

淘宝在线

与普通高中现行教材配套



导学情练

学科主编 / 杨宗荣

本册主编 / 熊 毓

湖北省

28

所名校联袂推出

物理

DAOXUE
JINGLIAN

高一

(下)



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

出 版 前 言

“惟楚有才，于斯为盛”，历年来，湖北省高考成绩始终为全国“鹤冠”。

自湖北省高考自主命题改革开始，武汉大学出版社按照全日制普通高中教学大纲和考试大纲要求，组织了湖北省28所重点高中近200名特、高级教师编写了《导学精练》高中同步系列与高考总复习系列丛书。该丛书覆盖了高中各学习阶段与各复习进程的各个科目，栏目新颖、版式美观、体例科学、目标清晰、讲解透彻、题量适中、解题灵活，真正体现了名师“导学”、学生“精练”的理念。《导学精练》将揭示高考高升学率的奥秘。

《导学精练》高中同步系列设如下栏目：

新课导学——把本章（或单元）的内容提纲挈领地串起来。即名师认为的“串珍珠”。

目标导航——简明扼要地列出学习本节（或框）的内容后应达到的目标。即名师认为的“指方向”。

知识梳理——把本节（或框）的全部知识概括性地总结复习。即名师认为的“放电影”。

名师点拨——对本节（或框）中的重点、难点、疑点，由老师给出启发性的阐释。即名师认为的“捉虱子”。

典例解析——针对本节（或框）中的学习内容，选择典型例子或经典考题进行解答与分析，起到举一反三的作用。即名师认为的“示范工程”。

同步精练——按基础、综合、拓展的层次，精选适量的练习题提供给学生解答，达到巩固所学知识、拓展学生思维的目的。即名师认为的“深耕细作”。

本章（单元）知识回顾——对本章（或单元）的知识点进行归纳，形成知识结构图或表格描述。即名师认为的“神经网络”。

本章（单元）检测题——精心设计了一套全面反映本章（或单元）所学内容的综合试题，检查测试学生学习的效果，以达到进一步提升的目的。即名师认为的“好钢是炼出来的”。

另外，书中还编写了期中测试题、期末测试题各一套。全书的所有练习题、检测题与测试题，在书后都给出了详尽的解答。

《导学精练》面向中等以上成绩的学生使用。

在本丛书即将付梓之时，我们感谢省教育厅、省教育考试院专家的指导，感谢各地市教研院、各县教研室领导的支持，感谢华师一附中、武汉外国语学校、水果湖高级中学、武钢三中、武汉市第二中学、武汉市第六中学、武昌实验中学、黄陂第一中学、黄冈中学、荆州中学、沙市三中、潜江中学、孝感市高级中学、鄂南高级中学、襄樊市第四中学、仙桃中学、荆门市第一中学、天门中学、监利一中、洪湖市第一中学、公安县第一中学、江陵县第一中学、松滋县第一中学、石首市第一中学、赤壁市一中、黄石市二中、宜昌市一中、随州市一中等28所重点中学编写老师的辛勤劳动，我们也感谢武汉鸣凤文化传播有限公司全体员工的大力协助。他们的鼎力支持，使这套丛书具有了权威性、前瞻性、科学性、实用性、新颖性与互动性。我们衷心期望《导学精练》使所有学生的成绩更上一层楼，在高考中实现心中的理想。

本丛书虽经老师多次修改、出版社三审三校一通读一质检，但肯定仍会有疏漏之处，我们诚恳地希望各位老师和同学谅解。也希望各位老师和同学能发现问题，指出编校错误，我们将竭尽全力使《导学精练》充实、完善、提高。

我们与您同行，共同承袭湖北高考的传奇！

《导学精练》编委会

2006年8月20日

Contents

目 录



第七章 机械能	(1)
第一节 功	(1)
第二节 功率	(3)
第三节 功和能	(6)
第四节 动能 动能定理	(8)
第五节 重力势能	(11)
第六节 机械能守恒定律	(14)
第七节 机械能守恒定律的应用	(16)
第八节 实验:验证机械能守恒定律	(19)
本章知识回顾	(22)
本章检测题	(23)
第八章 动量	(26)
第一节 冲量和动量	(26)
第二节 动量定理	(28)
第三节 动量守恒定律	(30)
第四节 动量守恒定律的应用	(33)
第五节 反冲运动 火箭	(35)
第六节 实验:验证动量守恒定律	(38)
本章知识回顾	(39)
本章检测题	(40)

第九章 机械振动 (43)

第一节 简谐运动	(43)
第二节 振幅 周期和频率	(45)
第三节 简谐运动的图像	(48)
第四节 单摆	(50)
第五节 相位(略)	(52)
第六节 简谐运动的能量 阻尼振动	(52)
第七节 受迫振动 共振	(54)
第八节 实验:用单摆测定重力加速度	(57)
本章知识回顾	(59)
本章检测题	(60)

第十章 机械波 (63)

第一节 波的形成和传播	(63)
第二节 波的图像	(64)
第三节 波长	(68)
第四节 波的衍射	(71)
第五节 波的干涉	(73)
第六节 (略)	(75)
第七节 多普勒效应	(75)
第八节 次声波和超声波	(77)
本章知识回顾	(79)
本章检测题	(79)

期中测试题 (82)

期末测试题 (85)

参考答案 (89)



第七章

机械能

第一节 功



目标导航

1. 功 功率
2. 动能 动能定理
3. 重力势能 弹性势能
4. 重力做功与重力势能改变的关系
5. 机械能守恒定律及其应用



知识梳理

1. 功: 一个物体受到力的作用, 如果在力的方向上发生一段位移, 这个力就对物体做了功。

做功的两个不可缺少的因素: 力和在力的方向上发生的位移。

功的公式: $W = F \cdot s \cos \alpha$ 。

功的单位: 焦耳, 符号是 J。

功是标量。

2. 正功和负功:

根据 $W = F s \cos \alpha$ 可知:

(1) 当 $\alpha = \frac{\pi}{2}$ 时, $W = 0$ 。即当力 F 和位移 s 垂直时, 力 F 对物体不做功。这种情况下, 物体在力 F 的方向上没有发生位移。

(2) 当 $0 \leq \alpha < \frac{\pi}{2}$ 时, $W > 0$ 。即当力 F 跟位移 s 的夹角为锐角时, 力 F 对物体做正功, 这时力 F 是动力, 所以, 动力对物体做正功。

(3) 当 $\frac{\pi}{2} < \alpha \leq \pi$ 时, $W < 0$ 。即当力 F 跟位移 s 的夹角为钝角时, 力 F 对物体做负功, 这时力 F 是阻力, 所以, 阻力对物体做负功。一个力对物体做负功, 又常说成物体克服这个力做功 (取绝对值)。

3. 关于功的公式 $W = F s \cos \alpha$ 的讨论

(1) 公式 $W = F s \cos \alpha$ 只能用于求恒力的功。

(2) 要想由功的公式求变力的功, 可以把物体的位移分成若干足够小的小段, 在每一小段上变力可视为恒力, 这样求出各小段上所做的功, 再把各小段上所做的功加在一起, 就等于变力在整个过程中所做的功。

(3) 当 F, s, α 确定后, 力 F 对物体做的功 W 有确定值, 跟物体做什么运动 (匀速运动或变速运动) 无关, 也跟物体同时受到的其他力无关。

(4) 同一个力做功的数值与参考系的选取有关, 这叫做功的相对性。例如汽车刹车后向前滑行的过程中, 静止在汽车底板上的货物受到向后的摩擦力 F_f ; 若选地面为参考系, F_f 对货物做负功; 若选汽车车厢为参考系, F_f 对货物不做功。通常不说明参考系时, 应认为是选地面为参考系。

