上海市教辅畅销品牌

新高考新思路

XINGAOKAO XINSILU FUDAO YU XUNLIAN

辅导与训练

主编 王肇铭

物理

WULI

高中三年级

上海科学技术出版社

新高考新思路

辅导与训练

物理

高中三年级

主编　王肇铭

上海科学技术出版社

内 容 提 要

《新高考新思路辅导与训练　物理》丛书是根据《上海市中学物理课程标准》及课标调整方案,结合上海市最新高考改革方案编写而成.本书是供高中三年级学生使用的分册,全书共分两篇:"单元辅导与训练""综合辅导与训练".

本书既为学生学习设置了综合辅导,也为学生知识技能的巩固、提高提供一定的学习资料,更为提高学生的学习能力起到一定的辅导与训练作用.

图书在版编目(CIP)数据

新高考新思路辅导与训练. 物理高中三年级 / 王肇铭主编. — 上海:上海科学技术出版社,2017.10
ISBN 978-7-5478-3689-7

Ⅰ. ①新… Ⅱ. ①王… Ⅲ. ①中学物理课-高中-教学参考资料 Ⅳ. ①G634

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第198302号

责任编辑　张　燕　武执政

新高考新思路辅导与训练　物理　高中三年级
主编　王肇铭

上海世纪出版(集团)有限公司
上 海 科 学 技 术 出 版 社　出版、发行
(上海钦州南路71号　邮政编码200235　www.sstp.cn)
常熟市兴达印刷有限公司印刷
开本787×1092　1/16　印张20
字数441千字
2017年10月第1版　2017年10月第1次印刷
ISBN 978-7-5478-3689-7/G·798
定价:52.00元

出 版 说 明

上世纪90年代初，上海科学技术出版社约请了上海教材主编和一些著名中学的资深教师推出《辅导与训练》丛书，涉及数学、物理、化学等出版社的优势学科. 这套丛书在使用过程中，经多次修订改版，一直以“辅导得当、训练有素”而深受广大师生的青睐，已经成为上海图书市场的品牌教辅.

本世纪初，为适应上海“二期课改”的需要，我社根据新课标教材，又推出了《新教材辅导与训练》丛书，同样受到读者好评. 现在，我社在总结各版优点的基础上，根据课程标准和中、高考要求，再对本套丛书进行修订，旨在帮助学生理解“二期课改”教材、及时消化所学的知识内容(基本知识、基本技能和相关的重点、难点)，克服学习上的困难，增长自学能力，提高学科素养.

《新高考新思路辅导与训练　物理(高中三年级)》是以《上海市中学物理课程标准》和课标调整方案，结合上海市最新高考改革方案和现行教材为依据编写，内容紧密配合课本，专为高三年级学生而精心设计编写的. 本书分“单元辅导与训练”和“综合辅导与训练”两篇.

“单元辅导与训练”篇共分10单元，每单元在结构上主要由“知识提要”“方法指导”“实践应用”三部分组成.

知识提要　提炼本单元最重要的内容.

方法指导　通过对单元的重点内容的剖析，对其中的疑难问题作比较详尽的分析，以帮助学生理解课程标准对本单元的要求. 同时，对重要内容还有例题穿插其间，希望同学们认真阅读，认真

领会.

实践应用　通过对典型问题的分析,理论联系实际,立足于能力提高.

“综合辅导与训练”篇分5个专题,对物理学的几个重要内容、方法进行综合辅导,有助于学生运用科学方法和提高综合能力.

本书还设有课内训练和单元自测及综合训练,可以进一步帮助学生巩固所学的知识,加深理解,熟练技能,收到自我检查的效果.可作为等级考的复习用书.

本书由王肇铭主编,欧阳曙光、周上游、宋青青、贺永华、江凌云编写,由王肇铭统稿.

为初、高中师生提供适用而又有指导意义的辅导书,是我们一贯的心愿,也是当前教学的需要.对于我们所做的努力和尝试,诚挚地期望广大读者给予批评和指正.

上海科学技术出版社

2017年4月

目　录

第一篇　单元辅导与训练

第二篇　综合辅导与训练

第一篇 单元辅导与训练

第1单元　直 线 运 动

单 元 辅 导

知识提要

（一）位置、位移和路程

1．位置

位置是物体在空间所对应的点.

2．位移

位移是物体在运动过程中位置的变化，是矢量.位移既有大小又有方向，其方向一般是以物体开始运动时的位置或物体的平衡位置指向末位置.

3．路程

路程是物体运动轨迹的长度，是标量.

