

СТРУКТУРА СУПСТАНЦИЈЕ

Супстанције имају различита својства. Јављају се као гасови, на пример ваздух, као течности — вода, а неке су чврсте — бакар. Гвожђе је тврђе од олова, гума савитљива, креда крта. Зашто? Одговор на ова и многа друга питања налазимо тек кад „завиримо“ у унутрашњост различитих супстанција.

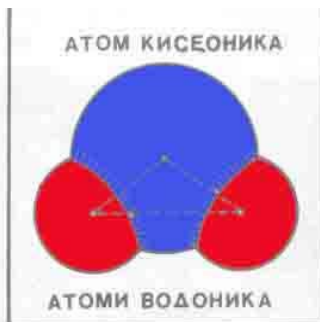
1. 1.КОРПУСКУЛАРНОСТ СУПСТАНЦИЈЕ. МОЛЕКУЛИ И АТОМИ

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

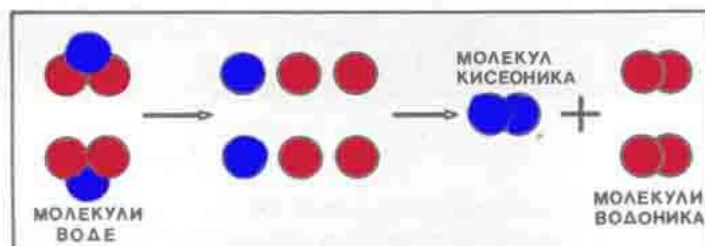
Питање структуре супстанције већ одавно заокупља људску машту. Још у петом веку пре наше ере, у древној Грчкој, филозоф Демокрит је тврдио да се СУПСТАНЦИЈА састоји од сићушних, невидљивих честица — корпускула. Физичари и хемичари су то експериментално потврдили у прошлом веку. Данас је познато да се све супстанције састоје из сићушних невидљивих честица које имају својства тих супстанција. Те честице се називају молекули. Молекули различитих супстанција су различитог облика и величине.

Пошто су сићушни, молекула има веома много у сваком телу. Само у једном кубном центиметру воде има 30000000000000000000000 молекула (број са 22 нуле)!

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.



Сл. 5.1



Сл. 5.2

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 из једног атома угљеника и два атома кисеоника.

Структура молекула воде приказана је на слици 5.1. На том моделу виде се два атома водоника (мање кугле) и један атом кисеоника.

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. 5.2). Молекули су, дакле, сложене стабилне честице супстанција, а састављене од два или више истородних или разнородних атома. У природи има само 105 различитих врста атома.

Комбиновањем атома изграђене су многобројне различите врсте молекула

Величина молекула може да се оцијени једноставним огледом.

У широку плитку посуду, чије је дно преливено водом, канемо само једну кап уља (сл. 5.3). 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 V_1 измерићемо помоћу мензуре тако што у њу накапамо 200 или више капи. Затим, укупну запремину уља V поделимо бројем капи n .

Остаје нам да измеримо површину мрље S . Запремина канутог уља једнака је производу пречника молекула уља d и површине мрље.

$$V_1 = d \cdot S$$

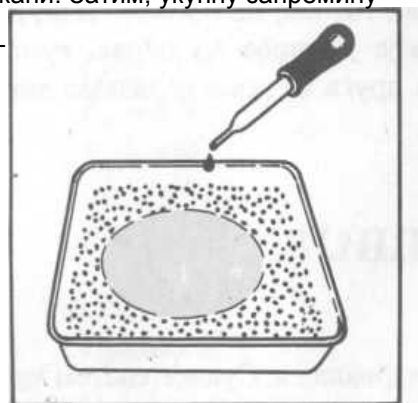
Одавде пречник молекула, односно дебљина слоја уља одређује се дељењем запремине капи са површином коју је она покрила:

$$d = V_1 : S$$

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

Молекули неких супстанција су још много мањи од молекула уља.

Између молекула налази се међумолекуларан простор. У то можемо лако да се уверимо огледом (сл. 5.5). Насућемо до половине епрувете



Сл. 5.3

обојену воду (сл. 5.5 а), а другу половину пажљиво ћемо испунити шпиритусом, тако да се течности не измешају. Затим ћемо ниво шпиритуса означити узаном траком лепљиве хартије (сл. 5.5б). После тога епрувету ћемо добро затворити и неколико пута окренути за 180° у вертикалној равни. Кад се вода и шпиритус добро измешају, епрувету ћемо поставити у вертикални положај са отвором навише.

