

# 第八章 机械能守恒定律



## 内容预览

力和在力方向上的位移 两个必要因素

$W = Fl \cos \alpha$  公式

正功、负功及其意义

$P = \frac{W}{t}$  平均功率

$P = Fv \cos \alpha$  瞬时功率

以恒定功率启动

以恒定加速度启动

$v_m = \frac{P}{F_f}$  最大速度

功

功率



动能定理

动能  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

动能定理  $W_{\text{合}} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$  (或  $E_{k2} - E_{k1}$ )

机械能守恒定律

守恒条件 只有重力或(弹簧)弹力做功

表达式  $E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$

$\Delta E_k = -\Delta E_p$

应用 单个物体机械能守恒

多个物体机械能守恒

实验

验证机械能守恒定律

实验原理

误差分析



## 知识梳理

### 第1节 功与功率

#### 一、功

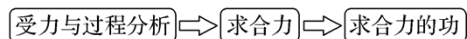
1. 功的公式： $W = \underline{\hspace{2cm}}$ ，其中  $F$ 、 $l$ 、 $\alpha$  分别为  $\underline{\hspace{2cm}}$ 、位移的大小、 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。
2. 功是标量。在国际单位制中，功的单位是  $\underline{\hspace{2cm}}$ ，符号是  $\underline{\hspace{2cm}}$ 。
3. 曲线运动中做功正负的判断：依据  $F$  与  $v$  的方向的夹角来判断。 $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ ，力对物体做  $\underline{\hspace{2cm}}$ ； $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$ ，力对物体做  $\underline{\hspace{2cm}}$ ； $\alpha = 90^\circ$ ，力对物体  $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

#### 二、功的计算

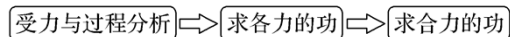
1. 单个恒力做功：直接用公式  $W = \underline{\hspace{2cm}}$  计算。
2. 合力做功

计算合力做功的两种基本思路

(1)先确定物体所受的合外力，再根据公式  $W_{\text{合}} = \underline{\hspace{2cm}}$  求解合外力做的功。该方法适用于物体所受的合外力不变的情况，常见的是发生位移  $l$  的过程中，物体所受的各力均没有发生变化。求解流程图为：



(2)先根据  $W = Fl \cos \alpha$ ，求出物体所受的每个力做的功  $W_1$ 、 $W_2$ 、...、 $W_n$ ，再根据  $W_{\text{合}} = \underline{\hspace{2cm}}$ ，求解合力的功，即合力做的功等于各个分力做功的代数和。该方法的适用范围更广。求解流程图为：



### 3. 变力功的计算方法

方法	以例说法
应用动能定理	用力 $F$ 把小球从 $A$ 处缓慢拉到 $B$ 处, $F$ 做的功为 $W_F$ , 则有 $W_F - mgl(1 - \cos \theta) = 0$ , 得 $W_F = mgl(1 - \cos \theta)$
微元法	质量为 $m$ 的木块在水平面内做半径为 $R$ 的圆周运动, 运动一周克服摩擦力做的功 $W_f = F_f \Delta x_1 + F_f \Delta x_2 + F_f \Delta x_3 + \dots = F_f(\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 + \dots) = F_f \cdot 2\pi R$
等效转换法	恒力 $F$ 把物块从 $A$ 拉到 $B$ , 绳子对物块做的功 $W = F \cdot \left( \frac{h}{\sin \alpha} - \frac{h}{\sin \beta} \right)$
平均力法	弹簧由伸长 $x_1$ 被继续拉至伸长 $x_2$ 的过程中, 克服弹力做的功 $W = \frac{kx_1 + kx_2}{2} \cdot (x_2 - x_1)$
图像法	一水平拉力 $F_0$ 拉着一物体在水平面上运动的位移为 $x_0$ , 图线与横轴所围面积表示拉力所做的功, $W = F_0 x_0$