(5) 功是力对空间 (s) 的累积, 它是过程量, 求功时一定要明确要求的是哪一个力在哪一段位移 (过程) 上做的功, 是求合力的功还是求某一个分力的功。

4. 当物体在几个力共同作用下运动一段位移的过程中, 这几个力所做的总功等于各个力分别对物体做功的代数和。

5. 若以横坐标表示物体的位移 s , 纵坐标表示沿位移方向的力 F , 画出 $F-s$ 图像, 那么功应等于图像中的 $F-s$ 曲线下的面积, 变力做功 (能与否) 利用 $F-s$ 图像求解。



典例解析

一、规范解题

【例 1】以一定的初速度竖直向上抛出一个球, 小球上升的最大高度为 h , 空气阻力的大小恒为 F , 则从抛出到落回到抛出点的过程中, 空气阻力对小球做的功为 ()。

- A. 0 B. $-Fh$ C. Fh D. $-2Fh$

解析 小球从抛出到落回抛出点的过程中, 物体的位移为零, 但空气阻力做的功并不为零, 因为小球上升和下落过程空气阻力虽然大小不变, 但其方向发生了改变, 不是恒力, 不能直接用公式 $W = F s \cos \alpha$ 计算。如果把运动的全过程分成两段, 上升过程空气阻力大小、方向均不变, 可求出阻力做的功 $W_1 = F h \cos 180^\circ = -Fh$; 下降过程, 阻力也为恒力, 做功 $W_2 = F h \cos 180^\circ = -Fh$, 所以全过程中空气阻力做功 $W = W_1 + W_2 = -Fh + (-Fh) = -2Fh$, D 选项正确。

答案 D

点评 注意公式 $W = F s \cos \alpha$ 的适用条件, 不能生搬硬套。有些变力做功问题可转化为恒力做功处理, 或用其他方法解决, 以后将会进一步学习到。

根据摩擦阻力做功的特点, 摩擦阻力做功与摩擦阻力 F 和物体的运动路程 s 有关, 可表示为 $W = -Fs$ 。



【例2】 质量为 m 的物块始终固定在倾角为 θ 的斜面上,如图 7-1-1 所示,下列说法中正确的是()。

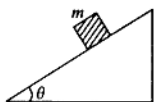


图 7-1-1

- A. 若斜面向右匀速移动距离 s ,斜面对物块没有做功
 B. 若斜面向上匀速移动距离 s ,斜面对物块做功 mgs
 C. 若斜面向左以加速度 a 移动距离 s ,斜面对物块做功 mas
 D. 若斜面向下以加速度 a 移动距离 s ,斜面对物块做功 $m(g+a)s$

解析 要明确斜面对物块做的功是指斜面对物块的作用力的功。若斜面和物块匀速运动,则斜面对物块的作用力必与重力大小相等、方向相反。因此,若斜面匀速向右运动时,力与位移垂直不做功;匀速向上移动 s ,斜面对物块做功为 mgs 。若斜面向左以加速度 a 运动时,斜面对物块作用力与重力的合力为 ma ,方向水平向左,因此该合力做功为 mas ,但重力不做功,故斜面对物块做功为 mas 。若斜面向下以加速度 a 运动时,物体受合外力大小为 ma ,方向竖直向下,故合力做功为 mas ,又因重力做功为 mgs ,故斜面做功 $W = mas - mgs = m(a - g)s$ 。[或据牛顿第二定律求出斜面对物块的作用力 F ,因为 $mg - F = ma$,所以 $F = m(g - a)$, $W = -Fs = m(a - g)s$]

答案 ABC

点评 (1) 功的计算要明确是什么力在哪段位移过程中的功,功的大小只取决于该力和力方向上的位移,与其他因素无关。

(2) 一个物体对另一个物体做功是指一个物体对另一个物体的作用力(可能是几个力的合力)做的功。

二、例题互动

【例3】 物体静止在光滑水平面上,先对物体施一水平向右的恒力 F_1 ,经时间 t 后撤去 F_1 ,立即再对它施一水平向左的恒力 F_2 ,又经时间 t 后物体回到出发点。在这一过程中, F_1 、 F_2 分别对物体做的功 W_1 、 W_2 间的关系是()。

- A. $W_1 = W_2$ B. $W_2 = 2W_1$
 C. $W_2 = 3W_1$ D. $W_2 = 5W_1$

【例4】 如图 7-1-2 所示,质量为 m 的物体沿倾角为 α 的粗糙斜面下滑了一段距离 s ,物体与斜面间的动摩擦因数为 μ ,试求物体所受各力在下滑过程中对物体所做的功及这些力所做的总功。

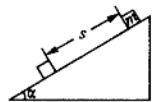
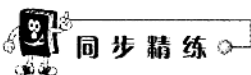


图 7-1-2



1. 关于功的说法,正确的是()。

- A. 因为功有正负,所以功是矢量
 B. 功只有大小而无方向,所以功是标量
 C. 功的大小是由力和位移决定的
 D. 力和位移都是矢量,所以功也是矢量

2. 用水平恒力 F 作用在质量为 M 的物体上,使之在光滑的水平面上沿力的方向移动距离 s ,恒力做功为 W_1 ,再用该恒力作用于质量为 $m(m < M)$ 的物体上,使之在粗糙的水平面上移动同样的距离 s ,恒力做功为 W_2 ,则两次恒力做功的关系是()。

- A. $W_1 > W_2$ B. $W_1 < W_2$
 C. $W_1 = W_2$ D. 无法判断

3. 用力将重物竖直提起,先是从静止开始匀加速上升,紧接着匀速上升,如果前后两过程运动的时间相同,不计空气阻力,则()。

- A. 加速过程中拉力的功一定比匀速过程中拉力的功大
 B. 匀速过程中拉力的功比加速过程中拉力的功大
 C. 两过程中拉力的功一样大
 D. 上述三种情况都有可能

4. 如图 7-1-3 所示,在匀加速向左运动的车厢中,一人用力向前推车厢,若人与车厢始终保持相对静止,则下列结论正确的是()。

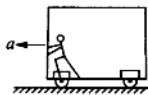


图 7-1-3

- A. 人对车厢做正功
 B. 人对车厢做负功
 C. 人对车厢不做功
 D. 无法确定

5. 关于摩擦力的功,下列说法正确的是()。

- A. 静摩擦力总是做正功,滑动摩擦力总是做负功
 B. 静摩擦力对物体不一定做功,滑动摩擦力对物体一定做功
 C. 静摩擦力对物体一定做功,滑动摩擦力对物体可能不做功
 D. 静摩擦力和滑动摩擦力都可能对物体不做功

6. 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 8J,力 F_2 对物体做功 6J,则 F_1 和 F_2 的合力对物体做的功为()。

- A. 14J B. 10J C. 7J D. 2J

7. 在距地面高 5m 的平台上,以 25m/s 的速度竖直向上抛出质量为 1kg 的石块,不计空气阻力,取 $g = 10\text{m/s}^2$,则抛出后第 3s 内重力对石块所做的功是()。

- A. 100J B. 50J C. 0 D. -100J

8. 下列关于作用力、反作用力的做功问题中,说法正确的是()。



- A. 作用力做功,反作用力也必定做功
 B. 作用力做正功,反作用力一定做负功
 C. 作用力做功数值一定等于反作用力做功数值
 D. 单纯根据作用力的做功情况不能判断反作用力的做功情况

