

经全国中小学教材审定委员会 2005 年初审通过
普通高中课程标准实验教科书

物理

WULI

选修

1-2



教育科学出版社

经全国中小学教材审定委员会2005年初审通过
普通高中课程标准实验教科书

物理

WULI

选修

1-2



教育科学出版社
·北京·

主 编 陈熙谋 吴祖仁
本册主编 钱时惕
本册编者 王永生 吴磊峰 梁树森 沈启正 褚林根
陈 锋

责任编辑 郑 军 莫永超
封面设计 侯 威
版式设计 侯 威
责任校对 刘永玲
责任印制 曲凤玲

经全国中小学教材审定委员会 2005 年初审通过
普通高中课程标准实验教科书

物理 选修 1-2

教育科学出版社 出版发行

(北京·朝阳区安慧北里安园甲 9 号)

邮编: 100101

市场部电话: 010-64989009 010-64891796 (传真)

编辑部电话: 010-64989523 010-64989519 (传真)

网址: <http://www.esph.com.cn>

各地新华书店经销

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

开本: 890 毫米×1240 毫米 1/16 印张: 6.25

2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 7-5041-3351-5

定价: 7.40 元

(如有印装质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换)



前言

同学们,你们已经学习了物理选修1-1,现在学习物理选修1-2.对于这个模块,你们想问些什么问题?

陶健:选修1-2主要内容是什么?

本模块教材由分子动理论、热力学定律、内能与其他形式能量的转化及应用(热与生活)、能源与社会发展四部分组成.其中,分子动理论从微观角度来研究热运动,热力学定律从宏观角度来研究热运动,内能与其他形式能量的转化及应用主要是联系日常生活来讨论热的应用;能源与社会发展则是在“内能与其他形式能量的转化”的基础上进行拓展,讨论各种能源的开发与利用及其对社会发展的影响.

李奇:这部分内容对文科学生来说有什么重要性?

能源的开发、利用是社会赖以存在及发展的基础.只有充分了解能量的基本概念及其转化的规律性,才能正确地认识能源的开发和利用及其对社会发展的影响.所以,这一部分内容对于志在人文社会科学方向发展的同学来说,也是非常重要的.

马涛:这个模块的学习应注意哪些问题?

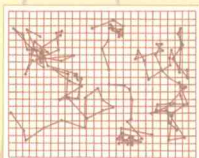
这个模块的学习要求与选修1-1相似,就是在保证达到“基本要求”的前提下,同学们可根据自己的兴趣与爱好,进一步有选择地学习有关内容.在学习,中,注意与日常生活(例如家用电热器具、节能措施)、社会发展(能源问题、环境问题)相联系.



目录

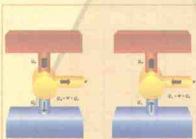
第一章 分子动理论

1. 分子动理论的基本观点.....2
2. 实验探究: 估算油酸分子的大小.....6
3. 分子热运动的统计规律性.....7
4. 温度.....9
5. 压强.....12
6. 内能.....13
7. 布朗运动.....15



第二章 热力学定律

1. 能量守恒定律.....20
2. 热力学第一定律.....24
3. 热力学第二定律.....27
4. 熵概念初步.....31
5. 熵与可持续发展.....32



第三章 内能与其他形式能量的转化及应用——热与生活

1. 热机.....38
2. 空调器.....43
3. 家用电热器具.....48
4. 太阳能热水器.....50
5. 家庭供热中心*.....52
6. 冷热利用中的环境问题.....54



