

医 用 物 理 讲 座

湖 南 中 医 学 院
衡 阳 医 学 专 科 学 校 湖 南 医 学 院 合 编

一 九 七 五 年 七 月

前 言

遵照伟大领袖毛主席关于“教育要革命”“教材要彻底改革”的伟大指示，在各级党的领导的关怀和支持下，我们试编了这本《医用物理讲座》教材。各种不同的学科是以物质的不同运动形态作为研究对象的。在自然科学中，物理学所研究的物质运动形态具有最基本和最普遍的性质。医学则是一门以人为对象的生物科学，它所研究的是属于物质高级运动形态的生命现象。这种高级运动形态是以普遍的物理和化学的运动形态为基础的，复杂的生物过程都包含着简单的和普遍的物理及化学过程。但是，生物过程本身还有它的特殊规律，不能把它看成是物理和化学过程的总和而企图单纯用物理学的规律来加以说明。这一“矛盾的普遍性即寓于矛盾的特殊性之中”的辩证唯物主义观点是我们试编这本讲座教材的指导原则。

理论联系实际，则是我们试编这本讲座教材的另一指导原则，我们学习物理学知识是为了更好地学习医学知识，为临床实践服务。因此应当废除单纯讲物理学和关门教学的方法。加强对医学的针对性，与医学后续课程和临床有关科室配合进行教学。同时应当讲清物理的基本知识，和注意前后照应。

少而精，则是我们试编这本讲座教材的又一指导原则。物理学所研究的内容包罗万象，而物理学与医学的联系也十分广泛。并且在不断发展。要全面讲清这些知识，在事实上是不可能的，也不符合多快好省地培养社会主义建设人材的方针。因此应当废除那种贪多、求全、片面强调所谓严格性的做法。而应当突出重点，讲清与医学有关的几个问题，为学员今后学习和实践打下必要的基础。

由于我们马列主义、毛泽东思想水平很低，对毛主席关于教育革命的指示学习不够，业务能力有限，加之编写时间仓促，错误一定很多，希望广大工农兵学员和教师批评指正。

编 者

1975.7

目 录

第一讲 压强及其在医学上的应用	(1)
第一节 压力和压强.....	(1)
第二节 液体内部的压强.....	(4)
第三节 大气压强.....	(5)
第四节 正负压在医学上的应用.....	(6)
第二讲 人体能量转换与热平衡	(9)
第一节 功和功率.....	(9)
第二节 能量.....	(11)
第三节 热量.....	(13)
第四节 人体的能量转换与热平衡.....	(15)
第三讲 血液流动的力学基础	(19)
第一节 流速与截面的关系.....	(19)
第二节 流速与压强的关系.....	(20)
第三节 实际液体的流动.....	(22)
第四节 血液的流动.....	(24)
第四讲 声和超声	(27)
第一节 振动和波.....	(27)
第二节 声波.....	(29)
第三节 超声及其在医学上的应用.....	(31)
第五讲 心电电学基础	(33)
第一节 静电基本知识.....	(33)
第二节 电偶极子电场的电势分布.....	(37)
第三节 心电偶 心电综合向量.....	(39)
第六讲 用电常识	(41)
第一节 电流和电阻.....	(41)
第二节 部分电路的欧姆定律.....	(44)
第三节 电阻的串联和并联.....	(45)
第四节 电流的功.....	(48)
第五节 电磁感应.....	(49)
第六节 安全用电.....	(51)

实 验 电表的使用.....	(53)
第七讲 晶体管针麻仪	(55)
第一节 低频脉冲电的基本知识.....	(55)
第二节 晶体管针麻仪的简单原理.....	(56)
第三节 简单晶体管针麻仪的安装知识.....	(59)
第八讲 光的基本知识	(63)
第一节 光谱.....	(63)
第二节 光的折射定律.....	(65)
第三节 薄透镜.....	(67)
第四节 眼.....	(72)
第五节 放大镜 显微镜.....	(75)
第九讲 X 射线	(78)
第一节 X 射线的产生.....	(78)
第二节 X 射线的性质.....	(79)
第三节 X 射线的强度和硬度.....	(80)
第四节 X 射线的吸收和剂量.....	(81)
第五节 X 射线在医学上的应用.....	(82)
第十讲 放射性同位素及其在医学上的应用	(84)
第一节 原子核的组成 同位素.....	(84)
第二节 核衰变.....	(85)
第三节 放射性同位素在医学上的应用.....	(86)

第一讲 压强及其在医学上的应用

在医疗实践中，经常要用到有关气体和液体的压强知识，如输血、补液、胃肠减压等，还经常要考虑到液体和气体压强所产生的效果问题，如血液的压力，大气对人体的压力等。

为了较清楚地了解压强的概念，我们先介绍力的一些知识，在这个基础之上，重点讨论液体和气体的压强及它们在医学上的应用，对于医学上常用的正负压的概念和实际应用也作简要的说明。

第一节 压力和压强

一、力的概念 毛主席教导我们：“一切真知都是从直接经验发源的。”人们对力的认识，最初是从推、拉、扛、提等肌肉的活动中得来的。如在推车时，手臂的肌肉感到紧张，这样我们就说手在用力，同时还看到在推力作用下，车的运动加快了，或者车转弯了，这表明车的运动快慢或运动方向发生了改变。

