

专题 4.9 曲线运动综合问题

考点定位

【考纲解读与考频分析】

曲线运动综合问题考查的知识点多，综合性强，成为高考命题热点。

【高频考点定位】：

曲线运动 综合问题

考点精练

考点一：曲线运动综合问题

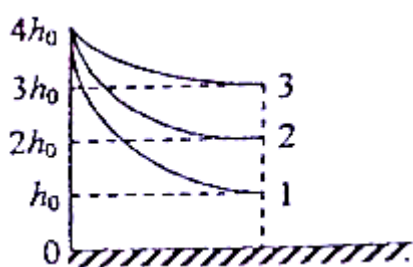
【3年真题链接】

1. (2019 海南物理·10) 三个小物块分别从 3 条不同光滑轨道的上端由静止开始滑下。已知轨道 1、轨道

2、轨道 3 的上端距水平地面的高度均为 $4h_0$ ；它们的下端水平，距地面的高度分别为 $h_1 = h_0$ 、 $h_2 = 2h_0$ 、

$h_3 = 3h_0$ ，如图所示。若沿轨道 1、2、3 下滑的小物块的落地点到轨道下端的水平距离分别记为 s_1 、 s_2 、

s_3 ，则 ()

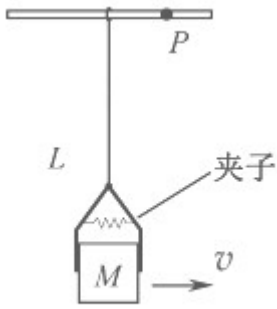


A. $s_1 > s_2$ B. $s_2 > s_3$

C. $s_1 = s_3$ D. $s_2 = s_3$

2. (2017·江苏卷·5) 如图所示，一小物块被夹子夹紧，夹子通过轻绳悬挂在小环上，小环套在水平光滑细杆上，物块质量为 M ，到小环的距离为 L ，其两侧面与夹子间的最大静摩擦力均为 F 。小环和物块以速度 v 向右匀速运动，小环碰到杆上的钉子 P 后立刻停止，物块向上摆动。整个过程中，物块在夹子中没有滑动。

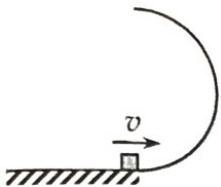
小环和夹子的质量均不计，重力加速度为 g 。下列说法正确的是 ()



- (A) 物块向右匀速运动时，绳中的张力等于 $2F$ (B) 小环碰到钉子 P 时，绳中的张力大于 $2F$
- (C) 物块上升的最大高度为 $\frac{2v^2}{g}$ (D) 速度 v 不能超过 $\sqrt{\frac{(2F - Mg)L}{M}}$

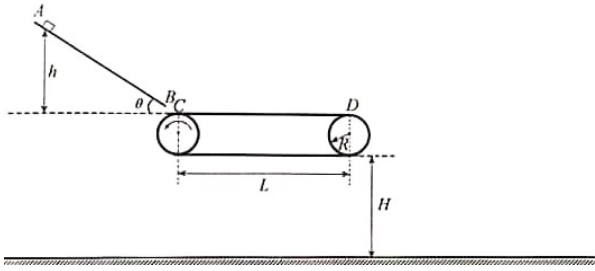
【名师点睛】在分析问题时，要细心。题中给的力 F 是夹子与重物间的最大静摩擦力，而在物体运动的过程中，没有信息表明夹子与物体间静摩擦力达到最大。另小环碰到钉子后，重物绕钉子做圆周运动，夹子与重物间的静摩擦力会突然增大。

3. (2017 全国 II 卷·17) 如图，半圆形光滑轨道固定在水平地面上，半圆的直径与地面垂直，一小物块以速度 v 从轨道下端滑入轨道，并从轨道上端水平飞出，小物块落地点到轨道下端的距离与轨道半径有关，此距离最大时，对应的轨道半径为 (重力加速度为 g) ()



