

4. СТРУКТУРА СУПСТАНЦИЈЕ

Супстанције имају различита својства. Јављају се као гасови, на пример, ваздух, као течности – вода, а неке су чврста тела – бакар. Гвожђе је тврђе од олова, гума савитљива, креда крта. Зашто? Одговор на ово и многа друга питања налазимо тек када „завиримо“ у унутрашњост различитих материјала.

Пут у унутрашњост супстанције, пут у микросвет омогућава нам да боље упознамо свет око себе.

4.1. КОРПУСКУЛАРНОСТ СУПСТАНЦИЈЕ. МОЛЕКУЛИ И АТОМИ. ВЕЛИЧИНА МОЛЕКУЛА

Кућа се састоји од цигала, кутија шибца од палидрваца, а Сунчев систем од планета. А од чега се састоји капљица воде? Како би изгледала унутрашњост капљице воде да постоји микроскоп који увеличава милион пута? Шта бисмо тада видели?

Питање структуре супстанције већ одавно заокупља људску машту. Још у петом веку пре наше ере, у древној Грчкој, филозоф Демокрит је тврдио да се супстанција састоји од сићушних, невидљивих честица – корпускула. Физичари и хемичари су то експериментално потврдили у прошлом веку. Данас, више нема никакве сумње, свака супстанција, без обзира како глатка и прозирна била, састављена је од малих честица које називамо молекули.

Молекули различитих супстанција су различитог облика и величине.

Пошто су сићушни, молекула има веома много у сваком телу. Тако и у кубном центиметру воде има укупно оволико 30.000.000.000.000.000.000.000 (број са 22 нуле!) Како на Земљи живи око 5. милијарди људи, а то је број са „само“ 9 нула, значи да у само

једном кубном центиметру воде има приближно десет хиљада милијарди (10.000.000.000.000) пута више молекула него људи.

У свакој капљици воде има веома много молекула, али се не разликују један од другог. Они су потпуно једнаки. И док у макросвету ни два листа на једном дрвету нису иста, у микросвету су сви молекули једне супстанције идентични. То значи да молекул воде из реке не можемо да разликујемо од молекула воде из мора или молекула воде произведене у лабораторији.

Молекуле је могуће раставити на још ситније честице – атоме. Тако је утврђено да се молекул азота састоји од два атома азота, а молекул угљен диоксида од једног атома угљеника и два атома кисеоника.

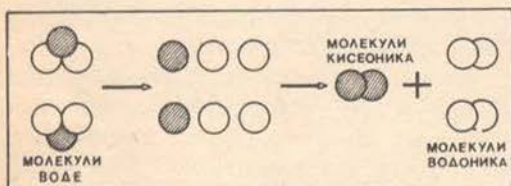
Структура молекула воде приказана је на слици 4.1. На том моделу виде се два атома водоника (светлије кугле) и један атом кисе-



Сл. 4.1

ника. Сви молекули воде имају атоме кисеоника и водоника распоређене на исти начин. Молекули, уопште, настају груписањем и повезивањем атома у тачно одређен просторни поредак.

Зашто смо тврдили да су молекули најситније честице супстанције када се молекули граде од још ситнијих честица - атома? Ради се о томе да разбијањем молекула добијамо атоме, који опет могу да образују молекуле неке друге супстанције. На пример, два молекула воде даће један молекул кисеоника и два молекула водоника (сл. 4.2). Молекули су, дакле, сложена стабилна зрна супстанције, а састављена од два или више истородних или разнородних атома. У природи има само 105 различитих врста атома. Комбиновањем атома изграђене су многобројне различите врсте молекула.

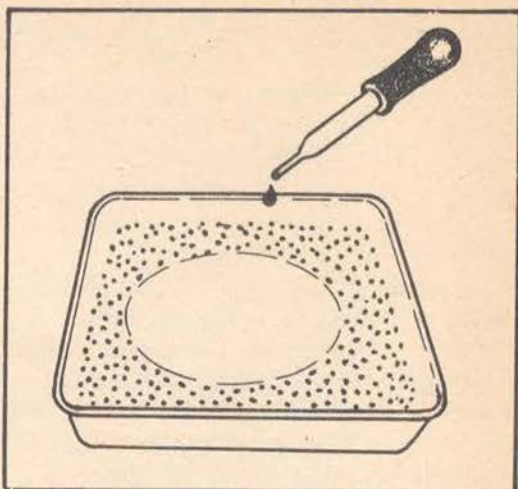


Сл. 4.2

Величина молекула може да се оцени једноставним огледом.

