جامعة محمد بوضياف بالمسيلة
كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية
قسم علم النفس
قسم علم النفس وعلوم التربية والارطفونيا
السنة الثانية ليساس تخصص ارطوفونيا
الدكتورة: صديقي نوال
مقياس: علم الصوتيات *(la phonétique)*

المحاضرة 09

08/ الصوتيات الفيزيائية:

تدرس الصوتيات الفيزيائية الصوت من الناحية المادية بوصفه اهتزازات تنتقل في هيئة موجات بين مصدره ومستقبله.

8-1/ظاهرة الصوت: الصوت ظاهرة طبيعية تحيط بنا ونحس بها في كل لحظة، وهي جزء أساسي من حياتنا، حتى إننا لا نستطيع أن نتصور ما تكون عليه الحياة من دون أصوات.

وينشأ الصوت عن اهتزاز جسم ما، على أن تلك الهزات لا تدرك بالعين في بعض الحالات، لا سيما إذا كان الاهتزاز سريعًا ودقيقا.

إن الطرق والكيفيات التي يحدث من جرائها الصوت عند اتصال جسم بآخر أو انفصاله عنه متنوعة وأهمها:

(1) الطرق والاصطدام، كما يحدث عند اصطدام سيارة بأخرى، أو التصفيق باليدين.

(2)الاحتكاك، كما يحدث عند احتكاك أقدامنا بالأرض.

(3) فصل جزيئات المادة أو انزلاقها، كتمزيق ثوب القماش

(4) التفاعلات الكيماوية، كما لو سكبنا حمضا على التراب.

(5)الشرارة الكهربائية، كما يحدث عند قصف الرعد أو التوصيل بين قطبي البطارية.

أما الصوت الإنساني فهو ينشأ من ذبذبات مصدرها الحنجرة في الغالب فعند اندفاع النفس من الرئتين يمر بالحنجرة فيحدث تلك الاهتزازات، ويحدث سماعنا للصوت إذا اهتزت طبلة الأذن استجابة لاهتزاز جزيئات الهواء الملامسة لها، وهذه الجزيئات تهتز بتأثير الجسم الأصلي المتذبذب.

فالصوت ينتقل عبر أوساط غازية (الهواء) أو سائلة أو صلبة، غير أن الهواء يبقى هو الأصل من بين بقية الأوساط، كما أن الصوت لا يمكن أن يحدث في الفراغ (الوسط الخالي من الهواء)، وتقدر سرعة الصوت بحوالي 350 مترا في الثانية.

وتختلف سرعة الصوت بحسب الوسط الذي تنتقل فيه الموجات، حيث ينتقل الصوت بسرعة أكبر خلال السوائل والأجسام الصلبة. كما أن سرعة الصوت تزداد مع الحرارة.

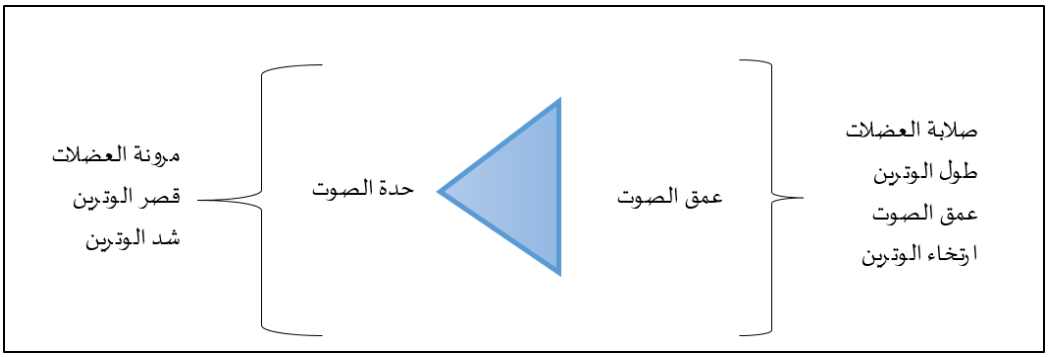
إن الأصوات مختلفة ومتنوعة، ويمكن للأذن تمييز اختلاف الأصوات عن بعضها، وهذه الاختلافات تتعلق في الغالب بالحدة والشدة أو الخصائص الأخرى، ولذلك تتناول فيما يأتي أهم عناصر الصوت الدرجة والشدة، وما يتصل بهما كالتردد والسعة.

