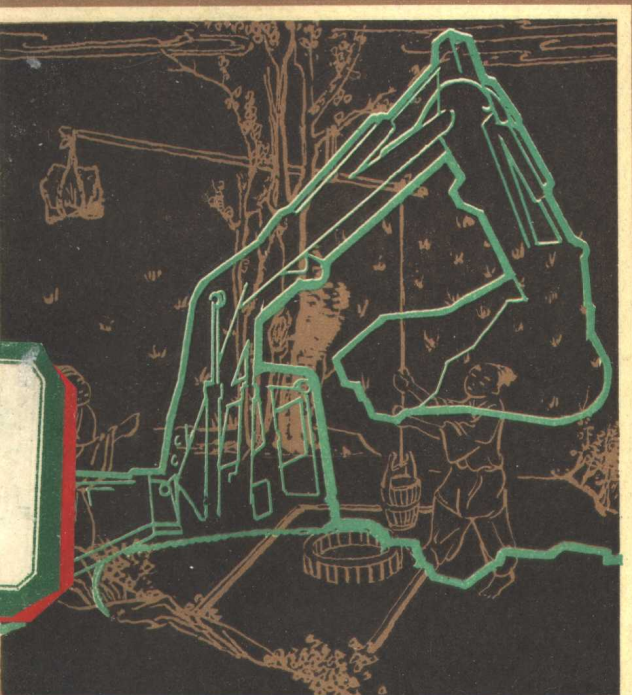


自然常识辅导员

机械

程 鸿 勋

8



科学普及出版社

自然常识辅导员

第 八 册

机 械

程 鸿 勋

内 容 提 要

本书是《自然常识辅导员》的第八册，书中以小学《自然常识》课本为起点，从浅显的实例出发，引导读者认识杠杆、滑轮、轮轴、斜面、螺旋等各种简单机械。并以小学生能够接受的方式介绍有关的实验、用途和计算，意题新颖、生动活泼，适合小学生、中学生阅读，也可供小学教师备课参考。《自然常识辅导员》丛书共分十二册：天文、植物、动物、气象、地壳、空气和水、生理卫生、机械、声、光、电、热。

自然常识辅导员

第 八 册

机 械

程 鸿 勋

*

科学普及出版社出版（北京白石桥紫竹院公园内）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京印刷一厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：2 字数：42千字

1981年11月第1版 1981年11月第1次印刷

印数：1—16,506册 定价：0.20元

统一书号：13051·1196 本社书号：0237

目 录

一、 杠杆	1
1. 从撬动大石头谈起	1
2. 杠杆为什么能省力	3
3. 杠杆省力又省功吗	9
4. 杠杆的种类和应用	12
二、 滑轮	19
1. 滑轮的出现	19
2. 旗杆顶上的秘密	20
3. 可以移动的滑轮	24
4. 滑轮组	27
三、 轮轴	32
1. 什么是轮轴	32
2. 轮轴的杠杆原理	34
3. 自行车上的轮轴	36
4. 轮轴组	37
5. 差动滑轮和差动轮轴	38
四、 斜面	42
1. 一块斜放着的木板的“功劳”	42
2. 斜面省力的实验	43
3. 斜面的功的原理	45
4. 斜面问题的计算	47
5. 斜面的多种应用	51
五、 螺旋	55
1. 惊人的“千斤顶”	55
2. 螺旋的制作	56
3. 旋转的劈	57
4. 重要而广泛的应用	58

一、杠 杆

1. 从撬动大石头谈起

怎样才能简便地把一块重达几百斤的大石头移开呢？人们常是用一个木棒或铁棒，把它的一端插到石头下面，再在木棒下面垫一块石头，用力压木棒的另一端，就能把大石头撬起来。图 1 所示的这根撬石头的棒就是一种常用的简单机械。

