

六、杠杆和功

模块一 杠杆识别

一、杠杆的基本概念

在日常生活中，我们经常会用到下面的工具，其实它们就是杠杆。



1. 定义：一根硬棒，在力的作用下绕着固定点转动，这根硬棒就是杠杆。

说明：“硬棒”不一定是棒，在这里它泛指有一定长度的，在外力的作用下几乎不发生形变的一切物体。因此，实际杠杆的外形多种多样，可以是直的，可以是弯曲的，可以是方的，可以是圆的，但不管它的外形如何，作为杠杆时都具有共同的特点；①有一个固定点，在物体转动时，这点是静止不动的；②在力的作用下能绕固定点转动而几乎不发生形变；③受到动力和阻力作用。例如：剪刀、钳子、独轮车、铡刀以及滑轮等。

2. 杠杆的五要素：

A. 支点：杠杆绕着转动的固定点（常用 O 表示）

B. 动力：使杠杆转动的力（常用 F_1 表示）

C. 阻力：阻碍杠杆转动的力（常用 F_2 表示）

D. 动力臂：从支点到动力作用线的距离（常用 L_1 表示）

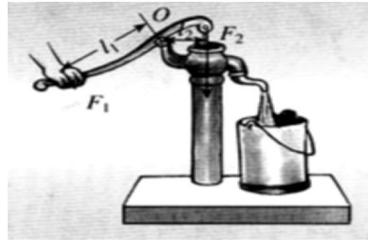
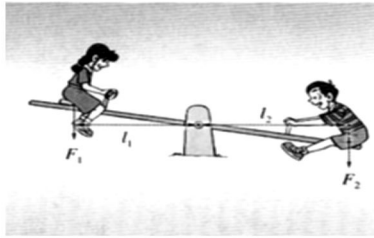
E. 阻力臂：从支点到阻力作用线的距离（常用 L_2 表示）

动力和阻力是从使杠杆转动和阻碍杠杆转动来定义的，具有相对性。如果两个力分别由人和物体施加的，我们通常选择人施加的力为动力，物体施加的力为阻力；如果二个力都由人（或物体）施加的，我们可以任意选择其中的一个力作为动力，则使杠杆旋转方向相反的另一个力就是阻力。

注意：（1）动力和阻力都是指杠杆受到的力，而不是杠杆对其他物体施加的力；

（2）力使杠杆转动的方向与力的方向和支点的位置都有关。

3. 力臂图的画法：



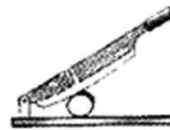
- A. 明确支点，用 O 表示
 - B. 通过力的作用点沿力的方向画一条直线（虚线）
 - C. 过支点 O 作该力的作用线的垂线
 - D. 用两头带着箭头的线段标示出支点到力的作用线的垂线段，写上相应的字母
4. 杠杆的分类



托盘天平



缝纫机脚踏板



铡刀

- A. 省力杠杆：动力臂 > 阻力臂，动力 < 阻力。特点是省力费距离。（铡刀）
- B. 费力杠杆：动力臂 < 阻力臂，动力 > 阻力。特点是省距离费力。（缝纫机脚踏板）
- C. 等臂杠杆：动力臂 = 阻力臂，动力 = 阻力。特点是不省力也不费力，不省距离也不费距离。（托盘天平）

模块二 杠杆平衡条件

二、杠杆的平衡条件

1. 杆处于静止或匀速转动状态为杠杆平衡。
2. 为什么实验前要调节杠杆两端的螺母，使杠杆在水平位置平衡；实验时在杠杆两端的不同位置分别挂上个数不等的钩码位置，也要使杠杆在水平位置重新平衡？
目的；①消除杠杆自重的影响，由于实际杠杆的支点不可能精确处在其重心位置，因而杠杆本身的重力会对其平衡产生影响；②使力臂和杠杆重合，直接从杠杆尺上读出力臂的长度、所以，我们要求杠杆处于水平位置平衡。

3. 平衡条件（即实验结论）： $F_1L_1 = F_2L_2$ 或 $\frac{F_2}{F_1} = \frac{L_1}{L_2}$

模块三 功、功率

三、功

1. 功：如果一个力作用在物体上，物体在这个力的方向移动了一段距离，我们就说力对物体做了功。
2. 做功的两个必要因素：作用在物体上的力和物体在力的方向上通过的距离。

