

专题 10 简单的机械组合问题（压轴题）

模型构建 | 真题试炼 | 模拟演练 | 题组通关

识

中考·模型解读

高频模型	中考题型分布	分值占比
模型 01 斜面与滑轮组合模型（高频考点）	选择题、填空题、计算题	4~7 分
模型 02 杠杆与滑轮组组合模型（高频考点）	选择题、填空题、计算题	4~8 分
模型 03 滑轮组与浮力组合模型（重难点）	选择题、填空题、计算题	6~10 分
模型 04 杠杆与浮力的组合模型（重难点）	选择题、填空题、计算题	6~10 分

善

总结·模型构建

模 | 型 | 构 | 建

模型 01 斜面与滑轮组组合模型

『模型解读』

(1)斜面的机械效率 η_1

对于斜面，利用 $W=Gh$ 求斜面对物体做的有用功，若 F 是直接作用在物体上的拉力， s 是斜面的长度，利用 $W=Fs$ 求直接拉物体做的总功， η_1 等于有用功 Gh 与总功 Fs 之比。

(2)斜面顶端为滑轮组，可利用滑轮组的公式进行相关计算。

(3)整个装置的机械效率 η_2 ：

利用 $W=Gh$ 求斜面上绳子对物体做的有用功，是整个装置的有用功；利用 $W=Fs$ 求滑轮组绳子自由端的拉力做的功，是整个装置的总功；整个装置的机械效率 η_2 等于斜面的有用功与滑轮组的总功之比。

『核心提示』

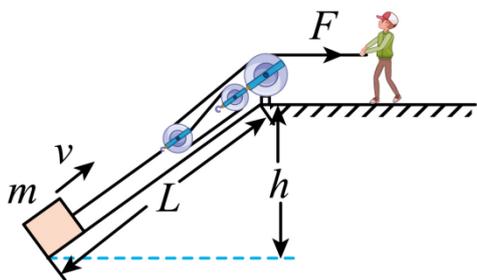
解

真题·思维剖析

【例 1】（2023·四川资阳·中考真题）

随着疫情防控形势的好转，人民群众的生产生活秩序逐步恢复正常，各地的基础设施项目正在热火朝天的开工建设。如图所示，某建筑工地上，工人通过固定在斜面顶端的滑轮组把工件匀速拉上斜面。已知斜面高 $h=6\text{m}$ ，长 $L=10\text{m}$ ，工人施加的拉力 $F=600\text{N}$ ，工件的质量 $m=250\text{kg}$ ，工件沿斜面上升的速度 $v=0.5\text{m/s}$ ；若不计工件和滑轮组长度，忽略绳和动滑轮重量及绳与滑轮间、滑轮与轮轴间的摩擦， g 取 10N/kg 。求：

- (1) 拉力 F 做功的功率 P ；
- (2) 整个装置的机械效率 η ；
- (3) 工件所受斜面的摩擦力 f 。



【答案】 (1) 900W ；(2) 83% ；(3) 300N

【详解】解：(1) 由图知承重绳子股数 $n=3$ ，则拉力的速度 $v_1 = nv = 3 \times 0.5\text{m/s} = 1.5\text{m/s}$

拉力 F 做功的功率 $P = Fv_1 = 600\text{N} \times 1.5\text{m/s} = 900\text{W}$

(2) 工人做的总功为 $W = F \times (nL) = 600\text{N} \times (3 \times 10\text{m}) = 1.8 \times 10^4\text{J}$

工人做的有用功为 $W_1 = Gh = mgh = 250\text{kg} \times 10\text{N/kg} \times 6\text{m} = 1.5 \times 10^4\text{J}$

整个装置的机械效率 $\eta = \frac{W_1}{W} \times 100\% = \frac{1.5 \times 10^4\text{J}}{1.8 \times 10^4\text{J}} \times 100\% = 83.3\%$

(3) 根据 $W_{\text{额}} + W_{\text{有}} = W_{\text{总}}$ 得，克服摩擦做的额外功 $W_2 = W - W_1 = 1.8 \times 10^4\text{J} - 1.5 \times 10^4\text{J} = 3 \times 10^3\text{J}$

由 $W_2 = fL$ 可得， $f = \frac{W_2}{L} = \frac{3 \times 10^3\text{J}}{10\text{m}} = 300\text{N}$

答：(1) 拉力 F 做功的功率为 900W ；

(2) 整个装置的机械效率为 83.3% ；

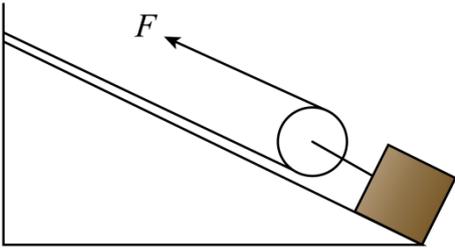
(3) 工件所受斜面的摩擦力 300N 。

变式演练

【变式 1-1】 (2023·四川凉山·模拟预测) 如图所示，利用滑轮把重为 300N 的物体从斜面底端沿斜面往上

匀速拉动 10m，物体升高了 6m，所用时间为 10s，该装置的机械效率为 75%，绳子自由端拉力为 F

,其方向始终与斜面平行,求在此过程中拉力做的有用功____,拉力的大小为____,拉力的功率为____。



【答案】 1800J 120N 240W

【详解】 已知物体的重力 $G = 300\text{N}$, 物体升高高度 $h = 6\text{m}$, 物体沿斜面向上移动的距离 $s' = 10\text{m}$, 所用时间 $t = 10\text{s}$ 。

