程守洙　江之永

普通物理学

第一册

习题与选解

朱诒春　叶善专　祝瑞琪　编

高等教育出版社

程守洙 江之永

普通物理学

第一册

习题与选解

朱泳春 叶善专 祝瑞琪 编

高等教育出版社

1982

内容提要

本书为配合程守洙、江之永《普通物理学》第二版及其修订版本的辅助教材. 全书分三册. 第一册包括力学、分子物理学和热力学; 第二册包括电学; 第三册包括光学和近代物理学基础.

本书可供理工科大学和综合大学非物理系以及电视大学等各专业的物理课师生使用.

程守洙　江之永

普 通 物 理 学

(第一册)

习题与选解

朱诛春　叶善专　祝瑞琪　编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

二二○七工厂印装

*

开本 787×1092 1/32　印张 8　字数 190 000

1981 年 9 月第 1 版　1988 年 2 月第 12 次印刷

印数 209 051—227 060

ISBN 7—04—001294—4/O·444

定价 1.15 元

前　言

本书根据程守洙、江之永《普通物理学》第二版的内容和系统，并参考1980年高等工业学校普通物理学教学大纲编写而成. 全书包括习题、选解和答案三个部分.

从各章习题中，我们选了一些比较典型的和难度较大的习题作了解答或提示，这些题目的答案前标有*号. 典型题或难题的解答，目的在于提高学生分析问题的能力，熟悉解题方法；对那些解题遇到困难又不能及时解决的学生给予帮助和引导；供读者与自己独立完成的解答进行对照比较. 在解题中读者应注意培养独立思考、深入钻研、认真解题的良好学风，不要在没有经过自己认真深入的思考，甚至在基本概念尚未弄懂的情况下急于去参考题解.

除选解的习题外，仍然有足够数量难易不一的各种类型的习题可供教师和学生选择. 题号前标有▲符号者，为超出程守洙、江之永《普通物理学》第二版范围的题目. 使用本书时，请根据实际情况，进行选择. 首先应保证完成一定数量的基本题目，然后适当挑选一些难题. 总之，要从巩固和掌握物理学的基本理论，培养独立思考和钻研问题的能力来考虑.

本书在编写过程中，曾得到南京工学院恽瑛同志的支持和帮助，为此，编者对她表示衷心的感谢.

由于时间仓促，本书的选题与选解中难免存在不恰当之处，希望使用本书的教师和学生以及其他读者给予指正.

编者

第一册目录

第一章　质点运动学

1-1　氢气球下系有一重物，当气球上升到离地 100 米高处，系绳忽然断开，重物下落．这一重物下落到地面的运动与另一物体从 100 米高处自由下落到地面的运动相比，有下列几种讲法，哪一种是正确的？

（1）下落的时间相同；

（2）下落的路程相同；

（3）下降的位移相同；

（4）落地时的速度相同．

1-2　下列几种情况中，哪种情况不可能？

（1）物体具有向东的速度和向东的加速度；

（2）物体具有向东的速度和向西的加速度；

（3）物体具有向东的速度和向南的加速度；

（4）物体具有恒定的加速度和变化的速度；

（5）物体具有变化的加速度和恒定的速度．

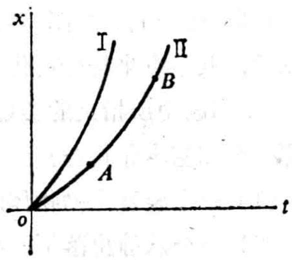
1-3　如图所示，抛物线 I 与 II 分别代表两个质点的 x-t 图线，试由图判别下面的讲法中哪一种是正确的？

