

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

人民教育出版社 课程教材研究所 编著
物理课程教材研究开发中心



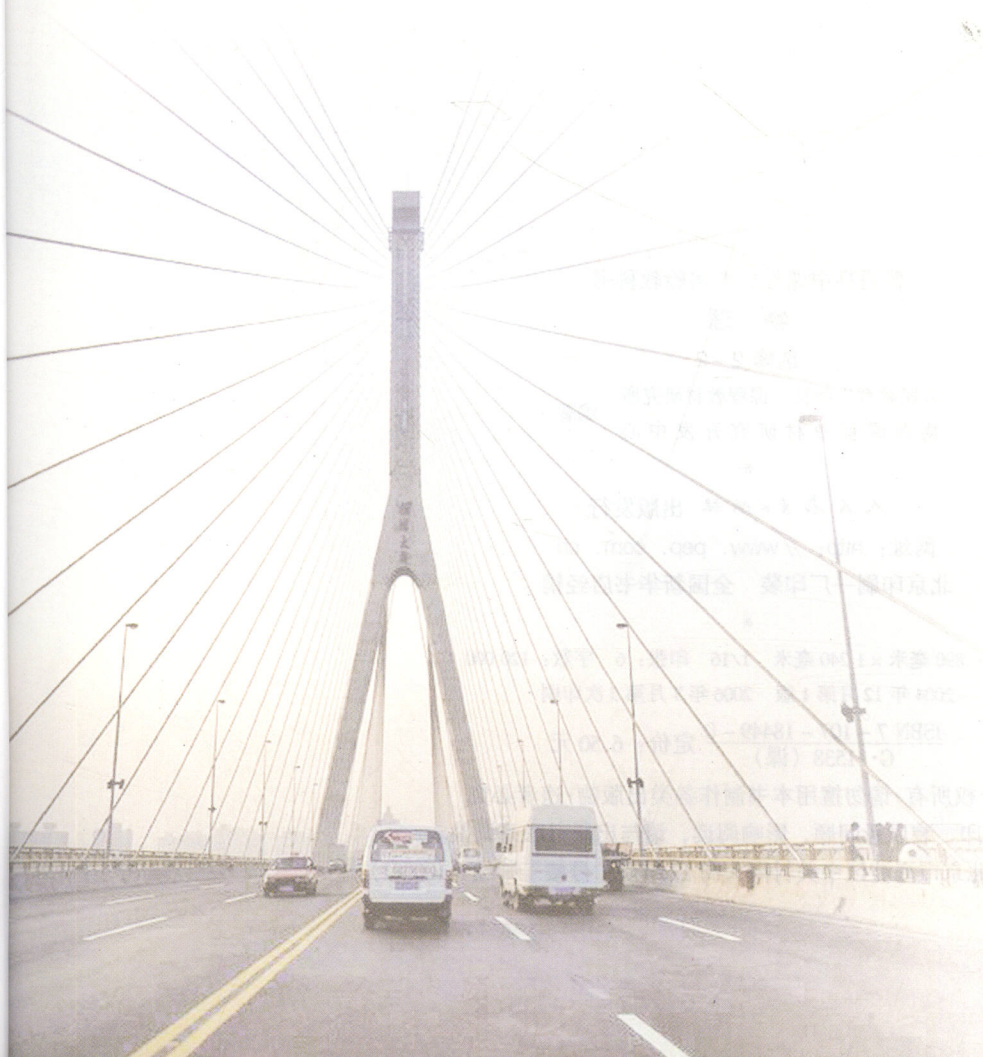
 人民教育出版社

普通高中课程标准实验教科书

物理

选修 2-2

人民教育出版社 课程教材研究所 编著
物理课程教材研究开发中心



人民教育出版社

科学出版社

物理

普通高中课程标准实验教科书

普通高中课程标准实验教科书

物 理

选修 2-2

人民教育出版社 课程教材研究所 编著
物理课程教材研究开发中心

*

人民教育出版社 出版发行

网址: <http://www.pep.com.cn>

北京印刷一厂印装 全国新华书店经销

*

开本: 890 毫米×1 240 毫米 1/16 印张: 6 字数: 120 000

2004 年 12 月第 1 版 2006 年 7 月第 5 次印刷

ISBN 7-107-18449-0 定价: 6.50 元
G·11538 (课)