3. 计算公式： $W = Fs$ ，功的单位： J （焦耳）

4. 不做功的几种情况：

A. 物体受到力的作用，但物体没有移动，这个力对物体不做功。如小孩搬大石头搬不动。

B. 由于惯性保持物体的运动，虽有通过的距离，但没有力对物体做功。如冰块在光滑水平面上运动。

C. 当物体受到的力的方向与物体运动方向垂直时，这个力对物体不做功。如提着重物在水平地面上行走。

甲、乙图是力做功的实例，丙、丁图是力不做功的实例



5. 功的原理

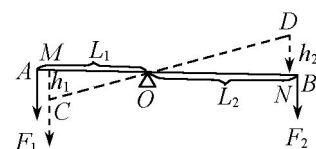
(1) 实验证明：使用机械时，人们所做的功，都不会少于直接用手所做的功。人们使用机械的目的，一是为了省力，二是为了省距离，三是为了操作方便——改变力的方向，但使用任何机械都不省功。这个结论叫做功的原理。

(2) 功的原理是能量守恒定律的一种表现形式，是一个普遍的结论，对任何机械都适用，但必须满足物体是匀速运动的。这个原理平时可通俗地解释为：利用机械使物体匀速运动时，动力做的功等于克服阻力做的功。

(3) 利用功的原理推导杠杆平衡条件。如图，设动力为 F_1 ，动力臂为 L_1 ；阻力为 F_2 ，阻力臂为 L_2 。在力作用下，杠杆由 AB 位置匀速转到 CD 位置，则杠杆的 A 端在 F_1 作用下下降了 h_1 ，动力做功 $W_1 = F_1 \cdot L_1$ ； B 端克服阻力 F_2 的作用升高了 h_2 ，

克服阻力做功 $W_2 = F_2 \cdot L_2$ ，由于功的原理 $W_1 = W_2$ 即 $F_1 \cdot h_1 = F_2 \cdot h_2$

注意到 $\triangle OCM \sim \triangle ODN$ ，有 $\frac{h_1}{h_2} = \frac{L_1}{L_2}$ 。由此可得 $\frac{F_1}{F_2} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{L_2}{L_1}$ 。



四、功率

1. 概念：单位时间里完成的功叫功率。功率是描述做功快慢的物理量。

2. 功率的公式： $P = \frac{W}{t}$

3. 功率的单位：瓦特，简称“瓦”，用“W”表示，常用的单位还有“kW”。其中 $1W = 1J/s$ ， $1kW = 1000W$

4. 当物体在 F 的作用下，以速度 v 匀速运动时，有 $P = \frac{W}{t} = F \cdot v$ ，由此可知，

当功率一定时，力和速度成反比。例如，拖拉机的功率是一定的，当它耕地时，需要很大的动力，故其速度慢一些，当它在平地上行驶时，需

要的动力小一些，故其运动的速度较大。另外如汽车以恒定功率行驶，平路上和爬坡时的速度会有很大差别。

5. 功率只反映做功的快慢，不能表示做功的多少。
6. 功和功率是两个不同的物理量。
7. 比较功率大小的三种方法：①在相同时间内，比较做功的大小，做功越多的物体，功率越大；②在完成相同功的条件下，比较所用时间长短，所用时间越短的物体，功率越大；③做功的多少和所用时间都不相同的情况下，通过计算 $P = \frac{W}{t}$ ，进行比较。

五、机械效率

1. 有用功、额外功和总功

利用机械做功时，对人们有用的功叫有用功 ($W_{\text{有}}$)；对人们没有用，但又不得不做的功叫额外功 ($W_{\text{额}}$)；有用功加额外功是总共做的功，叫总功 ($W_{\text{总}}$)， $W_{\text{总}} = W_{\text{有}} + W_{\text{额}}$ 。

对于同一个机械，由于人们的目的不同，有用功和额外功是不同的，它们不是一成不变的，分析时应注意。例如：用水桶从井中提水时，我们的目的是提水，则对水做的功是有用功，对桶做的功是额外功；从井里捞桶的时候，我们的目的是从井中捞桶，则对桶做的功是有用功，对水做的功是额外功。

2. 机械效率的定义：有用功跟总功的比值

3. 机械效率的公式： $\eta = \frac{W_{\text{有}}}{W_{\text{总}}} \times 100\%$ ，有用功总小于总功，所以机械效率 η 总小于 1。

