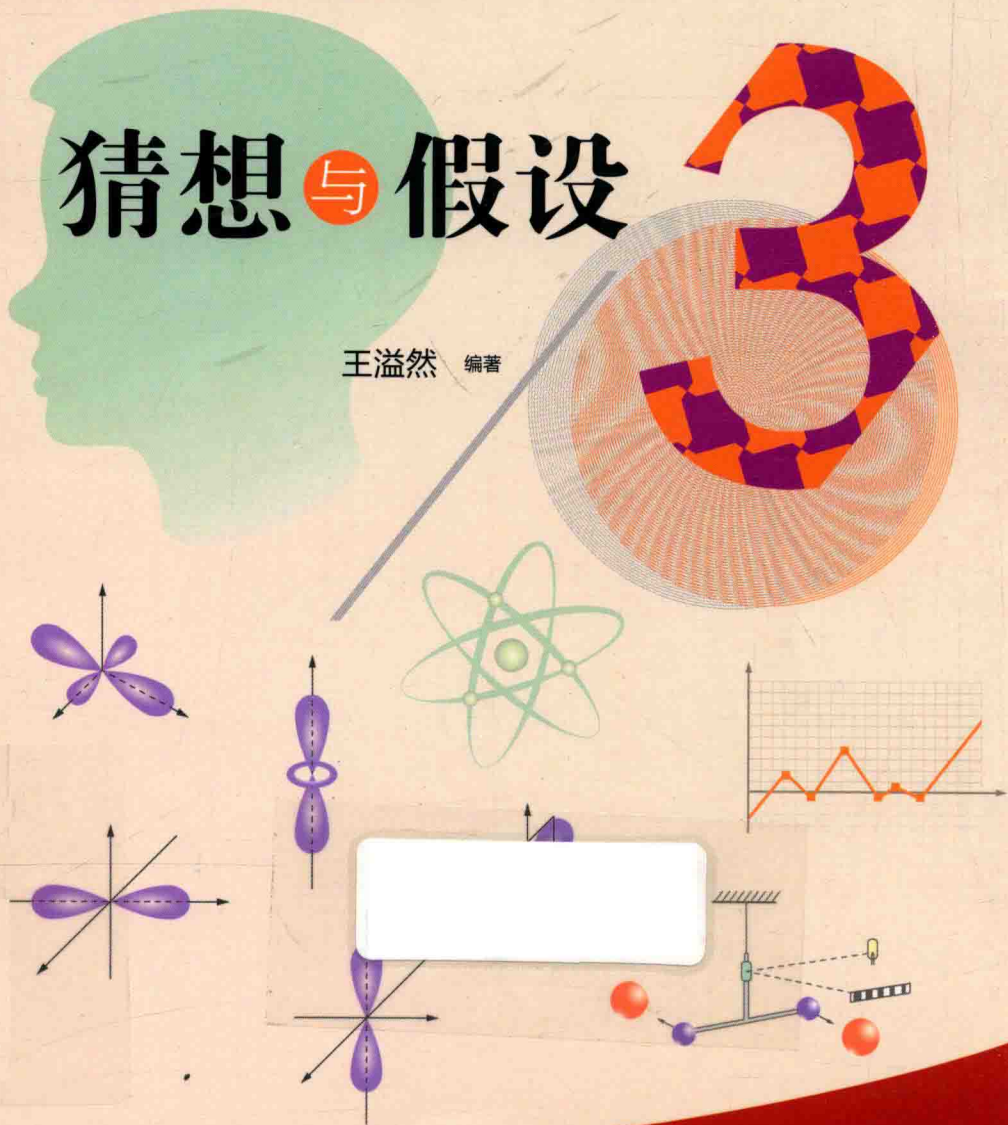


王溢然 束炳如 主编

中学生物理思维方法丛书

猜想与假设

王溢然 编著



中国科学技术大学出版社

王溢然 束炳如 主编

中学生物理思维方法丛书

新编(CIP)目录查询系统

王溢然 束炳如 主编 中学生物理思维方法丛书

2013.3

没有大胆的猜想,就得不到伟大的

发现.

