六、机械能

一、知识网络

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 基本概念 | 定义 | 物理意义 | 表示 |
| 功 | 力与力方向上位移的乘积 | 力对空间（位移）的积效果 | W=F·s cosα |
| 功率 | 功与做功对应时间的比值 | 做功的快慢 | P==F·v· |
| 动能 | 由于运动具有的能 | 反映物体处于某运动的快慢时所具有能的多少 | Ek=mv2 |
| 重力势能 | 地球上物体具有的与高度有关的能 | 反映物体处于某相对高度时具有能的多少 | EB=mgh |
| 弹性势能 | 由于发生弹性形变具有的能 | 反映弹性形变物体储藏的势能及对外做功的能力大小 | EB= kx2 |
| 机械能 | 动能和势能（重力势能和弹性势能）统称机械能 | 反映机械运动中对外做功能力的大小 | E机＝Ｅk＋Ｅp |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 基本规律 | 内容 | 适用条件 | 表示 |
| 动能定理 | 外力对物体所做总功等于物体的能的变化量 | 不管恒力、变力做功；不管直线、曲线运动都适用 | W总=Ek2-Ek1  =mv22-  mv21 |
| 机械能守恒定律 | 只有重力做功，物体机械能守恒 | 只有重力做功才适用 | E初=E末 |
| 能的转化和守恒定律 | 能量既不能凭空产生，也不能无影无踪的消失，不同形式的能量在相互转化中守恒 | 整个自然界，整个宇宙普遍适用 | E=C（常数）或  △E=0 |

概念

1、功：

⑴功的概念：一个物体在力的作用下，如果在力的方向上发生一段位移，我们就说这个力对物体做了功。这里特别强调：力和在力的方向上发生的位移，是做功的两个不可缺少的因素。

⑵功的公式：力对物体所做的功（W）、等于力的大小（F）、位移的大小（s）、力的方向和位移方向间的夹角的余弦三者的乘积。



⑶功是标量：功是由力的大小和位移的大小确定的，它没有方向，是个标量，

⑷功的单位：在国际单位制中，功的单位是焦耳，符号J。1J就1N的力使物体在力的方向上发生1m位移所做的功。

 （请注意千万不要把力矩的单位与功的单位相混淆）

⑸功的正负：当时*F*做正功，当时*F*不做功，当时*F*做负功。

⑹什么叫克服阻力做功：

1. 力对物体做负功时，通常也可说成是物体克服阻力做功。如刹车时摩擦力对汽车做负功，意味着汽车克服摩擦力做功；重力对竖直上抛物体做负功，意味着物体克服重力做功，计算物体克服某个力所做的功时，其值要取绝对值。
2. 另一种是外力克服阻力做功。如我们把一个质量为m的物体匀速举高时。我们必须用一个与物体所受到力G=mg大小相等、方向相反的外力，克服重力做功，物体被举高为h时，外力克服重力所做的功为W=mgh。

⑺一对作用力和反作用力做功的特点：

①一对作用力和反作用力在同一段时间内做的总功可能为正、可能为负、也可能为零。

②一对互为作用反作用的摩擦力做的总功可能为零（静摩擦力）、可能为负（滑动摩擦力），但不可能为正。

⑻关于摩擦力或介质阻力做功的特点：摩擦力做功的大小是摩擦力与所作用的物体 在力的方向上通过的路程，而非位移。

⑼在两个接触面上因相对滑动而产生的热量：Q=f滑s相对，其中f滑为滑动摩擦力，s相对为接触物的相对位移。

2、功率：

⑴功率的概念：功率是表示物体（施力物）做功快慢的物理量，表示了单位时间内，施力物做功的多少。是用功与完成这些功所用时间的比值表示。

⑵功率的公式：

该式表示了在某一段时间t内物体做功的平均功率。当力的方向和位移的方向一致时，上式中的W=Fs，则：

重力的功率可表示为*P*G=*mgv*y，即重力的瞬时功率等于重力和物体在该时刻的竖直分速度之积。

⑶功率的单位：在国际单位制中，功率的单位是瓦特。

1瓦特=1焦耳/秒，符号：1W=1J/s

除了“瓦”这个单位以外，技术上常用“千瓦”（KW）做功率的单位。

⑷公式P=Fv 中三个物理量的相依关系：

当力F与物体运动方向相同时，P=Fv，在功率一定的情况下，力越大，速度就越小，如汽车从平地开始上坡时，在保持发动机功率不变的条件下，需换档降低速度以增大牵引力。在力大小不变时，功率越大，速度越大，如在竖直方向上匀速吊起重物，起重机输出功率越大，起吊速度就越大。保持速度不变时，功率越大，力越大，如汽车从平路转入上坡时，要保持速度不变，就需要加大油门增大牵引功率以增大牵引力。

