

فهرست مطالب

صفحه

- اول: آشنایی با علم آکوستیک و جنبه‌های مختلف آن ۱۷
- آیا علم آکوستیک و صدا یک چیز هستند؟ دانش آکوستیک کدام پدیده‌های فیزیکی را شامل می‌شود؟ ۱۸
- آهسته‌ترین و بلندترین صداها کدام‌اند؟ منظور از سطح صدا چیست؟ ۲۰
- چه رشته‌هایی از علم آکوستیک در حال توسعه هستند؟ آینده علم آکوستیک چیست؟ ۲۱
- حوزه علم آکوستیک چیست؟ چرا باید یک حرفه در آکوستیک را مد نظر قرار داد؟ ۲۳
- متخصصان علم آکوستیک در چه مکان‌هایی فعالیت دارند؟ علم آکوستیک چه شغل‌هایی را در بر می‌گیرد؟ ۲۵
- چگونه می‌توان در علم آکوستیک حرفه‌ای شد؟ چه موضوعاتی را باید مطالعه نمود؟ ۲۷
- انجمن آکوستیک استرالیا از چه کیفیتی برخوردار است؟ چه کسانی می‌توانند به این انجمن ملحق شوند؟ ۳۰

دوم: مبانی

- دسی بل چیست؟ ۳۳
- ۱-۱ - فشار صوت، سطح صوت و دسی بل ۳۴
- ۱-۲ - مفهوم 0dB چیست؟ ۳۵
- ۱-۳ - چرا از واحد دسی بل استفاده می‌کنیم؟ ۳۶
- ۱-۴ - بلندی صدا، فون و سون ۳۷
- ۱-۵ - dBi و تابش متغیر با جهت ۳۸
- ۱-۶ - چند مسئله ۳۹
- سیم‌ها، امواج ایستاده و هارمونیک‌ها ۴۰
- ۲-۱ - چرا بازتاب موج معکوس می‌شود؟ ۴۲
- ۲-۲ - هارمونیک‌ها و مدهای ارتعاش ۴۴
- ۲-۳ - تمرینی برای نوازندگان گیتار ۴۶
- ۲-۴ - هارمونیک در موسیقی ۵۰
- طیف صوتی چیست؟ ۵۱
- ۳-۱ - طیف هماهنگ ۵۲
- ۳-۲ - طیف هم‌هنگ ۵۴