### 三、功率

#### 1. 功率

(1)定义: 在物理学中, 做功的\_\_\_\_\_用功率表示。如果从开始计时到时刻  $t$  这段时间内, 力做的功为  $W$ , 则功  $W$  与完成这些功所用时间  $t$  之比叫作功率。

(2)公式:  $P = \frac{W}{t}$  ( $P$  表示功率)。

(3)单位: 在国际单位制中, 功率的单位是\_\_\_\_\_, 简称瓦, 符号是\_\_\_\_\_。1 W = \_\_\_\_\_ J/s。技术上常用千瓦(kW)作功率的单位, 1 kW = \_\_\_\_\_ W。

#### 2. 功率与速度

(1)一个沿着物体位移方向的力对物体做功的功率, 等于这个力与物体速度的乘积, 即  $P = Fv$ 。

(2)若  $v$  是平均速度,  $P = Fv$  表示\_\_\_\_\_功率; 若  $v$  是瞬时速度,  $P = Fv$  表示\_\_\_\_\_功率。

(3)应用: 由功率与速度关系式知, 汽车、火车等交通工具和各种起重机械, 当发动机的输出功率  $P$  一定时, 牵引力  $F$  与速度  $v$  成\_\_\_\_\_, 要增大牵引力, 就要\_\_\_\_\_速度。

### 四、机车启动的两种方式

#### 1. 两种启动方式比较

	以恒定功率启动	以恒定加速度启动
$P-t$ 图像 与 $v-t$ 图像		

运动规律	<p>OA 段: 做加速度逐渐_____的变加速直线运动;</p> <p>AB 段: 做速度为 <math>v_m</math> 的_____直线运动</p>	<p>OA 段: 以加速度 <math>a</math> 做_____速直线运动;</p> <p>AB 段: 做加速度逐渐_____的变加速直线运动;</p> <p>BC 段: 做速度为 <math>v_m</math> 的_____直线运动</p>
过程分析	<p>OA 段: <math>v \uparrow \Rightarrow F = \frac{P_{\text{额}}}{v} \downarrow \Rightarrow a = \frac{F - F_{\text{阻}}}{m} \downarrow</math>;</p> <p>AB 段: <math>F = F_{\text{阻}} \Rightarrow a = 0 \Rightarrow P_{\text{额}} = F_{\text{阻}} \cdot v_m</math></p>	<p>OA 段: <math>a = \frac{F - F_{\text{阻}}}{m}</math> 不变 <math>\Rightarrow F</math> 不变 <math>\Rightarrow v \uparrow \Rightarrow P = F \cdot v \uparrow</math>, 直到 <math>P = P_{\text{额}} = F \cdot v_1</math>;</p> <p>AB 段: <math>v \uparrow \Rightarrow F = \frac{P_{\text{额}}}{v} \downarrow \Rightarrow a = \frac{F - F_{\text{阻}}}{m} \downarrow</math>;</p> <p>BC 段: <math>F = F_{\text{阻}} \Rightarrow a = 0 \Rightarrow v</math> 达到最大值, <math>v_m = \frac{P_{\text{额}}}{F_{\text{阻}}}</math></p>

## 2.几个物理量的求法

分析机车启动问题, 要抓住两个核心方程: 牛顿第二定律方程, \_\_\_\_\_联系着力和加速度, \_\_\_\_\_联系着力和速度。

(1)机车的最大速度  $v_m$  的求法。机车最终匀速前进时速度最大, 此时牵引力  $F$  等于阻力  $F_f$ , 故  $v_m = \frac{P}{F} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(2)匀加速启动持续时间的求法。牵引力  $F = ma + F_f$ , 匀加速的最后速度  $v_m' = \underline{\hspace{2cm}}$ , 时间  $t = \frac{v_m'}{a}$ 。