（1）$a_{\mathrm{I}}>a_{\mathrm{II}}$、$v_A>v_B$；

（2）$a_{\mathrm{I}}>a_{\mathrm{II}}$、$v_A<v_B$；

（3）$a_{\mathrm{I}}<a_{\mathrm{II}}$、$v_A>v_B$；

（4）$a_{\mathrm{I}}<a_{\mathrm{II}}$、$v_A<v_B$．



题 1-3 图

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

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

而求出结果；又有人先计算速度和加速度的分量，再合成而得出结果，即

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

及

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

你认为两种方法中哪一种正确？两者差别何在？

1-5 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同？在什么情况下并不相同？

(2) 平均速度和平均速率有何区别？瞬时速度和瞬时速率有何区别？在什么情况下它们的量值相等？

(3) 等加速运动是否一定是直线运动？为什么？

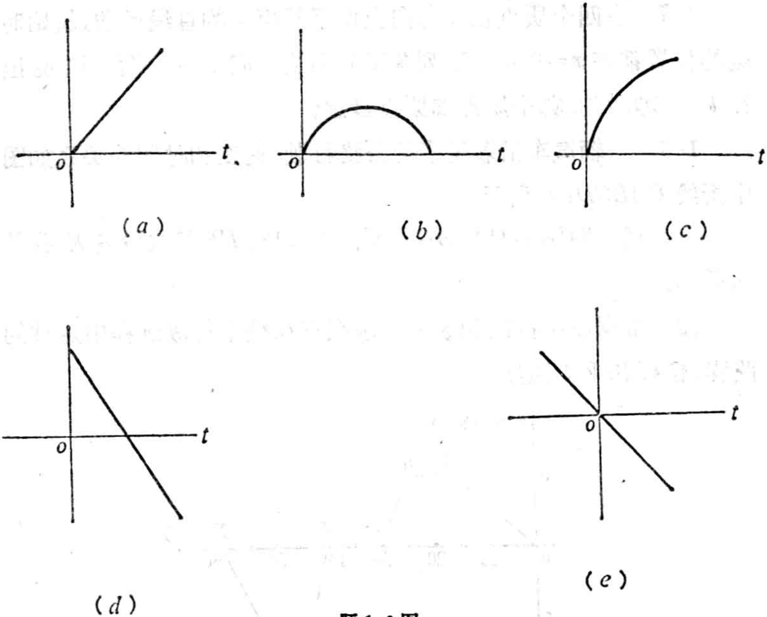
(4) 在圆周运动中，加速度的方向是否一定指向圆心？为什么？

1-6 图中五个分图，各代表物体的某一参量与时间 t 的关系的图线，其中纵坐标轴所代表的参量未曾写明. 在下述(1)、(2)、(3)三个问题中所指定的参量随时间 t 的变化情况，各与五个图中的哪一个图基本相符合？

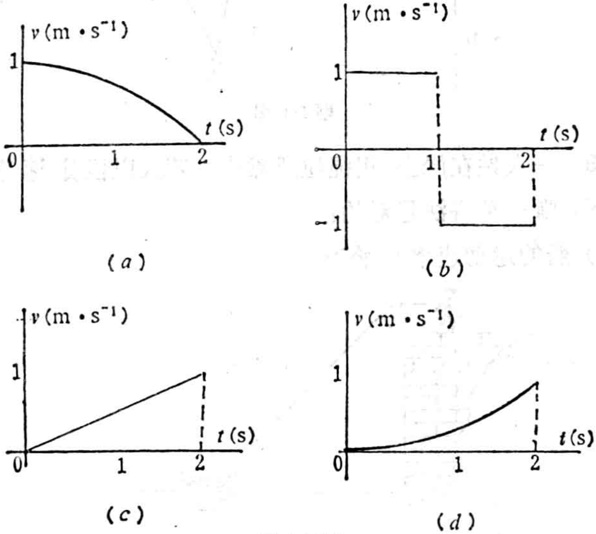
(1) 一个竖直上抛物体的速度(空气阻力不计)；

(2) 一个从静止落下的小球的速度(当它受到空气阻力时)；

(3) 一个竖直上抛物体的位移(从抛出点算起).



题 1-6 图



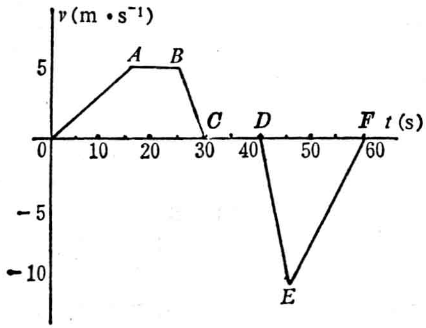
题 1-7 图

1-7 有四个质点在X方向上作互不相关的直线运动，起始时刻的位置都在$x=0$处．下列各图分别是它们的v-t图．试说出在$t=2$秒时刻，哪个质点离原点最远？

1-8 一辆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OA、AB、BC、CD、DE、EF等线段各表示什么运动？

