目录 Contents

专题综述…… 1
第一专题　机械能…… 4
高考面对面…… 4
专题加油站…… 8
超级操练场 …… 22
第二专题　动量 …… 56
高考面对面 …… 56
专题加油站 …… 59
超级操练场 …… 77
第三专题　动量和能量…… 112
高考面对面…… 112
专题加油站…… 116
超级操练场…… 125
第四专题　机械振动…… 164
高考面对面…… 164
专题加油站…… 167
超级操练场…… 179
第五专题　机械波…… 201
高考面对面…… 201
专题加油站…… 204
超级操练场…… 218
综合自测题(一) …… 244
综合自测题(二) …… 254
综合自测题(三) …… 265

用智慧和爱心铸造中国教辅第一品牌

需要全本请访问 www.ertongbook.com

专题综述

本册内容包含机械能、动量、机械振动和机械波三大部分，主要涉及的规律有：机械能守恒定律、动能定理、动量定理、动量守恒定律、能量守恒定律. 它们都是动力学内容的继续和深化，也是贯穿整个物理学的基本规律. 与这部分内容相关的动量和能量相结合的综合题，涉及知识面广，能力要求高，能较好地考查同学们分析、解决实际问题的能力，是历年高考必然考查的题型，并且常常作为压轴题出现在高考物理试卷或理综试卷中. 所以请同学们务必掌握好这部分内容.

一、知识网络

- 机械能
  - 功和功率
    - 功：$W = F s \cos\theta$
    - 功率：$P = Fv$
  - 动能定理：$W = E_{k2} - E_{k1}$
  - 机械能守恒定律：$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$
- 动量
  - 冲量 $I = Ft$；动量 $p = mv$，都是矢量
  - 动量定理：$F_{合}\, t = p_{末} - p_{初}$，矢量式，注意正方向的选取
  - 动量守恒定律：若系统 $F_{合} = 0$，则系统 $\Delta p = 0$
- 简谐运动
  - 振幅、周期和频率，振动图线是正弦和余弦曲线
  - 实例：弹簧振子；单摆周期公式：$T = 2\pi \sqrt{\dfrac{l}{g}}$
- 机械波
  - 描述波的物理量：波长、波速和频率
  - 波的图象是正弦或余弦曲线
  - 波的分类：横波和纵波
  - 波的特征：能发生干涉和衍射现象

二、知识总览、命题特点及学法指导

本册书的主要知识以及高考对这部分内容的考查特点和相应学习方法简述如下：

功和能的概念是物理学中最重要的概念，能的转化和守恒定律是自然界中最重要、最普遍、最基本的客观规律. 功和能量转化的关系不仅为解决力学问题开辟了一条新的重要途径，同时它也是分析解决电磁学、热学等领域中问题的依据. 运用能量的观点分析

解决有关问题时，可以不涉及过程中力的作用细节，关心的只是过程中的能量转化的关系和过程的始末状态，这往往更能把握住问题的实质，使解决问题的思路变得简捷，并且能解决一些用牛顿定律无法解决的问题. 涉及功、功率、动能定理、机械能守恒定律、能的转化和守恒定律的题目很多，考查的特点是灵活性强、综合面大、能力要求高. 本专题知识很容易和物理学的其他知识相结合，特别是常常出现动量守恒与能量守恒相结合的难度较大的题目，以考查同学们较高的分析综合能力. 高考物理或理综试卷的压轴题一般是动量和能量相结合的综合题.

冲量是力对时间的积累效应，是过程量. 动量是物体机械运动量的量度，是状态量. 动量定理表明了力对时间的积累效应，是使物体的动量发生改变的原因. 由于动量定理只考虑外力作用过程始末状态的动量变化，不涉及外力作用的细节，用来处理涉及外力、时间和速度变化的物理问题，特别是处理打击、碰撞等力的变化规律复杂、物体位移难精确确定的物理问题，具有独到作用. 物体在相互作用时物体间有动量的传递，但在系统外力的冲量为零时，物体系统的总动量将不改变，即动量守恒. 动量守恒定律比牛顿运动定律的适用范围更广泛，是自然界普遍适用的基本规律之一，大到宇宙天体的相互作用，小到微观粒子的运动规律，无不遵从动量守恒定律. 从动量的角度分析处理问题是分析解决物理问题的三条重要途径之一，是高中物理中综合面最广、灵活性最强、内容最丰富的一部分，是高中物理的重点和难点，自然也是历年高考考查的热点. 在历届高考中，涉及动量知识的高考题每年都有 2 ~ 3 题，考查的热点包括动量守恒定律的应用及验证动量守恒定律的实验等.