9. 如图 7-1-4 所示,相同的物体甲和乙静止于相同的粗糙水平面上,分别在大小相等的力 F_1 和 F_2 作用下做加速运动, F_1 和 F_2 与水平方向的夹角均为 θ ,通过相同的位移,在此过程中, F_1 做的功 _____ (填“大于”、“小于”或“等于”) F_2 做的功;合力对甲物体做的功 _____ (填“大于”、“小于”或“等于”) 合力对乙物体做的功。

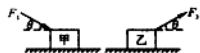


图 7-1-4

10. 如图 7-1-5 所示,质量为 m 的滑块,由半径为 R 的半球面的上端 A 滑下,在下滑过程中所受到的摩擦力大小恒为 F_f ,滑块由 A 滑到最低点 B 的过程中,重力做的功为 _____,弹力做的功为 _____,摩擦力做的功为 _____。

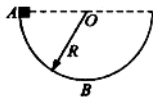


图 7-1-5

11. 如图 7-1-6 所示,水平的传送带以速度 $v = 6 \text{ m/s}$ 顺时针运转,两传动轮 M、N 之间的距离为 $L_1 = 10 \text{ m}$,若在 M 轮的正上方

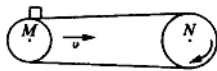


图 7-1-6

方将一质量为 $m = 3 \text{ kg}$ 的物体轻放在传送带上,已知物体与传送带之间的动摩擦因数 $\mu = 0.3$,在物体由 M 处传送到 N 处的过程中,传送带对物体的摩擦力做了多少功? (g 取 10 m/s^2)

12. 某人利用如图 7-1-7 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 $\alpha_1 = 30^\circ$, $\alpha_2 = 37^\circ$, $h = 1.5 \text{ m}$,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。

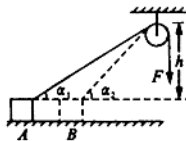


图 7-1-7

知识拓展

用塑料部件代替金属部件可以减小汽车质量,从而可以节能. 假设汽车使用塑料部件后质量为原来的 $\frac{4}{5}$,而其他性能不变. 若车行驶时所受的阻力与车的质量成正比,则与原来相比,使用塑料部件的汽车能节省 _____ % 的汽油。

第二节 功率



知识梳理

1. 功率:功 W 跟完成这些功所用时间 t 的比值叫做功率. 功率是表示做功快慢的物理量.

定义式: $P = \frac{W}{t}$.

单位:瓦特,符号:W.

2. 平均功率和瞬时功率

平均功率:表示力在一段时间内做功的平均快慢.

计算平均功率的方法有两种:(1) $P = \frac{W_{\text{总}}}{t_{\text{总}}}$; (2) $P = F \cdot \bar{v}$.

这种方法要求力 F 为恒力,且力 F 与平均速度方向在一条直线上.

瞬时功率:表示力在某一瞬间做功的快慢.

计算瞬时功率的方法: $P = F \cdot v$,其中力 F 和速度 v 均为所求时刻的力和瞬时速度,该式要求力 F 与速度 v 方向在一条直线上,若力 F 与速度 v 方向不在一条直线上,则应根据



$P = F \cdot v \cdot \cos\theta$ 求瞬时功率, α 为力 F 和瞬时速度 v 方向间的夹角.

3. 额定功率和实际功率

额定功率是指动力机器长时间正常工作时的输出功率. 额定功率是动力机器重要的性能指标, 一个动力机器的额定功率是不变的.

实际功率是指机器工作时实际消耗的功率, 也就是发动机产生的实际效果的功率. 实际功率应小于或等于额定功率, 但不能大于额定功率, 否则可能损坏机器.

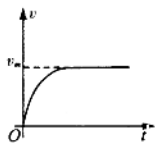
4. 机动车辆的两种启动过程分析

(1) 机车在平直路面上以恒定功率启动, 分析其加速过程知:

① 只有当机车的牵引力与所受的阻力大小相等时, 才达到最大速度.

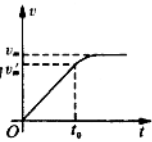
② 在加速过程中, 加速度是变化的, 如果知道某时刻的速度, 可求得此时刻的加速度.

③ 机车在额定功率下行驶的速度-时间图像. 如下:



(2) 机车匀加速启动, 分析其过程可知:

① 机车匀加速启动, 当达到额定功率时, 由于牵引力大于阻力, 所以机车并没有达到最大速度, 此后将保持功率不变做加速度逐渐减小的变加速运动, 当牵引力与阻力大小相等时, 加速度减小到零, 机车才达到最大速度而匀速行驶.



② 匀加速的时间为 $t_0 = \frac{v_m}{a} = \frac{P_{\text{额}}}{(ma + f)a}$



典例解析

一、规范解题

【例1】 汽车发动机的额定功率为 60kW, 汽车的质量为 5t, 汽车在水平路面上行驶时, 阻力是车重的 0.1 倍, $g = 10\text{m/s}^2$.

(1) 汽车保持额定功率不变从静止启动后,

① 汽车所能达到的最大速度是多大?

② 当汽车的加速度为 2m/s^2 时速度为多大?

③ 当汽车的速度为 6m/s 时加速度为多大?

(2) 若汽车从静止开始保持以 0.5m/s^2 的加速度做匀加速直线运动, 这一过程能维持多长时间?

解析 汽车运动中所受的阻力大小为

$$F' = 0.1mg = 0.1 \times 5 \times 10^3 \times 10\text{N} = 5 \times 10^3\text{N}$$

(1) 汽车保持恒定功率启动时, 做加速度逐渐减小的加速

运动, 当加速度减小到零时, 速度达到最大.

① 当 $a = 0$ 时速度最大, 所以此时汽车的牵引力为 $F_1 = F' = 5 \times 10^3\text{N}$

则汽车的最大速度为

$$v_m = \frac{P}{F_1} = \frac{6 \times 10^4}{5 \times 10^3}\text{m/s} = 12\text{m/s}.$$

② 当汽车的加速度为 2m/s^2 时牵引力为 F_2 , 由牛顿第二定律得 $F_2 - F' = ma$

$$F_2 = F' + ma = 5 \times 10^3\text{N} + 5 \times 10^3 \times 2\text{N} = 1.5 \times 10^4\text{N}$$

汽车的速度为

$$v = \frac{P}{F_2} = \frac{6 \times 10^4}{1.5 \times 10^4}\text{m/s} = 4\text{m/s}.$$

③ 当汽车的速度为 6m/s 时牵引力为

$$F_3 = \frac{P}{v} = \frac{6 \times 10^4}{6}\text{N} = 1 \times 10^4\text{N}$$

由牛顿第二定律得 $F_3 - F' = ma$

汽车的加速度为

$$a = \frac{F_3 - F'}{m} = \frac{1 \times 10^4 - 5 \times 10^3}{5 \times 10^3}\text{m/s}^2 = 1\text{m/s}^2.$$

(2) 当汽车以恒定加速度 0.5m/s^2 匀加速运动时, 汽车的牵引力为 F_4 , 由牛顿第二定律得 $F_4 - F' = ma$

$$F_4 = F' + ma = 5 \times 10^3\text{N} + 5 \times 10^3 \times 0.5\text{N} = 7.5 \times 10^3\text{N}$$

汽车匀加速运动时, 其功率逐渐增大, 当功率增大到等于额定功率时, 匀加速运动结束, 此时汽车的速度为 $v_t = \frac{P}{F_4} =$

$$\frac{6 \times 10^4}{7.5 \times 10^3}\text{m/s} = 8\text{m/s}.$$

则汽车匀加速运动的时间为

$$t = \frac{v_t}{a} = \frac{8}{0.5}\text{s} = 16\text{s}.$$

答案 (1) ① 12m/s ② 4m/s ③ 1m/s^2 (2) 16s

点评 (1) 汽车以恒定功率启动时做的是加速度逐渐减小的变加速运动, 直至达到最大速度.