位移是矢量，因此位移合成要用平行四边形定则.而路程是标量，在物体初、末位置确定后路程并不能唯一确定，因为路程与物体的具体运动过程有关.

位移与路程都是在一定时间内发生的，它们都是过程量.它们都与参照物的选取有关，且都是相对量.一般情况下，位移的大小并不等于路程，只有物体做单向直线运动时，两者才相同.

（二）匀速直线运动的图像

1．匀速直线运动

匀速直线运动是指物体做直线运动时，在相等的时间里位移都相等.公式 $s=vt$.

2. 匀速直线运动的位移图像(s-t 图)

匀速直线运动的 s-t 图是一条通过原点的倾斜直线[图 1-1(a)],它表示物体的位移如何随时间变化.

3. 匀速直线运动的速度图像(v-t 图)

匀速直线运动的 v-t 图是一条平行于时间轴的直线[图 1-1(b)],它表示物体的速度如何随时间而改变.

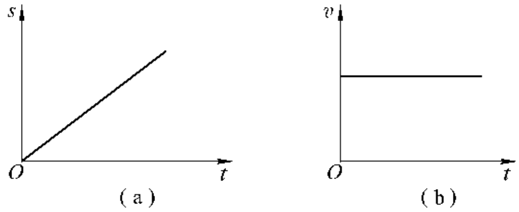

图 1-1

(三) 平均速度、瞬时速度

1. 时刻、时间及时刻与时间的表示

时刻:相当于时间轴上的一点.

时间:是两个时刻之间,即时间轴上两个不同的时刻之差.

2. 平均速度

平均速度是指运动物体在一段时间内发生的位移与时间的比值,$\bar{v}=\dfrac{\Delta s}{\Delta t}$.它可以粗略地描述物体在某一段时间(或某一过程)内的运动快慢程度.平均速度是矢量,方向跟这段时间内的位移方向(即 Δs 的方向)相同.

3. 瞬时速度

瞬时速度是指运动物体在某一时刻(或某一位置)的速度.它能精确地表示运动物体在某一时刻(或某一位置)的运动快慢和方向.它是矢量.

平均速度与瞬时速度单位相同,且都是矢量,但方向不一定相同,只有当运动物体做单向直线运动时,两者方向才相同.

4. 学生实验

用 DIS 测定位移和速度.

(四) 匀变速直线运动、加速度

1. 匀变速直线运动

匀变速直线运动是指在相等的时间内,速度变化量相等的直线运动.

2. 匀变速直线运动的加速度

加速度是指物体的速度变化跟发生这一变化所用时间的比.用 v_0 表示初速度、v_t 表示经过时间 t 后的末速度,则加速度 $a=\dfrac{\Delta v}{t}=\dfrac{v_t-v_0}{t}$,加速度表示物体速度变化的快慢.

加速度是一个矢量，它的方向由物体所受合外力方向决定，加速度的方向决定该运动物体速度变化的方向.

3. 速度变化量与加速度

速度的变化量 Δv 表示运动物体在某一段时间(或位移)内速度矢量的变化量，它的表达式为 $\Delta v = v_t - v_0$，必须是末速度 v_t 减初速度 v_0. “$-$”是运算符号，是矢量差. 当 v_t、v_0 方向相一致时，才简化为算术差；当 v_t 与 v_0 方向相反时，Δv 在数值上等于 v_t、v_0 大小之和. 速度的变化有三种情况：① 速度的大小变化；② 速度方向改变；③ 速度大小和方向同时变化.

速度的变化量 Δv 的大小与时间的选取有关，由加速度和加速度持续的时间共同决定. 而加速度 a 的大小与时间无关，加速度不是增加出来的速度，也不是单位时间内增加的速度，而是速度随时间的变化量.

4. 速度与加速度

(1) 只要速度发生变化，运动物体一定有加速度.

(2) 速度与加速度没有本质联系，速度大，加速度不一定大；反之，加速度大，速度也不一定大.

(3) 速度方向与加速度方向也不一定相同. 当二者方向在同一直线时，物体做直线运动；当二者方向不在一条直线时，物体做曲线运动.

5. 学生实验

用 DIS 测定加速度.

速度的变化与加速度有关，一个做变速直线运动的物体，速度 v 的变化取决于加速度 a 与 v 的方向. a 与 v 方向相同时，v 增大，即使 a 变小，v 还是变大，只是增加得越来越慢；当 $a=0$ 时，v 达到最大值. a 与 v 方向相反时，v 减小，即使 a 变大，v 总是减小的.

例 **1**　(多选题)一个做变速直线运动的物体，加速度逐渐减小到零，那么，该物体的运动情况可能是(　　).