(3)瞬时加速度的求法。据  $F = \frac{P}{v}$  求出牵引力, 则加速度  $a = \frac{F - F_f}{m}$ 。

## 第2节 重力势能

### 一、重力做的功

1.做功表达式:  $W_G = mg\Delta h = mgh_1 - mgh_2$ , 式中  $\Delta h$  指初位置与末位置的\_\_\_\_\_ ;  $h_1$ 、 $h_2$  分别指\_\_\_\_\_、的高度。

2.做功的特点: 物体运动时, 重力对它做的功只跟它的\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_的位置有关, 而跟物体运动的\_\_\_\_\_无关。

3.做功的正负: 物体下降时重力做\_\_\_\_\_功; 物体被举高时重力做\_\_\_\_\_功。

### 二、重力势能

1.定义: 我们把\_\_\_\_\_叫作物体的重力势能, 常用  $E_p$  表示。

2.表达式:  $E_p = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

3.单位: 在国际单位制中是\_\_\_\_\_, 符号为\_\_\_\_\_。

1 J = 1 kg · m · s<sup>-2</sup> · m = 1 N · m。

### 4.重力做功与重力势能变化的关系

(1)表达式:  $W_G = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(2)两种情况

①当物体从高处运动到低处时,重力做\_\_\_\_\_,重力势能\_\_\_\_\_,即  $W_G > 0, E_{p1} > E_{p2}$ 。

②当物体由低处运动到高处时,重力做\_\_\_\_\_,重力势能\_\_\_\_\_,即  $W_G < 0, E_{p1} < E_{p2}$ 。重力做负功也可以说成物体克服重力做功。

### 三、重力势能的相对性

1.参考平面:物体的重力势能总是相对于某一\_\_\_\_\_来说的,这个\_\_\_\_\_叫作参考平面。在参考平面上,物体的重力势能取为\_\_\_\_\_。

#### 2.重力势能的相对性

选择不同的参考平面,物体重力势能的数值是\_\_\_\_\_的。

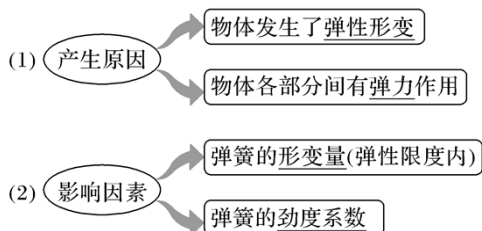
对选定的参考平面,上方物体的重力势能是\_\_\_\_\_值,下方物体的重力势能是\_\_\_\_\_值,负号表示物体在这个位置具有的重力势能要比在参考平面上具有的重力势能\_\_\_\_\_。

### 四、弹性势能

1.定义:发生\_\_\_\_\_的物体的各部分之间,由于有\_\_\_\_\_的相互作用,也具有\_\_\_\_\_,这种势能叫作弹性势能。

2.弹簧的弹性势能 弹簧的长度为原长时,弹性势能为0。弹簧被\_\_\_\_\_或被\_\_\_\_\_时,就具有了弹性势能。

#### 3.弹性势能的产生及影响因素



## 第3节 动能和动能定理

### 一、动能的表达式

1.定义:在物理学中用“\_\_\_\_\_”这个量表示物体的动能。

2.表达式:  $E_k = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

3.单位:在国际单位制中是\_\_\_\_\_,符号为\_\_\_\_\_。  $1 \text{ kg}(\text{m/s})^2 = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ J}$ 。

### 二、动能定理

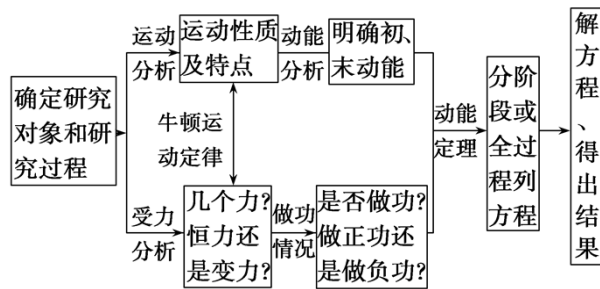
1.内容:力在一个过程中对物体做的功,等于物体在这个过程中\_\_\_\_\_。

