

第六章 机械能

第1讲 功与功率

课标要求

理解功和功率；了解生产生活中常见机械的功率大小及其意义。

必备知识·强基固本

一、功

1. 概念：一个物体受到力的作用，如果在_____上发生了一段位移，就说这个力对物体做了功。

【答案】力的方向

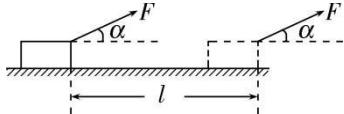
2. 做功的两个要素

(1) 作用在物体上的_____。

(2) 物体在_____上发生的位移。

【答案】力；力的方向

3. 公式： $W = Fl\cos\alpha$ 。如图所示。



(1) α 是力与位移方向之间的夹角， l 为力的作用点的位移。

(2) 该公式只适用于____做功。

【答案】恒力

4. 功的正负

(1) 当 $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ 时， $W > 0$ ，力对物体做____。

(2) 当 $\alpha = 90^\circ$ 时， $W = 0$ ，力对物体____。

(3) 当 $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$ 时， $W < 0$ ，力对物体做____，或者说物体____这个力做了功。

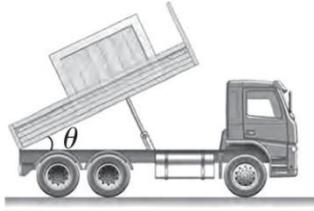
【答案】正功；不做功；负功；克服

点拨

一对平衡力所做的功一定是数值相等、一正一负或都为零的。一对相互作用力做的总功可正、可负，也可为零。

教材挖掘.（粤教版必修第二册第四章第一节）

自动卸货车始终静止在水平地面上，车厢在液压机的作用下倾角 θ 缓慢增大且货物相对车厢静止的过程中，货物受到的支持力、摩擦力和重力分别对货物做正功、负功还是不做功？车厢对货物做正功、负功还是不做功？货物受到的各力对货物做的总功为正功、负功还是零？



提示：货物受到的支持力做正功，摩擦力不做功，重力做负功；车厢对货物做正功；货物受到的各力对货物做的总功为0。

二、功率

1. 定义：功与完成这些功所用时间的比值。

2. 物理意义：描述力对物体做功的_____。

【答案】快慢

3. 公式

(1) $P = \frac{W}{t}$, P 为时间 t 内的平均功率。

(2) $P = \underline{\hspace{2cm}}$ (α 为 F 与 v 的夹角)。 v 为平均速度，则 P 为_____；
 v 为瞬时速度，则 P 为_____。

【答案】 $Fv\cos\alpha$; 平均功率; 瞬时功率

4. 额定功率与实际功率

(1) 额定功率：动力机械正常工作时输出的最大功率。

(2) 实际功率：动力机械实际工作时输出的功率，要求小于或等于额定功率。

自主评价

1. 依据下面小情境，判断下列说法对错。

如图所示，一中学生正在做引体向上。引体向上分为两个过程：身体从最低点升到最高点的“上引”过程，身体从最高点回到最低点的“下放”过程。某同学在30s内连续完成10个完整的引体向上，假设每次“上引”过程重心升高的高度大约为50cm，已知该同学的质量为60kg, g 取 $10m/s^2$ 。



- (1) “上引”过程单杠对人做正功。 ()
- (2) “下放”过程单杠对人做负功。 ()
- (3) 在 30s 内重力做的总功约为 3000J。 ()
- (4) 在 30s 内克服重力做功的平均功率约为 100W。 ()
- (5) “上引”过程人克服重力做功的瞬时功率一直增大。 ()

【答案】(1) ×

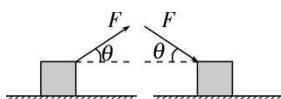
(2) ×

(3) ×

(4) √

(5) ×

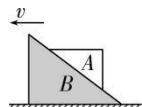
2. (人教版必修第二册改编) 在水平粗糙地面上, 使同一物体由静止开始做匀加速直线运动, 第一次是斜向上拉, 第二次是斜向下推, 两次力的作用线与水平方向的夹角相等, 力的大小也相等, 位移大小也相等, 则 ()



- A. 力 F 对物体做的功相等, 合力对物体做的总功也相等
- B. 力 F 对物体做的功相等, 合力对物体做的总功不相等
- C. 力 F 对物体做的功不相等, 合力对物体做的总功相等
- D. 力 F 对物体做的功不相等, 合力对物体做的总功也不相等

【答案】B

3. (教科版必修第二册改编) 如图, 物块 A 与斜面体 B 一起水平向左做匀加速运动的过程中, 物块 A 所受的力做负功的是 ()



- A. 重力 B. 支持力 C. 摩擦力 D. 合外力

【答案】B

关键能力·核心突破
考点一 功的分析与计算

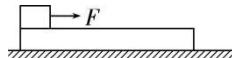
1. 功的理解 下列关于功的说法中正确的是（ ）

- A. 一个力作用在物体上，如果这个力做功为零，则该物体一定处于静止状态
- B. 由于功是标量，所以+6J 的功大于-30J 的功
- C. 物体所受多个力做功的代数和等于这几个力的合力做的功
- D. 相互接触的两物体间一对滑动摩擦力做功之和一定等于零

【答案】C

【解析】作用在物体上的一个力做功为零，该物体不一定处于静止状态，可能是运动方向与力的方向垂直，故 A 错误；功是标量，但功的正负不表示大小，+6J 的功小于-30J 的功，故 B 错误；物体所受多个力做功的代数和等于这几个力的合力做的功，故 C 正确；相互接触的两物体间的一对滑动摩擦力做功之和为负值，故 D 错误。

2. 恒力做功的计算 多选 如图所示，质量为 M 、长度为 L 的木板静止在光滑的水平面上，质量为 m 的小物体（可视为质点）放在木板最左端，现用水平恒力 F 作用在小物体上，使小物体从静止开始做匀加速直线运动。已知小物体和木板之间的摩擦力为 f ，当小物体滑到木板的最右端时，木板运动的距离为 x ，则在此过程中（ ）

