

# 医用物理基礎

一九七二年三月

## 緒 言

物理学是研究什么的？

馬克思主义的哲学辯証唯物論認為：世界是物質的，物質是运动的。整个自然界是由各种物質組成的。空气、水、地球等一切客觀存在的東西都是物質。物質总在不断地运动变化。“**人的認識物質，就是認識物質的运动形式**”。

毛主席指出：“自然界存在着許多的运动形式，机械运动、发声、发光、发热、电流、化分、化合等等都是。所有这些物質的运动形式，都是互相依存的，又是本質上互相区别的。”**物理学就是研究物質的最普遍的运动形式——机械运动、发声、发光、发热、电流等运动形式，研究它們的特殊矛盾和本質，以及它們之間的联系和影响，找出这些最普遍运动形式各自的特殊規律。**

因为物理学所研究的是物質的最普遍的运动形式，所以它存在于一切高級的、更复杂的（如生物的）运动形式之中。例如，自然界一切过程，不論它們是簡單的或复杂的，有生命的或无生命的，都遵守物理学中的万有引力定律，都遵守物理学所确定的能量轉換与守恒定律等。但是，物理学所研究的运动形式决不能完全包括高級和更复杂的运动形式，不能单纯用物理的規律去說明生物过程。

为什么要学习物理学？

我們学习物理学的目的，“**不在于懂得了客觀世界的規律性，因而能够解釋世界，而在于拿了这种对于客觀規律性的認識去能动地改造世界。**”

物理学是許多科学技术的基础，也是医学的基础。伟大革命導師恩格斯指出：“**有机的生命沒有机械的、分子的、化学的、热的、电的等等变化是不可能的。**”可見，人体內所发生的任何生命过程，不可能不和物理、化学过程相联系着。我們在探討人体各种生理机能和病理过程方面，广泛地运用物理知識。例如，理解血流血压、人体內的能量轉換和体内发声等，都需要一定的压强、功能和声等物理知識；人体活組織活动还伴随有电現象，沒有一定的电学知識，就很难理解心电、肌电、脑电的形成及傳导等問題；眼是个完整的光学系統，了解眼的光学性質和成象原理，必須具有光学知識。

物理学是医学的基础还表现在另外一个方面：物理学技术和方法在医学研究及医疗实践中越来越广泛的使用。光学显微镜和X射綫对医学的貢獻是大家早已熟悉了的。除此之外，如超声波、心电图、脑电波和放射性同位素等在診斷方面的应用日趋广泛；又如直流电疗、高频电疗、脉冲电疗、光疗及放射綫治疗等都广泛的应用在医疗实践。因此，在我們学习医学基础和临床課之前，学习一些医用物理基础，是完全必要的。

物理学講的是自然規律，自然規律本身是沒有階級性的。但是，对于自然規律的說明、分析、闡述却反映着各階級人們的立場、观点和思想方法，並为一定的階級、一定的政治路綫服务。“**为什么人的問題，是一个根本的問題，原則的問題。**”我們学习物理学，必須坚持为工农兵而学，为革命而学的根本方向；必須坚持以馬克思主义、列宁主义、毛泽东思想

为武器，运用唯物辩证法揭露矛盾，分析矛盾，解决矛盾，“把精力集中在培养分析问题和解决问题的能力上”；要发扬理论联系实际的革命学风，“从感性认识而能动地发展到理性认识，又从理性认识而能动地指导革命实践，改造主观世界和客观世界”，坚持理论和实践的統一。

遵照毛主席“古为今用，洋为中用”和“推陈出新”的伟大教导，我們应该把所学的物理基础知识，紧密地同医学课程结合起来，运用近代科学的方法来研究祖国医学，創造中西医结合的新医学，为祖国的医药卫生事业、为中国革命和世界革命做出更大的贡献。

# 目 录

## 緒 言

## 第 一 章 力

|     |         |   |
|-----|---------|---|
| 第一节 | 力       | 1 |
| 第二节 | 弹力和弹性定律 | 3 |
| 第三节 | 重力和比重   | 4 |
| 第四节 | 力矩和杠杆   | 6 |

## 第 二 章 功和能

|     |            |    |
|-----|------------|----|
| 第一节 | 功和功率       | 9  |
| 第二节 | 机械能        | 10 |
| 第三节 | 能量的轉換和守恒定律 | 11 |

## 第 三 章 压强

|     |            |    |
|-----|------------|----|
| 第一节 | 液体内部的压强    | 13 |
| 第二节 | 浮力和比重計     | 15 |
| 第三节 | 气体的压强      | 16 |
| 第四节 | 流体流动对压强的影响 | 20 |

## 第 四 章 振动、波动、和声

|     |    |    |
|-----|----|----|
| 第一节 | 振动 | 24 |
| 第二节 | 波  | 26 |
| 第三节 | 声  | 27 |

