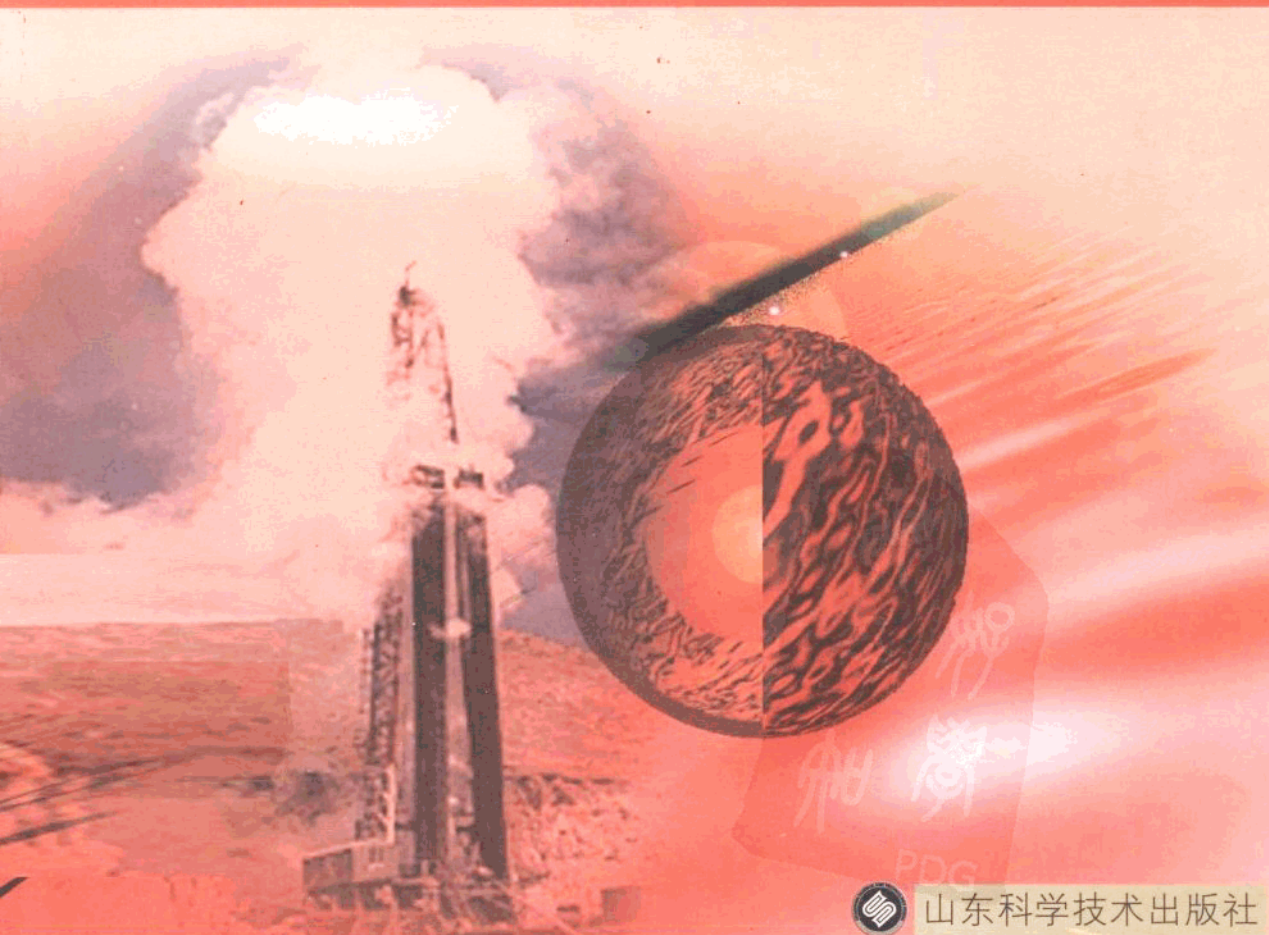


中学物理教材编写组

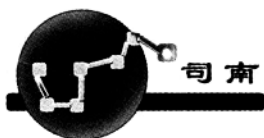
普通高中课程标准实验教科书

物理 (选修1-2)

# 教师用书



山东科学技术出版社



普通高中课程标准实验教科书

# 物理(选修 1-2) 教师用书

廖伯琴 主编

山东科学技术出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

物理(选修1-2)教师用书/廖伯琴主编. — 济南:  
山东科学技术出版社, 2006. 1(2006. 8 重印)

普通高中课程标准实验教科书

ISBN 7-5331-4242-X

I. 物... II. 廖... III. 物理课—高中—教学参考资料 IV. G633.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 145792 号

责任编辑:许广明 魏海增

普通高中课程标准实验教科书  
**物理(选修1-2)**  
**教师用书**  
廖伯琴 主编

---

**出版者:山东科学技术出版社**

地址:济南市玉函路16号

邮编:250002 电话:(0531)82098088

网址:www.lkj.com.cn

电子邮件:sdkj@sdpress.com.cn

**发行者:山东科学技术出版社**

地址:济南市玉函路16号

邮编:250002 电话:(0531)82098071

**印刷者:山东水文印务有限公司**

地址:潍坊市中学街5号

邮编:261031 电话:(0536)2110528

---

开本:880mm×1230mm 1/16

印张:5.5

字数:100千

版次:2006年8月第1版第2次印刷

---

ISBN 7-5331-4242-X

G·415

定价:3.70元

# 前 言

为了实现《基础教育课程改革纲要》的具体改革目标,体现《普通高中物理课程标准(实验)》的课程理念和要求,我们在普通高中课程标准实验教科书《物理(选修1-2)》(山东科技版)的基础上,编写了这本适于中学物理教师教学的参考用书。

