



高等职业教育“十二五”规划教材

物理学

主编 万海青 黄跃华 马冬文

WU LI XUE



航空工业出版社

高等职业教育“十二五”规划教材

物 理 学

主编 万海青 黄跃华 马冬文

航空工业出版社

北 京

内 容 提 要

全书共分十章,第一、二、三章为力学部分;第四、五章为热学部分;第六、七、八章为电磁学部分;第九、十章为光学部分和近代物理学部分。书中安排了丰富多样的体例,如“提出问题”“小实验”“思考与练习”“拓展阅读”,旨在激发学生的学习兴趣,培养学生的探索精神、实践能力以及创新意识。

本书各部分内容简明易懂、易教易学,可作为高等专科学校、职业院校的《物理》课程教材,也可作为物理爱好者的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

物理学 / 万海青, 黄跃华, 马冬文主编. -- 北京 :
航空工业出版社, 2014. 8

ISBN 978-7-5165-0551-9

I. ①物… II. ①万… ②黄… ③马… III. ①物理学
—高等学校—教材 IV. ①04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 189684 号

物理学 Wuli xue

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区北苑 2 号院 100012)

发行部电话: 010-84934379 010-84936353

北京忠信印刷有限责任公司印刷

全国各地新华书店经售

2014 年 9 月第 1 版

2014 年 9 月第 1 次印刷

开本: 787×1092

1/16

印张: 14.5

字数: 335 千字

印数: 1—3000

定价: 36.00 元



物理科学作为自然科学的重要分支，不仅对物质文明的进步起了重要的推动作用，而且对人类思维的发展也产生了不可或缺的影响。在职业教育中，我们认为物理课程应注重让学生经历从自然到物理、从生活到物理的认识过程，经历基本的科学探究实践，并注重与其他学科的交叉融合，使学生的科学素质得到全面发展。

本教材在编写上重视对学生科学探究能力、创新意识以及科学精神的培养，书中安排了丰富多样的体例。

“提出问题”通过提出自然、生活中的问题，激发学生的求知欲，让学生领略自然现象中物理知识的美妙与和谐。

“小实验”让学生经历科学探究过程，学习科学研究方法，培养学生的探索精神、实践能力以及创新意识。

“思考与练习”根据本节所学知识，提出问题，使学生思考巩固课程所学知识。

“拓展阅读”使学生关心科学技术的新进展和新思想，了解自然界事物的相互联系，逐步树立科学的世界观。

全书共分十章，其中，第一、二、三章为力学部分；第四、五章为热学部分；第六、七、八章为电磁学部分；第九、十章为光学部分和近代物理学部分。各部分内容简明易懂、易教易学，可作为高等专科学校、职业院校的《物理》课程教材。

本书由南昌师范高等专科学校万海青、黄跃华和江西工业贸易职业技术学院马冬文担任主编，负责全书的组织、修改和通稿工作，由南昌师范高等专科学校罗保平、余期洪、何小凤、陈春水、张毓敏和南昌理工学院毛丽平担任副主编。此外，尚有许多老师对本书提出了宝贵的、建设性的意见与建议，在此谨表示感谢。

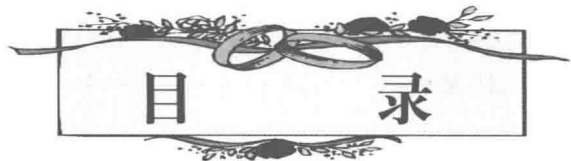
本书在组织编写和统稿过程中，参考了大量高等数学相关的资料和教材，在此向这些资料和教材的作者表示衷心的感谢。

