

کرد و ظاهر است که ما بین اشیای متماسه حاجبی نیست که مانع از ملاقات باشد با آنکه ملاقات نیز ممکن نیست زیرا که چنانچه بیان کردیم جز طول و عرض سطح مقداری نیست که ما به التماس باشد و نیز اگر سطح الف د با هم متماس باشند سطح ب با سطح ج چگونه متماس می شود.

پاسخ ابن سینا

خدای عمرت دراز کند این مطلب را که بیان نمودی و گفتنی نیست از برای سطح جهات مگر در طول و عرض. این قول محل تأمل است، زیرا که از برای سطح غیر از طول جهت دیگری نیست. اگر برای سطح عرضی باشد آن عرض را عرضی دیگر خواهد بود و هکذا الی غیرالنهایه، و این محال است که تماس کند سطح الف با سطح جیم در جهت عرض بلکه اگر لابد شود از تماس با جهت طول خواهد بود. زیرا که غیر از طول برای سطح جهتی نیست و اینکه بیان نمودی ما بین اشیای مماس بر یکدیگر شیء دیگری نیست غیر صحیح است زیرا که ما بین دو تماس فصل مشترکی است و من آن را در ضمن فرق ما بین تماس و اتصال ثابت می نمایم و رجوع می کنیم به جواب مسئله به توفیق خداوندی. اما تماس را به قاعده ای که فیلسوف اعظم ارسطو در مقاله پنجم از کتاب سمع طبیعی ممهد کرده جمع شدن اشیای متماسه است با هم و در این اجتماع از وجود فصلی مشترک چاره نیست و الا شیئی واحد خواهند بود پس ثابت شده که میان دو جسم مماس بر هم شیئی واسطه ای موجود است و اما اتصال عبارت است از متحد بودن نهایات متصلین و در اینجا واجب است که شیئی واسطه ای میان آنچه به هم وصل شده اند قرار نگیرد. پس هرچه را نهایت و طرف باشد اتصال و تماس از برایش ممکن است و هرچه را طرف و نهایی نیست اتصال و تماس غیرممکن است. از این جهت اجزای لایتجزی را نفی کرده است. پس تماس جسم با جسم دیگر در سطح است که نهایت جسم و تماس سطح با سطح با خط است که نهایت سطح است و تماس خط با خط در نقطه است که نهایت خط و نهایت نهاییات است و از برای خودش نهایی نیست، و بدین سبب تماس او با چیزی جایز نیست و همچنین است حال در مابین کمیات متصله من حیث الوجود و در نقطه من حیث الامتناع و اگر در نقطه ها مثل اجتماع چیزی مفروض و متوهم شود باید اعتقاد کنیم که آن ماورای اتصال و تماس است بلکه اجتماع نوع آخریست معدوم الاسم. و سزاوار است که بدانیم حال چنین است در سطوح و خطوط اگر مجتمع شوند از غیر جهت نهایت خود (اگر سطحی با سطحی در جهتی که نهایت او نبود و همچنین اگر خطی با خطی ملاقات کند در غیر نقطه) آن نوع اجتماع از قبیل تماس و اتصال نیست و به حدی محدودنی و نیز باید دانست که اجتماع سطوح متراکمه را عمق نمی گویند و اجتماع خطوط را نیز سطح



(بخش دوم)

پرسش و پاسخ های ابوریحان و ابن سینا

اسفندیار معتمدی

اشاره

در شماره قبل چهار پرسش و پاسخ ابوریحان و ابن سینا را بررسی کردیم. اکنون به بقیه این پرسش و پاسخ ها می پردازیم.

۵. پرسش پنجم ابوریحان:

در میان چهار سطح ا.ب.ج.د خطهای فرضی و بدون عرض تصور شده است. مشخص است که این سطحها با همدیگر متماس هستند و چهارضلعی را به وجود آورده اند. واضح است که سطح را از جهات بعدها جز طول و عرض نیست. پس اگر سطح الف با طول با سطح ب و با عرض با سطح ج متماس است، تماس آن با سطح د چگونه است؟ روشن است که میان چیزهایی که با هم متماس هستند چیزی وجود ندارد که مانع تماس آنها با هم باشد. سطوح اربعه ا. ب. ج. د بدین هیئت و در میان آنها خطوط و همیه بدون عرض توهم می کنیم و محسوس است که این سطح با اضلاع همدیگر متماس خواهد بود تا چهار ضلعی پیدا شود. واضح است که سطح را از جهات مقداری جز طول و عرض نیست پس اگر سطح الف تماس کند با سطح ب در طول و با سطح ج در عرض و با سطح د چگونه تماس خواهد