动力学与守恒定律的结合出现在碰撞、子弹打木块、弹簧的压缩与拉伸等过程中，要注意“建模”能力的培养和运用. “建模”就是物理过程中抓住本质，把复杂的物理过程或研究对象，取其主干，弃其枝蔓，归纳、提炼为一些简单易处理的模型. 处理时要辨清条件，选准研究对象和过程. 这些问题整体上有大规律，但抓不住本质时又显得纷乱复杂，是高考中的一大热点，同时也是难点.

热力学与守恒定律的结合一般是出现在对气体做功的过程，解题的规律没变，只是研究对象为气体，系统损失的机械能会转化为气体的内能. 带电粒子的相互作用与守恒定律的结合，处理电场力做功导致电势能与其他形式的能相转化的过程，只要从能量守恒的角度出发，就容易解决.

电磁感应与守恒定律的结合又是高考中的一大热点和难点，出现了安培力做功，且通常情况下安培力为变力，所以仍要从能量守恒的角度找出系统机械能的转化与电热的关系.

总之，功能关系及能的转化和守恒定律贯穿于整个高中物理中，应用中研究对象是多个物体组成的系统，情景复杂，条件隐蔽，能力要求高，是拉开分数档次的关键，对分析综合能力、推理能力和利用数学工具解决物理问题的能力要求均很高. 解题时需对物体

或系统的运动过程进行详细分析，综合使用动量守恒定律、机械能守恒定律和能的转化和守恒定律求解.

机械振动和机械波的要求较低，主要是了解机械波的基本知识、产生及种类；理解各物理量之间的关系；掌握其图象并能区分机械振动图象和机械波的图象；理解机械波在传播过程中的规律及特征. 本章也是高考的热点，所涉及的题目一般为 1 ~ 2 个，而且大都是选择题，题目多数为中等难度，主要考查简谐运动的特点、简谐波的物理本质及简谐波的图象等.

复习这部分内容时，要注意对简谐运动掌握以下几点：①简谐运动的位移—时间图象，简谐运动过程中位移、速度、回复力、加速度、动能、势能随振动质点的位置或时间的变化规律. ②单摆做简谐运动的周期公式. 要深刻理解简谐波的形成机理、传播特点、规律，并能熟练应用；简谐波和简谐运动一样，都有周期性，波在沿直线传播时又具有双向性，因此这部分题目的答案一般具有多解性.

第一专题　机械能



高考导航

1. 功·功率(Ⅱ)

知道功的两个必要因素,掌握功的计算方法;知道功率的定义和物理意义,会计算平均功率和瞬时功率.

2. 动能. 做功与动能改变的关系(动能定理)(Ⅱ)

理解动能的含义,能熟练运用动能定理分析解决实际问题.

3. 重力势能. 重力做功与重力势能改变的关系(Ⅱ)

理解重力势能的定义,会计算重力势能;掌握重力做功与重力势能改变的关系;知道重力势能的数值与参考平面的选取有关,而重力势能的改变量与参考平面的选取无关.

4. 弹性势能(Ⅰ)

了解弹性势能的产生条件,知道弹簧的弹性势能和弹簧的劲度系数及弹簧的形变量有关.

5. 机械能守恒定律(Ⅱ)

掌握机械能守恒定律的内容,能够分析单个物体(及几个物体组成的系统)在什么条件下机械能守恒,熟练掌握应用机械能守恒定律分析解决实际问题的思路和方法.

高考对本专题考查的热点是功和功率、动能定理、机械能守恒定律、能的转化守恒定律等,考查的特点是灵活性强、综合面大、能力要求高. 教材中虽然不讲弹性势能的计算公式,《考试大纲》中弹性势能也是“Ⅰ”级要求,但对它的复习却不能掉以轻心,因为近几年的高考题中,不少题目都与弹簧有关,并且涉及到弹性势能与其他形式能量的转

需要全本请访问 www.ertongbook.com

化. 变力做功的问题也要通过训练掌握解决的方法. 本专题知识普遍地与牛顿运动定律、圆周运动、电磁学、热学等知识综合起来加以考查. 一般情况下动量守恒与能量守恒相结合的计算题作为高考试卷的压轴题,综合性高、难度较大、过程较复杂、区分度非常高.

