

医 用 物 理

(试 用 教 材)

江 西 医 科 大 学

一 九 七 二 年 十 月

医 用 物 理

(试 用 教 材)

江 西 医 科 大 学

一 九 七 二 年 十 月

救死扶傷，實川

革命的人道主義

1948

毛主席语录

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。

学生也是这样，以学为主，兼学别样，即不但学文，也要学工、学农、学军，也要批判资产阶级。学制要缩短，教育要革命，资产阶级知识分子统治我们学校的现象，再也不能继续下去了。

毛主席语录

我们的教育方针，应该使受教育者在德育、智育、体育几方面都得到发展，成为有社会主义觉悟的有文化的劳动者。

为什么人的问题，是一个根本的问题，原则的问题。

把医疗卫生工作的重点放到农村去。

中国医药学是一个伟大的宝库，应当努力发掘，加以提高。

前 言

遵照伟大领袖毛主席关于“教材要彻底改革”的教导，切实贯彻全国和全省教育工作会议精神，在校党委领导下，组织有工农兵学员、原有教师（包括下放教师）和革命卫生人员相结合的教材编写小组，在总结两年来我校面向农村，开门办学，教育革命实践的基础上，根据三年制教学方案的课程设置，编写了一套试用教材，供新医专业和中医专业使用。这套教材包括：《医用化学》、《医用物理》、《英语》、《正常人体学》、《生物病原学》、《病理学》、《中药方剂学》、《药理学》、《中医学基础》、《诊断学基础》、《卫生防疫学》、《针灸学》、《内儿科学》、《外科学》、《妇产科学》、《五官科学》等共十六门学科。

在编写过程中，我们以毛主席哲学思想为指导，开展学科领域里的革命大批判，坚持政治与业务，理论与实践统一的原则，走中西医结合道路，学习、参考了兄弟院校编写的新教材，吸取了旧教材的有用部分。新编教材在内容上力求做到少而精，便于学生自学，但由于我们对毛主席教育革命思想领会不深，教学经验不足，时间仓促，这套教材难免会有不少缺点和错误，希望工农兵学员及广大革命同志给予批评指正，我们将在教学实践中不断总结，不断提高，使之更好地为工农兵服务。

目 录

第一章 血液流动的力学知识.....	1
1—1 理想液体的流动.....	1
1—2 实际液体的流动.....	2
1—3 血液的流动.....	3
第二章 气体的压强 温度和湿度.....	6
2—1 气体的压强.....	6
2—2 温度和湿度.....	10
第三章 声和超声.....	12
3—1 声.....	12
3—2 超声.....	15
第四章 人体电势和阻抗 几种医用电器.....	16
4—1 人体电势 心电.....	16
4—2 人体阻抗.....	17
4—3 几种医用电器.....	18
第五章 人眼和光学显微镜.....	22
5—1 球面折射.....	22

5—2 眼.....	24
5—3 放大镜.....	25
5—4 显微镜.....	26
第六章 红外线、紫外线和 X 射线.....	29
6—1 红外线和紫外线.....	29
6—2 X 射线的基本性质.....	29
6—3 X 射线的发生装置.....	30
6—4 X 射线的吸收.....	31
6—5 X 射线的剂量和医疗应用.....	32
第七章 原子核与放射性.....	33
7—1 原子核.....	33
7—2 放射性.....	33
7—3 人工放射性.....	34
7—4 强度和剂量 放射性同位素的医学应用.....	34

第一章 血液流动的力学知识

血液循环是一个基本的医学问题。为了了解血流速度、血压、和心脏做功等规律，有必要学一点流体力学的基本知识。在这一章里，我们将由简单到复杂，按着理想液体的流动——实际液体的流动——血液的流动的顺序进行讨论。

1—1 理想液体的流动

为了简化条件，我们可以暂不考虑液体的压缩性和粘滞性，设想液体是不可能压缩并且是没有内摩擦的，这样的液体就叫做理想液体。如果液流中各点的速度都不随时间而变，就把它叫做稳定流动。

