

大题 动量能量的综合应用

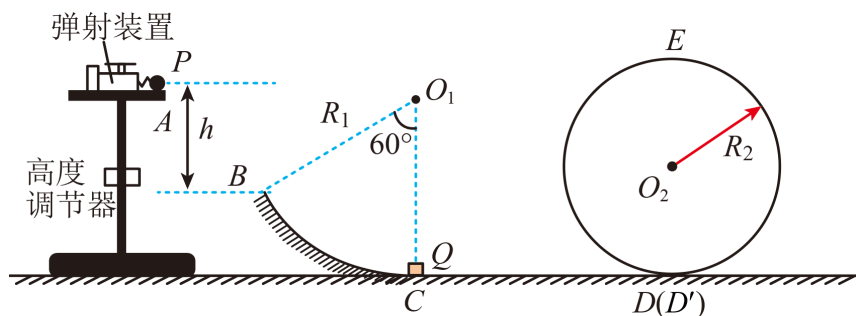
考 情 分 析

动量观、与能量观的正确形成是检验学生物理核心素养形成的重要方面。因此能量与动量的知识在高考中每年必考,题型分布广泛小题、大题均有涉及可以单独命题也可以二者综合起来命题,呈现情境丰富考察角度宽而有创意所以在复习备考中一定要引起高度重视。

琢 题 突 破

大 题 典 例 动能定理的综合应用

- 例 1** (2024 高三·浙江杭州·期中) 如图所示为安装在水平地面上的某游戏装置结构示意图,其左边部分是一个高度和水平位置均可以调节的平台,在平台上面放置一个弹射装置;游戏装置的右边部分由竖直固定的光滑圆弧轨道 BC 、粗糙水平直线轨道 CD 与竖直固定的光滑圆轨道 DED' 组成(底端连接处 D 与 D' 略错开)。已知圆弧轨道 BC 的圆心为 O_1 、半径 $R_1 = 1.2\text{m}$,其 C 端与水平面相切, O_1B 与 O_1C 的夹角 $\theta = 60^\circ$; 水平直线轨道 CD 长度 $L = 1.2\text{m}$,动摩擦因数 $\mu = 0.5$; 圆轨道 DED' 的半径 $R_2 = 0.8\text{m}$ 。将质量 $m = 0.2\text{kg}$ 的滑块 Q 置于 C 点,再将质量同为 $m = 0.2\text{kg}$ 的小球 P 经弹射装置从平台 A 点水平弹出,通过改变 AB 高度差 h 、水平距离和小球 P 在 A 点的初速度大小,总能让小球沿 B 点的切线方向进入 BC 圆弧轨道,然后与滑块 Q 发生弹性碰撞。空气阻力不计,小球和滑块均可视为质点,重力加速度 g 取 10m/s^2 ,求:
- (1) 若 $h = 0.45\text{m}$,求小球 P 从 A 点弹出时的初速度大小;
 - (2) 若 $h = 0.45\text{m}$,求小球 P 到达 C 点与 Q 碰撞前瞬间对圆弧轨道的压力;
 - (3) 若 P 与 Q 碰撞后, Q 能够通过圆轨道的最高点 E ,求 h 需要满足的条件。



【思路分析】根据平抛运动的规律先求出竖直速度在利用几何关系求初速度;在圆弧上根据动能定理求碰撞前的速度在结合牛顿第二定律求解轨道弹力;求出在 E 点的临界速度在根据动能定理或能量守恒求解 h 。

【答案】(1) $\sqrt{3}\text{m/s}$; (2) 6N , 方向竖直向下; (3) $h \geq 1.5\text{m}$

【详解】(1) 从 A 到 B , 做平抛运动, 则竖直方向上有

$$v_y^2 = 2gh$$

水平初速度

$$v_0 = \frac{v_y}{\tan 60^\circ}$$

联立解得

$$v_0 = \sqrt{3} \text{ m/s}$$

(2) 从 A 抛出到 C , 根据动能定理

$$mg\left(h + \frac{R_1}{2}\right) = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

解得

$$v_C = 2\sqrt{6} \text{ m/s}$$

在 C 点, 根据牛顿第二定律

$$F_{NC} - mg = m\frac{v_C^2}{R_1}$$

解得

$$F_{NC} = 6N$$

由牛顿第三定律得压力

$$F' = F_{NC} = 6N$$

方向竖直向下

(3) 球 P 与 Q 弹性碰撞后, 速度交换, P 球静止, Q 球弹出, 要过 E 点, 则需满足

$$\frac{1}{2}mv_B^2 + mg(R_1 - R_1\cos\theta) - \mu mgL = 2mgR_2 + \frac{1}{2}mv_{E\min}^2$$

