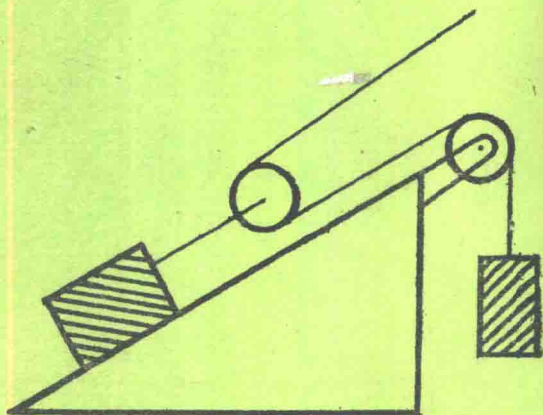


3

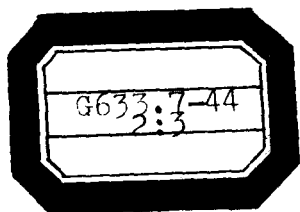
物理解疑



天津科学技术出版社

物理解疑(3)

袁克群 张立 编



天津科学技术出版社

责任编辑：张炳祥

物理解疑(3)

袁克群 张立 编

•

天津科学技术出版社出版

天津市赤峰道130号

天津新华印刷一厂印刷

新华书店天津发行所发行

•

开本787×1092毫米 1/32 印张12.375 字数263,000

一九八七年二月第一版

一九八七年二月第一次印刷

印数：1—27,440

书号：7212·14 定价：2.10元

ISBN 7-5308-0065-5/O·4

目 录

总 论

第一章 力 (1)

第一单元 力 (24)

第二单元 物体受力情况分析 (24)

第三单元 力的合成与分解 (36)

复习题 (41)

第二章 直线运动 (48)

第一单元 机械运动及其描述 (94)

第二单元 匀速直线运动和匀变速直线运动规律的描述 (54)

第三单元 自由落体运动和竖直上抛运动 (63)

复习题 (78)

第三章 运动定律 (90)

第一单元 牛顿第一定律 (96)

第二单元 牛顿第二定律 (96)

第三单元 牛顿运动定律的应用 (100)

复习题 (112)

第四章 曲线运动 (120)

第一单元 运动的合成与分解 (127)

第二单元 抛射体运动 (127)

第三单元 匀速圆周运动 (131)

复习题 (143)

第五章 万有引力定律 (158)

第一单元 行星运动的规律	(164)
第二单元 万有引力定律及其应用	(169)
复习题	(181)
第六章 物体的平衡	(186)
第一单元 共点力作用下物体的平衡	(186)
第二单元 有固定轴物体的平衡	(197)
第三单元 平衡的种类和稳度	(212)
复习题	(215)
第七章 机械能	(224)
第一单元 功和功率	(224)
第二单元 动能定理	(237)
第三单元 势能	(247)
第四单元 机械能守恒定律	(252)
复习题	(266)
第八章 动量	(275)
第一单元 动量定理	(275)
第二单元 动量守恒定律	(289)
第三单元 碰撞和反冲	(300)
复习题	(315)
第九章 机械振动和机械波	(323)
第一单元 机械振动	(323)
第二单元 机械波	(339)
第三单元 声学初步知识	(349)
复习题	(353)

总 论

本书所归纳的物理练习题，大致可以分为以下七种类型：

- 问答题；
- 计算题；
- 推导、论证题；
- 作图题；
- 实验题；
- 填空题；
- 选择题。

为了帮助读者正确地各种类型的练习，我们先讲述各种类型练习的规范化解法，借此提供解决各类问题的正确的思维方法和分析、论证的方法。必须说明：不能把这些方法当成一种“模式”去机械套用。

无论分析和解决哪一类问题，都要从建立物理图景开始，即弄清问题所研究的物理现象或物理过程，尽力在头脑中产生形象的图景。在这个基础上，再分析已知条件是什么？未知条件是什么？然后再去寻找解决这个问题的方法。如果用多种方法都可以求解，那就要认真地考虑一下选用哪种方法最简便？力求在分析、解决某个问题时，都尽可能地找出最佳解法。这样，通过长期的努力，就会逐步形成分析问题和解决问题的能力。那种不加分析，急于找公式求解的方法是

十分有害的,所以,要努力在学习物理思维方法上下功夫。

下面就各种练习的分析、论证方法做较为详尽的讨论。

一、问答题

问答题是一种常见的物理练习题。这类问题是应用所学物理知识(概念或规律)去分析和解释物理现象(或过程)的问题。

怎样解答问答题呢?

