

经全国中小学教材审定委员会 2004 年初审通过

选修 1-2



普通高中课程标准实验教科书

物理 1-2

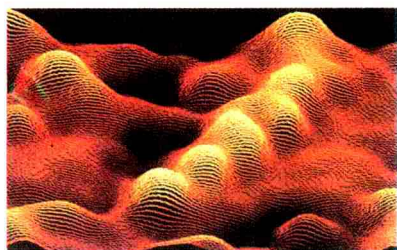
PHYSICS

PHYSICS

主 编 束炳如 何润伟

上海科技教育出版社

目 录



第 1 章 人类对热现象的探索 6

- 1.1 关于热本质的争议 7
- 1.2 走进分子世界 11
- 1.3 研究分子运动的新方法 17

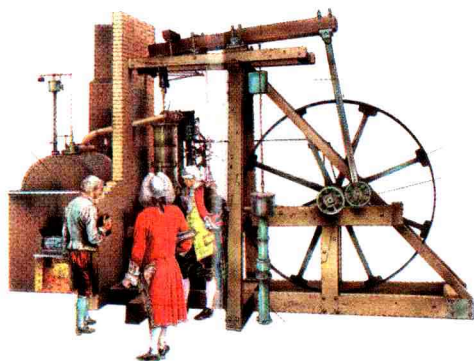
第 2 章 热力学定律与能量守恒 22



- 2.1 揭开温度与内能之迷 23
- 2.2 热力学第一定律 26
- 2.3 伟大的守恒定律 29
- 2.4 热力学第二定律 熵 36

第 3 章 热机与第一次工业革命 42

- 3.1 一项推动大生产的发明 43
- 3.2 蒸汽机与社会发展 49
- 3.3 热机发展之路 56





第4章 热与生活 64

4.1 内能的利用 65

4.2 营造一个四季如春的居室 68

4.3 打开太阳能的宝库 73

第5章 电能与第二次工业革命 78

5.1 怎样将电能输送到千家万户 79

5.2 辉煌的电气化时代 85

5.3 改变世界的工业革命 90



第6章 能源与可持续发展 96

6.1 神秘的射线 97

6.2 一把双刃剑——放射性的应用与防护 102

6.3 核反应与核能 106

6.4 重核裂变 109

6.5 轻核聚变 113

6.6 能源利用与可持续发展 115



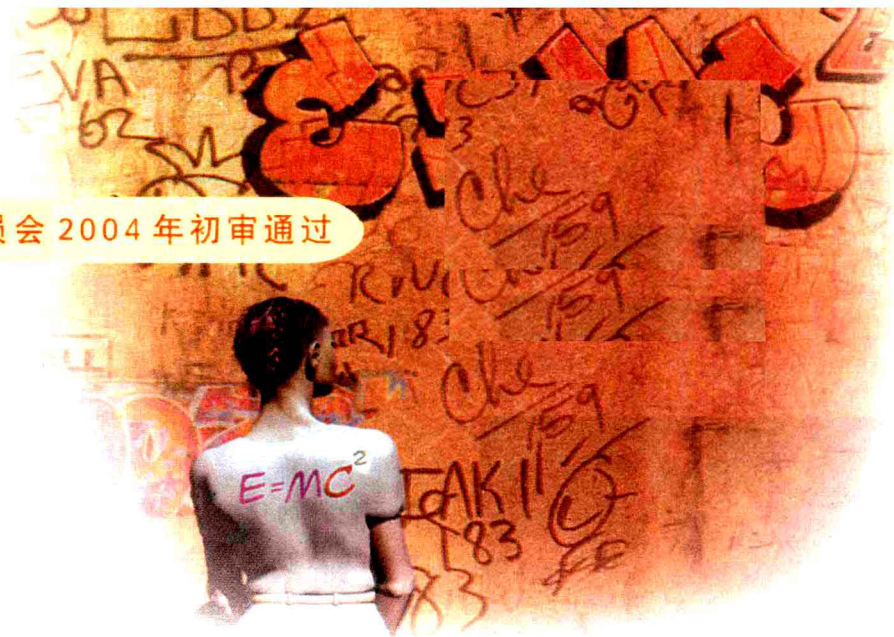
总结与评价 科学讨论会 118

研究课题示例 118

评价表 119

经全国中小学教材审定委员会 2004 年初审通过

选修 1-2



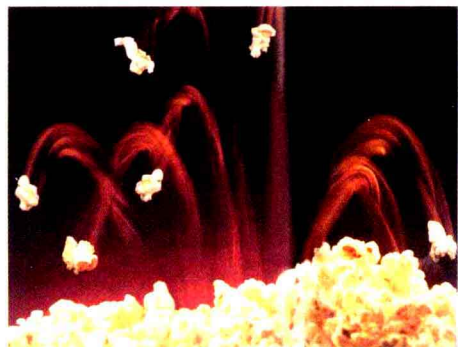
普通高中课程标准实验教科书

物理 1-2

PHYSICS

主 编 束炳如 何润伟

亲爱的同学：



欢迎你继续高中物理选修系列1的学习！

本书将紧接着《物理1-1》的内容，向你展示物理学中有关热现象及能源的研究。我们将引领你沿着历史的长河，考察人类是怎样逐步认识热的本质的，又是怎样把总结出的关于热现象的规律用于生活、生产和科学研究的。热能和电能的应用催生了两次工业革命，你将感受到科学技术对社会发展产生了多么深刻的影响。当我们享受着现代化的物质文明时，能源问题、环境问题又是多么地严峻……

为适应你选择的发展方向，本书将引导你采用一种以观察实验现象、定性诠释原理、分析相互关系、探讨社会影响为主的学习方法。你将亲历过程，探究热力学的基础知识和重要规律，体验物理学的基本观点和研究方法，享受科学给你带来的乐趣。