(A) 速度不断增大，到加速度减到零时，速度达到最大，而后物体做匀速直线运动

(B) 速度逐渐减小，到加速度减到零时，物体运动停止

(C) 速度不断减小到零，然后物体向相反方向做加速运动，最后做匀速直线运动

(D) 速度不断减小，到加速度减为零时，速度减到最小，而后物体做匀速直线运动

解　当初速度的方向与加速度的方向一致时，选项 A 所述的运动情况是可能的. 选项 A 正确.

当物体初速度的方向与加速度的方向相反时，物体运动的速度减小，当加速度减到零，速度也正好为零. 则选项 B 所述的情况也是可能的，因此选项 B 也正确.

若物体初速度的方向与加速度方向相反，当速度减到零，而加速度没有减到零时，物体因具有加速度而做沿加速度方向的直线运动，因加速度方向与初速度方向相反，所以此时物体沿相反方向做加速运动，以后情况与选项 A 相同，则选项 C 也是正确的.

当物体初速度的方向与加速度方向相反，运动物体速度减小，当加速度减到零，而速度没有减到零时，因加速度为零，这时速度也就不变化了，所以这时的速度最小，而后物体

保持这一速度做匀速直线运动，则选项 D 也正确.

（五）匀变速直线运动的公式和图像

1. 公式

$$\begin{tikzcd} \boxed{\begin{array}{c} v_t = v_0 - at \\ s = v_0 t - \frac{1}{2}at^2 \end{array}} \arrow[d, "a = g"] & \boxed{\begin{array}{c} v_t = v_0 + at \\ s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \end{array}} \arrow[l, "a < 0"'] \arrow[r, "v_0 = 0"] & \boxed{\begin{array}{c} v_t = at \\ s = \frac{1}{2}at^2 \end{array}} \arrow[d, "a = g"] \\ \text{竖直上抛} & & \text{自由落体} \end{tikzcd}$$

将速度公式 $v_t = v_0 + at$ 和位移公式 $s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ 公式联立起来，消去 t，就可以得到速度 - 位移关系式：$v_t^2 - v_0^2 = 2as$.

在匀变速直线运动中，平均速度等于初速度和末速度的算术平均值，平均速度也等于中间时刻的瞬时速度，即 $\bar{v} = v_{\frac{t}{2}} = \dfrac{v_0 + v_t}{2}$. 在许多实际问题中，用平均速度来处理往往相当简便.

在一段匀变速直线运动中，中间时刻的速度和位移中点的速度是不一样的.

例 **2**　做匀加速直线运动的物体，先后经过 A、B 两点时的速度分别是 $v_A = v$、$v_B = 7v$. 求：

（1）经过 A、B 中间时刻的速度 v_1.

（2）通过 A、B 两点间中点位置时的速度 v_2.

解　中间时刻的速度就是平均速度

$$v_1 = \frac{v_A + v_B}{2} = 4v.$$

中点位置时的速度：

$$\frac{v_2^2 - v_A^2}{2a} = \frac{v_B^2 - v_2^2}{2a},\ v_2 = \sqrt{\frac{v_A^2 + v_B^2}{2}} = 5v.$$

在任意两个连续的相等的时间 Δt 内，发生的位移是 s_n、s_{n+1}，它的加速度可用下式计算：

$$a = \frac{s_{n+1} - s_n}{\Delta t^2}.$$

2. 关于正、负号的含义

（1）矢量的运算符号的加（＋）和减（－）不要与正（＋）、负（－）号相混淆，公式中的“＋”和“－”是运算符号.

（2）标量也有正、负号，这时的正、负号反映标量的大小，例如温度 5 ℃与－10 ℃，5 ℃比－10 ℃高. 更特殊的情况，是借用正、负号表示事物的性质，例如：正电、负电.

（3）矢量的正、负. 一般情况下矢量的方向无穷多个，不能用正、负两个符号反映. 在特殊情况下：如果某个问题中涉及的矢量在一条直线上，就可以规定一个正方向. 与

正方向相同的矢量为正，与正方向相反的矢量为负. 匀变速直线运动中的 s、a、v 都在一条直线上，所以规定正方向之后，可以用正、负数表示它们，这时的正、负就不再反映物理量的大小了.

3. 匀变速直线运动的图像

匀变速直线运动的速度图像(v-t 图)是一条直线，如图 1-2 所示.

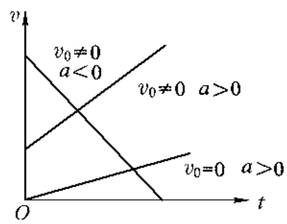

图 1-2

从 v-t 图中可以得到：

(1) 某时刻的瞬时速度.

