



世纪高等学校公共基础课规划教材
教育部世行贷款教改项目成果

大学物理学



第2版

王建邦 主编

第二卷 近代物理基础



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

04/294

:2

2007



世纪高等学校公共基础课规划教材
教育部世行贷款教改项目成果

大学物理学

(第二卷 近代物理基础)

第2版

主编 王建邦

参编 张旭峰 杨军

刘兴来 黄启宇



机械工业出版社

本书根据教育部国家教学改革项目的要求和教育部大学物理基础课程教学基本要求编写而成。全书共两卷，本书为第二卷，主要内容有相对论、量子物理、激光、固体物理和核物理。

本书的一大特色，也是新的尝试是，除在叙述上力求深入浅出、概念准确，并尽量以具体的实例使内容更加生动外，还在讲述基本概念和基本物理规律的同时，具体阐述所学内容中应用的物理学研究方法。与此同时，本卷在体系结构上还在每章后又增加了一小节“物理学思想与方法简述”，进一步简要介绍相关物理思想与研究方法，并提示读者应用该节要点，同时以练习题的方式，自己通过归纳、总结、亲身体验和练习来掌握物理思想与方法，达到既增长知识，又提高能力的教学目的，实现知识与能力综合培养的目标。

本书为高等院校理工科非物理专业大学物理基础课教材，也可作为高校物理教师、学生和相关技术人员的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学. 第二卷, 近代物理基础/王建邦主编. —2版. —北京: 机械工业出版社, 2007.7

21世纪高等学校公共基础课规划教材

ISBN 978-7-111-12459-7

I. 大… II. 王… III. 物理学-高等学校-教材 IV. 04

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第111386号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑: 李永联 版式设计: 霍永明 责任校对: 申春香

封面设计: 马精明 责任印制: 李妍

北京中兴印刷有限公司印刷

2007年9月第2版第1次印刷

170mm×227mm·12.5印张·488千字

标准书号: ISBN 978-7-111-12459-7

定价: 26.00元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379723

封面无防伪标均为盗版

第2版前言

2003年由机械工业出版社出版的《大学物理学》第一卷“工程基础物理”与第二卷“近代工程物理”已印刷3次。虽然在每次重印时对发现的问题作了局部修改,但为适应教学形势的发展,需要重新进行修订。现将修订情况简介如下:

第一,为加强学生科学思维能力和分析问题、解决问题能力的培养,修订版中在每章后增加一小节“物理学思想与方法简述”(以下简称“简述”),目的是结合该章教学内容,简要介绍相关物理学思想与研究方法,并提醒读者需采用的学习方法。物理学方法论是一门学科,每章增加的“简述”不可能也不必要详细介绍。为尽可能与该章内容相结合,也没有按一般“物理学方法论”教材的章节次序选材,从“物理学方法论”角度看,可能会使人有些支离破碎的感觉。同时,由于只作“简述”,也不意味着该章知识点只与该节“简述”的方法有关,教学中也不必受“简述”的限制。只要我们在教学实践中不断探索如何将“知识、能力、素质”融为一体的方法,相信会出现更多的可供选择的方式,为提高教学质量服务。

第二,为满足许多非物理专业采用本教材的需要,本次修订中将第一卷“工程基础物理”改为“经典物理基础”,将第二卷“近代工程物理”改为“近代物理基础”。本书权且将20世纪前的物理学称为“经典物理”,20世纪及以后的物理学称为“近代物理”。我们知道这种分法并不确切,但作为非物理专业的基础课程,这种分类还可以满足教学的需要。

第2版两卷选材与第1版基本相同,对应教学时数建议为第一卷64~72学时,第二卷64~72学时,具体把握可根据学校情况而定。本次修订修改了第1版中出现的某些不确切的提法,尽量做到物理概念准确,但又不深究其内涵。随着我国高等教育由“精英化”向“大众化”发展,以及越来越多的青年教师走上讲台,为突出重点,第2版每章前提出了“学习本章要求掌握”的内容。不过,对于近代物理内容,只要求在大学物理层面上的“掌握”,教学中“了解、理解与掌握”的内容本是有机结合在一起的,如何让学生从整体上把握它们的关系,还需教师多予指点。