[1]根据题意拉力做的有用功 $W_{\text{有}} = Gh = 300\text{N} \times 6\text{m} = 1800\text{J}$

[2]由 $\eta = \frac{W_{\text{有}}}{W_{\text{总}}} = 75\%$

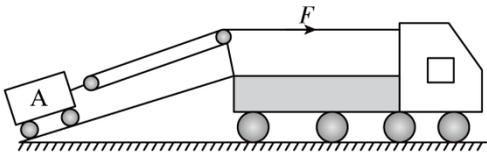
得总功 $W_{\text{总}} = \frac{W_{\text{有}}}{75\%} = \frac{1800\text{J}}{75\%} = 2400\text{J}$

由图可知,动滑轮上绳子的段数 $n = 2$, 则绳子端移动的距离 $s = 2s' = 2 \times 10\text{m} = 20\text{m}$

由 $W_{\text{总}} = Fs$ 得拉力 $F = \frac{W_{\text{总}}}{s} = \frac{2400\text{J}}{20\text{m}} = 120\text{N}$

[3]拉力做功的功率 $P = \frac{W_{\text{总}}}{t} = \frac{2400\text{J}}{10\text{s}} = 240\text{W}$

【变式 1-2】(多选)(2022·山东滨州·二模) 救援车工作原理如图所示,当车载电机对钢绳施加的拉力 F 大小为 $2.5 \times 10^3\text{N}$ 时,小车 A 恰能匀速缓慢地沿斜面上升。已知小车 A 的质量为 1t , 斜面高为 2m , 斜面长为 5m (不计车长、钢绳重、动滑轮重、钢绳与滑轮间的摩擦和滑轮与轴间的摩擦, $g = 10\text{N/kg}$)。在小车 A 由水平路面被拖上救援车的过程用时 40s , 在此过程中下列说法正确的是 ()



- A. 车载电机对钢绳拉动的速度是 0.125m/s
- B. 钢绳所做的有用功是 20000J
- C. 整个装置的机械效率是 80%
- D. 小车 A 与斜面间的摩擦力是 1000N

【答案】 BCD

【详解】 A. 由图可知,滑轮组承重绳子根数 $n = 2$, 拉力 F 移动的距离 $s = nL = 2 \times 5\text{m} = 10\text{m}$

所以车载电机对钢绳拉动的速度是 $v = \frac{s}{t} = \frac{10\text{m}}{40\text{s}} = 0.25\text{m/s}$

故 A 错误；

B. 钢绳所做的有用功 $W_{\text{有}} = Gh = mgh = 1 \times 1000\text{kg} \times 10\text{N/kg} \times 2\text{m} = 20000\text{J}$

故 B 正确；

C. 拉力做的总功 $W_{\text{总}} = Fs = 2.5 \times 10^3\text{N} \times 10\text{m} = 2.5 \times 10^4\text{J}$

该装置的机械效率 $\eta = \frac{W_{\text{有}}}{W_{\text{总}}} = \frac{20000\text{J}}{2.5 \times 10^4\text{J}} \times 100\% = 80\%$

故 C 正确；

D. 不计钢绳重、动滑轮重、钢绳与滑轮间的摩擦和滑轮与轴间的摩擦，克服小车 A 与斜面间的摩擦做的功

为额外功 $W_{\text{额}} = W_{\text{总}} - W_{\text{有}} = 2.5 \times 10^4\text{J} - 20000\text{J} = 5000\text{J}$

由 $W_{\text{额}} = fL$ 可得小车 A 与斜面间的摩擦力 $f = \frac{W_{\text{额}}}{L} = \frac{5000\text{J}}{5\text{m}} = 1000\text{N}$

故 D 正确。

故选 BCD。

模型 02 杠杆与滑轮组组合模型

『模型解读』

1. 根据杠杆的分析方法分析杠杆，重点分析支点、动力、阻力以及两个力臂
2. 对滑轮组进行重点分析：
 - (1) 几股绳子承担物重；
 - (2) 拉力与物体重力的关系；
 - (3) 滑轮组对杠杆的拉力。
3. 找到杠杆和滑轮组的联系，找出两个简单机械间的相互作用力。在杠杆系统与滑轮组系统中分别表示出这两个相等的力，列方程，就可以求出杠杆与滑轮组系统中的未知量。

『核心提示』

解

真题·思维剖析

【例 2】(2022·山东威海·中考真题)

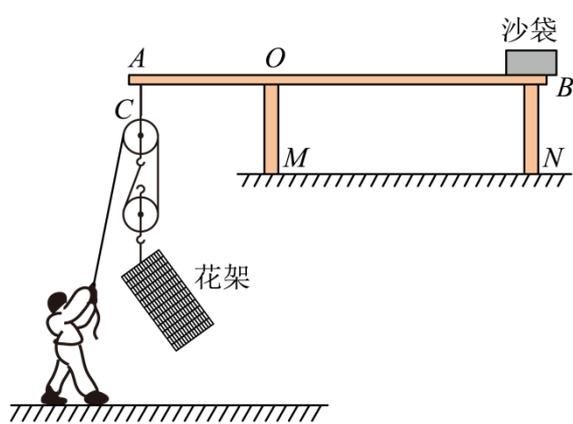
为了建设精致城市，每到春天园林工人要在过街天桥上放置花草，为城市增添一抹绿色。如图所示，工人用长木棒、滑轮、轻绳组装提升装置。木棒放置在天桥栏杆上始终保持水平，与栏杆 M 接触点为 O；用沙袋将木棒 B 端压在栏杆 N 上，在木棒 A 端吊装滑轮组。OA:OB=1:2，每个沙袋重 300N，每个滑轮重 24N。（木棒和绳的重力、滑轮与轴的摩擦均忽略不计）

