

## الفصل الثاني عشر

### التكليم حول العالم

لم تكذب تضاملاً 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 إلى اسلاك .

لقد ألقنا اليوم الاصفاء إلى مناهج الاذاعات حتى كدنا ننسى ذلك العمل العالمي العظيم الذي مهد لنا هذا السبيل . وقد تؤدي الدهشة من يتأمل الراديو إلى أنه جهاز معقد لا يدرك كنهه انسان . ولكن ذلك اعتقاد خاطيء ، لأن الراديو جهاز بسيط كالتلفون ، بل أيسر استعمالاً 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 بإمكان حتى الصبيان أن يخاطب بعضهم بعضاً بالراديو . وقد خاطب صرة 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 مخاطبتها واضحة ، مع العلم أن وصول صوت احدهما الى الآخر لم يستغرق أكثر من عشر الثانية .

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

### الظفر بأفضل ما في الطبيعة

من العيب أن يقوم جدنا بتلك المحاولة . لقد درس علماء الطبيعة موجات 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 . وبعد مسيرها مسافات معينة تضعف قوتها  
مما بلغت من الشدة ، بحيث تتعذر عليها مواصلة سيرها . ولقد حكي  
انه كان في قديم الزمان رجل يدعى ستنتر ( Stentor ) له صوت عالٍ  
جداً ، واسكن 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 كانت في تلك الجزيرة بركان ، انفدت فوهته  
بطريقة ما ، فاحتبست الغازات الساخنة فيه فأدى الى اشتداد الضغط  
الداخلي الى اقصى حد ، فانفجرت الجزيرة بكاملها ، فحدث هياج شديد  
في المحيط ، وتهاعدت 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  
إذاً أن يسمع العالم وهو يصرخ بأعلى صوته ؟ .

ولكنه قد استطاع ذلك فعلاً . ولو فرضنا أن أحد العلماء وضع أمامه  
ميكروفون وأخذ يتسكك 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 بقلبه أمام

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

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

### أنواع هيربره من الموجات

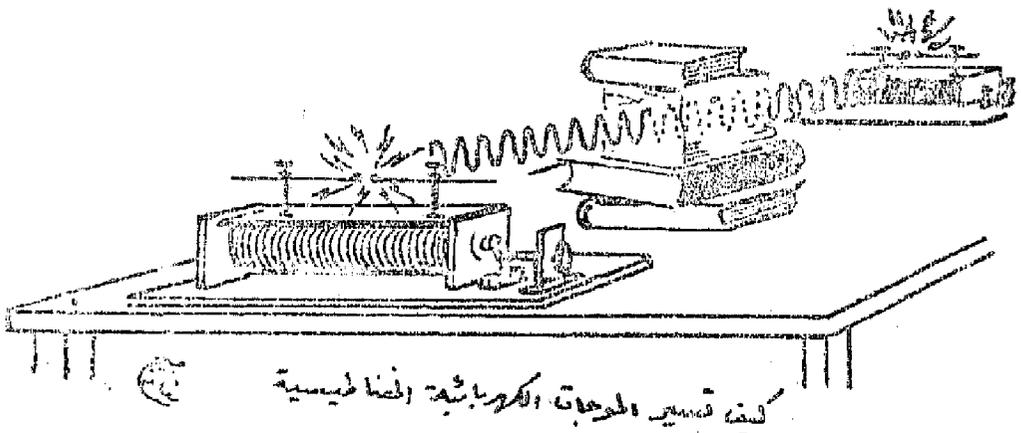
لقد استطاع العلماء اكتشاف موجات جديدة تمكنوا بها من بث الأصوات الى مسافات بعيدة دون استعمال الاسلاك . وقد سميت بالموجات الكهربائية المغناطيسية ( Electromagnetic Waves ) وتستطيع التغافل في طبقات الهواء أو الأثير دون أن تؤثر فيها الرياح أو الأشجار أو الجبال . وهي تشبه الموجات الضوئية عدا أنها أطول منها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

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 ٢٧٢ر١٨٦ 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 مايلون مرة ومع ذلك فانها تستطيع الاتحاق بالموجات الطويلة . ويبلغ طول أطول موجات البث حوالي نصف ميل ، ولا يقل طول أقصرها عن طول دار اعتيادية . وهذه الأخيرة هي التي تشمل الاذاعات البعيدة عبر المحيط .

وتسمى موجات الراديو أحياناً بموجات هرتز (Hertzian Waves) نسبة الى مكتشفها العالم الألماني 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 فمخ الاظفر ، فلاحظ هرتز حدوث شرارة بين هاتين الكرتين رغم عدم اتصاليهما بالجهاز الذي امامه .



فقام من وفته بإجراء عدة تجارب لمعرفة سبب حصول هذه الشراوة ،  
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 .

وفيل 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 تنبعثها سلفه ماكسويل هي التي حملت الطاقة من الملف  
الاول الى الثاني على نفس النضضة . ولقد ثبت فيما بعد أنه كان مصيباً في  
اعتقاده هذا .

ثم قام علماء هيدلبرغ 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 . فإذا ماحرك هذا بسرعة  
مئة مليون مليون مرة في الثانية فإنه يعطي الموجات الضوئية القصيرة ،  
أما اذا حرك بسرعة بضعة ملايين من المرات في الثانية فإنه يرسل موجات  
الراديو الطويلة .

وتقوم الموجات الكهربائية المغناطيسية بالطريقة نفسها في احداث

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

### تفسير 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 للموجات 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 الأنبوب الى مستقبله تلفونية يمكن سماع ما دار من الحديث أمام الميكروفون بواسطة 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

الأرض . وكل ذلك يجعل من الصعب استخدام الموجات الضوئية للموجات الصوتية حول العالم .