У широку плитку посуду, чије је дно преливено водом, канемо само једну кап уља (сл. 4.3). Капљица уља ће образовати велику масну мрљу која не додирује ивице посуде. Овакав слој уља је једномолекулски (или, како се то обично каже, мономолекулски). Запремину једне капи уља измерићемо помоћу мензуре тако што у њу накапамо 200 или више капи. Затим укупну запремину уља поделимо бројем капи.

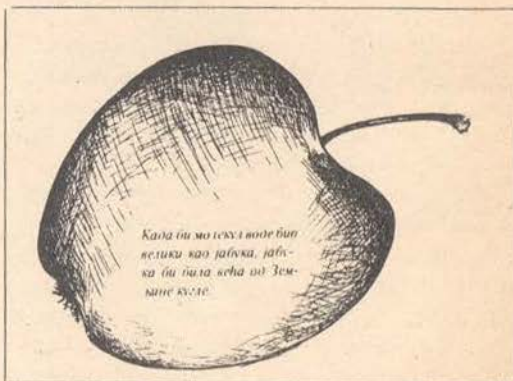
Остаје нам да измеримо површину мрље. Запремина канутог уља једнака је производу пречника молекула уља и површине мрље, а пречник молекула одређујемо дељењем запремине површином.



Сл. 4.3

Молекули уља су врло мали (сл. 4.4). Имају тек неколико милионитих делова милиметра. Дакле, када бисмо их поређали једног до другог, као војнике, на једном милиметру стало би неколико стотина хиљада.

Молекули неких супстанција су још много мањи од молекула уља.



Сл. 4.4

Између молекула налази се међумолекуларан простор. У то можемо лако да се уверимо ако у стакленој посуду помешамо једнаке запремине воде и алкохола. После мешања алкохола и воде добијамо запремину која је мања од укупне почетне запремине обе течности. Почетна запремина се смањила зато што су се ситнији молекули воде сместили делимично у простор између крупнијих молекула алкохола.

4.2. КРЕТАЊЕ МОЛЕКУЛА

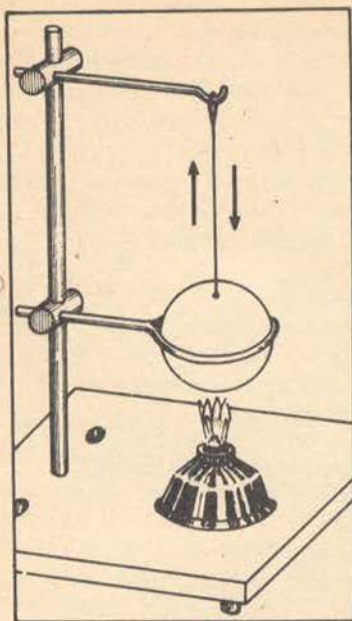
Брауново кретање

У прошлом веку шкотски биолог Браун посматрао је микроскопом поленов прах у капљици воде. Са запрепашћењем је приметио да се честице полена крећу у свим правцима, баш као да су живе. Ово кретање назива се Брауновим кретањем.

Узрок необичног кретања зрнца полена јесте у непрекидном кретању молекула воде.

У капљици воде налази се зрно полена које је много веће од молекула воде. Њега у сваком тренутку удара велики број молекула воде. Крупна честица креће се у оном правцу у коме је претрпела највећи број судара. Који је то правац у простору ствар је случаја. Честица се зато креће по замршеној цик-цак линији. Смањивањем димензија тих честица, њихова путања постаје све замршенија. На слици 4.6 приказана је путања Браунове честице добијене за отприлике 10 секунди посматрања.

Откриће Брауновог кретања било је важно за упознавање структуре материје, јер је показало да се вода састоји од појединих честица које су у непрекидном кретању.

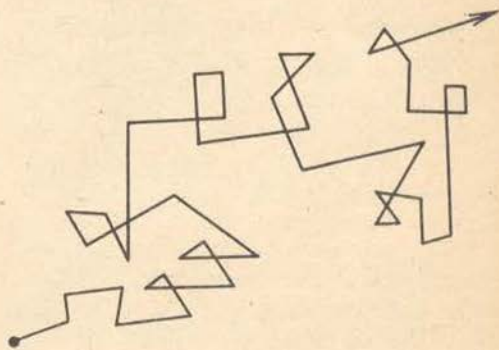


Сл. 4.5

Загревањем тела повећава се међумолекуларан простор, а тиме и укупна запремина тела. Зато металну куглицу која лако пролази кроз метални прстен на сталку (сл. 4.5) после загревања на пламену никако не успевамо да провучемо кроз прстен. Морамо да сачекамо да се куглица охлади.

