普通物理学

习题解答

第一册

编 者 的 话

为了配合使用由程守洙、江之永主编、上海高工物理编写组编写的“普通物理学”（第三版）一书，特将书中习题做成题解，供教学参考。由于时间仓促，经验不足，缺点和错误在所难免。希望教师在使用中，把发现的问题及时寄交我们，帮助我们改正，使这本题解能逐步完善起来。

上海市高等工业院校物理编写组

1979年12月

目　　录

第一篇　力　　学

第一章　牛顿运动定律

1—1　回答下列问题：

（1）一物体具有加速度而其速度为零，是否可能？

（2）一物体具有恒定的速率但仍有变化的速度，是否可能？

（3）一物体具有恒定的速度但仍有变化的速率，是否可能？

（4）一物体受到沿X轴正方向的加速度而有沿X轴负方向的速度，是否可能？

（5）一物体的加速度大小恒定而其速度的方向改变，是否可能？

解：（略）

1—2　回答下列问题：

（1）位移和路程有何区别？在什么情况下两者的量值相等？在什么情况下并不相等？

（2）平均速度和平均速率有何区别？在什么情况下两者的量值相等？瞬时速度和瞬时速率又有何区别？两者的量值是否相等？瞬时速度和平均速度的关系和区别是怎样的？瞬时速率和平均速率的关系和区别又是怎样的？

解：（略）

1—3 回答下列问题：

(1) 有人说："运动物体的加速度越大，物体的速度也越大"，你认为对不对？

(2) 有人说："物体在直线上运动前进时，如果物体向前的加速度减小了，物体前进的速度也就减小了"，你认为对不对？

(3) 有人说："物体加速度的值很大，而物体速度的值可以不变，是不可能的"，你认为如何？

解 (略)

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

$$v=\frac{dr}{dt} \qquad 及 \qquad a=\frac{d^2r}{dt^2}$$

而求得结果；又有人先计算速度和加速度的分量，再合成求得结果，即

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

你认为两种方法哪一种正确？两者差别何在？

解. 后一种方法正确。速度和加速度都是矢量，满足关系：

$$\vec{v}=\frac{d\vec{r}}{dt}=\frac{d}{dt}(x\vec{i}+y\vec{j})=\frac{dx}{dt}\vec{i}+\frac{dy}{dt}\vec{j}$$

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

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

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

前一种方法，只考虑了矢径$\vec{r}$的量值 r 随 t 的变化，但矢径本身是个矢量，其方向也在改变的，所以这种求法不对。

1—5 试回答：

(1) 匀加速运动是否一定是直线运动？为什么？

(2) 在圆周运动中，加速度的方向是否一定指向圆心？为什么？

解：（略）

1—6 对于物体的曲线运动有下面两种说法：

(1) 物体作曲线运动时，必有加速度，加速度的法向分量一定不等于零；

(2) 物体作曲线运动时速度方向一定在运动轨道的切线方向，法向分速度恒等于零，因此其法向加速度也一定等于零。

试判断上述两种说法是否正确，并讨论物体作曲线运动时速度、加速度的大小、方向及其关系。

解：（略）

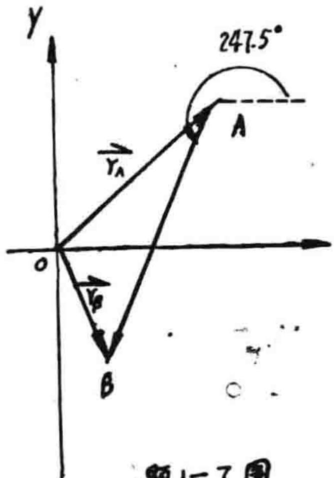
1—7 一船自某地出发向东北方向行驶30公里然后再向西南偏南方向（与正东方向成247.5°）行驶40公里。如取X轴指向正东，Y轴指向正北，取某地为坐标原点，求：