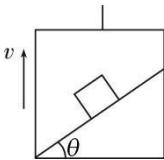


- A. 力 F 对小物体做功大小为 $F(L + x)$
- B. 摩擦力对小物体做功为 $-fL$
- C. 摩擦力对小物体做功为 $-fx$
- D. 摩擦力对木板做功为 fx

【答案】AD

【解析】力 F 对小物体做功 $W_F = F(L + x)$ ，故 A 正确；小物体受到的摩擦力向左，摩擦力对小物体做功 $W = -f(L + x)$ ，故 B、C 错误；木板受到的摩擦力向右，摩擦力对木板做功 $W' = fx$ ，故 D 正确。

3. 恒力做功的计算多选 如图所示，升降机内斜面的倾角 $\theta = 30^\circ$ ，质量为2kg的物体置于斜面上始终不发生相对滑动，在升降机以 5m/s^2 的加速度从静止开始匀加速上升4s的过程中。 g 取 10m/s^2 ，则（ ）

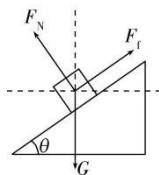


- A. 斜面对物体的支持力做功900J
- B. 斜面对物体的摩擦力做功-300J
- C. 物体克服重力做功-800J
- D. 合外力对物体做功400J

【答案】AD

【解析】物体受力如图所示，由牛顿第二定律得 $F_f \cos \theta - F_N \sin \theta = 0$, $F_f \sin \theta + F_N \cos \theta - G = ma$ ，代入数据得 $F_f = 15\text{N}$, $F_N = 15\sqrt{3}\text{N}$, 又 $x = \frac{1}{2}at^2 = 40\text{m}$ ，斜面对物体的支持力所做的功 $W_N = F_N x \cos \theta = 900\text{J}$ ，故A正确。斜面对物体的摩擦力所做的功 $W_f = F_f x \sin \theta = 300\text{J}$ ，故B错误。物体重力做的功 $W_G = -mgx = -800\text{J}$ ，则物体克服重力做功800J，故C错误。求合外力对物体做的功的方法不唯一。方法一： $W_{合} = F_{合}x = max = 400\text{J}$ ；方法二：

$W_{合} = W_N + W_f + W_G = 400\text{J}$ ；方法三： $W_{合} = \Delta E_k = \frac{1}{2}m(at)^2 = 400\text{J}$ 。故D正确。



核心提炼

功的计算方法

- (1) 恒力做的功：直接用 $W = Fl \cos \alpha$ 计算。
- (2) 合外力做的功

方法一：先求合外力 $F_{合}$ ，再用 $W_{总} = F_{合}l \cos \alpha$ 求总功，此法要求 $F_{合}$ 为恒力。

方法二：先求各个力做的功 W_1 、 W_2 、 W_3 、…，再应用 $W_{\text{总}} = W_1 + W_2 + W_3 + \dots$ 求总功，注意代入“+”“-”再求和。

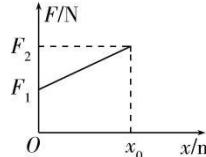
方法三：利用动能定理， $W_{\text{合}} = E_{k2} - E_{k1}$ 。

视野拓展

变力做功的计算方法

1. 直接求解

方法	以例说法	方法总结
等效转换法	<p>恒力F把物块从A拉到B，绳子对物块做功$W = F(\frac{h}{\sin\alpha} - \frac{h}{\sin\beta})$</p>	<p>通过转换研究对象，有些求变力做功可转化为求恒力做功，用$W = Fl\cos\alpha$求解。此法常常应用于轻绳通过定滑轮拉物体的问题中</p>
微元法	<p>质量为m的木块在水平面内做圆周运动，运动一周克服摩擦力做功$W_f = F_f \cdot \Delta x_1 + F_f \cdot \Delta x_2 + F_f \cdot \Delta x_3 + \dots = F_f(\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 + \dots) = F_f \cdot 2\pi R$</p>	<p>将物体的运动过程分割成许多小段，因小段很小，每一小段上作用在物体上的力可以视为恒力，这样就将求变力做功转化为求在许多个无穷小的位移上的恒力所做功的代数和。此法常应用于求解大小不变、方向改变的变力做功的情况</p>
平均力法	<p>弹簧由伸长x_1被继续拉至伸长x_2的过程中，克服弹力做功$W = \frac{kx_1+kx_2}{2} \cdot (x_2 - x_1)$</p>	<p>若力的方向不变，而大小随位移（注意不是随时间）均匀变化时，则可以认为物体受到一大小为$F = \frac{F_1+F_2}{2}$的恒力作用，然后用公式$W = Fl\cos\alpha$求此变力所做的功</p>
图象法	<p>一水平拉力拉着一物体在水平面上运动的位移为x_0，$F-x$图线与x轴所围面积表</p>	<p>在$F-x$图像中，图线与x轴所围“面积”的代数和表示力F在这段位移所</p>

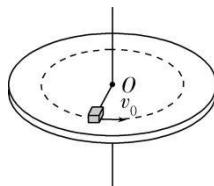
法示拉力所做的功 	做的功，且位于x轴上方的“面积”为正，位于x轴下方的“面积”为负。此方法适用于所围图形规则的情况（如三角形、梯形、圆等规则的几何图形）
---	---

2. 间接求解

(1) 根据能量变化和其他力做功情况来间接求变力做功，因为功是能量转化的量度。例如用动能定理或能量守恒定律等求解。

(2) 若功率恒定或平均功率已知，可用 $W = Pt$ 求解。例如机车以恒定功率启动的过程，牵引力做的功 $W = Pt$ 。

例 1 [2021 · 山东卷 · 3, 3 分] 如图所示，粗糙程度处处相同的水平桌面上有一长为 L 的轻质细杆，一端可绕竖直光滑轴 O 转动，另一端与质量为 m 的小木块相连。木块以水平初速度 v_0 出发，恰好能完成一个完整的圆周运动。在运动过程中，木块所受摩擦力的大小为 ()