真题佐证

1 ▸ **2005 江苏高考,10** 如图1－1所示,固定的光滑竖直杆上套着一个滑块,用轻绳系着滑块绕过光滑的定滑轮,以大小恒定的拉力 F 拉绳,使滑块从 A 点起由静止开始上升. 若从 A 点上升至 B 点和从 B 点上升至 C 点的过程中拉力 F 做的功分别为 W_1、W_2,滑块经 B 点和 C 点的动能分别为 E_{kB}、E_{kC},图中 $AB=BC$,则一定有 ……（　　）

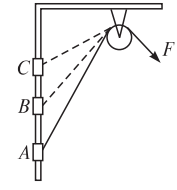

图 1－1

A. $W_1>W_2$　　B. $W_1<W_2$

C. $E_{kB}>E_{kC}$　　D. $E_{kB}<E_{kC}$

2 ▸ **2004 辽宁文理综合,34** 如图1－2所示,$ABCD$ 是一个盆式容器,盆内侧壁与盆底 BC 的连接处都是一段与 BC 相切的圆弧,BC 为水平的,其长度 $d=0.50$ m. 盆边缘的高度为 $h=0.30$ m. 在 A 处放一个质量为 m 的小物块并让其由静止出发下滑. 已知盆内侧壁是光滑的,而盆底 BC 面与小物块间的动摩擦因数为 $\mu=0.10$,小物块在盆内来回滑动,最后停下来,则停的地点到 B 的距离为 ……（　　）

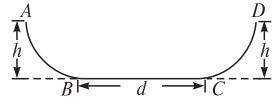

图 1－2

A. 0.50 m　　B. 0.25 m

C. 0.10 m　　D. 0

3 ▸ **2005 全国高考理综Ⅰ,24** 如图1－3所示,质量为 m_1 的物体 A 经一轻质弹簧与下方地面上的质量为 m_2 的物体 B 相连,弹簧的劲度系数为 k,A、B 都处于静止状态. 一条不可伸长的轻绳绕过轻滑轮,一端连物体 A,另一端连一轻挂钩. 开始时各段绳都处于伸直状态,A 上端的一段绳沿竖直方向. 现在挂钩上挂一质量为 m_3 的物体 C 并

由静止释放，已知它恰能使 B 离开地面但不继续上升. 若将 C 换成另一个质量为 (m_1+m_3) 的物体 D，仍从上述初始位置由静止状态释放，则这次 B 刚离地时 D 的速度大小是多大？已知重力加速度为 g.

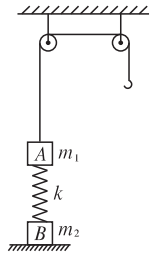

图 1－3

4 2005 全国高考理综Ⅱ，23 如图1－4 所示，在水平桌面的边角处有一轻质光滑定滑轮 K，一条不可伸长的轻绳绕过 K 分别与物块 A、B 相连，A、B 的质量分别为 m_A、m_B. 开始系统处于平衡状态. 现用一水平恒力 F 拉物块 A，使物块 B 上升. 已知当 B 上升距离为 h 时，B 的速度为 v. 求此过程中物块 A 克服摩擦力所做的功. 重力加速度为 g.

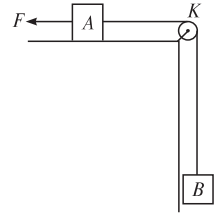

图 1－4

5 **2005 广东高考，14** 如图1－5所示，半径 $R=0.4\ \mathrm{m}$ 的光滑半圆轨道处于竖直平面内，半圆环与粗糙的水平地面相切于圆环的下端点 A. 一质量 $m=0.10\ \mathrm{kg}$ 的小球，以初速度 $v_0=7.0\ \mathrm{m/s}$ 在水平地面上向左做加速度 $a=3.0\ \mathrm{m/s^2}$ 的匀减速直线运动，运动 $4.0\ \mathrm{m}$ 后，冲上竖直半圆环，最后小球落在水平地面上的 C 点，求 A、C 间的距离.（取重力加速度 $g=10\ \mathrm{m/s^2}$）

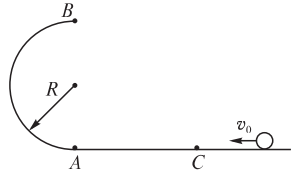

图 1－5

6 **2004 江苏高考，15** 如图1－6所示，半径为 R、圆心为 O 的大圆环固定在竖直平面内，两个轻质小圆环套在大圆环上. 一根轻质长绳穿过两个小圆环，它的两端都系上质量为 m 的重物. 忽略小圆环的大小.

