

机械能守恒定律

动能和动能定理



重力做正功  重力势能 减少。

弹力做正功  弹性势能 减少。

合外力做正功呢？



动力做功



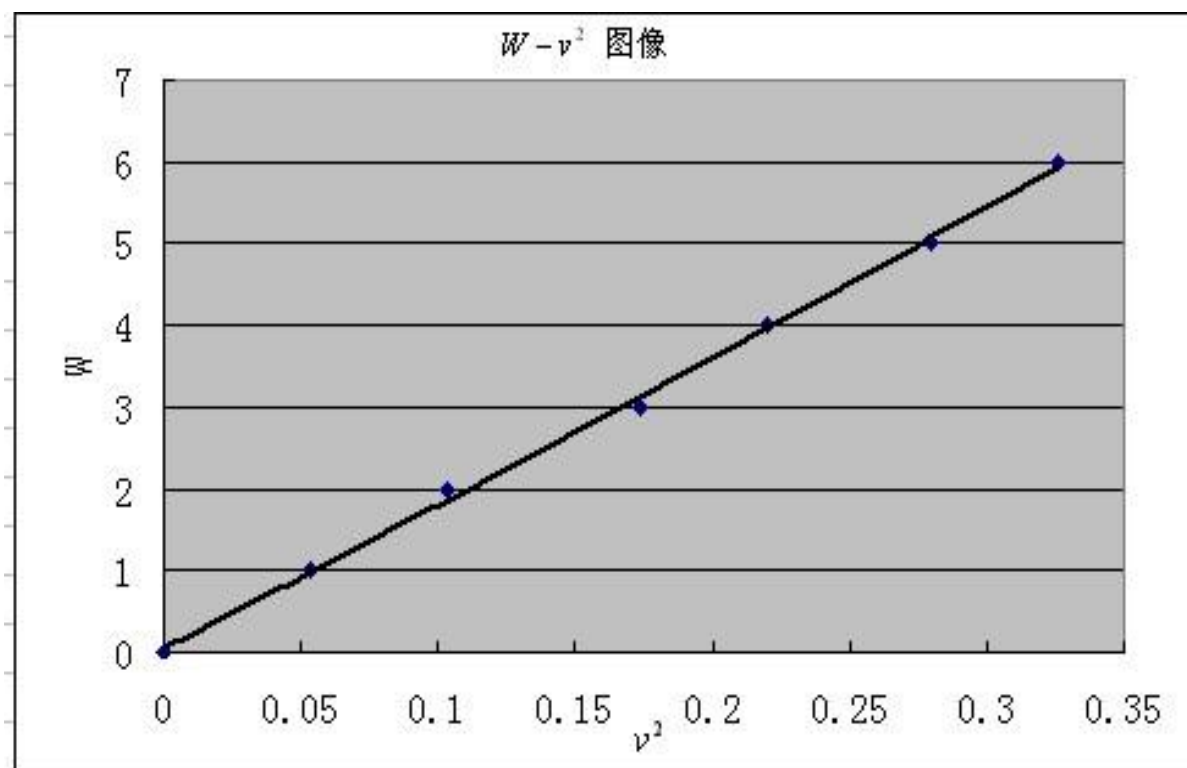
速度增大



动能增加

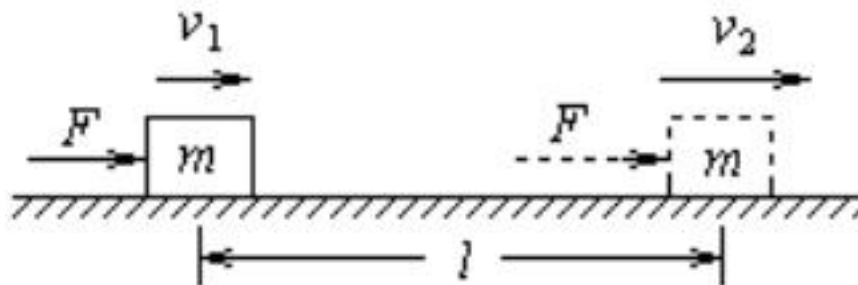
动能如何表达呢？ ？ ？

$$W \propto v^2$$



物体动能表达式中可能包含 v^2 这个因子。

设物体的质量为 m ，在与运动方向相同的恒定外力 F 的作用下发生一段位移 l ，速度由 v_1 增加到 v_2 ，如何用 m 和 v 表示力 F 做的功。



根据牛顿第二定律

$$F = ma$$

$$v_2^2 - v_1^2 = 2al$$

$$l = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a}$$

$$W = Fl = ma \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

功的表达式为：

$$W = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$$

从上面式子可以看出， $\frac{1}{2}mv^2$ 很可能是一个具有特定意义的物理量。因为这个量在过程终了时和过程开始时的差，刚好等于力对物体做的功，所以 $\frac{1}{2}mv^2$ 应该是我们寻找的动能的表达式。

一、动能

1. 定义：物体由于运动而具有的能叫做动能。

2. 动能的大小： $E_k = \frac{1}{2} m v^2$

