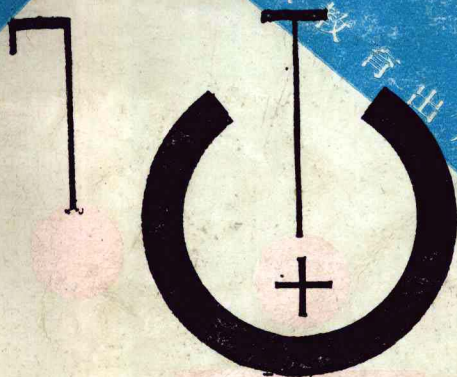


高中物理发散思维训练

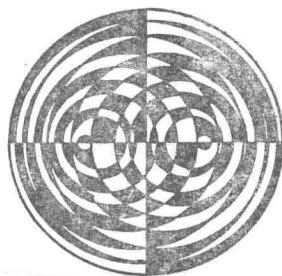
437501

GAOZHONGWULIFASAN
SIWEIXUNLIAN

安徽教育出版社



高中物理发散思维训练



安徽教育出版社

高中物理发散思维训练
安徽教育出版社出版
(合肥市金寨路283号)

安徽省新华书店发行 繁昌县印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 9.75 字数: 190,000

1990年10月第1版 1990年10月第1次印刷

印数: 1—8300

中国标准书号: ISBN7-5336-0509-8/G·990

定价: 3.10元

前 言

思维是人类认识世界、改造世界的最重要的主观能源。恩格斯曾经指出，思维是宇宙中的物质“运动的基本形式”之一，是“地球上的最美花朵”。

培养与发展学生的思维能力，这是《中学物理教学大纲》所规定的基本任务之一，大纲指出：“在物理教学过程中，应该通过概念的形成，规律的得出，模型的建立，知识的应用……培养学生的分析、概括、抽象、推理、想象等思维能力。”怎样发展学生的这些思维能力呢？这就要求在物理教学中，重视培养学生的思维品质。思维品质主要包括思维的敏捷性、灵活性、深刻性、独创性和批判性五个方面。

发散性思维的概念是美国心理学家吉尔福特首先提出的。按照吉尔福特的见解，发散思维，应看作是一种推测、发散、想象和创造的思维过程，它要求从同一问题中产生出各种各样的、为数众多的问题，在处理问题中寻找多种多样的正确途径，其含义就是求异、求得多解的意思。发散思维的实质还在于“迁移”。灵活性越大，发散思维越发达，越能多解，多解的类型就越完整，组合分析的交结点也就越多，说明迁移过程就越显著。“举一反三”就是高水平的发散，它正是来自于思维材料与知识的“迁移”。

从以上认识出发，我们认为，在物理教学中培养与发展学生的发散性思维能力，对于学生打好基础、发展能力具有特殊

重要的意义。为此，我们编写了这本发散性思维训练，作为中学物理教学改革的一次有益的探索。

本书按照教学大纲的要求，对中学物理课本中的一些重、难点知识，逐章选择一些有代表性的典型问题，从不同的角度，用多种方法来分析、解决，并就知识的深广度进行扩充和延伸。每一个例题都配置了若干个发散性问题，以期训练学生能用多种方法，从不同的思路来考虑同一物理问题，从而能够对物理问题作全面而灵活的综合分析，提高运用物理规律分析问题的自觉性，以发展概括与“迁移”能力。为了帮助学生开拓思路，灵活运用中学物理概念与规律来思考问题，本书还按知识点作了简要提示，并在每章后配置了若干训练题，作为对本书中的例题以及课本中的习题进行发散练习。

本书旨在向普通高中、中等专业学校学生提供学习物理的辅助读物，亦可供社会青年自学高中物理时参考。对于中学物理教师，也是一本较好的参考资料。

参加本书编写的有王兴桃、戚盛强、陈繁龙、何润伟同志。

编写这类参考书，是一种新的尝试，难免存在缺点与错误，欢迎读者批评指正。

目 录

第一章 匀变速直线运动与抛体运动	1
1.1 匀变速直线运动的基本规律	1
1.2 抛体运动	9
习题	14
第二章 力 物体的平衡	18
2.1 共点力作用下物体的平衡条件	18
2.2 有固定转动轴的物体的平衡条件	21
习题	28
第三章 运动定律	31
3.1 牛顿第二运动定律	31
3.2 超重和失重现象	41
习题	44
第四章 功和能	50
4.1 动能定理及其应用	50
4.2 机械能守恒定律	57
习题	64
第五章 动量	68
5.1 动量定理	68
5.2 动量守恒定律	73
习题	82
第六章 机械振动和机械波	87
6.1 简谐振动条件及周期公式	87