发现.

王溢然 束炳如 主编 中学生物理思维方法丛书

3

猜想 假设



王溢然 编著

中国科学院
中国 开发
国家 科技
1080 本套
8373 游中
310 楚李
2102 文照
2012 水取
2012 水取
2000 傅家

中国科学技术大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

猜想与假设/王溢然编著. —合肥:中国科学技术大学出版社,
2015.2

(中学生物理思维方法丛书)

ISBN 978-7-312-03536-4

I.猜… II.王… III.中学物理课—教学参考资料 IV.G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 247512 号

- 出版** 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号, 230026
<http://press.ustc.edu.cn>
<http://shop109383220.taobao.com>
- 印刷** 合肥学苑印务有限公司
- 发行** 中国科学技术大学出版社
- 经销** 全国新华书店
- 开本** 880 mm×1230 mm 1/32
- 印张** 8.375
- 字数** 210 千
- 版次** 2015 年 2 月第 1 版
- 印次** 2015 年 2 月第 1 次印刷
- 定价** 25.00 元

序 1

在中学物理学习过程中,学生在获取知识的同时,还要重视从科学宝库中汲取思维营养,加强科学思维方法的训练。

思维方法的范畴很大,包括抽象思维、形象思维、直觉思维等。以抽象思维而言,又有众多的方法,在逻辑学中都有较严格的定义。对于以广大中学生为主的读者群,就思维科学意义上按照严格定义的方式去介绍这众多的思维方法,显然是没有必要的。由王溢然、束炳如同志主编的这套丛书,不追求思维科学意义上的完整,仅选取了在物理科学中最有影响、中学物理教学中最常见的思维方法(包括研究方法)为对象,在较为宽泛的意义上展开,立意新颖,构思巧妙。全套丛书共 13 册,各册彼此独立,都以某一类或两三类思维方法为主线,在物理学史的恢宏长卷中,撷取若干生动典型的事例,先把读者引入饶有兴趣的科学氛围中,向读者展示这种思维方法对人类在认识客观规律上的作用。然后,围绕这种思维方法,就其在中学物理教学中的功能和表现,以及其在具体问题中的应用做了较为深入、全面的开掘,使读者能从物理学史和中学物理教学现实两方面较宽广的视野中,逐步领悟到众多思维方法的真谛。

这套丛书既不同于那些浩繁的物理学史典籍,也有别于那些艰深的科学研究方法论的专著,它融合了历史和方法,兼顾了一般与提高,联系了教学与实际,突出了对中学物理教学的指导作用,文笔生





动、图文并茂，称得上是一套融史料性、科学性、实用性、趣味性于一体的优秀课外读物。无论对广大中学生（包括中等文化程度的读者）还是对中学物理教师以及高等师范院校物理专业的学生，都不无裨益。

科学研究是一项艰巨的创造性劳动。任何科学发现和科学理论的诞生都是在一定的背景下，科学家精心的实验观测、复杂的思维活动的产物。在攀登道路上充满着坎坷和危机，并不是一帆风顺、一蹴而就的。科学家常常需及时地（有时甚至是痛苦地）调整自己的思维航向，才能顺利抵达成功的彼岸。因此，任何一项科学新发现、一种科学新理论的诞生，绝不会仅是某种单一思维活动的结果。这也就决定了丛书各册在史料的选用上必然存在某些重复和交叉。虽然这是一个不足之处，却也可以使读者的思维层次“多元化”。不过，作为整套丛书来说，如果在史料的选用上搭配得更精细一些、在思维活动的开掘上更深刻一些，将会使全书更臻完美。

我把这套丛书介绍给读者，首先希望引起广大中学生的兴趣，能从前辈科学家思维活动中汲取智慧，活化自己的思维，开发潜在的智能；其次希望中学物理教师在此基础上继续开展对学生思维方法训练的研究，致力于提高学生的素质，以适应新时期的需要；最后我也真诚地希望这套丛书能成为图书百花园中一朵惹人喜爱的花朵。

