



普通高中课程标准实验教科书

物理

(选修 1-2)

广东基础教育课程资源研究开发中心物理教材编写组 编著



普通高中课程标准实验教科书

物理

(选修1-2)

W U L I

主 编: 保宗悌

副 主 编: 布正明 王笑君

本册主编: 李 铭

本册编者: 王笑君 布正明 张红梅 李 铭

 李德安 郑慧娜 周 霓 保宗悌

(以姓氏笔画为序)

绘 图: 李德安

普通高中课程标准实验教科书

物 理

(选修 1-2)

广东基础教育课程资源研究开发中心

物理教材编写组 编著

*

广东教育出版社出版

(广州市环市东路472号12-15楼)

邮政编码: 510075

网址: <http://www.gjs.cn>

广东省新华书店发行

东莞市篁村蚝江印刷厂印刷

(东莞市莞太路蚝江)

890毫米×1240毫米 16开本 4.75印张 95 000字

2005年7月第1版 2006年7月第3次印刷

ISBN 7-5406-5895-9/G·5233

定价: 5.57元

著作权所有·请勿擅用本书制作各类出版物·违者必究

如有印装质量或内容质量问题, 请与我社联系。

联系电话: 020-87613102

前言

我们周围的各种大大小小的物体，包括土地、山川、树木、动物，以及我们自己的身体等等，构成了琳琅满目、多姿多彩的物质世界。这些宏观物体都是由大量的分子组成的，它们拥有的分子数目通常有几亿亿个以上。这种包含大量微观粒子的系统，如一粒尘埃、一块石头、一个人体、一棵树、一条河，以至海洋、大气、生态系统，直到地球、太阳、黑洞、银河系等等，都是热力学系统。我们将会看到，自然界中千差万别的各个热力学系统惊人地相似，它们具有共同的性质和规律。这些性质和规律与我们人类的生活和生产息息相关。

牛顿力学用速度、加速度、质量、力等物理量描述物体的宏观运动。显然，物体还具有温度、压强等不同的宏观状态。而牛顿力学基本上不涉及这些宏观状态的变化规律。18世纪末，人们开始意识到，热力学系统的宏观状态和物体内部分子的热运动有密切的关系，从而逐步架起了宏观世界和微观世界之间的桥梁——热力学。

能源技术特别是蒸汽机技术的进步推动了热力学理论的建立，热力学理论又反过来大大促进了能源技术的进步，为人类找到一条大规模利用能源的发展之路，为人类文明的进步作出了巨大贡献。

核能的发现是人类利用能源的新的里程碑。目前，核能已经成为世界能源的重要组成部分。在核能利用方面，中国还有巨大的发展空间。

能源利用为人类带来繁荣的同时，也带来了严重的环境污染。煤炭燃烧产生的废气是大气污染的主要来源。环境污染已经开始严重危害我们的身心健康，破坏自然生态，破坏人类的生存环境。因此，遏止环境污染、保护环境、保护生态是我们全人类的共同责任。

通过这个模块的学习，我们将对热现象和规律有一个初步的了解和认识，认识温度、气体压强和物体的内能，了解热力学第一定律和第二定律，了解能量守恒是自然界的普遍规律，了解自然界的宏观过程以及能量转化的方向性，初步了解熵的概念，认识热机的原理及效率。我们将学习原子核物理的基本知识，包括放射性的应用及防护，核反应与核能，核裂变与核聚变及其应用。我们还将回顾人类的三次技术革命历史，了解物理学和人类文明进步的密切联系，了解能源的大规模利用给人类带来的负面影响，特别是环境污染和生态恶化，了解可持续发展的重大现实意义。

