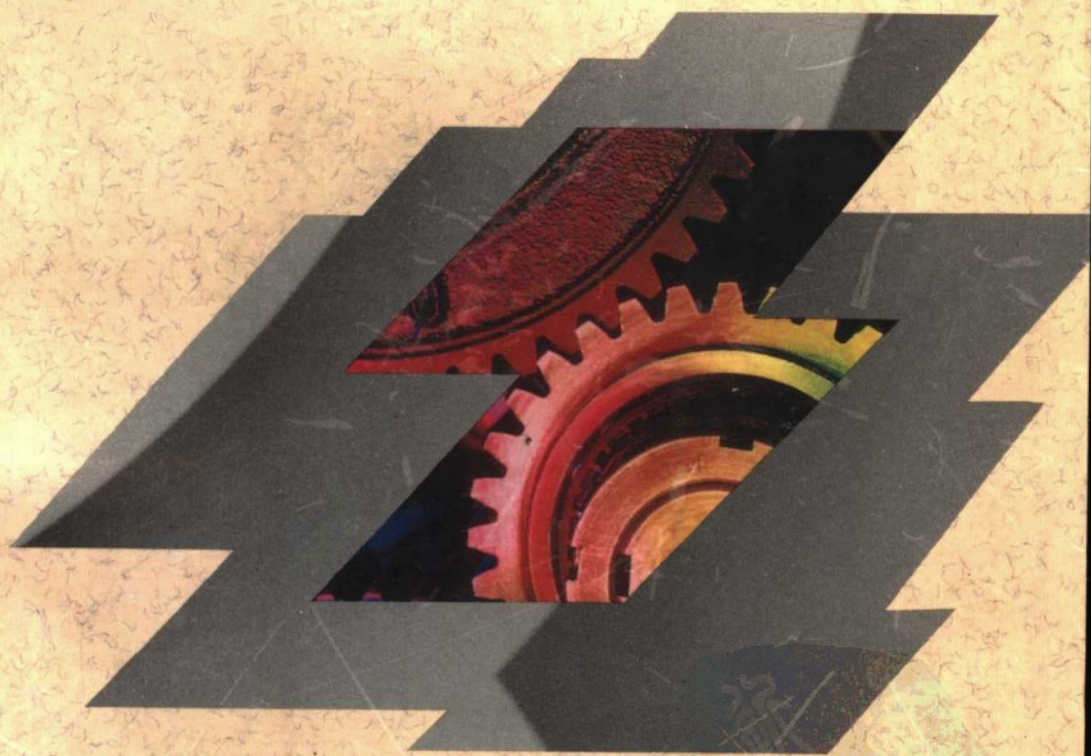


北京市华罗庚学校奥林匹克系列丛书

华罗庚学校 高中物理课本①

北京市华罗庚学校 编



中国大百科全书出版社

华罗庚学校初中物理实验

华罗庚学校高中物理实验

华罗庚学校初中物理课本

● 华罗庚学校高中物理课本①

华罗庚学校高中物理课本②

华罗庚学校初中物理试题解析

华罗庚学校高中物理试题解析①

华罗庚学校高中物理试题解析②

ISBN 7-5000-6004-1



9 787500 060048 >

ISBN 7-5000-6004-1/G·239

定价：

14.80 元

北京市华罗庚学校奥林匹克系列丛书

华罗庚学校 高中物理课本①

北京市华罗庚学校编
主编：刘彭芝

中国大百科全书出版社
北京·1998

编 者：北京市华罗庚学校

责任编辑：简菊玲

责任校对：徐登里 王玉琴

封面设计：郭 健

版式设计：中 文

出版发行：中国大百科全书出版社

(北京阜成门北大街17号 100037)

印 刷：北京人民文学印刷厂

经 销：新华书店总店北京发行所

版 次：1998年5月第1版

印 次：1998年5月第1次印刷

印 张：10.75

开 本：787×1092 1/32

字 数：232千字

印 数：1—10000

ISBN 7-5000-6004-1/G·239

定 价：14.80元

《北京市华罗庚学校奥林匹克系列丛书》 编辑委员会

顾 问 王 元 裘宗沪 冯克勤
陈德泉 丁往道 刘承沛
大卫·罗斯费尔德 (David Rosefield)
丽莎·泰森 (Lisa Theisen)

