高等学校教材

工科物理教程

(第2版)

上　册

宋士贤　文喜星　吴　平　主编

吴　平　余乐年　郑建邦　宋士贤　编

西北工业大学出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

【内容简介】　本教程系西北工业大学“九五”规划教材。全书以教学基本要求为依据，并有所发展和更新。本教程以现代的观点精选内容，激发学生的创新精神，通过习题作业改革，以及增强教材的实用性、趣味性，突显了工科物理的特色，在诸多方面做了大胆的尝试，颇有新意。第2版在吸取了使用本教程的教师和学生们意见的基础上，对第1版的内容做了进一步补充和修改。

本教程分上、下两册。上册包括导论、力学、电磁学三篇，下册包括热学、波动和量子物理三篇。统一采用《中华人民共和国法定计量单位》和1994年实施的《量和单位》的国家标准，并使用1996年公布的《物理学名词》。

本教程可作为普通高等院校、成人高等教育、网络教育学院工科（本科）各专业116～140学时大学物理课教材，也可作为自学考试辅导班及自考生的主要参考书，并可供报考研究生的考生，有关工程技术人员，大、中学教师和管理干部参考。

图书在版编目（CIP）数据

工科物理教程/宋士贤，文喜星，吴平主编．—2版．西安：西北工业大学出版社，2003.2
ISBN 7-5612-1320-4

Ⅰ.工… Ⅱ.①宋… ②文… ③吴… Ⅲ.物理学-高等学校-教材　Ⅳ.04

中国版本图书馆CIP数据核字（2000）第78413号

出版发行：西北工业大学出版社
通信地址：西安市友谊西路127号，邮编710072　电话：029—8493844
网　　址：http://www.nwpup.com
印 刷 者：西安向阳印刷厂
开　　本：787 mm×960 mm　1/16
印　　张：55.625
字　　数：1 032千字
版　　次：2003年2月　第2版　2003年2月第1次印刷
书　　号：ISBN 7-5612-1320-4/O·176（课）
印　　数：1～6 000册
定　　价：55.00元（上、下册）

> 人类总要不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。
>
> ——毛泽东

第 2 版前言

《工科物理教程》从 1995 年的讲义第 1 稿到 2001 年正式出版，历经 7 个年头，其间根据试用情况六易其稿。在这段时期，适逢国内再次掀起了有关教学内容和课程体系改革的讨论。我们从这场讨论中得到了启发，也引起了一些思考。回顾建国 50 多年来教学改革的历史经验和教训，我们清醒地认识到，教学改革必须遵循教学规律和科学发展的规律，必需从教学实际出发，与时俱进，做踏实地工作，切忌浮躁。7 年来，我们坚持在教学实践中研究、探索，在研究的基础上改革，并不断将经过实践考验的改革成果，充实到《工科物理教程》中来，以形成《工科物理教程》自身的特色与风格。庆幸的是，《工科物理教程》自出版以来，得到了广大师生的关心和认可，使我们深受鼓舞，坚定了继续前进、不断完善的信心。

在第 2 版的修订中，我们吸取了部分使用和参阅过本教程的教师和学生们的意见，注意保持了第 1 版的风格和特色：从课程定位——工科非物理专业低年级学生的基础理论课这一点出发，参照“教学基本要求”，以经典与近代物理的基本概念和理论为主干，加强两个“有机渗透”——把有关的科技发展新成果及物理原理在工程技术中的应用，适度有机地渗透到相关部分；内容的论述更注重围绕“物理概念，知识框架，研究、分析问题的思路和方法”展开；保证科学性，顾及趣味性，增强实用性，努力实现教材要“便于教师教，便于学生学”的服务目标等。在此基础上，改写了部分章节，调整、更换了一些例题、习题、照片和图表，在扩展知识的部分也做了一些更新。此外，根据一些教师的建议，将原讲义中“关于大学物理学习方法的对话”经修改后，重新编入了《工科物理教程》，并将“教学要求”作为附录列在书后。