(1) 当总功一定时，机械所做的有用功越多，即额外功越少，机械效率就越高；

(2) 当有用功一定时，机械所做的总功越少，即额外功越少，机械效率就越高；

(3) 当额外功一定时，机械所做的总功越多，或有用功越多，有用功在总功中所占的比例就越大，机械效率越高。

理解了机械效率的概念，就能判断有关的一些说法是否正确。如做“有用功越多的机械，机械效率就越高”，“机械做功时，额外功越少的机械，机械效率就越高”等等，在分析、比较这类问题时要注意机械效率的高低是由有用功和总功两个因素决定的，只分析一个因素，不能判断机械效率的高低。

注意：(1) 对于实际机械来说，因为利用任何机械做功时，总免不了要做额外功。对于额外功，我

们只能尽量减小，而不会为零。

(2) 对于不考虑机械自重和摩擦的理想机械来说， $W_{总} = W_{有用}$ ，其

$\eta = W_{有用} / W_{总}$ 的比值就等于 1，因此机械效率等于 1。

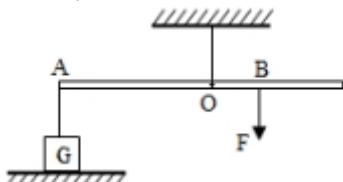
4. 功率和机械效率的区别

功率和机械效率是两个不同的概念。功率表示做功的快慢，即单位时间内完成的功。机械效率表示机械做功的效率，即所做的总功中有多大比例的功是有用的。

功率和机械效率是两个物理意义不同也没有直接联系的物理量。功率大的机械，机械效率不一定高；机械效率高的机械，功率也不一定大。这正是同学们学习中最容易产生错觉的地方，请仔细领会、分辨，千万不可将两个概念混为一谈。

精品试题回顾

【练习 1】(2011·广安) 如图所示，轻质木杆 AB 可以绕 O 点转动，OA 的长度是 OB 的三倍，A 端细线下所挂 280N 的重物静止在水平地面上，在 B 点用 600N 的动力竖直向下拉动，木杆静止不动，则重物对水平地面的压力为 _____ N，此木杆



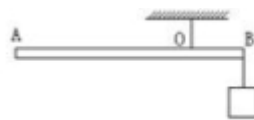
为 _____ (填“省力”“费力”或“等臂”) 杠杆。

【练习 2】(2011·泸州) 某以汽油为燃料的观光汽车沿该盘山公路(盘山公路近似处理为斜面)以 36Km/h 的速度匀速行驶，经过 15min 从山脚到达山顶；汽车上山时沿路面获得的牵引力恒为 $9.2 \times 10^3 \text{N}$ 。该汽车的效率为 30%，汽油热值

$q=4.6 \times 10^7 \text{ J/Kg}$, 求:

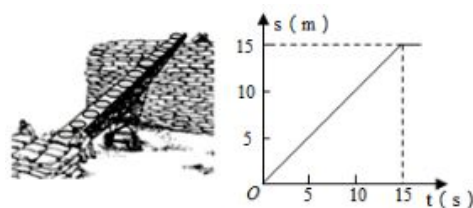
- (1) 汽车上山时牵引力的功率为多大? (2) 汽车从山脚到山顶消耗了多少千克的汽油?

【练习 3】(2010•恩施州) 如图所示, 把一根质量是 2kg 且质量均匀分布的木棒 AOB 从 O 点悬挂 ($AO=3OB$), 当在 B 端挂一个重物时, 木棒恰在水平位置平衡. 求此重物的质量是多少?



【练习 4】(2014•资阳) 如图甲所示是电动传送机, 传送带斜面长 $L=15\text{m}$, 与水平地面成 $\theta=30^\circ$, 每袋货物质量 $m=30\text{kg}$; 若货物传送过程中不打滑, 传送带上的货物间距离均为 $d=1\text{m}$, 货物上行的 $s-t$ 图象如图乙所示, 传送一袋货物所做的额外功是 $W'=750\text{J}$, 取 $g=10\text{N/kg}$. 求:

- (1) 传送机运转时货物的运动速度 v ;
 (2) 传送机匀速传送一袋货物所做的有用功 W ;
 (3) 传送机工作时的机械效率 η ;
 (4) 从传送机开始运转到第 20 袋货物刚要放上传送带的时间内传送机所做的总有用功 $W_{\text{总}}$.



【详解】

1.

