

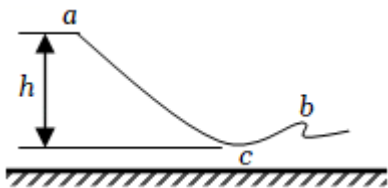
## 考向 11 动能定理 机械能

### 【重点知识点目录】

1. 对动能、动能定理的理解及动能定理的应用
2. 动能定理的图像问题
3. 机械能守恒的理解与判断
4. 单个物体、多个物体的机械能

### 经典真题

1. (2022·甲卷) 北京 2022 年冬奥会首钢滑雪大跳台局部示意图如图所示。运动员从 a 处由静止自由滑下, 到 b 处起跳, c 点为 a、b 之间的最低点, a、c 两处的高度差为 h。要求运动员经过 c 点时对滑雪板的压力不大于自身所受重力的 k 倍, 运动过程中将运动员视为质点并忽略所有阻力, 则 c 点处这一段圆弧雪道的半径不应小于 ( )



- A.  $\frac{h}{k+1}$       B.  $\frac{h}{k}$       C.  $\frac{2h}{k}$       D.  $\frac{2h}{k-1}$

【答案】D。

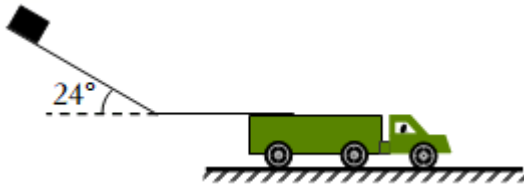
【解析】解: 从 a 到 c 根据动能定理有:  $mgh = \frac{1}{2}mv^2$

在 c 点根据牛顿第二定律有:  $kmg - mg = \frac{mv^2}{R}$

联立解得:  $R = \frac{2h}{k-1}$

故 ABC 错误, D 正确;

2. (2022·浙江) 物流公司通过滑轨把货物直接装运到卡车中, 如图所示, 倾斜滑轨与水平面成  $24^\circ$  角, 长度  $l_1 = 4\text{m}$ , 水平滑轨长度可调, 两滑轨间平滑连接。若货物从倾斜滑轨顶端由静止开始下滑, 其与滑轨间的动摩擦因数均为  $\mu = \frac{2}{9}$ , 货物可视为质点 (取  $\cos 24^\circ = 0.9$ ,  $\sin 24^\circ = 0.4$ )。



- (1) 求货物在倾斜滑轨上滑行时加速度  $a_1$  的大小；
- (2) 求货物在倾斜滑轨末端时速度  $v$  的大小；
- (3) 若货物滑离水平滑轨末端时的速度不超过  $2\text{m/s}$ ，求水平滑轨的最短长度  $l_2$ 。

【答案】(1) 货物在倾斜滑轨上滑行时加速度  $a_1$  的大小为  $2\text{m/s}^2$ ；

(2) 货物在倾斜滑轨末端时速度  $v$  的大小为  $4\text{m/s}$ ；

(3) 若货物滑离水平滑轨末端时的速度不超过  $2\text{m/s}$ ，则水平滑轨的最短长度为  $2.7\text{m}$ 。

【解析】解 (1) 倾斜滑轨与水平面成  $\theta=24^\circ$  角，对货物根据牛顿第二定律可得  $mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta = ma_1$

代入数据解得：  $a_1 = 2\text{m/s}^2$ ；

(2) 根据速度—位移关系可得：  $v^2 = 2a_1 l_1$

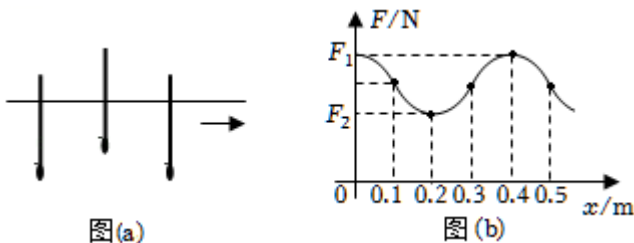
代入数据解得：  $v = 4\text{m/s}$ ；

(3) 货物在水平轨道上运动时，根据动能定理可得：

$$-\mu mgl_2 = \frac{1}{2}mv'^2 - \frac{1}{2}mv^2, \text{ 其中 } v' = 2\text{m/s}$$

代入数据解得：  $l_2 = 2.7\text{m}$ 。

- (多选) 3. (2022·湖南) 下端附着重物的粗细均匀木棒，竖直浮在河面，在重力和浮力作用下，沿竖直方向做频率为  $1\text{Hz}$  的简谐运动；与此同时，木棒在水平方向上随河水做匀速直线运动，如图 (a) 所示。以木棒所受浮力  $F$  为纵轴，木棒水平位移  $x$  为横轴建立直角坐标系，浮力  $F$  随水平位移  $x$  的变化如图 (b) 所示。已知河水密度为  $\rho$ ，木棒横截面积为  $S$ ，重力加速度大小为  $g$ 。下列说法正确的是 ( )



- A.  $x$  从  $0.05\text{m}$  到  $0.15\text{m}$  的过程中，木棒的动能先增大后减小
- B.  $x$  从  $0.21\text{m}$  到  $0.25\text{m}$  的过程中，木棒加速度方向竖直向下，大小逐渐变小
- C.  $x=0.35\text{m}$  和  $x=0.45\text{m}$  时，木棒的速度大小相等，方向相反

D. 木棒在竖直方向做简谐运动的振幅为  $\frac{F_1 - F_2}{2\rho Sg}$

E. 木棒的运动为向 x 轴正方向传播的机械横波，波速为 0.4m/s

【答案】 ABD。

【解析】解： A、木棒在竖直方向做简谐运动，根据图（b）可知  $x=0.1\text{m}$  处，木棒达到平衡位置，此时的速度最大，所以  $x$  从  $0.05\text{m}$  到  $0.15\text{m}$  的过程中，木棒的动能先增大后减小，故 A 正确；

B、  $x=0.2\text{m}$  时木棒浮力最小，此时木棒在上方最大位移处，重力大于浮力，木棒开始向下振动，  $x$  从  $0.21\text{m}$  到  $0.25\text{m}$  的过程中，木棒的浮力增大，但小于重力，说明在木棒加速度方向竖直向下，大小逐渐变小，故 B 正确；

