专题 09 曲线运动（精讲精练）

目录

第一部分、基础知识快速过.....1
一、曲线运动的条件规律及相关说明.....1
二、运动的合成与分解的两种典型模型.....3
三、平抛运动的运动规律及分析特点.....4
四、圆周运动的规律、特点及分析方法.....6
第二部分、重点题型详细讲.....7
题型一、考查曲线运动的条件及规律的相关题型.....7
题型二、小船渡河模型的应用.....8
题型三、关联速度问题的应用.....9
题型四、利用分解速度的思路处理平抛运动的相关问题.....9
题型五、利用分解位移的思路处理平抛运动的相关问题.....10
题型六、平抛运动的实验类相关问题.....11
题型七、平抛运动规律以及临界问题.....12
题型八、平抛运动的规律以及两个重要推论的应用.....13
题型九、常见的几种圆周模型即分析思路.....13

第一部分、基础知识快速过

一、曲线运动的条件规律及相关说明

1.曲线运动的定义、条件和特点

(1)定义：轨迹是一条曲线的运动叫做曲线运动。

(2)条件：质点所受合外力的方向跟它的速度方向不在同一直线上($v_0\neq0$，$F\neq0$)。

(3)特点：①轨迹是一条曲线；

②某点的瞬时速度的方向，就是通过这一点的切线的方向；

③曲线运动的速度方向时刻在改变，所以是变速运动，必具有加速度；

④合外力 F 始终指向运动轨迹的内侧。

2.运动的合成与分解

(1)合运动与分运动的关系

等时性	各分运动经历的时间与合运动经历的时间相同
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
等效性	各分运动叠加起来与合运动有相同的效果

(2)运动的合成与分解的运算法则

运动的合成与分解是指描述运动的各物理量即位移、速度、加速度的合成与分解。由于它们都是矢量，所以合成与分解都遵循平行四边形定则。

3. 概念辨识：

(1)曲线运动一定是变速运动。(　　)

(2)曲线运动的速度大小可能不变。(　　)

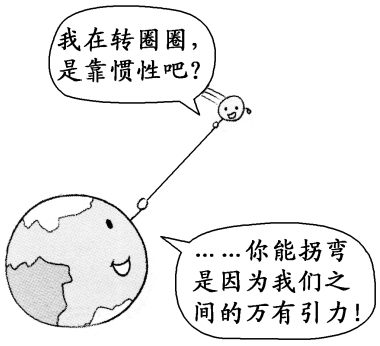
(3)曲线运动的加速度可以为零。(　　)

(4)曲线运动的加速度可以不变。(　　)

(5)合运动不一定是物体的实际运动。(　　)

(6)合运动的速度一定大于分运动的速度。(　　)

合外力和运动轨迹存在怎样的关系？



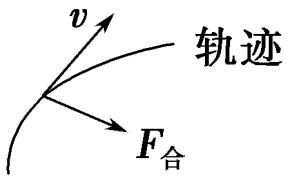
4.规律总结：

a、无力不拐弯，拐弯必有力，两向夹一线，轨迹在中间，合力指凹侧，曲线向力方向弯。

b、做曲线运动的物体，其速度方向与运动轨迹相切，所受的合力方向与速度方向不在一条直线上，合力改变物体的运动状态，据此可以判断：

(1)已知运动轨迹，可以判断合力的大致方向在轨迹的包围区间(凹侧)。

(2)运动轨迹在速度与合力所夹的区间，根据受力方向和速度方向可以判断轨迹的大致弯曲方向，反之亦可。



(3) 根据合力方向与速度方向的夹角，判断物体的速率变化情况：夹角为锐角时，速率变大；夹角为钝角时，速率变小；合力与速度方向垂直时，速率不变，这是匀速圆周运动的受力条件。

