



## 第 4 讲

## 功能关系、能的转化和守恒定律



## 自主回顾

☆感悟教材·学与思☆

(对应学生用书 P99)

### 一、功能关系

做功的过程就是 能量的转化 过程，做功的数值就是 能的转化 数值，这是功能关系的普遍意义。不同形式的能的转化又与 不同形式 的功相联系，总之，功是能量变化的量度，这是贯穿整个物理学的一个重要思想。学会正确分析物理过程中的功能关系，对于提高解题能力是至关重要的。



功和对应的能量变化的量值关系.

(1)重力的功 $\rightarrow$ 重力势能的变化  $W_G = \underline{-\Delta E_p}$

(2)弹簧弹力的功 $\rightarrow$ 弹性势能的变化  $W_{\text{弹}} = \underline{-\Delta E_p}$ .

(3)电场力的功 $\rightarrow$ 电势能的变化  $W_{\text{电}} = \underline{-\Delta E_p}$

(4)分子力的功 $\rightarrow$ 分子势能的变化  $W_{\text{分子}} = \underline{-\Delta E_p}$

(5)克服安培力的功 $\rightarrow$ 电能的变化  $|W_{\text{安}}| = \underline{\Delta E_{\text{电}}}$



(6) 一对滑动摩擦力的总功  $\rightarrow$  系统的动能变化

$$W_{f\text{总}} = \underline{-fL_{\text{相对}}} = \Delta E_{k\text{系统}}$$

(7) 一对静摩擦力的总功  $\rightarrow$  系统内物体间机械能的转移

$$W_{\text{总}} = \underline{0}$$

(8) 合力的功  $\rightarrow$  动能的变化  $W_{\text{合}} = \underline{\Delta E_k}$

(9) 除重力和弹力以外的其他力的功  $\rightarrow$  系统机械能的变化

$$W_{\text{其它}} = \Delta E_{\text{机}}$$



 **名师指津**

(1)动能的改变量、机械能的改变量分别与对应的功相等.

(2)重力势能、弹性势能、电势能的改变量与对应的力做的功数值相等，但符号相反.



## 二、能量守恒定律

1. 内容：能量既不会凭空产生，也不会凭空消失，它只能从一种形式转化为另一种形式，或者从一个物体转移到别的物体，在转化和转移的过程中，能量的总量保持不变。

2. 表达式： $\Delta E_{\text{减}} = \underline{\Delta E_{\text{增}}}$ 。



# 互动探究

☆核心突破·导与练☆

(对应学生用书 P99)



## 核心突破

HEXINTUPO

考向一

利用动能定理分析功能关系问题



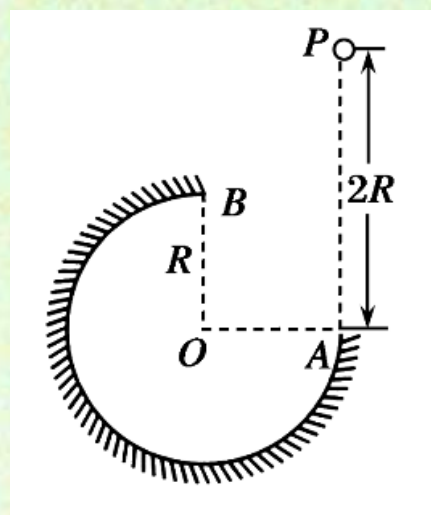
名师锦囊

1. 合外力(包括重力)做功等于物体动能的改变量.
2. 与势能有关的力(重力、弹簧弹力、电场力)做功等于势能的改变量.



