

曲线运动

第1节 曲线运动

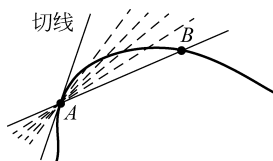
课前知识梳理

一、曲线运动的速度方向

(1) 切线：如图所示，当 B 点非常非常接近 A 点时，这条割线就叫作曲线在 A 点的切线。

(2) 速度方向：质点在某一点的速度方向，沿曲线在这一点的切线方向。

(3) 运动性质：速度是矢量，既有大小，又有方向。曲线运动中速度的方向是变化的，所以曲线运动是变速运动。



二、物体做曲线运动的条件

(1) 动力学角度：当物体所受合力的方向与它的速度方向不在同一直线上时，物体做曲线运动。

(2) 运动学角度：当物体的加速度方向与速度方向不在同一直线上时，物体做曲线运动。

※ 知识拓展

一、曲线运动的理解

(1) 方向：曲线运动中，质点在某一点的速度方向，沿曲线在这一点的切线方向。

(2) 性质：

① 曲线运动中，质点的速度方向时刻改变，所以曲线运动一定是变速运动，加速度一定不

为 0。

- ② 曲线运动一定是变速运动，但变速运动不一定是曲线运动。
 ③ 做曲线运动的物体所受合力一定不为 0。

二、曲线运动的条件

1. 直线运动和曲线运动的判断

$F_{\text{合}}$ (或 a) 与 v 在一条直线上 \rightarrow 直线运动；
 $F_{\text{合}}$ (或 a) 与 v 不在一条直线上 \rightarrow 曲线运动。

2. 匀速运动和变速运动的判断

$F_{\text{合}}$ (或 a) 为 0 \rightarrow 匀速运动；
 $F_{\text{合}}$ (或 a) 恒定 \rightarrow 匀变速运动；
 $F_{\text{合}}$ (或 a) 变化 \rightarrow 非匀变速运动。

三、曲线运动的轨迹、合力与速度方向的关系

1. 合力与轨迹的关系

- (1) 物体做曲线运动时，其轨迹向合力所指的一方弯曲，即合力的方向总是指向曲线轨迹的凹侧。
 (2) 曲线运动的轨迹夹在速度方向与合力方向之间。

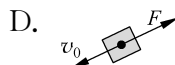
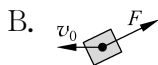
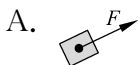
2. 合力与速度的关系

合力沿曲线方向的切向分力改变速度的大小，法向分力改变速度的方向。

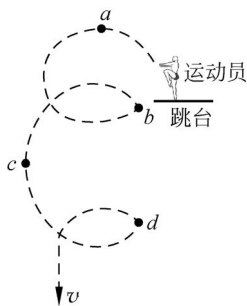
【例 1】 曲线运动是现实生活中最常见、最普遍的运动形式，下列对曲线运动描述正确的是()。

- A. 做曲线运动的物体，加速度一定变化
 B. 做曲线运动的物体，速度的大小一定改变
 C. 做曲线运动的物体，加速度和速度的方向可能始终相同
 D. 做曲线运动的物体，加速度和速度的方向可能始终垂直

变式训练 1 如图所示，物体仅在恒力 F 的作用下，将会做曲线运动的是()。(A 图中 $v_0=0$)



【例 2】 学校成立了跳水队。一运动员某次训练时头部的运动轨迹如图所示,最后运动员沿竖直方向以速度 v 入水。在 a 、 b 、 c 、 d 四点中,运动员头部的速度方向和速度 v 的方向相同的可能是()。



