

物 理

(初 稿)

第 一 册

第 五 分 册

天津市广播函授大学
預科物理教研組編

高 等 教 育 出 版 社

本書是天津市廣播函授大學預科物理教研組編寫的試用教材，主要是給參加廣播函授學校學習的在職工人和老干部學習的，高中學生亦可參考。

全書共分三冊。第一冊包括緒論、力學、聲學，第二冊為熱學，第三冊是電學、光學和原子結構，為及時供應需要起見，每冊暫分幾個分冊出版。

這一分冊講述流體力學、振動與波及聲學等。

物 理

(初 稿)

第一冊 第六分冊

天津市廣播函授大學預科物理教研組編

高等教育出版社出版（北京宣武門內大街27號）

（北京市刊出證書營業許可證出字第054號）

人民教育印刷廠印裝 新华書店發行

統一書號18710·050 開本750×1165¹/₂ 印張1¹/₂

字數36,000 印數8,501—7,500 定價6 角0.14

1960年6月第1版 1960年8月北京第2次印刷

第一册 第五分册目录

第七章 流体力学	125
§ 61. 引言	125
§ 62. 液体的压强	126
§ 63. 液体和气体对压强的传递·帕斯卡定律	129
§ 64. 水压机	130
§ 65. 连通器·自来水装置	133
§ 66. 大气压强	135
§ 67. 气压计	137
§ 68. 虹吸现象	139
§ 69. 压缩气体及其在工业上的应用	140
§ 70. 浸在流体里的物体所受的浮力·阿基米德定律	143
§ 71. 阿基米德定律的应用·物体的浮沉	144
§ 72. 流体的稳流和流管	147
§ 73. 运动流体的速度和压强的关系·伯努利定律	148
§ 74. 伯努利定律的应用·液流和气流的空吸作用	149
§ 75. 物体在液体或气体里运动时所受的阻力·流线体	151
§ 76. 飞机的举力	152
§ 77. 水能和风能的利用	153
第八章 振动和波·声学	158
§ 78. 振动	158
§ 79. 简谐振动	159
§ 80. 单摆的振动定律	160
§ 81. 共振及其在技术上的意义	161
§ 82. 振动在弹性媒质中的传播——波	162
§ 83. 横波与纵波	163
§ 84. 波速、波长和频率的关系	164
§ 85. 声音的发生	164
§ 86. 声音的传播	164
§ 87. 乐音的三要素	165
§ 88. 声波的反射	167
§ 89. 共鸣	167

§ 62. 液体的压强

我們在初中就講过压强的概念。人在泥地上走，脚会陷得很深，如果上面鋪上一塊木板，人再在上面走，板就陷得淺了。軍事上用的坦克和农場上用的履帶拖拉机都有寬寬的履帶和地面接触，因此即使在松的砂或湿的泥地上行走，也不至于陷下去。这都是因为支持重物的物体單位面积上所受的作用力并不大的緣故。我們把支持物的面上所受的跟面成垂直的全部力，叫做压力。支持物的每單位面积上所受到的压力，叫做压强。

$$\text{压强} = \frac{\text{压力}}{\text{受力的面积}}, \quad \text{或} \quad P = \frac{F}{S}.$$

压强的單位可写成：1 克重/厘米²；或 1 千克重/厘米²。

如果知道了压强和受力面积，支持物所受的压力可用下式計算：

$$F = PS.$$

液体也是有重量的，因此容器的底和側壁都是存在着液体压强的，我們用手按着打开的自来水龙头，手会感到压力；在玻璃筒下面扎上一塊橡皮膜做底，向筒內灌水，橡皮膜被压就向下凸出；把装满水的壶傾斜，水会从壶嘴出来，这都說明容器的底和側壁有液体压强存在。

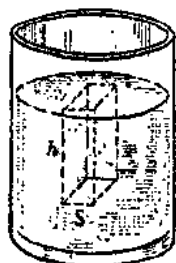


圖 106. 液体內部压强的研究。

液体內部是否存在着压强呢？我們用圖 106 来研究，在容器里装着靜止的液体，我們从液体中划出一个豎直液柱米，这个液柱的截面积是 S ，高是 h ，液柱的頂面和液体表面一致，液柱的底面是水平的。