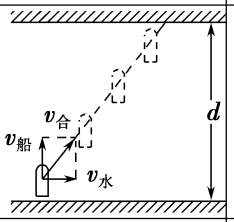
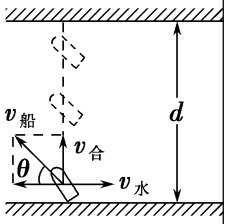
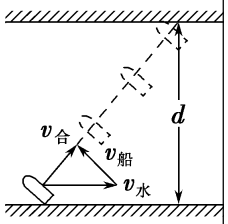
二、运动的合成与分解的两种典型模型

1.小船渡河问题

1.船的实际运动：是水流的运动和船相对静水的运动的合运动。

2.三种速度：船在静水中的速度 v 船、水的流速 v 水、船的实际速度 v。

3.三种情况

情况	图示	说明
渡河时间最短		当船头垂直河岸时，渡河时间最短，最短时间 $t_{min}=\frac{d}{v_{船}}$
渡河位移最短		当 $v_{水}<v_{船}$ 时，如果满足 $v_{水}-v_{船}\cos\theta=0$，渡河位移最短，$x_{min}=d$
		当 $v_{水}>v_{船}$ 时，如果船头方向(即 $v_{船}$ 方向)与合速度方向垂直，渡河位移最短，最短渡河位移为 $x_{min}=\frac{dv_{水}}{v_{船}}$

2.关联速度问题

1.模型特点

沿绳(或杆)方向的速度分量大小相等。

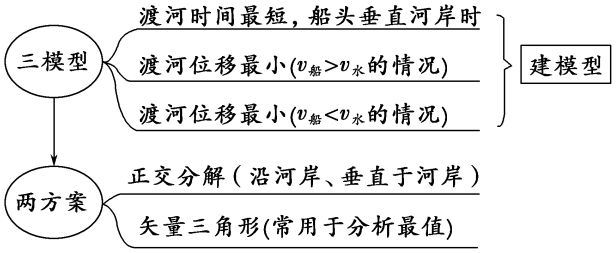
2.思路与方法

合速度→物体的实际运动速度 v

分速度→$\begin{cases}\text{其一：沿绳（或杆）的分速度 } v_1\\ \text{其二：与绳（或杆）垂直的分速度 } v_2\end{cases}$

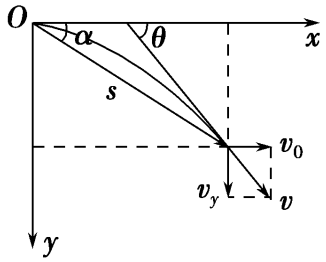
方法：v_1 与 v_2 的合成遵循平行四边形定则。

技巧秘诀：“三模型、两方案”解决小船渡河问题

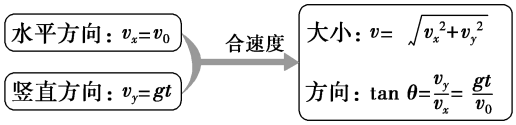


三、平抛运动的运动规律及分析特点

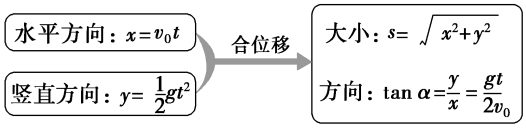
1.基本规律(如图所示)



(1)速度关系：



(2)位移关系：



(3)轨迹方程：$y=\frac{g}{2v_0^2}x^2$。

2.平抛运动规律的应用

(1)飞行时间

由 $h=\frac{1}{2}gt^2$ 得，$t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$，可知时间取决于下落高度 h，与初速度 v_0 无关。

(2)水平射程

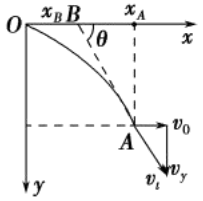
$x=v_0t=v_0\sqrt{\frac{2h}{g}}$，即水平射程由初速度 v_0 和下落高度 h 共同决定，与其他因素无关。

