

XUEHAO WULI DE JINYAOSHI

学好物理的金钥匙

(高中)

王天谔 周誉蔼 编著
梁敬纯 张景林

1403
5/28

首都师范大学出版社

(京)新 208 号

图书在版编目 (CIP) 数据

学好物理的金钥匙: 高中/王天谔等编著. —北京: 首都师范大学出版社, 1996. 7 (1997. 重印)

ISBN 7-81039-690-0

I. 学… II. 王… III. 物理课-高中-教学参考资料
IV. G634. 7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 11884 号

首都师范大学出版社

(北京西三环北路 105 号 邮政编码 100037)

三河科教印刷厂印刷 全国新华书店经销

1996 年 7 月第 1 版 1997 年 3 月第 3 次印刷

开本 787×1092 1/32 印张 12.25

字数 252 千 印数 67,201—89,200 册

定价 11.60 元

内 容 简 介

本书以国家教委颁布的学科教学大纲为依据，涵盖人民教育出版社版教材全部知识内容。以训练学生技能、方法、思维、能力为编写主线，以指导学生怎样掌握学习规律，学好知识，提高能力为编写目的。

本书既按知识块讲解，分析重点、难点，又讲解学科的基本规律、学习的基本方法，使学生获得一把开启思维大门的“金钥匙”。本书实用性强、方法简明易记，能力可训练操作，并配备必要的练习，达到学以致用、学以致用的实效。

本书主要用于高三总复习，又可作为高一、高二平时学习的参考。

参加本书编写的有：东城区教研科研中心王天谔

北京十五中周誉嵩

北京八中梁敬纯

北京市教学研究部张景林

目 录

第一章	质点的运动	(1)
第二章	力 物体的平衡	(24)
第三章	牛顿定律	(42)
第四章	动量 动量守恒	(70)
第五章	机械能	(88)
第六章	振动和波	(114)
第七章	分子运动论 热和功	(136)
第八章	气体的性质	(152)
第九章	电场	(175)
第十章	恒定电流	(208)
第十一章	磁场	(243)
第十二章	电磁感应	(273)
第十三章	交流电 电磁振荡	(306)
第十四章	光的反射和折射	(324)
第十五章	光的波动性和微粒性	(356)
第十六章	原子和原子核	(370)
参考答案		(381)

第一章 质点的运动

一、学习内容

- 1 描述机械运动的物理量：时间和时刻、位移和路程、速度和速率、平均速度和即时速度、加速度。
- 2 匀速直线运动。位移公式、 $s-t$ 图和 $v-t$ 图。
- 3 匀变速直线运动。关于匀变速直线运动的三个基本公式和 $v-t$ 图。
- 4 曲线运动中质点的速度沿轨道的切线方向，且必具有加速度。
- 5 运动的合成与分解。平抛运动。
- 6 匀速率圆周运动，线速度、角速度、周期。圆周运动的向心加速度。
- 7 学生实验：
练习使用打点计时器
测定匀变速直线运动的加速度

二、机械运动及其描述

- 1 研究任何物体的运动都必须选择参照物，没有参照物来谈物体的运动是没有意义的。同一个运动，由于选择的参照物不同，观察的结果常常是不同的，这就是运动的相对性。

为了精确地确定质点的位置，要建立坐标系，坐标系是所选取的参照物的数学抽象，建立了坐标系后，质点的位置可以用坐标系中的点来确定，这样就可以精确地研究质点的运动。由于选取的坐标系不同，对于同一质点的运动的描述可能不同。

2 研究物体的运动，中心是研究物体的位置随时间变化的规律。如果用时间坐标轴来表示，如图 1-1 所示，时间坐标轴上的每一个点，都代表一个时刻，两个时刻之间的间隔是