3. 单位：焦（J）

4. 说明：

（1）动能是标量，只有大小，没有方向。

（2）动能只有正值，没有负值。

优酷

点击画面
播放视频

5、动能具有相对性：对不同的参考系，物体速度有不同的瞬时值，也就具有不同的动能，一般都以地面为参考系研究物体的运动。

例1、（多）下列几种情况中，甲、乙两物体的动能相等的是（ CD ）

- A. 甲的速度是乙的2倍，乙的质量是甲的2倍
- B. 甲的质量是乙的2倍，乙的速度是甲的2倍
- C. 甲的质量是乙的4倍，乙的速度是甲的2倍
- D. 质量相同，速度大小也相同，但甲向东运动，乙向西运动

二、动能定理

$$\left. \begin{aligned} W_{\text{合}} &= \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 \\ E_k &= \frac{1}{2}mv^2 \end{aligned} \right\} \boxed{W_{\text{合}} = E_{k2} - E_{k1}}$$

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的动能的变化，这个结论叫做动能定理。

三、对动能定理的理解

$$W_{\text{总}} = E_{k2} - E_{k1}$$

$$W_{\text{合}} = \Delta E_K$$

1. 动能定理中的功是合外力做的总功

总功的求法：

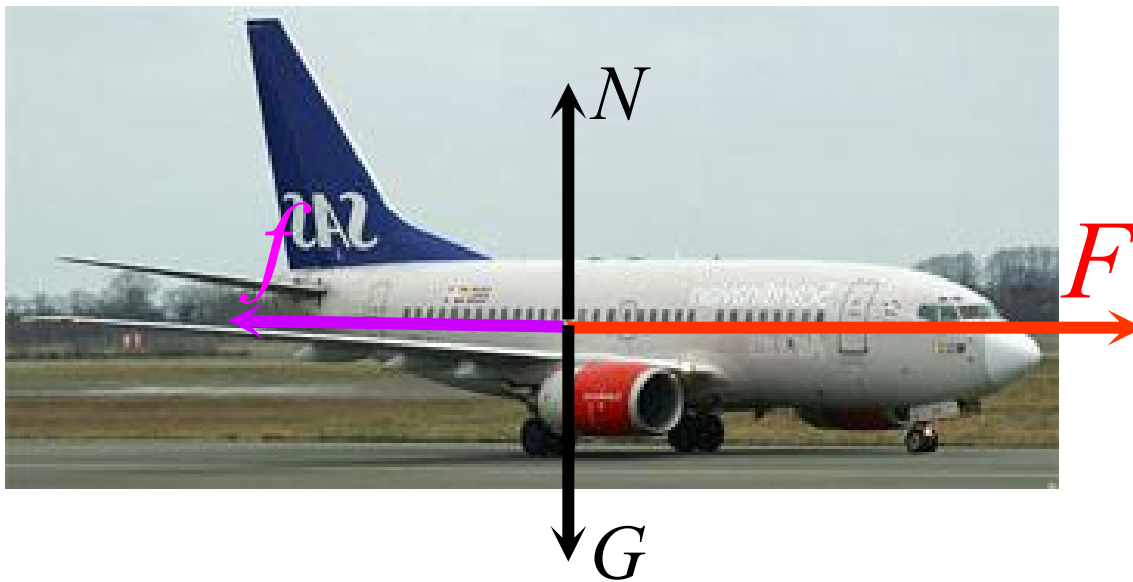
(1) $W_{\text{合}} = F_{\text{合}} l \cos\alpha$ (α 为合外力与运动方向的夹角)