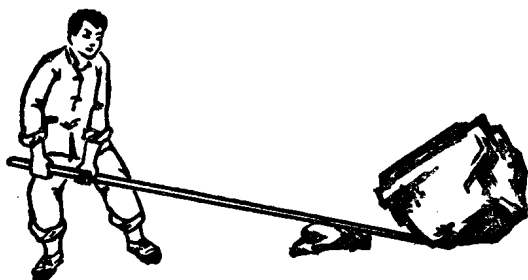


图 1

怎样才能简便地把一个钉入木头里的钉子拔出来呢？最好是找到一个叫钉锤或叫羊角锤的工具(图 2)。把它的牙口卡住钉子的“帽”，略用力拉，钉子就拔出来了。这个工具也是一种常用的简单机械。

什么是杠杆呢？我们把在力的作用下，能够绕固定点转

动的硬棒叫做杠杆。这个硬棒可以是直的也可以是弯的，可以是一种东西也可以是两种或多种东西组合成的，例如钉锤就是木头柄和铁锤头组合成的杠杆。



图 2

一般把主动使杠杆转动的力叫做动力，例如人给予杠杆的力就是动力。而杠杆一转动就要给物体一个力，同时物体也给杠杆一个力，阻碍杠杆转动。杠杆与物体之间的相互作用力总是大小相等，方向相反的，我们把杠杆受到的阻碍杠杆转动的力叫做阻力。杠杆本身是有重量的，如这重量同动力与阻力比较起来很小时，我们就可以将它忽略不计。

使用杠杆时，杠杆上有三个点，杠杆绕着转动的固定点叫做支点（图 3）。动力作用的地方，也就是动力的作用点

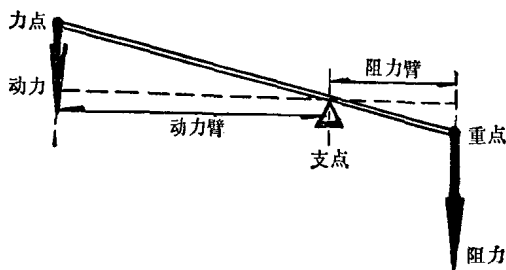


图 3

叫做力点，阻力的作用点叫做重点。从支点到动力作用线的垂直距离叫做动力臂。从支点到阻力作用线的垂直距离叫做

阻力臂。

2. 杠杆为什么能省力

我们先做如下实验，取一个比较薄而轻的木板条，在上面划上相等的格，这样就做成了一个带有标尺的杠杆。在它的中点水平钻一个小孔并装在支架上，使它能绕这个小孔在竖直平面内转动。这个中点就是杠杆的支点。每次实验前应该使杠杆尺处于平衡状态。

实验(1) 我们在杠杆左边一个格的地方挂上四个砝码，把这四个砝码的重量作为对杠杆的阻力。同时，再拿相同的四个砝码作为动力，把它挂在什么地方杠杆才能保持平衡呢？实验结果表明，四个砝码必须挂在右边也是一个格的地方杠杆才能保持平衡（图4）。

弹簧秤是量度力的大小的工具，如果把做为动力的四个砝码取下，就在这挂砝码的地方用弹簧秤竖直地向下拉。可以看到，弹簧秤上指示的力也正是四个砝码的重量（图5）。

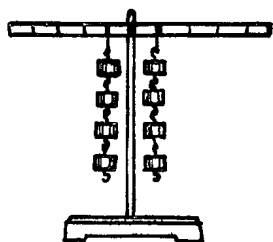


图 4

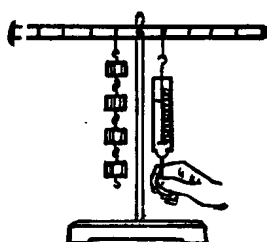


图 5

如果换用我们的手做为动力，还是在原来挂砝码的地方，用手指竖直向下用力，可想而知，也必须用四个砝码重量那么

大的力才能使杠杆保持平衡（图 6、7）。

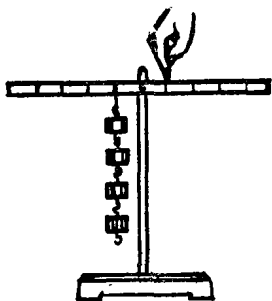


图 6

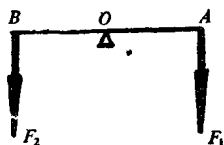


图 7

从这个实验可知，当杠杆平衡时，杠杆和它所受的力垂直，这时动力臂和阻力臂的长度都是一个格。实验结果表明当动力臂和阻力臂的长度相等时，动力和阻力必须相等，杠杆才能保持平衡。因此，使用动力臂等于阻力臂的杠杆，不省力也不费力。这样的杠杆简称为等力杠杆。

