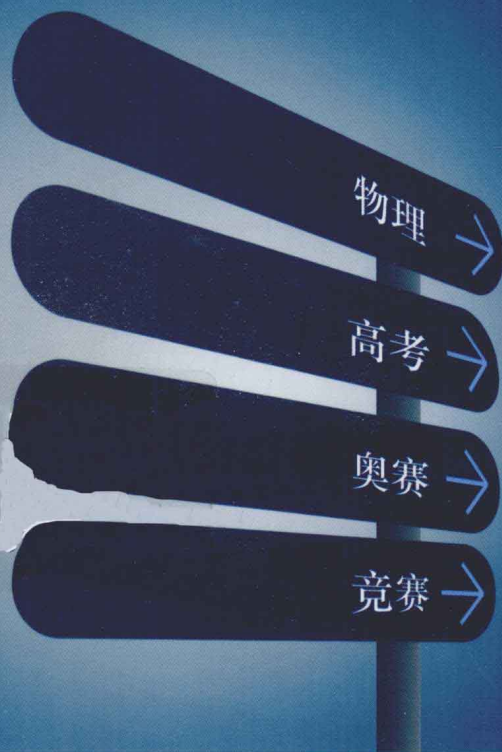


科学方法 与物理高考竞赛一体化

(下)

陈奋策 著



厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

科学方法

与物理高考复习一体化

（第1册）

陈维明 著



上海科学技术出版社
SHANGHAI SCIENTIFIC AND TECHNICAL PUBLISHERS

wuli

科学方法
与

物理高考竞赛一体化

下

陈奋策 著



厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

科学方法与物理高考竞赛一体化. 下/陈奋策著. —厦门:厦门大学出版社,
2010.10

ISBN 978-7-5615-3646-9

I. ①科… II. ①陈… III. ①物理课-高中-升学参考资料 IV. ①G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 166874 号

厦门大学出版社出版发行

(地址:厦门市软件园二期望海路 39 号 邮编:361008)

<http://www.xmupress.com>

xmup@public.xm.fj.cn

厦门市明亮彩印有限公司印刷

2010 年 11 月第 1 版 2010 年 11 月第 1 次印刷

开本:787×960 1/16 印张:10.75

字数:218 千字 印数:1~2000 册

定价:24.00 元

本书如有印装质量问题请直接寄承印厂调换

**本书获福建教育学院
学术著作基金资助**

序一

新课改下物理学科的高考内容分为知识内容和能力要求两大部分,规定了对理解能力、推理能力、分析综合能力、运用数学处理物理问题的能力和实验与探究能力五个方面能力考查的具体要求。物理学奥赛去年开始有了新变化,物理奥赛初赛题中有 30% 与高考接轨;竞赛题更具前沿性、针对性和新颖性,更接近高考;旨在拓宽学生的知识视野,激发学生的学习兴趣,培养学生的思维品质、动手能力,发展学生的个性特长;同时促进教师自身素质的提高、促进新课改的深入开展和教学质量的提高。

近几年的高考与奥赛实践表明,加强能力考查是高考与奥赛发展的必然趋势,培养能力、提高能力是学科教学的核心。在迎考复习中把对知识的掌握、应用与能力的培养、提高结合起来,特别注意加强训练,是有重要意义的。

全书(含上、下册)是陈奋策教授在长期进行普通物理教学实践、奥林匹克中学物理竞赛指导、深入中学调研、参与新课改实践和教学研究的基础上编写的,倾注了作者对基础物理教育事业所付出的心血和热情。作者以高中物理新课标新考纲和奥赛考纲为指导,以“突出素质教育、激发创新思维、增强实践应用、培养解题技能”为宗旨,以物理科学方法为红线贯穿全书,精心策划,为学生提供全面、系统、实用、完备的高考与奥赛解题方法和科学方法。

掌握科学方法、培养创造性思维和解决问题能力是当今新课改的核心问题之一。《科学方法与物理高考竞赛一体化》一书具有导向性、新颖性、精巧性和实用性,它是中学生参加物理高考与各类物

科学方法与物理高考竞赛一体化(下)

理竞赛复习迎考、大学生学习和综合素质提高的一本好课外读物，同时亦可作为中学物理教师教学探索研究的参考书。

陈金灿

2010 年 3 月 3 日

序二

陈奋策教授在他的专著《基础物理学中的科学方法》(1998)中,深入探讨了科学方法如何应用在物理学中,以帮助物理学问题的解决。在这一研究的基础上,又经过 10 年的潜心探索,完成了新著——《科学方法与物理高考竞赛一体化》。新书的特点是:应用科学方法,解决物理问题。

