程守洙 江之永 编

朱诚春等1982年修订

《普通物理学》习题解 上册

〔供教师、自学人员参考〕

编印说明

程守洙、江之永主编的《普通物理学》一书，于 1982 年经上海交通大学朱詠春等修订，由人民教育出版社出版。该书出版以来，编者不断收到各地教师与自学人员来函，索取所附习题的正确答案。现应广大教师和自学读者的要求，特将上海交通大学物理教研室集体编写的习题解答付印，供内部参考。如发现书中存在不妥之处，欢迎读者指正。

本习题解答有控制地向教师和缺乏辅导条件的自学人员发行，正规大学在学学生恕不供应。望勿擅自翻印流传，特此说明。

上海交通大学习题集编辑部

1983 年 5 月

目　录

第一篇　力学的物理基础

第二篇　机械振动和机械波

第三篇　分子物理学和热力学

第一篇　力学的物理基础

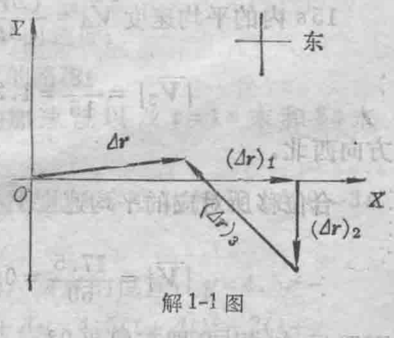
第一章　质点运动学

1-1　(1) 一人自原点出发，25 s 内向东走 30 m，又 10 s 内向南走 10 m，再 15 s 内向西北走 18 m。试求合位移的大小和方向。

(2) 求每一分位移中的平均速度；对合位移求平均速度，并对全路程求平均速率。

(3) 位移和路程有何区别？在什么情况下两者的量值相等？平均速度和平均速率如何区别？在什么情况下两者的量值相等？

解　根据题意，建立 OXY 平面直角坐标系，并标出各位移矢量如图(解 1-1 图)。图中用 $(\Delta\boldsymbol{r})_1$、$(\Delta\boldsymbol{r})_2$、$(\Delta\boldsymbol{r})_3$ 表示各分位移，用 $(\Delta\boldsymbol{r})$ 表示合位移。



解 1-1 图

(1) 25 秒内的位移是 $(\Delta\boldsymbol{r})_1$，大小为 30m，方向向东，其分量 $(\Delta x)_1 = 30\,\mathrm{m}$，$(\Delta y)_1 = 0$. 10 秒内的位移是 $(\Delta\boldsymbol{r})_2$，大小为 10 m，方向向南，其分量 $(\Delta x)_2 = 0$，$(\Delta y)_2 = -10\,\mathrm{m}$。15 秒内的位移是 $(\Delta\boldsymbol{r})_3$，大小为 18 m、方向向西北，其分量 $(\Delta x)_3 = -9\sqrt{2}\ \mathrm{m}$，

$(\Delta y)_3 = 9\sqrt{2}\,\text{m}$。

合位移是 $(\Delta \boldsymbol{r})$，其分量为 Δx 和 Δy，因

$$\Delta x = (\Delta x)_1 + (\Delta x)_2 + (\Delta x)_3 = 30 - 9\sqrt{2} \quad (\text{m})$$

$$\Delta y = (\Delta y)_1 + (\Delta y)_2 + (\Delta y)_3 = 9\sqrt{2} - 10 \quad (\text{m})$$

得

$$|\Delta \boldsymbol{r}| = \sqrt{(30 - 9\sqrt{2})^2 + (9\sqrt{2} - 10)^2} = 17.5\,\text{m}$$

$$\theta = \operatorname{arc\,tg}\frac{\Delta y}{\Delta x} = \operatorname{arc\,tg}(0.1581) = 9°$$

合位移的方向为东偏北 9°。

(2) 25 s 内的平均速度 $\overline{\boldsymbol{V}}_1 = \dfrac{(\Delta \boldsymbol{r})_1}{(\Delta t)_1}$，大小为

$$|\overline{\boldsymbol{V}}_1| = \frac{30.0}{25.0} = 1.20\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