(1) 船的最末位置的x,y坐标值和距原点的距离；

（2）船所走过的路程；

（3）船的合位移。

解：选坐标如图所示



题1—7图

（1） $x_B = 30\cos45° + 40\cos247.5°$

$= 30\times0.707 - 40\times0.383$

$= 5.89$公里

$y_B = 30\sin45° + 40\sin247.5°$

$= 30\times0.707 - 40\times0.924$

$= -15.75$公里

$r_B = \sqrt{x^2_B + y^2_B} = \sqrt{(5.89)^2 + (15.75)^2} = 16.81$公里

（2） $S = 30 + 40 = 70$公里

（3） $\vec{r_B} = 5.89\vec{i} - 15.75\vec{j}$

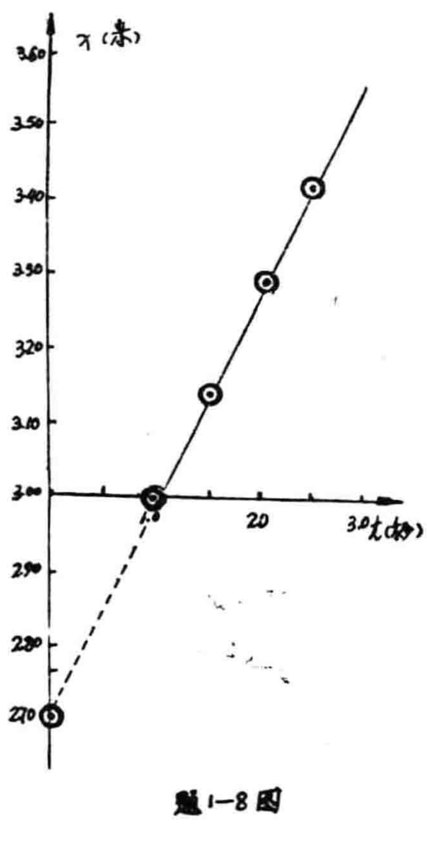
$r_B = 16.81$公里

1—8　一质点沿水平方向作直线运动，在不同时刻的位置如下：

t(秒)	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
x(米)	3.00	3.14	3.29	3.42	3.57

(1) 画出位置对时间的曲线；

(2) 求质点在整个运动过程中的平均速度；



题1—8图

(3) 求质点在 $t=0$ 时的位置。

解：

(1) $x-t$ 曲线如图。

(2) $\overline{v}=\dfrac{3.57-3.00}{3.0-1.0}=\dfrac{0.57}{2.0}=0.285$ 米/秒

(3) $x|_{t=0}=2.71$ 米　　　　　(见图)

1--9 石块自高楼屋顶自由落下，在 $\Delta t=0.2$ 秒的时间内经过高度为 $\Delta h=1.8$ 米的窗户，问屋顶在窗顶上方多少高度处?

解：

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

$$h+\Delta h=\frac{1}{2}g(t+\Delta t)^2$$

$$\therefore\quad \Delta h=gt\Delta t+\frac{1}{2}g\Delta t^2$$

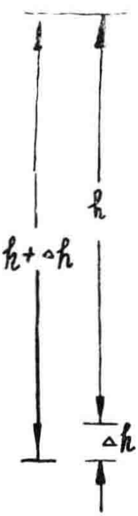
将 $t=\sqrt{\dfrac{2h}{g}}$ 代入上式，算得

$$h_1=\frac{g}{2}\left[\frac{1}{g}\,\frac{\Delta h}{\Delta t}-\frac{\Delta t}{2}\right]^2$$