具体计算是：杠杆左边受的阻力（4个砝码）与它的阻力臂（1个格）的乘积，可以简单写做 $4 \times 1 = 4$ ；杠杆右边受到的动力和它的动力臂的乘积也是 $4 \times 1 = 4$ 。这两个乘积相等。

实验(2) 上述实验中的左边不变，作为阻力的4个砝码仍然挂在阻力臂为一个格的地方，而右边作为动力只用一个砝码来使杠杆平衡，怎么才能使它平衡呢？把这一个砝码移往离支点更远的地方，移到4个格处杠杆才能平衡(图8)。就在这4个格的地方，如果换用弹簧秤竖直向下拉，或是用手指竖直向下压也必然是只用一个砝码重量的力就可以使杠杆保持平衡（图9、10、11）。

实验结果表明，在杠杆上1个砝码竟能与4个砝码保持

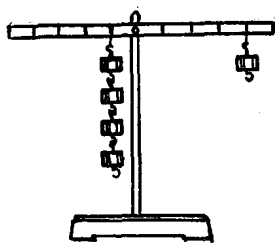


图 8

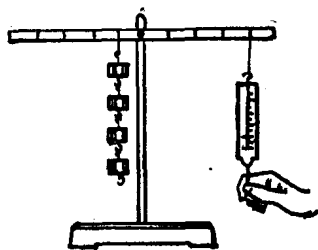


图 9

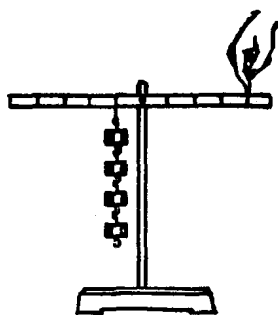


图 10

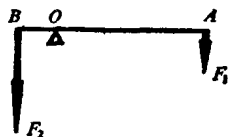


图 11

平衡，这说明，使用动力臂比阻力臂长的杠杆能省力，这样的杠杆简称为省力杠杆。

具体计算是：因为杠杆左边不变，所以阻力与阻力臂的乘积还是 $4 \times 1 = 4$ ；而杠杆右边的动力是 1 个砝码，动力臂却是 4 个格，乘积是 $1 \times 4 = 4$ 。杠杆两边的力和力臂的乘积仍然相等。

实验(3) 我们用 2 个砝码挂在杠杆左边 4 个格的地方作为阻力，同时用 4 个砝码作为动力，怎样才能使杠杆保持平衡呢？实验结果指出，这 4 个砝码必须挂在距离支点 2 个

格的地方才能使杠杆保持平衡。同样，用弹簧秤竖直向下拉或用手指竖直向下压，也需要用 4 个砝码那么大的力才能使杠杆保持平衡（图 12、13、14、15）。

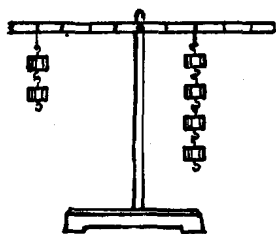


图 12

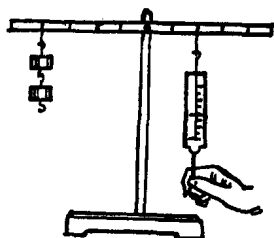


图 13

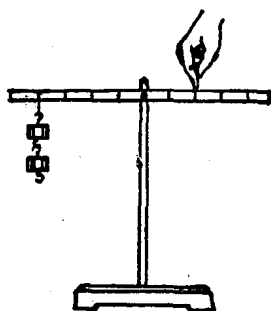


图 14

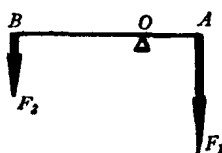


图 15

当用手指向下压时，会感到用的力要比两个砝码的重量大得多。当动力臂比阻力臂短时，要用比阻力大的动力才能使杠杆保持平衡。这说明，使用动力臂比阻力臂短的杠杆反而费力，这样的杠杆称为费力杠杆。