由

$$mg = \frac{mv_{E\min}^2}{R_2}$$

联立解得

$$v_B = 2\sqrt{10} \text{ m/s}$$

过 E 点则要满足

$$v_B \geq 2\sqrt{10} \text{ m/s}$$

从 A 到 B , 竖直方向有

$$(v_B \sin 60^\circ)^2 = 2gh$$

h 要满足的条件是

$$h \geq 1.5 \text{ m}$$

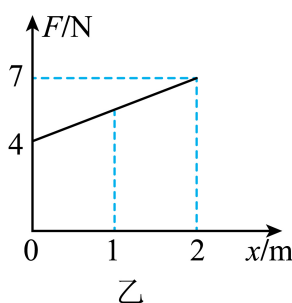
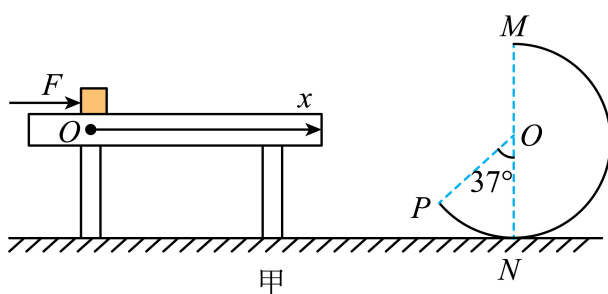
应用动能定理解题的五点注意

方法选择	动能定理往往用于单个物体的运动过程, 由于不涉及加速度和时间, 比动力学研究方法要简捷
区分标矢	动能定理表达式是一个标量式, 在某个方向上应用动能定理是错误的
过程选择	可以分段列式, 也可以对全过程列式, 对多过程复杂问题用动能定理列式可使问题简化
电磁场中的应用	在电磁场中运动时多了一个静电力或磁场力, 特别注意电场力做功与路径无关, 洛伦兹力在任何情况下都不做功
适用情况	既适用于直线运动, 也适用于曲线运动; 既适用于恒力做功, 也适用于变力做功

变式训练

题目 1 (2024·安徽合肥·一模) 如图甲所示, 一小物块放置在水平台面上, 在水平推力 F 的作用下, 物块从坐标原点 O 由静止开始沿 x 轴运动, F 与物块的位置坐标 x 的关系如图乙所示。物块在 $x=2\text{m}$ 处从平台飞出, 同时撤去 F , 物块恰好由 P 点沿其切线方向进入竖直圆轨道, 随后刚好从轨道最高点 M 飞出。已知物块质量为 0.5kg , 物块与水平台面间的动摩擦因数为 0.7 , 轨道圆心为 O' , 半径为 0.5m , MN 为竖直直径, $\angle PON = 37^\circ$, 重力加速度 g 取: 10m/s^2 , $\sin 37^\circ = 0.6$, 不计空气阻力。求:

- (1) 物块飞出平台时的速度大小;
- (2) 物块在圆轨道上运动时克服摩擦力做的功。



【答案】(1) 4m/s ; (2) 0.5J

【详解】(1) 由 F 与物块的位置坐标 x 的关系图像面积分析可知当物块运动到 $x_2=2\text{m}$ 处时 F 所做的功

$$W_1 = \frac{4+7}{2} \times 2\text{J} = 11\text{J}$$

设物块运动到 $x_2=2\text{m}$ 处时的速度为 v , 由动能定理

$$W_1 - \mu mgx_2 = \frac{1}{2}mv^2$$

可得

$$v = 4\text{m/s}$$

(2) 分析可知物块从平台飞出后做平抛运动, 且从 P 点沿切线方向进入竖直圆轨道, 设物块运动到 P 点时的速度为 v_p , 可得物块在 P 点的速度

$$v_p = \frac{v}{\cos 37^\circ} = 5\text{m/s}$$

设物块恰好由轨道最高点 M 飞出时的速度为 v_M , 由圆周运动知识

$$mg = m \frac{v_M^2}{R}$$

可得

$$v_M = \sqrt{gR} = \sqrt{5}\text{m/s}$$

设物块在圆轨道时, 克服摩擦力做的功为 W_2 , 由动能定理

$$-mgR(1 + \cos 37^\circ) - W_2 = \frac{1}{2}mv_M^2 - \frac{1}{2}mv_p^2$$

可得

$$W_2 = 0.5\text{J}$$

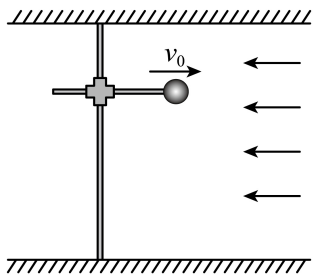


大题典例

能量观点与动力学观点解决力学综合题

例 2 (2024 高三下·重庆渝中·阶段练习) 风洞是研究空气动力学的实验设备。中国打造的 $JF22$ 超大型激波风洞, 能够吹出 30 倍音速的风。如图所示, 将刚性杆水平固定在某风洞内距水平地面高度 $h = 12.8\text{m}$ 处, 杆上套一质量 $m = 4\text{kg}$ 、可沿杆滑动的小球 (视为质点)。将小球所受的风力大小调节为 $F = 30\text{N}$, 方向水平向左。小球以速度 $v_0 = 9\text{m/s}$ 向右离开刚性杆后, 小球所受风力不变, 取重力加速度大小 $g = 10\text{m/s}^2$ 。求小球:

- (1) 在空中运动时的加速度大小 a ;
- (2) 在空中运动的时间 t ;
- (3) 运动到距刚性杆右端 (小球在其右下方) 的水平距离 $x = 5.25\text{m}$ 时的动能 E 。



【思路分析】由受力分析先求出合力在根据牛顿运动定律求解加速度; 根据运动的合成与分解分别求解水平竖直的规律在根据动能定理进一步解答相关问题。

【答案】(1) $a = 12.5\text{m/s}^2$; (2) $t = 1.6\text{s}$; (3) $E_k = 204.5\text{J}$ 或 $E_k = 396.5\text{J}$

【详解】(1) 对小球受力分析可知

$$F_{\text{合}} = \sqrt{(mg)^2 + F^2}$$

又

$$a = \frac{F_{\text{合}}}{m}$$

解得

$$a = 12.5 \text{ m/s}^2$$

(2) 小球在竖直方向做自由落体运动, 有

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

解得

$$t = 1.6 \text{ s}$$

(3) 小球在水平方向做匀变速运动, 加速度大小

$$a_x = \frac{F}{m} = 7.5 \text{ m/s}^2$$

设经过时间 t' , 小球与刚性杆右端之间的水平距离为 x , 有

$$x = v_0 t' - \frac{1}{2}a_x t'^2$$

解得

$$t' = 1 \text{ s 或 } t' = 1.4 \text{ s}$$

由动能定理有

$$mg \times \frac{1}{2}gt'^2 - Fx = E_k - \frac{1}{2}mv_0^2$$

解得

$$E_k = 204.5 \text{ J 或 } E_k = 396.5 \text{ J}$$

变式训练

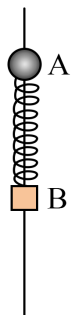
题目 1 (2024·江苏宿迁·一模) 如图所示, 足够长的竖直固定杆上套一劲度系数为 k 的轻质弹簧, 弹簧下端悬挂质量为 m 的物块 B , 上端连接一轻质小球, 物块 B 与杆间无摩擦, 小球 A 与杆之间的最大摩擦力为 $1.2mg$, 最大静摩擦力等于滑动摩擦力, 重力加速度为 g , 忽略空气阻力。求:

(1) B 静止时, 弹簧伸长量 x ;

(2) 若将物块 B 拉至弹簧原长处由静止释放,

① 物块的最大速度 v_m ;

② 整个过程中, 因摩擦产生的内能 Q 。



【答案】(1) $\frac{mg}{k}$; (2) ① $g\sqrt{\frac{m}{k}}$, ② $\frac{3m^2g^2}{k}$

【详解】(1) B 静止时, 根据平衡条件, 有

$$mg = kx$$

解得

$$x = \frac{mg}{k}$$

(2) ① 当 B 的加速度为零时, 速度有最大值, 此时 B 下落 x , 此时的弹力为

$$F_{\text{弹}} = kx = mg$$

结合题意可知

$$F_{\text{弹}} = kx = mg < f_{\text{max}} = 1.2mg$$

所以 A 不动, B 与弹簧构成的系统机械能守恒, 即

$$mgx = \frac{1}{2}mv_m^2 + \frac{1}{2}kx^2$$

联立可得

$$v_m = g\sqrt{\frac{m}{k}}$$

② 设系统再次静止时, 小球 A 下滑的距离为 L , 此时弹簧伸长量为 x ; 根据功能关系可得:

$$mg(L+x) = \frac{1}{2}kx^2 + Q$$

其中

$$Q = 1.2mgL$$

联立解得

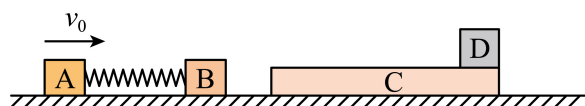
$$Q = \frac{3m^2g^2}{k}$$

大题典例 能量动量的综合

例 1 (23-24 高三上·湖北·阶段练习) 如图所示, 光滑水平面上轻弹簧左端与物块 A 相连, 右端与物块 B 接触但不相连, 在物块 B 的右方一定距离处为静止的木板 C 和物块 D , 刚开始, 物块 D 在木板的最右端。 A 物块以一定初速度向右运动压缩弹簧, A 与 B 速度相等时弹簧的弹性势能为 $27J$ 。当弹簧再次原长时, 物

块 B 恰与木板 C 发生碰撞,并迅速结合为一体,物块 D 最终停在木板的中间位置。已知物块 A 、 C 和 D 的质量为 $m = 1\text{kg}$,物块 B 质量为 $M = 2\text{kg}$,木板 C 的长度为 $L = 3.2m$,物块均可视为质点,重力加速度 $g = 10\text{m/s}^2$ 。试求:

- (1) 物块 A 的初速度大小;
- (2) 物块 B 与木板 C 相碰损失的机械能;
- (3) 物块 B 与木板 C 碰后至物块 D 与木板 C 刚达到速度相等过程中,物块 D 的位移大小。



【思路分析】以 A 、 B 组成的系统应用动量守恒能量守恒求解 A 初速度及当弹簧再次原长时 B 的速度; B 与 C 碰撞,由动量守恒定律求解碰撞后的速度以及损失的机械能; B 、 C 与 D 系统,由动量守恒定律求速度在结合运动学规律进行求解。

【答案】(1) 9m/s ; (2) 12J ; (3) $1.2m$

【详解】(1) 根据题意,设 A 的初速度为 v_0 ,当 A 、 B 速度相等时,由动量守恒定律有

$$mv_0 = (m + M)v$$

对 A 、 B 、弹簧系统,由能量守恒定律有

$$E_p = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}(M + m)v^2$$

代入数据解得

$$v_0 = 9\text{m/s}$$

(2) 当弹簧再次原长时,对 A 、 B 、弹簧系统,由动量守恒定律有

$$mv_0 = mv_A + Mv_B$$

由能量守恒定律

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}Mv_B^2$$

联立以上两式

$$v_B = 6\text{m/s}$$

B 与 C 碰撞,由动量守恒定律有

$$Mv_B = (M + m)v_1$$

解得

$$v_1 = 4\text{m/s}$$

B 与 C 碰撞损失的机械能

$$\Delta E = \frac{1}{2}Mv_B^2 - \frac{1}{2}(M + m)v_1^2 = 12\text{J}$$

(3) 对 B 、 C 与 D 系统,由动量守恒定律有

$$(M + m)v_1 = (M + 2m)v_2$$

解得

$$v_2 = 3 \text{ m/s}$$

设物块 B 与木板 C 碰后至物块 D 与木板 C 达到速度相等过程的时间为 t , 则有

$$\frac{v_1 + v_2}{2} t - \frac{v_2}{2} t = \frac{L}{2}$$

解得

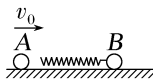
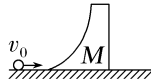
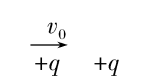
$$t = 0.8 \text{ s}$$

则此过程 D 的位移

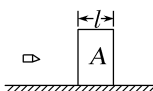
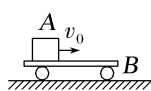
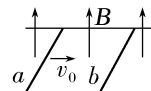
$$x = \frac{v_2}{2} t = 1.2 \text{ m}$$

解法指导 碰撞拓展

(1) “保守型”碰撞拓展模型

图例 (水平面光滑)			
达到共速	相当于完全非弹性碰撞, 系统水平方向动量守恒, 满足 $mv_0 = (m + M)v_{\text{共}}$, 损失的动能最大, 分别转化为弹性势能、重力势能或电势能		
再次分离	相当于弹性碰撞, 系统水平方向动量守恒, 满足 $mv_0 = mv_1 + Mv_2$, 能量满足 $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2$		

