

■ 中国人民大学附中 主编
■ 北京师范大学附中

高中课程学习方法、技巧与范例

物 理

高等教育出版社

GAOZHONG KECHENG XUEXI FANGFA JIQIAO YU FANLI



中国人民大学附中
北京师范大学附中 主编

高中课程学习方法、技巧与范例

物 理

杨正川 王珉珠 李长庚
梁汉援 蒋国垣 合编

高等教育出版社

1988

内 容 提 要

本书是作者根据长期在重点高中物理执教过程中积累的体会和经验编写而成。全书分为二十二个专题，每一个专题分别论述一种方法技巧。如从分析物理过程到理想模型的建立；物理中数学方法的应用；“黑盒子”的解题思路等等。每一个专题中，对方法、技巧的叙述都是结合例题从不同侧面进行的，并在每一专题之后精选了相当数量的习题，供读者练习参考。本书主要是面向高中学生、高中物理教师及自学青年。也可作为师范院校师生的教学参考书。

高中课程学习方法、技巧与范例

物 理

杨正川 王珉珠 李长庚 合编
梁汉援 蒋国垣

*

高等教育出版社出版

高等教育出版社照排中心照排

新华书店北京发行所发行

北京第二新华印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张 7.5 字数 160 000

1989年6月第1版 1989年6月第1次印刷

印数 0001—21 660

ISBN7-04-002265-6/O·779

定价 1.75 元

前 言

几百年来,随着物理学的发展,已积累了一整套区别于其他学科的思想方法,这是物理学的精髓。学习物理,不仅要学习物理的概念和规律,也要重视物理思想方法的学习。而后者在现行课本中不可能有更多的叙述,因而在教学中普遍没有得到应有的重视。要提高学生分析问题解决问题的应变能力,就必须在思想方法和技巧上,使学生有更多的领悟。

本书是作者根据长期重点高中物理执教过程中积累的体会和经验编写而成。全书分为二十二个专题,每一个专题分别论述一种方法技巧,如从分析物理过程到理想模型的建立、物理中数学方法的应用、“黑盒子”的解题思路等等。每一个专题中,对方法技巧的叙述都是结合例题进行讲解,并在每一专题之后,精选了相当数量的习题,供读者练习、参考。本书主要是面向高中学生、高中物理教师及自学青年,也可作为师范院校师生的教学参考书。

目 录

一、从分析物理过程到理想模型的建立	(1)
二、怎样确定物理现象发生的条件和范围	(11)
三、如何理解和应用物理的近似方法	(20)
四、怎样运用数学方法解决物理问题	(28)
五、物理学中极值问题的解法	(40)
六、如何分清力学中的几个容易混淆的概念	(54)
七、如何运用规律解决运动学问题	(62)
八、参照系的选择	(68)
九、有关平衡问题	(78)
十、状态量与过程量的关系	(92)
十一、运动学中的一题多解	(99)
十二、能量转化和守恒在解题中的应用	(112)
十三、振动和波中的图象问题	(129)
十四、气体状态变化过程中的分析方法	(142)
十五、运用图象解热学问题	(150)
十六、如何由宏观量求微观量	(162)
十七、电路等效法的应用	(169)
十八、“黑盒子”问题的解题思路	(181)
十九、电磁感应中的能量转换问题	(189)
二十、电学仪表的选择	(197)
二十一、光路可逆和逆向思维	(205)
二十二、如何用“光心”解题	(214)

一、从分析物理过程到理想模型的建立

自然界是千姿百态，千变万化的，人类从不同的角度去研究大自然，就形成了数学、物理、化学、生物等各门学科。在各门学科内，常采用一些方法，把错综复杂的事物归结为一些简单的问题分别进行研究，物理学中的这种方法就是建立理想模型。

所谓理想模型，就是为了便于抓住事物的本质，而对事物取其枝干，去其叶蔓而后建立的抽象模型。在物理学中有许多理想模型，如质点、理想气体、点电荷、薄透镜等等。质点被设想是一个没有大小和形状，只有质量和位置的点。这样的点实际是不存在的，物体再小总有一定的线度和形状。可是在我们研究地球绕太阳运动时，就不得不把偌大的地球看成为质点，否则我们就无法计算地球到太阳的距离，地球各部分的运动轨迹也会变得十分复杂，至少在中学阶段无法研究。所以物理学中所有规律的总结概括都是在一定的理想模型的基础上进行的，同样任何一个实际问题要应用物理规律去解决，也必须建立一定的理想模型。