ومن حسن الحظ ان موجات الراديو الطويلة لا تسير بخطوط مستقيمة بل تتبع في مسيرها انحاء سطح الأرض وانها تخترق الضباب والامطار وكل ما يعترض سبيلها كالأشجار والأخشاب والأبنية . فهي تستطيع عبور الجبال والبحار كما يعبرها العاصفة 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 الحديث

ليست مسألة الاحاديث بالراديو الى المسافات البعيدة هي اعجب ما فيه ، بل أغرب منها هو كيف يستطيع ملايين البشر أن يسموا 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 كاتدربري 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 أصواتا مشابهة لها تماما . ومن أطرف ما في الموضوع أن الشخص في امريكا ، وهو على بعد ما يقارب ثلاثة آلاف ميل عن انجلترا ، 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 ١٩٢١ ولم يكن يوجد حينئذ سوى عدد قليل من الاجهزة . وبعد عشرين عاماً من ذلك التاريخ صار ما يباع من اجهزة الراديو يزيد عن ثمانية ملايين جهاز في العام الواحد . ويوجد اليوم ما يزيد عن خمس وعشرين ألف محطة لبث في انحاء المعمورة ، وقد يصفي اكثر من خمسين مليوناً من الناس الى منهاج واحد في آن واحد . وقد تم كل ذلك بفضل ما صرفة العلماء والمهندسون

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

### شاب آهر نو فـكـر ثاقب

ولو ان هرتز كان أول من اكتشف موجات الراديو بمد أن تذبذباً ما كسويل بوجودها فقد كان الطالب ماركوني ( Guglielmo Marconi ) أول من استطاع تسخيرها لحل الاشارات الصوتية .

كان ماركوني في الثامنة عشرة من عمره ، طالباً في جامعة بولونا في ايطاليا . وبينما كان ينصت ذات يوم الى استاذة في الفيزياء وهو يجري تجربة هرتز التي ذكرناها ، خطرت له فكرة وهي لماذا لا تستخدم هذه الموجات لحل الاشارات الى مسافات بعيدة ؟ لم يكن يفكر طبعا 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 والاستماضة 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 ومكشفات 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 بإمكانه إرسال هذه الموجات الى مسافات أبعد كلما باعد بين الصفيحتين المعدنيتين اللتين تلتقطان هذه الموجات . كما وجد أيضاً انه كلما رفع إحدى 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 صاريين 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 إرسال الموجات الى مسافة تماثل أربعة أضعاف المسافة الأولى .

لقد كان عمل ماركوني هذا هو إيجاد خير طريقة لتنظيم جهازه بحيث يرسل الموجات الكهربية الى أبعد المسافات في الفضاء . فلو فرضنا أنك تريد إرسال اشارات عبر بركة ماء بالموجات المائية فبإمكانك وضع رأس صارية صيد السمك في وسط البركة ، وعندما تضرب على الصارية بنصا 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 تترجح الى الأعلى والأسفل عندما تصطدم بها الموجات المائية ، وهذه تكون بمثابة الجزء المستقبل . وضع ماركوني مفتاحاً تلوغرافياً بصورة بحيث انه يحدث شرارات كهربائية في الملف عند الضغط عليه ، وبذا يستطيع إرسال موجات الى

القسم الهوائي من جهازه فيرسل هذا موجات الراديو في طبقات الأثير بنفس الطريقة التي تحدث فيها اهتزاز العصا المتوججات في الماء . وقد كانت الاشارات التي يرسلها ماركوني عبارة عن مجموعة من التوججات . 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 ، ايجاد الاشارات الى مسافة ميلين . وفي سنة ١٨٩٧ أوصلها الى مسافة ثمانية عشر ميلاً . وفي سنة ١٨٩٩ أوصلها الى مسافة خمسة وعشرين 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 يساعد على الحصول على صوارٍ عالية جداً لجل الجزء الهوائي من جهازه الى علو شاهق . ولكن من حسن حظه أيضاً أنه تبين بأن موجات الراديو الطويلة لا تسير في خطوط مستقيمة واسكنها 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 هناك اختراعاً آخر كان يقتضي ان يتم لكي يصير في الامكان نقل الاحاديث والموسيقى بالراديو . ولم

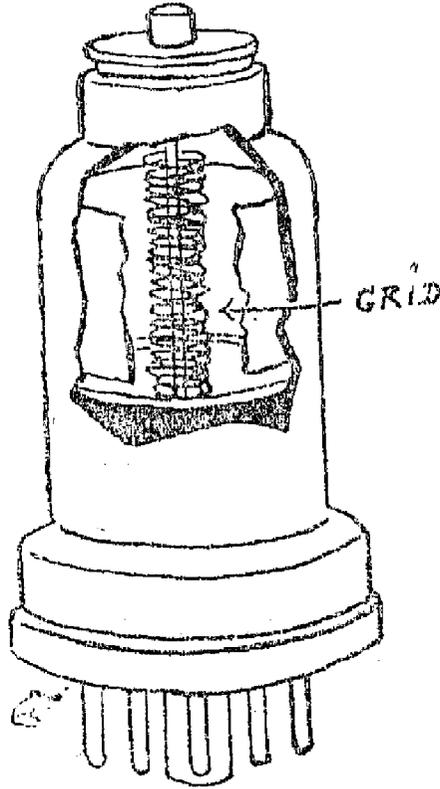
يمكن يصعب الوصول الى ذلك ، إذ كان قد تم اختراع التلفون فاستطاع  
العلماء تحويل الموجات الصوتية الى تيارات كهربائية مختلفة بالميكروفون  
أو المرسلات التلفونية . فكل ما كان يقتضي عمله للحصول على التلفون  
اللاسلكي هو تحويل هذه التيارات لكي تطابق تلك الموجات التي  
يرسلها الراديو . غير انه عند احداث هذه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

لقد اشترك عدد من علماء الطبيعة في هذا الموضوع فتمكنوا عام  
١٩٠٩ 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 فورست  
( Lee de Forest ) باختراع الأنايب الألكترونية الموسعة التي سبق  
أن بحثناها . فتم وضع احداها في جهاز الارسال يمكن تقوية  
الاشارات الضعيفة ، وبوضع اخرى في جهاز الاستقبال يمكن للموجات  
الضعيفة أن تحدث اشارات اقوى .

## من فوائد الألكترونيات الحرة

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



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

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

### الانواع المختلفة لموجات الراديو

لما كان في الامكان احداث موجات ذات أطوال مختلفة ، فمن السهل الاختيار المناسب منها لكل غرض . فتستعمل الموجات الطويلة جداً ، التي يبلغ طول كل منها ميلاً أو نصف ميل الاذاعة 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 الثقب في الموجات المائية عندما نرعي به في بركة ماء . وتضعف موجات الراديو كلما قطعت مسافات طويلة في الفضاء ، ولاكنها تحتفظ بالمسافة بينها ، كما تحتفظ بسرعتها مهما قطعت من المسافات . فالموجة التي يبلغ طولها خمس ميل ، تتذبذب دائماً بسرعة مليون مرة في الثانية منها 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 . واستطيع 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 الكثرونات تعمل عمل المرايا ، فتنعكس الموجات الى الارض (انظر الشكل الموجود في أول هذا الفصل) . فعندما تصغي وأنت في امريكا الى اذاعة اوربية ، على الموجة القصيرة قسدي يحصل ارتفاع وانخفاض في الاشارات الصوتية بنسبة ارتفاع وانخفاض هذه المرايا الهوائية في الجو .

