



# انتشار صوت در

## «قراضه طبیعیات»

(قسمت اول)

علامه حسین رحیمی

استاد گروه مهندسی مکانیک دانشگاه تربیت مدرس  
rahimi\_gh@modares.ac.ir

### چکیده

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

ابوعلی سینا بر پاره‌ای از اصول انتشار موجی 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.

کلیدواژه‌ها: ابن‌سینا، قراضه طبیعیات، انتشار صوت، موج

### طرح مسئله

ما در این مقاله، بحث اصلی خود را به موضوع علمی و مهم پدیده انتشار صوت، بدان گونه که در قراضه طبیعیات منسوب به ابن‌سینا آمده است، معطوف کرده‌ایم. موضوع ماهیت صوت و نحوه انتشار آن و نیز سازوکار شنیدن و درک صدا، مطلب پیچیده‌ای است. به همین دلیل برخلاف پاره‌ای از مسائل دیگر طبیعیات، مانند جسم و حرکت، چندان مورد توجه واقع نشده است و در این زمینه منابع کم و اطلاعات اندکی از دانشمندان تمدن‌های باستانی، عصر قرون وسطی و تمدن اسلامی بر جای مانده است.

کتاب قراضه طبیعیات، در فصل چهارم، به وضوح به بحث درباره این پدیده مهم پرداخته است. خوشبختانه برخلاف پاره‌ای از نظریات دیگر مندرج در این کتاب که بر پایه علمی کمابیش

۲. خطا در آزمایشگاه واقعی بیشتر است و این خود موجب ایجاد مسئله در ذهن دانش‌آموزان و زمینه‌ساز تلاش بیشتر آن‌ها برای کم شدن و یا از بین بردن خطا می‌شود.

۳. در آزمایشگاه واقعی برخلاف آزمایشگاه مجازی، دانش‌آموزان خود به فرضیه‌سازی می‌پردازند.

۴. در آزمایشگاه واقعی، فعالیت گروهی به لحاظ اجتماعی ملموس‌تر از آزمایشگاه مجازی است.

۵. در آزمایشگاه مجازی فرصت کافی برای حل مسئله و مشورت باهم موجود ندارد، به‌عنوان مثال انجام بعضی از آزمایش‌ها در فضای آزاد مانند حرکت پرتابه و زمان‌سنجی توسط خود دانش‌آموزان یا آزمایش‌های زمان‌بر که به صورت کار در منزل توصیه می‌شود فقط در فضاهای واقعی قابل حصول است. مانند تغییرات افزایشی ناخالص مثل نمک در یک مدت معین در حجم معینی از آب و یا تغییرات دمایی در طول یک روز برای یک آزمایش معین و رسم تغییرات بر روی کاغذ میلی‌متری.

۶. دستکاری متغیرهای مورد آزمایش در آزمایشگاه واقعی در ابعادی گسترده‌تر صورت می‌گیرد و هر چند که خطر خطای بیشتری به‌دنبال دارد اما می‌تواند به دانش بیشتری بینجامد.

### جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

بر مبنای تفاوت‌های مطرح شده و تأثیر و نتایج آن‌ها این رهیافت پیشنهاد می‌شود که با مرکزیت آزمایشگاه واقعی یک آزمایشگاه مجازی به عنوان برنامه کمک آموزشی و نه بر عکس در نظر گرفته شود. در حیطه مفاهیم تجربی و مشاهده‌پذیری همانند گرما و مکانیک، اندازه‌گیری‌ها، الکتروسیته و... وجود یک آزمایشگاه واقعی برای تفهیم مطالب امری لازم به نظر می‌رسد؛ اما در حیطه مفاهیم انتزاعی و مشاهده‌ناپذیر همانند دنیای زیر اتمی و دنیای نجوم بهترین گزینه، استفاده از آزمایشگاه مجازی و نرم‌افزارهای آزمایشگاهی است. بنابراین، آزمایشگاه مجازی می‌تواند مکمل آزمایشگاه واقعی باشد تا با استفاده بهینه از آن، قوای ذهنی، حسی و حرکتی دانش‌آموزان فعال گردد. امروزه، بسیاری از بزرگان عرصه تعلیم و تربیت، در امر آموزش و یادگیری بر فعالیت‌های عملی تأکید می‌کنند. به عنوان مثال؛ مارک واریس (۲۰۰۶) در کتاب آموزش فناوریانه چنین می‌گوید:

«یادگیری همراه با عمل بهترین روش است. این روش یادآور ارتباط بین استادان و شاگردان در قرون وسطی است. در آن دوره استادان مهارت‌ها را بیشتر با اجرای مهارت‌ها به شاگردان یاد می‌دادند تا آنکه شاگرد فقط با مشاهده آن‌ها را یاد بگیرد. به نوعی، استاد آن قدر به تصحیح عملکرد شاگردان می‌پرداخت تا وی بر یک مهارت تسلط یابد. کتاب‌های درسی برای یاددهی و یادگیری علم و دانش که به صورت نوشتاری و یا ارائه شفاهی در کلاس است، کفایت نمی‌کنند» (De Varies, M, ۲۰۰۶, p47).

