

经全国中小学教材审定委员会2004年
初审通过

普通高中课程标准实验教科书

物理

(选修 2-2)

广东基础教育课程资源研究开发中心物理教材编写组 编著

广东教育出版社



普通高中课程标准实验教科书

物理

(选修2-2)

W U L I

主 编: 保宗悌

副 主 编: 布正明 王笑君

本册主编: 刘雄硕

本册编者: 王笑君 冯 杰 布正明 刘雄硕

杨冬青 陈 旭 保宗悌 符东生

(以姓氏笔画为序)

绘 图: 李德安

普通高中课程标准实验教科书

物 理

(选修2-2)

广东基础教育课程资源研究开发中心

物理教材编写组 编著

*

广东教育出版社出版

(广州市环市东路472号12-15楼)

邮政编码: 510075

网址: <http://www.gjs.cn>

广东省新华书店发行

佛山市南海区官窑崇昌印刷有限公司印刷

(佛山市南海区官窑镇秀峰大道)

890毫米×1240毫米 16开本 6印张 120 000字

2005年7月第1版 2006年7月第3次印刷

ISBN 7-5406-5881-9/G·5219

定价: 6.81元

著作权所有·请勿擅自用本书制作各类出版物·违者必究

如有印装质量或内容质量问题, 请与我社联系。

联系电话: 020-87613102

前言

欢迎同学们进入物理选修2-2的学习。

本模块中，我们将要学习力与机械、热与热机的知识。

现代人的生活离不开机械，人们出行，经常会使用各种交通工具；我们的生活用品，几乎都是经过机械加工制造出来的。

机械的设计制造要依据一定的力学原理，力的大小和作用方式，决定了机器各零部件的运动方式，研究力对物体的不同作用，对于理解机械的原理是必不可少的。

力能改变物体的运动状态，也会使物体发生形变。在前面模块的学习中，我们研究的重点是力与质点运动的关系；在本模块的学习中，我们将进一步认识物体的运动和力的关系，学习力作用下的物体形变的一些基础知识。

面对千姿百态的楼房、桥梁等建筑物，你一定很想知道它们的结构特点，很想知道为什么要采用这样的结构。本书将引导你探究这些问题。

大家都了解电能对于我们的生活的重要意义。目前，在全世界生产的电能中，大部分是火力发电厂提供的，火力发电厂通过燃料的燃烧释放能量，而热机将这些能量转化为机械能，再通过发电机转化为电能。热机的使用使人类突破了体力和畜力的局限，在更广阔的领域发展生产力。知道热现象的本质，掌握内能与机械能的转换的基础知识，了解内燃机、气轮机、喷气发动机的工作原理和基本构造，是本模块的学习任务之一。

炎炎的夏日里，空调机为我们提供习习凉风，电冰箱使食品保鲜成为一件简单的事情。本模块中，我们还要学习空调机、电冰箱等制冷机的构造和工作原理。

人类一代又一代地探究科学的奥秘，从只会使用杠杆等最简单的机械，到今天能制造功能强大、自动化程度极高的机器，科学极大地提高了人类的能力，改变着人类的生活方式。科学推动了人类社会进步，社会的进步又为科学的发展提供更广阔的空间。在学习本模块的时候，我们要充分体验科学与社会之间的互动关系。

面对高耸入云的电视塔、彩虹般的桥梁、雄伟的楼房、奔驰的汽车、田野上隆隆耕作的拖拉机，也许你会有这样的遐想：今天我正享受着人类科技文明的成果，明天我将会用学到的科学知识把世界打扮得更加漂亮。

目录

第一章 刚体的平衡.....	1
第一节 研究平动和转动	2
刚体	2
平动和转动	2
第二节 探究共点力作用下刚体的平衡条件	5
共点力	5
共点力的平衡条件	5
第三节 刚体共点力平衡条件的应用	7
第四节 力矩	9
第五节 探究有固定转动轴物体的平衡条件	11
第六节 刚体的一般平衡条件	13
刚体的一般平衡条件	13
刚体的一般平衡条件的应用	13
第七节 探究影响平衡稳定的因素	16
平衡的种类	16
稳度	17
第二章 机械传动.....	21
第一节 转速的变换	22
摩擦轮传动	22
齿轮传动	23
带传动	24
第二节 平动和转动的转换	28
平面连杆	28
螺旋机构	29
第三节 液压传动的原理和应用	32
帕斯卡定律	32
液压传动	32
第四节 从杠杆到机器人	36
中国古代的机械	36