(2) 汽车以恒定加速度启动时, 汽车的功率逐渐增大, 当功率增大到额定功率时, 匀加速运动结束, 此时汽车的速度为匀加速运动的末速度, 但并不是汽车所能达到的最大速度, 此后汽车还可以保持功率不变做加速度逐渐减小的加速运动, 直到加速度减小到零时, 速度才达到最大.

【例2】 跳绳是一种健身运动. 设某运动员的质量是 50kg, 他在 1min 内跳绳 180 次. 假定在每次跳跃中, 脚与地面的接触时间占跳跃一次所需时间的 $\frac{2}{5}$, 则运动员跳绳时克服重力做功的平均功率是 W. (g 取 10m/s^2)

解析 由于跳绳呈周期性运动, 因此我们只需分析一个周期内的情况, 找出在一个周期内运动员克服重力做了多少功, 即可求解.

跳跃的周期

$$T = \frac{60}{180}\text{s} = \frac{1}{3}\text{s}$$

每个周期内运动员在空中运动的时间



$$t_1 = \frac{3}{5}T = \frac{1}{5}s$$

运动员在空中可视为做竖直上抛运动,则起跳的初速度

$$v_0 = g \cdot \frac{t_1}{2} = \frac{1}{2} \times 10 \times \frac{1}{5} \text{ m/s} = 1 \text{ m/s}$$

每次跳跃时运动员上升的最大高度

$$h = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{1}{20} \text{ m}$$

所以每次跳跃时,运动员克服重力做的功为

$$W = mgh = 50 \times 10 \times \frac{1}{20} \text{ J} = 25 \text{ J}$$

故克服重力做功的平均功率为

$$\bar{P} = \frac{W}{t} = \frac{25}{\frac{1}{3}} \text{ W} = 75 \text{ W}$$

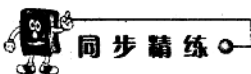
答案 75

点评 对较复杂的现象和问题进行定性或半定量的分析和合理的估算,从而对事物具有粗略的、总体的把握和认识,是一种很重要的科学素养。估算不仅是一个计算问题,而且还是一个物理问题,要先从物理上寻找估算的依据,除去次要因素,突出主要因素,构建出一个简化了的物理模型(如本题将运动员在空中的运动视为竖直上抛运动),然后选用合适的物理规律解题。

二、例题互动

【例 3】 以 10 m/s 的初速度从空中水平抛出一质量为 1 kg 的物体,物体在空中运动了 3 s 后落地,不计空气阻力,取 $g = 10 \text{ m/s}^2$,求物体 3 s 内重力的平均功率和落地时的瞬时功率。

【例 4】 人的心脏每跳一次大约输送 $8 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ 的血液,正常人血压(可看做心脏压送血液的压强)的平均值约为 $1.5 \times 10^4 \text{ Pa}$,心跳约每分钟 70 次,据此估测心脏工作的平均功率。



1. 下列是关于功率的一些说法:

- ① 功率大说明物体做的功多.
- ② 功率小说明物体做功慢.
- ③ 由 $P = W/t$ 可知,机器做功越多,其功率越大.
- ④ 单位时间内机器做功越多,其功率越大.

以上说法中正确的是().

- A. ①② B. ①③ C. ②④ D. ①④

2. 质量为 m 的物体,自高为 h 、倾角为 θ 的光滑斜面顶端由静止滑下,经历时间 t 到达斜面底端,到达斜面底端时的速度为 v ,则物体在斜面底端时,重力的功率是().

- A. mgv B. $mgv \sin \theta$ C. $mgv \cos \theta$ D. $mgv \tan \theta$

3. 在一水平公路上以一般速度行驶的自行车,设所受阻力为人与车重的 0.02 倍,则骑车人的功率最接近于().

- A. 10 kW B. 1 kW C. 0.1 kW D. 0.001 kW

4. 关于功率公式 $P = \frac{W}{t}$ 和 $P = Fv$,下列说法中正确的是().

A. 由 $P = \frac{W}{t}$ 知,只要知道 W 和 t 就可求出任意时刻的功率

B. 由 $P = Fv$ 只能求某一时刻的瞬时功率

C. 从 $P = Fv$ 知,汽车的功率与它的速度成正比

D. 从 $P = Fv$ 知,当汽车发动机功率一定时,牵引力与速度成反比

5. 如图 7-2-1 所示,在自动扶梯以恒定的速度 v 运转时,第一次有一个人站到扶梯上相对扶梯静止不动,扶梯载他上楼过程中对他做功为 W_1 ,做功功率为 P_1 . 第二次这人运动的扶梯上又以相对扶梯的速度 v 同时匀速向上走,则这次扶梯对该人做功为 W_2 ,做功功率为 P_2 . 以下说法中正确的是().

A. $W_1 > W_2, P_1 > P_2$

B. $W_1 > W_2, P_1 = P_2$

C. $W_1 = W_2, P_1 > P_2$

D. $W_1 = W_2, P_1 = P_2$



图 7-2-1

6. 飞机水平匀速飞行时所需的牵引力与飞机的飞行速率的平方成正比,当飞机的牵引力增大为原来的 2 倍时,维持飞机匀速飞行的发动机功率是原来的().

- A. $\sqrt{2}$ 倍 B. $2\sqrt{2}$ 倍 C. 4 倍 D. 8 倍

7. 一辆汽车在恒定功率牵引下,在平直的公路上由静止出发,在 4 min 的时间内行驶了 1800 m ,在 4 min 末汽车的速度为().

- A. 等于 7.5 m/s B. 一定小于 15 m/s
C. 可能等于 15 m/s D. 可能大于 15 m/s

8. 如图 7-2-2 所示,用 $F = 20 \text{ N}$ 的力将重物 G 由静止开始,以 $a = 0.2 \text{ m/s}^2$ 的加速度上提,则 5 s 末时,力 F 的功率为 _____ W .

9. 汽车的额定功率为 50 kW ,质量 1000 kg ,沿水平路面行驶,



所受阻力恒定为 $2 \times 10^3 \text{ N}$, 发动机以额定功率工作, 则当汽车速度为 10 m/s 时, 汽车的加速度为 $\underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}^2$, 汽车的最大速度为 $\underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}$.

10. 一杂技运动员骑摩托车沿一竖直圆轨道做特技表演, 如图 7-2-3 所示, 若车的速度恒为 20 m/s , 人与车的质量之和为 200 kg , 摩托车与轨道间的动摩擦因数为 $\mu = 0.1$, 车通过最低点 A 时, 发动机功率为 12 kW , 求车通过最高点 B 时发动机的功率 (g 取 10 m/s^2).

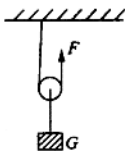


图 7-2-2

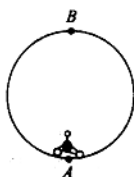


图 7-2-3

11. 质量为 m 、发动机的额定功率为 P_0 的汽车沿平直公路行驶, 当它的加速度为 a 时, 速度为 v , 测得发动机的实际功率为 P_1 . 假定运动中所受阻力恒定, 它在平直公路上匀加速行驶的最大速度是多少?