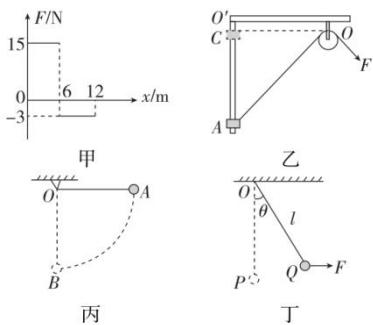


- A. $\frac{mv_0^2}{2\pi L}$ B. $\frac{mv_0^2}{4\pi L}$ C. $\frac{mv_0^2}{8\pi L}$ D. $\frac{mv_0^2}{16\pi L}$

【答案】B

【解析】 虽然运动过程中摩擦力 f 方向时刻改变，但与运动方向始终相反，用微元法，在很小的一段位移 Δx 内摩擦力可以看成恒力，克服摩擦力做功 $W_f = f \cdot \Delta x$ ，则运动一周克服摩擦力做功 $W_{f\text{总}} = f \cdot \Delta x_1 + f \cdot \Delta x_2 + f \cdot \Delta x_3 + \dots = f(\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 + \dots) = f \cdot 2\pi L$ 。木块以水平初速度 v_0 出发，恰好能完成一个完整的圆周运动，根据动能定理有 $-2\pi fL = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$ ，解得 $f = \frac{mv_0^2}{4\pi L}$ ，B 正确。

迁移应用 1. 多选 下列关于甲、乙、丙、丁四幅图中力 F 做功的说法正确的是 ()



- A. 甲图中，全过程 F 做的总功为 72J
- B. 乙图中，若 F 大小不变，物块从 A 点运动到 C 点过程中，力 F 做的功为 $W = F \cdot AC$
- C. 丙图中，绳长为 R ，若空气阻力 f 大小不变， OA 水平，细绳伸直，小球从 A 运动到 B 过程中空气阻力做的功 $W = -\frac{1}{2}\pi Rf$
- D. 丁图中， F 始终保持水平，缓慢将小球从 P 拉到 Q ， F 做的功为 $W = Fl\sin\theta$

【答案】AC

【解析】题图甲中，全过程 F 做的总功为 $W = 15 \times 6\text{J} - 3 \times (12 - 6)\text{J} = 72\text{J}$ ，故A正确；题图乙中若 F 大小不变，物块从 A 点运动到 C 点过程中力 F 做的功为 $W = F(OC - OA)$ ，故B错误；题图丙中，绳长为 R ，若空气阻力 f 大小不变，小球从 A 运动到 B 过程中空气阻力做的功为 $W = -f \times \frac{1}{4} \times 2\pi R = -\frac{1}{2}\pi Rf$ ，故C正确；题图丁中， F 始终保持水平，缓慢将小球从 P 拉到 Q ， F 为变力，根据动能定理得 $W - mgl(1 - \cos\theta) = 0$ ，解得 $W = mgl(1 - \cos\theta)$ ，故D错误。

迁移应用 2. [2024 · 江苏名校联考]如图所示，杂技演员从某高度水平抛出小球 A 的同时，从相同高度由静止释放相同的小球 B 。运动过程中空气阻力大小与速率成正比。下列判断正确的是（ ）



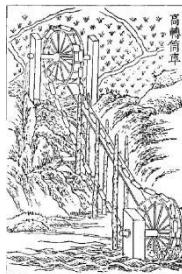
- A. B 球先落地
- B. A 球落地时的速率一定较大
- C. 两球落地时的速率可能相等
- D. 运动全过程中，合外力做功相等

【答案】C

【解析】将A球的运动分解为水平方向和竖直方向两个分运动，两球竖直方向的初速度均为0，则两球在竖直方向的受力情况一样，两球同时落地，A错误；A球在水平方向做减速运动，若落地时A球水平方向的速度刚好为0，而两球在竖直方向的分速度相等，则两球落地时的速率相等，B错误，C正确；运动全过程中，两球重力做功相等，由于A球具有水平速度，所以同一时刻A球受到的空气阻力大于B球受到的空气阻力，且A球通过的路程大于B球通过的路程，则A球克服空气阻力做功大于B球克服空气阻力做功，所以合外力对两球做功不相等，D错误。

考点二 功率的分析与计算

1. [2023·山东卷·4, 3分]平均功率的计算《天工开物》中记载了古人借助水力使用高转筒车往稻田里引水的场景。引水过程简化如下：两个半径均为 R 的水轮，以角速度 ω 匀速转动。水筒在筒车上均匀排布，单位长度上有 n 个，与水轮间无相对滑动。每个水筒离开水面时装有质量为 m 的水，其中的60%被输送到高出水面 H 处灌入稻田。当地的重力加速度为 g ，则筒车对灌入稻田的水做功的功率为（）

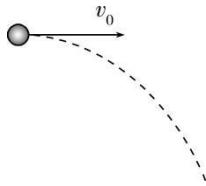


- A. $\frac{2nmg\omega^2RH}{5}$ B. $\frac{3nmg\omega RH}{5}$
 C. $\frac{3nmg\omega^2RH}{5}$ D. $nmg\omega RH$

【答案】B

【解析】 t 时间内，长度 $l = \omega Rt$ 的筒车上有质量为 M 的水被灌入稻田，则 $M = \frac{3}{5}nlm = \frac{3}{5}nm\omega Rt$ ，筒车对灌入稻田的水做功的功率为 $P = \frac{MgH}{t} = \frac{3nmg\omega RH}{5}$ ，B正确。

2. 瞬时功率的计算如图所示，一个质量为 m 的小球以初速度 v_0 水平抛出，当小球速度方向与水平方向夹角为 53° 时，重力的瞬时功率为（重力加速度为 g ， $\sin 53^\circ = 0.8$, $\cos 53^\circ = 0.6$ ）（）