进一步的实践表明：不仅人能对物体产生力的作用，物体对物体也能产生力的作用。例如用锤打桩，锤对桩发生了力的作用。用拖拉机耕地时，拖拉机对犁发生了力的作用。我们还可以做一个实验说明这个道理。例如在弹簧下挂上重锤，弹簧被拉长了，如果用手拉同样的弹簧，使之伸长相同的长度（图1—1），则重锤对弹簧的拉力和手对弹簧的拉力完全相同。

从上面的分析可以看出：力是一个物体对另一个物体的作用。力的作用是使物体的运动快慢和运动方向发生改变、或者使物体的形状发生改变的条件。

必须指出：力的作用是出现在两个物体之间的。例如在图1—1中，重锤或手对弹簧的拉力是出现在重锤与弹簧之间，或者手与弹簧之间的。我们把重锤或手叫做加力物体，而把弹簧叫做受力物体。离开了物体，力是不能单独存在的。

力有大小。我们知道拖拉机的拉力比牛的拉力大得多。量度力的大小是与重物的重量进行比较得出的。例如我们用力拉弹簧至某一长度，如改用10公斤的重物挂在弹簧下面，也正好拉到同一长度，那么我们用的拉力就是10公斤。为了测量力的大小，人们规

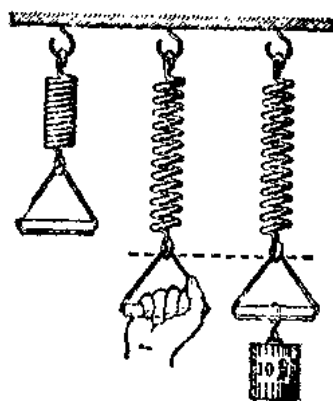


图1—1

定了力的单位。力的单位是吨、公斤（千克）、克、市斤、牛顿等。它们之间的换算关系是：

$$1 \text{ 吨} = 1000 \text{ 公斤} = 1,000,000 \text{ 克}$$

$$1 \text{ 公斤} = 2 \text{ 市斤}$$

$$1 \text{ 克} = 1000 \text{ 毫克}$$

$$1 \text{ 公斤} = 9.8 \text{ 牛顿}$$

力不仅有大小，而且还有方向。例如提起重物时，不仅要用力，而且还要用力往上提，否则重物提不起来。把小车用力向前推，小车就前进；用力往后拉，小车就后退。这些例子都表明了力有方向。同样是1公斤力，如果方向不同，它的作用效果也就不同。

在物理学中，把只具有大小而与方向无关的量叫做标量。把既有大小又有方向的量叫做矢量（或向量）。例如大家熟悉的体积、时间、温度等，这些量都只有大小，而与方向无关，因而都是标量。力既有大小又有方向，因而力是矢量。矢量就不能简单地用一数表示，还必须标明它的方向。通常用一根带箭头的线段来表示矢量，线段的长短依一定比例表示矢量的大小，箭头所指的方向表示矢量的方向。这叫做矢量的图示法。有时还必须考虑力的作用点。如3公斤向下的力，就如图1—2那样表示。表示矢量的线段的另一端点为力的作用点。

由于物体间相互作用方式不同，力可以分为许多种类，现在简单介绍力学中常见的重力、弹性力和摩擦力。

重力 一切物体如果没有别的东西支持它，都会掉到地面上来，这表明地球上的一切物体都要受到地球对它的吸引力。我们把由于地球的吸引而使物体受到的力叫做重力。也称物体的重量。

弹性力 当物体受到力的作用时，物体要发生形状或体积的变化，这叫做物体的形变。物体发生形变时，就会产生一个力来反抗引起形变的外力而使物体恢复原状。这个在物体发生形变时所产生的使它恢复原状的力，叫做弹性力。弹性力是伴随着物体发生形变而产生的，形变消失了，弹力也就不存在了。例如

用手压缩弹簧使它发生形变，则弹簧产生弹力作用于手，这是我们很容易感觉到的。但若手只接触弹簧而不使它发生形变，则弹簧没有弹力，我们也就感觉不到它对手有作用力。

摩擦力 行驶的汽车，当关闭发动机后，前进一段路程就会停止；人在冰上滑行，如不继续用力，最后也要停下来。上述现象表明，路面和车轮之间，冰鞋和冰之间，有一个阻碍运动之力。一个物体沿着另一个物体的表面运动时，两个物体的接触面间就产生一个阻碍运动的力，这个力叫做摩擦力。当汽车行驶时，车轮就要受到地面对它的摩擦力。

二、压力和压强 人站在地板上，由于人有重量，人就压着地板，对地板有一个垂直向下的作用力。在拖拉机走过的田野会留下轮胎的痕迹。挑塘泥时，往往在烂泥地上垫上木板，人从木板上走过时，就不致陷下去。这些现象表明人和拖拉机对木板和地