另外，还增编了一册辅助教材——《工科物理教程同步学习辅导》，对各章的重点、难点内容及练习题进行了分析与解答，与本教程配套使用，可供教师和学生参考。

《工科物理教程》（第 2 版）仍分上、下两册。上册由吴平、余乐年、郑建邦、宋士贤修

订，下册由文喜星、郭晓枫、杨雁南、宋士贤修订。全书由宋士贤、文喜星、吴平任主编。

在编写和修订过程中，一直得到西北工业大学应用物理系和南京航空航天大学理学院的各级领导和老师们的关怀和支持。吴百诗、陈大鹏、严导淦、蓝信悌、徐绪笃等教授给予了不少具体的指导。周王民、候建平等老师也提出了许多中肯的修改意见和建议，还提供了一些有价值的照片和图表。西北工业大学 18201 班曹中林同学在学习过程中，验算、校对了全部练习题答案及印刷错误。《现代物理知识》和《科学画报》等杂志社也给予了很大的支持。在此一并表示衷心的感谢。

由于编者的经验和学识所限，书中仍难免有不当甚至错误之处，恳请读者特别是使用本教程的教师和同学们指正。

编 者

2002 年 10 月

第 1 版前言

时值世纪之交，工科大学物理教学如何面向 21 世纪，教材建设又如何适应新时期的需求，这是国内外同行们共同关心的问题。当前教材建设正处于“百花齐放，百家争鸣”的繁盛时期。多年来，我们也对此作了一系列的研究、探索和大胆的尝试。本教程就是在此基础上，并吸取了国内外一些教材的优点编著而成的。

编著本教程的指导思想：

1. 课程任务的定位——为工科专业的培养目标和规格服务

工科大学物理课程是工科各专业学生必修的一门基础理论课，其任务是：为培养面向 21 世纪具有创新能力的工程技术人才打好必需的物理基础，提高人才素质，开阔思路，激发探索和创新精神，增强学习、掌握和研究开发新材料、新工艺、新技术、新设备的能力。

本教程既立足于知识的传授，更着眼于能力、素质的培养与提高。全书内容均围绕“框架、概念、思路、方法”展开，着重论述基本的物理现象、物理概念，加强了对物理过程的分析和建立正确的物理图像的论述，保证了足够的信息量，使学生对整个物理框架有所认识，并注意介绍物理学发展过程中一些重大转折的产生和演变过程，使学生受到物理思维的薰陶，提高物理素质，竭诚为工科的培养目标和规格服务。

2. 加强两个“有机渗透”，突显工科物理特色

现行教材的内容体系，是经过国内外几代物理工作者努力研究和反复实践而逐步形成并不断完善的，并且至今仍在不断发展，现行“教学基本要求”正反映了这个发展过程的现阶段成果。本教程吸取了 20 世纪 60 年代初教材改革的教训，确定仍以“教学基本要求”为选材的基本依据，但在此基础上，课程体系要有所发展，有所更新，突显两个“有机渗透”，以反映工科物理的特色。例如增加了入门的导论篇，把一些近代物理概念、方法和前沿成果，有机渗透到全书有关部分，并从普通物理角度加以讨论；把波动光学与机械波合为波动篇，形成统一的波动图像；在气体动理论部分，突出了热运动物理图像和统计方法等。同时，还注意将一些物理原理推进近代工程技术发展的内容，有机渗透到教材中，以增强学生的工程观念，提高学习兴趣。

3. 遵循教学规律，确保教材的实用性

“教材是教出来的，不是编出来的”，另一方面，出版教材的目的是为了教学使用。本教

需要全本请访问 www.ertongbook.com

程充分反映了作者群体在多年教学中行之有效的改革经验。在内容安排上，撷取精华，保证基础，加强近代；合理确定起点和要求，做到既不与中学物理简单重复，又不跨入后续课程的范围，该扩充的就扩充，该删减的内容也毫不吝啬；针对当前教学现状，还选配了相当数量的典型例题供教师和学生选用，并尽量考虑与现行学时相适应，确保教材的实用性，使教师能顺利实施讲授方案，也有利于学生阅读和研究。

4. 增强了教材的趣味性

“在任何行业中，走向成功的第一步，是对它产生兴趣”，学习也不例外。本教程除了在选材和行文中注意启迪思维，引起兴趣，唤起共鸣外，还有意开辟了“趣味物理”、“课间小憩”、“物理学家”等小窗口，并精心选录了一些有关治学态度和治学方法的科学家名言，按内容和教材需求，穿插在各部分。另外，在版式设计、插图设计等方面也力求新颖，使学生阅读时，从形式到内容都有新鲜感。

5. 对习题作业作了大幅度改革

本教程采用了作者经过 20 多年研究、试验，并被不少院校移植、引用的《基础练习题和大作业》的习题作业方式，即习题作业由“基础练习题”与“大作业”两部分组成，并穿插物理小论文（含科技期刊阅读心得）。