### پی‌نوشت‌ها

1. Virtual Education
2. Theoretical
3. Practical
4. Virtual lab
5. Metaphysical
6. System of measurement
7. Lateral thinking

### منابع

1. De Varies, Marc J (2006), Teaching about technology, Springer Publisher.
- ۲- دوران، بهزاد (۱۳۸۲)، هویت ملی و تعامل در فضای سایبرنتیک، نامه پژوهش، سال هفتم، دوره جدیدش ۶.

نادرست توصیف شده‌اند، نظریه‌های ابراز شده در خصوص پدیده صوت مطابق با موازین علمی امروز، قابل توصیف و تشریح است. انگیزه اصلی ما از پرداختن به این مطلب نیز همین نکته است. در مقاله حاضر، نویسنده ابتدا به معرفی فشرده کتاب قراضه طبیعیات می‌پردازد. سپس سابقه بررسی صوت را در آرا و نظریات دانشمندان پیشین مرور می‌کند. در بخش سوم، متن نظریات ابن‌سینا در خصوص پدیده صوت را، که به صورت پرسش و پاسخ است، با استفاده از کتاب‌های قراضه طبیعیات و دانش‌نامه علایی، با ادبیات جدید بازگو می‌کند. آن‌گاه، نکات علمی مندرج در نظریه ابن‌سینا با زبان علمی روز را تشریح می‌نماید و در انتها، از نکات مطرح شده نتیجه‌گیری کلی به عمل می‌آورد.

### معرفی کتاب قراضه طبیعیات

قراضه طبیعیات کتابی است به زبان فارسی و منسوب به ابوعلی حسین بن عبدالله بن سینا (۴۲۸-۳۷۰ هـ ق / ۱۰۳۷-۹۸۰ م) دانشمند مشهور ایرانی سده‌های چهارم و پنجم هجری. مرحوم دکتر غلامحسین صدیقی، مصحح کتاب قراضه طبیعیات، مقدمه مستوفایی بر آن نوشته‌اند که عمدتاً ناظر بر نکات ادبی کتاب‌های علمی و فنی به زبان فارسی است. لذا اگرچه برای علاقه‌مندان به موضوع بسیار مفید است اما ربط آن به محتوای کتاب قراضه طبیعیات اندک است. از ۹۲ صفحه مقدمه مصحح، عملاً کمتر از پنج صفحه به معرفی محتوای کتاب مربوط می‌شود که آن هم عمدتاً برگرفته از متن اصلی است.

شیوه طرح مطالب در کتاب جالب است. مؤلف از روش پرسش و پاسخ استفاده می‌کند. مصحح محترم در این خصوص می‌نویسد: «... شیوه سؤال و جواب در تألیف مؤلفان و مصنفان ایران معمول بوده چنانکه طفرنامه منسوب به بزرگمهر و رساله شش فصل ابوجعفر محمد بن ایوب طبری در اسطرلاب و کتاب التفهیم الاوائل صناعی التنجیم ابوریحان بیرونی و... بر طریق سؤال و جواب ساخته شده است» (ابن‌سینا، ۱۳۸۳، ص ۶۲-۶۱). کتاب قراضه طبیعیات یک رساله علمی به زبان فارسی به‌شمار می‌رود که قدمت آن به بیش از ده سده پیش می‌رسد. چنانچه محتوای کتاب با مبانی علمی امروز مقایسه شود، شاید نتوان برای آن ارزش زیادی قائل شد. اما اگر در فضای علمی سده‌های چهارم و پنجم هجری مورد ارزیابی قرار گیرد، بسیاری از مباحث آن ارزشمند است.

مؤلف کتاب قراضه طبیعیات، متن را در چهار فصل تدوین کرده است، به قرار زیر:

فصل اول؛ اندر مسائل حیوانی (مشمتمل بر ۱۶ باب یا پرسش و پاسخ)

فصل دوم؛ اندر مسائل نباتی (مشمتمل بر ۸ باب یا پرسش و پاسخ)

فصل سوم؛ اندر مسائل معدنی (مشمتمل بر ۱۰ باب یا سؤال و جواب)

فصل چهارم؛ اندر مسائل نواذر (شامل ۱۶ باب یا سؤال و جواب) (همان، ص ۵).