### 例 1

(2012·安徽理综)如右图所示，在竖直平面内有一半径为  $R$  的圆弧轨道，半径  $OA$  水平、 $OB$  竖直，一个质量为  $m$  的小球自  $A$  的正上方  $P$  点由静止开始自由下落，小球沿轨道到达最高点  $B$  时恰好对轨道没有压力。已知  $AP=2R$ ，重力加速度为  $g$ ，则小球从  $P$  到  $B$  的运动过程中



( )



- 
- A. 重力做功  $2mgR$
  - B. 机械能减少  $mgR$
  - C. 合外力做功  $mgR$
  - D. 克服摩擦力做功  $\frac{1}{2}mgR$



**[尝试解答]** 小球从  $P$  点运动到  $B$  点的过程中重力做功为  $mgR$ ，选项 **A** 错误；设小球通过  $B$  点时的速度为  $v_B$ ，根据小球通过  $B$  点时刚好对轨道没有压力，说明此刻刚好由重力提供向心力，对小球通过  $B$  点瞬间应用牛顿第二定律有  $mg = m \frac{v_B^2}{R}$  ①，解得  $v_B = \sqrt{gR}$  ②，设小球从  $P$  点运动到  $B$  点的过程中克服摩擦力做功为  $W$ ，对此过程由动能定理有  $mgR - W = \frac{1}{2}mv_B^2$  ③，联立

②③解得  $W = \frac{1}{2}mgR$ ，选项 **D** 项正确；

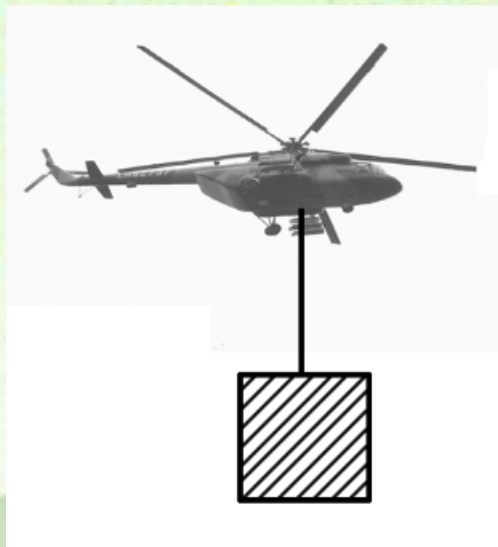


上述过程合外力做功为  $W_{\text{合}} = mgR - W = \frac{1}{2}mgR$ , 选项 C 错误; 小球机械能减少量等于小球克服摩擦力所做的功, 即  $\Delta E = W = \frac{1}{2}mgR$ , 选项 B 错误.

