

中学生文库



# 浮力趣谈

FULI QUTAN

上海教育出版社



中学生文库

---

# 浮力趣谈

楼振龙 编著

上海教育出版社

中学生文库 浮力趣谈

---

楼振龙 编著 上海教育出版社出版  
(上海永福路123号)

上海市印刷四厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 787×1092 1/32 印张 2.25 字数 43,000

1982年3月第1版 1982年3月第1次印刷

印数 1—36,500本

---

统一书号: 7150·2530 定价: 0.19元

## 内 容 简 介

你知道阿基米德鉴定王冠的故事吗？伽利略是用什么方法测定王冠含金银的比例呢？本书从历史故事谈起，介绍了浮力的定义、算法以及应用浮力原理的多种妙用。针对学生在学习浮力原理时的一些容易混淆、似是而非的问题，作了详细论述。每章末都附有一定的实验、小制作、思考选择、智力测验等内容。本书资料丰富，文字通俗简练、妙趣横生。

本书由上海市物理学会普及工作委员会审稿。可供初中学生及青少年阅读。



## 目录

ZHONG XUE SHENG WENKU

|   |                                                       |    |
|---|-------------------------------------------------------|----|
| 一 | 揭开王冠之谜 .....                                          | 1  |
|   | 2000 多年前(1) “攸勒加”(2) 再谈鉴<br>定王冠(4) 小秤(6) 杰作的证明(9)     |    |
| 二 | 压力差与浮力 .....                                          | 14 |
|   | 计算(14) 替身法(16) 哪个大(17)<br>卫星里的液体(20)                  |    |
| 三 | 浮力的妙用 .....                                           | 23 |
|   | 验轮(23) 分矿石(25) 自控(28)<br>求体积(30) 测比重(35)              |    |
| 四 | 浮力载舟 .....                                            | 37 |
|   | 中空(37) 横摆(40) 冰山(42)<br>沉船(45) 打捞(46) 潜水船(48)         |    |
| 五 | 浮力载球 .....                                            | 52 |
|   | 空气(52) 气球小史(54) 探空(57)<br>架线(59) 飘洋过海(61) 12000 吨(63) |    |



## 一 揭开王冠之谜

2000 多年前

揭开王冠之谜的故事，发生在公元前三世纪。当时，在西西里岛（现属意大利）的南部，有个叫叙拉古的小王国。

有一回，叙拉古国王做了一顶金王冠，这顶王冠很漂亮，国王非常喜欢，左端详，右端详，看个不够。突然，国王觉得王冠轻了些，象短斤缺两似的。可是，称称王冠的重量，同交给金匠的黄金一样重，一点也没有少。



图 1-1

然而，拿惯金子的国王和他周围的人，总感到王冠不象纯金那样沉甸甸的。也许表面用金子，内部却用其他金属——譬如银做成，如果真是这样，真降低了皇上的威严。

把王冠掰开来看，是可以立即搞清楚的，不过，国王有点舍不得，王冠实在太精致了。

.....

“不能损坏王冠，又要鉴定是不是用纯金做成的。”满朝文武想不出办法。

这真是个难题呀！

于是，鉴定王冠的任务，就落到当时最有学问的阿基米德身上。

### “攸 勒 加”

当时，阿基米德已经知道，重量相等而形状不同的两个物体：如果用同一种材料——例如金子做成，体积相等；由不同的材料——譬如金和银组成，体积不相同。因此，只要设法知道，王冠和同样重量的金块，体积是不是相同，“王冠之谜”就真相大白了。

金块的体积，阿基米德一下子算出来了。而王冠，镶嵌着各种花纹，形状十分奇特，他算了很长时间，也得不出一个结果来。

他觉也睡不好，饭也吃不香，日夜都在考虑王冠的体积。

过去好几天了。王冠的体积仍旧没有算出来。阿基米德决定去浴室洗个澡，清醒一下头脑。

他一跨入浴盆，原来满满的一盆热水，有一部分溢出盆外，阿基米德说：“多可惜呀，热水溢出去了。”突然他领悟到，溢出的热水体积同他浸入水中的身体体积相等。阿基米德大喊一声：“攸勒加（我知道了）！”连身子都没有擦干，衣服也没有穿上，就直奔实验室。