نمی‌نامند و اجتماع نقاط را خط نام نهند بلکه در اجتماع این اشیا چیزی بر مرتبهٔ اولی افزوده نمی‌شود. برهان این مطلب آنکه اگر دو سطح با هم مجتمع گشته زیاده از سطح واحد باشند آن زیادت لامحاله عمق خواهد بود و عمق خود کمیت ممتده‌ای است که دو طرف آن منتهی به سطحین باشند و ما که در مابین سطحین مقداری وضع نکرده‌ایم بلکه بیش از دو سطح چیزی مفروض نکرده بودیم پس این مقدار مابین سطحین از چه راه پدید آمد و از کجا پیدا شد و نیز گوییم اگر ما بین آن سطحین بعدی متعین شود لازم آید که سطحین با هم اجتماعی مشابه تماس و اتصال است نکرده باشند و هنوز اتصالی و تماسی واقع نشده باشد بلکه ما بین آن‌ها بعدی است که مرتفع نگشته مگر اینکه این اجتماع را در وهم قرار دهیم و حال آنکه موضوع مطلب تماس و اجتماع در خارج است و از این‌رویی واضح آمد که اگر دو سطح با هم مجتمع شوند، زیاده از سطح واحد نیست و سطوح کثیره را نیز بدین بیان فرض می‌کنیم زیرا که اگر سطوح کثیره بر روی هم متراکم آیند در هر اثنین از آن‌ها این کلام گوییم چون آن اثنین زیاده بر واحد نشد آنگاه آن اثنین را با اثنین دیگر ملاحظه کنیم و از این ملاحظه حاصل آید که مجموع سطوح متراکم بر سطح واحد مزید نیابد و همچنین است کلام در خط و نقطه آنگاه گوییم سطح الف تماس کرده در طول واحد با سطح ب و متصل گشته و مماس شده با سطح ج نیز از طول دیگری زیرا که نهایتا سطوح ا ب ج منتهی گشته بر نقاط ه و ز. و این نقاط با هم نوعی از اجتماع حاصل کرده و متحد گشته‌اند و از جهت اجتماع و اتحاد این نقاط زاویه ط پیدا گشته و آن خود نقطهٔ واحدی است مابین آن نقاط و منظم می‌نماییم بر سطوح سه‌گانه که با هم متحد شده‌اند سطح در او آن سطح مماس گردد و متصل شود با دو خط خود با دو خط دو سطح ج ب و نقطهٔ آن دو و نقطهٔ که ط باشد بر سبیل مجاز مشترک است مابین سطوح سه‌گانه به این معنی که نقطهٔ هر کدام از این سطوح تواند شد.

پرسش ششم ابوریحان:

اگر بپذیریم که خلأ در داخل و خارج عالم وجود ندارد، پس چرا اگر هوای درون ظرف شیشه‌ای مکیده شود و وارونه بر آب قرار گیرد، آب را به سوی بالا می‌کشد؟

پاسخ ابن سینا:

علت بالا رفتن آب، وجود خلأ نیست؛ بلکه وقتی شیشه مکیده می‌شود، چون هوای شیشه بیرون نمی‌آید، تا خلأ حاصل شود؛ شدت دمیدن در هوا اثر می‌کند و حرکت قسری (حرکت برخلاف میل و تحمیل‌شده از خارج) هوا به وجود می‌آید که در نتیجه، می‌خواهد حجمش افزایش یابد. از این‌رو

بخشی از هوا جدا شده و بیرون می‌رود و قسمتی از آن در شیشه باقی می‌ماند و چون شیشه بر روی آب قرار گیرد، هوا در اثر وجود آب، سرد و منقبض شده و به اندازه کاهش حجم آب، بالا می‌رود تا شیشه خالی نماند. آیا نمی‌بینی که اگر در شیشه بدمی و هوا را در آن داخل کنی، باز همین حالت مشاهده می‌شود؟ پس معلوم می‌گردد که به سبب انبساط هوا و مکیدن آن، همان وضعی به وجود می‌آید که وقتی شیشه را گرم کنی ایجاد می‌شود. در پاسخ همین اندازه کافی است.

