

高等教育机械类自学考试教材

# 物 理 学

上 册

吴百诗 (主编) 焦兆焕 李甲科

西安交通大学出版社  
光明日报出版社

高等教育机械类自学考试教材

# 物 理 学

(上 册)

西安交通大学自学教材编写组

吴百诗(主编) 焦兆焕 李甲科

西安交通大学出版社  
光明日报出版社

## 内 容 简 介

本书是根据1980年颁布的高等工业学校200学时普通物理学教学大纲的要求编写的自学考试教材。

全书共分三册。上册内容包括力学、热力学与气体分子运动论；中册为电磁学；下册包括波动、光学与近代物理学基础。编写时力求适合于自学的特点和要求并注意基本知识的系统性，以帮助读者较好地掌握这些内容的基本原理及其相互关系。

本书供在职的中专或高中毕业生有志于自修机械类专业，并希望获取大学本科毕业证书的读者使用，也可以作为一般工科院校、师范院校、电视大学、职工大学、函授大学等的教材或教学参考书。

## 物 理 学 (上册)

---

西安交通大学自学教材编写组

吴百诗(主编) 焦兆煥 李甲科

西安交通大学出版社  
光明日报出版社 联合出版

西安交通大学出版社印刷厂印装

陕西省新华书店发行

各地新华书店经售

---

开本:787×1092 1/16 印张:22.375 字数:555千字

1984年6月第一版 1984年6月第一次印刷

印数:1-20,000

统一书号:13340·006 定价:2.54元

# 高等教育机械类自学考试教材

## 序 言

《中华人民共和国宪法》中明确规定国家鼓励自学成才。为此，教育部制订了一项崭新的高等教育自学考试制度，它为有志学习而没有机会进大学的人开辟了广阔的学习途径，也为造就和选拔社会主义现代化建设的合格人才开辟了广阔的途径。

一九八三年，教育部决定成立全国高等教育自学考试指导委员会机械类专业委员会，机械类专业的自学考试工作即将在全国广泛展开。为此，首先需要有一套适合于自学的教材。这套高等教育机械类自学考试教材，就是适应这个需要而编写的，它适合于机械类专业自学使用。作为第一步，我们先编出《高等数学》《物理学》《普通化学》《理论力学》四门课的教材，其他课程的自学考试教材也将陆续组织编写和出版。

本丛书各本教材的内容都按照高等学校机械类专业的教学大纲编写，同时根据这套教材的性质，努力在便于自学方面下功夫。和目前高等学校使用的教材相比，它除了有必要的指导自学的内容之外，基本概念的阐述更为细致、说明更为详尽，例题数量较多，还编入了丰富的复习思考题和作业。

这套教材中各本书的编者，我们都约请有较高学术水平并长期从事该课程教学，有丰富实践经验的同志担任。希望它的出版对广大有志于在机械类专业方面自学和深造的同志能有一定的帮助，祝愿这些同志循序渐进、锲而不舍，早日掌握先进的科学知识，为社会主义现代化建设作出更大的贡献。

全国高等教育机械类自学考试指导委员会主任

史 维 祥

一九八四年六月

## 编者的话

本书系根据教育部1980年颁布的高等工业学校普通物理教学大纲编写的工科大学普通物理自修教材。大学普通物理是一门基础理论课，根据物理课的这个性质，书中着重基本概念、基本知识及基本知识一般应用的阐述。考虑到便于自学，在编写过程中，力求使基本内容叙述详尽些。为提高自修阅读效果，重点内容都辅以一定的例题，这不仅帮助读者学习运用理论分析问题、解决问题的科学方法，而且企图通过例题的分析使读者加深对理论内容的理解，更具体地掌握定理、定律、原理的适用条件和范围；在自修教材的课文内容中，多穿插一些例题，还有助于克服较长时间阅读理论叙述造成的使人感到枯燥、易疲劳的缺点。

为了照顾读者的不同要求，书中除必读的基本内容外，还适当的加写了一些带星号“\*”的内容，这部分内容在大纲中或属选学内容、或未包括在大纲内。但考虑到这部分内容有些与基本内容有密切的联系，另一些是为今后课程中或实际中有较多的应用而编写的，对带星号的内容，一般不做要求，对学好基本内容尚有余力的读者可酌情选读。