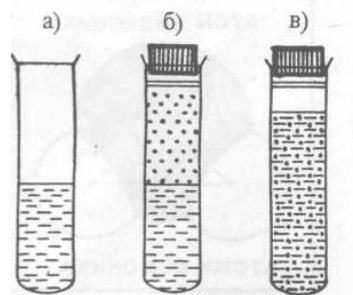
Приметићемо да се ниво смеше воде и шпиритуса приметно спустио испод ознаке, што значи да се почетна запремина смеше смањила (сл. 5.5 в). Ово се тумачи тиме што је изванредан број ситнијих молекула воде продро у простор између крупнијих молекула шпиритуса.



Сл. 5.4

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. 5.5

КРЕТАЊЕ МОЛЕКУЛА

Брауновско кретање

Шкотски биолог Браун (Роберт Браун 1773-1858) посматрао је микроскопом поленов прах у капљици воде. Са изненађењем је приметио да се честице полена крећу у свим правцима, баш као да су живе. Ово кретање назива се брауновским кретањем.

Узрок необичног кретања зрна 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. На слици 5.6 приказана је путања брауновске честице добијене за отприлике 10 секунди посматрања..

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

Брауновско кретање може се демонстрирати тако што се у кутију стави крупна оловна сачма и један велики метални кликер. Кутија се помера лево-десно и посматра се како се креће велики кликер.

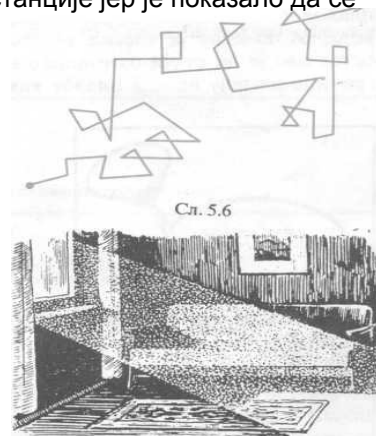
Молекули свих тела су у сталном, непрекидном кретању. Ово кретање је потпуно неуређено.

Молекули се крећу као рој узнемираних пчела или као ситне честице прашине осветљене зрацима сунца у замраченој соби (сл. 5.7).

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.

О брзини кретања сваког појединачног молекула излишно је и говорити. Она се у сваком судару мења, а молекула има толико много даби записивање брзина свих молекула ваздуха чак у 1 cm^3 само у једном тренутку изгубило сваки практични смисао. Зато не говоримо о брзинама



Сл. 5.6

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 пушчаног зрна (неколико стотина метара у секунди). Средња брзина молекула ваздуха је приближно једнака брзини звука у ваздуху (340 m/s). То значи да молекул ваздуха за 3 секунде пређе пут од 1 Km.

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 Брауновска честица?

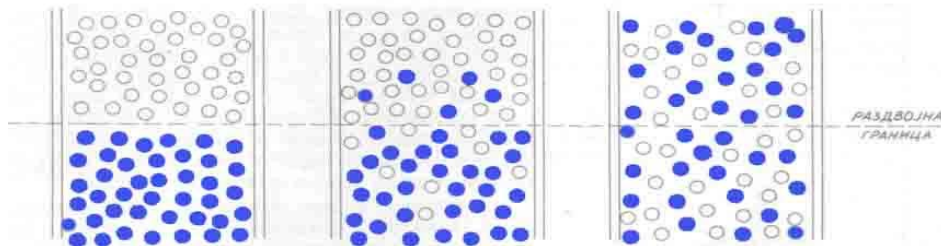
ДИФУЗИЈА

Налијмо у чашу чисту воду, а затим левком који је урођен до дна чаше раствор плавог камена, који служи за заштиту винове лозе (сл. 5.8). 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.

Како објаснити ову појаву?



Сл. 5.8



Сл. 5.9

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

Молекули се налазе у сталном кретању, они су, док је чаша мировала, стално измењивали места услед многобројних судара (сл. 5.9).

