



导学案

主编 肖德好

全品

学练考

高中物理

必修第二册 LK

细分课时

分层设计

落实基础

突出重点

天津出版传媒集团  
天津人民出版社

# 目录 Contents

## 01 第1章 功和机械能

PART ONE

第1节 机械功	导 107
第2节 功率	导 109
专题课:机车启动问题和变力做功问题	导 111
第3节 动能和动能定理	导 114
习题课:动能定理的应用	导 117
第4节 势能及其改变	导 120
第5节 科学验证:机械能守恒定律	导 124
第1课时 机械能守恒定律的理解及应用	导 124
第2课时 验证机械能守恒定律	导 127
专题课:系统机械能守恒与功能关系的应用	导 129

## 02 第2章 抛体运动

PART TWO

第1节 运动的合成与分解	导 134
第1课时 曲线运动	导 134
第2课时 运动的合成与分解	导 136
习题课:小船渡河与速度关联模型	导 139
第2节 平抛运动	导 141
习题课:平抛运动规律的应用	导 144
第3节 科学探究:平抛运动的特点	导 146
第4节 生活中的抛体运动	导 148
专题课:抛体运动中的临界问题 类平抛运动	导 151

## 03 第3章 圆周运动

PART THREE

- 第1节 匀速圆周运动快慢的描述 导 154
- 第2节 科学探究:向心力 导 157
  - 第1课时 实验:探究向心力大小与半径、角速度、质量的关系 导 157
  - 第2课时 向心力与向心加速度 导 161
- 第3节 离心现象 导 163
- 专题课:竖直面内的圆周运动问题 导 166
- 专题课:水平面内的圆周运动问题 导 168

## 04 第4章 万有引力定律及航天

PART FOUR

- 第1节 天地力的综合:万有引力定律 导 171
- 第2节 万有引力定律的应用 导 174
- 第3节 人类对太空的不懈探索 导 174
  - 第1课时 万有引力定律的应用 导 174
  - 第2课时 人造卫星 宇宙速度 导 177
- 专题课:卫星的变轨和双星问题 导 181

## 05 第5章 科学进步无止境

PART FIVE

- 第1节 初识相对论 导 186
- 第2节 相对论中的神奇时空 导 187
- 第3节 探索宇宙的奥秘 导 187

### ◆ 参考答案

导 189

## 第 1 节 机械功

### 学习任务一 对机械功(简称功)的理解和判定

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

(1)功的定义:如果施力于某物体,并使该物体在力的方向上移动\_\_\_\_\_,我们就说力对这个物体做了功.

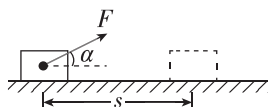
(2)恒力做功的公式: $W = \underline{\hspace{2cm}}$ ,其中  $F$ 、 $s$ 、 $\alpha$  分别为\_\_\_\_\_、位移的大小、\_\_\_\_\_.

(3)功的标矢性:功是\_\_\_\_\_,只有\_\_\_\_\_,没有\_\_\_\_\_,但有正负之分.

(4)功的单位:在国际单位制中,功的单位是\_\_\_\_\_,简称\_\_\_\_\_,用符号 J 表示.

(5)1 J 的物理意义:1 N 的力使物体在力的方向上发生了 1 m 的位移.

[科学推理] 若力的方向与物体的运动方向成某一角度,该怎样计算功呢? 例如物体在与水平方向成  $\alpha$  角的力  $F$  的作用下,沿水平方向向前行驶的距离为  $s$ , 如图所示,试推导力  $F$  对物体所做的功.

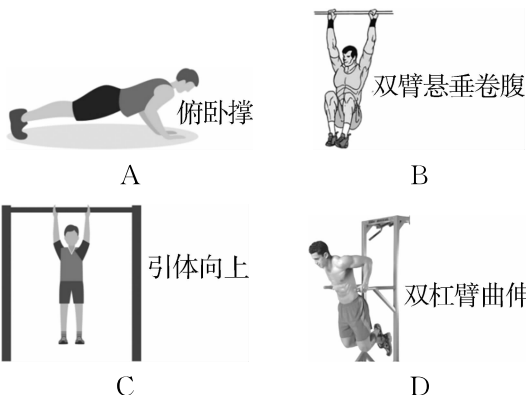


**例 1** 关于功的概念,下列说法正确的是 ( )

- A. 根据  $W = Fs$  可知,力越大,位移越大,做功越多
- B. 功分正功和负功,功是矢量
- C. 当力与位移垂直时,该力不做功
- D. 摩擦力不可以对物体做正功

[反思感悟]

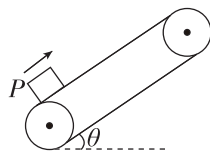
**例 2** [2023·厦门期中] 下列各图的体育锻炼中,手臂对躯干不做功的是 ( )



[反思感悟]

**变式 1** 如图所示,在传送带装置中,皮带把物体  $P$  匀速带至高处,在此过程中,下列说法正确的是 ( )

- A. 摩擦力对物体做正功
- B. 摩擦力对物体做负功
- C. 支持力对物体做正功
- D. 合外力对物体做正功



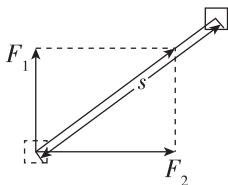
[反思感悟]

#### 【要点总结】

1. 功是标量,其正负不代表方向,而是表示动力做功或阻力做功.
2. 判断功的正负的方法
  - (1) 看力  $F$  与位移  $s$  的夹角  $\alpha$ :  
 $\alpha < 90^\circ$  时,力做正功; $\alpha > 90^\circ$  时,力做负功.
  - (2) 看力  $F$  与速度  $v$  的夹角  $\alpha$ :  
 $\alpha < 90^\circ$  时,力做正功; $\alpha > 90^\circ$  时,力做负功.
3. 要特别注意公式中物体的位移(力的作用点的位移)是对地位移.

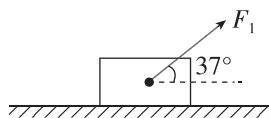
### 学习任务二 恒力做功的分析和计算

[科学推理] 如图所示,在光滑水平面上,物体受两个互相垂直的大小分别为  $F_1 = 3\text{ N}$  和  $F_2 = 4\text{ N}$  的恒力,从静止开始运动,位移大小  $s = 10\text{ m}$ ,求每个力做的功和合力做的功.



**例 3** [2023·厦门一中月考] 如图所示,一个质量为  $m=2\text{ kg}$  的物体受到与水平方向成  $37^\circ$  角斜向上方的力  $F_1=10\text{ N}$  作用,在水平地面上从静止开始向右移动的距离为  $s=2\text{ m}$ ,已知物体和地面间的动摩擦因数为  $0.3$ , $g$  取  $10\text{ m/s}^2$ , $\cos 37^\circ=0.8$ , $\sin 37^\circ=0.6$ ,求:

- (1) 拉力  $F_1$  所做的功  $W_1$ .
- (2) 地面对物体的摩擦力  $f$  所做的功  $W_2$ .
- (3) 重力  $G$  所做的功  $W_3$ .
- (4) 地面对物体的支持力  $N$  所做的功  $W_4$ .
- (5) 合力  $F_{\text{合}}$  所做的功  $W$ .



**变式 2** [2023·三明期中] 两个互相垂直的力  $F_1$  和  $F_2$  同时作用在同一物体上,使物体由静止开始运动,物体通过一段位移的过程中,力  $F_1$  对物体做功  $4\text{ J}$ ,物体克服力  $F_2$  做功  $3\text{ J}$ ,则  $F_1$  和  $F_2$  的合力对物体做功为 ( )

- A.  $5\text{ J}$       B.  $1\text{ J}$       C.  $7\text{ J}$       D.  $0$

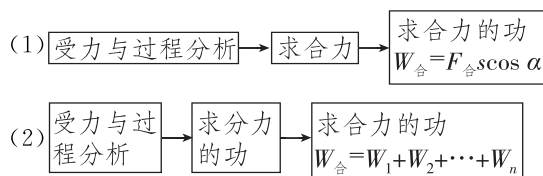
[反思感悟]

**【要点总结】**

1. 公式  $W = F s \cos \alpha$  只适用于恒力做功,计算方法有两种:

- (1) 功等于沿力方向的位移与力的乘积.
- (2) 功等于沿位移方向的力与位移的乘积.

