

# 新概念

## 高中物理读本

第一册

赵凯华 张维善

人民教育出版社



责任编辑

周普蕊

封面制作

李宏庆

ISBN 7-107-19975-7



9 787107 199752 >

ISBN 7-107-19975-7 定价:22.40 元  
G · 13025

# 新概念 高中物理读本

第一册

赵凯华 张维善

人民教育出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

新概念高中物理读本. 第1册/赵凯华,张维善编著.

北京:人民教育出版社,2006

ISBN 7-107-19975-7

I. 新...

II. ①赵...②张...

III. 物理课—高中—教学参考资料

IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 130709 号

人民教育出版社 出版发行

网址: <http://www.pep.com.cn>

人民教育出版社印刷厂印装 全国新华书店经销

2006年10月第1版 2006年11月第1次印刷

开本: 787毫米×1092毫米 1/16 印张: 16.25 字数: 268 000

印数: 0 001~3 000 册

定价: 22.40 元

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与出版科联系调换。

(联系地址:北京市海淀区中关村南大街17号院1号楼 邮编:100081)



### 赵凯华

北京大学物理系教授，曾任北京大学物理系主任，国家教委高等学校理科物理学与天文学教学指导委员会委员、基础物理教学指导组组长，中国物理学会副理事长，现任中国物理学会教学委员会主任。科研方向为等离子体理论和非线性物理。主要著作有《电磁学》(与陈熙谋合著，高等教育出版社出版，1987年获第一届国家级全国高校优秀教材奖)，《光学》(与钟锡华合著，北京大学出版社出版，1987年获第一届国家级全国高校优秀教材奖)，《定性与半定量物理学》(高等教育出版社出版，1995年获第三届国家教委全国高校优秀教材一等奖)，等。《新概念物理教程》中已出版的《力学》、《热学》、《量子物理》三卷是与罗蔚茵合写的，与罗蔚茵的合作项目：“《新概念力学》面向21世纪教学内容和课程体系改革”，1997年获国家级教学成果奖一等奖，“新概念物理”1998年获国家教委科学技术进步奖一等奖。



### 张维善

北京教育学院物理系教授，曾任北京教育学院副院长，中国物理学会教学委员会中学分会副主任，享受国务院政府特殊津贴。主要著作有《近代物理基础》(与刘雪成合著)，《电磁场与电磁波》，《原子与原子核物理》，《电路和电磁场》，《磁场》，《磁之谜》(获1982年全国优秀图书二等奖)，《高中物理学》(与沈克琦等合编)，《中学物理素质教育丛书》(与闫金铎等合编)。主要论文有“物理科学的进展与中学物理教学内容的改革”“素质教育与中学物理教学内容的改革”“关于物理教科书功能的一些思考”“从费恩曼的一次演讲说起”“超越昨天”等。



## 内容概要

本书由中国物理学会前副理事长、北京大学物理系前系主任赵凯华教授领衔，与长期从事中学物理教师培训的北京教育学院前副院长张维善教授共同编写。本书注重物理知识系统全面，深刻剖析基本概念和基本规律，突显物理思维方法。作者参考但又不囿于现行中学物理教学大纲和课程标准，以自己厚重的物理学修养和对物理教育的深刻理解娓娓道来，在思想的深度和风格的独特上，新一时之耳目，开多年之茅塞。

本书适合对物理学饶有兴趣的中学生，对于中学物理教师的专业发展也大有裨益。分三册出版，第一册为力学，第二册为电磁学（含相对论），第三册为热学、光学、量子物理。

## 序 言

前后历经了十二个年头，总算把《新概念物理教程》五卷编好出齐了。值得庆幸的是，这套书还是得到了一些学生和教师的喜爱。2003年张维善教授极力怂恿我按这套书的思想与风格写一套中学教材，我表示本人没教过中学，缺乏中学的教学经验。他说他与我合作，又蒙人民教育出版社张大昌先生的大力支持，这套《新概念高中物理读本》的写作就此开始酝酿了。我们的计划，全书分三册：第一册力学，第二册电磁学，第三册热学、光学和近代物理，争取在两三年内出齐。