本书每章首先提出了“课时建议”、“全章要求”、“编写思路”和“全章结构”,以便教师明确该章的基本要求和整体思路;接着分节呈现“教学要求”、“教学建议”、“实践活动”、“作业解答”、“课程资源”、“参考练习”,以便教师了解每节的具体要求和教法。

在教学过程中,如何体现高中物理课程的三维培养目标,反映隐含在教科书《物理(选修1-2)》中的改革理念、基本要求、内容结构、编写思路及操作要领等,是广大教师面临的挑战。希望本教师用书能在广大教师解决这些问题的过程中,发挥一定的参考作用。

为了便于教师进一步了解有关内容,与作者保持联系,现将教师用书编写人员的分工情况介绍如下:主编,廖伯琴;副主编,刘健智;主要执笔人,吴颖(第1章),漆长庆(第2章),胡丽、刘健智(第3章),赖小琴(第4章),杨昭宁(第5章);全书定稿,廖伯琴。

如果说教科书是课程改革理念的载体之一,则课程改革能否成功与教师的教学实践密切相关。我们企盼在广大教师及其他同仁的帮助下,《物理(选修1-2)》及其教师用书将得到进一步的完善。我们恳请各方人士提出宝贵意见!我们期待着大家的帮助!



中学物理教材编写组

# 目 录

第1章 分子运动与热现象 .....	(1)	五、课程资源 .....	(23)
第1节 分子的运动及其特点 .....	(3)	六、参考练习 .....	(24)
一、教学要求 .....	(3)	第3节 永不停息的能量转化 .....	(25)
二、教学建议 .....	(3)	一、教学要求 .....	(25)
三、实践活动 .....	(4)	二、教学建议 .....	(25)
四、作业解答 .....	(4)	三、实践活动 .....	(25)
五、课程资源 .....	(5)	四、作业解答 .....	(26)
六、参考练习 .....	(6)	五、课程资源 .....	(27)
第2节 温度和内能的微观解释 .....	(6)	六、参考练习 .....	(28)
一、教学要求 .....	(6)	第3章 不可逆的物理过程 .....	(29)
二、教学建议 .....	(7)	第1节 第二类永动机设想的破灭 .....	(31)
三、实践活动 .....	(7)	一、教学要求 .....	(31)
四、作业解答 .....	(7)	二、教学建议 .....	(31)
五、课程资源 .....	(8)	三、实践活动 .....	(31)
六、参考练习 .....	(9)	四、作业解答 .....	(32)
第3节 分子运动与气体压强 .....	(10)	五、课程资源 .....	(33)
一、教学要求 .....	(10)	六、参考练习 .....	(36)
二、教学建议 .....	(10)	第2节 制冷机及其应用 .....	(36)
三、实践活动 .....	(10)	一、教学要求 .....	(36)
四、作业解答 .....	(11)	二、教学建议 .....	(36)
五、课程资源 .....	(11)	三、实践活动 .....	(37)
六、参考练习 .....	(13)	四、作业解答 .....	(37)
第2章 能量的转化与守恒 .....	(14)	五、课程资源 .....	(38)
第1节 内能的改变及其规律 .....	(16)	六、参考练习 .....	(40)
一、教学要求 .....	(16)	第3节 不可逆过程与熵 .....	(41)
二、教学建议 .....	(16)	一、教学要求 .....	(41)
三、实践活动 .....	(16)	二、教学建议 .....	(41)
四、作业解答 .....	(17)	三、实践活动 .....	(42)
五、课程资源 .....	(18)	四、作业解答 .....	(42)
六、参考练习 .....	(20)	五、课程资源 .....	(43)
第2节 能量守恒定律 .....	(21)	六、参考练习 .....	(45)
一、教学要求 .....	(21)	第4节 熵与环境 .....	(46)
二、教学建议 .....	(21)	一、教学要求 .....	(46)
三、实践活动 .....	(22)	二、教学建议 .....	(46)
四、作业解答 .....	(22)	三、实践活动 .....	(46)

## 目 录

四、作业解答	(46)	第5章 能源的利用与环境保护	(68)
五、课程资源	(47)	第1节 内能的利用与第一次工业革命	(70)
六、参考练习	(49)	一、教学要求	(70)
第4章 神奇的核能	(50)	二、教学建议	(70)
第1节 放射性现象及其应用	(52)	三、实践活动	(70)
一、教学要求	(52)	四、作业解答	(71)
二、教学建议	(52)	五、课程资源	(71)
三、实践活动	(52)	六、参考练习	(74)
四、作业解答	(52)	第2节 电能的利用与第二次工业革命	(74)
五、课程资源	(53)	一、教学要求	(74)
六、参考练习	(57)	二、教学建议	(74)
第2节 核能的开发与利用	(57)	三、实践活动	(74)
一、教学要求	(57)	四、作业解答	(75)
二、教学建议	(57)	五、课程资源	(75)
三、实践活动	(58)	六、参考练习	(77)
四、作业解答	(58)	第3节 能源的合理开发与利用	(77)
五、课程资源	(59)	一、教学要求	(77)
六、参考练习	(63)	二、教学建议	(77)
第3节 核污染及其防护	(64)	三、实践活动	(77)
一、教学要求	(64)	四、作业解答	(77)
二、教学建议	(64)	五、课程资源	(78)
三、实践活动	(64)	六、参考练习	(82)
四、作业解答	(64)		
五、课程资源	(65)		
六、参考练习	(67)		

# 第1章 分子运动与热现象

## 【课时建议】

章节名称	建议课时数
导 入 大森林——小昆虫	
第1节 分子的运动及其特点	1
第2节 温度和内能的微观解释	1
第3节 分子运动与气体压强	1
机 动	1
总课时数	4

## 【全章要求】

### 1. 知识与技能

- (1) 了解物质的组成,知道分子总是在做无规则的热运动。
- (2) 知道分子间存在着引力和斥力,了解分子间作用力与分子间距离的关系。
- (3) 了解分子动理论的基本观点,了解概率统计的方法,知道统计规律是支配大量偶然事件整体行为的规律。
- (4) 能用分子动理论的基本观点和概率统计的观点认识温度、气体压强和内能,知道温度、气体压强和内能的微观和宏观解释。