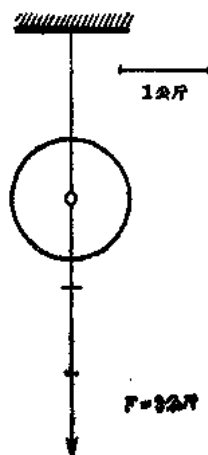


图 1—2

面均有一个压力，我们把木板及地面叫做受力面。受力面上所受的跟面垂直的作用力叫做压力。

必须指出：压力并不是全由物体的重量产生的。用手往墙上按图钉，手对图钉一个垂直的作用力，这就是手对图钉的压力。

压力对受力面的作用效果，除与压力的大小有关外，与受力面积的大小也有关系。上述在烂泥中垫上木板，这样就扩大了受力面积，使压力比较分散，地面每单位面积上所受的压力就减小了，如图1—3所示，所以不容易陷下去。

通常把单位面积上受到的压力叫做压强。用字母 P 表示。若用 F 表示总压力， S 表示受力面积，那么

$$\text{压强} = \frac{\text{总压力}}{\text{受力面积}}$$

$$\text{即 } P = \frac{F}{S} \quad (1-1)$$

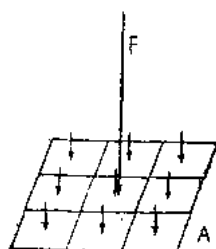


图 1—3

压强反映了压力对受力面作用效果的大小。上式表明：在总压力一定的情况下，压强与受力面积成反比，受力面积越大，压强就越小，所以载重汽车的车轮较多，而且轮胎也比较宽，为的是增大与地面的接触面以减小压强。

受力面积越小，压强就越大，如医学上常用的注射器，由于针尖比较尖，这样就减小了受力面积而增大了压强，注射时能比较顺利地刺入皮肤。

【例题】某校学员到公社参加挖塘泥积肥，有一同学体重 50 公斤，挑塘泥重 35 公斤，每只脚跟地的接触面积是 170 厘米²。

(1) 求起步前对地面的压强。

(2) 假如在脚下垫上一块长 1 米，宽 0.6 米的木板，木板重 1.5 公斤，求这时对地面的压强是多少？

【解】(1) 压力 = 50 公斤 + 35 公斤 = 85 公斤

$$\text{受力面积} = 170 \text{ 厘米}^2 \times 2 = 340 \text{ 厘米}^2$$

$$\text{故 压强} = \frac{\text{压力}}{\text{受力面积}} = \frac{85 \text{ 公斤}}{340 \text{ 厘米}^2} = 0.25 \text{ 公斤/厘米}^2$$

(2) 压力 = 50 公斤 + 35 公斤 + 1.5 公斤 = 86.5 公斤

$$\text{受力面积} = 1 \text{ 米} \times 0.6 \text{ 米} = 100 \text{ 厘米} \times 60 \text{ 厘米} = 6000 \text{ 厘米}^2$$

$$\text{故 压强} = \frac{86.5 \text{ 公斤}}{6000 \text{ 厘米}^2} = 0.0144 \text{ 公斤/厘米}^2$$

答：未垫木板时压强为 0.25 公斤/厘米²，垫木板后压强为 0.0144 公斤/厘米²，可见，垫上木板后，地面受的压强比原来的要小得多。

第二节 液体内部的压强

我们讨论液体内部压强以前，先介绍一下比重的概念。

一、比重 在日常生活中我们说铁比木头重，铜比铝重，或水比油重等等，都是指在同体积时轻重的比较，否则就没有意义了。因为一根大木头未必一定会比一小块铁轻。为了确切起见，我们用单位体积的物质所具有的重量来比较。

任何一种物质的单位体积的重量叫做该物质的比重。用公式表示就是：

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

如果用 W 表示重量， V 表示体积， d 表示比重，上式可以写成：

$$d = \frac{W}{V} \quad (1-2)$$

比重的单位是由重量和体积的单位决定的。如果重量的单位用吨，体积的单位用米³，则比重 d 的单位就是吨/米³。比重的单位还可以用克/厘米³，上面两种单位不论采用何种单位，比重的数值都是一样的。在实际应用中，我们可以根据情况选取适当的单位。

不同的物质有不同的比重。水的比重为1克/厘米³，血液的比重为1.052~1.064克/厘米³，尿的比重为1.015~1.025克/厘米³。在医学上测定尿的比重变化有助于诊断肾脏机能。糖尿病患者尿比重增加，慢性肾炎患者的尿比重偏低。

二、压强计 量度液体压强的仪器叫压强计。图1—4是一个U形玻璃管制成的简单压强计。玻璃管里盛着有色液体或水银。如果两边液体上的压强相等，两边的液面就在同一高度。如果增加一边液面上的压强，这一边液面就下降，而另一边的液面就上升。用橡皮管把一个扎有橡皮膜的金属圆盒连到压强计的左管上，用手指压橡皮膜，手指产生的压强使左管液面下降，右管液面上升，加在橡皮膜上的压强越大，两管里液面高度差也越大。所以根据两管里液面的高度差就可以知道两管液面上的压强差。

三、液体的压强 液体和固体一样，因为它有重量，所以在液体内部从表面以下一直到容器底部，每一层液体都要受到它上面的液体重量对它产生的压强。

假使我们将图1—4所示的压强计的橡皮膜金属盒放进盛有液体的容器中，使橡皮膜金属盒位于液体中的不同深度处，并使橡皮膜在同一深度处朝向不同的方向，测量液体内部的压强，我们看到：