杠杆左边阻力与阻力臂的乘积是 $2 \times 4 = 8$ ；杠杆右边动力与动力臂的乘积是 $4 \times 2 = 8$ 。这两个乘积还是相等。

实验(4) 作为阻力的4个砝码不是挂在支点的左边,而是挂在支点的右边,距离支点2个格的地方(阻力臂是2个格)。我们用弹簧秤在右边距离支点4个格的地方竖直向上拉作为动力,当弹簧秤的指针指示大约为2个砝码重量那么大的力时,杠杆才能达到平衡。显然,换用手指竖直向上顶,也需用2个砝码重量那么大的力才能使杠杆保持平衡(图16、17、18)。

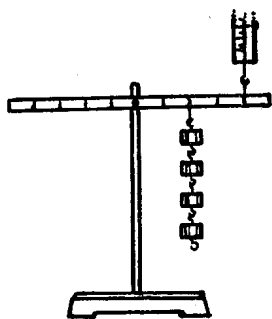


图 16

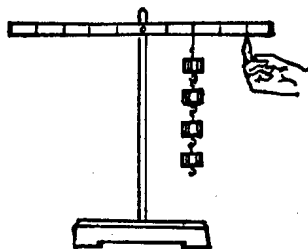


图 17

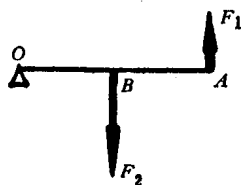


图 18

这个杠杆的特点是, 支点不在中间, 而是在 杠杆的一端。这时, 动力的2个砝码与动力臂的4个格的乘积是 $2 \times 4 = 8$; 而阻力的4个砝码与阻力臂2个格的乘积是 $4 \times 2 = 8$ 。由此可见, 尽管动力和阻力都在一边, 但力和力臂的乘积仍然相等。

从上述这些实验结果来看，每个实验既各有其特点，又有着共同的规律，要使杠杆平衡，必须符合：动力 $\times$ 动力臂=阻力 $\times$ 阻力臂。

我们把这个条件叫做杠杆的平衡条件。在物理学中，常把这个规律叫做杠杆原理。如图 7、11、15、18 所示。

若用 F_1 表示动力， F_2 表示阻力， OA 表示动力臂， OB 表示阻力臂，上式可以写成

$$F_1 \times OA = F_2 \times OB$$

杠杆平衡条件也可以改写成

$$\frac{\text{动力}}{\text{阻力}} = \frac{\text{阻力臂}}{\text{动力臂}}$$

$$\text{即 } \frac{F_1}{F_2} = \frac{OB}{OA}$$

上式表明，要使杠杆平衡，作用在杠杆上的两个力的大小和它们的力臂成反比，动力臂是阻力臂的几倍，动力就是阻力的几分之一。

在这个原理中，特别需要注意的是(图 19)，杠杆支点的左边都相同，支点右边的杆长，一个比一个长。都用 4 个砝码挂在杆的右边端点，哪个杆能保持平衡呢？

实验结果表明每个杠杆都保持平衡。杠杆(1)平衡是明显的，它符合杆杠平衡条件。杠杆(2)、(3)、(4) 支点右边杆的长短虽然不一样，但是作为动力的作用线是和(1)在同一直线上。在物理学中，把通过力的作用点沿力的方向所引的直线，叫做力的作用线。在这四个杠杆实验中，支点到动力的作用线的垂直距离，也就是它们的动力臂都相等，是符合杠杆平衡条件的，因此都能保持平衡。所以使用杠杆时，应该注意杠杆平衡是与所受力的大小和力臂的长短有关。