基础练习题在本书各章的最后，它紧密结合教学内容，以内容为单元归类选编，并冠以相应的标题。题目从对有关的基本概念和规律的分析讨论，到处理问题的一般思路、方法，再到具体问题的求解和应用，一个层次一个层次地展开，形成一个完整的框架结构。这些练习题一般不要求学生做到作业本上，主要供学生课后复习、自学研究之用，因此，它实际上相当于一份自学指导提纲。

大作业是某一部分教学内容结束后完成的综合性作业。它覆盖了相应部分教学基本要求的内容，题型包括选择题、填空题、计算题、问答题、证明题，以利于从各个侧面检验学生掌握知识的程度和能力。由于它带有阶段总结的性质，故称为“大作业”。学生可直接在其上答题，不需另备作业本。

本教程的初稿于 1995 年 9 月完成，并以讲义形式先后在西北工业大学和南京航空航天大学 6 届部分学生中试用，其间，根据试用情况作了多次修改。后经评选，列入西北工业大学“九五”教材出版规划。

本教程共 6 篇 16 章，分上、下两册。上册包括导论、力学（1～5 章）、电磁学（6～8 章）3 篇，下册有热学（9～10 章）、波动（11～13 章）、量子物理（14～16 章）3 篇。适合于 116～140 学时的各类高校工科（本科）专业大学物理课程使用。

全书统一采用《中华人民共和国法定计量单位》和 1994 年实施的《量和单位》的国家标准，以及全国自然科学名词审定委员会 1996 年公布的《物理学名词》。

本教程由宋士贤、文喜星、吴平任主编，参加编写工作的有宋士贤（导论）、杨雁南和

孙中禹（1～3 章）、余乐年和孙玉霞（4～5 章）、吴平（6～8 章）、文喜星（9，10，14～16 章）、郭晓枫（11～13 章）、廖立（14～15 章）。上册由吴平统稿，下册由文喜星统稿，然后由宋士贤做最后修订并定稿。

在编写过程中，得到了西北工业大学应用物理系和南京航空航天大学理学院的支持和关怀，并得到了西安交通大学吴百诗、同济大学严导淦、东华大学汤毓骏、东南大学马文蔚、西北工业大学徐绪笃、长安大学陈大鹏（主审）等教授的关怀和指导。严导淦教授还在病中审阅了原讲义，并提出了许多具体的修改意见。全书的插图由孙卫东实验师用计算机绘制。医学照片资料由西北工业大学医院何雅柏、崔松霞大夫提供。在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中定有一些不妥之处，恳请读者以及使用本教程的师生批评指正。

编 者

2000 年 9 月

目　　录

(上　册)

关于“大学物理”课学习方法的对话…… 1

第 0 篇　工科物理导论

〈物理之窗〉 中国 20 世纪重大科技成果…… 12

第 0 章　物理世界 …… 15

§0.1　物理学理论与工程技术…… 16
§0.2　物质的物理图像…… 20
〈热门话题〉 夸克 …… 23
§0.3　中华人民共和国法定计量单位…… 30
§0.4　物理学中的矢量运算…… 37
〈趣味物理〉 斜拉桥的奥妙 …… 40
内容提要 …… 50
练习 0　导论 …… 51

第 I 篇　力　　学

第 1 章　时间、空间与运动学 …… 57

§1.1　质点运动学的基本概念…… 57
§1.2　描述运动的一般方法…… 81
〈趣味物理〉 枪打落猴 …… 89
§1.3　圆周运动的角量描述…… 93
内容提要 …… 99

练习 1　时间、空间与运动学 …… 100

第 2 章　牛顿运动定律 …… 109

§2.1　力是导致物体运动状态变化的原因 …… 109
§2.2　牛顿运动定律 …… 115
〈物理学家〉 I . 牛顿 …… 116
§2.3　质点动力学的两类问题 …… 122
〈趣味物理〉 摩擦的巧用 …… 132
内容提要 …… 136
练习 2　牛顿运动定律 …… 137

第 3 章　守恒定律 …… 141

§3.1　力的时间累积效应 …… 141
§3.2　质点的动量矩定理与动量矩守恒定律 …… 154
〈课间小憩〉 彗—木世纪相撞 …… 160
§3.3　力的空间累积效应 …… 162
〈物理之窗〉 对称性与守恒定律 …… 180
内容提要 …… 190
练习 3　守恒定律 …… 192