(2) $W_{\text{合}} = W_1 + W_2 + \cdots + W_n$

2. 合外力做正功，动能增加，
合外力做负功，动能减少。

3. 适用范围：无范围，也无限制，应用最广泛！不管恒力、变力做功；直线、曲线运动；是否接触；时间长短
.....

例2. 一架喷气式飞机，质量 $m=5\times 10^3\text{ kg}$ ，当起飞过程中从静止开始滑跑的路程为 $l=5.3\times 10^2\text{ m}$ 时，达到起飞速度 $v=60\text{ m/s}$ ，在此过程中飞机受到的平均阻力是飞机重量的 k 倍($k=0.02$)，求飞机受到的牵引力。



解：①常规方法

$$f = kmg = 1000 N$$

$$F - f = ma$$

$$a = \frac{v^2}{2l} = 3.4 m/s^2$$

$$F = 1.8 \times 10^4 N$$

②动能定理法

$$W_{\text{合}} = \Delta E_K$$

$$f = kmg = 1000 N$$

$$Fl - fl = \frac{1}{2}mv^2 - 0$$

$$F = 1.8 \times 10^4 N$$

解题要点

1. 选择研究对象，分析研究对象的受力情况。
2. 计算研究对象所受各力在运动过程中对物体做功的大小和正负。
3. 明确物体在运动过程中始、末状态动能的值。
4. 根据动能定理，列出具体方程式。
5. 代入数值，计算结果。

关键：

1. 正确计算物体所受外力做的总功 ；
2. 明确物体在运动过程中初、末状态的动能值。

总结：动能定理不涉及物理运动过程中的加速度和时间，而只与物体的初末状态有关。在处理物理问题时，应优先考虑应用动能定理。



例3. 一质量为1kg的物体被人用手由静止向上托高1m，这时物体的速度是2m/s，下列说法正确的是(C)

A. 手对物体做功10J

B. 合外力对物体做功12J

C. 合外力对物体做功2J

D. 物体克服重力做功2J

$$W_{\text{合}} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 2^2 = 2J$$

$$W_G = -mgh = -1 \times 10 \times 1 = -10J$$

例4、质量为10g的子弹以800m/s的速度水平射入厚度为5cm的钢板，射出后的速度为400m/s，求：（1）子弹克服阻力所做的功，（2）子弹受到的平均阻力，（3）能否再穿过一块相同的钢板。



解：子弹射入钢板的过程中，在竖直的方向受到的重力和支持力的作用互相抵消，在水平方向受到阻力为 F_f ，如图所示。根据动能定理得

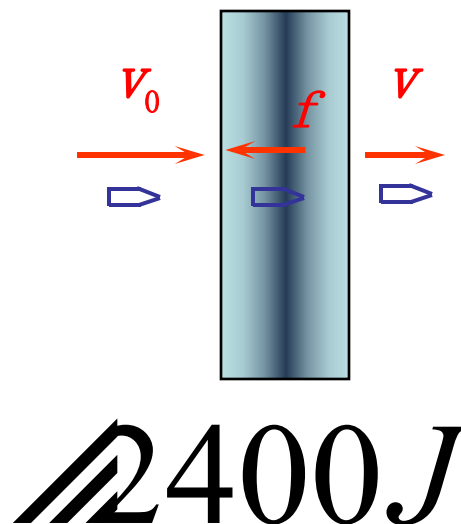
$$W_f = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2} \times 0.01 \times (400^2 - 800^2) \text{ J}$$
$$= -2400 \text{ J} \quad \text{子弹克服阻力做功为2400J}$$

$$f = \frac{W_f}{-s} = \frac{-2400}{-0.05} \text{ N} = 4.8 \times 10^4 \text{ N}$$

