

《分子动理论的基本内容》

分子动理论的基本内容



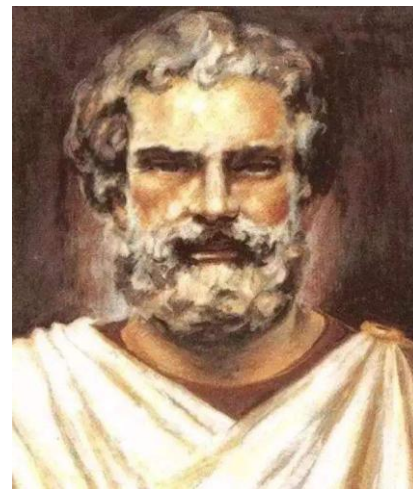
暮春时节，金黄的油菜花铺满了原野。你有没有想过，为什么能够闻到这沁人心脾的香味呢？

古代的自然观



中国古代的自然观，以老子为代表

道生一，一生二，二生三，三生万物，世界万物的都是由“道”组成。



万物的本原是原子与虚空。原子是一种最后的不可再分的物质微粒。世界万物都是由在虚空中运动着的原子构成。

西方古代的自然观，以德谟克利特为代表

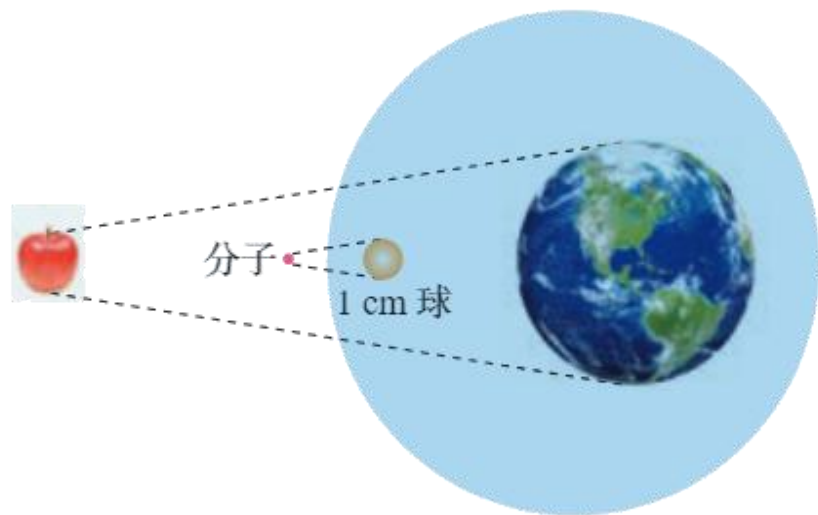
现代认识

化学中讲的分子是：具有各种物质的化学性质的最小微粒。

实际上构成物质的单元是多种多样的，或是原子（如金属）或是离子（盐类）或是分子（如有机物）。

在热学中，由于原子、离子、分子这些微粒做热运动时遵从相同的规律，通常统称为分子。

分子的大小

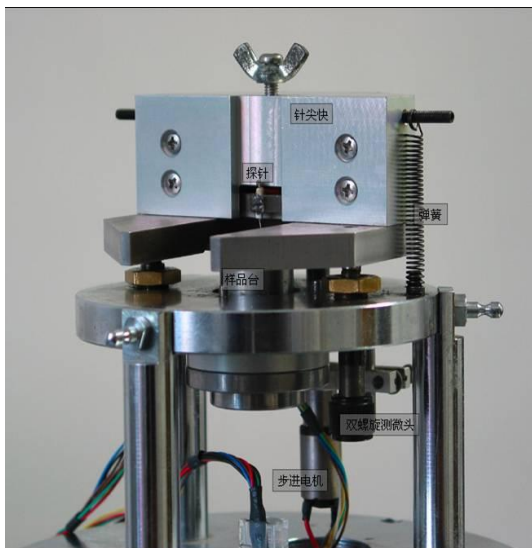


如果我们把地球的大小与一个苹果的大小相比，那就相当于将直径为1 cm的球与分子相比。可见，分子是极其微小的。

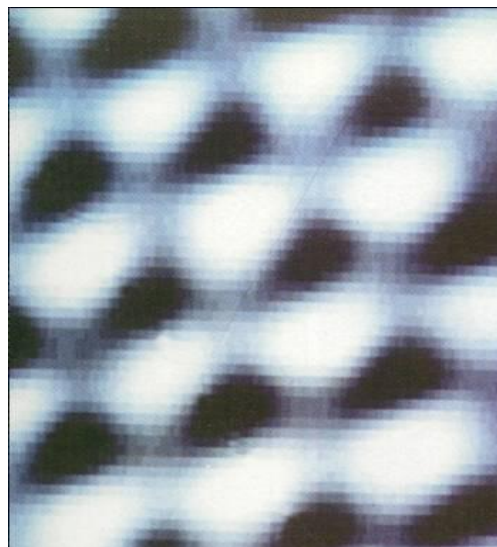
人们用肉眼无法直接看到分子，就是用高倍的光学显微镜也看不到。直到1982年，人们研制了能放大几亿倍的**扫描隧道显微镜**，才观察到物质表面原子的排列。

扫描隧道显微镜

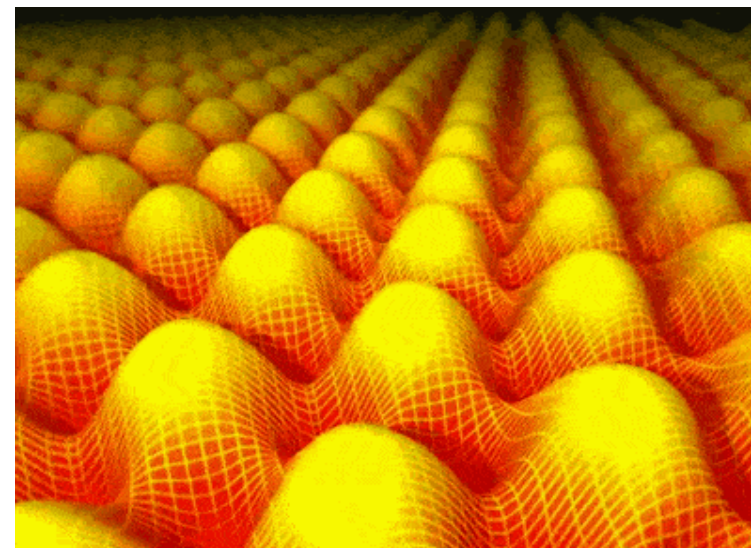
我国科学家用扫描隧道显微镜拍摄的石墨表面原子的排布图，图中的每个亮斑都是一个碳原子。