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

وعندما تحرك المؤشر في جهاز الراديو لالتقاط منهاج الاذاعة من احدى المحطات فذلك يعني انك تحاول التقاط موجة ذات طول معين وذذبقة معينة . ويمكن تشبيه ذلك بالظاهرة التي تحصل عندما نعلق ثقلا في نهاية الزنبرك ، فاذا ما سحبنا الثقل الى الاسفل ثم تركته فانه سيهتز الى الاعلى والاسفل بسرعة معينة في الثانية الواحدة ، واذا ما أضفت ثقلا 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 ( Condenser )  
عبارة عن زنبرك كهربائي ، والملفات هي الاثقال الكهربائية . فعندما  
تحرك المؤشر في جهاز الراديو تكون كأنك قد حوت المكثفة الى رقاص  
كهربائي ، فيهتز جهاز الاستقبال كهربائياً بأي سرعة تريدها بمجرد تحريك  
المؤشر . وكل ما نحتاجه لسماح محطة ما ، هو ان تحرك المؤشر بحيث يهتز  
الرقاص الكهربائي عدداً من الاهتزازات في الثانية الواحدة يبادل عدد  
ذبذبات الموجات المرسله من تلك المحطة ، وعند ذلك تسمع في المسكبة  
ما يرسل من تلك المحطة فقط من الاصوات .

### أجهزة الراديو المستقبلية الحديثة

يقف المذيع أو المغني في محطة الاذاعة أمام الميكروفون . ويسمى  
هذا أيضاً الاذن الكهربائية ، وهو يلتقط الموجات الصوتية فيحوها الى  
تيارات كهربائية بنفس الشكل ، كما تفعل المرسله التلفزيونية . وهذه المرسله  
ما هي إلا نوع رخيص من الميكروفون الذي يصلح للحدث ولكنه  
لا يصلح الموسيقى .

ثم يبعث التيار من الميكروفون 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

مميناً من اللبذبات في الثانية الواحدة . وتتصل الملفات بالقسم الهوائي ( Aerial ) الذي تصل اليه الالكترونات المتذبذبة بنفس السرعة في الثانية الواحدة ، وهكذا ترسل منه موجات لاسلكية ذات طول معين الى الفضاء ، وتتوقف كمية الموجات المرسله في أي لحظة على قوة الصوت الداخلى الى الميكروفون وهكذا تتوافق الموجات المرسله في الفضاء مع الموجات الصوتية الداخلة في الميكروفون .

تستطيع محطة البث اللاسلكي القوية تحويل كمية من القوة الكهربائية الى موجات أثرية 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 بالانابيب الالكترونية الى ملايين المرات . وبعد أن تفصل عن الموجات التي حملتها ترسل الى المكبرة التي تعيدها الى الصوت .

عندما تفتح جهاز الراديو لاتسمع الصوت حالاً بل يبدأ بالارتفاع تدريجياً وذلك لان خيوط الانابيب تكون باردة اول الأمر ، وكلما سخنت ازداد عدد ما يشع منها من الالكترونات ، حتى يصل هذا 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

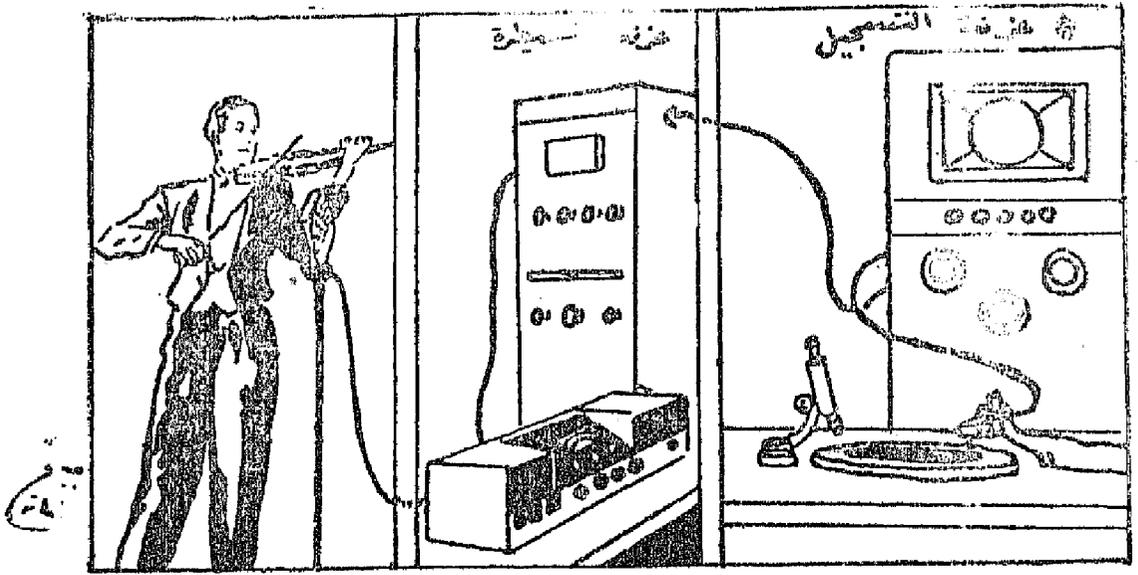
ومحاضرات وحفلات وغير ذلك . غير أن للراديو أهمية أخرى يجب أن لا تغرب عن بالنا ، وهي استعماله للتخاطب عبر المحيط . توجد عبر المحيط الاطلسي سبع وثلاثون مجموعة من الاسلاك الهوائية لا تحمل سوى الاشارات التلفرافية . ولأجل جعلها صالحة لنقل التيارات الصوتية يقتضي وضع أنابيب موسمة على الخطوط ، وهو أمر غير ممكن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

فإذا ما أردت مخاطبة شخص ما في جزر الفيليبين وانت في إحدى مدن امريكا ، ينقل صوتك بالاسلاك التلفونية عبر القارة الامريكية حتى الساحل ومن ثم يرسل بالاسلكي الى الفيليبين . وهناك محذور واحد من هذه الطريقة ، وهي أن كل شخص لديه جهاز للراديو يستطيع سماع المحاطبة . 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 ؟ قالت ألتناظك هذه تغير بحيث لا يمكن فهمها ، وفي الجزء المستقبل توضع آلة أخرى تعيد الالفاظ المشوهة الى ما كانت عليه سابقاً .

