

حیات کوانتومی آب

مولفین:

دکتر مجتبی میرسراجی

دکتر حسین نیاسری



امروز همانند گذشته، آب به عنوان ماده‌ای اثرگذار در فرهنگ، اجتماع و سیاست ملت‌ها و جوامع، شناخته می‌شود. آب از دیدگاه مولکولی از دو اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن، ساخته شده است. این مولکول به ظاهر ساده، آن چنان با زندگی و حیات روزمره‌ی انسان‌ها و حتی دیگر موجودات، گره خورده است که خیلی از نزاع‌ها و جنگ‌هایی که در طول تاریخ رخ داده است، به طور مستقیم یا غیرمستقیم، به دلیل اهمیت آب بوده است.

در کتاب حاضر، ابتدا به مولکول آب، اشاره و در ادامه، نگرش‌های موجود و مقبول در علوم شیمی و فیزیک در این زمینه، معرفی شده است. مدل و نظریه‌ای جدید از آب، موسوم به فاز چهارم آب در فصل دوم مطرح شده است. این مدل، بیان می‌دارد که آب در مجاورت با هر نوع سطح آب‌دوست، توانایی تبدیل حالت خود از مایع به مایعی بلوری را دارد. آب در فاز چهارم که به آب ایتری نیز شناخته می‌شود، توصیف‌گر برخی از پدیده‌هایی است که تاکنون با استفاده از نظریه‌های پیشین، قابلیت حل و توجیه را نداشته‌اند. از این جمله می‌توان، پدیده‌ی پخش، حرکت براونی، اثر موبینگی، چگونگی تشکیل ابر در آسمان و ... را ذکر نمود.

در فصل سوم، با نگاهی جمعی به مولکول‌های آب (برخلاف نگاه‌های تک‌مولکولی و جزئی)، از همدوسی کوانتومی در آب، سخن به میان می‌آید. مدل آب همدوس که از دیدگاه‌های کوانتومی و به-ویژه، الکتروپنایمیک کوانتومی سرچشمه می‌گیرد، آب را متشکل از جزایری همدوس و ناهمدوس فرض می‌کند که نواحی همدوس، از طریق انتقال اطلاعات خود به وسیله‌ی فرکانس نوسان و پدیده‌ی تشدید (رزونانس)، ارتباط بین یکدیگر را برقرار می‌کنند.



موسسه آموزش پژوهشی طبوبی سلامت

ارشد

ISBN 978-612-08-6094-0



قیمت: ۱۳۰۰۰۰ ریال

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

حیات کوانتومی آب

تألیف:

دکتر مجتبی میرسراجی

دکتر حسین نیاسری

صاحب امتیاز:

موسسه آموزشی تحقیقاتی طبوبی سلامت ایرانیان



انتشارات: مؤسسه آموزشی تألیفی ارشدان

حیات کوانتومی آب
دکتر مجید عزیزی
دکتر مجتبی میرسراجی
دکتر حسین نیاسری
آموزشی تألیفی ارشدان
دکتر مجتبی میرسراجی
اول
اول ۱۴۰۲

www.irantypist.com
مؤسسه آموزشی تحقیقاتی طوبی سلامت ایرانیان
۹۷۸-۶۲۲-۰۸-۶۵۹۴-۰
۱۰۰۰
www.arshadan.com
www.arshadan.net
۰۲۱۴۷۶۲۵۵۰۰
۱۱۳۰۰۰ تومان

■ نام کتاب:
■ سرپرست مرکز:
■ تألیف:

■ ناشر:
■ ویراستار:
■ ویرایش:
■ نوبت چاپ:
■ حروفچینی و صفحه‌آرایی:
■ طراح و گرافیسٹ:
■ شابک:
■ شمارگان:
■ مرکز خرید آنلاین:
■ مرکز پخش و توزیع:
■ قیمت:

پیشگفتار

آب؛ همیشه معماست. ماده‌ای ساده که منطق خود را به چالش می‌کشد. با وقوع باران، و فراوانی آب، شگفتی آن را دو چندان می‌کند. و با کمبود آن، همه چیز به خطر می‌افتد. اما در جستجوی پاسخ به این معمای بزرگ، ما فراتر از قوانین فیزیک و شیمی می‌رویم و در صدد آن هستیم که مهمترین جایگاه این معجزه طبیعی را در حیات وجودی‌مان کشف کنیم. از جمله اینکه چگونه حقیقت‌های ساده‌تر و نهایتاً همه‌جانبه را رقم بزنیم و تاثیرات بزرگ آن را در هر زمینه از علوم تجربی تا ادبیات بررسی کنیم، و به ما کمک کند تا نسبت به دنیایی که در آن زندگی می‌کنیم، جدی‌تر بنگریم.

این کتاب، در خصوص مطالب جدید علمی در شگفتی‌های آب می‌باشد و با بررسی خواص آب و ملکول آن، جایگاه حیات آب را در زندگی ما مورد بررسی قرار می‌دهد. از این فرصت استفاده می‌کنم تا از نویسندگان این کتاب، که با دقت و زحمت بسیار برای گردآوری و تدوین این مطالب علمی ارزشمند کوشش کرده‌اند، تشکر کنم.

مطمئن هستم که این کتاب، هم برای دانشجویان و پژوهشگران علوم طبیعی، هم برای عموم مردم، بسیار مفید خواهد بود و به نحوی می‌تواند به دانش جامعه بشریت در خصوص جایگاه حیات آب در علوم و محیط زیست، کمک کند.

مدیر و صاحب امتیاز موسسه آموزشی پژوهشی طبوبی سلامت ایرانیان

دکتر مجید عزیزی

سخن مؤلفین

آب، مایه‌ی حیات است. از آموزه‌های ملی، دینی و اخلاقی، شنیده‌ایم که آب، عنصری حیات‌بخش در زندگی انسان‌ها است. حتی پروردگار هستی، در قرآن کریم از آب به عنوان زنده‌کننده‌ی همه‌ی اشیاء یاد کرده‌اند. در قرن پیشین میلادی، دانشمندان فیزیک و شیمی به جستجوی ویژگی‌های مولکول‌ها و اتم‌ها پرداختند. کنکاش‌ها و پژوهش‌ها در این زمینه، به شناخت ما از آب و سایر مواد منجر شد. پژوهش‌ها امروزه هم‌چنان ادامه دارند و برخی از این موارد در مورد آب را در کتب دوره‌ی دبیرستان به دانش‌آموزان آموزش می‌دهند؛ اما با این حال، نظریات و فرضیات نوین در زمینه‌ی آب، درب‌های جدیدی را روی محققان گشوده است. ما در این کتاب تلاش کردیم تا با زبانی ساده و عامه‌پسند، ویژگی‌های اولیه‌ی فیزیکی، شیمیایی و بیوفیزیکی آب را اجمالاً بیان کنیم و در ادامه، به بررسی ویژگی‌های جالب و کمتر شنیده‌شده‌ی آن بپردازیم.

مولکول آب که تنها از دو اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن ساخته شده است، ویژگی‌ها و عجایب بسیاری دارد که در این کتاب به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. سعی بر آن بود تا کتابی برای مخاطب عام فراهم کنیم تا بتوانیم مفاهیم اولیه‌ی این ماده‌ی مهم در طبیعت را به همگان بشناسانیم و قدمی در جهت آگاهی جامعه نسبت به آب و کاربردهای جالب آن برداریم. اشاره به این نکته خالی از لطف نخواهد بود که برای رفع گرسنگی می‌توانیم از مواد غذایی متنوعی بهره ببریم ولی برای رفع تشنگی، فقط آب چنین کاری را انجام می‌دهد. این مثال، نشان‌دهنده‌ی اهمیت آب در زندگی روزمره‌ی انسان‌ها و موجودات زنده است. سؤالی که می‌توان پرسید این است که در واقع با نوشیدن جرعه‌ای آب، حال خوشی را کسب می‌کنیم ولی در فیزیک و یا شیمی امروزی، چیزی از احساس خوب کسب‌شده صحبت نمی‌شود؛ آیا واقعاً قدرتی ماورای مولکول آب در کسب حال خوش وجود دارد؟ با این پرسش و سایر پرسش‌های اساسی دیگر، می‌توان از اهمیت و جایگاه آب در زندگی و حیات بشر صحبت نمود و شاید تذکری برای دانشمندان و فرهیختگان در عرصه‌ی علوم باشد تا با پژوهش‌های منحصر به آب، ما را در جهت درک این ماده‌ی ساده ولی عجیب و حیات‌بخش کمک کنند.

در پایان مراتب قدردانی و سپاس خود را از جناب آقای حسینقلی و مؤسسه آموزشی تحقیقاتی طوبی سلامت ایرانیان، بابت حمایت‌های مادی و معنوی ایشان از مؤلفین کتاب، ابراز می‌داریم و آرزو داریم، این کتاب برای مخاطبان و علاقه‌مندان به مسئله‌ی آب که از هر لحاظ در زندگی ما انسان‌ها و به‌ویژه، هموطنان عزیزمان اهمیت دارد، چراغ راهنمایی باشد.

دکتر مجتبی میرسراجی

دکتر حسین نیاسری

تهران، زمستان ۱۴۰۱

فهرست مطالب

فصل نخست: آب؟!..... ۱۱

۱. جایگاه آب ۱۲
۲. ساختار آب ۱۳
۳. خوشه‌های مولکولی آب ۲۹
۴. برهم‌کنش آب با امواج الکترومغناطیس ۳۲
۵. ویژگی‌های جالب و نامتعارف آب ۳۵
۶. انواع آب ۴۱
۷. آلاینده‌های آب ۵۰

فصل دوم: آب در حالت چهارم؟!..... ۵۳

۱. رازهای آب در دنیای پیرامون ۵۵
۲. رفتار اجتماعی مولکول‌های آب ۵۹
۳. رفتار آب در مرز مشترک با مواد دیگر ۶۲
۴. نظریه‌ی لایه‌ی دوتایی بار و مدل آب ایزی ۶۵
۵. اثبات فیزیکی وجود آب ایزی ۶۷
۶. نظم در آب ایزی ۷۲
۷. ساختار بلوری آب ایزی ۷۴
۸. نقص شبکه‌ی بلوری آب ایزی ۸۳

۹. آب ایزی با بار الکتریکی مثبت! ۸۵
۱۰. آب پروتونی ۸۶
۱۱. باتری آبی ۹۱
۱۲. شارژ باتری‌های آبی ۹۴
۱۳. دشارژ باتری‌های آبی ۹۹
۱۴. تابش از آب ۱۰۳
۱۵. آب، مبدل انرژی در طبیعت ۱۰۶
۱۶. تبدیل انرژی شبه فوتوسنتز در آب ۱۱۰
۱۷. جذب بارهای الکتریکی همنام؟! ۱۱۱
۱۸. آب ایزی و حرکت براونی ۱۱۸
۱۹. آب ایزی و ارتباط گرما - تغییر حجم آب ۱۲۵
۲۰. بازتعریف پدیده‌های پخش و اُسمُز ۱۳۰
۲۱. برخی نقش‌های کلیدی آب پروتونی در زندگی روزمره ۱۳۸
۲۲. حباب و قطره ۱۴۶
۲۳. گذار قطره به حباب ۱۵۰
۲۴. ساز و کار زیپ کردن قطره‌ها یا حباب‌ها به یکدیگر ۱۵۵
۲۵. الگوی تبخیر سطحی ۱۶۲
۲۶. اثرات مکانیکی سطح آب بر اجسام ۱۷۹
۲۷. آب ایزی و اثر موینگی ۱۸۹
۲۸. گذار فاز از آب ایزی به یخ ۱۹۴
۲۹. بازنگری در برخی نگرش‌های فیزیکی! ۲۰۶

فصل سوم: همدوسی کوانتومی در آب ۲۰۹

۱. حوزه‌ی همدوسی ۲۱۵

۲. آب ایزی و ارگانیسم‌های زنده ۲۲۷
۳. همدوسی و ماکرومولکول‌های زیستی ۲۳۰
۴. آب‌همدوسی ۲۳۰
۵. همدوسی و پل یخی در دمای اتاق ۲۳۲
۶. همدوسی و اطلاعات کوانتومی ۲۳۶
۷. انتقال کوانتومی اطلاعاتِ دی‌ان‌ای (DNA) ۲۳۸

منابع و مأخذ ۲۴۱

فصل نخست

آب؟!

آب، در زندگی ما انسان‌ها نقشی پررنگ و بی‌بدیل را بازی می‌کند. از این‌رو، شناخت ماهیت و کاربردهای آن از دیرباز یکی از دغدغه‌های اندیشمندان و فلاسفه‌ی شرق و غرب عالم بوده است و هنوز هم روحیه‌ی کاوش و جستجوی ویژگی‌های منحصر به فرد آب در بین فیزیک‌دان‌ها، شیمی‌دان‌ها و حتی برخی مهندسان و علاقه‌مندان به آب وجود دارد. در این فصل و فصل‌های آینده، به بررسی ویژگی‌هایی از آب می‌پردازیم که در شناخت اولیه و بنیادین آب، اهمیت فراوانی دارند و سعی بر آن شده است تا از پیچیدگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب با زبانی ساده و شیوا سخن به میان آوریم و به موارد غامض و پیچیده، اشاره‌ای لطیف و خارج از محدوده‌ی کتاب‌های تخصصی داشته باشیم.

جایگاه آب

در فلسفه‌ی قدیم ایران و حتی ملل غرب و شرق، آب، همیشه به عنوان یکی از چهار عنصر اصلی حیات و زندگانی در کنار باد، آتش و خاک، محسوب می‌شده است.^۱ این یعنی، همین آبی که به راحتی از کنار آن می‌گذریم و یا آن را بی‌رویه استفاده می‌کنیم، اهمیت بسیار زیادی در بین جوامع و ملل گذشته، داشته است. این اهمیت تا جایی پیش می‌رود که برخی، آب را مقدس می‌پنداشتند و یا می‌پندارند. ادیان و مذاهب مختلف از جمله، دین مبین اسلام و پیروان این آیین بر حق نیز جایگاه مقدس و ارزشمندی برای آب قائل هستند. می‌توان به موضوع حادثه‌ی غم‌بار عاشورای حسینی (ع) اشاره داشت که آب یکی از کلیدواژه‌های این واقعه‌ی تاریخی است؛ همچنین وقایع دیگری همچون واقعه‌ی روز ولایت و امامت حضرت امیرالمؤمنین (ع) که در کنار چاه غدیر خم رخ داده است؛ این رخداد نیز به طور غیرمستقیم به اهمیت آب اشاره دارد. حتی آب چاه زمزم که در بین مسلمانان به عنوان مهم‌ترین و شفاف‌بخش‌ترین آب شناخته می‌شود و یا روایاتی که از زندگی پر برکت حضرت امیرالمؤمنین (ع) شنیده‌ایم؛ ایشان هنگامی که گوش شنوایی را در بین مسلمانان نمی‌یافتند، با آب سخن می‌گفتند. همه‌ی این موارد تاریخی و دینی، نشان از اهمیت و جایگاه آب در بین مسلمانان دارد، البته در بین ادیان، مذاهب و سایر ملل نیز آب قطعاً نقشی این‌چنینی را دارد.

^۱ به مجموعه‌ی چهار- عنصری مشهور هستند (4-element).

با احتساب موارد فوق، در می‌یابیم که علی‌رغم اشارات تاریخی و فلسفی پیشینیان که به آب حتی واژه مقدس را اطلاق می‌نمودند، امروزه تحقیقات و پژوهش در زمینه‌ی این عنصر حیات‌بخش در بین دانشمندان ایرانی و اسلامی آن چنان که باید، نیست و این خلأ پژوهشی، سبب شده است تا جایگاه آب نزد ایرانیان امروزی به شدت تنزل یابد تا جایی که متأسفانه برخی از مردم عزیزمان حتی در مصرف بی‌رویه‌ی آن، با یکدیگر رقابتی ناسالم دارند.

ساختار آب

در فیزیک و شیمی نوین، برای بررسی‌های اولیه و شناخت کاربردهای مواد، به ساختار و جایگاه قرارگیری اتم‌ها، یون‌ها و چگونگی برهم‌کنش^۱ آن‌ها نگاه می‌اندازیم. به این شیوه که در علوم نوین، امری متداول است، نگرش میکروسکوپی (ریزمقیاس یا مقیاس‌های کوچک‌تر از میکرومتر^۲) به مواد (از جمله بلورها، مولکول‌ها و ...) گفته می‌شود.

اتم و یون

امروز می‌دانیم که اتم‌ها، اساس و پایه‌ی ساختارهای مولکولی^۳، بلوری^۴ و ... در طبیعت هستند. نخستین بار، انسان‌ها با شناخت عناصری مثل کربن، آهن، مس و طلا، به تفاوت‌های آن‌ها نسبت به هم پی برده بودند؛ ولی دلیل تفاوت آن‌ها، همیشه سؤالی بود که پابرجا ماند. در برخی از قرن‌ها، اندیشمندان و حکما، به فکر تبدیل فلز مس و یا دیگر فلزات، به فلز طلا بودند که اصطلاحاً به این افراد، کیمیاگر^۵ می‌گفتند. این واژه، به مرور زمان و با ورود غربی‌ها به مباحث علمی، به واژه‌ی شناخته‌شده‌ی شیمی تغییر نام یافت. فعالیت‌های تحقیقاتی شیمی‌دان‌ها و فیزیک‌دان‌ها در قرن‌های گذشته، به پی‌بردن ماهیت این تفاوت‌ها و ویژگی-

^۱ Interaction

^۲ به ابعادی که هزار مرتبه از یک میلی‌متر کوچک‌تر باشند، گفته می‌شود. اگر یک میلی‌متر را در خط‌کش، به هزار قسمت مساوی تقسیم کنیم، آن‌گاه هر قسمت آن برابر با یک میکرومتر خواهد بود. سلول‌ها، میکروب‌ها، برخی انگل‌ها و برخی دیگر از موجودات کوچک، در حدود ابعاد میکرومتری هستند و با میکروسکوپ قابل‌رؤیت خواهند بود.

^۳ Molecular Structure

^۴ Crystal Structure

^۵ Alchemist

های اساسی و متفاوت فلزات و غیر فلزات منجر شد. از گذشته‌های بسیار دور، یونانی‌های باستان با صحبت از کوچک‌ترین سازنده‌ی ساختارهای موجود در طبیعت و اتم^۱ نامیدن آن، این فرایند علمی را آغاز نمودند. آن‌ها، اتم‌ها را غیرقابل شکافت و تجزیه، توصیف می‌نمودند. بحث اتم، طبق گزارش‌های تاریخی که به دست ما رسیده است تا قرن‌ها مسکوت ماند و یا حداقل به پیشرفت خاصی نینجامید تا یکی دو قرن پیش که مجدداً تحرکی در بین دانشمندان ایجاد شد و به تعریف ساده‌ی اتم‌ها که در کتاب‌های امروزی می‌خوانیم، رسیدند. مطابق با این تعریف، اتم، کوچک‌ترین آجر سازنده‌ی مواد در طبیعت است با شکلی تقریباً کروی. اتم، برخلاف نظر فلاسفه‌ی باستان، قابل شکافت است. امروزه می‌دانیم، اتم‌ها از دو بخش اصلی تشکیل شده‌اند: یکی هسته که در مرکز اتم قرار می‌گیرد و شامل ذرات پروتون (با بار الکتریکی مثبت) و نوترون (بدون بار الکتریکی) می‌شوند و دیگری، الکترون‌ها هستند که با بار الکتریکی منفی در خارج از هسته‌ها و درون اتم، در حرکت‌اند. از شیمی و فیزیک نوین می‌دانیم، تعداد پروتون‌های درون هسته، جایگاه آن‌ها را در جدول عناصر موسوم به جدول مندلیف^۲ تعیین می‌کند. این جایگاه و این جدول، به راحتی ویژگی‌های اولیه و اساسی اتم‌ها را برای دانشمندان مشخص می‌کند. اتم‌ها در طبیعت، همیشه به صورت خنثای الکتریکی (بی‌بار) یافت می‌شوند؛ بدان معناست که تعداد بارهای الکتریکی منفی (الکترون) و مثبت (پروتون) آن‌ها با هم برابر هستند؛ ولی در برخی فرایندها، عناصر موجود در ترکیب-های شیمیایی، علاقه‌مند به از دست دادن یا گرفتن الکترون‌ها هستند و در این فرایندها، اتم‌های خود را به یون تبدیل و آن‌ها را در فرایندهای شیمیایی و یا ساخت مولکول‌ها یا بلورها استفاده می‌نمایند. به طور خلاصه، یون‌ها، اتم‌هایی فرض می‌شوند که در آن‌ها، تعداد الکترون‌های اتم اصلی، یا افزایش و یا کاهش یافته‌اند.

برهم‌کنش

برای نشان دادن تعامل یا فعل و انفعالات بین اتم‌ها، مولکول‌ها، یون‌ها، الکترون‌ها و ...، با یکدیگر، واژه‌ی برهم‌کنش به کار می‌رود. فعل و انفعالاتی مانند اعمال نیرو به یکدیگر و یا تبادل چیزهایی مانند الکترون یا انرژی با هم می‌توانند برهم‌کنش نامیده شوند.

¹ Atom

² Mendeleev's Table

مولکول و بلور

در فیزیک و شیمی، از کنار هم چیدن و برهم‌کنش‌های متقابل اتم‌ها و یا یون‌ها، می‌توان به موجودات بزرگ‌تری دست یافت که به مولکول معروف‌اند. تقریباً بیشتر مواد موجود در طبیعت، از مولکول‌هایی با شکل‌ها، الگوها و اندازه‌های مختلف درست شده‌اند. این مولکول‌ها نیز با مولکول‌های مجاور خود برهم‌کنش خواهند داشت (خواه با مولکول‌های همسان و خواه با مولکول‌های غیرهمسان) که در علم شیمی، اساس و پایه‌ی این پدیده‌ها و برهم‌کنش‌ها، بررسی و تحلیل می‌شوند؛ اما بلورها، از کنار هم چیده‌شدن اتم‌ها، یون‌ها و مولکول‌ها، در نظامی خاص و با ویژگی‌های منحصربه‌فردی پدیدار می‌شوند. از نمونه‌های معروف بلورها، به یخ اشاره می‌کنیم که به نوعی، آب در حالت جامد (منجمد) است.

تاکنون با برخی اصطلاحات مهم آشنا شدیم. حال به سراغ شرح ساختار مولکولی آب می‌رویم:

آب، در دیدگاه میکروسکوپی، یک مولکول است و این مولکول همان‌طور که اغلب خوانده‌ایم و دیده‌ایم، از دو اتم هیدروژن^۱ (H) و یک اتم اکسیژن^۲ (O) تشکیل شده است. نماد شیمیایی H_2O شاید معروف‌ترین نماد در دنیای علم شیمی باشد. این نوع نمادگذاری، به سادگی، عناصر تشکیل‌دهنده و تعداد اتم‌های آن‌ها را در مولکول آب مشخص می‌کند. مولکول آب در عین سادگی، دارای پیچیدگی‌های منحصربه‌فردی است که این پیچیدگی‌ها، همچنان آب را در صدر مولکول‌های جذاب برای شیمی‌دان‌ها و فیزیک‌دان‌ها قرار داده است. با نزدیک شدن دو اتم هیدروژن به اتم اکسیژن، تحت شرایط خاص، این سه اتم در کنار هم ساختار مولکولی آب را می‌سازند. در این ساختار مولکولی، اتم‌های هیدروژن با پیوندی کووالانسی^۳ به اتم اکسیژن متصل می‌شوند و تک‌مولکول آب را پدید می‌آورند. در ساده‌ترین فرض ممکن، دو اتم هیدروژن بایستی تک اتم اکسیژن را با زاویه‌ی ۱۸۰ درجه با خود همراه کنند ولی این اتفاق در واقعیت رخ نمی‌دهد و این زاویه، چیزی در حدود ۱۰۴ تا ۱۰۵ درجه است. چرا این اتفاق می‌افتد؟ چرا ساختار مولکولی آب، به صورت یک خط راست تشکیل نمی‌شود؟ برای پاسخ به این پرسش‌ها کمی باید صبر کرد!

^۱ Hydrogen^۲ Oxygen^۳ Covalent Bond

پیوند کووالانسی

برای شناخت پیوند کووالانسی، بایستی مقداری از فیزیک و شیمی کوانتومی برایتان بگوییم!

در اوایل قرن پیشین میلادی و با ورود بحث اتم‌ها و مولکول‌ها به دنیای علم، دانشمندان دست به نوآوری شگفت‌انگیزی در حیطه علوم فیزیک و شیمی زدند. این نوآوری، به فیزیک یا شیمی کوانتومی معروف شد که اصطلاح علمی‌تر آن را مکانیک-کوانتومی^۱ می‌نامیم.

حالا مکانیک کوانتومی چه چیزی را می‌خواهد تفسیر کند؟ و چه ارتباطی با مولکول آب دارد؟

مکانیک کوانتومی، زمانی پا به عرصه وجود گذاشت که دانشمندان به دنبال حل مسائلی بودند که تا پیش از آن، با فیزیک کلاسیک موفق به پاسخ‌دهی به آن‌ها نشده بودند. کار به جایی رسید که امروز، برای حل مسائل مرتبط با مولکول‌ها، اتم‌ها، الکترون‌ها و هسته-ها، باید ابزاری به نام مکانیک کوانتومی را در اختیار داشته باشیم تا بتوانیم به ماهیت اصلی اجزای سازنده‌ی مواد و به‌طور کلی، هستی، پی ببریم. در تعریفی ساده، می‌توان بیان داشت که: برای کشف و فرمول‌بندی پدیده‌ها در ابعاد بسیار کوچک در حد ابعاد مولکول‌ها و اتم‌ها، ابزار فیزیکی نوینی نیاز است که مفاهیم جدید و حتی به ظاهر مغایر با فیزیک اجسام بزرگ‌مقیاس (ماکروسکوپی) که به فیزیک کلاسیک موسوم است را به ارمغان آورد.

در ابتدای بنیان مکانیک کوانتومی، فرض بر آن بود که الکترون‌ها در مدارهای خاصی به دور هسته‌ای شامل پروتون‌ها و نوترون‌ها می‌گردند. البته این فرضیه، امروزه با به‌کارگیری مکانیک کوانتومی نوین، تقریباً رنگ باخته است ولی همچنان در برخی موارد، پاسخ‌گوی نیازها و پرسش‌های دانشمندان است. مدارهای مختص حرکت الکترون‌ها اصلاً مشخص نیست و در دنیای کوانتومی، بحث از مدار^۲ یا تراز^۳ الکترونی، به مدار یا تراز با انرژی گسسته^۴ تعلق دارد و نه جایگاه فیزیکی قرارگیری الکترون در آن.

^۱ Quantum Mechanics

^۲ Orbit

^۳ Level

^۴ Discrete Energy Levels

این که می‌گوییم، الکترون در تراز از انرژی قرار می‌گیرد، به این معناست که الکترون، انرژی‌ای برابر با همان انرژی تراز را برای خود انتخاب کرده است. جذابیت دنیای کوانتومی و یا تفکر کوانتومی، در این موضوع نهفته است که برخلاف دنیای واقعی و قابل‌مشاهده که از مکان ذرات در جایگاه‌هایی با مختصات مشخص، سخن می‌گوییم، در دنیای کوانتومی اتم‌ها و الکترون‌ها، به جای تعیین مکان الکترون در مختصاتی ویژه، از قرارگیری آن در تراز با انرژی ویژه، صحبت به میان می‌آید. گویی در اتم‌ها، مدارها و یا ترازهایی از انرژی موجود است که الکترون‌ها مجبور به قرارگیری در یکی از آن‌ها (با مقادیر معلوم و گسسته^۱) هستند و در آنجا، حرکت و جنب‌وجوش‌های دائمی را تجربه می‌کنند!

دنیای کوانتومی اتم‌ها، شاید وابسته به در نظر گرفتن نقش مهم انرژی الکترون‌ها باشد تا تعیین مکان دقیق و یا ویژگی‌های مادی خود ذره (برای برخی مخاطبان غیرمتخصص و ناآگاه با دنیای کوانتومی، عجیب به نظر می‌رسد!).

در همین دنیای کوانتومی بمانید تا به سراغ تعریف پیوندها در شیمی برویم.

اتم هیدروژن، ساده‌ترین و سبک‌ترین اتم در طبیعت است. اتمی است که در هسته‌ی خود فقط یک پروتون دارد و از وجود نوترون‌ها محروم است. تک‌الکترونی را در حول و حوش هسته‌ی خود و در نزدیک‌ترین تراز انرژی به هسته، جای داده است و مابقی فضای این اتم، گویا فضایی خالی است!^۲

اتم هیدروژن اغلب علاقه‌مند است تا تک‌الکترون را در ازای دریافت انرژی مناسب، رها کرده و از قید خود آزاد کند. در صورت آزادی تک‌الکترون، اتم هیدروژن، بدون الکترون خواهد ماند یا حداقل الکترون خود را بسیار دورتر از هسته می‌بیند. این الکترون که از قید هسته‌ی خود رها شده است، تمایل دارد تا با اتم‌های دیگر در ارتباط تنگاتنگی باشد و برهم-کنش‌های جدیدی را تجربه کند و به‌نوعی سبب پیوند اتم اصلی به اتم نزدیک به خود می-

^۱ واژه‌ی کوانتوم به معنای گسسته است. این واژه، به دلیل وجود انرژی‌های گسسته در دنیای اجسام بسیار ریز مثل الکترون‌ها، انتخاب شده است! (برخلاف دنیای قابل‌مشاهده که انرژی‌ها را کاملاً پیوسته در نظر می‌گیرند).

^۲ تقریباً حجم یک اتم، فضای خالی است (بیش از ۹۹ درصد). مجموع حجم هسته و الکترون‌های موجود در اتم‌ها حتی به یک درصد از حجم اتم‌ها هم نمی‌رسد! اما جرم اتم توسط هسته‌های بسیار کوچک آن تعیین می‌شود.

شود. این فرایند که عامل اصلی آن همین الکترون‌های بازیگوش هستند را پیوند می‌نامند. معروف‌ترین نوع پیوندها در شیمی و فیزیک، پیوندهای یونی^۱ و کووالانسی هستند.

پیوند یونی به معنای آن است که یک یا چند اتم با از دست‌دادن الکترون‌هایی که علاقه‌مند به رهایی از اتم اصلی خود هستند تبدیل به یونی مثبت می‌شوند و الکترون‌های رها و آزاد به سمت اتم‌هایی می‌روند که علاقه و تمایل بیشتری نسبت به جذب چنین الکترون‌هایی را دارند و اتم خود را با گرفتن الکترون‌های اضافی به یون منفی تبدیل می‌کنند. با چنین فرایندی، به پیوند یونی دست می‌یابیم.

خب، پیوند کووالانسی پس چیست؟!

می‌توان این‌گونه به موضوع نگاه کرد که اگر فرایند تشکیل پیوند یونی به طور کامل صورت نپذیرد و الکترون‌های رها شده از اتم به سمت اتم دیگری به طور کامل جذب نشوند، می‌گوییم پیوند کووالانسی رخ داده است؛ یعنی الکترون رها شده همچنان به اتم اصلی خود احساس تعلق و وابستگی دارد ولی نه به آن اندازه که پیش از این داشته و تمایلاتی نیز نسبت به اتم جدید و کناری خود دارد.

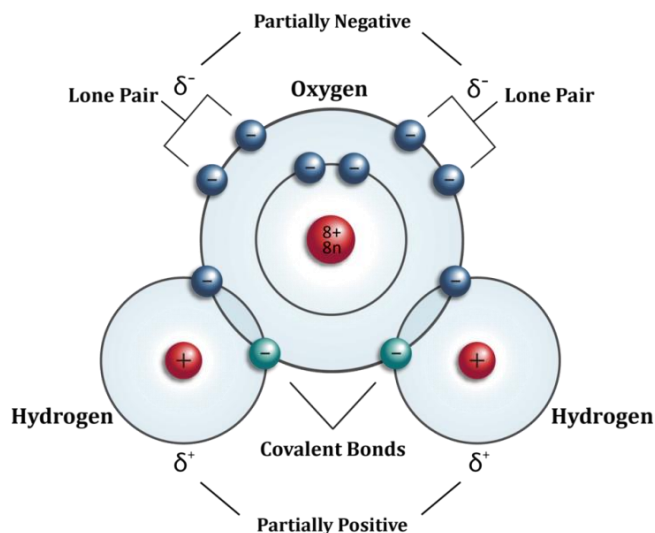
پس در مولکول آب، پیوند کووالانسی مشاهده می‌شود؟!

بله. مولکول آب همان‌طور که پیش‌تر خبر دادیم، از دو اتم هیدروژنی ساخته شده است که تک‌الکترون‌های آن‌ها علاقه‌ای به ماندن در اتم میزبان، ندارند و تمایل به ایجاد ارتباطی جدید با اتم اکسیژنی دارند که تعداد هشت الکترون را در خود جای داده است. اثبات شده است که اتم اکسیژن تمایل دارد تا دو الکترون رها شده (و یا تقریباً رها شده) را بپذیرد و خود را به یون منفی تبدیل کند.

در هر حال، اکسیژنی که در آب وجود دارد به دلیل همین تمایل، دو اتم هیدروژن را (از محیط پیرامون) به همراه تک‌الکترون‌هایشان به سمت خود جذب می‌کند و به دلیل کامل نشدن این بده بستان الکترونی، به جای پیوند یونی، پیوند کووالانسی را پدید می‌آورند (ر.ک. شکل ۱).

^۱ Ionic Bond

بررسی ویژگی پیوندهای کووالانسی به مراتب پیچیده‌تر از پیوندهای یونی است و آن هم به دلیل عدم تکمیل اشتراک الکترون‌ها است. در بیشتر مطالب علمی و پژوهش‌های مرتبط با مولکول آب، یکی از دلایل شگفت‌انگیزی آب را به پیوندهای کووالانسی در آن نسبت می‌دهند.



شکل ۱: ساختار مولکولی آب با تأکید بر اشتراک الکترون‌ها به صورت پیوند کووالانسی.

با اطلاعاتی که از مکانیک کوانتومی و پیوند کووالانسی کسب کردیم، مجدداً به بررسی ساختار مولکولی آب، می‌پردازیم.

با توجه به شکل ۱، دو اتم هیدروژن با تک‌الکترون‌های‌شان به سمت اتم اکسیژن هشت الکترونی متمایل می‌شوند. هر اتم هیدروژن با تبدیل شدن به یون هیدروژن، پیوند کووالانسی را با اکسیژن مجاور برقرار می‌کند. اکسیژن نیز به دلیل افزایش بارهای الکتریکی منفی نسبت به بارهای الکتریکی مثبت، باری منفی را به خود می‌گیرد و تبدیل به یون منفی می‌شود. از آنجا که دو الکترون از طرف هیدروژن به طور کامل جذب اتم اکسیژن نشده‌اند، نمی‌توانیم یون‌های اکسیژن و هیدروژن را با نماد O^{2-} و H^+ مشخص کنیم. در متون علمی، از نمادهای $O^{2\delta-}$ و $H^{\delta+}$ استفاده می‌شود. δ به معنای جزئی از بار الکتریکی است که به یون‌های اکسیژن و هیدروژن تعلق دارد و در محاسبات عددی در حدود صفر تا یک را به خود اختصاص می‌دهد. واضح است که اگر این مقدار برابر با عدد یک باشد، آن‌گاه

نمادهای یونی اکسیژن و هیدروژن به ترتیب، -2 و $+1$ را نشان می‌دهند، ولی به سبب ایجاد پیوند کووالانسی $H-O$ در مولکول آب، توقع چنین چیزی را نداریم! با این حساب، دو الکترون از هشت الکترون اکسیژن، درگیر تشکیل پیوند کووالانسی $H-O$ بین هیدروژن‌ها و اکسیژن می‌شوند ولی شش الکترون باقی‌مانده‌ی اکسیژن چه می‌شوند؟

شش الکترون باقی‌مانده را می‌توان به دو دسته‌ی مجزا تقسیم و رفتار آن‌ها را تحلیل نمود. از تحلیل ترازهای انرژی الکترون‌ها در اتم‌ها، می‌دانیم که الکترون‌ها عموماً تمایل دارند تا در نزدیک‌ترین فاصله‌ی انرژی به هسته‌ها قرار گیرند؛ از این‌رو، همیشه دو الکترون طبق قواعد فیزیک کوانتومی در نزدیک‌ترین تراز به هسته قرار می‌گیرند و هیچ تمایلی به برقراری ارتباط و یا تشکیل پیوند با دیگر اتم‌ها ندارند. در لایه یا تراز دوم نیز بایستی هشت الکترون قرار گیرند تا ظرفیت آن نیز تکمیل شود. در اکسیژن و در لایه‌ی دوم، شش الکترون موجود است و از این بابت اتم‌های اکسیژن، تمایل دارند تا دو الکترون را از اتم‌های مجاور خود (که در مورد مولکول آب، هیدروژن‌ها این نقش را بازی می‌کنند) بربایند؛ بنابراین، از شش الکترون لایه‌ی دوم در اکسیژن، دو الکترون از آن‌ها مشغول برهم‌کنش و ایجاد پیوند کووالانسی $H-O$ با دو الکترون اتم‌های هیدروژن می‌شوند و چهار الکترون باقی می‌مانند که در شکل ۱ مشاهده می‌شوند. این دو جفت الکترون منفرد و تنها^۱، تمایل دارند تا با اتم‌های هیدروژن دیگر وارد تبادل انرژی و ایجاد پیوندهای دیگری شوند^۲.

حال به پرسشی که پیش از این مطرح شد، پاسخ می‌دهیم؛ چرا ساختار مولکول آب به زنجیره‌ای خطی شباهت ندارد؟

در پاسخ به این پرسش بایستی به دو عامل مهم، توجه ویژه‌ای شود. اول، وجود پیوند کووالانسی $H-O$ و دیگری وجود دو جفت الکترون‌های منفرد و تنها و مستعد ایجاد پیوند. در ابتدا، عامل پیوندهای کووالانسی $H-O$ در ایجاد زاویه‌ی غیر از 180° درجه، مورد بحث و کنکاش قرار گرفته است.

^۱ Lone Electron Pair

^۲ جفت الکترون‌های تنها، در اتم‌هایی با الکترونگاتیویته‌ی (الکترون خواهی) بالا یافت می‌شوند؛ مانند نیتروژن، اکسیژن و فلوئور.

به دلیل وجود این پیوند و مهم‌تر از آن، ورود بحث احتمالاتی ابرالکترونی^۱ در پیوند کووالانسی، نمی‌توان با دقت کافی جایگاه الکترون‌های اکسیژن و هیدروژن را در این پیوند مشخص نمود و از مکانیک کوانتومی می‌دانیم که الکترون‌ها در محدوده‌ی خاصی با احتمالات بیش‌تری می‌توانند یافت شوند و اثرگذاری شیمیایی و فیزیکی بیش‌تری را داشته باشند. از این‌رو، اصطلاح ابرالکترونی را به میان می‌آورند و در این ابر احتمالاتی، می‌توان الکترون‌های اکسیژن و هیدروژن را یافت. با این حساب، گستره‌ی وسیع‌تری، به این دو الکترون پیوندی و دو الکترون پیوندی دیگر اختصاص می‌یابد.^۲ از مباحث الکتروستاتیک^۳ و الکترومغناطیس^۴، می‌دانیم که دو بار الکتریکی هم‌نام، طبق قانون کولن^۵، همدیگر را دفع می‌کنند (می‌رانند). با وجود این نیروی دافعه، توقع داریم، دو پیوند کووالانسی $H - O$ به بیش‌ترین فاصله‌گیری از هم راضی شوند و زاویه‌ی 180° درجه‌ای را نسبت به هم داشته باشند؛ ولی باید به تأثیرات دو جفت الکترون تنها و منفردی که در شکل ۱ قابل مشاهده‌اند، نیز توجه داشته باشیم. این دو جفت بار منفی، با نیروی دافعه‌ی الکتروستاتیکی خود سبب می‌شوند تا دو پیوند کووالانسی $H - O$ مجدداً تغییر مکان دهند و در زاویه‌ی تعادلی در حدود 104° تا 105° درجه، آرام گیرند.

تک‌مولکول آب، چگونه فضای پیرامون خود را اشغال می‌کند؟ در پاسخ به این پرسش، مجدداً به دو عامل پیوند کووالانسی $H - O$ و جفت الکترون‌های تنها نگاهی می‌اندازیم. اثبات شده است که دو پیوند کووالانسی $H - O$ و این دو جفت الکترون تنها، جوری مکان خود را تنظیم می‌کنند که هر یک از آن‌ها در رأس یک شبه چهار وجهی^۶ (مطابق با شکل ۲) قرار می‌گیرند.^۷ می‌توان در پاسخ به پرسش بالا، چهار وجهی را به عنوان شکل منتخب،

^۱ Electron Cloud

^۲ دو دسته الکترون پیوندی را خواهیم داشت. برای پیوندهای کووالانسی بین اکسیژن با هیدروژن اول و دوم.

^۳ Electrostatics

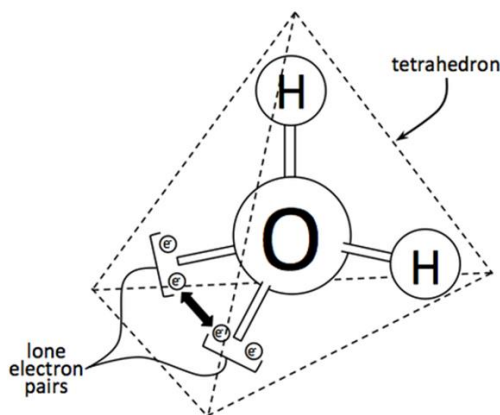
^۴ Electromagnetics

^۵ Coulomb's Law

^۶ Quasi-Tetrahedron

^۷ به دلیل ناهمسان‌گردی در مقیاس اتمی تک‌مولکول آب مایع، هرگز تک‌مولکول آب در ساختار چهار وجهی منظمی قرار نمی‌گیرد و در ساختاری شبه‌چهار وجهی خود را نمایان می‌سازد و طبق نظریه‌ی گروه‌ها در گروه تقارنی C_{2v} قرار می‌گیرد. همین ناهمسان‌گردی، عاملی است برای دمای تبخیر بالاتر، نسبت به برخی مایعات از قبیل نیتروژن و یا آمونیاک.

توسط تک مولکول آب، در نظر گرفت^۱. البته این ساختار، در دماها و غلظت‌های مختلفی از ناخالصی‌ها، دارای افت و خیزهای^۲ فراوانی است که تحلیل دقیق چنین پدیده‌هایی به ویژگی‌های ماکروسکوپی آب از جمله، غلظت ناخالصی، فشار و دما و به‌طور کلی تحلیل‌های ترمودینامیکی و آماری وابسته است؛ اما تحقیقات نشان داده‌اند که مولکول آب ساختار شبه چهار وجهی خود را حتی با اعمال دما و فشار بسیار زیاد حفظ می‌کند! اگر با دقت بیشتری به شکل ۲ بنگریم، متوجه خواهیم شد که به‌دلیل همان نیروهای دافعه‌ی الکتروستاتیکی بارهای هم‌نام است که هر یک از مؤلفه‌های این مولکول، در یکی از رأس‌های چهار وجهی قرار گرفته‌اند. از فیزیک می‌دانیم که همه‌ی مواد یا اجسام برای رسیدن به حالت تعادل خود، کم‌ترین انرژی ممکن را انتخاب می‌کنند؛ یعنی، اگر بخواهیم ساختار مولکولی یا بلوری را از کنار هم چیدن چند اتم یا یون داشته باشیم، طبیعت برای اجتماع اتم‌ها، به اجبار به ساختاری روی می‌آورد که کم‌ترین انرژی را برای ساخت آن صرف کند؛ بنابراین، تک‌مولکول آب با پیوندهای کووالانسی $H-O$ و جفت الکترون‌های تنهای اتم اکسیژن، بعد از مدت زمان بسیار بسیار کوتاهی، ساختاری تعادلی و با کم‌ترین انرژی ممکن را برای خود انتخاب می‌کند که در شکل ۲ می‌توان آن را مشاهده نمود.



شکل ۲: ساختار مولکولی آب و اشغال فضای پیرامون به شکل یک شبه‌چهار وجهی.

^۱ به‌دلیل تبدیل اوربیتال‌های اتمی اکسیژن به اوربیتال‌های هیبریدی sp^3 و برهم‌کنش آن‌ها با هیدروژن، از چهار اوربیتال هیبریدی، دو اوربیتال، پُر و دو اوربیتال باقی‌مانده نیز، نیمه‌پُر به‌دست می‌آیند؛ ابراین، اوربیتال‌های پُر، نقش جفت الکترون‌های تنها را بر عهده می‌گیرند و اوربیتال‌های نیمه‌پُر نیز نقش اوربیتال‌های درگیر در پیوند کووالانسی با دو الکترون وابسته به هیدروژن‌ها. از این‌رو، ساختار شبه‌چهار وجهی مولکول آب حتی تا تبخیر مایع نیز پابرجاست!

² Fluctuations

حالت تعادل

در دستگاه‌های فیزیکی، فارغ از ماکروسکوپی یا میکروسکوپی بودن آن‌ها، دستگاه مورد نظر علاقه‌مند است تا خود را در پایین‌ترین سطح انرژی نگه دارد. مثلاً، هر انسانی بعد از مدتی کار و تلاش، تمایل دارد با دراز کشیدن و یا خوابیدن، خود را به کم‌ترین انرژی ممکن برساند تا خستگی خود را برطرف نماید. البته می‌توان مثال‌های فیزیکی‌تری را هم بیان نمود؛ از جمله، مثال معروف نیروی جاذبه‌ی گرانشی زمین و جذب اجسام به سمت مرکز زمین. می‌دانیم همه‌ی اجسام، تمایل دارند تا به سطح زمین سقوط کنند یا روی آن آرام گیرند، این بدان معناست که کم‌ترین انرژی در سطح زمین برای آن‌ها رخ می‌دهد. همه‌ی ما می‌دانیم که پرنده‌ها و یا اجسام پرنده‌ی ساخت بشر، با صرف انرژی زیادی می‌توانند پرواز کنند و اگر به هر دلیلی از پرواز منصرف شوند، قطعاً به سمت نقطه‌ای با کم‌ترین انرژی ممکن سقوط خواهند کرد. با این مثال‌ها از انتخاب حالتی با کم‌ترین انرژی، موسوم به حالت تعادل، قصد داشتیم تا بیان کنیم که مولکول آب هم از این قاعده‌ی مهم فیزیکی مستثناء نیست و با انتخاب ساختار و حالتی با کم‌ترین انرژی، خود را با طبیعت اطراف، سازگار می‌کند.

با این حساب، می‌توانیم پرسش دیگری را نیز مطرح کنیم که مگر آب در اطراف ما، تک‌مولکولی است؟!

خیر. از شیمی و فیزیک می‌دانیم که رسیدن به تک‌مولکول در آزمایشگاه‌های مدرن و پیشرفته هم تقریباً عملی بسیار سخت، هزینه‌بر و یا حتی، نشدنی است؛ یعنی هنگامی که ما از قطره‌ی آب یا یک لیوان آب صحبت می‌کنیم، صحبت از تک‌مولکول آب خنده‌دار است!

ما برای آن که شناخت بهتری نسبت به مواد در اطراف‌مان پیدا کنیم، با نظر فیزیک‌دان‌ها و شیمی‌دان‌های امروزی، بایستی از کوچک‌ترین شکل‌ها و ساختارهای ممکن آن شروع کنیم و گام به گام به ماده یا جسم اصلی برسیم. از این‌رو، می‌دانیم که آب نیز حاصل کنار هم قرارگرفتن شمار زیادی تک‌مولکول H_2O است. پس در این گام و پس از شناخت مولکول آب، شکل و پیوندهای آن، به دنبال چینش مولکول‌ها در کنار هم هستیم.

چگونه مولکول‌های آب در کنار هم قرار می‌گیرند؟!

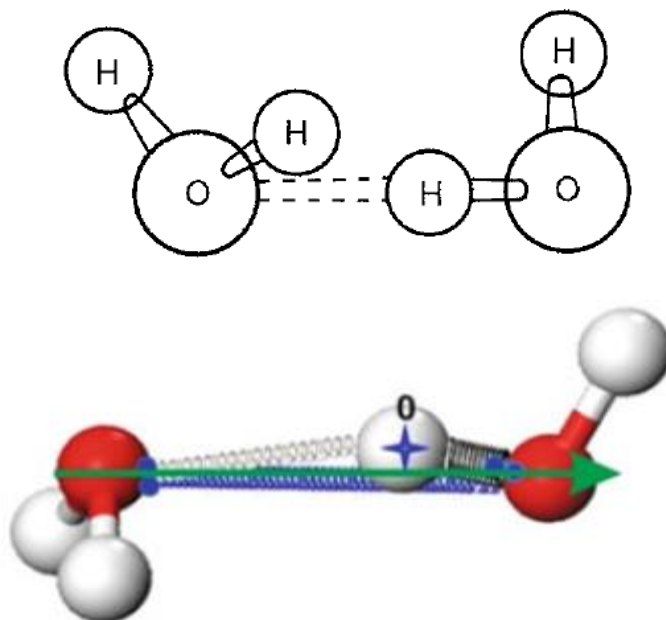
برای توصیفِ قرارگیری مولکول‌های آب در کنار هم بایستی به قرارگیریِ مولکول دوم دقت شود!

آیا مولکول دوم به هر شکلی می‌تواند به مولکول اول نزدیک شود؟

خیر. مولکول دوم طبیعتاً نمی‌تواند بدون هیچ‌گونه دلیلی به مولکول اول نزدیک شود. این مولکول با یکی از دو شاخه‌ی $H-O$ خود به اکسیژن مولکول اول نزدیک شده و با آن ارتباط و پیوندی را ایجاد می‌کند (مطابق شکل ۳ (بالا)). از آنجا که هیدروژن از مولکول دوم با اکسیژن در مولکول اول پیوند ایجاد می‌کند، به این پیوند، پیوند هیدروژنی ($O:H$) می‌گویند. به نوعی، یکی از جفت الکترون‌های تنهای اکسیژن با بار الکتریکی منفی خود، سبب جذب یون هیدروژن مولکول دوم با بار الکتریکی مثبت، می‌شود. در اینجا می‌توان به اهمیت این جفت الکترون‌های تنها، پی برد که اولاً یکی از عوامل V شکل بودن تک‌مولکول آب هستند، ثانیاً سبب جای گرفتن تک‌مولکول آب در ساختاری شبه‌چهار وجهی می‌شوند و ثالثاً، عامل ارتباط و پیوند با اتم یا یون هیدروژن دیگر مولکول آب هستند! همچنین از شکل ۳ (پایین)، نیز در می‌یابیم که پیوندهای کووالانسی $H-O$ و هیدروژنی $O:H$ ، می‌توانند به-مانند فنی متصل به اتم‌ها فرض شوند که با هر تغییری در پارامترهای ماکروسکوپی و یا افت‌وخیزهای طبیعی، به نوسان و حرکت در آیند و سبب انتقال انرژی به سایر مولکول‌های آب مایع شوند. چرا افت‌وخیزهای طبیعی؟ چون طبق این مدل هوشمندانه، بارهای الکتریکی هر دو یون اکسیژن، منفی است و قطعاً دافعه‌ی الکتریکی بین آن‌ها، خواهیم داشت ولی جاذبه‌ای که بین دو یون هیدروژن مثبت و اکسیژن منفی برقرار است، می‌تواند، رقابتی همیشگی بین دو نیروی دافعه و جاذبه‌ی الکتریکی را در مولکول‌های آب (که به صورت فنر مدل شده‌اند)، داشت و در نتیجه، افت‌وخیزهای دائمی در آن مشاهده می‌شود!

لازم به ذکر است که پیوندهای هیدروژنی $O:H$ به مراتب، ضعیف‌تر از پیوندهای کووالانسی $H-O$ در ساختار تک‌مولکول آب هستند. از این‌رو، می‌توانیم پیوند هیدروژنی $O:H$ را ساده‌تر از پیوند کووالانسی $H-O$ بشکنیم. این موضوع دو نتیجه را بازگو می‌کند. اولاً شکستن و از بین بردن پیوند کووالانسی $H-O$ کار به نسبت سخت‌تری است و در نتیجه، تک‌مولکول آب به این راحتی‌ها نمی‌تواند از میان برود و ثانیاً با شکستن راحت‌تر پیوندهای هیدروژنی $O:H$ می‌توان انتظار داشت که تک‌مولکول آب، در زمان‌های مختلف و با انرژی‌های مناسب، پیوند خود را با مولکول آب متصل به خود، قطع و با مولکولی دیگر،

برقرار کند؛ گویی با این حساب، به ما این مجوز را می‌دهند تا چینش مولکول‌های در کنار هم را به نوعی، دستکاری و یا مهندسی نماییم^۱.



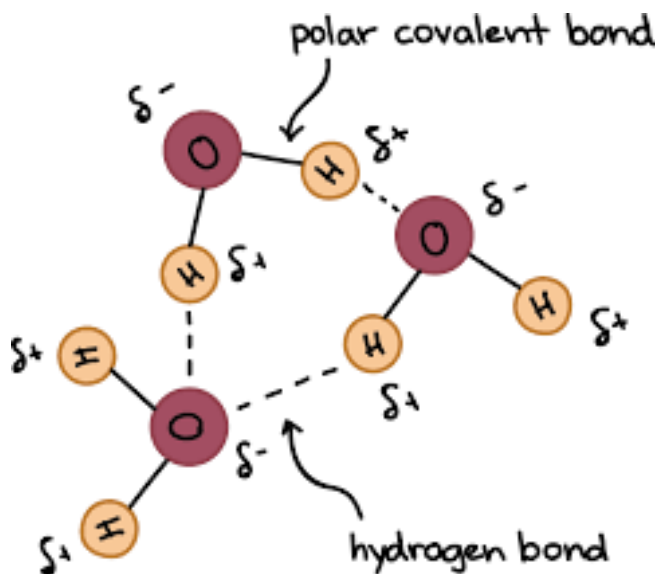
شکل ۳: چینش دوتایی از مولکول‌های آب با تأکید بر پیوند هیدروژنی به عنوان عامل اتصال.
شکل بالا: خط چین و شکل پایین: مدل فنر.

البته لازم به ذکر است که پیوندهای هیدروژنی با افزایش دما، یکی‌یکی از بین رفته و آب مایع، به تدریج به بخار آب تبدیل می‌شود. در شکل ۴، نمونه‌ی بزرگ‌تری از اتصال‌ها و پیوندهای هیدروژنی و کووالانسی بین اکسیژن‌ها و هیدروژن‌ها، مشاهده می‌شود.

شکل ۴، نمایان‌گر رقابت همزمان پیوندهای کووالانسی $H-O$ و پیوندهای هیدروژنی $O:H$ در نمونه‌ای از آب مایع است. در آب مایع، همان‌طور که پیش‌تر هم ذکر شد، پیوندهای هیدروژنی $O:H$ عامل ثبات و پیوند بین تک‌مولکول‌های آب، در کنار هم هستند. محاسبات نشان داده‌اند که پیوند $O:H-O$ در یک خط راست قرار نمی‌گیرد (زاویه‌ی ۱۸۰

^۱ جالب است بدانید که این دو نوع پیوند در تعیین خواص فیزیکی آب، مؤثرند. برای مثال، پیوند کووالانسی $H-O$ تعیین‌کننده‌ی دماهای گذارهای فاز آب (غیر از تبخیر) است ولی پیوند هیدروژنی $O:H$ تعیین‌کننده‌ی گشتاور دوقطبی، قطبش و ویژگی‌های مکانیکی مثل مدول‌های کشسانی است.

درجه با هم نمی‌سازند) و طول پیوند $O:H-O$ ، از مجموع طول پیوندهای کووالانسی $H-O$ و پیوند هیدروژنی $O:H$ به دست می‌آید.^۱ نکته‌ی جالب توجه این است که با وجود آن‌که در هر دو پیوند فوق‌الذکر، یک اتم هیدروژن با یک اتم اکسیژن در برهم‌کنش و برقراری پیوند و اتصال است ولی چون ماهیت این دو پیوند متفاوت است و همان‌طور که بیان کردیم پیوند هیدروژنی $O:H$ به‌مراتب، ضعیف‌تر از پیوند کووالانسی $H-O$ است، می‌توان به درستی نتیجه گرفت که طول پیوندهای مذکور نیز با یکدیگر برابر نباشند، به‌طوری‌که طول پیوند هیدروژنی $O:H$ از طول پیوند کووالانسی $H-O$ بزرگ‌تر خواهد بود. اثبات شده است که این تفاوت‌ها در برخی ویژگی‌های منحصربه‌فرد آب از جمله بالا بودن گرمای نهان تبخیر، نقش به‌سزایی دارند.



شکل ۴: نمونه‌ای از چینش مولکول‌های آب در کنار یکدیگر توسط پیوندهای هیدروژنی.

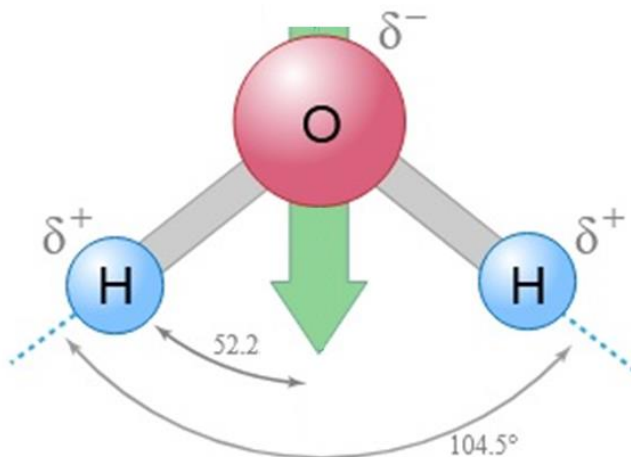
پیوندهای کووالانسی $H-O$ ، به‌دلیل تفاوت در الکترون‌خواهی دو اتم اکسیژن و هیدروژن و تمایل اکسیژن به جذب بیشتر الکترون‌ها به سمت هسته‌ی خود، عدم تقارنی را در شکل ابرالکترونی پیوند کووالانسی $H-O$ ، خواهند داشت^۲ که این عدم تقارن و جذب دو الکترون پیوندی به سمت هسته‌ی اتم اکسیژن و فاصله‌گرفتن این دو الکترون از هسته‌ی اتم

^۱ لازم به ذکر است که زاویه‌ی بین دو پیوند هیدروژنی $O:H$ حدود $109/5$ درجه است!

^۲ این اتفاق سبب ایجاد پیوندهای کووالانسی قطبی می‌شود (ر.ک. شکل ۴).

هیدروژن در پیوند کووالانسی $H-O$ ، دوقطبی الکتریکی^۱ خالصی^۲ ایجاد می‌کنند که به قطبی شدن تک‌مولکول آب، منجر می‌شود. در نتیجه، مولکول‌های قطبی آب، توانایی پاسخ-دهی به میدان‌های الکتریکی را خواهند داشت و برخی از ویژگی‌های الکتریکی و یا مغناطیسی را از خود بروز می‌دهند.^۳ (ر.ک. شکل ۵)

مولکول‌های قطبی آب با پیوندهای کووالانسی قطبی، می‌توانند با مولکول‌های آب دیگر، پیوند خورده و مطابق مباحث پیشین، گستره‌ی خود را توسعه دهند. البته این توسعه، در ارتباط با انتخاب تعداد مولکول‌های همسایه با بی‌قانونی و هرج و مرج همراه نخواهد بود و مولکول‌های آب، با تعداد محدودی مولکول آب دیگر، می‌توانند از طریق پیوندهای هیدروژنی $O:H$ ، ارتباط و پیوند مستقیمی را داشته باشند. از این جهت، محققان با انجام آزمایش‌های ذهنی و رایانه‌ای و با بهره‌گیری از دانش شیمی مولکولی، به این نتیجه دست یافته‌اند که تک‌مولکول آب می‌تواند با ۲ تا ۵ عدد مولکول آب دیگر، ایجاد ارتباط نموده و عملاً آن‌ها را با خود برای ساختن آب مایع همراه کند. البته می‌توان به راحتی تصور نمود که تک‌مولکول آب چگونه با مولکول‌های دیگر آب در پیوند و ارتباط خواهد بود!



شکل ۵: عدم تقارن در ابرالکترونی پیوند کووالانسی بین هیدروژن و اکسیژن و ایجاد گشتاور دوقطبی الکتریکی در مولکول آب (پیکان در مرکز تصویر).

^۱ Electric Dipole

^۲ دوقطبی الکتریکی، به معنای فاصله گرفتن مراکز بارهای مثبت و منفی از یکدیگر است. گشتاور دوقطبی الکتریکی نیز حاصل ضرب این فاصله و قدر مطلق بار الکتریکی این دو بار است.

^۳ وجود دوقطبی الکتریکی در مولکول آب، سبب می‌شود تا آب به عنوان یکی از بهترین حلال‌ها در طبیعت شناخته شود!

از شکل ۶، متوجه می‌شویم که به دلیل دو جفت الکترون تنها در اکسیژن مولکول آب (که قبلاً به آن‌ها اشاره شده است)، این مولکول امکان ایجاد همزمان دو پیوند هیدروژنی $O:H$ را خواهد داشت. همچنین، به دلیل وجود دو اتم هیدروژن در تک‌مولکول آب، این دو اتم هیدروژن نیز توانایی ایجاد پیوند هیدروژنی $O:H$ را با دو اتم اکسیژن از دو مولکول آب دیگر را دارند. در نتیجه، می‌توان چهار مولکول مشابه را در کنار تک‌مولکول آب مورد نظر در نظر گرفت.^۱ از این‌رو، دانشمندان معتقد هستند که هر تک‌مولکول آب، با احتمال بیش‌تری می‌تواند همزمان با چهار مولکول آب دیگر و با بهره‌گیری از پیوند هیدروژنی $O:H$ در ارتباط تنگاتنگ باشند. در پژوهش‌های گوناگون، احتمال تعداد همسایه‌های تک‌مولکول آب، محاسبه شده و برای اعداد دیگر نسبت به عدد ۴، احتمال بسیار کم‌تری، پیش‌بینی و گزارش شده است.

چهار مولکول آبی که مولکول مرکزی را احاطه کرده‌اند، طبق قاعده‌ی برنال- فاولر - پاؤلینگ^۲، مدام در حال جنب‌وجوش و افت‌وخیزهای دائمی هستند. این افت‌وخیزهای دائمی، پیرو مدلی هستند که این سه دانشمند متوجه آن شده‌اند. طبق این مدل که در شکل ۷ نشان داده شده است، دو هیدروژن، جذب اکسیژن مولکول مرکزی شده و همزمان، دو هیدروژن دیگر از اکسیژن مرکزی و ساختار شبه‌چهار وجهی دور می‌شوند و در لحظه‌ای بعد، این روند، وارونه شده و ارتعاش‌هایی مداوم خواهند داشت. از این‌رو، به دلیل ورود دو هیدروژن و خروج همزمان دو هیدروژن دیگر از ساختار مذکور، این سه فرد، نام مدل خود را دوتا- داخل دوتا- خارج^۳ نامیدند؛ بنابراین، می‌توان متوجه ارتعاش‌های دائمی^۴ مولکول‌های آب در یک لیوان پر از آب یا قطره‌ی آب شد.

علاوه بر چنین ارتعاش‌هایی که تحلیل فیزیکی و شیمیایی آب را دشوار می‌کنند، افت‌و-خیزهای دیگری با نام چرخش‌های دورانی^۵ نیز در مولکول‌های آب رخ می‌دهند و روند پیش‌بینی و تحلیل آن را دشوارتر و پیچیده‌تر خواهند نمود.

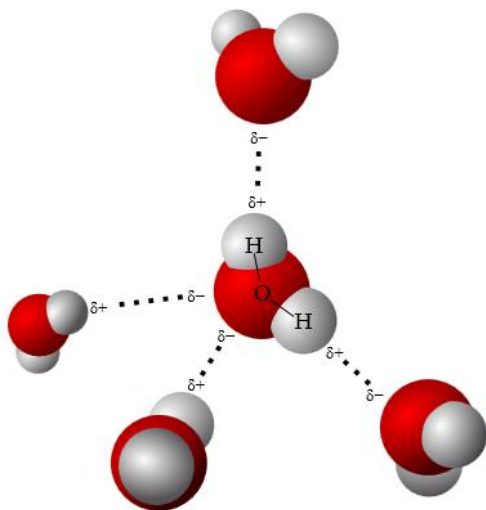
^۱ در فیزیک و شیمی، به عدد همسایگی معروف است و تعداد همسایه‌های یک مولکول یا اتم را مشخص می‌کند.

^۲ Bernal – Fowler – Pauling's Rule

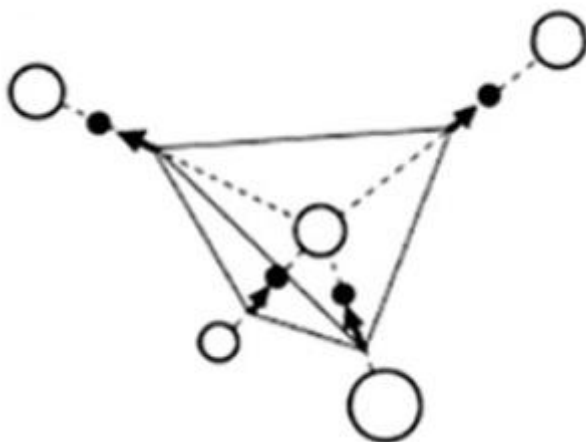
^۳ Two-in Two-out Model

^۴ Permanent Vibrations

^۵ Rotation



شکل ۶: نمایی از چهار مولکول آب مجاور با مولکول مرکزی و ایجاد پیوند بین آنها.



شکل ۷: مدل "دوتا- داخل دوتا- خارج" در ساختار شبه چهار وجهی مولکول آب (اکسیژن‌ها با دایره‌های توخالی سفید و هیدروژن‌ها با دایره‌های توپر مشکی مشخص شده‌اند).

خوشه‌های مولکولی آب

تک‌مولکول‌های آب، توانایی اتصال و پیوند به دیگر مولکول‌های آب، از طریق برهم‌کنش پیوندی هیدروژن و اکسیژن را دارند (پیوند هیدروژنی بین دو مولکول آب مجاور هم). با این

حال، دو ایده برای پیوندهای بسیار زیاد این مولکول، از مقالات گوناگون برداشت می‌شود و می‌توانیم، آن‌ها را به‌عنوان دو دیدگاه معتبر مدنظر قرار دهیم.

ایده‌ی اول، به پیوندهای هیدروژنی مکرر در یک نمونه از آب اشاره دارد، به نوعی که در این ایده، فرض بر آن است که مولکول‌های آب توسط پیوندهای هیدروژنی که پیش‌تر به آن‌ها اشاره شد، به هم متصل می‌شوند و این روند، با پیوند خوردن همه‌ی مولکول‌های آب به یکدیگر، ادامه می‌یابد.

دیدگاه و ایده‌ی دوم، مربوط به خوشه‌های آب^۱ است. در این دیدگاه، فرض بر آن است که مولکول‌های آب، با پیوندها و اتصال‌های محدود چندتایی، در کنار هم قرار می‌گیرند و نمونه‌ای کامل از (مثلاً) آب مایع را ارائه می‌دهند. طبق این ایده، مولکول‌های آب می‌توانند به صورت دوتایی، سه‌تایی، چهارتایی و ... در کنار هم قرار گیرند. البته همان‌طور که قبلاً هم اشاره شد، بایستی طبق قوانین فیزیک، مولکول‌های آب، ساختار و خوشه‌ای را برگزینند که در آن لحظه با شرایط محیطی، ترمودینامیکی و حتی شرایطی که از دید ما پنهان است^۲، خوشه‌های منتخب، کم‌ترین انرژی را برای ساخته‌شدن، نسبت به دیگر خوشه‌های ممکن داشته باشند. برخی از این خوشه‌های آب، در شکل ۸ مشاهده می‌شوند.

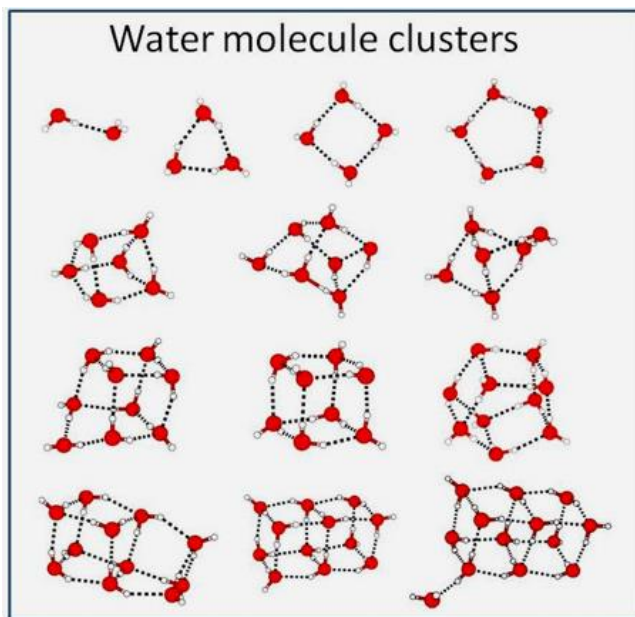
در مبحث خوشه‌های آب، نماد مولکولی $(H_2O)_n$ به عنوان نمادی مرسوم، پذیرفته شده است، به‌طوری‌که در این نمادگذاری، n به معنای تعداد مولکول‌های آب در خوشه‌ی مورد مطالعه است. محققان، برخی ویژگی‌های جالب و شگفت‌انگیز آب^۳ را به نحوه‌ی تولید و یا نابودی خوشه‌ها، تعداد خوشه‌ها و n نسبت می‌دهند! همچنین، فرض بر آن است که خوشه‌های تشکیل‌شده با تغییر شرایط فیزیکی مثل دما، می‌توانند به خوشه‌هایی با تعداد کم‌تر یا

^۱ Water Clusters

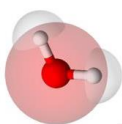
^۲ در کل، نمی‌توان، با قطعیت از دانستن همه‌ی شرایط در شکل‌گیری یک پدیده‌ی فیزیکی سخن گفت! فیزیک نوین، بیان می‌کند که برخی شرایط برای ناظر بیرونی، نامعلوم و پنهان هستند و باید آن‌ها را آشکار نمود (دیدگاه بوهم) و یا طبیعت، تمایلی به آشکارسازی و تعیین دقیق آن، ندارد (اصل عدم قطعیت هایزنبرگ - دیدگاه غالب در بین فیزیک‌دان‌های امروزی).

^۳ به عنوان یکی از نمونه‌های جذاب کاربرد مولکول‌ها و خوشه‌های مولکولی آب، می‌توان به موردِ قرارگیری مولکول‌های آب در بین دو لایه‌ی سدیم و یا کبالت اشاره کرد که خوشه‌های مولکولی آب، مجموعه‌ی مورد نظر را در دماهای زیر ۴ کلین به ابرسانا تبدیل می‌کنند!

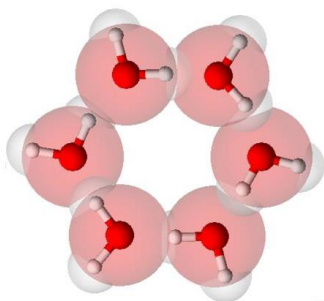
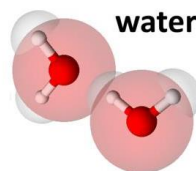
بیشتر از مولکول‌های آب (نسبت به قبل) پدید آیند و در نتیجه، عمر این خوشه‌ها بسیار کوتاه است.^۱



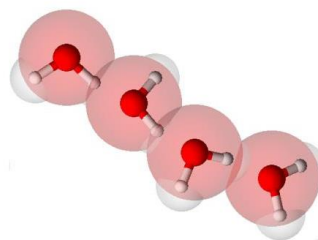
water, H₂O



water dimer

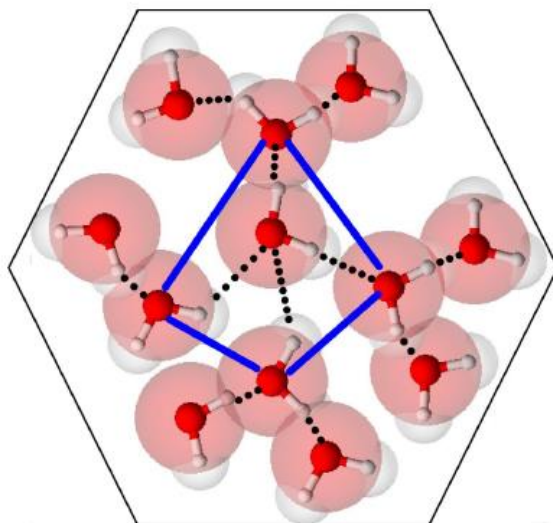


hexameric water cluster



tetrameric cluster, linear

^۱ شاید در زمانی از مرتبه‌ی فمتوثانیه (یک میلیون بار کوچکتر از یک نانوثانیه، 10^{-15} ثانیه).



شکل ۸: خوشه‌های تشکیل‌شده‌ی آب. شکل بالا: خوشه‌های منتخب با دو تا سیزده مولکول. شکل وسط: مولکول آب و سه مُدل خوشه با دو، چهار و شش مولکول. شکل پایین: خوشه‌ای دوازده مولکولی در ساختاری شش‌ضلعی.

برهم‌کنش آب با امواج الکترومغناطیس

امواج الکترومغناطیس^۱ که ما را احاطه کرده‌اند، می‌توانند اثرات مفید و یا مخرب خود را بر آب که مهم‌ترین مایع در طبیعت است، بگذارند. در دسته‌بندی اپتیکی مواد، مواد یا شفاف‌اند^۲ و یا جاذب^۳ امواج الکترومغناطیس. این امواج که از انرژی‌های بسیار کم تا بسیار زیاد دسته‌بندی می‌شوند^۴، در هر ناحیه‌ای، تأثیرات ویژه‌ای را بر مواد پیرامون خود می‌گذارند. از جمله‌ی این تأثیرات، می‌توان به بازتاب تور مرئی^۵ خورشید توسط ماه در شب، جذب بخشی از امواج فرابنفش^۶ خورشیدی توسط جو پیرامونی زمین، ساطع‌شدن امواج فروسرخ^۷ از بدن موجودات زنده (به صورت گرما) و ... اشاره داشت. در این میان، آب نیز

¹ Electromagnetic Waves

² Transparent

³ Absorber

^۴ امواج الکترومغناطیس، طیف وسیعی از امواج را در برمی‌گیرند. از امواج میکروموج و رادیویی تا امواج فروسرخ، مرئی، فرابنفش، پرتوهای ایکس و گاما که به ترتیب با افزایش بسامد یا همان فرکانس، افزایش انرژی در آن‌ها مشاهده می‌شود.

^۵ Visible Light (Vis. Light)

^۶ Ultra-Violet (UV)

^۷ Infra-Red (IR)

توانایی جذب یا بازتابش^۱ امواج الکترومغناطیس را دارد. از کودکی با بازتاب نور مرئی از سطح دریاها و رودخانه‌ها آشنایی داریم. آب در برابر پرتوهای نور مرئی، کاملاً شفاف به نظر می‌آید. به‌طور کلی، آب، در برابر امواج مرئی و فرابنفش نزدیک، شفاف است ولی امواج فروسرخ میانه^۲، فرابنفش و میکروموج‌ها^۳ را جذب خود می‌کند. این جذب‌شدگی، در نمودارهای جذب بر حسب طول‌موج^۴ فرودی (بسامد^۵ فرودی) که در آزمایشگاه‌ها به‌دست می‌آیند، مشاهده و تحلیل می‌شوند.^۶

مولکول‌های آب، با جذب امواج الکترومغناطیس می‌توانند به سه حالت، این جذب‌شدگی را نمایش دهند و در برابر آن واکنش مناسبی، نشان دهند. در حدود انرژی‌های بسیار کم امواج میکروموج، مولکول‌های آب با جذب انرژی، دَوَران به حول یکی از محورهای خود را تجربه می‌کنند. با افزایش فرکانس و انرژی موج الکترومغناطیس و با دریافت انرژی موج فروسرخ، مولکول‌های آب دچار ارتعاش‌های مولکولی شگفت‌انگیزی می‌شوند. این ارتعاش‌ها که در دو دسته، تقسیم می‌شوند، عبارت‌اند از: ارتعاش‌های کششی^۷ و خمشی^۸. البته لازم به ذکر است که ارتعاش‌های کششی در دو شیوه‌ی متقارن و نامتقارن خود را نشان می‌دهند.^۹ با تحلیل نمودارهای جذب امواج الکترومغناطیس توسط آب در محدوده‌ی امواج فروسرخ و مرئی، در می‌یابیم که هر سه حالت مذکور، تأثیری مستقیم و شگرف بر مولکول‌های آب و جنبندگی آن‌ها خواهند داشت. (ر.ک. شکل ۹)

از نمودار شکل ۹، معلوم است که ارتعاش‌های خمشی در طول‌موج‌های بلندتری نسبت به ارتعاش‌های کششی رخ می‌دهند و این موضوع، نشان‌دهنده‌ی کسب انرژی‌های بیشتر برای تحریک کششی مولکول‌های آب است. جالب است که میزان جذب با کاهش طول‌موج

^۱ Reflection

^۲ Mid IR

^۳ Microwaves

^۴ Wavelength

^۵ Frequency

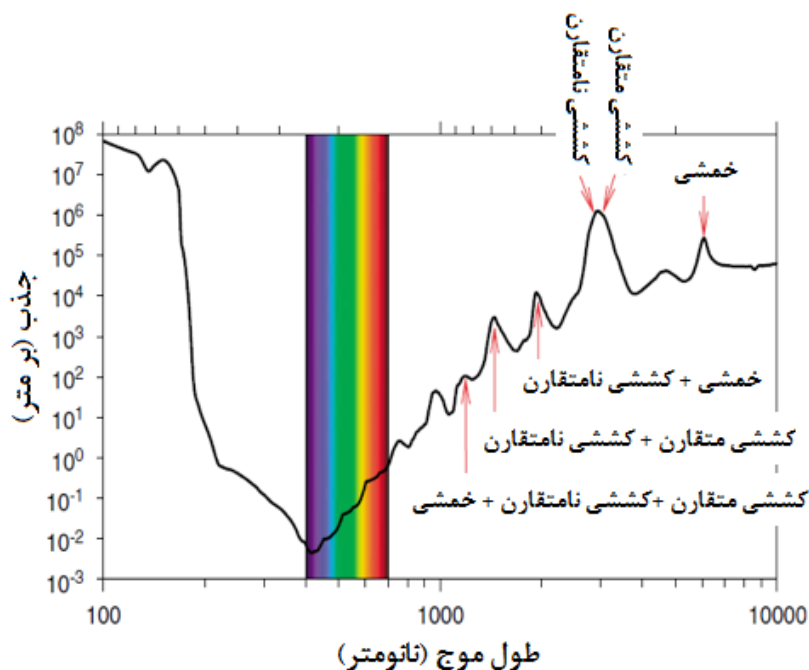
^۶ طول‌موج و بسامد با هم رابطه‌ای وارون دارند. به‌طوری‌که با افزایش طول‌موج، بسامد کاهش می‌یابد و بالعکس.

^۷ Stretching

^۸ Bending

^۹ به‌طور خلاصه، ارتعاشِ خمشی در مولکول آب، با کم و زیاد شدن ارتعاشیِ زاویه‌ی دو پیوند کووالانسی $H - O$ همراه است ولی ارتعاش‌های کششی به معنای کش آمدن پیوندهای کووالانسی $H - O$ است. اگر هر دو با هم کش بیایند و با هم کوتاه شوند، کششی متقارن نامیده می‌شود و اگر یکی از پیوندها کش بیاید و دیگری همزمان کوتاه شود، کششی نامتقارن را خواهیم داشت.

و ورود به طیف نورهای مرئی، به سرعت کاهش می‌یابد ولی در ادامه و در طیف‌های فرابنفش (در قسمت چپ نمودار شکل ۹)، مجدداً افزایش جذب را خواهیم داشت. شاید همین کاهش میزان جذب در طیف نورهای مرئی باشد که برخی، پژوهش در زمینه‌ی اثرات امواج الکترومغناطیس بر آب را امری بی‌هوده و بی‌نتیجه توصیف می‌کنند ولی باید تأکید شود که دنیای ما فقط از امواج مرئی تشکیل نشده است و شاید اثرات دیگر امواج الکترومغناطیس بر روح و روان و فیزیک پیرامون ما بیش‌تر باشد!



شکل ۹: نمودار جذب امواج الکترومغناطیس فروسرخ، مرئی و فرابنفش توسط آب بر حسب طول‌موج.

در این نمودار، بایستی به چند نکته دقت شود که اولاً، در طبیعت، رسیدن به یک طول-موج خاص امری غیرقابل‌تصور است و به‌دلیل عوامل متعدد در طبیعت، نمونه‌های آب موجود، همیشه گستره‌ی وسیعی از طول‌موج‌ها یا بسامدها را احساس می‌کنند. ثانیاً، به‌دلیل این گستره‌ی وسیع طول‌موجی (بسامدی) می‌توان همه‌ی فرایندهای واکنشی به موج فرودی را مشاهده نمود و به‌نوعی، همزمان، دوران و ارتعاش‌های مختلف مولکولی، در یک نمونه‌ی آب وجود خواهند داشت. ثالثاً، از تحقیقات فیزیک نور و امواج، می‌دانیم که گرمای موجود در طبیعت، چه گرمای تولیدی از موجودات زنده و چه اشیاء بی‌جان، از خود، امواج فروسرخ

را ساطع می‌کنند؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که همه‌ی اشیاء و موجودات، به صورت مستقیم بر آب پیرامون خود اثر می‌گذارند. حتی امواج الکترومغناطیس خارج از جو زمین نیز می‌توانند تأثیراتی را بر کیفیت آب آشامیدنی و غیر آشامیدنی ما انسان‌ها بگذارند و حتی با دست‌کاری و یا استفاده‌ی نادرست از منابع تولید امواج الکترومغناطیس، مولکول‌های آب در طبیعت، متحمل نوسان‌های تحمیلی و ناخواسته و به‌طور کلی، آلودگی‌هایی از نوع الکترومغناطیسی شوند که باید در جهت خنثی‌سازی این اثرات، روند حرکت و واکنش مولکول‌های آب را به حالت سابق برگرداند. امروزه، برخی از محققان بر این باور هستند که آب، توانایی ذخیره‌سازی چنین اطلاعاتی را در خود دارد و می‌تواند در زمان مناسب، این اطلاعات را به گیاهان و یا موجودات زنده از قبیل انسان‌ها منتقل نماید. البته این موضوع، همچنان از پرچالش‌ترین و پر بحث‌ترین موضوعات در علم است! حتی در بعضی از موارد، گزارش‌هایی از اثر امواج الکترومغناطیس و انرژی آن‌ها، در شکستن پیوندهای هیدروژنی O: H آب، شده و سبب کوچک‌تر شدن خوشه‌های مولکولی آب می‌شوند. برخی محققان ادعا نموده‌اند که برهم‌کنش امواج الکترومغناطیس با خوشه‌های مولکولی آب، می‌تواند عامل بهبود کیفیت، نفوذ بهتر به داخل لوله‌های بسیار باریک (مانند نفوذ در گیاهان) و جلوگیری از به‌همراه داشتن آلودگی‌ها در خوشه‌ها شود. به‌طور کلی، می‌توان وجود امواج الکترومغناطیس و تأثیر متقابل بین آب و آن‌ها را در بحث‌هایی جدی و کاربردی، برای تحقیقات آتی دانشمندان در این عرصه به‌کار برد تا اثرات مفید و مضر این امواج بر آب، به خوبی آشکار شوند.

در پایان این بخش، به محدوده‌ی امواج فرابنفش نیز اشاره‌ای می‌شود؛ در این محدوده‌ی بسامدی، اتم‌های درون مولکول آب به دلیل جذب انرژی‌های بالاتر، توانایی گذارهای الکترونی را دارند که گذارهای الکترونی، اثرات کوانتومی جالبی را به دنبال خواهند داشت که مرور چنین مطالبی نیازمند دانش تخصصی فیزیک و مکانیک کوانتومی است.

ویژگی‌های جالب و نامتعارف آب

آب از جمله موادی است که در هر سه حالت مایع، جامد و گاز، یافت می‌شود. آب را می‌توان تنها ماده‌ای در طبیعت تلقی کرد که در دماهای قابل استحصال در زندگی روزمره، می‌تواند در هر سه حالت ممکن، پدیدار شود. از این‌رو، آب، برخلاف مواد دیگر، هر سه حالت

خود را به راحتی به نمایش می‌گذارد. با افزایش یا کاهش دما، در حد روشن نمودن آتش یا قرار دادن آب در فریزرهای معمولی، دو حالت گازی و منجمد آن، مشاهده می‌شود. مواد دیگر در طبیعت، برای تبخیر یا انجماد خود، نیاز به دماهای متفاوتی دارند و دستیابی به برخی از دماها با ابزارهای عادی در اختیار ما، امکان‌پذیر نیست و ابزارهای پیشرفته‌ی صنعتی و یا تحقیقاتی را می‌طلبد؛ بنابراین، با استفاده از ابزارهای معمولی، حتی می‌توان در مورد گذارهای حالت‌های آب به یکدیگر، تحقیق و مطالعه کرد؛ البته، سال‌هاست به نتایج پژوهشی قابل‌اعتنایی در زمینه‌ی گذار فازی آب دست یافته‌ایم ولی همچنان، تحقیق و تحلیل این موضوع، علاقه‌مندان به خود را دارد؛ آن هم به دلیل علاقه به کشف رازهایی از آب اسرارآمیز!