方向向东。

10 s 内的平均速度 $\overline{\boldsymbol{V}}_2 = \dfrac{(\Delta \boldsymbol{r})_2}{(\Delta t)_2}$，大小为

$$|\overline{\boldsymbol{V}}_2| = \frac{10.0}{10.0} = 1.00\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

方向向南。

15 s 内的平均速度 $\overline{\boldsymbol{V}}_3 = \dfrac{(\Delta \boldsymbol{r})_3}{(\Delta t)_3}$，大小为

$$|\overline{\boldsymbol{V}}_3| = \frac{18}{15} = 1.20\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

方向西北。

合位移所对应的平均速度 $\overline{\boldsymbol{V}} = \dfrac{\Delta \boldsymbol{r}}{\Delta t}$，大小为

$$|\overline{\boldsymbol{V}}| = \frac{17.5}{50} = 0.35\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

方向与 $\Delta \boldsymbol{r}$ 相同，即东偏北 9°。

全路程的平均速率为

$$\bar{v}=\frac{\Delta s}{\Delta t}=\frac{30.0+10.0+18.0}{50.0}=1.16\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$$

(3) 位移表示在 Δt 时间间隔内质点位置的改变，是矢量，其量值等于始末两点间的直线距离，它的方向由始点指向终点；路程表示质点经历路径的总长度，是标量。在曲线运动中位移与路程的量值不等，而只有当 Δt 趋近于零时，或方向不变的直线运动中，位移与路程的量值才相等。

在时间间隔 Δt 内质点的平均速度，是在这段时间内质点位移与这段时间的比值；而在 Δt 内质点的平均速率，是在这段时间内质点运动的路程与这段时间的比值。平均速度是矢量，平均速率是标量，在曲线运动中平均速度与平均速率的量值不等，只有当 Δt 趋近于零时，质点的平均速度与平均速率在量值上才可视作相等。

1-2 一质点沿 OY 轴作直线运动，它在 t 时刻的坐标是

$$y=4.5t^2-2t^3$$

式中 y 以 m 计，t 以 s 计。试求：

(1) $t=1\sim2$ s, $1\sim1.5$ s, $1\sim1.1$ s, $1\sim1.01$ s 内质点的位移和平均速度；

(2) $t=1$ s 末和 2 s 末的瞬时速度；

(3) 第 2 s 内质点所通过的路程；

(4) 第 2 s 内质点的平均加速度以及 $t=1$ s 末和 2 s 末的瞬时加速度；

(5) 解说这质点的运动情况和速率变化情况（在 $0\sim3$ s 内）。

解 (1) 据题意：t 时刻，质点的位置：$y=4.5t^2-2t^3$；$t+\Delta t$ 时刻，质点位置：$y+\Delta y=4.5(t+\Delta t)^2-2(t+\Delta t)^3$，所以 $t\sim t+\Delta t$ 时间间隔内的位移

$$\Delta y=9t\Delta t+4.5(\Delta t)^2-6t^2\Delta t-6t(\Delta t)^2-2(\Delta t)^3$$

而平均速度为

$$\overline{V}_y=\frac{\Delta y}{\Delta t}=9t+4.5\Delta t-6t^2-6t\cdot\Delta t-2(\Delta t)^2 \qquad (1)$$

在 1～2 s 内： $\Delta y=9+4.5-6-6-2=-0.5\ \mathrm{m}$

$\overline{V}_y=9+4.5-6-6-2=-0.5\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$

同理在 1～1.5 s 内： $\Delta y=0.875\ \mathrm{m}$ $\overline{V}_y=1.75\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$

在 1～1.1 s 内： $\Delta y=0.28\ \mathrm{m}$ $\overline{V}_y=2.83\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$

在 1～1.01 s 内： $\Delta y=0.0299\ \mathrm{m}$ $\overline{V}_y=2.99\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$

(2) 在式(1)中，令 $\Delta t\to 0$，得

$$V_y=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta y}{\Delta t}=\frac{dy}{dt}=9t-6t^2 \qquad (2)$$

将 $t=1\mathrm{s}$、$2\mathrm{s}$ 代入式(2)中求得 $t=1$ 秒末、2 秒末的瞬时速度为

$$V_y|_{t=1}=9\times1-6\times1^2=3\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$$

$$V_y|_{t=2}=9\times2-6\times2^2=-6\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$$

