

## پدیده انتشار صوت در قراضه طبیعیات<sup>۱</sup>

غلامحسین رحیمی<sup>۲</sup>

### چکیده

مبحث تولید و انتشار و آشکارسازی و فهم صوت از پدیده‌های مهم و کمابیش پیچیده طبیعی به شمار می‌رود؛ به همین علت، کمتر دانشمندی در تمدن‌های باستانی و میانه به آن پرداخته است. کتاب قراضه طبیعیات منسوب به ابوعلی سینا در فرازهایی، به سبک پرسش و پاسخ، این مهم را مورد بحث قرار داده است. با بررسی سابقه صوت در آرا و نظریات دانشمندان پیشین و بازنویسی متن نظریات ابن سینا درباره پدیده صوت، نکات علمی مندرج در نظریه ابن سینا با زبان علمی روز و مبتنی بر قواعد و مبانی فیزیک معاصر تشریح می‌شود. ابوعلی سینا کاملاً بر پاره‌ای از اصول انتشار موج صوتی 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 و مایع و گاز نیز آگاهی داشته است.

### واژگان کلیدی

ابن سینا، قراضه طبیعیات، انتشار صوت، موج

۱- تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۷/۲۳؛ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۲/۱۹

۲- دانشیار گروه مهندسی مکانیک دانشگاه تربیت مدرس

## طرح مسئله

این مقاله، بحث اصلی خود را معطوف به موضوع علمی و مهم پدیده انتشار صوت کرده است، بدان گونه که در *قراضه طبیعیات* منسوب به ابن سینا آمده است. موضوع ماهیت صوت و نحوه انتشار و ساز و کار شنیدن و درک آن، مطلب پیچیده‌ای است. به همین دلیل برخلاف پاره‌ای از مسائل دیگر طبیعیات، مانند جسم و حرکت، چندان مورد توجه واقع نشده است و منابع کم و اطلاعات اندکی از دانشمندان تمدن باستانی و تمدن اسلامی برجای مانده است.

کتاب *قراضه طبیعیات*، در فصل چهارم، به وضوح به بحث درباره این پدیده مهم پرداخته است. خوشبختانه برخلاف پاره‌ای از نظریات دیگر این کتاب که بر پایه علمی کمابیش نادرست توصیف شده‌اند، نظریه‌های ابراز شده در خصوص پدیده صوت مطابق با موازین علمی امروز، قابل توصیف و تشریح است. انگیزه اصلی پرداختن به این مطلب نیز همین نکته است.

مقاله حاضر 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 ابن سینا در خصوص پدیده صوت که به صورت پرسش و پاسخ است، با استفاده از کتب *قراضه طبیعیات* و *دانشنامه علایی*، با ادبیات جدید بازگو می‌شود. آن‌گاه، نکات علمی مندرج در نظریه ابن سینا با زبان علمی روز تشریح می‌شود. در انتها، از نکات مطرح شده نتیجه‌گیری کلی صورت می‌گیرد.

## معرفی کتاب *قراضه طبیعیات*

*قراضه طبیعیات* کتابی است به زبان فارسی و منسوب به ابوعلی حسین بن عبدالله بن سینا (۳۷۰هـ - ۹۸۰ م - ۴۲۸ هـ / ۱۰۳۷ م) دانشمند مشهور ایرانی سده‌های چهارم و پنجم هجری. در انتساب کتاب به ابن سینا قرائنی بر له و شواهدی علیه آن وجود دارد. در هر حال، چون قول دقیقی بر نقض این انتساب نیست، ما نیز آن را منتسب به ابن سینا فرض می‌کنیم. یکی از دلایلی که می‌تواند صحت انتساب کتابی مانند *قراضه طبیعیات* را به ابن سینا تأیید کند، سطح و محتوا و نوع مطالبی است که در کتب منسوب به بوعلی و کتب قطعی وی مشترک است.

مرحوم دکتر غلامحسین صدیقی مصحح کتاب *قراضه طبیعیات* مقدمه مستوفایی نوشته‌اند که عمدتاً به نکات ادبی موضوع کتاب‌های علمی و فنی به زبان فارسی اختصاص یافته است، که برای علاقه‌مندان به موضوع بسیار مفید و ربط آن به محتوای کتاب *قراضه طبیعیات* اندک است. از ۹۲ صفحه مقدمه مصحح عملاً کمتر از پنج صفحه به معرفی محتوایی 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 چنان که ظفرنامه منسوب به بزرگمهر و رساله شش فصل ابوجعفر محمد بن ایوب طبری در اسطرلاب و کتاب التفهیم الاوائل صناعه التنجیم ابوریحان بیرونی و... بر طریق سؤال و جواب ساخته شده است» (ابن‌سینا، ۱۳۱۳، ص ۶۱-۶۲).

