

中学物理

综合题分析与解答

黄石市教师进修学院
物理教研室

前 言

为了满足广大中学生学习的需要，同时也能为中学物理教师提供一些教学和高考复习辅导的参考资料，我们根据新编中学物理教学大纲和高考大纲精神，编写了《中学物理综合题分析与解答》一书。

本书力求紧密联系当前中学物理教学实际，着重于学生在掌握基本概念和基本规律的基础上，加强综合习题的训练，提高他们分析问题和解决问题的能力，选用习题注意综合性、典型性与技巧性，书末附有少量国外物理自测、高考预考试题与解答，供读者参考。

参加本书编写工作的有陈镇远、任景梧、赵树桂、舒信坤、马哲圣、李嘉信、田华桥、陈金印、顾大猷、邱恕祥、刘先彬、孙正川同志。

由于时间仓促，水平有限，缺点错误一定很多，恳请读者批评指正。

湖北省黄石市教师进修学院

物理教研室

一九八〇年元月

目 录

解题示例..... (1)

习 题

力学..... (23)

热学、分子物理学..... (51)

电磁学..... (54)

光学..... (78)

原子核物理..... (85)

习 题 解 答

力学..... (86)

热学、分子物理学..... (164)

电磁学..... (172)

光学..... (223)

原子核物理..... (241)

附录：国外部分高考预考题..... (245)

附录：自测题..... (258)

解 题 示 例

正确地解物理习题，特别是在加强基本题练习的基础上，逐步学会解物理综合题，是培养学生分析问题解决问题能力的一个重要方面，它不仅可帮助学生深入而巩固地掌握教材中所学的基础知识，而且对培养学生理论联系实际，思维能力和独立工作能力以及顽强克服困难的精神都具有重要的意义。

所谓物理综合题，它是综合了物理学各部分的知识，甚至还渗进其他学科知识编选而成，由于它涉及的知识比较广，因而解题思路与方法有异于一般基本题，解题时需要更多的分析与综合。

解综合题并不是高不可攀的事，当然也并不简单。首要的是必须通过自己的劳动，善于动脑，勤于动手，严格要求和严格训练，才能不断提高。学生只有掌握好物理基础知识，对物理概念和规律有深刻的理解，并且经过一定数量的基本练习题的训练，具有初步的思维能力和判断推理能力，才能为解大中难度的综合题打下基础。不能舍本逐末，过早综合，过分综合，否则一定是事倍功半的。

下面谈谈主要的解题方法和步骤。

解题步骤：首先是钻研教材，提高理论，在解题之前，应对物理课本中所涉及的物理基本概念、重要定律和公式等作比较深入的理解。不可设想一个未能掌握好理论的学生，可以通过硬套公式，七拼八凑，就能得出习题的正确解答。其次仔

细审题，认真分析题意。读一下，想一下，有时还不够，最好借助作图，使题意形象化。将题意用图形表示出来，是解题一个重要环节，这一基本训练，不容忽视。再次是分析情况，根据题目中给定的条件，找出已知量和未知量之间的关系，分析那些物理定律和概念等能说明题目中所描述的物理现象，那些公式可作为解题的依据。列出文字方程，这是解题的中心一环。最后就是重新审阅全题，认真思考，为什么要这样做，不能那样做，要用这一公式，不用那一公式，计算结果是否正确？是否站得住脚？

解题过程是一个逻辑思维和推理过程，在解比较复杂的习题时，必须根据综合题是各部分知识的综合这个特点，要善于根据题目所包含的物理现象与物理过程，理解和发现题目中各部分知识之间的内在联系。只有找到这些联系，综合题的求解才能成为可能。在解题方法上，要善于运用分析与综合。所谓分析法，就是从所求量出发，然后列出所求的公式，然后把其中的未知量展开，逐步倒推，一步一步地联系到题目所给的已知量为止。简言之，是从所求量到已知量。这种方法，一般使用代数法进行。所谓综合法，是从已知量出发，根据题目所述的物理现象涉及的物理规律列出包含已知量的公式，然后把其中的未知量整理，一层一层地联系到所求量为止。这种方法，固然可以使用代数解法，但直接以数字一步一步代入，有时更为清楚。这里要顺便指出的是，在解力学题时，要熟练地掌握隔离法和正交分解法，在解电学题中，要能熟练分析电路的组成、联结方式，会画等效电路图，再根据定律及公式解题。