目 录

第一章 认识内能.....	1
第一节 物体的组成	2
物体是由大量分子组成的	2
分子大小的测量	3
第二节 分子热运动	6
布朗运动	6
分子热运动	7
温度和压强	7
第三节 分子之间的相互作用 内能	10
分子之间的相互作用力	10
内能	11
内能的应用	11
第四节 能量守恒 能源利用	13
能量守恒定律的建立	13
能源利用	14
第五节 热力学第一定律	16
改变内能的方式	16
热力学第一定律	17
第二章 热的利用.....	21
第一节 如何利用热量做功	22
第二节 热机	24
热机及其效率	24
第二类永动机	25
第三节 热传导的方向性	26
热传导的方向性	26
其他宏观过程的方向性	26
第四节 无序 熵	28
有序与无序	28
熵	28

第五节 热力学第二定律	30
热力学第二定律	30
热力学第二定律与节约能源	30
第六节 家用制冷设备	32
第三章 核能及其利用	37
第一节 放射性	38
放射性	38
原子核的组成及表示	38
原子核衰变	39
第二节 放射性的应用与辐射防护	42
放射性的应用	42
辐射防护	43
第三节 核能	45
核反应	45
核能	45
爱因斯坦质能关系	46
第四节 裂变和聚变	47
裂变	47
聚变	48
第五节 核能的开发与利用	50
裂变反应堆	50
核电站	51
聚变反应堆	51
第四章 能源与社会发展	55
第一节 能源概述	56
第二节 第一次工业革命	59
蒸汽机的发明和技术改进	59
第一次工业革命	60
热机的意义	61
第三节 第二次工业革命	62
物理学背景	62
第二次工业革命	62
第四节 核能时代	65
第五节 能源与环境	67
环境问题	67
社会可持续发展	68

第一章

认识内能

大量的实验表明，物体由大量分子组成，分子在永不停息地做无规则运动，并且分子之间有相互作用。人们认识到，物体因为宏观的机械运动具有机械能，同时，物体还因为分子的微观运动具有内能。分子动理论大大深化了人类对能量的认识。在能量守恒定律的基础上，热力学第一定律被建立起来。内能我们的生活和生产实践息息相关。在热的利用过程中，内能起着重要的媒介作用。



第一节 物体的组成

物体是由大量分子组成的

专业术语

原子

atom

分子

molecule

两千多年前，古希腊思想家德谟克里特（Democritos，公元前 460—前 370）认为，万物都是由**原子**组成的，原子是构成物质的最小单元。希腊文的原子的原意就是“不可分割的”。1800 年前后，英国化学家道尔顿（J. Dalton, 1766—1844）发现，几种物质化合成其他物质时，它们的质量总是成简单的整数比。比如，氢气和 8 倍质量的氧气化合成水。对这种现象的一个合理的解释是，每种物体都是由**分子**组成的，而分子由原子组成，几种单质化合时，它们的原子按一定的比例组合成新的分子。

有些物质的分子只包含一个原子，如一个氦分子（He）只包含一个氦原子；有些物质的分子包含多个原子，如一个氧分子（O₂）包含两个氧原子，一个油酸分子（C₁₇H₃₃COOH）包含 18 个碳原子、34 个氢原子和 2 个氧原子；有些有机大分子包含上千个原子。

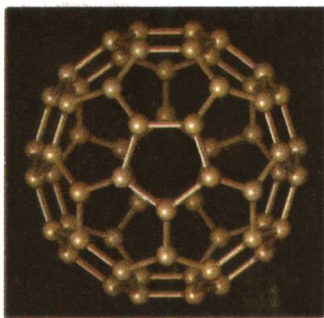
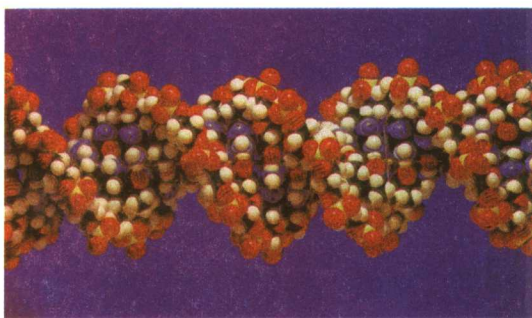
图 1-1-1 C₆₀ 分子示意图