کتاب قراضه طبیعیات یک رساله علمی به زبان فارسی به شمار می‌رود که قدمت آن به بیش از ۱۱ سده پیش می‌رسد. چنانچه محتوای کتاب با مبانی علمی امروز مقایسه شود، شاید نتوان برای آن ارزش زیادی قایل 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 (مشمول بر ۱۶ باب یا پرسش و پاسخ)

فصل دوم - اندر مسائل نباتی (مشمول بر ۸ باب یا پرسش و پاسخ)

فصل سوم - اندر مسائل معدنی (مشمول بر ۱۰ باب یا ۱۰ سؤال و جواب)

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

نگارنده این مقاله، ترجیح می‌دهد که به سبک 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. مؤلف در پی ارائه یک بحث کامل (به عنوان مثال درباره مسائل حیوانی) نیست؛ بلکه توجه خود را در پاسخ به سؤالاتی متمرکز کرده است که احتمالاً بیش‌تر محل رجوع و پرسش بوده است. از این رو 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 شفا‌ی 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 است. در مقابل، به رغم این که کتاب‌هایی مانند آثار علوی (هواشناسی) اسفزاری، سهلان ساوی و محمد مسعودی و میزان‌الحکمه خازنی و نظایر آن در محدوده طبیعیات قرار می‌گیرد، 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 درخصوص گیاه‌شناسی

فصل سوم - مباحثی در حوزه دانش شیمی

فصل چهارم - مطالبی در حوزه فیزیک

موضوع مورد بحث مقاله حاضر بررسی سؤال و جواب در خصوص پدیده ایجاد و انتشار و آشکارسازی صوت، یعنی متعلق به مبحث فیزیک است. علت اصلی 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 به ویژه حرکت، اطلاعات زیادی در کتب و رسایل پیدا نمی‌شود. صوت همراه با موسیقی از مباحث مهم فیزیک به شمار می‌رفته است. مطالب اولیه درباره صوت عمدتاً به موسیقی مربوط می‌شود.

مطالعات اولیه درخصوص طبیعت صدا را به فیثاغورث<sup>۱</sup> (۵۰۰ - ۵۸۰ ق.م.) منسوب می‌کنند (Dampier, 1961, P.17). وی موفق شد که 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 او دریافت که دو ساز کشیده شده به نسبت طولی ۱ به ۲ نت را تولید می‌کنند که با یک اکتاو جدا شده‌اند. ساز بلندتر نت کوتاه‌تری را ایجاد می‌کند (Linsay, 1945, P.xi-xxv). اهمیت ایده فیثاغورث در خصوص ارتباط صوت با اعداد تا سده‌ها پس از آن مشخص نشد.

نمی‌توان گفت که همان بحث و جدل علمی که در خصوص ماهیت نور وجود داشت، پیرامون صوت نیز وجود داشته است؛ به این معنا که صوت یک پدیده ذره‌ای یا مفهومی موجی است. چرا که درخصوص طبیعت ذره‌ای صوت چندان مطالب جدی‌ای وجود ندارد. اما، احتمالاً انسان زمانی که امواج آب را مشاهده می‌کرد، به طبیعت موجی صوت پی برد. البته این تشابه، دقت علمی ویژه‌ای می‌طلبد. نوشته‌های ارسطو (۳۸۴-۳۲۲ ق.م.) مبین آن است که وی به طبیعت مکانیکی امواج صوتی که در محیطی مانند هوا منتشر می‌شود، پی برده بود. مقاله‌ای منسوب به وی به نام «پیرامون

---

1-Pythagoras  
2-Monochord

شنیدن اشیاء» (Loveday and Forster, 1984, P.1226-36) از حرکات انبساطی، انقباضی و فشرده شدن هوا می‌گوید و به نوعی بر موج طولی اشاره مجملی دارد.

در دوره تمدن اسلامی نیز مطالبی در خصوص پدیده صوت نگاشته شده است. به عنوان مثال در رسائل *اخوان الصفا* اشاراتی به این موضوع شده است. ابن سینا در *طبیعیات دانشنامه* نیز مطلبی در خصوص صوت دارد که در بخش بعد به آن اشاره می‌شود. حکیم ابونصر فارابی در رساله موسیقی خود به ماهیت صوت اشاره می‌کند. قطب الدین شیرازی با ذکر قول فارابی و ایرادهایی که ارموی بر آن وارد کرده است، ضمن رد ایرادها، نظر خود را درباره ایجاد و انتشار صوت بیان می‌کند (قطب‌الدین شیرازی، ۱۳۸۷، ج ۱، ص ۳۵-۴۳).