于是，阿基米德当着国王的面，把王冠和同样重量的金块，分别放入盛满水的容器里，结果，王冠排出的水比金块排

出的多得多。

鉴定王冠后，阿基米德名声更大了，奉承的人也多起来了。然而，他不理这一套，一点也不自满，继续孜孜不倦地进行研究。

鉴定王冠后的某天晚上，夜已深沉。阿基米德在明亮的烛光下，拿起一把小铜刀，放在天平上称，正好重 100 克。

然后，他用线吊住铜刀，把它放入装满水的“攸勒加”里称（图 1-2），砝码的读数为 88.8 克。

这是阿基米德亲自设计的一种仪器，象一只玻璃杯，杯口有一个嘴，不过这个嘴朝下，不象茶壶嘴那样朝上。后来，人们把这种仪器称为“攸勒加”。

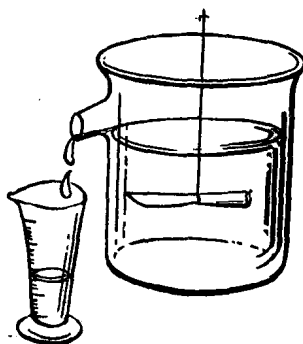


图 1-2

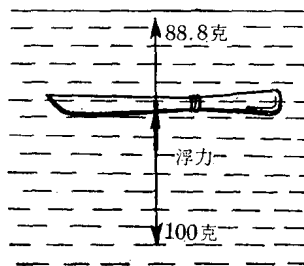


图 1-3

水中铜刀在重量 100 克、线的拉力 88.8 克和浮力作用下处于平衡（图 1-3）。铜刀所受浮力是  $100 \text{ 克} - 88.8 \text{ 克} = 11.2 \text{ 克}$ 。

铜刀放入装满水的“攸勒加”里，被它排开的水，通过小嘴流入小杯。阿基米德把小杯放在天平上称，扣除杯的重量，被



铜刀排开的水，恰好也是 11.2 克。

两者相等。

阿基米德高兴得再次呼喊“攸勒加”。

他继续用各种材料，各种形状的物体，重复上面的实验，没有发现任何例外。

于是，阿基米德用羽笔端端正正地写下几个大字：物体在水中受到的浮力，等于它排开的水的重量。

这时，东方已泛出绚丽的朝霞。可是，他连昨天的晚饭还没有吃过呢！

[实验] 可以做个简单的实验，来验证浮力定律。取一块任意形状的金属块，用杆秤称出它在空气中的重量，以及浸没在量筒水中时的重量，由此可算出它在水中受到的浮力。被金属块排开的水的体积从量筒上可看出来，排开的水的重量也就知道了。可以发现，这两者相等。亲爱的读者，请试一试吧！

### 再谈鉴定王冠

阿基米德用溢出水的办法，鉴定王冠不是用纯金做成的。然而，他有没有进一步探索，王冠含金、银各是多少呢？对此，有关的史书没有记载。

事实上，运用阿基米德后来发现的浮力定律（为了纪念他，浮力定律也叫阿基米德定律），可以判定王冠含金、银的量。

可以这样做：

先用天平或者杆秤，称出王冠的重量  $G$ 。将王冠浸没在

水中, 称出此时的重量  $G_1$ 。

假设王冠中金的重量是  $x$ , 银的重量是  $y$ , 那么

$$x + y = G \quad (1)$$

王冠中金部分的体积  $V_{\text{金}} = \frac{x}{\gamma_{\text{金}}}。$

银部分的体积  $V_{\text{银}} = \frac{y}{\gamma_{\text{银}}}。$

总体积  $V = V_{\text{金}} + V_{\text{银}}$   

$$= \frac{x}{\gamma_{\text{金}}} + \frac{y}{\gamma_{\text{银}}}。$$

根据浮力定律, 王冠浸没在水中受到的浮力

$$F_b = \text{王冠排开的水的重量}$$

$$= \text{王冠排开的水的体积} \times \text{水的比重}。$$

物体全部浸没在水中, 排开的水的体积等于总体积。

于是

$$F_b = \text{王冠的总体积} \times \text{水的比重}$$

$$= V\gamma_{\text{水}} = \left( \frac{x}{\gamma_{\text{金}}} + \frac{y}{\gamma_{\text{银}}} \right) \gamma_{\text{水}}。$$

其中,  $\gamma_{\text{金}}$ 、 $\gamma_{\text{银}}$ 、 $\gamma_{\text{水}}$ , 分别为金、银、水的比重。

另一方面, 从图 1-4 可知

$$F_b = G - G_1。$$

使前两式相等, 得

$$\left( \frac{x}{\gamma_{\text{金}}} + \frac{y}{\gamma_{\text{银}}} \right) \gamma_{\text{水}} = G - G_1 \quad (2)$$