科学的灵感并非神的启示，科学的内涵不简单地等同于我们的经验和感觉。科学的知识来自观察我们周围的世界，并用我们的头脑来理解和指导这样的观察。科学是建筑在证据和理性思维（逻辑推理）的基础上的。科学的基本动力是人类的求知欲，对自然的好奇心。这些都是我们在科学教育中应注意调动和着重培养的。

物理学是自然科学的基础，更是当今众多新技术的源泉，发展的基石。学校里的物理课对培养学生的科学素质，提高创新能力，有着不可替代的作用。作为科技高速发展的现代社会里未来的每位公民，物理课的重要性是无可否认的。可是，世界上任何地方总有一部分学生，甚至越来越多的学生，他们惧怕物理课，厌恶物理课，甚至痛恨物理课。他们认为物理枯燥、难懂，没有趣味，没有人性。当然还有另一部分学生喜欢物理学，他们感到物理虽难，但充满了挑战，能满足他们的好奇心。是人的天资差异，或秉性不同，造成这种对物理课截然相反的态度呢，还是我们教学出了问题？也许两个因素兼而有之，对此本人不妄加评论。

兴趣是最好的老师。为什么有的学生对物理格格不入？其中一个原因是他们一开始就没有真正学懂，以后不懂的地方越来越多，只好死记硬背去应付习题和考试，苦不堪言，兴趣就更无从谈起了。物理是一门精密的科学，其中包含许多概念，它们从实际中抽象而来，界定比较严格。物理学中许多概念与人们在日常生活里形成的直觉或潜意识（所谓“前概念”）相左，这对初学物理学

的人是不能绕过的障碍。要克服这一障碍，必须让学生头脑里的前概念与物理学里的科学概念着实地交锋，虚掩过去将后患无穷。我们相信，开始时认真帮助学生渡过这一关，以后也经常注意让他们将物理概念与物理实际挂上钩，而不是停留在字面上或公式里，他们学习物理的阻力就会变得小得多。在自己的头脑里不含糊地确立科学概念，并能自觉地运用它们，是科学素质提高的重要表现之一。

物理学前沿的新成就及其与高新技术的联系，是鼓舞人心的，可以激发学生的兴趣和学习动力。但是这些内容涉及的物理原理，对中学生来说往往太深。若在课程中只做新闻式的肤浅报导，则不宜多，否则会起反作用。重要的是让学生感觉到，他们现在学的知识和原理与现代高科技有密切的联系。例如没有伽利略的落体定律和牛顿的力学，就没有现代的宇航技术，前者是后者的基础。

学物理不能不做题，但不是越多越好。习题和实验是学生比较能够发挥主动性和创造性的教学环节，教师不应过多地搀扶甚至包办代替。适当地讲一些例题是有好处的，但不需要囊括所有题目的“类型”和解题的详细步骤。教学生怎样审题是有益的，但对题目进行分类是“调教”计算机的方法，而不是教活人好的办法。计算机可以算得非常快，但决不会在给它的程序之外越雷池一步。人是有理解力和创造力的，审题是学生运用学过的知识和原理去分析题目中所给问题物理实质的过程，解题的步骤也不是完全规范的。题解出来之后学生还应想出种种办法来判断自己的对错，这样，学生才能通过做题来锻炼自己。经过这样的锻炼，对物理的理解加深了，科学素质提高了，甚么样的题都能对付。