1. 橡皮膜金属盒放得越深，压强计两边玻璃管中液面的高度差越大，可知，液体内部的压强是随着液体的深度增加而增大的。

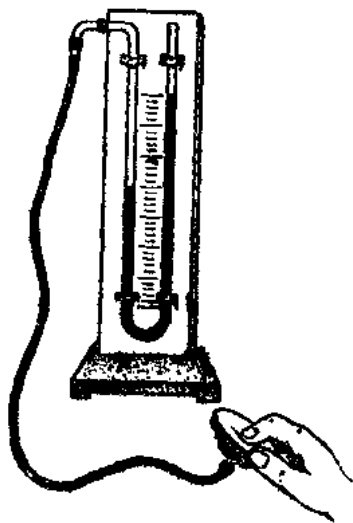


图 1—4

2. 在液体内部同样深处，各个方向的压强大小相等。

液体内部的压强是由液体的重量产生的。下面我们来分析液体内部的压强到底跟哪些因素有关。

设想在容器中液面下深度为 h 的地方，水平地划出一个面 AB ，如图 1—5 所示，这个面要受到上面液体重量的压力，如果液体的比重为 d ， AB 的面积为 S ，则 AB 面上液体的重量，也就是 AB 面上所受到的压力等于液体的体积与比重的乘积，即 $hS \times d$ 。所以 AB 面上所受到的压强为

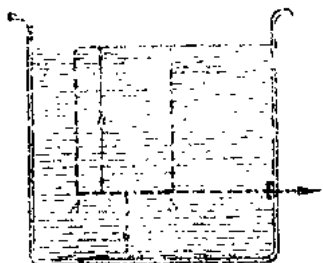


图 1—5

$$P = \frac{F}{S} = \frac{hS \times d}{S} = hd \quad (1-3)$$

可见液体内部某一深度的压强等于深度和液体比重的乘积。

【例题】用毛泽东思想武装起来的潜水工人，在建造南京长江大桥的战斗中用普通潜水设备，突破了资产阶级“技术权威”所认为的45米警戒线。求45米深处的压强是多少？

【解】 已知 $h = 45$ 米， $d = 1$ 克/厘米³ = 1 吨/米³

由公式 (1—3) 得

45米深处的压强 $P = h d = 45 \text{ 米} \times 1 \text{ 吨/米}^3 = 45 \text{ 吨/米}^2$ 。

第三节 大气压强

上节我们讨论了液体内部的压强。现在再简单介绍大气的压强及其测量的方法。

地球表面充满着—层厚厚的大气层，从地面向上延伸到很高的高空。大气也有重量，因而它对地面上和空间的一切都有压强，这个压强就叫做大气压强。

下面这个实验就可以证明大气压强的存在。

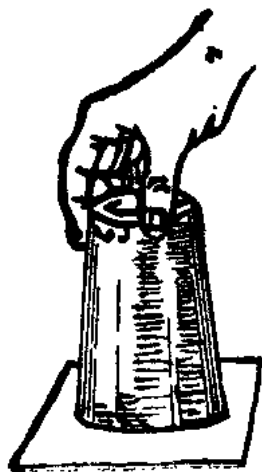


图 1—6

在玻璃杯里装满水，用厚纸片（或玻片）盖住，把杯子倒过来，纸片和杯里的水虽然都有重量，可是并不下落，如图 1—6 所示。这是由于竖直的向上压于纸片上的大气压强大于水向下压在纸片上的压强，因而托住了纸片，使纸片紧压于杯口不掉下来，水也就不能流出。

那么，大气压强究竟有多大呢？拿一根长约一米，一端封闭的玻璃管，装满水银，然后用食指堵住开口的一端，把管倒立在水银槽

内(图1—7), 放开食指, 管内的水银面就立刻下降, 直到比管外水银面高出76厘米为止。

这个实验可以这样来解释: 管内的水银下降后, 玻璃管上端没有空气, 形成真空, 管内水银面上没有大气压强的作用。而作用在管外水银面上的大气压强, 支持着管里的水银不能下降。可见这个76厘米高的水银柱产生的压强就等于大气压强。通常把相当于76厘米水银柱所产生的压强叫做标准大气压, 常用它来做气体压强的单位, 叫做1个大气压。所以

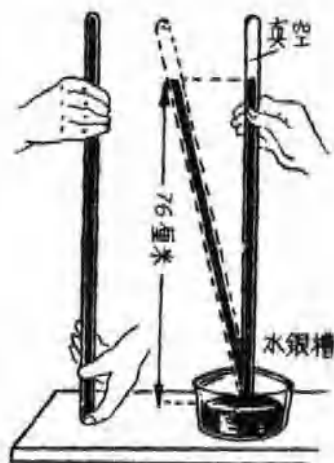


图 1—7

$$\begin{aligned} 1 \text{ 大气压} &= 76 \text{ 厘米水银柱高 (cmHg)} \\ &= 76 \text{ 厘米} \times 13.6 \text{ 克/厘米}^3 \\ &= 1033.6 \text{ 克/厘米}^2 \\ &= 1.0336 \text{ 公斤/厘米}^2 \end{aligned}$$

