

功率的发展史、定义及理解

一、功率的发展简史

18 世纪，瓦特改良了蒸汽机，为了量化动力效率，提出“马力”（ $1hp \approx 745.7W$ ），定义为“一匹马每秒钟完成 550 英尺磅（约 745.7J）的功”，相当于一匹马通过绞盘在一秒钟内可以把 10 磅的重物提升 55 英尺的高度，在合理的范围内，重量和高度可以变化，只要乘积是 550 即可。在管理学上效率的意思是单位时间完成的工作量，可以直观反映机械能转化速率，为功率的标准化奠定基础。

1882 年，德国工程师卡尔·威廉·西门子提议以“瓦特”命名功率单位，1889 年正式采纳。瓦特的科学定义为 1 焦耳/秒，统一了机械能、电能、热能等领域的能量转化速率度量。

二、定义

- **物理本质：**功率是单位时间内所做的功，标量，反映做功的快慢。
- **数学表达式：**

$$P = \frac{W}{t} \quad (\text{平均功率})$$

其中 W 为功（焦耳，J）， t 为时间（秒，s）。

单位：瓦特（W），简称瓦， $1W = 1J/s$ ，常用单位还有千瓦（ $1kW = 1000W$ ）。由于功的符号和功率的单位都是 W，刚开始可能容易混淆，在使用的时候注意区分。

功率是标量，因为 W 和 t 都是标量。

功率的定义式，强调的是一段时期内所做功的平均快慢，类似于平均速度，不代表这段时间内任意时刻的功率都是如此，所以在题目中要求平均功率，基本都要用定义式来求解。

功率的定义式可以变形成 $W = Pt$ ，这也是求解功的一种方式，如果功率恒定，则直接带入即可，如果功率 P 随时间规律变化，可以做出 $P-t$ 图像，通过求解图像与时间轴围成的面积来得出功的大小，也可以使用微元法，求得每一小段的功，再累加起来得到总功，在微积分里，功可以看作功率在时间上的积分，即 $W = \int P dt$ 。

功率表示做功的快慢，和做功的多少没有决定的关系。一个力做功越快，功率越大，但一个力做功多，不代表功率就大，可能是时间长的缘故，比如：

$$2000J = 200W \cdot 10s$$

$$2500J = 2.5W \cdot 1000s$$

三、瞬时功率

在功率不恒定的机械运动过程中，要求某一时刻的功率，或者叫瞬时功率，可以通过数学推导来解决这一问题：

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{F \cdot \Delta s \cdot \cos \theta}{\Delta t} = F \cdot v \cdot \cos \theta$$

从这个推导过程可以看出，某一时刻的功率与该时刻的力、瞬时速度及其夹角有关。

F 是产生功率的那个力， θ 是 F 与 v 的夹角， $F \cos \theta$ 可以理解为在速度方向的分力， $v \cos \theta$ 可以理解为力方向的分速度，如求重力 G 的瞬时功率可以采用 $G \cdot v_y$ ， v_y 是竖直方向的分速度。

瞬时功率可以用来分析一些特殊的过程，比如在圆周运动中，提供或充当向心力的力不做功，因为在任意时刻，该力都与瞬时速度垂直，即 $P = Fv \cos \theta$ 中的夹角始终为 90° ，瞬时功率始终为零，累加起来依然是零。

【练习】

1. 研究表明，人步行时重心升降的幅度约为脚跨一步距离的0.1倍。某同学体重为70kg，在水平地面上匀速步行的速度为5km/h，此过程中他的平均功率约为（ ）

A. 5W B. 50W C. 100W D. 200W

【答案】 C

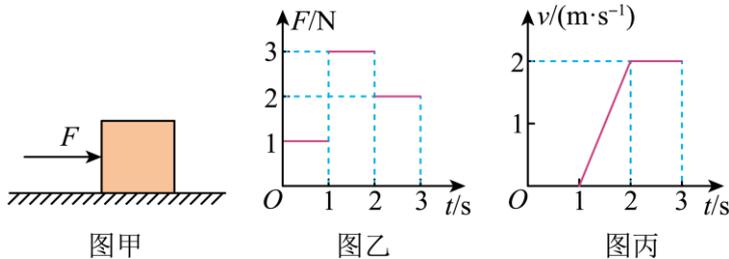
2. 如图甲、乙、丙分别为商场里的厢式、台阶式和斜面电梯，小明在逛商场时分别乘坐了这三部电梯上楼。在电梯以相同速率匀速运行的过程中，小明相对电梯静止，则下列说法正确的是（ ）



- A. 三部电梯对小明均不做功
B. 乘坐乙丙电梯时，电梯对小明均无摩擦力的作用
C. 乘坐甲丙电梯时，小明所受重力做功的功率相等
D. 乘坐甲乙电梯时，小明所受弹力做功的功率不相等