(2) 初速度 v_0 是直线在纵轴(v 轴)上的截距. 加速度 a 是直线的斜率.

(3) Δt 时间内运动物体通过的位移. v-t 图中图线和 t 轴所围的面积，在数值上等于物体在 t 时间内通过的位移. 当面积在 t 轴上方时，位移为正；当所围面积在 t 轴下方时，位移为负. 面积的代数和在数值上等于物体的位移，而面积的算术和在数值上等于物体通过的路程.

(4) 利用图线可判断物体运动性质及特点.

(六) 自由落体运动与竖直上抛运动

1. 自由落体运动

自由落体运动是物体在只受重力的作用下，从静止开始的下落运动. 在处理实际问题时，如果物体的重力远大于物体受到的空气阻力，空气阻力可以忽略，从静止开始的下落运动可被视为自由落体运动.

可把自由落体运动看作是匀变速直线运动的特例，即初速度 $v_0=0$，加速度 $a=g$(重力加速度).

2. 竖直上抛运动

(1) 竖直上抛运动：在离地面不太高的地方，物体以初速度 v_0 被竖直向上抛出后，只在重力作用下的运动.

(2) 竖直上抛运动是加速度为 g 的匀减速直线运动. 我们可以从匀减速直线运动的定义、加速度的方向与初速度方向相反和 v-t 图来理解，斜率为负.

(3) 竖直上抛运动可被看作是初速度为 v_0 的匀速直线运动和自由落体运动的合运动.

(4) 当竖直上抛的物体达到最高点后，通常要自由落下，因此竖直上抛物体的合运动过程可分为两段：上抛运动段和自由落体运动段. 前者是初速度不为零 $a=-g$ 的匀减速直线运动过程；后者是初速度为零的自由落体运动过程. 全过程也符合 $a=-g$ (取 v_0 方向为正方向)的匀变速直线运动规律.

(5) 竖直上抛运动的对称性：①时间对称性：即从抛出点上升到最高点所需时间与由最高点返回到抛出点所需时间相等，$t_{上}=t_{下}=\frac{v_0}{g}$. 在任一段竖直距离中 $t_{上行}=t_{下行}$. ②速度大小的对称性：运动过程中经某一高度时，上、下行的速度大小相等，方向相反，$|v_{上}|=|v_{下}|=\sqrt{v_0^2-2gh}$.

竖直上抛运动的上升阶段与下降阶段是反向对称的，即竖直上抛运动的下降阶段可看成是上升阶段的逆过程，这种对称性对解决某些竖直上抛运动问题颇为有益.

(6) 竖直上抛运动上升的最大高度为 $h_{\max}=\dfrac{v_0^2}{2g}$，最高点的速度为零.

例 **3**　一跳水运动员从离水面 10 m 高的跳台上向上跃起，举双臂直体离开台面. 此时其重心位于从手到脚全长的中点，跃起后重心升高 0.45 m 达到最高点. 落水时身体竖直，手先入水.（在此过程中运动员水平方向的运动忽略不计）从离开跳台到手接触水面，该运动员可用于完成空中运动的时间是多少秒？（计算时，可以把运动员看作全部质量集中在重心的一个质点. g 取 $10\ \mathrm{m/s^2}$，结果保留二位有效数字）

解　如图 1-3 所示，把运动员看成 ab，重心在中心 O 点，则运动员可被看作全部质量集中在 O 点的质点，且做竖直上抛运动. 设上升时间为 t_1，有 $h=\dfrac{1}{2}gt_1^2$（上升过程可看做初速度为零的自由落体的逆运动）. 下降时间为 t_2，有 $H+h=\dfrac{1}{2}gt_2^2$.

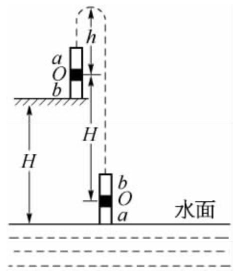

图　**1-3**

所以，$t_1=\sqrt{\dfrac{2h}{g}}=\sqrt{\dfrac{2\times 0.45}{10}}=0.3\ \mathrm{s}$，

$t_2=\sqrt{\dfrac{2(H+h)}{g}}=\sqrt{\dfrac{2\times 10.45}{10}}=1.4\ \mathrm{s}$.

所以，运动员可用于完成空中动作的时间 $t=t_1+t_2=1.7\ \mathrm{s}$.