### 2. 过程与方法

- (1) 通过分子运动的微观和宏观解释,学习概率统计方法,知道可以用概率统计的方法来解释微观世界大量分子的无规则的运动。
- (2) 交流和讨论统计方法在自然科学、社会科学以及日常生活中的应用。
- (3) 能尝试运用分子动理论和概论统计方法解决一些与生产和生活相关的实际问题。
- (4) 知道科学实验在探索自然奥秘中的重要性。

### 3. 情感态度与价值观

- (1) 通过对“物质组成与分子动理论”的学习,领略微观世界的奇妙和谐,发展对科学的好奇心与求知欲,乐于探究自然界的奥秘。
- (2) 有参与科技活动的热情,有将物理知识应用于生活和生产实践的意识,勇于探究与日常生活有关的物理学问题。
- (3) 通过对“物质组成的探究历史”的学习,体会科学探究的艰辛,培养科学态度和科学精神。

本章主要学习的内容包括:“了解分子动理论的基本观点,列举有关实验证据。”和“用分子动理论和统计观点认识温度、气体压强和内能。”具体地说,就是要知道物质是可以再分的,物质由分子、原子、离子和更小的基本粒子组成,了解分子的数量级;通过布朗运动的学习,了解什么是布朗运动,知道分子总是在做无规则

的热运动;通过实验,认识分子之间存在着作用力,这个作用力叫分子力,分子之间同时存在着引力和斥力,引力和斥力的大小与分子间的距离有关;学习统计方法,能用分子动理论的观点和统计观点对温度、内能和气体的压强进行微观和宏观的解释;知道气体压强与温度、体积间的关系,并能用分子动理论的观点对它们之间的关系进行微观解释。

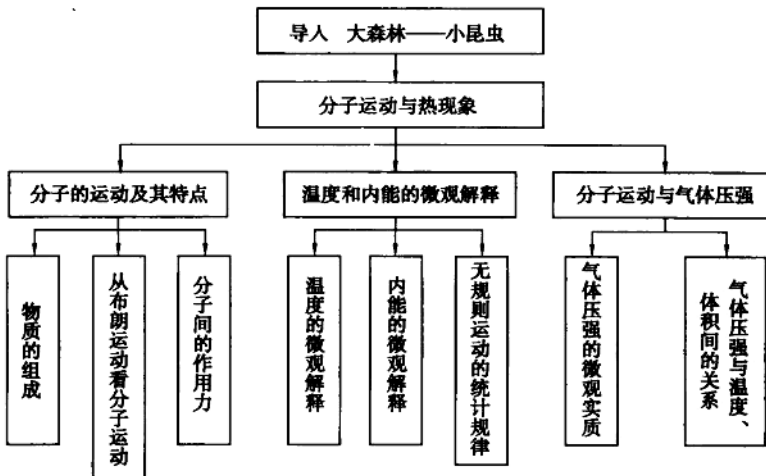
本章主要学习科学研究中的概率统计方法,了解统计方法在大量无规则运动的描述中的重要性,能用统计观点解释日常生活和生产实践中的有关问题,了解统计观点在自然科学和社会科学中的应用;培养学生的科学探究的兴趣,体会科学探究的艰辛,培养科学态度和科学精神。

**【全章编写思路】**

本章以“大森林——小昆虫”导入,大森林与小昆虫形成了鲜明的对比,正如课文中所提到的一片森林与一片树叶一样,这是群体与个体的区别,这也就为本章所要学习的两个重要科学研究方法——统计方法和微观方法——埋下了伏笔。教材自然而然地从大森林引出大森林中的个体甚至更小的微粒,从而引出本章的主要问题:物质是由什么组成的,它们都遵循什么规律?

接下来教材按照“分子的运动及其特点”、“温度和内能的微观解释”、“分子运动与气体压强”的顺序展开并形成本章的3节内容。在第1节,首先学习分子动理论的基本观点:物质是由分子组成的;分子总是在做无规则的运动;分子在做无规则的运动的过程中相互间存在着引力和斥力。在学习了分子动理论后,就为学习“温度和内能及其微观解释”奠定了理论基础,而温度和内能在宏观上的体现不能用单个分子的运动来解释,必须依赖于大量分子的运动,这就有必要学习统计规律。在学习了统计规律后就可以用统计规律从宏观上来解释温度和内能了。气体的压强也可以用分子动理论的观点从微观上进行解释,因此第3节就学习气体压强的实质,以及气体压强与温度、体积间的关系。简单地说,本章编排的主线是分子动理论和统计规律,以及运用分子动理论和统计规律解释温度、内能、气体的压强等。

**【全章结构】**





## 第1节 分子的运动及其特点

### 一、教学要求

1. 了解物质由分子组成,知道组成物质的分子很多;通过油酸分子直径的测量,了解组成物质的分子大小。
2. 知道布朗运动。通过观察布朗运动,知道分子永不停息地作无规则的运动,了解用间接的方法和概率统计的方法来研究微观世界。
3. 通过实验认识分子间存在着引力和斥力,知道引力和斥力是同时存在的,它们的大小与分子间的距离有关。
4. 能用分子动理论的基本观点解释一些日常生活中的自然现象和物理问题。

### 二、教学建议

分子动理论是本章的核心知识。通过初中的学习学生对分子动理论已有了初步的知识,现在通过高中的学习既要使学生的认识得到螺旋式的提高,但又要区别于物理选修3系列的难度。因此,把握教学深度,实现教学目标非常重要。