2.表达式:  $W = \underline{\hspace{2cm}}$ 。如果物体受到几个力的共同作用,  $W$  即为\_\_\_\_\_,它等于\_\_\_\_\_。

3.适用范围:动能定理是物体在恒力作用下,并且做直线运动的情况下得到的,当物体受到\_\_\_\_\_作用,或者做\_\_\_\_\_运动时,可以采用把整个过程分成许多小段,也能得到动能定理。

4.实质:动能定理从能量变化的角度反映了力改变运动的状态在空间上的累积效果。

#### 5. 动能定理的应用流程



## 6. 应用动能定理的注意事项

- (1)动能定理中的位移和速度必须是相对于\_\_\_\_\_参考系的，一般以地面或相对地面静止的物体为参考系。
- (2)应用动能定理的关键在于对研究对象进行准确的受力分析及运动过程分析。
- (3)列动能定理方程时，必须明确各力做功的正、负，确实难以判断的先假定为正功，最后根据结果加以检验。
- (4)当物体的运动包含多个不同过程时，可分段应用动能定理求解；当所求解的问题不涉及中间的速度时，也可以全过程应用动能定理求解，这样更简便。

## 第4节 机械能守恒定律

### 一、机械能守恒定律

1. 机械能守恒定律：在只有\_\_\_\_\_做功的物体系统内，动能与势能可以相互转化，而总的机械能\_\_\_\_\_。
2. 对机械能守恒条件的理解
  - (1)只受\_\_\_\_\_作用，例如做平抛运动的物体机械能守恒。
  - (2)除\_\_\_\_\_外，物体还受其他力，但其他力不做功或做功代数和为\_\_\_\_\_。
  - (3)对物体和弹簧组成的系统，只有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_做功，系统的机械能守恒。注意：并非物体的机械能守恒。

### 二、机械能是否守恒的三种判断方法

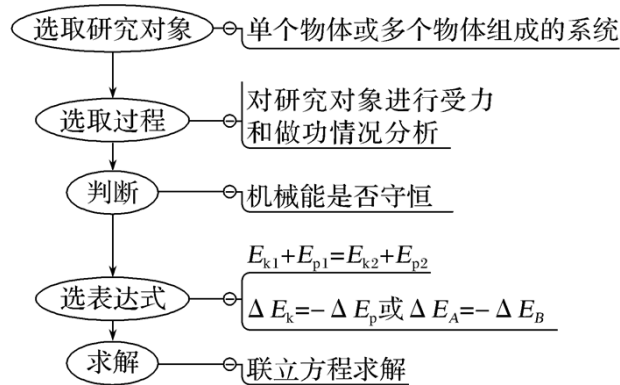
- 1.利用机械能的定义判断：若物体\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_之和不变，机械能守恒。
- 2.用做功判断：若物体或系统只有重力(或弹簧的弹力)做功，或有其他力做功，但其他力做功的代数和为\_\_\_\_\_，则机械能守恒。
- 3.利用能量转化判断：若物体系统与外界没有能量交换，物体系统内也没有\_\_\_\_\_与其他形式能的转化，则物体系统机械能守恒。

### 4.机械能守恒定律的表达形式

理解角度	表达式	物理意义
	$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$ 或 $E_{初} = E_{末}$	初状态的机械能_____末状态的机械能

从不同状态看		
从转化角度看	$E_{k2} - E_{k1} = E_{p1} - E_{p2}$ 或 $\Delta E_k = \underline{\hspace{2cm}}$	过程中动能的 $\underline{\hspace{2cm}}$ 等于势能的 $\underline{\hspace{2cm}}$
从转移角度看	$E_{A2} - E_{A1} = E_{B1} - E_{B2}$ 或 $\Delta E_A = -\Delta E_B$	系统只有 $A$ 、 $B$ 两物体时, $A$ 增加的机械能等于 $B$ 减少的机械能