我们为你的学习精心营造了一个良好的氛围，构筑了一个帮助你理解、扩展你视野、锻炼你能力、使你能充分展示才华的平台。

著名的物理学家、诺贝尔奖获得者李政道博士说过：“科学和艺术的共同基础是人类的创造力，它们追求的目标都是普遍的真理。”物理学的成就和方法是人类智慧的结晶，是世界文化的瑰宝。物理学的丰硕成果会直接引发人们的思维方式、生产方式和生活方式上的变革。全社会的每一个成员都能从物理学中汲取到有益的营养。物理学的许多研究方法早已被移植到社会科学领域，并已开花结果。“文科”与“理科”间的鸿沟正被逐渐填平。未来的社会栋梁，不但要知道奥赛罗、红楼梦，也要知道宇宙大爆炸、黑洞；不仅要会欣赏毕加索、徐悲鸿，也要会欣赏爱因斯坦、霍金。

人们称诗歌(Poetry)和物理学(Physics)是代表人类智慧的两个伟大的P，它们在人类文明的进程中都有着重要的影响。我们相信，它们必将在未来的社会栋梁身上得到更完美的体现，而这，正是本书追求的宗旨。

亲爱的同学，让我们共同努力吧！



科技活动 比较俩的大小

把一碗沙子倒进一碗水里,并把两者混合在一起,那么,混合前后相比较,系统的熵是增加了还是减小了?

质量相同、温度相同的水,在固态、液态和气态三种状态下,熵的大小有什么关系?为什么?

科技活动

这里为你安排了一些有趣的实验和Activity,你将亲历过程,感受科学给你带来的乐趣。



图 2-1 水的三种状态的微观结构示意图

信息浏览

这里既是相关知识的链接点,又是浏览物理世界大好风光的窗口。在休闲式的阅读中,你的知识贮藏将逐渐丰富。

信息浏览

中国航天技术起步于 20 世纪 50 年代,是在研制导弹的基础上自力更生发展起来的。现有可把多颗卫星送入预定轨道的“长征”系列运载火箭:长征 1 号(代号 CZ-1,英文代号为 LM-1)、2 号(CZ-2,LM-2)、长征 3 号(CZ-3,LM-3)、长征 4 号(CZ-4,LM-4)。其中 CZ-1、CZ-2 为近地发射小卫星。1970 年 4 月 24 日,CZ-1 成功地将我国第一颗人造卫星东方红 1 号, CZ-2 于 1975 年 12 月 26 日首次发射返回式遥感卫星成功, CZ-4 专门发射高轨道大卫星。1988 年 9 月 7 日的第一颗太阳同步轨道气象卫星——风云 1 号 CZ-4 发射成功。值得一提的是 CZ-3,它于 1984 年研制成功,用于发射地球同步卫星,具有 D1 轨道上同步轨道的能力。该箭升空 4 秒,特别是它采用了液氢液氧发动机这种代表著

现代运载火箭技术最高水平的装置。这标志着我国在运载火箭技术上已进入世界先进行列。CZ-3 已于 1985 年 10 月被美国国家发射市场,承揽海外卫星发射业务。1990 年 4 月 8 日,CZ-3 成功地将美国制造的亚洲 1 号卫星送上太空,准确入轨。CZ-2F 曾 5 次将“神舟”号飞船准确送入预定轨道,举世瞩目。