(1) 流速与截面积的关系

理想液体在管子里作稳定流动时，由于单位时间流过截面 S_1 的液体体积与流过截面 S_2 的液体体积相等（图1—1），因而液体的流速 v 必与截面积 S 成反比，粗的地方流速小，

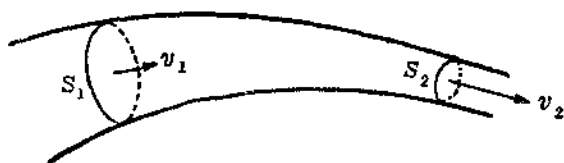


图1—1

细的地方流速大。即：

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1} \dots\dots\dots (1-1)$$

(2) 压强与流速的关系

理想液体进行稳定流动时，可以根据功能关系证明对于任一点来说，它的压强 p 、流速 v 和高度 h 之间有如下关系：

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{常量} \dots\dots\dots (1-2)$$

式中 ρ 表示液体的比重， g 表示重力加速度。对一定的液体在一定地点来说，这是两个不变的量。如果液体在水平方向流动或者高度的影响可以忽略不计时，式(1—2)可以变成：

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{常量} \dots\dots\dots (1-3)$$

式(1—3)表明，在这种情况下，流速小的地方压强较大，流速大的地方压强较小。

(3) 压强与截面积的关系

上面我们讨论了理想液体作稳定流动时的两个重要关系式，一个是流速与截面积的关系式，另一个是压强与流速的关系式。如果把式(1—1)和式(1—3)联系起来考虑，就不难看出，当理想液体在水平管里稳定流动时，截面积大的地方压强也大，截面积小的地方压强也小。这种关系，可以在实验中明显的看到。如图1—2所示，狭窄处压强较小。当然，实验所采用的液体不可能是理想液体，至于采用实际液体所出现的问题，将在下节进行分析。

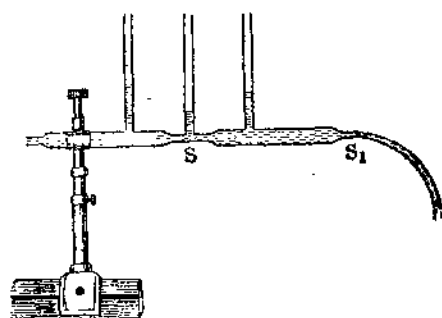


图 1—2

1—2 实际液体的流动

由图1—2所示的实验中可以看出，当实际液体在管子里流动时，虽然前后两处的截面积是相等的，但后面一点的压强却小于前面一点的压强，这是因为实际液体有内摩擦面在流动过程中引起了能量消耗的缘故。

(1) 内摩擦系数

实际液体在管子里怎样流动呢？事实表明，在同一截面的不同点，流速并不都是相同的。可以分层比较，在中央轴线上的液流速度最大，愈是靠近管壁液流的速度愈慢，和管壁接触的一层液粒是附着在管壁上的。如图1—3所示的这种分层流动，叫做片流。



图 1—3

在片流情况下，相邻两液层之间有速度差作相对滑动，其间有内摩擦力。在其他条件完全相同的时候，各种液体所表现的这种内摩擦力大小的不同，可以用内摩擦系数或者叫粘滞系数 η 这样一个物理量来表明。单位取泊(P)，其值除了同液体的种类有关外，也和液体的温度有关系。几种常见的液体的粘滞系数有如下表：

表 1—1

液 体	粘滞系数 η (p)	液 体	粘滞系数 η (p)
水 0℃	1.8×10^{-2}	蓖麻子油 17.5℃	1225.0×10^{-2}
水 37℃	0.69×10^{-2}	蓖麻子油 50℃	122.7×10^{-2}
水 100℃	0.3×10^{-2}	血 液 37℃	$2.5-3.5 \times 10^{-2}$
水银 0℃	1.68×10^{-2}	血 浆 37℃	$1.0-1.4 \times 10^{-2}$
水银 20℃	1.55×10^{-2}	血 清 37℃	$0.9-1.2 \times 10^{-2}$
水银 100℃	1.0×10^{-2}		