阎金铎

序 2

“中学生物理思维方法”是一个很诱人的课题。如果从我比较自觉地关注这个课题算起，要追溯到 20 世纪 80 年代。开始时，朴素的动因就是激发学生兴趣，丰富上课内容；后来，通过对许多科学研究方法论著作、思维学著作等的学习和教学实践，认识上逐步从传授知识层面提高到了对学生的学习能力乃至思维品质进行培养的高度。于是，在 90 年代中期，经过比较充分的积累，策划编写了这套思维方法丛书。

《中学生物理思维方法丛书》问世后，受到了广泛的关注，被列入国家新闻出版总署“八五”规划重点图书，还被推介到台湾出版了繁体字版（中国台湾新竹“凡异出版社”）。因此，作者受到了很大的鼓舞。

光阴荏苒，如今已进入 21 世纪。科学技术飞速发展，教学理念不断更新，教学的要求也随着时代前进的脚步有了很大的变化。当前，国际教育界大力提倡“科学的历史、哲学和科学”教育，希望借此更好地提高学生的科学素质。我国从新世纪开始试行的《高中物理课程标准》也明确提出同样的要求。中外教育家一致的认识——结合物理教学内容，回顾前辈科学家创造足迹，无疑是了解科学本质、培养科学精神的一个重要途径。

本丛书的新一版继续坚持“科学史料、思维方法、中学教学”三结



合的内容特色,并补充了反映科学技术方面的新成果、新思想,尤其在结合中学物理教学方面有了很大的进展——删去或淡化了与当前中学物理教学联系不够紧密的某些枝叶,突出了主干知识;撤换了相对陈旧的某些问题,彰显了时代风貌;调整了某些内容,强化了服务对象。值得说明的是,在新一版中还选入了相当数量的近年高考题,这些问题集中反射了各地专家、学者的智慧,格外显得光彩熠熠、耐人寻味。因此,新一版内容更为丰满多彩,也更为贴近中学教学和学生实际,更好地体现了科学性、方法性、应用性、趣味性。希望能够继续被广大读者喜欢,也希望能够更好地使读者受到启发,有所得益,有所进步!

今后,随着时代的发展和中学物理教学要求的不断更新,新思想、新成果和教学中的新问题势必会层出不穷,但前辈科学家崇高的科研精神、深邃的思想和创造性思维方法的光辉,必将永远照耀着人们前进的道路!

在新一版问世之际,首先要衷心感谢我的良师益友、苏州大学物理系束炳如教授。从萌发编写丛书的想法开始,束先生就给予作者极大的鼓励、支持。编写过程中,作者与先生进行了难以计次的深夜长谈,他开阔的思路、活跃的创见和对具体问题深刻的分析指导,都给了作者极为有益的启发和帮助,让作者从中得到了强大的精神力量,也给作者留下了永不磨灭的记忆。借此机会,同时衷心感谢两位德高望重的原顾问周培源先生*和于光远先生**以往对本丛书的关爱;衷心感谢为本丛书作序的阎金铎教授***对作者的鼓励;衷心感谢吴保

* 周培源(1902~1993),著名物理学家,中国科学院院士,曾任中国物理学会理事长、中国科学技术协会主席、北京大学校长等。

** 于光远(1915~2013),著名经济学家,中国社会科学院哲学社会科学学部委员,曾任国家计划委员会经济研究所所长、中国社会科学院副院长等。

*** 阎金铎,著名物理教育家,北京师范大学物理系教授、教科所所长,曾任中国教育学会物理教学研究会理事长等。

让先生、倪汉彬先生、贾广善先生、刘国钧先生等曾为丛书审读初稿并提出了宝贵的修改意见；衷心感谢曾为丛书绘制精美插图的朱然先生；衷心感谢被引用为参考资料的原作者们；衷心感谢曾经对丛书大力支持的大象出版社；衷心感谢广大读者朋友对本丛书的厚爱。

本丛书相当于一个“系统工程”，编辑、出版需要花费大量的人力、物力。新一版的问世，跟中国科学技术大学出版社的鼎力支持是分不开的。在此，也代表所有作者对中国科学技术大学出版社和有关编辑室表示衷心的感谢。