ПИТАЊА:

1. Како се називају најмање честице супстанције?
2. Како се мења запремина тела ако се смањује растојање између молекула?
3. Да ли се разликују међу собом молекули једне супстанције?
4. Од чега се састоји молекул воде?
5. Које појаве указују да су молекули врло мали?
6. Колика је најмања могућа дебљина нафтне мрље на води?

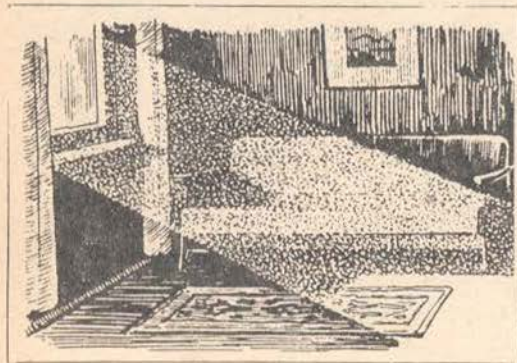


Сл. 4.6

Кретање које личи на Брауново може да се посматра ако се у дрвену кутију стави крупна оловна сачма и један велики метални кликер. Кутија се помера лево - десно и посматра се како се креће велики кликер.

Право Брауново кретање ипак треба посматрати микроскопом. Пошто зими нема полена, може врло добро да послужи и раствор туша или млека у води.

Молекули свих тела су у сталном, непрекидном кретању. Ово кретање је потпуно неуређено. Молекули се крећу као рој узнемирених пчела или као ситне честице прашине осветљене косим зрацима Сунца у замраченој соби (сл. 4.7). Сваки молекул исписује замршену путању – изломљену праву линију. Молекул „не зна“ где је лево, где је десно, где је напред, а где назад. Сви правци у простору су му подједнако добри, а куда ће да крене, зависи само од случаја. До промене смера и правца кретања молекула долази због тога што се он судара са другим молекулима.



Сл. 4.7

О брзини кретања сваког појединачног молекула излишно је и говорити. Она се у сваком судару мења, а молекула има толико много да би записивање брзина свих молекула ваздуха чак у 1 cm^3 само у једном тренутку изгубило сваки практични смисао. Зато не говоримо о брзинама појединачних молекула неке супстанције, него о средњој брзини свих молекула. Средња брзина би се добила када би се сабрале брзине свих молекула неког тела и поделиле њиховим бројем. Наравно, у сваком телу има много молекула који имају брзине и знатно веће и много мање од средње брзине.

Први експеримент мерења брзина молекула извео је 1920. године немачки физичар Штерн. Он је измерио да је средња брзина

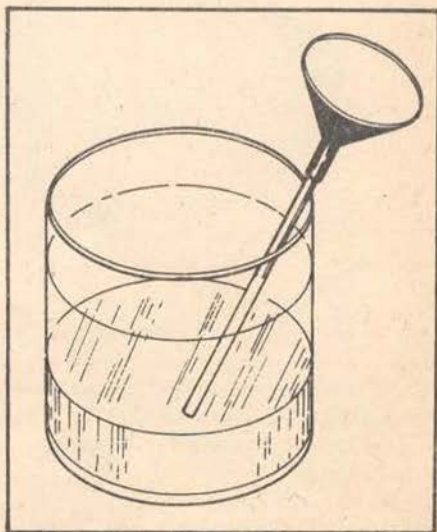
молекула врло велика – приближно једнака брзини испљивања пушчаног зрна (неколико стотина метара у секунди). Средња брзина молекула ваздуха је приближно једнака брзини звука у ваздуху (330 m/s). То значи да молекул ваздуха за 3 секунде пређе пут од 1 km. Оволиком брзином креће се наш најбржи војни авион „Орао“.

ПИТАЊА:

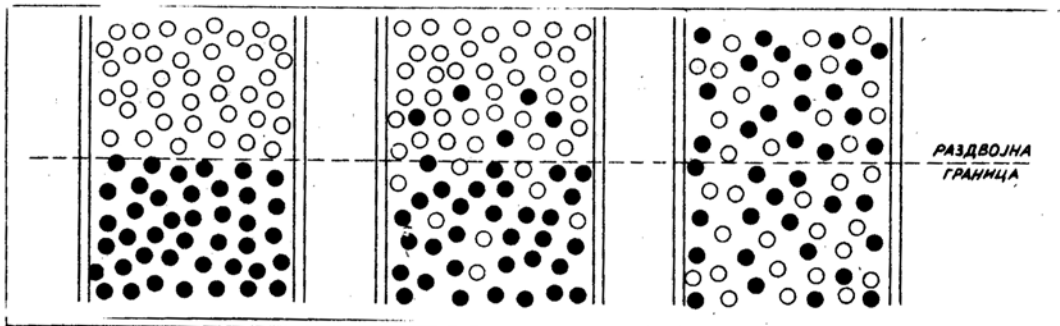
1. Шта је неуређено кретање?
2. Колика је средња брзина молекула ваздуха?
3. Колика је средња висина ученика у вашем разреду?
4. Да ли молекули ваздуха описују сличну путању као и Браунова честица?

