大学物理错解例析

胡维平　编
管晓蓝　许付群　审

云南科技出版社

大学物理错解例析

胡维平　编

管晓蓝
许付群　审

云 南 科 技 出 版 社

责任编辑：王 韬

大学物理错解例析

胡维平 编

管晓蓝 许付群 审

云南科技出版社出版发行（昆明市书林街100号）

昆明富春实业公司印刷厂印装 新华书店经销

开本：850×1168 1/32 印张：13.5 字数：338千

1999年4月第1版 1999年4月第1次印刷

印数：1～4000

ISBN 7-5416-1264-2/O·49 定价：15.00元

若发现印装错误请向承印厂联系

前　言

做习题是学习物理学的一个重要环节。这一教学环节的目的很明确，就是让学生通过做习题，加深对物理概念和规律的理解，并初步学会运用所学原理去分析问题与解决问题。学生做习题产生错误，归根结底还是一些基本概念理解不透，方法没有真正掌握。此时，如果仅仅简单地把正确的解答告诉学生是不够的，学生接受正确解题方法往往是表面的、模糊的，概念并未澄清，方法依然没有掌握，当题目稍有变化，问题又会重新表现出来，因此必须对学生出现的错误进行分析。分析产生错误的原因，指出错误的根源，纠正错误的方法。这样做，才能把学生存在的模糊概念和错误方法铲除，让学生领悟正确思路，加深对物理概念的理解，熟练掌握解题方法和技巧。

编者根据自己多年教学实践中积累的资料，并参考了近年来一些物理杂志的教学论文、教材、教学参考书，经归纳整理，选择了约230道例题，按“题目”、“错误解答”、“错误分析”、“正确解法”的体例，撰写了这本以学生错误和分析错误为中心的教学参考书。这些例题包括了大学物理中的力学、振动和波、热学、电磁学、波动光学及近代物理等各部分的内容。所选例题多是大学物理中的重点、难点内容，编者尤其注意选用了学生在学习中容易混淆的问题和常见的错例。这些错例具有一定的代表性和典型性。每道例题都从学生角度考虑，模拟成错误解答。有的错解，直接来自学生的习题或试卷；有的错解则由编者综合学生的几种错误，按学生的思路写成。这些错解，似是而非，错误隐蔽较深，学生不经琢磨，未必能识别正误。编者通过错解分析，

指出错误的症结、分析错误的原因和关键，使学生读后恍然大悟。学生通过各种错误实例，定能明白产生错误的原因，纠正错误的方法，从中吸取教训，获得更多的启发和更深刻的认识。最后编者给出正确解法，一误一正，观点鲜明，学生通过分析与对比，便能彻底去掉糊涂概念和错误方法，把正确的理论和概念深印在头脑中。

学生阅读本书时，最好先看题目和错误解法，设法自己找出错误之处。如若某部分经常束手无策，表明对本部分的基本概念和重要规律尚未很好理解，这时最好的办法是再认真复习这一部分的内容直到弄通并能找出错误为止，然后再看错误分析，并自己动手解题，设法得出正确答案，与本书的正确解法相比较。

本书写作时得到张鹏翔教授的热情鼓励。手稿完成后管晓蓝教授审阅了第四章到第七章的手稿，许付群副教授审阅了第一章到第三章的手稿，并提出了许多宝贵意见。在出版过程中得到教材科特别是车文华的大力支持，还得到了云南工业大学重点课程建设基金的资助。董昆生绘制了全部插图。对此编者表示衷心感谢。此外，本书的编写参考了若干教学论文、教材、教学参考书，在此难以一一列出，谨一并致谢。由于编者水平有限，难免有不妥之处，切望得到读者的批评指正。

编　者

1998 年 8 月

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

目　录

第一章　力　　学

§1.1　运动学

[**题目 1**] 某人沿笔直的公路从甲地步行到乙地，甲乙两地相距 10 千米。在前一半路程中他以 6 千米/小时的速度行走，在后一半路程中他以 4 千米/小时的速度行走，求此人在全路程中的平均速度的数值。