不知哪位作家说过这样的话：写作的最大乐趣首先是在写作的过程中，作者与读者心灵交流；其次是作品出版后，能够被读者认可。虽然这套丛书不是文学创作的作品，我们也只是站立三尺讲台的中学老师，但是在编写过程中，内心时时有着一种极为强烈的冲动，有一个声音呼唤着：把我们在长期教学实践中所积累和思考的有关中学物理教与学的点滴认识、心得与中学物理教学界同行，尤其是广大的中学生朋友们进行交流、分享与探讨。实际上，书中有许多地方都包含着从以往学生的思维火花中演绎的方法。

本丛书的新一版，尽管我们思考了比较长的时间，编写中也都作了努力，但仍然难免会有疏漏乃至错误的地方，请读者发现后予以指正。

王溢然

2014年2月于苏州庆秀斋



前 言

猜想与假设(或假说、设想等)虽然在含义上或程度上不尽相同,但都是人们以一定的经验材料和已知事实为依据,或以已有的科学理论和技术方法为指导,对未知事实或现象的原因及其规律所作的一种有一定推测性或假定性的说明.它是经验材料和科学理论之间的一座桥梁.科学的发展离不开假设,学习科学知识也经常需要假设.

在这本小册子中,我们摘取物理学发展史上的一些精彩片断,通过若干经典的猜想与假设,向读者展示了猜想与假设在物理学发展中的重要作用以及前辈物理学家是如何从纷杂的现象中萌发猜想、提出假设、检验假设、完善和发展假设,从而形成科学理论的.同时,结合中学物理教学的实际,阐述了猜想与假设的教学功能及其在分析、解决具体问题时的应用.

希望广大读者通过阅读本书,能提高对猜想与假设这一重要思维方法的认识,并能运用它帮助自己理解和掌握物理知识.更希望广大青少年读者能充分张开智慧的翅膀,在浩瀚的未知世界中大胆地去猜想、假设,有所发现,有所创造.

作 者

2014年春于苏州庆秀斋

目 录

序 1	(i)
序 2	(v)
前言	(vii)
1 大胆的猜想 绝妙的假设	(001)
1.1 落体运动规律的猜想	(001)
1.2 天体引力的平方反比假设	(006)
1.3 关于热本质的猜想	(012)
1.4 关于电本质的假设	(015)
1.5 黑体辐射与量子假设	(020)
1.6 狭义相对论的两个假设	(027)
1.7 宇宙大爆炸的假设	(033)
2 猜想与假设在科学认识中的作用	(040)
2.1 解释物理现象或规律	(040)
2.2 提出新的实验和观测方向	(047)
2.3 构成通往正确道路的桥梁	(053)
3 猜想的萌发 假设的形成	(063)
3.1 类比推理法	(063)
3.2 归纳推理法	(068)
3.3 演绎推理法	(070)



3.4	经验公式法	(074)
3.5	矛盾推理法	(077)
3.6	直觉思维法	(079)
4	实践是检验和发展猜想与假设的唯一途径	(082)
4.1	伽利略的斜面实验	(083)
4.2	万有引力定律的验证	(085)
4.3	伦福德实验与焦耳热功当量的测定	(092)
4.4	汤姆孙巧测阴极射线	(096)
4.5	劳厄一箭双雕	(105)
4.6	时空相对性的验证	(110)
4.7	宇宙大爆炸的佐证	(114)
5	中学物理中常见的几种假设	(119)
5.1	物理条件的假设	(119)
5.2	物理过程的假设	(127)
5.3	矢量方向的假设	(143)
5.4	临界状态的假设	(149)
5.5	极端情况的假设	(156)
6	猜想与假设在中学物理学习中的指导作用	(168)
6.1	发展想象力的有效途径	(168)
6.2	体验科学探究	(171)
6.3	深化对物理原理的认识	(175)
7	猜想与假设在中学物理解题中的应用	(180)
7.1	力学问题中的应用	(181)
7.2	电磁学问题中的应用	(208)
7.3	热学、光学问题中的应用	(223)
7.4	黑箱问题中的应用	(234)
	结束语	(249)
	参考文献	(250)