Молекули воде продирали су све више у раствор плавог камена испод граничне површине, а молекули плавог камена су се, насупрот, кретали све више изнад горње стране граничне површине. Како је време протичало, 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 бочице, већ после десетак секунди.

Дифузија молекула чврстих тела је врло спора. Када се фино исполиране плочице бакра и

злата ставе једна преко друге и добро притисну пресом, после више година на споју бакра 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 бочице 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 којем агрегатном стању се дифузија најбрже одвија ?
3. Рибе удишу кисеоник растворен у води. Којим процесом стиже кисеоник у воду?

4. 3.УЗАЈАМНО ДЕЛОВАЊЕ МОЛЕКУЛА

Узајамно деловање молекула може се запазити на пример 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 делујемо одређеном силом 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 бакра је мање него међу молекулима гвозђа. 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. Постоје привлачне силе и између молекула течности и молекула чврстих тела. Кад се из суда проспе течност, зидови суда остају влажни.

Међутим, и силе привлачења међу молекулима течности су прилично јаке. У то можемо да се уверимо на једноставан начин (сл. 5.10). Стави- мо стаклену плочицу на површну 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.

Изузетно је занимљив и оглед приказан на слици 5.11. Две равне добро исполиране месингане или челичне плочице стегнимо лабораторијском стегом, отпустимо их и обесимо на сталак. Плочице висе као да смо их спојили лепком. У ствари, када смо стегли плочице на исполираним површинама, приближили 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 ве- ликом растојању те су привлачне молекулске силе на мањем броју додира молекула недовољне да задрже оба комада метала у споју.

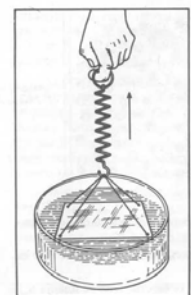
Из овог огледа може се закључити да привлачне молекулске силе (неки их називају и кохезионе силе) делују само на врло малим растојањима између молекула.

Повећањем растојања ове силе брзо слабе.

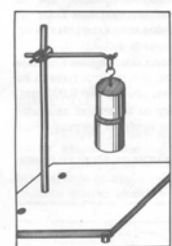
Покушамо ли да смањимо растојање које постоји између молекула у нормалним условима, на пример, сабијајући течност, поново се појављују молекуларне силе. Ове силе супротстављају се смањењу запремине тела, и то су одбојне силе. Ове силе су врло јаке.

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 00001 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



Сл. 5.10



Сл. 5.11

одбијају. И, тако, при узајамном деловању молекула увек постоји критично растојање на коме су ове силе једнаке по интензитету а супротне по смеру тако да се међусобно поништавају (нема ни привлачења ни одбијања). Мало смањење растојања доводи до одбијања, а мало повећање 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 показије да привлачне молекулске 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:
„Конац се кида где је најтањи“.

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).

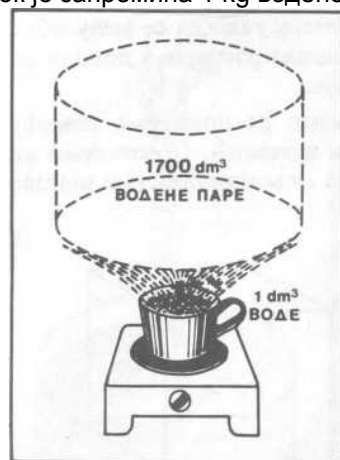
Супстанције у природи постоје у три различита стања: гасном, течном и чврстом. Та различита стања супстанције називамо агрегатна стања

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 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 шематски су приказана на слици 5.12

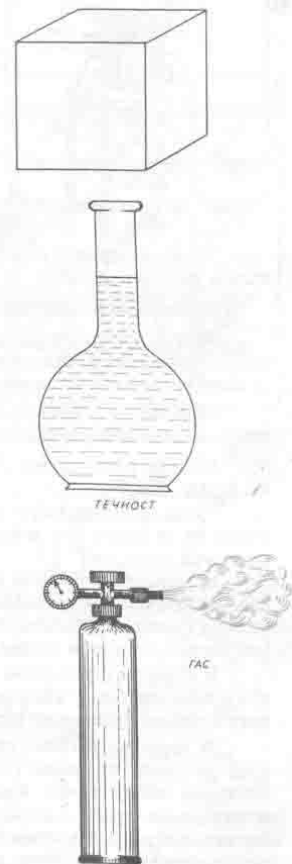
Наведимо још нека својства агрегатних стања супстанције. Гасови се релативно лако сабијају. Рецимо, да би се променила запремина ваздуха у дечјем балону за 1%, потребно је уложити незнатну силу, док је за исту промену запремине течности или чврстог тела потребно деловати хиљадама или милионима пута већим 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.

