انتشار صوت در «قراضهٔ طبیعیات»

(قسمت دوم)

غلامحسین رحیمی
استاد گروه مهندسی مکانیک دانشگاه تربیت‌مدرس
rahimi_gh@modares.ac.ir

چکیده

مبحث فهم صوت و تولید و انتشار و آشکارسازی آن از پدیده‌های مهم و کمابیش پیچیدهٔ طبیعی به‌شمار می‌رود؛ به همین علت، کمتر دانشمندی در تمدن‌های باستانی و میانه به آن پرداخته است. در این میان، کتاب قراضهٔ طبیعیات، منسوب به ابوعلی‌سینا، در فرازهایی، به سبک پرسش و پاسخ، این مهم را مورد بحث قرار داده است. در این مقاله، با بررسی سابقهٔ صوت در آرا و نظریات دانشمندان پیشین و بازنویسی متن نظریات ابن‌سینا دربارهٔ پدیدهٔ صوت، نکات علمی مندرج در آن، با زبان علمی روز و مبتنی بر قواعد و مبانی فیزیک معاصر، این موضوع تشریح می‌شود.

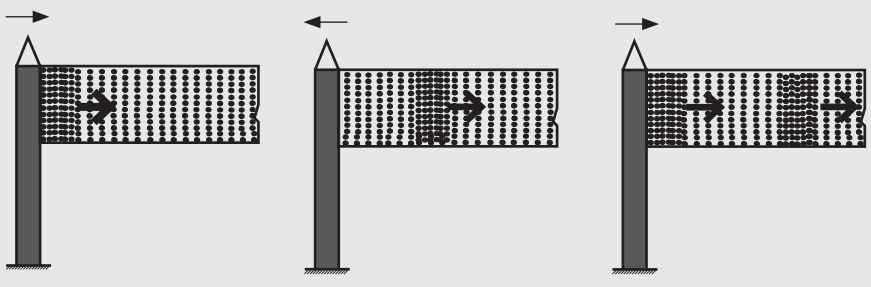
ابوعلی‌سینا بر پاره‌ای از اصول انتشار موجیِ صوت کاملاً آگاهی داشته است و با توجه به مثال‌هایی که ارائه می‌کند، مشخص می‌شود که از طبیعت موجی صوت و نحوه انتشار آن در اجسام جامد، مایع و گاز نیز آگاهی داشته است.

در قسمت اول این مقاله درمورد؛ طرح مسئله، معرفی کتاب قراضه طبیعیات، پیشینهٔ تحقیق، نظر ابن‌سینا در مورد صوت، تعریف و توصیف ابن‌سینا از امواج صوتی و موج، مطالبی آورده شده است. در ادامه قسمت دوّم مقاله ارائه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: ابن‌سینا، قراضهٔ طبیعیات، انتشار صوت، موج، حرکت ارتعاشی جامدات، انعکاس موج، انکسار موج، ارتفاع و شنوایی‌سنجی