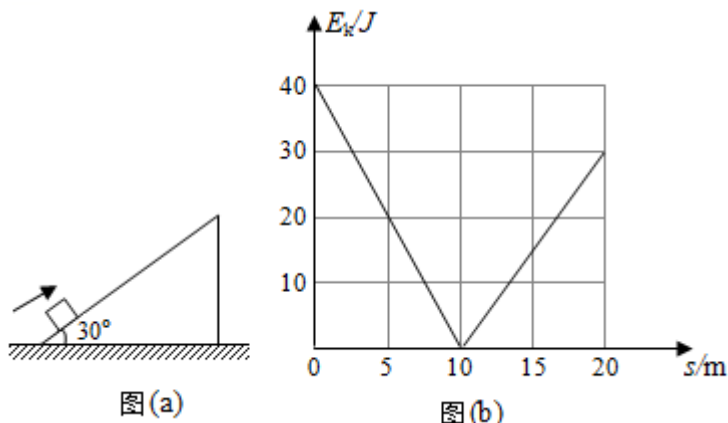
C、在  $x=0.35\text{m}$  和  $x=0.45\text{m}$  时，木板的浮力相同，说明木板处于同一位置，根据简谐运动的对称性可知，在  $x=0.35\text{m}$  和  $x=0.45\text{m}$  时木棒竖直方向的速度大小相等，方向相反，但木棒水平方向速度相同，根据速度的合成可知，木棒的速度方向不是相反，故 C 错误

D、设木棒在平衡位置处浸没的深度为  $h$ ，振幅为  $A$ 。

浮力最大时，有：  $F_1 = \rho g S (A+h)$ ，浮力最小时，有：  $F_2 = \rho g S (h - A)$ ，联立解得：  $A = \frac{F_1 - F_2}{2\rho Sg}$ ，故 D 正确；

E、振动质点不会随波逐流，故 D 错误。

4. （2021•湖北）如图（a）所示，一物块以一定初速度沿倾角为  $30^\circ$  的固定斜面上滑，运动过程中摩擦力大小  $f$  恒定，物块动能  $E_k$  与运动路程  $s$  的关系如图（b）所示。重力加速度大小取  $10\text{m/s}^2$ ，物块质量  $m$  和所受摩擦力大小  $f$  分别为（ ）



A.  $m=0.7\text{kg}$ ,  $f=0.5\text{N}$

B.  $m=0.7\text{kg}$ ,  $f=1.0\text{N}$

C.  $m=0.8\text{kg}$ ,  $f=0.5\text{N}$

D.  $m=0.8\text{kg}$ ,  $f=1.0\text{N}$

【答案】A。

【解析】解：对物块根据动能定理可知

$$\text{在上滑过程中：} -fs - mg\sin 30^\circ = 0 - \frac{1}{2}mv^2$$

$$\text{变形可得 } E_k = (f + mg\sin 30^\circ) s$$

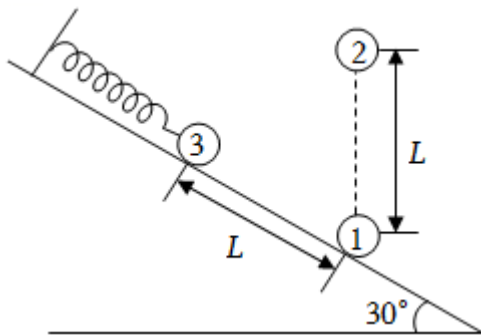
$$\text{在下降过程中：} mg\sin 30^\circ - fs = \frac{1}{2}mv'^2$$

$$\text{变形可得 } E_k' = (mg\sin 30^\circ - f) s$$

结合图像联立解得  $m=0.7\text{kg}$ ,  $f=0.5\text{N}$

故 A 正确，BCD 错误

- (多选) 5. (2022·辽宁) 如图所示，带电荷量为  $6Q$  ( $Q>0$ ) 的球 1 固定在倾角为  $30^\circ$  光滑绝缘斜面上的 a 点，其正上方  $L$  处固定一电荷量为  $-Q$  的球 2，斜面上距 a 点  $L$  处的 b 点有质量为  $m$  的带电球 3，球 3 与一端固定的绝缘轻质弹簧相连并在 b 点处于静止状态。此时弹簧的压缩量为  $\frac{L}{2}$ ，球 2、3 间的静电力大小为  $\frac{mg}{2}$ 。迅速移走球 1 后，球 3 沿斜面向下运动。g 为重力加速度，球的大小可忽略，下列关于球 3 的说法正确的是 ( )



- A. 带负电  
B. 运动至 a 点的速度大小为  $\sqrt{gL}$   
C. 运动至 a 点的加速度大小为  $2g$   
D. 运动至 ab 中点时对斜面的压力大小为  $\frac{3\sqrt{3}-4}{6}mg$

【答案】BCD。

【解析】解：A、由题意可知三小球构成一个等边三角形，小球 1 和 3 之间的力大于小球 2 和 3 之间的力，弹簧处于压缩状态，故小球 1 和 3 一定是斥力，小球 1 带正电，故小球 3 带正电，故 A 错误；

B、小球3运动至a点时，弹簧的伸长量等于 $\frac{L}{2}$ ，根据对称性可知，小球2对小球3做功为0；弹簧弹力做功为0，根据动能定理得：

$$mgL\sin\theta = \frac{1}{2}mv^2$$

解得： $v = \sqrt{gL}$ ，故B正确；

C、小球3在b点时，设小球3的电荷量为q，有

$$\frac{kQq}{L^2} = \frac{mg}{2}$$

设弹簧的弹力为F，根据受力平衡，沿斜面方向有

$$F = \frac{kq \cdot 6Q}{L^2} = \frac{kQq}{L^2} \sin 30^\circ - mg \sin 30^\circ$$

解得： $F = \frac{9}{4}mg$

小球运动至a点时，弹簧的伸长量等于 $\frac{L}{2}$ ，根据对称性可知

$$F + \frac{kQq}{L^2} \sin 30^\circ - mg \sin 30^\circ = ma$$

解得： $a = 2g$ ，故C正确；

D、当运动至ab中点时，弹簧弹力为0，此时小球2对小球3的拉力为

$$F_{23} = \frac{kQq}{\left(\frac{\sqrt{3}}{2}L\right)^2} = \frac{4}{3} \cdot \frac{kQq}{L^2} = \frac{2}{3}mg$$

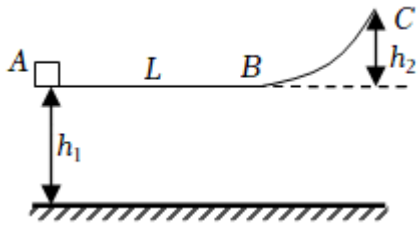
斜面对小球的支持力为

$$F_N = mg \cos 30^\circ - F_{23} = \frac{3\sqrt{3}-4}{6}mg$$

根据牛顿第三定律可知，小球对斜面的压力大小为 $\frac{3\sqrt{3}-4}{6}mg$ ，故D正确；

6. (2022·上海) 如图所示，AB为平直导轨，长为L，物块与导轨间动摩擦因数为 $\mu$ ，BC为光滑曲面。A与地面间高度差为 $h_1$ ，BC间高度差为 $h_2$ ，一个质量为m的物块在水平恒力作用下，从A点静止开始向右运动，到达B点时撤去恒力，物块经过C点后落地，已知重力加速度为g。

