الفصل

2

«الاكتشافات والاختراعات الكبيرة.... تبدأ من ملاحظة الأشياء الصغيرة»

دام عمل أليك الأول في تلك المدرسة الأمريكية بضعة أسابيع فقط. إلا أن نجاحه في تعليم الحديث المرئي سرعان ما هيأ له فرصة العمل في معاهد أخرى لتعليم الأطفال الصم، إضافة إلى عمله على إعطاء معظم أولئك الأطفال دروساً خصوصية بناءً على رغبة ذويهم.

تميزت طريقة بل في التعليم بالبساطة. إذ كان يرسم مخططاً لوجه الانسان على السبورة، ثم يقوم بالاشارة إلى جزء معين من الوجه باستخدام مؤشر ويطلب من الطلاب لمس نفس الجزء من وجههم. بعد ذلك كان يقوم بمحي معظم الوجه مع الإبقاء فقط على اللسان وباقي أعضاء

obeikandl.com

الكسندر غراهام بل (أعلى اليمين) مع طلاب ومدرسي معهد بوسطن للصم في 21 حزيران 1871.

النطق التي يعتمد عليها الكلام المرئي. وهنا يبدأ بتعليمهم كيفية استخدام كل عضو من أجل إصدار اصواتاً مختلفة. وبعد مدة قصيرة يصبح بمقدور أصغر الطلاب لفظ المقاطع الصوتية التي تدل عليها رموز الحديث المرئي.

إن مساعدة تلاميذه على قراءة الأصوات التي لا يستطيعون سماعها كان واحداً من أهداف بل في عمله كمدرس. فنظراً لكونه يفهم آلية خروج الصوت، كان يعرف أن كافة الأصوات تحدث بسبب ذبذبات. لذا حث تلاميذه على الانتباه إلى جميع الأصوات حولهم وذلك

بتعليمهم الاحساس بذبذبات تلك الأصوات، بطريقة جد بسيطة تعتمد على استخدام البالون، أبسط ألعاب الأطفال، حيث أن ضم البالون بقوة إلى صدر الطفل الأصم يساعده على الاحساس بذبذبات الأصوات التي تحدث حوله. وقد قدر أليك أن هذه الوسيلة من الممكن أن تساعد الأطفال الصم على عبور الشارع ليلاً دون تعرض حياتهم للخطر عند عبور أية سيارة، حيث يمكنهم من خلال الذبذبات التي يشعرون بها بالضغط على البالون، من التنبه من اقتراب سيارة مثلاً.

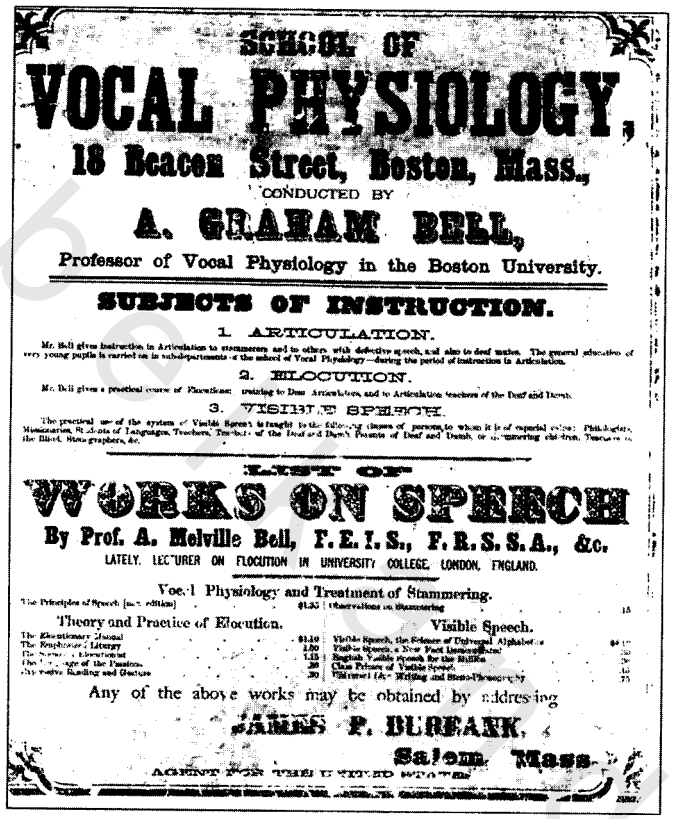
في ذلك الصيف عاد بل إلى كندا حيث طبق طريقة الحديث المرئي في استعمال آخر. فبينما كان يمارس رياضة تسلق الجبال في أحد الأيام، تعرف إلى مجموعة من قبيلة الماهوك. وأبدى أليك إهتماماً بلغتهم وعرض عليهم كتابتها برموز الكلام المرئي، بحيث يصبح بمقدور أي شخص التكلم بها بشكل صحيح. سرّ رجال القبيلة لهذا الأمر كثيراً، وتعبيراً منهم عن امتنانهم قاموا بتعليم بل رقصة الحرب عندهم. تلك الرقصة التي أصبح بل لاحقاً، كثيراً ما يؤديها عند تحقيقه أي نصر. كما أن زعيم قبيلة الماهوك ويليام جونسون أعلن عن تشرفه بضم بل إلى رئاسة القبيلة، وذلك بمنحه لقب رئيس فخري.

