经全国中小学教材审定委员会 2004 年初审通过

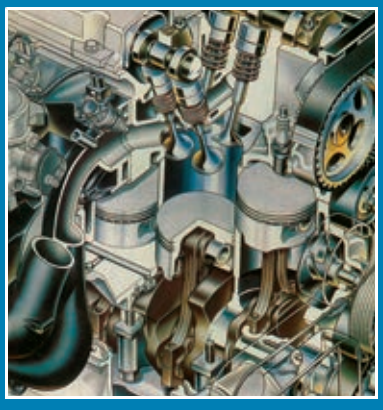
普通高中课程标准实验教科书

物理 选修 2-2

PHYSICS

主编 束炳如 何润伟







上海科技教育出版社

亲爱的同学：

欢迎你选择学习物理 2–2！

你已经学过了物理 1、物理 2 和物理 2–1，初步体验了物理学与技术结合的魅力。通过你的选择，现在你又跨进了物理 2–2 的大门，这里将向你展现的是人类探索机械的成果和历程。机械技术的发展与人类社会的历史一样源远流长，它对社会生产和经济的发展起着极其重要的作用，是推动人类社会进步的重要因素。

在本模块中，你将通过研究桥梁、起重机、汽车、冰箱和空调的物理原理，学习力、机械、热和热机等内容；在实验探究、设计制作等饶有趣味的活动中，你将研究日常生活中常见的力学结构、机械和热机的物理原理；你将进一步感受到物理学在科学技术的发展中有着何等重要的广泛应用，对人类生活和社会的发展起着何等巨大的作用。

物理学神秘吗？不！物理学是关于你周围世界发生的事物的科学。无论是能量转换机械，生产各种产品的机械，从事各种服务的机械，还是家庭、个人生活中应用的各种机械等，无一不与物理学有关。

物理学就在你的心中，就在你的脚下。通过本系列的学习，你从事科学技术工作的愿望很可能会成为现实。当你自己设计制作一座漂亮的桥梁模型时，你会发现自己是一位“工程师”，是一位应用物理原理解决实际问题的“专家”，你会感受到物理学探索是一项多么激动人心的事业。

为使你在学习物理 2–2 的过程中得到更大的成功，请浏览一下本书奉献给你的一些栏目介绍。

这是一章一节的开端，将你带入所要研究的问题情景，了解所要探索的主要内容。

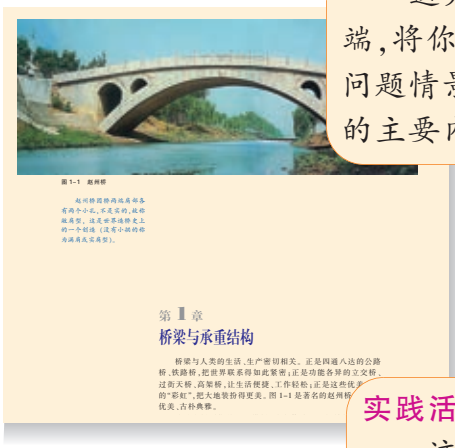


图 1–1 赵州桥

赵州桥因桥两端各有两个小孔，不是实的，故称敞肩型，这是世界造桥史上的一个创造（过有小拱的称为满肩或实肩型）。

第 1 章

桥梁与承重结构

桥梁与人类的生活、生产密切相关。正是四通八达的公路桥、铁路桥，把世界联系得如此紧密；正是功能各异的立交桥、过街天桥、高架桥，让生活便捷、工作轻松；正是这些优美的“彩虹”，把大地装扮得更美。图 1–1 是著名的赵州桥，优美、古朴典雅。



图 4–27 国产飞豹战机展翅翱翔



图 4–28 发射中的防空导弹

4.5

喷气发动机和火箭发动机

人类为了圆飞天梦，发明了飞机和火箭。早期的飞机是用活塞式内燃机带动螺旋桨转动而获得动力的，但其飞行速度受到了限制，最快仅为 750km/h。1942 年诞生的喷气式歼击机，突破了活塞式飞机性能的极限，获得了较高的飞行速度、高度和机动性能。

喷气式飞机使用的是喷气发动机（jet engine）。这种发动机只能在大气层内飞行。为了飞出地球，又研制了火箭发动机（rocket engine）。

……火箭发动机的原理和结构是怎样的呢？

实践活动

这里将让你像科学家和工程师那样，进行科学和技术的探索，通过实践体验科学与技术的密切关系。

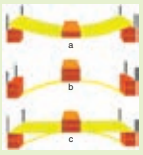


图 1–21 模拟拱桥实验

实践活动 1

为方便起见，我们可用硬纸板来进行……

1. 将硬纸板架成如图 1–21a 所示的……物；它的承重能力如何？

2. 将纸板弯曲成拱形（图 1–21b），……重能力是否有提高？

3. 再在拱形纸板上平加一块纸板（图 1–21c），这就成了一座简易的拱桥了。为什么拱桥的承重能力能大大提高呢？

图 1–22 拱桥受力分析示意图



油机的工作原理

汽油机是最常见的内燃机，它的工作原理是怎样的呢？

活动 1 观察燃气燃烧膨胀做功

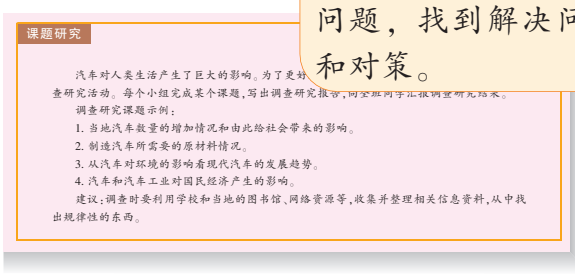
如图 4–13 所示，在玻璃管中滴入几滴汽油（或酒精），塞紧橡皮塞子。



图 4–13 燃气膨胀做功

课题研究

这里将使你学会如何进行调查研究，收集资料，提出问题，找到解决问题的方法和对策。



课题研究

汽车对人类生活产生了巨大的影响。为了更好地[illegible]查研究活动。每个小组完成某个课题，写出调查研究报告，向全班同学汇报调查研究结果。

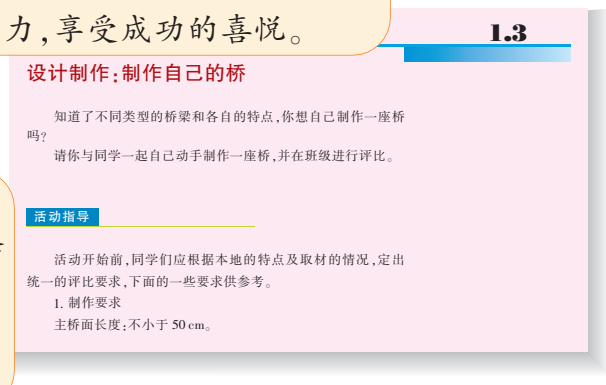
调查研究课题示例：

1. 当地汽车数量的增加情况和由此给社会带来的影响。
2. 制造汽车所需要的原材料情况。
3. 从汽车对环境的影响看现代汽车的发展趋势。
4. 汽车和汽车工业对国民经济产生的影响。

建议：调查时要利用学校和当地的图书馆、网络资源等，收集并整理相关信息资料，从中找出规律性的东西。

设计制作

学物理要“做中学”、“学中做”。这样你会心更灵，手更巧，让你展示自己的创新精神和实践能力，享受成功的喜悦。



1.3

设计制作：制作自己的桥

知道了不同类型的桥梁和各自的特点，你想自己制作一座桥吗？

请你与同学一起自己动手制作一座桥，并在班级进行评比。

活动指导

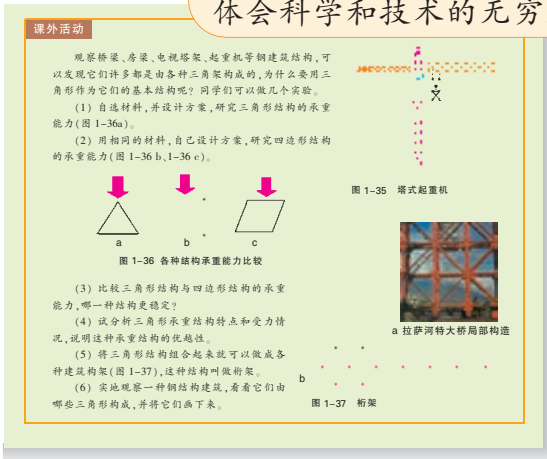
活动开始前，同学们应根据本地的特点及取材的情况，定出统一的评比要求，下面的一些要求供参考。

1. 制作要求

主桥面长度：不小于 50 cm。

课外活动

这里将让你自己动手，选择器材，探究你喜欢的科学技术问题，使你的才华得到充分展示，体会科学和技术的无穷魅力。



课外活动

观察桥梁、房梁、电视塔架、起重机等钢建筑结构，可以发现它们许多都是由各种三角架构成的，为什么要用三角形作为它们的基本结构呢？同学们可以做几个实验。

（1）自选材料，并设计方案，研究三角形结构的承重能力（图 1–36a）。

（2）用相同的材料，自己设计方案，研究四边形结构的承重能力（图 1–36 b、1–36 c）。

a　b　c

图 1–36　各种结构承重能力比较

（3）比较三角形结构与四边形结构的承重能力，哪一种结构更稳定？

（4）试分析三角形承重结构特点和受力情况，说明这种承重结构的优越性。

（5）将三角形结构组合起来就可以做成各种建筑构架（图 1–37），这种结构叫做桁架。

（6）实地观察一种钢结构建筑，看看它们由哪些三角形构成，并将它们画下来。

图 1–35　塔式起重机

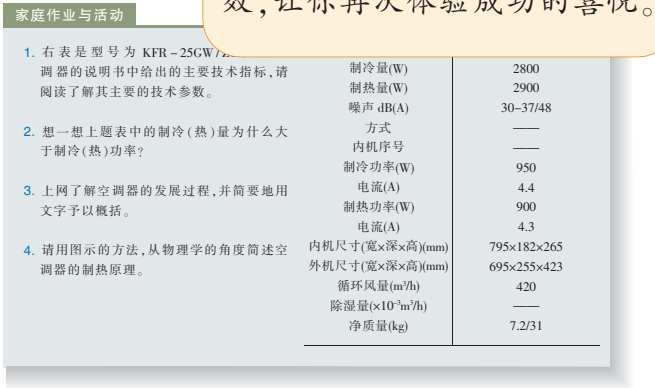
a 拉萨河特大桥局部构造

b

图 1–37　桁架

家庭作业与活动

这里将向你提供丰富多彩的项目，检验你探究、实践的成效，让你再次体验成功的喜悦。



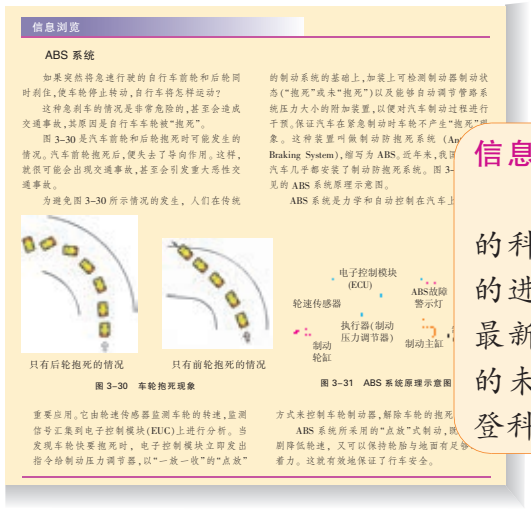
家庭作业与活动

1. 右表是型号为 KFR－25GW/[illegible] 调器的说明书中给出的主要技术指标，请阅读了解其主要的技术参数。
2. 想一想上题表中的制冷（热）量为什么大于制冷（热）功率？
3. 上网了解空调器的发展过程，并简要地用文字予以概括。
4. 请用图示的方法，从物理学的角度简述空调器的制热原理。