Дифузија

Налијмо у чашу чисту воду, а затим левком који је урођен до дна чаше раствор плавог камена, који служи за заштиту винове лозе (сл. 4.8). Плави камен је тежи од воде. У почетку се опажа оштра граница између две течности. Поклопимо чашу и оставимо је да стоји отприлике недељу дана. После овог времена приметимо да је граница између воде и плавог камена нестала и да су се две течности помешале.



Сл. 4.8



Сл. 4.9

Како објаснити ову појаву?

Пошто се и вода и плави камен састоје од молекула, можемо овако да размишљамо.

Пошто се молекули налазе у сталном кретању, они су, док је чаша мировала, стално измењивали места услед многобројних судара.

Молекули воде продирали су све више у раствор плавог камена испод граничне површине, а молекули плавог камена су се, на супрот, дизали све више изнад горње стране граничне површине. Како је време протицало, тако је раздвојна површина губила „оштрину“, све док се у околини сваког молекула плавог камена нису нашли молекули воде, а у околини сваког молекула воде молекули плавог камена. Када је успостављен овакав неред, даље кретање молекула не може да направи још већи неред. Две течности су се помешале. Процес мешања се одвијао сам од себе – спонтано.

Процес при коме се супстанције мешају без икаквих спољашњих утицаја назива се дифузија.

Дифузија није карактеристична само за две различите течности. Она се одвија и у гасовима и у чврстим телима. У гасовима је знатно бржа него у течностима и чврстим телима, јер су и молекули гасова много покретљивији. Тако, на пример, док за дифузију плавог камена морамо да чекамо недељу дана, после отварања боце са колоњском водом мирис се осећа на другом крају собе, удаљеном неколико метара од боцице, већ после десетак секунди.

Дифузија молекула чврстих тела је врло спора. Када се фино исполиране плочице бакара и злата ставе једна преко друге и добро

притисну пресом, после више година на споју бакара и злата формира се легура, која садржи оба метала, дебела око 0,001 mm.

Процес дифузије је спор, иако су молекули врло брзи, јер се молекули не крећу праволинијски, него цик-цак линијама. Молекул колоњске воде пређе за секунду више стотина метара, али се од боцице удаљи тек један метар.

Дифузија се непрестано одвија у природи. Она је врло важна за исхрану ћелија биљака и животиња.

ПИТАЊА:

1. Шта је дифузија?
2. У којим супстанцијама је дифузија најбржа?
3. Рибе удишу кисеоник растворен у води.

Којим процесом стиже кисеоник у воду?

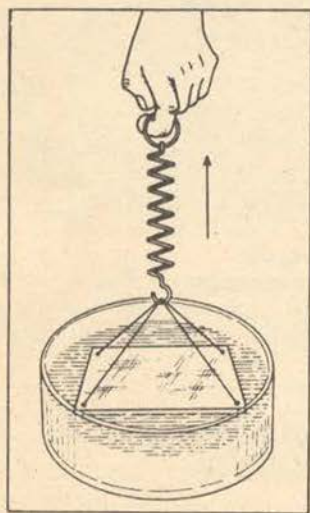
4.3. УЗАЈАМНО ДЕЛОВАЊЕ МОЛЕКУЛА

Узајамно деловање молекула јавља се непрекидно у свакодневном животу: када покушамо да сломимо штап, да обришемо капљицу уља са пода, да распршимо воду у ситне капљице, или да савијемо ексер.

Комад креде успевамо лако да преломимо. Ипак морамо да уложимо одређен напор јер се дељењу креде на два дела супротставља узајамно привлачење молекула креде. Узмимо комад бакарне и комад гвоздене жице истог пречника. Пробајмо да их савијемо.

Морамо да употребимо различите силе. Савити бакарну жицу је много лакше него гвоздену. Дакле, привлачење међу молекулима бабра је мање него међу молекулима гвожђа. Течност је много лакше поделити на делове пресипајући је у различите судове. Силе привлачења између молекула течности су мање од сила привлачења између молекула чврстих тела. Знамо да те силе постоје. Течности образују капљице а зидови посуда остају мокри.