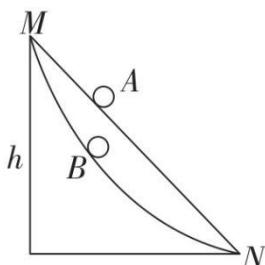


- A. mgv_0 B. $\frac{3}{4}mgv_0$ C. $\frac{4}{3}mgv_0$ D. $\frac{5}{3}mgv_0$

【答案】C

【解析】设小球速度方向与水平方向夹角为 53° 时，小球的竖直分速度为 v_y ，根据题意有 $\tan 53^\circ = \frac{v_y}{v_0}$ ，重力的瞬时功率 $P = mgv_y$ ，联立可得 $P = \frac{4}{3}mgv_0$ ，C 正确。

3. 平均功率和瞬时功率的对比分析高度差一定的不同光滑曲线轨道中，小球滚下用时最短的曲线叫作最速曲线。在某科技馆的展厅里，摆有两个并排轨道，分别为直线轨道和最速曲线轨道，简化图如图所示，现让两个完全相同的小球A和B同时从M点由静止下滑，不计摩擦。关于小球从M点运动到轨道底端N的过程，下列说法正确的是（ ）



- A. A球重力做的功小于B球重力做的功
 B. A球重力的平均功率大于B球重力的平均功率
 C. 到达底端N时两小球的速率相同
 D. 到达底端N时两小球重力的瞬时功率相同

【答案】C

【解析】根据 $W_G = mgh$ 可知，A球重力做的功等于B球重力做的功，故 A 错误；根据 $\bar{P}_G = \frac{W_G}{t}$ ，因B球运动时间较短，可知A球重力的平均功率小于B球重力的平均功率，故 B 错误；根据 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ 可知，到达底端N时两小球的速率相同，

故 C 正确；到达底端N时两小球重力的瞬时功率为 $P_G = mgv_y$ ，因到达N点时两小球速度的竖直分量不同，所以重力的瞬时功率不相同，故 D 错误。

核心提炼

1. 平均功率的计算方法

(1) 利用 $\bar{P} = \frac{W}{t}$ 。

(2) 利用 $\bar{P} = F \cdot \bar{v} \cos\alpha$ ，其中 \bar{v} 为物体运动的平均速度，F为恒力。

2. 瞬时功率的计算方法

(1) 利用公式 $P = Fv \cos\alpha$ ，其中 v 为t时刻的瞬时速度。

(2) 利用公式 $P = Fv_F$ ，其中 v_F 为物体的速度 v 在力F方向上的分速度。

(3) 利用公式 $P = F_v v$ ，其中 F_v 为物体受到的外力F在速度 v 方向上的分力。

考点三 机车启动问题

1. 两种启动方式

项目		以恒定功率启动	以恒定加速度启动
$P - t$ 图像和 $v - t$ 图像			
OA段	过程分析	$v \uparrow \Rightarrow F = \frac{P}{v} \downarrow \Rightarrow a = \frac{F - F_{\text{阻}}}{m} \downarrow$	$a = \frac{F - F_{\text{阻}}}{m}$ 不变 $\Rightarrow F$ 不变 $\Rightarrow P = Fv \uparrow$ 直到 $P = P_{\text{额}} = Fv_1$
	运动性质	加速度减小的加速运动	匀加速直线运动，维持时间 $t_1 = \frac{v_1}{a}$
AB段	过程分析	$F = F_{\text{额}} \Rightarrow a = 0 \Rightarrow v_m = \frac{P}{F_{\text{额}}}$	$v \uparrow \Rightarrow F = \frac{P}{v} \downarrow \Rightarrow a = \frac{F - F_{\text{阻}}}{m} \downarrow$
	运动性质	以 v_m 做匀速直线运动	加速度减小的加速运动
BC段		—	$F = F_{\text{额}} \Rightarrow a = 0 \Rightarrow$ 以 $v_m = \frac{P}{F_{\text{额}}}$ 做匀速直线运动

2. 三个重要关系

- (1) 无论哪种启动过程, 机车的最大速度都为 $v_m = \frac{P}{F_{\text{阻}}}$ 。
- (2) 机车以恒定加速度启动时, 匀加速过程结束后功率最大, 速度不是最大, 即 $v = \frac{P}{F} < v_m = \frac{P}{F_{\text{阻}}}$ 。
- (3) 机车以恒定功率运行时, 牵引力做的功 $W = Pt$, 由动能定理得 $Pt - F_{\text{阻}}x = \Delta E_k$, 此式经常用于求解机车以恒定功率启动过程的位移、速度或时间。

考向 1 以恒定功率启动

例 2 高铁已成为我国的“国家名片”, 截至 2023 年末, 全国高速铁路营业里程 4.5 万千米, 位居世界第一。一列高铁列车的质量为 m , 额定功率为 P_0 , 列车以额定功率 P_0 在平直轨道上从静止开始运动, 经时间 t 达到该功率下的最大速度, 设高铁列车行驶过程所受到的阻力为 F_f , 且保持不变。则 ()



- A. 列车在时间 t 内可能做匀加速直线运动
- B. 如果改为以恒定加速度启动, 则列车达到最大速度经历的时间一定大于 t
- C. 列车达到的最大速度大小为 $\frac{F_f}{P_0}$
- D. 列车在时间 t 内牵引力做功为 $\frac{mP_0^2}{2F_f^2}$

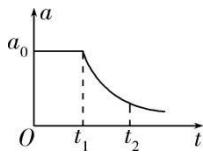
【答案】B

【解析】 列车以恒定功率 P_0 从静止开始运动, 根据牛顿第二定律可得 $\frac{P_0}{v} - F_f = ma$, 随着列车的速度 v 逐渐增大, 列车的加速度 a 逐渐减小, 所以列车做加速度减小的加速直线运动, 直到达到最大速度 v_m , 故 A 错误; 当牵引力等于阻力时, 列车速度达到最大, 则有 $P_0 = Fv_m = F_f v_m$, 解得最大速度为 $v_m = \frac{P_0}{F_f}$, 故 C 错误; 如果列车改为以恒定加速度启动, 则列车先做匀加速直线运动, 根据功率 $P = Fv$, 可知列车随着速度增大, 功率增大, 达到额定功率 P_0 后又开始做加速度减小的加速运动, 直至达到最大速度, 并且达到额定功率后的运动过程与以额定功率 P_0 启动的最后阶段运动情况完全相同, 而开始时以恒定加