(3)落地速度 $v=\sqrt{v_x^2+v_y^2}=\sqrt{v_0^2+2gh}$，以$\theta$表示落地速度与 x 轴正方向间的夹角，有 $\tan\theta=\frac{v_y}{v_x}=\frac{\sqrt{2gh}}{v_0}$，所以落地速度也只与初速度 v_0 和下落高度 h 有关。

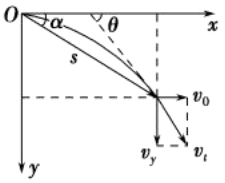
3.两个重要推论

(1)做平抛(或类平抛)运动的物体，任一时刻瞬时速度的反向延长线一定通过此时水平位移的中点，如图甲中 A 点和 B 点所示，即 $x_B=\frac{x_A}{2}$。

(2)做平抛(或类平抛)运动的物体，在任一时刻任一位置处，设其速度方向与水平方向的夹角为θ，位移与水平方向的夹角为α，则 $\tan\theta=2\tan\alpha$，如图所示。



甲



乙

4.概念辨析

(1)以一定的初速度水平抛出的物体的运动是平抛运动。(　　)

(2)平抛运动的轨迹是抛物线，速度方向时刻变化，加速度方向也可能时刻变化。(　　)

(3)无论初速度是斜向上方还是斜向下方的斜抛运动都是匀变速曲线运动。(　　)

(4)做平抛运动的物体质量越大，水平位移越大。(　　)

(5)做平抛运动的物体初速度越大，落地时竖直方向的速度越大。(　　)

(6)做平抛运动的物体初速度越大，在空中运动的时间越长。(　　)

(7)从同一高度水平抛出的物体，不计空气阻力，初速度大的落地速度大。(　　)

5.规律方法总结，平抛运动基本规律的应用“化曲为直”思想在平抛运动中的应用

(1)根据运动效果的等效性，利用运动分解的方法，将其转化为我们所熟悉的两个方向上的直线运动：

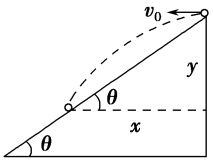
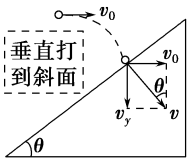
①水平方向的匀速直线运动；