扫描隧道显微镜



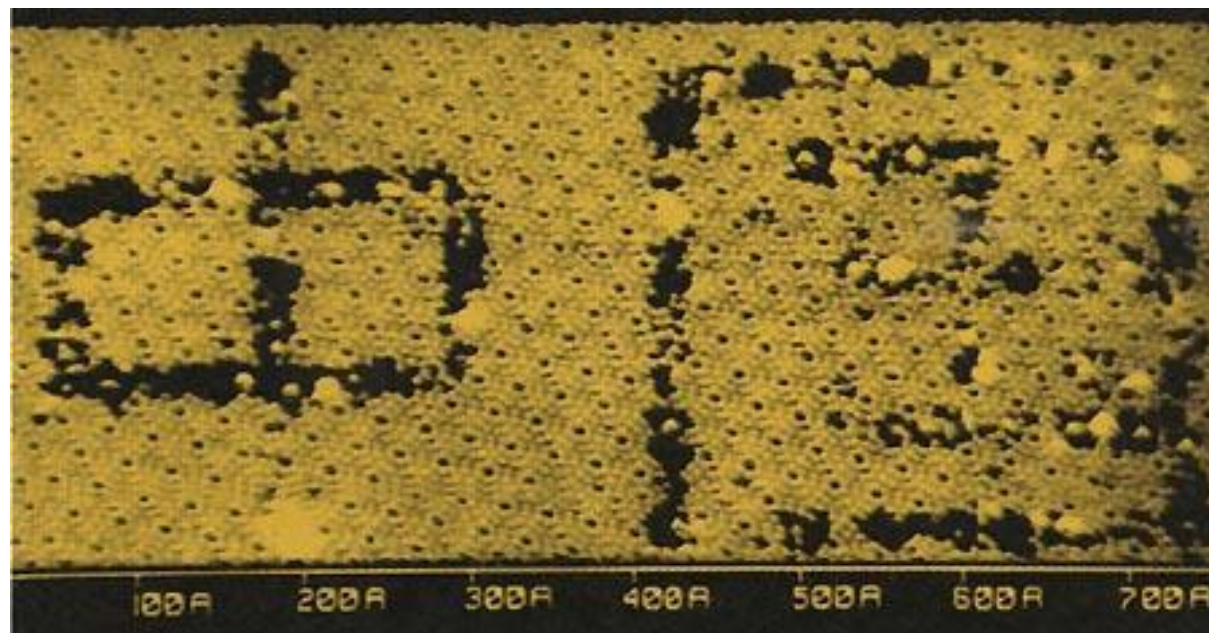
石墨表面原子的排布图



扫描隧道显微镜下的硅片表面原子的图像

扫描隧道显微镜

我国科学家在1993年首次利用超真空扫描隧道显微镜技术，在一块晶体硅的表面直接移动硅原子写下了“中国”两字。

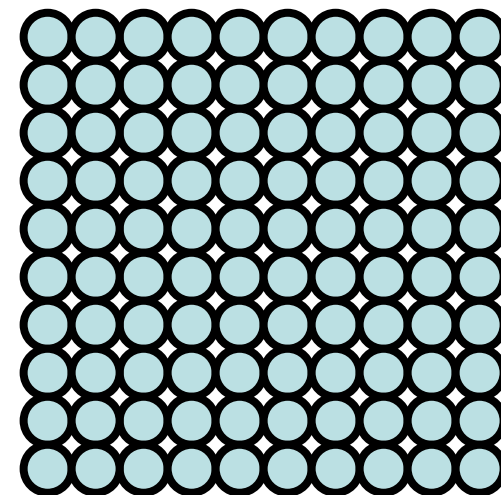
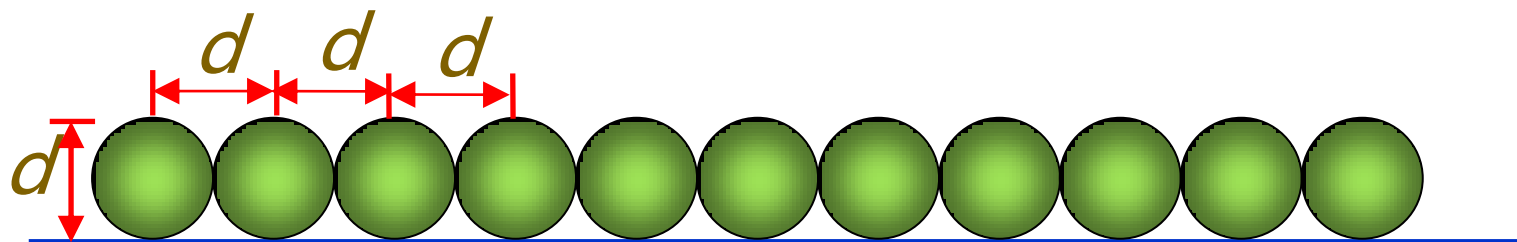