2. 虽然力、位移都是矢量,但功是标量,所以几个力的总功等于各个力所做功的代数和.计算总功时有两种基本思路:



**// 随堂巩固 //**

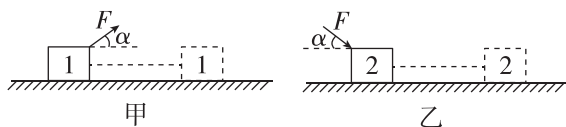
1. (功的理解)关于力对物体做功,下列说法正确的是 ( )

- A. 静摩擦力对物体一定不做功  
 B. 滑动摩擦力对物体可以做正功,也可以做负功  
 C. 作用力做正功,反作用力一定做负功  
 D. 作用力不做功,反作用力一定也不做功

2. (做功的判断)[2023·三明期中] 下面列举的情况中做功为零的是 ( )

- A. 举重运动员从地上举起杠铃到头上过程中,运动员对杠铃做的功  
 B. 自由落体运动中,重力对物体做的功  
 C. 一个人用力推一个物体前进了  $1\text{ m}$ ,人的推力对物体做的功  
 D. 木块在固定的粗糙斜面上滑动,斜面对木块的支持力对木块做的功

3. (功的计算)[2023·泉州期中] 如图甲、乙所示,质量分别为  $M$  和  $m$  的 1、2 两物块, $M > m$ ,分别在同样大小的恒力  $F$  作用下,沿水平面由静止开始做直线运动, $F$  与水平面的夹角相同.经过相同的位移,设  $F$  对物块 1 做的功为  $W_1$ ,对物块 2 做的功为  $W_2$ ,则 ( )



- A. 无论水平面光滑与否,都有  $W_1 = W_2$   
 B. 若水平面光滑,则  $W_1 > W_2$   
 C. 若水平面粗糙,则  $W_1 > W_2$   
 D. 若水平面粗糙,则  $W_1 < W_2$

4. (功的计算)一个质量  $m=2\text{ kg}$  的小球受到水平方向  $F=5\text{ N}$  的拉力,在水平地面上移动的距离为  $5\text{ m}$ ,小球与地面间的滑动摩擦力  $f=3\text{ N}$ ,求:

- (1) 各个力对小球所做的功;
- (2) 合力对小球做的功.

## 第2节 功率

### 学习任务一 功率的理解和计算

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

- (1)物理意义:功率是描述\_\_\_\_\_的物理量.  
(2)定义:力所做的功  $W$  与完成这些功所用的时间  $t$  之比,定义式:\_\_\_\_\_.  
(3)单位:在国际单位制中,功率的单位是\_\_\_\_\_,简称\_\_\_\_\_,用符号\_\_\_\_\_表示.  $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$ ,  $1 \text{ kW} =$ \_\_\_\_\_  $\text{W}$ .

[物理观念] 建筑工地上有三台起重机将重物吊起,下表是它们的工作情况记录:

起重机编号	被吊物体重力	匀速上升速度	上升的高度	所用时间
A	$2.0 \times 10^3 \text{ N}$	4 m/s	16 m	4 s
B	$4.0 \times 10^3 \text{ N}$	3 m/s	12 m	4 s
C	$1.6 \times 10^3 \text{ N}$	2 m/s	20 m	10 s

(1)三台起重机哪台做功最多?

(2)哪台做功最快?怎样比较它们做功的快慢呢?

**例 1** 起重机用 4 s 的时间将  $2 \times 10^4 \text{ N}$  的重物匀速提升 10 m,在此过程中起重机的输出功率为 ( )

- A.  $2 \times 10^5 \text{ W}$       B.  $5 \times 10^5 \text{ W}$   
C.  $5 \times 10^4 \text{ W}$       D.  $8 \times 10^4 \text{ W}$

[反思感悟]

**变式** [2023·厦门湖滨中学月考] 质量为 50 kg 的攀岩者,花了 500 s 的时间登上一峭壁,此时攀岩者位于出发点上方 20 m 处.这一过程中该攀岩者克服重力做的功为\_\_\_\_\_ J,攀岩者克服重力做功的平均功率为\_\_\_\_\_ W. ( $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ )

[要点总结]

$P = \frac{W}{t}$  是通过比值法定义的,因此不能笼统地说完成的功越多,功率就一定越大.

### 学习任务二 常见机械的功率

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

1. 额定功率:动力机械可以\_\_\_\_\_工作的最大允许功率.

2. 实际功率:机械工作时\_\_\_\_\_的功率.

注意:为了保证机械的安全,工作时尽量使\_\_\_\_\_.

**例 2** [2023·河北张家口一中月考] 关于实际功率和额定功率,下列说法错误的是 ( )

- A. 动力机械铭牌上标明的是该机械的额定功率  
B. 额定功率是动力机械工作时必须保持的稳定功率  
C. 在较短的时间内,实际功率可以大于额定功率  
D. 在较长的时间内,实际功率可以小于额定功率

[反思感悟]

### 学习任务三 功率与力、速度的关系

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

1. 关系式:当力的方向与物体的运动方向相同时,  $P =$ \_\_\_\_\_. 当  $v$  是平均速度时,对应的功率  $P$  是  $t$  时间内的平均功率;当  $v$  是瞬时速度时,对应的功率是该时刻的瞬时功率.

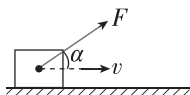
2. 公式  $P = Fv$  中各物理量间的制约关系

定值	各量间的关系	应用(以汽车为例)
$P$ 一定	$F$ 与 $v$ 成_____	汽车上坡时,要增大牵引力,应换低速挡减小速度
$v$ 一定	$F$ 与 $P$ 成_____	汽车上坡时,要使速度不变,应加大油门,增大输出功率,获得较大牵引力

(续表)

定值	各量间的关系	应用(以汽车为例)
$F$ 一定	$v$ 与 $P$ 成_____	汽车在高速路上,加大油门增大输出功率,可以提高速度

[科学推理] 一个物体在与水平方向成  $\alpha$  角的恒力  $F$  的作用下,以速度  $v$  匀速运动一段时间  $t$ ,求时间  $t$  内恒力  $F$  做功的功率.



**例 3** 在  $F=6\text{ N}$  的水平力作用下,质量  $m=3\text{ kg}$  的物体在光滑水平面上由静止开始运动,运动时间  $t=3\text{ s}$ . 求:

- (1)力  $F$  在  $3\text{ s}$  内对物体做的功;
- (2)力  $F$  在  $3\text{ s}$  内对物体做功的平均功率;
- (3)在  $3\text{ s}$  末力  $F$  对物体做功的瞬时功率.

**例 4** [2024·福州期末] 汽车发动机通过变速箱将动力传输给运动系统,一般赛车的变速箱有 1 挡到 5 挡 5 个逐次增高的前进挡位,在发动机输出功率不变时,挡位越高车速越快,加大油门可以增大发动机的输出功率. 如图所示是赛车越野比赛时正在爬坡的情形,为了能够顺利爬上陡坡,司机应该 ( )

- 拨 1 挡,减小油门
- 拨 1 挡,加大油门
- 拨 5 挡,减小油门
- 拨 5 挡,加大油门



[反思感悟] .....

