات يضاف الى شدته الاصلية عشر وحدات قياسية . فاذا كان ارتفاع الصوت مليون ضعف من أوطأ صوت يمكن سماعه تكون شدته ستين وحدة .

أراد أحد علماء الطبيعة قبل بضع سنوات أن يعرف أكثر المحلات ضوضاء في نيويورك ، فأخذ يجوب كل شارع في المدينة يقيس ارتفاع الاصوات في مختلف المواقع بواسطة آلة خاصة ، فوجد أكثرها جلبة هي زاوية الشارع رقم ٣٤ - الطريق السادس ، حيث تجتمع سيارات الحمل بكثرة تحت خط الحديد المرتفع القديم وحيث يعلو صراخ باعة الصحف ، كما يوجد عدد من العمال يقومون بتشييد عمارة حديثة . وقد وجد ان ارتفاع الصوت هناك يبلغ تسعين وحدة قياسية أي انه أعلى من أوطأ صوت بمقدار ألف مليون مرة .

وقام عالم آخر بتجربة طريفة لقياس ارتفاع الصوت بهذه الآلة ، وهي اكتشاف من كان اكثر تأثراً من أفراد العائلة المالكة في بريطانيا في اثناء تتويج الملك جورج السادس . فدلت الآلة على أن الملكة الوالدة كانت اسبقهم في هذا المضمار ، فقد ظهر أن ارتفاع تصفيقها وتهليلها بلغ خمساً وسبعين وحدة .

ولا تحتوي هذه الوحدات الخمس والسبعون على طاقة صوتية كبيرة . فاذا ما جمعنا الطاقة الصوتية المستحصلة من رجل يصرخ بأعلى صوته نهاراً كاملاً وحولناها الى طاقة كهربائية فلا تكاد تكفي لتشغيل فرن كهربائي اكثر من دقيقة واحدة . وحقيقة كون الموجات الصوتية

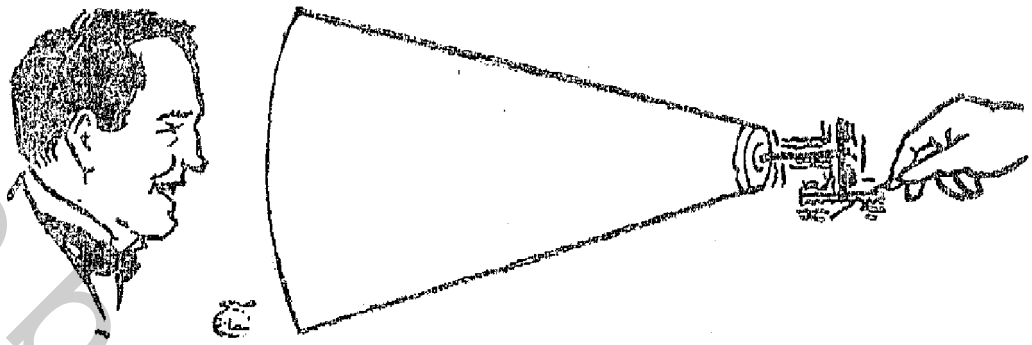
لاتحتوي إلا على مقدار ضئيل من الطاقة هي السبب الاول في صعوبة تسجيل الاصوات . لقد كان من المستحيل صنع الحاكي لولا اختراع الانابيب الفراغية الموسعة التي بحثنا عنها سابقاً .

الحاكي الأول

لقد توصل عدد من العلماء والمخترعين الى عمل الحاكي في آن واحد ، ولكن أول من توفق في صنع جهاز ناجح هو توماس اديسن عام ١٨٧٥ .

ولكي يبين وجود الطاقة في الموجات الصوتية قام أديسن بعمل ألعوبة تركز فيها الموجات الصوتية بوساطة قمع صغير . وعند تكلمه أمام هذا القمع تمكن من احداث خشخشة في ورقة موضوعة أمام فوهة القمع الصغيرة ، ثم وضع منشاراً صغيراً جداً تحت حافة الورقة ، وأمسك بعود صغير من النوع المستعمل لتنظيف الاسنان ، تحت المنشار ، واوقف شخصاً أمام القمع ، فجعله يلفظ عبارة(Saw Wood)مراراً وتكراراً فسببت هذه الاصوات حدوث ذبذبة في الورقة سببت تحريك المنشار الصغير الى الامام والى الوراء بصورة متكررة حتى تم فصل العود الصغير الى قطعتين . فاعطت هذه اللعبة فكرة الى اديسن بانه من الممكن خزن الصوت ثم اعادته بعد ذلك .

لقد كان أول حاكٍ اخترعه اديسن بسيطاً للغاية ، إذ كان يحتوي على اسطوانة محاطة بصفيحة رقيقة من القصدير تدور حول محور ، وسن



من الماس مثبت على صفيحة رقيقة اخرى من المايكا(سيليكات الألومنيوم) تضغط على الاسطوانة . فعندما يصوت أمام قمع أو بوق تتركز الاصوات على صفيحة الالومنيوم ، فتحدث فيها اهتزازاً يسبب تحريك السن الماسي فوق صفيحة القصدير ، بحيث يرتفع وينخفض تبعاً للموجات الصوتية ، محدثاً خطا طويلا على الاسطوانة . ويختلف عمقه بحسب شدة ضغط السن عليها . وعند اعادة تدوير الاسطوانة تحت الابرة الماسية يحدث فيها الخط اهتزازاً فتسبب تذبذب صفيحة الالومنيوم . وهكذا تعاد الموجات الصوتية مرة ثانية . ولقد كانت الاصوات الحاصلة ضعيفة جداً بحيث يقتضي تقريب الاذن الى فوهة الآلة تماماً ، وكانت أول جملة لفظها حاكي اديسن (Mary had a little lamb) (كان لماري خروف صغير) .