Међутим, и силе привлачења међу молекулима течности су прилично снажне. У то можемо да се уверимо на једноставан начин (сл. 4.10). Ставимо стаклену плочицу на површину воде тако да вода смочи плочицу. Помоћу лаке опруге покушајмо да одвојимо плочицу од воде. Опруга се истеже и показује нам колику силу морамо да употребимо за одвајање мокре плочице са површине воде.

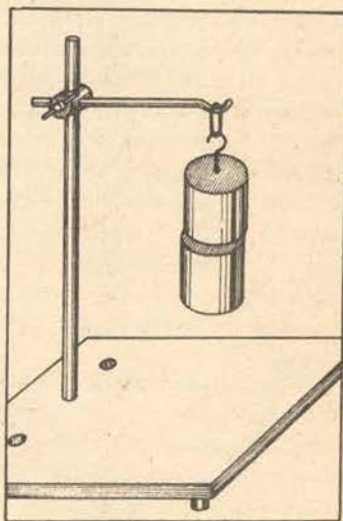


Сл. 4.10

ближили смо велики број молекула једне плочице на мало растојање молекулима друге и силе привлачења између молекула различитих плочица почеле су да делују. Поновимо исти оглед са неисполираним плочицама. После извлачења из стеге оне се раздвајају. Зашто? Сада се велики број молекула налази на релативно великом растојању те су привлачне молекулске силе на мањем броју додира молекула недовољне да задрже оба комада метала у споју.

Из овог огледа можемо да закључимо да привлачне молекулске силе (неки их називају и кохезионе силе) делују само на врло малим растојањима између молекула. Повећањем растојања ове силе брзо слабе.

Покушамо ли да смањимо растојање које постоји између молекула у нормалним условима, на пример, сабијајући течност, поново се појављују молекуларне силе. Ове силе



Сл. 4.11

Изузетно је занимљив и оглед приказан на слици 4.11. Две равне добро исполане месингане, или челичне, плочице стегнимо лабораторијском стегом, отпустимо их и обесимо на стакак. Плочице висе као да смо их спојили лепком. У ствари, када смо стегли плочице на исполаним површинама, при-

спротстављају се смањењу запремине тела, и то су одбојне силе. Ове силе су врло јаке. Занимљиво је да је Дубровчанин Руђер Бошковић (1711–1787) баш овако замишљао деловање молекулских сила.

Узајамно деловање молекула је, дакле, како привлачно тако и одбојно.

Да ли ће два молекула да се привлаче или одбијају, зависи само од њиховог међусобног растојања. Када су молекули на растојању од 0,000 000 01 m, крећу се скоро слободно и не делују једни на друге. Када се молекули приближе на мања растојања почињу да се привлаче. На још мањим растојањима, молекули почињу да се одбијају. И, тако, при узајамном деловању молекула увек постоји критично растојање на коме нема ни привлачења ни одбијања. На том критичном: растојању молекули нису слободни као када су далеко једни од других. Мало смањење критичног растојања доводи до одбијања, а мало повећање растојања – до супротне појаве – привлачења.

Привлачно и одбојно деловање молекула лако можемо да покажемо помоћу комада гуме. Комад гуме противи се како сабијању тако и истезању. Престанемо ли да делујемо силом, гума добија свој првобитни облик. Тада су молекули гуме поново на критичном растојању.

ПИТАЊА:

1. Зашто се течна тела не распадају на појединачне молекуле?
2. Који оглед показује да привлачне молекуларске силе делују само на малим растојањима?
3. Када је узајамно деловање молекула привлачно, а када одбојно?
4. Покушај, полазећи од својства узајамног деловања молекула, да објасниш народну пословицу: „Крај се кила где је најтањи“.