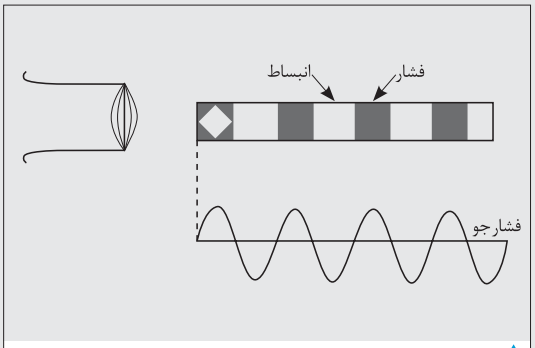
حرکت ارتعاشی جامدات

ابن‌سینا مثالی دیگر می‌زند که بسیار جالب توجه است و البته توضیح پرسش اصلی است که هدف این توضیحات پاسخ به آن است: اکنون اگر بر ظرفی رویین کوبیده شود، ظرف به جنبش (ذاتی) در می‌آید. این جنبش اِطّرادی است، یعنی حرکت پیاپی است و حالت رفت و برگشتی دارد[۱۰]. وی در تعریف حرکت اطرادی می‌گوید اگر نیزه‌ای را بلرزانیم، در تمام اجزای آن حرکتی ایجاد می‌شود که یکی در پس دیگری است. به این حرکت، حرکت اطرادی گفته می‌شود. این توصیف ابن‌سینا را فقط می‌توان با حرکت ارتعاشی قیاس کرد. توجه شود که قبلاً در تعریف گفته بود ذات جسم، یعنی تمام ذرات جسم، به حرکت درمی‌آیند. صدای جسم، که در اثر برخورد با جسم دیگر که مسموع می‌شود، ناشی از لرزش و ارتعاش یا حرکت پس و پیش ذرات جسم برخورنده است. شکل ۱ نیزه مرتعش ابن‌سینا همراه با حرکت موجی لایه‌های هوای مجاور را نشان می‌دهد.



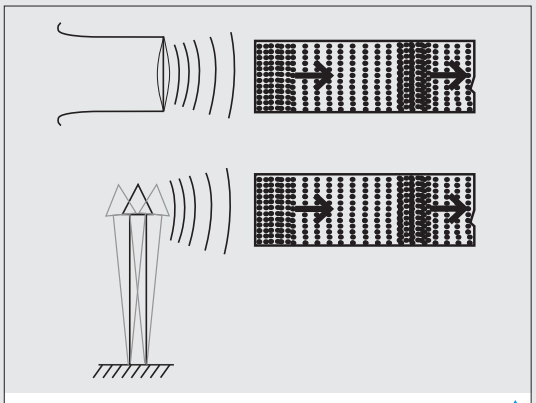
شکل ۱.

بنابراین، زمانی که ظرف رویین ابن‌سینا مرتعش شد، محیط اطراف خود، یعنی هوا را نیز مرتعش می‌کند. حرکت رفت و برگشتی لایه‌های مجاور هوا موجب حرکت رفت و برگشتی لایهٔ مجاور ظرف آهنی شده و این لایه نیز حرکت خود را به لایه‌های بعد منتقل می‌کند و در سراسر محیط پخش می‌شود تا به وسیلهٔ آشکارساز صوت (مانند گوش انسان) برسد. بنابراین، ارتعاش یک جسم عملاً منشأ ایجاد صوت است. شکل ۲ ظرف رویین مرتعش ابن‌سینا را نشان می‌دهد.



▲ شکل۲.

هنگامی که نیزهٔ ابن‌سینا مرتعش می‌شود، مثلاً با ضربه زدن به آن، تمام نیزه مرتعش می‌شود. اگر دست خود را روی نیزهٔ مرتعش قرار دهیم، ارتعاش آن را حس می‌کنیم تا زمانی که مقاومت و اصطکاک ناشی از دست، در نهایت، نیزه را از حالت ارتعاشی به وضعیت سکون می‌آورد، که موجب سکون امواج صوتی نیز می‌شود. در هر حال مادامی که نیزهٔ جامد مرتعش است، هوای اطراف خود را مرتعش می‌کند که این لایهٔ هوا، لایه هوای مجاور خود را مرتعش می‌کند و به همین ترتیب و بدین وسیله ارتعاش به‌صورت موج هوا منتشر می‌شود. انتشار این ارتعاش از طریق هوا، همان موج صوتی مربوط است. شکل ۳، نیزهٔ آهنی و ظرف رویین مرتعش ابن‌سینا را نشان می‌دهد که هوای اطرافشان از حرکت ارتعاشی آن‌ها متأثر شده است و موجب تراکم و انبساط لایه‌های هوا و انتقال آن به لایه‌های مجاور می‌شود. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، نحوهٔ انتقال حرکت موجی یکسان است.


▲ شکل۳.

ملازمهٔ حرکت (موجی) ذرات جسم و صدا

ابن‌سینا می‌گوید مادامی که جسم مورد نظر متحرک باشد، صوت از آن حادث می‌شود و چون ساکن شود، صوت نیز قطع می‌شود. این مطلب را در هر سه باب (پرسش و پاسخ) تکرار می‌کند. به عبارت دیگر، از حرکت تموّجی محیط مادی است که ما فیزیک و مفهوم صوت را حس و درک می‌کنیم.