学生已初步学习了宏观物体的研究方法,但由于组成物体的分子数目非常多,它们的相互作用也很复杂,通过研究每个分子的运动来研究热现象是不可能的,也是不必要的。本节从分子动理论开始,感知组成物质的分子很小,数目很多,就是为统计观点的引入埋下伏笔;本节涉及的布朗运动也是大量分子作用的统计结果。教学中通过各知识点的学习,逐步渗透概率统计的思想显得尤为重要。

对于物质的组成,课文先从哲学思辨的角度让学生了解人类历史上对这一问题的认识过程,然后介绍了自17世纪中叶以来人们通过实验的方法认识到“一切物质都由分子组成”,最后延伸到当今科学的最前沿仍在研究这一古老的问题。教学中可沿用这一思路,再补充一些相关的资料,使内容更丰富一些,这样教学既突出了物理学的人文特色又充满了辩证的智慧,符合选修1系列的精神。

组成物质的单位是多种多样的,由原子、离子、分子等。为了简化,教材中把构成物质的单位统称为分子。

通过本节课的学习,学生还要形成“组成物质的分子很小,数目很多”的认识。通过测油酸分子的直径来认识分子的大小,还可通过举例或类比的方法说明组成物质的分子很多,为引入概率统计的方法做好准备。不要求用物质的量和阿伏伽德罗常数进行分子数目的计算。

通过实验观察布朗运动并介绍布朗运动的几个特点:

(1) 连续观察布朗运动,发现在多天甚至几个月时间内,只要液体不干涸,布朗颗粒永远在运动着。所以说,布朗运动是永不停息的。

(2) 不同种类的悬浮颗粒,如花粉、藤黄、墨汁中的炭粒等都存在布朗运动,说明布朗运动不取决于颗粒本身。更换不同种类的液体,也都存在布朗运动,引导学生思考、分析出布朗运动不是受外界影响而产生的,是液体分子撞击微粒的不平衡性产生的。

(3) 悬浮的颗粒越小,布朗运动越明显;颗粒大了,布朗运动不明显,甚至观察不到。

(4) 布朗运动随着温度的升高而愈加激烈。

液体中许许多多做无规则运动的分子不断地撞击微小悬浮颗粒,当微小颗粒足够小时,它受到来自各个方向的液体分子的撞击作用是不平衡的,这样就引起了微粒无规则的布朗运动。布朗颗粒永不停息的无规则运动,反映了液体分子永不停息的无规则运动,布朗运动间接地证实了液体分子的无规则运动。无规则的布朗运动不是无规律的,大量分子的撞击符合统计规律。布朗运动不是固体颗粒中分子的运动,也不是液体分子的无规则运动,而是悬浮在液体中的固体颗粒的无规则运动。学生观察到的布朗运动不是分子运动,但它又间接反映液体分子无规则运动的特点。

通过布朗颗粒无规则运动的原因分析,使学生初步接触到用概率统计的观点分析大量偶然事件的必然结果,这是本节课要学习到的重要的研究微观问题的方法。

本课主要通过实验和现象来认识分子间存在相互作用力。除了课本上的实例外可再举些例子说明或补充一些小实验。如粉笔字能留在黑板上,两块铁块烧红并用铁锤打击后能连接起来,用锡能焊接铁器件,两块橡皮泥能粘合起来等,都是因为分子间有引力。而被压缩的物体压力撤销以后,它会恢复原状,这是因为分子间有斥力。对于“分子间同时存在引力和斥力,它们的大小与距离有关”的规律,建议可用分子力和分子距离的关系示意图来形象直观地表达,但示意图不作为考查的要求。

### 三、实践活动

#### 1. 显微镜下观察布朗运动

用生物显微镜观察,倍数取 600 或 675,用清水把墨汁稀释,不要太浓。实验前先要明确:显微镜下看到的只是固体微小颗粒,固体颗粒是由大量分子组成的,仍然是宏观物体;光学显微镜是看不到分子的。然后通过显微镜观察,可以看到大大小小的许多颗粒,仔细观察其中某一个很小的颗粒,会发现它在不停地做无规则的运动。有条件的学校可以将一台显微镜放在讲台上,然后用显微摄像头拍摄布朗运动,经过电脑在大屏幕上显示投影成像,让全体学生观察,以便于指导观察,节省时间。教师在屏幕上指定任意一个颗粒为参考点,观察参考点的运动情况。然后让学生看教科书上画的几个布朗颗粒运动的路线,指出这不是布朗微粒运动的轨迹,它只是每隔 30 s 观察到的位置的连线。实际上在这短短的 30 s 内微粒运动也极不规则,布朗颗粒仍在进行疯狂的舞蹈。

#### 2. 讨论与交流——玻璃片为何变重了

本节课的“讨论与交流”,实验简单易行、现象明显,对分子间的作用力能引起直观而生动的印象,建议做分组实验。在玻璃板离开水面时,由于玻璃板分子与水分子间的吸引力,拉力要大于玻璃板的重力。

#### 3. 迷你实验——分子运动与扩散现象

这是一个验证分子总是在做无规则运动的实验,建议做演示实验;没有条件的学校也可以叫学生课后自己实验。如果做演示实验,为了节省时间,可以在学习完后全节内容后再返回来进行观察。

#### 4. 迷你实验——分子引力实验

这个实验简单易行也很有趣,应该做演示实验。实验时要注意:两铅块一定要光滑。为了消除学生的疑问,可以让一两个学生上台自己操作。

#### 5. 观察与思考——测油酸分子的直径

基于物理选修 1 系列的特点,建议该实验不一定要做演示实验,也不要求学生课后自己实验。此实验放在这里的目的,旨在让学生了解这一物理实验方法。

#### 6. 科学人物——阿伏伽德罗

这一内容可让学生课后阅读,也可以要求学生课后到图书馆或上因特网自行查找有关阿伏伽德罗的资料。

### 四、作业解答

#### 1. 试列举几个分子动理论的主要实验事实。

**解答:**扩散实验和布朗运动反映了分子在永不停息地做无规则的运动;固体和液体能保持一定的形状而不会离散成独立的分子,正是因为分子间存在引力;固体和液体难以压缩,说明分子之间存在斥力。

2. 把体积为  $1 \text{ mm}^3$  的油酸滴在水面上,假设油酸在水面上能够形成面积为  $3.5 \text{ m}^2$  的单分子油膜,试估算油酸分子的直径。

**解答:**油酸分子的直径  $D = \frac{V}{S} = \frac{10^{-9}}{3.5} \text{ m} = 2.86 \times 10^{-10} \text{ m}$ 。

3. 有人说“布朗运动就是分子运动。”这种说法对吗?为什么?实验观察发现悬浮在液体里的颗粒越小,布朗运动越明显,为什么?如果颗粒太大,就观察不到布朗运动,这又是什么道理?