800m/s $\longrightarrow$ 400m/s $\longrightarrow$ 0

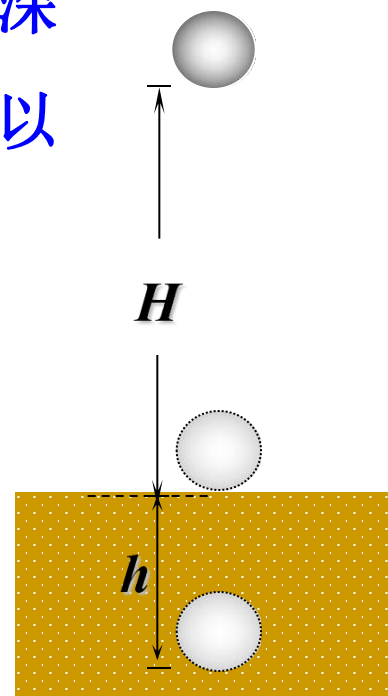
正好能再打穿一块吗？

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.01 \times 400^2 = 800J$$



因此不能再打穿一块相同的钢板

5. 一铅球从高出地面 H 米处由静止自由落下，不考虑空气阻力，落至地面后陷入地面 h 米深处停止，若球的质量为 m ，求球在落入地面以下的过程中受到的平均阻力？

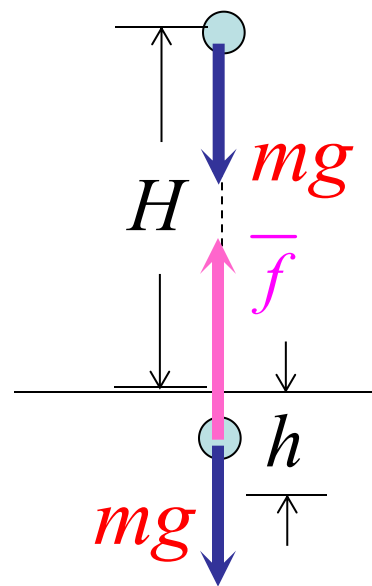


解法一：分段列式

自由下落： $mgH = \frac{1}{2}mv^2 - 0$

沙坑减速： $mg h - \bar{f} h = 0 - \frac{1}{2}mv^2$

$\Rightarrow \bar{f} = \frac{mg(H + h)}{h}$



解法二：全程列式

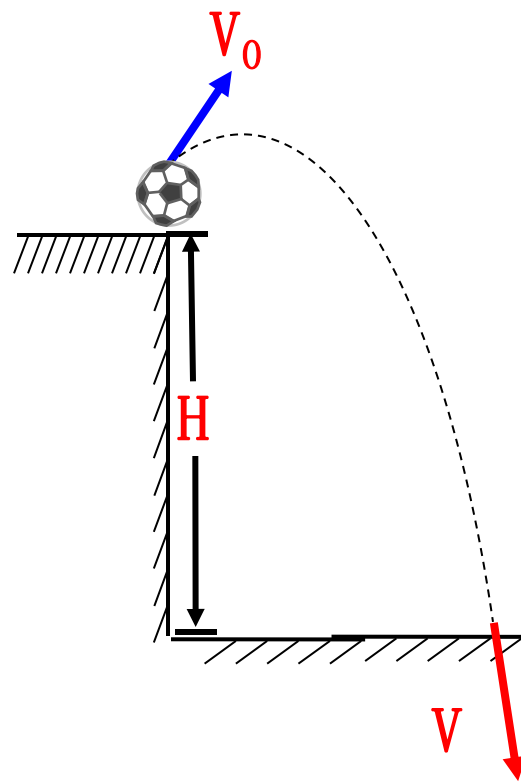
$$W_{\text{合}} = \Delta E_K$$

$mg(H + h) - \bar{f}h = 0 \Rightarrow \bar{f} = \frac{mg(H + h)}{h}$

6. 某人从距地面25m高处斜上抛出一小球，小球质量100g，出手时速度大小为10m/s，落地时速度大小为16m/s，取 $g=10\text{m/s}^2$ ，试求：