وكانت الاصوات التي يعيدها هذا الحاكي مخدشة للسمع حقاً ، ولذا لم يعتقد اديسن بصلاحيته لتسجيل الموسيقى ، بل فكر أنه قد يصلح لتسجيل الرسائل فقط عوضاً عن كتابتها على الورق وارسالها بالبريد ، حيث يمكن سماعها بهذا الجهاز عوضاً عن قراءتها .

غير أن الحاكي قد أخذ يتحسن حتى صار من الميسور تسجيل كل أنواع الموسيقى واستعادتها مراراً وتكراراً ، وكذلك تسجيل المقطوعات الغنائية واستنساخ الملايين منها ، فيستطيع الناس سماع أي قطعة يرغبون فيها ، في بيوتهم وفي أي وقت يشاءون .

وكانت المعضلة الكبرى في حاكي اديسن أن الموجات الصوتية مهما بلغت من ارتفاع لم تكن تحدث خطاً عميقاً على القرص ، رغم أن ما يكفي من العمق لا يتجاوز نحن شعرة ، لأن اختلافاً في العمق لا يزيد عن جزء من الألف من نحن الشعرة يسبب اختلافاً في حركة الابرة فينتج عن ذلك تشويه في الاصوات التي تحدثها فتقلب الاغاني الجميلة الى صراخ أو نقيق.

أما في الفونوغراف الحديث فتقوم الأنابيب الفراغية الموسعة بتقوية الموجات الصوتية فتحدث خطوطاً ذات عمق كاف .

عمل الاسطوانات

من الممتع زيارة احدى استديوهات تسجيل الفونوغرافية التي تشبه كثيراً ستديوهات الاذاعة اللاسلكية ، إذ تحول الموجات الصوتية في كل منها الى موجات كهربائية . ويلقط الصوت المراد تسجيله بالميكروفون تلك الأذن الكهربائية التي تحول الموجات الصوتية الى كهربائية .

ثم توسع هذه الأخيرة بالأنابيب الموسعة فتصير أقوى من الأصلية بألف مرة أو أكثر . ومن ثم تنقل الى ملف سلكي حول مغناطيس صغير يحرك إزميلاً صغيراً في نهاية سن من الماس يحفر فوق اسطوانة مسطحة من الشمع ، خطاً متعرجاً يطابق تموجات التيار الكهربائي .

ولتسجيل الاصوات تسجلاً صحيحاً تاماً يقتضي أن لا تقل سرعة حركة الازميل الذي يحفر الشمع الماسي في أثناء حفر الخط على الاسطوانة ، عن عشرة آلاف مرة في الثانية .

ويجب أن يكون سطح الاسطوانة أملس مسطحاً كالمرآة قبل المباشرة بحفر الخط الحلزوني . وتوضع طبقة من الشمع الاصفر الناعم الذي يشبه شمع النحل فوق صفيحة من المعدن ، ويحتوي هذا الشمع على بعض المواد الكيميائية . وعندما تقذف الاوركسترا امام الميكروفون ، يدار القرص الشمعي بسرعة ، تحت الابرة الماسية فتحفر فوقه خطاً حلزونياً .

والاسطوانة هذه لا يمكن استعمالها بهذه الصورة لأن الشمع ليونة لا تتحمل ضغط الابرة ، ولذا كان من الضروري تحويل هذه الاسطوانة الى شكل آخر صلب .

توضع اسطوانة الشمع في وعاء زجاجي كبير مسدود ومفرغ من الهواء . وتثبت أمامها صفيحة رقيقة واسعة من الذهب الخالص توصل بتيار كهربائي ذي ضغط عالٍ ، فعند تفريغ الوعاء من الهواء ودفع التيار الكهربائي تتحرك الالكترونات الذهبية فتندفع داخل الفراغ متجاذبة فوق سطح الاسطوانة الشمعية . ولا تمضي ساعة حتى تكون قد غطيت بطبقة رقيقة جداً من الذهب .

ثم تخرج الاسطوانة ، بعد أن تكون قد طليت جيداً ، فتوضع في حمامات كيمياوية تتصل بتيار كهربائي آخر حيث تترسب فوقها ذرات من النحاس وبذلك تتكون طبقة قوية يمكن نزعها مع طبقة الذهب من فوق الشمع ، وعند رفع الصفيحة الذهبية يكون قد طبع فوقها الخط المحفور

على الشمع ، وهكذا تكون بمثابة القرص السالب . ثم يطبع فوقها قرص معدني آخر بالحام الكيمياوي ، ويطلى هذا الاخير بطبقة من معدن الكروم (Chromium) وهو القرص النهائي أو الرئيسي الذي تطبع عليه آلاف الاسطوانات من مادة اللك الساخن (Shellac) .

واذا دخلنا محل صنع الاسطوانات نجد مئات المكابس التي تسخن بالبخار، تطبع آلافاً من هذه الاسطوانات . فتجلس فتاة أمام كل من المكابس وبجانبها صفيحة ساخنة جداً ، فوقها عجينة سوداء هي عبارة عن مزيج من اللك والطين ومواد كيميائية اخرى .

