

Ute Eberle

Mēs to dzeram, mēs tajā peldamies un mazgājamies, mēs to izmantojam ēst gatavošanai un, galu galā, paši sastāvam no tā. Neviena cita viela mums nav tik pazīstama kā ūdens. Un tomēr šis bezkrāsainais šķidrums uzdod zinātnei arvien jaunus jautājumus, jo daudzos gadījumos

uzvedas citādi, nekā gaidīts. Kāpēc, piemēram, H_2O – divu gāzu savienojums – istabas temperatūrā ir šķidrums? Kāpēc tas izplešas sasalstot? Un kāpēc tas veido nevis vienu ledus kristāla formu, bet gan sešpadsmit dažādas? Jo vairāk zinātnieki uzzina par tik vienkārši būvēto molekulu, jo unikālāka tā šķiet

Vienā ūdens lāsē ir vairāk nekā 1,67 sekstiljoni H_2O molekulu. To savstarpējā mijiedarbība ir tik savāda, ka pētījumi par šo tēmu pilda veselas bibliotēkas



V

VIENA NO MAZĀKAJĀM

uz Zemes ir ūdens molekula. Tā sastāv tikai no diviem ūdeņraža un viena skābekļa atoma. Reti kuram savienojumam ir tik vienkārša uzbūve, taču neviena cita substance tik būtiski nenosaka visas mūsu planētas eksistenci. Neviena cita viela tik būtiski neietekmē mūsu laika apstākļus un klimatu. Neviena cita nespēj tik vērienīgi veidot veselas ainavas, noārdīt kilo-

metriem augstus kalnus, izgrauzt akmenī milzīgus kanjonus, uzplūdināt okeānus un pārklāt ar ledus vairogu zemeslodes polus.

Nemaz nerunājot par to, ka bez ūdens dzīvība uz Zemes nekad nebūtu radusies. Šo bezkrāsaino šķidrums satur ikviens organisms. Divas trešdaļas cilvēka ķermeņa masas ir ūdens. Mēs varam vairākas nedēļas iztikt bez barības, bet bez ūdens nomirstam jau pēc dažām dienām.

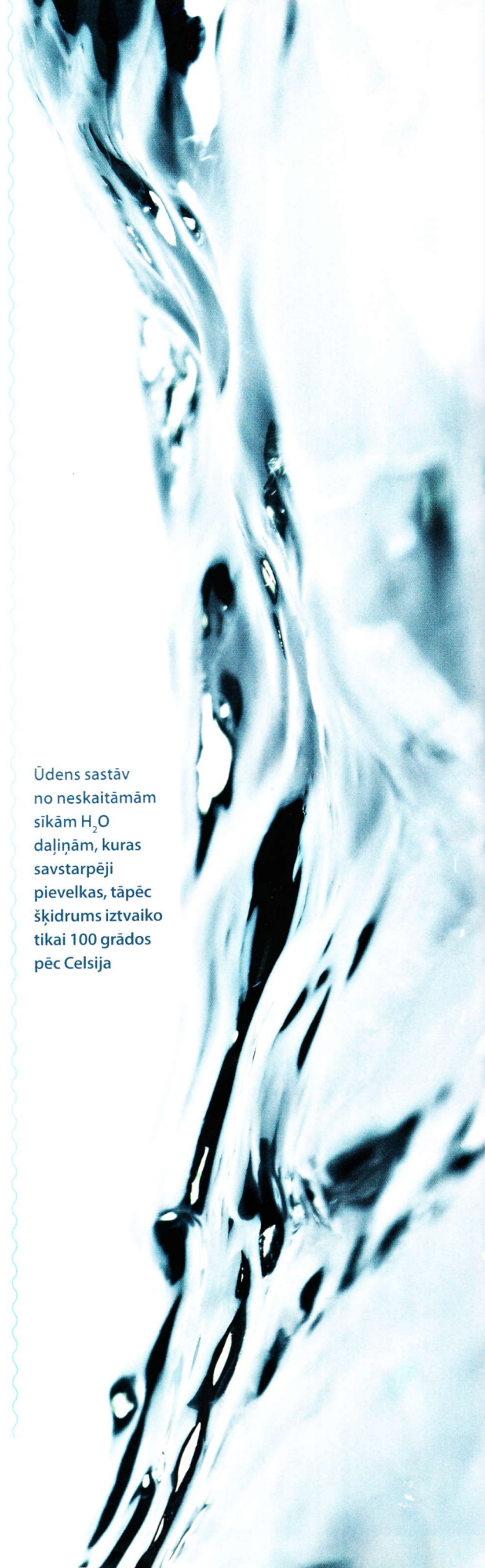
Līdzīgi klājas arī lielākajai daļai dzīvnieku un augu. Vienalga – vabole, putns, zaķis, baktērija, koks vai sēne, ūdens ir viela, kas darbina virkni bioloģisku ciklu. Arī spirālē savītā DNS molekula bez šķidrās substances acumirkli sabruktu.