我对这一新书的一句话评价:将科学方法应用与物理问题解决有机结合起来,通过问题解决理解科学方法,通过科学方法促进问题解决,是中学物理教师和立志学习理工科的高中学生难得的好书。

《科学方法与物理高考竞赛一体化》(上)有 16 个专题,每一个专题相对独立,自成一体。这本书可以通读,也可以选读,能够引人入胜,引人入深。将科学方法的培养与高考奥赛中的问题解决能力的提高“一体化”。这是有新意的。高考中“难度”较大的问题,通常也是“区分度”较大的问题。但是,如果有科学方法的引领,可以“化难为易”。

高考中“难度”较大的问题,也即是接近物理奥赛的问题。奥赛的问题有利于促进学生思维能力的提高,在应用物理知识解决问题的同时,提高对于科学方法的把握。本书强调科学方法与物理高考奥赛一体化,其核心是:科学知识、科学方法、科学思想、科学精神“四位一体化”。这对于提高学生的科学素养,很有价值,意义重大。

《科学方法与物理高考竞赛一体化》(下)有 17 章,按照新课标新教材的顺序,由浅入深地阐述物理知识和科学方法。以高考的新考纲和物理奥赛的考纲为依据,发现问题、提出问题、分析问题、解决问题,从基础题、灵活题到综合题,都是精选。学生们在学习物理

学中,如果思考过的问题,都是真正有意义、有价值的问题,那么,学生会终身受益。

“题海战术”不是科学的方法。“精选问题”非常重要。《科学方法与物理高考竞赛一体化》一书中选择的问题,都是较好的问题。高考和奥赛的问题,都十分注意问题的科学性,注意问题的“效度”、“信度”、“难度”、“区分度”。学习物理学,并非学生做的题目愈多愈好;如果问题选得不好,其效果是“适得其反”。

陈奋策教授的经历丰富。他先后就读于福建师范大学物理系获得学士,杭州大学物理系获得硕士,浙江大学物理系获得博士。11年前,陈奋策得知我是西南师范大学物理学的兼职教授时,曾写信希望来做“访问学者”。后来,他到了北京师范大学教育科学研究所,在阎金铎教授那里做访问学者。很巧,我也是该所的兼职教授。

我们有缘啊!

2009年11月,陈奋策教授邀请我到福建教育学院为福建省的物理教师骨干教师讲课。陈教授将《科学方法与物理高考竞赛一体化》的预印稿给我看。看完书稿,我深深地为他对于物理学与物理教学的执著追求,坚持不懈的努力所感动。于是,就写了这一篇短文,推荐这本书。我相信这本书会给中学物理教师,以及立志读理工科的高中生很大的帮助。

好书难得啊!

查有梁

2009年11月

(查有梁:四川省社会科学院研究员,北京师范大学等多所大学兼职教授,中国教育学会教育学会分会学术顾问,四川省学术和技术带头人,美国哈佛大学高级访问学者。)

前 言

新课改新课程在目标上注重提高全体学生的科学素养,从知识与技能、过程与方法、情感态度与价值观三个方面培养学生。新课改重视实验探究能力、思维和观察技能的培养,注重认识物理学的基本思想、观点和方法,关注科技和社会发展中的问题、现代技术应用,强调学生对科学方法的运用,着眼树立学生科学的探索精神、世界观、价值观和辩证唯物主义的观点,培养批判性思维能力和创新精神、分析问题和解决问题能力,为学生终身发展、应对现代社会和未来发展的挑战奠定基础。

《科学方法与物理高考竞赛一体化(上)》一书在我省新课改全面展开的大好形势下,本着上述美好愿望问世。本书是在《基础物理学中的科学方法》(陈奋策,福建教育出版社,1998.6)的基础上完成的。科学方法引领全书,把基础物理知识和能力培养紧密联系起来,力求科学方法与物理高考竞赛一体化。

本书分为两篇。第一篇含八个专题,归纳了基础物理学中10种基本的科学方法如实验方法(只提及)、模型方法、数学方法、理想实验方法、类比方法、分析方法、综合方法、对称方法、守恒方法和能量方法等,解读物理高考新考纲对能力的要求,并针对解题方法和能力训练。第二篇从物体运动的几种基本形式着眼,以八个专题展开,本书在科学综合训练的基础上,促使中学生综合解题能力和整体物理素质的提高。