تفتح الفتاة العاملة فكي المكبس بالضغط على عتلة تحت قدميها فتدخل بينهما كتلة من هذه العجينة ، وبالنظر لوجود صفيحتي الكروم على واجهتي المكبس تنطبع الاصوات المسجلة عليهما فوق هذه العجينة التي تحول الى قرص رقيق عند غلق فكي المكبس ، واحداثها ضغطاً عليها يزيد على ستين طناً . وعند رش قليل من الماء في المكبس يتصلب هذا القرص فتفتح العاملة المكبس وتخرج القرص الذي يكون اسطوانة جاهزة للاستعمال على الحاكي . وهكذا تتحول تلك الكتلة العجينية في لحظة الى اسطوانة تسمعنا الانغام الموسيقية . وباستطاعتنا طبع مليوني نسخة لتسجيل واحد ، ويمكن استعمال كل من هذه النسخ أربعين أو خمسين مرة قبل ان تتلف .

والغاية من مزج الطين بالعجينة هي تقوية اللك لكي لا تؤثر فيه الابرة المعدنية للحاكي والمصنوعة عادة من الصلب ، إذ تحفر فيه إذا لم يكن ممزوجاً بالطين الذي يسهل حركتها دون ان تحدث حفراً على

الاسطوانة وبذا تعاد الاصوات الاصلية الصحيحة .

إلا أن ذرات الطين تسبب خرخشة كثيراً ما نسمعها في الحاكي . وقد واصل العلماء ابحاثهم لتلافي هذا النقص حتى اهتدوا الى مادة تسمى (Vinylite) لا تسبب تغييراً في الاصوات .

الصوت الكهربائي

لقد بحثنا في كيفية التقاط الموجات الصوتية وتسجيلها على اسطوانات تدار على الحاكي لاستعادة الاصوات المسجلة بارتكاز الابرة فوق الاسطوانة الدائرة ، حيث تتحرك فوقها فتؤثر في الغشاء الحساس الذي يستطيع احداث تيارات مختلفة عند وصله بالاسلاك . وهكذا يمكن تحويل الخط الحلزوني على الاسطوانة الى موجات كهربائية توسم باحدى الأنابيب الفراغية في الراديو فيمكن اذاعتها من مكبرته الصوتية .

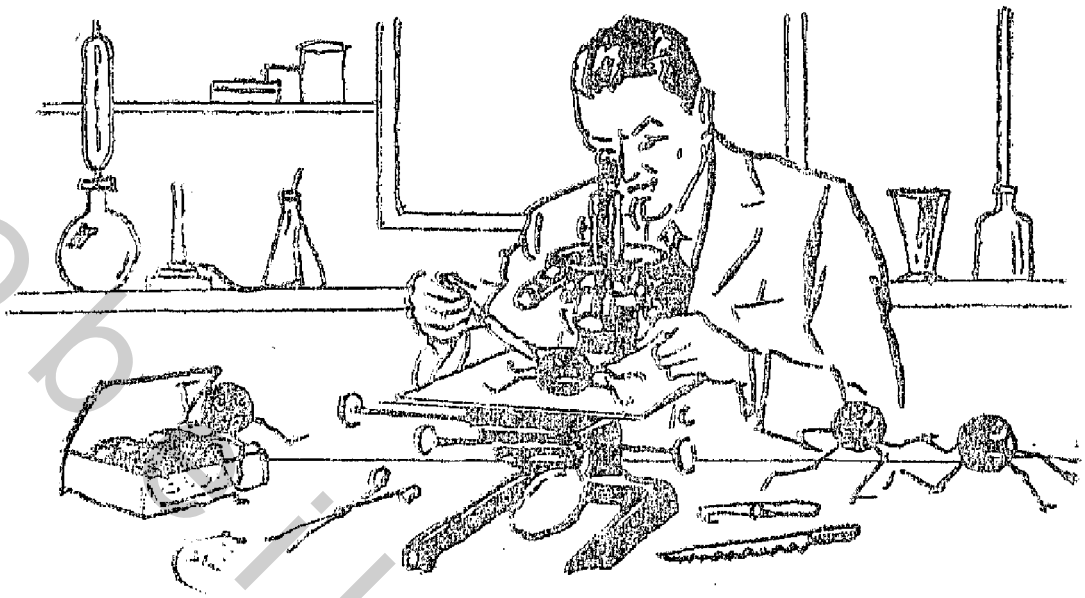
ومن الظريف ان نعلم أن صوت الكناري مثلا لا يختلف عن الاصوات التي تحدثها عربة حمل أو موسيقى سمفونية من اوركسترا ، أو صرير باب كبير إلا من حيث طول موجاته الصوتية وعرضها وشكلها . ويمكن القول نظرياً انك تستطيع اسماع نفسك أي صوت تشاء بوضع يديك فوق أذنيك وتحريكها بسرعة حيث تحدث موجات قد تشابه الالحان الموسيقية التي تعزفها الاوركسترا اذا كانت حركة يديك مطابقة تماماً الى ذبذبة تلك الاصوات الموسيقية . ولكنك لا تستطيع ذلك عملياً لعدم قابليتك على تحريك يدك بسرعة قد تبلغ عشرة آلاف مرة في الثانية .

غير أن العلماء استطاعوا إجراء ما يشبه هذه التجربة . فبدلاً من

تحريك الايدي فوق الاذن أوصلوا قطعة من الصلب ملفوفاً حولها سلك نحاسي بقطعة أخرى من الصلب ، مثبتة وسط قطعة من الكارتون معمولة على شكل مخروط . فعند امرار تيار كهربائي متذبذب خلال الملف اللاسلكي تسحب القطعة المغناطيسية مخروط الكارتون وتدفعه بسرعة تعادل سرعة ذبذبة التيار . وبذلك حصلوا على المكبرة المستعملة في جميع اجهزة الراديو والحاكي .