制冷量(W)	2800
制热量(W)	2900
噪声 dB(A)	30–37/48
方式	——
内机序号	——
制冷功率(W)	950
电流(A)	4.4
制热功率(W)	900
电流(A)	4.3
内机尺寸(宽×深×高)(mm)	795×182×265
外机尺寸(宽×深×高)(mm)	695×255×423
循环风量(m^3/h)	420
除湿量($\times10^{-3}m^3/h$)	——
净质量(kg)	7.2/31

信息浏览、STS

这些栏目将向你展示历史上的科技发明故事，揭示科学技术的进步与社会发展的关系，反映最新的科技成果，展望科学技术的未来，将进一步激发你勇于攀登科学技术高峰的热情。



信息浏览

ABS 系统

如果突然将急速行驶的自行车前轮和后轮同时刹住，使车轮停止转动，自行车将怎样运动？

这种急刹车的情况是非常危险的，甚至会造成交通事故，其原因是自行车车轮被“抱死”。

图 3–30 是汽车前轮和后轮抱死时可能发生的情况。汽车前轮抱死后，便失去了导向作用。这样，就很可能会出现交通事故，甚至会引发重大恶性交通事故。

为避免图 3–30 所示情况的发生，人们在传统的制动系统的基础上，加装上可检测制动器制动状态（“抱死”或未“抱死”）以及能够自动调节管路系统压力大小的附加装置，以便对汽车制动过程进行干预，保证汽车在紧急制动时车轮不产生“抱死”现象。这种装置叫做制动防抱死系统（Anti-lock Braking System），缩写为 ABS。近年来，我国[illegible]汽车几乎都安装了制动防抱死系统。图 3–[illegible] 见的 ABS 系统原理示意图。

ABS 系统是力学和自动控制在汽车上[illegible]

只有后轮抱死的情况　只有前轮抱死的情况

图 3–30　车轮抱死现象

电子控制模块（ECU）　ABS故障警示灯　轮速传感器　执行器（制动压力调节器）　制动主缸　制动轮缸

图 3–31　ABS 系统原理示意图

重要应用。它由轮速传感器监测车轮的转速，监测信号汇集到电子控制模块（EUC）上进行分析。当发现车轮快要抱死时，电子控制模块立即发出指令给制动压力调节器，以“一放一收”的“点放”方式来控制车轮制动器，解除车轮的抱死[illegible]

ABS 系统所采用的“点放”式制动，既[illegible] 剧降低轮速，又可以保持轮胎与地面有足够[illegible] 着力。这就有效地保证了行车安全。

目 录



第 1 章 桥梁与承重结构 6

1.1 材料的弹性和范性 7

1.2 桥梁的承重结构及其特点 12

1.3 设计制作：制作自己的桥 19



第 2 章 起重机与平衡 22

2.1 起重机的平动与转动 22

2.2 探究共点力作用下物体的平衡条件 26

2.3 探究有固定转动轴物体的平衡条件 30

2.4 起重机的平衡与稳度 33

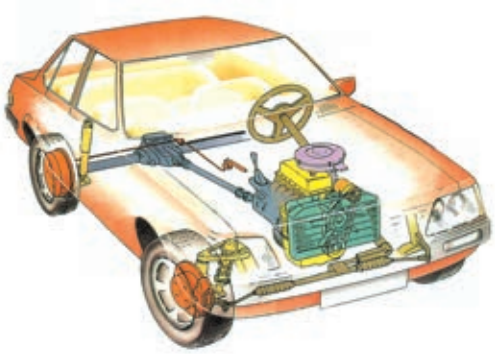
第 3 章 汽车与传动 40

3.1 平动与转动的转换装置 41

3.2 汽车变速箱与机械传动 44

3.3 汽车制动器与液压传动 50

3.4 研究自行车链条传动装置 54



第 4 章　热机与能量转化　58

4.1 蒸汽机与第一次工业革命　59

4.2 内燃机　64

4.3 热机的能量转化与效率　73

4.4 蒸汽轮机　76

4.5 喷气发动机和火箭发动机　81

第 5 章　家用制冷设备及其原理　86

5.1 家用电冰箱　87

5.2 冬暖夏凉不是梦　91

5.3 制冷设备与环境　95

回顾与展望　机械的使用与社会发展　99

总结与评价　科技成果展示报告会　105







图 1–1　赵州桥

赵州桥因桥两端肩部各有两个小孔，不是实的，故属于敞肩型，这是世界造桥史上的一个创造（没有小拱的称为满肩或实肩型）。

第 1 章
桥梁与承重结构

桥梁与人类的生活、生产密切相关。正是四通八达的公路桥、铁路桥，把世界联系得如此紧密；正是功能各异的立交桥、过街天桥、高架桥，让生活便捷、工作轻松；正是这些优美多姿的“彩虹”，把大地装扮得更美。图 1–1 是著名的赵州桥，它造型优美、古朴典雅。

从独木桥到优美的石拱桥，从宏伟壮观的钢铁桥梁，到现代化的斜拉桥……人们在设计、建造这些桥梁时，对它们的结构、材料等，是如何考虑的呢？

各种桥梁的承重结构和受力情况各有什么特点呢？

选用怎样的材料、建造怎样的桥，才能既节省材料，又能承受足够的荷重？

本章以桥梁为背景，首先研究材料的力学性质；然后研究常见桥梁的承重结构及其力学特点；最后还将让你动手造一座桥的模型，以充分展示你的才能。通过本章的学习，你还能了解我国桥梁建设方面的伟大成就。

1.1 材料的弹性和范性

桥是用建筑材料建造的。最早的桥梁大多用木材和石料建造。选择建桥材料取决于哪些因素呢？

建桥的常用材料及特点

建桥材料的力学性质是人们首先关注的问题。

石头——便宜且坚固，耐压，但不耐拉。

钢材——坚固，耐压也耐拉。

混凝土——坚固，耐压，但不耐拉。

钢筋混凝土——用钢筋加固的混凝土构件则可提升其耐拉能力。

图 1–2 所示的是一座用钢筋加固的混凝土梁桥，钢筋在桥梁的下部，这样的桥梁承载能力较大。

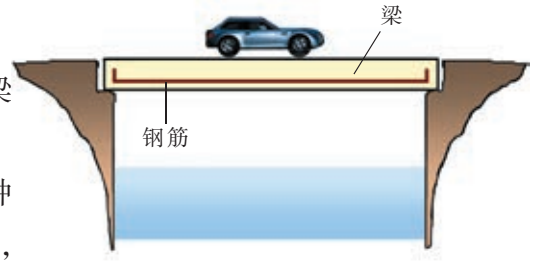


图 1–2　钢筋混凝土梁桥

无论是建造桥梁，还是修筑铁路、公路，建造房屋，制造各种交通工具、生产设备，都要使用各种不同的材料。不管哪种材料，它们受力时，都要或多或少发生形变；不同的材料受力发生形变的情况是不同的。下面我们就来研究材料受力和发生形变问题，也就是材料的弹性和范性问题。

材料的弹性与范性

固体材料的弹性和范性是其重要的两种力学性质。那么，什么是弹性？什么是范性呢？

弹性和弹性形变

如图 1–3 所示，弹簧受力作用时，它会发生形变；停止用力后，它的形变会完全消失。一般说来，固体的这种形变叫做**弹性形变**(elastic deformation)。固体能恢复它原来形状的这种性质，叫做**弹性**(elasticity)。

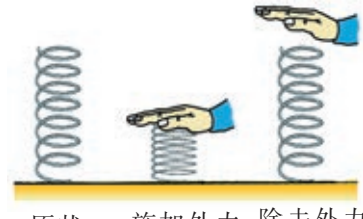
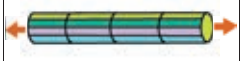
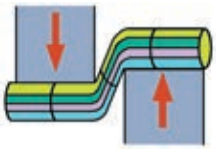
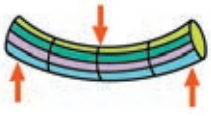
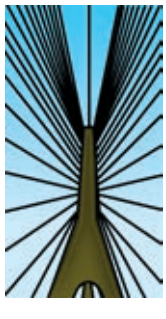
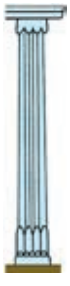
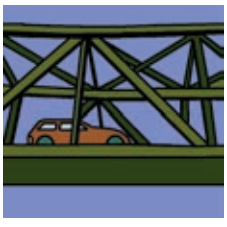


图 1–3　弹性形变实验

固体在不同的受力情况下发生的形变是不同的。固体受到两个在同一直线上，但方向相反的拉力时，长度增加，横截面积变

小,这种形变叫做拉伸形变。固体受到两个在同一直线上方向相反的压力时,长度缩短,横截面积变大,这种形变叫做压缩形变。下表还给出了其他几种受力形变的情况。

弹性形变的几种形式

名称	拉伸形变	压缩形变	剪切形变	弯曲形变	扭曲形变
产生条件	固体受到两个在同一直线上方向相反的拉力	固体受到两个在同一直线上方向相反的压力	固体受到两个方向相反、互相平行和靠近的拉力或压力	杆状固体两端固定,中间受垂直于杆的力	杆状固体一端固定,另一端沿垂直于杆的方向受到两个方向相反、互相平行的力
特点	长度增大,截面积变小	长度缩短,截面积变大	组成固体的物质层之间发生相对移动	是一种复合形变。靠近凸面的物质层发生拉伸形变,靠近凹面的物质层发生压缩形变	组成固体的物质层之间发生相对转动
图示					
应用举例	斜拉桥拉索的形变 	建筑物支柱的形变 	铆钉的形变 	桥梁的形变 	螺丝刀的形变 

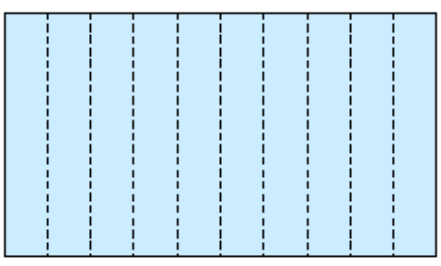
实践活动 1　研究工字形、管形等材料的承重本领

为什么常用的钢材、钢梁等要做成图 1–4 所示的形状，让我们来做图 1–5 所示的实验。

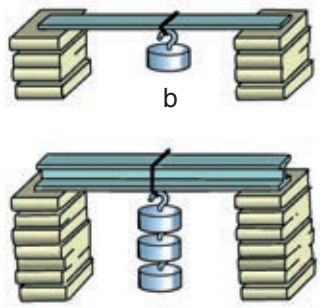
1. 将图 1–5a 所示的卡片纸叠成条形，做图 1–5b 所示的实验。研究它的承重能力。