۲-۳-۲- طیف موج دندان اره‌ای

۲-۴- ضربان تداخلی و اصوات تارتینی

۲-۴-۱- فایلهای صوتی موجهای سینوسی ضربانی و اصوات تارتینی

۲-۵- روزنانس هلمهولتز

۲-۵-۱- تحلیل کمی

۲-۵-۲- طول مؤثر و پیچیدگیهای ناشی از آن

۲-۵-۳- روزنانس هلمهولتز و گیتار

۲-۶- هارمونیکها تا چه اندازه هماهنگ هستند؟

۲-۷- مفاهیم آکوستیک، روشهای اندازه‌گیری

۲-۷-۱- الگوهای تابش صوتی

۲-۷-۲- پاسخ طیفی

۲-۷-۳- پدیده زمان - متوسط

Shiraz-Beethoven.ir

۲-۸- پدیده‌های زمان - متوسط

۲-۸-۱- زمان صعود

۲-۸-۲- زمان نزول

۲-۸-۳- لرزش / اثرات پوش

۲-۹- امپدانس صوتی چیست و اهمیت آن کدام است؟

۲-۹-۱- چرا امپدانس صوتی مهم است؟

۲-۱۰- لوله‌ها و هارمونیکها

۲-۱۱- سازهای بادی - چوبی چگونه کار می‌کنند؟

۲-۱۱-۱- صدا

۲-۱۱-۲- فرکانس

۲-۱۱-۳- سازهای بادی - چوبی

۲-۱۱-۴- لوله هوا

۲-۱۱-۵- دنباله هارمونیک

۲-۱۱-۶- هارمونیکها و لوله‌های مختلف

۲-۱۱-۷- سازهای قمیش‌دار

۲-۱۱-۸- ابوا، قره‌نی بم و ساکسوفون

۲-۱۱-۹- فلوت

۲-۱۱-۱۰- زبانه‌ها

۲-۱۱-۱۱- کلارینت

- ۱۰۱ - ۱۲ - ۱۱ - ۲ - ساکسوفون
- ۱۰۲ - ۱۲ - اسامی نت‌ها، اعداد MIDI و فرکانس
- ۱۰۳ - ۱۳ - گستره تقریبی اصوات موسیقایی
- ۱۰۴ - ۱۴ - اصل عدم قطعیت هایزنبرگ و اصل عدم قطعیت موزیسین
- ۱۰۵ - ۱۴ - ۱ - اصل عدم قطعیت هایزنبرگ چگونه از اصل عدم قطعیت موزیسین نتیجه می‌شود؟
- ۱۰۷ - ۱۴ - ۲ - نتایج عملی اصل عدم قطعیت
- ۱۰۷ - ۱۴ - ۳ - نتایج فلسفی اصل عدم قطعیت
- ۱۰۹ - **مل سوم: آکوستیک گیتار**
- ۱۱۰ - ۱ - آناتومی گیتار آکوستیک (سیم فلزی)
- ۱۱۱ - ۳ - ۱ - ۱ - گیتار مجازی
- ۱۱۲ - ۲ - گیتار چگونه کار می‌کند؟
- ۱۱۲ - ۳ - ۲ - ۱ - خلاصه‌ای در باب صوت
- ۱۱۳ - ۳ - ۲ - ۲ - سیم
- ۱۱۴ - ۳ - ۲ - ۳ - کاسه ساز
- ۱۱۵ - ۳ - ۲ - ۴ - هوای داخل کاسه ساز
- ۱۱۷ - ۳ - الگوهای کلادنی صفحات گیتار
- ۱۱۷ - ۳ - ۳ - ۱ - مود ارتعاش
- ۱۱۸ - ۳ - ۳ - ۲ - چرا گره‌ها وجود دارند؟
- ۱۱۹ - ۳ - ۳ - ۳ - مودهای صفحه فوقانی گیتار
- ۱۲۰ - ۳ - ۳ - ۴ - چگونه الگوهای کلادنی شکل می‌گیرند؟
- ۱۲۱ - ۳ - ۳ - ۵ - چرا الگوهای کلادنی مفید هستند؟
- ۱۲۲ - ۳ - ۳ - ۶ - الگوهای کلادنی صفحه فوقانی گیتار
- ۱۲۴ - ۴ - جنبه‌های آکوستیکی ساختمان گیتار
- ۱۲۴ - ۳ - ۴ - ۱ - کوپلینگ
- ۱۲۶ - ۳ - ۴ - ۲ - ترکیب مواد
- ۱۲۷ - ۳ - ۴ - ۳ - بسته‌های صفحه
- ۱۲۹ - ۵ - مودهای رزونانس گیتار
- ۱۲۹ - ۳ - ۵ - ۱ - تشریح مود
- ۱۳۰ - ۳ - ۵ - ۲ - آشکارسازی مود
- ۱۳۱ - ۳ - ۵ - ۳ - تأثیرات مودهای رزونانس بر تابش صوت

فصل چهارم: آکوستیک ویولن

Shiraz-Beethoven.ir

۴-۱- آرشه و سیم

۴-۱-۱- حرکت هلمهولتز

۴-۲- ویولن چگونه کار می‌کند؟

۴-۲-۱- خلاصه‌ای در باب صوت

۴-۲-۲- سیم

۴-۲-۳- خرک، پل و پل هارمونی (باس‌بار)

۴-۲-۴- کاسه ساز

۴-۳- الگوهای کلادنی صفحات ویولن

۴-۳-۱- مود ارتعاش

۴-۳-۲- چرا گره‌ها وجود دارند؟

۴-۳-۳- مودهای صفحات ویولن

۴-۳-۴- چگونه الگوهای کلادنی شکل می‌گیرند؟

۴-۳-۵- چرا الگوهای کلادنی مفید هستند؟

۴-۴- مقایسه هفت مود صفحه تحتانی یک ویولن و برخی از مودهای صفحه دایروی و مستطیل شکل