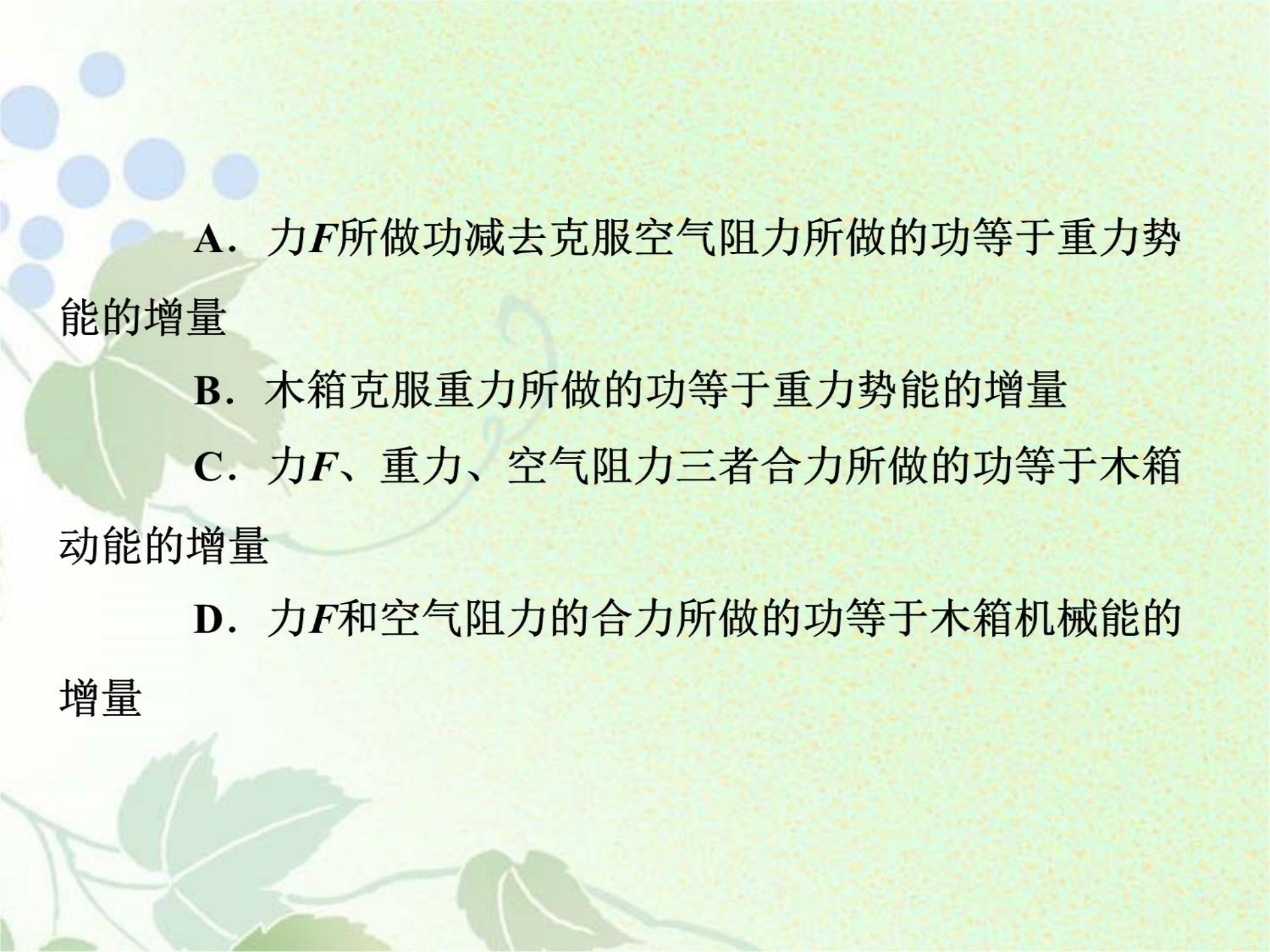
**[答案] D**

### 变式训练 1

如右图所示，在抗洪救灾中，一架直升机通过绳索，用恒力 $F$ 竖直向上拉起一个漂在水面上的木箱，使其由水面开始加速上升到某一高度，若考虑空气阻力而不考虑空气浮力，则在此过程中，以下说法正确的有 ( )







A. 力 $F$ 所做功减去克服空气阻力所做的功等于重力势能的增量

B. 木箱克服重力所做的功等于重力势能的增量

C. 力 $F$ 、重力、空气阻力三者合力所做的功等于木箱动能的增量

D. 力 $F$ 和空气阻力的合力所做的功等于木箱机械能的增量

### [解析]

对木箱受力分析如图所示，

则由动能定理：

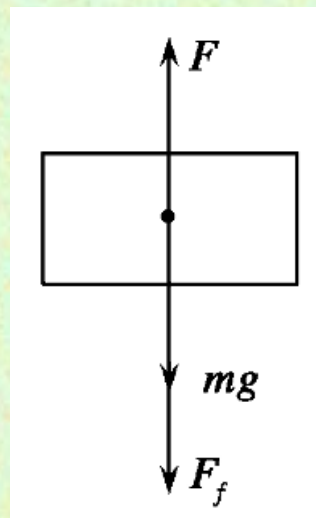
$$W_F - mgh - W_{Ff} = \Delta E_k \text{ 故C对.}$$

$$\text{由上式得： } W_F - W_{Ff} = \Delta E_k + mgh,$$

故A错、D对。由重力做功与重力势能变化关系知B对，

故B、C、D对。

**[答案]** BCD





比较		类别	
		静摩擦力	滑动摩擦力
不同点	能量的转化方面	在静摩擦力做功的过程中，只有机械能从一个物体转移到另一个物体(静摩擦力起着传递机械能的作用)，而没有机械能转化为其他形式的能量	(1)相互摩擦的物体通过滑动摩擦力做功，将部分机械能从一个物体转移到另一个物体 (2)部分机械能转化为内能，此部分能量就是系统机械能的损失量