از جمله ویژگی‌های نامتعارف آب، انبساط غیرعادی آن است. طبق تصویری که از افزایش یا کاهش حجم (انبساط یا انقباض) داریم، پیش‌بینی می‌کنیم که آب با کاهش دما، حجم خود را کاهش دهد که این اتفاق نیز رخ می‌دهد ولی در حدود دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس^۱ (سانتی‌گراد^۲)، این روند عادی، قطع شده^۳ و حجم آب مایع در بازه‌ی دمایی ۴ تا صفر درجه-ی سلسیوس برخلاف انتظار، افزایش می‌یابد. از این رو، به فرایند غیرمنتظره‌ی فوق، انبساط غیرعادی آب می‌گویند. هر چند امروزه، برخی از دانشمندان بر پاسخ‌دهی به این مسئله اصرار دارند ولی همچنان در انتظار پاسخی قانع‌کننده در دنیای فیزیک و شیمی آب، می-مانیم^۴!

می‌توان از ویژگی‌های گرمایی آب نیز مثال‌هایی را آورد. مثلاً ضریب انبساط طولی^۵ برای یخ، تقریباً پنج برابر فولاد، سه برابر فلزی مثل مس و یا تقریباً دو برابر آلومینیوم و سرب است. این بدان معناست که در شرایط فیزیکی یکسان، از جمله، بازه‌ی دمایی یکسان،

^۱ به افتخار آقای سلسیوس، در دنیای علم، به یکای دما در دستگاه بین‌المللی یکاها (SI)، درجه‌ی سلسیوس می‌گویند.

^۲ درجه‌ی سانتی‌گراد، هم‌ارز با درجه‌ی سلسیوس است. در دنیای علم، استفاده از واژه‌ی درجه‌ی سلسیوس متداول‌تر از سانتی‌گراد است. (که با نماد °C مشخص می‌شود).

^۳ یعنی، کم‌ترین حجم ممکن برای آب مایع، در شرایط متعارف، در دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس رخ می‌دهد و در نتیجه، بیشترین چگالی آب مایع، در این دما مشاهده می‌شود.

^۴ برخی دانشمندان، ادعا کرده‌اند که این مسئله و دلیل آن را متوجه شده‌اند. از جمله، دانشمند اهل ایالات متحده که با وارد کردن فاز چهارم آب، به این مسئله پاسخ داده است. در فصل دوم به موضوع فاز چهارم آب پرداخته‌ایم.

^۵ Linear Expansion

افزایش طول یخ (آب در حالت جامد)، بیش‌تر از فلزات مذکور است.^۱ هم‌چنین می‌توان از گرمای ویژه^۲ (ظرفیت گرمایی ویژه^۳) نیز یاد کرد که آب و یخ، در قیاس با مواد دیگر در طبیعت، اعدادی به نسبت بالاتر را دارند. به‌طوری‌که گرمای ویژه‌ی آب و یخ به‌ترتیب، (حدوداً) $\frac{1}{\text{kg.K}}$ ۴۱۸۷ و ۲۲۲۰ است؛ یعنی برای افزایش یک کلوین یا یک درجه‌ی سلسیوس^۴ آب یا یخی یک کیلوگرمی، در حدود ۴۱۸۷ و ۲۲۲۰ ژول، انرژی گرمایی نیاز است. این موضوع وقتی جالب می‌شود که گرمای ویژه‌ی آب یا یخ را با بعضی از مواد مقایسه کنیم. با مقایسه‌ی آن‌ها در می‌یابیم که مثلاً گرمای ویژه‌ی آب، حدوداً چهل برابر جیوه، سرب و تنگستن، ده برابر فولاد و یا دو برابر اتانول است! همان‌طور که مشاهده شد، آب با تبدیل به یخ، گرمای ویژه‌ی خود را کاهش می‌دهد (تقریباً نصف می‌شود) که این مورد هم احتمالاً به دلیل نظم در چینش مولکول‌های آب در حالت جامد باشد!

از دیگر موارد مطالعات در زمینه‌ی واکنش گرمایی آب، به گرمای نهان ذوب^۵ و گرمای نهان تبخیر^۶ در مواد و مقایسه‌ی آن‌ها با آب اشاره می‌شود.^۷ گرمای نهان ذوب یخ، تقریباً ۳۳ برابر جیوه، ده برابر گوگرد، پنج برابر طلا، چهار برابر نقره و دو برابر قلع است و هم‌چنین، گرمای نهان تبخیر آب، تقریباً صد برابر هلیوم، ده برابر اکسیژن، هفت برابر اتر و بنزن، سه برابر اتانول و کم‌تر از دو برابر آمونیاک و گوگرد است!

ذکر این معیارهای گرمایی، برای نمایش ویژگی‌های گرمایی جالب آب و یا یخ عنوان شده‌اند و این موضوع را می‌توان درک نمود که گویی آب و یخ با شمار بسیاری از مایع‌ها و جامد‌ها، قابل‌قیاس نیستند و ویژگی‌های متفاوتی از آن‌ها مشاهده و مطالعه می‌شوند. مباحث مطرح شده، تأکید می‌کنند که بایستی، ویژگی‌های گرمایی، فیزیکی و حتی مکانیکی

^۱ ضریب انبساط طولی، نشان‌دهنده‌ی توانایی افزایش طول یک ماده است. برای مثال، با افزایش دما و طول اولیه‌ی یکسان، جسمی، افزایش طول بیشتری را تجربه می‌کند که ضریب انبساط طولی آن بیش‌تر باشد.

^۲ Specific Heat

^۳ Specific Heat Capacity

^۴ با آن‌که دو یکای کلوین و درجه‌ی سلسیوس، متفاوت‌اند ولی تفاوت دمایی یک کلوین با یک درجه‌ی سلسیوس برابر است!

^۵ Latent Heat of Melting

^۶ Latent Heat of Vaporization

^۷ گرمای نهان تبخیر و ذوب آب به‌طور خلاصه، به معنای مقدار گرمایی است که باید به یک کیلوگرم از آب بدهیم تا تبخیر (گرمای نهان تبخیر) یا ذوب (گرمای نهان ذوب) شود.

آب را به صورت مجزا، مورد بحث و تحقیق قرار داده تا به اهمیت آب و بررسی‌های فیزیکی و شیمیایی آن، پی‌بریم.

در ادامه، خلاصه‌وار به چند ویژگی جالب دیگر از آب و یخ، اشاره‌هایی خواهیم داشت:

امروزه اثبات شده است که آب در حین فرایند انجماد، هفده انتخاب دارد. به‌طوری‌که با در نظر گرفتن شرایط اولیه‌ای نظیر فشار، دما و حجم^۱، آب، توانایی گزینش یکی از این هفده مدل را برای تبدیل به یخ دارد. در مورد مایع‌های دیگر در طبیعت، برخلاف آب مایع، تعداد انتخاب‌های زیاد، به‌ندرت گزارش شده است! یا مورد دیگر، دمای ذوب یخ است که با افزایش فشار تراکمی^۲ به اندازه‌ی ۲۱۰ مگاپاسکال^۳، از صفر درجه‌ی سانتی‌گراد به حدود ۲۲- درجه‌ی سانتی‌گراد کاهش می‌یابد و نیز با فشار کششی^۴ در حدود ۹۵- مگاپاسکال، این دما تا دمای بسیار پایین ۲۶۶/۵- درجه‌ی سانتی‌گراد کم می‌شود. هم‌چنین، با اعمال فشارهای تراکمی و کششی ۱۸/۸۴ و ۱۸۰- مگاپاسکال، دمای بیش‌ترین چگالی ممکن آب مایع (به‌جای ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد که انتظار داریم^۵)، به‌ترتیب، در حدود صفر و ۴۷ درجه-ی سانتی‌گراد مشاهده می‌شود!

در روند یخ‌زدگی و انجماد آب، اثبات شده است که چگالی^۶ یخ تولید شده در حدود هشت درصد نسبت به آب، کاهش می‌یابد و طبق قوانین شناورسازی اجسام و مواد^۱

^۱ از معیارهای همیشگی برای بررسی مواد در نزد فیزیک‌دان‌ها و شیمی‌دان‌ها، تحلیل شرایط اولیه‌ی ماده‌ی مورد مطالعه است. از مهم‌ترین شرایط اولیه و نهایی مورد بررسی، حجم، دما و فشار هستند.

^۲ به فشارهایی که سبب تراکم و کم حجم شدن جسم می‌شود، فشار تراکمی می‌گویند و مقدار آن را اغلب با عددی مثبت نشان می‌دهند.

^۳ پاسکال (Pa)، یکای استاندارد برای فشار است. مگا (M) نیز پیشوندی برای میلیون در علوم تخصصی است. لازم به ذکر است که در شرایط متعارف، فشار، در حدود ۱ جو (اُتمُسفر) در نظر گرفته می‌شود که در حدود ۰/۱۰۱ مگاپاسکال (MPa) است.

^۴ به فشارهایی که سبب کش و بیشتر شدن حجم جسم شود، فشار کششی می‌گویند و مقدار آن را اغلب با عددی منفی نشان می‌دهند.

^۵ در خطوط پیشین اشاره کردیم که کم‌ترین حجم و بیش‌ترین چگالی، در شرایط متعارف (فشار یک اتمسفر)، در حدود دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس رخ می‌دهد.

^۶ نسبت جرم جسم به حجم آن، چگالی نامیده می‌شود. این کمیت فیزیکی، یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین کمیت‌های فیزیکی، در علوم مختلف است.

همیشه، یخ‌ها روی آب قرار می‌گیرند و این اتفاق، باعث می‌شود تا تمامی آب‌های روی سطح زمین، حتی با کاهش دمای برخی مناطق تا زیر صفر درجه‌ی سانتی‌گراد و نقطه‌ی انجماد آب، لایه‌ای از یخ را در بالای سطح خود تشکیل دهند و به‌دلیل ممانعت از ورود سرما به اعماق پایین‌تر^۲، آب در عمق دریاها و دریاچه‌ها به صورت مایع، باقی مانده و مانع از قطع شدن روند حیات جانوری و گیاهی در آن‌جا شوند.

در شرایط متعارف، آب مایع در دمای حدوداً ۱۰۰ درجه‌ی سلسیوس به گاز (بخار) و بالعکس، تبدیل می‌شود ولی با افزایش فشار در حدود ۲۰۰ مگاپاسکال، جوشیدن آب مایع در بازه‌ی دمایی ۱۲۸- تا ۹۸- درجه‌ی سلسیوس رخ می‌دهد!

در دنیای نانومتری و ریزمقیاس نیز، آب، ویژگی‌های جالب و منحصربه‌فردی را از خود بروز می‌دهد؛ از جمله، ابرسرمایش^۳ و ابرگرمایش^۴ در ابعاد نانومتری. محققان در گزارشی پژوهشی، مدعی شده‌اند که قطره‌ی آبی با قطری در حدود ۱/۲ نانومتر، در دمای حدوداً ۱۰۱- درجه‌ی سانتی‌گراد، شروع به انجماد می‌کند (ابرسرمایش) و تک‌لایه‌ای از یخ^۵ در دمایی در حدود ۴۷ درجه‌ی سانتی‌گراد ذوب می‌شود (ابرگرمایش)!

همچنین، ضریب شکست^۶ آب در دماهای ۳۰- و صفر درجه‌ی سانتی‌گراد، به ترتیب ۱/۳۳۰۲۶ و ۱/۳۳۴۳۴ است ولی با افزایش بیش‌تر دما تا ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، این مقدار به ۱/۳۱۸۵۴ کاهش می‌یابد. این مقادیر نشان می‌دهند که در دماهای ۳۰- تا صفر درجه، با افزایش چگالی و تراکم، میزان ضریب شکست افزایش می‌یابد ولی با کاهش تراکم و افزایش دما تا دمای جوش، ضریب شکست، روندی نزولی را تجربه می‌کند. می‌توان نتیجه

^۱ دانش شناورسازی از سالیان بسیار دور، به ارث رسیده است. از ساخت کشتی‌ها و قایق‌ها تا آزمایش‌های پیشرفته‌ی امروزی.

شناورسازی به چگالی اجسام نسبت به هم ارتباط دارد، هر چه چگالی جسمی نسبت به باقی اجسام، کم‌تر باشد، روی آن‌ها قرار می‌گیرد و هر چه نسبت به آن‌ها بیشتر باشد، ته‌نشین می‌شود؛ یعنی با افزایش چگالی، نیروی شناوری کاهش می‌یابد.

^۲ نقش عایق گرمایی را ایفا می‌کنند.

^۳ Supercooling

^۴ Superheating

^۵ Monolayer Skin

^۶ Refractive Index

گرفت که میزان تراکم و دما، دو عامل مهم و تأثیرگذار در تعیین ضریب شکست آب و به-طور کلی، ویژگی‌های اپتیکی آب است.^۱

آب، ویژگی جالبی نیز در لایه‌ی مرزی از خود نشان می‌دهد. در لایه و سطح مرزی آب با محیط پیرامون، اثری به نام کشش سطحی^۲ آب مشاهده می‌شود که گویی سطحی سفت ولی منعطف، برای ایستادن اجسام و حشرات کوچک، روی آب فراهم می‌شود. کشش سطحی در آب بیش‌تر از هر مایعی، خودنمایی می‌کند.



شکل ۱۰: نمونه‌هایی از مقاومت آب در برابر نیروی وزن حشرات، توسط کشش سطحی.

از دیگر موارد جالب، می‌توان به لیزی و لغزندگی یخ‌ها^۳ اشاره داشت؛ یخ از لغزنده‌ترین جامدها در طبیعت است. همچنین، اثر امپمبا یا پارادوکس امپمبا^۴، با بیان این واقعیت که آب داغ‌تر و گرم‌تر نسبت به آب سردتر و خنک‌تر، با آهنگ و سرعت بیش‌تری، یخ می‌زند و به حالت جامد تبدیل می‌شود، علاقه‌مندان به علم و تحقیقات علمی را در زمان کشف و ارائه‌ی این دستاورد، به حیرت واداشت!

بیان و تحلیل ویژگی‌ها و اثرات جالب‌توجه آب در یک بخش و یا یک فصل، نمی‌تواند گویای همه‌ی مطالب و پژوهش‌های دانشمندان و محققان در طی سالیان طولانی باشد و ما قصد داشتیم تا با بیان بخشی از این اثرات و ویژگی‌های منحصربه‌فرد، به‌طور خلاصه و بدون

^۱ ضریب شکست، کمیتی اپتیکی است که به‌دلیل کاهش تندی (سرعت) نور در مواد، پدید می‌آید. به نسبت تندی نور در خلأ به تندی نور در محیط تحت مطالعه، ضریب شکست می‌گویند؛ بنابراین، کم‌ترین ضریب شکست (برابر با یک) برای خلأ و برای مواد دیگر، مقادیر بیش‌تر از یک را به‌دست می‌آوریم.

^۲ Surface Tension

^۳ Slipperiness of Ices

^۴ Mpemba's Paradox

پرداختن به جزئیات، ذهنیت مخاطب فرهیخته‌مان را به اهمیت و جایگاه ناشناخته‌ی آب، معطوف سازیم.

انواع آب

در دسته‌بندی آب، به موارد مهم فیزیکی، شیمیایی، جغرافیایی، اجتماعی، دینی و ... توجه می‌شود. قطعاً شماری از دسته‌بندی‌ها را در ذهن دارید. مثلاً، انواع آب از دیدگاه شرع مقدس اسلام یا انواع آن از لحاظ قرارگیری در مناطق مختلف، مثل آب رودخانه‌ها، آب چشمه‌ها و ... در این بخش، به گونه‌هایی از آب در علم شیمی و فیزیک می‌پردازیم که شاید کم‌تر به گوش مخاطب‌مان خورده باشد و به‌طور خلاصه، آن‌ها را از نظر می‌گذرانیم.

یکی از انواع آب که می‌توان در این بخش از آن یاد کرد، آب سنگین^۱ است. آب سنگین که در یکی دو دهه‌ی اخیر در جامعه‌ی ما نیز شناخته شده است و گاهی در اخبارهای سیاسی و علمی، نامی از آن را شنیده‌ایم؛ کشف و مطالعات اولیه‌اش، تقریباً به یکصد سال قبل برمی‌گردد. دانشمندان در مطالعات و پژوهش‌های خود دریافتند که اگر مولکول‌های آب (در بخش‌های پیشین به آن پرداختیم)، به‌جای دو هیدروژن با دو اتم دوتریوم^۲، پیوندی کووالانسی ($D-O$) را ایجاد کنند، به مولکولی شبیه به مولکول آب معمولی و به همان ساختار V شکل دست می‌یابند. البته با کمی تفاوت در زاویه و چگالی بیشتر نسبت به مولکول آب معمولی.

شایان ذکر است که مولکول‌های آب سنگین (D_2O) در طبیعت با احتمال کم‌تری نسبت به آب معمولی (H_2O) یافت می‌شوند ولی این احتمال کم نیز دلیلی بر عدم وجود این نوع آب نیست. امروزه از آب سنگین، در تحقیقات شیمیایی و فیزیکی، راکتورهای آب سنگین در پروژه‌های علوم و فنون هسته‌ای، تولید الکتریسیته و ... استفاده می‌شود. ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی این نوع آب، تفاوت چندانی با آب معمولی ندارد و فقط به‌دلیل کوچک‌تر بودن دوتریوم نسبت به هیدروژن معمولی^۳، اندازه‌ی پیوند کووالانسی $D-O$ کمی

^۱ Heavy Water

^۲ Deuterium

^۳ دوتریوم یکی از دو ایزوتوپ اتم هیدروژن است که برخلاف اتم هیدروژن معمولی، در هسته‌ی خود علاوه بر یک پروتون، یک نوترون را هم جای داده است. تریتمیوم نیز ایزوتوبی بسیار ناپایدار و نادر از اتم هیدروژن است که دارای یک

کوچک‌تر از مشابه آن در آب معمولی است و در نتیجه، چگالی آن نیز بیش‌تر از آب معمولی می‌شود. از این‌رو، به این آب، لقب سنگین را می‌دهند. محققان، به‌همین دلیل، توصیه‌ای به نوشیدن این آب نمی‌کنند.

همان‌طور که می‌دانیم، انبوهی از هیدروژن‌ها و اکسیژن‌ها در کنار هم مولکول‌های آب را شکل می‌دهند، اما به دلیل وجود میزان بسیار کمی از دوتریوم در نمونه‌های طبیعی، امکان و احتمال برهم‌کنش دو اتم دوتریوم به صورت همزمان با یک اتم اکسیژن، برای تولید مولکول آب سنگین بسیار کم خواهد بود، بنابراین، در بعضی از موارد، احتمال تولید آبی با یک اتم هیدروژن معمولی و یک اتم دوتریوم، بیش‌تر از ایجاد مولکول‌های آب سنگین است. به این دسته از مولکول‌های تشکیل‌شده، مولکول آب نیمه‌سنگین^۱ (HDO) گفته می‌شود. در نمونه‌های بزرگ، برای ساختن مولکول‌های آب، ایزوتوپ‌هایی^۲ از اتم اکسیژن به غیر از اتم اکسیژن-۱۶ ($^{16}_8\text{O}$) مثل اتم‌های اکسیژن-۱۷ ($^{17}_8\text{O}$) و اکسیژن-۱۸ ($^{18}_8\text{O}$) نیز یافت می‌شوند. می‌توان فرض کرد که ایزوتوپ‌های اکسیژن که نسبت به اکسیژن معمولی (اکسیژن-۱۶) به ترتیب یک و دو نوترون، بیش‌تر دارند، جایگزین مناسبی برای اتم‌های اکسیژن معمولی، شده و مولکول‌های مشابه با آب معمولی را می‌سازند (مثلاً $^{18}_8\text{O}$ H_۲). البته با وجود احتمال کم‌تر چنین وقایعی، خوشبختانه، این گونه آب‌ها، خطری آن‌چنانی و اثبات‌شده‌ای برای سلامتی انسان‌ها ندارند.

در ادامه، برای ذکر انواع دیگر آب، به برخی پارامترها و معیارهای شیمیایی نیاز داریم که به آن‌ها اشاره می‌شود و براساس معیارهای پیشنهاد شده به معرفی برخی دیگر از انواع آب می‌پردازیم.

پروتون و دو نوترون در هسته است. تریتیوم‌ها نیز می‌توانند با تشکیل پیوندی کووالانسی با اکسیژن، مولکول آبی را بسازند که یافتن آن‌ها چه در طبیعت و چه در آزمایشگاه، بسیار دشوار و تقریباً غیرممکن است!

^۱ Semi-Heavy Water

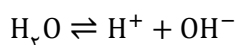
^۲ طبق قواعد فیزیک و شیمی، هر عنصر که در جدول مندلیف قرار می‌گیرد، دارای تعداد پروتون‌های منحصر به خود است ولی همان عنصر می‌تواند تعداد متفاوتی از نوترون‌ها را در هسته‌ی خود جای دهد که به ایزوتوپ‌های عنصر مشهورند. مثلاً هر عنصری با هشت پروتون را اکسیژن می‌نامیم ولی می‌توانیم ایزوتوپ‌هایی با هشت، نه و ده نوترون (اکسیژن‌های ۱۶، ۱۷ و ۱۸) را از آن داشته باشیم.

pH

در ابتدا، یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها در شناخت مواد در علم شیمی را معرفی می‌کنیم.

pH را می‌توان به‌عنوان معروف‌ترین معیار تشخیص مواد در نظر گرفت. در تحقیقات شیمیایی، یکی از الزامات تحقیق، توانایی تشخیص بازی (قلیایی) یا اسیدی بودن و یا خنثایی ماده و یا محیط پیرامون آن است. از این‌رو، معیاری با نام pH توسط شیمی‌دان‌ها معرفی شده است.^۲ این معیار، بیان‌گر میزان غلظت یون هیدروژن در نمونه است.^۳

مولکول آب، مطابق فرایند نوشته‌شده در زیر، می‌تواند با ترکیب یون مثبت هیدرونیوم^۴ (H^+) و یون منفی هیدروکسید^۵ (OH^-) پدید آید و یا به این دو یون تبدیل شود:



در تعیین pH ، بایستی به غلظت و تعداد یون‌های هیدرونیوم در مقابل یون‌های هیدروکسید، توجه شود. مثلاً آب خالص (که در فرایند بالا می‌بینیم)، تعدادی برابر از هیدرونیوم و هیدروکسید با بارهای مثبت و منفی را ایجاد کرده است. با افزایش تعداد مولکول‌های آب از یک به مقادیر بسیار زیاد، باز هم این تعادل و توازن در تعداد دو یون مثبت و منفی برقرار خواهد بود. در این صورت می‌گوییم، نمونه‌ی تحت مطالعه (که در این مثال، آب خالص است) دارای ماهیتی، خنثی است؛ اما اگر در مواد یا محلولی دیگر (چه آب‌های غیر خالص و چه ماده‌ی دیگری) بررسی شود، میزان غلظت و تعداد بارهای مثبت و منفی در نمونه‌ی مورد مطالعه، دچار عدم توازن می‌شود که اگر تعداد و غلظت یون‌های مثبت (مثل هیدرونیوم) بیشتر باشد، می‌گوییم که ماده‌ی مورد نظر، خواص اسیدی^۶ را از

^۱ این واژه، ترجمه‌ای فارسی ندارد و در جامعه‌ی علم، با واژه‌های پ‌هاش یا پی‌اچ خوانده می‌شود!

^۲ در تفسیر p ، بین صاحب‌نظران، اختلاف‌نظر وجود دارد. بعضی می‌گویند، pH به معنای قدرت هیدروژن (power of Hydrogen) است و برخی دیگر، معنای پتانسیل هیدروژن (potential of Hydrogen) را در نظر می‌گیرند، حتی برخی p را از انتخاب حرف p (به‌مانند q) به عنوان ماده‌ی مورد مطالعه، می‌دانند. مشکلات در تفسیر نام pH از آنجاست که آقای سورنسن به‌عنوان پیشنهاددهنده‌ی آن، هیچ توضیحی برای انتخاب نام pH نداده است!

^۳ در مطالب پیشرفته‌تر علم شیمی، فعالیت (Activity) یون هیدروژن (غلظت مؤثر)، معیار تعیین pH است، به‌طوری‌که غلظت و تعداد یون مثبت هیدروژن، یکی از متغیرهای مهم در جهت شناسایی این فعالیت یا غلظت مؤثر است.

^۴ Hydronium

^۵ Hydroxide

^۶ Acid

خود بروز می‌دهد ولی اگر تعداد و غلظت یون‌های مثبت هیدروژنی نسبت به یون‌های منفی، کمتر باشد، ماده، خاصیتی بازی^۱ یا قلیایی^۲ را به نمایش می‌گذارد. در کتاب‌های مقدماتی و پایه‌ای علم شیمی، مقادیر صفر تا ۱۴ را برای نشان دادن اسیدی یا بازی بودن مواد و محلول‌ها، به کار می‌برند. در این نمایش، عدد ۷، نماد ماده یا محلول خنثی است و اعداد پایین‌تر از آن، نمایش‌دهنده‌ی اسیدی بودن و اعداد بیشتر از هفت، بازی یا قلیایی بودن را نشان می‌دهند. البته امروزه اثبات شده است که این مقادیر می‌توانند بیشتر از ۱۴ و کمتر از صفر هم باشند که در موارد عادی و مباحث معمولی، این اعداد پدیدار نمی‌شوند و در مباحث پیشرفته‌تر، می‌توان به آن‌ها پرداخت^۳. معیار pH ، به دما نیز بستگی دارد. چون معیار خنثی بودن با عدد ۷، در دمای ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد (معروف به دمای اتاق و حدوداً برابر با ۲۹۸ کلوین) بیان می‌شود و در دماهای دیگر، pH ، به شدت به تغییرات دمای ماده و محیط وابسته است؛ به‌طوری‌که ماده یا محلولی، می‌تواند در عددی مثل ۶/۵ نیز خنثی باشد. همان‌طور که بیان شد، تعادل و توازن در مقادیر غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید، نشان‌دهنده‌ی خنثی بودن محلول یا ماده است. از این‌رو، معیاری دیگر را نیز معرفی می‌نماییم: pOH برخلاف pH ، به تعداد و غلظت یون منفی هیدروکسید اشاره دارد. به‌طور کل، در مباحث معمولی، معیار pOH کمتر مورد اقبال است و در بیشتر گزارش‌های علمی و پژوهشی، معیار pH مورد توجه شیمی‌دان‌ها و دانشمندان است. در فرایندهای آموزشی و صنعتی، برای تعیین pH محلول یا ماده، از شناساگرهایی استفاده می‌شود که امروزه در صنعت، جای خود را به pH سنسورهای دیجیتالی و مدرن داده‌اند.

ORP

از دیگر شاخص‌های تعیین کیفیت محلول‌های شیمیایی و به‌ویژه، آب، شاخص پتانسیل اکسایش-کاهش (ORP)^۴ است^۱. این شاخص با تعیین برتری اکسایش یا کاهش نسبت به هم معین می‌کند که محلول مورد نظر محیطی اکسایشی دارد یا کاهش‌ی؟!

^۱ Base

^۲ Alkaline

^۳ pH ، معیاری لگاریتمی است و به میزان غلظت بستگی دارد. در غلظت‌های بیش از یک مولار و کمتر از 10^{-14} از یون هیدرونیوم، مقادیری خارج از بازه‌ی صفر تا ۱۴، مشاهده می‌شوند!

^۴ Oxidation-Reduction Potential (ORP)

اکسایش و کاهش به چه معنایی هستند؟

هرگاه مولکول یا اتمی، علاقه‌مند به گرفتن الکترون باشد، آن‌گاه مولکول مورد نظر، اکسید شده و عمل اکسایش را انجام می‌دهد؛ حال اگر مولکولی یا سیستمی، علاقه‌مند به دادن الکترون باشد، آن مولکول، کاهش یافته و عمل کاهش را انجام داده است. به‌طور کل، اگر سیستمی، از الکترون، پُر باشد و به اهدای الکترون‌هایش به مولکول‌های دیگر، تمایل داشته باشد، آن سیستم، سیستمی کاهش‌ی است و اگر سیستم، به گرفتن و پُر نمودن الکترون‌هایش تمایل داشته باشد، آن سیستم را اکسایشی می‌نامند. از معروف‌ترین سیستم‌های کاهش‌ی و مهم در زمینه‌ی سلامتی و بهداشت، آنتی‌اکسیدان‌ها^۲ هستند که در مقابل رادیکال‌های آزاد که محیطی اکسایشی دارند، قرار می‌گیرند. از جمله موادی که با سطح ORP منفی و خواص آنتی‌اکسیدانی شناخته می‌شوند، می‌توان به چای سبز و ویتامین C اشاره داشت.

شاخص ORP، میل و علاقه‌ی به گرفتن یا از دست‌دادن الکترون در سیستم مورد مطالعه را نمایش می‌دهد؛ یعنی اگر مقدار ORP، عددی منفی شد، سیستم به‌دلیل ازدیاد الکترون، تمایل به کاهش الکترون‌های خود دارد و اگر مقدار ORP، عددی مثبت شود، به معنای سیستمی است که به‌دلیل کمبود الکترون، تمایل به افزودن الکترون‌ها، دارد. اگر سیستمی، در حالت خنثی باشد، عدد ORP برابر با صفر می‌شود و به‌معنای عدم تمایل سیستم مورد مطالعه به تبادل الکترون است و یا تعداد گرفتن‌ها و دادن‌های الکترونی، با هم برابر است. مثلاً آب خالص، ORP صفر را دارد^۳.

یکای ORP، ولت است، اما به‌دلیل کوچک‌بودن ORP در سیستم‌های شیمیایی (و به‌ویژه خوراکی‌ها و آشامیدنی‌های طبیعی و متداول در زندگی روزمره)، از یکای میلی‌ولت استفاده می‌شود. توجه به این نکته جالب خواهد بود که بیشتر آب‌های آشامیدنی در دسترس ما از قبیل آب‌های لوله‌کشی در شهرها و روستاها، ORP مثبت دارند و به نوعی، خاصیت اکسایشی و اسیدی آب‌های آشامیدنی را بازگو می‌کنند!

^۱ در برخی گزارش‌های علمی و تحقیقاتی، به این شاخص، پتانسیل Redox نیز می‌گویند.

^۲ Anti-Oxidants

^۳ معمولاً pH و ORP رابطه‌ای مستقیم با یکدیگر دارند. به‌طوری‌که بیش‌تر مواد با pH بالا (بازها)، سطح ORP منفی دارند و مواد با pH کم‌تر از خنثی (اسیدها)، دارای سطح ORP مثبت هستند.

TDS

عامل و شاخص مهم دیگر در شناخت محلول‌ها و مواد مایع، شاخص کل جامدهای محلول (حل‌شده)^۱ است که با نماد TDS در علوم شیمی، محیط‌زیست و ... شناخته می‌شوند. همان‌طور که از نام این شاخص درک می‌شود، در واقع، TDS بیان‌گر میزان مواد جامد بسیار کوچک حل‌شده در محلولی مثل آب است. می‌دانیم، آب خالص (عاری از هر گونه ماده‌ی معدنی و یا آلی) در طبیعت یافت نمی‌شود، از این‌رو، باید شاخصی را معرفی نمود که میزان ناخالصی‌های معدنی و آلی را به‌وضوح آشکار کند. شاخص TDS اصولاً با یکای جزء در میلیون (ppm)^۲، جزء در هزار (ppt)^۳ و یا درصد (/) مشخص می‌شود؛ این یکاها بدان معنا هستند که در هر نمونه‌ی مایع، چه مقدار ناخالصی، موجود است. شاخص TDS را می‌توان با ابزارهای دیجیتالی (رقمی) موجود در بازار، اندازه گرفت. برای مثال، متخصصین توصیه می‌کنند که آب آشامیدنی، میزان TDS در حدود ۷۰ ppm الی ۱۵۰ ppm را داشته باشد!

EC

شاخص دیگری که می‌توان از آن یاد نمود، شاخص رسانندگی الکتریکی (EC)^۴ محلول‌ها از جمله آب است. این شاخص، به‌دلیل تحلیل جریان‌های الکتریکی و رسانش^۵ الکتریکی^۶، برای تعیین میزان ناخالصی‌ها از جمله یون‌های باردار (که قابلیت هدایت الکتریکی را دارند)، بسیار کاربردی و پر اهمیت است. از مهم‌ترین یون‌ها در مایعی به‌مانند آب، یون‌های تشکیل‌دهنده‌ی نمک‌ها (یون مثبت سدیم و یون منفی کلر^۷) است. آب خالص، به‌دلیل عدم وجود چنین نمک‌ها و یون‌هایی، قابلیت هدایت الکتریکی یا رسانندگی الکتریکی را ندارد؛ اما به‌دلیل حرکت روان آب‌ها از روی سطح زمین و یا آب‌های زیرزمینی، به‌دلیل جذب مواد داخل خاک و ... آب‌های موجود در طبیعت، سرشار از نمک و یون‌های معدنی خواهند بود. از این-

^۱ Total Dissolved Solids (TDS)

^۲ Parts Per Million (ppm)

^۳ Parts Per Thousand (ppt)

^۴ Electrical Conductivity (EC)

^۵ Conductance

^۶ رسانش الکتریکی در فیزیک، به معنای وارون و معکوس مقاومت الکتریکی است؛ یعنی، با افزایش دو برابری مقاومت الکتریکی، رسانش الکتریکی آن ماده، نصف می‌شود و یا با افزایش پنج‌برابری رسانش الکتریکی، مقدار مقاومت الکتریکی، به یک‌پنجم مقدار اولیه خود می‌رسد. یکای رسانش الکتریکی در سیستم بین‌المللی یکاها، برابر با زیمنس (S) است.

^۷ یون‌های تشکیل‌دهنده‌ی نمک طعام (NaCl). مشهورترین مثال از نمک‌ها، نمک طعام است.

رو، آب‌های موجود در طبیعت، رسانندگی الکتریکی قابل‌قبولی خواهند داشت؛ بنابراین، شاخص EC می‌تواند وجود یون‌های باردار در محلول را اثبات نماید. جالب اینجاست که شاخص EC و TDS با هم رابطه‌ای مستقیم دارند، به نوعی که با افزایش مقدار EC می‌توان انتظار افزایش در شاخص TDS را نیز داشت و بالعکس^۱. پس اگر تعداد و غلظت یون‌های باردار در محلول زیاد باشد، دستگاه EC سنج، عددی بزرگ‌تر را برای رسانندگی الکتریکی نمایش می‌دهد. از این‌رو، برخی از محققین، به یکی از این دو شاخص، اکتفا می‌کنند ولی باید توجه داشت که شاخص EC فقط مشخص‌کننده و اثبات‌کننده وجود یون‌های باردار در سیستم مورد مطالعه است ولی شاخص TDS می‌تواند یون‌های باردار و حتی میزان ناخالصی‌های دیگر غیر باردار را هم مشخص نماید. یکای رسانندگی الکتریکی^۲ در فیزیک و شیمی، برابر با زیمنس بر متر ($\frac{S}{m}$) است، اما به دلیل هدایت و رسانندگی الکتریکی کوچک محلول‌های مورد مطالعه، در اکثر موارد از یکای میکروزیمنس بر سانتی‌متر ($\frac{\mu S}{cm}$)^۳ استفاده می‌شود.

حال با شناخت کافی از شاخص‌های بیان‌شده، به معرفی برخی نمونه‌های آب موجود در طبیعت، اقدام می‌نماییم.

اولین دسته از آب‌ها، آب خالصی^۴ است که به‌طور کامل از مولکول آب (H_2O) تشکیل شده باشد ولی می‌دانیم که چنین آبی در طبیعت و حتی صنعت غیر قابل‌استحصال است. از این‌رو، در فرایندهای صنعتی، به دنبال روش‌هایی برای رسیدن به بالاترین میزان خلوص آب‌های موجود در طبیعت می‌رویم؛ روش‌هایی مثل روش اُسمُز معکوس^۵ و یا روش سنتی تقطیرهای چند مرحله‌ای (آب مقطر)^۶ و چندین مورد دیگر، می‌توانند درصد خلوص آب را

^۱ تعیین نوع ارتباط این دو شاخص، فراتر از حد این کتاب است؛ ولی با افزودن ضریبی می‌توان این دو شاخص را به هم مرتبط نمود؛ اما باید دقت شود که ضریب مذکور، به دما، غلظت یون‌های باردار که به هم وابسته شده‌اند، شرایط انباشت یون‌ها در مرزها و ... وابسته است. از این‌رو، تحلیل همزمان این دو شاخص می‌تواند سبب بهبود در تحلیل‌های شیمیایی و فیزیکی محلول مورد مطالعه و حتی چگونگی تبدیل آن‌ها به یکدیگر را در محلول‌های گوناگون، مشخص نماید.

^۲ رسانندگی الکتریکی به معنای رسانش الکتریکی در واحد طول است.

^۳ میکرو و سانتی، به ترتیب، به معنای یک‌میلیونیوم و یک‌صدم هستند.

^۴ Pure Water

^۵ Reverse Osmosis (RO)

^۶ Distilled Water

به بالاترین حد ممکن برسانند؛ بنابراین، آب‌هایی که از چنین روش‌هایی به‌دست آیند، آبِ خالص‌شده^۱ نامیده می‌شوند. لازم به ذکر است که آب خالص‌شده‌ای که از فرایندهای پیچیده و دقیقی حاصل می‌شود هم آبی صد درصدی نخواهد بود و دانشمندان و مهندسان برای نزدیک‌شدن به آب‌هایی با درصد خلوص بالاتر از آب خالص‌شده، مجدداً فرایندهایی را به‌کار می‌گیرند و به میزان خلوص بسیار بسیار نزدیک به آب خالص می‌رسند. این نوع آب، به آب فراخالص^۲ معروف است و میزان ناخالصی در آن‌ها در حدود جزء در میلیارد (ppb)^۳ است که نشان‌دهنده‌ی خلوص بسیار بالای آن‌ها است.

دسته‌ی دیگری از آب‌ها، آب‌های یون‌زدوده (دی‌یونیزه)^۴ هستند. در این دسته، طی فرایندهای فیزیکی و شیمیایی مختلف، میزان قابل‌توجهی از یون‌های محلول در آب را جدا می‌کنند و بنابراین، آبی پدیدار می‌شود که تقریباً با خلوص بالایی، عاری از یون‌های معدنی و املاح است.

دسته‌ی دیگر، آب‌های سخت^۵ هستند. آب‌های سخت، به دسته‌ای از آب‌ها اطلاق می‌شود که دارای نمک‌های معدنی نظیر ترکیب‌های بی‌کربنات و به‌ویژه، یون‌های مثبت منیزیم (Mg^{2+}) و کلسیم (Ca^{2+}) باشند. در سنجش سختی آب‌ها، وجود و یا عدم وجود یون‌های منیزیم و کلسیم، معیاری مهم است و به‌طور کلی، وجود آن‌ها در آب، به سخت‌تر شدن آب کمک می‌کند. هر آن‌چه آب، سخت‌تر باشد، رسوبات و آهک‌های بیش‌تری را از خود بر جای می‌گذارد.

دسته‌بندی دیگر از آب‌ها، براساس مقدار TDS و میزان املاح موجود در آن‌ها صورت می‌پذیرد. همان‌طور که اشاره شد، میزان درصد ناخالصی‌های جامد محلول در آب و همچنین نمک‌های معدنی موجود در آن، می‌توانند سبب چنین دسته‌بندی شوند. براساس این دسته‌بندی، آب‌ها به چهار دسته‌ی آب شیرین^۶، لب‌شور^۷ (شوری متوسط)، شور^۸ و

¹ Purified Water

² Ultrapure Water

³ Parts Per Billion (ppb)

⁴ De-Ionized Water

⁵ Hard Water

⁶ Fresh Water

⁷ Brackish Water

⁸ Saline Water

نمکی (بسیار شور)^۱ تقسیم‌بندی می‌شوند. وجود نمک‌ها و املاح گوناگون در مسیر آب‌ها و یا سطح دریاها و دریاچه‌ها، میزان TDS و فراوانی املاح، می‌توانند ما را در این دسته‌بندی کمک نمایند، به‌طوری‌که آب‌هایی با میزان صفر تا ۰/۰۵ درصد نمک و صفر تا ۰/۱ درصد TDS، به عنوان آب شیرین و تازه شناخته می‌شوند. اگر میزان نمک آن در حدود ۰/۰۵ تا ۳ درصد و TDS آن در حدود ۰/۱ تا ۱ درصد باشد، آب لب‌شور و اگر میزان نمک در حدود ۳ تا ۵ درصد و TDS آن در حدود ۱ تا ۳/۵ درصد باشد نیز، آب شور می‌نامیم. در نهایت، آب‌های با TDS بیش از ۳/۵ درصد و میزان نمک بیش از ۵ درصد، آب‌های نمکی و بسیار شور لقب می‌گیرند.

در ادامه، به معرفی آب قلیایی^۲ می‌پردازیم.

واژه‌ی آب قلیایی به دسته‌ای از آب‌ها در طبیعت و صنعت اطلاق می‌شود که از pH بالاتر از ۷ و سطح ORP منفی، برخوردار باشند. به‌نوعی خواص و ویژگی بازی یا همان قلیایی را داشته باشند. دو شیوه‌ی مرسوم برای استحصال و دستیابی به چنین آبی مطرح است. یکی از آن‌ها، شیوه‌ای است که در طبیعت صورت می‌پذیرد و آب چشمه‌ها و برخی رودخانه‌ها را به دلیل گذر از سنگ‌ها و برخی نمک‌های معدنی، به آبی قلیایی تبدیل می‌نماید. برخی دیگر نیز با الکترولیز شیمیایی مولکول‌های آب در یک نمونه‌ی آب آشامیدنی، مولکول‌های آب را در سطحی وسیع، به مولکول‌های اکسیژن و هیدروژن تجزیه می‌نمایند. با اعمال فرایند تجزیه، مقداری آب در سمت منفی و مقداری در سمت مثبت، تجمع می‌کنند. از آنجا که سمت منفی، خواص قلیایی یا بازی را دارد، آب در سمت منفی را جمع و ذخیره می‌نمایند. به آب حاصل، آب قلیایی گفته می‌شود. امروزه، در بازار ایران نیز آب قلیایی به فروش می‌رسد و برخی از محققان و فروشندگان در زمینه‌ی آب قلیایی، ادعاهایی نظیر متعادل نمودن سطح اسیدی بدن، کمک به آب‌رسانی در سلول‌ها، مبارزه با بیماری‌هایی مثل سرطان، دیابت و را از موارد قابل‌توجه نوشیدن آن ذکر می‌کنند. البته از گذشتگان و حکمای قرون گذشته، بارها شنیده و خوانده‌ایم که آب برخی چشمه‌ها و رودخانه‌ها برای سلامتی و قدرت بدنی و روحی انسان‌ها مفید و سودمند هستند که این توصیه‌ها می‌توانند

^۱ Briny (Hypersaline) Water

^۲ Alkaline Water

مُهر تأییدی بر ویژگی‌های مثبت آب‌های قلیایی در بدن و سلامتی جسم و روان انسان‌ها باشد!

آلایندگی آب

آب علی‌رغم همه‌ی مزایای انکارناپذیر در زندگی و حیات انسانی، جانوری و گیاهی، می‌تواند بنا به دلایل گوناگونی برای سلامتی و حیات، خطرآفرین باشد. آب، به دلیل حلالیت بالایی که دارد، طیف وسیعی از مواد ناسازگار با سلامت را در خود حل نموده و به مشکلات بشری، می‌افزاید. البته در بیش‌تر موارد، انسان‌ها با آلوده نمودن محیط پیرامون خود، آب‌های آن محیط را آلوده ساخته‌اند و می‌سازند و باعث رنجش خاطر یکدیگر شده که حتی، نزاع‌ها و درگیری‌هایی در طول تاریخ نیز رخ داده است.

آب، آلودگی آب، مقابله با عوامل آلودگی، موضوعات بسیار مهم و استراتژیک در سیاست امروز هستند. با همه‌ی تذکراتی که دانشمندان و دلسوزان در سرتاسر کره‌ی خاکی می‌دهند، هنوز هم موارد قابل توجهی از سهل‌انگاری‌ها از سوی جوامع و صنایع مختلف رخ می‌دهد. متأسفانه، مقادیر آب شیرین روز به روز در دنیا و کشور عزیزمان، بنا به دلایل گوناگونی رو به کاهش است و می‌طلبد تا همه‌ی اقشار از سیاست‌مداران و مسئولان رده بالا تا دانشمندان و دلسوزان محیط‌زیست، آستین بالا زده و در اهمیت آب و جایگاه ویژه‌ی آن، روشن‌گری نمایند.

منابع آلودگی و آلایندگی آب را می‌توان از لحاظ جغرافیایی به سه دسته تقسیم نمود. اولین دسته، متعلق است به آلودگی‌های نقطه‌ای آب که در همان محل، آلودگی به محیط‌زیست و یا آب وارد شده است؛ مثل بنزین خارج‌شده از قایق‌ها و کشتی‌ها در یک برکه یا دریاچه. دومین دسته، به منابع غیرنقطه‌ای برمی‌گردد که منبع آلودگی در نقطه‌ای دیگر، سبب آلودگی شده است و همان آلودگی در نقاط دیگر، قابل مشاهده و ردیابی است؛ برای مثال، آلودگی‌های نفتی حاصل از حوادث در خطوط انتقال تا کیلومترها، آب دریاها و دریاچه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند. سومین دسته، نیز به آلاینده‌های فرامری برمی‌گردد که شعاع بسیار بسیار زیادی را در برمی‌گیرند؛ مثلاً، آلودگی‌های حاصل از انفجارهای هسته‌ای، آب و محیط‌زیست را تا کیلومترها با اثرات سوء خود تهدید می‌کنند.

برخی از منابع آلودگی به شیوه‌ی زندگی و رفتار انسان‌ها برمی‌گردد و برخی دیگر نیز در سیاست‌های ملل مختلف خلاصه می‌شود. در هر صورت، بایستی به توصیه‌های جدی دوستداران آب و محیط‌زیست نگاهی ویژه شود تا آیندگان نیز از این نعمت بی‌بدیل الهی، همان‌گونه که ما می‌توانیم، استفاده نمایند.

در ادامه، به دسته‌بندی دیگری از آلودگی‌های محتمل آب اشاره می‌شود.

آلودگی‌های شیمیایی، فیزیکی، زیستی و رادیواکتیویته، مثال‌هایی از انواع آلاینده‌های آب هستند.

آلودگی‌ها با منشأ شیمیایی به دسته‌ای از آلاینده‌های طبیعی و صنعتی برمی‌گردد که با ورود فلزات سنگین و سمی، سموم کشاورزی، مواد آلوده‌ی صنعتی و ... به آب، خطرات جدی زیست‌محیطی و انسانی را در بر دارند. دسته‌ی دوم از آلاینده‌های آب را آلودگی‌های فیزیکی می‌نامند؛ این دسته، با ورود زباله‌های انسانی و صنعتی، مواد رسوب‌یافته، روغن‌ها و مواد نفتی، مسبب آلودگی آب‌های سطحی و زیر زمینی هستند. یکی از مهم‌ترین منابع آلودگی، وجود ویروس‌ها، باکتری‌ها، انگل‌ها و ... در آب است که عامل کمبود اکسیژن، بیماری‌زایی، مرگ ماهی‌ها و ... در آب می‌شوند؛ این دسته، به آلودگی‌های زیستی یا بیولوژیک مشهورند. دسته‌ی آخری نیز می‌توان ذکر کرد که حاصل از فعالیت‌های رادیواکتیویته و پرتوزایی برخی عناصر در طبیعت و همچنین فعالیت‌های مخرب هسته‌ای (مثل آزمایش بمب‌های هسته‌ای و هیدروژنی) در زمین است که این دسته با نام آلودگی-های رادیواکتیویته شناخته می‌شوند.

علاوه بر آلودگی‌های فوق، دسته‌ی دیگری را نیز می‌توان اضافه نمود و آن هم آلودگی-های الکترومغناطیسی است. دانشمندان، شاید کم‌ترین توجه را به این دسته دارند. همان‌طور که در این فصل ذکر شد، امواج الکترومغناطیس می‌توانند بر مولکول‌های آب، تأثیرگذار باشند. این تأثیرگذاری، می‌تواند مفید و سودمند باشد ولی به‌دلیل استفاده‌ی بیش از حد از منابع امواج الکترومغناطیس با بسامدهای مختلف، تأثیر منفی و مخربی را بر آب‌های آشامیدنی و کشاورزی انسان‌ها می‌گذارند و این موضوع، گزینه‌ی مناسبی برای تحقیقات و پژوهش‌های آینده، خواهد بود تا میزان اثر آلودگی‌های الکترومغناطیس که احتمالاً سبب بروز بیماری سرطان و یا بیماری‌های نادر می‌شوند را معین کنند. در پایان، پیشنهاد مؤلفین،

تحقیقات بیش‌تر و دقیق‌تر در موضوع جدیدِ آلودگیِ الکترومغناطیسیِ آب است. روشن شدنِ زوایای پنهان امواج الکترومغناطیس و اثرات مخرب آن بر آب آشامیدنی و حتی آبِ درون بدن، می‌تواند گامی مهم در جهت بهبود سلامت هموطنان عزیزمان باشد.

فصل دوم

آب در حالت چهارم؟!؟

آب در علوم فیزیک و شیمی امروز، با سه حالت یا فاز شناخته می‌شود. این سه حالت معروف که امروزه دانش‌آموزان دوره‌ی ابتدایی نیز به آن واقف هستند تا حدی برای ما جا افتاده است که به مفاهیمی جدیدتر و متفاوت‌تر از آن‌چه در ذهنمان حک شده است، قانع نمی‌شویم و نظرات جدید را به راحتی مطرود می‌دانیم. از این‌رو، برای آن‌که جرعه‌ای در ذهن مخاطب اهل تحقیق و دانشمندان ایجاد کنیم، از نظریات نوین و نگاه‌های متفاوت از آن‌چه که می‌دانستیم را تقدیم ذهن و تفکر خلاق و جویای دانش شما خواهیم کرد تا شاید نوع نگاهمان به مسئله‌ی آب از یک موجود ساده و در دسترس، به موجودی واقعاً پیچیده و رازآلود، تغییر یابد و شاید با چنین دیدگاهی بتوانیم به رشد علوم مرتبط با شیمی، فیزیک و زیست‌شناسی، خدمتی کرده و دانش آب را در میان اهل خرد و اندیشه، از حالت تک‌قطبی خارج سازیم. همان‌طور که می‌دانیم، آب به عنوان ساده‌ترین موضوع در شناخت مولکول‌ها و دیگر خواص فیزیکی و شیمیایی برای دانش‌آموختگان مطرح می‌شود ولی فارغ از این‌که آب به ما در ادامه‌ی روند حیات کمک می‌کند (مثل نوشیدن، آبیاری گیاهان و گل‌ها، تفریح و ...)، می‌تواند ویژگی‌های جالب و ناشناخته‌تری نیز داشته باشد که دانشمندان را در ادامه‌ی روند تدوین علوم مختلف، راهنمایی نماید.

از آن دسته اتفاق‌های جالبی که در زمینه‌ی علم آب رخ داده، فعالیت‌ها و تلاش‌های دانشمند بیوشیمی‌دان اهل ایالات متحده‌ی آمریکا، آقای پروفیسور جرال د پولاک^۱ است که با ذکاوت و تلاش‌های بسیار، موفق به کشف حالت چهارمی از آب^۲ به غیر از سه حالت مشهور مایع، جامد (یخ) و گاز (بخار) شده است. در این فصل، تلاش می‌کنیم، خلاصه‌ای از کتاب ایشان را به زبانی ساده بیان کنیم تا نخستین‌بار ایده‌ی ناب ایشان به وضوح برای مخاطبان فارسی‌زبان مطرح و با آن آشنا شوند. این ایده، با رونمایی از فاز چهارم آب، می‌تواند به سؤال‌هایی که در برخی موارد، پاسخی به آن‌ها نداشته‌ایم، با پاسخی هدفمند و هوشمندانه، همراه باشد و در نهایت، کمک می‌کند تا به برخی از اتفاق‌های پیرامون خود، با نگاهی ژرف‌تر و عمیق‌تر از گذشته، بنگریم. حالت چهارم آب که در متون انگلیسی به آب در ناحیه‌ی طرد^۳ موسوم است، ویژگی شبه‌بلوری^۴ از آب را نمایش می‌دهد که در نگاه اول، حالتی مابین

^۱ Prof. Gerald H. Pollack

^۲ The Fourth Phase of Water

^۳ Exclusion Zone Water (EZ Water)

^۴ Crystalline-like

یخ و آب مایع را در ذهن مان القاء می‌کند؛ بنابراین، شما را دعوت می‌کنیم تا با مطالعه‌ی عمیق بخش‌های پیش‌رو، با ما همراه باشید!

رازهای آب در دنیای پیرامون

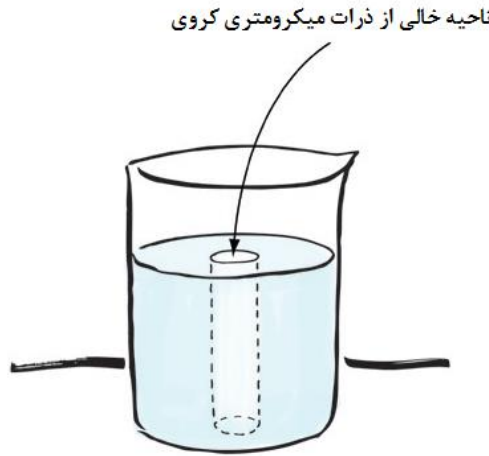
آب در دل خود رازهایی را نهفته که سال‌ها، توجه دانشمندان را به خود معطوف ساخته است. از جمله‌ی این رازها و اسرار، می‌توان به شناور ماندن یخ روی آب، تشکیل ابرها، راه‌پیمایی برخی موجودات و حشرات روی آب، سرعت فرایند یخ‌زدگی در آب‌های گرم‌تر نسبت به آب‌های سردتر، لیزبودن یخ‌ها و ... اشاره داشت. به این موضوعات با بهره‌گیری از دانش فیزیک و شیمی در طول سالیان، پاسخ‌هایی داده شده است ولی هیچ‌یک از پاسخ‌ها نتوانسته‌اند دانشمندان را متقاعد سازند که به علت واقعی این پدیده‌ها، دست یافته‌اند. این اسرار و ویژگی‌های جالب آب که به برخی از آن‌ها اشاره شد، در طبیعت مشاهده می‌شوند و بسیاری از آن‌ها به دلیل تکرار بیش از حد آن در زندگی روزمره، انسان‌ها را مجاب نمی‌نماید تا به دنبال پاسخ قانع‌کننده‌ای برای آن‌ها، روند. در ادامه، به معرفی چهار پدیده‌ی جالب از آب که در طبیعت، احتمال رخداد کم‌تری را دارند، می‌پردازیم. بیش‌تر این پدیده‌ها، در آزمایشگاه قابل‌مشاهده و اندازه‌گیری هستند و شاید شما نیز کم‌تر از آن‌ها شنیده باشید!

نخستین مورد به ظرف پر از آبی اختصاص دارد که با مقداری معین از ذرات کروی میکرومتری^۱ رنگی، مخلوط شده است. اگر این مخلوط یا محلول را هم‌زده و درپوش آن را بگذاریم و پس از مدتی، در حدود ۱۲ تا ۲۴ ساعت بعد، به آن بنگریم، مخلوط در میانه‌ی ظرف، یافت نخواهد شد و در نتیجه، استوانه‌ای که از ذرات رنگی میکرومتری، تَهِی است، پدیدار می‌شود.

گویی نیرویی مرموز، آن‌ها را از این ناحیه، خارج و طرد نموده است!

این نیروی مرموز چیست و چرا آب چنین رفتاری را با این ذرات داشته است؟

^۱ Microspheres



شکل ۱: ناحیه‌ی استوانه‌ای شکل خالی از ذرات میکرومتری کروی.

دومین مورد، به پلی ساخته شده از آب در بین دو ظرف آزمایشگاهی حاوی آب، اختصاص دارد. دو لیوان شیشه‌ای پر از آب را در آزمایشگاه در کنار هم قرار می‌دهیم، به طوری که لبه‌های دو ظرف با یکدیگر در تماس مستقیم باشند. در این لحظه، الکترودی که در حدود ۱۰ کیلوولت، اختلاف پتانسیل را تولید می‌کند، در یکی از دو لیوان حاوی آب، وارد نموده و بعد از مدتی مشاهده می‌شود که آب از لیوانی به لیوانی دیگر، پل زده و حالتی جامد را به خود گرفته است. در ضمن، با اعمال اختلاف پتانسیل موردنظر، پس از مدتی کوتاه، دو لیوان شیشه‌ای، از یکدیگر فاصله گرفته و به تشکیل پل، کمک می‌کنند.

عامل چنین اتفاقی چیست؟

مگر می‌شود جامدی به نام یخ را در دمایی به مراتب بیش‌تر از دمای انجماد تولید کرد؟

در ترمودینامیک می‌خوانیم، تأثیر مستقیم دما و فشار، سبب گذار فاز از مایع به جامد می‌شود، آیا فقط این دو کمیت ترمودینامیکی در این آزمایش، اثرگذار هستند؟ و یا عامل دیگری هم در این میان مؤثر است؟



شکل ۲: تشکیل پل منجمد یخی در بین دو لیوان شیشه‌ای آزمایشگاهی پر از آب در دمای اتاق.

مورد بعدی از آزمایش‌های جالب در زمینه‌ی آب، شناور ماندن قطره‌های آب، روی آب مایع است. آن‌چه که می‌دانیم این است که اگر قطره‌ای آب را بر سطح آب مایع بچکانیم، این قطره، به‌سرعت در آب مایع زیرین خود، حل شده و ناپدید می‌شود؛ ولی آزمایش‌های متعددی نشان داده‌اند که این پدیده با تأخیری چند میلی‌ثانیه‌ای رخ می‌دهد و گویی قطره‌های آب، در برخی موارد که شرایط برای آن‌ها مهیا باشد، روی آب مایع، شناور مانده و بعد از مدتی با آب مایع، به یکپارچگی می‌رسند. همان‌طور که می‌دانیم، آب با آب نباید تفاوتی داشته باشد و همگی دارای چگالی یکسانی خواهند بود و طبق اصول شناورسازی، ماده‌ای با چگالی کوچک‌تر روی ماده‌ای با چگالی بزرگ‌تر، شناور می‌ماند.

این پرسش به ذهن می‌رسد که آیا چگالی قطره‌ی آب از خود آب مایع، کوچک‌تر است؟

چرا چنین پدیده‌ای مشاهده می‌شود؟

آب و قطره‌ی آب هر دو از یک منبع تأمین می‌شوند، پس چرا چگالی‌های متفاوتی دارند؟

چه عاملی در اینجا می‌تواند نهفته باشد؟



شکل ۴: شناوری قطره‌های آب روی آب مایع.

مورد نهایی نیز به عمل تخلیه‌ی بار الکتریکی^۱ اشاره دارد که پیش از این لُرد کلوین^۲ دانشمند انگلیسی، آن را مشاهده و با تعجب به جامعه‌ی علمی عرضه داشت. آزمایش از این قرار است که اگر ساز و کاری به‌صورتِ شکل ۴ را طراحی و استفاده کنیم، با قطره قطره‌ی آبی که از یک منبع به دو مسیر متفاوت، هدایت می‌شوند، در حدفاصل دو لیوان فلزی رسانا، برقی را مشاهده می‌نماییم.

دلیل این موضوع چیست؟

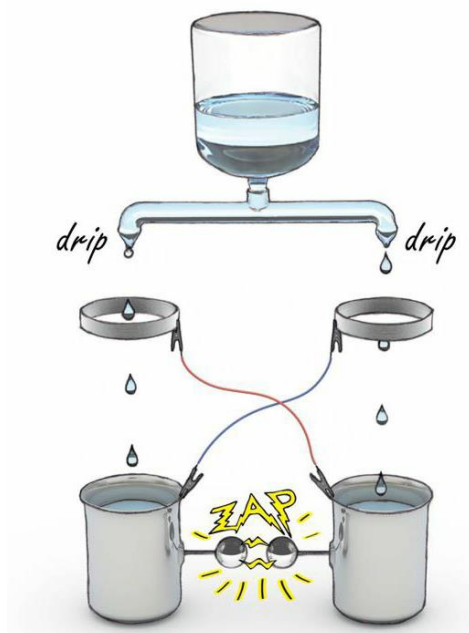
مگر آب، توانایی تولید رعد و برق را دارد؟

بارهای الکتریکی چگونه در یک منبع آب مایع و قطره‌های آن (که خنثای الکتریکی هستند) می‌توانند سبب چنین تخلیه‌ی باری شوند؟

عامل اصلی این پدیده‌ی مهیج چیست؟

^۱ Discharge

^۲ Lord Kelvin



شکل ۴: نمایی از آزمایش تخلیه‌ی بارالکتریکی کلوین.

رفتار اجتماعی مولکول‌های آب

مولکول آب که پیش از این به آن اشاره شده است، از دو اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن با ساختاری شبیه به حرف V در زبان انگلیسی، ساخته شده است. شناخت ویژگی‌های تقارنی و الکترونی تک‌مولکول آب در بررسی‌های همه‌جانبه و دقیق فیزیکی و شیمیایی آب، کمک شایان توجهی را خواهد کرد ولی نباید این موضوع را فراموش کنیم که تک‌مولکول آب به تنهایی نمی‌تواند تمامی خواص و اثرات آب را توصیف و تفسیر کند. از این‌رو، می‌دانیم، مولکول‌های آب در کنار هم و برای تبدیل به آب مایع، جامد و یا گاز در تلاش هستند و طبیعتاً حاصل چنین همکاریِ دوستانه و مداومی، خلق اثرات شگفت‌انگیزی از آب در طبیعت، خواهد بود؛ بنابراین، آب، به‌مانند خیلی از موجودات زنده و یا غیر زنده، حاصل برهم‌کنش و فعل و انفعالات مابین مولکول‌های خود و دیگر مولکول‌های مجاور است. به همین دلیل است که اجتماعی از مولکول‌های آب را بایستی در تحلیل‌ها و تفسیرهای فیزیکی و شیمیایی به حساب آورد. به‌عبارتی، چنین نتیجه می‌گیریم که ویژگی‌های ماکروسکوپی یا بزرگ‌مقیاس آب، نشئت گرفته از اتفاق‌هایی است که در سطح مولکولی برای

تک مولکول‌های مجزا و ارتباط بین آن‌ها، رخ می‌دهد. از این‌رو، به معرفی چند نمونه از ایده‌های دانشمندان در زمینه‌ی برهم‌کنش مولکول‌های آب با یکدیگر و نحوه‌ی تعامل آن‌ها، می‌پردازیم تا ذهنیتی از نوع تفکر دانشمندان نسبت به آب و تعامل آن‌ها با یکدیگر، داشته باشیم.

نخستین ایده‌ای که در این مورد ذکر می‌شود، ایده‌ای است که به دهه‌ی ۱۹۵۰ میلادی برمی‌گردد. در این ایده، مولکول‌های آب در کنار یکدیگر، مبادرت به تشکیل خوشه‌هایی از خود می‌کنند. این خوشه‌ها تا به اندازه‌ی بحرانی خود، رشد نموده و سپس، پراکنده می‌شوند. مدت زمانی که برای این اتفاق پیش‌بینی شده است، در حدود یک‌صدم تا یک‌دهم نانوثانیه است. زمانی بسیار کوتاه برای تشکیل و از بین رفتن خوشه‌های مولکولی آب!

دومین ایده و مدل، به دو نانوخوشه اشاره دارد که یکی توخالی و دیگری توپر و با حالتی جامدگونه و منظم. مولکول‌های آب، بین این دو حالت، تغییر می‌یابند و سبب تشکیل دو حالت فوق از نانوخوشه‌ها می‌شوند؛ اما در شرایط معمولی، مقدار دو حالت از نانوخوشه‌های مولکول‌های آب، با یکدیگر برابر و یا تقریباً برابر است.

ایده‌ی دیگر، آب را به شکل دسته یا زنجیره‌ای از حدود ۱۰۰ مولکول در نظر می‌گیرد که در کنار هم قرار گرفته و دسته‌ای دیگر با نظم کم‌تر، زنجیره‌ی اصلی را احاطه کرده است؛ اما مدل یا ایده‌ی دیگر، برگرفته از نظریه‌ی میدان‌های کوانتومی^۱ است که موسوم به آب همدوس^۲ است. در این مدل، نواحی میکرومتری در آب مایع که از میلیون‌ها مولکول آب، تشکیل شده است، پدیدار می‌شوند. پیوندهای بین مولکول‌های آب همچون آنتن‌هایی عمل می‌کنند که امواج و انرژی الکترومغناطیس را از خارج آب، جذب نموده و عامل آزاد کردن الکترون‌های موجود در مجموعه می‌شوند. این الکترون‌ها، در واکنش‌های شیمیایی شرکت نموده و آب را به‌عنوان موجودی توانا در واکنش‌های شیمیایی معرفی می‌نمایند.

مدل دیگری که نمی‌توان آن را نادیده گرفت، مدلی است که به معرفی دو حالت با چگالی‌های کم و بیش اشاره دارد. در این مدل که بیش‌تر در آب‌های آبر سردشده^۳ خودنمایی می‌کنند، آب را به دو حالت فوق تقسیم می‌نمایند؛ در حالت با چگالی کم،

^۱ Quantum-Field Theory

^۲ Coherent Water

^۳ Supercooled Water

ساختاری تتراهدرال^۱ فرض می‌شود ولی در حالت با چگالی بیش، ساختاری به مراتب فشرده-تر مدنظر قرار می‌گیرد. دو حالت فوق، در تعامل و ارتباطی تنگاتنگ با یکدیگر خواهند بود. مدل دو - حالتی^۲ دیگری که در بحث برهم‌کنش مولکول‌های آب بیان شده است، مدلی است که مولکول‌های آب را به دو حالت کاملاً قرینه، تصویر می‌کند که تعداد مولکول‌های آب در تعامل با یکدیگر، رفتارهایی قرینه‌ای و آینه‌ای خواهند داشت!

آخرین ایده و مدلی که می‌توان به آن اشاره داشت، مدل پیچیده‌ای است که آب را حاصل چندین و چند خوشه‌ی متفاوت از مولکول‌های آب در نظر می‌گیرد. در این مدل، خوشه‌های آب، به سادگی و با دریافت انرژی بسیار کمی، به یکدیگر تبدیل شده و ابعاد خوشه‌های خود را کوچک و یا بزرگ می‌کنند. این مدل پیچیده، محدودیتی را برای تعداد مولکول‌های تشکیل‌دهنده‌ی خوشه‌ها در نظر نمی‌گیرد و این عامل، باعث پیچیدگی تحلیل این مدل و در نهایت، آب می‌شود.

همان‌طور که دریافتیم، همه‌ی مدل‌ها و ایده‌های مطرح‌شده، به مراتب پیچیده‌تر از آن چیزی است که ما می‌پسندیم و نکته‌ی مهمی که در مدل‌ها یافت می‌شود، این است که در بیش‌تر آن‌ها به حالت‌های چندگانه^۳ اشاره‌ای شده است که برخلاف ایده‌ی رایج دانشمندان این حوزه می‌باشد که آب را موجودی تک‌حالتی، یکپارچه و همگن می‌بینند!

در نتیجه، برای فهم بهتر فیزیک و شیمی آب، باید به دنبال تحلیل و تفسیر ایده‌ها و مدل‌های مطرح‌شده، برویم و در این مسیر، خطاها و ایرادهای آن‌ها را برطرف سازیم تا به مدل یا نظریه‌ای جامع در زمینه‌ی آب، دست یابیم و یا ایده و مدلی نو را مطرح کنیم که به مراتب ساده‌تر و کاربردی‌تر باشد.

پس بیاییم و طرحی نو بر اندازیم!

^۱ Tetrahedral Structure

^۲ Two-State Model

^۳ Multiple States

رفتار آب در مرز مشترک با مواد دیگر

از فیزیک و شیمی سطح می‌دانیم که در مرز مشترک^۱ دو ماده، اتفاقی‌هایی متفاوت رخ می‌دهند که در نمونه‌ی واقعی و بزرگ‌مقیاس، نمی‌توان مشابهی از آن را یافت. یکی از نمونه‌های مهم در فیزیک، وجود ذرات پلاسمونی^۲ در مرز مشترک فلزاتی مثل طلا یا نقره با محیط خارجی است. از این بابت، بیوشیمی‌دان‌ها و بیوفیزیک‌دان‌ها نیز به این موضوع نگاهی عمیق داشته و نتیجه گرفته‌اند که آب نیز شاید در مرزهای مشترک با برخی مواد، بتواند ویژگی‌های منحصربه‌فردی را از خود بروز دهد.

در دهه‌ی ۱۹۹۰ میلادی، پروفسور توشیهیرو هیرایی^۳ دانشمند ژاپنی از دانشگاه شین-شو^۴ به همراه دانشجویانش، برای نخستین‌بار پدیده‌ای جالب را در رگ‌های خونی، مدل‌سازی نمودند که این مدل‌سازی را می‌توان از اولین اقدامات در جهت معرفی ویژگی‌های آب در مرز مشترک بیان کرد. آن‌ها برای مدل‌سازی پدیده‌ی غالب در رگ‌های خونی، ذرات کروی میکرومتری را با آب، مخلوط نموده و آن را در داخل تونلی استوانه‌ای شکل و محصور در ماده‌ای از جنس ژله به حرکت و شارش در آوردند. بعد از ایجاد جریان، متوجه شکل‌گیری الگویی خاص در داخل تونل آب شدند که تعجب آن‌ها را برانگیخت. قضیه از این قرار بود که ذرات میکرومتری، همگی به میانه‌ی تونل استوانه‌ای شکل، هدایت شدند و آب (بدون وجود ناخالصی‌هایی مثل ذرات میکرومتری) در ناحیه‌ی مرز مشترک تونل و ژله، قرار گرفته است. آن‌ها این پدیده‌ی منحصربه‌فرد را به عوامل ترمودینامیکی و وجود جریان نسبت دادند (ر.ک. شکل ۵).

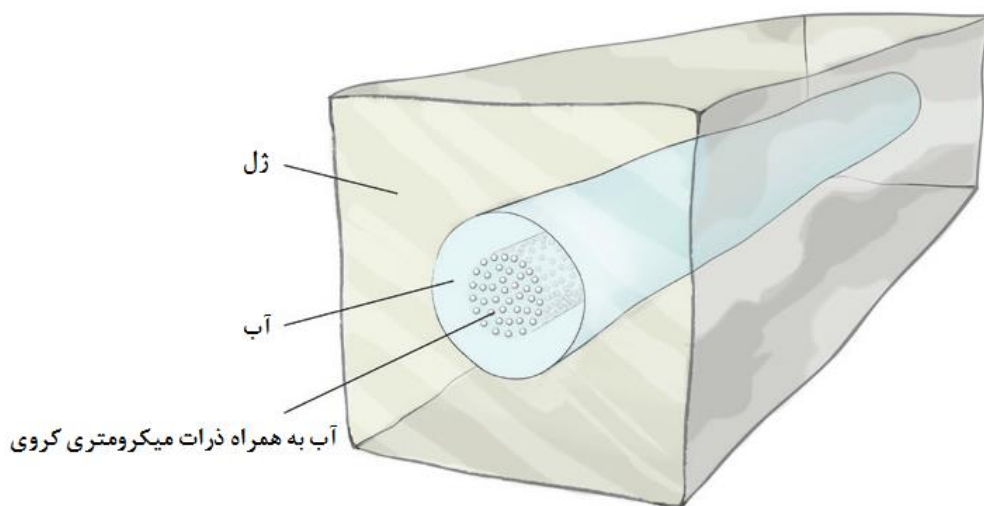
در این زمان، پروفسور پولاک نیز با راهنمایی‌های پروفسور هیرایی و شاگردانش، توانست چنین آزمایشی را با کمی تفاوت طراحی نماید. او در این آزمایش برخلاف آزمایش هیرایی، از جریان به عنوان عامل طرد ذرات کمک نگرفت و توانست بدون ایجاد جریان نیز چنین الگویی را مشاهده نماید.

^۱ Interface

^۲ Plasmon Particles

^۳ Prof. Toshihiro Hirai

^۴ Shinshu University



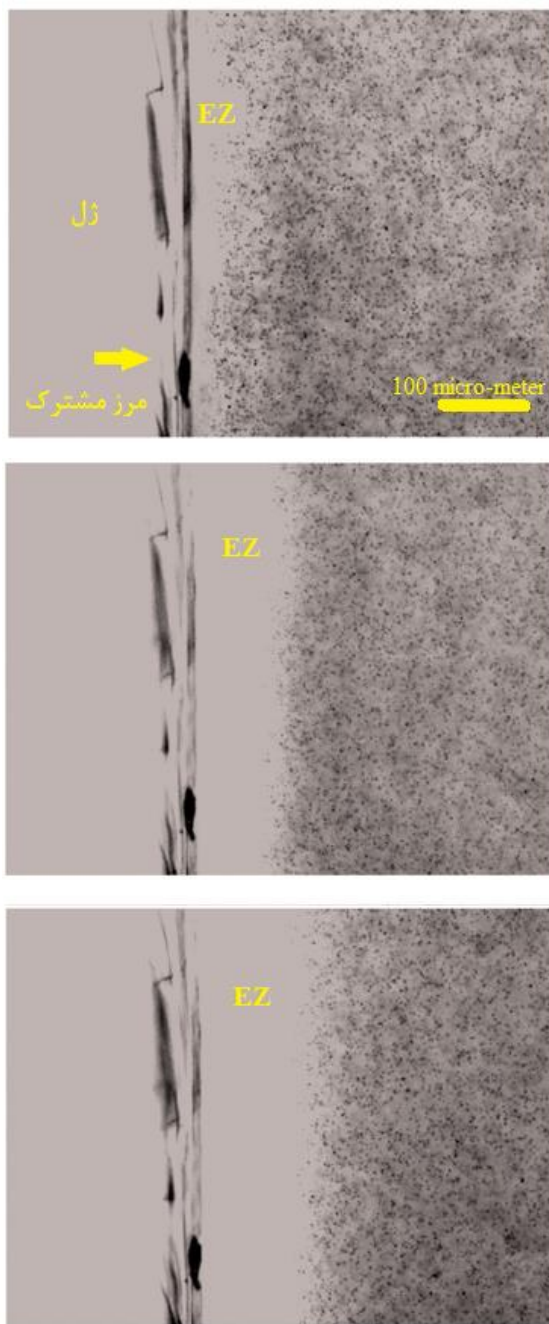
شکل ۵: نمایی از مدل رگ خونی و طرد ذرات میکرومتری از ناحیه‌ی مرز مشترک آب و ژل.

مطابق با شکل ۶، به دلیل وجود ماده‌ای از جنس ژله، به مرور زمان، ذرات میکرومتری از مرز مشترک ژله و آب، فاصله گرفته و به‌نوعی، از این ناحیه، طرد شده‌اند و گویی آبی خالص و با نظمی بلورگونه در این ناحیه، باقی مانده است!

شکل ۶ نشان می‌دهد که به مرور زمان، اندازه‌ی این ناحیه، افزایش یافته و ابعادی در حدود ۱۰۰ میکرومتر (۰/۱ میلی‌متر) را به خود اختصاص می‌دهد.

نتایج دو پژوهش مطرح‌شده، بیان‌گر وجود ناحیه‌ای موسوم به ناحیه‌ی طرد است که اختصاراً به آن، آب ایزی (EZ)^۱، گفته می‌شود. از این‌رو، ما نیز در این کتاب از واژه‌ی آب ایزی برای بیان فاز چهارم آب، استفاده می‌نماییم!

^۱ بنا به نوشته‌ی آقای پولاک در کتاب خود، نام EZ به لهجه‌ی آمریکایی زبان انگلیسی، به شکل easy (ایزی) خوانده می‌شود؛ بنابراین، با توجه به نام‌گذاری ایشان برای فاز چهارم آب، ما نیز به این حالت از آب، آب ایزی می‌گوییم!



شکل ۶: آب ایزی در کنار سطح ژله‌ای. بعد از مدت زمان‌های ۱۰ ثانیه (شکل بالا)، ۲ دقیقه (شکل میانی) و ۵ دقیقه (شکل پایین).

نظریه‌ی لایه‌ی دوتایی بار و مدل آب ایزی

اولین نشانه‌هایی که از شکل ۶ به ذهن می‌رسد، وجود لایه‌های دوتایی، طبق نظریه‌ی لایه‌ی دوتایی^۱ است. اساس آزمایش‌هایی که در بخش قبل و در شکل ۶ بیان شد، نشان می‌دهد که اگر سطحی باردار داشته باشیم، می‌توانیم به‌دلیل وجود نیروهای الکترواستاتیکی، یون‌های باردار موجود در آب را به سمت سطح باردار، هدایت نموده و محدوده‌ای که در شکل ۶، محدوده‌ی آب ایزی نام نهادیم را با بارهای ناهمنام انباشته‌شده در کنار سطح، همسان بدانیم.

طبق نظریه‌ی لایه‌ی دوتایی، اگر سطحی با بار الکتریکی منفی را در اختیار داشته باشیم، پس از مدتی کوتاه، یون‌های باردار با بار مثبت درون آب به سمت آن جذب شده و لایه‌ای نازک را در کنار سطح، ایجاد می‌کنند. در فواصل دورتر از سطح و لایه‌ی دوتایی از بارهای مثبت و منفی، مشاهده می‌شود که آب، به شکل خنثی، دیده می‌شود و حتی اثر سطح باردار الکتریکی، به‌هیچ عنوان احساس نمی‌شود.

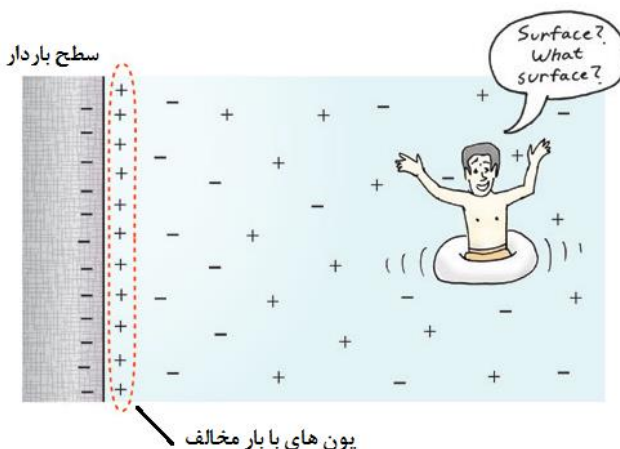
تحقیقات نشان داده‌اند که اثر سطح باردار تا حدود طول دیبای^۲ که در مرتبه‌ی نانومتر است، متمرکز خواهد بود و در فواصل بیش از آن، وجود سطح باردار، به‌طور کلی، احساس نمی‌شود و به‌دلیل وجود یون‌های آب با بارهای ناهمنام، اثر بار الکتریکی سطح، پنهان می‌شود.^۳ این نظریه و نتایج آن، کاملاً در تضاد با نتایج شکل ۶ است؛ به‌طوری‌که در آزمایش‌های متعدد اثبات شده است که ابعاد لایه‌ی آب ایزی، به‌مراتب بزرگ‌تر از طول دیبای است و همچنین، در پژوهش‌های مختلفی دیده شده است که بار الکتریکی آب ایزی مانع از نادیده‌گرفتن سطح جسم کناری در فواصل دورتر نمی‌شود.

از این‌رو، نتیجه می‌گیریم که نتایج حاصل از شکل ۶، متفاوت از آن چیزی است که در نظریه‌ی لایه‌ی دوتایی پیش‌بینی شده و گویای مطلبی نوین در عرصه‌ی شناخت آب است!

^۱ Double-Layer Theory

^۲ Debye Length

^۳ در علم فیزیک، به این شیوه، اسکرین کردن (Screening) یا پوشش‌دادن گفته می‌شود.



شکل ۷: نمایی ساده از نظریه‌ی لایه‌ی دوتایی و پوشش بار الکتریکی سطح باردار توسط یون‌های باردار با بار الکتریکی ناهمنام.

با این اوصاف، در می‌یابیم که در کنار سطوح باردار شبیه به سطح باردار شکل ۷، بایستی آب ایزی یا به‌نوعی، آب در محدوده‌ی طرد با بار الکتریکی منفی، به‌وجود آید. این نوع آب، با ساختاری شبه بلوری، کاندیدای مناسبی برای جایگزینی مدل لایه‌ی دوتایی بار، خواهد بود که در بخش‌های بعد به اثبات وجود این نوع از آب، می‌پردازیم.

البته در این مسیر، شبهه‌هایی نیز برای درک بهتر موضوع آب ایزی وارد می‌نماییم که عبارت‌اند از:

وجود جریان همرفتی^۱، به‌دلیل تفاوت دمایی در نمونه، نیروی دافعه‌ی الکترواستاتیکی بارهای الکتریکی همنام در نمونه‌ی آب و سطح باردار، پخش از سطوح ژله‌مانند^۲، آلودگی سطوح و

لازم به توضیح است که محققان آب ایزی، برای اثبات صحت نظریه و مشاهدات خود، به این شبهات پاسخ‌های مناسبی را داده‌اند و می‌توان با اطمینان اثرات ذکر شده را اثراتی ناچیز در شکل‌گیری یا عدم شکل‌گیری آب ایزی، در نظر گرفت.

در ادامه، بیان می‌داریم که آب ایزی، به قالبی مولکولی^۱ محتاج است که وظیفه‌ی آن را سطوح آب‌دوست^۲ یا آب‌دوست باردار، بر عهده می‌گیرند. همچنین، نکته‌ی جالب توجهی که

^۱ Convective Flow

^۲ Gel Surfaces

در آب ایزی یا همان آب در ناحیه‌ی طرد، نهفته است، این می‌تواند باشد که آب ایزی و ناحیه‌ی طرد، با اخراج یا طرد نمودن همه‌ی ناخالصی‌ها و آلودگی‌ها با هر ابعادی، می‌تواند آبی به ظاهر خالص را تولید نماید؛ بنابراین، تقریباً هر سطح آب‌دوستی، توانایی تولید ناحیه-ی طرد را دارد و تقریباً همه‌ی مواد حل‌شده و یا معلق در آب، از این ناحیه، طرد و اخراج می‌شوند! در نهایت، مولکول‌های آب در این ناحیه، در نظم‌ی خاص، چیده شده و چیزی به نام بلور مایع^۳ را پدید می‌آورند. پروفسور گیلبرت لینگ^۴ نیز چنین نظم‌ی را در مولکول‌های آب درون سلول‌ها مشاهده نموده و آن را به وجود فاز چهارم آب، نسبت داده است. درون سلول‌ها، غلظت مواد محلول در آب، بسیار کم است و این موضوع نشان‌دهنده‌ی طرد مواد محلول در آب درون سلول‌هاست و به‌نوعی، اثبات‌کننده‌ی آب نظم‌یافته^۵ یا همان آب ایزی، است.

اثبات فیزیکی وجود آب ایزی

برای اثبات فیزیکی وجود آب ایزی، دانشمندان از ترفندهای مختلف مکانیکی و اپتیکی بهره برده و آن‌ها را به نمایش می‌گذارند. اگر چنین آزمایش‌هایی بتوانند ویژگی‌هایی متفاوت از ویژگی‌های آب مایع معمولی را نشان دهند، تفاوت‌ها را به وجود آب ایزی نسبت می‌دهیم و اگر تفاوتی محسوس را مشاهده نکنیم، به‌معنای شکست پروژه‌ی فاز چهارم آب خواهد بود. از این‌رو، محققان این عرصه، با طراحی چند آزمایش و تحلیل نتایج آن‌ها، به دنبال اثبات پدیده‌ی آب ایزی هستند.

ابزارهای آزمایشگاهی و فیزیکی فوق عبارت‌اند از: جذب نور مرئی و فرابنفش^۶، جذب امواج فرسرخ^۷، گسیل امواج فرسرخ^۸، تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI)^۹، گرانیوی

¹ Molecular Template

² Hydrophilic Surfaces (Water-Loving)

³ Liquid Crystal

⁴ Prof. Gilbert Ling

⁵ Ordered Water

⁶ Light-UV Absorption

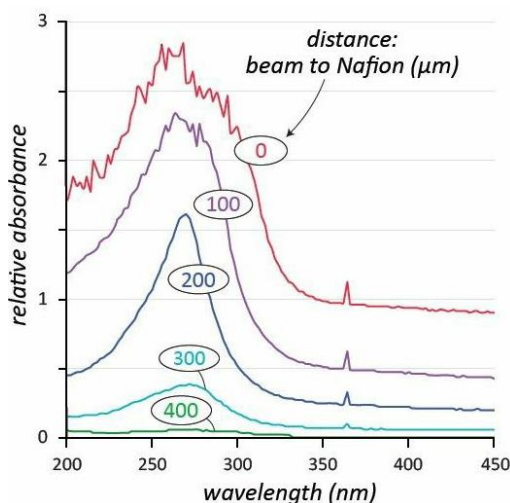
⁷ Infrared Absorption

⁸ Infrared Emission

⁹ Magnetic Resonance Imaging (MRI)

(ویسکوزیته)^۱ و ضریب شکست اپتیکی^۲. این موارد را در خطوط زیر، به طور خلاصه، بررسی خواهیم نمود.