ابن سینا در بخش اول رساله *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. با توجه به تفصیل و دقت مطالب *قراضه طبیعیات* در این خصوص، متعرض مباحث ابن سینا در رساله *مخارج الحروف* نمی‌شویم (ابن سینا، ۱۳۴۸، ص ۶۳).

متأسفانه نویسندگان تاریخ علم، سابقه بررسی علمی و فنی پدیده صوت را از ارسطو آغاز و تا سده شانزدهم میلادی متوقف می‌دانند و وجود رکود کامل و عدم فعالیت علمی در این خصوص را تأکید می‌کنند (Caleon & Subramaniam, 2007, P.173-179). حال آن‌که 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، گالیه (۱۶۴۲-۱۵۶۴م.) نخستین دانشمندی باشد که در خصوص صوت مطلبی را در کتاب مشهورش با عنوان «گفتار در باب دو دانش جدید» نوشت (Galilei, 2001, P.99-102). برداشت نگارنده این مقاله بر آن است که نظریه ابن سینا در خصوص صوت هنوز دقیق‌تر از گالیه است، چرا که گالیه کماکان خود را بر همان قیاس امواج صوتی با امواج آب، محدود کرده است و به تعمیم ابن سینا دست نیافته است.

شاید بتوان نیوتن (۱۶۴۲-۱۷۲۷م.) را نخستین دانشمندی نامید که به طریق علمی طبیعت موجی صوت را توضیح داد. کار وی را دانشمندانی مانند رابرت بویل (۱۶۲۷-۱۶۹۱م.)، رابرت هوک (۱۶۳۵-۱۷۰۳م.)، ژوزف ساویر (۱۶۵۳-۱۷۱۶م.)، هلمهلتز (۱۸۲۱-۱۸۹۴م.) و به ویژه

۱- رساله *مخارج الحروف* را ابن سینا حدود ۴۱۴ هـ نوشته است. این رساله توسط خانلری به فارسی ترجمه و منتشر شده است.

ریلی<sup>۱</sup> (۱۸۴۲-۱۹۱۹م) که به مطالعه انتشار امواج صوتی را در جامدات و در کتاب نظریه صوت به خصوص در فصول اول، ششم، هفتم و هشتم به ارتباط دقیق صوت و ارتعاش در اجسام توجه کرد و به صورت بندی ریاضی آن دو همت گماشت (rayleigh, 1894) ادامه دادند تا آنچه که امروزه دانش‌آموزان و دانشجویان در کتب فیزیک امواج صوتی و یا مطالب تخصصی‌تر مانند مکانیک برخورد می‌خوانند، پایه‌ریزی شده باشد. مقاله بحث جالبی را در خصوص صوت عمدتاً از منظر فلسفی مطرح می‌کند، که چندان به موضوع مقاله حاضر مربوط نمی‌شود، اما مطالعه آن به علاقه‌مندان توصیه می‌شود (Pasnan, 1999, P.309-324).

پیش از این که بحث اصلی مقاله مطرح شود، مناسب است که تعریف موج<sup>۲</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 نقطه دیگر در محیط منتقل می‌کند و می‌تواند به صورت یک تغییر شکل الاستیک 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.

### نظریه ابن سینا درباره صوت

ابن سینا 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>۳</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 ظرف‌های رویین 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 این که صوت چیست گفته‌اند که برخورد یا کوفتن هوا است. به نظر من علت

1- Rayleigh

2- Wave

۳- 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.

صوت برخورد جسمی با جسم دیگر است تا آن که 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 به طور 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 ایجاد 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، دایره‌ای به وجود می‌آید و موج ایجاد می‌شود تا زمانی که تمام شود.

اکنون اگر بر ظرفی روئین و یا کاسه مسی کوبیده شود، ظرف مرتعش<sup>۱</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 حرکت ارتعاشی آن به محیط اطراف منتقل شده، موجب ارتعاش هوای محیط اطراف 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 روئین 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 موردنظر بر بالای بلندی قرار گرفته باشد؟

۱- به تعبیر ابن‌سینا، حرکت اطرادی - پی یک‌دیگر شدن، جنبش پیایی.