اعتراض ابوریحان

این‌گونه دلیل و برهان آوردن، نظریه وجود خلأ را تأیید می‌کند. ولی اگر معتقد به عدم خلأ باشیم، وقتی در اثر مکیدن ظرف شیشه‌ای، هوا منبسط شد و آنچه زیادت از حجم ظرف بود بیرون رفت، این مقدار افزایش یافته، به کجا می‌رود؟ جز اینکه گفته شود: هوا به همان اندازه سرد و منقبض می‌گردد، به طوری که انقباض آن با انبساط هوای ظرف برابر می‌شود؟ نتیجه آزمایش در این موضوع، آن است که اگر در ظرف بدمیم، همان حال پیدا می‌شود که در مکیدن. نتیجه تجربه من آن است که نه فقط در ظرف، بلکه در آب رودخانه جیحون هم دیدم که هوا ضمن تولید صدا، از ظرف بیرون آمد و آب به ظرف شیشه‌ای وارد نشد.

توضیح

پیش از این گفتیم که ارسطو و پیروان او به وجود خلأ باور نداشتند، ولی ابوریحان وجود خلأ را پذیرفته بود. اکنون وجود خلأ امری ثابت شده است؛ یعنی مکان‌هایی وجود دارد که در آن‌ها ماده موجود نیست. عملاً هم به کمک تلمبه تخلیه هوا می‌توان فضاهای محدود خلأ به وجود آورد و آزمایش‌هایی انجام داد. البته خلأ مطلق یعنی فضایی که به کلی خالی از ماده باشد، مفهوم ذهنی است و تاکنون ایجاد آن ممکن نشده است. نخستین روش تولید فضاهای خالی به‌وسیله تورپچلی (۱۶۰۸-۱۶۴۸) امکان‌پذیر شد. او با استفاده از لوله‌ای که در آن جیوه ریخت توانست فضای نسبتاً خالی از هوا به وجود آورد. او لوله شیشه‌ای به‌طول تقریبی یک متر و به قطر یک سانتی‌متر را پر از جیوه کرد و آن را روی تشتکی برگرداند و ملاحظه کرد که ابتدا جیوه پایین می‌آید و در سطح مشخصی می‌ایستد. ارتفاع ثابت ستون جیوه در کنار دریا ۷۶۰ میلی‌متر خواهد بود. او با استفاده از این آزمایش فشار هوا را اندازه گرفت.

در عمل، تولید خلأ به وسیلهٔ تلمبه‌های مخصوصی صورت می‌گیرد. نخستین تلمبه‌های تولید خلأ که هم‌اکنون هم



اگر بپذیریم که خلأ در داخل و خارج عالم وجود ندارد، پس چرا اگر هوای درون ظرف شیشه‌ای مکیده شود و وارونه بر آب قرار گیرد، آب را به سوی بالا می‌کشد؟



توضیح

این سینا شکسته شدن ظرف را مربوط به انبساط و انقباض هوا می‌داند در صورتی که افزایش حجم آب بر اثر یخ بستن سبب شکسته شدن ظرف می‌شود. می‌دانیم که حجم اجسام بر اثر انجماد کاهش می‌یابد و آب از این نظر استثنا دارد. آب بر اثر سرد و منجمد شدن، افزایش حجم می‌یابد و چون ظرف منبسط نمی‌شود در نتیجه فشار حاصل از انبساط حجم سبب شکسته شدن ظرف می‌شود. حوض‌ها و استخرها در زمستان که هوا خیلی سرد است و آب آن‌ها یخ می‌بندد ممکن است شکسته شوند. بطری شیشه‌ای پر از آب یا شربت هم اگر یخ ببندد می‌شکند. شرح بیشتر را در توضیح بعدی خواهید دید.

۷. پرسش هشتم ابوریحان

چرا اگر یک قطعه یخ را در آب بیندازیم، بر روی آب می‌ماند و پایین نمی‌رود؟ در صورتی که یخ بر اثر سرما و انجماد آب به‌وجود می‌آید و حالت خاکی بودن در آن بیشتر است.

پاسخ ابن سینا

این موضوع روشن و آشکار است که آب هنگام یخ بستن، مقداری از هوا را در سوراخ‌ها و فضاهای درون خود نگه می‌دارد و همین مقدار هوا، مانع از آن می‌شود که یخ به زیر آب فرو رود.