ويحول الميكروفون الموجات الصوتية الى موجات كهربائية ، بينما تعمل المكبرة عكس ذلك إذ تحول الموجات الكهربائية الى موجات صوتية .

وهكذا استطاع الانسان أن يحصل على كل ما يحتاجه في سبيل الاحتفاظ بالاصوات واعادة سماعها عند الحاجة . ولم ترشدنا الطبيعة الى طريقة لخزن الصوت ، ولكن العلماء باهتدائهم الى الحصول على معلومات وافية عما تفعله الطبيعة بهذا الخصوص تمكنوا من الاستفادة من هذه المعلومات للتوصل الى أغراضهم . فلما توصل العلم الى انجاز عمل كان يبدو لنا مستحيلا صار لزاماً علينا ان لا نيأس من تحقيق المستحيلات الاخرى . إن في استطاعتنا عمل الاعاجيب اذا واصلنا الدرس والعمل واستخدمنا ذكاءنا الى اقصى حد ممكن ، تلك الصفات التي لها الفضل الاول في خلق العلماء والمخترعين على الدوام .



الفصل الرابع عشر

الذرى عما تتكون منه المواد

عرفنا في بحوثنا السابقة كيف استطاع علماء الطبيعة ان يقوموا باعمال عجيبة نتيجة دراستهم للطاقة وخواصها ، والمادة وما تتركب منه . وعرفنا بعض الشيء عن الذرات والجزيئات ، هذه الدقائق التي سنفرد لها هذا الفصل للاطلاع على ماتوصل اليه هؤلاء العلماء من معلومات طريفة عنهـــا .

لنتصور الآن ان لدينا مجهراً يكبر الدقائق الى أي حد نريد ، مع علمنا بعدم وجود مجهر في العالم اليوم يستطيع تكبير أي جسم كان اكثر من خمسين الف مرة ، ومع علمنا أيضاً بوجود وسائل اخرى عدا المجهر

ترشدنا الى تركيب الاشياء ، ولكن لأجل تفصيل موضوعنا هذا باسلوب بسيط نعد الى تصورنا بوجود هذا المجهر كما قدمنا . ونتصور أيضاً اننا نستطيع تغيير قوة تكبيره بمجرد وضع زر صغير فيه .

ولنصف الآن قطعة من الجليد وضعت تحت هذا المجهر . فعندما ننظر اليها بالعين المجردة أولاً سنجدها قطعة صلبة شفافة تميل الى الزرقة قليلاً . أما اذا وضعت تحت هذا المجهر وجعلت قوة تكبيره مليون مرة فما الذي سنراه ؟

سنكون كأننا ننظر الى عالم آخر . فسنرى آلافاً من نقط قاتمة تمتد في كل الجهات في تلك القطعة الصلبة من الجليد التي رأيناها بعيننا المجردة . فنحن نجابه اذاً عالماً من البلورات لكي نبحث عن الدقائق التي تتركب منها هذه البلورات التي تتكون من مجموعها قطعة الجليد .

وسنرى هذه الدقائق مصطفة في صفوف منتظمة كالأغراس الحديثة في الاحراش ، لكنها غير مستقرة بل في حالة ذبذبة دائمية رغم عدم ابتعادها عن مراكزها الاصلية . وعندما نمعن النظر في احداها نجدها تتحرك بسرعة مرة ويبطء مرة اخرى ، الا انها لا تتوقف عن الحركة أبداً . وهذه هي جزيئات الماء التي تتكون منها قطعة الجليد ، وما حركتها إلا ما نشعر به من حرارة . تحتوي قطعة الجليد على كمية كبيرة من الحرارة . اما احساسنا ببرودتها فناجم من تحريك جزيئاتها بسرعة أقل من حركة الجزيئات في جسمنا . أما الهواء السائل وهو ابرد من الثلج بكثير فانه يغلي ويتحول الى غاز عند وضع قطعة من الجليد فيه .

لنفرض الآن اننا نسخن قطعة الجليد وهي تحت المجهر لنرى ما يطرأ

عليها . تتحرك جزيئاتها بسرعة تزداد بازدياد الحرارة حتى يذوب الجليد ، فيحدث حينئذ فجأة شيء عجيب ، إذ تتحول تلك الصفوف المنتظمة من الجزيئات الى مجموعة مرتبكة لا نظام فيها وذلك بنتيجة تذبذبها . ولنفرض اننا نستمر في تسخين الماء الناتج من ذوبان الجليد ، فسنرى عند ذلك تضارب الجزيئات بعضها ببعض بشدة تزيد بارتفاع الحرارة ولكنها تبقى في محلاتها حتى يتحول الماء الى بخار إذ تستطيع كل منها ان تتحرر . وعندما تتحرر بكاملها يكون الماء قد تبخر بكامله .

يمكن تحويل أي غاز عند تبريده لدرجة كافية الى سائل ثم الى جامد . فعند أخذ الحرارة من الهواء مثلاً تقل حركة جزيئاته تدريجياً حتى تتماسك بعضها مع بعض فتكوّن الهواء السائل ، ولدى تبريده الى درجة اوطأ يزيد تماسكها انتظاماً فتكون الهواء الجامد .