現在我們来研究柱底下面的水在 S 面处所受液柱的压强。如果我們把液柱当固体

看，就容易得出液柱下面水的压力是由于液柱本身的重量产生的（现在暂时不管大气压强）。这种现象在液内各处都有，由此可见，在液体内部各处都存在着由液体重量所引起的压强。液内各处压强可由薄膜压强计测出（见图 107）。

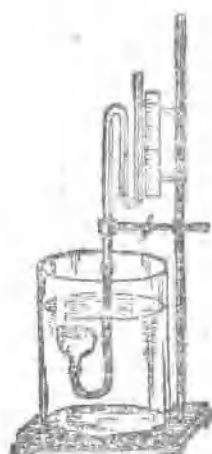


图 107. 用薄膜压强计测液体内部的压强。



图 108. 在液体内部一定深度各方向的压强都相等。

液内压强怎样计算呢？

我們知道，液柱下 S 面（图 105）处液体所受向下压力等于液柱的重量，因为根据牛顿第三定律，液柱对 S 面的压力和液柱下面液体对液柱底面的反作用力应该是大小相等方向相反的。如果用 P 代表液柱作用在下面液体 S 面处的压强， F 代表 S 面所受压力，则：

$$F = P \cdot S.$$

又因其所受压力等于液柱重量，若以 d 代表液体的比重，则液柱重量 W 为：

$$W = dSh,$$

$$F = W,$$

所以

$$PS = dSh.$$

消去 S 得到

$$P = dh.$$

这就是說：在液体內某一深度处，液体重量所引起的压强等于液体的比重和深度的乘积。

由上述內容可以看出，在同一种液体中，液內压强随着深度的加大而加大。而不同液体在同样深度处的压强也是不同的。例如，在水面下 5 厘米深的地方，水柱所产生的压强就是 5 克重/厘米²。若在 10 厘米深处，则为 10 克重/厘米²。由于水銀比重是水的 13.6 倍，所以在 5 厘米深处的水銀柱所产生的压强就是 68 克重/厘米²。同样深度酒精所引起的压强則是 4 克重/厘米²。

液內压强和方向有沒有关系呢？

如果我們用薄膜压强計測液体內部某一深度的压强，把薄膜

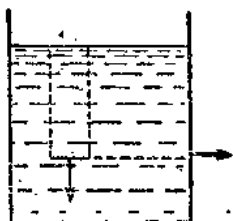


圖 109. 液体对器壁压强跟同一深度的水平面上的压强相等。

漏斗由圖107的方向轉向左(圖108)的方向，然后再轉向前、后、右、下各方向，在轉动时保持深度不变，則見压强計两管里的液面高度差保持不变，这說明压强沒有改变。所以，在一定深度，液体对一个面的压强跟这个面的方向沒有关系。因此容器內某一深度处液体对容器側壁的压强等于受压面被水平放置于它原来

中心位置时所受的压强(圖 109)。

習 題

1. 用塞子塞住玻璃管的一端，由另一端向管里吹气，假設所产生的压强是 20 克重/厘米²。如果塞子的截面积是 3 厘米²，那么塞子受到多大的力？

2. 計算高 76 厘米的水銀柱所产生的压强。

3. 海水的比重是 1.03 克重/厘米³。在海面下 100 米深的地方，压强

等于多少千克重/厘米²。

4. 水渠寬 10 米，在渠內築一道高 5 米的壩來阻擋水流。如果水面跟壩頂同樣高，那麼水對壩的壓力是多大？水對壩的上部和下部的压强是不是相同？在 2.5 米高处水對壩的压强是多少？