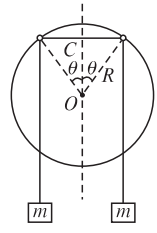

图 1－6

（1）将两个小圆环固定在大圆环竖直对称轴的两侧 $\theta=30°$ 的位置上（如图）. 在两个小圆环间绳子的中点 C 处，挂上一个质量 $M=\sqrt{2}m$ 的重物，使两个小圆环间的绳子水平，然后无初速释放重物 M. 设绳子与大、小圆环间的摩擦均可忽略，求重物 M 下降的最大距离；

（2）若不挂重物 M，小圆环可以在大圆环上自由移动，且绳子与大、小圆环间及大、小圆环之间的摩擦均可以忽略，问两个小圆环分别在哪些位置时，系统可处于平衡状态？

抱负是高尚行为成长的萌芽。——英格利希





一、功

1. 定义：力和在力的方向上发生的位移的乘积.

2. 要素：力和在力的方向上发生的位移.

3. 公式：$W=Fs\cos\alpha$，α 为 F 与 s 的夹角.

说明：(1)同一性：功的定义式中 F 和 s 所指的对象为同一对象.

(2)相对性：功也有相对性(由于位移 s 有相对性)，一般取地面为参考系.

(3)恒力功：求恒力功可理解为力与力方向上位移的乘积，也可理解为位移和位移方向上力的分量的乘积.

4. 功是标量，但有正负，判定方法如下：

(1)根据功的计算公式 $W=Fs\cos\alpha$ 可得出下列几种情况：

①当 $\alpha=90°$ 时，$\cos\alpha=0$，$W=0$，即力 F 对物体不做功. 例如，向心力对物体不做功，作用在运动电荷上的洛伦兹力对电荷不做功.

②当 $\alpha<90°$ 时，$\cos\alpha>0$，则有 $W>0$，此时力 F 对物体做正功.

③当 $\alpha>90°$ 时，$\cos\alpha<0$，则有 $W<0$，此时力 F 对物体做负功，即物体克服力 F 做功.

(2)如何判断力 F 做功的正负

①利用公式 $W=Fs\cos\alpha$，即上述几种情况.

②利用力 F 与物体速度 v 之间的夹角情况来判断. 设其夹角为 θ，若 $\theta=90°$，则力 F 对物体不做功；若 $\theta<90°$，力 F 对物体做正功；若 $\theta>90°$，力 F 对物体做负功.

③根据物体的动能是否变化来判断，若其动能变化，则必有力对物体做功. 动能增加，外力对物体做正功，动能减少，外力对物体做负功.

5. 国际单位是焦耳，符号为 J.

二、功率

1. 定义：功跟完成这些功所用时间的比叫做功率，是表示物体做功快慢的物理量.

需要全本请访问 www.ertongbook.com

2. 公式：(1) $P=\frac{W}{t}$，(2) $P=Fv\cos\alpha$.

说明：(1)式中求出的为平均功率，若功率一直不变，也等于即时功率.

(2)式中当 v 是瞬时速度时，P 是瞬时功率；当 v 是平均速度时，P 是平均功率，α 是 F 与 v 的夹角.

3. 功率是标量.

4. 单位是瓦特，符号为 W，常用的还有 kW，1 kW = 10^3 W.

5. 额定功率：任何机械都有一个长时间正常工作而不损坏机械的最大输出功率，这个最大输出功率叫做机械的额定功率.

注意：对机车等交通工具类的问题，应明确 $P=Fv$ 中的 F 是发动机实际提供的牵引力，不是机车受到的合力. 机车正常行驶时的实际功率应小于或等于额定功率，在极特殊情况下也可以短时间地超出额定功率.

三、动能定理

(一)动能

1. 定义：物体由于运动而具有的能.

2. 公式：$E_k=\frac{1}{2}mv^2$

3. 动能是标量，v 是速度的大小，且具有相对性(不同参考系 v 不同)，一般选地面为参考系.

(二)动能定理

1. 内容：合力所做的功等于物体动能的变化.

2. 表达式：$W_{合}=\frac{1}{2}mv_2^{\ 2}-\frac{1}{2}mv_1^{\ 2}$

3. 动能定理 $W=\Delta E_k$ 是标量式，不能沿某方向分解，即无分量表达形式，这一点要特别注意.