$$=\frac{1}{2g}\left[\frac{\Delta h}{\Delta t}-\frac{\Delta t}{2}g\right]^2$$

$$=\frac{1}{2g}\left[\frac{1.8}{0.2}-\frac{0.2}{2}\times 9.8\right]^2$$

$$=\frac{1}{2g}(9-0.98)^2\doteq 32\text{米}$$



题1-9图

1—10 以初速 v_0 铅直上抛一物体，已知在 t_1 秒末上升

至 h 高度处，又知在 t_2 秒末降回至同一高度 h 处，试证：

$$h=\frac{g^2}{4v_0}t_1\cdot t_2(t_1+t_2)$$

解：高度 h 和时间 t 的关系式用下式表示

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

$$gt^2-2v_0t+2h=0$$

t_1,t_2是这二次方程式的根。根和系数之间有如下的关系：

$$t_1+t_2=\frac{2v_0}{g}\qquad t_1\cdot t_2=\frac{2h}{g}$$

将两式各边彼此间相乘，求得 h

$$h=\frac{g^2}{4v_0}t_1\cdot t_2(t_1+t_2)$$

1—11 在一段很长的坡道上，火车在下坡过程中得到0.05米/秒²的加速度，如火车允许的最大速度是45公里/小时，每次刹车后，速度可减小到27公里/小时，问：在火车司机两次刹车之间，火车最多能行驶多少路程（刹车时间很短可忽略不计）。

解：根据 $v_t{}^2-v_0{}^2=2aS$

$$\therefore\quad S=\frac{1}{2a}(v_t{}^2-v_0{}^2)$$

以 $a=+0.05$米/秒²，$v_t=\frac{45000}{3600}12.5$米/秒

$v_0=\frac{27000}{3600}=7.5$米/秒。代入上式

$$\therefore\quad S=\frac{1}{2\times0.05}[(12.5)^2-(7.5)^2]=1000\text{米}$$

1—12 当交叉路口的信号灯转变为绿灯时一辆汽车以

2 米/秒^{2}的恒定加速度由静止开行。在同一时刻，有一辆货车以10米/秒的恒定速率从后面开到并超过这辆汽车。试问：

(1) 这汽车追上货车时已离开出发点多远？

(2) 这时汽车的速率多大？

(3) 分别画出汽车和货车的坐标时间图($x-t$图)。

解：

(1) 追上时两车各用了t时间，且通过相同的距离。

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

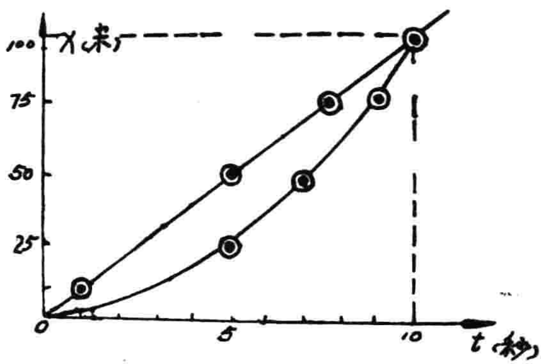
$$10t=\frac{1}{2}\times2\times t^2$$

$\therefore\quad t=10$秒

$S=v\cdot t=10\times10=100$米

(2) $v=0+at=2\times10=20$米/秒

(3) 如图所示



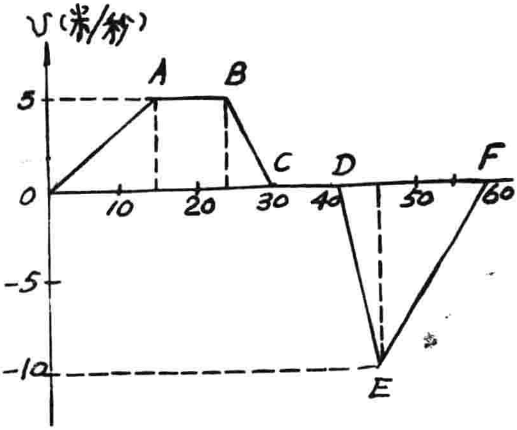
题1—12图

1—13 一汽车沿着笔直的公路行驶，速度和时间的关

系如图中折线$OABCDEF$所示。

（1）试说明图中$\overline{OA}$，$\overline{AB}$，$\overline{BC}$，$\overline{CD}$，$\overline{EF}$线段各表示什么运动？