5. 在盛滿煤油的槽內，側壁上有一個截面積是 10 厘米² 的孔，从孔的中心到煤油面的豎直距離是 2 米；如果用塞子塞住這個孔，求煤油對塞子的壓力。

6. 如果作用在水自由表面上的大氣压强等于 1 千克重/厘米²，問在深度多少米处水中的压强等于 5 千克重/厘米²。

§ 63. 液体和气体对压强的傳遞 · 帕斯卡定律

流体无一定形状，常随着容器的改变而改变它的形状。一个充满气体的皮球，如果我們在一个方向用力压挤它，則見皮球其他部分就突出些。如果再向球內打些气，則球膨脹得更大些。自行車內胎破了，在檢查破洞时，我們用手压挤充滿气体內胎破洞处的两端，气泡就会从破洞处鑽出来，在水中形成泡冒出。这都說明在一个密闭容器中的气体可以把它所受的壓力傳遞到其他方向上去。

我們来研究下面的實驗 如圖 110 和圖 111，在玻璃瓶里裝

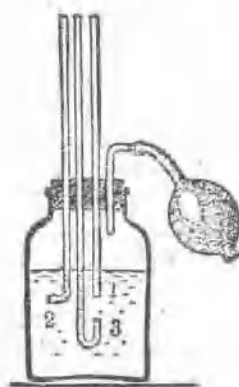


圖 110. 沒有压挤打气时，三根管里的水面跟瓶里的水面同高。

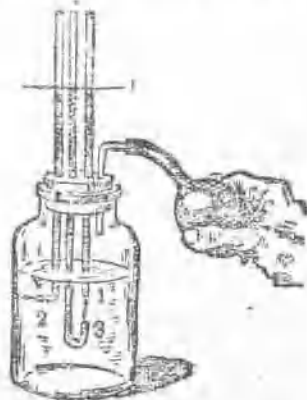


圖 111. 压挤打气球后，三根管里的水面升高，且升到相同高度。

多半瓶水，然后用軟木塞將瓶口塞緊。軟木塞里裝有四根玻璃管。把其中直徑相等的三根的下端插入水中，把第四根接到打氣球上。插入水里的玻璃管有兩根是彎曲的。

如圖 110，我們沒有壓擠打氣球時，瓶內各玻璃管的水面和瓶里的水面同高。如果用手壓擠打氣球，則玻璃管中水面就升高，并升到同一高度（如圖 111）。我們可以這樣解釋這現象：打氣球被壓擠時，空氣被壓縮，壓縮空氣對瓶里的水面產生了壓強，這個壓強被水傳到不同方向的玻璃管的開口處。可見液體也能把壓強向各方向傳遞，又因三根玻璃管的水面升到同樣高度，由此可見，液體向各個方向傳遞的壓強是相同的。

對於壓力的傳遞，法國科學家帕斯卡（1623—1662）總結出一個定律：

加在密閉的液體或氣體上的壓強，能夠按照它原來的大小由液體或氣體向各個方向傳遞。 這個定律叫做帕斯卡定律。

§ 64. 水压机

在工程上應用很廣的水压机就是以帕斯卡定律為基礎製成的。它發明於 1812 年。圖 112 是一個水压机的構造簡圖。水压

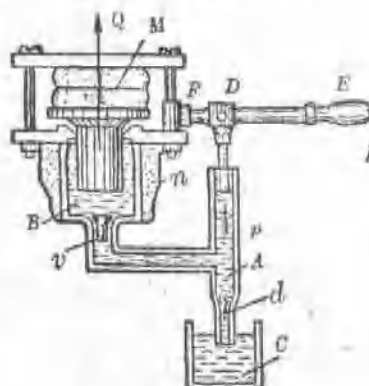


圖 112 水压机構造簡圖。

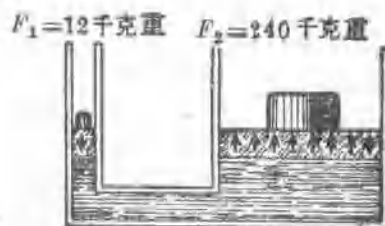


圖 113 液體的壓強傳遞。

机和以前在第四章講过的簡單机械相似，它也是一个变换力的机械，利用水压机，我們可以用很小的力得到很大的力。为了明了水压机的构造原理，我們先研究一下圖 113 的装置。

