

洗衣机为什么老翻衣服兜？

北京大学退休人员 武际可



洗衣机为什么老翻衣服兜？

- 常用洗衣机洗衣服都有一种体验，即洗衣机把衣服洗完后，衣服的兜常常被翻过来。兜里如果原来有钢币或别的东西，也会被掏出来。这是怎么回事？



伯努利定律

- 要解释这种现象，得从流体力学的一个基本原理说起。这就是伯努利定律。这个定律说，在一条流线上，流体质点的速度与在这点的压强成反比。也就是速度愈大压强愈小。更具体地说是沿着一根流线，我们设流体质点的速度为 v 密度为 ρ ，这点的压强为 p ，它们之间有关系。

$$\frac{1}{2} \rho v^2 + p = \text{常数}$$

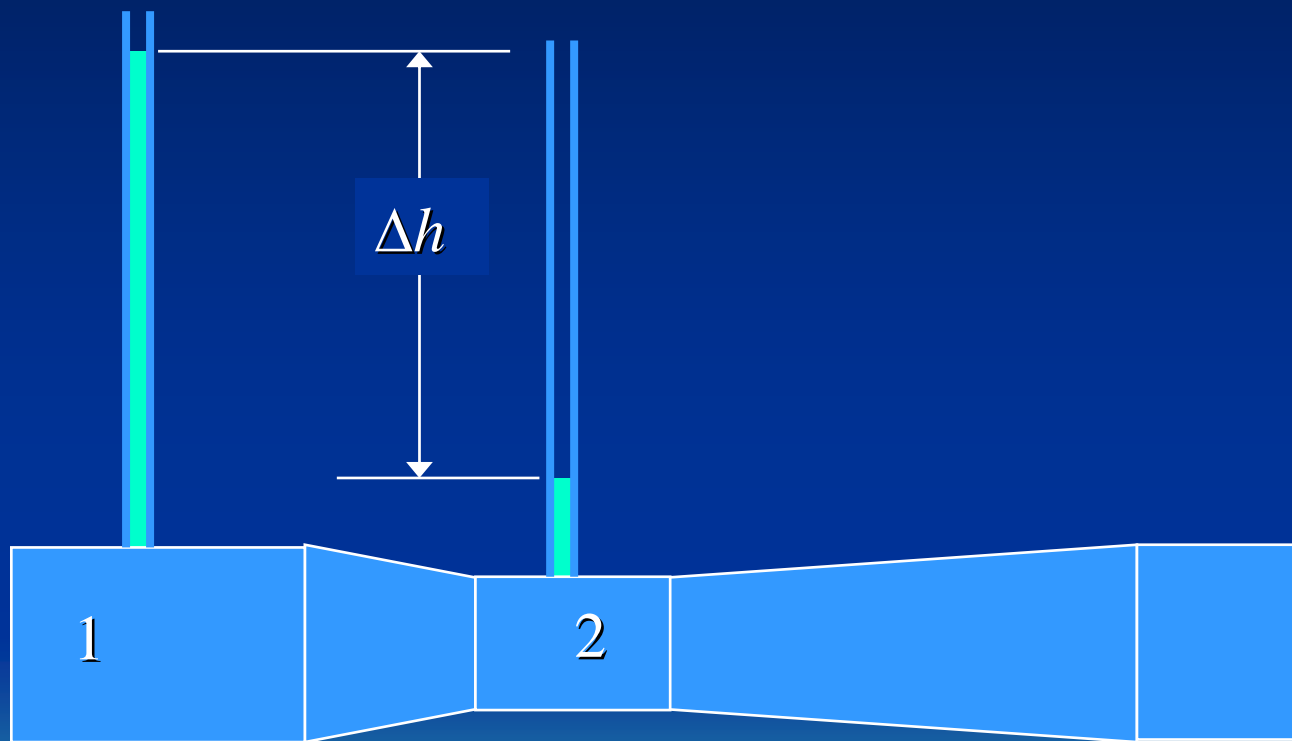
E.Torricelli(1608-1647)定律



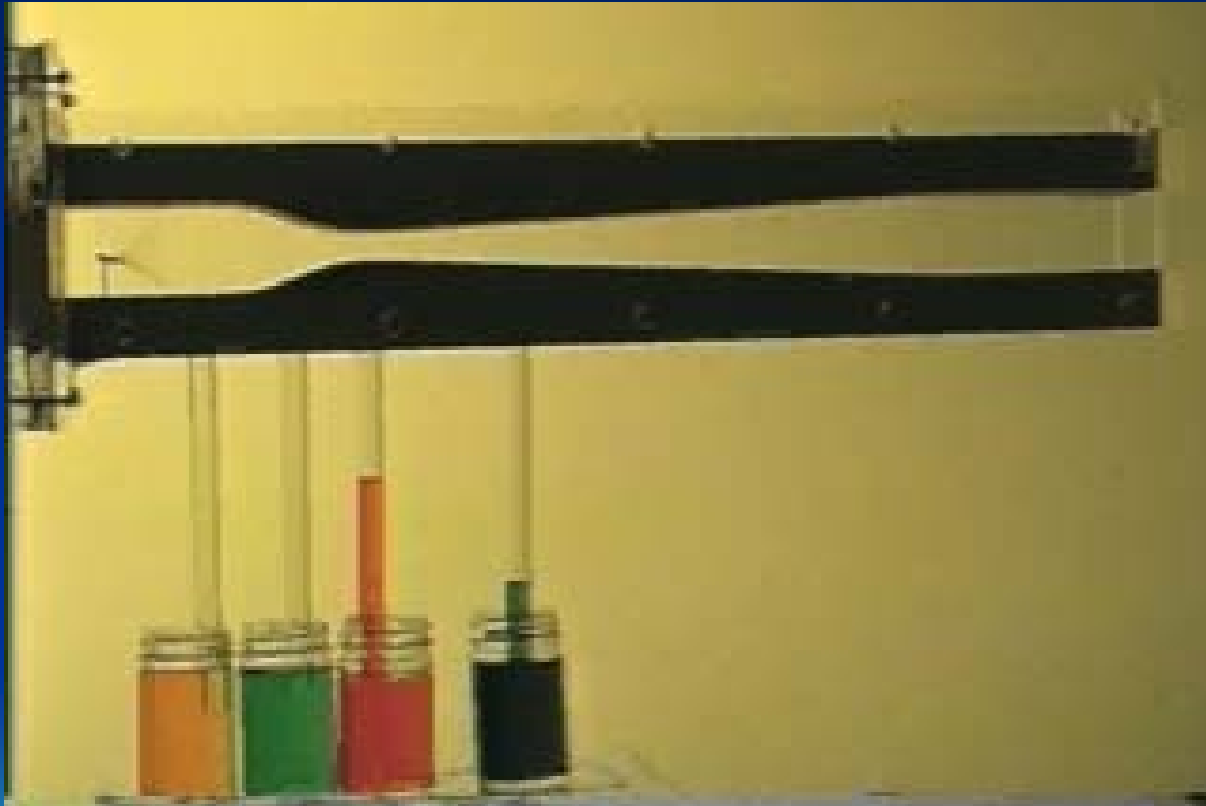
- 瓶上部和每个孔口的压强都是一个大气压。水的密度是1，于是有

$$v = \sqrt{2gh}$$

实验演示