12. 汽车的质量为 $4 \times 10^3 \text{ kg}$, 额定功率为 30 kW , 运动中阻力大小恒为车重的 0.1 倍. 汽车在水平路面上从静止开始以 $8 \times 10^3 \text{ N}$ 的牵引力出发, 求: (g 取 10 m/s^2)

- (1) 经过多长时间汽车达到额定功率?
- (2) 汽车达到额定功率后保持功率不变, 运动中最大速度为多大?
- (3) 汽车加速度为 0.6 m/s^2 时速度为多大?



知识拓展

测定运动员体能的一种装置如图 7-2-4 所示, 运动员质量 m_1 , 绳拴在腰间沿水平方向跨过滑轮 (不计滑轮摩擦、质量), 悬挂重物 m_2 , 人用力蹬传送带而人的重心不动, 使传送带上侧以速率 v 向右运动, 下面是人对传送带做功的四种说法:

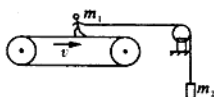


图 7-2-4

- ① 人对传送带做功
- ② 人对传送带不做功
- ③ 人对传送带做功的功率为 $m_2 g v$
- ④ 人对传送带做功的功率为 $(m_1 + m_2) g v$

以上说法正确的是 ().

- A. ①③ B. ①④ C. 只有① D. 只有②

第三节 功 和 能



知识梳理

1. 能: 一个物体能够对外做功, 这个物体就具有能量. 运动的物体具有动能, 举高的物体具有势能, 形变的弹簧具有弹性势能.

2. 能的转化: 能量有多种不同的形式, 各种不同形式的能量可以相互转化, 而且在转化过程中能量守恒.

3. 功和能的关系: 功是能量转化的量度, 功和能具有相同的单位, 在国际单位制中, 都是焦耳.

4. 功和能的区别: 功是过程量, 能是状态量, 只能说处于一定状态的物体具有多少能, 而决不能说这个物体具有多少

功. 功是能量转化的量度, 决不能说成“功是能量的量度”. 因为功只能用来量度物体在状态变化时它的能量变化了多少, 而不能用来量度物体在某一状态所具有的能量, 对于“功”无所谓转化. 所以, 功和能是两个根本不同的物理量, 我们决不能认为功就是能, 能就是功.



典例解析

一、规范解题

【例 1】A、B 两物体在光滑的水平面上, 分别在相同的水平恒力 F 作用下, 由静止开始通过相同的位移 s , 若 A 的质量大于 B 的质量, 则在这一过程中 ().



- A. A 获得的动能较大
B. B 获得的动能较大
C. A、B 获得的动能一样大
D. 无法比较 A、B 获得的动能的大小

解析 本题考查能量的转化与功之间的数值关系。由于水平拉力 F 相同，由静止开始通过相同位移 s ，所以力做的功相同，力 F 对物体做功，把其他形式的能转化为物体的动能，由于力 F 做的功相同，故两物体获得的动能相同。

答案 C

【例 2】 将一货箱沿斜面匀速上拉，试分析这一过程中能量转化的关系。

解析 在此过程，拉力对物体做正功，重力和摩擦力对物体做负功。物体克服重力做的功等于物体重力势能的增加，物体克服摩擦力做的功等于物体与斜面内能的增加（摩擦生热），拉力对物体做的功等于物体克服重力和滑动摩擦力所做的功，即拉力做的功等于物体机械能的增加和物体与斜面内能的增加。

点评 要学会从“能”的观点分析实际问题，搞清楚实际问题中的能量转化关系，这是处理物理问题时常用的思想方法。

二、例题互动

【例 3】 由于地球本身的自转和公转以及月球和太阳对海水的作用力，两者合起来结果形成潮汐运动。若已知地球自转能量与其自转周期的关系式为 $E = A/T^2$ ，其中 $A = 1.65 \times 10^{35} \text{ J} \cdot \text{s}^2$ ， T 是地球自转一周的时间，现取为 $8.64 \times 10^4 \text{ s}$ 。最近一百万年来 ($3.16 \times 10^{13} \text{ s}$)，由于潮汐作用，地球自转周期长了 16 s ，试估算潮汐的平均功率。

【例 4】 随着人类能量消耗的迅速增加，如何有效地提高能量利用率是人类所面临的一项重要任务。图 7-3-1 是上海“明珠线”某轻轨车站的设计方案，与站台连接的轨道有一个小的坡度，请你从能量利用效率的角度，分析这种设计的优点。



图 7-3-1



同步精练

- 下列有关功的叙述中，正确的是()。
 - 功是能量转化的量度
 - 功是能量的量度
 - 功的正负表示功的方向不同
 - 功的正负表示功的大小
- 对于功和能的关系，下列说法中正确的是()。
 - 功就是能，能就是功
 - 功可以变为能，能可以变为功
 - 做功过程就是物体能量的转化过程
 - 功是物体能量的量度
- 关于功和能的关系，下列说法中正确的是()。
 - 物体做了多少功，就表示它原来具有多少能
 - 物体具有多少能，就能做多少功
 - 物体做了多少功，就有多少能量消失了
 - 能量从一种形式转化为另一种形式时，可以用功来量度能量转化的多少
- 关于功和能，下列说法中不正确的是()。
 - 功和能的单位相同，它们的概念也相同
 - 做功的过程就是物体能量的转化过程
 - 做了多少功，就有多少能量发生了转化
 - 各种不同形式的能量可以互相转化，而且在转化过程中，能的总量是守恒的
- 在平直公路上，汽车由静止开始做匀加速运动，当速度达到 v_m 后立即关闭发动机而滑行直到停止。 $v-t$ 图像如图 7-3-2 所示，汽车的牵引力为 F ，摩擦力为 f ，全过程中牵引力做功 W_1 ，克服摩擦力做功为 W_2 ，则()。
 - $F : f = 1 : 3$
 - $F : f = 4 : 1$
 - $W_1 : W_2 = 1 : 1$
 - $W_1 : W_2 = 1 : 3$

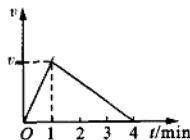


图 7-3-2

- ①③
 - ②③
 - ①④
 - ②④
- 运动员把原来静止的足球踢出去，使足球获得 100 J 的动能，则在运动员踢球的过程中，运动员消耗的体能()。
 - 等于 100 J
 - 大于 100 J
 - 小于 100 J
 - 无法确定
 - 一个物体在光滑的水平面上匀速滑行，则()。
 - 这个物体没有能
 - 这个物体的能量不发生变化
 - 这个物体没有对外做功
 - 以上说法均不对
 - 用同样的水平力沿光滑水平面和粗糙水平面推动一辆相同的小车，都使它们移动相同的距离。两种情况下推力的功分别为 W_1 、 W_2 ，小车最终获得的能量分别为 E_1 、 E_2 ，则()。
 - $W_1 = W_2$ ， $E_1 = E_2$
 - $W_1 \neq W_2$ ， $E_1 \neq E_2$



C. $W_1 = W_2, E_1 \neq E_2$ D. $W_1 \neq W_2, E_1 = E_2$

9. 如图 7-3-3 所示, 物体在光滑的水平面上匀速运动时具有的动能为 20J, 然后物体碰到一轻质弹簧并挤压弹簧, 当弹簧被挤压到最短时, 弹簧的弹性势能为 _____ J, 在物体挤压弹簧的过程中, 物体克服弹力做的功为 _____ J. 然后物体又被弹簧弹回, 物体离开弹簧后所具有的动能为 _____ J, 在物体被弹回的过程中弹力对物体做的功为 _____ J.
10. 起重机提升重物, 重物增加的机械能应用 _____ 量度, 起重机的电动机消耗的电能应用 _____ 量度.
11. 运动员将质量为 150kg 的杠铃举高 2m, 他做了 _____ 的功, 有 _____ 化学能转化为 _____ . (g 取 10m/s^2)
12. 水能是可再生能源, 可持续地用来发电, 为人类提供“清洁”的能源. 黄河壶口瀑布有一水力发电水库, 其平均流量为 $9000\text{m}^3/\text{s}$, 落差为 40m, 发电效率为 75%, 则每天发电可达多少千瓦时? ($g = 10\text{m/s}^2$)