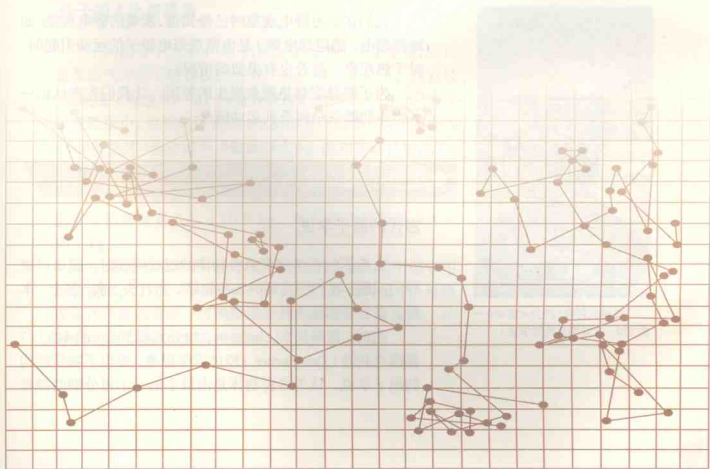
第四章 能源与社会发展

1. 蒸汽动力技术与第一次工业革命... 60
2. 电能的利用与第二次工业革命..... 65
3. 核能技术及其应用..... 72
4. 能源与社会的可持续发展..... 82
5. 新能源的开发与利用..... 88

第一章 分子动理论

- ◆ 分子动理论的基本观点
- ◆ 实验探究：估算油酸分子的大小
- ◆ 分子热运动的统计规律性
- ◆ 温度
- ◆ 压强
- ◆ 内能
- ◆ 布朗运动

布朗运动反映了分子永不停息的无规则运动，以及该运动的统计规律性及涨落的特点。



1 分子动理论的基本观点

● 热现象

你是否注意观察过以下现象：

1. 杯子里的水会慢慢蒸发，越来越少。水温越高，蒸发越快；水温越低，蒸发越慢。
2. 在房间里某处喷一些香水，过一会儿，整个房间都会弥漫着香味。
3. 把一杯热水（例如 80°C ）与一杯冷水（例如 10°C ）倒在一个大瓶子里，热水与冷水很快就混合成温水。
4. 在冬天，当温度降到 0°C 以下时，地面上的水会结成冰。

这些现象都与物体的冷热程度有关，称为热现象。

?

上述热现象是由什么原因引起的？

我们在学习静电现象时已经知道，宏观的静电现象（如摩擦起电、感应起电等）是由微观带电粒子的运动引起的。对于热现象，是否也有类似的情况？

为了解释宏观热现象发生的原因，让我们先来认识一下物体的微观结构及其运动情况。



德漠克利特（约公元前460—前370，古希腊自然哲学家）

● 物质的微观结构

古代原子学说

古希腊的哲学家在思考物体的组成问题时，提出过这样的问题：我们所见到的各种物体，如石头、水、泥土、木材、矿石等都是由什么组成的？

当时，留基伯（Leucippos，约公元前500—前440）与德漠克利特（Demokritos）经过哲学思考，提出了物质结构的原子学说，认为各种物体是由最小的、不可分割的微粒

(原子)组成的。

现代的原子—分子学说

到了19世纪初,古代原子学说与近代化学实验结合起来,弄清了组成物体的微粒有两种:分子与原子。从而形成了现代的原子—分子学说。其主要内容有:

1. 各种物体都是由分子或原子组成的。例如金属是由原子组成的,有机物是由分子组成的。
2. 分子又是由原子组成的。例如金属是由1个原子组成,氢分子是由两个氢原子组成的。
3. 组成物体的分子之间或原子之间存在着相互作用。

?

物体是由分子或原子组成的,有无直接的实验证据?

分子和原子都很小,用肉眼不能直接观察到,这是长期以来,对原子、分子的存在只能停留在猜想、推理之中的原因。然而,现在科学家发明制造出了扫描隧道显微镜,已经可以观测到物体表面的分子或原子了,如图1-1-1所示。所以说,各种物体是由分子或原子组成的学说,已经有了直接的实验证据。

分子的大小与质量

不同的分子大小不同。当把分子作为一个小球看待时,常见的气体分子的直径约为 10^{-10} m,有些大分子,其直径(或线度)可达 10^{-7} m,但是其线度仍然是很小的。因为分子直径很小,也就是体积很小,所以宏观物体(例如体积为 1 cm^3 的物体)包含的分子数是很大的。例如在通常情况下, 1 cm^3 水中约含有 3.3×10^{22} 个水分子。

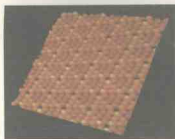
分子的质量很小。例如,水分子的质量是 3.0×10^{-26} kg,氧分子的质量是 5.3×10^{-26} kg,氢分子的质量是 3.3×10^{-27} kg。