(2) 阻 力

在粗细均匀的水平细管中作片流的实际液体,单位时间通过某一截面的液体体积 Q ,一方面和管子两端的压强差 ΔP 有关系,另一方面也和液流在这段管子中所受的阻力 R 有关系。这种关系和我们所熟悉的电流强度、电压、电阻的关系相似。即:

$$Q = \frac{\Delta P}{R} \dots\dots\dots (1-4)$$

实验和理论上证明,阻力 R 是由液体的粘滞系数 η 和管腔的几何形状(长度 l , 半径 r) 两方面的因素所决定的。

$$R = \frac{8}{\pi} \eta \cdot \frac{l}{r^4} \dots\dots\dots (1-5)$$

式(1-4)和式(1-5)都是了解血液在循环系统中的流动规律的必要基本知识。

1—3 血液的流动

由于心脏的唧筒作用,血液不断地在循环系统中流动,它所消耗的能量靠心脏作功面及时得到补偿。研究血液流动的力学性质,特别是血流速度和血压问题,是血流动力学的基本任务。任何运动形式,其内部都包含着本身特殊的矛盾。应该指出的是,在引用物理学原理来说明血液流动时必须考虑到生物系统的复杂性。例如,由于血球的存在血液并非均匀的粘滞液体,由于管壁具有弹性血管也不是一般的刚性管腔。因此在前面所提到的那些关系式,虽能帮助我们理解血液循环的某些规律,但并不能用以说明所有问题,许多问题是属于其他课程的范围,不能在这里全面讨论。

为了讨论问题方便,可以将血液循环系统简化成一个物理模型,如图 1—4 所示,

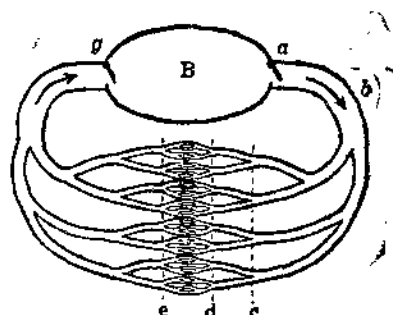


图 1—4

B代表简化了的的心脏，ab段代表主动脉，cd段代表小动脉，de段代表毛细血管，由e到g代表静脉。

(1) 血流速度

①不同截面的血流速度：

由于血液循环基本上可以看成是稳定流动，因而前面所讲过的式(1—1)可以用来大致解释血流速度和各段血管截面积之间的关系。截面积小的地方流速大，截面积大的地方流速小。从总截面积来看，主动脉最小而毛细血管最大，因此主动脉中的血流速度最快而毛细血管中的血流速度最慢。由主动脉到毛细血管，截面积是逐步增大的，血流速度则逐步减慢。由毛细血管到静脉，截面积是逐步减小的，而血流速度则逐步加快，如图1—5所示。

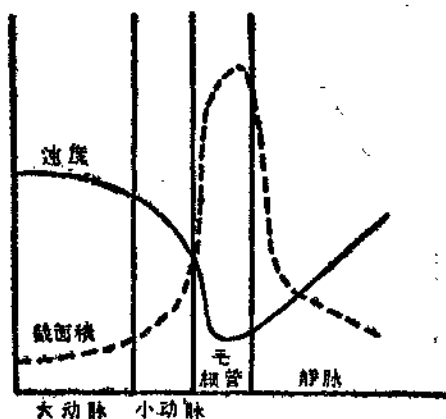


图1—5

②同一截面的血流速度：

前面曾经讲过，实际液体在管子里流动时，在同一截面处，中央轴线上的流速最快，愈靠近管壁愈慢。在一条血管的同一截面，血流速度也是如此。在一般情况下讲某一截面的流速，都是指平均流速说的。