著作权所有·请勿擅用本书制作各类出版物·违者必究

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与出版科联系调换。

(联系地址: 北京市海淀区中关村南大街 17 号院 1 号楼 邮编: 100081)

总 主 编：张大昌

副 总 主 编：彭前程

主 编：宣桂鑫

执 笔 人 员：曹 磊 付荣兴 潘邦桢 奚天敬 宣桂鑫

绘 图：刘 菊

责 任 编 辑：付荣兴

版 式 设 计：刘 昀

审 读：王存志

致 同 学 们

欢迎大家进入《物理》选修2系列的学习。这一系列的选修模块,侧重从技术应用的角度展示物理学,强调物理学与技术的结合,着重体现物理学的应用性、实践性。

包括物理学在内的自然科学以认识自然、探索未知为目的;而技术则是以对自然界的认识为根据,利用得到的认识来为人类服务。

尽管如此,人们还是习惯于把科学和技术联在一起,统称“科技”。这说明二者之间有着密切的联系。历史已经表明,没有科学发现,就没有技术进步;没有技术进步,科学也不能发展。真可谓“你中有我,我中有你”。

17世纪末叶出现的巴本锅和蒸汽泵,主要是一种技术发明。18世纪技术工人瓦特给蒸汽机增添了冷凝器、活塞阀、飞轮、离心节速器等,使蒸汽机真正成为—种广泛应用于纺织、轮船和火车的动力机,更是一种技术的进步。但那时的热机效率只有5%~8%,如何提高热机效率成为技术进步向科学发展提出的问题。它促使卡诺定理的提出和热力学第一、二定律的建立,推动了物理学的发展,并使热机效率得以大幅度提高。这就是近代史上第一次产业革命所反映出的科学与技术的联系。

19世纪70年代,在电磁理论的基础上,具有实用价值的电动机和发电机先后问世,继而又实现了电力的远距离传输。不久,马可尼和波波夫发明了无线电通信技术。这一切开创了第二次产业革命,使人类进入了电气化时代。

20世纪以来,以原子核能、电子计算机和空间技术的发展为标志,开始了第三次产业革命,即现代技术革命。特别是20世纪70年代以来,微电子技术的发展以及材料、激光、遥感、人工智能、多媒体信息技术等的长足进步,极大地拓展了人类利用、控制和保护自然的能力。

科学技术作为生产力的要素,它的发展和进步是同社会生产力的整体水平密切相关的。这也是不同国家和地区在科学技术发展上不平衡的重要原因。正是由于这种不平衡性,导致了科学技术中心在世界范围内的转移。所谓科学技术中心,是指这样的国家和地区,其开创性的科学技术成果超过全世界总量的四分之一。归纳起来,近五百年来科学技术中心转移的顺序和时间大致是:

(1)意大利 1540~1640

(2)英 国 1660~1730

(3)法 国 1770~1830

(4)德 国 1870~1920

(5)美 国 1920~

历史上东方文明尤其是中国古代文明曾遥遥领先于西方,在近代科学技术兴起之前,中国的科学发现与技术发明也曾在世界范围产生巨大影响。有人曾经预言:中国再度觉醒之时,世界将会震颤。还有人说,中国近年的发展变化,正预示这一时刻的到来。不管这些说法的本意何在,无可否认的事实是,我国科学技术的发展不仅表明我们继承了中华传统文化的精华,而且在21世纪的初期,我们已经向着先进国家的行列迈出了坚实的步伐。中国科学技术的昔日风采再度展现在世人面前的日子正向我们走来……

“我是昆仑的云,

我是黄河的浪,

……

我是涅槃的凤凰再飞翔。

我是屈原的梦,

我是李白的唱,

……

我是涅槃的凤凰再飞翔。”

讴歌中华民族伟大复兴的诗句,正在我们耳边回响、回响……

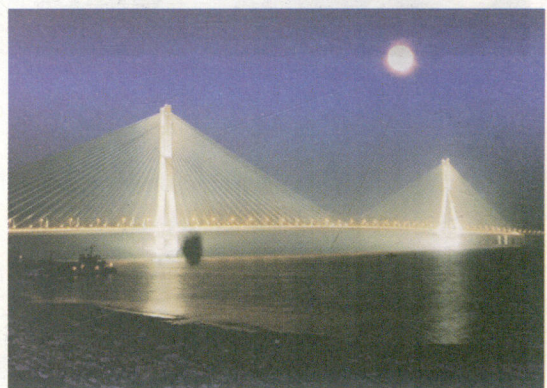
其实,诗在心中。不是吗?