以上是我对中学物理课教学的一些看法，也是编写本教材的指导思想，在序言里写出来，欢迎大家评论。

赵凯华

2005年4月于北京大学



# 目 录

写在走进物理课堂之前 .....	1
<b>第一章 质点运动学</b> .....	<b>6</b>
§ 1. 过程 变化率及其图解表示 .....	6
1.1 均匀变化过程 .....	6
1.2 非均匀变化过程 平均变化率 瞬时变化率 .....	7
§ 2. 运动及其时空描述 .....	12
2.1 物理学的创立从研究运动开始 .....	12
2.2 质点 .....	14
2.3 参考系 .....	14
2.4 时刻和时间间隔 位置和距离 .....	15
§ 3. 速度 加速度 .....	18
3.1 运动快慢的描述 —— 速度 .....	18
3.2 运动快慢变化的描述 —— 加速度 落体定律 .....	21
§ 4. 质点的直线运动 .....	26
4.1 匀变速直线运动 .....	26
4.2 任意直线运动的定性讨论 .....	29
§ 5. 矢 量 .....	32
5.1 矢量的加减法和变化率 .....	32
5.2 矢量的分解 .....	34
5.3 位移矢量 .....	34
5.4 径矢 速度矢量 加速度矢量 .....	35
§ 6. 抛体运动 .....	37
6.1 平抛运动 .....	37
6.2 斜抛运动 .....	39
§ 7. 匀速圆周运动 .....	41
7.1 速度 角速度 周期 频率 .....	41
7.2 向心加速度 .....	41

<b>第二章 牛顿运动定律</b> .....	46
§ 1. 惯性 .....	46
1.1 伽利略为辩护地动说而提出惯性定律 .....	46
1.2 惯性定律(牛顿第一定律) .....	48
1.3 惯性参考系 .....	49
1.4 伽利略相对性原理 .....	50
§ 2. 力与质量 牛顿第二定律 .....	52
2.1 力的概念 .....	52
2.2 力和加速度的关系 .....	53
2.3 惯性质量 质量和力的单位 .....	55
2.4 力的叠加与平衡 .....	56
§ 3. 牛顿第三定律 .....	59
3.1 一个实验两个问题 .....	59
3.2 牛顿第三定律的表述 .....	60
3.3 再讨论几个问题 .....	61
3.4 怎样正确理解牛顿第三定律 .....	62
3.5 问题 1、2 的剖析 .....	62
3.6 问题 3、4、5 的剖析 .....	63
3.7 从物体到物体传递的力就是同一个力吗? .....	64
§ 4. 重力和重量 .....	67
4.1 重力及其测量 .....	67
4.2 引力质量与惯性质量 .....	68
4.3 超重和失重 .....	69
4.4 惯性离心力 .....	71
4.5 重量和质量 .....	74
§ 5. 弹性力 .....	75
5.1 弹性形变和弹性力 .....	75
5.2 胡克定律 .....	76
5.3 压力与支撑力 .....	76
5.4 绳的张力 .....	77
§ 6. 摩擦力 .....	79
6.1 静摩擦 .....	79
6.2 滑动摩擦 .....	83
§ 7. 牛顿定律应用举例 .....	83

---

<b>第三章 万有引力定律</b> .....	96
§ 1. 地心说和日心说 .....	96
1.1 从毕达哥拉斯到托勒玫 .....	96
1.2 哥白尼拦住了太阳推动了地球 .....	98
1.3 宇宙没有中心 .....	99
§ 2. 开普勒定律 .....	100
2.1 天才的观测家第谷·布拉赫 .....	100
2.2 开普勒及其行星定律 .....	101
§ 3. 万有引力定律 .....	104
3.1 苹果和月亮 .....	104
3.2 从开普勒定律到引力公式 .....	105
3.3 月地检验 .....	107
3.4 万有引力定律 .....	108
§ 4. 引力理论的成就 .....	110
4.1 科学真是迷人 .....	110
4.2 计算天体的质量 .....	112
4.3 发现未知天体 .....	113
§ 5. 引力场与潮汐 .....	114
5.1 再谈惯性质量和引力质量 .....	114
5.2 近距作用和超距作用 引力场 .....	115
5.3 潮汐现象中的引潮力 .....	116
<b>第四章 机械能守恒定律</b> .....	119
§ 1. “守恒律”思想的渊源 .....	119
1.1 追寻“不变性”是科学思想的萌芽 .....	119
1.2 伽利略理想实验的启示 .....	120
§ 2. 功与重力势能 .....	122
2.1 功和功率 .....	122
2.2 重力的功 .....	125
2.3 重力势能 .....	126
§ 3. 功与弹性势能 .....	128
3.1 弹力的功 .....	128
3.2 弹性势能 .....	129
§ 4. 引力功与引力势能 .....	131
4.1 引力的功 .....	131