ويوضح لنا سلوك الجزيئات بهذه الصورة كثيراً من الاشياء . فعندما نضع أحد طرفي محرك النار في اللهيب تسخن نهايته الاخرى بعد مدة وجيزة ، وذلك لأن جزيئات اللهيب المتحركة بسرعة تضرب على جزيئات الحديد فتحدث فيها حركة سريعة تتدافع فوق بعضها بسرعة تزداد تدريجياً حتى تصل الحركة فيها الى الجزيئات الموجودة في الطرف الثاني وتسري منه الى اليد الممسكة به فتشعر بالحرارة التي تزداد بازدياد سرعة حركة الجزيئات

عندما يقوم أحد فتيان الكشافة لتهيئة النار بعمل حفرة صغيرة في قرمة من الخشب اللين ، وذلك بتدوير عصا قوية فوقها تقوم بعمل المثقب يكون قد استفاد من الحقيقة القائلة بأن الحرارة هي حركة . فالاحتكاك

بين المثقب وقطعة الخشب يسبب تحريك جزيئاتها بسرعة ، ومعنى هذا أن قسماً من الطاقة في ذراع الفتى تتحول الى طاقة حرارية في محل الاحتكاك ، وهذه الطاقة تزيد في حرارة الخشب المسحوق تدريجياً حتى يتصاعد منه الدخان ثم يحصل اللهيب اذا أجريت العملية بمهارة .

ولم تدرك حقيقة كون الحرارة عبارة عن حركة الجزيئات إلا بعد زمن الكونت رمفورد (Count Rumford) أحد علماء الطبيعة المشهورين وذلك قبل حوالي مئة وخمسين سنة . فقد لاحظ هذا الكونت حدوث حرارة عالية في الصلب في أثناء عملية ثقب المدافع ، ولم يكن يعلم إذ ذاك شيئاً عن الجزيئات ولكنه أخذ يشك في الاعتقاد السائد بأن الحرارة هي نوع من المادة التي تخرج من الاشياء . ثم أجرى بعض التجارب فوجد أنه من الممكن توليد الحرارة حتى باحتكاك قطعتين من الثلج بعضهما ببعض ، كما أثبت أن الكمية المتولدة من الحرارة لا تتوقف على كمية الثلج بل على ما يصرف من الطاقة لاحداثها .

عالم الجزيئات

قلنا أن الجليد يتكون من جزيئات الماء ، كما تحتوي قطعة الخشب على جزيئات من السليلوز . ويتركب الهواء من مزيج من جزيئات الاوكسجين والآزوت وبخار الماء بالاضافة الى جزيئات اخرى . وإن كل مادة نعرفها تحتوي على نوع معين من الجزيئات أو أنواع منها . وهنالك بضع مئات الالوف من الجزيئات في الطبيعة إضافة الى أنواع أخرى قام بتركيبها علماء الكيمياء من مختلف الذرات .

لنفرض الآن اننا نستطيع زيادة قوة تكبير ذلك المجهر الذي تخيلناه بحيث يمكننا التدقيق في كل جزيء بمفرده رغم حركته . فاذا ما نظرنا الى جزيء الماء في قطعة الجليد نراه يحتوي على ثلاثة أقسام يسمى كل منها بالذرة ، إذ أن جزيء الماء يحتوي على ذرتين من الهايدروجين وواحدة من الاوكسجين ، فعندما يرمز الكيميائيون الى الماء برمز (H_2O) فانهم يعنون ان جزيئه يحتوي على ذرتين من الهايدروجين وواحدة من الاوكسجين .

ولو نظرنا الى مادة اخرى غير الماء لوجدنا فيها عدداً آخر من الذرات في كل من جزيئاتها . فجزيء الاوكسجين مثلا يحتوي على ذرتين من الاوكسجين ، وجزيء الهيليوم يحتوي على ذرة واحدة فقط من الهيليوم ، أما جزيء السكر فيحتوي على اثنتي عشرة ذرة من الكاربون واثنتين وعشرين ذرة من الهايدروجين واحدى عشرة ذرة من الاوكسجين ، ولذا يرمز اليه الكيميائيون برمز ($C_{12}H_{22}O_{11}$) . وبعض الجزيئات كبيرة نسبياً ، إذ تحتوي على مئات وحتى آلاف الذرات ، ولكن أغلب المواد المعروفة لا تحتوي جزيئاتها إلا على ذرة واحدة أو ذرتين أو ثلاث فقط .

والجزيئات صغيرة جداً بحيث ان هنالك ملايين الملايين منها في حجم صغير من المادة ، ففي قدح الماء منها ما يمكن كتابته بوضع أربعة وعشرين صفراً على يمين الرقم (١) .

ويصعب جداً تصور هذا الرقم ، ولكن يمكننا تصور بعض الشيء عنه بالتجربة الخيالية التالية : - لنفرض اننا نستطيع وضع علامة الكل

جزيء من جزيئات الماء الموجودة في القدح ثم نسكب محتوياته في المحيط وننتظر مدة الف عام أو أكثر لكي تمتزج هذه الجزيئات تماماً مع جميع الجزيئات في جميع المحيطات بحيث اننا إذا ملأنا قدحاً من الماء من أي محل فيها وجدنا فيه عدداً ثابتاً من الجزيئات ذات العلامة الفارقة .

وعنـــد ذلك اذا ذهبنا الى أحد سواحل ألاسكا أو سنغافورة أو بنا كوبتا ، وملأنا قدحاً من الماء فسنجد فيه حوالي ألفين من هـــذه الجزيئات .

وهذا يعني ان هنالك عدداً من الجزيئات في القدح الواحد من الماء يعادل ألفي مرة عدد الاقداح التي يمكن أن يملأها الماء الموجود في كل انحاء العالم .