(1) 人抛球时对小球做多少功？

(2) 小球在空中运动时克服阻力做功多少？



解：(1) 人抛球 $W_{\text{人}} = \frac{1}{2}mv_0^2 - 0 = 5J$

(2) 球在空中： $W_{\text{合}} = \Delta E_K$
 $mgH + W_f = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

代入数据解得 $W_f = -17.2J$

所以克服阻力做了17.2J的功

注意：列式时要注意 $W_{\text{合}}$ 和 ΔE_k 的正负

6. 质量为 m 的跳水运动员从高为 H 的跳台上以速率 v_1 起跳，落水时的速率为 v_2 ，运动中受到空气阻力，那么运动员起跳后在空中运动克服空气阻力所做的功是多少？

解： 对象—运动员

过程——从起跳到落水

受力分析——如图所示

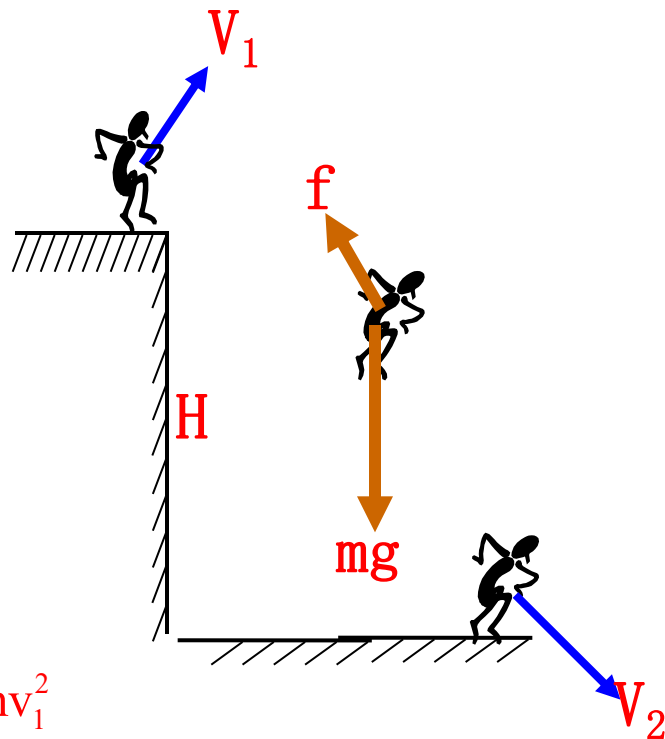
由动能定理

$$W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = \Delta E_K$$

$$mgH + W_f = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$-W_f = mgH - \frac{1}{2}mv_2^2 + \frac{1}{2}mv_1^2$$