在讨论热现象时,由于原子与分子在热运动中遵守相同的规律,因此,不再细分原子与分子,统称为分子。对热现象作微观解释时,认为一切物体都是由分子组成的。并对宏观热现象进行解释的理论,称为分子动理论。

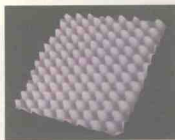
方法论提示

从假说到理论

为了解释自然现象,人们在一定科学原理基础上,提出一些假设性的推测,我们把这些推测称为假说。当这些假说得到大量实验、事实的支持或证实时,假说就上升为理论。古代原子学说只是一种假说,现代的原子—分子学说已变成了理论。



(a) 硅表面硅原子的排列



(b) 钨化镱表面钨原子的排列

图1-1-1 扫描隧道显微镜所摄物质表面照片

● 分子不停地做无规则运动

我们已经知道物体是由大量的分子(或原子)组成的.



组成物体的这些分子处于什么状态呢?

为了回答这个问题,我们先来观察一个实验.

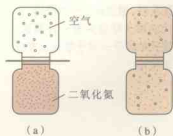


图 1-1-2 气体的扩散

气体扩散实验

一个装有空气的瓶子倒扣在装有红棕色二氧化氮气体的瓶子之上,中间用玻璃板隔开[图 1-1-2(a)].抽去玻璃板,经过一段时间再观察.我们发现,上面瓶子中的气体逐渐变成了淡红棕色,下面红棕色的气体颜色则逐渐变淡.最后,上下两个瓶子气体的颜色变得一样了[图 1-1-2(b)].

上述实验说明,上面瓶子中的空气分子运动到了下面的瓶子中,而下面瓶子中的二氧化氮分子(克服重力)运动到了上面的瓶子中,经过频繁的运动与碰撞,最后达到宏观的混合均匀.从上述气体的扩散现象可以想像,分子在不停地做无规则运动.所谓无规则运动,指的是由于分子间的相互碰撞,每个分子的运动方向和速率随时随机变化的现象,这种变化没有规律性.

布朗运动更明显地说明分子在不停地做无规则运动(见本章第7节).在学完了布朗运动后,我们就会对分子不停地做无规则运动有更深刻、更具体的认识.

● 分子之间存在相互作用力

要把固体拉断,需要用很大的拉力;而要把液体分离,所需的力就小得多;对于气体,几乎不需要外力就能把它们分开.

这些事实说明组成物体的分子之间存在着相互吸引力.固体之间分子的吸引力大,所以难以拉断;液体之间分子的相互吸引力稍小,较易分离;而气体分子间的吸引力很小,不费力即可将其分开.

另一方面,要用很大的压力才能压缩固体和液体,而

在一定范围内撤消所加的压力后，它们又会不同程度地恢复原状，这说明分子之间又存在相互作用的排斥力。

进一步研究指出，分子之间的相互作用力与分子之间的距离有关，在“内能”一节将给出较详细的说明。

● 分子动理论

对以上讨论进行总结，我们就可以得到分子动理论的主要观点：

1. 一切物体都是由大量分子组成的。
2. 组成物体的大量分子在不停地做无规则运动，在物理学中，把这种大量分子的无规则运动称为热运动(thermal motion)。
3. 分子之间存在着相互作用力。

发展空间



课外阅读

原子的观测与操纵

1982年，德国物理学家宾尼希(G.Binnig)与瑞士物理学家罗雷尔(H.Rohrer)发明了世界上第一台扫描隧道显微镜，并因此获得了1986年的诺贝尔物理学奖。这种扫描隧道显微镜的放大倍数达 10^8 倍，横向分辨本领为 $0.1 \sim 0.2 \text{ nm}$ ，深度分辨本领为 0.01 nm 。利用这种扫描隧道显微镜可以清晰地展示直径约为 10^{-10} m 尺度的单个原子(或分子)，使观测与操纵(移动、接连等操作)原子或分子成为现实。

由于扫描隧道显微镜的出现，20世纪90年代以来，一门新的科学技术——纳米科技异军突起。

纳米是一个长度单位， $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ 。科学家发现在 $1 \sim 100 \text{ nm}$ 的尺度内，物质有许多奇特的性质。研究并利用这些奇特的性质而形成的纳米科技，有可能导致一场新的产业革命。



