

Middle school physics two or three things — talk about temperature, heat and buoyancy

Facheng-Yang

Experimental testing institute, Kalamayi xingjiang

Email: yangfacheng2006@163.com

Abstract

This article talks about middle school physical two or three things, then tell me something about the junior high school (grade8, 9) in the physical temperature, the temperature of thermodynamics, molecular thermal motion, heat, friction, fluid pressure and buoyancy. Author try, from the perspective of the concept, combined with today's scientific and technological achievements analysis on specific things one by one, so that the physical concept reflected in the specific objective things. Due to the theory of cognitive needs with the progress of scientific practice and continuously update and perfect, so today's achievement is only, or limited to a certain stage of the summary. Although is briefly discussed, but the new student of physics has the important enlightenment.

Keywords

Temperature; Thermodynamic temperature; Heat; Friction; Liquid; The pressure; buoyancy

Subject Areas Math & Physics

中学物理二三事

——浅谈温度、热量及浮力

杨发成

实验检测研究院，新疆 克拉玛依市

Email: yangfacheng2006@163.com

收稿日期：2017年10月12日；发布日期：2017年10月16日

摘要

本文谈及中学《物理》的二三事，那就说说初中（八、九年级）《物理》里“温度、热力学温度、分子热运动、热量、摩擦、液体压强及浮力”吧。作者尝试从概念入手、并结合当今科技成果对具体事物逐一分析，从而使物理概念反映到具体客观事物当中。由于理论认知需要随着科学实践的进步而不断更新和完善，所以今天的成果只能是或局限于某个阶段的总结。本文虽然是简要论述，但对初涉物理的学生有著重要的启迪作用。

关键词

温度；热力学温度；热量；摩擦；液体；压强；浮力

1. 引言

对初学或接触《物理》学科不久的大多学生，总觉着学习物理较为困难，或物理概念难以理解或跟日常生活对不上号，是学物理较难的主要原因。所以，教师特别是初中教师，有必要更有职责引导、培养学生从兴趣开始，这样才能让学生越学越感兴趣。然而，本文作者多年的教学及对其它物理（初、高中）教师教学水平及学生学习状况的不完全调研显示，结果不如人意。为什么会出现这种状况呢？原因列以下几点，供参考。

一、照本宣科：教科书上怎么写，一字不漏地背下来，公式、定理、定律只管用，不讲一个为什么？即便有人提了问，回答也是吱吱唔唔讲不清。

二、死搬硬套：古老传统观念、公式、定理、定律死搬加硬套，书本与实际难结合，跟日新月异的现代科技渐行渐远。

三、作者近几年在教学中曾大胆尝试，对经典观念注入现代元素，紧密结合新的科技成果加以应用，使本身较为死板的学科变得精灵活现接地气。今将经验分享给大家，希望日后对教师的教学、学生的学习起到积极作用。

2. 温度与绝对温度

2.1. 温度概念

概念来源：《物理》课本“人教版”。物理学中通常用**温度**（temperature）来表示物体的冷热程度，热的物体温度高，冷的物体温度低。

可以这样来理解：冷热是个相对的概念，你觉得 90°C 的水很热，可是烧红的金属块（ 10^3°C 以上）掉进去，照样会被冷却。衡量冷热有个标准，就是温度。有摄氏温度，有华氏温度，还有绝对温标，作用都大同小异。物体的温度，反映在这些原子的平均速度上，平均速度越快的温度就越高。**物体的温度，对应着原子的平均速度。**

2.2. 绝对温度

绝对温度又称**绝对温标**，绝对零度或称绝对零标，即 $T=0\text{ K}$ 或 $T=-273.15^{\circ}\text{C}$ 。在 $T=0\text{ K}$ 时，理想为所有的原子或分子都一动不动的停滞状态——除粒子内禀属性外。虽然人们对大量事实分析表明：**热力学零度不可达到**。但理论上是可以达到的。因为原子并不是个实心球，它有内部结构，是由原子核和核外电子构成的，它有内部的自由度。原子既可以吸收光（包括一切波段），也可以发射光，这两种过程分别对应着原子核的电子跳到更高的能量状态里（吸收能量）或者从更高的能量状态里跳下来（放出能量）。近代科学实践中，使用激光冷却原子，温度降至原子的运动（实为振动态）趋于停滞时刻，原子热运动趋于停止，这时的原子核外电子云就象被冷冻成了“刚性球体”。

情景 1: 如图 1 所示。设腔室内有若干原子、分子，当温度下降至 $T=0\text{ K}$ 时，原子热运动趋于停滞状态，图 1 (a) 所示。若外界向图 1 (b) 中传递微弱的或是一丁点儿的光（热）能，此刻原子获能电子向高能态跃迁——势能增加，原子体积略有变大。这时系统里热量 Q 虽有微弱增加，原子体积变化量还不足以推动温度计刻度尺移动，所以温度并没有上升【见图 1 (b)】。也就是说，物体内能增加，温度并没有上升。

