

名师大讲

高中物理

谷明杰 著

解题思路 16 讲

特级教师 教学经验完全总结

轻松解题 思维技巧精析精讲

经典训练 印证理论吃透方法

谷明杰

南开中学物理特级教师，天津师范大学兼职教授。享受国务院津贴的基础教育专家。从事高中物理教学三十八年，有丰富教学经验，特别是在培养物理特长生方面成绩卓著，培养出七名同学入选国家物理奥林匹克竞赛集训队，两名同学获国际物理奥林匹克竞赛金牌；获天津市一等奖的学生人数近百人。撰写出版有多部教辅读物。

选题策划·李勃洋
责任编辑·霍文丽
装帧设计·张丽丽

ISBN 7-5309-4739-7

G·3980 定价:9.50元

ISBN 7-5309-4739-7



9 787530 947395

名师大讲坛

高中物理

谷明杰 著

解题思路 16 讲



天津教育出版社
TIANJIN EDUCATION PRESS

图书在版编目(CIP)数据

高中物理解题思路 16 讲/ 谷明杰著. —天津: 天津教育出版社, 2006. 9

(名师大讲堂)

ISBN 7-5309-4739-7

I. 高... II. 谷... III. 物理课—高中—解题
IV. G634. 75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 079843 号

高中物理解题思路 16 讲

出 版 人 肖占鹏

选题策划 李劲洋

作 者 谷明杰

责任编辑 霍文丽

装帧设计 张丽丽

出版发行 天津教育出版社

天津市和平区西康路 35 号

邮政编码: 300051

经 销 全国新华书店

印 刷 廊坊市科通印业有限公司

版 次 2006 年 9 月第 1 版

印 次 2006 年 9 月第 1 次印刷

规 格 32 开(890×1240 毫米)

字 数 145 千字

印 张 7.125

印 数 1-5000

书 号 ISBN 7-5309-4739-7 / G·3980

定 价 9.50 元

(代前言)

物理学是研究自然界里物质运动一般规律及物质间相互作用的一门学科.我们研究它们的规律特征就必须在头脑中对物理现象、物理过程反复加工、合理改造、去粗取精,在头脑中形成清晰的图景并使感性认识上升到理性认识.这个过程就是我们所说的物理的理性思维.在长期的物理学发展和研究中已经形成了一整套完善的物理思维方法.

1. 学习掌握理性思维方法至关重要

纵观物理学发展史,大师们绝妙的构思、精巧的设计,一次次使我们赞叹:伽利略打破亚里士多德关于“力是维持物体运动”这一观念,在于他在斜面小车的实验中引入理想模型并利用极推方法,把斜面的倾角极推至无限小(至零);在电磁场理论的建立过程中,麦克斯韦巧妙地使用类比方法,在电流连续性的基础上引入位移电流并从而提出“变化的电场产生磁场”这一重要论点,进而建立麦克斯韦方程组;在近代物理学发展中这种事例更多,当物理学的“两朵乌云”(原子结构与光谱问题)使物理学发展陷入窘境时,丹麦物理学家玻尔突破原有的经典物理的范畴,提出能级跃迁、能级分立、量子化轨道等崭新的理念(科学假论),促使物理学的发展步入更高的境界.总之,一个思维方法的创新和突破常常会诱发一个新理论的发现,它对物理学的发展至关重要.对于同学们的发展和学也同样是这样的.我们强调掌握研究问题的方法并非不重视知识的学习和积累.“无知者必无能、无知者必无法”,这两者是密切相关联的.但是单纯的知识是显性的,一般地说,出现漏洞和不足也比较好发现和弥补;而方法是隐性的,它的形成需要一个较长时间,在日常学习中,通过“渗透——积累——重复——内化”这样一个漫长的过程才能成为自然的一部分.相比而言,掌握良好

的思维方法、形成好的思维习惯比单纯掌握知识更有价值。爱因斯坦说过,什么是教育,应该是学校中所学的知识都忘掉后,脑子里所留下的东西。我想他所指的就是思维能力和思维方法。

前些年我曾经给直接升入高中学习的一部分初中毕业生开过一点物理课,我并没有讲更多高中新知识,而是重点讲述了一些思维方法。其中我结合求重心的问题讲了挖补法,随后我给出了一道高二静电场中的问题。(如右图示,