وليس من الصعب اثبات كون جزيء الماء يحتوي على ذرتين من الهايدروجين وذرة واحدة من الاوكسجين . فلو غمسنا نهايتي سلـكين نحاسيين في ماء محمض قليلاً ، ثم وصلنا نهايتيهما الأخريين الى بطارية كهربائية ، لتجمعت فقاعات غازية صغيرة حول نهايتي السلـكين في الماء ، وعند جمع الغاز المتكون حول كل منهما نجد ان حجم الغاز حول احدهما يعادل ضعف حجم الغاز حول الآخر . وعند تقريب عود ثقاب مشتعل من الغاز الذي يخرج من السلك الاول فأنه يحترق محدثاً فرقعة قليلة ، وهذا الغاز هو الهايدروجين ، أما إذا قربنا عود ثقاب غير ملتهب بل فيه بصيص قليل قرب الغاز المتجمع حول السلك الثاني فلا يشتعل الغاز نفسه بل يسبب التهاب عود الثقاب ، وهذا الغاز هو الاوكسجين الذي تتحد معه جميع مواد الوقود عند احتراقها .

هكذا إذاً يمكن فصل بعض ذرات الهايدروجين والاوكسجين عن جزيئات الماء بالكهرباء فتتجمع ذرات الهايدروجين بشكل جزيئات (H_2) حيث تكون غاز الهايدروجين وتتجمع ذرات الاوكسجين بشكل جزيئات (O_2) لتكون غاز الاوكسجين .

ولقد وجد الكيميائيون ان من الممكن فصل جزيئات أي مادة كانت سواء بهذه الطريقة أو بطريقة أخرى مماثلة لها . وبذا توصلوا الى معرفة نوع الذرات التي تتكون منها جميع أنواع الجزيئات وعدد ما تحتويه هذه الجزيئات من الذرات .

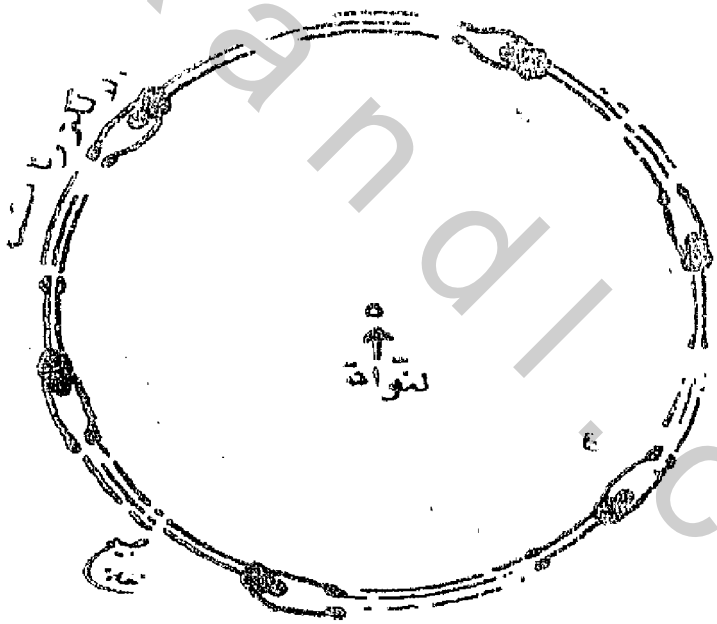
عالم الذرات

رغم وجود مئات الانواع من الجزيئات فليس هنالك سوى عدد محدود من الذرات التي تتركب منها . والحقيقة ان كل المواد الموجودة في العالم تتركب من ثمانية وثمانين نوعاً من الذرات فقط . ومعظمها معروف تمام المعرفة لدينا كالهايدروجين والاوكسجين والكاربون والحديد والنحاس والقصدير . وتتركب جزيئات أغلب المعادن كالحديد والالومنيوم والرصاص من ذرة واحدة فقط ، بينما تتكون بعض المواد الاخرى من أنواع متعددة من الذرات .

فالجزيء الواحد من الصابون مثلا معقد جداً بحيث يبدو لنا اذا ماانظرنا اليه بالمجهر الخيالي - كحية مصنوعة من الخرز يلتصق رأسها بالاوساخ ثم يلتف ذنبها حول هذه الاوساخ فيسهل للماء ازالتهـا . وتكون ذرة الصوديوم في رأس السلسلة بعد أن فقدت ألكترونا واحداً

ثم تلي ذلك سلسلة من ذرات الاوكسجين والهايدروجين والكاربون .

واذا مازدنا في قوة تكبير المجهر لندقق في احدى الذرات فلن نجدها كتلة جامدة كما كنا نتصور ، بل نجدها تحتوي على جسيمات صغيرة في حركة دائمة كمجموعة من النحل ، وفي وسطها النواة (Nucleus) وحولها جسيمات دوارة تسمى بالالكترونات (Electrons) . وتدور هذه حول النواة كما تدور الكواكب حول الشمس في المجموعة الشمسية ، ولكن بسرعة تفوق سرعتها كثيراً . أما الجزء الاكبر من الذرة فهو فراغ ولكن سرعة دوران الالكترونات تجعلها تبدو صلبة .



ولقد وجد علماء الطبيعة ان كل ذرة تتكون من ثلاثة أجزاء ، أحدها الالكترون ، أما القسمان الآخران فهما البروتونات (Protons) والنيوترونات (Neutrons) . وتتكون النواة من هذين الجزئين الأخيرين بنسب مختلفة . فنواة ذرة الهايدروجين تحتوي على بروتون

واحد ، له جاذبية كهربائية لالكترون واحد ، ولذا يدور حوله ألكترون واحد دائماً ، كما تدور الارض حول الشمس . وإذا جمع بروتونات ونيوترونات معاً فانها يكونان نواة تجذب اليها اثنين من الالكترونات يدوران حولها . وهذه هي ذرة الهيليوم . وبهذه الصورة تتكون الذرات الثماني والثمانون كافة المعروفة ، من بروتونات ونيوترونات وألكترونات بنسب معينة من كل منها .