下面举几个综合题作为解析的示例。

一、下雨时，有人在车内观察雨点的运动，试说明下列各种情况中，他观察到的结果，设雨点相对于地面以匀速 V 直线下落。

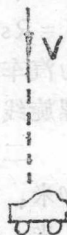
(1) 车是静止的；(2) 车以匀速 V_1 沿着平直轨道运动；(3) 车以匀加速 a 沿着平直轨道运动；(4) 车以匀速率 V_2 作圆周运动。

解：根据运动的相对性原理，雨点对车的相对速度。

$$\vec{V}_{\text{雨对车}} = \vec{V}_{\text{雨对地}} + \vec{V}_{\text{地对车}}$$

$$\vec{V}_{\text{雨对地}} = \vec{V}_{\text{车对地}}$$

1) 当车是静止时，即 $\vec{V}_{\text{车对地}} = 0$ ，所以雨点在垂直方向作匀速直线运动。如图(1)



2) 当车以匀速 V_1 沿平直轨道运动时，根据速度矢量合成法则，雨点沿倾斜的方向作匀速直线运动。如图(2)



3) 当车以匀加速 a 沿着平直轨道运动，此时雨点相对汽车，除了有一个垂直向下的速度 V 外还增加了一个与汽车运动相反的加速度 a 如图(3)，故雨点作抛物线运动。



4) 当车以匀速率 V_2 作圆周运动

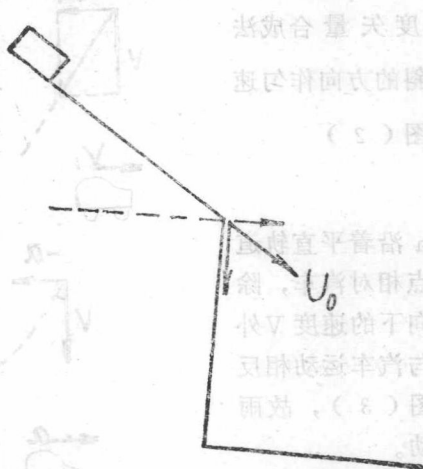


时选汽车为参照物，雨点相对于汽车，除了有一个垂直向下的速度 V 外，还有一个与汽车运动速度的数值相等、但方向相反的分速度，这两个速度的合速度就是两点相对于汽车的运动速度，其轨迹，应为一螺旋线。若选坐标如图(4)所示，则雨点的运动方程为 $X = R\cos\omega t$,

$Y = R\sin\omega t$, $Z = vt$, 式中 R 为汽车的运动半径， ω 为汽车的角速度，它的运动轨迹为一螺旋线。



二、一块冰沿着与水平方向成 30° 倾角的光滑屋顶下滑 10 米，到达屋顶边缘，高出人行道 10 米，人行道由屋墙延伸 5 米，试问冰块落在人行道上还是落在街上？并求出落在地面上时的速度的大小和方向。



分析：本题是一道运动学综合题，冰块在屋顶上作匀加速直线运动，离开屋顶作斜抛物体的运动。题目问冰块落在街上还是落在人行道上，只要求出斜抛物体的水平射程即可，于是，可按匀变速直线运

动的规律求出斜抛的初速，再利用斜抛规律即可。

解：冰块离开屋顶的速度，即为斜抛的初速，设为 V_0 。

$$V_0 = \sqrt{2as}$$

$$\begin{aligned} a &= g \sin 30^\circ \\ &= 5 \text{ 米/秒}^2 \end{aligned}$$

$$V_0 = \sqrt{2 \times 5 \times 10} = 10 \text{ 米/秒}$$

$$\begin{aligned} \text{斜抛水平初速: } V_{0x} &= V_0 \cos 30^\circ = 10 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \\ &= 5\sqrt{3} \text{ 米/秒} \end{aligned}$$

$$\text{斜抛竖直初速: } V_{0y} = V_0 \sin 30^\circ = 10 \times \frac{1}{2} = 5 \text{ 米/秒}$$