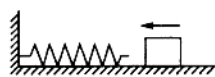


图 7-3-3



知识拓展

粮食储存仓库常常需要利用倾斜的传送带将装满粮食的麻袋运送到高处, 如图 7-3-4 所示. 已知某仓库的传送带长度为 15m, 与水平面的夹角为 30° , 在电动机的带动下, 传送带以 0.3m/s 的恒定速率向斜上方运送麻袋. 电动机的最大输出功率为 10kW , 传送装置本身消耗的功率为 4.0kW . 设每个麻袋的总质量为 90kg , 传送带的移动速率保持不变, 并设在将麻袋放在传送带上时麻袋具有与传送带相同的速度, g 取 10m/s^2 .

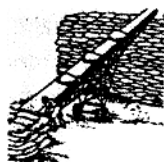


图 7-3-4

- (1) 麻袋被传送带从最底端运送到顶端的过程中, 传送带对每个麻袋做的功为多少?
- (2) 该传送带每分钟最多能运送麻袋多少个?

第四节 动能 动能定理



知识梳理

1. 动能: 物体由于运动而具有的能叫做动能.

动能的表达式为: $E_k = \frac{1}{2}mv^2$.

动能的单位: 焦耳, 符号: J.

动能是标量(填“标量”或“矢量”).

2. 动能定理: 合外力对物体所做的功, 等于物体动能的增量.

表达式为: $W = \frac{1}{2}mv_t^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$.

3. 动能定理的含义

(1) 动能定理反映了合外力对物体做的功与物体动能变化量之间的对应关系, 是功能关系的具体体现. 外力对物体做功的过程, 正是其他形式的能与动能相互转化的过程. 合外力做功的

多少量度了动能转化的多少. 当合外力对物体做正功时, $W > 0$, 则 $E_{k2} - E_{k1} > 0$, 即 $E_{k2} > E_{k1}$, 物体动能增加, 其他形式的能转化为动能; 当合外力对物体做负功时, $W < 0$, 则 $E_{k2} - E_{k1} < 0$, 即 $E_{k2} < E_{k1}$, 物体动能减少, 动能转化为其他形式的能.

(2) 动能定理的研究对象是单一物体, 或者可以看成单一物体的物体系.

(3) 动能定理中外力可以是重力、弹力、摩擦力, 也可以是任何其他力, 但物体动能的变化对应的是合外力的功, 而不是某一个力的功.

(4) 动能定理既适用于直线运动, 也适用于曲线运动; 既适用于恒力做功, 也适用于变力做功.

(5) 动能定理对应的是一个过程, 并且它只涉及物体初末态的动能和整个过程中合外力的功, 它不涉及物体运动过程中的加速度、时间和中间状态的速度、动能, 因此用它处理问题比较方便.



4. 应用动能定理解题的一般步骤

(1) 确定研究对象, 明确它的运动过程.

(2) 分析物体在运动过程中的受力情况, 明确各力是否做功, 是正功还是负功.

(3) 明确起始状态和终了状态的动能(可分段, 也可针对整个运动过程).

(4) 应用 $W = E_{k2} - E_{k1}$, 列方程求解.

典例解析

一、规范解题

【例1】 一质量为 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, 如图 7-4-1, 则力 F 所做的功为 ().

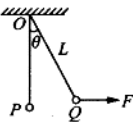


图 7-4-1

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

解析 “对缓慢地移动”的理解要抓住两层意思: 其一, 物体的动能不发生变化, 且总趋近于零; 其二, 物体的每一个状态都是平衡状态, 因此不同位置力 F 不同, 则 F 为变力. 求 F 的功. 由于 F 为变力, 所以不能直接用 $W = Fscos\alpha$ 计算. 但根据动能定理也可研究力的功. 对球从 P 到 Q 的过程, 有重力做功, 且重力做负功. 重力为恒力, 恒力做的功可直接用 $W = Fscos\alpha$ 求得, 所以 $W_G = mgL(1-\cos\theta)$; 还有 F 做功, 且 F 做正功, 用 W_F 表示. 物体的动能没发生变化, 由动能定理 $W = \Delta E_k$ 有 $W_F - mgL(1-\cos\theta) = 0$, 则 $W_F = mgL(1-\cos\theta)$.

答案 B

点评 (1) 本题属求解变力做功问题. 把握题目的隐含条件, 区分 F 是恒力还是变力是解决本题的关键.

(2) 若将本题改为“在水平恒力 F 作用下由 P 点移动到 Q 点, 求力 F 做的功是多少”, 你应如何求解?

(3) 若改为 F 大小不变, 方向始终沿小球运动的轨迹(圆弧)的切线方向呢?

【例2】 人从一定高度落地容易造成骨折. 一般人胫骨的极限抗压强度约为 $1.5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, 胫骨最小横截面积大多为 3.2 cm^2 . 假若一质量为 50 kg 的人从某一高度直膝双足落地, 落地时其重心又下降约 1 cm . 试计算一下这个高度超过多少时, 就会导致胫骨骨折. (g 取 10 m/s^2)

解析 由题意, 胫骨最小处所受冲击力超过 $F = P \cdot S = 1.5 \times 10^8 \times 2 \times 3.2 \times 10^{-4} \text{ N} = 9.6 \times 10^4 \text{ N}$ 时会造成骨折. 设下落安全高度为 h_1 , 触地时重心又下降高度为 h_2 , 落地者质量为 m .

由动能定理: $mg(h_1 + h_2) - Fh_2 = 0$

所以

$$h_1 = \frac{F}{mg} h_2 - h_2$$

代入数据得 $h_1 = \frac{9.6 \times 10^4}{50 \times 10} \times 0.01 \text{ m} - 0.01 \text{ m} = 1.91 \text{ m}$

答案 1.91m

点评 应用动能定理解题时, 要选取一个过程, 确定两个状态, 即初状态和末状态, 以及与过程对应的所有外力的代数和. 由于动能定理中所涉及的功和动能是标量, 无需考虑方向, 因此, 无论物体是沿直线还是曲线运动, 无论是单一运动过程还是复杂的运动过程, 都可以求解.

二、例题互动

【例3】 如图 7-4-2 所示, AB 为 $1/4$ 圆弧轨道, BC 为水平直轨道, 圆弧的半径为 R , BC 的长度也是 R . 一质量为 m 的物体, 与两个轨道间的动摩擦因数都为 μ , 如果它由轨道顶端 A 从静止开始下落, 恰好运动到 C 处停止, 那么物体在 AB 段克服摩擦力所做的功为 ().

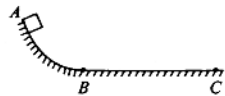


图 7-4-2

- A. $\frac{1}{2} \mu mgR$
 B. $\frac{1}{2} mgR$
 C. mgR
 D. $(1-\mu)mgR$

【例4】 如图 7-4-3 所示, 一质量为 2 kg 的铅球从离地面 2 m 高处自由下落, 陷入沙坑 2 cm 深处, 求沙子对铅球的平均阻力.