1

大胆的猜想 绝妙的假设

科学的发展与人们探索自然奥秘的思维活动有着密切的联系。面对五彩缤纷的自然景象和前人在生活、生产实践中积累的许多经验和疑问，科学家们为了解决问题，寻求答案，必须要做一些大胆的尝试，最初往往只是些试探性的猜想和假设。英国著名科学家赫胥黎(T. H. Huxley, 1825—1895)说：“一切科学都始于假设——或者说尚未证明的假设，而它们或许并且常常是错误的，但是对于在一片混沌的现象中追寻秩序的人来说，它们总比袖手旁观好。”下面就是物理学发展史上不同时期的几个著名的猜想与假设。

1.1

落体运动规律的猜想

亚里士多德猜想

在科学史上，第一个对物体的运动作过认真思考的人，大概就是古希腊伟大的思想家亚里士多德(Aristotle)了。他把运动分为两大类：自然运动和强迫运动。并认为每个物体在自然界都有自己的“天然处所”(固有位置)，如果脱离原位，就要争取返回去，这就是自然运动。天体的自然运动就是永恒地沿着圆周运动，强迫运动则是物体在受到推或拉等情况下发生的。

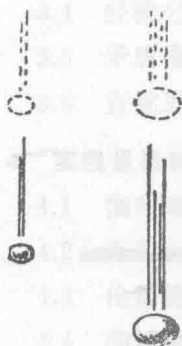


图 1.1 亚里士多德的落体观点

亚里士多德从“运动原因”出发对落体运动作出了一些猜想。他认为：宇宙有一个中心，这个中心正好与地球中心重合。如果把一块石头抛向空中，石头就要争取回到它原来在宇宙中的位置——地球上的趋势，因此石头就要下落，并且，物体下落的速度和它们的重量成正比。他作出的猜想是：重的物体落得快，轻的物体落得慢（图1.1）。

亚里士多德关于落体运动快慢的看法差不多流传了两千年。在这两千年里，虽然有人曾反对过这种看法，但都因为没有确切的实验和理论上的论证，所以并没有被人重视。

小石块的诘难

成功地打破亚里士多德错误权威的是意大利物理学家伽利略(G. Galilei)。他用一个简单的思想实验得出的佯谬^{*}，对亚里士多德的说法提出了反驳。把轻重不同的两个物体捆在一起，如果重物体比轻物体下落得快，那么当它们捆在一起下落时，由于快的物体受慢的物体的阻碍而速度减慢，慢的物体受快的物体的驱使而速度加快。其结果使得捆在一起的两个物体下落的速度一定介于原来两个物体的下落速度之间，即小于原来重物体下落的速度，大于原来轻物体下落的速度（图1.2）。但是，两个物体捆在一起不就成了一个比原来的重物体更重的物体了吗？按亚里士多德的论

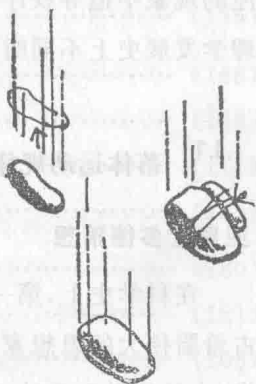


图 1.2 落体佯谬

* 思想实验：又称思维实验，是以大脑为实验室，用思维操作的实验。

断,这个物体下落的速度要比原来的重物体下落更快.这就和按照亚里士多德的理论推理出来的结论相矛盾了.由此可见,重的物体不会比轻的物体下落得更快.根据同样道理还可推知,轻的物体也不会比重重的物体下落得慢.所以,轻重不同的物体下落的速度应该是相等的.

美丽的斜塔故事:

历史上还流传着一个脍炙人口的生动故事:1590年,伽利略登上如今名扬天下的比萨斜塔(图 1.3),当众从塔顶同时放落两个不同质量的球,众人亲眼看到它们同时着地.如今,在意大利比萨的博物馆里还陈列着据说是伽利略当年用过的木球*.