## 第 五 章 热量和温度

|     |     |    |
|-----|-----|----|
| 第一节 | 热运动 | 34 |
| 第二节 | 热交换 | 34 |
| 第三节 | 温度、 | 35 |
| 第四节 | 热量  | 36 |

## 第 六 章 物体的膨胀

|     |               |    |
|-----|---------------|----|
| 第一节 | 固体的线膨胀·····   | 39 |
| 第二节 | 气体和液体的膨胀····· | 40 |
| 第三节 | 物体热膨胀的应用····· | 41 |

## 第 七 章 物态变化

|     |            |    |
|-----|------------|----|
| 第一节 | 熔解和凝固····· | 42 |
| 第二节 | 汽化和液化····· | 44 |
| 第三节 | 湿度·····    | 47 |

## 第 八 章 直流电

|     |               |    |
|-----|---------------|----|
| 第一节 | 电流、电压、电阻····· | 51 |
| 第二节 | 电流定律·····     | 55 |
| 第三节 | 电功率·····      | 59 |
| 第四节 | 分压和制流·····    | 60 |
| 第五节 | 心电电学基础·····   | 63 |

## 第 九 章 电与磁

|     |                 |    |
|-----|-----------------|----|
| 第一节 | 磁场·····         | 69 |
| 第二节 | 磁场与电流的相互作用····· | 72 |
| 第三节 | 电磁感应·····       | 73 |

## 第 十 章 交流电

|     |               |    |
|-----|---------------|----|
| 第一节 | 交流电及其产生·····  | 78 |
| 第二节 | 交流电的用电常识····· | 79 |
| 第三节 | 交流电的变压·····   | 81 |
| 第四节 | 照明电路实验·····   | 83 |

## 第十一章 电子学基础

|     |                  |    |
|-----|------------------|----|
| 第一节 | 两极电子管及其整流特性····· | 86 |
| 第二节 | 滤波电路·····        | 88 |
| 第三节 | 三极电子管·····       | 90 |
| 第四节 | 半导体及其使用·····     | 90 |

## 第十二章 电疗的物理基础

|     |            |     |
|-----|------------|-----|
| 第一节 | 直流电对机体的作用  | 96  |
| 第二节 | 交流电对机体的作用  | 99  |
| 第三节 | 脉冲电疗法的物理基础 | 100 |

## 第十三章 光的基本知識

|     |         |     |
|-----|---------|-----|
| 第一节 | 光的反射和折射 | 107 |
| 第二节 | 透鏡的性質   | 109 |
| 第三节 | 透鏡的成象   | 110 |
| 第四节 | 凸透鏡的公式  | 112 |

## 第十四章 光学仪器

|     |            |     |
|-----|------------|-----|
| 第一节 | 眼睛         | 115 |
| 第二节 | 眼的屈光缺陷及其补正 | 116 |
| 第三节 | 放大鏡        | 118 |
| 第四节 | 显微镜        | 119 |

## 第十五章 不可見射綫

|     |         |     |
|-----|---------|-----|
| 第一节 | 光譜      | 122 |
| 第二节 | 紅外綫和紫外綫 | 124 |
| 第三节 | X射綫     | 124 |
| 第四节 | 光的本性    | 127 |

## 第十六章 放射性

|     |               |     |
|-----|---------------|-----|
| 第一节 | 原子核的結構、同位素    | 128 |
| 第二节 | 放射綫的組成和性質     | 128 |
| 第三节 | 放射性同位素的蛻变、半衰期 | 129 |
| 第四节 | 放射性同位素在医学上的应用 | 130 |

# 第一章 力

一切物质都在作永恒地不停地运动，“运动是物质的存在形式、物质的固有属性，它包括宇宙中所发生的一切变化和过程，从简单的位置变动起直到思维止。”（恩格斯）在物质的各种运动形式中，最简单而又最基本的是物体位置的变化，这种变化或者是一个物体相对于另一个物体的位置变化，或者是一个物体的某些部分相对于其他部分的位置变化，我们把这种变化叫做机械运动。拖拉机在田里耕地，水在渠里流动，人造卫星绕地球飞行等等，都是机械运动。

“每一物质的运动形式所具有的特殊的本质，为它自己的特殊的矛盾所规定。”机械运动的特殊的矛盾是由物体的相互作用——力所规定的。

在这章里，对常接触到的弹力，万有引力及重力等进行讨论，以作为了解机械运动的基础。

## 第一节 力

### 一、力的概念

当我们推車或提水时，肌肉就紧张，我们就说是用了力。关于力的概念，最初是从肌肉的紧张得来的。例如我们常说肌肉的力、手的握力、手臂的举重力、腿的弹跳力等。

推車时，手对車发生了作用。提水时，手对桶发生了作用。不仅人体对物体能够发生作用，物体对另外的物体也能够发生作用。例如，用锤打铁时，锤对铁块发生了作用。拖拉机拉着犁前进，拖拉机对犁发生了作用。