ابوریحان به این پاسخ اعتراض نکرده است.

توضیح

به‌طوری که گفتیم بر اثر منجمد شدن آب حجم افزایش می‌یابد در صورتی که مواد دیگر بر اثر انجماد کاهش حجم می‌یابند. بنابراین انبساط آب غیرعادی است.

علت انبساط غیرعادی آب

علت انبساط غیرعادی آب مربوط به وضع مولکول‌های آب در حالت جامد و مایع آن است. برای توضیح این پدیده لازم است ساختمان مولکولی آب و نیز اتم‌های سازنده آن بررسی شود. هر مولکول آب از یک اتم اکسیژن و دو اتم هیدروژن

به کار می‌روند مانند تلمبه‌های مکشی آب هستند. فناوری ایجاد خلأ بسیار پیشرفت کرده است و در تحقیقات علمی بسیاری از وسایل از این فناوری استفاده می‌شود.

۶. پرسش هفتم ابوریحان

اگر در اثر گرما، اجسام منبسط می‌شوند و در اثر سرما، منقبض می‌شوند، و شکافته و پاره شدن قمقمه‌ها در اثر انبساط آن‌هاست، پس چرا ظرف‌ها هنگامی که آب درون آن‌ها منجمد می‌شود، می‌شکنند؟

پاسخ ابن سینا

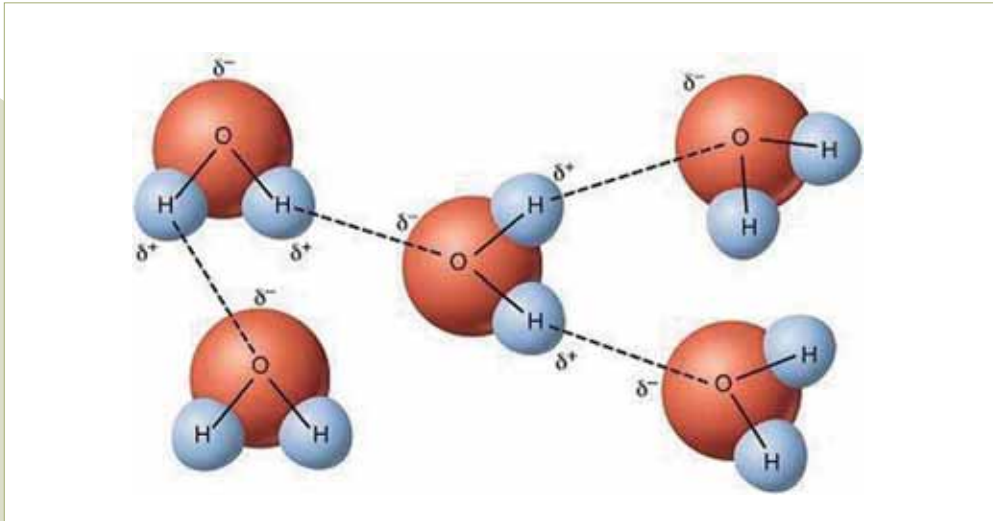
پاسخ این پرسش، از خود مسئله ظاهر و آشکار است. زیرا هوا در حین انبساط، به جای بیشتری نیاز دارد و سبب شکسته شدن قمقمه می‌شود. همچنین هنگام سرد شدن منقبض می‌شود و جای کمتری می‌گیرد و نزدیک می‌شود که خلأ در قمقمه پدید آید و چون پیدایش خلأ امکان ندارد، در نتیجه، قمقمه شکسته می‌شود و در طبیعت، نمونه‌های دیگر بسیار است و اما آنچه ذکر کردیم، کافی است.

اعتراض ابوریحان

اگر شکستن قمقمه از درون باشد، این بیان درست است. اما آشکارا خلاف آن است و می‌بینیم که شیشه به بیرون می‌شکند و به نظر می‌رسد که ظرف گنجایش مواد درون خود را ندارد.



ابن سینا شکسته شدن ظرف را مربوط به انبساط و انقباض هوا می‌داند در صورتی که افزایش حجم آب بر اثر یخ بستن سبب شکسته شدن ظرف می‌شود



▲ به نظر می‌رسد اتم‌های هیدروژن، مولکول‌های آب را در کنار یکدیگر نگاه داشته است.

