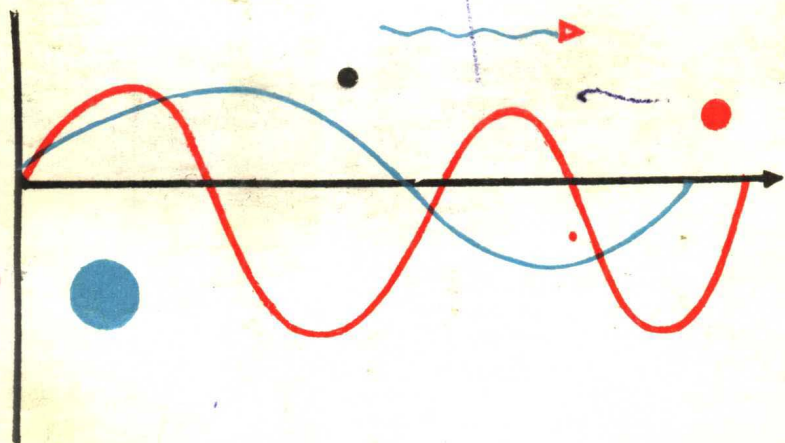


高中力学 典型习题分析



陕西人民教育出版社

高中力学典型习题分析

方 波 编著

陕西人民教育出版社

高中力学典型习题分析

方 波 编著

陕西人民教育出版社出版

(西安和平门外标新街2号)

陕西省新华书店发行 长安黄良印刷厂印刷

787×1092毫米 1/32开本 印张3.75 字数74千字

1985年12月第1版 1985年12月第1次印刷

印数：1-6, 000

统一书号：7387.82 定价：0.68元

前 言

本书讨论了中学物理力学部分的解题方法。在论述了解题的一般规律和步骤以后，又分节做了解题简述。希望通过这些论述，能起到导通解题思路的作用。解题过程是兼有形象思维和逻辑思维的过程，通过解题实践才能逐渐掌握起一种行之有效的解题方法。因此，本书将通过演示习题详解，以期对读者具体地体会解题的规律有所帮助。

编入各节的典型习题具有综合性和代表性。一般说来，解一个题要用到几个公式，要应用较多的物理概念，要接触到一般学生所遇到的大部分难点。因此，这为数不多的例题，可以覆盖大部分高中力学的内容；如果能掌握起书中例题的解题方法，无疑对解答更多的其它习题是会很有帮助的。

为了培养学生在解答物理习题时的思维能力，本书采用了一种明确的解题格式。这种解题格式能集中解题人的精力，引导解题人的思维活动步步深入，直至得到正确的答案，在某种程度上可以减缓学生在习题面前感到不知从何下手的精神压力。

对物理概念的正确理解，对选用公式时必须注意的条件，对物理定律的应用范围，在典型题解中都随时随地做了说明，这比抽象地论述要容易理解和接受。

在各节的典型例题之后，给出了若干个练习题，使读者

有机会检查自己的解题能力。

由于作者水平所限，书中错误在所难免，恳请读者指正。

编 者

一九八五年四月

目 录

前 言

第一章：解题方法概述

..... (1)

第二章：力学

第一节：运动学 (8)

第二节：静力学 (18)

第三节：动力学 (32)

第四节：功（功率）和能 (56)

第五节：圆周运动 (69)

第六节：机械振动和机械波 (87)

第七节：万有引力 (102)

练习题答案 (109)

第一章 解题方法概述

进入高中学习阶段以后，由于物理课的内容，不论是深度还是广度，较之初中物理都发生了巨大的变化，因此不少学生觉得物理难学，在解题时经常遇到困难。分析学生在解题时的困难，一般反映在以下四个方面的问题上。