(3) 由运动方程：$y=4.5t^2-2t^3$；$V_y=9t-6t^2$ 可知，一开始质点沿 Y 轴正方向运动，其速度逐渐减小，在某一时刻其速度为零。这时刻 t_1 可求出，令 $v_y|_{t=t_1}=9t_1-6t_1^2=0$，得 $t_1=1.5\ \mathrm{s}$（另一根舍去）。当 $t>1.5\mathrm{s}$ 后，质点运动换向，向负 Y 轴向运动，这样在第 2 秒内质点通过的路程为质点在 $1\mathrm{s}\to 1.5\mathrm{s}$ 内的路程与 $1.5\mathrm{s}\to 2\mathrm{s}$ 内通过的路程之和，即

$$\begin{aligned}S_{1-2}&=|(4.5\times1.5^2-2\times1.5^3)-(4.5\times1^2-2\times1^3)|\\&\quad+|(4.5\times2^2-2\times2^3)-(4.5\times1.5^2-2\times1.5^3)|\\&=|0.875|+|-1.375|=2.25\ \mathrm{m}\end{aligned}$$

(4) 由上可知 $V_y=9t-6t^2$，所以从 t 到 $t+\Delta t$ 速度增量为

$$\Delta V_y=[9(t+\Delta t)-6(t+\Delta t)^2]-(9t-6t^2)$$
$$=9\Delta t-12t\cdot\Delta t-6\Delta t^2$$

平均加速度

$$\bar{a}_y=\frac{\Delta V_y}{\Delta t}=\frac{9\Delta t-12t\Delta t-6\Delta t^2}{\Delta t}=9-12t-6\Delta t$$

代入 $t=1\text{s}$, $\Delta t=2-1=1\text{s}$, 得第 2 秒内平均加速度

$$\bar{a}_y=9-12\times1-6\times1=-9\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$

瞬时加速度

$$a_y=\lim_{\Delta t\to0}\frac{\Delta V_y}{\Delta t}=\lim_{\Delta t\to0}(9-12t-6\Delta t)=9-12t$$

$t=1\text{s}$ 时

$$a_y|_{t=1}=9-12\times1=-3\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$

$t=2\text{s}$ 时

$$a_y|_{t=2}=9-12\times2=-15\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$

以上负加速度均表示加速度沿 Y 轴反方向。

(5) 质点的运动情况:

$$y=4.5t^2-2t^3$$

$$V_y=9t-6t^2\begin{cases}>0 & (0<t<1.5\text{s})\\=0 & (t=1.5\text{s})\\<0 & (t>1.5\text{s})\end{cases}$$

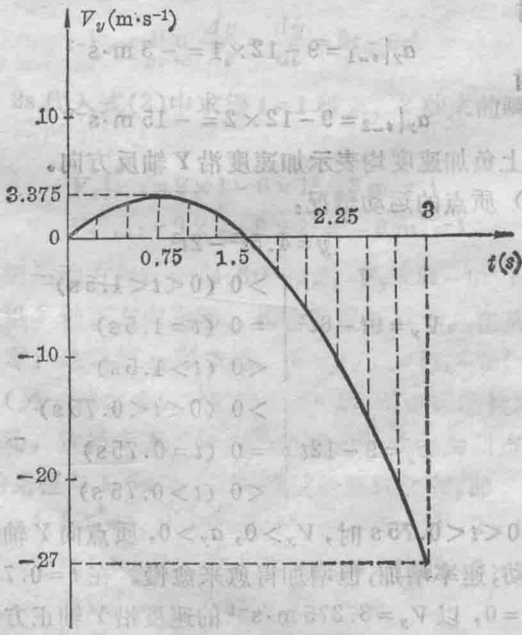
$$a_y=9-12t\begin{cases}>0 & (0<t<0.75\text{s})\\=0 & (t=0.75\text{s})\\<0 & (t>0.75\text{s})\end{cases}$$

在 $0<t<0.75\text{ s}$ 时, $V_y>0$, $a_y>0$, 质点向 Y 轴正方向作加速运动,速率增加,但增加得愈来愈慢. 在 $t=0.75\text{s}$ 时, 质点的 $a_y=0$, 以 $V_y=3.375\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的速度沿 Y 轴正方向运动。