参加本卷修订工作的有:张旭峰(第五部分)、黄启宇(第六、七部分)、杨军(第八部分)、刘兴来(第九部分),王建邦(撰写各章中“物理学思想与方法简述”)。

IV 第2版前言

本次修订删除了第1版中的部分例题（放在习题中），调整了习题，力图进一步做到教学内容、例题、习题与学生实际求学有机结合。

编 者
2007年5月

第1版前言

据不完全统计,目前我国工科类大学物理课本有一百多种,其中不乏许多精品。为何还要编写本教材?主要是因为我们从1997年开始,介入了工科物理教学改革,曾承担过原山西省教委教学改革重点课题“工科大学物理教学内容改革的探索与实践”(1997.1—1999.12)以及正在承担教育部世行贷款资助课题“物理课程与相关课程交叉、渗透的研究与实践”(2000.8—2003.6)。在多年的教学改革实践中,我们不断地从全国各兄弟院校借鉴了许多宝贵的经验,不断地从许多大学的优秀教材中吸取了丰富的营养,为了延伸、拓展与加大大学物理教学改革的力度,为了在高校扩招的新形势下,探讨如何提高地方性工科院校大学物理教学质量的新途径,我们感到有必要依据多年教学改革实践与探索的点滴收获与经验,为地方性工科院校的学生编写一本新的大学物理教材。既然如此,这本教材又具有哪些特点呢?第一,“雅俗共赏”。这里提出的“雅”与“俗”,指的是不同层次的读者,“共赏”是期望他(她)们都能喜欢。因此,本书涉及的基础物理内容及例题与习题,有深有浅,有简有繁,任读者自行选择;针对不同层次的学生,教师也有相当的回旋余地。第二,“师生对话”。因为本书是针对地方性工科院校学生撰写的,由于读者的知识基础与认识能力有限,因此在撰稿过程中,我们尽量采用一种与读者进行广义对话的方式,展开全书的内容,不时地提出问题,并且在本书中用黑体字来突出各种问题,以期吸引读者的注意力,激发读者的兴趣,引导读者思考,这也是我们编写本书的一种新的思路,能不能达到预期的效果,还要在实践中检验。第三,“工程基础”。目前,我国高校有21个工科大类,69个专业,在各种专业教学计划中,学时数均不到总学时的5%的大学物理课程作为工程技术人材的近代物理基础知识究竟是怎么回事?应当选哪一些?这也许还是目前一个没有定论的问题。为此,我们在编写过程中,基本上仍然遵循传统教材框架,但尝试着将相关内容进行了拓展与延伸,有些内容比授课时的要求高一些,有些论点比教学基本要求深一点。这个高和深的“度”以满足本科不同层次读者的需求为宜。本卷内容结构为:相对论、量子物理、激光、固体物理和原子核。第四,“一分为二”。为了加强近代物理学内容的教学,为了突出基础物理教学在工科科学素质教育中的核心作用,我们从1997年开始教改试点时,就将大学物理课程中的经典物理(我们称工程基础物理)与近代物理(我们称近代工程物理)分别在两个学期开设,即第二学期开经典物理和第三学期开近代物理。从99级以后,我们进而将近代工程物理安排在第五学期开出,而第

三学期和第四学期开物理实验。因此,本卷自成体系,又与第一卷互相呼应。第五,“时数匹配”。教学内容与教学时数是一对矛盾,在处理这一对矛盾时,我们注意了既要解放思想又要实事求是,在本卷的教学组织中,教学内容与教学时数安排如下:相对论8学时,量子物理24学时,激光原理6学时,固体物理基础18学时,原子核4学时。