[**错解**] 此人在全路程以两个不同的速度行走，故平均速度

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2} = 5\ \text{千米/小时}$$

[**简析**] 平均速度与速度的平均值是两个不同的物理概念。平均速度的定义是物体的位移 $\Delta \boldsymbol{r}$ 与发生该位移所用时间之比，即 $\bar{\boldsymbol{v}} = \frac{\Delta \boldsymbol{r}}{\Delta t}$。而速度平均值指的是物体在作变速运动时，在某一段时间 Δt 内，若干个瞬时速度的平均值，即 $\bar{\boldsymbol{v}} = \frac{\boldsymbol{v}_1 + \boldsymbol{v}_2 + \cdots + \boldsymbol{v}_n}{n}$。很明显，速度的平均值不仅跟单个瞬时速度的大小和方向有关，还跟人为选择的瞬时速度的个数 n 有关。平均速度是物体运动位移对运动时间取平均，而速度的平均值是物体瞬时速度之和对瞬时速度的个数取平均。上述解答求得的是速度的平均值而不是平均速度的数值。

[**正确解法**] 设人从甲走到中点所需时间为 Δt_1，从中点走到乙所需时间为 Δt_2。由匀速直线运动速度公式

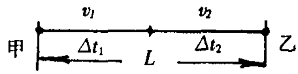

图 1-1-1

$$v_1=\frac{L/2}{\Delta t_1}\quad v_2=\frac{L/2}{\Delta t_2}\qquad(1)$$

在全路程中的平均速度的数值为

$$\bar{v}=\frac{L}{\Delta t_1+\Delta t_2}\qquad(2)$$

代 (1) 式入 (2) 式得

$$\bar{v}=\frac{L}{\frac{L/2}{v_1}+\frac{L/2}{v_2}}=\frac{1}{\frac{1}{2v_1}+\frac{1}{2v_2}}=\frac{2v_1v_2}{v_1+v_2}$$

$$=2\times\frac{6\times4}{6+4}=4.8\text{ 千米/小时}$$

[**题目 2**] 如图 1-1-2 所示，光滑斜面的底面 AO 长度一定。当斜面与底面的倾角 α 为多少时，物体从斜面顶点滑下的时间最短？

[**错解**] 物体下滑时物体所受的重力和支持力在斜面方向的分量为 $mg\sin\alpha$，因此物体沿斜面方向的加速度为

$$a=\frac{mg\sin\alpha}{m}=g\sin\alpha$$

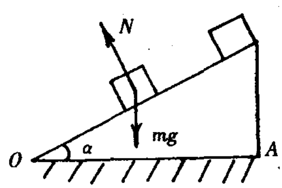

图 1-1-2

可见倾角 α 越大，下滑的加速度越大，速度也越大，故滑到底部的时间越短。当 α 趋于 90°时，a 趋于 g，a 最大，滑到底部的时间最短。

[**简析**] 机械运动比较直观，因为直观，学生从生活经验中也片面地积存了一些力学错觉。根据力学错觉来处理问题，必定犯错误。错解中“下滑的加速度越大，速度也越大，故滑到底部的时

间越短”的判断，便是一种力学错觉。如果学生能尽快地学会分析物理过程，根据科学的物理概念和物理定律来处理问题，象本问题这样的简单题目，不至于出错。

物体从斜面顶端滑到底部的时间不仅取决于加速度，而且还取决于斜面的长度。设斜面长度为 l，加速度 $a=g\sin\alpha=$ 常量，物体作匀变速直线运动。根据匀变速直线运动的公式，$l=\frac{1}{2}at^2$，$t^2=\frac{2l}{a}$。由该式容易看出，时间 t 取决于 l 和 a 两个因素。