با توجه به توضیح ابن‌سینا، صوت زمانی ایجاد می‌شود که جسمی حرکت کند یا مرتعش شود. بدون حرکت، صوتی وجود ندارد. هنگامی که جسمی حرکت می‌کند یا مرتعش می‌شوند، مولکول‌های هوای اطراف جسم نیز مرتعش می‌شوند. خلاصه اینکه، اجسام مرتعش (تا زمانی که در خلأ نباشد) تولید صوت می‌کنند. به عبارت دیگر برای ایجاد صوت باید چیزی مرتعش شود.

ابن‌سینا به وضوح تأکید می‌کند که هر نوع حرکت ارتعاشی را که در اجسام، اعم از گازها و مایعات و جامدات رخ می‌دهد، می‌توان صوت نامید و یا آن را منشأ صوت دانست، حتی فارغ از آنکه وسیله آشکارسازی، مانند گوش، باشد یا نباشد. از تعریف ابن‌سینا این نکته مشخص می‌شود که طبق تعاریف امروزی، موج با توجه به اینکه به محیط واسطهٔ مادی نیاز دارد، «موج مکانیکی» به شمار می‌رود. در ضمن با توجه به مثالی که می‌زند، با استفاده از ادبیات جدید، «موج طولی» نامیده می‌شود.

جمع‌بندی بیان ابن‌سینا بدین قرار است که «صوت موجی است که با ارتعاش اشیا ایجاد می‌شود و از طریق یک محیط واسط از یک محل به محل دیگر انتشار می‌یابد. با سکون منبع، صوت نیز قطع می‌شود.» بنابراین، در این‌جا به روشنی بر ملازمهٔ حرکت موجی و صوت تأکید می‌شود.

شکل موج هوا

ابن‌سینا گوید چنانچه از محفظه‌ای تنگ، هوای فشرده به یکباره رها شود، این هوا با لایه‌های دیگر هوا برخورد می‌کند و صدایی تولید می‌کند. برخورد لایه‌های هوا پیوسته و پیشرونده است. و از ماهیت موجی برخوردار است. شکل موج، صورتی کروی دارد که از محل تولید صوت شروع شده (به مثابه مرکز کره) و هر لحظه بزرگ‌تر می‌شود و اطراف منبع تولید صوت، حرکتی موجی شکل ایجاد می‌کند. مادامی که این حرکت ادامه یابد، از آن صدا پدید می‌آید. چون حرکت قطع شود، صوت نیز قطع می‌شود.

همان‌گونه که اشاره شد ابن‌سینا مثالی مأنوس می‌زند تا هم بر فهم خود از مفهوم موج صوتی وضوح بیشتری بخشد و هم مخاطب و خواننده به فهم بیشتری از تعریف وی در خصوص معنای موج صوتی دست یابد. وی می‌گوید مثال تموج هوا مانند آن است که اگر سنگی را در آب بیندازید حول محل برخورد (قرع) سنگ با آب، امواج دایره‌ای شکل ایجاد می‌شود که از مرکز موج دور می‌شود تا آنکه موج در

یـک حالت میرایی تدریجی به قطعی گراید (اگر سـطح آب وسیع باشد).

بنابراین، امواج آب در یک الگو و نقشـهٔ دایره‌ای در تمام جهات منتشـر می‌شـود که موجب تغییر مکان موقت ذرات آب می‌شـود. مجدداً تأکید می‌شود که ذرات آب در محدوده کوچکی نوسانات همزمانی طولی و عرضی دارند و آنچه واقعاً حرکت می‌کند الگوی موج است.

تنها تفـاوت با امواج آب امواج صوتی این اسـت که این امواج در فضای سه‌بعدی با الگوی کروی منتشر می‌شوند، که در حقیقت یک گوی منبسط شونده را از شکل‌های موج ایجاد می‌کند. این تفاوت را ابن‌سـینا کاملاً متوجه بوده و قید کرده است.

در این‌جا لازم اسـت به نکته‌ای اشاره شود. در فضای سه بعدی، چنانچه منبع صوت نقطه‌ای فرض شـود، انتشار موج شـکلی کروی دارد، اما اگر منبع خطی باشد، مانند قطاری از ماشین‌ها که در جاده به یکباره بوق بزنند، امواج صوتی شکل استوانه‌ای بسط یابنده پیدا می‌کنند.