نگارنده این مقاله، ترجیح می‌دهد که، به بیان امروزی، از عنوان «مباحث منتخب در علوم طبیعی» برای نامیدن جدید کتاب استفاده کند. لازم به ذکر است که قراضه به معنای ریزه و خرده و تکه است و این نام‌گذاری بدان معناست که مؤلف در پی ارائه یک بحث کامل (به عنوان مثال درباره مسائل حیوانی) نیست؛ بلکه توجه خود را در پاسخ به سؤالاتی متمرکز کرده که احتمالاً بیشتر محل رجوع و پرسش بوده است. از این رو در هر فصل، مباحث منتخب را به سبک پرسش و پاسخ مطرح می‌سازد. مطالب کتاب در محدوده طبیعیات قرار می‌گیرد که مجموعه علوم تجربی را شامل می‌شده است. البته، طبیعیات لزوماً به معنای دانش تجربی به معنای امروزی نبوده است. به عنوان مثال، در طبیعیات شرفای ابن‌سینا، موضوع مورد بحث، جسم طبیعی و عوارض متعلق به آن است، اما شیوه طرح بسیاری از مسائل مبتنی بر استدلال عقلی و سبک فلسفی، و نه مشاهده و تجربه، است. در مقابل، کتاب‌هایی مانند آثار علوی (هواشناسی) اسفزاری، سهلان ساوی و محمد مسعودی و میزان الحکمه خازنی و نظایر آن در محدوده طبیعیات قرار می‌گیرد و سبک نگارش آن‌ها به کتب علمی جدید نزدیک‌تر است. قراضه طبیعیات نیز از سنخ اخیر است.

بر طبق تقسیم‌بندی دانش‌های امروزی مباحث قراضه طبیعیات به شیوه زیر تفکیک شده است:

فصل اول، مسائلی پیرامون زیست‌شناسی یا بیولوژی؛

فصل دوم، مباحثی در خصوص گیاه‌شناسی؛

فصل سوم، مباحثی در حوزه دانش شیمی؛

فصل چهارم، مطالبی در حوزه فیزیک؛

از این میان، موضوع مورد بحث مقاله حاضر بررسی سؤال و جواب در خصوص پدیده تولید، انتشار و آشکارسازی صوت، یعنی موضوعی متعلق به مبحث فیزیک است. دلیل اصلی ما از پرداختن به این موضوع، شیوه‌ای است که مؤلف کتاب در توضیح پدیده صوت اتخاذ کرده که کاملاً با مبانی جدید علمی صوت سازگار است. با بررسی‌های انجام شده، چنین تحلیل و برداشتی برای نخستین بار صورت گرفته است.

### پیشینه تحقیق

در خصوص سابقه صوت، برخلاف مباحث دیگر فیزیک به‌ویژه حرکت، اطلاعات زیادی در کتب و رساله‌های قدیم پیدا نمی‌شود. تنها می‌توان گفت که چون صوت همراه با موسیقی و از مباحث مهم فیزیک به‌شمار می‌رفته است. مطالب اولیه درباره

مرحوم دکتر  
غلامحسین  
صدیقی، مصحح  
کتاب قراضه  
طبیعیات، مقدمه  
مستوفایی بر  
آن نوشته‌اند  
که عمدتاً ناظر  
بر نکات ادبی  
کتاب‌های علمی  
و فنی به زبان  
فارسی است

## نمی توان گفت که در گذشته همان بحث و جدل علمی که در خصوص ماهیت نور وجود داشت، پیرامون صوت نیز وجود داشته است؛ به این معنا که صوت، همچون نور، یک پدیده ذره‌ای یا مفهومی موجی است

صوت عمدتاً به موسیقی مربوط می‌شود.

مطالعات اولیه در خصوص طبیعت صدا را به فیثاغورس<sup>۱</sup> (۵۰۰-۵۸۰ ق.م.) منسوب می‌کنند (Dampier, ۱۹۶۱, P. ۱۷). زیرا وی بود که موفق شد یک تک‌ساز<sup>۲</sup> اختراع کند که متشکل از یک چارچوب صوتی با پل متحرک و یک ساز یا زه کشیده شده روی آن بود. با استفاده از این وسیله فیثاغورس دریافت که دو ساز کشیده شده، با نسبت طولی ۱ به ۲، نئی را تولید می‌کنند که با یک اکتاو جدا شده‌اند. ساز بلندتر نت کوتاه‌تری را تولید می‌کند (Linsay, ۱۹۴۵, P. xi-xxv). با این حال، اهمیت ایده فیثاغورس در خصوص ارتباط صوت با اعداد تا سده‌ها پس از آن مشخص نشد.