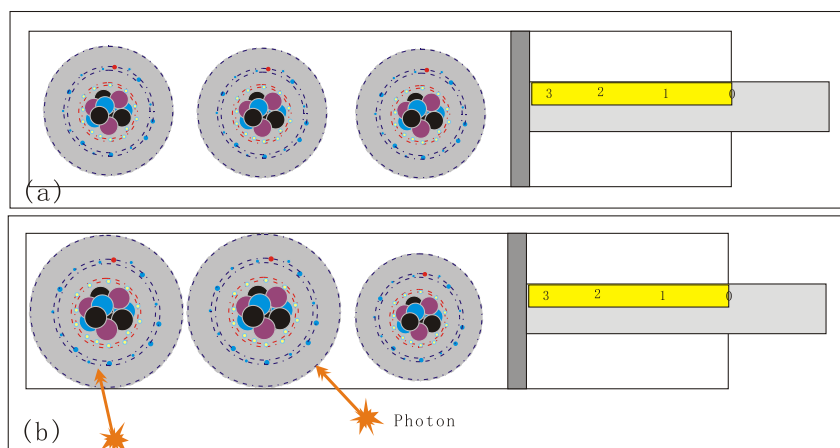


图 1. 内能与温度关系示意图

情景 2: 如图 2 所示。当外界向图 2 中传递微弱的或是一丁点儿的光（热）能，电子向高能态跃迁，电子跃迁的随机性遵守统计规律。原子吸收光能的瞬间形成电偶极性的概率存在，于是在静电力作用下开始做宏观运动，相邻原子间距离瞬间猛增。所以，**瞬态电偶极性下的库仑力作用，是原子、分子热运动的动力之源【见附件 1】**。原子间距离猛增，推动着温度计刻度尺向右移动，温度计向外显示温度示数。所以，温度升高，内能一定或已经增加。综述以上分析我们有：**内能增加，温度不一定上升；温度升高，内能一定（或已经）增加。**

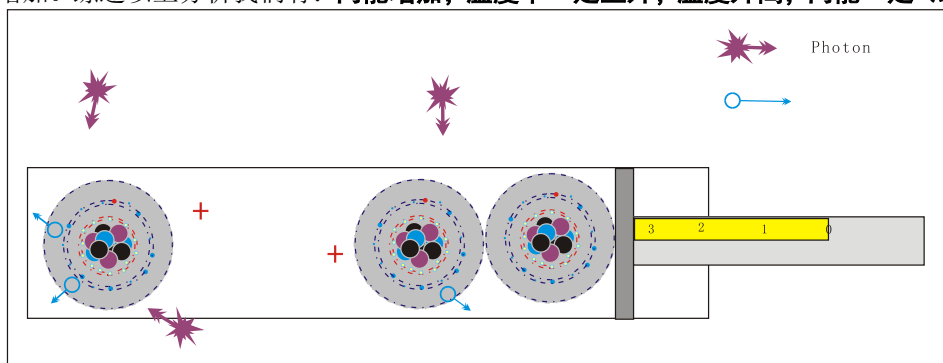


图 2. 内能跟温度关系示意图

3.内能和热量

3.1.物理概念

1, **物体的内能:** 物体中所有分子做热运动的动能和分子势能的总和，叫做物体的**热力学能**，也叫**内能**。因分子做热运动的平均动能跟温度有关，分子势能跟体积有关，因此物体的内能跟物体的温度和体积都有关系。改变物体内能的两种式：**做功和热传递**。

2, 没有经做功而使物体内能改变的物理过程叫做**热传递**。

3, 热传递使物体内能发生改变的时候，内能的改变是用**热量**来度量的。热量的计算中需用到比热容 C ，在数值上等于单位质量的某种物质温度升高 1°C 所吸收的热量。热量通常用字母 Q 表示。当物体的温度变化时，热量的计算公式为：

$$Q_{\text{吸}} = Cm \cdot (t - t_0), \quad Q_{\text{放}} = Cm \cdot (t_0 - t) \quad (1)$$

如果外界既没有对物体做功，物体也没有对外界做功，那么物体吸收了多少热量，它的内能就增加多少。设物体吸收的热量为 Q ，内能就增加为 ΔU ，那么 $Q_{\text{吸}} = \Delta U$ 。显然，我们可以假设物体的初、末内能分别为 $U_{\text{初}}$ 、 $U_{\text{末}}$ ，由公式 (1) 得： $Q_{\text{吸}} = Cm \cdot (t - t_0) = Cmt - Cmt_0 = U_{\text{末}} - U_{\text{初}}$ 。

3.2. 解析热量计算公式

事情原来是这样，作者在为学生讲授物理课时，有学生提出：设 1.0 kg 的水从 90 °C 下降至 0 时，这时水的热量已减少至零。学生理由是将热量公式进行了展开如下：

$$Q_{\text{放}} = Cm \cdot (t_0 - t) = Cmt_0 - Cmt = Q_{\text{初}} - Q_{\text{末}} \quad (2)$$

$$\text{当 } t=0 \text{ 时, } Q_{\text{末}} = Cmt = Cm \times 0 = 0 \quad (3)$$

所以，这里就有了误区。于是作者认为，在给学生讲授物体吸热公式（放热公式同理）时——应采用：

$$Q_{\text{吸}} = Cm \cdot (T - T_0) \text{ 或 } Q_{\text{吸}} = Cm \cdot (T - T_0) = CmT - CmT_0 \quad (4)$$

其中， $Q_{\text{初}} = CmT_0$ ， $Q_{\text{末}} = CmT$ ， $T = t + 273.15 \text{ K}$ ， t 为摄氏温度。

