

专题 12.1 杠杆



知识点 1：杠杆

1. 杠杆：在力的作用下能绕着固定点转动的硬棒就是杠杆。
2. 杠杆的五要素：
 - ①支点：杠杆绕着转动的固定点（O）；
 - ②动力：使杠杆转动的力（ F_1 ）；
 - ③阻力：阻碍杠杆转动的力（ F_2 ）；
 - ④动力臂：从支点到动力作用线的距离（ L_1 ）；
 - ⑤阻力臂：从支点到阻力作用线的距离（ L_2 ）。
3. 力臂的画法：①找出支点，②画出力的作用线，③过支点作力的作用线的垂线。④用大括号把垂线段括起来，并标上力臂的符号。

知识点 2：杠杆的平衡条件

1. 杠杆的平衡：当有两个力或几个力作用在杠杆上时，杠杆能保持静止或匀速转动，则我们说杠杆平衡。
2. 杠杆平衡的条件：动力乘以动力臂等于阻力乘以阻力臂，即公式： $F_1L_1=F_2L_2$

知识点 3：生活中的杠杆（分类）

1. 省力杠杆：动力臂大于阻力臂的杠杆，省力但费距离。
2. 费力杠杆：动力臂小于阻力臂的杠杆，费力但省距离。
3. 等臂杠杆：动力臂等于阻力臂的杠杆，既不省力也不费力。



1. 对杠杆的平衡条件的理解

- （1）杠杆的平衡是指杠杆静止不动或匀速转动。
- （2）杠杆的平衡条件：动力×动力臂=阻力×阻力臂，即数学表达式为 $F_1L_1=F_2L_2$ 。
- （3）从杠杆的平衡可知，力和力臂的大小成反比，即力臂越长，力就越小；力臂越短，力就越大。计算时，

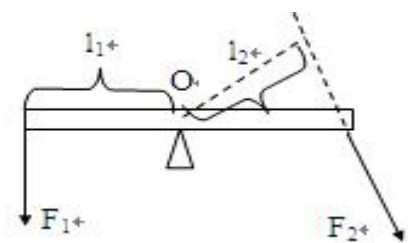
单位要统一，即动力和阻力的单位要统一，动力臂和阻力臂的单位也要统一。

2. 用杠杆分类表格记忆杠杆类型

物理量 杠 杆	力 臂	力	特点	应用举例
省力杠杆	$L_1 > L_2$	$F_1 < F_2$	省力费距离	撬棒
费力杠杆	$L_1 < L_2$	$F_1 > F_2$	费力省距离	船桨
等臂杠杆	$L_1 = L_2$	$F_1 = F_2$	不省力也不费距离	天平

3. 能确认并画出杠杆的力臂

学习杠杆的关键点是知道杠杆的五要素。五要素包括支点、动力、动力臂、阻力和阻力臂。组成杠杆的示意图如下。



(1) 支点用字母 O 表示，是杠杆绕着转动的点，同一根杠杆使用方法不同，支点的位置可能不同，要能根据具体情况区分支点。

(2) 画动力（用字母 F_1 表示）或阻力（用字母 F_2 表示）时应注意力的作用点和方向。动力和阻力都是杠杆受到的力，其作用点都在杠杆上。有同学认为同一根杠杆上动力和阻力的方向一定相同，有同学认为一定不同，这都是错误的。正确的认识是：动力和阻力能使杠杆转动的方向一定是相反的。即一个力能使杠杆向顺时针方向转动，则另一个力一定是能使杠杆向逆时针方向转动。

(3) 动力臂用字母 l_1 表示，阻力臂用字母 l_2 表示。力臂不是支点到力的作用点的距离，而是支点到力的作用线的距离。借用几何用语，力臂不是点到点的距离，而是点到直线的距离。

(4) 画力臂方法：一找支点、二画线、三连距离、四标签。即找支点 O ；画力的作用线（虚线）；画力臂（虚线，过支点垂直力的作用线作垂线）；标力臂（大括号）。

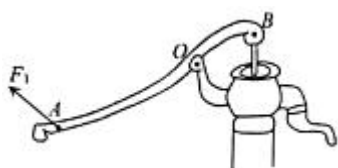
3. 与动滑轮连接的绳子能分担物体的重力，所以与动滑轮相连的绳子的股数越多越省力，但还要注意对拉力方向的要求。要根据题中要求确定开始是从定滑轮还是动滑轮挂钩系线。



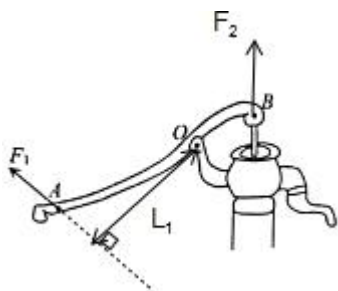
对点例题解析

知识点 1: 杠杆

【例题 1】(2019 山东威海) 如图是一种活塞式抽水机的示意图。其中手柄 AOB 是一个杠杆，杠杆在动力 F_1 的作用下绕 O 点匀速转动，请在图中画出杠杆在 B 点受到阻力的示意图和 F_1 的力臂。

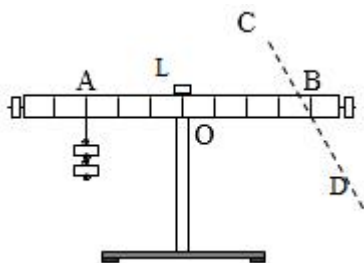


【答案】 如图所示：

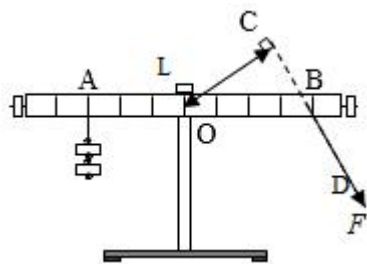


【解析】 由图知，此时向上提起杠杆的左端，杠杆会绕 O 点顺时针转动，则 B 点会受到下面连杆向上的支持力，即阻力的方向竖直向上，过 B 点作竖直向上的阻力 F_2 ；反向延长力 F_1 画出力的作用线，过支点 O 作动力作用线的垂线段，即动力臂 L_1 。

【例题 2】(2020·贵州省黔南州) 在“探究杠杆的平衡条件”实验中，在 B 点用弹簧测力计沿 CD 方向拉杠杆，使杠杆水平平衡，如图所示。画出：①弹簧测力计对杠杆拉力 F 的示意图；② F 的力臂。



【答案】



【解析】用弹簧测力计沿 CD 方向拉杠杆，拉力的作用点在 B 点，方向沿 BD 向下，过拉力的作用点，沿拉力的方向画一条有向线段，用 F 表示，过支点 O 做 F 的垂线即为 F 的力臂。

知识点 2：杠杆的平衡条件

【例题 3】（2020 湖北宜昌）如图为工地搬运砖头的独轮车，人抬起车把时，车体可以看成一个杠杆，关于这个杠杆下列说法正确的是



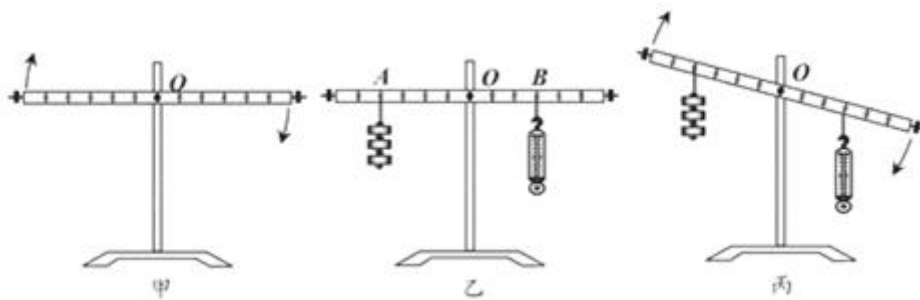
- A. 手握的位置靠近把手末端时更费力
- B. 砖头的位置远离车轮时抬起更省力
- C. 轮子的中心是杠杆的支点
- D. 图中拉力 F 大于重力 G