速度启动的加速度比以额定功率 P_0 启动的加速度小，所以经历的时间较长，列车达到最大速度经历的时间一定大于 t ，故 B 正确；列车从开始到最大速度过程中，设运动的位移为 x ，根据动能定理得 $W_F - F_f x = \frac{1}{2}mv_m^2 - 0$ ，将 $v_m = \frac{P_0}{F_f}$ 代入解得 $W_F = \frac{mP_0^2}{2F_f^2} + F_f x$ ，故 D 错误。

考向 2 以恒定加速度启动

例 3 某起重机某次从 $t = 0$ 时刻由静止开始向上提升质量为 m 的物体，其 $a-t$ 图像如图所示， t_1 时达到额定功率， $t_1 \sim t_2$ 时间内起重机保持额定功率运动，重力加速度为 g ，不计其他阻力，下列说法正确的是（ ）



- A. $0 \sim t_1$ 时间内物体处于失重状态
- B. $t_1 \sim t_2$ 时间内物体做减速运动
- C. $0 \sim t_1$ 时间内重力对物体做功为 $-\frac{1}{2}m(a_0 t_1)^2$
- D. 起重机额定功率为 $(mg + ma_0)a_0 t_1$

【答案】D

【解析】 $0 \sim t_1$ 时间内物体向上做匀加速直线运动，因此物体处于超重状态，故 A 错误；由图像可知 $t_1 \sim t_2$ 时间内物体的加速度为正，做加速度减小的加速运动，故 B 错误； t_1 时刻物体的位移 $x_1 = \frac{1}{2}a_0 t_1^2$ ，重力对物体做功 $W = -mgx_1 = -\frac{1}{2}mga_0 t_1^2$ ，故 C 错误；设 t_1 时刻物体所受到的牵引力为 F ，由牛顿第二定律有 $F - mg = ma_0$ ， t_1 时刻物体的速度 $v = a_0 t_1$ ，起重机的额定功率 $P = Fv = (mg + ma_0)a_0 t_1$ ，故 D 正确。

温馨提示 请完成《分层突破训练》课时作业 28

第 2 讲 动能和动能定理

课标要求

理解动能和动能定理；能用动能定理解释生产生活中的现象。

必备知识·强基固本

一、动能

1. 定义：物体由于运动而具有的能。

【答案】运动

2. 公式： $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 。

【答案】 $\frac{1}{2}mv^2$

3. 单位：J， $1J = 1N \cdot m = 1kg \cdot m^2/s^2$ 。

【答案】焦耳

4. 标矢性：标量。

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动能的变化。

【答案】变化

2. 表达式： $W = E_{k2} - E_{k1} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$ 。

【答案】 $\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$

3. 适用范围

(1) 动能定理既适用于直线运动，也适用于曲线运动。

(2) 动能定理既适用于恒力做功，也适用于变力做功。

(3) 力可以是各种性质的力，既可以同时作用，也可以分阶段作用。

【答案】曲线； 变力

自主评价

1. 依据下面小情境，判断下列说法对错。 滑雪运动深受人民群众喜爱。某滑雪运动员（可视为质点）由坡道进入竖直面内的曲线滑道AB，从滑道的A点滑行到最低点B的过程中，由于阻力的存在，运动员的速率不变。



- (1) 运动员由A点到B点速度方向在不断变化，所以动能也在不断变化。 ()
- (2) 运动员所受合力不为零，合力做的功也不为零。 ()
- (3) 摩擦力对运动员做负功。 ()
- (4) 重力和阻力的合力做的功为零。 ()
- (5) 运动员受到的合力恒定不变。 ()

【答案】(1) ×

(2) ×

(3) √

(4) √

(5) ×

2. (沪科版必修第二册改编) 一质量为 m 的物体静止在粗糙的水平面上。当此物体受水平力 F 作用运动了距离 s 时, 其动能为 E_{k1} ; 而当此物体受水平力 $2F$ 作用运动了相同距离时, 其动能为 E_{k2} , 忽略空气阻力, 则 ()

- A. $E_{k2} = E_{k1}$ B. $E_{k2} = 2E_{k1}$
C. $E_{k2} > 2E_{k1}$ D. $E_{k1} < E_{k2} < 2E_{k1}$

【答案】C

3. (人教版必修第二册改编) 运动员把质量为 500g 的足球踢出后, 某人观察它在空中的飞行情况, 估计上升的最大高度为 10m, 在最高点的速度为 20m/s。忽略空气阻力, 估算出运动员踢球时对足球做的功为(g 取 10m/s^2) ()

- A. 50J B. 100J C. 150J D. 无法确定

【答案】C

关键能力·核心突破

考点一 动能、动能定理的理解

1. 动能的理解一质点做匀加速直线运动, 在时间 t 内位移为 s , 动能变为原来的 9 倍。该质点的加速度为 ()

- A. $\frac{s}{t^2}$ B. $\frac{3s}{2t^2}$ C. $\frac{4s}{t^2}$ D. $\frac{8s}{t^2}$

【答案】A

【解析】由 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 可知速度变为原来的 3 倍。设加速度为 a , 初速度为 v , 则末速度为 $3v$, 由质点做匀加速运动可得 $s = \frac{v+3v}{2} \cdot t = 2vt$, 即 $v = \frac{s}{2t}$, 所以 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2v}{t} = \frac{2}{t} \cdot \frac{s}{2t} = \frac{s}{t^2}$, A 正确。