في شهري أذار/ مارس ونيسان/ أبريل من عام 1872، دعي بل لشرح منهجه التعليمي في مدرسة كلارك للصم في نورثامبتون، ماساتشوستس. وهناك قابل مدير المعهد.

الذي تأثر به . السيد غاردنر غرين هابارد Gardiner Green Hubbard وهو محام في الخمسين من عمره من كمبردج في مساتشوستس. لقد اهتم السيد هابارد بتعليم الأطفال الصم بعد إصابة ابنته ميبل بالصمم إثر إصابتها بهجمة شديدة من الحمى القرمزية عندما كانت في الخامسة من عمرها. وكان والدا الطفلة مرتاعين لفكرة كون إعاقتها هذه ستمنعها من ممارسة حياتها كأخواتها. وقد رفضا ما نصحهما به الآخرون بأن يبدأوا بتعليمها لغة الاشارة من أجل اتصالها بالآخرين. وتابعا التحدث إليها وتلقينها الكلمات الجديدة بشكل عادي كما لو أنها تسمع، وكانا يحثانها على الكلام والتواصل من خلال صوتها على الرغم من أنهما كانا يدركان أنها لاتسمع شيئا. وكنتيجة لجهودهما، استطاعت ميبل تعلم قراءة الشفاه بمهارة. وقد مكنتها مهارتها هذه لاحقاً من تعلم لغة جديدة. إذ أنها استطاعت أثناء إقامتها مع أهلها في ألمانيا من أن تتعلم الألمانية وأن تترجم لهما تلك اللغة التي لم يتمكنا من تعلمها.

في الخريف التالي استأجر بل بعض الغرف في بوسطن ليفتتح «مدرسة فيسيولوجيا الصوت». وأعلن في الصحف عن مهارته في «تصحيح الفأفأة وعيوب النطق الاخرى» على خطى جده، وفي تعليم «الطريقة العملية للحديث المرئي» على خطى والده.

كان أول زبون في مدرسة بل السيد توماس ساندرز


SCHOOL OF
VOCAL PHYSIOLOGY,
18 Beacon Street, Boston, Mass.,
CONDUCTED BY
A. GRAHAM BELL,
Professor of Vocal Physiology in the Boston University.
SUBJECTS OF INSTRUCTION.
1. ARTICULATION.
2. ELOCUTION.
3. VISIBLE SPEECH.
LIST OF
WORKS ON SPEECH
By Prof. A. Melville Bell, F. E. I. S., F. R. S. S. A., &c.
LATELY, LECTURER ON ELOCUTION IN UNIVERSITY COLLEGE, LONDON, ENGLAND.
Vocal Physiology and Treatment of Stammering.
Theory and Practice of Elocution.
Visible Speech.
Any of the above works may be obtained by addressing
JAMES P. BURBANK,
Salem, Mass.
AGENT FOR THE UNITED STATES.

إعلان عن مدرسة بل عن فسيولوجيا الأعضاء الصوتية ويتضمن قائمة كتب لوالد بل.

Thomas Sanders، وهو تاجر جلود ثري من مدينة سالم Salem في ماساتشوستس، الذي أحضر ابنه جورج البالغ من العمر خمسة أعوام. ولد هذا الطفل أصماً ولم يسمع في حياته كلمة واحدة. فابتكر بل طريقة بارعة من أجل تعليم الطفل؛ إذ كتب على قفازٍ مناسبٍ ليد الطفل كل الأحرف الأبجدية إضافة إلى بعض الكلمات الشائعة، وسرعان ما استطاع الأستاذ والتلميذ التفاهم والتخاطب عن طريق الأشارة إلى الأحرف الموجودة على «القفاز السحري». وبعد مدة وجيزة استطاع بيل تعليم جورج القراءة. فكتب له قصة خاصة بالأطفال ليقرأها، ولم ينس أن يكتب له بعض كلمات القصة التي تحتاج إلى تأكيد بخط أكبر.

