

W.L

王长明

ZENYANG JIANYAN

怎样
检验

物理习题的解答



怎样检验物理习题的解答

王 长 明

河 南 教 育 出 版 社

怎样检验物理习题的解答

王 长 明

责任编辑 谢 凯

河南教育出版社出版

河南第二新华印刷厂(联)印刷

河南省新华书店发行

787×1092毫米 32开本 6.125印张 129千字

1989年10月第1版 1989年10月第1次印刷

印数1—3425册

ISBN7-5347-0460-X/G·407

定 价 1.70元

前 言

学习物理离不开解答习题，解题的主要目的不在于数量的多少，而在于解题后的收获。解完一道题后，如果能回过头来，对照题文检查思路是否正确，答案是否合理、完整，不仅可以发现解题时的失误，得到正确的答案，而且能加深对物理概念的理解，以达到牢固掌握和灵活应用。

检验解答是解物理习题的必要步骤之一，那么，检验解答有什么规律可循吗？这正是本书所要讨论的。笔者根据自己多年的教学经验和教学研究，总结整理了检验物理习题解答的基本方法。为方便学习，书中选用了大量的例题，这些例题大都是中学生经常遇到的问题，希望通过对这些例题的验解讨论，不仅能使学生掌握检验解答的基本方法，而且能从中得到启发，分析能力得到提高，思路得到拓宽。

限于笔者水平，书中错误与不妥之处一定不少，恳请读者批评、指正。

作者

1987年12月

目 录

第一章 检验解答的必要性	(1)
第二章 检验物理习题解答的一般方法	(10)
第一节 从物理意义上检验解答.....	(10)
第二节 根据允许值范围检验解答.....	(20)
第三节 用单位制检验解答.....	(30)
第四节 用极端假设法检验解答.....	(39)
第五节 从不同角度检验解答.....	(48)
第六节 运用物理图象检验解答.....	(56)
第七节 用多种解法检验解答.....	(65)
第八节 用逆运算法检验解答.....	(78)
第九节 用数量级检验解答.....	(90)
第十节 用足码交换法检验解答.....	(94)
第十一节 一般检验方法综述.....	(99)
第三章 几类重要习题的检验解答方法	(112)
第一节 静力学习题.....	(112)
第二节 匀变速运动习题.....	(123)
第三节 动力学习题.....	(133)
第四节 气态方程习题.....	(151)
第五节 直流电习题.....	(160)
第六节 电磁感应习题.....	(170)
第七节 几何光学习题.....	(181)

第一章 检验解答的必要性

解答物理习题，不能以得出结果为目的。有时得出的结果是不合理的、片面的，甚至是错误的。因此，对得出的结果进行分析，辨别它的真实性、合理性，力求答案合理、全面、准确无误，是非常必要的。

下面，我们从解题常见的几种错误来看检验解答的必要性。

一、思维习惯造成的错误

有的同学在做某种类型的题目达到一定的熟练程度后，就会不自觉地产生一种习惯。这种习惯往往导致遇到同类问题会不加思索地按一定程式求解，造成解题之误。这种错误可以通过对解答的检验而发现。

例1 自足够长的斜面的中部一点A，以初速度 $v_0 = 18$ 米/秒沿斜面向上抛出一个物体。抛出后一秒末，物体的速度变为 $v_1 = 12$ 米/秒，方向仍沿斜面向上。设斜面倾角为 30° ，求抛出后第7秒末，物体的速度及所在位置。（ g 取 10 米/秒²）

有同学采用下面的解法：

物体沿斜面向上运动的加速度

$$a = \frac{v_1 - v_0}{t_1} = \frac{12 - 18}{1} = -6 \text{ (米/秒}^2\text{)}.$$

第7秒末，物体的速度为

$$v_2 = v_0 + at_2 = 18 + (-6) \times 7 = -24 \text{ (米/秒)}.$$

负号表示物体速度方向与初速度方向相反，即沿斜面向下。

最初7秒内，物体的位移：

$$\begin{aligned} s_2 &= v_0 t_2 + \frac{1}{2} a t_2^2 \\ &= 18 \times 7 + \frac{1}{2} \times (-6) \times 7^2 = -21 \text{ (米)}. \end{aligned}$$