图 3-23 长征-2F

科技巨匠

这里有科学家的风采,这里有发明家的胸怀。科学探索之路上的一座座丰碑,永远激励着青年一代。

科学巨匠

宇宙航行理论的奠基人——齐奥尔科夫斯基

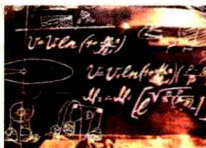


图 3-32 齐奥尔科夫斯基的草稿

齐奥尔科夫斯基 1857 年生于俄罗斯的一个农家家庭。10 岁因病失明,无法上学,他顽强地自学了小学和中学的课程,但没有一所大学肯收这个没有文凭的学子。他在图书馆中自学大学课程。每月,他从微薄的伙食费中挤出钱来买书籍和实验用品。常常因吃不上东西挨饿过去。

他,行星际空间为绝对真空状态,火箭可以在太空的真空环境中工作,因为它自带氧化剂,燃料燃烧不需要外界供给氧。同时,反作用推进原理在真空中仍然有效。因此,火箭可以作为宇宙航行的动力。

1885 年,在一本科幻小说中提出发射人造地球卫星的设想。

1903 年,发表论文《用火箭推进器探索宇宙》,文中提出了火箭公式。

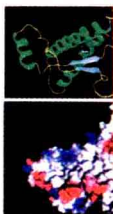
1911 年和 1912 年,又提出有关载人宇宙飞行的一系列设想。例如,到其他星球上去必须经过真空区,载人宇宙飞船必须携带空气;飞船上必须有密封座舱,座舱中的空气必须不断净化;飞船返回时可利用地球大气减速;在太空建立生物圈住宅,用自给产生人造重力;用动物和植物组成生物圈环境,建立密闭生态系统,以提供食物和氧气。他还推导和论述了不同质量的物体在失重条件下的运动规律,研究了失重和超重对人体的影响。

科普选读

“看清”生物大分子的真面目

生物大分子,也称“生物高分子”,是生物体内的一些结构复杂的大分子,例如蛋白质、核酸、多糖等。生物大分子是生命活动的主要物质基础。只有认清了生物大分子的真面目,我们才能了解生物大分子的生命功能,理解生物的正常生理,弄清发生疾病的机制并研制出相应的药物。

细胞中含有成千上万个生物大分子。每个分子都有两个特征物理参数——分子量和电荷。这两个参数相当于分子的身份证号码,我们只有读出了这两个基本参数,才能知道它们是啥。鉴定分子量和电荷的方法是质谱分析法。常规的质谱分析法是通过轰击的方法,将分子电离化,继而测定



科普选读

这里从中英文科普作品中为你精心挑选了一些美文。在你感到赏心悦目的同时,你的科学素养得到了提升,你的英语能力得到了锻炼。

家庭作业与活动

1. 给你一小段细铁丝、一盒火柴和一小块粗糙的布片,请你用两种不同的方法使铁丝的温度升高。比较这两种方法的效果,并说出其中的道理。

图 2-10 所示的实验装置中,用打气筒向瓶内打气,会看到气体温度计内的红色液柱在瓶口迅速流掉橡皮管,会看到红色液

柱迅速下降,请解释这个现象。

图 2-11 所示的装置称为丁泽尔实验仪。在一个弓形夹具上有一根黄铜管。把夹具固定在桌边。在铜管内倒入少量乙醚,将塞子塞好(松紧适宜),然后把绳子在铜管上绕上一二圈,双手拉住绳子两端快速地向相反方向拉动,不一会儿就能观察到塞子向上飞起。这是什么原因呢?

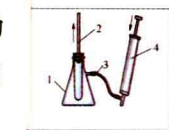


图 2-10 1. 打气筒 2. 气体温度计 3. 橡皮管 4. 两用气管

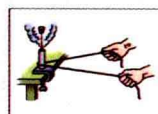
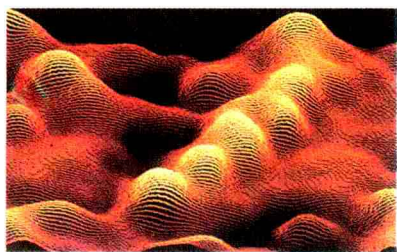