实验演示



洗衣机洗衣的情形

- 现在我们来查看被洗的衣服在洗衣机里的情形。当洗衣机转动时，衣服兜的口附近流体有一个相当的速度，而衣服兜的底部流体的速度就要小。这是因为裤兜的底部是在裤筒里，上衣的衣兜底部也是裹在衣服的里头，所以那里的流体相对于衣服的速度要小得多。根据伯努利定律，衣兜底部的压强就比衣兜口附近的大，这种压差就会驱使水从衣兜底部流向衣兜口。洗衣机反复转动，这种压差就一次次使流体从兜底流向兜口，这种流动就足以把衣兜翻过来。

伯努利定律可以解释许多现象

- 在刮大风时，不结实的房屋，总是房顶被掀起，形成灾害。这是因为刮大风时，房顶的风速很大，而房内的速度为零。所以房内的压强大，而房顶的压强小，由于风很大，这种压差也就很大，大到足以掀翻屋顶。所以杜甫在《茅屋为秋风所破歌》中说：“八月秋高风怒号，卷我屋上三重茅。”形容得是非常贴切的。为了设计能够抵御风灾的房屋，特别在我国东南沿海地区，那里经常有台风光顾。就要着重考虑作用在结构物上的风载荷。这时，伯努利定律是一个在计算风压和风速关系时经常用到的公式。