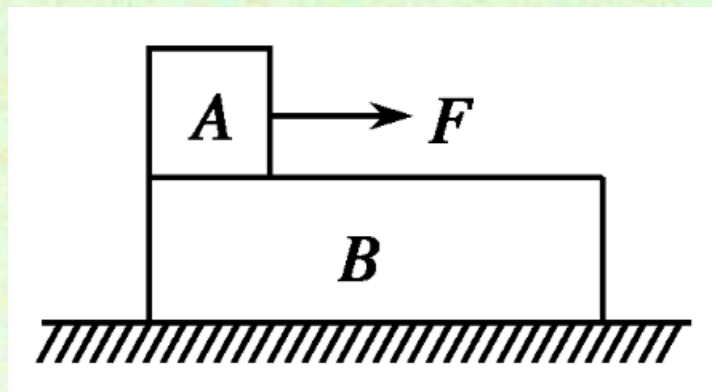
比较		类别	静摩擦力	滑动摩擦力
不同点	一对摩擦力的总功方面	一对静摩擦力所做功的代数总和等于零	一对相互作用的滑动摩擦力对物体系统所做的总功，等于摩擦力与两个物体相对路程的乘积，即 $WF_f = -F_f \cdot l_{\text{相对}}$ ，表示物体克服摩擦力做功，系统损失机械能转变成内能	
相同点	正功、负功、不做功方面	两种摩擦力对物体可以做正功、负功，还可以不做功		



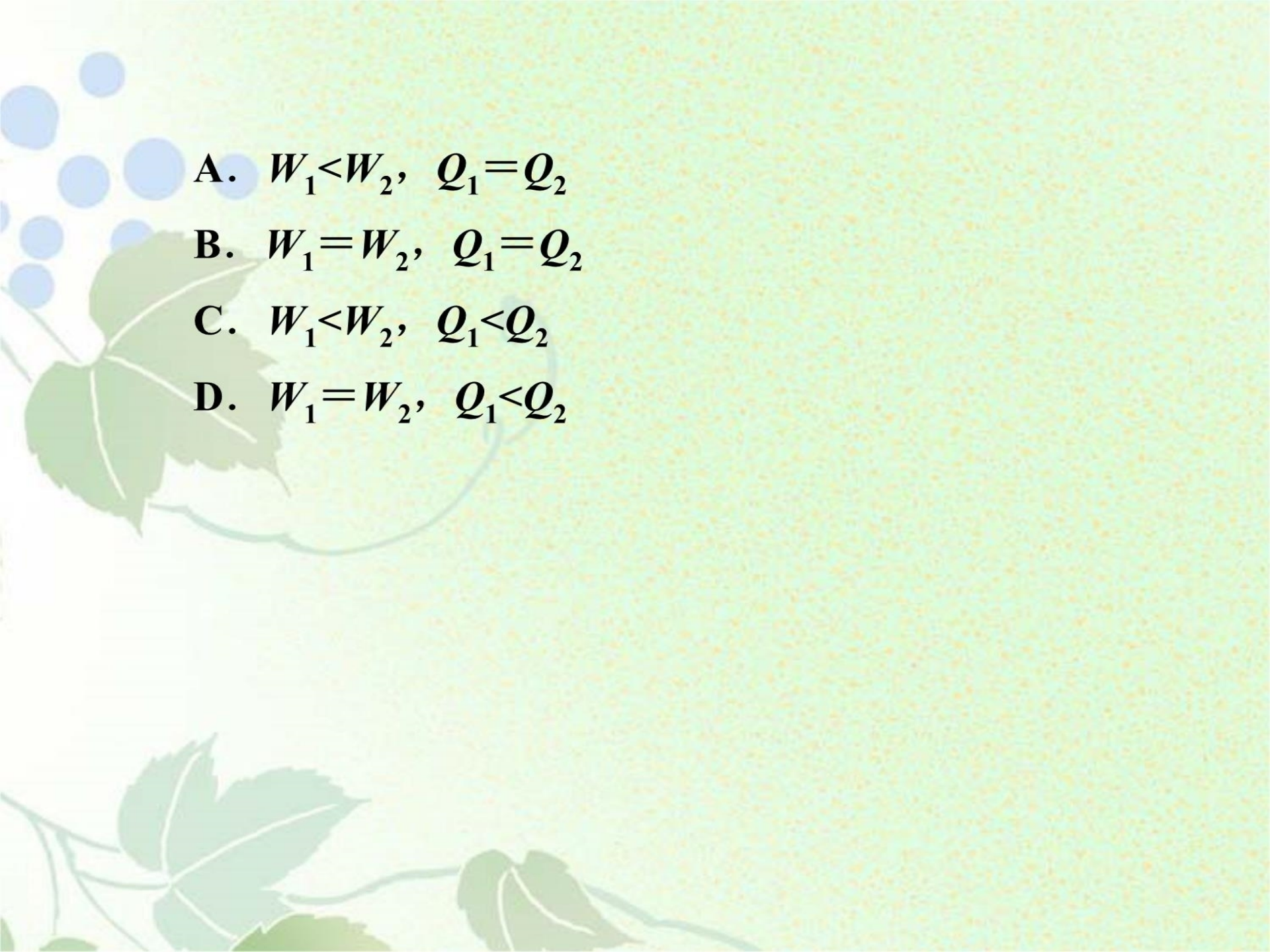
利用  $WF_f = -F_f \cdot l_{\text{相对}}$  进行热量  $Q$  的计算时，关键是对相对路程  $l_{\text{相对}}$  的理解。例如：如果两物体同向运动， $l_{\text{相对}}$  为两物体对地位移大小之差；如果两物体反向运动， $l_{\text{相对}}$  为两物体对地位移大小之和；如果一个物体相对另一个物体往复运动，则  $l_{\text{相对}}$  为两物体相对滑行路径的总长度。