(1) 若 A 点受到竖直向下的拉力为 1000N，为了保持木棒水平平衡，在 B 端至少需要放置几个沙袋？

(2) 若某次工人利用滑轮组竖直向下拉绳子，将重为 376N 的花架匀速提升 5m。求：

① 滑轮组的机械效率。

② 滑轮组对绳 AC 的拉力。



【答案】 (1) 2 个；(2) ① 94%；② 624N

【详解】 解：(1) 木棒始终水平平衡且不计木棒重力，由公式 $F_A l_1 = F_B l_2$ 可知，木棒 B 端受到的压力为

$$F_B = \frac{F_A l_1}{l_2} = \frac{1000\text{N} \times 1}{2} = 500\text{N}$$

$$\text{沙袋个数 } n = \frac{500\text{N}}{300\text{N}} = 1.7 \approx 2$$

所以至少需要 2 个沙袋。

① 竖直匀速提升物体，绳的重力及滑轮与轴的摩擦均忽略不计，有用功为 $W_{\text{有}} = G_{\text{物}} h = 376\text{N} \times 5\text{m} = 1880\text{J}$

额外功为 $W_{\text{额}} = G_{\text{动}} h = 24\text{N} \times 5\text{m} = 120\text{J}$

总功为 $W_{\text{总}} = W_{\text{有}} + W_{\text{额}} = 1880\text{J} + 120\text{J} = 2000\text{J}$

滑轮组的机械效率为 $\eta = \frac{W_{\text{有}}}{W_{\text{总}}} \times 100\% = \frac{1880\text{J}}{2000\text{J}} \times 100\% = 94\%$

② 因为竖直匀速提升，所以受力平衡，绳的重力及滑轮与轴的摩擦均忽略不计，人的拉力为

$$F_{\text{拉}} = \frac{G_{\text{物}} + G_{\text{动}}}{2} = \frac{376\text{N} + 24\text{N}}{2} = 200\text{N}$$

滑轮组对绳 AC 的拉力 $F_A = 3F_{\text{拉}} + G_{\text{定}} = 3 \times 200\text{N} + 24\text{N} = 624\text{N}$

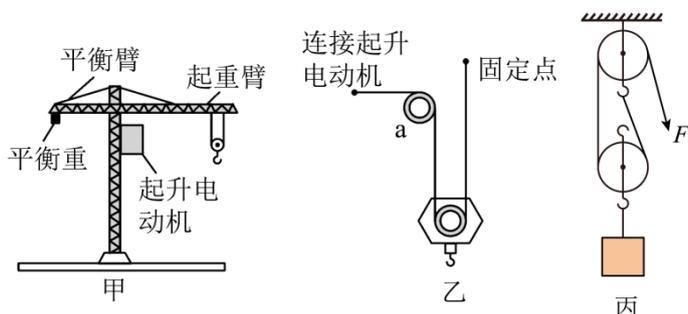
答：(1) 若 A 点受到竖直向下的拉力为 1000N，为了保持木棒水平平衡，在 B 端至少需要放置 2 个沙袋；

(2) ① 滑轮组的机械效率为 94%;

②滑轮组对绳 AC 的拉力为 624N。

变式演练

【变式 2-1】（2023·广东佛山·模拟预测）里水镇某学校小蒲同学是一个爱思考问题的同学，他看到里水镇某小区正在建造的楼房地基上有起重机在不停地吊起地面上的建筑材料，于是他查阅了起重机资料，下面是其中某一款塔式起重机简易示意图（如图甲），小蒲知道了塔式起重机主要用于房屋建筑中材料的输送及建筑构件的安装（动滑轮重、绳重及摩擦不计， g 取 10N/kg ）。



- 为保持平衡，起重臂的长度越长的塔式起重机，配备的平衡重的质量应越_____（选填“大”或“小”）；
- 图乙为起重机钢丝绳穿绳简化示意图，滑轮 a 是_____（选填“动滑轮”或“定滑轮”），若钢丝绳能承受的最大拉力为 $3 \times 10^4\text{N}$ ，则能吊起货物的质量不能超过_____ kg ；
- 若将重为 $1.2 \times 10^4\text{N}$ 的货物由地面沿竖直方向匀速提升 30m ，再沿水平方向移动 20m ，则此过程克服重力做功是_____，钢丝绳做功_____ J ；
- 换用如图丙所示滑轮组，在需要考虑动滑轮重力的情形下，用拉力 F 将重为 8000N 的物体匀速在 5s 时间内提升了 0.5m ，若滑轮组的机械效率 η 为 80% ，则该过程中拉力 F 所做功的功率为_____。

【答案】 大 定滑轮 6×10^3 $3.6 \times 10^5\text{J}$ 3.6×10^5 1000W

【详解】（1）[1]由杠杆的平衡条件可知 $G_{\text{配重}} \times L_{\text{左}} = F_{\text{右}} \times L_{\text{右}}$

$$\text{则 } G_{\text{配重}} = \frac{L_{\text{右}}}{L_{\text{左}}} \times F_{\text{右}}$$

由题意可知， $L_{\text{左}}$ 、 $F_{\text{右}}$ 不变， $L_{\text{右}}$ 越长，则 $G_{\text{配重}}$ 越大，由 $G = mg$