（2）根据图中的曲线及数据求汽车在整个行驶过程中所走过的路程、位移和平均速度。



题1—13图

解：

（1）$\overline{OA}$：匀加速直线运动；

$\overline{AB}$：匀速直线运动；

$\overline{BC}$：匀减速直线运动；

$\overline{CD}$：静止；

$\overline{DE}$：反方向匀加速直线运动；

$\overline{EF}$：反方向匀减速直线运动。

（2）路程 $= \square ABCD + \triangle DEF$

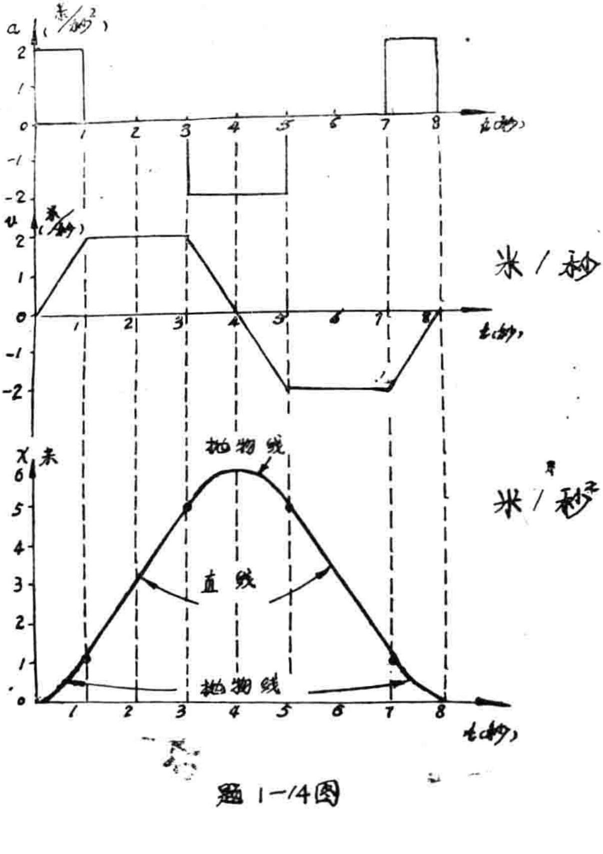
$$= \frac{1}{2}(30+10)\times 5 + \frac{1}{2}\times 20\times 10$$
$$= 100 + 100 = 200\text{米}$$