一个带有很小缺口的均匀带电圆环,电荷线密度为 λ , 圆环半径为 r . 现在圆环中心固定一个点电荷 Q , 求该电荷所受力 F .) 让同学们考虑一下回答。一会儿,一位女同学举手要求回答。她很好地利用了补偿的思想(即把小缺口补上使之变成完整的带电圆环),思路完全正确。当然她也明确地说,由于不知道点电荷之间作用力的具体规律,所以不会计算。当我把有关点电荷间相互作用的库仑定律告诉她后,她很快得出结论。(这个女孩子叫刘媛,1997年她经全国物理竞赛决赛入选国家队并于1998年在冰岛举行的国际中学生物理奥赛中获得金牌。)这个实例说明了思维方法的掌握对我们的物理学习是多么重要。一个学生,他的潜能绝不只在于早接触多少别人尚未接触的新知识,更重要的是他的思维品质的优劣,是他的头脑中能够用于创新的有价值的思维方法。

2. 同学们缺少的正是研究物理问题的思维方法

在我长期教学生活中(像刘媛这样的学生是极少数的),相当多的学生都在说:物理很有趣,物理很难学,课听得懂,题不会做,不知从哪儿入手,遇到问题,不知从何处思考。为什么会这样呢?毋庸置疑的是,这里有物理学科的自身特点:用为数不多的定理定律、极精辟的语言揭示了缤纷变化的物质世界的运动规律,有着极深刻的内涵和极丰富的外延。物理问题的灵活性、多变性、复杂性,令人眼花缭乱。这是致使同学们思维受阻的重要原因。就像过河需要桥和船一样,为使思维过程由受阻变得畅通,就需要有一定的研究方法。教学实践表明,同学们所缺少的正是研究物理问题的思维方法。下面仅举几个教学中的实例。

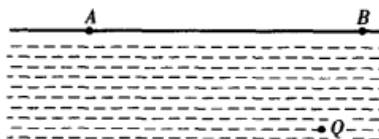
例 1

小明的同班同学告诉他:欧洲某地曾发生过一次激烈的战斗,在临近战场的一个小村落却没听到枪炮声,而离战场较远处却听得非常清楚.小明对此将信将疑.请你帮助小明分析一下,该情况是否可能发生,为什么?

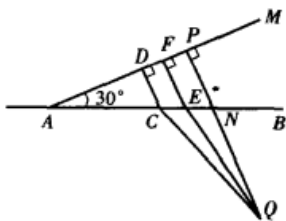
该题出在实验班入学试题中,当时不少同学很茫然.实际上声波的传播与光的传播在不均匀介质中都遵循折射定律.光在不均匀介质中传播,可以弯曲至出现海市蜃楼,声音在不均匀介质中传播当然也会出现上述现象.同学们思维受阻的原因,在于不善于将光学的“折射”现象与上述声学现象进行比较分析.

例 2

图中 AB 所示为湖岸边:现有一小孩在湖中 Q 点溺水,某人在湖岸边 A 处.该人在岸上跑步速度是他在 水中游泳速度的 2 倍.试用作图法找出该人应从岸上哪点入水,才能尽快到达 Q 点.



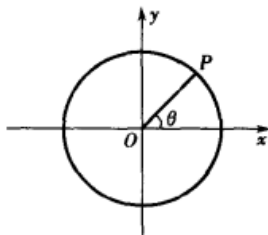
这也是到我校实验班入学试题.本题的关键在于把人在河岸上的运动的时间用在水中游泳的时间等效替代.本题解法很多,就作图而言,具体作法是:过 A 点作直线 AM 与 AB 成 30° .设人沿河岸跑到 C 点后即入水,过 C 点作 AM 的垂线交



AM 于 D ,由图知 $AC = 2CD$.由于人在河岸上速度是在水中速度的 2 倍,因此人在 AC (岸上)的运动时间与人在 DC (水中)运动时间相等,所以人由 $A \rightarrow C \rightarrow Q$ 的用时可由 $\frac{(CD + CQ)}{v_{\text{水}}}$ 表示.将时间长短的比较,转化为图中两段折线(如 $CD + CQ$ 与 $EF + EQ \cdots$)长度的比较,显然 NP 与 NQ 之和最短,即人应沿河岸跑到 N 点再入水所用时间最短.