图 1-1-3 扫描隧道显微镜外形图

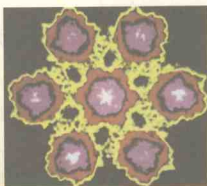


图 1-1-4 扫描隧道显微镜下铀原子团的表面分布

2 实验探究：估算油酸分子的大小

小资料

油酸分子的特性

油酸分子的分子式为 $C_{17}H_{33}COOH$ ，其由两部分组成。一部分是“ $C_{17}H_{33}-$ ”，另一部分是羧基“ $-COOH$ ”。“ $-COOH$ ”对水有很强的亲和力，当把一滴用酒精稀释过的油酸滴在水面上时，其中的酒精溶于水，并很快挥发，油酸就在水面上散开，形成一层纯油酸薄膜，如图 1-2-1 所示。

【实验目的】通过实验，估算油酸分子的大小（直径），加深对分子动理论的理解。

【实验原理】利用油膜法来粗略测定分子的大小。油酸滴到水面上，会在水面上散开，形成单分子油膜。如果把分子看成球形，那么单分子油膜的厚度就可认为等于油酸分子的直径（图 1-2-1）。事先测出油滴的体积，再测出油膜的面积，就可估算出油酸分子的直径。

【实验器材】酒精、水、油酸、量筒、滴管、蒸发皿、透明方格纸、痱子粉或石膏粉。

【实验步骤】

1. 用滴管把按一定浓度（比例）配制好的酒精油酸溶液一滴一滴地滴入量筒，记下滴数，测出一滴溶液中纯油酸的体积 V 。
2. 在边长约 30~40 cm 的蒸发皿内盛放一定量的水（约 2 cm 深），再把痱子粉或石膏粉均匀地洒在水面上，滴入一滴酒精油酸溶液，待其散开。如图 1-2-2 所示。
3. 利用透明方格纸（把方格复印在透明薄膜上）或采用其他方法，测量油膜的面积 S 。
4. 通过估算，得出油酸分子大小（直径 $d \approx \frac{V}{S}$ ）的数量级。

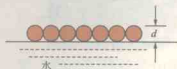


图 1-2-1 单分子油膜

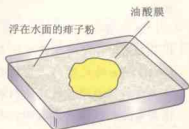


图 1-2-2 油酸散开形成油膜

3 分子热运动的统计规律性

?

大量分子的无规则运动叫做热运动，这种热运动有无规律性？为了回答这个问题，让我们来观察一个类似的实验现象。

实验探究

伽尔顿板实验

实验装置：

如图 1-3-1 所示，在一块板的上部，均匀地钉上许多铁钉，在木板的下部用隔板分隔成许多等宽的纵向狭槽。

实验观察：

把木板竖直放置并从木板顶端的漏斗形入口处投入小球。

1. 单个地投入小球，每次只投一个，记下小球下落的情况。至少重复 5 次。
2. 少量地投入小球，例如每次只投 20 个，记下小球在狭槽中的分布情况。至少重复 5 次。
3. 大量地投入小球，记下小球在狭槽中的分布情况。至少重复 5 次。
4. 把一个小球涂上颜色，记下涂色的小球在大量小球投入时，它在狭槽中的分布情况。至少重复 5 次。

实验结果：

当把木板竖直放置并从木板顶端的漏斗形入口处投入小球时可以看到，单个小球在下落过程中先后与若干铁钉相碰，最后落入某一狭槽。重复几次这样的实验可以发现，单个小球每次落入哪个狭槽完全是偶然的，如图 1-3-1 (a) 所示。但连续重复多次的实验后却可发现，小球在各狭槽内的分布是不均匀的，中间狭槽最多，向两端逐步减少，形成如图 1-3-1 (b) 所示的分布曲线。重复多次类似的实验还可发现：在小球数目较少的情况下，每次得到的分布曲线彼此有明显差别，而在小球数目较多的情况下，每次得到的分布曲线几乎都相同。

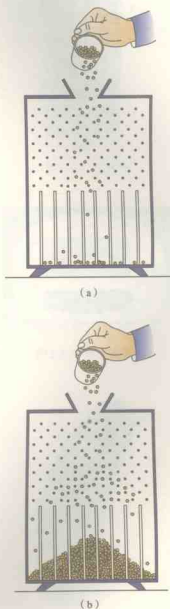


图 1-3-1 伽尔顿板实验

统计规律的特点

从伽尔顿板实验我们可以看到:

1. 大量小球的分布曲线基本上是相同的, 说明大量对象(小球)的运动是有规律的, 这种大量对象遵守的规律称为统计规律.