机械的发展	37
现代机械的新宠——机器人	37
第三章 物体的形变	41
第一节 弹性和范性	42
弹性形变和范性形变	42
弹性和范性的应用	43
第二节 直杆的形变	45
拉伸形变和压缩形变	45
剪切形变	45
弯曲形变	45
扭转型变	46
第三节 常见的承重结构	49
承重构件的形变	49
常见的房屋结构	50
常见的桥梁结构	51
第四章 热与热机	55
第一节 热机的基本原理	56
气体的状态参量	56
气体状态变化过程中的能量转化	56
热机工作的能量流向	57
第二节 四冲程内燃机	59
四冲程汽油机的工作原理	59
四冲程汽油机的构造	60
内燃机的技术参数	61
第三节 提高内燃机的效率	64
热机效率	64
提高内燃机效率的方法和途径	65
第四节 气轮机 喷气发动机	67
气轮机	67
喷气发动机	68
火箭喷气发动机	68
第五节 致冷的基本原理	70
热传递的方向	70
物态变化中的热交换	70
家用致冷设备的组成及工作过程	71
第六节 家用电冰箱和空调机	73
家用电冰箱	73
家用空调机	74
第七节 热机与环境	78
热机与能源	78
热机与环境污染	78

热机与可持续发展	79
第八节 热机的发展	81
热机发展对人类社会发展的意义	81
热机发展过程给我们的启示	81
热机发展的展望	83

第一章

刚体的平衡

课桌、房屋在重力和地面支持力的作用下处于静止状态,空中飞行的飞机在牵引力、升力、重力、空气阻力作用下匀速水平飞行,电风扇的叶片在重力、空气阻力和转轴所施加的力作用下匀速转动……这些例子说明物体在几个力共同作用下,有时候能保持静止、匀速直线运动或者匀速转动状态.我们把静止、匀速直线运动或匀速转动的状态,都叫平衡状态.

研究物体的平衡很有实际意义.高耸入云的电视塔、形状各异的楼房、雄伟的桥梁和水坝、空中飞行的飞机,以及轴承、齿轮、螺栓等机械零件,它们多数时间都处于平衡状态或接近平衡状态.要合理地设计与选择工程或机械的结构和零件的形状、尺寸,保证构件安全可靠地工作,就必须分析它们各个部分的受力情况,根据平衡条件进行计算,以便确定几何尺寸,选择合适的材料.本章研究的是物体处于平衡状态时所受的力和力矩作用的情况.



第一节 研究平动和转动

物体的运动一般是比较复杂的，但最基本的运动形式只有两种——平动和转动。

专业术语

刚体
rigid body

刚体和质点都是理想物理模型。在一定条件下，为了能突出主要矛盾，找出主要规律，通常把复杂的、具体的物体抽象为一个简单的理想模型。这是自然科学中常用的研究方法。

刚体

研究物体的运动时，我们有时会把物体当成质点处理，有时却不能这样做。能不能把物体当作质点来处理，由物体的运动形式和研究的问题决定。

如果物体各部分运动情况不同，又或者要研究物体各部分的受力情况时，往往要考虑它们的形状和大小。如研究滚动的车轮上各点的速度、起重机各部分的相互作用时，就不能把车轮和起重机看成质点。

物体受到力的作用时会发生形变，但很多时候形变程度相对于物体原来的尺寸来说极为微小，在研究这些物体的运动时，形变可以忽略不计，认为物体的形状、大小都不发生变化。我们把力的作用下大小和形状都不发生变化，而且物体内部各点相对位置都不改变的物体称为**刚体**。