- (1) 若物块落地时动能为 $E_1$ ，求其经过B点时的动能 $E_{kB}$ ；
- (2) 若要物块落地时动能小于 $E_1$ ，求恒力必须满足的条件。



【答案】(1) 若物块落地时动能为  $E_1$ ，求其经过 B 点时的动能为  $E_1 - mgh_1$ ；

(2) 若要物块落地时动能小于  $E_1$ ，求恒力必须满足的条件为  $\frac{\mu mgL + mgh_2}{L} < F < \frac{E_1 + \mu mgL - mgh_1}{L}$ 。

【解析】解：(1) 从 B 到落地过程中机械能守恒，设地面为零势能面，则

$$mgh_1 + E_{kB} = E_1$$

$$\text{化简得：} E_{kB} = E_1 - mgh_1$$

(2) 整个过程中根据动能定理得：

$$F_{\max}L - \mu mgL + mgh_1 = E_1$$

$$\text{所以 } F_{\max} = \frac{E_1 + \mu mgL - mgh_1}{L}$$

若物体恰能达到 C 点，根据动能定理得：

$$F_{\min}L - \mu mgL - mgh_2 = 0$$

$$\text{解得：} F_{\min} = \frac{\mu mgL + mgh_2}{L}$$

$$\text{综上所述可得：} \frac{\mu mgL + mgh_2}{L} < F < \frac{E_1 + \mu mgL - mgh_1}{L}$$

## 方法技巧

### 一、重力势能的理解

二、物体由于被举高而具有的能量叫做重力势能，物体的重力势能等于它所受重力与所处高度的乘积。其表达式为： $E_p = mgh$ 。

三、重力势能是一个相对量，它的数值与参考平面的选择有关，同一个物体在同一位置，相对于不同的参考平面，其重力势能的数值不同。所以，研究重力势能，必须首先选取参考平面。通常情况下，选取地面作为重力势能的参考平面。在解题时，经常选取物体运动过程中的最低位置所在平面作为参考平面，这样可以避免负势能的计算。

#### 四、重力做功的求解方法

##### 五、(1) 公式法

六、 利用  $WG=mgh$  求解，其中  $h$  为初、末位置的高度差。

##### 七、(2) 转化法

八、 对于无法利用做功公式来计算重力做功的问题，我们可以转换一下思考的角度，因为重力做功与重力势能的变化相对应，所以通过求重力势能的变化量来求重力做功是一种解题途径。即利用公式  $WG=Ep1-Ep2=-\Delta Ep$ ，通过求重力势能的变化  $\Delta Ep$  来求重力做的功  $WG$ 。

##### 九、(3) 整体法、等效法

十、 常用于求物体系统或液体的重力做功。对于大小和形状不可忽略的物体，要由其重心的位置来确定它相对参考平面的高度。

#### 三、机械能守恒定律

##### 1. 判断机械能是否守恒的方法

(1) 利用机械能的定义判断：分析动能与势能的和是否变化。如：匀速下落的物体动能不变，重力势能减少，物体的机械能必减少。

(2) 用做功判断：若物体或系统只有重力（或弹簧的弹力）做功，或有其他力做功，但其他力做功的代数和为零，机械能守恒。

(3) 用能量转化来判断：若系统中只有动能和势能的相互转化，而无机械能与其他形式的能的转化，则系统的机械能守恒。

(4) 对一些绳子突然绷紧、物体间非弹性碰撞等问题机械能一般不守恒，除非题中有特别说明或暗示。

##### 2. 应用机械能守恒定律解题的基本思路

(1) 选取研究对象--物体或系统。

(2) 根据研究对象所经历的物理过程，进行受力、做功分析，判断机械能是否守恒。

(3) 恰当地选取参考平面，确定研究对象在过程的初、末态时的机械能。

(4) 选取方便的机械能守恒定律的方程形式 ( $E_{k1}+E_{p1}=E_{k2}+E_{p2}$ 、 $\Delta E_k=-\Delta E_p$  或  $\Delta E_A=-\Delta E_B$ ) 进行求解。

注：机械能守恒定律的应用往往与曲线运动综合起来，其联系点主要在初末状态的速度与圆周运动的动力学问题有关、与平抛运动的初速度有关。

3. 对于系统机械能守恒问题，应抓住以下几个关键：

- (1) 分析清楚运动过程中各物体的能量变化；
- (2) 哪几个物体构成的系统机械能守恒；
- (3) 各物体的速度之间的联系。

#### 四、图像问题

常与动能定理结合的四类图像

$v-t$ 图	由公式 $x=vt$ 可知, $v-t$ 图线与坐标轴围成的面积表示物体的位移
$a-t$ 图	由公式 $\Delta v=at$ 可知, $a-t$ 图线与坐标轴围成的面积表示物体速度的变化量
$F-x$ 图	由公式 $W=Fx$ 可知, $F-x$ 图线与坐标轴围成的面积表示力所做的功
$P-t$ 图	由公式 $W=Pt$ 可知, $P-t$ 图线与坐标轴围成的面积表示力所做的功

解决物理图像问题的基本步骤

第一步

观察题目给出的图像,弄清纵坐标、横坐标所对应的物理量及图线所表示的物理意义。



第二步

根据物理规律推导出纵坐标与横坐标所对应的物理量间的函数关系式。



第三步

将推导出的物理规律与数学上与之相对应的标准函数关系式相对比,找出图线的斜率、截距、图线的交点、图线下的面积所对应的物理意义,分析解答问题,或者利用函数图线上的特定值代入函数关系式求物理量。

## 常用结论

### 一、动能定理

1. 内容: 合外力在一个过程中对物体所做的功等于物体在这个过程中动能的变化。
2. 表达式:  $W = EK_2 - EK_1$ 。
3. 物理意义: 动能定理指出了外力对物体所做的总功与物体动能变化之间的关系,即合力的功是物体动能变化的量度。
4. 动能定理的适用条件
  - (1) 动能定理既适用于直线运动,也适用于曲线运动。
  - (2) 既适用于恒力做功,也适用于变力做功。
  - (3) 力可以是各种性质的力,既可以同时作用,也可以不同时作用。
5. 对动能定理的理解

(1) 一个物体的动能变化 $\Delta E_k$ 与合外力对物体所做功 $W$ 具有等量代换关系。

- ①若 $\Delta E_k > 0$ ，表示物体的动能增加，其增加量等于合外力对物体所做的正功。
- ②若 $\Delta E_k < 0$ ，表示物体的动能减少，其减少量等于合外力对物体所做的负功的绝对值。
- ③若 $\Delta E_k = 0$ ，表示合外力对物体所做的功等于零。反之亦然。这种等量代换关系提供了一种计算变力做功的简便方法。