因此大气压强的单位既可以用水银柱的高度来表示, 也可以用克/厘米²、公斤/厘米²来表示。

大气压强与高度有关。离海平面越高, 大气压强就越小。在距海平面 2000 米的高度内, 平均每升高 12 米, 大气压强就下降 1 毫米水银柱高。

第 四 节 正负压在医学上的应用

一、上面讲过地面上每一物体表面每平方厘米都受到 1 公斤左右的压力, 如果人体表面积以 1.5 米² 计算, 则人体表面总共承受了约 15 吨的压力, 为什么人不会被压死, 反而能够行动自如, 没有什么感觉? 这是由于人体表面和人体内部都有大气压, 因此感觉不到大气压的存在, 医学上常用这个大气压作为测定压强的起点。凡是高于 1 个大气压的压强叫做正压; 凡是低于 1 个大气压的压强叫做负压。

正压和负压的大小如何表示呢? 就用高出 1 个大气压的那部分或低于 1 个大气压的那部分的压强来表示。例如眼压为正压, 一般在 +16—+24 mmHg 范围内, 即比 1 个大气压高 16—24 mmHg, 实际的压强是 776—784 mmHg。胸膜腔内为负压, 约为 -5—-10 mmHg, 即比 1 个大气压低 5—10 mmHg, 其实际压强为 755—750 mmHg。接近心脏处的静脉血压为 -2—-6 mmHg, 其实际压强为 758—754 mmHg。

胸腔内的压强随呼吸而上下波动。当吸气时, 由于肋骨和隔膜之运动使胸腔加大, 肺内压将暂时低于大气压, 外面的空气乘虚而入, 这就是吸气过程。当肋骨和隔膜向相反方向运动时, 肺内压将暂时高于大气压, 肺内气体被迫排出, 这就是呼气过程。如果由于某种原因使空气进入胸膜腔内, 这种情况叫做气胸, 气胸时肺萎缩而影响呼吸。此时必须急救, 设法排除胸膜腔中的气体才能恢复正常呼吸。但有时我们也利用人工气胸治疗肺病, 即在病患之处注入适量的空气, 使该部分肺萎缩而得到休息, 以便逐渐恢复健康。

二、正压的应用 正压常用来输血和输液。一种方法是利用增加封闭容器中气体的量获得正压强。如图 1—8 所示。这种方法可以用来进行动脉输血。另一种方法是利用液柱的压强获得正压。如图 1—9 所示。这种方法是靠调节吊瓶液柱高度以获得适当的正压。

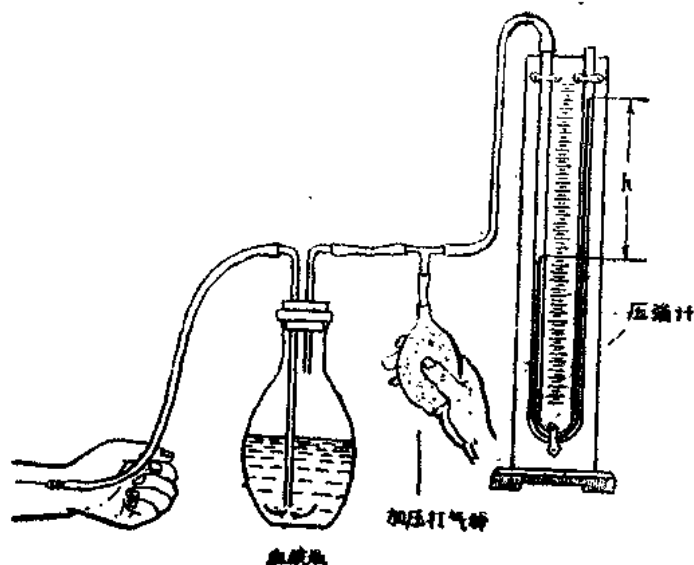


图 1—8

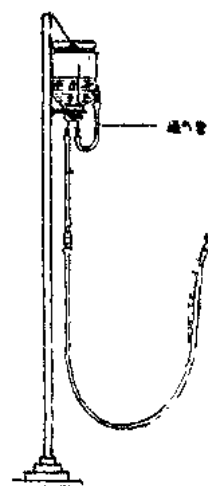


图 1—9

三、负压的应用 负压在医学上应用很多，如胃肠减压、拔火罐、人工吸引等。

胃肠减压装置是将胃管的一端插入病人的胃内，设法减低另一端的气压，这样就能利用负压把胃肠内的液体或气体吸出来。产生负压的方法如图 1—10 所示，吸引瓶中的水由于重力的作用经排水管流出，于是水面上的空间越来越大，压强逐渐降低成为负压，收集瓶中的空气就沿着吸引管被吸入吸引瓶，因而也形成负压，这样，胃肠中的潴积液就通过胃管被吸收到收集瓶中。