وقد نسمع احياناً عندما تنصت الى اذاعة على الموجة القصيرة اشارات غريبة تشبه التمتمة ، وقد تكون هذه إحدى المحاطبات التلفونية ولكنك لا تفهمها لأنك لا تملك آلة تعيدها لك بالفاظها الاصلية . كما أن الشخص الذي يستمع الى هذه المحاطبة 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 يذكر اليوم سوى متوسطي الاعمار تلك الدهشة التي اعتزتهم عند سماعهم صوت الراديو لأول مرة . وسوف لا ينقضي زمن طويل حتى يستطيع الانسان انما وجد ، سواء أ كان على سطح الارض أم في الجو أم تحت الماء ان يكلم أي شخص آخر في أي بقعة من العالم مها بعدت المسافة بينهما .



## 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 .

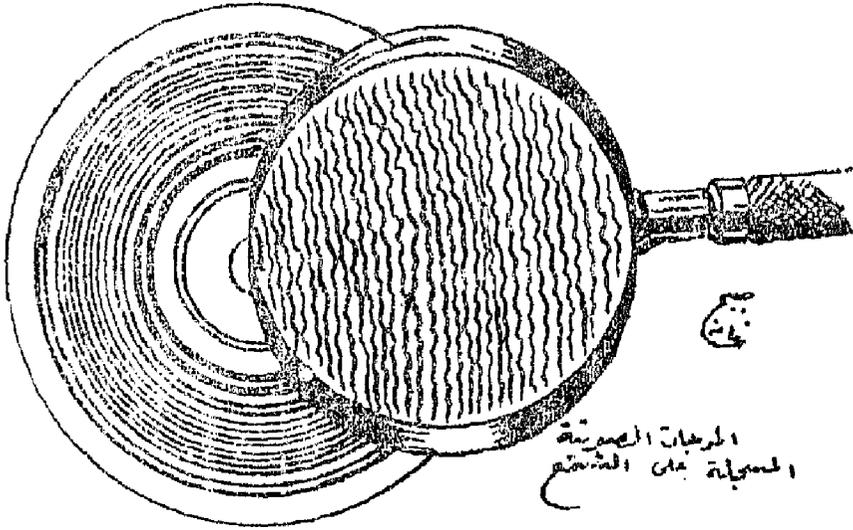
غير أننا صرنا ندرك جيداً أن الاحتفاظ بالصوت أمر يسير . إذ تم أمر التقاط الأصوات وتسجيلها ثم إعادتها عند الحاجة باختراع الجهاز الحماكي ( Phonograph ) . وقد لعبت الاثايب الفراغية وتلك

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 نديرها 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 التمرجات الدقيقة إذا ما نظرنا اليها خلال عدسة مكبرة . وما هذه التمرجات 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 وممسوحة ، ومع ذلك كان الناس مندهشين من قدرة هذا الجهاز على التسجيل 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 . وساكيات من هذا النوع لا يمكن استماعها 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 . وبما كان الحياكي أبسط آلة موسيقية عرفها الانسان حتى الآن إذ بإمكان أي شخص استخدامه بلا مجهود . والسكي تفهم طريقة عمله يتحتم علينا ان نعلم بعض الشيء عن الآلات الموسيقية الاعتيادية .

### كيف تحدث الموسيقى ؟

لقد أجمعت الآراء على أن السكمنجة 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 هذه الاوتار وطولها . فإذا كان توتر أحدها بحيث يتذبذب ( ٢٥٦ ) مرة في الثانية فإنه 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 بواسطة القوس . ونجد بجوانب هذه الشعرات ، عند وضعها تحت المجهر ، زوائد دقيقة تشبه النتوءات الموجودة في الخيزران ، وتغطي هذه النتوءات مادة الراتنج عندما يداكها 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 ، ولتسكن

الصوت الذي تحدثه يكون ضعيفاً جداً لأنه عندما يتذبذب الوتر وحده يرسل موجات صوتية في الهواء لا تسمع بوضوح لصغر حجمه . ولذلك تربط هذه الأوتار الى صندوق من خشب رقيق لتقوية الأصوات التي تحدثها عند تذبذبها لأن الوتر الواحد يؤثر في الصندوق محدثاً فيه ذبذبة موافقة لذبذبه ، وبما ان الصندوق الخشبي يؤثر في مساحة واسعة من الهواء في أثناء تذبذبه فإنه يحدث صوتاً عالياً نتيجة لذلك . ولقد رتبت الكمنجة 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 الأصوات فهو أخف الأوتار وأشدّها توتراً لأنه أكثرها تذبذباً . ويمكن تغيير ارتفاع وانخفاض الأصوات ، بالضغط فوق الأوتار في محلات معينة بالأصبع . وتعين سرعة ذبذبة الوتر طول الموجات الصوتية التي تحدثها الكمنجة .

والبيانو آلة موسيقية ليس للعازف سيطرة على أوتارها ، بل لأنه يضرب على مفاتيح تدفع مطارق مكسوة باللباد ، فوق أوتار لسكل منها شدة صوتية معينة ، وتحدث كل نغمة عادة بتأثير وترين من نفس النوع ويجري تعديل الأوتار كل بضعة أشهر لكي تعطى نغماتها الأصلية دائماً . وعندما تضرب المطارق على الأوتار تنسحب عنها حالاً تاركة إياها في حالة التذبذب . ولتقوية الصوت توجد في البيانو لوحة كبيرة تسمى

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

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

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

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

قد يفكر البعض بأنه لم تمد هناك حاجة لتعلم العزف على أي آلة موسيقية طالما اتقنت صناعة الحياكي 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 الحياكي لتسمعها . غير أن هذا الظن خطأ محض لأن النتيجة الواقعة عكس ذلك ، لأن الاكثار من الاسماع الى القطع الموسيقية التي يذيعها الحياكي 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 والحياكي إذا قد أوصلا الموسيقى الى آذان كثير من الناس فخلقوا فيهم ميلا شديداً اليها والى آلاتها المختلفة ، ذلك الميل الذي لم يسبق أن سجل التاريخ له مثيلاً .