- A. a 点
- B. b 点
- C. c 点
- D. d 点

【例 3】 (多选) 如图所示,一个物体在竖直向下的恒力 F 作用下,在 O 点以初速度 v 开始做曲线运动(运动轨迹未画出),则物体()。



- A. 加速度大小保持不变
- B. 加速度大小先增大后减小
- C. 速度的大小先增大后减小
- D. 速度的大小先减小后增大

【例 4】 一个物体在力 F_1 、 F_2 、 F_3 、 \dots 、 F_n 共同作用下做匀速直线运动,若突然撤去 F_2 ,其他力不变,则该物体()。

- A. 可能做曲线运动
- B. 不可能继续做直线运动
- C. 一定沿 F_2 的方向做直线运动
- D. 一定沿 F_2 的反方向做匀减速直线运动

【例 5】 一个质点受到两个互成锐角的恒力 F_1 和 F_2 作用,由静止开始运动,若运动中保持二力方向不变,但 F_1 突然减小到 $F_1 - \Delta F$,则该质点以后()。

- A. 一定做非匀变速曲线运动
- B. 在相等的时间内速度的变化一定相等
- C. 可能做匀速直线运动
- D. 可能做非匀变速直线运动

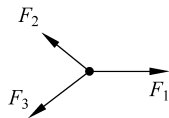
对点自测

1. 关于曲线运动,以下说法正确的是()。

- A. 曲线运动一定是变速运动
- B. 曲线运动一定是变加速运动
- C. 做曲线运动的物体所受的合外力一定是变化的
- D. 在恒力作用下物体不可能做曲线运动

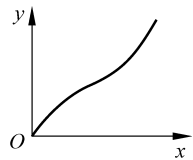
2. 如图所示,质量为 m 的质点在水平面上受到同一水平面上的三个恒力 F_1 、 F_2 、 F_3 的作用而做匀速直线运动,速度 v 的方向与恒力 F_1 的方向相同,只把恒力 F_1 在水平面内沿顺时针方向瞬时转过 90° 后,下列判断正确的是()。

- A. 质点仍以速度 v 做匀速直线运动
- B. 质点将以速率 v 做匀速圆周运动
- C. 质点将以加速度 $a = \frac{F_1}{m}$ 做匀变速曲线运动
- D. 质点将以加速度 $a = \frac{\sqrt{2}F_1}{m}$ 做匀变速曲线运动



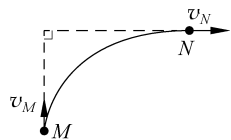
3. (多选)一质点在 xOy 平面内的运动轨迹如图所示,则下列说法中正确的是()。

- A. 若 x 方向始终匀速,则 y 方向先加速后减速
- B. 若 x 方向始终匀速,则 y 方向先减速后加速
- C. 若 y 方向始终匀速,则 x 方向先减速后加速
- D. 若 y 方向始终匀速,则 x 方向先加速后减速



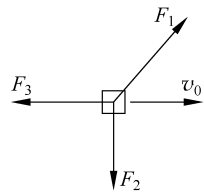
4. 如图所示,一质点在一恒力作用下做曲线运动,从 M 点运动到 N 点的过程中,质点的速度方向恰好改变了 90° ,在此过程中,质点的速率()。

- A. 不断增大
- B. 不断减小
- C. 先增大后减小
- D. 先减小后增大



5. 如图所示,一物体仅在三个共点恒力 F_1 、 F_2 、 F_3 的作用下以速度 v_0 水平向右做匀速直线运动,其中 F_1 斜向右上方, F_2 竖直向下, F_3 水平向左。某时刻撤去其中的一个力,其他力的大小和方向不变,则下列说法正确的是()。

- A. 如果撤去的是 F_1 ,则物体做匀变速曲线运动
- B. 如果撤去的是 F_1 ,则物体做加速度变化的曲线运动
- C. 如果撤去的是 F_2 ,则物体做曲线运动,且加速度的方向不断改变
- D. 如果撤去的是 F_3 ,物体将向右做匀减速直线运动