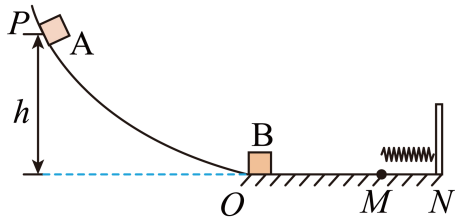
(2) “耗散型”碰撞拓展模型

图例 (水平面、水平导轨都光滑)			
达到共速	相当于完全非弹性碰撞, 动量满足 $mv_0 = (m + M)v_{\text{共}}$, 损失的动能最大, 分别转化为内能或电能		

变式训练

题目 1 (2024 高三·浙江·阶段练习) 如图所示, 滑道由光滑的曲面滑梯 PO 和一条与其平滑连接的水平轨道 ON 构成, 水平轨道右侧固定有一轻质弹簧, 弹簧左端恰好位于 M 点。若质量为 $m_A = 20 \text{ kg}$ 的滑块 A 从距离地面高 $h = 1.25 \text{ m}$ 处由静止开始下滑, 下滑后与静止于 O 点的滑块 B 发生碰撞。若碰撞后 A 、 B 粘在一起, 两者以 2 m/s 的速度向右移动 0.5 m 停下。已知水平轨道 OM 长度 $L = 1.0 \text{ m}$, 两滑块与 OM 段之间的动摩擦因数相同, 其余部分光滑, 两滑块均可视为质点, 弹簧始终在弹性限度内, 重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。求:

- (1) 滑块 B 的质量 m_B ;
 (2) 滑块与 OM 段之间的动摩擦因数;
 (3) 若 A 、 B 两滑块发生弹性碰撞, 求弹簧最大的弹性势能 E_P 。



【答案】(1)30kg; (2)0.4; (3)120J

【详解】(1) 从 P 到 O , 对由动能定理

$$m_A gh = \frac{1}{2} m_A v_0^2$$

得

$$v_0 = 5 \text{ m/s}$$

若下滑后滑块 A 与静止于 O 点的滑块 B 发生碰撞后共同运动, 由动量守恒

$$m_A v_0 = (m_A + m_B) v$$

得

$$m_B = 30 \text{ kg}$$

(2) 若滑块 A 、 B 一起运动, 由运动学公式

$$v^2 = 2\mu gx$$

得

$$\mu = 0.4$$

(3) 若滑块 A 、 B 发生弹性碰撞, 由系统动量守恒和能量守恒

$$m_A v_0 = m_A v_A + m_B v_B$$

$$\frac{1}{2} m_A v_0^2 = \frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2$$

得

$$v_A = \frac{m_A - m_B}{m_A + m_B} v_0 = -1 \text{ m/s}, v_B = \frac{2m_A}{m_A + m_B} v_0 = 4 \text{ m/s}$$

压缩弹簧到速度为 0 时, 弹簧最大的弹性势能, 且

$$E_P = \frac{1}{2} m_B v_B^2 - \mu m_B g L = 120 \text{ J}$$

当弹簧将 B 弹回后

$$-\mu m_B g L = -120 \text{ J} = -E_P$$

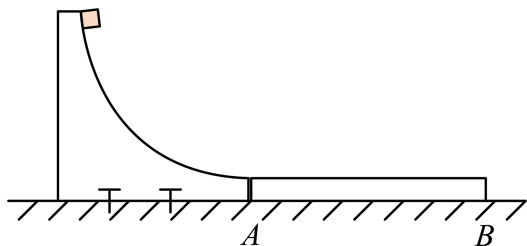
即 B 恰好返回原静止位置, A 下滑再次下滑的速度小于第一次速度, 即第一次 B 压缩弹簧的弹性势能最大

$$E_P = 120 \text{ J}$$

刷模拟

题目 1 (2023 高三·山东烟台·阶段练习) 如图所示, 一质量 $M=2.0\text{kg}$ 的长木板 AB 静止在水平面上, 木板的左侧固定一半径 $R=0.60\text{m}$ 的四分之一圆弧形轨道, 轨道末端的切线水平, 轨道与木板靠在一起, 且末端高度与木板高度相同。现在将质量 $m=1.0\text{kg}$ 的小铁块(可视为质点)从弧形轨道顶端由静止释放, 小铁块到达轨道底端时的速度 $v_0=3.0\text{m/s}$, 最终小铁块和长木板达到共同速度。忽略长木板与地面间的摩擦。取重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$ 。求:

- (1) 小铁块在弧形轨道末端时所受支持力的大小 F ;
- (2) 小铁块在弧形轨道上下滑过程中克服摩擦力所做的功 W_f ;
- (3) 小铁块和长木板达到的共同速度 v 。