### دراسة الهزات الصوتية

لقد كان المعنى 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 بمطرقة الخاصة . واذا ضرب القدح الزجاجي بالمعلقة يحدث فيه صوت

موسيقى . واذا ما غنى أو صنف شخص على نفس النغمة التي يحدثها القدح باهتزازة تضرب موجاته الصوتية بشدة على القدح فزيد في ذبذبته تدريجياً كلما ارتفع الصوت ، حتى قد تصل الى درجة تستطيع فيها كسر الزجاج اذا ما كان الغناء أو الصنف عالياً بدرجة كافية .

واذا وضعت أمامك قطعة من الورق وغنيت بصوت عال تبدأ هذه الورقة بالاهتزاز ، واذا ما ثبتت قطعة من القش فوقها ثم وضعت النهاية الأخرى لقطعة القش بحيث تلامس سطحاً زجاجياً متحركاً مغطى بقطعة من السكرابون ، 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 الأسطوانات 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 . فأخترعوا وحدة قياسية سموها ( Decibel )

للتصور صوتنا واطناً كخفيف ورق الشجر في يوم هادي . فعند مجامع 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 اوطاً 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 الحبل 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 اوطاً صوت بمقدار ألف مليون مرة .

وقام عالم آخر بتجربة طريفة لقياس ارتفاع الصوت بهذه الآلة ، وهي اكتشاف من كان أكثر تأثراً من أفراد العائلة المالكة في بريطانيا في اثناء تبويج الملك جورج السادس . فدلّت الآلة على أن المالكة الوالدة كانت اسبقهم في هذا المضمار ، فقد ظهر أن ارتفاع تصنيفها وتهديلها 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 وحوالها الى طاقة كهربائية فلا تكاد تكفي لتشغيل فرن كهربائي أكثر من دقيقة واحدة . وحقيقة كون الموجات الصوتية

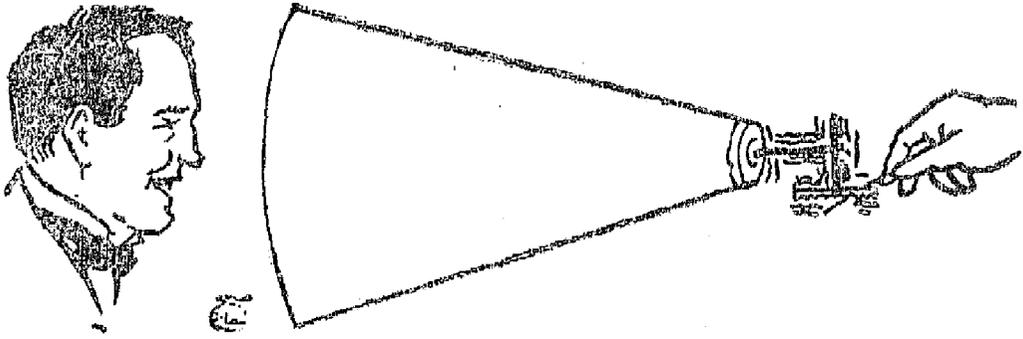
لأحتوي إلا على مقدار ضئيل من الطاقة هي السبب الاول في صعوبة تسجيل الاصوات . لقد كان من المستحيل صنع الحاكي لولا اختراع الانابيب الفراغية الموسعة التي بحثنا عنها سابقاً .

## الحاكي الاول

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

ولكي يبين وجود الطاقة في الموجات الصوتية قام اديسن بعمل العربة 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 ، ووقف شخصاً أمام القمع ، فجاءه يلفظ عبارة ( Saw Wood ) صراخاً 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 بأنه 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 الألومنيوم ، فتحدث فيها اهتزازاً يسبب تحريك السن الماسي فوق صفيحة القصدير ، بحيث يرتفع وينخفض تبعاً للموجات الصوتية ، محدثاً خطاً طويلاً على الاسطوانة . ويختلف عمقه بحسب شدة ضغط السن عليها . وعند اعادة تدوير الاسطوانة تحت الابرة الماسية يحدث فيها الخط اهتزازاً فتسبب تذبذب صفيحة الألومنيوم . 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 الحماكي قد أخذ يهتم حتى صار من الميسور تسجيل كل أنواع الموسيقى واستعادتها مراراً وتكراراً ، وكذلك تسجيل المقطوعات الفنائية 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 خطأ 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 الابرّة فينتج عن ذلك تشويه في الاصوات التي تحدثها فتقلب الاغاني الجميلة الى صراخ أو نقيق .

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

### عمل الاسطوانات

من الممتع زيارة إحدى استديوهات تسجيل الفونوغرافية التي تشبه كثيراً استديوهات 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 بالأنايب 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 الناس يحفر فوق اسطوانة مسطحة من الشمع ، خطأ متعرجاً يطابق تموجات التيار الكهربائي .

ولتسجيل الاصوات تسجيلاً صحيحاً تماماً يقتضي أن لا تقل سرعة حركة  
الازميل الذي يحمل السن المائي في أثناء حفر الخط على الاسطوانة ، عن  
عشرة آلاف مرة في الثانية .

ويجب أن يكون سطح الاسطوانة أملس مسطحاً كالرآه قبل المباشرة  
بحفر الخط الحزوني . وتوضع طبقة من الشمع الاصفر المائم الذي يشبه  
شمع النحل فوق صفيحة من المعدن ، ويحتوي هذا الشمع على بعض المواد  
الكيميائية . وعندما تمزق الاوركسترا امام الميكروفون ، يدار القرص  
الشمعي بسرعة ، تحت الأبرة الماسية فتحفر فوقه خطاً حازونياً .

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

توضع اسطوانة الشمع في وعاء زجاجي كبير مسدود ومفرغ في  
الهواء . وتثبت أمامها صحيفة 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  
ضاربة 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 كيميائية تتصل بتيار كهربائي آخر حيث ترسب 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 الساب . ثم يطبع فوقها قرص معدني آخر بالإنعام الكيمياوي ، ويطلق هذا الأخير بطبقة من معدن الكروم ( Chromium ) وهو القرص النهائي أو الرئيسي الذي تطبع عليه آلاف الاسطوانات من مادة اللك الساخن ( Shellac ) .