**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 به سوی بالا باشد، این حرکت با حرکت طبیعی هوا، که به سمت بالا است، 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 در می‌آید. اما 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 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 کناره حوض برسد و پس از برخورد با لبه حوض، باز می‌گردد 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 آن که 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 *دانشنامه 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 حفره گوش می‌شود و در نتیجه هوای ساکن داخل گوش را نیز موج می‌کند. این موج هوای داخل گوش (پرده گوش را مرتعش کرده) و عصب شنوایی را آگاه می‌سازد» (ابن‌سینا، ۱۳۳۱، ص ۱۵، ۱۶).

### تعریف و توصیف ابن‌سینا از امواج صوتی

در این بخش مهم‌ترین نکاتی که مؤلف قراضه طبیعیات در خصوص پدیده انتشار صوت مطرح می‌کند، توضیح داده می‌شود. برای مفیدتر کردن مطلب، از متون فیزیک جدید نیز تا حدی استفاده می‌شود.

### موج چیست؟ صوت کدام است؟

فرض کنید که در کنار استخری نشسته‌اید و سنگی را به داخل آب پرتاب می‌کنید. در اثر برخورد سنگ با آب، چین و شکن‌هایی ایجاد می‌شود که به صورت دایروی به طرف دیواره استخر حرکت می‌کنند. این، احتمالاً متداول‌ترین نمایش مفهوم موج است. ابن‌سینا از این تشابه و قیاس امواج آب و امواج صوتی به نیکی استفاده می‌کند که در ادامه به آن اشاره می‌شود. لازم به ذکر است که مولکول‌های آب در محدوده ناحیه معینی از فضا حرکت نوسانی دارند، اما مولکول‌ها، تمام مسیر به طرف دیواره استخر را نمی‌پیمایند. آنچه که حقیقتاً حرکت می‌کند، درون مایه یا انرژی است. مناسب است که در این جا توضیحات بیش‌تری داده شود.

به طور کلی، برای انتقال نیرو (قوه) و انرژی (درون مایه) دو روش وجود دارد: یکی ماده (ذره) و دیگر 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.

۱- در این مقاله برای توضیح مطالب از متن فیزیک هالیدی که دانشجویان در سال‌های اول دانشگاه فرا می‌گیرند، استفاده شده است see:halliday,2001.

ابن‌سینا تعریف نسبتاً واضحی از موج می‌دهد. نخست نظر پیشینیان را ذکر می‌کند که صوت (صدا) ناشی از برخورد (لایه‌های) هوا است. اما، 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 تحرک، تحرک مکانی، که جسم به صورت یکپارچه جابجا شود و یا دوران کند، نیست. بلکه ذرات آن به جنبش در می‌آید که از تعبیر «متحرک گردد اندر ذات خویش» استفاده می‌کند. به عبارت دیگر، صوت ناشی از اثر (دینامیکی) یک عامل خارجی روی جسم مورد نظر است به گونه‌ای 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 است. سوم اینکه صدا، موج صوتی ناشی از حرکت ذرات جسم است.

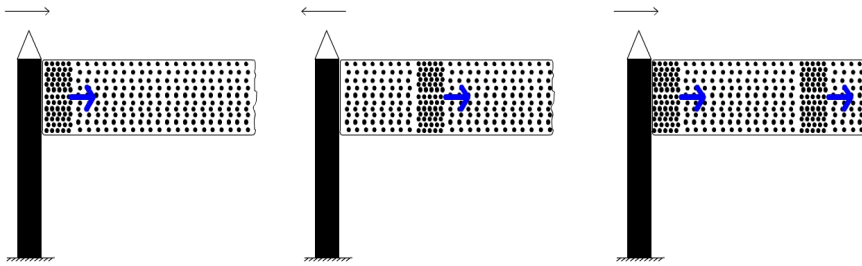
در این جا لازم به توضیح است که چنانچه نیروهای وارد شده به جسمی در فاصله زمانی بسیار کوتاه وارد شوند، پدیده ارتعاش و نیز ایجاد و انتشار امواج تنش رخ می‌دهد که به مبحث مکانیک برخورد مربوط می‌شود. موضوع مورد بحث ابن‌سینا، اعمال این گونه نیروها است؛ یعنی نیروهای ضربه‌ای که در اثر برخورد جسم مورد نظر به سازه هدف ایجاد می‌شود. امواج داخل جسم ناشی از ضربه با برخورد (قرع) است که تمام ذرات جسم را متأثر می‌سازد. توجه شود که مؤلف کتاب *قرصه 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، به عبارت دیگر در حرکت رفت و برگشتی سریع باشد، صوت ایجاد می‌شود. صوت از طریق حرکت موجی به گوش ما می‌رسد، که در آن، ماده حامل انرژی حرکت نمی‌کند، بلکه انرژی حاصل از منبع ارتعاشی با موج حرکت می‌کند.