Гасно, течно, чврсто агрегатно стање

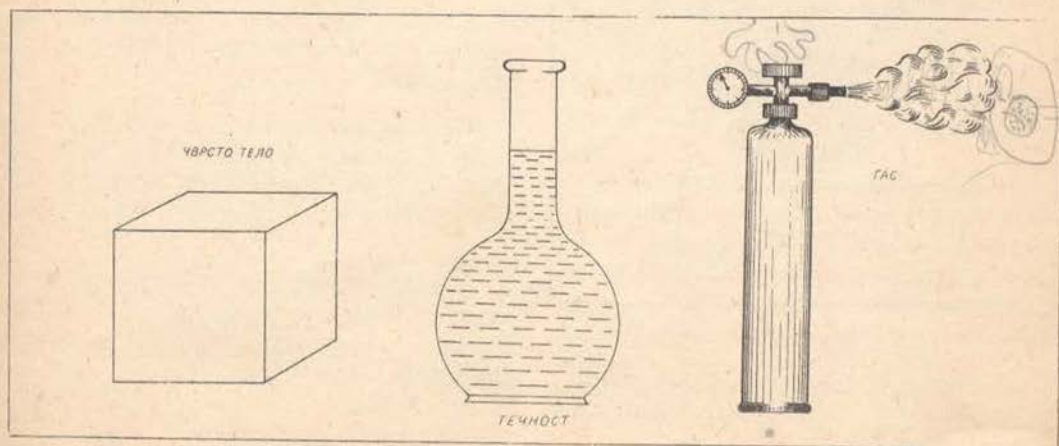
Када кажемо „вода“, онда обично мислимо на „течност која живот значи“. Међутим, добро знамо да се вода појављује и у облику гаса (водена пара) и у облику чврстог тела (лед).

Супстанције у природи постоје у три различита стања: гасном, течном и чврстом. Та различита стања супстанције називамо агрегатна стања.

Агрегатна стања зависе од јачине молекуларних сила и просторног распореда молекула у материјалу.

Разлике између гаса, течности и чврстог тела су веома велике. Чврсто тело задржава свој облик и запремину без обзира где се налази. Течност се разлива, тече, али при том не мења запремину, међутим, поприма облик запремине дела суда у којем се налази. Гасови се шире и испуњавају целокупну запремину суда. Немају ни одређен облик, ни одређену запремину. Основна својства три агрегатна стања схематски су приказана на слици 4.12.

Наведимо још нека својства агрегатних стања супстанције. Гасови се релативно лако сабијају. Рецимо, да би се променила запремина ваздуха у дечијем балону за 1%, потребно је уложити незнатну силу, док је за исту промену запремине течности или чврстог тела потребно деловати хиљадама или милионима пута већим силама. Зато се и каже да су за разлику од гасова, течна и чврста тела нестишљива. При томе се подразумева да су врло мало стишљива.



Сл. 4.12

У различитим агрегатним стањима иста количина супстанције заузима различите запремине. Тако, на пример, 1 kg воде има запремину кубног дециметра, запремина 1 kg леда је $1,1 \text{ dm}^3$, док је запремина 1 kg водене паре 1700 dm^3 (сл. 4.13).

Многе супстанције су обично у једном од својих агрегатних стања, а врло ретко истовремено у два или сва три агрегатна стања. На пример, олово је у чврстом агрегатном стању, а жива у течном. Међутим, ако комад олова загрејемо врхом лемилнице, почеће да се топи и имаћемо истовремено два агрегатна стања олова: чврсто и течно. Вода с ледом у чаши је такође у два агрегатна стања. Живу преводимо у чврсто стање хлађењем испод -39°C . Домаћице које суше рубље на мразу добро знају да се смрзнуто рубље сасвим добро осуши јер кристалићи леда директно прелазе у водену пару.



Сл. 4.13

Дакле, од спољашњих услова зависи у којем или у којим агрегатним стањима се налази дата супстанција.

Загревањем или хлађењем мењамо агрегатна стања. Пошто супстанције прелазе из једних у друга агрегатна стања, нема смисла говорити да је једно тело чврсто, а друго течно, или гасовито.

ПИТАЊА:

1. Наведи основне одлике три агрегатна стања супстанције.
2. Да ли је могуће гасом напунити само једну половину суда?
3. У каквом агрегатном стању се налази тело које задржава своју запремину, а мења облик?
4. Шта је стипљивост?

Молекули и агрегатна стања

Молекул воде састоји се од два атома водоника и једног атома кисеоника. Вода у сва три агрегатна стања изграђена је увек од истих једнообразних молекула. Исто је и са свим осталим супстанцијама у природи.

Унутрашња структура једног тела у различитим агрегатним стањима разликује се само и искључиво по начину груписања (удруживања) истородних молекула.

Како су распоређени и како се крећу молекули у различитим агрегатним стањима једног тела?

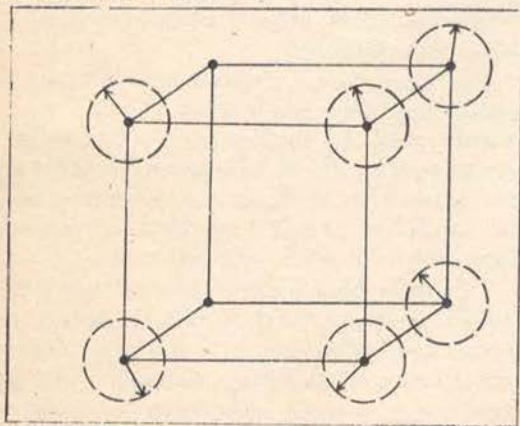
Гас можемо да сабијемо тако да му почетну запремину смањимо више пута. То значи да је растојање између молекула гаса више пута веће од димензија самих молекула.