۴-۵- هفت مود اول صفحات فوقانی و تحتانی یک ویولن دست‌ساز

۴-۶- هفت مود اول صفحات فوقانی و تحتانی یک ویولن لارک

فصل پنجم: آکوستیک فلوت

۵-۱- آناتومی و تکامل فلوت

۵-۲- آکوستیک فلوت

۵-۲-۱- کلیات

۵-۲-۲- نوسان فوران هوا

۵-۲-۳- فلوت یک لوله باز است

۵-۲-۴- چگونه فوران هوا و لوله ساز با یکدیگر کار می‌کنند؟

۵-۲-۵- بازکردن سوراخ پرده‌ها

۵-۲-۶- سوراخ رجیستر

۵-۲-۷- امپدانس صوتی فلوت

۵-۲-۸- انگشت‌گذاری مختلط

Shiraz-Beethoven.ir

۱۷۷	۵-۲-۹ - بالا و پایین بردن لبها
۱۷۹	۵-۲-۱۰ - چوب‌پنبه و فضای بالادست
۱۸۰	۵-۲-۱۱ - فرکانس قطع
۱۸۲	۵-۲-۱۲ - پاسخ فرکانسی فلوت
۱۸۴	۲- امپدانس صوتی به ازای بم‌ترین نت فلوت
۱۸۴	۵-۳-۱ - طیف امپدانسی نت C4 در فلوت دو
۱۸۷	۲- بلندی صدا و طیف صوتی
۱۸۹	۵- طیف امپدانسی و صوتی فلوت باروک
۱۸۹	۵-۵-۱ - طیف امپدانسی و صوتی فلوت باروک به ازای تولید نت D4
۱۹۱	۵-۵-۲ - طیف امپدانسی و صوتی فلوت باروک به ازای تولید نت E4
۱۹۲	۵-۵-۳ - طیف امپدانسی و صوتی فلوت باروک به ازای تولید نت F4
۱۹۳	۵-۵-۴ - طیف امپدانسی و صوتی فلوت باروک به ازای تولید نت F#4
۱۹۵	۵-۵-۵ - طیف امپدانسی و صوتی فلوت باروک به ازای تولید نت G4
۱۹۷	۵-۵-۶ - طیف امپدانسی و صوتی فلوت باروک به ازای تولید نت G#4 و Ab4
۱۹۹	۵-۵-۷ - طیف امپدانسی و صوتی فلوت باروک به ازای تولید نت A4
۲۰۰	۵-۵-۸ - طیف امپدانسی و صوتی فلوت باروک به ازای تولید نت B4
۲۰۲	۵-۵-۹ - طیف امپدانسی و صوتی فلوت باروک به ازای تولید نت C#5
۲۰۳	۵-۵-۱۰ - طیف امپدانسی و صوتی فلوت باروک به ازای تولید نت D5
۲۰۴	۵-۵-۱۱ - طیف امپدانسی و صوتی فلوت باروک به ازای تولید نت G#5 و Ab5
۲۰۶	۵- طیف امپدانسی و صوتی فلوت کلاسیک با پایه شیپوری شکل
۲۰۶	۵-۶-۱ - طیف امپدانسی و صوتی فلوت کلاسیک با پایه شیپوری شکل به ازای تولید نت E4
۲۰۸	۵- طیف امپدانسی و صوتی فلوت مدرن با پایه سی
۲۰۸	۵-۷-۱ - طیف امپدانسی و صوتی فلوت مدرن با پایه سی به ازای تولید نت B3
۲۰۹	۵-۷-۲ - طیف امپدانسی و صوتی فلوت مدرن با پایه سی به ازای تولید نت C#4
۲۱۰	۵-۷-۳ - طیف امپدانسی و صوتی فلوت مدرن با پایه سی به ازای تولید نت A4
۲۱۴	۵-۷-۴ - طیف امپدانسی و صوتی فلوت مدرن با پایه سی به ازای تولید نت A#4
۲۱۶	۵-۷-۵ - طیف امپدانسی و صوتی فلوت مدرن با پایه سی به ازای تولید نت D5
۲۱۸	۵-۷-۶ - طیف امپدانسی و صوتی فلوت مدرن با پایه سی به ازای تولید نت A5
۲۲۱	۵-۷-۷ - طیف امپدانسی و صوتی فلوت مدرن با پایه سی به ازای تولید نت D6
۲۲۲	۵-۷-۸ - طیف امپدانسی و صوتی فلوت مدرن با پایه سی به ازای تولید نت D#6
۲۲۶	۵-۷-۹ - طیف امپدانسی و صوتی فلوت مدرن با پایه سی به ازای تولید نت E6