本书的续本《科学方法与物理高考竞赛一体化(下)》大体上以新课标新教材的顺序展开,共十七章。全书以高中物理新课程新课标为指导,以高考新考纲为准绳,紧紧围绕中学物理高考和物理奥赛中与高考相关的内容、基础物理的重点概念、定律,以生动丰富的实例进行问题的分析综合和科学方法的应用,训练积极主动的解题思路,活跃思想,发展智能。

全书(上、下)从大学物理和科学方法的高度审视物理高考、物理奥赛和物理教学,注意高考、奥赛以及普通物理的联系、过渡和接轨,但不含高数。由于篇幅限制,全书不涉及实验方法与科学探究。

鉴于不少高考题源自奥赛题的简化,全书通过对最近几年高考和与高考相关的奥赛试题以及相当的例题的分析和研究,在精选的例题中,重视概念、规律、方法的理解和综合应用,注重知识的加深和拓宽,紧紧围绕如何建立物

理模型,如何分析物理问题,如何充分利用数学工具解决物理问题,如何理论联系实际等方面开展讨论和引导;逐一进行了详细的解题方法、科学方法解析和点评,力求通俗易懂,化难为易;恳望有效激发同学们的创新思维,提高同学们的解题技能,高考和奥赛互相促进。

本书重点在于科学方法与科学方法在高考解题中的应用。

全书中高考题注明了出处,不加说明的是与高考题难度相当的例题,打“△”号的题目属于较难的非高考考题和超高考大纲的基本题,“*”号的是含有动量的高考综合题,“**”号的属于物理奥赛题或该层次的内容。

吃透基本原理,才能清晰解题思路;掌握方法,才能触类旁通,举一反三。不管遇到什么难题,都能得心应手,迎刃而解,使你在通向高考奥赛的道路上取得成功。

本书可作为广大中学生学习物理和综合素质提高的有效的辅导书和工具书,是广大中学生参加物理高考、各类中学物理竞赛以及奥林匹克物理竞赛的复习迎考的常备可自学书籍;同时,本书也为中学物理教师提供了一个物理教学探索研究的崭新思路,是广大中学物理教师(和家长)不可多得的教学参考书;本书也可作为大学生学习普通物理的读物。

全书的编写得到福建省物理学会前前任理事长李述华教授、前任物理学会理事长曾民勇教授(原福建师范大学校长)的关心和鼓励;现任福建省物理学会理事长陈金灿教授为本书写序(序一);国内知名教育专家查有梁研究员也为本书写了序(序二);许多中学名师提出了宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。

本书采用了其他学者、专家的成果,在此一并表示感谢。

由于时间的限制,不足之处在所难免,期望广大读者指正。

作者

2010年3月

目 录

序一	1
序二	1
前言	1
第一章 运动的描述	1
第二章 相互作用	8
第三章 牛顿运动定律	12
第四章 机械能	19
第五章 曲线运动和万有引力定律	27
第六章 碰撞与动量守恒	39
第七章 刚体与角动量守恒	50
第八章 电场	52
第九章 电路(恒定电流)	67
第十章 稳恒磁场	74
第十一章 电磁感应	87
第十二章 交流电流 传感器	98
第十三章 振动与波	107
第十四章 光学	115
第十五章 相对论	126
第十六章 热学	129
第十七章 量子物理	140
主要参考文献	158

第一章 运动的描述

(新课程必修物理 1, 二级主题 1)

例 1.1 (2008 年广东理基) 图 1-1 是做物体做直线运动的 $v-t$ 图像, 由图像可得到的正确结果是()。

- A. $t = 1 \text{ s}$ 时物体的加速度大小为 1.0 m/s^2
- B. $t = 5 \text{ s}$ 时物体的加速度大小为 0.75 m/s^2
- C. 第 3 s 内物体的位移为 1.5 m
- D. 物体在加速过程的位移比减速过程的位移大

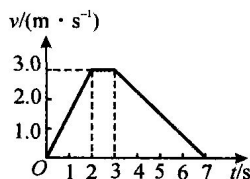


图 1-1

【解析】 独立求解 逐一判断 图像法

$v-t$ 曲线的斜率表示加速度的大小, $t = 1 \text{ s}$ 时, 加速度 $\Delta v_x / \Delta t = 3/2 = 1.5 \text{ m/s}^2$, 故 A 错误; $3 \sim 7 \text{ s}$ 加速度大小为 $|\Delta v_x / \Delta t| = |-3/4| = 0.75 \text{ m/s}^2$, B 正确。

