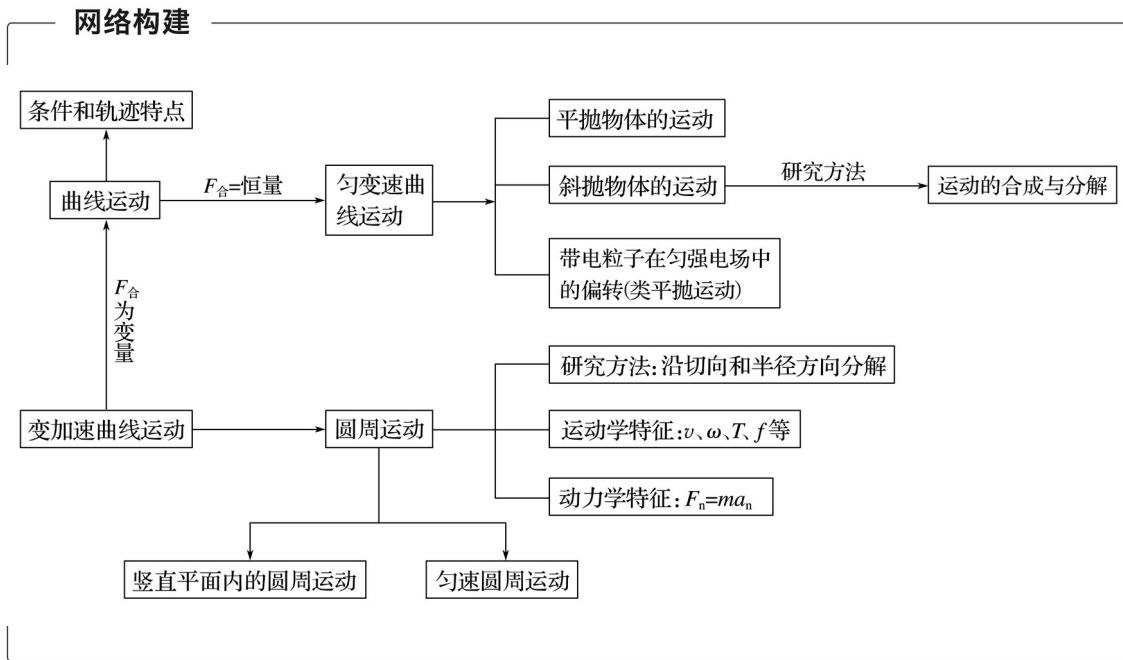




专题3 力与物体的曲线运动



考题一 运动的合成与分解

方法指导

1. 物体做曲线运动的条件

当物体所受合外力的方向跟它的速度方向不共线时，物体做曲线运动.合运动与分运动具有等时性、独立性和等效性.

2. 分析运动合成与分解的一般思路

↓

↓

↓

↓

典例剖析

例1 质量为2 kg的质点在 $x-y$ 平面上运动, x 方向的速度—时间图象和 y 方向的位移—时间图象分别如图1甲、乙所示,则质点()

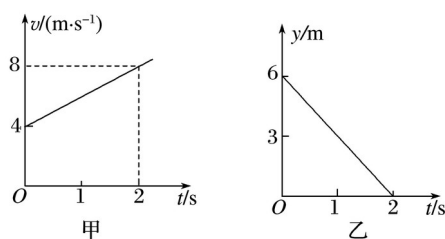


图1

- A.初速度为4 m/s
- B.所受合外力为4 N
- C.做匀变速直线运动
- D.初速度的方向与合外力的方向垂直

解析 x 轴方向初速度为 $v_x = 4$ m/s, y 轴方向初速度 $v_y = 3$ m/s,质点的初速度 $v_0 = 5$ m/s.故A错误. x 轴方向的加速度 $a = 2$ m/s²,质点的合力 $F_{\text{合}} = ma = 4$ N.故B正确. x 轴方向的合力恒定不变, y 轴做匀速直线运动,合力为零,则质点受到的合力恒定不变.合力沿 x 轴方向,而初速度方向既不在 x 轴方向,也不在 y 轴方向,质点初速度的方向与合外力方向不垂直,做匀变速曲线运动.故C、D错误.

答案 B

【变式训练】

1.(2016·全国乙卷·18)一质点做匀速直线运动,现对其施加一恒力,且原来作用在质点上的力不发生改变,则()

- A.质点速度的方向总是与该恒力的方向相同
- B.质点速度的方向不可能总是与该恒力的方向垂直
- C.质点加速度的方向总是与该恒力的方向相同
- D.质点单位时间内速率的变化量总是不变

答案 BC

解析 质点一开始做匀速直线运动,处于平衡状态,施加恒力后,则该质点所受的合外力为该恒力.①若该恒力方向与质点原运动方向不共线,则质点做曲线运动,质点速度方向与恒力方向不同,故A错;②若 F 的方向某一时刻与质点运动方向垂直,之后质点做曲线运动,力与速度方向不再垂直,例如平抛运动,故B正确;③由牛顿第二定律可知,质点加速度的方向总是与其所受合外力方向相同,C正确;④根据加速度的定义,相等时间内速度变化

量相同，而速率变化量不一定相同，故 D 错.