**解答:**布朗运动是布朗颗粒的运动,布朗颗粒是宏观微粒,由大量分子组成。由于液体中大量做无规则运动的分子不断地撞击微小悬浮颗粒,而来自各个方向的液体分子的撞击作用是不平衡的,这样就引起了微粒无规则的布朗运动。布朗运动不是分子的运动,但它又间接反映液体分子无规则运动的特点。当颗粒越小时,在某一瞬时与它相撞的分子数就越少,来自各方向的撞击作用越不容易平衡。另外,颗粒越小,颗粒的质量就越小,加速度也越大,布朗运动就越显著。反之就不易观察到布朗运动。

4. 既然分子之间存在相互的吸引力,为什么折断的铅笔不能重新合为一体呢?

**解答:**折断的铅笔互相靠近时,能够达到分子力的作用范围的分子数不够多,绝大多数的分子之间的距离还是远大于分子力作用的范围,不足以利用分子的引力把折断的铅笔合为一体。

5. 把一张干燥的纸直接贴在黑板上是贴不住的,但打湿以后的纸就很容易贴在黑板上,这是为什么?

**解答:**干燥的纸与黑板之间的距离超出了分子相互作用的范围,无法利用分子力把纸贴住。打湿的纸有水,由于水具有流动性,填补了纸张和黑板之间的空隙,利用分子之间的吸引力把纸吸附在黑板上。

6. 早在1734年,英国人德萨古利埃将从一个铅球切下的一部分和另一个铅球切下的一部分相互接触、加压并转捻一下,两部分黏合在了一起。这是为什么?

**解答:**铅是比较容易发生形变的金属,两部分铅块经过接触、加压并转捻,可以使足够多的铅分子能够充分靠近,达到分子引力的作用范围,利用铅分子之间的吸引力把两部分铅块黏合在一起。

### 五、课程资源

#### 扫描隧道显微镜<sup>①</sup>

由于电子的隧道效应,金属中的电子并不完全局限于表面边界之内,电子密度并不在表面边界处突变为零,而是在表面以外呈指数形式衰减,衰减长度约为1 nm。只要将具有原子线度的极细探针以及被研究物质的表面作为两个电极,当样品与针尖的距离非常接近( $<1$  nm)时,它们的表面电子云就可能重叠。若在样品与针尖之间加一微小电压,电子在外电场作用下就会穿过两极间的绝缘层流向另一极,产生隧道电流,并通过反馈电路传递到计算机上显示出来。隧道电流对针尖与样品间的距离十分敏感。若控制隧道电流不变,则探针在垂直于样品方向上的高度变化就能反映样品表面的起伏;若控制针尖高度不变,通过隧道电流的变化可得到表面态密度的分布。

第一台扫描隧道显微镜是由美国IBM公司的宾尼和罗里尔在1982年发明的,它的显微分辨率超过电子显微镜数百倍,达到0.1 nm。利用扫描隧道显微镜可以分辨表面上原子的台阶、平台和原子阵列,可以直接绘出表面的三维图像,使人类第一次能够实时地观测到单个原子在物质表面上的排列状态以及与表面电子行为有关的性质。扫描隧道显微镜在表面科学、材料科学和生命科学等领域中有着重大的意义和广阔的应用前景。

图1-1左图是用扫描隧道显微镜拍到的砷化镓表面砷原子的排列,右图是用扫描隧道显微镜搬动48个Fe原子到Cu表面上构成的量子围栏。

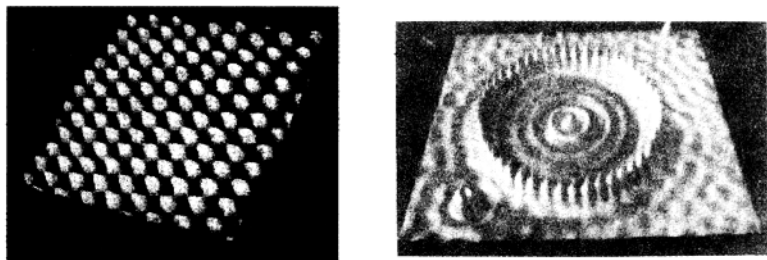


图 1-1

<sup>①</sup> 戴剑锋,李维学,王青. 物理发展与科技进步. 北京:化学工业出版社,2005

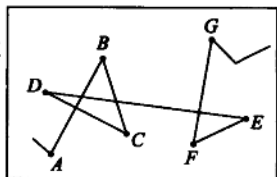
## 六、参考练习

1. 关于布朗运动的下列说法,正确的是

- (A) 布朗运动就是液体分子的热运动  
 (B) 布朗运动是悬浮在液体中的固体颗粒内的分子的无规则热运动  
 (C) 温度越高,布朗运动越激烈  
 (D) 布朗运动间接地反映了液体分子的无规则运动

答案:C、D

2. 右图是观察记录的做布朗运动的一个微粒的运动路径。从微粒在A点开始记录,每隔30s记录下微粒的一个位置,得到B、C、D、E、F、G等点,则微粒在75s末时的位置



(第2题)