### حرکت ارتعاشی جامدات

ابن‌سینا مثالی دیگر می‌زند که بسیار جالب است و البته توضیح پرسش اصلی است که هدف این توضیحات پاسخ به آن است. اکنون اگر بر ظرفی روئین کوبیده شود، ظرف به جنبش (ذاتی) در می‌آید. این جنبش اِطْرادی است، یعنی حرکتی پیاپی است و حالت رفت و برگشتی دارد<sup>۱</sup>. وی در

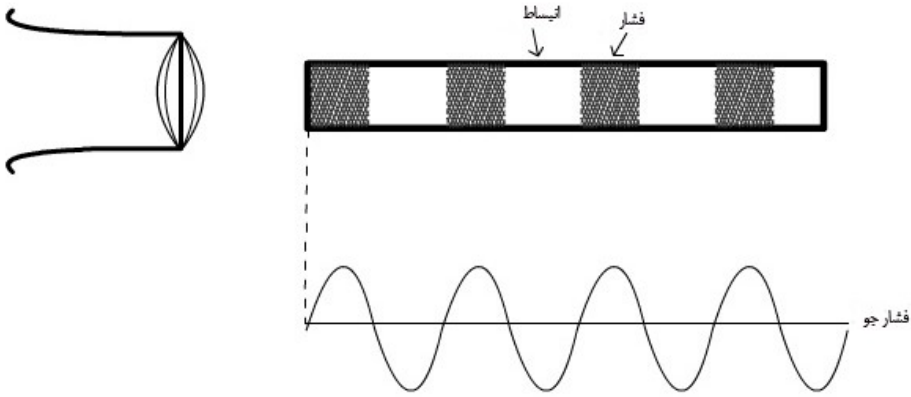
۱- طَرْدُأ و عكساً: عقب جلو، پس و پیش (اطراد: تتابع؛ پیوستگی، پشت سرهم).

تعریف حرکت اطردادی می‌گوید اگر نیزه‌ای را بلرزانیم، در تمام اجزای آن حرکتی ایجاد می‌شود که یکی در پس دیگری است. به این حرکت، حرکت اطردادی گفته می‌شود. این توصیف ابن‌سینا را فقط می‌توان با حرکت ارتعاشی قیاس کرد. توجه شود که قبلاً در تعریف گفته بود که ذات، یعنی تمام ذرات جسم به حرکت در می‌آیند. صدای جسم در اثر برخورد با جسم دیگر، که مسموع می‌شود، ناشی از لرزش و ارتعاش یا حرکت پس و پیش ذرات جسم برخوردنده است. شکل ۱ نیزه مرتعش ابن‌سینا همراه با حرکت موجی لایه‌های هوای مجاور را نشان می‌دهد.



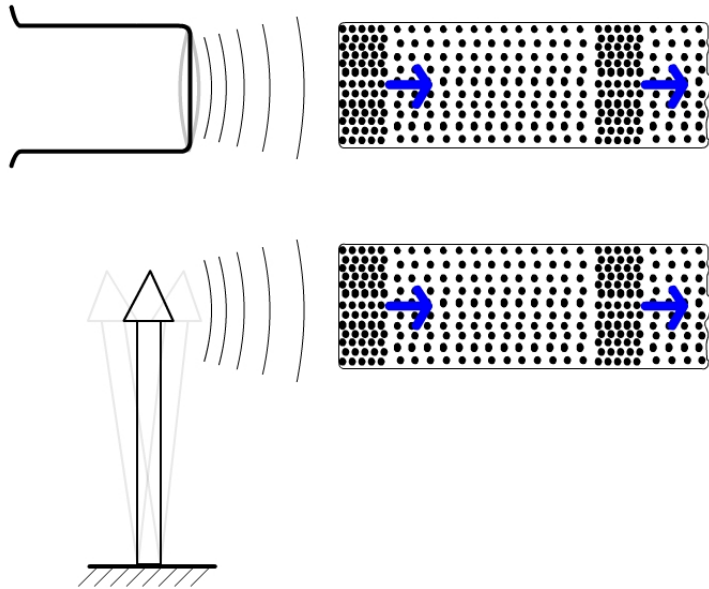
شکل ۱- انقباض و انبساط پیاپی لایه‌های هوا ناشی از ارتعاش نیزه ابن‌سینا

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 لایه مجاور ظرف آهنی شده و این لایه نیز حرکت خود را به لایه‌های بعد منتقل می‌کند و در سراسر محیط پخش می‌شود تا به وسیله آشکارساز صوت (مانند گوش انسان) برسد. بنابراین، ارتعاش یک جسم عملاً منشأ ایجاد صوت است. شکل ۲ ظرف رویین مرتعش ابن‌سینا را نشان می‌دهد.