图 1-1-2 双螺旋结构的 DNA 分子模型

实验表明，一个微小的物体包含的分子数目也是大得惊人的，比如一粒尘埃包含几亿亿个分子以上。实验还表明，物体内部的分子之间有空隙。比如，水和酒精混合后的体积小于两者混合前的体积之和，这是因为酒精分子之间有空隙，而比较小的水分子可以填充那些空隙。

现代科学表明，**任何物体都是由大量的分子组成的。**

分子的尺度是很小的，分子直径只有 10^{-10} m 左右。普通的光学显微镜和电子显微镜一般都观察不到分子。20 世纪 80 年代，人们研制成能够放大上亿倍的**扫描隧道显微镜**（STM）。这种显微镜能显示单个分子或原子。

专业术语

扫描隧道显微镜

scanning tunneling

microscope

分子大小的测量

分子那么小，看不见，摸不着，我们怎样测量一个分子的大小呢？

讨论与交流

一种粗略测定分子直径的方法叫油膜法。让一种待测液体在另一种不互溶的液体的表面上充分展开，测出待测液体的体积 V ，以及完全展开后的面积 S ，由 V 和 S 可以计算出液体分子的直径 D 。想一想，怎么计算呢？

我们用这个方法先来粗略测量一下小钢珠的直径：

如图 1-1-3 所示，测出量筒中小钢珠的总体积 V 和小钢珠摊开后的总面积 S 。在钢珠的个数未知的情况下，如何估计钢珠的直径？

钢球直径越小，估计越准确，为什么？

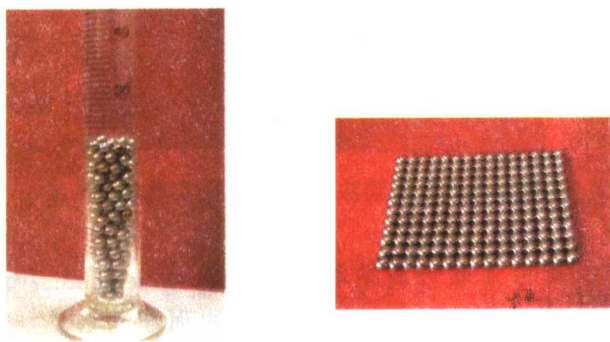


图 1-1-3

下面我们来测量油酸分子的大小。油酸分子有一个很有趣的特性。它有一个较大的头部 ($\text{C}_{17}\text{H}_{33}-$) 和一个很小的尾巴 ($-\text{COOH}$)。头部不溶于水，但尾巴却对水有很强的亲和力。清洗剂就是因为这种特性起到清洗污渍的作用的。把油酸滴入水中，让油酸分子充分展开，油酸分子就会竖起来，头露出水面，而尾巴则留在水中，油酸分子就这样一个挨一个紧密地排列在水面上，如图 1-1-4 所示。假设油酸分子可以近似地看作球形，我们就可以按上述油膜法测量油酸分子的直径。

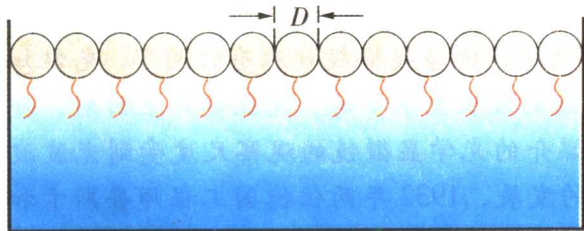


图 1-1-4 单分子油膜示意图

实验与探究

用油膜法测量油酸分子直径的实验装置如图 1-1-5 所示。一个深度为 3 cm 左右的平底盘子水平放置在桌面上，往盘子里充水致水的表面略低于盘子的边沿。为了清楚地显示油膜的边界，在水面上均匀地撒上一些痱子粉或石膏粉。用注射器或滴管把一滴酒精—油酸溶液滴在水面上。液滴中的酒精会完全溶入水中，油酸分子则在水面上排列开来。把一块玻璃盖在盘子上，在玻璃上铺一张透明坐标纸，用笔描出油膜的边界。