Ūdens ir tik visaptverošs un nozīmīgs, ka pat cilvēki, kuriem par ķīmiju nav nekādas sajēgas, zina formulu H_2O – divu ūdeņraža atomu (H) un viena skābekļa atoma (O) savienojuma apzīmējumu.

Tomēr viela, kuru uztveram kā pašsaprotamu, nebūt nav parasta. Patiesībā ūdens ir īsts kuriozs – viela, kurai veltītie pētījumi aizpilda bibliotēkas un kura zinātniekiem joprojām liek minēt mīklas.

Jo sīkā molekula neuzvedas tā kā citas ķīmiski salīdzināmas substances. Zinātnieki jau gadsimtiem ilgi pēta H_2O molekulu un līdz šim ir atklājuši vairāk nekā 70 divainas īpašības (tā dēvētās anomālijas). Lai izvilinātu no šķidruma pēdējos noslēpumus, pētnieki ķērušies arī pie smagās artilērijas: viņi apšauda ūdeni ar augstas enerģijas stariem, pakļauj to ekstrēmam spiedienam, iedzen to caurulītēs, kas ir 7500 reizes šaurākas nekā vissmalkākie asinsvadi, un simulē tā reakciju datoros.

Šobrīd ir skaidrs, ka neparastās bezkrāsainā un bezgaršīgā šķidrums īpašības ir atslēga daudziem procesiem uz mūsu planētas. Ja ūdens molekulas izskatītos kaut nedaudz citādi, Zeme būtu sausa un nedzīvs



Ūdens sastāv no neskaitāmām sīkām H_2O daļiņām, kuras savstarpēji pievelkas, tāpēc šķidrums iztvaiko tikai 100 grādos pēc Celsija



tuksnesis Visuma plašumos. Mēs visi eksistējam tikai tāpēc, ka ūdenim ir virkne īpatnību. Lūk, svarīgākās:

- Ūdens uz Zemes ir sastopams šķidrā stāvoklī.
- Šķidrā substance iztvaiko, kļūstot par gāzi, tikai vārīšanās punktā 100 grādos pēc Celsija.
- Ja šķidrums H_2O sasilst ledū, tas izplešas.
- Ūdens ir ideāls šķīdinātājs.
- Vienkāršās uzbūves substancei ir centrālā loma sarežģītos biokīmiskos procesos organismā.

Pēc gadsimtiem ilgiem padziļinātiem pētījumiem varētu domāt, ka nu jau par savienojumu ar vienkāršo formulu viss ir zināms. Taču prestižais izdevums "Nature" pirms neilga laika rakstīja: "Ūdeni īsti neizprot neviens."

LAI IZPRASTU H_2O ĪPATNĪBAS, ir jāsaprot, kādas izskatās tā pamatsastāvdaļas, jo vielas unikalitātes pamatā ir tās molekulu neparastā daba. Šie veidojumi ir tik sīki, ka vienā ūdens lāsē, kuras diametrs ir četri milimetri, ir vismaz 1,67 sekstijoni molekulu.

Ļoti vienkāršoti sakot, visas ūdens molekulas izskatās pēc V burta, kura spicē atrodas skābekļa atoms, bet galos divi ūdeņraža atomi. Ūdeņradi un skābekli kopā satur elektroni – sīkās negatīvi lādētās daļiņas, kas skraida šurpu turpu starp atomu pozitīvi lādētajiem kodoliem. Zinātnieki šajā kontekstā runā par "saistītajiem elektroniem".