[**正确解法**]由简析知，物体从斜面顶端滑到底部的时间为

$$t=\sqrt{\frac{2l}{a}}$$

因为物体下滑的加速度为

$$a=g\sin\alpha$$

设 $OA=d$，则

$$l=\frac{d}{\cos\alpha}$$

由上面三式可得

$$t=\sqrt{\frac{2d}{g\sin\alpha\cos\alpha}}=\sqrt{\frac{4d}{g\sin2\alpha}}$$

因为 g、d 为常量，欲 t 最小，只需 $\sin2\alpha$ 最大。显然 $2\alpha=90°$，即 $\alpha=45°$时，$\sin2\alpha$ 最大。可见斜面的倾角为 45°时物体从斜面顶点滑下的时间最短。

[**题目 3**]一质点在 x 轴上按 $x=4.5t^2-2t^3$ 的规律运动，式中 x 以米计，t 以秒计。求：①第 2 秒内质点所通过的路程；②求第 2 秒末质点的瞬时速度和瞬时加速度，并由此说明该时刻质点的运动情况。

[**错解**]①$t=1$ 秒时，质点的坐标为

$$x_1 = 4.5 - 2 = 2.5 \text{ 米}$$

$t = 2$ 秒时，质点的坐标为

$$x_2 = 4.5 \times 2^2 - 2 \times 2^3 = 2 \text{ 米}$$

可见，质点第 2 秒内向 x 轴负向运动，路程为

$$S = |x_2 - x_1| = 0.5 \text{ 米}$$

②瞬时速度 $\quad v = \dfrac{dx}{dt} = 9t - 6t^2$

$t = 2$ 秒时 $\quad v = 9 \times 2 - 6 \times 2^2 = -6$ 米/秒

瞬时加速度 $\quad a = \dfrac{dv}{dt} = 9 - 12t$

$t = 2$ 秒时 $\quad a = -15$ 米/秒^2

因为 $t = 2$ 秒时，$v < 0$，所以质点向 x 轴负向运动，又因为加速度 $a < 0$，所以质点作减速运动。

[**简析**]路程是质点运动时所经过的实际路径的长度。为了掌握该质点在第 2 秒内所经过的实际路径，必须考虑几个典型时刻质点的运动情况（图 1－1－3）。$t = 1$ 秒时，质点的坐标 $x_1 = 2.5$ 米，瞬时速度 $v = 9 \times 1 - 6 \times 1^2 = 3$ 米/秒。因为 $v > 0$，所以 $t = 1$ 秒时质点并没有向 x 轴负向运动，而是向 x 轴正向运动；此外，$t = 1$ 秒时，质点的瞬时加速度 $a = 9 - 12 \times 1 = -3$ 米/秒^2。因为 $v > 0$，而 $a < 0$，可知质点在该时刻作减速运动。为了求得质点何时速度减为零，可令 $v = 9t - 6t^2 = 0$，求得 $t = 1.5$ 秒（另一根舍去）。$t = 1.5$ 秒时，质点的瞬时加速度 $a = 9 - 12 \times 1.5 = -9$ 米/秒^2；因为 $a < 0$，可知 $t = 1.5$ 秒时质点由瞬时静止掉头向 x 轴负向运动。$t = 2$ 秒时，质点的坐标 $x_2 = 4.5 \times 2^2 - 2 \times 2^3 = 2$ 米，瞬时速度 $v = 9 \times 2 - 6 \times 2^2 = -6$ 米/秒，瞬时加速度 $a = 9 - 12 \times 2 = -15$ 米/秒^2，此时刻质点继续向 x 轴负向加速运动。这样，质点在第 2 秒内所经过的路程，为质点在 1 秒至 1.5 秒内的路程 S_1 与 1.5 秒至 2 秒内路程 S_2 之和。$t = 1.5$ 秒时，质点的坐标 $x_3 = 4.5 \times 1.5^2 - 2 \times 1.5^3 =$