نخستین آزمایش از سری آزمایش‌های مرتبط با صحت‌سنجی وجود آب ایزی، به آزمایش جذب نور مرئی و فرابنفش اختصاص دارد. محققان با قرار دادن نمونه‌ی آب و سطح آب‌دوست، در مقابل امواج پیوسته‌ای از نور مرئی و فرابنفش و رعایت برخی نکات فنی، به نمودار جذب نسبی بر حسب طول‌موج، دست می‌یابند. این نمودار که رفتاری متفاوت از رفتار جذبی آب مایع معمولی را نشان می‌دهد، اثبات می‌نماید که اتفاقی متفاوت نسبت به آب مایع معمولی در نمونه‌ی مدنظر رخ داده است. مطابق با نمودار شکل ۸ در می‌یابیم، به دلیل حضور آب ایزی، در طول‌موج‌های حدوداً ۲۷۰ نانومتری (در ناحیه‌ی فرابنفش) و در فواصل نزدیک‌تر پرتو به نمونه‌ی سطح آب‌دوست، میزان جذب، به شدت افزایش یافته و به شکل قله‌ای، نمایان می‌شود. آزمایش‌های دیگر در این زمینه، نشان داده‌اند که هرگاه نمونه‌ی آب و سطح آب‌دوست، آب ایزی را تولید کرده باشند، الزاماً قله‌ی جذبی در حوالی طول‌موج ۲۷۰ نانومتر، خودنمایی خواهد کرد. با توجه به نتایج آزمایش‌ها، طول‌موج ۲۷۰ نانومتر، یکی از مشخصه‌های قطعی وجود آب ایزی است!

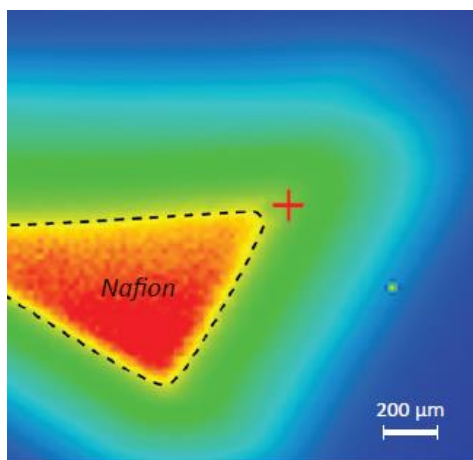


شکل ۸: نمودار جذب نسبی (محور عمودی) بر حسب طول‌موج (محور افقی): قله‌های جذب، با فاصله‌گرفتن از نمونه، کوتاه‌تر می‌شوند.

¹ Viscosity

² Optical Refractive Index

دیگر آزمایش مهم در موضوع آب ایزی، آزمایش جذب امواج فروسرخ است. مطابق با شکل ۹، نمونه‌ای سه‌گوش و با سطوحی آب‌دوست را در مقداری آب مایع، قرار داده و با استفاده از ابزار آزمایشگاهی، میزان جذب امواج فروسرخ را در تمامی نواحی، با بهره‌گیری از رنگ‌های مختلف، مشخص می‌کنیم. طبق شکل ۹، آب‌هایی که از نمونه‌ی سه‌گوش فاصله دارند، با رنگ آبی مشخص می‌شوند که نشان‌دهنده‌ی میزان کمی از جذب امواج فروسرخ است؛ ولی میزان جذب در همین آب و در حوالی مرز مشترک با نمونه‌ی سه‌گوش، به‌مراتب افزایش می‌یابد (رنگ سبز) و نمایان‌گر تغییر در ویژگی‌های آب نزدیک به نمونه‌ی آب‌دوست نسبت به آب‌های دورتر است؛ بنابراین، نتیجه می‌گیریم که آب ایزی، توانایی جذب امواج فروسرخ بیش‌تری نسبت به آب مایع معمولی، دارد.



شکل ۹: جذب امواج فروسرخ؛ رنگ‌های آبی و سبز نشان‌دهنده‌ی دو ناحیه‌ی متفاوت از آب با میزان جذب متفاوت هستند.

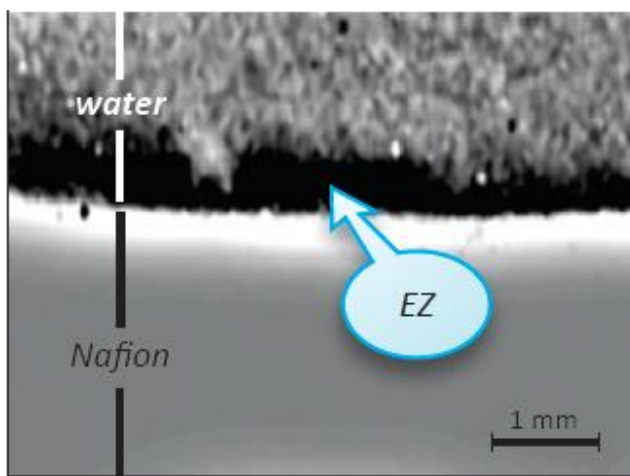
آزمون بعدی، به گسیل امواج فروسرخ از نمونه، اختصاص دارد. پیش از آن که به شرح نتایج این آزمایش بپردازیم لازم است تا در مورد موضوع گسیل و ارتباط آن با امواج فروسرخ توضیحی داده شود. در مورد گسیل امواج فروسرخ، حتماً شنیده‌ایم که همه‌ی اجسام از خود موج فروسرخ ساطع می‌کنند. در اغلب موارد، این موضوع را به گرما و دمای آن جسم مرتبط می‌کنیم؛ اما باید به این نکته توجه شود که تحلیل امواج فروسرخ توسط ابزارهای مختلف، توسط شدت نور فروسرخ صورت می‌پذیرد. شدت، برابر حاصل ضرب دمای جسم و قابلیت

گسیل از جسم است؛ بنابراین، به محض تحلیل تصاویر فروسرخ، نمی‌توان مؤکداً اعلام کرد که این بخش از بخشی دیگر سردتر است یا گرم‌تر.

با این مقدمه، به تحلیل تصویر فروسرخ حاصل از برهم‌کنش نمونه‌ی آب و سطح آب-دوست، در شکل ۱۰ می‌پردازیم. در شکل ۱۰، واضح است که بخش کاملاً مشکی، تفاوتی آشکار نسبت به آب‌های کناری، دارد. با تحلیلی واقع‌بینانه متوجه می‌شویم که آب مجاور سطح آب‌دوست، تفاوتی عمده با آب مایع معمولی، دارد. حال با نگاهی سطحی، می‌توانیم نتیجه بگیریم که آب ایزی نسبت به آب‌های مجاور خود (به‌دلیل تیرگی بیش‌تر و شدت صفر)، گرما و دمایی به‌مراتب پایین‌تر را دارد؛ ولی خوب می‌دانیم که دما و گرما در این آزمایش در همه‌جای این نمونه، تقریباً یکسان نگه داشته شده است.

پس دلیل تیرگی تصویر آب ایزی، چیست؟

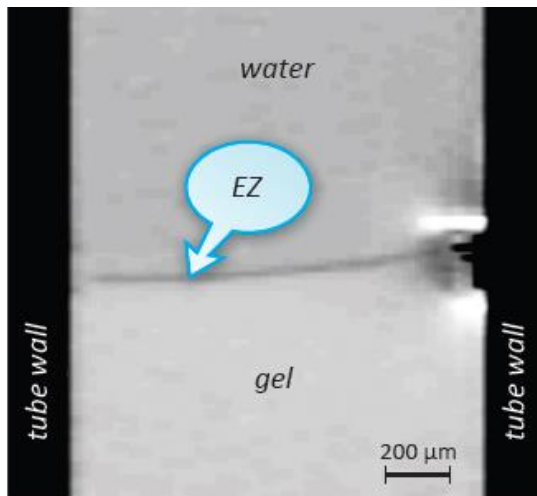
دلیل تیرگی و سیاهی آب ایزی در تصاویر فروسرخ را به عدم بازتابش یا عدم گسیل امواج فروسرخ، به‌دلیل نظم ساختاری آن‌ها نسبت می‌دهیم.^۱ از این‌رو، نتیجه می‌گیریم که آب ایزی، مایعی است بلوری و منظم!



شکل ۱۰: تصویری از گسیل امواج فروسرخ؛ نمونه در دمای اتاق و نوار مشکی رنگ، نشان‌دهنده‌ی وجود آب ایزی در مرز مشترک آب و سطح آب‌دوست نفیونی.

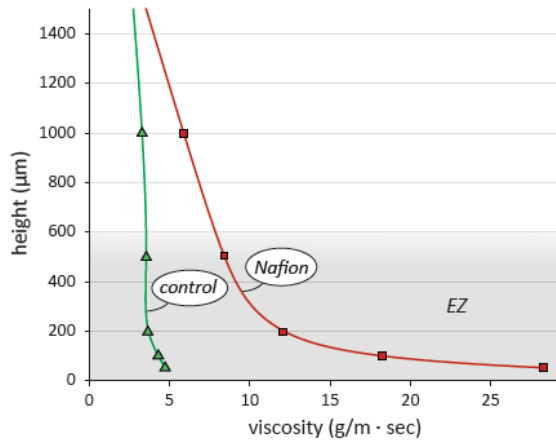
^۱ هرگاه نمونه‌ای بی‌نظم و بدون ساختار باشد، توانایی گسیل امواج فروسرخ خود را بالا می‌برد و برعکس، نمونه‌های منظم و بلوری شکل، گسیل امواج فروسرخ کم‌تری خواهند داشت!

چنین پدیده‌ای را نیز در تصاویر MRI از نمونه‌ی مدنظر می‌توان مشاهده نمود و به حضور آب ایزی و تفاوت آن با آب مایع معمولی در تصاویر، پی برد (ر.ک. شکل ۱۱).



شکل ۱۱: تصویر MRI از نمونه‌ی آب و سطح آب‌دوست زله‌ای؛ آب ایزی با رفتاری کاملاً متفاوت در تصویر، مشهود است.

دیگر مورد مهم آزمایشگاهی، آزمایش میزان گرانشی اجسام مایع است. می‌دانیم، هر چه مایعی، ذرات معلق خود را با سرعت کم‌تری به سمت زمین رها کند، آن مایع، گرانشی بیشتری دارد و اصطلاحاً ویسکوزتر است. مثلاً، عسل، گرانشی بیشتری نسبت به آب، دارد. از این‌رو، آزمایش گرانشی نیز ویژگی‌های دیگری از آب ایزی را نمایش می‌دهد. اگر مطابق با ترفندهای آزمایشگاهی، ذره‌ای را در آب، رها کنیم و اجازه دهیم این ذره به‌دلیل وجود نیروی گرانشی به سمت زمین حرکت کند، می‌بایست در تمام طول حرکت، از قوانین حرکت نیوتون در راستای قائم، پیروی نماید؛ یعنی با کاهش ارتفاع، ذره‌ی موردنظر، افزایش تندی یا سرعت را تجربه نماید (البته با فرض یکنواخت بودن محیط آب)؛ اما در عین ناباوری، مشاهده می‌شود در نمونه‌ای که آب در بالای سطحی آب‌دوست قرار گرفته است، ذره‌ی موردنظر در نزدیکی‌های زمین و سطح آب‌دوست، برخلاف آن‌چه که بیان شد، کاهش تندی یا سرعت را تجربه می‌کند. این موضوع، تفاوت در ویژگی‌های فیزیکی آب مجاور با سطح آب‌دوست را نسبت به آب مایع، آشکار می‌کند؛ بنابراین، استنتاج می‌شود که آب ایزی، گرانشی (ویسکوزیته‌ی) بیشتری نسبت به آب مایع معمولی، دارد.



شکل ۱۲: نمودار ارتفاع از سطح (محور عمودی) بر حسب میزان گرانشی؛ با کاهش ارتفاع، گرانشی تغییری نکرده است (نمودار سبز رنگ- برای نمونه‌ی آبی که در مجاورت سطح آب‌دوست قرار نگرفته است)؛ اما با کاهش ارتفاع در محدوده‌ی خاکستری آب ایزی، افزایش گرانشی مشاهده می‌شود (نمودار قرمز رنگ- برای نمونه‌ی آبی که در مجاورت سطح آب‌دوست قرار گرفته است).

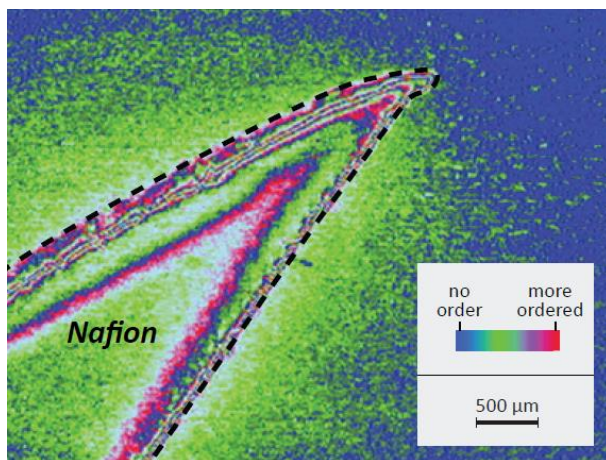
دیگر معیار اندازه‌گیری، ضریب شکست اپتیکی آب ایزی است. تحقیقات نشان داده است که آب ایزی، ضریب شکستی در حدود ۱۰ درصد بیش‌تر از آب مایع معمولی دارد. همان‌طور که از اپتیک می‌دانیم، هر چه ضریب شکست جسمی بیش‌تر باشد، چگالی بیش‌تری نیز خواهد داشت؛ بنابراین، آب ایزی، چگال‌تر از آب مایع معمولی است.

در پایان این بخش، بهتر است مروری بر نتایج مهمی که از تجربه به‌دست آمده است، داشته باشیم. دریافتیم که آب ایزی، گرانشی و پایداری بیش‌تری نسبت به آب مایع معمولی دارد. جنبش‌ها و حرکت‌های مولکولی در آب ایزی، محدودتر و میزان جذب امواج فرابنفش تا فروسرخ آن نیز نسبت به آب مایع معمولی، متفاوت است. طول‌موج جذب ۲۷۰ نانومتر، از مشخصه‌های دیگر آب ایزی است و همچنین، ضریب شکستی بیش‌تر از آب مایع را خواهد داشت.

نظم در آب ایزی

آب ایزی با نظم‌ی بلورگونه، به‌مانند آبی نظم‌یافته، عمل می‌نماید. این نظم، چگونه مشاهده می‌شود؟ برای مشاهده‌ی چنین نظم‌ی، پروفیسور پولاک از ایده و پژوهشی که توسط

پروفسور مائه‌وان هو^۱ صورت پذیرفت، الهام گرفته است. پروفسور هو، در مطالعه‌ای که روی بدن گونه‌ای از کرم، داشته است، به این نتیجه دست یافت که بدن این موجود زنده از آب نظم‌یافته‌ای تشکیل شده است. در ساختارهای بیولوژیک و یا غیربیولوژیک، با استفاده از میکروسکوپ‌های قطبی^۲، نظم در ساختارهای مولکولی، آشکار می‌شود. وی نیز با میکروسکوپ قطبی، به مطالعه‌ی آب ایزی پرداخت و نظم مولکولی^۳ در مجاورت سطح آب-دوست را به‌وضوح مشاهده نمود.



شکل ۱۳: تصویر میکروسکوپ قطبی از تکه‌ای نفیون آب‌دوست که در آب قرار گرفته است؛ نظم آب ایزی در تصویر با رنگ قرمز مشخص است.

همان‌طور که از شکل ۱۳ به‌وضوح پیداست، آب‌هایی که در فواصل دور نسبت به سطح قرار گرفته‌اند، هیچ‌گونه نظم‌ی را از خود به نمایش نمی‌گذارند (آبی رنگ) ولی هر اندازه که به سطح آب‌دوست نزدیک می‌شویم (رنگ‌های قرمز)، نظم مولکولی در آب پیرامون سطح، افزایش می‌یابد.

این تصویر، گویای نظم‌ی مولکولی در پیرامون سطح است و ثابت می‌نماید که آب ایزی، دارای نظم‌ی مولکولی است. این نظم نیز از سطح آب‌دوست به آب پیرامونی‌اش منتقل شده است و سطح، نقش قالب مولکولی را ایفا می‌کند.

^۱ Prof. Mae-wan Ho

^۲ Polarizing Microscope

^۳ Molecular Ordering

ساختار بلوری آب ایزی

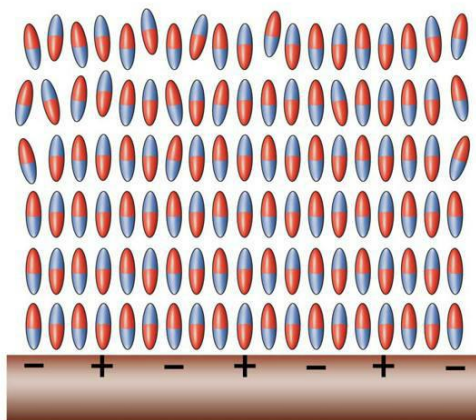
در بخش‌های پیشین بیان شد که آب ایزی، ساختاری پایدار و بلورگونه دارد. این ساختار به چه شکلی است؟ اگر این ساختار، بلوری باشد، چرا حالت جامد را از خود نشان نمی‌دهد؟

برای طراحی ذهنی ساختار بلورگونه و منظم آب ایزی، از ویژگی دوقطبی آب، بهره می‌بریم. همان‌طور که می‌دانیم، به دلیل ترکیب دو یون مثبت (هیدروژن) و منفی (اکسیژن) در کنار هم می‌توان یک دوقطبی الکتریکی را برای مولکول آب، فرض کرد. این دوقطبی‌ها، طبق مدل آب دوقطبی‌های انباشته^۱، می‌توانند در مقابل سطح آب‌دوست باردار، چیده شده و نظمی مولکولی را آشکار کنند. در این حالت که مطابق با شکل ۱۴ عمل می‌شود، مولکول‌های آب یا همان دوقطبی‌های الکتریکی، به صورت یکی در میان با جهت‌گیری‌های یکسان و با نظمی خاص، در مجاورت سطح آب‌دوست، چینشی منظم را تجربه می‌کنند؛ اما با فاصله گرفتن از سطح باردار، به دلیل کاهش اثرات جاذبه‌ی الکترواستاتیکی و افزایش تداخلات گرمایی در سامانه‌ی مدنظر، نظم ساختاری، دچار اعوجاج و آشفتگی می‌شود. این موضوع نشان می‌دهد که نظم موردنظر در فواصل کوچکی رخ می‌دهد (مثلاً فاصله‌ی پنج تا شش مولکول) و بعد از آن، نظم به بی‌نظمی^۲، تغییر یافته و حالت شبه‌بلوری را از بین می‌برد. طبق این مدل، همان‌طور که در شکل ۱۴ هم به‌وضوح دیده می‌شود، در ناحیه‌ی اطراف سطح آب‌دوست باردار، مجموعاً بار الکتریکی خالص برابر با صفر، می‌شود.

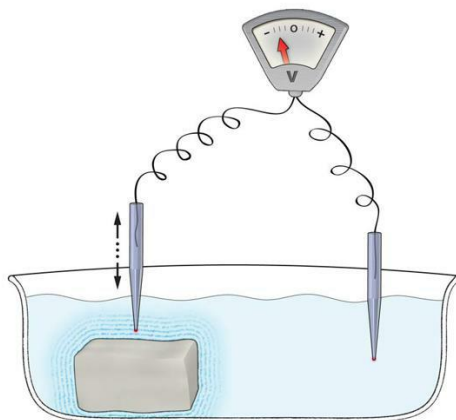
مدل فوق، با آن که تیزهوشانه و با دقت، مطرح شده است، اثرات و ساختار آب ایزی را به‌درستی، مشخص نمی‌نماید. نخستین دلیل، این‌که آزمایش‌ها اثبات کرده‌اند، اندازه و ابعاد آب ایزی و ناحیه‌ی طرد، به‌مراتب از ابعاد پیش‌بینی شده از مدل آب دوقطبی‌های انباشته، بزرگ‌تر است. همچنین، نشان داده شده است که بار الکتریکی خالص در نواحی مجاور با سطح آب‌دوست، باری منفی است که این نیز در تناقض با پیش‌بینی مدل دوقطبی‌های انباشته، است. شکل ۱۵، نمایان‌گر اختلاف پتانسیل منفی در ناحیه‌ی طرد است که بار الکتریکی منفی را برای آب ایزی، به اثبات می‌رساند.

¹ Stacked Dipolar Water

² Disorder



شکل ۱۴: مدل دوقطبی‌های انباشته؛ نظم ساختاری با فاصله‌گرفتن از سطح، به تدریج کاهش می‌یابد؛ قطب مثبت (رنگ آبی) و قطب منفی (رنگ قرمز).

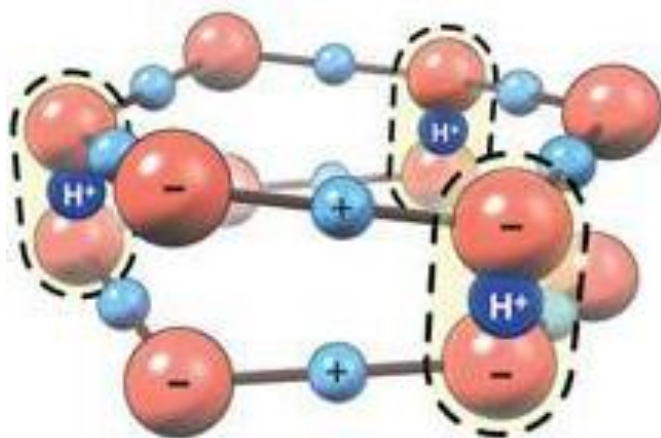


شکل ۱۵: پتانسیل منفی ناحیه‌ی نزدیک به سطح آب‌دوست (ناحیه‌ی طرد یا آب‌ایزی)، نشان‌دهنده‌ی بار الکتریکی منفی آب‌ایزی است.

حال این پرسش مطرح می‌شود که با مردود شدن مدل دوقطبی انباشته، چه مدلی برای آب‌ایزی پیشنهاد می‌شود؟

بهترین پیشنهاد برای ساختار آب‌ایزی، ساختاری شبیه به ساختار شش‌ضلعی یخ است. یکی از ساختارهای متداول یخ، با قرارگیری یون‌های اکسیژن و هیدروژن، به ترتیب، در رأس‌های شش‌ضلعی و فواصل بین دو رأس، شناخته می‌شود. با کنار هم قرار دادن این

شش‌ضلعی‌ها، تک‌لایه‌ای، تشکیل و این تک‌لایه‌ها نیز دقیقاً روی هم و به‌طور منظم، قرار می‌گیرند. نکته‌ی مهم در مورد لایه‌های یخ این است که این لایه‌ها با قرارگیری یون‌های مثبت هیدروژن در بین دو لایه، به یکدیگر پیوند خورده و ساختاری پایدار و جامد را تولید می‌کنند (ر.ک. شکل ۱۶).



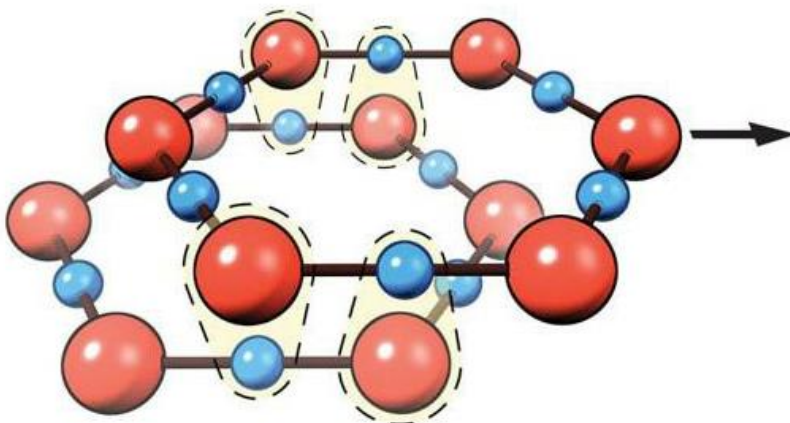
شکل ۱۶: مدلی ساده از ساختار شش‌ضلعی بلور یخ؛ قرارگیری سه پروتون در فضای مابین دو لایه‌ی شش‌ضلعی.

مطابق با شکل ۱۶، در می‌یابیم که از شش رأس شش‌ضلعی، فقط فضای مابین سه رأس، پذیرای یون‌های مثبت هیدروژن هستند. در نتیجه، عامل پیوند و ثبات لایه‌های یخ را به حضور مؤثر یون‌های هیدروژن با بار مثبت، نسبت می‌دهیم. پس در شکل‌گیری و ثبات ساختار یخ، یون‌های هیدروژن (که معادل با پروتون هستند)^۱ نقشی اساسی دارند. از این‌رو، برای رسیدن به طرحواره‌ای ذهنی و خلاقانه از آب ایزی، از یخ و پروتون‌های مابین لایه‌های آن، بهره برده و آب ایزی و ساختارش را با جزئیات، شرح می‌دهیم.

آب ایزی، به نوعی ساختاری شبیه به یخ دارد ولی با این تفاوت که در ساختار آن، پروتون‌ها، از فضای مابین دو لایه، خارج و همان‌طور که از شکل ۱۶ تصور می‌شود، با خروج پروتون‌ها از این ساختار، دو یون همانم اکسیژن بنا به دافعه‌ی الکترواستاتیکی، تمایلی به

^۱ اتم هیدروژن، به عنوان ساده‌ترین اتم در طبیعت شناخته می‌شود. اتمی با یک پروتون در هسته‌ی خود و یک الکترون به دور هسته. اگر تک‌الکترون هیدروژن با انرژی مناسب یونیزاسیون، از قید هسته رها شود، اتم هیدروژن خنثی به یون هیدروژن بدون الکترون و با بار مثبت تبدیل می‌شود. در این صورت، یون هیدروژن، فقط یک پروتون در هسته دارد و هیچ الکترونی ندارد و در نتیجه، مجاز به استفاده از نام پروتون به جای یون هیدروژن مثبت هستیم!

کنار هم ماندن، نخواهند داشت و سبب می‌شوند تا ساختار، از حالت جامد و بلوری، خارج شده و لایه‌های بالایی و پایینی روی یکدیگر، شروع به حرکت کنند یا به صورت صحیح‌تر، روی هم بلغزند!



شکل ۱۷: تبدیل ساختار لایه‌ای یخ به ساختار آب ایزی با خروج پروتون‌های مابین دو لایه و لغزش لایه‌ها روی یکدیگر.

این لغزش، کاملاً مطلوب ماست؛ به این دلیل که در آزمایشگاه، اثراتی از ساختار جامد برای آب ایزی مشاهده نشده است و ساختاری شبیه به بلور مایع را از خود به نمایش می‌گذارند.

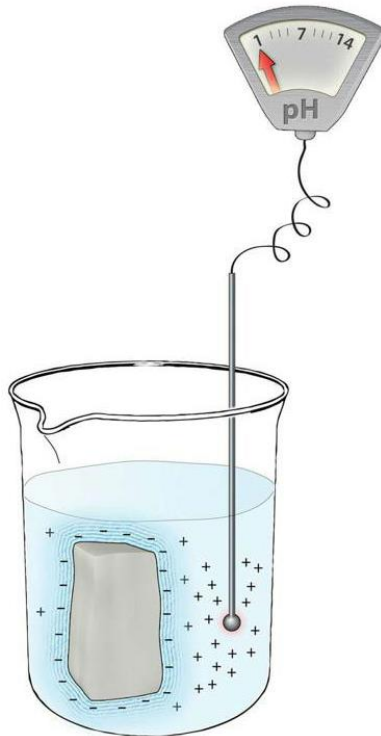
در بالا بیان شد، برای تشکیل آب ایزی، گذاری از یخ به آب ایزی، گویای چنین فرایندی است. این فرایند که با خروج پروتون‌ها از فضای مابین دو لایه‌ی همسان، رخ داده است، این سؤال را می‌تواند مطرح کند که واقعاً پروتون‌ها یا همان یون‌های هیدروژن به کجا می‌روند؟

در واقع، پروتون‌های جدا شده به آب مجاور با آب ایزی، منتقل و اطراف آب ایزی را مملوء از بارهای مثبت، می‌کنند.

مگر می‌شود پروتون‌های بسیار بسیار کوچک را مشاهده نمود؟

خیر. شیمی‌دان‌ها در این حالت از ترفندی زیرکانه استفاده می‌کنند. همان‌طور که می‌دانیم، اگر میزان بار مثبت در محلول یا ماده‌ای افزایش یابد، به معنای کاهش مقدار pH در آن نمونه است. آزمایش‌های pH سنجی، نشان می‌دهند که در نواحی مجاور آب ایزی، مقدار

pH به شدت افت کرده و حتی در بعضی از آزمایش‌ها مقدار آن به اعدادی نظیر ۲ و ۱ نیز رسیده است؛ یعنی، میزان پروتون‌ها به اندازه‌ی ۱۰۰ هزار تا یک میلیون بار نسبت به آب مایع معمولی، افزایش یافته است. نتایج آزمایش‌های pH سنجی، به‌تنهایی دلیلی بر اثبات حضور آب ایزی، خواهند بود.

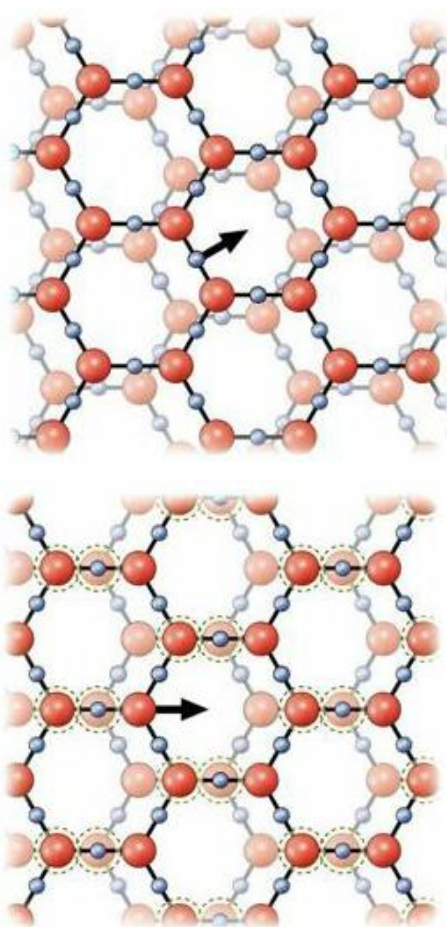


شکل ۱۸: تجمع پروتون‌ها با بار مثبت در همسایگی آب ایزی و نمایش اسیدی شدن آب، توسط pH سنج.

حال این پرسش در ذهن مخاطب علاقه‌مند و پیگیر پیش می‌آید که چگونه لایه‌های آب ایزی روی هم می‌لغزند؟ و چگونه آب ایزی، پایداری خود را حفظ می‌کند؟

در پاسخ به این پرسش، باید به دو شکل ۱۹ الف و ب، توجه کنیم. مطابق با تقارن شش‌ضلعی‌ها، می‌توانیم دو حرکت یا لغزش را متصور شویم. یکی با کشیدن لایه‌ی آب ایزی از سمت یکی از اضلاع شش‌ضلعی (شکل ۱۹-الف) و دیگری کشیدن در جهت یکی از رأس‌های شش‌ضلعی (شکل ۱۹-ب). از این‌رو، به بهترین نوع لغزش دست خواهیم یافت.

مطابق با شکل ۱۹- الف، با حرکت یا لغزش یکی از اضلاع، هیچ گونه انطباقی بین یون- های مثبت و منفی در دو لایه، رخ نمی دهد و نمی توانیم همانند تصویر شکل ۱۷، دو لایه ی آب ایزی را در ارتباط الکترواستاتیکی با هم داشته باشیم؛ بنابراین، این نوع لغزش، انتخاب لایه های آب ایزی، نخواهد بود. از این رو، شکل ۱۹- ب را از نظر می گذرانیم؛ با حرکت یکی از رأس ها به اندازه ی نصف ضلع (به اندازه ی فاصله ی بین اکسیژن و هیدروژن مجاور)، انطباق مورد نظر با شکل ۱۷ را پدید می آوریم. حال با قرارگیری یک یون هیدروژن روی یک یون اکسیژن، پایداری ساختار، به دلیل جاذبه ی الکترواستاتیکی بین آن ها را انتظار خواهیم داشت.



شکل ۱۹: دو نوع حرکت لایه های شش ضلعی روی یکدیگر. الف) حرکت یکی از اضلاع، ب) حرکت یکی از رأس ها.

به دلیل چنین حرکت یا لغزشی، تصور چیدن چندین لایه از آب ایزی برایمان بسیار راحت خواهد بود. بایستی به این نکته توجه شود که انتخاب حرکت، از یک رأس، موجب محدودیت نمی شود و می توان هر شش رأس را به طور مجزا، به حرکت در آورد. با نگاهی دقیق تر، در می یابیم که رئوس شش ضلعی، شش جهت را برای حرکت خود انتخاب می نمایند که هر کدام با ۶۰ درجه اختلاف نسبت به دیگری، مشخص می شوند. پس به عبارتی، بسته به شرایط، لایه های آب ایزی، شش جهت حرکتی را برای خود انتخاب می نمایند. از این رو، حرکت متفاوت لایه ها در جهات مختلف، سبب تشکیل ساختارهای مارپیچی^۱ در آب ایزی می شود (ر.ک. شکل ۲۰). البته آب ایزی می تواند ساختاری منظم و تکراری داشته باشد و این منافاتی با ایجاد ساختار مارپیچی، ندارد. می خواهیم تأکید کنیم که آب ایزی به دلیل نوع حرکت لایه هایش، ساختاری منعطف دارد و این ساختار منعطف است که به آب-های ایزی اجازه می دهند تا برخی مواد زیستی یا بیولوژیک، همانند پروتئین ها و مولکول های بزرگی مثل DNA را احاطه کنند.

در ادامه، مجدداً با طرح پرسشی دیگر به روشن تر شدن حقایق آب ایزی، کمک می کنیم. نخستین لایه ی آب ایزی، چگونه به وجود می آید؟

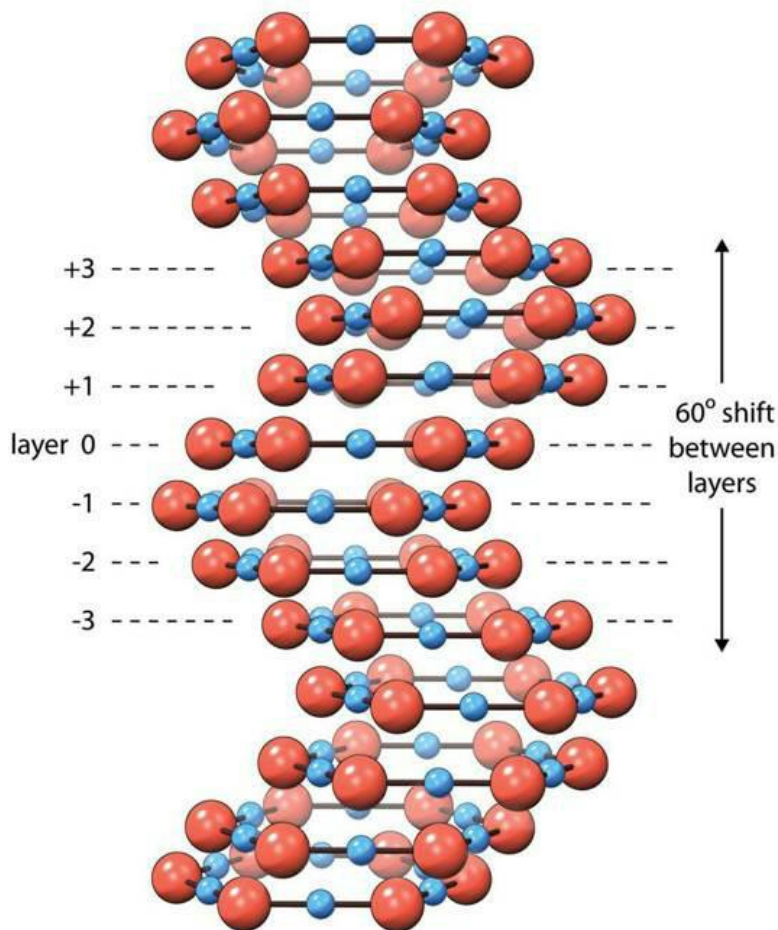
در پاسخ به این پرسش، به بحث های پیشین رجوع می کنیم.

اگر آب مایع معمولی، در کنار سطحی آب دوست و باردار قرار گیرد، در مرز مشترک این دو ماده، آب ایزی پدیدار می شود. پیش از این نیز از سطح آب دوست به عنوان قالبی برای شکل دهی به لایه های آب ایزی، سخن به میان آمد. در واقع، سطوح آب دوست، به طور کلی، اتم های اکسیژن را در خود جای داده اند و اتم های اکسیژن سطح، توانایی ساخت لایه ی اول را خواهند داشت و در ادامه، لایه های بعد با توجه به قالبی که سطح آب دوست برای لایه ی اول انتخاب نموده است، تولید می شوند. البته لازم به ذکر است که برخی از سطوح به جای یون منفی اکسیژن از یون های منفی دیگری، بهره می برند که آن ها را به عنوان سطوح آب دوست ضعیف تر^۲ می شناسیم.

^۱ Helical Structures

^۲ هر چه سطحی میزان آب دوستی کمتری داشته باشد، توانایی آن سطح در تولید آب ایزی کاهش می یابد و در نتیجه، آب ایزی تشکیل شده، ابعادی کوچک تر و نقص های شبکه ای بیش تری، خواهد داشت!

همچنین اگر سطحی، از بار الکتریکی، تهی باشد، آن سطح توانایی ایجاد لایه‌ی اول را نخواهد داشت و به سطوح آب‌گریز^۱ معروف هستند.



شکل ۲۰: لغزش در جهات مختلف ۶۰ درجه‌ای و شکل‌گیری اشکال متفاوت و منعطف، به‌مانند اشکال مارپیچی.

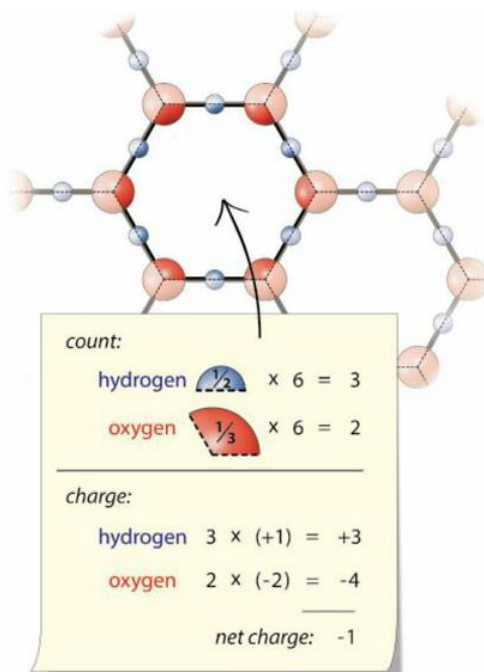
البته، به غیر از وجود یون اکسیژن، کمیت فیزیکی دیگری به نام زبری سطح^۲ نیز در ایجاد لایه‌ی نخست آب ایزی، تعیین‌کننده خواهد بود. تحقیقات نشان داده‌اند که اگر

^۱ Hydrophobic (Water-Hating)

^۲ Surface Roughness

سطحی، زبری کمی داشته باشد، توانایی ایجاد لایه‌ی اول را خواهد داشت (البته با کمی نقص در شبکه‌ی بلوری) ولی اگر میزان زبری، بالا باشد، لایه‌های بسیار ناقص، تشکیل و عملاً احتمال تولید آب ایزی، بسیار کاهش می‌یابد. در نتیجه، قالب مولکولی سازنده‌ی لایه‌های آب ایزی، به میزان غلظت یون اکسیژن (و نه یون‌های منفی دیگر) و زبری سطح، کاملاً وابسته است.

در پایان این بخش، به‌طور خلاصه، خنثایی الکتریکی یخ و بار خالص منفی آب ایزی را با تحلیل ساختار شش‌ضلعی به اثبات می‌رسانیم.



شکل ۲۱: محاسبه‌ی بار خالص ۱- در یاخته‌ی واحد لایه‌ی یخ و آب ایزی.

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، بار الکتریکی منفی، یکی از مشخصه‌های آب ایزی است. ساختار شش‌ضلعی معرفی‌شده، منفی بودن بار آب ایزی را توجیه می‌کند. با توجه به شکل ۲۱، در می‌یابیم، در هر شش‌ضلعی، شش یون هیدروژن به صورت نصف (یک‌دوم) و شش یون اکسیژن به صورت ثُلث (یک‌سوم) قرار می‌گیرند. از این‌رو، با محاسبه‌ای ساده، متوجه

می‌شویم، عملاً در هر یاخته‌ی واحد^۱ شبکه‌ی شش‌ضلعی، سه یون مثبت هیدروژن و دو یون منفی اکسیژن جای می‌گیرند. پیش‌تر هم اشاره شد که هر یون هیدروژن با یک بار مثبت و هر یون اکسیژن با دو بار منفی، در ساخت مولکول آب، مشارکت دارند، بنابراین، می‌توان دریافت که بار الکتریکی مجموع و خالص یک یاخته‌ی واحد^۲ شش‌ضلعی، برابر با منفی یک (۱-) خواهد بود^۳. به‌همین دلیل، برای تشکیل بلور یخ، در هر یاخته‌ی واحد، یک پروتون یا یون مثبت هیدروژن، قرار می‌گیرد تا شبکه‌ی بلوری یخ، بی‌بار (خنثی) باقی بماند. با این حساب، به این موضوع هم پاسخ دادیم که چرا در هر شش‌ضلعی (مثل شکل ۱۶) به جای شش پروتون، سه پروتون قرار می‌گیرند. این بدان معناست که یک‌سوم هر پروتون در یاخته‌ی واحد بلور یخ، شرکت می‌کند که با توجه به سه‌تایی بودن آن‌ها، نتیجه می‌گیریم که در مجموع، یک پروتون در یاخته‌ی واحد شبکه‌ی بلوری یخ، قرار گرفته و مسبب خنثایی یخ در حالت بزرگ‌مقیاس آن می‌شود.

نقص شبکه‌ی بلوری آب ایزی

در بلورشناسی، نقص یا نقصان^۴ به کمبود برخی از یون‌ها و یا اتم‌های تشکیل‌دهنده در آن بلور، گفته می‌شود. در بلورهای مایعی همچون آب ایزی نیز انتظار چنین نقصانی را داریم. از عوامل نقصان در شبکه‌ی بلوری آب ایزی می‌توان به زبری سطح و یا هر عامل فیزیکی دیگر اشاره کرد. در آب ایزی، ممکن است دو نوع نقص، مشاهده شود. این دو نوع عبارت‌اند از: از دست‌دادن یون اکسیژن و یا کسب پروتون‌های با بار مثبت. در هر دو حالت، بار الکتریکی خالص شبکه‌ی بلوری آب ایزی، دستخوش تغییر شده و میزان منفی بودن بار الکتریکی آن را کاهش می‌دهد تا به شبکه‌ای بدون بار یا حتی با بار مثبت تبدیل شود. می‌دانیم، با کاهش تعداد یون‌های منفی اکسیژن و یا ازدیاد پروتون‌های مثبت، مقدار بار خالص منفی، به صفر و یا مثبت، متمایل می‌شود.

با این اوصاف، سطح آب‌دوست یا آب‌گریز را در وهله‌ی اول، متهم درجه‌ی یک در نظر خواهیم گرفت. سطوح آب‌دوست، توانایی تولید لایه‌های آب ایزی را با کم‌ترین نقص دارند

^۱ یاخته‌ی واحد، کوچک‌ترین جزء یا آجر سازنده‌ی بلورها است که از کنار هم چیدن آن، بلور پدید می‌آید.

^۲ Unit-Cell

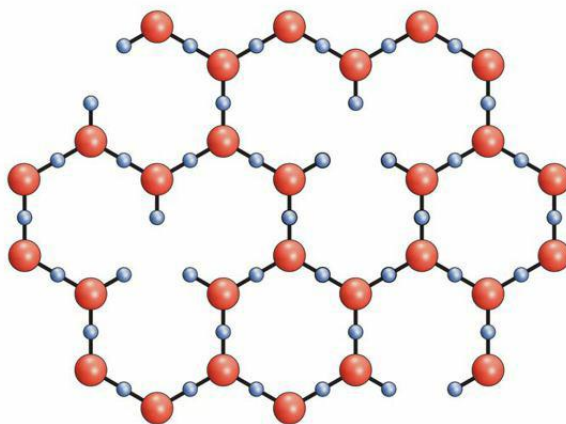
^۳ این چنین محاسبات، در فیزیک حالت جامد و بلورشناسی، امری کاملاً متداول است.

^۴ Defect

ولی سطوح آب‌گریز، شبکه یا ساختاری بی‌نقص را تولید می‌کنند و از آنجا که میزان عیب و نقص در این حالت، بالا می‌رود، می‌گوییم، سطح آب‌گریز، توانایی تولید آب ایزی را ندارد.

می‌توان تصور نمود که شبکه‌های شش‌ضلعی آب ایزی، به دلیل مساحت بسیار کوچک-شان، این قابلیت را دارند که هیچ مولکولی (حتی مولکول یون هیدرونیوم H_3O^+ که عامل مثبت بودن بار الکتریکی آب‌های مجاور آب ایزی است) را وارد شبکه‌ی خود نکنند و مانع ورود آن‌ها، شوند؛ بنابراین، می‌گوییم که آب ایزی در فرایند شکل‌گیری، همه‌ی آلاینده‌ها و ذرات بزرگ را از خود، طرد نموده و تنها، پروتون‌ها و ذرات بسیار کوچک، نفوذی مؤثر خواهند داشت. در اصل، دلیل طرد ذرات بزرگ و یا کوچک، همین مساحت کوچک شش-ضلعی‌ها و نیز لغزش لایه‌ها روی یکدیگر، است. لایه‌ها با لغزش خود، به‌نوعی مساحت‌های مؤثر شش‌ضلعی‌ها را نیز کوچک‌تر کرده و مانعی برای نفوذ ذرات می‌شوند (شکل‌های ۱۶ و ۱۹- ب گویای این مطلب هستند!).

حال اگر این شبکه‌ی بلوری، دچار عیب و نقصی شود، همانند شکل ۲۲، مساحت‌های بزرگ‌تری پدید می‌آیند و این سوراخ‌های بزرگ، به‌تدریج، مواد و ذرات دیگر را به داخل لایه‌های خود، راه می‌دهند و آب ایزی به‌دست آمده، به‌تدریج، ابعادش را از دست داده و کوچک‌تر و بی‌اثرتر، می‌شود.



شکل ۲۲: شبکه‌ی آب ایزی با خروج برخی یون‌های اکسیژن.

در پایان، به شباهتی بین نیم‌رساناها^۱ و آب‌ایزی اشاره می‌کنیم. در نیم‌رساناها، به دلیل ورود برخی ناخالصی‌ها، دو نوع n و p را خواهیم داشت. به طوری که اگر الکترون‌ها، زیاد باشند، آن‌گاه نیم‌رسانای نوع n و اگر حفره‌ها زیاد باشند، آن‌گاه نیم‌رسانای نوع p به دست می‌آیند؛ بنابراین، می‌توان در پژوهش‌های آینده، با دست‌کاری و مهندسی آب‌ایزی، آب‌ایزی نوع‌های n و p را تولید نمود. البته آب‌ایزی که ما مورد بحث و بررسی، قرار داده‌ایم، به دلیل ازدیاد بار منفی، به نوعی، با نوع n نیم‌رساناها، هم‌ارز است.

آب‌ایزی با بار الکتریکی مثبت!

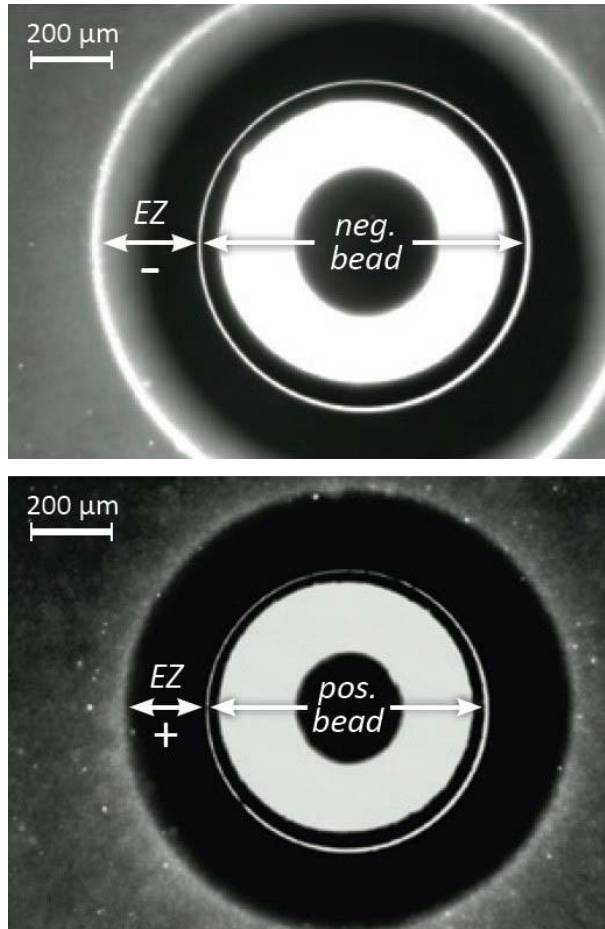
با بررسی نقص در آب‌ایزی و ناحیه‌ی طرد، دریافتیم، با ورود پروتون‌ها و یا خروج یون‌های اکسیژن، بار الکتریکی خالص آب‌ایزی، مثبت یا صفر می‌شود. با ادامه‌ی این روند، قطعاً بار الکتریکی خالص آب‌ایزی، مثبت خواهد شد.

این موضوع، نشان‌دهنده‌ی کاهش ابعاد و مهم‌تر از آن، به کاهش پایداری شبکه‌ی بلوری آب‌ایزی، منجر خواهد داشت. البته سطح آب‌دوست با بار مثبت نیز می‌تواند چنین عملکردی را سرعت بخشد و در پیرامون خود، ناحیه‌ی طردی با بار مثبت، خلق کند. باز هم تأکید می‌کنیم که این ساختار بلوری، پایداری بسیار کمی دارد و بسیار شکننده خواهد بود؛ محققان، این نتیجه را به وضوح در آزمایشگاه مشاهده نموده‌اند؛ اما با این اوصاف، می‌توانیم با سطحی آب‌دوست و با بار الکتریکی مثبت، آب‌ایزی مثبت را مشاهده کنیم، هر چند که شکنندگی بالا و پایداری کمی، داشته باشد.

همان‌طور که توقع داریم، با آزمایش pH سنجی و با استفاده از pH سنج، می‌توانیم مدعای خود را ثابت کنیم. در آزمایش مرتبط با شکل ۲۳ - ب، مشاهده شده است که pH آب‌های مجاور آب‌ایزی، مقداری بزرگ‌تر از عدد ۷ را نمایش می‌دهد که این موضوع، نشان‌دهنده‌ی کمبود پروتون و ازدیاد بارهای منفی در این ناحیه است. نتایج این آزمایش، عملاً اثبات‌کننده‌ی حضور بار مثبت در ناحیه‌ی طرد یا همان آب‌ایزی، است.

^۱ Semiconductors

^۲ n-type & p-type Semiconductors



شکل ۲۳: تولید آب ایزی توسط مُهره‌های آب‌دوستِ باردار (الف) با بار منفی، (ب) با بار مثبت (مُهره و آب ایزی علامت بارهای یکسانی دارند!).

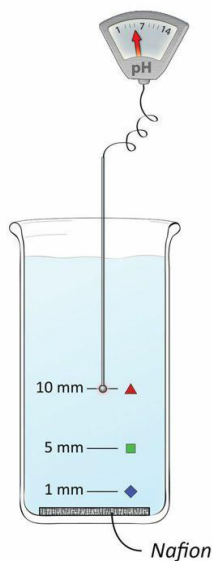
آبِ پروتونی

در بخش‌های قبل اشاره شد که با شکل‌گیری آب ایزی، همزمان، توقع تشکیل آبی در مجاورت آن را خواهیم داشت که اصطلاحاً به آب پروتونی^۱ معروف شده است. این نام، به دلیل آزاد شدن پروتون‌ها در حین تشکیل آب ایزی و مهاجرت آن‌ها از ناحیه‌ی مرتبط با آب ایزی است. به طور ساده، فرض بر این است که آب، با فرمول شیمیایی H_2O به یون‌های H^+

^۱ Protonated Water

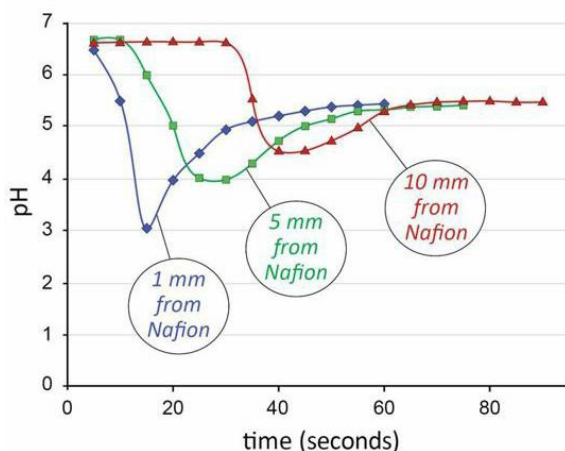
و OH^- (یون هیدروکسید که اساس تشکیل آب ایزی است!) تجزیه می‌شود. H^+ که به‌عنوان یون هیدروژن (پروتون) شناخته می‌شود، سفر خود را آغاز نموده و به سمت آب‌های کنار آب ایزی، رفته و در آنجا یا به صورت آزاد و یا به صورت H_3O^+ با مولکول‌های آب، ترکیبی یونی را پدید می‌آورد که به یون هیدرونیوم معروف است.

برای شناخت و اثبات آب پروتونی، پیش از این، از آزمایش‌های pH سنجی، یاد کردیم. حال برای اثبات دقیق‌تر این موضوع، مجدداً به سراغ این آزمایش رفته و با دقتی بیشتر، به آزمایش قبل، نگاهی می‌اندازیم تا به علت تشکیل آب پروتونی پی‌ببریم. طبق شکل ۲۴، آزمایشی را طراحی می‌کنیم که در آن از pH سنج، سطح آب‌دوست نفیونی و آب ایزی، استفاده می‌شود. در این آزمایش، فواصل مختلفی از سطح آب‌دوست را انتخاب نموده و فرایند شکل‌گیری آب پروتونی را مورد بررسی دقیق‌تری قرار می‌دهیم.



شکل ۲۴: آزمایش pH سنجی در فواصل مختلف.

همان‌طور که در شکل ۲۴ مشاهده می‌شود، سه فاصله‌ی ۱، ۵ و ۱۰ میلی‌متر، انتخاب شده و روند تغییرات pH برحسب زمان، مطابق با شکل ۲۵، ترسیم و تحلیل می‌شود.



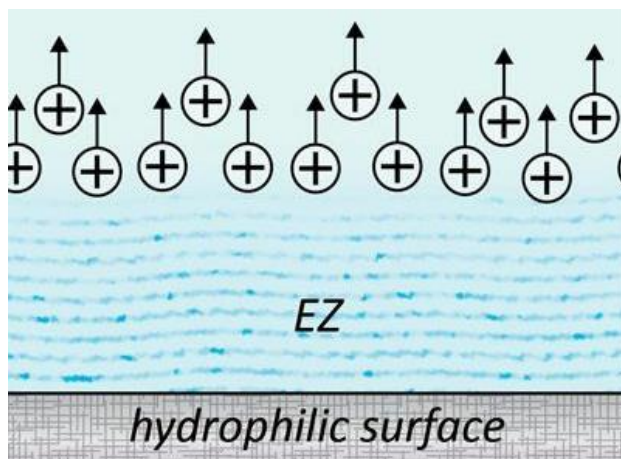
شکل ۲۵: نمودار pH آب‌های مجاور با آب ایزی بر حسب زمان (ثانیه) در فواصل مختلف از سطح آب‌دوست.

طبق این نمودار، در می‌یابیم که در هر سه فاصله‌ی انتخابی، در زمان‌های آغازینِ آزمایش، pH آب اطراف آب ایزی، کاسته شده که خود، نشان‌دهنده‌ی پروتون‌دار شدن و اسیدی‌شدن آب‌های پیرامون آب ایزی است؛ اما در هر سه حالت، در زمان‌هایی خاص، مقدار pH به کم‌ترین مقدار خود رسیده و سپس، در ثانیه‌ی ۶۰ به مقدار نهایی خود در حدود ۵/۵ می‌رسند. این نمودار نشان می‌دهد که ابتدا، اجتماعی عظیم از پروتون‌ها از فاصله‌ی ۱ میلی‌متری گذر کرده‌اند و مقدار pH را در ثانیه‌ی حدوداً ۱۵، به کم‌ترین میزان خود رسانده‌اند و این روند در فاصله‌ی ۵ میلی‌متری نیز در ثانیه‌ی حدوداً ۳۰، قابل مشاهده است و در حدود ثانیه‌ی ۴۰، نیز این اجتماع پروتونی به فاصله‌ی ۱۰ میلی‌متری، منتقل شده است. این موضوع بسیار جالب را به رها شدن دسته‌جمعی پروتون‌ها در حین ایجاد آب ایزی و موج پیش‌رونده‌ی آن‌ها نسبت داده و طرحی شماتیک از آن را در شکل ۲۶ مشاهده می‌کنیم.

با بهره‌گیری از نتایج بالا، به‌طور خلاصه، بیان می‌داریم که با ورود سطحی آب‌دوست به داخل آب مایع معمولی، در مدت زمان کوتاهی، آب معمولی پیرامون سطح، به لایه‌هایی از آب ایزی، تبدیل شده و سپس در مدتی کوتاه، در حدود یک دقیقه، آب پروتون‌دار شده نیز

^۱ جالب است که در فاصله‌ی ۱۰ میلی‌متری و در زمان‌های آغازین، تغییری در pH دیده نمی‌شود که نشان‌دهنده‌ی نرسیدن موج پیش‌رونده‌ی پروتون‌ها به این ناحیه است (ر.ک. شکل ۲۵).

در مجاورت آب ایزی، خودنمایی می‌کند. پس در مجموع، سه بخش سطح آب‌دوست، آب ایزی و آب پروتونی، به ترتیب در کنار هم قرار می‌گیرند.



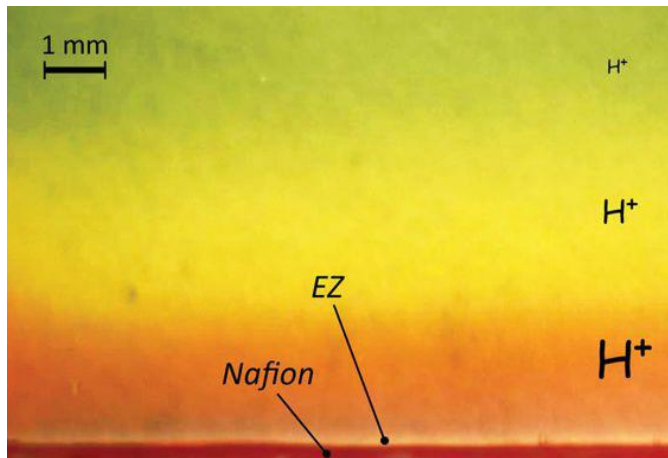
شکل ۲۶: طرحی از تولید انبوه و حرکت دسته‌جمعی و موج‌گونه‌ی پروتون‌ها به نواحی خارجی آب ایزی.

برای اثبات محدوده‌ی آب پروتونی، دانشمندان از رنگ‌های حساس به pH ^۱ نیز استفاده می‌نمایند. شکل ۲۷، نمونه‌ای از این آزمایش را به تصویر کشیده است. طبق این شکل، محدوده‌ای که بیش‌ترین میزان پروتون (اسیدیته) را دارد، با رنگ نارنجی پررنگ، مشخص شده و هر چه از سطح آب‌دوست نفیونی فاصله می‌گیریم، رنگ‌های کم‌رنگ‌تری، مشاهده می‌شوند. شکل ۲۷، اثبات می‌نماید که در نزدیکی آب ایزی، بیش‌ترین تعداد از پروتون‌ها (تقریباً در حدود $10^{۱۶}$ عدد) قرار می‌گیرند ولی با دور شدن از آب ایزی، میزان پروتونی بودن آب، به شدت کاهش یافته و حتی در فواصل بیش‌تر، آب پروتونی جای خود را به آب مایع معمولی، خواهد داد.

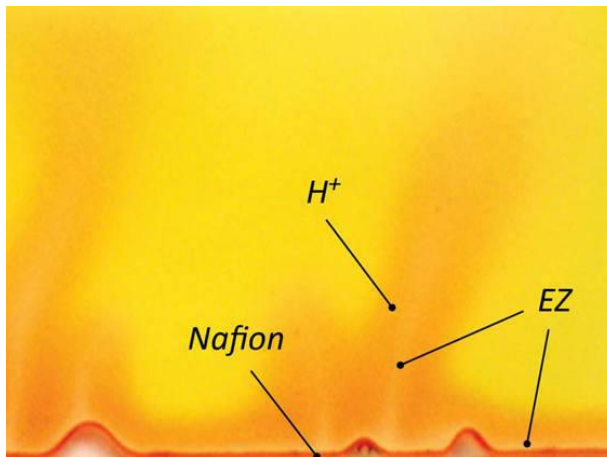
نکته‌ی جالبی که در شکل ۲۷ می‌توان به آن اشاره داشت، طرد کردن رنگ‌های حساس به pH از ناحیه‌ی مجاور با سطح آب‌دوست است. البته، به دلیل شکل‌گیری ناحیه‌ی طرد یا همان آب ایزی، توقع مشاهده‌ی چنین پدیده‌ای را داشتیم. شکل ۲۸ نیز با شباهت بسیار به شکل ۲۷، تصویر شده است ولی با این تفاوت که در این آزمایش، سطح آب‌دوست نفیونی،

^۱ pH-Sensitive Dyes

ناهموارتر از مورد قبل است و در نتیجه، شکل‌های پدید آمده از محدوده‌ی آب ایزی و آب پروتونی، متفاوت‌تر از حالت قبل به‌دست آمده‌اند.



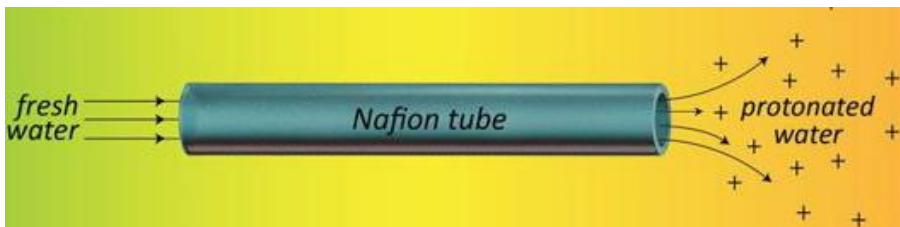
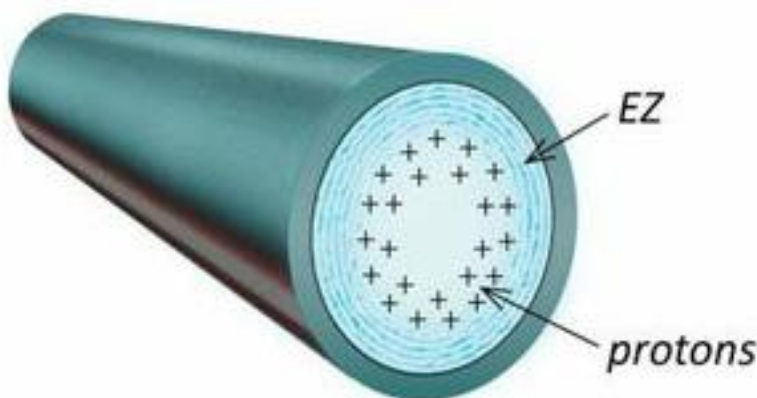
شکل ۲۷: آزمایش رنگ‌های حساس به pH در آب‌های مجاور با سطح آب‌دوست نفیونی؛ مشخص‌شدن آب ایزی (ناحیه‌ی بی‌رنگ) و آب پروتونی با غلظت‌های متفاوت از پروتون (نواحی نارنجی، زرد و سبز).



شکل ۲۸: آزمایش مشابه با آزمایش شکل ۲۷ در سطوح ناهموارتر.

در ادامه‌ی بحث آب پروتونی، به روشی ساده از تولید آب پروتونی و بهره‌برداری از پروتون‌های آزاد آن، اشاره‌ای خواهیم داشت. جریان آبی را در داخل لوله‌ی آب‌دوست بسیار باریکی وارد کرده و مطابق با شکل ۲۹، در می‌یابیم که آب‌های اطرافِ سطح دایره‌ایِ آب-دوست، به آب ایزی و طبق اصولی که فرا گرفته‌ایم، آب‌های کناریِ آب ایزی نیز به آب

پروتونی و سرشار از پروتون، تبدیل می‌شوند. از این‌رو، با ورود جریانی از آب معمولی به داخل لوله، به‌راحتی، آبی سرشار از پروتون و بار مثبت، تهیه و تولید می‌نماییم. این شیوه‌ی ساده برای جداسازی پروتون‌ها از آب معمولی و استفاده از مقدار زیادی پروتون در تحقیقات و مصارف صنعتی و پژوهشی، بسیار کاربردی و با اهمیت خواهد بود.



شکل ۲۹: تولید ساده و ارزان قیمت پروتون و آب پروتونی با بهره‌گیری از لوله‌ای آب‌دوست و جریان آب معمولی.

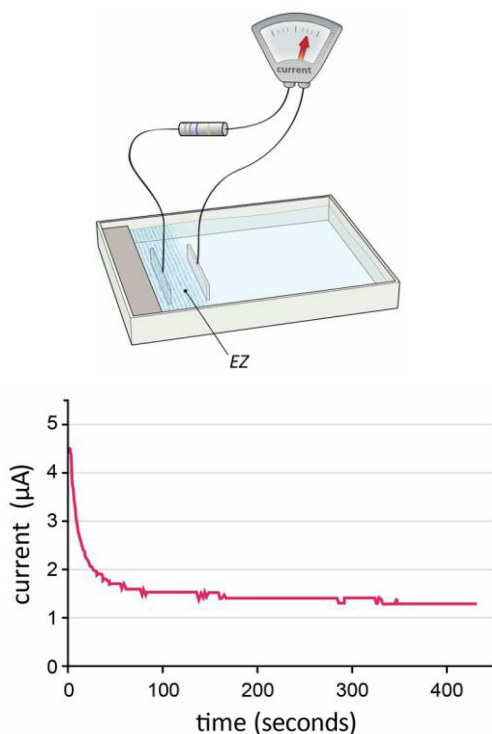
باتری آبی

با درک عمیق از جداسازی بارها^۱ در یک نمونه‌ی آب ایزی و آب پروتونی، به یکی از کاربردهای مهم و قابل پیش‌بینی از آب‌ها، دست می‌یابیم. تا پیش از این پژوهش، شاید کم‌تر کسی به فکر استفاده از آب، برای تهیه‌ی باتری، بوده است؛ اما با استفاده از نتایج حاصل از پیشنهاد آب ایزی، به‌راحتی، باتری بر پایه‌ی آب ایزی، تهیه و تحقیقات روی آن را بیش از گذشته گسترش می‌دهیم. حتی، در سامانه‌های زیستی و بیولوژیک نیز که آب، نقشی حیاتی و انکارناپذیر را ایفا می‌کند، انتظار وجود آب ایزی و در نتیجه، باتری‌های آبی^۲ را خواهیم

^۱ Separation of Charges

^۲ Water-Based Batteries

داشت که شناخت کیفی و بهتر آن‌ها، مستلزم تحقیقات بسیار در زمینه‌ی اثرات بیوفیزیکی و بیوشیمیایی آب‌های ایزی است^۱. بعد از جداسازی بارها که یکی از مشخصه‌های حیاتی و اثرگذار در تهیه‌ی آب ایزی است، تصور استفاده از اختلاف پتانسیل آن، تصویری ژرف و هوشمندانه خواهد بود. موضوع از این قرار است که اگر دو الکتروود را به دو سوی آب ایزی و آب پروتونی متصل نماییم، مشاهده خواهیم کرد که اختلاف پتانسیل و در نتیجه، جریان الکتریکی در مدار ایجاد می‌شود.



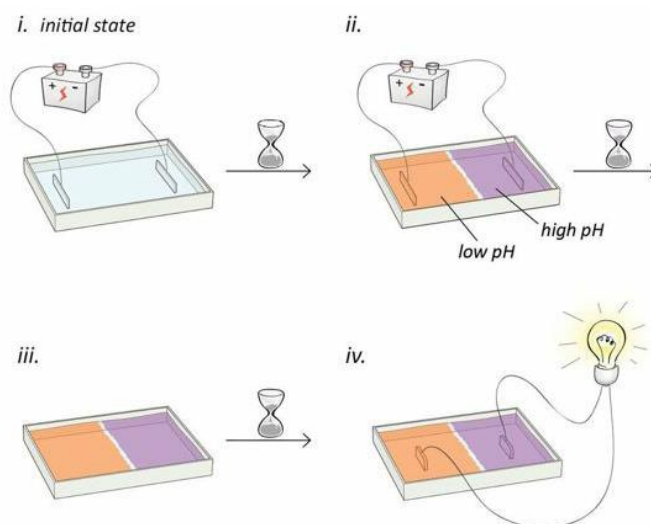
شکل ۳۰: الف) مداری با باتری آبی، مقاومت الکتریکی و آمپرسنج. ب) نمودار جریان (میکروآمپر) بر حسب زمان (ثانیه) برای آزمایش شکل الف.

نمودار شکل ۳۰-ب، نمایش‌دهنده‌ی جریانی میکروآمپری در مدار شکل ۳۰-الف است. پس با قطعیت از وجود جریان و هدایت بارهای الکتریکی و به‌طور کلی، از موتور محرکی به

^۱ مشخص شده است که سلول‌ها، مقدار زیادی آب ایزی را در خود جای داده‌اند؛ به‌طوری‌که در سلول‌های عصبی، با جداسازی بارها و در نهایت، پدید آمدن نانوباتری‌های آبی، پیام‌ها و سیگنال‌ها از طریق سامانه‌ی عصبی به مغز منتقل می‌شوند! به‌نوعی، محرک اصلی جریان‌های عصبی، نانوباتری‌های آبی سلولی هستند.

نام باتریِ آبی، سخن به میان می‌آوریم. اختلاف پتانسیل، در این دسته از باتری‌های نوین و کاملاً ارزان، چیزی در حدود ۲۰۰ میلی‌ولت، گزارش شده است. همچنین، مقدار رسانندگی الکتریکی آب ایزی در حدود صد هزار بار، بزرگ‌تر از رسانندگی آب معمولی است. در موردی دیگر، به ذخیره‌ی بار الکتریکی و انرژی الکتریکی در آب، اشاره‌ای می‌شود.

در طراحی ساده و زیرکانه‌ی شکل ۳۱، مشاهده می‌شود که با اتصال منبع تغذیه به دو صفحه‌ی تخت رسانا، آب‌های مجاور آن‌ها، به‌صورت مثبت و منفی، باردار شده و پس از ذخیره‌ی انرژی الکتریکی در آب، لامپی، روشن خواهد شد. در این حالت، با بهره‌گیری از رنگ‌های حساس به pH، بخش‌های مثبت و منفی آب را به‌ترتیب با رنگ‌های نارنجی و بنفش، مشخص و در ادامه، صفحه‌های تخت را از نمونه، خارج می‌سازیم. این آزمایش، اثبات می‌نماید که آب یا به‌طور کلی، آب ایزی، توانایی ذخیره‌سازی انرژی پتانسیل الکتریکی را دارد و در صورت لزوم، همانند باتری‌های معمولی، ذخیره‌ی انرژی پتانسیل را به سمت مدار، هدایت نموده و مدار را از جریان الکتریکی، بهره‌مند می‌سازد. از آنجا که این نوع باتری، سرانجام، از بار الکتریکی، تخلیه می‌شود، بنابراین، بایستی باتری‌های آبی، پس از مدتی، شارژی مجدد شوند (مشابه باتری‌های قابل شارژ^۱ هستند).



شکل ۳۱: آزمایش طراحی‌شده برای نمایش ذخیره‌سازی بار و انرژی الکتریکی در آب ایزی و استفاده‌ی بهینه از آن در ایجاد جریان الکتریکی.

¹ Rechargeable Batteries

شارژ باتری‌های آبی

در بخش پیشین به باتری‌های آبی به عنوان باتری‌هایی ارزان، ساده و بسیار کاربردی، اشاره‌ای شد. همان‌طور که متوجه شدیم، اساس اصلی کارکرد باتری‌های آبی، حضور آب ایزی و جداسازی بارها، در این فرایند است. حال این سؤال پیش می‌آید که عامل اصلی و اساسی در پدید آمدن آب ایزی و آب پروتونی، سطح آب‌دوست است یا عاملی مهم‌تر نیز در تشکیل آن‌ها اثر گذارند؟ یا به عبارتی دیگر، عامل شارژ باتری‌های آبی چه موجود یا چه فرایندی است؟

در پاسخ به این پرسش، با قطعیت عنوان می‌داریم که عامل مؤثر در شارژ باتری‌های آبی و به‌طور کل، تشکیل آب ایزی در طبیعت، تابش امواج الکترومغناطیس است.

معروف‌ترین و در دسترس‌ترین منبع تابش این نوع از امواج، خورشید و نور آن، است. می‌توان دریافت که یکی از وظایف کلیدی و اثرگذار خورشید در فعالیت‌های خود، تولید و خلق آب‌های ایزی در زمین است.

نور خورشید چگونه سبب تولید آب ایزی می‌شود؟

پیش از آن که به این پرسش پاسخ دهیم، بایستی اثبات شود که آیا نور خورشید یا به‌طور کل، تابش امواج الکترومغناطیس، سبب تولید و بهبود رشد آب ایزی می‌شوند یا خیر؟!

در تحقیقات صورت گرفته در این زمینه، مشخص شده است که با تابش امواج الکترومغناطیس، ابعاد و اندازه‌ی آب ایزی، افزایش یافته و این پژوهش، نقش انکارناپذیر امواج الکترومغناطیس در رشد آب ایزی را اثبات می‌نماید.

پرسش دیگری که می‌توان پرسید این است که نور خورشید یا هر نوع موج الکترومغناطیس دیگر، به‌دلیل اثرات گرمایی^۱ می‌توانند رشد آب ایزی را وسعت بخشند یا خیر؟

در پاسخ باید بیان کرد که عوامل گرمایی در این رشد، اثرات بسیار کم و ناچیزی خواهند داشت و عامل اصلی این پدیده، انرژی و طول‌موج فوتون‌های تابیده‌شده به نمونه‌ی آب است.

¹ Thermal Effects

پرسشی دیگر: آیا همه‌ی طول‌موج‌های امواج الکترومغناطیس، اثر یکسانی دارند یا فقط طول‌موج‌های خاصی، در فرایند تشکیل و رشد آب ایزی، مؤثر خواهند بود؟ دانشمندان در حوزه‌ی آب ایزی، به این نتیجه دست یافته‌اند که به‌ترتیب، امواج الکترومغناطیسِ فروسرخ، مرئی و فرابنفش بیش‌ترین اثر در رشد و پایداری آب ایزی را دارند. در تحقیقاتِ این دسته از محققان، مشخص شده است که بیش‌ترین اثرگذاری در طول‌موج‌هایی در حدود ۳۰۰۰ نانومتر (در محدوده‌ی طیفِ فروسرخ)، مشاهده می‌شود.

در پژوهش‌های مرتبط، سه عاملِ مهم در تابش امواج الکترومغناطیس برای شارژ باتری-ها و تشکیل هر چه بهتر آب ایزی، ذکر شده است که عبارت‌اند از: طول‌موج، شدت موج^۱ و مدت زمان تابش^۲.

طول‌موج‌های طیفِ فروسرخ (ترجیحاً ۳۰۰۰ نانومتر)، مهم‌ترین اثر را بر ایجاد آب ایزی و شارژ باتری آبی، دارند ولی افزایش شدت نور فرودی و افزایش مدت‌زمان تابش نیز سبب بهبود رشد می‌شوند! خوشبختانه، امواج فروسرخ، در همه‌جا موجودند؛ بنابراین، انتظار تشکیل آب ایزی، در همه‌ی نقاط، انتظاری به‌جاست^۳.

در ادامه، به این پرسش برمی‌گردیم که نور فرودی یا همان موج الکترومغناطیس فرودی، چگونه عامل شارژ باتری‌های آبی می‌شوند؟

یا به‌نوعی دیگر، چگونه سبب رشد آب ایزی در کنارِ سطحی آب‌دوست، می‌شوند؟

مگر تابش نور فرودی، توانایی شکل‌دهی به آب ایزی را دارد؟

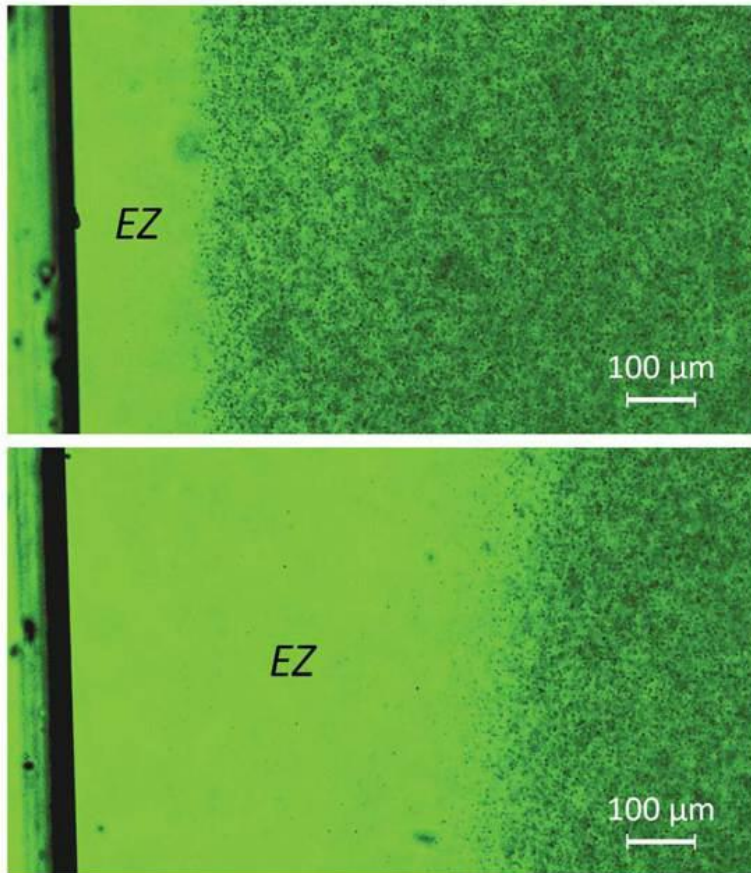
مگر تابش، نظم شش‌ضلعی و جداسازی بارها از هم را کنترل و سرعت می‌بخشد؟

در ابتدا شاید تابش نور فرودی برای ایجاد شبکه‌ی بلوری آب ایزی و جداسازی بارها از هم ایده‌ای نادرست به نظر آید؛ اما پیش از آن‌که به این بحث، ورود کنیم، شایسته است که به چند اثر مهم در طبیعت که توسط نور فرودی و انرژی وابسته به آن‌ها، صورت می‌پذیرد، نگاهی اجمالی اندازیم.

^۱ Intensity

^۲ Exposure Time

^۳ همه‌ی موجودات زنده یا غیرزنده‌ی پیرامون ما، گرمای خروجی از خود را به صورت امواج الکترومغناطیسِ فروسرخ، ساطع می‌کنند. از این‌رو، می‌توان خود را در احاطه و سیطره‌ی امواج الکترومغناطیسِ فروسرخ، فرض کرد!



شکل ۳۲: تأثیر مدت زمان تابش در افزایش ابعاد آب ایزی، آب در شکل ب، زمان بیش تری را در مقابل تابش موج الکترومغناطیس، سپری کرده است.

می دانیم، تابش موجی الکترومغناطیس با طول موجی خاص و تبدیل آن به طول موجی دیگر، سبب ایجاد پدیده‌ی فلوئورسانس^۱ می شود. نور فرودی، فوتوالکتردها^۲ را در پدیده‌ی فوتوالکتریک^۳، آزاد می کند. نور، مسبب افزایش سرعت در برخی واکنش‌های شیمیایی است. همچنین، نور، عامل جداسازی بارها در پدیده‌ی فوتوسنتز^۴ گیاهان است. با ذکر این پدیده‌ها

^۱ Fluorescence

^۲ به الکتردهای کنده شده و رها شده از سطح فلز (توسط فوتون‌های موج الکترومغناطیس فرودی)، فوتوالکترده می گویند.

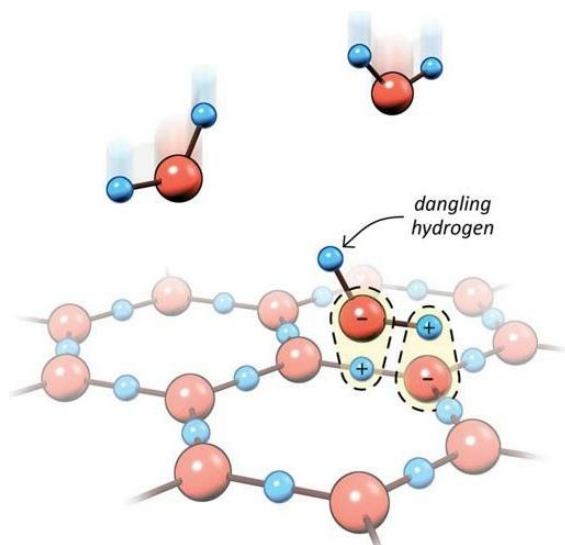
^۳ Photoelectric

^۴ Photosynthesis

و اثرات نور فرودی در مثال‌های مختلف، کمی از شگفت‌زدگی خود نسبت به نور فرودی را کاهش داده و بیان می‌داریم که اثرات امواج الکترومغناطیس در پدیده‌های مختلف، جدید و خارج از ذهن و تجربه، نیست. البته در تحقیقات آب ایزی، نشان داده شده است که امواج صوتی و آکوستیک نیز اثراتی نظیر امواج الکترومغناطیس، دارند ولی با توانایی کم‌تر نسبت به آن‌ها.

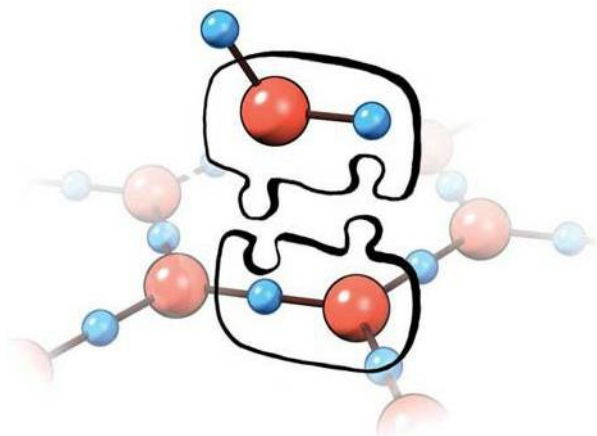
چگونه تابش امواج، آب ایزی را تولید می‌نماید؟

تابش نور مرئی و یا فروسرخ، توانایی شکستن پیوندهای هیدروژنی بین دو مولکول را دارند و می‌توانند دو یا چند مولکول از خوشه‌ی اصلی خود را رهانیده تا مرحله‌ی نخست تولید آب ایزی را با موفقیت انجام دهند. در گام بعد، همین مولکول‌های آزاد شده از بند خوشه‌ی اصلی، به سمت لایه‌ی نخست شش‌ضلعی تشکیل‌شده توسط سطح آب‌دوست، هدایت شده و در مرحله‌ی بعد، در نزدیکی‌های لایه‌ی نخست آب ایزی، در مکانی مناسب، جای می‌گیرند. این مکان مناسب، براساس بار یون‌های مولکول آب و یون‌های لایه‌ی شش-ضلعی، تعیین می‌شوند؛ به‌طوری‌که هر یون از مولکول آب به سمت یونی با بار الکتریکی مخالف، رهسپار شده و جذب آن می‌شود. این جاذبه در شکل ۳۳ قابل مشاهده است.



شکل ۳۳: حرکت تدریجی مولکول‌های آب به‌سوی شبکه‌ی شش‌ضلعی ایزی و پیوند الکترواستاتیکی یون‌های ناهمنام الکتریکی و ایجاد هیدروژن آویزان.

مطابق با شکل ۳۳، یون اکسیژن مولکول آب به دلیل بار الکتریکی منفی خود، جذب یون هیدروژن در ساختار شش ضلعی، شده و چنین اتفاقی نیز برای یون هیدروژن مولکول آب، رخ می‌دهد؛ به طوری که همانند شکل ۳۴، به صورت پازل رفتار می‌کنند و یکدیگر را در آغوش می‌گیرند.