可知，配备的平衡重的质量应越大。

（2）[2]由图乙可知，滑轮 a 固定不动，因此滑轮 a 为定滑轮。

[3]因为动滑轮重、绳重及摩擦不计时 $F = \frac{1}{n}G$

由图可知，绳子承重段数 n 为 2 ，所以能吊起货物的重力 $G = 2F = 2 \times 3 \times 10^4\text{N} = 6 \times 10^4\text{N}$

由 $G=mg$

可知，能吊起货物的质量 $m_{物} = \frac{G_{物}}{g} = \frac{6 \times 10^4 \text{N}}{10 \text{N/kg}} = 6 \times 10^3 \text{kg}$

(3) [4] 克服重力做功 $W = G'h = 1.2 \times 10^4 \text{N} \times 30 \text{m} = 3.6 \times 10^5 \text{J}$

[5] 绳子自由端移动的距离 $s = 2h = 2 \times 30 \text{m} = 60 \text{m}$

因为动滑轮重、绳重及摩擦不计，所以钢丝绳的拉力 $F' = \frac{1}{n} G' = \frac{1}{2} \times 1.2 \times 10^4 \text{N} = 6 \times 10^3 \text{N}$

钢丝绳做的功 $W' = F's = 6 \times 10^3 \text{N} \times 60 \text{m} = 3.6 \times 10^5 \text{J}$

(4) [6] 由图丙可知 $n' = 2$ ，有用功 $W_{有} = G''h' = 8000 \text{N} \times 0.5 \text{m} = 4000 \text{J}$

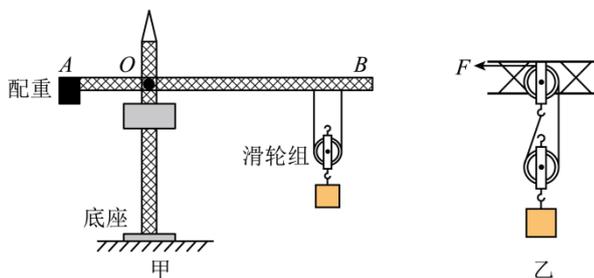
由 $\eta = \frac{W_{有}}{W_{总}} \times 100\%$

可知，拉力做的总功 $W_{总} = \frac{W_{有}}{\eta} = \frac{4000 \text{J}}{80\%} = 5000 \text{J}$

拉力做功的功率：拉力做功的功率 $P = \frac{W_{总}}{t} = \frac{5000 \text{J}}{5 \text{s}} = 1000 \text{W}$

【变式 2-2】 (2023·湖南长沙·三模) 中联重工集团是湖南著名的重工企业，其生产的塔吊驰名中外。图甲是塔吊抽象出来的物理模型，它由杠杆和滑轮组组合而成，图乙是滑轮组的局部放大图。当滑轮组将重为 4000N 的重物竖直匀速提升 10m 时，需要用时 20s，滑轮组自由端绳子的拉力 F 为 2500N。(不计绳重及摩擦)，则：

- (1) 货物上升的速度为多少；
- (2) 拉力做功的功率为多少；
- (3) 该滑轮组的机械效率为多少？



【答案】 (1) 1m/s；(2) 2500W；(3) 80%

【详解】 解：(1) 由图知，承担货物重力绳子的段数 $n = 2$

由 $s = nh$ 和 $v = \frac{s}{t}$ 可得，货物上升的速度 $v = \frac{s}{t} = \frac{nh}{t} = \frac{2 \times 10 \text{m}}{20 \text{s}} = 1 \text{m/s}$

(2) 拉力做功的功率 $P = \frac{W_{总}}{t} = \frac{Fs}{t} = Fv = 2500 \text{N} \times 1 \text{m/s} = 2500 \text{W}$

$$(3) \text{ 该滑轮组的机械效率 } \eta = \frac{W_{\text{有}}}{W_{\text{总}}} = \frac{Gh}{Fs} = \frac{G}{nF} = \frac{4000\text{N}}{2 \times 2500\text{N}} = 80\%$$

答：(1) 货物上升的速度为 1m/s ；

(2) 拉力做功的功率为 2500W ；

(3) 该滑轮组的机械效率为 80% 。

模型 03 滑轮组与浮力的结合模型

『模型解读』

物体在液体中，收到浮力时，它对滑轮组的拉力大小： $F_{\text{拉}} = G_{\text{物}} - F_{\text{浮}}$ ($\rho_{\text{物}} > \rho_{\text{水}}$)；

若不考虑绳子与滑轮间的摩擦，则绳自由端的拉力： $F = \frac{G_{\text{动}} + F_{\text{拉}}}{n}$ ，

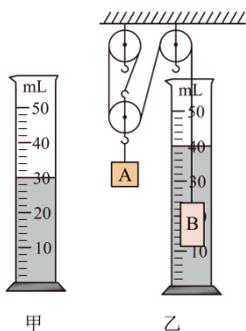
$$\text{则：机械效率 } \eta = \frac{W_{\text{有}}}{W_{\text{总}}} \times 100\% = \frac{F_{\text{拉}} h}{Fs} \times 100\% = \frac{F_{\text{拉}}}{nF} \times 100\% = \frac{F_{\text{拉}}}{F_{\text{拉}} + G_{\text{动}}} \times 100\%$$

$$\text{将 } F_{\text{拉}} = G_{\text{物}} - F_{\text{浮}} \text{ 带入上式得， } \eta = \frac{W_{\text{有}}}{W_{\text{总}}} \times 100\% = \frac{F_{\text{拉}}}{nF} = \frac{G_{\text{物}} - F_{\text{浮}}}{nF} = \frac{G_{\text{物}} - F_{\text{浮}}}{(G_{\text{物}} - F_{\text{浮}}) + G_{\text{动}}}$$