（七）几个重要的比例关系

(1) 初速度为零的匀加速直线运动在 1 s 末，2 s 末，3 s 末，… 的速度之比 $v_1:v_2:v_3\cdots=1:2:3\cdots$

(2) 初速度为零的匀加速直线运动在 1 s 内，2 s 内，3 s 内，… 的位移之比 $s_1:s_2:s_3\cdots=1:4:9\cdots$

(3) 初速度为零的匀加速直线运动在第 1 s，第 2 s，第 3 s，… 的位移之比 $s_{\mathrm{I}}:s_{\mathrm{II}}:s_{\mathrm{III}}\cdots=1:3:5\cdots$

(4) 初速度为零的匀加速直线运动在第一个 1 m，第二个 1 m，第三个 1 m，… 所需的时间之比 $t_{\mathrm{I}}:t_{\mathrm{II}}:t_{\mathrm{III}}\cdots=1:(\sqrt{2}-1):(\sqrt{3}-\sqrt{2})\cdots$

例 **4**　物体做初速为零的匀加速度直线运动，一开始的连续三段时间之比 $t_{\mathrm{I}}:t_{\mathrm{II}}:t_{\mathrm{III}}=1:2:3$，求这三段时间内的位移之比 $s_{\mathrm{I}}:s_{\mathrm{II}}:s_{\mathrm{III}}$.

解　本题用比例方法解比较简便，把第二段时间 t_{II} 分成相等的两段，第三段时间 t_{III} 分成相等的三段，那么这六段时间内的位移之比为 $1:3:5:7:9:11$，则题目要求的三段时间内的位移之比为 $s_{\mathrm{I}}:s_{\mathrm{II}}:s_{\mathrm{III}}=1:(3+5):(7+9+11)=1:8:27$.

方法指导

（一）理想模型法

理想模型法是研究物理问题的一种最基本的方法. 针对物理问题的特点，考虑主要因

素、忽略次要因素，我们通常将具体问题的研究转化为对理想模型的研究. 本单元学到的“质点”就是一种理想模型.

在研究物体运动时，为了使问题简化，可以不考虑物体的形状和大小，把整个物体看作一个有质量的点，这种用来代替物体的有质量的点叫质点.

什么情况下可以把物体看作质点?

质量和体积很小的物体，如果我们要研究该物体某几点的运动情况，但是这几点的运动情况不同，就不能用质点来代替. 如果物体上各点的运动情况都相同，那么它的任何一点的运动都可以代表整个物体的运动，这种情况下可以把物体看作质点. 另外，物体的形状、大小对于我们要研究的问题来说可以不考虑，可把物体看作质点.

（二）用信息技术手段做实验

1. 什么叫 DIS 实验

利用现代信息技术进行实验研究，我们称 DIS 实验，DIS 是我们对数字化信息系统的简称，它们分别是英文 Digital Information System 三个词的缩写. 它是运用现代信息技术进行学习的一种手段.

中学 DIS 实验主要采用两种实验系统：图形计算器实验系统和计算机辅助实验系统. 共同点：都有传感器和数据采集器. 不同点：图形计算器实验系统是把传感器、数据采集器与图形计算器组合起来，共同完成对物理量的测量；而计算机辅助实验系统是把传感器、数据采集器与计算机组合起来，共同完成对物理量的测量.

2. 用 DIS 实验研究匀速直线运动的规律

例 **5**　用 DIS 实验“研究匀速直线运动”的实验目的是什么？需要哪些器材？实验的设计和布置如何？实验结论是什么？

解　该实验目的是研究匀速直线运动的物体的 s-t 图和 v-t 图，并从中求出物体运动的速度.

实验所需器材：小车、1 m 长的导轨、运动传感器、数据采集器、计算机、导线若干根.

把运动传感器的发射部分固定在小车上，其接收部分固定在导轨一端，使导轨稍倾斜，使小车能做匀速直线运动，用专用导线把运动传感器的接收部分、数据采集器和计算机相连，让小车从接收部分一端向另一端运动.

实验结论：在计算机屏上可直接得到小车的 s-t 图和 v-t 图. s-t 图为过原点的一条斜线，v-t 图为与时间轴平行的一条直线. 在 s-t 图上通过求直线的斜率 $\frac{s}{t}$ 可得到小车运动的速度，在 v-t 图上可直接得到小车的运动速度.

3. 用 DIS 实验测物体的加速度

例 **6**　用 DIS 实验“测物体的加速度”的实验目的、原理、实验设计和结果是什么?

解　实验目的：测定斜面上下滑物体的加速度.

实验原理：用运动传感器综合计算机获得 v-t 图，通过图像求加速度.