冰块离开屋顶的斜抛运动可由水平匀速直线运动和竖直下抛运动合成

$$\text{由 } h = V_{0y}t + \frac{1}{2}gt^2$$

可求出冰块落地时间 $t = 1 \text{ 秒}$

$$\therefore \text{水平射程 } X = V_{0x} \cdot t = 5\sqrt{3} \cdot 1 = 8.66 \text{ (米)}$$

冰块落在街上，

设冰块落地的速度为 V

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

$$V_x = V_{0x} = 5\sqrt{3} \text{ 米/秒}$$

$$V_y = V_{0y} + gt = 5 + 10 \times 1 = 15 \text{ 米/秒}$$

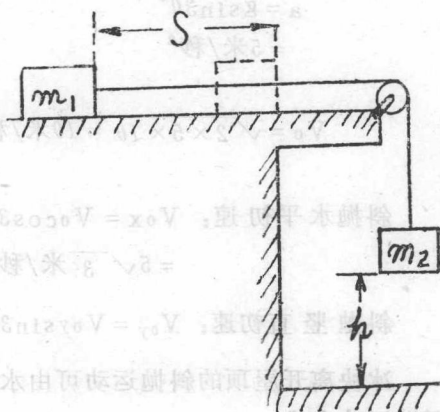
$$\therefore V = \sqrt{(5\sqrt{3})^2 + 15^2} = 10\sqrt{3} = 17 \text{ 米/秒}$$

设此速度与水平方向夹角为 α

$$\tan \alpha = \frac{V_y}{V_x} = \frac{15}{5\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \quad \alpha = 60^\circ$$

答：冰块落在街上，落地时速度为17米/秒，与地面夹角 60° 。

三、如图重物 m_1 和 m_2 质量都是100克， m_2 离地面50厘米，由静止开始运动。如果不计绳的重量和滑轮摩擦， m_1 所通过的最大距离是 $S = 150$ 厘米。求 m_1 和桌面间的滑动摩擦系数（ g 取 10 米/秒^2 ）。



已知： $m_1 = m_2 = 100 \text{ 克} = 0.1 \text{ 千克}$

$h = 50 \text{ 厘米} = 0.5 \text{ 米}$ $v_0 = 0 \text{ 米/秒}$

$S = 150 \text{ 厘米} = 1.5 \text{ 米}$

$v_t = 0 \text{ 米/秒}$

求： μ

解：第一步：先分析 m_1 和 m_2 的运动过程。开始， m_1 被 m_2 通过细绳牵引而向右作匀加速运动，经过0.5米路程后， m_2 落地， m_1 失去细绳牵引力，由于摩擦，改作匀减速运动，又通过1米，共经过1.5米路程而停止。因此， m_1 的

运动分为两个阶段，前一阶段是初速为零的匀加速运动，后一阶段是末速为零的匀减速运动，而且，前一阶段匀加速运动的末速度就是后一阶段匀减速运动的初速度。

设 m_1 前、后两阶段加速度大小分别为 a_1 、 a_2 ， m_2 落地时 m_1 的速度为 v ，则根据上述分析有：

$$\text{前一阶段: } v^2 = 2 a_1 s_1 \quad (s_1 = 0.5 \text{ 米})$$

$$\text{后一阶段: } v^2 = v^2 - 2 a_2 s_2$$

$$\because v = 0$$

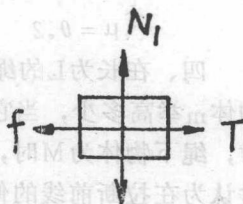
$$v^2 = 2 a_2 s_2 \quad (s_2 = 1 \text{ 米})$$

$$\therefore 2 a_2 s_1 = 2 a_1 s_1$$

$$\text{即 } a_1 = 2 a_2 \dots\dots ①$$

第二步：分别选 m_1 、 m_2 为隔离体，分析它们在不同运动状态的受力情况：

m_2 落地以前： m_1 共受四个力：重力 $m_1 g$ 、弹力 N_1 、绳的拉力 T 、滑动摩擦力 f 。 m_2 共受两个力：重力 $m_2 g$ 和绳的拉力 T 。