例 3

今有一平行纸面的匀强电场,现在纸面内建立一个以 O 为圆心,半径 $r = 5 \text{ cm}$ 的圆.如果在圆上任取一点 P .设 OP 与 x 轴夹角为 θ ,则 P 点的电势 Φ 可表示为 $\Phi = 50\cos(\theta - 30^\circ) + 10$ (V),试求该电场的场强 E 的大小和方向.



这是静电场一章的测试题.不少同学看不明白题,不理解题意,因而也就无从下手,其思维受阻的关键还是缺少方法.华罗庚先生说过,当你问题还看不清楚时,要足够地退,直至退到能够看清楚.如采用这种方法思考问题,程序如下:原问题看不清,那么 $\Phi = 50\cos\theta$ 你是否能看清呢?进而 $\Phi = 50\cos(\theta - 30^\circ)$,你是否能看清呢?再进而 $\Phi = 50\cos(\theta - 30^\circ) + 10$ (V).按照这个程序分析问题就容易多了.

($E = 1\,000 \text{ V/m}$,沿着与 x 轴成 30° 的方向)

上面所举三例,并非难题,从中见斑窥豹,我们可以看出,同学们之所以求解问题时思维受阻,很多并不属于知识不够,症结常在于缺少良好的思维方法.良好的思维方法不仅可以使我们找到过河的桥和船,而且对优化解题过程也是十分有益的.

例 4

甲、乙两小球从同一位置先后以 30 m/s 的速度竖直上抛,乙球上抛时间滞后甲球 2 s ,求两小球何时何处相遇.

这是一道很常见的运动学问题,其解法有多种:图象法、相对运动的方法、分析法、全过程法.但其中最简单的莫过于对称法,即利用上升阶段和下落阶段两次经过同一位置的速度大小相等、方向相反.故有

$$-(v_0 - gt) = v_0 - g(t - 2)$$

解之,易得 $t = 4(\text{s})$.

许多同学在学习时往往只将着眼点放在具体题目的求解上,一味地套用公式,不善于思考,不知道应如何想问题,遇到稍有一

些思维深度、开放性较强、富于创造性的问题就束手无策。实际上从同学们长远发展和素质提高的角度而言,具体问题的具体求解绝不会比掌握良好的思维方法、形成良好的思维习惯更重要,后者考虑的是如何入手研究问题,如何对问题进行基本的、整体的方向性研究。

总之,在学习中渗透思维方法的掌握和学习是同学们长远发展的需要,也是创新教育的需要,本书就是在这样一种思想驱动下构思完成的,并将它分成16个不同的方法。应该说明的是:这些方法是互相联系、互相渗透的,而不可能截然分开。我们分别对各种解法冠以“等效法”“图象法”“补偿法”“演绎法”等名称,都只是为了叙述方便,以强调某个侧面;我们掌握的不是这些方法的名称,而是其实质内容,掌握并灵活运用这些方法解决问题才是我们的目的。

祝愿本书能帮助你在学习中变得更有灵性、更自信、更具有创新精神。

CONTENTS

第1讲	推理演绎和递推归纳	001
	专题训练(一)	012
第2讲	物理模型法	014
	专题训练(二)	028
第3讲	联想、类比、迁移	031
	专题训练(三)	046
第4讲	猜想和假设	049
	专题训练(四)	061
第5讲	等效法	063
	专题训练(五)	077
第6讲	补偿法	080
	专题训练(六)	090
第7讲	对称法	093
	专题训练(七)	102
第8讲	图象法	105
	专题训练(八)	117
第9讲	整体法和隔离体法	122
	专题训练(九)	134
第10讲	极端思维法(极推法)	137
	专题训练(十)	149

第11讲	逆向思维法	152
	专题训练(十一)	163
第12讲	分析法和综合法	165
	专题训练(十二)	174
第13讲	微元法	177
	专题训练(十三)	187
第14讲	独立作用和叠加原理	190
	专题训练(十四)	199
第15讲	矢量作图法	202
	专题训练(十五)	209
第16讲	其他方法	211
	专题训练(十六)	217

第1讲 推理演绎和递推归纳

001

第1讲 推理演绎和递推归纳

内容精要

演绎和归纳是两种不同的逻辑推理形式.演绎推理是由一般到特殊,这种方法常称为“三段论”.是传统的物理教学和解题中最常用的方法之一,只要推理前提正确,推理演绎的形式符合逻辑关系,那么就可由已知推可知,由可知求未知.与之相反,归纳推理是由特殊到一般,在物理学发展中这种方法占有重要地位,它对于发现规律进行科学探究有重要意义,特别是当今创新教育中要引起重视.