عکس‌برداری کرد، در عکس به نظر می‌رسد که کوه یخی شکسته می‌شود و هر قسمت می‌تواند بر قسمت دیگر بلغزد. وقتی دما را به تدریج افزایش دهیم، گرمایی که آب می‌گیرد، سبب شکسته شدن پیوند بلوری و افزایش جنبش گرمایی می‌شود. جنبش گرمایی بیشتر، سبب افزایش حجم ماده می‌شود، در صورتی که مولکول‌هایی که در شبکه بلوری در فاصله مشخصی از هم قرار داشتند، در حالت مایع به هم نزدیک‌ترند و حجم کمتری را اشغال می‌کنند.

باید توجه داشت که در دمای صفر درجه همه مولکول‌های یخ از شبکه بلوری خارج نمی‌شوند و بر اثر افزایش دما، به تدریج شبکه بلوری شکسته می‌شود و مولکول‌ها به هم نزدیک‌تر می‌شوند و هم‌زمان، جنبش مولکولی سبب افزایش حجم مایع می‌شود. دو عامل کاهش و افزایش حجم سبب می‌شوند که تا دمای ۴ درجه، حجم آب به کمترین مقدار خود برسد و از آن پس، با زیاد شدن جنبش مولکولی، پدیده عادی افزایش حجم آب مشاهده می‌شود.

در هنگام سرد کردن آب تا دمای ۴ درجه، حجم کاهش می‌یابد ولی در فاصله ۴ تا ۰ درجه به سبب تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌ها و تشکیل شبکه بلوری، فاصله بین مولکول‌ها زیادتر می‌شود و در نتیجه حجم افزایش می‌یابد.

(H₂O) ترکیب شده است. هر اتم اکسیژن دارای ۸ الکترون است. از این تعداد، ۲ الکترون بر سطح انرژی K=۱ و شش الکترون بر سطح انرژی L=۲ با آرایش زیر قرار دارند:



هر اتم هیدروژن دارای یک الکترون است (1s¹) و زمانی که یک اتم اکسیژن با دو اتم هیدروژن پیوند می‌یابد، مولکول قطبی^۱ آب را ایجاد می‌کند که وضع اتم‌ها در آن به این صورت است:

زاویه پیوند در این مولکول حدود ۱۰۵° (۴۱'، ۱۰۴°) و فاصله دو مرکز اتم‌های اکسیژن و هیدروژن ۰/۹۹ آنگستروم است. در مولکول آب علاوه بر آنکه هیدروژن و اکسیژن بر هم نیرو وارد می‌کنند، نیروهای الکتروستاتیکی هم بر اثر وجود هیدروژن موجود است که سبب می‌شود هر مولکول آب با چهار مولکول مجاور خود پیوند یابد (پیوند هیدروژنی) و یک شبکه بلوری را ترتیب دهد. در یخ مولکول‌های آب کاملاً با یکدیگر پیوند می‌یابند و حلقه‌های شش‌ضلعی به وجود می‌آورند. این شش‌ضلعی‌ها همه به هم متصل‌اند و ساختمان قفس‌مانند گسترده‌ای را در حجم یخ می‌سازند. فاصله بین دو اکسیژن مجاور ۰/۲۷۶ A^۲ است. وقتی که یخ را گرم کنیم در دمای ذوب، یخ به شبکه‌های کوچک‌تری شکسته می‌شود و اگر بتوان در لحظه کوتاهی از این تبدیل

پی‌نوشت‌ها

۱. مولکول قطبی مولکولی است که نقطه اثر بارهای مثبت و منفی آن برهم‌منطبق نباشند. به سبب آنکه هسته اکسیژن دارای ۸ بار مثبت و هسته هیدروژن شامل یک بار مثبت است، بارهای منفی به طرف اکسیژن کشیده شده و از هیدروژن دور می‌شوند و در نتیجه برآیند بارها در اطراف هسته هیدروژن مثبت و در اطراف اکسیژن منفی خواهد شد (مولکول قطبی آب) و همین امر نیروی الکتروستاتیکی ایجاد می‌کند که بر مولکول‌های دیگر مؤثر است.

۲. A (Angström) نام دانشمند سوئدی است. آنگستروم واحد طول می‌باشد که برابر ۱۰^{-۱۰} متر است.