## 例 2

如右图所示， $A$  物体放在  $B$  物体的左侧，用水平恒力  $F$  将  $A$  拉至  $B$  的右端，第一次  $B$  固定在地面上， $F$  做功为  $W_1$ ，产生热量  $Q_1$ .第二次让  $B$  在光滑地面上自由滑动， $F$  做功为  $W_2$ ，产生热量为  $Q_2$ ，则应有 ( )







A.  $W_1 < W_2, Q_1 = Q_2$

B.  $W_1 = W_2, Q_1 = Q_2$

C.  $W_1 < W_2, Q_1 < Q_2$

D.  $W_1 = W_2, Q_1 < Q_2$

**[尝试解答]** 当B固定时,  $W_1 = FL$ ,  $Q_1 = F_f L = \mu mgL$

当B不固定时, 木块A、B的位移关系为  $x_A - x_B = L$

$$W_2 = Fx_A = F(L + x_B) > W_1$$

对A应用动能定理:  $(F - F_f)x_A = \Delta E_{kA}$

对B应用动能定理:  $F_f x_B = \Delta E_{kB}$

两式相加得:  $Fx_A - F_f x_A + F_f x_B = \Delta E_{kA} + \Delta E_{kB}$

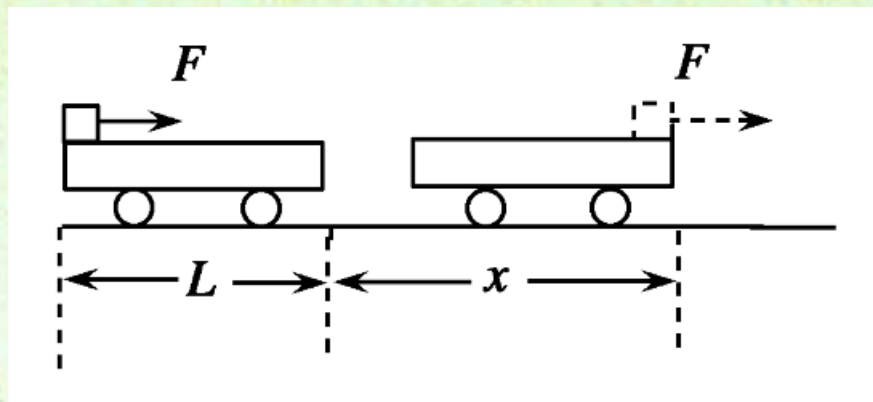
所以  $Q_2 = Fx_A - \Delta E_{kA} - \Delta E_{kB} = F_f(x_A - x_B) = F_f L = Q_1$