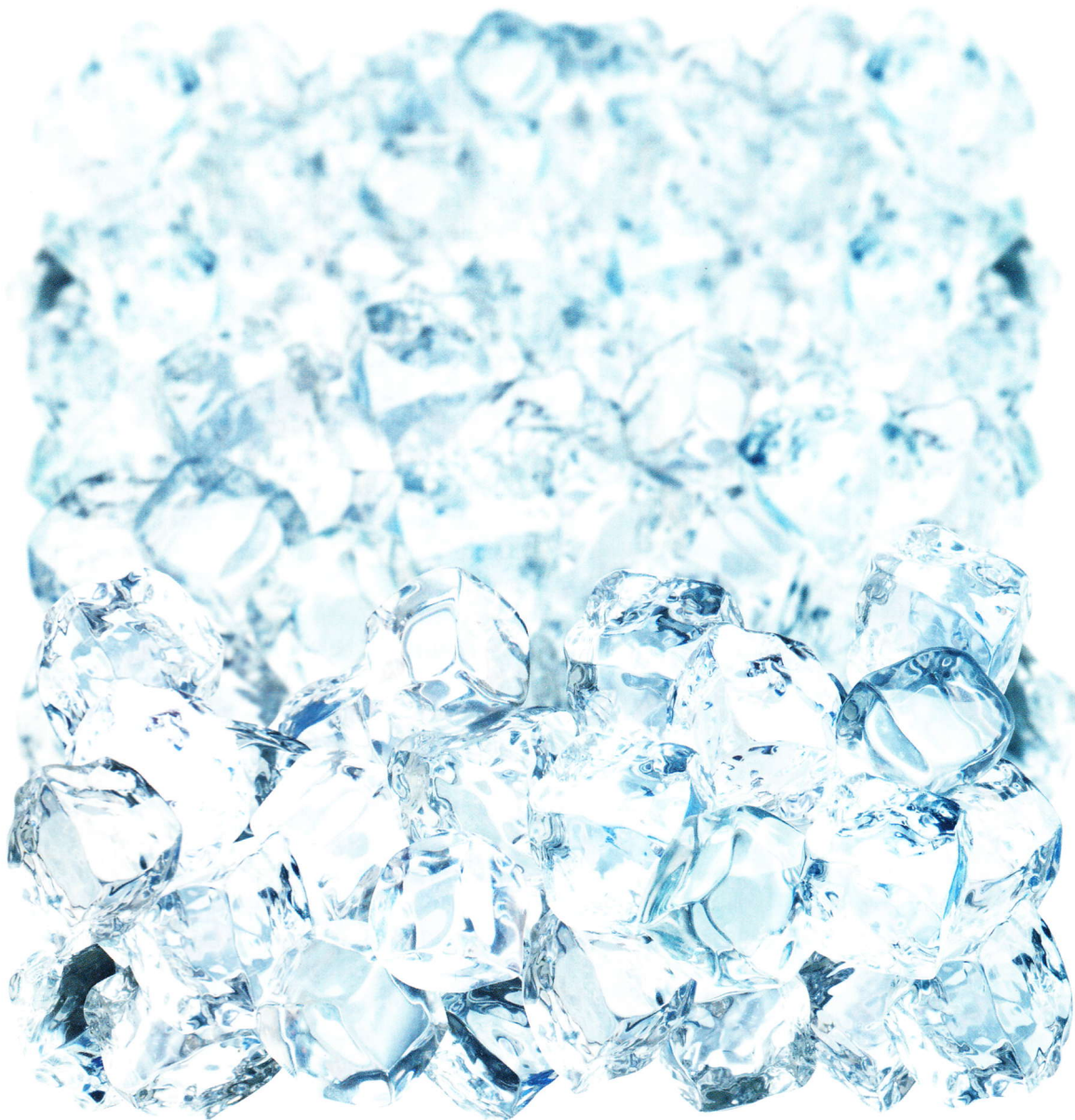
Tiesa gan, H_2O molekula ir nevienlīdzīga savienība. Skābekļa atoma kodols ir 16 reizes smagāks nekā abi ūdeņraža kodoli kopā, un tas rada spēcīgu pievilkšanas spēku, kas iedarbojas uz saistītajiem elektroniem, izraisot nelīdzsvarotību ar nopietnām sekām: negatīvi lādētie elektroni daudz biežāk uzturas skābekļa atoma kodola tuvumā, nevis ūdeņraža kodolu pusē. Tādējādi skābeklis ir ar vieglu negatīvu lādiņu, turpretī ūdeņraža atomi – nedaudz pozitīvi lādēti.

Tā ir tikai neliela lādiņu nobīde, tomēr tieši tās dēļ ūdens istabas temperatūrā ir šķidrā agregāstāvoklī.

