

专题 05 曲线运动

1. (2020·新课标I卷) 如图, 一同学表演荡秋千。已知秋千的两根绳长均为 10 m, 该同学和秋千踏板的总质量约为 50 kg。绳的质量忽略不计, 当该同学荡到秋千支架的正下方时, 速度大小为 8 m/s, 此时每根绳子平均承受的拉力约为()

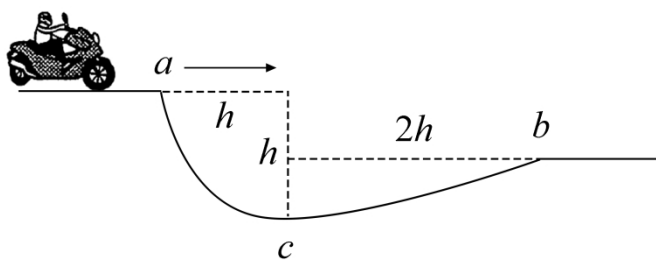


- A. 200 N B. 400 N C. 600 N D. 800 N

【答案】B

【解析】在最低点由 $2T - mg = \frac{mv^2}{r}$, 知 $T=410\text{N}$, 即每根绳子拉力约为 410N, 故选 B。

2. (2020·新课标II卷) 如图, 在摩托车越野赛途中的水平路段前方有一个坑, 该坑沿摩托车前进方向的水平宽度为 $3h$, 其左边缘 a 点比右边缘 b 点高 $0.5h$ 。若摩托车经过 a 点时的动能为 E_1 , 它会落到坑内 c 点。 c 与 a 的水平距离和高度差均为 h ; 若经过 a 点时的动能为 E_2 , 该摩托车恰能越过坑到达 b 点。 $\frac{E_2}{E_1}$ 等于()



A. 20

B. 18

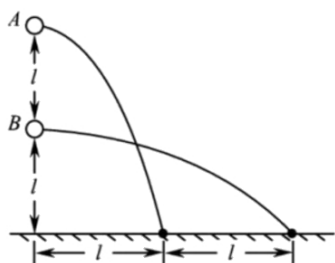
C. 9.0

D. 3.0

【答案】B

【解析】有题意可知当在 a 点动能为 E_1 时，有 $E_1 = \frac{1}{2}mv_1^2$ ，根据平抛运动规律有 $h = \frac{1}{2}gt_1^2$ ， $h = v_1t_1$ ，当在 a 点时动能为 E_2 时，有 $E_2 = \frac{1}{2}mv_2^2$ ，根据平抛运动规律有 $\frac{1}{2}h = \frac{1}{2}gt_2^2$ ， $3h = v_2t_2$ ，联立以上各式可解得 $\frac{E_2}{E_1} = 18$ ，故选 B。

3. (2020·江苏卷) 如图所示，小球 A、B 分别从 $2l$ 和 l 的高度水平抛出后落地，上述过程中 A、B 的水平位移分别为 l 和 $2l$ 。忽略空气阻力，则 ()



A. A 和 B 的位移大小相等

B. A 的运动时间是 B 的 2 倍

C. A 的初速度是 B 的 $\frac{1}{2}$

D. A 的末速度比 B 的大

【答案】AD

【解析】A. 位移为初位置到末位置的有向线段，如图所示可得

$$s_A = \sqrt{l^2 + (2l)^2} = \sqrt{5}l, \quad s_B = \sqrt{l^2 + (2l)^2} = \sqrt{5}l, \quad \text{A 和 B 的位移大小相等, A 正}$$

确; B. 平抛运动运动的时间由高度决定, 即 $t_A = \sqrt{\frac{2 \times 2l}{g}} = \sqrt{2} \times \sqrt{\frac{2l}{g}},$

$t_B = \sqrt{\frac{2 \times l}{g}} = \sqrt{\frac{2l}{g}},$ 则 A 的运动时间是 B 的 $\sqrt{2}$ 倍, B 错误; C. 平抛运动, 在水

平方向上做匀速直线运动, 则 $v_{xA} = \frac{l}{t_A} = \frac{\sqrt{gl}}{2}, \quad v_{xB} = \frac{2l}{t_B} = \sqrt{2gl},$ 则 A 的初速度

是 B 的 $\frac{1}{2\sqrt{2}},$ C 错误; D. 小球 A、B 在竖直方向上的速度分别为 $v_{yA} = 2\sqrt{gl},$

$$v_{yB} = \sqrt{2gl}, \quad \text{所以可得 } v_A = \frac{\sqrt{17gl}}{2}, \quad v_B = 2\sqrt{gl} = \frac{\sqrt{16gl}}{2}, \quad \text{即 } v_A > v_B, \quad \text{D 正确。故}$$

选 AD。

4. (2020·浙江卷) 如图所示, 底部均有 4 个轮子的行李箱 a 竖立、b 平卧放置在公交车上, 箱子四周有一定空间。当公交车 ()



- A. 缓慢启动时, 两只行李箱一定相对车子向后运动
- B. 急刹车时, 行李箱 a 一定相对车子向前运动
- C. 缓慢转弯时, 两只行李箱一定相对车子向外侧运动
- D. 急转弯时, 行李箱 b 一定相对车子向内侧运动

【答案】B

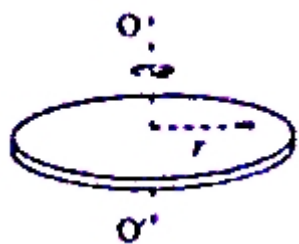
【解析】A. 有题意可知当公交车缓慢启动时，两只箱子与公交车之间的有可能存在静摩擦使箱子与公交车一起运动，故 A 错误；B. 急刹车时，由于惯性，行李箱 a 一定相对车子向前运动，故 B 正确；C. 当公交车缓慢转弯时，两只箱子与车之间的摩擦力可能提供向心力，与车保持相对静止，故 C 错误；D. 当公交车急转弯时，由于需要向心力大，行李箱一定相对车子向外侧运动，故 D 错误。故选 B。

十年高考真题分类汇编(2010－2019) 物理

专题 05 曲线运动

选择题：

1.(2019•海南卷•T6)如图，一硬币(可视为质点)置于水平圆盘上，硬币与竖直转轴 OO' 的距离为 r ，已知硬币与圆盘之间的动摩擦因数为 μ (最大静摩擦力等于滑动摩擦力)，重力加速度大小为 g 。若硬币与圆盘一起 OO' 轴匀速转动，则圆盘转动的最大角速度为



A. $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\mu g}{r}}$

B. $\sqrt{\frac{\mu g}{r}}$

C. $\sqrt{\frac{2\mu g}{r}}$

D. $2\sqrt{\frac{\mu g}{r}}$

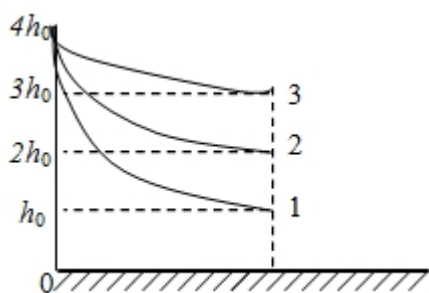
【答案】B

【解析】

硬币做圆周运动的向心力由静摩擦力提供，则 $\mu mg = m\omega^2 r$ ，解得 $\omega = \sqrt{\frac{\mu g}{r}}$ ，即圆盘转动的

最大角速度为 $\sqrt{\frac{\mu g}{r}}$ ，故选 B。

2.(2019•海南卷•T10)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. $s_2 = s_3$

【答案】BC

【解析】

根据 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ 得小滑块离开轨道时的水平速度 $v = \sqrt{2gh}$ ，轨道 1、2、3 下滑的小物块

的初速度之比为 $\sqrt{3} : \sqrt{2} : 1$ ，由 $h = \frac{1}{2}gt^2$ ，可知 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ，轨道 1、2、3 下滑的小物块

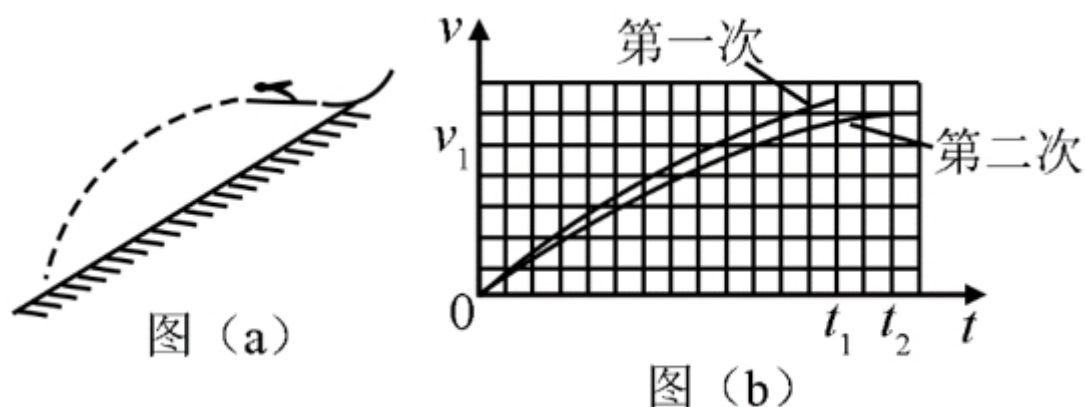
的时间之比为 $1 : \sqrt{2} : \sqrt{3}$ ，根据 $x=vt$ 可知，小物块的落地点到轨道下端的水平距离之比

$s_1 : s_2 : s_3 = \sqrt{3} : 2 : \sqrt{3}$ ，故 BC 正确，AD 错误；

故选：BC。

3.(2019•全国 II 卷•T6)如图(a)，在跳台滑雪比赛中，运动员在空中滑翔时身体的姿态会影响其下落的速度和滑翔的距离。某运动员先后两次从同一跳台起跳，每次都从离开跳台开始计时，用 v 表示他在竖直方向的速度，其 $v-t$ 图像如图(b)所示， t_1 和 t_2 是他落在倾斜雪道上的

时刻。则



- A. 第二次滑翔过程中在竖直方向上的位移比第一次的小
- B. 第二次滑翔过程中在水平方向上的位移比第一次的大
- C. 第一次滑翔过程中在竖直方向上的平均加速度比第一次的大
- D. 竖直方向速度大小为 v_1 时，第二次滑翔在竖直方向上所受阻力和第一次的大

【答案】BD

【解析】

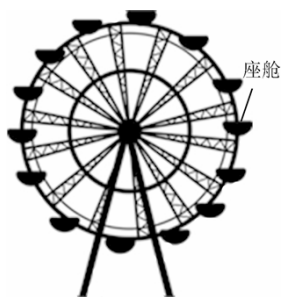
【详解】A.由 $v-t$ 图面积易知第二次面积大于等于第一次面积，故第二次竖直方向下落距离大于第一次下落距离，所以，A 错误；

B.由于第二次竖直方向下落距离大，由于位移方向不变，故第二次水平方向位移大，故 B 正确

C.由于 $v-t$ 斜率知第一次大、第二次小，斜率越大，加速度越大，或由 $\bar{a} = \frac{v-v_0}{t}$ 易知 $a_1 > a_2$ ，故 C 错误

D.由图像斜率，速度为 v_1 时，第一次图像陡峭，第二次图像相对平缓，故 $a_1 > a_2$ ，由 $G-f_y=ma$ ，可知， $f_{y1} < f_{y2}$ ，故 D 正确

4.(2019•江苏卷•T6)如图所示，摩天轮悬挂的座舱在竖直平面内做匀速圆周运动.座舱的质量为 m ，运动半径为 R ，角速度大小为 ω ，重力加速度为 g ，则座舱



- A. 运动周期为 $\frac{2\pi R}{\omega}$
- B. 线速度的大小为 ωR
- C. 受摩天轮作用力的大小始终为 mg
- D. 所受合力的大小始终为 $m\omega^2 R$

【答案】BD

【解析】

由于座舱做匀速圆周运动，由公式 $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ，解得： $T = \frac{2\pi}{\omega}$ ，故 A 错误；由圆周运动的线速度与角速度的关系可知， $v = \omega R$ ，故 B 正确；由于座舱做匀速圆周运动，所以座舱受到摩天轮的作用力是变力，不可能始终为 mg ，故 C 错误；由匀速圆周运动的合力提供向心力可得： $F_{\text{合}} = m\omega^2 R$ ，故 D 正确。