$v-t$ 曲线与 t 轴包围的垂直面积表示位移的大小, 第 3 s 内位移为面积 $3 \times 1 = 3 \text{ m}$, 故 C 错误; 加速过程位移为 $2 \times 3/2 = 3 \text{ m}$, 减速过程位移面积为 $3 \times 4/2 = 6 \text{ m}$, 故 D 均错误。

【点评】 $v-t$ 图像的纵坐标表示速度, t 表示时间; $v-t$ 曲线的斜率表示加速度 $a_x = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v_x}{\Delta t}$; $v-t$ 曲线与 t 轴包围的垂直面积 $x = \sum v_x \Delta t$ 表示位移。

类比: 其他变量的曲线也有上述类似的物理意义。

例 1.2 (2009 年安徽卷) 大爆炸理论认为, 我们的宇宙起源于 137 亿年前的一次大爆炸。除开始瞬间外, 在演化至今的大部分时间内, 宇宙基本上是匀速膨胀的。上世纪末, 对 1A 型超新星的观测显示, 宇宙正在加速膨胀, 面对这个出人意料的发现, 宇宙学家探究其背后的原因, 提出宇宙的大部分可能由暗能量组成, 它们的排斥作用导致宇宙在近段天文时期内开始加速膨胀。如果真是这样, 则标志宇宙大小的宇宙半径 R 和宇宙年龄 t 的关系, 大致是图 1-2 哪个图像?

【解析】 独立求解 图像法 类比法 图像中的纵坐标宇宙半径 R 可

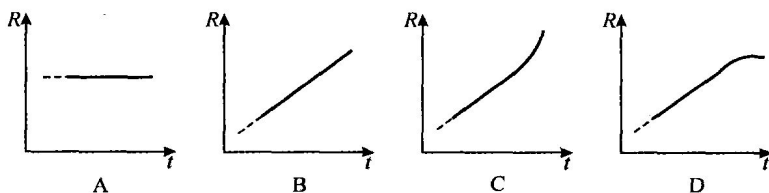


图 1-2

以看作是星球发生的位移 x , 因而其切线的斜率就是宇宙半径增加的快慢程度 $\Delta R/\Delta t$; 由题意, 宇宙加速膨胀, 其斜率或半径增加的速度 $\Delta R/\Delta t$ 越来越大, 故 **C 正确**。A 图, $\Delta R/\Delta t = 0$, A 错; B 图, $\Delta R/\Delta t = \text{常数}$, B 错; D 图, $\Delta R/\Delta t$ 越来越小, D 错。

【点评】 类比例 1.1 的 $v-t$ 图像, $x-t$ 图像的纵坐标表示坐标, t 表示时间; $x-t$ 曲线的斜率表示速度 $v_x = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 的大小。从数学公式讨论, 判断准确。

$x-t$ 、 $v-t$ 、 $a-t$ 和 $v-s$ 图分别表示作直线运动的质点的坐标随时间、速度随时间、加速度随时间和速度随路程变化规律。

类比: 其他变量的曲线也有上述物理意义。

例 1.3 (2009 年海南物理) 甲乙两车在一平直道路上同向运动, 其 $v-t$ 图像如图 1-3 所示, 图中 $\triangle OPQ$ 和 $\triangle OQT$ 的面积分别为 s_1 和 s_2 ($s_2 > s_1$)。初始时, 甲车在乙车前方 s_0 处, 则()。

- A. 若 $s_0 = s_1 + s_2$, 两车不会相遇
- B. 若 $s_0 < s_1$, 两车相遇 2 次
- C. 若 $s_0 = s_1$, 两车相遇 1 次
- D. 若 $s_0 = s_2$, 两车相遇 1 次

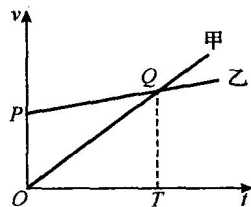


图 1-3

【解析】 逐一判断 图像法 类比例 1.1, 由图 1-3 可知甲的加速度 a_1 比乙 a_2 大, 在达到速度相等的时间 T 内两车相对位移为 s_1 。若 $s_0 = s_1 + s_2$, 速度相等时