Jo šī nelīdzsvarotība, pirmkārt, noved pie tā, ka katrai H_2O molekulai nosacīti ir divi elektriskie poli – līdzīgi kā

Vai šķidram ūdenim ir nevis viens veids, bet divi?

Kad ūdens sāk
sasalt, H_2O
molekulas
izkārtojas,
saslēdzoties
trīsdimensiju
režģī – ledū



magnētam. Tā kā viena magnēta ziemeļpols pievelk otra magnēta dienvidpolu, ūdens daļiņas regulāri uz brīdi saķeras. Otrkārt, vienas H_2O molekulas negatīvi lādētais skābeklis var izveidot vāju saikni ar citas molekulas pozitīvi lādēto ūdeņraža atomu – it kā no vienas H_2O molekulas uz otru izveidotos tilts. Ķīmiķi šo fenomenu dēvē par “ūdeņraža tiltiņu”. Lai izskaidrotu ūdens īpašības, šī pievilksšanās starp ūdens molekulām ir vēl nozīmīgāka nekā tā, kas notiek katrā atsevišķajā molekulā.

Šīs tiltiņu saiknes gan nav stabilas, ar pievilksanas spēku nepietiek. Vienā acumirkli molekulas cita no citas atdalās un pieķeras citām daļiņām – jau atkal tikai uz neilgu brīdi.

Tā ir tikai gaistoša sastapšanās, kuru izraisa elektriskie poli un ūdeņraža tiltiņi, tomēr, pateicoties tai, virpuļojošās H_2O daļiņas kontaktējas cita ar citu un ūdens uz planētas eksistē šķidrā formā. Jo H_2O molekulām pat istabas temperatūrā piemīt tik daudz enerģijas un tās kustas tik ātri, ka bez šīs nemitīgās saķeršanās tās aizlidotu katra uz savu pusi un pārvērstos gāzē.

Šī saķeršanās izskaidro arī to, kāpēc šķidrums ūdens iztvaiko tikai salīdzinoši augstā temperatūrā. Tikai 100 grādos pēc Celsija (parasti) ūdens daļiņas sasniedz tik lielu ātrumu, ka pievelkošie spēki – elektriskie poli un ūdeņraža tiltiņi – vairs nespēj darboties. Šai brīdī molekulas izšķīst uz visām pusēm un iztvaiko gaisā. Ūdens kļūst par gāzi.

Nevienai citai tik mazai molekulai nav tik augsts vārīšanās punkts. Slāpekli saturošais amonjaks iztvaiko mīnus 33 grādos pēc Celsija, sālsskābe – mīnus 85 grādos, bet metāns (molekula no oglekļa un ūdeņraža) vārās jau mīnus 162 grādos.

SAITES STARP H₂O DAĻIŅĀM izskaidro vēl kādu anomāliju – tajās slēpjas atminējums miklai, kāpēc ūdens sasilstot neuzvedas tā kā citi šķidrums.

Temperatūrai kritoties, šķidrums molekulas zaudē enerģiju, tās kustas arvien lēnāk, saspiežas ciešāk, līdz viela beidzot sastingst. Tāpēc cietai vielai ir lielāks blīvums nekā šķidrumam. Piemēram, sasalis alkohols nogrimst ar šķidru alkoholu pildītas glāzes dibenā.

Arī ūdens molekulas, temperatūrai pazeminoties, saspiežas arvien ciešāk (lielākais blīvums tiek sasniegts ap četriem grādiem pēc Celsija).

Bet nulle grādos notiek kaut kas neticams: daļiņām vairs nav enerģijas saraut ūdeņraža tiltiņus, un pievilksanas spēks kļūst noteicošs. V veida ūdens daļiņas savienojas trīsdimensijālā režģī, kurā sakārtotās molekulas gan atkal atrodas mazliet tālāk cita no citas. Tāpēc ledum ir mazāks blīvums nekā ūdenim. Rezultātā ūdens cietajā agregātvācoklī ir par 9% apjomīgāks nekā šķidrā un līdz ar to arī vieglāks. Ledus peld pa virsu.

To, kā ūdens molekulas savienojas ledus režģos, reizēm var novērot pat ar neapbruņotu aci: kad ūdens ziemā krīt no debesīm sniegpārslu veidā. Filigrānajiem kristāliem, kas ļoti sarežģītā, joprojām līdz galam neizprastā procesā veidojas aukstajos mākoņos, vienmēr ir seši stūri. Tādējādi tie atspoguļo molekulārā ledus režģa pamatformu, kurā savienojas ūdens daļiņas.