主 编 刘彭芝
编 委 (按姓氏笔画排列)

马 毅 王人伟 王健民
余红兵 吴 湛 尚 强
周沛耕 周春荔 莫颂清
陶晓勇 童 欣 舒幼生
熊 斌

本书编写人员

主 编：舒幼生
编 撰：王珉珠 李长庚

前 言

北京市华罗庚学校是由中国科学院华罗庚实验室、中国科技大学和中国人民大学附中联合创办的，是中国人民大学附中超常教育体系的重要组成部分。其办学目标是为国家大面积早期发现与培养现代杰出科技人才开辟一条切实可行的途径，为我国教育事业面向现代化、面向世界、面向未来的战略方针探索一项行之有效的措施。在这里，集中了一大批中学高级教师、大学教师和研究员精心执教，一批批数理超常儿童茁壮成长。华校全体师生缅怀我国著名数学家华罗庚教授在数学领域的伟大贡献，崇尚他为国为民鞠躬尽瘁的高贵品质，决心沿着他所开辟的道路继续前进。

超常教育与早期教育为当前各国教育家和心理学家所重视，这一方面的研究工作得到了各国政府以及有远见的社会各界人士的支持和赞助。在前苏联，国家开办有各类人才学校，用于培养科技文体方面的超常少年。在美国，控制论的创立者、“神童”维纳就是家庭和学校共同精心培育成功的典范。

近年来，我国众多有识之士在改革开放、建设有中国特色社会主义的宏图大业感召鼓舞下，投身超常教育事业，辛勤耕耘，刻苦研究，已经取得可喜的成果。超常教育是人类教育史上的一大进步，然而它又是一个异常复杂的教育新课题。不论是历史上还是现实生活中，少年出众、而成果寻常的人比比皆是。究其原因，往往在于成长环境不佳，而主要则是未能在超常教育理论指导下施以特殊教育的结果。因此，

我们必须更新教育观念，采取新的教育理论和方法，把大批聪慧少年培养成为高科技时代的栋梁之才。创办华罗庚学校的主旨，就在于探索一条使那些天资优异的孩子们，既不脱离群体，以免身心畸形发展，又使他们的才华得以充分开发的可行之路。

七百多年前，英国思想家、现代实验科学先驱罗吉尔·培根曾说：“数学是科学的大门和钥匙。”时至今日，人们更加清楚地看到了数学在现代教育中占据着重要的地位。当今世界，自然科学、社会科学和数学都在蓬勃发展，而数学更是各门科学发展的基础。科学和技术的迅猛、巨大的发展，很大程度上是得益于数学的现代发展，特别是数学在物理学、生物学以及社会科学中的纵深渗透。因此，华校在以数学为带头学科的施教前提下，同时又鼓励学生们在自己感兴趣的其它课程，如物理、化学、生物、外语、计算机等学科中开拓进取、施展才华。这样，近而言之，希望他们在运用中体验数学的思维模式和神奇魔力；远而图之，则是为他们日后发展的多价值取向打下全面的科学文化素质的坚实基础。

华校采取科学的教学方法，进行开放式教学，努力开发学生的潜在能力，对学生实行超前教育。除由人大附中选派经验丰富的优秀教师任教外，还聘请中国科学院、中国科技大学、北京大学、清华大学、中国人民大学及北京师范大学等高校专家、教授来校办讲座，用最新的科技知识丰富学生的头脑，开阔他们的视野。

实践证明，华罗庚学校对超常儿童的培养方略是可取的。十余年来，华校为高一级学校输送了大量学业优异的人才。以第一、二、三届华校试验班为例，三届毕业生总数为 136 人。