【答案】C

【解析】A. 手握的位置靠近把手末端时，动力臂更长，则更省力，故 A 错误；
B. 砖头的位置远离车轮时，重力的阻力臂变大，故抬起更费力，故 B 错误；
C. 工地搬运砖头的独轮车工作时，车轮中心是支点，故 C 正确；
D. 根据杠杆平衡条件，拉力力臂大于阻力力臂，故图中拉力 F 小于重力 G ，故 D 错误。

【例题 4】（2019 江苏苏州）利用杠杆开展相关实验探究：

（1）安装好杠杆，将其放到水平位置后松手，发现杠杆沿顺时针方向转动，如图甲所示。则应将平衡螺母向_____（选填“左”或“右”）调节，直到杠杆在水平位置平衡；



(2) 如图乙所示，在 A 点挂 3 个重力均为 $0.5N$ 的钩码，在 B 点用弹簧测力计竖直向下拉杠杆，使其在水平位置平衡，弹簧测力计的示数为_____ N ；若在第 (1) 小题所描述的情形中未调节平衡螺母而直接开展上述实验，弹簧测力计的示数会_____（选填“偏大”、“偏小”或“不变”）；

(3) 始终竖直向下拉弹簧测力计，使杠杆从水平位置缓慢转过一定角度，如图丙所示。此过程中，弹簧测力计拉力的力臂_____（选填“变大”、“变小”或“不变”，下同），拉力的大小_____。

【答案】 左 2.0 偏小 变小 不变

【解析】 利用杠杆开展相关实验探究：

(1) 安装好杠杆，将其放到水平位置后松手，发现杠杆沿顺时针方向转动，左端上翘，如图甲所示。则应将平衡螺母向左调节，直到杠杆在水平位置平衡；

(2) 由图可知，根据杠杆平衡条件得： $F_A \times L_A = F_B \times L_B$ ， $3 \times 0.5N \times 4L = F_B \times 3L$ ，所以 $F_B = 2.0N$ ；

若在第 (1) 小题所描述的情形中未调节平衡螺母而直接开展上述实验，由于左侧已经存在杠杆的力与力臂的乘积，故弹簧测力计的示数会偏小；

(3) 图丙使杠杆由水平位置时，根据杠杆平衡条件 $F_1 L_1 = F_2 L_2$ 得，

$$G \times 4L = F_2 \times 3L,$$

$$\text{则 } F_2 = \frac{4}{3} G;$$

当转动到图中位置时，设杠杆与水平位置的夹角为 α ，物体的力臂、弹簧测力计拉力的力臂均变小；则根据杠杆平衡条件 $F_1 L_1 = F_2 L_2$ 得，

$$G \times 4L \times \cos \alpha = F_2' \times 3L \times \cos \alpha,$$

$$\text{则: } F_2' = \frac{4}{3} G;$$

所以，在此过程中拉力 F 的大小不变。

知识点 3：生活中的杠杆（分类）

【例题 5】（2020 湖北咸宁）下列的工具中，在使用时可以省距离的是（ ）



A. 食品夹

B. 裁纸刀

C. 钢丝钳

D. 核桃夹

【答案】A

【解析】A. 食品夹在使用时，动力臂小于阻力臂，属于费力杠杆，但省距离，符合题意；

B. 裁纸刀在使用时，动力臂大于阻力臂，属于省力杠杆，但费距离，不符合题意；

C. 钢丝钳在使用时，动力臂大于阻力臂，属于省力杠杆，但费距离，不符合题意；

D. 核桃夹在使用时，动力臂大于阻力臂，属于省力杠杆，但费距离，不符合题意。



达标训练题

基础训练题

1. 杠杆的五要素

(1) 杠杆绕着固定转动的点，称为_____,用字母“ O ”表示。

(2) 促使杠杆转动的力，叫做_____,常用字母“ F_1 ”表示。

(3) 阻碍杠杆转动的力，叫做_____,常用字母“ F_2 ”表示。

(4) 动力臂：支点到动力作用线的距离，叫做_____,常用字母“ L_1 ”表示。

(5) 阻力臂：支点到阻力作用线的距离，叫做_____,常用字母“ L_2 ”表示。

要正确作出杠杆的力臂，有一个物理概念非常重要，这个概念叫做_____。

【答案】(1) 支点 (2) 动力 (3) 阻力 (4) 动力臂 (5) 阻力臂. 力的作用线。

【解析】要理解记忆杠杆的五要素的定义。

(1) 杠杆绕着固定转动的点，称为支点,用字母“ O ”表示。

(2) 促使杠杆转动的力，叫做动力,常用字母“ F_1 ”表示。

(3) 阻碍杠杆转动的力，叫做阻力,常用字母“ F_2 ”表示。

(4) 动力臂：支点到动力作用线的距离，叫做动力臂,常用字母“ L_1 ”表示。

(5) 阻力臂：支点到阻力作用线的距离，叫做阻力臂,常用字母“ L_2 ”表示。

要正确作出杠杆的力臂，有一个物理概念非常重要，这个概念叫做力的作用线。

2. 使用杠杆为我们的生活带来方便，下列杠杆的使用能够省距离的是（ ）



A. 开瓶器



B. 镊子



C. 钳子



D. 自行车手闸

【答案】B

【解析】结合图片和生活经验来判断杠杆在使用过程中动力臂和阻力臂的大小关系，根据杠杆平衡方程确定动力和阻力的大小关系，这样就可顺利判断它是属于哪种类型的杠杆。省力的费距离，费力的省距离。A、C、D 三种杠杆均是动力臂大于阻力臂，所以它们都是省力杠杆。只有 B 给出的杠杆符合条件。

3. 如图所示，赛艇的船桨是一种杠杆，划船时它是一支_____力杠杆，手移动的距离_____（选填：大于、小于）桨在水中移动的距离。

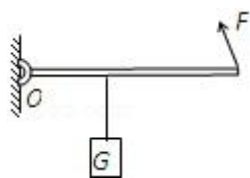


【答案】费；小于。

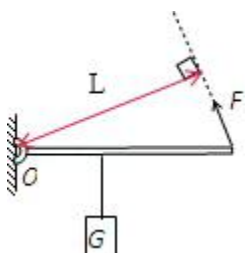
【解析】根据杠杆的结构特点以及杠杆分类的方法可判断其类型。

由桨的结构可知，赛艇的船桨在使用时动力臂小于阻力臂，为费力杠杆；费了力，省了距离，划船时手只要移动较小的距离就能使桨在水中移动较大的距离。

4. 在图中画出力 F 对支点 O 的力臂。



【答案】如图所示。



【解析】本题考查力臂的画法。力臂是从支点到力的作用线的距离，画力臂时应由支点向力的作用线做垂线，垂线段的长度即为力臂。

能力提升训练题

一、选择题

1. (2020 黑龙江龙东农垦森工) 如图是杠杆原理在生活中的应用，能省距离的是 ()



A. 用羊角锤起钉子 B. 用撬棒撬石头 C. 用启子起瓶盖 D. 用钓鱼竿钓鱼

【答案】D

【解析】省力杠杆省力但费距离；费力杠杆费力但能省距离；

羊角锤、撬棒、瓶盖起子在使用的过程中，动力臂大于阻力臂，是省力杠杆，省力但费距离；

钓鱼竿在使用过程中，动力臂小于阻力臂，是费力杠杆，费力省距离，故 ABC 不符合题意，D 符合题意。

2. 如图所示的四种情景中，所使用的杠杆为省力杠杆的是 ()



A. 用餐工具筷子 B. 茶道中使用的镊子
C. 用起子起瓶盖 D. 托盘天平

【答案】C.