على أية حال لم تقتصر حياة بل العملية على زيارة مدارس الصم وإعطاء الدروس الخصوصية لأولئك التلاميذ. فقد حضر، على سبيل المثال، مؤتمراً خاصاً

بمعلمي الصم، وكتب عدة مقالاتٍ حول موضوع الحديث المرئي، ثم باشر بتأسيس مجلة خاصة به سماها «رائد الحديث المرئي» وكان يوزعها على مجموعة صغيرة من القراء. علاوة على ذلك، فقد استغل دخوله في جمعية بوسطن العلمية ليستزيد من علمي الصوت والكهرباء. ففي اليوم الأول له في بوسطن، في العام 1871، قام بزيارة صديق لوالده يدعى لويس مونرو Lewis Monroe عمل فيما بعد أستاذاً لمادة فن الخطابة في معهد ماساتشوسيتس للتكنولوجيا / /MIT Massachusetts Institute of Technology. وعلى الرغم من أن هذا المعهد تأسس في عام 1865 فقط، إلا أنه سرعان ما أصبح مركزاً علمياً هاماً ونظراً لإعجاب السيد مونرو بسعة اطّلاع وفضول ابن صديقه، قام بإهدائه كتاباً جديداً في علم الصوت. كما أخبره أن لدى معهد MIT نفس الأجهزة التي استخدمها العالم هيلمهولتز عندما حقق اكتشافه الكبير الذي هزّ العالم في علم الصوت. وقد حضر بل في عام 1872 عدة محاضرات علمية في المعهد المذكور وفي معاهد أخرى في بوسطن، كما اطّلع على كافة الكتب الموجودة في مكتبة بوسطن العامة المتعلقة بعلم الكهرباء.

لقد مر معنا سابقاً أن بل، حتى قبل مغادرته انكلترا، كان مأسوراً بفكرة تطبيق آلية ظاهرة موسيقية شائعة لبث عدة رسائل برقية في وقت واحد. فقد عرف بل أن درجة النغمة الموسيقية ـ درجة ارتفاعها وانخفاضها ـ تعتمد على

obeikandl.com

قفاز قام بل بتعديله في أوائل عام 1870 كوسيلة مساعدة لتلميذه الأصم جورج ساندرز، استطاع بل وجورج التفاهم بواسطته عن طريق الإشارة إلى الأجزاء المختلفة من «الكف السحري».

ترددها؛ أي بعبارة أخرى على درجة سرعة تذبذب مصدر الصوت. وعرف أن أي جسم له تردد طبيعي لذبذبته، وأن للأصوات ذات التردد العالي نغمة عالية وللأصوات ذات التردد المنخفض نغمة منخفضة. كما لاحظ أن تموّج الصوت الصادر عن جسم يهتز يمكن أن يؤدي إلى تذبذب أو اهتزاز جسم آخر له التردد الطبيعي نفسه. توصل بل إلى تلك الملاحظات عندما كان يغني أثناء عزفه على البيانو في بيت جده في لندن ثم في بيت والديه في كندا، إذ اكتشف أنه عند تغيير طبقة صوته يستطيع جعل أوتار مختلفة من البيانو تهتز بدورها.

والآن، وبعد أن توضحت له فكرة إرسال عدة رسائل، كل منها على طبقة مختلفة، عبر سلك واحد من أسلاك التلغراف، يتصل في بدايته (طرف الارسال) بشوكات طنانة تقوم بالطنين بترددات مختلفة، كل تردد منها يحمل رسالة لها طبقتها الصوتية الخاصة، وفي نهايته (طرف الاستقبال) يتصل أيضا بشوكات مماثلة تلتقط فقط الرسالة التي تم بثها على تردد معين لكل شوكة. وهكذا فإن ما يبدو على أنه اختلاط في الرسائل يمكن في الواقع أن يفرز وفقاً لطبقة الصوت عند الطرف المستقبل.

الصوت، النطق، السمع

إن نشأة ألكسندر غراهام بِل وخلفيته أهّلتاه لفهم كل ما يتعلق بعلم الصوت والنطق والسمع بشكل أفضل من باقي المخترعين - مثل إليشا غراي Elisha Gray من شيكاغو والبروفسور آموس ي. دولبير Amos E.Dolbear من جامعة تافتس Tafts University الذين كانوا يحاولون نقل الكلام كهربائياً. إذ مكنه فهمه العميق لتلك الظواهر من تطوير أول «هاتف لنقل الكلام كهربائياً» - كما كان يطلق عليه حينها - على الرغم من كون فهمه لموضوع الكهرباء ليس بنفس مستوى منافسيه.

عرف بل أن الصوت يصدر عن تذبذب أجسام وينتقل في موجات. وعرف أيضاً أن موجات الصوت تنتقل عبر الهواء أو عبر غيره من المواد بنفس الطريقة التي تنتقل بها الطاقة عبر لفات النابض عندما ينضغط أحد طرفي النابض ثم يتحرر.

أثناء الذبذبة، عندما يتحرك الجسم باتجاه الخارج فإنه يضغط الهواء أو أية مادة موجودة أمامه، فيخلق بهذا منطقة ضغط. ولأن موجات الصوت تضغط جزيئات المادة (مجموعة ذرات مرتبطة ببعضها البعض) التي تنتقل عبرها، لذا فإنها تدعى بالموجات الضاغطة. وعندما يتذبذب الجسم باتجاه الداخل أثناء تموجه، يتمدد الهواء أو أي مادة موجودة باتجاه المكان الأصلي للجسم، وتدعى منطقة التمدد هذه منطقة التخلخل أو انخفاض الضغط.