负号表示物体位置在抛出点A沿斜面下方21米的某一B点。

这样的解答正确吗？我们不妨比较一下物体在A、B两个位置时的机械能。设物体质量是m千克。由A到B，物体的重力势能减少了

$$mgh = mgs \cdot \sin 30^\circ = m \times 10 \times 21 \times 1/2 = 105m \text{ (焦耳)}.$$

而物体的动能增加了

$$\frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{1}{2} m (24^2 - 18^2) = 126m \text{ (焦耳)}.$$

也就是说物体由A到B，机械能增加了 $126m - 105m = 21m$ (焦耳)，这显然是不可能的。因为即使斜面是光滑的，物体的机械能也只能保持不变而不可能增加。如果斜面不光滑，物体在运动过程中克服摩擦阻力做功，机械能应减小。因此，所求得的答案是错误的。

通过分析不难知道，对于倾角为 30° 的光滑斜面，物体被抛出后沿斜面向上运动的加速度应当为 $a_0 = -g\sin 30^\circ = -5 \text{ 米/秒}^2$ 。既然物体第一秒内向上运动加速度 $a = -6 \text{ 米/秒}^2$ ，那么，斜面并不光滑，必须考虑物体与斜面间的摩擦力 f 。

如图1—1，物体向上运动时受三个力作用，物体加速度

$$a = -\frac{mg\sin\alpha + f}{m}.$$

代入数据可以求得：

$$f = m(\text{牛顿}).$$

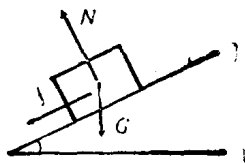


图 1—1

物体向上运动的最远距离和达到最高点所用时间分别为

$$s_M = \frac{0 - v_0^2}{2a} = \frac{0 - 18^2}{2 \times (-6)} = 27(\text{米}),$$

$$t_0 = \frac{0 - v_0}{a} = \frac{0 - 18}{-6} = 3(\text{秒}).$$

如图1—2，物体自最高点又沿斜面下滑时受三个力作用，其加速度为：

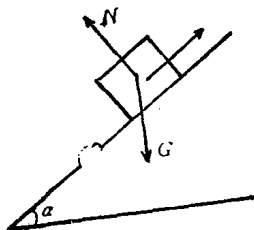


图 1—2

$$a' = \frac{mg\sin 30^\circ - f}{m} = \frac{5m - m}{m} = 4(\text{米/秒}^2).$$

∴物体第7秒末的速度为

$$v_7 = a'(t_2 - t_0) = 4 \times (7 - 3) =$$

16(米/秒)，(方向：平行于斜面向下.)

第7秒末，物体所在位置距最高点距离

$$s_2 = \frac{1}{2} a' (t_2 - t_0)^2 = \frac{1}{2} \times 4 \times (7-3)^2 = 32 \text{ (米)}.$$

即在抛出点下方 $s = s_2 - s_1 = 32 - 27 = 5 \text{ (米)}$ 的地方。

前面我们用比较机械能的方法对原来的解答进行检验，发现了解答的错误。由此可从中得到启发，解题时应针对题目涉及的过程做具体分析，不能依赖某种“习惯”。在应用牛顿第二定律时，要对物体运动的各个过程做认真的受力分析，注意物体的加速度和所受合外力的“瞬时”对应关系，即物体所受力发生变化时，它们的合力也发生了变化，物体的加速度也同时发生相应的变化。要注意避免下面的错误：当物体受力情况发生变化后，仍用变化前的加速度来进行有关变化后的计算。

二、片面判断造成的错误

在解题过程中要注意找出问题中相互制约的条件，进行全面的具体分析，不能只注意某一个侧面而忽视整体，只注意可能出现的某一种情况而忽略可能出现的另外几种情况。否则，我们得到的解答就会是片面的解答，甚至是错误的解答。对解答的检验可以帮助我们发现这种片面性或错误。