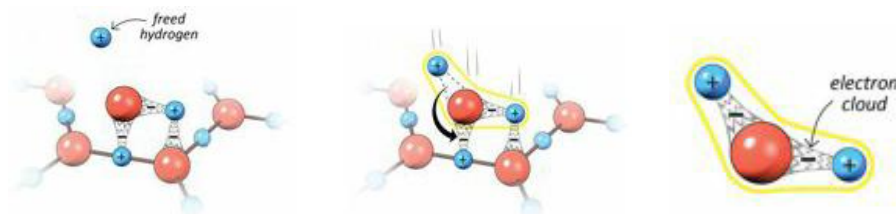


شکل ۳۴: نمایی پازل گونه از اتصال مولکول آب به شبکه‌ی شش ضلعی آب ایزی.

در شکل‌های ۳۳ و ۳۴، دیده می‌شود که یکی از یون‌های هیدروژن مولکول آب، در تطابق کامل با شبکه‌ی شش ضلعی، قرار نگرفته و این موضوع، روند شکل‌گیری لایه‌های آب ایزی را دچار اختلال می‌کند؛ اما این موضوع هم مانع تشکیل لایه‌های آب ایزی نمی‌شود و هر یک از یون‌های هیدروژن مذکور، طبق فرایندی ساده و قابل فهم، از مولکول آب، جدا شده و به اطراف آب ایزی، مهاجرت و نقش پروتون‌های آزاد در آب مجاور با آب ایزی را ایفا می‌نمایند.

این پروتون‌ها (همان یون‌های هیدروژن)، چگونه از مولکول آب، کنده و یا جدا می‌شوند؟

برای پاسخ به این پرسش، ابتدا به شکل ۳۵ نگاهی می‌اندازیم.



شکل ۳۵: مولکول آب به همراه ابرالکترونی یون اکسیژن. (شکل میانی) جابه‌جایی ابرالکترونی یون اکسیژن از ناحیه‌ی درون مولکولی، به سمت ناحیه‌ی اتصال مولکول با یون هیدروژن خارجی در شبکه‌ی شش ضلعی. (شکل چپ) اتصال کامل مولکول آب با شبکه و آزاد شدن هیدروژن از قید مولکول.

طبق شکل ۳۵، مشاهده می‌شود که با نزدیکی مولکول آب به لایه‌ی آب ایزی، این مولکول، طبق اصلی که بیان شد، در نزدیک‌ترین فاصله از لایه، قرار می‌گیرد. در این حین، به دلیل جاذبه‌ای که بین بار مثبت یون هیدروژن و بار منفی یون اکسیژن مولکول آب برقرار می‌شود، ابرالکترونی پیرامون یون اکسیژن مولکول آب به سمت یون هیدروژن لایه‌ی شش-ضلعی، منتقل شده و عملاً جاذبه‌ی بین یون‌های اکسیژن و هیدروژن درون مولکول آب را به کم‌ترین میزان، می‌رساند و در نتیجه، پیوند کووالانسی بین آن‌ها به ضعیف‌ترین میزان خود خواهد رسید. در این مرحله، با تابش موجی فروسرخ، حتی با شدت کم، می‌توانیم یون هیدروژن را از مولکول آب، رهانیده و آن را به یونی آزاد تبدیل نماییم (که در بخش‌های پیش، از آن به عنوان پروتون یاد کرده‌ایم). شیوه‌ی ساده‌ی فوق، به راحتی، تمامی مولکول-های آبی که تمایل به شرکت در تولید آب ایزی را دارند، همراه می‌نماید و تولید آب ایزی را در کم‌ترین زمان ممکن، به پایان می‌رساند و نظامی مولکولی در نواحی مجاور با سطح آب-دوست را ایجاد و به تبع آن، مسبب جداسازی بارها از یکدیگر شده و همزمان، آب پروتونی را نیز تشکیل می‌دهد. از این‌رو، می‌توان ادعا نمود که باتری آبی، در هر لحظه، با دریافت انرژی تابش امواج الکترومغناطیس (به ویژه فروسرخ)، شارژ می‌شود! در نتیجه، مجدداً تأکید می‌کنیم که وجود منبع امواج الکترومغناطیس، همانند خورشید، عامل کلیدی و اساسی در تولید آب ایزی و شارژ باتری آبی، است.

دشارژ باتری‌های آبی

دشارژ، به معنای تخلیه‌ی بار الکتریکی قطعه‌ای الکتریکی و یا الکترونیکی است. مثلاً خازن‌ها که از دو صفحه‌ی رسانا پدید آمده‌اند، می‌توانند در مدار الکتریکی، شارژ و یا دشارژ

شوند. شارژ شدن خازن، به معنای پر شدن از بار الکتریکی است و به همین صورت، دشارژ، به معنای تخلیه‌ی بار الکتریکی از صفحه‌های رسانای آن، است.

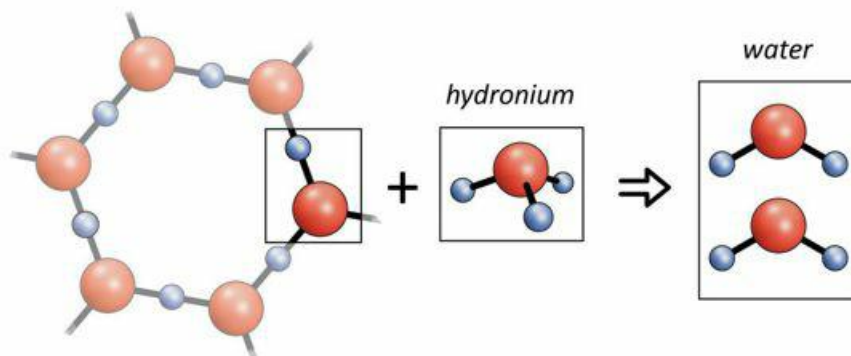
با درک مفهوم دشارژ در قطعات الکتریکی، حال به تبیین مفهوم دشارژ در باتری‌های آبی، می‌پردازیم.

دشارژ در باتری‌های آبی به از بین رفتن ساختار هماهنگ و منظم آب ایزی، گفته می‌شود. برای درک بهتر این موضوع، به‌طور خلاصه، روند شکل‌گیری آب ایزی را مجدداً بیان می‌کنیم. ابتدا با تابش موج الکترومغناطیس، همانند نور مرئی و فروسرخ خورشید، آبی که در مجاورت سطح آب‌دوست باردار قرار دارد، به‌طور تدریجی و در مدت زمانی بسیار کوتاه، لایه‌ی شش‌ضلعی از ترکیب یون‌های اکسیژن و هیدروژن را ساخته و به‌دلیل اعمال تابش موج الکترومغناطیس به سامانه‌ی مدنظر، مولکول‌های آب، از ارتباط با یکدیگر دست می‌کشند و متمایل به لایه‌ی شش‌ضلعی می‌شوند. این حرکت به‌سوی لایه‌ی منظم شش‌ضلعی، سبب جذب و به دام‌افتادن مولکول آب، شده و برای پایداری ساختار، مجبور به رهایی یکی از یون‌های هیدروژن خود، می‌شود و به‌ترتیب، لایه‌های شش‌ضلعی را به‌صورت منظم، می‌سازند و سبب تولید و رشد ابعاد آب ایزی، می‌شوند.

لازم به ذکر است که طبیعت، برای رسیدن به نظم، راه‌های بسیار محدودی دارد ولی برای بی‌نظم شدن، بی‌نهایت شیوه را برمی‌گزیند. آب ایزی نیز از این قاعده، مستثنی نخواهد بود، به‌طوری‌که برای تشکیل و رشد آب ایزی، بایستی طبیعت، همه‌ی فاکتورها و عوامل ممکن را با دقت در کنار هم و در زمان مناسب، بچیند ولی برای تخریب آب ایزی از هر شیوه‌ی ممکن بهره می‌برد و باتری آبی را به‌راحتی دشارژ می‌کند. از این‌رو، آب ایزی، همیشه در تلاش است تا توازن و تعادلی بین دو فرایند رشد وابسته به انرژی و تمایل طبیعی به نابودی را فراهم سازد.

حال برای دشارژ باتری آبی یا به‌نوعی، تخریب لایه‌های آب ایزی، بایستی فرایندهای مرتبط با تولید و رشد آب ایزی را معکوس نماییم. برای نابودی و از بین رفتن موضعی و یا کامل آب ایزی، یون‌های هیدروژن یا همان پروتون‌ها، تمایل دارند تا با ورود به لایه‌های آب ایزی، آن‌ها را دستخوش تغییر یا نابودی کنند ولی شاید بهترین روشی که طبیعت برای از

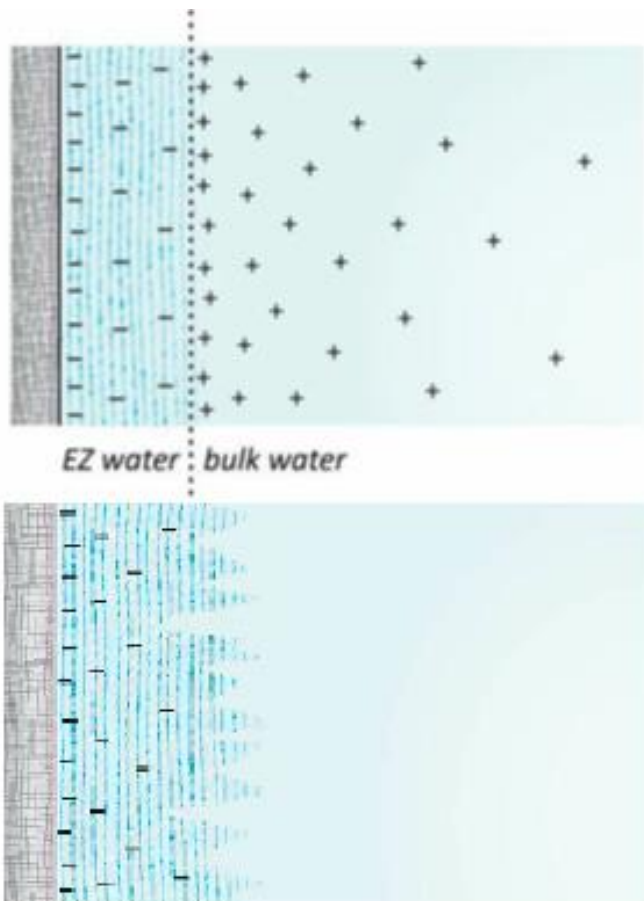
میان بردن لایه‌ها، انتخاب می‌کند، حضور یون‌های هیدرونیوم (H_3O^+) در کنار لایه‌های آب ایزی باشد.



شکل ۳۶: ترکیب یون هیدرونیوم با شبکه‌ی شش ضلعی آب ایزی؛ تولید دو مولکول آب معمولی و عیب‌دار و ناقص شدن ساختار شبکه‌ی بلوری آب ایزی.

یون هیدرونیوم با نزدیکی به لایه‌ای شش ضلعی، توانایی ترکیب با آن‌ها را پیدا می‌کند و پس از ترکیب، یکی از یون‌های هیدروژن خود که آن‌چنان هم به حضور در مولکول یون هیدرونیوم علاقه‌مند نیست را به مجموعه‌ی شش ضلعی OH تقدیم می‌نماید و آن‌گاه دو مولکول آب، از چنین واکنش و ترکیبی، به دست می‌آیند؛ بنابراین، با ادامه‌ی این روند، لایه‌های شش ضلعی، به تدریج، دچار عیب و نقص‌های بی‌شماری شده و آن‌قدر فضای خالی در خود می‌بینند که به ناچار، پذیرای اتم‌ها و ناخالصی‌های دیگر نیز می‌شوند و پس از مدت زمان کوتاهی، اثری از آب ایزی و لایه‌های شش ضلعی آن نخواهد ماند و بدین ترتیب، آب ایزی، از بین رفته و نمونه‌ی مورد نظر، به آب مایع معمولی، تبدیل می‌شود و طبیعتاً، باتری آبی نیز دچار اضمحلال و تخلیه‌ی کامل بار، می‌شود.

از فرایند فوق، نتیجه می‌گیریم که آب‌های اسیدی، به دلیل ازدیاد یون‌های هیدرونیوم و دیگر یون‌های مثبت، به راحتی، تعادل بین رشد وابسته به انرژی و تمایل طبیعی به نابودی را بر هم زده و سبب تخریب لایه‌های آب ایزی می‌شوند. از این‌رو، در آب‌های اسیدی، کم‌تر و یا حتی اصلاً، خبری از تولید و رشد آب ایزی نیست.



شکل ۳۷: الف) نمونه‌ی کم‌نقص از آب ایزی و شارژ بودن کامل باتری آبی، ب) نمونه‌ی رو به تخریب و اضمحلال آب ایزی و دشارژ شدن تدریجی باتری آبی.

یکی از عوامل مخرب برای آب‌های ایزی و لایه‌های شش‌ضلعی آن، ورود نمک به نمونه است. با ورود نمک، لایه‌های آب ایزی به تدریج، تخریب و سرنوشتی جز نابودی، نخواهند داشت. این نابودی، به دلیل ترکیب و واکنش یون‌های کلسیم و سدیم، به ترتیب با یون‌های هیدرونیوم و OH درون لایه‌های آب ایزی صورت می‌پذیرد. در طی واکنش این عوامل با یکدیگر، میزان تولید مولکول آب، افزایش یافته و نیز نظم لایه‌های آب ایزی، به تدریج، با ورود یون‌های سدیم، از بین رفته و سبب نفوذ ناخالصی‌ها به درون لایه‌های آب ایزی، شده و آن‌ها را به نابودی کامل می‌کشانند.

تابش از آب

در بحث‌های پیشین به این مسئله اشاره شد که آب، با قبول انرژی امواج الکترومغناطیس از جمله نور خورشید، به نظم ساختاری و جداسازی بارها دست می‌یابد و این پدیده‌ها، دو عامل کلیدی و اساسی در تولید آب ایزی هستند؛ بنابراین، جذب نور خورشید، توانایی نظم‌دهی و جداسازی را در آب، ایجاد می‌نماید. از این‌رو، آب، انرژی پتانسیل را در خود ذخیره و در زمان مناسب از آن استفاده می‌نماید. به‌طور کل، می‌توان دریافت که آب، گویی انرژی خود را از محیط اطراف به‌دست آورده و آن را به کار تبدیل می‌کند. به‌همین دلیل، آب، به عنوان مبدل انرژی^۱ در طبیعت در نظر گرفته می‌شود.

پرسشی که در این بخش قصد پاسخ به آن را داریم این خواهد بود که این‌گونه انرژی‌ها، فقط از خورشید دریافت می‌شوند و یا از منابع دیگری نیز نشئت می‌گیرند؟

در پاسخ به این پرسش، بایستی به پژوهش‌های دانشمندان، نظری اندازیم و آن‌ها را موشکافانه مطالعه کنیم. یکی از این دانشمندان، جورجیو پیکاردی^۲ است که در حین مطالعه‌ی واکنش‌های شیمیایی، متوجه شد، برخلاف انتظار، برخی از واکنش‌های مشابه، در روزهای مختلف هفته و یا سال، مدت‌زمان مختلفی از خود نشان می‌دهند. او برای پاسخ به این معما، دست به تحقیقی جامع زده و متوجه شد که فقط عوامل شناخته‌شده‌ی شیمیایی و یا ترمودینامیکی، در سرعت واکنش^۳، تأثیر نخواهند داشت بلکه برخی عوامل ناشناخته‌ی وابسته به محیط اطراف نیز اثرگذار خواهند بود. او مشاهده نمود که واکنش‌های شیمیایی^۴ در روزهای مختلف سال، زمان‌های مختلفی را نشان می‌دهند و در نهایت، به این نتیجه دست یافت که گویی تابش نور خورشید (مثل تغییرات در شدت تابش، وجود زبانه‌ها و طوفان‌های خورشیدی و ...) و حتی تابش‌های کیهانی^۵ نیز در این امر، اثر قابل‌توجهی دارند. او و دانشمندان دیگر، با قطعیت اعلام کردند که آب، مدام در تیررس تابش‌های خورشیدی و کیهانی قرار می‌گیرد. در ادامه، دانشمند روس‌تبار، ولادیمیر ووئیکوف^۶، با آزمایش‌های دقیق و هوشمندانه‌ی خود توانست اثرات نور خورشید و تابش‌های کیهانی را بر محلول آبی به

¹ Energy Converter

² Giorgio Piccardi

³ Speed of Reaction

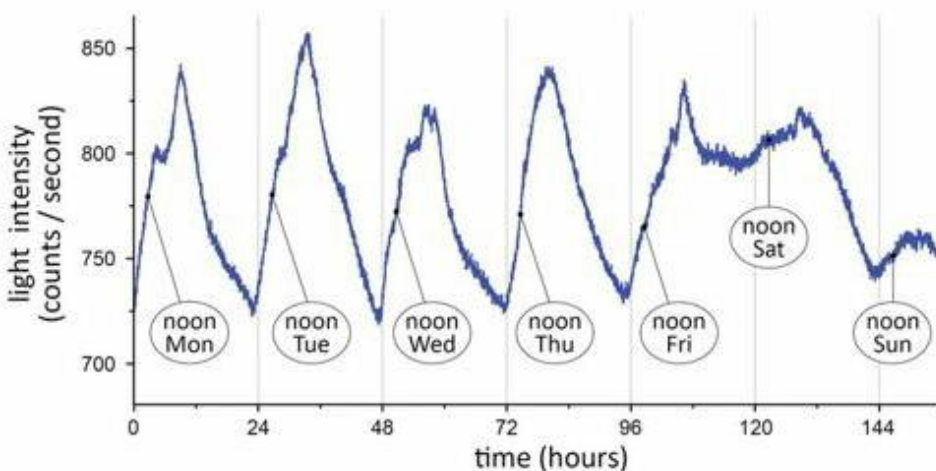
⁴ Chemical Reactions

⁵ Cosmic Radiants

⁶ Vladimir Voeikov

شکل نموداری دقیق، ترسیم و تأثیرات آن‌ها بر آب و محلول‌های حاوی آب را به اثبات رساند.

طبق نمودار شکل ۳۸، مشاهده می‌شود که ووئیکوف و همکارانش، شدت تابشی از آب^۱ را در طول یک هفته، مورد بررسی و مطالعه قرار داده‌اند. ایشان متوجه شدند که در ساعات ظهر، در همه‌ی روزهای هفته، محلول آبی، بیش‌ترین تابش را از خود بروز می‌دهد و با تاریک شدن هوا، شدت تابش، افت محسوسی را تجربه خواهد کرد. حتی در روزهای مختلف هم میزان شدت تابش از آب، متغیر است و این موارد، نشان‌دهنده‌ی اثرات پنهان طبیعت، محیط پیرامون آب و عوامل کیهانی، خواهد بود. برای اثبات دقیق‌تر اثرات نور خورشید و عواملی نظیر آن، آن‌ها این آزمایش را با همان نمونه، در چند شبانه‌روز که پس از ماه-گرفتگی^۲ (خسوف) رخ داده بود نیز تکرار نموده و شدت‌های تابشی از آب را در نموداری تصویر و به نتایجی شگفت‌انگیز دست یافتند.



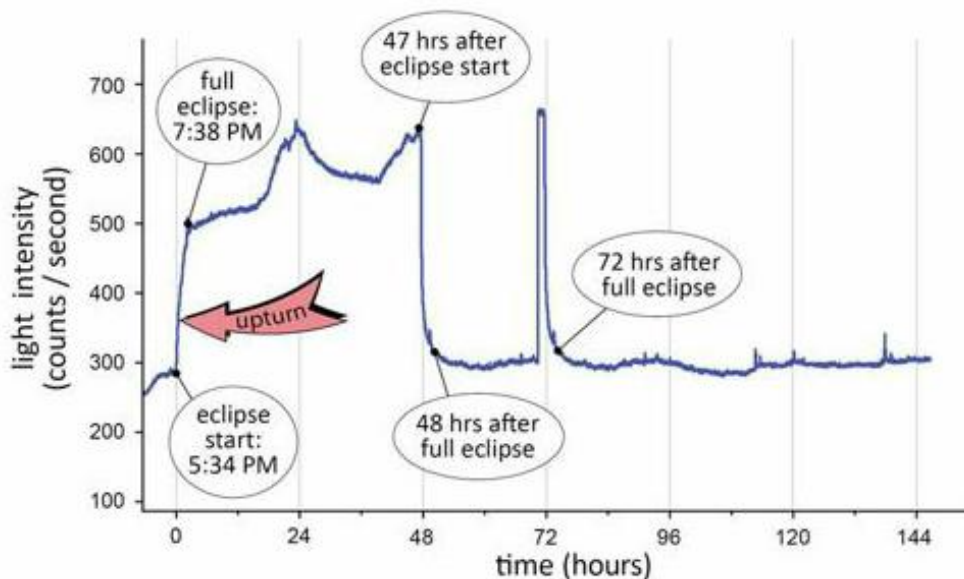
شکل ۳۸: نمودار شدت تابش از آب برحسب زمان (ساعت) برای محلول حاوی آب، در طول یک هفته.

طبق نمودار شکل ۳۹، مشاهده می‌شود که در آغاز پدیده‌ی خسوف، در ساعت ۵ و سی و چهار دقیقه‌ی بعد از ظهر، شدت تابشی، مقدار کمی دارد، ولی در حین رخداد این پدیده‌ی

^۱ Light Intensity of Water

^۲ Eclipse of the Moon

نجومی، میزان شدت تابش، به سرعت، افزایش یافته است. جالب‌تر آن که میزان شدت تابش از آب، در ساعت‌های پس از رخداد ماه‌گرفتگی نیز همچنان بالا مانده و در ۴۸ ساعت بعد از ماه‌گرفتگی کامل، به شدت، افت نموده و در ادامه نیز، یک‌بار دیگر، افزایش ناگهانی را تجربه و سپس به میزان تعادلی، باز می‌گردد.



شکل ۳۹: نمودار شدت تابش از آب برحسب زمان (ساعت) برای محلول حاوی آب، در طول یک هفته با آغاز رخداد پدیده‌ی ماه‌گرفتگی.

این افزایش‌ها و کاهش‌ها، دقیقاً به چه معنایی هستند؟ چرا در حین رخداد پدیده‌ی ماه‌گرفتگی، شدت تابش از آب، افزایش می‌یابد و چرا ساعت‌ها بعد از آن هم این مقدار بالا، پابرجا باقی می‌ماند؟ گویی، اثرات ماه‌گرفتگی تا ۴۸ ساعت بعد نیز در تابش آب، باقی می‌ماند. چرا؟

و پرسش‌های دیگری که بایستی در تحقیقات آینده به آن‌ها پاسخی درخور داد.

در پایان این بخش، مجدداً بیان می‌کنیم که تابش نور فرودی از خورشید و تابش‌های کیهانی، می‌توانند بر افزایش سرعت واکنش‌ها و همچنین، تابش از آب، اثراتی انکارناپذیر داشته باشند.

آب، مبدل انرژی در طبیعت

متوجه شده‌ایم که آب، توانایی جذب انرژی را دارد. خواه این انرژی از خورشید تأمین شود یا خواه از منابع دیگری همچون تابش‌های کیهانی. آیا این کسب انرژی از محیط، بی‌پایان است؟ یا آب به اندازه‌ی ظرفیت خود، انرژی را ذخیره می‌کند و مابقی را نمی‌پذیرد؟

در پاسخ باید چنین گفت که آب، مدام در حال دریافت و پذیرش انرژی‌های محیط پیرامون خود است. این پذیرش، شاید برخلاف طبیعت به نظر آید. مثلاً، اگر بادکنکی را در نظر گیریم، با انتقال انرژی، رشد حجم بادکنک، مشاهده می‌شود ولی بعد از مدتی، این بادکنک، توان نگهداری انرژی اضافی را نخواهد داشت و ناگزیر، می‌ترکد؛ اما آب، هرگز چنین تجربه‌ای را نخواهد داشت؛ آن هم به این دلیل که آب، با کسب انرژی، می‌تواند بلافاصله از چهار طریق اپتیکی^۱، مکانیکی^۲، فیزیکی-شیمیایی^۳ و الکتریکی^۴، تخلیه‌ی انرژی را تجربه و انرژی اضافی را به محیط اطراف، منتقل نماید.

آب از طریق گسیل امواج الکترومغناطیس، به‌ویژه، طیف فروسرخ، به طور اپتیکی، انرژی کسب‌شده را تبدیل و به محیط اطراف خود اهداء می‌نماید. همچنین، جدایی فاز (تبدیل بی‌نظمی به نظم) در آزمایش آب حاوی ذرات میکرومتری‌کروی که سبب تشکیل ناحیه‌ی استوانه‌ای عاری از ذرات می‌شود نیز از مثال‌های تبدیل انرژی به کار شیمیایی (فیزیکی-شیمیایی) خواهد بود (همانند آزمایش شکل ۱).

تبدیل انرژی تابشی نور خورشید و دیگر منابع، به کار الکتریکی نیز در بخش‌های پیشین به طور مفصل به نام باتری آبی، بیان شد. از طریق تبدیل انرژی به کار الکتریکی، جریانی الکتریکی پدید می‌آید و لامپی را روشن می‌نماید. حتی با ذخیره‌ی انرژی و تبدیل آن به انرژی پتانسیل الکتریکی، فناوری ساعت‌های آبی^۵ نیز به محصول، تبدیل شده است.

تبدیل انرژی فرودی به کار مکانیکی، چهارمین شیوه‌ی انتخابی آب برای تبدیل انرژی است. این مبدل، به‌دلیل تبدیل انرژی تابشی فرودی به کار مکانیکی، جریان آب را در نمونه-

¹ Optical

² Mechanical

³ Physico-Chemical

⁴ Electrical

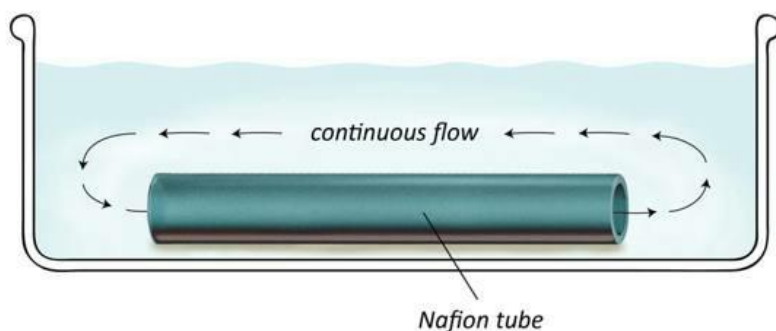
⁵ Water Clocks

های آبی، به حرکت در می‌آورد. جریان‌ها، در ظاهر، بدون هدایت‌کننده‌ی خاصی در نمونه‌ها، ایجاد می‌شوند که اشاره‌ای اجمالی به شیوه‌ی کارکرد آن‌ها، خالی از لطف، نخواهد بود.



شکل ۴۰: نمونه‌ی تجاری‌سازی شده از ساعت آبی.

اولین نمونه از ابزارهای مبدل انرژی به کار مکانیکی در آب‌ها، نمونه‌ای لوله‌ای شکل (تیوب)^۱، به طول یک میلی‌متر است. اگر لوله‌ای از جنس آب‌دوست را مطابق شکل ۴۱ در استخری از آب قرار دهیم و پس از مدتی به آن بنگریم، مشاهده می‌شود که بدون هیچ‌گونه اعمال نیروی خارجی، جریانی پیوسته و دائمی در لوله‌ی باریک میلی‌متری ایجاد می‌شود.

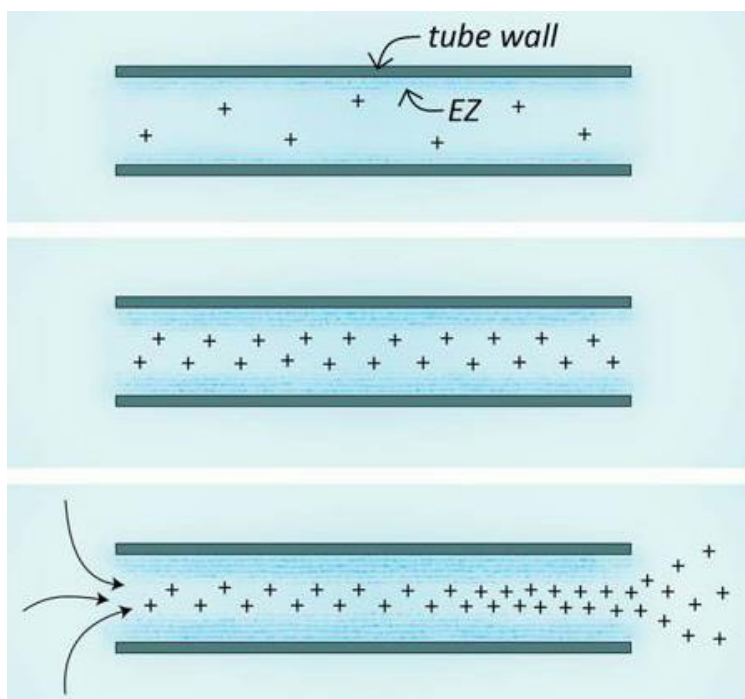


شکل ۴۱: لوله‌ی باریک آب‌دوست غوطه‌ور در آب و تولید جریان آب دائمی و پایا از تبدیل انرژی تابشی به مکانیکی.

¹ Tube

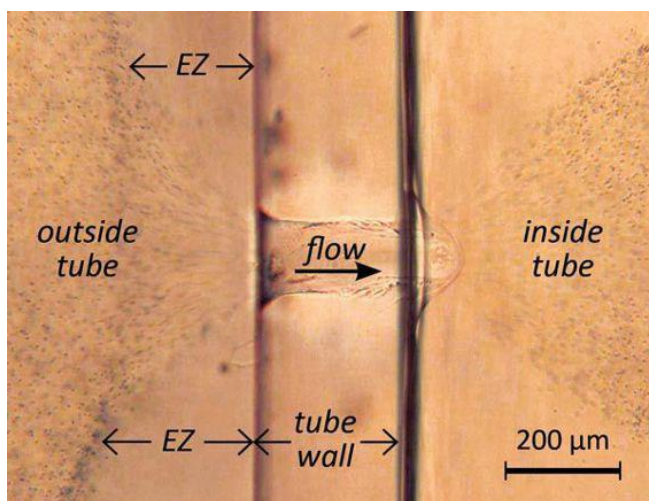
چرا این جریان آب در لوله، برقرار می‌شود؟

برای پاسخ به این سؤال، ابتدا به شکل ۴۲ می‌نگریم. مطابق با شکل، با ورود آب به داخل لوله، به دلیل سطح آب‌دوست لوله، آب ایزی، به تدریج، تولید و در کنار خود ناحیه‌ای با پروتون‌های آزاد (یون‌های هیدرونیوم) را نیز تشکیل می‌دهد. آب پروتونی به دلیل وجود بی-شمار پروتون‌ها (یون‌های هیدرونیوم) با بار الکتریکی مثبت، بنا به دافعه‌ی الکترواستاتیکی، از یکدیگر می‌گریزند و به‌ناچار، به خروج از لوله، راضی می‌شوند. با استمرار این حالت، جریان پایا و مستمری از آب پروتونی مشاهده خواهد شد. البته توجه به این نکته الزامی است که با تابش مستمر نور خورشید یا موج الکترومغناطیس، سرعت جریان و پایایی آن، تضمین می‌شود. این فرایند، در مویرگ‌های بدن نیز سبب ایجاد جریان خون می‌شود، به‌طوری‌که مویرگ‌ها، نقش لوله‌ی آب‌دوست را ایفا و گلبول‌های قرمز خون، با استفاده از چنین ساز و کاری، درون مویرگ‌ها شروع به حرکت می‌کنند (حرکتی، بدون نیاز به پمپاژ قلب و توسط ایده‌ی آب ایزی و تبدیل انرژی تابشی فرودی به انرژی مکانیکی!).



شکل ۴۲: تشکیل آب ایزی در ناحیه‌ی مرز مشترک آب با سطح آب‌دوست و تولید آب پروتونی در مجاورت با آن‌ها. تفاوت در غلظت بارها، سبب ایجاد جریانی پایا و دائمی از آب‌های پروتونی درون لوله می‌شود.

نمونه‌ی دوم، به حفره‌ای^۱ کوچک، درون سطح آب‌دوست اشاره دارد. در آزمایش‌ها، برای مشاهده‌ی جریان آب در حفره‌ای کوچک، از ذرات میکرومتری کروی بهره می‌بریم. طبق این آزمایش، با ایجاد حفره‌ای کوچک، جریانی از خارج به داخل لوله‌ی باریک، نفوذ می‌کند.



شکل ۴۳: ایجاد جریان درون حفره‌ای کوچک در داخل دیواره‌ی لوله.

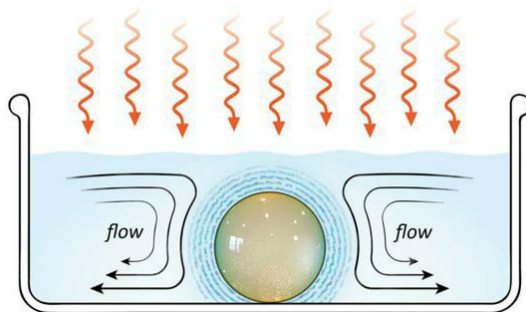
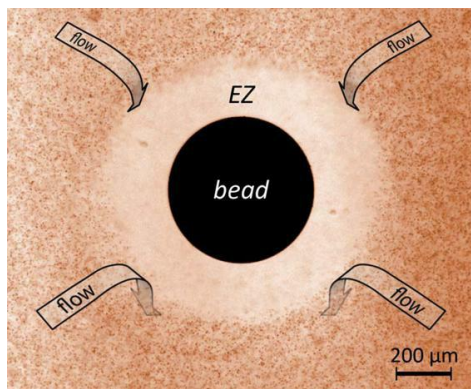
در نمونه‌ی سوم، از مهره‌ای^۲ با سطح آب‌دوست، استفاده می‌شود. در این آزمایش، مشاهده می‌شود که مهره در مجاورت خود، آب ایزی را تشکیل و جریان‌هایی در حوالی آب ایزی، ایجاد می‌شود. هنگامی که آب، به ناحیه‌ی طرد مهره نزدیک می‌شود، آب به سمت پایین (به سمت کف ظرف) حرکت می‌کند، این جریان، ادامه می‌یابد و دایره‌ای را طی کرده و مجدداً به سمت بالا، به حرکت درمی‌آید. جریان فوق، در ناحیه‌ی آب پروتونی حوالی آب ایزی رخ می‌دهد و دلیل آن نیز عدم نفوذ بارهای مثبت به داخل آب ایزی، دافعه‌ی الکترواستاتیکی بین بارهای مثبت و از همه‌ی عوامل مهم‌تر، تفاوت در شمار پروتون‌ها در بخش‌های نزدیک و دور از آب ایزی است. تفاوت در شمار پروتون‌ها به نوعی یادآور گرادیان بار^۳ (تفاوت در غلظت بار) در این ناحیه است که سبب ایجاد جریانی پایا و مستمر، می‌شود.

در پایان، توجه داشته باشید که منشأ همه‌ی این رفتارها و تبدیل انرژی به کار مکانیکی، تابش نور فرودی و جذب آن توسط آب است!

¹ Hole

² Bead

³ Charge Gradient



شکل ۴۴: ایجاد جریان‌های دایره‌ای شکل در همسایگی مِه‌ری آب‌دوست و آب ایزی مجاور آن.

تبدیل انرژی شبه فوتوسنتز در آب

فوتوسنتز از جمله فرایندهای طبیعی مشابه با فرایند شکل‌گیری آب ایزی است. در فوتوسنتز و در اولین مرحله از آن، انرژی فرودی نور خورشید، جذب شده و سپس، به انواع انرژی‌ها تبدیل می‌شود. از جمله، انرژی شیمیایی که مسئول سوخت و ساز و متابولیسم گیاهان است و همچنین، انرژی مکانیکی و جریان، نیز می‌توانند عامل ارسال آب و مواد دیگر به نقاط مختلف گیاه شوند.

اما تأکید می‌کنیم که فرایند فوتوسنتز در بدن ما رخ نمی‌دهد ولی فرایندهایی مشابه با آن، در بدن موجودات زنده یافت شده است؛ به‌طوری‌که نخستین گام در هر دو فرایند، مشابه به نظر می‌رسد و به تابش نور فرودی، جداسازی و شکافتن بارهای درون مولکول آب، مرتبط می‌شود. این فرایند، درون رگ‌ها و مویرگ‌های خونی موجودات زنده نیز می‌تواند بسیار مفید بوده و سبب هدایت گلبول‌های قرمز به داخل رگ‌ها و مویرگ‌ها شود. انرژی

اولیه برای چنین فرایندی، همان‌طور که می‌دانیم، از نور فرودی به محلول آبی، مثل خون، نشئت می‌گیرد. در پدیده‌های فوتوسنتزی نیز شکافته‌شدن مولکول آب از ضروریات آغاز فرایندهای مذکور است. بسیار جالب است که این دو فرایند در موجودات زنده و گیاهان، مشابهت‌های فراوانی با یکدیگر دارند. از این‌رو، دانشمندان برای پی‌بردن به شباهت‌های احتمالی دیگر، به‌سراغ مشخصه‌ی طول‌موجی ۲۷۰ نانومتری در قله‌ی جذب طیف فرابنفش رفته‌اند و آزمایش‌ها در قالب جذب امواج نور مرئی و فرابنفش، در پدیده‌ی فوتوسنتز نیز منجر به ایجاد قله‌ی جذبی در حدود طول‌موج ۲۸۰ نانومتر شده است.

آیا مشخصه‌ی طول‌موج جذب ۲۸۰ نانومتر، نشان دهنده‌ی مشارکت آب ایزی در پدیده‌ی فوتوسنتز است؟

اگر پاسخ به این سؤال، مثبت باشد به‌معنای وجود آب ایزی در درون مراکز واکنش‌های فوتوسنتزی است؛ یعنی، می‌توان برخی از آب‌های درون بخش‌های گوناگون گیاهان را به-عنوان آب ایزی، بررسی و تحلیل نمود و نتایج حاصل از آب ایزی را به پدیده‌ی فوتوسنتز در گیاهان، مرتبط ساخت و اطلاعات جدیدتری نسبت به قبل، از پدیده‌هایی نظیر فوتوسنتز را جمع‌آوری و تدوین نمود.

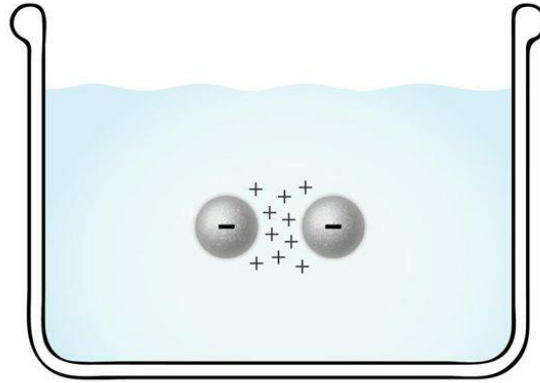
در اینجا می‌توان به پیشنهاد جدید در علم گیاه‌شناسی دقت کرد که ممکن است، جداسازی بارهای وابسته به فرایندهای آب ایزی، اولین گام در فرایندهای فوتوسنتز باشد!

جذب بارهای الکتریکیِ همنام؟! ^۱

پروفسور ریچارد فاینمن^۱، فیزیک‌دان نظریِ اهل ایالات‌متحده و برنده‌ی جایزه‌ی نوبل فیزیک، در سلسله تحقیقات خود در حیطه‌ی علم فیزیک ذرات، به نتیجه‌ای جالب دست یافت. این نتیجه، از این قرار بود که بارهای الکتریکیِ همنام در برخی از موقعیت‌ها، برخلاف پیش‌بینی‌های الکترواستاتیکی، یکدیگر را جذب می‌کردند. وی، دلیل این اتفاق را به وجود باری ناهمنام در بین دو بار الکتریکی، نسبت می‌داد. حضور باری ناهمنام مابین دو بار اصلی، آیا واقعیتهای فیزیکی دارد؟ یا فقط از دل روابط پیچیده‌ی فیزیکی به‌دست آمده است؟ اگر

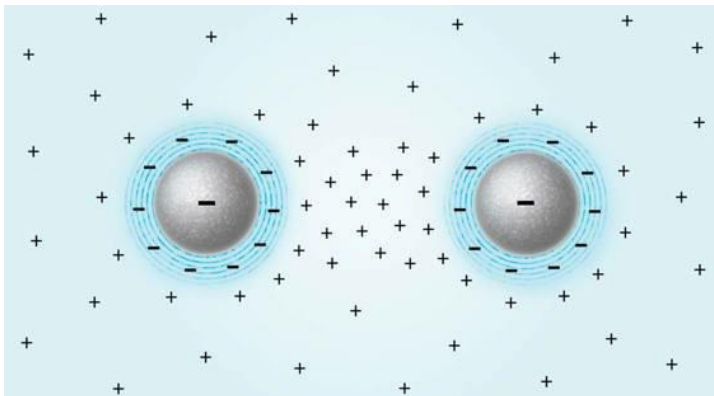
^۱ Prof. Richard Feynman

موجودیت آن اثبات شود، این بار از کجا در این مکان، حضور می‌یابد؟ یعنی، منشأ اصلی آن چیست؟ برای درک این موضوع، بهتر است به شکل ۴۵ توجه فرمایید.



شکل ۴۵: بارهای مثبت، به‌عنوان عامل ارتباطی بین دو ذره‌ی باردار منفی، برای تکمیل فرایند جذب دو ذره‌ی باردار با بارهای همنام.

شکل ۴۵، نشان می‌دهد که اگر دو ذره، با بارهای الکتریکی منفی در مجاورت هم قرار گیرند، به‌جای نیروی دافعه‌ی الکترواستاتیکی، نیروی جاذبه‌ای خارق‌العاده را خواهند داشت که توسط بارهای مثبت مابین آن‌ها، پدید می‌آید. این موضوع در بیان پروفیسور فاینمن، به بحث "بارهای همنام یکدیگر را دوست دارند"^۱ معروف گشت.



شکل ۴۶: تولید آب ایزی در مرز مشترک با ذرات باردار و پخش بارهای مثبت در حوالی دو ذره‌ی باردار، به‌ویژه، در حدفاصل دو ذره.

^۱ "Like-Likes-Like" Principle

برای پاسخ به این موضوع بسیار مهم، آزمایش‌های متعددی، صورت پذیرفته است و در همه‌ی این آزمایش‌ها، عامل مشترک، تولید آب ایزی است. به عبارتی دیگر، وجود آب ایزی و آب پروتونی مجاور آن، بارهای نمایش داده شده در شکل ۴۵ را توجیه می‌کنند.

می‌دانیم برخی از ذرات غوطه‌ور در آب، در پیرامون خود، آب ایزی با بار الکتریکی منفی را تشکیل می‌دهند و پروتون‌ها یا همان بارهای مثبت را به کنار لایه‌های آب ایزی هدایت می‌نمایند که آن‌ها را در شکل ۴۶، مشاهده می‌کنیم. این شیوه، به جذب بارهای همنام، کمک کرده و ناظر خارجی، احساس می‌کند که دو بار همنام، یکدیگر را جذب نموده‌اند.

طبق آزمایش شکل ۴۷، به مرور زمان، دو مهره‌ی باردار آب‌دوست با بار منفی، به سوی یکدیگر، جذب شده و آب‌های پروتونی آن‌ها، در هم تلفیق و به روند جذب دو ذره‌ی همنام الکتریکی، کمک کرده و به تدریج، فرایند جذب، کامل می‌شود.

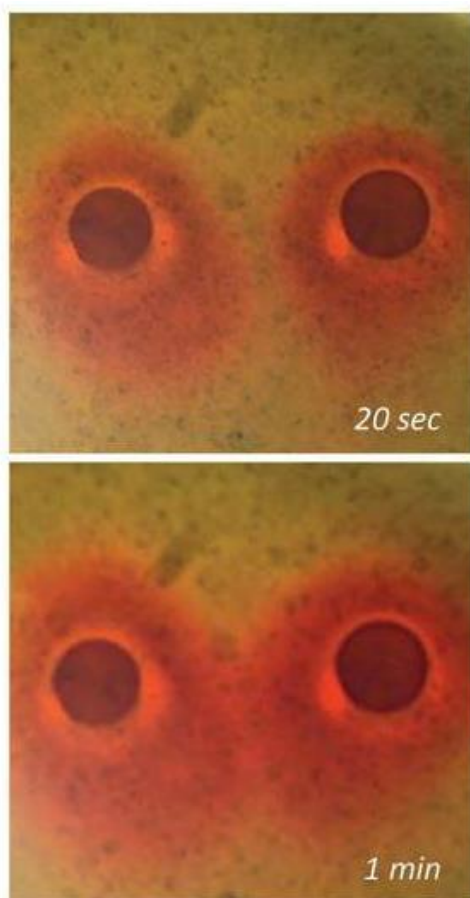
جذب دو ذره‌ی باردار الکتریکی همنام تا چه زمانی رخ می‌دهد؟ آیا دو ذره، با تجربه‌ی تماس مستقیم با هم به این رخداد پایان می‌دهند و یا در فاصله‌ای تعادلی، فرایند جذب به پایان می‌رسد؟

روند جذب دو ذره‌ی باردار از دو حالت، تبعیت می‌نماید.

حالت اول به ذرات با ابعاد کوچک، اختصاص دارد. در این حالت، با نزدیک شدن دو ذره به یکدیگر، نیروی دافعه‌ی الکتریکی بین دو ذره‌ی همنام، تقویت شده و اقدام به خنثی نمودن نیروی جاذبه، کرده و ذرات را در فاصله‌ای تعادلی از هم نگه می‌دارد. با تصور تعداد بی‌شماری از این ذرات و قرارگیری آن‌ها در فواصل تعادلی، شکل‌گیری بلوری کلوئیدی^۱ از این چینش منظم را انتظار خواهیم داشت.

به‌طور کل، در فرایند جذب ذرات با بارهای همنام، رقابتی بین دو نیروی جاذبه‌ی حاصل از آب ایزی و دافعه‌ی الکترواستاتیکی، آغاز می‌شود و ثمره‌ی آن، قرارگیری دو ذره، در فاصله‌ای تعادلی است که این دو نیرو، در آن فاصله، یکدیگر را خنثی نموده و سبب سکون دو ذره در جایگاه خود می‌شود. در نتیجه، دو ذره‌ی باردار با ابعاد کوچک، با یکدیگر برخوردی نخواهند داشت. (ر. ک. شکل ۴۸)

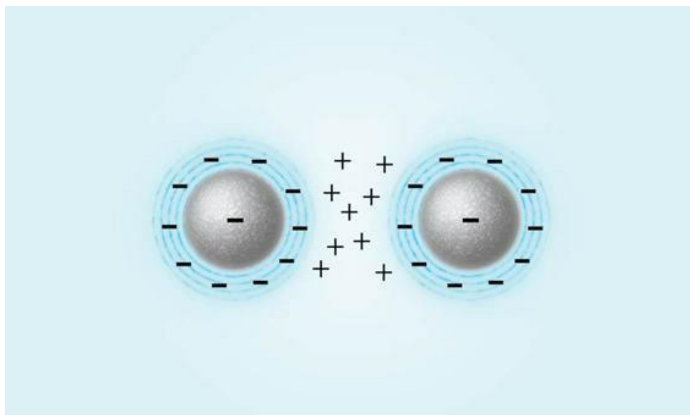
^۱ Colloid Crystal



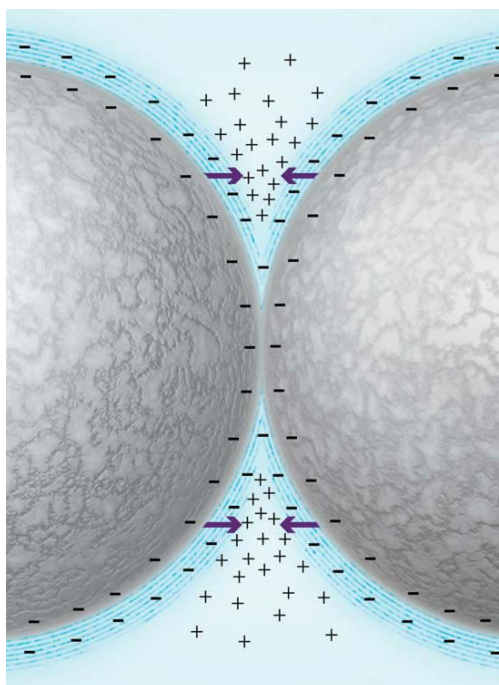
شکل ۴۷: نمایشی واقعی از روند جذب دو مهره‌ی باردار با بار منفی به سمت یکدیگر در دو زمان متوالی و در محیطی حاوی آب. دایره‌ی تیره (مهره‌ی باردار)، نقاط روشن هم‌مرز با دایره (آب ایزی) و نواحی قرمز رنگ (آب پروتونی)، توسط رنگ‌های حساس به pH مشخص شده‌اند.

اما در حالت دوم که به ذرات با ابعاد بزرگ‌تر اختصاص دارد، تماس مستقیمی، صورت می‌گیرد. دلیل این موضوع، شکست نیروی دافعه‌ی الکترواستاتیکی در برابر نیروی جاذبه‌ی حاصل از آب ایزی است؛ یعنی، در واقعیت، به دلیل ابعاد بزرگ دو ذره‌ی باردار، نیروی جاذبه‌ی فوق، اندازه‌ای بسیار بزرگ‌تر از نیروی دافعه‌ی الکترواستاتیکی، دارد و این دو ذره برای خنثی‌نمودن اثر دو نیرو، فاصله‌ی بین همدیگر را به اندازه‌ای کاهش می‌دهند که به دلیل برخورد مستقیم با یکدیگر، قادر به نزدیک‌تر شدن بیش‌تر به هم نخواهند بود و در

نتیجه، نیروی جاذبه، در همه‌ی فواصل ممکن، اندازه‌ای بیش از دافعه‌ی الکترواستاتیکی را خواهد داشت و به ناچار، دو ذره‌ی باردار با یکدیگر برخورد خواهند داشت. (ر. ک. شکل ۴۹)



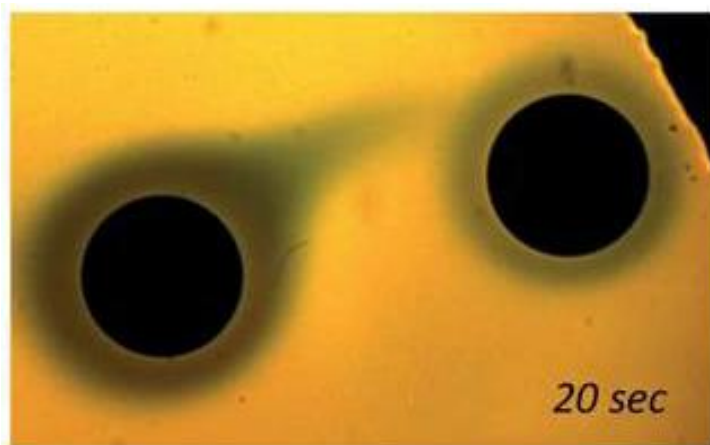
شکل ۴۸: قرارگیری دو ذره‌ی باردار منفی در فاصله‌ی تعادلی؛ فاصله‌ای که دو نیروی جاذبه و دافعه، یکدیگر را خنثی و بی‌اثر می‌کنند.



شکل ۴۹: عدم قرارگیری دو ذره در فاصله‌ی تعادلی؛ به دلیل بزرگ بودن ابعاد دو ذره، حالت تعادلی رخ نمی‌دهد و دو ذره، با یکدیگر برخورد می‌کنند.

پژوهش‌ها نشان داده‌اند که با افزایش شدت نور تابشی به مجموعه‌ی دو- ذره‌ای فوق، می‌توان ذرات را به یکدیگر نزدیک‌تر کرده و فرایند جذب را تقویت نمود. همان‌طور که پیش از این هم دیدیم، با افزایش شدت نور، روند شکل‌گیری آب ایزی و تعداد لایه‌های آن، به- سرعت افزایش می‌یابد و در نتیجه، همزمان، آب پروتونی با غلظت بیش‌تری را تولید می- نماید. هر چه تعداد بارهای مثبت مابین دو ذره‌ی باردار منفی، بیش‌تر شود، آن‌گاه میزان جاذبه‌ی حاصل، افزایش قابل‌توجهی را تجربه خواهد کرد.

در ضمن، فرایند جذب در ذرات با بار مثبت نیز قابل مشاهده خواهد بود که در این حالت با تولید آب ایزی با بار الکتریکی مثبت، روند ذکر شده در بالا را مجدداً تصور می‌کنیم. در مورد جذب ذرات با بارهای مثبت، فرایند مذکور، کمی ضعیف‌تر از نتایج آزمایش‌های مرتبط با ذرات با بار منفی، خواهد بود و آن هم به‌دلیل شکننده‌بودن آب ایزی با بار مثبت، است که موضوع شکنندگی آن‌ها، بحثی بسیار مهم در این حیطه است.



شکل ۵۰: نمایش فرایند واقعی از جذب دو مهره (دایره‌های مشکی) با بارهای مثبت؛ تشکیل آب ایزی مثبت (نقاط روشن در مرز با دایره) و آب حامل بارهای منفی در حوالی آب ایزی مثبت (نواحی تیره‌رنگ نامتقارن).

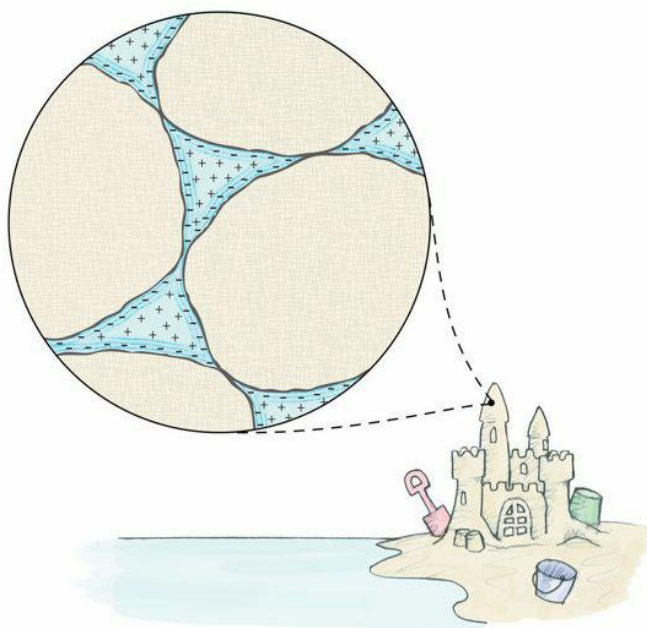
از مثال‌های مشهوری که برای اصل "بارهای همنام یکدیگر را دوست دارند" از آن‌ها یاد می‌شود، می‌توان به‌ترتیب، از تشکیل ابر از قطره‌های آب و پیوستن چسبناک شن‌های ساحل در سازه‌ای شنی، نام برد.

در مورد تشکیل ابر، از قطره‌های بارداری سخن به میان می‌آید که طبیعتاً همگی آن‌ها، باری هم‌علامت و همنام خواهند داشت و قطعاً یکی از پرسش‌هایی که مطرح می‌شود این

است که چگونه قطره‌های آب با بار همنام، در کنار هم ابری عظیم و فشرده را پدید می‌آورند؟!

در پاسخ به این موضوع، بحث فوق، بسیار کارگشا و اساسی خواهد بود. در این حالت، سطحی از آب ایزی، قطره‌ی آب را احاطه کرده و بنا به اصل "بارهای همنام یکدیگر را دوست دارند"، قطره‌های آب، در فواصل نزدیک به هم قرار گرفته و سبب تشکیل ابری فشرده و چگال می‌شوند.

در سازه‌های شنی، از شن‌های خیس استفاده می‌شود که وجود آب ایزی، دلیلی بر چسبندگی بین شن‌ها است و سبب مقاومت و پایداری سازه‌ی شنی، خواهد شد. این موضوع نیز با بهره‌گیری از اصل "بارهای همنام یکدیگر را دوست دارند"، قابل توجیه است؛ به‌طوری‌که شن‌های خیس، با درصد قابل توجهی از آب و آب ایزی، همزمان، آب پروتونی را نیز در مجاورت خود، تولید می‌نمایند و نیروی جاذبه‌ی بین آن‌ها، عامل اتصال دانه‌های شن به یکدیگر، می‌شود.



شکل ۵۱: آب ایزی و آب پروتونی پدید آمده در سطح خارجی دانه‌های شن، طبق اصل "بارهای همنام یکدیگر را دوست دارند"، دانه‌ها را به‌سوی یکدیگر، جذب کرده و ضامن مقاومت و پایداری سازه‌های شنی می‌شوند.

آب ایزی و حرکت براونی

حرکت‌های بی‌هدف و نامنظم گرده‌ها و ذرات کوچک درون آب و برخی از مایعات، از پدیده‌های جالبی است که توسط گیاه‌شناس معروف اسکاتلندی قرن نوزدهم میلادی، رابرت براون^۱، مشاهده و کشف شده است. این نوع حرکت‌ها، امروزه به افتخار آقای براون، به حرکت‌های براونی ذرات در آب، مشهور شده‌اند. سال‌ها، منشأ و مبدأ حرکت‌های براونی، نامعلوم بود تا پروفیسور آلبرت اینشتین^۲ در سال ۱۹۰۵ میلادی با چاپ مقاله‌ای به تبیین زوایای پنهان این حرکت شگفت‌انگیز پرداخت. ایشان، حرکت‌های براونی ذرات^۳ کوچک غوطه‌ور در سطح آب را به دما و گرمای درونی آب، نسبت داد و انرژی جنبشی مولکول‌های آب را اساس و پایه‌ی این حرکت‌ها معرفی نمود، از این‌رو، به حرکت‌های گرمایی یا حرارتی^۴ معروف گشتند. طبق نظریه‌ی اینشتین، حرکت‌های گرمایی، سبب حرکت ذرات کوچک معلق و غوطه‌ور می‌شوند. حال، چگونه؟

طبق ایده‌ای که اینشتین مطرح نمود، مولکول‌های بسیار کوچک آب، با انرژی جنبشی معلوم خود، ضربه‌هایی را در برخورد با ذره‌ی کوچک، خواهند داشت و به‌دلیل تعداد بسیار زیاد آن‌ها، توقع انتقال تکانه^۵ و به سبب آن، حرکت ذره‌ی کوچک غوطه‌ور، توقعی به‌جاست. لازم به یادآوری است که ذرات کوچک مدنظر، در حدود یک تا ده میلیارد بار بزرگ‌تر از تک‌مولکول‌های آب هستند و در نتیجه، معقول است تا ایده و نظریه‌ی اینشتین را به دیده‌ی شک و تردید، نگیرست. مثلاً یکی از دانشمندان ایتالیایی عصر حاضر، به نام پروفیسور امیلیو دل‌جیودیچه^۶، در اظهارنظری به‌دنبال تصویرسازی از نظریه‌ی اینشتین بر آمده و بیان نموده است که ایده‌ی اینشتین، همانند برخورد پشه‌ها به کامیونی بسیار سنگین است و احتمال حرکت کامیون حتی به اندازه‌ای ناچیز نیز توسط تعداد زیادی پشه، تقریباً غیرممکن خواهد بود. از این‌رو، با نگاه این دانشمند، به نظریه‌ی اینشتین، به دیده‌ی شک و تردید، نگاه انداخته و به امید نظریه‌ای جامع‌تر و همه‌گیرتر در این زمینه، به تحقیقات آینده چشم می‌دوزیم.

¹ Robert Brown

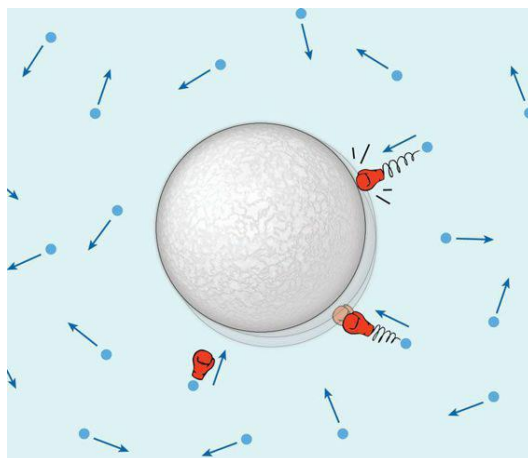
² Prof. Albert Einstein

³ Brownian Movements of Particles

⁴ Heat or Thermal Motions

^۵ به بیانی ساده، حاصل ضرب جرم جسم در تندی (سرعت) آن، تکانه‌ی جسم است.

⁶ Prof. Emilio Del Giudice



شکل ۵۲: بمباران ذره‌ی کوچک، توسط مولکول‌های آب.

اینشتین، دو عامل اساسی را برای شناخت حرکت‌های براونی، معرفی نموده است. اولین عامل، پدیده‌ی اُسْمُز^۱ است. اُسْمُز، به معنای فرایندی است که سمت و سوی حرکت ذاتی آب و محلول‌ها^۲، به سوی غلظت‌های بیش‌تری از مواد حل‌شده^۳ را مشخص می‌کند؛ یعنی، اگر در قسمتی از یک نمونه‌ی آبی، غلظت و تعداد ذرات حل‌شده، کم و در محلی دیگر، این تعداد، بیش‌تر از آن بخش باشد؛ آن‌گاه، آب، تمایل دارد از محیطی با غلظت کم به سمت محیط غلیظ‌تر، جریان یابد. اینشتین نیز این پدیده را عامل کلیدی در حرکت‌های تصادفی و بی‌ضابطه‌ی ذرات غوطه‌ور و معلق درون آب، معرفی کرد. البته درکنار پدیده‌ی اُسْمُز، وی از اصطکاکی درونی در آب سخن به میان آورد و آن را به گرانشی مایع‌ها، نسبت داد. در نهایت، اینشتین موفق شد تا نظریه‌های مرتبط با شناخت گازها را برای مایعاتی نظیر آب نیز تعمیم دهد که تا حدود زیادی، فعالیت‌های او مورد پسند و استقبال جامعه‌ی علمی قرار گرفت؛ اما برخی آزمایش‌ها در سال‌های بعد از ارائه‌ی این نظریه، تفاوت آشکاری از پیش-بینی‌های نظریه‌ی کلاسیک اینشتین را به نمایش گذاشتند. در ادامه، سه دسته تفاوت در آزمایش‌ها، نسبت به نظریه‌ی مورد اقبال اینشتین را معرفی و آن‌ها را تحلیل می‌کنیم.

سه دسته آزمایش‌های مغایر با نظریه‌ی فوق، عبارت‌اند از:

^۱ Osmosis

^۲ Solutions

^۳ Solutes

الف) اضافه نمودن نمک به آب، ب) غلظت بسیار زیاد ذرات معلق براونی، پ) تاباندن نور به نمونه‌ی آب و محلول‌های آبی.

با اضافه نمودن نمک به نمونه‌ای با حرکت‌های براونی مداوم، افزایش در حرکت‌های براونی مشاهده می‌شود که نظریه‌ی اینشتین، پاسخی برای افزایش حرکت‌ها و سرعت‌های مرتبط به آن، نداشته و ندارد. موضوع دوم، افزایش تعداد و غلظت ذرات مورد مطالعه در پدیده‌ی حرکت‌های براونی، است. در این حالت، با افزایش تعداد ذرات، حرکت‌های تصادفی و بی‌قاعده‌ی آن‌ها، به حرکت‌های دسته‌جمعی‌تر و وابسته‌تر به یکدیگر، تبدیل می‌شود. نظریه‌ی اینشتین، تقریباً ذرات را به عنوان واحدهای مجزا از هم و با هم‌بستگی بسیار کم، معرفی می‌نماید ولی با افزایش تعداد ذرات، این استقلال حرکتی، به تدریج، جای خود را به حرکت‌های هم‌بسته و وابسته، می‌دهند. همچنین، در غلظت‌های بالای ذرات، حرکت‌های جهشی ذرات از مکانی به مکانی دیگر نیز رصد شده‌اند که نظریه‌ی اینشتین، پاسخی روشن برای آن، ندارد.

آزمایش‌های وابسته به نور نیز نمایش‌دهنده‌ی دیگر نقطه‌ی ضعف نظریه‌ی کلاسیک اینشتین است. در این نظریه، نور و اثرات آن، جایگاه ویژه‌ای ندارند، آن هم به دلیل آن که در این نظریه، گرما و دما، کمیت‌های بنیادین در نظر گرفته شده و تنها، اثر نور تابشی و شدت آن، بر دمای نمونه‌ی آبی، مدنظر قرار است که به دلیل تأثیر غیرمستقیم بر حرکت‌های براونی، تقریباً عاملی کم‌اهمیت تلقی می‌شوند.

در تحقیقات پیرامون آب ایزی، مشخص شده است که می‌توان با قطعیت بیان کرد که نور فرودی به نمونه، عامل اصلی ایجاد حرکت‌های براونی است. پس این‌طور بیان می‌شود که انرژی جذب شده از نور فرودی در نظریه‌ی جدید، عامل کلیدی پدیده‌ی حرکت براونی است و این نتیجه، برخلاف نظریه‌ی کلاسیک اینشتین خواهد بود که ساز و کار اُسمُز و پدیده‌های گرمایی را عامل حرکت ذرات، معرفی می‌نماید.

این پرسش مطرح می‌شود که طبق چه اصول و چه آزمایش‌هایی، به رد کردن نظریه‌های دانشمند نابغه‌ای همچون اینشتین، اقدام نموده‌اید؟

اولاً، برخی از موارد و ضعف‌های مطرح‌شده در بالا، انگیزه‌ای برای اصلاح تفکر در این زمینه خواهد بود. ثانیاً، تفاوت در نگاه دو دسته از دانشمندان نسبت به حالت تعادل در آب،

عاملی دیگر در رسیدن به نظریه‌ای جدید است. اگر طبق اصول ترمودینامیک، به موضوع بنگریم، تغییرات دما و تعادل، در ارتباطی مستقیم با هم هستند. اگر آبی سرد یا گرم را در اتاقی قرار دهیم، قطعاً این نمونه‌ها، در خارج از تعادل، قرار گرفته و برای رسیدن به تعادل ترمودینامیکی، گرما را کسب و یا از دست می‌دهند تا به دمای اتاق برسند. هنگامی که نمونه‌ی آب و محیط پیرامونش، هم‌دما شوند، اصطلاحاً تعادل گرمایی، به‌دست آمده است. در این حالت، نمونه‌ی مدنظر، نه انرژی را از دست می‌دهد و نه به‌دست می‌آورد. ولی ما، طبق مباحث مطرح‌شده، متوجه این موضوع شده‌ایم که آب، حتی در دمای اتاق (طبق اصول ترمودینامیکی، در دمای تعادل با محیط) نیز، جذب انرژی الکترومغناطیس از محیط را ادامه می‌دهد و این جذب انرژی، به‌طور مداوم، سبب ایجاد نظم و جداسازی بارها، می‌شود. انرژی پتانسیل حاصل، سبب انجام کار در دستگاه ترمودینامیکی می‌شود! از این‌رو، طبق اصل پایستگی انرژی، آب، همانند موتورهای در حال کار، مشاهده و در نتیجه، آب، همیشه در خارج از تعادل، فرض می‌شود. این خارج از تعادل بودن، نیز در پدیده‌ی فوتوسنتز کاملاً قابل درک خواهد بود. به‌طوری‌که در فوتوسنتز، فوتون‌های فرودی، مولکول‌های آب را شکافته و این اتفاق، نهایتاً منجر به رشد گیاه می‌شود. پس از آن که فرض کردیم و یقین یافتیم که انرژی نور فرودی به‌وسیله‌ی آب، در هر لحظه، جذب می‌شود، حالت تعادلی، تصویری نادرست، خواهد بود.

با پذیرش فرض خارج از تعادل بودن آب، به بررسی و تحلیل حرکت براونی در این چارچوب، می‌پردازیم. در این تحلیل، انرژی الکترومغناطیس فرودی، جایگزینی مناسب برای گرما و دما در نظریه‌ی کلاسیک، خواهد بود. در تأیید این ایده به پیشنهاد فیزیکدان مطرحی همچون پروفسور ماکس پلانک^۱، توجه می‌کنیم که حرکت‌های مولکولی تصادفی را به برهم‌کنش‌های الکترومغناطیسی^۲، نسبت داده بود.

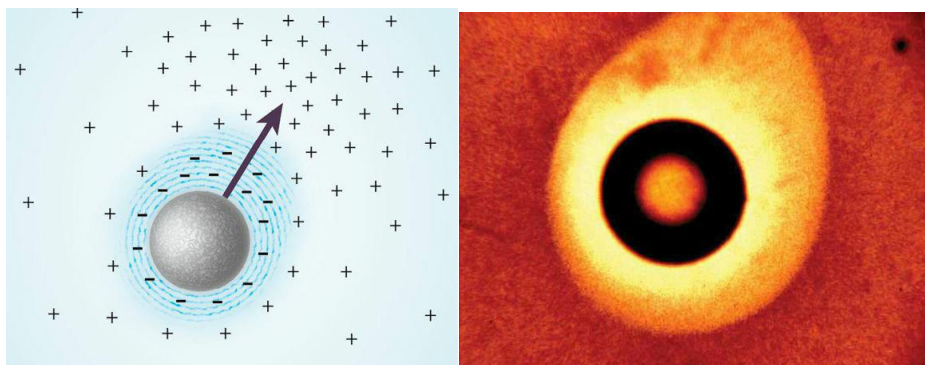
با این حساب، موج الکترومغناطیس، چگونه عامل بنیادین در حرکت‌های براونی خواهد بود؟

در توضیح این مسئله، باید دقت شود که ذرات غوطه‌ور یا معلق، در محیط آب قرار گرفته‌اند. طبق اصولی که در بخش‌های پیشین به آن‌ها اشاره شده است، با تابش نور فرودی

¹ Prof. Max Planck

² Electromagnetic Interactions

به نمونه‌ی مدنظر، آب ایزی و پروتون‌های پیرامون آن، حول ذرات، تشکیل و آن‌ها را در برمی‌گیرند. در آزمایش‌ها، اثبات شده است که هرگاه نور فرودی از نقطه‌ای مشخص به سمت هدف، نشانه رود، در آن قسمت از ذره که به نور نزدیک‌تر است، ضخامت آب ایزی و تعداد پروتون‌های پیرامون آن، بیش‌تر از نواحی دیگر ذره خواهد بود (عدم‌تقارن). در این حالت طبق شکل ۵۳، ذره‌ی موردنظر، به‌سوی نور فرودی، جذب می‌شود! این مدل از جذب، به‌دلیل نیروی جاذبه‌ی الکترواستاتیکی بزرگی که در این قسمت (به‌دلیل زیادتر بودن بارهای ناهمنام در این ناحیه) موجود است، برآیند نیروها، عامل حرکت و شتابدهی به ذره، در جهت ناحیه‌ی متراکم از پروتون‌ها، خواهد شد.



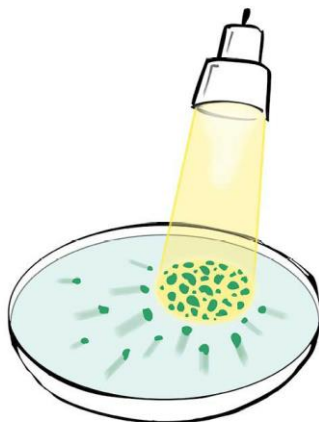
شکل ۵۳: الف) طرحی شماتیک از عدم‌تقارن در توزیع بارهای منفی (لایه‌های ایزی) و مثبت (پروتون‌ها) در پیرامون ذره‌ی کوچکِ درون آب و هدایت ذره به سوی بخش پرتراکم‌تر از پروتون‌ها که توسط نور فرودی ایجاد شده است. ب) نمای واقعی از عدم‌تقارن در توزیع بارها در مقابل نور فرودی.

پس با بیانی ساده، این موضوع را طرح می‌کنیم که: با تابش نور فرودی به تک‌ذره‌ای در آب، آن ذره، جذبِ نور فرودی، شده و به سمت نور، حرکت می‌کند!

آزمایش‌های متعددی در این زمینه، طراحی و به انجام رسیده است که اثبات‌کننده‌ی جذب ذرات به سمت نور، هستند. مثلاً در آزمایشی، نشان داده شده است که حتی، سلول‌های باکتریایی^۱، به سمت نور فرودی، حرکت می‌کنند (ر.ک. شکل ۵۴). یا مثلاً دانشمندان متوجه شده‌اند که با روشن‌نمودن نور در بالای نمونه‌ای متشکل از آب و ذرات میکرومتری-کرویِ معلق در آن، فرایند ته‌نشینی، با آهنگ کم‌تری رخ می‌دهد و با روشن‌نمودن نور در

¹ Bacterial Cells

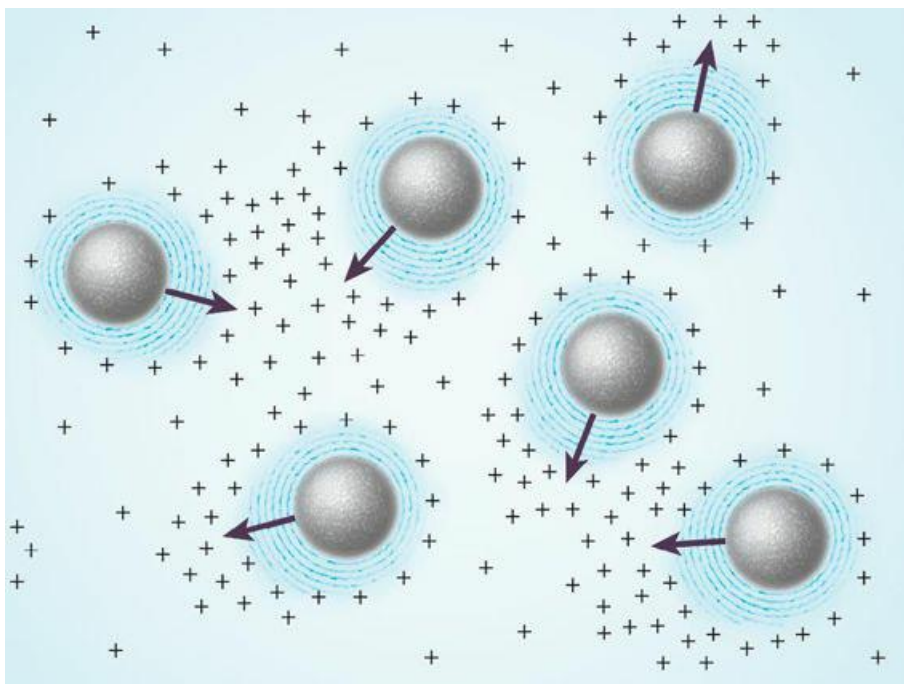
پایین ظرف، سرعت ته‌نشینی ذرات معلق، به‌شدت افزایش می‌یابد. این آزمایش‌ها، نشان می‌دهند که واقعاً نور فرودی عاملی اساسی در جذب ذرات معلق در آب، است.



شکل ۵۴: طرحی از جذب ذرات و سلول‌های باکتریایی محلول در آب توسط نور فرودی.

تا اینجا به ساز و کار جذب تک‌ذره به سمت نور فرودی، اشاره شد. آیا در نمونه‌ای واقعی، جاذبه‌ی نور، تعیین‌کننده و توضیح‌دهنده‌ی حرکت‌های تصادفی و اتفاقی براونی خواهد بود؟

در پاسخ، توجه شما را به شکل ۵۵، جلب می‌نماییم. طبق این شکل، هر یک از ذرات، به‌دلیل موج الکترومغناطیس فرودی (مثل نور مرئی چراغ‌قوه و یا لیزر)، در پیرامون خود آب ایزی و آب پروتونی را تشکیل می‌دهند. در مورد تک‌ذره، به‌دلیل تابش نور فرودی، عدم-تقارنی در ساختار آب ایزی و آب پروتونی پیرامون آن، پدید آمد و همین عدم-تقارن، به‌دلیل جاذبه‌ی الکترواستاتیکی، سبب حرکت ذره و آب ایزی پیرامون آن، به سمت نور، شد. از این-رو، اگر موجی الکترومغناطیس را به نمونه‌ای با چندین و چند ذره‌ی معلق بتابانیم، نخستین ذره، شروع به حرکت به سمت نور می‌کند و با این حرکت، چینش و ساختار پروتون‌های پیرامون خود و ذره‌ی کناری خود را تغییر داده و ذره‌ی دوم و ذره‌ی نخست، به سمت ناحیه‌ی با تراکم بیش‌تر پروتون‌های خود، به حرکت در می‌آیند. این روند را با تعداد زیادی ذره، تصور نمایید که در آن، حرکت‌های مداوم، سبب تغییر در تراکم ناحیه‌ی پروتونی هر ذره، شده و حرکت آن ذره را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. از این‌رو، ساختاری نامنظم و به ظاهر بی‌ضابطه از حرکت را از حرکت براونی ذرات، انتظار خواهیم داشت.



شکل ۵۵: نمایی کلی از حرکت براونی ذرات درون آب و تعیین جهت حرکت، توسط ناحیه‌ی متراکم از پروتون‌ها در پیرامون هر ذره.

اما با ازدیاد تعداد ذرات و کاهش فاصله‌ی بین آن‌ها، حرکت‌های هر ذره، تأثیری مستقیم بر حرکت دیگر ذرات، خواهد داشت و به تدریج، همه یا بخشی از ذرات را با خود همراه ساخته و اثری از هم‌بستگی و هماهنگی را در این نمونه‌ها، مشاهده می‌کنیم. این موضوع با به‌کارگیری مفهوم آب ایزی، قابل درک و تفسیر است ولی با استفاده از نظریه‌ی کلاسیک اینشتین، به معمایی بی‌پاسخ مُبدَل می‌شود. همچنین، با اضافه‌نمودن نمک، لایه‌های آب ایزی پیرامون ذره، از بین رفته و ابعاد ذره، به مراتب کاهش می‌یابد. کاهش ابعاد، یکی از کلیدی‌ترین عوامل در سرعت‌بخشی به حرکت ذرات معلق، خواهد بود. از این‌رو، یکی دیگر از نقاط ضعف نظریه‌ی کلاسیک که پیش از این به آن‌ها اشاره شد، مجدداً با نظریه‌ی جدید، توجیه و تفسیر می‌شود.

در ادامه، به سه مورد مهم در تعیین سرعت حرکت ذرات که توسط اینشتین مطرح شده است، اشاره‌ای می‌کنیم. افزایش سرعت حرکت و جنبش‌های ذرات، به افزایش دما، کاهش ابعاد ذره و کاهش گرانشی نمونه، بستگی دارد. نظریه‌ی جدید نیز، این سه عامل مهم را

تصدیق می‌کند. در پایان، اشاره به این نکته خالی از لطف نخواهد بود که پدیده‌ی جالب حرکت براونی، تنها در آب رخ نمی‌دهد و بلکه در بیش‌تر حلال‌های قطبی^۱، حرکت براونی قابل مشاهده است؛ البته به شرط آن که انرژی الکترومغناطیس در پیرامون نمونه‌ی مایع، موجود باشد تا آب ایزی و آب پروتونی را تولید نماید^۲. با استفاده از چنین ایده‌ای، حتی، علت معلق ماندن ذرات گرد و غبار در اتاق نیز قابل توجیه و تفسیر، خواهد بود.

آب ایزی و ارتباط گرما - تغییر حجم آب

از بخش‌های پیشین، متوجه شده‌ایم که آب ایزی در تصاویر حساس به امواج فرسرخ، تصویری تیره‌رنگ را به نمایش می‌گذارد (مثل آزمایش مرتبط با شکل ۱۰). در آن بخش، توضیح داده شد که علت چنین ماجرای، دمای آب ایزی نیست و بهتر است این تیرگی در تصویر را به نظم ساختاری در آب ایزی، نسبت دهیم. این بدان معناست که ساختارهای منظم، به دلیل کمبود بارهای الکتریکی نوسانی، توانایی کم‌تری در تابش امواج الکترومغناطیس، به‌ویژه فرسرخ، دارند و از این‌رو، آب معمولی یا آب پروتونی، به دلیل وجود بارهای آزاد در محیط خود، امواج فرسرخ بیش‌تری، ساطع می‌کنند. به‌طور کل، امواج الکترومغناطیس، حاصل حرکت، جنب و جوش و به‌ویژه، نوسان بارهای آزاد (مانند الکترون-ها، پروتون‌ها و ...) هستند. این نوسان‌ها، به‌طور خود به خودی، صورت می‌پذیرند و یا با ورود موج الکترومغناطیس به محیط آن‌ها، این بارهای آزاد را به نوسان وا می‌دارند. در هر صورت، با نوسان بارهای آزاد، انتظار گسیل امواج الکترومغناطیس از هر نمونه‌ای را خواهیم داشت. پس ارتباط مستقیم گسیل امواج فرسرخ با دما و گرما، شاید امری قابل قبول نباشد و ارتباط آن با نوسان بارهای آزاد^۳، معقول‌تر به نظر آید!

در ارتباط با آب ایزی نیز می‌توان ارتباط بین نوسان‌ها و گسیل امواج الکترومغناطیس را به‌درستی، بیان نمود. با شکل‌گیری آب ایزی، همزمان پروتون‌ها از آب ایزی، رها شده و در پیرامون آن به آب معمولی، اضافه می‌شوند و آب پروتون‌دار شده‌ای را می‌سازند. از آنجا که این پروتون‌ها، اغلب آزادی در حرکت دارند، با حرکت‌ها و نوسان‌هایی، امواج فرسرخ را

^۱ Polar Solvents

^۲ به‌همین دلیل، حرکت‌های براونی، به حرکت‌های وابسته به انرژی (Energy-Driven Movements) نیز تعبیر می‌شوند.

^۳ Free Charge Vibrations

ساطع می‌کنند که در نهایت، این انرژی تابشی، احساسی از گرما را القاء خواهد کرد. بالعکس، آب ایزی، به دلیل ساختار منظم خود، نوسان‌های به مراتب کمتری را تجربه خواهد کرد و در نتیجه، گسیل کم‌تر امواج فروسرخ، منجر به احساس سرما می‌شود. پس به طور خلاصه، آب ایزی و آب پروتونی، بنا به دلایلی که در بالا توصیف شد، به ترتیب، احساس سرما و گرما^۱ را القاء می‌کنند.

از این شیوه، در صدد پاسخ‌گویی به دو معمای دیگر در آب‌ها، برمی‌آییم: مسئله‌ی مخلوط کردن با آب^۲ و گرداب^۳.



شکل ۵۶: الف) انفجار در آزمایش مخلوط قطره‌های آب با اسید سولفوریک (تولید گرمای زیاد). ب) چالش کم‌تر شدن حجم واقعی نسبت به حجم انتظاری.

در مخلوط‌نمودن جسم یا ماده‌ای با آب، مشاهده شده است که دو اتفاق، رخ می‌دهد. مثلاً با چکاندن چند قطره‌ی آب به درون اسید سولفوریک^۴، گرمای بسیار زیادی حتی تا انفجار، می‌تواند پدیدار شود که شیمی‌دان‌ها، دلایل مختلفی را برای آن ذکر کرده‌اند. اتفاق دیگری که در مخلوط کردن ماده‌ای با آب، رخ می‌دهد، اثرات حجمی این دسته از آزمایش‌ها است. مثلاً اگر مایعی را به حجم یک لیتر با آبی به حجم یک لیتر مخلوط کنید، حجم نمونه‌ی حاصل، کم‌تر از دو لیتر انتظاری خواهد شد. این دسته از آزمایش‌ها نیز توسط شیمی‌دان‌ها، پاسخ‌هایی را داشته‌اند؛ اما این پاسخ‌ها، شاید برخی از افراد را تاکنون قانع

¹ Heating & Cooling Sensation

² Mixing Issue

³ Vortexing Issue

⁴ Sulfuric Acid

نکرده باشند. از این رو، با استفاده از مفهوم آب ایزی، به این دو اتفاق جالب، پاسخ خواهیم داد.

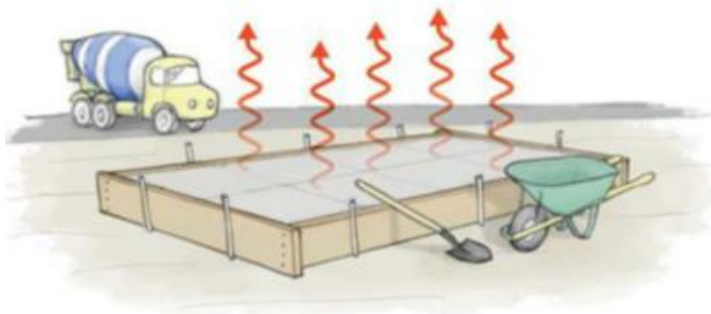
طبق مشاهدات آقای پولاک و همکارانش، در چنین مواردی، همیشه مقداری از آب به آب ایزی تبدیل شده (که نتایج آزمایشگاهی مؤید ایزی شدن نمونه است!) و تبدیل آب به آب ایزی، عامل به وجود آمدن پروتون‌های سرگردان در حوالی آن می‌شود. از این رو، پروتون‌ها، با حرکت‌ها و نوسان‌های خود، امواج الکترومغناطیس از جمله فروسرخ بیشتری را از خود ساطع و این مورد، به احساس گرمای بیش‌تر برای ناظر خارجی، کمک می‌کند.