圖 113 是連通的两个粗細不同的管子(A 和 B)，管内放入液体，加活塞于 A 管和 B 管水面上，活塞的大小要选得很适当，以使活塞能上下移动(假定活塞和管壁摩擦極小，可以忽略)，而使水不能从活塞与管壁間隙溢出。当我們在小活塞上加一使活塞向下的力，則大活塞上升，为了使大活塞靜止，則必須也在大活塞上加一与大活塞面垂直而向下的力。例如小活塞的面积是 $S_1=6$ 厘米²，大活塞面积 $S_2=120$ 厘米²，加在小活塞上的力 $F_1=12$ 千克重，实验証明，加在大活塞上的力应是 $F_2=240$ 千克重才能使它靜止。

可以得出小活塞面所受的压强是

$$P_1 = \frac{F_1}{S_1} = 12 \text{ 千克重} / 6 \text{ 厘米}^2 = 2 \text{ 千克重} / \text{厘米}^2.$$

大活塞面所受的压强是

$$P_2 = \frac{F_2}{S_2} = 240 \text{ 千克重} / 120 \text{ 厘米}^2 = 2 \text{ 千克重} / \text{厘米}^2.$$

由此可见，大小活塞所受的压强是一样的。这正是帕斯卡定律所反映的内容，由大小管所組成的圖 113 的装置中的液体是密封的，外力加在小活塞的压强 2 千克重/厘米²，通过密封着的液体向四面八方傳遞，傳达到大活塞面处液体对大活塞面向上的压强仍为 2 千克重/厘米²，因此要想使大活塞靜止不动，我們必須在大活塞面上加上 2 千克重/厘米²的外力，由于大活塞面积是 120 厘米²，所以加的外力就需 240 千克重。

由于液体在压强傳遞过程量值不变，所以我們就可以調整大小活塞的面积比，来在大活塞处取得变大了的压力。上述实验大小活塞面积比是 20:1，在小活塞上只要加上 12 千克重的力在大活

塞上就可得到 240 千克重的力，它們的关系式可以表示如下：

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2}$$

这就是說，在液体內傳遞的压力，对任意面所起的作用是与面积的大小成正比的。

液体的这种性質，在生产技术中被广泛地应用着，水压机就是一个主要例子。

圖 112 的水压机的主要部分是两个具有活塞的大小二圓筒 A 和 B ， A 和 B 以管連通。以杠杆 FDE 举起小活塞 p 时，則通大圓筒之活門 v 关闭而通小圓筒之活門 d 被推开，这时水从 c 处进入小圓筒內。再压活塞 p 向下移时，則 d 关闭而 v 被推开，这时送水进入大圓筒內。根据帕斯卡定律及上面所講的内容在大活塞上即产生較大之压力，使大活塞上升，置于活塞台上之物体 M ，即被压榨。

設作用在杠杆 B 端之力为 40 千克重，杠杆两臂長之比为 1:10，則小活塞上所受之力，根据杠杆原理，应为 400 千克重；若大活塞之直徑 10 倍于小活塞，那大活塞之面积 100 倍于小活塞，于是大活塞所能产生的力即为 40,000 千克重。

工业上实用的水压机要比上述所講的构造复杂得多。水压机和簡單机械一样，人們利用它工作可以省力，但却不能省功。常用的水压机，它的作用力是 1,000 吨到 2,000 吨，最大可到 15,000 吨。水压机在工业上用途很广，如棉花之打包，菜子之榨油等。在冶金工业中也常用水压机。用来制造船舶、武器，和各种机械的鋼材的需要，一年比一年增加，有的鋼材达 60 吨以上，这种鋼材根本不能用蒸气錘来錘打。因为蒸汽錘的力量只能达到很薄的一層，而水压机的作用則可以作用到整个鋼材上，因此可以把它压成需要的薄板。

習題

1. 水压机大小活塞的面积各为 40 厘米² 及 4 厘米², 若小活塞上加 2 千克重的力, 大活塞上能举重多少?