本书选配的习题数量一般较多。我们认为对通过自学途径学习物理课者多做些习题，有利于加强学习效果，并从中发现问题引导深入钻研。但习题究竟做多少合适，读者可根据自己情况酌定（编者认为相应于两个讲授学时的内容，平均做习题的数量应不少于8-10题）。对有双星号的较难习题，一般可不做。

本书共分三册，第一册包括两篇：第一篇、第二篇的编写者为焦兆焕（第五、六、十一章）、李甲科（第一、七、八、十章）、吴百诗（第二、三、四、九章），并由吴百诗同志主编。党福喜同志负责思考题、习题的选解等工作。吴寿镛同志阅读了第一篇、第二篇的全稿，对文字做了润饰，还提出了一些好的修改意见。

由于编者缺乏编写自修教材的经验，目前这样的编法是否方便自学，只有通过实践再总结修改。因此热诚欢迎读者将意见告诉我们。由于时间仓促和限于编者的水平，错误和不当之处在所难免，望批评指正。

编者

# 目 录

前 言	( 1 )
第一章 矢 量	( 5 )
§ 1.1 标量和矢量	( 5 )
一、标量	( 5 )
二、矢量	( 5 )
三、矢量的表示法	( 5 )
四、标量与矢量的乘法	( 6 )
§ 1.2 矢量的加减法(几何法)	( 6 )
一、矢量的加法(合成)	( 6 )
二、矢量的减法	( 9 )
§ 1.3 矢量的正交分解与合成(解析法)	( 10 )
一、矢量沿直角坐标系的正交分解	( 10 )
二、矢量合成的解析法	( 11 )
§ 1.4 矢量的乘积	( 14 )
一、两个矢量的标积(数性积)	( 14 )
二、两个矢量的矢积(矢性积)	( 15 )
§ 1.5 矢量的导数	( 16 )
一、矢量函数	( 16 )
二、矢量导数	( 17 )
小结	( 18 )
习题	( 19 )

## 第一篇 牛 顿 力 学

引 言	( 21 )
一、力学的研究对象	( 21 )
二、预备知识	( 21 )
第二章 质点的直线运动	( 26 )
§ 2.1 直线运动中的位移	( 26 )
§ 2.2 匀速直线运动 匀速直线运动的速度	( 27 )
§ 2.3 变速直线运动 平均速度和瞬时速度	( 28 )
§ 2.4 匀变速直线运动 直线运动中的加速度	( 30 )
§ 2.5 竖直上抛运动和自由落体运动 重力加速度	( 35 )
§ 2.6 一般直线运动中的加速度	( 36 )
小结	( 33 )
习题	( 33 )

<b>第三章 质点的曲线运动</b> .....	( 43 )
§ 3.1 曲线运动中的位移 速度 加速度.....	( 43 )
§ 3.2 抛体运动.....	( 48 )
§ 3.3 用自然坐标研究平面曲线运动中的速度和加速度.....	( 50 )
一、质点的速度.....	( 51 )
二、匀速圆周运动中的加速度 法向加速度.....	( 51 )
三、变速圆周运动中的加速度 法向加速度与切向加速度.....	( 52 )
§ 3.4 一般平面曲线运动中的加速度.....	( 54 )
§ 3.5 圆周运动的角量表示 角量与线量的关系.....	( 57 )
小结.....	( 60 )
习题.....	( 62 )
<b>第四章 刚体的平动和绕定轴转动</b> .....	( 67 )
§ 4.1 刚体的平动.....	( 67 )
§ 4.2 刚体绕定轴的转动.....	( 69 )
§ 4.3 刚体绕定轴的匀速和匀变速转动.....	( 70 )
§ 4.4 绕定轴转动刚体内各点的速度和加速度.....	( 71 )
* § 4.5 角速度矢量.....	( 73 )
§ 4.6 在不同坐标系中的速度和加速度变换定理简介.....	( 74 )
小结.....	( 77 )
习题.....	( 78 )
<b>运动学测验题</b> .....	( 81 )
<b>第五章 牛顿运动定律</b> .....	( 83 )
§ 5.1 牛顿第一定律.....	( 83 )
一、牛顿第一定律.....	( 83 )
二、惯性 力.....	( 84 )
三、质点的平衡.....	( 85 )
§ 5.2 力学中常见的几种力.....	( 88 )
一、万有引力.....	( 88 )
二、弹性力.....	( 89 )
三、摩擦力.....	( 92 )
§ 5.3 牛顿第三定律.....	( 96 )
一、牛顿第三定律.....	( 96 )
二、受力分析.....	( 97 )
三、画隔离体受力图.....	( 97 )
§ 5.4 牛顿第二定律.....	( 98 )
一、牛顿第二定律.....	( 98 )
二、质量 力.....	( 99 )
三、质点运动微分方程.....	( 102 )
§ 5.5 力学单位制和量纲.....	( 104 )
§ 5.6 牛顿第二定律的应用.....	( 106 )
§ 5.7 惯性系 牛顿定律的适用范围.....	( 115 )
一、惯性系.....	( 115 )