首先要选择理论依据作为分析、说明这个问题的根据。然后,借此对所研究的物理现象或过程进行分析、论述,最后才能得出结论。

回答问答题,不仅要对所涉及的概念、规律的意义认识深刻,而且还要具有一定的分析能力和文字叙述能力。论述要简明扼要,逻辑层次要清楚,即必须有两个逻辑层次:一要有清晰的结论(论点),二要有充分的理论根据(论据)。所述观点必须统一,不能前后自相矛盾。答题方法有两种:一是正面论述法,二是反证法。问答题是一种难度较大的练习题,这类练习,对帮助我们理解和加深物理概念和规律的认识的作用,是其它类型题所不能替代的。

二、计算题

计算题也是一种常见的练习题,它可以分为简单计算题和综合计算题两类。所谓简单计算题是指所研究的物理现象或物理过程比较简单,常是单一的物理现象或物理过程;对于它,只要能找到可以解决这个问题所需用的定律(定理)或公式,问题就解决了。

虽然这种计算题比较简单,但也一定要在弄清物理现象和过程的基础上再去寻找所要使用的定律(定理)或公式,

不要急于求解，要养成认真分析和积极思考的习惯，要掌握在建立物理图景的基础上才去寻找解决问题方法的正确思维途径。

综合计算题所研究的是由简单的物理现象和过程（子过程）组成的一个比较复杂的物理现象或过程（母过程），解决综合计算题的基础仍在于要扎实地掌握各种基本物理定律（定理），并以此为根据，分析问题中所发生的物理现象或过程，在头脑中建立清晰的整个物理现象或过程的物理图景。

解决综合题必须从对它的复杂过程的分析入手，可以从两个方面进行。

第一，解剖复杂过程（现象），把母过程解剖成若干个子过程。即分析这个复杂过程（现象）是由哪几个性质单一的过程（现象）组成的，同时找出每个过程（现象）遵循什么规律。

第二，找出各个子过程之间的联系。即分析被解剖开的各个过程（现象）之间是如何联系的。一般来说，动力学和运动学之间用加速度联系，而各个不同运动过程之间用速度联系；动力学和静力学之间又是用力来联系的。

下面，我们举例说明这种分析方法。

如：跳伞员做延迟开伞的表演。我们研究它的全过程可以发现，它是由两个子过程组成的，如果是从直升飞机上竖直跳下，初速为零，开伞后匀速下降，那么，第一个子过程是自由落体运动，第二个子过程为匀速直线运动。这两个子过程各自所遵循的规律很容易找出。因为第一个过程和第二个过程之间是用速度联系的，所以自由落体运动的末速度就

是匀速直线运动的速度，也就是开伞时的速度。有了这样的分析，求整个运动所用的时间，开伞时的速度、高度和匀速下降时所受空气阻力等问题，就迎刃而解了。

又如：研究冲击摆问题时，我们可以把运动全过程分解为两个子过程：一个是子弹和砂袋（或木块）的完全非弹性碰撞的瞬时相互作用；另一个是砂袋和子弹组成的一个整体，在摆动过程中做圆周运动。前一过程中动量守恒，后一过程中机械能守恒。完全非弹性碰撞结束时的共同速度把这两个子过程联系起来。

在物理学习的过程中，我们还会遇到更为复杂的由两个以上的子过程组成的综合问题，或一个过程中包含着几种物理现象的综合问题，这些问题都可以应用这种分析方法以求得解决。

综上所述，我们可以用分析法或综合法求解问题。

分析法的逻辑思维方法是：先找出能直接回答题目中最终所要求的物理量的公式或定律（定理）。把这个原始公式称为“母式”，然后分析这个“母式”中的各个物理量，逐一地列出可以求出这些物理量的“子式”。如果在“子式”中仍含有未知量，必须再分析这一未知量，列出次一“子式”。这样逐步分析、推演下去，直到不再出现未知量，全部为题目中的已知量为止。而具体的计算过程，则按思维的逆过程进行。