图 2-11

家庭作业与活动

这里为你提供了丰富多彩的学习活动,让你通过回顾进行自我评价,使你体验到成功的喜悦

目 录



第 1 章 人类对热现象的探索

6

- 1.1 关于热本质的争议 7
- 1.2 走进分子世界 11
- 1.3 研究分子运动的新方法 17

第 2 章 热力学定律与能量守恒

22

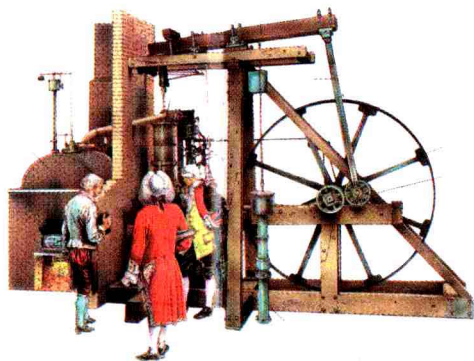


- 2.1 揭开温度与内能之迷 23
- 2.2 热力学第一定律 26
- 2.3 伟大的守恒定律 29
- 2.4 热力学第二定律 熵 36

第 3 章 热机与第一次工业革命

42

- 3.1 一项推动大生产的发明 43
- 3.2 蒸汽机与社会发展 49
- 3.3 热机发展之路 56





第 4 章 热与生活 64

4.1 内能的利用 65

4.2 营造一个四季如春的居室 68

4.3 打开太阳能的宝库 73

第 5 章 电能与第二次工业革命 78

5.1 怎样将电能输送到千家万户 79

5.2 辉煌的电气化时代 85

5.3 改变世界的工业革命 90



第 6 章 能源与可持续发展 96

6.1 神秘的射线 97

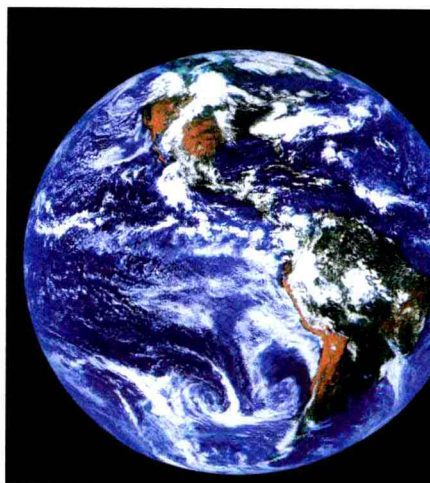
6.2 一把双刃剑——放射性的应用与防护 102

6.3 核反应与核能 106

6.4 重核裂变 109

6.5 轻核聚变 113

6.6 能源利用与可持续发展 115



总结与评价 科学讨论会 118

研究课题示例 118

评价表 119

撩起冷热的面纱
走出困惑与迷茫
让人们亲近分子
把概率迎进殿堂
布朗的小颗粒
多么神奇风光

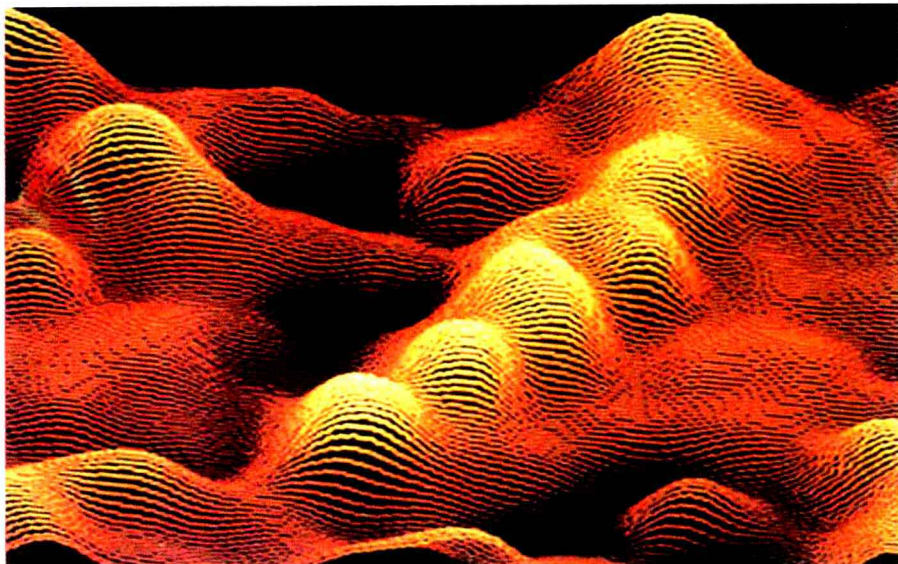


图 1-1 用扫描隧道显微镜在一个遗传分子上描绘出的形状

第 1 章

人类对热现象的探索

热与冷,每天伴随着人们。在 3000 多年前,我们的祖先已开始关注热现象,可是直到蒸汽机的轰鸣声隆隆响起,在热现象和相关的许多问题上,依然迷雾重重。

热究竟是什么?