(2) 动能定理公式中等号的意义：等号表明合力做功与物体动能的变化间的三个关系：

- ①数量关系：即合外力所做的功与物体动能的变化具有等量代换关系。可以通过计算物体动能的变化，求合力的功，进而求得某一力的功。
- ②单位相同：国际单位都是焦耳。
- ③因果关系：合外力的功是物体动能变化的原因。

(3) 动能定理中涉及的物理量有 $F$ 、 $x$ 、 $m$ 、 $v$ 、 $W$ 、 $E_k$ 等，在处理含有上述物理量的力学问题时，可以考虑使用动能定理。由于只需要从力在整个位移内所做的功和这段位移始末两状态的动能变化去考虑，无需注意其中运动状态变化的细节，同时动能和功都是标量，无方向性，所以无论是直线运动还是曲线运动，计算都会特别方便。

(4) 动能定理中的位移和速度必须是相对于同一个参考系的，一般以地面为参考系。

注意：功和动能都是标量，动能定理表达式是一个标量式，不能在某一个方向上应用动能定理，但牛顿第二定律是矢量方程，可以在互相垂直的方向上分别使用分量方程。

题型一：对动能定理表达式的直接考核

## 二、动能

1. 定义：物体由于运动而具有的能叫动能。
2. 公式： $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 。单位：焦耳（J）。
3. 矢标性：动能是标量，只有正值。
4. 动能是状态量，而动能的变化量是过程量。
5. 动能具有相对性，动能的大小与参照物的选取有关，中学物理中，一般取地球为参照物。

题型一：对动能公式的考查

## 三、重力势能

重力做的功

1. 特点：只跟物体运动的起点和终点的位置有关，而跟物体运动的路径无关。物体下降时重力做正功；物体被举高时重力做负功。

2. 表达式： $W_G = mgh = mg(h_1 - h_2)$ ，其中  $h_1$ 、 $h_2$  分别表示物体起点和终点的高度。

### 重力势能

1. 定义：物体由于被举高而具有的能量叫做重力势能。

2. 大小：物体的重力势能等于它所受重力与所处高度的乘积，表达式为  $E_p = mgh$ 。

3. 单位：在国际单位制中重力势能的单位是焦耳（J），与功的单位相同。

### 重力势能的性质

#### 1. 相对性

(1) 参考平面：物体的重力势能总是相对于某一水平面来说的，这个水平面叫做参考平面。在参考平面上，物体的重力势能取作 0。

(2) 重力势能的相对性

① 选择不同的参考平面，物体重力势能的数值是不同的。

② 对选定的参考平面，上方物体的重力势能是正值，下方物体的重力势能是负值，负号表示物体在这个位置具有的重力势能要比在参考平面上具有的重力势能小。

#### 2. 标矢性

重力势能为标量，其正负表示重力势能的大小。物体在参考平面上方时，重力势能为正值，在参考平面下方时，重力势能为负值。

#### 3. 系统性

重力势能是地球与物体所组成的系统共有的。

### 四、重力做功与重力势能变化的关系

1. 关系式： $W_G = E_{p1} - E_{p2}$ 。

其中  $E_{p1} = mgh_1$  表示物体的初位置的重力势能， $E_{p2} = mgh_2$  表示物体的末位置的重力势能。

2. 当物体由高处运动到低处时，重力做正功，重力势能减少，也就是  $W_G > 0$ ， $E_{p1} > E_{p2}$ 。重力势能减少的数量等于重力所做的功。

3. 当物体由低处运动到高处时，重力做负功，或者说物体克服重力做功，重力势能增大，也就是  $W_G < 0$ ， $E_{p1} < E_{p2}$ 。重力势能增加的数量等于物体克服重力所做的功。

### 重力做功与重力势能变化的关系的进一步理解：

重力势能是相对的，式中  $h$  是物体到参考平面的高度。选取不同的参考平面，只影响物

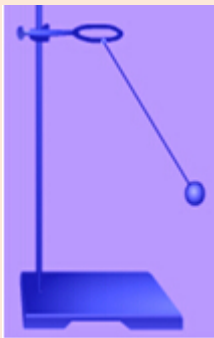
体重力的数值，而不影响重力势能的差值。即重力势能的变化与参考平面的选取无关。

重力对物体做多少正（负）功，物体的重力势能就减小（增大）多少，即  $W = -\Delta E_p$ （ $\Delta E_p$  为重力势能的增量）。重力做正功等于物体重力势能的减少，物体克服重力做的功等于物体重力势能的增加。

重力做功与路径无关，只与物体的初末位置的高度差和重力大小有关，但是重力做功，不能引起物体机械能的变化。

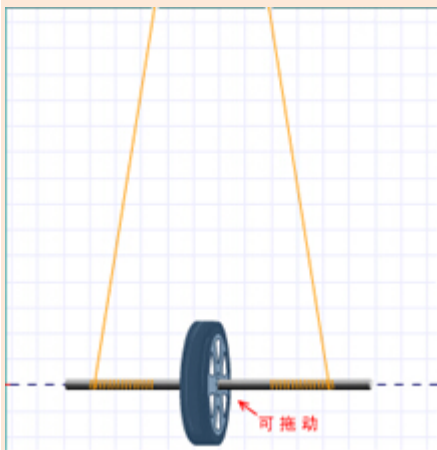
#### 四、动能和势能的相互转化

##### 摆锤



- 1、摆球向下摆动过程中，重力势能变小，速度变大，摆锤的动能变大，摆锤的重力势能转化为动能。
- 2、当摆锤过中点向上转动过程中，速度变小，摆锤的动能变小，重力势能变大，摆锤的动能转化为重力势能。

##### 滚摆



- 1、上升：速度变慢，高度变高，动能变小，重力势能变大，动能转化为重力势能。
- 2、下降：速度变快，高度变低，动能变大，重力势能变小，重力势能转化为动能。

结论：

动能和势能相互转化：

- (1) 动能的增减变化要以速度的增减来判断.
- (2) 重力势能的增减变化要以物体离地面高度的变化来判断.
- (3) 弹性势能的增减要根据形变大小的变化来判断.
- (4) 动能和势能的相互转化过程中, 必定有动能和势能各自变化, 而且一定是此增彼减.