目 录

致同学们

第1章 物体的平衡 / 1

- 第1节 共点力平衡条件的应用 / 2
- 第2节 平动和转动 / 6
- 第3节 力矩和力偶 / 8
- 第4节 力矩的平衡条件 / 11
- 第5节 刚体平衡的条件 / 14
- 第6节 物体平衡的稳定性 / 18



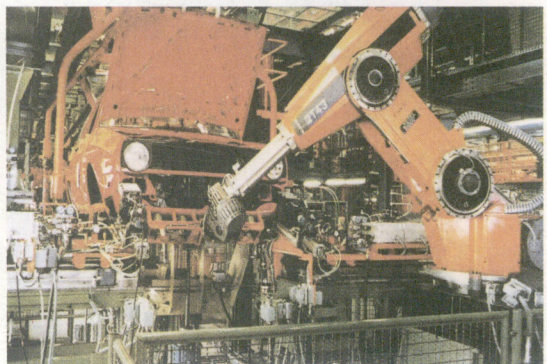
第2章 材料与结构 / 23

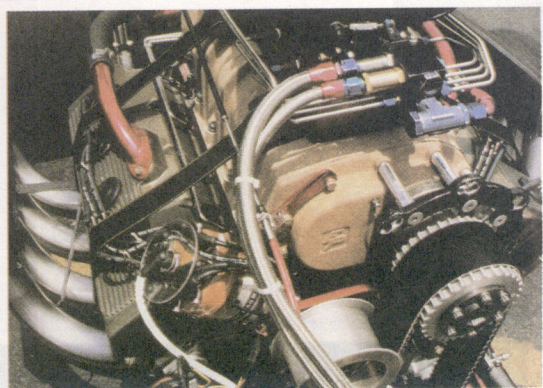
- 第1节 物体的形变 / 24
- 第2节 弹性形变与范性形变 / 28
- 第3节 常见承重结构 / 30



第3章 机械与传动装置 / 33

- 第1节 常见的传动装置 / 34
- 第2节 能自锁的传动装置 / 38
- 第3节 液压传动 / 41
- 第4节 常用机构 / 46
- 第5节 机械 / 49





第4章 热机 / 52

第1节 热机原理 热机效率 / 53

第2节 活塞式内燃机 / 56

第3节 蒸汽轮机 燃气轮机 / 62

第4节 喷气发动机 / 65



第5章 制冷机 / 72

第1节 制冷机的原理 / 73

第2节 电冰箱 / 76

第3节 空调器 / 80

课题研究 / 85

物体的平衡



我国目前跨度最大的斜拉桥——南京长江二桥

一个物体可以处于不同的运动状态，其中力学的平衡状态比较常见，而且具有实际意义。例如桥梁、起重机、建筑物等，都需要保持平衡状态。平衡问题在建筑工程中占有极为重要的地位，因为对所有建筑物来说，我们研究的都是它处于平衡状态下的受力情况。那么，什么是物体的平衡状态？物体在什么条件下才能处于平衡状态？

学过本章的内容后，你将会了解物体的平衡条件，了解它们在实际中的应用。

第1节

共点力平衡条件的应用

图 1.1-1 起重机起吊重物



图 1.1-2

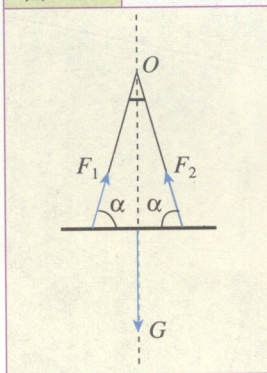
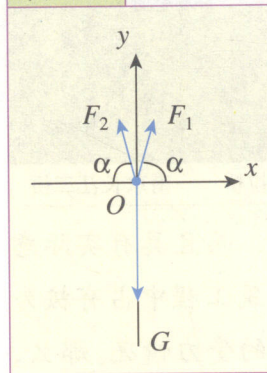


图 1.1-3



在共同必修模块1中,我们已经知道:在共点力作用下物体的平衡条件是合力等于零。即

$$F_{\text{合}}=0$$

共点力作用下物体的平衡条件在生活和生产中有广泛的应用。下面分析两个例子。

起吊物的平衡 在建筑工地上经常可以看到起重机吊起重物的情形(图 1.1-1),仔细观察你会发现,连接重物的钢丝绳与水平面的夹角都比较大,接近 90° 。这是为什么?