⑸注意区别P=、P=Fvcosα、P=Fv三个公式的适用范围：

对P=，P是时间t内的平均功率；对P=Fvcosα，若v是瞬时速度，P是瞬时功率，若v是平 均速度，P是平均功率；对P=Fv，F与v必须同方向，功率P与速度对应，即瞬时速度对应瞬时 功率，平均速度对应平均功率。

⑹额定功率：任何一个动力机器，它的功率都是有一定的限制的，这就是该机器的额定功率，额定功率都要在铭牌上标明，机器工作时受额定功率的限制。而机器功率的发挥是可以人为控制的。如汽车可通过控制给油的多少（油门），确定功率的大小。但功率不管如何改变，功率的最大值是额定功率。

⑺关于机车的两种起动方式：⑷汽车的两种加速问题。当汽车从静止开始沿水平面加速运动时，有两种不同的加速过程，但分析时采用的基本公式都是*P*=*Fv*和*F-f* = *ma*

①以额定功率起动：由公式*P*=*Fv*和*F-f=ma*知a= ，由于*P*恒定，随着*v*的增大，*F*必将减小，*a*也必将减小，汽车做加速度不断减小的加速运动，直到*F*=*f*，*a*=0，这时*v*达到最大值。可见恒定功率的加速一定不是匀加速。这种加速过程发动机做的功只能用*W*=*Pt*计算，不能用*W*=*Fs*计算（因为*F*为变力）。

*v*

*a*

*f*

# F

②以加速度a匀加速起动：由公式*P*=*Fv*和*F*-*f*=*ma*知，由于*F*恒定，所以*a*恒定，汽车做匀加速运动，而随着*v*的增大，*P*也将不断增大，直到*P*达到额定功率*P*m，功率不能再增大了。这时匀加速运动结束，其最大速度为，此后汽车要想继续加速就只能做恒定功率的变加速运动了。可见恒定牵引力的加速时功率一定不恒定。这种加速过程发动机做的功只能用*W=F*∙*s*计算，不能用*W=P*∙*t*计算（因为*P*为变功率）。例题：解析：

要注意两种加速运动过程的最大速度的区别。

例题：如图所示，质量为*m*的小球用长*L*的细线悬挂而静止在竖直位置。在下列三种情况下，分别用水平拉力*F*将小球拉到细线与竖直方向成*θ*角的位置。在此过程中，拉力*F*做的功各是多少？⑴用*F*缓慢地拉；⑵*F*为恒力；⑶若*F*为恒力，而且拉到该位置时小球的速度刚好为零。可供选择的答案有

*θ*

# L

*m*

# F

A. B. C. D.

解：⑴若用*F*缓慢地拉，则显然*F*为变力，只能用动能定理求解。*F*做的功等于该过程克服重力做的功。选D

⑵若*F*为恒力，则可以直接按定义求功。选B

⑶若*F*为恒力，而且拉到该位置时小球的速度刚好为零，那么按定义直接求功和按动能定理求功都是正确的。选B、D

在第三种情况下，由=，可以得到，可见在摆角为时小球的速度最大。实际上，因为*F*与*mg*的合力也是恒力，而绳的拉力始终不做功，所以其效果相当于一个摆，我们可以把这样的装置叫做“歪摆”。

例题：质量为2t的农用汽车，发动机额定功率为30kW，汽车在水平路面行驶时能达到的最大时速为54km/h。若汽车以额定功率从静止开始加速，当其速度达到*v*=36km/h时的瞬时加速度是多大？

解析：汽车在水平路面行驶达到最大速度时牵引力*F*等于阻力*f*，即*P*m=*f*∙*v*m，而速度为*v*时的牵引力*F*=*P*m/*v*，再利用*F*-*f*=*ma*，可以求得这时的a=0.50m/s2

3、功和能：

⑴能的最基本性质：能就是指能量，如果物体能够做功，就说这个物体。如水流的机械能，带动水轮机发电，这是机械能转化为电能；电动机能电后，把电能转变成机械能；大力发电是把热能转化成电能，电热取暖则又是把电能转化成热能；这些现象都告诉了我们各种不同形式的能是可以互相转化的，而且在转化过程中，能的总量是守恒的。这就是能的最基本性质。

⑵功和能的关系：功是能量转化的量度

①做功的过程就是能的转化过程，能的转化是通过做功来实现的。

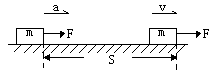
②做多少功就有多少能量发生转化(用功的数值来量度能量转化的多少)