2. [2025 · 1 月八省联考河南卷 · 8] 动能的判断多选 2024 年我国研制的“朱雀三号”可重复使用火箭垂直起降飞行试验取得圆满成功。假设火箭在发动机的作用下, 从空中某位置匀减速竖直下落, 到达地面时速度刚好为零。若在该过程中火箭质量视为不变, 则 ()

- A. 火箭的机械能不变 B. 火箭所受的合力不变

- C. 火箭所受的重力做正功 D. 火箭的动能随时间均匀减小

【答案】BC

【解析】火箭匀减速竖直下落，动能和重力势能均减小，机械能减小，A 错误；火箭的加速度不变，所受合力不变，B 正确；火箭下降过程中所受的重力做正功，C 正确；火箭的速度随时间均匀减小，火箭的动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(v_0 - at)^2$ ，故火箭的动能不随时间均匀减小，D 错误。

3. [2024 · 安徽卷 · 2, 4 分] 动能定理的应用 某同学参加户外拓展活动，遵照安全规范，坐在滑板上，从高为 h 的粗糙斜坡顶端由静止下滑，至底端时速度为 v 。已知人与滑板的总质量为 m ，可视为质点。重力加速度大小为 g ，不计空气阻力。则此过程中人与滑板克服摩擦力做的功为（ ）

- A. mgh B. $\frac{1}{2}mv^2$
C. $mgh + \frac{1}{2}mv^2$ D. $mgh - \frac{1}{2}mv^2$

【答案】D

【解析】人与滑板在下滑的过程中，由动能定理有 $mgh - W_f = \frac{1}{2}mv^2 - 0$ ，可得此过程中人与滑板克服摩擦力做的功为 $W_f = mgh - \frac{1}{2}mv^2$ ，D 正确。

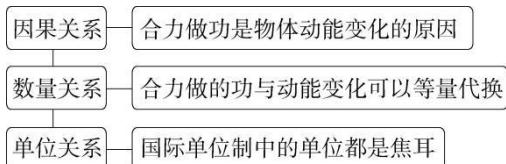
核心提炼

1. 动能与动能变化的区别

- (1) 动能与动能变化是两个不同的概念，动能是状态量，动能变化是过程量。
(2) 动能没有负值，而动能变化有正负之分。 $\Delta E_k > 0$ ，表示物体的动能增加； $\Delta E_k < 0$ ，表示物体的动能减少。

2. 对动能定理的理解

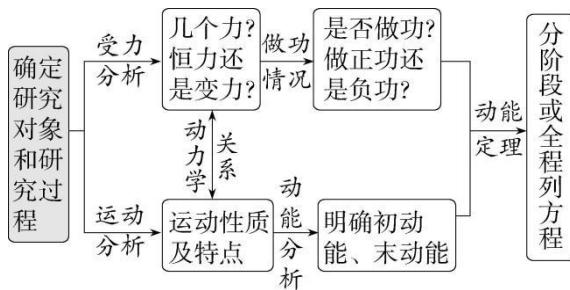
- (1) 做功的过程就是能量转化的过程，动能定理表达式中“=”是一种表示因果关系在数值上相等的符号。



- (2) 动能定理中的“力”指物体受到的所有力，既包括重力、弹力、摩擦力，也包括电场力、磁场力或其他力，“功”则为合力所做的总功。

考点二 应用动能定理解决多过程问题

1.应用动能定理的流程

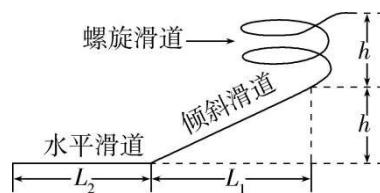


2.应用动能定理解题应抓好“两状态，一过程” “两状态”即明确研究对象的始、末状态的速度或动能情况，“一过程”即明确研究过程，确定这一过程研究对象的受力情况和位置变化或位移信息。

3.应用动能定理解题应注意的三个问题

- (1) 动能定理往往用于单个物体的运动过程，由于不涉及加速度及时间，比动力学研究方法要简捷；
- (2) 动能定理的表达式是一个标量式，不存在方向的选取问题，当然也就不存在分量的表达式；
- (3) 物体在某个运动过程中包含几个运动性质不同的小过程（如加速、减速的过程）时，可以分段考虑，也可以对全过程考虑，若能对整个过程利用动能定理列式，则可使问题简化。对于物体运动过程中有往复运动的情况，物体所受的滑动摩擦力、空气阻力等方向发生变化，但在每一段上这类力均做负功，若力的大小不变，则这类力所做的功等于力和路程的乘积，与位移无关。

例 1 [2021 · 辽宁卷 · 10, 6 分] 多选 冰滑梯是东北地区体验冰雪运动乐趣的设施之一。某冰滑梯的示意图如图所示，螺旋滑道的摩擦可忽略；倾斜滑道和水平滑道与同一滑板间的动摩擦因数 μ 相同，因滑板不同 μ 满足 $\mu_0 \leq \mu \leq 1.2\mu_0$ 。在设计滑梯时，要确保所有游客在倾斜滑道上均减速下滑，且滑行结束时停在水平滑道上，以下 L_1 、 L_2 的组合符合设计要求的是（ ）



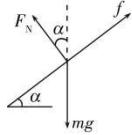
- A. $L_1 = \frac{h}{2\mu_0}$, $L_2 = \frac{3h}{2\mu_0}$ B. $L_1 = \frac{4h}{3\mu_0}$, $L_2 = \frac{h}{3\mu_0}$

$$C. L_1 = \frac{4h}{3\mu_0}, \quad L_2 = \frac{2h}{3\mu_0}$$

$$D. L_1 = \frac{3h}{2\mu_0}, \quad L_2 = \frac{h}{\mu_0}$$

【答案】CD

【解析】根据题意可知，若要符合设计要求，必须同时满足以下条件：



①所有游客在倾斜滑道上均减速下滑

设倾斜滑道倾角为 α ，对游客和滑板整体进行受力分析如图所示，则有

$$\mu mg \cos \alpha > m g \sin \alpha, \text{ 得 } \mu > \tan \alpha, \text{ 即 } \mu > \frac{h}{L_1}, \text{ 而不同滑板有 } \mu_0 \leq \mu \leq 1.2\mu_0,$$