参加本卷编写的教师有:张旭峰(第五部分)、王建邦(第六部分与第七部分)、杨军(第八部分)、刘兴来(第九部分)。

中国科学技术大学张永德教授、太原理工大学冷叔模教授分别阅读了第五部分与第六部分,并提出了宝贵意见,使我们受益匪浅,在此特向张永德教授与冷叔模教授表示衷心感谢。

编 者

2003年3月

目 录

第五部分 相对论基础	1	第六节 物理学思想与方法	
第十八章 狭义相对论	2	简述	47
第一节 伽利略相对性原理	2	习题	49
一、伽利略相对性原理的内容	3	* 第十九章 广义相对论简介	50
二、伽利略变换	4	第一节 惯性质量与引力	
三、经典力学的绝对时空观（伽利略 - 牛顿时空观）	7	质量	51
第二节 狭义相对论的基本原理	8	第二节 广义相对论的基本假设	53
一、电磁学向伽利略 - 牛顿相对性原理提出的挑战	8	一、爱因斯坦升降机的理想实验	53
二、狭义相对论基本原理的内容	15	二、直线加速参考系中的惯性力	54
第三节 洛伦兹变换	17	三、等效原理	55
一、洛伦兹变换的内容	18	四、局域惯性系	56
* 二、洛伦兹坐标变换的推导	20	五、广义相对性原理	58
三、相对论速度变换公式	22	第三节 广义相对论的检验	58
第四节 狭义相对论的时空观	25	一、行星近日点的进动	58
一、同时的相对性	25	二、光线在引力场中偏折	59
二、时间延缓效应	28	三、雷达回波延迟	59
三、长度的相对性	32	第四节 有引力场的空间与时间	60
第五节 相对论的质量、动量和能量	36	第五节 物理学思想与方法	
一、相对论质量	36	简述	61
二、相对论力学动力学方程	41	习题	62
三、相对论动能	42	第六部分 量子物理	63
四、相对论质量和能量的关系	44	第二十章 光（辐射）的波粒二象性	65
五、动量与能量的关系	46	第一节 热辐射 普朗克的量子假设	65

一、热辐射的基本概念	66	二、不确定性关系的讨论	104
二、基尔霍夫辐射定律	68	第四节 波函数及其统计 诠释	106
三、绝对黑体	69	一、德布罗意平面波	107
四、绝对黑体的热辐射实验 定律	70	二、波函数的统计诠释	108
五、经典理论的困难和普朗克的 能量子假设	73	三、统计诠释对波函数提出 的要求	114
第二节 光电效应	75	第五节 物理学思想与方法 简述	116
一、光电效应的实验规律	75	习题	117
二、光电效应与光的波动学的 剧烈冲突	78	第二十二章 薛定谔方程	118
三、爱因斯坦的光量子论及其对光 电效应的解释	79	第一节 自由粒子的薛定谔 方程	118
* 四、多光子光电效应	82	一、方程的形式	118
* 五、内光电效应	83	二、方程的讨论	119
第三节 康普顿效应	83	第二节 力场中粒子的薛定谔 方程	121
一、实验规律	83	一、方程的形式	121
二、X 射线实验结果的解释	85	* 二、算符与方程	122
三、简短的历史回顾	88	第三节 定态薛定谔方程	123
第四节 光的波粒二象性	88	一、分离变量法	123
一、爱因斯坦光量子关系式	89	二、定态的基本特征	125
二、单光子双缝干涉实验 分析	89	第四节 一维无限深势阱中 的粒子	126
三、光子的不确定性原理	92	一、一维无限深势阱模型	126
第五节 物理学思想与方法 简述	93	二、薛定谔方程及其解	127
习题	94	三、结果讨论——解的物理 意义	129
第二十一章 电子的波粒 二象性	96	第五节 势垒与隧道效应	132
第一节 德布罗意假设	96	一、薛定谔方程	133
* 第二节 德布罗意波的 实验证明	98	二、方程的讨论	134
一、戴维孙 - 革末电子衍射 实验	98	三、隧道效应的应用	135
二、电子显微镜	101	第六节 物理学思想与方法 简述	136
第三节 不确定性关系	102	习题	137
一、电子单缝衍射实验	103	第二十三章 氢原子中的 电子	139