举一个很简单的例子，一辆以 20 米 / 秒速度在平地上行驶的汽车，在紧急制动时的加速度大约为 5 米 / 秒²，问此车在制动开始的 5 秒内的位移。有人应用匀减速直线运动的位移公式来求

$$s = v_0 t - \frac{1}{2} at^2 = 20 \times 5 - \frac{1}{2} \times 5 \times 5^2 = 37.5 \text{ 米}$$

但这一个完全错误的结论，原因在于不自觉地运用了

一个错误的物理模型，认为汽车在 5 秒内都作匀减速直线运动，实际上汽车制动后只有 4 秒钟就停止了，在整个第 5 秒内汽车是静止的，而不会马上倒回来。由此可见，错误的解题往往是由错误的模型开始，没建立正确的模型并不是没有模型。

那末，怎样才能在解题中对题目所要研究的对象建立正确的理想模型呢？下面我们从不同侧面分别举例说明：

例 1 有一个正立方体，边长为 1 米，质量为 1 吨，水平面和立方体间的滑动摩擦系数为 0.1。要使立方体以 2 米/秒^2 的加速度在水平面上加速运动，问在立方体质心的等高处应施加多大推力？

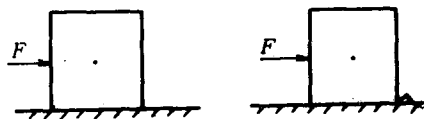


图 1-1

例 2 上题的立方体在推动过程中碰到地面的一个小障碍物，问用多大力就能把立方体翻倒？

解 在例 1 中，立方体参预的物理过程是一个加速平动的过程。在这一过程中，物体上各质点的运动状态完全等同于质心的状态。在这种条件下，我们可以把物体所受的各个力集中在质心上考虑，即把长方体块简化为质点模型，利用牛顿第二定律建立方程求解。

$$F - \mu N = ma$$

$$F = \mu N + ma = 3000 \text{ 牛顿}$$

在例 2 中，研究对象虽然同是例 1 中的立方体，但是参预的却是一个以障碍物 A 为转轴的转动过程。在转动中，决

定转动效果大小的不是力，而是力矩的大小和方向。因此，对立方体所受的各个力，不仅要看其大小，而且要考查其作用的位置。这时立方体再不能看成一个质点，而必须抽象为一个受力后不发生形变的刚体模型，从而建立力矩平衡方程求解。

$$F \cdot \frac{l}{2} = mg \cdot \frac{l}{2}$$

$$F = mg = 10000 \text{ 牛顿}$$

从以上二例中可以看出，同一个物体在不同的物理过程中可以抽象为不同的物理模型。这完全取决于研究对象所参与物理过程的性质。有些问题比较简单，可以凭经验选取模型，有些问题，则要首先认真分析物理过程的性质，然后才能选取与过程相适应的理想模型。

例3 用一根细线竖直悬挂一根长为 l 的均匀细木杆，置于水桶内水平面的上方，如图1-2所示。当水桶缓慢上升时，细木杆逐渐浸入水中，当木杆浸入水中超过一定深度 l' 时，木杆开始出现倾斜现象，求 l' ？（已知木杆的密度为 ρ ，水密度为 ρ_0 ）

解 一些同学在思考此题时，往往会得出细木杆不会倾斜的判断，当然根本也就无从下手去解出此题。而实际实验中，细木杆是会按题意指出的那样，在浸入一定深度后而倾斜的。问题就在于没有建立正确的物理模型。在分析水桶上升、木杆逐渐浸入水中的过程时，不自觉地选用了共点力的质点模型，认为水桶上升时，水对杆的浮力一定和悬绳张力、杆重力共线。而实际上细木杆在只有一个悬点的条件下，在杆不

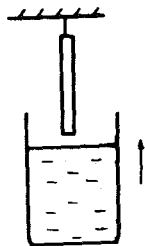


图1-2

实际上细木杆在只有一个悬点的条件下，在杆不

断浸没于水的过程中，任何小的扰动，如水的波动，水桶上升过程左右不平衡等，都可能造成三力不共线。当杆一浸入水中，就可能开始以悬点为轴旋转。所以把木杆抽象为以悬点为转轴的刚体，才更符合这一过程的本质。只不过在开始浸入水中时，木杆所受的重力矩远大于浮力矩，如它受其他力的扰动，则在重力矩的作用下能自动恢复到悬重状态，所以这时木杆处于稳定平衡状态，如图 1-3 (a) 所示。