大风揭去屋盖

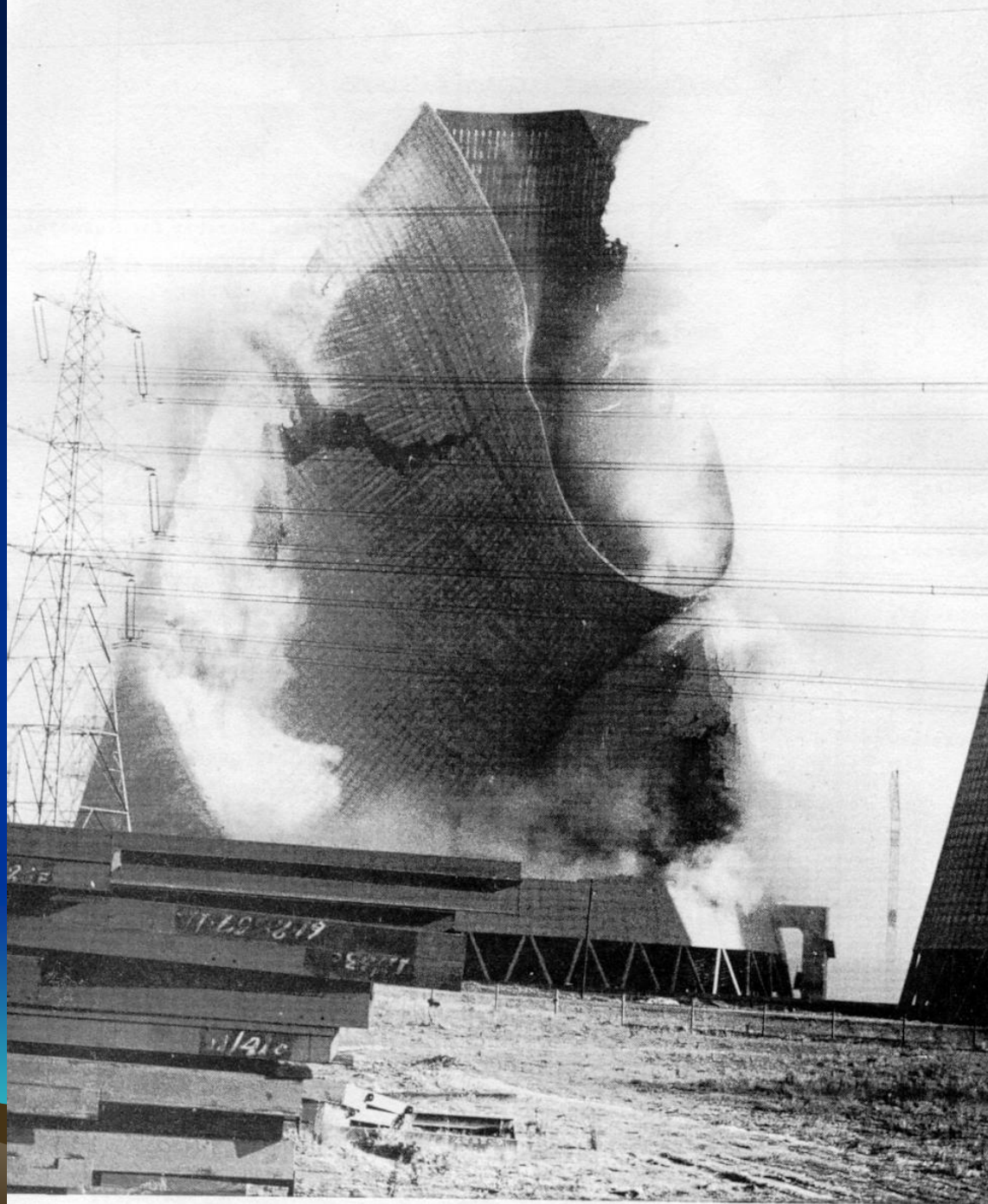


图 1 被大风掀掉的屋顶

2008年5月2-3日缅甸发生风灾，造成约10万人丧生
百万人无家可归。



1965年11月
1日英国的渡
桥电厂的8座
冷却塔在8级
大风中被吹
倒了三座，
图示一座正
在倒塌。





用吹风机吹乒乓球

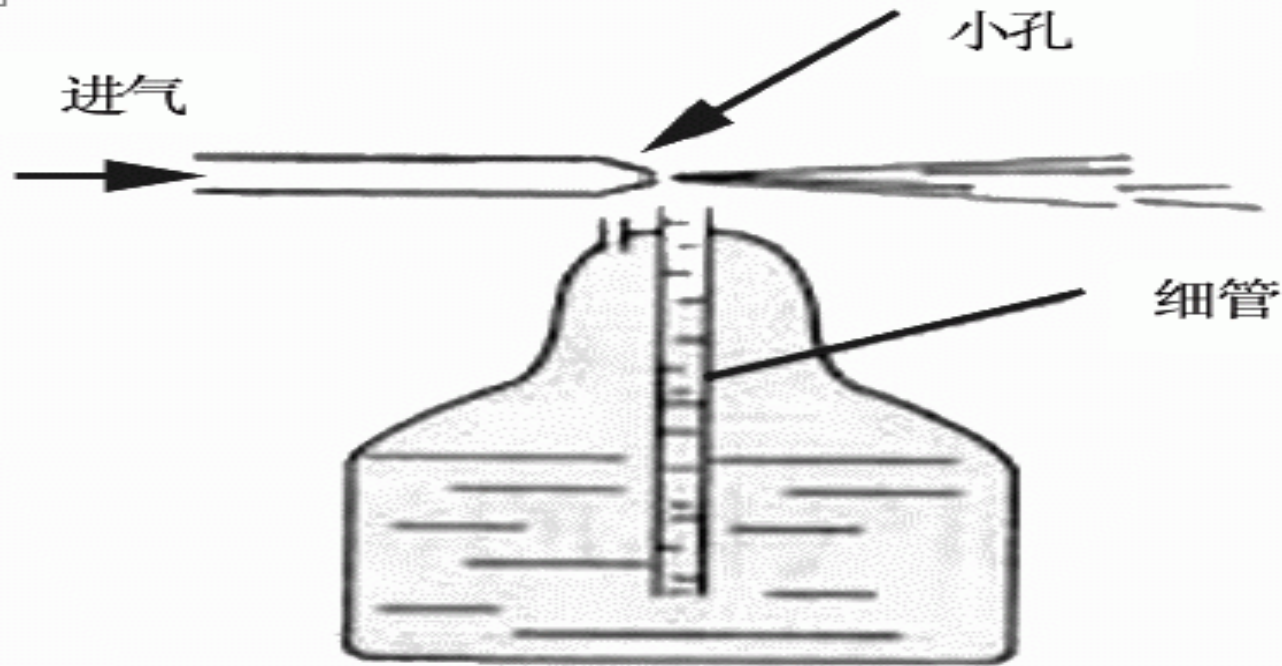
- 用吹风机向上吹乒乓球
为什么乒乓球总不会掉
下来也不会跑到气流外
面去。



喷雾器的工作原理



<http://www.teachers.net.cn>



喷雾器的原理

管道流动

A处
窄，流
速高，
压强
高；B
处宽，
流速
小，压
强低。