位移 = 0

平均速度 = 0

1—14 某物体沿 X 轴运动的加速度对时间的曲线如图所示。设 $t=0$ 时，$x=0$、$v=0$，试定性画出速度对时间的图线和位置对时间的图线。

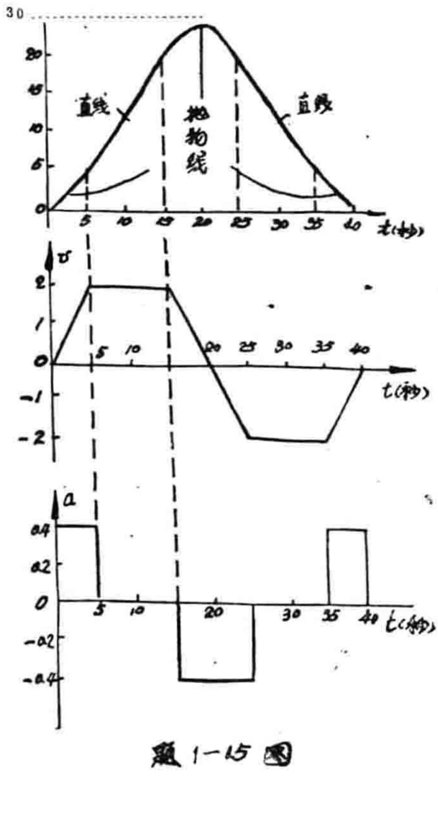
解：



题 1-14图

t(秒)	0－1	1—3	3—4	4—5	5－7	7—8
运动形式	匀加速直线运动	匀速直线运动	匀减速直线运动	反方向匀加速直线运动	反方向匀速直线运动	反方向匀减速直线运动
a(米/秒²)	2	0	－2	－2	0	2
v(米/秒)	$v_{t=1}=at$ $=2\times1$ $=2$	2	$v_{t=4}=2+at$ $=2-2\times1$ $=0$	$v_{t=5}$ $=-2\times1$ $=-2$	－2	$v_{t=8}$ $=-2+2\times1$ $=0$
x(米)	$x_{t=1}=\frac{1}{2}at^2$ $=\frac{1}{2}\times2\times1$ $=1$	$x_{t=3}$ $=1+2\times2$ $=5$	$x_{t=4}=5-$ $\frac{1}{2}\times(-2)\times1$ $=6$	$x_{t=}$ $=6-1$ $=5$	$x_{t=7}$ $=5-2\times2$ $=1$	$x_{t=8}=1-$ $\frac{1}{2}\times(2)\times1$ $=0$

1—15 某物体沿 X 轴运动时，坐标对时间的关系曲线如图所示，试定性画出速度对时间和加速度对时间的关系图线。假定 $t=0$，$x=0$，$v=0$。



题 1—15 图

解： 当 $t=0$ 时，，$x=0$，$v=0$。

$t=0\to5$秒间，物体作匀加速直线运动。

$$a=\frac{2x}{t^2}=\frac{2\times5}{5^2}=0.4\text{米/秒}^2$$

$$v=at=0.4\times5=2.0\text{米/秒}$$

$t=5\to15$秒间，物体作匀速直线运动。

$$a=0$$

$$v=2.0\text{米/秒。}$$

$t=15\to20$秒间，物体作匀减速运动。

$$a=\frac{(x_{20}-vt-x_{15})\times2}{t^2}=\frac{(25-2\times5-20)\times2}{5^2}$$

$$=-0.4\text{米/秒}^2$$

$$v_{20}=v_{15}-at=2.0-0.4\times5=0$$

$t=20\to25$秒间，物体向相反方向作匀加速直线运动。

$$a=\frac{(x_{25}-x_{20})\times2}{t^2}=\frac{(20-25)\times2}{25}=-0.4\text{米/秒}^2$$

$$v=at=-0.4\times5=-2.0\text{米/秒}$$

$t=25\to35$秒间，物体作匀速运动

$$a=0\text{，}v=-2.0\text{米/秒}$$

$t=35\to40$秒间，物体向相反方向作匀减速运动。

$t=40$秒时

$$a=\frac{(x_{40}-x_{35}-vt)\times2}{t^2}=\frac{(0-5+2\times5)\times2}{5^2}$$

$$=0.4\text{米/秒}^2$$

$$v_{40}=-2+0.4\times5=0$$

1—16 一粒子被限制在X轴上的 $x=0$ 与$x=a$ 之间运动，假定在这个区间内，粒子是以恒定速率自由运动，试定性画出该粒子的位置时间与速度时间图线。如果：

(1) 假定对壁的反射是完全弹性的，即反射后粒子的速度大小不变；

(2) 每次对壁反射后，速度大小要乘一个小于1的因子f，即有$v_2=-fv_1$，其中v_2表示与壁碰撞后的速度，v_1表示碰撞前的速度。

解：

(1) $$\Delta t_1=\frac{x}{v}=\frac{a}{v_1}=t_0$$

$$\Delta t_2=\frac{a}{v_2}=\frac{a}{v_1}=t_0$$

……

$$\Delta t_n=\frac{a}{v_n}=\frac{a}{v_1}=t_0$$

(2) $$\Delta t_1=\frac{a}{v_1}=t_0$$

设 $f=\frac{1}{2}$，

$$\Delta t_2=\frac{a}{v_2}=\frac{a}{fv_1}=\frac{t_0}{f}=2t_0$$

$$\Delta t_n=\frac{a}{f^{n-1}v_1}=\frac{t_0}{f^{n-1}}=2^{n-1}t_0$$