m_2 落地以后： m_1 共受三个力：重力 $m_1 g$ ，弹力 N_1 和滑动摩擦力 f 。 m_2 共受两个力：重力 $m_2 g$ 和弹力 N_2 。



由此，可列牛顿第二定律方程

$$\text{前一阶段: } T - f = m_1 a_1 \dots\dots ②$$

$$m_2 g - T = m_2 a_1 \dots\dots ③$$

$$\text{后一阶段: } f = m_1 a_2 \dots\dots ④$$

第三步：以加速度作为运动学和动力学之间的桥梁联系起来，即

把式①和式②、③、④联立。在这四式中，只包括 T 、 f 、 a_1 、 a_2 四个未知量，未知量 f 可用 $\mu m_1 g$ 来表示，因而可解 μ ，把①、②、③、④代入数据如下：



$$\begin{cases} a_1 = 2a_2 \\ T - \mu \times 0.1 \times 10 = 0.1a_1 \\ 0.1 \times 10 - T = 0.1a_2 \\ \mu \times 0.1 \times 10 = 0.1a_2 \end{cases}$$



得：

$$\begin{cases} a_1 = 4 \text{ (米/秒}^2\text{)} \\ a_2 = 2 \text{ (米/秒}^2\text{)} \\ T = 0.6 \text{ 牛顿} \\ \mu = 0.2 \end{cases}$$

四、在长为 L 的绳下挂着质量为 m 的物体，问至少要把物体 m 举高多少，当它落下时才能把绳拉断？已知在静止时，绳下物体为 M 时，线伸长 1% ，且恰好断裂。（在计算时认为在拉断前线的伸长是弹性的。）

已知：求（略）

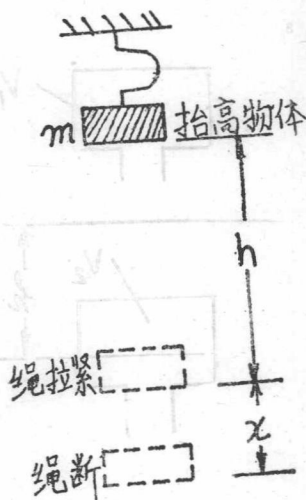
解：根据题意已知绳子在拉断前一直为弹性形变，因而服从于虎克定律，在拉断时有：

$$Mg = KX \cdots \cdots (1)$$

其中 Mg 是拉断时的外力， $X = \frac{1}{100}L$ 是绳断时的伸长

量， K 是绳子的弹性系数，代入 X 得

$$K = \frac{100}{L} Mg \cdots \cdots (2)$$



物体 m 升高 h 落下，绳拉紧时物体 m 仍有动能，使得物体继续下落，将绳拉长。设绳伸长 x 时被拉断，这时物体的动能为零。迭断的瞬间的位置为重力势能零点，系统机械能守恒。

$$\therefore mg(h+x) + 0 = 0 + \frac{1}{2} kx^2 \dots \dots (3)$$

①②③联立求解 $h = \frac{ML}{200m} - \frac{L}{100}$

答：要使绳拉断，至少要把物体 m 举高为 $\frac{ML}{200m} - \frac{L}{100}$

五、一玻璃瓶重208克，玻璃的比重为2.6克/（厘米）³，在大气压下瓶内盛有空气200（厘米）³，当时大气压为75厘米水银柱高。问将瓶口竖直向下推入水面下多少米，才能使瓶停留在水中？如果将此瓶从平衡位置略向上提或下推，将发生什么结果？

已知： $G_{瓶} = 208$ 克 $d_{瓶} = 2.6$ 克/（厘米）³ $P_1 = 75$ 厘米水银柱高

$d_{水} = 1$ 克/（厘米）³ 求： h

解：解这一习题必须掌握物体在液体内的浮沉条件、浮体定律和气体定律。设玻璃瓶原来的容积为 V_1 （厘米）³，玻璃本身的体积为 V （厘米）³，当玻璃瓶在水中保持平衡时瓶内外水面高度差为 h 厘米，瓶内被压缩气体的体积为 V_2 （厘米）³，如图所示，那么

$$V = \frac{G_{\text{玻}}}{d_{\text{玻}}} = \frac{208}{2.6} = 80 (\text{厘米})^3$$

玻璃瓶在水中平衡的条件为玻璃瓶的重量（瓶内空气重量略去不计）等于玻璃和空气共同排去水的重量。

$$\begin{aligned} G_{\text{玻}} &= (V + V_2) d_{\text{水}} \\ 208 &= (80 + V_2) \times 1 \\ \therefore V_2 &= 128 (\text{厘米})^3 \end{aligned}$$