- A. $\frac{v^2}{16g}$ B. $\frac{v^2}{8g}$ C. $\frac{v^2}{4g}$ D. $\frac{v^2}{2g}$

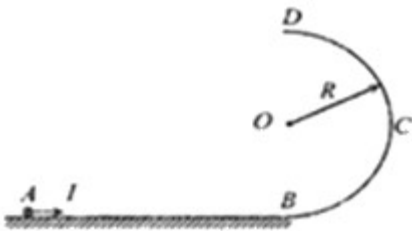
4. (2019 年 4 月浙江选考) 某砂场为提高运输效率，研究砂粒下滑的高度与砂粒在传送带上运动的关系，建立如图所示的物理模型。竖直平面内有一倾角 $\theta=37^\circ$ 的直轨道 AB ，其下方右侧放置一水平传送带，直轨道末端 B 与传送带间距可近似为零，但允许砂粒通过。转轮半径 $R=0.4\text{m}$ 、转轴间距 $L=2\text{m}$ 的传送带以恒定的线速度逆时针转动，转轮最低点离地面的高度 $H=2.2\text{m}$ 。现将一小物块放在距离传送带高 h 处静止释放，假设小物块从直轨道 B 端运动到达传送带上 C 点时，速度大小不变，方向变为水平向右。已知小物块与直轨道和传送带间的动摩擦因数均为 $\mu=0.5$ 。($\sin 37^\circ=0.6$)



- (1) 若 $h=2.4\text{m}$ ，求小物块到达 B 端时速度的大小；
- (2) 若小物块落到传送带左侧地面，求 h 需要满足的条件
- (3) 改变小物块释放的高度 h ，小物块从传送带的 D 点水平向右抛出，求小物块落地点到 D 点的水平距离 x 与 h 的关系式及 h 需要满足的条件。

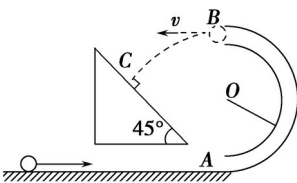
【2 年模拟再现】

1. (6 分) (2019 山东枣庄二模) 如图所示，AB 为光滑水平直轨道，BCD 为半径是 R 的光滑半圆弧轨道。质量为 m 的小球在 A 点获得瞬时冲量 I ，经过 D 点时对轨道的压力大小等于小球的重力大小，经过 D 点后恰好落到 A 点，重力加速为 g ，则下列判断正确的是 ()



- A. 小球经过 D 点的速度为 \sqrt{gR} B. 小球获得的冲量 $I = m\sqrt{5gR}$
- C. 小球即将着地时重力的瞬时功率为 $2mg\sqrt{gR}$ D. 小球从 A 点运动到 B 点用时 $2\sqrt{\frac{R}{3g}}$

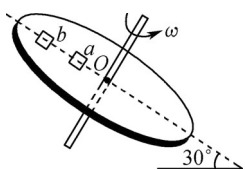
2. (2019 河南名校联考) 如图所示，一个固定在竖直平面上的光滑半圆形管道，管道里有一个直径略小于管道内径的小球，小球在管道内做圆周运动，从 B 点脱离后做平抛运动，经过 0.3 s 后又恰好垂直与倾角为 45° 的斜面相碰。已知半圆形管道的半径 $R = 1\text{ m}$ ，小球可看做质点且其质量为 $m = 1\text{ kg}$ ， g 取 10 m/s^2 。则()



- A. 小球在斜面上的相碰点 C 与 B 点的水平距离是 0.9 m

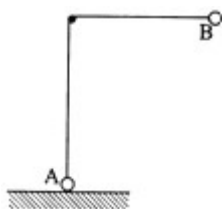
- B. 小球在斜面上的相碰点 C 与 B 点的水平距离是 1.9 m
- C. 小球经过管道的 B 点时, 受到管道的作用力 F_{NB} 的大小是 1 N
- D. 小球经过管道的 B 点时, 受到管道的作用力 F_{NB} 的大小是 2 N