4. 总功的求解

(1)外力做的总功等于各力做功的代数和，即 $W_{总}=W_1+W_2+\cdots+W_n$. 这种方法适用于外力同时作用的情况，也适用于不同时作用的情况.

这种方法要求先对物体进行受力分析，还要求把各个功的正负号代入运算.

(2)先求出合外力 $F_{合}$，再利用 $W_{总}=F_{合}s\cos\alpha$ 求总功. 这种方法适用于外力同时作用的情况.

利用此方法求功要求先对物体进行受力分析，求出合力 $F_{合}$.

注意：我们物理上的力可以分为两类：一类是与势能相关联的力，比如重力、弹簧的弹力以及电场力等，它们做功与路径无关，只与位移有关或者说只与始末点的位置有关；另一类是滑动摩擦力、空气阻力等，这类力做功和路径有关，在曲线运动或往返运动中，这类力的功等于力和路程（不是位移）的乘积.

（三）应用动能定理应注意的问题

1. 物体动能的变化是由于外力对物体做功引起的，外力对物体做的总功为正功，则物体的动能将增加，反之将减少. 外力对物体所做总功，应为所有外力做功的代数和，包含重力.

2. 若物体运动过程中包含几个不同的物理过程，解题时可以分段考虑，这对于初学者比较容易掌握；若有能力，可视全过程为一整体用动能定理解题.

3. 动能定理所解决的问题不受运动形式和受力情况的限制. 不管是直线运动还是曲线运动，不管速度怎样变化，受力情况怎样变化，只要能明确初、末状态的动能就可以用 $W=\Delta E_{k}$ 来求功. 只要能确定从初状态到末状态整个过程的总功，就可以求出动能的变化.

4. 动能定理适用于单个物体，对于系统尤其是具有相对运动的物体系统不能盲目应用. 若研究对象为系统，对系统用动能定理时必须区别系统的外力与内力，内力做功不在考虑之列.

5. 动能定理可由牛顿第二定律推导出，但用动能定理处理问题，不涉及物体运动过程的细节，因此处理起来比较方便. 另外，它可以很方便地解决一些变力问题和曲线运动问题（若用牛顿运动定律处理相当烦琐），因此凡是能用动能定理求解的问题（尤其是不涉及加速度和时间的问题），尽可能用动能定理求解.

（四）动能定理解题的基本思路

1. 正确选取研究对象，明确它的运动过程.

2. 分析清楚研究对象的受力情况和各个力做功情况：如受哪些力作用，每个力是否做功，哪个力做正功，哪个力做负功，做多少功？

3. 求总功：总功有两种求法，把各个力单独做的功先求出来，它们的代数和就是总功；或先求合力，再用合力和位移的关系求总功.

4. 明确物体在运动过程中开始和结束状态时的动能 E_{k1} 和 E_{k2}.

5. 用动能定理列出方程：$W_{合}=E_{k2}-E_{k1}$ 以及其他必要的解题方程，进行求解.

［例题］两辆汽车在同一平直路面上行驶，它们的质量之比 $m_1:\ m_2=1:\ 2$，速率之

比 v_1∶ $v_2=2$∶ 1. 当两车急刹车后，甲车滑行的最大距离为 s_1，乙车滑行的最大距离为 s_2，设两车与路面间的动摩擦因数 μ 相同，且不计空气阻力，则 s_1 与 s_2 之比是多少？

［解析］两辆汽车刹车后做匀减速直线运动，竖直方向上的重力、支持力和位移垂直，它们不做功；位移方向上的滑动摩擦力对汽车做负功，使汽车动能减少.

对质量为 m_1 的汽车用动能定理得：

$$-\mu m_1 g s_1 = 0 - \frac{1}{2} m_1 v_1^2 \qquad ①$$

对质量为 m_2 的汽车用动能定理得：

$$-\mu m_2 g s_2 = 0 - \frac{1}{2} m_2 v_2^2 \qquad ②$$

解①②组成的方程组得：$\frac{s_1}{s_2} = \frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{4}{1}$.

［答案］4∶ 1

四、机械能守恒定律

（一）势能

1. 定义：由物体间的相互作用和物体间的相对位置决定的能叫做势能. 如重力势能、弹性势能、分子势能、电势能等.

（1）重力势能：物体由于受到重力作用而具有重力势能. 表达式为 $E_p = mgh$.

（2）弹性势能：弹性势能是指物体发生弹性形变而具有的势能.