(2) 血 压

①各段血管的压强变化：

根据前面讲过的(1—3)(1—4)(1—5)等关系式可以看出，有许多因素能够影响液流的压强发生变化。式(1—3)表明了压强与流速的关系，流速快的地方则压强低，但因血液不是理想液体，所以并不能用式(1—3)完全说明问题，不过在主动脉这一段，摩擦损失较小，应用式(1—3)不会引起明显的误差。在讨论整个循环系统中各段血管的压强变化时，摩擦所造成的影响是一个很重要的因素，式(1—4)和(1—5)较式(1—3)更有实际意义。至于如何运用式(1—4)和(1—5)解释血压变化，因超出了物理学的范围，不在这里详细讨论。图1—6表明各段血管的压强变化情况。从主动

脉开始压强是愈来愈低的，主动脉的平均压强约为 100 毫米汞柱，进入小动脉时约为 95 毫米汞柱，到毛细血管则下降到 25—30 毫米汞柱，进入静脉则为 10—15 毫米汞柱，到达接近心脏的腔静脉时比大气压还要低 2—6 毫米汞柱。

②动脉压强：

当心脏将血液压入主动脉时，主动脉的血压达到最高值，叫做收缩压。当心脏收缩休止时，主动脉的血液逐渐流入分支血管，血压跟着下降达最低值，叫做舒张压。收缩压和舒张压之差，叫做脉搏压，如图 1—6 所示。

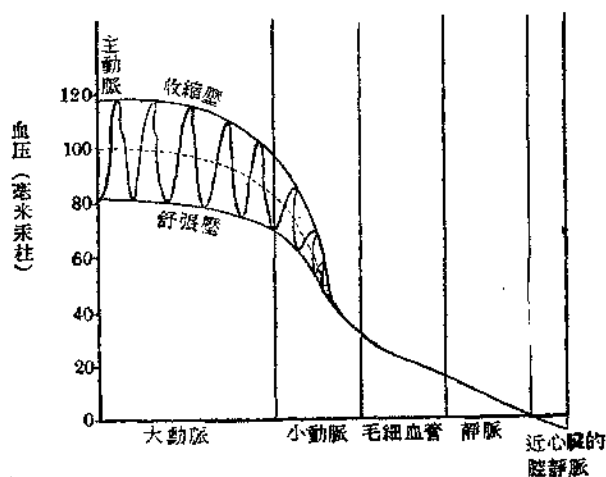


图 1—6

第二章 气体的压强 温度和湿度

气压、温度和湿度都是讨论人体机能时常碰到的几个概念，也是自然环境对机体有影响的几个普通物理因素，并且是与某些诊疗技术有关的几个问题。在这一章里，将分别讨论关于它们的一些基本知识。

2—1 气体的压强

地球的表面包围着一层很厚的空气，叫做大气。处于地球大气中的物体都会受到大气的压强作用，这种压强叫做大气压。大气压一般是在760毫米汞柱高左右，我们把760毫米汞柱高叫做标准大气压，常常也叫做一个大气压，记为760mmHg。

一个封闭容器中的气体，也会对器壁施以压强。此压强的大小和气体的质量、温度、容积等有关。如果保持气体的温度不变，对于一定质量的气体，在压强不太大的情况下，它的压强（ P ）和容积（ V ）成反比。即：

$$PV = \text{常量} \dots\dots\dots (2-1)$$

这就是说，容积增大时压强会降低，容积减小时压强会升高。图2—1表示几种不同的情况。左图中U形管两端的水银面AB是水平的，表示容器中的气体压强（ P_0 ）与大气压相等。中图中U形管右侧的水银面B较高，说明容器中的气体压强高于一个大气压。右图中U形管右侧的水银面B较低，说明容器中的气体压强低于一个大气压。我们常将高于一个大气压的压强叫做正压，将低于一个大气压的压强叫做负压。这不仅适用于气体，对液体也同样可以如此区分正负压。正负压的获得可以利用控制封闭容积中气体的质量、温度和容积的方法，也可以利用控制液柱的比重和高度的方法。对于流动的液体或气体，还可以利用控制流速的方法。在医学上，正负压是了解人的呼吸过程的理论基础，也是了解某些输液和吸引技术的理论基础。在这里，将分别讨论几个医疗上常见的正压和负压问题。