2.如图 2 所示，甲乙两船在同一条河流中同时开始渡河， M 、 N 分别是甲乙两船的出发点，两船头与河岸均成 α 角，甲船船头恰好对准 N 点的正对岸 P 点，经过一段时间乙船恰好到达 P 点，如果划船速度大小相等，且两船相遇，不影响各自的航行，下列判断正确的是()

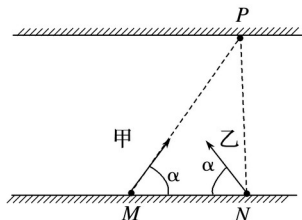


图 2

- A.甲船也能到达正对岸
- B.甲船渡河时间一定短
- C.两船相遇在 NP 直线上的某点(非 P 点)
- D.渡河过程中两船不会相遇

答案 C

解析 甲船航行方向与河岸成 α 角，水流速度水平向右，故合速度一定不会垂直河岸，即甲船不能垂直到达对岸，A 错误；在垂直河岸方向上 $v_{甲} = v \sin \alpha$ ， $v_{乙} = v \sin \alpha$ ，故渡河时间 $t_{甲} = \frac{d}{v \sin \alpha}$ 、 $t_{乙} = \frac{d}{v \sin \alpha}$ ，所以渡河时间相等，因为在垂直河岸方向上分速度相等，又是同时出发的，故两船相遇在 NP 直线上的某点(非 P 点)，B、D 错误，C 正确.

考题二 平抛(类平抛)运动的规律

■ 方法指导

1.求解平抛运动的基本思路和方法——运动的分解

将平抛运动分解为水平方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动——“化曲为直”，是处理平抛运动的基本思路和方法.

2.求解平抛(类平抛)运动的注意点

- (1)突出落点问题时，一般建立坐标系，由两个方向遵循的规律列出位移方程，由此确定其落点.
- (2)突出末速度的大小和方向问题时，一般要建立水平分速度和竖直分速度之间的关系，由此确定其末速度.
- (3)如图 3 所示，分解某一过程的位移和某一位置瞬时速度，则可以获得两个直角三角形，一般该类运动问题都可以在这两个直角三角形中解决.

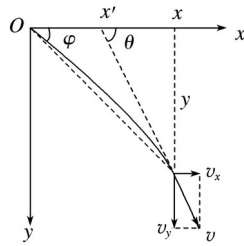


图 3

典例剖析

例 2 如图 4 所示，将甲、乙两球从虚线 PQ 右侧某位置分别以速度 v_1 、 v_2 沿水平方向抛出，其部分轨迹如图 1、2 所示，两球落在斜面上同一点，且速度方向相同，不计空气阻力，下列说法正确的是()

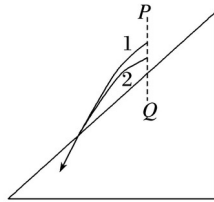


图 4

- A. 甲、乙两球抛出点在同一竖直线上
- B. 甲、乙两球抛出点在斜面上
- C. 甲球抛出点更靠近 PQ 线
- D. 一定有 $v_1 > v_2$

解析 二者落在斜面上时速度的方向相同，所以速度的方向与水平方向之间的夹角 θ 是相等的， $\tan \theta =$

根据： $v_y = gt$

$x = v_0 t$

$y = gt^2$

位移偏转角为 α ，联立可得： $\tan \alpha = \tan \theta$

可知二者的位移偏转角也相等，所以两个小球的抛出点与落点的连线在同一直线上，故结合题目的图象可知 1 的抛出点高于 2 的抛出点，故 A 错误；结合 A 的分析可知，两个小球的抛出点与落点的连线在同一直线上，两个小球的抛出点可能在斜面上，也可能不在斜面上，故 B 错误；两个小球的抛出点与落点的连线在同一直线上，而题目的图中 1 在上，所以甲的抛出点离 PQ 要远一些，故 C 错误；由于甲的抛出点高一些，因此甲运动的时间长些，故竖直方向的速度 $v = gt$ 大些，而根据落点的速度方向相同，因此速度 v_1 要大一些，故 D 正确。

答案 D

【变式训练】

3.如图 5 所示,在水平地面上 A 、 B 两点同时迎面抛出两个物体,初速度分别为 v_1 、 v_2 ,与水平方向所成角 $\alpha_1 = 30^\circ$ 、 $\alpha_2 = 60^\circ$,两物体恰好落到对方抛出点.两物体在空中运动的时间分别为 t_1 、 t_2 ,不计空气阻力.则()