怎样测量一滴液滴中油酸的体积呢？特别提醒：液滴含有一定比例的酒精，酒精必须按配制比例扣除。

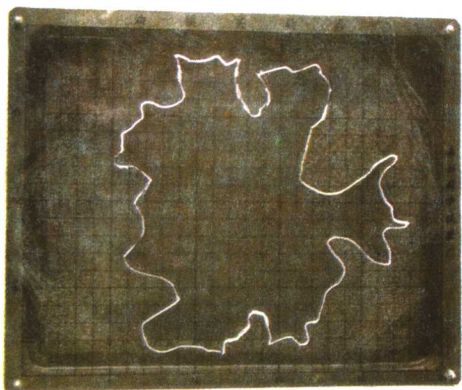


图 1-1-5 油膜法测分子直径实验装置

测量结果是：油酸—酒精液滴的体积是_____ m^3 ，油酸的体积为_____ m^3 ，油酸在水面展开后的面积为_____ m^2 ，分子直径为_____ m 。

测量结果对比：分子直径的数量级是 10^{-10} m ，如水分子直径约为 $4 \times 10^{-10} \text{ m}$ ，氢分子的直径约为 $2.3 \times 10^{-10} \text{ m}$ 。你测出的油酸分子直径是水分子直径的多少倍？是否合理？

资料活页

显微技术的发展

为了观察微小的物体，人类使用过放大镜、光学显微镜、电子显微镜及扫描隧道显微镜。这些仪器的发明与研制成功，是与物理学的发展紧密联系在一起。光学显微镜是几何光学时代的产物，可以把微小物体放大几百倍。但要观察细菌、细胞的内部结构，光学显微镜就难有作为了。光学知识告诉我们，当障碍物的尺寸与光波的波长差不多时，光就会产生衍射，即光不再沿直线传播。所以，以光为媒介的光学显微镜的观察尺度受到光波波长的限制。随着电子学和量子力学的发展，1932 年两位德国工程师鲁斯卡和库降发

明了世界上第一台以电子为媒介的电子显微镜，经俄裔美国物理学家兹沃尔金不断改进，其放大倍数达几百万倍。1982年葛·宾尼和罗雷尔利用电子的量子隧道效应，研制成功了能放大几亿倍的扫描隧道显微镜，实现了人类直接观察单个分子和原子的梦想。葛·宾尼和罗雷尔因此共同获得1986年度诺贝尔物理学奖。



图 1-1-6 扫描隧道显微镜

http 我们的网站 (physics.scnu.edu.cn/gzwl)

纳米材料



练习

1. 试测量我们教科书一页纸的厚度。在厚度方向，一页纸大约包含多少个分子？
2. 1 g 氢气含有多少个氢分子？（阿伏加德罗常数为 $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$ ）
3. 用油膜法测量油酸分子大小的时候，为什么要用酒精稀释油酸？
4. 设计一个实验来说明酒精的分子之间有空隙。

第二节 分子热运动

观察与思考

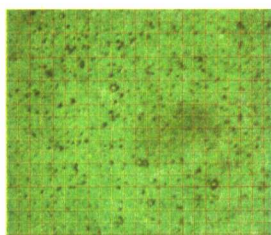


图 1-2-1 观察炭粒运动的实验装置及投影图

实验装置如图 1-2-1 所示. 把一滴墨汁用水稀释, 在一块带有细微方格的玻璃板上滴一滴. 把玻璃板放在显微镜下, 观察某一颗小炭粒的运动. 如果有条件, 用一个投影仪把影像投影到银幕上, 则观察到的效果会更好. 在一张坐标纸上每隔 30 秒记录某一颗小炭粒的位置.