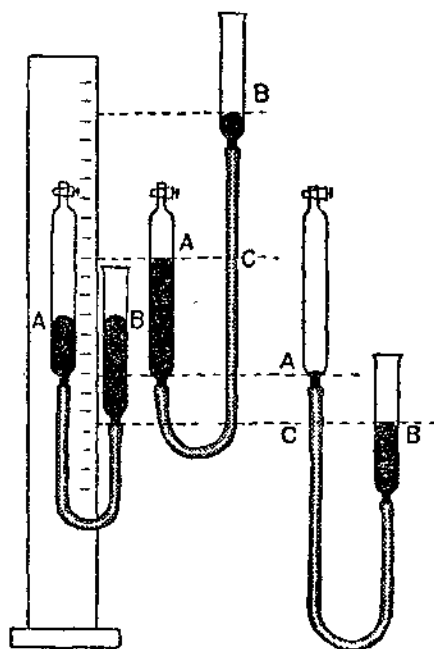


图2—1

(1) 正 压

正压常用来输血或输液。一种方法是利用增加封闭容器中气体质量的方法获得正压，如图2—2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静压

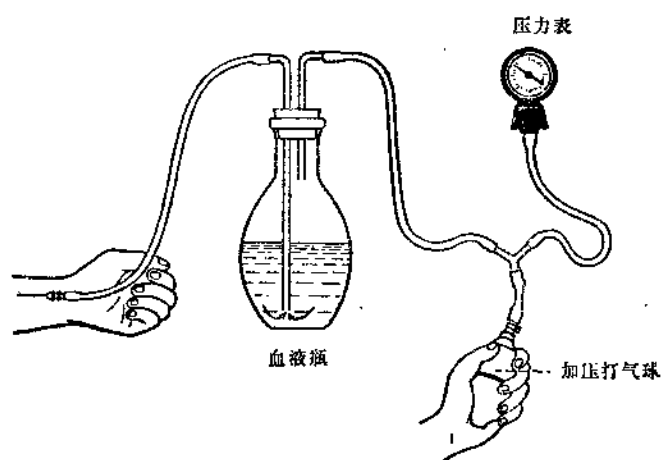


图 2—2

强获得正压，如图 2—3 与图 2—4 所示，这种方法常用来进行静脉输血或输液。图 2—3 表示封闭式的输血方法（另有开放式方法，原理相同，不再讨论），这种方法靠调节吊瓶液柱的高度以获得适当的正压。不难看出，通气管的作用是不断向瓶中补充空

