

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

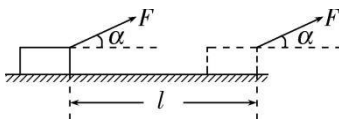
2. 做功的两个要素

(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。

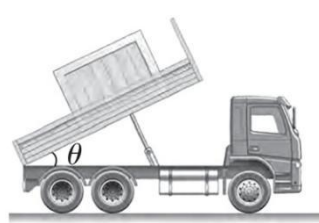
【答案】正功； 不做功； 负功； 克服

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) ×

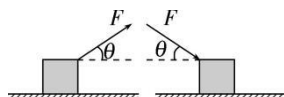
(2) ×

(3) ×

(4) ✓

(5) ×

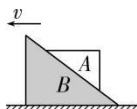
2. (人教版必修第二册改编) 在水平粗糙地面上, 使同一物体由静止开始做匀加速直线运动, 第一次是斜向上拉, 第二次是斜向下推, 两次力的作用线与水平方向的夹角相等, 力的大小也相等, 位移大小也相等, 则 ()



- 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

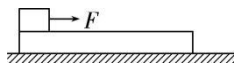
1. 功的理解 下列关于功的说法中正确的是 ()

- 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 ()

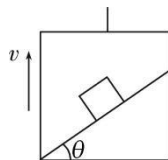


- A. 力 F 对小物体做功大小为 $F(L+x)$
- B. 摩擦力对小物体做功为 $-fL$
- C. 摩擦力对小物体做功为 $-fx$
- D. 摩擦力对木板做功为 fx

【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（ ）

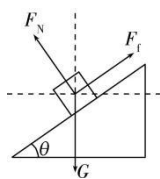


- A. 斜面对物体的支持力做功 900J
- B. 斜面对物体的摩擦力做功 -300J
- C. 物体克服重力做功 -800J
- D. 合外力对物体做功 400J

【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： $W_{\text{合}} = F_{\text{合}} x = max = 400\text{J}$ ；方法二：

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

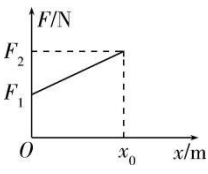


核心提炼

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 $F_{\text{合}}$ ，再用 $W_{\text{总}} = F_{\text{合}} l \cos \alpha$ 求总功，此法要求 $F_{\text{合}}$ 为恒力。

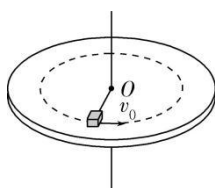
法	<p>示拉力所做的功</p> 	<p>做的功，且位于x轴上方的“面积”为正，位于x轴下方的“面积”为负。此方法适用于所围图形规则的情况（如三角形、梯形、圆等规则的几何图形）</p>
---	--	--

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

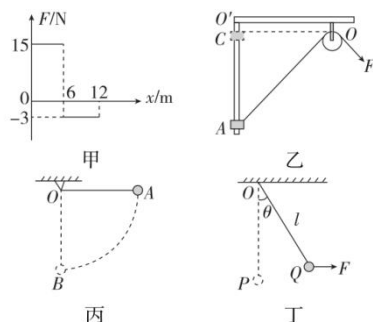
【解析】虽然运动过程中摩擦力 f 方向时刻改变，但与运动方向始终相反，用微元法，在很小的一段位移 Δx 内摩擦力可以看成恒力，克服摩擦力做

功 $W_f = f \cdot \Delta x$ ，则运动一周克服摩擦力做功 $W_{f\text{总}} = f \cdot \Delta x_1 + f \cdot \Delta x_2 + f \cdot \Delta x_3 +$

$\cdots = f(\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 + \cdots) = f \cdot 2\pi L$ 。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（ ）

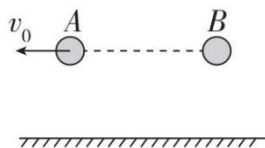


- A. 甲图中，全过程 F 做的总功为 72J
- B. 乙图中，若 F 大小不变，物块从 A 点运动到 C 点过程中，力 F 做的功为 $W = F \cdot AC$
- C. 丙图中，绳长为 R ，若空气阻力 f 大小不变， OA 水平，细绳伸直，小球从 A 运动到 B 过程中空气阻力做的功 $W = -\frac{1}{2}\pi Rf$
- D. 丁图中， F 始终保持水平，缓慢将小球从 P 拉到 Q ， F 做的功为 $W = Fl\sin\theta$