فتتكون ذرة الحديد من جمع ست وعشرين من البروتونات مع مثلها من النيوترونات في النواة ، ويدور حولها ست وعشرون ألكترون . والذرة في ذاتها صغيرة جداً ولكن أجزاءها أصغر منها بكثير ، فاذا وضعنا مئة مليون ذرة من الهايدروجين جنباً الى جنب لم تشغل مسافة تزيد عن نصف إنتج ، أما الالكترونات والبروتونات والنيوترونات فانها أصغر من الذرة بحوالي مئة ألف مرة . ولو فرضنا اننا كبرنا الذرة الى ما يعادل حجم قاعة كبيرة فسوف لا يزيد حجم أحد أجزائها هذه عن حجم بعوضة تسبح في تلك القاعة .

ونستطيع ان نتصور الآن ما الذي يجري عند صنع قطعة من الجليد . فلنفرض ان لدينا بروتونات ونيوترونات وألكترونات ، وضع كل منها في كيس خاص . فاول ما يجب عمله هو ذرات الهايدروجين حيث نضع بروتوناً واحداً حوله ألكترون واحد ليكوّن ذرة من الهايدروجين ، ونضع من هذا النوع بضعة آلاف ملايين من الذرات ، ثم يأتي الدور لعمل ذرات الاوكسجين بوضع ثمانية برتونات وثمانية نيوترونات تكبس معاً ، ويوضع حولها ثمانية ألكترونات ، ويصنع من هذا النوع نصف

مايصنع من ذرات الهايدروجين . ثم نأخذ بعد ذلك ذرتين من الهايدروجين وذرة واحدة من الاوكسجين وتقربها بعضها من بعض على شكل مثلث صغير حيث تتماسك بفعل الجاذبية الكربائية فيها مكونة جزيئاً من الماء ، وبعد صنع بضعة ملايين من هذه الجزيئات توضع في وعاء محكم حيث تكون بشكل بخار الماء ، ثم تقلل حركتها حتى تتقارب بعضها من بعض فتتحول الى الماء السائل ، واذا ما أبطأت حركتها حتى تنعدم تتماسك تماسكا قوياً فيتحول السائل الى قطعة من الجليد الصلب .

لم يستطع أحد من الناس ملاحظة هذه الظواهر في أثناء حدوثها بالطبع ، ولكن استطاع العلماء أن يقدموا لنا صورة لكيفية تركيب ما نعرفه من المواد الموجودة في العالم . فلقد عرفوا كيف تتماسك الالكترونات داخل الذرة ، وكم يلزم من القوة لاستخراج كل من هذه الالكترونات منها . ولقد توصلوا الى طريقة لفصل الذرات بعضها عن بعض والى سلخ الالكترونات عن ذراتها ، بل لقد استطاعوا تحويل الذرات من نوع الى آخر .

ومن أهم ما اكتشف من الذرات هو الراديوم (Radium) الذي يتركب من ذرات غير ثابتة حيث تنفجر احداها بين آن وآخر مطلقة جزءاً منها يحتوي على بروتونين ونيوترونين . ويسمى هذا الجزء من ذرة (Alpha Particle) الذي عندما يضرب فوق حاجز معتم يمكن مشاهدة بقعة ضوئية صغيرة فوقه ، وهكذا نرى النور من جزء من هذه الذرة فقط رغم انها لا يمكن رؤيتها بكاملها .

لقد استطاع علماء الطبيعة في السنوات الأخيرة تحطيم أغلب الذرات ،

وتحويلها الى ذرات من نوع آخر ، وذلك بارسال البروتونات والالكترونات من خلال الأنابيب الفراغية بسرعة عالية بحيث تنفذ الى داخل ذرات اخرى فتبدلها رأساً على عقب .

عالم الالكترونات

لقد وجد علماء الفيزياء أن الألكترونات كافة متشابهة تماماً ، وكل منها هو في الظاهر شحنة كهربائية سالبة ، فاذا ما وضع اثنان منها جنباً الى جنب تنافرا وتباعدا الى أقصى ما يمكنهما ، غير أن الالكترونات تسحب بجاذبية البروتونات ، إذ أن هذه الأخيرة مشحونة بكهربائية موجبة . ولقد وجد أن البروتونات أثقل من الالكترونات بما يقارب ١٨٦٤ مرة ، أما النيوترون فيعادل وزن البروتون ولكنه لا يحتوي على شحنة كهربائية . ولذا يعتقد بعض العلماء أن النيوترون هو عبارة عن بروتون مع الكترون امتزج بعضهما ببعض فمحت الكهربائية الموجبة في الاول الكهربائية السالبة في الثاني .