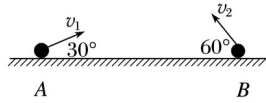


图 5

- A. $v_1 = v_2$
- B. $t_1 = t_2$
- C. 两物体在空中可能相遇
- D. 两物体位于同一竖直线时,一定在 AB 中点的右侧

答案 AD

解析 在水平方向上做匀速直线运动,故有 $v_1 \cos 30^\circ t_1 = v_2 \cos 60^\circ t_2$,在竖直方向上做竖直上抛运动,所以 $t_1 = t_2$,联立可得 $v_1 = v_2$, $t_1 < t_2$, A 正

确, B 错误;在竖直方向上的速度一个大,一个小,又是同时抛出,所以两者不可能同时到达同一高度,即两者不可能相遇, C 错误;两者位于同一竖直线时,由于运动时间相同,而 A 球的水平初速度较大,所以 A 球走过的水平位移大于 B 球的,所以一定在 AB 中点的右侧, D 正确.

4.横截面为直角三角形的两个相同斜面紧靠在一起,固定在水平面上,如图 6 所示.它们的竖直边长都是底边长的一半,现有三个小球从左边斜面的顶点以不同的初速度向右平抛,最后落在斜面上,其落点分别是 a 、 b 、 c .若不计空气阻力,则下列判断正确的是()

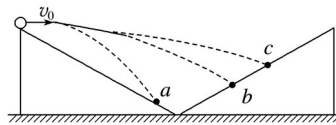


图 6

- A. 三小球比较,落在 c 点的小球飞行过程速度变化最大
- B. 三小球比较,落在 c 点的小球飞行过程速度变化最快
- C. 三小球比较,落在 a 点的小球飞行时间最短
- D. 无论小球抛出时初速度多大,落在斜面上的瞬时速度都不可能和斜面垂直

答案 D

解析 根据 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 得 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ 知平抛运动的时间由高度决定,落在 a 点的小球下落的高度最大,则飞行时间最长,由速度变化量 $\Delta v = gt$,可知落在 a 点的小球飞行过程速度变化最大,故 A、C 错误.三个小球均做平抛运动,加速度都是 g ,则速度变化快慢一样,故 B 错误.小球打到两斜面交点时,速度方向与水平方向夹角为 45° ,与斜面夹角小于 90° ,打到右侧斜面的其他位置处,夹角更小,故 D 正确.

考题三 圆周运动问题的分析

知识精讲

1. 圆周运动的描述

$$v = \omega R$$

$$\omega = \frac{v}{R}$$

$$v = \omega R = \frac{2\pi R}{T} R$$

$$a_n = \omega^2 R = \frac{v^2}{R}$$

2. 水平面内圆周运动的临界问题

(1) 水平面内做圆周运动的物体其向心力可能由弹力、摩擦力等力提供，常涉及绳的张紧与松弛、接触面分离等临界状态。

(2) 常见临界条件：绳的临界：张力 $F_T = 0$ ；接触面滑动的临界： $F = F_f$ ；接触面分离的临界： $F_N = 0$ 。

3. 竖直平面内圆周运动的绳、杆模型

模型	绳模型	杆模型
实例	球与绳连接、水流星、翻滚过山车等	球与杆连接、球过竖直的圆形管道、套在圆环上的物体等
图示		
在最高点受力	重力、弹力 $F_{\text{弹}}$ (向下或等于零) $mg + F_{\text{弹}} = m \frac{v^2}{R}$	重力和弹力 $F_{\text{弹}}$ (向下、向上或等于零) $mg \pm F_{\text{弹}} = m \frac{v^2}{R}$
恰好过最高点	$F_{\text{弹}} = 0, mg = m \frac{v^2}{R}, v = \sqrt{gR}$, 即在最高点速度不能为零	$v = 0, mg = F_{\text{弹}}$ 在最高点速度可为零

典例剖析

例3 如图7所示，质量为 m 的小球置于内部光滑的正方体盒子中，盒子的边长略大于球的直径。盒子在竖直平面内做半径为 R 、周期为 2π 的匀速圆周运动，重力加速度大小为 g ，则()

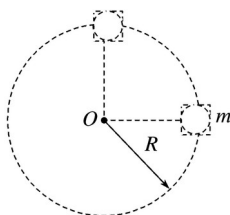


图 7

- A. 盒子运动到最高点时，小球对盒子底部压力为 mg
- B. 盒子运动到最低点时，小球对盒子底部压力为 $2mg$
- C. 盒子运动到最低点时，小球对盒子底部压力为 $6mg$
- D. 盒子从最低点向最高点运动的过程中，球处于超重状态

解析 设盒子运动到最高点时，小球受到盒子顶部的压力，则： $F + mg = mR\omega^2$ ，解得： $F = 0$

根据牛顿第三定律，盒子运动到最高点时，小球对盒子底部压力为 0.故 A 错误；盒子运动到最低点时，小球受到盒子底部支持力与重力的合力提供向心力，则： $F_N - mg = mR\omega^2$ ，解得： $F_N = 2mg$ 根据牛顿第三定律，盒子运动到最低点时，小球对盒子底部压力为 $2mg$.故 B 正确，C 错误；由 A 项的分析可知，在最高点小球只受到重力的作用，所以盒子从最低点向最高点运动的过程中，球接近最高点时处于失重状态.故 D 错误.