分子的大小

固体、液体



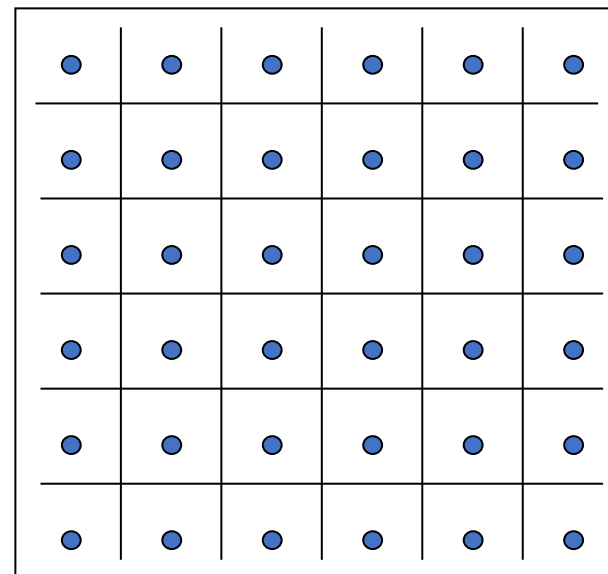
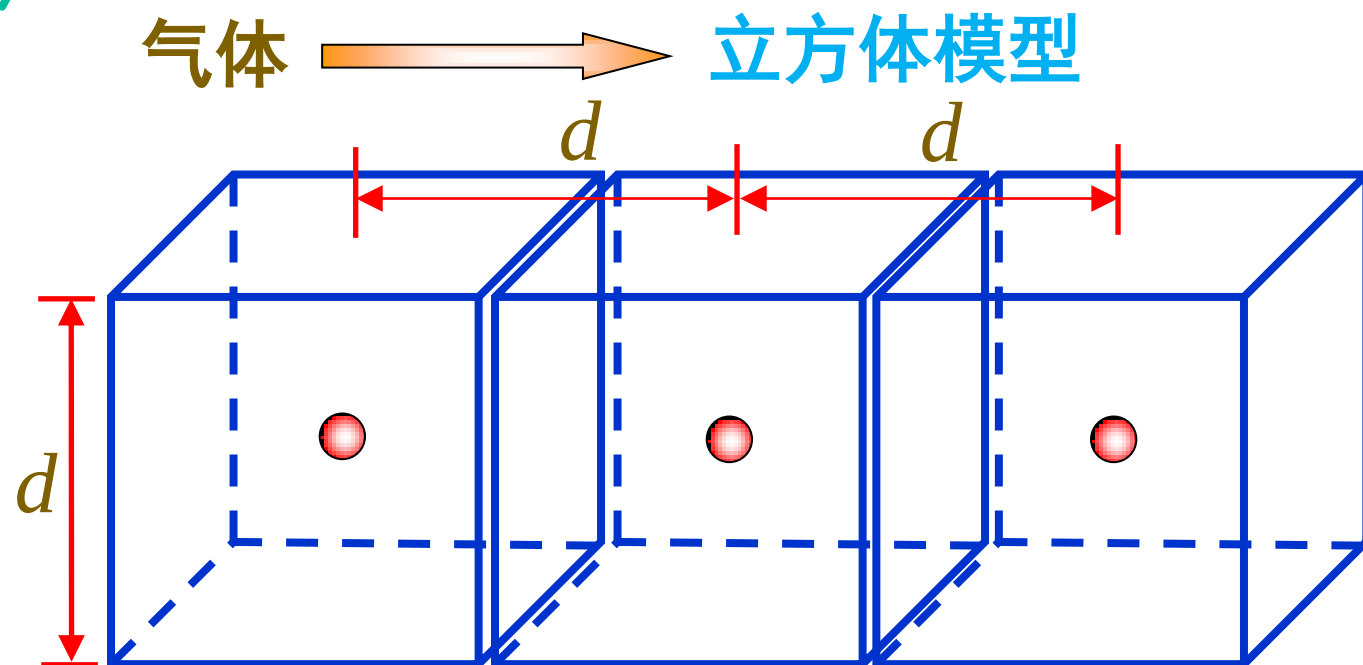
小球模型



在计算**固体**和**液体**分子大小时，看成一个近似的物理模型，**一般**可把分子看成是一个小球，小球紧密排列在一起（忽略小球间的空隙）。则：

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2}\right)^3 \longrightarrow d = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}}$$

分子的大小



立方体模型：把每个分子和其占有的空间当作一个小立方体，气体分子位于每个立方体的中心，这个小立方体的边长等于分子间的平均距离。即：

$$V = d^3 \longrightarrow d = \sqrt[3]{V}$$

气体分子间的平均距离

分子宏观量与微观量的关系

宏观量

物质的质量 m

物质的摩尔质量 M_{mol}

物质的体积 V

物质的摩尔数 n

物质的密度 ρ

物质的摩尔数 n

阿伏伽德罗常数 N_A

单分子质量 m_0

分子体积 V_0

分子的直径 d

分子数 N

阿伏伽德罗常数 N_A

- (1)定义：1 mol的任何物质都含有相同的粒子数.
- (2)数值： $N_A=6.02 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$
- (3)意义：是微观世界的一个重要常数，是联系微观物理量和宏观物理量的桥梁.

微观 $\xrightleftharpoons[\text{桥梁}]{N_A}$ 宏观

标况下气体摩尔体积

$$V_A=22.4\text{L/mol}$$

常见的重要关系式

①分子的质量:

②分子的体积

③物体所含的分子数:

④阿伏加德罗常数:

⑤气体分子间的平均距离:

⑥固体、液体分子直径:

⑦物质的量:

若是气体: V_0 是气体分子所占空间

(V_0 为气体分子所占据空间的体积)

分子动理论的基本内容

水的分子量是 18 g mol^{-1} ，水的密度 $\rho=1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，阿伏加德罗常数 $N_A=6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ，结果均保留两位有效数字，则：

(1) 水的摩尔质量 $M=$ _____ g mol^{-1} 或 $M=$ _____ kg mol^{-1} ，水的摩尔体积 $V_{\text{mol}}=$ _____ $\text{m}^3 \text{ mol}^{-1}$ 。

(2) 水分子的质量 $m_0=$ _____ kg ，水分子的体积 $V'=$ _____ m^3 。

(3) 36 g水中所含水分子个数 $N=$ _____个。

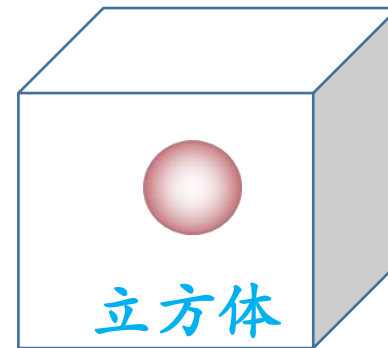
(4) 1 cm^3 水中所含水分子个数 $N'=$ _____个。

特别提醒

(1) 不论把分子看成球体还是看成立方体, 都只是一种简化的模型, 是一种近似的处理方法。由于建立的模型不同, 得出的结果稍有不同, 但分子直径的数量级都是 10^{-10}m 。