第一节 氢原子的玻尔模型	139	二、受激吸收	173
一、玻尔模型的历史背景	139	三、受激辐射	173
二、玻尔氢原子结构模型要点	141	第四节 爱因斯坦辐射理论	174
第二节 用薛定谔方程解氢原子问题	144	一、自发辐射系数 A	174
一、玻尔模型的缺陷	144	二、受激吸收系数 B_{12}	176
二、氢原子的薛定谔方程	145	三、受激辐射系数 B_{21}	176
第三节 量子数的物理解释	151	四、爱因斯坦系数 A_{21} , B_{12} 和 B_{21} 之间的关系	177
一、主量子数和能量量子化	152	第五节 产生激光的基本物理条件	180
二、角量子数和角动量量子化	153	一、两对基本矛盾	180
三、磁量子数和角动量空间量子化	155	二、解决矛盾的方法	181
第四节 氢原子的波函数与概率密度	156	第六节 激光器的工作原理	183
一、低量子数的氢原子波函数	156	一、激活介质粒子数反转的实现	183
二、电子概率的径向分布	157	二、谐振腔的振荡阈值条件	185
三、电子概率的角度分布	160	三、谐振腔的选频	187
第五节 物理学思想与方法简述	162	第七节 氦氖激光器	187
习题	164	一、氦氖激光器的结构图	188
第七部分 激 光	165	二、氦氖激光器的工作原理	188
第二十四章 激光原理	166	第八节 物理学思想与方法简述	191
第一节 激光概述	166	习题	192
一、激光的诞生	166	第八部分 固体物理基础	193
二、激光器的分类	167	第二十五章 晶体结构与结合力	194
第二节 原子的能级、分布和跃迁	169	第一节 晶体结构及其描述	194
一、原子在能级上的分布	169	一、晶体的性质	194
二、原子能级跃迁	170	* 二、晶体结构的实验研究	199
第三节 光的吸收与辐射	172	三、空间点阵	202
一、自发辐射	172	第二节 布喇菲格子	205

一、7个晶系	205	四、格波与原子振动	239
二、14种布喇菲空间点阵(空 间格子)	206	第四节 物理学思想与方法 简述	240
第三节 晶体的结合力	207	习题	241
一、影响晶体结合力的若干 因素	208	第二十七章 能带论基础	242
二、晶体中粒子的结合力	211	第一节 固体能带的形成	243
第四节 晶体的结合能	214	一、固体是原子的组合	243
一、定义	214	二、晶体中电子能带的形成	243
二、经验原子对势	215	* 第二节 固体中电子的波 函数	245
第五节 离子晶体的 结合能	218	一、近似处理方法	246
一、离子晶体的点阵结构	218	二、晶体中电子的波函数——布洛赫 函数	247
二、离子晶体的热力学能	218	第三节 晶体的能带结构	250
三、整个点阵离子对势能的 计算	219	一、满带、导带和空带	250
第六节 物理学思想与方法 简述	222	二、导体、绝缘体及半导体的 能带	255
习题	223	* 第四节 固体能带理论基础	257
第二十六章 晶格振动	225	一、克朗尼格-朋奈模型	257
第一节 晶体的热学性质	225	二、求解周期场中定态薛定谔方 程的基本思路	258
一、晶体中粒子的热运动	225	三、数学处理与结果讨论	259
二、晶体的摩尔热容	226	第五节 物理学思想与方法 简述	268
三、固体的热传导	228	习题	269
四、热膨胀	228	第二十八章 半导体	270
第二节 一维晶格振动	230	第一节 本征半导体	270
一、一维无限长弹簧振子链 模型	230	一、元素半导体	271
二、原子振动的运动学 描述	231	二、化合物半导体	273
三、原子振动的动力学 描述	231	第二节 掺杂半导体	275
四、耦合振动方程的解	233	一、施主型杂质与N型 半导体	275
第三节 格波	236	二、受主型杂质与P型 半导体	277
一、格波的物理意义	236	第三节 杂质能级的计算	279
二、玻恩-冯卡门边界条件	237	一、类氢模型	279
三、 k 的取值数目	237	二、类氢施主杂质能级的	