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

تفتح الفتاة العاملة فكي المكبس بالضغط على عتلة تحت قدميها فتدخل بينهما كتلة من هذه العجينة ، وبالنظر لوجود صفيحتي الكروم على واجهتي المكبس تنطبق الاصوات المسجلة عليها فوق هذه العجينة التي تحول الى قرص رقيق عند غلق فكي المكبس ، واحداً منها 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 الابرّة المعدنية للحاكي والمصنوعة عادة من الصلب ، إذ تخفر فيه إذا لم يكن ممزوجاً بالطين الذي يسهل حركتها دون ان تحدث حفراً على

الاسطوانة وبدا تعاد الاصوات الاصلية الصحيحة .

إلا أن ذرات الطين تسبب خرخشة كثيراً ما نسمها في الحاكي .  
وقد واصل العلماء أبحاثهم لتلافي هذا النقص حتى اهتموا الى مادة تسمى  
( Vinylite ) لا تسبب تغيراً في الاصوات .

### الصوت الكهربائي

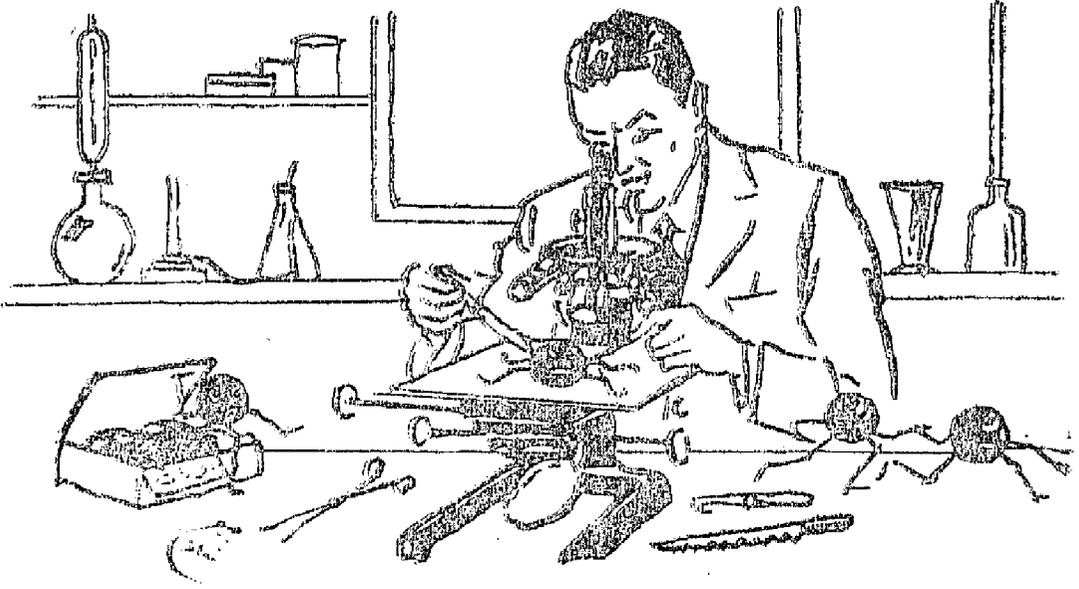
لقد بحثنا في كيفية التقاط الموجات الصوتية وتسجيلها على اسطوانات  
تدار على الحاكي لاستعادة الاصوات المسجلة بارتكاز الأبرة فوق  
الاسطوانة الدائرة ، حيث تتحرك فوقها فتؤثر في الغشاء الحساس الذي  
يستطيع احداث تيارات مختلفة عند وصله بالاسلاك . وهكذا يمكن  
تحويل الخط الحزوني على الاسطوانة الى موجات كهربائية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

ومن الظريف ان نعلم أن صوت الكناري مثلاً 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 السماع نفسك أي صوت تشاء بوضع يديك فوق  
أذنيك وتحريكها بسرعة حيث تحدث موجات قد تشابه الألحان 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 أو صلوا قطعة من الصلب ملفوفاً حولها سلك نحاسي بقطعة أسرى من الصلب ، مثبتة وسط قطعة من الكاربتون معدولة على شكل مخروط . فعند مرور تيار كهربائي متذبذب خلال الملف اللاسلكي تسحب القطعة المغناطيسية مخروط الكاربتون وتدفقه بسرعة تعادل سرعة ذبذبة التيار . وبذلك حصلوا على المكبرة المستعملة في جميع اجهزة الراديو والحلأكي .

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 بالأصوات وإعادة سماعها عند الحاجة . ولم ترشدنا الطبيعة الى طريقة تخزين 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 أنجز عمل كان يبدو لنا مستحيلاً صار لزاماً علينا ان لا نياس من تحقيق المستحيلات الاخرى . إن في استطاعتنا عمل الاعاجيب اذا واصلنا الدرس والعمل واستخدمنا ذكاهنا الى اقصى حد ممكن ، تلك الصفات التي لها الفضل الاول في خلق العلماء والمخترعين على الدوام .



## الفصل الرابع عشر

القهرى عما تشكونه منه المراء

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 ما توصل اليه هؤلاء العلماء من معلومات طريفة  
 عنها .

لنتصور الآن ان لدينا مجهرآ يكبر الدقائق الى أي حد تريد ، 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

توسدنا الى تركيب الاشياء ، ولكن لأجل تفصيل موضوعنا هذا بأسلوب بسيط لنمد الى تصورنا بوجود هذا المجهر كما قدمنا . وانتمصور 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 تعيل الى الزرقة قليلاً . أما اذا وضعت تحت هذا المجهر وجعلت قوة تكبيره مليون مرة فما الذي سراه ؟

ستكون كأننا ننظر الى عالم آخر . فسرى آلافاً من نقط قائمة تمتد في كل الجهات في تلك القطعة الصلبة من الجليد التي رأيناها بعيننا المجردة . فمن نجاحه اذاً عالماً من البلورات لكي نبعد عن الدقائق التي تتركب منها هذه البلورات التي تتكون من مجموعتها قطعة الجليد .

وسرى هذه الدقائق مصطفة في صفوف منتظمة كالأغراس الجديفة في الاحراش ، لكنها غير مستقرة بل في حالة ذبذبة دائمية رغم عدم ابتعادها عن مراكزها الاصلية . وعندما نمن النظر في احداهما 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 فنناجم 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 لئرى 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 ، فسرى 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 تماسك بعضها مع بعض فتكون 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 اللهب نسمع نهايته الاخرى بعد مدة وجيزة ، وذلك لأن جزيئات اللهب المتحركة بسرعة تضرب على جزيئات الحديد فتحدث فيها حركة سرية تتدافع فوق بعضها بسرعة تزداد تدريجياً حتى تصل الحركة فيها الى الجزيئات الموجودة في الطرف الثاني وتسري منه الى اليد المسكّة 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 . فلاحتمالك

بين المثقب وقطعة الخشب يسبب تحريك جزيئاتها بسرعة ، ومعنى هذا أن  
تسبباً 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 اللمب اذا أجريت العملية بهارة .