- (A) 一定在CD连线的中点  
 (B) 一定不在CD连线的中点  
 (C) 可能在CD连线上,但不一定在CD连线的中点  
 (D) 可能在CD连线以外的某点

答案:C、D

3. 扩散现象说明

- (A) 分子之间互相排斥  
 (B) 分子在不停地运动  
 (C) 组成物质的分子间有间隙  
 (D) 不同的分子之间可以互相转变

答案:B、C

4. 用油膜法测定分子直径时

- (A) 必须形成单分子油膜  
 (B) 假想分子是球形的  
 (C) 设想分子一个紧接一个排列  
 (D) 分子直径 =  $\frac{\text{油膜面积}}{\text{油滴体积}}$

答案:A、B、C

5. 分子间的相互作用力由引力和斥力两部分组成,则

- (A) 引力和斥力是同时存在的  
 (B) 固体分子间的引力总是大于斥力,其合力总表现为引力  
 (C) 固体难以压缩,说明分子之间只有斥力没有引力  
 (D) 分子之间的距离越小,分子引力越大,分子斥力越小

答案:A

## 第2节 温度和内能的微观解释

## 一、教学要求

1. 了解物体的冷热程度用温度来表示。通过各温标的比较,知道无论是自然科学的测量还是社会科学的测量都需要先确定标准。

2. 了解分子的热运动与温度有关。通过温度的微观解释,知道研究微观世界大量分子的无规则运动可以用概率统计的方法。

3. 了解分子不仅有动能,还有分子势能,知道内能是物体内部所有分子动能和势能的总和。

4. 了解统计规律是支配大量偶然事件整体行为的规律,列举统计方法在自然科学与社会科学中的应用。

### 二、教学建议

利用课本图 1-20 让学生了解 3 种温标的区别,并举例说明选择不同的标准,测量的数值会有所不同。通过讨论交流,认识自然科学的测量与社会科学的测量都需要先确定一个标准。

建议先学习第 3 部分——无规则运动的统计规律。通过伽尔顿板实验,直观形象地了解“个别事件是无法预测的,但是大量偶然事件仍是有规律可循的,它们遵循统计规律”。这为下面进一步学习用统计的观点研究看不见的、抽象的分子运动打下基础。

通过分子动理论的学习,学生已经知道组成物质的分子数非常多,分子做无规则运动,研究每一个单个分子的运动是不可能也是没有意义的。联系伽尔顿板实验和对统计规律的讨论,学生就可以应用刚学到的规律,推测出大量无规则运动的分子整体上也一定有规律性,这是统计规律在物理学中的一个应用,由此引入平均动能及温度的微观解释就显得水到渠成。学生再一次以物理知识为载体,体验用统计的方法来研究大量偶然事件的科学研究方法。

物态发生变化时,分子势能的作用表现得特别明显。晶体熔化过程中吸收热量但温度不变,即平均动能不变,从而引入分子势能,这样的引入自然流畅,对看不见的分子势能的存在有了感知。分子势能的变化是由于分子力做功,而分子力做功既有分子引力做功又有分子斥力做功,这样的叙述难以理解,因此,应用拉伸弹簧使势能增大等例子做类比就比较容易理解了。应给学生指出,应用类比方法学习也是一种较好的学习方法。

### 三、实践活动

#### 1. 关于“讨论与交流”

课本第 14 页“讨论与交流”中,汽化过程温度保持不变,这与晶体熔化过程是相似的,通过类比,学生比较容易得出结论。 $100^{\circ}\text{C}$ 的水蒸气与  $100^{\circ}\text{C}$ 的水相比,分子平均动能相等,但在汽化过程中吸热,克服分子引力做功,使分子势能增大,内能增加。当人被  $100^{\circ}\text{C}$ 的水蒸气烫着时,就能释放出更多的内能,对人的烫伤就更严重了。

#### 2. 迷你实验——温度与扩散快慢

建议将这个实验作为课堂演示实验。

#### 3. 伽尔顿板实验

统计规律对学生来说还比较陌生,因此教学中一定要重视伽尔顿板实验。可以把它作为课堂演示实验,让学生直观地感受到大量偶然事件也遵循一定的规律,这个规律就是概率统计规律。在做完这个实验后,还可以让学生列举一些日常生活中常见的遵循概率统计规律的事例。

### 四、作业解答

#### 1. 下列关于温度的说法正确的是

- (A) 温度是表示物体冷热程度的物理量
- (B) 温度标志着物体内部分子无规则运动的剧烈程度
- (C) 温度是分子热运动平均动能的标志
- (D) 在国际单位制中,温度的单位是摄氏度

解答:A、B、C

2. 有人说,汽车跑得越快,组成汽车的分子的热运动平均动能就越大,因此汽车的温度就越高(不计车与空气和地面的摩擦)。这一说法错在哪里?

**解答:**物体整体运动的动能属于机械能的范畴,分子无规则运动的动能则是内能。分子热运动平均动能的大小在宏观上表现为温度的高低,与物体整体运动的快慢无关。

3. 为什么说任何物体都具有内能?