②竖直方向的自由落体运动。

(2)运用运动合成的方法求出平抛运动的速度、位移等。

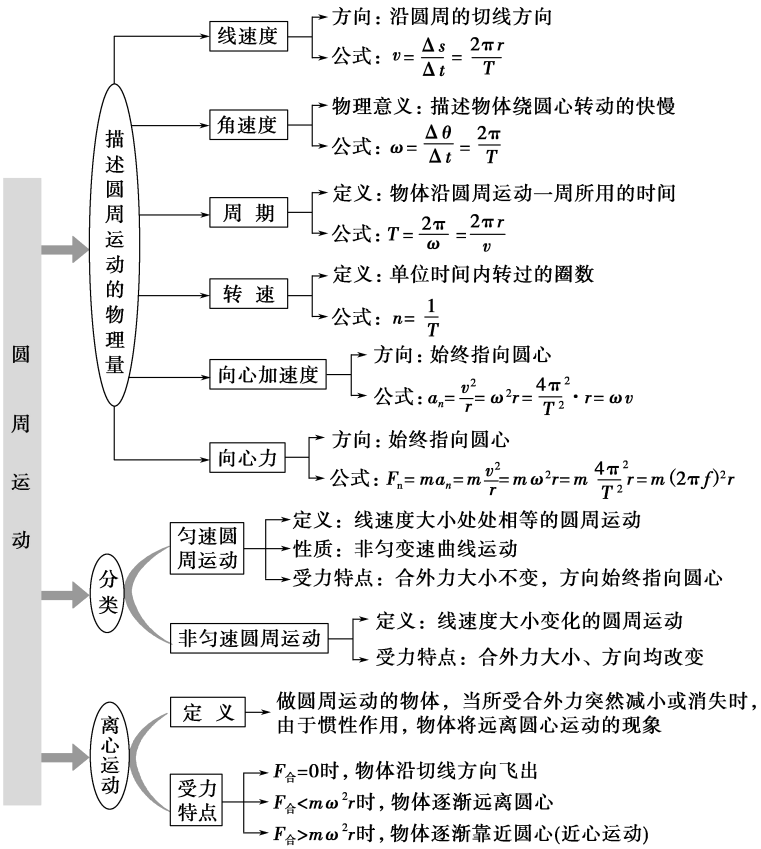
6.斜面上平抛运动的两个典型模型

类型	运动情景	方法	求时间 t

顺着斜面的 平抛运动		分解 位移	$x=v_0t \quad y=\frac{1}{2}gt^2$ $\tan\theta=\frac{y}{x}$ 求得 $t=\frac{2v_0\tan\theta}{g}$
对着斜面的 平抛运动		分解 速度	$v_x=v_0 \quad v_y=gt$ $\tan\theta=\frac{v_0}{v_y}=\frac{v_0}{gt}$ 可求得 $t=\frac{v_0}{g\tan\theta}$

四、圆周运动的规律、特点及分析方法

1.圆周运动的描述及分类



2.几种常见的向心力来源

(1)飞机在水平面内的圆周运动，如图 1 所示；

(2)火车转弯，如图 2 所示；

(3)圆锥摆，如图 3 所示；

(4)飞车走壁，如图 4 所示；

(5)水平路面汽车转弯，如图 5 所示；

(6)水平转台，如图 6 所示。

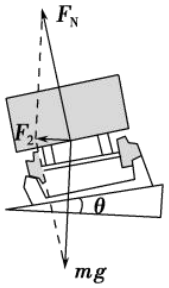


图 1

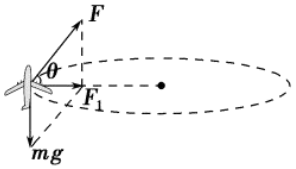


图 2

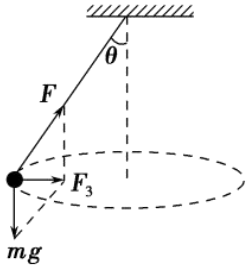


图 3

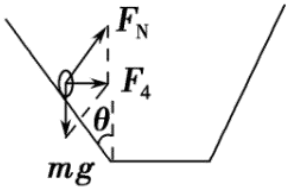


图 4

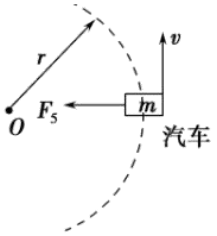


图 5

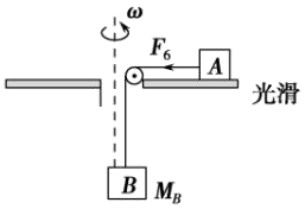


图 6

3.概念辨析

(1)匀速圆周运动是匀变速曲线运动。(　　)

(2)物体做匀速圆周运动时，其合外力是不变的。(　　)

(3)匀速圆周运动的向心加速度与半径成反比。(　　)

(4)匀速圆周运动的向心力是产生向心加速度的原因。(　　)

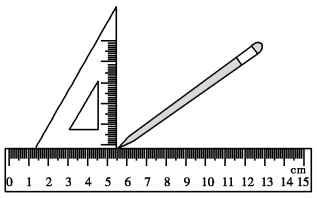
(5)做匀速圆周运动的物体，当合外力突然减小时，物体将沿切线方向飞出。(　　)

(6)摩托车转弯时速度过大就会向外发生滑动，这是摩托车受沿转弯半径向外的离心力作用的缘故。(　　)