【答案】 D

3. 如图甲所示，物体受到水平推力 F 的作用在粗糙水平面上做直线运动。监测到推力 F 、物体速度 v 随时间 t 变化的规律如图乙、丙所示。取 $g = 10\text{m/s}^2$ ，则（ ）



- A. 第 1s 内推力做的功为 1J
 B. 第 2s 内摩擦力做的功为 2J
 C. 第 1.5s 时推力 F 的功率为 6W
 D. 第 2s 内推力 F 做功的平均功率为 3W

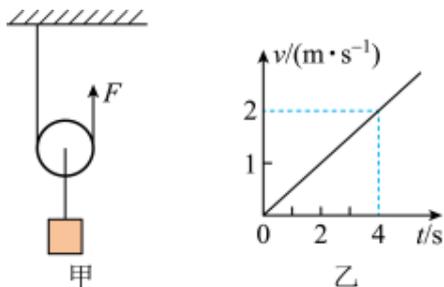
【答案】 D

4. 如图所示, 某同学到超市购物, 用大小为 10N, 方向与水平方向成 60° 角斜向上的拉力, 使质量为 2kg 的购物篮从静止开始在水平地面上做匀加速直线运动, 经过 3s 运动了 9m。则: 在 3s 内, 力 F 对物体做的功为_____ J, 克服阻力做功 _____ J; 在第 3s 末, 力 F 对物体做功的瞬时功率为_____ W;



【答案】 45 45 30

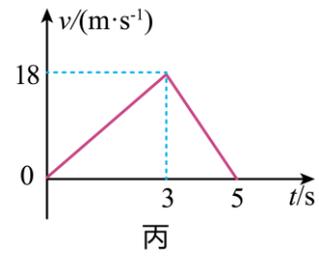
5. 如图甲所示, 滑轮质量、摩擦均不计, 质量为 2kg 的物体在拉力 F 作用下由静止开始向上做匀加速运动, 其速度随时间的变化关系如图乙所示, 由此可知 ()



- A. 物体加速度大小为 2m/s^2
 B. F 的大小为 21N
 C. 4s 末 F 的功率为 42W
 D. 4s 内 F 的平均功率为 42W

【答案】 C

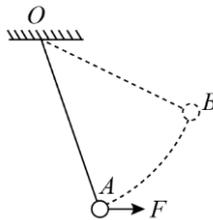
6. 图甲所示的救生缓降器由挂钩 (或吊环)、吊带、绳索及速度控制装置等组成, 是一种可使人沿 (随) 绳 (带) 缓慢下降的安全营救装置. 如图乙所示, 高层建筑工人在一次险情中, 将安全带系于腰部, 从离地面某高度处通过钢丝绳先匀加速运动后匀减速运动安全着陆, 图丙是工人运动全过程的 $v-t$ 图像. 已知工人的质量 $m = 70\text{kg}$, $g = 10\text{m/s}^2$, 则下列说法中错误的是 ()



- A. 发生险情处离地面的高度为 45m
- B. 加速下滑时钢丝绳对工人的拉力大小为 280N
- C. 整个过程中工人所受重力做功为 31500J
- D. $t = 4\text{s}$ 时钢丝绳对工人拉力的瞬时功率为 630W

【答案】 D

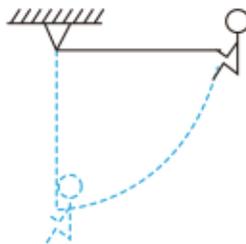
7. 如图所示，细线的一端固定于 O 点，另一端系一小球。在水平拉力作用下，小球以恒定速率在竖直平面内由 A 点运动到 B 点。在此过程中拉力的瞬时功率变化情况是 ()



- A. 逐渐增大
- B. 逐渐减小
- C. 先增大后减小
- D. 先减小后增大

【答案】 A

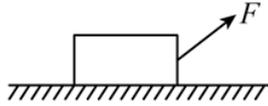
8. 飞行员进行素质训练时，抓住秋千杆由水平状态开始下摆，如图所示，在到达竖直位置的过程中，飞行员重力的瞬时功率的变化情况是 ()



- A. 一直增大
- B. 一直减小
- C. 先增大后减小
- D. 先减小后增大

【答案】 C

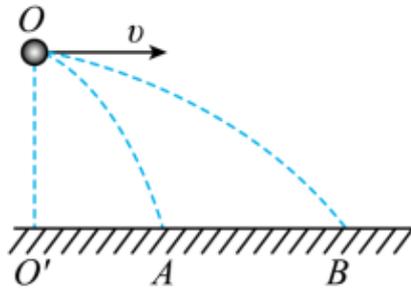
9. 水平地面上有一木箱，木箱与地面之间的动摩擦因数为 μ ($0 < \mu < 1$)。现对木箱施加一拉力 F ，使木箱做匀速直线运动。设 F 的方向与水平面夹角为 θ ，如图，在 θ 从 0 逐渐增大到 90° 的过程中，木箱的速度保持不变，则 ()