联立解(1)和(2)式, 便可求出王冠含金、银的量。亲爱的读者, 如果你有兴趣, 可以求出解答。

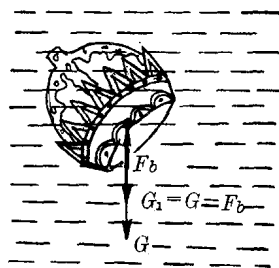


图 1-4

解的结果:

$$x = \frac{[G\gamma_{\text{水}} - (G - G_1)\gamma_{\text{银}}]\gamma_{\text{金}}}{(\gamma_{\text{金}} - \gamma_{\text{银}})\gamma_{\text{水}}} \quad (3)$$

$$y = G - x \quad (4)$$

例如,有顶由金、银组成的王冠,重量为 1000 克,在水中的重量是 939.5 克。

由(3)式得王冠含金:

$$x = \frac{[1000 \times 1 - (1000 - 939.5) \times 10.5] \times 19.3}{(19.3 - 10.5) \times 1} \text{克} = 800 \text{克}.$$

式中的 19.3、10.5、1,分别是金、银、水的比重数值。

由(4)式得王冠含银:

$$y = 1000 \text{克} - 800 \text{克} = 200 \text{克}.$$

[计算] 有一块由金、铅组成的合金,在空气中重 30 克,在水中重 27.8 克。金的比重为 19.3, 铅的比重是 11.4。合金中含金和铅各是多少克? ( $G_{\text{金}} = 12 \text{克}$ ,  $G_{\text{铅}} = 18 \text{克}$ )

## 小 秤

十六世纪,年轻的伽利略十分喜欢“阿基米德鉴王冠”的故事。一想起阿基米德喊着“攸勒加”跑回实验室的情景,总是十分激动。

然而,他对这个故事感到有些不满足。因为这个故事,没有进一步介绍判定王冠含金、银量的方法。

用上一节的方法,是可以把含金、银量判定出来的。不过,计算比较繁琐。能不能采用更简单的方法,将王冠含金、银的量判定出来呢?

富有钻研精神的伽利略,终于想出了一个新的方法。他

根据浮力定律和杠杆原理(也是阿基米德发现的), 做了一根小秤。

一根形状对称的扁棒, 重心(中心)处装一只刀口向下的三棱柱, 将三棱柱支在用线悬挂着的浅槽中, 使棒能灵活地转动(图 1-5)。

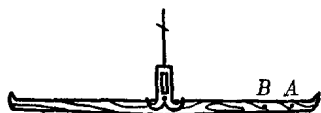


图 1-5

小秤 $AB$ 之间有“刻度”。

$A$  和  $B$  的位置, 伽利略是这样定出来的:

把任意重量的纯金块, 挂在秤的左端点, 在秤的右端点挂砝码盘, 并在盘里放一定重量的砝码, 使秤平衡(图 1-6 甲)。根据杠杆原理, 这时砝码和盘的重量, 与金块的重量相等。