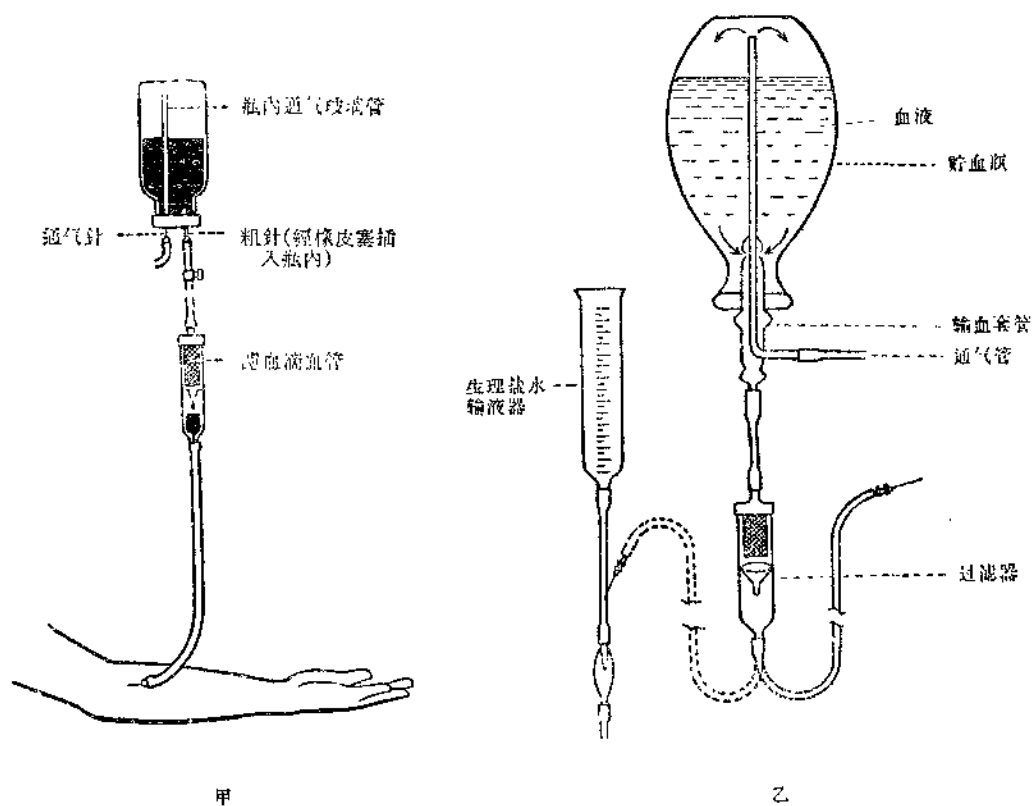
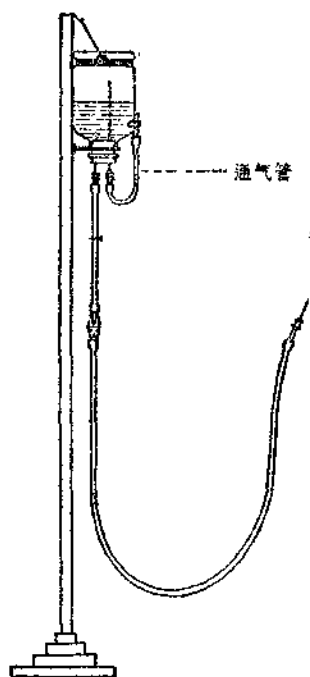


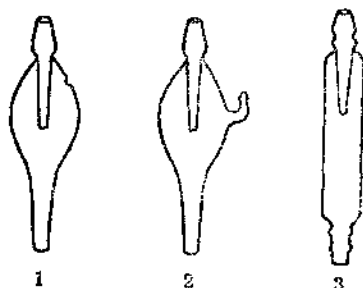
图 2—3

气以避免由于液面下降而在瓶中造成负压妨碍血液下流。图2—4表示封闭式输液方法

（开放式亦略），原理和封闭式输血法相同，也有一支通气管，作用和前面讲的一样。在输血和输液装置上还都有一个滴球，结构略有不同（图2—4乙），它们的作用是便于观察输入速度（每分钟滴数），并且可以借较为恒定的压强（因球内气体质量、温度、容积无大变动）以保持恒定的输入速度。



甲



乙

图2—4

（2）负 压

负压常用来引流。一种方法是將容器中的气体抽出以获得负压，抽气可以用抽气机、注射器或加热（拔火罐原理）等方法，抽气后所得到的负压瓶（图2—5）就可以备作吸引之用，如采血或人工流产等。另一种常用的获得负压的方法是根据增大容积来减低气体压强的原理，如图2—6所示，由于重力的原因液体从封闭的吊瓶中流下，使得吊瓶中气体的容积增加而造成负压，这种方法所得到的负压可供许多种引流（如胃肠引流等）之用。