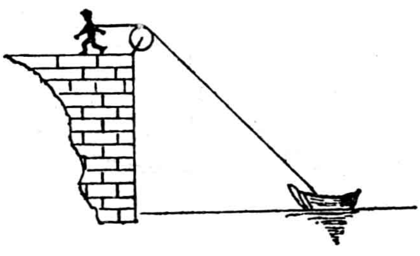
(2) 根据图中折线和数据，求汽车在整个行驶过程中走过的路程、位移和平均速度．



题 1-8 图

1-9 一人站在岸上，用绳拉船靠岸，若人以恒定速率v_0收绳，问下面哪一种讲法是对的？

(1) 船的运动速率v，将有：



题 1-9 图

① $v<v_0$;

② $v=v_0$;

③ $v>v_0$.

（2）船作:

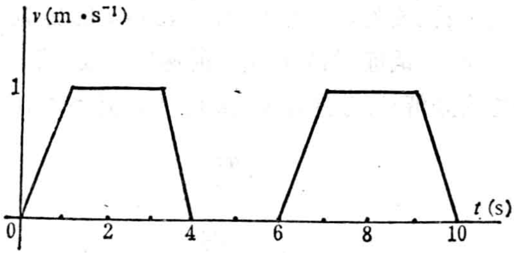
① 加速运动;

② 减速运动;

③ 匀速运动.

1-10 接上题, 若收绳的速率保持 $3\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$ 不变, 岸顶离水面的高度为 20 m. 把船拉到与岸顶距离为 40 m 时开始计算时间, 问在第 5 秒末, 小船的速度的量值和加速度的量值各是多少?

1-11 一质点作直线运动, 已知其速度与时间 t 的关系如图所示, 试作图表明 x-t 及 a-t 关系.



题 1-11 图

1-12 一质点沿 Y 轴方向运动, 它在任一时刻 t 的位置由式 $y=5t^2+10$ 给出, 式中 t 以秒计, y 以米计. 计算下列各段时间内质点的平均速度的大小:

（1） 2 s 到 3 s;

（2） 2 s 到 2.1 s;

（3） 2 s 到 2.001 s;

（4） 2 s 到 2.00001 s.

将上列结果与 2 s 时刻的瞬时速度的大小作比较. 并讨论瞬时速

度和平均速度的关系与区别.

1-13 一个沿X轴正方向运动的物体，连续通过几个同样长短的路程Δx，在每段路程上的速度大小分别为v_1、v_2、……v_n. 求整个路程的平均速度的大小.

1-14 一物体连续完成两次大小相同的位移. 第一次速度大小$v_1=20\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$，与$X$轴正方向成$60°$角；第二次速度大小$v_2=40\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$，与$X$轴正方向成$120°$角. 求该物体的平均速度的大小.

1-15 一质点作直线运动，其运动方程为$x=4t-t^2$，式中t以秒计，x以米计. 已知$t=0$时，质点位于坐标原点. 试算出从$t=0$时刻起的3秒内质点位移的大小和它走过的路程.

▲1-16 质点在XOY平面内运动，它的位置用极坐标$(r,\ \theta)$表示时，r就是位置矢量$\mathbf{r}$的大小，θ表示$\mathbf{r}$的方向（即$\mathbf{r}$与OX轴之间的夹角）. 试证：如果把质点的速度矢量$\mathbf{v}$沿着$\mathbf{r}$方向和与$\mathbf{r}$垂直的方向分解时，分速度$\mathbf{v}_r$和$\mathbf{v}_\theta$的量值将分别是

$$v_r=\frac{dr}{dt}$$

和

$$v_\theta=r\frac{d\theta}{dt}$$

试说明v_r为正值或负值，v_θ为正值或负值，各表示什么情况. 又写出位置矢量在dt时间内所扫过的面积的表示式.