У гасном агрегатном стању молекули се не држе један другог. Напротив, лете као узнемирене пчеле међусобно се сударајући и исписујући бесконачне, замршене цик-цак линије. Узајамно деловање молекула је слабо, изузев у самим сударима. Кретање моле-

кула у гасном агрегатном стању показује најмањи степен уређености, а највећи степен неуредности (хаоса).

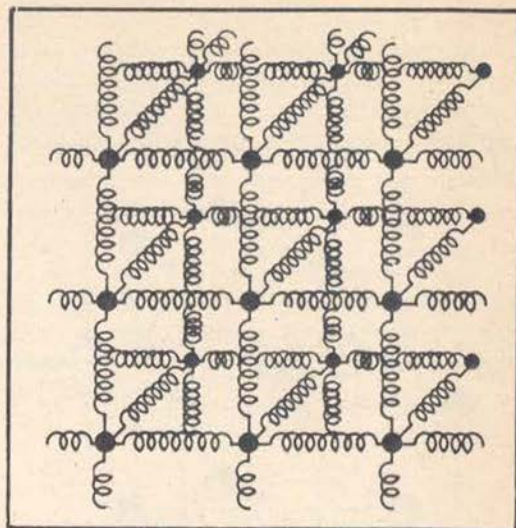
У чврстом агрегатном стању ситуација је сасвим другачија. Молекули се чврсто држе један другог – као строј војника. Овакав поредак молекула обезбеђује чврстом телу одређену запремину и сталан облик.

За чврсто агрегатно стање својствено је да су честице супстанције распоређене тако да граде правилне геометријске облике, кристалне структуре. У кристалу се молекули такође крећу. Кретања молекула су мала треперења (осцилације) око одређених положаја, који су строго распоређени у простору за дату температуру. То је схематски приказано на слици 4.14. Пуним линијама дата су растојања између суседних молекула у кристалу. Пуне лоптице означавају молекуле, а лопте означене испрекиданим линијама – области у којима се крећу молекули. Стрелице показују како се молекули крећу у свим смеровима, али тако да никад не напусте одређене области у простору.



Сл. 4.14

Узајамно деловање између молекула чврстог тела можемо сасвим добро да упоредимо са узајамним деловањем куглица које су спојене опругом (сл. 4.15). Опруга се или растеже или сабија. Зато се између куглица одржава одређено растојање. Наравно, између молекула не постоје никакве опруге. Међусобно деловање молекула је много сложеније него деловање куглица и опруга у овом простом моделу.



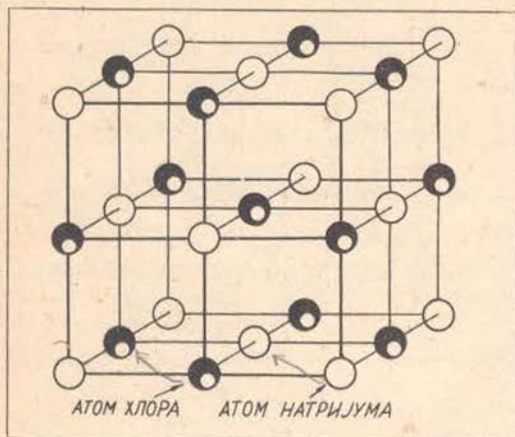
Сл. 4.15

Течности су по својим својствима између чврстих тела и гасова. Ипак, постоје многи докази да је груписање молекула течности скоро исто тако снажно као и молекула чврстог тела. Унутрашњу структуру течности можемо замислити као гроздове молекула. Грозд молекула течности понаша се као презрело грозђе. Ако се једно зрно грозда откине, из било којег разлога, оно откине и повуче за собом и неколико суседних зрна.

У гасовима – молекули се крећу по правој линији између два судара прелазећи растојања велика и више стотина полупречника самих молекула. У течностима молекули од једног до другог судара прелази растојања упоредива са његовим димензијама. У чврстим телима молекули само трепере, а максимална удаљавања од равнотежних положаја су мања од међумолекуларних растојања.