Unikālais tilpuma pieaugums, kam ir saistība ar sešstūru režģi, ir īsta svētība neskaitāmām dzīvnieku un augu sugām. Ziemā ledus uz ezeriem veido izolējošu slāni, kas pasargā no sala apakšā esošo ūdeni. Ūdenskrātuves dibenā noslāņojas četrus grādus silts ūdens, tādējādi zivīm, vēžiem un aļģēm ir pietiekami daudz vietas pārciest auksto gadalaiku, neiesalstot ledū.

To, kāds spēks ledus kristāliem ir izplešoties, var novērot ziemā, kad plīst dzelzs ūdens caurules un drūp klintis, kuru plaisās sakrājies mitrums un izveidojies ledus. Daudzu miljonu gadu periodā šī izplešanās pat izraisa kalnu grēdu noārdīšanos.

H₂O MOLEKULAS NEPARASTAIS RAKSTURS nodrošina vēl kādu fenomenu, bez kura dzīvība nebūtu

iedomājama: ūdenī šķīst daudzi ķīmiski savienojumi, kuri ir nepieciešami šūnām, piemēram, minerālvielas, proteīni, cukuri.

Tas ir tāpēc, ka ūdens daļiņas pievelkas un veido struktūras ne tikai savā starpā. To sīkie elektriskie poli var veidot kontaktu arī ar daudzām citām vielām.

Daudzas vielas dabā, tāpat kā ūdens, sastāv no lādētām daļiņām (joniem). Tādi ir arī sāļi. Piemēram, vārāmās sāls kristāli ir būvēti no pozitīviem nātrija joniem un negatīvi lādētiem hlora joniem.

Ūdens molekulas ar atšķirīgi lādētajiem poliēm spēj piestiprināties pie šiem joniem un atdalīt tos no kristāla. Un nav ilgi jāgaida, līdz sāls kristāls glāzē ar ūdeni izšķīst. Sikos nātrija un hlora jonus, kuri nu peld šķidrumā, ieskauj H₂O molekulas. Dučiem V formas ūdens daļiņu ar savu negatīvi lādēto skābekļa polu sapulcējas ap pozitīvi lādēto nātrija jonu, sešas no tām – tiešā tā tuvumā. Savukārt citas H₂O molekulas ar pozitīvo ūdeņraža pusi piestiprinās pie negatīvi lādētajiem hlora joniem.

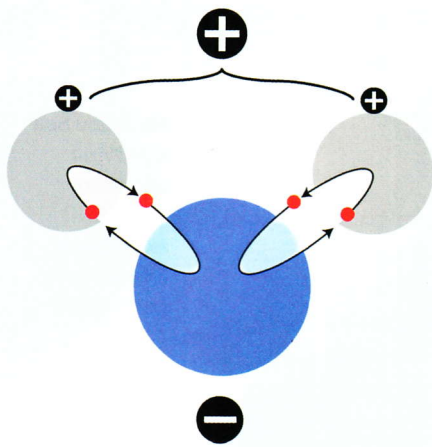
Šī spēja ieskaust citas vielas arī nosaka to, ka ūdens ir izcils šķīdinātājs. Tas izšķīdina augsnē dažādus minerālus, tas izšķīdina pat gāzes gaisā. Apmēram 97 procentos planētas ūdens ir tik daudz sāļu, ka tas ir nebaudāms vai kaitīgs gan cilvēkiem, gan lielākajai daļai dzīvnieku un augu. Tikai trīs procenti – upēs un ezeros – tiek saukti par saldūdeni.

Tomēr, lai cik kristāldzirds izskatītos kalnu ezers, lai cik mirdzoši tīra šķīstu lietus lāse, ķīmiķi ir noskaidrojuši: ūdens ir tik kārs ar sajaukšanos ar citām vielām, ka tīrs H₂O dabā neeksistē.

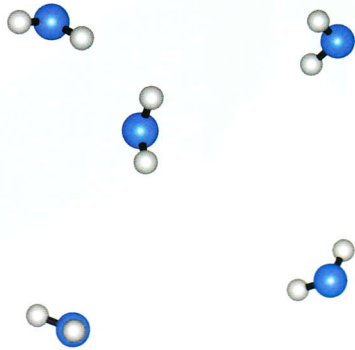
ARĪ MŪSU ORGANISMĀ ūdenim ir būtiska loma:

- Mūsu audos esošajos šķidrumos un asinīs ir izšķīdināts milzīgs daudzums vielu, tostarp sāļi, olbaltumvielas un cukurs.
- Mēs varam uzņemt barības vielas tikai tāpēc, ka ūdens spēj šķīdināt dažādas substances.
- Tikai pateicoties šķidrumam, mūsu organismā spēj cirkulēt hormoni un citas bioķīmiskas signālvielas.
- Daudzi galaprodukti izdalās no mūsu organisma ūdeņainā šķīdumā.