凡是物体对物体有作用，我们就说有力。离开了物体，力也就不存在了。

力学中的特殊矛盾是作用和反作用。提水时，人对水桶有作用，同时，水桶对人就有反作用；用锤打铁时，因为铁块对锤有反作用，锤才有弹跳现象。实际上，一个物体对另一个物体有作用，同时，另一个物体对这个物体就有反作用。所以说，力是物体的相互作用，由于这种作用，物体改变了形状（如铁块在锤的作用下的变形）或是改变了运动状态（如静止的犁在拖拉机的作用下的运动）。

### 二、力的三要素

力的作用效果是由它的大小、方向和作用点三个因素决定的。力的大小、方向或作用点改变后，力的效果也就发生变化。例如关门时一般要在A点，按图1—1(a)所示的方向给门一适当大小的力。用力过大，就可能使门损坏；用力相反，不能达到关门的目的；同样大小的力作用在A点和B点，关门的快慢就不一样。力的大小、方向和作用点称为力的三要素。我们把既有大小又有方向的量叫做矢量。力是矢量。

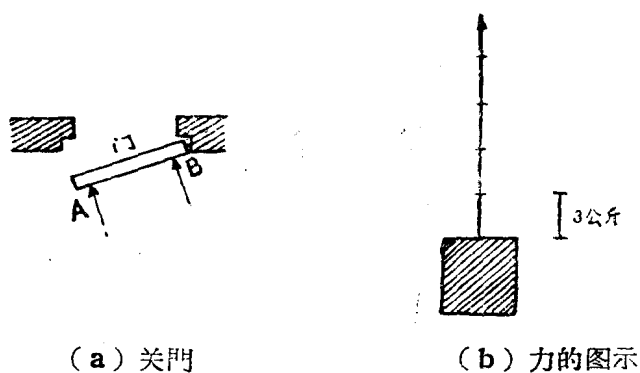


图 1—1

为了量度力的大小，必须规定力的单位。通常用吨、公斤、克作为力的单位，也有用达因作为力的单位， $1\text{克}=980\text{达因}$ 。

我们通常用一条带箭头的线段把力的三要素都表示出来。如图 1—1 (b)，从力的作用点起，按力的方向画一条线段，使线段的长短和力的大小成正比。例如用 1 厘米表示 3 公斤力，那么 15 公斤就要用 5 厘米长的线段来表示。在线段的末端画一箭头表示力的方向。这种表示力的方法，叫做力的图示。

### 三、力的合成

在生活实践中，经常遇到数个力作用在一个物体上的情况。例如，两人推一个车、举一个夯；又如在人体中，常是数个肌肉的收缩力作用在一个骨骼上等。这时，要想知道它们的共同作用效果时，就要求出它们的合力。因为力是矢量，求两个力的合力时，不能简单地把两个力的大小作算术的相加。例如两人推一个车，每人用 40 公斤的力，但一个往东推一个往西推，它们的共同作用效果显然不是  $40+40=80$  公斤。那么，怎样求出这两个力的共同作用效果呢？实验总结出的平行四边形法则，给我们提供了解决求合力的方法。即，作用于一点而互成角度的两个力 ( $f_1$  及  $f_2$ ) 它们的合力的大小和方向，可以这样求得：用表示这两个力的线段作邻边，画一平行四边形，这个平行四边形的对角线就表示合力。合力 ( $F$ ) 的大小和方向可以用直尺、量角仪等直接测量。如图 1—2 所示。

从这个法则可以看出，合力的大小和方向不仅跟这两个力的大小有关，还跟它们的夹角有关。二力的夹角越小，它们的合力就越大，当夹角为零时，即二力方向相同，它们的合力为最大，等于二力大小之和，其方向跟二力方向相同。二力的夹角越大，它们的合力就越小，当夹角为  $180^\circ$  时，即二力方向相反，合力最小，等于二力大小之差，其方向跟较大的力的方向相同。这个平行四边形法则不但适用于力的合成，也适于一切矢量的合成，它是矢量相加的基本方法。

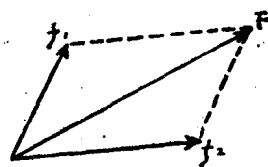


图 1—2 力的合成

作为一个实例，我们来看一看使臂内收时，作用在骨骼上的肌肉收缩力。使臂内收时，

胸大肌給臂—AB方向的力，闊背肌給臂—AC方向的力（图1—3），它們共同作用的效果由平行四边形对角綫所确定的合力AD来决定。在这个力的作用下使臂內收。

## 第二节 彈力和彈性定律

### 一、彈力

一切物体在外力的作用下都要发生形状或体积的变化（形变）。有些形变比較明显，有些則很微小，甚至肉眼很难发现。例如鋼条被弯曲、肌肉被拉长、气体被压缩等，形变較明显；而液体的压缩，骨骼的弯曲則不易看見。这些形变在外力撤去后，又恢复了原来的形状。这种在外力撤去后，物体能恢复原来形状的性质叫弹性。如果外力过大，物体的形变超过了一定限度，即使把外力撤去，物体也不能恢复原来的形状，这个限度叫弹性限度。