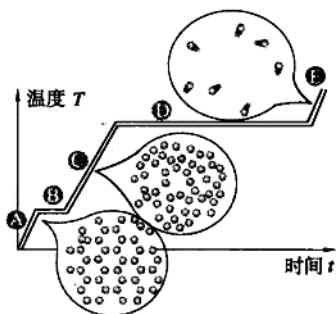
**解答:**内能是指物体内部所有分子的动能和分子势能的总和。因为分子总是永不停息地做无规则的运动,因此分子一定具有动能,所以任何物体也就具有了内能。

4. 右图是对晶体加热,使其由固体变为气体的温度—时间图像。请根据图象分析整个过程中内能的变化情况。

**解答:**从零时刻起,对晶体加热,温度升高,晶体的分子内能增大;熔化过程继续吸热,晶体的温度不变,分子动能不变,而晶体分子的规则排列被拆散,分子势能增加;熔化过程完成后,晶体全部变成液体,继续吸热,温度升高,分子内能增大;之后进入汽化过程,汽化过程中吸热,温度保持不变,分子动能不变,分子间的距离增大,分子势能增加;汽化过程完成后,继续吸热,内能增大。综上所述,整个加热过程内能都在增大。

5. 请举例说明大量出现的某类事件会表现出统计规律。

**解答:**向上抛掷硬币,落地时国徽是朝上还是朝下是偶然的没有规律的,但是抛掷的次数越多,朝上和朝下的次数越接近相等,这就表现出统计规律。



(第4题)

## 五、课程资源

### 1. 热现象中微观理论与宏观理论的统一

19世纪以后,物质的原子结构学说获得了广泛的认同。在此基础上,物理学发展了热力学的分子运动论解释,逐步建立了统计物理学。

为了解释气体的实验定律,瑞士数学家、物理学家丹尼尔·伯努利早在1738年就提出了一种气体模型来解释。他认为,组成气体的微粒极其微小,以致数目无比巨大,它们以极高的速度彼此冲撞,做弹性碰撞,因此,容器壁所受到的气体压强可以看成是大量气体微粒冲撞的结果。这样,伯努利第一次提出了气体压强的碰撞理论,并且从这个理论推出了玻意耳定律。但是,在当时伯努利的理论没有引起足够的注意,以致伟大的思想延误了1个世纪之久。

1820年,英国的赫拉派斯重新提出了伯努利曾经提出的气体理论。他不仅认为气体压强是气体粒子碰撞的结果,而且明确提出“气体温度取决于分子速度”的思想。1848年,焦耳测量了许多气体的分子速度,在他的推动下,分子运动论引起了越来越多人的重视。1857年,克劳修斯提出:气体压强是大量分子对容器壁撞击的总体效应,分子的平均动能对应于气体的温度。

1859年,麦克斯韦在克劳修斯工作的基础上,将概率统计的方法引入分子运动理论中,把平均动能作为温度的标志。从此,概率统计方法成为研究分子运动理论的基本方法。通过麦克斯韦、玻尔兹曼、吉布斯等人的工作,分子运动论逐渐发展为统计物理学。

### 2. 麦克斯韦统计思想的由来<sup>①</sup>

麦克斯韦的统计思想大概来自3个方面。一是统计学的发展。19世纪初,概率理论已开始应用于天文学领域。高斯(E. Gauss, 1777—1855)在1823~1828年对概率理论做了系统论述,提出了正则方程(也叫高斯分布律)。1848年,麦克斯韦刚进入爱丁堡大学学习,他有一位老师叫佛贝斯(Forbes, 1815—1854),对天文观测的统计结果进行过验算,这项工作引起麦克斯韦极大的兴趣,开始注意概率理论,进而全面阅读统计

<sup>①</sup> 郭奕玲,沈慧君. 近代物理著名实验简介. 济南:山东教育出版社,2001

## 第2节 温度和内能的微观解释

学的著作。二是克劳修斯(Clausius, 1822—1888)在1857~1858年推导平均自由程时,应用了概率理论,麦克斯韦读到后深受启发。三是1855年麦克斯韦本人开始研究土星卫环问题时,为了解决土星卫环质量分布的稳定性,曾试图运用概率理论来处理。这项工作虽然未获成功,但促使麦克斯韦树立了坚强的信念,坚信只有靠统计方法才能对大量粒子的行为进行描述。

1859年,麦克斯韦在《气体动力理论的说明》一文中,在分子的杂乱运动在各个方向机会均等的前提下,假设由于不断碰撞,三个相互垂直的速度分量  $v_x$ 、 $v_y$ 、 $v_z$  彼此独立,推导出了分子速率分布律,即  $x$  方向的速度分量在  $v_x$  到  $v_x + dv$  之间的分子数为

$$dN_x = N \frac{1}{a\sqrt{\pi}} \exp\left(-\frac{v_x^2}{a^2}\right) dv$$

其中,  $N$  为分子总数,  $a$  为与温度、质量有关的常数。 $y$ 、 $z$  方向的分布可以以此类推,它们的速率分布曲线如图 1-2 所示。

麦克斯韦提出这一规律已经差不多 100 年了,随着科学技术的不断发展,人们不断提出新的方法并探索新的途径,从各个方向对麦克斯韦速率分布规律进行检验,使麦克斯韦速率分布律得到了完全验证。人们在纪念麦克斯韦的巨大贡献之时,不得不钦佩理论的巨大威力和人类在认识客观规律上的持久努力。

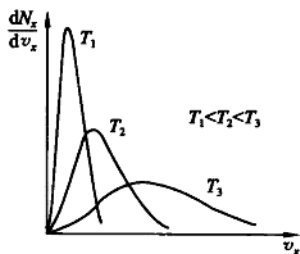


图 1-2 麦克斯韦速率分布曲线

### 六、参考练习

1. 与同学交流,你还知道那些温度计? 你还能设想出那些种类的温度计?