2. 将卡片纸折叠成工字梁形状，进行图 1–5c 的实验。研究它的承重本领，并比较上述两种情况下材料的承重能力。

3. 将卡片纸卷成圆筒形，进行图 1–6 所示的实验，探究管形材料的承重本领。



a



b

c

图 1–5　探究工字形材料的承重本领



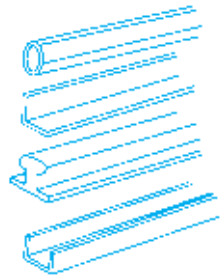
a　　b　　c

图 1–6　探究管形材料的承重本领

通过以上实验，你有什么发现？你能说明为什么承重用的钢材常做成工字形、管形吗？



a 实物



b 各种形状的钢材构件

图 1–4　建筑中常用的几种钢材

实践活动 2　建筑材料为什么做成空心的

为什么承重用的钢材常常做成工字形、管形等形状？让我们再做一个实验（如图 1–7 所示），并分析其原因。

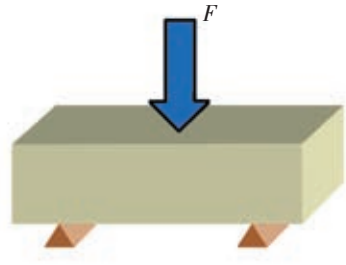


图 1–7　研究实心材料的形变

如图 1–8 所示，用力向下压橡皮时，橡皮的不同层面发生的形变是否相同？

橡皮中是否存在既未被拉伸，又未被压缩的层面？

请你先猜想一下，再做一做这个实验。

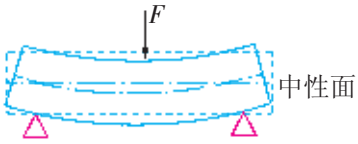


图 1–8　实心材料形变时的中性面

图 1–8 是固体材料受力发生弯曲形变的示意图，凸面一侧的物质层发生拉伸形变，凹面一侧的物质层发生压缩形变，在材料的中间却存在着既不发生拉伸形变，又不发生压缩形变的物质层。这一物质层叫做中性面。离中性面越远的物质层，形变越大，承担的力也就越大。而靠中性面越近的物质层形变越小，承担的力也就越小。

正是由于上述原因，工程技术中，常把抗弯曲形变的构件设计成空心的，如房屋钢梁和脚手架用管材代替棒材等，这样既节省了原材料，又减轻了构件的自重。工字钢、槽钢、角钢和瓦楞钢等都是根据这个道理设计制造的。

范性和范性形变

实际工作中，人们并不是只需要利用固体的弹性和弹性形变，还常常要将金属材料加工成各种形状的金属制品，如将铁丝弯成衣架，把铁片、铝片冲压成各种器皿等。

事实上，固体材料的形变大小跟作用力的大小以及材料的性质有关。作用的力越大，形变也越大。但是当形变超过某个限度，即使外力停止作用，固体也不能完全恢复到它原来的形状，有一部分形变将被永久地保留下来。

当外力超过一定限度引起较大的形变，从而使一部分形变在除去外力以后仍保留下来，这种保留下来的形变叫做**范性形变**（plastic deformation）（图 1–9）。固体能保留永久形变的性质叫做**范性**（plasticity）。

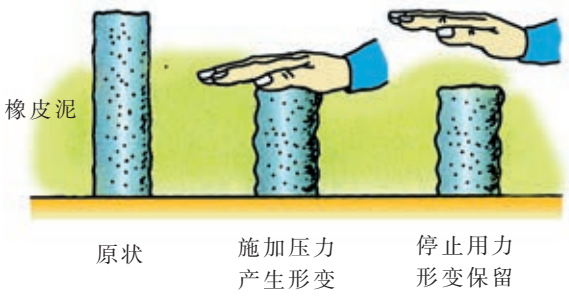


图 1–9　范性形变

范性和弹性都是固体材料的特性，范性形变和弹性形变在生活和生产中都有重要的意义。有些情况下，人们需要利用材料的弹性，例如，梁桥上有

车辆通过时,梁桥会发生一定程度的弯曲,车辆通过后,梁桥的形变会消失;撑杆跳高运动员用的撑杆,跳高时,撑杆会发生弯曲,撑杆用过后,形变会消失。在另一些情况下,人们需要利用材料的范性,例如制作桥梁的各种钢材需要通过加热轧制形成一定的形状,铆合连接构件的铆钉等则需要用模具锻压成型。

信息浏览

模板式浇注和高强度钢筋混凝土构件

20 世纪中叶以来,随着混凝土浇注技术和吊装机械的改进,模板式建筑得到了发展。

模板式建筑是用活动式大尺寸模板作为拼装的工具,机械化浇注混凝土的一种施工方法,多用于大型桥梁、多层、高层楼房的建筑上。工具式模板有全现场浇注、现场浇注与预制相结合两种方法。但建筑中的主要承重构件一般都采用现场浇注的方法施工。

在建筑桥梁、楼房等大型建筑时,还采用了高强度预应力混凝土预制构件。在制作时,事先拉伸钢筋,使钢筋保持张力,然后,把混凝土浇注在受拉伸长的钢筋上。目前许多重要的建筑物都采用了这种预应力混凝土构件,它不仅可以节约 70%的钢筋,而且可以把构件做得很长、很大,比一般钢筋水泥构件更适于建筑跨度很大的桥梁。



图 1–10　用高强度预应力混凝土构件建筑桥梁

家庭作业与活动

1. 举出生活和生产中,利用材料范性形变的两个例子。
2. 指针式压强表(图 1–11),内部有一根弯成弧形的一端封闭的扁形金属管,当管内气压增大时,弯管就会伸张开一些;当气压减小时,弯管便又收拢些。通过齿条、齿轮和指针就能把弯管的这些微小形变显示出来,从经过校正的刻度盘上就能读出气压的数据。这是利用了金属弯管的弹性形变还是范性形变?
3. 自行车车架为什么用钢管而不用实心圆钢制成?
4. 指出下列物体的形变是弹性形变还是范性形变:

A. 机械钟表内上紧的发条
B. 塔式起重机工作时的吊臂
C. 缠绕在熔丝盒接线柱上的熔丝
D. 碰瘪的铝锅

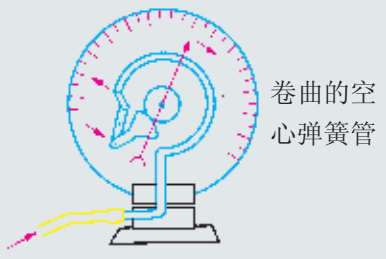


图 1–11　气压表



图 1–12　广西邕江大桥

1.2 桥梁的承重结构及其特点

桥梁的种类繁多，根据承重构件受力情况，主要可分为梁式桥（梁桥）、拱形桥、悬索桥（吊桥）、斜拉桥等。这些桥梁的承重结构和力学特性各有怎样的特点呢？

从独木桥到多孔梁桥

最初的桥是用一根树干架在小河的两岸构成的，这就是独木桥（图 1–13）。如果木头的长度小于两岸的距离，则可在两岸之间用一至数个木材作支撑，再用木材铺设，于是便形成了多孔木桥（图 1–14）。独木桥或简易多孔木桥的承载能力有限，而且使用寿命不长。因此，人们便用石料等建材设计、建造了多孔梁桥。

图 1–13　独木桥



图 1–14　多孔梁桥

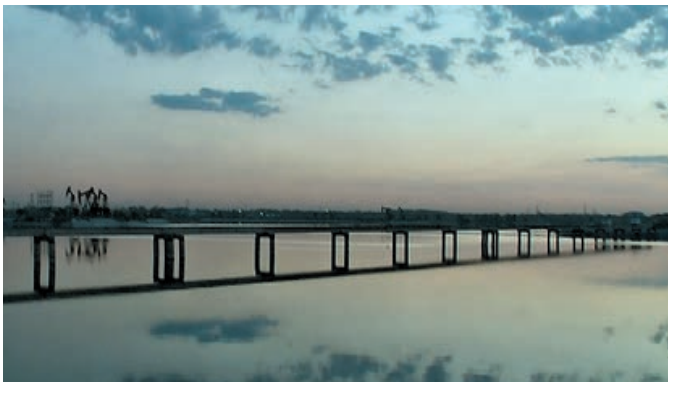




图 1–15　我国第一座海港大石桥——泉州洛阳桥

图 1–15 所示的是我国第一座跨海梁式大石桥——泉州洛阳桥，它有 44 座船形桥墩。桥梁承受压力作用的部分叫做承重结构。梁桥的承重结构和受力情况是怎样的呢？

如图 1–16 所示，当人、车辆等通过梁桥时，桥面会弯曲。如果桥面弯曲得太厉害，就会发生危险。

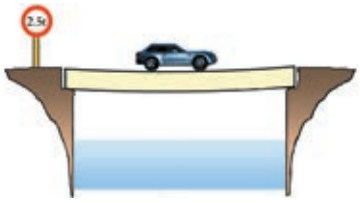


图 1–16　简单的梁桥易弯曲

单孔梁桥的受力和形变情况如图 1–17 所示。当桥面受到向下的压力时，桥墩对桥就产生了向上的作用力，在这些力的作用下，梁的上部被挤压，受到压力作用；下部被拉伸，受到拉力作用。