اثر شکل و جنس محیط بر انتشار صوت

ابن‌سـینا به وضوح از اثر جنس جسـم در انتشـار امواج صوتی سخن می‌گوید. او نخست اثر رقّت و غلظت (سطبری) را خاطرنشـان می‌کند که با ادبیات جدید، «چگالی جسـم» نامیده می‌شـود. هر چه جسم غلیظ‌تر باشد، چگال‌تر است و هرچه رقیق‌تر، از چگالی کمتری برخوردار است. از سوی دیگر، اگر بر قطعه‌ای بزرگ از آهن کوفته شود، صدای آن با صدای کوبیـدن بر ظرف آهن میان تهی متفاوت اسـت. چرا که در قطعه فلز، ارتعاش به شکل دیگری اتفاق می‌افتد؛ همین‌طور، اگر جسم نرم (شکل‌پذیر) باشد، مانند قلع، صوتی از آن پدید نمی‌آید. همین مطلب برای سـرب نیز صادق است. در این‌جا عملاً به عامل دوم مؤثر در انتشـار امواج صوتی اشاره می‌شود که از آن به عنوان «خاصیت کشسـانی محیط» یاد می‌شود. همچنین، چنانچه رشته یا تار روی ساز و یا زه کمان حلاجی، تَر باشـد، صدایی ایجاد نمی‌کند اما اگر خشک باشد، صوت از آن پدید می‌آید. همین مطلب برای غشـای تر و خشک طبل نیز صادق است.

لازم به توضیح اسـت که هنگامی که شیئی مانند ظرف رویین ابن‌سینا مرتعش می‌شـود، هر ذره هوا به عقب و جلو (پـس و پیش) حـول موقعیت میانگین (متوسـط) خود در امتداد محوری موازی جهتی که موج منتشر می‌شود، حرکت می‌کند. شکل ۳ توزیع فضایی افزایش فشار، (تراکم) و کاهش فشار (ترقیق[10]، رقیق‌سازی، تلطیف) ذرات را در محیط واسط در لحظه‌ای که توسط شیئی مرتعش ایجاد شده است، نشان می‌دهد. بنابراین، سرعت حرکت ذرات و سرعت انتقال موج، حرکتی وابسته به خواص محیط است.

تضعیف موج

ابن‌سینا می‌گوید: چون صدایی در فضای باز، مثلاً صحرا ایجاد شود، حرکتی در لایه‌های هوا به وجود می‌آید؛ حرکتی موجـی که به‌صـورت کروی از منبع ایجـاد صوت به صورت منبسـط شونده دور می‌شـود به ضعف می‌گراید تا زمانی که کاملاً میرا شود و چون صوت ماحصل حرکت هواست، انقطاع حرکت هوا، معادل قطع شـدن صدا است. از این رو، در اینجا ابن‌سـینا کاملاً و به وضوح نشـان می‌دهد که وی به موضوع اتلاف انرژی صوتی و ضعیف شدن تدریجی شدت صوت ناشی از دور شدن از منبع صوتی آگاه بوده است.

بیان ابن‌سـینا در خصوص نشـنیدن صدا در صحرا (در فاصلـهٔ دور از منبع)، به فرایند تضعیف[11] موج صوتی اشـاره دارد. می‌دانیم که تضعیف موج ناشی از دو عامل اصلی است، پخش شدن (انبساط) و جذب شدن (اتلاف).

امواج صوتی در فضای سـه‌بعدی به شکل کروی از نقطهٔ منبع صوتی حرکت می‌کند. با دور شدن از منبع از شدت آن کاسته شده، ضعیف‌تر می‌شود (توزیع انرژی در حجم بزرگ‌تر). علت آن است که منبع توان ثابتی را صادر می‌کند، از این رو، با افزایش مساحت سطح کره، شدت صوت در نقاط متناظر روی لایه‌های کروی کاهش می‌یابد. شـدت صوت نسبت معکوس با مجذور فاصله از منبع صوت دارد. البته مادامی که صوت با مانعی برخورد نکند.

بنابراین، در صحرا شـدت صوت بـه دو علت اصلی ذکر شده، با دور شدن از منبع تولید صوت، کاهش می‌یابد تا جایی که شدت آن از شدت آستانهٔ شنوایی انسان کمتر می‌شود و در نتیجه دیگر توسط گوش انسان شنیده نمی‌شود.