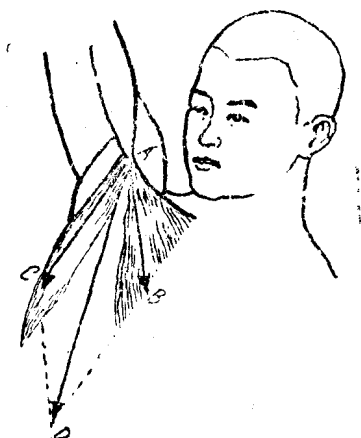


图1—3

用手拉长或压缩弹簧，手对弹簧施加了作用力，同时，被拉伸或压缩了的弹簧对手有一个反作用力（图1—4）。物体由于形变而作用在其他物体上的力叫做彈力。在弹性限度內，物体形

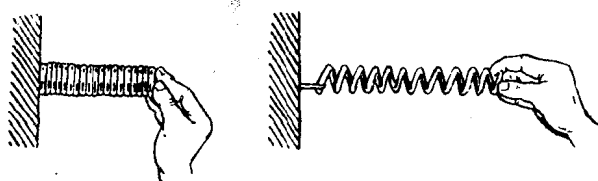


图1—4 弹簧的形变

变越大，彈力也越大；形变消失了，彈力就不存在了。不同物质在发生相同的形变条件下，所产生的彈力並不一样。例如，在同样的形变条件下，鋼的彈力大，鋁的彈力小；骨的彈力大，肌肉的彈力小等。

人体某些組織的弹性，在人体机能中有着重要作用，例如，椎骨間的軟骨（椎間盤）的弹性使得人在跳跃或跑步时具有緩冲震动的能力，以减免大脑受到震动。如果没有这种弹性，則大脑极易震坏，甚至走路也得小心翼翼。附带指出，由于椎骨間的軟骨是可压缩的，因之人在傍晚时的身高往往比清晨的要矮一点。又如人体大动脉管壁富有弹性，它的作用是使血液由断續的流动变为連續的流动。照理，当心脏收缩时，才有血液噴入主动脉，血管就有血液流动；而心脏舒张时，沒有血液噴出，應該沒有血液流入小动脉，因之血液流动本应是断断續續的。但由于大动脉管壁的弹性，使得血液在心脏舒张时仍能沿着血管連續的流动。因为当心脏收缩可外噴射血液时，使得主动脉管壁发生形变而向外膨胀，当心脏舒张时，膨胀了的主动脉就收缩，从而使血液繼續流入小动脉。

### 二、弹性定律

从前面的討論可以知道，在弹性限度內，弹性体所受的外力越大，它的形变就越大。現在我們通过实验来研究弹性体的伸长跟所受外力之間的数量关系。

图1—5是实验装置。在附有直尺的架子上挂一弹簧，弹簧的下端附一个指针。如果把钩码一个一个地挂在弹簧下面，就可以看到弹簧逐渐伸长。如果把钩码拿去，弹簧就恢复原来的长度。实验结果表明：弹簧伸长的长度跟所受的外力成正比。弹簧在被压缩时，也有类似的规律。

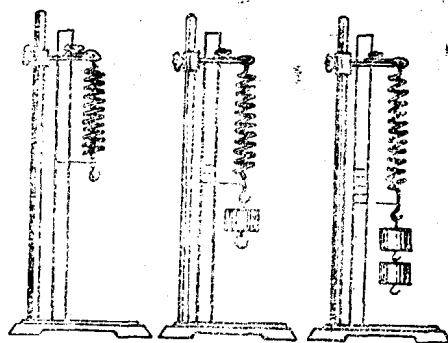


图1—5 弹性定律实验

如果所加的外力过大，弹簧的形变超过了弹性限度，弹簧伸长的长度与所受的外力就不成正比，而且在外力去掉后，弹簧也不能恢复原来的形状。实践证明，在弹性限度内，弹性体伸长的长度与所受的外力成正比，这个规律叫做弹性定律。弹簧秤和测力计就是根据这个道理制成的。（图1—6和1—7）。用测力