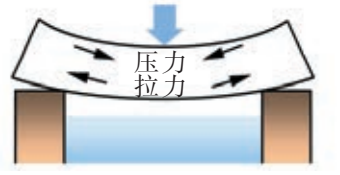


图 1–17　弯曲的梁中的压力和拉力示意图

减轻梁桥弯曲程度最简单的方法是在桥梁的下面加桥墩(图 1–18)。图 1–19 是梁桥受力情况的简图。

请想一想，选取怎样的方法可以增加桥梁的抗压和抗拉能力。

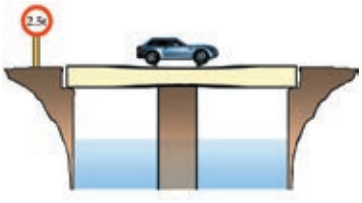


图 1–18　有桥墩的梁桥

多孔梁桥虽然可以较好地减轻桥梁的弯曲程度，但跨度小、高度低，不利于通航。是否有更好的解决办法呢？

图 1–19　梁桥受力分析

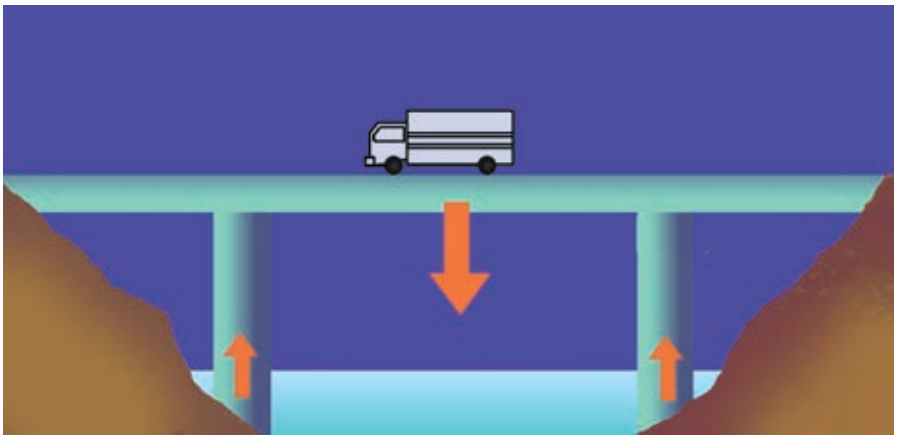




图 1–20　苏州的石拱桥

“人造彩虹”——拱桥

为了解决梁桥跨度小、高度低等问题，人们设计、建造了各种形式的拱桥。

拱桥跟梁桥相比，它的承重结构有什么特点呢？当汽车行驶到拱桥的中部时，桥的拱券受力情况怎样？桥的支座受力情况又怎样？

为了研究拱桥承重结构的特点和它的受力情况，我们先来做实验。

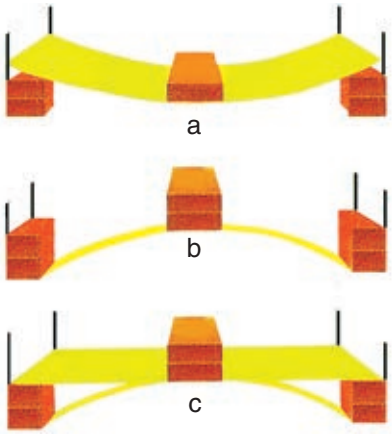


图 1–21　模拟拱桥实验

实践活动 1

为方便起见，我们可用硬纸板来进行模拟实验。

1. 将硬纸板架成如图 1–21a 所示的梁桥模型，在板上面加重物；它的承重能力如何？

2. 将纸板弯曲成拱形（图 1–21b），在它上面加重物；它的承重能力是否有提高？

3. 再在拱形纸板上平加一块纸板（图 1–21c），这就成了一座简易的拱桥了。为什么拱桥的承重能力能大大提高呢？

图 1–22　拱桥受力分析示意图

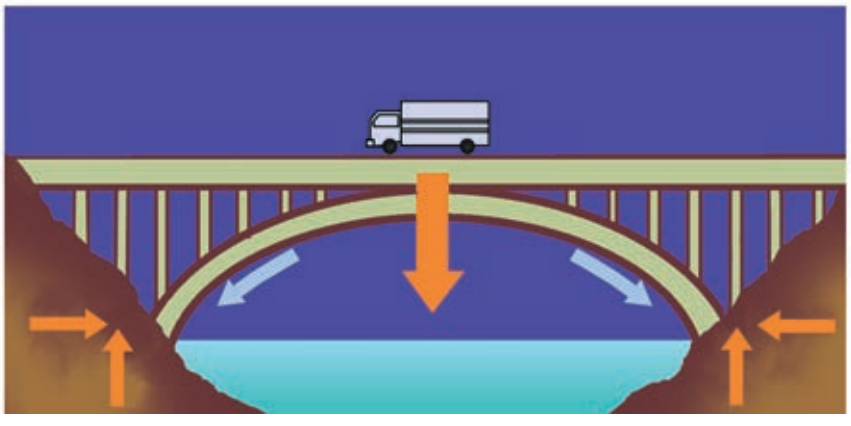




图 1–23　四川旺苍东河桥



图 1–24　公伯峡黄河大桥

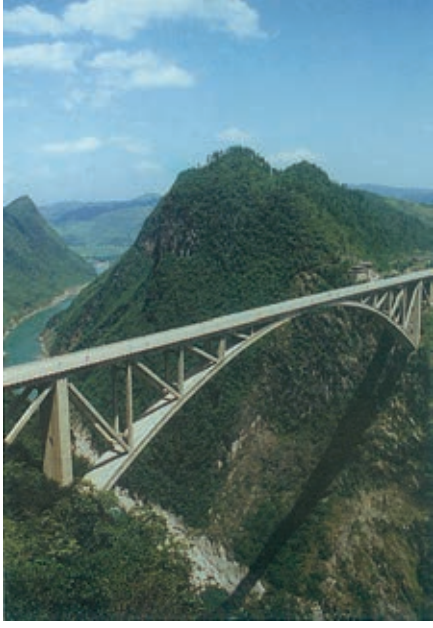


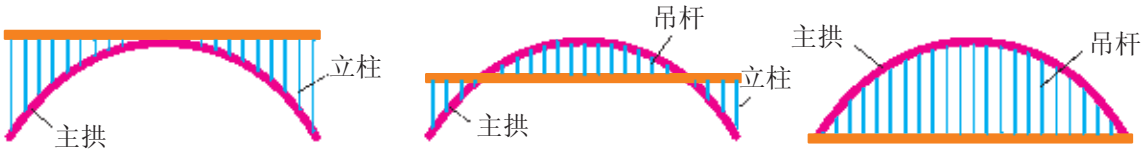
图 1–25　贵州江界河大桥

由图 1–22 可以看出，拱桥承重结构的显著特点是，它能把受到的重力（包括桥的自重和车辆等的重力），通过拱形结构，将拉力变为压力，并将这个压力传递到岸边的桥墩上去。拱桥与梁桥相比，不仅大大提高了承重能力，而且增加了跨度。

由于拱桥承重结构的上述特点，人们根据实际需要，设计制造了不同形式的拱桥。图 1–23 所示是下承式拱桥，图 1–24 所示是中承式拱桥，图 1–25 所示是上承式拱桥。

你能分析图 1–26 中三种拱桥的承重和受力情况吗？请在图中画出受力情况的示意图。

桥面设在承重结构上方的叫做上承式桥；桥面设在承重结构中部的叫做中承式桥；桥面设在承重结构下方的叫做下承式桥。



a 上承式　　b 中承式　　c 下承式

图 1–26　三种拱桥结构示意图

随着社会的发展，需要建造能通过和承受如载重汽车、火车等的坚固而平坦的桥梁。人们发现，采用悬挂结构，不仅能增加桥的跨度，而且桥也坚固。现代的悬索桥和斜拉桥都是由一些钢缆架在巨大的桥塔上的，桥面通过钢索悬挂在钢缆上，桥的两端固定到竖立在岸边或水中的塔柱上。



图 1–27　旧金山金门大桥

悬索桥的钢缆是由多根钢丝组成，钢缆的钢丝有的多达万根以上。钢缆用钢板锚固，再浇在混凝土内。

悬索桥

悬索桥(图 1–28)的特点是在桥身两端桥墩上建两座桥塔，让刚性梁悬挂在相互平行的悬索上。

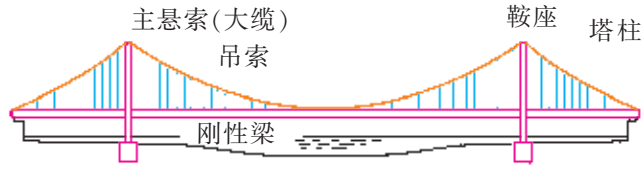


图 1–28　悬索桥结构示意图

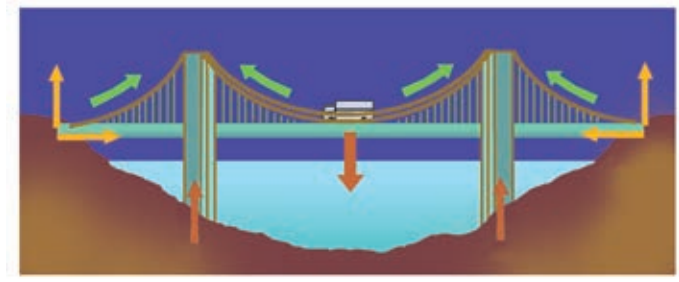


图 1–29　悬索桥受力分析图

现代悬索桥主要由主悬索(大缆)、塔柱、刚性梁等组成，悬索一般均支承在两个塔柱上。塔顶设有支承悬索的鞍形支座。承受很大拉力的悬索的端部通过锚碇固定在地基中(图 1–29)，也有固定在刚性梁的端部，称为自锚式悬索桥。

实践活动 2

请你根据图 1–29 分析悬索桥的承重和受力情况。

并思考、讨论：

1. 结合图 1–29 所示的受力分析，悬索桥的承重结构有哪些基本特点呢？

2. 悬索和桥塔应选择怎样的材料？为什么？

上海杨浦大桥是斜拉桥，桥长 1176m，主跨 602m，桥面由 256 根拉索拉起。其中最大规格拉索由直径为 7 毫米、301 根高强度钢丝编成，长 328m，单根最大索重 33t，最大预拉载荷达 12090kN，拉索总重 3006t。

斜拉桥

斜拉桥主要由桥梁、钢索和桥墩上的塔架三部分组成。桥梁用若干根钢索拉在塔架上；斜拉索一般由高强度多股钢丝组成；



图 1–30　上海杨浦大桥

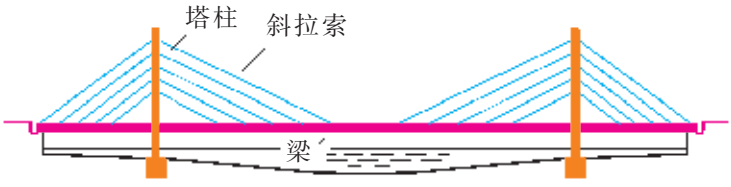


图 1–31　斜拉桥结构示意图

斜拉桥的桥面部分可以建造得相对薄一些。当桥面上有车辆通过时，桥墩、塔柱承受的力等于桥梁和车辆的全部重力。

南京长江二桥、上海杨浦大桥和徐浦大桥、香港汀九桥都属于世界最大跨度钢结构与混合结构斜拉桥；重庆长江二桥，铜陵长江大桥，武汉长江二桥是世界最大跨度预应力混凝土结构斜拉桥。

请从互联网或图书馆查找有关斜拉桥的资料，并讨论：

1. 斜拉桥与梁桥、拱桥等比较，它们的承重结构和受力情况各有什么特点？

2. 为什么现代的大型桥梁，大多建成斜拉桥或悬索桥？

斜拉桥的受力分析，要用到《物理 1》中的力的分解、合成等知识和方法，请试着自行分析。

信息浏览

道道“彩虹”跨江河

桥，是人流和物流的重要通道；桥，意味着新的起点和新的希望。“一桥飞架南北，天堑变通途。”当年伟人的设想，而今已成为遍布神州大地的景象。半个多世纪以来，中国桥梁建设的步伐艰难而又坚定：从“蹒跚学步”，到“挺直腰杆”，再到“大步向前”。江河上下道道彩虹是历史前进的坐标。

新中国成立时，长江上没有一座大桥。1957 年 10 月，武汉长江大桥建成通车。人们自豪地称之为长江一桥。毛泽东主席说：“将来长江上要修 20 座、30 座桥，黄河上要修几十座桥，到处都能走。”

伟人的设想早已成为现实。“1960 年动工的南京长江大桥完全是由我们自己设计建造的！”

2002 年 6 月，国际桥梁年度会议首次将国际桥梁大奖颁给中国的江阴长江公路大桥。这座桥是我国首座跨径超过千米(1385m)的大桥，在中国桥梁建设史上具有划时代的意义。

江阴长江大桥的纪录又被长江上另一座跨径更大的润扬大桥(主跨 1490m)打破。润扬大桥是一座悬索桥，建成后跨度为中国第一，世界第三。

2003 年 6 月正式开工、总长 8206m、主跨

1088m 的苏通大桥，主塔高 306 m，斜拉索长 580 m，创造了斜拉索桥的“世界之最”。

目前，万里长江上已架起公路桥梁 62 座，还有 10 座正在建设中。黄河上也建成公路桥梁 70 座。全国公路桥梁总数已达 31 万座，累计长度 1.25 万千米。不久的将来，长三角地区将有 7 座世界级的桥梁，它们是南京长江三桥、润杨长江大桥、江阴长江大桥、苏通长江大桥、沪崇长江大桥、东海大桥以及杭州湾大桥。