همان‌طور که در بخش‌های قبل نیز ذکر شده است، آب ایزی، به دلیل ساختار منظمی که دارد، متراکم‌تر از آب معمولی است و در نتیجه، چگالی بزرگ‌تری نسبت به آب معمولی خواهد داشت که نشان‌دهنده‌ی حجم کوچک‌تر آب ایزی در مقایسه با آب معمولی است. در نتیجه، به دومین معما در مسئله‌ی مخلوط کردن مواد با آب نیز پاسخ داده می‌شود که با کم‌تر بودن حجم آب ایزی به نسبت آب معمولی، توقع داریم، نمونه‌ی مخلوط شده، حجمی کم‌تر از انتظار را داشته باشد. خلاصه این‌که در حین مخلوط کردن برخی مواد با آب، میزان احساسی گرما، افزایش و حجم نمونه، کاهش می‌یابد و بهتر است به ارتباط مستقیم گرما با انقباض^۱، اشاره شود. چنین اتفاقی، در حین تهیه‌ی بتون‌های ساختمانی نیز مشاهده می‌شود. در تهیه‌ی بتون‌ها، مواد سازنده را با آب، مخلوط و ذرات سازنده‌ی بتون، توسط آب ایزی، احاطه و بنا به اصل "بارهای همنام یکدیگر را دوست دارند"، به همدیگر، متصل شده و کاهش حجم را خواهیم داشت. همچنین، بارهای مثبت پروتونی، مسبب گرم‌تر احساس کردن نمونه‌ی بتون در حال درست شدن، است؛ یعنی در اینجا نیز ارتباط مستقیم بین گرما با انقباض، مشاهده می‌شود.

از دیگر موارد در زمینه‌ی این ارتباط و تشکیل آب ایزی، به آزمایش‌های دمیتری مندلیف، شیمی‌دان روس، اشاره می‌شود. او دریافته بود که با اضافه نمودن اتانول به آب با درصدی خاص، گرما و انقباض، خودنمایی می‌کنند. او همچنین، در مشاهدات خود، این مخلوط را ویسکوزتر (با گرانی‌تر) از آب گزارش کرد ولی نتوانست دلیل چنین پدیده‌ای را به درستی توضیح دهد؛ اما ما با استفاده از مفاهیم آب ایزی، دلیل این پدیده را

¹ Heating-Shrinkage Regime

توضیح می‌دهیم. در بخش‌های قبل هم اشاره شده است که آب ایزی، گرانیروی بالاتری نسبت به آب معمولی دارد. با این حساب، با دانستن این موضوع که در فرایند مخلوط فوق، درصدی از آب، به آب ایزی تبدیل شده است، به راحتی، نتایج آب ایزی، به این نمونه نیز تعمیم داده می‌شود.



شکل ۵۷: پیدایش گرما در تهیه‌ی بتون‌های ساختمانی.

البته در برخی فعالیت‌های آزمایشگاهی، دیده شده است که در فرایند مخلوط کردن مواد با آب، روند وارونی نیز رخ می‌دهد؛ یعنی، با مخلوط کردن، نمونه‌ی موردنظر، سردتر شده و منبسط می‌شود. ارتباط سرما و انبساط^۱، دقیقاً وارون ارتباط گرما و انقباض، است. در این فرایند، می‌توان با قاطعیت اعلام نمود که کاهش مقدار آب ایزی را خواهیم داشت و این کاهش، منجر به کاهش پروتون‌های آزاد شده و در نتیجه، میزان کم‌تری از موج فروسرخ، گسیل می‌شود و احساس سرما، غلبه خواهد کرد. همچنین، با کاهش مقدار آب ایزی، آب معمولی افزایش قابل توجهی خواهد داشت و گذار آب ایزی به آب معمولی، به معنای افزایش حجم خواهد بود؛ چون حجم آب معمولی از آب ایزی بیش‌تر است و انبساط را در عمل، خواهیم دید. از نمونه‌های آزمایشگاهی موارد ذکر شده، به مخلوط نمودن پودرهای بلوری خشک^۲ (عاری از رطوبت) یا آمونیوم پرسولفات^۳ با آب، اشاره می‌شود.

مورد دومی که همیشه، چالش برانگیز بوده است، پدیده‌ی گرداب است. این پدیده، در رودخانه‌ها، کف وان‌های حمام و یا هم‌زدن نمونه‌ی مایع، دیده می‌شود. از تجربه می‌دانیم که

^۱ Cooling-Expansion Regime

^۲ Dry Crystalline Powders

^۳ Ammonium Persulfate

با هم‌زدن مایعی داغ، مایع، سردتر شده و قابل استفاده می‌شود. در آزمایشگاه‌ها هم در مورد نمونه‌های آبی دیگر نیز چنین رخدادی، مشاهده شده است. در نتیجه، با به‌وجود آمدن پدیده‌های گردابی، همیشه انتظار سرما و یا سردتر شدن را داریم. این اتفاق، چگونه رخ می‌دهد؟



شکل ۵۸: گرداب تولید شده از اتصال دو بطری آب.

می‌دانیم، آب‌های ایزی به نسبت آب معمولی، از اکسیژن بیش‌تری برخوردار هستند. از این‌رو، با هم‌زدن آب و ایجاد گرداب، به هر شکلی، اکسیژن‌های هوای اطراف با نمونه‌ی آبی، ترکیب شده و سطوح آب در مجاورت اکسیژن‌ها، به آب‌های ایزی تبدیل می‌شوند. با ازدیاد لایه‌های آب ایزی، پروتون‌های آن‌ها، جدا شده و به‌دلیل نیروی حاصل از پدیده‌ی گرداب، این پروتون‌ها در نمونه‌ی آب، پخش می‌شوند. آن‌گاه، به‌دلیل ساختار نظم‌یافته‌ای که آب ایزی دارد، نوسان‌های کم‌تری به نسبت پروتون‌ها خواهند داشت و موج الکترومغناطیس

گسیلی کم‌تری (فروسرخ کم‌تری) نیز تولید خواهند کرد. در نتیجه، آب، سردتر به نظر خواهد آمد.

بازتعریف پدیده‌های پخش و اُسمز

ساز و کار اسمز، به‌عنوان پایه و اساسی برای حرکت‌های براونی ذرات، در نظر گرفته می‌شود. در بخش مرتبط با حرکت براونی، انرژی حاصل از تابش امواج الکترومغناطیس، به‌عنوان اصلی جدید و غیرقابل‌انکار، معرفی شد. این انرژی فرودی، عامل تشکیل لایه‌های آب ایزی و همچنین، جداسازی بارهای الکتریکی، شده و نیروی محرکه‌ای برای حرکت براونی در نظر گرفته می‌شود. چون پدیده‌ی اسمز، اساس حرکت‌های براونی است، می‌توان به عامل انرژی خارجی الکترومغناطیس نیز به‌عنوان بنیاد و اساس آن، نگریست. پدیده‌های اسمز و پخش، از آنجایی مهم به نظر می‌آیند که در همه‌ی شاره‌ها و به ویژه آب، همیشه خودنمایی می‌کنند و از این‌رو، بررسی و تحلیل آن‌ها، رازهای زیادی از درون آب و شاره‌های دیگر، افشاء می‌نماید. پدیده‌ی اسمز، به فرایندی گفته می‌شود که آب، حرکت به‌سوی ناحیه‌ای که در آنجا تعداد مواد حل‌شده‌ی بیش‌تری باشد را ترجیح می‌دهد. به‌نوعی، آب، جذب مواد حل‌شده در خود (مثل نمک، مواد معدنی و هر ماده‌ی حل‌شدنی جامد) می‌شود. به‌عبارتی، جهت حرکت آب، همیشه از قسمت با غلظت بیش‌تری از آب (غلظت کم‌تری از مواد حل‌شده) به سمت قسمتی با غلظت کم‌تری از آب (غلظت بیش‌تری از مواد حل‌شده) است. این ساز و کار، در همه‌ی انواع آب و بیش‌تر شاره‌ها، قابل مشاهده است و نظریه‌های مرتبط با آن، دلیل چنین حرکتی را به اختلاف در غلظت‌های دو طرف نمونه، نسبت می‌دهند.

پدیده‌ی پخش^۱، به‌نوعی، وارون پدیده‌ی اسمز است. به‌طوری‌که در این پدیده، مواد حل‌شده تمایل دارند تا در شاره‌ی مورد نظر مثل آب، به حرکت در آیند و اصطلاحاً، پخش شوند. به‌طور کل، پخش، به‌معنای حرکت مواد حل‌شده درون حلال است و اسمز، به‌عنوان حرکت حلال به‌سوی مواد حل‌شده، تلقی می‌شود؛ اما نظریه‌های مورد قبول در این زمینه، عواملی مثل غلظت، دما و ابعاد ذرات را به‌عنوان پارامترهای اصلی در نظر می‌گیرند.

در مورد پدیده‌ی پخش، نظریه‌های موردنظر، پیش‌بینی می‌کنند که اگر دو نمونه‌ی آبی با غلظت‌های مختلف، با یکدیگر مخلوط شوند، به‌راحتی می‌بایست در یکدیگر، ادغام شده و

¹ Diffusion

نمونه‌ای واحد و یکتا را پدید آورند؛ اما برخی آزمایش‌های ساده نیز انحراف از نظریه را مشخص می‌کنند که دلیلی بر ضعف و عدم پاسخگویی نظریه‌های مرتبط با پدیده‌ی پخش است. از جمله‌ی این مثال‌های نقض، به ریزش آب رودخانه‌ها به درون آب دریاها، اشاره می‌کنیم. در برخی موارد مشخص شده است که دو نوع آب با غلظت‌های مختلف از نمک‌های محلول، به راحتی و در زمانی کوتاه، با یکدیگر، ادغام و ترکیبی ایده آل را تشکیل نمی‌دهند. حتی، در برخی موارد، دو نوع آب که با درصدهای بالاتری از نمک تشکیل شده‌اند نیز نمی‌توانند با یکدیگر، ادغام و مخلوط شوند؛ مثل نمونه‌ای از آب‌های دو دریای شمال و بالتیک^۱ در شمال قاره‌ی اروپا.



شکل ۵۹: آب‌های دو دریای بالتیک و شمال در اروپا؛ تشکیل مرزی مشخص به دلیل عدم تکمیل فرایند پخش دو آب با دو غلظت متفاوت از مواد حل شده.

حال، آزمایشی ساده را تحلیل و بررسی خواهیم کرد که نمونه‌ای از آزمایش‌های بی‌پاسخ نظریه‌های پخش است. نمونه‌ای از آب نمک را در ظرفی، ریخته و سپس، آبی خالص را روی آن می‌ریزیم و منتظر می‌مانیم تا این دو نمونه، در هم ادغام و ترکیب شوند. نظریه‌های پخش، مانعی را پیش‌بینی نمی‌کنند ولی در این آزمایش متوجه می‌شویم، مخلوط شدن این دو نمونه به زمان‌های بسیار طولانی یا حتی نامحدودی، نیازمند است. در آزمایشی دیگر، با دو نمونه‌ی مجزای آب خالص و آب نمک و اضافه نمودن مقداری رنگ به این دو نمونه، متوجه می‌شویم، رنگ، به آرامی در نمونه‌ی آب خالص به حرکت در آمده و عملاً پخش شده

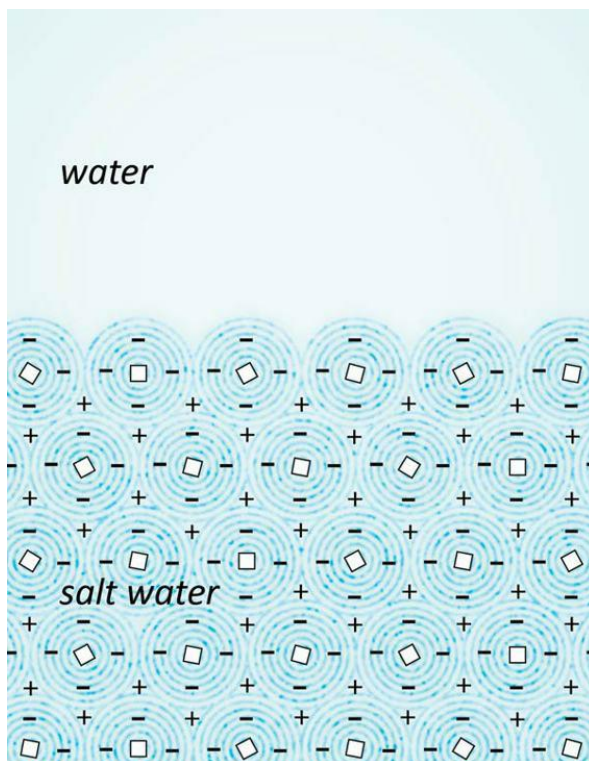
^۱ North Sea & Baltic Sea

است. فرایند پخش رنگ، در این نمونه، با نظریه‌های پخش، به‌درستی تحلیل می‌شود ولی پخش رنگ در نمونه‌ی آب نمک، به‌سرعت انجام شده و این مورد را به‌عنوان یکی دیگر از مثال‌های نقض نظریه‌های مرتبط، معرفی می‌نماید؛ بنابراین، این دسته از آزمایش‌ها، نمایش‌دهنده‌ی ضعف پاسخگویی چنین نظریه‌هایی هستند و بایستی، با ایده‌ای نوین، تلاش کنیم تا با نظریه‌های جدیدتر، به حل این معضلات بپردازیم.

راه حل مفید در پدیده و ساز و کار پخش، بهره‌گیری از نور و انرژی فرودی آن و در نظرگرفتن آب ایزی است. برخلاف ایده‌های پیشین که پخش و حرکت براونی را به حرکت‌های گرمایی یا حرارتی، نسبت می‌دادند، این نظریه‌ی جدید، انرژی خارجی را به‌عنوان اساس این پدیده در نظر می‌گیرد؛ بنابراین، جذب انرژی توسط نمونه، پارامتری مهم در حل موضوع مرتبط با پخش خواهد بود. طبق ایده‌ی آب ایزی، با تابش نور فرودی و جذب آن، پیرامون ذرات و مولکول‌ها، لایه‌هایی از آب ایزی، تشکیل و پروتون‌های آن نیز طبق این اصل، به نواحی خارجی‌تر، نقل‌مکان کرده و در نتیجه، نیروهای وابسته به بارهای الکتریکی، هدایت‌گر پخش در نمونه‌های آبی، خواهند بود.

برای درک بهتر از آب ایزی و نقش آن در پدیده‌ی پخش، بهتر است به یکی از مثال‌های نقضی که نظریه‌های پیشین را به چالش کشیده است، اشاره شود. با یک پرسش آغاز می‌کنیم: چرا آب خالص، در آب نمک زیرین خود، نفوذ نمی‌کند تا پدیده‌ی پخش در مدت‌زمانی کوتاه، انجام شود؟

در پاسخ، آب ایزی را به‌عنوان عاملی کلیدی مطرح می‌کنیم. طبق اصولی که در این فصل با هم از نظر گذرانده‌ایم، نمک‌های محلول در آب، توسط آب‌های ایزی، احاطه شده و مطابق شکل ۶۰، پروتون‌ها نیز در مکان‌های خود قرار گرفته و بنا بر اصل "بارهای همنام یکدیگر را دوست دارند"، قطعات نمک، همچون بلوری کلئیدی در کنار هم چیده می‌شوند. حال، اگر مقدار نمک‌های محلول در آب نمک، تعداد قابل‌توجهی داشته باشند، آب‌های ایزی احاطه‌کننده‌ی نمک‌ها، اجازه‌ی ورود آب‌های بالاسری را نخواهند داد و پدیده‌ی پخش، تقریباً رخ نمی‌دهد. چنین توضیحی، می‌تواند پاسخی مناسب برای عدم پخش آب برخی رودخانه‌ها در آب دریاها نیز باشد!



شکل ۶۰: عدم نفوذ آب خالص یا آب معمولی به درون آبِ نمکِ زیرین، به دلیل تشکیل بلوری کلئیدی توسط نمک‌ها و آب‌های ایزیِ دربرگیرنده‌ی آن‌ها.

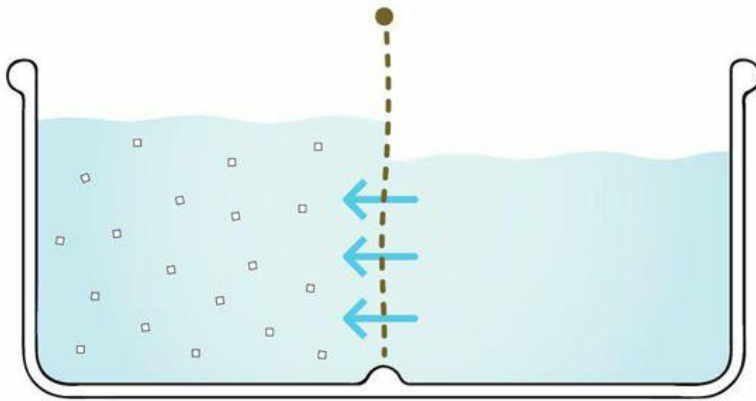
با درک مفهوم آب ایزی و پدیده‌ی پخش، حال، به سراغ توصیف و تعریف جدیدی از پدیده و ساز و کار اسمز می‌رویم.

در مورد پدیده و ساز و کار اسمز، پیش‌تر بیان شد که با حرکت آب به سمت بخشی که مواد حل‌شده‌ی بیش‌تری دارد، این پدیده، قابل درک می‌شود. طبق شکل ۶۱، به راحتی، مفهوم اسمز، عبور آب از غشایی^۱ با سوراخ‌های بسیار ریز و حرکت آن به سمت محلولِ آب و ماده‌ی حل‌شونده، مشخص می‌شود.

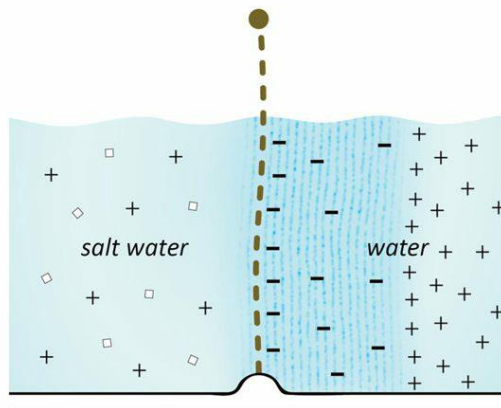
به‌طور کل، علت پدیده‌ی اسمز، تاکنون به‌درستی بیان نشده است و علت پدید آمدن این ساز و کار را به تفاوت در غلظت‌های موادِ دو سوی غشاء، مرتبط می‌دانند؛ اما با استفاده

^۱ Membrane

از آب ایزی و مفاهیم مربوط به آن، موضوع ساز و کار اسمز و حرکت آب یا شارهای مشابه با آب را به وضوح توضیح می‌دهیم.



شکل ۶۱: آزمایشی ساده برای نمایش حرکت‌های حاصل از ساز و کار اسمز؛ آب خالص، آب نمک و غشاء، از اجزای این آزمایش هستند.



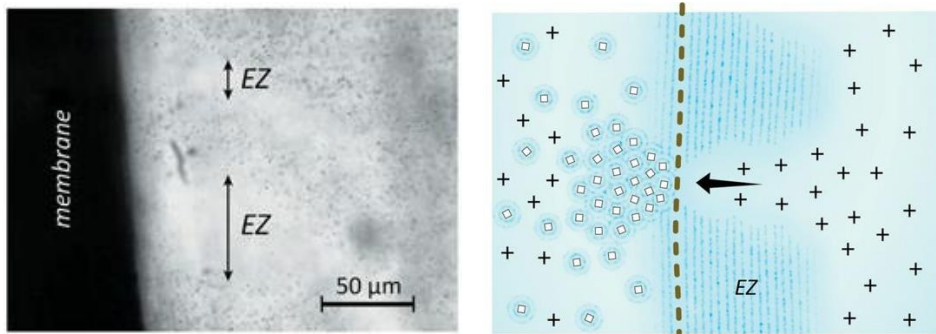
شکل ۶۲: آزمایش ساز و کار اسمز با تشکیل آب‌های ایزی و پروتونی در دو سوی غشاء آب‌دوست.

با در نظرگیری غشائی آب‌دوست، در بین دو نمونه‌ی آب خالص و آب نمک، شکل‌گیری آب ایزی، امری حتمی است. البته با این تفاوت که در ناحیه‌ی آب خالص، لایه‌های آب ایزی با ابعادی بزرگ‌تر نسبت به ناحیه‌ی آب نمک، به وجود می‌آیند. دلیل این اتفاق را نیز پیش‌تر بیان کرده‌ایم که نمک، سبب تخریب لایه‌های آب ایزی می‌شود. از این‌رو، مطابق با شکل

۶۲، سمت راست غشاء که حاوی آب خالص است، آب ایزی قابل اعتنایی را پدید آورده و در نتیجه، مقادیر زیادی از پروتون‌ها را نیز در خود، جای می‌دهد ولی برعکس، آب نمک، توانایی بسیار محدودی در ایجاد آب ایزی دارد و طبیعتاً پروتون‌های به مراتب کم‌تری را در بر خواهد گرفت. از این‌رو، به دلیل دافعه‌ی الکترواستاتیکی که بین پروتون‌های اتاقک سمت راست به وجود می‌آید، تفاوت در تعداد و غلظت پروتون‌ها در دو سوی غشاء و همچنین، جذب پروتون‌ها به سمت بارهای منفی، حرکتی از سمت راست به چپ را ردیابی می‌کنیم. با این اوصاف، ساز و کار اسمز بیش از آن که به غلظت مواد حل شده مربوط باشد (طبق نظریه-های رایج تعریف‌کننده‌ی پدیده‌ی اسمز)، به عواملی مثل نور فرودی، آب ایزی و تفاوت در غلظت یون‌های هیدرونیوم (پروتون‌ها) در دو سوی غشاء، وابسته است.

در واقع، چگونه حرکت آب در دو سوی غشاء رخ می‌دهد؟ مطابق شکل ۶۳، با حضور پروتون‌ها با بار مثبت و همچنین آب ایزی با بار منفی، بنا به جاذبه‌ی الکترواستاتیکی، پروتون‌ها، علاقه‌مند حرکت به سوی آب ایزی هستند و در نتیجه، تخریب بخش‌هایی از آب ایزی را در این حالت، برعهده می‌گیرند؛ بنابراین، راه‌های فراری را با ایجاد شکاف‌هایی در آب ایزی^۱، برای خود مهیا و به سوی غشاء حرکت می‌کنند. با تعمیم این حرکت به کل نمونه‌ی مورد مطالعه، در می‌یابیم که جریانی از پروتون‌ها توسط ساز و کار اسمز، به راه افتاده و در نتیجه، آب ایزی پیرامون غشاء را تکه‌تکه خواهند کرد. البته اگر نگاهی دقیق‌تر به این آزمایش داشته باشیم، نمک حل شده در آب را نیز به عنوان عامل دیگری در ایجاد این حرکت با استفاده از مفهوم آب ایزی، معرفی می‌نماییم. طبق شکل ۶۳- الف، مشاهده می‌شود که نمک‌های آن سوی غشاء، با آب ایزی، احاطه شده و به دلیل اصل "بارهای همنام یکدیگر را دوست دارند"، تمایل دارند به شکل خوشه، در آمده و بار خالص منفی را از خود به نمایش گذارند. حال، این بار خالص منفی، مسبب جذب بارهای مثبت در سوی دیگر غشاء، شده و جریانی از آب پروتونی (یون‌های هیدرونیوم) را هدایت نموده و بر وجود ساز و کار اسمز، مهر تأیید می‌زند. این تحلیل، نشان می‌دهد که برخلاف آنچه که تصور می‌کنیم، غشاء، عامل اصلی حرکت اسمزی نیست، بلکه عامل اصلی و اساسی در حرکت، نور تابشی فرودی و همچنین، حرکت آب‌های پروتونی (یون‌های هیدرونیوم) خواهند بود. البته اثر غشاء آب‌دوست نیز در تشکیل آب ایزی در نواحی پیرامونی خود را به راحتی نادیده نمی‌گیریم.

¹ EZ Breaches



شکل ۶۳: الف) نمایی شماتیک از رخنه و نفوذ یون‌های هیدرونیوم (آب‌های پروتونی) به لایه‌های آب ایزی و تشکیل خوشه‌هایی از نمک در آن سوی غشاء؛ ب) نمایی واقعی از رخداد نفوذ یون‌های مثبت و حرکت آن‌ها به سمت غشاء.

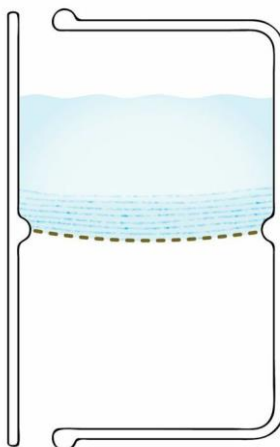
لازم به ذکر است که در حدود یکصد سال پیش، دانشمندی به نام ژاکه لوب^۱، صحبتی از اختلاف پتانسیل در دو سوی غشاء اسمزی، داشته است که نشان‌دهنده همان اختلاف در غلظت آب ایزی و آب پروتونی در دو سوی غشاء اسمزی است که ما هم با استفاده از ایده‌های نوین وابسته به انرژی تابشی فرودی و آب ایزی، بر این موضوع صحه گذاشته‌ایم.

حال، برای درک بهتر تأثیرات بارهای مثبت در دو سمت غشاء، به معرفی آزمایشی دیگر می‌پردازیم. اگر آزمایش آب و آب نمکی که توسط غشایی آب‌دوست از یکدیگر جدا شده‌اند را مجدداً در نظر بگیریم، متوجه وجود حرکتی اسمزی خواهیم شد. حال اگر در این آزمایش، آب نمک را خالی نموده و هوای اطراف را جایگزین آن کنیم، ساز و کار اسمز، حرکتی از آب را به نمایش می‌گذارد؟

پاسخ به این سؤال، منفی است؛ یعنی، حرکتی از آب در این آزمایش، مشاهده نخواهد شد. نظریه‌های رایج، پاسخی قانع‌کننده برای عدم حرکت ندارند ولی اگر به مفهوم آب ایزی، رجوع کنیم، پاسخی متقن، برای آن می‌یابیم. برای درک بهتر این موضوع، حتی، نمونه‌ی موردنظر را به طور قائم قرار می‌دهیم تا نیروی جاذبه‌ی گرانشی نیز در ریزش آب به ناحیه‌ی خالی کمک نماید. در این حالت نیز علی‌رغم سوراخ‌های بسیار ریز موجود در غشاء، اثری از جریان و حرکت آب، مشاهده نخواهیم کرد. همان‌طور که می‌دانیم، در پیرامون غشاء، آب ایزی، ایجاد و پروتون‌های پیرامون آن نیز تشکیل می‌شوند. در این مورد، به دلیل آن‌که در بخش دوم، آبی وجود ندارد، انتظار تشکیل آب ایزی را نخواهیم داشت و عملاً غلظت

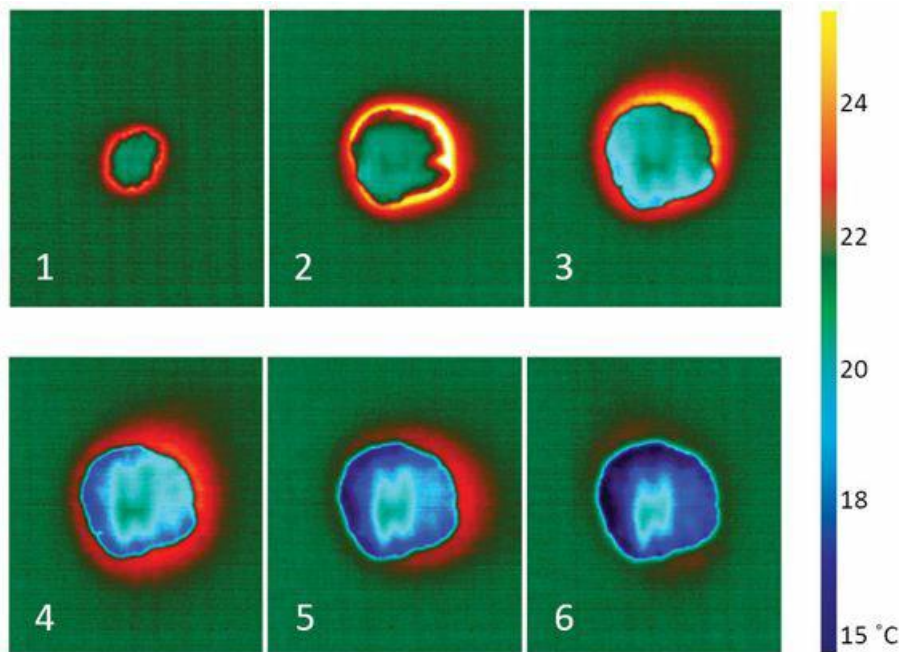
¹ Jacques Loeb

پروتون‌ها، صفر خواهد بود. از این‌رو، راهی برای حرکت پروتون‌ها، به‌وجود نمی‌آید تا آب پروتونی به‌سوی دیگر غشاء، رود و عملاً، جریانی نیز رصد نمی‌شود.



شکل ۶۴: عدم نفوذ آب خالص به درون غشاء، به‌دلیل ممانعت آب ایزی از حرکت بارهای مثبت به‌سوی غشاء آب‌دوست.

دیگر آزمایشی که در جهت اثبات وجود آب ایزی و آب پروتونی و نقش آن‌ها در ساز و کار اسمز، به آن اشاره می‌شود، آزمایش قطره‌ی آب فرود آمده روی دستمالی با ساختاری مشبک است که با استفاده از دوربین فروسرخ، لبه‌های قطره‌ی آب، با رنگ قرمز نشان داده شده و این رنگ قرمز، به‌مرور، کاهش یافته و از بین می‌رود (ر.ک. شکل ۶۵). معنای رنگ قرمز، افزایش حرکت‌ها و نوسان‌های بارهای آزاد نسبت به رنگ آبی، است. در این آزمایش، به‌دلیل تشکیل آب ایزی و آب پروتونی، در می‌یابیم که در لبه‌های قطره، پروتون‌ها (یون‌های هیدرونیوم)، قرار گرفته و با نگاه به شش مرحله‌ای که نشان داده شده است، درک می‌کنیم که با پخش قطره‌ی آب، بارهای مثبت نیز حرکتی را تجربه خواهند کرد که دقیقاً همان ساز و کار اسمز را به‌خاطر می‌آورد.



شکل ۶۵: شش مرحله از تصاویر فروسرخ قطره‌ی آبِ بخش‌شده روی سطح مشبک و کاهش سطح مؤثر بارهای مثبت (رنگ قرمز).

در پایان، از نمونه‌هایی همچون، سلول‌ها، ژله‌های خوراکی و پوشاک نوزادان^۱، نام می‌بریم که از اصول و ساز و کار اسمز، تبعیت می‌کنند.

برخی نقش‌های کلیدی آب پروتونی در زندگی روزمره

به آب پروتونی تا به حال وظایف و نقش‌های مختلفی را نسبت داده‌ایم. در این بخش، قصد داریم، با گردآوری و جمع‌آوری نقش‌های مهم و کلیدی بخش پروتونی ایده‌ی آب ایزی، به اهمیت بیش‌تر آن پی ببریم. یکی از ویژگی‌های برجسته‌ی آب، کاستن از اصطکاک در سطوح زیر و حتی به‌ظاهر نرم است. تجربه‌ی زمین‌های خیس، یکی از تجربه‌های روزانه‌ی ما در سال‌های کودکی و نوجوانی است یا حتی احساس لیز شدن سطوح، به‌دلیل بارش باران، در حین رانندگی و مثال‌هایی از این دست. اصطکاک به نیرویی اطلاق می‌شود که عامل

^۱ Diapers

مخالفت با حرکت است و در دیدگاه میکروسکوپی (کوچک مقیاس)، تقریباً هیچ سطحی، صاف و صیقلی نخواهد بود، حتی اگر در ظاهر صاف و نرم، به نظر آید.

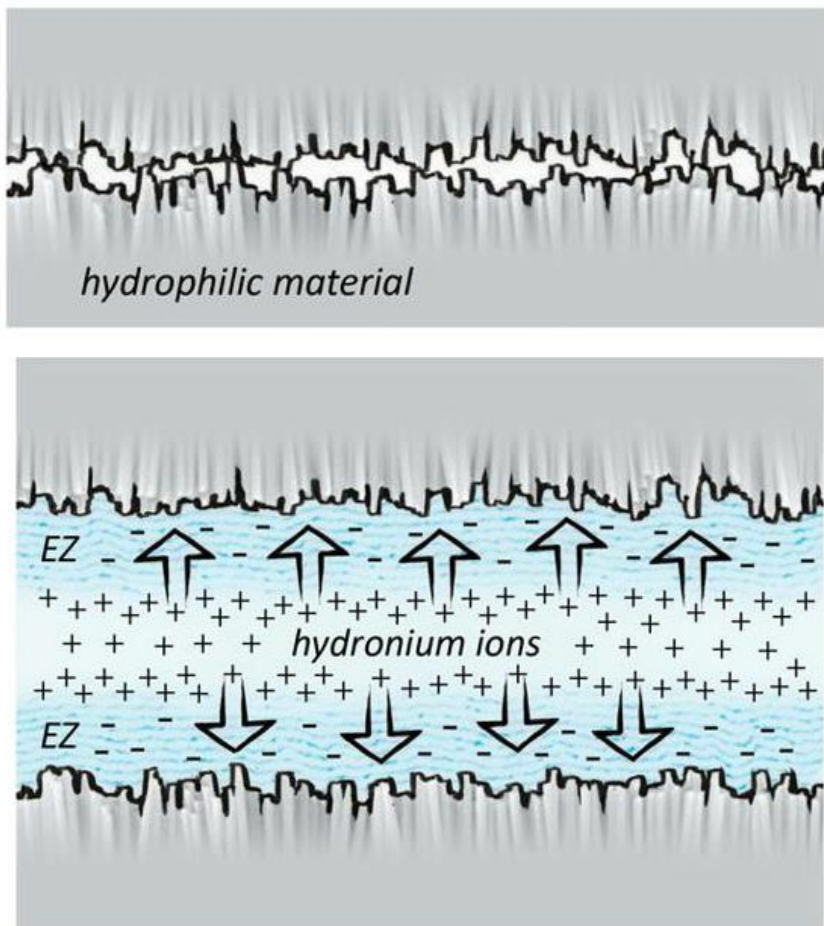
با مشاهده‌ی چنین سطوحی در زیر ابزارآلاتی همچون میکروسکوپ، صیقلی نبودن آن‌ها به راحتی آشکار شده و پستی‌ها و بلندی‌های متعدد آن‌ها نیز قابل رصد هستند. حال، فرض کنید که دو سطح به ظاهر صیقلی و صاف، اگر روی یکدیگر قرار گیرند و حرکت کنند (همانند حرکت کف دست‌ها روی یکدیگر)، آن‌گاه، این پستی‌ها و بلندی‌های متعدد در دو سطح مورد نظر، با یکدیگر تماس یافته و سبب اختلال در حرکت می‌شوند. این اختلال، می‌تواند بسیار کوچک باشد، به طوری که از حرکت، ممانعت نکند (نیروهای اصطکاک کوچک) و نیز می‌تواند آن‌چنان بزرگ باشد که مانع حرکت اجسام روی یکدیگر شود (نیروهای اصطکاک بسیار بزرگ). می‌دانیم، نیروی اصطکاک از انواع نیروهای اتلافی در طبیعت است و این نیرو، در مواردی که ما با آن‌ها سر و کار داریم، خود را با کاهش سرعت (تندی) حرکت، تولید صداهای جیغ‌مانند و ایجاد گرما، نمایان می‌سازد. از این‌رو، انسان‌ها برای کاهش اصطکاک در بین اجسام، ترفندی قدیمی را به کار می‌بندند ولی توجیه و تفسیری دقیق، برای آن ندارند. این ترفند، ریختن آب در بین دو سطح است.

از تجربیات روزمره نیز به این نتیجه رسیده‌ایم که آب، سطوحی با اصطکاک کم‌تر را برایمان فراهم می‌آورد. به نوعی، آب، اولین ماده برای کاهش اصطکاک، به کار رفته است و پس از آن، روغن‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند (حتی در زبان فارسی، به چنین عملی، روغن‌کاری^۱ سطوح می‌گویند!).

با سرازیر نمودن آب به محیط میانی دو سطح، اصطکاک، به مراتب کاهش می‌یابد. طبق شکل ۶۶، در می‌یابیم که با ورود آب، به دلایلی که می‌دانیم، آب ایزی در پیرامون هر دو سطح آب‌دوست، تشکیل شده و آب‌های پروتونی نیز در مجاورت آن قرار می‌گیرند. دافعه‌ی الکترواستاتیکی بین پروتون‌ها (بارهای مثبت)، دو سطح را از هم دور کرده و کاهش برخورد پستی‌ها و بلندی‌های موجود در دو سطح را سبب شده و در نتیجه، کاهش اصطکاک را تجربه خواهند کرد؛ بنابراین، نظریه‌ی آب ایزی یا همان فاز چهارم آب، تفسیری بسیار ساده

^۱ Lubrication

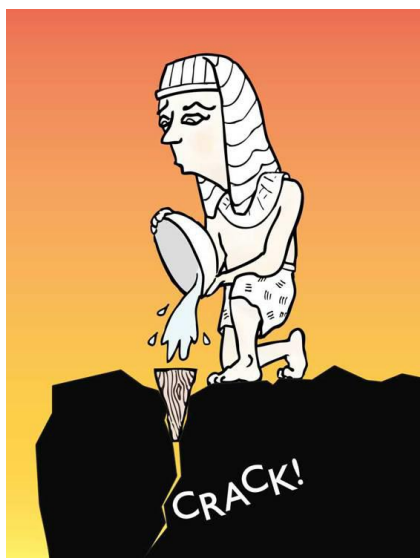
و قابل فهم، با استفاده از ویژگی‌های آب پروتونی، برای کاهش اصطکاک بین سطوح، ارائه می‌دهد.



شکل ۶۶: الف) دو سطح آب دوست با پستی و بلندی‌های میکروسکوپی، ب) آب در میانه‌ی دو سطح و تبدیل آن به آب ایزی و یون‌های مثبت هیدرونیوم (دافعه‌ی الکترواستاتیکی، سبب فاصله گرفتن دو سطح، از هم شده و اصطکاک به حداقل می‌رسد).

با چنین دیدگاهی، بی‌صدا بودن حرکت مفاصل در بدن موجودات زنده، به کاهش اصطکاک در بین آن‌ها نسبت داده می‌شود و این کاهش اصطکاک، به حضور آب پروتونی و آب ایزی، در محیط بین مفاصل و نقش اساسی غضروف‌ها در تشکیل آن‌ها، اشاره دارد.

از دیگر ویژگی‌ها و کاربردهایی که مصریان باستان از آن برای خُرد کردن صخره‌ها و سنگ‌های بزرگ استفاده می‌نمودند، روشی است که در شکل ۶۷ دیده می‌شود. آن‌ها، با قرار دادن گُوه‌ای^۱ سه‌گوش مانند، در شکافی کوچک و جاری نمودن آب در آن شکاف، بعد از مدتی، می‌توانستند سنگ را خُرد و از آن استفاده نمایند. در طبیعت نیز چنین اتفاقی را مشاهده می‌نماییم، از جمله، نفوذ ریشه‌های برخی از گیاهان و درختان به درون سنگ‌ها و سست نمودن آن‌ها.



شکل ۶۷: قرار دادن جسمی تیز همانند گوه و جاری ساختن آب درون ترک‌های روی سنگ یا صخره.

دلیل این شکستگی با وجود سختی بالای سنگ‌ها، چیست؟

پاسخ، حضور آب‌های پروتونی است. بعد از تشکیل آب ایزی در شکافی از سنگ، آب پروتونی نیز در پیرامون آن تشکیل و به دلیل همان نیروی دافعه‌ی الکترواستاتیکی، باعث جدایی دو قطعه از هم شده و قطعات سنگ‌های بسیار سخت با آب به‌ظاهر نرم و لطیف، از هم جدا شده و مقاومت خود را در برابر آب، از دست می‌دهند.

آب، واقعاً موجود عجیبی است!!!

¹ Wedge

دیگر مثال، لیز و لغزنده بودن یخ است. برخی افراد، تجربه‌ی استفاده از اسکیت‌های روی یخ را دارند و تجربه کرده‌اند که یخ، به دلیل لیزی و لغزندگی خود، باعث می‌شود تا ورزشکار، به تجربیات جذاب و هیجان‌انگیزی، دست یابد. این لیز بودن، چگونه توجیه می‌شود؟

یکی از سؤالاتی که هنوز به آن پاسخی دقیق و همه‌پسند در حوزه‌ی آب، به آن داده نشده است، همین چرایی لیزی و لغزندگی یخ‌ها است.

مایکل فارادی^۱ دانشمند انگلیسی قرن نوزدهم میلادی، فکر می‌کرد که لایه‌ی بسیار بسیار نازکی از آب، روی یخ قرار می‌گیرد و باعث لیز شدن یخ می‌شود. جالب است که ما هم به این نتیجه دست یافته‌ایم.

آب مایع، چگونه روی یخ قرار گرفته است؟

چرا این لایه‌ی نازک از آب، تبدیل به یخ نمی‌شود؟

مگر آب، خاصیت لغزندگی و لیزی بیشتری دارد که روی یخ قرار می‌گیرد تا به یخ، کمک کند؟



شکل ۶۸: تشکیل لایه‌هایی از آب ایزی در سطح یخ و آب پروتونی (یون‌های هیدرونیوم) روی آن‌ها.

در پاسخ، بایستی دلیل آن را به حضور آب ایزی، نسبت داد. روی لایه‌های یخ، لایه‌هایی از آب ایزی، تشکیل شده و این لایه‌ها نیز پروتون‌ها را از خود، خارج و بارهای مثبت در

^۱ Michael Faraday

آخرین لایه و در مرز بین هوا و یخ، قرار می‌گیرند. مطابق با شکل ۶۸، اگر اسکیت‌بازی روی یخ قرار گیرد، اصطکاک کمی را احساس خواهد کرد. دلیل آن، وجود تعداد زیادی از بارهای مثبت است که به یکدیگر نیروی دافعه، وارد نموده و از هم فاصله گرفته و مانعی برای برخورد مستقیم تیغه‌های اسکیت، با یخ و آب ایزی می‌شوند. این ممانعت، کاهش اصطکاک را در بر خواهد داشت.

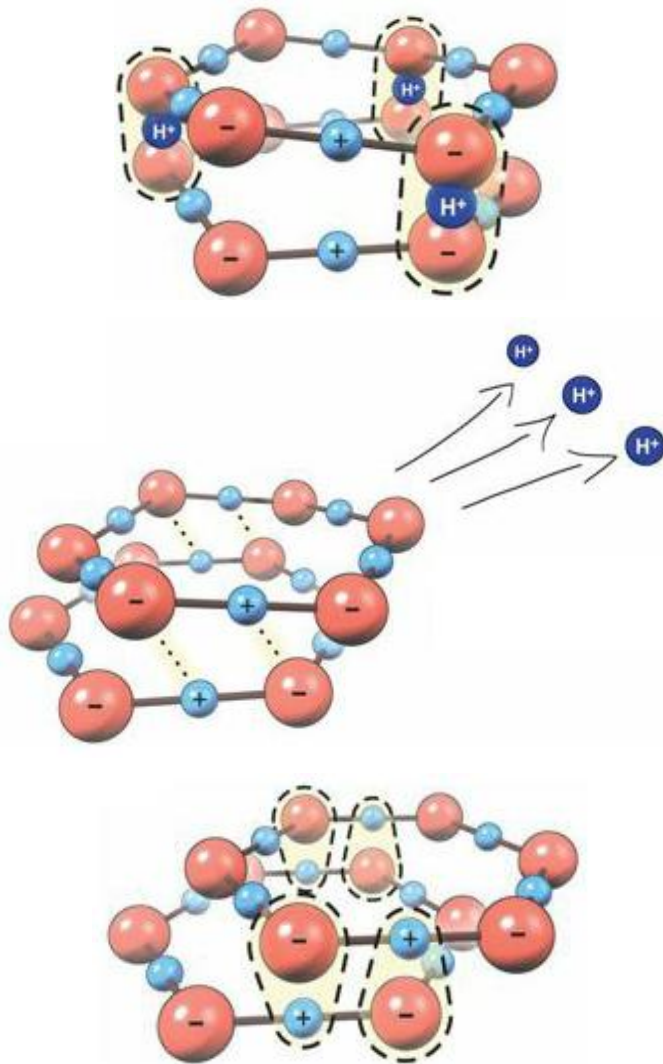
البته، لازم است مجدداً اشاره‌ای شود که ساختارهای بلوری و شبکه‌ای یخ و آب ایزی، ساختارهایی به‌ظاهر مشابه هستند. پیش‌تر هم بیان شد که یخ در لایه‌های خود، یون‌های هیدروژن (پروتون‌ها) را جای می‌دهد و برای گذار از بلور یخ به آب ایزی، این پروتون‌ها، جایگاه خود را ترک نموده و به‌نوعی، آزاد شده و عامل تشکیل یون‌های هیدرونیوم و در نتیجه، آب پروتونی می‌شوند. فرایند گذار، در مجموعه‌ی اشکال شکل ۶۹، قابل مشاهده است.

طبق شکل ۶۹ و تجربه‌ی اسکیت‌بازان، می‌دانیم، اسکیت، به‌دلیل دو تیغه‌ی نازکی که دارد، فشار زیادی را بر یخ تحمیل می‌کند و این فشار و نیروی بزرگ، باعث می‌شود تا پروتون‌های بیش‌تری در مرز مشترک هوا و یخ، انباشته شده و به لیزتر شدن سطح یخی کمک کنند.

اگر به‌دلیل تبخیر، پروتون‌های مرزی، یخ‌ها را ترک کنند، آن‌گاه، بالاترین سطح یخ، پروتون‌ها و بارهای مثبت نخواهند بود و لایه‌های آب ایزی با بار منفی، در مجاورت و هم-مرزی با هوا قرار می‌گیرند. در این صورت، انگشت‌ها و به‌طور کلی، پوست انگشت‌ها، پاها و یا زبان ما، به‌دلیل خاصیت القای بارهای ناهمنام، به یخ می‌چسبند. احتمالاً خیلی‌ها چنین تجربه‌ای را داشته‌اند!

به‌طور کل، وجود یا عدم وجود پروتون‌های سطحی در یخ، دو اثر مغایر هم را شامل می‌شوند: خیلی لیز و لغزنده بودن یخ و دیگری، چسبناک بودن یخ.

بنابراین، با حضور پروتون‌های سطحی، یخ، به ماده‌ای لیز و لغزنده تبدیل می‌شود ولی با تبخیر پروتون‌های سطحی و در نتیجه، عدم حضور آن‌ها، چسبندگی زیادی را از خود به نمایش می‌گذارند!

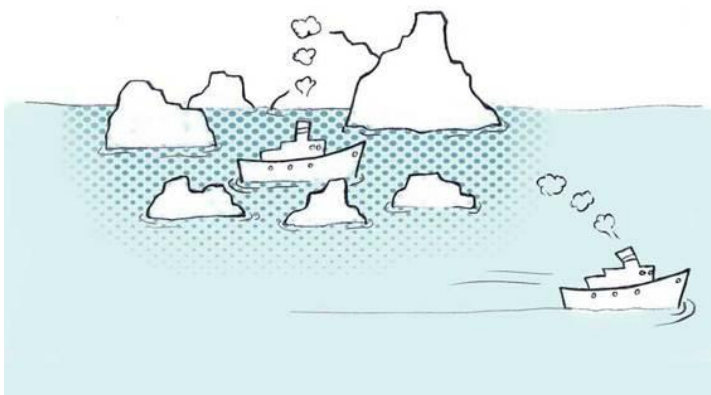


شکل ۶۹: الف) ساختار بلوری یخ، ب) جدا شدن پروتون‌ها از ساختار یخ، پ) حرکت جزئی لایه‌های شش‌ضلعی روی یکدیگر و قرارگیری بارهای ناهمنام در بالای سر هم و تشکیل ساختار آب ایزی.

یکی از تجربیاتی که ملوان‌ها در نواحی سردسیر و قطبی دارند، حرکت از بین کوه‌های یخِ عظیم قطبی است. ملوان‌هایی که کشتی‌های خود را از درون اجتماعی از کوه‌های یخی می‌گذرانند، همیشه به گُندی حرکت کشتی‌ها و صرف انرژی بیش‌تر، اعتراف می‌کنند ولی

کشتی‌هایی که از کنار این یخ‌ها و با فاصله‌ای مناسب، در حرکت هستند، چنین تجربه‌ای، نداشته‌اند. دلیل این موضوع چیست؟

دلیل آن را در حضور آب ایزی و آب پروتونی پیرامون کوه‌های یخی^۱، جستجو می‌کنیم. می‌دانیم، یخ‌هایی که در حال آب‌شدن هستند، مقداری از آب‌های ایزی و آب پروتونی را به درون آب اقیانوس، ریخته و گرانیوزی آب اقیانوس را در آن ناحیه، بالا می‌برند. چون می‌دانیم، آب‌های ایزی، چگال‌تر و ویسکوزتر (گرانیوزی بالاتر) از آب‌های اقیانوسی هستند.



شکل ۷۰: حرکت کشتی‌ها از بین کوه‌های یخی در حال ذوب، به‌سختی انجام می‌شود.

دیگر خواص جذاب آب‌های پروتونی، بهره‌گیری از آن‌ها در باتری‌های آبی است که در بخش مربوط به باتری آبی، به تبیین اثرات و ویژگی‌های آن‌ها، پرداختیم.

ویژگی کاتالیزستی^۲، از دیگر ویژگی‌های آب‌های ایزی و پروتونی است. به‌طورکل، کاتالیزگرها^۳ باعث می‌شوند تا واکنش‌های شیمیایی، سرعت گرفته و در مدت‌زمان کوتاه‌تری به نتیجه برسند. اسیدها، به‌عنوان یکی از کاتالیزگرهای مورد علاقه، دارای بارهای مثبت بی-شماری هستند؛ بنابراین، ترفند استفاده از سطوح آب‌دوست و تشکیل آب ایزی و آب پروتونی نیز کاتالیزگرهای جدیدی را به جامعه‌ی علمی معرفی می‌نماید.

^۱ Iceberg

^۲ Catalyst Properties

^۳ Catalysts

جریان‌های وابسته به بار الکتریکی^۱، از دیگر ویژگی‌های آب‌های پروتونی هستند که پیش‌تر در مورد آن‌ها و در بخش‌های قبل، توضیحاتی داده شده است. مثال‌هایی مثل جریان دائمی آب‌های پروتونی در لوله‌ای باریک و آب‌دوست، جریان‌های دایره‌ای شکل در پیرامون مُهره‌ی آب‌دوست و ایجاد جریانی از آب در حفره‌ای بسیار ریز در سطح آب‌دوست را بررسی و تحلیل نموده‌ایم. در همه‌ی این موارد، آب پروتونی، دافعه‌ی الکترواستاتیکی بین آن‌ها و گرادیان بارهای مثبت (یون‌های هیدرونیوم)، از عوامل تأثیرگذار در این زمینه، ذکر شده‌اند.

حباب و قطره

حباب و قطره، از اشکال مختلف آب هستند که در طبیعت به‌وفور یافت می‌شوند. می‌دانیم، حباب، از لایه‌ای آبی، تشکیل شده و از درون، توخالی است. توخالی بودن، به‌معنای وجود گاز در حباب‌ها است؛ اما قطره‌ی آب، به‌طور کلی، از آب، پدید آمده است. سؤالی که مطرح می‌شود این است که در واقع، قطره و حباب چگونه شکل می‌گیرند؟ چرا هر دو، کروی‌شکل هستند؟ حباب‌ها در داخل و سطح آب دیده می‌شوند، آیا قطره‌های آب هم به این‌گونه هستند؟ و سؤالاتی دیگر.

جالب است بدانیم که اگر به دو نیم‌نمودن قطره یا حبابی، اقدام نماییم، موفق به انجام آن نخواهیم شد و آن‌ها، به شکل ابتدایی خود بر می‌گردند. همچنین، قطره‌ها و حباب‌ها، اغلب، تمایل دارند تا با دیگر قطره‌ها و حباب‌های دیگر، ادغام شده و نمونه‌ای بزرگ‌تر و حجیم‌تر را پدید آورند. آیا ماهیت حباب و قطره، یکی است؟

بله. نتایج تحقیقات در زمینه‌ی ماهیت حباب و قطره، مشخص نموده است که این دو نمونه، گویی از یک خانواده هستند و حتی می‌توان، روند تبدیل آن‌ها به یکدیگر را نیز دنبال نمود^۲. به‌نوعی، با تبخیر موجودی آب در قطره، روند گذار قطره به حباب، تکمیل می‌شود. برای درک بهتر تفاوت‌ها و شباهت‌های حباب و قطره و تشخیص بهتر آن‌ها، بایستی به برخی عوامل که در آینده به آن‌ها اشاره می‌شود، دقت کافی داشت. در ابتدا، با توجه به

^۱ Charge-Driven Flows

^۲ تحقیقات آقای پروفیسور پولاک، مشخص کرده‌اند که قطره و حباب از یک خانواده هستند و از این‌رو، ایشان در کتاب خود، نام Vesicle را برای توضیح هم‌زمان قطره و حباب، آورده است. ولی ما به‌دلیل نیافتن واژه‌ای مناسب در زبان فارسی، از حباب و قطره، به طور هم‌زمان، یاد خواهیم کرد!

شکل ۷۱، تشخیص آن که این نمونه‌ها، قطره هستند یا حباب، بسیار دشوار است. هر دو نمونه، کاملاً شفاف بوده و تشخیص را برای بیننده، دشوار می‌سازند.



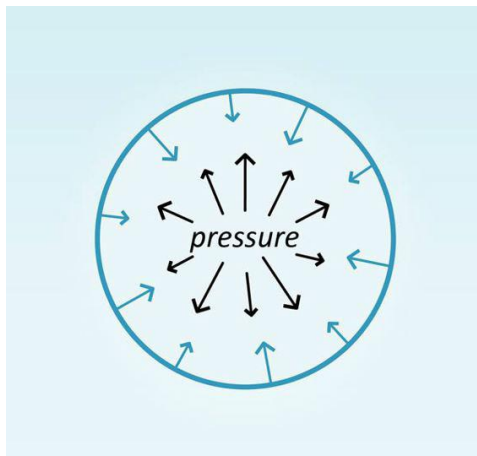
شکل ۷۱: آب روی دیگی داغ، تشخیص حباب یا قطره بودن آن‌ها بسیار دشوار به نظر می‌آید.

مثلاً در قطره‌ی آب، مطابق با شکل ۷۲، دو نیرو در رقابت با یکدیگر هستند. اولی، نیرویی است که از طرف سطح و غشاء خارجی به سمت مرکز، وارد می‌شود و نیروی دیگر، به فشار و نیرویی تعلق دارد که سبب متورم شدن نمونه‌ی قطره می‌شود. ماهیت دقیق نیروی متورم کننده^۱، همچنان در هاله‌ای از ابهام است ولی دانشمندان، متفق‌القول اظهار داشته‌اند که رقابت بین این دو نیرو و حالت تعادلی پدید آمده‌ی بین آن‌ها، عامل ثبات و همچنین، کروی بودن قطره‌های آب است.

ماهیت دقیق این فشار متورم کننده در قطره‌های آب چیست؟

با استفاده از مفهوم آب ایزی، به ماهیت دقیق آن پی می‌بریم. اثبات شده است، در قطره‌های آب، لایه‌ای از آب ایزی در مرز قطره با محیط خارجی، تشکیل شده و پروتون‌های آن‌ها نیز به درون قطره، نقل مکان می‌کنند. این پروتون‌ها، به دلیل نیروی دافعه‌ی الکترواستاتیکی خود، فشار و نیروی متورم کننده‌ای را درون قطره‌ی آب ایجاد می‌کنند.

^۱ Distending Force

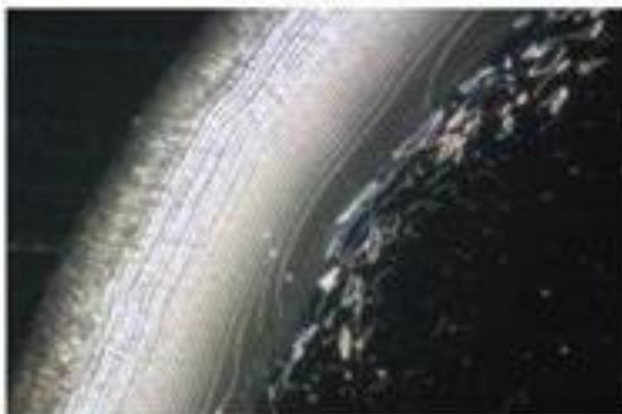
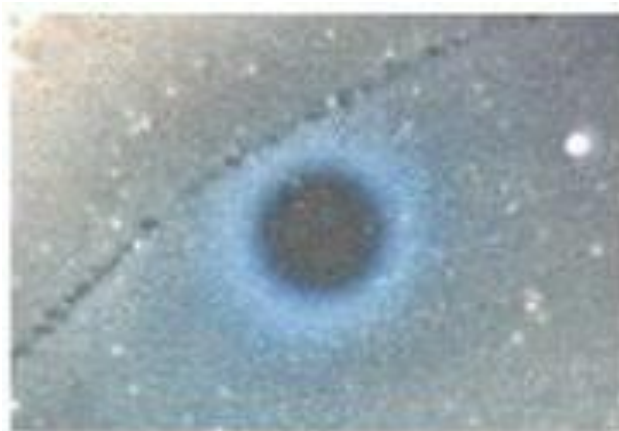


شکل ۷۲: رقابت و تعادل بین دو نیروی منقبض‌کننده (حاصل از سطح) و متورم‌کننده (حاصل از بارهای مثبت) به کروی شدن قطره‌ی آب، می‌انجامد.

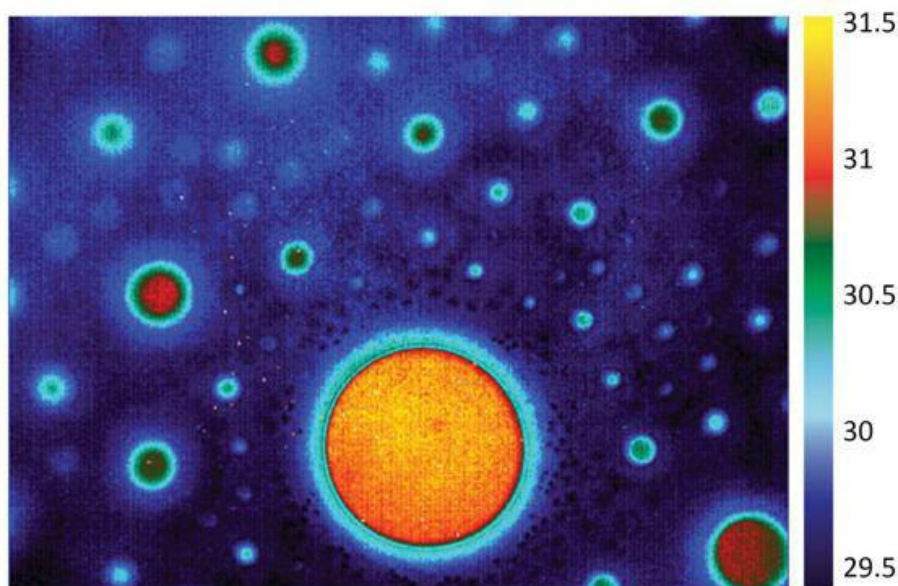
در جهت اثبات حضور آب ایزی در قطره‌های آب، محققان به طراحی چندین آزمایش، اقدام نموده و به این نتیجه دست یافته‌اند که در واقع، آب‌های ایزی و پروتونی، نقشی انکارناپذیر در شکل‌دهی و ماهیتِ قطره‌ی آب، دارند. از جمله‌ی این آزمایش‌ها، مشاهده‌ی قله‌ی جذب ۲۷۰ نانومتری و نیز لایه‌های نمایان‌شده در قطره‌های خشک‌شده و مشاهده‌ی آن‌ها در زیر میکروسکوپ‌های میدان تاریک^۱ است (همانند شکل ۷۳). با آن‌که فواصل این لایه‌ها، چند برابر، بزرگ‌تر از لایه‌های مولکولی آب ایزی است، اما نمایش لایه‌ای شدن در کناره‌های قطره، به‌نوعی، یادآور آب ایزی خواهد بود.

در مورد حباب‌ها نیز چنین استدلال‌هایی را می‌توان مطرح نمود و به اثبات وجود لایه‌های ایزی در حباب‌ها، پرداخت. مطابق شکل ۷۴، با نمایش حباب‌ها و تصاویر فروسرخ، به این نتیجه می‌رسیم که غشاء و لایه‌ی خارجی حباب، به‌دلیل حضور آب ایزی با دماهای پایین‌تری (نواری مشکی‌رنگ حول حباب کروی‌شکل)، نسبت به محیط درونی آن (نارنجی-رنگ) نمایش داده می‌شوند. در نتیجه، در درون این حباب‌ها، پروتون‌ها و بارهای مثبت، نهفته‌اند که این تصویر، اثبات‌کننده‌ی کاربرد ایده‌ی آب ایزی در شناخت حباب‌ها و حضور پروتون‌ها و یون‌های هیدرونیوم در محیط درونی حباب، است.

^۱ Dark-Field Microscopes



شکل ۷۳: نمایش قطره‌ی خشک‌شده در زیر میکروسکوپ میدان تاریک و اثبات لایه‌ای شدن نواحی مرزی. الف) قطره‌ی آب چشمه، ب) قطره‌ی آب حاصل از فرایندهای هومئوپاتیک، پ) قطره‌ی شب‌نم.



شکل ۷۴: حباب‌ها در تصاویر فرسرخ. نوار باریکِ مشکی‌رنگ (پیرامون حبابِ کروی‌شکل)، نشان از حضور آب ایزی و قسمت‌های داخلی حباب با رنگِ نارنجی، به حضور یون‌های آزاد هیدرونیوم (بارهای مثبت) اشاره دارند.

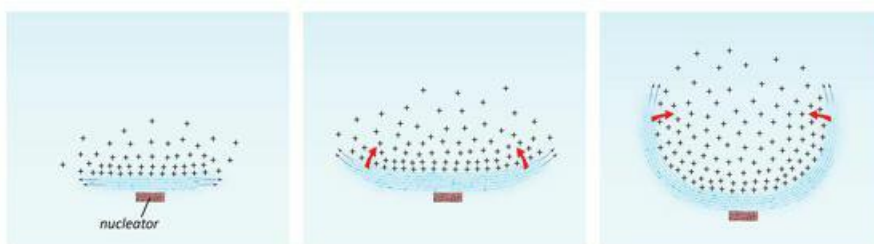
از آنجا که حباب‌ها، توسط لایه‌های آب ایزی پدید آمده‌اند، می‌توان اصل "بارهای همنام یکدیگر را دوست دارند" را نیز برای آن در نظر گرفته و به عبارتی، روند ادغام چند حباب را با استفاده از این اصل، پیگیری و تحلیل کرد؛ همچنین، برای کاهش روند ادغام و ترکیب حباب‌ها، از نمک برای از بین بردن اثرات آب ایزی، استفاده و این روند را قطع می‌نماییم. در ضمن، جذب حباب‌ها به سمت نور فرودی، دیگر ثمره‌ی بهره‌گیری از آب ایزی در تولید حباب‌ها است.

گذار قطره به حباب

در بخش پیش، دریافتیم که دو نمونه‌ی حباب و قطره‌ی آب، از نژاد و تباری یکسان هستند و حتی به راحتی، به یکدیگر تبدیل می‌شوند. حباب‌ها از گاز ولی قطره‌ها از آب، در محیط داخلی خود بهره می‌برند. در این مورد، لایه‌ای از آب ایزی، به عنوان پوشش و غلافی^۱، این نمونه‌ها را در برگرفته و پروتون‌ها و یون‌های مثبت هیدرونیوم نیز در داخل نمونه‌ی

^۱ Sheath

کروی، حضور دارند. در روند گذار از قطره به حباب، دو گام اساسی، مدنظر است. اولین گام، تشکیل قطره و شکل‌گیری پوششی از لایه‌های ایزی در حول آن و در گام دوم، روند تبدیل فاز مایع درون قطره به فاز گاز و در نهایت، گذار قطره به حباب^۱. در گام اول، تشکیل لایه‌های آب ایزی و به‌طور کلی، تشکیل قطره را تحلیل می‌نماییم. برای ساخت قطره‌ای از آب، بایستی از سطحی آب‌دوست کمک گرفت. سطح آب‌دوست (مثل ظرفی شیشه‌ای)، توانایی شکل‌دهی به پوششی از لایه‌های آب ایزی را دارد. مطابق شکل ۷۵، روند تولد قطره، در سه مرحله‌ی حیاتی، بررسی می‌شود.

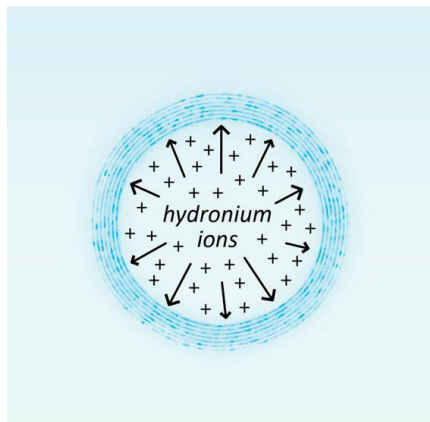


شکل ۷۵: روند تشکیل قطره‌ی آب در مجاورت با سطحی آب‌دوست (از چپ به راست).

طبق شکل ۷۵، به‌دلیل حضور سطح آب‌دوست، انتظار تشکیل لایه‌هایی از آب ایزی را خواهیم داشت و بلافاصله، پروتون‌های جدا شده از ساختار، به یون‌های هیدرونیوم تبدیل می‌شوند. در مرحله‌ی دوم، به‌دلیل نیروی جاذبه‌ای که بین لایه‌های ایزی با بار الکتریکی منفی و یون‌های مثبت هیدرونیوم برقرار است، انحنایی^۲ در لایه‌های ایزی، ایجاد شده و در مرحله‌ی سوم، انحنای حاصل، توانایی کروی کردن شکل یک قطره را خواهد داشت. لازم به ذکر است که در حین انجام چنین عملی، تعدادی از یون‌های مثبت هیدرونیوم به‌دلیل دافعه‌ای که از آن‌ها سراغ داریم، از محدوده‌ی موردنظر، فرار کرده و مابقی آن‌ها در قطره‌ی کروی شکل، حبس می‌شوند. حال، دافعه‌ی بارهای مثبت محبوس، نیرو و فشار متورم‌کننده-ای را به لایه‌های ایزی اعمال می‌نماید تا زمانی که نیروهای منقبض‌کننده و متورم‌کننده، یکدیگر را خنثی و به حالت تعادلی برسند.

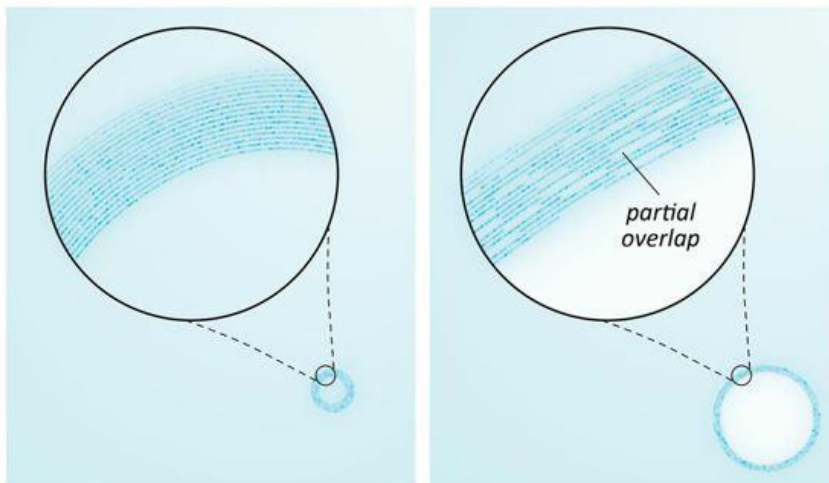
^۱ Droplet-to-Bubble Transition

^۲ Deflection



شکل ۷۶: یون‌های هیدرونیوم در تقابل با نیروی منقبض‌کننده‌ی سطح، نیرویی از جنس دافعه‌ی الکترواستاتیکی، مهیا و به کروی بودن قطره کمک می‌کند.

در طی این روند به ظاهر پیچیده، قطره‌ی آب، شکلی کروی را به خود خواهد گرفت. همچنین، بارهای مثبت باقی‌مانده، مقادیر کم‌تری نسبت به بارهای منفی لایه‌های ایزی، خواهند داشت و در نتیجه، بار الکتریکی خالص یک قطره‌ی آب، منفی خواهد شد.



شکل ۷۷: افزایش حجم قطره و هم‌پوشانی جزئی لایه‌های ایزی.

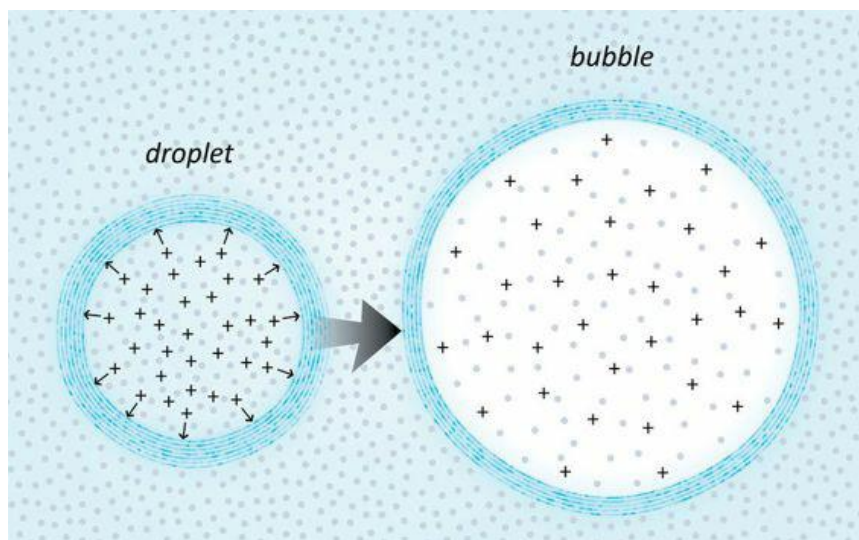
در ادامه، به تشریح روند گذار قطره به حباب، می‌پردازیم. در این حالت، با افزایش تابش نور فرودی و جذب آن، لایه‌های ایزی بیش‌تری تولید و افزایش یون‌های هیدرونیوم را خواهیم داشت. در این صورت، حجم قطره، افزایش یافته و لایه‌های آب ایزی را فشرده می-

سازند. در این حالت، برخی از لایه‌های ایزی، متحمل هم‌پوشانی‌های جزئی^۱ و غیر قابل-کنترلی شده و سپس، با یکدیگر ادغام می‌شوند.

از ترمودینامیک آب می‌دانیم، با افزایش فشار بر بخار آب، بخار به آب مایع (حتی در دمایی غیر از دمای گذار فاز بخار آب به آب مایع) و بالعکس، با کاهش فشار، آب مایع به بخار آب، تبدیل می‌شوند. مطابق با شکل ۷۸، با افزایش حجم قطره‌ی آب، فاصله‌ی یون‌های هیدرونیوم از یکدیگر، افزایش یافته و در نتیجه، مولکول‌های آب درون قطره، فشار کم‌تری را نسبت به قبل، احساس می‌کنند. در این حالت، آب مایع، مستعد تبدیل و گذار به فاز گاز و بخار است. با این شیوه، به روند گذار قطره به حباب، دست می‌یابیم.

سؤالی که در این قسمت می‌پرسیم این است که آیا واقعاً درون حباب‌های آب، پروتون‌ها و یون‌های هیدرونیوم، قرار گرفته‌اند؟

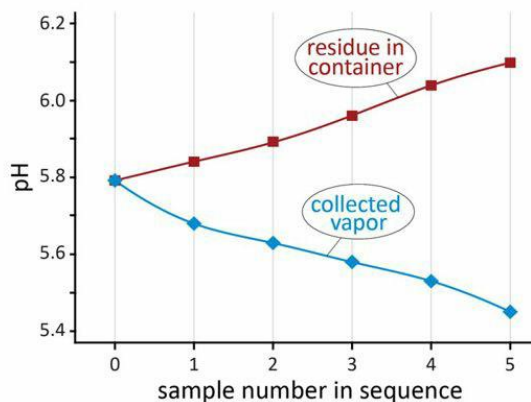
به این پرسش در بخش قبل نیز پاسخ داده‌ایم و در آنجا از تصاویر فرسرخ، به‌عنوان نمونه‌ای از آزمون‌های عملی در جهت اثبات این موضوع استفاده نموده‌ایم. در این بخش نیز به دو آزمایش دیگر اشاره خواهد شد تا روند اثباتی دقیق‌تری از این موضوع را پیگیری کنیم.



شکل ۷۸: گذار قطره به حباب. با افزایش حجم قطره، مولکول‌های آب آن، فشار کم‌تری را متحمل و به بخار آب تبدیل می‌شوند.

^۱ Partial Overlaps

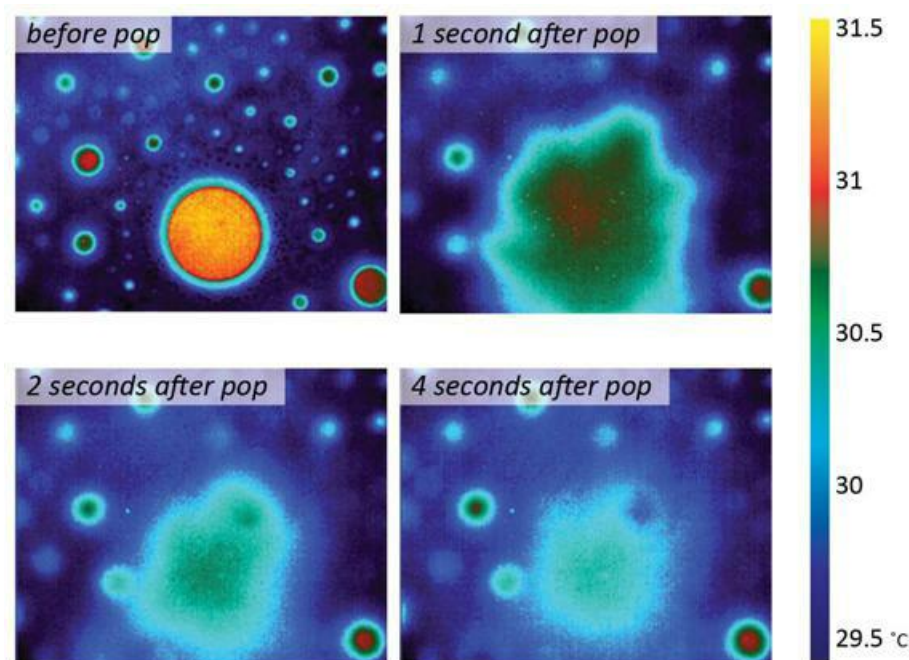
آزمایش ساده‌ای که می‌توان تصور کرد، آزمایش جمع‌آوری آب تبخیر شده است. در حین جوش آمدن آب، حباب‌هایی از درون آب به سمت سطح آن، آمده و در آنجا منبسط شده و سرانجام، می‌ترکند. با ترفندی ساده، بخار آب را جمع‌آوری و مجدداً به آب مایع، تبدیل می‌نماییم. آزمایش pH سنجی، مشخص می‌کند که آب استحصال‌شده از بخار آب و نمونه‌ی آب اصلی، به ترتیب، دچار کاهش و افزایش مقدار pH می‌شوند (به ترتیب، نمودارهای آبی‌رنگ و قرمز رنگ در شکل ۷۹). کاهش میزان pH ، نشان‌دهنده‌ی افزایش بارهای مثبت در نمونه است. با این حساب، در می‌یابیم که درون بخار آب، مقادیر بسیار زیادی از یون‌های هیدرونیوم و پروتون، تجمع یافته‌اند. از آنجا که در فرایند تبخیر، حباب‌ها تشکیل و سپس، می‌ترکند، نتیجه می‌گیریم که بارهای الکتریکی مثبت، از محتویات اصلی و تعیین‌کننده‌ی درون حباب‌ها هستند. شکل ۷۹، روند کاهشی میزان pH در نمونه‌ی آب استحصال‌شده از بخار آب را نمایش می‌دهد و افزایش pH در نمونه‌ی آب اصلی نیز قابل مشاهده است. افزایش pH آب اصلی هم از کاهش بارهای مثبت، خبر می‌دهد. در مجموع، در می‌یابیم که درون حباب‌ها، از بارهای مثبتی همانند یون‌های هیدرونیوم، پُر شده است.



شکل ۷۹: نمودار تغییرات pH برحسب تعداد دفعات استحصال آب از آب تبخیر شده.

دیگر آزمایش، استفاده از تصاویر فروسرخ در حین انفجار و ترکیدن حبابی از آب، است. طبق این تصاویر، میزان یون‌های هیدرونیوم متحرک، با ترکیدن حباب، به‌مرور زمان، کاهش یافته و بارهای مثبت درون حباب، پخش می‌شوند. این آزمایش نیز اثبات‌کننده‌ی حضور بارهای مثبت (مثل یون‌های هیدرونیوم) درون حباب‌های آبی است.

در مجموع، حضور یون‌های هیدرونیوم و بارهای مثبت، هم برای کروی‌ماندن حباب‌ها و قطره‌ها الزامی است و هم برای گذار قطره به حباب!



شکل ۸۰: تصاویر فروسرخ از لحظه‌ی مرگ و انفجار حباب. رنگ‌ها و بخش آن‌ها، حضور یون‌های هیدرونیوم درون حباب را آشکار می‌کنند.

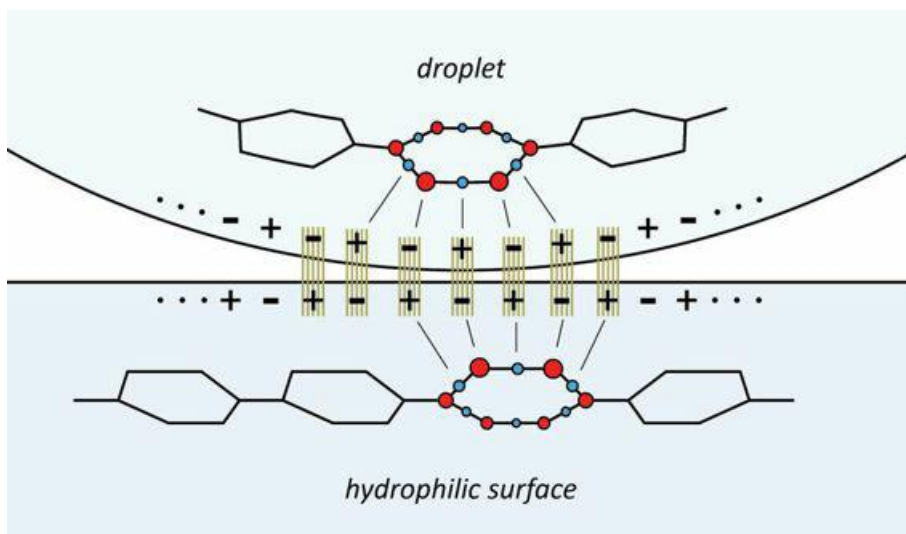
ساز و کار زیپ‌کردن قطره‌ها یا حباب‌ها به یکدیگر

برای ترکیب^۱ قطره‌ها و حباب‌ها با یکدیگر و نیز ادغام آن‌ها با سطوحی آب‌دوست، ساز و کاری توسط دانشمندان، معرفی شده است که حباب‌ها و قطره‌ها از آن، پیروی می‌کنند. ساز و کار زیپ‌کردن^۲ قطره‌ها یا حباب‌ها، ساز و کاری است که به گیرانداختن بارهای ناهمنام و چفت کردن لایه‌های آب ایزی دو نمونه‌ی مجاور، اشاره دارد. با بهره‌مندی از این ساز و کار، حباب‌ها و قطره‌ها، به واحدهای بزرگ‌تری تبدیل و به روند تکاملی خود، ادامه می‌دهند. در بررسی و تحلیل این ساز و کار، دو حالت را مرور خواهیم نمود: زیپ‌شدن قطره با سطحی آب‌دوست و دیگری، زیپ‌شدن قطره‌ها یا حباب‌ها با یکدیگر.

^۱ Fusion

^۲ Zipping (Zippering) Mechanism

ابتدا به شرح ساز و کار زیپ‌شدن قطره با سطحی آب‌دوست، می‌پردازیم. در این روش، سطح آب‌دوست، به دلیل رطوبت موجود در هوای اطراف، برخی از مولکول‌های آب را از محیط، جذب و آن‌ها را به لایه‌ای ایزی در سطح خارجی خود، تبدیل می‌نماید. در این صورت، لایه‌ای نازک از رطوبت هوا (آب ایزی)، در سطح خارجی سطح آب‌دوست، پدید آمده و این لایه، با ساز و کار زیپ‌کردن، با قطره‌ای، برهم‌کنش خواهد داشت و آن را به سمت خود، جذب می‌کند.

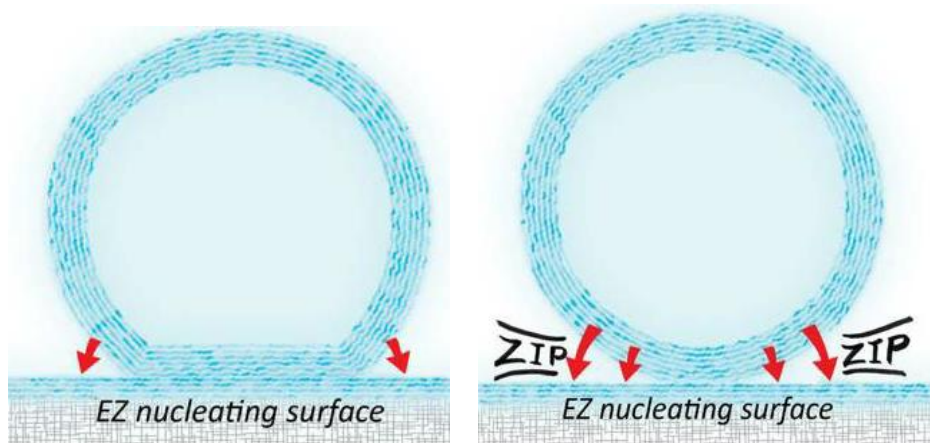


شکل ۸۱: زیپ‌شدن لایه‌های ایزی در سطوح آب‌دوست و قطره‌ی آب. نقش پررنگ جاذبه‌ی الکترواستاتیکی، به خوبی قابل مشاهده است.

مطابق با شکل ۸۱، اگر قطره‌ای به لایه‌ی ایزی سطحی آب‌دوست، نزدیک شود، آن‌گاه، به دلیل نیروی جاذبه‌ی الکترواستاتیکی بین بارهای ناهمنام، این دو لایه، یکدیگر را جذب و نمونه‌ای واحد را پدید می‌آورند.

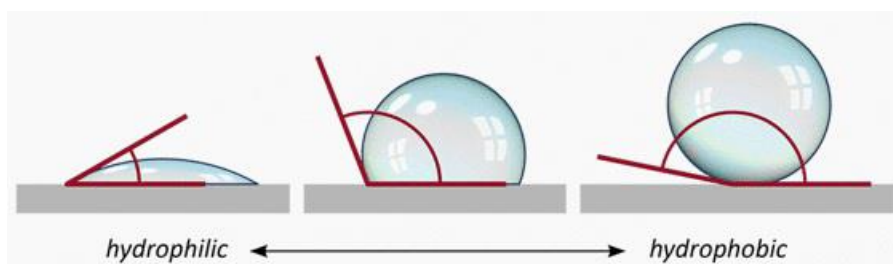
در فرایند زیپ‌شدن قطره توسط لایه‌ی ایزی سطح آب‌دوست، بخشی از سطح کروی قطره، به شکل مسطح و تخت^۱، در آمده و تغییر شکلی از کروی به شبه‌کروی، خواهیم داشت. به این معنا که بخشی از قطره‌ی کروی، مسطح شده و سبب پخش قطره روی سطح آب‌دوست، می‌شود.

^۱ Flat



شکل ۸۲: الف) شروع فرایند زیپ کردن قطره به سطح. ب) با تکمیل ساز و کار زیپ کردن قطره، سطحی مسطح و صاف در قطره‌ی کروی به دست می آید.

دانشمندان، معیاری را برای تشخیص سطوح آب دوست و آب گریز، معرفی نموده‌اند که این معیار، با مفهوم ساز و کار زیپ کردن قطره‌ها، شباهت‌هایی دارد. طبق پیشنهاد دانشمندان، اگر قطره‌ای آب، روی سطحی قرار گیرد و شکل کروی خود را حفظ و تنها در یک نقطه، با سطح زیرین هم‌مرز باشد، آن سطح، سطحی آب‌گریز است؛ اما اگر قطره‌ی آب، علاقه‌مند به پخش روی سطح باشد، آن سطح، سطحی آب‌دوست، نام خواهد گرفت. در صورت پخش شدن و تغییر شکل قطره، مشاهده می‌شود که قطره، مرزی مسطح و تخت را با سطح زیرین خود، پدید آورده و این همان مفهوم ساز و کار زیپ کردن قطره‌ها، است. البته، معیاری براساس زاویه نیز برای تشخیص میزان آب‌دوستی سطح نیز ارائه شده است که در شکل ۸۳ دیده می‌شود.



شکل ۸۳: سنجش میزان آب‌دوستی سطح توسط زاویه‌ی تماس قطره‌ی آب. از راست به چپ، با کاهش زاویه‌ی تماس، افزایش آب‌دوستی سطح را داریم.