Неке супстанције понашају се и као чврста и као течна тела. Комад смоле за асфалтирање улица може се разбити чекићем. Међутим, ако се комадићи смоле оставе у чаши неколико месеци, смола ће се обликовати према чаши баш као да је течност. Чврсте супстанције које немају сталан облик понашају се, дакле, као течности које врло споро теку. За овакве супстанције каже се да су аморфне

(морфос = облик, а морфос = безобличан).
 Стакло, иако на собној температури има стални облик, спада у аморфне материјале. Приликом загревања, пре но што се истопи, оно омекша и може се обликовати у пламену.



Сл. 4.16

Права чврста тела имају кристалну структуру, тј. њихове честице су правилно распоређене као цигле у зиду. У неким кристалима „цигле“ су појединачни молекули, а у неким – могу да буду и друге честице.

Ако кухињску со посматрамо лупом, приметимо да зрна соли имају правилну коцкасту структуру. У рудницима соли нађена су кристална зрна са ивицама дугим и по цео центиметар. Међутим, без обзира да ли су зрна кухињске соли велика или сасвим мала, атоми натријума и хлора, из којих се гради кухињска со, распоређени су наизменично, као што је приказано на слици (4.16.) Натријумови атоми су на слици означени белим, а атоми хлора црним куглицама. Зрно соли које смо посматрали лупом садржи огроман број атома натријума и хлора веома уредно распоређених.

ПИТАЊА

1. Наброј основне одлике молекуларне структуре три агрегатна стања супстанције.
2. Нацртај кристал кухињске соли који си посматрала увеличавајућим стаклом.
3. Шта су аморфна, а шта кристална тела?
4. Како се крећу молекули у течности?
5. Зашто је гасове лако, а течности тешко сабити?

4.4. СИТНЕ ЧЕСТИЦЕ ДИМА И ПРАШИНЕ КАО ЗАГАЂИВАЧ, СРЕДИНЕ

Задњих година брз развој науке и технике, као и све већа потрошња енергије довели су до огромног и разорног загађења околине у којој живи човек. Уништене су неке животињске врсте, доведен је у питање опстанак других, а најстрашније је од свега да ће човек, ако настави да загађује околину у којој живи данашњим темпом, *вероватно угрозити и сопствену врсту.*

Загађивачи човекове средине су ситне честице дима и прашине које се добијају сагоревањем угља, нафте, на пример, у челичанама и другим топионицама метала. Концентрација дима и прашине је нарочито велика у околини великих градова. Бројна моторизација је такође велики загађивач човекове околине. Утврђено је, на пример, да се по сваком становнику ужег центра Београда произведе годишње више од 50 kg угљендиоксида, азотних оксида, угљоводоничних једињења, олова, чађи, сумпорне киселине и најситније прашине.

Честице дима и прашине које доспевају у атмосферу човек удише и оне се таложе у његовим плућима. То доводи до обољења дисајних органа, као што су хронични бронхитис, астма и рак плућа, да поменемо само оне основне болести које су код градског човека неколико пута чешће него код сеоског.

Честице дима и прашине доспевају и на лишће дрвећа. Оштећују га механичким и хемијским процесима, што смањује његову способност да производи кисеоник, који је неопходан људима. Кисеоник се, иначе, троши и у процесима сагоревања горива. Научници су измерили да аутомобилски саобраћај у САД утроши за једну половину више кисеоника од количине кисеоника коју произведу биљке. Када не би било ветрова који дувају са океана и надокнађују ове губитке кисеоника, становништво САД би се погушило за годину дана.

Честице дима и прашине, осим што су опасне по здравље човека, и на друге начине утичу на услове под којима човек живи. Због велике концентрације ситних честица у при-

земним слојевима атмосфере, високим неколико стотина метара, на тле у великим градовима стижу мање количине Сунчевог зрачења. Ипак, због топлотних процеса, средња температура у великим градовима је за 2-7 степени виша него у њиховој непосредној околини. Осим тога, честице прашине око којих се кондензују водене капи доводе и до чешћих киша и већег броја магловитих дана у јесењим и зимским месецима. *Загађивање атмосфере доводи, дакле, до промене климе у градовима.*

Са повећањем градова и броја индустријских постројења човек ће вештачки мењати

климу на ширим подручјима. При овим променама климе, чије размере данас тешко можемо да оценимо, одлучујућу улогу играће честице дима и прашине. Нова клима одликоваће се вишим просечним температурама, што би могло да доведе до отапања леда на половима и до пораста нивоа мора и океана и за више метара.

Човечанство се налази пред великим задацима. Загађивања атмосфере треба спречити стварањем нових технологија, које ће знатно смањити производњу дима, чађи и чврстих честица.