**【要点总结】**

	$P = \frac{W}{t}$	$P = Fv$
适用条件	功率的定义式,适用于任何情况下功率的计算,一般用来求平均功率	功率的计算式,仅适用于 $F$ 与 $v$ 同向的情况,一般用来求瞬时功率
联系	(1)公式 $P = Fv$ 是 $P = \frac{W}{t}$ 的推论 (2)当时间 $t \rightarrow 0$ 时,可由定义式确定瞬时功率 (3)当 $v$ 为平均速度时, $P = Fv$ 所求功率为平均功率	

**// 随堂巩固 //**

1. (功率的理解)[2023·福州一中月考] 关于功率的说法,正确的是 ( )

- 由  $P = \frac{W}{t}$  知,力做功越多,功率就越大
- 由  $P = Fv$  知,物体运动越快,功率越大
- 由  $W = Pt$  知,功率越大,力做功越多
- 由  $P = Fvcos\theta$  知,某一时刻,力大、速率也大,而功率不一定大

2. (功率与力、速度的关系)物体自由下落,有速度由 0 增加到  $5\text{ m/s}$  和由  $5\text{ m/s}$  增加到  $10\text{ m/s}$  的两段时间,这两段时间末重力的瞬时功率之比是 ( )

- 3 : 1
- 1 : 3
- 1 : 2
- 1 : 1

3. (平均功率与瞬时功率)[2023·南平期中] 质量为  $1\text{ kg}$  的物体在  $5\text{ N}$  的水平恒定拉力作用下,沿水平面由静止开始做匀加速直线运动,经过  $2\text{ s}$ ,速度大小为  $6\text{ m/s}$ ,在此过程中 ( )

- 拉力做功为  $18\text{ J}$
- 克服摩擦阻力做功为  $15\text{ J}$
- $2\text{ s}$  末拉力的瞬时功率为  $18\text{ W}$
- $2\text{ s}$  内拉力的平均功率为  $15\text{ W}$

4. (常见机车功率)[2023·长乐一中月考] 质量为  $2 \times 10^3\text{ kg}$  的汽车在平直公路上行驶,阻力大小恒为  $2000\text{ N}$ . 若它以  $10\text{ m/s}$  的速度匀速行驶,则发动机的实际功率为\_\_\_\_\_  $\text{W}$ ;若它以  $2\text{ m/s}^2$  的加速度匀加速行驶,当速度为  $10\text{ m/s}$  时,发动机的实际功率为\_\_\_\_\_  $\text{W}$ .

# 专题课：机车启动问题和变力做功问题

## 学习任务一 机车启动问题

[模型建构] 机车由静止开始启动,分别在恒定功率和恒定加速度两种模式下运动,机车运动过程中的速度  $v$ 、加速度  $a$  和功率  $P$  等物理量的变化如下。

方式 1 以恒定功率启动

过程分析		以恒定功率启动
P-t 图和 v-t 图		
OA 段	过程分析	$v \uparrow \Rightarrow F = \frac{P(\text{不变})}{v} \downarrow \Rightarrow$ $a = \frac{F - F_{\text{阻}}}{m} \downarrow$
	运动性质	加速度减小的加速直线运动
AB 段	过程分析	$F = F_{\text{阻}} \Rightarrow a = 0 \Rightarrow v_m = \frac{P}{F_{\text{阻}}}$
	运动性质	以速度 $v_m$ 做匀速直线运动

方式 2 以恒定加速度启动

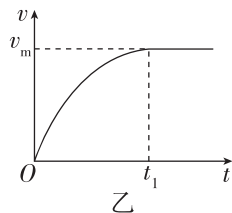
过程分析		以恒定加速度启动
P-t 图和 v-t 图		
OA 段	过程分析	$a = \frac{F - F_{\text{阻}}}{m} \text{ 不变} \Rightarrow F \text{ 不变,}$ $v \uparrow \Rightarrow P = Fv \uparrow$ <p style="text-align: center;">直到 <math>P = P_{\text{额}}</math></p>
	运动性质	匀加速直线运动, 维持时间 $t_0 = \frac{v_1}{a}$
AB 段	过程分析	$v \uparrow \Rightarrow F = \frac{P_{\text{额}}}{v} \downarrow \Rightarrow a = \frac{F - F_{\text{阻}}}{m} \downarrow$
	运动性质	加速度减小的加速直线运动
BC 段	过程分析	$F = F_{\text{阻}} \Rightarrow a = 0 \Rightarrow v_m = \frac{P_{\text{额}}}{F_{\text{阻}}}$
	运动性质	以速度 $v_m$ 做匀速直线运动

**例 1** 质量为  $1.5 \times 10^3 \text{ kg}$  的汽车以某一恒定功率启动后沿平直路面行驶,且行驶过程中受到的阻力恒定,汽车能够达到的最大速度为  $30 \text{ m/s}$ .若汽车的速度大小为  $10 \text{ m/s}$  时的加速度大小为  $4 \text{ m/s}^2$ ,则该恒定功率为 ( )

- A. 90 kW                      B. 75 kW  
C. 60 kW                      D. 4 kW

[反思感悟]

**变式 1** (多选)[2023·天津和平区期中] 2023 年 6 月,交通集团首批氢能源客车在天津港保税区投入运营.某款质量为  $m$  的氢能源汽车如图甲所示,测试其性能时的  $v-t$  图像如图乙所示.已知汽车在平直公路上以额定功率  $P$  启动,整个运行过程中汽车功率及所受阻力均恒定, $t_1$  时刻起以最大速度  $v_m$  匀速行驶.则在  $0 \sim t_1$  时间内下列说法正确的是 ( )



- A. 汽车的牵引力逐渐增大  
B. 汽车受到的阻力大小为  $\frac{P}{v_m}$   
C. 牵引力对汽车做的功为  $Pt_1$   
D. 汽车行驶的距离为  $\frac{v_m t_1}{2}$

[反思感悟]

**例 2** [2023·漳州实验中学月考] 质量为  $m$  的汽车在平直公路上启动,阻力  $F_{\text{阻}}$  保持不变,当它以加速度  $a$  加速到速度  $v$  时,发动机的实际功率正好等于额定功率  $P$ ,从此时开始,发动机在额定功率下工作,则此后 ( )

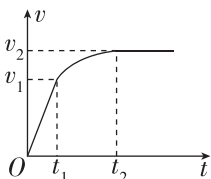
- A. 汽车的牵引力先减小后不变  
B. 汽车的牵引力为  $F_{\text{阻}} + ma$   
C. 汽车的最大速度为  $\frac{P}{ma}$   
D. 汽车的加速度在增大

[反思感悟]



**变式 2** [2023·泉州期中] 如图是一汽车在平直路面上启动的速度—时间图像,  $t_1$  时刻起汽车的功率保持不变. 由图像可知 ( )

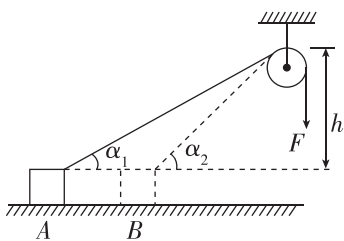
- A.  $t_1 \sim t_2$  时间内, 汽车的牵引力不变, 加速度不变  
 B.  $t_1 \sim t_2$  时间内, 汽车的牵引力减小, 加速度减小  
 C.  $0 \sim t_1$  时间内, 汽车的牵引力增大, 加速度增大, 功率不变  
 D.  $0 \sim t_1$  时间内, 汽车的牵引力不变, 加速度不变, 功率不变



## 学习任务二 变力做功的分析和计算

**方法一 转换法:** 若某一变力做的功和某一恒力做的功相等, 则可以通过计算恒力做的功, 求出该变力做的功.

**例 3** 某人利用如图所示的装置, 用 100 N 的恒力  $F$  作用于不计质量的细绳的一端, 将物体从水平面上的  $A$  点移到  $B$  点. 已知  $\alpha_1 = 30^\circ$ ,  $\alpha_2 = 37^\circ$ ,  $h = 1.5$  m, 不计滑轮质量及绳与滑轮间的摩擦. 求绳的拉力对物体所做的功 ( $\sin 37^\circ = 0.6$ ,  $\cos 37^\circ = 0.8$ ).



## 【要点总结】

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  $F$  大小等于阻力  $F_{阻}$ , 故  $v_m = \frac{P}{F} = \frac{P}{F_{阻}}$ . 结合  $v-t$  图像进行分析.