نمی‌توان گفت که در گذشته همان بحث و جدل علمی که در خصوص ماهیت نور وجود داشت، پیرامون صوت نیز وجود داشته است؛ به این معنا که صوت، همچون نور، یک پدیده ذره‌ای یا مفهومی موجی است. چرا که در خصوص طبیعت ذره‌ای صوت چندان مطالب جدی‌ای وجود ندارد. اما، احتمالاً انسان زمانی که امواج آب را مشاهده می‌کرده، به طبیعت موجی صوت می‌اندیشیده است. البته این تشابه، دقت علمی ویژه‌ای می‌طلبید. نوشته‌های ارسطو (۳۲۲-۳۸۴ ق.م.) مبین آن است که وی به طبیعت مکانیکی امواج صوتی که در محیطی مانند هوا منتشر می‌شود، پی برده بوده است. در مقاله‌ای منسوب به وی به نام «پیرامون شنیدن اشیا» (Loveday and Forster, ۱۹۸۴, P. ۱۲۲۶-۳۶) از حرکات انبساطی، انقباضی و فشرده شدن هوا سخن گفته شده و به نوعی بر موج طولی اشارهٔ مجملی دارد.

در دوره تمدن اسلامی نیز مطالبی در خصوص پدیده صوت نگاشته شده است. به‌عنوان مثال در رسائل اخوان الصفا اشاراتی به این موضوع شده است. ابن‌سینا در طبیعیات دانشنامه نیز مطالبی در خصوص صوت دارد که در ادامه به آن اشاره خواهیم کرد. حکیم ابونصر فارابی نیز در رسالهٔ موسیقی خود به ماهیت صوت اشاره می‌کند و قطب‌الدین شیرازی هم، با ذکر قول فارابی و ایرادهایی که از وی بر آن وارد کرده است ضمن رد ایرادها، نظر خود را دربارهٔ ایجاد و انتشار صوت بیان می‌کند (قطب‌الدین شیرازی، ۱۳۸۷، ج ۱، ص ۳۵-۴۳).

ابن‌سینا در بخش اول رسالهٔ مخارج الحروف یا اسباب حدوث الحروف، در چگونگی پدید آمدن آواز (صوت) سخن می‌گوید و پدید آمدن موج صوتی را ناشی از کوب و کند می‌داند.<sup>۳</sup> با توجه به تفصیل و دقت مطالب قراضهٔ طبیعیات در این خصوص، دیگر متعرض مباحث ابن‌سینا در رسالهٔ مخارج الحروف نمی‌شویم (ابن‌سینا، ۱۳۴۸، ص ۶۳).

متأسفانه نویسندگان تاریخ علم، سابقهٔ بررسی علمی و فنی پدیدهٔ صوت را به ارسطو محدود می‌کنند و آن را تا سدهٔ شانزدهم

میلادی متوقف می‌دانند و در واقع وجود رکود کامل و عدم فعالیت علمی در این خصوص را طی حدود ۲۰۰۰ سال تأکید می‌کنند (Caleon & Subramaniam, ۲۰۰۷, P. ۱۷۳-۱۷۹). حال آنکه در این مدت، دانشمندان مسلمان، هر چند محدود، به پدیده تولید و انتشار صوت توجه داشته و توصیف علمی مناسبی از این پدیده نموده‌اند. لازم به ذکر است که مقاله فوق حاوی برداشت و حتی غلط‌های فاحش در خصوص تاریخ علم است. احتمالاً در غرب، گالیله (۱۶۴۲-۱۵۶۴ م.) نخستین دانشمندی باشد که در خصوص صوت مطلبی را در کتاب مشهورش با عنوان «گفتار در باب دو دانش جدید» نوشت (Galileo, ۲۰۰۱, P. ۹۹-۱۰۲). برداشت نگارندهٔ این مقاله بر آن است که نظریهٔ ابن‌سینا در خصوص صوت هنوز دقیق‌تر از گالیله است، چرا که گالیله کماکان خود را بر همان مقایسهٔ امواج صوتی با امواج آب، محدود کرده و به تعمیم ابن‌سینا دست نیافته است.