انعکاس (بازتاب) و انکسار (پراش) موج

ابن‌سـینا می‌گوید چنانچه در مسیر حرکت امواج صوتی مانعی قـرار دهید، صوت از آن مانع نمی‌گـذرد و حرکت در آن نقطه قطع می‌شـود. البته ضمـن توضیحات بعدی کاملاً مشخص می‌شود که ابن‌سینا به انعکاس موج صوتی ناشی از برخورد آن با مانع آگاه بوده است.

هنگامـی که بین منبـع و دریافت‌کنندهٔ صوت مانعی، از نظر ابعادی محدود، گذاشـته شود، امواج صوتی برای رسیدن به گوش در اطراف مانع، منکسـر یا پراشیده می‌شود، به این پدیده انکسـار یا پراش[12] گفته می‌شـود. پدیدهٔ انکسار موج صوتی را می‌توان به راحتی به زبان ریاضی توصیف کرد. آنچه که موجب مطرح شـدن این پدیده در این مقاله شـد، مثالی اسـت که ابن‌سینا می‌زند. بدین‌ترتیب که می‌گوید اگر مانعی (سـبیکه) را در مسـیر جوی آب قرار دهیم، جریان آب قطع می‌شـود. این مانع که در برابر جریان آب قرار می‌گیرد باعث می شود که اولاً مولکول‌های آب که با مانع برخورد می‌کنند متوقف شوند؛ دوم آنکه بسته به دبی، آب از روی مانع سرریز می‌کنند؛ سوم اینکه اغتشاشی در محل برخورد با مانع و آب سرریزی پشت مانع ایجاد شـود. کمابیش همین وضعیت را برای برخورد موج با سـطح محدود، مانند دیوار، نه نامحدود (خیلی بـزرگ) مانند کوه، می‌توان مشـاهده کـرد. تحلیل فیزیکی و ریاضی نحوه برخورد و انعکاس و انکسار (و نیز تفرّق و شکست) موج، از مباحث مهم آکوستیک به شمار می‌رود.

ابن‌سـینا در باب دهم سـؤالی را مطرح می‌کند مبنی بر

اینکه اگر منبع ایجاد صوت دور باشد، چرا صدا در صحرا شنیده نمی‌شود، در حالی که در کوه شنیده می‌شود. آن‌گاه توضیح می‌دهد که در کوه حرکت موجی هوا، یا حرکت ارتعاشی و به عبارت بهتر حرکت انرژی صوتی، از محل منبع آغاز و از آن دور می‌شود. چون هوا در میان کوه است به کوه (مقابل) برخورد می‌کند. کوه مانند یک مانع حرکت صوت عمل می‌کند و موجب انعکاس موج صوتی (مندفع شدن) می‌شود و در همان جهتی که با کوه برخورد پیدا کرده بود برمی‌گردد و چون صوت تابع حرکت هواست، صوت نیز برمی‌گردد.

ابن‌سینا مثالی را ذکر می‌کند که کاملاً از وقوف علمی او بر پدیدهٔ انعکاس یا بازتاب موج صوتی حکایت می‌کند. وی می‌گوید اگر سنگی را در حوضی بیندازید موجی ایجاد می‌شود که از محل برخورد سنگ با آب، منبع ایجاد موج شروع می‌شود و به صورت امواج دایره‌ای (امواج سطحی) از این مرکز دور می‌شود تا به کنارهٔ حوض برسد. پس از برخورد با دیوارهٔ حوض، موج آب برمی‌گردد. انعکاس این موج با چشم قابل مشاهده است، چونان نوری که بر جسمی صیقلی بیفتد.

علاوه بر مثال فوق، ابن‌سینا از انعکاس نور می‌گوید. وی خاطرنشان می‌کند که انعکاس موج صوتی مشابه بازتاب نور خورشید است که چون بر اجسام صاف و صیقلی تابیده شود، بازمی‌تابد.

مثال ابن‌سینا و توضیحات بالا، ما را به پدیده پژواک یا اکو نیز رهنمون می‌سازد.

اثر ارتفاع منبع ایجاد صوت نسبت به وسیله تشخیص صوت

ابن‌سینا در باب پنجم پرسش دیگری را مطرح می‌کند که چرا اگر منبع صوت در گودی باشد، فردی که بر بلندی است صدا را بهتر از حالتی می‌شنود که وی بر گودی باشد و منبع ایجاد صوت بر بلندی قرار گرفته باشد.