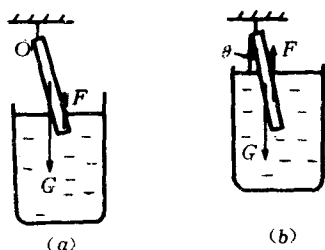


图1-3

但当木杆浸入水中足够深度以后，浮力对悬点的力矩和重力对悬点的力矩相平衡时，稳定平衡就变成了不稳定平衡，一出现任意小的扰动，重力矩也无法使杆自动恢复悬重状态，于是木杆开始倾斜。如此时木杆没入水中长度为 l' ，木杆长度为 l ，则以 O 点为轴建立力矩平衡方程

$$l s \rho g \frac{l}{2} \sin \theta = l' s \rho_0 g \left(l - \frac{l'}{2} \right) \sin \theta$$

解得

$$l' = l \left(1 \pm \sqrt{\frac{\rho_0 - \rho}{\rho_0}} \right)$$

取合理值 $l' = l \left(1 - \sqrt{\frac{\rho_0 - \rho}{\rho_0}} \right)$

从上可见，对于研究对象参预的物理过程，没有细致的分析，只凭直觉选择一种极端的情况，是无法建立一个合理的理想模型的。

例4 为从一堆土豆中挑选出较大的土豆，往往可以采用这样的方法：把这些大小不等的土豆倒入圆盘中，然后左右晃动圆盘，不久大土豆就会浮现在小土豆之上。试解释原因。

这一类由实际生活中提出的物理问题，往往使我们困惑不解的原因就在于较难恰当地选择研究对象和建立合理的理想模型。没有对象，没有模型，物理学的概念和规律是无法运用的。要建立理想模型，首先要恰当地选择研究对象。此题中所面对的对象是大小不等、数目众多的土豆。这是一个有复杂内部运动的群体，很难建立一个合理的模型。因此，需要首先细致分析过程。晃动开始时，大小土豆是混杂在一起的，晃动的结果大土豆都集中到最上面，这说明最底层的大土豆也会逐渐上升。是什么力量促使大土豆上升的呢？不妨取开始时最底层的某一个大土豆为研究对象。如图1-4所示。挤在大土豆之下的小土豆是在盘子左右晃动时给了大土豆斜向上方的支承力。取这样一个共点力的质点模型，就能概括大土豆上升的物理过程。当大土豆四周的小土豆向上的支承力的合力大于大土豆的重力时，则大土豆上升就是必然的。

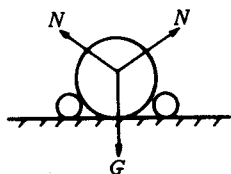


图1-4

由此可见，要解决从实际生活中提出的物理问题，第一步就是恰当地确定研究对象，再深入分析对象的物理过程，由此才可能建立合理的理想模型。

例5 估算地球上大气层空气所受的重力。

解 大气是一个包围地球的圈层，它最底部的空气密度最大，压强也最大，而向上逐渐稀薄。对于这样一个密度不等、边缘界线不清的圈层研究对象也要建立合理的模型，才能求出它所受的重力，并明确加以解释。本来，不运用理想模型也能知道大气层空气的重力可以由大气压强乘地球表面积来求得，但这时道理不甚清楚，有些同学会感到不可理解，因为大气压强是最底部空气分子对底面碰撞的结果，从机理上分析空气的压强并不是由空气重力产生的。可见必须建立理想模型才能最终说明问题。因为本题中就是要寻找由分子热运动而产生的大气压强和大气层所受重力的关系，因此大气层的高度、形状、密度不均匀等因素均可以采用近似的方法予以忽略，而把大气层抽象成为一个压在地球表面上的长方体块。如图1-5所示。

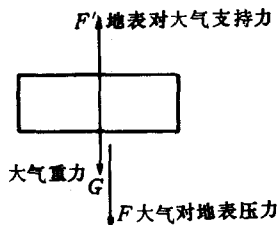


图1-5

大气受到的重力和大气对地表的压力本是两个不同性质的力，但忽略地球自转产生的影响，则可以认为大气在地表处于平衡状态，大气的重力一定和地表对大气层的支持力 F' 平衡。而地表对大气层的支持力 F' 和大气对地表的压力 F 是作用与反作用力的关系，所以大气对地表压力和大气