答案 B

【变式训练】

5.如图 8 所示，在匀速转动的水平盘上，沿半径方向放着用细线相连的质量相等的两个物体 A 和 B，它们分居圆心两侧，与圆心距离分别为 $R_A = r$ ， $R_B = 2r$ ，与盘间的动摩擦因数 μ 相同，当圆盘转速加快到两物体刚好还未发生滑动时，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，下列说法正确的是()

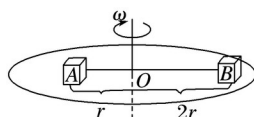


图 8

- A. 此时绳子张力为 $F_T = 3\mu mg$
- B. 此时圆盘的角速度为 $\omega = \sqrt{\frac{3\mu g}{2r}}$
- C. 此时 A 所受摩擦力方向沿半径指向圆外
- D. 此时烧断绳子，A 仍相对盘静止，B 将做离心运动

答案 ABC

解析 两物块 A 和 B 随着圆盘转动时，合外力提供向心力，则 $F = m\omega^2 r$ ，B 的半径比 A 的半径大，所以 B 所需向心力大，绳子拉力相等，所以当圆盘转速加快到两物体刚好还未发生滑动时，B 的静摩擦力方向指向圆心，A 的最大静摩擦力方向指向圆外，根据牛顿第二定律得： $F_T - \mu mg = m\omega^2 r$ ， $F_T + \mu mg = m\omega^2 \cdot 2r$ ，解得： $F_T = 3\mu mg$ ， $\omega = \sqrt{\frac{3\mu g}{2r}}$ ，故 A、B、C 正确；此时烧断绳子，A 的最大静摩擦力不足以提供所需向心力，则 A 做离心运动，故 D 错误.

6.(2016·浙江理综·20)如图 9 所示为赛车场的一个水平“梨形”赛道，两个弯道分别为半径 $R = 90 \text{ m}$ 的大圆弧和 $r = 40 \text{ m}$ 的小圆弧，直道与弯道相切.大、小圆弧圆心 O 、 O' 距离 $L = 100 \text{ m}$. 赛车沿弯道路线行驶时，路面对轮胎的最大径向静摩擦力是赛车重力的 2.25 倍，假设赛车

在直道上做匀变速直线运动，在弯道上做匀速圆周运动，要使赛车不打滑，绕赛道一圈时间最短(发动机功率足够大，重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$ ， $\pi = 3.14$)，则赛车()

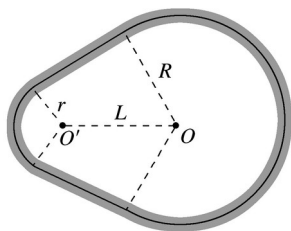


图 9

- A. 在绕过小圆弧弯道后加速
- B. 在大圆弧弯道上的速率为 45 m/s
- C. 在直道上的加速度大小为 5.63 m/s^2
- D. 通过小圆弧弯道的时间为 5.58 s

答案 AB

解析 在弯道上做匀速圆周运动时，根据径向静摩擦力提供向心力得， $kmv = m \frac{v^2}{r}$ ，当弯道半径一定时，在弯道上的最大速率是一定的，且在大弯道上的最大速率大于小弯道上的最大速率，故要想时间最短，可在绕过小圆弧弯道后加速，选项 A 正确；在大圆弧弯道上的速率为 $v_{mR} = \sqrt{kmR} = 45 \text{ m/s}$ ，选项 B 正确；直道的长度为 $x = 50 \text{ m}$ ，在小弯道上的最大速率为： $v_{mr} = \sqrt{kmr} = 30 \text{ m/s}$ ，在直道上的加速度大小为 $a = \frac{v_{mR}^2 - v_{mr}^2}{x} \approx 6.50 \text{ m/s}^2$ ，选项 C 错误；由几何关系可知，小圆弧轨道的长度为 $s = \pi r = 30\pi \text{ m}$ ，通过小圆弧弯道的时间为 $t = \frac{s}{v_{mr}} \approx 2.80 \text{ s}$ ，选项 D 错误。

考题四 抛体运动与圆周运动的综合

知识精讲

解决抛体与圆周运动的综合问题应注意：

- (1) 平抛运动与圆周运动的关联速度.
- (2) 圆周运动中向心力与运动学公式的关联.
- (3) 动能定理的灵活运用.