2. 病人的升降椅支持在水压机的直径为 10 厘米的活塞上。椅和病人共重 100 千克重, 如果要使椅和人匀速上升, 则对此活塞需要作用多大压力 (不计摩擦)? 如果水压机的另一活塞直径为 2 厘米, 则加于此另一活塞上的力应该是多少?

(答: 4 千克重)

3. 一水压机的两活塞的直径为 3 厘米及 15 厘米, 杆之短臂为 20 厘米, 要得到 150 倍的力, 全杆长应该是多少? 若将大活塞上之物压缩 0.1 厘米, 杆的长臂一端应下降多少?

4. 某水压机活塞的截面积分别为 75 厘米² 和 3 厘米², 其中所充的油的比重是 0.95 克重/厘米³。小活塞上放有一个 3 千克重的重物, 它 (小活塞) 的位置比大活塞高 50 厘米, (甲) 问须在大活塞上放多重的重物, 这活塞才能平衡; (乙) 如果小活塞比大活塞低 50 厘米, 那末大活塞上应放多重的重物才可以平衡; (丙) 如果用水银来代替压机中的油, 问 (甲)、(乙) 中大活塞上所放的重量将是多少?

5. 试证明水压机工作时, 作用力所做的功等于克服抵抗力所完成的功。

§ 65. 连通器 · 自来水装置

用导管将几个容器的底部相互连通, 就得到了连通器, 如图 114。若在连通器内装同一种液体把一根管固定在架上, 把另一根管上下移动或倾斜, 则见两管中的液体表面总要保持同样高度, 即使把另一管换成弯曲的管也是一样。因此, 在连通器内如果只有一种液体, 那么它的各部分的液面总是保持同样高度, 否则液体就要流动以使得保持同样高度。

为什么在连通器内各管的液面保持同样高度呢? 我们看图 115 AB 是我们想象中的面, 在管内若装入同种液体, 只有当左管和右管中的液柱达到同样高时, 根据压强公式 $P = dh$, AB 面所受

向左的压强才等于所受向右的压强。要这样，液体才能静止。

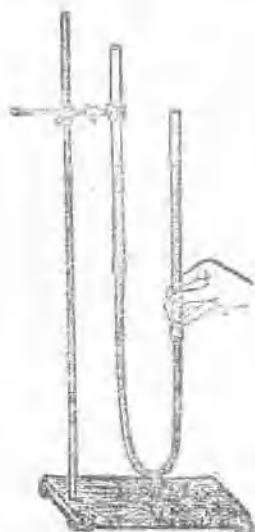


圖 114. 連通器。

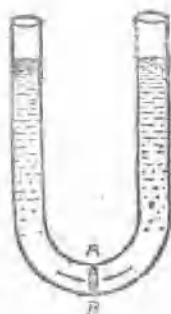


圖 116. 連通器中同種液體液面
相平的說明。

根据連通器液体保持同样高度的道理，可以說明茶壺嘴在傾斜時就能把水倒出。利用这个道理制成可以觀看鍋爐存水多少的液量管(圖 116)。天然噴泉也是由于这个道理形成的。

自來水裝置是連通器原理的最大应用，圖 117 是自來水裝置

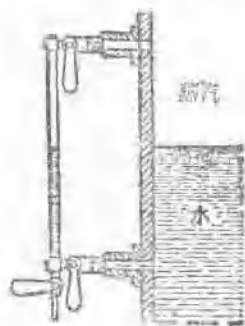


圖 118. 鍋爐上的液量管。

圖，左一端是水源，用強力抽水機把水源的水送到濾水池，經過過濾消毒，再送進水塔。水塔比城市中一切房屋都高，水到水塔後，再經總水管、分水管送到各用戶。水塔、總水管、分水管等組成一套連通器系統，由于里面的水有達到和水塔水位相平的趨勢，所以即使在房屋最高層，也會有水從水龍頭中流出。

