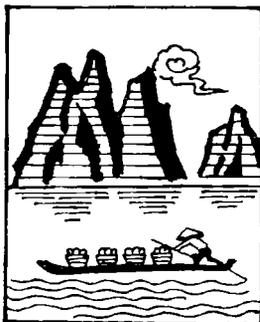


# 神奇的虹吸

谢恩东



## 一、简单的虹吸现象

我们先看一个简单的实验,如图 1 所示,一根软管充满水,B 端放入装有水的容器中,这时水能通过导管从液面较高的容器中不断从 A 端流出,这种现象叫做虹吸现象。

虹吸现象是怎么产生的呢?可以作如下简单分析。在液面上取一点 C,在管中取一点与液面等高的 D 点,设大气压为  $P_0$ ,由连通器原理可知  $P_D = P_C = P_0$ ,而  $P_A = P_0$ 。AD 段水柱就会在重力的作用下向下运动,由于大气压的影响会导致 BD 水柱随之运动,这样水流就能不断从 A 端流出。可见,虹吸现象产生的条件是大气压和重力,在失重或真空状态下虹吸现象是不会出现的。从 A 端流出的水可认为来自容器的液面处,由于液面高于 A 端,因此也可以从能量的角度看,水的重力势能转化为动能,正如我们日常生活中所说的水往低处流。

## 二、我国古代的虹吸

虹吸管在汉代称为渴鸟,东汉末年已出现了灌溉用的渴鸟。到了唐代,虹吸管又被称为“注子”偏提”。《事物纪原》中记载:“元和初,酌酒用奠杓,安系,茗茗瓶而小异之,目曰偏提。”北宋曾公亮在《武经总要》中,具体记述了如何用竹筒制成大型虹吸管,把被高山阻隔的泉水引上来的技术。他写道:“凡水泉有峻山阻隔者,取大竹去节,雄雌相合,油灰黄蜡固封,勿令泄气,推竹首入水中五尺,于竹末烧松桦或干草,使火气自竹内潜通水所,则水自中逆上。”所谓“使火气自竹内潜通水所”,就是加热虹吸管空气,使其膨胀而造成局部真空。

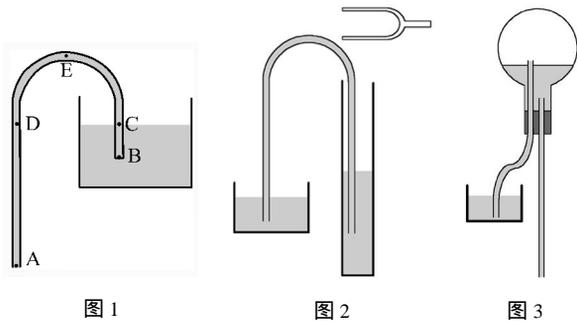
虽然古人能制造并很好地利用虹吸管,但他们还没有发现虹吸管的入口处(图 1 中的 C 点)与虹吸管弯曲顶端(图 1 中的 E 点)的竖直高度差不得超过一个大气压的对应水柱高度。

## 三、虹吸现象的应用

课堂演示实验 虹吸现象。图 1 所示的装置简单、易实现,课堂演示能大大激发学生对物理学习的兴趣。共鸣实验。在做空气柱音叉共鸣的演示实验时,可用虹吸现象改变液面的高度。通过橡皮管缓慢导出容器里的液体,能准确控制液体的高度(如图 2)。虹吸喷泉实验。取烧瓶、橡皮塞、玻璃管、软管和烧杯,并按图 3 所示组装仪器,当玻璃管出口端低于烧杯液面时,水将流出,烧杯内会形成喷泉,通过改变烧杯的高度即可改变喷泉的高度。

水利工程上的应用 虹吸法简单易行,且操作时不需要外界提供能量,在水利水电工程施工中,虹吸法充水的应用较为常见。

三峡水利枢纽三期工程截流之前,必须拆除二



上,卫星、地球和其上的嘉峪关的相对位置如图 8 所示。由图 8 可知,如果能求出同步卫星的轨道半径  $r$ ,那么再利用地球半径  $R$  和纬度  $\alpha$  就可以求出卫星与嘉峪关的距离  $L$ ,即可求得信号的传播时间。

设地球质量为  $M$ 、同步卫星质量为  $m$ ,由牛顿第二定律,同步卫星有  $GMm/r^2 = m \omega^2 r$ ,其中  $\omega = 2\pi/T$ ;同步卫星在地面上时,由  $GMm/R^2 = mg$  得  $GM = gR^2$ 。由以上各式解得  $r = (gR^2 T^2/4\pi^2)^{1/3}$ ;由余弦定理得  $L = \sqrt{r^2 + R^2 - 2rR\cos\alpha}$ ,故微波信

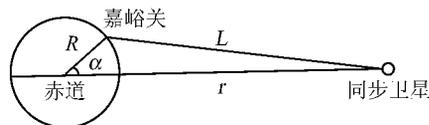


图 8

号传到嘉峪关处的接收站所需的时间为  $t = L/c = \sqrt{(R^2 g T^2/4\pi^2)^{2/3} + R^2 - 2R(R^2 g T^2/4\pi^2)^{1/3} \cos\alpha} / c$ 。

(程嗣,北京市东城区教师研修中心高中物理室 100009;程首宪,湖北省宜昌市三峡高中 443100)