4、动能：

⑴动能：物体由于运动而具有的能量。

一个物体由静止开始运动，必须受有外力的作用，那么这个外力做了多少功，就表示了有多少其它形式能量转化为物体的动能了。我们利用这个办法可求出物体的动能。

⑵动能公式的推导：在光滑的水平面上有一个质量为m的静止物体，在水平恒力作用下开始运动，经过一段位移S，达到速度为。在此过程中：

外力做功W=Fs

物体的动能EK

功是能量转化的量度

 EK= W=Fs



．

⑶动能公式： 即物体的动能等于它的质量跟它的速度平方的乘积的一半。

⑷动能是标量，在国际单位制中，动能的单位是焦耳（J）。

⑸关于物体动能的变化：

①速度是一个描述物体运动状态的物理量，动能也是一个描述物体运动状态的物理量。速度变化时，动能不一定变化。如物体做圆周运动时，虽然速度在变化，但动能是恒量。可是动能变化时，速度一定发生变化。如物体做自由落体运动，物体动能变化，其运动速度也在变化。

②物体在一直线上运动时，其速度有正、负之分（表示方向），但物体的动能却永远是正值。可是动能的变化量可以有正负。

动能的变化量表示了运动物体的终了状态的动能减去其初始状态的动能。

如汽车加速运动，，则动能变化量为正值。

若汽车做减速运动，即，则其动能变化量为负值。

③物体动能的变化是与外力做功有关的，这个“功”，指的是合外力做的功，或合功。如果以动力做功为主，则物体动能变化量为正。若以阻力做功为主，则物体动能变化量为负。

5、势能：

⑴势能的概念：相互作用的物体间，由其相对位置所决定的能量。

⑵势能和种类：有重力势能和弹性势能等。

重力势能：地球与地球附近的物体之间由于重力的作用而是有的势能。

弹性势能：物体发生弹性形变时，由于其各部分间存在弹力的相互作用的是有的势能。

⑶重力势能：公式Ep=mgh

①表示物体的重力势能等于物体的质量、重力加速度和它所处的高度三者的乘积。

②根据功是能量转化的量度，也可以看做是外力把物体举高了h，外力做功W=mgh全转化成物体的重力势能，即Ep=mgh。

③重力势能是标量。在国际单位制中，它的单位跟功的单位相同：焦耳（J）。

④公式中h的含义要特别注意：

重力势能公式Ep=mgh中的h表示高度，用来表示物体所在的位置，是个状态量，是由规定的高度零点（如地面）开始量度的，向上为正；而自由落体公式 中的h表示自由下落物体的位移，是个过程量，是由起始位置开始量度的，向下为正，二者不能混为一谈。

⑤重力做功的特点：

重力对物体所做的功只跟起点和终点的位置有关，而跟物体运动路径无关。

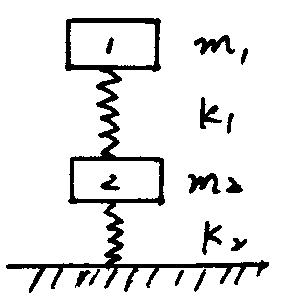
⑥重力做功和重力势能的变化：重力做正功,势能减少；重力做负功，势能增加。重力做多少功，就改变多少重力势能。其数学表示式为W=－△＝*－*，式中*、*分别表示初态和终态的重力势能。

a重力做正功时，重力势能减少，减少的重力势能等于重力所做的功；重力做负功时，重力势能增加，增加的重力势能等于克服重力所做的功．即重力做多少功，重力势能就改变多少．

b重力做功只跟初末位置的高度有关，跟物体运动的路径无关，即*W=mg△h。*

⑷弹性势能：物体由于发生弹性形变而具有的能叫弹性势能。弹性势能的大小与形变量及劲度系数有关，弹簧的形变量越大，劲度系数越大，弹簧的弹性势能越大。

⑸势能是相互作用的物体由相对位置而决定的一种能量。离开物体间的相互作用也就无所谓势能。因此势能只能属于系统，说某个物体具有多少势能，显然是一种简略的说法。

例题：如图所示，劲度系数为K1的轻质弹簧两端分别与质量为*m*1*、m*2的物体1、 2拴接，劲度系数为*K*2 的轻质弹簧上端与物块2拴接，下端压在桌面上(不拴接)，整个系统处于平衡状态，现施力将物块1缓慢地竖直上提，直到下面那个弹簧的下端脱离桌面．在此过程中，物块2的重力势能增加了 ，物块1的重力势能增加了 。

解析：该题难度较大，在方法的选用上应注意借助整体法和隔离法辅助求解．在求解*m*1上升高度时，要找准*m*1相对水平面的高度变化，不要漏加*m*2上升高度；考虑*k*1的变化时不要忽略弹簧*k*2的变化．很容易考虑不全面，顾此失彼．可做如下分析：下面弹簧受到压力大小为*(m+m)g*，压缩量*x*=, 要使其离开桌面，*m*应上升高度*x*,则增加的重力势能为*E*＝*mgx*= , 对弹簧*k*1拉起的过程中，*k*1是由压缩状态转为拉伸状态，压缩的长度*x*=,当*k*离开桌面时，*k*伸长了*x*= ， 则上面物体能上升的高度为*x+x+x＝(m+m)g*(+),所以*m*增加的重力势能为*E= m(m+m)(+)g*.