5.(2018·江苏卷)某弹射管每次弹出的小球速度相等.在沿光滑竖直轨道自由下落过程中，该弹射管保持水平，先后弹出两只小球.忽略空气阻力，两只小球落到水平地面的

- A. 时刻相同，地点相同
- B. 时刻相同，地点不同
- C. 时刻不同，地点相同
- D. 时刻不同，地点不同

【答案】B

【解析】本题考查合运动与分运动的关系及时刻和位置的概念，意在考查考生的理解能力。弹射管在竖直方向做自由落体运动，所以弹出小球在竖直方向运动的时间相等，因此两球应同时落地，由于两小球先后弹出，且弹出小球的初速度相同，所以小球在水平方向运动的时间不等，因小球在水平方向做匀速运动，所以水平位移相等，因此落点不相同，故选项 B 正确。

6.(2018·北京卷)根据高中所学知识可知，做自由落体运动的小球，将落在正下方位置。但实际上，赤道上方 200m 处无初速下落的小球将落在正下方位置偏东约 6cm 处，这一现象可解释为，除重力外，由于地球自转，下落过程小球还受到一个水平向东的“力”，该“力”与竖直方向的速度大小成正比，现将小球从赤道地面竖直上抛，考虑对称性，上升过程该“力”水平向西，则小球

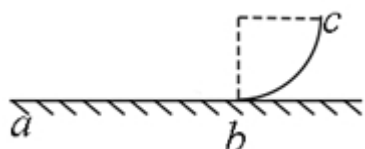
- A. 到最高点时，水平方向的加速度和速度均为零
- B. 到最高点时，水平方向的加速度和速度均不为零
- C. 落地点在抛出点东侧
- D. 落地点在抛出点西侧

【答案】D

【解析】AB、上升过程水平方向向西加速，在最高点竖直方向上速度为零，水平方向上有向西的水平速度，且有竖直向下的加速度，故 AB 错；

CD、下降过程向西减速，按照对称性落至地面时水平速度为 0，整个过程都在向西运动，所以落点在抛出点的西侧，故 C 错，D 正确；故选 D

7.(2018·新课标 I 卷)如图, abc 是竖直面内的光滑固定轨道, ab 水平, 长度为 $2R$: bc 是半径为 R 的四分之一的圆弧, 与 ab 相切于 b 点。一质量为 m 的小球。始终受到与重力大小相等的水平外力的作用, 自 a 点处从静止开始向右运动, 重力加速度大小为 g 。小球从 a 点开始运动到其他轨迹最高点, 机械能的增量为()



- A. $2mgR$ B. $4mgR$ C. $5mgR$ D. $6mgR$

【答案】C

【解析】

设小球运动到 c 点的速度大小为 v_c , 则对小球由 a 到 c 的过程, 由动能定理得: $F \cdot 3R - mgR = \frac{1}{2}mv_c^2$, 又 $F = mg$, 解得: $v_c^2 = 4gR$, 小球离开 c 点后, 在水平方向做初速度为零的匀加速直线运动, 竖直方向在重力作用下做匀减速直线运动, 由牛顿第二定律可知, 小球离开 c 点后水平方向和竖直方向的加速度大小均为 g , 则由竖直方向的运动可知, 小球从离开 c 点到其轨迹最高点所需的时间为: $t = v_c/g = 2\sqrt{\frac{R}{g}}$, 小球在水平方向的加速度 $a = g$, 在水平方向的位移为 $x = \frac{1}{2}at^2 = 2R$ 。由以上分析可知, 小球从 a 点开始运动到其轨迹最高点的过程中, 水平方向的位移大小为 $5R$, 则小球机械能的增加量 $\Delta E = F \cdot 5R = 5mgR$, 选项 C 正确 ABD 错误。

8.(2016·海南卷)在地面上方某点将一小球以一定的初速度沿水平方向抛出, 不计空气阻力, 则小球在随后的运动中

- A. 速度和加速度的方向都在不断变化
B. 速度与加速度方向之间的夹角一直减小
C. 在相等的时间间隔内, 速率的改变量相等

D.在相等的时间间隔内，动能的改变量相等

【答案】B

【解析】由于物体只受重力作用，做平抛运动，故加速度不变，速度大小和方向时刻在变化，选项 A 错误；

设某时刻速度与竖直方向夹角为 θ ，则 $\tan\theta = \frac{v_0}{v_y} = \frac{v_0}{gt}$ ，随着时间 t 变大， $\tan\theta$ 变小， θ 变小，故选项 B 正确；

根据加速度定义式 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = g$ ，则 $\Delta v = g\Delta t$ ，即在相等的时间间隔内，速度的改变量相等，故选项 c 错误；

根据动能定理，在相等的时间间隔内，动能的改变量等于重力做的功，即 $W_G = mgh$ ，对于平抛运动，由于在竖直方向上，在相等时间间隔内的位移不相等，故选项 D 错误。

9.(2015·广东卷·T14)如图所示，帆板在海面上以速度 v 朝正西方向运动，帆船以速度 v 朝正北方向航行，以帆板为参照物



A.帆船朝正东方向航行，速度大小为 v

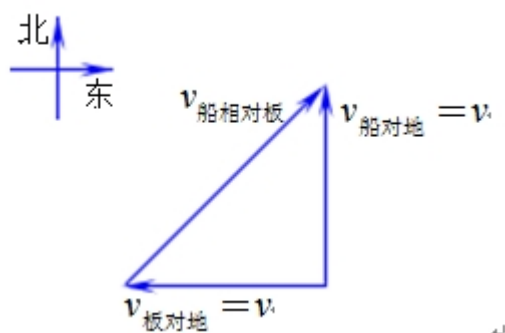
B.帆船朝正西方向航行，速度大小为 v

C.帆船朝南偏东 45° 方向航行，速度大小为 $\sqrt{2}v$

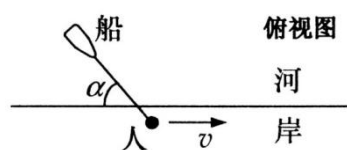
D.帆船朝北偏东 45° 方向航行，速度大小为 $\sqrt{2}v$

【答案】D

【解析】若以帆板为参照物，求帆船的运动，即求帆船相对帆板运动情况，根据伽利略变换可知，此时帆船相对帆板的速度 $v_{\text{船相对板}} = v_{\text{船对地}} - v_{\text{板对地}}$ ，画出其对应矢量示意图如下图所示，根据图中几何关系解得： $v_{\text{船相对板}} = \sqrt{2}v$ ，方向为北偏东 45° ，故选项 D 正确。



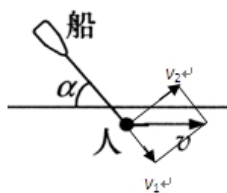
10.(2011·上海卷)如图，人沿平直的河岸以速度 v 行走，且通过不可伸长的绳拖船，船沿绳的方向行进，此过程中绳始终与水面平行。当绳与河岸的夹角为 α ，船的速率为



- A. $v \sin \alpha$ B. $\frac{v}{\sin \alpha}$ C. $v \cos \alpha$ D. $\frac{v}{\cos \alpha}$

【答案】C

【解析】把人的速度 v 沿着绳子方向和垂直于速度方向分解。如图所示。



其中 $v_1 = v \cos \alpha$ ，所以船的速度等于 $v \cos \alpha$ ，因此 C 选项正确。

11.(2014·四川卷)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()

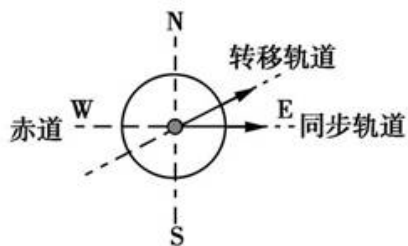
- A. $\frac{kv}{\sqrt{k^2 - 1}}$ B. $\frac{v}{\sqrt{1 - k^2}}$ C. $\frac{kv}{\sqrt{1 - k^2}}$ D. $\frac{v}{\sqrt{k^2 - 1}}$

【答案】B

【解析】设小船相对静水的速度为 v_c ，去程时过河的时间为 $t_1 = \frac{d}{v_c}$ ，回程的时间

$t_2 = \frac{d}{\sqrt{v_c^2 - v^2}}$ ，由题意知 $\frac{t_1}{t_2} = k$ ，解得 $v_c = \frac{v}{\sqrt{1 - k^2}}$ ，故选项 B 正确。

12.(2015·全国新课标II卷·T16)由于卫星的发射场不在赤道上，同步卫星发射后需从转移轨道经过调整再进入地球同步轨道。当卫星在转移轨道上飞经赤道上空时，发动机点火，给卫星一附加速度，使卫星沿同步轨道运行。已知同步卫星的环绕速度约为 $3.1 \times 10^3 \text{ s}$ ，某次发射卫星飞经赤道上空时的速度为 $1.55 \times 10^3 \text{ s}$ ，此时卫星的高度与同步轨道的高度相同，转移轨道和同步轨道的夹角为 30° ，如图所示，发动机给卫星的附加速度的方向和大小约为



A. 西偏北方向, $1.9 \times 10^3 \text{ m/s}$

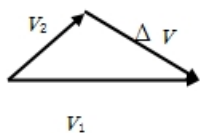
B. 东偏南方向, $1.9 \times 10^3 \text{ m/s}$

C. 西偏北方向, $2.7 \times 10^3 \text{ m/s}$

D. 东偏南方向, $2.7 \times 10^3 \text{ m/s}$

【答案】B

【解析】如下图所示：



由余弦定理, 可知 $\Delta v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2 \cos 30^\circ} = 1.9 \times 10^3 \text{ m/s}$, 方向: 东偏南方向,

故 B 正确, A、C 错误。

13.(2013·海南卷)关于物体所受合外力的方向, 下列说法正确的是

A. 物体做速率逐渐增加的直线运动时, 其所受合外力的方向一定与速度方向相同

B. 物体做变速率曲线运动时, 其所受合外力的方向一定改变

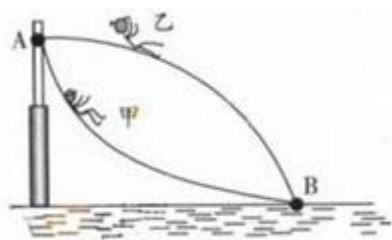
C. 物体做变速率圆周运动时, 其所受合外力的方向一定指向圆心

D. 物体做匀速率曲线运动时, 其所受合外力的方向总是与速度方向垂直

【答案】AD

【解析】本题考查考生的辨析理解能力。物体做速率逐渐增加的直线运动时，其加速度跟速度方向一致，故其所受合外力的方向一定与速度方向相同，A 正确；物体做变速率曲线运动时，其所受合外力的方向不一定改变，如做平抛运动的物体，B 错误；物体只有在做匀速率圆周运动时，合外力才全部充当向心力，物体做变速率圆周运动时，只是合外力有指向圆心的分量，但其所受合外力的方向不指向圆心，故 C 错误；物体做匀速率曲线运动时，据动能定理可知合外力不做功，故物体所受合外力的方向总是与速度方向垂直，D 正确。本题选 AD。

14.(2013·广东卷)如图所示，游乐场中，从高处 A 到水面 B 处有两条长度相等的光滑轨道。甲、乙两小孩沿不同轨道同时从 A 处自由滑向 B 处，下列说法正确的有



- A. 甲的切向加速度始终比乙的大
- B. 甲、乙在同一高度的速度大小相等
- C. 甲、乙在同一时刻总能到达同一高度
- D. 甲比乙先到达 B 处

【答案】BD

【解析】分析受力结合牛顿第二定律可知，甲的切向加速度先比乙的大，后比乙的小，故 A 错误；由机械能守恒定律可知，B 正确； $v-t$ 图象可知，C 错，D 对。
易错选项 D，不好想。

15.(2018·全国 III 卷)在一斜面顶端，将甲乙两个小球分别以 v 和 $\frac{v}{2}$ 的速度沿同一方向水平抛出，两球都落在该斜面上。甲球落至斜面时的速率是乙球落至斜面时速率的

A. 2 倍 B. 4 倍 C. 6 倍 D. 8 倍

【答案】A

【解析】试题分析 本题考查平抛运动规律、机械能守恒定律及其相关的知识点。

设甲球落至斜面时的速率为 v_1 ，乙落至斜面时的速率为 v_2 ，由平抛运动规律， $x=vt$ ， $y=gt^2$ ，设斜面倾角为 θ ，由几何关系， $\tan\theta=y/x$ ，小球由抛出到落至斜面，由机械能守恒定律， $mv^2+mgy=mv_1^2$ ，联立解得： $v_1=\sqrt{1+\tan^2\theta}\cdot v$ ，即落至斜面时的速率与抛出时的速率成正比。同理可得， $v_2=\sqrt{1+\tan^2\theta}\cdot v/2$ ，所以甲球落至斜面时的速率是乙球落至斜面时的速率的 2 倍，选项 A 正确。