第 4 章　刚体的定轴转动 …… 201

§4.1　刚体运动的基本概念 …… 202
§4.2　刚体定轴转动的运动学规律 …… 206
§4.3　刚体定轴转动的动力学规律 …… 208
〈趣味物理〉 葛洲坝水利工程的弧形闸门 …… 213
〈课间小憩〉 旋进与导航 …… 224
内容提要 …… 226
练习 4　刚体定轴转动 …… 227

第 5 章　相对论 …… 233

§5.1　爱因斯坦以前的相对性原理 …… 233
§5.2　狭义相对论的两条基本原理　洛伦兹变换 …… 236
〈物理学家〉 A. 爱因斯坦 …… 238
§5.3　相对论时空观 …… 246
〈趣味物理〉 孪生子效应 …… 250

§5.4 相对论动力学结论 …… 255
§5.5 广义相对论简介 …… 263
内容提要 …… 267
练习5 相对论 …… 268

第Ⅱ篇 电 磁 学

第6章 静电场 …… 275

§6.1 电荷及其相互作用 …… 275
§6.2 从力的观点描述电场的物质性——电场强度 E …… 279
§6.3 从功能观点描述电场的物质性——电位 U …… 291
§6.4 静电场的环路定律与高斯定理 …… 304
§6.5 静电场中的导体 …… 311
〈课间小憩〉 等电位与高压带电作业 …… 317
§6.6 静电场中的电介质 …… 323
〈课间小憩〉 导电性塑料 …… 325
〈物理之窗〉 新型智能材料——电流变液 …… 331
§6.7 导体的电容 电场能量 …… 332
内容提要 …… 345
练习6 静电场 …… 347

第7章 稳恒磁场 …… 357

§7.1 稳恒电流的基本概念 …… 357
§7.2 磁场 …… 361
〈课间小憩〉 地磁场 …… 366
§7.3 电流激发磁场的基本规律 …… 368
§7.4 表述磁场性质的两条定律 …… 376
§7.5 磁场对带电体的作用 …… 385
〈趣味物理〉 电磁轨道炮 …… 399
§7.6 磁介质对磁场的影响 …… 400
内容提要 …… 406
练习7 稳恒磁场 …… 407

第 8 章　电磁感应及电磁场 …… 419
§8.1　电磁感应的实验研究 …… 419
§8.2　电磁感应定律 …… 422
〈物理学家〉 M. 法拉第 …… 425
§8.3　动生电动势 …… 430
§8.4　感生电动势 …… 434
§8.5　互感与自感 …… 443
§8.6　磁场的能量 …… 450
〈物理之窗〉 阿尔法磁谱仪 …… 454
§8.7　麦克斯韦电磁场理论 …… 455
〈物理学家〉 J. 麦克斯韦 …… 461
内容提要 …… 468
练习 8　电磁感应及电磁场 …… 469

(下　册)

第Ⅲ篇　热　　学

第 9 章　热运动的统计描述 …… 481
§9.1　热现象与热运动 …… 481
〈物理趣闻〉 壮观的和平号“流星雨” …… 483
§9.2　统计规律 …… 489
§9.3　气体动理论的基本概念 …… 494
〈课间小憩〉 真实气体的范德瓦耳斯方程 …… 496
§9.4　麦克斯韦速率分布律 …… 506
〈趣味物理〉 方均根速率与大气成分 …… 511
§9.5　玻耳兹曼能量分布律 …… 512
§9.6　碰撞频率 …… 514
内容提要 …… 516
练习 9　热运动的统计描述 …… 518

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第 10 章　热力学 …… 523

§10.1　理想气体的准静态过程 …… 523
§10.2　热力学第一定律 …… 529
〈物理之窗〉液化气体——焦耳-汤姆逊效应 …… 540
§10.3　循环过程 …… 542
§10.4　热力学第二定律 …… 550
〈物理学家〉L. 玻耳兹曼 …… 557
内容提要 …… 560
练习 10　热力学 …… 561

第Ⅳ篇　波　　动

第 11 章　简谐运动 …… 571

§11.1　简谐运动及其特征 …… 571
§11.2　简谐运动的描述方法 …… 577
§11.3　简谐运动的合成 …… 589
§11.4　阻尼振动　受迫振动 …… 599
〈课间小憩〉火车的危险速率 …… 602
内容提要 …… 603
练习 11　简谐运动 …… 604