【解析】结合图片和生活经验分析动力臂和阻力臂的大小关系，当动力臂大于阻力臂时，是省力杠杆；当动力臂小于阻力臂时，是费力杠杆；当动力臂等于阻力臂时，是等臂杠杆。

A. 筷子在使用过程中，动力臂小于阻力臂，是费力杠杆；

B. 镊子在使用过程中，动力臂小于阻力臂，是费力杠杆；

C. 起子在使用过程中，动力臂大于阻力臂，是省力杠杆；

D. 托盘天平在使用过程中，动力臂等于阻力臂，是等臂杠杆。

3. (2019 陕西省) 下图所示的简单机械一定省力的是 ()



- A. 撬石头用的木棒 B. 划赛艇用的船桨
C. 理发用的剪刀 D. 升旗用的定滑轮

【答案】A

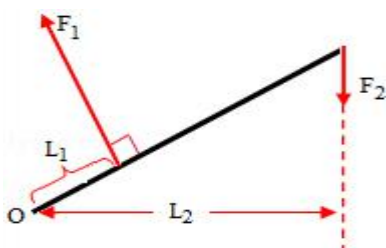
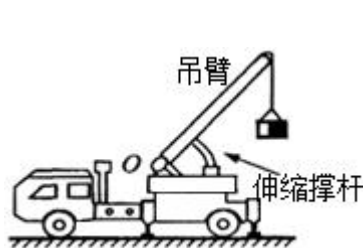
【解析】A. 用木棒撬石头时，动力臂大于阻力臂，是省力杠杆；

B. 用船桨划水时，动力臂小于阻力臂，是费力杠杆；

C. 用图示剪刀理发时，动力臂小于阻力臂，是费力杠杆；

D. 定滑轮实质是一等臂杠杆，不能省力，但可以改变力的方向。

4. 如图甲是吊车起吊货物的结构示意图，伸缩撑杆为圆弧状，工作时它对吊臂的支持力始终与吊臂垂直，使吊臂绕O点缓慢转动，从而将货物提起。图乙杠杆受力及其力臂图示。下列说法正确的是（ ）



- A. 吊臂是一省力杠杆，但要费距离
B. 吊臂是一个费力杠杆，但可以省功
C. 匀速顶起吊臂的过程中，伸缩撑杆支持力的力臂变小
D. 匀速顶起吊臂的过程中，伸缩撑杆支持力渐渐变小

【答案】D

【解析】根据杠杆平衡条件， $F_1 \times l_1 = F_2 \times l_2$ ，根据动力臂和阻力臂的关系分析是省力杠杆、等臂杠杆、费力杠杆。

根据匀速吊起货物时，阻力不变，阻力臂变化，动力臂不变，再次利用杠杆平衡条件进行判断支持力的大小变化。

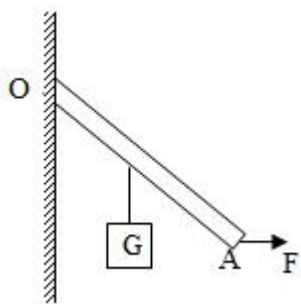
A. 如图画出动力臂和阻力臂，动力臂 L_1 小于阻力臂 L_2 ，根据杠杆平衡条件，动力大于阻力，吊臂是费力杠杆。故 A 错误；

B. 吊臂是费力杠杆，费力但可以省距离，但不省功，故 B 错；

由题知，吊车工作时它对吊臂的支持力始终与吊臂垂直，动力臂不变，阻力不变，阻力臂减小，根据 $F_1 \times l_1 = F_2 \times l_2$ 可知动力减小，所以伸缩撑杆的支持力逐渐变小。故 C 错、D 正确。

点评：正确确定动力、动力臂、阻力、阻力臂是解决本题的关键，吊车吊起货物时，确定变化量和不变量，根据杠杆平衡条件解决问题

5. (2019 四川南充) 如图，用一个始终水平向右的力 F ，把杠杆 OA 从图示位置缓慢拉至水平的过程中，力 F 的大小将 ()

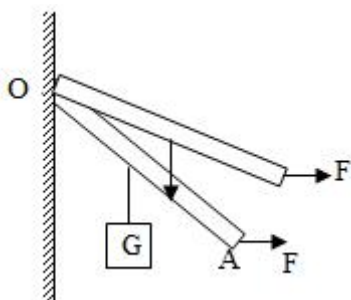


- A. 变大 B. 不变 C. 变小 D. 不能确定

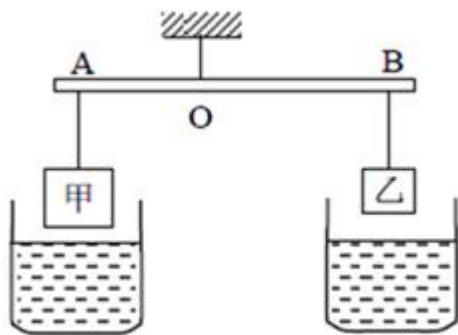
【答案】A

【解析】从支点向力的作用线作垂线，垂线段的长度即力臂。根据杠杆平衡条件 $F_1 L_1 = F_2 L_2$ 分析，力 F 始终水平向右，即动力臂不断变小，把杠杆 OA 从图示位置缓慢拉至水平的过程中，阻力不变，阻力力臂变大，所以动力变大。

如图，用一个始终水平向右的力 F ，把杠杆 OA 从图示位置缓慢拉至水平的过程中，阻力的大小不变（等于物重 G ），阻力臂变大，动力臂不断变小，根据杠杆平衡条件 $F_1 L_1 = F_2 L_2$ 可知，动力将变大。



6. (2019 湖南郴州) 材料相同的甲、乙两个物体分别挂在杠杆 A 、 B 两端， O 为支点 ($OA < OB$)，如图所示，杠杆处于平衡状态。如果将甲、乙物体（不溶于水）浸没于水中，杠杆将会 ()



- A. A 端下沉 B. B 端下沉 C. 仍保持平衡 D. 无法确定

【答案】C

【解析】由题知，甲、乙两物体的密度相同， $OA < OB$ ，即甲的力臂要小于乙的力臂；

根据杠杆的平衡条件可知， $G_{甲} \times L_{甲} = G_{乙} \times L_{乙}$ ，

即： $\rho g V_{甲} L_{甲} = \rho g V_{乙} L_{乙}$ ，

所以： $V_{甲} L_{甲} = V_{乙} L_{乙}$ - - - - - ①，

如果将甲、乙物体（不溶于水）浸没于水中，此时甲乙都要受到浮力的作用，根据阿基米德原理可知甲乙受到的浮力分别为：

$F_{浮甲} = \rho_{水} g V_{甲}$ ， $F_{浮乙} = \rho_{水} g V_{乙}$ ，

此时左边拉力与力臂的乘积为： $(G_{甲} - \rho_{水} g V_{甲}) \times L_{甲} = G_{甲} \times L_{甲} - \rho_{水} g V_{甲} \times L_{甲}$ - - - - - ②