由于水平有限，书中不足和考虑不周之处，我们期望得到广大专家、同行和读者的批评指正，使本书在教学实践中不断完善。

另外，本书配有丰富的教学资源包，读者可登录北京金企鹅文化发展中心的网站（www.bjjqe.com）下载。

编者

2014年8月



目 录

第一章 运动和力	1
第一节 位移、速度和加速度	1
一、参考系	1
二、质点	2
三、位移	2
四、速度	3
五、加速度	4
六、匀变速直线运动	5
第二节 匀变速直线运动的规律	7
一、速度的变化规律	7
二、位移的变化规律	8
三、自由落体运动	10
第三节 力	13
一、力	13
二、重力	14
三、弹力	15
四、摩擦力	16
第四节 力的合成与分解	20
一、一条直线上力的合成	20
二、互成角度的力的合成	20
三、力的分解	21
四、物体的受力分析	22
第五节 牛顿第一定律	24
第六节 牛顿第二定律	26
第七节 牛顿第三定律	30
本章小结	33
第二章 曲线运动 万有引力	36
第一节 抛体运动	36
一、平抛运动	36

二、斜抛运动	38
第二节 圆周运动 离心现象	41
一、线速度、角速度、周期与频率	42
二、向心力	43
三、向心加速度	44
四、离心运动	45
第三节 万有引力定律 宇宙速度	49
一、万有引力定律	50
二、宇宙速度	51
本章小结	55
第三章 力学中的守恒定律	57
第一节 功和动能变化的关系	57
一、动能	57
二、动能定理	58
第二节 功和势能变化的关系	61
一、重力势能	61
二、功和势能的关系	62
三、重力势能的相对性	62
第三节 机械能守恒定律	64
一、机械能及其相互转化	64
二、机械能守恒定律	65
三、机械能守恒定律的应用	66
第四节 冲量和动量	70
一、冲量和动量	70
二、动量定理	71
第五节 动量守恒定律	75
一、动量守恒定律	75
二、反冲运动	77
三、火箭飞行原理	78
本章小结	82
第四章 振动和波 声学	84
第一节 简谐运动	84
一、弹簧振子	84
二、振幅、周期和频率	86

三、单摆.....	87
第二节 阻尼振动、受迫振动和共振.....	89
一、阻尼振动.....	90
二、受迫振动.....	90
三、共振.....	91
第三节 机械波.....	94
一、波的形成和传播.....	94
二、横波与纵波.....	95
三、波长、频率和波速.....	96
四、波的反射与吸收.....	97
五、波的衍射与干涉.....	98
第四节 有趣的声学知识.....	99
一、乐音和噪音.....	100
二、双耳效应.....	101
三、立体声.....	102
四、次声波和超声波.....	103
本章小结.....	105
第五章 热学基础知识.....	107
第一节 分子的热运动.....	107
一、扩散现象.....	107
二、布朗运动.....	108
三、温度与分子动能.....	109
第二节 分子力分子势能.....	110
一、分子力.....	110
二、分子势能.....	111
三、气体、固体和液体.....	112
阅读园地：液晶.....	115
第三节 物体的内能.....	117
一、内能的基本概念.....	117
二、物体内能的改变.....	117
第四节 热力学第一定律.....	120
一、热力学第一定律.....	120
二、能量的转化和守恒定律.....	120
阅读园地：热力学定律.....	121

第五节 液体的表面张力及应用	123
一、液体的表面张力	123
二、浸润和不浸润现象	124
三、毛细现象	125
本章小结	127
第六章 静电场	129
第一节 电荷及其守恒定律	129
一、摩擦起电	129
二、电荷量	130
三、电荷守恒定律	130
四、库仑定律	130
第二节 电场 电场强度 电场线	132
一、电场	132
二、电场强度	133
三、电场线	133
四、匀强电场	133
第三节 电势能 电势 电势差	135
一、电势能	135
二、电势	136
三、电势差	136
四、等势面	136
五、带电粒子在电场中的运动	137
第四节 静电场中的导体	139
一、静电感应	139
二、感应起电	140
三、放电现象	140
四、静电屏蔽	141
五、静电的危害和应用	142
第五节 电容器	143
一、电容器的结构	143
二、电容器的电容	144
第六节 电流 电功 电功率	146
一、电流的形成	146
二、部分电路的欧姆定律	146