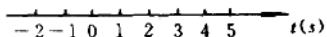


图 1-1

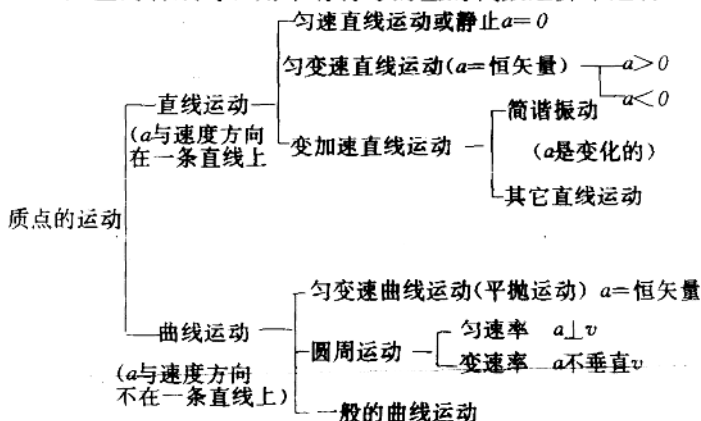
时间。要注意时刻与时间的区别，如 1 秒末、5 秒末等都是指时刻，1 秒内、第 5 秒内、5 秒内等都指时间。在很多时候，特别是在口头用语上，时刻也叫时间，时间与时刻两个概念又不区分。

质点的位置用点的坐标来表示，位置的变化可以用路程，即运动路线的长度来描写，路程是标量；也可以用位移，即起点到终点的有向线段来描写，位移是矢量。对于直线运动，常选运动轨迹所在的直线为坐标轴，如果把起点定在坐标的原点，质点后来的位置坐标可以表示质点位移的大小，“+”“—”符号表示位移的方向与坐标的正方向相同或相反。

3 位移随时间变化的快慢用速度来描写；速度是位移对时间的变化率；速度随时间变化的快慢用加速度来描写，加速度是速度对时间的变化率。一个量的变化率、量的变化量和这个量本身三个概念既有区别又有联系，如速度 v ，与速度的变化量 Δv ，与速度的变化率 $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ ，三者是不同的，特别是速度的变化率，也就是加速度 a 的大小与速度变化量 Δv 以及速

度 v 的大小没有直接的联系,不能认为质点的加速度越大,它的速度就越大。

4 位移、速度、平均速度和加速度等都是矢量,它们都有大小有方向,矢量的合成遵循平行四边形法则。建立坐标后,在同一直线上的矢量可以用正负符号表示它的方向,“+”“-”号表示矢量的方向与坐标轴的正方向相同或相反,这些矢量的合成可以用带有符号的量的代数运算来进行。



三、质点的运动按加速度来划分

认识物体的运动要建立物体运动的物理图景,即物体运动的轨迹和在轨迹上的每一点(或时刻)的速度和加速度的大小和方向。通过运动的草图表示出物体运动的位置(或位移)、速度和加速度随时间变化的情况。要做到,给出物体的运动情况,就会分析它的位置(或位移)、速度、加速度等量的变化情况,知道它属于哪一类运动,找出它的运动规律,明确产生这个运动的条件。

例1 在水平方向上匀速飞行的飞机上每隔相等的时间

推出一个物体，关于这些物体在空中运动的运动情况，下列叙述正确的是：

(A) 地面上的观察者看到这些物体在空中排成一条直线、它们做平抛运动。

(B) 地面上的观察者看到这些物体在空中排列在抛物线上，它们都做平抛运动。

(C) 飞机上的观察者看到这些物体在空中排成一条直线，它们都做自由落体运动。

(D) 飞机上的观察者看到这些物体在空中排列在抛物线上，它们都做自由落体运动。

分析和解：

通常人们讨论物体的运动都是以地面上的物体做为参照物的，即地面的观察者看到的物体运动情况，飞机在空中水平方向上做匀速直线运动，从飞机上推出的物体都做平抛运动，轨迹是抛物线。如图 1-2 所示，从飞机上连续推出几个物

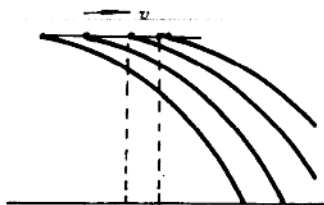


图 1-2

体，从第一个物体推出时开始，第一个物体离开飞机后做平抛运动，其它物体先随飞机一起继续做水平匀速直线运动，再离开飞机后做平抛运动。这些物体在水平方向都是匀速直线运动，且速度相同，因此每一时刻，这些物体的水平位移都是相同的，它们在空中排列在一条直线上。选项 (A) 正确 (B) 不正确。