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

3.375 米。由图 1-1-3 可知 $S=S_1+S_2=(3.375-2.5)+(3.375-2)=2.25$ 米。可见,求作直线运动的质点在某一段时间内所经过的路程,如果质点的运动方向有变化,则必须先求出质点运动方向的转折点。

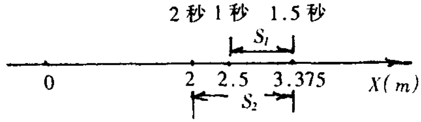

图 1-1-3

②加速运动或减速运动,是指速率(速度的数值)增大或减少。对于直线运动,v、a 的正负只表明速度或加速度的方向。$v>0$ 或 $a>0$,表明速度或加速度的方向沿 x 轴正向,$v<0$ 或 $a<0$,表明速度或加速度的方向沿 x 轴负向。至于质点作加速或减速运动,须由速度和加速度二者的方向共同决定。当速度和加速度同方向时(v、a 同为正或者同为负,即二者同号)质点加速运动,当速度和加速度反方向时(v、a 异号),质点减速运动。$t=2$ 秒时,$v<0$,$a<0$,可知质点向 x 轴负向加速运动。

[题目 4]一升降机以加速度 1.22 米·秒$^{-2}$上升,当上升速度为 2.44 米·秒$^{-1}$时,有一螺帽自升降机的天花板上松落,天花板与升降机的底面相距 2.74 米。求螺帽从天花板落到底面所需的时间。

[错解] 螺帽作自由落体运动,升降机作匀加速运动。由于螺帽从 $h=2.74$ 米高自由下落,所以螺帽和升降机的运动方程分别为(向上为正)

$$y_1=h-\frac{1}{2}gt^2$$

$$y_2=v_0t+\frac{1}{2}at^2$$

假设 τ 时刻相遇，则 $y_1(\tau)=y_2(\tau)$，即

$$h-\frac{1}{2}g\tau^2=v_0\tau+\frac{1}{2}a\tau^2$$

$$\frac{1}{2}(a+g)\tau^2+v_0\tau-h=0$$

解得

$$\tau=\frac{-v_0+\sqrt{v_0^2+2(a+g)h}}{a+g}$$
$$=0.52\text{ 秒}$$

[**简析**] 上述解答，有一点小小的疏漏。螺帽松落的瞬间，螺帽和升降机一样，具有 2.44 米·秒$^{-1}$的速度，因此螺帽不作自由落体运动（自由落体运动的初速度为零），而是作竖直上抛运动。

[**正确解法**] 以地面为参照系。坐标原点选在升降机的速度 $v_0=2.44$ 米·秒$^{-1}$时升降机底面 AB 所在处的位置(图 1－1－4)，并设该时刻 $t=0$。此时螺帽从 $y_0=2.74$ 米处以 v_0 的初速作上抛运动，运动方程为

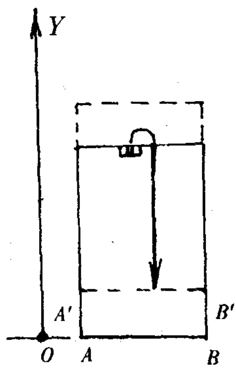

图 1－1－4

$$y_1=y_0+v_0t-\frac{1}{2}gt^2$$

升降机（用 AB 来代表）匀加速上升的运动方程为

$$y_2=v_0t+\frac{1}{2}at^2$$

设 τ 时刻螺帽落到了底面，此时螺帽和底面 AB 的坐标相同，得到

$$y_1(\tau)=y_2(\tau)$$

即 $$y_0+v_0\tau-\frac{1}{2}g\tau^2=v_0\tau+\frac{1}{2}a\tau^2$$

解得 $\tau=\sqrt{\dfrac{2y_0}{a+g}}=0.71$ 秒

[**题目** 5] 有人在高台下的某处用较大速度竖直上抛一物体。取物体上升至高台时作为初时刻，该时刻物体的速度 $v_0=19.6$ 米·秒$^{-1}$。问物体在什么时刻经过台下 24.5 米处？