در توضیح این پدیده ابن‌سینا عملاً از رویکرد کاملاً فیزیکی دور می‌شود و کمابیش با عینک فلسفی (به شیوهٔ مشّائی) به این مقوله می‌نگرد. وی می‌گوید چون جایگاه طبیعی هوا بالا است، پس چنانچه حرکت صوت از پایین به بالا باشد، عملاً حرکت طبیعی هوا به سمت بالا با حرکت موجی ایجاد شده، نوعی حرکت قَسری (طبیعی)، به سمت بالا هم جهت شده و هم افزایی ایجاد می‌شود؛ از این رو صدا بهتر شنیده می‌شود. اما اگر صوتی بر بلندی ایجاد شود، حرکت صوت به سمت پایین یعنی محل فرد شنونده است، حال آنکه حرکت طبیعی هوا به سمت بالا است، از این رو برآیند حرکت، کمتر از حرکت موج صوت است. بنابراین، فردی که در پایین است کمتر از فردی که بر بلندی قرار گرفته است صدا را می‌شنود.

توضیح ابن‌سینا را می‌توان بدین‌گونه اصلاح کرد که هرچه از سطح زمین دور شویم، چگالی هوا کمتر، یعنی رقیق‌تر می‌شود، و سرعت موج صوتی علی‌الاصول بیشتر می‌شود، از این رو با کاهش چگالی محیط و نیز کاهش دمای محیط، سرعت حرکت موج و شدت صوت افزایش می‌یابد. عکس این مسئله هنگامی روی می‌دهد که موج صوتی از بلندی به طرف زمین حرکت می‌کند. در این حالت، چون چگالی و دما افزایش می‌یابد و سرعت موج کمتر می‌شود، شدت صوت نیز کمتر می‌شود. در هر حال، شرح این پدیده، با توجه به تعامل عوامل اثرگذار پیچیده‌تر از این توضیح مختصر است. در ضمن در این حالت عوامل دیگری نیز مانند موانع طبیعی و وجود باد و سرعت و جهت آن و احتمال پدیدهٔ وارونگی هوا مؤثر است.

شنوایی‌سنجی[۱۳]

ابن‌سینا در دانش‌نامهٔ علایی به وضوح به پدیدهٔ شنیدن اشاره می‌کند. بیان وی هرچند کوتاه و گاه مجمل است، اما می‌توان آن را آغازی بر دانش شنوایی‌سنجی و به‌ویژه از منظر فیزیولوژی دانست.

گوش عضو شگفت و پیچیده‌ای برای حس صوت است. لاله یا حفرهٔ بیرونی گوش امکان هدایت صوت را به طرف پرده گوش فراهم می‌آورد و ابن‌سینا به وضوح به این امر اشاره می‌کند. لاله گوش همانند یک لولهٔ یک سر بستهٔ مشدّد (تشدیدکننده) عمل می‌کند که موجب تقویت عصب شنوایی[۱۴] می‌شود. پرده گوش غشاء نازکی است که توسط امواج صوتی مرتعش می‌شود. این ارتعاش با ساز و کار پیچیده‌ای به عصب شنوایی منتقل می‌شود. اما اینکه چگونه اطلاعات صوتی رمزگشایی می‌شود و صوت فهم می‌گردد، هنوز کاملاً روشن نیست. نکته جالب آن‌که گوش از معدود عضوهای بدن است که کاملاً به مثابه یک وسیلهٔ مکانیکی کار می‌کند.

نتیجه‌گیری

مهم‌ترین نکاتی را که مؤلف کتاب قراضهٔ طبیعیات در خصوص پدیده صوت بیان کرده است، با توجه به توضیحات مندرج در این مقاله، می‌توان به‌صورت زیر جمع‌بندی کرد:

۱. منشأ ایجاد صوت ناشی از برخورد جسمی بر جسم دیگر است.

۲. صوت از خصلت موجی برخوردار است.

۳. امواج (سطحی) آب (ناشی از برخورد سنگ با آن) و امواج صوتی مشابه‌اند.

٤. امواج صوتی در تمام محیط‌ها (گازها و مایعات و جامدات) منتشر می‌شود.

۵. امواج صوتی ناشی از حرکت تمام ذرات جسم (ذات) است (در محدوده‌ای که این امواج منتشر می‌شود).