下面我们对物体的受力情况做一分析。

如图 1.1-2 所示,物体受到三个力:重力 G , 钢丝绳的拉力 F_1 和 F_2 。拉力 F_1 和 F_2 与水平线的夹角均为 α 。这三个力的作用线相交于 O 点,因此,它们是共点力。

物体静止或匀速上升时处于平衡状态,这三个力满足共点力的平衡条件,即

$$F_{\text{合}}=0$$

选取坐标轴(图 1.1-3),分别在 x 方向和 y 方向列平衡方程

$$F_{\text{合}x}=F_1\cos\alpha-F_2\cos\alpha=0 \quad (1)$$

$$F_{\text{合}y}=F_1\sin\alpha+F_2\sin\alpha-G=0 \quad (2)$$

其中 G 是已知量, F_1 、 F_2 是未知量。

由(1)式可得

$$F_1=F_2$$

代入(2)式,得

$$F_1=F_2=\frac{G}{2\sin\alpha}$$

由此可知,物体所受的重力一定时,钢丝绳与水平线的夹角越大,钢丝绳对重物的拉力越小。当 α 接近 90° 时,钢丝绳的拉力接近 $\frac{G}{2}$;反之,钢丝绳与水平线的夹角越小,钢丝绳的拉力越大。当 α 为 30° 时,钢丝绳的拉力等于 G ,当 α 小于 30° 时,钢丝绳的拉力大于 G 。由牛顿第三定律可知,钢丝绳受重物的拉力也将随 α 角的减小而增大。

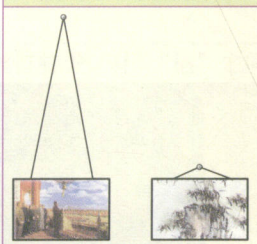
因此在吊装现场,工人们都会注意使钢丝绳与水平面的夹角足够大,以防止钢丝绳被拉断。



思考与讨论

在家里悬挂字画时，有的挂绳很长，有的挂绳很短。试比较这两种挂法的优劣。

图 1.1-4 字画悬挂



大家做

1. 将长绳一端系在水泥柱或木杆上，绳子中央系一个秤砣，拉住绳的另一端，逐渐用力并尽可能拉平绳子（图 1.1-5），你手上有什么感觉？

2. 上面实验中，你会觉得自己的力气很小，拉不平绳子。可是在下面这种情形中，你又会觉得你的力气很大。如图 1.1-6 所示，让大人紧紧拉住绳子的一端，你只要在绳子中点附近，横向施力，你会觉得不费吹灰之力就能把大人拉动。

做做以上的实验，并解释为什么。

图 1.1-5

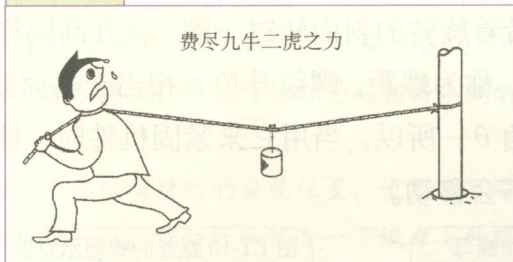
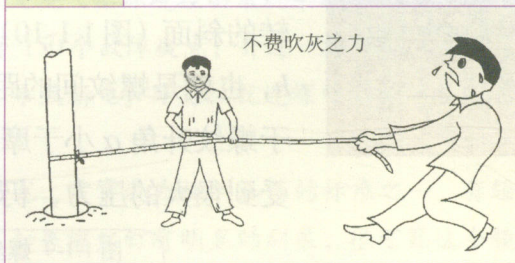