计测力时，用手紧握弹片弓AB，通过联动杆使指针OC转动，其示数就表示所测力的大小。

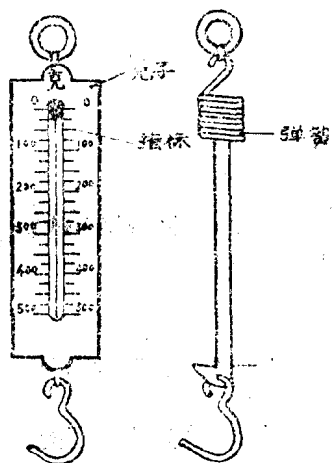


图1—6 弹簧秤

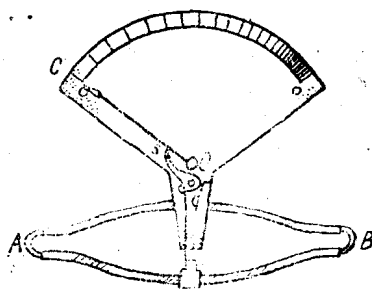


图1—7 测力计

### 第三节 重力和比重

#### 一、重力

我们知道，距离地面一定高度的任何物体，如果没有别的物体支持它，就会落向地面。这说明，地球上的一切物体都受地球对它的作用，即受到地球的吸引力。物体不仅受到地球的吸引力，任何两个物体之间都存在着互相吸引的力，这就是常说的万有引力。由于万有引力跟质量成正比，一般物体的质量不够大，它们之间存在的万有引力很小，显示不出来，而地球的质量很大，所以地面和物体间的引力就明显的表现了出来。

因为万有引力跟质量成正比，所以地球对质量不同的物体的吸引力大小就不同。地球对质量大的物体的吸引力大，我们就说物体的重量大；地球对质量小的物体的吸引力小，我们就说物体的重量小。因此地球上物体的重量，是由地球对物体的引力产生的。

重力现象在人体中也是到处可见的。例如上肢下垂时，则见静脉被血充盈；上肢举起时，在重力的作用下这种充盈现象则消失。临床上有时利用这种重力现象测量静脉压的大小。因为静脉压低时，举起的上肢稍高过心脏后，在重力的作用下就可以使血液充盈消失；静脉压越大时，得举起更高的高度才能使血液的充盈现象消失。

物体的重量就是重力。重力也是力的一种，因此，它的量度单位和力一样，但重力的方向总是竖直向下的。常用P表示重力。

## 二、比重

一般物体的重量可以用秤来称量，但有許多庞大物体的重量是不便直接称量的。例如，万吨水压机的下横梁，体积将近39米<sup>3</sup>，怎样才能知道它的重量呢？

用秤称铁，我们发现1〔厘米〕<sup>3</sup>是7.8克，2〔厘米〕<sup>3</sup>是15.6克，3〔厘米〕<sup>3</sup>是23.4克……铁的体积增大几倍，重量也跟着增大相同的倍数。这就表明，铁的重量跟体积成正比。因此，知道了单位体积的铁的重量，无论多大的铁件，只要量得它的体积，就可以计算出它的重量。

实验表明，其它物质也有重量跟体积成正比的关系。

我们把某种物质单位体积的重量，叫做这种物质的比重，用公式表示就是：

$$\text{比重} = \frac{\text{重量}}{\text{体积}}$$

如果用d表示比重，P表示重量，V表示体积，上面的公式可以写成

$$d = \frac{P}{V}$$

比重的单位是由重量单位和体积单位组成的。常用的比重单位有克/〔厘米〕<sup>3</sup>、公斤/〔分米〕<sup>3</sup>、吨/米<sup>3</sup>，分别读作每立方厘米克、每立方分米公斤、每立方米吨。

必须注意，同一种物质的比重，不论采用上面哪种单位，数值都是一样的。例如铁的比重，可以是7.8克/〔厘米〕<sup>3</sup>、7.8公斤/〔分米〕<sup>3</sup>或7.8吨/米<sup>3</sup>。我们应当根据实际需要选用适当的比重单位。

不同物质的比重是不同的。人们常说铁比木头重，铝比铜轻，就是指它的比重说的。

常见物质的比重表

|   |      |    |      |     |             |
|---|------|----|------|-----|-------------|
| 金 | 19.3 | 水银 | 13.6 | 酒精  | 0.79        |
| 铅 | 11.4 | 硫酸 | 1.8  | 乙醚  | 0.7         |
| 铜 | 8.9  | 硝酸 | 1.5  | 汽油  | 0.7         |
| 铁 | 7.8  | 盐酸 | 1.2  | 空气  | 0.00129     |
| 锌 | 7.1  | 海水 | 1.03 | 全血液 | 1.05~1.06   |
| 铝 | 2.7  | 纯水 | 1    | 尿   | 1.015~1.025 |
| 冰 | 0.9  | 木  | 0.5  |     |             |

比重在工农业生产上很有用处。許多不能直接称量的物体，可以利用比重計算重量。形状比較复杂的物体，还可以利用比重計算它的体积。不同物質比重不同，利用比重甚至可以幫助我們鉴别物質。如地質勘探人員找到矿石以后，常常根据矿石的顏色、比重和其它特征，来初步判断它是哪一种矿石。在医学上，測量尿的比重的变化情况有助于判断腎脏机能。糖尿病患者的尿比重增高，慢性腎炎和尿崩症患者的尿比重則减低。