作图: 把同一颗小炭粒的各个位置点用线段连接起来, 得到一条折线.

分析: 从上面的折线来看, 小炭粒的运动是有规则的还是无规则的?

思考: 小炭粒为什么会运动呢? 而且运动的方向还在不断地改变呢?

布朗运动

1827 年英国植物学家布朗 (R. Brown, 1773—1858) 用显微镜观察悬浮在水中的花粉时, 发现悬浮的花粉在不停地做无规则运动. 后来人们就把悬浮在液体或气体中的微粒的这种无规则运动叫做**布朗运动**. 但很长一段时间布朗运动并未引起科学家的注意. 后来的实验一再表明, 只要悬浮微粒足够地小, 在任何液体中都可以观察到悬浮微粒的布朗运动, 而且温度越高, 微粒越小, 布朗运动就越显著. 连续观察几天、几个月, 都看不到这种运动减慢的迹象.

专业术语

布朗运动

Brownian motion

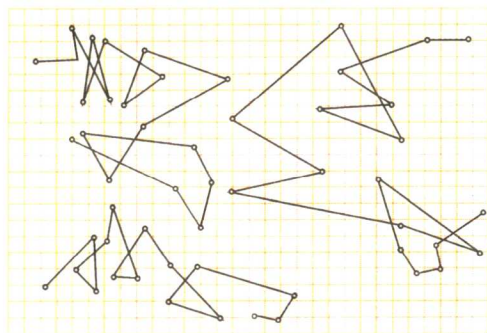


图 1-2-2 做布朗运动的三颗微粒的运动示意图

讨论与交流

有一种说法是，做布朗运动的花粉可能是一些微小的生命体，因而能在液体中自由移动。这个说法有道理吗？

我们在前面观察过的小炭粒在水中的运动也是一种布朗运动。那么，布朗运动的起因是什么呢？

从我们今天的知识来看，布朗运动的起因并不复杂。可是，这个问题却困扰了人类半个世纪。直到 1877 年，德尔索才解释了布朗运动。他认为布朗运动是由大量液体分子对悬浮微粒各个方向的碰撞的不平衡引起的。液体分子在不停地做无规则运动，它们在四面八方频繁撞击悬浮微粒，有时这个方向的撞击强一些，有时另一个方向的撞击强一些，从而引起悬浮微粒做无规则的运动，如图 1-2-3 所示。布朗运动的无规则性反映了液体内部分子运动的无规则性。

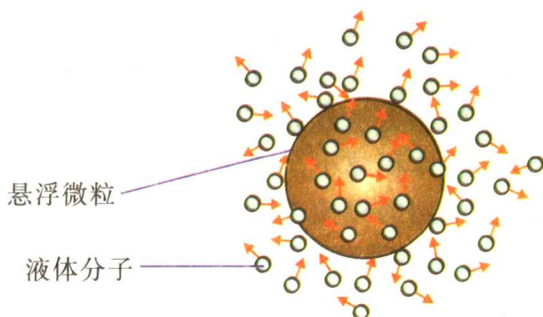


图 1-2-3 一个微粒受到它周围液体分子的频繁碰撞

分子热运动

布朗运动和扩散现象都是物体内部的分子做无规则运动的反映。实验表明，温度越高，布朗运动越剧烈，扩散也进行得越迅速。这说明分子的无规则运动跟温度有关。因而，人们把分子的无规则运动叫做**热运动**。

实验表明，物体内部的分子不仅运动的方向各不相同，运动的速率也各不相同。气体分子的速率范围大约为零到几百以至几千米每秒。由于分子之间的频繁碰撞，每个分子的速率还会不断改变。分子的速率大小是随机的，有的大一些，有的小一些。但是，大量分子的速率有一个稳定的分布。这是统计规律的表现。

专业术语

热运动

thermal motion

温度和压强

大量分子的速率分布有一个很宽的范围，说明分子的动能

专业术语

温度

temperature

压强

pressure



图 1-2-4 大量雨滴落在伞面上对伞面形成压力

也有一个分布范围. 我们把物体内所有分子的热运动动能的平均值称为分子的**平均动能**.