图 1.1-6



斜面的自锁 放在斜面上的物体，有可能沿斜面下滑，也可能保持静止。物体在斜面上保持静止时，它受到重力 G 、斜面的支持力 F_N 和斜面对它的摩擦力 F （图 1.1-7）。

当斜面倾角 α 较小时，物体能保持静止，这时，物体受到的摩擦力是静摩擦力，根据共点力平衡条件有

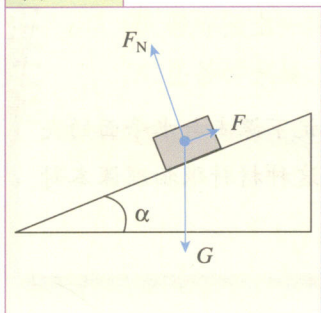
$$mg \sin \alpha = F$$

我们知道，静摩擦力 F 的大小在 0 与最大静摩擦力 $F_{\max}$ 之间变化。实验表明：最大静摩擦力的大小 $F_{\max}$ 又跟压力 F_N 成正比，即

$$F_{\max} = \mu_0 F_N$$

式中 μ_0 是比例常数，叫做静摩擦因数，它的数值与相互接触的两个物体的材料有关。两种材料间的静摩擦因数一般比动摩擦因数稍大一些。

图 1.1-7



当斜面倾角 α 增大时, 静摩擦力 F 也随之增大, 只要 $F < F_{\max}$, 物体仍能保持静止; 当倾角 α 逐渐增大到 θ , 物体刚要开始运动时, 静摩擦力最大。根据共点力平衡条件有

$$mg \sin \theta = F_{\max}$$

而 $F_{\max} = \mu_0 F_N = \mu_0 mg \cos \theta$

代入上式后求得 $\mu_0 = \tan \theta$

即 $\theta = \arctan \mu_0$ (1)

θ 叫做**摩擦角 (angle of friction)**。例如, 钢与钢间的静摩擦因数 μ_0 为 0.1, 可以算出其摩擦角 θ 为 $5^\circ 43'$ 。

(1) 式表明, 摩擦角 θ 与物体的质量 m 无关, 只与两种材料之间的最大静摩擦因数有关。也就是说, 当倾角小于摩擦角 θ 时, 在斜面上无论放多重的物体, 它都不会滑动。这叫做**斜面自锁 (self-lock)** 现象。

在日常生活中, 斜面自锁现象有很多。楔子是倾角很小 (小于摩擦角) 的斜面, 常常用来固定物体 (图 1.1-8)。

图 1.1-8 固定门的楔子

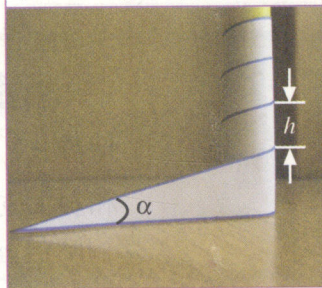


螺丝钉 (图 1.1-9) 也利用了斜面自锁原理。钉上的螺纹相当于旋转的斜面 (图 1.1-10), 沿着旋转的斜面转过一圈, 就升高同样的高度 h , 也就是螺纹间的距离, 称为螺距。螺纹升角 α 相当于斜面倾角。由于螺纹升角 α 小于摩擦角 θ , 所以, 当用它来紧固机件时, 螺母尽管受到很大的压力, 仍然不会移动。

图 1.1-9 螺丝钉和螺母



图 1.1-10 螺丝的螺距示意图



大家做

快速比较材料间的静摩擦因数

将橡皮放在物理课本上, 慢慢地抬高课本一端, 当橡皮开始滑动时, 记下课本与水平面的夹角, 即摩擦角。再用塑料尺重复上述步骤, 比较两次摩擦角。夹角大的, 这种材料跟物理课本封面的纸之间的静摩擦因数就比较大。

拆开各种机器，总可以看到许多螺丝钉。没有这种起紧固作用的螺丝钉，任何一种机器，都不能成为一个运转自如的有机整体。难怪美国《纽约时报周刊》在1999年4月18日的“最佳选”特刊中，将螺丝钉列为过去一千年最重要的发明之一。