ولم تدرك حقيقة كون الحرارة عبارة عن حركة الجزيئات إلا بعد  
زمن الكونت رنورد ( 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 ببعضها ببعض ، كما أثبت أن الكمية المتولدة من الحرارة لا تتوقف  
على كمية الثلج بل على ما يصرف من الطاقة لاجداثها .

### عالم الجزيئات

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

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 اقسام يسمى كل منها بالذرة ، إذ أن جزيء الماء يحتوي على ذرتين من الهيدروجين وواحدة من الاوكسجين ، فعندما يرمز الكيميائيون الى الماء برمز (  $H_2O$  ) فانهم يعنون ان جزيئه يحتوي على ذرتين من الهيدروجين وواحدة من الاوكسجين .

ولو نظرنا الى مادة اخرى غير الماء لوجدنا فيها عدداً آخر من الذرات في كل من جزيئاتها . فجزيء الاوكسجين مثلاً يحتوي على ذرتين من الاوكسجين ، وجزيء الهيليوم يحتوي على ذرة واحدة فقط من الهيليوم ، أما جزيء السكر فيحتوي على اثني عشرة ذرة من السكريون واثنتين وعشرين ذرة من الهيدروجين 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 لكل

جزى ، من جزيئات الماء الموجودة في القدر ثم نسكب محتوياته في المحيط  
وننتظر مدة الف عام أو أكثر لكي نخرج 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 .

وعند ذلك اذا ذهبنا الى أحد سواحل الاسكا أو سنغافورة أو  
بتا كويتا ، وملأنا قدحاً من الماء فسنجد فيه حوالي ألفين من هذه  
الجزيئات .

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

وليس من الصعب اثبات كون جزىء الماء يحتوي على ذرتين من  
الهيدروجين وذرة واحدة من الاوكسجين . فلو غمسنا نهايتي سلكين  
نحاسيين في ماء حمض قليلاً ، ثم وصلنا نهايتيهما الأخرين الى بطارية  
كهربائية ، لتجمعت فقاعات غازية صغيرة حول نهايتي السلكين في الماء ،  
وعند جمع الغاز المتكون حول كل منهما نجد ان حجم الغاز حول احدهما  
بمعدل ضعف حجم الغاز حول الآخر . وعند تقرب عود ثقاب مشتعل  
من الغاز الذي يخرج من السلك الاول فإنه يحترق محدثاً فرقة قليلة ،  
وهذا الغاز هو الهيدروجين ، أما إذا قربنا عود ثقاب غير ملتهب بل فيه  
بصيص قليل قرب الغاز المتجمع حول السلك الثاني فلا يشتعل الغاز نفسه  
بل يسحب التهاب عود الثقاب ، وهذا الغاز هو الاوكسجين الذي تتحد  
معه جميع مواد الوقود عند احتراقها .

فهيكدا إذا يمكن فصل بعض ذرات الهيدروجين والاكسجين عن جزيئات الماء بالكهرباء فتتجمع ذرات الهيدروجين بشكل جزيئات ( $H_2$ ) حيث تكون غاز الهيدروجين وتتجمع ذرات الاوكسجين بشكل جزيئات ( $O_2$ ) لتكون غاز الاوكسجين .

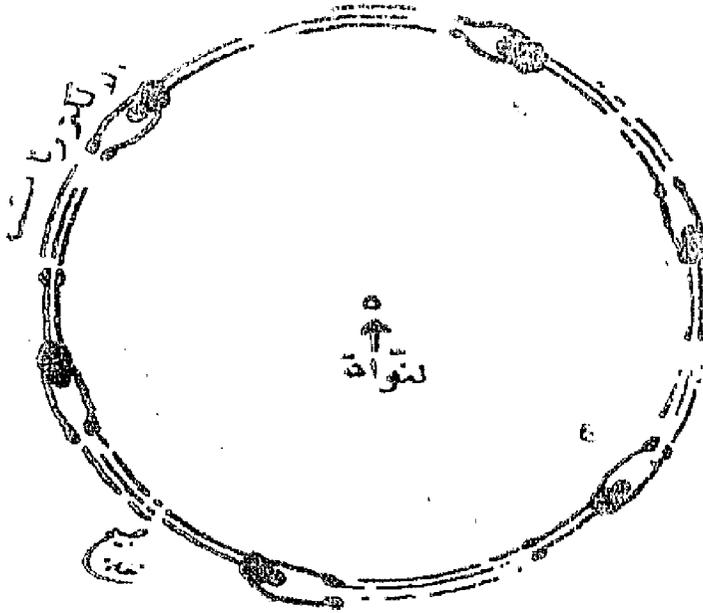
ولقد وجد الكيميائيون ان من الممكن فصل جزيئات أي مادة كانت سواء بهذه الطريقة أو بطريقة أخرى مماثلة لها . وبذا توصلوا الى معرفة نوع الذرات التي تتكون منها جميع أنواع الجزيئات وعدد ما تحتويه هذه الجزيئات من الذرات .

### عالم الذرات

رغم وجود مئات الأنواع 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 كالهيدروجين والاكسجين 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 .

فالجزء الواحد من الصابون مثلاً معقد جداً بحيث يبدو لنا اذا ما نظرنا اليه بالمجهر الخيالي - كحبة مصنوعة من الخرز يلتصق رأسها بالاوساخ ثم يلتف ذنبها حول هذه الاوساخ فيسهل للماء انزالتها . وتكون ذرة الصوديوم في رأس السلسلة بعد ان فقدت إلكترونات واحداً

ثم تلي ذلك سلسلة من ذرات الاوكسجين والهيدروجين والكاربون .  
واذا ما زدنا في قوة تكبير المجهر لنندقق في احدى الذرات فلن نجد  
كتلة جامدة كما كنا نتصور ، بل نجدها تحتوي على جسيمات صغيرة في  
حركة دائمة كمجموعة من النحل ، وفي وسطها النواة ( Nucleus )  
وهي جسيمات دوارة تسمى بالالكترونات ( Electrons ) . وتدور  
هذه حول النواة كما تدور الكواكب حول الشمس في المجموعة الشمسية ،  
ولكن بسرعة تفوق سرعتها كثيراً . أما الجزء الأكبر من الذرة فهو  
فراغ ولكن سرعة دوران الالكترونات تجعلها تبدو صلبة .