如：一个质量为 m 的物体，放在水平面上，物体和水平面之间的滑动摩擦系数为 μ ，如果在这个物体上施加与水平面成 θ 角的拉力 F ，使其由静止开始做匀加速直线运动，求 t 秒末的速度。

首先我们可以把上述物理过程用图1所示的示意图表示出来。这个问题虽属单一的物理过程，但解决这个问题所需的逻辑思维过程较多。现在我们用分析法解决这个问题。

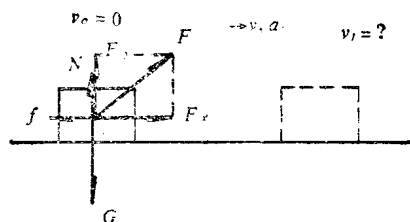


图 1

因为 $v_0 = 0$ ，且物体在水平面上做匀加速直线运动，所以， t 秒末的速度为

$$v_t = at$$

这个式子称为“母式”，但其中加速度 a 为未知量，要求出 v_t ，必须先求出加速度，这就要找出可以求出这个过程中加速度的“子式”。这个“子式”是什么呢？这只有从产生这个加速度的原因上去找。这样，牛顿第二定律

$$a = \frac{F}{m}$$

就成了解决这个问题的第二个“子式”。可是，要想从这个式子中求出加速度 a ，还必须再找出作用在物体 m 上的合外力。把拉力 F 正交分解为 F_x 和 F_y ，如图1。

则
$$\Sigma F_x = F_x - f$$

该式为第三个子式，式中

$$F_x = F \cos \theta$$

此为第四个子式。

又知

$$f = \mu N$$

为第五个子式，式中 N 可以由 $\Sigma F_y = 0$ ，即 $N + F_y = G$ 求出，而

$$N = G - F \sin \theta$$

该式为解这个题所需使用的最后一个“子式”（第六个子式）。

沿分析的逆过程，用每一个“子式”计算出相应的物理量，最后由母式即可求出

$$v_t = \frac{F(\cos \theta + \mu \sin \theta) - \mu G}{m} \cdot t \text{ (米/秒)}$$

从上述的分析过程中，可以很清楚地看出“分析法”的分析过程，这种方法是一种从整体到部分的逻辑思维方法，层次清晰，易于掌握。但在综合性较强的问题中，由于分析过程所需的“子式”太多，研究过程不简练，这是它的缺点。能不能寻找一种比分析法简练的思维方法呢？“综合法”就是一种可以克服“分析法”缺点的一种方法。

“综合法”从逻辑方法上讲，它是一种从部分到整体的思维方法，它和“分析法”的思维逻辑方法恰好相反。综合法要求用定律（定理）或公式直接把已知量和未知量联系起来，从而简化了研究过程。学习和掌握这种方法比较困难，必须对所学物理知识（概念、定律、定理、公式）有深刻的认识，并具有扎实的基础，才能运用自如。

仍以上题为例，运用以牛顿第二定律为核心的动力学方法，分析问题的步骤比较多。要想克服“分析法”的不足之处，就必须去寻找新的途径和方法。有什么方法可以把已知

量和未知量联系起来呢？只要我们再深入地分析一下这个问题的已知条件，就可以发现，运用动量定理可以达到这个目的。

应用动量定理，由于在水平方向合外力的冲量是个已知量，而初态动量 $mv_0 = 0$ ，那么由动量定理很容易求出末态动量 mv_t ，这样便求出了 v_t 。具体过程是。