当物体的初始温度为 $t = -273.15^\circ\text{C}$ 时，即 $T = 0 \text{ K}$ ，物体的热量 Q 或内能 $U_{\text{初}}$ 近似看成零，——**其实还有分子势能存在于物体，所以物体的内能不可能为零**。目前作为一种假设，因需要而仅仅作为假设而已，其变化的 $Q-T$ 图线如图 3 所示。所以，在为学生授课时可以大胆地讲：当物体温度下降至 -100°C 或 -200°C 时，物体仍有热量或内能存在。

诚然，我们从公式 $Q = CmT_i$ 来分析， Q 与 T 成正比例，理论上讲， OP 为直线图象【见图 3】，它仅仅是一个理论上的描写，实质上呢？物体吸收的热量 Q 真正跟温度 T 上升成正比例吗？！所以，实质上或许是按图 3 (a) 中曲线 OmQ 变化，或许图 3 (b) 中曲线变化，又或是如冰晶在熔化成水的过程中就偏离了 OP 直线而按 abR 折线变化，很难说也没有足够证据显示，冰晶在“ $0 \text{ K} \sim 273 \text{ K}$ ”的 $0a$ 段不再有折线变化现象。诚然，日前要弄清其微观机制还为时尚早，将来大量实践才能逐步完善这项工作。

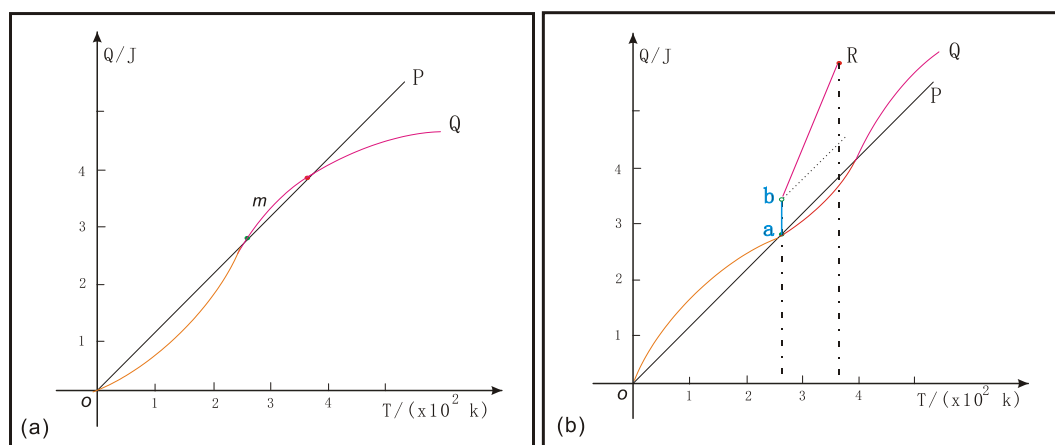


图 3. 热量随温度变化示意图

4. 摩擦与生热的微观机理

4.1. 古老的火链乍冒的火

我们知道，物质由原子组成，原子的表面是电子，不同壳层上的电子与核间的作用力不同，最外层电子与核相距最远、关系较疏，在外力作用下更易远离它。如图 4 所示，“火链”由鹅卵石（又称砾石）和一块轻质铁板组成，轻质小铁板大小以（握在手中）应手为宜，使其跟砾石接触且快速划过。这里仅仅讨论一对原子为研究对象。假设一对原子表层的电子 A 和 B 在快速划过时发生了碰撞，各自因瞬时冲量变为电子动量的变化而被飞溅出原始位置，进而成为“自由态”电子在空中飞舞，如图 5 所示。

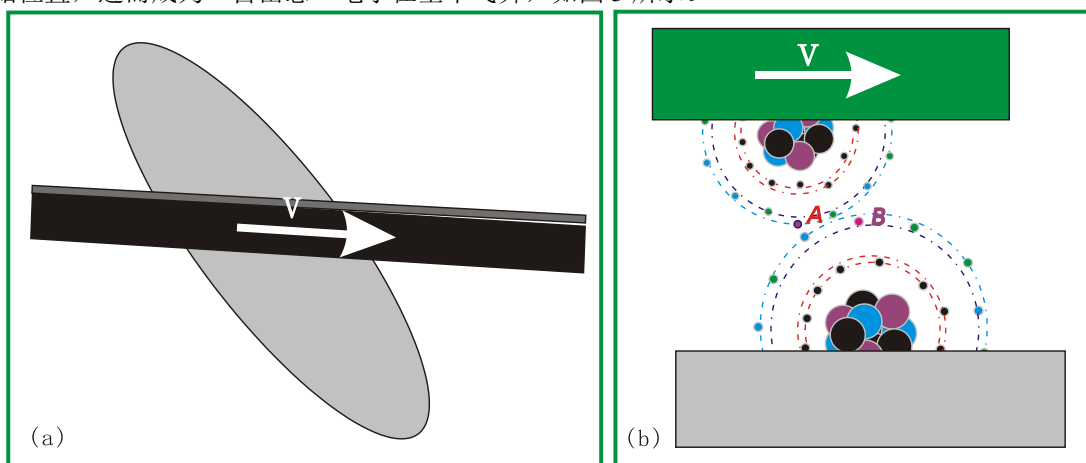


图 4. 原子表层的电子 A 和 B 发生对撞示意图

图 5 中，空中飞舞的“自由”电子可能来自砾石，也可能来自小铁板。砾石或铁板显正电性。在正、负电荷间自然就形成了电场，电场力作用下电子便以很高速度“砸向”砾石 P 点或小铁板。近代原子物理指出，电子回落过程中电势能转化为电子动能，向低能态跃迁时向外界辐射，以光子为能量载体方式呈现出来。这就是古老火链（古-今）发光之谜。