2. 重力做功与重力势能的关系：重力做功等于重力势能的减少量，克服重力做功等于重力势能的增加量. 总之，重力做功等于重力势能增量的负值，即 $W_G = -\Delta E_p$.

（二）机械能守恒定律

1. 内容：在只有重力（或系统内弹力）做功的情形下，物体的重力势能（或弹性势能）和动能发生相互转化，但总的机械能保持不变.

2. 表达式：①$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$. ②$\Delta E_p = -\Delta E_k$. 系统重力势能的增量等于系统动能的减少量. ③$\Delta E_A = -\Delta E_B$，将系统分为 A、B 两部分，A 部分机械能的增加量等于另一部分 B 的机械能的减少量.

3. 机械能守恒的条件：

（1）对某一物体，若只受重力作用，则物体与地球组成的系统的机械能守恒. 如图 1－7 所示.

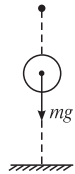

图 1－7

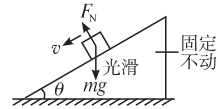

图 1－8

（2）对某一物体，除受重力外，还受其他力作用，但只有重力做功，其他力不做功，此时物体与地球组成的系统机械能守恒. 如图 1－8 所示.

（3）若某一物体，受几个力作用时，只有弹簧弹力做功，其他力不做功，此时物体与弹簧组成的系统机械能守恒. 如图 1－9 所示.

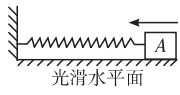

图 1－9

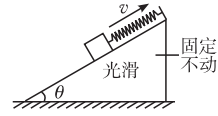

图 1－10

（4）若某一物体，受几个力作用时，只有重力和弹簧弹力做功，其他力不做功，此时物体、弹簧和地球组成的系统机械能守恒. 如图 1－10 所示.

（三）机械能守恒的判断方法

1. 利用机械能的定义：若物体在水平面上匀速运动，其动能、势能均不变，机械能守恒. 若一个物体沿斜面匀速下滑，其动能不变，重力势能减少，其机械能减少，此类判断比较直观，但仅能判断难度不大的判断题.

2. 利用机械能守恒的条件，即系统只有重力（弹力）做功. 如果符合上述条件，物体的机械能守恒（此弹力现阶段仅为弹簧中弹力）.

3. 除重力（弹力）做功外，还有其他的力做功，若其他力做功之和为零，物体的机械能守恒. 反之，物体的机械能不守恒.

（四）如何应用机械能守恒定律列方程

1. $E_{k1}+E_{p1}=E_{k2}+E_{p2}$. 即所研究的物理过程中的任意两个状态的机械能总量不变. 此表达式中 E_p 是相对的，建立方程时必须选择合适的零势能面.

2. $\Delta E_p=-\Delta E_k$. 即系统重力势能的增量等于系统动能的减少量.

3. $\Delta E_A=-\Delta E_B$. 将系统分为 A、B 两部分，A 部分机械能的增量等于另一部分 B 的机械能的减少量.

（五）应用机械能守恒定律的基本步骤

1. 根据题意，选定所研究的对象（系统）.

2. 分析各力的做功情况或物体间的能量转换情况，进而判断是否符合机械能守恒.

3. 选取参考平面，明确系统在初态和末态的机械能，找出各物理量之间的各种等量关系.

4. 用机械能守恒定律，列出方程并解出结果.

疑难突破

一、对 $W = F\cos\alpha$ 的正确理解

对 $W = F\cos\alpha$ 的正确理解有以下几点：

1. $W = F\cos\alpha$ 是专门用来计算恒力做功的公式，对变力做功的计算不适用. 故每当用 $W = F\cos\alpha$ 计算某个力做的功时，一定要先分析清楚是求恒力做的功还是求变力做的功，是恒力做功才可以用此公式，不是恒力做功，就不能用此公式来计算功.

2. 由恒力做功的公式知，恒力做功的多少是由恒力的大小、物体位移的大小及恒力和位移之间夹角的余弦值共同决定；功的正负由力的方向和位移的方向之间的夹角来决定：如果力与位移的夹角是锐角，因为锐角的余弦值是正值，所以功是正值；如果力与位移的夹角是钝角，因为钝角的余弦值是负值，所以功是负

例 1

如图 1－11 所示，大小不变的力 F 拉着物体先在光滑的水平面上运动位移 s，F 做功为 W_1，接着沿一粗糙斜面向上拉动物体，又运动了位移 s，F 做功为 W_2，以下说法正确的是 …（　　）

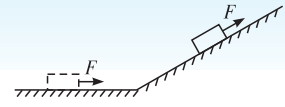

图 1－11

A. $W_1 > W_2$　　B. $W_1 < W_2$

C. $W_1 = W_2$　　D. 以上三种情况都有可能

解析　两个阶段中 F、s 都是相同的，所以两种情况下 F 做的功相同，即 $W_1 = W_2$，C 正确.