16.(2017·新课标I卷)发球机从同一高度向正前方依次水平射出两个速度不同的乒乓球(忽略空气的影响)。速度较大的球越过球网，速度较小的球没有越过球网；其原因是

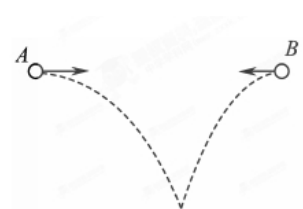
- A.速度较小的球下降相同距离所用的时间较多
- B.速度较小的球在下降相同距离时在竖直方向上的速度较大
- C.速度较大的球通过同一水平距离所用的时间较少

D.速度较大的球在相同时间间隔内下降的距离较大

【答案】C

【解析】由题意知，速度大的球先过球网，即同样的时间速度大的球水平位移大，或者同样的水平距离速度大的球用时少，故 C 正确，ABD 错误。

17.(2017·江苏卷)如图所示，A、B 两小球从相同高度同时水平抛出，经过时间 t 在空中相遇，若两球的抛出速度都变为原来的 2 倍，则两球从抛出到相遇经过的时间为

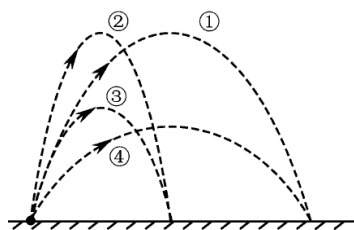


(A) t (B) $\frac{\sqrt{2}}{2}t$ (C) $\frac{t}{2}$ (D) $\frac{t}{4}$

【答案】C

【解析】设第一次抛出时 A 球的速度为 v_1 ，B 球的速度为 v_2 ，则 A、B 间的水平距离 $x=(v_1+v_2)t$ ，第二次两球的速度为第一次的 2 倍，但两球间的水平距离不变，则 $x=2(v_1+v_2)T$ ，联立得 $T=t/2$ ，所以 C 正确；ABD 错误。

18.(2016·江苏卷)有 A、B 两小球，B 的质量为 A 的两倍.现将它们以相同速率沿同一方向抛出，不计空气阻力.图中①为 A 的运动轨迹，则 B 的运动轨迹是



A. ①

B. ②

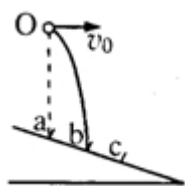
C. ③

D. ④

【答案】A

【解析】由题意知 A、B 两小球抛出的初速度相同，由牛顿第二定律知，两小球运动的加速度相同，所以运动的轨迹相同，故 A 正确；B、C、D 错误。

19.(2012·上海卷)如图，斜面上 a、b、c 三点等距，小球从 a 点正上方 O 点抛出，做初速为 v_0 的平抛运动，恰落在 b 点。若小球初速变为 v ，其落点位于 c，则



A. $v_0 < v < 2v_0$

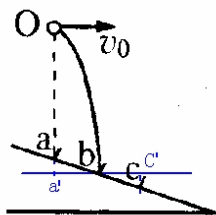
B. $v = 2v_0$

C. $2v_0 < v < 3v_0$

D. $v > 3v_0$

【答案】A

【解析】过 b 做一条水平线，如图所示其中 a' 在 a 的正下方，而 C' 在 C 的正上方，这样 $a'b = bc'$ ，此题相当于第一次从 a' 正上方 O 点抛出恰好落到 b 点，第二次还是从 O 点抛出若落到 C 点，一定落到 C' 的左侧，第二次的水平位移小于第一次的 2 倍，显然第二次的速度应满足： $v_0 < v < 2v_0$



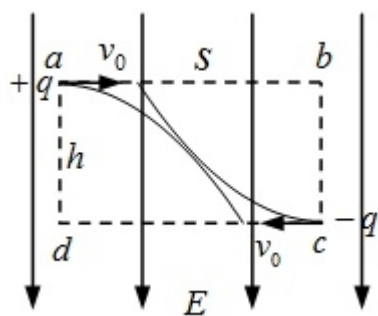
20.(2014·上海卷)在离地高 h 处, 沿竖直方向同时向上和向下抛出两个小球, 她们的初速度大小均为 v , 不计空气阻力, 两球落地的时间差为

- A. $\frac{2v}{g}$ B. $\frac{v}{g}$ C. $\frac{2h}{v}$ D. $\frac{h}{v}$

【答案】A

【解析】不计空气阻力, 根据动能定理有竖直向上抛出的小球 $mgh = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv^2$, 竖直向下抛出的小球 $mgh = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv^2$, 整理可得两个小球落地的末速度 $v_1 = v_2$ 。不计空气阻力, 两个小球都是匀变速直线运动, 加速度都等于重力加速度, 以竖直向下为正, 对竖直向上抛出的小球有 $t_1 = \frac{v_1 - (-v)}{g}$, 对竖直向下抛出的小球有 $t_2 = \frac{v_2 - v}{g}$, 整理可得 $t_1 - t_2 = \frac{2v}{g}$ 。

21.(2014·山东卷)如图, 场强大小为 E 、方向竖直向下的匀强电场中有一矩形区域 $abcd$, 水平边 ab 长为 s , 竖直边 ad 长为 h 。质量均为 m 、带电荷量分别为 $+q$ 和 $-q$ 的两粒子, 由 a 、 c 两点先后沿 ab 和 cd 方向以速率 v_0 进入矩形区(两粒子不同时出现在电场中)。不计重力, 若两粒子轨迹恰好相切, 则 v_0 等于



- A. $\frac{s}{2} \sqrt{\frac{2qE}{mh}}$ B. $\frac{s}{2} \sqrt{\frac{qE}{mh}}$ C. $\frac{s}{4} \sqrt{\frac{2qE}{mh}}$ D. $\frac{s}{4} \sqrt{\frac{qE}{mh}}$

【答案】B

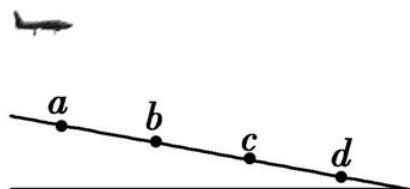
【解析】两个粒子都做类平抛运动，轨迹相切时，速度方向恰好相反，即在该点，

速度方向与水平方向夹角相同 $\frac{v_0}{at_1} = \frac{v_0}{at_2}$ ，而 $Eq = ma$ ，两个粒子都做类平抛运动

，水平方向： $v_0 t_1 + v_0 t_2 = s$ ，竖直方向： $\frac{1}{2} at_1^2 + \frac{1}{2} at_2^2 = h$ ，由以上各式整理得：

$v_0 = \frac{s}{2} \sqrt{\frac{Eq}{mh}}$ ，因此 B 正确，ACD 错误。

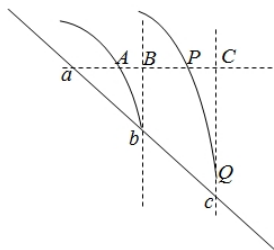
22.(2015·上海卷·T16)如图，战机在斜坡上方进行投弹演练。战机水平匀速飞行，每隔相等时间释放一颗炸弹，第一颗落在 a 点，第二颗落在 b 点。斜坡上 c、d 两点与 a、b 共线，且 $ab=bc=cd$ ，不计空气阻力。第三颗炸弹将落在



- A.bc 之间 B.c 点 C.cd 之间 D.d 点

【答案】A

【解析】如图所示



假设第二颗炸弹的轨迹经过 a、b，第三颗炸弹的轨迹经过 P、Q；a、A、B、P、C 在同一水平线上，由题意可知，设 $aA=AP=x_0$ ， $ab=bc=L$ ，斜面的倾角为 θ ，三颗炸弹到达 a 所在水平面的竖直速度为 v_y ，水平速度为 v_0 ，

对第二颗炸弹：水平方向： $x_1 = L \cos \theta - x_0 = v_0 t_1$ ，竖直方向： $y_1 = v_y t_1 + \frac{1}{2} g t_1^2$

对第三颗炸弹：水平方向： $x_2 = 2L \cos \theta - 2x_0 = v_0 t_2$ ，竖直方向： $y_2 = v_y t_2 + \frac{1}{2} g t_2^2$

解得： $t_2=2t_1$ ； $y_2>2y_1$ ；所以 Q 点在 c 点的下方，也就是第三颗炸弹将落在 bc 之间，故 A 正确，B、C、D 错误。

23.(2015·浙江卷·T17)如图所示为足球球门，球门宽为 L，一个球员在球门中心正前方距离球门 s 处高高跃起，将足球顶入球门的左下方死角(图中 P 点)。球员顶球点的高度为 h。足球做平抛运动(足球可看做质点，忽略空气阻力)则



A. 足球位移大小 $x = \sqrt{\frac{L^2}{4} + s^2}$

B. 足球初速度的大小 $v_0 = \sqrt{\frac{g}{2h} \left(\frac{L^2}{4} + s^2 \right)}$

C. 足球末速度的大小 $v = \sqrt{\frac{g}{2h} \left(\frac{L^2}{4} + s^2 \right) + 4gh}$

D. 足球初速度的方向与球门线夹角的正切值 $\tan \theta = \frac{L}{2s}$

【答案】B

【解析】根据几何知识可得足球的位移为 $x = \sqrt{h^2 + s^2 + \frac{L^2}{4}}$ ，A 错误；足球做平抛

运动，在水平方向上有 $x' = v_0 t$ ，在竖直方向上有 $h = \frac{1}{2} g t^2$ ，联立解得

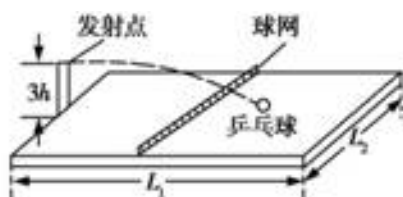
$v_0 = \sqrt{\frac{g}{2h} \left(\frac{L^2}{4} + s^2 \right)}$ ，B 正确；根据运动的合成可得足球末速度的大小

$v = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$ ，结合 $h = \frac{1}{2} g t^2$ ， $v_0 = \sqrt{\frac{g}{2h} \left(\frac{L^2}{4} + s^2 \right)}$ ，解得 $v = \sqrt{\frac{g}{2h} \left(\frac{L^2}{4} + s^2 \right) + 2gh}$

，C 错误；足球初速度的方向与球门线夹角等于足球做平抛运动过程张水平方向

上的位移与球门线的夹角，故根据几何知识可知 $\tan \theta = \frac{s}{\frac{L}{2}} = \frac{2s}{L}$ ，D 错误。

24.(2015·全国新课标I卷·T18)一带有乒乓球发射机的乒乓球台如图所示。水平台面的长和宽分别为 L_1 和 L_2 ，中间球网高度为 h 。发射机安装于台面左侧边缘的中点，能以不同速率向右侧不同方向水平发射乒乓球，发射点距台面高度为 $3h$ 。不计空气的作用，重力加速度大小为 g 。若乒乓球的发射速率为 v 在某范围内，通过选择合适的方向，就能使乒乓球落到球网右侧台面上，则 v 的最大取值范围是



$$A. \frac{L_1}{2} \sqrt{\frac{g}{6h}} < v < L_2 \sqrt{\frac{g}{6h}}$$

$$B. \frac{L_1}{4} \sqrt{\frac{g}{h}} < v < \sqrt{\frac{(4L_1^2 + L_2^2)g}{6h}}$$

$$C. \frac{L_1}{2} \sqrt{\frac{g}{6h}} < v < \frac{1}{2} \sqrt{\frac{(4L_1^2 + L_2^2)g}{6h}}$$

$$D. \frac{L_1}{4} \sqrt{\frac{g}{h}} < v < \frac{1}{2} \sqrt{\frac{(4L_1^2 + L_2^2)g}{6h}}$$

【答案】D

【解析】发射机无论向哪个方向水平发射，乒乓球都是平抛运动，竖直高度决定了

运动的时间 $t = \sqrt{\frac{2 \times 3h}{g}} = \sqrt{\frac{6h}{g}}$ ，水平方向匀速直线运动，水平位移最小即沿中线

方向水平发射恰好过球网，此时从发球点到球网，下降高度为 $3h - h = 2h$ ，水平

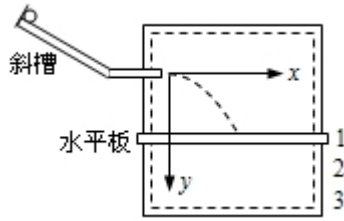
位移大小为 $\frac{L_1}{2}$ ，可得运动时间 $t = \sqrt{\frac{2 \times 2h}{g}} = \sqrt{\frac{4h}{g}}$ 对应的最小初速度 $v = \frac{L_1}{2} \sqrt{\frac{g}{4h}}$ 。