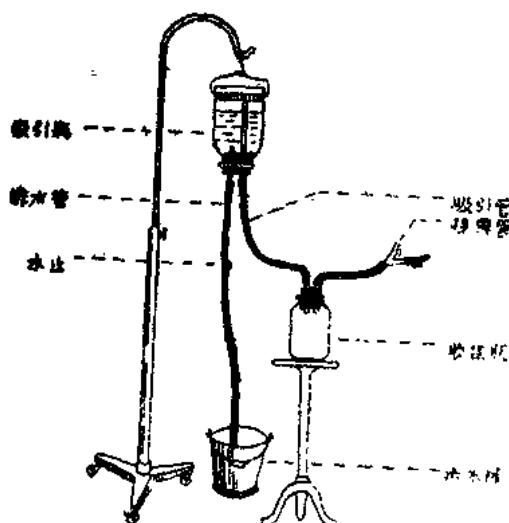


图 1—10

图1—11是胃肠减压的三瓶装置。当上面吸引瓶中的水流完后，只要把控制器关闭，把上下两个吸引瓶的位置倒过来，再转动控制器就能继续吸引胃肠液。

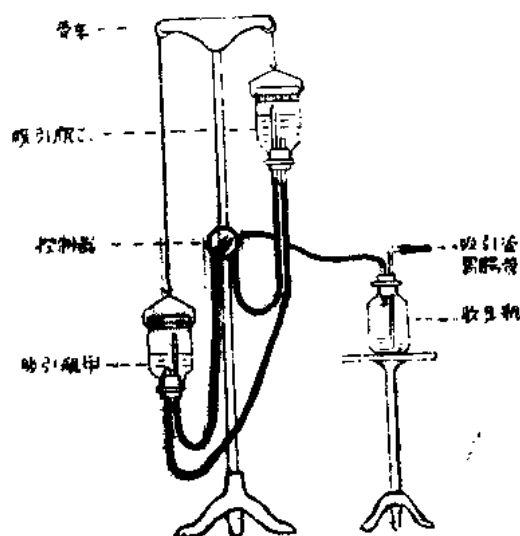


图1—11

练 习 题

(1) 东方红-54型拖拉机，重5150公斤，它的每条履带和地面的接触面长170厘米，宽42厘米，求它对地面的压强。

(2) 当一潜水艇潜入海面下50米深处，问这时潜水艇表面受到的平均压强有多大？（海水的比重为1.03吨/米³）。

(3) 假设人体的表面积为2米²，试计算人体受到的大气压力有多大？

(4) 什么是正压？什么是负压？在医学上常使用输血补液、吸痰、灌肠、人工引产等装置，指出哪些用正压？哪些用负压？

(5) 用注射器吸取药液或抽取静脉血液是根据什么道理？试简述之。

第二讲 人体能量转换与热平衡

本讲我们首先讨论功和功率,然后介绍能量及能量转换与守恒。由于能量的概念不仅是物理学中最基本的概念,而且也是一切自然科学的基本概念。能量转换与守恒是宇宙中普遍性的规律,因此掌握这些概念与规律,对于医学专业的学员来说也是必要的。本讲后面二节将简单介绍热学的知识,适当联系医学需要讨论一下人体的能量转换与热平衡。

第一节 功 与 功 率

一、功 在生产和生活中,常常要把物体举高,或者使物体移动,这时,就需要给物体以力的作用。例如起重机吊起重物时,起重机的钢索对重物施加向上的拉力,使重物升高;拖拉机耕地时,拖拉机对犁施加向前的牵引力,使犁前进。人的心脏收缩时,能把血液推进血管,使血液在体内循环。

毛主席教导我们:“人们总是首先认识了许多不同事物的特殊的本质,然后才有可能更进一步地进行概括工作,认识诸种事物的共同的本质。”在上面这些例中,它们的共同本质都是有力和在力的作用下移动了一段距离。为了反映这些客观事实,在物理学中引入了功的概念。我们把力 F 和受力物体在力的作用下沿力的方向运动的位移 S 的乘积叫做力所做的功。用字母 A 表示。即

$$A = FS \quad (2-1)$$

从功的表示式可以看出力和位移是做功的两个要素,缺一不可。如果设有力,也无所谓做功;如果物体在力的作用下没有沿力的方向移动任何距离,即没有位移,那么这个力也没有做功。例如举重运动员把一个100公斤的杠铃从地面举起,并举了几分钟才放下来。从功的观点来看,举重运动员只是在把杠铃从地面上举起到一定高度的过程中克服杠铃的重力同时有了位移,因此做了功。等把杠铃举起之后,停在那里几分钟,虽然也很费力,但是在这段时间里杠铃没有移动任何距离,因此他没有做功。可见物理学上所说的功的意义跟平常所说的“做工”或“工作”是有些区别的。

功有正负之分。当力的方向与移动的方向一致时,功为正值。我们说力对物体做了正功。例如人推车前进,人的推力对车做正功。当力的方向与位移的方向相反时,功为负值。我们说力对物体做了负功。表示这种力是阻碍物体前进的。所以也可以说运动物体克服阻力做了正功。总之,力对物体做正功反映了力在物体的运动中起了推动作用,力对物体做负功,反映了力在物体的运动中起了阻碍作用。功虽然有正负之分,但这个正负并不是功的方向。功并没有方向,功不是矢量而是标量。