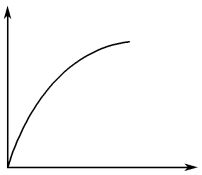
第二部分、重点题型详细讲

题型一、考查曲线运动的条件及规律的相关题型

例 1、如图甲所示的直角三角板紧贴在固定的刻度尺上方，现假设使三角板沿刻度尺水平向右匀速运动的同时，一支铅笔从三角板直角边的最下端，由静止开始沿此边向上做匀加速直线运动，下列关于铅笔尖的运动及其留下的痕迹的判断中，正确的是(　　)



甲



乙

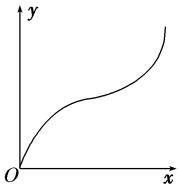
A.笔尖留下的痕迹可以是一条如图乙所示的抛物线

B.笔尖留下的痕迹可以是一条倾斜的直线

C.在运动过程中，笔尖运动的速度方向始终保持不变

D.在运动过程中，笔尖运动的加速度方向始终保持不变

例 2、一小船在河中 *xOy* 平面内运动的轨迹如图所示，下列判断正确的是(　　)



A．若小船在 *x* 方向上始终匀速，则在 *y* 方向上先加速后减速

B．若小船在 *x* 方向上始终匀速，则在 *y* 方向上先减速后加速

C．若小船在 *y* 方向上始终匀速，则在 *x* 方向上先减速后加速

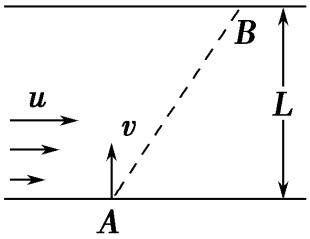
D．若小船在 *y* 方向上始终匀速，则在 *x* 方向上先加速后减速

题型二、小船渡河模型的应用

例 3.有一条两岸平直、河水均匀流动、流速恒为 v 的大河。小明驾着小船渡河，去程时船头指向始终与河岸垂直，回程时行驶路线与河岸垂直。去程与回程所用时间的比值为 k，船在静水中的速度大小相同，则小船在静水中的速度大小为（　）

A $\frac{kv}{\sqrt{k^2-1}}$　　B. $\frac{v}{\sqrt{1-k^2}}$　　C.c $\frac{kv}{\sqrt{1-k^2}}$　　D. $\frac{v}{\sqrt{k^2-1}}$

例 4.如图所示，河道宽 L＝200 m，越到河中央河水的流速越大，且流速大小满足 u＝0.2x(x 是离河岸的距离，$0\le x\le\frac{L}{2}$)。一小船在静水中的速度 v＝10 m/s，自 A 处出发，船头垂直河岸方向渡河到达对岸 B 处。设船的运动方向与水流方向夹角为θ，下列说法正确的是(　　)



A.小船渡河时间大于 20 s

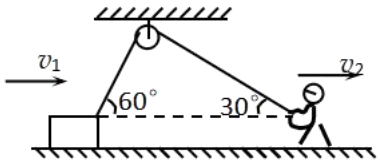
B.A、B 两点间距离为 $200\sqrt{2}$ m

C.到达河中央前小船加速度大小为 0.2 m/s2

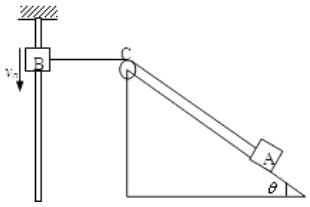
D.在河中央时θ最小，且 tan θ＝0.5

题型三、关联速度问题的应用

例 5.如图所示，水平面上有一个物体，人通过定滑轮用绳子拉它，在图示位置时，若人的速度为 5 m/s，则物体的瞬时速度为多少？



例 6.如图所示，轻质不可伸长的细绳，绕过光滑定滑轮 C，与质量为 m 的物体 A 连接，A 放在倾角为θ的光滑斜面上，绳的另一端和套在固定竖直杆上的物体 B 连接．现 BC 连线恰沿水平方向，从当前位置开始 B 以速度 v_0 匀速下滑．设绳子的张力为 T，在此后的运动过程中，下列说法正确的是（　）



