

Dieses Material wurde als Handreichung für die Arbeit mit dem Rahmenplan Chemie Sekundarstufe I von einer Autorengruppe (Peter Slaby, Marianne Sgoff, Angelika Deuser und Rainer Koch) erarbeitet und vom damaligen HeLP 1999 herausgegeben.

Es enthält für die Unterrichtsgestaltung in der Jahrgangsstufe 7 (Gymnasium) bzw. 8 (Haupt- / Real- und Gesamtschule) zahlreiche Strukturierungsvorschläge und Materialien für einen kompetenzorientierten Unterricht.

Für die Bereitstellung auf dem hessischen Bildungsserver wurde es überarbeitet und gekürzt sowie den gültigen Lehrplaninhalten zugeordnet.

Teilchenstruktur

1 Erschließung der verbindlichen Inhalte

Auf eine Bezugnahme zum (ehemaligen) Rahmenplan CHEMIE Sekundarstufe I und Darstellung der Erschließungskategorien wird hier bewusst verzichtet.

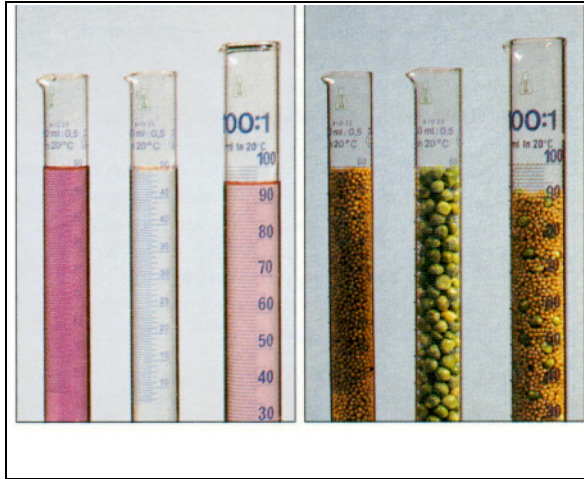
2 Die Struktur der Materie - das Teilchenmodell

Vertiefte Betrachtungen zur Diffusion und zu den Aggregatzuständen ausgewählter Stoffe leiten vom Phänomen über zur modellhaften Betrachtung der Materie im Kugelteilchenmodell. Die Schülerinnen und Schüler bringen in ihrer Vorstellung ein Bild von einem kontinuierlichen Aufbau der Stoffe mit. Diese wird nun ersetzt durch ein Modell, das diskrete Teilchen als kleinste Bausteine veranschaulicht. (Dabei fasst dieses Modell alle Arten kleinster Teilchen wie Atome, Ionen und Moleküle zusammen und darf nicht mit dem Dalton'schen Atommodell verwechselt werden).

Das Ersetzen der Kontinuumsvorstellung durch die Vorstellung eines Aufbaus der Stoffe aus diskreten, vorgebildeten Teilchen wird in der didaktischen Literatur als eine der schwierigsten Aufgaben des Chemieunterrichts bezeichnet. Diese Aufgabe misslingt häufig, ohne dass es von den Lehrenden bemerkt wird. Das erlernte Wortwissen wird dann nicht auf Phänomene des Alltags angewandt.

Wesentlich ist hier, dass die Schülerinnen und Schüler das Modell als Erklärungshilfe für Nicht-sehbares verstehen und nicht lediglich als sehr starke Verkleinerung der Wirklichkeit. Stoffliche Eigenschaften wie Farbe, Schmelz- und Siedetemperatur, Härte oder Glanz sind Folge der Strukturmerkmale der Molekül- oder Atomgitter und nicht Eigenschaften des kleinsten Teilchens.

Die Eigenschaften des Systems, das aus Komponenten aufgebaut ist, finden sich nicht in den einzelnen Bausteinen wieder.* Im Legomodell wird dies anschaulich: Die Bausteine haben unterschiedliche Eigenschaften wie Größe oder Farbe. Ein Haus entsteht dann erst durch Zusammenfügen unterschiedlicher kleinster Einheiten.



Als Illustration zur These, dass verschiedene Stoffe aus verschiedenen großen kleinsten Teilchen aufgebaut sind, wird häufig der Versuch zur Volumenkontraktion beim Mischen von Alkohol und Wasser durchgeführt. Scheinbar analog verhält sich das Gemisch aus Erbsen und z.B. Hirsekörnern.