〔例题〕前面提到，万吨水压机的鉄的下横梁体积将近 $39\text{米}^3$ ，求它的重量。

已知： $V=39\text{米}^3$ ， $d=7.8\text{吨/米}^3$ 。

求  $P = ?$

解：

根据  $d = \frac{P}{V}$

所以  $P = d \cdot V = 7.8\text{吨/米}^3 \times 39\text{米}^3 = 304.2\text{吨}$ 。

答：万吨水压机的鉄下横梁将近304.2吨重。

## 第四节 力矩和杠杆

### 一、力矩

我們開門时如果推門的力作用在門軸上，不論用多大的力也不能把門推开。实际上，不只是开关門窗是这样，凡是想使固定在軸上的物体轉动，不仅要注意力的大小，並且要注意力 $F$ 和轉軸間的垂直距离 $d$ 。把力的作用点和轉軸間的垂直距离 $d$ 叫做力臂。轉动的快慢跟力和力臂两个因素有关，力臂越大，轉动的越快；力越大轉动的也越快。把力的大小和力臂的乘积，叫做力对轉軸的力矩。即

$$\text{力矩} = \text{力} \times \text{力臂}$$

用 $M$ 表示力矩时，則

$$M = F \cdot d$$

力矩的大小决定物体的轉动快慢。

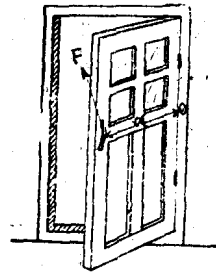


图 1—8 力矩

### 二、杠杆

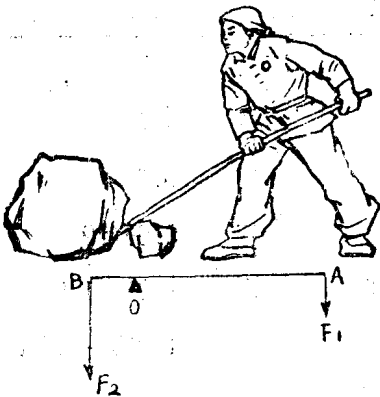


图 1—9 杠杆

劳动人民在生产实践中，常用增长力臂的办法来提高力的作用效果。这就是常說的杠杆。例如用硬杠来撬动用手搬不动的重物。所謂杠杆就是在力的作用下，能够繞着固定点轉动的硬杠。如图 1—9 所示，在杠杆上，使杠杆轉动的力 $F_1$ 叫动力，阻碍杠杆轉动的力 $F_2$ 叫阻力。

固定点O叫支点。从支点到动力作用线的距离OA叫动力臂，从支点到阻力作用线的距离OB叫做阻力臂。

杠杆是一种简单机械，在生产上经常用到。例如起钉子、撬石头、铡草、抽水等都用到杠杆，它是一种省力的工具。

杠杆是不是在任何情况下都能省力呢？要解决这个问题，必须研究杠杆的平衡条件。

把一根木尺的中点支在支架上（图1—10），这根木尺就成了一根杠杆。把钩码挂在杠杆上，选择挂钩码的位置，使杠杆平衡。改变钩码的重量和臂长，重做几次实验，我们就会发现：

作用在杠杆上的力矩数值相等而方向相反时，杠杆则不转动（平衡）。所以，这个杠杆的平衡条件可以用下式表示：

$$F_1 \cdot OA = F_2 \cdot OB \text{ 或 } \frac{F_1}{F_2} = \frac{OB}{OA}$$

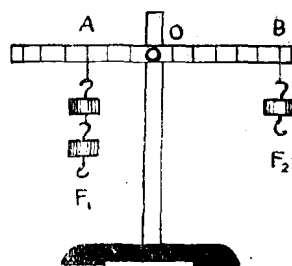


图1—10 杠杆的平衡

这就是说，要使杠杆平衡，动力和阻力的大小必须跟它们的臂长成反比。

在人体运动系统中的骨就是杠杆，支点可能是关节或其他点，肌肉收缩则是动力的来源。作为一个例子，我们来看一看肩与前臂的动作情况，见图1—11。前臂由双头肌B带动，B固定于桡骨r，桡骨可以绕d点的关节而转动。肌肉所作用的力臂比球的重量所作用的力臂小得多。它们的比率约等于1：12。由此可知，双头肌所使的力必须为球重量的12倍。可见，这种杠杆，是用大的力来克服较小的阻力，但其优点是肌肉稍稍收缩，手就能产生较大的运动范围。