根据气体定律 $P_1 V_1 = P_2 V_2$ 得

$$75 \times 200 = \left(75 + \frac{h}{13.6} \right) \times 128$$

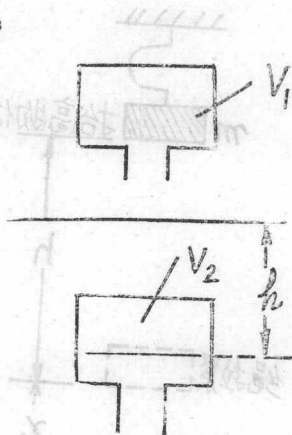
这里要特别注意平衡时玻璃瓶内空气所受压强等于大气压和水压强的和，并且水的压强也要化成水银柱高

$$\therefore h = 574 (\text{厘米}) = 5.74 (\text{米})$$

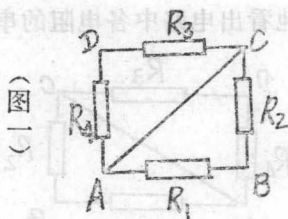
如果将瓶略向上提，所受水的压强减小，瓶内空气的体积扩大，排开水的体积增加，所受水的浮力增大，玻璃瓶将上升。反之，如果将瓶略向下推，即将下沉。所以这个玻璃瓶在水中的平衡为不稳定平衡。

六、直流电路中电阻的计算

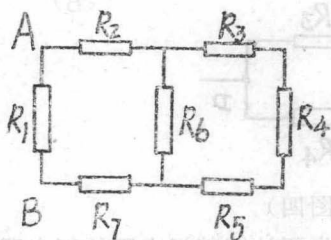
直流电路中电阻的计算问题是中学物理中的一个难点。初学者之所以感到困难，原因是概念不清及未掌握其中的技能技巧。常见的错误有如下三点：（1）不会计算电路中用导线相联的两点间的电阻。如图一中，A、C两点用导线直接连接，对 A、D 间和 A、C 间的电阻就不会计算。（2）



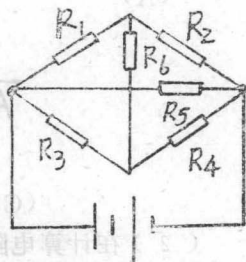
不能把要计算其间电阻的两点明显地拉开，计算时多算或少算了电阻。如计算图二中A、B间的电阻时，容易将 R_1 多计算一次或者未计入 R_6 。(3)对于诸如图三中电阻 R_6 应如何处理搞不清。



(图一)



(图二)

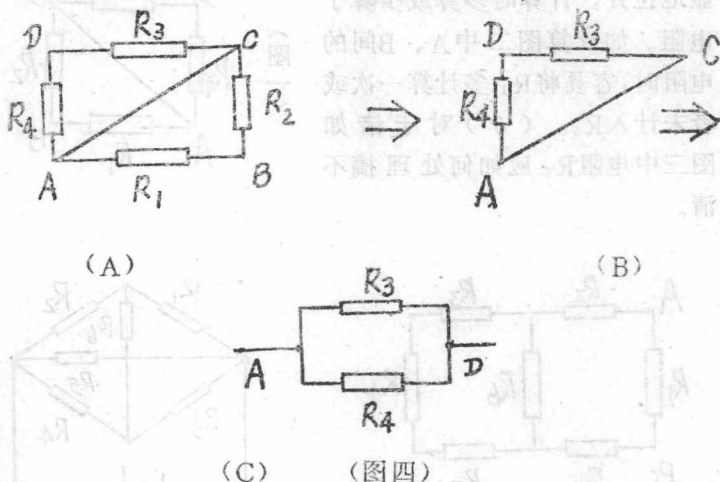


(图三)