6. 一个物体在四个外力作用下做匀速直线运动.如果其中一个外力 F 方向保持不变,而大小逐渐减小直至等于零。则在这一过程中,物体运动的速度可能是()。

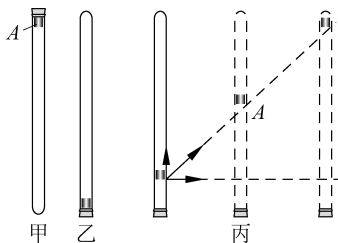
- A. 速度的大小越来越小,减小到零后又反向运动,速度最后趋于恒定
- B. 速度的大小越来越大,再越来越小,速度最后趋于恒定
- C. 速度大小越来越小,方向时刻改变,最后趋于恒定
- D. 速度大小越来越大,方向时刻改变

第2节 运动的合成与分解

课前知识梳理

一、一个平面运动的实例

1. 观察蜡块的运动,如图所示。



2. 建立坐标系

(1) 对于直线运动——沿这条直线建立一维坐标系。

(2) 对于平面内的运动——建立平面直角坐标系。

例如,蜡块的运动,以蜡块开始匀速运动的位置为原点 O ,以水平向右的方向和竖直向上的方向分别为 x 轴和 y 轴的正方向,建立平面直角坐标系。

3. 蜡块运动的轨迹

坐标 $x = \underline{v_x}t$, 坐标 $y = \underline{v_y}t$, 消去 t 得 $y = \frac{v_y}{v_x}x$ 。

4. 蜡块运动的速度

(1) 大小: $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ 。

(2) 方向: 用速度矢量 v 与 x 轴正方向的夹角 θ 来表示,它的正切值为 $\tan\theta = \frac{v_y}{v_x}$ 。

二、运动的合成与分解

1. 合运动与分运动

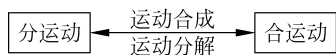
(1) 合运动: 指在具体问题中,物体实际所做的运动。

(2) 分运动: 指物体沿某一方向具有某一效果的运动。

2. 运动的合成与分解

由分运动求合运动的过程叫作运动的合成; 反之,由合运动求分运动的过程叫作运动的

分解,即:



3. 遵循的法则

(1) 运动的合成与分解指的是对位移、速度、加速度这些描述运动的物理量进行合成与分解。

(2) 位移、速度、加速度都是矢量,对它们进行合成与分解时遵循平行四边形定则。

※ 知识拓展

一、合运动与分运动的关系

(1) 独立性: 一个物体同时参与几个分运动,各分运动独立进行,不受其他分运动的影响。

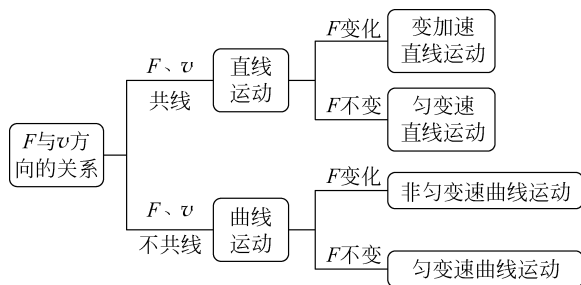
(2) 等时性: 各分运动经历的时间与合运动经历的时间相等,求物体的运动时间时,可选择简单的运动进行求解。

(3) 等效性: 各分运动叠加起来与合运动有相同的效果,即分运动与合运动可以“等效替代”。

(4) 同体性: 各分运动与合运动是同一个物体的运动。

二、合运动性质的判断

1. 合运动性质的判断



2. 两个互成角度的直线运动的合运动性质的判断

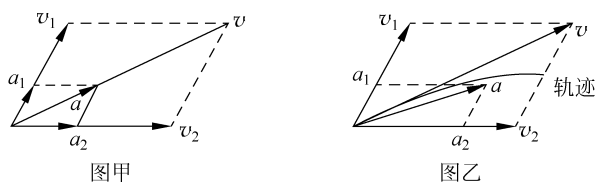
根据合加速度方向和合初速度方向的关系,判定合运动是直线运动还是曲线运动,具体分为以下几种情况:

(1) 两个匀速直线运动的合运动一定是匀速直线运动。

(2) 两个初速度均为零的匀加速直线运动的合运动一定是匀加速直线运动。

(3) 一个匀速直线运动和一个匀变速直线运动的合运动是匀变速运动,当二者速度方向共线时为匀变速直线运动,不共线时为匀变速曲线运动。

(4) 两个匀变速直线运动的合运动一定是匀变速运动。若两运动的合初速度方向与合加速度方向在同一条直线上,则合运动是匀变速直线运动,如图甲所示;若合初速度方向与合加速度方向不在一条直线上,则合运动是匀变速曲线运动,如图乙所示。



三、运动的合成与分解

1. 遵循的规律

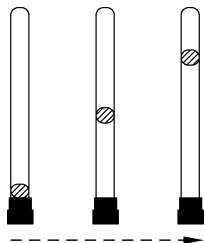
位移、速度、加速度都是矢量,对它们进行合成与分解时可运用平行四边形定则或三角形定则。

2. 注意的问题

- (1) 运动的合成与分解互为逆运算。
- (2) 两分运动在同一直线上时,同向相加,反向相减。
- (3) 两分运动不在同一直线上,按照平行四边形定则进行合成或分解。

【例 1】 如图所示,竖直放置的两端封闭的玻璃管中注满清水,内有一个红蜡块能在水中匀速上浮,当红蜡块从玻璃管的下端匀速上浮的同时,第一次使玻璃管水平向右匀速运动,测得红蜡块运动到顶端所需时间为 t_1 ; 第二次使玻璃管水平向右加速运动,测得红蜡块从下端运动到顶端所需时间为 t_2 ,则()。

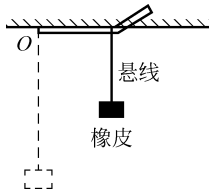
- A. $t_1 < t_2$
- B. $t_1 > t_2$
- C. $t_1 = t_2$
- D. 上述三种情况都可能



【例 2】 关于运动的合成与分解有以下说法,其中正确的是()。

- A. 一个匀速直线运动和一个匀变速曲线运动的合运动一定是曲线运动
- B. 力的合成与分解遵循平行四边形定则,而运动的合成与分解不遵循
- C. 两个分运动总是同时进行的
- D. 两个分运动间相互影响,相互制约

【例 3】 某同学进行了如下实验: 如图所示,把一块橡皮用细线悬挂于 O 点,用铅笔靠着线的左侧水平向右匀速移动,运动过程中始终保持悬线竖直,同时用频闪照相机(每隔一定时间对橡皮拍照一次)记录橡皮的运动轨迹。根据所学知识,请你推断该同学在照片上看到的橡皮轨迹是()。





【例 4】(多选)一物体的运动在直角坐标系的 x 轴和 y 轴方向上的规律分别是 $x = 3t^2$ 及 $y = 4t^2$, 则下列说法中正确的是()。

- A. 物体在 x 方向和 y 方向上都在做初速度为零的匀加速运动
- B. 物体的合运动是初速度为零, 加速度为 5m/s^2 的匀加速直线运动
- C. 物体的合运动是初速度为零, 加速度为 10m/s^2 的匀加速直线运动
- D. 物体的合运动是曲线运动

【例 5】一物体在以 xOy 为直角坐标系的平面上运动, 其运动规律为 $x = -2t^2 - 4t$, $y = 3t^2 + 6t$ (式中的物理量单位均为国际单位), 关于物体的运动, 下列说法正确的是()。

- A. 物体在 x 轴方向上做匀减速直线运动
- B. 物体运动的轨迹是一条直线
- C. 物体在 y 轴方向上做变加速直线运动
- D. 物体运动的轨迹是一条曲线

对点自测

1. 关于速度的合成说法正确的是()。

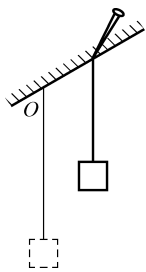
- A. 合速度一定大于其中一个分速度
- B. 两个分速度夹角不变, 一个分速度大小也不变, 另一个分速度增大, 合速度一定增大
- C. 两个分速度夹角不变, 大小都增大时, 合速度可以减小
- D. 两个分速度夹角不变, 大小都变为原来两倍, 合速度不一定变为两倍