1. 正确地理解习题的内容；
2. 正确地分析习题所描述的物理过程；
3. 正确地应用概念，定律，公式；
4. 采用清楚的解题格式，实行正确无误的计算。

上述四个方面的问题，哪一个问题得不到正确的解决，都会导致解题的失败。这四个方面的问题又是解题的四个步骤，只有按次序通过，才能成功地完成解题的任务，因此要掌握好这四个步骤的要领。

由于本书限于力学部分内容，让我们举出一个运动学的例题，具体说明上述四个问题，在解题过程中是怎样逐一解决的。

在地表面以上 $H_0 = 300$ 米高处的一点，以相同的速度 $v_0 = 200$ 米/秒同时抛出两个物体，第一个物体竖直向下运动，第二个物体竖直向上运动。试计算：

- (1) 经过多长时间两物体彼此相距 $D = 200$ 米？
 - (2) 第一个物体落地时的速度；
 - (3) 经过多长时间，第二个物体才能落到地面？
- (一) 正确地理解习题的内容

首先把问题从头至尾认真地读上一两遍，然后自问：“在我的生活经验中，在学校的实验室里，见过这个题目所描述的情景吗？”

你可能会想到向空中竖直抛扔石子的情景，你还可能会想到向深井中投掷过重物的情景……

这些情景已经和题目所描述的情景有些联系了：两个运动一是竖直向上，一是竖直向下，都是在重力场中发生的，所不同的，它们不是在地面上方同一高度的同一点同时开始的运动。

在你的经验中，还有没有更相似的情景呢？爱放爆竹的人会有这样的经验：两响的爆竹，一半在地面上爆响，将另一半抛向空中。在空中爆响的部分偶尔会炸成两部分，分别以相近的速度竖直地向上和向下运动。这一情景和题目中所描述的就十分相似了。想到这里，你就会确信，这个题目是合理的，题目所描述的运动是客观存在的，并对运动过程的始终有了某些形象的了解：向下运动的物体较向上运动的先落地，两物体在运动过程中彼此距离是不断变化的……想到这些，你又会相信题目中的提问也是合理的。

完成这一步骤的功夫根底，基于平时对自然界中物理现象的细心观察，和在实验室中的认真实验。物理学是实验科学，准确的观察和认真的实验，对物理现象的描述的理解和对物理定律的理解都是必不可少的。有的学生不重视正确理解习题内容这一步骤；如果对问题理解的不正确，就动手解题，即便是运算无误，其结果也一定是错误的。

当你在头脑中已经建立起该习题的正确形象，并确认这个题目是一个合理的物理问题以后，你就可以开始解题的第

二步骤了。

(二) 对题目的物理过程及其特点的正确分析

这是一个在重力场中同时发生的竖直上抛物体运动和初速不为零的落体运动，其初始位置，运动的起始时刻是完全相同的，初速度的量值是相等的，方向是相反的。求解中的第1)问是关系着两个物体的，解答第1)问时，要考虑由两个物体所组成的物系的运动；求解中的第2)、3)问则是分属于个别物体的，因此解答问题时，与另一个物体如何运动无关。分析清楚了习题所描述的物理过程的特点以后，就为正确地选用公式打下了基础。

(三) 正确地选用解题公式

首先列出习题的已知量和求解的未知量，分析这些已知量和未知量，思考关于联系这些未知量和已知量的定律和公式。因为你已经明确这是一个同时发生的竖直上抛和初速不为零的落体运动，这就为你选用公式指出了明确的范围。

第1)问求两物体相距200米时运动所经历的时间。怎样建立已知的距离和未知时间之间的关系呢？没有直接的关系式可以利用，那就需要用其它的关系式推导出来。相对距离 D 和两个物体的相对位置有关，首先需要确定两个物体的位置。画 y 轴沿竖直方向，并指定向下为正方向。此时向下运动的物体位移公式

$$y_1 = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2, \text{ 向上运动的物体的位移公式}$$