6.2 振动过程中的能量	93
6.3 振动图象和波动图象	95
习题	96
第七章 气态方程	99
7.1 气体的状态参量及其单位换算	99
7.2 气体实验定律与状态方程的应用	102
习题	119
第八章 分子运动论 内能	124
8.1 分子运动论基础	124
8.2 分子运动论与气体的性质	130
8.3 分子运动论与固体、液体的性质	134
8.4 内能 能的转化与守恒定律	138
8.5 内能与物态变化	143
习题	147
第九章 静电场	149
9.1 两种电荷及电荷间的相互作用	149
9.2 电场的力的性质和能的性质	154
9.3 带电粒子在电场中的运动	160
9.4 电容器的电容和电容器的连接	164
习题	167
第十章 稳恒电流	172
10.1 欧姆定律 电阻定律 焦耳定律	172
10.2 电源电动势 闭合电路的欧姆定律	177
10.3 有关电路实验的研究	187
习题	191
第十一章 电磁现象	198
11.1 磁场对电流的作用	198
11.2 磁场对运动电荷的作用	204

11.3	感生电流的方向	211
11.4	法拉第电磁感应定律	215
	习题	224
第十二章	交流电	231
12.1	交流电的变化规律	231
12.2	交流电路	234
12.3	变压器及远距离输电	238
	习题	244
第十三章	电磁振荡和电磁波	248
13.1	电磁振荡	248
13.2	电磁波	252
	习题	256
第十四章	光的反射和折射	258
14.1	光的反射 平面镜 球面镜	258
14.2	光的折射 全反射 棱镜	261
14.3	透镜成像规律	268
14.4	光学仪器	274
	习题	276
第十五章	光的二象性	280
15.1	光的波动性	280
15.2	光的粒子性	282
	习题	287
第十六章	原子结构和原子核	289
16.1	原子核式结构模型	289
16.2	玻尔的原子理论	294
16.3	原子核的衰变和人工转变	293
16.4	原子核的结合能	298
	习题	302

第一章 匀变速直线运动与抛体运动

本章研究匀变速直线运动的基本规律，在学习运动的合成与分解的基础上，进一步分析抛体运动的问题。

1.1 匀变速直线运动的基本规律

匀变速直线运动的基本规律揭示了物体的即时速度、位移同初速度、加速度以及运动时间的关系。自由落体和竖直上抛物体的运动是匀变速直线运动的特殊情况，在这两类运动中，加速度的大小是重力加速度。

✓【例1-1】 一个物体做初速度为零的匀加速直线运动，在第5秒内通过的路程是27米。求头9秒内和第9秒内通过的路程。

【解析】 本题的关键是要求出运动物体的加速度 a 。

物体在第5秒内通过的路程是27米，即

$$\begin{aligned} s_5 &= s_5 - s_4 \\ &= \frac{1}{2} a(5)^2 - \frac{1}{2} a(4)^2 = 27(\text{米}) \end{aligned}$$

解得 $a = 6\text{米/秒}^2$ 。

物体在头9秒内通过的路程

$$\begin{aligned} s_9 &= \frac{1}{2} at^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 6 \times 9^2 = 243(\text{米}) \end{aligned}$$

物体在第9秒内通过的路程

$$S_{\text{II}} = s_0 - s_8$$

$$= \frac{1}{2} \times 6 \times 9^2 - \frac{1}{2} \times 6 \times 8^2 = 51(\text{米})$$

✓ **【发散1】** 小球从斜面的顶部无初速下滑，通过最后的13.5厘米路程所用的时间是通过全程所用时间的 $\frac{1}{5}$ ，求斜面的长度。

【解析】 小球从斜面上作无初速的下滑运动，显然是匀加速直线运动。设加速度为 a ，通过全程所用的时间为 t ，根据题意，可得方程

$$\frac{1}{2} a \left(5 \times \frac{t}{5} \right)^2 - \frac{1}{2} a \left(4 \times \frac{t}{5} \right)^2 = 13.5(\text{厘米})$$