其中，直接保送到国家第一流重点大学 35 人，占 25.7%。参加高考的 101 人，考入清华大学 42 人，占 30.8%；考入北京大学 41 人，占 30.1%；考入中国科技大学 10 人，占 7%。总计考入上述三校为 93 人，加保送 35 人，总计为 128 人。第四届华校试验班又进一步。全班 44 人，保送 9 人，参加高考 35 人，高考平均分数为 610.83 分，数学平均分数为 137 分，总分数超过 600 分的有 25 人。不仅如此，历年来还有数以千计的华校学生参加各类数理学科竞赛，在区、市、国家乃至世界级学科竞赛中获奖夺魁者的人数位居北京市重点中学之首。上述大量事实证明，一种新的教育理论和实践，使得一批又一批英才脱颖而出，足以显示华罗庚学校的办学方向是正确的，教学是成功的。

更可喜的是在探索办学的过程中，以华校为核心，造就并团结了校内外一大批具有新思想、新观念、肯吃苦、敢拼搏的优秀教师和教育专家。在这个来自平凡的教学科研岗位的不平凡的群体中，有多年工作在教学第一线的中小学高级教师，有近年来执教于数学、物理、化学、生物、计算机等学科奥林匹克活动的高级教练员，有中国科学院和各高等学校中教学科研上成果卓著的专家教授。他们就像当年的华罗庚那样，做为人师，做为长者，着眼于祖国的未来，甘愿给下一代当人梯。狭义地说，他们是华校藉以成长、引以自豪的中流砥柱；广而言之，他们是推动中小学教育事业改革的一支特殊的劲旅。

今天，对华校创办十余年的经验进行总结时，我们可以说，在朝着自己的办学目标的不懈奋斗中，华校具有四大办学特色：

- 第一，从娃娃抓起的早期智力开发；
- 第二，必名师启蒙的成功教育传统；
- 第三，在全面发展时力求业有专精；
- 第四，处强手如林中敢于迎接挑战。

教材是教学质量的基本保证，也是教学的基础建设。高质量的教材，是建立在高水平的学术研究成果和丰富的教学经验的基础上的。因此，华罗庚学校开创了荟萃专家编书的格局。华校愿将《华罗庚学校奥林匹克系列丛书》奉献给广大教师、中小學生及學生家長同享。这套丛书的编写者都是华校的骨干力量，他们为了共同的目标献出了自己多年的教学经验和最新的教学科研成果，因而使得这套丛书具有实用、新颖、通俗、严谨的特点。

物理部分的教材与相应的试题解析及实验，分为初、高中两部分。初中部分包含教材一册、试题解析一册和实验一册；高中部分包含教材两册、试题解析两册和实验一册。编写者在初、高中物理教学大纲和全国中学生物理竞赛考纲的基础上，顾及当前国际中学物理教学发展、变化的趋势，初中以不下放高中物理主要内容为限，高中以不下放大学普通物理主要内容和不使用微积分等数学工具为限，在内容上作适当的引申和扩展，以开拓学生的知识视野，使其对某些重要的近代物理观念有初步的了解。作为实验性教材，初次尝试对学生进行物理思想、方法和实验设计的教学，有意在知识传授的基础上加强学科能力的培养。

俗云：“一花怒放诚可爱，万紫千红才是春。”华校在努力办学完善自身的同时，诚望对国内中小学数理教学水平的提高微尽绵薄，诚望与其他兄弟学校取长补短，携手共进。

“合抱之木，生于毫末，九层之台，起于垒土。”遥望未来，我们同呼志士之言：为中国在 21 世纪成为数理大国而奋斗终生。

作为本系列丛书的主编，我谨以一个超常教育的积极参与者与组织者的名义，向各位辛勤的编著者致以衷心的感谢，恳请教育战线的前辈和同仁给予指导和推荐，也恳请广大师生在使用过程中提出宝贵的意见。

刘彭芝

1997. 11. 24

目 录

力 学 篇

第一讲	点运动学·····	(1)
第二讲	相对运动·····	(33)
第三讲	牛顿定律·····	(52)
第四讲	真实力与惯性力·····	(71)
第五讲	静力学·····	(79)
第六讲	功与能·····	(97)
第七讲	冲量与动量·····	(123)
第八讲	万有引力与天体运动·····	(161)
第九讲	振动·····	(183)
第十讲	波·····	(214)