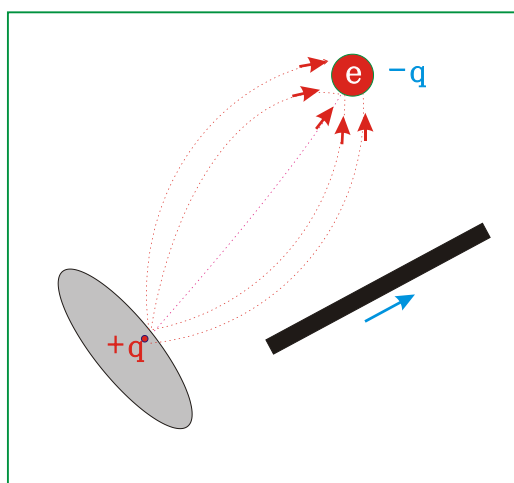


图 5. 飞溅出的电子跟原子核间的电场

4.2. 摩擦与生热的二合一效应

摩擦与生热的因果关系：摩擦发热，其实就是“古老火链发光”原理下的低频波段。当两个物体接触且做相对运动，接触面原子的最外层电子云受到对方冲击——冲量，电子动量发生改变，电子云双双发生**本位偏离**——迁徙至高能态。这一过程为克服摩擦力做功。尔后，电子再回迁到基态，以低频光子为能量载体向外辐射。为什么说“摩擦”与“生热”是二合一效应呢？假设，这里仅当假设：当我们将两物体接触且快速划过，电子获得初动能，待电子动能完全转化为电势能时刻，人为“删除”电场线，电子将不再落向曾丢失它的那个原子，所以也就没有了热辐射。

5. 液体的压力、压强和浮力综述

作者多年的物理教学认为，液体压强、大气压强、浮力等物理知识跟人们的生产生活息息相关，也很重要。但是，初中学生掌握肤浅，高中又不涉及这些内容，这样对安全生产极为不利。为此本文研究得出跟之前有些不同之处，结果如下：

一、液体压强由重力产生，所以没有重力或失重，便没有液体压强【见 5.1】；

二、浸在液体里物体的压强，真实值除由液体本身产生外，还有大气压强的叠加【见 5.2】；

三、浪随风起，是大气压与液压共舞的杰作【见 5.3】；

四、在重力作用下，浸没在液体中物体的浮力，跟液体下方的液流速有关。当下方液体湍急流动时，物体受到的浮力大打折扣，这时的阿基米德定律 $F = \rho_0 \cdot gV$ 已经失效，——因流体的粘性及摩擦，液面虽然表现平静，“平静”实为一种假象【见 5.4】；

五、浸没在快速流动液体中物体的浮力，还跟物体形状和姿态有关。当圆柱体跟液流动方向正交时（球体一样），物体受到的浮力将大大减少【见 5.5】。

5.1. 液体的理想模型

我们用一个较深的玻璃杯，里面盛有适量的水，如图 6 所示。由于水是由水分子（ H_2O ）构成，常温下或者 $1^\circ C \sim 90^\circ C$ 呈液态。液体之体积不易被压缩、具有流动等性质，我们不仿将液态水分子等效为一粒一粒的、直径为 $4.0 \times 10^{-10} m$ 量级的光滑小钢珠，——图 6 为“水分子钢珠”理想化模型，杯中小钢珠子体积不易被压缩且具有任意的滚动、流动性。

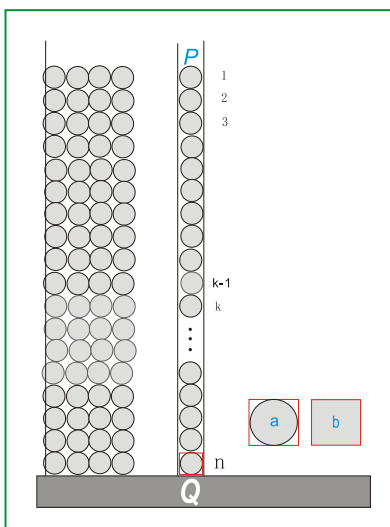


图 6. 水分子钢珠子理想化模型

重力作用下液体产生压强。图 6 中，杯里水深 $PQ = h$ ，设每个小钢珠质量为 m_0 ，直径为 d ， PQ 深度的小钢珠有 $N = PQ/d = h/d$ 个。由于地球重力作用，最上面的第 1 个钢珠受到的重力为 m_0g ，第 2 个钢珠受到的重力仍为 m_0g ，第 1 个钢珠受到的重力叠加在第 2 个钢珠“身体上”，它们对第 3 个钢珠的压力则为 $2m_0g$ 。所以依次重叠，在竖直方向上小钢珠“柱子”与杯底接触于 Q 点，钢珠 m_n 对底部 Q 点的压力，是自钢珠 1 至 n (m_1 至 m_n) 的重力叠加，即为：

$$F = N \cdot m_0g = \frac{h}{d} m_0g \quad (5)$$

由牛顿第三定律知，底面点 Q 处面元 ds 对钢珠 m_n 的支持力 $F_n = -F$ 。由于“水分子钢珠”具有流动性，因而才被视为一个个光滑的小球。依原子、分子物理学理论模型计算，其密度 ρ_0 为分子质量 m_0 与小钢珠（球体）体积之比。显然，这种计算只适宜原子、粒子质量之微观分布。

