



中等职业教育系列规划教材
根据教育部中等职业学校新教学大纲要求编写

物 理 下册

中等职业教育规划教材编写组

管 超 主编

国家行政学院出版社



中等职业教育系列规划教材

物 理 下册

胥 超 主编

国家行政学院出版社

图书在版编目(CIP)数据

物理/咎超主编. —北京:国家行政学院出版社,2006

(中等职业教育系列规划教材)

ISBN 7-80140-482-3

I. 物... II. 咎... III. 物理课—专业学校—教材 IV. G634.71

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第035521号

书 名 物 理

作 者 咎 超

责任编辑 李锦慧

出版发行 国家行政学院出版社

(北京市海淀区长春桥路6号 100089)

电 话 (010) 68920640 68929037

经 销 新华书店

印 刷 北京昌平百善印刷厂

版 次 2006年5月北京第1版第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 16开

印 张 11.75

字 数 198千字

书 号 ISBN 7-80140-482-3

定 价 24.80元(上下册)

中等职业教育系列规划教材

出版说明

为了更好地贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革、全面推进素质教育的决定》精神,全面落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,全国中等职业教育教材编写组组织相关力量对实现中等职业教育培养目标、保障重点专业建设的主干课程进行了规划和编写。从 2006 年秋季开始,中等职业教育系列规划教材将陆续出版,提供给广大中等职业学校使用。

中等职业教育系列规划教材是面向中等职业教育的规范性教材,严格按照国家教育部最新颁发的教学大纲编写,并通过了专家的审定。本套教材深入贯彻了素质教育的理念,突出了中等职业教育的特点,注重对学生的创新能力和实践能力的培养。本套教材在内容编排、例题组织和图示说明等方面努力作出创新亮点,在满足不同学制、不同专业以及不同办学条件教学需求的同时,使教学效果最优。

希望各地、各校在使用本套教材的过程中,认真总结经验,及时提出改善意见和建议,使之不断地得到完善和提高。

中等职业教育教材规划编写组

前 言

本教材以教育部 2000 年颁发的《中等职业学校物理教学大纲(试行)》为依据,从中等职业学校的培养目标出发,组织有关专家编写而成。可作为普通三年制、四年制的中等职业学校教材或参考书使用。

教育部颁布的教学大纲中包括基础模块和选学模块。本书主要根据基础模块内容编写而成,并根据部分中等职业学校的实际需要,适当增加了部分选学模块中的知识点。

本书在编写过程中坚持贯彻素质教育精神,内容编排上力求做到深入浅出、通俗易懂。每章开始都增加了贴近生活、联系实际引导语,配之以反映现代科学技术、现代生活的阅读教材,给教、学双方留有思考空间,并精选了适量的例题、习题,以方便教师、学生考核之用。全书始终以贴近日常生活为宗旨,以提高实践能力为根本,通过这门课程的学习,旨在使学生在已有的基础上,进一步学习和掌握物现学的基础知识,培养学生的科学精神、创新精神、思维能力和自主学习能力,并为学习后续课程、培养职业能力奠定必要的基础。