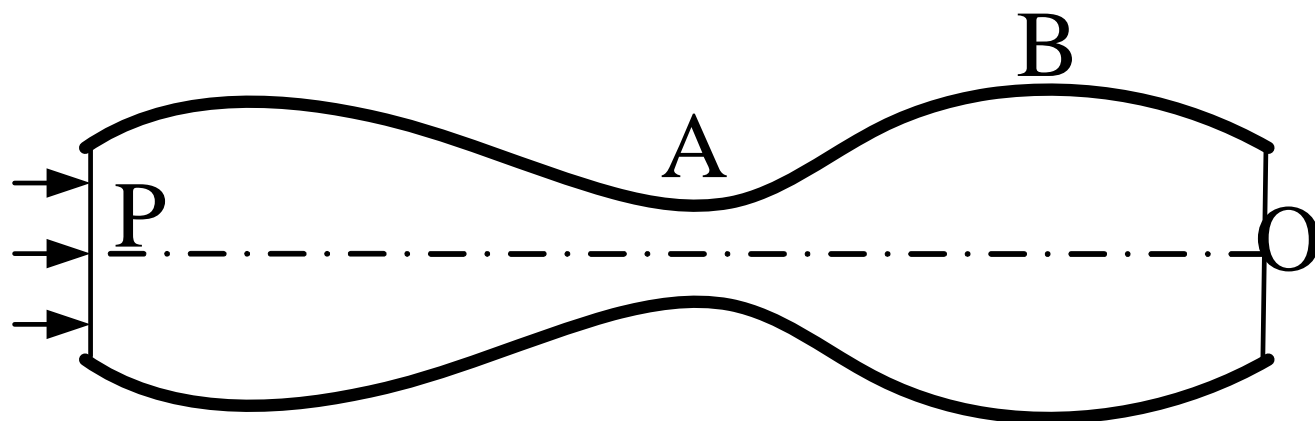
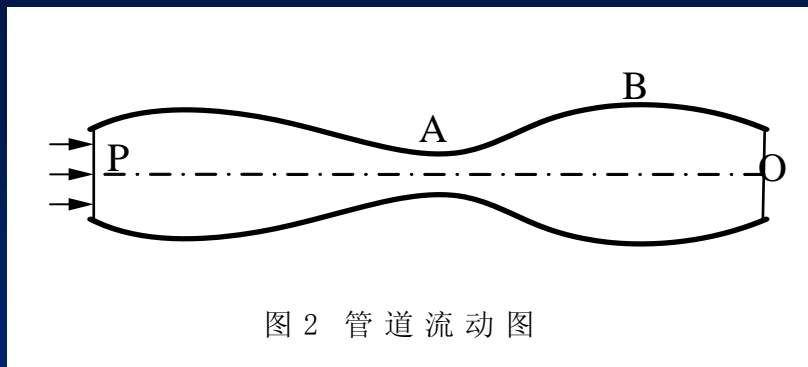


图2 管道流动图



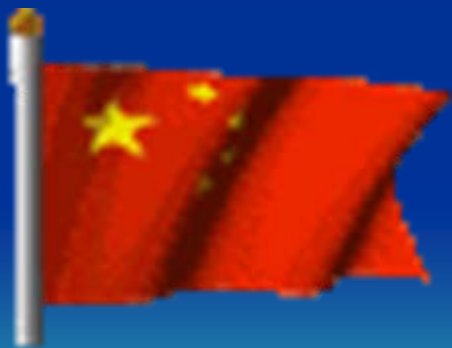
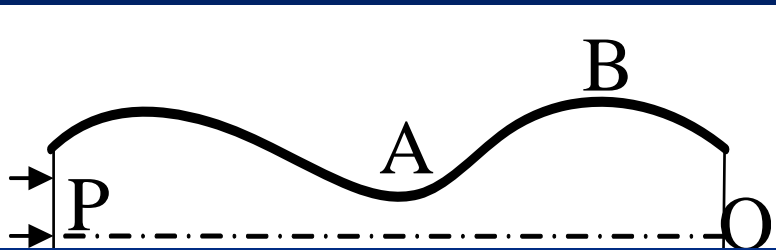
- 我们知道，流体流过一根管道时，在流速不太大的条件下，亦即在流体的可压缩性表现得不那么明显的条件下，管道细的地方，流速就快，粗的地方流速就慢。也就是说，在细的地方压强就小，粗的地方压强就大。如图的管道，在A处的截面上流体的速度大，在B处速度小。现在我们沿着管道的对称线OP来看它的上半部分，就是说，突出的A点速度大，凹陷的B点速度小。利用这个结论我们来看在刮风时的旗子。