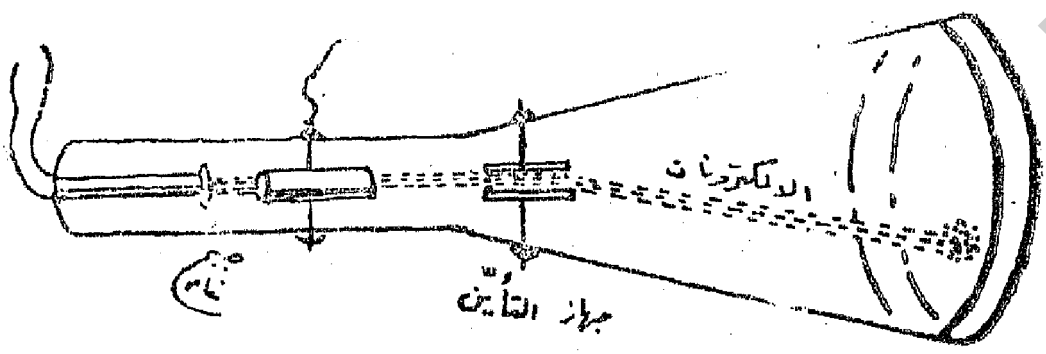
والألكترون هو جسم دقيق جداً بحيث أن وزن خمسين ألف مليون مليون مليون مليون ألكترون لا يزيد عن رطل واحد (بارند) فهو في الحقيقة أصغر جسم في العالم ، فهل هنالك من يستطيع وزن هذا الجسم الخفيف ؟

لقد توصل الكيميائيون لصنع موازين تزن أخف المواد ، واستطاع بعضهم وزن إشارة قلم الرصاص على الورق ، وذلك بوزن الورقة قبل الكتابة عليها ثم اعادة وزنها بالميزان الحساس بعد الكتابة ، ذلك الميزان

الذي يستطيع ان يبين الفرق الحاصل بين الوزنين ومع هذا فان إشارة قلم الرصاص فوق الورقة هي أثقل من الالكترون الواحد بملايين المرات ، وذلك أمر بديهي إذ أنها تحتوي على ملايين الالكترونات في كل جزء منها ، إن نسبة وزن الالكترون الواحد الى وزن الريشه هي أقل بكثير من نسبة وزن الريشة الى وزن الكرة الأرضية كلها .

ومع خفة الالكترون الى هذا الحد استطاع علماء الطبيعة وزنه بصورة أدق من وزنهم لاشارة قلم الرصاص على الورقة ، بالرغم من أن ألف مليون ألكترون لا تشغل مسافة يمكن رؤيتها بالعين المجردة إذا صفت جنباً الى جنب .

ورغم عدم امكان رؤية الالكترون الواحد ، إلا أن من الممكن رؤية موجة من الالكترونات عند اصطدامها ببعض الجزيئات الاخرى واحداثها ضوءاً فيها . وقد عمل لهذا الغرض نوع من الأنابيب الفراغية ، التي في أحد طرفيها حاجز مطلي بمادة تشع جزيئاتها بصيصاً أخضر عندما تصطدم بها الالكترونات بشدة . ومثل هذه الأنابيب نراها في أجهزة الراديو ذات العين السحرية (Magic Eye) التي عندما تشع الضوء الاخضر يدل ذلك على اصطدام الالكترونات بشدة فوق حاجز الانبوب .



ولأجل قياس وزن الألكترون ترسل موجة من الالكترونات داخل فراغ الانبوب كما يندفع الماء من الخرطوم ، فتحدث بقعة ضوئية على الحاجز . وعند تقريب قطعة مغناطيس الى الانبوب تنحرف هذه البقعة الى أحد الجانبين كما ينحرف تيار الماء المندفع من الخرطوم بتأثير الريح القوية فيه . ويدل هذا على أن جميع الالكترونات تتحرك بنفس المقدار تحت تأثير المغناطيس ، وهكذا يمكن اثبات كون جميع الالكترونات مشحونة بالتساوي ومن الممكن إذاً احتساب وزن كل منها .

ولغرض التشبيه يمكن اجراء تجربة لعزل كرات من أنواع مختلفة ، ولنفرض ان لدينا سلة مملوءة بكرات المنضدة وكرات الكولف مختلطة بعضها ببعض ، وطلب الينا فصلها دون لمس أي كرة منها . فنستطيع حينئذ أخذ هذه السلة الى ساحة اللعب حيث توجد زلاقة طويلة توضع أمام نهايتها البعيدة مروحة كهربائية كبيرة تحدث تياراً هوائياً قوياً ، ثم نرمي الكرات الموجودة في السلة فوق هذه الزلاقة فتتدحرج عليها حتى تصل الطرف الثاني حيث تندفع كرات (لعبة المنضدة) الخفيفة بشدة الى الجانب بينما تستمر كرات الكولف الثقيلة في مسيرها بخط مستقيم . وهكذا تفصل الكرات الى مجموعتين احداهما خفيفة والاخرى ثقيلة بحيث يمكن معرفة خفة أو ثقل أي كرة بحسب الموقع الذي ذهبت اليه .

وبنفس الطريقة يمكن فصل الدقائق الكهربائية المختلفة بدفعها في أحد الأنابيب الفراغيـــة واستعمال المغناطيس لفصلها ، حيث تندفع الألكترونات الى أحد الطرفين بينما تتجه البروتونات الى الطرف الآخر ، أما النيوترونات فتبقى غير متأثرة بالمغناطيس .

ورغم بساطة هذه التجربة فانها مدهشة حقاً إذا ما تصورنا دقة حجم الالكترونات . فلو كبرت كلها الى حجم كرة متوسطة لاقتضى ان يكون طول الانبوب الذي تجرى فيه هذه التجربة أطول من المسافة بين الأرض والشمس .

وهكذا فان كل مادة في العالم تحتوي على مجموعات من الالكترونات تحوم حول البروتونات والنيوترونات ، ومن هذه تتكون الذرات التي تتحد بعضها مع بعض لتكون الجزيئات ، ومن هذه الجزيئات تتكون المواد الخام التي يصنع منها الانسان كل ما يحتاجه من أحذية وسفن وبيوت وغير ذلك .

obeikandl.com