水平位移最大即斜向对方台面的两个角发射，根据几何关系此时的位移大小为

$\frac{1}{2} \sqrt{4L_1^2 + L_2^2}$ ，所以平抛的初速度 $\frac{L_1}{2} \times \sqrt{\frac{g}{4h}} \leq v \leq \frac{1}{2} \sqrt{4L_1^2 + L_2^2} \times \sqrt{\frac{g}{6h}}$ ，对照选项 D

对。

25.(2013·北京卷)在实验操作前应该对实验进行适当的分析。研究平抛运动的实验装置示意如图。小球每次都从斜槽的同一位置无初速度释放，并从斜槽末端水平飞出。改变水平板的高度，就改变了小球在板上落点的位置，从而可描绘出小球的运动轨迹。某同学设想小球先后三次做平抛，将水平板依次放在如图 1、2、3 的位置，且 1 与 2 的间距等于 2 与 3 的间距。若三次实验中，小球从抛出点到落点的水平位移依次是 x_1 ， x_2 ， x_3 ，机械能的变化量依次为 ΔE_1 ， ΔE_2 ， ΔE_3 ，忽略空气阻力的影响，下面分析正确的是



A. $x_2 - x_1 = x_3 - x_2$, $\Delta E_1 = \Delta E_2 = \Delta E_3$

B. $x_2 - x_1 > x_3 - x_2$, $\Delta E_1 = \Delta E_2 = \Delta E_3$

C. $x_2 - x_1 > x_3 - x_2$, $\Delta E_1 < \Delta E_2 < \Delta E_3$

D. $x_2 - x_1 < x_3 - x_2$, $\Delta E_1 < \Delta E_2 < \Delta E_3$

【答案】B

【解析】物体下落时机械能守恒，下落过程中，机械能保持不变，即机械能的变化为零；而平抛运动中，小球在竖直方向小球做自由落体运动，下落相同的高度，时间越来越短，水平方向上做匀速运动，水平位移越来越小，因此 B 正确，A、C、D 错误。

26.(2013·安徽卷)由消防水龙带的喷嘴喷出水的流量是 $0.28\text{m}^3/\text{min}$ ，水离开喷口时的速度大小为 $16\sqrt{3}\text{m/s}$ ，方向与水平面夹角为 60° ，在最高处正好到达着火位置，忽略空气阻力，则空中水柱的高度和水量分别是(重力加速度 g 取 10m/s^2)

A. 28.8m $1.12 \times 10^{-2}\text{m}^3$

B. 28.8m 0.672m^3

C. 38.4m $1.29 \times 10^{-2}\text{m}^3$

D. 38.4m 0.776m^3

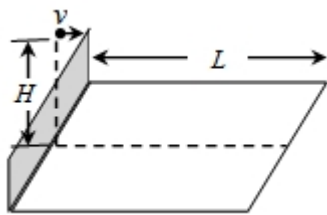
【答案】A

【解析】水速的竖直分量 $V_y = V \sin 60 = 24\text{m/s}$ ，空中水柱的高度 $h = \frac{V_y^2}{2g} = 28.8\text{m}$ ，

水在空中的时间 $t = \frac{2V_y}{g} = 4.8\text{s}$ ，空中水柱的水量是 $0.28\text{m}^3/\text{min} \times 4.8\text{s} = 1.12 \times 10^{-2}\text{m}^3$ ，

故 A 对，B、C、D 错。

27.(2011·广东卷)如图所示，在网球的网前截击练习中，若练习者在球网正上方距地面 H 处，将球以速度 v 沿垂直球网的方向击出，球刚好落在底线上，已知底线到网的距离为 L ，重力加速度取 g ，将球的运动视作平抛运动，下列表述正确的是



A.球的速度 v 等于 $L\sqrt{\frac{2H}{g}}$

B.球从击出至落地所用时间为 $\sqrt{\frac{2H}{g}}$

C.球从击球点至落地点的位移等于 L

D.球从击球点至落地点的位移与球的质量有关

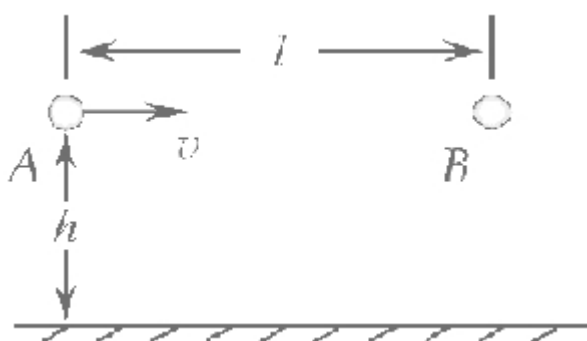
【答案】AB

【解析】网球做的是平抛运动，在水平方向上匀速直线运动： $L = Vt$ ，在竖直方向

上，小球做自由落体运动： $H = \frac{1}{2}gt^2$ ，代入数据解得： $v = L\sqrt{\frac{g}{2H}}$ ， $t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$ ，

所以 AB 正确；位移是指从初位置到末位置的有向线段，初位置是在球网正上方距地面 H 处，末位置是在底线上，所以位移的大小为 $\sqrt{H^2 + L^2}$ ，与球的质量无关，所以 CD 错误。

28.(2012·江苏卷)如图所示，相距 l 的两小球 A、B 位于同一高度 h (l, h 均为定值)。将 A 向 B 水平抛出的同时，B 自由下落。A、B 与地面碰撞前后，水平分速度不变，竖直分速度大小不变、方向相反。不计空气阻力及小球与地面碰撞的时间，则



- A. A、B 在第一次落地前能否相碰，取决于 A 的初速度
- B. A、B 在第一次落地前若不碰，此后就不会相碰
- C. A、B 不可能运动到最高处相碰
- D. A、B 一定能相碰

【答案】AD

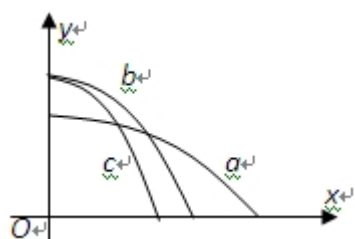
【解析】A、B 在竖直方向的运动情况相同，始终处于相同的高度，小球在空中运

动的时间由 $h = \frac{1}{2}gt^2, t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ，当 $l = v_0t$ 时，两球相遇， h 一定，所以 A、B 在第

一次落地前能否相碰，取决于 A 的初速度，A 项正确，A、B 与地面碰撞后，竖直分速度大小不变、方向相反，因此 A、B 竖直方向的运动情况仍然相同，始终处

于相同的高度，水平速度不变，A 会继续向右做抛体运动，当 $l = v_0 t$ 时，AB 相碰，可能发生在最高处，C 项错，A、B 一定能相碰，D 项正确。

29.(2012·新课标全国卷)如图，x 轴在水平地面内，y 轴沿竖直方向。图中画出了从 y 轴上沿 x 轴正向抛出的三个小球 a、b 和 c 的运动轨迹，其中 b 和 c 是从同一点抛出的，不计空气阻力，则



A.a 的飞行时间比 b 的长

B.b 和 c 的飞行时间相同

C.a 的水平速度比 b 的小

D.b 的初速度比 c 的大

【答案】BD

【解析】由图象可以看出，bc 两个小球的抛出高度相同，a 的抛出高度最小，根据

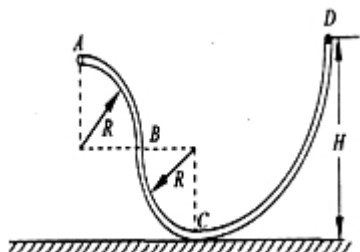
$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ 可知，a 的运动时间最短，bc 运动时间相等，故 A 错误，B 正确；由图象

可以看出，abc 三个小球的水平位移关系为 a 最大，c 最小，根据 $x = v_0 t$ 可知， $v_0 = \frac{x}{t}$

，所以 a 的初速度最大，c 的初速度最小，故 C 错误，D 正确；故选 BD。

30.(2012·浙江卷)由光滑细管组成的轨道如图所示，其中 AB 段是半径为 R 的四分之一圆弧，轨道固定在竖直平面内。一质量为 m 的小球，从距离水平地面高

为 H 的管口 D 处静止释放，最后能够从 A 端水平抛出落到地面上。下列说法正确的是



- A. 小球落到地面相对于 A 点的水平位移值为 $2\sqrt{RH - 2R^2}$
- B. 小球落到地面相对于 A 点的水平位移值为 $2\sqrt{2RH - 4R^2}$
- C. 小球能从细管 A 端水平抛出的条件是 $H > 2R$
- D. 小球能从细管 A 端水平抛出的最小高度 $H_{\min} = \frac{5}{2}R$

【答案】BC

【解析】从 A 到 D 运动过程中只有重力做功，机械能守恒，根据机械能守恒定律得：

$$\frac{1}{2}mv_A^2 + mg2R = mgH, \text{ 解得: } v_A = \sqrt{2gH - 4gR}。$$

从 A 点抛出后做平抛运动，则 $2R = \frac{1}{2}gt^2$ ，得 $t = \sqrt{\frac{4R}{g}}$ ，则 $x = v_A t = 2\sqrt{2RH - 4R^2}$ 故 A

错误， B 正确；细管可以提供支持力，所以到达 A 点的速度大于零即可，

即 $v_A = \sqrt{2gH - 4gR} > 0$ ，解得： $H > 2R$ ，故 C 正确， D 错误。

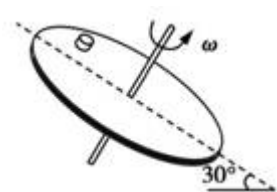
31.(2018·江苏卷)(多选)火车以 60 m/s 的速率转过一段弯道，某乘客发现放在桌面上的指南针在 10 s 内匀速转过了约 10° 。在此 10 s 时间内，火车()

- A. 运动路程为 600 m
- B. 加速度为零
- C. 角速度约为 1 rad/s
- D. 转弯半径约为 3.4 km

【答案】AD

【解析】圆周运动的弧长 $s=vt=60\times 10\text{m}=600\text{m}$ ，选项 A 正确；火车转弯是圆周运动，圆周运动是变速运动，所以合力不为零，加速度不为零，故选项 B 错误；由题意得圆周运动的角速度 $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{10}{180 \times 10} \times 3.14\text{rad/s} = \frac{3.14}{180} \text{rad/s}$ ，又 $v = \omega r$ ，所以 $r = \frac{v}{\omega} = \frac{60}{\frac{3.14}{180}} \times 180\text{m} = 3439\text{m}$ ，故选项 C 错误、D 正确。

32.(2014·安徽卷·T19)如图所示，一倾斜的匀质圆盘垂直于盘面的固定对称轴以恒定的角速度 ω 转动，盘面上离转轴距离 2.5m 处有一小物体与圆盘始终保持相对静止，物体与盘面间的动摩擦因数为 $\frac{\sqrt{3}}{2}$ 。设最大静摩擦力等于滑动摩擦力)，盘面与水平面间的夹角为 30° ， g 取 10m/s^2 。则 ω 的最大值是

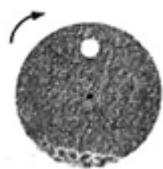


- A. $\sqrt{5} \text{ rad/s}$
- B. $\sqrt{3} \text{ rad/s}$
- C. 1.0 rad/s
- D. 0.5 rad/s

【答案】C

【解析】随着角速度的增大，小物体最先相对于圆盘发生相对滑动的位置为转到最低点时，此时对小物体有 $\mu mg \cos \theta - mg \sin \theta = m\omega^2 r$ ，解得 $\omega = 1.0 \text{ rad/s}$ ，此即为小物体在最低位置发生相对滑动的临界角速度。故选 C。

33.(2014·上海卷)如图，带有一白点的黑色圆盘，可绕过其中心，垂直于盘面的轴匀速转动，每秒沿顺时针方向旋转 30 圈。在暗室中用每秒闪光 31 次的频闪光源照射圆盘，观察到白点每秒沿



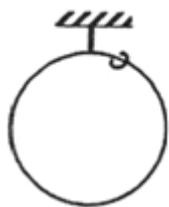
- A. 顺时针旋转 31 圈 B. 逆时针旋转 31 圈
C. 顺时针旋转 1 圈 D. 逆时针旋转 1 圈