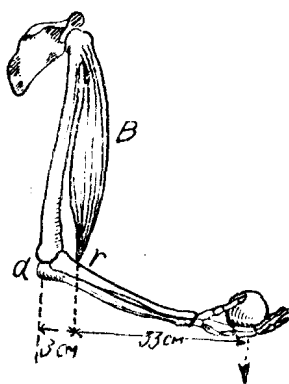


图1—11 上肢杠杆

## 练习題

1. 起重机用800公斤的力提起货物，用力的图示法把这个力表示出来。人头部的重力约3公斤，用力的图示法把这个力表示出来。

2. 怎样求两个成一定角度的力的合力？作用在一物体的两个力为5公斤和10公斤，它們的合力各在什么情况下等于15公斤、10公斤或5公斤？

3. 什么叫弹性？什么叫做弹力？什么是弹性限度？有人說肌肉的弹力比骨的弹力大，也有人說肌肉的形变比骨的形变大，你想哪种說法对，为什么？

4. 体检时，想用一弹簧秤测拉力，先試得弹簧下端挂10公斤时，它伸长2厘米。若用手拉时使它伸长了8厘米，問手的拉力是多少？

5. 重力是怎样生产的？月球对物体的吸引力是地球吸引力的 $\frac{1}{6}$ ，那么，一个在地球上重为60公斤的物体，在月球上的重量是多少？

6. 什么叫物质的比重？某生产队的药厂要买50公斤的酒精，需要用多大容积的瓶子去装取？

7. 5000毫升的蒸馏水（比重为1）結冰后，得到的体积是多少？

8. 杆秤是我国劳动人民根据杠杆原理发明的一种量度物体重量的工具。但是在旧社会，它成了地主残酷剝削农民的工具。画一杆秤，标示出它的支点、力点。如秤砣重量为8斤，当秤砣放在秤杆的端点时称得重物是200斤。收租时，万恶的地主把鉛块嵌入秤砣。如果秤砣加重了0.5斤，秤砣仍放在端点处，这时，地主实际向农民榨取多少粮食？

9. 人体中很多地方都有杠杆作用。用簡图画出抬头时的头部杠杆、用脚尖站立时的脚部杠杆及手持重物时的手臂杠杆。指出它們的支点、动力点、阻力点、动力臂、阻力臂，並說明哪些省力，哪些不省力。

## 第二章 功和能

人体在它的生命活动过程中，不断地和它的周围环境之间进行着能量的交换。例如，人做功可以使物体升高或使物体运动而产生机械能和热能。劳动后的人体需要进食，从中摄取所必需的能量。食物在人体内氧化又放出能量，一部分用来对外做功，一部分储存在体内，一部分变为热能维持体温恒定等。可见，能量的转换形式是多种多样的，但其数量是守恒的。为了今后学习人体内的这种能量转换，在这章里学习有关功、能的基本概念及能量转换和守恒定律。

### 第一节 功和功率

#### 一、功

在生产和生活中，常常需要把物体移动或举高。如推车送粪，起重机吊起工件等。车和工件受到力的作用，并在力的方向上通过一段路程，我们把这种情形叫做力对车子、工件做了功。肌肉收缩使骨骼移动、心脏跳动使血液流动等都是做功。

物理学上所說的“功”跟通常所說的“工作”不同，它是描述力使物体产生位置的变动这样一个效果的。对物体做功，必须同时具备两个条件：（1）物体受到力的作用；（2）物体在力的方向上移动一段路程。如果力作用在物体上却没能使物体运动，那么这个力就没有做功。手托重物，如果不举高，就没有做功。人用力推车，如果车没有动，人也没有做功。

功的多少是由力的大小和物体在力的方向上移动的路程长短来决定的。力越大，移动的路程越长，功就越多。它们的关系可用下式表示：

$$\text{功} = \text{力} \times \text{路程}。$$

如果用  $A$  表示功， $F$  表示力， $S$  表示物体在力的方向上移动的路程（图 2-1），则：

$$A = F \cdot S$$

功的单位由力的单位和路程的单位来决定。

$$A = F \cdot S = 1 \text{ 公斤} \cdot 1 \text{ 米} = 1 \text{ 公斤米}，$$

$$A = F \cdot S = 1 \text{ 达因} \cdot 1 \text{ 厘米} = 1 \text{ 尔格}。$$

还常用  $10^7$  尔格作单位，叫做焦耳，即，1 焦耳 =  $10^7$  尔格。

〔例题〕实验指出，健康者的肌肉，每平方厘米能使出 8 公斤的力，设一长肌横截面为 50 平方厘米，长为 15 厘米，若缩为原来的一半时，该肌肉每收缩一次所做的功为多少？

已知： $F = 8 \times 50 = 400$  公斤，

$$S = \frac{1}{2} \times 15 \text{ 厘米} = \frac{1}{2} \times 0.15 \text{ 米} = 0.075 \text{ 米}。$$

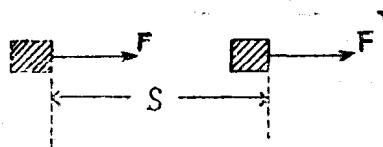


图 2-1

求:  $A = ?$

解:  $A = F \cdot S = 400 \times 0.075 = 30 \text{ 公斤米}$ 。

## 二、功 率

衡量机器或物体的做功能力,不仅要知道它能做多少功,更重要的是要知道它做功的快慢。不同的物体,做功的快慢不同。例如,两匹马耕完15亩地要用10小时左右,而拖拉机只需约一小时就能完成相等的功。物体做功的快慢程度可用功率来表示。