2. (多选)一物体在以 xOy 为直角坐标系的平面上运动, 其运动位置坐标与时间 t 的规律为 $x = t^2 + 3t$, $y = -2t^2 - 6t$ (式中的物理量单位均为国际单位), 关于物体的运动, 下列说法正确的是()。

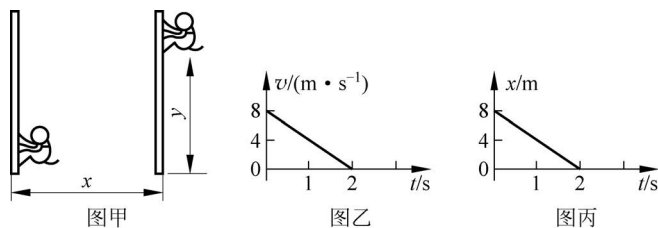
- A. $t = 0$ 时刻, 物体的速率为 $3\sqrt{5}\text{m/s}$
- B. 物体在 y 轴方向上做匀减速直线运动
- C. 物体运动的轨迹是一条直线
- D. 物体运动的轨迹是一条抛物线

3. 如图所示, 一块橡皮用细线悬挂于 O 点, 用钉子靠着线的左侧, 沿与水平方向成 30° 角的斜面向右以速度 v 匀速运动, 运动中始终保持悬线竖直, 下列说法正确的是()。

- A. 橡皮的速度大小为 $\sqrt{2}v$
- B. 橡皮的速度大小为 $\sqrt{3}v$
- C. 橡皮的速度与水平方向成 30° 角
- D. 橡皮的速度与水平方向成 45° 角

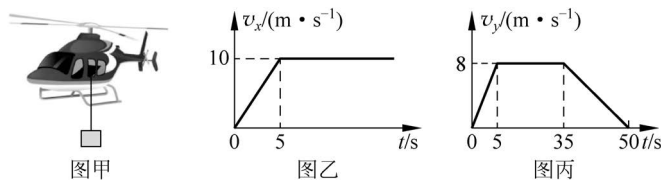


4. 如图甲所示, 在杂技表演中, 猴子沿竖直杆向上运动, 其 $v-t$ 图像如图乙所示, 同时人顶着杆沿水平地面运动的 $x-t$ 图像如图丙所示。若以地面为参考系, 下列说法正确的是()。



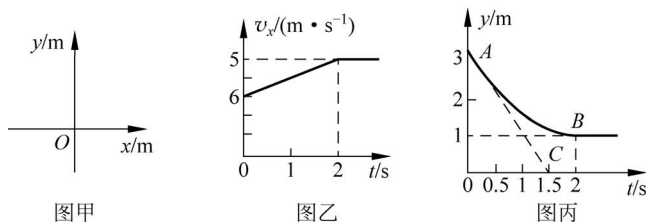
- A. 猴子的运动轨迹为直线
 B. 猴子在 $0\sim 2\text{s}$ 内做变加速曲线运动
 C. $t=0$ 时猴子的速度大小为 8m/s
 D. 猴子在 $0\sim 2\text{s}$ 内的加速度大小为 4m/s^2

5. 如图甲所示为直升机为灾区运送生活物资的示意图,直升机由地面起飞,50s末到达一定高度立即将物资释放(释放前物资与直升机相对静止),最终物资刚好落在灾区。直升机在水平的速度 v_x 以及竖直方向的速度 v_y 随时间 t 变化的规律分别如图乙、图丙所示,则下列说法正确的是()。



- A. $0\sim 5\text{s}$ 的时间内,物资的运动轨迹为直线
 B. $5\sim 35\text{s}$ 的时间内,物资的运动轨迹为曲线
 C. $35\sim 50\text{s}$ 的时间内,物资处于超重状态
 D. 物资距地面的最大高度为 475m