4.2 引力势能	133
4.3 重力势能与引力势能	133
4.4 保守力和非保守力	135
§ 5. 动能 动能定理	135
5.1 动能	135
5.2 动能定理	137
§ 6. 机械能定理和机械能守恒定律	139
6.1 物体系的动能定理	139
6.2 功能原理	141
6.3 机械能守恒定律	143
§ 7. 三种宇宙速度	146
7.1 经典力学与航天	146
7.2 第一宇宙速度	146
7.3 第二宇宙速度	147
7.4 第三宇宙速度	148
<b>第五章 动量和角动量守恒定律</b>	<b>154</b>
§ 1. 动量概念的确立及其意义	154
1.1 引入新概念:走向科学进步的重要方法	154
1.2 惠更斯对碰撞的研究	155
1.3 动量	156
1.4 关于运动量度的争论	159
§ 2. 动量定理	160
2.1 动量的变化量与力的冲量	160
2.2 动量定理的一些讨论	161
§ 3. 动量守恒定律	164
3.1 物体系的动量定理	164
3.2 动量守恒定律	165
§ 4. 碰撞和反冲	169
4.1 碰撞的一般过程	169
4.2 弹性碰撞的讨论	171
4.3 完全非弹性碰撞	174
4.4 非弹性碰撞	176
4.5 反冲	176
§ 5. 角动量及其守恒定律	180

5.1 角动量	180
5.2 力矩与角动量定理	182
5.3 角动量守恒定律	184
§ 6. 守恒定律的意义	185
6.1 确立守恒定律的几种情况	185
6.2 守恒定律与时空对称性	186
<b>第六章 机械振动</b>	<b>191</b>
§ 1. 简谐振动	191
1.1 振动和波动的普遍性	191
1.2 简谐振动	192
1.3 简谐振动的振幅、周期和频率	194
§ 2. 简谐振动的研究	195
2.1 简谐振动的位移、速度和加速度	195
2.2 简谐振动的相位	199
2.3 简谐振动的图解	200
2.4 简谐振动的能量	202
§ 3. 单摆	204
3.1 单摆	204
3.2 单摆的振动特点	204
3.3 单摆的振动周期	205
§ 4. 振动的合成与分解	206
4.1 振动的合成	206
4.2 同一直线上两个同频率简谐振动的合成	206
4.3 同一直线上不同频率简谐振动的合成	209
4.4 振动的分解	211
§ 5. 阻尼振动和受迫振动	213
5.1 阻尼振动	213
5.2 自由振动和受迫振动	214
5.3 共振	215
<b>第七章 机械波</b>	<b>218</b>
§ 1. 振动的传播	218
1.1 机械振动在介质中的传播	218
1.2 横波和纵波	219
1.3 波长、频率和波速	220

---

§ 2. 简谐波的波函数及图解 .....	223
2.1 简谐波的波函数 .....	223
2.2 简谐波的图解 .....	224
§ 3. 波的衍射 .....	228
3.1 惠更斯原理 .....	228
3.2 波的衍射 .....	229
§ 4. 波的干涉 .....	230
4.1 叠加原理 .....	230
4.2 波的干涉 .....	230
§ 5. 驻 波 .....	233
5.1 一种奇妙的干涉现象 .....	233
5.2 驻波的理论分析 .....	234
5.3 半波损失 .....	235
5.4 驻波与管弦乐器 .....	235
§ 6. 多普勒效应 .....	239
6.1 波源的频率、波的频率和观察者接收到的频率 .....	239
6.2 多普勒效应 .....	240
6.3 多普勒效应的讨论 .....	241
6.4 电磁波的多普勒效应 .....	242
6.5 波源的超波速运动 .....	243



## 写在走进物理课堂之前

一群顽童，衣着五色斑斓，凑在一起，专爱找些新鲜游戏来玩。他们上树掏鸟蛋，下河捞鱼虾。把蝌蚪养在玻璃罐里，要看它们怎样变青蛙；把鸟蛋放在被窝里孵化，想看小鸟怎样出壳。睡着时把鸟蛋压碎了，弄得被窝一塌糊涂，挨了妈妈的骂。