$$y_2 = -v_0 t + \frac{1}{2} g t^2, \text{ 相对距离 } D = y_1 - y_2 = 2v_0 t$$

这就建立起了未知数 t 和已知数 v_0 、 D 之间的关系了。

第2)问是关于第一个物体的。求落地速度 v_t 有直接的公式可以利用； $v_t = \sqrt{v_0^2 + 2gH}$ 。

第3)问是关于第二个物体的。能利用公式

$y_2 = -v_0 t + \frac{1}{2}gt^2$ 来求解落地时间吗？如果把 y_2 理解成相对运动起始点($y_2 = 0$)的位移，那就完全可以；如果把 y_2 理解成运动所通过的路程，应用上面的公式，就不能得出正确的结果。第二个物体落地时， $y_2 = H_0$ ，则可以应用

$y_2 = H_0 = -v_0 t + \frac{1}{2}gt^2$ 解出第二个物体落地所经历的时间。这个问题说明了，在选用公式时一定要分析公式成立的条件。

如果正确地完成了前三个解题步骤，可以说闯过了了解题的三道难关。这第四关应该比较容易地通过了，不过且莫掉以轻心。这一步出了差错，虽不致前功尽弃，但免不了造成收不到全功之憾，因此这最后一步应当慎重对待。

慎重对待可体现在采用一清晰的合乎逻辑的解题格式。好的解题格式能够体现上述解题步骤，能使你在解题过程中集中精力，能使你容易检查出计算中的错误。在计算过程中，如果没有直接用已知量表达未知量的公式，那就需要做代数式的代入变换，最终导出一个文字方程；未知量在等号的左边，等号右边的文字都是已知量，然后再代入已知数进行计算。这样做，计算的速度快，计算的准确，不容易发生错误。不然，对中间未知数分别进行数字计算后，再计算最

终未知数，计算麻烦，计算结果精度差，有错误不易检查。因此，为了避免计算上的错误，对计算方法是要注意的。在本书而后各节的典型例题详解中所采用的解题格式是 1) 问题，2) 已知数，3) 求解，4) 解题思路，5) 题解，6) 答案。现将本章所举例题按上述格式解答如下。

【问题】从地表面以上高 $H_0 = 300$ 米高处的一点，以相同的速度 $v_0 = 20$ 米/秒同时抛出两个物体，第一个物体竖直向下运动，第二个物体竖直向上运动。试计算：

- 1) 经过多长时间两物体彼此相距 $D = 200$ 米？
- 2) 第一个物体落地时的速度；
- 3) 经过多长时间，第二个物体才能落到地面？忽略空气阻力，令 $g = 10$ 米/秒²。

【已知数】

$H_0 = 300$ 米——物体相对地面的初始位置；

$v_0 = 20$ 米/秒——二物体的初始速度值；

$D = 200$ 米——两物体之间的距离；

$g = 10$ 米/秒²——重力加速度。

【求解】

- 1) t ——经过多少时间二物体彼此相距 200 米？
- 2) v_1 ——第一个物体到达地面时的速度；
- 3) t_2 ——从抛出时刻算起，第二个物体撞地时所经历的时间。

【解题思路】

建立一适当的坐标系，描述二物体的运动位置。将原点设在抛出点，令坐标轴沿着运动的方向，将坐标轴的正方向

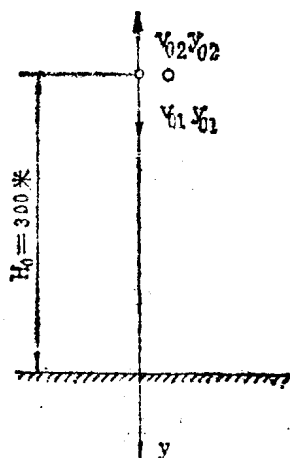


图0—1

指定为和重力加速度 g 的方向一致（当然也可将坐标轴的正方向指定为与 g 相反的方向）在这样的坐标系中进行计算时，公式的形式是简单的。画出用坐标系描述运动的草图（图0—1）。适当的画图可以帮助对习题所描述的物理过程的理解。第一个物体的位置坐标用 y_1 表示，第二个物体的坐标用 y_2 表示。开始运动的时刻，二物体的速度和位置分别是 v_{01} 、 y_{01} 和 v_{02} 、 y_{02} ，并且