**[答案]** A



## 变式训练 2

如右图所示，质量为 $M$ ，长度为 $L$ 的小车静止在光滑的水平面上，质量为 $m$ 的小物块，放在小车的左端。现用一水平力 $F$ 作用在小物块上，小物块与小车间的摩擦力为 $F_f$ ，经过一段时间小车运动的位移为 $x$ ，小物体刚好滑到小车的右端，则下列说法中正确的是 ( )



A. 此时小物块的动能为 $F(x+L)$

B. 此时小车的动能为 $F_f x$

C. 这一过程中，小物块和小车增加的机械能为 $F_x -$

$F_f L$

D. 这一过程中，因摩擦而产生的热量为 $F_f L$



**[解析]** 小物块运动的位移为 $(x+L)$ ，受到拉力和摩擦力做功，由动能定理得： $(F-F_f)(x+L)=E_{k1}$ ，故A错误；小车仅受到摩擦力做功，由动能定理得： $F_fx=E_{k2}$ ，B正确；小物块和小车组成的系统的机械能增加量为非重力做功，即 $(F-F_f)(x+L)+F_fx=F(x+L)-F_fL$ ，C错误；因摩擦生而产生的热量为摩擦力与相对路程之积，即 $Q=F_fL$ ，D正确。

**[答案]** BD

 名师锦囊

1. 能量守恒应从下面两方面去理解:

(1) 某种形式的能减少, 一定存在其它形式的能增加, 且减少量一定等于增加量.

(2) 某个物体的能量的减少, 一定存在其它物体的能量增加, 且减少量一定等于增加量.

以上是我们应用能量守恒定律时的两条基本思路.



## 2. 应用能量守恒定律解题的步骤是：

(1)分析物体的运动过程，从而在头脑中建立起一幅物体运动的正确图景.

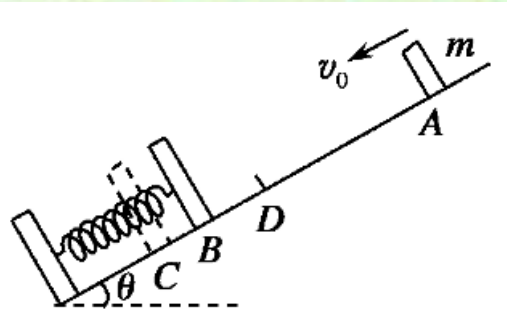
(2)研究物体在运动过程中有多少种形式的能(如动能、势能、内能、电能等)在转化，关键是弄清什么形式的能增加，什么形式的能减少.