6. (多选)一物体在如图甲所示的 xOy 平面上运动,其 x 方向的 v_x-t 图像和 y 方向的 $y-t$ 图像分别如图乙、图丙所示,图丙中 AB 段为抛物线,轨迹方程为 $y = \frac{1}{2}t^2 - 2t + 3$,虚线 AC 为 $t=0$ 时该抛物线的切线,已知 $t=0$ 时物体的位置坐标为 $(0\text{m}, 3\text{m})$,下列说法正确的是()。



- A. $t=0$ 时,物体的速度大小为 $\sqrt{13}\text{m/s}$
 B. $t=2\text{s}$ 时,物体的位置坐标为 $(8\text{m}, 1\text{m})$
 C. 前 2s 物体 y 方向的加速度越来越小
 D. 物体在 2s 内做加速度大小 $a = \sqrt{2}\text{m/s}^2$ 的曲线运动

专题一 小船过河与速度关联模型问题

※ 知识拓展

拓展点 1 小船过河问题

1. 认识两个分运动

(1) 船相对地的运动(即船在静水中的运动),它的方向与船头的指向相同。

(2) 船随水漂流的运动,它的方向与河岸平行。

2. 区别三个速度

水流速度 $v_{\text{水}}$ 、船在静水中的速度 $v_{\text{船}}$ 、船的实际速度(即船的合速度) $v_{\text{合}}$ 。

3. 两类最值问题

(1) 渡河时间最短问题

由于水流速度始终沿河岸方向,不能提供指向河对岸的分速度。因此若要渡河时间最短,只要使船头垂直于河岸航行即可。由图甲可知 $t_{\text{短}} = \frac{d}{v_{\text{船}}}$,此时船渡

河的位移 $x = \frac{d}{\sin\theta}$,位移方向满足 $\tan\theta = \frac{v_{\text{船}}}{v_{\text{水}}}$ 。

(2) 渡河位移最短问题

① $v_{\text{水}} < v_{\text{船}}$,最短的位移为河宽 d ,此时渡河所用时间 $t = \frac{d}{v_{\text{船}} \sin\theta}$,船头与上游河岸夹角 θ 满足 $\cos\theta = \frac{v_{\text{水}}}{v_{\text{船}}}$,如图乙所示。

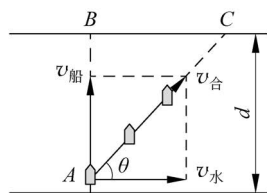
② 若 $v_{\text{水}} > v_{\text{船}}$,如图丙所示,从出发点 A 开始作矢量 $v_{\text{水}}$,再以 $v_{\text{水}}$ 末端为圆心,以 $v_{\text{船}}$ 的大小为半径画圆弧,自出发点 A 向圆弧作切线即为船位移最小时的合运动的方向。这时船头与上游河岸夹角

θ 满足 $\cos\theta = \frac{v_{\text{船}}}{v_{\text{水}}}$,最短位移 $x_{\text{短}} = \frac{d}{\cos\theta}$,而渡河所用时间仍用 $t =$

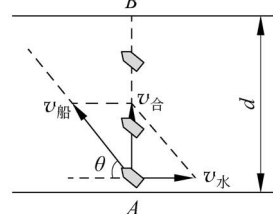
$\frac{d}{v_{\text{船}} \sin\theta}$ 计算。

【动态图解】 类比于只有一个力方向发生变化的动态平衡问题,可应用动态矢量三角形解决问题。

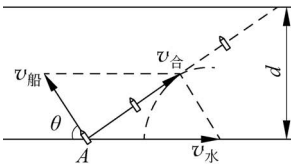
(1) 固定水速矢量箭头不动,将船速矢量箭头绕水速矢量箭头的末端转动,如图所示,则船速矢量箭头的末端在一个圆周上移动,根据三角形定则,合速度矢量的末端也就在这个圆周上移动。



图甲



图乙



图丙