2. 在大量对象(小球)中, 个别对象即单个小球的运动没有规律性.

3. 少量对象(小球)的运动, 其最终运动结果与统计规律(大量小球最终的分布规律)有一定偏差, 在统计学上称为涨落.

4. 实验结果表明, 尽管单个小球落入哪个狭槽完全是偶然的, 少量小球在各个狭槽内的分布也带有比较明显的偶然性. 但是大量小球或一个小球重复多次, 在各个狭槽内的分布却是确定的. 这说明这种分布有着必然性, 存在着一定的统计规律. 而且在上述实验中, 如果给某个小球做上记号(譬如涂上一定颜色), 我们可以发现: 尽管每次实验所得的分布曲线相同, 但有记号的小球落进哪个狭槽内, 则仍是偶然的. 这个实验现象说明, 在个别事件的偶然性(无规律)之中, 蕴藏着大量事件的必然性(有规律), 亦即统计规律的必然性寓于大量个别事件的偶然性之中. 大量小球在狭槽内的统计分布(呈现一定规律), 正是通过个别小球与铁钉相碰的大量偶然事件体现出来的.

5. 统计规律的以上特点, 称为统计规律性.



活动

找一枚硬币, 分别投掷 10 次、100 次、500 次乃至更多次, 请统计硬币落地后正(反)面朝上出现次数的几率, 你从中看到什么现象? 发现什么规律?

4 温度

温度 (temperature) 这个词在日常生活中经常遇到, 例如, 气象台每天几次报告各地及世界主要城市的气温, 各种食品注明保质期及要求的保存温度, 许多电子产品标有工作环境、温度, 等等。你注意到这些问题了吗?

?

你是否知道温度在物理中的含义?

● 温度的宏观含义

从宏观来说, 温度是一个反映物体或环境冷热程度的物理量。当你用手去摸一个物体 (例如一个被火烤过的红薯) 有热的感觉时, 通常称被摸的物体的温度比手的温度高; 当你用手去摸一个物体 (例如一盆冰水) 有冷的感觉时, 通常称被摸的物体的温度比手的温度低。

为了把冷热程度客观化和量化, 科学家发明了温标和温度计。

通常用的温度计为摄氏温标温度计。选择在 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 压强下水的冰点为 0°C , 水的沸点为 100°C , 分别在温度计相应位置上标记, 然后, 把 $0^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$ 之间等分为 100 格, 每格代表 1°C 。用温度计测量一个物体 (例如人体) 的温度时, 开始, 温度计中测温物质 (例如水银) 在温度计中的高度可能会发生变化, 这说明被测物体与温度计之间有热量交换。当测温物质 (例如水银) 在温度计中的高度不再变化时, 说明被测物体与温度计之间热量交换停止了, 被测物体与温度计之间达到了热平衡, 此时, 温度计的读数就代表被测物体的温度。

除了摄氏温标外, 物理学上还常用到热力学温标。热力学温标选择 -273.15°C 为零点, 它与摄氏温标之间有如下关系:

$$T = 273.15 + t$$



图 1-4-1 温度计



图 1-4-2 数字温度计



图 1-4-3 红外温度计



(a)



(b)

图 1-4-4

扩散快说明
分子运动快。

扩散慢说
明分子运动慢。

温度代
表什么？

温度越高扩散
越快，说明温度越
高，分子运动越快。

也就是说，
分子运动快慢程
度与温度有关。



通过不同温度中墨水的扩散情况，我们看到，分子运动的快慢与温度有关。

● 温度的微观意义

前面，我们已经知道分子热运动具有统计规律性。事实上，在一个容器中，在一定温度下，分子的速率是不一样的，有的速率大，有的速率小。所谓分子运动快，指的是速率大的分子多，速率小的分子少，也就是大量分子的平均速率大。所谓分子运动慢，指的是速率大的分子少，速率小的分子多，也就是大量分子的平均速率小。

其中 t 代表摄氏温度，单位用 $^{\circ}\text{C}$ ， T 代表热力学温度，单位为 K (开)。热力学温标的 1 开与摄氏温标的 1 摄氏度的分度间隔是相同的。例如 200 K 对应着 -73.15°C 。

?