球体



立方体

(2) 分子体积 V_0 的意义: $V_0 = \frac{V_{mol}}{N_A}$ 对于固体和液体指分子的体积, 对于气体则指每个分子所占据空间的体积。

一般分子的质量的数量级为 10^{-26}kg

扩散

- (1) 定义：不同物质相互接触时能够彼此进入对方的现象叫做扩散。
- (2) 引起扩散的原因：是物质分子的无规则运动产生的。

想一想

气体和液体都可以发生扩散现象，
固体之间可以发生扩散现象吗？



扩散特点

①物质处于气态、液液、固态都能够发生扩散现象。

②温度越高，扩散现象越明显。

③浓
的分
时，

扩散现象可以反映分子的无规则运动，还有其
他什么现象也可以反映分子的无规则运动呢？

扩散意义：直接证明组成物质的分子在不停地运动着。

扩散应用：在纯净半导体材料中掺入其他元素。



扩散



用显微镜观察炭粒的运动

取1滴用水稀释的碳素墨汁，滴在载玻片上，盖上盖玻片，放在高倍显微镜下观察小炭粒的运动情况。调节显微镜的放大倍数，如调节至400倍或1000倍，观察悬浊液中小炭粒的运动情况。目镜中观察的结果可以通过显示器呈现出来。

改变悬浊液的温度。重复上述操作，观察悬浊液中小炭粒的运动情况。

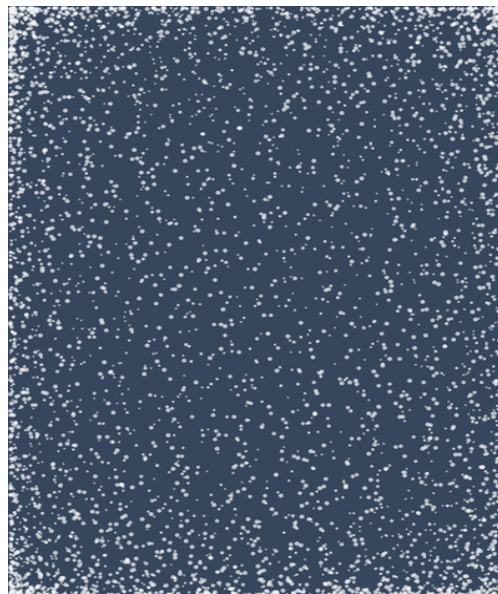


用显微镜观察炭粒的运动

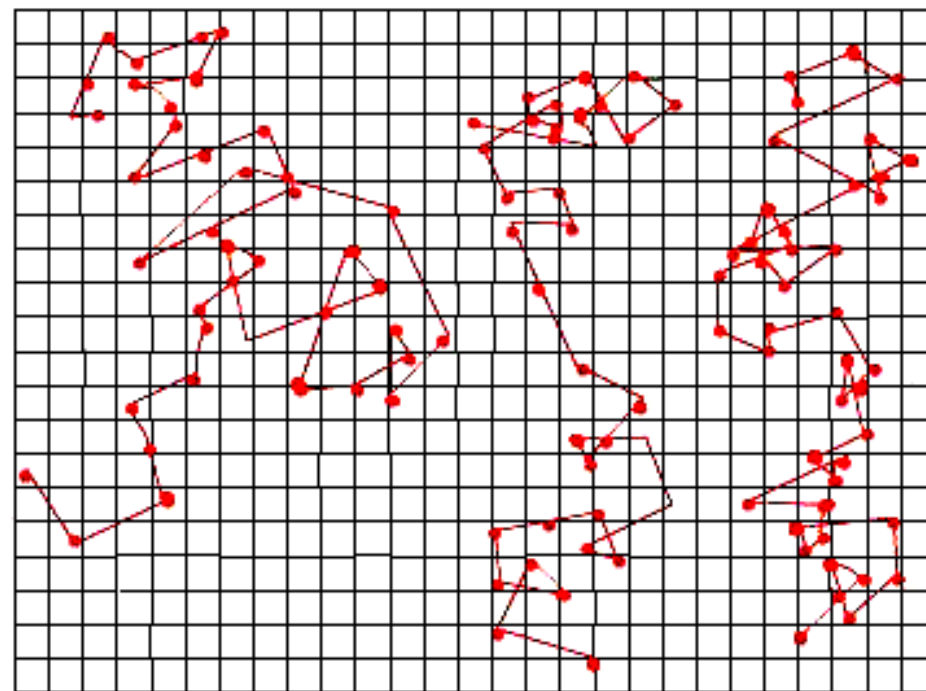
每隔30s记下**三颗微粒**运动的位置，用折线分别依次连接这些点



布朗



显微镜下看到的微粒



(1)图中折线是否为炭粒的运动径迹？

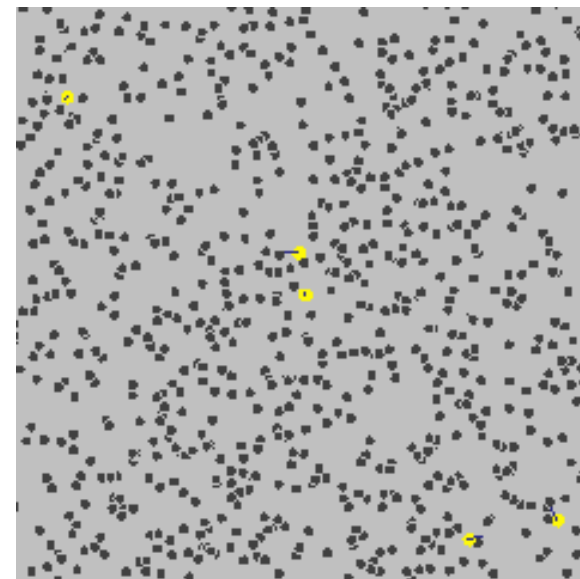
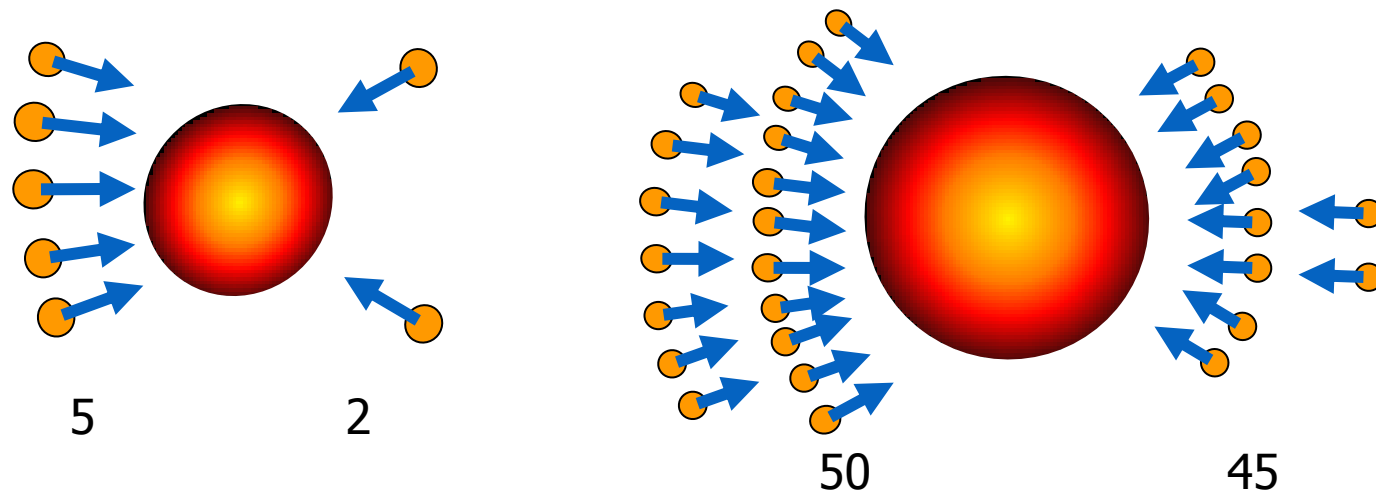
只是几个时刻的位置的连线