با توجه به اشکال سه‌گانه‌ی شکل ۸۳، اگر دو خط مماس با دو سطح از قطره را ترسیم نماییم و زاویه‌ی بین آن‌ها را گزارش کنیم، می‌توان دریافت که زوایای کم‌تر از ۹۰ درجه برای زاویه‌ی تماس^۱، سطحی آب‌دوست را مشخص و زوایای بیش از ۹۰ درجه هم سطحی آب‌گریز را نشان می‌دهند.

به ساز و کار زیپ‌کردن برگردیم. همان‌طور که اشاره شد، این ساز و کار، برای اتصال و پیوند قطره به سطحی آب‌دوست، پیشنهاد شده است و در آن، سطحی مسطح در مرز مشترک سطح زیرین و قطره ایجاد می‌شود. ساز و کار زیپ‌کردن، به‌نوعی، معکوس فرایند رشد قطره‌ها است. در فرایند رشد، فشار و نیروی حاصل از یون‌های هیدرونیوم و بارهای مثبت، به کروی‌شدن قطره کمک می‌کنند ولی ساز و کار زیپ‌کردن، تغییر شکل قطره از کروی به تخت (شبه‌کروی) را به ارمغان می‌آورد. در این ساز و کار، دو نیرویی که به مسطح‌نمودن و کروی نگه‌داشتن شکل قطره کمک می‌کنند، در رقابت با یکدیگرند و هرگاه، این دو نیرو، به حالت تعادلی دست یابند، قطره، به‌طور کامل، با سطح آب‌دوست، پیوند خورده و به آن ملحق می‌شود.

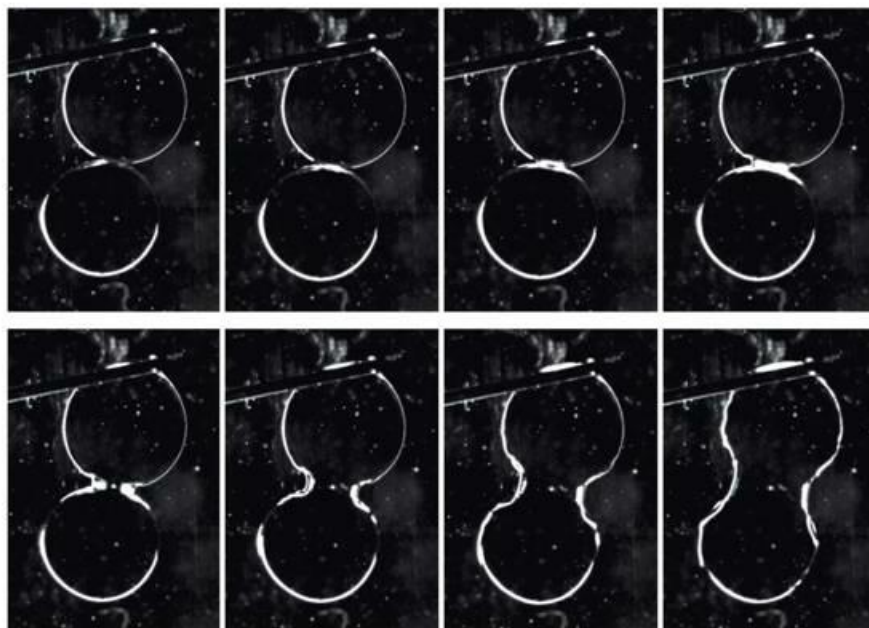
کاربرد مهم‌تری که ساز و کار زیپ‌کردن، ارائه می‌دهد، زیپ‌کردن دو قطره یا دو حباب به یکدیگر است. این ساز و کار، برای ادامه‌ی روند تکامل قطره‌ها و یا حباب‌ها، الزامی است. از این‌رو، ساز و کار زیپ‌کردن، مسئولیت رشد ابعاد قطره و یا حباب را بر عهده می‌گیرد. در این فرایند، همانند حالت قبل، دو قطره یا دو حباب برای ادغام و ترکیب، به یکدیگر نزدیک شده و ساز و کاری شبیه به حالت قبل را تکرار می‌نمایند.

مطابق با شکل ۸۴، هنگامی که دو قطره به مجاورت هم می‌رسند، لایه‌های ایزی آن‌ها، به‌دلیل حضور بارهای مثبت و منفی در ساختار بلوری خود، از طریق بارهای ناهمنام، یکدیگر را می‌ربایند و سبب جذب اولیه‌ی دو قطره می‌شوند. از تصاویر ویدیویی با سرعت‌های بسیار زیاد^۲، نتیجه‌ای مشابه به حالت قبل در ساز و کار زیپ‌کردن، حاصل و نشان داده شده است که در این حالت هم دو قطره، مرزی مسطح را تشکیل و به‌تدریج، با یکدیگر ادغام و ترکیب می‌شوند. نکته‌ی جالب دیگری نیز که از تصاویر ادغام دو قطره، مشهود است، وجود

^۱ Contact Angle

^۲ High-Speed Video Images

لایه‌های آب ایزی در قطره‌ی جدید و ضخامت بیش‌تر آن است؛ یعنی، قطره‌ای با پوسته‌ای ضخیم‌تر^۱، سفت‌تر^۲ و حجم بزرگ‌تر، پدید آمده‌اند!



شکل ۸۴: تصاویر ویدیویی با سرعت‌های بسیار زیاد از ترکیب دو قطره‌ی آب.

چرا لایه‌های آب ایزی در قطره‌ی جدید، ضخیم‌تر و سفت‌تر به نظر می‌آیند؟ در پاسخ، بایستی به این موضوع نیز اشاره شود که در این فرایند، پایداری^۳ قطره نیز افزایش می‌یابد. همچنین، ادغام دو قطره یا دو حباب، گویی یک ضرورت و یک انتخابِ حتمی برای قطره‌ها و حباب‌ها است. چون آن‌ها با ترکیب‌شدن از طریق ساز و کار زیپ‌کردن، به پایداری بیش‌تری دست می‌یابند. آیا پایداری، با ضخامت لایه‌های سطحیِ آن‌ها، ارتباطی مستقیم دارد؟

اگر دو قطره‌ی کاملاً مشابه با یکدیگر، ادغام شوند، جرم قطره‌ی پدید آمده، در حدود دو برابر قطره‌های اولیه خواهد بود و همچنین، مساحت سطح جانبیِ قطره‌ی کرویِ جدید نیز کم‌تر از دو برابر افزایش می‌یابد. در این حالت، به دلیل تغییر نیافتن چگالی این قطره، در

^۱ Thicker Shell

^۲ Stiffer Shell

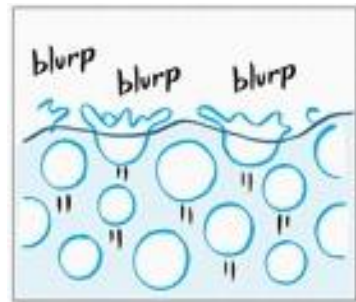
^۳ Stability

می‌یابیم که گویی سطح جانبی قطره‌ی کروی، جرم بیش‌تری را نسبت به حالت پیش از ادغام، خواهد داشت و این موضوع، نشان‌دهنده‌ی ضخامت لایه‌های ایزی در سطح خارجی قطره‌ی جدید و حجیم‌تر است؛ بنابراین، به دلیل عدم تغییر چگالی قطره، فشار متورم‌کننده نیز تغییری نخواهد کرد و در نتیجه، همان فشار، این بار، به سطحی ضخیم‌تر و سفت‌تر اعمال می‌شود. این فشار، توانایی تغییر شکل قطره را به اندازه‌ی کافی نخواهد داشت و از این‌رو، می‌گوییم که قطره‌ها در فرایند ترکیب، در جستجوی پایداری و طول عمر بیش‌تر خود هستند. به‌نوعی، روند تکاملی قطره‌ها یا حباب‌ها، از ترکیب و ادغام با یکدیگر، نشئت گرفته و کاربرد ساز و کار زیپ‌کردن را به ضرورتی انکارناپذیر، مبدل می‌کند.

در ادامه، به این نکته اشاره می‌کنیم که روند ترکیب حباب‌ها، دقیقاً همان روندی است که قطره‌ها نیز از آن بهره می‌برند. حال، با توجه به این نکته، به فرایند جوشیدن و قُل و قُل کردن آب جوش و حباب‌های آن، با استفاده از ساز و کار زیپ‌کردن، ترکیب حباب‌ها و تابش فرودی، نگاهی دقیق‌تر خواهیم داشت.

مهم‌ترین ابزار، برای جوش آمدن آب و تکمیل روند ترکیب حباب‌ها، انرژی تابشی است که در نمونه‌های آب جوش، این انرژی از طریق منبع گرمایی (مثل آتش و شعله‌ی آن) و همچنین، خود آب گرم و داغ، به حباب‌ها خواهد رسید و به روند تشکیل و ترکیب حباب‌ها، کمک خواهد کرد.

حباب‌ها همانند قطره‌ها، ترکیب شده و در نهایت، با آمدن به سطح آب در حال جوشیدن، می‌ترکند و محتویات خود را در هوای اطراف، تخلیه می‌کنند. این فرایند، اغلب، با صدایی قُل و قُل مانند، همراه است.



شکل ۸۵: الف) ترکیب حباب‌ها در سطح آب جوش و تولید صدای قُل و قُل. ب) آزاد شدن پروتون‌ها از داخل حباب‌ها و خروج سریع آن‌ها از کتری و تولید صدای سوت‌مانند.

دیگر اتفاق جالبی که در آب‌های در حال جوش، رخ می‌دهد، صدای سوت‌مانندی^۱ است که از کتری‌ها به گوش می‌رسد. همان‌طور که پیش‌تر به موضوع محتویات حباب‌ها اشاره شد، درون حباب‌ها، بارهای مثبتی قرار دارند که با ترکیدن حباب‌ها در سطح آب، این پروتون‌ها و بارهای مثبت، آزاد شده و به‌دلیل نیروی دافعه‌ی الکترواستاتیکی خود، به‌دنبال راه خروج می‌گردند. در کتری‌ها نیز آن‌ها به سمت خارج، هدایت و از آنجا که سرعت خروج آن‌ها بسیار زیاد است، صدایی سوت‌مانند در کتری‌ها به گوش می‌رسد. لازم به ذکر است که اگر آب، به حالت جوشیدن نرسیده باشد، حباب‌های زیادی به سطح آب نمی‌آیند و بارهای مثبت کم‌تری در محیط، آزاد می‌شوند و در نتیجه، نمی‌توان انتظار خروج سریع بارهای مثبت از کتری و تولید صدای سوت‌مانند را از آب نجوشیده، داشت.

حتماً دقت کرده‌اید که با پخت غذا و رساندن آن به حالت جوش، بوی بیش‌تری از غذا، به مشام ما می‌رسد! چرا؟ زیرا حباب‌ها، درون خود، مولکول‌هایی از ماده‌ی غذایی محیط میزبان را نیز حمل و به‌هنگام ترکیدن، آن‌ها را به همراه بارهای مثبت، رها کرده و به این صورت، بوی آن غذا و یا خوراکی در حال جوش، به مشام ما می‌رسد.

دیگر مثال مهمی که در طبیعت و در راستای ترکیب قطره‌ها رخ می‌دهد، تولید قطره‌های آب روی سطوح سرد (به‌مانند شبنم^۲) است. در واقع، رطوبت موجود در هوای اطراف، قطره‌های بسیار ریز آبی هستند که به‌دلیل کوچک‌بودن ابعاد، توانایی پراکندگی نور مرئی را ندارند و به‌همین دلیل، قابل مشاهده نخواهند بود ولی با ترکیب این قطره‌ها روی سطح آب-دوست سردتر از دمای محیط، به صورت شبنم، نمایان می‌شوند. این فرایند ترکیب و ادغام نیز از ساز و کار زیپ‌کردن قطره‌ها با یکدیگر، ناشی می‌شود. سؤالی که در این زمینه می‌توان پرسید این است که چرا فرایند ترکیب و ادغام قطره‌های آب، در دماهای بالاتر، رخ نمی‌دهد؟ مثلاً، شبنم، اغلب در سپیده‌دم و سحرگاه، روی برگ‌های درختان، ایجاد می‌شود. چرا؟

می‌دانیم، با افزایش گرمای محیط و سطح آب‌دوست، تابش فرودی، لایه‌های ضخیم‌تری از آب ایزی را در سطوح مرزی قطره، پدید می‌آورد و در نتیجه، پروتون‌های بیش‌تری درون قطره، رها می‌شوند. در این حالت، میزان کروی‌شدن قطره، به‌دلیل وجود فشار و نیروی متورم‌کننده، به حداکثر میزان خود می‌رسد. هر چه قطره‌ای، کروی‌تر باشد، نقطه‌ی تماس

^۱ Whistle^۲ Dew

آن با سطح آب دوست، کاهش یافته و در نتیجه، فرایند چسبیدن قطره به سطح مورد نظر، با احتمال کمتری رخ خواهد داد. از این رو، این قطره‌ها، به طبیعت بازگشته و سطح مورد نظر، خشک به نظر می‌آید و شبی روی آن تشکیل نمی‌شود. به همین دلیل است که در آب و هوای سردتر (مثل دمدمه‌های صبح یا نیمه‌های شب) و در مناطق مرطوب، شبنم‌ها و قطره‌های آب روی سطوح، خودنمایی می‌کنند.

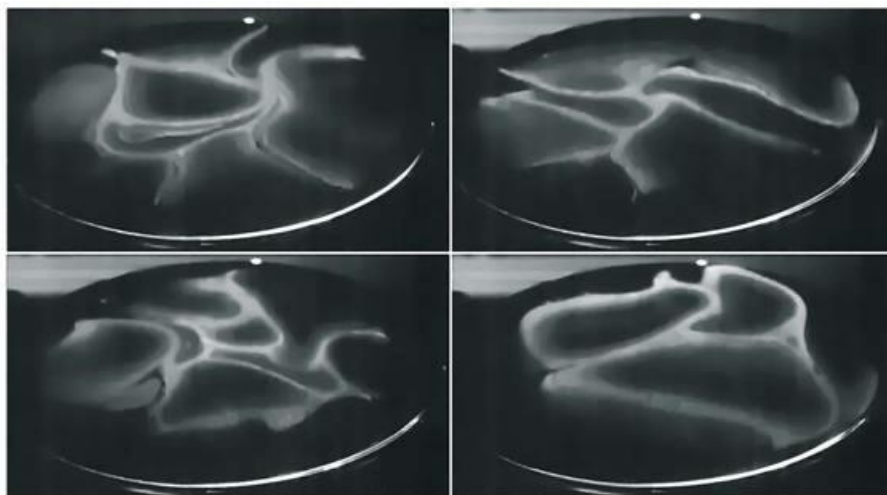
الگوی تبخیر سطحی

فرض بر این است که تبخیر سطحی^۱ از آب‌ها و مایعات دیگر، بنا به دلایل شناخته‌شده-ای از قبیل افزایش دما و به تبع آن، افزایش انرژی مولکول‌های آب، رخ می‌دهد. طبق این فرضیه، مولکول‌های آب با کسب انرژی کافی، از سطح آب، گریخته و به محیط پیرامون، افزوده می‌گردند؛ اما با توجه به مشاهدات روزمره و آزمایشگاهی، می‌توان به نتایج جالب-توجهی اشاره کرد؛ از جمله‌ی این نتایج، ستون‌هایی از آب تبخیر شده به رنگ سفید هستند که در شکل ۸۶، دیده می‌شوند. مطابق با شکل ۸۷، در می‌یابیم که بخارات سفید رنگ برخاسته از آب جوش یا در حال جوش، ستونی همگن و هماهنگ، نداشته و گویی از برخی نقاط در سطح آب، بخارهای سفید رنگ به محیط پیرامون، متصاعد می‌شوند.



شکل ۸۶: بخار آب برخاسته از آب داغ.

^۱ Evaporation



شکل ۸۷: چهار نمونه از تبخیر آب داغ و نمایش برخاستن ستون‌هایی به‌ظاهر بی‌نظم از بخارهای سفید رنگ.

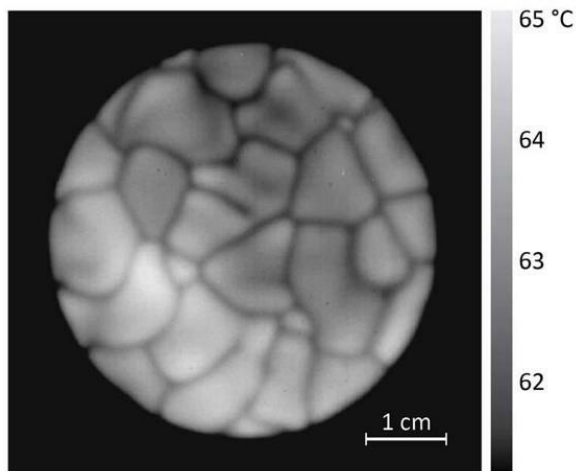
دلیل واقعی چنین پدیده‌ای چیست؟ آیا فقط دمای آب، سبب پیدایش چنین پدیده‌ای می‌شود؟ چرا بخش‌هایی از سطح آب داغ، بخاری را تولید نمی‌کنند؟ آیا این روند، تصادفی است و قواعد و قوانین موجود، در توضیح آن عاجز هستند؟

در پاسخ به این پرسش‌ها، بایستی کمی صبوری کرد. در ابتدا، با توجه به شکل ۸۷، متوجه می‌شویم که این بخارها فقط از نواحی ویژه‌ای به محیط بیرون، متصاعد شده و با نگاهی دیگر، در می‌یابیم که برخی از نقاط در سطح آب، مسئول تبخیر سطحی آب، هستند و مابقی نقاط، تأثیری در این امر ندارند. از این‌رو، بایستی به طرح‌های موزاییکی^۱ پدید آمده، با نگرشی جدیدتر از نگرش‌های پیشین، نگریم. مجدداً تأکید می‌کنیم که مطابق با شکل ۸۷، همه‌ی آب‌هایی که دچار تبخیر سطحی شده‌اند، از مرزهای سلول‌های موزاییکی تصویر شده، برخاسته‌اند. از این‌رو، به دنبال راه‌حلی بسیار ساده‌تر و پرکاربردتر، خواهیم بود.

در اولین گام، انگشت اتهام را به‌سوی قطره‌ها و یا حباب‌های موجود در آب، نشانه می‌گیریم. در این حالت، مسئولیت چنین اتفاقی را به حرکت قطره‌ها یا حباب‌ها، نسبت می‌دهیم. چگونه؟

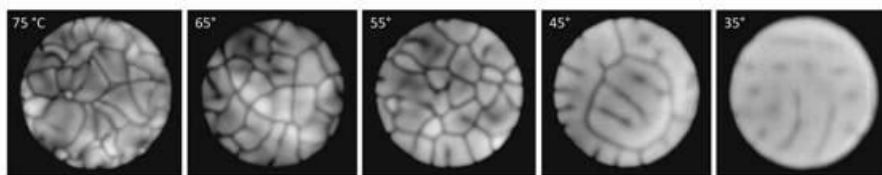
^۱ Mosaic Patterns

برای شرح این اتفاق، بایستی به سطح آب جوش و یا در حال جوش، نگاهی اندازیم. با توجه به شکل ۸۸ و با استفاده از تصاویر فروسرخ، مشخص می‌شود که آب گرم، در سطح خود نیز طرح‌ها و الگوهای موزاییک شکلی را در بردارد. با این حساب، طرح‌های موزاییکی بخارهای آب، به طرح‌های موزاییکی آب داغ، مرتبط و در مرز هر دو سلول (چه در بخار و چه در آب داغ)، قطره‌ها یا حباب‌های آبی، وجود دارند و گویی آب، در این موضوع، نقشی تعیین‌کننده را ایفا می‌کند.



شکل ۸۸: تصویر فروسرخ از سطح آب داغ و تشکیل سلول‌های موزاییکی به‌مانند سلول‌های موزاییکی بخارها.

آزمایش دیگری، مشخص می‌نماید که الگوهای موزاییکی سطح آب، به دمای آب، بستگی مستقیم دارند. به‌گونه‌ای که با افزایش دمای آب، تعداد سلول‌های موزاییکی، افزایش یافته، به تبع آن، مساحت سلول‌ها کاهش را تجربه نموده و مرزهای بین آن‌ها، نمایان‌تر از قبل، می‌شوند؛ بنابراین، در کل، الگوهای تبخیری و موزاییک‌های سطح آب را با یکدیگر، مرتبط می‌دانیم و برای فهم و تحلیل بهتر آن‌ها، از شیوه‌ای یکسان، بهره خواهیم برد.



شکل ۸۹: تصاویر فروسرخ از الگوهای موزاییکی سطح آب داغ و وابستگی مستقیم تعداد سلول‌ها به افزایش دما (از راست به چپ).

سؤالی که در این مرحله می‌پرسیم، این است که منشأ و مبدأ الگوهای موزاییکی در تبخیر سطحی، چیست؟

شاید، منشأ اصلی را دما و گرمای محیط، فرض کنیم ولی باید دقت شود که با در نظر گرفتن دما، به‌طور کلی، برخی از مفاهیم را نمی‌توانیم توضیح دهیم؛ بنابراین، بهتر است تا از دیدگاهی مولکولی به ماجرا، نگاهی اندازیم.

طبق دیدگاهی رایج در تفسیر تبخیر سطحی آب و پدیداری سلول‌های موزاییکی، افزایش دما، عامل مؤثر در ایجاد الگوهای موزاییکی و به‌تبع آن، تبخیر سطحی، معرفی می‌شود. طبق این ایده، با افزایش دما، آب گرم‌شده در زیر ظرف، به‌دلیل چگالی کمتر از آب‌های سردتر، ناگزیر، از ظرف، بالا آمده و بنابراین، آب‌های گرم‌تر به بالای ظرف، هدایت می‌شوند و زمانی که به بالا می‌آیند، چاره‌ای جز تبخیر سطحی، نخواهند داشت، آن‌گاه، مولکول‌های آبی که در مجاورت با هوا قرار می‌گیرند، سرد شده و به‌دلیل چگالی بیش‌تری که نسبت به آب‌های گرم‌تر دارند، به پایین ظرف، سقوط می‌کنند و از آنجا که آب‌های سردتر، در مرزهای سلول‌های موزاییکی، به پایین هدایت می‌شوند، مرزهای سلول‌های موزاییکی در تصاویر فرسرخ، رنگی تیره‌تر خواهند داشت. در واقع، طبق مشاهدات، در ایده‌ی فوق، جریان‌هایی به سمت بالا و پایین، به‌وجود می‌آیند.

اما می‌توان ایده‌ی جدیدی بر پایه‌ی آب ایزی نیز در این زمینه ارائه کرد. طبق این ایده، مناطق مرزی با رنگ‌های تیره‌تر، به‌معنای نظم بیش‌تر بارهای الکتریکی در این ناحیه خواهد بود و در سلول‌های موزاییکی، به‌دلیل روشن‌تر بودن تصاویر، در می‌یابیم که بی‌نظمی بیش‌تری برقرار است. از این بابت، نظم و بی‌نظمی، به حضور یا عدم حضور لایه‌های ایزی، نسبت داده می‌شود. سلول‌های موزاییکی، مطابق با شکل ۹۰، حتی در نور مرئی نیز قابل مشاهده خواهند بود.

بنا بر مشاهدات و با دانشی که از لایه‌های ایزی کسب نموده‌ایم، با قطعیت بیش‌تری از وجود نظم در آب داغ، سخن می‌گوییم. آب ایزی، همان‌طور که می‌دانیم، جذب نور و ضریب شکست متفاوتی نسبت به آب مایع معمولی دارد. اگر به‌وسیله‌ی آزمایش، به تفاوت‌های مذکور دست یابیم، صحت چنین ادعایی را اثبات خواهیم نمود.



شکل ۹۰: مشاهده‌ی سلول‌های موزائیکی سطح آب گرم در نور مرئی.

پدیده‌ی تولید سلول‌های موزائیکی و مرزهای تیره‌رنگ دارای نظم مولکولی، در نمونه‌هایی همچون سوپ در حال پخت نیز قابل مشاهده است. در نمونه‌ی حاضر، مواد تشکیل‌دهنده‌ی سوپ، در نقاط مرزی، ورود نمی‌کنند و به‌نوعی، آن‌ها از این ناحیه، طرد می‌شوند که کاملاً منطبق بر ایده‌ی آب ایزی و ناحیه‌ی طرد، خواهد بود. دیگر اتفاقی که در سوپ در حال پخت، رخ می‌دهد، حرکت‌های دائمی بالا به پایین و پایین به بالای ذرات است.

در سوپ، مشاهده می‌شود که ذرات آن، از میانه‌ی هر سلول، به بالا رفته و سپس، به سمت مرزهای سلول موزائیکی، هدایت شده و به سمت پایین ظرف، تغییر مسیر می‌دهند. در آزمایش‌ها، هیچ حرکتی از ذرات، در نقاط مرزی، مشاهده نشده و فقط، حرکت ذرات در میانه و همچنین، در مجاورت با مرزهای سلول‌های موزائیکی، به‌وقوع می‌پیوندند. از این‌رو، به نظر می‌رسد که جریان‌های بالا به پایین و پایین به بالا^۱، در فرایند تبخیر و شکل‌گیری نظم مولکولی در مرز سلول‌های موزائیکی، از اهمیت بسزایی برخوردار باشند.

^۱ Up-Down Flows



شکل ۹۱: سوپ و تولید سلول‌های موزائیکی با مرزهای مشخص.

ولی در نقض این ایده، به شکل ۹۲ توجه خواهیم کرد، به‌طوری‌که با اضافه‌نمودن شیری با چربی یک‌درصدی و شیر بادام، سلول‌های موزائیکی، به‌سرعت، شکل گرفته و این ایده را که وجود جریان‌های بالا به پایین و پایین به بالا، سبب تولید سلول‌های موزائیکی می‌شوند را نقض نموده و گویی، ابتدا سلول‌های موزائیکی، تشکیل شده و سپس، در برخی نمونه‌ها (به مانند نمونه‌های در حال جوش)، جریان‌های بالا به پایین و پایین به بالا، رخ می‌دهند.

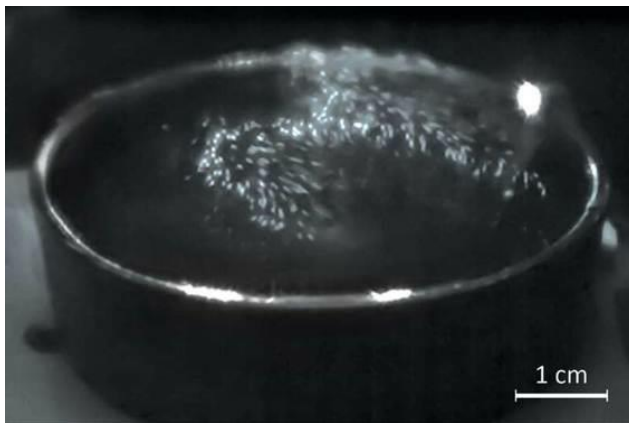


شکل ۹۲: مخلوط شیر کم‌چرب و شیر بادام. نمونه‌ای از تشکیل سلول‌های موزائیکی در نمونه‌های سرد.

پس دلیل اصلی تشکیل سلول‌های موزائیکی در سطح آب یا دیگر مایعات، دقیقاً

چیست؟

دو استدلال را برای تشکیل مرزهای سلول‌های موزائیکی و به تبع آن، شکل‌گیری سلول‌های موزائیکی، ذکر می‌کنیم. نخستین استدلال، وجود مدل استاندارد آب ایزی و تشکیل آب ایزی درون مرزهای سلول‌های موزائیکی است و مورد دیگر، تشکیل سلول‌های موزائیکی، به وسیله قطره‌ها یا حباب‌ها، به همان شیوه‌ای که سلول‌های موزائیکی در بخارهای آبی، پدید می‌آیند. در نخستین مورد، برای ایجاد لایه‌های آب ایزی به سطحی آب‌دوست، نیازمند است، علی‌رغم آن‌که آب نیز می‌تواند چنین وظیفه‌ای را بر عهده گیرد ولی قرائن و شواهد نشان می‌دهند که این طرز نگرش به مرزها و سلول‌های موزائیکی، پاسخگوی مسائل پیش‌رو نخواهد بود؛ بنابراین، استدلال دوم، مدلی به مراتب دقیق‌تر از مدل نخست را مهیا می‌کند. طبق این دیدگاه، قطره‌ها یا حباب‌ها، به دلیل تابش نور فرودی، لایه‌هایی از آب ایزی را در سطح خود ایجاد نموده و پروتون‌های خود را درون قطره یا حباب، آزاد می‌سازند و بنا به اصل "بارهای همانام یکدیگر را دوست دارند"، جذب یکدیگر شده و بلوری کلونیدی، تولید و به تبع آن، آرایه‌ای به نسبت بزرگ را تشکیل می‌دهند که حتی به شبکه‌ای درهم‌تنیده، تبدیل و مسئولیت طرد ذرات مختلف را به درون خود، بر عهده می‌گیرند. از این‌رو، طبق تصاویر فروسرخ، به سبب نظم ساختاری و عدم تحرک بارهای آزاد، تیره‌رنگ به نظر می‌آیند.

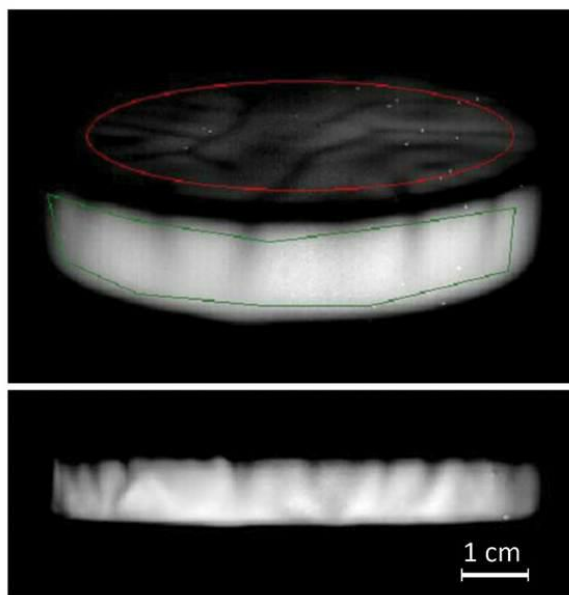


شکل ۹۳: حضور حباب‌ها در بخار آب داغ.

پس عامل تشکیل سلول‌های موزائیکی و مرزهای آن را همین قطره‌ها و یا حباب‌های موجود در نمونه، می‌دانیم؛ بنابراین، همین حباب‌ها و قطره‌ها نیز در ایجاد سلول‌های موزائیکی در حین تبخیر نیز مشارکت می‌کنند که این مسئله، در شکل ۹۳ مشخص می‌شود. مطابق با شکل ۹۳، دیده می‌شود که ماهیت تبخیر، به حباب‌ها وابسته و عملاً اثبات-

کننده‌ی طرح موضوع فوق است. در نتیجه، می‌توان ادعا نمود که سلول‌ها و الگوهای موزائیکی در آب، مسئول ساخت سلول‌های موزائیکی بخار آب، خواهند بود.

سلول‌های موزائیکی موجود در آب، تنها به حضور در سطح آب، بسنده نکرده و طرحی سه‌بعدی را از خود به نمایش می‌گذارند. شکل ۹۴، با استفاده از تصاویر فروسرخ، نشان می‌دهد که سلول‌های موزائیکی به‌همراه مرزهای تیره‌رنگ خود تا عمقی از ظرف، پیش می‌روند و مشخص می‌کنند که فرایند تبخیر و تبخیر سطحی، از عمق ظرف، نشئت گرفته و مرزهای سلول‌های موزائیکی، از عمق‌های بیش‌تر، بنیان می‌یابند و در مجموع، نقشی تعیین‌کننده در تبخیر، خواهند داشت.

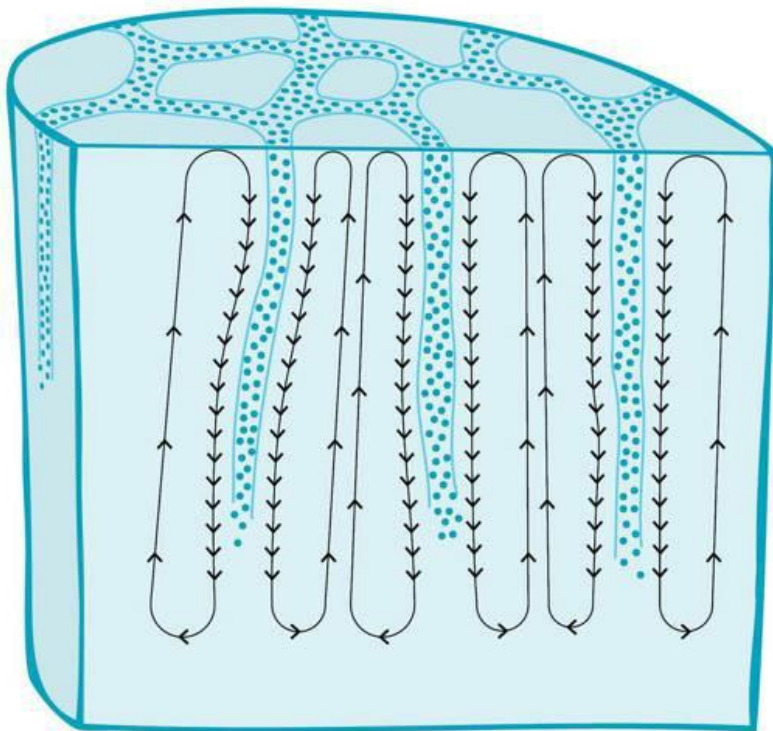


شکل ۹۴: تصویر فروسرخ از تشکیل سلول‌های موزائیکی لوله‌ای شکل و اثبات حضور سلول‌های سه‌بعدی.

این دسته از سلول‌های موزائیکی لوله‌ای شکل، کاملاً پویا و دارای قابلیت تغییر شکل، هستند. مثلاً، در تبخیرهای سطحی سریع، لوله‌های موزائیکی، توانایی خُمش و یا ایجاد شکلی به صورت موج را دارند و به‌سرعت به شکل‌های مشابهی تغییر می‌یابند.

طبق اصولی که در حرکت‌های ذرات سوپ ذکر شد، چنین حرکتی توسط حباب‌ها و یا قطره‌های موجود در آب نیز تصور می‌شود. روند حرکت این دسته از قطره‌ها یا حباب‌ها به قرار زیر است:

مطابق با شکل ۹۵، حباب‌ها یا قطره‌ها، از میانه‌ی سلول‌های لوله‌ای موزائیکی، به بالا، حرکت کرده و سپس، با حرکتی شعاعی، به سمت مرزها، منتقل شده و یکی پس از دیگری به طرف پایین، حرکت می‌کنند. حباب‌ها یا قطره‌ها، با رسیدن به سطح آب، تبخیر نمی‌شوند، زیرا از همه‌ی نقاط سطح آب، فرایند تبخیر، رخ نمی‌دهد و فقط، تبخیر به مرزهای سلول‌های موزائیکی، منحصر می‌شود. همچنین، احتمالاً حباب‌ها و یا قطره‌ها با رسیدن به سطح آب، به دلیل مجاورت با هوای اطراف، سردتر شده و به پایین سطح، هدایت می‌شوند.



شکل ۹۵: طرحی از حرکت حباب‌ها یا قطره‌ها در سلول‌های موزائیکی. حرکت‌های رو به بالا در میانه‌ی سلول و رو به پایین در مجاورت مرزها.

آب، با تبخیر و خارج سازی حباب‌ها یا قطره‌ها از خود، مجبور می‌شود تا حباب و قطره‌ای جدید را جایگزین نماید. جریان‌های پایین به بالا و بالا به پایین، کمبود احتمالی حباب یا قطره را به خوبی جبران و به ادامه‌ی روند تبخیر سطحی، کمک می‌نماید. در نتیجه، سلول‌های موزائیکی لوله‌ای شکل، عملاً به این‌گونه از جریان‌ها برای بقای خود و ادامه دادن به تبخیر سطحی، نیاز دارند.

از زاویه‌ای دیگر، می‌توان به این موضوع نگریست.

آب، با جذب انرژی تابشی، گرم‌تر شده و باعث می‌شود تا از حالت تعادلی، خارج شود. آب، برای رسیدن به تعادل، از دو طریق، انرژی را از دست می‌دهد. انجام کار و تابش انرژی، دو شیوه‌ی از دست‌دادن انرژی توسط آب، خواهد بود. حباب‌ها و قطره‌ها و به تبع آن، جریان‌های وابسته به آن‌ها، هر دو شیوه را انتخاب می‌نمایند. مثلاً با انجام کار، مولکول‌های آب بر اصطکاک مولکولی، غلبه و به ایجاد جریان، کمک می‌نمایند. همچنین، با حرکت‌های سریع حباب‌ها و قطره‌های باردار، تابش انرژی نیز اثرگذار خواهد بود.

در اینجا، بایستی به این پرسش پاسخ دهیم که تبخیر سطحی، چگونه رخ می‌دهد؟

همان‌طور که متوجه شدیم، لایه‌های ایزی در فرایند تبخیر سطحی، دخیل نخواهند بود و فقط آب‌های ایزی پیرامون حباب‌ها و یا قطره‌ها، در این امر، مشارکت خواهند داشت. از این منظر و با استفاده از تابش نور فرودی، به موضوع تبخیر سطحی، نگاهی دقیق‌تر می‌اندازیم. قطره‌ها با جذب تابش فرودی، لایه‌های ایزی را در سطح خارجی خود، تشکیل داده و به تبع آن، پروتون‌هایی را در محیط داخلی خود، آزاد می‌کنند. رهاسازی پروتون‌ها، موجب افزایش دافعه‌ی الکترواستاتیکی درون قطره‌ی آب شده و فشاری را بر سطح خارجی قطره، وارد و سبب انبساط قطره می‌گردد. در این حالت، همان‌طور که پیش‌تر نیز بیان کردیم، آب درونی قطره، تبخیر شده و قطره به حباب تبدیل می‌شود. چگالی حباب، به مراتب کم‌تر از قبل خواهد بود و به دلیل چگالی کوچک‌تر از چگالی آب، به سطح آب، آمده و ناگزیر به گریز از سطح آب، خواهد بود. در این حالت، تصور تبخیر سطحی، تصویری صحیح و به‌جا، خواهد بود.

اما اگر حباب را با لایه‌های ایزی آن در نظر بگیریم، آن‌گاه، پوسته‌ای از جنس لایه‌های ایزی، آن را احاطه کرده و نسبت جرمی پوسته به محیط داخلی، در حباب، به مراتب بزرگ‌تر

از چگالی هوا است که نشان می‌دهد، حباب، چگال‌تر خواهد ماند و علاقه‌مند به خروج از آب، نخواهد بود و در سطح بالایی آب، باقی خواهد ماند. ولی تصور چنین پدیده‌ای بسیار مشکل خواهد بود، چون در واقعیت، روندی وارون را مشاهده می‌کنیم. پس چگونه تبخیر سطحی و حضور حباب‌ها را به یکدیگر مرتبط سازیم؟

پاسخ این پرسش، ارتباط از طریق بارهای الکترواستاتیکی، خواهد بود. متوجه شده‌ایم که در مرزهای سلول‌های موزائیکی، حباب‌ها و یا قطره‌هایی با بار الکتریکی منفی قرار گرفته‌اند. این بارهای منفی، با توجه به بار منفی زمین، نیروی دافعه‌ای را احساس می‌کنند و در نتیجه، از مرزها، خارج شده و تبخیر سطحی را پدید می‌آورند. شکل ۹۶، به خوبی ارتباط دافعه‌ی الکترواستاتیکی بارهای منفی و همچنین، الگوهای موزائیکی آب را با بخار، نمایش داده است.



شکل ۹۶: ستون‌های تبخیری برخاسته از مرزها، به دلیل دافعه‌ی الکترواستاتیکی بین بارهای منفی زمین و حباب‌ها یا قطره‌های منفی داخل مرزهای سلول‌های موزائیکی.

با تبخیر مداوم آب و ورود حباب‌ها و یا قطره‌ها به هوای پیرامون آن، تشکیل ابری حاصل از تبخیر نیز خارج از تصور نخواهد بود. حباب‌ها و قطره‌هایی که به قطره‌های معلق در هوا، موسوم‌اند می‌توانند در کنار هم تجمع یافته و به تولید ابر، کمک نمایند.

دیگر مثال از این دیدگاه، ابری است که در آبشارهای بزرگ ایجاد می‌شود. قضیه از این قرار است که وقتی، آبشاری با انبوهی از آب، آب‌های خود را به سمت زمین، رها می‌سازد، برخی قطره‌های آب، به سمت بالا، آمده و با نیروی جاذبه‌ی گرانشی، مقابله نموده و توده‌ای همانند ابر را پدید می‌آورند. دلیل این امر نیز به قطره‌های با بار منفی و همان دافعه‌ی الکترواستاتیکی، برمی‌گردد.



شکل ۹۷: آبشار نیاگارا. تشکیل ابر از قطرات باردار آب به دلیل نیروی دافعه‌ی الکترواستاتیکی بین قطره‌ها و زمین.

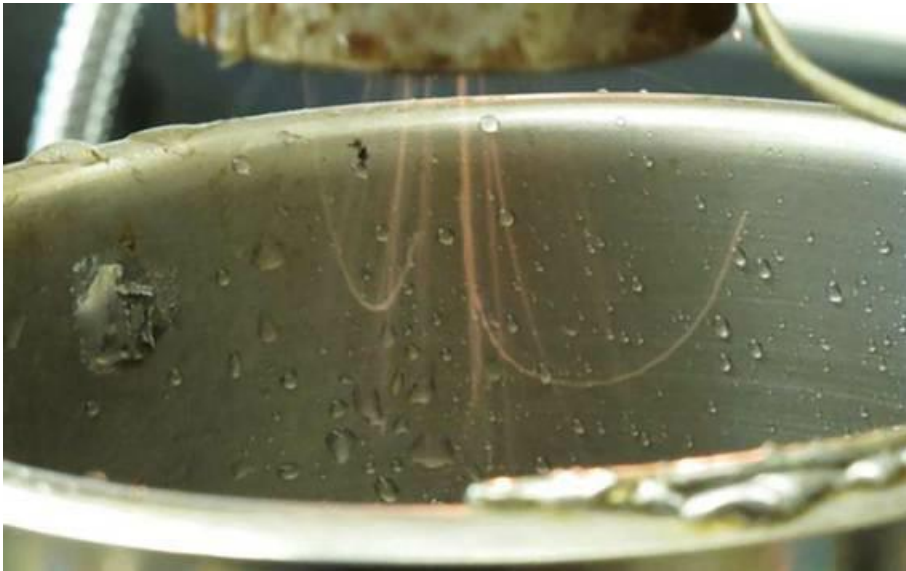
ابرهای تشکیل‌شده، سرانجامی جز نابودی نخواهند داشت. از بین رفتن ابرهای پدید آمده، به چه صورتی رخ می‌دهد؟

دو دیدگاه، قابل بررسی است. نخستین دیدگاه، به از بین رفتن و شکسته شدن اجتماعی از حباب‌ها یا قطره‌ها و دیگری، به شکسته شدن و از بین رفتن خود قطره‌ها و یا حباب‌ها، اشاره دارند.

طبق، قوانین فیزیک، شکسته شدن حباب‌ها و یا قطرات، امری تقریباً غیرممکن خواهد بود ولی نابودی ابرهای پدید آمده، به از بین رفتن پیوندها و اجتماع بین آن‌ها نسبت داده می‌شود. در این حالت، بارهای مثبتی که مسبب اتصال حباب‌ها یا قطره‌ها به یکدیگر بوده‌اند، جدا شده و حباب‌ها یا قطره‌ها را آزاد خواهند کرد و حباب‌ها یا قطره‌های آزاد شده، به-

راحتی در هوا پراکنده می‌شوند. برای مثال، در تابستان و در مناطق مرطوب، به دلیل وجود بسیاری از حباب‌ها یا قطره‌های معلق و آزاد، با تابش نور، مه فصلی، پدید آمده و قابل مشاهده خواهد بود.

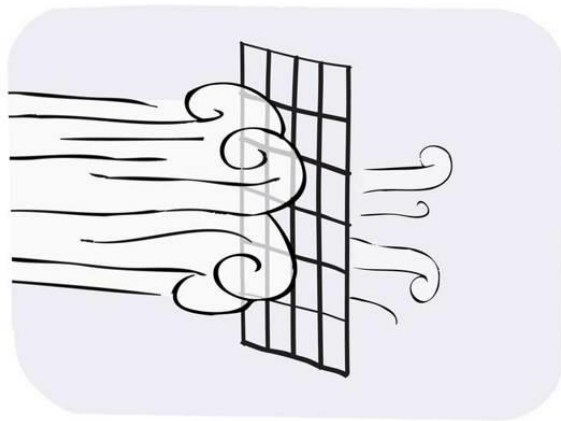
با بهره‌گیری از این بحث، به موضوع تخلیه‌ی بار الکتریکی کلوین که در بخش نخست و در شکل ۴، به آن اشاره شد، می‌پردازیم. طبق اصول پیشنهاد شده، هر قطره، دارای بار الکتریکی است. القای بار در قطره‌های بالای ظرف دیگر، عامل ایجاد دو نوع بار ناهمنام در دو طرف، شده و در نهایت، سبب ایجاد جرقه و برقی خواهد شد. حتی، با افزایش ریزش قطره‌ها به داخل ظرف فلزی، بار الکتریکی در این ظروف، تقویت شده و حتی اجازه‌ی ورود قطره‌های بیش‌تر را نیز نخواهند داد، به‌طوری‌که در این حالت، با دفع قطره‌ای مشابه، اجازه‌ی ورود به ظرف برای قطره‌های دیگر، صادر نمی‌شود و یا به سختی، انجام می‌شود.



شکل ۹۸: آزمایش کلوین. قطره‌های باردار به دلیل حضور بارهای همنام در داخل ظرف، به سختی وارد ظرف می‌شوند و یا مجبور به تغییر مسیر خواهند بود.

در کل، اثرات مرتبط با حباب‌ها و یا قطره‌ها در آب، اثراتی بسیار کلیدی در زنجیره‌ی آب (از تشکیل آب گرفته تا ابرها و بارش باران) هستند و در نهایت، آب و هوای یک منطقه را همین حباب‌ها یا قطره‌های حاصل از تبخیر، تعیین خواهند کرد.

از عمده اتفاق‌های جالبی که توسط تبخیر و قطره‌های آزاد شده توسط آن، رخ می‌دهد، اثری است که به کاهش سرعت باد در گذر از توری یا پنجره‌ی توری‌دار، مرتبط می‌شود. در طول سالیان، برخی از دانشمندان به این موضوع اشاره داشته‌اند و این اتفاق جذاب، توجه آن‌ها را به حل آن، معطوف ساخته است. دلیل اصلی این اتفاق نیز قطره‌های حاصل از تبخیر، هستند.

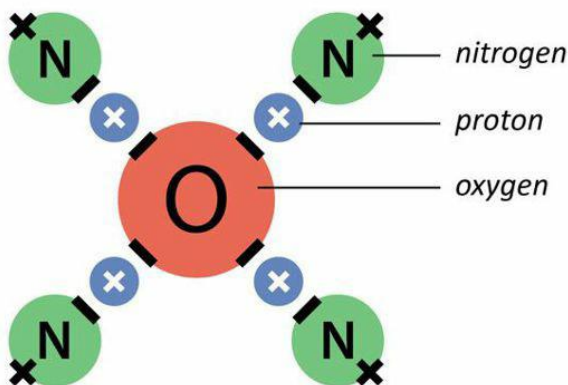


شکل ۹۹: کُند شدن جریان باد در آب و هوایی مرطوب با گذر از توری.

مطابق با شکل ۹۹، اگر بادی در هوای مرطوب، از پنجره‌های توری‌دار، عبور کند، سرعت آن کاهش می‌یابد. می‌دانیم، مولکول‌های هوا ابعادی در حدود نانومتر دارند و ابعاد توری‌ها، اغلب، در حدود میلی‌متر هستند؛ یعنی، ابعاد توری‌ها در حدود یک میلیون بار بزرگ‌تر از ابعاد مولکول‌های هوا هستند. پس چگونه مولکول‌های بسیار ریز هوا، حضور توری را احساس می‌کنند و توری، چگونه سرعت آن‌ها را کُند می‌سازد؟

اولین ایده، به ارتباط همه‌ی مولکول‌های هوا به یکدیگر، نسبت داده می‌شود. در این حالت، فرض می‌شود که مولکول‌های هوا، به یکدیگر متصل شده و زنجیره‌هایی بسیار بزرگ و حساسی را تشکیل می‌دهند و با برخورد یکی از مولکول‌ها به مانع یا بدنه‌ی توری، کاهش سرعت را به همه‌ی اعضای گروه و زنجیره‌ی خود، اطلاع می‌دهند و از این‌رو، جریان هوا، کُند می‌شود؛ اما این پاسخ نمی‌تواند کافی باشد. با استفاده از ذرات حاصل از تبخیر، پاسخی قانع‌کننده‌تر را در مورد این مسئله، ارائه می‌دهیم.

با توجه به آن که حباب‌ها یا قطره‌ها با لایه‌های ایزی پیرامون خود و بار منفی، از سطح آب، رها شده و به هوای اطراف، اضافه می‌گردند، می‌توانیم، آن‌ها را عاملی برای کُندی جریان هوا فرض نماییم. می‌دانیم، این دسته از حباب‌ها یا قطره‌ها، دارای باری منفی هستند و برخی از پروتون‌های آن‌ها نیز در فرایند تبخیر جدا می‌شوند. آن‌گاه، پروتون‌های جدا شده که اکنون در هوای اطراف، معلق هستند، اقدام به ایجاد پیوند با یک اکسیژن و چهار نیتروژن موجود در هوا کرده و به‌نوعی، عامل پیوند و پیوستگی بین آن‌ها می‌شوند.

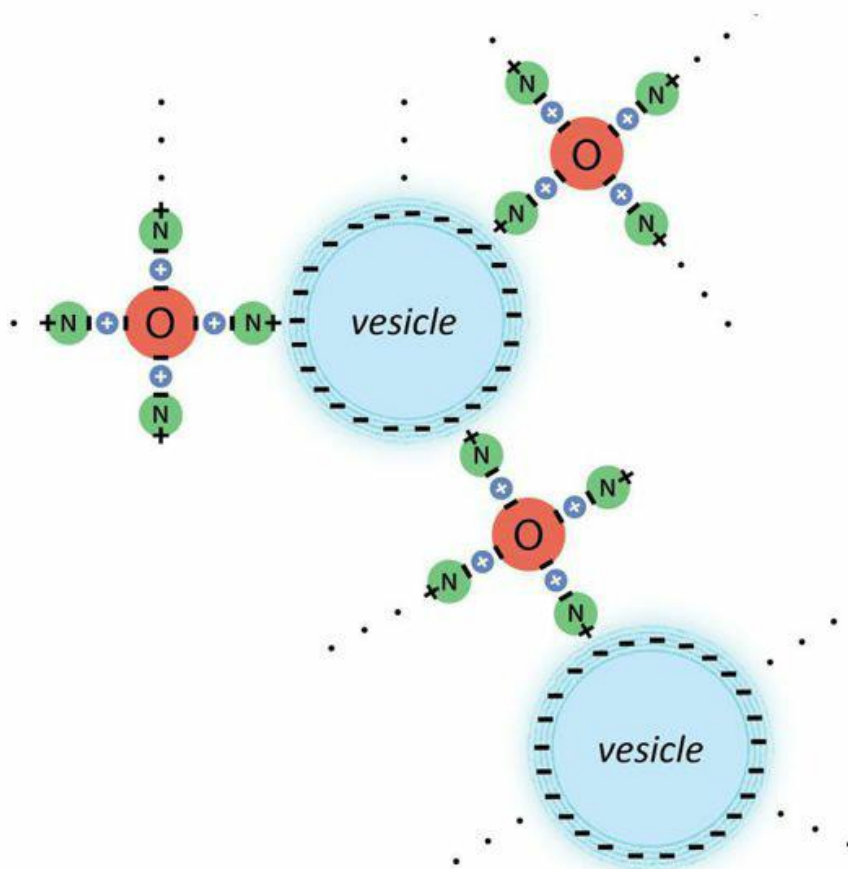


شکل ۱۰۰: پیوند چهار اتم نیتروژن به یک اتم اکسیژن توسط پروتون‌های آزاد شده در فرایند تبخیر سطحی.

اما این موضوع، تنها به این اتفاق ختم نشده و زمانی، جالب می‌شود که حباب‌ها یا قطره‌های رها شده نیز در اتصال و پیوند بین این مجموعه با مجموعه‌ای دیگر از اکسیژن‌ها و نیتروژن‌ها، همانند پلی عمل نموده و آن‌ها را به یکدیگر، متصل می‌نمایند؛ بنابراین، پروتون‌ها و قطره‌های آب حاصل از تبخیر، به‌عنوان چسب‌هایی برای پیوندهای بین اکسیژن‌ها و نیتروژن‌های موجود در هوا فرض می‌شوند. به همین دلیل، هنگامی که هوا، به اندازه‌ی کافی، مرطوب است، مردم احساس می‌کنند، هوای اطراف، سنگین به نظر می‌آید. در نهایت، به-راحتی حدس می‌زنیم که چرا سرعت باد در گذر از توری پنجره، کاهش می‌یابد!

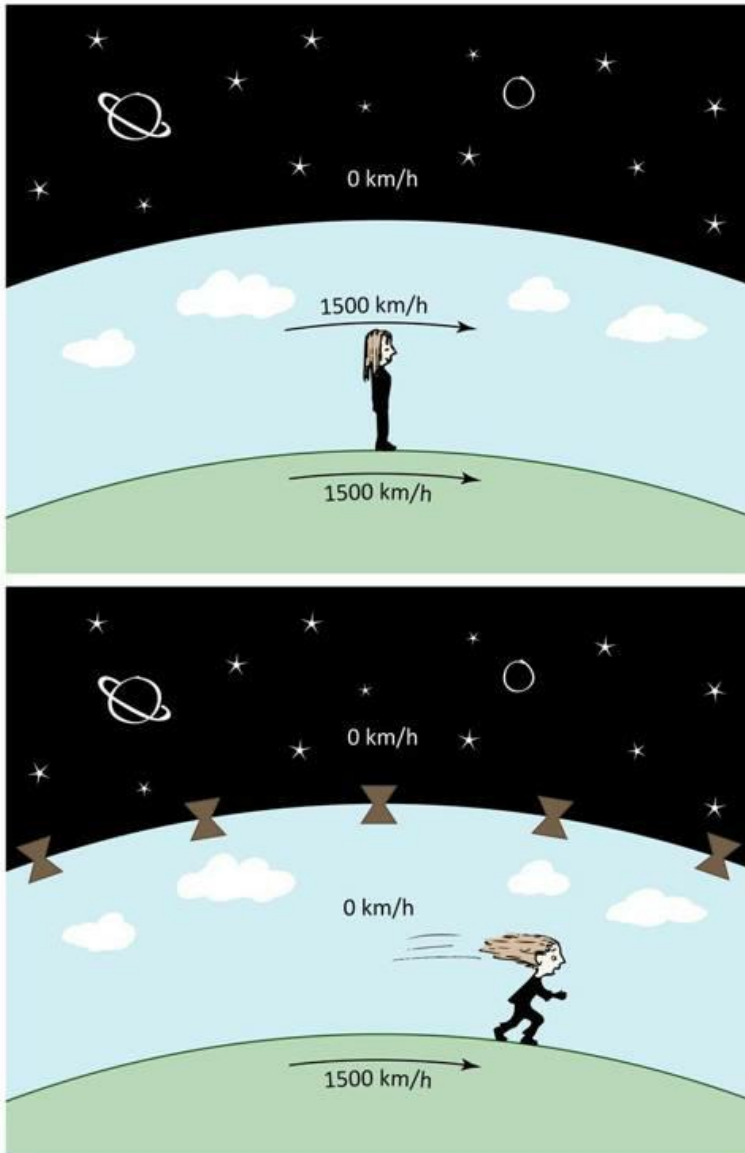
در نتیجه، اتصال عظیمی از اتم‌ها و مولکول‌های موجود در هوا، پدید آمده و شبکه‌ی ارتباطی بسیار بزرگی در هوای اطراف، تشکیل می‌شود. همین شبکه‌ی بزرگ از مواد موجود در هوا است که آن‌ها را به سطح زمین نیز مرتبط می‌سازد تا جَو دور کره‌ی زمین با همان سرعتی که زمین به دور خود می‌چرخد، در چرخش به دور زمین باشد تا موجودات روی

سطح زمین، اتفاق‌های ناگواری را تجربه نکنند. همچنین، رسانندگی الکتریکی از هوا را توقع داریم؛ به‌طوری‌که اگر سیگنالی را از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر از زمین، فرستاده و تحلیل نماییم، آن‌گاه، جو و هوای اطراف، همانند سیمی مسی، فرض شده و توانایی انتقال داده‌ها و سیگنال‌ها را خواهند داشت.



شکل ۱۰۱: واسطه شدن حباب‌ها یا قطره‌های حاصل از تبخیر برای اتصال مجموعه‌های نیتروژن-اکسیژن و تشکیل شبکه‌ای عظیم در هوا.

در پایان، تأکید می‌کنیم که حضور حباب‌ها یا قطره‌های حاصل از تبخیر آب در طبیعت، حضوری مؤثر و کاربردی است. برخلاف امروز که تقریباً هیچ جایگاه و ارزشی برای آن‌ها قائل نیستیم، قطعاً در آینده‌ای نزدیک، اهمیت این نمونه‌های کوچک و کم‌ارزش کنونی، بر همگان مشخص شده و تحقیقات در این زمینه نیز جایگاهی درخور را پیدا خواهند کرد.



شکل ۱۰۲: اهمیت جفت‌شدگی جو با زمین. الف) چرخش همزمان جو و کره‌ی زمین و استمرار زندگی عادی. ب) عدم جفت‌شدگی جو با زمین، باعث می‌شود تا سرعت بسیار زیاد زمین، به‌شدت احساس شود!

در این بخش، به برخی موارد مهم از کاربردهای حباب‌ها و یا قطره‌های متولد شده در پدیده‌ی تبخیر و تبخیر سطحی، اشاراتی شد که به‌طور خلاصه، تبخیر سطحی، به همین

حباب‌ها یا قطره‌های با لایه‌های ایزی متصل به خود، مرتبط می‌شدند و آن‌ها نیز می‌توانستند در اتصال با اکسیژن‌ها و نیتروژن‌ها، شبکه‌ی عظیمی را تولید نمایند که اثراتی همچون گُند ساختن جریان هوا در گذر از توری و یا جفت‌شدگی با سطح زمین، از مثال‌های این پدیده است.

اثرات مکانیکی سطح آب بر اجسام

آب، ماده‌ای با گرانشی (ویسکوزیته‌ی) بالا، از قابلیت‌های منحصربه‌فردی همچون کشش سطحی فوق‌العاده شگفت‌انگیزی، برخوردار است.



شکل ۱۰۳: قرارگیری سکه روی سطح آب، به دلیل کشش سطحی آب.

کشش سطحی، به مانند فرشی عمل می‌کند که در سطح آب، پهن شده و مانع از سقوط اجسام کوچک و سبک در آب می‌شود. کشش سطحی، یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های آب است که هم‌چنان توصیفی دقیق و منطقی برای آن پیدا نکرده‌ایم ولی می‌دانیم که آب، گویی در سطح خود، فرشی منعطف را گسترانیده و مانع از غرق شدن سکه، حشرات و یا هر جسم سبک دیگری، می‌شود. آیا واقعاً چیزی شبیه به فرش، در سطح آب، قرار می‌گیرد که چنین اتفاق جالبی رخ دهد؟

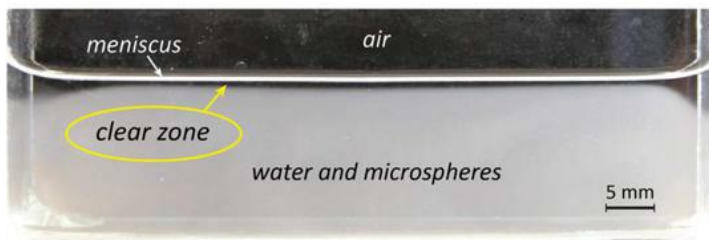
در پاسخ به این پرسش، دانشمندان، دلیل کشش سطحی را در پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های آب، جستجو می‌کنند. هر مولکول آب، علاقه‌مند به ایجاد ارتباط و پیوندی هیدروژنی با دیگر مولکول‌های آب، است. از این جهت که در مرز مشترک آب با هوا، شاخه‌های هیدروژنی هر مولکول آب، مولکول‌های آبی را بالای سر خود نمی‌یابند، ناگزیر، به

پیوندهای هیدروژنی با دیگر مولکول‌های آب در همان سطح و لایه‌ی آخر، رضایت می‌دهند و از این‌رو، به دلیل ازدیاد پیوندهای هیدروژنی در لایه‌ی نازکی از سطح آب، مقاومت بسیار بزرگی در برابر سقوط اجسام کوچک مثل ذرات گرد و غبار و یا حشرات سبک را خواهند داشت. در این حالت و به سبب چنین مقاومتی، فرض می‌شود که لایه‌ای نازک ولی مقاوم (مثل فرشی) روی سطح آب، قرار گرفته و کشش سطحی شگفت‌آوری را خلق نموده است؛ اما این پاسخ هم نمی‌تواند ذهن خلاق و شکاک دانشمندان را از علت اصلی کشش سطحی آب، دور نماید. در بررسی‌های جدید، مشخص شده است که ایده‌ی لایه‌های آب ایزی، در توضیح کشش سطحی و دیگر اثرات مکانیکی سطح آب بر اجسام، مؤثر واقع می‌شود.



شکل ۱۰۴: دویدن مارمولک (معروف به مارمولک عیسی مسیح) روی سطح آب، به دلیل کشش سطحی آب.

در این مورد، فرض می‌کنیم، به دلیل مرز مشترکی که هوا با آب دارد، ناحیه‌ای عاری از مواد محلول در آب و در سطح آن، یافت می‌شود. مطابق با شکل ۱۰۵، سطحی تیره‌رنگ (همان ناحیه‌ی طرد)، به دلیل همجواری آب با هوا، پدید می‌آید. ظهور این ناحیه، خبر از تشکیل لایه‌های آب ایزی، می‌دهد. این لایه و ناحیه، دارای استحکام و مقاومت قابل توجهی است.



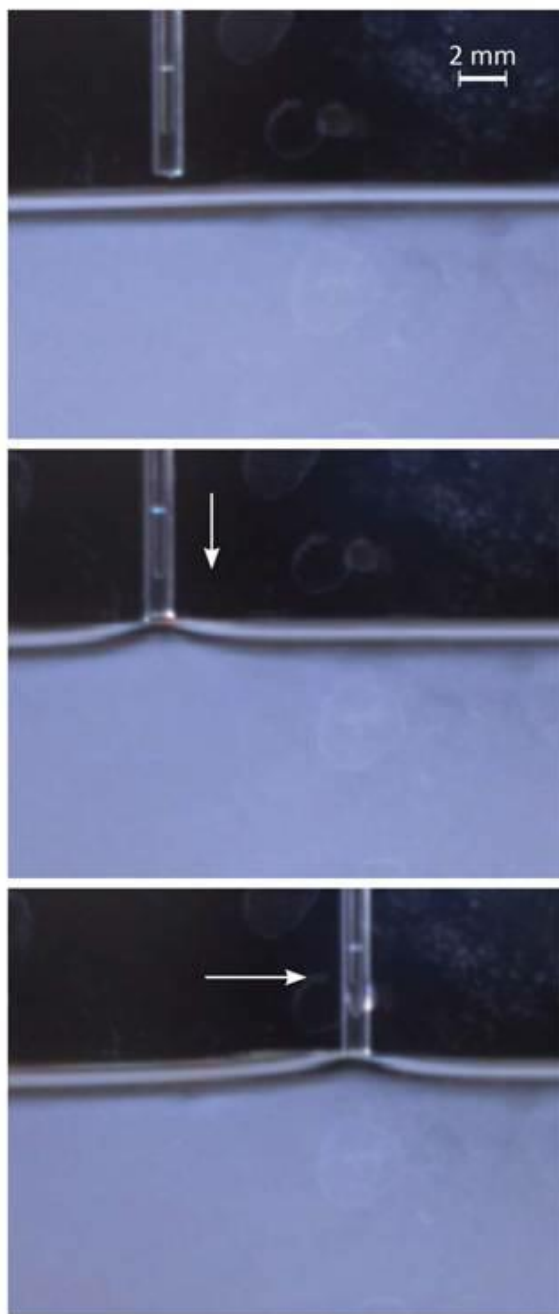
شکل ۱۰۵: طرد ذرات کروی میکرومتری از لایه‌ای نازک در سطح آب و تشکیل آب ایزی در سطح.

مطابق با مجموعه اشکال شکل ۱۰۶، با نزدیکی و اتصال لوله‌ای نازک از جنس شیشه، ضخامت لایه‌های ایزی، تغییری نمی‌یابد و حتی با کشیدن لوله‌ی شیشه‌ای نیز لایه‌های آب ایزی، به همراه آن حرکت می‌کنند ولی ضخامت آن‌ها، تغییر محسوسی نخواهد داشت. از این‌رو، لایه‌های آب ایزی هم‌مرز با هوای اطراف، مستحکم ولی درعین‌حال، منعطف هستند؛ دقیقاً به‌مانند استحکام و انعطاف یک فرش در مقابل برخی اجسام، عمل می‌کنند. گویی، ایده‌ی فرش گسترش‌یافته در سطح آب، ایده‌ای مناسب برای توصیف اثرات مکانیکی سطح باشد ولی کافی نخواهد بود. برای این منظور، بایستی، ایده‌پردازی‌مان را ادامه دهیم. در گام نخست ایده‌پردازی‌مان، کشش سطحی را به‌وجود لایه‌هایی از آب ایزی، نسبت داده‌ایم. این پرسش مطرح می‌شود که چگونه لایه‌های آب ایزی، پدید آمده‌اند؟

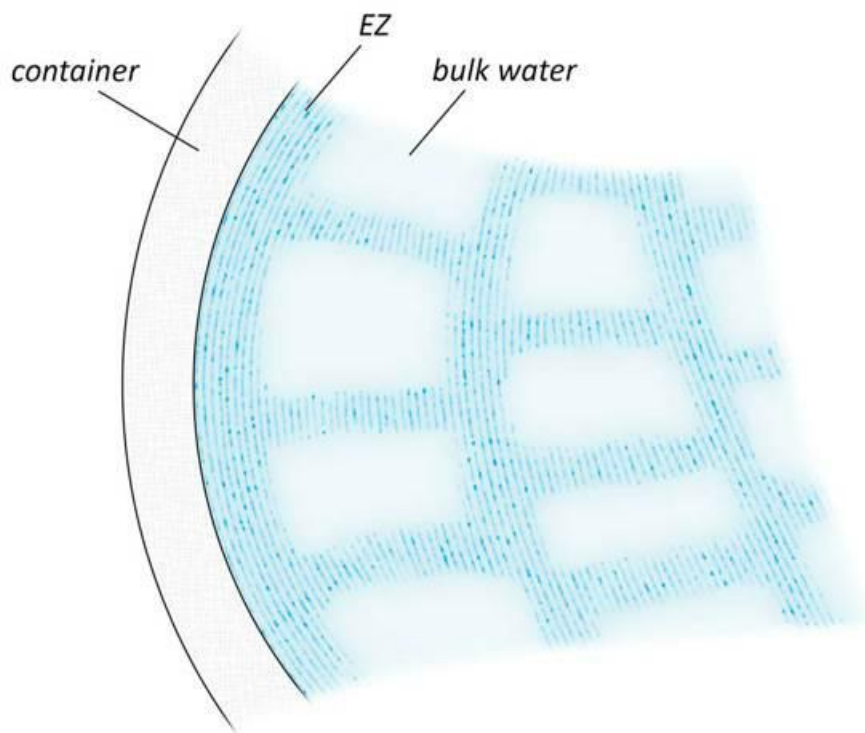
لایه‌های آب ایزی، به دو طریق می‌توانند پدیدار شوند. طریقه‌ی اول، بهره‌گیری از سطحی آب‌دوست مثل لیوان‌ها یا ظروف شیشه‌ای آزمایشگاهی است که با تابش نور فرودی، آب ایزی در نواحی همجوار با شیشه، تشکیل می‌شود. هم‌زمان، به‌دلیل وجود حباب‌ها و یا قطره‌ها در نمونه‌ی آب و استفاده از ساز و کار زیپ‌کردن، ساختارهای موزائیک‌شکلی که در بخش قبل به آن‌ها اشاره شده است، پدید می‌آیند. از این‌رو، اگر به ناحیه‌ی لایه‌های آب ایزی از بالا نگاهی بیندازیم، شکلی، تار عنکبوتی^۱ و موزائیکی از کنار هم قرارگرفتن لایه‌های ایزی و آب‌های معمولی، ترسیم می‌شود. شکل تار عنکبوت، همانند فرشی است که از تار و پودی مستحکم و منعطف، تشکیل شده باشد؛ بنابراین، برخی ویژگی‌های مکانیکی آب و لایه‌ی فوقانی آن، از ایده‌ی شبکه‌ی تار عنکبوتی لایه‌های آب ایزی، توجیه و تفسیر می‌شوند. در بیش‌تر مواردی که در بخش پیشین به آن‌ها اشاره شد، آب گرم و سلول‌های موزائیکی، در ارتباطی مستقیم با یکدیگر بودند ولی در این مثال‌ها، آب‌ها، در دماهایی مثل دمای اتاق نیز تار و پودی از لایه‌های آب ایزی را تشکیل می‌دهند!

موزائیک‌های تار عنکبوتی، سبب استحکام و سخت‌تر شدن سطح آب نسبت به دیگر نقاط آب معمولی می‌شوند. این سختی و سفتی را حتماً در حین شیرجه‌زدن درون آب دریا یا استخر، احساس کرده‌ایم (شیرجه‌ای دردناک و حتی خطرناک!)؛ اما با آزاد نمودن حباب‌ها در زیر استخر، سختی و سفتی آب، کاهش یافته و شیرجه را برای فرد ورزشکار، راحت‌تر و دلپذیرتر خواهد کرد. (همانند شکل ۱۰۷)

^۱ Net-Like



شکل ۱۰۶: اعمال اختلال مکانیکی در سطح آب توسط لوله‌ی باریک شیشه‌ای و نمایش استحکام و انعطاف لایه‌ی آب ایزی.

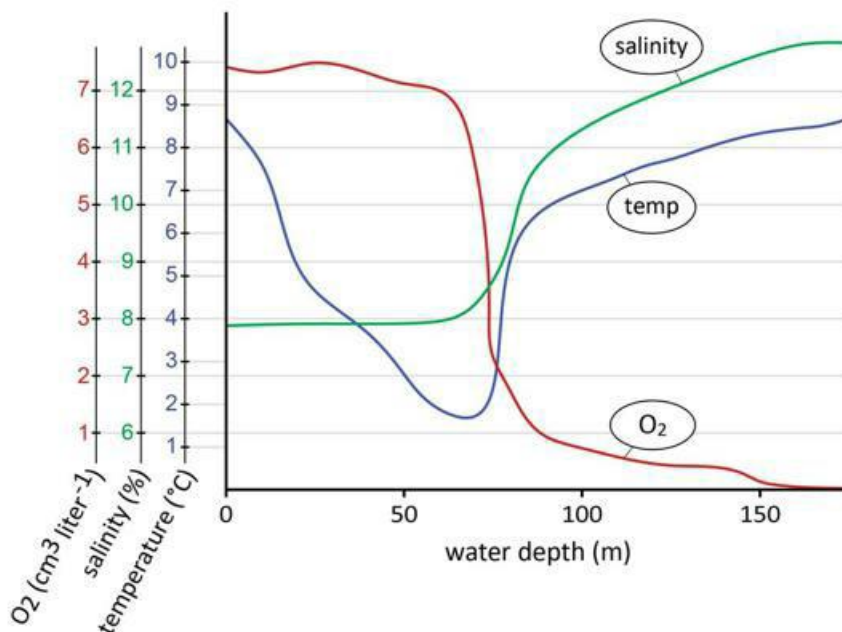


شکل ۱۰۷: شبکه‌ای مرکب از لایه‌های آب ایزی و آب معمولی همانند تار عنکبوت روی سطح آب.

از مباحث بخش قبل، دریافتیم که موزائیک‌های موجود در سطح آب، محدود به سطح، نشده و همانند لوله‌هایی سه‌بعدی تا عمقی از آب، ریشه دوانیده‌اند؛ بنابراین، در آب‌های آزاد، مانند آب دریاها یا اقیانوس‌ها، عمق لوله‌های موزائیکی و به‌نوعی، تار و پودهای موجود در سطح آب تا اعماق بیش‌تری نسبت به آب معمولی آزمایشگاهی، رشد خواهند داشت.

دلیل مهمی که در اثبات حضور آب‌های ایزی، کمک می‌نماید، تحقیقات دانشمندان در زمینه‌ی غلظت نمک و اکسیژن در اعماق مختلف آب دریاها یا اقیانوس‌ها است. مطابق با نمودار شکل ۱۰۸، در می‌یابیم که در اعماق نزدیک به سطح آب، میزان نمک به‌شدت کم ولی میزان اکسیژن، بسیار بیش‌تر از نواحی پر عمق‌تر است. ازدیاد اکسیژن و هم‌زمان، کمبود نمک در سطوح بالایی دریا، خبر از حضور لایه‌های آب ایزی، می‌دهد. برای شکل-گیری لایه‌های آب ایزی، میزان اکسیژن بالا می‌تواند سودمند باشد و با تولید این لایه‌ها، عناصری غیر از اکسیژن و هیدروژن، جایی در این ناحیه نخواهند داشت و از آن‌جا، طرد

خواهند شد. از این رو، کمبود میزان نمک و شوری آب در سطوح بالایی دریاها، نشان‌دهنده-
ی حضور لایه‌هایی از آب ایزی است.



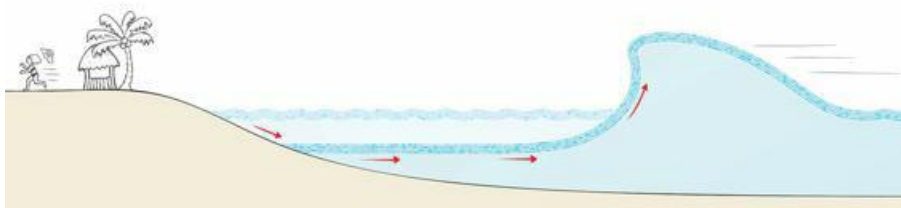
شکل ۱۰۸: نمودار دما، شوری و مقدار مولکول‌های اکسیژن بر حسب عمق آب در دریای بالتیک (در سال ۱۹۷۹ میلادی).

لازم به ذکر است که نمودار شکل ۱۰۸، در طول روز و در حضور نور خورشید بررسی و ترسیم شده است. تحقیقات نشان داده‌اند که در حین غروب آفتاب و در طول شب، روند شکل‌گیری آب ایزی، کند می‌شود.

دیگر تحقیق مرتبط با اثبات حضور آب‌های ایزی در لایه‌های سطحی آب دریاها یا اقیانوس‌ها، پژوهشی است که در زمینه‌ی حضور آمینو اسیدها^۱ صورت گرفته است. در این تحقیقات، مشخص شده است که در طول روز و با افزایش میزان شدت نور فرودی، میزان آمینو اسیدها در سطح آب اقیانوس‌ها یا دریاها، به‌شدت کاهش یافته و آمینو اسیدها به نواحی پر عمق‌تر، منتقل می‌شوند! این پژوهش نیز به طور غیرمستقیم به حضور ناحیه‌ی طرد در سطح آب‌های آزاد، اشاره دارد و ایده‌ی حضور آب‌های ایزی در سطح آب‌های آزاد را

^۱ Amino Acids

تقویت می‌نماید. البته لازم به یادآوری است که طرح و الگوی تار عنکبوتی از لایه‌های آب ایزی، در دریاها و اقیانوس‌ها، طرحی است که مدام دستخوش تغییر می‌شود. دلیل این موضوع، وجود بادهای شدید و مؤثر بر سطح آب، جزر و مد‌ها و دیگر رخدادهایی است که خارج از کنترل ماست. به عبارتی، ساختاری کامل از شبکه‌های موزائیکی یا تار عنکبوتی، با اندازه‌ها و مساحت‌های یکسانی نخواهیم یافت و اصطلاحاً شبکه‌ای وصله پینه‌ای^۱، پدید می‌آید. به‌طور کلی، ساختار تار عنکبوتی از آب‌های ایزی در سطح آب تا حدودی، حفظ شده و کشش سطحی بزرگی در آب دریاها یا اقیانوس‌ها، همچنان برقرار خواهد ماند. یکی از مهم‌ترین اثرات کشسانی و استحکام در سطح آب، اثبات شکل‌گیری سونامی‌های^۲ عظیم خواهد بود. مطابق با شکل ۱۰۹، اگر آب دریاها را کشسان و به‌هم‌پیوسته در نظر گیریم، این لایه‌ی سطحی و کشسان، منجر به امواج غول‌آسایی به‌مانند امواج سونامی، می‌شود.



شکل ۱۰۹: طرحی مفهومی از سطح کشسان آب دریا و ایجاد امواج سونامی.

همچنین، زیردریایی‌ها با تخریب و یا تغییر شکل سلول‌های لوله‌ای شکل موزائیکی و تار عنکبوتی در اعماق آب، به‌راحتی رصد می‌شوند (ر. ک. شکل ۱۱۰).

از دیگر ویژگی‌های مهمی که آب‌های سطحی دارند (به غیر از انعطاف و استحکام شبکه‌های تار عنکبوتی)، ویژگی شکنندگی^۳ و یا تُرد بودن آن‌ها است. با وجود چنین مشخصه‌ای، دریاها و اقیانوس‌ها، میزبان انواع و اقسام موجودات هستند. اگر آب‌ها، شکننده نبودند، شنای موجودات مختلف درون آن‌ها، غیر ممکن به نظر می‌آمد؛ یعنی، علی‌رغم آن‌که آب، بسیار سخت و سفت است، همزمان، شکننده و ترد نیز خواهد بود. شیرجه‌روی مبتدی، با شیرجه‌ی خود، سفتی و سختی آب (همان شبکه‌ی تار عنکبوتی از لایه‌های ایزی) را احساس می‌کند و به‌دلیل، شکنندگی و تردی آب، به شنا می‌پردازد.

¹ Patchwork Network

² Tsunamis

³ Fragility



شکل ۱۱۰: حرکت زیردریایی و ایجاد آشفتگی در شبکه‌ی تار عنکبوتی از آب‌های ایزی.

شکندگی را براساس تیکسوترایی^۱ توضیح می‌دهیم. مواد تیکسوتراپیک^۲ به موادی گفته می‌شوند که با ضربه و اشاره‌ای خفیف و ناچیز، به طور کشسان، تغییر شکل می‌دهند ولی پس از مدتی کوتاه، به همان شکل سابق خود بازمی‌گردند؛ اما اگر این ضربه یا نیرو، از مقدار حدی آن بیش‌تر شود، این مواد، شروع به شارش و جریان می‌کنند. مثالی که از مواد تیکسوتراپیک می‌توان آورد، سفیده‌ی تخم‌مرغ^۳، است. سفیده‌ی تخم‌مرغ، شباهتی بی‌نظیر با لایه‌های آب ایزی، دارد. البته این ماده از میزان قابل‌توجهی از آب‌های ایزی نیز تشکیل شده است. از این‌رو، بهترین گزینه برای فهم شکندگی سطح آب، سفیده‌ی تخم‌مرغ، خواهد بود.

شنای موجودات در آب و ایستادن یا غرق‌شدن سکه در آب، توسط تیکسوترایی قابل توصیف و توجیه است.

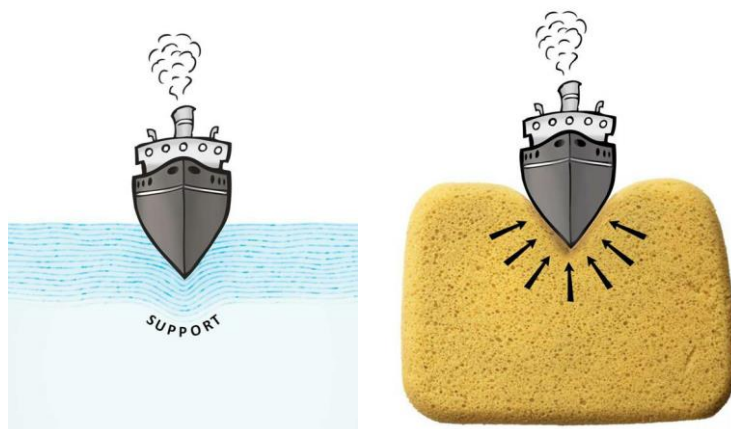
با استفاده از تیکسوترایی و شبکه‌ی تار عنکبوتی لایه‌های ایزی، حرکت کشتی یا قایقی را توصیف می‌کنیم. با حرکت کشتی در سطح آب، کشتی، مسبب برشی بزرگ و عمیق در شبکه‌ی مذکور می‌شود ولی با این‌حال، کشتی به‌راحتی از روی سطح آب، گذر کرده و به حرکت خود ادامه می‌دهد. در این حالت، ساختار لایه‌های ایزی و شبکه‌ی تار عنکبوتی،

¹ Thixotropy

² Thixotropic Materials

³ Egg White

تقریباً دست‌نخورده^۱، باقی مانده و تا حدودی، کش^۲ می‌آیند و این نوع حرکت، طبق اصل تیکسوترایی، سبب تغییر شکلی ناگهانی در شبکه‌ی تار عنکبوتی از لایه‌های ایزی، شده و مجدداً به شکل اولیه خود باز می‌گردند. لازم به ذکر است که لایه‌ی سطحی آب، همان‌اندازه که کشسان است، به همان میزان نیز شکننده خواهد بود تا حرکت کشتی‌ها و قایق‌ها به-آسانی صورت پذیرد.



شکل ۱۱۱: مدل شناوری و حرکت کشتی‌ها (الف) روی اسفنجی خیس و پر آب، (ب) روی شبکه‌ای تار عنکبوتی از لایه‌های آب ایزی.

از دیگر مباحثی که در زمینه‌ی اثرات سطح بر اجسام، به آن‌ها اشاره می‌شود، نظریه-هایی است که ارشمیدس^۳ دانشمند یونان باستان، آن‌ها را عرضه نموده است. او اثبات کرد که با فرو بردن جسمی به داخل آب، فشاری که آب از همه‌ی جهات به جسم وارد می‌کند، سبب بالا آمدن آن جسم، می‌شود؛ اما آیا می‌شود، هم‌چسبی^۴ و چسبندگی بین مولکول‌های آب را نیز به نظریه‌ی ارشمیدس، اضافه نمود؟ ارشمیدس و خیلی از فیزیک‌دان‌های امروزی، معتقدند که فشاری که از طرف مولکول‌های آب به جسم وارد می‌شود، عامل اصلی در این امر است، ولی می‌توان به چسبندگی و هم‌چسبی بین مولکول‌های آب نیز فکر کرد.

¹ Intact

² Strain

³ Archimedes

⁴ Cohesion

با مثالی از حرکت کشتی یا قایق می‌توان متوجه این بحث شد. اگر مولکول‌های آب به یکدیگر متصل نباشند و یا پیوندی ضعیف داشته باشند، با حرکت قایق یا کشتی، مولکول‌های آب، شکافته شده و سبب غرق شدن کشتی یا قایق می‌شوند؛ یعنی، انگار کشتی، بر روی اسفنجی خیس و پر آب، در حرکت است و اسفنج، مانع از غرق شدن کشتی می‌شود. لایه‌های آب ایزی در سطح آب، چیزی شبیه به اسفنج فوق، عمل می‌کنند. کشتی‌ها با قرارگیری روی لایه‌ها و شبکه‌ی تار عنکبوتی از لایه‌های ایزی، با اطمینان به حرکت خود ادامه می‌دهند. قسمت‌های زیرین کشتی، با شکافتن ظاهری آب، به نوعی، سبب تغییر شکل شبکه‌ی تار عنکبوتی، شده و بلافاصله در جهت حفظ حالت اولیه و تعادلی خود، کوشیده و از این‌رو، تغییر شکلی ناگهانی و موقتی را تجربه خواهند نمود. این رفتار نیز تنها با تصور چسبندگی و هم‌چسبی مولکول‌های آب، قابل توجیه و تفسیر خواهد بود. با این حساب، نیروی بالابرنده‌ای که حاصل از شبکه‌ی کشسان کشیده‌شده است، می‌تواند در ابتدا مانع از غرق شدن کشتی یا قایق شود، عامل شناوری آن باشد و در نهایت، به حرکت آن نیز کمک نماید.

شبکه‌های موزائیکی و تار عنکبوتی از لایه‌های ایزی، نه‌تنها به شناوری اجسام از جمله کشتی‌ها کمک می‌کنند، بلکه می‌توانند سبب غرق شدن آن‌ها نیز شوند! چگونه؟!