全书分为上下两册。参加编写的是张冰、张六一、张峰。上册由张冰编写。下册第一、二、三章由张六一编写,第四、五、六章由张峰编写。全书由伍勇进行统筹。

由于编者精力和水平有限,书中难免存在一些不足和缺点,恳请广大师生及读者不吝提出批评、指正和改进意见。在此深表谢意。

编 者

目 录

第一章 热学初步	1
§ 1.1 分子的热运动	2
§ 1.2 物质的微观结构 * 物态变化	5
* § 1.3 物体的内能	7
* § 1.4 热力学第一定律	9
§ 1.5 气体的状态参量及其微观解释	11
§ 1.6 理想气体状态方程	13
* § 1.7 饱和汽 空气的湿度	16
本章小结	17
本章练习	20
第二章 几何光学 光的本性	21
§ 2.1 光的反射	22
§ 2.2 光的折射	28
§ 2.3 光的色散 * 棱镜	33
§ 2.4 透镜 凸透镜成像	36
§ 2.5 显微镜 望远镜	45
* § 2.6 光的波粒二象性	50
* § 2.7 激光	52
本章小结	55
本章练习	57
第三章 静电场	59
§ 3.1 真空中的库仑定律	60
§ 3.2 电场 电场强度 电场线	63
§ 3.3 电势能 电势	68
§ 3.4 电势差 电势差与电场力做功的关系	70
* § 3.5 静电场中的导体	74
* § 3.6 电容器 电容	76
* § 3.7 带电粒子在匀强电场中的运动	78
* § 3.8 静电的防止和静电技术的应用	80
本章小结	85
本章练习	88

第四章 恒定电流	91
§ 4.1 电流 * 电阻定律 电阻率	92
* § 4.2 串联电路的分压作用 并联电路的分流作用	96
§ 4.3 电功 电功率 焦耳定律	102
§ 4.4 电源 电动势	104
§ 4.5 全电路欧姆定律	106
§ 4.6 电池组	110
本章小结	116
本章练习	119
第五章 磁场和电磁感应	121
§ 5.1 磁场	122
§ 5.2 电流的磁场 磁感应强度	126
§ 5.3 安培定律	128
* § 5.4 洛伦兹力	131
§ 5.5 电磁感应现象	133
§ 5.6 法拉第电磁感应定律	137
* § 5.7 自感 互感	140
本章小结	147
本章练习	149
第六章 原子核物理初步	153
§ 6.1 原子的核式结构	154
§ 6.2 玻尔的原子模型和能级	156
§ 6.3 天然放射性	160
§ 6.4 原子核的组成	164
§ 6.5 核反应方程 * 原子核的人工转变	165
§ 6.6 核能 * 质量亏损	167
* § 6.7 放射性同位素及其应用	169
* § 6.8 放射性污染的控制	171
* § 6.9 重核裂变 轻核聚变 链式反应	172
本章小结	176
本章练习	179
附 录	180

第一章 热学初步

-
- § 1.1 分子的热运动
 - § 1.2 物质的微观结构 * 物态变化
 - * § 1.3 物体的内能
 - * § 1.4 热力学第一定律
 - § 1.5 气体的状态参量及其微观解释
 - § 1.6 理想气体状态方程
 - * § 1.7 饱和汽 空气的湿度
 - 本章小结
 - 本章练习
-

热学是研究物质处于热状态时的有关性质和规律的物理学分支，它起源于人类对冷热现象的探索。人类生存在季节交替、气候变幻的自然界中，冷热现象是他们最早观察和认识的自然现象之一。对中国山西芮城西侯度旧石器时代遗址的考古研究，说明大约 180 万年前人类已开始使用火；约在公元前二千早中国已有气温反常的记载；在公元前，东西方都出现了热学领域的早期学说。中国战国时代的邹衍创立了五行学说，他把水、火、木、金、土称为五行，认为这是万事万物的根本。古希腊时期，赫拉克利特提出：火、水、土、气是自然界的四种独立元素。这些都是人们对自然界的早期认识。

1714 年，华伦海特改良水银温度计，定出华氏温标，建立了温度测量的一个共同的标准，使热学走上了实验科学的道路。经过许多科学家两百年的努力，到 1912 年，能斯特提出热力学第三定律后，人们对热的本质才有了正确的认识，并逐步建立起热学的科学理论。

经过数百年的历史发展，热学逐步形成了一个系统的、科学的理论，通过本章学习，希望同学们了解分子的热运动、气体的状态参量，理解理想气体状态方程等。

§ 1.1 分子的热运动

1.1.1 物体是由大量分子组成的

在初中时我们就知道，物体是由大量分子组成的。有些分子很大，大部分分子很小，用肉眼观察不到。比如一滴油滴到水面上，油层上可以薄到只有 10^{-8} m，但是油层仍有几十个油分子厚。