(2)能否预测炭粒下一时刻的位置？

无规则

布朗运动的影响因素——颗粒大小

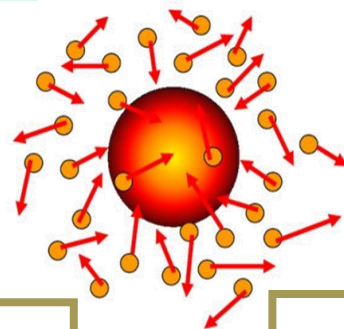
为什么颗粒越大运动越不明显？



颗粒越小 → 每一瞬间受到液体分子撞击的数目少 → 受力极易不平衡

颗粒越大 { 同时跟它撞击的分子数多 → 受力的平均效果互相平衡
质量大，惯性大 → 运动状态难改变

布朗运动的影响因素



颗粒小

温度高

瞬间与微粒撞击的分子数越少

液体分子运动越激烈

撞击作用的的不平衡性越明显

对布朗微粒撞击频率和强度越高

布朗运动越明显

颗粒越小，布朗运动越明显；温度越高，布朗运动越明显

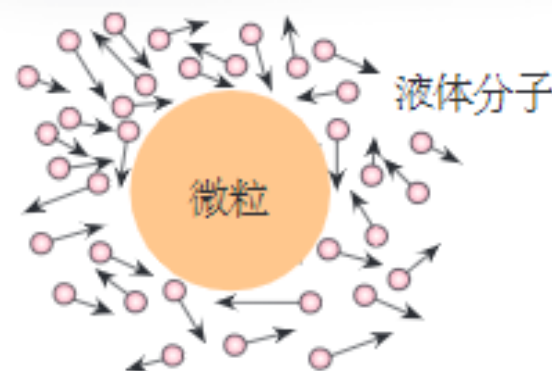
布朗运动

悬浮在液体（或气体）中的微小颗粒永不停息地无规则运动。

(1)特点

宏观颗粒

- ①布朗运动永不停息。
- ②微粒越小，布朗运动越明显。
- ③在任何温度下都会发生，温度越高，布朗运动越明显。



(2)原因：大量液体（或气体）分子对悬浮微粒撞击作用的不平衡性造成的。

(3)意义：间接地反映了液体（或气体）分子运动的无规则性。

布朗运动与扩散现象的区别与联系

	布朗运动	扩散现象
区别	固体颗粒足够小，悬浮在气体或液体中.	两种不同物质相互接触，彼此进入对方.
	温度高低，颗粒大小.	温度高低，物质的密度差，溶液的浓度差.
	是液体或气体分子无规则运动的反映.	是物质分子的无规则运动.
联系	它们都(间接或直接)证明了分子在永不停息地做无规则运动	

扩散现象是分子运动的直接证明；布朗运动间接证明了液体分子的无规则运动。

热运动

(1)定义：把分子永不停息地做无规则运动叫热运动。

(2)特点：{ 永不停息
无规则
温度越高，热运动越激烈

(3)说明

①布朗运动是热运动的宏观体现，热运动是布朗运动的微观本质。

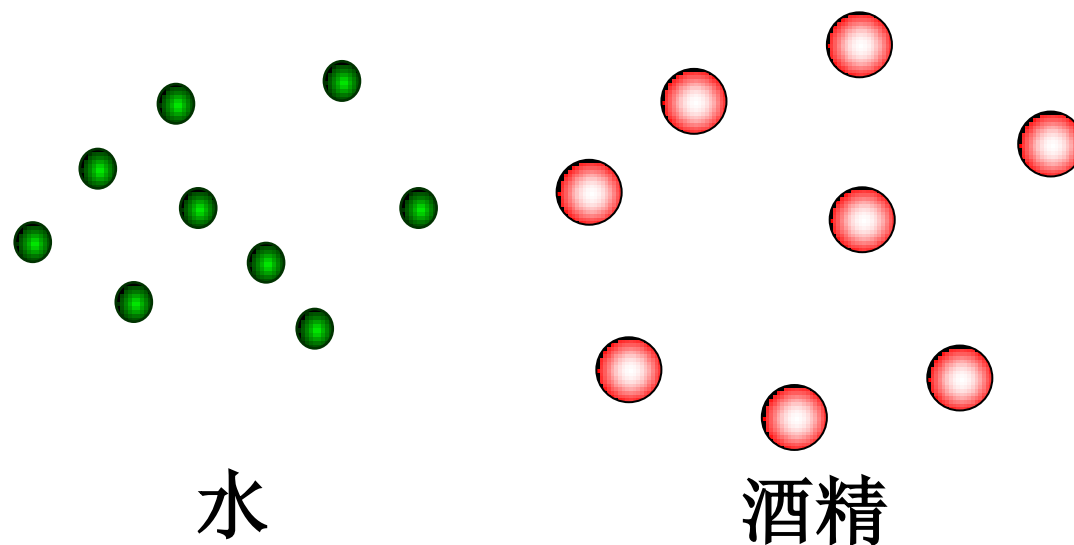
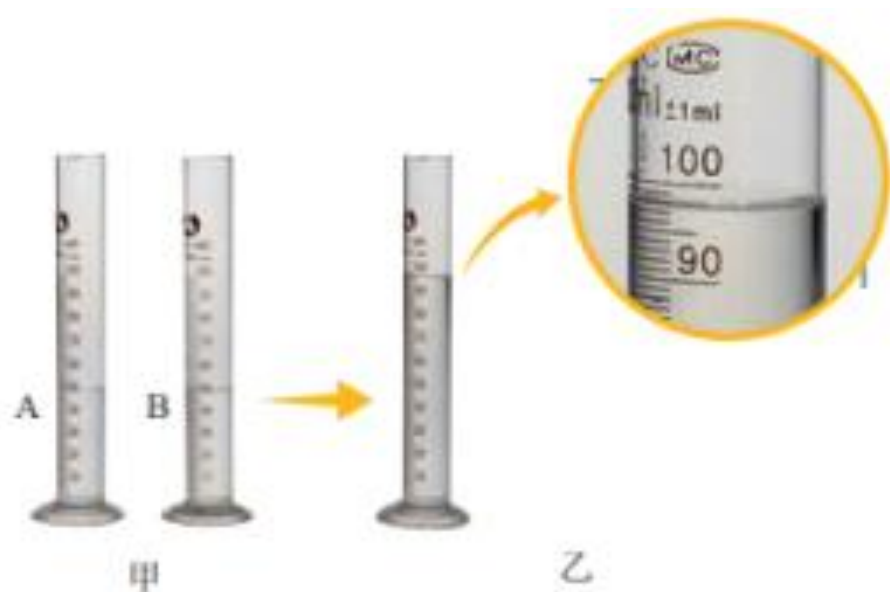
②布朗运动是热运动的间接反映，扩散现象是热运动的直接反映。