شاید بتوان نیوتون (۱۷۲۷-۱۶۴۲ م.) را نخستین دانشمندی دانست که به طریق علمی طبیعت موجی صوت را توضیح داده است. کار وی را دانشمندانی مانند رابرت بویل (۱۶۹۱-۱۶۲۷ م.)، رابرت هوک (۱۷۰۳-۱۶۳۵ م.)، جوزف ساویر (۱۷۱۶-۱۶۵۳ م.)، هلمهولتز (۱۸۹۴-۱۸۲۱ م.) و به‌ویژه ریلی<sup>۴</sup> (۱۹۱۹-۱۸۴۲ م.) که در کتاب خود به نام «نظریه صوت» به مطالعهٔ انتشار امواج صوتی در جامدات و به خصوص در فصول اول، ششم، هفتم و هشتم آن به ارتباط دقیق صوت و ارتعاش در اجسام توجه کرد و به صورت‌بندی ریاضی آن دو همت گماشت (rayleigh, ۱۸۹۴) - ادامه دادند و آنچه را که امروزه دانش‌آموزان و دانشجویان در کتب فیزیک امواج صوتی و یا مطالب تخصصی‌تر مانند مکانیک بر خورد می‌خوانند، پایه‌ریزی کردند. مقالهٔ زیر بحث جالبی را در خصوص صوت، عمدتاً از منظر فلسفی، مطرح می‌کند، که چندان به موضوع مقاله حاضر مربوط نمی‌شود، اما مطالعهٔ آن به علاقه‌مندان توصیه می‌شود (Pasnan, ۱۹۹۹, P. ۳۰۹-۳۲۴).

پیش از اینکه بحث اصلی مقاله مطرح شود، مناسب است که تعریف موج<sup>۵</sup> را از فرهنگ (واژه‌نامه) وبستر مرور کنیم: «موج نوعی اغتشاش یا تغییر است که به نحوی گسترش یابنده انرژی را از یک نقطه به نقطهٔ دیگر در محیط منتقل می‌کند و می‌تواند به صورت یک تغییر شکل کشسان یا تغییر فشار، یا شدت الکتریکی یا مغناطیسی، پتانسیل الکتریکی یا دما باشد». البته با توجه به انواع صوت، به تعاریف مفصل‌تری از موج اشاره خواهد شد.

### نظریهٔ ابن‌سینا دربارهٔ صوت

ابن‌سینا در کتاب قراضه طبیعیات در قالب پرسش و پاسخ،

سه سؤال در خصوص ماهیت موج و ایجاد و انتشار آن مطرح می‌کند. آنچه در زیر می‌آید، بازنویسی متن ابن سینا با ادبیات جدید است که بدون هیچ‌گونه حذف و اضافه توسط نگارنده انجام شده است.<sup>۶</sup> ابن سینا این مباحث را در باب سوم، پنجم و دهم از کتاب قراضه طبیعیات آورده است (ابن سینا، ۱۳۸۴، ص ۸۶-۱۰۴).

**باب سوم (پرسش). چون بر بعضی از طرف‌های روبین بکوبی، چرا صدای آن به گوش می‌رسد و چون دست به طرف آن بگیری منقطع می‌شود، اما قلع و سرب به خلاف آن است؟**

**پاسخ.** مطلب در خصوص صوت و انواع و علت‌های آن بسیار و موضوع دشوار و پیچیده است.

اگر در پی گفتن جامع مطلب باشیم، مبحث بسیار طولانی و از حد این کتاب خارج می‌شود. بنابراین، باید فشرده گفت. اما اینکه صوت چیست؟ گفته‌اند که برخورد یا کوفتن هوا است. به نظر من علت صوت برخورد جسمی با جسم دیگر است تا آنکه ذرات (کالبد، ذات) جسم دوم متحرک شود و مادامی که این ذرات متحرک باشند، صوت از آن پدید می‌آید و صدا ایجاد می‌شود و چون ساکن گردد، صوت نیز قطع می‌شود. مثال آن، همانند توده‌ای از هوای فشرده است که از محفظه تنگی به‌طور ناگهانی بیرون جهد و با توده هوای دیگری برخورد کند. در این پدیده برخورد لایه‌های هوا به شکل کروی صورت می‌گیرد و هر لحظه بزرگ‌تر می‌شود. به عبارت دیگر، در اطراف منبع تولید صوت، حرکتی موجی شکل و گسترش یابنده ایجاد می‌شود و مادامی که این حرکت باشد، از آن صوت پدید می‌آید و چون حرکت به پایان رسد، صوت نیز قطع می‌شود. موج‌دار شدن هوا را می‌توان با این مثال توضیح داد که چون سنگی در آب انداخته شود، در اطراف محل برخورد، دوایری به وجود می‌آید و موج ایجاد می‌شود تا زمانی که تمام شود.