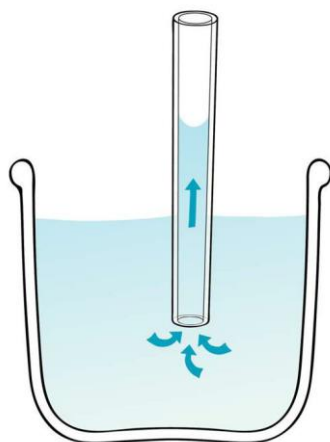
همان‌طور که در همین بخش بیان کردیم، با ورود حباب‌های بیش‌تر به سطح آب، استحکام آب برای شیرجه‌روها تا حدودی کاهش می‌یابد و از حوادث در حین شیرجه برای ورزشکاران پیشگیری می‌کند. چنین اتفاقی نیز احتمالاً در حوادثی معروف برای کشتی‌های ورودی به مثلث مخوف برمودا^۱ در حوالی ایالات متحده‌ی آمریکا، رخ می‌دهد. دانشمندان، به‌وجود حباب‌های ناشی از برخی پدیده‌های طبیعی در زیر آب‌های این منطقه، پی برده‌اند و با استفاده از دانش آب‌های ایزی و شبکه‌ی تار عنکبوتی، در یافته‌اند که استحکام آب در این نواحی برای شناورسازی کشتی‌ها، مناسب نبوده و عاملی برای غرق شدن کشتی‌ها می‌شود؛ حتی برخی از ملوان‌هایی که از این حوادث، جان سالم به در برده‌اند، معترف هستند که آب‌های این منطقه، به‌شدت کف‌آلود و متلاطم بوده است! با این حساب، همان‌اندازه که حباب‌ها به شیرجه‌روها کمک می‌کنند تا آب را نرم‌تر احساس کنند، به همین اندازه، برای کشتی‌ها و قایق‌ها خطرناک هستند.

^۱ Bermuda Triangle

دیگر مورد مهمی که به سبب حضور شبکه‌ی تار عنکبوتی، پدید می‌آید، شناور ماندن قطره‌ی آب فرودی، روی سطح آب است. دلیل این واقعه‌ی کوتاه‌مدت و جذاب را در لایه‌های ایزی دور قطره و شبکه‌ی تار عنکبوتی روی سطح آب، جستجو می‌نماییم (ر. ک. شکل ۳).

آب ایزی و اثر موینگی

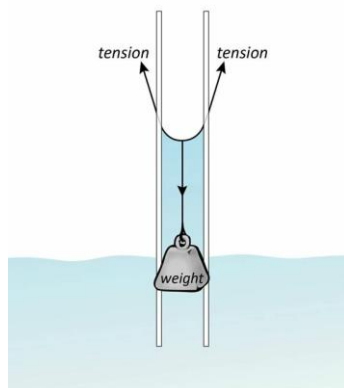
اثر موینگی به شارش آب درون لوله‌ای باریک و آب‌دوست، گفته می‌شود که برخلاف جاذبه‌ی گرانشی زمین، به حرکت درمی‌آید. این اثر که در لوله‌های بسیار باریک رخ می‌دهد، دو نکته‌ی مهم را در بر دارد: ابتدا، حرکت آب برخلاف جاذبه‌ی گرانشی زمین و سپس، شکلی هلالی^۱ (مقعر یا فرو رفته) در سطح آب.



شکل ۱۱۲: اثر موینگی در لوله‌ای باریک و آب‌دوست.

امروز، دلیل این دو اتفاق مهم را به کشش سطحی، نیروهای هم‌چسبی و دگرچسبی بین مولکولی و وزن مایع در سطح، نسبت می‌دهند. همچنین، توقف روند حرکتی آب را به تعادل میان وزن کل آب و نیروی کشش سطحی، منتسب می‌نماییم؛ اما این دسته از دلایل، قانع‌کننده نخواهند بود. از این‌رو، با استفاده از مفهوم آب ایزی و ساختارهای موزائیکی روی سطح آب، می‌توانیم به این اثر مهم، پاسخی به مراتب قانع‌کننده‌تر دهیم.

^۱ Meniscus

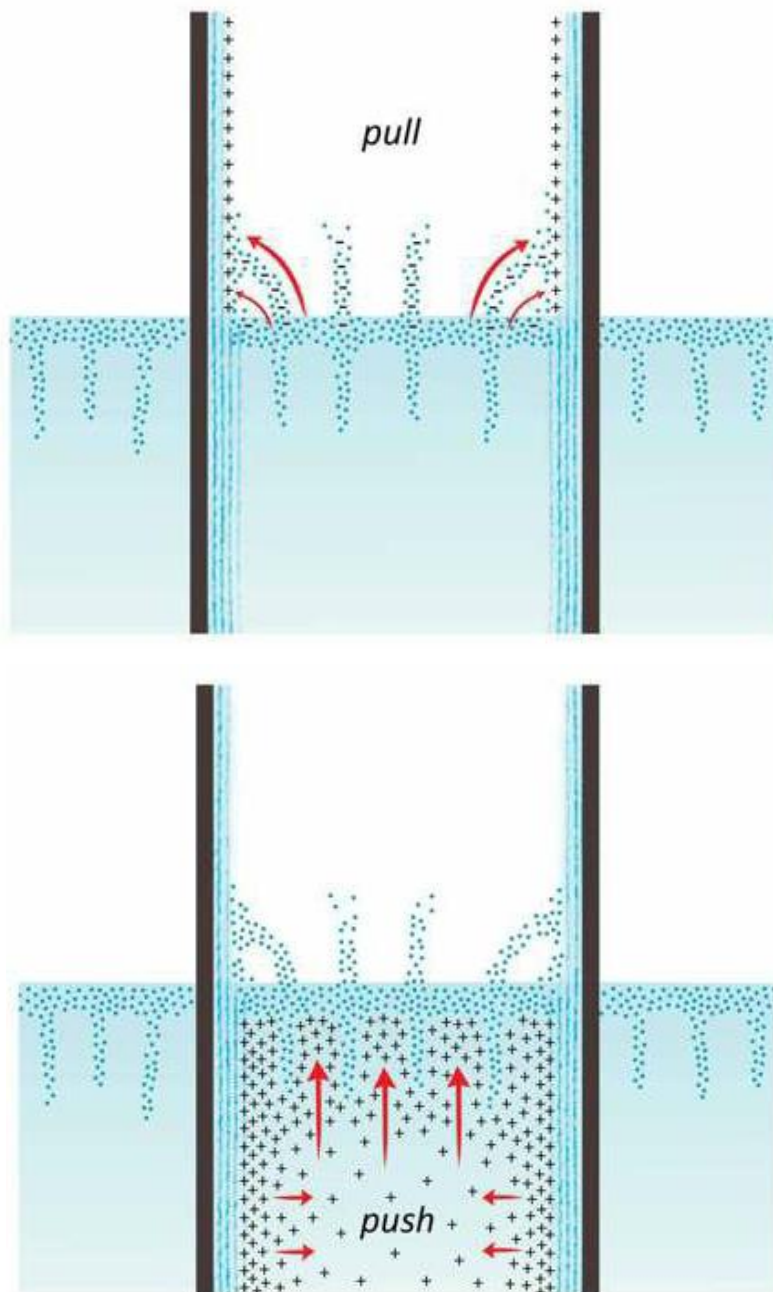


شکل ۱۱۳: تعادل در دو نیروی وزن و کشش سطحی، سبب توقف حرکت آب و شکل هلالی در سطح می‌شود (طبق نظریه‌های رایج).

اولین پرسشی که باید به آن پاسخ دهیم این است که واقعاً چگونه آب برخلاف جاذبه گرانشی، به بالای لوله، هدایت می‌شود؟

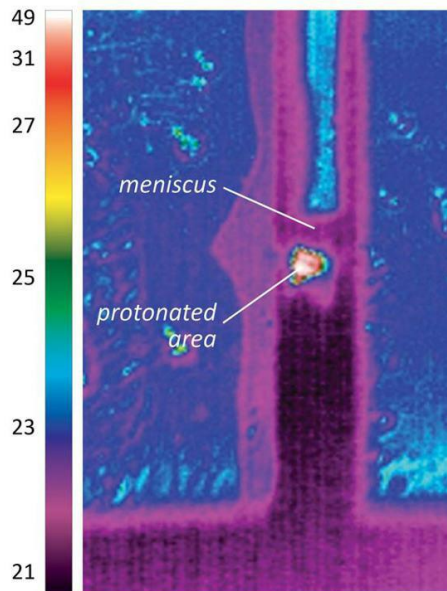
در پاسخ به این سؤال، به شکل ۱۱۴، توجه ویژه‌ای خواهیم داشت. در این شکل، مشخص می‌شود که دو عامل آب ایزی و الگوهای موزائیکی، سبب می‌شوند تا آب، هم به بالا حرکت کند و هم شکلی فرو رفته را به خود گیرد.

مطابق با شکل ۱۱۴، به دلیل رطوبتی که در محیط موجود است، آب به دیواره‌های سطح داخلی لوله‌ی شیشه‌ای، جذب شده و سپس، لایه‌های آب ایزی را تشکیل می‌دهند و به تبع آن، در ناحیه‌ی خارج از لایه‌های آب ایزی، پروتون‌ها قرار می‌گیرند. همچنین، به دلیل ساختار سلول‌های موزائیکی که در بخش‌های پیش به آن‌ها اشاره کردیم، مرزهای سلولی با برداشتن حباب‌ها یا قطره‌هایی با بار الکتریکی منفی، خودنمایی می‌کنند. حال، طبق شکل ۱۱۴-الف، این حباب‌ها یا قطره‌ها با بار منفی، جذب بارهای مثبت پروتونی هم‌جوار با سطح شیشه‌ای، شده و هم‌زمان، هم به بالا رفتن و هم به مقعری شدن سطح آب، کمک می‌کنند. همچنین، با توجه به شکل ۱۱۴-ب، به دلیل وجود سلول‌های موزائیکی و نیز حضور لایه‌های آب ایزی، انبوهی از بارهای مثبت (همانند یون‌های هیدرونیوم) را در آب، متصور می‌شویم. همان‌طور که می‌دانیم، بارهای مثبت به دلیل نیروی دافعه‌ی الکترواستاتیکی، از یکدیگر، فاصله گرفته و فشاری را به سطح آب، وارد می‌نمایند و در نتیجه، آب، به سمت بالا حرکت خواهد کرد.



شکل ۱۱۴: الف) جذب الکترواستاتیکی حباب‌ها یا قطره‌های با بار منفی به سمت پروتون‌های مجاور با آب ایزی سطح لوله، ب) فشار ناشی از حضور بارهای مثبت و حرکت سطح آب به سمت بالای لوله.

در این بخش، به چند نکته در مورد اثر موینگی نیز اشاره خواهیم کرد. اگر میزان آب-دوستی لوله و یا رطوبت محیط زیاد باشد، مقدار آب چسبیده به سطح داخلی لوله، افزایش می‌یابد و به تبع آن، پروتون‌های بیش‌تری را تولید خواهند کرد. با تولید بیش‌تر پروتون‌ها، طبیعتاً جذب بارهای منفی مرزهای سلول‌های موزائیکی، افزایش یافته و در نتیجه، میزان بالا رفتن آب در لوله نیز افزایش می‌یابد. این نتیجه، دقیقاً برای افزایش نرخ تبخیر در برابر الکتروود مثبت نیز دیده شده است. به‌طور کلی، با قرارگرفتن الکتروودی با بار مثبت در بالای نمونه‌ی آب، نرخ تبخیر افزایش می‌یابد که دلیل آن نیز مشارکت حباب‌ها یا قطره‌ها با بارهای منفی درون مرزهای سلول‌های موزائیکی است. جالب اینجاست که قرن‌ها پیش، آیزاک نیوتن^۱، فیزیک‌دان انگلیسی، دلیل رخدادهای مشابه با موینگی را به اثرات الکتریکی و الکترواستاتیکی، نسبت داده بود ولی قرن‌ها به این ایده، توجهی نشد و با بهره‌گیری از مفهوم آب ایزی، اثبات ایده‌ی نیوتن را داشته‌ایم.



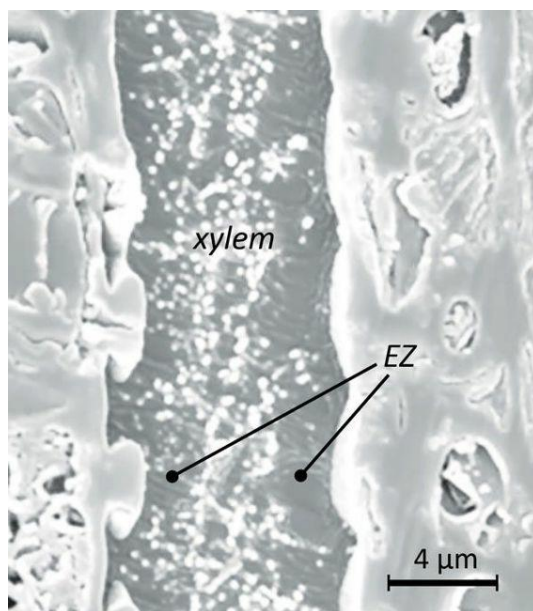
شکل ۱۱۵: تصاویر فروسرخ از آب درون لوله و حضور ناحیه‌ای با تجمع پروتون‌ها در زیر سطح مقعر آب.

در مورد اثر موینگی، اثبات شده است که این اثر در لوله‌های باریک‌تر، آب را به ارتفاع-های بالاتری هدایت می‌کند. برای آب گرم‌تر نیز چنین اتفاقی رخ می‌دهد. اثر موینگی با

¹ Sir Isaac Newton

شرایط یکسان، در همه‌ی نقاط عالم به نتیجه‌ای واحد خواهد رسید و همچنین، لوله‌های آب‌گریز نیز به دلیل عدم توانایی در تشکیل آب ایزی در سطح خود، اثر موینگی را از خود به نمایش نمی‌گذارند.

رخداد جالبی که در اثر موینگی رخ می‌نماید، نقطه‌ی پررنگ و به ظاهر داغی است که دقیقاً در زیر سطح هلالی شکل و در تصاویر فروسرخ، مشاهده می‌شود (مطابق با شکل ۱۱۵). این نقطه‌ی به ظاهر داغ، به حضور، تجمع و حرکت پروتون‌ها یا یون‌های هیدرونیوم، در زیر سطح هلالی شکل، اشاره دارد که در نتیجه، امواج فروسرخ قوی‌تری را از خود ساطع می‌کنند. به عبارتی، تجمع و حرکت پروتون‌ها، اثبات‌کننده‌ی ایده‌ی آب ایزی و حضور بارهای مثبت هدایت‌کننده‌ی حرکت آب، است.



شکل ۱۱۶: تصویر میکروسکوپ الکترونی از رگ‌های طبیعی در درخت و اثبات حضور آب ایزی در آن‌ها.

واقعیه‌ی جالبی که در پدیده‌های طبیعی و در طبیعت اطراف، رخ می‌دهد، هدایت و حرکت آب در لوله‌های باریک درختان و گیاهان^۱ است. در تحقیقی که بر روی رگ‌های طبیعی^۲ درختان انجام شده است، نشان می‌دهد که ذرات محلول در آب درون آن‌ها، به

^۱ در متون فارسی، به آوند، معروف هستند.

^۲ Xylem

مرکز این رگ‌ها، هدایت شده و به دلیل حضور لایه‌های آب ایزی در سطح این رگ‌های درختی و گیاهی، ذرات، از این ناحیه طرد شده و به مرکز لوله، هدایت می‌شوند. به‌طور کلی، لوله‌های طبیعی در درختان و گیاهان، همانند لوله‌های شیشه‌ای و یا نفیونی، عمل خواهند کرد و جریان وابسته به تأثیرات موینگی، سبب آبرسانی به همه‌ی نقاط درختان و یا گیاهان، می‌شوند.

طبق اصولی که در مورد آب ایزی، فرا گرفته‌ایم، تابش نور فرودی، عامل اصلی تشکیل آب ایزی است. در نتیجه، نور خورشید در هدایت و حرکت آب درون گیاهان و درختان، نقشی اساسی را ایفا می‌نماید. در این صورت، سبز بودن برگ درختان در فصل تابستان را می‌توان به نور فرودی خورشیدی، تشکیل آب ایزی و در نتیجه، آبرسانی^۱ موفق در آن‌ها، نسبت داد؛ بنابراین، با کاهش شدت نور خورشید در فصول پاییز و زمستان، شاهد خشکی و ریزش برگ درختان هستیم؛ این اتفاق، به‌معنای کاهش عملیات آبرسانی به بخش‌های مختلف درخت یا گیاه است که به‌سبب کمبود نور، توقف تشکیل لایه‌های آب ایزی و به‌تبع آن، کاهش شدید در اثر موینگی، رخ می‌دهد. جالب است که در فصول سرد سال، با افزایش بارش باران و برف، توقع داریم تا گیاهان و درختان، رشدی به‌مراتب بیش‌تر را تجربه نمایند ولی گویی، آب، به‌تنهایی نمی‌تواند سبب رشد گیاهان و درختان باشد و نور خورشید، آب ایزی و اثر موینگی وابسته به آن، نقشی بسیار مهم‌تر را خواهند داشت!

گذار فاز از آب ایزی به یخ

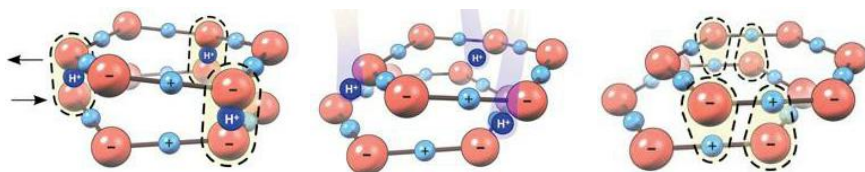
در گذار فاز آب مایع به یخ، دانشمندان با قاطعیت بیان می‌دارند که در این مسیر، بایستی انرژی از دستگاه موردنظر، گرفته شده تا آب بتواند به ساختاری جامد، دست یابد. این ایده‌ی مورد قبول همگان تا چه‌اندازه صحیح است؟ آب ایزی برای جداسازی بارها و شکل‌گیری، نیازمند انرژی تابشی الکترومغناطیسی است؛ یعنی، آب مایع یا یخ برای تشکیل آب ایزی، انرژی را جذب و با بهره‌گیری از این انرژی، به تشکیل ساختارهای لایه‌ای اقدام می‌نمایند. حال، در فرایندی معکوس (همچون مسیر تشکیل یخ از آب و یا آب ایزی)، باید انرژی کسب‌شده از تابش نور فرودی، به محیط منتقل شود؟

¹ Hydration

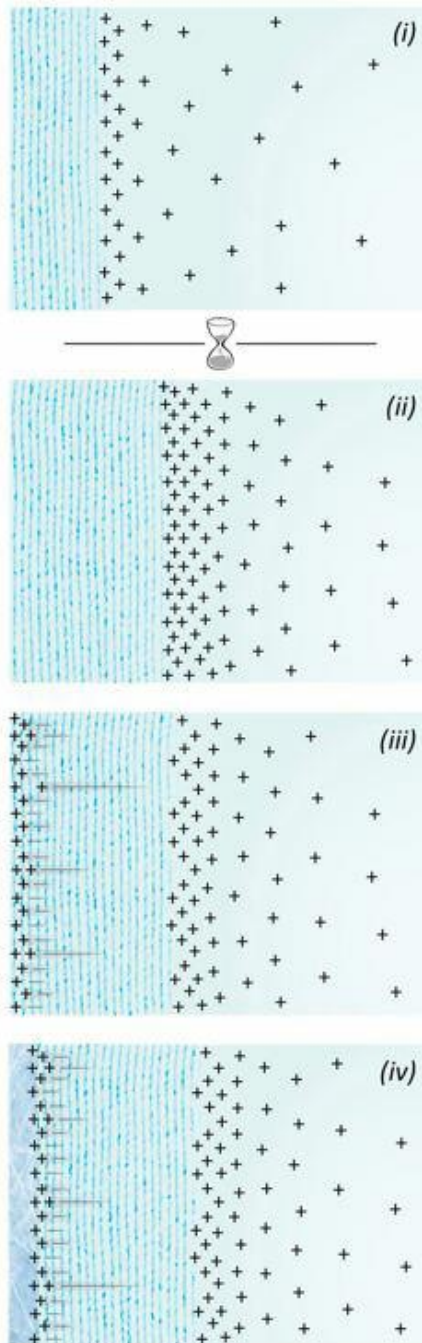
در پاسخ به این ابهام، به این نکته توجه می‌کنیم که در حضور آب ایزی و نور فرودی از خورشید یا هر منبع دیگر، نمی‌توان به راحتی از خروج انرژی از دستگاه مورد مطالعه، سخن گفت. در ادامه، خواهیم دید که برای تشکیل یخ از آب مایع یا آب ایزی، نیازمند جذب انرژی تابشی فرودی هستیم و بدون کسب انرژی، این عمل غیرممکن خواهد شد.

در این راستا، تأکید می‌کنیم که در جهت نظم‌دهی به ساختار آب مایع و تبدیل آن به آب ایزی، حضور نور و انرژی فرودی، الزامی است و به همین شکل، برای ساختن ساختاری منظم‌تر از آب ایزی و تبدیل آن به یخ نیز انرژی و نور فرودی، از الزامات چنین رخدادی است.

به سراغ فرایند تشکیل یخ از آب ایزی می‌رویم. این روند، دقیقاً روند وارون تشکیل آب ایزی از یخ است که پیش از این، به آن اشاره کرده‌ایم. در گذار آب ایزی به یخ، ابتدا آب ایزی با دو لایه‌ی شش‌ضلعی را در نظر می‌گیریم که با فاصله‌ای تعادلی روی یکدیگر، جای گرفته‌اند. در مرحله‌ی بعد، سه پروتون برای قرارگیری در فاصله‌ی بین دو لایه و دو اکسیژن آن‌ها، به این مکان، منتقل شده و به دلیل جاذبه‌ی الکترواستاتیکی مابین آن‌ها، لایه‌های شش‌ضلعی، حرکت کرده و دقیقاً در موازات یکدیگر قرار می‌گیرند و در نهایت، به یخ که در حالت جامد قرار دارد، تبدیل می‌شود. با پیگیری این روند، به راحتی یخ را در دنیای واقعی، مشاهده می‌نماییم. مجدداً تأکید می‌کنیم، دستگاه موردنظر با کسب انرژی، ساختاری منظم را به ساختاری با نظم بیشتر، تبدیل می‌کند. فرایند گذار آب ایزی به یخ، در شکل‌های ۱۱۷ و ۱۱۸ قابل مشاهده هستند.

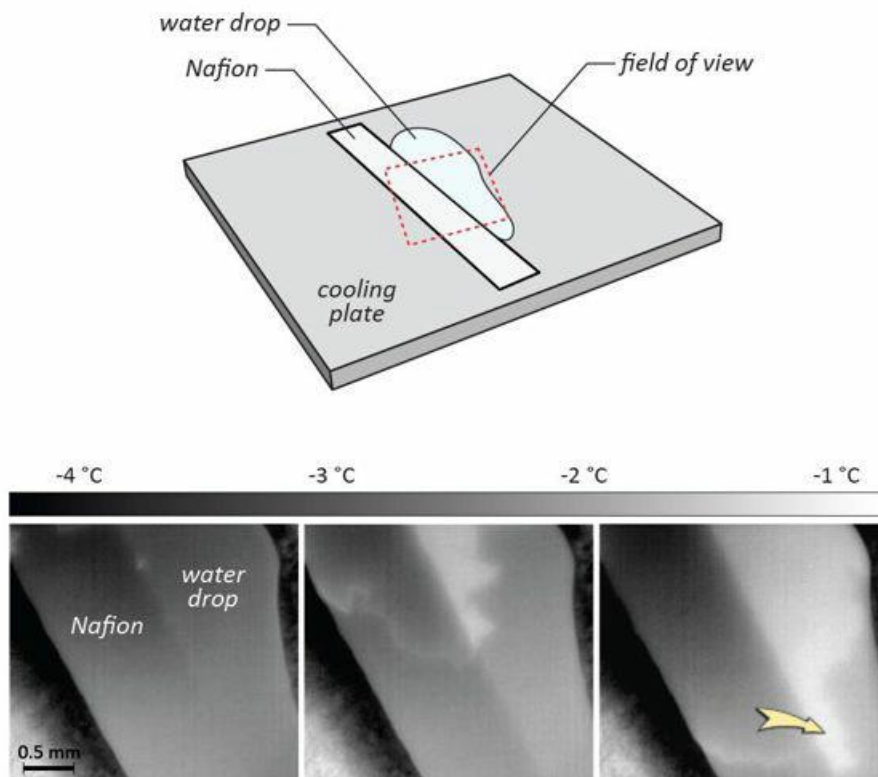


شکل ۱۱۷: روند انجماد آب ایزی. راست) لایه‌های شش‌ضلعی ایزی، وسط) حضور سه پروتون در میان دو لایه‌ی شش‌ضلعی، چپ) موازی شدن دو لایه‌ی شش‌ضلعی با حضور پروتون‌ها و تکمیل فرایند گذار آب ایزی به یخ.



شکل ۱۱۸: فرایند گذار آب ایزی به یخ. با نفوذ پروتون‌ها به درون آب ایزی، آهنگ گذار آب ایزی به یخ، افزایش می‌یابد.

برای اثبات این قضیه که آب ایزی در تشکیل یخ، نقشی اساسی دارد و به عبارتی، تشکیل یخ، ابتدا از آب ایزی، شروع و سپس، به آب مایع معمولی، تسری می‌یابد، آزمایشی، طراحی شده و مطابق با شکل ۱۱۹، در می‌یابیم که واقعاً آب ایزی به دلیل نظم ساختاری مشابه با یخ، گزینه‌ی اول تبدیل شدن به یخ است. طبق شکل ۱۱۹، قطره‌ای از آب را روی ورقه‌ای سرد و در مجاورت سطح آب‌دوستِ نفیونی، قرار داده و مشاهده می‌کنیم که قطره گام به گام به یخ، تبدیل می‌شود. گذار قطره‌ی مایع به یخ، ابتدا با تشکیل لایه‌های آب ایزی در مجاورت سطح آب‌دوست، شروع و سپس، روند یخ‌زدگی به لایه‌های آب ایزی، منتقل شده و در نهایت، سبب یخ‌زدگی کل مجموعه، خواهد شد. این آزمایش، نمایشی کلی از روند یخ‌زدگی و اهمیت و کاربرد آب ایزی در این گذار است.



شکل ۱۱۹: بالا) چکاندن قطره‌ای آب روی ورقه‌ای سرد و در کنار سطح آب‌دوستِ نفیونی. پایین) آغاز فرایند یخ‌زدگی در قطره‌ی آب (خال سفیدرنگ در شکل سمت چپ)، رشد آن (شکل میانی) و تکمیل فرایند یخ‌زدگی از مسیر لایه‌های آب ایزی مجاور با سطح آب‌دوست (به پیکان، در شکل سمت راست دقت شود!)

یکی دیگر از پارامترهای مهم در روند گذار آب به یخ، دمای محیط است. در فیزیک امروزی، در شرایط مساعد و فشار یک اتمسفر، دمای صفر درجه‌ی سلسیوس، به‌عنوان دمای انجماد آب، در نظر گرفته می‌شود؛ اما مثال‌های نقضی بر این ادعا داریم که بیان خواهند شد. مثلاً مشاهده شده است که برخی از آب‌های مایع با فشار جو و در سطح دریا تا حدود دمای منفی ۴۰ درجه‌ی سلسیوس نیز به یخ تبدیل نمی‌شوند و یا در فضای محدود و محبوس، دمای انجماد، حتی به حدود منفی ۸۰ درجه‌ی سلسیوس نیز می‌رسد. به این دسته از آب‌ها که بسیار هم مشاهده شده‌اند ولی ساز و کار آن‌ها به‌درستی مشخص نشده است، لقب آب سردشده، می‌دهند.

آیا فی‌الواقع، دما، معیار مناسبی برای گذار آب مایع به یخ است؟

خیر. پاسخ را باید در آب ایزی، پروتون‌ها و نور فرودی به نمونه، جستجو نمود. می‌دانیم، نمونه‌ای همچون آب گرم، روند گذار آب به یخ را با آهنگی به‌مراتب سریع‌تر، نسبت به آب سرد طی می‌کند. این نتیجه‌ی مهم را دانش‌آموزی تانزانایی، به نام امپمبا به جامعه‌ی علم، معرفی نمود. نقش دما در گذار آب به یخ، گویا منتفی است و بهتر است بگوییم، نقشی کم-رنگ‌تر از فیزیک امروزی را باید برای آن، قائل شد.

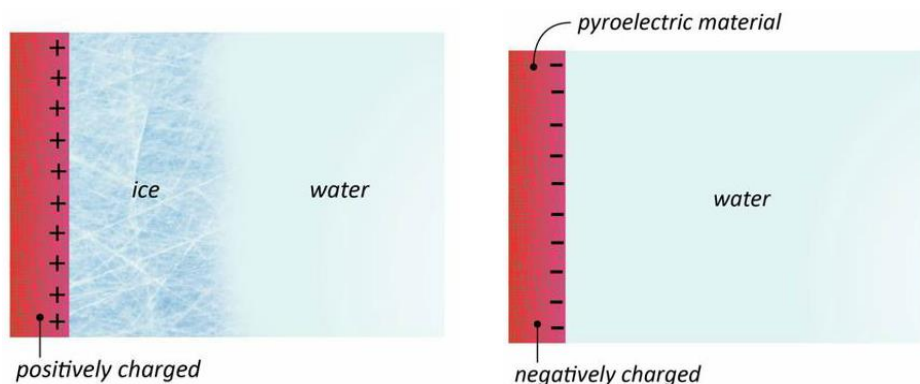
پس دلیل بنیادین در تشکیل یخ چیست؟

دلیل اصلی را باید در آب ایزی و مهم‌تر از آن، در پروتون‌های مجاور آن، جستجو نمود. برای فهمی عمیق‌تر نسبت به اثرات دما و حضور پروتون‌ها، آزمایشی توسط دانشمندان، طراحی شده است. در این آزمایش، از ماده‌ای پیروالکتریک^۱ استفاده می‌شود.^۲

در ماده‌ی پیروالکتریک آزمایش شکل ۱۲۰، با تغییر دما، بارهای الکتریکی در سطح آن، خودنمایی می‌کنند. با گرم کردن آن، بارهای مثبت بیش‌تری و با سرد نمودن آن، روندی معکوس، پدیدار می‌شود. مطابق با این شکل، سطح پیروالکتریک سرد با بار منفی، یخی را در مجاورت خود تولید نکرده است ولی ماده‌ی پیروالکتریک گرم‌تر با بارهای مثبت، توانایی تولید یخ را خواهد داشت.

^۱ Pyroelectric

^۲ به مواد یا بلورهایی که به طور هم‌زمان، گرما و الکتریسیته را به یکدیگر تبدیل می‌کنند، بلورهای پیروالکتریک، گفته می‌شود.



شکل ۱۲۰: الف) عدم تشکیل یخ توسط سطح پیروالکتریک با بار منفی (پیروالکتریک سرد)، ب) تشکیل سریع یخ در مجاورت با سطح پیروالکتریک با بار مثبت (پیروالکتریک گرم).

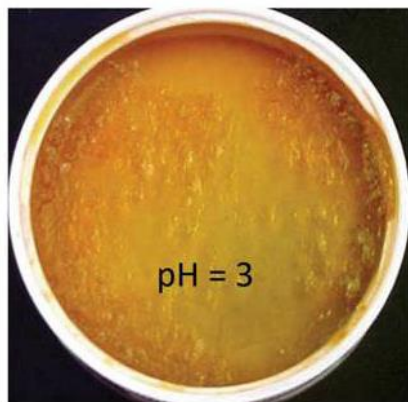
طبق نتیجه‌ای که از آزمایش شکل ۱۲۰ گرفته‌ایم، هرچه به نمونه، گرما و انرژی بیش‌تری دهیم، روند یخ‌زدگی و تولید یخ، با آهنگ بیش‌تری، رخ می‌دهد.

با دانش آب ایزی و تولید یخ از آب ایزی، این‌گونه استنتاج می‌نماییم که با جذب انرژی توسط نمونه، این پروتون‌ها هستند که انرژی لازم را برای مهاجرت به سمت آب ایزی، کسب نموده و با نفوذ به لایه‌های آب ایزی، در جایگاه‌های مناسب خود جای گرفته و به روند هر چه سریع‌تر گذار آب ایزی به یخ، کمک می‌نمایند.

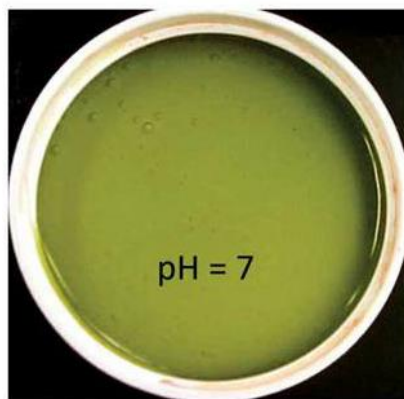
پس این موضوع را به یورش و حمله‌ی پروتون‌ها به لایه‌های آب ایزی، تعبیر می‌کنیم. برای پی‌بردن و اثبات چنین ایده‌ای، بایستی آزمایش‌هایی را طراحی و به معرض نمایش گذاریم.

در آزمایش شکل ۱۲۱، با استفاده از رنگ‌های حساس به pH ، متوجه می‌شویم که با آغاز روند یخ‌زدگی در آب، رنگ نمونه از سبز (به معنای pH برابر با ۷) به نارنجی (به معنای pH برابر با ۳) تبدیل می‌شود. این اسیدی‌شدن، نمایش‌دهنده‌ی افزایش میزان بارهای مثبت (همانند پروتون‌ها) در نمونه‌ی در حال یخ‌زدن است.

BEGINNING TO FREEZE

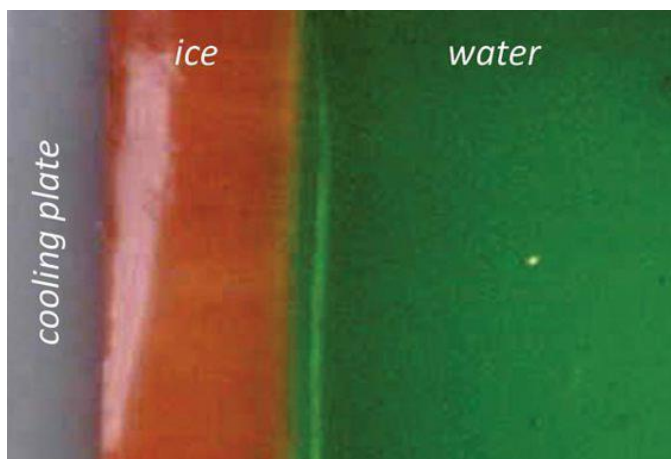


ROOM TEMPERATURE



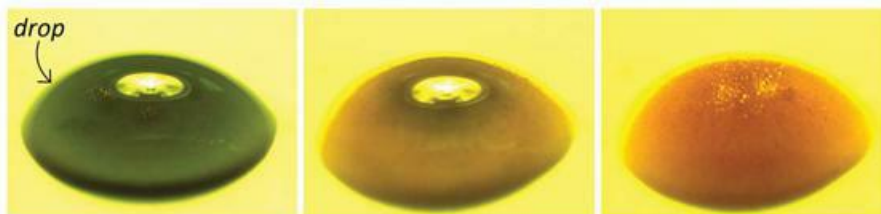
شکل ۱۲۱: استفاده از رنگ‌های حساس به pH. الف) آب در دمای اتاق و رنگ سبز، به معنای خنثی بودن محیط، ب) آب در آغاز فرایند یخ‌زدن و تغییر رنگ به نارنجی، به معنای اسیدی شدن محیط.

در آزمایشی دیگر نیز نارنجی شدن رنگ نمونه، بیان‌گر حضور بارهای مثبت پروتونی در نمونه‌ی در حال یخ‌زدن است.

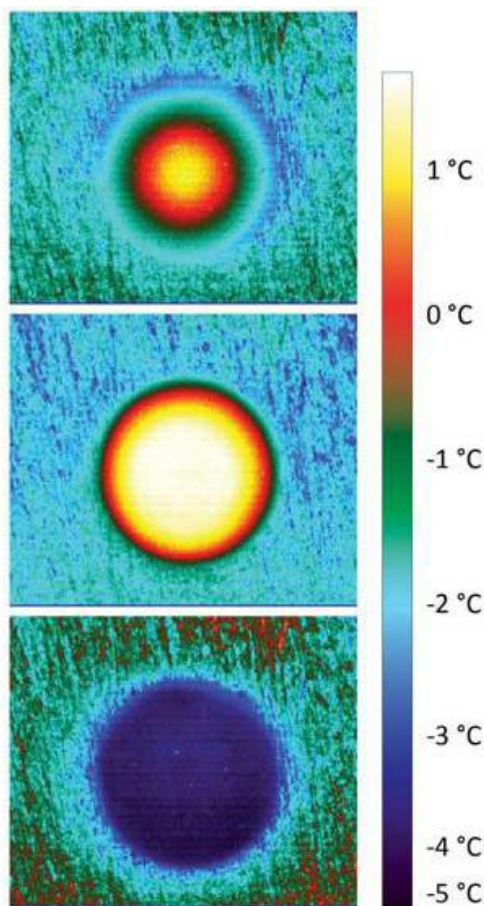


شکل ۱۲۲: استفاده از رنگ‌های حساس به pH. تغییر رنگ سبز به نارنجی در یخ، بیان‌گر اسیدی شدن محیط و به تبع آن، حضور پروتون‌ها در یخ است.

همچنین، در آزمایش خلأقانه‌ی دیگری، قطره‌ی آب در حال یخ‌زدن، تغییر رنگ داده و در نتیجه، به حضور پروتون‌ها در آن‌ها نیز پی می‌بریم.



شکل ۱۲۳: استفاده از رنگ‌های حساس به pH . تغییر رنگ سبز به نارنجی در قطره‌ی در حال یخ‌زدن، بیان‌گر اسیدی شدن قطره و به تبع آن، حضور پروتون‌ها در قطره‌ی یخ‌زده است.



شکل ۱۲۴: تصاویر فروسرخ از قطره‌ی در حال یخ‌زدن. گسیل امواج فروسرخ از درون قطره، نشان‌گر حضور و تحرک و پویایی پروتون‌ها برای تولید لایه‌های یخ است. تصاویر، به ترتیب، در زمان‌های ۲۹/۳ و ۳۰ ثانیه پس از چکاندن قطره روی سطح سرد، به ثبت رسیده‌اند.

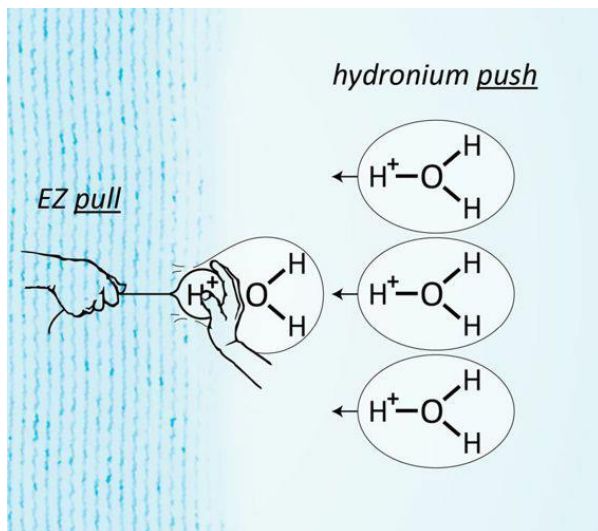
در نهایت، قطره‌ی آبی را در مجاورت سطحی سرد، قرار داده و با استفاده از تصاویر فرسرخ، متوجه می‌شویم که نمونه‌ی مورد مطالعه، در آغاز روند گذار آب به یخ (شکل میانی از مجموعه‌ی اشکال شکل ۱۲۴) با افزایش دما، مواجه می‌شود. می‌دانیم، در برخی موارد، افزایش دما در تصاویر فرسرخ، به معنای دمای بیش‌تر، نخواهد بود، بلکه به معنای افزایش تحرک بارهای آزادی همچون پروتون‌ها در نمونه، است. در نتیجه، در می‌یابیم که با شروع روند یخ‌زدگی، پروتون‌ها، فعال شده و به داخل لایه‌های آب ایزی، نفوذ می‌کنند.

در ادامه، این پرسش مطرح می‌شود که پروتون‌ها از کجا می‌آیند و چگونه وارد لایه‌های ایزی می‌شوند؟

می‌دانیم که طی روند تشکیل آب‌های ایزی، پروتون‌ها یا همان یون‌های هیدروژن از مولکول‌های آب، جدا شده و به نواحی اطراف لایه‌های ایزی، کوچ می‌کنند. اغلب آن‌ها، با پیوندی، به مولکول‌های آب، ملحق شده و به یون‌های مثبت هیدرونیوم، تبدیل می‌شوند. طبق دانشی که از ساختارهای شش‌ضلعی لایه‌های آب ایزی کسب نموده‌ایم، می‌دانیم که نفوذ یون‌های هیدرونیوم و حتی مولکول‌های آب، به داخل لایه‌های شش‌ضلعی آب ایزی، غیر ممکن خواهد بود و فقط پروتون‌های چسبیده به آن‌ها، به داخل لایه‌های آب ایزی، نفوذ می‌نمایند.

چگونه یون‌های هیدروژن یا همان پروتون‌ها، از یون هیدرونیوم، جدا می‌شوند و به درون لایه‌های ایزی، نفوذ می‌کنند؟

طبق شکل ۱۲۵، دو عامل به طور هم‌زمان بر یون‌های هیدرونیوم و هیدروژن متصل به آن، اثر می‌گذارند و پروتون‌ها را از یون‌های هیدرونیوم، جدا می‌سازند. نخستین عامل، حضور لایه‌های ایزی با بار منفی است که سبب کشیدن یون‌های هیدروژن با بار مثبت، می‌شوند؛ اما این عامل به تنهایی نمی‌تواند مسبب جداسازی یون هیدروژن از هیدرونیوم باشد؛ بنابراین، همه‌ی یون‌های هیدرونیوم موجود در نمونه، به دلیل بارهای مثبت و همنامی که با یون هیدروژن دارند، سبب می‌شوند تا یون هیدروژن ترغیب به جدایی از یون هیدرونیوم، شده و بدون درنگ، سفر خود را به سمت لایه‌های آب ایزی، آغاز و در جایگاه مناسب خود در بین لایه‌های ایزی قرار گیرد.

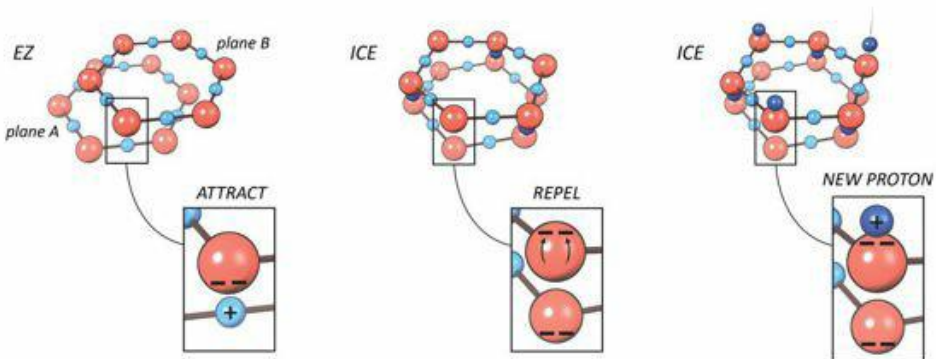


شکل ۱۲۵: دو عامل مهم کشیده شدن و هل دادن یون هیدروژن، به ترتیب، توسط آب ایزی و دیگر یون‌های هیدرونیوم، سبب جدا شدن یون مثبت هیدروژن از یون هیدرونیوم، شده و به حرکت و نفوذ آن به سمت لایه‌های آب ایزی، کمک می‌کنند.

چرا یخ، به ساختاری جامد، تبدیل می‌شود؟

پروتون‌های نفوذ کرده به داخل محدوده‌ی لایه‌های آب ایزی، در بین آن‌ها قرار می‌گیرند و لایه‌ها را به‌طور منظم در بالای سر یکدیگر، می‌چینند. در این هنگام، در بین دو لایه، از شش جایگاه ممکن، سه جایگاه توسط پروتون‌ها، اشغال شده و سه جایگاه نیز خالی می‌مانند. مطابق با اشکال شکل ۱۲۶، در می‌یابیم که در حالت ایزی، یون اکسیژن و هیدروژن روی یکدیگر، قرار گرفته و بارهای ناهمنام آن‌ها، سبب جذب آن دو شده و استحکام آب ایزی را تضمین می‌نمایند؛ اما در مورد یخ، با توجه به این که دو لایه‌ی شش-ضلعی، دقیقاً موازی با یکدیگر قرار می‌گیرند، دو یون اکسیژن در دو لایه‌ی متوالی، روی یکدیگر قرار گرفته و اجازه‌ی پایداری و استحکام را به یخ نمی‌دهند. باید توجه داشت که یخ، فقط از دو لایه، تشکیل نشده و انبوهی از لایه‌ها در سه‌بعد و در کنار هم نمونه‌ای جامد همچون یخ را پدید می‌آورند. از این‌رو، در گام بعدی، سه پروتون دیگر با تفاوت زاویه‌ای ۶۰ درجه‌ای، نسبت به زیرلایه‌ی پایین‌تر، در بالای لایه‌ی دوم، قرار گرفته و جذب الکترواستاتیکی بارهای ناهمنام یون‌های اکسیژن و هیدروژن، عامل ثبات و پایداری در ساختار لایه‌ای یخ، می‌شود. در نهایت، چنین ساختاری در سه‌بعد، رشد نموده و ساختاری

منظم و پایدار را به نمایش می‌گذارد. از بلورشناسی و فیزیک حالت جامد می‌دانیم، اگر ساختارهایی با یاخته واحدهای منظم، در کنار هم چیده شوند، قطعاً بلوری با حالت جامد را پدید می‌آورند^۱. دلیل جامد نبودن آب ایزی را نیز به آزادی در حرکت لایه‌های شش‌ضلعی نسبت می‌دهیم که پیش‌تر به آن اشاره کرده‌ایم. آب ایزی، عملاً ساختاری شبه بلوری به نام بلور مایع را به نمایش می‌گذارد.



شکل ۱۲۶: (شکل چپ) استحکام و پایداری لایه‌ی ایزی، به دلیل جاذبه‌ی بین دو یون با بارهای غیرهمنام، (شکل میانی) عدم تعادل در ساختار دو لایه‌ی پیشنهادی برای یخ، به دلیل هم‌جواری دو یون اکسیژن با بارهای همنام، (شکل راست) ثبات و پایداری در ساختار بلور یخ، به دلیل حضور بار مثبت پروتونی در بالای لایه‌ی دوم و تکمیل ساختار بلوری یخ با اضافه‌شدن سه پروتون دیگر در زیر لایه‌ی بالاتر، با تفاوت زاویه‌ای ۶۰ درجه‌ای، نسبت به زیر لایه‌ی پایین‌تر.

در نهایت، از همکاری دسته‌جمعی و رفتار اجتماعی پروتون‌ها، در گذار آب ایزی به یخ، تشکر می‌کنیم!

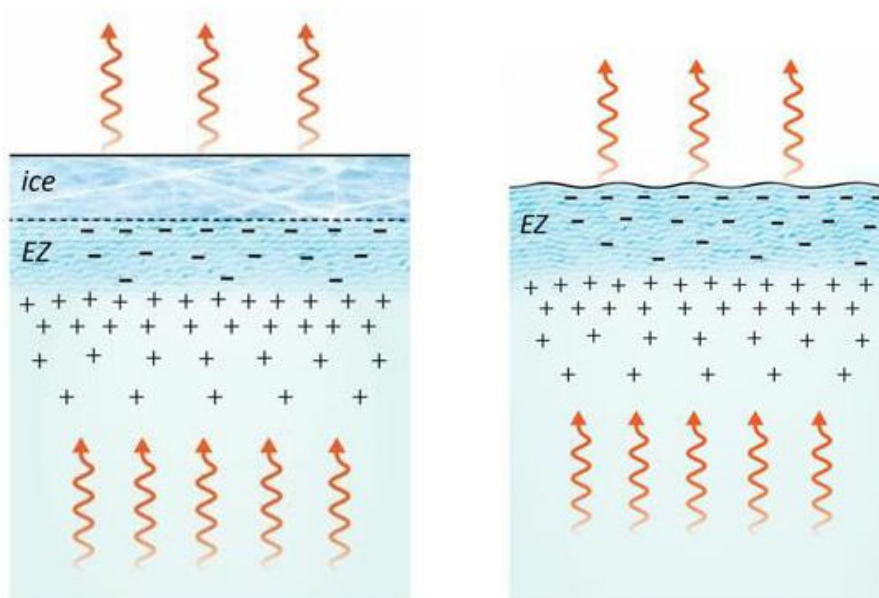
در این گام از پژوهش، به توضیح چگونگی و چرایی تشکیل لایه‌های یخ در سطح آب دریاچه‌ها و دریاها، در روزهای سرد سال، خواهیم پرداخت.

می‌دانیم و شاید دیده‌ایم که در روزهای سرد سال، آب استخرها، دریاها و ...، به یخ تبدیل می‌شوند. اولاً، در آب‌های پر عمق، این لایه‌ی یخی، بخش کوچکی از دریاها و اقیانوس‌ها را پوشش می‌دهد و زیر لایه‌های یخی، حیات جانوری و گیاهی ادامه می‌یابد. همچنین، نکته‌ی جالبی که در یخ‌زدگی آب‌های این‌چنینی رخ می‌دهد، یخ‌زدگی از سطح به

^۱ ساختارهای شش‌ضلعی دیده‌شده‌ی برف‌ها در زیر میکروسکوپ هم احتمالاً به لایه‌های شش‌ضلعی و منظم بلورهای یخ، مرتبط باشد!

سمت عمق آب، است. این واقعه‌ی به‌ظاهر عجیب، با بهره‌گیری از مفهوم آب ایزی و تابش موج الکترومغناطیسِ فرودی، به‌راحتی قابل وصف است.

در دریاها، برکه‌ها و ... و در روزها و شب‌های سرد سال، به‌دلیل گرمای آب‌های زیرسطحی، امواج فروسرخ، روانه‌ی سطح آب شده و به روند گذار آب معمولی به آب ایزی، کمک می‌نمایند. از این‌رو، در سطح آب، همیشه لایه‌هایی از آب‌های ایزی و حباب‌ها یا قطره‌های حاوی لایه‌های ایزی را خواهیم داشت. طبق اصولی که بارها به آن اشاره کرده‌ایم، پروتون‌ها و بارهای مثبت نیز در پایین لایه‌های ایزیِ سطح آب، قرار گرفته و با افزایش میزان پروتون‌ها و جذب انرژی امواج فروسرخ توسط آن‌ها، پروتون‌ها، به لایه‌های آب ایزی، حمله‌ور شده و به درون لایه‌های آن، نفوذ کرده و ساختارهای یخ را تشکیل می‌دهند و از ضخامت آب ایزی می‌کاهند. از این‌رو، به‌دلیل ضخامت و عمق محدود لایه‌های آب ایزی، انتظار تشکیل لایه‌هایی از یخ را با ضخامت و ارتفاعی محدود، خواهیم داشت. به‌همین دلیل است که دریاها و اقیانوس‌ها، بستری مناسب برای رشد گیاهان و جانورانِ گوناگون هستند و اجازه‌ی نفوذ لایه‌های یخ را به اعماق بیش‌تری از خود، نمی‌دهند!



شکل ۱۲۷: الف) تشکیل آب ایزی در سطح آب دریاها، برکه‌ها و ... به‌دلیل حضور امواج فروسرخِ آب‌های گرم‌ترِ زیرین،
 ب) فرایند یخ‌زدگی در روزهای سرد سال، با نفوذ پروتون‌ها به لایه‌های ایزی.

دیگر آزمایش جالبی که به تولید یخ می‌انجامد، اعمال اختلال یا شوک مکانیکی^۱ به آبِ سردشده‌ای است که در بطریِ آبی، قرار گرفته و در نتیجه، منجر به تشکیلِ آبیِ یخ از آب، می‌شود. در این آزمایش، آب مایع در دماهای زیر صفر، با اعمال شوک مکانیکی، بلافاصله، منجمد شده و اصطلاحاً، یخ می‌زند. علت این واقعه، به حضور پروتون‌ها و جریان‌های یورش برنده‌ی پروتونی^۲ به لایه‌های ایزی، نسبت داده می‌شود. با اعمال اختلال، عملاً نیرو و شتاب لازم به پروتون‌ها، تحمیل شده و نیرویِ اعمالی، سبب حرکت آن‌ها می‌شود. در نتیجه، فرایند یخ‌زدنِ آبِ سردشده، با آهنگ بسیار سریعی، رخ می‌دهد.

همچنین، ایجاد پلی منجمد در بین دو لیوان، با اعمال اختلاف پتانسیل مناسب، آزمایشی بود که در شکل ۲ به آن اشاره کرده‌ایم. این پل، به نوعی، تداعی‌کننده‌ی تشکیلِ یخ در دمای اتاق است. دلیل این پدیده را به حضور بارهای مثبت، تجمع آن‌ها به‌وسیله‌ی قرارگیری الکترودها درون لیوان‌های آب، اختلاف پتانسیل مناسب و حرکت پروتون‌ها به سوی لایه‌های آب ایزی، نسبت داده‌ایم. در این صورت، استوانه‌ای به طول تقریبی ۳ سانتی-متر، به صورت پلی یخی، به‌وجود می‌آید که عامل اصلی آن، آب ایزی و پروتون‌های نفوذ کرده به آن، هستند.

بازنگری در برخی نگرش‌های فیزیکی!

با تکمیل بحث آب ایزی، می‌توان با جرئت اعلام کرد که با قبول ایده‌ی آب ایزی و فرایند معرفی‌شده برای انجماد آب، برخی از دیدگاه‌های فیزیکی و ترمودینامیکی، نیازمند بازنگری و اصلاح، هستند. در ابتدا، همانند همه‌ی دانشمندان فیزیک و یا شیمی، نباید از تغییر دیدگاه‌ها و نظریه‌ها، باکی داشت و بایستی به اصلاح نظریه‌ها و حتی قوانین، اقدام نمود. زیبایی علم، در تغییرات، تحولات و شنیدن نظرات مختلف و حتی مخالف است. پیشرفت علم، مدیون صبر، تلاش، فداکاری و روحیه‌ی انتقادپذیری دانشمندان بوده است؛ بنابراین، با تقویت چنین روحیاتی در خود، به پیشرفت علم کمک خواهیم کرد.

در بحث تولید یخ، به این نتیجه دست یافتیم که با حضور گرما یا انرژی تابش‌شده به نمونه، می‌توان آب ایزی و یخ را تولید نمود. برخلافِ نظر فیزیک‌دان‌ها، با افزایش تابش

¹ Mechanical Shock (Perturbation)

² Proton-Invaded Flows

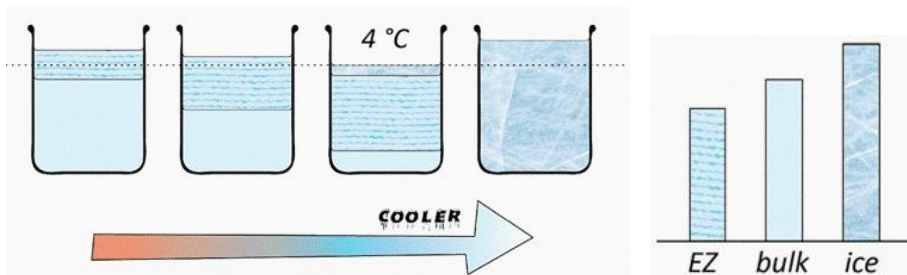
انرژی، فرایند یخ‌زدن آب، سریع‌تر رخ می‌دهد، آن هم به دلیل اثر انرژی فرودی در جداسازی بارها، نظم‌دهی به ساختار لایه‌های آب ایزی و در نهایت، قرارگیری پروتون‌ها در لایه‌های موردنظر.

در ایده‌های فیزیک امروز، گرفتن گرما یا انرژی، از آب، به تشکیل یخ می‌انجامد ولی در تحلیل مبتنی بر مفهوم آب ایزی، فرایندی وارون، مدنظر است؛ یعنی، با افزایش جذب انرژی و نور فرودی، برخلاف تصور فیزیک‌دان‌ها، نظم ساختاری، افزایش یافته و فرایند یخ‌زدن آب، سرعت می‌یابد! از تجربه می‌دانیم، برای ساخت بلوری همچون بلور فلزات یا بلور نبات، ابتدا نمونه‌ی موردنظر را تا حدود دمای ذوب، گرم و سپس، به نمونه، اجازه‌ی سرد شدن را می‌دهیم. با انجام این کار، گرما و امواج فروسرخ نمونه‌ی در حال ذوب، به تشکیل نظم و بلوری شدن ساختار، کمک می‌نمایند.

دیگر مورد مهمی که بایستی به آن اشاره داشت، مفهوم گرمای نهان در ترمودینامیک و فیزیک گرما و حرارت، است. طبق نظریه‌ی رایج، گرمای نهان، میزان گرمایی است که باید به یخ داده شود تا بدون تغییر دما، به آب مایع، گذار فاز داشته باشد و یا بالعکس، میزان گرمایی است که آب از دست می‌دهد تا به یخ تبدیل شود؛ اما با توجه به مباحث مطرح‌شده در این فصل، از گرمای نهان، تعریفی جدید ارائه خواهیم کرد. همان‌طور که در بحث یخ‌زدن آب یا قطره‌ی آب، مشاهده کردیم، برخلاف نظریه‌های رایج که با رسیدن به مرز گرمای نهان، بدون درنگ، نمونه‌ی مورد مطالعه، تغییر فاز را تجربه می‌کند، آب، طی دو مرحله به یخ تبدیل می‌شود. در مرحله‌ی نخست، پروتون‌ها به سمت لایه‌های ایزی، یورش برده و امواج فروسرخ با شدت زیاد، از خود ساطع می‌کنند و در مرحله‌ی نهایی، در جایگاه‌های مناسب و در بین لایه‌های شش‌ضلعی هیدروکسیدی، جای گرفته، لایه‌ها را به حرکت و لغزش واداشته، سبب موازی نمودن لایه‌ها شده و در نهایت، ساختار منظم بلور یخ را پدید می‌آورند. از این‌رو، در ایده‌ی نوین مطرح‌شده، گرمای نهان را همان جریان‌های پروتونی یورش برنده به لایه‌های ایزی، تعبیر می‌کنیم.

دیگر بحث جالبی که در فهم آب همیشه به چالشی لاینحل، تبدیل شده است، چرایی چگال بودن آب در دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس، است. طبق ایده‌ای که در این فصل به آن پرداختیم، آب ایزی روی سطح آب‌های مایع پدیدار می‌شود. به دلیل ساختار بلوری و نظم ساختاری آن نسبت به آب مایع، می‌دانیم و دیدیم، آب ایزی به مراتب چگال‌تر از آب مایع

معمولی، است. از این رو، آب در دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس، به دلیل در بر داشتن حجم بیش‌تری از آب ایزی در خود به نسبت آب‌های با دماهای دیگر، از کمینه‌ی حجم و بیشینه‌ی چگالی در بین همه‌ی آب‌ها در دمای مختلف، برخوردار است. با ادامه‌ی روند کاهش دما، افزایش جریان‌های پروتونی‌یورش برنده به لایه‌های ایزی، ضخامت این لایه‌ها را کم‌تر کرده و به لایه‌های یخ، تبدیل می‌کند. در نتیجه، با توجه به این که یخ‌ها روی آب قرار می‌گیرند، می‌توان گفت که چگالی‌ها، به‌ترتیب، از کم‌ترین تا بیش‌ترین، متعلق به یخ، آب معمولی و آب ۴ درجه‌ی سانتی‌گرادی، هستند.



شکل ۱۲۸: راست) تفاوت در حجم یخ، آب معمولی و آب ایزی؛ چپ) با سردتر شدن نمونه‌ی آب، میزان آب ایزی افزایش یافته و در دمای ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد به بیش‌ترین میزان رسیده و سپس، به یخ تغییر فاز می‌دهد. (تغییر حجم در این فرایند، به‌خوبی قابل مشاهده است.)

در اثر امپمبا نیز حضور حباب‌ها یا قطره‌های پوشیده‌شده از لایه‌های ایزی و پروتون‌های آزاد شده در آب گرم‌تر را عامل اساسی سرعت در فرایند یخ‌زدن نسبت به آب سرد، می‌دانیم.

فصل سوم

همدوسی کوانتومی در آب

همدوسی کوانتومی^۱ چیست؟ چه ارتباطی با آب و مولکول‌های آب دارد؟

این‌ها سؤالاتی است که می‌خواهیم در این فصل، به آن‌ها پاسخ دهیم. ابتدا به تعریف همدوسی اشاره می‌کنیم.

پدیده‌ی همدوسی، فی‌الواقع، در مکانیک کوانتومی پدید می‌آید و یکی از ویژگی‌های مهم در برخی از سیستم‌های کوانتومی است.^۲ این حالت، در سیستم‌های کلاسیک یا رخ نمی‌دهد و یا به ندرت نمونه‌ای از آن مشاهده می‌شود؛ اما تصویرسازی‌هایی برای فهم مخاطب، با بهره‌گیری از مباحث کلاسیک صورت می‌پذیرد. به بیان ساده، همدوسی کوانتومی به معنای هم‌فاز^۳ و هم‌جهت بودن دو یا چند موج با هم است. حال، با ذکر مثالی ساده به معنای هم‌فاز و هم‌جهت بودن، می‌پردازیم: گروهی از نظامیان و سربازان دوره‌دیده را در یک دسته‌ی منظم و در حال رژه فرض کنید. اگر به این رژه‌ی کاملاً هماهنگ بنگرید، به راحتی متوجه حرکت هماهنگ و منظم سر، دست‌ها و پاهای آن‌ها می‌شوید و آن‌ها را بابت چنین نظمی می‌ستایید. حال تصور کنید که این دسته‌ی هماهنگ، به سه گروه تقسیم شوند، به طوری که عده‌ی زیادی در همان دسته‌ی اصلی باقی بمانند و دو گروه نیز به تعداد مساوی از دسته‌ی اصلی، جدا شده ولی همچنان همان نظم و هماهنگی با دسته‌ی اصلی را حفظ نمایند. حال، به لحظات و مکان‌های دیگری غیر از زمان‌ها و مکان‌های پیش از جدایی گروه‌ها از دسته‌ی اصلی، می‌نگریم^۴؛ ولی همه‌ی تماشاگران اذعان می‌کنند که همان نظم و هماهنگی همچنان برقرار است.

همدوسی در مکانیک کوانتومی نیز به همین شیوه تعریف می‌شود: اگر منبع نوری را که فوتون‌هایی^۵ از آن ساطع می‌شوند، در نظر بگیرید^۶ و فرض کنید موج یا فوتونی دیگر با

^۱ Quantum Coherence

^۲ امروزه اثبات شده است که در مباحث اپتیک کوانتومی مثل لیزرها و همچنین، سیستم‌های بوزونی، مثل چگالش بوز-اینشتین، ابررساناها و ابرشاره‌ها، پدیده‌های مرتبط با همدوسی کوانتومی، خودنمایی می‌کنند.

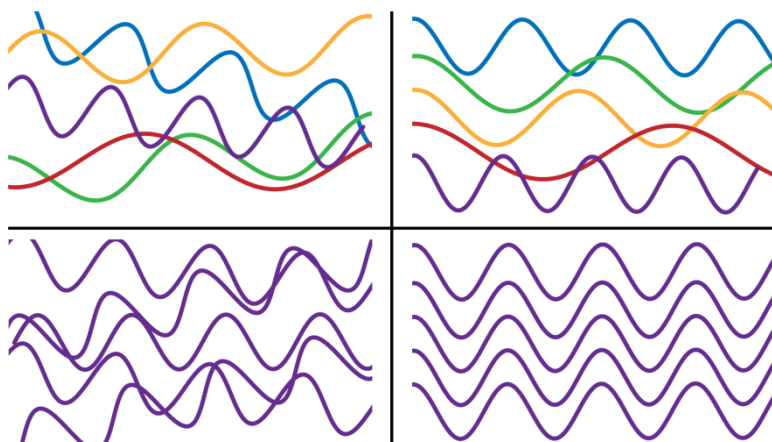
^۳ In-Phase

^۴ چون سیستم در مکان و زمان، در حال حرکت است.

^۵ Photon

^۶ در مکانیک کوانتومی، پس از کش و قوس‌های بسیار، ذرات را حامل موج فرض نمودند. از این‌رو، نور را که پیش از این موج می‌پنداشتند، هم‌زمان هم ویژگی موجی و هم ویژگی ذره‌ای به آن نسبت دادند. به طوری که نور را متشکل از ذره-هایی به نام فوتون فرض می‌کنند ولی برای توصیف آن در برخی آزمایش‌های واقعی و ذهنی، از ویژگی موجی آن بهره می‌برند. همین بحث، در مورد الکترون‌ها نیز صادق است؛ الکترون‌ها، هم خاصیت ذره‌ای را از خود به نمایش می‌گذارند و

همان شکل و شمایلی به موج یا فوتون ابتدائی ملحق شود، آن گاه می‌توان فرض کرد که سیستم در یک هماهنگی و نظم خاصی، تشکیل می‌شود. در آپتیک کوانتومی^۱، به چنین حالتی، حالت همدوسی کوانتومی یا همدوسی آپتیکی^۲ گفته می‌شود. این حالت از همدوسی، بایستی چه در بُعد مکان (فضا) و چه در بُعد زمان، دارای هماهنگی و نظم باشد، در این صورت به همدوسی کامل دست می‌یابیم. همدوسی زمانی^۳ و همدوسی فضایی^۴ نیز هر کدام می‌توانند به تنهایی نمایان شوند. (ر.ک. شکل ۱)



شکل ۱: جهت‌ها و طول موج‌های مختلف - نمونه‌ای ناهمدوس (شکل بالا - سمت چپ). جهت انتشار یکسان ولی با طول موج‌های مختلف - نمونه‌ای با همدوسی فضایی (شکل بالا - سمت راست). جهت انتشار مختلف ولی با طول موج‌های یکسان - نمونه‌ای با همدوسی زمانی (شکل پایین - سمت چپ). جهت انتشار و طول موج‌های یکسان - نمونه‌ای از همدوسی کامل (شکل پایین - سمت راست).

جالب اینجاست که در مکانیک کوانتومی، اگر شرایط دو موج همدوس را با هم در نظر بگیرید و مشخصه‌های^۵ یکی را تغییر دهید^۱، موج دیگر نیز برای ماندن در حالت همدوس و

هم خاصیت موجی! البته در هر شرایطی، الکترون‌ها یا فوتون‌ها، گویی تصمیم می‌گیرند که خاصیت موجی خود را بروز دهند یا ذره‌ای!

^۱ Quantum Optics

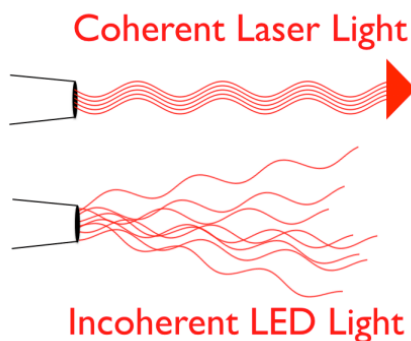
^۲ Optical Coherency

^۳ اگر سیستمی چند-موجی، در یک فضا و مسیر نسبتاً طولانی، هماهنگی زمانی خود را حفظ نماید (به‌نوعی تک‌بسامد باقی بماند (تکفام))، همدوسی زمانی دارد.

^۴ اگر سیستمی چند-موجی، در یک زمان نسبتاً طولانی، هماهنگی و جهت فضایی خود را حفظ نماید (به‌نوعی هم-جهت و هم‌راستا باقی بماند)، همدوسی فضایی دارد.

^۵ Characteristics

هماهنگ، به ناچار خود را شبیه به موج تغییر یافته، می‌کند. این ویژگی جالب و به ظاهر عجیب، می‌تواند راهنمای محققین در فهم ارتباط همدوسی و درهم‌تنیدگی کوانتومی^۲ باشد.^۳ با این حساب، برخی دانشمندان حوزه بیوشیمی و بیوفیزیک، ادعا کرده‌اند که حالت‌های همدوسی کوانتومی را در آب و مولکول‌های آب، محاسبه و مشاهده نموده‌اند؛ بنابراین، در ادامه و در بخش مقدمه، به طور کاملاً خلاصه، به توصیف پدیده‌ی جالب و پیچیده‌ی همدوسی کوانتومی در آب (آب همدوس) می‌پردازیم.



شکل ۲: نور همدوس لیزرها در مقابل نور ناهمدوس دیودهای نورگسیل (LED)، به عنوان معروف‌ترین مثال از همدوسی-کوانتومی در فیزیک امروزی.

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، آب با وجود مولکول‌های قطبی خود، می‌تواند واکنش-های جالبی را به امواج الکترومغناطیس دهد. عدم‌تقارن در ابرالکترونی مولکول آب، مسبب ایجاد دوقطبی‌های الکتریکی است که در واکنش به امواج الکترومغناطیس، می‌توانند موجی موسوم به موج دوقطبی^۴ را در آب پدید آورند. کوانتای امواج دوقطبی مولکولی^۵ در آب، خواص بوزونی^۶ را از خود بروز می‌دهد که پدیدآورنده‌ی سیستمی بوزونی^۷ در داخل آب می-

^۱ منظور از مشخصه‌های موج، دامنه، بسامد، طول‌موج و دوره‌ی تناوب است.

^۲ Quantum Entanglement

^۳ در هم‌تنیدگی کوانتومی، به معنای اطلاع‌یافتن از وضعیت کوانتومی ذره‌ای با مشاهده‌ی وضعیت ذره‌ای دیگر که پیش از این با یکدیگر در ارتباط کوانتومی بوده‌اند و در حال حاضر چنین ارتباطی (در ظاهر) برقرار نیست.

^۴ Dipole Wave

^۵ Molecular Dipole Waves Quanta

^۶ Bosonic Properties

^۷ Bosonic System

شود.^۱ از مکانیک کوانتومی و الکترودینامیک کوانتومی^۲ می‌دانیم، سیستم‌های بوزونی در دمای صفر کلون، در حالت پایه‌ی خود یافت می‌شوند و برخلاف سیستم‌های فرمیونی^۳ که چنین قابلیت‌ی را ندارند، این سیستم‌ها، همه‌ی ذرات بوزونی خود را در حالت پایه قرار می‌دهند.^۴ جالب است که سیستمی بوزونی در آب، پدیدار می‌شود و دارای نوسان‌هایی همدوس^۵ در حالت پایه^۶ و حتی در حالت برانگیخته‌ی^۷ خود هستند؛ بنابراین، می‌توان این-گونه به موضوع نگرینست که برخی از مولکول‌های آب، علاقه‌مند هستند تا در همدوسی شرکت نمایند و برخی دیگر، تمایلی به انجام چنین فعالیت جمعی ندارند.^۹ محققین در زمینه‌ی همدوسی کوانتومی آب، اظهار داشته‌اند که در حدود ۱۳ درصد از مولکول‌های آب در یک نمونه‌ی آب مایع، در نوسان‌های جمعی^{۱۰} و ایجاد حالت همدوس در آب، شرکت می-

^۱ حرکت‌ها و نوسان‌های جمعی، در فیزیک کوانتومی، مبحثی جالب است که منحصر به مولکول‌های آب نمی‌شود و در مواد دیگر نیز امکان چنین رخدادی وجود دارد. حاصل نوسان‌های کوانتومی جمعی، می‌تواند پلاسمون، مگنون، سالتون و ... باشد. البته در مورد نوسان‌های جمعی مولکول‌های آب و دوقطبی‌های الکتریکی وابسته به آن نیز، حالت‌های همدوس با موجی ایستاده، پدیدار و در نهایت، به عنوان ماده‌ای واحد و یکپارچه در نظر گرفته می‌شوند. تحلیل دقیق و موşkافانه‌ی نوسان‌های جمعی و حالت‌های همدوس، نیاز به دانش تخصصی فیزیک و به‌ویژه، آشنایی کافی به زبان مکانیک کوانتومی، دارد.

^۲ Quantum Electro-Dynamics (QED)

^۳ Fermionic System

^۴ بوزون‌ها می‌توانند همگی در تراز و حالت پایه قرار گیرند (معروف به چگالش بوز-اینشتین) ولی برای فرمیون‌ها، طبق اصل طرد پائولی و دیگر قوانین کوانتومی، تعداد محدودی در هر تراز جای می‌گیرند و هر چه تعداد آن‌ها بیش‌تر باشد، اصطلاحاً به ترازهای بالاتر گذار می‌کنند (می‌روند)!

^۵ Coherent Oscillations

^۶ Ground State

^۷ Excited State

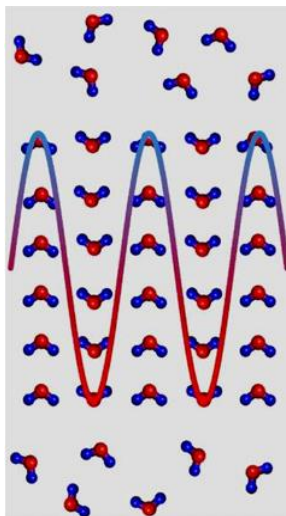
^۸ در اصل، محاسبه شده است که برای یونش مولکول‌های آب، زمانی که در حالت پایه، قرار می‌گیرند، نیازمند انرژی ۱۲/۶ الکترون‌ولتی هستیم (انرژی یونش مولکول آب که متناظر با انرژی پرتوهای ایکس نرم (Soft X-Ray) است) و هنگامی که مولکول آب در حالت برانگیخته است، تنها به انرژی ۰/۵۴ الکترون‌ولت برای جداکردن یک الکترون از آن نیاز است؛ بنابراین، بخشی از مولکول‌های آب که در حالت برانگیخته هستند، می‌توانند با گرفتن این انرژی، الکترون خود را در حالت شبه‌آزاد، قرار دهند. روشن شده است که الکترون‌های شبه‌آزاد (Quasi-Free Electrons)، در فرایند همدوسی، سهم مهمی دارند!

^۹ در این فرایند جمعی، حالت همدوس با میدان الکترومغناطیس به‌دست آمده، جُفت شده و این موج ایستاده در محدوده‌ی با ویژگی همدوس، باقی مانده و حبس می‌شود. از این‌رو، دانشمندان معتقدند که حالت همدوس در آب، طول‌عمری نسبتاً زیاد (Long Lifetime)، دارد!

^{۱۰} Collective Oscillations

کنند^۱ و مابقی در حالت ناهمدوس^۲ قرار می‌گیرند و در ضمن، با افزایش دما به دمای تبخیر، حالت‌های همدوس به کلی از بین می‌روند و تمام مولکول‌های بخار آب در حالت ناهمدوس قرار می‌گیرند. از این‌رو، آب، مایعی که به سادگی به آن می‌نگریم، می‌تواند دو حالت همدوس و ناهمدوس را به طور هم‌زمان داشته باشد و میدان و امواج الکترومغناطیس را در بخش همدوس خود به دام اندازد.

ضخامت بخش همدوس آب مایع که به حوزه‌ی همدوسی^۳ مشهور است، در حدود ۱۰۰ نانومتر تخمین زده شده است؛ همچنین، به دلیل حجم اشغالی بیش‌تر توسط مولکول‌های شرکت‌کننده در نوسان‌های جمعی و حالت همدوس^۴، چگالی آب همدوس در حدود ۸ درصد نسبت به آب مایع معمولی و غیر همدوس، کم‌تر است (چیزی به اندازه‌ی چگالی یخ معمولی).



شکل ۳: نمایی شماتیک از حوزه‌ی همدوسی کوانتومی آب (آب همدوس) در وسط تصویر و آب‌های ناهمدوس در قسمت‌های بالایی و پایینی تصویر.

^۱ به دلیل مشارکت ۱۳ درصدی الکترون‌های شبه‌آزاد، تخمین زده می‌شود که ۱۳ درصد از مولکول‌های آب، در این فرایند شرکت کنند. البته در برخی پژوهش‌ها نیز، میزان مشارکت ۲۸ تا ۳۰ درصدی مولکول‌های آب را دمای اتاق ذکر کرده‌اند.

^۲ Decoherence

^۳ Coherence Domain (CD)

^۴ در واقع، جذب الکترومغناطیسی توسط مولکول‌های مشارکت‌کننده در حالت همدوس، سبب کش‌آمدن اندک مولکول‌های آب همدوس، شده و در نتیجه، افزایش کوچکی در حجم را تجربه می‌کنند.

برخی از محققین، ویژگی‌های جالب و شگفت‌انگیز آب را به وجود حالت‌های همدوس در آب، نسبت می‌دهند. مثلاً اگر در محیط اطراف یک حوزه همدوسی، اتفاقی بیفتد و انرژی به سیستم همدوس، منتقل شود، این انرژی، سبب برانگیختگی سیستم، شده و این انرژی تجمع یافته^۱ در حوزه همدوسی، به شکل سیگنالی الکترومغناطیسی^۲، در آب‌های پیرامونی آن (آب‌های ناهمدوس)، آزاد می‌شوند. هنگامی که مولکول‌های مناسبی (غیر از مولکول‌های آب) در آن محیط باشند، میدان‌های الکترومغناطیسی با مشخصه‌ی میدان‌های درون حوزه^۳، می‌توانند واکنش‌های شیمیایی را مدیریت و کنترل کنند^۴.

برخی از دانشمندان حوزه بیوشیمی و بیوفیزیک نیز آب‌های درون سلول‌ها و ارگانیسم‌های زنده را در طبقه‌ی آب‌های همدوس تصور می‌کنند که برای کشف علت حیات در موجودات زنده از طریق تحلیل و توصیف آب همدوس، روزه‌های امیدی باز نموده است^۵. آن‌ها معتقدند که بایستی برای طول عمر ارگانیسم‌های زنده، حالت همدوسی کوانتومی با قوت، باقی بماند و در غیر این صورت و با غلبه‌ی حالت‌های ناهمدوس، مرگ ارگانیسم‌های زنده به سهولت فرامی‌رسد!

حوزه‌ی همدوسی

در آغازین سال‌های انقلاب فکری در فیزیک و در اواخر قرن نوزدهم میلادی، رونتگن^۶، فیزیک‌دان مشهور آلمانی، با پیشنهادی عجیب در مورد ساختار آب، دنیای علم را تحت تأثیر خود قرار داد. او معتقد بود که آب در حالت مایع، دارای دو صورت یا دو حالت مجزا و متفاوت است. تا چند دهه، این ایده، مدل و نظریه‌ای قابل قبول، وانمود می‌کرد تا آنجا که

^۱ Collected Energy

^۲ Electromagnetic Signal

^۳ در زبان انگلیسی به صورت Imprinted Electromagnetic Fields نوشته می‌شود و ترجمه‌ی مناسبی برای آن پیدا نکردیم.

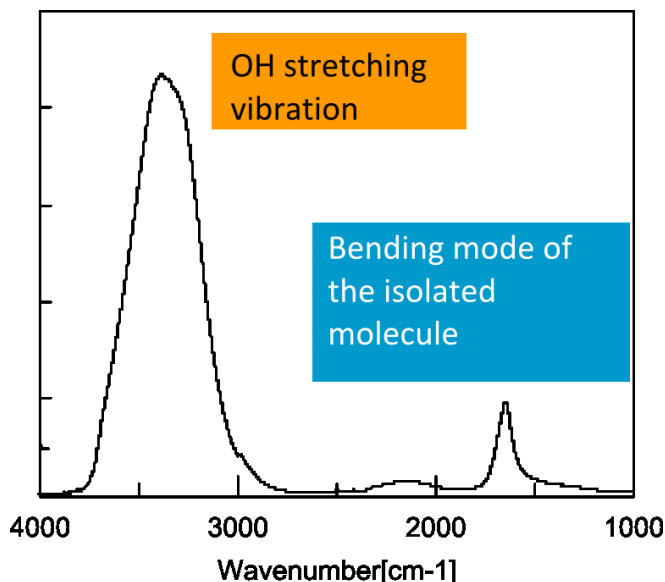
^۴ از این‌رو، شاید بتوان بحث حافظه‌ی آب (که مخالفان سرسختی هم دارد) را به نوعی، به وجود حضور نوسان‌های همدوس آب و حوزه‌ی همدوسی، نسبت داد!

^۵ برای مثال، حوزه‌های همدوسی آب، به مولکول‌هایی که از لحاظ بسامدی (بسامدهای تشدید یا رزونانسی) به آن‌ها نزدیک هستند، مجوز ورود می‌دهند (Co-Resonating Partners) و عامل تعیین‌کننده در واکنش‌های بیوشیمیایی ارگانیسم‌های زنده لقب می‌گیرند؛ که عملاً به حیات در موجودات زنده کمک می‌کنند! این موضوعات، در مباحث بیوفیزیک و بیوشیمی آب، گنجانده می‌شوند.

^۶ Roentgen

برنال^۱ و فاؤلر^۲، با رد چنین مدل و نظریه‌ای، آب مایع را با نگرشی تک‌حالت^۳ به دنیای علم شیمی و فیزیک، معرفی نمودند. آن‌ها بر این باور بوده‌اند که چون مولکول‌های آب، تفاوت آشکاری با یکدیگر ندارند، از این‌رو، غیر منطقی است تا آب مایع را در دو صورت یا دو حالت مختلف، تصور کرد.

در چنین ایده‌ای، مولکول‌های آب با نیروهای کوتاه‌برد، سبب به‌وجود آمدن پدیده‌های مختلفی در آب مایع یا جامد، می‌شوند.^۴ ایده‌ی برنال و فاؤلر، با سرعت بسیاری دنیای علم را در نوردید و به نظریه‌ای کاملاً قابل‌قبول در میان بیش‌تر دانشمندان حوزه‌ی فیزیک و شیمی، مبدل شد. ایده‌ی فوق، همچنان پابرجاست و اکثر قریب به‌اتفاق دانشمندان، به چنین مدلی، باور دارند؛ اما همان‌طور که در فصل پیش، به آب، با نگاهی متفاوت نگرستیم، متوجه شدیم که در علم، تعصب، جایی ندارد و بایستی با روی باز از مدل‌ها و نظریه‌هایی که برخلاف فیزیک و شیمی امروز است، استقبال نماییم.



شکل ۴: طیف جذب امواج فروسرخ برحسب عدد موج برای آب مایع در دمای اتاق.

^۱ Bernal

^۲ Fowler

^۳ One-Phase Model

^۴ مفاهیمی مثل پیوندهای هیدروژنی و یا برهم‌کنش دو قطبی-دوقطبی، حاصل تفکر وجود نیروهای کوتاه‌برد در آب مایع است.

در سال‌های طلایی قرن بیستم و با شکل‌گیری انقلاب کوانتومی، دو نمونه‌ی جالب در مورد مایع‌ها، خودنمایی می‌نمودند و دانشمندان را وادار به اعتراف در زمینه‌ی ضعفِ مدل تک‌حالتی آب و برخی مایع‌ها، می‌کرد. یک نمونه، وجود دو یا سه قله‌ی جذب در نمودارهای جذب آب بود که غالباً در طیف فروسرخ، قابل مشاهده هستند. در این مورد، فیزیکدان‌ها و شیمی‌دان‌ها، وجود قله‌ها را به خم‌شدن^۱ و کش‌آمدن^۲ پیوندهای مابین اتم‌های هیدروژن و اکسیژن، نسبت داده‌اند ولی این قله‌ها، چراغ راهنمایی برای ادامه‌ی مسیر افرادی است که به‌دنبال راه‌حل‌ها و ایده‌هایی برخلاف عموم هستند که اصطلاحاً می‌خواهند برخلاف جریان رودخانه، شنا کنند! نمونه‌ی دیگر، وجود حالتی از مایع‌ها است که در دماهای پایین، دارای خواص منحصربه‌فردی می‌شوند و به آب‌شاره‌ها^۳ معروف هستند. مدل‌های تک‌حالتی مایع‌ها، توانایی پاسخ‌دهی به چگونگی تشکیل و خلق این دسته از شاره‌ها را ندارند.