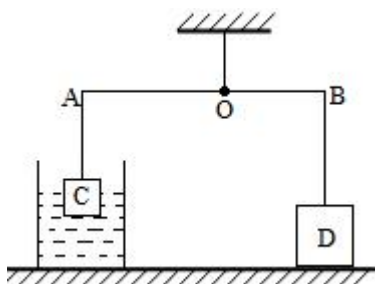
此时右边拉力与力臂的乘积为： $(G_{乙} - \rho_{水} g V_{乙}) \times L_{乙} = G_{乙} \times L_{乙} - \rho_{水} g V_{乙} \times L_{乙}$ - - - - - ③

由于 $V_{甲} L_{甲} = V_{乙} L_{乙}$ ，

所以： $\rho_{水} g V_{甲} \times L_{甲} = \rho_{水} g V_{乙} \times L_{乙}$ ，

则由②③两式可知，此时左右两边拉力与力臂的乘积相同，故杠杆仍然会保持平衡。

7. (2019 四川达州) 如图所示，轻质杠杆 AB 可绕 O 点转动，当物体 C 浸没在水中时杠杆恰好水平静止，A、B 两端的绳子均不可伸长且处于张紧状态。已知 C 是体积为 1dm^3 、重为 80N 的实心物体，D 是边长为 20cm 、质量为 20kg 的正方体， $OA:OB=2:1$ ，圆柱形容器的底面积为 400cm^2 ($g=10\text{N/kg}$)，则下列结果不正确的是 ()



- A. 物体 C 的密度为 $8 \times 10^3 \text{kg/m}^3$
B. 杠杆 A 端受到细线的拉力为 70N

C. 物体 D 对地面的压强为 $1.5 \times 10^3 \text{Pa}$

D. 物体 C 浸没在水中前后，水对容器底的压强增大了 $2 \times 10^3 \text{Pa}$

【答案】D

【解析】A. 物体 C 的质量：

$$m_C = \frac{G_C}{g} = \frac{80\text{N}}{10\text{N/kg}} = 8\text{kg};$$

物体 C 的密度：

$$\rho_C = \frac{m_C}{V_C} = \frac{8\text{kg}}{1 \times 10^{-3} \text{m}^3} = 8 \times 10^3 \text{kg/m}^3, \text{ 故 A 正确};$$

B. 物体 C 排开水的体积： $V_{\text{排}} = V_C = 1 \times 10^{-3} \text{m}^3$,

受到的浮力： $F_{\text{浮}} = \rho_{\text{水}} g V_{\text{排}} = 1 \times 10^3 \text{kg/m}^3 \times 10\text{N/kg} \times 1 \times 10^{-3} \text{m}^3 = 10\text{N}$;

杠杆 A 端受到的拉力： $F_A = G_C - F_{\text{浮}} = 80\text{N} - 10\text{N} = 70\text{N}$, 故 B 正确;

C. 由杠杆平衡条件 $F_1 L_1 = F_2 L_2$ 得： $F_A \times OA = F_B \times OB$,

则杠杆 B 端受到细线的拉力：

$$F_B = \frac{OA}{OB} \times F_A = \frac{2}{1} \times 70\text{N} = 140\text{N},$$

由于力的作用是相互的，杠杆 B 端对 D 的拉力： $F_{\text{拉}} = F_B = 140\text{N}$,

D 对地面的压力： $F_{\text{压}} = G_D - F_B = m_D g - F_{\text{拉}} = 20\text{kg} \times 10\text{N/kg} - 140\text{N} = 60\text{N}$,

D 对地面的压强：

$$p = \frac{F_{\text{压}}}{S} = \frac{60\text{N}}{400 \times 10^{-4} \text{m}^2} = 1.5 \times 10^3 \text{Pa}, \text{ 故 C 正确};$$

D、物体 C 浸没在水中前后，水的深度变化：

$$\Delta h = \frac{V_{\text{排}}}{S} = \frac{V_C}{S} = \frac{1000 \text{cm}^3}{400 \text{cm}^2} = 2.5\text{cm} = 0.025\text{m},$$

水对容器底的压强增大值：

$\Delta p = \rho_{\text{水}} g \Delta h = 1 \times 10^3 \text{kg/m}^3 \times 10\text{N/kg} \times 0.025\text{m} = 2.5 \times 10^2 \text{Pa}$, 故 D 错。

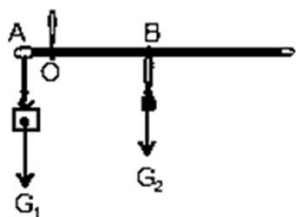
二、填空题

8. (2020·四川雅安) 如图所示，杆秤秤砣的质量为 0.2kg ，杆秤自身质量忽略不计，若杆秤水平静止时，被测物体和秤砣到秤纽的距离分别为 0.05m 和 0.2m ，则被测物体的质量为 kg ，若秤砣上粘有油污，则测量值比被测物体的真实质量要 (选填“偏大”或“偏小”)



【答案】 0.8 偏小

【解析】知道秤砣的质量和两边力臂的大小，利用重力公式和杠杆的平衡条件求被测物的质量；若秤砣上粘有油污时，左边的力和力臂不变，右边的力增大，根据杠杆的平衡条件知道右边的力臂减小，即：杆秤所示的质量值要小于被测物的真实质量值。如图所示：



因为杠杆平衡，则有 $G_1 l_{OA} = G_2 l_{OB}$

$$m_1 g l_{OA} = m_2 g l_{OB}$$

则有

$$m_1 = \frac{m_2 l_{OB}}{l_{OA}} = \frac{0.2\text{kg} \times 0.2\text{m}}{0.05\text{m}} = 0.8\text{kg}$$

若秤砣上粘有油污， m_2 增大，而 $G_1 l_{OA}$ 不变，所以 l_{OB} 要变小，杆秤所示的质量值要偏小。

9. (2020·湖南常德) 农忙时节小明帮爷爷挑谷子，初次干农活的他在左筐中装了 20kg，右筐中装了 25kg，如果扁担的长度为 1.8m，则他在距扁担左端 _____ m 处将谷子挑起来才能使挑担水平（扁担和筐的重力均不考虑）；为了方便行走，小明将两筐谷子同时向内移动了 0.1m，则需要 _____ 筐（选填“左”或“右”）增加约 _____ kg （保留 1 位小数）谷子，才能基本保持挑担水平。

【答案】 1 右 0.7

【解析】根据杠杆平衡条件有 $G_{\text{左}} L_{\text{左}} = G_{\text{右}} L_{\text{右}}$

$$\text{则 } \frac{L_{\text{左}}}{L_{\text{右}}} = \frac{G_{\text{右}}}{G_{\text{左}}} = \frac{m_{\text{右}} g}{m_{\text{左}} g} = \frac{25}{20} = \frac{5}{4}$$

扁担的长度为 1.8m，则他在距扁担左端 $L_{\text{左}} = 1.8\text{m} \times \frac{5}{9} = 1\text{m}$

处将谷子挑起来才能使挑担水平，右筐距离 0.8m。

[2][3] 将两筐谷子同时向内移动了 0.1m，则左端距离变为 0.9m，右端距离变为 0.7m，此时

$$G_{\text{左}} L_{\text{左}}' = 200\text{N} \times 0.9\text{m} = 180\text{N}\cdot\text{m}$$

$$G_{\text{右}} L_{\text{右}}' = 250\text{N} \times 0.7\text{m} = 105\text{N}\cdot\text{m}$$

左边力与力臂乘积大于右边力与力臂乘积；要使挑担基本保持水平，根据杠杆平衡条件应该在右边增加谷子

$$m' = \frac{m_{\text{左}} L_{\text{左}}'}{L_{\text{右}}'} - m_{\text{右}} = \frac{20\text{kg} \times 0.9\text{m}}{0.7\text{m}} - 25\text{kg} \approx 0.7\text{kg}$$