解

真题·思维剖析

【例 3】(2023·甘肃兰州·中考真题) 如图所示，为了测量某金属块 B 的密度，小形设计了如图所示的装置，金属块 B 未放入量筒时，水面位置如图甲所示，将金属块 B 完全浸没在水中时，水面升高至如图乙所示的位置。当动滑轮下方所挂钩码 A 的总质量为 220g 时，A、B 在图示位置达到平衡。已知每个滑轮的质量为 20g ， $\rho_{\text{水}} = 1.0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ，绳重与摩擦均不计。下列说法中不正确的是 ()



A. 金属块 B 的密度为 8g/cm^3

B. 金属块 B 的体积为 10cm^3

C. 金属块 B 所受的浮力为 0.1N

D. 细绳对金属块 B 的拉力为 0.8N

【答案】A

【详解】BC. 由图甲可知量筒中水的体积是 30mL，图乙中水和金属块的总体积是 40mL，金属块的体积

$$V=40\text{mL}-30\text{mL}=10\text{mL}=10\text{cm}^3$$

金属块受到的浮力 $F_{\text{浮}} = \rho_{\text{水}} g V_{\text{排}} = \rho_{\text{水}} g V = 1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ N/kg} \times 10 \times 10^{-6} \text{ m}^3 = 0.1 \text{ N}$ ，故 BC 正确，不符合题意；

AD. A 的重力 $G_A = m_A g = 0.22 \text{ kg} \times 10 \text{ N/kg} = 2.2 \text{ N}$

每个滑轮的重力 $G_{\text{轮}} = m_{\text{轮}} g = 0.02 \text{ kg} \times 10 \text{ N/kg} = 0.2 \text{ N}$

滑轮组的动滑轮绕 3 段绳，绳重与摩擦均不计，绳子的拉力 $F = \frac{1}{3}(G_A + G_{\text{轮}}) = \frac{1}{3} \times (2.2 \text{ N} + 0.2 \text{ N}) = 0.8 \text{ N}$

金属块 B 的重力 $G_B = F_{\text{浮}} + F = 0.1 \text{ N} + 0.8 \text{ N} = 0.9 \text{ N}$

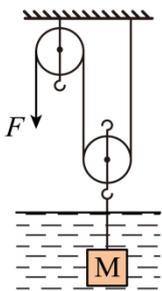
金属块 B 的密度 $\rho_B = \frac{m_B}{V} = \frac{G_B}{gV} = \frac{0.9 \text{ N}}{10 \text{ N/kg} \times 10 \times 10^{-6} \text{ m}^3} = 9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = 9 \text{ g/cm}^3$ ，故 A 错误，符合题意，D 正确，

不符合题意。

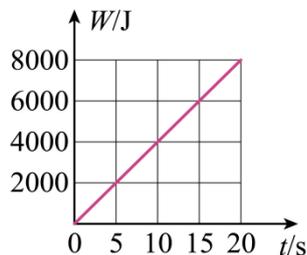
故选 A。

变式演练

【变式 3-1】(多选) (2024·云南·一模) 用如图甲所示的滑轮组从水中提升物体 M，已知被提升的物体 M 重力为 760N，M 的体积为 $3 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ，在物体 M 未露出水面的过程中，绳子自由端的拉力 F 将物体 M 以 0.5m/s 的速度匀速提升了 10m 的高度，此过程中，拉力 F 做的功 W 随时间 t 的变化图像如图乙所示，不计绳重和摩擦力大小 (g 取 10N/kg)。下面分析中正确的是 ()



甲



乙

- A. 动滑轮的重力为 70N
- B. 当物体 M 没有露出水面的过程中，该滑轮组提升货物的机械效率为 95%
- C. 此过程中，绳子自由端的拉力 F 大小为 400N

D. 当物体 M 没有露出水面时，动滑轮下端挂钩上绳子的拉力为 730N

【答案】ACD

【详解】D. 物体完全浸没时受到的浮力 $F_{浮} = \rho_{液} g V_{排} = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ N/kg} \times 3 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 30 \text{ N}$

则动滑轮下端挂钩上绳子的拉力为 $F_{拉} = G - F_{浮} = 760 \text{ N} - 30 \text{ N} = 730 \text{ N}$

故 D 正确；

B. 滑轮组提升重物所做的有用功 $W_{有用} = Gh = 730 \text{ N} \times 10 \text{ m} = 7300 \text{ J}$

物体 M 以 0.5m/s 的速度匀速提升了 10m 的高度，时间为 $t = \frac{s}{v} = \frac{10 \text{ m}}{0.5 \text{ m/s}} = 20 \text{ s}$

由图乙可知，拉力做功 8000J，则机械效率 $\eta = \frac{W_{有用}}{W_{总}} \times 100\% = \frac{7300 \text{ J}}{8000 \text{ J}} \times 100\% = 91.25\%$

故 B 错误；

C. 绳子自由端的拉力 $F = \frac{W_{总}}{2h} = \frac{8000 \text{ J}}{2 \times 10 \text{ m}} = 400 \text{ N}$

故 C 正确；

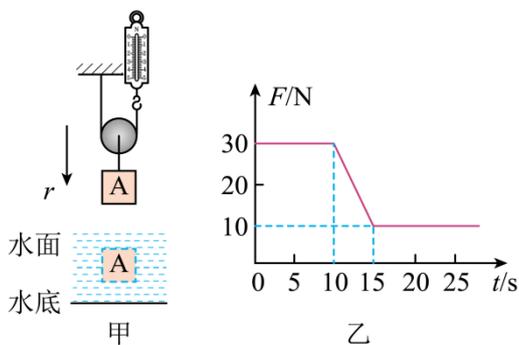
A. 动滑轮的重力 $G_{动} = 2F - F_{拉} = 2 \times 400 \text{ N} - 730 \text{ N} = 70 \text{ N}$