在 $0.75<t<1.5\text{s}$ 时, $V_y>0$, $a_y<0$, 质点继续沿 Y 轴正方向作减速运动, 其速率减得愈来愈快. 在 $t=1.5\text{s}$ 之后,

$V_y=0$，$a_y<0$，质点已是从 $y=1.875$ m 沿 Y 轴负向作加速运动了．见解 1-2 图．

t(s)	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50
V(m·s^{-1})	1.875	3.000	3.375	3	1.875	0
t(s)	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00
V(m·s^{-1})	−2.625	−6	−10.125	−15	−20.625	−27



解 1-2 图

1-3 一质点在 XOY 平面内运动，运动方程为

$$x = 2t \qquad y = 19 - 2t^2$$

式中 x、y 以米计，t 以秒计。

（1）计算并图示质点的运动轨道；

（2）写出 $t=1$ 秒时刻和 $t=2$ 秒时刻质点的位置矢量，并计算这一秒内质点的平均速度；

（3）计算1秒末和2秒末质点的瞬时速度和瞬时加速度；

（4）在什么时刻，质点的位置矢量与其速度矢量恰好垂直？这时，它们的 x、y 分量各为多少？

（5）在什么时刻质点离原点最近？算出这一距离。

（6）在运动方程中，使时间 t 取负值，所得结果如何解释？

解 （1）由质点的运动方程 $x=2t$，$y=19-2t^2$，消去时间参量 t，即得质点的轨道方程：

$$y = 19 - 2\left(\frac{x}{2}\right)^2 = 19 - \frac{x^2}{2} \quad (x>0)$$

x	0	2	4	6	8
y	19	17	11	1	-13

（2）位置矢量可写成

$$\boldsymbol{r}(t) = x\boldsymbol{i} + y\boldsymbol{j} = 2t\boldsymbol{i} + (19-2t^2)\boldsymbol{j}$$

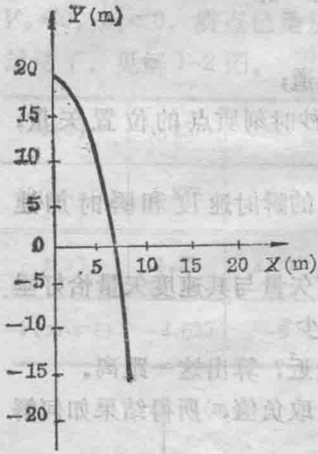
式中 $\boldsymbol{i}$、$\boldsymbol{j}$ 分别是沿 x 方向、y 方向的单位矢量。

$t=1\text{s}$ 时 $\qquad \boldsymbol{r}_{(1)} = 2\boldsymbol{i} + 17\boldsymbol{j} \quad \text{m}$

$t=2\text{s}$ 时 $\qquad \boldsymbol{r}_{(2)} = 4\boldsymbol{i} + 11\boldsymbol{j}$

平均速度

$$\overline{\boldsymbol{V}} = \frac{\boldsymbol{r}_{(2)} - \boldsymbol{r}_{(1)}}{\Delta t} = 2\boldsymbol{i} - 6\boldsymbol{j} \quad \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$



解 1-3 图

其大小为

$$\sqrt{2^2+(-6)^2}=6.32 \quad \mathrm{m\cdot s^{-1}}$$

方向与 X 轴成 θ 角

$$\theta=\mathrm{arc\,tg}-\frac{6}{2}=\mathrm{arc\,tg}-3$$

$$=-71°33'54''$$

(3) $$\boldsymbol{V}(t)=\frac{dx}{dt}\boldsymbol{i}+\frac{dy}{dt}\boldsymbol{j}$$

$$=2\boldsymbol{i}-4t\boldsymbol{j} \quad \mathrm{m\cdot s^{-1}}$$

瞬时速度为：$t=1\,\mathrm{s}$ 时

$$\boldsymbol{V}_{(1)}=2\boldsymbol{i}-4\boldsymbol{j}$$

其大小为

$$\sqrt{2^2+(-4)^2}=4.47\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$$

其方向与 X 轴夹角为 $\quad \theta=\mathrm{arc\,tg}(-2)=-63°26'5''$

$t=2\,\mathrm{s}$ 时 $\quad \boldsymbol{V}_{(2)}=2\boldsymbol{i}-8\boldsymbol{j}$

其大小为 $\quad \sqrt{2^2+(-8)^2}=8.25 \quad \mathrm{m\cdot s^{-1}}$

其方向与 X 轴夹角

$$\theta=\mathrm{arc\,tg}(-4)=-75°57'50''$$

瞬时加速度 $\quad \boldsymbol{a}(t)=\dfrac{d\boldsymbol{V}}{dt}=-4\boldsymbol{j}$

其大小为 $\quad a=4\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$ $\quad$ 方向指向 Y 轴负向。