根据这个方程，可以求得 $at^2 = 75(\text{厘米})$ 。斜面的长度(L)就是小球在时间 t 内通过的全程(s)，所以

$$L = s = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \times 75(\text{厘米}) = 37.5(\text{厘米}).$$

✓ **【发散2】** 假如你站在地铁站台上，靠近第一节车厢的前端，列车起动后，经4秒钟第一节车厢从你面前通过。那么，前四节车厢从你面前通过需要多少时间？（假设在你观察的这段时间中，列车作匀加速直线运动，每节车厢的长度相同）

【解析】 设每节车厢的长度为 L ，列车运动的加速度为 a ，由题意 $L = \frac{1}{2} a(4)^2$ ，可得 $L = 8a$ 。设通过前四节车厢共需时间 t 秒，则

$$4L = \frac{1}{2} at^2$$

$$t = \sqrt{\frac{8L}{a}} = 8(\text{秒})$$

在讨论初速度为零的匀加速直线运动时，能够证明，有下列规律可以应用：

(1) 在头1秒内、头2秒内、头3秒内……通过的路程之比为 $s_1 : s_2 : s_3 : \dots = 1^2 : 2^2 : 3^2 : \dots$ 。

(2) 第1秒内、第2秒内、第3秒内……通过的路程之比为 $s_I : s_{II} : s_{III} : \dots = 1 : 3 : 5 : \dots$ 。

(3) 运动开始后，通过路程 s 、 $2s$ 、 $3s$ 所需的时间之比为 $t_1 : t_2 : t_3 : \dots = 1 : \sqrt{2} : \sqrt{3} : \dots$ 。

(4) 运动开始后，通过相等的第一段路程、第2段路程、第3段路程所需的时间之比为 $t_I : t_{II} : t_{III} : \dots = 1 : (\sqrt{2} - 1) : (\sqrt{3} - \sqrt{2}) : \dots$ 。

有兴趣的读者，可以运用上述规律解答例2-1及其发散1和2，便会发现，按上述规律，用比例法解题是十分方便的。但必须注意应用的条件只限于初速度为零的匀加速直线运动。

【例1-2】 竖直向上射出的箭，初速度是35米/秒，若不计空气阻力，箭上升的最大高度是多少？从射出到落回原地，共需多少时间？

【解析】 箭的初速度 $v_0 = 35$ 米/秒，竖直向上射出后，箭作匀减速运动，加速度 $a = -g = -9.8$ 米/秒²，到达最高点时，末速度 $v_t = 0$ ，由 $v_t^2 - v_0^2 = 2as$ ，可得箭上升的最大高度

$$H = \frac{v_0^2}{2g}$$

不计空气阻力时，箭上升与下落的时间相等，所以运动所需的总时间

$$t = 2 \frac{v_0}{g}$$

请读者自己代入数值进行计算。

【发散1】 气球以 2 米/秒^2 的加速度，从地面开始匀加速坚直向上升起，运动 7 秒钟后，气球下系重物的绳子忽然断了，若不计空气阻力，求绳断后重物离地面的最大高度。

【解析】 分析本题的关键是绳子断后，重物将以绳断时的即时速度作为初速度，继续作坚直上抛运动，而不是作自由落体运动。绳子断的时刻重物所处的高度

$$h_1 = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 7^2 = 49 \text{ (米)}$$

绳子断的时刻，重物具有向上的即时速度

$$v_0 = at = 2 \times 7 = 14 \text{ (米/秒)}$$

绳子断后，重物作坚直上抛运动，能够继续上升的高度

$$h_2 = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{14^2}{2 \times 9.8} = 10 \text{ (米)}$$

可见，重物离开地面的最大高度 $H = h_1 + h_2 = 59 \text{ (米)}$

【发散2】 在发散1中，绳子断后，重物经多长时间落到地面？

【解析】 绳子断时，重物的高度 h_1 为 49 米，向上的即时速度 $v_0 = 14 \text{ 米/秒}$ 。取向上的方向为正方向，若经 t 秒重物落到地面，在这段时间里，物体发生的位移 $s = -49 \text{ 米}$ ，故有下列方程：

$$-49 = 14t - \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$$

$$4.9t^2 - 14t - 49 = 0$$

解得 $t_1 = 4.90 \text{ 秒}$ (舍去 $t_2 = -2.04 \text{ 秒}$)。

✓ **【例1-3】** 一条公路与铁路平行，列车以 20 米/秒 的速度运行，当列车以加速度 $a = -0.1 \text{ 米/秒}^2$ 作匀减速运动时，在它的前方 300 米处的公路上有一辆自行车以 4 米/秒 的速度同方向

匀速前进。(1)列车减速后经多少时间追上自行车?(2)列车追上自行车后,又经过多少时间自行车才能追上列车?