تتحرك مناطق الإنضغاط والتخلخل بعيداً عن مصدر الإهتزاز بسرعة الصوت، حوالي 340 متراً في الثانية أو (1116 قدماً/ ثا)، مشكلة «الموجات الصوتية». وقد عرف بل أن موجات الصوت تتألف من الإنضغاطات والتخلخلات التي يحدثها الجسم المتذبذب. وفكر بأنه إذا أمكن جعل

التيارات الكهربائية تحاكي شكل الصوت في الإنضغاط والتخلخل، فإنه بالإمكان بث أو نقل أي صوت كهربائياً.

بعد ذلك اكتشف بل أن الأجسام ذات الإهتزاز الأسرع لها تردد أعلى من الأجسام ذات الإهتزاز الأبطأ؛ أي أنهم يمرون عبر دورة الذبذبة أو الإهتزاز مرات أكثر في الثانية. كما اكتشف أن تردد الصوت هو الذي يحدد طبقته، مدى ارتفاع الصوت وانخفاضه بالنسبة إلى السامع. واكتشف أيضاً مفهوم الإهتزاز بالتأثير، تلك الإهتزازات أو الذبذبات التي تحدث عندما تؤدي موجات الصوت الصادرة عن اهتزاز أو تذبذب جسم ما إلى تذبذب جسم آخر له نفس التردد الطبيعي. ولولا فهم التردد والإهتزاز بالتأثير لما استطاع بل اكتشاف النظرية التي اعتمد عليها في عمل تلغرافه التوافقي.

توضح الأفكار الرئيسية لمحاضرات بل الأولى في جامعة بوسطن فهمه العميق لآلية الحديث والسمع عند الإنسان. يوجد قسم من الحلق يدعى الحنجرة مغطى بالحبال الصوتية - وهذه عبارة عن طيتين صغيرتين من النسيج بينهما شق يفصلهما عن بعضهما البعض - ويحدث النطق عندما تشد عضلات الحنجرة الحبال الصوتية. فعندما يتحدث الإنسان يصبح الشق بين الحبال أصغر، وتهتز الحبال الصوتية عندما تدفع الرئتان الهواء باتجاه الحبال التي أصبحت الآن مشدودة، وهذه الإهتزازات هي التي تصدر الصوت.

ويتضمن الحديث أو الغناء تغيرات مستمرة في كمية الشد على الحبال الصوتية وفي سرعة الهواء الخارج من الرئتين بالإضافة إلى شكل فم الإنسان. وهذه التغيرات تؤثر على نغمة وطبقة صوت المتكلم أو المغني.

الصوت، النطق، السمع

أما بالنسبة لعملية السمع فإن موجات الصوت تمر عبر قناة في الأذن الخارجية وتطرق طبلة الأذن فتأخذ هذه بالإهتزاز. وطبلة الأذن غشاء وهو عبارة عن نسيج رقيق ليّن مرن. تتحرك اهتزازات هذا الغشاء عبر ثلاث عظيمات صغيرة تصل الطبلة بالأذن الداخلية، وبالتالي تهتز العظيمات وتؤدي حركة أصغرها إلى حدوث موجات في سائل موجود في الأذن الداخلية. عندها يقوم السائل بالضغط على غشاء آخر مغطى بآلاف الخلايا الشعرية، فتؤدي حركة السائل إلى تحرك الغشاء وانحناء الشعيرات التي تتصل بدورها بألياف عصبية ترسل اشارات إلى الدماغ عند انحناء الشعيرات. وهنا يفسر الدماغ تلك الإشارات على شكل أصوات.

استطاع بل أن يقطع شوطاً بعيداً في إنجاز هاتفه عندما وازن بين حركة غشاء طبلة الأذن على عظيمات الأذن وحركة غشاء هاتف ثقيل على قطعة من الفولاذ الممغنط؛ فقد ترجم بهذا فهمه لعمل أذن الانسان في جهاز الهاتف. إذ يعمل جهاز الارسال في الهاتف تماماً كأذن كهربائية ترسل كلام المتحدث على شكل نبضات كهربائية، ولكن عبر أسلاك وليس عبر أعصاب كالأذن. وبالمقابل يعمل جهاز الاستقبال في الهاتف تماماً كفم كهربائي، إذ يؤدي التيار المتدفق عبر كهرطيس إلى اهتزاز غشاء الاستقبال ثم تقوم تلك الإهتزازات بصدم طبلة أذن السامع فتهتز بدورها، فتفسر أذن السامع تلك الإهتزازات على شكل صوت المتحدث على الطرف الآخر من الخط.