(4) 由 $\boldsymbol{r}\cdot\boldsymbol{V}=0$，得

$$2t\cdot 2+(19-2t^2)(-4t)=0$$

即

$$4t(2t^2-18)=0$$

$$\therefore \quad t=0 \quad t=3\mathrm{s} \quad t=-3\mathrm{s}(\text{舍去})$$

当 $t=0$ 时

$$\boldsymbol{r}=19\boldsymbol{j} \quad x=0 \quad y=19 \quad \mathrm{m}$$

$$\boldsymbol{V}=2\boldsymbol{i} \quad V_x=2 \quad V_y=0 \quad \mathrm{m\cdot s^{-1}}$$

$t = 3s$ 时

$$r = 6i + j \quad x = 6 \quad y = 1 \quad m$$

$$V = 2i - 12j \quad V_x = 2 \quad V_y = -12 \quad m \cdot s^{-1}$$

(5) 质点位矢的量值为

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(2t)^2 + (19 - 2t^2)^2}$$

取极值,使 $\frac{dr}{dt} = 0$, $\therefore$ $8t(1 - 19 + 2t^2) = 0$

得: $t = 0$, $t = 3s$, $t = -3s$ (舍去).

把 $t = 0$ 和 $t = 3s$ 代入 $r(t)$ 式比较之, 得

$$r(0) = 19 > r(3) = 6.08 \quad m$$

所以当 $t = 3s$ 时, 质点的位置 (6, 1) 离原点最近, 其距离为 6.08 m.

(6) 在运动方程中,使时间 t 取负值,所得结果可解释为 $t = 0$ 计时起点之前的运动情况.

1-4 设质点的运动方程为 $x = x(t)$, $y = y(t)$, 在计算质点的速度和加速度时,有人先求出 $r = \sqrt{x^2 + y^2}$, 然后根据

$$v = \frac{dr}{dt} \quad 和 \quad a = \frac{d^2r}{dt^2}$$

求得结果;又有人先计算速度和加速度的分量,再合成而求得结果,即

$$v = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2} \quad 和 \quad a = \sqrt{\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2y}{dt^2}\right)^2}$$

你认为哪一种方法正确? 为什么? 两者之间的差别何在?

解 后一种方法正确. 因为速度和加速度都是矢量, 满足如下关系:

$$v = \frac{dr}{dt} = \frac{d}{dt}(xi + yj) = \frac{dx}{dt}i + \frac{dy}{dt}j$$

$$a = \frac{d^2r}{dt^2} = \frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}i + \frac{dy}{dt}j\right) = \frac{d^2x}{dt^2}i + \frac{d^2y}{dt^2}j$$

$$\therefore\quad v=\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2+\left(\frac{dy}{dt}\right)^2}$$

$$a=\sqrt{\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)^2+\left(\frac{d^2y}{dt^2}\right)^2}$$

而前一种方法的错误所在是只考虑了矢径 $\boldsymbol{r}$ 的量值 r 随时间 t 的变化，而未考虑到由于矢径的方向随时间 t 的变化对速度的贡献，或速度方向随时间 t 变化对加速度的贡献。

1-5 一质点作匀加速直线运动，在 $\tau=10\,\mathrm{s}$ 内走过路程 $s=30\,\mathrm{m}$，而其速度增为 $n=5$ 倍，试证加速度为

$$a=\frac{2(n-1)s}{(n+1)\tau^2}$$

并由上述数据求出其量值。

解 设质点沿 X 轴正方向作匀加速直线运动，加速度为 a，并设 $t=0$ 时，$v=v_0$，$x_0=0$。列出运动方程有：

$$\begin{cases} x=v_0t+\dfrac{1}{2}at^2 & (1)\\ v=v_0+at & (2)\end{cases}$$

据题意可知，$t=\tau=10\,\mathrm{s}$ 时，$x=s=30\,\mathrm{m}$，$v=nv_0=5v_0$，于是由式(1)、(2)得

$$\begin{cases} s=v_0\tau+\dfrac{1}{2}a\tau^2 & (3)\\ nv_0=v_0+a\tau & (4)\end{cases}$$