重力等值。

从对此题的分析中可以看出，在建立理想模型的过程中，要对问题的本质进行深入地分析，在这个基础上才能对研究对象的非本质因素作大胆的近似处理，才能抽象概括出一个反映问题本质的理想模型。所以建立理想模型的过程是对事物本质认识的一个飞跃。

例 6 一段 20 厘米长的水银柱，将一段空气封闭在均匀的玻璃管内，当玻璃管开口向上竖直放置时，管内空气柱长 10 厘米，若将玻璃管开口向下，放在倾角为 30° 的斜面上（设水银柱不溢出），并让玻璃管沿斜面下滑，下滑过程中管口方向不变，求玻璃管下滑过程中管内空气柱的长度。（玻璃管与斜面间的滑动摩擦系数为 $\frac{\sqrt{3}}{6}$ ，玻璃管下滑过程中管内空气柱气温不变。 $g = 10$ 米/秒²，大气压强为 76 厘米汞柱。）

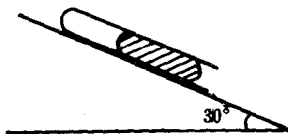


图 1-6

解 要求得下滑过程中空气柱长度，必须以这段空气柱为研究对象，把它看成等温过程的一段理想气体，方可运用玻马定律。而这段气柱的压强是与外界大气压和管内一段水银柱产生的液压有关，这段水银柱又处于下滑加速运动状态。只有把这段水银柱看成一个质点，运用牛顿定律才能求出空气柱对水银柱的压力。而这又要求出水银柱的加速

度。因为水银柱的加速度等同于玻璃管的加速度，故最后又需以玻璃管为研究对象，忽略玻璃管内部各部分的区别，将其整体抽象为一个在斜面上匀加速直线运动的质点。于是有：

1. 以试管为研究对象

$$mg \sin 30^\circ - f = ma$$

$$f = \mu mg \cos 30^\circ$$

解得 $a = 2.5 \text{ 米/秒}^2$

2. 以水银柱为研究对象

$$mg \sin 30^\circ + P_s - P_0 s = m' a$$

$$m' = P h s$$

解得 $P = 71 \text{ 厘米汞柱}$

3. 以空气柱为研究对象

$$P_0 l_0 s = P l s$$

解得 $l = 13.5 \text{ 厘米}$

在这个问题中我们先后选取了三个不同的研究对象，建立了三个不同的理想化模型。这些模型一旦建立，可运用的规律就十分明确，问题也就迎刃而解。所以在较为复杂的问题中应该随着物理过程的变化，恰当地转移研究对象，并对不同的研究对象建立不同的模型。

从分析物理过程出发到建立合理的理想模型，这是解决一切物理问题的必由之路。面对现实世界中的具体问题，要能抽象出一种理想模型，这是一种较高的要求。这需要对物理学的概念规律有深刻的理解，并能熟练地运用物理学的思想方法。

习 题 1

1. 一根没有重量的杆，下端与一个半径为 R 重量为 G 的光滑球相

接，杆上端可绕轴 O 自由转动。 $OC=L$ ， O 点还挂一根系有重物的绳，如图 1-7 所示。绳下重物重力为 P 。求平衡后杆与竖直方向的夹角 $\alpha=?$

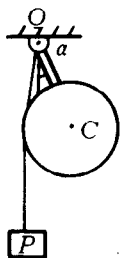


图1-7

2. 一个质量为 $m=50$ 千克的均匀圆柱体，放在台阶旁边，台阶高度 h 是柱体半径 r 的一半，如图 1-8 所示。柱体与台阶的接触处（图中 P 点表示）是粗糙的。现要在图中柱体的最上方 A 处施一最小力，使柱体刚好能开始以 P 为轴向台阶上滚。求

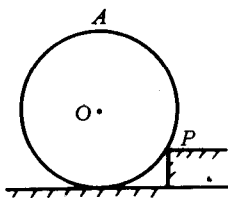


图1-8

(1) 所施加力的大小？

(2) 台阶对柱体的作用力大小？

3. 2000 牛重的重锤从 1.8 米高处落在 400 千克质量的木桩上，重锤没再弹起，而将桩打入地下的深度为 20 厘米，求桩进入地面时受到的平均阻力？

4. 直升飞机顶部螺旋桨向下推空气，获得升力，飞机质量为 m ，被推空气获得速度为 v ，求此时飞机发动机的功率？

提示：选取向下推压的空气为研究对象。

5. 在光滑不计电阻的导轨 ABC 、 $A'B'C'$ 上放置两根金属棍 Q 、 P ，如图 1-9 所示。其质量 $m_Q=0.2$ 千克， $m_P=0.3$ 千克，两根金属