	二、牛顿定律的适用范围	(116)
	小结	(116)
	习题	(121)
<b>第六章</b>	<b>功和能</b>	<b>(131)</b>
§ 6.1	功	(131)
	一、恒力的功	(131)
	二、变力的功	(132)
§ 6.2	几种常见力的功	(135)
	一、重力的功	(135)
	二、万有引力的功	(136)
	三、弹性力的功	(137)
	四、摩擦力的功	(138)
§ 6.3	力矩 力矩的功	(139)
	一、力矩	(139)
	二、力矩的功	(142)
§ 6.4	功率	(144)
§ 6.5	动能 质点动能定理	(146)
	一、质点的动能	(146)
	二、质点动能定理	(146)
	三、质点动能定理的应用	(149)
§ 6.6	质点系动能定理	(152)
	一、质点系的动能	(152)
	二、质点系动能定理(一)	(152)
§ 6.7	刚体绕定轴转动时的动能 转动惯量	(154)
	一、刚体绕定轴转动时的动能	(154)
	二、转动惯量	(154)
	三、质点系动能定理(二)	(157)
§ 6.8	保守力 势能(位能)	(160)
	一、保守力 保守力场	(160)
	二、重力势能	(160)
	三、万有引力势能 弹性势能	(162)
§ 6.9	机械能守恒定律	(165)
§ 6.10	能量转换与守恒定律	(169)
	小结	(170)
	习题	(174)
<b>第七章</b>	<b>冲量和动量</b>	<b>(181)</b>
§ 7.1	动量 冲量 质点动量定理	(181)
	一、动量	(181)
	二、冲量	(181)
	三、质点动量定理	(182)
§ 7.2	质点系动量定理	(186)
	一、质点系的动量	(186)
	二、质点系动量定理	(186)
§ 7.3	动量守恒定律	(188)



* § 7.4	质心 质心运动定理	(192)
	一、质心的概念	(192)
	二、质心位置的确定	(192)
	三、质心运动定理	(195)
§ 7.5	碰撞	(196)
	一、完全弹性碰撞	(197)
	二、完全非弹性碰撞	(198)
	三、非完全弹性碰撞	(199)
* § 7.6	变质量动力学简介	(202)
	小结	(204)
	习题	(205)
<b>第八章</b>	<b>力矩和动量矩</b>	<b>(210)</b>
§ 8.1	质点动量对轴之矩 质点对轴的动量矩定理	(210)
	一、质点动量对轴之矩	(210)
	二、质点对轴的动量矩定理	(211)
§ 8.2	质点系对轴的动量矩定理 刚体绕定轴转动的微分方程	(214)
	一、质点系对轴的动量矩	(214)
	二、质点系对轴的动量矩定理	(215)
	三、刚体绕定轴转动的微分方程	(216)
§ 8.3	动量矩守恒定律	(218)
§ 8.4	进动	(221)
	小结	(223)
	习题	(224)
	动力学测验题	(228)
<b>第九章</b>	<b>机械振动</b>	<b>(230)</b>
§ 9.1	无阻尼自由振动 简谐振动	(230)
	一、简谐振动	(230)
	二、简谐振动的振幅 周期 频率和位相	(231)
	三、振幅和初位相的确定	(233)
	四、简谐振动的能量	(237)
	五、简谐振动的旋转矢量表示法	(239)
§ 9.2	简谐振动的合成	(240)
	一、同方向同频率简谐振动的合成	(240)
	二、同方向不同频率简谐振动的合成 拍	(242)
	三、相互垂直简谐振动的合成 利萨如图	(243)
§ 9.3	阻尼振动	(246)
§ 9.4	受迫振动	(249)
	一、受迫振动的产生	(249)
	二、受迫振动的运动微分方程	(250)
	三、受迫振动的振幅和位相	(251)
	四、干扰力的功	(253)
	小结	(255)
	习题	(257)