A、物体 A 做加速运动

B、物体 A 做匀速运动

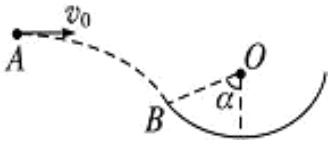
C、T 可能小于 mgsinθ

D、T 等于 mgsinθ

题型四、利用分解速度的思路处理平抛运动的相关问题

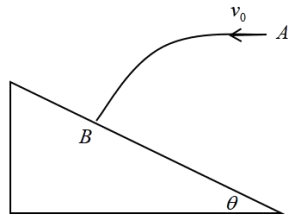
例 7.如图所示，B 为竖直圆轨道的左端点，它和圆心 O 的连线与竖直方向的夹角为α．一小球在圆轨道左侧

的 A 点以速度 v0 平抛，恰好沿 B 点的切线方向进入圆轨道．已知重力加速度为 g，则 AB 之间的水平距离为（　　）



A. $\frac{2v_0^2\tan\alpha}{g}$　　B. $\frac{v_0^2\tan\alpha}{g}$　　C. $\frac{v_0^2}{g\tan\alpha}$　　D. $\frac{2v_0^2}{g\tan\alpha}$

8.如图所示，以水平初速度 v_0 抛出的物体，飞行一段时间后，垂直地撞在倾角为θ的斜面上，则 AB 之间的水平位移与竖直位移之比为（　　）

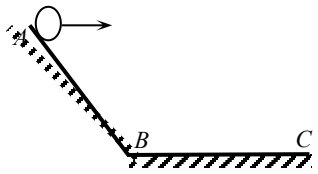


A. $\frac{1}{2\tan\theta}$　　B $2\tan\theta$　　C. $\frac{1}{\tan\theta}$　　D $\tan\theta$

题型五、利用分解位移的思路处理平抛运动的相关问题

例 9.如图所示，*AB* 为斜面，*BC* 为水平面，从 *A* 点以水平速度 v_0 抛出一小球，其第一次落点到 *A* 的水平距离为 S_1；从 *A* 点以水平速度 $3v_0$ 抛出小球，其第一次落点到 *A* 的水平距离为 S_2，不计空气阻力，则 S_1∶S_2 不可能等于（　　）

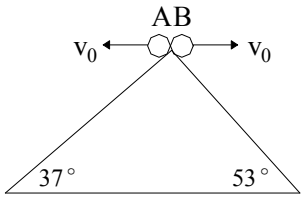
A．1∶3　　B．1∶6　C:1:9　　D:1:12



方法总结：

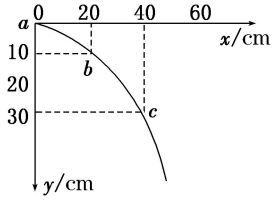
当物体在斜面上做平抛运动最终又落在斜面上时，说明物体运动的位移方向与的倾角是一致的此类问题可以利用分解位移的思路求得时间 $t=\frac{2v_0\tan\theta}{g}$，该结论一定要记住；

例 10.如图所示，在坡度一定的斜面顶点以大小相同的速度 v_0 同时水平向左与水平向右抛出两个小球 A 和 B，两侧斜坡的倾角分别为 $37°$ 和 $53°$，小球均落在坡面上，若不计空气阻力，则 A 和 B 两小球的运动时间之比为多少？



题型六、平抛运动的实验类相关问题

例 11.某同学在做平抛运动实得出如图 8 所示的小球运动轨迹，*a*、*b*、*c* 三点的位置在运动轨迹上已标出．则：(*g* 取 10 m/s²)(1)小球平抛的初速度为_____ m/s.(2)小球开始做平抛运动的位置坐标为_____ cm.　*y*＝_____　cm.(3)小球运动到 *b* 点的速度为_____ m/s.