实验设计：把运动传感器的发射部分固定在小车上，其接收部分固定在斜面的一端，使小车在斜面上做匀加速直线运动，用导线把传感器的接收部分、数据采集器和计算机

相连.

实验结果：在计算机屏上得到的 v-t 图是一条不过原点的倾斜直线，在图像上取相距较远的两点 $A(t_1, v_1)$ 和 $B(t_2, v_2)$ 求出它们所在直线的斜率，即可求得加速度 $a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$. 多测几次得出 a 的平均值.

（三）匀减速直线运动的处理

匀减速直线运动速度逐渐减小，但位移不断增大，当速度为零时，如果加速度矢量不变，质点将做反向运动，如竖直上抛运动. 如果在速度减为零时，加速度也立即为零，质点将停止运动，如汽车刹车后的运动.

例 **7**　汽车正以 $v_1 = 10\ \mathrm{m/s}$ 的速度在平直公路上前进，突然发现正前方 $s_0 = 6\ \mathrm{m}$ 处有一辆自行车以 $v_2 = 4\ \mathrm{m/s}$ 的速度同方向做匀速直线运动，汽车立即刹车做加速度为 $a = -5\ \mathrm{m/s^2}$ 的匀减速直线运动，则经历 $t = 3\ \mathrm{s}$ 时汽车与自行车相距多远？

解　解法一（错）：$s_1 = v_1 t + \frac{1}{2}at^2 = 10 \times 3 + \frac{1}{2} \times (-5) \times 3^2\ \mathrm{m} = 7.5\ \mathrm{m}$,

$$s_2 = v_2 t = 4 \times 3\ \mathrm{m} = 12\ \mathrm{m},$$

$$\Delta s = s_2 + s_0 - s_1 = (12 + 6 - 7.5)\mathrm{m} = 10.5\ \mathrm{m}.$$

解法二：$s_1 = \frac{v_1^2}{-2a} = \frac{10^2}{-2 \times (-5)}\ \mathrm{m} = 10\ \mathrm{m}$,

$$s_2 = v_2 t = 4 \times 3\ \mathrm{m} = 12\ \mathrm{m},$$

$$\Delta s = s_2 + s_0 - s_1 = 8\ \mathrm{m}.$$

说明　比较两种解法 s_1 不同，实际上汽车以 $5\ \mathrm{m/s^2}$ 做匀减速运动，经历 $t' = \frac{0 - v_1}{a} = \frac{0 - 10}{-5}\ \mathrm{s} = 2\ \mathrm{s}$ 后速度为零，加速度亦为零，汽车处于静止状态，解法一用 3 s 代入与事实不符，是错误的.

（四）运用对称法求解运动学问题

所谓对称法就是从对称的角度分析处理问题的一种方法. 这种方法来自于物理规律在某种变换下具有不变性. 例如，时间反演的不变性，就是指时间“倒流”时物理规律不变. 空间反演的不变性，就是指在空间中各坐标轴方向同时反转时，物理规律不变. 用对称法处理问题通常可以简化复杂问题的求解过程.

对于竖直上抛运动，下降阶段可被看成是上升阶段的反演，即逆过程.

例 **8**　一个小球竖直向上抛出，两次经过距抛出点高度为 10 m 的 A 点处的时间间隔 $\Delta t = 2\ \mathrm{s}$，则小球的上抛初速度 v_0 为多大？从抛出到返回原处，小球共经历多少时间？（g 取 $10\ \mathrm{m/s^2}$）

解　小球从 A 点到最高点，然后回到 A 点的时间间隔为 2 s，根据上升阶段与下落阶段对称，可知从 A 点到最高点的时间间隔为 $\frac{1}{2}\Delta t$，即 1 s，也就是从最高点小球自由下落到 A 点的时间为 1 s.

$$v_A = g\frac{\Delta t}{2} = 10\ \mathrm{m/s},$$

$$v_A^2 - v_0^2 = -2gh, \quad v_0 = 10\sqrt{3}\ \mathrm{m/s},$$

$$t = \frac{2v_0}{g} = 2\sqrt{3}\ \mathrm{s}.$$

说明　我们还可以利用图像解决运动学问题,它的最大特点是直观,关于这部分内容放在专题中讲.

例 9　从同一地点用相同的速度先后竖直向上抛出两个小球,第二个小球比第一个晚抛出2 s. 若抛出时速度均为 49 m/s,问第二个小球抛出后多少时间与第一个小球在空中相遇?

解　解法一:两个小球在空中相遇时的位移相等.

设第二个小球抛出经时间 t 后两球在空中相遇,则第一个小球已抛出 $t+2$ s.