## 易错点

### 易错题【01】

功与能的关系容易搞混, 做功是能量转移或者转化的方式。

### 易错题【02】

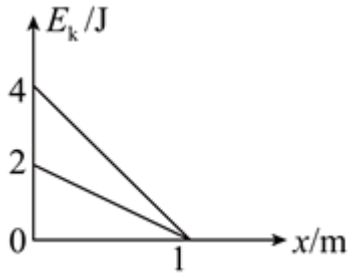
摩擦力做的负功并不是全部转化成内能, 应该是系统克服摩擦力做的功才转化。

### 成内能易错题【03】

注意单个物体机械能守恒的条件和系统机械能守恒条件的区别, 单个物体机械能守恒条件是只有重力做功, 系统机械能守恒的条件是系统内只有重力或弹力做功

## 经典变式练

7. (2022 春·赣州期末) 北京时间 2 月 6 日晚, 2022 女足亚洲杯决赛在印度打响。在上半场 0: 2 落后于韩国队的情况下, 中国女足下半场奋起直追连进三球, 最终完成超级逆转, 夺得亚洲杯冠军, 向永不言弃的“铿锵玫瑰”致敬! 已知足球质量约为 400g, 比赛中运动员将足球从地面踢出后, 足球上升的最大高度约为 3m, 在最高点的速度约为 10m/s, 不考虑空气阻力,  $g$  取  $10\text{m/s}^2$ , 试估算运动员此次踢球过程中对足球做的功为 ( )
- A. 0J                      B. 20J                      C. 12J                      D. 32J
8. (2022·南京模拟) 一小物块沿倾角为  $30^\circ$  的固定斜面向上滑动, 而后又滑回到出发点。该过程中, 物块的动能  $E_k$  与位移  $x$  关系的图像如图所示, 取  $g=10\text{m/s}^2$ , 设物块的质量为  $m$ , 物块与斜面间的动摩擦因数为  $\mu$ , 则 ( )



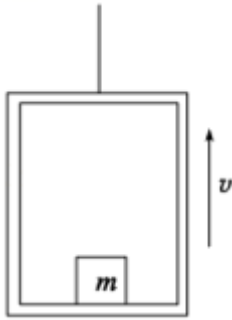
A.  $m=0.6\text{kg}$ ,  $\mu=\frac{\sqrt{3}}{6}$

B.  $m=0.6\text{kg}$ ,  $\mu=\frac{\sqrt{3}}{9}$

C.  $m=0.8\text{kg}$ ,  $\mu=\frac{1}{2}$

D.  $m=0.8\text{kg}$ ,  $\mu=\frac{\sqrt{3}}{2}$

9. (2022 春·石景山区期末) 电梯轿厢地板上静置一质量为  $m$  的物体, 电梯轿厢在钢索拉力作用下, 由静止开始向上加速运动, 当上升高度为  $H$  时, 速度达到  $v$ , 对此过程, 下列说法正确的是 ( )



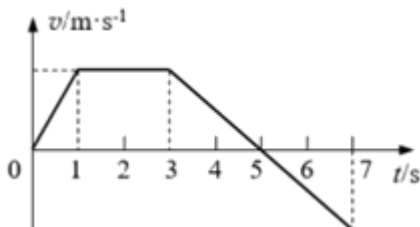
A. 轿厢地板对物体的支持力做的功等于  $\frac{1}{2}mv^2$

B. 轿厢地板对物体的支持力做的功等于  $mgH$

C. 轿厢钢索的拉力做的功等于  $\frac{1}{2}mv^2 + mgH$

D. 合力对物体做的功等于  $\frac{1}{2}mv^2$

10. (2021 春·黄浦区校级期末) 如图为物体沿直线运动的  $v-t$  图, 已知第 1 秒内合外力对物体做功为  $W$ , 则 ( )



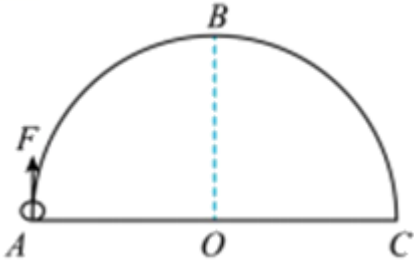
A. 从第 1 秒末到第 3 秒末合外力做功为  $4W$

B. 从第 3 秒末到第 5 秒末合外力做功为  $-2W$

C. 从第 5 秒末到第 7 秒末合外力做功为  $W$

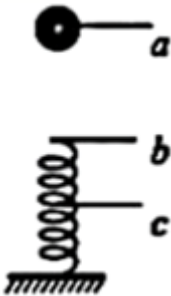
D. 从第 6 秒末到第 7 秒末合外力做功为  $-0.75W$

11. (2022 春·新市区校级期末) 如图所示, 一半圆弧形细杆 ABC 竖直固定在水平地面上, AC 为其水平直径, 圆弧半径  $BO=3.6m$ . 质量为  $m=4.0kg$  的小圆环 (可视为质点, 小环直径略大于杆的粗细) 套在细杆上, 在大小为  $50N$ 、沿圆的切线方向的拉力  $F$  作用下, 从 A 点由静止开始运动, 到达 B 点时对细杆的压力恰好为 0. 已知  $\pi$  取 3.14, 重力加速度  $g$  取  $10m/s^2$ , 在这一过程中摩擦力做功为 ( )

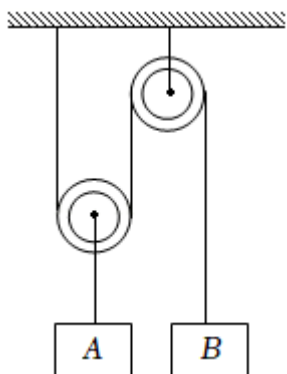


- A.  $-72J$                       B.  $-36J$                       C.  $-210.6J$                       D.  $-66.6J$

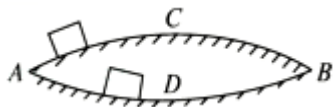
12. (2022 春·南开区期末) 如图所示, 小球自 a 点由静止自由下落, 到 b 点时恰与弹簧接触, 到 c 点时弹簧被压缩到最短, 若不计弹簧质量和空气阻力, 在小球由  $a \rightarrow b \rightarrow c$  的运动过程中 ( )



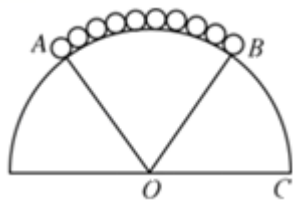
- A. 小球的机械能守恒  
 B. 小球在 b 点时动能最大  
 C. 到 c 点时弹簧弹性势能的增加量等于小球动能的减少量  
 D. 到 c 点时弹簧弹性势能的增加量等于小球重力势能的减少量
13. (2022 春·杭州期末) 如图所示, 轻质动滑轮下方悬挂重物 A、轻质定滑轮下方悬挂重物 B, 悬挂滑轮的轻质细线竖直. 开始时, A、B 处于静止状态, 释放后 A、B 开始运动. 已知 A、B 的质量相等, 若不计一切阻力, 在两重物开始一起运动的一小段时间内, 下列说法正确的是 ( )