### 5. 用机械能守恒定律解题的基本思路



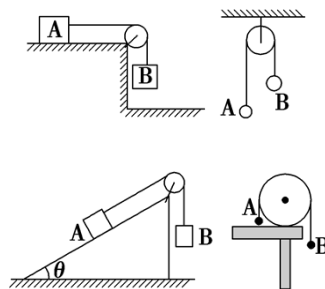
### 三、多个物体机械能守恒的应用

#### 1. 解决多物体系统机械能守恒的注意点

- (1) 对多个物体组成的系统, 要注意判断物体运动过程中系统的机械能是否守恒。
- (2) 注意寻找用绳或杆相连接的物体间的速度关系和位移关系。
- (3) 列机械能守恒方程时, 一般选用  $\Delta E_k = \underline{\hspace{2cm}}$  或  $\Delta E_A = \underline{\hspace{2cm}}$  的形式。

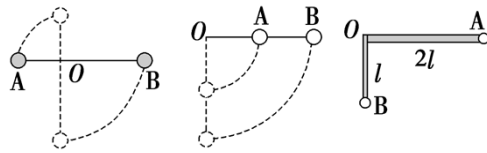
#### 2. 几种实际情景的分析

##### (1) 速率相等的情景



注意分析各个物体在竖直方向的高度变化。

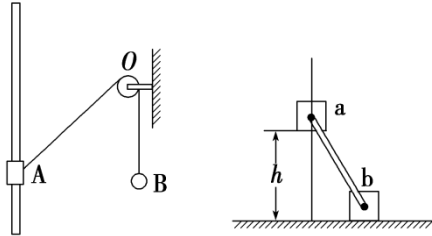
##### (2) 角速度相等的情景



①杆对物体的作用力并不总是沿杆的方向，杆能对物体做功，单个物体机械能\_\_\_\_\_。

②由  $v = \omega r$  知， $v$  与  $r$  成正比。

(3)某一方向分速度相等的情景(关联速度情景)



两物体速度的关联实质：沿绳(或沿杆)方向的分速度大小相等。

#### 四、功能关系

力做功	能的变化	定量关系
_____做的功	动能变化	$W = E_{k2} - E_{k1} = \Delta E_k$
重力做的功	重力势能变化	(1)重力做_____, 重力势能_____ (2)重力做负功, 重力势能_____ (3) $W_G = -\Delta E_p = \text{_____}$
弹簧弹力做的功	弹性势能变化	(1)弹力做正功, 弹性势能_____ (2)弹力做负功, 弹性势能_____ (3) $W = -\Delta E_p = E_{p1} - E_{p2}$
只有重力、弹力做功	机械能_____	机械能守恒, $\Delta E = \text{_____}$
除重力和弹力之外的其他力做的功	机械能_____	(1)其他力做多少正功, 物体的机械能就_____多少 (2)其他力做多少负功, 物体的机械能就_____多少 (3) $W_{\text{其他}} = \Delta E$
一对相互作用的滑动摩擦力做的总功	机械能_____ 内能_____	(1)作用于系统的一对滑动摩擦力一定做负功, 系统内能_____ (2)摩擦生热 $Q = \text{_____}$

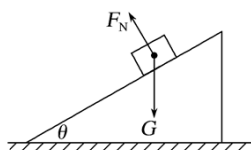
### 第5节 实验：验证机械能守恒定律

#### 一、实验思路

1.自由下落的物体只受到\_\_\_\_\_作用，满足机械能守恒的条件。

2.物体沿光滑斜面下滑时，虽然受到重力和斜面的\_\_\_\_\_，但\_\_\_\_\_与物体位移方向垂直(如图)，对物体不做功，这种情况也满足机械能守恒的条件。