三、电功	147
四、电功率	147
五、电流的热效应	147
第七节 电源 电动势	148
一、电源	148
二、电源的电动势和内电阻	149
三、闭合电路的欧姆定律	150
四、电池的连接	151
本章小结	152
第七章 磁场	154
第一节 电流的磁场	154
一、电流的磁效应	154
二、磁感线	154
三、安培定则	155
四、磁的电本质	156
第二节 磁感应强度 安培力	157
一、磁感应强度	157
二、磁通量	158
三、安培力	158
第三节 洛伦兹力	160
一、洛伦兹力	160
二、带电粒子在磁场中的运动	161
三、洛伦兹力与安培力的区别与联系	162
第四节 电磁感应	163
一、电磁感应	163
二、右手定则	164
三、楞次定律	165
第五节 感应电动势 交流电	166
一、法拉第电磁感应定律	166
二、交流电	167
第六节 自感	169
一、自感现象	169
二、自感电动势	169
三、感抗和容抗	170

第七节 变压器	171
一、变压器的工作原理	171
二、远距离输电	171
本章小结	172
第八章 电磁波	174
第一节 电磁振荡	174
一、电磁振荡	174
二、周期和频率	175
第二节 电磁波	176
一、麦克斯韦电磁场理论	177
二、电磁波谱	177
第三节 电磁波的发射和接收	178
一、电磁波的发射	179
二、电磁波的接收	179
三、电视和雷达	181
本章小结	184
第九章 光学	185
第一节 光的直线传播	185
一、光源	185
二、光的直线传播	186
三、光线	186
四、光速	187
第二节 光的反射 折射 全反射	188
一、光的反射定律	189
二、光的折射定律	189
三、全反射	191
第三节 光的干涉和衍射	193
一、双缝干涉	193
二、薄膜干涉	194
三、光的衍射	196
第四节 光的色散 颜色	200
一、三棱镜	200
二、光的色散	200
三、物体的颜色	201

第五节 激光	203
一、激光的特点	203
二、激光的应用	204
本章小结	207
第十章 原子和原子核	208
第一节 原子与原子核的结构	208
一、汤姆生的原子模型	208
二、 α 粒子散射实验	209
三、原子有核模型	209
四、原子核的组成	210
第二节 玻尔的原子模型 能级	211
第三节 天然放射现象 衰变	212
一、天然放射现象	212
二、衰变	213
第四节 裂变 聚变	214
一、铀核的裂变	215
二、核电站与核反应堆	216
三、核聚变	217
本章小结	219

第一章

运动和力

我们身边的物体都在运动。车辆在行驶，鸟儿在飞翔，机器在运转……就连我们通常认为不动的物体，比如高山、桥梁、房屋、树木等等也随着地球一起自转和公转。

一个物体相对于其他物体，或者一个物体的某些部分相对于其他部分，其位置随着时间而变化的过程叫做机械运动，简称为运动。

在力学中，只研究运动规律的部分，叫做运动学；研究运动和力的关系的部分叫做动力学。在这一章里我们将依次学习运动学和动力学的基础知识。

力学是物理学的基础，我们要学好这一部分知识，为将来的学习打下坚实的基础。

第一节 位移、速度和加速度

【提出问题】

在日常生活中，你是怎样判断物体是静止还是运动的？

【相关知识】

一、参考系

宇宙中的一切物体都在不停地运动着，要描述一个物体的运动，需要以某个物体作参考，这个被选作参考的物体叫做参考系。如果一个物体的位置相对参考系发生了变化，就表明这个物体相对参考系是运动的；如果一个物体的位置相对参考系没有发生变化，则这个物体相对参考系是静止的。通常，研究地面上的物体运动时，以地面作为参考系。

由此可见，我们所描述的运动都是相对运动，即相对于参考系的运动。参考系可以任意选择，同一个物体的运动，如果选取的参考系不同，描述的结果也不同。例如，坐在汽车里的乘客，如果以车厢为参考系，他是静止的；如果以地面为参考系，他是随车厢一起运动的。所以，要描述物体的运动，必须明确以什么物体为参考系。在不指明参考系时，通常是以地球为参考系的。