10. (2019 福建省) 如图是我国古代劳动人民在工地上运送巨木的情景。架在支架上的横杆属于____杠杆 (选填“省力”“费力”或“等臂”)；支架下面垫有面积较大的石块，是为了____对地面的压强 (选填“增大”或“减小”)。

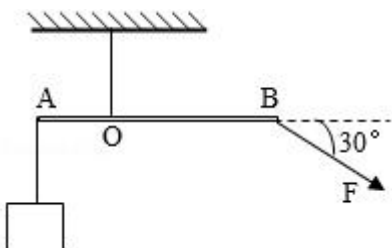


【答案】省力；减小。

【解析】由图知，架在支架上的横杆在使用过程中，动力臂大于力臂，是省力杠杆；

支架下面垫有面积较大的石块，是在压力一定时，通过增大受力面积来减小对地面的压强。

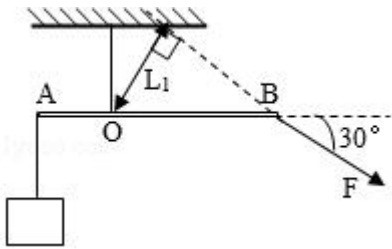
11. (2019 安徽省) 如图，一轻杆 AB 悬于 O 点，其左端挂一重物，右端施加一个与水平方向成 30° 的力 F，此时轻杆水平平衡。若重物质量 $m=3\text{kg}$ ， $BO=3AO$ ， g 取 10N/kg 。则力 F 的大小为_____N。



【答案】 20

【解析】【解答】解：反向延长力 F 的作用线，过支点 O 作力 F 作用线的垂线即为 F 的力臂 L_1 ，

因为右端施加一个与水平方向成 30° 的力 F，则由几何知识可知 $L_1=OB/2$ ，



已知 $BO=3AO$ ，重物质量 $m=3\text{kg}$ ，则物体重力 $G=mg=3\text{kg}\times 10\text{N/kg}=30\text{N}$ ，

由杠杆平衡条件得： $G\times L_2=F\times L_1$ ，

即 $G\times OA=F\times OB/2$ ，

代入数据可得， $30\text{N}\times OA=F\times 3OA/2$ ，

解得 $F=20\text{N}$ 。

12. 如图所示，一根粗细均匀的硬棒 AB 被悬挂起来，已知 $AB=8AO$ ，当在 A 处悬挂 120N 的重物 G 时，杠杆恰好平衡，杠杆自身的重力为____N，若在 C 处锯掉 BC，留下 AC 杠杆，支点 O 不变，则需要在 A 端____（选填“增加”或“减少”）重物，才能使杠杆仍保持水平平衡。



【答案】40；减少。

【解析】因为杠杆为粗细均匀的硬棒，所以杠杆 AB 的重心在杠杆的中心，力臂为杠杆 AB 的八分之三；

由杠杆平衡的条件可得： $G_{\text{杠杆}}\times \frac{3}{8}AB=G\times OA$ ；

已知 $AB=8AO$ ，则 $G_{\text{杠杆}}\times \frac{3}{8}AB=G\times \frac{1}{8}AB$

$G_{\text{杠杆}}=\frac{1}{3}G=\frac{1}{3}\times 120\text{N}=40\text{N}$ ；

当锯掉 BC 后，杠杆重力变为原来的 $\frac{3}{4}$ ，力臂变为 $\frac{1}{4}AB$ ；

由由杠杆平衡的条件可得： $\frac{3}{4}G_{\text{杠杆}}\times \frac{1}{4}AB=G_A\times OA$ ；

$\frac{3}{4}\times 40\text{N}\times \frac{1}{4}AB=G_A\times \frac{1}{8}AB$ $G_A=\frac{3}{2}\times 40\text{N}=60\text{N}<120\text{N}$ ；

因此需要在 A 端减少物重。

13. 如图所示，一位母亲推着婴儿车行走，当前轮遇到障碍物时，母亲向下按扶把，若把婴儿车视为杠杆，这时杠杆的支点是____；当后轮遇到障碍物时，母亲向上抬起扶把，这时婴儿车可视为____杠杆（填“省力”或“费力”）。



【答案】后轮：省力。

【解析】杠杆绕着转动的固定点叫支点；判断婴儿车属于哪种类型的杠杆，只要知道动力臂和阻力臂的大小关系即可。

当前轮遇到障碍物时向下按扶把时，婴儿车绕后轮转动，所以后轮是支点；

当后轮遇到障碍物时向上抬起扶把，婴儿车绕前轮转动，所以前轮是支点，这时动力臂大于阻力臂是省力杠杆。

三、作图题

14. 画出力 F_1 、 F_2 的力臂。

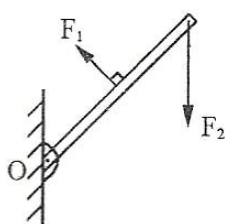


图 1

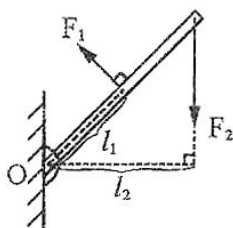


图 2

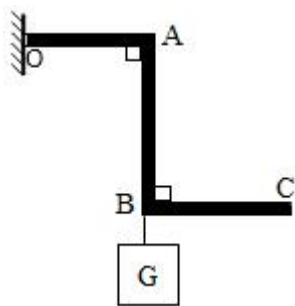
【答案】从支点向 F_1 、 F_2 的作用线引垂线，垂线段的长度即为力臂 l_1 、 l_2 ，如图 2 所示。

【解析】画力臂可以按“找点、画线、作垂线、标符号”这样的步骤完成。“找点”——找支点。由题意知，杠杆的支点是 O 。“画线”——画出力的作用线。将 F_1 、 F_2 分别向两端延长，变为一条直线，就是力的作用线。“作垂线”——从支点 O 向力的作用线画垂线，支点到垂足的距离就是力臂。“标符号”——把支点到垂足的距离用大括号或带箭头的线段勾出，在旁边标上 l_1 、 l_2 。

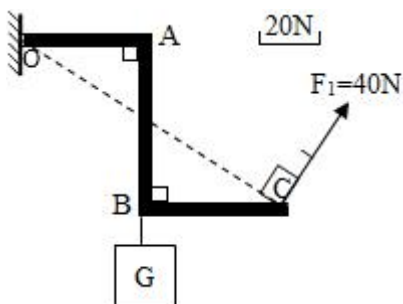
本题考查杠杆五要素中动力臂和阻力臂的画法。画力臂时必须注意力臂是“支点到力的作用线的距离”，而不是“支点到力的作用点的距离”。力的作用线是通过力的作用点并沿力的方向所画的直线。

答案：从支点向 F_1 、 F_2 的作用线引垂线，垂线段的长度即为力臂 l_1 、 l_2 ，如图 2 所示。

15. (2019 四川达州) 轻质杠杆 $OABC$ 能够绕 O 点转动，已知 $OA=BC=20\text{cm}$ ， $AB=30\text{cm}$ ，在 B 点用细线悬挂重为 100N 的物体 G ，为了使杠杆在如图所示的位置平衡，请在杠杆上作出所施加最小动力的图示（不要求写出计算过程）。



【答案】如图所示：



【解析】根据杠杆的平衡条件，要使力最小，则动力臂应最长，即连接 OC 为最长的力臂，力的方向与 OC 垂直且向上，

根据勾股定理和全等三角形定理可得，动力臂 $OC = 50\text{cm}$ ，

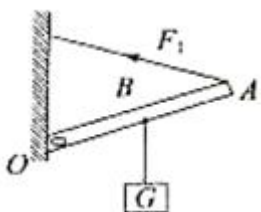
故根据杠杆平衡条件可得： $F_1 \times OC = G \times OA$ ，