第 12 章　机械波的传播规律 …… 613

§12.1　机械波传播的物理图像 …… 613
§12.2　波动的描述方法 …… 616
§12.3　波的能量特征 …… 627
§12.4　波的干涉 …… 629
〈趣味物理〉孤立波与孤立子 …… 630
§12.5　波的衍射 …… 639
§12.6　多普勒效应 …… 640
§12.7　声波 …… 645
〈课间小憩〉音乐声学 …… 651
内容提要 …… 652

练习 12　机械波的传播规律 …… 654

第 13 章　光的波动性 …… 661

§13.1　光波的物理图像 …… 662
§13.2　光的干涉 …… 664
§13.3　光的衍射 …… 681
〈趣味物理〉 无镜头摄影技术 …… 698
〈物理之窗〉 空间滤波与 θ调制 …… 705
§13.4　光的偏振性 …… 708
〈课间小憩〉 诱人的 CD 技术 …… 715
内容提要 …… 717
练习 13　光的波动性 …… 719

第Ⅴ篇　量 子 物 理

第 14 章　光的量子性 …… 729

§14.1　普朗克量子论 …… 730
〈物理学家〉 M. 普朗克 …… 734
§14.2　爱因斯坦的光子学说 …… 736
§14.3　康普顿效应 …… 744
§14.4　玻尔氢原子理论 …… 750
〈物理学家〉 N. 玻尔 …… 754
内容提要 …… 757
练习 14　光的量子性 …… 759

第 15 章　量子力学引论 …… 763

§15.1　实物粒子的波粒二象性 …… 764
〈物理学家〉 L. 德布罗意 …… 766
〈趣味物理〉 德布罗意波与玻尔的量子条件 …… 771
§15.2　不确定（度）关系 …… 772
〈物理学家〉 W. 海森伯 …… 775
§15.3　物质波波函数的统计解释 …… 777
§15.4　薛定谔方程 …… 780

〈课间小憩〉 态叠加原理与力学量的算符 …… 782
§15.5 薛定谔方程的应用 …… 784
〈课间小憩〉 梦幻神奇的纳米技术 …… 791
§15.6 多电子原子中的电子分布 …… 796
内容提要 …… 802
练习15 量子力学引论 …… 803

第16章 量子理论的应用 …… 807

§16.1 激光 …… 807
〈课间小憩〉 我国第一台激光器 …… 814
〈物理前沿〉 自由电子激光 …… 818
〈趣味物理〉 激光冷冻和俘陷原子 …… 820
§16.2 固体的能带理论 …… 822
§16.3 超导电性 …… 833
〈课间小憩〉 超导研究的发展历程 …… 843
内容提要 …… 844
练习16 量子理论的应用 …… 845

附录 …… 847

附录Ⅰ 基本物理常量及有关数据的计算用值 …… 847
附录Ⅱ 1901 - 2002 年诺贝尔物理学奖获得者 …… 848
附录Ⅲ 高等学校工科本科大学物理课程教学基本要求 …… 861

参考文献 …… 867

一本新书像一艘船，带领着我们从狭隘的地方驶向生活的无限广阔的海洋。

——凯勒

关于“大学物理”课学习方法的对话

新学期开学了，某大学校园内大地返青，春光明媚。

大四的雷丰和大一的肖迪在这充满活力的校园相遇……。

甲（大四同学）：噢，肖迪，回来了！

乙（大一同学）：雷丰，你好！春节没回去？

甲：没有，刚考研，加上我是“阳光工程”志愿者，我的家教对象今年要考大学了，我得站好最后一班岗。

乙：真行。那好，上学期迎新时，你迎我，下学期我把你们俩都迎上。

甲：但愿如此。噢，回家好吗？

乙：差不多，继承老祖宗的传统，春节家庭团聚呗。

甲：中学的老同学都回去啦？

乙：大部分都回了，毕竟是第一次离开父母，想家啊！我们办了两次 Party，交流进大学后的情况。

甲：怎么样，进大学后习惯吗？

乙：还行。不过都觉得与中学差别太大了，什么都要靠自己，学习上摔跟头的也有。

甲：这要有个过程，我们那时也一样。不摔跟头学不会走路，只是要力争少摔几个。

一、为什么要学“大学物理”课

——物理基础与科学素质

乙：这学期我们新开了“大学物理”课。好多同学都觉得我们从初二开始就学习，怎么现在还要学那些东西。

甲：这个问题可要注意。大学物理看上去好像与中学内容差不太多，像力学一开始还是速度、加速度等，其实不然，无论是在概念与知识层次上，还是研究问题的思路与方法方面都与中学有很大的差别。当时我们的物理老师一开始就提醒过我们，要注意这些问题。但有些同学仍然不够重视，等到发觉问题的严重性了，已为时太晚，吃了亏。