甲比乙位移多 $s_1 < s_0$, 乙车还没有追上, 此后甲车比乙车快, 不可能追上, **A 对**; 若 $s_0 < s_1$, 乙车追上甲车时乙车比甲车快, 因为甲车加速度大, 甲车会再追上乙车, 之后乙车不能再追上甲车, **B 对**; 若 $s_0 = s_1$, 恰好在速度相等时追上, 之后不会再相遇, **C 对**; 若 $s_0 = s_2$ ($s_2 > s_1$), 两车速度相等时还没有追上, 并且甲车快, 更追不上, D 错。ABC 对。

【点评】 用图像法求解相遇或追赶问题,直观、形象、简明,可化难为易。

根据题意把抽象复杂的物理过程与物理图像对应起来,将过程中的物理量间的代数关系转变为几何关系,来分析解决物理问题,达到化繁化难为简的目的。

****例 1.4** 蚂蚁离开巢沿直线爬行,它的速度与到蚁巢中心的距离成反比。当蚂蚁爬到距离中心 $l_1 = 1 \text{ m}$ 的 A 点处时,速度是 $v_1 = 2 \text{ cm/s}$ 。试问蚂蚁继续由 A 点爬到距巢中心 $l_2 = 2 \text{ m}$ 的 B 点需要多长的时间?

分析与解 图像法 类比法

因蚂蚁运动的速度 v 与蚂蚁离巢的距离 x 成反比,即 $\frac{1}{v} \propto x$, $\frac{v_2}{v_1} = \frac{l_1}{l_2}$, 作出 $\frac{1}{v} - x$ 图,如图 1-4 所示,为一条

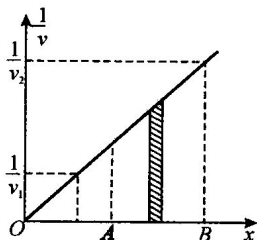


图 1-4

通过原点的直线。蚂蚁从 A 到 B 时间 $T = \sum \Delta t = \sum \frac{\Delta x}{v_i}$, 其数值近似对应着 $\frac{1}{v}x$ 。类比 $v-t$ 曲线与 t 轴包围的垂直面积表示位移 $x = \sum v_x \Delta t$ 的大小,图像中的梯形面积,即

$$T = \frac{(\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2})(l_2 - l_1)}{2} = \frac{l_2^2 - l_1^2}{2l_1 v_1} = 75(\text{s}).$$

【点评】 奥赛题也一样解题: 类比本章例 1.1, $v-t$ 曲线与 t 轴包围的垂直面积 $x = \sum v_x \Delta t$ 表示位移的大小。

把变量 v 和 t 代换以其他变量, 如用图像法在处理变力做功 $W_x = \sum F_x \Delta x$ 问题时是一种非常有效的方法。

例 1.5 (2005 全国 I) 原地起跳时, 先屈腿下蹲, 然后突然蹬地, 从开始蹬地到离地是加速过程(视为匀加速), 加速过程中重心上升的距离称为“加速距离”。离地后重心继续上升, 在此过程中重心上升的最大距离称为“竖直高度”。现有下列数据: 人原地上跳的加速距离 $d_1 = 0.50 \text{ m}$, 竖直高度 $h_1 = 1.0 \text{ m}$; 跳蚤原地上跳的加速距离 $d_2 = 0.00080 \text{ m}$, 竖直高度 $h_2 = 0.10 \text{ m}$ 。假想人具有与跳蚤相等的起跳加速度, 而加速距离仍为 0.05 m , 则人上跳的竖直高度是多少?

分析与解 估算法 科学理论模型 把跳蚤看作质点,用 a 表示跳蚤起跳的加速度, v_1 表示离地时的速度,则对匀加速过程和离地后匀加速过程上升过程分别有: $v_1^2 = 2ad_2$ ①, $v_1^2 = 2gh_2$ ②。联立 ①② 得

$$ad_2 = gh_2. \quad ③$$

题目假想人具有和跳蚤相同的加速度 a ,我们把人看作质点,令 v_2 表示在这种假想下人离地时的速度, H 表示与此相应的竖直高度,则匀加速过程和离地后匀减速过程上升过程分别有: $v_2^2 = 2ad_1$ ④, $v_2^2 = 2gH$ ⑤。由 ④⑤ 有

$$ad_1 = gH, \quad ⑥$$

⑥/③ 并代入数值得

$$H = \frac{h_2 d_1}{d_2} = \frac{0.10 \times 0.50}{0.00080} = 62.5 \approx 63(\text{m}). \quad ⑦$$

【点评】 这是估算题。学生要认真读题,从题目中读懂并理解“加速距离”和两个“质点”(模型)运动的相关性(人和跳蚤起跳加速度相等),牢固掌握模型和运动规律,则不难得出正确的结论。