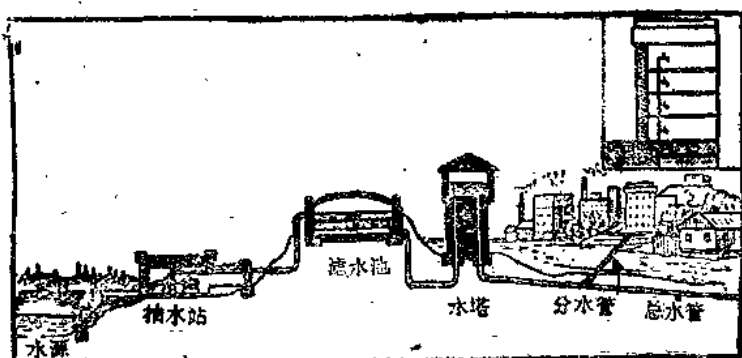


圖 117. 自來水裝置。

§ 66. 大气压强

當戶區之氣力比田右圖美教人地時 右圖地建於地之氣力比田

大利的大科学家伽利略。伽利略的学生托里拆利研究了这现象。他认为抽水机的水只能升到 10 米是因为大气压的值有一定的缘故。如果水在抽机里升高 10 米，那么比水轻的油就能升高 10 米

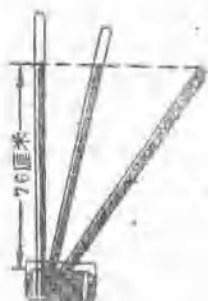


圖 118. 托里拆利的實驗。

以上，而比水重的水銀只能升高到 10 米的 $1/13.6$ 。在 1643 年托里拆利用圖 118 的實驗証實了他的推斷。他在一根長約 1 米，一端封閉的玻璃管內裝滿了水銀，然後用手指堵着管口，把管子倒立在水銀槽里。松开手指以後，管子裏的水銀就下降；可是管子裏的水銀面高出槽裏的水銀面約 76 厘米的時候，水銀就不繼續下降了。這時管子中水銀面上方出現了一部分沒有空氣的空間，這個空間叫“托里拆利真空”。如果管子傾斜，管子裏所留的水銀柱的豎直高度還是一樣（見圖 118）。

為什麼管內水銀面達到約 76 厘米的時候，就不繼續下降了？

由於管外槽裏的水銀面受到大氣壓強，這壓強通過液體向各方傳遞，所以在插入水銀槽中的管口處，也受到了向上的壓強。而管上端是密閉的，管內液柱不能受到外面大氣向下的壓強，因而裏面的水銀就不能全部降落下來，而以它本身的重量來平衡大氣對水銀柱向上方向的壓強。

大氣壓強的値是多少呢？

由於水銀柱是用本身重量所產生的壓強來平衡大氣壓強，因此只要求出水銀柱的壓強，就可以知道大氣壓強了。根據壓強公式

$$P = dh,$$

水銀的比重 $P = 13.6$ 克重/厘米³，水銀柱的豎直高度 $h = 76$ 厘米，

所以

$$\begin{aligned} P &= 13.6 \text{ 克重/厘米}^3 \times 76 \text{ 厘米} \\ &= 1033.6 \text{ 克重/厘米}^2 = 1.0336 \text{ 千克重/厘米}^2. \end{aligned}$$

因而相应的大气压强的值就等于 1.0336 千克重/厘米^2 。这个压强叫做标准大气压强。它可以用来做压强的单位，这个单位就叫做 1 大气压。

工业上常用 1 千克重/厘米^2 来做压强的单位，这个单位叫做 1 工业气压。

一般我们常用水银柱高多少毫米或厘米表示大气压强。如 760 毫米水银柱高(不能说成大气压强是 760 毫米)。

大气压强的值不是固定不变的，正如同液体的压强随着离容器底越高而越小一样，大气压强也随着海拔高度的增加而减小。在 5.5—6 千米高的地方，大气的压强就要减小到为地面压强的一半。大约高度在 600 米以内；温度在 0°C 时每升高 10.5 米气压就减小 1 毫米水银柱高。