اکنون اگر بر ظرفی روبین و یا کاسه مسی کوبیده شود، ظرف مرتعش<sup>۷</sup> می‌شود. مثال حرکت ارتعاشی آن است که چون نیزه را بجنابانی حرکت‌هایی در آن ایجاد می‌شود که یکی در پی دیگری است. اگر ماده یکنواخت باشد، یعنی به لحاظ رقیق یا غلیظ بودن در اعتدال باشد، از آن صوتی طولانی‌تر ایجاد شود (مدت ارتعاش آن بیشتر به طول می‌انجامد). چرا که کالبد (ذات) آن متحرک (مرتعش) می‌شود و به همه جا منتشر می‌گردد. چون دست به نیزه گرفته شود حرکت به محیط منتقل نمی‌شود و حرکت از آن منقطع می‌گردد. مثال آن مانند جریان آب جوی است که مسیر آن را بسته باشند. اگر قطعه بسیار بزرگ و سنگین از روی یا آهن باشد، از آن صوت مذکور (در بالا) پدید نیاید، چرا که یک ضربت زدن به آن

موجب ایجاد یک حرکت می‌شود. یعنی حرکت ارتعاشی در آن به وجود نمی‌آید تا از آن صوت ممتد حادث شود. اما اجزای قلع نرم و متخلخل است؛ به این علت از آن، این صدا بر نمی‌خیزد و همچنان است سرب که بر آن نوعی تری (بسیار سنگین) غالب است تا از آن صدایی نیاید. مثال دیگر، اگر بر تار یا زه تر زخمه‌ای زده شود، صدایی ایجاد نمی‌شود اما اگر خشک باشد، صوتی پدید می‌آید. همین مطلب برای طبل تر و خشک نیز صادق است؛ یعنی اگر تر یا بسیار خشک باشد، صدای آن به طول نمی‌انجامد، بلکه باید از نظر تری معتدل باشد، هم‌چنان که زه یا تار ساز است. بنابراین، معلوم شد که علت صدای ظروف روبین و نیز دیگر ظرف‌ها از چیست.

**باب پنجم. چرا فردی که بر بالای بلندی باشد، صدای کسی را که در گودی است بهتر از حالتی می‌شنود که وی در گودی باشد و فرد مورد نظر بر بالای بلندی قرار گرفته باشد؟**

**جواب.** علت این است که صوت برخورد لایه‌های هواست، حال چنانچه حرکت موج هوا (از بالا) به سمت زمین باشد، چون این حرکت جبری است (ناشی از نیروی قاسر)، از این رو هم جهت با حرکت طبیعی هوا نیست. چنانچه حرکت موج هوا به‌سوی بالا باشد، این حرکت با حرکت طبیعی هوا، که به‌سمت بالاست، هم‌جهت خواهد بود. چرا که مکان طبیعی هوا به سمت بالا است. بنابراین، موج هوا و حرکت آن از بالا به پایین (زیرسو) کمتر (کندتر) است و از پایین به بالا (برسو) بیشتر (تندتر) خواهد بود. به این علت است که فردی که بر بلندی باشد، صدا را بهتر از کسی که در پایین قرار گرفته است، می‌شنود.

**باب دهم. چرا صداها در صحرا شنیده نمی‌شوند و در کوه شنیده می‌شوند؟**

**جواب -** چون صوت حالتی است که از برخورد لایه‌های هوا ایجاد می‌شود، برخوردی که موجب متحرک شدن هوا شده و این حرکت موجی است. چون در صحرا آوازی داده شود، لایه‌های هوا با یکدیگر برخورد پیدا می‌کنند و هوا متحرک می‌شود. این حرکت موجی آن قدر ادامه می‌یابد و از منبع تولید صدا دور می‌شود و به ضعف می‌گراید تا کلاً ساکن شود. چون صوت تابع (مترادف) حرکت هواست، با سکون هوا، صوت نیز قطع می‌شود. بدین علت است که از فاصله دور صدا در صحرا شنیده نمی‌شود.