【解析】 本题涉及到分析、比较两个运动物体的运动情况,解题的关键是应把两物体的运动过程分析清楚,有时还应借助于草图来进行分析。

(1)设列车开始减速后经 t_1 秒追上自行车。在 t_1 秒内,自行车向前运动的距离是 $4t_1$,在相同的时间内,列车向前运动了 $(4t_1+300)$ 米。列车作匀减速运动,故有方程。

$$20t_1 - \frac{1}{2} \times 0.1 \times t_1^2 = 4t_1 + 300$$

$$t_1^2 - 320t_1 + 6000 = 0$$

解得 $t_1 = 20$ 秒(舍去另一解 $t_1' = 300$ 秒,因为列车的初速度为20米/秒,加速度为 -0.1 米/秒²,只要经过200秒,列车便停止)。

(2)列车追上自行车时,其速度为

$$v' = v_0 + at_1$$

$$= 20 - 0.1 \times 20 = 18 \text{ (米/秒)}$$

设列车追上自行车后,要经过 t_2 秒自行车才能追上列车,则应有

$$18t_2 - \frac{1}{2} \times 0.1 \times t_2^2 = 4t_2$$

$$t_2^2 - 280t_2 = 0$$

解得 $t_2 = 280$ 秒(另一解 $t_2 = 0$,没有意义,应舍去)。

实际上,列车追上自行车后,只运行了180秒就停下来了,所以 $t_2 = 280$ 秒也没有意义了。

列车追上自行车后,在180秒内前进路程为

$$s = 18 \times 180 - \frac{1}{2} \times 0.1 \times 180^2 = 1620 \text{ (米)}$$

自行车通过1620米应花时间为

$$t = \frac{s}{v} = 405 \text{ 秒}$$

所以，在列车追上自行车后，自行车要经过405秒才追上列车。这时，列车已停驶（405-180）秒。

从上面的解析过程可以看出，应通过分析形成十分明晰的物理图景，对整个运动过程及两个运动的相互联系都要有全面的认识，切不可死套公式。

【发散1】 升降机的内部净高为2.5米，在其顶部用细线悬挂着一个小球，当升降机以5米/秒²的加速度匀加速上升时，细线突然断了。那么，小球落到升降机的地板上要花多少时间？（取 $g = 10 \text{ 米/秒}^2$ ）

【解析】 本题和例1-3都是运动学中的追及问题。例1-3是列车与自行车的互相追及，本题则可以看作是地板（向上运动）追击小球。在分析这类问题时，关键是要分析两个物体的运动性质及其应遵循的物理规律。

设竖直向上的方向为正方向，则悬挂小球的细线断开的瞬间，升降机与小球的速度（向上）都是 v ，细线断开后，小球以线断时的即时速度为初速向上作匀减速运动，加速度为 $-g$ 。升降机的地板是作匀加速运动的，加速度为5米/秒²。如细线断开后，经 t 秒小球“落”到地板上，则有

$$\left(vt - \frac{1}{2}gt^2 \right) + h = vt + \frac{1}{2}at^2$$

$$h = \frac{1}{2}(g+a)t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g+a}} = \sqrt{\frac{2 \times 2.5}{10+5}} = 0.58 \text{ (秒)}$$

【例1-4】 一物体从静止开始作匀加速直线运动，加速度的大小为 a_1 ，经时间 t_1 ，接着作匀减速直线运动，加速度的大小为 a_2 ，再经时间 t_2 而停止。物体发生的总位移多大？

【解析】 在时间 t_1 内，物体作初速度为零的匀加速直线运动，位移为

$$s_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2$$

在时间 t_2 内，物体作匀减速运动，初速度为 $v = a_1 t_1$ ，经时间 t_2 速度减为零，即 $v - a_2 t_2 = 0$ ，故有 $v = a_2 t_2 = a_1 t_1$ 。如

$$t_1 + t_2 = t, \text{ 则有 } t_2 = t - t_1, t_1 = \frac{a_2}{a_1 + a_2} t \text{ (或 } t_2 = \frac{a_1}{a_1 + a_2} t \text{)}.$$