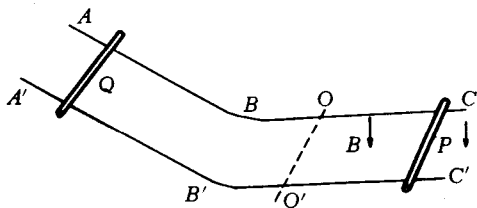


图1-9

棍电阻 $R_Q=R_P=1$ 欧， Q 由静止开始下滑的位置比 $B'C'$ 水平面高 $h=0.2$ 米，滑到 OO' 位置开始进入匀强磁场，磁场的磁感应强度 $B=2$

特，方向向下，两根导轨之间距离为 0.5 米， P 放置位置距 OO' 很远，导轨和磁场线度足够长。求：两根金属棍在整个运动过程中发热所消耗的电功为多少？

二、怎样确定物理现象发生的条件和范围

在自然界中物理现象的发生总需要一定的客观条件，这种条件往往并不是一个唯一确定的值，而是一个取值的范围。

例 图 2-1 装置， M 在水平桌面上，不计滑轮的摩擦，

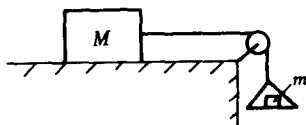


图 2-1

求砝码盘中 m 的重力多大时，物体 M 能保持静止。

我们可以求出 M 可能受到的最大静摩擦力，当 m 的重力等于 M 所受最大静摩擦力时物体能保持静止。这是本题的一个解，但不是全部的解，因为 $G = f_m$ 时，仅是维持 M 静止时砝码重力的上限。而静摩擦力是一个被动的适应力，在 $G \leq f_m$ 的范围内物体 M 均能静止。这两种解的不同在数轴上能明显地表现出来，前者是一个定值，在数轴上只是一个定点。而后者在数轴上是一段线段中无数点的集合。

再如，要发射一颗人造地球卫星，卫星脱离火箭时速度应多大？大家都知道第一宇宙速度是 7.9 千米/秒，但这是保证发射成功的卫星环绕速度的下限，卫星脱离火箭时的速度大于第一宇宙速度时，卫星将不在最低轨道上环绕而转移到较远轨道上去。在这个过程中，卫星克服引力做功而逐渐降低速度，最后在某一个远地轨道上绕地球旋转。但是如果脱离速度大于 11.2 千米/秒时，地球卫星就有可能脱离地

球引力的束缚而变成太阳系的行星。因此,要使发射的飞行器成为地球卫星,其脱离速度应该在一定的区间之内,即 $7.9 \text{ 千米/秒} \leq v_0 \leq 11.2 \text{ 千米/秒}$ 。

由上可见,确定物理现象发生的条件范围是实际生活中的普遍问题。但是这种问题的解决却对我们的知识能力提出了更高的要求。

例 1 悬挂在竖直平面内某一点的木质小球 (可以看成质点), 悬线长为 L , 球的质量为 M , 一颗质量为 m 的子弹以水平速度 v_0 射入木质小球中, 随即小球在竖直平面内运动起来, 试求小球在竖直平面内运动过程中悬线始终不发生松弛时子弹速度 v_0 应满足的条件。

解 审题后, 不少同学都会连想起物体在竖直平面做圆周运动时到达最高点应该具有的临界速度。子弹射入木球后, 以 O 点为圆心旋转, 要使绳子不松弛, 达到最高点时的速度 v_B 应该大于等于临界速度。如图 2-2。

子弹摆到最高点不松弛条件是

$$(m+M)g \leq (m+M) \frac{v_B^2}{L} \quad (1)$$

又子弹入射木球时动量守恒

$$m v_0 = (M+m) v_A \quad (2)$$

木球由 A 至 B 旋转过程中机械能守恒

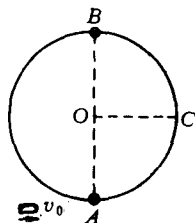


图 2-2

$$\frac{1}{2} (m+M) v_A^2 = 2 (M+m) gL + \frac{1}{2} (M+m) v_B^2 \quad (3)$$