$$y_{01} = y_{02} = 0, \quad v_{01} = -v_{02} = v_0$$

$$y_1 = v_{01}t + \frac{1}{2}gt^2 = v_0t + \frac{1}{2}gt^2$$

$$y_2 = v_{02}t + \frac{1}{2}gt^2 = -v_0t + \frac{1}{2}gt^2$$

$$D = y_1 - y_2 = v_0t + \frac{1}{2}gt^2 - (-v_0t + \frac{1}{2}gt^2) = 2v_0t$$

$$t = D/2v_0 \dots\dots\dots ①$$

在第一个物体撞地的时刻, $y_1 = H_0$,

$$\therefore v_1^2 - v_0^2 = 2gH_0$$

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 + 2gH_0} \dots\dots\dots ②$$

在第二个物体撞地的时刻, $y_2 = H_0$,

$$\therefore y_2 = -v_0 t_2 + \frac{1}{2} g t_2^2 = H_0$$

$$t_2 = (v_0 \pm \sqrt{v_0^2 + 2gH_0}) / g \dots\dots\dots ③$$

【题解】

将已知数据代入上面给出的①、②、③式中, 于是得到:

$$t = 200 \text{米} / 2 \times 20 \text{米/秒} = 5.0 \text{秒};$$

$$v_1 = \sqrt{400 \text{米}^2/\text{秒}^2 + 2 \times 10 \text{米/秒}^2 \times 300 \text{米}} = 80 \text{米/秒};$$

$$t_2 = (20 \text{米/秒} \pm \sqrt{400 \text{米}^2/\text{秒}^2 + 2 \times 10 \text{米/秒}^2 \times 300 \text{米}}) / 10 \text{米/秒}^2 = (2 \pm 8) \text{秒},$$

(t_2 不可能是负值, 故把负值舍去)

$$t_2 = 10 \text{秒}.$$

【答案】

- 1) 抛出后经过 5 秒钟两物体彼此相距 200 米;
- 2) 第一个物体撞地时的速度是 80 米/秒;
- 3) 第二个物体在抛出后 10 秒钟落地。

第二章 力 学

第一节 运动学

解题方法简述

在运动学习题中，题目中只给出物体运动形态特点的描述，求解的量也是描述物体运动形态的一些物理量，如路程、位移、速度、加速度、时间等。解运动学习题要熟悉各种不同形式运动的这些物理量之间的关系式，要能理解并能绘出这些物理量和时间之间关系的图象，要会恰当地建立描述运动的坐标系，要知道速度和加速度的矢量性质，掌握运动的合成与分解以及运动的独立性原理。以上就是运动学的一些基本内容。

运动学中习题的难点是在曲线运动和任意两个物体做相对运动的题目中（如一个落向地面的球对另一个竖直上抛的球的运动）。利用运动的分解原理，将复杂的曲线运动变成两个独立的直线运动求解，往往可以实现解题的目的。对竖直上抛物体的路程公式 $S = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$ ，当确定地面上一点为坐标原点，竖直向上的方向为 y 轴正方向，抛出时刻为计时零点时，并把 S 理解为 y 的坐标值，则此式对物体上升阶段的运动和落地阶段的运动是普遍适用的。

典型例题详解

例题一

【问题】

炮弹从炮口飞出时的速度 $v_0 = 1000$ 米/秒，发射方向跟水平线相交成 $\alpha = 30^\circ$ 的角。试确定：

- 1) 炮弹在空中飞行的时间；
- 2) 炮弹的落地点与炮口间的水平距离。

【已知数】

- 1) $v_0 = 1000$ 米/秒 —— 炮弹的初速度
- 2) $\alpha = 30^\circ$ —— 炮弹初速 v_0 的方向与水平线间的夹角。