飞机上的观察者来看这些物体的运动，它们在水平方向没有相对运动，物体离开飞机后，只在重力作用下做自由落

体运动,飞机上的观察者看到的物体运动是自由落体运动,它们始终排列在一条竖直方向的直线上。选项(C)正确,(D)不正确。

有的学生认为,物体做平抛运动轨迹是抛物线,连续推出的几个物体在空中也排列成抛物体线,这是错误的。要注意物体运动的轨迹,是物体运动时在不同时刻相对于观察者的位置的集合,而几个物体在空中的排列是它们在中空的相对位置,这是不同的。物体的运动轨迹在不同的参照系中观察可能是不同的,而几个物体在空中的相对位置在不同的参照系中观察却是相同的。

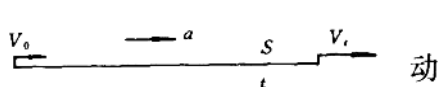


图 1-3

四、匀变速直线运

动

描述匀变速直线运动

常用五个物理量: V_0 、 V_t 、

a 、 S 、 t , 其运动草图如图 1-3 所示, 这五个量之间有四个关系式:

$$\text{速度公式} \quad V_t = V_0 + at$$

$$\text{位移公式} \quad S = V_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$\text{第三公式} \quad V_t^2 = V_0^2 + 2aS$$

$$\text{平均速度公式} \quad S = \frac{(V_t + V_0)}{2} t$$

每个公式中含四个量, 知道其中的任意三个量, 就可求出其余两个量, 四个公式中只有两个是独立的。

V_0 、 V_t 、 S 和 a 都是矢量, 通常建立坐标系, 以初速 V_0 的方向为正方向, 以起始位置为坐标的原点, 则 a 的正负表示了它与初速度的方向相同或相反, V_t 的正负表示了速度方向

与坐标正方向相同或相反； S 的正负表示它相对于原点（计时起点）的位移的方向与坐标的正方向相同或相反。

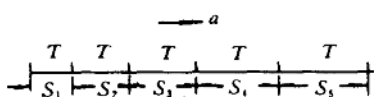


图 1-4

匀加速直线运动的物体的位移和时间的关系，还常用到下列关系式：做匀变速直线运动的质点，在连续的相等时间间隔 T

内通过的位移成等差数列，如图 1-4 所示，由于加速度和时间都是恒量，相邻的两个相等的时间内位移之差都相等，有公式：

$$S_{n+1} - S_n = aT^2$$

或者是

$$S_{n+3} - S_n = 3aT^2。$$

这两个公式是测定匀变速直线运动加速度的实验的基本依据。

自由落体运动是初速度为 0 加速度为 g 的匀加速直线运动。对于初速为 0 的匀加速直线运动，上述四个基本公式中的初速 $V_0 = 0$ ，公式变得较为简单。其中位移 S 与时间 t 的平方成正比，速度 v 与时间 t 成正比。特别是初速为 0 的匀加速直线运动在相等时间间隔内通过的位移之比， $S_1 : S_2 : S_3 : \dots : S_n : \dots = 1 : 3 : 5 : \dots : (2n-1) : \dots$

通过相等的位移所用时间之比，

$$t_1 : t_2 : t_3 : \dots : t_n : \dots = 1 : \sqrt{2} - 1 : \sqrt{3} - \sqrt{2} : \dots : \sqrt{n} - \sqrt{n-1} : \dots \text{等}$$

五、直线运动图象

物理量之间的关系可以用公式或函数来表示，也可以用函数图象来表示。物理图象是用来表示物理量之间的依存关

系的函数图象。物理图象可以表示物理规律，它具有简明、形象、直观的特点；物理图象可以用来记录实验数据，通过对图象的分析可得出规律性的结论；物理图象可以用来表示物理问题中的物理量之间的关系，通过对图象的分析，可以用来解决具体的物理问题。