所以克服阻力做功为 $mgH - \frac{1}{2}mv_2^2 + \frac{1}{2}mv_1^2$





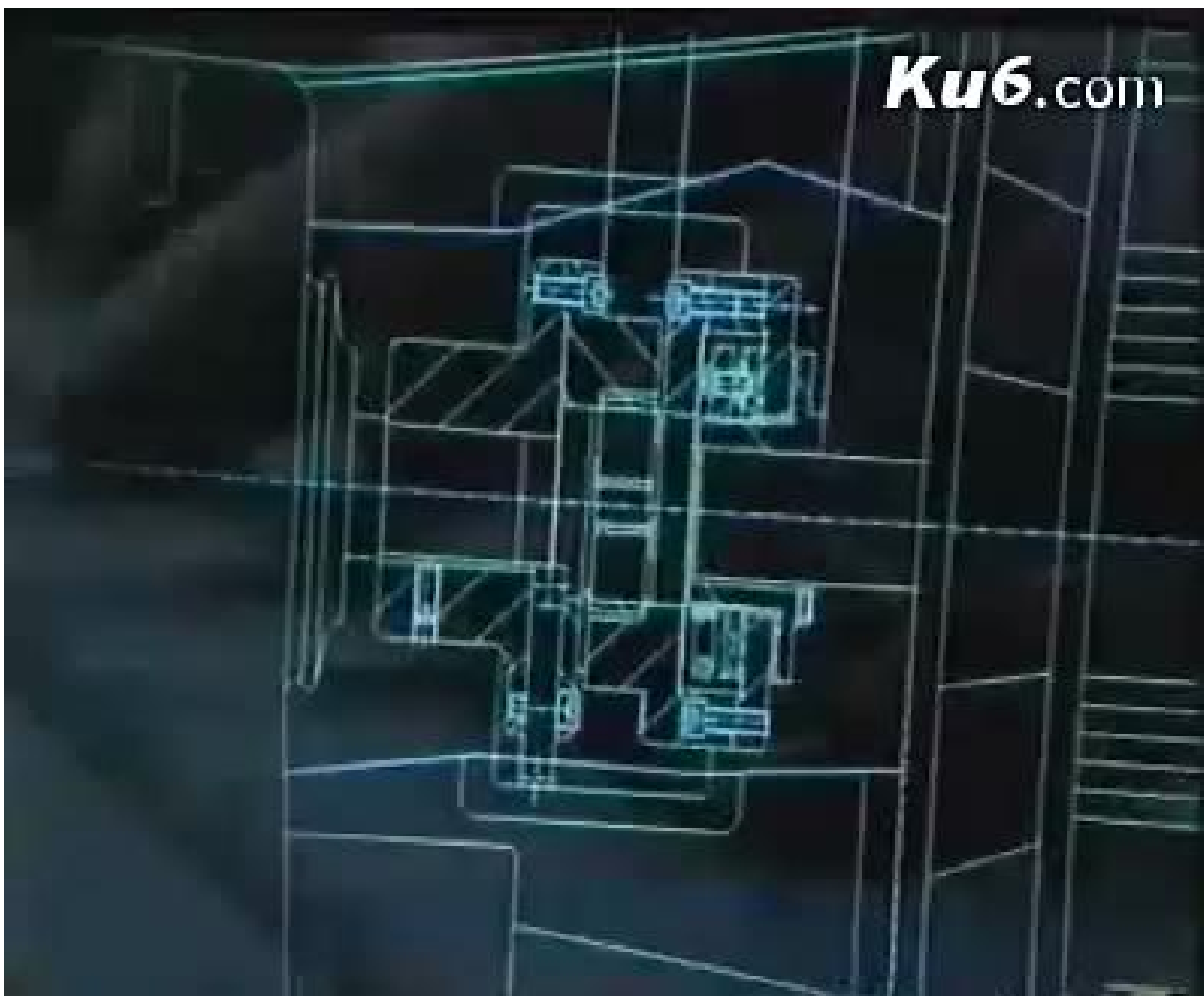
点击画面
播放视频

投篮



点击画面
播放视频

导弹的动能



点击画面
播放视频

风的动能应用：风力发电



飞
针
穿
玻
璃

扑克穿木板

生活中的动能





1. 动能：物体由于运动而具有的能。 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

2. 动能定理：

合外力对物体做的总功，等于物体动能的变化。

$$W_{\text{总}} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 \qquad W_{\text{总}} = E_{k2} - E_{k1}$$



3. 应用动能定理解题步骤:

- (1) 确定研究对象及运动过程
- (2) 分析物体在运动过程中的受力情况，明确每个力是否做功，是做正功还是负功
- (3) 明确初状态和末状态的动能，写出始末状态动能的表达式
- (4) 根据动能定理列原始方程求解。