物体在单位时间里完成的功叫做功率,即:

$$\text{功率} = \frac{\text{功}}{\text{时间}}$$

如果用  $A$  表示功,  $t$  表示时间,  $N$  表示功率, 则:  $N = \frac{A}{t}$

功率的单位是由功的单位和时间的单位组成的。如果功的单位用公斤·米,时间的单位用秒,功率的单位就是公斤米/秒,读作每秒公斤米。如果时间单位用秒,功的单位用焦耳,则,功率的单位就是焦耳/秒,又称为瓦特,简称瓦。瓦的一千倍叫做千瓦。

在实用上,机器的功率常用马力和千瓦作单位。它们和公斤米/秒之间的关系是:

$$1 \text{ 马力} = 75 \text{ 公斤米/秒} = 0.735 \text{ 千瓦}$$

各种机器的功率大小不同,东方红54型拖拉机的功率是54马力,解放牌汽车的功率是90马力。

## 第二节 机械能

流动的河水能冲击水轮机做功;风吹在船帆上,能使帆船前进而做功;举高的重锤能打钢件做功;跳动的心脏能推动血液流动做功。凡是物体能够做功,我们就说它具有能量。物体的能量越大,它做功的本领也越大;物体的能量越小,它做功的本领也越小。

### 一、物体的动能

流动的水,射出的子弹等都是运动着的物体。一切运动着的物体都能做功。物体由于运动而具有的能,叫做动能。

物体动能的大小是由哪些因素决定的呢?

高速飞行的子弹能击穿敌人的钢盔而做功,说明物体的动能和它的运动速度有关。抡动质量大的铁锤比质量小的铁锤容易把木桩钉入土中,说明物体的动能和它的质量有关。因此,物体的动能是由它的质量和速度这两个因素决定的,质量越大,动能越大;速度越大,动能也越大。实验证明:质量为  $m$  的物体,运动速度为  $v$  时,它所具有的动能  $E_k$  是:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

动能的单位和功的单位一样,是公斤米、尔格、焦耳等。

## 二、物体的势能

实践证明，高于地面的物体在落向地面时都能做功。物体由于被举高而具有的能，叫做重力势能。

被举高的夯落下时能打实路面而做功。夯越重，举得越高，夯下落时做的功就越多，表明夯的重力势能也越大。重力势能的大小是由物体的重量和物体离地面的高度这两个因素决定的。当高度一定时，物体的重量越大，重力势能越大；反之，当物体的重量一定时，离地面越高，重力势能也越大。

当物体的重量为 $P$ ，距地面的高度为 $h$ 时，该物体具有的重力势能 $E_P$ 是：

$$E_P = P \cdot h$$

这公式表明。当把位于地面上的物体势能定为零时，物体的重力势能等于它的重量和它所处的高度的乘积。

另外，发生弹性形变的物体也能够做功。例如，钟表里卷紧的发条在它逐渐放松时，能够推动钟表机件转动而做功。物体因为发生弹性形变而具有的能，叫做弹性势能，物体的弹性形变越大，它的弹性势能也越大。被压缩的气体，恢复原体积时能够作功，它也具有弹性势能，采矿和挖掘硬土的风镐就是利用压缩空气的势能来做功的。在物理学的其他部分，我们还要讲到分子间相互作用力的势能，电荷相互作用力的势能等。

重力势能和弹性势能都是势能。势能和动能统称为机械能。

从以上对动能势能的讨论可知，当物体做功以后，它的能量就要减少，外力对物体做了功也可以使它的能量增加。因此，物体能量的增减是用它做功的多少来衡量的。

## 第三节 能量的转换和守恒定律

### 一、机械能的转换和守恒定律

飞行着的炮弹，下落过程中的夯，它们既有动能，又有势能。说明动能和势能“在一定条件之下共处于一个统一体中”。不但如此，动能和势能还可以“在一定条件之下互相转化”。在图2—2所示的实验中，捻动滚摆的轴使滚摆上升，同时悬线就缠在轴上。滚摆在最高点时，具有一定的势能，放开滚摆，它就旋转着下降，并且越转越快。在下降过程中，势能逐渐减小，动能逐渐增大。当悬线完全伸开，滚摆到达最低点时，它的动能最大。滚摆的动能可以使它绕着悬线再上升。在上升过程中，动能逐渐减小，势能逐渐增大，上升到跟开始时差不多的高度，然后再下降，再上升。这样，动能和势能不断地相互转化。假如没有阻力，滚摆每次上升的高度都相同，这表明滚摆的势能和动能的总量保持不变。

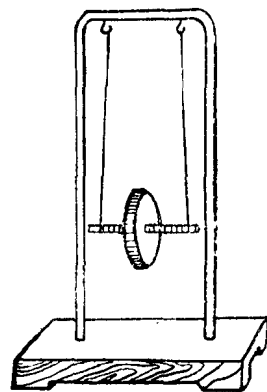


图2—2

通过滚摆和其他许多现象的研究，我们可以得到下面的结论：

1. 势能可以转化为动能，动能也可以转化为势能；