受到力的作用不发生形变的物体实际上是不存在的，刚体只是一种理想模型。本章我们所研究的物体都可以看作刚体。

平动和转动

观察与思考

图 1-1-1 至图 1-1-6 中的各个刚体运动有什么特点？



图 1-1-1 小孩从滑梯上滑下

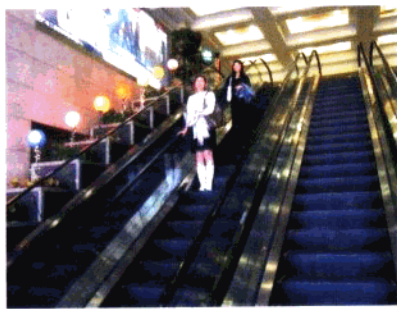


图 1-1-2 人随自动扶梯下降



图 1-1-3 小球自由下落



图 1-1-4 风扇叶片的转动



图 1-1-5 时钟指针的运动



图 1-1-6 正在倒下的铅笔

滑梯上下滑的小孩，站在自动扶梯上不动、随电梯下降的人，自由下落的小球在运动过程中，物体各点的位移、速度、加速度都分别相同，运动轨迹都一样，这种运动称为**平动**。若在一个平动物体上任意画一条直线，该直线在运动过程中方向始终保持不变（如图 1-1-7）。

电风扇工作时，叶片整体绕电动机的轴转动，这种运动叫**转动**。转动的叶片上各点的速度、加速度都不相同。钟表指针的运动也属于转动。我们只讨论转动的最简单且常见的运动形式——绕固定轴的转动。

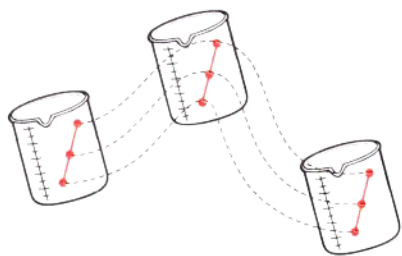


图 1-1-7 平动物体上的直线在运动中方向始终保持不变

同一个转动物体上与转动轴距离不同的点的角速度都相同，任何一点做圆周运动的角速度也就是整个刚体转动的角速度。生产中，还常用转速 n 和周期 T 来表示物体转动的快慢。转动物体上各点运动情况不同，所以用线速度这个物理量来反映物体上各点不同的运动情况。

有时候，物体会同时做平动和转动，如车轮在地上滚动、螺栓拧入螺母中的时候，它们同时做平动和转动。



讨论与交流

1. 如图 1-1-6 所示，正在倒下过程中的铅笔的运动属于平动还是转动？
2. 在公路上行驶的汽车哪些部分做平动，哪些部分做转动？
3. 研究物体的运动时，能否把转动、平动的物体都看成质点？

4. 如图 1-1-8, 游乐场里的摩天轮上悬挂的轿厢运动属于平动还是转动?



图 1-1-8

5. “平动一定是直线运动”这个说法对吗? 请举例说明.

6. 滚动的足球、电钻的钻头钻进工件的运动可以看成什么运动的合运动?

(提示: 我们物理研究问题时, 常把复杂问题分解为几个简单的问题再进行研究. 如我们在研究平抛运动时, 把它看成是水平方向和竖直方向的直线运动的合运动.)

7. 说出角速度、周期、转速的符号、单位以及它们之间关系的数学表达式.

<http://physics.scnu.edu.cn/gzwl/> 我们的网站

平动和转动的演示课件

练习

1. 要研究以下问题:

① 弹簧的伸长量和拉力之间的关系; ② 分析掷出后的铅球的受力; ③ 恒力作用下汽车的加速度和质量的关系.

其中不能把研究对象看成刚体的有 _____.

2. 有以下一些运动:

① 地球的自转; ② 打开电冰箱门过程中冰箱门的运动; ③ 跳水运动员跳离跳台后翻腾着下落; ④ 拉开装有水平导轨的抽屉过程中抽屉的运动.

其中 _____ 属于平动, _____ 属于转动, _____ 同时做平动和转动.

3. 电风扇叶片每分钟转 1200 圈, 求叶片上离轴 10 cm 和 20 cm 处的两个质点的线速度、角速度和加速度.

4. 地球自转的角速度有多大?