将纯金块浸没在水中, 由于浮力, 秤的左端高高翘起。把右端的盘向左移, 移到某一点时(图 1-6 乙), 小秤恢复平衡。

这一点就是 $A$ 。

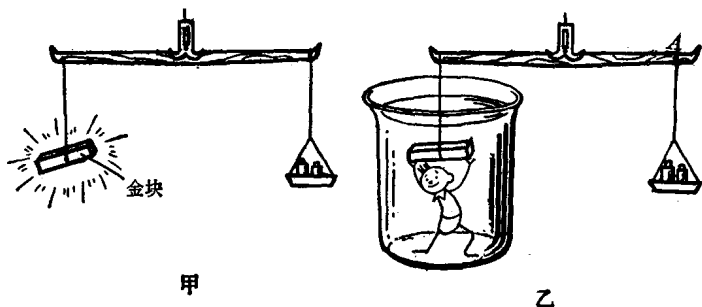


图 1-6

读者在下一节可以知道,  $A$  点的位置与金块重量的大小没有关系。

取下纯金块, 换上任意重量的纯银块。将盘移回右端点,

加减砝码，使盘和砝码的重量，与银块的重量相等（图 1-7 甲）。

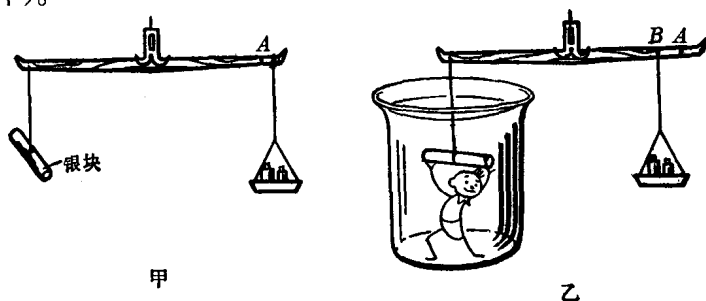


图 1-7

把银块浸没在水中，当右端的盘移到某一位置时（图 1-7 乙），秤又恢复平衡。

这个位置就是  $B$ 。

读者从下一节也可以知道， $B$  点位置和银块的重量没有关系。

用小秤判定王冠含金、银的量，步骤是这样的：

先把王冠挂在秤的左端点，右端点的盘子里放一定重量的砝码，使秤平衡（图 1-8 甲）。

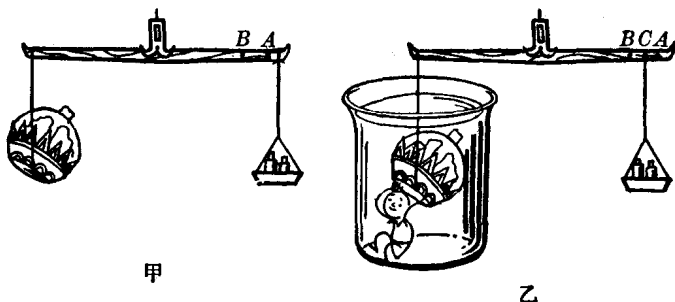


图 1-8

将王冠浸没在水中。由于浮力的作用，秤失去平衡。把砝码盘移到某一点  $C$  时，秤又平衡了（图 1-8 乙）。

$CB$  与  $AB$  的长度比，就等于王冠中金的重量与总重量之比； $CA$  与  $AB$  的长度比，就是王冠中银的重量和总重量的比。

例如有顶王冠，由金和银组成，重 1 公斤，放在小秤上“称”， $CB$  与  $AB$  之比为 0.8。

那么，这顶王冠，是用 0.8 公斤金和 0.2 公斤的银做成的。

[实验] 如果你有兴趣，也可以象伽利略那样，做一把小秤，来判定王冠含金、银的量。

手头没有金块、银块和王冠，那不要紧，可以用铜块和胶木块或者其他东西，代替金块和银块；把铜块和胶木块绑在一起，代替王冠。

小秤可以做得简单些：在中心处打个圆孔来代替三棱柱；用铁钉之类的物体代替浅槽。如果手头没有砝码，还可以用石头、砂子等来替代。

亲爱的读者，请试试看吧！

## 杰作的证明

用小秤判定王冠含金、银的比例，是伽利略有生以来的第一个杰作。它比较方便，只要知道  $CB$  与  $AB$  的比值就行了。

$CB$  与  $AB$  的长度比，等于王冠中金的重量和总重量的比，这可以用浮力定律和杠杆原理加以证明。

假设，定  $A$  点时所用金块的重量为  $G$ （此时砝码连盘的重量也是  $G$ ），那么，金块的体积

$$V = \frac{G}{\gamma_{\text{金}}}$$

金块浸没在水中受到的浮力

$$\begin{aligned} F_b &= V\gamma_{\text{水}} \\ &= \frac{G}{\gamma_{\text{金}}} \gamma_{\text{水}}。 \end{aligned}$$

金块在水中的重量

$$\begin{aligned} G_1 &= G - F_b \\ &= G - \frac{G}{\gamma_{\text{金}}} \gamma_{\text{水}}。 \end{aligned}$$

小秤在砝码与盘、水中金块的作用下, 处于平衡(图1-9)。

根据杠杆平衡条件, 有

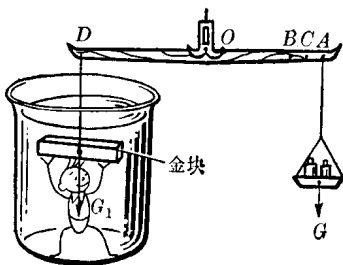


图 1-9

$$G \cdot OA = G_1 \cdot OD。$$

把前式代入上式, 得

$$G \cdot OA = \left( G - \frac{G}{\gamma_{\text{金}}} \gamma_{\text{水}} \right) \cdot OD$$

$$OA = \left( 1 - \frac{\gamma_{\text{水}}}{\gamma_{\text{金}}} \right) \cdot OD \quad (1)$$