Tatsächlich bewirken auch zwischenmolekulare Dipolkräfte dieses Phänomen - den Schülerinnen und Schülern wird somit bewußt eine simplifizierende Deutung nahegelegt. Andererseits weist dieser Versuch einen großen Behaltenseffekt auf, nicht zuletzt wegen seiner großen Anschaulichkeit.

Eine Entscheidung für oder gegen diesen Versuch sollte daher bewusst unter Kenntnis der fachdidaktischen Kritik erfolgen.

Abzuraten ist hingegen vom Anfärben der Wasser- oder Alkoholkomponenten zur besseren Visualisierung. Es entsteht so ein Drei- oder Vierkomponentengemisch (Wasser - Alkohol - Farbstoff - Lösemittel), das in der Regel bei der Darstellung im Modell vernachlässigt wird. Den Schülerinnen und Schülern ist dies nur schwer verständlich zu machen.

Information zu diesem Thema sind u.a. nachzulesen in:

Weniger, J. und Pfundt, H: Ein Weg zur Atomhypothese, IPN 1983

Buck, Peter: Die Teilchenvorstellung - ein Unmodell. In: Chemie in der Sch. 41 (1994) 11

Buck, Peter: Wie kann man die „Andersartigkeit der Atome“ lehren. In: Chemie in der Sch. 41 (1994) 12

Just, E.: Die Teilchenvorstellung im Anfangsunterricht und die Unterscheidung zwischen kleinsten Teilchen und Teilchenverband. In: NiU-P/C 1985/6

* Ein Regal z.B. besteht aus den Komponenten Brettern, Leitern, Verstreben. In keine Verstrebung, in keine Seitenleiter und auch nicht in ein Brett für sich kann man Bücher stellen. (Siehe Peter Buck, Chemie in der Schule 41 (1994) 12

3 Methodische Anregung: Das Phänomen Aggregatzustände

Leitfrage: Was unterscheidet Gase, Flüssigkeiten und Feststoffe?

Versuch:

Gase (Luft, Kohlenstoffdioxid, Propan o.ä.) werden im Kolbenprober aufgenommen. Man versucht, sie zusammenzupressen.

Ergebnis:

Alle Gase lassen sich zusammenpressen (entsprechend der aufgewendeten Kraft mehr oder weniger stark).

Versuch:

Eine Wasserportion (evtl. auch Brennspritus, Pflanzenöl, Glycerin o.ä.) wird mit dem Kolbenprober ohne Lufteinschlüsse aufgenommen. Der Versuch, die Flüssigkeit zusammenzupressen, gelingt nicht.

Ergebnis:

Flüssigkeiten lassen sich nicht zusammenpressen.

Schülerinnen und Schüler bringen an dieser Stelle in der Regel als Alltagserfahrung ein, dass sich auch Feststoffe nicht zusammenpressen lassen.

Versuch:

Will man veranschaulichen oder experimentell prüfen, ob unter vergleichbaren Bedingungen Feststoffe komprimierbar sind, so sollte man zugeformte Stücke bereithalten, die das zylindrische Volumen eines Kolbenprobers exakt ausfüllen. Geeignet dafür sind u.a. Knetmasse, Ton, Stangenschwefel, Paraffin, Kokosfett oder Seife.

Ergebnis:

Feststoffe lassen sich nicht komprimieren.

Weitere Phänomene zur Unterscheidung der Aggregatzustände (zu erwartende Antworten von Schülerinnen und Schülern auf die Leitfrage):

- Feststoffe kann man mit den Fingern anfassen und greifen.
- Flüssigkeiten kann man nur berühren und spüren. Gase sind überhaupt nicht greifbar.
- Flüssigkeiten und Gase müssen in Gefäßen aufbewahrt werden.
- Feststoffe sind immer sichtbar, Gase immer unsichtbar, wenn sie farblos sind.
- Feststoffe besitzen eine eigene äußere Form, die nur durch Krafteinwirkung verändert werden kann.
- Gase breiten sich in dem Raum, der ihnen zur Verfügung steht, aus und verteilen sich gleichmäßig.
- Flüssigkeiten bilden in Gefäßen eine waagerechte Oberfläche.