8-2/ عناصر الصوت: أهم عناصر الصوت

8.2/الشدة: فدرجة الصوت هي مقدار حدته أو عمقه، وقد وضع علماء الموسيقى السلم الموسيقي الذي تتدرج النغمات عليه من العمق الذي يبدأ من النغمة (دو)؛ وهي نغمة القرار إلى النغمة (دو)، وهي نغمة الجواب

وسبب اختلاف درجة الصوت هو اختلاف سرعة الجسم المهتز، أو عدد اهتزازاته في الثانية الواحدة، فكلما ازدادت الاهتزازات ازدادت حدة الصوت واختلفت بذلك درجته، أما المحافظة على التردد نفسه فيؤدي إلى ثبات النغمة بصرف النظر عن الخصائص الأخرى للجسم المتذبذب.

وإذا نظرنا إلى جهاز النطق من هذا المنظور فإننا نتوصل إلى حقيقة أن درجات الصوت الإنساني تختلف بحسب طول الوترين الصوتين ونسبة شدِّهما ومرونة عضلات الحنجرة، فكلما طال الوتران الصوتيان قلت الذبذبات، وازداد عمق الصوت (أو قلت حدته)، وكلما زاد شدّ الوترين اقترب الصوت من الحدة وكلما ازدادت مرونة عضلات الحنجرة كثرت الذبذبات وازداد الصوت حدة ويمكن تلخيص هذه المتغيرات في المخطط الآتي:



وبهذا يمكن تفسير اختلاف صوت الإنسان بحسب سنه وجنسه، فالأطفال والنساء أحد أصواتا من الرجال، لأن الوترين الصوتين عند الأطفال والنساء أقصر وأقل ضخامة، وهذا يزيد من سرعتهما عدد ذبذباتهما في الثانية.

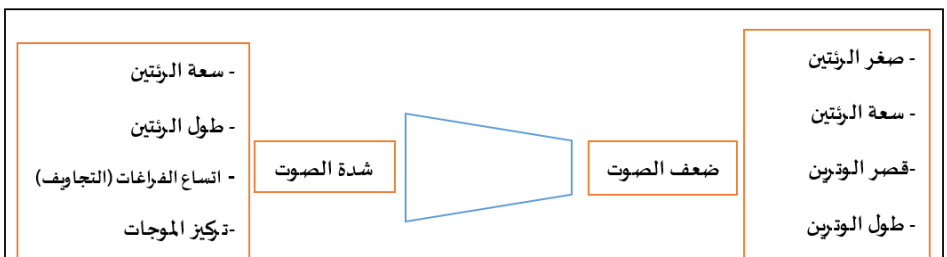
وإذا كانت درجة الصوت تتعلق بعدد اهتزازات الجسم في الثانية (التردد) فإن لكل جسم تردده الخاص الذي تحدده صفات خاصة كالوزن والحجم والشكل، فالجسم الثقيل يتذبذب أبطأ من الجسم الخفيف، والحجم الكبير المستدير يتذبذب أبطأ من الحجم الصغير الضيق، وكلما صغرت فتحة تجويف الجسم انخفض التردد.

أما شدة الصوت فهي قوة الصوت التي تتغير بحسب سعة (حركة) الجسم المهتز، وهي المسافة الفاصلة بين الوضع الأصلي للجسم (وهو ساكن) وأقصى نقطة يصل إليها عند اهتزازه

وهناك بعض العوامل المتعلقة بأعضاء النطق تؤثر في شدة الصوت، وأهمها: سعة الرئتين، وقوة الهواء المندفع منهما، وطول الوترين الصوتيين، والفراغات التي يمر بها الصوت لتقويته، وتركيز الموجات الصوتية في اتجاه واحد.

فازدياد سعة الرئتين وطول الوترين الصوتيين واتساع الفراغات التي يمر بها الصوت الحلق والفم والتجويف الأنفي وتركيز الموجات الصوتية في اتجاه واحد كلها تزيد من شدة الصوت الإنساني.