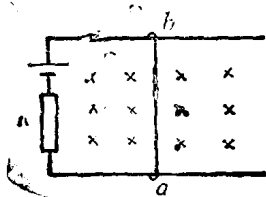


图 1—3

例 2 如图 1—3 所示，两条平行金属导轨处于匀强磁场中，磁感应强度 $B = 0.5 \text{ 特斯拉}$ ，方向垂直于纸面向里。电源电动势 $\mathcal{E} = 2 \text{ 伏特}$ ，内电阻 $r = 0.5 \text{ 欧姆}$ 。保险丝的电阻 $R_0 = 0.1 \text{ 欧姆}$ ，熔断电流

$I_0 = 1$ 安培。金属导线 ab 长 $l = 0.5$ 米、电阻 $R = 0.4$ 欧姆，在外力作用下沿导轨向右匀速运动。为了不使保险丝熔断，导线 ab 的速度应该多大？导轨电阻不计。

解：设闭合回路电流 $I = I_0 = 1$ 安培时， ab 导线的速度为 v_M ，产生的感生电动势 $\varepsilon_r = Blv_M$ 。由闭合电路的欧姆定律可得：

$$I_1 = \frac{Blv_M - \varepsilon}{R_0 + R + r}.$$

代入已知条件，解得： $v_M = 12$ 米/秒。

因此， ab 导线运动速度 $v < 12$ 米/秒。

这一结果是否全面呢？当 $v_M = 12$ 米/秒时， $\varepsilon_1 = Blv_M = 0.5 \times 0.5 \times 12 = 3$ (伏特) $> \varepsilon$ 。电流方向是从 a 经导线到 b ，电池充电，吸收电能。那么电池是否可能放电呢？如果电源释放电能，电流方向从 b 经导线到 a ， $I' = \frac{\varepsilon - Blv'}{R + R_0 + r}$ ，代入数据得 $v' = 4$ 米/秒。要使 $I' < I_0$ ，则 $v > v'$ 。因此，本题的完整解答是：

$$4 \text{ 米/秒} < v < 12 \text{ 米/秒}.$$

从上面的分析可以看出，考察解答是多么重要，它可以帮助我们学会全面地分析问题。对题目所述的物理过程缺乏全面的分析，势必导致不全面的解答。

例 3 有一正方体物块，用线系在它的上顶面中心处，将其悬挂于一弹簧秤下端，让物块有一半体积浸在水中，此时弹簧秤读数为 $G_1 = 1.47$ 牛顿。如果把水放掉一些，使水面相对于物块下降 4 厘米，这时弹簧秤读数变为 $G_2 = 2.45$ 牛顿。

试求物块的密度。

解：设正方体物块棱长为 d 米，据已知条件，物块所受浮力 $F_1 = \rho_{\text{水}} \cdot \frac{1}{2}d \cdot d^2 g$ ，因此

$$mg - F_1 = G_1,$$

$$\text{即：} 9.8m - 10^3 \times \left(\frac{1}{2}d^3\right) \times 9.8 = 1.47. \quad (1)$$

放水后，浸在水中的物块高度为 $\left(\frac{d}{2} - 0.04\right)$ 米，据已知条件，物块所受浮力

$$F_2 = \rho_{\text{水}} \cdot V_2 g = 10^3 \left(\frac{1}{2}d - 0.04\right)d^2 \times 9.8. \quad (2)$$

$$\because mg - F_2 = G_2,$$

$$\therefore 9.8m - 10^3 \times \left(\frac{1}{2}d - 0.04\right)d^2 \times 9.8 = 2.45. \quad (3)$$

解由(1)与(3)组成的方程组得：

$$d = 0.05 \text{ 米}, \quad m = 0.2125 \text{ 千克}.$$

$\therefore$ 物块的密度为

$$\rho = \frac{m}{d^3} = \frac{0.2125}{0.05^3} = 1.7 \times 10^3 \text{ (千克/米}^3\text{)}.$$