Bei der Aufarbeitung dieser Aussagen können einige Antworten mit kleinen Versuchen (Schülervorschläge) veranschaulicht werden, andere wiederum sind kritisch zu hinterfragen:

Hat nicht auch die Flüssigkeit Wasser eine eigene Form? → Zeitlupenaufnahmen von tropfendem und aufschlagendem Wasser

Kann man nicht auch Gase greifen und spüren? → Wind, Luftstrom, Pressluft

Sind nicht auch farblose Gase sichtbar? → flimmernde Hitze über der Straße

Ausgehend von den Beobachtungen und Erfahrungen wird nun ein Denkmodell für das Wesen der Aggregatzustände entwickelt. Schülerinnen und Schüler stellen sich vor, dass Stoffe aus kleinsten Teilchen von annähernd kugeligem Gestalt aufgebaut sind.

Vom Phänomen zur Deutung

Es genügen durchaus zwei Aussagen zur Differenzierung der drei Aggregatzustände. Im Unterrichtsgespräch werden dann die entsprechenden Aussagen auf der Modellebene formuliert und zugeordnet.

Aggregatzustand	fest	flüssig	gasig
Phänomen			
Stoffe haben eine eigene Form	ja	nein	nein
Stoffe lassen sich zusammenpressen	nein	nein	ja
Deutung			
die kleinsten Teilchen sind gegeneinander beweglich	nein	ja	ja
die kleinsten Teilchen liegen dicht an dicht	ja	ja	nein

Es wird empfohlen, die Überlegungen zum Modell durch einfache Veranschaulichungsmittel zu unterstützen. Gefäße mit grobem Sand, mit kleinen Glasperlen oder kugeligem Kunststoffgranulat regen zu weiteren Schlussfolgerungen an:

Dass sich z.B. Flüssigkeiten der Form des Gefäßes anpassen und waagerechte Oberflächen bilden, wird verständlich, da die Kügelchen frei gegeneinander beweglich sind.

Als Modell für den festen Zustand sollte ein mit Klebstoff zusammengefügtter Kugelhaufen mit einer definierbaren äußeren Form bereitgehalten werden. Gase müsste man im Teilchenmodell durch umherwirbelnde Kügelchen in einem geschlossenen Gefäß darstellen. Der Lehrmittelhandel bietet hierzu verschiedene Modelle an (Wirbelkammern u.ä.). EPS-Kügelchen in einem durchsichtigen Kunststoffzylinder erfüllen den gleichen Zweck.

Ebenso lassen sich die Phasenübergänge zwischen den Aggregatzuständen mit dem Teilchenmodell deuten:

schmelzen	Kleinste Teilchen verlieren ihre festen Bindungen zu den benachbarten Teilchen.
erstarren	Die frei beweglichen kleinsten Teilchen nehmen im räumlichen Gefüge feste Plätze ein und halten einander fest.
verdunsten / verdampfen	Die kleinsten Teilchen gehen zueinander auf Abstand, zugeführte Wärme beschleunigt den Vorgang, die kleinsten Teilchen verteilen sich im Raum.
kondensieren	Die räumlichen Abstände zwischen den kleinsten Teilchen verringern sich, bis diese dicht an dicht liegen.
sublimieren	Kleinste Teilchen verlassen in einem Schritt das feste räumliche Gefüge und gehen auf Abstand zueinander.

Im Anschluss an diese Betrachtungen müssen die kinetischen Vorgänge, die bei den entsprechenden Versuchen zur Diffusion ablaufen mit der Modellvorstellung von den kleinsten Teilchen verknüpft werden.

4 Unterrichtsschritte auf dem Weg zum Teilchenmodell

Die Ergebnisse der vorausgegangenen Versuche fasst die untenstehende Tabelle zusammen. Darüber hinaus werden zwei weitere Vorlagen zur Verfügung gestellt, auf die die Tabelle verweist.

Schema Tabellenfelder		
A	B	C
D	E	F
G	H	I
K	L	M

Von diesen beiden Vorlagen wird jeweils eine Folie gezogen. Die Leerfolie wird projiziert, die andere in 12 Teile zerschnitten. Dem Unterrichtsgang entsprechend werden die Teile nach und nach auf die Leerfolie aufgelegt.