怎样知道物质分子的大小?

布朗运动是怎么一回事?

分子间相互作用有什么规律?

如何研究大量分子杂乱无章的运动?

.....

本章将承接初中物理对热现象和分子运动的初步认识,引领你沿着历史的长河,追溯思想家、科学家对热本质的探索,了解科学史上影响深远的两种学说。接着,我们将走进分子世界,从分子之小、运动之乱到其相互作用之复杂,进一步认识分子动理论的基本要点及其实验基础。最后,通过实例,引入统计观念,用统计观念解释气体的压强,介绍统计规律的特点以及统计方法在经济建设、科学研究等方面的应用。

1.1

关于热本质的争议

热与冷,跟人们的生活有着密切的关系。很早人们就从自身的感受和直接的观察中,形成了对热现象的一些初步认识。

热学这一门科学源于人类对于热与冷现象本质的追求。

——王竹溪

对热现象的早期认识

据记载,早在我国西周初期,人们就已经知道较冷和较热物体之间的区别,懂得冷热不同的物体相接触会发生热传递现象。

春秋战国时期的《考工记》中,记载着用焰色判断冶炼进程的方法:“凡铸金之状,金(即铜)与锡,黑浊之气竭,黄白次之;黄白之气竭,青白次之;青白之气竭,青气次之。然后可铸也。”也就是说,必须达到“炉火纯青”的地步,才有足够的高温可以进行冶炼。这完全符合现代用焰色判断温度高低的原理。

秦汉之际的《淮南子》中,记载着结冰与温度高低的联系:“是故处于堂上之阴,而知日月之次序;见瓶中之冰,而知天下之寒暑。”

南北朝之后,人们已认识到人的体温近乎恒定,知道用体温为标准比较温度的高低。

.....

科技活动 欣赏古诗,剖析原理

宋代著名诗人苏东坡在《惠崇春江晚景》一诗中写道:

竹外桃花三两枝 春江水暖鸭先知
蒌蒿满地芦芽短 正是河豚欲上时

请讨论一下:其中“春江水暖鸭先知”符合什么物理原理?



图 1-2 春江水暖鸭先知

我国许多古籍中对温度和热传递等现象都有着丰富的记载。古人们在对热现象进行观察的同时,也思考着热的本质。从早期

把热看作一种物质的实体,到唐代的柳宗元认为热是一种元气的运动,在观念上有了很大的进步;而把热跟运动联系起来,可说是关于热的运动理论思想的可贵萌芽。

我国古代学者对热现象有着丰富的记录和一定深度的思考,但为什么没有总结出有关热现象的一些规律?

关于热本质的两种学说

热究竟是什么?东西方先哲们思考过的问题,到17世纪又引起了人们的兴趣。对于热的本质,在科学史上曾经流传着两种最有影响的学说。

一种是热的唯动说。早在16世纪,英国哲学家弗兰西斯·培根(F. Bacon)根据摩擦生热等现象,明确提出热是一种运动。

培根在《新工具论》一书中写道:“……就是说,热本身,它的本质是运动,而不是别的什么……”。

培根的观点对17世纪的科学家产生了普遍的影响。玻意耳(R. Boyle)及其助手胡克(R. Hooke),还有笛卡儿(R. Descartes)、牛顿(I. Newton)等许多著名科学家都认为热是组成物体的微粒的运动。至18世纪40年代,俄国科学家罗蒙诺索夫(M. B. Ломоносов)进一步明确指出:物体是由肉眼看不见的微粒组成的,热无非就是这些微粒的运动而已;……热由高温物体传给低温物体的原因,是高温物体中的微粒把运动传给了低温物体中的微粒……

这些论述包含着相当深刻的见解,可惜大多只是一些定性的猜测,缺乏坚实的实验基础,因而未能形成科学的理论。

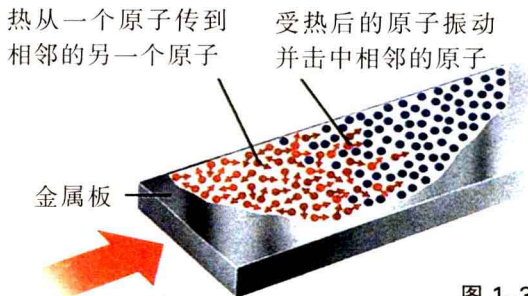


图 1-3 对热传递的解释

另一种是热质说。它是随着温度计的制作和量热学的建立,由英国化学家布莱克(J. Black)倡导的。

从量热学的实验知道,把两个温度不同的物体放在一起,它们最后的温度必定介于两者初始温度之间。布莱克由此联想到,

科学好像一座金字塔,
它的唯一基础是历史和经
验。

——罗杰尔·培根

两个物体之间必定传递着某种“热的东西”,而且这种“东西”的传递和流动不会改变原来物体的质量,因此,它应该是一种特殊的、没有质量的、充满整个物体的流体。布莱克的观点后来被法国著名化学家拉瓦锡(A. L. Lavoisier)采纳,他把这种“东西”称为“热质”,予以论述,从而发展出一个完整的学说。