## 第二篇 热力学与气体分子运动论

引 言	(262)
<b>第十章 热力学</b>	<b>(264)</b>
§ 10.1 气体的状态参量 平衡状态与平衡过程	(264)
一、气体的状态参量	(264)
二、平衡状态与平衡过程	(265)
§ 10.2 理想气体状态方程	(266)
一、气体的实验定律	(266)
二、理想气体状态方程	(267)
§ 10.3 实际气体的状态方程	(269)
一、实际气体的状态变化	(269)
二、范德瓦尔斯方程	(271)
§ 10.4 功 热量 内能	(272)
§ 10.5 热力学第一定律	(273)
§ 10.6 平衡过程中功和热量的计算	(274)
一、平衡过程中功的计算	(274)
二、平衡过程中热量的计算 热容	(275)
§ 10.7 理想气体的内能	(276)
§ 10.8 热力学第一定律对理想气体的应用	(276)
一、等容过程 定容摩尔热容	(276)
二、等压过程 定压摩尔热容	(277)
三、等温过程	(279)
四、绝热过程	(280)
五、多方过程	(283)
§ 10.9 循环过程 循环效率	(284)
一、循环过程	(284)
二、循环效率	(285)
§ 10.10 热力学第二定律 可逆过程与不可逆过程	(288)
一、热力学第二定律	(288)
二、可逆过程与不可逆过程	(289)
§ 10.11 卡诺循环 卡诺定理	(291)
一、卡诺循环	(291)
二、卡诺定理	(293)
小结	(295)
习题	(297)
<b>第十一章 气体分子运动论</b>	<b>(302)</b>
§ 11.1 气体分子运动论的基本概念	(302)
一、宏观物体是由大量分子或原子组成的	(302)
二、分子在不停的无规则地运动着	(303)
三、分子间有相互作用力	(304)

§ 11.2	气体分子的热运动	(305)
	一、气体分子的热运动可以看作是在惯性支配下的自由运动	(305)
	二、气体分子间的相互碰撞	(305)
	三、气体分子热运动服从统计规律	(306)
§ 11.3	统计规律的特征	(309)
	一、伽耳顿板实验	(309)
	二、统计规律的特征	(309)
	三、统计规律不可能单纯地用力学的方法得到	(310)
§ 11.4	理想气体的压力公式	(310)
	一、理想气体的微观模型	(310)
	二、从分子运动论看压力的形成	(311)
	三、理想气体的压力公式	(311)
	四、压力的统计意义	(313)
§ 11.5	气体分子速率的统计分布规律	(314)
	一、气体分子速率分布的实验测定	(314)
	二、速率分布函数	(316)
	三、气体分子速率的三种统计平均值	(318)
§ 11.6	气体分子平均平动动能与温度的关系	(321)
	一、气体分子平均平动动能与温度的关系	(321)
	二、理想气体状态方程的推证	(321)
§ 11.7	能量按自由度均分定理	(323)
	一、自由度	(323)
	二、能量按自由度均分定理	(324)
	三、理想气体的内能	(325)
	四、气体的摩尔热容	(326)
§ 11.8	分子的平均碰撞频率和平均自由程	(328)
	一、分子的平均碰撞频率	(329)
	二、分子的平均自由程	(329)
§ 11.9	气体内的迁移现象	(330)
§ 11.10	热力学第二定律的统计意义	(333)
	小结	(334)
	习题	(337)
<b>热力学与气体分子运动论测验题</b>		(340)
<b>测验题答案</b>		(342)