- A. A 向下运动, B 向上运动
- B. A 的机械能减小, B 的机械能增加, A、B 系统的机械能守恒
- C. A 和 B 的速度大小始终相等
- D. B 重力的功率大小始终是 A 的 2 倍
14. (2022 春·源汇区校级期中) 连接 A、B 两点的弧形轨道 ACB 和 ADB 关于 A、B 的连线对称, 轨道材料相同, 粗糙程度相同, 如图所示, 一个小物块由 A 点以一定的初速度  $v$  开始沿 ACB 轨道到达 B 点的速度为  $v_1$ ; 若由 A 以大小相同的初速度  $v$  沿 ADB 轨道到达 B 点的速度为  $v_2$ 。  $v_1$  和  $v_2$  的大小关系为 ( )



- A.  $v_1 > v_2$
- B.  $v_1 = v_2$
- C.  $v_1 < v_2$
- D. 条件不足, 无法判定
15. (2022 春·南关区校级期中) 质量为  $2\pi\text{kg}$  的均匀条形铁链 AB 在半径  $R = \frac{6}{\pi}\text{m}$  的光滑半球体上方保持静止, 已知  $\angle AOB = 60^\circ$ , 给铁链 AB 一个微小的扰动使之向右沿球面下滑, 当端点 A 滑至 C 处时铁链变为竖直状态且其速度大小为  $2\sqrt{14}\text{m/s}$ , 以 OC 所在平面为参考平面,  $g$  取  $10\text{m/s}^2$ , 则下列说法中正确的是 ( )

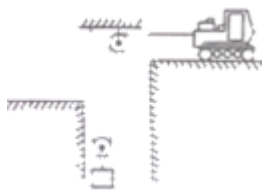


- A. 铁链在初始位置时具有的重力势能为 120J
- B. 铁链在初始位置时其重心距 OC 面的高度为 3m
- C. 铁链的端点 A 滑至 C 点时其重心下降高度为  $(\frac{\sqrt{3}+1}{2})\text{m}$

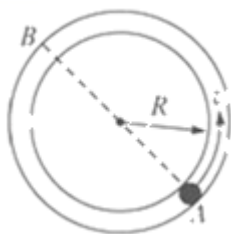
D. 铁链的端点 B 滑至 C 点时其速度大小为  $3\sqrt{2}\text{m/s}$

## 基础练

16. (2022 春·阎良区期末) 如图所示, 轻质绳索一端固定, 另外一端连接到工程车的牵引装置上. 绳索穿过两轻质滑轮以提升矿井中质量为  $30\text{kg}$  的矿物. 悬挂动滑轮的轻质细线竖直, 不计滑轮与绳之间的摩擦. 在前  $2\text{s}$  内, 工程车从静止出发以  $1\text{m/s}^2$  的加速度匀加速行驶.  $g=10\text{m/s}^2$ , 则在这  $2\text{s}$  内, 工程车通过绳索对矿物所做的功为 ( )



- A.  $660\text{J}$                       B.  $360\text{J}$                       C.  $315\text{J}$                       D.  $300\text{J}$
17. (2022 春·辽宁期中) 如图所示, 半径为  $R$  的孔径均匀的圆形弯管水平放置, 小球在管内以足够大的初速度  $v$  在水平面内做圆周运动, 小球与管壁间的动摩擦因数为  $\mu$ , 设从开始运动的一周内小球从 A 到 B 和从 B 到 A 的过程中摩擦力对小球做功分别为  $W_1$  和  $W_2$ , 在这一周内摩擦力做的总功为  $W_3$ , 则下列关系式正确的是 ( )



- A.  $W_3=0$                       B.  $W_3>W_1+W_2$                       C.  $W_1=W_2$                       D.  $W_1>W_2$
18. (2022 春·如皋市期中) 某城市广场喷泉的喷嘴横截面为  $S$ , 用于给喷管喷水的电动机输出功率为  $P$ . 已知水的密度为  $\rho$ , 重力加速度为  $g$ , 不计空气阻力, 则喷泉喷出的水柱高度为 ( )

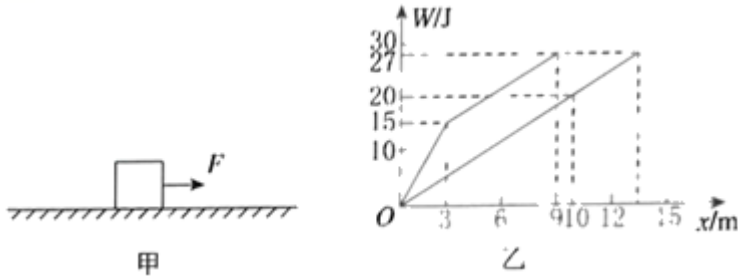
A.  $\frac{\sqrt{2}P}{2\rho Sg}$

B.  $\frac{P^2}{2\rho^2 S^2 g^3}$

C.  $\sqrt{\frac{P^2}{2\rho^2 S^2 g^3}}$

D.  $\sqrt[3]{\frac{P^2}{2\rho^2 S^2 g^3}}$

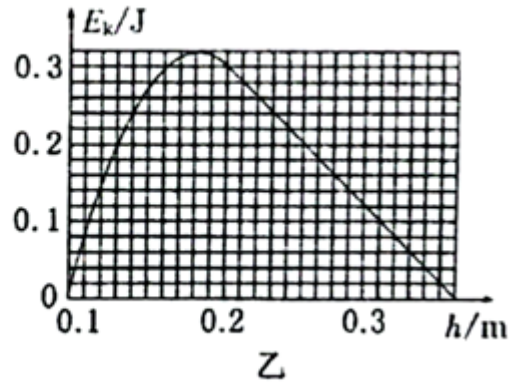
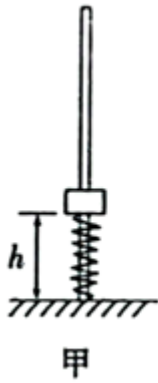
19. (2022 春·浙江期中) 质量为  $1\text{kg}$  的物体静止在粗糙的水平地面上, 在一水平外力  $F$  的作用下运动, 如图甲所示。外力  $F$  做的功和物体克服摩擦力  $f$  做的功  $W$  与物体位移  $x$  的关系如图乙所示, 重力加速度  $g$  取  $10\text{m/s}^2$ 。下列分析正确的是 ( )



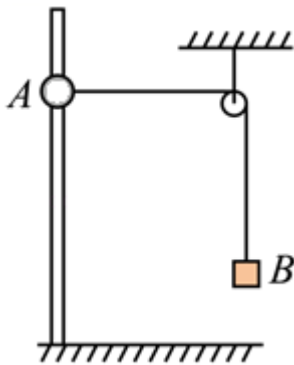
- A. 物体与地面之间的动摩擦因数为  $0.3$
- B. 物体运动的最大位移为  $13\text{m}$
- C. 物体在前  $3\text{m}$  位移中的加速度为  $5\text{m/s}^2$
- D.  $x=9\text{m}$  时, 物体的速度为  $3\sqrt{2}\text{m/s}$
20. (2022 春·赣州期末) 如图所示, 轻绳跨过轻质定滑轮, 两端分别系着质量为  $1\text{kg}$  和  $3\text{kg}$  的小球  $a$  和  $b$ , 小球  $a$  静止于地面, 用手托住小球  $b$ , 当绳刚好被拉直时, 小球  $b$  离地面的高度  $h$  为  $0.4\text{m}$ , 若无初速度释放小球  $b$ , 不计一切摩擦和阻力, 小球  $a$  不会碰到滑轮,  $g$  取  $10\text{m/s}^2$ , 则小球  $b$  落地前瞬间速度大小为 ( )