3.用细线悬挂的小球摆动时,细线的拉力与小球的运动方向\_\_\_\_\_,对小球不做功。如果忽略空气阻力,这个过程中只有重力做功,也满足机械能守恒的条件。



## 二、物理量的测量

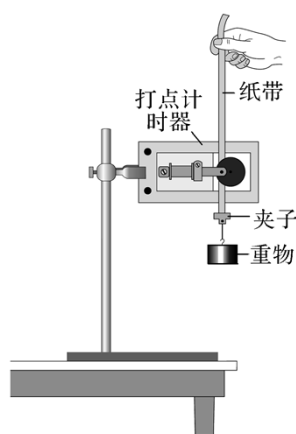
需要测量三个物理量:物体的\_\_\_\_\_、物体所处位置的\_\_\_\_\_以及物体的\_\_\_\_\_。

## 三、实验方案 1: 研究自由下落物体的机械能

### 1.实验器材

铁架台(带铁夹)、\_\_\_\_\_、重物(带夹子)、纸带(数条)、复写纸、导线、毫米刻度尺、\_\_\_\_\_。

### 2.实验步骤



(1)装置:按图所示将检查、调整好的打点计时器\_\_\_\_\_固定在铁架台上,接好电路。

(2)打纸带:①将纸带的一端用夹子固定在重物上,另一端穿过打点计时器的\_\_\_\_\_,用手提着纸带使重物静止在\_\_\_\_\_打点计时器的地方;

②先接通\_\_\_\_\_,后松开纸带,让重物带着纸带自由下落;

③关闭电源,取下纸带。更换纸带重复做 3~5 次实验。

(3)选纸带:选取\_\_\_\_\_且第 1、2 两点间距接近\_\_\_\_\_mm 的纸带。

(4)测长度:用毫米刻度尺测出所选定的各计时点到基准点的距离。

### 3.注意事项

#### (1)减小各种阻力的措施

安装时使打点计时器的限位孔与纸带处于同一竖直平面内;应选用质量和密度较大的重物。

(2)因重物下落过程中要克服阻力做功,实验中动能增加量必定稍小于重力势能减少量,否则实验数据不准确。

### 4.数据分析

(1)计算速度:利用公式  $v_n = \frac{\Delta s}{\Delta t}$  计算出点 1、点 2、点 3、... 的瞬时速度  $v_1$ 、 $v_2$ 、 $v_3$ 、...。

(2)计算动能和势能的变化:计算各点对应的势能减少量\_\_\_\_\_和动能增加量\_\_\_\_\_填入表格中。

### (3)验证方案

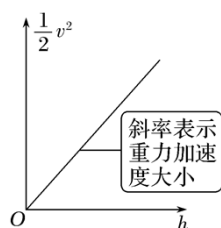
方案一：利用起始点和第  $n$  点计算，代入  $gh_n$  和  $\frac{1}{2}v_n^2$ ，如果在实验误差允许的范围内， $gh_n = \frac{1}{2}v_n^2$ ，则验证了机械能守恒定律。

方案二：任取两点计算。先任取两点  $A$ 、 $B$  测出  $h_{AB}$ ，算出  $gh_{AB}$ 。再算出  $\frac{1}{2}v_B^2 - \frac{1}{2}v_A^2$  的值。

如果在实验误差允许的范围内， $gh_{AB} = \frac{1}{2}v_B^2 - \frac{1}{2}v_A^2$ ，则验证了机械能守恒定律。

方案三：图像法。从纸带上选取多个点，测量从第一点到其余各点的下落高度  $h$ ，并计算各点速度的平方

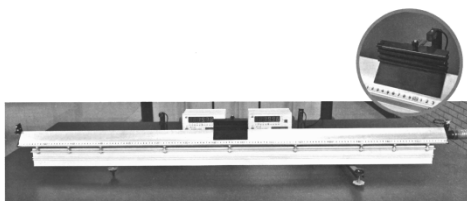
$v^2$ ，然后以  $\frac{1}{2}v^2$  为纵轴，以  $h$  为横轴，绘出  $\frac{1}{2}v^2 - h$  图线，若是一条过原点且斜率为\_\_\_\_\_的直线，则验证了机械能守恒定律。