乙：我也想过，既然各系都开这门课，甚至连有些文科专业也开，总有它的作用。

甲：这个问题老师在绪论课讲过，当时我们也不怎么理解，总觉得老师是“老王卖瓜”。现在感到物理课确实重要，它的作用不外乎两个：一是为我们打好物理基础，以便进一步学习专业知识，适应新理论、新技术、新材料、新工艺的发展；一个是提高我们的科学素质。你看，当今的空间技术、信息技术、材料科学等都离不开物理学的研究。听说我们电子工程系最早就是几位物理老师负责筹建的。

乙：我们有几个学生物、学化学的同学也说，他们上物理课的学时也挺多。

甲：是啊，美国顶级生物学家哈罗德就说过：“物理科学是生物学的支柱”。生命科学面临的最大挑战之一就是解码人类基因和了解活的细胞如何把该码输送到物质和生命过程中去。这里就需要许多新的物理理论和测试技术。这说明，任何学科的研究要向深层次发展，都离不开物理学。

乙：话是这么说，基础是如何如何重要。不过，实际上人们注意的还是那些具体成果，人类基因谱啦，神舟号飞船啦，英特网啦……，谁去注意物理学在其中的作用呢？

甲：这正如造大楼一样，只有打好了地基，才能盖雄伟壮观的高楼，没有非常坚实的地基，就盖不成高楼。楼盖好后，一般的人注意的只是高楼如何如何，的确不会去评价地基如何，但有学识的人绝对不会忽视地基的作用。对我们也一样，如果没有扎实的物理基础，很难成为杰出的创新型人才。

乙：这个比喻够生动的。

甲：中国科学院侯洵院士说：“工科大学生们物理基础的厚薄，将会影响他们日后的工作适应能力和发展后劲，物理学教育对于大学生素质教育的作用是任何学科都无法取代的”。

乙：是这样，我最近看到一篇文章叫《新时代的物理学》，里面不仅提到“高等物理教育对造就杰出的技术劳动力是必不可少的”，而且“普通公民了解物理科学的基本知识也变得愈来愈重要”。

甲：确实是这样。科学发展太快了，已经渗透到生活的各个方面啦。

二、学“大学物理”课侧重学什么？

——概念、框架、思路、方法

乙：听说大学物理的习题不多，一年的作业量还没有在中学一个月做的题多，平时也不考试，这能学到什么？

甲：确实如此。大一的同学一般都这么想，我当时也一样，总认为“学物理就是做题，越多越好，越难越好”。为了应付高考，中学老师就是这样训练我们的。但这可不是正常学习知识的最佳教育方法。

乙：你不赞成多做题？

甲：不，根据我的体会，学物理是必须做一定量的题的，但不是越多、越难越好。大学物理作为一门基础理论课，其教学的目标主要是两个方面：一方面是掌握广泛的基础物理原理的知识，另一方面是不断提高对物理学更广阔的理解力。索末菲曾在给他的学生海森伯的信中说：“要勤奋地去做练习，只有这样，你才会发现，哪些你理解了，哪些你还没有理解”。我体会他说的“理解”就是指教学目标的内容。可见，做题只是一种检验的手段，不是学习物理的目的。

乙：那怎么学才行啊。

甲：我很赞成我们物理老师的观点，学物理要把注意力放在“概念、框架、思路、方法”这八个字上。

乙：哦，真是新颖的高度概括。你说的“概念”就是经常说的物理概念吧。

甲：对。物理概念是物理学的精髓，包括运动规律、定律以及运动的物理图像等。例如，在运动学中，物体的速度变了，我们就说它的运动状态变化了，就要产生加速度，其中，切向加速度反映速度大小的变化，而法向加速度则反映速度方向的变化。到动力学部分，物体的状态为什么会变化？原因是受到外力，那么外力与状态变化之间的关系，必然服从牛顿运动定

需要全本请访问 www.ertongbook.com