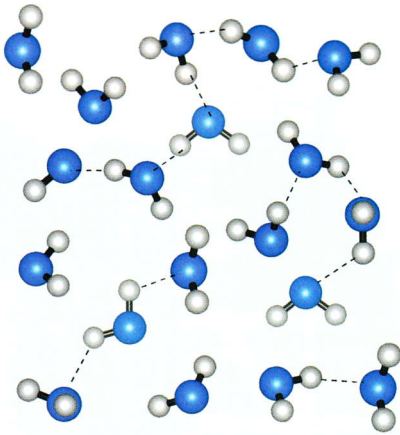
Izplešoties ledus kristāli var noārdīt pat kalnus



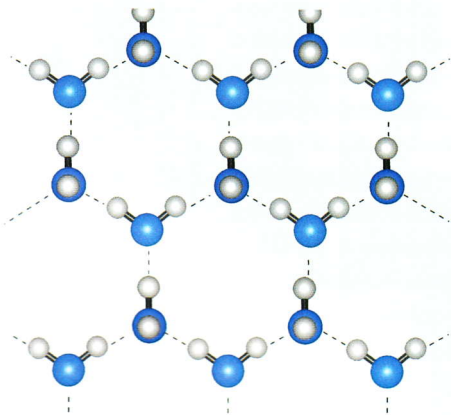
H₂O MOLEKULA sastāv no viena skābekļa atoma (zils) un diviem ūdeņraža atomiem (pelēki). Kopā tos notur elektroni (sarkani), kas šaudās šurpu turpu. Skābeklis ir negatīvi lādēts, bet abi ūdeņraža atomi – pozitīvi. Tāpēc molekulai ir viens plus pols un viens mīnus pols.



GĀZVEIDA STĀVOKLĪ – virs 100 grādiem pēc Celsija – H₂O molekulās ir tik daudz enerģijas, ka tās pārvietojas milzīgā ātrumā. Ātrums un attālums starp molekulām neļauj daļiņu elektriskajiem poliēm nonākt kontaktā un pievilkties.



ŠĶIDRĀ STĀVOKLĪ ŪDENS ir tad, kad H₂O molekulas temperatūrā, kas ir zemāka par 100 grādiem, zaudē enerģiju un pietuvojas tik tuvu cita citai, ka starp daļiņu negatīvi lādētajiem skābekļa atomiem un pozitīvi lādētajiem ūdeņraža atomiem izveidojas īslaicīgas saites jeb ūdeņraža tiltiņi (pārtrauktās līnijas).



CIETĀ VEIDĀ, kad temperatūra ir zem sasaldšanas punkta, ūdens daļiņas citu ar citu saista elektrisko polu pievilkšanas spēks. Veidojas režģveida struktūra, kas aizņem vairāk vietas nekā molekulas šķidrumā. Tāpēc ciets ūdens jeb ledus ir ar mazāku blīvumu nekā šķidr.

Arī daudzas biomolekulas, piemēram, olbaltumvielas, savu specifisko veidolu mūsu organismā iegūst, tikai pateicoties ūdenim. Visi proteīni sastāv no garām, dažkārt pat vairāk nekā 1000 aminoskābju ķēdēm, no kurām katra noteiktā veidā sapinas trīsdimensiju struktūrā – līdzīgi virvei, kas tiek sasieta sarežģītā mezglā.

Un, tāpat kā mezgls pilda savu funkciju tikai tad, ja ir pareizi sasiets, arī proteīni darbojas tikai tad, ja to aminoskābju ķēdes ir pareizi savītas. Bet tas iespējams tikai tāpēc, ka dažām aminoskābēm ir neliels elektriskais lādiņš un H₂O molekulas kā balstoša korsete piestiprinās pie attiecīgā proteīna pozitīvi vai negatīvi lādētajām zonām. H₂O daļiņas nepieļauj šo apjomīgo ķīmisko struktūru sabrukšanu (bieži tās ir tūkstošiem reižu lielākas par ūdens molekulu).