【答案】D

【解析】白点每隔 $\frac{1}{30} \text{ s}$ 回到出发点，而闪光灯每隔 $\frac{1}{31} \text{ s}$ 闪光一次，假设至少经过 $t \text{ s}$ 白点刚好回到出发点而闪光灯刚好闪光，即刚好是 $\frac{1}{30} \text{ s}$ 和 $\frac{1}{31} \text{ s}$ 的最小公倍数则有 $t = 1 \text{ s}$ ，所以观察到白点每秒钟转 1 圈，选项 AB 错。其实相当于两个质点以不同的角速度做匀速圆周运动，再次处在同一半径时，即观察到白点转动一周，由于白点的角速度小于以 $\frac{1}{31} \text{ s}$ 的周期做匀速圆周运动角速度，所以观察到白点向后即逆时针方向运动。

34.(2014·新课标全国II卷·T17)如图，一质量为 M 的光滑大圆环，用一细轻杆固定在竖直平面内；套在大圆环上的质量为 m 的小环(可视为质点)，从大圆环的最

高处由静止滑下，重力加速度为 g 。当小圆环滑到大圆环的最低点时，大圆环对轻杆拉力的大小为



- A. $Mg-5mg$ B. $Mg+mg$ C. $Mg+5mg$ D. $Mg+10mg$

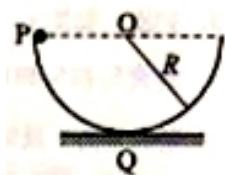
【答案】C

根据机械能守恒，小圆环到达大圆环低端时： $mg \cdot 2R = \frac{1}{2}mv^2$ ，对小圆环在最

低点，由牛顿定律可得： $F_N - mg = m\frac{v^2}{R}$ ；对大圆环，由平衡可知：

$F_T = Mg + F_N$ ，解得 $F_T = Mg + 5mg$ ，选项 C 正确。

35.(2015·海南卷·T4)如图，一半径为 R 的半圆形轨道竖直固定放置，轨道两端登高。质量为 m 的质点自轨道端点 P 由静止开始滑下，滑到最低点 Q 时，对轨道的正压力为 $2mg$ ，重力加速度大小为 g ，质点自 P 滑到 Q 的过程中，克服摩擦力所做的功为

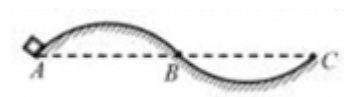


- A. $\frac{1}{4}mgR$ B. $\frac{1}{3}mgR$ C. $\frac{1}{2}mgR$ D. $\frac{\pi}{4}mgR$

【答案】C

【解析】在 Q 点质点受到竖直向下的重力，和竖直向上的支持力，两力的合力充当向心力，所以有 $N - mg = m \frac{v^2}{R}$ ， $N = 2mg$ ，联立解得 $v = \sqrt{gR}$ ，下落过程中重力做正功，摩擦力做负功，根据动能定理可得 $mgR - W_f = \frac{1}{2}mv^2$ ，解得 $W_f = \frac{1}{2}mgR$ ，所以克服摩擦力做功 $\frac{1}{2}mgR$ ，C 正确。

36.(2015·福建卷·T17)如图，在竖直平面内，滑道 ABC 关于 B 点对称，且 A、B、C 三点在同一水平线上。若小滑块第一次由 A 滑到 C，所用的时间为 t_1 ，第二次由 C 滑到 A，所用时间为 t_2 ，小滑块两次的初速度大小相同且运动过程始终沿着滑道滑行，小滑块与滑道的动摩擦因数恒定，则



- A. $t_1 < t_2$ B. $t_1 = t_2$ C. $t_1 > t_2$ D. 无法比较 t_1 、 t_2 的大小

【答案】A

【解析】在 AB 段，根据牛顿第二定律 $mg - F_N = m \frac{v^2}{R}$ ，速度越大，滑块受支持力越小，摩擦力就越小，在 BC 段，根据牛顿第二定律 $F_N - mg = m \frac{v^2}{R}$ ，速度越大，滑块受支持力越大，摩擦力就越大，由题意知从 A 运动到 C 相比从 C 到 A，在 AB 段速度较大，在 BC 段速度较小，所以从 A 到 C 运动过程受摩擦力较小，用时短，所以 A 正确。

37.(2013 北京卷)某原子电离后其核外只有一个电子，若该电子在核的经典力作用下绕核做匀速圆周运动，那么电子运动

A.半径越大，加速度越大

B.半径越小，周期越大

C.半径越大，角速度越小

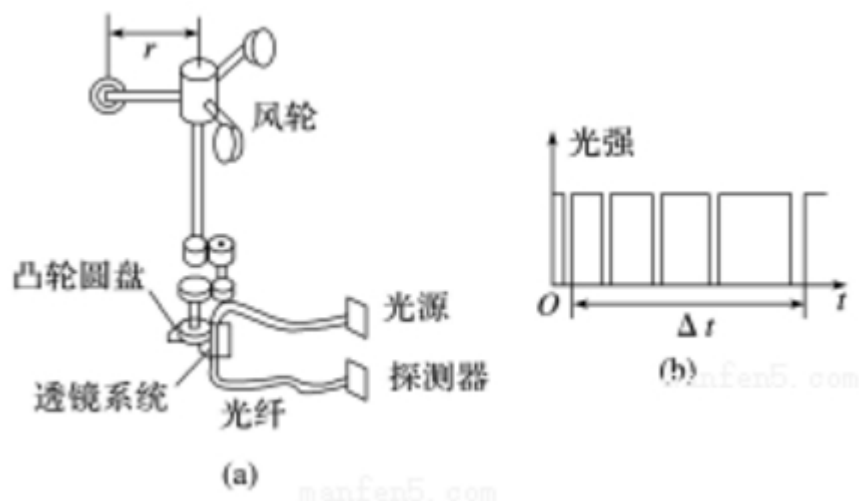
D.半径越小，线速度越小

【答案】C

【解析】根据题意，库仑力提供核外电子的向心力，即

$$k \frac{Qq}{r^2} = m \frac{v^2}{r} = mr\omega^2 = mr \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2, \text{ C 正确, A、B、D 错误。}$$

38.(2016·上海卷·T16)风速仪结构如图(a)所示。光源发出的光经光纤传输，被探测器接收，当风轮旋转时，通过齿轮带动凸轮圆盘旋转，当圆盘上的凸轮经过透镜系统时光被挡住。已知风轮叶片转动半径为 r ，每转动 n 圈带动凸轮圆盘转动一圈。若某段时间 Δt 内探测器接收到的光强随时间变化关系如图(b)所示，则该时间段内风轮叶片



A.转速逐渐减小，平均速率为 $\frac{4\pi nr}{\Delta t}$
 $\frac{8\pi nr}{\Delta t}$

B.转速逐渐减小，平均速率为

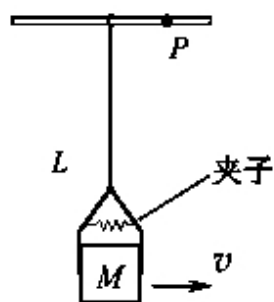
C.转速逐渐增大, 平均速率为 $\frac{4\pi nr}{\Delta t}$
 $\frac{8\pi nr}{\Delta t}$

D.转速逐渐增大, 平均速率为

【答案】B

【解析】据题意, 从 b 图可以看出, 在 Δt 时间内, 探测器接收到光的时间在增长, 圆盘凸轮的挡光时间也在增长, 可以确定圆盘凸轮的转动速度在减小; 在 Δt 时间内可以从图看出有 4 次挡光, 即圆盘转动 4 周, 则风轮叶片转动了 $4n$ 周, 风轮叶片转过的弧长为 $l = 4n \times 2\pi r$, 叶片转动速率为: $v = \frac{8n\pi r v}{\Delta t}$, 故选项 B 正确。

39.(2017·江苏卷·T5)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 $\sqrt{\frac{(2F - Mg)L}{M}}$

【答案】D

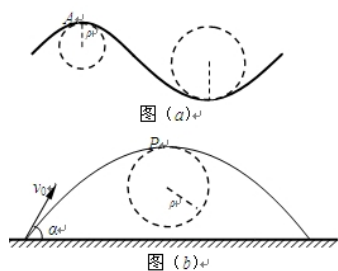
【解析】由题意知， F 为夹子与物块间的最大静摩擦力，但在实际运动过程中，夹子与物块间的静摩擦力没有达到最大，故物块向右匀速运动时，绳中的张力等于 Mg ，不等于 $2F$ ，A

错误；环碰到钉子时，物块做圆周运动， $F_T - Mg = M \frac{v^2}{L}$ ，绳上的拉力大于物块的重力

Mg ，当绳上拉力大于 $2F$ 时，物块将从夹子中滑出，即 $2F - Mg = M \frac{v^2}{L}$ ，此时速度

$v = \sqrt{\frac{(2F - Mg)L}{M}}$ ，故 B 错误；D 正确；滑块能上升的最大高度， $h = \frac{v^2}{2g}$ ，所以 C 错误。

40.(2011·安徽卷)一般的曲线运动可以分成很多小段，每小段都可以看成圆周运动的一部分，即把整条曲线用一系列不同半径的小圆弧来代替。如图(a)所示，曲线上的 A 点的曲率圆定义为：通过 A 点和曲线上紧邻 A 点两侧的两点作一圆，在极限情况下，这个圆就叫做 A 点的曲率圆，其半径 ρ 叫做 A 点的曲率半径。现将一物体沿与水平面成 α 角的方向以速度 v_0 抛出，如图(b)所示。则在其轨迹最高点 P 处的曲率半径是



- A. $\frac{v_0^2}{g}$ B. $\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}$ C. $\frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{g}$ D. $\frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{g \sin \alpha}$

【答案】C

【解析】物体在其轨迹最高点 P 处只有水平速度，其水平速度大小为 $v_0 \cos \alpha$ ，在最高点，把物体的运动看成圆周运动的一部分，物体的重力作为向心力，由向心力的公式得 $mg = m \frac{(v_0 \cos \alpha)^2}{\rho}$ ，所以在其轨迹最高点 P 处的曲率半径是

$$\rho = \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{g}, \text{ 故 C 正确.}$$

41.(2016·全国新课标III卷)如图，一固定容器的内壁是半径为 R 的半球面；在半球面水平直径的一端有一质量为 m 的质点 P。它在容器内壁由静止下滑到最低点的过程中，克服摩擦力做的功为 W。重力加速度大小为 g。设质点 P 在最低点时，向心加速度的大小为 a，容器对它的支持力大小为 N，则



A. $a = \frac{2(mgR - W)}{mR}$ B. $a = \frac{2mgR - W}{mR}$ C. $N = \frac{3mgR - 2W}{R}$ D. $N = \frac{2(mgR - W)}{R}$

【答案】AC

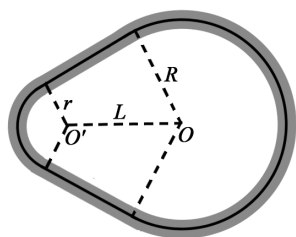
【解析】质点 P 下滑过程中，重力和摩擦力做功，根据动能定理可得

$$mgR - W = \frac{1}{2}mv^2, \text{ 根据公式 } a = \frac{v^2}{R}, \text{ 联立可得 } a = \frac{2(mgR - W)}{mR}, \text{ A 正确, B 错误}$$

；在最低点重力和支持力的合力充当向心力，摩擦力水平，不参与向心力，故根据牛顿第二定律可得 $N - mg = ma$ ，代入可得 $N = \frac{3mgR - 2W}{R}$ ，C 正确，D 错误。

42.(2016·浙江卷·T20)如图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



- 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 5.85 s

【答案】AB

【解析】

试题分析：在弯道上做匀速圆周运动时，根据牛顿定律 $km_g = m \frac{v_m^2}{r}$ ，故当弯道半

径 时，在弯道上的最大速度是一定的，且在大弯道上的最大速度大于小弯道上的最大速度，故要想时间最短，故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 $v_{mR} = \sqrt{kgR} = \sqrt{2.25 \times 10 \times 90} \text{ m/s} = 45 \text{ m/s}$ ，选项 B 正确；

直道的长度为 $x = \sqrt{L^2 - (R - r)^2} = 50\sqrt{3} \text{ m}$ ，

在小弯道上的最大速度： $v_{mr} = \sqrt{kgr} = \sqrt{2.25 \times 10 \times 40} \text{ m/s} = 30 \text{ m/s}$ ，

故在在直道上的加速度大小为： $a = \frac{v_{mR}^2 - v_{mr}^2}{2x} = \frac{45^2 - 30^2}{2 \times 50\sqrt{3}} \text{ m/s}^2 \approx 6.50 \text{ m/s}^2$ ，选项

C 错误；

由几何关系可知，小圆弧轨道的长度为 $\frac{2\pi r}{3}$ ，通过小圆弧弯道的时间为

$$t = \frac{\frac{2\pi r}{3}}{v_{mr}} \approx 2.80 \text{ s}，\text{选项 D 错误；故选 AB。}$$