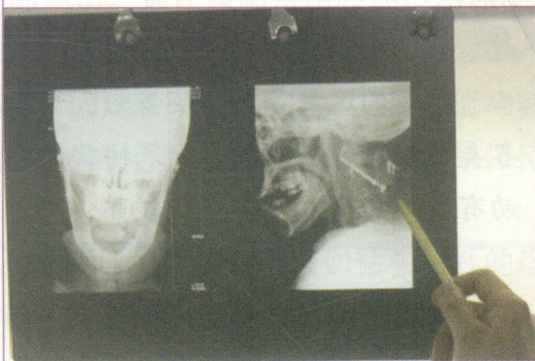
也许你常听说螺丝钉用于治疗骨折的事情，但是螺丝钉救命的事例你可能了解的不多了。2004年3月，一位五旬妇人颈项内的环椎和枢椎脱位，随时都会丧命。四川大学华西医院成功实施世界顶级手术，将一颗用金属钛制成的螺丝钉打进“环”与“枢”之间，将两块骨头“串”起（图1.1-11），挽救了妇人的生命。这种手术难度极高，差之毫厘，患者就有生命危险。

螺丝钉虽小，但是作用却是巨大的，谁小看了它，就会尝到恶果。一家汽车修理部在修理客户的汽车时，忘记了安装发动机曲轴上的两颗螺丝钉。交付使用两天后，汽车发动机熄火并冒出烟来。结果，不仅要在5日内将车修好送还，还赔偿了客户4000元。

“神舟”一号在发射前的最后一次全面检测中，突然发现飞船环境控制系统中的一个设备不能正常启动。在随后的10天时间里，技术人员昼夜奋战，列举了150个故障疑点，并逐一排查。结果发现，问题出在一根电源导线上，一颗螺丝钉的毛刺将导线划坏，导致断电。可见，就连螺丝钉的加工工艺都显得十分重要。

高档的产品对螺丝钉的安装位置、使用数目都很讲究，常常成为辨别真伪的标准之一。有经验的人购买照相机镜头时，都会仔细察看一下镜身上的螺丝，如果螺丝钉有明显的刮痕，很可能这个镜头曾被拆解过。

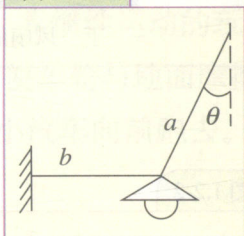
图1.1-11 钛制成的螺丝钉打进“环”“枢”之间



问题与练习

1. 如图1.1-12所示，用一根绳子 a 将一盏重10N的电灯挂起来，再用另一根水平的绳子 b 把它拉向一旁固定起来。绳子 a 与竖直方向的夹角 $\theta=30^\circ$ ，绳子 a 和 b 对电灯的拉力分别是多大？
2. 木和木之间的静摩擦因数为0.4，它们之间的摩擦角为多大？
3. 请你提出一种估测两种材料间的静摩擦因数的实验方案。
4. 在各种家具、电器中找出不同的螺丝钉，比较它们结构的异同点。

图1.1-12



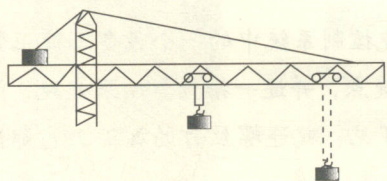
第2节 平动和转动

思考与讨论

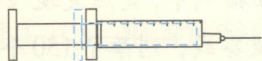
物体的运动可谓多姿多彩、千变万化。分析生活中各种各样的运动(图1.2-1),看看各类运动有什么特点。如果按物体运动时每一点的运动状态是否相同来划分,物体的运动有哪几种形式?

平动 在图1.2-1甲、乙、丙所示的一类运动中,尽管物体整体的运动情况发生了变化,但是在某一瞬时物体上各点的运动状态(位移、速度、加速度)却是一样的。物理学中将这类运动叫做平动(translation)。