规律

1、动能定理

⑴动能定理的表述

合外力做的功等于物体动能的变化。（这里的合外力指物体受到的所有外力的合力，包括重力）。表达式为*W*=*ΔE*K

动能定理也可以表述为：外力对物体做的总功等于物体动能的变化。实际应用时，后一种表述比较好操作。不必求合力，特别是在全过程的各个阶段受力有变化的情况下，只要把各个力在各个阶段所做的功都按照代数和加起来，就可以得到总功。

和动量定理一样，动能定理也建立起过程量（功）和状态量（动能）间的联系。这样，无论求合外力做的功还是求物体动能的变化，就都有了两个可供选择的途径。和动量定理不同的是：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。

⑵注意：①不管是否恒力做功，也不管是否做直线运动，该定理都成立；

②对变力做功，应用动能定理要更方便、更迅捷。

③动能为标量，但ΔEk=Ek2-Ek1仍有正负，分别表动能的增减。

⑶应用动能定理解题的步骤

①确定研究对象和研究过程。和动量定理不同，动能定理的研究对象只能是单个物体，如果是系统，那么系统内的物体间不能有相对运动。（原因是：系统内所有内力的总冲量一定是零，而系统内所有内力做的总功不一定是零）。

②对研究对象进行受力分析。（研究对象以外的物体施于研究对象的力都要分析，含重力）。

③写出该过程中合外力做的功，或分别写出各个力做的功（注意功的正负）。如果研究过程中物体受力情况有变化，要分别写出该力在各个阶段做的功。

④写出物体的初、末动能。

⑤按照动能定理列式求解。

例题：如图所示，斜面倾角为*α*，长为*L*，*AB*段光滑，*BC*段粗糙，且*BC*=2 *AB*。质量为*m*的木块从斜面顶端无初速下滑，到达*C*端时速度刚好减小到零。求物体和斜面*BC*段间的动摩擦因数*μ*。

解析：以木块为对象，在下滑全过程中用动能定理：重力做的功为*mgL*sin*α*，摩擦力做的功为，支持力不做功。初、末动能均为零。

*α*

# C

## B

# A

*mgL*sin*α*=0，

从本例题可以看出，由于用动能定理列方程时不牵扯过程中不同阶段的加速度，所以比用牛顿定律和运动学方程解题简洁得多。

例题：将小球以初速度*v*0竖直上抛，在不计空气阻力的理想状况下，小球将上升到某一最大高度。由于有空气阻力，小球实际上升的最大高度只有该理想高度的80%。设空气阻力大小恒定，求小球落回抛出点时的速度大小*v*。

*v*

*v* /

*f*

# G

# G

*f*

解析：有空气阻力和无空气阻力两种情况下分别在上升过程对小球用动能定理：

和，可得*H=v*02/2*g*，

再以小球为对象，在有空气阻力的情况下对上升和下落的全过程用动能定理。全过程重力做的功为零，所以有：，解得

从本题可以看出：根据题意灵活地选取研究过程可以使问题变得简单。有时取全过程简单；有时则取某一阶段简单。原则是尽量使做功的力减少，各个力的功计算方便；或使初、末动能等于零。

例题： 质量为*M*的木块放在水平台面上，台面比水平地面高出*h*=0.20m，木块离台的右端*L*=1.7m。质量为*m*=0.10*M*的子弹以*v*0=180m/s的速度水平射向木块，并以*v*=90m/s的速度水平射出，木块落到水平地面时的落地点到台面右端的水平距离为*s*=1.6m，求木块与台面间的动摩擦因数为*μ*。