随着经济实力的壮大，桥梁建设也取得了长足进展。从建南京长江大桥起，我国在技术上完全自立；今天实用美观的斜拉桥、悬索桥等，为城市增添了一道道风景。我国桥梁技术总体上进入了国际先进行列，有些方面达到国际领先水平。

新世纪的中国将发生更为深刻的变化，桥梁建设也会向更高水平发展，一批越江跨海的宏伟工程已摆到我们面前，比如浙江杭州湾跨海大桥、上海长江口越江工程、广东伶仃洋跨海工程等。我们一定要为 21 世纪中国和世界桥梁技术的发展书写更加光辉灿烂的篇章，让江河大地落下更多更美的彩虹。



图 1–32　建造中的宁波跨海大桥

家庭作业与活动

1. 参照图 1–31，请思考以下问题：
   （1）斜拉桥的重力竖直向下，钢索的拉力斜向两侧，它们之间存在什么关系？
   （2）钢索的上端系在桥墩的塔柱上，两侧斜向的拉力对它产生什么效果？
   （3）塔柱两侧的钢索成对称分布，为什么要这样做？如果不对称分布，对两侧钢索的拉力有什么要求？
2. 画出斜拉桥的受力分析图。
3. 上网了解现代桥梁主要使用哪些建筑材料，尤其是高新科技材料。
4. 着重调查家乡的一座拱桥或梁桥，或悬索桥，利用所了解的情况编写一份调查报告。

课外活动

准备一些竹筷，分几个小组进行搭筷子桥比赛。搭桥的方法如图 1–33 所示。

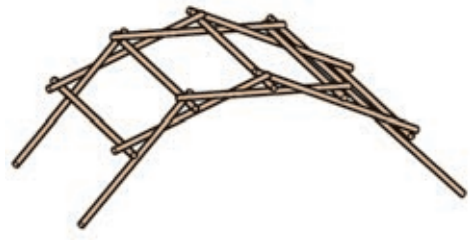


图 1–33　筷子桥

1.3

设计制作：制作自己的桥

知道了不同类型的桥梁和各自的特点，你想自己制作一座桥吗？

请你与同学一起自己动手制作一座桥，并在班级进行评比。

活动指导

活动开始前，同学们应根据本地的特点及取材的情况，定出统一的评比要求，下面的一些要求供参考。

1. 制作要求

主桥面长度：不小于 50 cm。

桥面宽度：不小于 20 cm。

桥的承重：≥10 kg。

2. 材料

用生活中的废弃材料，如包装盒、饮料瓶、包装带、胶水等。

3. 外观设计

创新、有特色、美观。

4. 成果展示

完成制作后，要向同学、老师和家长报告和演示制作成果。报告应包括制作目的、制作过程、效果演示、存在问题、改进措施等。报告前要做好充分准备。

5. 评价

对制作桥梁的评判，可以从桥的坚固程度（通过桥上所放重物来判断）、性价比、美观、是否有创意等方面来综合评比，桥的自重越轻越好。

6. 总结评价

填写“活动评价表”，做好总结评价工作。要客观评价自己在设计制作活动中的表现，认识自己的进步和不足。对同学的评价也要公正、客观，要看到他人的长处和进步。

活动评价表

制作自己的桥

学生姓名：　　完成日期：

作品名称：

1. 画出桥梁的设计简图：

2. 我选择的材料：

3. 制作过程：

4. 制作效果：

5. 外观设计：

6. 我在活动中的表现：

我对小组活动的贡献是

我擅长的是

我在活动中遇到的困难是

我在这些方面应该做得更好

7. 自我评价：(在评价的等级上画圈)

A 级(优秀)　　B 级(良好)　　C 级(合格)　　D 级(低于标准)

8. 小组评语：

9. 老师评语：

1.x

第 1 章家庭作业与活动

1. 长江、黄河上已经建成和在建的大桥，解放前有多少座？现在有多少座？从 1960 年开始，每隔 10 年统计一次，制成统计图。并对统计结果加以分析。
2. 利用你学过的物理知识，向同学们介绍一座你家乡的桥梁。
3. 采用图片、列表等方式，比较一下梁桥、拱桥、斜拉桥、悬索桥之间有哪些相同点和不同点。
4. 桥梁的种类除了教材中介绍的四种外，还有其他类型。你知道其他类型的桥吗？择例说明。
5. 分析某座大桥的建造对当地经济和社会发展的影响。
6. 请根据所学的知识，全面介绍一下我国新建成的某座大桥。
7. 参看图 1–34，说明为什么楼板的加固钢筋加在楼板横梁的下部，而阳台的加固钢筋加在阳台横梁的上部？
8. 用列表的方式，比较梁桥、拱桥和索桥的力学特性。

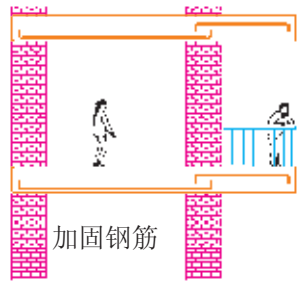


图 1–34

课外活动

观察桥梁、房梁、电视塔架、起重机等钢建筑结构，可以发现它们许多都是由各种三角架构成的，为什么要用三角形作为它们的基本结构呢？同学们可以做几个实验。

（1）自选材料，并设计方案，研究三角形结构的承重能力（图 1–36a）。

（2）用相同的材料，自己设计方案，研究四边形结构的承重能力（图 1–36 b、1–36 c）。

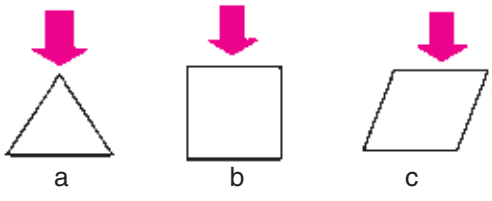


图 1–36 各种结构承重能力比较

（3）比较三角形结构与四边形结构的承重能力，哪一种结构更稳定？

（4）试分析三角形承重结构特点和受力情况，说明这种承重结构的优越性。

（5）将三角形结构组合起来就可以做成各种建筑构架（图 1–37），这种结构叫做桁架。

（6）实地观察一种钢结构建筑，看看它们由哪些三角形构成，并将它们画下来。

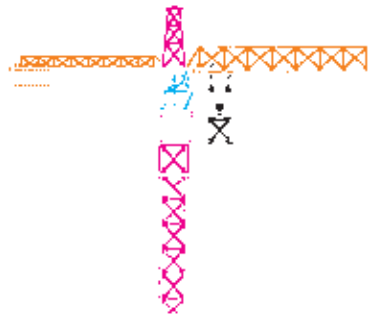
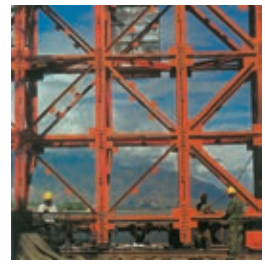


图 1–35　塔式起重机



a 拉萨河特大桥局部构造

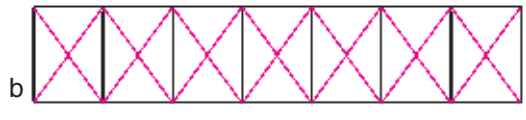


图 1–37　桁架



图 2–1　繁忙的建筑工地

第 2 章
起重机与平衡

你到过建筑工地吗？你见过建筑工地上火热的劳动场面吗？在繁忙的建设工地上，到处都可以见到各种各样的钢铁“大力神”——起重机在忙碌地工作着，成吨、成百吨的构件，它轻轻地一抓就可自如地运送到工地的各处。

起重机工作时是怎样安全、快速而又平稳地将物体送达各处的？

起重机又是怎样保持平衡的？

平衡时的稳定程度一样吗？

……

本章以起重机为背景，研究物体的平动与转动，探究物体在共点力作用下的平衡条件和有固定转动轴物体的平衡条件，以及刚体的平衡条件；学习稳度与平衡的关系，并了解它们在技术上的一些应用。

2.1
起重机的平动与转动

不仅在建筑工地上，在造船厂的船台和港口码头上，到处都可以见到起重机的高大身影，起重机是生产中使用较广泛和较复杂的机械之一。



图 2–2 塔式起重机



图 2–3 汽车式起重机

本领高强的“大力士”——起重机

建筑工地上最常见的起重机如图 2–2 所示，它那巨大的身躯像一座铁塔，铁塔上端有一个长长的大铁臂。这种起重机叫做“塔式起重机”，又称“塔吊”。

“汽车式起重机”又称“汽车吊”，其特征是起重机装在了汽车上(图 2–3)，它能像卡车一样，灵活地行驶到各个地方去工作。

“履带式起重机”的运行机构有点像坦克的运行履带，它能够在泥泞的道路上行走。因此，水利工地上，常可以看到“履带式起重机”。

起重机的种类很多，如回转式起重机、移动式起重机、桥式起重机、三轮起重机以及电铲、摇臂吊车、龙门吊、起重葫芦、卷扬机、起重绞车、悬臂吊车等等。

实践活动 1

到建筑工地或码头、矿山等地，观察各种起重机，并思考以下问题：

1. 起重机主要由哪些简单机械组成？
2. 起重机起重时的运动形式有哪些？

起重机的主要结构

图 2–4 是履带式起重机及其主要构件示意图，它们的作用如下：

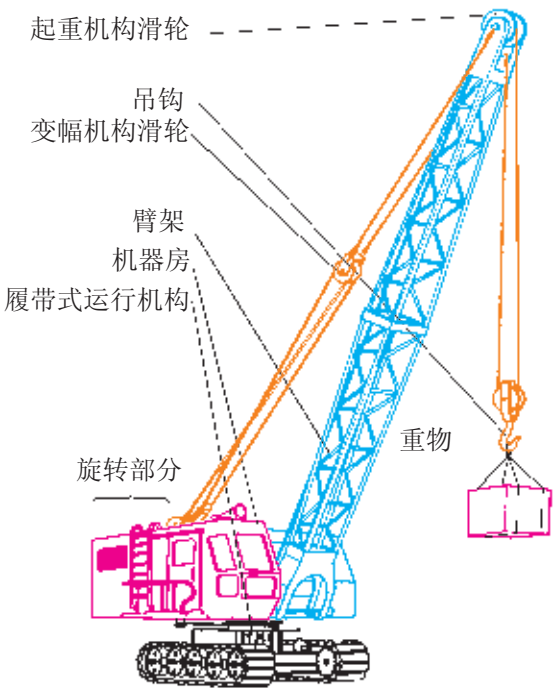


图 2–4　履带式起重机结构示意图

吊钩：工作时把重物吊起来。

起重机构滑轮：把起重机构的绳索，从臂架的头部引导到机器房中的机器上。

臂架：臂架又称钢臂、吊臂，它能把吊起的重物提着，支持着吊钩工作。

变幅机构滑轮：是为了使起重机臂架上下转动而装的，是一个复滑轮组(有些起重机没有)。

机器房：操纵起重机的工人工作的地方。

履带式运行机构：起重机行动的主要机构(有些起重机没有)。

平动与转动

一个物体无论做什么样的运动，其运动形式不外乎平动、转动，或平动、转动的组合。那么，什么是平动？什么是转动呢？

平动　任何时候，物体上各点的运动速度、位移都相同，即物体上各点的运动状态都相同的运动叫做**平动**(translation)。

物体做平动时，它的运动轨迹不一定是直线。那么，怎样判断物体是否在做平动呢？

如图 2–5a 所示，在课本上任意画一直线，如果物体做平动，则它在运动过程中，该直线始终保持跟原来的直线平行。例如，起重机提升的重物的运动、内燃机气缸中活塞的运动和冲压机锻头的运动等都是平动。