وتكريماً لجهود بل ومساهماته في علم الصوت، أطلق على وحدة قياس شدة الصوت اسم بل. وتعتمد شدة الصوت على مقدار الطاقة الي تحملها موجات الصوت. ويعتبر الديسيبل ـ dB وحدة قياس التفاوت بين شدتي

صوتين ويعادل عشر البل - الوحدة النظامية المستعملة في دارات الصوت والإتصالات. وبالنسبة للضجيج البيئي يستخدم الديسيبل لقياس مستوى قوة الصوت أو مستوى شدته أو مستوى ضغطه. وأكثر استخداماته شيوعاً مع مستوى ضغط الصوت المقروء على عداد مستوى الصوت. وتدل درجة الصفر ديسيبل (على تردد قدره /1000/ هرتز) على عتبة السمع؛ أي على أضعف صوت تميزه أذن انسان طبيعي السمع. وحيث أن الأصوات التي تزيد على/140/ ديسيبل تؤذي الأذن وتسبب ألماً عوضاً عن السمع، فقد سميت هذه الدرجة بعتبة الألم. وكل /10/ ديسيبل زيادة تعني زيادة عشرة أضعاف شدة الصوت. لذا فإن صوتاً شدته صفر ديسيبل يكون أضعف بمئة مرة من صوت شدته /20/ ديسيبل، كالهمس على سبيل المثال. والحديث العادي على درجة /60/ ديسيبل يكون أشد بمقدار /40/ ديسيبل، أو /10000/ أي 10^4 من الهمس الذي درجته /20/ ديسيبل. ويمكن أن يؤدي الإستماع إلى أصوات فوق /85/ ديسيبل لفترة طويلة إلى فقدان السمع بسبب إلحاق الأذى بالاذن الداخلية.

وقد استعاض بل فيما بعد عن الشوكات الطنانة بخطوط معدنية مرنة قصبية الشكل. سمى بل فكرته هذه «التلغراف التوافقي»، وحرصاً منه على سرية عمله أخذ يحرس أجهزته بحذر شديد، لأنه كان يعلم أن عدداً من المخترعين يعملون على نفس الفكرة؛ أي فكرة اختراع «تلغراف متعدد الرسائل».

أخذ بل يعمل على مدار الساعة من أجل تنفيذ اختراعه، فلا ينام إلا ساعات قليلة في اليوم ولا يأكل إلا إذا عضه الجوع. وعندما عاد فى إجازة إلى بيت والديه صيف عام 1873، كان أحوج ما يكون إلى الراحة من شدة الارهاق، إلا أن هذا لم يمنع شعوره بالبهجة والرضا. في هذا الوقت أصبح صديق والده السيد لويس مونرو عميداً لكلية فن الخطابة في جامعة بوسطن، فعرض على بل منصب أستاذ فيها ابتداءً من خريف ذلك العام. تأسست جامعة بوسطن عام 1869. وقد شعر بل الآن بأن الفرصة قد آتته - وهو الذي علم نفسه بنفسه كل تلك العلوم مع أنه أنهى تعليمه الأساسي في الرابعة عشر من عمره - للمشاركة في تأسيس ذلك المعهد الجديد، حيث سيحصل بالمقابل على راتب بالإضافة إلى حق استخدام غرفة يستقبل فيها طلابه الخصوصيين.

عاد بل إلى بوسطن بعد انتهاء إجازته وقد استرجع كامل عافيته ونشاطه، كما أن حماسته كانت جلية ليس فقط على نطاق عمله الأكاديمي، إنما على نطاق علاقاته

صورة لميبل هابارد زوجة بل المستقبلية عندما كانت في الرابعة عشر من عمرها وقد تزوجا في 11 تموز/ يوليو 1877 عندما بلغت عامها العشرين.

الاجتماعية أيضاً، حيث عزز علاقته بعائلتي ساندرز وهابارد. وقد وعى الصلة الوثيقة التي أخذت تربطه بعائلة ساندرز، إلا أنه لم يتخيل إلى أين يمكن لهذه الصلة أن تقوده. وبالرغم من أن عمله الجديد في بوسطن يبعد مسافة 20 كم عن مدينة سالم، إلا أنه قرر ترك مكان إقامته ببوسطن والسكن في قسم خصص له في منزل جدة جورج ساندرز. وبهذا استطاع توفير الأجرة بالإضافة إلى العمل بتركيز أكثر مع الصغير جورج. بقي بل مقيماً في منزل السيدة ساندرز لمدة عامين ونصف وقد أهدته بمناسبة عيد ميلاده السابع والعشرين غرفة إضافية أخرى ليجري تجاربه فيها.

ومن بين طلابه الذين عملوا معه في جامعة بوسطن الشابة ميبل هابارد، التي التقاها قبل شهر واحد على اتمام عامها السادس عشر. في ذلك الوقت لم تكن عائلة

هابارد تقيم في منزلها في كمبردج التي يفصلها نهر عن بوسطن، وانما كانت تتنقل بين مدينتي نيويورك وواشنطن. لذا فقد رتب الوالدان لاقامة ابنتهما مع أحد أبناء عمها في كمبردج لتبقى قريبة من استاذها الشاب.