۵- ۷- ۱۰- طیف امپدانسی و صوتی فلوت مدرن با پایه سی به ازای تولید نت G6

۵- ۸- طیف امپدانسی و صوتی فلوت مدرن با پایه دو

۵- ۸- ۱- طیف امپدانسی و صوتی فلوت مدرن با پایه دو به ازای تولید نت C4

۵- ۸- ۲- طیف امپدانسی و صوتی فلوت مدرن با پایه دو به ازای تولید نت E4

فصل ششم: آکوستیک کلارینت

۶- ۱- آکوستیک کلارینت

۶- ۱- ۱- کلیات

۶- ۱- ۲- زبانه جریان هوا را کنترل می کند

۶- ۱- ۳- نواختن آرام و بلند

۶- ۱- ۴- کلارینت یک لوله بسته است

۶- ۱- ۵- زبانه و لوله ساز چگونه با یکدیگر کار می کنند؟

۶- ۱- ۶- طیف و رجیسترهای کلارینت

۶- ۱- ۷- بازکردن سوراخ پرده ها

۶- ۱- ۸- سوراخ رجیستر

۶- ۱- ۹- انگشت گذاری مختلط

۶- ۱- ۱۰- سایر اثرات زبانه

۶- ۱- ۱۱- فرکانس قطع

۶- ۱- ۱۲- پاسخ فرکانسی و امپدانس صوتی کلارینت

۶- ۱- ۱۳- اثر سختی زبانه

۶- ۱- ۱۴- اطلاعات تکمیلی پیرامون سوراخهای رجیستر

۶- ۲- مقایسه فلوت و کلارینت

۶- ۳- طیف امپدانسی و صوتی کلارینت سی بمل

۶- ۳- ۱- طیف امپدانسی و صوتی کلارینت سی بمل به ازای تولید نت E3

۶- ۳- ۲- طیف امپدانسی و صوتی کلارینت سی بمل به ازای تولید نت B3

۶- ۳- ۳- طیف امپدانسی و صوتی کلارینت سی بمل به ازای تولید نت C4

۶- ۳- ۴- طیف امپدانسی و صوتی کلارینت سی بمل به ازای تولید نت E4

۶- ۳- ۵- طیف امپدانسی و صوتی کلارینت سی بمل به ازای تولید نت G4

۶- ۳- ۶- طیف امپدانسی و صوتی کلارینت سی بمل به ازای تولید نت A#4

۶- ۳- ۷- طیف امپدانسی و صوتی کلارینت سی بمل به ازای تولید نت B4

۶- ۳- ۸- طیف امپدانسی و صوتی کلارینت سی بمل به ازای تولید نت E5

Shiraz-Beethoven.ir

۲۷۷	۶-۳-۹ - طیف امپدانسی و صوتی کلارینت سی بمل به ازای تولید نت F5
۲۷۸	۶-۳-۱۰ - طیف امپدانسی و صوتی کلارینت سی بمل به ازای تولید نت C#6
۲۷۹	۶-۳-۱۱ - طیف امپدانسی و صوتی کلارینت سی بمل به ازای تولید نت A6