2. 匀加速启动持续时间的求法.

牵引力  $F = ma + F_{阻}$ , 匀加速的最后速度  $v_m' = \frac{P_{阻}}{ma + F_{阻}}$ , 时间  $t = \frac{v_m'}{a}$ .

3. 瞬时加速度的求法.

根据  $F = \frac{P}{v}$  求出牵引力, 则加速度  $a = \frac{F - F_{阻}}{m}$ .

**方法二 微元法:** 功的公式只能计算恒力做功, 若一个力的大小不变, 只改变方向时, 可将运动过程分成很多小段, 每一小段内  $F$  可看成恒力, 求出每一小段内力  $F$  做的功, 然后累加起来得到整个过程中变力所做的功.

例如物体在水平面上做曲线运动, 所受摩擦力大小为  $\mu mg$ , 路程为  $x$ , 采用微元法:

$$W_1 = -\mu mg \Delta x_1$$

$$W_2 = -\mu mg \Delta x_2$$

$$W_3 = -\mu mg \Delta x_3$$

.....

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + \dots = -\mu mg (\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 + \dots) = -\mu mg x$$

**例 4** 如图所示, 某人用力  $F$  转动半径为  $R$  的磨盘, 力  $F$  的大小不变, 但方向始终与过力的作用点的转盘的切线一致, 则在转动一周过程中力  $F$  做的功为 ( )

- A. 0    B.  $2\pi FR$     C.  $FR$     D.  $-2\pi FR$



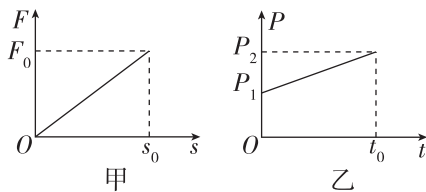
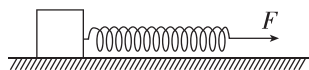
【反思感悟】

**方法三 平均力法:** 若力  $F$  随位移  $s$  线性变化, 则可以用一段位移内的平均力求功, 如将劲度系数为  $k$

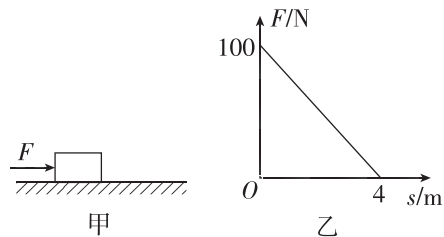
的弹簧由原长拉长  $s$  时, 克服弹力做的功  $W = \frac{0+F}{2}s =$

$$\frac{ks}{2} \cdot s = \frac{1}{2}ks^2.$$

**例 5** 如图所示, 放在地面上的木块与一劲度系数  $k = 200$  N/m 的轻质弹簧相连. 现用手水平拉弹簧, 拉力的作用点移动  $s_1 = 0.3$  m, 木块开始运动, 继续拉弹簧, 木块缓慢移动了  $s_2 = 0.5$  m, 求上述过程中拉力所做的功.



**例 6** 如图甲所示,质量为 4 kg 的物体在水平推力作用下开始运动,推力大小  $F$  随位移大小  $s$  变化的情况如图乙所示,则整个过程推力  $F$  所做的功为 ( )



- A. 400 J      B. 200 J  
C. 100 J      D. 无法确定

[反思感悟]

方法四 图像法:若已知  $F-s$  图像和  $P-t$  图像,则图像与  $s$  轴或  $t$  轴所围的面积表示功,如图甲所示,在位移  $s_0$  内力  $F$  做的功  $W = \frac{F_0}{2} s_0$ . 在图乙中,  $0 \sim t_0$  时间内做功  $W = \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot t_0$ .

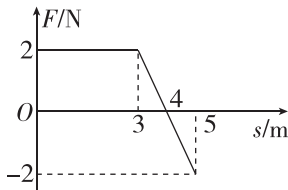
### // 随堂巩固 //

1. (平均力法求变力做功)[2023·长乐一中月考] 野山鼠擅长打洞,假设山鼠打洞时受到的阻力  $f$  与洞的深度  $L$  成正比,即  $f = kL$  ( $k$  为比例常数),则野山鼠打到洞深为  $d$  的过程中,需要克服阻力做的功为 ( )

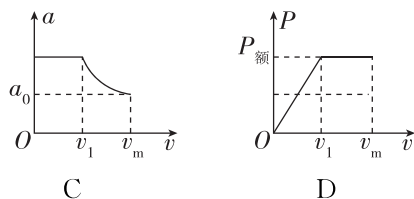
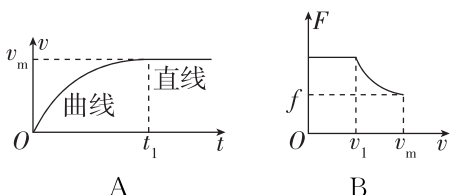
- A.  $kd^2$       B.  $\frac{kd^2}{2}$       C.  $2kd^2$       D.  $\frac{k^2 d^2}{2}$

2. (图像法求变力做功)一物体所受的力  $F$  随位移  $s$  变化的图像如图所示,在这一过程中,力  $F$  对物体做的功为 ( )

- A. 3 J      B. 6 J  
C. 7 J      D. 8 J



3. (以恒定加速度启动)(多选) 汽车由静止开始沿平直公路匀加速启动,当功率达到额定功率时保持功率不变,最终做匀速运动. 设整个运动过程受到的阻力  $f$  不变,图中  $v$ 、 $a$ 、 $F$ 、 $f$  和  $P$  分别表示汽车的速度大小、加速度大小、牵引力大小、阻力大小和功率大小,其中可能正确的是 ( )



4. (以额定功率启动)[2023·厦门双十中学月考] 汽车发动机的额定功率为 40 kW,质量为 2000 kg,当汽车在水平路面上行驶时,受到的阻力恒为车重的  $\frac{1}{10}$ . ( $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ )

- (1) 求汽车在路面上能达到的最大速度;  
(2) 若汽车以额定功率启动,求汽车速度为  $10 \text{ m/s}$  时的加速度大小.

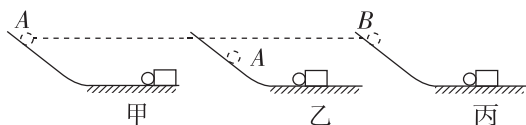
## 第3节 动能和动能定理

### 学习任务一 对动能的理解

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

- (1)定义:物体因\_\_\_\_\_而具有的能量叫作动能.  
 (2)表达式: $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ .从表达式可看出:动能的大小与物体的\_\_\_\_\_和运动\_\_\_\_\_有关.  
 (3)标矢性:动能是\_\_\_\_\_量.在国际单位制中,单位为\_\_\_\_\_, $1 \text{ J} = 1 \text{ kg} \cdot (\text{m}/\text{s}^2) \cdot \text{m} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$ .

[科学探究] 如图所示是探究动能的大小与哪些因素有关的实验,图中A球的质量大于B球的质量.让小球从斜面上滚下,静止在地面上的纸盒被碰后,滑行一段距离停下来.由此实验你认为物体的动能可能与哪些因素有关?



**例1** 关于动能,下列说法错误的是 ( )

- A. 凡是运动的物体都具有动能  
 B. 动能没有负值  
 C. 质量一定的物体,动能变化时,速度一定变化,但速度变化时,动能却不一定变化  
 D. 动能不变的物体一定处于平衡状态

[反思感悟]

**变式1** (多选) 在下列几种情况中,甲、乙两物体的动能相等的是 ( )

- A. 甲的速度是乙的2倍,乙的质量是甲的2倍  
 B. 甲的质量是乙的2倍,乙的速度是甲的2倍  
 C. 甲的质量是乙的4倍,乙的速度是甲的2倍  
 D. 质量相同,速度大小也相同,但甲向东运动,乙向西运动

[反思感悟]

[要点总结]

#### 1. 动能的“三性”

相对性	选取不同的参考系,物体的速度不同,动能也不同,一般以地面为参考系
标量性	动能是标量,没有方向
瞬时性	动能是表征物体运动状态的物理量,与物体的某一位置(或某一时刻)的速度相对应

#### 2. 动能的变化

- (1)动能的变化有正负,“变化”是指末状态的物理量减去初状态的物理量.  
 (2)物体的速度变化,其动能未必变化,如速度大小不变,方向变化;若物体的动能变化,则其速度一定变化.