转动　电扇扇叶、钟表指针、装有合页门窗的运动都不具有平动的特征，这类运动的共同点是：物体中的各点都绕同一转动轴做圆周运动。这类运动叫做**转动**(rotation)，如图 2–5b 所示。物体转动时，它上面各点的角速度相同，但线速度不一定相同。

请分析：图 2–5c 所示课本的运动。

实际上，许多物体往往既做平动，又做转动。

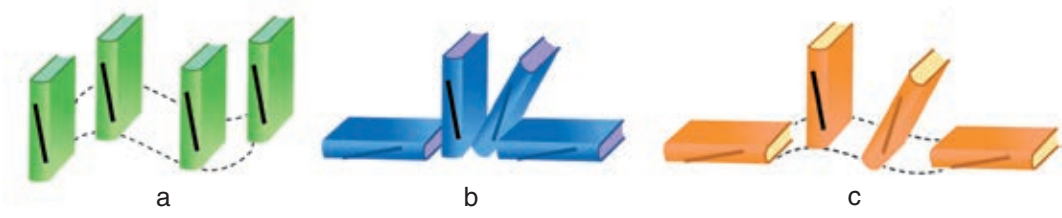


图 2–5　平动与转动



a



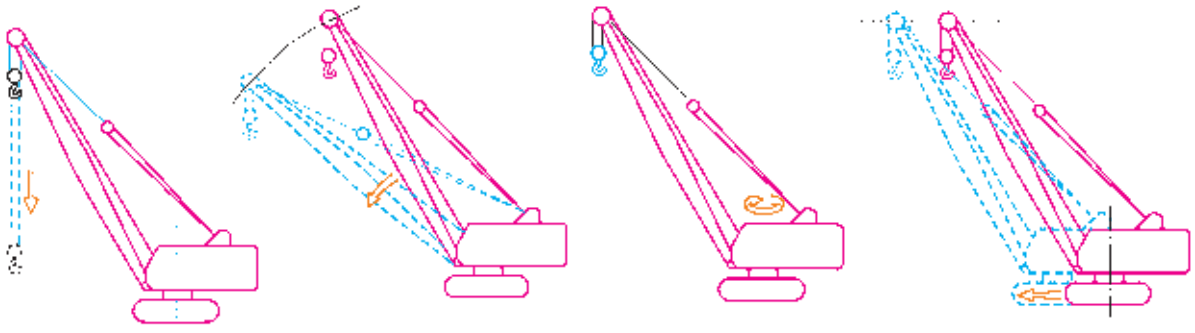
b

图 2–6　平动与转动

请思考：螺钉拧入机器时的运动、钻头钻孔的运动、行进中车辆上车轮的运动等，在做怎样的运动（图 2–6）？

实践活动 2　观察起重机工作时的平动与转动

观察起重机工作时的动作，参照图 2–7，分析起重机工作时，哪些动作是平动？哪些动作又是转动？哪些动作是平动和转动的组合动作？



a 起重（升降）动作　b 变幅（摇动臂）动作　c 旋转动作　d 运行动作

图 2–7　履带式起重机动作示意图

家庭作业与活动

1. 图 2–8 中起重机工作时，吊臂做什么运动？货物又做什么运动？
2. 下面的几种运动中，哪些是平动？哪些是转动？哪些同时做平动和转动？
   （1）转椅转动时，椅子上的人的运动。
   （2）站在自动扶梯上的人的运动。
   （3）钢球沿斜槽滚下时，钢球的运动。
3. 举出 1~2 个物体做转动的实例。
4. 观察附近的工厂、码头或工地，看看工人们使用的起重机是哪类起重机？各有什么特点？

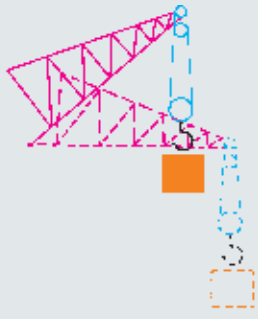


图 2–8　起重机吊臂与货物的运动

2.2 探究共点力作用下物体的平衡条件

起重机的平衡问题

一个物体保持静止或匀速直线运动状态，我们就说物体处于平衡状态。起重机徐徐吊起货物，货物的运动可看做匀速直线运动。因此，货物被匀速吊起处于平衡状态。

当物体匀速转动时，我们称这个物体处于转动平衡状态。通常，起重机吊臂的上下转动、水平转动可看成匀速转动，所以它处于转动平衡状态。

要保持物体的平衡状态，作用在物体上的力必须满足怎样的条件呢？这一节我们先来研究共点力作用下物体的平衡问题。

实践活动 1

观察起重机的构造，思考以下问题：

1. 起重机安装的吊臂有的能上下转动，有的能水平转动，这样的装置有什么好处？

2. 吊臂水平转动时，吊臂的受力大小是否改变？吊臂上下转动时，吊臂的受力大小是否改变？

3. 塔式起重机吊臂吊起重物时，它的受力情况怎样呢？

塔吊吊臂端点受力平衡吗

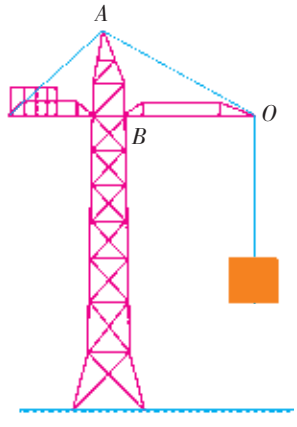


图 2–9　塔吊工作示意图

我们已经知道，作用在一个物体上的两个力如果大小相等、方向相反，并且作用在一直线上，物体就处于平衡状态。由力的合成法则可以知道，这两个力的合力为零。起重机钢索吊住的货物，同时受到重力和拉力的作用，当它处于平衡状态时，这两个力的合力等于零。几个力作用于物体的同一点或者它们的作用线相交于一点，这几个力叫做共点力。物体在共点力作用下的平衡条件是什么呢？

如图 2–9 所示，塔式起重机匀速吊起货物时，吊臂端点受几

个力的作用？每个力的大小、方向怎样？

分析塔吊吊臂端点的受力情况，作出受力分析图（图 2–10），这几个力之间存在着什么关系呢？

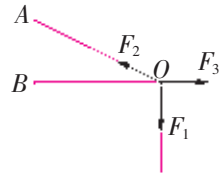


图 2–10　塔吊吊臂端点 O 的受力图

实践活动 2　探究共点力作用下物体的平衡条件

器材：

三个弹簧测力计、三根细线、绘图板、白纸、三角板、刻度尺、图钉等。

步骤：

1. 将铺上白纸的绘图板平放在桌面上。

2. 如图 2–11 所示，将三根细线的一端结在一起，用图钉将结点 O 固定在白纸中央；再将三根细线的另一端各打一个细线圈，三个细线圈分别套在三个弹簧测力计的挂钩上；拔去图钉，将三个弹簧测力计互成一定角度拉开，使结点仍停留在 O 点，把弹簧测力计的另一端分别固定在绘图板上，分别记下三个弹簧测力计的示数 F_1、F_2、F_3。

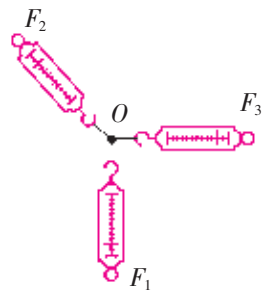


图 2–11　探究共点力平衡条件

3. 撤去弹簧测力计，用铅笔和刻度尺从 O 点出发，沿三根细线的方向在白纸上画出三条直线，并在白纸上用力的图示法画出力 F_1、F_2、F_3。

4. 研究 F_1、F_2、F_3 中任意两个力的合力与第三个力的关系，总结出共点力作用下物体的平衡条件。

想一想，这个实验是否一定要用三个弹簧测力计？若将绘图板竖起来能否进行实验？

物体在共点力作用下处于平衡状态时，由于加速度等于零，由牛顿第二定律可以知道，物体所受到的合外力也一定等于零。由此可以得出结论：物体在共点力作用下的平衡条件是这些力的合力等于零，即

$$F_{合} = 0$$

案例分析

案例　如图 2–9 所示，塔吊 AO 段钢绳与竖直方向成 60°角，质量为 100kg 的货物悬挂于 O 点下面。若横梁 BO 的重力不计，求钢绳 AO 受到的拉力及横梁对 AB 的压力。

分析　取横梁和钢绳的接触点 O 为研究对象。由于横梁重力不计，O 点受 F_1、F_2、F_3 作用而处于平衡状态，如图 2–12a 所示。

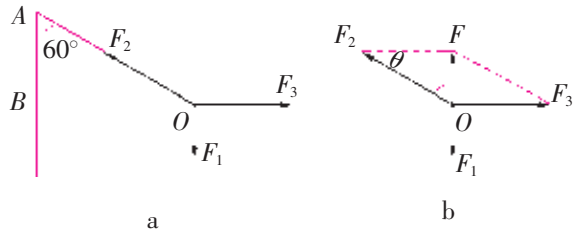


图 2–12　起重机端点受力分析



图 2–13　挂在墙上的足球

由力的平行四边形定则可知，在图 2–12b 中力 F 和 F_1 一定大小相等，方向相反。再以重物为研究对象，可知力 F_1 的大小等于重物所受到的重力。

解答

$$F = F_1 = 1 \times 10^3 \text{ N}$$

$$\theta = 60°$$

$$F_2 = \frac{F}{\cos\theta} = \frac{1 \times 10^3}{\cos 60°} \text{ N} = 2 \times 10^3 \text{ N}$$

$$F_3 = F\tan\theta = 1 \times 10^3 \tan 60° \text{ N} = 1.7 \times 10^3 \text{ N}$$

由牛顿第三定律可知，钢绳所受到的拉力 F_2' 及横梁对 AB 的压力 F_3' 的大小分别为

$$F_2' = 2 \times 10^3 \text{ N}$$

$$F_3' = 1.7 \times 10^3 \text{ N}$$

F_2'、F_3' 的方向分别与 F_2、F_3 相反。

生活中，共点力平衡条件的应用非常多。如人们经常将书包、足球等物品挂在墙上（图 2–13），这时候的书包、足球等物品就在共点力的作用下处于平衡状态。



图 2–14　桥式起重机

信息浏览

桥式起重机技术参数

起重量/t		跨度/m	起升高度/m		速度/m·min^{-1}				重量/t		最大轮压/kN	荐用轨道
主钩	副钩		主钩	副钩	起升		运行		小车	起重机		
					主钩	副钩	小车	起重机				
200	50	13 16 19 22 25 28 31	32	32	3.1/1.0	7.2/2.4	29.3	45.2	75	143 151 158 166 183 190 203	33 34 35 36 38 39 40	Q U100
250	50	13 16 19 22 25 28 31	28	32	2.3/0.8	7.2/2.4	29.3	45.2	79	148 156 163 180 189 200 212	37 39 41 43 44 45 46	Q U120