Versuche	Folienteil
Einige Tropfen Parfüm werden auf einem Tisch in der Mitte des Raumes verteilt ==> Kurze Zeit später können alle Schülerinnen und Schüler das Parfüm riechen.	Starke Beweglichkeit der Teilchen - bei Gasen ==> Folie I
In einem kleinen Messzylinder oder Becherglas wird Wasser mit roter Pelikan-Tinte unterschichtet. Die Trennlinie wird markiert ==> Nach ca. 15 Minuten ist keine klare Trennlinie mehr zu erkennen. Nach einem Tag haben sich die Flüssigkeiten vollständig vermischt.	Schwache Beweglichkeit der Teilchen - bei Flüssigkeiten ==> Folie H
Man legt zwei verschiedene Metallwürfel deckungsgleich aufeinander ==> Es findet keine Vermischung statt.	Fast keine Beweglichkeit der Teilchen - bei Festkörpern ==> Folie G
Auf ein Zehnpfennigstück sollen die Schüler mit einer Pipette möglichst viele Tropfen aufbringen. Alternativ: Ein Glas wird über den Rand mit Wasser gefüllt ==> Wieso läuft das Wasser nicht über?	Schwache Anziehungskräfte zwischen den Teilchen - bei Flüssigkeiten ==> Folie B
Ein Stück Holz oder Kunststoff wird zerbrochen ==> Warum ist so viel Kraft notwendig? Alternativ: Ein Nagel wird in festes und flüssiges Paraffin gedrückt.	Starke Anziehungskräfte zwischen den Teilchen - bei Festkörpern ==> Folie A
Mit Hilfe einer Luftpumpe oder eines Kolbenprobers wird Luft komprimiert ==> Der Kolben lässt sich weit hineindrücken.	Große Abstände zwischen den Teilchen - bei Gasen ==> Folie F
Rückschlüsse aus Folien I und F: Gase nehmen jeden verfügbaren Raum ein.	Keine wirksamen Anziehungskräfte - bei Gasen ==> Folie C
Ein Kolbenprober wird mit Wasser gefüllt ==> Die Flüssigkeit lässt sich nicht komprimieren.	Die Teilchen liegen dicht an dicht - bei Flüssigkeiten ==> Folie E
Ein zylindrischer Festkörper oder ein Pulver kommt in den Kolbenprober ==> Festkörper lassen sich nicht komprimieren.	Die Teilchen liegen dicht an dicht - bei Festkörpern ==> Folie D
Auf je ein Urglas gibt man einen Tropfen einer gesättigten Lösung von Kochsalz und Kaliumpermanganat ==> Mit Hilfe eines Mikro- oder Overheadprojektors kann man die Kristallbildung beobachten.	Die Teilchen sind häufig regelmäßig angeordnet - bei Festkörpern ==> Folie K
Rückschlüsse aus Folien B, E und H	Veränderliche, regellose Anordnung der Teilchen - bei Flüssigkeiten ==> Folie L
Rückschlüsse aus Folien C, F und I	Die Teilchen sind völlig ungeordnet

- bei Gasen ==> Folie M

Der Aufbau der Materie	im festen Zustand	im flüssigen Zustand	im gasigen Zustand
<i>Anziehungskräfte der Teilchen untereinander</i>			
<i>Gruppierung der Teilchen</i>			
<i>Beweglichkeit der Teilchen</i>			
<i>Anordnung der Teilchen</i>			

<p>Starke Anziehungskräfte zwischen den Teilchen</p> <p><i>(Kraftaufwand beim Zerschneiden eines Festkörpers, z.B.: Glas, Holz)</i></p>	<p>Schwache Anziehungskräfte zwischen den Teilchen</p> <p><i>(Tropfenbildung beim Wasser)</i></p>	<p>Keine wirksamen Anziehungskräfte zwischen den Teilchen</p> <p><i>(Gase nehmen jeden verfügbaren Raum ein)</i></p>
<p>Die Teilchen liegen dicht an dicht</p> <p><i>(Feststoffe lassen sich nicht komprimieren)</i></p>	<p>Die Teilchen liegen dicht an dicht</p> <p><i>(Flüssigkeiten lassen sich nicht komprimieren)</i></p>	<p>Große Abstände zwischen den Teilchen</p> <p><i>(Komprimierbarkeit von Gasen; Luftpumpe, Kolbenprober)</i></p>
<p>Sehr geringe Beweglichkeit; Teilchen schwingen (vibrieren) auf der Stelle</p> <p><i>(Aufeinandergelegte Feststoffe vermischen sich nicht)</i></p>	<p>Beweglichkeit der Teilchen (langsame Bewegung), Verschiebbarkeit untereinander</p> <p><i>(Selbstvermischung von Flüssigkeiten, z.B.: Diffusion von Tinte und Wasser)</i></p>	<p>Teilchen bewegen sich mit hoher Geschwindigkeit</p> <p><i>(Ausbreitung von Gerüchen, von Parfüm u.ä.)</i></p>
<p>Unveränderliche, häufig regelmäßige Anordnung der Teilchen</p> 	<p>Veränderliche, regellose Anordnung der Teilchen</p> 	<p>Völlig ungeordnete, sich ständig verändernde Anordnung der Teilchen</p> 