这个解答正确吗？如果 $d = 0.05$ 米，那么物块原先浸在水中的深度为 $\frac{d}{2} = 0.025$ 米。放水后，水面相对于物块下降4

厘米，整个物块已全部浮出水面，怎么还能用(2)式来计算物块所受的“浮力”呢？由(2)式求得的结果怎么可能正确呢？

上面的解答结果表明，物块在放水后全部浮出水面，这时弹簧秤读数等于物块重量，所以物块质量 $m = \frac{G_2}{g}$

$$= \frac{2.45}{9.8} = 0.25 \text{ (千克)}. \text{ 放水前物块所受浮力 } F_1 = G - G_1$$

$$= 2.45 - 1.47 = 0.98 \text{ (牛顿)}.$$

$$\text{物块体积 } V = \frac{2F_1}{\rho_{\text{水}} g} = \frac{2 \times 0.98}{10^3 \times 9.8} = 0.2 \times 10^{-3} \text{ (米}^3\text{)}.$$

物块密度为

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0.25}{0.2 \times 10^{-3}} = 1.25 \times 10^3 \text{ (千克/米}^3\text{)}.$$

对例3解答的反省，我们发现了解答的错误，更加全面地分析放水后出现的两种可能性，找到了正确的解答。

三、把物理问题当作纯数学问题处理

求解物理问题当然要用到数学知识，但是，有的同学把物理问题当作纯数学问题处理，得到解答后不加检验，不注意它的物理意义，以至得到的是错误的解答，所以，求得物理习题的解答后，必须联系原题的物理意义，对解答进行检验。

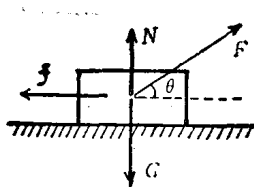


图 1—4

例 4 如图 1—4，用 $F=80$ 牛顿的力拉一质量 $m=4$ 千克的物体，使其在水平面上做直线运动。物体与水平面间摩擦系数为 $\mu=0.75$ 。则当拉力与水平方向夹角 θ 多大时，物体运动的加速度最大？（ g 取 10 米/秒²）

解：物体受力情况如图 1—4。

物体运动的加速度：

$$a = \frac{F \cdot \cos \theta - f}{m} = \frac{F \cdot \cos \theta - \mu N}{m}$$

$$= \frac{F \cdot \cos \theta - \mu (mg - F \sin \theta)}{m} = \frac{F}{m} (\cos \theta + \mu \sin \theta) - \mu g$$

$$= 5(4 \cos \theta + 3 \sin \theta) - 7.5.$$

设 $\cos \alpha_0 = \frac{3}{5}$, $\sin \alpha_0 = \frac{4}{5}$, 则

$$a = 25 \sin(\theta + \alpha_0) - 7.5. \quad (1)$$

∴ 当 $\theta + \alpha_0 = \frac{\pi}{2}$, 即 $\theta = \frac{\pi}{2} - \alpha_0$ 时, 加速度 a 取得极大值。

$$a_M = 25 - 7.5 = 17.5 (\text{米/秒}^2).$$

从数学上来看, 由(1)式求得的 $a_M = 17.5 \text{米/秒}^2$ 似乎无懈可击。我们不妨计算一下当 $\theta = \frac{\pi}{2} - \alpha_0$ 时, 物体所受的各力。在竖直方向上, 拉力的分力 $F \cdot \sin \theta = F \cdot \sin(\frac{\pi}{2} - \alpha_0)$

$$= F \cdot \cos \alpha_0 = 80 \times \frac{3}{5} = 48 \text{牛} > G,$$

可见这时物体将离开水平面而不是沿水平面运动。因此, $a_M = 17.5 \text{米/秒}^2$ 不是原题的解。

要使物体仍在水平面上运动, 须有 $F \sin \theta \leq mg$, $\sin \theta \leq \frac{mg}{F} = \frac{40}{80} = \frac{1}{2}$. 即 $\theta \leq 30^\circ$. 当 $\theta \leq 30^\circ$ 时, $a = 25 \sin(\theta + \alpha_0)$