第二节 探究共点力作用下刚体的平衡条件

几个力作用在刚体上, 有时候刚体能保持平衡状态, 有时刚体的运动状态会改变. 本节我们将通过实验, 探究几个共点力作用下的刚体平衡条件.

共点力

一个刚体受到几个力的作用, 如果这几个力都作用在同一点, 或这几个力的作用线都相交于一点, 那么这几个力就叫共点力.

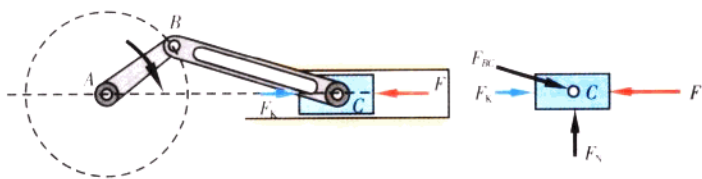


图 1-2-1 作用在活塞 C 上的共点力



讨论与交流

请举出一些物体受共点力作用的事例.

共点力的平衡条件

要使刚体保持平衡状态, 作用在刚体上的力必须满足一定的条件, 这个条件叫平衡条件.

我们学过二力平衡条件, 知道如果刚体只受到两个力作用, 只要这两个力大小相等、方向相反, 且在同一直线上, 刚体就会处于平衡状态. 如果多个共点力作用在刚体上, 怎样才能平衡呢?

实验与探究

让我们探究三个共点力作用下的刚体平衡条件.

1. 在水平木板上铺放白纸, 白纸上放一块 L 形的硬质塑料片和三把弹簧测力计, 塑料片上的三个点各系一个细绳套, 三



图 1-2-2

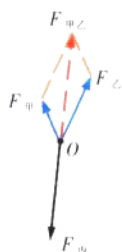


图 1-2-3

把弹簧测力计分别各钩住一个绳套的另一端，甲、乙弹簧测力计的另一端固定在钉在木板的钉子上，如图 1-2-2。

2. 用手拉动弹簧测力计丙的自由端，使三条绳都在同一水平面上，但方向互不平行，平衡后描下硬塑料片的轮廓线和三根细绳的方向，并记下各弹簧测力计的读数。

3. 在纸上作出三根细线位置的延长线，我们会发现三条力的作用线相交于一点，记作 O ，看看 O 点在 L 形塑料片轮廓线内还是轮廓线外。

4. 作出三个力的图示（如图 1-2-3），根据平行四边形定则，作出 $F_{\text{甲}}$ 、 $F_{\text{乙}}$ 的合力 $F_{\text{甲乙}}$ ，将它与 $F_{\text{丙}}$ 相比较，它们的大小和方向的关系是 _____； $F_{\text{甲乙}}$ 与 $F_{\text{丙}}$ 的合力大小是 _____。

5. 使弹簧测力计丙的拉力大小与方向作较大的改变，重复步骤 3、4，将得出的结论与前面的结果进行比较。

我的结论是：

塑料片在三个共点力的作用下处于平衡状态，说明刚体在三个共点力作用下的平衡条件是所受的合外力为 _____，写成表达式 _____。

讨论与交流

1. 甲同学说：“若刚体受共点力作用而平衡，力作用线的交点位于刚体内。”乙同学说是位于刚体外。请将自己的实验结果向大家报告，通过交流与讨论，统一结论。

2. 刚体受到三个力作用而平衡时，任意两个力的合力与第三个力有什么样的关系？请从二力平衡条件出发，结合力的合成方法，推导出三个共点力的平衡条件，并进一步推导出三个以上的共点力作用下的刚体平衡条件。