一天在树下玩耍，一只熟透了的苹果掉下来，他们就辩论起来：苹果是否愈落愈快。不过他们很快就达成一致，是的，苹果是愈落愈快。怎见得？苹果刚离开树枝时几乎是静止的，落地前已相当快，于是就摔烂了。较文静的紫姝说：只说苹果落地愈落愈快，没什么了不起，谁能说出苹果下落怎么个愈来愈快法？黑柱说：“苹果愈走愈快，就是它的速度正比于走过的距离呗！譬如它落下2尺时的速度是落下1尺时速度的两倍。”白胖说：“我看是苹果的速度正比于走过的时间，它下落2秒后的速度是下落1秒时速度的两倍。”红孩思考了一会儿说：“你们都说的速度的变化，可是速度很难测量，还不如说走过的距离。我猜，若苹果在第一秒内下落的距离是1，则在第二秒内下落的距离是2，在第三秒内下落的距离是3，等等。我这个想法比较容易用实验来检验。”孩子们七嘴八舌，莫衷一是。坐在一边的蓝仔插进来说，“实验是必需要做的，垂直下落太快，也许得利用斜面。道理也得想，我得回去好好想想。”天色已晚，黄娃建议明天到游戏场去做实验，于是大家就散夥回家了。

第二天大家来到游戏场，蓝仔宣布，他对红孩的猜测有修正，各秒走过的距离不是1：2：3：4：5：…，而是1：3：5：7：9：…。白胖说：“怪了！凭什么不是2：4：6：8：10：…？”黄娃兴冲冲地跑到滑梯上，把自己的书包放到斜面上让它下滑，没想到摩擦力太大，书包滑到半路不走了。黑柱掏出一个皮球，说“来，用这个！”大家选红孩当指挥，他要其他人手里各拿一段粉笔头，沿滑梯一字排开。红孩在滑梯顶上，看着手表说，“我喊‘来了！’，就把皮球放开。喊‘1秒’，站在滑梯旁的第一个人用粉笔在球经过的地方画一道；喊‘2秒’，第二人用粉笔再在球经过的地方画一道；如此等等。”他发号施令，球沿滑梯滚下来。没想到，第一人画了粉笔道后，没等第二人画，球已经滚出了滑道。再试，还是那样。大家有点懊

恼了。紫姝提议：“我们找物理老师去！”

老师听了他们的汇报后，笑眯眯地说，我带你们到实验室看样东西。在实验室里看到有盏灯一闪一闪地照着一个下落的球，那球的影像断断续续地，像一串断了线的珍珠，上密下疏。老师解释说：“这架仪器叫做‘闪频仪’，它每隔  $1/30$  秒发出一次闪光，于是我们就看到了从静止下落的球每隔  $1/30$  秒时的位置。这过程用肉眼看来还是太快，无法看清楚，更无法测量。我们用照相机连续曝光，把整个过程拍下来。我这里正好有一张拍好的照片（见图 1），你们可以拿去研究。”

孩子们非常兴奋。红孩说：“我们先找一张比照片还大些的白纸，以照片上头两个球的影像之间的距离为间隔，精确地在纸上画许多水平线，然后把照片叠放上去，确定以下各个影像的位置，并计算出它们之间距离的比例来。”孩子们做得非常认真，水平线画得很平行，间隔也很准确。图画好了，白胖建议先不把照片叠上去，让红孩和蓝仔分别在左右标出他们预期球历次将到达的位置，最后比比谁对。红孩在左边标的是 0, 1,  $1+2=3$ ,  $3+3=6$ ,  $6+4=10$ ,  $10+5=15$ ,  $15+6=21$ ,  $21+7=28$ ,  $28+8=36$ ,  $36+9=45$ ,  $45+10=55$ 。

蓝仔在右边标的是 0, 1,  $1+3=4$ ,  $4+5=9$ ,  $9+7=16$ ,  $16+9=25$ ,  $25+11=36$ ,  $36+13=49$ ,  $49+15=64$ ,  $64+17=81$ ,  $81+19=100$ 。白胖惊讶地对蓝仔喊道：“没想到你这里都是整数的平方，妙极了！”于是大家郑重地把照片叠上去，将起始点对准纸上的零线，啊！答案出来了，红孩的估计比实际慢了很多，蓝仔的猜测非常符合照片上所显示的实际。大家为蓝仔而欢呼，这时绿妹却质问蓝仔说：“你得给我们说清楚，你是怎么想的。”蓝仔说：“说来话长，得找个有黑板的地方讲。”