-7.5随 θ 的增大而增大，所以当 $\theta=30^\circ$ 时，加速度取最大值

$$a_M = 25\sin(30^\circ + \alpha_0) - 7.5 = 17.5 (\text{米/秒}^2)$$

由上述各例可见，解完一道习题后，从多方面对解答进行推敲、检验是非常必要的。既然如此，我们该怎样检验物理习题的解答呢？这正是我们下面所要讨论的。

第二章 检验物理习题解答的一般方法

第一节 从物理意义上检验解答

物理理论跟生产实际、生活实际有着密切的联系。由于客观的局限性，物理习题的内容舍弃了实际问题的某些细节，仅突出其主要方面，把实际过程理想化、模型化了。但是，物理问题毕竟不是纯数学问题，它的解答必须符合实际情况，应当具有明确无误的物理意义。因此，求得物理习题的解答后，首先应当考察它的实际意义和物理意义，剔除那些不切合实际，在物理意义上不符合原题要求的解答。

例1 有一只电阻 R_0 ，当接到内电阻是1欧姆的蓄电池组两端时，蓄电池组两端电压为8伏特。如果把一只6欧姆电阻与 R_0 串联后再接到蓄电池组两端时，蓄电池组两端电压为8.4伏特，求电阻 R_0 的阻值。

解：由公式 $U = I \cdot R = \frac{\varepsilon}{R+r} \cdot R$ ，可得

$$\frac{\varepsilon}{R_0+r} R_0 = 8. \quad (1)$$

$$\frac{\varepsilon}{(R_0+6)+r} \cdot (R_0+6) = 8.4. \quad (2)$$

代入数值, 由 $\frac{(1)}{(2)}$ 得:

$$\frac{R_0(R_0+7)}{(R_0+1)(R_0+6)} = \frac{8}{8.4}.$$

整理得: $R_0^2 + 7R_0 - 120 = 0$.

解一元二次方程, 得

$$R_0 = 8 \text{ (欧姆)}, R'_0 = -15 \text{ (欧姆)}.$$

显然, 电阻的阻值不可能为负值, 因此 $R'_0 = -15$ 欧姆应该舍去. 尽管 R'_0 的确是所立方程的解, 电阻 R_0 的阻值只能是 $R_0 = 8$ 欧姆.

例2 一个物体从塔顶上自由落下, 在到达地面前最后一秒钟内通过的位移是整个位移的 $\frac{9}{25}$. 若不计空气阻力, 求塔高.

解: 设物体下落过程共历时 t 秒, 则塔高 $H = \frac{1}{2} \cdot g t^2$, 到达地面前最后一秒钟前下降高度 $h' = \frac{1}{2} g(t-1)^2$, 最后一秒钟内通过的位移为 $h = H - h' = \frac{1}{2} g t^2 - \frac{1}{2} g(t-1)^2$. 据题意 $h = \frac{9}{25} H$, 可列出下面的方程.

$$\frac{1}{2} g t^2 - \frac{1}{2} g(t-1)^2 = \frac{9}{25} \cdot \frac{1}{2} \cdot g t^2.$$

整理, 得 $9t^2 - 50t + 25 = 0$.

解这个关于 t 的一元二次方程可得:

$$t_1 = 5(\text{秒}), \quad t_2 = \frac{5}{9}(\text{秒}).$$

其中 $t_2 = \frac{5}{9}$ 秒明显不符合题目要求(t 必须大于1秒, 否

则哪来的最后一秒?), 故应舍去. 把 $t_1 = 5$ 秒代入 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 得塔高

$$h = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 5^2 = 122.5(\text{米}).$$

例3 骑自行车的人以5米/秒的初速度匀减速地上一斜坡, 加速度大小是 0.4 米/秒², 斜坡长30米, 骑自行车的人通过斜坡要多长时间?

解: 据匀加速直线运动的位移公式 $S = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$, 得

$$5t + \frac{1}{2}(-0.4)t^2 = 30.$$

整理, 得 $t^2 - 25t + 150 = 0$.

解这个一元二次方程, 得

$$t_1 = 10(\text{秒}), \quad t_2 = 15(\text{秒}).$$

骑自行车的人经过10秒钟已经通过了斜坡, 此后, 不再沿原样的斜坡做匀加速运动, 因此, $t_2 = 15$ 秒应当舍去.

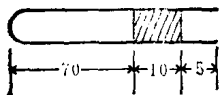


图2-1

例4 一根粗细均匀的玻璃管, 用10厘米长的水银柱把一段空气柱封闭在其内, 玻璃管的另一端开口. 当玻璃管水平放置时, 空气柱长度为70