٦. حرکت (موجی) ذرات جسم و صدای ناشی از آن ملازم یکدیگرند.

۷. امواج صوتی در هوا، شکل کروی دارند و حرکت آن‌ها منبسط شونده است.

۸. صوت ناشی از حرکت ارتعاشی است. به‌عنوان مثال چنانچه ضربه‌ای به ظرف رویین یا نیزهٔ فلزی ابن‌سینا وارد شود، این دو به ارتعاش درمی‌آیند که خود موجب حرکت ارتعاشی لایه‌های هوا می‌شود و صوت پدید می‌آید.

۹. جنس، منبع تولید صوت و محیط واسط انتشار صوت بر سرعت و شدت صوت مؤثر است.

۱۰. گسترش (کروی) موج صوتی به تدریج موجب ضعیف شدن امواج می‌شود تا حدی که دیگر توسط گوش انسان قابل شنیدن نیست.
۱۱. موج صوتی همانند اشعهٔ نور، چون به مانعی، مانند کوه برخورد می‌کند، منعکس می‌شود. همین ویژگی را امواج آب، زمانی که به دیوارهٔ حوض برخورد می‌کنند، دارند.
۱۲. تفاوت ارتفاع بین منبع صوت و حس‌گر صوت، مانند گوش، در بهتر یا بدتر شنیدن صدا مؤثر است.
۱۳. پدیدهٔ شنیدن ناشی از ورود امواج صوتی به مجرای گوش، مرتعش کردن پردهٔ گوش و تحریک عصب شنوایی است.

در این مقاله با توضیح فشردهٔ علمیِ نظریهٔ ابن‌سینا، نشان داده شد که مؤلف کتاب قراضه طبیعیات در بیشَ از هزار سال پیش، آگاهی ژرفی از پدیده‌های ایجاد و انتشار و جذب و شنیدن صوت داشته است. توصیفات ابن‌سینا در اکثر موارد با یافته‌های جدید علمی سازگار است. از این رو، می‌توان حدس زد که دانشمندان غربی سده‌های ۱۵ و ۱۶ میلادی باید از آن‌ها به نیکی بهره برده باشند. می‌توان ادعا کرد که بخشی از دانش صوت‌شناسی یا آکوستیک نوین مرهون تلاش‌های علمی دانشمندانی مانند ابن‌سینا در شناسایی و توصیف دقیق این پدیده پیچیده است.

پی‌نوشت‌ها

1. Pythagoras
2. Monochord

۳. رسالهٔ مخارج الحروف را ابن‌سینا حدود ٤١٤ هـ نوشته است. این رساله توسط پرویز خانلری به فارسی ترجمه و منتشر شده است.

4. Rayleigh
5. Wave

٦. یادآوری می‌شود که گزینش معادل‌های استفاده شده برای بازنویسی متن کتاب، با استفاده از فرهنگ فارسی دکتر معین صورت گرفته است بنگرید به: معین، ۱۳۷۱.
۷. به تعبیر ابن‌سینا، حرکت اطّرادی- پی یکدیگر شدن، جنبش پیاپی.
۸. در این مقاله برای توضیح مطالب از متن فیزیک هالیدی که دانشجویان در سال‌های اول دانشگاه فرا می‌گیرند، استفاده شده است. see.halliday ,۲۰۰۱.
۹. طَرداً و عکساً: عقب جلو، پس و پیش (اطراد: تتابُع: پیوستگی، پشت سر هم).

10. Rarefaction
11. Attenuation
12. Diffraction
13. Acoustics
14. Auditory Nerve

منابع

۱. ابن‌سینا، حسین‌بن عبدالله، قراضهٔ طبیعیات، مقدمه و حواشی و تصحیح غلامحسین صدیقی، انجمن آثار و مفاخر فرهنگی، ۱۳۸۳.
۲. ـــــــ، طبیعیات دانشنامه علایی، با مقدمه و حواشی و تصحیح محمد معین و سید محمد مشکوه، انجمن آثار ملی، ۱۳۳۱.
۳. ـــــــ، رساله مخارج الحروف یا اسباب حدوث الحروف، ترجمه پرویز ناتل خانلری، تهران، بنیاد فرهنگ ایران، تهران، ۱۳٤۸، چاپ دوم.
٤. قطب‌الدین شیرازی، محمودبن ضیاءالدین مسعود، رساله موسیقی از درةالتاج لغره‌الدباج، تصحیح نصرالله ناصح‌پور، تهران، انتشارات فرهنگستان هنر، ۱۳۸۷.
۵. معین، محمد، فرهنگ فارسی، تهران، انتشارات امیرکبیر، ۱۳۷۱.