用热质说可以很直观地解释当时已知的大部分热现象。因此,在 17、18 世纪关于热本质的争论中,热质说赢得了更多的拥护者,并在科学界占据了统治地位。

伦福德和戴维的攻坚战

“热质”简直是一个“幽灵”!它是物质又没有质量,它充满整个物体又没有体积,它无处不在又隐身不现,真让人难以捉摸。物体中到底存在不存在这种“热质”呢?

1798 年伦福德(C. Rumford)在慕尼黑兵工厂视察炮筒钻孔后,做了一个著名的实验。他把炮筒固定在水里,用几匹马带动一个很钝的钻头,在炮筒内钻孔。经过 2 h 45 min,切削下来的铁屑仅 50 多克,却使约 6.72 kg 水由 0℃上升到沸点;而且,只要钻头不停地运动,热就可以源源不断地产生。

伦福德的实验中产生的热似乎是无穷无尽的,这使人难以理解。伦福德在报告中写道:“……那些旁观者的面目上表现出的惊讶诧异是难以形容的,……而我也坦率承认,它使我感到孩童般的喜悦……”。

这些热是从哪里来的呢?

后来,伦福德又设计了一系列钻孔实验。他设法将仪器与

伦福德坚信热质说是错误的。他在 1804 年给朋友的信中说道:“我相信,我将活到足够长的时间,直到高兴地看到热质说与燃素说一起埋葬在同一坟墓之中。”

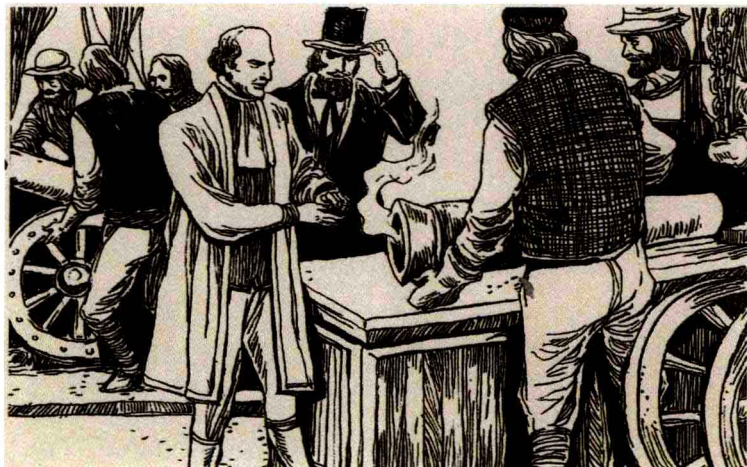


图 1-4 伦福德的实验



戴维 (H. Davy, 1778—1829), 英国化学家。1797 年开始致力于科学研究。1799 年发现氧化亚氮的麻醉性。1801 年开始研究电化学, 先后制得钾、钠、钡、镁、钙、锶等金属。

外界绝热,测出钻孔前后金属的比热容。实验结果表明,炮筒和碎屑的比热容一样,都没有发生变化。伦福德的结论是:“不待说,任何与外界隔绝的一个物体或一系列物体所能无限地连续供给的任何东西决不能是具体的物质。并且,如果不是十分不可能的话,凡是能够和这些实验中的热一样地激发和传播的东西,除了只能把它认为是‘运动’以外,我似乎很难构成把它看作为其他东西的任何明确的观念。”

1799 年,戴维也做了一个精彩的实验:他利用钟摆装置使放在真空玻璃罩内的金属轮子和盘子发生摩擦,在 0°C 的温度下,盘子上事先涂上的蜡被熔化了。他还将两块 -2°C 的冰放在真空玻璃罩内摩擦,结果冰逐渐熔化,变成 2°C 的水。戴维认为,“摩擦引起了物质微粒的振动,这种振动就是热。”