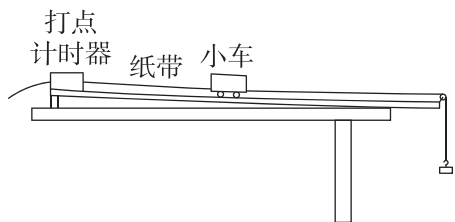
### 学习任务二 恒力做功与动能改变的关系

#### 1. 实验目的

探究恒力做功与物体\_\_\_\_\_的关系.

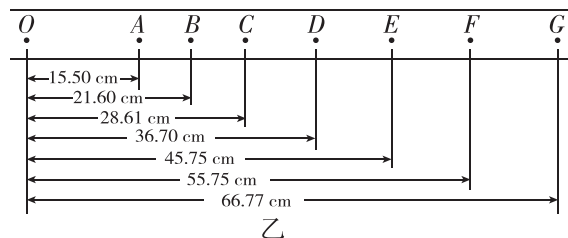
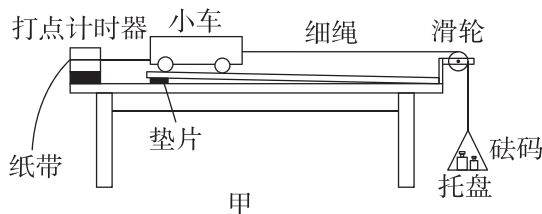
#### 2. 实验器材

长木板(一端附有滑轮)、打点计时器、钩码若干、小车、纸带、复写纸片、\_\_\_\_\_、细线.



**3. 实验原理:**在钩码的拉动下,小车的速度发生了变化,也就是小车的动能发生了变化.钩码对小车的拉力对小车做了功,只要能求出小车\_\_\_\_\_、小车运动的\_\_\_\_\_以及钩码对小车的\_\_\_\_\_,就可以研究  $W = F_s$  与  $\Delta E_k$  之间的关系.

**例2** [2023·福州一中月考] 如图甲所示,某组同学借用“探究  $a$  与  $F$ 、 $m$  之间的定量关系”的相关实验思想、原理及操作,进行“研究合外力做功和动能变化的关系”的实验:



(1)为达到平衡阻力的目的,取下细绳及托盘,通过调整垫片的位置,改变长木板倾斜程度,根据打出的纸带判断小车是否做\_\_\_\_\_运动;

(2)连接细绳及托盘,放入砝码,通过实验得到图乙所示的纸带.纸带上, $O$ 为小车运动起始时刻所打的点,选取时间间隔为 $0.1\text{ s}$ 的相邻计数点 $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$ 、 $F$ 、 $G$ .实验时小车所受拉力为 $0.2\text{ N}$ ,小车的质量为 $0.2\text{ kg}$ ;

请计算小车所受合外力做的功 $W$ 和小车动能的变化 $\Delta E_k$ ,补填表中空格(结果保留至小数点后第四位).

	$OB$	$OC$	$OD$	$OE$	$OF$
$W/\text{J}$	0.043 2	0.057 2	0.073 4	0.091 5	_____
$\Delta E_k/\text{J}$	0.043 0	0.057 0	0.073 4	0.090 7	_____

分析上述数据可知:在实验误差允许的范围内 $W = \Delta E_k$ ,与理论推导结果一致;

(3)实验前已测得托盘质量为 $7.7 \times 10^{-3}\text{ kg}$ ,实验时该组同学放入托盘中的砝码质量应为\_\_\_\_\_  $\text{kg}$  ( $g$ 取 $9.8\text{ m/s}^2$ ,结果保留至小数点后第三位).

### 学习任务三 动能定理的推导和理解

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

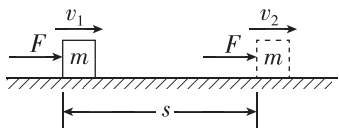
动能定理

(1)内容:合外力对物体做的功等于物体\_\_\_\_\_.

(2)表达式: $W = \underline{\hspace{2cm}}$ .

(3)动能定理既适用于恒力做功或直线运动的情况,也适用于\_\_\_\_\_做功或\_\_\_\_\_运动的情况.

[科学推理] 如图所示,某物体的质量为 $m$ ,在与运动方向相同的恒力 $F$ 的作用下发生一段位移 $s$ ,速度由 $v_1$ 增加到 $v_2$ .试推导做功和速度变化的关系.



**例 3** (多选)关于动能定理的表达式 $W = E_{k2} - E_{k1}$ ,下列说法正确的是 ( )

- A. 公式中的 $W$ 为不包含重力的其他力做的总功
- B. 公式中的 $W$ 为包含重力在内的所有力做的总功,也可通过以下两种方式计算:先求每个力做的功再求功的代数和或先求合力再求合力做的功
- C. 公式中的 $E_{k2} - E_{k1}$ 为动能的变化量,当 $W > 0$ 时,动能增加,当 $W < 0$ 时,动能减少
- D. 动能定理适用于直线运动,但不适用于曲线运动,适用于恒力做功,但不适用于变力做功

[反思感悟] \_\_\_\_\_

**变式 2** [2023·厦门英才中学月考] 下列关于运动物体所受合外力做功和动能变化的关系正确的是 ( )

- A. 如果物体所受合外力为零,则合外力对物体做的功为零
- B. 如果合外力对物体做的功为零,则每个力对物体做的功一定为零
- C. 物体在合外力作用下做变速运动,动能一定发生变化
- D. 物体的动能不变,所受合外力一定为零

[反思感悟] \_\_\_\_\_

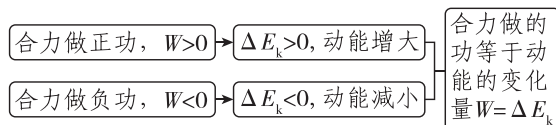
#### 【要点总结】

##### 1. 对动能定理的理解

(1)表达式 $W = \Delta E_k$ 中的 $W$ 为外力对物体做的总功.

(2)动能定理描述了做功和动能变化的两种关系.

①等值关系:物体动能的变化量等于合力对它做的功.



②因果关系:合力对物体做功是引起物体动能变化的原因,做功的过程实质上是其他形式的能与动能相互转化的过程,转化了多少由合力做的功来度量.

##### 2. 牛顿第二定律和动能定理的比较

	牛顿第二定律	动能定理
研究关系	合力与加速度的关系	合力的功与动能变化的关系
公式形式	$F = ma$	$W = E_{k2} - E_{k1}$
力的效果	力的瞬间作用效果	力对空间的累积效果
过程细节	需要考虑	不必考虑
适用情况	恒力问题	恒力或变力问题

## 学习任务四 动能定理的应用

[科学思维] 从高楼的窗户随意向外丢东西是很危险的. 若某人从十楼的窗户以  $8 \text{ m/s}$  的速度向外抛出一只苹果, 你能估算出苹果落地时的动能吗(空气阻力不计)? 你认为还需要知道哪些物理量? 你估计这些物理量应该是多大? 苹果落地时的动能与苹果抛出时的初速度方向有关吗?