## 四、实验方案 2：研究沿斜面下滑物体的机械能

1.实验器材：气垫导轨、数字计时器、带有遮光条的滑块。

2.实验装置：如图所示，把气垫导轨调成倾斜状态，滑块沿倾斜的气垫导轨下滑时，忽略空气阻力，重力势能减小，动能增大。



### 3.实验测量及数据处理

(1)测量两光电门之间的高度差  $\Delta h$ ；

(2)滑块经过两光电门时遮光条遮光时间  $\Delta t_1$  和  $\Delta t_2$ ，计算滑块经过两光电门时的瞬时速度。

若遮光条的宽度为  $\Delta L$ ，则滑块经过两光电门时的速度分别为  $v_1 = \frac{\Delta L}{\Delta t_1}$ ， $v_2 = \frac{\Delta L}{\Delta t_2}$ ；

(3)若在实验误差允许范围内满足  $mg\Delta h = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$ ，则验证了机械能守恒定律。

4.误差分析：两光电门之间的距离稍大一些，可以减小误差；遮光条的宽度越\_\_\_\_\_，误差越小。

# 第八章 机械能守恒定律

## 内容预览

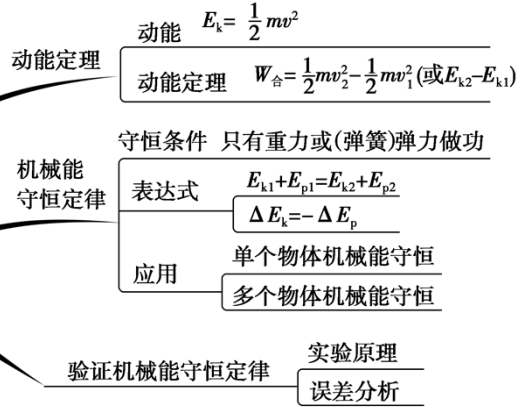
力和在力方向上的位移 两个必要因素

$W=Fl\cos\alpha$	公式
正功、负功及其意义	

$P=\frac{W}{t}$	平均功率
$P=Fv\cos\alpha$	瞬时功率
以恒定功率启动	
以恒定加速度启动	
$v_m=\frac{P}{F_f}$	最大速度



机械能守恒定律



## 知识梳理

### 第1节 功与功率

#### 一、功

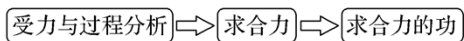
1. 功的公式:  $W=Fl\cos\alpha$ , 其中  $F$ 、 $l$ 、 $\alpha$  分别为力的大小、位移的大小、力与位移的夹角。
2. 功是标量。在国际单位制中, 功的单位是焦耳, 符号是 J。
3. 曲线运动中做功正负的判断: 依据  $F$  与  $v$  的方向的夹角来判断。  $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ , 力对物体做正功;  $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$ , 力对物体做负功;  $\alpha = 90^\circ$ , 力对物体不做功。

#### 二、功的计算

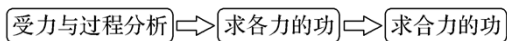
1. 单个恒力做功: 直接用公式  $W=Fl\cos\alpha$  计算。
2. 合力做功

计算合力做功的两种基本思路

(1)先确定物体所受的合外力, 再根据公式  $W_{\text{合}}=F_{\text{合}}l\cos\alpha$  求解合外力做的功。该方法适用于物体所受的合外力不变的情况, 常见的是发生位移  $l$  的过程中, 物体所受的各力均没有发生变化。求解流程图为:



(2)先根据  $W=Fl\cos\alpha$ , 求出物体所受的每个力做的功  $W_1$ 、 $W_2$ 、...、 $W_n$ , 再根据  $W_{\text{合}}=W_1+W_2+\dots+W_n$ , 求解合力的功, 即合力做的功等于各个分力做功的代数和。该方法的适用范围更广。求解流程图为:



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/967144200161010035>