对第一个小球,$h_1 = v_0(t+2\ \mathrm{s}) - \frac{1}{2}g(t+2\ \mathrm{s})^2$,对第二个小球,$h_2 = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$.

因为 $h_1 = h_2$,则有

$$v_0(t+2\ \mathrm{s}) - \frac{1}{2}g(t+2\ \mathrm{s})^2 = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2,$$

$$t = \frac{v_0 - g}{g} = \frac{49-9.8}{9.8}\ \mathrm{s} = 4\ \mathrm{s}.$$

解法二:如果根据竖直上抛运动的对称性,两个小球在某一高度相遇时,速度大小相等、方向相反. 设第二个小球上升经过相遇处时的速度 v_2 为正;第一个小球在此处的速度 v_1 即为负,且 $|v_1| = |v_2|$,有

$$v_2 = v_0 - gt, \quad v_1 = v_0 - g(t+2\ \mathrm{s}),$$

$$v_2 = -v_1, \quad v_0 - gt = -[v_0 - g(t+2\ \mathrm{s})],$$

$$t = 4\ \mathrm{s}.$$

实践应用

(一) 估算桥面离水面的高度

例 10　一学生为估测桥面与水面的高度,他将一小石块从桥面静止释放,使其自由下落,同时开始计时,经过 2 s 听到石块与水面的撞击声,桥面距水面的高度约为多少?

解　声音在空气中的传播速度约为 340 m/s,一般桥面的高度又不会达到很高,因此从石块与水撞击发声到学生听到此撞击声的时间极短,可忽略不计. 所以,我们认为小石块从桥面下落到水面的时间为 2 s. 根据自由落体运动公式,可知

$$h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 4\ \mathrm{m} = 19.6\ \mathrm{m}.$$

(二) 利用时刻表计算水流的平均速度

解这类问题第一要看懂轮船时刻表;第二要计算出顺水航行与逆水航行在两码头间的速度,$v_{顺} = v_{船} + v_{水}$, $v_{逆} = v_{船} - v_{水}$,问题就迎刃而解了.

(三) 相遇与追赶问题

追赶的问题是 A、B 同向运动, B 在前 A 在后,要求 A 追上 B 所经过的时间. 共有三种情况要区别对待: ① B 在运动中被 A 追上; ② B 刚好停下时被 A 追上; ③ B 停止后

A 才追上 B. 这类题的关键是追上时 A、B 两物体的位置相同,位移不同.

例 **11** 如图 1-4 所示,汽车在前、自行车在后同向行驶,两车相距 $s=7$ m. 自行车以 $v_A=4$ m/s 做匀速直线运动,而汽车以速度 $v_B=10$ m/s 行驶,因前面有情况汽车刹车,以大小为 2 m/s^2 的加速度做匀减速直线运动,从图示位置开始计时,自行车经过多少时间与汽车相遇?有位同学列出解答过程,试评价他的解答是否正确?若不正确,错在哪里?并给出正确的解法.

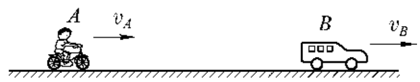

图 **1-4**

$$v_At=s+v_Bt-\frac{1}{2}at^2,$$

代入数据整理后得 $t^2-6t-7=0$.

$t_1=7$ s, $t_2=-1$ s. t_2 不合题意舍去.

分析 仔细分析以上解答是错误的,因为汽车的加速度是 2 m/s^2,初速度为 10 m/s,5 s 后汽车已经停止运动,而解答过程中汽车的运动时间仍按 7 s 计,所以错解. 它属于追赶问题中的第③种情况.

解 相遇时汽车通过的位移

$$s_B=\frac{v^2-v_B^2}{2a}\ (v \text{ 为末速即为零}),$$

$$v_At_A=\frac{v^2-v_B^2}{2a}+s,$$

$$t_A=8\text{ s}.$$

例 **12** 一辆汽车以 3 m/s^2 的加速度开始行驶时,恰好有一辆自行车以 6 m/s 的速度匀速驶过,求:

(1) 汽车追上自行车之前经过多长时间两车相距最远? 此时距离是多少?

(2) 什么时候汽车追上自行车? 此时汽车的速度是多少?

解 此问题属于追赶问题中的第①种类型. 当汽车速度小于自行车速度时,两者距离将越来越大;当两车速度相等时,两者距离最大;当汽车速度大于自行车速度时,两者距离将缩小.