【答案】(1) 25N ; (2) 1.5J ; (3) 1.0m/s

【详解】(1) 小木块在弧形轨道末端时, 满足由牛顿第二定律

$$F - mg = \frac{mv_0^2}{R}$$

解得小铁块在弧形轨道末端时所受支持力的大小为

$$F = 25 \text{ N}$$

(2) 根据动能定理

$$mgR - W_f = \frac{1}{2}mv_0^2 - 0$$

解得小铁块在弧形轨道上下滑过程中克服摩擦力所做的功为

$$W_f = 1.5 \text{ J}$$

(3) 根据动量守恒定律

$$mv_0 = (m + M)v$$

解得小铁块和长木板达到的共同速度为

$$v = 1.0\text{m/s}$$

题目 2 (23-24 高三下·辽宁·阶段练习) 如图所示, 右侧有一质量 $M=0.10\text{kg}$ 、半径 $R=0.20\text{m}$ 的四分之一光滑圆弧轨道 CED 静置于水平地面上, 圆弧轨道底端 C 与水平面上的 B 点平滑相接, O 为圆弧轨道圆心。

轻质弹簧左端固定在竖直墙面上,用质量为 $m=0.20\text{kg}$ 的物块把弹簧的右端压缩到 A 点由静止释放(物块与弹簧不拴接),到达 B 点时的速度为 $v_0=3\text{m/s}$ 。已知 B 点左侧地面粗糙,物块与地面之间的动摩擦因数为 $\mu=0.1$, A 、 B 之间的距离为 $x=1\text{m}$, B 点右侧地面光滑, g 取 10m/s^2 。

- (1) 求物块在 A 点时弹簧具有的弹性势能;
- (2) 求物块沿圆弧轨道能上升的最大高度;
- (3) 现使该物块质量变为 $m_1=0.1\text{kg}$, 并把圆弧轨道固定在原位置, 仍从 A 点由静止释放物块, 当物块运动到 D 点后立即受到水平向右的恒力 $F=0.2\text{N}$ 的作用, 求物块离开轨道后落回到与 D 点等高时同 D 点的距离。



【答案】(1) 1.1J ; (2) 0.15m ; (3) 0.64m

【详解】(1) 根据功能关系可得

$$E_p = \mu mgx + \frac{1}{2}mv_0^2$$

代入数据可得, 物块在 A 点时弹簧具有的弹性势能为

$$E_p = 1.1\text{J}$$

(2) 物块和圆弧轨道相互作用的过程水平方向动量守恒, 机械能守恒, 则有

$$mv_0 = (M+m)v$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}(M+m)v^2 + mgh$$

联立解得, 物块沿圆弧轨道能上升的最大高度为

$$h = 0.15\text{m}$$

(3) 物块从 A 点运动到 D 点, 根据功能关系有

$$E_p = \mu m_1 gx + m_1 gR + \frac{1}{2}m_1 v_D^2$$

解得, 物块在 D 点的速度为

$$v_D = 4\text{m/s}$$

此后, 物块在竖直方向上做初速度为 v_D 的竖直上抛运动, 在水平方向上做初速为零的匀加速直线运动, 根据牛顿第二定律有

$$F = m_1 a_x$$

可得, 物块在水平方向上的加速度大小为

$$a_x = 2\text{m/s}^2$$

根据竖直上抛规律可得, 物块离开轨道后落回到与 D 点等高的时间为

$$t = 2 \frac{v_D}{g} = 0.8 \text{ s}$$

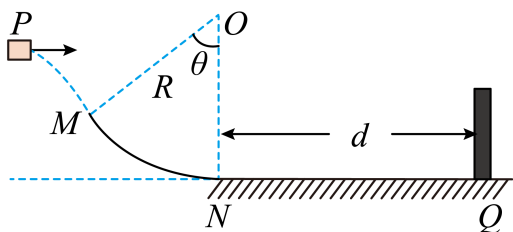
则物块离开轨道后落回到与 D 点等高时同 D 点的距离为

$$d = \frac{1}{2} a_x t^2 = 0.64 \text{ m}$$

题目 3 (2024·辽宁·一模) 如图所示,粗糙水平面 NQ 右侧固定一个弹性挡板,左侧在竖直平面内固定一个半径 $R = 10 \text{ m}$ 、圆心角 $\theta = 53^\circ$ 的光滑圆弧轨道 MN 。半径 ON 与水平面垂直, N 点与挡板的距离 $d = 12 \text{ m}$ 。可视为质点的滑块质量 $m = 1 \text{ kg}$,从 P 点以初速度 $v_0 = 4.8 \text{ m/s}$ 水平抛出,恰好在 M 点沿切线进入圆弧轨道。已知重力加速度 g 取 10 m/s^2 , $\sin 53^\circ = 0.8$ 。