43.(2012·广东卷)图是滑到压力测试的示意图，光滑圆弧轨道与光滑斜面相切，滑到底部 B 处安装一个压力传感器，其示数 N 表示该处所受压力的大小。某滑块从斜面上不同高度 h 处由静止下滑，通过 B 是，下列表述正确的有

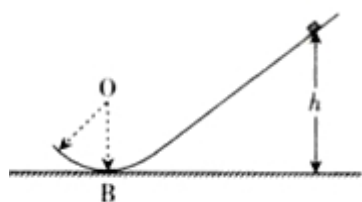


图 4

A.N 小于滑块重力

B.N 大于滑块重力

C.N 越大表明 h 越大

D.N 越大表明 h 越小

【答案】BC

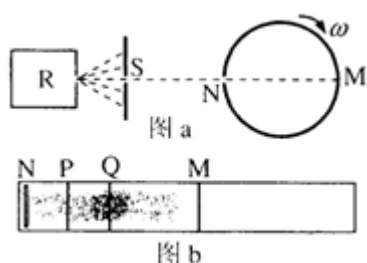
【解析】滑块从光滑斜面上由静止下滑，机械能守恒，则 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ ，滑块在圆

弧轨道上做圆周运动，在 B 处， $N' - mg = \frac{mv^2}{R}$ ，所以

$$N' = mg + \frac{mv^2}{R} = mg(1 + \frac{2h}{R}) > G, \text{ h 越大, } N' \text{ 越大, 由于 } N=N', \text{ 所以 BC 项正}$$

确, AD 项错误。

44.(2012·上海卷)图 a 为测量分子速率分布的装置示意图。圆筒绕其中心匀速转动, 侧面开有狭缝 N, 内侧贴有记录薄膜, M 为正对狭缝的位置。从原子炉 R 中射出的银原子蒸汽穿过屏上 S 缝后进入狭缝 N, 在圆筒转动半个周期的时间内相继到达并沉积在薄膜上。展开的薄膜如图 b 所示, NP, PQ 间距相等。则



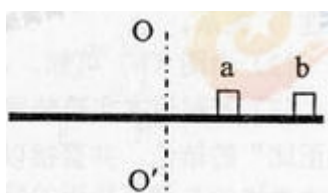
- A.到达 M 附近的银原子速率较大
- B.到达 Q 附近的银原子速率较大
- C.位于 PQ 区间的分子百分率大于位于 NP 区间的分子百分率
- D.位于 PQ 区间的分子百分率小于位于 NP 区间的分子百分率

【答案】AC

【解析】从原子炉 R 中射出的银原子向右做匀速直线运动, 同时圆筒匀速转动, 在转动半圈的过程中, 银原子依次全部到达最右端并打到记录薄膜上, 形成了薄膜图象; 从图象可以看出, 打在薄膜上 M 点附近的银原子先到达最右端, 所以

速率较大，故 A 正确，B 错误；从薄膜图的疏密程度可以看出，打到薄膜上 PQ 区间的分子百分率大于位于 NP 区间的分子百分率，故 C 正确。

45.(2014·新课标全国 I 卷·T20)如图，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

【答案】AC

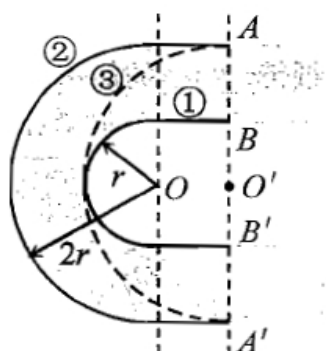
【解析】两物块共轴转动，角速度相等，b 的转动半径是 a 的 2 倍，所以 b 物块最先达到最大静摩擦，最先滑动，A 对的；

两物块的向心力由静摩擦力提供的，由于半径不等，所以向心力不等，B 错误的；

当 b 要滑动时 $kmg = m\omega^2 \cdot 2L$ ，所以 C 对的；

同理 b 要滑动时, $kmg = m\omega^2 \cdot L$, 解得其临界角速度, 显然实际角速度小于临界角速度, b 还没达到最大静摩擦力, D 错误的。

46.(2015·浙江卷·T19)如图所示为赛车场的一个水平“U”形弯道, 转弯处为圆心在 O 点的半圆, 内外半径分别为 r 和 $2r$ 。一辆质量为 m 的赛车通过 AB 线经弯道到达 A'B'线, 有如图所示的①②③三条路线, 其中路线③是以 O'为圆心的半圆, $OO' = r$ 。赛车沿圆弧路线行驶时, 路面对轮胎的最大径向静摩擦力为 $F_{\max}$ 。选择路线, 赛车以不打滑的最大速率通过弯道(所选路线内赛车速率不变, 发动机功率足够大), 则



- A.选择路线①, 赛车经过的路程最短
- B.选择路线②, 赛车的速率最小
- C.选择路线③, 赛车所用时间最短
- D.①②③三条路线的圆弧上, 赛车的向心加速度大小相等

【答案】ACD

【解析】路线①的路程为 $s_1 = 2r + \frac{1}{2} \cdot 2\pi r = 2r + \pi r$, 路线②的路程为

$s_2 = 2r + \frac{1}{2} \cdot 2\pi \cdot 2r = 2r + 2\pi r$, 路线③的路程为 $s_3 = 2\pi r$, 故选择路线①, 赛车

经过的路程最短，A 正确；因为运动过程中赛车以不打滑的最大速率通过弯道，

即最大径向静摩擦力充当向心力，所以有 $F_{\max} = ma$ ，所以运动的相信加速度相

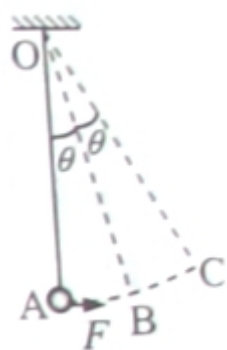
同，根据公式 $F_{\max} = m \frac{v^2}{R}$ 可得 $v = \sqrt{\frac{F_{\max} R}{m}}$ ，即半径越大，速度越大，路线①的速

率最小，B 错误 D 正确；因为 $s_1 < s_3 < s_2$ ， $v_1 < v_3 = v_2$ ，结合 $v = \sqrt{\frac{F_{\max} R}{m}}$ ，根据公

式 $t = \frac{s}{v}$ 可得选择路线③，赛车所用时间最短，C 正确；

47.(2015·上海卷·T18)如图，质量为 m 的小球用轻绳悬挂在 O 点，在水平恒力

$F = mg \tan \theta$ 作用下，小球从静止开始由 A 经 B 向 C 运动。则小球



A.先加速后减速

B.在 B 点加速度为零

C.在 C 点速度为零

D.在 C 点加速度为 $g \tan \theta$

【答案】ACD

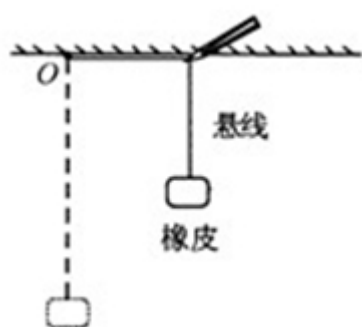
【解析】根据动能定理： $(mg \tan \theta) L \sin 2\theta - mgL(1 - \cos 2\theta) = \frac{1}{2}mv_C^2 - 0$ ，解得 $v_C = 0$

，所以小球先加速，后减速运动，故 A、C 正确；

小球做圆周运动在 B 点有向心加速度，故 B 错误；

在 C 点时，因为速度为 0，所以向心力为零，即指向圆心方向的合力为 0，沿切线方向的合力 $F_t = mg \sin 2\theta - mg \tan \theta \cos 2\theta = mg \tan \theta$ ，所以在 C 点的加速度为 $g \tan \theta$ ，故 D 正确。

48.(2010·江苏卷·T1)如图所示，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，运动中始终保持悬线竖直，则橡皮运动的速度

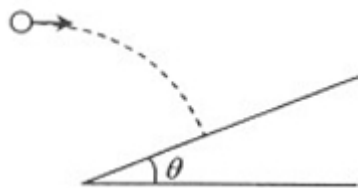


- (A)大小和方向均不变
- (B)大小不变，方向改变
- (C)大小改变，方向不变
- (D)大小和方向均改变

【答案】选 A 难度：中等 考查运动的合成。

【解析】橡皮在水平方向匀速运动，在竖直方向匀速运动，合运动是匀速运动

49.(2010·全国 I 卷·T18)一水平抛出的小球落到一倾角为 θ 的斜面上时，其速度方向与斜面垂直，运动轨迹如右图中虚线所示。小球在竖直方向下落的距离与在水平方向通过的距离之比为

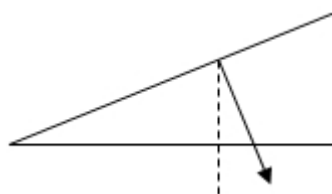


- A. $\frac{1}{\tan \theta}$ B. $\frac{1}{2 \tan \theta}$
C. $\tan \theta$ D. $2 \tan \theta$

【答案】D

【解析】如图平抛的末速度与竖直方向的夹角等于斜面倾角 θ ，根据有： $\tan \theta = \frac{v_0}{gt}$

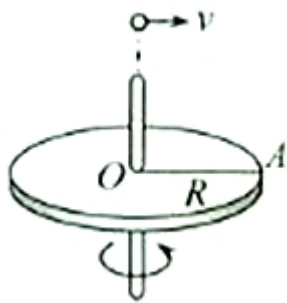
。则下落高度与水平射程之比为 $\frac{y}{x} = \frac{gt^2}{2v_0t} = \frac{gt}{2v_0} = \frac{1}{2 \tan \theta}$ ，D 正确。



【命题意图与考点定位】平抛速度和位移的分解

非选择题：

50.(2014·天津卷)半径为 R 的水平圆盘绕过圆心 O 的竖直轴匀速转动， A 为圆盘边缘上一点，在 O 的正上方有一个可视为质点的小球以初速度 v 水平抛出时，半径 OA 方向恰好与 v 的方向相同，如图所示，若小球与圆盘只碰一次，且落在 A 点，重力加速度为 g ，则小球抛出时距 O 的高度为 $h = \underline{\hspace{2cm}}$ ，圆盘转动的角速度大小为 $\omega = \underline{\hspace{2cm}}$ 。



【答案】 $\frac{gR^2}{2v^2}, \frac{2n\pi v}{R}, (n \in \mathbb{N}^+)$

【解析】小球平抛落到 A 点，可知平抛的水平位移等于圆盘半径，由平抛规律可知

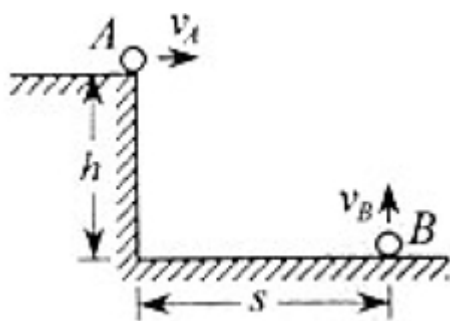
$$R = vt, \quad h = \frac{1}{2}gt^2$$

解得 $h = \frac{gR^2}{2v^2}$

由题可知 $t = nT = n \cdot \frac{2\pi}{\omega}$

解得 $\omega = \frac{2n\pi v}{R}, (n \in \mathbb{N}^+)$

51.(2010·天津卷·T9)(1)如图所示，在高为 h 的平台边缘抛出小球 A，同时在水平地面上距台面边缘水平距离为 s 处竖直上抛小球 B，两球运动轨迹在同一竖直平面内，不计空气阻力，重力加速度为 g。若两球能在空中相遇，则小球 A 的初速度 v_A 应大于_____，A、B 两球初速度之比 $\frac{v_A}{v_B}$ 为_____。



【答案】(1) $s\sqrt{\frac{g}{2h}}$ $\frac{s}{h}$

【解析】(1) 本题考查的是平抛运动的有关特点及规律。两球若相遇，则必定在球 B

的正上方且是在落地前，有 $v_A t > s$ ① $h = \frac{1}{2} g t^2$ ② 二式联立可解得 $v_A > s\sqrt{\frac{g}{2h}}$ ；又设

从开始到相遇时间为 t_0 ，水平方向有 $v_A t_0 = s$ ③ 竖直方向有 $\frac{1}{2} g t_0^2 + v_B t_0 - \frac{1}{2} g t_0^2 = h$ ④

，连立③④式可得 $\frac{v_A}{v_B} = \frac{s}{h}$ 。

52.(2010·全国 I 卷·T22) 图 1 是利用激光测转的原理示意图，图中圆盘可绕固定轴转动，盘边缘侧面上有一小段涂有很薄的反光材料。当盘转到某一位置时，接收器可以接收到反光涂层所反射的激光束，并将所收到的光信号转变成电信号，在示波器显示屏上显示出来(如图 2 所示)。