由式(3)、(4)解出 $a=\dfrac{2(n-1)s}{(n+1)\tau^2}$，命题得证。

将 $\tau=10\mathrm{s}$、$s=30\mathrm{m}$，$n=5$ 代入上式，得

$$a=\frac{2(5-1)\times 30}{(5+1)\times 10^2}=0.4\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$$

1-6 一火箭竖直向上发射，在开始 30s 内以 $18\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}$ 的加速度推进，然后关闭推进器，继续上升一段距离后又返回地

面.(1)计算火箭上达的最高高度,(2)计算整个飞行的时间,(3)画出火箭的 v-t 图线,在图线中指明哪一点与最高高度对应,哪一点与整个飞行时间对应.(取 $g=9.8\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$,又不计空气阻力影响.)

解 取 OY 轴竖直向上,原点 O 取在地面处,令火箭在地面上发射.

(1) 设 h_1 为关闭推进器之时火箭上达的高度,t_1 为到达此高度所需的时间,v_1 为此时达到的速度.则有

$$v_1=at_1 \qquad h_1=\frac{1}{2}at_1^2$$

已知 $a=18\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, $t_1=30\text{s}$, 求得:$v_1=540\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,$h_1=8100\text{ m}$.

设 H 为火箭上达的总高度,t 为自 h_1 上升到 H 处所需时间,则

$$H=h_1+v_1^2/2g=8100+\frac{(540)^2}{2\times 9.8}=2.30\times 10^4\text{ m}$$

(2) 整个飞行时间

$$T_{总}=t_1+\frac{v_1}{g}+\sqrt{\frac{2H}{g}}=30+\frac{540}{9.8}$$

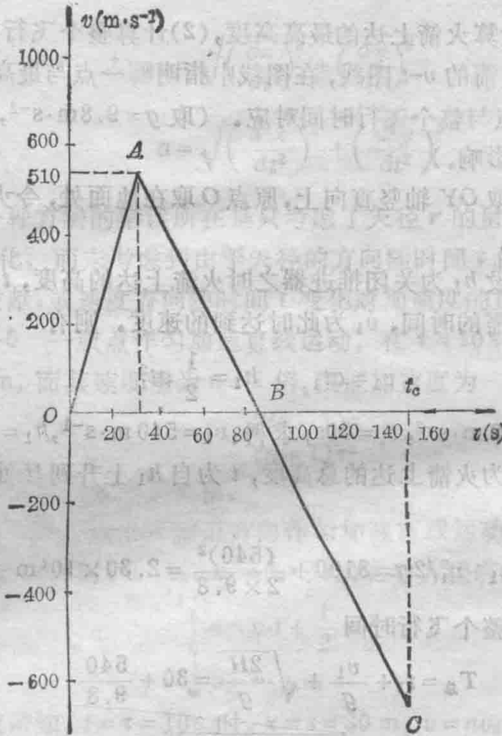
$$+\sqrt{\frac{2\times 2.30\times 10^4}{9.8}}=153.6\text{ s}$$

(3) 火箭的 v-t 图如解 1-6 图所示.

图线中 B 点与最高高度相对应(上升速度为零),C 点所对应的时间 t_c 为整个飞行时间(图中 $\triangle OAB$ 面积表示上升高度 $\triangle BCt_c$ 面积表示下降高度,它们绝对值相等).