关于布朗运动和扩散现象，下列说法中正确的是（ C ）

- A. 布朗运动和扩散现象都能在气体、液体、固体中发生
- B. 布朗运动和扩散现象都是分子运动
- C. 布朗运动和扩散现象都是温度越高越明显
- D. 布朗运动和扩散现象都可以用肉眼直接观察

分子间的空隙

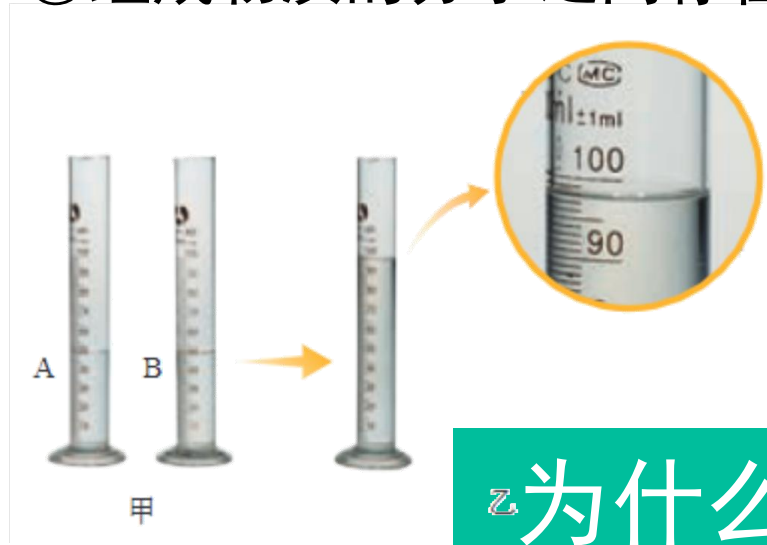
向A、B两个量筒中分别倒入50ml的水和酒精，然后再将A量筒中的水倒入B量筒中，观察混合后液体的体积。它说明了什么问题？



总体积变小 → 说明液体分子间存在着空隙

分子间的空隙

①组成物质的分子之间存在**间隙**



甲
总体积变小



金铅块扩散



气体易压缩

乙 为什么物质能聚集在一起？

固体和液体的分子间隙较小

气体分子的间隙大

②分子之间存在着相互作用力

拉伸物体需要用力.

把两块纯净的铅压紧，
两块铅就合在一起。

引力作用

压缩物体要用力

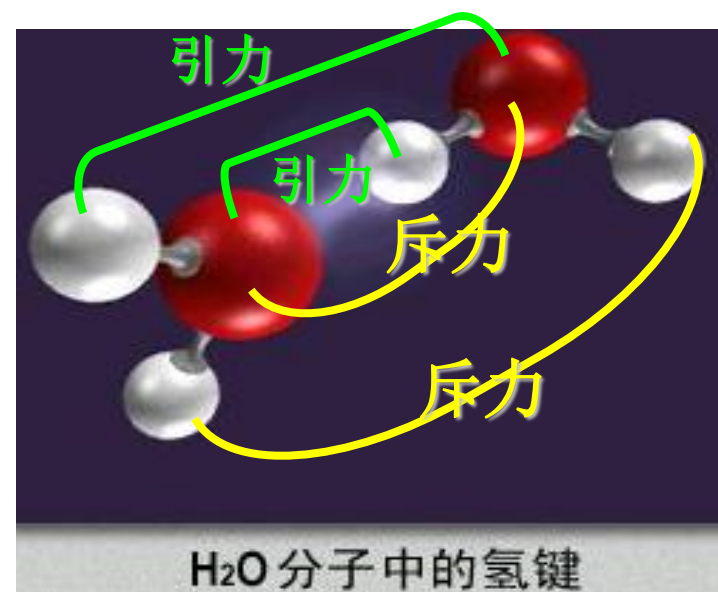
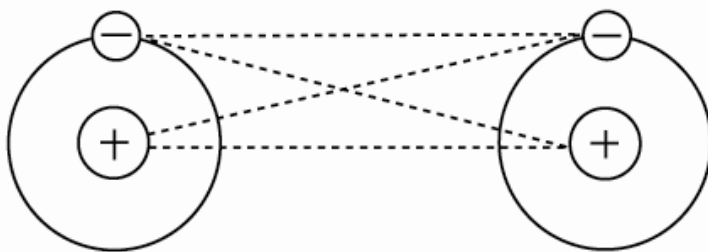
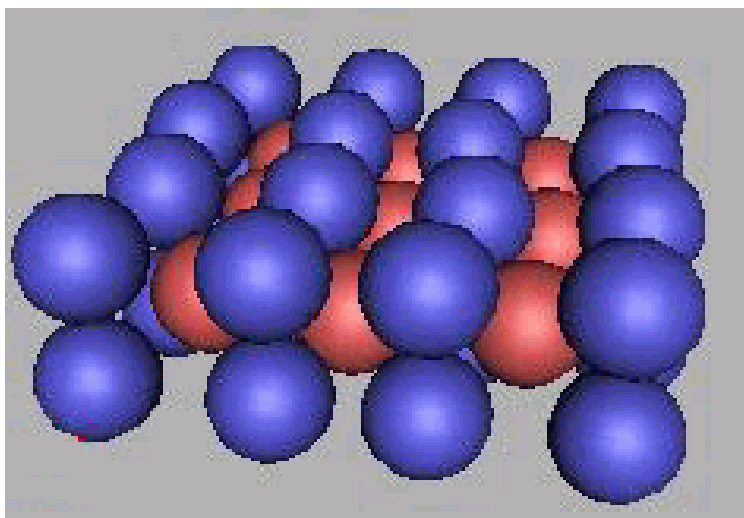
固体和液体的体积很难被压缩