在一般关于形式逻辑的文献中均可找到如下叙述:由若干判断推知另一判断的过程,叫做推理.依照推理的前提和结论联系的性质不同,可分为演绎推理和归纳推理.

演绎推理是一种与归纳推理相对的研究方法.归纳推理是由特殊到一般而演绎推理则是由一般到特殊.

(一)推理演绎

我们先看一下什么是推理演绎.其实很简单.例如:众所周知万有引力存在于万物之间,则地球与月球之间当然也存在;能量守恒和转化定律是自然界中最基本定律之一,当然这种关系也适用于电磁感应现象之中.这就是演绎推理.下面看个具体例子:

例1

如图1-1所示的装置,现处于平衡状态,其中 m_0 和 m 分别表示托盘和物块的质量,此时弹簧伸长量为 l .今向下将托盘拉伸,使之再伸长 Δl (不超过弹性范围),则释放后瞬



图1-1

时托盘对物块的支持力应等于()

A. $\left(1 + \frac{\Delta l}{l}\right)(m + m_0)g$

B. $\frac{\Delta l}{l}mg$

C. $\left(1 + \frac{\Delta l}{l}\right)mg$

D. $\frac{\Delta l}{l}(m + m_0)g$

解析 显然上述答案是针对 Δl 的一般情况而言的, 依据演绎推理: 若一般情况成立, 特殊情况也应成立. 取 $\Delta l = 0$, 显然对物块的支持力应为 mg . 可见 A、B、D 都不成立, 只有 C 正确.

推理演绎法是物理教学和解题中最常用的方法之一. 它是从物理学的一般原理、定律或基本概念出发, 根据题目的具体条件推出新结论的一种逻辑思维方法. 这种方法常被称为“三段论”(它包括大前提、小前提和结论). 依据这种方法, 只要推理的前提是正确的, 推理演绎的形式符合逻辑关系, 那么即可由已知推出可知、由可知推求得未知, 并且推出的结论必然也是可靠的.

例 2

一无限长圆柱, 偏轴平行地挖出一个圆柱形空腔, 两圆柱轴间相距 $OO' = d$, 如图 1-2. 用“×”表示两圆柱间存在的均匀磁场方向, 且 $B = kt$. 现在空腔中放一个与 OO' 成 60° 长为 L 的金属棒 $aO'b$. 求沿棒的电势差 V .

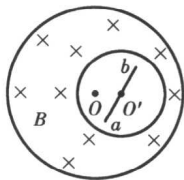


图 1-2

解析 首先根据叠加原理, 空腔内可视为 B 和 $-B$ 两个等大、反向磁场的叠加. 这样空间就可视为存在两个磁场, 其一是以 O 为中心的完整的圆形磁区(B); 其二是以 O' 为中心(空腔内的)磁区($-B$).

根据电磁感应理论: 变化的磁场在其周围将产生涡旋电场. 从这个基本原理出发, 结合本题的具体情况可知: 空腔中(任意一点) P 点的涡旋电场应为两个涡旋电场的叠加, 即以 O 为中心的变化磁场 B 在 P 点产生的涡旋电场 E_1 和以 O' 为中心的变化磁场 $-B$ 在 P 点产生的涡旋电场 E_2 , 这两个电场的叠加.

其中 $E_1 = \frac{r_1}{2} \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t}$, 方向与 r_1 相垂直,

$E_2 = \frac{r_2}{2} \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t}$, 方向与 r_2 垂直. 如图 1-3

所示.

利用三角形相似关系易求知:

$E_P = \frac{d}{2} \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t}$, 方向与 OO' 相垂直.