【解答】解: 以杠杆为研究对象, 杠杆 A 点受到物体 G 对其竖直向下的拉力 F_A 和 B 点竖直向下的拉力 F_B , 杠杆不动, 即处于平衡状态. 根据杠杆的平衡条件, 所以 $F_A \times OA = F_B \times OB$.

由于 $F_B = 600\text{N}$, $OA = 3OB$, 可以求得 $F_A = 200\text{N}$. 由于物体间力的作用是相互的, 所以杠杆对物体 G 的拉力竖直向上且等于 200N .

以物体 G 为研究对象, 其受到三个力的作用: 杠杆对其向上的拉力 $F_{\text{拉}} = 200\text{N}$, 重力为 280N , 地面对其竖直向上的支持力 $F_{\text{支}}$.

物体处于静止状态, 所以这三个力平衡即: $G = F_{\text{支}} + F_{\text{拉}}$, 从而可以求得 $F_{\text{支}}$ 等于 80N , 因为物体处于平衡状态, 所以 $F_{\text{压}} = F_{\text{支}} = 80\text{N}$.

由图示情况可知, 动力臂小于阻力臂, 所以此木杆为费力杠杆.

故答案为: 80 ; 费力

2.

解: (1) 已知 $v = 36\text{km/h} = 10\text{m/s}$,

$$\text{功率 } P = Fv = 9.2 \times 10^3 \text{N} \times 10\text{m/s} = 9.2 \times 10^4 \text{W}.$$

(2) $t = 15\text{min} = 900\text{s}$,

$$\text{牵引力所做的功: } W = Pt = 9.2 \times 10^4 \text{W} \times 900\text{s} = 8.28 \times 10^7 \text{J};$$

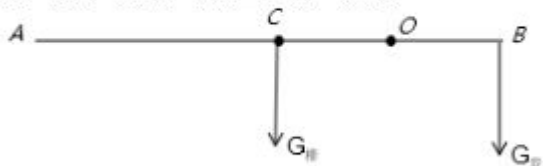
由题意知: $W = \eta Q = \eta qm$, 即:

$$m = \frac{W}{\eta q} = \frac{8.28 \times 10^7 \text{J}}{4.6 \times 10^7 \text{J/kg} \times 30\%} = 6\text{kg}.$$

3.

解：由于是质量分布均匀的木棒，所以其重心在其中点C上，由于 $AO=3OB$ ，且 $AO+OB=AB$ ，所以 $OB=\frac{1}{4}AB$ ， $BC=\frac{1}{2}AB$ ，所以， $BC=2OB$ ，即 $OC=OB$ 。

此时的木棒在水平位置平衡，如图示：



根据杠杆的平衡条件可知： $OC \times G_{\text{棒}} = OB \times G_{\text{货}}$ 。因为 $OB=OC$ ，所以， $G_{\text{货}}=G_{\text{棒}}$ ，即 $m_{\text{货}}=m_{\text{棒}}=2\text{kg}$ 。

答：重物的质量为 2kg 。

4.

解：（1）由图乙可知：货物运行的时间 $t=15\text{s}$ ，货物在这 15s 内通过的路程是 $s=15\text{m}$ ，

则货物在传送带上运行的速度 $v=\frac{s}{t}=\frac{15\text{m}}{15\text{s}}=1\text{m/s}$ ；

（2） $G=m_{\text{袋}}g=30\text{kg} \times 10\text{N/kg}=300\text{N}$ ，

由斜面长 $L=15\text{m}$ ，与水平地面成 $\theta=30^\circ$ 可得，

货物上升的高度 $h=\frac{1}{2}L=\frac{1}{2} \times 15\text{m}=7.5\text{m}$ ，

$W_{\text{有用}}=Gh=300\text{N} \times 7.5\text{m}=2250\text{J}$ ；

（3） $W_{\text{总}}=W_{\text{有用}}+W_{\text{额}}=2250\text{J}+750\text{J}=3000\text{J}$ ，

$\eta = \frac{W_{\text{有用}}}{W_{\text{总}}} \times 100\% = \frac{2250\text{J}}{3000\text{J}} \times 100\% = 75\%$ 。

（4）由于当第20袋刚要放上时，送到最高的只有有5袋，有14袋分布在传送带上，则根据做功多少的互补可知这14袋相当于7袋送到最高，所以共计12袋送到最高。

$G_{\text{总}}=12G=12 \times 300\text{N}=3600\text{N}$ ；

$W_{\text{总有用}}=G_{\text{总}}h=3600\text{N} \times 7.5\text{m}=27000\text{J}$ 。