【求解】

- 1) t —— 炮弹在空中飞行的时间；
- 2) S —— 炮弹的落地点与炮口间的水平距离。

【解题思路】

1) 建立
描述炮弹运动
的坐标系
(图1—1)；

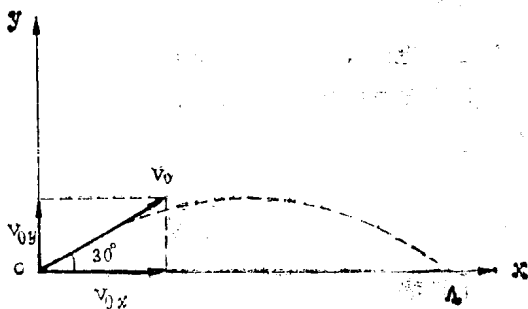


图1—1

2) 将与水平成 30° 角的运动分解成 x 、 y 两个正交方向上的分运动。

在 y 方向上的初始运动速度 $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$ 。

在 x 方向上的初始运动速度 $v_{0x} = v_0 \cos \alpha$ 。

3) 炮弹在空中飞行的时间决定 y 方向上的运动，飞行时间和 y_0 之间的关系式是

$$t = \frac{2v_{0y}}{g} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

4) 炮弹飞行的水平距离决定于初速 v_0 。在水平方向上的分速度 $v_0 \cos \alpha$ 。

$$S = v_0 \cos \alpha \cdot t = v_0 \cos \alpha \cdot 2v_0 \sin \alpha / g = \frac{2v_0^2 \sin \alpha^2}{g}$$

【题解】

$$1) \quad t = 2 \times 1000 \text{ 米/秒} \times \frac{1}{2} / 10 \text{ 米/秒}^2 = 100 \text{ 秒},$$

$$2) \quad s = \frac{(1000 \text{ 米/秒})^2 \times 0.866}{10 \text{ 米/秒}^2} = 86.7 \times 10^3 \text{ 米}.$$

【答案】

1) 炮弹在空中飞行的时间是 100 秒，

2) 炮弹的落地点与炮口间的水平距离约是 86.7×10^3 米。

例题二

【问题】

在上题的条件下，如果把炮位设在高出地面 800 米的山

头上，再回答以下几个问题。

- 1) 炮弹相对抛出时的水平面上升的最大高度 H ;
- 2) 从炮身到炮弹落地点的水平距离 S_{xA} ;
- 3) 炮弹落地时的速度;
- 4) 炮弹落地时的速度与地面的夹角。不计空气阻力。

【已知数】

$h = 800$ 米 —— 抛出点到落地点的垂直距离;

$v_0 = 1000$ 米/秒 炮弹的初速;

$\alpha = 30^\circ$ —— 水平方向和初速之间的夹角;

$g = 10$ 米/秒² 重力加速度。

【求解】

- 1) H —— 炮弹相对发射点上升的最大高度;
- 2) S_{xA} —— 炮弹飞行的水平距离;
- 3) v_t —— 炮弹落地时的速度;
- 4) β —— 炮弹落地速度和水平之间的夹角。

【解题思路】

- 1) 建立适当的坐标系，描述炮弹的运动〔图 1—2〕
- 2) 将初速度 v_0 分解成 v_{0x} 和 v_{0y} 两个分量。

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha \quad (\text{在运动过程中保持不变})$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha$$

- 3) 因为飞出点和坐标原点一致，所以炮弹的初始位置 $x_0 = 0$, $y_0 = 0$, 飞行的水平距离 $S_x = x$, 竖直距离 $S_y = y$ 。

在时刻 t 时，炮弹的 y 向分速度

$$v_{ty} = v_0 \sin \alpha - gt$$

为了确定 H ，必须首先解出上升到最大高度的时间 t_1 ，考虑到上升到最大高度时 $v_{ty} = 0$,