斥力作用

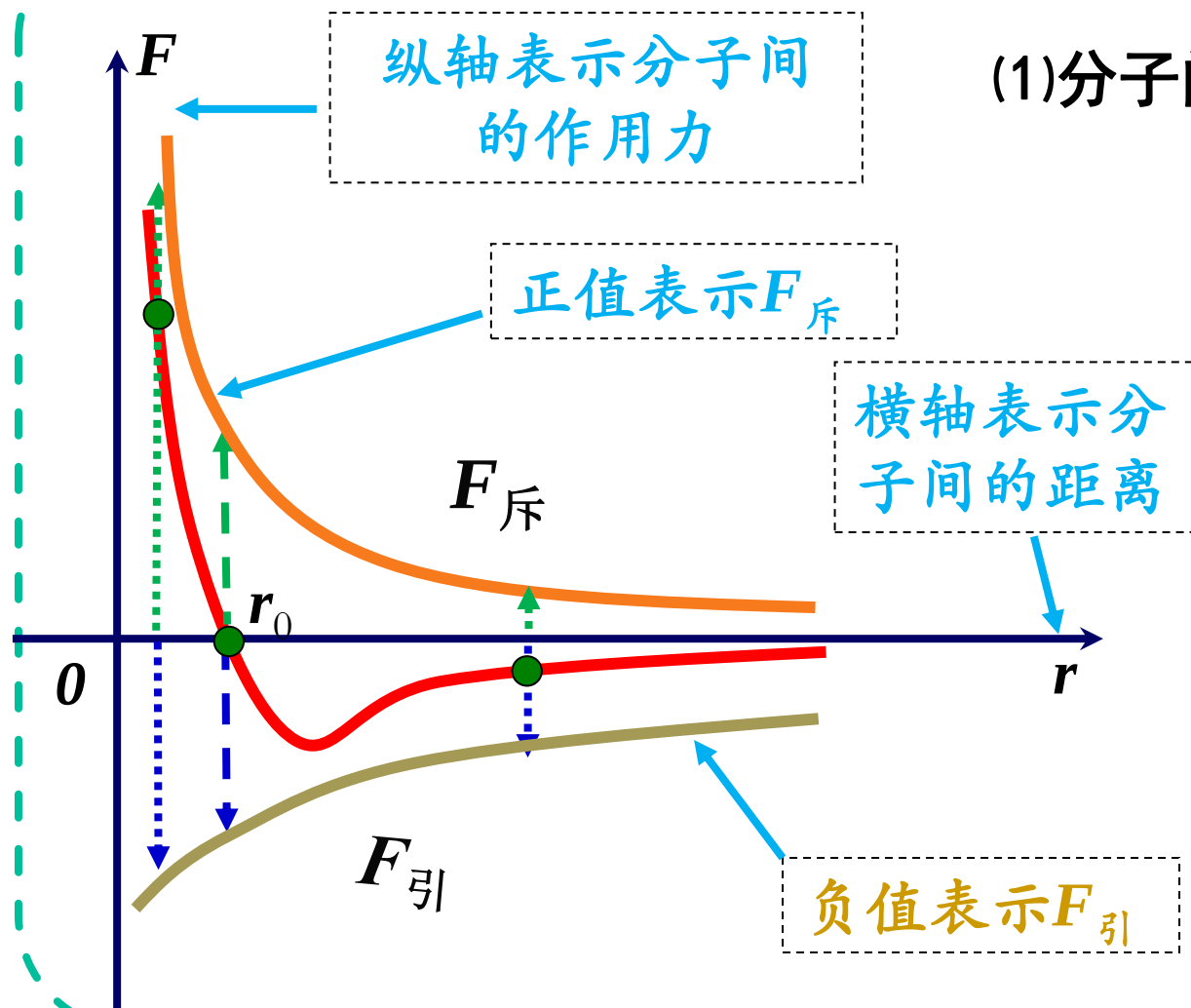
综上所述：分子间引力和斥力是同时存在的！

引起分子间相互作用力的原因

分子是由原子组成的. 原子内部有带正电的原子核和带负电的电子. 两原子的电子与电子间, 原子核与原子核间存在斥力; 两原子中的电子与原子核间存在引力, 故分子间作用力是电子、原子核间的库仑力 (电磁力) 的总体体现. 而库仑力的大小与电荷间距有关, 显然, 分子间作用力跟分子间的距离有关.