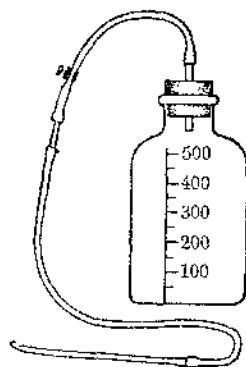


图2—5

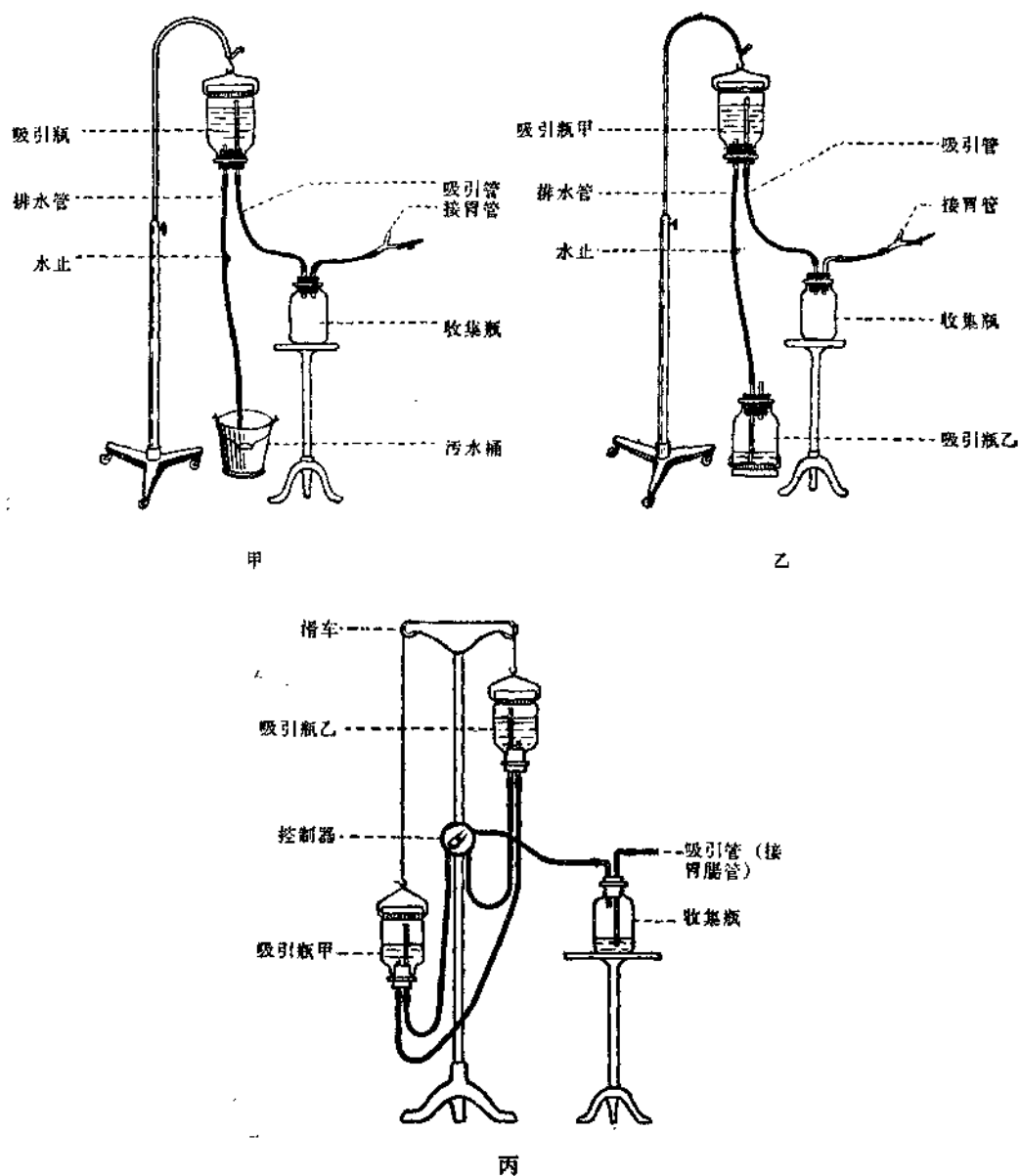


图 2—6

(3) 压强计

正、负压的大小可以用压强计来测量。常用的压强计是水银压强计。水银压强计分开管和闭管两种，这里只讲一讲开管压强计。如图 2—7 所示，开管压强计是一只盛水银的垂直 U 形管，可以由两水银面的高度差（图中 h_1 或 h_2 ）直接读出负压或正值。血压计的主要部份也是一只开管压强计（图 2—8），但形状略有不同，它是在水银盂内垂直竖立一支开管，水银盂上另开有两个口，一个口与橡皮袋相连，另一个口与橡皮球相

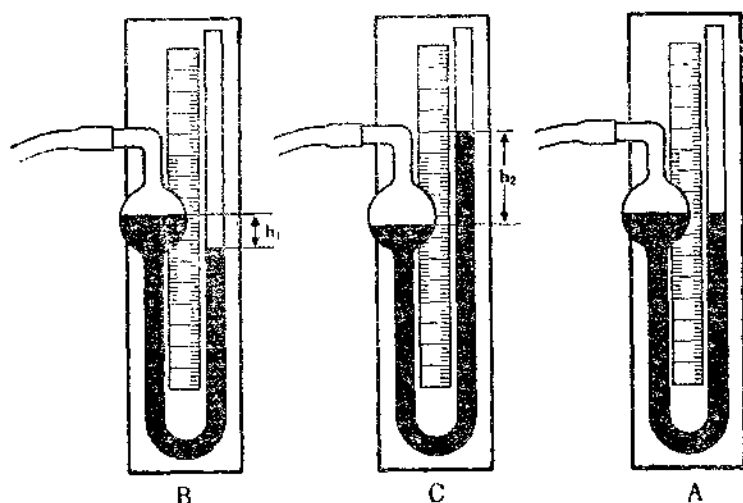


图 2—7

连。测量血压时将橡皮袋缠在臂上，用橡皮球打气，水银盂内水银面上的压强同橡皮袋内压强一样增高，致使水银在垂直开管中上升，由刻度尺可以直接读出水银柱的高度，也就是高于大气压的压强值。此压强值表示橡皮袋中气体对臂部所施的正压，亦即血压，可见血压（舒张压和收缩压）也是正压。具体量法，待以后其他课程讲述。