(1) 求滑块经过 N 点时对圆弧轨道的压力大小;

(2) 若滑块与挡板只发生一次碰撞且不能从 M 点滑出轨道,求滑块与水平面间的动摩擦因数 μ 的取值范围。



【答案】(1) 24.4 N ; (2) $0.2 < \mu < 0.6$

【详解】(1) 依题意,滑块到达 M 点时,速度分解为水平和竖直两个方向,可得

$$v_M \cos \theta = v_0$$

滑块从 M 点运动到 N 点过程,由动能定理可得

$$mgR(1 - \cos \theta) = \frac{1}{2}mv_N^2 - \frac{1}{2}mv_M^2$$

滑块在最低点 N 时,由牛顿第二定律可得

$$F_N - mg = m \frac{v_N^2}{R}$$

联立,解得

$$F_N = 24.4 \text{ N}$$

根据牛顿第三定律可知滑块经过 N 点时对圆弧轨道的压力大小为

$$F'_N = F_N = 24.4 \text{ N}$$

(2) 动摩擦因数 μ 取最大值时,滑块第一次向右运动恰好与挡板碰撞,有

$$-\mu_{\max} mgd = 0 - \frac{1}{2}mv_N^2$$

解得

$$\mu_{\max} = 0.6$$

滑块恰好可以再次滑到 M 点,由动能定理可得

$$-2\mu mgd = 0 - \frac{1}{2}mv_M^2$$

解得

$$\mu = \frac{2}{15}$$

滑块恰好不与挡板发生第二次碰撞,即

$$-3\mu_{\min}mgd = 0 - \frac{1}{2}mv_N^2$$

解得

$$\mu_{\min} = 0.2$$

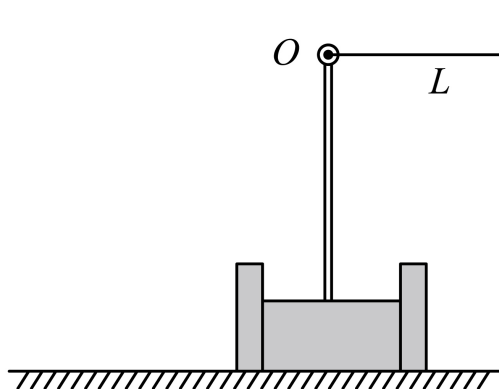
所以动摩擦因数 μ 的取值范围为

$$0.2 < \mu < 0.6$$

题目 4 (23-24 高三下·河北沧州·阶段练习) 如图所示, 长方形物块放置在光滑水平地面上, 两竖直挡板 (侧面光滑) 夹在物块的两侧并固定在地面上, 现把足够长的轻质硬杆竖直固定在物块上, 一根不可伸长的长为 L 的轻质细线一端固定在杆的上端 O 点, 另一端与质量为 m 的小球 (视为质点) 相连, 把小球拉到 O 点等高处, 细线刚好拉直, 现使小球获得竖直向下的初速度, 使小球能在竖直平面内做完整的圆周运动, 当小球到达最高点时, 物块对地面的压力恰好为 0, 且此时小球的加速度大小为 $9g$ 。已知小球在运动的过程中与杆不发生碰撞, 重力加速度为 g , 忽略空气的阻力。

(1) 求物块的质量以及小球获得的竖直向下的初速度大小;

(2) 若小球运动一周到达 O 点的等高点时, 立即撤掉两侧挡板, 物块一直在光滑的水平面上运动, 求当小球再次到达最低点时物块的速度大小及细线的拉力大小。



【答案】 (1) $8m, \sqrt{11gL}$; (2) $\frac{\sqrt{26gL}}{12}, \frac{125mg}{8}$

【详解】 (1) 设物块的质量为 M , 小球在最高点时由牛顿第二定律可得

$$F_T + mg = m \cdot 9g$$

对物块由二力平衡可得

$$F_T = Mg$$

解得

$$M=8m$$

设小球的初速度大小为 v_0 , 小球在最高点速度的大小为 v

由向心加速度的定义可得

$$9g = \frac{v^2}{L}$$

由机械能守恒定律得

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv^2 + mgL$$

解得

$$v_0 = \sqrt{11gL}$$

(2) 若小球运动一周到达 O 点的等高点时, 立即撤出两侧挡板, 当小球再次到达最低点时, 设小球与物块的速度大小分别为 v_1 、 v_2 , 细线的拉力大小为 F , 由机械能守恒定律可得

$$\frac{1}{2}mv_0^2 + mgL = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2$$