这时会产生一个问题，既然分子如此之小，为什么人们还是可以测出它的直径呢？

单分子油膜法是最粗略地说明分子大小的一种方法。如果油在水面上尽可能地散开，可认为在水面上形成单分子油膜，利用已制好的方格透明胶片盖在水面上，用于测定油膜面积，这样就可以估算出油分子的直径。这种方法的实质，就是将不能观测到的油分子体积转换为能观测到的油滴体积和油膜面积，

然后根据宏观领域的直径、面积与厚度之间的几何关系求得油分子直径。如果分子直径为 d ，油滴体积是 V ，油膜面积为 S ，则 $d = V/S$ ，根据估算得出分子直径的数量级为 10^{-10} m。如图 1-1 所示：



图 1-1

近年来，人们已经能够用离子显微镜直接观察到分子的大小，甚至能够用放大了近 3 亿倍的扫描隧道显微镜实现控制原子的梦想。

1.1.2 分子之间存在空隙

细心的读者会发现一个问题，把 100 mL 水和 100 mL 酒精混合后，它们的体积小于 200 mL。这类事实总是不断地出现在我们的生活当中：气体可以很容易被压缩，高压下的油透过钢壁渗出，…这也就是说，不论气体、液体，还是面体，组成它们的分子间是存在空隙的。现实中有些技术也是利用了分子间隙，如为改变半导体材料的物理性质而掺入杂质等等。

1.1.3 分子的热运动

1827 年，英国植物学家布朗用显微镜观察悬浮在水中的植物花粉时，发现这些小颗粒永不停息地做无规则运动，所以这种运动就叫做布朗运动。布朗运动是证明分子做杂乱无规则运动的最著名的实验。

布朗运动虽然不能提供分子运动的确切轨迹，但是我们却从布朗运动中想像得到分子运动的存在，而且这种分子运动是毫无规则、永不停息的。面体颗粒是由大量分子组成的，仍然是宏观物体；显微镜下看到的只是固体做小颗粒，光学显微镜是看不到分子的；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。无规则运动的原因是液体分子对它无规则撞击的不平衡性。因此，布朗运动间接地证实了液体分子的无规则运动。

而且通过实验我们也发现布朗运动随温度升高而愈加激烈，在扩散现象中，也是温度越高，扩散进行得越快，而这两种现象都是分子无规则运动的反映。

这说明分子的无规则运动与温度有关，温度越高，分子无规则运动越激烈。所以通常把分子的这种无规则运动叫做热运动。

1.1.4 分子间的相互作用

从上面知道，物体都是由分子组成的，且分子之间又有空隙。但是假如你要把一个固体的一部分跟另一部分分开却很难，这说明分子之间存在吸引力。但是同样的道理，固体和液体都很难被压缩，这又说明分子之间有排斥力存在。分子之间是否只有吸引力或排斥力呢，让我们先来看个实验。

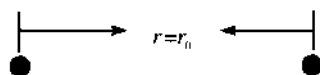


图 1-2

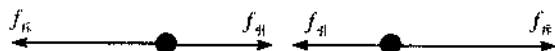
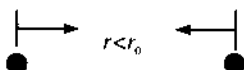
如图 1-2 所示，用锉刀将两个大小不同的铅块表面锉平、刮净，然后用手把两铅块挤压在一起，可以看到，手离开后，大铅块仍然紧紧粘在小铅块上而不脱落。表明物质的分子之间存在着相当大的吸引力。这也说明了分子之间同时存在引力和斥力。

分子间的引力 F_1 和斥力 F_2 是同时存在的，实际表现出来的分子力，是分子引力和斥力的合力，这两个力的大小都跟分子间的距离有关，这个道理跟万有引力定律是相通的。当分子间的距离等于某一数值时，此时引力和斥力相等，分子处于平衡状态。通过研究表明，这个距离大约是 10^{-10} m，通常用 r_0 表示这个距离。

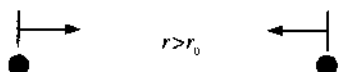
当 $r=r_0$ 时，分子引力和斥力相等，分子力为零，分子处于平衡位置；



当 $r < r_0$ 时, 分子引力小于分子斥力, 分子力为斥力



当 $r > r_0$ 时, 分子引力大于分子斥力, 分子力为引力;



当分子间距离超过它们的直径的 10 倍时, 相互作用十分微弱, 可认为分子力为零.