1-17 在以$2\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$速率上升的升降机中竖直上抛一小球，在升降机中的观察者看来，经0.5 s到达最高点，问：

(1) 小球相对于升降机和地面的初速度的大小各为多少？

(2) 在地面上的观察者看来，小球经多少时间到达最高点？（取$g=10\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$计算）

1-18 一司机在速率为v_1的火车中，看到在同一直线轨道上

在他前面相距 d 处，有一列货车沿相同方向，以较小的速率 v_2 运动．司机立即紧急刹车，此时火车以恒定加速度 a 作减速运动．试证：

（1）如果 $d>\frac{(v_1-v_2)^2}{2a}$，两车不会相碰；

（2）如果 $d<\frac{(v_1-v_2)^2}{2a}$，两车将会相碰．

1-19 以初速 v_0 竖直上抛一物体，已知在 t_1 秒末和 t_2 秒末物体两次通过同一高度 h 处，试证

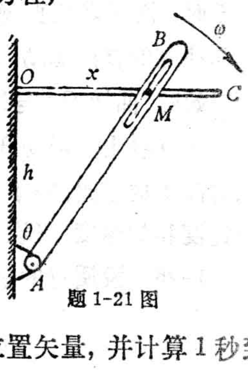
$$v_0=\frac{1}{2}g(t_1+t_2),\ h=\frac{1}{2}gt_1t_2$$

▲1-20 一球从离水平面高 h 处自由下落，与水平面碰撞后又上升到高度 h_1 处．如果将恢复系数（碰撞后与碰撞前的速率之比）看作常数，问球在 n 次碰撞后能升到多高？

1-21 如图所示，杆 AB 以等角速度 ω 绕 A 点转动，并带动水平杆 OC 上的质点 M 运动．设起始时刻杆在竖直位置．（$OA=h$）．

（1）列出质点 M 沿水平杆 OC 的运动方程；

（2）求质点 M 沿杆 OC 滑动的速度和加速度的大小．



题 1-21 图

1-22 已知一质点的运动方程为

$$\begin{cases}x=2t\\y=2-t^2\end{cases}$$

式中 t 以秒为单位，x、y 以米为单位．

（1）计算并图示质点的运动轨道；

（2）求出 $t=1\,\mathrm{s}$ 和 $t=2\,\mathrm{s}$ 时质点的位置矢量，并计算 1 秒到 2 秒这段时间内的平均速度；

（3）计算 1 秒末和 2 秒末质点的瞬时速度；

(4) 计算 1 秒末和 2 秒末质点的瞬时加速度.

1-23 一个光点投影在一块大屏幕上，屏幕上画有坐标 XOY，这光点沿 X 轴和 Y 轴的分运动为

$$x=5t$$

$$y=4\sin\pi\left(t+\frac{1}{6}\right)$$

式中 x、y 以米计，t 以秒计.

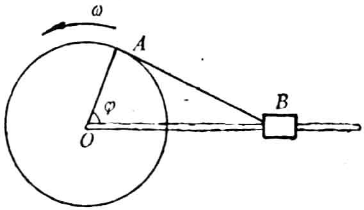
(1) 图示该点在 $t=0$ 到 $t=2$ 秒间的运动轨道，并在图上标明 $t=0$、0.5、1、1.5 和 2 秒各时刻光点的位置；

(2) 计算上述各时刻光点的瞬时速度和瞬时加速度；

(3) 在哪些位置上时，光点在 Y 方向的速度有最大值？这时，光点的瞬时速度的大小是否为最大值？

(4) 在哪些位置上时，光点的瞬时加速度有最大值？这时光点的瞬时速度多大？

▲**1-24** 图中为曲柄连杆机构. OA 为曲柄，连杆 AB 与滑子 B 相连. 当曲柄绕定点 O 转动时，滑子 B 在直槽或直筒中作往复的直线运动. 设在运动开始时，曲柄 OA 与连杆 AB 在同一直线上. 运动开始后，曲柄 OA 与 OB 线所成之角 φ 的大小与时间 t 成正比，即 $\varphi=\omega t$（ω 为恒量）. 试求滑子 B 在任一瞬时的速度和加速度.（设 $\overline{OA}=r$，$\overline{AB}=l$，$r\ll l$.）



题 1-24 图

1-25 设质点的运动方程为

$$x=R\cos\omega t$$

$$y=R\sin\omega t$$

$$z=\frac{h}{2\pi}\omega t$$

其中 $h>0, \omega>0$.