5 Methodische Anregung: Typisierung von Gemischen mit dem Teilchenmodell*

Aus den Betrachtungen der Aggregatzustände eines Stoffes und ihrer Übergänge sind den Schülerinnen und Schülern die Darstellungen im Teilchenmodell bekannt. Gemische lassen sich analog beschreiben, wenn man als Vereinbarung festhält:

- Ein Stoff (Element oder Verbindung) besteht aus gleich großen, kugelförmigen kleinsten Teilchen,
- im festen Aggregatzustand existiert eine regelmäßige Nahordnung,
- im flüssigen Zustand sind die kleinsten Teilchen „in Kontakt“, aber unregelmäßig verteilt,
- im gasförmigen Zustand stellen wir uns die kleinsten Teilchen weit voneinander und unregelmäßig verteilt vor.

Zwischenmolekulare Kräfte und Teilchenbeweglichkeit sind auf der Ebene der Gemische nur dann von Bedeutung, wenn der Lösungsvorgang gedeutet werden soll.

Wie aus den Beispielen auf dem folgenden Übungsblatt hervorgeht, werden Gemischtypen über den Aggregatzustand der Bestandteile definiert. Dies setzt hohes Abstraktionsvermögen der Schülerinnen und Schüler voraus, zeigt aber langfristige Behaltenseffekte:

1. Die Begriffe der Gemischtypen werden **visuell** mit einer Modellvorstellung verknüpft. Im zweiten Halbjahr kann bei der Erarbeitung der chemischen Reaktion - als Beispiel sei hier die häufig schwierige Unterscheidung von Sauerstoff, gelöst in Wasser, und Sauerstoff als Verbindungsteilchen im Molekül Wasser genannt - die Darstellung im Teilchenmodell aufgegriffen und fortgeführt werden.
2. Es bietet sich die Möglichkeit, als Übung eine spielerische Form zu wählen, die motivierend wirkt und über die starke Formalisierung hinweghilft. Z.B. können die Bilder der Modelle als Overheadfolie gezeigt werden (Vorgaben A, B, ...), die Schülerinnen und Schüler sollen dann im Gruppenwettbewerb die Namen zuordnen (Vorgaben 1, 2, ...).

Wann auch immer die Typisierung von Stoffgemischen erfolgt, sei es im inhaltlichen Kontext zum Teilchenmodell oder zur Trennung von Stoffgemischen, lassen sich bildhafte Veranschaulichungen der submikroskopischen Verhältnisse besonders gut einsetzen.

Eine Unterscheidung der Gemische nach homogen und heterogen wurde hier nicht vorgenommen, da sie im Teilchenmodell nicht von Bedeutung ist. In der Auswahl der Gemischtypen im Arbeitsblatt wurde auf ausgefallene Modelle, wie z.B. für Gele und für schwer typisierbare Stoffe wie Glas verzichtet.

Folgende Substanzen sollte man sich als Anschauungsmittel für Gemischtypen ständig bereithalten:

Nebel	Sprühflasche mit Wasser
Rauch	Räucherstäbchen
Emulsion	Öl / Wasser
Suspension	Gipsaufschlammung
Lösung	Tee
Gasgemisch	Luft
Legierung	Messing, Stahl
Schaum	Seifenblasen
Schaumstoff	Styropor
Feststoffgemenge	Granit
<i>Gel</i>	<i>Nagellack, Pudding</i>

* empfohlen für den gymnasialen Bildungsgang

Arbeitsblatt: Übungen zum Teilchenmodell für Gemische Teil 1

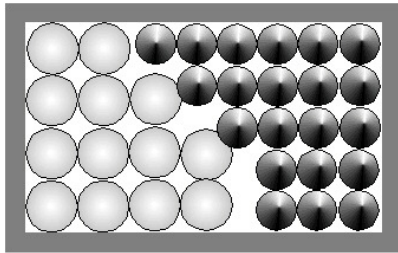
Schneide die Modellbilder aus und klebe sie an die richtige Position.