پل هفتم: آکوستیک ساکسوفون

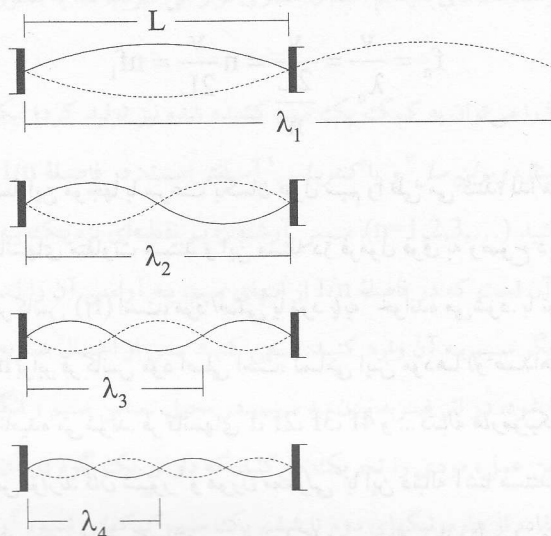
۲۸۳	۱- آکوستیک ساکسوفون
۲۸۴	۷-۱-۱ - کلیات
۲۸۴	۷-۱-۲ - زبانه جریان هوا را کنترل می کند
۲۸۶	۷-۱-۳ - نواختن آرام و بلند
۲۸۸	۷-۱-۴ - ساکسوفون یک لوله بسته است
۲۹۱	۷-۱-۵ - زبانه و لوله ساز چگونه با یکدیگر کار می کنند؟
۲۹۱	۷-۱-۶ - طیف ساکسوفون
۲۹۲	۷-۱-۷ - باز کردن سوراخ پرده ها
۲۹۳	۷-۱-۸ - سوراخ رجیستر
۲۹۴	۷-۱-۹ - انگشت گذاری مختلط
۲۹۶	۷-۱-۱۰ - سایر اثرات زبانه
۲۹۶	۷-۱-۱۱ - فرکانس قطع
۲۹۷	۷-۱-۱۲ - پاسخ فرکانسی و امپدانس صوتی ساکسوفون
۳۰۰	۷-۱-۱۳ - اثر شیپوره و دهنی

میمه: سؤالاتی پیرامون آکوستیک موسیقی

۳۲۳	اج
۳۲۵	ژه نامه

طابق شکل ۲-۷ را در نظر بگیرید. در ردیف اول، موج ایستاده‌ای با طول موج $2L$ ترسیم شده است. در دو سر سیم، گره و در وسط گره‌ها، شکم وجود دارد.

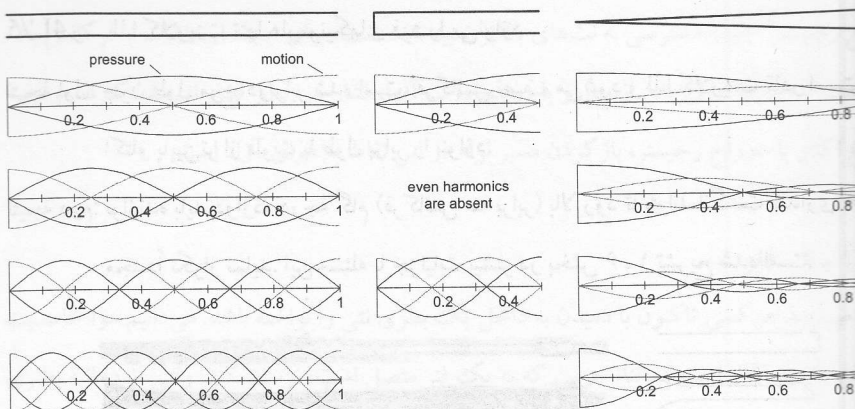
این حالت یکی از مدهای ارتعاش سیم محسوب می‌شود. مود ارتعاش^۱ در واقع بیانگر نوع یا نحوه ارتعاش است. حال این سؤال مطرح می‌شود که چه مدهای دیگری از ارتعاش، در سیمی که از دو سر بسته شده است، متصور می‌باشد. در شکل ذیل، موجهای ایستاده دیگری نیز ترسیم شده‌اند.



شکل ۲-۷ - شکل فوق چهار مود اولیه ارتعاش یک سیم کشیده شده ایده‌آل را که طول آن ثابت است، نشان می‌دهد. به منظور درک بهتر مطلب، محور عمودی با بزرگ‌نمایی ترسیم شده است.