(3)增加的能量和减少的能量用相应的力做的功来表示，然后列出恒等式 $\Delta E_{\text{减}} = \Delta E_{\text{增}}$

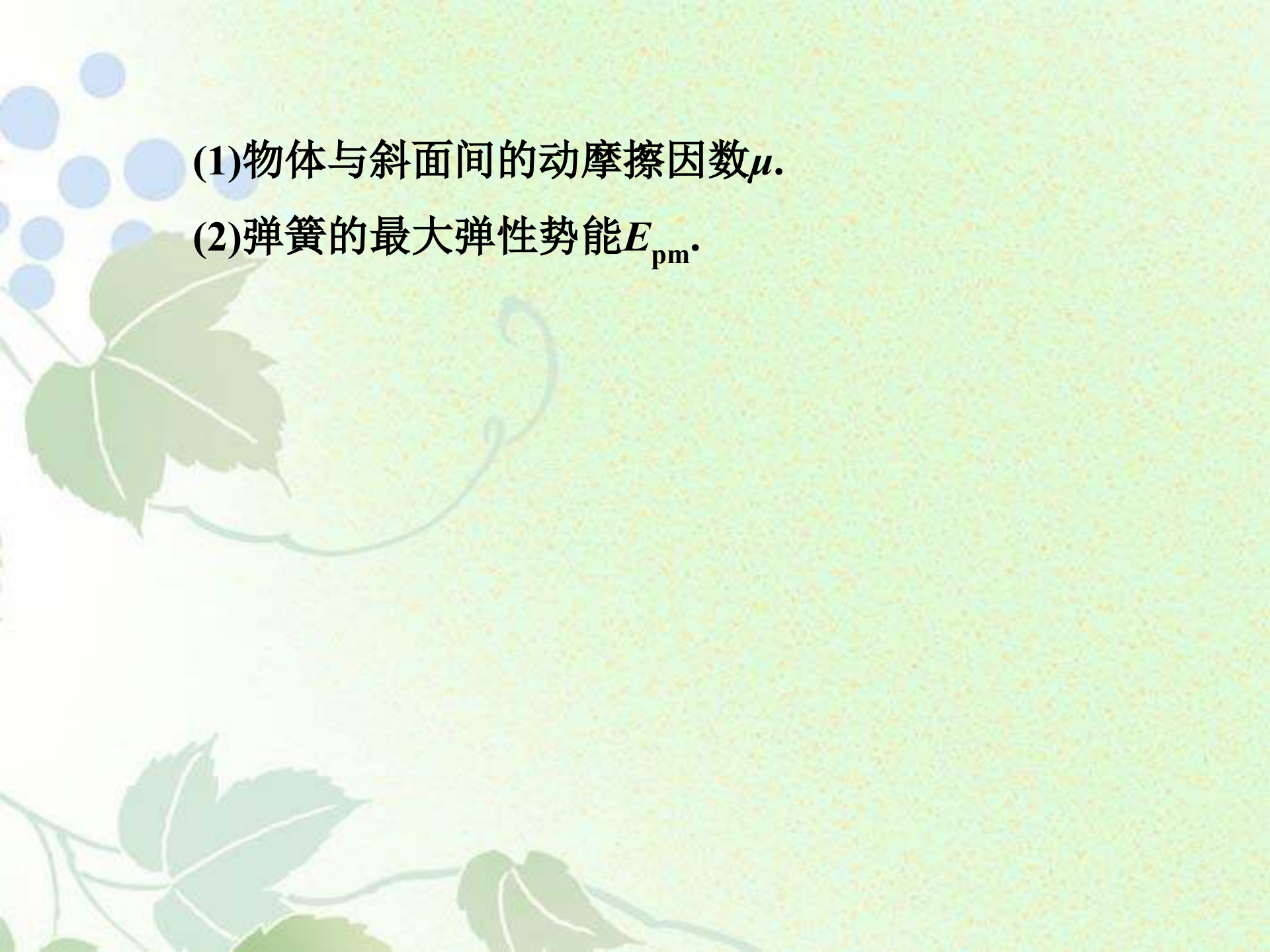


### 例 3

(15 分)(2012·苏北四市联考)如图所示,一物体质量  $m=2$  kg,在倾角为  $\theta=37^\circ$ 的斜面上的  $A$  点以初速度  $v_0=3$  m/s 下滑,  $A$  点距弹簧上端  $B$  的距离  $AB=4$  m. 当物体到达  $B$  后将弹簧压缩到  $C$  点,最大压缩量  $BC=0.2$  m, 然后物体又被弹簧弹上去,弹到的最高位置为  $D$  点,  $D$  点距  $A$  点  $AD=3$  m. 挡板及弹簧质量不计,  $g$  取  $10$  m/s<sup>2</sup>,  $\sin 37^\circ=0.6$ , 求:







(1)物体与斜面间的动摩擦因数 $\mu$ .