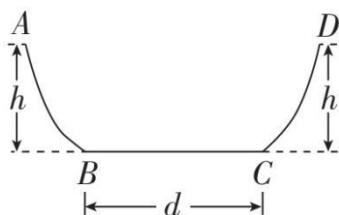
$$\text{则有 } \frac{h}{L_1} < \mu_0, \text{ 故 } L_1 > \frac{h}{\mu_0}.$$

②滑行结束时停在水平滑道上

此条件可理解为动摩擦因数为 $1.2\mu_0$ 时不能停在倾斜滑道上，动摩擦因数为 μ_0 时不能冲出水平滑道，即速度为零时的最远位置在水平滑道的末端，则有 $2mgh \leq \mu_0 mg \cos \alpha \cdot x_{\text{斜}} + \mu_0 mg L_2, 2mgh \geq 1.2\mu_0 mg \cos \alpha \cdot x_{\text{斜}}, L_1 = x_{\text{斜}} \cos \alpha$ ，联立可得

$$\frac{h}{\mu_0} < L_1 \leq \frac{5h}{3\mu_0}, \quad L_1 + L_2 \geq \frac{2h}{\mu_0}, \quad \text{将选项数据代入可得，C、D 正确.}$$

迁移应用 1. 如图所示， $ABCD$ 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 是水平的，其距离 $d = 0.50\text{m}$ 。盆边缘的高度为 $h = 0.30\text{m}$ 。在 A 处放一个质量为 m 的小物块并让其从静止开始下滑。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（ ）



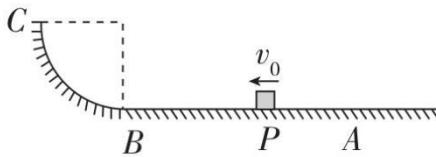
- A. 0.50m B. 0.25m C. 0.10m D. 0

【答案】D

【解析】设小物块在 BC 面通过的总路程为 s ，由于只有水平面 BC 和小物块间存在摩擦力，则小物块从 A 点开始运动到最终静止，摩擦力做功为 $-\mu mgs$ ，而重力做

功与路径无关，由动能定理得 $mgh - \mu mgs = 0 - 0$ ，解得 $s = 3m$ 。由于 $d = 0.50m$ ，所以，小物块在BC段经过3次往复运动后，又回到B点，故选D。

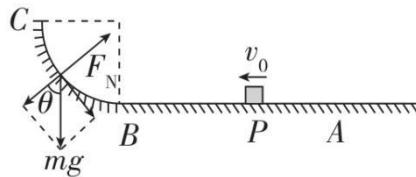
迁移应用2. 多选 如图所示，在竖直平面内有一粗糙程度处处相同的轨道，由水平轨道AB和四分之一圆弧轨道BC两部分相切构成。一质量为 m_0 的物块从轨道AB上的P点以水平速度 v_0 向左运动，恰好到达C点，而后又刚好滑回到P点。若换成质量为 m 、材料相同的物块，仍从P点以水平速度 v_0 向左运动，物块均可视为质点，则（）



- A. 若 $m > m_0$ ，则物块也一定能到达C点
- B. 若 $m < m_0$ ，则物块能越过C点向上运动
- C. 无论 m 多大，物块均能滑回到P点
- D. 质量为 m_0 的物块沿轨道向左、向右滑行过程中因摩擦产生的热量相等

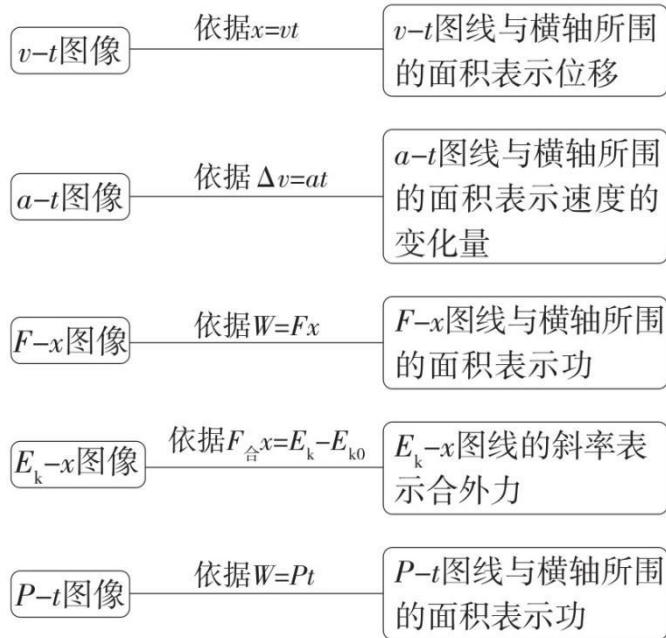
【答案】AC

【解析】物块在圆弧轨道上做圆周运动，如图所示，根据向心力公式有 $F_N - mg\cos\theta = m\frac{v^2}{R}$ ，此时的摩擦力大小 $f = \mu F_N = \mu(mg\cos\theta + m\frac{v^2}{R})$ ，在水平轨道上摩擦力大小 $f' = \mu F'_N = \mu mg$ ，对全过程根据动能定理列方程式，两边质量可以消去，因此无论质量大小，均能到达C点再返回P点；在圆弧轨道上，经同一位置时，向左运动的速度大，对轨道的压力大，摩擦力大，因此向左运动时产生的热量多。故选A、C。