شکل ۲- ظرف رویین مرتعش ابن سینا

هنگامی که نیزه ابن سینا مرتعش می‌شود، مثلاً با ضربه زدن به آن، تمام نیزه مرتعش می‌شود. اگر دست خود را روی نیزه 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 نیزه جامد مرتعش است، هوای اطراف خود را مرتعش می‌کند که این لایه هوا، لایه هوای مجاور خود را مرتعش می‌کند و به همین ترتیب و بدین وسیله ارتعاش به صورت موج هوا منتشر می‌شود. انتشار این ارتعاش از طریق هوا، همان موج صوتی مربوط است. شکل ۳، نیزه آهنی و ظرف رویین مرتعش ابن سینا را نشان می‌دهد که هوای اطرافشان از حرکت ارتعاشی آنها متأثر شده است و موجب تراکم و انقباض لایه‌های هوا و انتقال آن به لایه‌های مجاور می‌شود. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، نحوه انتقال حرکت موجی یکسان است.



شکل ۳- نیزه و ظرف مرتعش

### ملازمت حرکت (موجی) ذرات جسم و صدا

این سینا 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 تموجی محیط مادی است که ما فیزیک و مفهوم صوت را حس و درک می‌کنیم.

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

ابن سینا به وضوح تأکید می‌کند که هر نوع حرکت ارتعاشی را که در جسم، اعم از گازها و مایعات و جامدات رخ می‌دهد، می‌توان صوت نامید و یا آن را منشأ صوت دانست، حتی فارغ از آن که وسیله آشکارساز، مانند گوش، باشد یا نباشد. از تعریف ابن سینا این نکته مشخص می‌شود که طبق تعاریف امروزی، موج با توجه به این که به محیط واسط 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 اشیاء 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 این جا به روشنی بر ملازمت حرکت موجی و صوت تأکید می‌شود.

### شکل موج هوا

وی 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 مانوس 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 یک حالت میرایی تدریجی به قطعی گراید (اگر سطح آب وسیع باشد).

بنابراین، امواج آب در یک الگو و نقشه دایره‌ای در تمام جهات منتشر می‌شود که موجب تغییر مکان موقت ذرات آب می‌شود. مجدداً تأکید می‌شود که ذرات آب در محدوده کوچکی نوسانات همزمان طولی و عرضی دارد. آنچه واقعاً حرکت می‌کند الگوی موج است.

امواج صوتی تنها تفاوتشان با امواج آب آن است که این امواج در فضای سه بعدی با الگوی کروی منتشر می‌شود، که در حقیقت یک گوی منبسط شونده را از شکل‌های موج ایجاد می‌کند. این تفاوت را ابن‌سینا کاملاً متوجه بوده و قید کرده است.

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

### اثر شکل و جنس محیط بر انتشار صوت

ابن سینا به وضوح از اثر جنس جسم در انتشار امواج صوتی سخن می‌گوید. او نخست اثر رقت و غلظت (سطبری) را خاطر نشان می‌کند که با ادبیات جدید، «چگالی جسم» نامیده می‌شود. هر چه جسم غلیظ‌تر باشد، چگال‌تر است و هرچه رقیق‌تر، از چگالی کمتری برخوردار است. از سوی دیگر، اگر به جای ظرف آهنی بر قطعه‌ای بزرگ از روی یا آهن کوفته شود، صدای تولیدی آن با صدای ظرف میان تهی متفاوت است. چرا که در قطعه فلز، ارتعاش به شکل دیگری است؛ اما اگر جسم نرم (شکل‌پذیر) باشد، مانند قلع، صوتی از آن پدید نمی‌آید. همین مطلب برای سرب نیز صادق است. در این‌جا عملاً به عامل دوم مؤثر در انتشار امواج صوتی اشاره می‌شود که از آن به عنوان «خاصیت کشسانی محیط» یاد می‌شود. همچنین، چنانچه رشته یا تار روی ساز و یا زه کمان حلاجی‌تر باشد، صدایی ایجاد نمی‌کند و چون خشک باشد، صوت از آن پدید می‌آید و همین مطلب نیز برای غشای تر و خشک طبل نیز صادق است.