风中的旗子

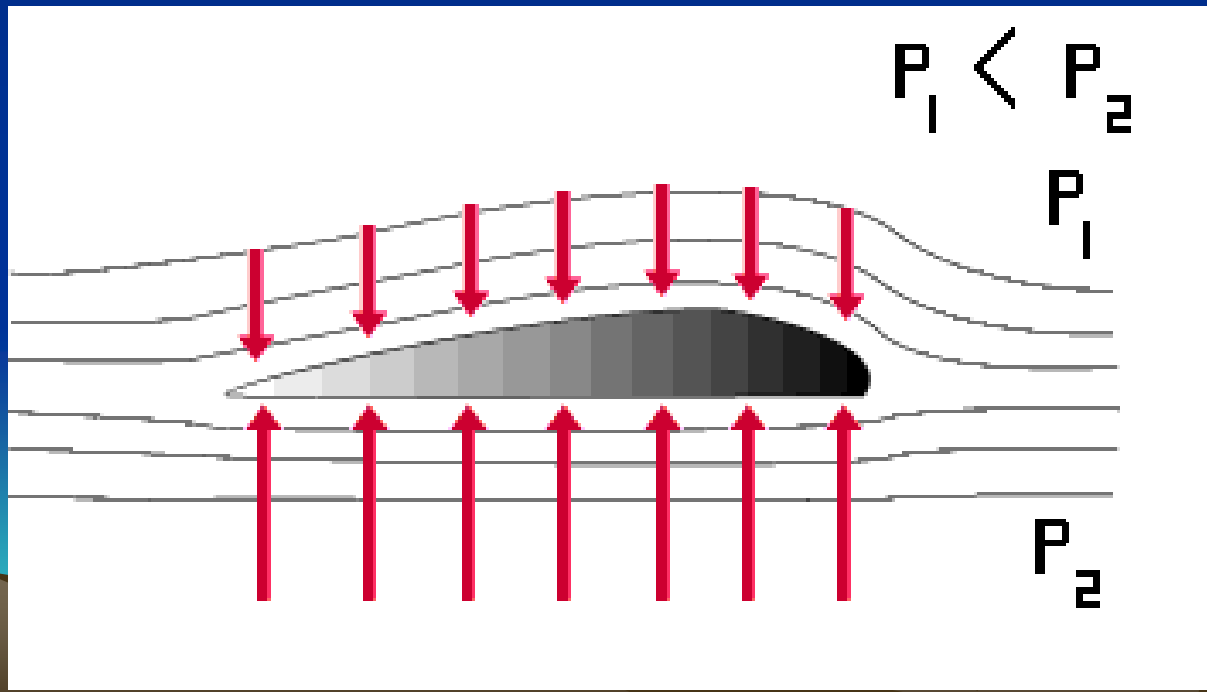
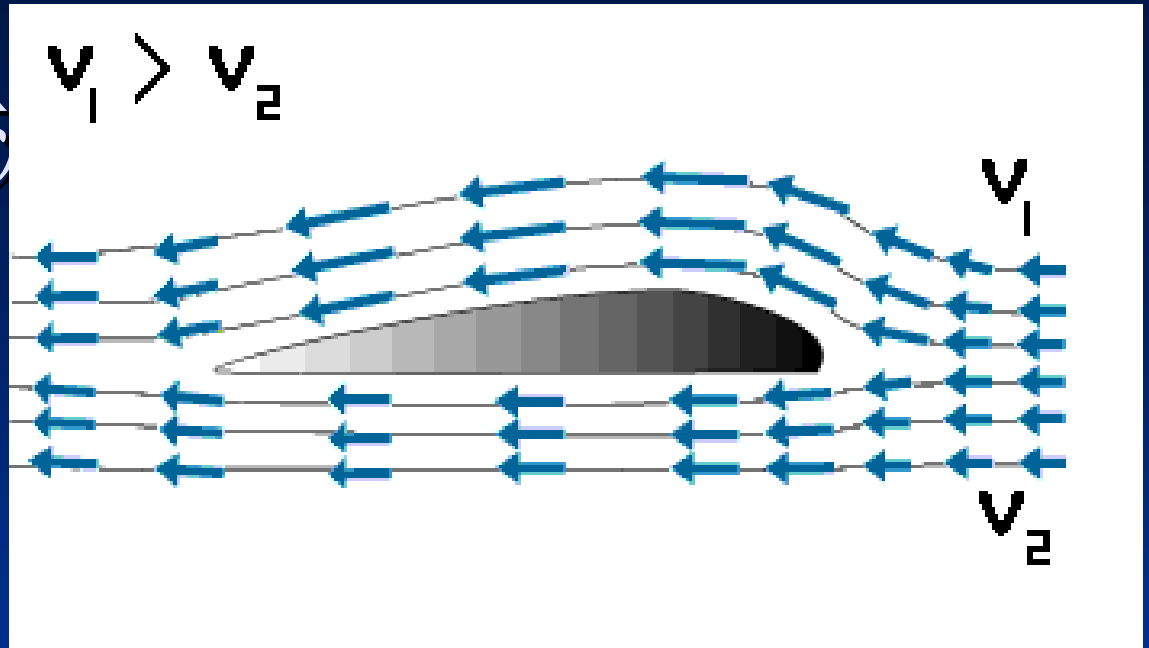
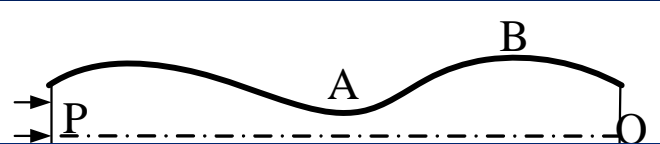
- 如果在风中的旗子是理想平面，则在刮风时，旗子两边的风速一样大，压强也一样大，两边的压强保持平衡，所以旗子就不会抖动。不过，在实际情形，旗子总会有一点弯曲，比如说像图1中AB的曲线。这时，A点下面是凸面，压强小，而A点的上面却是凹面，压强大。这种压差会使A点继续向下运动。而对B点，情形恰好反过来，压差会使B点向上运动。于是，由于压差的作用，会使无论多小的弯曲增大。也就是说，绝对平的旗子在风中是不稳定的。任何微小的对理想平面的偏离，都会在风的作用下继续偏离，而不会回复平面。这就是为什么旗子在风的作用下总是不断抖动的道理。