在现实生产、生活实践中，我们对液体之体积测量总是测出其**总体积**，所以已经将相邻“水分子小球”之间的空隙纳入了体积计算范畴，习惯上将密度 ρ_0 定义为：该液体**总质量**与该（种）液体**总体积**之比。所以，从某种意义上讲，密度已被定义为了“均匀分布的”平均值。不难看出，小球平均占有体积，即为小正方体所占几何空间。

图 6 中，液体密度则可将水分子质量 m_0 与以“水分子小球”直径 d 为边长的正方体之体积比。设正方体底面积 $S_n = d \times d$ ，故而，按照传统的经典思维，作者将每个小钢珠之“体积”等效为一个小正方体的体积是合理的。在竖直方向上具 h 高度的水分子“立柱”，重力作用下对杯底 Q 点的压力为 $(m_1 + m_2 + m_3 \dots + m_n)g$ ，即为 $F = N \cdot m_0g = \frac{h}{d} m_0g$ ，依（固体）压强定义，“水分子立柱”对 B 点产生的压强为

$$P = \frac{F_N}{S_k} = \frac{F_N}{d \cdot d} = \frac{m_0g \cdot \frac{h}{d}}{d^2} = \frac{m_0}{d^3} \cdot gh \quad (6)$$

在物理学中，物体的质量与它的体积之比被定义为该种物质的密度（density）。一个由钢珠等效成的小正方体，见【图 6 右下角】，质量 m_0 与它自身的体积 $V = d^3$ 之比即为平均密度 ρ_0 。所以，证得液体压强表达式为：

$$P = \rho_0 \cdot gh \quad (7)$$

显然，这仅仅是液体本身受地球重力作用下对底部产生的压强。那么，处于失重状态的液体就不能产生随高度成正比变化的压强。

5.2. 大气压强

如图 7 所示。用 1m 或更长的玻璃管，管内装满水银，尔后将开口向下倒置于水银槽里，在海拔高度为零的位置，实验测得 $H=760$ mm 高水银柱。我们设一个标准大气压强为 P_0 ，水银槽液面离倒置玻璃管口 h ，倒置玻璃管上部真空内没有气态分子，无分子运动，不产生压强。所以，由液压原理建立方程，我们有：

$$P_0 + \rho_0 \cdot gh = \rho_0g(H + h) \quad (8)$$

经计算得： $P_0 = 1.013 \times 10^5 \text{ pa}$ 。大气压强是个毋庸置疑的客观实在。显然，在地球上某一深度水域的物体所受到的压强大小，应该是液体压强与该处的大气压强之和。

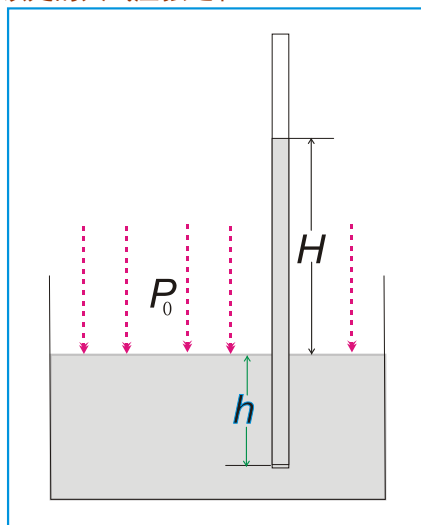


图 7. 大气压实验示意图

5.3. 风急浪高

流体力学中伯努利定律的物理意义：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 ，由于是流体——向各个方向压强相同。所以 p 也是流体对“侧壁或侧向”之压强，它们之间有关系：

$$\left(\frac{1}{2}\right)\rho v^2 + p = K(\text{常数}) \quad (9)$$

从这个定律可以看出，流体速度大的地方，侧向压强越小，速度小的地方侧向压强较大。侧向——指跟流体速度垂直的方向。

如图 8 所示。在一海面或一宽阔水域，当没有大风时候，海面是平静的。当海面有快速气流或大风沿海面急吹而过时——低速气流不明显，风流线以下液面迅即上升某一高度。设一个标准大气压为 P_0 ，水密度为 ρ_0 ，由伯努利流体力学理论公式 $\left(\frac{1}{2}\right)\rho v^2 + p = K$ 演变为 $\left(\frac{1}{2}\right)\rho v^2 + p_v = P_0$ ，这个 h 高度就是因风流线以下气压小于一个大气压产生的。所以有：

$$P_0 + \rho_0 \cdot gH = p_v + \rho_0 g(H + h)$$

$$h = \frac{(P_0 - p_v)}{\rho_0 g}$$

(10)

由式 $h = \frac{(P_0 - p_v)}{\rho_0 g}$ 和式 $(\frac{1}{2})\rho v^2 + p_v = P_0$ 知，风速越大，波浪会越高。无论风向如何，只要风速相同，液面上升高度都相同。当持续时间越长，不会产生波浪会越来越高的问题，所以即使有风持续不断地吹，波浪也不会无限高涨上去的，而会维持在某一高度。