期下游土石围堰。为降低二期基坑与下游水位差太大引发溃堰的可能性,减小混凝土防渗墙拆除爆破致使溃堰的危害程度,要求在混凝土防渗墙拆除爆破前对二期下游基坑充水,将二期基坑与下游围堰堰外水位差降至 10 米以内。经多方面考虑,充水方案最终确定为虹吸法,虹吸法充水具有安全、稳妥、经济的优点,但充水时间较长,因此在实际应用中可采用较粗的多根虹吸管。

我国长江入海口(东海),海拔为零米,而新疆自治区境内吐鲁番盆地中有一片面积约为 5500 平方千米的凹地,海拔 - 2.0 米,其中艾丁湖水面海拔为 - 151 米。利用虹吸原理将东海长江入海口之水引向干旱的吐鲁番荒漠是可行的,这就是“东海西灌”工程。工程目前只是一种设想,若真能实现将东海近陆区宝贵丰富的淡水资源,引向吐鲁番干旱凹地荒漠,则可以从根本上改善该地区的气候、生态环境和经济建设条件。

虹吸也可用于农田灌溉,我国河南、山东一带黄河两岸的许多农民就用虹吸装置引黄河水灌溉田地。

公厕中的自动冲水器 现代公厕都为水冲式,大多用浮球阀控制冲水器。由于浮球阀用塑料制作,配件多、构造复杂、长期浸没水中,因而较易损坏。而采用虹吸原理制成的自动冲水器,结构简单、造价低廉、不易损坏。

我们可以用简单的自制实验装置来说明虹吸自动冲水器的原理。取一个废弃的纯净水塑料瓶,截去底部,在瓶盖中钻一小孔,再取一软管穿过小孔(如图 4),将装置放在水龙头下,缓慢注水,当水面达到弯管顶部 B 点时,弯管充满水后,发生虹吸现象。水很快从弯管中向下从 C 点流出,由于水面很快下降,当水面降到弯管的入水口 A 点时,排水就停止了。但水龙头仍在向瓶中缓慢加水,水面又会缓慢上升,从而形成下一次虹吸,由于虹吸现象是间断进行,我们也称这种现象为间歇虹吸。间歇虹吸可用作公厕的自动冲水器。由于间歇虹吸现象中水面能维持在 A、B 之间,因此也可用于液面控制器。

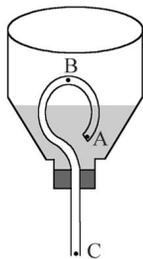


图 4

医疗上的应用 胃管虹吸法是医生给食物中毒病人洗胃常用的方法,操作方便。利用虹吸法给病人胸腔、腹腔穿刺放液,省时省力,相对于常规注射器抽吸法有一定的优势。

#### 四、实现虹吸的几种方法

虹吸发生的前提是管中的空气必须排空,以下是几种常用排空空气的方法。吸。用嘴将管中的空气吸出,这种方法简单易行,但不卫生,不适用于有毒液体。捋。如果虹吸管是弹性较好的橡皮软管,也可用手将管内空气捋出。灌。先将虹吸管内灌满液体,再将其两端放入容器中。自动虹吸管。

以上几种方法操作起来比较复杂,由于虹吸管用途非常广泛,因此人们就发明了一种自动虹吸管。图 5 为某厂家生产的自动虹吸管结构示意图,A、B 分别为进、出水口,C 处为空腔且可被压缩,M、N 为单向阀门,它们可使液体(或气体)只能沿箭头所指方向流动,若液体反向流动,阀门则关闭。使用时只须压缩空腔 C 数次,待管内空气排空,形成虹吸,以后液体就不停从高处流向低处。如果不停地压缩空腔 C(即在人工助力的前提下),不仅能加快液体流动的速度,还可以利用自动虹吸管将液体从低处输向高处。

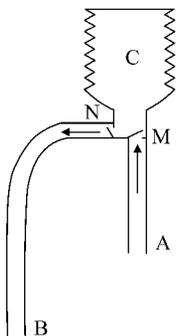


图 5

生活中也可用医用输液器来代替自动虹吸管,只不过阀门的关或开需要用手捏住或松开软管。

(安徽省安庆市第一中学 246000)

### 科苑快讯

#### 非接触性摩擦

接触性摩擦是一个物体表面上的原子“突起”滑过另一个物体表面的原子“凹陷”产生的。康奈尔大学的赛佩·库恩(Seppe Kuehn)和同事,利用 0.25 毫米长、几千个原子厚的单晶微悬臂梁,观测相距 1 纳米的两表面间的非接触性摩擦。使悬臂梁与一个表面垂直,并使其向下做如同钟摆一样的运动,在这样的运动状态下调整悬臂梁,悬臂梁将因感应到下方表面的摩擦而慢下来。令人吃惊的是,非接触性摩擦力依赖于样本的化学性质。通过研究不同聚合材料的化学依赖性,这几位研究者直接检测了因样本中分子运动导致弱电场波动而产生的摩擦。这项研究是在他们最近努力获取单分子磁共振成像的过程中进行的,单分子磁共振成像需要检测非常小的作用力,而非接触性摩擦干扰了他们的检测工作。

(高凌云译自 *Physics Today*, 2006 年第 7 期)