【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 $W = F(OA - OC)$ ，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 ()



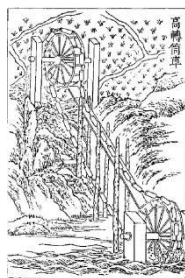
- A. B 球先落地
- B. A 球落地时的速率一定较大
- C. 两球落地时的速率可能相等
- D. 运动全过程中，合外力做功相等

【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. $\frac{3nmg\omega RH}{5}$

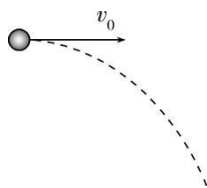
C. $\frac{3nmg\omega^2RH}{5}$

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 ， $\sin 53^\circ = 0.8$ ， $\cos 53^\circ = 0.6$ ）（ ）

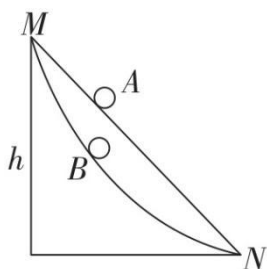


- A. mgv_0 B. $\frac{3}{4}mgv_0$ C. $\frac{4}{3}mgv_0$ D. $\frac{5}{3}mgv_0$

【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

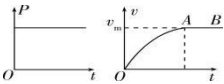
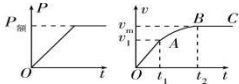
- (1) 利用 $\bar{P} = \frac{W}{t}$ 。
- (2) 利用 $\bar{P} = F \cdot \bar{v} \cos\alpha$ ，其中 \bar{v} 为物体运动的平均速度， F 为恒力。

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	$v \uparrow \Rightarrow F = \frac{P}{v} \downarrow \Rightarrow a = \frac{F - F_{阻}}{m} \downarrow$	$a = \frac{F - F_{阻}}{m}$ 不变 $\Rightarrow F$ 不变 $\Rightarrow P = Fv \uparrow$ 直到 $P = P_0 = Fv_1$
	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	$F = F_{阻} \Rightarrow a = 0 \Rightarrow v_m = \frac{P}{F_{阻}}$	$v \uparrow \Rightarrow F = \frac{P_0}{v} \downarrow \Rightarrow a = \frac{F - F_{阻}}{m} \downarrow$
	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		—	$F = F_{阻} \Rightarrow a = 0 \Rightarrow$ 以 $v_m = \frac{P_0}{F_{阻}}$ 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

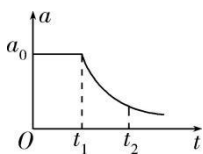
得 $\frac{P_0}{v} - F_f = ma$, 随着列车的速度 v 逐渐增大, 列车的加速度 a 逐渐减小, 所以列车做加速度减小的加速直线运动, 直到达到最大速度 v_m , 故 A 错误; 当牵引力等于阻力时, 列车速度达到最大, 则有 $P_0 = Fv_m = F_f v_m$, 解得最大速度为 $v_m = \frac{P_0}{F_f}$, 故 C 错误; 如果列车改为以恒定加速度启动, 则列车先做匀加速直线运动, 根据功率 $P = Fv$, 可知列车随着速度增大, 功率增大, 达到额定功率 P_0 后又开始做加速度减小的加速运动, 直至达到最大速度, 并且达到额定功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 $W_F - F_fx = \frac{1}{2}mv_m^2 - 0$,将 $v_m = \frac{P_0}{F_f}$ 代入解得

$$W_F = \frac{mP_0^2}{2F_f^2} + F_fx, \text{ 故 D 错误。}$$

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 $-\frac{1}{2}m(a_0t_1)^2$
- D. 起重机额定功率为 $(mg + ma_0)a_0t_1$

【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 $x_1 = \frac{1}{2}a_0t_1^2$,重力对物体做功 $W = -mgx_1 = -\frac{1}{2}mga_0t_1^2$,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 $v = a_0t_1$,起重机的额定功率 $P = Fv = (mg + ma_0)a_0t_1$,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__而具有的能。