经上述推理演绎我们得到一个新结论,

即:

空腔内存在一个方向垂直 OO' 的匀强电场, 其大小为 $E = \frac{d}{2} \cdot k$.

故金属棒两端电势差为

$$V = EL \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{4} Ldk.$$

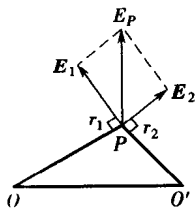


图 1-3

例 3

如图 1-4 所示, A 、 B 两点相距为 L . 在 A 、 B 两点分别固定两个不等量的点电荷 Q_A 和 Q_B , 现以 L 为直径画出半圆弧, 试求此圆弧上电势最低点的位置.

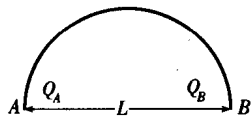


图 1-4

解析 该题可以由点电荷电势 ($\phi = K \frac{Q}{r}$) 叠加后求极值求解,

这样做的弊病之一是所用公式明显超出高中课本要求且求解较繁;其二,数学味太重. 本题若从静电场的最基本的规律出发,采用演绎推理的方法求解,思路将十分清晰. 逻辑推理过程如下:

设圆弧上 P 点的电势最低 $\rightarrow$ 则检验电荷 $+q$ 在该点的电势能将最小 (较圆弧上各点而言) $\rightarrow$ 则将 $+q$ 电荷从圆弧上其他点移至 P 点的过程都必有电场力做功 $\rightarrow$ 那么 $+q$ 在圆弧上其他各点所受库仑力 (合力) 都必有指向 P 点的切线分量 (如图 1-5 所示) $\rightarrow$ 则 $+q$ 在 P 点所受库仑力 (合力) 必无切线分量即作用线 (延长线) 过圆心 O , 这是 $+q$ 在 P 点的受力特点.

本题具体计算如下:

设 PA 与 AB 夹角为 θ ,

$$\text{则 } \tan \theta = \frac{F_B}{F_A},$$

依库仑定律:

$$F_A = K \frac{Q_A q}{(L \cos \theta)^2}, F_B = \frac{K Q_B q}{(L \sin \theta)^2},$$

$$\text{故 } \tan \theta = \frac{Q_B \cos^2 \theta}{Q_A \sin^2 \theta},$$

$$\text{即 } \tan^3 \theta = \frac{Q_B}{Q_A}, \tan \theta = \sqrt[3]{\frac{Q_B}{Q_A}}.$$

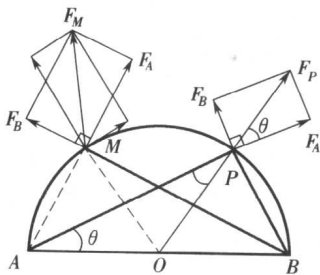


图 1-5

物理教学大纲中明确提出要注重培养同学们运用数学工具的能力.这个能力不仅仅是指运算的能力,更重要的应该是运用数学工具进行演绎推理的能力.数学是一门演绎的科学,数学演绎推理几乎渗透于所有物理解题的具体过程之中.

例 4

如图 1-6 所示,设湖岸 MN 为一直线,有一小船自岸边的 A 点沿与湖岸成 $\alpha = 15^\circ$ 方向匀速向湖中驶去.同时有一个人自 A 点出发,他先沿岸走过一段,再入水游泳去追船.已知人在岸上走的速度为 $v_1 = 4 \text{ m/s}$,在水中游泳速度为 $v_2 = 2 \text{ m/s}$.试求船速至多为多少,此人才能追上船?

解析 此题求解方法很多,如图象法、等效法等.而同学们最容易想到的则是数学演绎法.

设船出发后历时 t 被人追上,则船在这段时间内位移为 $s = vt$,设在岸上走的时间为 kt ($k < 1$),岸上位移 $s_1 = kv_1 t$;人在水