ويمكن تمثيل أثر العناصر السابقة في الصوت بهذا المخطط:



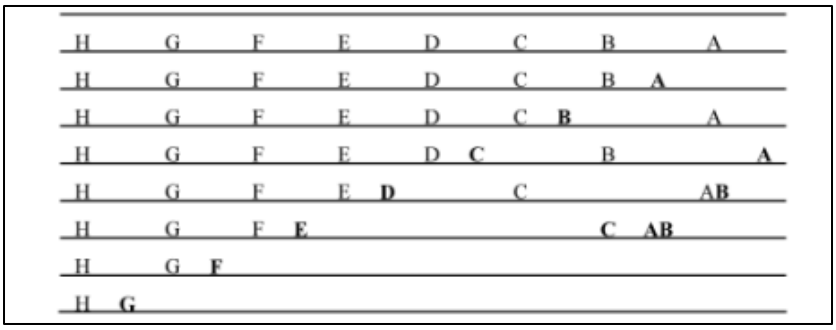
ولا شك أن ثمة ارتباطا بين شدة الصوت، وسعة الجسم المهتز، فكلما تضاعفت السعة تضاعفت شدة الصوت تبعا لها، وإذا كان الصوت القوي نتيجة سعة الحركة الاهتزازية الكبيرة، فإن الصوت الخافت هو نتيجة حركة اهتزازية ضئيلة.

3-8/ انتقال الصوت: ذكرنا أن الصوت ينتقل خلال الهواء في الغالب، ولكنه قد ينتقل عبر الوسط السائل أو الصلب؛ وانتقال الصوت إنما يحدث عبر جزيئات الهواء الذي ينتقل فيه.

فإذا قرعنا جلد طبل مثلا، فإن الجلد يبدأ بالتذبذب، وهو ما يؤدي إلى ارتجاج الهواء الموجود حوله مشكلا موجات متتابعة للصوت، تنتشر هذه الموجات الصوتية من الطبل، وعندما تصل إلى الأذنين تعملان على تحويل هذه الموجات إلى أصوات يمكن سماعها.

إن انتقال الموجات يشبه في هذه الحالة ما يحدث إذا أسقطنا حجرًا في بركة ماء، فعندما يرتطم الحجر بالماء يحدث اضطرابا على شكل تموجات على سطح الماء تنتشر بسرعة مبتعدة عن مركز الاضطراب، هذا هو ما يحدث عند اهتزاز جسم ما، فهذا الاهتزاز ينتقل خلال الهواء إلى أن يصل إلى جهاز الشمع.

والهواء الجوي خليط من بعض الغازات، يتكون من جزيئات صغيرة تحيط بكل الأشياء، وتتخلل كل التجاويف على سطح الأرض، ومن خواص الغازات أن جزيئاتها قابلة للتقارب والتباعد، فإذا اهتز جسم من الأجسام اهتزازا ما، أثر على العلاقات بين جزيئات الهواء المحيطة به وأدى إلى تخلخلها، ولا تعود هذه الجزيئات إلى وضعها الأصلي إلا إذا توقف الجسم المهتز عن الحركة.



ويمكن تصور انتشار الموجة الصوتية عبر جزيئات الهواء من خلال هذا الشكل:

فالجسم المتحرك يؤثر على الجزيء **A** فيترك وضع الثبات في اتجاه الجزيء**B**.

-يعود A إلى وضعه الأول بعد اصطدامه بالجزء**B**.

-يتحرك الجزء **B** في اتجاه.**C**

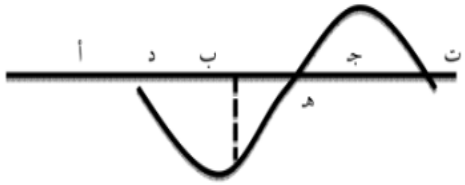
- تؤثر الجزيئات المرتدة على A فيتحرك في الاتجاه الخلفي إلى ما وراء نقطة الثبات.

يعود B إلى وضعه الأصلي بعد اصطدامه بـ C ليدفعه في اتجاه **D.**

وهكذا تتحرك الجزيئات حول وضع الثبات أو نقطة الصفر إلى الأمام وإلى الخلف في سلسلة متتابعة ... وتنتشر سلسلة التخلخلات إلى الأمام.

8-4/ الموجة الصوتية: يتكون الصوت من موجات تنتقل عبر الهواء.... والموجة الصوتية هي نتاج ذبذبة منتظمة أو غير منتظمة بسيطة أو مركبة، وتعد حركة بندول الشاعة مثالاً للذبذبة البسيطة المنتظمة.