热本质真相大白

伦福德和戴维的实验,虽然使热质说受到致命的打击,但并没有动摇热质说的统治地位。直到 19 世纪 40 年代,由于迈尔(J. R. Mayer)、焦耳(J. P. Joule)等人的工作——热功当量的测定、能量转化与守恒定律的确立,才彻底把热质说送进了坟墓,热的唯动说取得了最后的胜利。

从此,“热是运动”的观点得到普遍的承认,物理学家开始从物质微观粒子的层次上去探求热的本质。随着分子动理论的建立,人们终于揭示了热的本质——热是大量分子无规则运动的宏观表现。

1.2

走进分子世界

热学的发展经过了一场论战后,热质说日渐没落,早期提出的分子运动的理论又重新活跃起来,并为统计思想进入物理学找到了入口。

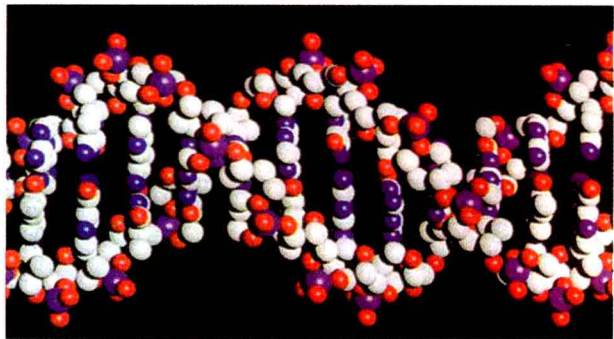


图 1-5 DNA 大分子的结构

分子何其小

我们知道,任何物体都是由许多很小的分子组成的。那么,分子究竟有多小呢?

为了解决这个问题,首先要建立一个简化的分子模型。我们设想,组成物质的分子是球形的,同种物质的分子都是一个个大小相同的小球。如果设法把某一部分物质的分子一个紧挨一个地铺展开来,形成一个“分子地毯”,那么,只需要知道这部分物质的体积(V)和铺展开来的面积(S),就可以估算出分子的直径及其大小。即

建立分子的这种球模型,是为了便于研究。实际的分子有着复杂的内部结构。

$$\text{分子直径 } D = \frac{V}{S}$$

$$\text{分子体积 } V_1 = \frac{1}{6} \pi D^3 = \frac{1}{6} \pi \left(\frac{V}{S} \right)^3$$

科技活动 估测油酸分子的直径

根据上面的思路,我们可以用油膜法估测分子的直径。

在一个边长 30~40 cm 的浅盘里倒入约 2 cm 深的水,将痼子粉或石膏粉均匀地撒在水面上。再用注射器或滴管将油酸酒精溶液(事先配制好)滴上一滴,水面上很快会形成一层单分子油酸薄

油酸分子

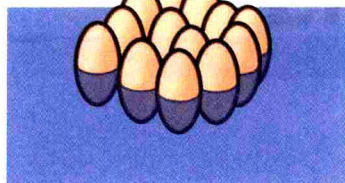


图 1-6 油酸分子形成单分子层

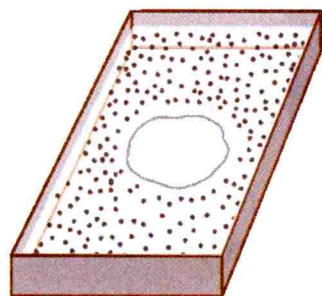


图 1-7 油酸薄膜的形状

膜(图 1-6、图 1-7)。用事先准备好的玻璃板盖在浅盘上,再在玻璃板上覆一张半透明的坐标纸,将油膜形状画在坐标纸上。

根据配制的油酸酒精溶液的浓度和事先测定好的一滴溶液的体积,算出坐标纸上油膜形状的面积,就可以估算出油酸分子的直径。

研究表明,一般分子直径的数量级在 10^{-10}m 。例如,水分子的直径约为 $4 \times 10^{-10}\text{m}$,氢分子的直径约为 $2.3 \times 10^{-10}\text{m}$ 。

现在,我们已经可以用扫描隧道显微镜(STM)观察物体表面的分子(或原子)排列了。

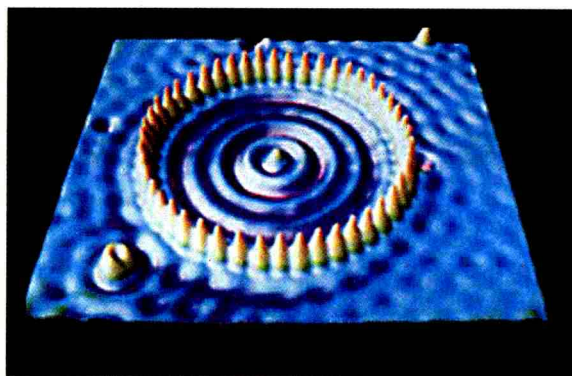


图 1-8 用扫描隧道显微镜显示的原子排列

科技活动 估算分子的直径

知道水的摩尔体积,结合化学中已学过的 1mol 物质中所包含的粒子数(阿伏加德罗常数),你能否根据分子的球模型推算出水分子的直径?