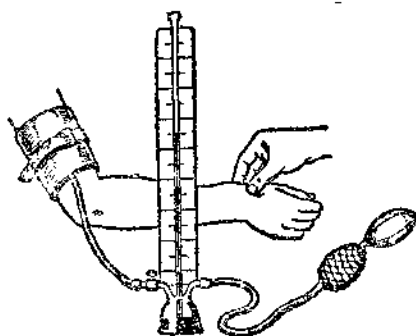


图 2—8

2—2 温度和湿度

温度表示物体的冷热程度。在一个大气压强下，取纯水的冰点定为摄氏0度，记为 0°C ，沸点定为摄氏100度，记为 100°C 。人的体温平均是 37°C ，正常起伏不超过 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，但随测量部位和时间略有不同，直肠比口腔略高，腋下比口腔略低，内脏比皮肤要高，四肢比躯干要低。清晨和夜晚较低，傍晚最高。体温的测量对于疾病诊断有重要意义，体温的控制对于疾病治疗有一定作用（如人工降温）。常用体温计来测量体温，它是一种水银温度计，如图2—9所示，构造特点是在毛细管与水银泡相接处有一狭窄部份，测量时水银因热膨胀而挤过狭窄部份进入毛细管中，测毕则因温度降低水银收缩而在窄狭处断开，观测毛细管中留下来的水银柱高度，即体温值。观测以后，可以将水银柱甩