功的单位是由力和位移的单位决定的。例如1牛顿的力作用在物体上使物体沿力的方向移动1米,那么力所做的功就等于1牛顿米,也叫做1焦耳。常用的功的单位见

表 2—1。

表 2—1 功的常用单位表

单 位 制	力	位 移	功
米公斤秒制	牛顿	米	牛顿米 = 焦耳
厘米克秒制	达因	厘米	达因厘米 = 尔格
实 用 工 程 制	公斤	米	1 公斤米 = 9.8 焦耳

【例 1】一病人睡在担架上，人和担架共重 70 公斤，当把它从地面匀速地抬高到 1 米高的救护车上时，试问抬者做了多少功？

【解】上抬的力的方向向上，与病人和担架的运动方向一致。

故 $A = 70 \times 9.8 \text{ 牛顿} \times 1 \text{ 米} = 686 \text{ 焦耳}$

答：抬者做了 686 焦耳的功。

二、功率 用拖拉机耕 15 亩地要 1 小时，而用牛耕同样的地要 20 小时，可见物体做功的快慢是不相同的。物理学中用功率来表示物体做功的快慢程度。物体在单位时间里完成的功，叫做功率。如果用 A 表示功， t 表示时间， P 表示功率，则

$$P = \frac{A}{t} \quad (2-2)$$

由此可见，功率反映了物体做功的快慢程度。

功率的单位由功和时间的单位决定。如果功的单位用焦耳，时间的单位用秒，功率的单位就是焦耳/秒，也叫做瓦特。有时功率的单位也用千瓦或马力，1 千瓦 = 1000 瓦，1 马力 = 735 瓦特。常用的功率单位见表 2—2。

表 2—2 功率的常用单位表

单 位 制	功	时 间	功 率
米公斤秒制	焦耳	秒	焦耳/秒 = 瓦特
厘米克秒制	尔格	秒	尔格/秒
实 用 工 程 制	公斤米	秒	公斤米/秒

【例 2】东方红-54 型拖拉机耕地时的牵引力是 2850 公斤，在 1 小时内行驶了 3.6 公里，问在 1 小时内做的功是多少？它的功率是多少马力？

【解】已知 $F = 2850 \text{ 公斤}$
 $= 27930 \text{ 牛顿}$

$$S = 3.6 \text{公里} = 3600 \text{米}$$

$$t = 3600 \text{秒}$$

由 (2-1) 式得:

$$A = 27930 \text{牛顿} \times 3600 \text{米}$$

$$= 1.00548 \times 10^8 \text{焦耳}$$

又由 (2-2) 式得功率:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{1.00548 \times 10^8 \text{焦耳}}{3600 \text{秒}} = 27930 \text{瓦特} = 38 \text{马力}$$

答: 一小时做了 1.00548×10^8 焦耳的功, 功率为 38 马力。

第二节 能 量

一、能量 飞行的炮弹能击穿敌人坦克的钢板而做功。流动的河水能冲击水轮机转动而做功。这些说明飞行的炮弹、流动的水都具有做功的本领。物体做功的本领叫做能。物体做功的本领越大, 它所具有的能量也就越多。所以物体具有的能是用物体能做功的多少来量度的。

由于物体运动形式的多样性, 因此能量的形式也是很多的, 如机械能、电能、化学能、电磁能、原子能等。下面我们通过讨论动能和势能的讨论, 来加深对能量本质的认识。

二、动能 物体由于运动而具有的能叫做动能。例如运动着的锤子, 飞行的子弹等都具有做功的本领, 这时我们就说它们具有动能。

动能的大小和哪些因素有关呢, 当我们用锤子钉钉子就知道, 如果锤子的质量越大, 锤子的运动速度也越大, 钉子就钉入木头越深, (也就是钉子做的功越多), 这说明锤子具有的动能越大, 可见物体的动能跟它的质量和运动的速度有关。理论证明, 运动物体的动能等于它的速度的平方和质量的乘积的一半。用 m 表示物体的质量, v 表示速度, E_k 表示运动物体的动能, 那么

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2-3)$$

动能的单位是与功的单位一致的。为了清楚起见, 将常用的动能单位列入表 2-3

表 2-3 常用动能单位表

单位制	质 量	速 度	动 能	功
米公斤秒制	公斤	米/秒	公斤米 ² /秒 ² = 焦耳	焦耳
厘米克秒制	克	厘米/秒	克厘米 ² /秒 ² = 尔格	尔格

【例 1】 质量 10 克的弹头, 在空中飞行的速度为 820 米/秒, 求弹头的动能是多少?

【解】 已知 $m = 10 \text{克} = 0.01 \text{公斤}$

$$v = 820 \text{ 米/秒}$$

由 (2-3) 式 得弹头的动能

$$E_K = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \times 0.01 \text{ 公斤} \times 820 \left(\frac{\text{米}}{\text{秒}} \right)^2 \\ = 3362 \text{ 焦耳}$$

答：弹头的动能是3362焦耳。

三、势能 从高处流下的水能推动水轮机而做功，钟表里卷紧的发条逐渐放松时能带动表针转动而做功。我们说流动的水、卷紧的发条都具有能，这种由物体和地球相对位置、或者由物体内部各部分的相对位置所决定的能叫做势能。举高的物体具有的势能叫做重力势能。物体发生弹性形变具有的势能叫做弹性势能。这里我们介绍重力势能。