风中的旗帜

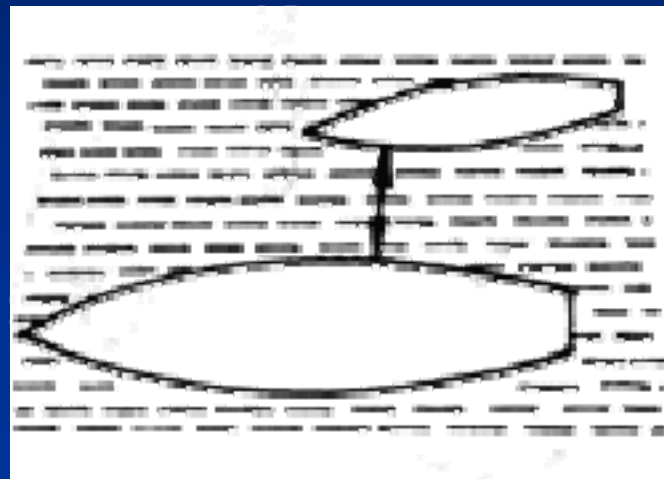


木

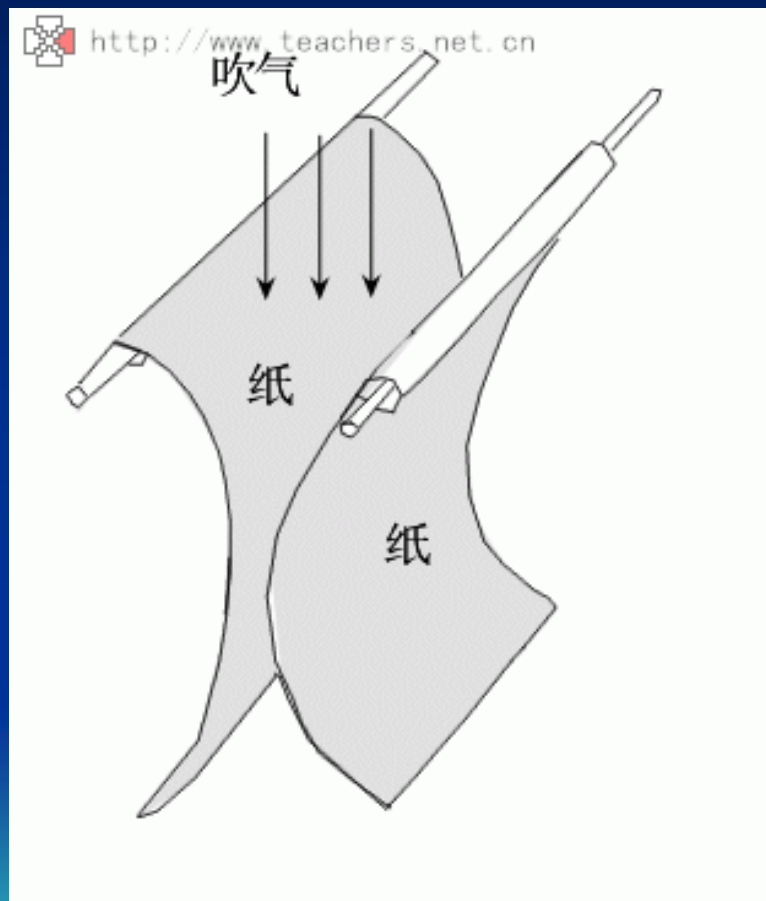


一起碰船事故

• 1912年秋天，当时世界上最大的轮船之一在海上航行着，同时在离它100米远的地方，有一艘比它小得多的铁甲巡洋舰“豪克”号几乎跟它平行地疾驶着。当两艘船到了像图里所画的位置的时候，小船好像是服从着一种不可见的力量，竟不服从舵手操纵，扭转船头朝着大船冲来，发生了撞船事故。“豪克”号的船头撞在“奥林匹克”号的船舷上，把“奥林匹克”号的船舷撞了一个大洞。



两船相碰的道理



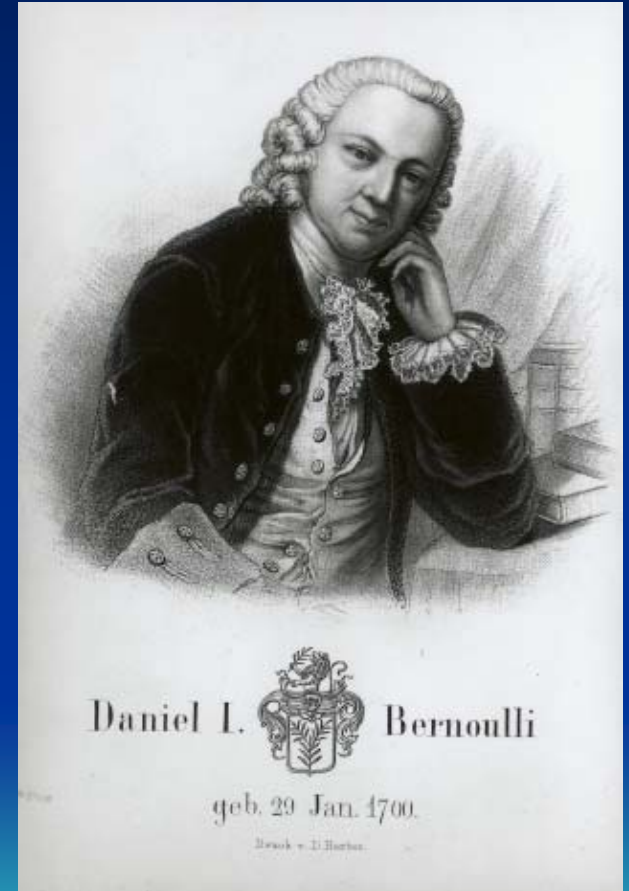
丹尼尔·伯努利

Daniel Bernoulli, 1700-1782

- 丹尼尔·伯努利1700年2月8日生于荷兰格罗宁根。以出数学家著称于世的伯努利家族中他是杰出的一位。他的伯父雅科布·伯努利是牛顿和来布尼兹同时代人，是一位名声显赫的数学家。他是数学家约翰·伯努利的次子。和父辈一样，他违背家长要他经商的愿望，坚持学了医，他曾在海得尔贝格、斯脱思堡和巴塞尔等大学学习哲学、伦理学、医学。1721年取得医学硕士学位。