二、质点

研究物体的运动，首先要确定物体的位置。物体都有一定的大小和形状，物体的不同部分在空间的位置并不相同。在运动中，物体各部分的位置变化一般来说也是各不相同的。所以要详细描述物体的位置及其变化情况并不是一件简单的事情。

但是在某些情况下却可以不考虑物体的大小和形状，从而使问题简化。例如，一列火车由北京开往天津，当我们讨论火车的运行速度或运行时间这类问题时，由于列车的长度比北京到天津的距离小得多，就可以不考虑列车的长度。再如，当我们讨论地球的公转时，由于地球的直径比地球到太阳的距离小得多，并且不涉及地球的自转，也可以不考虑地球的大小和形状。

在这些情况下，我们可以把物体看作一个有质量的点，或者说，可以用一个有质量的点来代替整个物体，这样的点称为质点。

一个物体能不能看做质点，要看问题的具体情况而定。在上述火车的例子中，可以把火车看做质点；但是如果研究列车通过某一标志所用的时间，就必须考虑列车的长度，而不能把列车看做质点。研究地球公转时，可以把地球看做质点；而在研究地球自转时，我们却不能忽略地球的大小和形状，当然就不能把地球当做质点了。

三、位移

研究物体的运动时，通常要知道物体经过的路程，路程是物体运动轨迹的长度。例如，计算从北京运往上海货物的运费时，就要知道火车或汽车从北京到上海运动轨迹的长度。

但有时，研究物体的运动更关心运动物体到达的位置与初位置间的直线距离。例如，在测量运动员的跳远成绩时，不会测量他跳的弧线的运动路程，而测量起跳点到落地点的直线距离。再如，研究飞机的航线时，一般关心它的到达位置与起飞点的距离，还有飞行方向。因为如果不知道飞行方向，只知道飞行距离，同样不能确定飞机的到达位置。因此，物理学中引入了一个新的概念，来表示物体的运动，即从物体的初位置指向末位置的有向线段，叫做物体的位移。位移既有大小，也有方向，故为矢量。

在国际单位制中，位移的单位是米，符号是 m 。如果运动员起跳位置在 A 点，末位置在 B 点，由 A 点指向 B 点的有向线段 AB ，就是他跳远的位移，如图 1-1 所示。如果跳远成绩为 5 m ，以 1 cm 长的线段表示 1 m 的长度，跳远的位移可以用图 1-2 中的有向线段表示。线段的长度代表位移的大小，箭头的方向代表位移的方向。

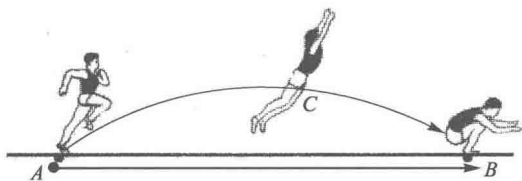


图 1-1 跳远示意图



图 1-2 AB 两点间位移

四、速度

图 1-3 中的故事大家都知道，兔子比乌龟跑得快，但是在赛跑中兔子却输了。到底它们谁运动得快呢？要说清楚这个问题，必须研究描述运动快慢的方法。



图 1-3 龟兔赛跑

大家都已经知道，物理学中用速度表示运动的快慢。物体的位移与发生这一位移所用时间的比值，称为物体运动的速度，即

$$v = \frac{s}{t} \quad (1)$$

(1) 式中 v 表示质点的速度， s 表示质点的位移， t 表示发生这个位移所用的时间。在国际单位制中，速度的单位是米每秒，符号是 m/s 。常用的单位还有 km/h （千米每小时）、 cm/s （厘米每秒）等。

速度不但有大小，而且有方向，也是矢量。速度的大小叫速率。

实际上，物体的运动速度往往是变化的。例如，火车出站时运动越来越快，进站时运动越来越慢，最后停下来。这种运动叫做变速运动。对于变速运动来说，(1) 式所表示的就是物体的平均速度。