两物体组成的系统在水平方向动量守恒且为 0, 则有

$$Mv_2 = mv_1$$

解得

$$v_2 = \frac{\sqrt{26gL}}{12}, v_1 = \frac{2\sqrt{26gL}}{3}$$

由向心力的公式以及牛顿第二定律可得

$$F - mg = \frac{m(v_1 + v_2)^2}{L}$$

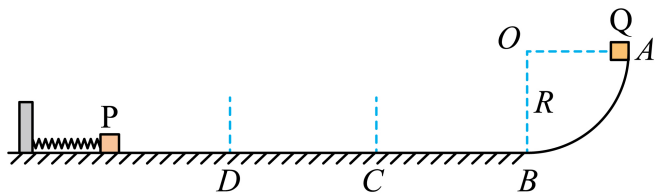
解得

$$F = \frac{125mg}{8}$$

题目 5

(23-24 高三下·河南·阶段练习) 如图所示, 水平轨道与固定在竖直面内半径为 R 的四分之一光滑圆弧轨道 AB 在 B 处平滑连接, 圆弧轨道在 B 点切线水平, 一轻弹簧放在水平轨道的左侧, 弹簧的左端与固定挡板连接, 水平轨道 CD 段粗糙, 其它部分光滑, 用质量为 m 的物块 P 向左压缩弹簧再由静止释放, 同时将质量为 m 的物块 Q 在圆弧轨道的最高点 A 由静止释放, 两物块刚好在 CD 中点相碰并粘在一起, 然后向右运动, 并刚好滑到 A 点, 两物块在 CD 段与轨道间的动摩擦因数均为 0.5, CD 部分长为 R , 不计物块大小, 重力加速度为 g , 求:

- (1) 物块 Q 第一次滑到圆弧的最低点 B 时对轨道的压力多大;
- (2) Q 与 P 相碰前一瞬间, Q 的速度多大;
- (3) 弹簧开始被压缩具有的弹性势能多大。



【答案】(1) $3mg$; (2) $\frac{\sqrt{6gR}}{2}$; (3) $6mgR$

【详解】(1) 物块 Q 从圆弧轨道的最高点 A 运动到最低点 B 的过程中, 由动能定理得

$$mgR = \frac{1}{2}mv_1^2$$

对物块 Q 在 B 点由牛顿第二定律得

$$F_N - mg = m\frac{v_1^2}{R}$$

由牛顿第三定律可知物块 Q 第一次滑到圆弧的最低点 B 时对轨道的压力为

$$F_N' = F_N$$

解得

$$F_N' = 3mg$$

(2) Q 从 C 点运动到 Q 与 P 相碰前一瞬间的过程中, 由匀变速直线运动规律可知

$$v_2^2 - v_1^2 = -2\mu g \frac{R}{2}$$

解得

$$v_2 = \frac{\sqrt{6gR}}{2}$$

(3) Q 与 P 碰撞过程中动量守恒

$$mv_P - mv_2 = 2mv_3$$

Q 与 P 碰撞后至滑到 A 点的过程中, 由动能定理得

$$-2\mu mg \times \frac{R}{2} - 2mgR = 0 - \frac{1}{2} \times 2mv_3^2$$

由能量守恒定律得

$$E_P = \frac{1}{2}mv_P^2 + \mu mg \frac{R}{2}$$

解得

$$E_P = 6mgR$$

题目 6 (2024·山东日照·一模) 如图甲所示, 在竖直平面内, 倾角为 θ 的斜面和半圆形轨道分别在 B 点、 C 点与光滑水平面相切。质量为 m 的小物块从斜面上 A 点由静止开始下滑, 恰能通过圆形轨道的最高点 D , 离开 D 后又刚好落在 B 点。已知 A 、 B 两点间沿斜面的距离为 l , 小物块与斜面间的动摩擦因数随到 A 点距离变化的图像如图乙所示 (其中 $\mu_0 = \tan\theta$), 半圆形轨道的半径为 R , 重力加速度为 g , 小物块通过轨道连接处的 B 、 C 点时无机械能损失, 忽略空气阻力。求:

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/527141101156006062>