典例剖析

例 4 (12 分)如图 10 所示，BC 为半径等于 m 竖直放置的光滑细圆管，O 为细圆管的圆心，在圆管的末端 C 连接倾斜角为 45° 、动摩擦因数 $\mu = 0.6$ 的足够长粗糙斜面，一质量为 $m = 0.5 \text{ kg}$ 的小球从 O 点正上方某处 A 点以 v_0 水平抛出，恰好能垂直 OB 从 B 点进入细圆管，小球从进入圆管开始受到始终竖直向上的力 $F = 5 \text{ N}$ 的作用，当小球运动到圆管的末端 C 时作用

力 F 立即消失，小球能平滑地冲上粗糙斜面. ($g = 10 \text{ m/s}^2$) 求：

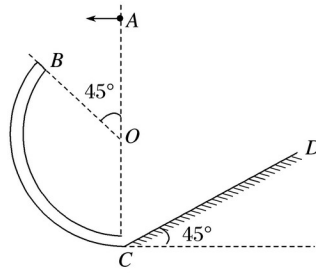
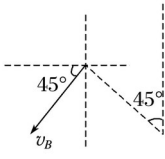



图 10

- (1) 小球从 O 点的正上方某处 A 点水平抛出的初速度 v_0 为多少？ OA 的距离为多少？
- (2) 小球在圆管中运动时对圆管的压力是多少？
- (3) 小球在 CD 斜面上运动的最大位移是多少？

[思维规范流程]

<p>步骤 1：小球从 A 到 B 点做平抛运动</p> <p>v_B 为平抛运动与圆周运动的关联速度</p>	<p>(1) A 到 B：</p>  $x = r \cdot \sin 45^\circ = v_0 t \quad \text{①}$ $h = gt^2 \quad \text{②}$ <p>在 B 点：</p> $\tan 45^\circ = \quad \text{③}$ <p>得：$v_0 = 2 \text{ m/s}$ $h = 0.2 \text{ m}$ ④</p> $ OA = h + r \cdot \cos 45^\circ = 0.6 \text{ m} \quad \text{⑤}$
<p>步骤 2：小球从 B 到 C 点做匀速圆周运动</p> 	<p>(2) 在 B 点：$v_B = 2 \text{ m/s}$ ⑥</p> $F_N = 5 \text{ N} \quad \text{⑦}$ <p>由牛顿第三定律得：</p> <p>小球对圆管的压力</p> $F_N' = F_N = 5 \text{ N} \quad \text{⑧}$

步骤 3：小球由 C 点沿斜面上滑到最高点	$(3) mgsin 45^\circ + \mu mgcos 45^\circ = ma \quad \textcircled{9}$ $a = 8 \text{ m/s}^2 \quad \textcircled{10}$ $x = \dots \text{ m} \quad \textcircled{11}$
-----------------------	--

⑨式 2 分，其余各式 1 分.

【变式训练】

7.如图 11 所示，质量为 1 kg 物块自高台上 A 点以 4 m/s 的速度水平抛出后，刚好在 B 点沿切线方向进入半径为 0.5 m 的光滑圆弧轨道运动.到达圆弧轨道最底端 C 点后沿粗糙的水平面运动 4.3 m 到达 D 点停下来，已知 OB 与水平面的夹角 $\theta = 53^\circ$ ， $g = 10 \text{ m/s}^2$ ($\sin 53^\circ = 0.8$ ， $\cos 53^\circ = 0.6$).求：

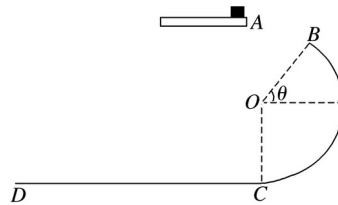


图 11

- (1) A、B 两点的高度差；
- (2) 物块到达 C 点时，物块对轨道的压力；
- (3) 物块与水平面间的动摩擦因数.

答案 (1)0.45 m (2)96 N (3)0.5

解析 (1)小物块恰好从 B 端沿切线方向进入轨道，据几何关系有：

$$v_B = \dots = 5 \text{ m/s.}$$

A 到 B 的过程中机械能守恒，得：

$$mgh + mV = mV$$

联立得： $h = 0.45 \text{ m}$

(2)小物块由 B 运动到 C，据动能定理有：

$$mgR(1 + \sin \theta) = mV - mV$$

在 C 点处，据牛顿第二定律有

$$F_N' - mg = m$$

解得 $F_N' = 96 \text{ N}$

根据牛顿第三定律，小物块经过圆弧轨道上 C 点对轨道的压力 F_N 的大小为 96 N.