图 1.2-1 物体的运动



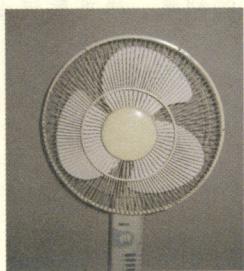
甲 被吊起的物体的运动



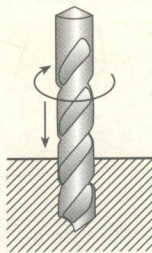
乙 注射器中活塞的运动



丙 沿直线前进的雪橇的运动



丁 风扇的运动

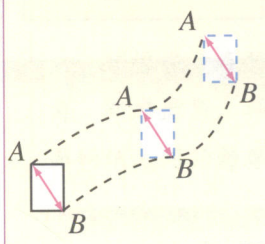


戊 钻头的运动



己 跳水运动

图 1.2-2



平动是比较简单的,同时也是非常常见的一种运动形式,了解了这一基本运动形式的特点,分析比较复杂的运动就有了基础。由于做平动的物体上各点的运动状态都相同,所以研究做平动物体的运动规律时,通常将其简化为质点来处理。

物体做平动时,它的运动轨迹不一定是直线。判断物体是否做平动的方法是:在物体上任意画一条直线 AB (图1.2-2),如果物体做平动,那么在它运动的过程中,直线 AB 始终保持跟原来的位置平行。

转动 在图 1.2-1 丁、戊、己所示的一类运动中，物体上的各点在某一瞬时的运动状态并不相同，但它们都在绕同一转动轴做圆周运动。物理学中将这类运动叫做**转动 (rotation)**。

转动也是非常基本和常见的运动。描述转动常用转速、角速度、角加速度等物理量。

初中学过的各种杠杆也属于有固定转动轴的物体，它们都能绕转动轴发生转动。一个有固定转动轴的物体，在力的作用下，如果保持静止或匀速转动，我们称这个物体处于**转动平衡状态**。

实际上，许多物体往往既做平动，又做转动。例如钻头钻孔的运动（图 1.2-1 戊），以及做翻腾动作的跳水运动员的运动（图 1.2-1 己）等，都属于这种情况。

总结以上分析，我们可以得出这样的结论：物体的运动有平动和转动两种基本形式，复杂的运动是由这两种基本运动组成的。

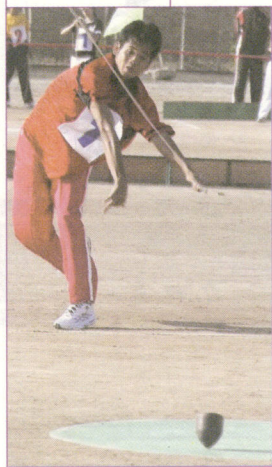
转动惯性 大家对陀螺（图 1.2-3）可能都不陌生。陀螺转动起来以后，如果摩擦不大，它就可以旋转很长时间才停下来。这表明物体在绕着自己的对称轴转动时具有保持转速和转动轴的方向不变的性质。物理学中将这种性质叫做**转动惯性**。

转动惯性在技术中有许多应用。例如在火箭、导弹等飞行器上，常有一个高速旋转的陀螺，由于转动惯性，陀螺可以保证转动轴在空间的指向不变。这一性质常用来导航，利用这种原理制成的导航仪叫做惯性导航仪。在某些方面惯性导航仪比磁性罗盘更优越，它不受周围铁器和磁场的影响，指示方向更准确。

轮船在海洋中航行，常因风浪而颠簸。为了减轻轮船的摇摆，人们在船舱底部装上很重的高速转动的飞轮。由于惯性，飞轮转动轴的方向不易改变，可以有力地抵抗风浪的影响，使轮船比较平稳地前进。

物体的转动惯性也常常应用在玩具中。例如，靠惯性运动的玩具小汽车里就有一个转动惯性很大的飞轮，先用力使车轮与地面摩擦，由车轮的转动带动飞轮，飞轮的高速旋转就带动小汽车向前跑去。

图 1.2-3 陀螺



问题与练习

1. 如图 1.2-4 所示, 游乐园内高空观览车的吊箱的运动属于平动还是转动?

2. 有人说“平动就是匀加速直线运动”, 对吗?

3. 下面的几种运动, 哪些是平动, 哪些是转动? 哪些同时做平动和转动?