【答案】运动

2. 公式： $E_k =$ _____。

【答案】 $\frac{1}{2}mv^2$

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

【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__。

【答案】变化

2. 表达式： $W = E_{k2} - E_{k1} =$ _____。

【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__运动。

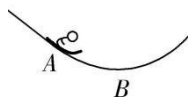
(2) 动能定理既适用于恒力做功，也适用于__做功。

(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 $2F$ 作用运动了相同的距离时, 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 $mgh - W_{f克} = \frac{1}{2}mv^2 - 0$ ，可得此过程中人与滑板克服摩擦力做的功为 $W_{f克} = mgh - \frac{1}{2}mv^2$ ，D 正确。

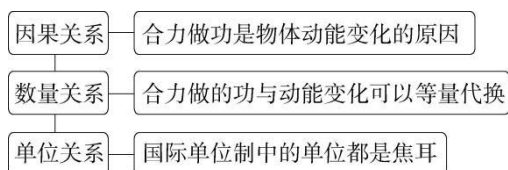
核心提炼

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

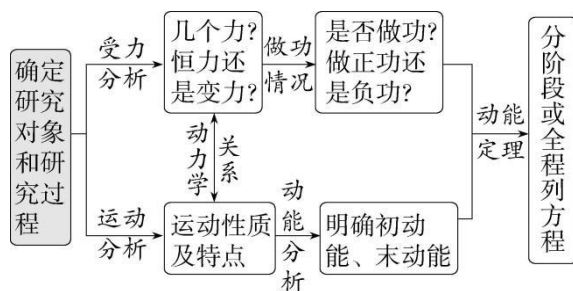
- (1) 做功的过程就是能量转化的过程，动能定理表达式中“=”是一种表示因果关系在数值上相等的符号。



- (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。

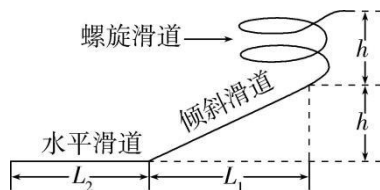
3.应用动能定理解题应注意的三个问题

(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，若能对整个过程中利用动能定理列式，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. $L_1 = \frac{h}{2\mu_0}$, $L_2 = \frac{3h}{2\mu_0}$

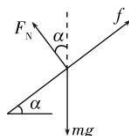
B. $L_1 = \frac{4h}{3\mu_0}$, $L_2 = \frac{h}{3\mu_0}$

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

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

【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

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

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

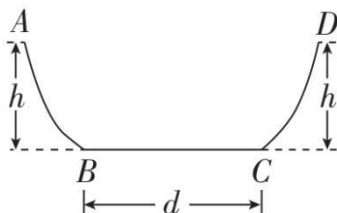
②滑行结束时停在水平滑道上

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 $2mgh \leq$

$\mu_0 mg \cos \alpha \cdot x_{斜} + \mu_0 mg L_2$ ， $2mgh \geq 1.2\mu_0 mg \cos \alpha \cdot x_{斜}$ ， $L_1 = x_{斜} \cos \alpha$ ，联立可

得 $\frac{h}{\mu_0} < L_1 \leq \frac{5h}{3\mu_0}$ ， $L_1 + L_2 \geq \frac{2h}{\mu_0}$ ，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

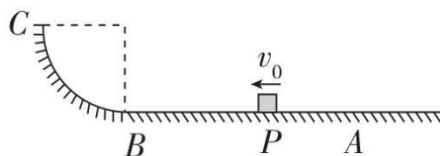
D. 0

【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 $d = 0.50\text{m}$ ，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。

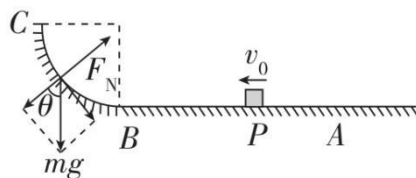
迁移应用 2. 多选 如图所示，在竖直平面内有一粗糙程度处处相同的轨道，由水平轨道 AB 和四分之一圆弧轨道 BC 两部分相切构成。一质量为 m_0 的物块从轨道 AB 上的 P 点以水平速度 v_0 向左运动，恰好到达 C 点，而后再刚好滑回到 P 点。若换成质量为 m 、材料相同的物块，仍从 P 点以水平速度 v_0 向左运动，物块均可视为质点，则 ()