(2)弹簧的最大弹性势能 $E_{\text{pm}}$ .

**[解题样板]** (1)物体从开始位置  $A$  点到最后  $D$  点的过程中，弹性势能没有发生变化，动能和重力势能减少，机械能的减少量为  $\Delta E = \Delta E_k + \Delta E_p = \underline{\hspace{2cm}}$  ① (2分)

物体克服摩擦力产生的热量为  $Q = F_f x$  ② (2分)

其中  $x$  为物体的路程，即  $x = 5.4 \text{ m}$  ③ (1分)

$F_f = \underline{\hspace{2cm}}$  ④ (1分)

由能量守恒定律可得  $\Delta E = Q$  ⑤ (2分)

由①②③④⑤式解得  $\mu = 0.52$ . (1分)



(2)由  $A$  到  $C$  的过程中, 动能减少  $\Delta E'_k = \underline{\hspace{2cm}}$  ⑥

(1分)

重力势能减少  $\Delta E'_p = mgl_{AC}\sin 37^\circ$  ⑦

(1分)

摩擦生热  $Q = F_f l_{AC} = \mu mg \cos 37^\circ l_{AC}$  ⑧

(1分)

由能量守恒定律得弹簧的最大弹性势能为

$\Delta E_{pm} = \Delta E'_k + \Delta E'_p = \underline{\hspace{2cm}}$  ⑨

(2分)

联立⑥⑦⑧⑨解得  $\Delta E_{pm} = 24.5 \text{ J}$ .

(1分)

**[答案]** (1)  $\frac{1}{2}mv_0^2 + mgl_{AD}\sin 37^\circ - \mu mg \cos 37^\circ l_{AC}$  (2)  $\frac{1}{2}mv_0^2 - Q$



## 反思总结

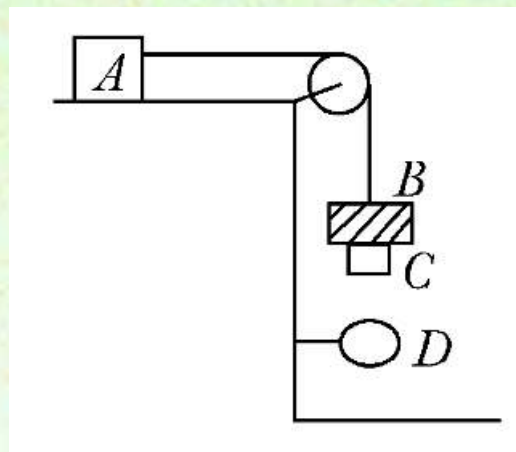
(1)当涉及摩擦力做功，机械能不守恒时，一般应用能的转化和守恒定律。

(2)应用能量守恒定律解题的关键是首先弄清有哪几种形式的能在相互转化及相应的增减情况，然后再把变化的能量用相应力做的功来表达。确定力做的功是思维过程中的第二步，这一点是和动能定理的应用所不同的。(应用动能定理首先要考虑各力做功，而并不去考虑有什么形式的能和动能相互转化)。在考虑有多少种形式能发生转化时可以借助分析有什么力做功以及做什么功来帮助确定。



### 变式训练 3

如右图所示， $A$ 、 $B$ 、 $C$ 质量分别为 $m_A=0.7\text{ kg}$ ， $m_B=0.2\text{ kg}$ ， $m_C=0.1\text{ kg}$ ， $B$ 为套在细绳上的圆环， $A$ 与水平桌面的动摩擦因数 $\mu=0.2$ ，另一圆环 $D$ 固定在桌边，离地面高 $h_2=0.3\text{ m}$ ，当 $B$ 、 $C$ 从静止下降 $h_1=0.3\text{ m}$ ， $C$ 穿环而过， $B$ 被 $D$ 挡住，不计绳子质量和滑轮的摩擦，取 $g=10\text{ m/s}^2$ ，若开始时 $A$ 离桌边足够远. 试求：



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/478067042026006123>