分子的热运动越剧烈, 分子的平均动能越大. 平均动能的大小反映了分子热运动的剧烈程度. 实验表明, 物体的**温度**越高, 分子的平均动能越大. 因而, **温度是物体内分子热运动的平均动能的标志**. 这就是分子动理论对温度的微观解释.

温度通常用摄氏温度 t 或热力学温度 T 表示, 单位分别为 $^{\circ}\text{C}$ 和 K . 两种表示的温度值有如下关系:

$$T = t + 273.15$$

显然, 最低的热力学温度为 0 K , 对应着最低的摄氏温度 $-273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

气体分子的热运动, 不仅使分子与分子频繁地发生碰撞, 还使分子不断地和容器壁发生碰撞. 单个气体分子对容器壁的碰撞所产生的压力微不足道, 但是大量气体分子对容器壁的频繁碰撞, 就对容器壁产生一个持续的压力, 就好像大量雨点落在伞面上对伞面形成持续的压力一样. **气体的压强就是大量气体分子作用在单位面积的容器壁上的垂直压力**.

一定体积的气体, 温度越高, 气体分子的平均动能越大, 分子每次碰撞容器壁产生的冲力就越大, 因而形成的**压强**就越大; 气体的温度一定时, 若体积减小, 则单位体积内分子的数目增加, 容器壁单位时间受到的碰撞次数增加, 因而气体的压强也要增大. 可见, 气体的压强跟温度和体积都有关系.

实践与拓展

搜集有关布朗运动发现的历史和历史上关于布朗运动解释的争论.

资料活页

统计方法

统计方法是一种重要的研究方法. 比如, 我们可以用统计方法来研究一个地区的衣服颜色市场, 根据人们对各种衣服颜色的喜爱程度为制衣厂选择布料颜色提供指导. 每天每个人所穿衣服的颜色基本上是随机的, 有白、黑、红、橙、黄、绿、蓝、青和紫色等等. 某一天, 我们统计穿各种颜色上衣的人数, 算出这些人数占所统计总人数的百分比 (也就是概率), 以颜色和概率为坐标画出图来. 这个图显示了人们喜爱的衣服颜色的概率分布. 我们从这个统计可以看出什么颜色是人们普遍喜欢的、不太喜欢的和最不喜欢的. 按照这个分布, 制衣厂就可以生产出更好地满足市场需求的衣服来.

 练习

1. 有人说布朗运动就是分子的运动，这种说法对吗？为什么？
2. 在显微镜下观察布朗运动，下面说法正确的是 ().
 - A. 布朗运动是液体分子的运动
 - B. 布朗运动是液体中固体分子的运动
 - C. 布朗运动是悬浮微粒的运动
 - D. 布朗运动是液体分子和固体分子的共同运动
3. 取一滴用水稀释了的墨汁放在显微镜下观察，可以看到小炭粒在做无规则运动。产生这种运动的原因是 ().
 - A. 小炭粒相互吸引
 - B. 小炭粒相互排斥
 - C. 水分子吸引小炭粒
 - D. 水分子撞击小炭粒
4. 为什么用高压锅可以把食物煮得更烂？
5. 堵住注射器的出口，向里压活塞和向外拉活塞都很费劲。怎样解释这种现象？
6. 炎热的夏季，打足气的自行车轮胎在阳光下曝晒有时会胀破。怎样解释这种现象？
7. 已知甲物体比乙物体的温度高，则下列说法中正确的是 ().
 - A. 甲物体每个分子的动能都比乙物体的大
 - B. 甲物体分子的平均速率比乙物体的大
 - C. 甲物体分子的平均动能比乙物体的大
 - D. 甲物体分子的动能比乙物体的大