孩子们来到教室，把老师也请来了，听蓝仔讲。蓝仔说：“其实我是吸取了白胖的想法，速度正比于走过的时间。设第一秒末的速度为  $v$ ，初速度为 0，所以平均速度为

$$\text{平均速度为 } \bar{v} = \frac{0+v}{2} = \frac{v}{2}, \text{ 走过的距离为 } \frac{v}{2} \times 1 \text{ 秒}$$

第二秒末的速度为  $2v$ ，初速度为  $v$ ，所以平均速度为

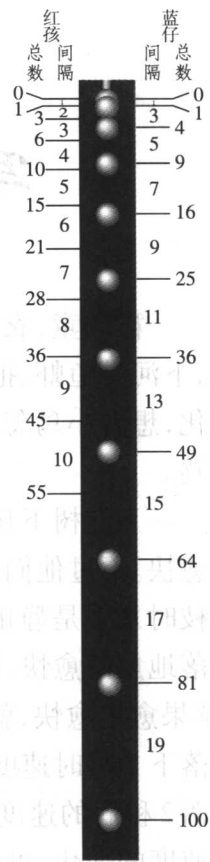


图 1 落体的闪频照相

$$\bar{v} = \frac{v+2v}{2} = \frac{3v}{2}, \text{走过的距离为} \frac{3v}{2} \times 1 \text{ 秒}$$

第三秒末的速度为  $3v$ , 初速度为  $2v$ , 所以平均速度为

$$\bar{v} = \frac{2v+3v}{2} = \frac{5v}{2}, \text{走过的距离为} \frac{5v}{2} \times 1 \text{ 秒}$$

如此类推。为了取整数, 可令  $v=2$ , 于是球在相继各秒下落距离之比就是  $1:3:5:7:9:\dots$ 。如果从零线起算各秒末的总路程, 那就是整数的平方,  $1:4:9:16:25:\dots$ 。”蓝仔讲完后, 白胖颇有感慨地说: “真没想到, 蓝仔的说法听起来和我的猜测是那样的不同, 居然一致的! 可是他把我的想法发挥到了更精致的程度。”

孩子们兴奋之余, 没忘了请老师讲话。老师说:



图2 列昂纳多·达·芬奇

“同学们, 你们干了伟大的事。虽然你们得到的结论早已写在物理教科书里, 但你们干的在三个半世纪以前是伟人们干的事。15 世纪欧洲文艺复兴时期, 有多位大师参与了落体定律的创立。艺术巨匠列昂纳多·达·芬奇 (Leonardo da Vinci, 见图2) 提出的落体定律就是红孩的  $1:2:3:4:5$  律, 物理学的创立人伽利略·伽利莱 (Galileo Galilei, 见图3) 提出的落体定律就是蓝仔的  $1:3:5:7:9$  律, 最后是伽利略自己用精巧的斜面验证了它, 建立了不朽的落体定律, 至今每个中学生都在学习它。你们还没学物理就自己找到了它, 多么了不起!”



图3 伽利略·伽利莱

绿妹插嘴道: “列昂纳多·达·芬奇的名画我见过一张, 叫‘蒙娜丽莎’ (见图4), 是在我哥哥带回家来的一本世界名画集中看到的, 我哥哥在美术学院学习。”老师补充说: “挂在蒙娜丽莎嘴角上那一丝‘神秘的微笑’令世人倾倒。应当指出, 达·芬奇不仅是艺术家, 他还是一位工程师和科学家哩。他设计多种机器、武器和建筑, 搞过人体解剖。科学和艺术是相通的嘛。”

“分析起来, 你们的研究还真有点符合物理学的科学方法哩。”老师继续说: “物理学是探索自然界最基本、最普遍规律的科学, 物理学的一般探索过程是通过观察和实验积累经验, 在经验事实的基础上建立物理模型, 提出