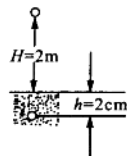


图 7-4-3

同步精练

1. 质量为 m 的物体静止在粗糙水平面上, 若物体受一水平力 F 作用通过位移为 s 时, 它的动能为 E_1 ; 若静止物体受一水平力 $2F$ 作用通过相同位移时, 它的动能为 E_2 , 则 ().

- A. $E_2 = E_1$ B. $E_2 = 2E_1$
 C. $E_2 > 2E_1$ D. $E_2 < 2E_1$

2. 如图 7-4-4 所示, 质量为 m 的物体被用细绳经过光滑小孔而牵引在光滑的水平面上做匀速圆周运动, 拉力为某个值 F 时转动半径为 R . 当外力逐渐增大到 $6F$ 时, 物体仍做匀速圆周运动, 半径为 $R/2$. 则外力对物体所做

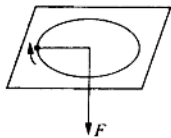


图 7-4-4



的功为()。

- A. 0 B. FR C. $3FR$ D. $\frac{5}{2}FR$

3. 北约对南联盟轰炸时,大量使用了贫铀弹,贫铀比重为钢的2.5倍,设贫铀炸弹与常规炸弹投放速度之比为2:1,它们穿甲过程中所受阻力相同,则形状相同的贫铀弹与常规炸弹穿甲深度之比为()。

- A. 2:1 B. 1:1 C. 10:1 D. 5:2

4. 一物体在滑动摩擦力作用下,正在水平面上做匀减速直线运动,从某时刻起,对物体再施加一水平恒力 F ,那么,在此后的一段时间内()。

- A. 如果物体改做匀速运动,力 F 一定对物体做正功
B. 如果物体改做匀加速运动,力 F 一定对物体做正功
C. 如果物体改做匀减速运动,力 F 一定对物体做负功
D. 如果物体改做曲线运动,力 F 可能对物体不做功

5. 质量为 m 的金属块,当初速度为 v_0 时,在水平面上滑行的最大距离为 s 。如果将金属块的质量增加为 $2m$,初速度增大到 $2v_0$,在同一水平面上,该金属块最多能滑行的距离为()。

- A. s B. $2s$ C. $4s$ D. $s/2$

6. 如图7-4-5所示,物体A和物体B与地面的动摩擦因数相同,A和B的质量相等,在力 F 的作用下,一起沿水平地面向右移动 s ,则()。

- A. 摩擦力对A、B做功相等
B. A、B动能的增量相同
C. F 对A做的功与A对B做的功相等
D. 合外力对A做的功与合外力对B做的功不相等



图 7-4-5

7. 质量为5kg的物体,在一个拉力作用下沿光滑斜面向上运动,在某时刻的速度是2m/s。当它沿斜面运动到在竖直方向升高3m的位置时速度增大到4m/s,取 $g=10\text{m/s}^2$,则拉力对物体做的功为()。

- A. 30J B. 45J C. 150J D. 180J

8. 物体在水平恒力 F 作用下,由静止开始沿光滑水平面运动,经过一段时间物体的速度增大到 v ,又经过一段时间速度增大到 $2v$ 。在这两段时间内,力 F 对物体做功之比是()。

- A. 1:1 B. 1:2 C. 1:3 D. 1:4

9. 一艘由三个推力相等的发动机驱动的气垫船,在湖面上由静止开始加速前进 s 距离后关掉一个发动机,气垫船匀速运动,将到码头时,又关掉两个发动机,最后恰好停在码头上,则三个发动机都关闭后船通过的距离为_____。

10. 汽车在平直的公路上从静止开始做匀加速运动,当汽车速度达到 v_m 时关闭发动机,汽车继续滑行了一段时间后停止运动,其运动的速度如图7-4-6所示。若汽车加速行驶时其牵引力做功为 W_1 ,汽车

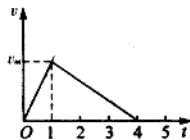


图 7-4-6

整个运动中克服阻力做功等于 W_2 ,则 W_1 与 W_2 的比值为_____,牵引力和阻力大小之比为_____。

11. 质量为 m 的汽车沿平直公路加速行驶,当汽车的速度为 v_1 时,汽车立即以不变的功率 P 继续行驶,经过距离 s ,速度达到最大值 v_2 。设汽车行驶过程中受到的阻力始终不变,求汽车的速度从 v_1 增至 v_2 的过程中,牵引力所做的功以及所经历的时间。

12. 用拉力 F 使一个质量为 m 的木箱由静止开始在水平冰道上移动了 s ,拉力 F 跟木箱前进方向的夹角为 α ,如图7-4-7所示。木箱与冰道间的动摩擦因数为 μ ,求木箱获得的速度。

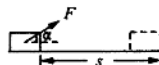


图 7-4-7

13. 如图7-4-8所示,斜面倾角为 θ ,质量为 m 的滑块在距板 P 为 s_0 处以初速度 v_0 沿斜面上滑,滑块与斜面间的动摩擦因数为 μ ,滑块所受摩擦力小于使滑块沿斜面下滑的力。若滑块每次与挡板相碰均无机械能损失,求滑块经过的路程有多大。

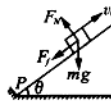


图 7-4-8



知识拓展

两个人要将质量 $m=1000\text{kg}$ 的小车沿一小型铁轨推上长 $l=5\text{m}$ 、高 $h=1\text{m}$ 的斜坡顶端。已知车在任何情况下所受的摩擦阻力恒为车重的 0.12 倍，两人能发挥的最大推力各为 800N 。在不允许使用别的工具的情况下，两人能否将车刚好推到坡顶？如果能应如何办？（要求写出分析和计算过程）

第五节 重力势能



知识梳理

1. 重力势能：物体由于受到重力而具有的跟物体和地球的高度有关的能量，叫做重力势能。

表达式： $E_p = mgh$ 。

单位：焦耳，符号：J。

重力势能是标量（填“标量”或“矢量”）。

2. 重力势能的相对性

重力势能是相对于某一参考平面而言的，其数值是相对的。某一物体在同一位置，当选取不同的参考平面时，重力势能的数值是不同的。研究重力势能，首先应选定参考平面。参考平面的选取以研究问题方便为原则，一般选取地面为参考平面。

在参考平面上的物体，其高度 $h=0$ ，重力势能 $E_p=0$ ；参考平面上方的物体，高度 $h>0$ ，重力势能 $E_p>0$ ；参考平面下方的物体，高度 $h<0$ ，重力势能 $E_p<0$ 。

重力势能的正值表示物体的重力势能比在参考平面上时大；重力势能的负值表示物体的重力势能比在参考平面上时小。重力势能的正负反映了物体重力势能的大小。

3. 重力势能变化的绝对性

重力势能的变化量仅与所研究物理过程的初始位置与末位置的高度差有关，而与参考平面的选取无关，这叫做重力势能变化的绝对性。

4. 重力做正功时，重力势能减少，减少的重力势能等于重力所做的功；克服重力做功（重力做负功）时，重力势能增加，增加的重力势能等于克服重力所做的功。

重力所做的功只跟初位置和末位置的高度有关，跟物体运动的路径无关。

5. 弹性势能：物体由于弹性形变而具有的与它的相对位置有关的势能，叫弹性势能。物体的弹性形变量越大，弹性势能越大。



典例解析

一、规范解题

【例1】甲、乙两个物体距地面的高度分别为 h_1 和 h_2 ($h_1 > h_2$)，它们对地面的重力势能分别为 E_{p1} 和 E_{p2} ，则（ ）。