# L

*h*

# s

解析：本题的物理过程可以分为三个阶段，在其中两个阶段中有机械能损失：子弹射穿木块阶段和木块在台面上滑行阶段。所以本题必须分三个阶段列方程：

子弹射穿木块阶段，对系统用动量守恒，设木块末速度为*v*1，*mv*0= *mv*+*Mv*1……①

木块在台面上滑行阶段对木块用动能定理，设木块离开台面时的速度为*v*2，

有：……②

木块离开台面后的平抛阶段，……③

由①、②、③可得*μ*=0.50

从本题应引起注意的是：凡是有机械能损失的过程，都应该分段处理。

从本题还应引起注意的是：不要对系统用动能定理。在子弹穿过木块阶段，子弹和木块间的一对摩擦力做的总功为负功。如果对系统在全过程用动能定理，就会把这个负功漏掉。

例题：如图所示，小球以大小为*v*0的初速度由*A*端向右运动，到*B*端时的速度减小为*v*B；若以同样大小的初速度由*B*端向左运动，到*A*端时的速度减小为*v*A。已知小球运动过程中始终未离开该粗糙轨道。比较*v*A、*v*B的大小，结论是

# A

# B

### C

# D

### G

### G

### N

### N

A.*v*A>*v*B B.*v*A=*v*B

C.*v*A<*v*B D.无法确定

解析：小球向右通过凹槽*C*时的速率比向左通过凹槽*C*时的速率大，由向心力方程可知，对应的弹力*N*一定大，滑动摩擦力也大，克服阻力做的功多；又小球向右通过凸起*D*时的速率比向左通过凸起*D*时的速率小，由向心力方程可知，对应的弹力*N*一定大，滑动摩擦力也大，克服阻力做的功多。所以小球向右运动全过程克服阻力做功多，动能损失多，末动能小，选A。

2、机械能守恒定律

⑴机械能守恒定律的两种表述

①在只有重力做功的情形下，物体的动能和重力势能发生相互转化，但机械能的总量保持不变。

②如果没有摩擦和介质阻力，物体只发生动能和重力势能的相互转化时，机械能的总量保持不变。

⑵对机械能守恒定律的理解：

①机械能守恒定律的研究对象一定是系统，至少包括地球在内。通常我们说“小球的机械能守恒”其实一定也就包括地球在内，因为重力势能就是小球和地球所共有的。另外小球的动能中所用的*v*，也是相对于地面的速度。

②当研究对象（除地球以外）只有一个物体时，往往根据是否“只有重力做功”来判定机械能是否守恒；当研究对象（除地球以外）由多个物体组成时，往往根据是否“没有摩擦和介质阻力”来判定机械能是否守恒。

③“只有重力做功”不等于“只受重力作用”。在该过程中，物体可以受其它力的作用，只要这些力不做功，或所做功的代数和为零，就可以认为是“只有重力做功”。

⑶机械能守恒定律的各种表达形式

①，即；

②；；

用①时，需要规定重力势能的参考平面。用②时则不必规定重力势能的参考平面，因为重力势能的改变量与参考平面的选取没有关系。尤其是用*ΔE*增=*ΔE*减，只要把增加的机械能和减少的机械能都写出来，方程自然就列出来了。

⑷解题步骤

①确定研究对象和研究过程。

②判断机械能是否守恒。

③选定一种表达式，列式求解。

例题： 如图物块和斜面都是光滑的，物块从静止沿斜面下滑过程中，物块机械能是否守恒？系统机械能是否守恒？

解析：以物块和斜面系统为研究对象，很明显物块下滑过程中系统不受摩擦和介质阻力，故系统机械能守恒。又由水平方向系统动量守恒可以得知：斜面将向左运动，即斜面的机械能将增大，故物块的机械能一定将减少。

# N

# s

有些同学一看本题说的是光滑斜面，容易错认为物块本身机械能就守恒。这里要提醒两条：⑴由于斜面本身要向左滑动，所以斜面对物块的弹力*N*和物块的实际位移*s*的方向已经不再垂直，弹力要对物块做负功，对物块来说已经不再满足“只有重力做功”的条件。⑵由于水平方向系统动量守恒，斜面一定会向右运动，其动能也只能是由物块的机械能转移而来，所以物块的机械能必然减少。

例题：如图所示，质量分别为2 *m*和3*m*的两个小球固定在一根直角尺的两端*A*、*B*，直角尺的顶点*O*处有光滑的固定转动轴。*AO*、*BO*的长分别为2*L*和*L*。开始时直角尺的*AO*部分处于水平位置而*B*在*O*的正下方。让该系统由静止开始自由转动，求：⑴当*A*到达最低点时，*A*小球的速度大小*v*；⑵ *B*球能上升的最大高度*h*；⑶开始转动后*B*球可能达到的最大速度*v*m。