1-7 一升降机以加速度 $1.22\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ 上升,当上升速度为 $2.44\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 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 2.74m. 计算:

(1) 螺帽从天花板落到底面所需的时间;



解 1-6 图

（2）螺帽相对于升降机外固定柱子的下降距离。

解 （1）以升降机为参照系（升降机的加速度为 a_0，向上）。坐标原点选在升降机的地板上，向上为正方向。此时螺帽对升降机的加速度为 a'，由相对运动可知：$a' = g - a_0$，在一维坐标中

$$a' = -g - a_0 = -9.8 - 1.22 = -11.02\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$$

$$y = y_0 + \frac{1}{2} a' t^2$$

当 $t=0$ 时，螺帽与地板相距 $y_0=2.74\,\text{m}$，螺帽与地板相遇时，$y=0$，由此求得螺帽落到地板时间为

$$t=\sqrt{\frac{2y_0}{-a'}}=\sqrt{\frac{2\times2.74}{11.02}}=0.71\text{s}$$

(2) 以地面为参照系，坐标原点选在升降机以速度为 $2.44\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 上升时刻机外固定柱上对应升降机地板所在处，向上为正。这样螺帽在 $t=0$ 时，从坐标 $y=y_0=2.74\,\text{m}$ 处，以 $v_0=2.44\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 初速，上抛运动方程为

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

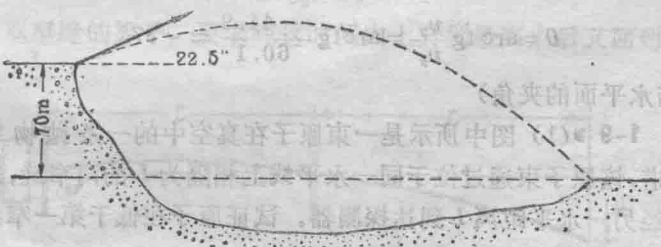
当 $t=0.71\text{s}$ 时，它与地板相遇，相对于升降机处柱子，螺帽的下降距离为

$$y_0-y=-\left(v_0t-\frac{1}{2}gt^2\right)\Bigg|_{t=0.71}$$

$$=-\left(2.44\times0.71-\frac{1}{2}\times9.8\times0.71^2\right)=0.74\,\text{m}$$

1-8 一人乘摩托车跳越一个大矿坑，他以与水平成 $22.5°$ 夹角的初速度 $65\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 从西边起跳，准确地落在坑的东边。已知东边比西边低 70m，忽略空气阻力，且取 $g=10\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$，问：

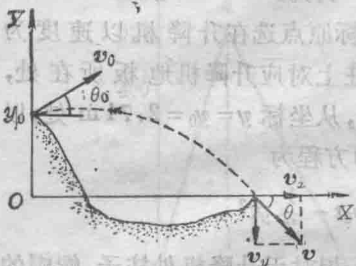
(1) 矿坑有多宽？他飞越的时间多长？



题 1-8 图

（2）他在东边落地时的速度多大？速度与水平面的夹角多大？

解 依据题意作图，并选定图中所示 OXY 坐标



解 1-8 图

（1）以摩托车和人作为一质点，其运动方程为

$$\begin{cases} x = v_0\cos\theta_0 t & (1) \\ y = y_0 + v_0\sin\theta_0 t - \dfrac{1}{2}gt^2 & (2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_x = v_0\cos\theta_0 & (3) \\ v_y = v_0\sin\theta_0 - gt & (4) \end{cases}$$

当到达东边落地点时，$y=0$，故由(2)得

$$\frac{1}{2}gt^2 - v_0\sin\theta_0 t - y_0 = 0$$

以 $y_0 = 70\text{m}$，$g = 10\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$，$v_0 = 65\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$，$\theta = 22.5°$ 代入，解得飞越矿坑时间为 $t = 7.0\text{s}$（另一负根舍去）。

矿坑的宽度求出为 $x = v_0\cos\theta_0 t = 420\text{m}$

（2）东边落地时，$t = 7.0\text{s}$，其速度

$$v_x = v_0\cos\theta_0 = 60.1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$v_y = v_0\sin\theta_0 - gt = -44.9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

于是 $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 75.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$（落地点速度的量值）

$$\theta = \text{arc tg}\frac{v_y}{v_x} = \text{arc tg}\frac{-44.9}{60.1} \approx -37°$$

（与水平面的夹角）

1-9 （1）图中所示是一束原子在真空中的一条抛物线轨道，该原子束通过位于同一水平线上相隔为 L 的两窄缝，并行经另一水平距离 L 到达探测器。试证原子在低于第一窄缝的竖直距离 y 处到达探测器：