平均速度并不能表示物体在某一时刻或某一位置的运动快慢，所以，这里还有一个概念叫做瞬时速度，用来描述变速运动。运动物体经过某一时刻的速度，叫做这一时刻（或这一位置）的瞬时速度。

在测定平均速度时，如果所取的位移或时间非常短（位移足够短时可以看做是一个点），那么，这样测出的速度就可以看做是物体通过这个位置时的瞬时速度，即

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (2)$$

汽车上用速度计来显示瞬时速度。如图 1-4 所示，速度计的指针所指示的数值就是这

一时刻汽车的瞬时速度。汽车的速度改变时，速度计指示的数值也会改变。

为了保证交通安全，公路上都设置限速标志来提醒司机降低汽车的瞬时速度。图 1-5 所示的标志牌表示汽车的瞬时速度不得超过 80 km/h。交通警察可以利用雷达测速器来测量汽车的速度，以监视来往的汽车是否超速行驶。

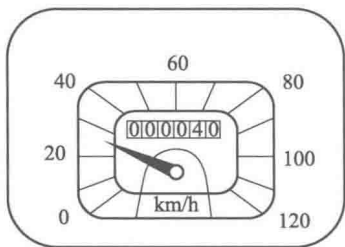


图 1-4 汽车速度计



图 1-5 限速标志

有了平均速度和瞬时速度的概念后，就可以说清楚龟兔赛跑故事中到底谁运动得快的问题了。原来，兔子的瞬时速度大，而乌龟在竞赛全程中的平均速度大，所以最后还是乌龟赢了。

五、加速度

做变速运动的物体，速度变化的快慢不尽相同。例如，一列火车从车站开出，经过几分钟，速度可以从零增大到几米每秒；而射击时，子弹在枪膛中的速度变化却快得多，在几千分之一秒内就能从零增大到几百米每秒。

正如为了描述位移变化的快慢引入速度的概念那样，为了描述速度变化的快慢，这里引入了加速度的概念。加速度是表示速度变化快慢的物理量，它等于速度的变化量与发生这一变化所用时间的比值。

加速度通常用字母 a 来表示。如果物体在时间 t 内速度由初速度 v_0 变为末速度 v_t ，则物体在这段时间内的加速度 a 可以表示为

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} \quad (3)$$

加速度的单位是由速度的单位和时间的单位决定的。在国际单位制中，速度的单位是 m/s，时间的单位是 s，则加速度的单位就是 m/s^2 ，读作米每二次方秒。

由公式 (3) 可以看出，加速度在数值上等于单位时间内速度的变化。例如，世界著名短跑运动员起跑时的加速度可达 5.6 m/s^2 ，这表示运动员起跑时每秒内速度要增加 5.6 m/s 。

加速度不仅有大小，也有方向，它的方向就是速度变化的方向，因此，加速度也是矢量。在变速直线运动中，通常取初速度的方向为正方向。如果物体的末速度 v_t 大于初速度 v_0 ，即 $v_t - v_0 > 0$ ，则加速度是正值，表示加速度的方向与速度方向相同，物体的运动越来越快。

越快；如果物体的末速度 v_t 小于初速度 v_0 ，即 $v_t - v_0 < 0$ ，则加速度是负值，表示加速度的方向与速度方向相反，物体的运动越来越慢；做匀速直线运动的物体，它的速度大小和方向保持不变，因此加速度为零。

六、匀变速直线运动

物体的运动情况往往非常复杂，通常速度的变化并不是均匀的，因此，加速度也是变化的。意大利物理学家伽利略研究后认为，在相等的时间里速度变化相等的直线运动，是最简单的变速运动，叫做匀变速直线运动。其中运动越来越快的（通常加速度为正值）称为匀加速直线运动；运动越来越慢的（通常加速度为负值）称为匀减速直线运动。

例1 百米运动员在起跑时经过 0.5 s 后，速度达到 8 m/s，假定这时他做的是匀加速运动，他起跑的加速度是多大？他以 10 m/s 的速度冲到终点后，又向前跑了 2 s 才停下来，假定他这时做的是匀减速运动，他的加速度又是多大？