答案　C

点评　力做的功只由力的大小、位移的大小及力和位移的夹角决定，与其他因素无关.

例 2

质量为 M 的长木板放在光滑的水平地面上，一个质量为 m 的滑块以某一初速度沿木板表面从 A 点滑至 B 点，在木板上相对木板滑动了 L，而木板前进了 s，如图 1－12 所示. 若滑块和木板间的动摩擦因数为 μ，求摩擦力对滑块、木板各做多少功.

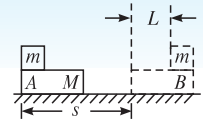

图 1－12

值. 即 $0 \leqslant \alpha < 90°$ 时，力对物体做正功；

$\alpha = 90°$ 时，力对物体不做功；

$90° < \alpha \leqslant 180°$ 时，力对物体做负功.

某个力做的功与物体运动性质（如加速度、速度、时间等）无关，与是否还有其他的力做功无关.

3. $W = Fs\cos\alpha$ 中的位移 s 一般是物体相对于地面的位移，而不是相对于和它接触的其他物体的位移，这一点很重要，一定要记住. 必须正确理解功的公式中位移的物理意义，它实质是指恒力 F 持续作用下质点的位移（或力的作用点的位移）. 只有当力直接作用在无形变的物体上时，位移才是“物体的位移”.

4. 物理中“ + ”、“ − ”号的意义有三种情况：

①功中的“ + 、 − ”号既不表示大小，也不表示方向. 如果一个力做正功，表示这个力是动力；一个力做负功则表示这个力是阻力.

②矢量中的“ + 、 − ”号不表示大小，只表示方向. “ + ”号表示方向和正方向相同，“ − ”号表示方向和正方向相反.

解析 对滑块及木板分别受力分析如图 1 − 13 中的甲和乙所示. 木板对地位移为 s，滑块对地位移、滑块和木板间的滑动摩擦力分别为 $(s + L)$、$f = f' = \mu mg$，所以摩擦力对滑块做的功 $W_1 = -\mu mg(s + L)$；摩擦力对木板做的功 $W_2 = \mu mgs$.

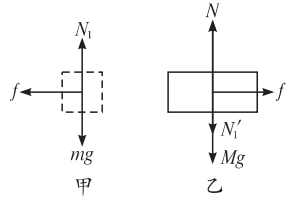

图 1 − 13

答案 $-\mu mg(s + L)$　μmgs

点评 计算功时，分析清楚要做功的那个力及该力作用点移动的位移是很重要的.

例 3

质量为 m 的物体放在一固定的斜面上，一人通过动滑轮用恒力 F 拉动物体，恒力 F 与斜面夹角为 θ，如图 1 − 14 所示，将物体沿斜面前进 l，求人做的功.

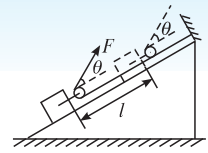

图 1 − 14

解析 当物体沿斜面向上移动 l 时，F 需将绳拉过 l 长度，而 F 所作用的质点的位移 s，方向由 A 指向 B，如图 1 − 15a 所示，$s = 2l\cos\dfrac{\theta}{2}$，由功的定义式得：

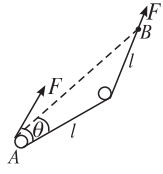

图 a

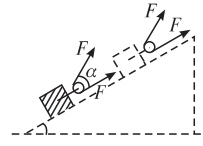

图 b

图 1 − 15

③有一些标量中的“+、-”号是用来表示大小的，例如重力势能的正负就是表示重力势能大小的.

二、变力做功问题：求变力做功不能用功的公式直接求解，要用如下几种方法求解.

1. 利用动能定理求变力的功

利用动能定理来求解变力所做的功通常有以下两种情况：

①如果物体只受到一个变力的作用，那么：

$W = E_{k2} - E_{k1}$.

只要求出做功过程中物体的动能变化量 ΔE_k，也就等于知道了这个过程中变力所做的功.