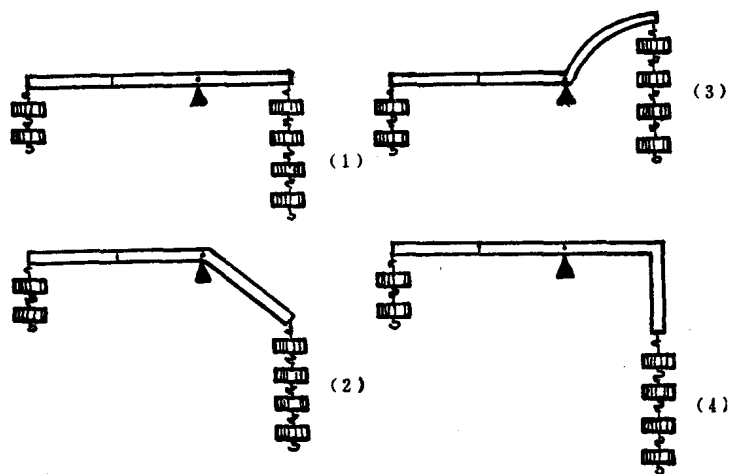


图 19

历史上，希腊学者阿基米德，在总结人们大量实践经验的基础上，通过实验，较早地发现了杠杆规律，发明了很多先进的生产工具和武器。他在一封信上高兴地写道“给我一个支点，我就能把地球举起来”。实际上，这肯定是办不到的。他只是用这夸张的比喻说明杠杆的重要作用。

3. 杠杆省力又省功吗

什么叫做功 物理学中所说的“做功”与生活中的“工作”不同，物理学中的“做功”有它特殊的含意，仅举下面两个例子来说明。

人推车前进的时候，人对车有一个向前的推力，车在力的作用下前进了一段距离，物理学里就说人给车的这个推力

对车做了功。

起重机提起重物时，对重物有一个向上的拉力，重物在力的作用下升高了一段距离，物理学里就说，起重机给予重物的拉力对重物做了功。

可见，物体受到力的作用，并沿着力的方向移动了一段距离，我们就说这个力对物体做了功。

如果物体只受到力的作用而没有运动，这个力就没有对物体做功。物理学里所说的做功包括两个必要的因素：作用在物体上的力和物体沿着力的方向通过的距离。

力对物体所做功的大小等于作用在物体上的力和物体沿着力的方向通过的距离的乘积。即

$$\text{功} = \text{力} \times \text{距离}$$

如果用 F 表示力， S 表示物体沿着力的方向通过的距离， W 表示功，上式可以写成

$$W = F \times S$$

动力所做的功，有时简称为动力功。阻力所做的功，简称为阻力功或叫做物体克服阻力所做的功。

机械功的原理 任何机械都是用来做功的。使用机械可以省力，能不能省功呢？我们来看看使用杠杆时动力对杠杆所做的功与杠杆克服阻力所做的功的关系。

图 20 中 AB 是杠杆的示意图，这是个省力杠杆，若人用力 F_1 使杠杆匀速地发生转动，使 A 点运动到 C 点， B 点运动到 D 点。假若运动的这段距离很小，可以近似地把 AC 、 BD 看成是直线，并发生在 F_1 与 F_2 所在的直线上，用 S_1 、 S_2 分别代表 AC 、 BD 的长度。为了说明问题，我们夸大地画了这个运动的放大示意图。