温度是一个宏观物理量，它与微观分子热运动有何关系？

● 扩散实验的观察与分析

我们来观察一下扩散实验，如图 1-4-4 所示。把两滴墨水同时滴入冷水与热水之中，结果发现，经过相同时间（例如 1 min），热水中墨水扩散得比冷水中更快。热水的温度越高，扩散速度越快。

这个实验说明了什么？

经过以上的分析,可以认为,分子热运动的平均速率与温度有关.一定的温度下,大量分子的热运动有一个确定的平均速率.温度越高,分子平均速率越大;温度越低,分子平均速率越小.反过来,也可以说温度反映了分子热运动的剧烈程度.

对于某种分子来说,其质量是一定的,因此,平均速率大,其平均动能就大.平均速率小,其平均动能就小.也可以说,温度反映着大量分子平均动能的大小,或者说,温度是大量分子做无规则运动平均动能的标志.

● 气体温度与分子速率分布

气体的大量分子做无规则运动,每个分子的速度大小(即速率)是不同的.对同一个分子而言,速率也时大时小,每个分子具有多大的速率完全是偶然的,但大量分子的速率分布却呈现一定的统计规律性.研究表明,气体在一定温度下,对应一种速率分布.气体的大多数分子,其速率都在某个极值附近,离开这个值越远,分子数越少,如表 1-4-1 所示.不同的温度情形,对应着不同的速率分布.温度低(T_1)时,速率小的分子较多;温度高(T_2)时,速率大的分子增多,如图 1-4-5 所示.

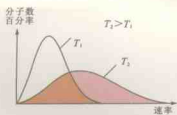


图 1-4-5 气体分子的速率分布

表 1-4-1 在 0℃ 时氧气分子速率的分布情况

按速率大小而分的区间/(m·s ⁻¹)	分子数的百分比/%	按速率大小而分的区间/(m·s ⁻¹)	分子数的百分比/%
100 以下	1.4	500~600	16.1
100~200	8.1	600~700	9.2
200~300	16.5	700~800	4.8
300~400	21.4	800~900	2.0
400~500	20.6	900 以上	0.0 (极少量)



讨论交流

1. 怎样理解图 1-4-5?

(1) T_1 、 T_2 两曲线下的面积相同吗? 为什么?

(2) 两条曲线相比说明了哪些物理意义?

2. 怎样理解表 1-4-1?

(1) 右边的百分比总和等于多少? 为什么?

(2) 如果氧气温度大于 0°C , 表右边数字大致会怎样变化? 为什么?



活动

观察水的蒸发现象, 并用分子动理论解释, 为什么温度越高, 水蒸发得越快?

5 压强

你是否注意到: 给自行车打气车胎会变硬. 打足气的车, 夏天应放在阴凉处, 放在太阳下面则容易爆胎. 我们在学习初中物理时已经知道, 这些现象与压强有关.



压强 (pressure) 是一个宏观物理量, 从分子热运动的角度, 如何来认识压强?



图 1-5-1 产生气体压强的微观过程

● 气体压强产生的微观原因

一个容器受到的气体压强 p 为单位面积上所受到的气体的作用力, 写成公式有

$$p = \frac{F}{S}$$

从分子动理论来看, 容器中的分子在做无规则的热运动时, 在通常状况 ($1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、室温) 下, 1 个分子 1 s 内将与其他分子碰撞约 10^9 次. 这些频繁地相互碰撞的分子, 也会频繁地撞击器壁, 正是大量分子对器壁频繁的撞击产生了对器壁的压强 (图 1-5-1).

● 影响气体压强大小的因素

为了了解有哪些因素影响气体压强, 我们先来看一个模拟实验.