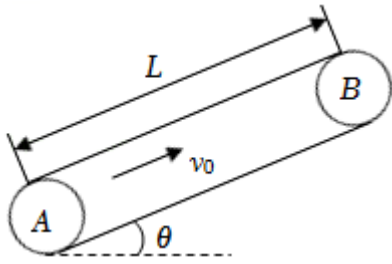
- A.  $2\text{m/s}$                       B.  $1\text{m/s}$                       C.  $\sqrt{6}\text{m/s}$                       D.  $2\sqrt{2}\text{m/s}$
21. (2022 春·金东区校级期中) 如图甲所示, 竖直光滑杆固定不动, 套在杆上的弹簧下端固定, 将套在杆上的滑块向下压缩弹簧至其离地高度  $h_1=0.1\text{m}$  处, 滑块与弹簧不拴接。现由静止释放滑块, 通过传感器测量到滑块的速度和离地高度  $h$  并作出滑块的  $E_k - h$  图像, 其中高度从  $0.2\text{m}$  上升到  $0.35\text{m}$  范围内图像为直线, 其余部分为曲线, 以地面为零势能面, 取  $g=10\text{m/s}^2$ , 由图像可知 ( )



- A. 滑块的质量为 0.1kg  
 B. 弹簧原长为 0.1m  
 C. 弹簧最大弹性势能为 0.32J  
 D. 滑块的重力势能与弹簧的弹性势能总和最小为 0.38J
22. (2022 春·烟台期中) 如图所示, 一根光滑的细杆上穿有一个质量为  $m$  的小球 A, 小球 A 和质量为  $M$  的物块 B 通过一根足够长的轻绳绕过定滑轮 (大小可忽略不计) 相连, 细杆与定滑轮之间的水平间距  $L=0.8\text{m}$ , 现将小球 A 从与定滑轮同一高度处由静止释放, 已知  $m=0.34\text{kg}$ ,  $M=0.5\text{kg}$ ,  $g=10\text{m/s}^2$ , A 离地足够高, 不计一切摩擦阻力。求:
- (1) A 能下降的最大高度  $h_m$ ; (结果保留两位有效数字)
  - (2) 当 A 下降高度为  $h=0.6\text{m}$  时 A 的速度大小。

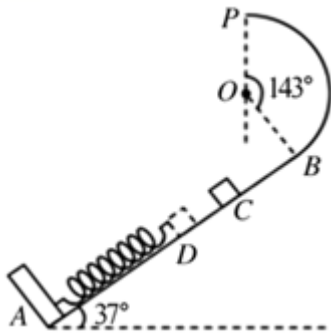


23. (2022 春·安阳期末) 如图所示, 质量为  $m=1\text{kg}$  的物块从空中的 P 点以速度  $v=6\sqrt{3}\text{m/s}$ , 与水平方向成  $\varphi=60^\circ$  角抛出, 恰好沿传送带方向进入传送带。传送带与水平方向的夹角  $\theta=30^\circ$ , 传送带以  $v_0=4\text{m/s}$  的速度顺时针转动, 物块与传送带间的动摩擦因数为  $\mu=\frac{\sqrt{3}}{3}$ , 传动带长  $L=3\text{m}$ , 重力加速度  $g$  取  $10\text{m/s}^2$ , 物块可看成质点, 求:
- (1) 物块从 P 点抛出到进入传送带的时间;
  - (2) 物块从传送带的最上端运动到最下端的时间;
  - (3) 物块从传送带的最上端运动到最下端因摩擦产生的热量。



24. (2022 春·肥城市期中) 如图所示, AB 为倾角  $\theta=37^\circ$  的光滑斜面轨道, BP 为圆心角等于  $143^\circ$ 、半径  $R=1\text{m}$  的竖直光滑圆弧形轨道, 两轨道相切于 B 点, P 与圆心 O 两点在同一竖直线上。轻弹簧一端固定在 A 点, 另一自由端在斜面上 C 点处, 现有一质量  $m=2\text{kg}$  的物块在外力作用下将弹簧缓慢压缩到 D 点后 (不拴接) 释放, 物块经过 B 点后恰能沿竖直圆轨道到达 P 点, 已知斜面部分的长度  $s_{DC}=0.2\text{m}$ ,  $s_{CB}=1\text{m}$ ,  $\sin 37^\circ=0.6$ ,  $\cos 37^\circ=0.8$ ,  $g=10\text{m/s}^2$ )。试求:

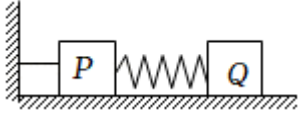
- (1) 物块在 P 点的速度大小。
- (2) 物块在 B 点的速度大小。
- (3) 将弹簧缓慢压缩到 D 点时, 弹簧储存的弹性势能;
- (4) 若 CB 部分粗糙且动摩擦因数为  $\mu=0.25$ , 其余轨道光滑, 将上述物块在外力作用下将弹簧缓慢压缩到 D' 点后 (不拴接) 释放, 要使物块经过 B 点后仍恰能到达 P 点, 求释放后弹簧对物块做的功。



## 提升练

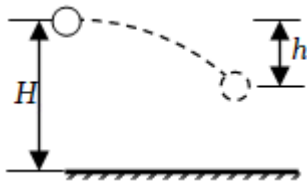
25. (2022·湖北) 如图所示, 质量分别为  $m$  和  $2m$  的小物块 P 和 Q, 用轻质弹簧连接后放在水平地面上, P 通过一根水平轻绳连接到墙上。P 的下表面光滑, Q 与地面间的动摩擦因数为  $\mu$

，最大静摩擦力等于滑动摩擦力。用水平拉力将 Q 向右缓慢拉开一段距离，撤去拉力后，Q 恰好能保持静止。弹簧形变始终在弹性限度内，弹簧的劲度系数为 k，重力加速度大小为 g。若剪断轻绳，P 在随后的运动过程中相对于其初始位置的最大位移大小为（ ）



- A.  $\frac{\mu mg}{k}$       B.  $\frac{2\mu mg}{k}$       C.  $\frac{4\mu mg}{k}$       D.  $\frac{6\mu mg}{k}$

26. (2021·全国) 如图，一质量为 m 的小球从高度为 H 的地方以初速度  $v_0$  水平抛出。不计空气阻力，当小球在竖直方向上下降的距离为 h 时，其动能为（ ）