**例 4** [2023·福师大附中月考] 用方向竖直向上、大小为  $30 \text{ N}$  的力  $F$  将  $2 \text{ kg}$  的物体从沙坑表面由静止提升  $1 \text{ m}$  时撤去力  $F$ , 经一段时间后, 物体落入沙坑, 测得落入沙坑的深度为  $20 \text{ cm}$ . 若忽略空气阻力,  $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ , 则物体克服沙坑的阻力所做的功为 ( )

A.  $20 \text{ J}$     B.  $24 \text{ J}$     C.  $34 \text{ J}$     D.  $54 \text{ J}$

[反思感悟]

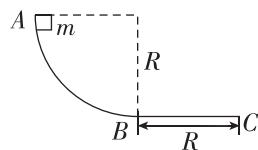
**例 5** 一辆汽车以  $v_1 = 6 \text{ m/s}$  的速度沿水平路面行驶时, 急刹车后滑行的距离  $s_1 = 3.6 \text{ m}$ , 如果汽车以  $v_2 = 8 \text{ m/s}$  的速度行驶, 则在同样路面上急刹车后滑行的距离  $s_2$  应为 ( )

A.  $6.4 \text{ m}$     B.  $5.6 \text{ m}$   
C.  $7.2 \text{ m}$     D.  $10.8 \text{ m}$

[反思感悟]

**例 6** [2023·厦门一中月考] 如图所示,  $ABC$  为用同种材料制成的一个轨道,  $AB$  段是  $\frac{1}{4}$  圆, 半径为  $R = 2 \text{ m}$ , 水平放置的  $BC$  段长度也为  $R$ . 一小物块质

量为  $m = 1 \text{ kg}$ , 与轨道间的动摩擦因数为  $\mu = 0.2$ , 当它从轨道顶端  $A$  由静止下滑时, 恰好运动到  $C$  点静止, 求小物块在  $AB$  段克服摩擦力所做的功. ( $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ )



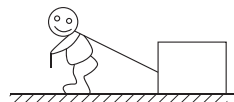
### 【要点总结】

- 应用动能定理的优越性: 物体由初状态到末状态的过程中, 物体的运动性质、运动轨迹、做功的力是变力还是恒力等诸多因素都可以不予考虑, 使分析简化.
- 动能定理的应用步骤:
  - 明确研究对象及所研究的物理过程.
  - 对研究对象进行受力分析, 并确定各力所做的功, 求出这些力做功的代数和.
  - 确定初、末状态的动能(未知量用符号表示), 根据动能定理列出方程  $W_{\text{总}} = E_{k2} - E_{k1}$  (注意方程的左边是各个力做的总功, 方程的右边是动能的变化量).
  - 求解方程, 分析结果(解出需要的值, 在适当的情况下做些必要的讨论).

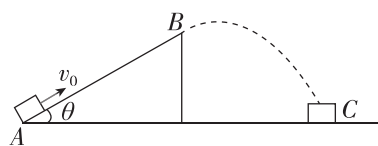
### // 随堂巩固 //

- (对动能的理解)(多选) 关于动能, 下列说法正确的是 ( )
  - 公式  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  中的速度  $v$  一般是物体相对于地面的速度
  - 动能的大小由物体的质量和速率决定, 与物体运动的方向无关
  - 物体以相同的速率向东和向西运动, 动能的大小相等, 但方向不同

- 物体以相同的速率做匀速直线运动和曲线运动, 其动能不同
- (对动能定理的理解) 如图所示, 某同学用绳子拉动木箱, 使它从静止开始沿粗糙水平路面运动至具有某一速度, 则木箱获得的动能一定 ( )
    - 小于拉力所做的功
    - 等于拉力所做的功
    - 等于克服摩擦力所做的功
    - 大于克服摩擦力所做的功



3. (动能定理的应用)如图所示,斜面长为  $s$ , 倾角为  $\theta$ , 一物体质量为  $m$ , 从斜面底端的  $A$  点开始以初速度  $v_0$  沿斜面向上滑行, 斜面与物体间的动摩擦因数为  $\mu$ , 物体滑到斜面顶端  $B$  点时飞出斜面, 最后落在与  $A$  点处于同一水平面上的  $C$  处, 则物体落地时的速度为多大? (不计空气阻力, 重力加速度为  $g$ )



## 习题课：动能定理的应用

应用动能定理时注意的四个问题：

- (1) 动能定理中各量是针对同一惯性参考系而言的(一般选取地面为参考系).
- (2) 若物体运动的过程包含几个不同的阶段, 应用动能定理时, 可以分段考虑, 也可以将全过程作为一个整体来处理.
- (3) 在求总功时, 若各力不同时对物体做功,  $W$  应为各阶段各力做功的代数和. 在利用动能定理列方程时, 还应注意各力做功的正、负或合力做功的正、负.
- (4) 对于受力情况复杂的问题要避免把某个力的功当作合力的功, 对于多过程问题要防止“漏功”或“添功”.

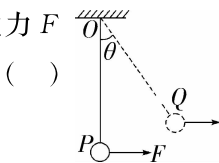
### 学习任务一 应用动能定理计算变力做功

[科学思维] 多用动能定理求解变力做功的几种情况：

- (1) 如果物体只受到一个变力的作用, 那么根据  $W = E_{k2} - E_{k1}$ , 只要求出做功过程中物体的动能变化量  $\Delta E_k$ , 也就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的作用, 但是其中只有一个力是变力, 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, 即  $W_{\text{变}} + W_{\text{其他}} = \Delta E_k$ .
- (3) 当机车以恒定功率启动时, 牵引力为变力, 牵引力做的功为  $W = Pt$ .

**例 1** 一个质量为  $m$  的小球用长为  $L$  的轻绳悬挂于  $O$  点, 小球在水平拉力  $F$  作用下从平衡位置  $P$  点很缓慢地移动到  $Q$  点, 此时轻绳与竖直方向的夹角为  $\theta$ , 如图所示, 重力加速度为  $g$ , 则拉力  $F$  所做的功为 ( )

- A.  $mgL \cos \theta$   
B.  $mgL(1 - \cos \theta)$

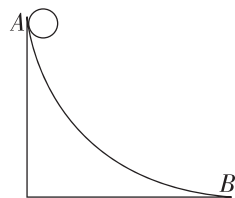


C.  $FL \sin \theta$

D.  $FL \cos \theta$

[反思感悟] \_\_\_\_\_

**变式 1** [2023 · 三明九中月考] 如图所示, 物体沿曲面从  $A$  点无初速度滑下, 滑至曲面的最低点  $B$  时, 下滑的高度为  $5 \text{ m}$ , 速度为  $6 \text{ m/s}$ , 若物体的质量为  $1 \text{ kg}$ . 则下滑过程中物体克服阻力所做的功为 ( $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ ) ( )



- A.  $50 \text{ J}$                       B.  $18 \text{ J}$   
C.  $32 \text{ J}$                       D.  $0 \text{ J}$

[反思感悟] \_\_\_\_\_

**例 2** [2024·福州期末] 一汽车发动机的额定功率为 40 kW, 汽车的质量  $m = 4 \times 10^3$  kg, 汽车在水平路面上行驶时, 阻力是车重的  $\frac{1}{10}$  ( $g$  取  $10$  m/s<sup>2</sup>)

- (1) 汽车以额定功率启动时, 当  $a_1 = 3$  m/s<sup>2</sup> 时, 速度为多少?
- (2) 若汽车以  $1$  m/s<sup>2</sup> 的加速度从静止开始做匀加速直线运动, 匀加速最多能持续多长时间?
- (3) 在经历过(2)的匀加速过程直到达到额定功率后, 汽车继续以额定功率运动, 40 s 后达到最大速度, 求从启动至达到最大速度经过的总位移.

**【要点总结】**

1. 合外力对物体所做的功对应物体动能的变化, 而不是对应物体的动能.
2. 当有多个力做功时, 必须明确各力做功的正负, 待求的变力的功若为负功, 可以设克服该力做功为  $W$ , 则表达式中应用  $-W$ ; 也可以设变力的功为  $W$ , 则字母  $W$  本身含有负号.

**学习任务二 应用动能定理分析多过程问题**

[科学思维] 一个物体的运动如果包含多个运动阶段, 可以选择分段或全程应用动能定理.

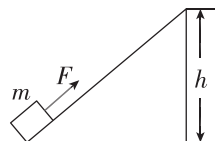
(1) 分段应用动能定理时, 将复杂的过程分割成一个个子过程, 对每个子过程的做功情况和初、末动能进行分析, 然后针对每个子过程应用动能定理列式, 然后联立求解.