计算	279	第一节 原子核的基本特征	
* 三、晶体中电子有效质量的物理		及其组成	328
意义	280	一、原子核的电荷和	
第四节 PN 结	282	电荷数	328
一、PN 结的空间电荷区	282	二、原子核的质量和	
二、内建电场 (自建电场)	283	质量数	329
三、接触势垒	284	三、原子核形状、大小与	
四、PN 结的整流效应	284	密度	335
第五节 物理学思想与方法		四、核力的基本性质	337
简述	287	第二节 原子核的结合能	339
习题	287	一、质量亏损	339
第二十九章 物质的电磁性质	289	二、核结合能	340
第一节 电介质及其极化	289	三、比结合能	342
一、分子 (原子) 的电		第三节 原子核的衰变与	
结构	289	放射性	343
二、电介质极化的微观机理	292	一、 α 衰变	344
三、极化面电荷	293	二、 β 衰变	346
四、极化强度矢量	294	三、 γ 衰变	350
* 第二节 电介质的特殊效应	299	第四节 放射性衰变的一般	
一、压电效应	299	规律	351
二、铁电体	302	一、指数衰变规律	351
第三节 磁介质及其磁化	304	二、放射性衰变中的几个重要	
一、物质磁性的起源	305	物理量	353
二、磁介质的磁化机理	308	第五节 原子核反应	357
三、磁化电流	311	一、实验	358
四、磁化强度矢量	312	二、核反应的一般表示式	358
五、磁场强度矢量	315	三、核反应的类型	359
六、磁介质的磁化规律	317	四、核反应过程的守恒定律	360
第四节 磁性材料	320	第六节 重核的裂变及应用	361
一、磁性材料的分类	320	一、获取原子能的物理基础	361
二、铁磁性材料的磁化规律	321	二、原子核裂变	363
三、铁磁性材料的磁化机理	323	三、链式反应和反应堆	367
第五节 物理学思想与方法		第七节 轻核聚变	368
简述	325	一、基本的聚变反应过程	369
习题	326	二、受控热核反应	370
第九部分 原子核物理	327	第八节 物理学思想与方法	
第三十章 原子核	328	简述	371

习题	372	物理名词索引 (中英文对照)	376
习题参考答案	373	参考文献	387

第五部分

相对论基础

本书把大学物理分为经典物理基础和近代物理基础两卷。

经典物理学是何时诞生的呢？爱因斯坦曾认为：“伽利略的发现以及他所应用的科学推理方法，是人类思想史上最伟大的成就之一，标志着物理学的开端。”杨振宁则选择了牛顿发表他的《自然哲学的数学原理》的1687年。诗人蒲柏在西敏斯特大教堂著名的“拟牛顿墓志铭”中写道：

大自然及其法则深藏在黑夜里。

上帝说：“派牛顿去吧！”

于是，一切就都在光明之中。

实际上，20世纪以前的200余年间，物理学在两大领域取得了巨大成功：一是由牛顿建立的经典力学（1687年），包括热力学与经典统计力学；二是由麦克斯韦建立的经典电磁学（1864年），包括光学。它们能够解释宏观的力学和电磁学现象，并在历史上分别诱发了18世纪以蒸汽机、内燃机的应用为中心的“工业革命”、19世纪以电和电磁波应用为中心的“电气革命”。