代入数值可得： $F_1 \times 50\text{cm} = 100\text{N} \times 20\text{cm}$ ，

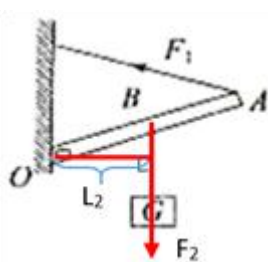
解得 $F_1 = 40\text{N}$ ，

选取标度为 20N，过 C 点作出最小动力，使线段长度为标度的 2 倍。

16. 如图所示，杠杆 OA 在动力 F_1 作用下处于静止状态，请你画出阻力 F_2 及阻力臂 L_2 。



【答案】如图所示：

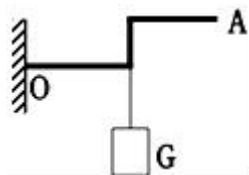


【解析】重点是杠杆上的力和力臂的画法，注意阻力 F_2 ，千万不要画成物体的重力，阻力和重力是两码事，阻力是物体对杠杆的拉力，所以方向和大小与物体重力相同，但作用点不同。

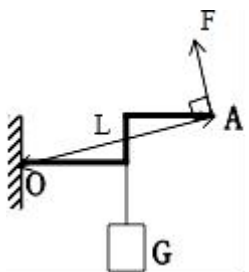
如图，阻力为由于物体的重而产生的拉力，所以从 B 点竖直向下画出 F_2 ；

力臂为支点到力的作用线的距离，所以从 O 点向 F_2 作垂线，垂线段即为力臂 L_2 。

17. 如图所示，轻质杠杆 OA 能绕 O 点转动，请在杠杆中的 A 端画出使轻质杠杆保持平衡的最小的力 F 的示意图（要求保留作图痕迹）。



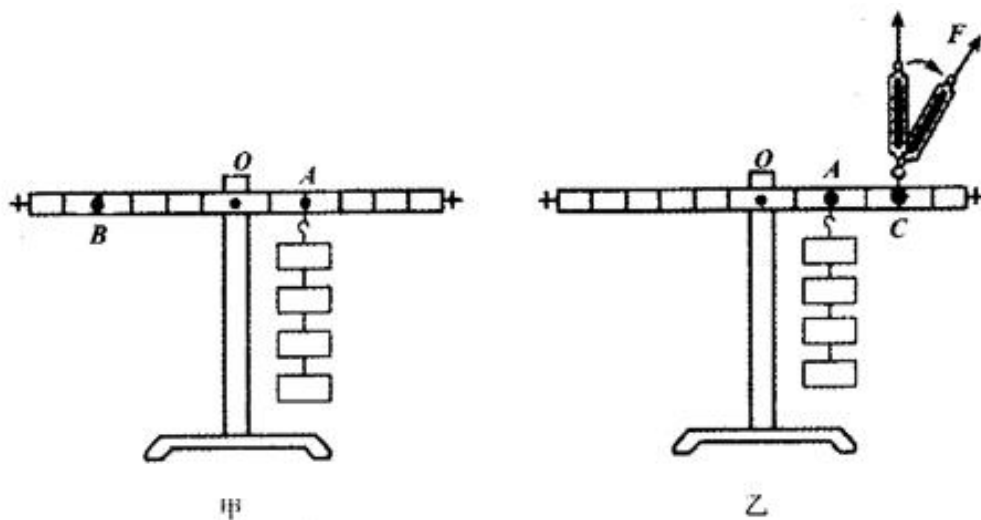
【答案】如图所示：



【解析】此题是求杠杆最小力的问题，已知点 O 是动力作用点，那么只需找出最长动力臂即可，可根据这个思路进行求解。O 为支点，所以力作用在杠杆的最右端 A 点，并且力臂是 OA 时，力臂最长，此时的力最小。确定出力臂然后做力臂的垂线即为力 F。

四、实验探究题

18. (2020 四川自贡市) 小明利用刻度均匀的轻质杠杆进行探究杠杆的平衡条件实验，已知每个钩码重 0.5N。



(1) 实验前，将杠杆的中点置于支架上，当杠杆静止时，发现杠杆左端下沉，这时应将平衡螺母向_____（选

填“左”或“右”)调节,直到杠杆在水平位置平衡。你认为实验中让杠杆在水平位置平衡的好处是_____;

(2)在图甲中的 A 点悬挂 4 个钩码,要使杠杆仍保持水平位置平衡,需在 B 点悬挂_____个钩码;

(3)如图乙所示,取走悬挂在 B 点的钩码,改用弹簧测力计在 C 点竖直向上拉,仍使杠杆水平位置平衡,测力计的拉力为_____N;若在 C 点改变弹簧测力计拉力的方向,使之斜向右上方,杠杆仍然水平位置平衡,则测力计的读数将_____ (选填“变大”或“变小”或“不变”),若此时斜向右上方的测力计与竖直方向间的夹角为 60° , 杠杆在水平位置平衡时,测力计的读数为_____N。

【答案】 (1) 右 (2) 便于测量力臂 (3) 2 (4) 1 (5) 变大 (6) 2

【解析】(1) 杠杆静止时,杠杆左端下沉,说明右端偏高,平衡螺母需向右调节,直到杠杆在水平位置平衡。杠杆只有在水平位置平衡时,力臂才正好在杠杆上,这样测量起来会比较方便。

(2) 设杠杆每个格的长度为 l , 每个钩码的重力为 G , 根据杠杆的平衡条件

$$F_A l_A = F_B l_B$$

$$4G \times 2l = F_B \times 4l$$

$$F_B = 2G$$

即需在 B 点处挂 2 个钩码。

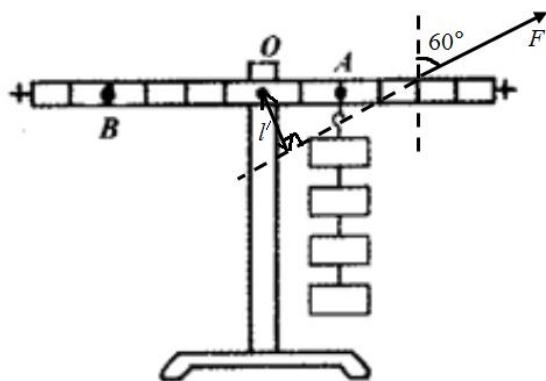
(3) 取走悬挂在 B 点的钩码,改用弹簧测力计在 C 点竖直向上的拉力,根据杠杆的平衡条件得到

$$4G \times 2l = F_C \times 4l$$

$$F_C = 2G = 2 \times 0.5\text{N} = 1\text{N}$$

(4) 如改变弹簧测力计拉力的方向,使之斜向右上方,阻力和阻力臂不变,动力臂减小,动力要增大,所以弹簧测力计示数变大,才能使杠杆仍然水平平衡。

(5) 从支点 O 到动力作用线做垂线,支点与垂足之间的距离即为力臂 l' , 如图所示:

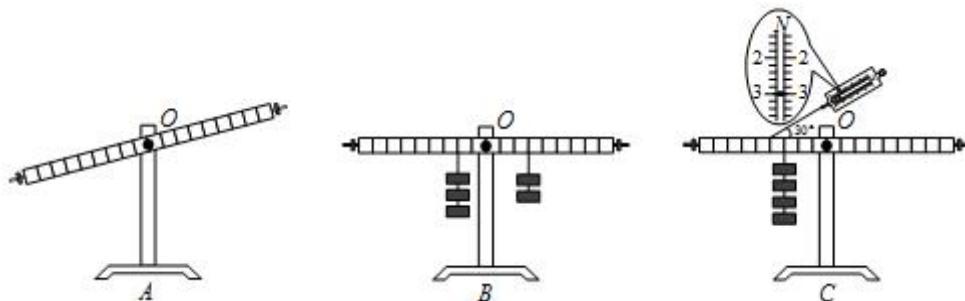


由杠杆的平衡条件得到 $Fl' = 4G \times 2l$

$$F \times 4l \times \frac{1}{2} = 4 \times 0.5\text{N} \times 2l$$

$F=2\text{N}$

19. 小明在“研究杠杆平衡条件”的实验中所用的实验器材有，刻度均匀的杠杆，支架，弹簧测力计，刻度尺，细线和质量相同的 0.5N 重的钩码若干个。



- (1) 如图 A 所示，实验前，杠杆左侧下沉，则应将左端的平衡螺母向_____（选填“左”或“右”）调节，直到杠杆在_____位置平衡，目的是便于测量_____，支点在杠杆的中点是为了消除杠杆_____对平衡的影响。
- (2) 小明同学所在实验小组完成某次操作后，实验象如图 B 所示，他们记录的数据为动力 $F_1=1.5\text{N}$ ，动力臂 $L_1=0.1\text{m}$ ，阻力 $F_2=1\text{N}$ ，则阻力臂 $L_2=$ _____m。
- (3) 甲同学测出了一组数据后就得出“动力 \times 动力臂=阻力 \times 阻力臂”的结论，乙同学认为他的做法不合理，理由是_____。

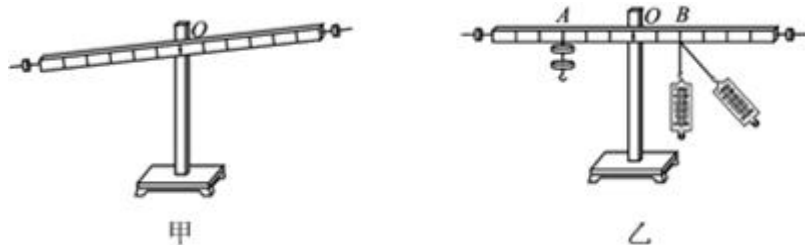
(4) 丙同学通过对数据分析后得出的结论是：动力 \times 支点到动力作用点的距离=阻力 \times 支点到阻力作用点的距离，与小组同学交流后，乙同学为了证明丙同学的结论是错误的，他做了如图 C 的实验，此实验_____（选填“能”或“不能”）说明该结论是错误的，图 C 实验中，已知杠杆上每个小格长度为 5cm ，每个钩码重 0.5N ，当弹簧测力计在 A 点斜向上拉（与水平方向成 30° 角）杠杆，使杠杆在水平位置平衡时，动力 \times 动力臂（选填“等于”或“不等于”）阻力 \times 阻力臂”。

【答案】(1) 右；水平；力臂；自重；(2) 0.15 ；(3) 一组实验数据太少，具有偶然性，不便找出普遍规律；(4) 能；等于。

【解析】(1) 调节杠杆在水平位置平衡，杠杆右端偏高，左端的平衡螺母应向上翘的右端移动，使杠杆在水平位置平衡，力臂在杠杆上，便于测量力臂大小，同时消除杠杆自重对杠杆平衡的影响；(2) 杠杆平衡条件为： $F_1L_1=F_2L_2$ 。由杠杆平衡条件得： $1.5\text{N}\times 0.1\text{m}=1\text{N}\times L_2$ ，得： $L_2=0.15\text{m}$ ；(3) 只有一次实验得出杠杆平衡的条件是：动力 \times 动力臂=阻力 \times 阻力臂。这种结论很具有偶然性，不合理。要进行多次实验，总结杠杆平衡条件。(4) 丙同学通过对数据分析后得出的结论是：动力 \times 支点到动力作用点的距离=阻力 \times 支点到阻力作用点的距离，与小组同学交流后，乙同学为了证明丙同学的结论是错误的，他做了如图 C 的实验，此实验能得到“动力 \times 支点到动力作用点的距离=阻力 \times 支点到阻力作用点的距离”，这个结论是不正确的；当动力臂不等于支点到动力作用点的距离时，看实验结论是否成立，所以利用图 C 进行验证；杠杆平衡条

件为： $F_1L_1=F_2L_2$ 。由杠杆平衡条件得： $4 \times 0.5\text{N} \times 3 \times 5\text{cm} = 3\text{N} \times \frac{1}{2} \times 4 \times 5\text{cm}$ ，左右相等，杠杆在水平位置平衡时，动力 \times 动力臂 等于阻力 \times 阻力臂”。

20. (2019 湖北荆州) 小华在做“探究杠杆平衡条件”实验的装置如图，杠杆上相邻刻线间的距离相等。



- (1) 杠杆在如图甲的位置静止时_____ (选填“是”或“不是”)处于杠杆平衡状态的。
- (2) 为使杠杆在水平位置平衡，应将平衡螺母向_____ (选填“左”或“右”)端调节。
- (3) 如图乙，杠杆在水平位置平衡后，在 A 点挂两个钩码，每个钩码重 0.5N，在 B 点竖直向下拉弹簧测力计，仍使杠杆水平位置平衡，此时弹簧测力计的示数应为_____N。当弹簧测力计改为斜拉时，再次使杠杆水平位置平衡，则弹簧测力计的示数将_____。(选填“变大”、“变小”或“不变”)
- (4) 小华改变钩码的个数和位置进行了多次实验，其目的是_____。

【答案】(1) 是；(2) 右； (3) 1.5；变大；(4) 使实验结论更具有普遍性，避免实验结论的偶然性。

【解析】(1) 杠杆的平衡状态是指杠杆处于静止或匀速转动状态，图甲中杠杆处于静止状态，因而杠杆处于平衡状态；

(2) 图甲中，杠杆不在水平位置，左端向下倾斜，说明杠杆的重心在左端，平衡螺母应向较高的右端调节；

(3) 每个钩码重 0.5N，由图可知 $OB:OA=2:3$ ，

根据杠杆的平衡条件可得， $F \times OB = 2G \times OA$ ，

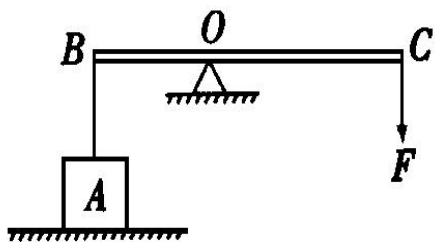
$$\text{测力计的示数：} F = \frac{2G \times OA}{OB} = \frac{2 \times 0.5\text{N} \times 3}{2} = 1.5\text{N}；$$

斜向下拉时，阻力和阻力臂一定，动力臂变小，动力变大，所以，测力计的示数将大于 1.5N；

(4) 本实验中进行多次测量的目的是：使实验结论更具有普遍性，避免实验结论的偶然性。

五、计算题

21. 如图所示，质量为 70kg，边长为 20cm 的正方体物块 A 置于水平地面上，通过绳系于轻质杠杆 BOC 的 B 端，杠杆可绕 O 点转动，且 $BC=3BO$ 。在 C 端用 $F=150\text{N}$ 的力竖直向下拉杠杆，使杠杆在水平位置平衡，且绳被拉直：(绳重不计，g 取 10N/kg) 求：