故 A 正确。

故选 ACD。

【变式 3-2】(2022·四川自贡·二模) 图甲所示是动滑轮拉着实心长方体 A 沿竖直方向始终以 0.2m/s 的速度匀速下降的情景。如图乙所示是实心长方体 A 下降到水底之前弹簧测力计的拉力 F 随时间 t 变化的图像，动滑轮的质量为 1kg，不计绳重和机械之间的摩擦，动滑轮始终在空中，不考虑水面高度的变化，求：

- (1) 动滑轮重；
- (2) 实心长方体 A 的高；
- (3) 当实心长方体 A 下降到水底（水底视为水平面），卸掉绳子后，它对水底的压强。



【答案】(1) 10N；(2) 1m；(3) 2500Pa

【详解】解：（1）动滑轮的重力， $G_{动} = m_{动}g = 1\text{kg} \times 10\text{N/kg} = 10\text{N}$

（2）由图乙可知，实心长方体 A 从下底面接触水面到刚好浸没所用的时间， $t = 15\text{s} - 10\text{s} = 5\text{s}$

根据 $v = \frac{s}{t}$ 可得实心长方体 A 的高度， $h = s = vt = 0.2\text{m/s} \times 5\text{s} = 1\text{m}$

（3）由图乙可知，前 10s 测力计的拉力不变，为 30N，由图甲知动滑轮有两段绳子承担物重，即 $n=2$ ，由

$$F = \frac{1}{2}(G + G_{动})$$

得物体的重力为 $G = 2F - G_{动} = 2 \times 30\text{N} - 10\text{N} = 50\text{N}$

在 10~15s，此时长方体在空气中的拉力减小，是实心长方体 A 从与水面接触到完全浸没，由图可知，当实

心长方体 A 完全浸入水中时，拉力 $F' = 10\text{N}$ ，由力的平衡条件可得此时拉力 $2F' = G_{动} + (G - F_{浮})$

所以实心长方体 A 受到的浮力 $F_{浮} = G + G_{动} - 2F' = 50\text{N} + 10\text{N} - 2 \times 10\text{N} = 40\text{N}$

由 $F_{浮} = \rho_{水}gV_{排}$ 得实心长方体 A 的体积 $V = V_{排} = \frac{F_{浮}}{\rho_{水}g} = \frac{40\text{N}}{1.0 \times 10^3\text{kg/m}^3 \times 10\text{N/kg}} = 4 \times 10^{-3}\text{m}^3$

则实心长方体 A 的底面积 $S = \frac{V}{h} = \frac{4 \times 10^{-3}\text{m}^3}{1\text{m}} = 4 \times 10^{-3}\text{m}^2$

当实心长方体 A 下降到水平的水底，卸下绳子后，对 A 受力分析，实心长方体 A 受到重力、浮力、水底的

支持力的作用，则水底的支持力 $F_{支} = G - F_{浮} = 50\text{N} - 40\text{N} = 10\text{N}$

根据力的作用是相互的可知，实心长方体 A 对水底的压力 $F_{压} = F_{支} = 10\text{N}$

则实心长方体 A 对水底的压强为 $p = \frac{F_{压}}{S} = \frac{10\text{N}}{4 \times 10^{-3}\text{m}^2} = 2500\text{Pa}$

答：（1）动滑轮重力为 10N；

（2）实心长方体 A 的高为 1m；

（3）当实心长方体 A 下降到水底（水底视为水平面），卸掉绳子后，它对水底的压强 2500Pa。

模型 04 杠杆和浮力的结合模型

『模型解读』

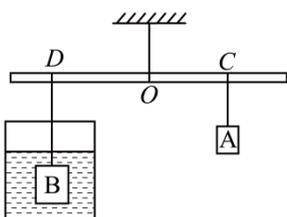
1. 利用杠杆的平衡条件公式 $F_1L_1 = F_2L_2$ 和阿基米德原理相结合，可求杠杆和浮力的综合问题，做题时，需对研究对象进行受力分析，需注意恰当利用好作用力与反作用力。

解

真题·思维剖析

【例 4】（2023·黑龙江绥化·中考真题）水平桌面上有一个底面积为 200cm^2 的圆柱形容器，容器中水的深度为 15cm 。如图所示，用细线将一质量忽略不计的杠杆悬挂起来，把质量为 0.3kg 的物体 A 用细线悬挂在杠杆 C 处，再把体积为 400cm^3 的物体 B（不吸水）用细线悬挂在杠杆 D 处，当物体 B 浸没在水中静止时，杠杆恰好在水平位置平衡，此时 C、D 两点到支点 O 的距离分别为 10cm 、 15cm 。求：

- （1）物体 B 受到的浮力；
- （2）物体 B 浸没在水中静止时，水对容器底部的压强；
- （3）细线对物体 B 的拉力及物体 B 的密度。



【答案】（1） 4N ；（2） $1.7 \times 10^3 \text{Pa}$ ；（3） $1.5 \times 10^3 \text{kg/m}^3$

【详解】解：（1）因为物体 B 浸没在水中 $V_{\text{排}} = V_{\text{B}} = 400\text{cm}^3 = 4 \times 10^{-4} \text{m}^3$