اما چون در کوه آوازی داده شود، لایه‌های هوا برخورد پیدا می‌کنند و هوا بین دو کوه به حرکت درمی‌آید و چون به کوه مقابل برخورد می‌کند، کوه مانند یک حایل و مانع موجب انعکاس (مندفع) صوت می‌شود و موج در همان جهتی که با کوه برخورد

اگر بر تار یا زه تر زخمه‌ای زده شود، صدایی ایجاد نمی‌شود اما اگر خشک باشد، صوتی پدید می‌آید. همین مطلب برای طبل تر و خشک نیز صادق است؛ یعنی اگر تر یا بسیار خشک باشد، صدای آن به طول نمی‌انجامد

1. Pythagoras
2. Monochord
۳. رسالهٔ مخارج الحروف را ابن‌سینا حدود ۴۱۴ هـ. نوشته است. این رساله توسط پرویز خانلری به فارسی ترجمه و منتشر شده است.
4. Rayleigh
5. Wave
۶. 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 اطاردی - پی یکدیگر شدن، جنبش پیاپی -

## منابع

۱. ابن‌سینا، حسین‌بن عبدالله، قراضة طبیعیات، مقدمه و حواشی و تصحیح غلامحسین صدیقی، انجمن آثار و مفاخر فرهنگی، ۱۳۸۳.
۲. \_\_\_\_\_، طبیعیات دانشنامه علایی، با مقدمه و حواشی و تصحیح محمد معین و سید محمد مشکوه، انجمن آثار ملی، ۱۳۳۱.
۳. \_\_\_\_\_، رساله مخارج الحروف یا اسباب حدود الحروف، ترجمه پرویز ناتل خانلری، تهران، بنیاد فرهنگ ایران، تهران، چاپ دوم.
۴. قطب‌الدین شیرازی، محمودبن ضیاءالدین مسعود، رساله موسیقی از دری‌التاج لغره‌الدباج، تصحیح نصرالله ناصح‌پور، تهران، انتشارات فرهنگستان هنر، ۱۳۸۷.
۵. معین، محمد، فرهنگ فارسی، تهران، انتشارات امیرکبیر، ۱۳۷۱.
6. Calcon I.S. & Subramaniam R., From Pythagoras to Saavear: tracing the history of ideas about the nature of Sound, Phys. Educ. 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, Fundamentals of Physics, John Wiley & Sons, 2001.
10. Linsay R.B., "Historical development of acoustics 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)

کرده در همان جهت باز می‌گردد و چون صوت مترادف حرکت هواست، از این رو، صوت نیز باز می‌گردد و انسان فکر می‌کند که گویا فرد دیگری است که آواز می‌دهد. مثال این انعکاس و بازتاب، موج ایجاد شده در آب به علت انداختن سنگی در آن است که امواج آب بر اثر برخورد سنگ با آب حرکت می‌کند تا به کنارهٔ حوض برسد و پس از برخورد با لبهٔ حوض، بازمی‌گردد و موج در همان جهت تابیده باز تابیده می‌شود و این انعکاس موج توسط چشم دیده و حس می‌شود. مثال دیگر، انعکاس نور است که چون بر یک جسم صیقلی تابانیده شود، مانند آنکه اگر نور خورشید بر سطح صاف و صیقلی بتابد، منعکس می‌شود. بنابراین معلوم شد که صدا انعکاس صوت است که در کوه راه حرکت آن بسته می‌شود و امکان گذشتن و امتداد نمی‌یابد.

بوعلی در دانشنامهٔ علایی آورده: «شنیدن مربوط به صدا است. علت صدا (صوت) موج زدن هوا است. تموج ناشی از حرکت شدید و سریع هوا است. به عبارت دیگر، اگر جسمی را بر جسم دیگر بکوبند، موجب جهش هوا می‌شود. برخوردی (جهیدن) سخت و شتابنده در لایه‌های هوا ایجاد می‌شود یا این موج در جسمی ایجاد می‌شود که جسمی دیگر به آن برخورد پیدا می‌کند. چون این برخورد شدید و شتابنده باشد موجی در آن ایجاد می‌شود. انتشار موج پهن شونده یا انبساطی با شتاب زیاد است. اکنون چون این موج به گوش رسد، داخل حفرهٔ گوش می‌شود و در نتیجه هوای ساکن داخل گوش را نیز مواج می‌کند. این موج هوای داخل گوش (پردهٔ گوش را مرتعش کرده) و عصب شنوایی را آگاه می‌سازد» (ابن‌سینا، ۱۳۳۱، ص ۸۵-۸۶).

## تعریف و توصیف ابن‌سینا از امواج صوتی

در این بخش مهم‌ترین نکاتی را که مؤلف قراضة طبیعیات در خصوص پدیدهٔ انتشار صوت مطرح می‌کند، توضیح می‌دهیم و برای مفیدتر کردن مطلب، از متون فیزیک جدید نیز تا حدی استفاده می‌کنیم.