(2) 全程应用动能定理时, 分析整个过程中出现过的各力的做功情况, 分析每个力做的功, 确定整个过程中合外力做的总功, 然后确定整个过程的初、末动能, 针对整个过程利用动能定理列式求解. 当题目不涉及中间量时, 选择全程应用动能定理更简单, 更方便.

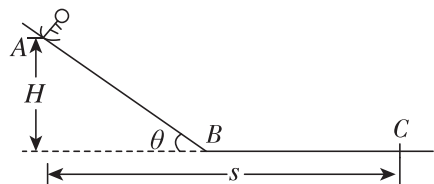
[科学探究] 如果物体经历连续的几个物理过程, 怎样用动能定理求解呢? 如图所示, 质量为  $m$  的小球从某一高度  $h$  处自由下落, 运动中受的空气阻力大小  $F_{阻}$  恒定, 重力加速度为  $g$ , 与地面碰撞前后速度大小不变, 经过一段时间后, 小球会停下来, 你能求出整个过程中小球通过的路程吗?

**例 3** 如图所示, 固定斜面高为  $h$ , 质量为  $m$  的物块在沿斜面向上的恒力  $F$  作用下, 能匀速沿斜面向上运动, 若把此物块放在斜面顶端, 在沿斜面向下同样大小的恒力  $F$  作用下物块由静止向下滑动, 滑至底端时其动能的大小为(重力加速度为  $g$ )

- A.  $mgh$
- B.  $2mgh$
- C.  $2Fh$
- D.  $Fh$



**例 4** [2023·永春一中月考] 如图所示, 滑雪者从高为  $H$  的山坡上的 A 点由静止下滑, 到 B 点后又在水平雪面上滑行, 最后停止在 C 点. A、C 两点的水平距离为  $s$ , AB 与 BC 段在 B 点处平滑连接, 求滑雪板与雪面间的动摩擦因数  $\mu$ .




---



---



---

### 【要点总结】

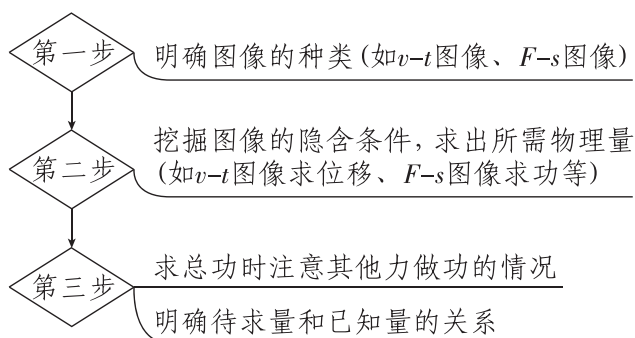
利用动能定理求解多过程问题的基本思路:

- (1) 弄清物体的运动由哪些过程组成.
- (2) 分析每个过程中物体的受力情况.
- (3) 各个力做功有何特点,对动能的变化有无影响.
- (4) 从总体上把握全过程,表达出总功,找出初、末状态的动能.
- (5) 对所研究的全过程运用动能定理列方程.

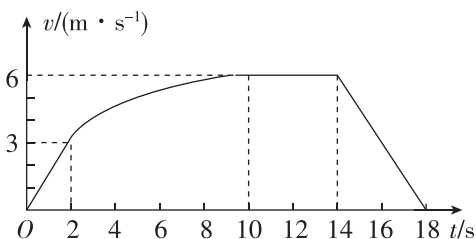
## 学习任务三 动能定理和图像的综合问题

[科学思维] (1) 动能定理经常与图像问题相结合,解决该类问题时一定要弄清图像的物理意义,注意图像的形状、交点、截距、斜率、面积等信息,并结合运动图像建立相应的物理情境,结合相关规律求解.

(2) “三步法”分析动能定理与图像的结合问题



**例 5** (多选) 小车在水平直轨道上由静止开始运动, 全过程运动的  $v-t$  图像如图所示, 除  $2\sim 10$  s 时间段内图像为曲线外, 其余时间段图像均为直线. 已知在小车运动的过程中,  $2\sim 14$  s 时间段内小车的功率保持不变, 在  $14$  s 末关闭发动机, 让小车自由滑行, 小车的质量为  $2$  kg, 受到的阻力大小不变, 则 ( )

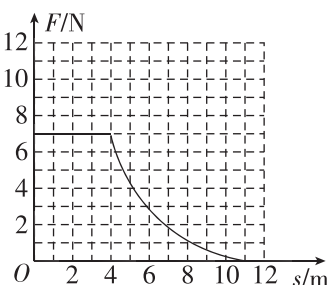


- A. 小车受到的阻力为  $1.5$  N
- B. 小车匀速行驶阶段的功率为  $18$  W
- C.  $1$  s 末小车发动机的输出功率为  $6$  W
- D. 小车在  $2\sim 10$  s 内的位移为  $39$  m

[反思感悟]

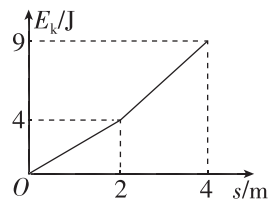
**变式 2** 在某一粗糙的水平面上, 一质量为  $2$  kg 的物体在水平恒定拉力的作用下做匀速直线运动, 当运动一段时间后, 拉力逐渐减小, 且当拉力减小到零时, 物体刚好停止运动, 图中给出了拉力随位移变化的关系图像. 已知重力加速度  $g$  取  $10$  m/s<sup>2</sup>. 根据以上信息不能精确得出或估算得出的物理量有 ( )

- A. 物体与水平面间的动摩擦因数
- B. 合外力对物体所做的功
- C. 物体做匀速运动时的速度
- D. 物体运动的时间



[反思感悟]

**变式 3** [2024·厦门期末] 质量为  $2$  kg 的物块放在粗糙水平面上, 在水平拉力的作用下由静止开始运动, 物块的动能  $E_k$  与其发生的位移  $s$  之间的关系如图所示. 已知物块与水平面间的动摩擦因数  $\mu=0.2$ , 重力加速度  $g$  取  $10$  m/s<sup>2</sup>, 则下列说法正确的是 ( )



- A.  $s=1$  m 时物块的速度大小为  $2$  m/s
- B.  $s=3$  m 时物块的加速度大小为  $2.5$  m/s<sup>2</sup>
- C. 在前  $4$  m 位移过程中拉力对物块做的功为  $9$  J
- D. 在前  $4$  m 位移过程中物块所经历的时间为  $2.8$  s

[反思感悟]



## // 随堂巩固 //

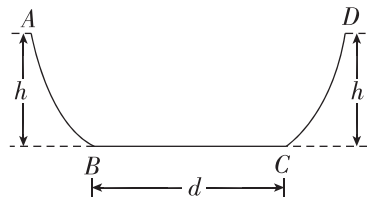
1. (应用动能定理计算变力做功)某人骑自行车下坡,坡长  $l=500\text{ m}$ ,坡高  $h=8\text{ m}$ ,人和车总质量为  $100\text{ kg}$ ,下坡时初速度为  $4\text{ m/s}$ ,人不踏车的情况下,到达坡底时车速为  $10\text{ m/s}$ , $g$  取  $10\text{ m/s}^2$ ,则下坡过程中阻力所做的功为 ( )

- A.  $-4000\text{ J}$                       B.  $-3800\text{ J}$   
C.  $-5000\text{ J}$                       D.  $-4200\text{ J}$

2. (应用动能定理分析多过程问题)[2024·泉州期末] 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,长度  $d=0.5\text{ m}$ ,盆边缘距地面的高度为  $h=0.3\text{ m}$ . 在  $A$  处放一个质量为  $m$  的小物块并让其从静止开始下滑(图中小物块未画出). 已知盆内侧壁是光滑的,而盆底  $BC$  与小物块间的动摩擦因数  $\mu=0.1$ . 小物块在盆内来回滑动直至最

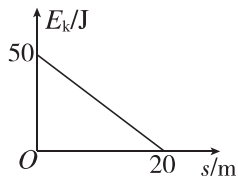
后静止,则小物块最终停下的位置到  $B$  点的距离为 ( )

- A.  $0.5\text{ m}$   
B.  $0.25\text{ m}$   
C.  $0.1\text{ m}$   
D.  $0\text{ m}$



3. (动能定理和图像的综合问题)(多选)质量为  $1\text{ kg}$  的物体以某一初速度在水平地面上滑行,由于受到地面摩擦阻力的作用,其动能随位移变化的图线如图所示, $g$  取  $10\text{ m/s}^2$ ,则物体在水平地面上 ( )

- A. 所受合外力大小为  $5\text{ N}$   
B. 滑行的总时间为  $4\text{ s}$   
C. 滑行的加速度大小为  $1\text{ m/s}^2$   
D. 滑行的加速度大小为  $2.5\text{ m/s}^2$



## 第 4 节 势能及其改变

### 学习任务一 重力势能的理解和计算

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

(1)定义:物体因为处于一定的\_\_\_\_\_而具有的能量.