وفي رسالة كتبتها ميبل إلى أحد أعضاء جامعة بوسطن تسترجع فيها ذكريات لقائها الأول ببل بعد نصف قرن تقريبا قائلة:

«مايزال لقاؤنا الأول في الجامعة حياً في ذاكرتي حتى الآن. فقد شاهدته لأول مرة في غرفة مكتبه، تلك الغرفة الصغيرة الخضراء التي تطل نافذتها على فناء قديم لكنيسة بارك ستريت. بعدها نزلنا إلى إحدى القاعات حيث استمعت إلى الدرس الأول الذي كان يعطيه لطالبة صماء في مثل سني. وكنت أراقبه بانبهار وهو يرسم على اللوح مقطعاً جانبياً لوجه الانسان ثم يقوم بمحى معظم الوجه مبقيا على الأجزاء التي حددها والده في طريقة الحديث المرئي. لم أر في حياتي أستاذا مثله في سرعته وحماسته وتأثيره وكان عليّ تتبع كل ما يقوله وشحذ ذهني كي أستجيب لما يعلمني إياه عن تلك الرموز. وكم كنت مزهوة بنفسي لأني كنت أسرع طلابه في فهم مايشرحه وما يريدنا أن نفعله مما جعلني الأفضل في نظره».

إلا أن وصفها لذلك اللقاء في مفكرتها، بعد مرور خمس سنوات فقط، كان نوعاً ما أقل مدحاً. وهنا تسترجع بعض مشاعرها المشوشة، وهي في تلك السن تجاه أستاذ علم الحديث هذا الذي طالما سمعت عنه، والتي تعود لفترة إقامتها في ألمانيا:

«لقد أحببته ولم أحبه في آن واحد. كان مؤثرا لدرجة تجبرني على الاستماع اليه، الا أنني لم أحبه في شخصه. إذ لم يكن يكترث لهندامه وكان يرتدي ملابساً لماعة غالية الثمن لكنها غير عصرية، كانت تجعل شعره الفاحم السواد يبدو لماعاً أيضاً. وعلى الاجمال لم أعتقد أنه جنتلمان بمعنى الكلمة».

بعد مدة قصيرة كتبت ميبل إلى والدتها قائلة:

«لقد أخبرني السيد بل اليوم أن الطبيعة وهبتني صوتاً حلواً، تخيلي هذا! وربما اذا تعلمت كيف استخدمه بشكل صحيح قد أنافسك في حلاوة صوتك. الأستاذ بل مسرور مني.... وأنا أستمتع بدروسي وسعيدة لأنك تريدينني أن أبقى هنا. كما أن الجميع هنا يقولون أنه سيكون من المؤسف ذهابي طالما أني أبذل جهدي كي أتحسن».

في ذلك الشهر الذي دخلت فيه ميبل حياة بل، ألقى محاضرته الأولى في جامعة بوسطن. وفيها وصف موجات الصوت في الهواء وأشار إلى تجارب العالم هيلمهولتز لشرح خصائص الصوت وطبقاته وارتفاعه. واستخدم مجسما للأذن ليوضح عمل ذلك العضو، مشيراً مرة أخرى إلى وصف هيلمهولتز كيفية انتقال موجات الصوت إلى الدماغ. ثم استخدم نماذج لمختلف الأعضاء الصوتية بما فيها الفم والحنجرة موضحاً عملها مع بعضها البعض لإخراج الحديث.

لقد جعله المنصب الجديد كأستاذ معروف في الأوساط العلمية. فدعي في نيسان/أبريل 1874 لالقاء أول محاضرة حول الحديث المرئي أمام جمعية الفنون