综上所述, 我们可以得出分子运动理论的基本观点:

物体都是由分子组成的, 分子之间存在间隙, 分子永不停息地做无规则的热运动, 分子之间存在着相互作用的吸引力和排斥力.

§ 1.2 物质的微观结构 * 物态变化

从前面的分子运动观点进行分析, 物体都是由分子组成的, 在固体中, 由于分子间的间距比较小, 所以分子之间的作用力比较强, 绝大部分分子都被束缚在平衡位置附近做振幅微小的波动, 所以固体就有一定的形状, 而且要改变这种形状也是比较困难的. 但是液体和气体分子之间的距离比较大, 所以其并没有固定的形状. 据研究表明, 气体分子之间的距离大约是固体分子之间距离的 1000 倍.

因此通过分子之间的距离所表现出来的特性, 物质有三种聚集态: 气体、液体和固体. 但是, 根据其内部构造特点, 固体又可分为晶体、非晶体和准晶体三大类. 准晶体是最近十几年来, 由人工合成并被人们认识的一类固体. 仅

从外观上，用肉眼很难区分晶体、非晶体与准晶体。一块加工过的水晶（晶体）与同样形状的玻璃（非晶体）外观上几乎看不出任何区别。同样，一层金属薄膜（通常是晶体）与一层准晶体金属膜从外观上也看不出差异。一种快速鉴定它们最常用的技术是 X 光技术。

X 光技术诞生以后，很快就被科学家用于固态物质的鉴定。如果利用 X 光技术对固体进行结构分析，很快就会发现，晶体、非晶体和准晶体是截然不同的三类固体。

晶体不仅在合适的条件下可以自发地表现出面平棱直的规则几何外形，而且其内部原子的排列更是十分规整严格，长程有序，比士兵的方阵还要整齐得多。如果把晶体中任意一个原子沿某方向平移一定距离，必能找到一个同样的原子。而玻璃（及其他非晶体如石蜡、沥青、塑料等）内部原子的排列则是杂乱无章，长程无序的。准晶体是最近发现的一类新物质，其内部原子排列既不同于晶体，也不同于非晶体。

由于物质内部原子排列的这种明显差异，导致了晶体和非晶体的物理化学性质的巨大差别。例如，晶体有固定的熔点，物理性质（力学、光学、电学及磁学性质等）表现出各向异性。而玻璃及其他非晶体（亦称为无定形体）则没有固定的熔点，物理性质方面则表现为各向同性。

自然界中的绝大多数矿石都是晶体，就连地上的泥土砂石也是晶体，冬天的冰雪是晶体，日常见到的各种金属制品亦属晶体。可见晶体并不陌生，它就在我们的日常生活中。

晶体可以分为单晶体和多晶体。如果整个物体就是一个晶体，这样的物体就叫做单晶体。单晶体不仅有规则的分子结构，还具有规则的几何外形。如果整个物体是许多杂乱无章地排列着的小晶体（晶粒）组成的，这样的物体就叫做多晶体。平常见到的各种金属材料都是多晶体。人们通过长期认识世界、改造世界的实践活动，逐渐发现了自然界中各种矿物的形成规律，并研究出了许许多多合成人工晶体的方法和设备。现在，人们既可以从水溶液中获得单晶体，也可以在数千度的高温下培养出各种功能晶体（如半导体晶体，激光晶体等）；既可以生产出重达数吨的大块单晶，也可研制出细如发丝的纤维晶体，以及只有几十个原子层厚的薄膜材料。五光十色、丰富多彩的人工晶体已悄悄地进入了我们的生活，并在各个高新技术领域大显神通。