Zur Erinnerung:

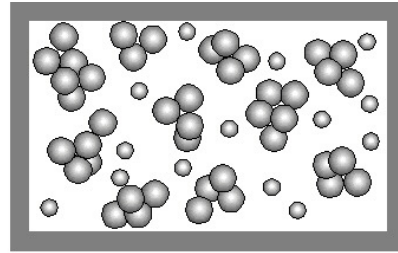
- Rauch:** Feststoff in einem Gas
- Nebel:** Flüssigkeit in einem Gas
- Legierung:** Feststoff „gelöst“ in einem Feststoff
- Suspension:** Feststoff in einer Flüssigkeit
- Gemenge:** Feststoff in einem Feststoff
- Gasgemisch:** Gas in Gas
- Emulsion:** Flüssigkeit in einer Flüssigkeit
- Schaum:** Gas in einer Flüssigkeit
- Lösung:** Feststoff oder Flüssigkeit in einer Flüssigkeit

1 Emulsion	2 Nebel	3 Rauch
4 Suspension	5 Lösung	6 Legierung
7 Gemenge	8 Gasgemisch	9 Schaum

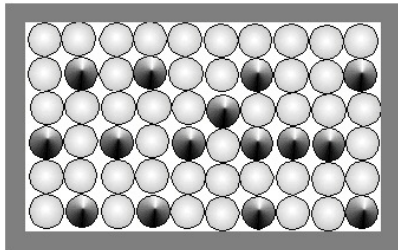
Übungen zum Teilchenmodell für Gemische Teil 2



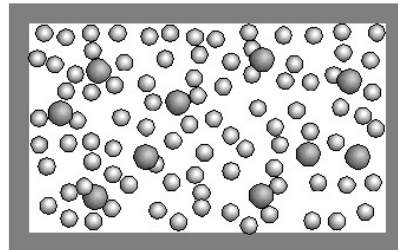
A



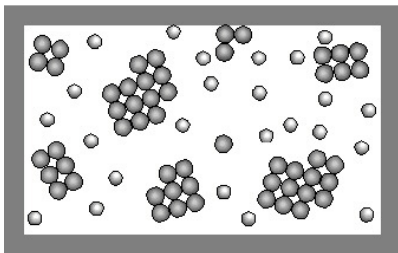
E



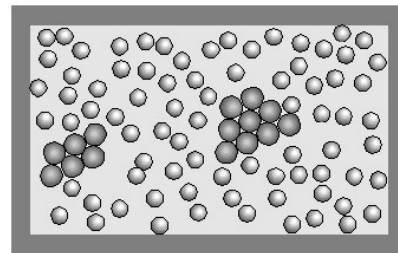
D



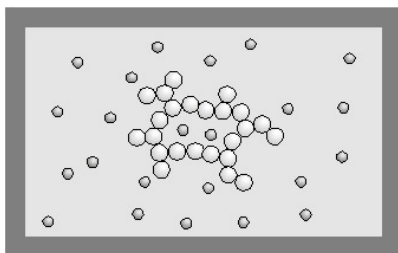
H



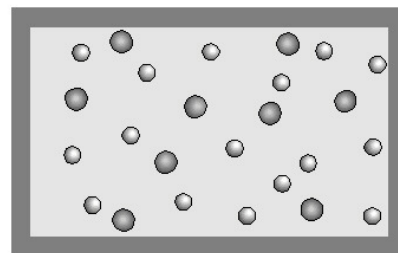
B



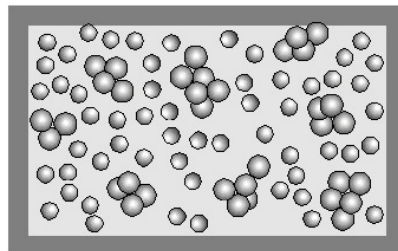
C



G



I



F