家庭作业与活动

1. 请根据共点力的平衡条件讨论：三个共点力平衡时，保持一个力的大小、方向不变，另两个力的方向改变时，这两个力的大小怎样改变？
2. 在一直线上的 5 N、10 N、14 N 三个力，什么情况下它们的合力最大？什么情况下它们的合力最小？最大值和最小值各等于多大？
3. 起重机将重物吊起时，吊钩受到向上的牵引力，它通过两根斜向上的钢索拉住重物，两根钢索间的夹角为 60°，钢索对吊钩的拉力大小相等（图 2–15）。已知 $F_1 = 2.0 \times 10^4$ N，求每根钢索对吊钩的拉力（吊钩的自重不计）。
4. 悬挂着的荧光节能灯所受重力为 6 N，用水平绳将电线拉到与竖直方向成 30°角（图 2–16），求电线 BO 与水平绳 AO 所受到的拉力。

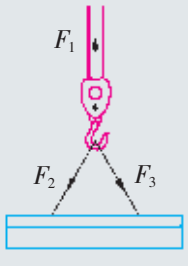


图 2–15

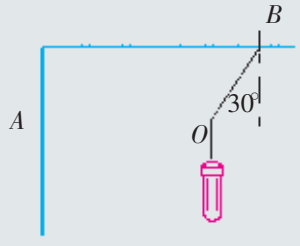


图 2–16

2.3 探究有固定转动轴物体的平衡条件

塔式起重机长长的吊臂起吊货物时，吊臂的另一端都要放置一些重物，这些重物通常叫做配重。起重机的配重起什么作用呢？

案例分析

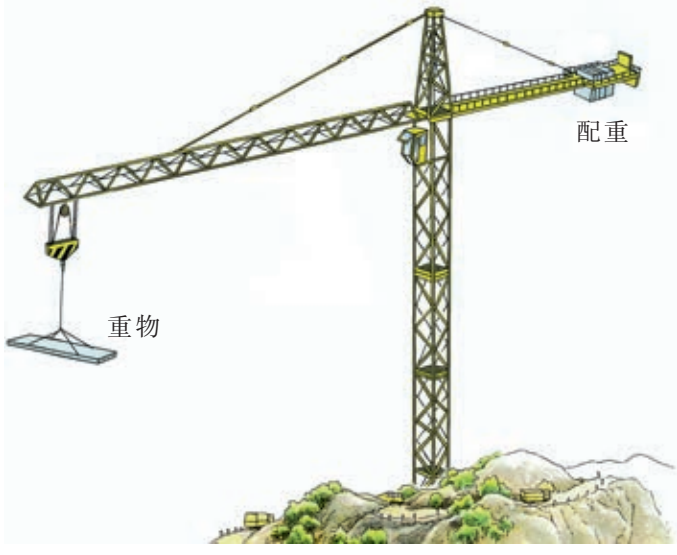


图 2–17　塔吊

案例　如图 2–17 所示的塔吊，动力臂长 50 m，端部吊重 0.8 t，平衡臂长为 15 m。当吊臂平衡时若不考虑吊臂的重力和钢绳的作用，用我们学过的知识，分析塔吊配重的作用并计算这时配重的质量。

分析　根据塔吊的结构，我们可将塔吊简化成杠杆。塔吊配重的作用，就是为了保证塔吊工作时平衡的。由杠杆的平衡条件，就可以求出配重的质量。

解答　已知货物重 $F_1 = 0.8 \times 10^3 \times 10\,\mathrm{N} = 8 \times 10^3\,\mathrm{N}$，$L_1 = 50\,\mathrm{m}$，$L_2 = 15\,\mathrm{m}$，$F_2 = m_2 g$，求塔吊配重的最大质量 m_2。

由　　$F_1 L_1 = F_2 L_2$

得　　$F_2 = F_1 \dfrac{L_1}{L_2}$

$$F_2 = 8 \times 10^3 \times \frac{50}{15}\,\mathrm{N}$$

$$= 2.67 \times 10^4\,\mathrm{N}$$

所以塔吊配重的最大质量

$$m_2 = 2.67 \times 10^3\,\mathrm{kg}$$

什么是力矩

由上述分析可知，使物体转动的效果跟作用力和力臂有关，物理学中把力与力臂的乘积叫**力矩**(moment of force)。设力的大小为 F，力臂为 L，则力矩

$$M = FL$$

力矩的单位由力的单位和长度的单位决定。在国际单位制中，力矩的单位是牛·米，单位符号是 N·m。

由图 2–17 可以看出，重物的力矩产生的效果是使塔吊的吊臂逆时针转动，配重的力矩产生的效果是使悬臂顺时针转动。

通常把使物体做逆时针转动的力矩叫做逆时针力矩；使物体做顺时针转动的力矩叫做顺时针力矩。

起重机工作时，当使吊臂做逆时针转动的力矩等于使悬臂做顺时针转动的力矩时，它的工作就会平稳、安全。通常规定使物体顺时针方向转动的力矩为正；使物体逆时针方向转动的力矩为负。

实际上，塔吊的两臂不只是受重物和配重物体的作用力，还受到吊臂本身的重力及钢绳的作用力。在这些力的作用下，起重机保持平衡的条件又是什么？

探究有固定转动轴物体的平衡条件

实践活动　探究有固定转动轴物体的平衡条件

实验器材有力矩盘、刻度尺、弹簧测力计、铁架台、钩码一组、带套环的横杆、大头针、细线等。

实验装置如图 2–18 所示。

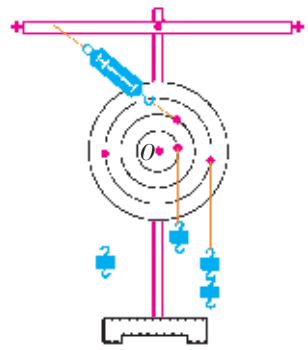


图 2–18　探究有固定转动轴物体的平衡条件

当力矩盘在如图 2–18 所示的这四个力的作用下处于平衡状态时，设法测出各个力的力臂，分别计算出它们的力矩。试计算顺时针力矩与逆时针力矩的和。

改变大头针的位置，重复实验一次。

由以上实验，你能得什么结论？

精确的实验表明：有固定转动轴物体的平衡条件是力矩的代数和等于零，$M_{顺} + M_{逆} = 0$，即

$$M_{合} = 0$$

像起重机一样，能够绕固定转动轴转动的物体在生活、生产中也是常见的，如门窗、滑轮、跷跷板等。如果物体相对固定转动轴保持静止或匀速转动，物体便处于转动平衡状态。

图 2–17 所示的塔吊中，若吊臂的重力不可忽略，若要计算钢绳的作用力以及吊臂对支架的作用力时应怎么办呢？解决这类问题要用到刚体的一般平衡条件。

刚体的平衡条件

在上面的实验中,我们都没有考虑物体受力形变的问题。物理学中，把在力的作用下完全没有形变的物体叫做**刚体**(rigid body),它是一种理想化的模型。有时物体在力的作用下产生的形变小到可以忽略的程度,这时物体也可以看做是刚体。

上面已研究过,物体在共点力作用下的平衡条件。

本节又研究了具有固定转动轴物体的平衡条件。

一般物体既可以平动,又可以转动。通常,要使刚体平衡,必须同时满足怎样的条件呢?

请自己归纳出刚体既做平动又做转动的平衡的条件，并写出其数学表达式。

家庭作业与活动

1. 图 2–17 中的塔吊及其案例,如其他条件不变,已知塔吊吊重为 4 t,这时货物应吊在动力臂上的什么位置内为宜?
2. 如图 2–19 所示,起重机悬臂 AB 长 8 m,受到的重力是 5.0×10^3 N,重心在悬臂中点 C。A 端以铰链固定,是悬臂的转轴。B 端用钢索 BD 拉住，并在 B 端用钢丝绳吊一重物,重物受到的重力是 1.5×10^4 N，悬臂处于平衡状态,钢索 BD 的拉力是多大?
3. 实地调查一台塔式起重机，分析它的最大提升质量与吊臂长度、机身质量、配重质量的关系。

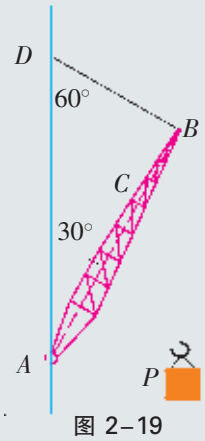


图 2–19



图 2–20　门式起重机

2.4

起重机的平衡与稳度

任何物体包括起重机，它们的受力情况只要满足刚体的平衡条件就处于平衡状态。那么，不同物体平衡时的稳定程度是否相同？物体的稳定程度与哪些因素有关呢？

平衡的稳定性

实践活动 1

如图 2–21 所示，平放的砖和竖放的砖都处于平衡状态，它们的稳定程度相同吗？物理学中，物体的稳定程度用稳度（stability）来表示。

请你用砖块进行图 2–22 所示的实验，用相同的外力推一推，比较一下，哪一种情况下砖块容易被推倒？哪一种情况砖块不容易被推倒？请你思考：

1. 三种情况下砖块支持面的大小相同吗？

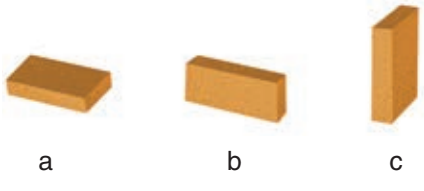


图 2–21　探究平衡的稳定性

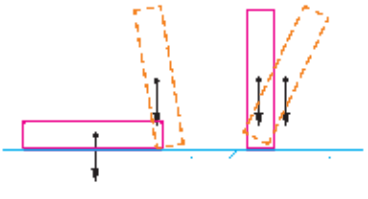


图 2–22　重心越低，支持面越大，物体越稳定



图 2–23　赛车



图 2–24　铲装机

2. 三种情况下砖块的重心高度相同吗？

3. 一个物体的稳定程度可能与什么因素有关？

由实验可知，平放的砖重心低，支持面大，只有使它偏转很大的角度，它的重力作用线才会超出支持面，从而使砖块向外翻倒。竖放的砖块重心高、支持面小，当它偏转不大的角度，重力作用线就会超出支持面（图 2–22），重力产生的力矩使物体转动翻倒。可见，物体的重心越低，支持面越大，物体越稳定。

增加物体的稳定程度有重要的实际意义。为使物体更稳定，既可以增大支持面积，也可以降低重心高度，或者同时增大支持面积和降低重心的高度。

请讨论：

“门式起重机”大门起什么作用的？“塔式起重机”、“汽车起重机”的机身底部放置很重的“压铁”，它起什么作用？实验室用的铁架台有一个面积较大的铸铁座，它起什么作用？赛车具有矮车身和宽大的轮距（图 2–23）；越野车、拖拉机、铲装机等的轮距也较宽（图 2–24）；这些设计和措施都是为了达到什么目的？