## موج چیست؟ صوت کدام است؟

فرض کنید که در کنار استخری نشست‌اید و سنگی را به داخل آب پرتاب می‌کنید. در اثر برخورد سنگ با آب، چین و شکن‌هایی ایجاد می‌شود که به‌صورت دایره‌ای به‌طرف دیواره استخر حرکت می‌کنند. این، احتمالاً متداول‌ترین نمایش مفهوم موج است. ابن‌سینا از این تشابه و قیاس امواج آب با امواج صوتی به نیکی استفاده می‌کند که در ادامه به آن اشاره می‌شود. لازم به ذکر است که مولکول‌های آب در محدودهٔ ناحیهٔ معینی از فضا حرکت نوسانی دارند، اما مولکول‌ها، تمام مسیر به طرف دیوارهٔ استخر را نمی‌پیمایند. به‌عبارت دیگر آنچه که حقیقتاً حرکت می‌کند، درون‌مایه یا انرژی است و نه ماده. مناسب است در این جا توضیحات بیشتری داده شود.

به‌طور کلی، برای انتقال نیرو (قوه) و انرژی (درون‌مایه) دو روش وجود دارد: یکی ماده (ذره) و دیگری موج. این دو مفهوم در فیزیک از اهمیت کلیدی برخوردارند؛ چرا که آن‌ها با زندگی روزانه انسان گره خورده‌اند. به‌رغم این پیوند، این دو مفهوم کاملاً متفاوت‌اند. ذره بخش بسیار کوچکی از ماده تلقی می‌شود که قابلیت انتقال انرژی را دارد، اما موج یک توزیع گسترده از انرژی تلقی می‌شود که فضایی را که از آن عبور می‌کند، پر کرده است.

ابن‌سینا تعریف نسبتاً واضحی از موج می‌دهد. نخست نظر پیشینیان را ذکر می‌کند و آن اینکه صوت (صدا) ناشی از برخورد (لایه‌های) هوا است. بلافاصله نظر خود را در خصوص صوت بیان می‌کند که عملاً تعمیم علمی نظر گذشتگان است و به تعریف و معرفی صوت در دانش جدید فیزیک بسیار نزدیک می‌شود. وی صوت را ناشی از برخورد جسمی بر جسم دیگر می‌داند تا جسم دوم متحرک شود. اما در این جا معنای متحرک، متحرک مکانی نیست، که در آن جسم به صورت یکپارچه جابه‌جا می‌شود یا دوران می‌کند؛ بلکه ذرات آن به جنبش درمی‌آید که ابن‌سینا از عبارت «متحرک گردد اندر ذات خویش» استفاده می‌کند. به عبارت دیگر، پیدایش صوت ناشی از اثر (دینامیکی) یک عامل خارجی روی جسم مورد نظر است به‌گونه‌ای که ذرات جسم دوم به حرکت درآیند. بنابراین، ابن‌سینا، دقیقاً مطابق با تعاریف امروزی اولاً، تعریف موج صوتی را به تمام محیط‌های مادی، اعم از گاز و مایع و جامد تعمیم می‌دهد که هوا یکی از این محیط‌ها است؛ ثانیاً، حرکت را به ذرات جسم منتسب می‌سازد. در این ارتباط با توجه به سؤالاتی که بعداً ذکر می‌کند، دقیقاً مراد وی از حرکت ذرات، حرکت ارتعاشی ناشی می‌شود. سوم اینکه صدا، موج صوتی است و از حرکت ذرات جسم ناشی می‌شود.

در اینجا لازم به توضیح است که چنانچه نیروهای وارد شده به جسمی در فاصله زمانی بسیار کوتاه وارد شوند، پدیدهٔ ارتعاش و نیز ایجاد و انتشار امواج تنشی رخ می‌دهد که به مبحث مکانیک برخورد مربوط می‌شود. موضوع مورد بحث ابن‌سینا، اعمال این‌گونه نیروها است؛ یعنی نیروهای ضربه‌ای که در اثر برخورد جسم مورد نظر به سازهٔ هدف ایجاد می‌شود. امواج داخل جسم ناشی از ضربه یا برخورد (قَرع) است که تمام ذرات جسم را متأثر می‌سازد. توجه شود که مؤلف کتاب قراضة طبیعیات یکی از منابع ایجاد امواج صوتی را ارتعاش اجسام جامد می‌داند. حرکت ارتعاشی جسم جامد لایه هوای مجاور خود را متأثر می‌سازد. اکنون، چون هوا به ارتعاش درآید، به‌عبارت دیگر در حرکت رفت و برگشتی سریع باشد، صوت ایجاد می‌شود. صوت از طریق حرکت موجی به گوش ما می‌رسد. همان‌طور که قبلاً گفتیم در این حرکت مادهٔ حامل انرژی حرکت نمی‌کند، بلکه آنچه حرکت می‌کند انرژی حاصل از منبع ارتعاشی است که با موج حرکت می‌کند.