物体 B 受到的浮力 $F_{\text{浮}} = \rho_{\text{液}} V_{\text{排}} g = 1 \times 10^3 \text{kg/m}^3 \times 10 \text{N/kg} \times 4 \times 10^{-4} \text{m}^3 = 4\text{N}$

（2）物体 B 浸没在水中后液面上升的高度 $\Delta h = \frac{V_{\text{B}}}{S_{\text{容}}} = \frac{400\text{cm}^3}{200\text{cm}^2} = 2\text{cm}$

物体 B 浸没在水中时容器中水深， $h_{\text{总}} = h + \Delta h = 15\text{cm} + 2\text{cm} = 17\text{cm} = 0.17\text{m}$

物体 B 浸没在水中静止时，水对容器的压强， $p = \rho g h_{\text{总}} = 1 \times 10^3 \text{kg/m}^3 \times 10 \text{N/kg} \times 0.17\text{m} = 1.7 \times 10^3 \text{Pa}$

（3）物体 A 的重力， $G_{\text{A}} = m_{\text{A}} g = 0.3\text{kg} \times 10 \text{N/kg} = 3\text{N}$

细线对杠杆的拉力为 F_{D} 和 F_{C} ， $F_{\text{C}} = G_{\text{A}} = 3\text{N}$

根据杠杆的平衡条件 $F_1 l_1 = F_2 l_2$ 得， $F_{\text{D}} = \frac{F_{\text{C}} l_{\text{OC}}}{l_{\text{OD}}} = \frac{G_{\text{A}} l_{\text{OC}}}{l_{\text{OD}}} = \frac{3\text{N} \times 0.1\text{m}}{0.15\text{m}} = 2\text{N}$

细线对 B 的拉力为 $F_{\text{B}} = F_{\text{D}} = 2\text{N}$

对物体 B 受力分析得， $G_{\text{B}} = F_{\text{B}} + F_{\text{浮}} = 2\text{N} + 4\text{N} = 6\text{N}$

由 $G = mg$ 得，物体 B 的质量， $m_B = \frac{G_B}{g} = \frac{6\text{N}}{10\text{N/kg}} = 0.6\text{kg}$

物体 B 的密度 $\rho_B = \frac{m_B}{V_B} = \frac{0.6\text{kg}}{4 \times 10^{-4}\text{m}^3} = 1.5 \times 10^3\text{kg/m}^3$

答：（1）物体 B 受到的浮力 4N；

（2）物体 B 浸没在水中静止时，水对容器底部的压强 $1.7 \times 10^3\text{Pa}$ ；

（3）细线对物体 B 的拉力及物体 B 的密度 $1.5 \times 10^3\text{kg/m}^3$ 。

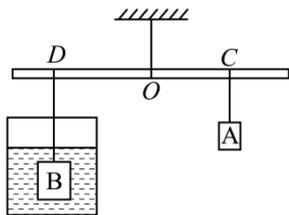
变式演练

【变式】（2023·黑龙江绥化·中考真题）水平桌面上有一个底面积为 200cm^2 的圆柱形容器，容器中水的深度为 15cm 。如图所示，用细线将一质量忽略不计的杠杆悬挂起来，把质量为 0.3kg 的物体 A 用细线悬挂在杠杆 C 处，再把体积为 400cm^3 的物体 B（不吸水）用细线悬挂在杠杆 D 处，当物体 B 浸没在水中静止时，杠杆恰好在水平位置平衡，此时 C、D 两点到支点 O 的距离分别为 10cm 、 15cm 。求：

（1）物体 B 受到的浮力；

（2）物体 B 浸没在水中静止时，水对容器底部的压强；

（3）细线对物体 B 的拉力及物体 B 的密度。



【答案】（1）4N；（2） $1.7 \times 10^3\text{Pa}$ ；（3） $1.5 \times 10^3\text{kg/m}^3$

【详解】解：（1）因为物体 B 浸没在水中 $V_{\text{排}} = V_B = 400\text{cm}^3 = 4 \times 10^{-4}\text{m}^3$

物体 B 受到的浮力 $F_{\text{浮}} = \rho_{\text{液}} V_{\text{排}} g = 1 \times 10^3\text{kg/m}^3 \times 10\text{N/kg} \times 4 \times 10^{-4}\text{m}^3 = 4\text{N}$

（2）物体 B 浸没在水中后液面上升的高度 $\Delta h = \frac{V_B}{S_{\text{容}}} = \frac{400\text{cm}^3}{200\text{cm}^2} = 2\text{cm}$

物体 B 浸没在水中时容器中水深 $h_{\text{总}} = h + \Delta h = 15\text{cm} + 2\text{cm} = 17\text{cm} = 0.17\text{m}$

物体 B 浸没在水中静止时，水对容器的压强 $p = \rho g h_{\text{总}} = 1 \times 10^3\text{kg/m}^3 \times 10\text{N/kg} \times 0.17\text{m} = 1.7 \times 10^3\text{Pa}$

（3）物体 A 的重力 $G_A = m_A g = 0.3\text{kg} \times 10\text{N/kg} = 3\text{N}$

细线对杠杆的拉力为 F_D 和 F_C $F_C = G_A = 3\text{N}$

根据杠杆的平衡条件 $F_1l_1 = F_2l_2$ 得 $F_D = \frac{F_C l_{OC}}{l_{OD}} = \frac{G_A l_{OC}}{l_{OD}} = \frac{3\text{N} \times 0.1\text{m}}{0.15\text{m}} = 2\text{N}$