### A

# B

# O

解析：以直角尺和两小球组成的系统为对象，由于转动过程不受摩擦和介质阻力，所以该系统的机械能守恒。

⑴过程中*A*的重力势能减少， *A*、*B*的动能和*B*的重力势能增加，*A*的即时速度总是*B*的2倍。，解得

⑵*B*球不可能到达*O*的正上方，它到达最大高度时速度一定为零，设该位置比*OA*竖直位置向左偏了*α*角。2*mg*∙2*L*cos*α*=3*mg*∙*L*(1+sin*α*)，此式可化简为4cos*α*-3sin*α*=3，利用三角公式可解得sin(53°-*α*)=sin37°，*α*=16°

⑶*B*球速度最大时就是系统动能最大时，而系统动能增大等于系统重力做的功*W*G。设*OA*从开始转过*θ*角时*B*球速度最大，=2*mg*∙2*L*sin*θ*-3*mg*∙*L*(1-cos*θ*)

=*mgL*(4sin*θ*+3cos*θ*-3)≤2*mg*∙*L*，解得

*A*

# B

# O

*v*1

*v*1/2

# O

*A*

# B

# α

# B

# O

# θ

*α*

*θ*

*A*

⑴ ⑵ ⑶

本题如果用*E*P+*E*K= *E*P/+*E*K/这种表达形式，就需要规定重力势能的参考平面，显然比较烦琐。用*ΔE*增=*ΔE*减就要简洁得多。

例题： 如图所示，粗细均匀的*U*形管内装有总长为4*L*的水。开始时阀门*K*闭合，左右支管内水面高度差为*L*。打开阀门*K*后，左右水面刚好相平时左管液面的速度是多大？（管的内部横截面很小，摩擦阻力忽略不计）

# K

解析：由于不考虑摩擦阻力，故整个水柱的机械能守恒。从初始状态到左右支管水面相平为止，相当于有长*L*/2的水柱由左管移到右管。系统的重力势能减少，动能增加。该过程中，整个水柱势能的减少量等效于高*L*/2的水柱降低*L*/2重力势能的减少。不妨设水柱总质量为8*m*，则，得。

本题在应用机械能守恒定律时仍然是用*ΔE*增  =*ΔE*减 建立方程，在计算系统重力势能变化时用了等效方法。需要注意的是：研究对象仍然是整个水柱，到两个支管水面相平时，整个水柱中的每一小部分的速率都是相同的。

3、功能关系

做功的过程是能量转化的过程，功是能的转化的量度。

能量守恒和转化定律是自然界最基本的定律之一。而在不同形式的能量发生相互转化的过程中，功扮演着重要的角色。本章的主要定理、定律都是由这个基本原理出发而得到的。

需要强调的是：功是一种过程量，它和一段位移（一段时间）相对应；而能是一种状态量，它个一个时刻相对应。两者的单位是相同的（都是J），但不能说功就是能，也不能说“功变成了能”。

“功是能量转化的量度”这一基本概念。

⑴物体动能的增量由外力做的总功来量度：*W*外=*ΔE*k，这就是动能定理。

⑵物体重力势能的增量由重力做的功来量度：*W*G= -*ΔE*P，这就是势能定理。

⑶物体机械能的增量由重力以外的其他力做的功来量度：*W*其=*ΔE*机，（*W*其表示除重力以外的其它力做的功），这就是机械能定理。

⑷当*W*其=0时，说明只有重力做功，所以系统的机械能守恒。

⑸一对互为作用力反作用力的摩擦力做的总功，用来量度该过程系统由于摩擦而减小的机械能，也就是系统增加的内能。*f* ∙*d*=*Q*（*d*为这两个物体间相对移动的路程）。

例题：质量为*m*的物体在竖直向上的恒力*F*作用下减速上升了*H*，在这个过程中，下列说法中正确的有

# F

# G

*v*

*a*

A.物体的重力势能增加了*mgH* B.物体的动能减少了*FH*

C.物体的机械能增加了*FH* D.物体重力势能的增加小于动能的减少

解析：由以上三个定理不难得出正确答案是A、C

例题： 如图所示，一根轻弹簧下端固定，竖立在水平面上。其正上方*A*位置有一只小球。小球从静止开始下落，在*B*位置接触弹簧的上端，在*C*位置小球所受弹力大小等于重力，在*D*位置小球速度减小到零。小球下降阶段下列说法中正确的是

### A

### B

### C

## D

A.在*B*位置小球动能最大

B.在*C*位置小球动能最大

C.从*A*→*C*位置小球重力势能的减少大于小球动能的增加

D.从*A*→*D*位置小球重力势能的减少等于弹簧弹性势能的增加

解析：小球动能的增加用合外力做功来量度，*A*→*C*小球受的合力一直向下，对小球做正功，使动能增加；*C*→*D*小球受的合力一直向上，对小球做负功，使动能减小，所以*B*正确。从*A*→*C*小球重力势能的减少等于小球动能的增加和弹性势能之和，所以*C*正确。*A*、*D*两位置动能均为零，重力做的正功等于弹力做的负功，所以*D*正确。选*B*、*C*、*D*。