练习

1. 用细绳把镜框挂在墙上，图 1-2-4 的 A 用一根绳，B、C、D 用两根绳，绳与水平方向夹角如图中所示，其中绳子拉力最大的是（ ）。

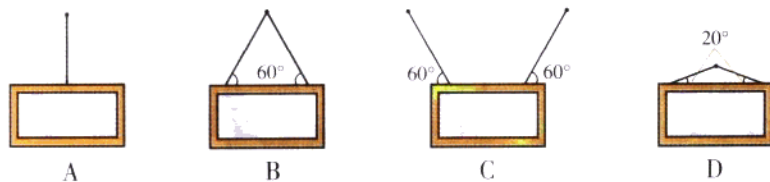


图 1-2-4

2. 一个刚体在三个互成 120° 角的共点力作用下平衡，已知其中一个力的大小为 200 N ，求另外两个力的大小。

第三节 刚体共点力平衡条件的应用

在生活和生产实践中,我们常常会碰到刚体共点力平衡问题,例如机器的某些零件的平衡就属于共点力平衡.要设计制造这些零件,就要知道它们工作时受力的大小和方向.这些力中,有的大小和方向是已知的,有些则是未知的,这时候往往要根据共点力平衡条件,求出未知的力.下面的例题就是运用共点力平衡条件确定钢索受力的事例.

例:起重机匀速吊起重力 $G=200\text{ N}$ 的汽车减速箱盖,钢索 AB 、 AC 与竖直方向的夹角分别为 $\alpha=60^\circ$ 和 $\beta=30^\circ$,如图 1-3-1.钢索能承受的最大拉力与它的粗细有关,如果 AB 、 AC 粗细相同,应选用能承受最大拉力至少多大的钢索?

分析:因为 AB 、 AC 粗细相同,它们能够承受的最大拉力是相同的,选用的钢索能承受的最大拉力不应少于 AB 、 AC 中实际受力最大的那条的拉力.

以减速箱盖为研究对象,箱盖在重力 G 和钢索 AB 的拉力 F_B 、 AC 的拉力 F_C 作用下平衡,虽然题目并没有给出箱盖重心的具体位置,但不难确定重心处在 AB 、 AC 的结点 A 的正下方、且在过 A 点的竖直线上,三力的作用线交汇于 A 点,受力分析如图 1-3-2.

两个力的合成可用平行四边形法则求出来,如果要求三个力的合力,则要先求出其中两个力的合力,再用这个合力与第三个力合成.若物体受力个数更多时,用这种方法来求合力是非常麻烦的.

在这里,我们学习力的合成的另一种方法——正交分解法.

建立直角坐标系 $x-O-y$,将各力分别沿 x 轴和 y 轴方向分解,然后将沿 x 轴的所有分力合成 $F_{\text{合}x}$ 、沿 y 轴的所有分力合成 $F_{\text{合}y}$,最后将互相垂直的 $F_{\text{合}x}$ 、 $F_{\text{合}y}$ 合成,得到所有力的合力 $F_{\text{合}}$.

共点力平衡条件 $F_{\text{合}}=0$ 可以写成 $\begin{cases} \sum F_x=0 \\ \sum F_y=0 \end{cases}$.

下面我们尝试用正交分解法来求两根钢索的拉力.

解:建立以三根钢索的结点为原点、以水平向右的方向为 x 轴正方向、以竖直向上的方向为 y 轴正方向的直角坐标系,如图 1-3-3 所示.将各个力按 x 方向和 y 方向分解, F_B 在 x 轴方向的分力 $F_{Bx}=F_B\cos 30^\circ$ 、在 y 轴方向的分力 $F_{By}=F_B\sin 30^\circ$, F_C 在 x 轴方向的分力 $F_{Cx}=-F_C\cos 60^\circ$ 、在 y 轴的分力 $F_{Cy}=F_C\sin 60^\circ$, G 在 x

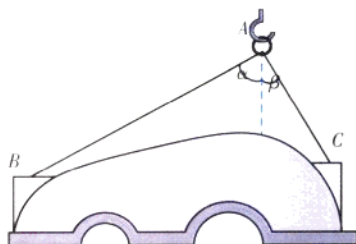


图 1-3-1

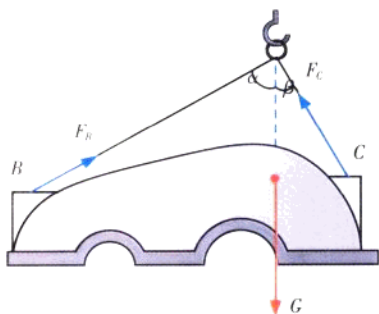


图 1-3-2

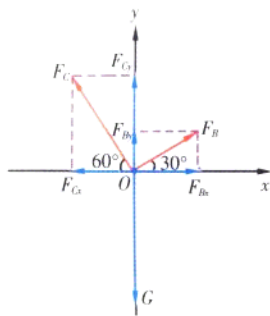


图 1-3-3

轴方向的分力为零、在 y 轴方向的分力 $G_y = -G$ 。

箱盖匀速上升, 处于平衡状态。

$$\text{在 } x \text{ 方向, } \Sigma F_x = 0, F_B \cos 30^\circ - F_C \cos 60^\circ = 0 \quad (1)$$