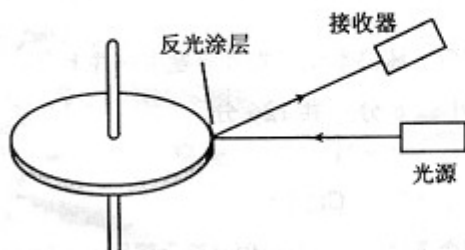


图 1

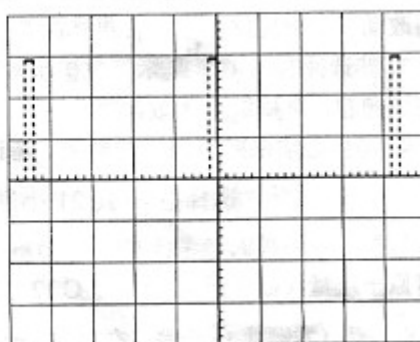


图 2

(1)若图 2 中示波器显示屏横向的每大格(5 小格)对应的时间为 $5.00 \times 10^{-2} \text{ s}$, 则圆盘的转速为 _____ 转/s。(保留 3 位有效数字)

(2)若测得圆盘直径为 10.20 cm , 则可求得圆盘侧面反光涂层的长度为 _____ cm 。(保留 3 位有效数字)

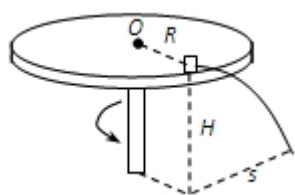
【答案】(1)4.55 转/s (2)2.91cm

【解析】(1)从图 2 可知圆盘转一圈的时间在横坐标上显示 22 格, 由题意知图 2 中横坐标上每格表示 $1.00 \times 10^{-2} \text{ s}$, 所以圆盘转动的周期是 0.22 s , 则转速为 4.55 转/s

(2)反光引起的电流图像在图 2 中横坐标上每次一格, 说明反光涂层的长度占圆盘周长的 $\frac{1}{22}$ 为 $\frac{2\pi r}{22} = \frac{2 \times 3.14 \times 10.20}{22} = 2.91 \text{ cm}$ 。

【命题意图与考点定位】匀速圆周运动的周期与转速的关系,以及对传感器所得图像的识图。

53.(2012·福建卷)如图, 置于圆形水平转台边缘的小物块随转台加速转动, 当转速达到某一数值时, 物块恰好滑离转台开始做平抛运动。现测得转台半径 $R=0.5 \text{ m}$, 离水平地面的高度 $H=0.8 \text{ m}$, 物块平抛落地过程水平位移的大小 $s=0.4 \text{ m}$ 。设物块所受的最大静摩擦力等于滑动摩擦力, 取重力加速度 $g=10 \text{ m/s}^2$ 求:



(1)物块做平抛运动的初速度大小 v_0 ;

(2)物块与转台间的动摩擦因数 μ 。

【答案】1m/s 0.2

【解析】(1)物体下落时间为 t ;自由落体运动有： $h = \frac{1}{2}gt^2$

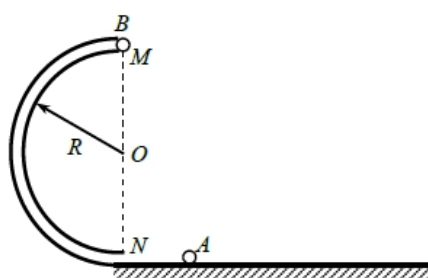
水平方向有： $x = vt$

解得： $v = 1m/s$ 。

(2)物块离开转台时，最大静摩擦力提供向心力，有 $f_m = \frac{mv_0^2}{R}$ ， $f_m = \mu N = \mu mg$ ，

解得 $\mu = \frac{v_0^2}{gR} = 0.2$ 。

54.(2011·天津卷)如图所示，圆管构成的半圆形竖直轨道固定在水平地面上，轨道半径为 R ， MN 为直径且与水平面垂直，直径略小于圆管内径的小球 A 以某一初速度冲进轨道，到达半圆轨道最高点 M 时与静止于该处的质量与 A 相同的小球 B 发生碰撞，碰后两球粘在一起飞出轨道，落地点距 N 为 $2R$ 。重力加速度为 g ，忽略圆管内径，空气阻力及各处摩擦均不计，求：



(1)粘合后的两球从飞出轨道到落地的时间 t ；

(2)小球 A 冲进轨道时速度 v 的大小。

【答案】(1) $t = 2\sqrt{\frac{R}{g}}$ (2) $v = 2\sqrt{2gR}$

【解析】(1)粘合后的两球飞出轨道后做平抛运动，竖直方向分运动为自由落体运动，

$$\text{有 } 2R = \frac{1}{2}gt^2 \dots \textcircled{1}$$

$$\text{解得 } t = 2\sqrt{\frac{R}{g}} \dots \textcircled{2}$$

(2)设球 A 的质量为 m ，碰撞前速度大小为 v_1 ，把球 A 冲进轨道最低点时的重力势能定为 0，由机械能守恒定律知 $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + 2mgR \dots \textcircled{3}$

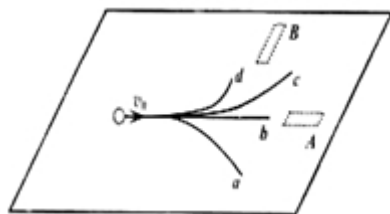
设碰撞后粘合在一起的两球速度大小为 v_2 ，则 $v_2 = \frac{2R}{t} = \sqrt{gR}$

由动量守恒定律知 $mv_1 = 2mv_2 \dots \textcircled{4}$

飞出轨道后做平抛运动，水平方向分运动为匀速直线运动，有 $2R = v_2t \dots \textcircled{5}$

综合②③④⑤式得 $v = 2\sqrt{2gR}$

55.(2014·四川卷)小文同学在探究物体做曲线运动的条件时，将一条形磁铁放在桌面的不同位置，让小钢珠在水平桌面上从同一位置以相同初速度 v_0 运动，得到不同轨迹。图中 a、b、c、d 为其中四条运动轨迹，磁铁放在位置 A 时，小钢珠的运动轨迹是____(填轨迹字母代号)，磁铁放在位置 B 时，小钢珠的运动轨迹是____(填轨迹字母代号)。实验表明，当物体所受合外力的方向跟它的速度方向____(选填“在”或“不在”)同一直线上时，物体做曲线运动。



【答案】b c 不在

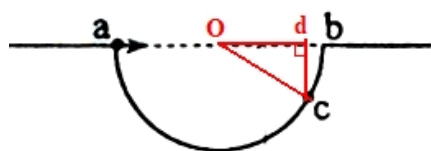
【解析】由于 A 处磁力与直线 b 在同一条直线上，故小钢珠做直线运动，运动轨迹为 b，由于 B 处磁力斜向上，故选择轨迹 c，d 轨迹不合理，从而验证了物体做曲线运动的条件是物体所受合外力的方向跟它的速度方向不在同一条直线上。

56.(2011·海南卷)如图，水平地面上有一个坑，其竖直截面为半圆。ab 为沿水平方向的直径。若在 a 点以初速度 v_0 沿 ab 方向抛出一小球，小球会击中坑壁上的 c 点。已知 c 点与水平地面的距离为圆半径的一半，求圆的半径。



【答案】
$$R = \frac{(28 - 16\sqrt{3})v_0^2}{g}$$

【解析】在 a 点以初速度 v_0 沿 ab 方向抛出一小球，小球做平抛运动，做如图所示辅助线：

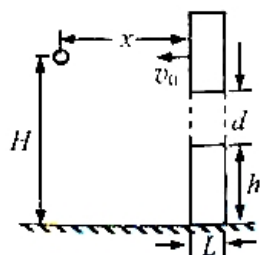


在竖直方向上，下落高度 $h_{cd} = \frac{R}{2} = \frac{1}{2}gt^2$

在水平方向上，运动位移 $x_{ad} = R + x_{od} = (1 + \frac{\sqrt{3}}{2})R = v_0 t$

解得圆的半径
$$R = \frac{(28 - 16\sqrt{3})v_0^2}{g}$$

57.(2014·上海卷·T24)如图, 宽为 L 的竖直障碍物上开有间距 $d=0.6\text{m}$ 的矩形孔, 其下沿离地高 $h=1.2\text{m}$, 离地高 $H=2\text{m}$ 的质点与障碍物相距 x 。在障碍物以 $v_0=4\text{m/s}$ 匀速向左运动的同时, 质点自由下落。为使质点能穿过该孔, L 的最大值为_____ m ; 若 $L=0.6\text{m}$, x 的取值范围是_____ m 。(取 $g=10\text{m/s}^2$)



【答案】 0.8m $0.8\text{m} \leq x \leq 1\text{m}$

【解析】以障碍物为参考系, 相当于质点以 v_0 的初速度, 向右平抛, 当 L 最大时

从抛出点经过孔的左上边界飞到孔的右下边界时, L 最大

$$t_1 = \sqrt{\frac{2(H - d - h)}{g}} = 0.2\text{s}, \quad x = v_0 t_1 = 0.8\text{m}$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{2(H - h)}{g}} = 0.4\text{s}, \quad L = v_0 t_2 - x = 0.8\text{m};$$

从孔的左上边界飞入临界的 x 有最小值为 0.8m

从孔的右下边界飞出时, x 有最大值: $x = v_0 t_2 - L = 1\text{m}$

所以 $0.8\text{m} \leq x \leq 1\text{m}$

58.(2011·上海卷)以初速为 v_0 , 射程为 s 的平抛运动轨迹制成一光滑轨道。一物体由静止开始从轨道顶端滑下, 当其到达轨道底部时, 物体的速率为_____, 其水平方向的速度大小为_____。

【答案】 $v = \frac{gs}{v_0}$, $v_x = \frac{v_0}{\sqrt{1 + (\frac{v_0^2}{gs})^2}}$

【解析】由平抛运动规律知：水平方向： $s = v_0 t$ ，竖直方向： $h = \frac{1}{2} g t^2$ ，解得轨道

的高度为： $h = \frac{gs^2}{2v_0^2}$ ；当物体沿轨道下滑时，根据机械能守恒定律得：

$$\frac{1}{2} m v^2 = mgh, \text{ 解得物体到达轨道底部时的速率为: } v = \frac{g^2 s^2}{v_0^2} = \frac{gs}{v_0}.$$

设 θ 是轨道的切线与水平方向的夹角，即为平抛运动末速度与水平方向的夹角，

α 是平抛运动位移方向与水平方向的夹角，根据平抛运动的结论有：

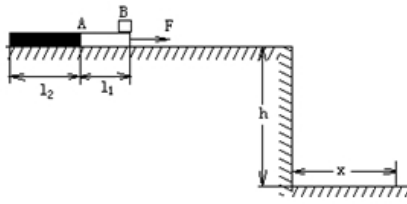
$$\tan \theta = 2 \tan \alpha,$$

又因 $\tan \alpha = \frac{h}{s} = \frac{gs}{2v_0^2}$ ，所以 $\tan \theta = \frac{gs}{v_0^2}$ ，由三角函数基本关系式得：

$$\cos \theta = \frac{v_0^2}{\sqrt{(gs)^2 + (v_0^2)^2}},$$

则把 $\cos \theta$ 代入水平方向速度大小的关系式 $v_x = v \cos \theta$ 得： $v_x = \frac{v_0}{\sqrt{1 + (\frac{v_0^2}{gs})^2}}$

59.(2011·山东卷)如图所示，在高出水平地面 $h = 1.8m$ 的光滑平台上放置一质量 $M = 2kg$ 、由两种不同材料连接成一体薄板 A，其右段长度 $l_1 = 0.2m$ 且表面光滑，左段表面粗糙。在 A 最右端放有可视为质点的物块 B，其质量 $m = 1kg$ 。B 与 A 左段间动摩擦因数 $\mu = 0.4$ 。开始时二者均静止，现对 A 施加 $F = 20N$ 水平向右的恒力，待 B 脱离 A(A 尚未露出平台)后，将 A 取走。B 离开平台后的落地点与平台右边缘的水平距离 $x = 1.2m$ 。(取 $g = 10m/s^2$)求：



(1) B 离开平台时的速度 v_B 。

(2) B 从开始运动到刚脱离 A 时, B 运动的时间 t_B 和位移 x_B 。

(3) A 左端的长度 l_2 。

【答案】(1) $v_B = 2\text{m/s}$ (2) $t_B = 0.5\text{s}$, $x_B = 0.5\text{m}$ (3) $l_2 = 1.5\text{m}$