# 前 言

## 一、物理课的地位和作用

物理学研究的是物质运动的最基本、最普遍的形式，它包括机械运动、分子热运动、电磁运动、微观粒子的运动等。由于这些运动形式普遍地存在于其它高级的、更复杂的物质运动形式之中，因此，物理学所研究的规律具有极大的普遍性，这就使得物理学成为一切自然科学和工程技术的重要基础。

普通物理课是高等工业学校一门重要的基础理论课。其内容包括：力学、热力学和气体分子运动论、电磁学、波动及波动光学和近代物理学等。通过普通物理课的学习，能使学生比较系统地了解 and 掌握物质运动的基本规律；能培养学生应用所学理论分析问题和解决问题的初步能力；能帮助学生建立辩证唯物主义世界观。由于物理学所研究的规律具有极大的普遍性，因此，学好物理课，不仅对学生顺利地学好其它后续课程是十分必要的，而且对今后的工作以及进一步学习新科学、新技术、新工艺等也是十分有利的。

本课程建立在高等数学基础上，并注意到与中学物理的衔接，整个课程的安排，在内容的深度和广度上比中学物理有明显的加深和扩大；在研究和分析处理问题的方法等方面，比中学物理有较大的提高。例如在力学部分，本课程将在矢量代数和微积分的基础上，给出位置矢量、位移、速度、加速度等物理量的严格定义；将在牛顿定律的基础上建立质点运动微分方程；在气体分子运动论中，将运用统计概念和方法，阐明压力和温度的微观统计意义；将给出气体分子按速率分布的统计规律等。读者在自学中，既要充分利用自己在中学阶段已掌握的物理知识，又要根据本课程的要求，在已有基础上进一步深入学习。只有这样，才能达到掌握好本课程的目的。

本教材是根据高等工业学校普通物理学教学大纲(200学时，其中包括物理实验60学时)编写的。在每一章的引言部分，将给出全日制学校讲授本章所需学时数。有些增补内容，即全日制学校不讲的内容，例如“矢量”，也给出一个讲授学时数，以供自学参考。

本书采用国际单位制(SI)。考虑到阅读参考书的方便和物理问题及工程问题计算中的现状等，对绝对单位制和工程单位制等，在适当的地方也给予简单的介绍。

## 二、本课程自学方法的几点说明

### 1. 阅读教材

阅读教材是自学过程中最重要的环节。本教材每章之首有引言，每章之末有小结，一般节末有复习题，章末有思考题和习题。我们建议读者按以下顺序阅读教材。

(1) 阅读章首引言。通过阅读引言对本章内容有一个轮廓的了解。

(2) 按节粗读。通过粗读，了解并初步掌握本节所提出的问题、引入的概念、建立的定理和定律、以及解决问题的方法和途径、表示概念和规律的公式等等。

(3) 研究节末复习题。通过粗读只能对所读内容达到初步了解和掌握。为了及时发现问

题,把学习引向深入,读者在粗读的基础上即可阅读并认真解答节末所有复习题。通过对复习题的研究,使粗读中的一些错误理解和疑难问题充分暴露出来,为进一步深入钻研教材作好准备。

(4) 精读。通过精读,进一步弄清基本概念;弄清定义、定理、定律的准确叙述、建立过程、确切含义及适用条件和范围;弄清公式中各物理量的物理意义及相互关系。精读例题,是精读中应充分注意的问题。本教材各章节中一般都有一定数量的精选例题。仔细分析和研究这些例题,有助于读者对物理概念和规律的深入理解和掌握;有助于培养应用物理概念和规律分析问题和解决问题的能力。建议读者在阅读过程中,有些例题,可以自己动手先做,然后再与教材对照。这样做有利于暴露问题,纠正错误,充分发挥例题的作用,锻炼自己的解题能力。总之,通过精读,使读者对所读内容的理解和掌握程度大大提高一步。

(5) 解习题。精读完一节之后,即可着手做章末有关习题(关于解题方法与步骤,下面另行介绍)。通过解题,巩固阅读效果,发现薄弱环节,把学习进一步引向深入。读者在解题过程中,会遇到一些困难,这是难免的。遇到困难时,希望读者反复精读教材,研究例题,必要时还可阅读其它参考书,认真独立思考,一部分困难是可以克服的。如果有些困难仍然不能解决,读者可根据自己所处的具体环境,或和别的同学一起讨论,或向有关同志请教。