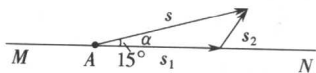


图 1-6

中游泳时间为 $(1-k)t$,水中位移为 $s_2 = (1-k)v_2$.该三段的位移恰组成图 1-6 所示的封闭三角形.由余弦定理有:

$$s_2^2 = s^2 + s_1^2 - 2ss_1 \cot 15^\circ.$$

将上述函数关系代入,整理得:

$$4(1-k)^2 = 16k^2 + v^2 - 8kv \cot 15^\circ,$$

$$\cot 15^\circ = \sqrt{\frac{1 + \cot 30^\circ}{2}} = \frac{\sqrt{3} + 1}{2\sqrt{2}}, \text{代入上式得:}$$

$$12k^2 - [2(\sqrt{6} + \sqrt{2})v - 8]k + (v^2 - 4) = 0.$$

上式关于 k 的二次方程, k 必为实数根,故应有:

$$[2(\sqrt{6} + \sqrt{2})v - 8]^2 - 48(v^2 - 4) \geq 0.$$

解之得: $v \leq 2\sqrt{2} \text{ m/s}$ 或 $v \geq 2\sqrt{2}(\sqrt{3} + 1) \text{ m/s}$ (舍去).

即要使人能追上船,则船速不能超过 $2\sqrt{2} \text{ m/s}$.

数学是推理演绎物理问题的重要工具,但是要注意数学演绎所得结论的物理意义.一般物理解题过程是一个根据题意建立物理模型,再由所遵循规律写出能被数学接受的物理方程的过程.经数学推演求得的数学结论最后还应还原为物理结论,所以要培养根据物理意义对演绎结果进行分析判断的能力.

例 5

一个电子以速率 v 在纸平面内做匀速圆周运动,其向心力由垂直纸面向里的匀强磁场提供,又若从某时刻开始磁场随时间均匀增强, $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ = 恒量.那么,电子运动状态(速率、半径、周期)将如何变化?

解析 由图 1-7 所示,可知电子必按顺时针运动,并满足

$$\frac{mv^2}{r} = Bqv, \quad \frac{mv}{r} = Bq.$$

从某时刻开始,由于磁场均匀增强,则产生涡旋电场,并对电子进行加速.

$$E_{\text{涡}} = \frac{r}{2} \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t},$$

$$a_{\text{切}} = \frac{E_{\text{涡}} \cdot q}{m} = \frac{q \cdot r}{2m} \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t}.$$

故经很短时间 Δt , 线速度的增量为 Δv ,

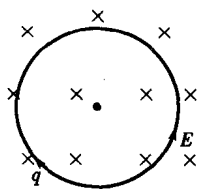


图 1-7

$$\Delta v = a_{\text{切}} \cdot \Delta t = \frac{qr}{2m} \cdot \Delta B. \quad ①$$

可见电子速率 v 将增加,但是 r 和 T 如何变化仍不能判定.
设 r 不变,则应有:

$$m \frac{(v + \Delta v)^2}{r} = q(B + \Delta B)(v + \Delta v),$$

$$m \frac{(v + \Delta v)}{r} = q(B + \Delta B). \quad ②$$

依②式可推知: $\frac{m(v + \Delta v)}{r} = Bq + q \cdot \Delta B.$

但若将①式代入,则有 $\frac{m(v + \Delta v)}{r} = Bq + \frac{q}{2} \cdot \Delta B. \quad ③$

将③式与②式比较,显然 $q(B + \Delta B) = q\left(B + \frac{\Delta B}{2}\right)$, 这是十分荒谬的. 上述推理演绎的数学结论告诉我们:

①半径 r 不变化是不可能的.

②由于 $Bq + \frac{q}{2} \cdot \Delta B < Bq + q \cdot \Delta B$, 即由于磁场增强所提供的洛伦兹力, 大于电子由于速率增大所需的向心力, 故电子运动将出现向心现象, 半径 r 减少.

③周期 $T = \frac{2\pi r}{v}$ 将变小.

(二) 递推归纳

当所研究的问题中涉及相关联的物体较多, 而且相互之间的作用有一定规律时, 应根据题目的特点, 从某次具体作用开始应用递推的方法并最终得到一般情况的关系式. 任何规律的总结都离不开归纳, 如果说推理演绎是讲如何利用规律解决具体问题, 那么递推归纳, 则是在发现规律, 在创新教育中这种方法应更多倡导.

让我们研究几个递推归纳的实例.

例 6

如图 1-8 所示, 电路中接有 50 只安培表和 50 只规格相同的伏特表. 现已知 A_1 和 A_2 的读数分别是 I_1 和 I_2 , 又知伏特表