(1) 解法一:$v_{汽}=at=v_{自}$, $t=\dfrac{v_{自}}{a}=\dfrac{6}{3}\text{ s}=2\text{ s}$.

$$\Delta s=v_{自}t-\frac{1}{2}at^2=\left(6\times2-\frac{1}{2}\times3\times2^2\right)\text{ m}=6\text{ m}.$$

解法二:设汽车在追上自行车之前经过时间 t 两车相距最远,则

$$\Delta s=s_{自}-s_{汽}=v_{自}t-\frac{1}{2}at^2=6t-\frac{3}{2}t^2.$$

由二次函数求极值条件知,$t=2$ s 时,Δs 最大.

$$\Delta s=6t-\frac{3}{2}t^2=\left(6\times2-\frac{1}{2}\times3\times2^2\right)\text{ m}=6\text{ m}.$$

解法三:我们可以选其中一个运动物体作为参照物,求解可更简便. 以自行车为参照物,汽车的初速 $v_{初}$,两车相距最远时末速 $v_{末}$ 为零,即

$$v_{初}=-6\text{ m/s},\ v_{末}=0,\ a=3\text{ m/s}^2.$$

$$\Delta s=\frac{v_{末}^2-v_{初}^2}{2a}=\frac{0-(-6)^2}{2\times 3}\ \text{m}=-6\ \text{m}$$（负号表示汽车在自行车后面）.

（2）汽车追上自行车时，两车位移相等，则

$$v_{自}\,t'=\frac{1}{2}at'^2,\ 6t'=\frac{1}{2}\times 3\times t'^2,$$

$$t'=4\ \text{s},\ v_{汽}=at'=3\times 4\ \text{m/s}=12\ \text{m/s}.$$

我们还可以用图像法来解.（1）自行车和汽车的 v-t 图如图 1-5 所示，由于图线与横坐标轴包围的面积表示位移的大小，所以由图可以看出：相遇之前，在 t 时刻两车速度相等时，自行车的位移（矩形面积）与汽车的位移（三角形面积）之差（即斜线阴影部分）达到最大，所以

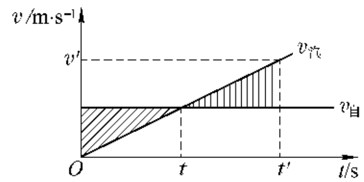

图 1-5

$$t=\frac{v_{自}}{a}=\frac{6}{3}\ \text{s}=2\ \text{s}.$$

$$\Delta s=v_{自}\,t-\frac{1}{2}at^2=\left(6\times 2-\frac{1}{2}\times 3\times 2^2\right)\text{m}=6\ \text{m}.$$

（2）从图中还可以看出：在 t 时刻以后汽车通过的位移比自行车大（图中竖线阴影部分），当竖线阴影部分面积等于斜线阴影部分时，两车通过的位移相等，两车相遇.

$$t'=2t=4\ \text{s},$$

$$v'=2v_{自}=12\ \text{m/s}.$$

同向运动相遇称之为追赶问题，此外还有相对运动的相遇问题.

例 **13** 在一架电梯内用绳子将一只小球悬挂在顶板上，小球离底板高为 2.5 m. 电梯由静止开始，以 $a=10\ \text{m/s}^2$ 的加速度竖直向上运动. 问：

（1）若电梯开始运动时，悬挂小球的绳子突然断掉，小球落到底板需多少时间？

（2）若绳子在电梯运动了 1 s 后断掉，那么小球落到底板所需的时间又是多少？（g 取 $10\ \text{m/s}^2$）

解 （1）解法一：以地面为参照物，电梯做初速度为零的向上匀加速直线运动. 小球在电梯开始运动时就下落，做的是自由落体运动.

电梯向上运动的距离 $s_1=\frac{1}{2}at^2$，小球下落的距离 $s_2=\frac{1}{2}gt^2$.

$$s_1+s_2=2.5\ \text{m},\ 即\ \frac{1}{2}at^2+\frac{1}{2}gt^2=2.5\ \text{m},$$

$$t=\sqrt{\frac{2(s_1+s_2)}{a+g}}=\sqrt{\frac{2\times 2.5}{10+10}}\ \text{s}=0.5\ \text{s}.$$

解法二：以电梯为参照物，小球向下的加速度为 $(g+a)$，通过的距离是 2.5 m，

$$s'=\frac{1}{2}a't^2,\ t=\sqrt{\frac{2s'}{a'}}=\sqrt{\frac{2\times 2.5}{20}}\ \text{s}=0.5\ \text{s}.$$

（2）绳子在电梯运动了 1 s 后下落，我们按解法二的方法考虑. 因为以电梯为参照物，小球在未下落之前相对电梯的速度总是为零，所以不必考虑电梯运动几秒后小球下落，解法与解法二相同.