3. (2019·山东泰州联考) 如图所示, 两个质量均为 m 的小物块 a 和 b (可视为质点), 静止在倾斜的匀质圆盘上, 圆盘可绕垂直于盘面的固定轴转动, a 到转轴的距离为 l , b 到转轴的距离为 $2l$, 物块与盘面间的动摩擦因数为 μ , 盘面与水平面的夹角为 30° . 设最大静摩擦力等于滑动摩擦力, 重力加速度大小为 g . 若 a 、 b 随圆盘以角速度 ω 匀速转动, 下列说法中正确的是 ()

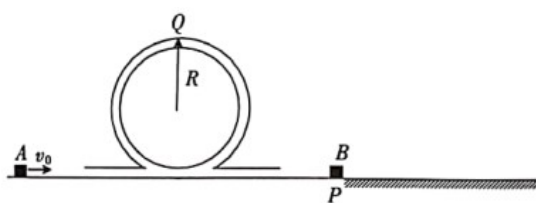


- A. a 在最高点时所受摩擦力可能为 0 B. a 在最低点时所受摩擦力可能为 0
- C. $\omega = \sqrt{\frac{g}{8l}}$ 是 a 开始滑动的临界角速度 D. $\omega = \sqrt{\frac{g}{8l}}$ 是 b 开始滑动的临界角速度

4. (2019 河南濮阳三模拟) (13 分) 如图所示, 一根跨越一固定的水平光滑细杆的柔软、不可伸长的轻绳, 两端各系一个质量相等的小球 A 和 B , 球 A 刚好接触地面, 球 B 被拉到与细杆同样高度的水平位置, 当球 B 到细杆的距离为 L 时, 绳刚好拉直. 在绳被拉直时释放球 B , 使球 B 从静止开始向下摆动. 求球 A 刚要离开地面时球 B 与其初始位置的高度差.



5. (2019 河南示范性高中联考) 如图所示, 带有圆管轨道的长轨道水平固定, 圆管轨道竖直(管内直径可以忽略), 底端分别与两侧的直轨道相切圆管轨道的半径 $R=0.5\text{ m}$, P 点左侧轨道(包括圆管光滑右侧轨道粗糙). 质量 $m=1\text{ kg}$ 的物块 A 以 $v_0=10\text{ m/s}$ 的速度滑入圆管, 经过竖直圆管轨道后与直轨道上 P 处静止的质量 $M=2\text{ kg}$ 的物块 B 发生碰撞(碰撞时间极短), 碰后物块 B 在粗糙轨道上滑行 18 m 后速度减小为零. 已知物块 A 、 B 与粗糙轨道间的动摩擦因数均为 $\mu=0.1$, 取重力加速度大小 $g=10\text{ m/s}^2$, 物块 A 、 B 均可视为质点. 求:



(1)物块 A 滑过竖直圆管轨道最高点 Q 时受到管壁的弹力；

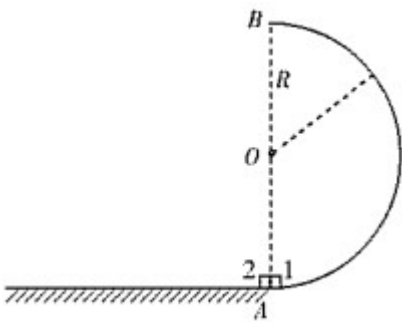
(2)最终物块 A 静止的位置到 P 点的距离。

6. (2019 河南安阳二模拟) 如图所示，一圆心为 O 半径为 R 的光滑半圆轨道固定在竖直平面内，其下端和粗糙的水平轨道在 A 点相切，AB 为圆弧轨道的直径。质量分别为 m、2m 的滑块 1、2 用很短的细线连接，在两滑块之间夹有压缩的短弹簧(弹簧与滑块不固连)，滑块 1、2 位于 A 点。现剪断两滑块间的细线，滑块恰能过 B 点，且落地点恰与滑块 2 停止运动的地点重合。滑块 1、2 可视为质点，不考虑滑块 1 落地后反弹，不计空气阻力，重力加速度为 g，求