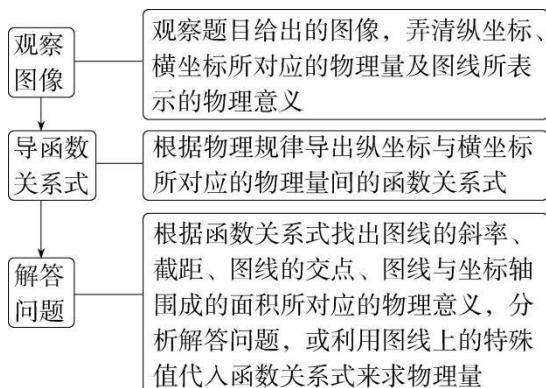


考点三 动能定理与图像的综合问题

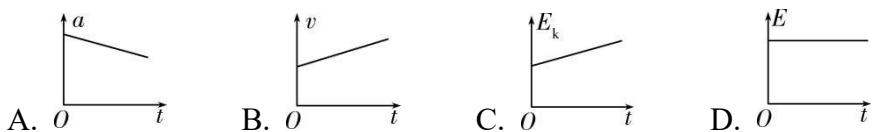
1. 常与动能定理结合的五类图像



2. 解决物理图像问题的基本步骤



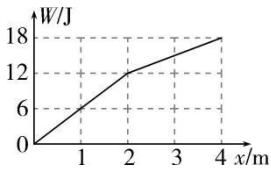
例 2 [2023 · 浙江 6 月选考卷 · 3, 3 分] 铅球被水平推出后的运动过程中，不计空气阻力，下列关于铅球在空中运动时的加速度大小 a 、速度大小 v 、动能 E_k 和机械能 E 随运动时间 t 的变化关系中，正确的是（ ）



【答案】D

【解析】 铅球被水平推出，不计空气阻力，则其做平抛运动，仅受重力，即加速度为重力加速度，且保持不变，则铅球的机械能保持不变，A 错误，D 正确。设初速度为 v_0 ，则运动时间 t 后，铅球的速度 $v = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$ ，B 错误。铅球的动能 $E_k = \frac{1}{2}m[v_0^2 + (gt)^2]$ ，C 错误。

迁移应用 3. [2023 · 新课标卷 · 20, 6 分] 多选 一质量为 1kg 的物体在水平拉力的作用下, 由静止开始在水平地面上沿 x 轴运动, 出发点为 x 轴零点, 拉力做的功 W 与物体坐标 x 的关系如图所示。物体与水平地面间的动摩擦因数为 0.4, 重力加速度大小取 10m/s^2 。下列说法正确的是 ()

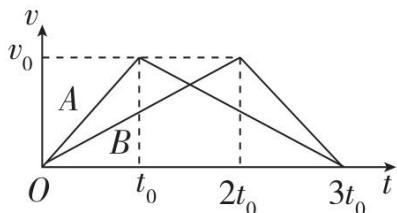


- A. 在 $x = 1\text{m}$ 时, 拉力的功率为 6W
- B. 在 $x = 4\text{m}$ 时, 物体的动能为 2J
- C. 从 $x = 0$ 运动到 $x = 2\text{m}$, 物体克服摩擦力做的功为 8J
- D. 从 $x = 0$ 运动到 $x = 4\text{m}$ 的过程中, 物体的动量最大为 $2\text{kg} \cdot \text{m/s}$

【答案】BC

【解析】由 $W - x$ 图可知, $0 \sim 2\text{m}$, 拉力为 $F_1 = k_1 = 6\text{N}$, $2 \sim 4\text{m}$, 拉力为 $F_2 = k_2 = 3\text{N}$ 。 $f = \mu mg = 4\text{N}$, 当 $x = 1\text{m}$ 时, 由动能定理知 $W_1 - fx_1 = \frac{1}{2}mv_1^2$, 得 $v_1 = 2\text{m/s}$, 拉力的功率 $P_1 = F_1v_1 = 12\text{W}$, 故 A 错误。当 $x = 4\text{m}$ 时, 由动能定理知 $W_4 - fx_4 = E_k$, 得 $E_k = 2\text{J}$, 故 B 正确。 $0 \sim 2\text{m}$, $W_f = fx_2 = 8\text{J}$, 故 C 正确。因 $F_1 > f$ 、 $F_2 < f$, 故 $x = 2\text{m}$ 时 v 最大, 动量最大, $0 \sim 2\text{m}$, 由动能定理知 $W_2 - fx_2 = \frac{1}{2}mv_{\max}^2$, 得 $v_{\max} = 2\sqrt{2}\text{m/s}$, $p_{\max} = mv_{\max} = 2\sqrt{2}\text{kg} \cdot \text{m/s}$, 故 D 错误。

迁移应用 4. A 、 B 两物体分别在水平恒力 F_1 和 F_2 的作用下沿水平面运动, 先后撤去 F_1 、 F_2 后, 两物体最终停下, 它们的 $v - t$ 图像如图所示。已知两物体与水平面间的滑动摩擦力大小相等。则下列说法正确的是 ()



- A. F_1 、 F_2 大小之比为 $1:2$
- B. F_1 、 F_2 对 A 、 B 做功之比为 $1:2$
- C. A 、 B 质量之比为 $2:1$
- D. 全过程中 A 、 B 克服摩擦力做功之比为 $2:1$

【答案】C

【解析】由 $v - t$ 图像可知，两物体匀减速运动的加速度之比为 1:2， A 、 B 受摩擦力大小相等，由牛顿第二定律可知， A 、 B 的质量之比是 2:1，故 C 正确；由 $v - t$ 图像可知， A 、 B 两物体的运动位移相等，且匀加速运动位移之比为 1:2，匀减速运动的位移之比为 2:1，由动能定理可得， $F_1 \cdot x - f_1 \cdot 3x = 0 - 0$ ， $F_2 \cdot 2x - f_2 \cdot 3x = 0 - 0$ ，解得 $F_1 = 3f_1$ ， $F_2 = \frac{3}{2}f_2$ ，又 $f_1 = f_2$ ，所以 $F_1 = 2F_2$ ，全过程中摩擦力对 A 、 B 做功相等， F_1 、 F_2 对 A 、 B 做功大小相等，故 A、B、D 错误。