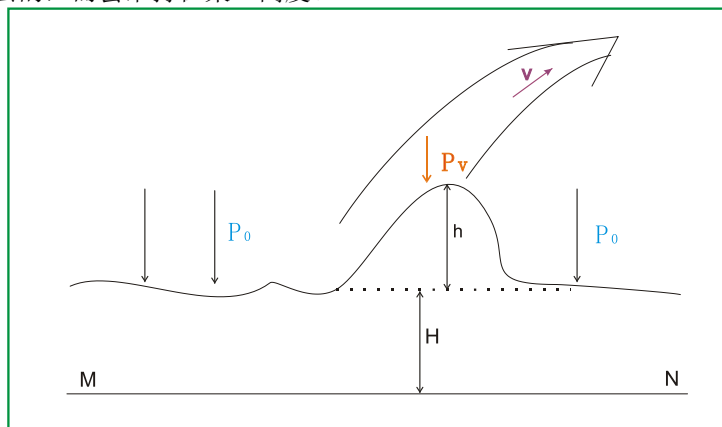


图 8. 风吹浪起示意图

5.4. 浮力机制新探

如图 9 所示。设浸在液体中一物体 G，液面深为 h 的 AB 面，液体压强为 $P_{AB} = \rho_0 \cdot gh$ ，因存在大气压强 P_0 ，实际压强大小为 $P'_{AB} = \rho_0 \cdot gh + P_0$ 。浸在液体中物体 G 上表面 S 受到的竖直向下的压力为 $F_{AB} = P'_{AB} S$ 。AC 高度为 L，则 CD 距液面深为 $H=h+L$ ，液体压强 $P_{CD} = \rho_0 \cdot g(h+L)$ ，再加上大气压 P_0 ，则 $P'_{CD} = \rho_0 \cdot g(h+L) + P_0$ ，所以，下表面受到液体向上的支持力为 $F_{CD} = P'_{CD} S$ ，方向竖直向上。诚然，当物块浸入液体越深，其物体上、下两个面受到的压力就越大，——这就是为什么潜水员及潜水艇不能无限下潜的原因。

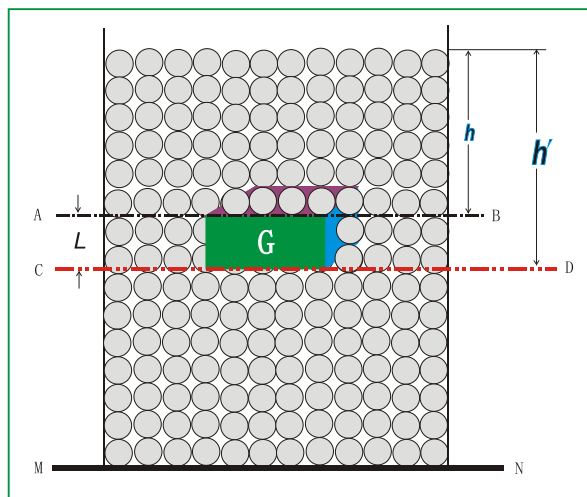


图 9. 物体在液体中受到压力的示意图

如图 10 所示。设浸在液体中物体上表面受到大气和液体向下的压力为 $F_{AB} = P'_{AB} S$ ，物体（自身）重力

为 Mg ，方向竖直向下。下表面受到液体向上的支持力为 $F_{CD}=P'_{CD}S$ ，方向竖直向上。由牛顿定律知，物体下表面受到的支持力 $F_n = F_{CD}=P'_{CD}S$ 跟 $P'_{AB}S + Mg$ 相等时，物体保持悬浮状态。

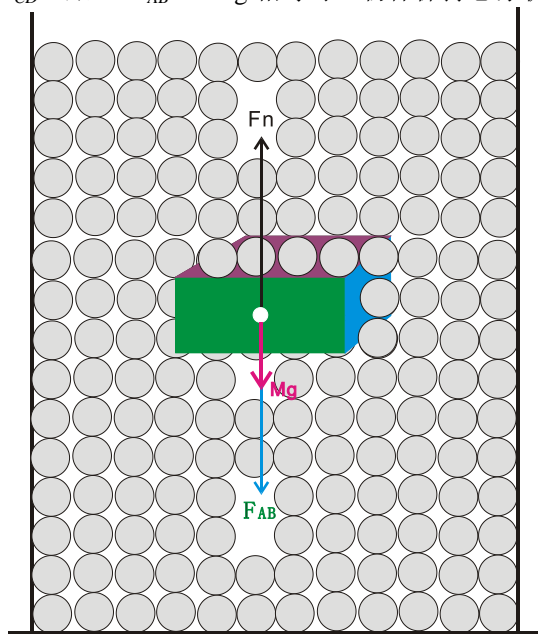


图 10. 物体受力示意图

当物体的支持力 $F_n > P'_{AB}S + Mg$ 时，物体合力向上加速上浮；当物体的支持力 $F_n < P'_{AB}S + Mg$ 时则加速下沉。结合图 9 分析，假设暂不考虑或“删除”物体 G 的重力 Mg ，物体受到向下的压力为 F_{AB} ，向上的支持力为 F_{CD} ，小方块 V 受到液体上、下的压力差为：

$$\Sigma F = P'_{CD}S - P'_{AB}S = \rho_0 g \cdot S(h' - h) = \rho_0 g \cdot V \quad (11)$$