obeikandl.com

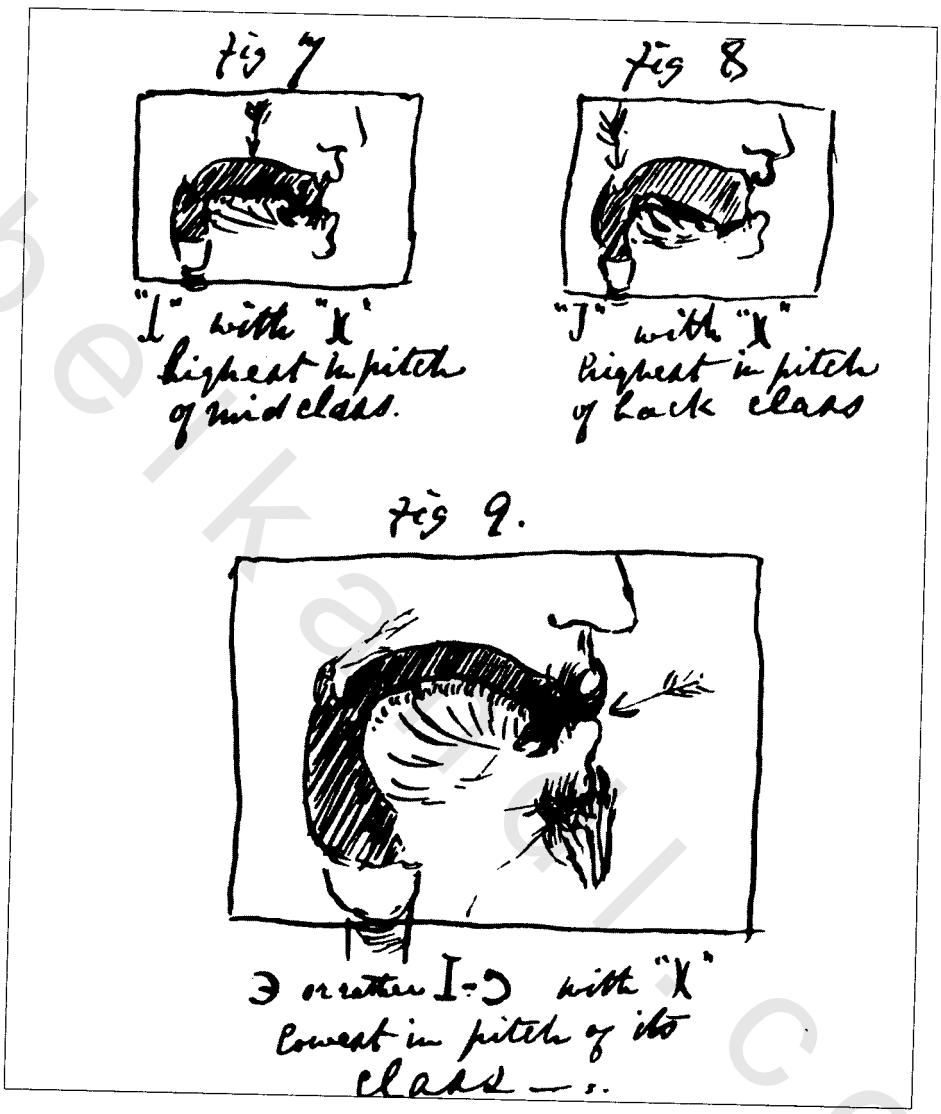
والعلوم في معهد MIT. وقد وصف في رسالة كتبها لوالديه كم كان مسرورا لوجود حوالي أربعمئة شخص كانوا يستمعون إلى حديثه. أما عن المحاضرة فيقول:

«وضعتني تلك المحاضرة فوراً في مركز جديد في بوسطن، فقد هيأت لي فرصة الاحتكاك بالعقول العلمية في المدينة».

ومن الفوائد التي عادت عليه بعد تلك المحاضرة، فرصة تعاونه مع الدكتور كلارنس ج. بلاك Clarence J.Blake وهو أخصائي أُذن من بوسطن، إضافة إلى «السماح له باستخدام جهاز العالم هيلمهولتز الموجودة في معهد MIT، وكذلك استخدام جهازين آخرين تأمل أن يستطيع بواسطهما مساعدة طلابه الصم.

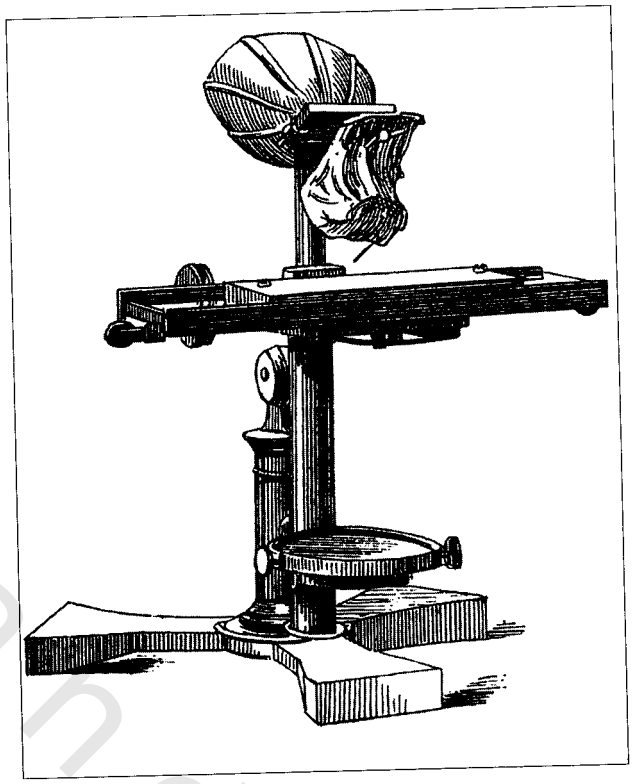
كان أحد الجهازين يتألف من صفيحة زجاجية مغطاة بصبغة سوداء، وله قطعة فموية (مصاصة) وذراع خشبية طويلة متصلة بغشاء مشدود (وهو طبقة رقيقة من مادة مرنة)، مع كتلة من الشعر الخشن على طرف الذراع. وتتحرك كتلة الشعر إلى الأعلى والأسفل على الزجاج كلما صدر صوت كلام عبر القطعة الفموية، وتوضح حركتها هذه شكل الذبذبات الصوتية. وقد تأمل بل أنه باستخدام هذا الجهاز يستطيع هو وغيره من مدرسي الطلاب الصم إيضاح شكل ذبذبات أي صوت لهم وبالتالي مساعدتهم على إصدار ذلك الصوت.