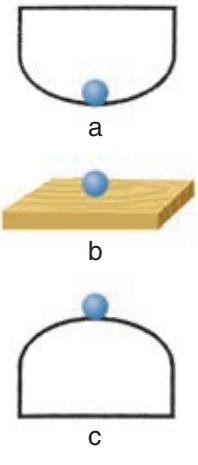


图 2–25　小球的稳度实验

平衡的种类

实践活动 2

如图 2–25 所示处于平衡状态的小球，它们平衡的稳定程度有没有区别呢？

1. 将 a 图中处于容器底部的小玻璃球稍微扰动一下，它将会怎样？为什么？

2. 将 b 图中的小玻璃球稍微扰动一下，它将会怎样？为什么？

3. 将 c 图中的小玻璃球稍微扰动一下，它将会怎样？为什么？

处于平衡状态的物体，受到外力的微小扰动而偏离平衡位置，若物体能自动恢复原先的状态，这样的平衡称为稳定平衡（如图 2–25a）；若物体在新的位置也能平衡，这种平衡称为随遇平衡（如图 2–25b）；若物体不能自动回到原先的平衡状态，这种平衡称为不稳定平衡（如图 2–25c）。

信息浏览

张衡与地动仪

张衡在公元 132 年制成了世界上第一台记录地震的仪器——地动仪（候风地动仪）；比欧洲同类仪器早 1700 年。据《后汉书·张衡传》，地动仪是用青铜铸成的，形似酒樽，直径约 1.94m，高约 2.72m。外壁上按东、南、西、北、东北、东南、西北、西南八个方向铸有八个龙头，龙头嘴含铜球，每个龙头下面的地上蹲着一只昂首张口的铜制蟾蜍（图 2–26）。地震时，指向震源方向的龙嘴里的铜球会落到下面的蟾蜍嘴里，发出响声，观察者就知道有地震，并根据落下铜球的龙头方向，可以知道震源的方向。

图 2–27 是地动仪的内部构造，仪器的正中竖立着一根铜柱，叫做柱摆，原名“都柱”，由于它的重心高、支持面小，稳定性差，所以受到振动容易倾倒，柱摆的周围有八组跟龙嘴上唇连接的杠杆。

如果在某地方发生地震，振动传至地动仪内的铜柱，铜柱就向某方向倾斜，于是这个方向上的杠杆就被推动，跟这组杠杆相连的龙嘴张开，铜球落入蟾蜍口中，发出响声，即可报知地震。



张衡（78—139） 我国东汉时期的科学家、文学家，天文学家。创造了世界上最早用水力转动的浑天仪和第一台机械记时器。他还创造了世界上第一台测定地震的地动仪以及观测气象的仪器等。

图 2–26 候风地动仪



图 2–27 候风地动仪内部结构简图



地动仪制成后，许多人不相信它能测出地震。据《后汉书》记载，公元 138 年 3 月 1 日，洛阳城里和往常一样平静，安装在洛阳的地动仪朝西方向的龙嘴里突然吐出了铜球，这表示洛阳西部的某个地方发生了地震，但是当时的洛阳人都没有地震的感觉，于是不少学者对此议论纷纷。过了几天，人们才通过驿马邮传知道陇西地震的确讯。这证实了地动仪的准确性和可靠性，是符合科学原理的。

20 世纪中国著名文学家、历史学家郭沫若对张衡的评价是：“如此全面发展之人物，在世界史中亦所罕见，万祀千龄，令人景仰。”

STS　欹器不满

孔子观于鲁桓公之庙，有欹器焉。孔子问于守庙者曰：“此为何器？”守庙者曰：“此盖为宥坐之器。”孔子曰：“吾闻宥坐之器者，虚则欹，中则正，满则覆。”孔子顾谓弟子曰：“注水焉！”弟子挹水而注之。中而正，满而覆，虚而欹。孔子喟然而叹曰：“吁！恶有满而不覆者哉？”子路曰：“敢问持满有道乎？”孔子曰：“聪明圣知，守之以愚；功被天下，守之以让；勇力抚世，守之以怯；富有四海，守之以谦。此所谓挹而损之之道也。”

（出自《荀子·宥坐》）

欹器是春秋时期相传至今的座右铭，它把“满招损，谦受益”的格言形象化。你能用平衡与稳度的知识解释它的原理吗？欹器给我们“为人”和“做事”有什么启示？

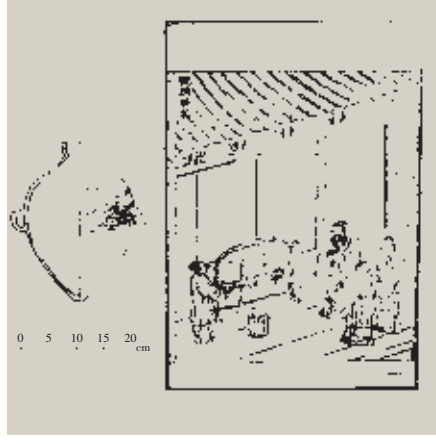


图 2–28　欹器

家庭作业与活动

1. 背上背着重物的人，行走时为什么要向前倾？
2. 图 2–29 是推土挖掘两用机，当它用作挖掘机的时候，它的下方为何要向两边伸出两条腿？它们起什么作用？
3. 用汽车或轮船运送货物时，若有的是金属制品，有的是棉织品，应怎样装车或装船才能保证行驶的安全？
4. 看过电视连续剧《红楼梦》，你一定会对片头那虚幻世界中的天外来石印象深刻，这就是著名的黄山“飞来石”。巨石高 12 m，长 7.5 m，宽 2.5 m。其下的岩石平台长 12~15 m，宽 8~10 m。两大岩石之间的接触面很小。长长的巨石似从天外飞来，故名“飞来石”（图 2–30）。明代程玉衡有诗曰：“策杖游兹峰，怕上最高处。知尔是飞来，恐尔又飞去。”请你说说“飞来石”屹立千万年而不倒的力学原因。



图 2–29　推土挖掘两用机



图 2–30　黄山飞来石

课外活动

制作奔马

根据物体平衡的种类和稳度的知识，我们可以做几件有趣的学具，在制作中来加深理解和巩固这些知识。

在硬纸板上画一只奔马(6~7 cm 长)，剪下。再把它放在另外的硬纸板上，沿边缘再剪一只。把它们合在一起，中间夹一根一端砸扁且弯成弧形的铁丝(总长 20 cm，直径 1 mm 左右)，用胶水将它们粘牢，铁丝的另一端绕成一个圆团，如图 2-31 所示。调节圆团的大小和铁丝的弯曲程度，直到用手指托住“奔马”的后蹄，使马能保持平衡为止。当拨动马时，可看到马能在手指上任意摆动，跃跃欲奔却又始终掉不下来。你能解释其中的原因吗？



图 2-31　奔马

2.x

第 2 章家庭作业与活动

1. 一氢气球所受重力是 10 N，空气对它的浮力是 16N，用绳拴住时，受水平方向风的作用，使拴气球的绳子和地面成 60°角。则气球所受绳子的拉力是多大？气球所受风的作用力是多大？
2. 如图 2–32 所示，一架长 3 m 的梯子，一端靠在光滑的墙上，下端接触地面。梯子质量分布均匀，重 200 N。现有一质量为 75 kg 的人站在离梯子下端 2 m 的 C 处，试分析梯子共受几个力的作用？若要求梯子对地面及墙的作用力，要用什么平衡条件？

   有兴趣的同学可以根据题中给出的条件将几个力求出。

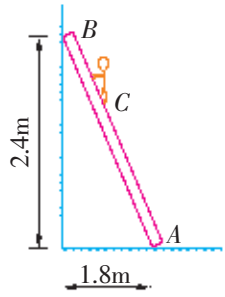


图 2–32

3. 老年人扶手杖行走时为什么不易跌倒？
4. 坐着的人是怎样站起来的？这是一个有趣的问题，也许你还不曾想过，那就请你实践一下，再来回答这个问题。

   (1) 请你挺胸直背双腿自垂地坐在椅子上，不要改变姿势，试着站起来。能站起来吗？为什么怎么也站不起来？

   (2) 请你改变胸、背与腿的姿势，试着站起来。多做几次，悟出站起来的道理。
5. 你能单脚靠墙站吗？

   金鸡独立在鸡群中常能见到，小孩也常用一只脚独立做游戏，你能从双脚站立不变姿势地改为一只脚独立吗？请实践一下。

   请侧身将一只手臂与腿紧紧地靠墙站着。所谓靠墙是指你的身体不能再向墙的一面移动，保持原来直立的姿势不变。将离墙远的一只脚提起，让靠墙的一只脚独立，试试看，你能站立吗？为什么不能站立呢？
6. 儿童学步踉踉跄跄经常跌倒，你能解释其原因吗？你可留意过学步的小孩行走时两腿总是叉开的吗？在行驶的汽车上的售票员或航船上的水手，他们站立时(不扶靠物体)，双脚总是叉开的，走步都是八字形，这都是为什么呢？而舞台上的演员，走步时又多是一字形的，如图 2–33 所示，可以显得体态优美，婀娜多姿，你能说说这又是什么原因呢？请你画出用八字形和一字形走步时两脚着地构成的支面大小，再从支面的大小与稳度的关系上去回答。
7. 调查了解不同时期生产的家用落地电风扇增大稳度的方法。
8. 上网进一步了解张衡的科学研究和科学成就，撰写专题报告并相互交流。



图 2–33

课外活动

自制欹器

取一只塑料杯，设法找到空杯子的重心位置，在其水平面上方一点的杯壁上钻两只孔，孔径与自行车辐条的直径等大，并且使两孔的连线稍稍偏离孔所在平面圆的圆心（尽管你对准圆心钻孔，一般也总会产生 1~2 mm 的偏差）。再取一段自行车的辐条，紧紧地插入杯壁的两个小孔中，作为容器的转轴。然后用铁丝做一个支架，把杯子的转轴架在支架顶端的凹槽内，欹器也就制成功了，如图 2–34 所示。

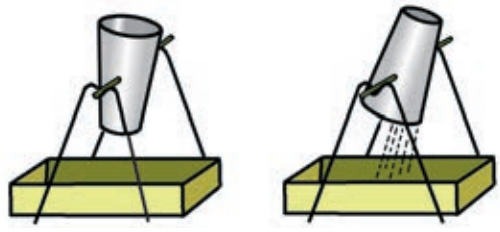


图 2–34　自制欹器

制好后，请灌水试试。想一想，在灌水的过程中，整个容器系统的重心是怎样变化的？为什么灌一点水以后，容器要竖直一些？灌满水后，为什么容器又会一下子倾覆过来？水倒净后，容器为什么又会复原？请用物体的平衡原理加以解释。

不 倒 翁

找一只鸡蛋，用针戳一个直径约 3 mm 的小孔，拿针筒吸出蛋白和蛋黄，使它成为一只蛋壳。将蛋壳烘干后往壳里灌些砂子，用胶布把口封住，这时你把鸡蛋摆成什么姿势，它就乖乖地保持什么姿势，既能安稳地站在小瓶口上，又能小头朝下地站住。

但是，你若向烘干后的空蛋壳里倒一些铁屑，挤进一些胶水，且使它大头朝下地立在桌上，等胶水干后再把口封住。这时不管你怎样拨动它，它总要倔强地保持原来的姿势，人们称其为“不倒翁”。

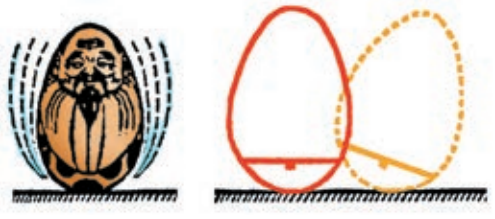


图 2–35　不倒翁

你能明白“不倒翁”不倒的道理吗？请你作图画出重心来说明。