这与阿基米德原理完全吻合。教科书里阿基米德原理表述为：**浸在液体中的物体受到向上的浮力，浮力的大小等于它排开的液体所受的重力。**

从图 9 和 10 中不难发现，物体下表面受到（液体）向上的支持力 $F_{CD}=P'_{CD}S$ ，是由液体最下端的固体基础面 MN 提供的！由力学知识可知，倘若我们突然将底板 MN 失效或瞬间“删除”，此刻，物体 G 除受重力 Mg 外，其下表面 S_{\downarrow} 不再存在向上的支持力。虽然在物体周围的液体密度并没变，且重力加速度也不变，此时的 $F_{\text{浮}} = 0$ 。所以，物体的浮力是由基础面 MN 对物体 G 之下底面产生的支持作用力，一旦失去基础层 MN， $F = \rho_0 \cdot gV$ 不再有效。

以上是基础层 MN “完全失效”，这种可能性较小。当物体上方液体较为平静，而下方由于某种原因而高速流淌，如暗流、漩涡震流等，自然形成了基础层的“部分失效”——大西洋或太平洋海底最易出现暗流或漩涡震流，如图 11 所示。所以此况下物体的浮力大为减少，不能再用 $F = \rho_0 \cdot gV$ 计算。所以，本文认为阿基米德原理适用于重力场中的静态液体或气体，以下描述更普适：**浸在液体或气体中的物体受到向上的浮力，浮力的大小等于它所受到液体或气体对它产生的压力差。**

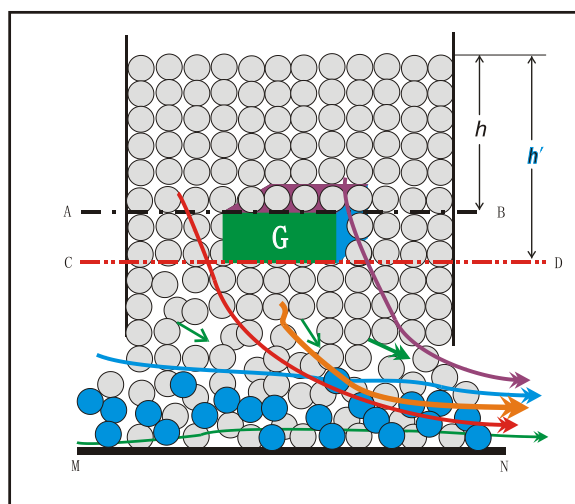


图 11. 暗流及漩涡中物体浮力变小示意图

5.5. 浮力的另一张面孔

大多时候，沉船都在急流中横渡（垂直水流方向）时发生。这是为什么？要回答这个问题，就需要一点流体力学知识了。这里当然不可能详细从头来讲流体力学，我们只需要提到流体力学的一个结果，这就是，在略去流体的粘性的条件下，又考虑流体无旋流动。这是流体的一种最简单的模型，即使是这样，就大致能够说明我们所关心的问题。

在这种条件下，考虑一个圆柱体或一个球体在远处有一个来流的流体中，对周围流体速度的影响。

如图 12 所示，设远处来流是从左边流来，速度是 U ，坐标原点取在圆柱或球的中心，以右向为正方向，以来流方向与半径的夹角为 θ ，令柱或球体的半径都为 1。

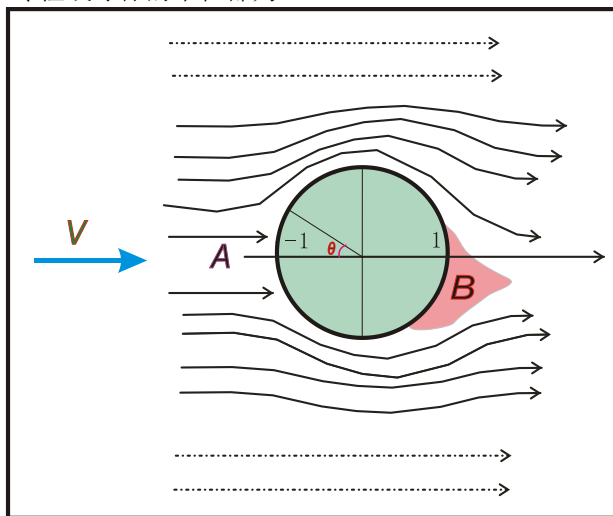


图12. 圆柱和球的绕流问题

这个问题的理论解，在一些教科书上都能够找到。结果是：

绕柱流动速度的极坐标两个分量是：

$$V_r = U(1 - \frac{1}{r^2}) \cos \theta$$

$$V_{\theta} = U(1 + \frac{1}{r^2}) \sin \theta$$

(12)

由于对称性，环绕来流方向的速度分量为零，所以沿球流动速度也只有两个分量，即沿径向与经向的两个分量是：

$$\begin{aligned} V_r &= U(1 - \frac{1}{r^3}) \cos \theta \\ V_{\theta} &= U(1 + \frac{1}{2r^3}) \sin \theta \end{aligned}$$

(13)

由(12)与(13)看出，当 $r=1$ 时，即在柱面或球面上，柱与球的 V_r 都是等于零的，即在柱面或球面上，流动的径向速度为零，即没有流体从柱或球内流出也没有流进，这正是柱或球绕流所应当满足的条件。

现在我们来分析(12)与(13)的 θ 方向的速度分量。在 $r=1$ 时，即在柱面或球面上，由于这里的速度径向分量为零，所以它就决定了那个地方的整个速度，我们看到它是与 θ 有关的，当 θ 等于0或 π 时，即在柱与球的迎流点和背流点，速度为零。而当 $\theta=\pi/2$ 时，即与来流方向成 90° 的夹角时，速度达到最大。对于圆柱是 $2U$ ，对于球是 $3U/2$ 。这说明，在那个地方，局部速度都比无穷远处的速度要大，对于圆柱是2倍，对于球是1.5倍。