(3)小物块从 C 运动到 D，据功能关系有：

$$-\mu mgL = 0 - mV$$

联立得： $\mu = 0.5$

专题规范练

1.2015年9月23日,在江苏省苏州市进行的全国田径锦标赛上高兴龙获得男子跳远冠军,在一次试跳中,他(可看做质点)水平距离达8 m,高达1 m.设他离开地面时的速度方向与水平面的夹角为 θ ,若不计空气阻力, $g = 10 \text{ m/s}^2$,则 $\tan \theta$ 等于()

A. B. C. D.1

答案 C

解析 设水平速度为 v_x ,竖直速度为 v_y .由运动的合成与分解知:

$y = \frac{1}{2}gt^2, x = v_x t$,由以上各式得: $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_x} = \frac{2y}{x} = \frac{2 \times 1}{8} = \frac{1}{4}$, C对.

2.如图1所示,一铁球用细线悬挂于天花板上,静止垂在桌子的边缘,悬线穿过一光盘的中间孔,手推光盘在桌面上平移,光盘带动悬线紧贴着桌子的边缘以水平速度 v 匀速运动,当光盘由A位置运动到图中虚线所示的B位置时,悬线与竖直方向的夹角为 θ ,此时铁球()

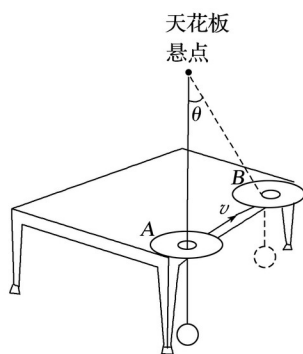


图 1

A. 竖直方向速度大小为 $v \cos \theta$

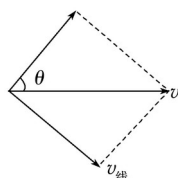
B. 竖直方向速度大小为 $v \sin \theta$

C. 竖直方向速度大小为 $v \tan \theta$

D. 相对于地面速度大小为 v

答案 B

解析 光盘的速度是水平向右的,将该速度沿线和垂直于线的方向分解,如图所示,



沿线方向的分量 $v_{\text{线}} = v \sin \theta$,这就是桌面以上悬线变长的速度,也等于铁球上升的速度, B 正确;由题意可知铁球在水平方向上速度与光盘相同,竖直方向速度为 $v \sin \theta$,可得铁球相对于地面速度大小为 v , D 错误.

3.(2016·全国甲卷·16)小球 P 和 Q 用不可伸长的轻绳悬挂在天花板上, P 球的质量大于 Q 球的质量, 悬挂 P 球的绳比悬挂 Q 球的绳短. 将两球拉起, 使两绳均被水平拉直, 如图 2 所示. 将两球由静止释放. 在各自轨迹的最低点()

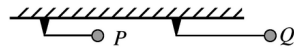


图 2

- A. P 球的速度一定大于 Q 球的速度
- B. P 球的动能一定小于 Q 球的动能
- C. P 球所受绳的拉力一定大于 Q 球所受绳的拉力
- D. P 球的向心加速度一定小于 Q 球的向心加速度

答案 C

解析 小球从水平位置摆动至最低点, 由动能定理得, $mgL = mv^2$, 解得 $v = \sqrt{2gL}$, 因 $L_P < L_Q$, 故 $v_P < v_Q$, 选项 A 错误; 因为 $E_k = mgL$, 又 $m_P > m_Q$, 则两小球的动能大小无法比较, 选项 B 错误; 对小球在最低点受力分析得, $F_T - mg = m\frac{v^2}{L}$, 可得 $F_T = 3mg$, 因 $m_P > m_Q$, 所以选项 C 正确; 由 $a = \frac{v^2}{L} = 2g$ 可知, 两球的向心加速度相等, 选项 D 错误.

4. 如图 3, 一小球从一半圆轨道左端 A 点正上方某处开始做平抛运动(小球可视为质点), 飞行过程中恰好与半圆轨道相切于 B 点. O 为半圆轨道圆心, 半圆轨道半径为 R , OB 与水平方向夹角为 60° , 重力加速度为 g , 则小球抛出时的初速度为()

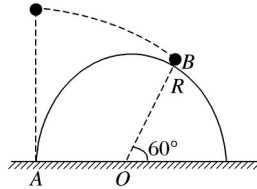


图 3

- A.
- B.
- C.
- D.

答案 C

解析 飞行过程中恰好与半圆轨道相切于 B 点, 知速度与水平方向的夹角为 30° , 设位移与水平方向的夹角为 θ , 则 $\tan \theta = \frac{y}{x} = \frac{R - R \sin 60^\circ}{R \cos 60^\circ} = \frac{1}{\sqrt{3}}$, 因为 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{gt}{v_0}$, 则竖直位移 $y = R - R \sin 60^\circ = R(1 - \frac{\sqrt{3}}{2})$, $\tan 30^\circ = \frac{v_y}{v_0} = \frac{gt}{v_0}$, 所以 $v_0 = \frac{Rg}{v_0} = \sqrt{2gR}$, 故 C 正确, A、B、D 错误.