У различитим агрегатним стањима иста количина супстанције заузима различите запреми-

не. Тако, на пример, 1 kg воде има запремину кубног дециметра, запремина 1 kg леда је 1,1 dm³, док је запремина 1 kg водене паре 1700 dm³ (сл. 5.13).



Сл. 5.13



Сл. 5.12

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 лемилице, 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 °С. Домаћице које суше рубље на мразу добро знају да се смрзнуто рубље сасвим добро осуши јер кристалићи леда директно прелазе у водену пару.

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

Загревањем или хлађењем мењамо 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 једне супстанције у различитим агрегатним стањима разликује се само и искључиво по начину груписања (удруживања) истородних молекула.

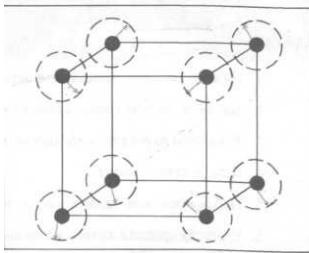
Како су распоређени и како се крећу молекули у различитим агрегатним стањима једног тела?

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.

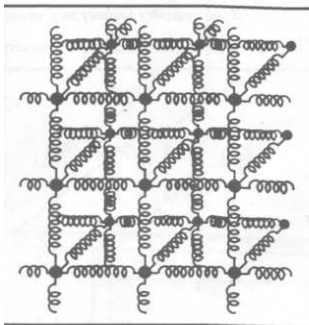
У гасном агрегатном стању молекули се не држе један другог. Напротив, лете као узнемирене пчеле међусобно се сударајући и исписујући бесконачне, замршене цик-цак линије. Кретање молекула у гасном агрегатном стању показује најмањи степен уређености, а највећи степен нереди (хаоса).

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.

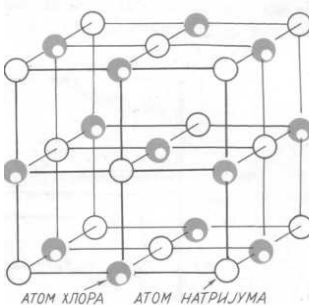
За чврсто агрегатно стање својствено је да су честице супстанције распоређене тако да граде правилне геометријске облике, кристалне структуре. У кристалу се молекули такође крећу. Кретање молекула су мала осциловања око одређених положаја, који су строго распоређени у простору за дату температуру. То је шематски приказано на слици 5.14. 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. 5.14



Сл. 5.15



Сл. 5.16

Узајамно деловање између молекула чврстог тела можемо сасвим добро да упоредимо са узајамним деловањем куглица које су спојене опругом (сл. 5.15). 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.

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 грожђе. Ако се једно зрно грозда откине, из било којег разлога, оно откине и повуче за собом и неколико суседних зрна.

У гасовима молекула се креће по правој линији између два судара прелазећи растојања велика и више стотина полупречника самих молекула. У течностима молекула 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 ули-ца 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 (*morfos* = облик, а *morfos* = безобличан).

Стакло, иако на собној температури има стални облик, спада у аморфне материјале. Приликом загревања, пре но што се истопа, оно омекша и може се обликовати у пламену.

Неке врсте тела имају кристалну структуру, тј. њихове честице су правилно распоређене. 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 5.16. Натријумови атоми су на слици означени белим, а атоми хлора плавим куглицама. Зрно соли које смо посматрали лупом садржи огроман број атома натријума и хлора веома уредно распоређених.

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 стишљивост?
5. Наброј основне одлике молекуларне структуре три агрегатна стања супстанције.
6. Нацртај кристал кухињске соли који си посматрао увеличавајућим стаклом.
7. Шта су аморфна, а шта кристална тела?
8. Како се крећу молекули у течности?
9. Зашто је гасове лако, а течности тешко сабити ?