$$\text{在 } y \text{ 方向, } \Sigma F_y = 0, F_B \sin 30^\circ + F_C \sin 60^\circ - G = 0 \quad (2)$$

联立①、②解得

$$F_B = 0.5G = 100 \text{ N}, F_C = \frac{\sqrt{3}}{2}G = 173 \text{ N}, F_C > F_B.$$

所选钢索能承受的拉力不能小于 173 N。考虑到刚起吊瞬间有一个加速过程, 上升过程中也可能会受振动或其他因素影响, 瞬间出现超重现象, 实际设计中选用的钢索能承受的最大拉力应比这个数值大些才合适。

通过对例题的分析与讨论, 可以将解决共点力的平衡问题的基本步骤归纳如下:

1. 确定研究对象。
2. 进行受力分析。
3. 根据解决问题的需要, 建立合适的直角坐标系。
4. 根据平衡条件, 写出平衡方程 $\begin{cases} \Sigma F_x = 0 \\ \Sigma F_y = 0 \end{cases}$ 。
5. 求解。

讨论与交流

1. 为什么说本例中箱盖的重心一定位于过 A 点的竖直线上?
2. 本例题除了以上介绍的解法外, 你还可以用别的方法来解吗?

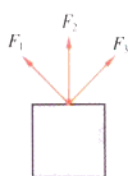


图 1-3-4

练习

1. 图 1-3-4 中, 三个大小均为 10 N 的力作用在一个重 20 N 的木箱上, 刚好能把木箱提起, 其中 F_2 竖直向上, F_1 与 F_2 、 F_2 与 F_3 的夹角相等, F_1 与 F_2 的夹角有多大?
2. 要求起重机匀速起吊重力 $G = 1.2 \times 10^5 \text{ N}$ 的均匀混凝土梁 AB , 两钢索 OA 、 OB 与梁之间的夹角相等, 如图 1-3-5 所示, 夹角 α 应不小于多少? 已知钢索所能承受的最大拉力为 $T_m = 1.0 \times 10^5 \text{ N}$ 。

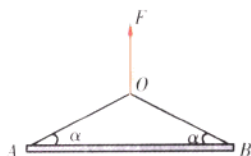


图 1-3-5

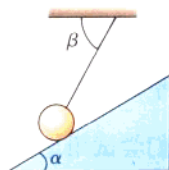


图 1-3-6

3. 在倾角为 α 的光滑的斜面上用细绳吊着一个重 $G = 10 \text{ N}$ 的小球, 小球处于静止状态, 如图 1-3-6 所示, 其中 $\alpha = 30^\circ$ 、 $\beta = 60^\circ$ 。小球受几个力作用? 各力多大?

第四节 力 矩

物体转动时，它的各点都做圆周运动，各圆周的圆心都在同一固定的直线上，这条直线叫固定转动轴。

门、砂轮、机器的飞轮、电动机的线圈，还有杠杆、滑轮等简单机械，都是有固定转动轴的物体。

专业术语

力矩

moment of force

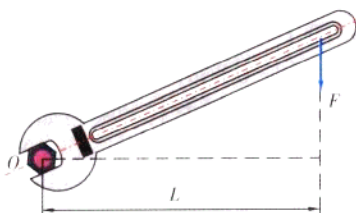


图 1-4-1

图 1-4-1 是用扳手拧螺母的示意图。螺母的转动轴垂直纸面通过螺母的中心 O 点，手的力 F 作用在扳手上， L 是 O 点到力 F 作用线的距离。由经验知道，力 F 的大小相同时， L 越大，螺母拧得越紧； L 一定时，力 F 越大，螺母拧得越紧。也就是说，螺母的拧紧程度不但与力 F 有关，还和螺母中心到力的作用线的距离 L 有关。我们把转动轴到力的作用线的距离，叫做力臂。力 F 和力臂 L 的乘积，叫做力对转动轴的力矩。用 M 表示力矩