例 12.（2014·安徽卷）Ⅰ.图 1 是“研究平抛物体运动”的实验装置图，通过描点画出平抛小球的运动轨迹．

(1)以下是实验过程中的一些做法，其中合理的有_____.

a．安装斜槽轨道，使其末端保持水平

b．每次小球释放的初始位置可以任意选择

c．每次小球应从同一高度由静止释放

d．为描出小球的运动轨迹，描绘的点可以用折线连接

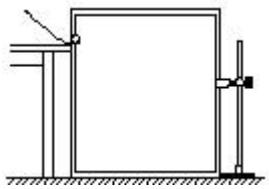
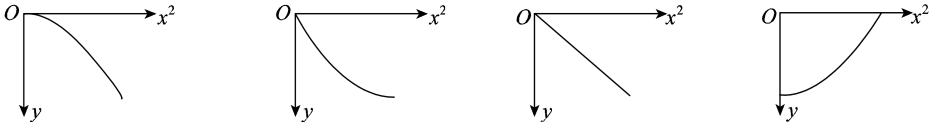


图 1

(2)实验得到平抛小球的运动轨迹，在轨迹上取一些点，以平抛起点 *O* 为坐标原点，测量它们的水平坐标 *x* 和竖直坐标 *y*，图 2 中 *yx*² 图像能说明平抛小球运动轨迹为抛物线的是_____.



a　　b　　c　　d

图 2

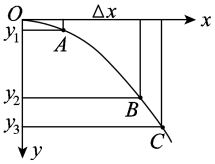


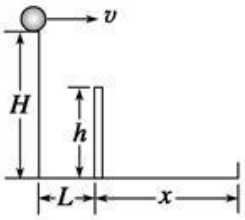
图 3

(3)图 3 是某同学根据实验画出的平抛小球的运动轨迹，O 为平抛的起点，在轨迹上任取三点 A、B、C，测得 A、B 两点竖直坐标 y_1 为 5.0 cm，y_2 为 45.0 cm，A、B 两点水平间距Δx 为 40.0 cm.则平抛小球的初速度 v_0 为_____m/s，若 C 点的竖直坐标 y_3 为 60.0 cm，则小球在 C 点的速度 v_C 为_____m/s(结果保留两位有效数字，g 取 10 m/s^2).

题型七、平抛运动规律以及临界问题

例 13.如图所示，水平屋顶高 H＝5 m,围墙高 h＝3.2 m，围墙到房子的水平距离 L＝3 m，围墙外马路宽 x＝10 m，为使小球从屋顶水平飞出落在围墙外的马路上，小球离开屋顶时的速度 v0 的大小的可能值为(g 取 10 m/s2)(　　)

A.6 m/s　　B.12 m/s　　C.4 m/s　　D.2 m/s



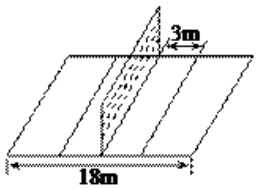
方法总结：

画出正确的示意图，使隐藏于问题深处的条件显露无遗，平抛运动的临界问题可用极限分析法求解，v 不能太大，否则小球将落到马路外；v 又不能太小，否则小球将被障碍物(墙)挡住而不能落在右侧马路上。因而只要分析以上两个临界状态，即可解得所求的范围。

例 14.如图所示，排球场总长为 18m，设球网高度为 2m，运动员站在网前 3m 处正对球网跳起将球水平击出。

(1)若击球高度为 2.5m，为使球既不触网又不出界，求水平击球的速度范围；

(2)当击球点的高度为何值时，无论水平击球的速度多大，球不是触网就是越界？



题型八、平抛运动的规律以及两个重要推论的应用

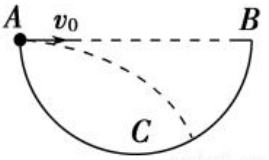
例 15.如图所示，AB 为半圆环 ACB 的水平直径，C 为环上的最低点，环半径为 R。一个小球从 A 点以速度 v0 水平抛出，不计空气阻力．则下列判断正确的是 （ ）．