لازم به توضیح است که هنگامی که شیئی مانند ظرف رویین ابن‌سینا مرتعش می‌شود، هر ذره هوا به عقب و جلو (پس و پیش) حول موقعیت میانگین (متوسط) خود در امتداد محوری موازی جهتی که موج منتشر می‌شود، حرکت می‌کند. شکل ۳ توزیع فضایی افزایش فشار، (تراکم) و کاهش فشار (ترقیق<sup>۱</sup>)، 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

ابن سینا می‌گوید چون صدایی در فضای باز، مثلاً صحرا ایجاد شود، حرکتی در لایه‌های هوا به وجود می‌آید؛ حرکتی موجی که به صورت کروی از منبع ایجاد صوت به صورت منبسط شونده دور می‌شود. اما شدت صوت هر چه از منبع دور شود به ضعف می‌گراید تا زمانی که کاملاً میرا شود و چون صوت ماحصل حرکت هواسست، انقطاع حرکت هوا، معادل قطع شدن صدا است. از این رو، در این‌جا ابن‌سینا کاملاً و به وضوح نشان می‌دهد که وی به موضوع اتلاف انرژی صوتی و تضعیف شدن تدریجی شدت صوت ناشی از دور شدن از منبع صوتی آگاه بوده است.

1 - Rarefaction

بیان ابن‌سینا در خصوص نشنیدن صدا در صحرا (در فاصله دور از منبع)، به فرایند تضعیف<sup>۱</sup> موج صوتی اشاره دارد. تضعیف موج ناشی از دو عامل اصلی است، پخش شدن (انبساط) و جذب شدن (اتلاف).

امواج صوتی در فضای سه بعدی به شکل کروی از نقطه 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. شدت صوت نسبت معکوس با مجذور فاصله از منبع صوت دارد، البته مادامی که صوت با مانعی برخورد نکند.

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

### انعکاس (بازتاب) و انکسار (پراش) موج

ابن‌سینا گوید چنانچه در مسیر حرکت امواج صوتی مانعی ایجاد کنید، صوت از آن مانع نمی‌گذرد و حرکت در آن نقطه قطع می‌شود. البته ضمن توضیحات بعدی کاملاً مشخص می‌شود که ابن‌سینا به انعکاس موج صوتی ناشی از برخورد آن با مانع آگاه بوده است.

هنگامی که بین منبع و دریافت‌کننده صوت مانعی از نظر ابعادی محدود، گذاشته شود، امواج صوتی برای رسیدن به گوش در اطراف مانع، منکسر یا پراشیده می‌شود، به این پدیده انکسار یا پراش<sup>۲</sup> گفته می‌شود. پدیده انکسار موج صوتی را می‌توان به راحتی به زبان ریاضی توصیف کرد. آن چه که موجب مطرح شدن این پدیده در این مقاله شد، مثالی است که ابن‌سینا می‌زند. بدین ترتیب که اگر مانعی را در مسیر جوی آب قرار دهیم، جریان آب قطع می‌شود. مانعی (سیبکه) که در برابر جریان آب قرار می‌گیرد باعث می‌شود که اولاً مولکول‌های آب که با مانع برخورد می‌کنند متوقف شوند؛ دوم آن که بسته به دبی، آب از روی مانع سرریز می‌کند؛ سوم این که اغتشاشی در محل برخورد با مانع و آب سرریزی پشت مانع ایجاد شود. کمابیش همین وضعیت را برای برخورد موج با سطح محدود، مانند دیوار، نه نامحدود (خیلی بزرگ) مانند کوه، می‌توان مشاهده کرد. تحلیل فیزیکی و

1- Attenuation

2- Diffraction



ریاضی نحوه برخورد و انعکاس و انکسار (و نیز تفرق و شکست) موج، از مباحث مهم آکوستیک به شمار می‌رود.

ابن‌سینا در باب دهم سؤالی را مطرح می‌کند مبنی بر این که 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.

وی مثالی را ذکر می‌کند که کاملاً حکایت از وقوف علمی ابن‌سینا از پدیده انعکاس یا بازتاب موج صوتی 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 کناره حوض برسد. پس از برخورد با دیواره 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 خاطر نشان می‌کند که انعکاس موج صوتی مشابه بازتاب نور خورشید است که بر اجسام صاف و صیقلی تابیده می‌شود که موجب بازتاب نور خورشید می‌شود.