同样道理, 可得

$$OB = \left(1 - \frac{\gamma_{\text{水}}}{\gamma_{\text{银}}}\right) \cdot OD \quad (2)$$

读者可以从(1)、(2)两式知道,  $A$ 、 $B$  位置与金块、银块的重量没有关系。

(1)、(2)相减

$$\begin{aligned} OA - OB &= \left(1 - \frac{\gamma_{\text{水}}}{\gamma_{\text{金}}}\right) \cdot OD - \left(1 - \frac{\gamma_{\text{水}}}{\gamma_{\text{银}}}\right) \cdot OD \\ &= \left(1 - \frac{\gamma_{\text{水}}}{\gamma_{\text{金}}} - 1 + \frac{\gamma_{\text{水}}}{\gamma_{\text{银}}}\right) \cdot OD \\ &= \left(\frac{\gamma_{\text{水}}}{\gamma_{\text{银}}} - \frac{\gamma_{\text{水}}}{\gamma_{\text{金}}}\right) \cdot OD。 \end{aligned}$$

$$AB = \left(\frac{1}{\gamma_{\text{银}}} - \frac{1}{\gamma_{\text{金}}}\right) \cdot \gamma_{\text{水}} \cdot OD \quad (3)$$

假设, 被鉴定王冠的重量为  $G'$  (所用砝码和盘的重量也是  $G'$ ), 其中金的重量是  $x$ , 银的重量为  $y$ 。

那么, 王冠中金部分的体积

$$V_{\text{金}} = \frac{x}{\gamma_{\text{金}}}$$

银部分的体积

$$\begin{aligned} V_{\text{银}} &= \frac{y}{\gamma_{\text{银}}} \\ &= \frac{G' - x}{\gamma_{\text{银}}}。 \end{aligned}$$

总体积

$$\begin{aligned} V &= V_{\text{金}} + V_{\text{银}} \\ &= \frac{x}{\gamma_{\text{金}}} + \frac{G' - x}{\gamma_{\text{银}}}。 \end{aligned}$$



王冠在水中受到的浮力

$$F_b = V\gamma_{\text{水}}$$

$$= \left( \frac{x}{\gamma_{\text{金}}} + \frac{G' - x}{\gamma_{\text{银}}} \right) \gamma_{\text{水}}。$$

水中王冠和砝码、盘使秤平衡(图 1-10)。有

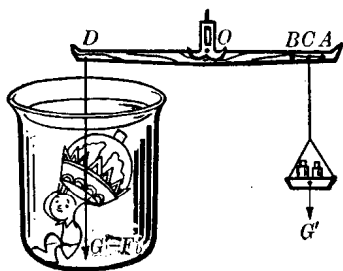


图 1-10

$$G' \cdot OC = (G' - F_b) \cdot OD$$

$$= \left[ G' - \left( \frac{x}{\gamma_{\text{金}}} + \frac{G' - x}{\gamma_{\text{银}}} \right) \gamma_{\text{水}} \right] \cdot OD。$$

$$OC = \left[ 1 - \left( \frac{x}{\gamma_{\text{金}}} + \frac{G' - x}{\gamma_{\text{银}}} \right) \frac{\gamma_{\text{水}}}{G'} \right] \cdot OD \quad (4)$$

由图可知

$$CB = OC - OB \quad (5)$$

将(2)式、(4)式代入(5)式,得

$$CB = \left[ 1 - \left( \frac{x}{\gamma_{\text{金}}} + \frac{G' - x}{\gamma_{\text{银}}} \right) \frac{\gamma_{\text{水}}}{G'} \right] \cdot OD - \left( 1 - \frac{\gamma_{\text{水}}}{\gamma_{\text{银}}} \right) \cdot OD$$

$$= \left[ 1 - \left( \frac{x}{\gamma_{\text{金}}} + \frac{G' - x}{\gamma_{\text{银}}} \right) \frac{\gamma_{\text{水}}}{G'} - \left( 1 - \frac{\gamma_{\text{水}}}{\gamma_{\text{银}}} \right) \right] \cdot OD$$

$$= \left[ 1 - \frac{x\gamma_{\text{水}}}{\gamma_{\text{金}}G'} - \frac{G'\gamma_{\text{水}}}{\gamma_{\text{银}}G'} + \frac{x\gamma_{\text{水}}}{\gamma_{\text{银}}G'} - 1 + \frac{\gamma_{\text{水}}}{\gamma_{\text{银}}} \right] \cdot OD$$