热 学

第一讲	温度和热膨胀·····	(242)
第二讲	理想气体·····	(259)
第三讲	热力学定律·····	(278)
第四讲	分子运动论·····	(292)
第五讲	实际气体、液体、固体和相变·····	(307)

力 学 篇

第一讲 点运动学

力学可分为运动学和动力学两部分，静力学是动力学中的一个特殊内容。运动学只是客观地描述物体的运动，动力学则进而探讨运动的原因。

运动是物体空间位置随时间变化而形成的，为确定空间位置就需要有一个参照物，或者说一个参照系，相对这一参照系可对运动进行定量描述。如果所讨论的物体运动范围远大于物体结构线度(即大小尺寸)，物体可近似当作一个点来处理。建立附着于参照系的空间坐标后，点的空间位置可以用一个位置矢量 \vec{r} 来表示， \vec{r} 是从坐标原点引向点所在位置的空间矢量。点的运动学内容首先是描述 \vec{r} 随时间 t 的变化，为表征这种变化的快慢和方向，又可引入点的运动速度矢量 \vec{v} 。当 \vec{v} 也随时间 t 而变化时，又可进而引入加速度矢量 \vec{a} 来表征这种变化的快慢和方向。物体结构线度不可忽略时，就不可再近似为一个点。此时可将物体分割成一系列尽量小的部位，每一小部位又可近似视为点，各点有自己对应的位矢 \vec{r} 和速度 \vec{v} 、加速度 \vec{a} ，如果各个部位 \vec{r} 尽管有区别，但 \vec{v} 乃至 \vec{a} 彼此都相同，则此物体各部位处于相同的运动状态。当讨论中的问题只对 \vec{v} 、 \vec{a} 感兴趣，物体又可按一个点处理。例如木块在斜面上不翻转地下滑，木块线度不能忽略，作题时将木块画

成一个长方体而不是一个点,但如果只研究速度和加速度,木块仍可按一个点处理。

综上所述,可见一个点的运动是运动学中最简单和最基本的内容。在运动学范畴内,点的运动问题中包含的内容与该点是否有质量毫无关系,因此本讲题目取为“点运动学”,所述内容既适用于有质量的点(质点),也适用于无质量的数学点(例如投影点或线之间的交点)。

1. 点的直线运动

点 P 在某参照系中作直线运动时,可在该系中沿此直线建立固定的 x (也可以是 y 或 z) 坐标轴。取定坐标原点 O 后,点 P 在任何 t 时刻的位矢 \vec{r} 可用点 P 在 x 轴上的位置坐标 x 来代替。运动使 x 成为时间 t 的函数,即有:

$$x = x(t)$$

t 时刻到 $t + \Delta t$ 时刻位置的变化量:

$$\Delta x = x(t + \Delta t) - x(t)$$

称为位移。在这 Δt 时间内引入平均速度量:

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

当 Δt 为无限小量,即趋于零时, \bar{v} 成为 t 时刻的瞬时速度,简称速度,记为:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \bar{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Δx 、 \bar{v} 、 v 可正可负,例如, v 值为正时表示点 P 在朝着 x 轴正方向运动, v 取负时表示 P 在朝着 x 轴负方向运动,速度大小的绝对值称为速率,在符号上速率有时也常用 v 表示,此

时应注意文字叙述上的区别。

v 不随时间 t 变化的直线运动, 称为匀速直线运动。此时任意时刻 t_1 到后任一时刻 t_2 经过的总位移 $x_2 - x_1$ 为 v 与 $t_2 - t_1$ 的乘积, 即有:

$$x_2 - x_1 = v(t_2 - t_1)$$

此位移量可正可负, 其绝对值:

$$s = |x_2 - x_1|$$

称为路程。

v 随时间 t 变化的直线运动, 称为变速直线运动。此时 v 与 t 间有函数关系:

$$v = v(t)$$

t 时刻到 $t + \Delta t$ 时刻速度变化量为:

$$\Delta v = v(t + \Delta t) - v(t)$$

$\Delta t \rightarrow 0$ 时, Δv 与 Δt 的比值称为此时此刻的加速度, 记为:

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

a 有正负号。 a 取正表示朝 x 轴正方向加速, 如果此时 v 为正, 则意味着点 P 朝 x 轴正方向速度值会增大; 如果 v 为负, 则点 P 朝着 x 轴负方向速度值会减小。 a 取负表示朝 x 轴负方向加速, 如果此时 v 为正, 则意味着点 P 朝 x 轴正方向速度值会减小; 如果 v 为负, 则点 P 朝着 x 轴负方向速度值会增大。

a 不随时间 t 变化的直线运动, 称为匀加速直线运动。略去空气阻碍作用的小球的竖直上抛运动为匀加速直线运动, 过程中加速度始终朝下, 大小为常量 g 。抛出后到达最高点前, 小球在向下加速度的作用下, 其向上运动的速度值逐渐

减小，直减到零。尔后，小球在向下加速度的作用下获得向下运动的速度，且其值从零逐渐增大，直到小球与地面碰撞。点 P 作匀加速直线运动时，从 t_1 时刻到 t_2 时刻的速度增加量 $v_2 - v_1$ 为 a 与 $t_2 - t_1$ 的乘积，即有：

$$v_2 - v_1 = a(t_2 - t_1)$$

位移量为：

$$x_2 - x_1 = v_1(t_2 - t_1) + \frac{1}{2}a(t_2 - t_1)^2$$

这期间如果点 P 的运动方向始终未变化，则路程为：

$$s = |x_2 - x_1|$$

若点 P 运动方向曾发生变化，则路程需分段计算后再求和。联合前两个式子，消去 $t_2 - t_1$ 可得：

$$v_2^2 - v_1^2 = 2a(x_2 - x_1)$$

a 随时间 t 变化的直线运动，称为变加速直线运动。此时 a 与 t 间有函数关系：

$$a = a(t)$$

下落的雨滴如果不受空气阻碍作用，且不吸附空气中的水汽，则会作匀加速直线运动。如果受到空气阻碍作用，或者吸附空气中的水汽，它向下的加速度值开始时等于 g ，尔后逐渐变小，最后有可能减小到零，即作变加速直线运动。雨滴下落加速度减到零时的速度值称为收尾速度。

点 P 的位置量 x 与时间 t 的关系若为：

$$x = A\cos(\omega t + \phi)$$

则点 P 的运动称为简谐式直线运动，式中 A 、 ω 、 ϕ 均为常量。这一运动可视为匀速圆周运动的直径方向分运动，由此可以证明点 P 的速度和加速度分别为：

$$v = -\omega A \sin(\omega t + \phi)$$

$$a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi) = -\omega^2 x$$

例 1 一物体作加速直线运动，依次经 A、B、C 三点，B 为 AC 中点，在 AB 段加速度恒为 a_1 ，在 BC 段加速度恒为 a_2 。已知 $v_B = \frac{(v_A + v_C)}{2}$ ，比较 a_1 与 a_2 的大小。

解答：设 AB、BC 段位移分别为 s_1 、 s_2 ，因为 B 为 AC 中点，因此 $s_1 = s_2$ 。物体在 AB、BC 段分别作匀加速直线运动，所以有：

$$2a_1s_1 = v_B^2 - v_A^2$$

$$2a_2s_2 = v_C^2 - v_B^2$$

联立以上两个方程，可解得：

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{v_B^2 - v_A^2}{v_C^2 - v_B^2} = \frac{(v_B + v_A)(v_B - v_A)}{(v_C + v_B)(v_C - v_B)}$$

由已知 $v_B = \frac{(v_A + v_C)}{2}$ ，可推知：

$$v_C - v_B = v_B - v_A$$

将此关系代入上述结果，可解得：

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{v_B + v_A}{v_C + v_B}$$

物体一直在作加速运动，显见 $(v_B + v_A) < (v_C + v_B)$ ，所以 $a_1 < a_2$ 。

例 2 如图力-1 所示，A、B 两物体位于同一竖直线上，距地面高度分别为 $h_A = 20$ 米， $h_B = 40$ 米，当 A 物体以 $v_0 = 10$ 米/秒的初速度竖直上抛时，B 物体恰好同时开始作自由落体运动，求 A、B 将在距地面多高的地方相遇？（ $g = 10$ 米/秒²）