分子间引力和斥力的变化规律



(1) 分子间引力和斥力随分子间距的变化曲线

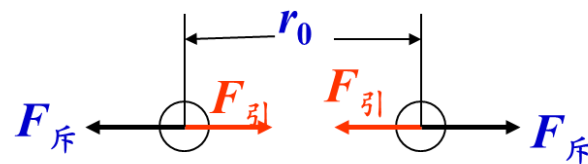
① 分子间的引力和斥力都随分子间的距离增大而减小，但斥力比引力变化更快。

② 分子间的引力和斥力同时存在，实际表现出来的分子力是分子引力和斥力的合力（分子力）。

分子间引力和斥力的变化规律

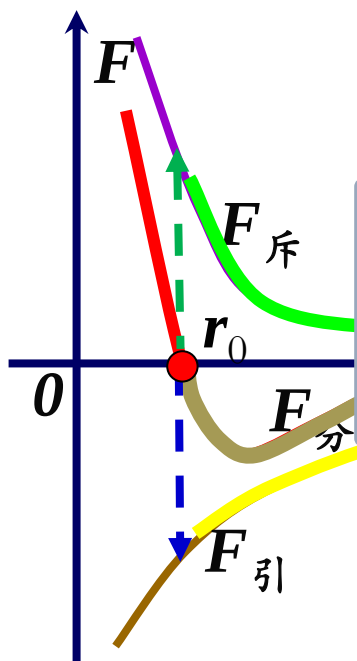
(2) 分子力随分子间距的变化规律

① 当 $r=r_0=10^{-10}\text{m}$ 时, $F_{\text{引}}=F_{\text{斥}}$, 分子力 $F_{\text{分}}=0$, 分子处于**平衡状态**。

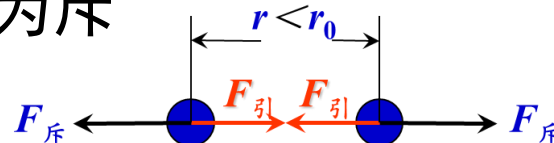


② 当 $r>r_0$ 时, $F_{\text{斥}}<F_{\text{引}}$, 分子力表现为引力。随

分子间作用力是带正电的原子核和带负电的电子的相互作用引起的。



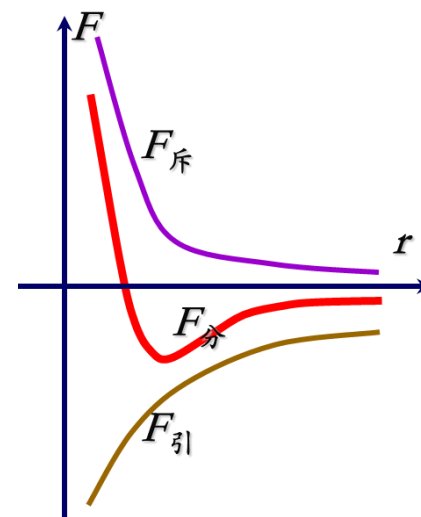
③ 当 $r<r_0$ 时, $F_{\text{斥}}>F_{\text{引}}$, 分子力表现为斥力。随 r 的减小, 分子力增大。



④ 当 $r>10r_0$ (10^{-9}m) 时, 分子力等于0。

有两个分子，设想它们之间相隔10倍直径以上的距离，逐渐被压缩到不能再靠近的距离，在这过程中，下面关于分子力变化的说法正确的是(**CD**)

- A. 分子间的斥力增大，引力变小；
- B. 分子间的斥力变小，引力变大；
- C. 分子间的斥力和引力都变大，但斥力比引力变化快；
- D. 分子力从零逐渐变大到某一数值后，逐渐减小到零，然后又从零逐渐增大到某一数值.



当两个分子间的距离为 r_0 时，正好处于平衡状态，下列关于分子间作用力与分子间距离的关系说法正确的是（ **D** ）

- A. 当分子间的距离 $r < r_0$ 时，它们之间只有斥力作用
- B. 当分子间的距离 $r = r_0$ 时，分子不受力
- C. 在分子间的距离从 $0.5r_0$ 增大到 r_0 的过程中，分子间相互作用力的合力先减小再增大
- D. 在分子间的距离从 r_0 增大到 $10r_0$ 的过程中，分子间相互作用力的合力先增大再减小

分子动理论的内容

把物质的热学性质和规律看作微观粒子热运动的宏观表现。

- ①物体是由大量分子组成的
 - ②分子在做永不停息的无规则热运动
 - ③分子间存在着相互作用的引力和斥力
1. 分子动理论的内容：
2. 从总体来看，大量分子的运动却有一定的规律，这种规律叫做统计规律。

物体是由大量分子组成，这些分子没有统一运动步调，对于单个的分子而言，分子运动方向和速率大小都具有偶然性，但是对于大量的分子却表现出规律性。这种由大量偶然事件的整体表现出来的规律，叫做统计规律。如本章第3节我们将研究分子运动速率的分布规律（统计规律）。

分子动理论的内容

在热学研究中常常以这样的基本图像为出发点，把**物质的热学性质和规律**看做**微观粒子热运动的宏观表现**。这样建立的理论是一种微观统计理论，叫做**分子动理论**。

热学

热现象的宏观理论——研究热现象一般规律，不涉及热现象微观解释（热力学）

热现象的微观理论——从分子动理论的角度来研究宏观热现象的规律（统计物理学）

分子动理论

物体是由大量
分子组成的

分子热运动

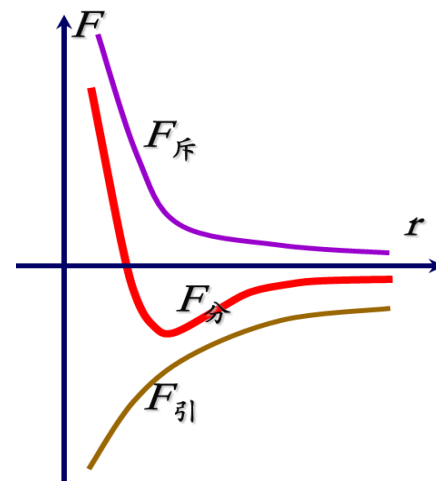
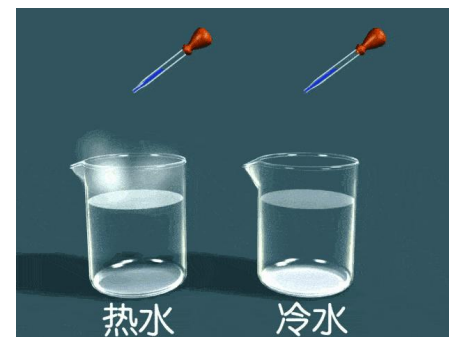
分子间的作用力

扩散现象

布朗运动

分子引力

分子斥力



有关分子动理论，下列说法正确的是（ **D** ）

- A. 布朗运动就是分子的无规则运动
- B. 分子运动时的瞬时速度不可能为零
- C. 空气中PM2.5的无规则运动属于分子的热运动
- D. 墨滴入水，扩而散之，徐徐混匀，该现象能够说明水分子和炭粒都做无规则运动