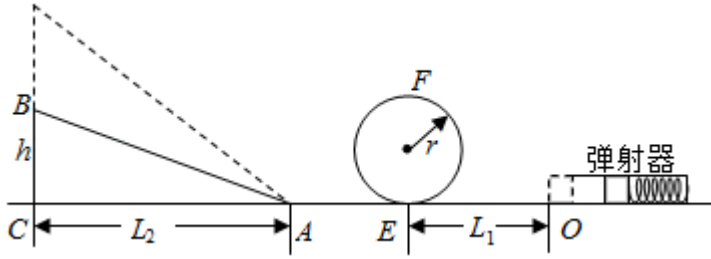


- A.  $\frac{1}{2}mv_0^2 + mgH$       B.  $\frac{1}{2}mv_0^2 + mgh$   
 C.  $mgH - mgh$       D.  $\frac{1}{2}mv_0^2 + mg(H - h)$

27. (2021·乙卷) 一篮球质量为  $m=0.60\text{kg}$ ，一运动员使其从距地面高度为  $h_1=1.8\text{m}$  处由静止自由落下，反弹高度为  $h_2=1.2\text{m}$ 。若使篮球从距地面  $h_3=1.5\text{m}$  的高度由静止下落，并在开始下落的同时向下拍球，球落地后反弹的高度也为 1.5m。假设运动员拍球时对球的作用力为恒力，作用时间为  $t=0.20\text{s}$ ；该篮球每次与地面碰撞前后的动能的比值不变。重力加速度大小取  $g=10\text{m/s}^2$ ，不计空气阻力。求：

- (1) 运动员拍球过程中对篮球所做的功；
- (2) 运动员拍球时对篮球的作用力的大小。

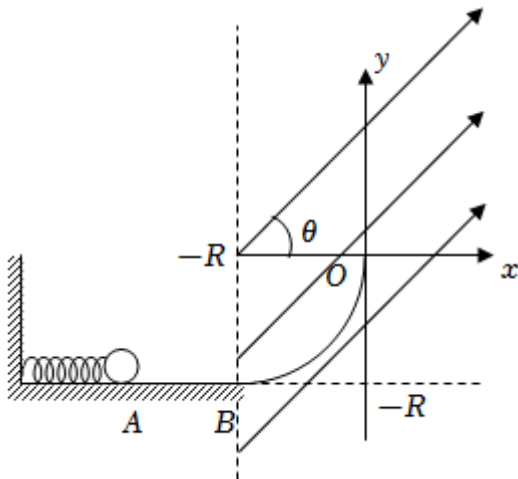
28. (2020·浙江) 如图所示，一弹射游戏装置由安装在水平台面上的固定弹射器、竖直圆轨道（在最低点 E 分别与水平轨道 EO 和 EA 相连）、高度 h 可调的斜轨道 AB 组成。游戏时滑块从 O 点弹出，经过圆轨道并滑上斜轨道。全程不脱离轨道且恰好停在 B 端则视为游戏成功。已知圆轨道半径  $r=0.1\text{m}$ ，OE 长  $L_1=0.2\text{m}$ ，AC 长  $L_2=0.4\text{m}$ ，圆轨道和 AE 光滑，滑块与 AB、OE 之间的动摩擦因数  $\mu=0.5$ 。滑块质量  $m=2\text{g}$  且可视为质点，弹射时从静止释放且弹簧的弹性势能完全转化为滑块动能。忽略空气阻力，各部分平滑连接。求



- (1) 滑块恰好能过圆轨道最高点 F 时的速度  $v_F$  大小；
- (2) 当  $h=0.1\text{m}$  且游戏成功时，滑块经过 E 点对圆轨道的压力  $F_N$  大小及弹簧的弹性势能  $E_{p0}$ ；
- (3) 要使游戏成功，弹簧的弹性势能  $E_p$  与高度  $h$  之间满足的关系。

29. (2022·辽宁) 如图所示，光滑水平面 AB 和竖直面内的光滑  $\frac{1}{4}$  圆弧导轨在 B 点平滑连接，导轨半径为 R。质量为 m 的带正电小球将轻质弹簧压缩至 A 点后由静止释放，脱离弹簧后经过 B 点时的速度大小为  $\sqrt{gR}$ ，之后沿轨道 BO 运动。以 O 为坐标原点建立直角坐标系 xOy，在  $x \geq -R$  区域有方向与 x 轴夹角为  $\theta=45^\circ$  的匀强电场，进入电场后小球受到的电场力大小为  $\sqrt{2}mg$ 。小球在运动过程中电荷量保持不变，重力加速度为 g。求：

- (1) 弹簧压缩至 A 点时的弹性势能；
- (2) 小球经过 O 点时的速度大小；
- (3) 小球过 O 点后运动的轨迹方程。





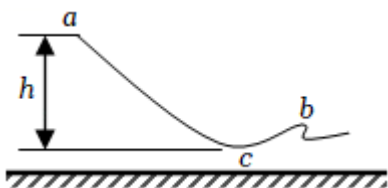
## 考向 11 动能定理 机械能

### 【重点知识点目录】

5. 对动能、动能定理的理解及动能定理的应用
6. 动能定理的图像问题
7. 机械能守恒的理解与判断
8. 单个物体、多个物体的机械能

### 经典真题

1. (2022·甲卷) 北京 2022 年冬奥会首钢滑雪大跳台局部示意图如图所示。运动员从 a 处由静止自由滑下, 到 b 处起跳, c 点为 a、b 之间的最低点, a、c 两处的高度差为 h。要求运动员经过 c 点时对滑雪板的压力不大于自身所受重力的 k 倍, 运动过程中将运动员视为质点并忽略所有阻力, 则 c 点处这一段圆弧雪道的半径不应小于 ( )



- A.  $\frac{h}{k+1}$       B.  $\frac{h}{k}$       C.  $\frac{2h}{k}$       D.  $\frac{2h}{k-1}$

【答案】D。

【解析】解: 从 a 到 c 根据动能定理有:  $mgh = \frac{1}{2}mv^2$

在 c 点根据牛顿第二定律有:  $kmg - mg = \frac{mv^2}{R}$

联立解得:  $R = \frac{2h}{k-1}$

故 ABC 错误, D 正确;

2. (2022·浙江) 物流公司通过滑轨把货物直接装运到卡车中, 如图所示, 倾斜滑轨与水平面成  $24^\circ$  角, 长度  $l_1 = 4\text{m}$ , 水平滑轨长度可调, 两滑轨间平滑连接。若货物从倾斜滑轨顶端由静止开始下滑, 其与滑轨间的动摩擦因数均为  $\mu = \frac{2}{9}$ , 货物可视为质点 (取  $\cos 24^\circ = 0.9$ ,  $\sin 24^\circ = 0.4$ )。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。  
如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/417001122001006114>