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 شیوه مشائی) 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 قسری، 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 بدتر از فردی که بر بلندی قرار گرفته است صدا را می‌شنود.

توضیح ابن‌سینا را می‌توان بدین‌گونه اصلاح کرد که هر چه 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، 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 پدیده وارونگی هوا مؤثر است.

### شنوایی سنجی<sup>۱</sup>

ابن‌سینا در *دانشنامه علایی* به وضوح به پدیده شنیدن اشاره می‌کند. بیان وی هر چند کوتاه و گاه مجمل است، اما می‌توان آن را آغازی بر دانش شنوایی سنجی و به ویژه از منظر فیزیولوژی دانست. گوش وسیله جالب و پیچیده‌ای برای حس صوت است. حفره بیرونی گوش امکان هدایت صوت را به طرف پرده گوش فراهم می‌آورد و به وضوح ابن‌سینا به آن اشاره می‌کند. مجرای ورودی صوت همانند یک لوله یک سر بسته مشدد (تشدیدکننده) عمل می‌کند که موجب تقویت عصب شنوایی<sup>۲</sup> 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 اجزای انسانی است که کاملاً به مثابه یک وسیله مکانیکی کار می‌کند.

### نتیجه‌گیری

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

1- Acoustics

2- Auditory Nerve

- ۱- منشاء 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.
  - ۴- 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).
  - ۶- حرکت (موجی) ذرات جسم و صدای ناشی از آن ملازم‌اند.
  - ۷- امواج صوتی در هوا، شکل کروی و حرکت آن منبسط شونده است.
  - ۸- صوت ناشی از حرکت ارتعاشی است. به عنوان مثال چنانچه ضربه‌ای به ظرف رویین یا نیزه فلزی ابن‌سینا وارد شود، این دو به ارتعاش در می‌آیند 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 اشعه نور، چون به مانعی، مانند کوه برخورد می‌کند، منعکس می‌شود. همین ویژگی را امواج آب، زمانی که به دیواره حوض برخورد می‌کنند، دارند.
  - ۱۲- تفاوت ارتفاع بین منبع صوت و حس‌گر صوت، مانند گوش، در بهتر یا بدتر شنیدن صدا مؤثر است.
  - ۱۳- پدیده شنیدن ناشی از ورود امواج صوتی به مجرای گوش، مرتعش کردن پرده گوش و تحریک عصب شنوایی است.
- در این مقاله با توضیح فشرده علمی نظریه ابن‌سینا، نشان داده شد که مؤلف کتاب *قراضه طبیعیات* در بیش 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.

## منابع و مأخذ

- ✓ ابن سینا، حسین بن عبدالله، *قراضه طبیعیات*، مقدمه و حواشی و تصحیح غلامحسین صدیقی، انجمن آثار و مفاخر فرهنگی، ۱۳۸۳
- ✓ \_\_\_\_\_ *طبیعیات دانشنامه علایی*، با مقدمه و حواشی و تصحیح محمد معین و سید محمد مشکوه، انجمن آثار ملی، ۱۳۳۱
- ✓ \_\_\_\_\_ *رساله مخارج الحروف یا اسباب حدوث الحروف*، ترجمه پرویز ناتل خانلری، تهران، بنیاد فرهنگ ایران، تهران، ۱۳۴۸، چاپ دوم
- ✓ قطب الدین شیرازی، محمود بن ضیاءالدین مسعود، *رساله موسیقی از دره التاج لغره الدباج*، تصحیح نصرالله ناصح پور، تهران، انتشارات فرهنگستان هنر، ۱۳۸۷
- ✓ معین، محمد، *فرهنگ فارسی*، تهران، انتشارات امیرکبیر، ۱۳۷۱
- ✓ 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
- ✓ Dampier W., *A History of Science and its Relations with Philosophy and Religion*, Cambridge University Press, 1961
- ✓ Galilei G., *Dialogues Concerning Two New Sciences*, William Andrew Pub., 2001, p. 99-102
- ✓ Halliday D. et al, *Fundamental of Physics*, John Wiley & Sons, 2001
- ✓ 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
- ✓ 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
- ✓ Pasnan R., "*What is Sound?*", *The Philosophical Quarterly*, Vol. 49, No. 196, July 1999, pp 309-324
- ✓ Rayleigh J.W.S., "*The Theory of Sound*", Dover Pub., (originally published at 1894)