A. $E_{p1} > E_{p2}$

B. $E_{p1} = E_{p2}$

C. $E_{p1} < E_{p2}$

D. 无法确定

解析 物体重力势能的大小由物体的重力及物体距参考平面的竖直高度决定，即 $E_p = mgh$ 。题中甲、乙两物体的质量大小不知，故重力 $G = mg$ 大小不知，无法判断其重力势能大小关系，D选项正确。

答案 D

点拨 要注意重力势能由重力及物体相对参考面的高度共同决定，不能仅根据高度比较重力势能的大小。

【例2】面积很大的水池，水深为 H ，水面上浮着一正方体木块，木块边长为 a ，密度为水的 $\frac{1}{2}$ ，质量为 m 。开始时，木块静止，有一半没入水中，如图 7-5-1 所示。现用力 F 将木块缓慢地压到池底，不计摩擦，求：

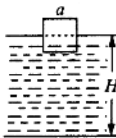


图 7-5-1

(1) 从木块刚好完全没入水中到停在池底的过程中，池水势能的改变量。

(2) 从开始到木块刚好完全没入水的过程中，力 F 所做的功。

解析 (1) 由于水池面积很大，故木块压入水中后，池水的高度变化可以忽略不计。如图 7-5-2 所示，1、2 分别表示木块刚好没入水中时和到达池底的位置，木块从位置 1 移到位置 2，相当于同体积的水从 2 移到 1，所以池水势能的改变量等于这部分水在位置 1 和位置 2 的势能之差。(2) 如图 7-5-3 所示，木块刚好完全没入水中时，图中画斜线部分的水被排开，效果等效于这部分水被平铺于水面，势能增加 ΔE_k ，木块重心降低，势能减小，增量为 ΔE_k 。根据功能关系，力 F 做的功等于系统机械能的变化 $\Delta E_k + \Delta E_k$ 。

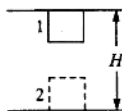


图 7-5-2

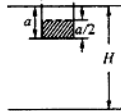


图 7-5-3

点拨 (1) 因为木块质量为 m ，密度为水的 $\frac{1}{2}$ ，所以跟木块同体积的水的质量为 $2m$ 。故池水势能的改变量

$$\Delta E = 2mg\left(H - \frac{a}{2}\right) - 2mg \cdot \frac{a}{2} = 2mg(H - a)$$

(2) 图 7-5-3 中画斜线部分水的质量为 m , 平铺于水面后, 其重力势能改变量为

$$\Delta E_{*} = mgH - mg\left(H - \frac{3}{4}a\right) = \frac{3}{4}mga$$

木块重力势能的改变量为

$$\Delta E_{*} = mg\left(H - \frac{a}{2}\right) - mgH = -\frac{1}{2}mga$$

根据功能关系, 力 F 所做的功

$$W = \Delta E_{*} + \Delta E_{*} = \frac{1}{4}mga$$

拓展 (1) 本题在考查对功能关系理解的基础上, 尤其注重思维方法的考查。等效法是重要的科学思维方法之一, 其依据是物理规律的统一性, 其基础是物理基本原理, 等效方法的使用条件是效果相同。

(2) 木块缓慢下压, 在完全没入水中之前, 压力 F 等于浮力与重力的差, 随浮力增大而增大, 是变力, 解题中用功能关系求解此变力的功, 是一种常用的技巧。另外, 由于浮力随木块下压(完全没入水中前)线性增大, 所以也可以用平均作用力求 F 的功。开始下压时, $F_1 = 0$ 。刚好没入水中时, $F_2 = F_{\text{浮}} - mg = 2mg - mg = mg$, 则功 $W = \bar{F} \cdot s = \frac{0+mg}{2} \cdot \frac{a}{2} = \frac{1}{4}mga$ 。

二、例题互动

【例 3】 如图 7-5-4 所示, 在水平地面上平铺 n 块砖, 每块砖的质量为 m , 厚度为 h 。如将砖一块一块地叠放起来, 至少需要做多少功?

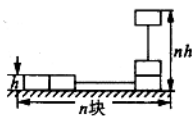


图 7-5-4

【例 4】 如图 7-5-5 所示, 一个质量为 M 的物体, 放在水平地面上, 物体上方安装一个长度为 L 、劲度系数为 k 的轻弹簧, 现用手拉着弹簧上端的 P 点缓慢向上移动, 直到物体离开地面一段距离。在这一过程中, P 点的位移(开始时弹簧处于原长)是 H , 则物体重力势能增加量为()。

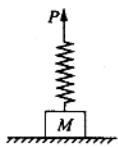


图 7-5-5

- A. MgH
B. $MgH + \frac{(Mg)^2}{k}$
C. $MgH - \frac{(Mg)^2}{k}$
D. $MgH - \frac{Mg}{k}$

同步精练

1. 关于重力势能的一些说法

- ① 物体重力势能的值随参考平面的选择不同而不同
② 物体的重力势能严格说属于物体和地球这个系统的
③ 重力对物体做正功, 物体的重力势能增加
④ 物体位于参考面之下其重力势能为负值

以上说法中正确的是()。

- A. ①②③ B. ①②④ C. ②③④ D. ①③④

2. 平抛一质量为 m 的物体, 初速度为 v_0 , 不计一切阻力, 物体落地时速度方向与水平方向的夹角为 θ , 此过程中重力对物体做功大小为()。

- A. $\frac{1}{2}mv_0^2 \sin^2 \theta$ B. $\frac{1}{2}mv_0^2 \cos^2 \theta$
C. $\frac{1}{2}mv_0^2 \tan^2 \theta$ D. $\frac{1}{2}mv_0^2 \cot^2 \theta$

3. 如图 7-5-6 所示, 一物体由 A 点以初速度 v_0 下滑到底端 B , 它与挡板 B 做无动能损失的碰撞后又滑回到 A 点, 其速度正好为零。设 A 、 B 两点高度差为 h , 则它与挡板碰撞前的速度大小为()。

- A. $\sqrt{\frac{2gh+v_0^2}{4}}$
B. $\sqrt{2gh}$
C. $\sqrt{\frac{4gh+v_0^2}{2}}$
D. $\sqrt{2gh+v_0^2}$

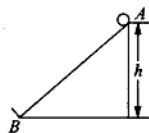


图 7-5-6

4. 一条长为 L 质量为 m 的匀质轻绳平放在水平地面上, 在缓慢提起全绳过程中, 设提起前半段绳人做的功为 W_1 , 在提起后半段绳过程中人做的功为 W_2 , 则 $W_1 : W_2$ 为()。

- A. 1:1 B. 1:2 C. 1:3 D. 1:4

5. 一质量均匀、可伸长的绳索, 重为 G , A 、 B 两端固定在天花板, 如图 7-5-7 所示, 今在最低点 C 施加一竖直向下的力将绳拉至 D 点, 在此过程中, 绳索 AB 的重心位置()。

- A. 逐渐升高
B. 逐渐降低
C. 先降低后升高
D. 始终不变

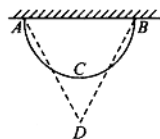


图 7-5-7

6. 在一种叫做“蹦极跳”的运动中, 质量为 m 的游戏者身上系一根长为 L 、弹性优良的轻质柔软橡皮绳, 从高处由静止开始下落 $1.5L$ 时到达最低点。若在下落过程中不计空气阻力, 则以下说法正确的是()。

- A. 速度先增大后减小
B. 加速度先减小后增大
C. 动能增加了 mgL
D. 重力势能减少了 mgL

7. 一根长为 $2m$ 、质量为 $20kg$ 的均匀细铁棒横卧在水平地面上, 人若要把它完全竖立起来, 人对铁棒所做的功不能少于