از این‌رو، برخی از فیزیکدان‌ها و بیوفیزیکدان‌ها، در جستجوی راه‌حلی برای رهایی از مدل تک‌حالتی آب، به مدل‌هایی متفاوت از قبل، اندیشیدند و در واپسین سال‌های قرن بیستم میلادی، با مطرح نمودن دو حالتی بودن آب مایع، به موفقیتی بی‌نظیر دست یافتند. آن‌ها با بیان این که طبق محاسبات نظریه‌ی میدان‌های کوانتومی^۴ و بهره‌گیری از الکترودینامیک کوانتومی، با ورود امواج الکترومغناطیس به درون آب مایع، مولکول‌ها و اتم‌های آب مایع، تحت تأثیر قرار می‌گیرند؛ به‌طوری‌که طبق نظریه‌ی میدان‌های کوانتومی، میدان حاصل از امواج الکترومغناطیس، با میدان ماده، جفت شده^۵ و اثرات جدیدی را پدید می‌آورند. طبق این اصول، میدان الکترومغناطیس بلند بُرد، می‌تواند از دو طریق به آب مایع، نفوذ نماید^۶. نخستین طریق، شیوه‌ی مرسوم اعمال میدان توسط تابش امواج الکترومغناطیس از خارج از آب است (همانند نفوذ امواج مرئی و نامرئی نور خورشید) و شیوه‌ی دوم نیز وجود افت‌وخیزهای کوانتومی خلا^۷ (در صورت عدم حضور میدان‌های در

¹ Bending

² Stretching

³ Super-Fluids

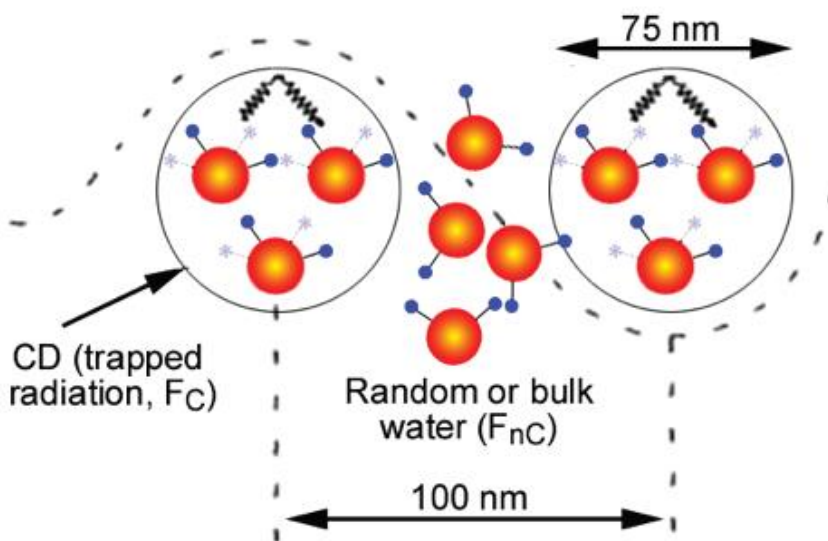
⁴ Quantum Field Theory (QFT)

⁵ Coupled

^۶ برخلاف ایده‌ی تک‌حالتی، مدل دو حالتی آب، توسط نیروهای بلند بُرد، ایجاد شده و این نیروها و میدان‌ها، به تشکیل پیوندها و برهم‌کنش‌های کوتاه‌برد می‌انجامد.

⁷ Quantum Vacuum Fluctuations

دسترس الکترومغناطیس) است؛^۱ بنابراین، همیشه انتظار داریم تا میدان‌هایی کوانتومی به درون آب مایع، نفوذ نمایند و با نفوذ چنین میدان‌هایی به درون آب، تک‌مولکول آب، برانگیخته شده و در حالت برانگیخته‌ی خود قرار گیرد.^۲ از آنجا که انرژی برانگیختگی مولکول‌های آب از مرتبه‌ی ۱۰ الکترون‌ولت است، محاسبات نشان می‌دهند که میدانی با طول‌موجی در حدود ۱۲۰۰ آنگستروم^۳، اجازه‌ی حضور در آب مایع و برانگیخته نمودن مولکول‌های آن را خواهد داشت. باید توجه داشت که ابعاد تک‌مولکول‌های آب مایع، در حدود یک آنگستروم است^۴، بنابراین میدان با طول‌موج فرودی خود، تعداد زیادی از مولکول‌های آب را با خود، همراه نموده و آن‌ها را در محدوده‌ای به نام حوزه‌ی همدوسی، گرد هم مجتمع و به همراه آن‌ها، ویژگی‌های بی‌نظیری از آب را به نمایش می‌گذارند.



شکل ۵: نمایی از مولکول‌های آب در حوزه‌ی همدوسی (CD) با میدان‌های الکترومغناطیس به دام افتاده و نواحی ناهمدوس.

^۱ از اولین مشاهدات مرتبط با اثرات افت‌وخیزهای کوانتومی، می‌توان به تأثیرات مستقیم آن‌ها در ترازهای انرژی اتم هیدروژن، اشاره کرد. این پدیده را فیزیک‌دانی به نام لمب، برای نخستین‌بار مشاهده و گزارش کرده است.

^۲ از دیدگاه کوانتومی، همه‌ی اشیاء، اعم از ماده (Matter) و میدان (Field)، به طور خود به‌خودی، افت‌وخیزهای کوانتومی، دارند! همچنین، از منظر مکانیک کوانتومی، خلاء می‌تواند با ماده، انرژی و تکانه را تبادل نماید (مانند اثر کازیمیر و اثر لمب در ترازهای انرژی اتم هیدروژن).

^۳ Angstrom

^۴ هر آنگستروم برابر با ۰/۱ نانومتر است.

در تشکیل حوزه‌ی همدوسی، دو شرط لازم در همه‌ی گزارش‌های مرتبط، عبارت‌اند از: بزرگ‌تر بودن چگالی مولکولی و کوچک‌تر بودن دما، به‌ترتیب نسبت به چگالی بحرانی و دمای بحرانی. محاسبات اثبات می‌کنند که چیزی در حدود ۵/۵ تا ۶ میلیون مولکول آب با ورود چنین طول‌موجی از میدان الکترومغناطیس، در حوزه‌ی همدوسی تجمع می‌یابند. همچنین، در کنار حوزه‌های همدوسی، نواحی ناهمدوس همچنان باقی می‌مانند^۱ و گاف انرژی^۲ بین دو سیستم در کنار هم وظیفه‌ی مراقبت از حوزه‌ی همدوسی، نسبت به برخوردهای مخرب گرمایی را بر عهده دارد؛ بنابراین، هر چه گاف انرژی^۳ بین این دو سیستم، افزایش یابد، ماندگاری حوزه‌های همدوسی نیز بیش‌تر خواهد بود^۴.

همان‌طور که در مقدمه نیز به آن اشاره شد، این حوزه، شامل مولکول‌هایی می‌شود که میدان‌های آن‌ها با یکدیگر، پیوند خورده و موجودی جدید را پدید می‌آورند که نه موج الکترومغناطیس هستند و نه ماده‌ای به نام مولکول‌های آب، بلکه شبه‌ذره‌ای به نام ماده‌ی تحریک‌شده^۵ و عملاً این شبه‌ذرات جدید، طبق اصول کوانتومی، در هم‌تنیده‌اند و تغییر در یکی از آن‌ها، موجب تغییر در همه‌ی سیستم (شامل میدان الکترومغناطیس جفت‌شده و هم‌بسامد شده با میدان‌های مولکول‌های آب) خواهد شد^۶. با این حساب، این سیستم از یک سیستم ناهمدوس در حالت پایه به سیستمی با رفتاری همدوس در حالت پایه، تبدیل می‌شود^۷ و انرژی سیستم کاهش می‌یابد^۱. با چنین تبدیل یا تغییر حالتی، می‌توان تصور حالت

^۱ البته لازم به ذکر است که انتقال انرژی در حوزه‌های همدوسی نسبت به نواحی ناهمدوس، با سرعت بیش‌تری انجام می‌شود.

^۲ Energy Gap

^۳ گاف انرژی، به اختلاف انرژی دو سیستم همدوس و ناهمدوس، گفته می‌شود.

^۴ یکی از روش‌های پیشنهادی برای افزایش گاف انرژی بین دو سیستم همدوس و ناهمدوس، استفاده از پدیده‌ی تشدید یا رزونانس بین دو آنسامبل پلاسمایی است. پس از انجام تشدید، بسامدی مشترک بین دو آنسامبل باردار، رخ می‌دهد و سبب افزایش گاف انرژی، می‌شود.

^۵ Energized Matter (or Energid)

^۶ اطلاعات تغییر فاز در سیستم همدوس، با سرعتی موسوم به سرعت فاز منتشر می‌شوند و این سرعت از سرعت نور هم بیش‌تر است!

^۷ گذار از سیستم ناهمدوس به همدوس، به گذار فاز کوانتومی خود به خودی، مشهور است که حاصل شکست خود به خودی تقارن (Spontaneous Symmetry Breaking) است. به‌نوعی، سیستم، به سیستمی با تقارن کم‌تر، گذار می‌نماید.

برانگیخته‌ای از این سیستم را هم داشت. طبق قواعد نظریه‌ی میدان‌های کوانتومی، اگر سیستم، از حالت پایه به حالت برانگیخته، گذار^۲ نماید، جذب پتانسیل برداری^۳ را در بر خواهد داشت و بالعکس، با آزاد کردن پتانسیل برداری، از حالت برانگیخته به حالت پایه، گذاری را تجربه خواهد کرد. طبق اصول بیان شده در رابطه با برانگیختگی حوزه‌های همدوسی، سه نوع گذار، قابل تصور هستند^۴. نخستین نوع از گذارها، به گذار مستقیم^۵ از حالت پایه به برانگیخته و بالعکس، مرتبط می‌شود. در گذار مستقیم، بسامدی برابر با بسامد پلازما نقش تعیین‌کننده‌ای را بازی می‌کند؛ اما در نوع دوم از گذارها، گذارهای دو مرحله-ای^۶ را خواهیم داشت، به‌طوری‌که در این نوع گذار، سیستم از حالت پایه به حالتی مجازی^۷، گذار می‌نماید و سپس، به حالت برانگیخته‌ی خود می‌رسد. سومین نوع گذار حالت‌ها، مرتبط با ویژگی‌های پیمانه‌ای میدان الکترومغناطیس^۸ است که به دلیل پیچیدگی‌های نظری آن، به این موضوع ورود نمی‌کنیم.

طبق محاسبات، با تشکیل حوزه‌ی همدوسی در آب مایع، تقریباً ۱۳ درصد از آن‌ها، در حالت برانگیخته‌ی خود قرار می‌گیرند که در حدود ۰/۵۴ الکترون‌ولت با انرژی یونش الکترون‌های تک‌مولکول آب، تفاوت دارند^۹. از این‌رو، با برانگیختگی این دسته از مولکول‌ها، برخی از الکترون‌ها در حالتی موسوم به شبه‌آزاد، قرار گرفته و سرانجام به الکترون‌های جدا شده‌ای از مولکول‌های آب، تبدیل می‌شوند که به الکترون‌های شبه‌آزاد، معروف هستند.

مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی حوزه‌های همدوسی کوانتومی در آب، به حضور همین الکترون‌های شبه‌آزاد، برمی‌گردد. با حسابی سرانگشتی، می‌توان دریافت که تعداد الکترون-

^۱ همه‌ی سیستم‌های فیزیکی، تمایل دارند تا به حالتی با کم‌ترین انرژی ممکن، دست یابند. از این‌رو، با کاهش انرژی سیستم در این تغییر حالت، در می‌یابیم که سیستم همدوس، راه درستی را انتخاب نموده است.

^۲ Transition

^۳ Vector Potential

^۴ حوزه‌های همدوسی و به‌طور کل، حالت همدوس در آب، تلفیقی از حالت‌های پایه و برانگیخته، است.

^۵ Direct Transition

^۶ Two-Step Transitions

^۷ Virtual State

^۸ Gauge Properties of Electro-Magnetic Fields

^۹ مولکول‌های آب، به‌راحتی نمی‌توانند به مقدار انرژی یونش خود دست یابند. آن‌ها با انتخاب شیوه‌ای هوشمندانه و زیرکانه به نام همدوسی کوانتومی، با همکاری دسته‌جمعی خود، باعث می‌شوند تا انرژی حالت برانگیخته‌ی این همکاری را به انرژی یونش تک‌مولکولی خود، برسانند!

های شبه‌آزاد در یک حوزه‌ی همدوسی، چیزی در حدود ۷۰۰ تا ۸۰۰ هزار الکترون خواهد بود که اتفاقاً تعداد کمی نیست و حوزه‌ی همدوسی را شبیه به استخری مملو از الکترون-های شبه‌آزاد کرده‌اند و مهم‌تر آن‌که اثرات جمعی آن‌ها می‌تواند تعیین‌کننده و مؤثر، جلوه نماید. با این حساب، می‌توان حوزه‌های همدوسی را شبیه به نیم‌رساناها تصور نمود که الکترون‌های بسیاری دارند و به‌عنوان دهنده‌های الکترون^۱ و عناصری کاهنده^۲، رفتار می‌کنند. بالعکس، نواحی ناهمدوس، همانند مواد عایق، هستند و در نتیجه، پذیرنده‌های خوب الکترون‌ها^۳ و عناصری اکساینده^۴، شناخته می‌شوند.



شکل ۶: حالت پایه، برانگیخته‌ی مولکولی و آستانه‌ی انرژی یونش در مولکول‌های آب.

با حضور الکترون‌های شبه‌آزاد و یون‌های مثبت پدید آمده از مولکول‌های آبی که سرانجام به از دست‌دادن الکترون‌های خود رضایت داده‌اند و براساس جرم‌های الکترون‌ها و یون‌ها، درمی‌یابیم که در حوزه‌های همدوسی درون آب، الکترون‌ها، به‌دلیل جرم بسیار کم‌تر نسبت به یون‌های مثبت و پروتون‌ها، به سمت مرزهای حوزه‌ی همدوسی، رهسپار می‌شوند و بارهای الکتریکی مثبت به دلیل جرم بزرگ‌تر خود، تمایلی نسبت به جابه‌جایی از خود نشان نمی‌دهند. از این‌رو، بارهای مثبت در مرکز حوزه‌ی همدوسی و بارهای منفی در مرزها، تجمع می‌کنند. در نتیجه، به شکل اتم‌هایی غول‌پیکر^۵ می‌توان به آن‌ها نگریست. البته با توجه به جدید بودن این نظریه، انتظار می‌رود که این اتم‌های غول‌پیکر، ویژگی‌های اتمی منحصربه‌فرد خود را در پژوهش‌های آینده، به رخ بکشند و درب‌های زیادی را در مسیر شناخت آب، بر محققین باز نمایند.

¹ Electron Donors

² Reducing Elements

³ Electron Acceptors

⁴ Oxidizing Elements

⁵ Giant Atoms

با ورود الکترون‌های شبه‌آزاد به بحث همدوسی کوانتومی، می‌توان تصور نمود که حوزه‌های همدوسی کوانتومی همانند جزایری درون آب، عمل می‌کنند که شامل ذرات و بارهای الکتریکی مثبت و منفی هستند و قطعاً با حضور میدان‌های کوانتومی ماده و موج الکترومغناطیس، پدیده‌های جالب توجهی را از خود به نمایش خواهند گذاشت.

حوزه‌های همدوسی، با شکلی تقریباً مکعبی و حتی کروی، توانایی برانگیختگی دسته‌جمعی الکترون‌های شبه‌آزاد را در خود دارند و دنیایی پلاسمایی از ذرات بارداری همچون الکترون‌های فوق‌الذکر، پدید می‌آید.^۱ با توجه به حضور هم‌زمان میدان‌های کوانتومی ماده و موج الکترومغناطیس، حوزه‌ی همدوسی با نوسان‌هایی هم‌فاز و به‌نوعی، با قفل‌شدگی فازهای^۲ این دو دسته میدان و هم‌بستگی فازهای میدان‌های ماده و الکترومغناطیس، توانایی به دام‌انداختن میدان‌ها را در محدوده‌ی خود دارند.^۳ این به دام‌انداختن، طبق آنچه که پیش‌تر ذکر شد، صورت می‌پذیرد. این رخداد را می‌توان به‌طور خلاصه بیان داشت: با ورود میدان‌های الکترومغناطیس با طول‌موج و بسامد معین خود، به داخل انبوهی از مولکول‌های آب مایع، تک‌مولکولی از آب به حالت برانگیخته‌ی خود می‌رود و حالت برانگیخته، طبق اصول مکانیک کوانتومی، در مدتی بسیار کوتاه از مرتبه‌ی فمپتو ثانیه، دوام می‌آورد و مجدداً حالت کوانتومی، به حالت پایه‌ی مولکولی، باز می‌گردد. با بازگشت به حالت پایه، فوتونی از آن ساطع شده و دو انتخاب را پیش روی خود دارد. نخستین انتخاب، انتقال فوتون به خلأ است و انتخاب مناسب‌تر، حرکت به سوی مولکولی دیگر در جهت برانگیخته‌نمودن آن مولکول است. می‌توان این روند را برای چندین مولکول آب تصور نمود و مشاهده کرد که مولکول‌های درگیر در ماجرای برانگیختگی تک‌مولکولی، به‌شدت افزایش یافته و با ایجاد میدانی جدید که حاصل از همدوسی کوانتومی، هم‌فازی و قفل‌شدگی فازهای بین آن‌هاست، حوزه‌ی همدوس را پدید می‌آورند. به‌طور کلی، با ادامه‌ی این روند بسیار تیزهوشانه توسط مولکول-

^۱ اثبات شده است که پلاسمای نیز با احراز برخی شرایط، به پلاسمای همدوس، تبدیل می‌شوند!

^۲ Phase-Locking

^۳ خیلی جالب است که با ورود به دنیای کوانتومی در بحث حوزه‌ی همدوسی کوانتومی درون آب، مجدداً اصل عدم-قطعیت، خودنمایی می‌کند. اصل عدم‌قطعیت هایزنبرگ، بیان می‌دارد که تعیین هم‌زمان مکان و تندی (سرعت) ذره‌ای کوانتومی، غیرممکن است. در بحث اثرات جمعی الکترون‌های شبه‌آزاد درون حوزه‌ی همدوسی نیز می‌توان عدم‌قطعیتی در تعیین دقیق ساختار ماده و ویژگی‌های حالت همدوس (مرتبط با فاز) را جستجو کرد. به‌طوری‌که با دانستن ساختار ماده، ویژگی‌های همدوسی را از دست می‌دهیم و بالعکس.

های آب و میدان‌های الکترومغناطیس (از جمله فوتون‌ها)، انتظار جذب هر چه بیش‌تر مولکول‌های آب به درون حوزه‌ی همدوسی را خواهیم داشت (البته تا جایی که مولکول‌های آب، به راحتی به نوسان و تشدید با میدان الکترومغناطیس بپردازند). از این‌رو، با افزایش تعداد مولکول‌ها، حوزه‌های همدوسی، چگالی خود را افزایش داده و تا حدود ۹۲ درصد از چگالی آب مایع می‌رسند. با حضور و به‌دام‌افتادن میدان‌های الکترومغناطیس در حوزه‌ی همدوسی، آن‌ها به دلیل گُند شدن نوسان‌های جمعی مولکول‌های آب نسبت به نوسان‌های تک‌مولکول‌ها و افزایش زمان نوسان‌ها، بسامدهایی به مراتب کوچک‌تر از بسامدهای معمول را خواهند داشت. با پیگیری روند محاسبات در می‌یابیم که مُربع جرم (جرم به توان ۲) این شبه‌ذرات جدید که ماهیتی مجزا از ذرات فوتون را دارند، برابر با اعدادی منفی، شده و در نتیجه، جرم این شبه‌ذرات، طبق قواعد ریاضیات، موهومی^۱ خواهد شد.^۲ این موهومی بودن جرم، سبب می‌شود که میدان پدید آمده، از حوزه‌ی همدوسی، خارج نشود (به‌نوعی، میدان‌های الکترومغناطیس، درون گودالی، به دام می‌افتند و اجازه‌ی خروج، ندارند!) و با نوسان‌های مولکول‌های آب و به‌طور صحیح‌تر، میدان‌های ماده، به نوسان در آمده و در نتیجه، تشدید کند.^۳ از این‌رو، آب مایع از دو ناحیه‌ی همدوس و ناهمدوس، تشکیل خواهد شد (که با اختلاف پتانسیل الکتریکی بین خود، مشخص می‌شوند!) که هر چه دمای آب، کاهش یابد، تعداد حوزه‌های همدوسی در آب مایع، افزایش می‌یابد^۴ و هر چه این دما افزایشی باشد، تعداد حوزه‌های همدوسی، به مراتب کاهش یافته و حتی در دمای تبخیر آب مایع، تقریباً هیچ حوزه‌ی همدوسی یافت نمی‌شود.^۵ همچنین، گرما و برخوردهای حاصل از گرما، نقش

^۱ Imaginary

^۲ جرم فوتون‌ها همیشه برابر با صفر است. از این‌رو، با جرم موهومی، دیگر فوتون نخواهند بود و ماهیتی جدید، خواهند داشت!

^۳ البته بخشی از این میدان و انرژی، به خارج از محیط، نشت کرده و عملاً مقداری نشتی انرژی و میدان را در حوزه‌های همدوسی، خواهیم داشت که به میدان‌های محوشونده (Evanescant Fields) موسوم‌اند. با استفاده از اثر تونل‌زنی کوانتومی، با حوزه‌های همدوسی مجاور نیز هم‌بسامد می‌شوند.

^۴ در دمای صفر کلوین (پایین‌ترین دمای ممکن در عالم هستی)، به دلیل صفر شدن افت‌وخیزهای کوانتومی، میدان الکترومغناطیسی وجود نخواهد داشت تا با مولکول‌های فریز شده‌ی درون آب، به نوسان و تشدید (رزونانس) در آید و از این‌رو، در این دمای کمینه، حالت همدوسی کوانتومی، نمی‌تواند رخ دهد!

^۵ مثلاً در دمای صفر درجه‌ی سانتی‌گراد، ۵۰ درصد از آب را حوزه‌های همدوسی در بر می‌گیرند و در دمای ۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، این میزان، به ۴۰ درصد می‌رسد.

⁶ Thermal Collisions

مهمی در تشکیل و یا عدم شکل‌گیری حوزه‌های همدوسی، دارند. پس می‌توان درک کرد که وجود جاذبه‌ای الکترودینامیکی^۱، سبب جذب و در کنار هم قرارگرفتن مولکول‌های آب در یک حوزه‌ی همدوسی می‌شود و حضور گرما و برخوردهای گرمایی حاصل از دمای غیر صفر کلون، شکل، حجم و چگالی حوزه‌ها را دستخوش تغییر می‌کند؛ بنابراین، نمی‌توان مرز کاملاً مشخصی از حوزه‌ی همدوسی را متصور شد^۲ و باید توجه داشت که از دل محاسبات کوانتومی، در می‌یابیم که تعداد مولکول‌های آبی که درون حوزه‌ی همدوسی هستند، با وجود این رفت‌وبرگشت‌ها، همیشه، پایسته و ثابت می‌ماند^۳ (البته به شرط آن‌که دمای آب تغییری نداشته باشد)^۴. به‌طور کل، عمر حوزه‌های همدوسی، بسیار بسیار کوتاه است و آن‌ها هر بار تشکیل و مجدداً از بین می‌روند ولی به دلیل آن‌که ابزارهای مشاهده‌ی ما زمان‌هایی بسیار کوتاه شبیه به این از بین رفتن‌ها را نمی‌تواند ثبت نماید، ما همیشه آب را به صورت همگن و ساکن، رصد می‌نماییم ولی در واقع، آب‌ها و حوزه‌های همدوسی آن‌ها، مدام تولید و نابود می‌شوند و اصطلاحاً، مدام در حال سوسو زدن^۵ (خاموش و روشن شدن) هستند.

با وجود الکترون‌های شبه‌آزاد، حرکت‌های دسته‌جمعی این دسته از الکترون‌ها نیز منجر به پدیده‌های جالب توجهی می‌شود. از این‌رو، محققین، حرکت‌های گردابی^۶ مانند را برای این دسته از الکترون‌ها در حالت برانگیخته‌ی خود، پیش‌بینی می‌کنند^۷ و طبق اصول الکترودینامیکی، این حرکت و جریان بارهای الکتریکی، میدان مغناطیسی را در پی خواهد داشت و به‌دلیل آن‌که حرکتی منظم و همدوس را تجربه می‌کنند، اصطکاک داخلی و نیروهای اتلافی دیگر، در مهار آن‌ها وجود نخواهد داشت و از این‌رو، به گرداب‌های سرد^۸ و با

^۱ Electrodynamic Attraction

^۲ بسامد نوسان‌های همدوس در حالت پایه برای دمای صفر کلون و نزدیک به آن، در حدود ۰/۲۶ الکترون‌ولت، است ولی با افزایش دما، تعداد مولکول‌های آب درون حوزه‌ی همدوسی، کاهش می‌یابد و در نتیجه، بسامد این نوسان‌ها در دمای اتاق به ۰/۲۰ الکترون‌ولت می‌رسد (دقت کنید که یکای بسامد در اینجا با یکای انرژی، یکسان فرض شده است).
^۳ پایستگی تعداد ذرات در حوزه‌ی همدوسی. لازم به ذکر است که تکانه‌ی کل (Momentum) نیز بایستی پایسته بماند.
^۴ تخمین زده شده است که زمان ماندگاری هر مولکول آب در حوزه‌ی همدوسی از مرتبه‌ی ۱۴-، ثانیه است که زمان بسیار بسیار کوتاهی است!

^۵ Flickering Nature

^۶ Vortex

^۷ الکترون‌های شبه‌آزاد درون حوزه‌های همدوسی، دو سرنوشت دارند: الف) هماهنگی و همدوسی به صورت گرداب‌های الکترونی، ب) خروج از حوزه‌های همدوسی، به‌وسیله‌ی پدیده‌ی تونل‌زنی کوانتومی.

^۸ Cold Vortices

طول عمر بسیار زیاد (در حد چند هفته تا چند ماه)، شناخته می‌شوند.^۱ با فرض آن که تعداد این دسته از الکترون‌ها بسیار زیاد است، حوزه‌های همدوسی شامل چندین و چند گرداب الکترونی خواهد بود و انرژی سیستم مورد نظر خود (حوزهی همدوسی میزبان) را به شدت افزایش می‌دهند و به نوعی، طیف حوزهی همدوسی، حاصل ترازهای برانگیخته‌ی این گرداب‌های الکترونی است. به همین دلیل است که پژوهشگران معتقدند که حوزهی همدوسی، به مانند اسبابی^۲ عمل می‌کند که نوفه‌ها (نویزها)^۳ و سیگنال‌های کم انرژی را دریافت و در عوض، انرژی به مراتب بزرگ‌تری را از خود ساطع می‌نمایند. البته دلیل ازدیاد و افزایش انرژی را علاوه بر تعداد زیاد گرداب‌های الکترونی در حوزهی همدوسی، به هم‌خط شدن و هم‌ردیف شدن^۴ ممان‌های مغناطیسی^۵ آن‌ها با میدان‌های مغناطیسی خارجی (که مهم‌ترین آن‌ها، میدان مغناطیسی زمین است) نیز نسبت می‌دهند!

همان‌طور که در مقدمه نیز به آن اشاره شد، یون‌ها و برخی مولکول‌هایی که توانایی تشدید یا رزونانس با بسامدهای نوسانی حوزه‌های همدوسی را داشته باشند، می‌توانند با حوزه‌های همدوسی، همراه شده و به شریکی قابل اعتماد برای آن‌ها مبدل شوند. اثبات شده است که یون‌های همراه، با بسامدی به نام بسامد زاویه‌ای سیکلوترونی^۶ در نواحی خارجی حوزه‌های همدوسی، شروع به نوسان و حرکت‌های دورانی می‌کنند. جالب است که برخی بیومولکول‌ها (مولکول‌های زیستی) نیز می‌توانند با نوسان‌های همدوسی حوزهی همدوسی، شریک شده^۷ و انرژی لازم برای واکنش‌های شیمیایی خود را از انرژی ذخیره شده‌ی حوزهی همدوسی، استخراج و عملاً حوزه‌های همدوسی را از لحاظ انرژی، تخلیه نمایند؛ بنابراین،

^۱ رفتاری شبیه به الکترون‌های درون ماده‌ی آبرسانا (جفت‌های کوپر) که هیچ اصطکاک و نیروی اتلافی، ندارند!

^۲ Device

^۳ Noise

^۴ Align

^۵ Magnetic Moment

^۶ Cyclotron Frequency

^۷ محاسبات نشان می‌دهند که اگر چگالی مولکول‌های میهمان شریک شده در همدوسی با حوزهی همدوسی، بیش از یک درصد چگالی حوزهی همدوسی شود، عملاً این حوزه، ویژگی همدوسی خود را از دست می‌دهد!

^۸ شرط لازم برای چنین اتفاقی، کوچک‌تر بودن اختلاف بسامدهای حوزهی همدوسی و مولکول مورد نظر (البته در دستگاهی که بسامد و انرژی را با یکایی مشترک، بیان کنیم!) از kT است (k ، ثابت بولتزمن و T دمای محیط بر حسب کلوین، است). لازم به ذکر است که kT معیاری بسیار مهم (با ماهیت انرژی) در علم ترمودینامیک و مکانیک آماری، محسوب می‌شود.

بیومولکول‌ها، واکنش‌های شیمیایی آینده را مدیون از خود گذشتگی حوزه‌های همدوسی- کوانتومی مولکول‌های آب هستند.^۱ در نتیجه، حوزه‌های همدوسی به خازن‌های الکتریکی در مدارهای الکتریکی شباهت دارند، به‌طوری‌که با وجود میدان‌های الکترومغناطیس، شارژ و سرشار از انرژی و با حضور بیومولکول‌ها، تخلیه‌ی انرژی (دشارژ) می‌شوند. پس اگر حوزه‌های همدوسی را منبعی برای تأمین انرژی فرض کنیم، شارژ شدن آن‌ها، ماهیتی الکترومغناطیسی، دارد و دشارژ شدن آن‌ها، ماهیتی شیمیایی، خواهد داشت!

اما در بیش‌تر مواقع، یون‌ها و مولکول‌های میهمان، خود را با بسامد نوسانی حوزه‌های همدوسی، وفق نمی‌دهند و توانایی همراهی با جمع همدوسی در آن را ندارند؛ از این‌رو، به درون حوزه‌های همدوسی، راه نمی‌یابند و در ناحیه‌ی ناهمدوسی اطراف حوزه‌های همدوسی، باقی می‌مانند. برای مثال، هوا و به‌ویژه، اکسیژن‌های درون هوای محیط، به دلیل ناتوانی در همراهی با نوسان حوزه‌ی همدوسی، به درون حوزه‌های همدوسی ورود نمی‌کنند و در نتیجه، در کنار یکدیگر مجدداً به شکل جزیره‌ای، باقی می‌مانند. به این جزیره‌های با ابعاد نانومتری و حتی، میکرومتری، نانوحباب و میکروحباب، گفته می‌شود. پس در یک بخش از آب مایع در مجاورت با هوای محیط (به دور از خلأ)، سه دسته مولکول را می‌توان مشاهده نمود: حوزه‌های همدوسی، ناحیه‌ی ناهمدوسی و میکروحباب‌ها (نانوحباب‌ها).^۲

از ویژگی‌های جالبی که در آب رخ می‌دهد، کشش سطحی در آب مایع است. با بهره-گیری از مفهوم حوزه‌ی همدوسی و نواحی ناهمدوسی و همچنین، تفاوت چگالی آن‌ها، به-دلیل کم‌تر بودن چگالی حوزه‌های همدوسی، این حوزه‌ها در سطح آب مایع، شناور می‌شوند و نواحی ناهمدوسی نیز در لایه‌های زیرین سطح خارجی آب مایع، قرار می‌گیرند؛ بنابراین، به سبب فشاری که نواحی ناهمدوسی زیرین به حوزه‌های همدوسی هم‌مرز با محیط خارج از آب وارد می‌کنند، انتظار پدید آمدن کشش سطحی در نواحی هم‌مرز با محیط خارج، توقعی به‌جا خواهد بود.

^۱ به‌طور کل، مولکول‌های آب، با یکدیگر به‌صورت شیمیایی، واکنشی ندارند، از این‌رو، برای انجام و بهبود فعالیت‌های شیمیایی، با پذیرش مولکول‌های دیگر، به آن‌ها در این امر، کمک می‌کنند!

^۲ Micro-Bubbles (Nano-Bubbles)

آب ایزی و ارگانیسیم‌های زنده

همان‌طور که در فصل پیش به‌طور کامل بیان کردیم، آب مایع، در کناره‌های سطحی آب‌دوست و غالباً باردار، به فاز چهارم خود دست می‌یابد. فاز یا حالت چهارم آب، با نام آب ایزی شناخته می‌شود و چند ویژگی مهم آن که در فصل دوم به آن‌ها اشاره شده بود را به‌طور تیتروار مرور می‌کنیم:

۱. طرد انواع مواد، یون‌ها، مولکول‌ها و اتم‌های میهمان از ورود به داخل آب ایزی.
۲. پدیداری جذب در طول موج ۲۷۰ نانومتر، در آزمایش‌های جذب.
۳. آب ایزی، نسبت به آب مایع معمولی، دارای گران‌روی (ویسکوزیته‌ی) بالاتری است.
۴. اختلاف پتانسیل ایجاد شده بین آب ایزی و آب مایع معمولی.
۵. باردار بودن آب ایزی و هم‌نام بودن بار الکتریکی آن با بار الکتریکی سطح آب-دوست مجاور
۶. ...

با در اختیار داشتن مفاهیم پیشین و مفاهیم جدیدی که از همدوسی کوانتومی متوجه آن‌ها شده‌ایم، می‌توانیم علت تشکیل و پایداری آب ایزی را از دیدگاه‌های کوانتومی و نظریه-ی میدان‌های کوانتومی، بیان کنیم. البته لازم به توضیح است که توجیه چنین پدیده‌هایی، نیازمند پژوهش‌های بسیار بیش‌تری است که با توجه به جدید بودن این دسته از نظریه‌ها، ما نیز با بهره‌مندی از چنین تحقیقاتی به توجیه و تفسیر موضوعات، می‌پردازیم و منتظر نتایج تحقیقات به‌روزتر و کارآمدتر در آینده، هستیم.

با توجه به همدوسی کوانتومی و به‌ویژه، حوزه‌های همدوسی، جفت‌شدگی^۱ هم‌زمان نوسان‌های الکترون‌های شبه آزاد درون حوزه و سطح آب‌دوست، علت اصلی تشکیل آب ایزی و به هم پیوستن و هم‌بستگی^۲ حوزه‌های همدوسی، است. در اصل، سطح آب‌دوست، با میدان الکتریکی خود، نوسان‌های پلاسمای تولید شده توسط الکترون‌های شبه‌آزاد درون حوزه‌ی همدوسی را کنترل و آن‌ها را هم‌فاز و هم‌بسامد با خود می‌کند و حوزه‌ی همدوسی به ناچار، با سطح آب‌دوست، همراه می‌شود که اصطلاحاً، هم‌بستگی، ایجاد شده و با یکدیگر

¹ Coupling

² Correlation

به نوسانی هماهنگ و مشترک، می‌پردازند.^۱ در اصل، گاف انرژی بین حالت‌های همدوس و ناهمدوس، افزایش می‌یابد و همین افزایش گاف انرژی باعث می‌شود تا حالتی پایدارتر و همدوس‌تر را در آب‌های ایزی در مجاورت با سطح آب‌دوست، مشاهده نماییم. از این‌رو، با توجه به تعداد زیادی از حوزه‌های همدوسی در داخل آب مایع (در دمایی معین)، آن‌ها به-سوی سطح آب‌دوست، مهاجرت می‌نمایند و اجتماع عظیمی از حوزه‌های همدوسی هماهنگ با میدان سطح آب‌دوست را تشکیل می‌دهند.^۲ از این‌رو، به دلیل چینش لایه‌لایه‌ی حوزه‌های همدوسی و همچنین، فشرده‌شدن مولکول‌های آب درون حوزه‌های همدوسی، می‌توان توقع (به ترتیب) عمق یا ضخامت زیادتر آب ایزی (در حدود ۵۰۰ میکرومتر)^۳ و همچنین، طرد انواع یون‌ها و مولکول‌ها را داشت. البته پیش از این نیز بیان کردیم که با ورود یون یا مولکولی غریبه به محدوده‌ی حوزه‌ی همدوسی، به دلیل عدم هماهنگی نوسان-های آن‌ها و به‌ویژه، بسامدهای طبیعی، انتظار مشاهده‌ی پدیده‌ی تشدید یا رزونانس بین این دو را نخواهیم داشت و از این‌رو، یون‌ها و یا مولکول‌های اضافی، ناچار به ترک حوزه‌های همدوسی هستند. پس با بیانی ساده‌تر، حوزه‌های همدوسی، علاقه‌ی چندانی به همکاری و هماهنگی با مولکول‌ها و یا یون‌های غریبه را ندارند. از این‌رو، با اجتماع عظیمی که در مرز مشترک با سطحی آب‌دوست دارند، توقع طرد مولکول‌ها و یون‌ها، توقعی به‌جا و منطقی است.

حال با بهره‌گیری از دانش پزشکی و زیست‌شناسی، می‌توانیم به اهمیت حالت‌های همدوسی کوانتومی و حوزه‌های همدوسی، پی ببریم. با توجه به این که ارگانسیم‌های زنده^۴، از آب، به‌عنوان عامل حیات و زندگی خود استفاده می‌کنند، پس بهتر است آب مایع را در ارگانسیم‌های زنده، به طور خاص‌تری مورد تحقیق و تفحص قرار دهیم. گفته می‌شود که در حدود ۷۰ درصد از جرم و ۹۹ درصد از غلظت مولی مایع‌های درون ارگانسیم‌های زنده را آب

^۱ در اصل، تعداد الکترون‌های روی سطح آب‌دوست، ثابت است و از این‌رو، بسامد پلاسمایی آن نیز ثابت می‌ماند؛ بنابراین، حوزه‌های همدوسی، تعداد الکترون‌های شبه‌آزاد خود را به‌نوعی تنظیم می‌کنند که بسامد پلاسمایی خود را با بسامد پلاسمایی سطح آب‌دوست، هماهنگ نمایند تا بتوانند با سطح آب‌دوست، هماهنگ، هم‌فاز و هم‌بسته، شوند!

^۲ بنابراین، آب‌های مجاور با سطح آب‌دوست، حوزه‌های همدوسی بیش‌تری را نسبت به آب مایع معمولی دارند. این، به-معنای همدوس‌بودن آب ایزی است.

^۳ دیدگاه‌های مرسوم، از جمله دیدگاه وابسته به پیوندهای هیدروژنی، ضخامت و یا عمق ۵۰۰ میکرومتری را نمی‌توانند توجیه و یا تفسیر نمایند.

^۴ Live Organisms

تشکیل می‌دهد. همچنین، اثبات شده است که عمق یا فاصله‌ی این مایع‌ها و به‌ویژه، آب‌های درون بدن ارگانیسم‌های زنده، در بیش‌ترین حد، به چند میکرومتر هم نمی‌رسد. با توجه به ضخامت‌های چند ده میکرومتری آب ایزی و نیز، فراوانی سطوح آب‌دوست در ارگانیسم‌های زنده (مثل غشاءها،^۱ سطح رگ‌ها و مویرگ‌ها، سطح سلول‌ها و ...)، می‌توان با بهره‌گیری از دانش آب ایزی و همدوسی کوانتومی، با جرئت بیان کرد که این آب‌ها، همگی از نوع آب ایزی، خواهند بود و تقریباً همه‌ی آب‌های درون بدن ارگانیسم‌های زنده، از نوع آب ایزی و اجتماع حوزه‌های همدوسی کوانتومی، فرض می‌شوند.^۲ این‌ها نشان می‌دهند که فرایندهای تشکیل و پایداری آب ایزی و حوزه‌های همدوسی، در اهمیت حیات و ارتباط بین ارگانیسم‌های زنده، می‌توانند تعیین‌کننده باشند. فرایندهایی فیزیکی (کوانتومی) همچون، ارتباط حوزه‌ها از طریق تونل‌زنی کوانتومی^۳، نوسان‌های پلاسمایی الکترون‌های شبه‌آزاد، جفت‌شدگی میدان‌های الکترومغناطیسی درون و بیرون حوزه‌ها با الکترون‌های شبه‌آزاد، درهم‌تنیدگی و هم‌بستگی حوزه‌ها و الکترون‌ها، پدیده‌ی تشدید یا رزونانس و ... را می‌توان به‌عنوان نمونه‌هایی مهم یاد کرد. لازم به ذکر است که ارگانیسم‌های زنده با شرایط همدوسی کوانتومی، از دو طریق، با محیط خارج از خود ارتباط برقرار می‌نمایند. شیوه‌ی نخست، تبادل انرژی است. این نوع تبادل با محیط، با سرعت‌های کمتر از سرعت نور، رخ می‌دهند ولی مورد دوم، اشتراک‌گذاری فاز، است که با بهره‌گیری از این روش، ارگانیسم همدوس با دیگر سیستم‌های همدوس (ارگانیسم‌های دیگر)، از طریق به اشتراک گذاشتن فاز خود، تشدید یا رزونانس می‌کند و با سرعتی بیش از سرعت نور، ارتباطی مؤثر برقرار خواهد کرد (سرعت فاز). از این‌رو، در برخی سنت‌های شرقی^۴، رسیدن به هماهنگی، هم‌فاز شدن و درمان برخی بیماری‌ها، می‌تواند به دلیل آگاهی آن‌ها از همدوسی و هماهنگی فازهای ارگانیسم‌های زنده، باشد!^۵ حتی، در برخی موارد، به‌مانند سنت‌های تای‌چی‌چوآن^۱ و

^۱ Membranes

^۲ ایده‌های ابتدایی، حیات در ارگانیسم‌های زنده را توسط ترمودینامیک، توجیه می‌کردند ولی با بحث‌های کوانتومی جدید در آب همدوس، می‌توان بیان داشت که ارگانیسم‌های زنده، موتور گرمایی نیستند و مهم‌تر آن‌که مولکول‌های آن‌ها مستقل از یکدیگر نخواهند بود، بلکه فاز کوانتومی و هم‌بستگی فاز بین مولکول‌ها و حوزه‌های همدوسی با سطوح آب‌دوست، است که آن‌ها را به ماشینی کوانتومی، تبدیل کرده است!

^۳ Quantum Tunneling

^۴ Eastern Traditions

^۵ حتی شاید به همین دلیل باشد که در ادیان الهی، مثل دین مبین اسلام، سفارش شده است که نماز، حج و خیلی از واجبات و مستحبات، به‌صورت گروهی و جماعت، برپا شوند!

یا چی کونگ^۲، توصیه می‌شود که این اعمال، در کنار آبشارها انجام شود. دلیل انجام حرکات و تمرکز در نزدیکی آبشارها نیز احتمالاً به هم‌فاز شدن، همدوس شدن و هم‌نوسان شدن (از طریق رزونانس) با آب ایزی (آب همدوس) در طبیعت (مثل آبشار یا رودخانه) است!^۳

همدوسی و ماکرومولکول‌های زیستی

ماکرومولکول‌ها به مولکول‌هایی گفته می‌شود که از تعداد زیادی اتم، تشکیل شده باشند. مولکول آب، با سه اتم، نمی‌تواند ماکرومولکول باشد، بلکه مولکول‌هایی به‌مانند پروتئین‌ها، DNA و یا پلیمرها، از جمله مثال‌های ماکرومولکول‌ها هستند. برای مثال، با در نظر گرفتن پروتئینی در محیطی آبی، مولکول‌های آب، در حوالی این ماکرومولکول‌ها تجمع می‌یابند و به‌دلیل همدوس شدن حوزه‌های دربرگیرنده‌ی آن‌ها، این مولکول‌های آب، به آب-های همدوس مجاور با سطحی آب‌دوست، تبدیل می‌شوند و به‌نوعی، با نوسان‌های طبیعی ماکرومولکول‌ها، هماهنگ و همدوس می‌شوند. از این‌رو، می‌توان تصور کرد که آب ایزی، این دسته از ماکرومولکول‌ها را احاطه کرده است. در بخش نخست از این فصل اشاره کردیم که حوزه‌های همدوسی با هم‌مرزی با مولکول‌ها یا یون‌های دیگر و هم‌جواری با آن‌ها، انرژی سیستم خود را تخلیه و به انرژی مورد نیاز برای انجام واکنش‌ها و فعالیت‌های شیمیایی مولکول میهمان تبدیل می‌سازند. از این‌رو، ماکرومولکول‌های زیستی^۴ نیز برای ادامه‌ی حیات و برقراری سازوکارهای مرتبط با وظایف محوله‌ی خود، نیازمند انرژی تأمین‌شده توسط حوزه‌های همدوسی دشارژ شده (تخلیه‌ی انرژی‌شده) هستند.

آبرهمدوسی

آبرهمدوسی^۵ در واژه، به‌معنای همدوسی بسیار بزرگ است. واژه‌ی آبر در فیزیک، هنگامی استفاده می‌شود که ویژگی اصلی و مورد انتظار از آن ماده یا شیء، به‌طور کاملاً اعجاب‌آوری، ظاهر شود. مثلاً ابررسانا^۶، به‌معنای رسانایی است که خواص کامل یک رسانا را

^۱ Tai Chi Chuan

^۲ Chi Qong

^۳ از این موارد می‌توان درک کرد که گویی، تبادل انرژی، اهمیت به‌مراتب کم‌تری نسبت به اشتراک‌گذاری فاز و هم‌فاز شدن ارگانیسم‌های زنده، دارد.

^۴ Biological Macro-Molecules (Bio Macro-Molecules)

^۵ Super-Coherence

^۶ Super-Conductor

داشته باشد (مقاومت الکتریکی در برابر جریان‌های الکتریکی از خود نشان ندهد) و همچنین، واژه‌ی آب‌شاره که در اصل، شارهای است با ویژگی‌های منحصربه‌فردی که در شارهای معمول، وجود ندارد. از این‌رو، در مباحث مرتبط با آب همدوس، به مجموعه‌ای هماهنگ از حوزه‌های همدوسی که در ارتباط و همبسته‌ی با هم باشند و حالتی همدوس را بین حوزه‌های همدوسی ایجاد کند، ابرهمدوسی، گفته می‌شود.

حوزه‌های همدوسی، به دلیل همدوسی، هم‌فازی و هماهنگی بین الکترون‌های شبه‌آزاد و میدان‌های الکترومغناطیس به‌دام‌افتاده، به این نام مشهور شده‌اند ولی همدوسی حوزه‌های همدوسی^۱، واژه‌ی ابرهمدوسی را در تعریف و شناخت این پدیده‌ی جالب، معرفی می‌نماید.

برای رسیدن به حالتی که موسوم به ابرهمدوسی است، بایستی حوزه‌های همدوسی، حالت برانگیخته‌ی خود را نمایان سازند. در این صورت، میدان الکترومغناطیس درون آن، می‌تواند به بیرون، نشت کند که این میدان، به میدان محوشونده‌ی حوزه‌ی همدوسی، مشهور است. بایستی دقت شود که چون جفت‌شدگی میدان‌های حاصل از مولکول‌های هم-فاز و میدان الکترومغناطیس به‌دام‌افتاده در حوزه‌ی همدوسی، ماهیت جدیدی را برای میدان محوشونده‌ی خروجی، پدید آورده است، از این‌رو، میدان خروجی از حوزه‌های همدوسی را با نام فوتون‌های مجازی^۲ معرفی می‌نماییم^۳. با خروج نسبی این دسته از فوتون‌های مجازی، آن‌ها می‌توانند به شیوه‌ی تونل‌زنی کوانتومی، با دیگر فوتون‌های مجازی و میدان‌ها، در خارج از حوزه‌های همدوسی دیگر، جفت شده و سبب هم‌فاز نمودن و هم‌بسامد کردن حوزه‌های همدوسی مجاور با هم شوند^۴. از این‌رو، طبق اصول مکانیک کوانتومی، حوزه‌های همدوسی، به انرژی‌های یکسانی دست می‌یابند (که در زبان مکانیک کوانتومی به تب‌هگنی^۵، معروف است). با همسان‌شدن انرژی همه‌ی حوزه‌های همدوسی با یکدیگر، تصور می‌شود که همه‌ی حوزه‌های همدوسی برانگیخته، با هم به نوسان در آمده و فاز نوسان آن‌ها با یکدیگر برابر

^۱ Coherence of Coherence Domains

^۲ Virtual Photons

^۳ اعمال میدان‌های الکترومغناطیس خارجی، می‌تواند سبب تنظیم بسامد و فاز حوزه‌های همدوسی با یکدیگر شود و فرایند ابرهمدوسی را تسریع بخشد.

^۴ بایستی توجه داشت که فوتون‌ها، حامل انرژی هستند و با خارج‌شدن انرژی از حوزه‌های همدوسی، مرزهای حوزه، دچار بی‌نظمی خفیفی می‌شود که برای مهار این آشفتگی و بی‌نظمی در مرزها و تأثیر آن‌ها بر شکل و ساختار حوزه‌ها، باید آن‌ها، آن‌قدر بزرگ فرض شوند تا اثرات مخرب، به شدت کاهش یابند.

^۵ Degenerate

شده و اصطلاحاً، همدوسی حوزه‌های همدوسی برانگیخته، پدیدار می‌شود.^۱ در صورت رخداد چنین اتفاقی، گاف انرژی، به گاف انرژی حوزه‌های همدوسی، اضافه شده و به‌نوعی، سیستم تحت مطالعه را از اثرات مخرب گرمایی، بیش از پیش، محافظت می‌نماید.

دو دسته‌ی قابل ذکر از آب‌های شامل ویژگی جذاب آب‌همدوسی، آب ایزی (آب درون ارگانسیم‌های زنده) و آب ویژه^۲ (آب مایع در شرایط خاص^۳) هستند.

در آب ایزی، حوزه‌های همدوسی، همانند موادی چسبناک، به یکدیگر، پیوند خورده و حالتی را پدید می‌آورند که در بین حوزه‌های همدوسی، چیزی یافت نمی‌شود و به حالت-های ناهمدوس و مولکول‌ها و یون‌های میهمان، اجازه‌ی ورود به لابه‌لای حوزه‌های همدوسی را نمی‌دهند؛ اما در آب ویژه، آرایه‌ای منظم^۴ از حوزه‌های همدوسی، نواحی ناهمدوس و میکروحباب‌ها، پدید می‌آید. میکروحباب‌ها، به پایداری آرایه‌ی حوزه‌های همدوسی، کمک می‌نمایند؛ بنابراین، آب ویژه، نسبت به آب ایزی، از گران‌روی (ویسکوزیته‌ی) پایین‌تری برخوردار است (همانند ابرشاره‌ی هلیومی). در آب‌های ویژه، به‌دلیل توزیع فضایی ویژه‌ی حوزه‌های همدوسی، خاصیت سوسو زدن در آن‌ها، به‌شدت کاهش می‌یابد و ساختاری با توزیع فضایی منظم از میکروحباب‌ها را خواهیم داشت؛ بنابراین، گذار بین حالت‌های سوسو زن (آب معمولی) و منظم آب‌همدوس میکروحباب‌دار (آب ویژه)، گذاری بین آب‌های با حوزه‌های همدوسی ناهمدوس به همدوس (گذار از آب همدوس به آب آب‌همدوس) خواهد بود.

همدوسی و پل یخی در دمای اتاق

در فصل پیش، مشاهده کردیم که با اعمال ولتاژی بسیار بالا در حدود ۱۵ تا ۳۰ هزار ولت، توسط دو الکترود منفی (آند) و مثبت (کاتد)، درون دو ظرف شیشه‌ای حاوی آب مایع،

^۱ برخی مقالات، فواصل کم‌تر از ۱۳۷/۵ نانومتر را فاصله‌ای مناسب برای همدوس شدن حوزه‌های همدوسی، ذکر کرده‌اند!

^۲ Special Water

^۳ Bulk Water in Special Conditions

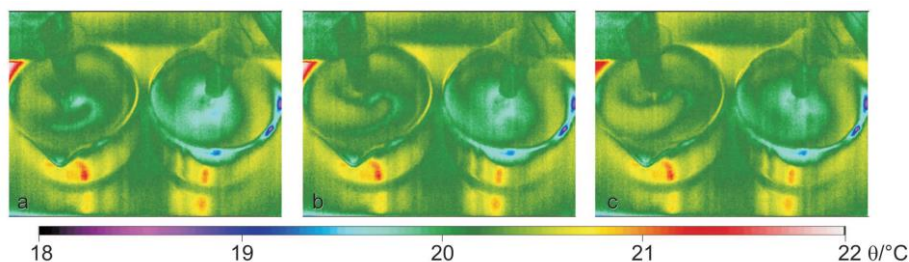
^۴ Ordered Arrays

^۵ در آب‌های ویژه، ابعاد میکروحباب‌ها تقریباً معادل با ابعاد حوزه‌های همدوسی، فرض می‌شود.

می‌توانیم در دمای اتاق، پلی یخی را بسازیم. در بخش‌های نخست و بیست و هشتم از فصل پیش، دلیل این اتفاق را به حضور آب ایزی و آب پروتونی، نسبت دادیم.

در دیدگاه الکتروپدینامیک کوانتومی ذکر شده، چگونه می‌توانیم این پدیده‌ی جالب را توجیه و تفسیر نماییم؟

با اعمال اختلاف پتانسیل مناسب توسط الکترودهای درون ظروف شیشه‌ای، گرداب‌های حاصل از الکترون‌های شبه‌آزاد درون حوزه‌های همدوسی، با یکدیگر همکاری مؤثری خواهند داشت و گرداب الکترونی ماکروسکوپی^۱ را در کل آب مایع، ایجاد می‌کنند.^۲ این گرداب‌ها در هر دو ظرف حاوی آب، ایجاد شده و حرکتی پادساعت‌گرد را در هر دو ظرف، به نمایش می‌گذارند.^۳ می‌دانیم، با تولید گرداب‌های الکترونی (همانند اثر آهارونوف-بوهم^۴)، میدان‌های مغناطیسی در نمونه‌ی مورد نظر نیز خودنمایی می‌کنند. مطابق با شکل ۷، در سه گام با فواصل زمانی ۵ ثانیه، گرداب‌های الکترونی برانگیخته، تولید می‌شوند.



شکل ۷: تصاویر ترموگرافیک از تشکیل گرداب‌های الکترونی ماکروسکوپی در دو ظرف آب مایع و با اعمال ولتاژهای بالا، توسط الکترودها (از چپ به راست با بازه‌های زمانی ۵ ثانیه و تبدیل گسیل تابش از آب، به دما، برای فهم بهتر).

مطابق با شکل ۸ و بررسی هر چهار شکل درون آن، در می‌یابیم که به‌ترتیب، با افزایش زمان (هر یک ثانیه)، آب در این تصاویر، به رنگ مشکی در آمده که به معنای سرد شدن و

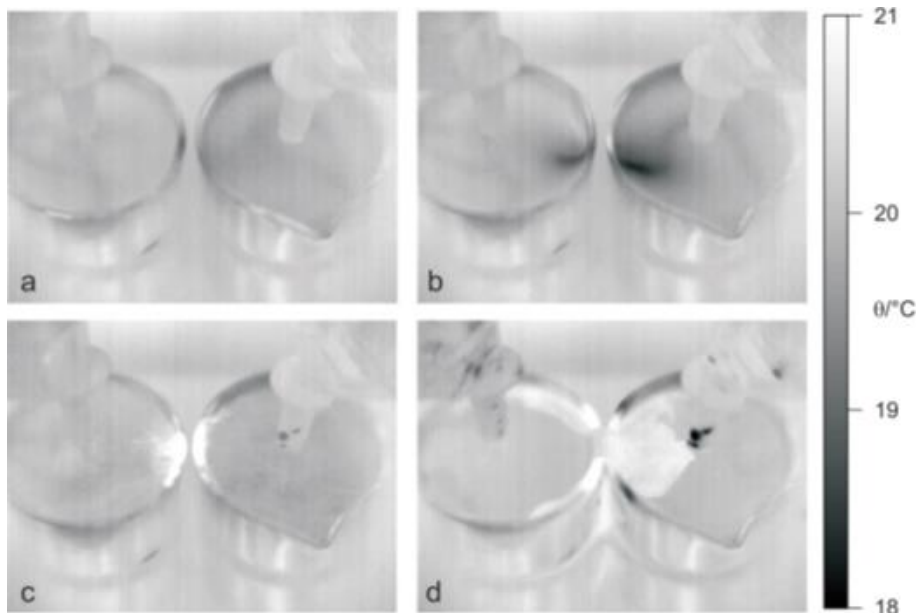
^۱ Macroscopic Vortex

^۲ تقویت و افزایش گرداب‌های الکترونی، عامل کلیدی در تشکیل پل‌های یخی هستند. از این‌رو، کاهش گرداب‌های الکترونی، تشکیل پل‌های یخی، حتی در دماهای خیلی پایین را دچار مشکل می‌کند و ساخت چنین پل‌هایی غیرممکن می‌شود.

^۳ در اصل، با اعمال ولتاژ، فاز حاصل از این اعمال ولتاژ به فاز حوزه‌ی همدوسی پیش از اختلال، افزوده می‌گردد. اگر ولتاژ بالایی، اعمال شود، فاز اولیه‌ی حوزه‌ی همدوسی، سهمی کوچک در فاز اصلی و نهایی سیستم را خواهد داشت.

^۴ Aharonov-Bohm's Effect

گسیل کمتر تابش از آن‌ها است ولی به مرور و در دو شکل پایینی، با ایجاد جرقه، دما و گسیل تابش از آب، به شدت، افزایش یافته و سرانجام، تولید پلی از یخ، به اتمام می‌رسد.



شکل ۸: تصاویر ترموگرافیک از تشکیل گرداب‌های الکترونی ماکروسکوپی در دو ظرف آب مایع، سرد شدن آب‌های بین دو الکترود (با نمایش رنگ مشکی)، ایجاد جرقه در بین دو ظرف و تشکیل پل یخی و منجمد (از شکل a تا d، با بازه‌های زمانی ۱ ثانیه و تبدیل گسیل تابش از آب، به دما، برای فهم بهتر).

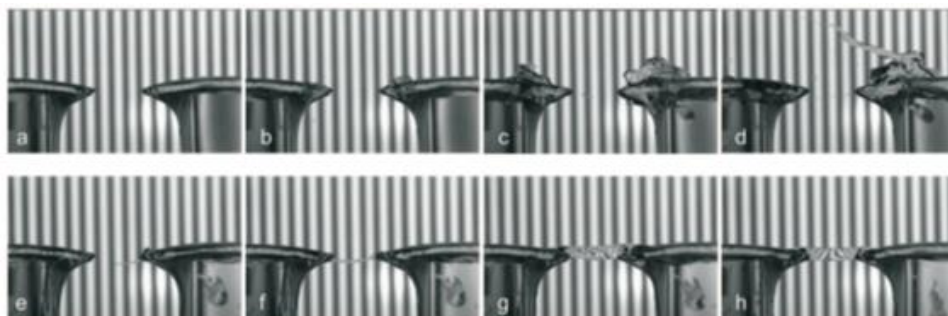
پس از تولید و خلق میدان‌های مغناطیسی در نمونه‌ی مدنظر، به سراغ اثری مهم از نفوذناپذیری این میدان‌ها در برخی مواد می‌رویم. در ابررساناها، اثبات شده است که میدان‌های مغناطیسی به دلیل اثر مایسنر^۱، در داخل ماده نفوذ نمی‌کنند و خطوط میدان مغناطیسی، به جای ورود به ماده‌ی ابررسانا، از کنار آن عبور می‌کنند و به تولید نیرویی به نام نیروی شناورسازی مغناطیسی^۲ کمک می‌کنند که این نیرو، وظیفه‌ی مقابله با نیروی گرانشی زمین را برعهده دارد. البته کمیتی، به نام عمق نفوذ لاندن^۳ که عمق نفوذ میدان مغناطیسی به داخل ابررسانا یا هر ماده‌ی دیگر را مشخص می‌کند، می‌تواند تعیین‌کننده باشد. در ابررساناها، عمق نفوذ لاندن در مقایسه با ابعاد آن، بسیار کوچک است و به‌نوعی،

^۱ Meissner's Effect

^۲ Magnetic Levitation Force

^۳ London's Penetration Length

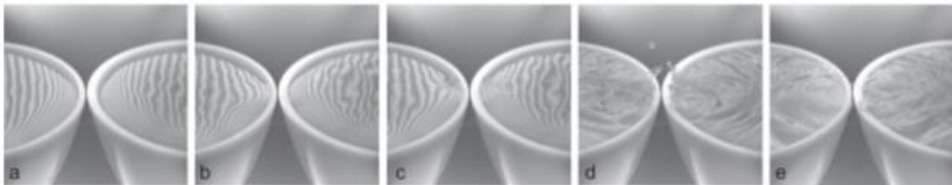
میدان مغناطیسی به طور بسیار جزئی و یا تقریباً صفر، به داخل ماده‌ی ابررسانا، نفوذ می‌کند. به دلیل همدوس بودن حوزه‌های همدوسی و گرداب‌های الکترونی، توقع داریم که حوزه‌های همدوسی، رفتاری مشابه با مواد ابررسانا، داشته باشند، ولی به دلیل ابعاد بسیار کوچک حوزه‌های همدوسی، این موضوع را نمی‌توانیم برای تک‌حوزه‌های همدوسی، اعمال کنیم. محاسبات نشان می‌دهند که ابعاد حوزه‌های همدوسی در حدود ۱۰۰ نانومتر است ولی عمق نفوذ لاندن، برای حوزه‌های همدوسی آب، در حدود ۸۰۰ نانومتر است؛ اما خوشبختانه با ورود الکترودهای با ولتاژ بالا، می‌توانیم، حالت آبرهمدوس را در حوزه‌های همدوسی، ایجاد نماییم. با این حساب، ابعاد حوزه‌های همدوسی، به دلیل پیوستگی حاصل از پدیده‌ی آبرهمدوسی، به مراتب، نسبت به قبل، بزرگ‌تر شده و می‌توانیم به راحتی، مفاهیم مرتبط با اثر مایسنر و نیروی شناورسازی مغناطیسی را در قطره‌های آب، داشته باشیم.



شکل ۹: تصاویر گام به گام از شکل‌گیری پل یخی، نمایش شناورسازی قطره‌های آب در دو ظرف (شکل‌های b تا d)، تشکیل پل یخی (شکل‌های e تا h) و پایداری آن (شکل h). ظرف سمت راست با الکتروود مثبت، نیروی شناورسازی بزرگ‌تری را (به دلیل حضور هم‌زمان دو نیروی شناورسازی الکتریکی و مغناطیسی) بر قطره‌ها اعمال می‌کند. (از شکل a تا h، با زمینه‌ی راه‌راه سفید و مشکی برای فهم بهتر).

طبق شکل ۹، قطره‌های آب از ظرف سمت راست با الکتروود مثبت، برخلاف جاذبه‌ی گرانشی زمین، برخاسته و به حالت معلق در می‌آیند. پس از مدتی، این قطره‌ها، راه خود را پیدا کرده و به سمت ظرف سمت چپ، متمایل می‌شوند و به قطره‌های برخاسته از ظرف سمت چپ (با الکتروود منفی (زمین))، پیوند خورده و به مرور زمان، پلی منجمد را در دمای اتاق پدید می‌آورند. در اینجا لازم است که اشاره کنیم، به سبب ورود میدان‌های الکتریکی قوی و همچنین تفاوت آشکار در ثابت دی‌الکتریک حوزه‌های همدوسی و نواحی ناهمدوس، نیروی شناورسازی الکتریکی نیز در هر دو ظرف پدیدار شده و مسبب برخاستن قطره‌های

آب، برخلاف جاذبه‌ی گرانشی زمین، می‌شوند. از آنجا که در ظرف با الکتروود مثبت (ظرف سمت راست)، دو نیروی شناورسازی مغناطیسی و الکتریکی، موجود است، بنابراین، مطابق با شکل ۹، قطره‌های آب درگیر در تشکیل پل یخی در ظرف سمت راست، بسیار بیش‌تر از ظرف سمت چپ، است. ظرف سمت چپ، تنها با نیروی شناورسازی الکتریکی، قطره‌ها را از سطح آب مایع، بلند می‌کنند. در شکل ۱۰، می‌توانیم تصویری واضح از فرایند شکل‌گیری پلی منجمد بین دو ظرف تفلون را مشاهده نماییم. مطابق با شکل اول از سمت راست شکل ۱۰، پس از اعمال ولتاژ مناسب، این پل، تشکیل شده و سبب اتصال دو ظرف به یکدیگر می‌شود.



شکل ۱۰: تصاویر گام به گام از شکل‌گیری پل یخی در دو ظرف تفلون، سطح آب پیش از اعمال ولتاژ (شکل a)، نمایش اختلال در نظم سطح با ورود ولتاژ بالا (شکل‌های b و c)، نمایش شناورسازی قطره‌های آب در دو ظرف (شکل d) و تشکیل پل یخی (شکل e). (از شکل a تا e، با نمایش سیاه‌وسفید از سطح آب، برای فهم بهتر).

در این فرایند، حوزه‌های همدوسی، از سمت الکتروودهای مثبت به سمت منفی، حرکت کرده و در همین حین، بارهای منفی لایه‌های خارجی حوزه‌های همدوسی، برخلاف این حرکت، جهت‌گیری می‌نمایند. در پایان، به دلیل حضور هم‌زمان میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی، توقع داریم که تصویر و حرکتی مارپیچ^۱ از حرکت این حوزه‌ها را مشاهده نماییم^۲.

همدوسی و اطلاعات کوانتومی

اطلاعات کوانتومی^۳ مفهومی است که به آنتروپی^۴ یک سیستم کوانتومی مرتبط می‌شود. در علم فیزیک و شاخه‌های مرتبط به آن، مفهوم آنتروپی، به معنای عدم اطلاع از یک سیستم آماری یا کوانتومی، است. کاهش آنتروپی، به معنای افزایش اطلاعات از سیستم

^۱ Helicoidal Motions

^۲ چون حرکتی مارپیچی به وجود می‌آید، بنابراین، محور اصلی پل یخی متصل به دو ظرف، عاری از نواحی همدوس، خواهد بود!

^۳ Quantum Information

^۴ Entropy

خواهد بود و سیستم‌های منظم، به کاهش آنتروپی، علاقه‌مند هستند. از این‌رو، در مطالعات پیرامون اطلاعات کوانتومی حوزه‌های همدوسی در آب، کمیتی به نام اطلاعات را با استفاده از آنتروپی و ثابت بولتزمن^۱، به دست می‌آورند. محاسبات نشان می‌دهند که میزان اطلاعات ذخیره‌شده در یک حوزه‌ی همدوسی، در دمای ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، برابر با $1/2$ میلیون بیت، خواهد بود. این مقدار برای آب ایزی هم‌مرز با سطحی آب‌دوست، در حدود ۳ میلیون بیت، محاسبه شده است. از این‌رو، دانشمندان، پیشنهاد داده‌اند که برای افزایش میزان اطلاعات ذخیره‌شده در حوزه‌های همدوسی، مناسب‌تر است تا سیستم را به فاز آبرهمدوس، متمایل نماییم تا امکان ذخیره‌ی بیش‌تر اطلاعات را در خود داشته باشند؛ بنابراین، حوزه‌های همدوسی، با جمع‌آوری آنتروپی بالا از محیط اطراف و تبدیل آن به یک حالت همدوس ماکروسکوپی و بزرگ‌مقیاس، با آنتروپی کاهش‌یافته، می‌توانند انتخابی مناسب برای دانشمندان حوزه‌ی اطلاعات کوانتومی باشند.

محققین، پیشنهاد داده‌اند، به‌مانند بیت‌های^۲ رایانه‌ای معمولی که از سیستم دودویی استفاده می‌شود، از سیستمی با حالت‌های کوانتومی مثل اسپین، به نام کیوبیت یا بیت‌های کوانتومی^۳، استفاده نماییم. مهندسين بر این عقیده‌اند که استفاده از کیوبیت‌ها به جای بیت‌های صفر و یکی معمولی، سرعت محاسبات و عملکرد رایانه‌های کوانتومی را نسبت به رایانه‌های معمولی، به‌شدت افزایش می‌دهد. از این‌رو، محققین و پیشگامان عرصه‌ی همدوسی کوانتومی در آب، پیشنهاد داده‌اند که از دو حالت کوانتومی برانگیخته و پایه‌ی هر حوزه‌ی همدوسی، می‌توان به‌عنوان اساس و پایه‌ی کیوبیت‌های بر پایه‌ی همدوسی کوانتومی آب، بهره برد. مثلاً در یک کیوبت کوانتومی با فضایی دو بعدی، دو حوزه‌ی همدوسی در حال برهم‌کنش با یکدیگر، نیاز است. از این‌رو، حالت صفر (کت^۴ صفر^۰)، به‌معنای برهم‌کنش هم‌زمان حالت برانگیخته‌ی حوزه‌ی همدوسی شماره‌ی ۱ و حالت پایه‌ی حوزه‌ی همدوسی شماره‌ی ۲ است. با این حساب، حالت یک (کت^۱ یک^۱)، به‌معنای برهم‌کنش هم‌زمان حالت پایه‌ی حوزه‌ی همدوسی شماره‌ی ۱ و حالت برانگیخته‌ی حوزه‌ی همدوسی شماره‌ی ۲ است. می‌توان این روند را ادامه داد و برای فضایی چهار بعدی نیز چنین حالت‌هایی را بیان نمود.

¹ Boltzmann's Constant

² Bit

³ Qubit (Q-Bit or Quantum Bit)

⁴ Ket

در این بخش کوتاه، سعی بر آن بود تا به اهمیت تفکر همدوسی کوانتومی در آب، پی ببریم و این موضوع را مطرح نماییم که همدوسی در آب، نه تنها بر فیزیک و حل چالش‌های فکری در زمینه‌ی آب کمک می‌کند، بلکه می‌توان پا را فراتر از این مسائل گذاشت و به عرصه‌ی رایانش کوانتومی^۱ نیز قدم گذاشت و نیم‌نگاهی انداخت.

انتقال کوانتومی اطلاعاتِ دی‌ان‌ای (DNA)

پیش از این و در این فصل، اشاره کردیم که با ورود مولکول‌ها و ماکرومولکول‌های زیستی به حوزه‌ی همدوسی، آن‌ها، انرژی شیمیایی برای انجام واکنش‌های شیمیایی آینده‌ی خود را از نوسان‌های همدوسی حوزه‌ی همدوسی متصل به خود، دریافت و به‌نوعی، انرژی حوزه‌ی همدوسی را تخلیه می‌کنند. همچنین، بیان شد که برخی از یون‌ها، با برهم‌کنشی سازنده، با حوزه‌ی همدوسی، نوسان‌هایی به‌شکل حرکت‌های دایره‌ای و دورانی به دور محیط بیرونی حوزه‌ی همدوسی را خواهند داشت (با بسامدهای سیکلوترونی) و به‌دلیل پایسته‌ماندن تکانه‌ی زاویه‌ای در چنین سیستمی، بایستی، الکترون‌های شبه‌آزاد درون حوزه‌ی همدوسی نیز حرکتی دورانی و برخلاف جهت حرکت یون‌ها را داشته باشند. از این‌رو، می‌توان توقع بسامدها و به‌تبع آن، انرژی‌هایی از حوزه‌های همدوسی را داشت.

برخی دانشمندان، با بررسی دی‌ان‌ای افراد و موجودات مختلف، دریافته‌اند که این اجزای مهم در طبیعت، می‌توانند نوسان‌ها و بسامدهایی طبیعی و حتی غیرطبیعی را درون آب‌های فوق‌رقیق‌شده^۲، از خود به نمایش گذارند. جالب اینجاست که تحقیقات در این زمینه، نوسان‌هایی با بسامدهای فوق‌ریز^۳، در حد ۷ هرتز را گزارش می‌دهند. حتی، با سازوکارهایی مغناطیسی، این دانشمندان مبادرت به انتقال این سیگنال‌های الکتریکی از آب رقیق‌شده‌ی حاوی دی‌ان‌ای به آب رقیق‌شده‌ی بدون آن نیز کرده‌اند و ادعا نموده‌اند که به‌درستی و با دقت بالا، انتقالی کوانتومی از سیگنال‌ها و اطلاعاتِ دی‌ان‌ای‌های مختلف را انجام داده‌اند!

دلیل این موضوع، در نوشتار این دسته از محققین، وجود آب فوق‌رقیق‌شده و مقادیر بسیار کم یون‌های مختلف درون آن است. آن‌ها معتقدند، همدوسی کوانتومی و به‌طور خاص، حوزه‌های همدوسی، می‌توانند با درک سیگنال‌های ساطع‌شده از دی‌ان‌ای، خود را با

¹ Quantum Computing

² Highly Diluted Waters

³ Extremely Low Frequencies (ELF)

نوسان‌هایی در طیف بسامدی رزونانسی شومان^۱ میدان‌های مغناطیسی زمین^۲ (اولین مد تشدید در ۷/۸۳ هرتز است!)، هماهنگ و تطبیق دهند. با نزدیکی ظرف حاوی این اطلاعات و سیگنال‌ها، با مشابهت به پدیده‌ی اتصال کوانتومی جوزفسون^۳ در مابین دو ماده‌ی ابررسانا، این دسته از سیگنال‌ها به ظرف مجاور حاوی آب فوق‌رقیق‌شده، سرایت کرده و بر اثر برهم‌کنشی کوانتومی، حوزه‌های همدوسی درون ظرف دوم را نیز وادار به نوسان‌های هم-فاز و همدوس، می‌کنند و عملاً قفل‌شدگی فاز بین حوزه‌های همدوسی دو ظرف، رخ می‌دهد. از این‌رو، می‌توانیم ادعا نماییم که اثرات و اطلاعات کوانتومی و مغناطیسی پاره‌ای یا تمامی ماکرومولکول دی‌ان‌ای، به ظرف دوم، منتقل شده است.

در پایان، باز هم به بر این نکته اصرار داریم که به‌دلیل نوپا بودن گزارش‌های مرتبط با ویژگی‌های آب همدوس و به‌طور خاص‌تر، حوزه‌های همدوسی، در این فصل، تنها به برخی موارد، آن هم به صورتی اجمالی، اشاره شد تا مخاطب فرهیخته‌مان با مدل‌ها و نظریه‌های نوینی در عرصه‌ی آب، مواجه شود تا سرانجام با همکاری و هم‌اندیشی متخصصان در این حوزه، امیدوار باشیم که گروه‌هایی مختلف با دیدگاه‌هایی متفاوت، پوششی فراگیر در مطالعه-ی انواع ویژگی‌های آب را راهبری نمایند و بتوانند دانش کنونی ما از آب را با تحقیقات و پژوهش‌هایی بر مبنای صحیح علمی و پژوهشی، از نقطه‌ی حسیض به اوج رسانیده و به دانشی کاربردی و سودمند مبدل سازند.

^۱ Schumann's Resonances

^۲ Geomagnetic Fields

^۳ Josephson's Junction

منايع و مأخذ

- [1] C. Q. Sun and Y. Sun, *The attribute of Water, Chapter 1: Wonders of Water*, (2016), Springer Series in Chemical Physics 113.
- [2] C. Q. Sun and Y. Sun, *The attribute of Water, Chapter 2: Water Structure*, (2016), Springer Series in Chemical Physics 113.
- [3] H. J. H. Geesink, I. Jerman and D. K. F. Meijer, "Water, The Cradle of Life via its Coherent Quantum Frequencies", *Water*, **11** (2020) 78 - 108.
- [4] C. W. Smith, "Quanta and Coherence Effects in Water and Living Systems", *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, **10** (2004) 69 - 78.
- [5] A. Stekhin, G. Yakovleva, K. Pronko and V. Zemskov, "Quantum Biophysics of Water", *Clinical Practice*, **15** (2018) 663 - 670.
- [6] D. C Aveline, *et. al.*, "Observation of Bose - Einstein Condensates in an Earth-Orbiting Research Lab", *Nature*, **582** (2020) 193 - 197.
- [7] O. Husson, *et. al.*, "Practical Improvements in Soil Redox Potential (E_h) Measurement for Characterisation of Soil Properties. Application for Comparison of Conventional and Conservation Agriculture Cropping Systems", *Analytica Chimica Acta*, **906** (2016) 98 - 109.
- [8] R. J. Myers, "One-Hundred Years of pH", *Journal of Chemical Education*, **87** (2010) 30 - 32.
- [9] J. Nørby, "The Origin and the Meaning of the Little p in pH", *Trends in Biochemical Sciences*, **25** (2000) 36 - 37.
- [10] M. Francel, "Urban Legends of Chemistry", *Nature Chemistry*, **2** (2010) 600 - 601.
- [11] A. K. Covington, R. G. Bates and R. A. Durst, "Definitions of pH Scales, Standard Reference Values, Measurement of pH, and Related Terminology", *Pure Applied Chemistry*, **57** (1985) 531 - 542.

- [12] E. A. Atekwana, *et. al.*, “The Relationship of Total Dissolved Solids Measurements to Bulk Electrical Conductivity in an Aquifer Contaminated with Hydrocarbon”, *Journal of Applied Geophysics*, **56** (2004) 281 - 294.
- [13] L. Anjaneyulu, E. A. Kumar, R. Sankannavar and K. K. Rao, “Defluoridation of Drinking Water and Rainwater Harvesting Using a Solar Still”, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, **51** (2012) 8040 - 8048.
- [14] N. Ben Abu and P. E. Mason, “Sweet Taste of Heavy Water”, *Communications Biology*, **4** (2021) 440.
- [15] R. M. Pashley, M. Rzechowicz, L. R. Pashley and M. J. Francis, “De-Gassed Water Is a Better Cleaning Agent”, *Journal of Physical Chemistry B*, **109** (2005) 1231 - 1238.
- [16] G. H. Pollack, *The Fourth Phase of Water, Beyond Solid, Liquid, and Vapor*, (2013), Ebner & Sons Publishers.
- [17] G. M. Artmann, *Biological, Physical and Technical Basics of Cell Engineering*, (2018), Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- [18] G. H. Pollack, “The Fourth Phase of Water: Beyond Solid, Liquid, and Vapor”, *Edgescience*, **16** (2013) 14 - 18.
- [19] K. Korotkov, “Human Energetic Light System”, *Biology and Medicine*, **12** (2020) 468 - 470.
- [20] X. He, *et. al.*, “Effect of Spin Polarization on the Exclusion Zone of Water”, *The Journal of Physical Chemistry B*, **122** (2018) 8493 - 8502.
- [21] T. Ye, M. Kowacz and G. H. Pollack, “Unexpected Effects of Incident Radiant Energy on Evaporation of Water Condensate”, *Colloids and Surfaces A*, **583** (2019) 123992 - 123999.
- [22] A. J. Schwartz and G. H. Pollack, “Ice Melting Dynamics: The Role of Protons and Interfacial Geometry”, *Langmuir*, **33** (2017) 5585 - 5591.
- [23] J. W. Lee and G. L. Pollack, “Impact of Wi-Fi Energy on EZ Water”, *ScienceOpen Preprints*, (2021).
- [24] Z. Li and G. H. Pollack, “On the Driver of Blood Circulation Beyond the Heart”, *bioRxiv*, (2021).
- [25] E. Del Giudice, G. Preparata and G. Vitiello, “Water as a Free Electric Dipole Laser”, *Physical Review Letters*, **61** (1988) 1085 - 1088.
- [26] R. Arani, I. Bono, E. Del Giudice and G. Preparata, “QED Coherence and the Thermodynamics of Water”, *International Journal of Modern Physics B*, **9** (1995) 1813 - 1841.

- [27] I. Bono, E. Del Giudice, L. Gamberale and M Henry, "Emergence of the Coherent Structure of Liquid Water", *Water*, **4** (2012) 510 - 532.
- [28] E. Del Giudice and G. Vitiello, "Role of the Electromagnetic Field in the Formation of Domains in the Process of Symmetry-Breaking Phase Transitions", *Physical Review A*, **74** (2006) 022105.
- [29] E. Del Giudice and G. Vitiello, "Quantum Fluctuations, Gauge Freedom and Mesoscopic/Macroscopic Stability", *Journal of Physics: Conference Series*, **87** (2007) 012009.
- [30] E. Del Giudice and A. Tedeschi, "Water and Autocatalysis in Living Matter", *Electromagnetic Biology and Medicine*, **28** (2009) 46 - 52.
- [31] C. Huang, *et. al.*, "The inhomogeneous Structure of Water at Ambient Conditions", *Applied Physical Sciences*, **106** (2009) 15214 - 15218.
- [32] J. Schulte and P. C. Endler, *Fundamental Reaserch in Ultra High Dilutionand Homeopathy*, Pages: 89 - 103, (1998), Kluwer Academic Publishers.
- [33] P. C. Endler and J. Schulte, *Ultra High Dilution*, Pages: 187 - 201, (1994), Kluwer Academic Publishers.
- [34] E. Del Giudice, A. Tedeschi, G. Vitiello and V. Voeikov, "Coherent Structures in Liquid Water Close to Hydrophilic Surfaces", *Journal of Physics: Conference Series*, **442** (2013) 012028.
- [35] M. Buzzacchi, E. Del Giudice and G. Preparata, "Coherence of the Glassy State", *International Journal of Modern Physics B*, **16** (2002) 3771 - 3786.
- [36] N. Marchettini, E. Del Giudice, V. Voeikov and E. Tiezzi, "Water: A Medium Where Dissipative Structures Are Produced by a Coherent Dynamics", *Journal of Theoretical Biology*, **265** (2010) 511 - 516.
- [37] A. De Ninno, "Introduction to Prometheus: The Truth and Beauty in the Physics of Emilio Del Giudice", *Water*, **6** (2014) 72 - 75.
- [38] E. Del Giudice, P. Stefanini, A. Tedeschi and G. Vitiello, "The Interplay of Biomolecules and Water at the Origin of the Active Behavior of Living Organisms", *Journal of Physics: Conference Series*, **329** (2011) 012001.
- [39] P. Madl, *et. al.*, "Evidence of Coherent Dynamics in Water Droplets of Waterfalls", *Water*, **5** (2013) 57 - 68.
- [40] L. M. Caligiuri, "QED Coherence in Matter, Syntropy and the Coherent Domains as Storing Devices", *Journal of Physics: Conference Series*, **2197** (2022) 012004.

- [41] A. De Ninno, A. Congiu Castellano and E. Del Giudice, "The Supramolecular Structure of Liquid Water and Quantum Coherent Processes in Biology", *Journal of Physics: Conference Series*, **442** (2013) 012031.
- [42] E. Del Giudice, E. C. Fuchs and G. Vitiello, "Collective Molecular Dynamics of a Floating Water Bridge", *arXiv Preprint arXiv: 1004.0879*, (2010).
- [43] E. Del Giudice and G. Vitiello, "Influence of Gravity on the Collective Molecular Dynamics of Liquid Water: The Case of the Floating Water Bridge", *arXiv Preprint arXiv: 1009.6014*, (2010).
- [44] A. De Ninno, E. Del Giudice, L. Gamberale and A. Congiu Castellano, "The Structure of Liquid Water Emerging from the Vibrational Spectroscopy: Interpretation with QED Theory", *arXiv Preprint arXiv: 1310.0635*, (2013).
- [45] E. Del Giudice and R. M. Pulselli, "Formation of Dissipative Structures in Liquid Water", *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, **5** (2010) 21 - 26.
- [46] O. P. Minster, *et. al.*, "Influence of Coherent Properties of Water on Biological Growth of Plants", *Ukrainian Journal of Medicine, Biology and Sport*, **6** (2021) 267 - 274.
- [47] E. Del Giudice, P. R. Spinetti and A. Tedeschi, "Water Dynamics at the Root of Metamorphosis in Living Organisms", *Water*, **2** (2010) 566 - 586.
- [48] A. Capolupo, *et. al.*, "Self-Similarity Properties of Nafionized and Filtered Water and Deformed Coherent States", *International Journal of Modern Physics B*, **28** (2014) 1450007.
- [49] E. Del Giudice and L. Giuliani, "Coherence in Water and the kT Problem in Living Matter", *European Journal of Oncology - Library*, **5** (2010) 7 - 23.
- [50] A. Widom, J. Swain and V. I. Valenci, "Extremely Low Frequency Ion Cyclotron Resonances on the Surface Boundaries of Coherent Water Domains", *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **853** (2021) 012024.
- [51] L. Montagnier, *et. al.*, "DNA Waves and Water", *Journal of Physics: Conference Series*, **306** (2011) 012007.
- [52] L. Montagnier, *et. al.*, "Transduction of DNA Information through Water and Electromagnetic Waves", *Electromagnetic Biology and Medicine*, **34** (2015) 106 - 112.
- [53] L. Montagnier, *et. al.*, "Electromagnetic Signals Are Produced by Aqueous Nanostructures Derived from Bacterial DNA Sequences", *Interdisciplinary Sciences: Computational Life Science*, **1** (2009) 81 - 90.

- [54] L. M. Caligiuri, "Quantum (Hyper) Computation through Universal Quantum Gates in Water Coherent Domains", *Journal of Physics: Conference Series*, **2162** (2022) 012003.
- [55] L. M. Caligiuri and T. Musha, "Quantum Hyper-Computing by means of Evanescent Photons", *Journal of Physics: Conference Series*, **1251** (2019) 012010.
- [56] M. Barbieri, "The Definitions of Information and Meaning: Two Possible Boundaries between Physics and Biology", *Biology Forum*, **97** (2004) 91 - 110.
- [57] X. Trepas, *et. al.*, "Universal Physical Responses to Stretch in the Living Cell", *Nature*, **447** (2007) 592 - 596.
- [58] L. S. Brizhik, *et. al.*, "The Role of Electromagnetic Potentials in the Evolutionary Dynamics of Ecosystems", *Ecological Modelling*, **220** (2009) 1865 - 1869.
- [59] L. S. Brizhik, E. Del Giudice, A. Tedeschi and V. L. Voeikov, "The Role of Water in the Information Exchange between the Components of an Ecosystem", *Ecological Modelling*, **222** (2011) 2869 - 2877.
- [60] A. Tedeschi, "Is the Living Dynamics Able to Change the Properties of Water?", *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, **5** (2010) 60 - 67.
- [61] E. Del Giudice, R. M. Pulselli and E. Tiezzi, "Thermodynamics of Irreversible Processes and Quantum Field Theory: An Interplay for the Understanding of Ecosystem Dynamics", *Ecological Modelling*, **220** (2009) 1874 - 1879.
- [62] K. Korotkov, E. Krizhanovski and M. Borisva, "Time Dynamics of the Gas Discharge around Drops of Liquids", *Journal of Applied Physics*, **95** (2004) 3334 - 3338.
- [63] V. L. Voeikov, V. V. Koldunov and D. S. Kononov, "New Oscillatory Process in Aqueous Solutions of Compounds Containing Carbonyl and Amino Groups", *Kinetics and Catalysis*, **42** (2001) 606 - 608.