Arī mūsu DNS atrodas miljardiem H₂O daļiņu, kuras gādā, lai milzīgā molekula saglabā tai raksturīgo spirāles struktūru. Eksperimenti rāda: tiklīdz DNS tiek ievietota citā šķidrumā, tā atsakās darboties.

H₂O daļiņu balstīti, proteīni, piemēram, enzīmu veidā zarnās var sašķelt cukurus un taukus, citi proteīni var pieķerties baktērijām, lai norādītu ceļu organisma imūnsistēmas šūnām, bet kompleksas konstrukcijas olbaltumvielas mūsu asinīs piesaista skābekli un apgādā ar to šūnas.

TOMĒR ZINĀTNIEKI joprojām neizprot visus ar H₂O saistītos noslēpumus. Šī viela turpina demonstrēt šķietami paradoksālus fenomenus: piemēram, ja saldētavā ievieto vienu trauku ar verdošu ūdeni, bet otru – ar remdenu, pirmais sastings karstais ūdens.

Tikpat miklains ir vispārzināmais fakts, ka pa ledu var slidēt, bet pa tikpat gludu akmens virsmu ne. Zinātnieki izpētījuši, ka ledus virsma ir 30 reizes slidenāka nekā citu cietu vielu virsma. Ilgu laiku tika uzskatīts, ka spiediens, kuru rada slidotāja svars, tik tālu pazemina ledus kušanas punktu, ka tas sašķidrinās un izveidojas plāna, slidena ūdens kārtiņa.

Tomēr jaunākie aprēķini liecina, ka šāda pazemināšanās izraisa efektu, kas ir daudz mazāks par vienu Celsija grādu. Pārāk mazs, lai lielos mīnusos ledus zem slidām sašķidrinātos.

Tāpēc daži zinātnieki domā, ka slidena ūdens kārtiņa uz ledus virskārtas var veidoties pati no sevis – iespējams, tāpēc, ka molekulas ledus virsmā var veidot mazāk saišu un nav no visām pusēm iesaistītas

kristāliskajā režģī. Viņi uzskata, ka šis daļiņas vibrē un liek virskārtai kust.

Ledus jau tāpat sagādā arvien jaunus pārsteigumus zinātnes sfērā. Piemēram, dabā neeksistē tikai viena cieta ūdens forma. Ekstremālajos apstākļos, kādi valda atmosfēras slāņos daudzu kilometru augstumā, ūdens kristalizējas nevis sešstūru struktūrās, bet gan sīku kubiņu formā.

Sevišķi dīvainas ledus formas veidojas augsta spiediena iedarbībā, ko zinātnieki spēj radīt īpašās kamerās. Gandrīz divarpus gigapaskāļu iedarbības rezultātā (tas ir apmēram 25 000 reižu vairāk nekā atmosfēras spiediens) ūdens pārvēršas ledū, kas ir tik ciets kā akmens un kūst vairāk nekā 100 grādos pēc Celsija.

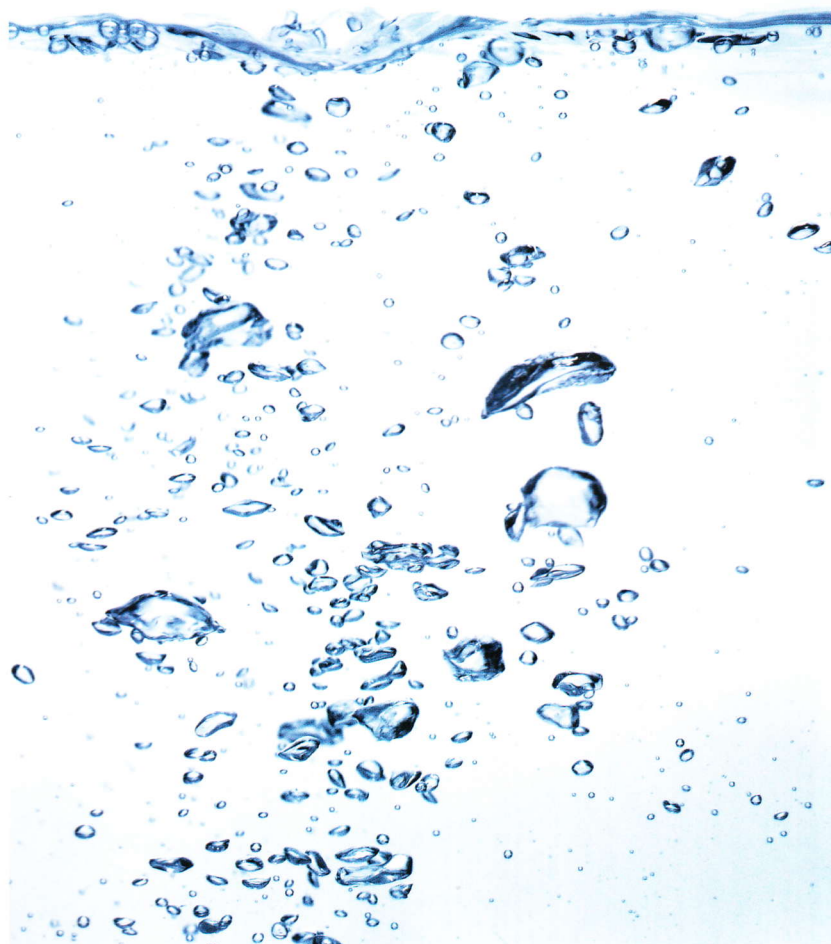
Pētniekiem līdz šim ir izdevies radīt 16 dažādas kristāliskas ledus formas, un, iespējams, eksistē pat divi šķidra ūdens veidi. Uz to norāda Zviedrijas un Kalifornijas zinātnieku