وإذا رمزنا للذبذبة المنتظمة بالمنحنى:



فإن حركة الجسم المتذبذب من النقطة (أ) إلى النقطة (ج) تعد فترة زمنية واحدة أو دورة.

والمسافة (دهـ) بين وضع السكون وأقصى نقطة يصلها الجسم هي سعة الذبذبة، أما الخط **(ت)** فيمثل محور الزمن.

ولإدراك العلاقة بين ذبذبة الجسم المهتز والموجة الصوتية يمكن تصور الموجة مجموعة الذبذبات الصوتية المتعاقبة التي تنتج إحداها عن الأخرى، فتذبذب الجسم ذبذبة واحدة يؤدي إلى تذبذب ذرات الهواء المجاورة له، في سلسلة متوالية تنتقل خلالها حركة الذرات مبتعدة عن المصدر، ومجموعة هذه الذبذبات هو الموجة الصوتية.

8-5/الرنين والترشيح:

بإمكان الجسم المتذبذب أن ينقل الذبذبة إلى جسم آخر، وهذا يحدث مع آلة العود مثلا حين يتسبب تذبذب الوتر في تذبذب جسم العود كله. وهذه الظاهرة التي تجعل جسما ما يتحرك عن طريق تذبذب جسم آخر تعرف باسم الرنين.

وتقنية الرنين يمكن استخدامها في تقوية أي تردد موجود في صوت مركب وتعديل نوع الصوت، فإذا كانت النغمات العالية هي المضخمة نتج صوت ذو نوع نقي، وإذا كانت النغمات المنخفضة هي المضخمة فإن الصوت يصبح أعمق، ويسمى ذلك الترشيح.

وهذا المبدأ يسمح للمتكلم أن يستخدم أعضاء النطق كالحنجرة واللسان والشفتين والحنك لتعديل شكل التجاويف المختلفة لجهاز النطق وحجمها، ومن ثم يعدل الأثر الرنيني للصوت المولد في الحنجرة، فتجاويف الفم وتجاويف الانف تؤلف معا مصفاة أكوستيكية.

8-6/أنواع الموجات الصوتية: قد تكون حركة الجسم المهتز منتظمة وثابتة، فتكون الموجة في هذه الحالة بسيطة تتساوى فيها الاتساعات، وتسمى عندئذ الموجة الجيبية البسيطة، وهي موجة دورية.

وأما إذا تعددت الأجسام المهتزة، واختلفت ترددتها فإننا نحصل على موجة صوتية مركبة من مجموع الموجات الناتجة عن مجموع تلك الأجسام ذات الترددات المختلفة، وكلما أضفنا عددا من الترددات البسيطة إلى الموجة المركبة أو غيرنا الترددات الداخلة في تكوينها، تغير شكل الموجة المركبة تبعا لذلك.

8-7/التصنيف الفيزيائي للأصوات: يقسم علماء الأصوات المادة الصوتية باعتبار موجتها إلى:

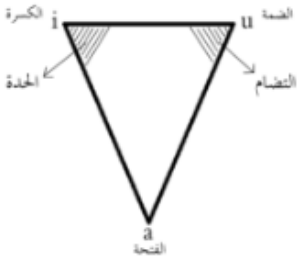
(1)أصوات موسيقية : وهي تلك التي تحتوي على ذبذبات منتظمة.

(2) وأصوات ضوضائية أو غير موسيقية، وهي تلك التي لا تملك ذبذبة منتظمة. وإذا قارنا هذا التقسيم بالتقسيم المتعارف للأصوات إلى صوامت وحركات، فإننا نجد أنهما تقسيمان متوافقان؛ فالحروف أو الصوامت هي أصوات ضوضائية غير موسيقية، والحركات أصوات موسيقية.

وبعض الصوامت لها تركيب أكوستيكي يشبه تركيب الحركات، وهي الصوامت الأنفية والجانبية النون والميم واللام. كما أن الصوامت المجهورة تتميز بنغمة حنجرية تصحب النطق بها، بخلاف الصوامت المهموسة التي تعد ضوضائية خالصة.

ويمكن تصنيف الحركات تصنيفا صوتيا فيزيائيا (**أكوستيكيا**)، ويلاحظ أن أنواعها من هذه الناحية تتشابه بين معظم اللغات، ولكن كل لغة تستعمل منها عددا محددا خاصا بها، يتوافق مع بنيتها الصوتية.