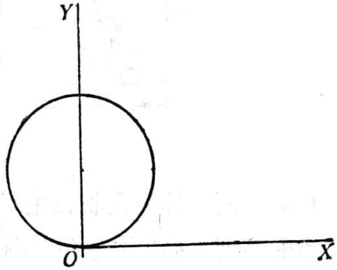
(1) 说出这质点的运动轨道;

(2) 求任一瞬时质点的速度和加速度.

1-26 一质点在半径 $R=3$ 米的圆周上作匀速率运动，完成一周所需的时间为 20 秒，按图中所示 XOY 坐标,

(1) 写出质点的运动方程;

(2) 求第 5 秒到第 10 秒质点的位移 $\Delta\mathbf{r}$，并求这段时间内质点的平均速度 $\bar{\mathbf{v}}$;



题 1-26 图

(3) 求第 5 秒末和第 10 秒末质点的瞬时速度和瞬时加速度;

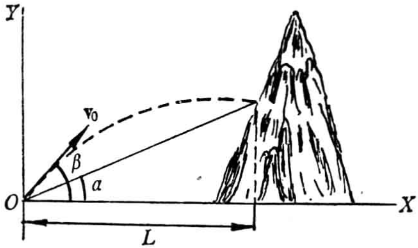
(4) 求第 5 秒至第 10 秒这段时间内的平均加速度.

1-27 斜向上抛一球，抛出时初速与水平面成 60° 角，1 秒后球仍斜向上升，但飞行方向与水平面成 45° 角. 问球将在何时到达最高点？球在最高点时的速度如何？球在最高点时的切向加速度和法向加速度的量值各为多大？在 60° 角和 45° 角斜向上升时又如何？

1-28 从坐标原点抛出一物体，抛出的初速度 $\mathbf{v}$ 与水平方向成 θ 角. 这时物体受到水平方向顺风的作用，得到一恒定的加速度 $\mathbf{a}$. 求该物体的飞行时间、最大高度及水平射程.

1-29 一大炮以初速率 v_0 从山坡底端直接向着倾角为 α 的山坡发射炮弹. 若要在山坡上达到尽可能远的射程，问大炮的瞄准角(从地面量起)应为多大？

1-30 在小山上置一靶，由炮位所在处看靶时仰角为 α，炮与靶之间的水平距离为 L，炮筒与水平面的夹角为 β. 今要使炮弹击中靶，问炮弹的初速 v_0 应为多大？(空气阻力不计).



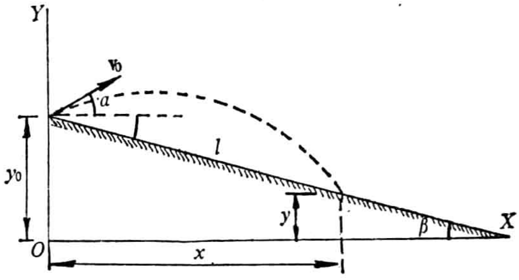
题 1-30 图

1-31 两个孩子在长廊里玩接球游戏，天花板的高度是 H，球在肩的高度被抛出或接住，两孩子的肩高都是 h，如果孩子们能以 v_0 把球抛出，试证他们游戏时两人最大可以相隔的距离为

$$R=4\sqrt{(H-h)\left[\frac{v_0^2}{2g}-(H-h)\right]}$$

另外，如果 $H-h>\frac{v_0^2}{4g}$，则应有 $R=\frac{v_0^2}{g}$. 请解释一下条件 $H-h>\frac{v_0^2}{4g}$ 的物理意义.

1-32 设有一斜面，长为 L，倾角为 β. 如图所示. 从斜面顶点抛出一物体，初速度 $\mathbf{v}_0$ 与水平面成 α 角. 如果已知 y_0，求物体在斜面上由抛点到落点的距离 l.

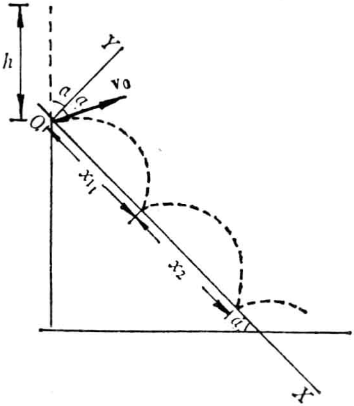


题 1-32 图

▲1-33 一弹性物体，从 h 高处自由下落到倾角为 α 的斜面上，与斜面作多次碰撞(如图). 设每次碰撞时，碰撞前后的速度方

向与斜面法线所夹的角相等，而速度的大小不变. 求第一落点与第二落点、第二落点与第三落点、第 n 落点与第 $n+1$ 落点之间的距离 x_1、x_2、$\cdots x_n$.