答案:略

2. 找一个你感兴趣的课题,经过调查,收集分析数据,找出它的统计规律,与同学交流你的成果,并谈谈你应用统计方法研究问题的体验。

答案:略

3. 质量相同,温度为  $0^\circ\text{C}$  的水和  $0^\circ\text{C}$  的冰比较,则

- (A) 分子的平均动能相同
- (B) 每个分子的动能相同
- (C) 分子的内能不相同
- (D) 分子的势能不相同

答案:A、C、D

4. 对温度的下列描述正确的是

- (A) 温度的高低是人的感觉决定的
- (B) 高温物体内的每一个分子的动能都比低温物体的分子动能大
- (C) 物体的内能大,则温度一定高
- (D) 分子的平均动能增大,物体的温度升高

答案:D

5. 物体从斜面上滑下,由于受到摩擦力的作用,物体的

- (A) 机械能减少,内能也减少
- (B) 分子平均动能增加
- (C) 机械能减少,内能增加
- (D) 机械能减少,内能不变

答案:B、C

## 第3节 分子运动与气体压强

### 一、教学要求

1. 从微观上用分子动理论和统计的方法了解气体压强产生的原因,知道压强是大量气体分子碰撞器壁产生的,它是对大量分子统计平均的结果。
2. 分别从宏观和微观的角度理解压强与温度、体积的关系,建立宏观量与微观量之间的联系。

### 二、教学建议

由于单个的分子极小,分子对器壁撞击产生的压力也极其微小,因此,对分子的撞击能产生如此巨大的压强学生会感到难以理解。课文先通过教材图1-27让学生感受“塑料小颗粒不断撞击泡沫塑料片,产生了持续的压力”,降低了学习的难度。再通过控制变量的方法进行实验,得出结论:颗粒的数量越多,速度越大,产生的压力就越大。也可以让学生回忆,在大雨中撑伞,会感觉伞会变得更重一些,其实是当看似微小的雨滴不断撞击伞面时就会产生相当大的压力,当雨量大时,即相同时间内撞击伞面的雨滴数量增加时,压力也会更大。

由于分子很小,组成物质的分子的数量极多,因此,统计方法仍然是本节课中采用的重要研究方法。

压强与温度和体积都有关系,因此叙述或实验时要注意对变量的控制。压强与温度的关系可分别从“体积不变时,温度降低压强减小”、“温度升高,压强变大”两个角度进行分析,并从微观角度进行解释。可以让学生再举一些日常生活中的相关现象进行讨论与交流,让学生感受到物理就在生活中;同时通过学习,感受到我们也能从宏观和微观的角度,并采用不同的研究方法来认识世界。这样我们对周围世界的认识更深刻了,科学素养也得到了提高。

压强与体积的关系研究,同样要注意控制变量,并从增大体积与减小体积两方面进行研究,微观解释要始终贯穿统计的观点。

### 三、实践活动

#### 1. 讨论与交流

- (1) 容器中的气体对容器上壁和下壁的压强是否相等

组成气体的分子数量很多,且分子做无规则的热运动,因此应该用统计的方法来研究这个问题。气体分子做杂乱无章的热运动,在某一时刻对于一个分子来说,它的运动方向和速度大小是偶然的,但对于大量分子组成的整体而言,从统计的观点来看,任意时刻分子在容器中的分布均匀,分子沿各方向运动的机会均等,气体分子对容器壁各方向撞击的数目应该相等。同时,根据统计的观点,气体分子的平均动能相等,分子撞击容器壁时产生的作用力也相等。因此,容器中的气体对容器上壁和下壁的压强相等。

- (2) 为什么压瘪但不漏气的乒乓球放入热水中会重新鼓起来

压瘪但不漏气的乒乓球放入热水中,由于温度升高,分子运动的平均动能增大,对球壁产生的压力变大,乒乓球就重新鼓起来了。

#### 2. 观察与思考

“泡沫塑料片为什么会悬在空中”是通过类比的方法来理解气体压强的微观实质的实验,建议作为课堂



演示实验。

### 3. 迷你实验

教材中的两个迷你实验“观察气体压强随温度的变化”和“体验气体压强的变化”，建议在课堂上进行，最好让学生自己在课堂上亲身感受实验效果。

## 四、作业解答

1. 下列关于容器中气体压强的说法中，正确的是

- (A) 气体的压强是气体分子间存在的斥力引起的
- (B) 气体的压强是大量气体分子做无规则运动时，对器壁频繁碰撞的结果
- (C) 器壁单位面积上受到的压力，在数值上就等于气体的压强
- (D) 气体对器壁各个方向产生的压强大小并不相等

解答：B、C

2. 气体的压强与哪些物理量有关？

解答：气体的压强与温度和体积有关。一定质量的气体，当体积不变时，温度升高，压强增大，温度降低，压强减小；当温度不变时，体积增大，压强减小，体积减少，压强增大。

3. 对于一定质量的气体，如果温度升高，要保持气体压强不变，应采取什么办法？试从压强的微观意义的角度进行分析。

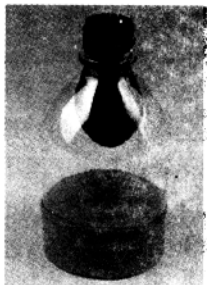
解答：一定质量的气体，温度升高时，分子的热运动加快，分子的平均动能变大，分子撞击器壁产生的压强变大。因此必须增大体积，使单位时间内撞击到器壁单位面积上的分子数减少，以保持气体的压强不变。

4. 如右图所示，将一个气球放入瓶中，把气球的开口向外翻，套在瓶颈上。然后向气球内吹气，将会发生什么现象？为什么？

解答：放在瓶中的气球不容易吹大。当我们向气球内吹气时，气球的体积增大一些，使瓶子中的气体体积变小，气球外的气体压强增大，因此要把气球吹大很困难。

5. 用打气筒给轮胎打气时，为什么会越打越费劲？

解答：用打气筒给轮胎打气时，随着打入的气体增多，气体分子的密集程度变大，轮胎内的气体压强增大，而打气筒内气体的压强必须大于轮胎内的气体压强，才可以继续充气，于是就越打越费劲。



(第4题)

## 五、课程资源

### 理想气体的压强

(1) 理想气体分子模型

- ① 分子可以看做质点；
- ② 除碰撞外，分子力可以略去不计；
- ③ 分子间的碰撞是完全弹性的。理想气体的分子模型是弹性的、自由运动的小球。

(2) 理想气体分子性质

- ① 平均而言，沿各个方向运动的分子数相同；
- ② 气体的性质与方向无关，即各个方向上速率的各种平均值相等，即

$$\overline{v_x} = \overline{v_y} = \overline{v_z} \quad \overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$$