أصابت التجارب الأولى مع ذلك الجهاز في معهد



صفحة من دفتر ملاحظات بل عن تجاربه في الصوتيات.

MIT بل بخيبة أمل. وقد شكى لصديقه الدكتور بلاك كون ذلك الجهاز أقل حساسية من أذن الإنسان، فأعطاه ذلك الأخصائي أذناً حقيقية حصل عليها من المشرحة ليجري تجاربه عليها. فاستخدمها بل ليصنع منها جهازاً خاصاً به مماثلاً لجهاز المعهد إلا أنه يفوقه حساسية.



تأمل بل ان يتمكن من إستخدام هذه الأذن التي تعمل كمسجلة بدائية للصوت ليشرح للطلاب شكل إهتزازات أي صوت وبالتالي يساعدهم على نطق ذلك الصوت.

في نهاية العام الدراسي عانى بل من الإرهاق ثانية بسبب نشاطاته المتعددة، فعاد إلى كندا في صيف 1874 ليستعيد عافيته ونشاطه. وبالطبع أحضر معه أجهزته المختلفة الي يجري عليها تجاربه بخصوص التلغراف التوافقي، بالإضافة إلى جهازه المماثل لجهاز معهد MIT والذي يعتمد على الأذن البشرية. وهناك وهو جالس في مكانه المفضل المشرف على النهر الكبير، أخذ يسترجع كل معلوماته واستنتاجاته واحدة تلو الأخرى. وقد وصف ذلك لاحقاً بعد مرور أربعين عاماً قائلاً:

«إن كل ملاحظة تقود إلى أخرى، بدءاً من ملاحظة الأمور الصغيرة... التي نبني عليها ملاحظات أخرى، فيتوسع نطاق معارفنا ونصل إلى العموميات بقدر معقول كمحصلة للكثير من الأفكار التي تم تجميعها وتقويمها في العقل».

لقد فكر بل على سبيل المثال في سبب إصدار الجسم الذي يهتز موجات صوتية في الهواء، وعرف أنه مع كل حركة صادرة عن اهتزاز الجسم باتجاه الخارج فإن الهواء الموجود أمام الجسم ينضغط، وأنه مع كل حركة باتجاه

الداخل يتمدد الهواء إلى المنطقة التي فرّغت بفعل حركت الجسم الأولى. فاستنتج حقيقة أنه عندما تتحرك موجة الصوت عبر الهواء فإنها تحوي سلسلة من المناطق المضغوطة والممددة. وقد اكتشف تدريجياً أن استخدام الكهرباء كما ذكر بعد عدة سنوات «يمكّن من بث أي نوع من الأصوت إذا استطعنا إحداث تغيير في شدة التيار مماثل للتغيير الذي يحدث في كثافة الهواء عند صدور صوت ما».

وبخصوص تجاربه الكهربائية توصل بل إلى النتيجة التالية:

«نظرياً، يمكننا خلق تيار بواسطة الكهرمغنطيسية. إذا استطعنا الحصول على قطعة جيدة من الفولاذ الممغنط وجعلناها تتذبذب أمام قطب مغناطيس كهربائي، وبالتالي فإنه يمكننا الحصول على نوع التيار الذي نريده...». على كل حال، لم يكن بِل يعلم كيفية الحصول على مثل تلك القطعة الجيدة من الفولاذ.

في 26 تموز/ يوليو 1874 وبينما كان بل يعمل على جهازه الذي استخدم فيه أذناً بشرية في منزل والديه، أدرك فجأة أن ذلك الجهاز يحمل حل مشكلة كيفية جعل شدة التيار الكهربائي تتغير كما يفعل الهواء أثناء صدور الصوت. وقد كتب مايلي في هذا الخصوص:

«لم أتصور أن غشاء الأذن الذي يبدو رقيقاً كورقة محارم يمكن أن يبلغ قطره نصف انش. وقد صعقت للتفاوت بين وزن الغشاء ووزن العظام التي يحركها. وهنا خطرت ببالي

فكرة؛ وهي أنه طالما يستطيع هذا الغشاء الرقيق تحريك عظام تعتبر هائلة بالنسبة له، فلم لا يكون بإمكان غشاء أكبر وأقوى أن يحرك قطعة من الفولاذ بالطريقة التي أردتها؟ وفي الحال توضحت في ذهني فكرة هاتف يتكلم عبر غشاء».

عندما توصل بل إلى هذا الإكتشاف الهام، كان من الطبيعي أن يخبر والده به. وقد كتب الأب في مفكرته اليومية عبارة «حديث كهربائي؟» التي دلّت على اندهاشه من تلك الفكرة. أما بل فقد وضع مخططاً لهاتف بدائي معتمداً على تلك الفكرة الجديدة. ومضت شهور عديدة من العمل الدؤوب المضني، مرّ فيها بسلسلة من الإخفاقات النفسية والمادية، قبل أن يستطيع إخراج تلك الفكرة العبقرية التي التمعت في ذهنه إلى النور «في شكل آلة تعمل».