因为 $\vec{I} = \Delta \vec{p}$

取水平方向为坐标 x 轴的正方向，那么

$$(F_x - f)t = mv_t$$

$$F_x = F \cos \theta$$

$$f = \mu N = \mu(G - F \sin \theta)$$

所以
$$v_t = \frac{F(\cos \theta + \mu \sin \theta) - \mu G}{m} \cdot t$$

应用这种方法，分析过程简化了。

又如：在图 2 所示的装置中，如果 $m_1 = m_2$ ， m_1 由图示的

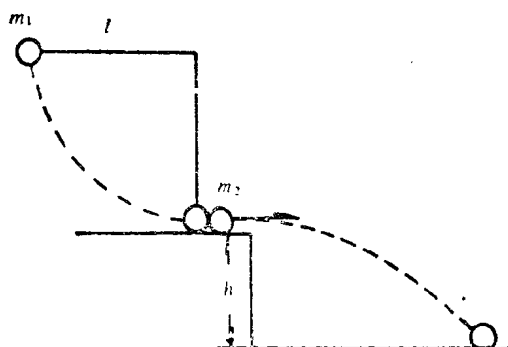


图 2

水平位置从静止释放，与静止在距地面高 h 的光滑桌面上的小球 m_2 弹性正碰，求 m_2 落地时速度的大小。

考虑到 $m_1 = m_2$ ，且 $v_2 = 0$ ，两球弹性正碰过程中，动能、动量将全部交换，系统动能保持不变。

取 m_1 、 m_2 和地球为物系，从 m_1 释放到 m_2 落地的全过程中系统的总机械能守恒，且取地面为重力势能参考平面，那么

$$m_1 g (l + h) = \frac{1}{2} m_2 v_2'^2$$

$$v_2' = \sqrt{\frac{2m_1}{m_2} g (l + h)}$$

如果应用分析法，就必须把这个复合过程解剖为三个简单过程，并找出它们之间的联系，然后再求解；采用综合法就简便多了。

三、推导、论证题

所谓推导题系指由已知规律去推导新的规律的习题。而论证题，指的是根据题目给出的物理现象和规律，通过文字说理和数学运算得出结果的一类习题。这类问题能较好地培养逻辑、推理能力和全面分析问题和解决问题的能力。由于论证过程中常用数学方法来分析问题，因此，对学习掌握数学物理方法十分有益。

和一般的问答题相比，这类习题的解题要求较高。正确地解答论证题，需要对知识的科学性（能准确地运用物理概念和规律进行推理和说明）、思维的逻辑性（条理清楚、推论严密）和表达的正确性（文字简练、书写规范）下一番功夫。

解题过程有两个关键思维步骤：

第一，思考已知条件与要求回答的问题或要论证的结论之间存在的物理关系，从而找出可以用哪些物理概念、定律（定理）或公式作为解题的理论依据；

第二，揭示所找到的依据和所论证的问题之间的逻辑关系。

如：质量为 m 的物体在高为 h 的地方，由静止开始，分别沿不同倾角的光滑斜面下滑到底端，如图 3 所示。试导出合外力的大小、

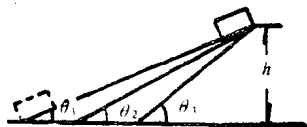


图 3

通过的位移和运动时间、斜面倾角间的关系。

沿光滑斜面下滑物体所受的支持力和重力的合力，就是重力的下滑分力，因此合力 F 和倾角间的关系为

$$F = mg \sin \theta$$

位移和倾角关系为

$$s = \frac{h}{\sin \theta}$$

在寻找运动时间 t 和倾角间关系以前，先要找出解决这一问题的理论根据，由于物体沿光滑斜面下滑时做初速度为零的匀加速直线运动，即 $s = \frac{1}{2}at^2$ 。逻辑思维顺序应是先分别找出 s 和 θ 、 a 和 θ 间的关系，然后才能找出 t 和 θ 间的关系。

因为
$$s = \frac{h}{\sin \theta}$$

$$a = g \sin \theta$$

由此可得
$$\frac{h}{\sin \theta} = \frac{1}{2}g \sin \theta \cdot t^2$$

所以
$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \cdot \frac{1}{\sin\theta}$$

又如：一飞机在离地面 h 高处以速度 v_1 匀速水平飞行，欲用高射炮击中飞机，如果高射炮炮弹的初速度为 v_0 ，且与水平方向成 θ 角，发射时飞机刚好在高射炮正上方，空气阻力不计。试证明：炮弹初速度 v_0 只要满足

$$v_0^2 \geq v_1^2 + 2gh$$

的关系，就能击中飞机。

设高射炮炮弹射出后经过时间 t 击中飞机。由于飞机飞行高度 h 一定，同时考虑到炮弹以 θ 角射出后的射高

$$y = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g}$$

如果能满足

$$\frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g} \geq h \quad (1)$$

炮弹就一定击中飞机。这时炮弹和飞机的水平位移相等。

$$x = v_1 t = v_0 \cos \theta \cdot t$$

$$\frac{v_1}{v_0} = \cos \theta \quad (2)$$

由 (1) 式可得

$$\begin{aligned} v_0^2 \sin^2 \theta &\geq 2gh \\ v_0^2 (1 - \cos^2 \theta) &\geq 2gh \end{aligned} \quad (3)$$