به کمک اشکال فوق می‌توانیم رابطه میان فرکانس مدهای مختلف را بیابیم. می‌دانیم فرکانس هر عبارت است از: نسبت سرعت انتشار موج به طول موج. به عبارت دیگر: $f = v / \text{wavelength}$. طول سیم را L در نظر بگیریم آن‌گاه طول موج مدهای مختلف عبارت‌اند از: $2L$ ، L ، $2L/3$ و ...؛ لذا می‌توانیم طول موج را به صورت کلی $2L/n$ در نظر بگیریم که در آن n شماره هارمونیک^۲ است. بنابراین خواهیم داشت:

1. mode of vibration
2. number of harmonic



۲۳- نمودارهای فوق الگوهای امواج را که در ساده‌ترین لوله‌های صوتی (لوله استوانه‌ای دهانه باز و لوله ی و مخروطی دهانه بسته) تشکیل گرفته‌اند، نشان می‌دهند. خطوط پُررنگ نشان‌دهنده فشار صوت و خطوط بیانگر میزان ارتعاش هوا هستند. هر سه لوله، بم‌ترین نت خود را تولید می‌کنند. همچنان که ملاحظه می‌کنید، طول موج، دو برابر طول لوله استوانه‌ای دهانه باز است (فلوت). این طول موج دو برابر طول لوله مخروطی چهاربرابر طول لوله استوانه‌ای دهانه بسته است (کلارینت). بدین ترتیب نوازنده فلوت و نوازنده آبوا، نت C4 (فاده از (تقریباً) تمام طول ساز می‌نوازند؛ در حالی که نوازنده کلارینت می‌تواند (تقریباً) نت C4 را تنها با از نصف طول ساز بنوازد. همچنان که ملاحظه می‌کنید، علی‌رغم آن که شکل لوله مخروطی به واسطه تغییرات قطع آن در طول لوله، با اشکال دیگر متفاوت است، لیکن طول موج در هر سه دیگرام فوق یکسان است. (مطالعه بخش ۲- ۱۰ را مطالعه کنید).

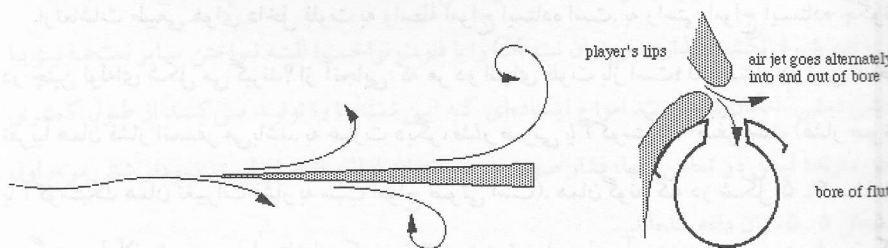
۱- ۷- سازهای قمیش‌دار

سازهای قمیش‌دار^۱ از انواع گوناگونی برخوردارند. در این گونه سازها یک سر به هوای اتمسفر راه سر دیگر که در دهان نوازنده قرار می‌گیرد، به اتمسفر مسدود است؛ لذا هوا چندان آزادی برای خروج ندارد. فشار این نقطه از ساز، دارای بیشترین مقدار است. کلارینت را ملاحظه کنید؛ این ساز بیشتر به یک استوانه شبیه است و شیپوره آن به هوای آزاد راه دارد؛ اما سر دیگر ساز که نوازنده منتهی می‌شود، بسته است.

وای‌های ارتعاشی که در کلارینت تشکیل می‌شوند، در دیگرام میانی شکل ۲- ۲۳ نشان داده شده است. طول بم‌ترین موج، چهاربرابر طول لوله ساز است ($4L$)، طول موج بعدی $4L/3$ بعدی