例 1.6 (2008 上海物理) 某物体以 30 m/s 的初速度竖直上抛,不计空气阻力, g 取 10 m/s²。5 s 内物体的()。

- (A) 路程为 65 m
- (B) 位移大小为 25 m,方向向上
- (C) 速度改变量的大小为 10 m/s
- (D) 平均速度大小为 13 m/s,方向向上

【解析】 逐一判断 演绎法 上抛时间 $t_{\text{上}} = v_0/g = 30/10 = 3$, $t_{\text{下}} = 5 - 3 = 2$, 5 s 内的路程 $s_1 = \frac{v_0^2}{2g} + \frac{1}{2}gt_{\text{下}}^2 = \frac{30^2}{2 \times 10} + \frac{1}{2} \times 10 \times 2^2 = 65 \text{ m}$, **A 对**; 5 s 内的位移 $s_2 = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2 = 30 \times 5 - 10 \times 25/2 = 25 \text{ m}$, 方向向上, **B 正确**; 速度的改变量 $\Delta v = v_t - v_0 = -gt_{\text{下}} - v_0 = -10 \times 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} - 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = -50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, **C 错**。平均速度 $\bar{v} = \frac{s_2}{t_{\text{总}}} = \frac{25}{5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ **D 错误**。

【点评】 在一维运动中,矢量可用带有正负号的代数量表示。 $x > 0$ 表示质点位置在坐标原点的右侧; $v > 0$ (或 $\Delta x > 0$) 表示运动方向指向 $+x$ 方向;而 $a < 0$ 或表示沿 $-x$ 方向加速(此时 $v < 0$),或表示沿 x 方向减速(此时 $v > 0$)。反之,则相反。

例 1.7 (2008 全国 1 理综) 已知 O 、 A 、 B 、 C 为同一直线上的四点, AB 间的距离为 l_1 , BC 间的距离为 l_2 , 一物体自 O 点由静止出发, 沿此直线做匀加速运动, 依次经过 A 、 B 、 C 三点。已知物体通过 AB 段与 BC 段所用的时间相等。求 O 与 A 的距离。

分析与解 分析解题法 数学演绎法 设 O 与 A 的距离为 l , 物体的加速度为 a , 到达 A 点的速度为 v_0 , 则有

$$l = \frac{v_0^2}{2a} \quad ①$$

设通过 AB 段和 BC 点所用的时间为 t , 则有

$$l_1 = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2, \quad ②$$

$$l_1 + l_2 = 2v_0 t + 2a t^2, \quad ③$$

$$4 \times ② - ③ \text{ 得 } 3l_1 - l_2 = 2v_0 t, \quad ④$$

$$2 \times ② - ③ \text{ 得 } l_2 - l_1 = a t^2, \quad ⑤$$

$$④ \times ④ \text{ 代入 } ①⑤ \text{ 式得 } l = \frac{(3l_1 - l_2)^2}{8(l_2 - l_1)}.$$

【点评】 解题技巧: 采用“半成品” $v^2 = 2as_0$ 公式求解简洁; 分析解题法直指求解问题; 数学演绎时, 围绕求解问题紧抓住 ① 的 v_0 和 ④ 的 t 表达式求解。

例 1.8 (2004 夏季高考物理广东卷) 一杂技演员, 用一只手抛球。他每隔 0.40 s 抛出一球, 接到球便立即把球抛出, 已知除抛、接球的时刻外, 空中总有四个球, 将球的运动看作是竖直方向的运动, 球到达的最大高度是 () (高度从抛球点算起, 取 $g = 10 \text{ m/s}^2$)。

A. 1.6 m B. 2.4 m C. 3.2 m D. 4.0 m

【解析】 独立求解 对称分析法 从对称考虑, 最简单的情况: 一球在手中, 一球在空中向上, 一球在空中向下, 一球在最高点。最高点的球速度为零 (取 $t = 0$), 以 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 匀加速下落, $t = 2 \times \Delta t = 2 \times 0.40 \text{ s} = 0.80 \text{ s}$ 后被手接住, 下落距离即最大高度 $h = \frac{gt^2}{2} = \frac{10 \times 0.8^2}{2} = 3.2 \text{ m}$, **C 对**。

【点评】 在解决比较复杂直线 (或一维) 运动的习题时, 应先画草图 (或有清楚的图像), 选定研究对象, 并分析研究对象运动过程的特点。