إن كل أنظمة الحركات في لغات العالم تقوم على تضاد مزدوج، فلدينا من جهة التضاد بين الحدة والعمق الكسرة في مقابل الضمة والفتحة ولدينا من جهة أخرى التضاد بين التضام والانتشار الضمة في مقابل الفتحة والكسرة؛ ويمكن تمثيل هذا التضاد المزدوج بالشكل الآتي:



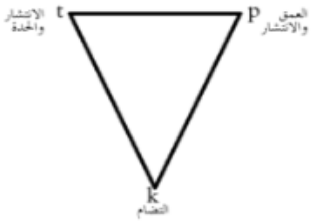
فرأس المثلث حيث الكسرة هو قطب الحدة، ويقابله ضلع العمق المشتمل على الضمة والفتحة، ورأس المثلث حيث الضمة هو قطب التضام، ويقابله ضلع الانتشار المتضمن الكسرة والفتحة. بعض اللغات اكتفت بهاذين النوعين من التضاد فكانت مشتملة على ثلاثة حركات، ولكن أكثر اللغات أضافت حركات أخرى بين هذه الحركات الرئيسية. ففي اللغة الفرنسية مثلا نجد إضافة إلى (a ,i ,o)، (u,e)، (e) هي حركة بين (a) و (o) و(u)، حركة بين (i) و(o).

أما الصوامت فيمكن تصنيفها فيزيائيا وفق أكثر من اعتبار:

فالصامت المصحوب بترددات عالية يتصف بالحدة، وذلك المصحوب بترددات منخفضة يتصف بالعمق (أو الرزانة)، فالتاء والدال مثلا أكثر حدة من الباء، ومن هنا فإن التاء تضاد الباء المهموسة، والدال تضاد الباء، أما الكاف فتعد صوتا متوسطا بين الترددات العالية والترددات المنخفضة.

ومن جهة أخرى فإن الأصوات ذات الطيف المنتشر تضاد الأصوات ذات الطيف المتضام، وعلى هذا تتضاد كل من التاء والباء المهموسة مع الكاف، لأن طيف النوع الأول منتشر، وطيف النوع الثاني متضام.

ويمكن تمثيل التضادات السابقة بالشكل الآتي:



8-8/ قياس الصوت:

بعد موضوع قياس الأصوات من أهم الموضوعات المتصلة بالصوتيات الفيزيائية والصوتيات النطقية، حتى إن كثيرا من العلماء والباحثين يفضلون جعل هذا النوع من البحث الصوتي علما مستقلا يسمونه الصوتيات التجريبية أو الصوتيات الآلية أو الصوتيات المعملية أو المخبرية .وقد عرف علم الأصوات تطورات مهمة جدا، أدت إلى استعمال الأجهزة الكهربائية والإلكترونية ... وقامت الآن مختبرات للصوت مجهزة بالآلات الدقيقة لضبط الأجزاء والكليات ولتسجيل بنية الصوت وتواتره وذبذباته، حيث تطبعه على أشرطة مسجلة وتجمع بصماته، وهناك آلات كاتبة متطورة تستعين بالدماغ الإلكتروني وتحول النصوص المكتوبة إلى نصوص محكية .(وتقسم الأجهزة والآلات الصوتية إلى قسمين:

-الآلات الأكوستيكية

-الآلات الفيسيولوجية

الآلات الأكوستيكية:

جامعة محمد بوضياف بالمسيلة

كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية

قسم علم النفس

قسم علم النفس وعلوم التربية والارطفونيا **السنة الثانية ليساس تخصص ارطوفونيا**

الدكتورة: صديقي نوال **مقياس: علم الصوتيات *(la phonétique)***

تقدم علم الأصوات الفيزيائي بصورة كبيرة عن طريق استخدام الأجهزة الإلكترونية الحديثة كالميكرفون وراسم الذبذبات، ومرشحات الصوت وأجهزة قياس الأطياف .فراسم الذبذبات جهاز شبيه بجهاز التلفزيون يتلقى الإشارات من ميكرفون أمام فم المتكلم، ويقوم بتسجيل مرتي لذبذبات الأصوات .(وجهاز رسم الأطياف يعطي تسجيلات بصرية ثابتة لأصوات الحدث الكلامي.