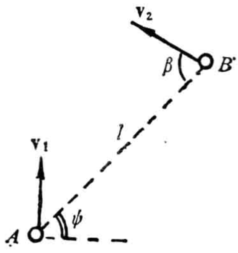
若斜面以匀速 $\mathbf{u}$ 竖直向上运动，情况又将如何？



题 1-33 图

1-34 设从某一点 M，以同样的速率，沿着同一竖直面内各个不同的方向，同时抛出几个物体. 试用两种方法（矢量形式的运动方程和参量方程）证明，在任意时刻，这几个物体总是散开处在某一圆周上.

1-35 一军舰以恒定速度 $\mathbf{v}_1$ 由 A 位置驶出，同一时刻，另一汽艇以恒定速度 $\mathbf{v}_2$ 由 B 位置驶出，如图所示. 已知 $AB=l$，且军舰的速度 $\mathbf{v}_1$ 的方向与 AB 连线成 $90°-\psi$ 的夹角，要使军舰与汽艇相遇，问汽艇的速度 $\mathbf{v}_2$ 的方向与 AB 所成的夹角 β 应多大？它们从 A、B 开出后经多长时间相遇？



题 1-35 图

▲1-36 一个在 XOY 平面内运动的质点，其坐标满足

$$x=R\omega t-R\sin\omega t$$

$$y=R-R\cos\omega t$$

式中 ω 和 R 为常数. 这时质点运动的曲线称为“旋轮线”，它相当于半径为 R 的轮子以角速度 ω 绕轮心转动时，轮子边缘上一点在空中行经的轨迹.

（1）画出轮子边缘上一点的轨迹示意图；

（2）计算：当 y 达到最大值和最小值时，此质点的瞬时速度和瞬时加速度.

1-37 试说明下面各种判断，哪一些是错误的？

（1）质点作直线运动，加速度的方向和运动方向总是一致的；

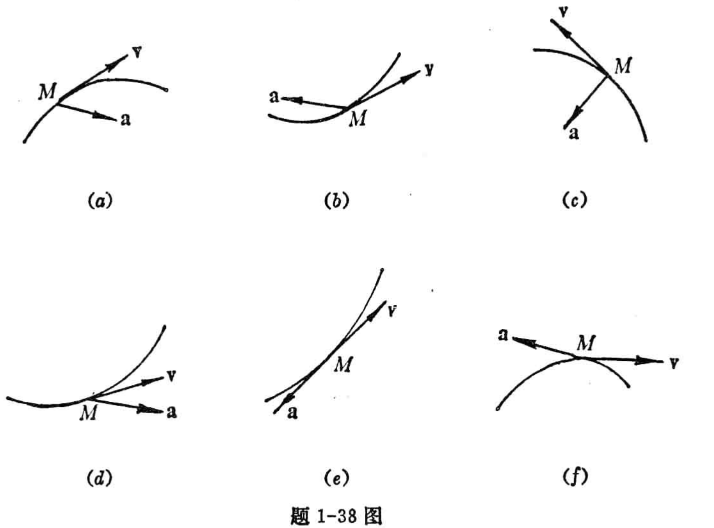
（2）质点作匀速率圆周运动，加速度的方向总是指向圆心；

（3）质点作斜抛运动，加速度的方向恒定；

（4）质点作曲线运动，加速度的方向总是指向曲线凹的一边；

（5）质点作曲线运动，速度的法向分量总是零，加速度的法向分量也应为零.

1-38 质点M作曲线运动，其速度和加速度如图所示．在这



题 1-38 图

些图形中哪些是正确的？哪些是错误的？

1-39 火车在半径 $R=400\,\mathrm{m}$ 的圆周上运动，已知火车速率为 $10\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$ 时的切向加速度 $a_t=0.2\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$，并与速度反向．求这