[**错解**] 以高台处为坐标原点，y 轴向上为正。物体运动方程为

$$y=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$$

即 $$t^2-\frac{2v_0}{g}t+\frac{2y}{g}=0$$

其解为

$$t=\frac{\dfrac{2v_0}{g}\pm\sqrt{\left(\dfrac{2v_0}{g}\right)^2-4\dfrac{2y}{g}}}{2}$$

物体经过台下 24.5 米处时，$y=-24.5$ 米，经计算可得

$$t_1=5\text{ 秒},\quad t_2=-1\text{ 秒}$$

$t_2=-1$ 秒没有物理意义，应予舍弃。

[**简析**] 负根不一定都不合理。$t=-1$ 秒说明在开始计时前 1 秒，物体处在台下 24.5 米处。因为物体运动的速度 $v=v_0-gt$，$t=-1$ 秒时 $v=19.6-9.8\times(-1)>0$，说明此时物体在上升。$t=5$ 秒说明物体在计时后处在台下 24.5 米处。此时 $v=19.6-9.8\times5<0$，说明此时物体在下降。可见 $t=-1$ 秒与 $t=5$ 秒一样都是合理的，$t=-1$ 秒不应舍弃。

[**题目** 6] 一质点沿 x 轴作直线运动，其 $v-t$ 图如图 1-1-5 所示，问质点在 EF 段作什么样的运动。

[**错解**]我们知道 $v-t$ 图中曲线上某点的斜率$\frac{dv}{dt}$为质点在该处的加速度。EF 段为直线，斜率$\frac{dv}{dt}$处处相等，所以质点作匀变速直线运动，又因为$\frac{dv}{dt}>0$，即 $a>0$，所以质点作匀加速直线运动。

[**简析**] 错解认为，质点在 EF 段各时刻$\frac{dv}{dt}$相等，$\frac{dv}{dt}>0$。这个分析是正确的。但据此得出质点作匀加速直线运动的结论却错了。事实上从 $v-t$ 图可知，质点在 EF 段，速度 $v<0$，即质点运动方向为 x 轴负向，而加速度$\frac{dv}{dt}=a>0$，a 的方向为 x 轴正向。v、a 的方向相反，这意味着质点沿 x 轴的负向作匀减速运动。另外从 $v-t$ 也可看出，质点运动到 F 点时，质点的速度确已减为零了。同理可知，质点在 DE 段（$v<0$，$a<0$，v、a 方向相同）将沿 x 轴负向作匀加速运动；而不应根据斜率$\frac{dv}{dt}<0$就判断作匀减速运动。

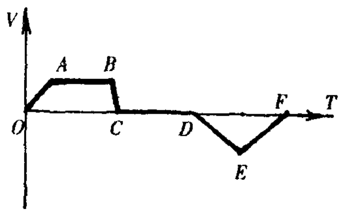

图 1-1-5

[**题目 7**] 甲、乙两人在 $t=0$ 时，从同一地点出发，向同一方向作直线运动。他们的速度曲线如图 1-1-6 所示。问他们两人何时再相遇。

[**错解**] 由图 1-1-6 可以看出，$t=5$ 秒时甲、乙两人的速度曲线相交。在相交点他们相遇，即他们在 5 秒时相遇，此时他们的速度相等。

[**简析**] 为了明白错在哪儿，还得说一说“相遇”这个概念。对

于在二维空间作曲线运动的两物体来说，所谓相遇，就是它们的运动轨迹相交。换句话说，相遇时两物体的坐标相等，$x_1=x_2$，$y_1=y_2$。对于作直线运动的甲、乙两人来说，所谓相遇，也是他们的坐标相等，$x_1=x_2$。上述解法的错误在于解题者把 $v-t$ 图上的直线当作了物体的运动轨迹。虽然甲、乙两人作直线运动，运动轨迹是直线，但 $v-t$ 图上的两直线并不是运动轨迹。相交点 $v_1=v_2$，并非 $x_1=x_2$。有许多作直线运动的物体，其 $v-t$ 图线是曲线。