5.(多选)如图 4 所示, 一带电小球自固定斜面顶端 A 点以速度 v_0 水平抛出, 经时间 t_1 落在斜面上 B 点. 现在斜面空间加上竖直向下的匀强电场, 仍将小球自 A 点以速度 v_0 水平抛出, 经时间 t_2 落在斜面上 B 点下方的 C 点. 不计空气阻力, 以下判断正确的是()

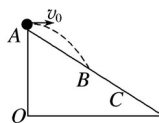


图 4

- A. 小球一定带正电
- B. 小球所受电场力可能大于重力
- C. 小球两次落在斜面上的速度方向相同
- D. 小球两次落在斜面上的速度大小相等

答案 CD

解析 不加电场时，小球做平抛运动，加电场时，小球做类平抛运动，根据 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_0}$ ，则 $t = \frac{v_0 \tan \theta}{g}$ ，因为水平方向上做匀速直线运动，可知 $t_2 > t_1$ ，则 $a < g$ ，可知小球一定带负电，所受的电场力向上，且小于重力的大小，故 A、B 错误. 因为做类平抛运动或平抛运动时，小球在某时刻的速度方向与水平方向夹角的正切值是位移与水平方向夹角正切值的 2 倍，由于位移方向相同，则小球两次落在斜面上的速度方向一定相同. 根据平行四边形定则知，初速度相同，则小球两次落在斜面上的速度大小相等，故 C、D 正确.

6. 如果高速转动的飞轮重心不在转轴上，运行将不稳定，而且轴承会受到很大的作用力，加速磨损. 如图 5 所示，飞轮半径 $r = 20 \text{ cm}$ ， ab 为转动轴. 正常工作时转动轴受到的水平作用力可以认为是 0. 假想在飞轮的边缘固定两个互成直角的螺丝钉 P 和 Q ，两者的质量均为 $m = 0.01 \text{ kg}$ ，当飞轮以角速度 $\omega = 1\,000 \text{ rad/s}$ 转动时，转动轴 ab 受到力的大小为()

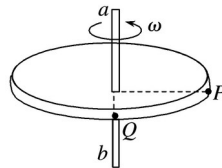


图 5

- A. $1 \times 10^3 \text{ N}$
- B. $2 \times 10^3 \text{ N}$
- C. $\times 10^3 \text{ N}$
- D. $2 \times 10^3 \text{ N}$

答案 D

解析 对钉子： $F_1 = F_2 = m\omega^2 \cdot r = 2\,000 \text{ N}$ ，受到的合力 $F = F_1 = 2 \times 10^3 \text{ N}$.

7. 如图 6 所示，一根细线下端拴一个金属小球 P ，细线的上端固定在金属块 Q 上， Q 放在带小孔(小孔光滑)的水平桌面上，小球在某一水平面内做匀速圆周运动. 现使小球在一个更高的水平面上做匀速圆周运动，而金属块 Q 始终静止在桌面上的同一位置，则改变高度后与原来相比较，下面的判断中正确的是()

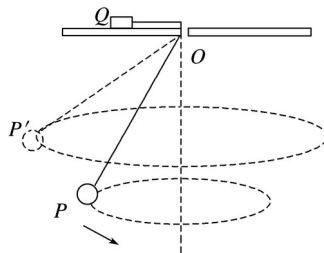


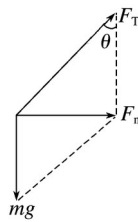
图 6

- A. 细线所受的拉力变小

- B. 小球 P 运动的角速度变大
- C. Q 受到桌面的静摩擦力变小
- D. Q 受到桌面的支持力变大

答案 B

解析 设细线与竖直方向的夹角为 θ ，细线的拉力大小为 F_T ，细线的长度为 L 。球做匀速圆周运动时，由重力和细线的拉力的合力提供向心力，如图，则有： $F_T \cos \theta = mg$ ， $F_T \sin \theta = m\omega^2 L \sin \theta$ ，得角速度 $\omega = \sqrt{\frac{g}{L \cos \theta}}$ ，使小球改到一个更高的水平面上做匀速圆周运动时， θ 增大， $\cos \theta$ 减小，则得到细线拉力 F_T 增大，角速度 ω 增大。故 A 错误，B 正确。对 Q 球，由平衡条件得知， Q 受到桌面的静摩擦力等于细线的拉力大小， Q 受到桌面的支持力等于重力，则静摩擦力变大， Q 所受的支持力不变，故 C、D 错误；故选 B。



8. 如图 7 所示，河水流动的速度为 v 且处处相同，河宽度为 a 。在船下水点 A 的下游距离为 b 处是瀑布。为了使小船渡河安全(不掉到瀑布里去) ()