- A. F 一直减小 B. F 一直增大 C. F 的功率减小 D. F 的功率可能不变

【答案】 C

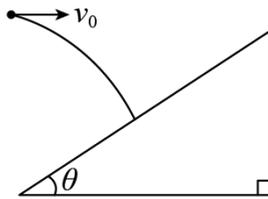
10. 如图所示，两个完全相同的小球从水平地面上方同一点 O 分别以初速度 v_1 、 v_2 水平抛出、落在地面上的位置分别是 A 、 B ， O' 是 O 在地面上的竖直投影，且 $O'A:AB = 1:2$ 。若不计空气阻力，则两小球 ()



- A. 初速度大小之比为 1:2 B. 落地瞬间重力的瞬时功率不相同
C. 重力做功的平均功率不相同 D. 重力对两个小球做功相同

【答案】 D

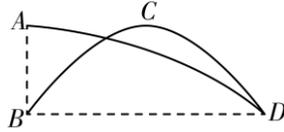
11. 如图所示，质量为 m 的小球以初速度 v_0 水平抛出，恰好垂直打在倾角为 θ 的斜面上，不计空气阻力，则球落在斜面上时重力的瞬时功率为 ()



- A. mgv_0 B. $\frac{mgv_0}{\tan \theta}$ C. $\frac{mgv_0}{\cos \theta}$ D. $mgv_0 \cos \theta$

【答案】 B

12. 如图所示，某次训练中，一运动员将排球从 A 点水平击出，球击中 D 点；另一运动员将该排球从位于 A 点正下方的 B 点斜向上击出，最高点为 C ，球也击中 D 点。已知 B 、 D 等高， A 、 C 等高，不计空气阻力。下列说法正确的是 ()



- A.两过程中，排球的飞行时间相等
- B.两过程中，排球的初速度大小一定相等
- C.前一个过程中，排球击中D点时的速度较大
- D.两过程中，击中D点时重力做功的瞬时功率相等

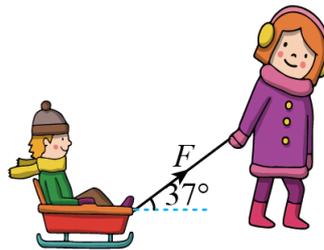
【答案】 CD

13. 如图所示，小孩坐在雪橇上，现用一个与水平方向成 37° 、大小为 50N 的力 F 拉着雪橇沿水平地面从静止开始以 $a = 0.5\text{m/s}^2$ 的加速度做匀加速直线运动，已知 $\cos 37^\circ = 0.8$ 。求：（1）8s 内雪橇的位移是多少，拉力对雪橇做的功是多少；（2）8s 末雪橇的速度大小是多少，拉力的瞬时功率大小。



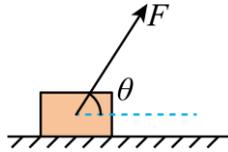
【答案】 （1）16m，640J；（2）4m/s，160W

14. 如图所示，水平雪面上的雪橇在与水平方向成 37° 角的拉力 $F=20\text{N}$ 的作用下，沿直线匀速运动 5m，所用时间为 5s，已知 $\sin 37^\circ = 0.6$ ， $\cos 37^\circ = 0.8$ ，求：（1）拉力 F 做的功；（2）上述 5s 内拉力 F 的平均功率；（3）雪橇克服地面摩擦力做的功。



【答案】 （1）80J；（2）16W；（3）80J

15. 如图所示，质量 $m=10\text{kg}$ 的箱子静止在光滑水平地面上，现用 $F=20\text{N}$ 与水平方向成 $\theta = 60^\circ$ 斜向右上方的拉力拉箱子，箱子由静止开始向右运动。求：



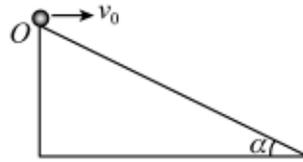
(1)箱子运动过程中的加速度；(2)3s 内各力做的功；(3)拉力 F 在 3s 内做功的平均功率和 3s 末的瞬时功率。

【答案】 (1) $a = 1\text{m/s}^2$ ，方向水平向右

(2)见解析

(3) $\bar{P} = 15\text{W}$ ， $P = 30\text{W}$

16. 如图所示，倾角为 $\alpha = 30^\circ$ 的足够长的斜面体固定在水平面上，质量为 $m = 0.2\text{kg}$ 的小球由斜面体的顶端以 $v_0 = 10\sqrt{3}\text{m/s}$ 的初速度沿水平方向抛出，不计空气阻力，重力加速度取 $g = 10\text{m/s}^2$ 。求：(1) 小球由抛出到落在斜面体的过程中重力做功的平均功率；(2) 小球落在斜面体瞬间重力的瞬时功率。



【答案】 (1) 60W；(2) 120W