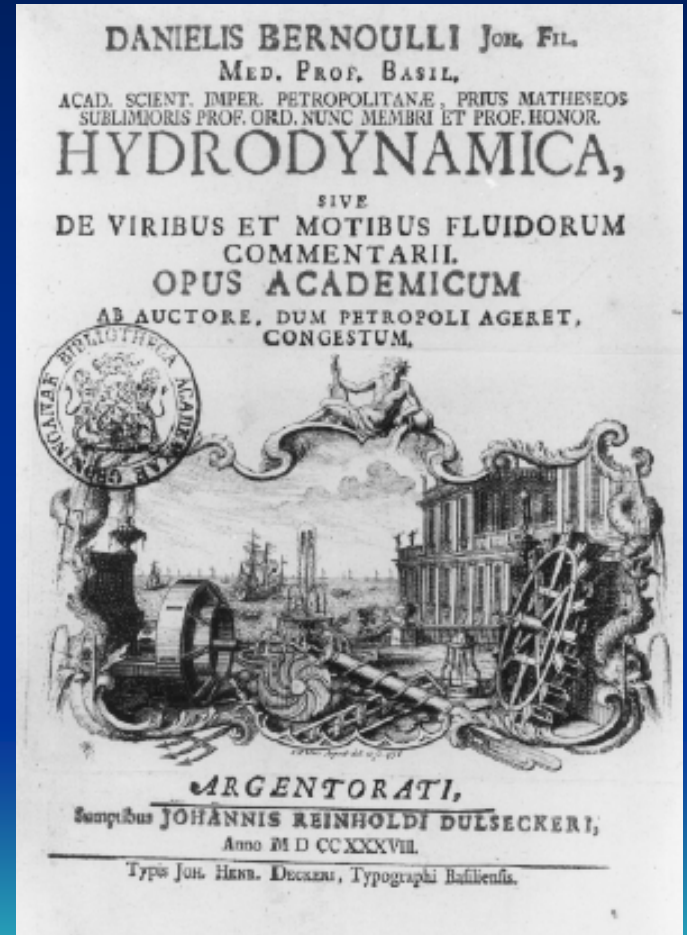
丹尼尔·伯努利

- 丹尼尔·伯努利在25岁时(1725)就应聘为圣彼得堡科学院的数学院士。8年后回到瑞士的巴塞爾，先任解剖学教授，后任动力学教授，1750年成为物理学教授。他除了在流体力学方面的程、概率论、电学、气体的分子论等重要工作以外，在微分方程、概率论、电学、气体的分子论等方向上都有重要的建树，此外他涉猎很广，在植物学、解剖学、生理学等方面都进行过研究。