- (1) 物体 A 的重力 G ;
- (2) 绳对杠杆 B 端的拉力 $F_{\text{拉}}$;
- (3) 此时物体 A 对地面的压强 p 。

【答案】 (1) 700N (2) 300N (3) 10000Pa

【解析】 本题考查重力公式应用、杠杆平衡条件应用、压强公式应用。本题关键是由力的平衡条件方程 $F_{\text{拉}} \times BO = F \times OC$, 注意 $BC=3BO$ $F=150\text{N}$ 求出绳对杠杆 B 端的拉力 $F_{\text{拉}}$ 。本题难点是物体 A 对地面的压力的求解。这里要知道放在地面的静止的物体, 其受到向上的力之和等于其重力, 即 $F+N=G$, 意思是物体 A 受到绳向上的拉力 F 加上地面对物体 A 相上的支持力 N 等于物体 A 的重力。这里 $F=F_{\text{拉}}-N=F_{\text{压}}-N$ 求出来, 物体 A 对地面压力 $F_{\text{压}}$ 可求, 根据压强公式顺利求解物体 A 对地面的压强 p 。

- (1) 物体 A 的重力 G 根据公式 $G=mg$ 很容易求得。

$$G=mg=70\text{kg} \times 10\text{N/kg}=700\text{N}$$

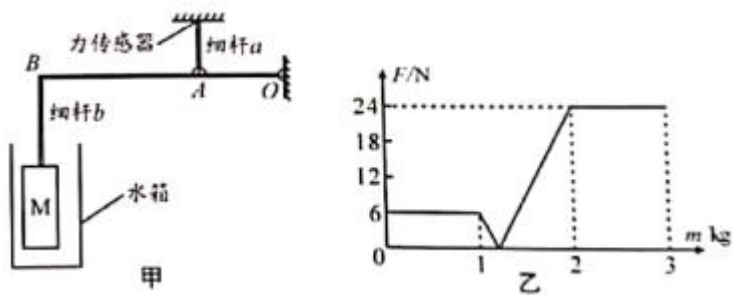
- (2) 由杠杆平衡条件有: $F_{\text{拉}} \times BO = F \times OC$, 可求出绳对杠杆 B 端的拉力 $F_{\text{拉}}$

- (3) 由力的平衡条件, 物体 A 对地面的压力为: $F_{\text{压}} = G - F_{\text{拉}} = 700\text{N} - 300\text{N} = 400\text{N}$ 对地面的压强:

$$p = F_{\text{压}}/S = 400 / (0.2 \times 0.2) \text{ Pa} = 10000\text{Pa}$$

22. (2019 湖南长沙) 在科技节, 小海用传感器设计了如图甲所示的力学装置, 杠杆 OAB 始终在水平位置保持平衡, O 为杠杆的支点, $OB=3OA$, 竖直细杆 a 的上端通过力传感器连在天花板上, 下端连在杠杆的 A 点, 竖直细杆 b 的两端分别与杠杆和物体 M 固定, 水箱的质量为 0.8kg , 不计杠杆、细杆及连接处的重力。当图甲所示的水箱中装满水时, 水的质量为 3kg 。力传感器可以显示出细杆 a 的上端受到作用力的大小, 图乙是力传感器的示数大小随水箱中水的质量变化的图象, (取 $g=10\text{N/kg}$)

- (1) 图甲所示的水箱装满水时, 水受到的重力为_____N;
- (2) 物体 M 的质量为_____kg;
- (3) 当向水箱中加入质量为 1.1kg 的水时, 力传感器的示数大小为 F , 水箱对水平面的压强为 p_1 ; 继续向水箱中加水, 当力传感器的示数大小变为 $4F$ 时, 水箱对水平面的压强为 p_2 , 则 $p_1:p_2=_____$ 。



【答案】（1）30；（2）0.2；（3）2：3。

【解析】（1）当图甲所示的水箱中装满水时，水的质量为 3kg，

则水受到的重力： $G_{\text{水}} = m_{\text{水}}g = 3\text{kg} \times 10\text{N/kg} = 30\text{N}$ ；

（2）由图乙可知，水箱中没有水时（ $m=0$ ），压力传感器受到的拉力 $F_0=6\text{N}$ ，

由杠杆的平衡条件 $F_1L_1=F_2L_2$ 可得， $F_0 \cdot OA = G_M \cdot OB$ ，

$$\text{则 } G_M = \frac{OA}{OB} F_0 = \frac{1}{3} \times 6\text{N} = 2\text{N},$$

物体 M 的质量：

$$m_M = \frac{G_M}{g} = \frac{2\text{N}}{10\text{N/kg}} = 0.2\text{kg};$$

（3）设 M 的底面积为 S，压力传感器示数为 0 时 M 浸入水中的深度为 h_1 ，M 的高度为 h，

当压力传感器的压力为零时，M 受到的浮力等于 M 的重力 2N，

由阿基米德原理可得： $\rho_{\text{水}} gSh_1 = 2\text{N}$ - - - - ①

由图乙可知，当 M 完全浸没时，压力传感器的示数为 24N，

由杠杆的平衡条件可得， $F_A \cdot OA = F_B \cdot OB$ ，

$$\text{则 } F_B = \frac{OA}{OB} F_A = \frac{1}{3} \times 24\text{N} = 8\text{N},$$

对 M 受力分析可知，受到竖直向上的浮力、竖直向下的重力和杆的作用力，

则此时 M 受到的浮力 $F_{\text{浮}} = G_M + F_B = 2\text{N} + 8\text{N} = 10\text{N}$ ，

由阿基米德原理可得 $\rho_{\text{水}} gSh = 10\text{N}$ - - - - - ②

由 $\frac{①}{②}$ 可得： $h = 5h_1$ ，

由图乙可知，加水 1kg 时水面达到 M 的下表面（此时浮力为 0），加水 2kg 时 M 刚好浸没（此时浮力为 10N），

该过程中增加水的质量为 1kg，浮力增大了 10N，

所以，每加 0.1kg 水，物体 M 受到的浮力增加 1N，

当向水箱中加入质量为 1.1kg 的水时，受到的浮力为 1N，B 点受到的向上的力

$$F_B' = G_M - F_{浮}' = 2N - 1N = 1N,$$

$$\text{由杠杆的平衡条件可得 } F = \frac{OB}{OA} F_B' = 3 \times 1N = 3N,$$

$$\text{当力传感器的示数大小变为 } 4F \text{ 时, B 点受到的向下的力 } F_B'' = \frac{OA}{OB} \times 4F = \frac{1}{3} \times 4 \times 3N = 4N,$$

$$\text{此时 M 受到的浮力 } F_{浮}'' = G_M + F_B'' = 2N + 4N = 6N, \text{ 再次注入水的质量 } m_{水}' = \frac{6N}{10N} \times 1kg - 0.1kg = 0.5kg,$$

当向水箱中加入质量为 1.1kg 的水时, 水箱对水平面的压力:

$$F_1 = (m_{水箱} + m_{水} + m_M) g - F_B' = (0.8kg + 1.1kg + 0.2kg) \times 10N/kg - 1N = 20N,$$

继续向水箱中加水, 当力传感器的示数大小变为 4F 时, 水箱对水平面的压力:

$$F_2 = (m_{水箱} + m_{水} + m_M + m_{水}') g + F_B'' = (0.8kg + 1.1kg + 0.2kg + 0.5kg) \times 10N/kg + 4N = 30N,$$

所以, 两种情况下水箱对水平面的压强之比为:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{\frac{F_1}{S_{水箱}}}{\frac{F_2}{S_{水箱}}} = \frac{F_1}{F_2} = \frac{20N}{30N} = \frac{2}{3}.$$