(2)公式: $E_p = \underline{\hspace{2cm}}$ ,式中  $h$  是物体\_\_\_\_\_到参考平面的高度.

(3)标矢性:重力势能是\_\_\_\_\_,单位:\_\_\_\_\_ ;符号:\_\_\_\_\_.

(4)重力势能的相对性

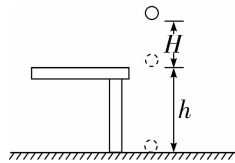
①对同一物体,物体重力势能的大小由物体所处的\_\_\_\_\_决定,为了便于研究问题,我们一般先选定一个水平面作参考,这个水平面叫作\_\_\_\_\_.

②若把参考平面的高度设为零,则物体在该平面的重力势能也为零,这样的水平面称为\_\_\_\_\_参考平面;选择不同的参考平面,重力势能的数值可能不同.

③对选定的参考平面而言,上方物体的高度是\_\_\_\_\_,重力势能为\_\_\_\_\_ ;下方物体的高度是\_\_\_\_\_,重力势能为\_\_\_\_\_. 重力势能的正、负号表示大小.

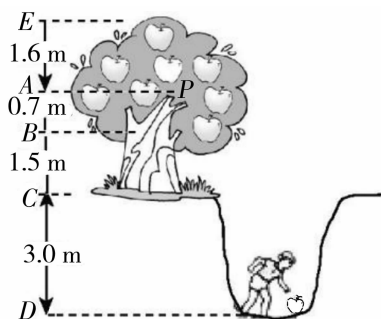
**例 1** 如图所示,桌面高为  $h$ ,质量为  $m$  的小球从离桌面高  $H$  处自由落下,不计空气阻力,重力加速度为  $g$ . 假设桌面处的重力势能为零,则小球落到地面上时的重力势能为 ( )

- A.  $mgh$   
B.  $mgH$   
C.  $mg(h+H)$   
D.  $-mgh$



[反思感悟]

**变式 1** 一棵树上有一个质量为  $0.3\text{ kg}$  的熟透了的苹果  $P$ ,该苹果从树上  $A$  先落到地面  $C$  最后滚入沟底  $D$ . 已知  $A$  与  $C$ 、 $C$  与  $D$  的高度差分别为  $2.2\text{ m}$  和  $3\text{ m}$ ,以地面  $C$  为零势能面,  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$  面之间竖直距离如图所示. 已知重力加速度为  $10\text{ m/s}^2$ ,则该苹果从  $A$  落落到  $D$  的过程中重力势能的减少量和在  $D$  处的重力势能分别是 ( )



- A.  $15.6\text{ J}$  和  $9\text{ J}$                       B.  $9\text{ J}$  和  $-9\text{ J}$   
C.  $15.6\text{ J}$  和  $-9\text{ J}$                       D.  $15.6\text{ J}$  和  $-15.6\text{ J}$

## 【要点总结】

### 1. 重力势能的相对性

重力势能  $E_p = mgh$  与参考平面的选择有关, 式中的  $h$  是物体重心到参考平面的高度. 重力势能是标量, 只有大小而无方向, 但有正、负之分. 当物体在参考平面以上时, 重力势能  $E_p$  为正值; 当物体在参考平面以下时, 重力势能  $E_p$  为负值.

### 2. 参考平面选择的任意性

选择参考平面视处理问题的方便而定, 一般可选择地面或物体运动时所达到的最低点所在水平面为零势能参考平面.

### 3. 重力势能变化的绝对性

物体从一个位置到另一个位置的过程中, 重力势能的变化与参考平面的选择无关, 它的变化是绝对的. 我们关注的是重力势能的变化, 这意味着存在能的转化问题.

## 学习任务二 重力做功的计算

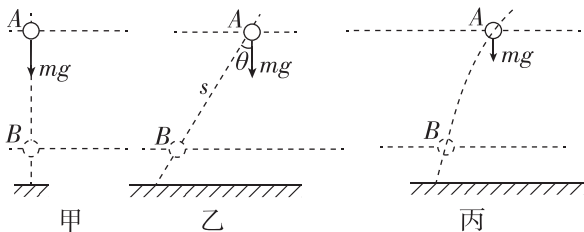
[教材链接] 阅读教材, 完成下列填空:

重力做的功

(1) 定义: 物体运动时, 重力做功与 \_\_\_\_\_ 有关, 而与路径无关.

(2) 表达式:  $W_G = mg(h_1 - h_2)$ .

[物理观念] 如图所示, 一个质量为  $m$  的物体从高度为  $h_1$  的位置  $A$  分别按下列三种方式运动到高度为  $h_2$  的位置  $B$ , 重力加速度为  $g$ . 请思考:



(1) 根据功的公式求出甲、乙两种情况下重力做的功.

---



---



---

(2) 求出丙中重力做的功.

---



---



---

(3) 重力做功有什么特点?

---



---



---

**例 2** [2023·厦门期中] 如图所示, 日光岩是鼓浪屿的最高峰, 山脚到顶峰的高度约为 90 m, 一质量为 70 kg 的游客从山脚登上顶峰. 重力加速度  $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ , 则游客在该过程中 ( )

A. 重力做功约为  $6.3 \times 10^4 \text{ J}$

B. 重力做功约为  $-6.3 \times 10^4 \text{ J}$

C. 因时间未知, 无法求出此过程重力做功

D. 因路程未知, 无法求出此过程重力做功



[反思感悟] \_\_\_\_\_

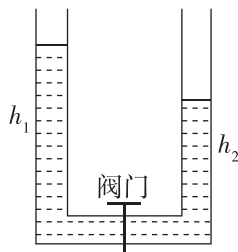
**变式 2** [2023·厦门一中月考] 截面积为  $S$  的 U 形管中, 盛有一种密度为  $\rho$  的液体, 由于底部中间的阀门关闭着, 使一边管中的液面高度为  $h_1$ , 另一边管中的液面高度为  $h_2$ , 如图所示, 再次把阀门打开, 使左右两边相通, 当两边液面达到相同高度时, 重力做的功为 ( )

A.  $\frac{1}{4} \rho g S (h_1 - h_2)^2$

B.  $\frac{1}{2} \rho g S (h_1 - h_2)^2$

C.  $\frac{3}{4} \rho g S (h_1 - h_2)^2$

D.  $\rho g S (h_1 - h_2)^2$



[反思感悟] \_\_\_\_\_

## 【要点总结】

### 1. 重力做功的特点

物体运动时, 重力对物体所做的功只与物体重心初、末位置的高度差有关, 与物体运动的路径无关.

### 2. 重力做功的计算

$W_G = mg(h_1 - h_2)$ , 其中  $h_1, h_2$  分别是物体重心在初、末位置的高度. 物体由高处运动到低处时, 重力做正功. 物体由低处运动到高处时, 重力做负功.