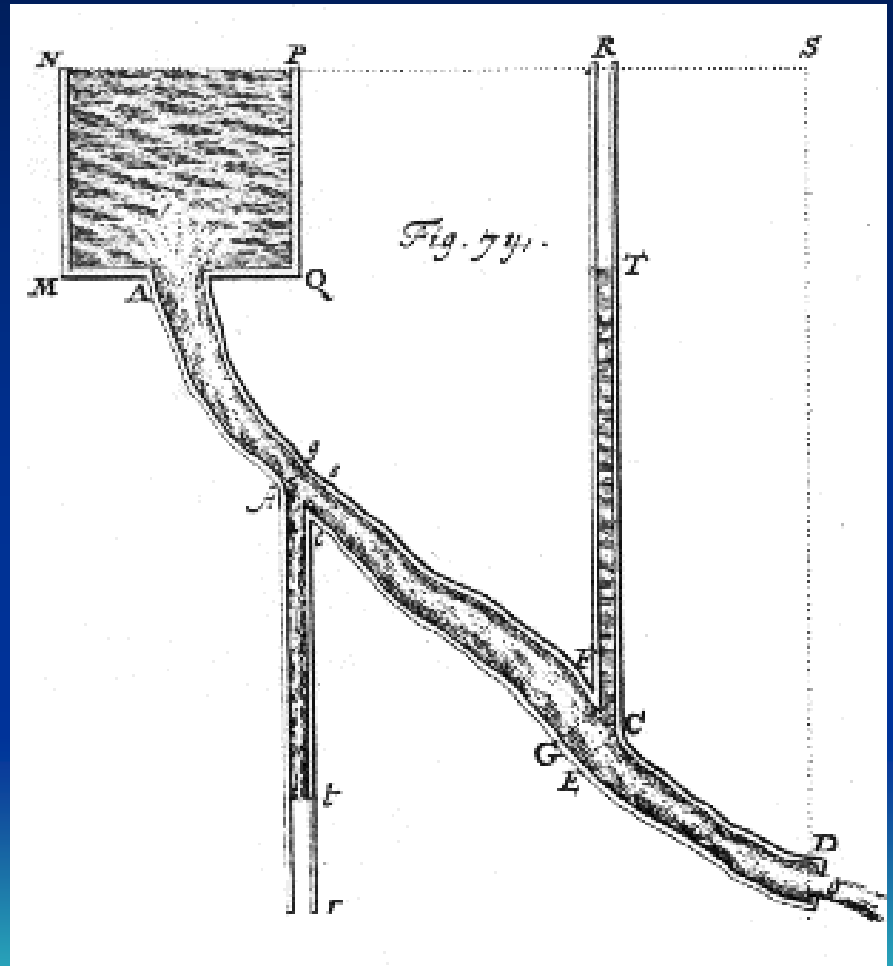
流体力学

他在1734年完稿，1738年出版的专著《流体力学》（Hydrodynamica）中总结出流体压强与速度的关系（图3是该书的封面）。后人称为伯努利定律。



伯努利量血压的方案

值得一说的是，丹尼尔伯努利研究流体的管道流动最初是从研究血液的流速和血压的关系开始的。

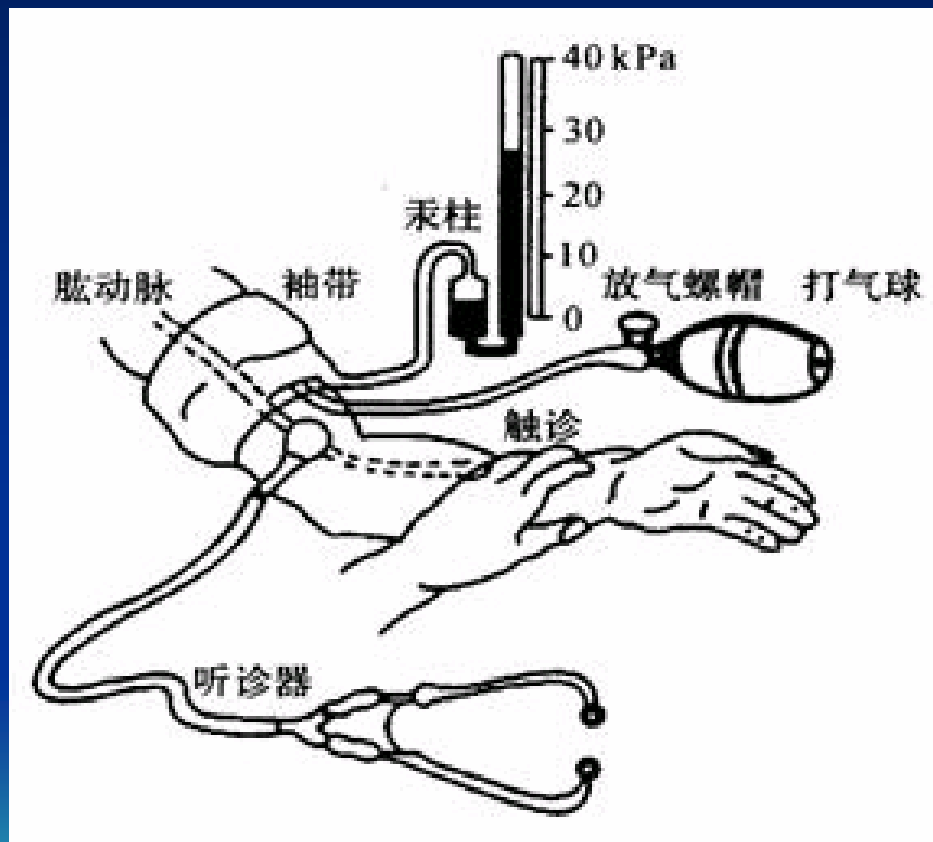


茹齐

Riva. Rocci, 1863-1937

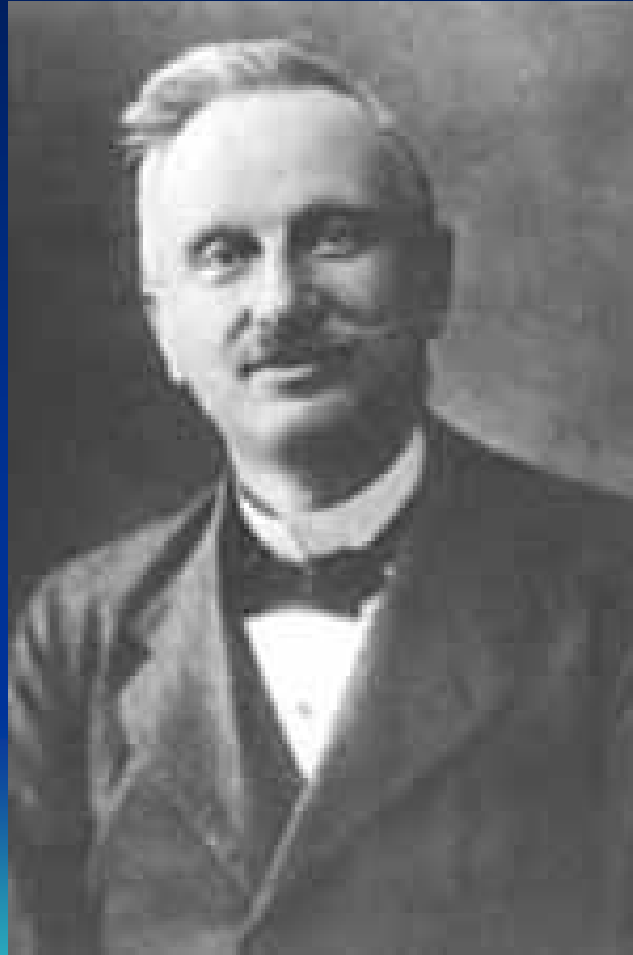
的血压计

- 1896年，一位名叫茹齐（Riva. Rocci, 1863-1937）的医生在杂志上连续分两次发表了同一题目的文章，介绍了一种新的方便的血压计。这就是一直使用至今的靠打气来压迫血管的水银血压计



茹齐

Riva. Rocci, 1863-1937



谢谢大家