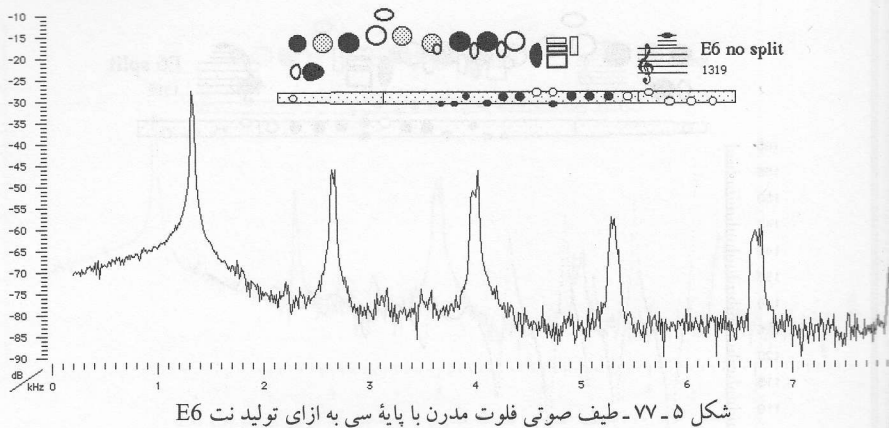
۲-۲- نوسان فوران هوا

وران هوای خارج شونده از لبهای نوازنده، از حفرهٔ دهنی فلوت عبور کرده و به لبهٔ تیز آن برخورد می‌کند. اگر فوران هوا آشفته گردد، آن گاه یک جابجایی موج^۱ در طول فوران حرکت کرده و رجب انحراف آن می‌گردد؛ در این صورت، فوران هوا هم به داخل و هم به خارج حفرهٔ دهنی ساز زیده خواهد شد. سرعت این موج جابجاشونده^۲ که در فوران حادث می‌شود، دقیقاً نصف سرعت وران هواست و به فشار هوای دهان نوازنده بستگی دارد که معمولاً در حدود ۲۰ الی ۶۰ متر بر ثانیه ست. منشاء اختلال فوران، همان ارتعاش صدا در لولهٔ فلوت است که سبب می‌شود هوا به داخل و خارج حفرهٔ دهنی جریان یابد. اگر سرعت فوران دقیقاً مطابق فرکانس نتي باشد که نواخته می‌شود، ن گاه فوران هوای بیشتری به صورت هماهنگ به داخل و خارج لبهٔ حفرهٔ دهنی جریان می‌یابد و رجب تقویت صدا می‌شود و در نتیجه نت ممتدی از فلوت شنیده خواهد شد. برای تولید یک نت بالا (یر)، لازم است زمان رفت و برگشت امواج فوران، جهت تطبیق با فرکانس بالاتر کاهش یابد؛ این مل از طریق افزایش فشار دمش^۳ و همچنین حرکت دادن لبها به سمت جلو انجام می‌پذیرد. بر اثر رایش فشار دمش، سرعت فوران افزایش یافته و با جلوتر رفتن لبها، فاصلهٔ میان فوران و لبه‌های حفرهٔ منی ساز کاهش می‌یابد. در واقع موارد مذکور از تنظیماتی^۴ محسوب می‌شوند که نوازندهٔ فلوت به گام فراگیری تکنیک نواختن ساز به طور خودکار می‌آموزد.



شکل ۲-۵. شکل سمت چپ فوران هوا را نشان می‌دهد که پس از برخورد به لبه، متناوباً به سمت بالا و پایین منحرف شده است. شکل سمت راست نشان‌دهندهٔ مقطع فلوت است.

1. wave-like displacement
2. displacement wave
3. blowing pressure
4. adjustments



انگشت گذاری با استفاده از مکانیسم Split-E

کل ۵-۷۹ طیف امپدانیسی یک فلوت مدرن با پایه سی (فلوت سی) را به ازای انگشت گذاری نت E، با استفاده از مکانیسم Split-E نشان می دهد. در این پیکربندی، تنها یک سوراخ رجیستر منفرد وجود دارد. مینیم سوم طیف امپدانیسی، نت E6 و دو مینیم اول، نت های A4 و ~Ab5 را تولید می کنند. هارمونیک های بالاتر، توسط مینیم های امپدانس حمایت نمی شوند و چندان پایدار نیستند. به سبب این فلوت، به آسانی می توان نت های A5 و E6 را پشت سر هم و بدون مکث (با استفاده از خط اتصال) نواخت.