在伽利略的伟大著作《关于两门新科学的谈话和数学证明》一书中还曾描写过类似的实验,他写道:“从高 200 库比特(当时意大利的长度单位,1库比特 \approx 45.7厘米——作者)的塔顶落下的铅球和乌木球,着地时前者不会比后者超前 4 英寸(1英寸=25.4毫米——作者).”

尽管对伽利略是否真的在比萨斜塔上做过落体实验还没有定论,不过,伽利略运用思想实验对亚里士多德的反驳是十分巧妙和成功的.他得出的猜测性的结论也是十分明确的.

伽利略猜想:

在破除了亚里士多德的错误观点后,伽利略转向对落体运动性质的进一步研究.

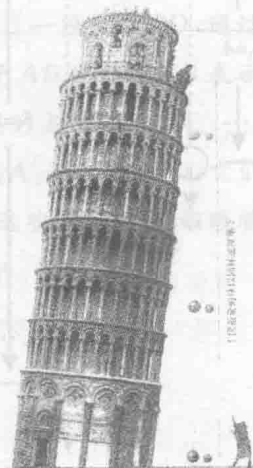


图 1.3 比萨斜塔

* 关于这段故事,现代科学史研究者大多认为不可信.但是在科学史上,荷兰力学家斯台文(S. Stevin)曾于 1586 年做过类似实验.

伽利略不从运动的原因出发,而是从如何描述运动着手.根据直观的观察,下落物体的速度总是越来越快,因此,他首先抓住“速度”这一基本特征对运动进行分类.他把物体的运动分成匀速运动和变速运动两大类,并且定义出匀速运动:“我们称运动是均匀的,是指在任何相等的时间间隔内通过同样的距离.”而对于落体运动,他从自然界“总是习惯于运用最简单和最容易的手段”的信念出发,认为落体运动速度的变化也应该以极简单和为人们十分容易理解的方式进行的.因此他最初猜想(当时也有人提出过):“落体运动的速度和所经过的距离成正比.”但他很快领悟到这一猜想的逻辑错误,因为如果真是这样,物体下落8库比特的速度将是它下落前4库比特速度的两倍,这样下落前4库比特和下落8库比特用的时间应该相同(图1.4).这显然和实际观察不符合,一个物体下落8库比特的时间总是比下落最初4库比特的时间长的.

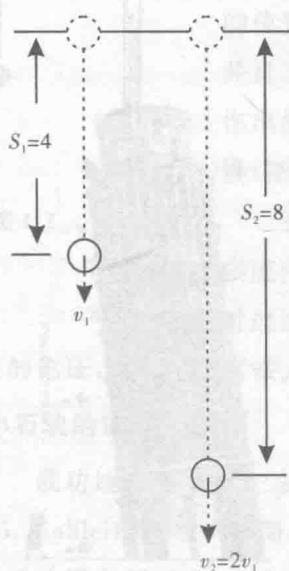


图 1.4 v 正比 S 的猜测

于是,伽利略紧接着作出一个大胆的猜想:物体下落的速度是均匀增加的.也就是说,物体下落时速度与它的运动时间成正比,因此,物体下落是一种速度均匀增加的运动.他根据这个猜想,用速度的增量 Δv 和运动时间 Δt 的比值定义出匀加速运动:“若一个物体从静止状态出发,在相等的时间内获得相等的速度增量,称这个物体的运动为匀加速运动.”物理学史上曾把加速度的单位 cm/s^2 称为“伽”,正是因为纪念伽利略的缘故.