واقدر وجد علماء الطبيعة ان كل ذرة تتكون من ثلاثة أجزاء ،  
أحدها الا لكترون ، أما القسم الآخران فهما البروتونات ( Protons )  
والنيوترونات ( Neutrons ) . وتتكون النواة من هذين الجزئين  
الأخيرين بنسب مختلفة . فنواة ذرة الهيدروجين تحتوي على بروتون

واحد ، له جاذبية كهربائية لالالكترون واحد ، ولذا يدور حوله ألكترون واحد دائماً ، كما تدور الارض حول الشمس . وإذا جمع بروتونات ونيوترونات مما 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 والالكترونات بنسب معينة من كل منها .

فتمتكون 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 ، فإذا وضعنا مئة مليون ذرة من الهايدروجين جنباً الى جنب لم تشغل مسافة تزيد عن نصف إنج ، 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 بموضحة تسبح في تلك القاعة .

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

ما يصنع من ذرات الهيدروجين . ثم نأخذ بعد ذلك ذرتين من الهيدروجين وذرة واحدة من الاوكسجين وتقربها بعضها من بعض على شكل مثلث صغير حيث تماسك بفعل الجاذبية الكهربائية فيها مكونة جزيئاً من الماء ، وبعد صنع بضعة ملايين من هذه الجزيئات نوضع في وعاء محكم حيث تكون بشكل بخار الماء ، ثم تقلل حرارتها حتى تقتارب بعضها من بعض فتتحول الى الماء السائل ، واذا ما أبطأت حرارتها حتى تنعدم تماسك تماسكاً 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 ا-كيفية تركيب ما نعرفه من المواد الموجودة في العالم . فلقد عرفوا كيف تماسك الالكترونات داخل الذرة ، وكم يلزم من القوة لاستخراج كل من هذه الالكترونات منها . ولقد توصلوا الى طريقة لفصل الذرات بعضها عن بعض والى سلب 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 احداهما بين آن وآخر مطلقة جزءاً منها يحتوي على بروتونين ونيوترونين . ويسمى هذا الجزء من ذرة ( Alpha Particle ) الذي عندما يضرب فوق حاجز معين 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 بإرسال 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 الالكترونات كافة متشابهة تماماً ، وكل منها هو في الظاهر شحنة كهربائية سالبة ، فإذا 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 ١٨٣٦ مرة ، أما النيوترون فيعادل وزن البروتون ولكنه لا يحتوي على شحنة كهربائية . ولذا يمتد بعض العلماء أن النيوترون هو عبارة عن بروتون مع الكترون امزج ببعضهما ببعض فمحت الكهرباء الموجبة في الاول الكهرباء السالبة في الثاني .

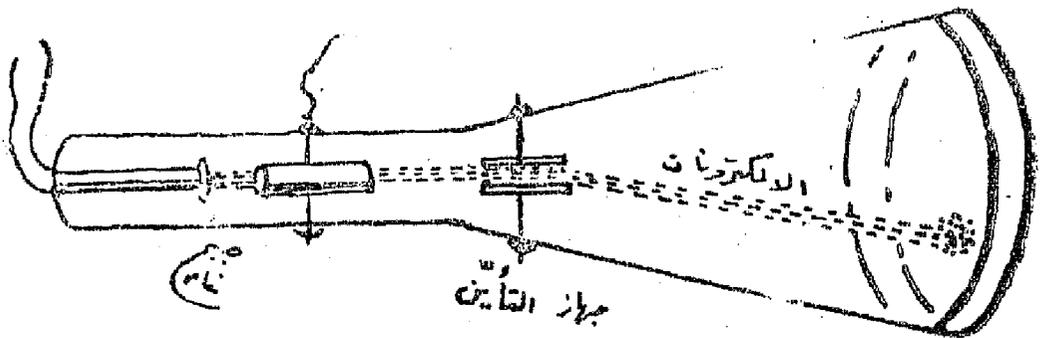
والالكترون هو جسم دقيق جداً بحيث أن وزن خمسين ألف مليون مليون مليون الكترون لا يزيد عن رطل واحد ( پارند ) فهو في الحقيقة أصغر جسم في العالم ، فهل هناك من يستطيع وزن هذا الجسم الخفيف ؟

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 أصر يدبني إذ أنها تحتوي على ملايين الالكترونات في كل جزيء منها ، إن نسبة وزن الالكترون الواحد الى وزن الريشه هي أقل بكثير من نسبة وزن الريشه الى وزن الكرة الأرضية كلها .

ومع خفة الالكترون الى هذا الحد استطاع علماء الطبيعة وزنه بصورة أدق من وزنهم لإشارة قلم الرصاص على الورقة ، بالرغم من أن ألف مليون الكترون 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 الأخرى واحداً منها ضوء آ 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 طراديو ذات العين السحرية ( Magic Eye ) التي عندما تشع الضوء لا أخضر يدل ذلك على اصطدام الالكترونات بشدة فوق حاجز الأنبوب .



ولأجل قياس وزن الألكترون ترسل موجة من الالكترونات داخل فراغ الأنبوب كما يندفع الماء من الخرطوم ، فتحدث بقعة ضوئية على الحاجز . وعند تقريب قطعة مغناطيس الى الأنبوب تنحرف هذه البقعة الى أحد الجانبين كما ينحرف تيار الماء المندفح 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 إذا احتساب وزن كل منها .

ولفرض التشبيه يمكن اجراء تجربة لعزل كرات من أنواع مختلفة ، ولنفرض ان لدينا سلة مملوءة بكرات المنضدة وكرات السكولف مختلفة بعضها ببعض ، وطلب اليها 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 السكولف الثقيلة في مسيرها بخط مستقيم . وهكذا تفصل الكرات الى مجموعتين احدهما خفيفة والاخرى ثقيلة بحيث يمكن معرفة خفة أو ثقل أي كرة بحسب الموقع الذي ذهبت اليه .

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

ورغم بساطة هذه التجربة فإنها مذهمة 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 نحوم حول البروتونات والنيوترونات ، ومن هذه تتكون الذرات التي تتحد بعضها مع بعض لتكون الجزيئات ، ومن هذه الجزيئات تتكون المواد الخلام التي يصنع منها الانسان كل ما يحتاجه من أحذية وسفن وبيوت وغير ذلك .

---