A．要使小球掉到环上时的竖直分速度最大，小球应该落在 BC 之间

B．即使 v0 取值不同，小球掉到环上时的速度方向和水平方向之间的夹角也相同

C．若 v0 取值适当，可以使小球垂直撞击半圆环

D．无论 v0 取何值，小球都不可能垂直撞击半圆环



题型九、常见的几种圆周模型即分析思路

例 16.（2013 年全国 2）公路急转弯处通常是交通事故多发地带。如图，某公路急转弯处是一圆弧，当汽车行驶的速率为 vc 时，汽车恰好没有向公路内外两侧滑动的趋势，则在该弯道处，

A.路面外侧高内侧低

B.车速只要低于 vc，车辆便会向内侧滑动

C.车速虽然高于 vc，但只要不超出某一高度限度，车辆便不会向外侧滑动

D.当路面结冰时，与未结冰时相比，vc 的值变小

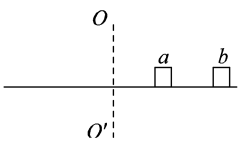
例 17．（2014 全国 1）如图所示，两个质量均为 m 的小木块 a 和 b(可视为质点)放在水平圆盘上，a 与转轴 OO'的距离为 l，b 与转轴的距离为 $2l$.木块与圆盘的最大静摩擦力为木块所受重力的 k 倍，重力加速度大小为 g，若圆盘从静止开始绕转轴缓慢地加速转动，用ω表示圆盘转动的角速度．下列说法正确的是(　　)

A．b 一定比 a 先开始滑动

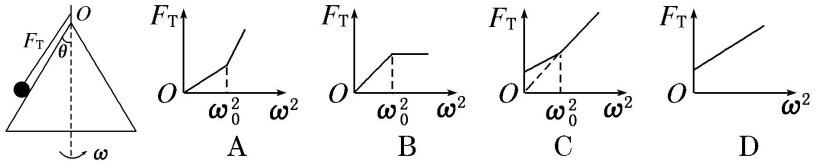
B．a、b 所受的摩擦力始终相等

C．$\omega=\sqrt{\frac{kg}{2l}}$是 b 开始滑动的临界角速度

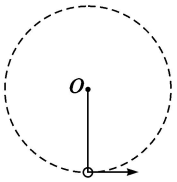
D．当$\omega=\sqrt{\frac{2kg}{3l}}$时，$a$ 所受摩擦力的大小为 kmg



例 18.用一根细线一端系一小球，另　一端固定在一光滑锥顶上，如图 8 所示，设小球在水平面内做匀速圆周运动的角速度为ω，细线的张力为 FT，则 FT 随ω2 变化的图象是图中的　（　　）



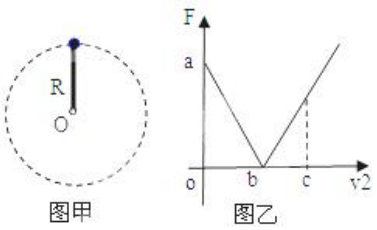
例 19.如图所示,轻杆的一端有一个小球,另一端有光滑的固定轴 O,现给球一初速度,使球和杆一起绕 O 轴在竖直面内转动,不计空气阻力,用 F 表示球到达最高点时杆对小球的作用力,则 F　（　　）



A.一定是拉力　　B.一定是推力

C.一定等于零　　D.可能是拉力,可能是推力,也可能等于零

20.如图甲所示，轻杆一端固定在 O 点，另一端固定一小球，现让小球在竖直平面内做半径为 R 的圆周运动. 小球运动到最高点时，杆与小球间弹力大小为 F，小球在最高点的速度大小为 v，其 F 一 v^2 图象如乙图所示. 则（　）



A．小球的质量为 $\frac{aR}{b}$

B．当地的重力加速度大小为 $\frac{R}{b}$

C．v^2 =c 时，小球对杆的弹力方向向上

D．v^2=2b 时，小球受到的弹力与重力大小不相等