[正确解法一] 如简析所述，甲、乙两人相遇时他们的坐标相等，$x_1=x_2$。因为他们从同一点、同时出发，可把该点取为坐标原点，该时刻取为计时起点，则坐标相等（$x_1=x_2$）也相当于甲、乙两人对坐标原点的位移相等。故本问题中，只要两人位移相等，他们就相遇。在 $v-t$ 图上，$v-t$ 曲线下的面积为位移，由图 1－1－6 可知，在 $t=10$ 秒时，甲的 $v-t$ 曲线下的面积（S_{ABDO}）等于乙的 $v-t$ 曲线下的面积（S_{OCD}）。因此 $t=10$ 秒时甲、乙两人再相遇。

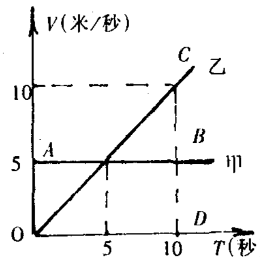

图 1－1－6

[正确解法二] 这是一种比较麻烦的方法，但有助于对问题的理解。从 $v-t$ 图可知，甲作匀速直线运动，速度 $v_1=5$ 米·秒$^{-1}$，其运动方程为

$$x_1=v_1t$$

从 $v-t$ 图可知，乙的 $v-t$ 曲线为过原点的直线，直线的斜率 $k=\frac{10}{10}=1$ 米·秒$^{-2}$。根据数学公式，该直线方程为

$$v=kt$$

与匀变速直线运动公式 $v=v_0+at$ 比较可知，乙作 $v_0=0$、$a=k$

$=1$ 米·秒$^{-2}$的匀加速直线运动，所以他的运动方程为

$$x_2=\frac{1}{2}at^2$$

相遇时 $x_1=x_2$，得到

$$v_1t=\frac{1}{2}at^2$$

解得 $\quad t_1=0 \qquad t_2=\frac{2v_1}{a}=\frac{2\times 5}{1}=10$ 秒

表示未出发时他们第一次相遇，$t=10$ 秒时他们再次相遇。

[**题目 8**] 设质点的运动方程为$x=x(t)$,$y=y(t)$,计算质点的速度和加速度。

[**错解**] 因为 $r=\sqrt{x^2+y^2}$，根据

$$v=\frac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t},\quad a=\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}^2r}{\mathrm{d}t^2}$$

得到

$$v=\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(\sqrt{x^2+y^2})=\frac{xx_t'+yy_t'}{(x^2+y^2)^{3/2}}$$

$$a=\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=\frac{(xy_t'-yx_t')^2+(x^2+y^2)(xx_t''+yy_t'')}{(x^2+y^2)^{3/2}}$$

[**简析**] 速度是一个矢量，是位矢随时间的瞬时变化率，即

$$\boldsymbol{v}=\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}(r\boldsymbol{r}_0)}{\mathrm{d}t}$$

式中 $\boldsymbol{r}_0$ 是位矢方向的单位矢。速度的大小可写为

$$v=|\boldsymbol{v}|=\left|\frac{\mathrm{d}(r\boldsymbol{r}_0)}{\mathrm{d}t}\right|=\left|\frac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{r}_0+r\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}_0}{\mathrm{d}t}\right|$$

可见，速度的大小既与位矢大小 r 随时间的瞬时变化率$\frac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t}$有关，还与位矢方向 $\boldsymbol{r}_0$ 随时间的瞬时变化率$\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}_0}{\mathrm{d}t}$有关。只有当位矢方向

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com