$$M = FL$$

力矩的单位是由力和力臂的单位决定的。在国际单位制中，力矩的单位是牛·米，符号是 $\text{N} \cdot \text{m}$ 。

力对物体的转动作用决定于力矩的大小，力矩越大，力对物体的转动作用越大。



在离门轴近的地方推门费力



在离门轴远的地方推门省力

图 1-4-2



讨论与交流

当我们开关门窗时,如果力的作用线通过转动轴,无论用多大的力也不能把门窗打开或关上,这是为什么原因?

在图 1-4-1 中,如果力 F 的作用方向和图示方向相反,扳手将使螺母松开,这表明力矩可以使原先静止的物体朝着不同的方向转动.通常规定,使物体向逆时针方向转动的力矩为正,使物体向顺时针方向转动的力矩为负.

物体同时受到几个力的力矩作用时,转动作用效果由作用在物体上的所有力的力矩的代数和决定.

例: 图 1-4-3 中, AB 是一根以 O 点为转动轴的杠杆, AB 长 0.8 m , A 、 O 相距 0.5 m , $F_1=40\text{ N}$, $F_2=30\text{ N}$, 两力方向与杠杆的夹角如图中所示.

求:

(1) F_1 、 F_2 对转轴 O 的力矩以及两力矩的代数和.

(2) 两力矩共同作用会使原先静止的杠杆向哪个方向转动?

分析: 题目已给出作用力的大小和方向,要求力矩就要先求出力臂,力臂是力的作用线到轴的距离,作 F_1 的反向延长线 AC 和轴 O 到 AC 的垂线 OC 、轴 O 到 F_2 的作用线的垂线 OD , 如图 1-4-4 所示. F_1 的力矩使杠杆逆时针方向转,是正力矩; F_2 的力矩使杠杆顺时针方向转,是负力矩.

解: (1) F_1 的力矩 $M_1 = F_1 \cdot OC$, $OC = AO \sin(180^\circ - 150^\circ)$

$$M_1 = 40\text{ N} \times 0.5\text{ m} \times 0.5 = 10\text{ N} \cdot \text{m}$$

F_2 的力矩 $M_2 = F_2 \cdot OD$, $OD = (AB - AO) \sin 45^\circ$

$$M_2 = -30\text{ N} \times (0.8\text{ m} - 0.5\text{ m}) \times 0.707 = -6.4\text{ N} \cdot \text{m}$$

(2) 两力矩的代数和

$M = M_1 + M_2 = 10\text{ N} \cdot \text{m} - 6.4\text{ N} \cdot \text{m} = 3.6\text{ N} \cdot \text{m} > 0$, 作用效果是使原来静止的杠杆向逆时针方向转动.



图 1-4-3

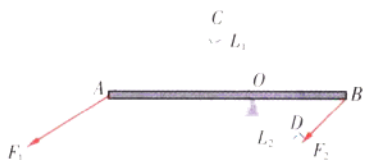


图 1-4-4

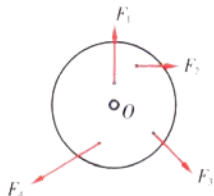


图 1-4-5

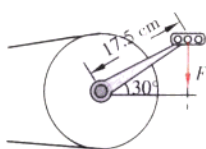


图 1-4-6



练习

1. 一个竖直平面上的均匀圆盘的圆心支在水平轴 O 上, 圆盘受到 4 根与盘面平行绳子的拉力, 各绳拉力方向如图 1-4-5 所示, 在图上画出这 4 个力对轴 O 的力臂. 如果圆盘的重力 $G=8\text{ N}$, (图中没有画出) 重力对 O 的力矩多大?

2. 如图 1-4-6 所示, 加在自行车踏板上的向下的力 F 是 15 N , 求 F 的力矩.