20世纪初，物理学发生了两次革命，深刻地改变了人们对物理世界的理解。爱因斯坦创建的相对论以及始于普朗克的能量子假设的量子力学，已成为近代物理学的两大支柱。当物体在高速运动时，其中牛顿力学的成功（如蒲柏诗句），用英国诗人斯夸尔爵士的诗来说：

但这并不久长。

魔鬼大喝一声：“派爱因斯坦去！”

于是，一切恢复原样。

第十八章 狭义相对论

狭义相对论是爱因斯坦于 1905 年创建的。这个理论涉及力学、热学、电磁学、原子和原子核物理学以及粒子物理学等乃至整个物理学领域。在狭义相对论中，爱因斯坦以“相对性原理”和“光速不变原理”为基础，提出了新的时空观和物质观，并从两个原理出发，进一步派生出它所有的主要原理。读者也许会感到相对论有些难懂，原因是它不合常理，它的结论似乎违背常识。因为作为人们直觉基础的日常经验，仅局限于对低速运动的通常大小物体的观察，其中遇到的速率比光速小得多，如地球卫星的轨道速率不到 10^4 m/s ，就比光速 $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 小得多。对于物体以与光速相比拟的速率运动，人们并没有任何经验。因此，在学习狭义相对论时，读者的经验将受到挑战，大多数基本物理概念必须修改。建议读者学习本章时，作好这样的思想准备：始终要抓住狭义相对论的两个基本原理，无论这些论据把你引向何方，你也不能有任何怀疑。

学习本章要求掌握

- 狭义相对论基本原理
- 洛伦兹变换及其应用
- 相对论的质量、动量与能量

第一节 伽利略相对性原理

读者从中学物理中已知，从某种意义上讲，一切运动都是相对的，或者确切地说，运动的描述是相对的。在月球上的人认为，地球是运动的；而地球上的人看到月球在运动。当你在窗前看到窗外雨丝如帘，在你的面前垂下，但你在行驶的汽车中，又会见到雨丝的帘幕似乎迎风飘起，真所谓“横看成岭侧成峰、远近高低各不同”。所以，人们看到的现象，或者对事物的描述往往随观测的角度而异；考察或描述任何一个物体的运动都是相对于观察者所选择的特定参考系而言的。

一、伽利略相对性原理的内容

如上所述,为了描述物体的机械运动,我们需要选择适当的参考系。在运动中,相对于任何参考系的运动都可以描述。对于实验观测来说,希望选择一个最容易取得数据和进行分析的参考系。这样一来,不同观测者所选择的不同参考系对同一物体运动的观测结果之间有什么关系呢?会不会有人只承认自己看到的是真的,根本否认还有其他可能性呢?会不会“公说公有理、婆说婆有理”,没有是非标准呢?例如,人造地球卫星的运动,若以地球为参考系,运动轨道是圆或椭圆;若以太阳为参考系,运动轨道却是以地球公转轨道为轴线的螺旋线。但是,读者可进一步考虑这样一个问题,即物理规律(定律)应当是自然界中与观测者无关的客观规律。早在1632年,伽利略在匀速运动的封闭船舱里仔细地观察了力学现象,他发现在船舱中察觉不到物体的运动规律和地面上有任何的不同。

这里要强调的是伽利略做实验的船舱是作匀速直线运动的船舱,即惯性参考系。在这样的参考系中,牛顿运动定律是适用的。这样,伽利略当时所观察的船舱中的力学现象,可以进一步表述为:

1) 一切彼此作匀速直线运动的惯性系,对于描述机械运动的力学规律来说是完全等价的。

2) 在一个惯性系的内部所做的任何力学实验,都不能确定这一惯性系本身是在静止状态还是在作匀速直线运动。也就是说,这个系统的运动状态必须由别的参考系来确定。

读者注意:在1)中所说的“等价”,不是指不同惯性系看到的力学现象都相同,而是指力学现象服从的力学规律相同。因此,读者要把力学现象的描述和力学规律本身区别开来。

以上两点,就是伽利略相对性原理的不同表述。简而言之,伽利略相对性原理就是:对于所有的惯性系,经典力学定律(牛顿定律、运动定理、守恒定律等)的数学表达形式都一样。

广义地说,相对性原理可以说是人类对于自然界的一种信念,是自伽利略、牛顿和爱因斯坦以来的许多物理学家长期探索、反复思考、仔细实践所得到的一个基本结论。现在,相对性原理已是物理学家用作探索自然、构造物理量、建立新理论的依据和基本出发点之一。因此,它能使人们超越从个别角度(即参考系)认识问题的局限性,寻求不同参考系对各观测量之间的变换关系,以及在变换过程中的那些不变量。从这个角度讲,什么是相对论?相对论包含两方面的内容:

1) 物理定律的“相对性原理”。

2) 不同惯性系的物理量之间的“变换关系”。

所以，伽利略相对性原理及伽利略变换可以称为伽利略-牛顿相对论。

二、伽利略变换

一个参考系可以简单地抽象成一套坐标系。在质点运动学的范畴内，描述物体运动状态主要是靠在参考系中测量物体的空间位置（矢量）和速度（矢量）。既然说力学规律在所有惯性系都是等价的，而运动的描述又是相对的，我们如何把这两者统一起来呢？伽利略变换就是既描述不同惯性参考系中物理量（位矢、速度、加速度等）之间的变换关系，又描述不同惯性参考系之间力学规律相互变换关系的一种数学表述。

其具体的数学表述包含以下三个要点：

1. 研究两个作相对运动的不同惯性系中的观察者描述同一事件的时空坐标间的相互关系

如图 18-1 所示，在相对地面作匀速直线运动的车箱中，一乘客向着车头方向掷小球。此时，地面上乘客的朋友看着火车在他面前开过。假定他俩都测量小球的速度。读者依据中学物理知道，他们观测的结果是不相同的。这是因为同一个问题涉及两个参考系。为进一步讨论这个问题，如图 18-2 所示，设两个惯性参考系分别以笛卡儿坐标系 $S(Oxyz)$ 和 $S'(O'x'y'z')$ 表示。它们的对应坐标轴相互平行，且 S' 系相对 S 系以速度 u 沿 Ox 轴的正方向运动。以 r 表示在 S 系中观测到某质点 P 的位置矢量， r' 描述质点相对于 S' 系的位置。在相对论中，把物体在某一时刻处于某一位置 P 称作一事件，而描述一事件需要三个空间坐标和一个时间坐标。为了测量长度和时间，我们设想测量长度的尺和测量时间的钟均已在同一惯性参考系中校准。由于时间、空间的均匀性，参考系的原点和时间的起点都可任意选择。为了简单而又不失普遍性，我们选择坐标原点 O 与 O' 重合时作为计时起点，并用 t 和 t' 分别表示自 S 系和 S' 系观测同一事件发生的时刻，则起始时刻 $t = t' = 0$ 。显然，同一事件在不同参考系有各自的时空坐标 (x, y, z, t) 和 (x', y', z', t') ，它们之间有什么关系呢？这就是伽利略变换所要解决的问题。

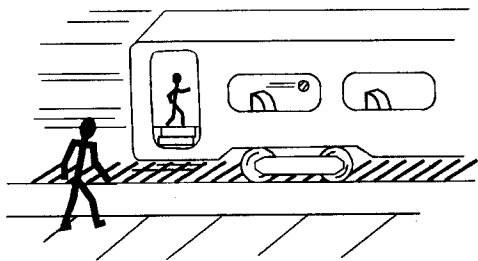


图 18-1

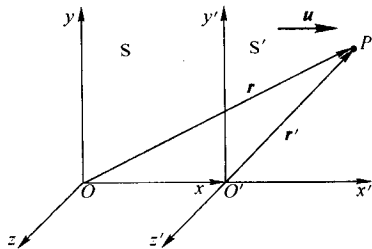


图 18-2