(1)滑块 1 过 B 点的速度大小；

(2)弹簧释放的弹性势能大小；

(3)滑块 2 与水平轨道间的动摩擦因数。

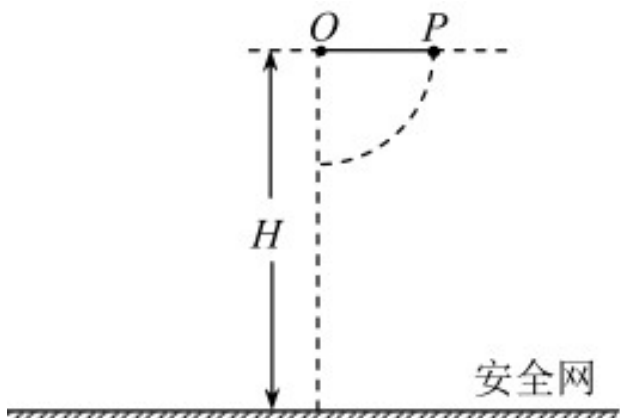


考点预测

预测考点一：曲线运动综合问题

【2 年模拟再现】

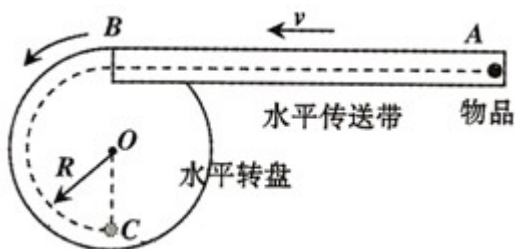
1. (2019 年 1 月云南昆明复习诊断测试) 如图所示，一质量为 m 的小孩(可视为质点)做杂技表演。一不可伸长的轻绳一端固定于距离水平安全网高为 H 的 O 点，小孩抓住绳子上的 P 点从与 O 点等高的位置由静止开始向下摆动，小孩运动到绳子竖直时松手离开绳子做平抛运动，落到安全网上。已知 P 点到 O 点的距离为 l(0<l<H)，空气阻力不计。下列说法正确的是 ()



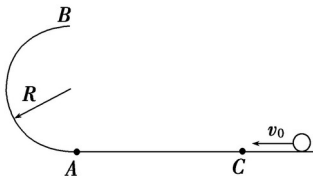
- A. l 越大, 小孩在 O 点正下方松手前瞬间, 对绳子的拉力越大
 B. l 越小, 小孩在 O 点正下方松手前瞬间, 对绳子的拉力越大
 C. 当 $l = \frac{H}{2}$ 时, 小孩在安全网上的落点距 O 点的水平距离最大
 D. 当 $l = \frac{\sqrt{2}}{2} H$ 时, 小孩在安全网上的落点距 O 点的水平距离最大

2. (2019 广东七校冲刺模拟) 机场经常使用传送带和转盘组合完成乘客行李箱的传送, 图为机场水平传输装置的俯视图。行李箱从 A 处无初速放到传送带上, 运动到 B 处后进入和传送带速度始终相等的匀速转动的转盘, 并随转盘一起运动 (无打滑) 半个圆周到 C 处被乘客取走。已知 A 、 B 两处的距离 $L=10\text{m}$, 传送带的传输速度 $v=2.0\text{m/s}$, 行李箱在转盘上与轴 O 的距离 $R=4.0\text{m}$, 已知行李箱与传送带之间的动摩擦因数 $\mu_1=0.1$, 行李箱与转盘之间的动摩擦因数 $\mu_2=0.4$, $g=10\text{m/s}^2$ 。

- (1) 行李箱从 A 处被放上传送带到 C 处被取走所用时间为多少?
 (2) 如果要使行李箱能最快到达 C 点, 传送带和转盘的共同速度应调整为多大?
 (3) 若行李箱的质量均为 15kg , 每 6s 投放一个行李箱, 则传送带传送行李箱的平均输出功率应为多大?