veiktie pētījumi, analizējot šķidruma dinamiku ar jaudīgu rentgena staru palīdzību. Pētnieki noskaidroja, ka atkarībā no temperatūras veselas H₂O molekulu grupas savienojas tādās kā kunkuļos,

kuriem ir citāds blīvums nekā apkārt esošajam šķidrumam. Pagaidām gan nav skaidrs, kāda ir šīs parādības loma visu H₂O dīvaino īpašību kopainā.

KATRĀ ZIŅĀ ŪDENS uzvedas tik savādi, ka savienojumam dažkārt tiek piedēvētas pat tādas spējas, kas jau robežojas ar pārdabisko.

Pagājušā gadsimta 80. gados vairāki zinātnieki izvirzīja hipotēzi, ka ūdenim ir atmiņa. Speciālisti respektablajā Francijas medicīnas institūtā INSERM pētīja, kā organisma imūnsistēmas šūnas reaģē uz ūdens šķīdumiem, kuros atradās organiskas izcelsmes svešķermeņi. Pētnieki šos šķīdumus atkārtoti atšķaidīja, kamēr bioloģiskais materiāls tajos vairs nebija konstatējams. Un tomēr, apsmidzinātas ar šo ūdeni, šūnas demonstrēja aizsardzības reakciju. Zinātnieki spekulēja, ka acīmredzot ūdens viņu paraugos atceroties, ar kādu vielu ir bijis saskarē.



Daži ārsti ar šo pašu efektu skaidro arī homeopātisko preparātu iedarbību – aktīvās vielas, kuras preparātos ir atšķaidītas, nodod informāciju savam šķīdumam – ūdenim. Tātad ūdens daļiņas noglabā tādu kā attiecīgās vielas nospiedumu.

Skaidrs ir viens: izšķīdinātās vielas patiešām ietekmē ūdens molekulu izkārtojumu un tiltiņu savienojumus. Tomēr ikviens ūdeņraža tiltiņš izirst apmēram miljardu reižu sekundē, lai pēc tam veidotos atkal. Tādējādi šādas pēdas vienā mirklī vienkārši pazustu.

Tāpēc nav brīnums, ka līdz šim zinātnieki ne ar vienu atjautīgu metodi nav spējuši pierādīt postulētās atmiņas pēdas šķīdumā. Un Francijas pētnieku iegūtos rezultātus tā arī neizdevās apstiprināt atkārtotos eksperimentos.

Šodien franču zinātnieki atzīst, ka, visticamāk, toreiz ir vienkārši kļūdījušies. Tā kā novērojums, no zinātnes viedokļa, šķita absurds, testējot jebkuru citu vielu, šāda kļūda droši vien tiktu pamanīta nekavējoties.

Taču, ja darišana ir ar ūdeni, pat neiespējams dažkārt šķiet iespējams. ■

100 grādos pēc Celsija ūdens sāk vārīties, un šķidrums pārvēršas gāzē. Bezkrāsainā viela veido burbuļus, kuri paceļas uz augšu, lai iztvaikotu

Bezkrāsainajam šķidrumam vēl ir daudz noslēpumu