运动何其乱

在初中物理中,我们已用扩散现象证明了分子在不停地运动。

那么,还有什么实验事实能够更直接地说明分子的运动情况呢?

科技活动 观察布朗运动

实验装置如图 1-10 所示。将封有悬浊液的载玻片置于显微镜上,调节镜筒,使在目镜中能清楚地观察到悬浊液中小颗粒的



图 1-9 利用分子的运动,对驾车者进行酒精检测

运动。

如果追踪其中的一个小颗粒,每隔一定时间(如 30 s)记下它的位置,然后用线段把这些位置依次连接起来,可以看到,连成的折线曲曲折折,错综复杂。这说明,这个小颗粒在不停地改变着它的运动方向,它做的是一种极其不规则的运动(图 1-11)。

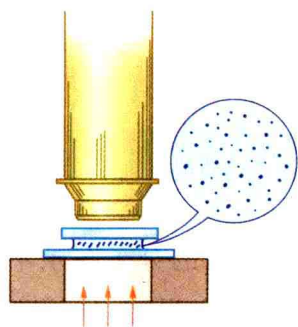
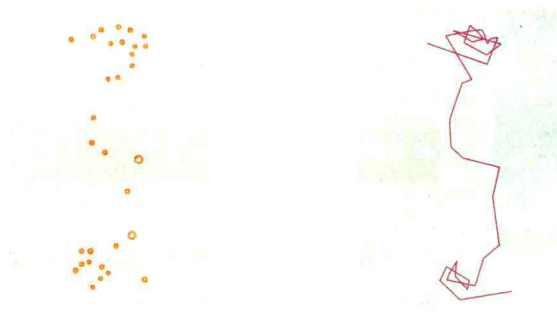


图 1-10 观察布朗运动



a 认定一个小颗粒进行观察
所得到的一系列位置

b 把这些连续位置依次
连接得到的运动示意图

图 1-11 布朗运动

布朗运动是怎样产生的呢?

植物学家布朗的发现引起了当时物理学家的浓厚兴趣,但他们全都感到棘手。牛顿力学能预言未知天体的运动位置,却对这个小小的布朗颗粒束手无策。

30 年后,有人指出,布朗运动是因液体分子的碰撞产生的。

1905 年,爱因斯坦(A. Einstein)和波兰物理学家斯莫卢霍夫斯基(M. Smoluchowski)发表了他们对布朗运动的理论研究结果。他们证明:小颗粒的布朗运动是液体分子从四面八方对它的撞击引起的。对于尺度很小的固体颗粒,来自不同方向的撞击作用一般地说不会完全抵消。在某个瞬间,如果小颗粒受到的撞击力在某个方向上较强,它就沿这个方向运动;在另一个瞬间,如果小颗粒受到的撞击力在另一个方向上较强,它就沿另一个方向运动。由于液体分子对小颗粒撞击的不规则性和偶然性,小颗粒不断地改变着运动方向,踉踉跄跄,做着毫无规则的运动。

1908 年至 1910 年间,法国物理学家佩兰(J. B. Perrin)通过艰苦卓绝的努力,出色地完成了对悬浮固体颗粒运动的测量,显示了爱因斯坦的理论与实验结果的一致性。佩兰通过对布朗运动的研究,用实验直接证实了分子存在的真实性,从此,分子得到人们真正的确认。小颗粒的布朗运动对人们认识物质结构起了重要的作用。

1827 年,英国植物学家布朗(R. Brown)用显微镜观察悬浮在水中的花粉颗粒时,发现这些花粉颗粒在不停地做着毫无规则的运动,而且会长期地这样运动下去。后来,人们把小颗粒的这种无规则运动叫做布朗运动。

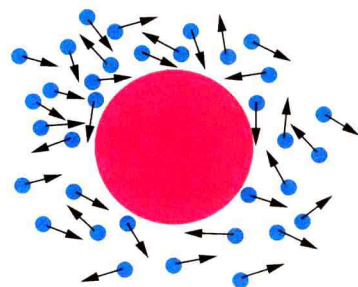


图 1-12 布朗运动的原因