解 取运动员向前跑的方向（即速度的方向）为正方向，起跑时的加速度是正值，到达终点后减速时的加速度是负值。

由于起跑过程的初速度 $v_0 = 0$ ，末速度 $v_t = 8 \text{ m/s}$ ，时间 $t = 0.5 \text{ s}$ ，所以这时的加速度为

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{8 \text{ m/s} - 0}{0.5 \text{ s}} = 16 \text{ m/s}^2$$

在到达终点后继续向前跑的减速过程中，初速度 $v_0 = 10 \text{ m/s}$ ，末速度 $v_t = 0$ ，所用的时间 $t = 2 \text{ s}$ ，所以减速过程的加速度为

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{0 - 10 \text{ m/s}}{2 \text{ s}} = -5 \text{ m/s}^2$$

加速度为负值，表示加速度的方向与初速度的方向相反。



解释问题

在日常生活中，我们要确定一个物体的位置，总是选取附近某一物体来说明；同样要判断一个物体是否运动，只要看该物体与某一物体的位置是否改变，选取的这个物体就是参考系。判断物体的位置和是否运动要选择参考系。

【练习与思考】

- 1、火车运行时，乘客看到车窗外路基旁的树木是向后运动的。为什么？
- 2、在无云的夜晚，看到月亮好像停在天空不动；而在有浮云的夜晚，却感到月亮在移动，为什么会有两种不同的感觉？
- 3、用位移比用路程描述物体的运动有什么优点？一艘货轮从上海港起航，如果知道它经过的路程是 1 000 km，能不能确定它到达的地点？如果我们知道它的位移呢？

- 4、运动员绕 400 米跑道跑了一圈，他的路程是多少？位移是多少？
- 5、加速度为零的运动是什么运动？
- 6、三个同学讨论问题。甲同学说：物体的加速度大，说明物体的速度一定很大；乙同学说物体的加速度大，说明物体的速度变化一定很大；丙同学说物体的加速度大，说明物体的速度一定在很快地变化。哪个同学说得对？哪个同学说得不对？为什么？
- 7、下列情况下的物体，哪些可以看作质点（ ）。
- A. 研究在水平推力作用下沿水平地面运动的木箱
 - B. 研究从北京开往上海的一列火车
 - C. 研究一列火车通过南京长江大桥所用的时间时，这列通过大桥的火车
 - D. 研究绕地球飞行的航天飞机
- 8、下面关于质点的正确说法有（ ）。
- A. 研究和观察日食时可把太阳看作质点
 - B. 研究地球公转时可把地球看作质点
 - C. 研究地球自转时可把地球看作质点
 - D. 原子核很小，可把原子核看作质点
- 9、下列说法中正确的有（ ）。
- A. 有加速度的物体其速度一定增加
 - B. 没有加速度的物体，其速度就一定不变
 - C. 物体的速度有变化，则一定有加速度
 - D. 加速度为零，则它的速度也一定为零
- 10、关于速度和加速度的关系，下列说法中正确的是（ ）。
- A. 速度变化越大，加速度就一定越大
 - B. 速度为零，加速度就一定为零
 - C. 速度很小，加速度可能很大
 - D. 速度很大，加速度可能是零
- 11、某同学跑 100 m 用了 12.6 s，跑 1 000 m 用了 3 min 22 s，他跑 100 m 和跑 1 000 m 的平均速度各是多大？
- 12、判断下面所给数值是指平均速度还是瞬时速度：
- ① 炮弹以 850 m/s 的速度从炮口射出，它在空中以 720 m/s 的速度飞行，最后以 630 m/s 的速度击中目标。
- ② 某列车从北京到天津的速度是 56 km/h，经过某铁路桥时的速度是 36 km/h。
- 13、用飞机进行航空测量，如图 1-6 所示，飞机离地面高度保持为 500 m，巡航速度为 400 km/h，飞机上测量仪器可在 120° 的视角范围内测量，试计算飞机每小时测量的覆盖面积是多大？