巧妙的论证

伽利略清楚地认识到,直接从速度的变化去判定运动的性质较为困难,他转而去寻找物体通过的距离和运动时间的关系,并利用图

解法巧妙地证明了：一个从静止出发做匀加速运动的物体，在某段时间内经过的距离跟时间的平方成正比，即 $S \propto t^2$ （参见附注）。如果下落物体也做匀加速运动，那么它所通过的距离一定也应跟时间平方成正比。接着，伽利略就设计了“冲淡重力”的斜面实验，成功地验证了他对落体运动所作出的大胆猜想（参见第4章）。

附注：伽利略关于匀加速运动中 $S \propto t^2$ 的证明

假设某一物体由 C 点静止出发匀加速地通过一段距离 CD ，通过这段距离所用的时间用线段 AB 表示。作垂直于 AB 的线段 EB 表示这段时间的末速度。连接 AE ，并从 AB 上等距离的点 (A_1, A_2, A_3, \dots) 引出平行于 BE 而终于 AE 上的线段 $(A_1A'_1, A_2A'_2, A_3A'_3, \dots)$ ，它们都表示了经相等时间后的速度数值（图 1.5）。这些速度数值都跟物体从 A 落到 A_1, A_2, A_3, \dots 的时间成正比的，即

$$\frac{A_1A'_1}{t_1} = \frac{A_2A'_2}{t_2} = \frac{A_3A'_3}{t_3} = \dots,$$

或者

$$v \propto t. \quad \textcircled{1}$$

由于物体做匀加速运动时，速度是连续地每时每刻在增大。要把各个不同时刻的速度都表示出来，必须想象从 AB 上各点引出无限多条逐渐加长的平行线段（图 1.6）。这样，三角形 AEB 的面积就代表了在 AB 这段时间内通过的距离 S 。由图 1.6 中还很容易看出，一半运动时间的速度大小（线段 OI ）正好等于初速度（为零）和末速度大小（线段 BE ）的平均值。以这个平均值在同样时间内做匀速运动通过的距离（矩形 $ABFG$ 的面积）和初速为零的匀加速运动通过的距离（三角形 ABE 的面积）相等。即

$$S = vt = \frac{1}{2}vt. \quad \textcircled{2}$$

于是由 ①、② 两式立即可得到 $S \propto t^2$ 的结论。

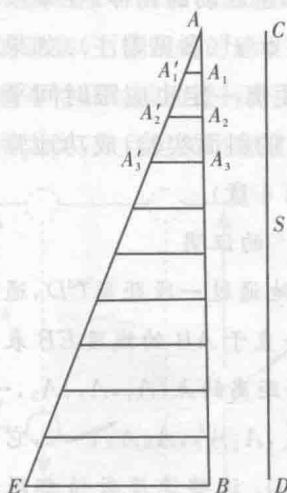
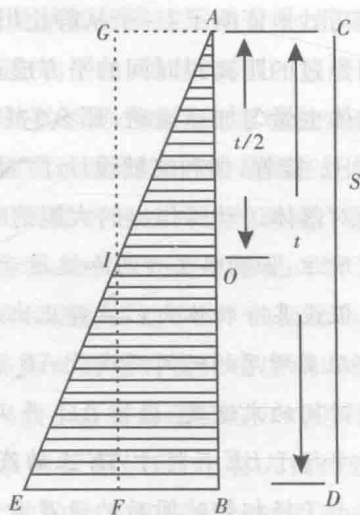
图 1.5 $v \propto t$ 的图解

图 1.6 初速为零的匀加速运动的距离

1.2

天体引力的平方反比假设

天体引力的早期假设

哥白尼—开普勒的太阳系模型已描绘出一幅众天体环绕太阳运动的壮丽图景. 那么, 到底是什么原因使众天体如此依依不舍不肯远离太阳呢? 在波兰天文学家哥白尼(N. Copernicus)提出太阳系模型后不久, 英国医生吉尔伯特(W. Gilbert)根据他对磁体间相互作用力的研究, 猜测行星是依靠着从太阳发出的像轮辐一样的磁力维系着绕日运动的, 其强度则随着离太阳距离的增大而减弱. 这就是引力思想的萌芽. 后来, 德国的开普勒(J. Kepler)在发现行星运动定律过程中, 已清楚地意识到太阳有一种力支配着行星的运动, 但他认为这个力的大小和行星与太阳的距离成反比.

从 17 世纪中期起, 普遍萌发试图从动力学角度解释天体运动的