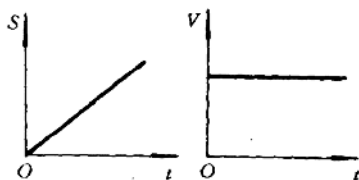


图 1-5

直线运动的图象，主要是 $S-t$ 图和 $V-t$ 图。 $S-t$ 图给出了位移随时间变化的函数关系； $V-t$ 图给出了速度随时间变化的函数关系。匀速直线运动的 $S-t$ 图象和 $V-t$ 图象都是直线，如图 1-5 所

示，其相应的函数关系是 $S=Vt$ 和 $V=\text{常量}$ 。匀变速直线运动的 $V-t$ 图也是直线， $S-t$ 图象是二次曲线，如图 1-6 所示，其对应的函数关系分别是 $V=V_0$

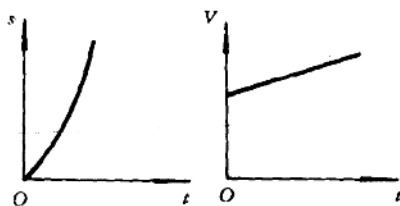


图 1-6

$+at$ 和 $S=V_0t+\frac{1}{2}at^2$ 。

掌握运动图象，首先要认识图象表述的物理量之间的对应的关系，特别是图象中某些特殊点所代表的物理意义。其次，图象直观地给出了函数的变化趋势，物理图象的曲线上某一点的切线，即曲线在该点的变化率都有一定的物理意义，例如， $S-t$ 图象的切线的斜率是位移对时间的变化率即该点的速度， $V-t$ 图象的切线斜率是速度对时间的变化率即加速度。第三，有的图线下所围的面积还具有一定的物理意义，如 $V-t$

t 图线下所围面积代表运动通过的位移等。

例 2 物体做匀变速直线运动，从 A 点运动到 B 点，经过的时间为 t ，物体在 A 点和 B 点的速度分别为 V_1 和 V_2 ，物体通过 AB 中点的即时速度为 V_s ，在 $t/2$ 时刻的即时速度为 V_t ，则

- (A) 若 $V_1 > V_2$ ，有 $V_s > V_t$
- (B) 若 $V_1 < V_2$ ，有 $V_s > V_t$
- (C) 不管 $V_1 > V_2$ 还是 $V_1 < V_2$ ，都有 $V_s > V_t$
- (D) 不管 $V_1 > V_2$ 还是 $V_1 < V_2$ ，都有 $V_s < V_t$

分析和解：

方法一：物体做匀变速直线运动，在 AB 中点的速度为 V_s ，

$$V_s = \sqrt{\frac{V_1^2 + V_2^2}{2}}$$

在中间时刻 ($t/2$) 的速度为 V_t ，

$$V_t = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

比较 V_s 和 V_t 的大小，

$$\begin{aligned} V_s^2 - V_t^2 &= \frac{(V_1^2 + V_2^2)}{2} - \frac{(V_1 + V_2)^2}{4} \\ &= \frac{(V_1 - V_2)^2}{4} > 0 \end{aligned}$$

不管 V_1 和 V_2 的大小，只要 $V_1 \neq V_2$ ，就有 $V_s > V_t$ 。

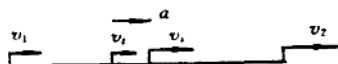


图 1-7

方法二：物体做匀变速直线运动，如图 1-7 所示，对于匀加速运动， $V_1 < V_2$ ，则物体在前一半时间内的平均

速度小于后一半时间内的平均速度，因此前一半时间通过的位移小于后一半时间内通过的位移，即它在中间时刻的位置在位移中点之前，故有 $V_t < V_s$ ；同样，对于匀减速运动， $V_1 > V_2$ ，物本在前一半时间内的平均速度大于后一半时间内的平均速度，它中间时刻所在的位置，在位移中点之后，故也有 $V_s > V_t$ 。