(6) 写自学小结。阅读完一节并做好习题后,希望读者合上教材写一个本节自学小结。小结的内容应包括本节内容要点(重要的概念、定律、公式和结论),自己的心得体会以及有待进一步弄清的问题等。写好小结,再对照教材,找出差距,对小结进行修正、补充和完善。阅读完一章并做好本章习题后,还应认真阅读章末小结,这时应特别注意各节间的相互联系、弄清本章中解决了哪些问题,解决问题采用的主要方法,还有哪些问题没有解决,最后在各节小结基础上,做本章自学小结。

概括起来,我们建议的阅读程序是:

阅读引言→粗读→研究复习题→精读→解习题(反复精读)→写自学小结。

这里顺便提一下阅读参考书的问题。一般说来,我们不主张盲目的过多阅读其它参考书。只有在你觉得教材上某处写得不够明确,或者教材上某处写得比较简单而你又不满足时,再去查阅其它参考书。我们推荐以下几套参考书,供读者选择使用。

《普通物理学》(第三版)程守洵、江之永主编

《物理学》严导淦编

《物理学》D. 哈里德、R. 瑞斯尼克合著

## 2. 解习题

解习题是巩固理论知识,培养分析、解决问题能力的不可缺少的重要手段。本教材习题分必做习题、选做习题(题首有“\*”号)和少量难度较高的习题(题首有“\*\*”号)三种类型。必做习题,要求全部都做;选做习题,根据自己的具体情况,尽量多做;第三类习题,是为做好上述两类习题尚不满足的同学准备的。我们希望读者按下列步骤,认真做好习题。

(1) 弄清题意,特别是弄清题中叙述的物理过程,明确已知条件、已知量和待求的未知量。

(2) 结合题意进行理论分析,理出解题思路(有些题目应画必要的草图),确定解题所用的物理概念和定律,结合题目的具体情况,建立解题必需的方程(一般采用文字方程,即方程中的物理量均用适当的文字代表)。

(3) 求解方程，代入已知数据算出结果，并对结果进行必要的分析和讨论。

做好习题对于学好本课程关系极大。希望读者严格要求自己，认真对待。做到每解一题都坚持按解题步骤解题（各部分教材中，还要结合具体内容提出具体的解题步骤），做题时要书写清晰，绘图规矩，叙理简明，演算正确。切勿乱套公式，草率从事。

### 3. 考核

本教材中，每隔适当的阶段，就附有一套试题。试题解答在适当的时候给出。希望读者自学完一个阶段后，在认真复习、小结的基础上，进行一次自我考核。考核时，应自觉脱离教材和其它资料，认真、独立做好试题。然后按试题解答自我评定成绩。通过考核，可以衡量自己对所学内容掌握的程度，发现不足之处，以达到巩固提高的目的。