例题：如图所示，*a*、*b*、*c*三个相同的小球，*a*从光滑斜面顶端由静止开始自由下滑，同时*b*、*c*从同一高度分别开始自由下落和平抛。下列说法正确的有

*a b c*

A.它们同时到达同一水平面

B.重力对它们的冲量相同

C.它们的末动能相同

D.它们动量变化的大小相同

解析：*b*、*c*飞行时间相同（都是）；*a*与*b*比较，两者平均速度大小相同（末动能相同）；但显然*a*的位移大，所以用的时间长，因此A、B都不对。由于机械能守恒，*c*的机械能最大（有初动能），到地面时末动能也大，因此C也不对。*a*、*b*的初动量都是零，末动量大小又相同，所以动量变化大小相同；*b*、*c*所受冲量相同，所以动量变化大小也相同，故D正确。

这道题看似简单，实际上考察了平均速度、功、冲量等很多知识。另外，在比较中以b为中介：*a*、*b*的初、末动能相同，平均速度大小相同，但重力作用时间不同；*b*、*c*飞行时间相同（都等于自由落体时间），但初动能不同。本题如果去掉*b*球可能更难做一些。

例题：质量为*m*的汽车在平直公路上以速度*v*匀速行驶，发动机实际功率为*P*。若司机突然减小油门使实际功率减为并保持下去，汽车所受阻力不变，则减小油门瞬间汽车加速度大小是多少？以后汽车将怎样运动？

解析：由公式*F*- *f=ma*和*P=Fv*，原来牵引力*F*等于阻力*f*，减小油门瞬间*v*未变，由*P=Fv*，*F*将减半，合力变为，方向和速度方向相反，加速度大小为；以后汽车做恒定功率的减速运动，*F*又逐渐增大，当增大到*F=f*时，*a*=0，速度减到最小为*v*/2，再以后一直做匀速运动。

这道题是恒定功率减速的问题，和恒定功率加速的思路是完全相同的。

例题： 质量为*M*的小车*A*左端固定一根轻弹簧，车静止在光滑水平面上，一质量为*m*的小物块*B*从右端以速度*v*0冲上小车并压缩弹簧，然后又被弹回，回到车右端时刚好与车保持相对静止。求这过程弹簧的最大弹性势能*E*P和全过程系统摩擦生热*Q*各多少？简述*B*相对于车向右返回过程中小车的速度变化情况。

# A

# B

解析：全过程系统动量守恒，小物块在车左端和回到车右端两个时刻，系统的速度是相同的，都满足：*mv*0=(*m*+*M*)*v*；第二阶段初、末系统动能相同，说明小物块从车左端返回车右端过程中弹性势能的减小恰好等于系统内能的增加，即弹簧的最大弹性势能*E*P恰好等于返回过程的摩擦生热，而往、返两个过程中摩擦生热是相同的，所以*E*P是全过程摩擦生热*Q*的一半。又因为全过程系统的动能损失应该等于系统因摩擦而增加的内能，所以*ΔEK=Q*=2*E*P

而， ∴

至于*B*相对于车向右返回过程中小车的速度变化，则应该用牛顿运动定律来分析：刚开始向右返回时刻，弹簧对*B*的弹力一定大于滑动摩擦力，根据牛顿第三定律，小车受的弹力*F*也一定大于摩擦力*f*，小车向左加速运动；弹力逐渐减小而摩擦力大小不变，所以到某一时刻弹力和摩擦力大小相等，这时小车速度最大；以后弹力将小于摩擦力，小车受的合外力向右，开始做减速运动；*B*脱离弹簧后，小车在水平方向只受摩擦力，继续减速，直到和*B*具有向左的共同速度，并保持匀速运动。

# A

# B

# F

# f

例题：海岸炮将炮弹水平射出。炮身质量（不含炮弹）为*M*，每颗炮弹质量为*m*。当炮身固定时，炮弹水平射程为*s*，那么当炮身不固定时，发射同样的炮弹，水平射程将是多少？

解析：两次发射转化为动能的化学能*E*是相同的。第一次化学能全部转化为炮弹的动能；第二次化学能转化为炮弹和炮身的动能，而炮弹和炮身水平动量守恒，由动能和动量的关系式知，在动量大小相同的情况下，物体的动能和质量成反比，炮弹的动能，由于平抛的射高相等，两次射程的比等于抛出时初速度之比，