细线对 B 的拉力为 $F_B = F_D = 2\text{N}$

对物体 B 受力分析得 $G_B = F_B + F_{\text{浮}} = 2\text{N} + 4\text{N} = 6\text{N}$

由 $G = mg$ 得, 物体 B 的质量 $m_B = \frac{G_B}{g} = \frac{6\text{N}}{10\text{N/kg}} = 0.6\text{kg}$

物体 B 的密度 $\rho_B = \frac{m_B}{V_B} = \frac{0.6\text{kg}}{4 \times 10^{-4}\text{m}^3} = 1.5 \times 10^3 \text{kg/m}^3$

答: (1) 物体 B 受到的浮力 4N ;

(2) 物体 B 浸没在水中静止时, 水对容器底部的压强 $1.7 \times 10^3 \text{Pa}$;

(3) 细线对物体 B 的拉力及物体 B 的密度 $1.5 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 。

练

好题·题组通关

题组 1: 杠杆综合应用

1. (2022·四川广元·中考真题) 如图所示, 水平实验台宽为 l , 边缘安装有压力传感器 C、D, 现将长为 $3l$ 的一轻质杆平放在 C、D 上, 其两端到 C、D 的距离相等, 两端分别挂有质量均为 m_0 的空容器 A、B, 实验中向 A 中装入一定质量的细沙, 要使杆始终水平静止不动, 可向 B 中注入一定质量的水。请分析: (水的密度为 $1.0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$, g 取 10N/kg)

(1) 已知 $m_0 = 2\text{kg}$, 若小刚操作中, 向 B 中注入水的体积为 6L 时, 观察到传感器 C 示数恰好为零。

①求容器 B 中水的质量: ()

②求容器 A 中细沙的质量。()

(2) 若小明操作中, 向 A 中装入细沙的质量为 m_A ($m_A > 0$), 求杆始终水平静止不动时, B 中注入水的质量范围 (结果用 m_A 、 m_0 表示)。()



【答案】 6kg 2kg 见解析

【详解】(1) [1]由题意可知, 根据 $\rho = \frac{m}{V}$ 可知, 容器 B 中水的质量为 $m = \rho V = 1.0 \times 10^3 \text{kg/m}^3 \times 6 \times 10^{-3} \text{m}^3 = 6 \text{kg}$

[2]当传感器 C 示数为零时, 以 D 为支点, 可得 $(m_{沙} + m_0) g \cdot 2l = (m_{水} + m_0) g \cdot l$

即 $(m_{沙} + 2\text{kg}) g \cdot 2l = (6\text{kg} + 2\text{kg}) g \cdot l$

解得: $m_{沙} = 2\text{kg}$ 。

(2) [3]当传感器 D 示数为零时, m_B 有最小值, 根据杠杆平衡条件可得 $(m_A + m_0) gl = (m_B + m_0) g \cdot 2l$

解得: $m_B = \frac{m_A - m_0}{2}$;

当传感器 C 示数为零时, m_B 有最大值, 根据杠杆平衡条件可得 $(m_A + m_0) g \cdot 2l = (m_B + m_0) gl$

解得: $m_B = 2m_A + m_0$;

由题意可知, $m_A > 0$, 所以当 $m_A \leq m_0$ 时, m_B 有最小值为 0, 最大值为 $2m_A + m_0$; 当 $m_A > m_0$ 时, m_B 有最小值为 $\frac{m_A - m_0}{2}$,

最大值为 $2m_A + m_0$;

即当 $m_A \leq m_0$ 时, $0 \leq m_B \leq 2m_A + m_0$; 当 $m_A > m_0$ 时, $\frac{m_A - m_0}{2} \leq m_B \leq 2m_A + m_0$ 。

2. (2021·山东烟台·中考真题) 如图所示为某学校厕所内自动冲水装置简化的原理图, 这种装置能定时为便池冲水。注水口通过阀门控制可保持细小水流不停地向水箱内注水。活塞下方有支撑销 (体积不计) 支撑, 随着水位的升高, 当活塞被顶起时水由冲水口快速流出, 当两侧液面相平时, 活塞落下, 冲水结束。杠杆 AB 处在水平位置, O 为支点, $OA:OB=1:2$, A 端通过竖直顶杆 AC 与活塞相连, 连接配重 M 的细绳通过定滑轮竖直作用在 B 端。已知活塞的横截面积 $S_1=10\text{cm}^2$, 右侧蓄水箱的横截面积为 $S_2=0.12\text{m}^2$, 注水速度为 $20\text{cm}^3/\text{s}$, 配重 M 的质量 $m=0.5\text{kg}$, 密度 $\rho_{物}=2.0 \times 10^3\text{kg/m}^3$, 不计杆 AB、顶杆 AC、绳及活塞的重力, 不计摩擦, 不考虑冲水所用的时间, $\rho_{水}=1.0 \times 10^3\text{kg/m}^3$, $g=10\text{N/kg}$, 设活塞刚被顶起时, 杠杆水平, 两侧水面高度差为 h , 求:

- (1) 配重 M 所受浮力 $F_{浮}$;
- (2) 两侧水面高度差 h ;
- (3) 前后两次冲水的时间间隔;
- (4) 若将配重 M 更换成相同材料体积较小的物体, 装置的其它部分不变, 则前后两次冲水的时间间隔怎样变化? 此方法能否起到节水的作用?

以上内容仅为本文档的试下载部分, 为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文, 请访问: <https://d.book118.com/208102136010007013>