说明：对于匀变速直线运动，在某一段时间内的平均速度等于这段时间的中间时刻的即时速度，提供了实验测量匀变速直线运动的即时速度的一种方法。

例3 火车站台上有一位观察者，站立在火车的第一节车厢前，火车起动后做匀加速直线运动，观察者测量出第四节车厢通过他眼前所用的时间是4秒，若车厢的长度是20米，求火车起动时的加速度。

分析和解：

火车相对于观察者做初速为0的匀加速直线运动，第四节车厢从观察者眼前通过，相当于观察者以等大的加速度相对于火车做初速为0的匀加速直线运动，每节车厢的长度都相等，设为 L ，它通过第四个相等的位移 L 所用的时间是4秒，对于初速为0的匀加速直线运动，通过相等的位移所用时间之比是 $t_1 : t_2 : t_3 : t_4 : \dots = 1 : \sqrt{2} - 1 : \sqrt{3} - \sqrt{2} : 2 - \sqrt{3} : \dots$

$$\text{则 } t_1 : t_4 = t_1 : 4 = 1 : 2 - \sqrt{3}$$

$$\text{解得 } t_1 = 14.9 \text{ 秒} \quad \text{由 } L = \frac{at_1^2}{2}, \text{ 解得 } a = 0.18 \text{ 米/秒}^2$$

说明：应用比例的方法来求解问题是一种常用的方法。

例4 列车沿直线轨道由A地驶向B地，A、B相距为 d ，列车从A地由静止出发做匀加速直线运动，加速度大小为

a_1 , 列车最后一阶段做匀减速直线运动, 加速度大小为 a_2 , 到达 B 时恰好静止。行驶途中列车还可做匀速运动, 求列车由 A 到达 B 的最短时间 t 。

分析和解:

解法一:

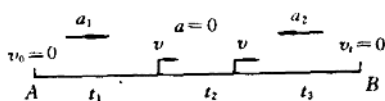


图 1-8

列车由 A 到 B 的运动过程, 如图 1-8 所示, 列车开始做匀加速运动的时间为 t_1 , 中间一段匀速运动的时间为

t_2 , 最后一段减速运动的时间为 t_3 ,

$$d = \frac{a_1 t_1^2}{2} + vt_2 + \frac{a_2 t_3^2}{2}$$

$$t = t_1 + t_2 + t_3$$

中间一段匀速运动的速度是最大速度, 设为 v , $v = a_1 t_1 = a_2 t_3$ 讨论由 A 到 B 行驶的时间 t 与最大速度 v 的关系, 加速时间 t_1 越长, 最大速度 v 越大, 减速时间 t_3 也越长, 匀速运动时间 t_2 变小, 求出位移 d 一定时, 时间 t 与速度 v 之间的关系, 从而找到有最短时间的条件。

$$\begin{aligned} d &= \frac{vt_1}{2} + vt_2 + \frac{vt_3}{2} \\ &= vt - \left(\frac{1}{2a_1} + \frac{1}{2a_2} \right) v^2 \end{aligned}$$

得 $\frac{v^2 (a_1 + a_2)}{(2a_1 a_2)} - vt + d = 0$, 该二次方程要有实根,

判别式
$$\Delta = t^2 - \frac{2d (a_1 + a_2)}{a_1 a_2} \geq 0,$$

得最短时间
$$t = \sqrt{\frac{2d (a_1 + a_2)}{a_1 a_2}}$$

解法二：

列车做直线运动的速度图线如图 1-9 所示，图线下所围面积是列车在时间 t 内通过的位移， v 为列车中途做匀速运动的速度，也是它运动的最大速度，当最大速度 v 增大时，为保证图线下所围面积不变，代表减速运动的直线要向左平移，所用时间 t 就减小，随着最大速度 v 增加，所用时间 t 减小，直到列车做匀速运动的时间 t_2 减为 0，即由匀加速运动直接变为匀减速运动时，完成这段路程所用时间 t 最短，由 $d =$