这是典型的把动量和能量结合起来应用的应用题。要熟练掌握一个物体的动能和它的动量大小的关系；要善于从能量守恒的观点（本题是系统机械能增量相同）来分析问题。

例题： 质量为*m*的长木板*A*静止在光滑水平面上，另两个质量也是*m*的铁块*B*、*C*同时从*A*的左右两端滑上*A*的上表面，初速度大小分别为*v*和2*v*，*B*、*C*与*A*间的动摩擦因数均为*μ*。⑴试分析*B*、*C*滑上长木板*A*后，*A*的运动状态如何变化？⑵为使*B*、*C*不相撞，*A*木板至少多长？

# A

### B

# C

*v*

2*v*

解析：*B*、*C*都相对于*A*滑动时，*A*所受合力为零，保持静止。这段时间为。*B*刚好相对于*A* 静止时，*C*的速度为*v*，*A*开向左做匀加速运动，由动量守恒可求出*A*、*B*、*C*最终的共同速度，这段加速经历的时间为，最终*A*将以做匀速运动。

全过程系统动能的损失都将转化为系统的内能，而摩擦生热，由能量守恒定律列式：。这就是*A*木板应该具有的最小长度。

本题还可以求系统机械能损失（摩擦生热）和*B*、*C*与*A*摩擦生热之比：第一阶段*B*对*A*的位移就是对地的位移：*s*B=*v*2/2*μg*，*C*的平均速度是其3倍因此*C*对*A*的位移是其3倍：*s*C=3*v*2/2*μg*；第二阶段*A*、*B*共同向左运动的加速度是*μg*/2，对地位移是*s*=*v*2/9*μg*，*C*平均速度是其4倍，对地位移是*s*/=4*v*2/9*μg*，相对于*A*位移是*v*2/3*μg*，故*B*、*C*与*A*间的相对位移大小依次是*d*B= *v*2/2*μg*和*d*C=11*v*2/6*μg*，于是系统摩擦生热为*μmg*(*d*B+ *d*C)=7*mv*2/3，*d*B∶*d*C=3∶11

#### M

*m*

*v*

例题： 质量*M*的小车左端放有质量*m*的铁块，以共同速度*v*沿光滑水平面向竖直墙运动，车与墙碰撞的时间极短，不计动能损失。动摩擦因数*μ*，车长*L*，铁块不会到达车的右端。到最终相对静止为止，摩擦生热多少？

解析：车与墙碰后瞬间，小车的速度向左，大小是*v*，而铁块的速度未变，仍是*v*，方向向左。根据动量守恒定律，车与铁块相对静止时的速度方向决定于*M*与*m*的大小关系：当*M*>*m*时，相对静止是的共同速度必向左，不会再次与墙相碰，可求得摩擦生热是；当*M*=*m*时，显然最终共同速度为零，当*M*<*m*时，相对静止时的共同速度必向右，再次与墙相碰，直到小车停在墙边，后两种情况的摩擦生热都等于系统的初动能

例题：一传送带装置示意图如图，其中传送带经过*AB*区域时是水平的，经过*BC*区域时变为圆弧形（圆弧由光滑模板形成，为画出），经过*CD*区域时是倾斜的，*AB*和*CD*都与*BC*相切。现将大量的质量均为*m*的小货箱一个一个在*A*处放到传送带上，放置时初速为零，经传送带运送到*D*处，*D*和*A*的高度差为*h*。稳定工作时传送带速度不变，*CD*段上各箱等距排列，相邻两箱的距离为*L*。每个箱子在*A*处投放后，在到达*B*之前已经相对于传送带静止，且以后也不再滑动（忽略经*BC*段时的微小滑动）。已知在一段相当长的时间*T*内，共运送小货箱的数目为*N*。这装置由电动机带动，传送带与轮子间无相对滑动，不计轮轴处的摩擦。求电动机的平均输出功率*P*。

*B*

*L*

*L*

*A*

*C*

*D*

解析：电动机做功的过程，电能除了转化为小货箱的机械能，还有一部分由于小货箱和传送带间的滑动摩擦而转化成内能。摩擦生热可以由*Q*=*f*⬝*d*求得，其中*f*是相对滑动的两个物体间的摩擦力大小，*d*是这两个物体间相对滑动的路程。本题中设传送带速度一直是*v*，则相对滑动过程中传送带的平均速度就是小货箱的2倍，相对滑动路程*d*和小货箱的实际位移*s*大小相同，故摩擦生热和小货箱的末动能大小相同*Q*=*mv*2/2。因此有*W=mv*2+*mgh*。又由已知，在一段相当长的时间*T*内，共运送小货箱的数目为*N*，所以有，*vT=NL*，带入后得到。