将 (2) 式代入 (3) 式得

$$v_0^2 \left(1 - \frac{v_1^2}{v_0^2} \right) \geq 2gh$$

由此可证，炮弹击中飞机时的初速度 v_0 应满足：

$$v_0^2 \geq v_1^2 + 2gh$$

有两个物体，质量分别为 m_1 和 m_2 。 m_1 原来静止， m_2 以速度 v 向右运动，如图4所示。它们同时开始受到向右的大小相同的恒力 F 。在 $m_1 < m_2$ ， $m_1 = m_2$ ， $m_1 > m_2$ 三种情况下，它们能否达到相同的速度？试列出它们速度的表达式。另，根据此式分别进行讨论，讨论中要注意说明理由，如果它们受到的恒力 F 的方向都跟 v 垂直，它们能否达到相同的速度？

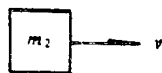


图4

本题要应用牛顿定律和运动学知识，对两物体受力情况及运动情况进行比较。

第一，两个物体受到恒力 F 以前都处于平衡状态，受到 F 作用之后，物体运动状态要发生变化。

第二，要弄清楚两个物体受力后的运动性质。

第三，由于速度是矢量，所以两物体若达到相同速度，必须是速度大小、方向都要相同。

设受力后 m_1 的加速度为 a_1 ， m_2 的加速度为 a_2 ，受力后某一时刻 t ， m_1 的速度为 v_1 ， m_2 的速度为 v_2 ，那么

$$a_1 = \frac{F}{m_1}, \quad a_2 = \frac{F}{m_2}$$

$$v_1 = a_1 t = \frac{F}{m_1} t \quad (1)$$

$$v_2 = v + a_2 t = v + \frac{F}{m_2} t \quad (2)$$

受力后， m_1 做初速为零的匀加速直线运动， m_2 做有一定初速度的匀加速运动，它们的加速度和速度的方向都是向右

的。

$m_1 < m_2$ 时, 由于 $a_1 > a_2$, m_1 的速度增加得比 m_2 快, 虽然 m_2 已有一定初速度, 它们仍可在某一时刻达到相同的速度。

$m_1 = m_2$ 时, 由于 $a_1 = a_2$, 它们的速度增加得一样快, m_2 已有一初速度 v , 因此 m_1 的速度将总是比 m_2 的速度小 v , 它们不可能达到相同的速度。

$m_1 > m_2$ 时, 由于 $a_1 < a_2$, m_1 的速度增加得比 m_2 慢, m_2 已有一初速度, 因此 m_1 的速度将越来越小于 m_2 的速度, 它们也不可能达到相同的速度。

如果 F 和 v 垂直, 那么, F 的作用只是使 m_1 和 m_2 在垂直于 v 的方向上的速度增加, 而对它们在 v 方向的即向右的速度没有影响。因此, m_1 将始终没有向右的速度分量, 而 m_2 将在向右的方向上始终保持速度 v 。这样, 在任何时刻, m_1 和 m_2 的速度方向都不会相同, 因此它们不可能达到相同的速度。

四、作图题

在本书所述的物理内容中, 作图题主要有两种类型, 一是在受力分析的基础上作力图, 另一种是作图象。

(一) 力图

本书所述的物理内容中力图有两种: 一种是定量力图, 称为力的图示法。把力的三要素用画图的方法表示出来, 以力的图示为基础用作图法找几个力的合力或某个力的分力, 称为图解法。这种方法对力的大小和方向都用图表示, 而不用公式计算。另一种方法为定性力图, 即只表示出所研究的物体的受力情况 (受力个数、力的名称、作用点和方向、诸力间的大小关系), 而不必按图示法那样去严格画每个力的