【解析】(1) 设物块平抛运动的时间为 t , 由平抛运动规律得 $h = \frac{1}{2}gt^2$, $x = v_B t$

联立解得 $v_B = 2\text{m/s}$ 。

(2) 设 B 的加速度为 a_B , 由牛顿第二定律, $\mu mg = ma_B$,

由匀变速直线运动规律, $v_B = a_B t_B$, $x_B = \frac{1}{2}a_B t_B^2$,

联立解得 $t_B = 0.5\text{s}$, $x_B = 0.5\text{m}$ 。

(3) 设 B 刚好开始运动时 A 的速度为 v , 由动能定理得 $F l_2 = \frac{1}{2} M v_1^2$

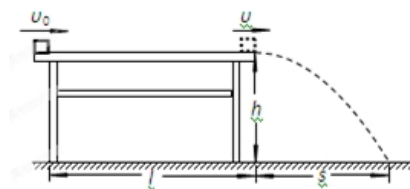
设 B 运动后 A 的加速度为 a_A , 由牛顿第二定律和运动学的知识得

$F - \mu mg = M a_A$, $(l_2 + x_B) = v_1 t_B + \frac{1}{2} a_A t_B^2$,

联立解得 $l_2 = 1.5\text{m}$ 。

60.(2012·北京卷)如图所示, 质量为 m 的小物块在粗糙水平桌面上做直线运动, 经距离 l 后以速度 v 飞离桌面, 最终落在水平地面上. 已知 $l = 1.4\text{m}$, $v = 3.0\text{ m/s}$,

$m=0.10\text{kg}$, 物块与桌面间的动摩擦因数 $\mu=0.25$, 桌面高 $h=0.45\text{m}$, 不计空气阻力, 重力加速度 g 取 10m/s^2 . 求:



- (1) 小物块落地点距飞出点的水平距离 s ;
- (2) 小物块落地时的动能 E_k ;
- (3) 小物块的初速度大小 v_0 .

【答案】(1) $s = 0.9\text{m}$; (2) $E_k = 0.9\text{J}$; (3) $v_0 = 4\text{m/s}$

【解析】(1) 物块飞出桌面后做平抛运动, 竖直方向: $h = \frac{1}{2}gt^2$, 解得: $t = 0.3\text{s}$,

水平方向: $s = vt = 0.9\text{m}$ 。

(2) 对物块从飞出桌面到落地, 由动能定理得: $mgh = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_2^2$,

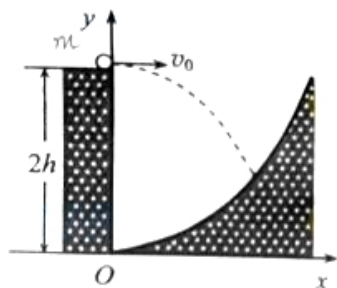
落地动能 $E_k = mgh + \frac{1}{2}mv_1^2 = 0.9\text{J}$ 。

(3) 对滑块从开始运动到飞出桌面, 由动能定理得: $-\mu mgl = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$,

解得: $v_0 = 4\text{m/s}$ 。

61.(2012·大纲全国卷)一探险队员在探险时遇到一山沟, 山沟的一侧竖直, 另一侧的坡面呈抛物线形状。此队员从山沟的竖直一侧, 以速度 v_0 沿水平方向跳向另一侧坡面。如图所示, 以沟底的 O 点为原点建立坐标系 Oxy 。已知, 山沟竖直一

侧的高度为 $2h$ ，坡面的抛物线方程为 $y = \frac{1}{2h}x^2$ ，探险队员的质量为 m 。人视为质点，忽略空气阻力，重力加速度为 g 。



(1)求此人落到坡面时的动能；

(2)此人水平跳出的速度为多大时，他落在坡面时的动能最小？动能的最小值为多少？

【答案】(1) $E_k = \frac{1}{2}m \left(\frac{4g^2h^2}{v_0^2 + gh} + v_0^2 \right)$; (2) $E_{min} = \frac{3mgh}{2}$, $v_0 = \sqrt{gh}$

【解析】(1)由平抛运动规律, $x = v_0t$, $2h - y = \frac{1}{2}gt^2$,

又 $y = \frac{1}{2h}x^2$, 联立解得 $y = \frac{2hv_0^2}{v_0^2 + gh}$ 。

由动能定理, $mg(2h - y) = E_k - \frac{1}{2}mv_0^2$,

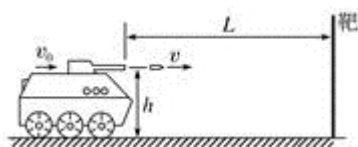
解得 $E_k = mg\left(2h - \frac{2hv_0^2}{v_0^2 + gh}\right) + \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}m \left(\frac{4g^2h^2}{v_0^2 + gh} + v_0^2 \right)$ 。

(2)由 $E_k = \frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{2mg^2h^2v}{v_0^2 + gh}$, 令 $v_0^2 = ngh$, 则 $E_k = \frac{n}{2}mgh + \frac{2mgh}{n+1} = mgh\left(\frac{n}{2} + \frac{2}{n+1}\right)$, 当 $n = 1$

时, 即 $v_0^2 = gh$, 探险队员的动能最小, 最小值为 $E_{min} = \frac{3mgh}{2}$, $v_0 = \sqrt{gh}$ 。

62.(2014·浙江卷·T23)如图所示, 装甲车在水平地面上以速度 $v_0 = 20\text{m/s}$ 沿直线前进, 车上机枪的枪管水平, 距地面高为 $h = 1.8\text{m}$ 。在车正前方竖直一块高为两米的长方形靶, 其底边与地面接触。枪口与靶距离为 L 时, 机枪手正对靶射出第一发

子弹，子弹相对于枪口的初速度为 $v=800\text{m/s}$ 。在子弹射出的同时，装甲车开始匀减速运动，行进 $s=90\text{m}$ 后停下。装甲车停下后，机枪手以相同方式射出第二发子弹。(不计空气阻力，子弹看成质点，重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$)



- (1)求装甲车匀减速运动时的加速度大小；
- (2)当 $L=410\text{m}$ 时，求第一发子弹的弹孔离地的高度，并计算靶上两个弹孔之间的距离；
- (3)若靶上只有一个弹孔，求 L 的范围。

【答案】(1) $a = \frac{v_0^2}{2s} = \frac{20}{9} \text{m/s}^2$ (2) 0.45m (3) $492\text{m} < L \leq 570\text{m}$

【解析】(1)装甲车的加速度 $a = \frac{v_0^2}{2s} = \frac{20}{9} \text{m/s}^2$

(2)第一发子弹飞行的时间 $t_1 = \frac{L}{v + v_0} = 0.5\text{s}$

弹孔离地高度 $h_1 = h - \frac{1}{2}gt_1^2 = 0.55\text{m}$

第二发子弹离地的高度 $h_2 = h - \frac{1}{2}g\left(\frac{L-s}{v}\right)^2 = 1.0\text{m}$

两弹孔之间的距离 $\Delta h = h_2 - h_1 = 0.45\text{m}$

(3)第一发子弹打到靶的下沿时，装甲车离靶的距离为 L_1 ：

$$L_1 = (v_0 + v) \sqrt{\frac{2h}{g}} = 492m$$

第二发子弹打到靶的下沿时，装甲车离靶的距离为 L_2 ： $L_2 = v \sqrt{\frac{2h}{g}} + s = 570m$

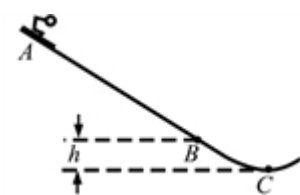
L 的范围 $492m < L \leq 570m$

63.(2018·北京卷)2022 年将在我国举办第二十四届冬奥会，跳台滑雪是其中最具观赏性的项目之一。某滑道示意图如下，长直助滑道 AB 与弯曲滑道 BC 平滑衔接，滑道 BC 高 $h=10\text{ m}$ ，C 是半径 $R=20\text{ m}$ 圆弧的最低点，质量 $m=60\text{ kg}$ 的运动员从 A 处由静止开始匀加速下滑，加速度 $a=4.5\text{ m/s}^2$ ，到达 B 点时速度 $v_B=30\text{ m/s}$ 。取重力加速度 $g=10\text{ m/s}^2$ 。

(1)求长直助滑道 AB 的长度 L ；

(2)求运动员在 AB 段所受合外力的冲量的 I 大小；

(3)若不计 BC 段的阻力，画出运动员经过 C 点时的受力图，并求其所受支持力 F_N 的大小。



【答案】(1)100m (2)1800N·s (3)3900 N

【解析】(1)已知 AB 段的初末速度，则利用运动学公式可以求解斜面的长度，

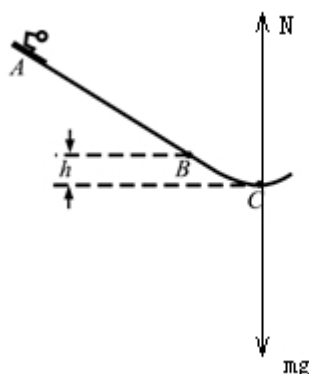
$$\text{即 } v^2 - v_0^2 = 2aL$$

可解得： $L = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = 100m$

(2)根据动量定理可知合外力的冲量等于动量的该变量所以： $I = mv_B$

$$-0 = 1800N \cdot s$$

(3)小球在最低点的受力如图所示。

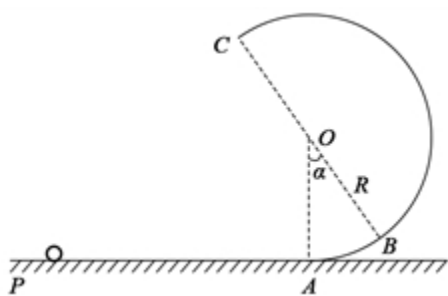


由牛顿第二定律可得： $N - mg = m\frac{v_C^2}{R}$

从 B 运动到 C 由动能定理可知： $mgh = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2$

解得： $N = 3900N$

64.(2018·全国 III 卷·T12)如图，在竖直平面内，一半径为 R 的光滑圆弧轨道 ABC 和水平轨道 PA 在 A 点相切。 BC 为圆弧轨道的直径。 O 为圆心， OA 和 OB 之间的夹角为 α ， $\sin\alpha = \frac{3}{5}$ ，一质量为 m 的小球沿水平轨道向右运动，经 A 点沿圆弧轨道通过 C 点，落至水平轨道；在整个过程中，除受到重力及轨道作用力外，小球还一直受到一水平恒力的作用，已知小球在 C 点所受合力的方向指向圆心，且此时小球对轨道的压力恰好为零。重力加速度大小为 g 。求：



(1)水平恒力的大小和小球到达 C 点时速度的大小；

(2)小球到达 A 点时动量的大小；

(3)小球从 C 点落至水平轨道所用的时间。

【答案】(1) $\frac{\sqrt{5gR}}{2}$ (2) $\frac{m\sqrt{23gR}}{2}$ (3) $\frac{3}{5}\sqrt{\frac{5R}{g}}$

【解析】(1)设水平恒力的大小为 F_0 ，小球到达 C 点时所受合力的大小为 F 。由力的合成法

则有 $\frac{F_0}{mg} = \tan \alpha$ ① $F^2 = (mg)^2 + F_0^2$ ②

设小球到达 C 点时的速度大小为 v ，由牛顿第二定律得 $F = m \frac{v^2}{R}$ ③

由①②③式和题给数据得 $F_0 = \frac{3}{4}mg$ ④ $v = \frac{\sqrt{5gR}}{2}$ ⑤

(2)设小球到达 A 点的速度大小为 v_1 ，作 $CD \perp PA$ ，交 PA 于 D 点，

由几何关系得： $DA = R \sin \alpha$ ⑥ $CD = R(1 + \cos \alpha)$ ⑦

由动能定理有： $-mg \cdot CD - F_0 \cdot DA = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$ ⑧

由④⑤⑥⑦⑧式和题给数据得，小球在 A 点的动量大小为： $p = mv_1 = \frac{m\sqrt{23gR}}{2}$

⑨

(3)小球离开 C 点后在竖直方向上做初速度不为零的匀加速运动加速度大小为 g 。

设小球在竖直方向的初速度为 $v_{\perp}$ ，从 C 点落至水平轨道上所用时间为 t 。

由运动学公式有： $v_{\perp}t + \frac{1}{2}gt^2 = CD$ ⑩ $v_{\perp} = v\sin\alpha$ ⑪

由⑤⑦⑩⑪式和题给数据得： $t = \frac{3}{5}\sqrt{\frac{5R}{g}}$ ⑫