在时间 t_2 内，物体发生的位移为

$$s_2 = vt_2 - \frac{1}{2} a_2 t_2^2 = \frac{1}{2} a_2 t_2^2$$

所以，在时间 t 内，物体发生的总位移

$$s = s_1 + s_2$$

$$= \frac{1}{2} a_1 t_1^2 + \frac{1}{2} a_2 t_2^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{a_1 a_2}{a_1 + a_2} \cdot t^2$$

【发散1】 起重机手要把重物提到50米高的楼顶，已知起重机最大加速度为2米/秒²，起重机手应如何控制起重机，才能把重物在最短时间内运到楼顶？

【解析】 本题对物体运动的最大速度没有限制，而加速度的大小不能超过2米/秒²。由例1-4的结论 $s = \frac{1}{2} \cdot$

$\frac{a_1 a_2}{a_1 + a_2} \cdot t^2$ 可知, $t = \sqrt{2s \cdot \frac{a_1 + a_2}{a_1 a_2}}$. 根据数学中重要不等式的性质, 当 $a_1 = a_2$ ($= 2 \text{ 米/秒}^2$) 时, t 有最小值

$$t_{\min} = \sqrt{2 \times 50 \times \frac{2+2}{2 \times 2}} = 10 \text{ (秒)}$$

可见, 起重机手应先使重物以 2 米/秒^2 的加速度匀加速上升 5 秒, 然后立即作匀减速运动, 加速度为 -2 米/秒^2 , 经 5 秒速度恰好为零, 物体到达 50 米高的楼顶。

物体的速度-时间图象如图 1-1 所示, 物体的位移为速度图线 with 时间轴之间所包围的面积。

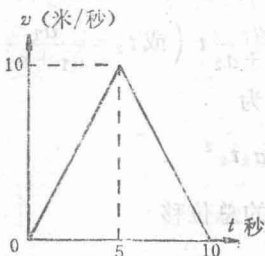


图 1-1

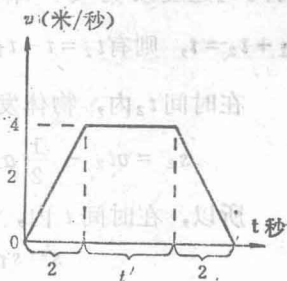


图 1-2

【发散 2】 在上题中, 为保证安全, 起重速度不得超过 4 米/秒。起重机手应该如何控制, 才能把重物在最短时间内运送到楼顶?

【解析】 应先使重物以最大加速度 $a_1 = 2 \text{ 米/秒}^2$ 匀加速上升 2 秒, 速度达到最大许可值 $v = 4 \text{ 米/秒}$ 时, 使重物作匀速运动, 在最后 2 秒内, 使重物以加速度 $a_2 = -2 \text{ 米/秒}^2$ 作匀减速运动, 到达楼顶高度时速度恰好为零, 这样所花的时间最短。

物体的速度-时间图象如图 1-2 所示。

在最初2秒和最后2秒内物体的位移为

$$s_1 + s_2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 2^2 + \frac{1}{2} \times 2 \times 2^2 = 8 \text{ (米)}$$

所以,重物作匀速运动所花的时间应为

$$t' = \frac{s - (s_1 + s_2)}{v} = \frac{50 - 8}{4} = 10.5 \text{ (秒)}$$

即到达楼顶的最短的时间 $t = 2 \times 2 + 10.5 = 14.5 \text{ (秒)}$

1.2 抛体运动

应用运动的合成与分解的观点,抛体运动可以看作是竖直方向上的匀变速直线运动和水平方向上的匀速直线运动的合运动。正确、灵活地应用运动的合成与分解,分析、研究较复杂的运动,是应该熟练掌握的一种方法。

【例1-5】 小球从1.0米高的桌面上水平抛出,落到地面时,小球与桌面边缘的水平距离是2.4米,小球离开桌面边缘时的初速度多大?

【解析】 小球离开桌面后的运动,是竖直方向上的自由落体运动和水平方向上的匀速运动的合运动。

从竖直方向上看,小球自由落下1.0米所花的时间,可由

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \text{ 求得, 即}$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

水平方向上,小球在 t 秒内沿水平方向的位移 $s = v_0 t = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$, 于是可得小球离开桌面时的初速度