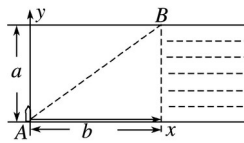


图 7

- A. 小船船头垂直河岸渡河时间最短，最短时间为 $t = \frac{a}{v}$ ，速度最大，最大速度为 $v_{\max} = \sqrt{v^2 + v_{\text{船}}^2}$
- B. 小船轨迹沿 y 轴方向渡河位移最小、速度最大，最大速度为 $v_{\max} = \sqrt{v^2 + v_{\text{船}}^2}$
- C. 小船沿轨迹 AB 运动位移最大、时间最短且速度最小，最小速度 $v_{\min} = \frac{a}{t}$
- D. 小船沿轨迹 AB 运动位移最大、速度最小，最小速度 $v_{\min} = \frac{a}{t}$

答案 D

解析 小船船头垂直河岸渡河时间最短，最短时间为： $t = \frac{a}{v_{\text{船}}}$ ，故 A 错误；小船轨迹沿 y 轴方向渡河位移最小，为 a ，但沿着船头指向的分速度必须指向上游，合速度不是最大，故 B 错误；由图，小船沿轨迹 AB 运动位移最大，由于渡河时间 $t = \frac{a}{v_{\text{船}}}$ ，与船的船头指向的分速度有关，故时间不一定最短，故 C 错误；合速度沿着 AB 方向时位移显然是最大的，划船的速度最小，故： $v_{\text{船}} \sin \theta = v$ ，故 $v_{\text{船}} = \frac{v}{\sin \theta}$ ；故 D 正确；故选 D。

9. (2016·全国丙卷·24) 如图 8，在竖直平面内有由圆弧 AB 和圆弧 BC 组成的光滑固定轨道，两者在最低点 B 平滑连接。 AB 弧的半径为 R ， BC 弧的半径为 r 。一小球在 A 点正上方与 A 相距 h 处由静止开始自由下落，经 A 点沿圆弧轨道运动。

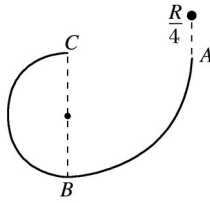


图 8

(1)求小球在 B 、 A 两点的动能之比；

(2)通过计算判断小球能否沿轨道运动到 C 点.

答案 (1)5:1 (2)能,理由见解析

解析 (1)设小球的质量为 m , 小球在 A 点的动能为 E_{kA} , 由机械能守恒得

$$E_{kA} = mg \cdot \quad \text{①}$$

设小球在 B 点的动能为 E_{kB} , 同理有

$$E_{kB} = mg \cdot \quad \text{②}$$

由①②式得 = 5 ③

(2)若小球能沿轨道运动到 C 点, 小球在 C 点所受轨道的正压力 F_N 应满足

$$F_N \geq 0 \quad \text{④}$$

设小球在 C 点的速度大小为 v_C , 由牛顿第二定律和向心力公式有

$$F_N + mg = m \frac{v_C^2}{R} \quad \text{⑤}$$

由④⑤式得

$$mg \leq m \frac{v_C^2}{R} \quad \text{⑥}$$

$$v_C \geq \sqrt{Rg} \quad \text{⑦}$$

全程应用机械能守恒定律得

$$mg \cdot R = m v_C'^2 \quad \text{⑧}$$

由⑦⑧式可知, $v_C = v_C'$, 即小球恰好可以沿轨道运动到 C 点.

10.如图 9 所示为圆弧形固定光滑轨道, a 点切线方向与水平方向夹角 53° , b 点切线方向水平.一小球以水平初速度 6 m/s 做平抛运动刚好能从 a 点沿轨道切线方向进入轨道, 已知轨道半径 1 m , 小球质量 1 kg . ($\sin 53^\circ = 0.8$, $\cos 53^\circ = 0.6$, $g = 10 \text{ m/s}^2$) 求:

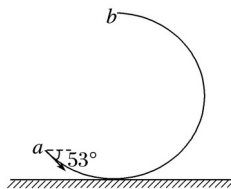


图 9

(1)小球做平抛运动的飞行时间.

(2)小球到达 b 点时, 轨道对小球压力大小.

答案 (1)0.8 s (2)58 N

解析 (1)小球进入轨道时速度方向与水平方向夹角为 53° ，则有： $\tan 53^\circ =$

$$v_y = gt \quad \text{解得 } t = 0.8 \text{ s}$$

(2)设初始位置距 a 点高度为 h ，则有：

$$h = gt^2$$

设初始位置距 b 点高度为 H ，则有：

$$H = h - (R + R)$$

从初始位置到 b 由动能定理得：

$$mgH = mV - mV$$

对 b 点由牛顿第二定律得：

$$F_N + mg = m$$

$$\text{解得：} F_N = 58 \text{ N}$$