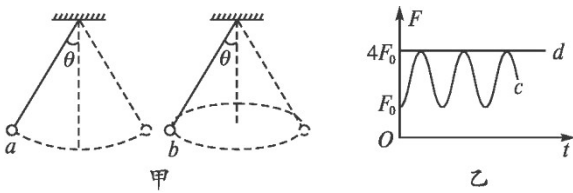
3. (12分) (2019 高考仿真模拟 5) 如图所示, 半径 $R=0.40\text{m}$ 的光滑半圆环轨道处于竖直平面内, 半圆环与粗糙的水平地面相切于圆环的端点 A 。一质量 $m=0.10\text{kg}$ 的小球, 以初速度 $v_0=7.0\text{m/s}$ 在水平地面上向左做加速度 $a=3.0\text{m/s}^2$ 的匀减速直线运动, 运动 $s=4.0\text{m}$ 后, 冲上竖直半圆环, 最后小球落在 C 点。(取重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$)。



- (1) 小球运动到 A 点时的速度大小；
- (2) 小球经过 B 点时对轨道的压力大小；
- (3) A, C 间的距离。

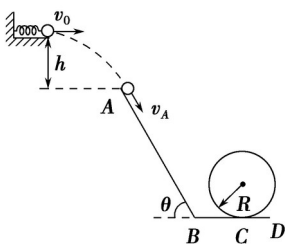
【1 年仿真原创】

1. 如图甲所示, 质量相等, 大小可忽略的 a, b 两小球用不可伸长的等长轻质细线悬挂起来, 使小球 a 在竖直平面内来回摆动, 小球 b 在水平面内做匀速圆周运动, 连接小球 b 的细线与竖直方向的夹角和小球 a 摆动时细线偏离竖直方向的最大夹角都为 θ , 运动过程中两细线拉力大小随时间变化的关系如图乙中 c, d 所示. 则下列说法正确的是()



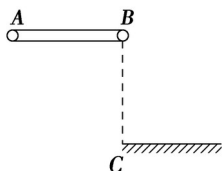
- A. 图乙中直线 d 表示细线对小球 a 的拉力大小随时间变化的关系
- B. 图乙中曲线 c 表示细线对小球 a 的拉力大小随时间变化的关系
- C. $\theta = 45^\circ$
- D. $\theta = 60^\circ$

2. 为了研究过山车的原理, 某物理小组提出了下列的设想: 取一个与水平方向夹角为 $\theta = 60^\circ$, 长为 $L_1 = 2$ m 的倾斜轨道 AB , 通过微小圆弧与长为 $L_2 = 1$ m 的水平轨道 BC 相连, 然后在 C 处设计一个竖直完整的光滑圆轨道, 出口为水平轨道 D , 如图所示. 现将一个小球从距 A 点高为 $h = 0.9$ m 的水平台面上以一定的初速度 v_0 水平弹出, 到 A 点时速度方向恰沿 AB 方向, 并沿倾斜轨道滑下. 已知小球与 AB 和 BC 间的动摩擦因数均为 $\mu = 0.5$. g 取 10 m/s^2 , 求:



- (1) 小球初速度 v_0 的大小；
- (2) 小球滑过 C 点时的速率 v_C ；
- (3) 要使小球不离开轨道，则竖直圆弧轨道的半径 R 应该满足什么条件。

3. 如图所示，一水平传送带 AB 长为 $L = 6\text{ m}$ ，离水平地面的高为 $h = 5\text{ m}$ ，地面上 C 点在传送带右端点 B 的正下方。一物块以水平初速度 $v_0 = 4\text{ m/s}$ 自 A 点滑上传送带，传送带匀速转动，物块与传送带间的动摩擦因数为 $\mu = 0.2$ ，重力加速度为 $g = 10\text{ m/s}^2$ 。



- (1) 要使物块从 B 点抛出后的水平位移最大，传送带运转的速度应满足什么条件？最大水平位移多大？
- (2) 若物块从 A 点滑上传送带到落地所用的时间为 2.3 s ，求传送带运转的速度(= 3.162， = 3.77，结果保留三位有效数字)。