§ 67. 气压计

气压计是测量大气压的仪器，用它可以很容易随时随地测出大气压强值。

气压计一般分水银气压计和无液气压计两种。图 14、图 15 是两种水银气压计，一是槽式气压计，一是曲管气压计。

槽式水银气压计是根据托里拆利实验而制造的。把装满水银管 ED 倒立在水银槽 C 里，水银槽的底部是皮囊 B ， B 的下面有螺旋 A 。测量大气压时，先旋转螺旋 A ，使水银槽里的水银面跟固定在槽上的象牙针 I 刚刚接触，就可以从玻璃管旁边的刻度尺 S ，读出管里水银柱的高度。因为 S 尺上所刻的高度是从象牙针的尖端算起的，所以要先使槽里的水银面跟象牙针接触。这就是槽式气压计的简单构造原理。



圖 119. 槽式气压計。



圖 120. 曲管气压計。



圖 121. 无液气压計。

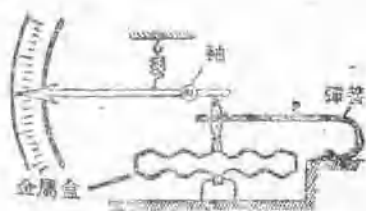


圖 122. 无液气压計构造的示意图。

曲管水銀气压計也是根据托里拆利实验而做成的。它的長臂的頂端封閉，短臂是开口的。長臂里水銀面上方是真空，当大气压增加时，短臂里一部分水銀就升入管中，長臂中的水銀面上升，短臂中水銀面下降，因此每次測量气压时都要量上下两水銀面的差来表示大气压的值。

无液气压計的优点是不象水銀气压計那样容易打坏，而且携带方便，它的主要部分是一个金属盒（圖 121、122），为了增大效果，盒面做成波紋形状，并把盒里的空气抽出去。当大气压强增加时，将金属盒上方的盒面 M 压下去，因盒面 M 和指針及彈簧 L 相联，所以盒面压下去时，指針就被牵动而偏轉，大气压强减小时，彈

簧就把盒面拉出些，指針就被牵动向反方向偏向。指針下面有刻度盘标明大气压的值。无液气压計比水銀气压計的准确度稍差，但灵敏度却很强，当我们把它举高2—3米时，指針就会显著地移动。

在很灵敏的无液气压計上，装一个直接标出高度的刻度盘，就成高度計，在航空、登山时都可用来测量高度。

§ 68. 虹吸现象

圖 123 表示的是利用一个長脚管和一个短脚管的連通裝置。利用这种裝置，在开始时只要把液体吸过最高点，液体就会不断地把液体从液面較高的容器 *A* 移到液面較低的容器 *B*，这种现象叫做虹吸现象。液体流过的那根管子叫虹吸管。

为什么会产生这种现象呢？

虹吸现象是由大气压强产生的。加在两个容器液面上的大气压强都經由液体傳遞到两管口处，这样两管口处同样受到由大气压强引起的向上的压强作用。

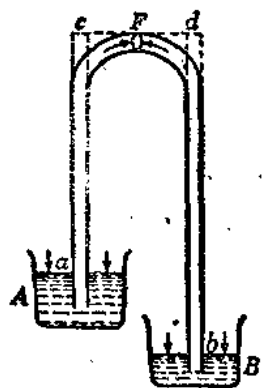


圖 123. 虹吸。

又由于两管中液体都有由液体重量而产生的向下的压强，这压强的大小由液柱的高低来决定。假若我們設想在管最高点 *F* 处有一个豎直的液片，則这液柱右面所受到向左的压强是大气压强减去液柱 *db* 的压强。液片左面所受到向右的压强是大气压强减去液柱 *ca* 的压强。因为液柱 *db* 比 *ca* 太，所以液片所受向右的压强比向左的压强大。液体就由左向右移动，也就是液体从容器 *A* 里向容器 *B* 里流，直到两容器的水平面的高度相等时为止。

由以上所述，我們可知虹吸现象产生的条件是：

(1) 液面上必须有大气压强存在。