由上面知，物体有三种形态，即气态、液态和固态，它们三者之间具有明

显的物理特征，但在一定条件下，又是可以相互转化的，我们把物质的这种物理状态的变化，称为物态变化。

物态变化有六种形态：

融化：物质从固态变成液态叫做融化。我们一般说的冰雪融化就是这个意思。物质融化要吸收热量，这就不难理解我们所说的“下雪不冷化雪冷”的真谛了。晶体有固定的熔点，非晶体没有固定的熔点。

凝固：物质从液态变成固态叫做凝固。凝固要放出热量。

汽化：物质从液态变为气态叫汽化。汽化有两种形式：蒸发和沸腾，都要吸收热量。蒸发是在液体表面进行的汽化现象。沸腾是在液体表面和液体内部同时发生的汽化现象。沸腾需要条件，液体必须要达到沸点才会沸腾。在常温常压下，水的沸点是 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

液化：物质从气态变为液态叫液化。物质液化时要放出热量。

升华：物质从固态直接变为气态叫升华。升华也就是固态不需要经过液态这个中间过程直接变为气态。汽化要吸收热量。

凝华：物质从气态直接变为固态叫凝华。凝华跟升华是相对的，物质从气态不经过液态，直接变为固态。凝华要放出热量。

* § 1.3 物体的内能

物体是由分子组成的，而组成物体的分子不停地在做无规则的运动，而且它们之间还存在着引力和斥力，如果将其与我们前面学过的机械能相比较的话，我们很轻易地就可以得出分子既具有动能又具有势能。

1.3.1 分子动能

组成物体的分子在不停息地做无规则的运动（这种运动称为热运动），像一切运动着的物体一样，做热运动的分子也具有动能。

由于物体里分子的速率不同，其动能有大有小，故在热现象的研究中，不可能研究每个分子的动能，只能研究所有分子的动能的平均值，即分子热运动的平均动能。

温度高分子热运动的平均动能大；温度低分子热运动的平均动能小。温度是物体分子热运动的平均动能的标志。

1.3.2 分子势能

分子间存在相互作用力，因此分子间具有由它们的相对位置决定的势能，叫做分子势能。

若分子间作用力表现为引力时，分子间距离减小时，分子势能减小，动能增加；反之，分子力表现为斥力时，当分子间距离减小时，分子动能减小而分子势能增加。可见分子势能应由分子力的性质和物体的体积大小决定。

1.3.3 分子内能

物体中所有分子的热运动的动能和分子势能的总和，叫做物体的内能。一切物体都是由不停息地无规则运动的并且相互作用着的分子组成的，故任何物体都具有内能。热能是内能的一种通俗的说法。

物体内能的多少与物体温度的高低、体积的大小、构成物体的物质种类等有关。同学们在学习的过程中，要弄懂内能与热量、温度之间的区别。内能是状态量，热量是过程量，热量是热传递过程中物体内能变化的量度。在一个状态下讲热量多少或物体具有多少热量都是没有意义的。

而温度只是物体内分子热运动具有的平均动能大小的标志，不是物体内能多少的标志，温度高的物体，内能不一定多；温度低的物体，内能不一定少，比如一杯热水的内能要比一缸冷水的内能少得多。

在相同温度下，相同质量的同种物质也会因状态不同（如 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冰和 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水）而内能不同。

在常温常压下，从分子运动理论的观点来看，由于气体分子间距离较大，除分子相碰撞（弹性碰撞）外分子间没有相互作用的引力和斥力，同时分子的大小不计可看成是质点，也就是说不考虑气体的分子势能，这样的气体是理想气体。在讨论理想气体内能变化时，可不考虑分子势能，故理想气体的内能变化仅由温度高低决定，温度升高内能增加，温度降低内能减少。