6. Caleon I.S. & Subramaniam R., From Pythagoras to Sauvear: tracing the history of ideas about the nature of Sound, Phys. Educe. 42 (2), 2007, P. 173-179.
7. Dampier W., A History of Science and its Relations with Philosophy and Religion, Cambridge University Press, 1961.
8. Galilei G., Dialogues Concerning Two New Sciences, William Andrew Pub., 2001, P. 99-102.
9. Halliday D. et al, Fundamental of Physics, John Wiley & Sons, 2001.
10. Linsay R.B., "Historical development of acousties to the time of Rayleigh, The Theory of Sound, ed. Raleigh J. W. S., Dover Pub., 1945, pp xi-xxv.
11. Loveday T. and Forster E.S., On Things heard, The Complete Works of Aristotle", The Revised Oxford Translation, Vol. 1. ed. Barnes J., Princeton Uni. Press, 1984, pp 1226-36.
12. Pasnan R., "What is Sound?", The Philosophical Quarterly, Vol. 49, No. 196, July 1999, pp 309-324.
13. Rayleigh J.W.S., "The Theory of Sound", Dover Pub., (originally published at 1894)

الگ تول

فرانک ویلچک
مترجم: احمد توحیدی

نظریه الکترون لورنتس در سال ۱۸۹۲، پلی بین فیزیک کلاسیک و فیزیکِ جدید به‌وجود آورد. الکترون‌ها که امروز بر جهان حکومت می‌کنند، در زمانی نه چندان دور فقط یک ایده بودند. ژوئن ۲۰۱۲ (خرداد ۱۳۹۱) مصادف با صدوبیستمین سالگرد یک آفرینش ژرف و تأثیرگذار یعنی نظریهٔ الکترونِ هندریک آنتون لورنتس[1] فیزیک‌دانِ هلندی بود. الکترونِ لورنتس فقط یک ذرهٔ بنیادی فرضی نبود، بلکه رکن اصلی یک نظریهٔ بلندپروازانهٔ طبیعت به شمار می‌آمد. امروز این مفهوم که توصیف کامل طبیعت با معادله‌های ساده و زیبا امکان‌پذیر است برای فیزیک‌دانان عادی شده است. امّا این نگرش پیش از لورنتس تصوری اسرارآمیز بود.

برای بیشتر فیزیک‌دان‌ها، ترکیب ریاضی میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی، توسط جیمز کلارک ماکسول[2] در سال ۱۸٦٤ اوج به‌یادماندنی فیزیک سدهٔ نوزدهم است. اما پس از آن، تا پیدایش نظریه‌های نسبیت و کوانتومی در سدهٔ بیستم فضای فیزیک فضای فیزیک مه‌آلود می‌شود. این داستان عامیانهٔ مبهم یک پل ارتباطی را نادیده می‌گیرد که دستاوردی درخشان است که با تلاشی قهرمانانه به وجود آمده است.

برای توصیف مطلب باید این توهین به مقدسات را بپذیریم که توضیح‌های ماکسول دربارهٔ معادله‌هایش آشفته است. در نوشته‌های او نمی‌توان ساختار ظریف، فشرده و تمیزی را یافت که شاگردان به‌عنوان «معادله‌های ماکسول» یاد می‌گیرند. بلکه با سیلی از نمادها مجموعهٔ پراکنده‌ای از کلمات و معادله‌ها روبه‌رو می‌شوید.

ماکسول که مرد بسیار فروتنی بود، فکر نمی‌کرد که دارد اشعار تمام دوران‌ها را می‌سراید که سزاوار کنده‌کاری بر سنگ است. برعکس صرفاً هر چیزی را که دربارهٔ الکتریسیته و مغناطیس می‌دانست، به‌طور خلاصه به‌صورت ریاضی درآورد. در کار ماکسول، معادله‌های بنیادی با