第三节 分子之间的相互作用 内能

早晨，树叶上常常挂着晶莹的露珠。水珠是怎么挂在树叶上的呢？烧电焊时，电弧发出刺眼的光。电焊是怎么把钢材连接起来的呢？



图 1-3-1 挂着露珠的树叶



图 1-3-2 电焊

观察与思考

把两个表面光滑的铅块用力压在一起，挂起来，在下面的铅块上挂上小钩码。两块铅块不会分开。这是为什么呢？

这个现象可能是大气压引起的。有没有办法通过改进实验方法，排除大气压的贡献？

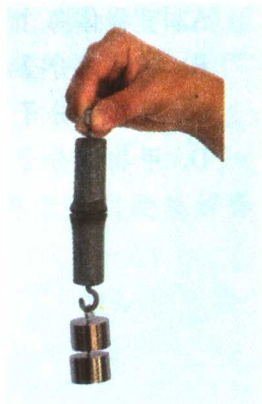


图 1-3-3

分子之间的相互作用力

将一个充满气体的容器放在真空中，打开盖子，气体分子将立即逃逸。这是分子的热运动引起的。可是，一块固体材料却不会自动地分崩离析；水虽然会慢慢蒸发，但在短时间内也会保持凝聚状态。这些现象表明，分子之间存在引力。

如果给液体或者固体加压，液体或固体就会表现出强大的反抗压缩的弹力。所以，液体和固体几乎是不可压缩的。这种强大的反弹力主要来自于分子之间的斥力。

简单地说，分子之间的距离有一个平衡点，在这个平衡点上，引力和斥力相抵消。固体或液体内分子的间距通常处在平衡

点上,当外力使两个分子之间的距离增加,分子之间呈现引力;反之,当外力使两个分子之间的距离减小,分子之间呈现斥力.这就像两个用弹簧连接起来的小球一样,当弹簧处于自然状态时,小球之间没有力的作用.弹簧被压缩时,小球受到向外的弹力,对应分子之间的斥力;弹簧被拉伸时,小球受到向里的弹力,对应分子之间的引力.

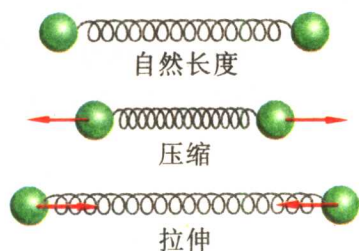


图 1-3-4

现在,我们归纳一下分子动理论:物体是由大量分子组成的,物体内分子在做永不停息的无规则运动,分子之间有相互作用力.分子动理论是我们认识热现象和规律的基础.

内能

分子的热运动表明分子有动能.现在,分子之间的相互作用力又表明,分子之间还有相互作用势能,简称分子势能.分子之间的距离决定了分子势能的大小,而分子之间的距离又取决于物体的体积,所以,分子势能和物体的体积有关.

在气体内部,分子之间的距离比固体和液体的分子间距大10倍以上,所以分子势能很小,通常可以忽略不计.

物体内部分子的热运动动能和分子势能的总和称为物体的**内能**.一般来说,分子动能和物体的温度有关,而分子势能和物体的体积有关.所以,物体的温度和体积决定了物体的内能.

专业术语

内能

internal energy

内能的应用

内能和我们人类的生活和生产实践息息相关.



讨论与交流

日常生活中,我们烧开水、煮饭、炒菜,改变了水和食物的内能.你还能找到更多这样的例子吗?

人类的生产实践活动,如:机械化的耕种和收割、交通运输、火力发电等等,需要利用能源来推动动力设备做功.那么,能源是如何推动动力设备的呢?

火力发电时,燃料燃烧释放热量并把热量传递给循环水,