附带提一下关于物理实验的问题。物理实验是物理课的重要组成部分。本教材不包括物理实验。关于物理实验教学，由有关方面另行安排。

实践已经证明，通过自学途径可以学好大学物理课。只要大家抱着为实现祖国社会主义现代化而勤奋学习的决心，坚持下去，刻苦攻读，相信一定能够学好。

## 本书所用主要物理量的名称、单位和符号

量的名称	量的符号	单位名称	单位符号	量的名称	量的符号	单位名称	单位符号
长度	$L, l$	* 米	m	功	$A, W$	焦耳	J
		厘米	cm			千克力米	kgfm
		公里	km	功率	$P$	瓦特	W
面积	$S, A$	平方米	m <sup>2</sup>	平面角	$\alpha, \beta, \gamma$	**弧度	rad
体积	$V$	立方米	m <sup>3</sup>		$\theta, \varphi$	度	°
		升	l	角速度	$\omega$	弧度/秒	rad/s
时间	$t$	* 秒	s	转速	$n$	转/秒	1/s
		分	min			转/分	r.p.m
		时	hr	角加速度	$\beta, s$	弧度/秒 <sup>2</sup>	rad/s <sup>2</sup>
速度	$\vec{v}, \vec{V}$	米/秒	m/s	动量矩	$\vec{L}, \vec{m}(\vec{m}\vec{v})$	千克米 <sup>2</sup> /秒	kgm <sup>2</sup> /s
		厘米/秒	cm/s	冲量矩	$\vec{m}(\vec{F})t$	牛顿米秒	Nms
		公里/时	km/hr	力矩	$\vec{m}, \vec{M}$	牛顿米	Nm
加速度	$\vec{a}$	米/秒 <sup>2</sup>	m/s <sup>2</sup>	转动惯量	$J$	千克米 <sup>2</sup>	kgm <sup>2</sup>
质量	$m$	* 千克	kg	频率	$f, \nu$	赫兹	Hz
力	$\vec{F}, \vec{N}, \vec{T}$	牛顿	N	温度	$T$	*开尔文	K
		达因	dyne		$t$	摄氏度	°C
		公斤力	kgf	物质的量		*摩尔	mol
动量	$\vec{p}, \vec{m}\vec{v}$	千克米/秒	kgm/s	压力	$P, p$	帕斯卡	Pa
冲量	$\vec{I}, \vec{F}t$	牛顿秒	Ns			标准大气压	atm
能量	$E$	焦耳	J			毫米汞高	mmHg
热量	$Q$	焦耳	J	摩尔热容	$C$	焦耳/摩尔开	J/mol·K

注：带 \* 者为 SI 基本单位，带 \*\* 者为 SI 辅助单位。

# 第一章 矢 量

在物理学中有各种各样的物理量，本书中引入的物理量可分为两类：一类是标量；另一类是矢量。对于标量大家是比较熟悉的，对于矢量，则可能比较生疏。由于很多重要的物理量都是矢量，熟悉矢量的性质和运算规则，对加深这些物理量和有关物理定律的理解是很有帮助的。因此，作为学习本课程的必备知识把矢量列为第一章。本章讲授时数约为4学时。

## § 1.1 标量和矢量

### 一、标量

某些物理量在选定单位后，仅由其数值大小就可以完全确定。例如：物体的密度由其单位体积所含的质量多少来确定；温度由所采用温标的度数来确定等。这类仅由数值大小（包含单位）就可以完全确定的量称为标量。如密度、温度、时间、质量、功、电量等都是标量。

通常标量可分为算术量和代数量两种。算术量恒为正值（如路程、质量等），代数量则可正可负（如功、电势等）。

### 二、矢量

某些物理量的确定，除了知道它们的大小外，还必须指明它们的方向。例如只说“一个人走了4 km（公里）”，读者一定会觉得这句话有点含糊。究竟他向东、南、西、北哪个方向走的呢？明确的说法应该是：“一个人从原地向东走了4 km”，即人的位置从原地沿东西方位向东移动了4 km。这种位置的改变在物理学中称为位移。要确定位移这个物理量，必须同时指出它的大小和方向。这种除了大小（包含单位）还具有方向、而且相加时遵守平行四边形法则\*（这个法则是由实验总结出来的）的量称为矢量。如位移、速度、加速度、力、动量、电场强度等都是矢量。

### 三、矢量的表示法

在书写时，通常用字母上方加一箭头表示矢量。如 $\vec{A}$ 、 $\vec{B}$ 、 $\vec{C}$ 等。在印刷时常用黑体字母表示矢量，如 $\mathbf{A}$ 、 $\mathbf{B}$ 、 $\mathbf{C}$ 等。因为矢量既有大小又有方向，所以在作图时，常用一带有箭头的

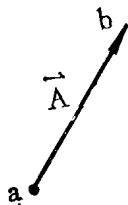


图 1.1

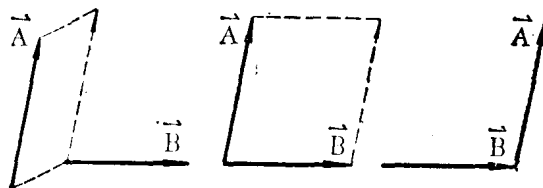


图 1.2

\* 有些量虽然具有大小和方向，但不遵守平行四边形加法规则，如刚体的有限角位移，这样的量不能称为矢量。



线段来表示矢量，线段的长度按一定比例表示矢量的大小，箭头的方向表示矢量的方向，如图 1.1 所示。 $a$  为矢量的起点， $b$  为矢量的终点。矢量  $\vec{A}$  也可以写作  $\vec{ab}$ 。