我们知道打夯时，夯越重，把夯举得离地面越高，它的做功本领就越大。如果把物体在地面上的重力势能当作零，那么位于某一高度的物体的重力势能就等于外力将它举高时克服重力所做的功。它的单位和功的单位相同。用 W 表示物体的重量， h 表示物体距地面的高度， E_P 表示重力势能，则

$$E_P = Wh \quad (2-4)$$

此式表明，如果以地面的高度为零，则物体所具有的势能等于物体的重量和它距离地面的高度的乘积。

【例2】工人把100公斤的物体、由地面搬到1.2米高的车上，问物体在车上所具有的势能是多少？

【解】已知 $W = 100 \text{ 公斤} = 980 \text{ 牛顿}$ ， $h = 1.2 \text{ 米}$

$$\text{由公式 (2-4)} \quad E_P = 980 \text{ 牛顿} \times 1.2 \text{ 米} = 1176 \text{ 焦耳}$$

答：物体在车上具有的势能是1176焦耳。

四、能量转换与守恒定律 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“在一定条件下之共处于一个统一体中”。不仅如此，动能和势能还可以“在一定条件之下互相转化”。例如夯被举高后具有势能，在下落过程中，它的势能逐渐转换为动能，因为在这种情说下，夯的高度 h 逐渐减少，也就是物体的势能逐渐减少，但夯运动的速度 v 越来越大，也就是它的动能逐渐增多。在这过程中，势能转换为动能。反过来在空中将物体竖直上抛时，它的动能逐渐转换成为势能。如果排除外界的影响，如忽略空气的阻力，那么物体到达一定高度时，动能就全部转换为势能，物体就再也不能往上运动了。

综合上述现象，我们可以得到机械能转换和守恒定律如下：

1. 势能可以转换为动能，动能也可以转换为势能。
2. 如果没有摩擦和外界阻力，任何物体的势能和动能互相转换的过程中，物体的总的机械能保持不变，即

$$E_K + E_P = \text{恒量} \quad (2-5)$$

从这式可以看出，动能的减少使势能增加；反之势能的减少使动能增加。

其实，不只是机械能可以互相转换且总的机械能是守恒的。实际上一切形式的能可以互相转换，在转换过程中转换前一切形式的能的总和等于转换后的能的总和。例如以水力发电站为例，先是上游和下游水位的高低不同造成了水的快速流动，这样水的重力势

能就在重力做功的过程中转换成动能。当高速的水流推动水轮机转动后，水流的速度就减小了，但发电机在水轮的带动下发生转动而发出了电流，即水的动能又进一步转换成了电能。电能通过输电线送到各处又可转换成为其他形式的能。如电能通过电动机带动工厂的机床转动，电能又转换成机械能。

总之，能量可以从一种形式转换成另一种形式，但是能量既不能创造，也不会消灭，总能量是守恒的。这就是普遍的能量转换与守恒定律。或简称能量守恒定律。

革命导师恩格斯曾对能量守恒定律作过很高的评价，认为它是在确立辩证唯物主义世界观的过程中在自然科学上具有决定意义的发现。他认为正是由于能量守恒定律的发现，才使自然界的一切运动都可以归结为一种形式向另一种形式不断转换的过程，从此自然界中整个运动的统一，现在已经不再是哲学的论断，而是自然科学的事实了。

第三节 热 量

一、分子的动能、温度 在日常生活中，我们能感到物体的冷或热。但是单纯主观感觉并不能真正区别冷热。例如在夏天我们感到井水凉，到了冬天又觉得井水暖了，其实井水本身的冷热变化并不是很大的。温度就是对冷热程度的客观量度。

那么温度的实质是什么？这得从分子运动谈起。我们知道所有的物体都是由原子或分子组成的，辩证唯物主义告诉我们：世界上所有的物质都是在运动着。分子也不例外，组成物体的分子是在不停地运动着，和一切运动着的物体一样，运动着的分子也具有动能。

物体里分子运动的速度是不同的，因此动能也不相等。物体分子动能的平均值，叫做分子的平均动能。

理论和实践证明，物体的温度与分子的平均动能有密切关系，也就是说分子平均动能越大，物体的温度就越高；平均动能小，温度就低。因此，温度是分子平均动能的标志。

我们已经了解了温度的实质，那么温度的高低是怎样量度的呢？要量度物体的温度，就必须将温度与物体的其他性质联系起来。如物体的体积会随温度的变化而变化，这就是物体的热胀冷缩原理。根据这个原理，人们制成了测量体温的水银温度计（体温表），用以测量人体的体温。

二、物体的内能、热量 我们知道，地球上的物体由于受到地球的作用而具有势能。其实不只是地面上的物体具有势能。任何相互作用的物体，都具有由它们相对位置决定的势能。分子和分子间，由于存在相互作用力，因此分子间也具有势能。我们把物体分子无规则运动的动能和由它们相对位置所决定的势能之和叫做物体的内能。

现在我们研究一下究竟什么样的物理过程可以改变物体的内能。

做功可以改变物体的内能。如摩擦时，克服摩擦力做功，同时物体变热，物体变热了，它的温度就升高，这表示分子的平均动能增大，因而它的内能就改变了。

又如冬天生着灼热的火炉，它上面和周围的物体温度升高（分子的平均动能增大），