根据杠杆原理 $F_1 \times OA = F_2 \times OB$

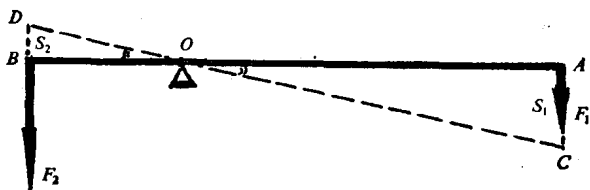


图 20

可以写成
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{OB}{OA}$$

在 $\triangle AOC$ 和 $\triangle BOD$ 两个三角形中, $\angle OAC = \angle OBD = 90^\circ$, $\angle AOC = \angle BOD$ (对顶角相等), 这样 $\angle ACO$ 与 $\angle BDO$ 也一定相等, 三个角都相等, 则 $\triangle AOC$ 和 $\triangle BOD$ 为相似三角形, 它们的对应边成比例

$$\frac{BO}{OA} = \frac{BD}{AC} = \frac{S_2}{S_1}$$

把这个式子代入前一个式子, 可以得到

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_2}{S_1}$$

则
$$F_1 \times S_1 = F_2 \times S_2$$

$F_1 \times S_1$ 为人所用的力对杠杆所做的功, $F_2 \times S_2$ 为杠杆克服阻力所做的功。这两个功大小相等。由此可见, 使用杠杆只能省力, 不能省功。

人们在长期的生产实践中认识到, 使用任何机械做功时, 动力对机械所做的功总是等于机械克服阻力所做的功。也就是说使用任何机械都不能省功, 这个规律叫做机械做功的原理, 简称功的原理。

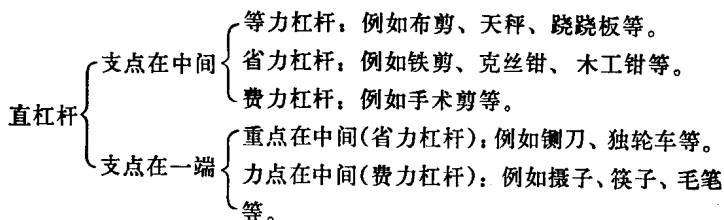
机械做功的原理, 在机械的使用中是最普遍、最重要的

原理。在历史上，人们把它叫做《黄金规则》，意思是说这个规则很宝贵。

运用功的原理来分析杠杆，可知等力杠杆的力点和重点移动的距离一定相等；省力杠杆的力点移动的距离一定比重点移动的距离长。可见省了力要多走距离，也就是说在力上“占了便宜”，那么在距离上就一定要“吃亏”，动力对机械所做的功等于机械克服阻力所做的功，永远是“既不占便宜，又不吃亏”。

4. 杠杆的种类和应用

杠杆在生产和生活中应用得非常广泛。从形状上来看大致可以分为直杠杆和曲杠杆两大类：



曲杠杆：例如钉拔子、压水机柄、脚刹车踏板、铲车、道钉撬、自动卸土车等。

杠杆之所以有这么多的种类，是为了适应于工作条件，为了更好地完成工作任务。

例如剪刀，一般是由两个金属“页”组成的，中间用铆钉铆合，铆合处是杠杆的支点。图 21 是铁剪刀及其一“页”的杠杆原理图，因为它要剪的是很硬的铁片，而我们人手的握力是有限的，必须用省力杠杆。所以，铁剪的这种形状完全是

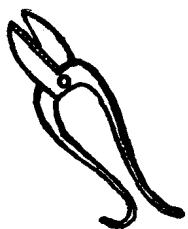


图 21



图 22



图 23

由它的用途决定的。布剪（图 22）一般剪的是不太硬和不太软的东西，所以多用等力杠杆原理制成。手术剪（图 23）一方面剪的是软物体，另一方面使用它时要求手不能太接近伤口，所以用阻力臂较长的杠杆制成。

图 24 是儿童玩的跷跷板，中间有可以转动的支点。两个重量相等的儿童，坐在板的两端，跷跷板就平衡了，这时只要一个小孩略用力蹬地，板就会跷动起来，双方上下跷动的距离较大，而彼此用的力都很小。但如果是一个大孩子和一个小孩子，或者是一个又胖又重的孩子和一个体重较轻的孩子又怎样玩跷跷板呢？运用杠杆的平衡条件就很容易解决，只要让重一些的孩子向中间的支点靠近一些，就可以使杠杆达到平衡状态。

下面看几个支点在一端的杠杆实例，图 25 是生活中常