矢量的大小称为矢量的模。矢量  $\vec{A}$  的模常用  $|\vec{A}|$  或斜体字母  $A$  表示。

在考察矢量之间的关系或对它们进行运算时，往往需要将它们平行移动。把矢量在空间平行移动，其大小和方向都不会因平移而改变，如图 1.2 所示。

#### 四、数与矢量的乘法

用一标量  $k$  乘以矢量  $\vec{A}$  得一新的矢量  $k\vec{A}$ 。当  $k > 0$  时，矢量  $k\vec{A}$  的模为  $k|\vec{A}|$ ，方向与  $\vec{A}$  相同；当  $k < 0$  时，矢量  $k\vec{A}$  的模为  $|k||\vec{A}|$ ，且方向与  $\vec{A}$  相反；如图 1.3 所示。当  $k = 0$  时，则  $k\vec{A} = 0$ ，称为零矢量。

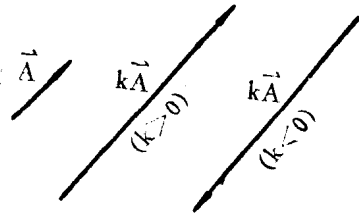


图 1.3

一矢量用一标量  $\mu$  除，相当于该矢量乘以  $\frac{1}{\mu}$ 。

$-\vec{A}$  (即  $k = -1$ ) 表示模为  $|\vec{A}|$ 、方向与  $\vec{A}$  相反的矢量。通常称  $-\vec{A}$  矢量为  $\vec{A}$  的负矢量。

若一个矢量的模等于 1，则称该矢量为单位矢量。单位矢量常用字母上方加“0”来表示，如平行于  $\vec{A}$  的单位矢量写作  $\vec{A}^0$ ，则

$$\vec{A}^0 = \frac{\vec{A}}{|\vec{A}|}$$

$$\vec{A} = |\vec{A}| \vec{A}^0 \quad (1.1)$$

因此，任意一矢量都可以用它的模和与它指向相同的单位矢量的乘积来表示。单位矢量仅仅起到表示该矢量方向的作用，这种表示，实际上是把矢量的大小和方向分离地表示出来。

例如：表示质量为  $m_1$  的质点对质量为  $m_2$  的质点的万有引力  $\vec{F}_{12}$  时，常取  $m_1$  质点所在处作为起点，引入一方向从  $m_1$  指向  $m_2$  的单位矢量  $\vec{r}^0$ ，于是  $\vec{F}_{12}$  可以表示为

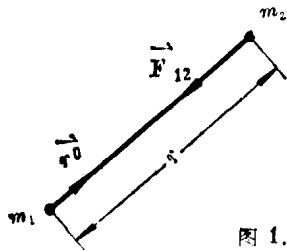


图 1.4

$$\vec{F}_{12} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \vec{r}^0$$

其中负号表示  $\vec{F}_{12}$  的方向和  $\vec{r}^0$  的方向相反，如图 1.4 所示。

## § 1.2 矢量的加减法 (几何法)

### 一、矢量的加法 (合成)

#### 1. 两个矢量的加法 (平行四边形法则)

对于标量的加法，大家已经熟知，如气温先升高  $10^\circ\text{C}$ ，又升高  $5^\circ\text{C}$ ，那么总共升高了  $15^\circ\text{C}$ ，即等于两个温度的数值相加。对于矢量来说，就不能套用标量的运算规则。例如：一个人从  $A$  处向东走了  $4\text{km}$  到达  $B$  处，又向北走了  $3\text{km}$  到达  $D$  处，如图 1.5 所示。 $AB$  和  $BD$  两个位移的总效果等于位移  $\vec{AD}$ ， $AD$  的距离等于  $5\text{km}$ ，方向由  $\alpha = \sin^{-1} \frac{3}{5}$  来确定。从图