- 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

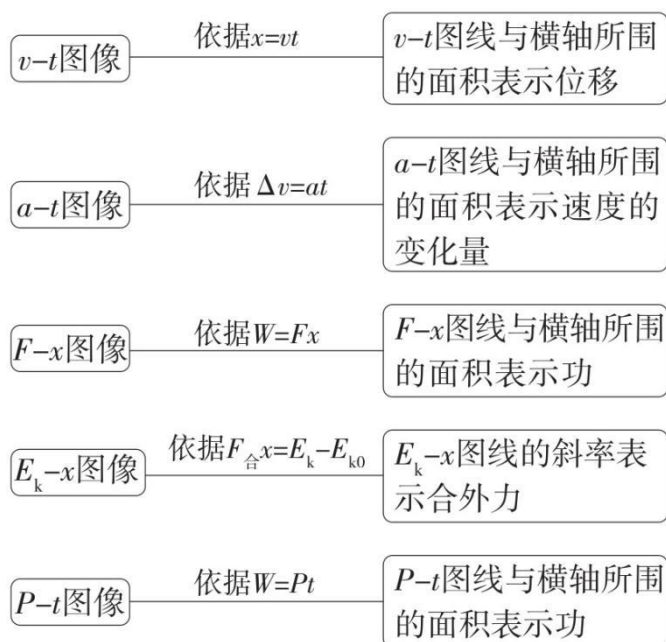
【答案】AC

【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。

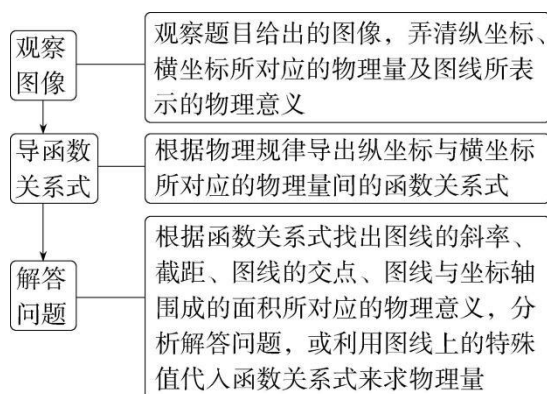


考点三 动能定理与图像的综合问题

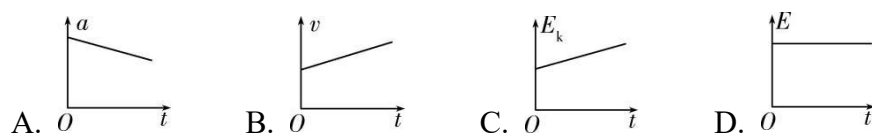
1. 常与动能定理结合的五类图像



2.解决物理图像问题的基本步骤



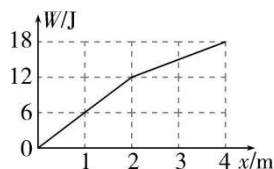
例 2 [2023·浙江6月选考卷·3, 3分] 铅球被水平推出后的运动过程中，不计空气阻力，下列关于铅球在空中运动时的加速度大小 a 、速度大小 v 、动能 E_k 和机械能 E 随运动时间 t 的变化关系中，正确的是（ ）



【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 ()

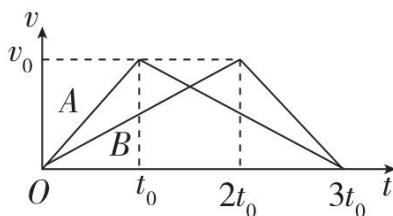


- A. 在 $x = 1\text{m}$ 时, 拉力的功率为 6W
- B. 在 $x = 4\text{m}$ 时, 物体的动能为 2J
- C. 从 $x = 0$ 运动到 $x = 2\text{m}$, 物体克服摩擦力做的功为 8J
- D. 从 $x = 0$ 运动到 $x = 4\text{m}$ 的过程中, 物体的动量最大为 $2\text{kg} \cdot \text{m/s}$

【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。 $0 \sim 2\text{m}$, $W_{f\text{克}} = fx_2 = 8\text{J}$, 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 $W_2 - fx_2 = \frac{1}{2}mv_{\text{max}}^2$, 得 $v_{\text{max}} = 2\sqrt{2}\text{m/s}$, $p_{\text{max}} = mv_{\text{max}} = 2\sqrt{2}\text{kg} \cdot \text{m/s}$, 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。