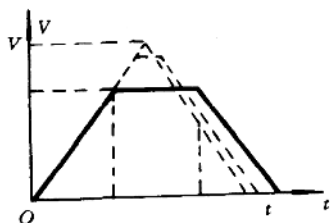


图 1-9

$d = \frac{v^2}{2} \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right)$

$$\frac{v^2}{2} \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right)$$

得

$$v = \sqrt{\frac{2da_1a_2}{a_1+a_2}}$$

最短时间

$$t = \sqrt{\frac{2d(a_1+a_2)}{a_1a_2}}$$

例 5 气球以 4 米/秒的速度匀速坚直向上升起，到达 3.2 米高空时，从气球正下方的地面上，坚直向上抛出一个石子，要使石子能与气球在空中相遇，石子抛出的最小速度是多小？取 $g=10$ 米/秒²

分析和解：

解法一：

气球以速度 v_1 坚直向上做匀速直线运动，石子以初速度 v_0 做坚直上抛运动，若建立以坚直向上为正方向的坐标，以

地面为坐标的原点，从石子抛出时刻开始计时，则

$$S_{\text{球}} = L + v_1 t \quad \text{其中 } L = 3.2 \text{ 米, } v_1 = 4 \text{ 米/秒}$$

$$S_{\text{石}} = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$\text{石子与气球相遇, 有 } L + v_1 t = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

石子能与气球在空中相遇，上述二次方程要有实数解，即判别式

$$\Delta = (v_1 - v_0)^2 - 2gL \geq 0$$

$$\text{得最小初速} \quad v_0 = v_1 \pm \sqrt{2gL}$$

取 $v_0 = 12 \text{ 米/秒}$ (另一根 $v_0 = -4 \text{ 米/秒}$ 舍去)

解法二：

做出气球做匀速直线运动的 $s-t$ 图象，它是一条直线；做出石子做竖上抛运动的 $s-t$ 图象，它是一条抛物线，如图 1-10 所示，抛物线与直线相交处即是气球与石子相遇点。抛物线的形状与石子的初速度有关，初速度较小时，抛物线与直线相离，即两者在空中不能相遇；当抛物线与直线相交时，对应着石子

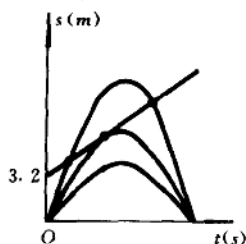


图 1-10

与气球相遇，两个交点处的坐标即相遇两个时刻和相应的位置；当抛物线与直线相切时，为两者刚好能够相遇的情况，它相应的初速度为两者能够相遇的最小速度。在切点处，即相遇时，石子的速度与气球的速度相等。有

$$v_1 = v_0 - gt \quad \text{或} \quad t = \frac{(v_0 - v_1)}{g}$$

$$\frac{1}{2} (v_0 + v_1) \frac{V_0 - V_1}{g} = v_1 \frac{V_0 - V_1}{\bar{g}} + L$$

解得最小初速 $v_0 = 12$ 米/秒。

解法三：

气球的速度 $V_1 = 4$ 米/秒，石子的初速 V_0 ，都是相对于地面的速度。

如果以竖直上升的气球为参照物，则石子从 L 远向着气球方向做初速为 $V_0 - V_1$ 、加速度为 $-g$ 的匀减速直线运动，经过的位移为 L 时，石子追上气球。初速 V_0 越大，石子追上气球时的相对速度越大，当追上气球的相对速度为 0 时，它对应的初速即石子追上气球的最小初速度，对于该情况，有

$$(V_0 - V_1)^2 = 2gL$$

同样可解得 $V_0 = 12$ 米/秒。

六、运动的合成与分解

一个物体同时参与两个（或两个以上的）运动，那么物体的运动是这两个（或两个以上的）运动的合运动，这两个运动（或两个以上的运动）是分运动。由分运动求合运动，叫做运动的合成，反之叫运动的分解。

描写运动的量，位移、速度和加速度都是矢量，则合运动的位移、速度和加速度与两个分运动的位移、速度和加速度的关系满足平行四边形法则。

运动的合成与分解提供了一种研究比较复杂的运动的方法。将一个比较复杂的运动看做是由两个比较简单的分运动合成的合运动。例如，竖直上抛运动可以看做是由竖直向上速度为 v_0 的匀速直线运动与竖直向下的自由落体运动的合运动。这两个分运动在一条直线上，建立以竖直向上为正方