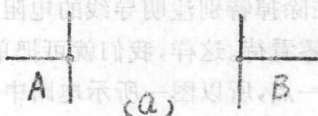
针对上述错误，现对直流电路中电阻的计算问题，作以下三点说明：

(1)一般电路中导线的电阻比起电阻元件的电阻来得小得多，因此，在除掉特别注明导线的电阻不能忽略外，都把导线的电阻当着零看待。这样，我们就可把单纯用导线连接的两点或几点并为一，所以图一所示电路中的 R_{AC} 就等于零。若求该图中A、D间的电阻 R_{AD} ，因 R_1 、 R_2 串联后与AC并联，其总电阻为零，可以略去不计，于是，图一的电路就简化为图四(C)所示的电路， R_{AD} 便容易算出了。有时也可以把单纯用导线连接的两点或几点任意拉开，以便能更清楚

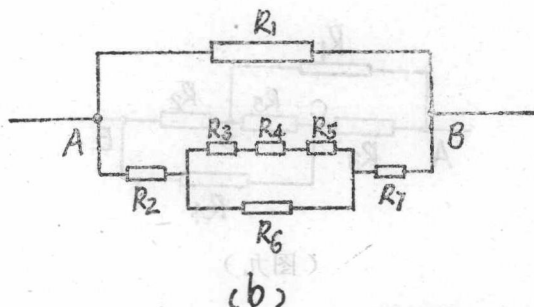
地看出电路中各电阻的串、并联关系。



(2) 在计算电阻时，把先要计算其间电阻的两点明显地拉开，然后看两点间有几条支路，并弄清各支路中电阻间的串、并联关系。例如，要计算图二中A、B两点的电阻时，可先将其拉开成图五(a)的样子，再将A、B两点间的两条支路画出，并把各支路中诸电阻按串、并联关系排列好，



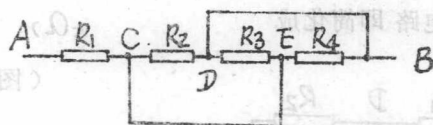
(图五)



(图五)

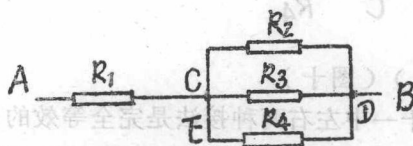
下面举例分析几种不同类型的较复杂电路的电阻计算问题。

例一、求图七所示电路中A、B两点间的电阻 ($R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1$ 欧姆)。



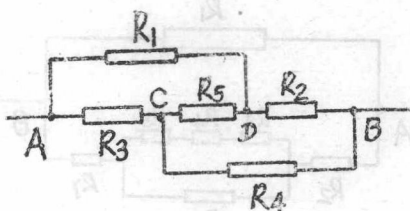
(图七)

分析：按说明(1)、(2)，将原电路简化成图八的样子，便很容易求出 R_{AB} 。



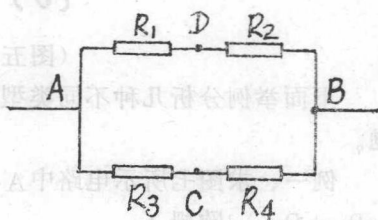
(图八)

例二、图九中 $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = 10$ 欧姆，求A、B两点间的电阻。



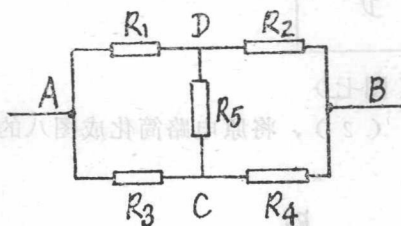
(图九)

分析：先按说明(2)将原电路画成图十(a)，按说明(3)将 R_5 补画上(图十(b))。根据 $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ ， R_5 两端电势相等， R_5 可取消，于是原电路即简化成



(a)

(图十)



(b) (图十)

图十(a)的样子。按此图便很容易求出 R_{AB} 了。

例三、图十一中左右两种接法是完全等效的，即A与B、B与C、C与A两点间的阻值对左右两种接法是一样大小的，求X、Y、Z的阻值。