至此该明白为什么在船底的水流快的道理了吧。我们把船底可以近似地看作半圆柱，从性质上大致是不会错的，在半圆柱边上，水流的 θ 方向速度，应当是河道水面即无穷远处水流速度的两倍。

可不要小看水速增加的这个倍数。上面的讨论，与实际情况由于水是有粘性的，还由于实际流动中的漩涡等因素，结果会比实际情况略大一点，但作为定性的了解这个问题是足够了。

显然，由于船底左、右两侧液面形成了落差，在船底右侧水流速度是江面正常水流速度2倍时，船底右面(B侧)便形成一薄层“空腔”。

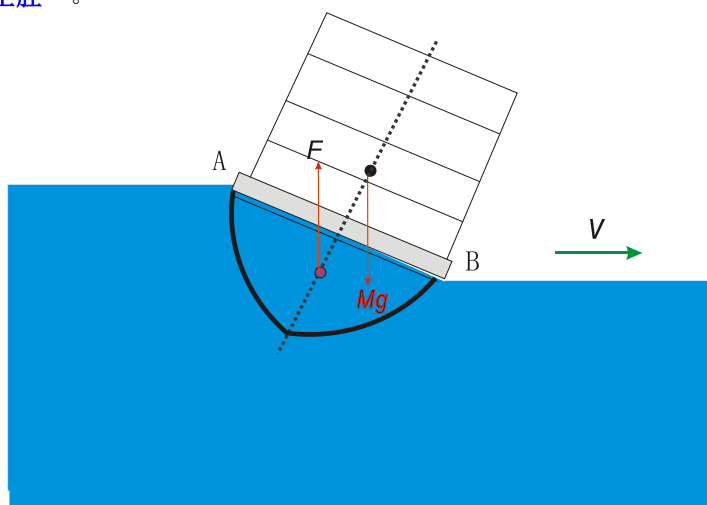


图 13. 船只横渡急流时两侧水位差形成示意图

生产实践中还要考虑重力矩与浮力矩的平衡，考虑重心与“浮心”（船体排开的水体的重心位置）的相对位置。在图 13 中，船体右边(B侧)水位瞬间下降很多，所以船体为了增大右侧浮力，不得不选择增大船体右

侧浸在液体中之体积来达到自身平衡。对船体甲板而言，左、右水位 AB 连线就成了甲板的“水平线”。此刻，浮力和重力不再在同一直线上，重力、浮力形成了顺时针力矩，此刻，浮力也成了使船倾覆的帮手。

所以，2014-04-16 韩国“世越号”客轮及 2015-06-01 中国在长江航道的“东方之星”客轮倾覆，都是横渡急流引发的灾祸。

附件 1:

如图 14 所示。在图 14 (a) 中，假设光滑水平桌面上有若干的氢原子 A、B、C、D、…等，它们处于绝对零度附近。当外界瞬间以光、热照射它，各氢原子的电子获得光能量，于是原子瞬间极化为“正-负”电偶极子，如图 14 (b) 所示。由于各个电偶极子取向的随机性，所以在 A、B、C、D、…等间产生同性相斥及异性相吸，于是各个被瞬间极化的氢原子（分子也一样）之间便开启了**热运动**的大门。由于电子在高（势）能位没有立足之基，就象我们向高空抛物一样，在“重力”作用下回落原处，则电子在高能位回基态又将向外辐射光能。接下来，只要外界持续给能——保持一定温度，它们便不断重复着上次相似的过程。因氢原子或氢分子质量很小，电子只需微小跃迁产生的微弱极性，偶极子间的相互作用足以使相邻或不远处的原子、分子动荡起来。这既是氢原子、氢分子热运动物理机制，也是宇宙里一切物质热运动的客观现实。

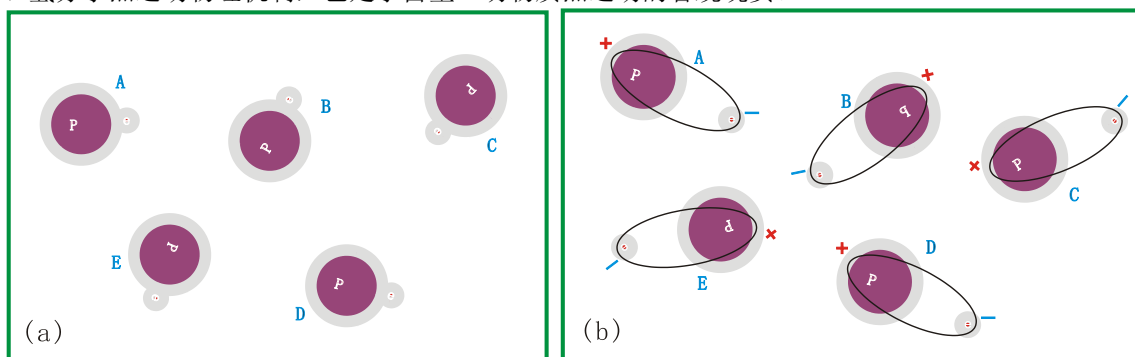


图 14. 氢原子热运动机理示意图

参考文献(References)

- [1]彭前程，杜敏 编 物理[M].北京：人民教育出版社，2013.
 [2]张东壁，谭树杰，须和兴 编 普通物理简明教程[M]上海，上海：科学技术文献出版社，1989.