②如果物体同时受到几个力作用，但是其中只有一个力 F_1 是变力，其他的力都是恒力，则可以先用恒力做功的公式求出这几个恒力所做的功，然后再运用动能定理来间接求变力做的功：

$W_1 + W_{其他} = \Delta E_k$.

可见应把变力所做的功包括在上述动能定理的方程中.

③注意以下两点：

$W = F s\cos\dfrac{\theta}{2} = 2Fl\cos^2\dfrac{\theta}{2} = Fl(1+\cos\theta)$.

另解：因人对绳子做的功等于绳子对物体做的功，物体受力可等效图 1－15b 中的情况，故 $W = Fl + Fl\cos\theta = Fl(1+\cos\theta)$. 这两种方法，请你比较一下哪种方法简单.

答案　$W = Fl(1+\cos\theta)$

例 4

一辆汽车通过图 1－16 中的细绳提起井中质量为 m 的物体，开始时，车在 A 点，绳子已经拉紧且是竖直，左侧绳长为 H，提升时，车加速向左运动，沿水平方向从 A 经过 B 驶向 C. 设 A 到 B 的距离也为 H，车过 B 点时的速度为 v，求在车由 A 移到 B 的过程中，绳 Q 端的拉力对物体做的功. 设绳和滑轮的质量及摩擦不计，滑轮尺寸不计.

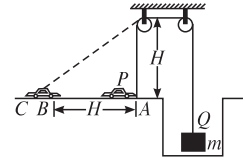

图 1－16

解析　本题中汽车和重物构成连接体，但解题通常取重物作为研究对象，根据动能定理列方程：$W - mgh = \dfrac{1}{2}mv^2 - 0$.

要想求出结果，必须弄清重物位移 h 和汽车位移 H 的关系，重物速度 v' 和汽车在 B 点的速度 v 的关系.

根据几何关系得出：$h = (\sqrt{2}-1)H$

由于左边绳端和车有相同的水平速度 v，v 可分解成沿绳子方向和垂直于绳子方向的两个分速度，如图 1－17 所示，看出 $v' = v_x = \dfrac{\sqrt{2}}{2}v$

a. 变力的功只能用表示功的符号 W 来表示，一般不能用力和位移的乘积来表示.

b. 变力做功，可借助动能定理求解，动能中的速度有时也可以用分速度来表示.

2. 将变力做功转变成恒力做功

把变力所做的功转变成恒力所做的功通常有以下几种方法：

①平均力法

如果变力的大小和位移的关系是线性变化，并且力的方向不变时，可以将变力的平均值先求出后，再用功的公式：$W=\overline{F}s\cos\alpha=\frac{F_1+F_2}{2}s\cos\alpha$ 来计算.

例如弹簧的弹力所做的功就可以利用这种方法来计算.

②微元法

如果变力的大小不变，但是变力的方向总是跟速度的方向在一条直线上（与速度方向同向或是与速度方向反向），则在此变力作用下，物体通过的位移大小就等于路程，则 $W=Fs_{路程}$.

例如在很多情况下，滑动摩擦力所做的功或者空气阻力所做的功就可以用这种方法计算.

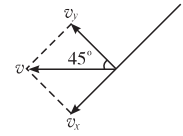

图 1－17

解以上关系式得 $W=\frac{1}{4}mv^2+(\sqrt{2}-1)mgH.$

答案 $W=\frac{1}{4}mv^2+(\sqrt{2}-1)mgH.$

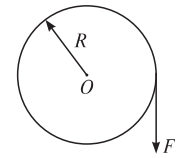

图 1－18

例 5

如图 1－18 所示，某人用力 F 转动半径为 R 的转盘，力 F 的大小不变，方向始终与过力的作用点的转盘的切线方向一致. 则转动转盘一周的过程中该力做多少功？

解析 在转盘转动一周的过程中，力 F 的方向时刻变化，但在每一瞬间力 F 总是与该瞬间的速度方向一致，即 F 在每一瞬间都与转盘转过的极小位移 Δs 同向，这样无数的极小位移 Δs_1、Δs_2、Δs_3……Δs_n 都与那一瞬时的力 F 同向，因而在转动一周的过程中，力 F 做的功应等于 F 在各极小位移上所做功的代数和，即

$$W=F\Delta s_1+F\Delta s_2+F\Delta s_3+\cdots+Fs_n$$
$$=F(\Delta s_1+\Delta s_2+\cdots+\Delta s_n)=F\cdot 2\pi R.$$

答案 $F\cdot 2\pi R$

需要全本请访问 www.ertongbook.com