- ①工作中的钟表的秒针;
- ②钢球沿斜槽滚下时, 钢球的运动;
- ③站在自动扶梯上的人的运动 (图 1.2-5);
- ④前进中的汽车车轮的运动。

4. 在家庭的日用品中, 各举出三个平动和转动的实例。

图 1.2-4 观览车吊箱的运动

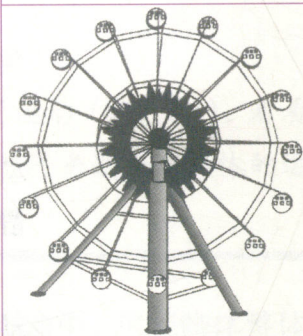
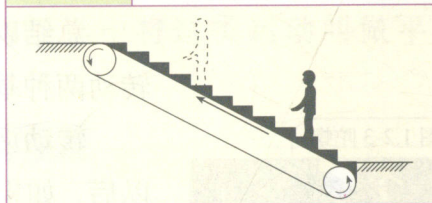


图 1.2-5



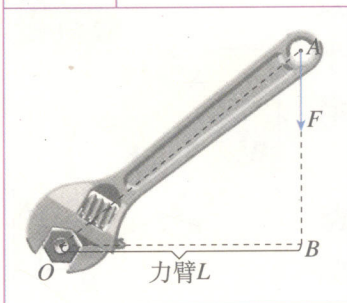
第 3 节 力矩和力偶



思考与讨论

开门的时候, 如果用力的方向指向门轴, 尽管用的力很大, 也是无济于事。为什么?

图 1.3-1



力矩 我们知道要使物体转动当然要用力的, 但是有光有力还是不够的。力对物体转动的影响, 不仅跟力的大小有关, 而且跟力和转动轴之间的距离有关。在离转动轴不远的地方推门, 用比较大的力才能把门推开; 在离转动轴较远的地方推门, 用比较小的力就能把门推开。用手直接拧螺帽, 不易把它拧紧; 用扳子来拧, 就容易多了。可见, 力越大, 力和转动轴之间的距离越大, 力矩对转动的影响就越大。

初中时我们已经学过, 力和转动轴之间的距离, 即从转动轴

到力的作用线的距离,叫做**力臂**。例如,用扳子拧紧螺母时(图 1.3-2),加在 A 点的力为 F ,从转动轴 O 到力 F 的作用线的距离为 OB , OB 就是 F 的力臂。这样我们就可以说,改变物体转动状态的两个要素是力和力臂。在物理学中,把力和力臂的乘积叫做**力矩 (moment of force)**。如果用 M 表示力矩,则有

$$M = F \times L$$

力对物体转动的影响取决于力矩的大小,力矩越大,力对物体的转动作用越大。力为零,力矩也为零,显然不会使原来静止的物体发生转动。力不为零,如果力臂为零,力矩同样为零,这个力也不会使原来静止的物体发生转动,你能举出几个实例吗?

大家谈

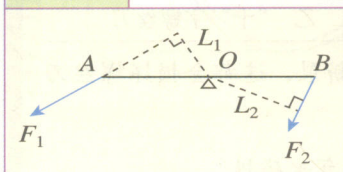
一个力的作用点到转动轴的距离一定,什么情况下这个力的力臂最大? 什么情况下这个力的力臂为零?

功的单位是焦,也等于牛米。力矩的单位虽然是牛米,但是不能称为焦!

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 $\text{N} \cdot \text{m}$ 。

力矩可以使原来静止的物体向不同的方向转动。例如,顺时针转动螺母时,螺母向前,逆时针转动螺母时,螺母向后。可见,讨论力矩时,只说明力矩的大小是不够的,还必须说明力矩是顺时针的还是逆时针的。

图 1.3-2



在图 1.3-2 中,力 F_1 的力矩 M_1 具有使杠杆向逆时针方向转动的趋势,力 F_2 的力矩 M_2 则具有使杠杆向顺时针方向转动的趋势。如果这两个力矩的大小相等,杠杆将保持平衡,这就是我们在初中学过的杠杆平衡条件。

力偶 在工程实践中,常常可以见到物体受大小相等、方向相反但不共线的两个平行力作用而转动的情况。例如汽车驾驶员双手转动方向盘(图 1.3-3),钳工用攻丝扳手攻螺纹(图 1.3-4),日常生活中用两个手指拧动水龙头,旋转钥匙开门等,都属于这种情况。

力学上把这种大小相等,方向相反,不共线的两个平行力组成的系统,叫做**力偶 (couple)**。力偶两个力的作用线间的距离 d

图 1.3-3 操作方向盘



图 1.3-4 攻丝扳手