1.3.4 改变内能两种方式

在力学的学习中，我们知道要使物体的机械能发生变化，要么使其速度，即动能发生变化，要么使其势能发生变化。那么怎样才能改变物体的内能呢？

1. 做功

当我们搓手时，手会变热；用砂轮磨刀具的时候，砂轮和刀具都会变热。这些例子说明了，做功可以改变物体的内能。

做功改变物体内能，是内能与其他形式能的相互转化，改变用功来量度。物体对外界做功多少物体内能就减少多少；外界对物体做功多少，物体内能就增加多少。柴油机就是利用这个原理研制而成的。它压缩气体使气缸内的雾状柴油和空气的混合物升高温度而燃烧。而燃烧产生的高温高压气体又推动活塞做功。

2. 热传递

但是做功并不是改变内能的惟一方法。我们比较熟悉的一个例子就是暖气片会使整个屋子温度升高，内能增加。这种不通过做功而使物体的内能发生改变的过程叫做热传递。在热传递过程中内能改变的多少叫做热量。

热传递改变物体内能是物体间内能的转移。热传递改变物体内能用热量来量度。只有热传递改变物体内能，物体吸收热量多少，物体内能就增加多少；物体放出热量多少，物体的内能就减少多少。热传递有三种方式：传导、对流和热辐射。其规律是内能从温度高的物体转移到温度低的物体，或者从物体温度高的部分转移到温度低的部分，直到温度相等，热传递才会停止。

物体内能改变多少由做功多少、热传递多少来决定。由于内能也是一种能，所以在国际单位制中，其单位是焦耳（J）。

* § 1.4 热力学第一定律

由上一节我们知道了做功和热传递都可以改变物体的内能。设在某一宏观过程中，某系统内能从初始状态 E_1 变化到终了状态 E_2 ，系统从外界吸收热量 Q ，同时对外做功 A 。实验表明，系统从外界吸收的热量等于系统内能的增量和



系统对外界做功之和. 这就是热力学第一定律. 用公式表示为:

$$Q = E_2 - E_1 + A$$

上式表明系统对外界吸收的热量一部分使系统内能增加, 另一部分则用来对外做功. 它是能量守恒定律在涉及热现象宏观过程中的具体表述. 式中, 各量的单位皆为焦耳 (J). 公式中各量正负值的规定:

① $E_2 - E_1$ 系统内能增加, $(E_2 - E_1)$ 为正值, 即 $(E_2 - E_1) > 0$; 系统内能减少, $(E_2 - E_1)$ 为负值, 即 $(E_2 - E_1) < 0$;

② Q 系统从外界吸收热量, 则 Q 为正值, 即 $Q > 0$; 系统向外界放热, 则 Q 为负值, 即 $Q < 0$;

③ A 系统对外界做功, A 为正值, 即 $A > 0$; 外界对系统做功, $A < 0$ (即系统对外做负功).

阅读材料

能量守恒定律

在茫茫宇宙中, 各个物体都有自己的运动形式, 每种形式也都有一种对应的能, 如机械能、电能、磁能和化学能等.

在一定条件下, 各种形式的能量可以相互转化和转移. 在这里要注意转化和转移的关系, 如果是数量的变化, 那么是转移; 而如果是形式发生了变化, 那么便是转化了. 比如, 热传递是转移能量, 而做功是转化能量. 在自然界中能量的转化也是普遍存在的. 在气体膨胀做功的现象中, 内能转化为机械能; 在水力发电中, 水的机械能转化为电能; 在火力发电厂, 燃料燃烧释放的化学能, 转化成电能; 在核电站, 核能转化为电能; 电流通过电热器时, 电能转化为内能; 电流通过电动机, 电能转化为机械能.

尽管能量能够转化和转移, 但是能的总量会保持不变. 大量事实证明, 在普遍存在的能量的转化和转移过程中, 消耗多少某种形式的能量, 就得到多少其他形式的能量. 如在热传递过程中, 高温物体放出多少热量 (减少多少内能), 低温物体就吸收多少热量 (增加多少内能); 克服摩擦力做了多少功, 就有多少机械能转化为等量的内能; 尽管有的时候, 物体某种形式的能量, 可能