



科学史话系列

科学文化工程

LEGEND OF

发明传奇

化学仪器的故事

陈 懿·编



INVENTIONS

THE STORY OF CHEMICAL INSTRUMENTS



科学出版社

LEGEND OF

发明传奇

化学仪器的故事

陈 懿·编

INVENTIONS

THE STORY OF CHEMICAL INSTRUMENTS

科学出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

化学仪器的故事 / 陈懿编. —北京: 科学出版社, 2016.9
(发明传奇)

ISBN 978-7-03-050008-3

I. ①化… II. ①陈… III. ①化学实验—实验仪器—通俗读物
IV. ①06-32

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 228753 号

责任编辑: 牛玲 张莉 李丽娇 / 责任校对: 郑金红

责任印制: 张倩 / 封面设计: 有道文化

联系电话: 010-64035853

E-mail: houjunlin@mail.sciencep.com

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

三河市骏立印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 10 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2016 年 10 月第一次印刷 印张: 6 3/4

字数: 100 000

定价: 29.80 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)



科学实验装置（仪器设备）是现代科学发展的一个重要工具，对促进科学发展和技术进步有着极其重要的作用。与其他发达国家相比，我国在科学实验装置（仪器设备）的自主研发方面落后很多，尤其在先进实验设备的原始创新方面差距较大。

两百多年前，一些发达国家的科技工作者就发明了具有实用价值的化学实验仪器，这些仪器至今仍在实验室和工业生产中被广泛使用，它们对科学技术的发展和人类社会的进步起着重要的促进作用。本书选取了十五种经典的化学实验仪器，重点介绍了它们的主要功能、仪器构造、发明历史、发明者小传及其他相关知识。这十五种经典的化学实验仪器包括：杜瓦瓶、贝克曼温度计、赫希漏斗、球形冷凝管、席格蒙迪超显微镜、旋转蒸发仪、锥形瓶、阿贝折射仪、迪安-斯塔克分水器、真空干燥枪、本生灯、莫瓦桑电炉、三颈圆底烧瓶、提士威特色谱柱、巴斯德滴管。这些经典的化学实验仪器，不仅为化学学科的发展做出了巨大的贡献，也为其他学科（如物理学、光学、环境科学、生命科学、信息科学）的快速发展起到了积极的促进作用。同时，这些仪器的发明也造福于人类，为人类的生活带来了方便和改善。例如，我们现在使用的保温瓶、热水瓶等，其设计制作原理就来源于杜瓦瓶的发明；而我们现在使用的煤气灶，其设计原理则得益于本生灯的发明。

本书旨在通过一些经典化学实验仪器的发明故事，启发相关科技工作者对科学实验装置（仪器设备）的感悟，提升他们对新型科学实验装置（仪器设备）的发明创造力。更为重要的是，希望借助本书帮助青少年培养对科学实验装置（仪

器设备)的兴趣,传播相关的科学知识,开阔其视野,赋予其想象力,并为我国科学实验装置(仪器设备)的自主创新发挥积极作用。

囿于作者的能力和时间的有限,本书难免有不妥之处,敬请专家、学者和各位读者不吝指正。本书的出版得到了中国科学院科学传播局的资助,在此深表感谢。

陈 懿

2016年5月于北京

目 录

杜瓦瓶	/ 1
贝克曼温度计	/ 9
赫希漏斗	/ 15
球形冷凝管	/ 23
席格蒙迪超显微镜	/ 31
旋转蒸发仪	/ 36
锥形瓶	/ 42
阿贝折射仪	/ 48
迪安-斯塔克分水器	/ 54
真空干燥枪	/ 60
本生灯	/ 66
莫瓦桑电炉	/ 73
三颈圆底烧瓶	/ 80
提士威特色谱柱	/ 86
巴斯德滴管	/ 93

杜 瓦 瓶



中文名

杜瓦瓶

英文名

Dewar's flask

发明者

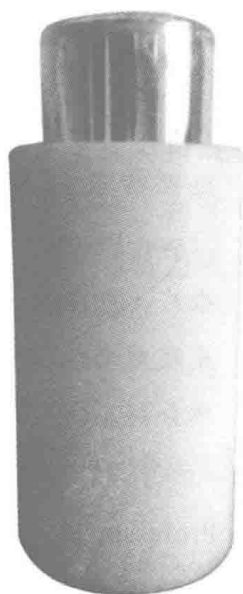
詹姆斯·杜瓦（James Dewar）

主要功能

保温，储藏液态气体，可用于低温研究和晶体元件保护。

仪器构造

双层玻璃容器（见右图），两层玻璃胆壁都涂满银，可以防止辐射散热。两层玻璃胆壁间的空气被抽掉，形成真空，能防止对流和传导散热，因此盛在杜瓦瓶里的液体，较易保温。



杜瓦瓶

相关资料

杜瓦瓶是由苏格兰物理学家和化学家詹姆斯·杜瓦爵士发明的。1892年，杜瓦吩咐玻璃工伯格用玻璃吹制一个特殊的玻璃瓶，伯格改进后用镍制造外壳，防止玻璃瓶胆破碎。在今天的英国伦敦研究所内，还保存着早期的杜瓦真空瓶。

1893年1月20日，杜瓦宣布发明了一种特殊的低温恒温器——后来称之为杜瓦瓶。1898年，杜瓦先是用杜瓦瓶实现了氢（ H_2 ）的液化，温度可达 $-252.7^{\circ}C$ 。次年，又实现了氢的固化，通过抽出固体氢表面的蒸气，温度可达 $-261.5^{\circ}C$ 。1906年，杜瓦又发明了可储存液态氧（ O_2 ）的金属杜瓦瓶，可以储存 $-240^{\circ}C$ 的液态氧。为铁路运输而设计的金属杜瓦瓶的容量可达110 000 L。

发明者小传

詹姆斯·杜瓦于1842年出生在苏格兰。少年时期，因为滑冰，杜瓦不慎摔坏了腿，为了康复摔伤的腿，杜瓦不得不在病床上躺了整整两年的时间。为了打发这难熬的时间，杜瓦学习了制作小提琴。这一经历为他以后展现出的令人惊讶的仪器设计与手工制作能力奠定了基础。

杜瓦早年就读于苏格兰著名学府爱丁堡大学。大学毕业后，杜瓦在苏格兰待了16年时间。在这期间，杜瓦先后做过科学家里昂·佩雷费尔（Lyon Playfair）和克拉姆·布朗（Crum Brown）的助手。杜瓦的研究范围很广，包括苯分子结构的测定（这一工作他没有成功）、太阳温度的测量、光线对动物视网膜的作用、吡啶分子结构的测定，以及一些简单物质的化学分析。

1875年，杜瓦被英国剑桥大学任命为杰克逊式教授（Jacksonian Professor），然而，杜瓦并不为此而感到高兴。他在剑桥大学几乎没有办公的地方，这里相当沉闷和保守的学术气氛也让他十分郁闷。虽然如此，他还是坚持与同事利文（C. D. Living）合作，从事原子和分子光谱

研究。这种合作研究持续了多年，他们的合作成果最后发展成为现代的紫外光谱和红光光谱。

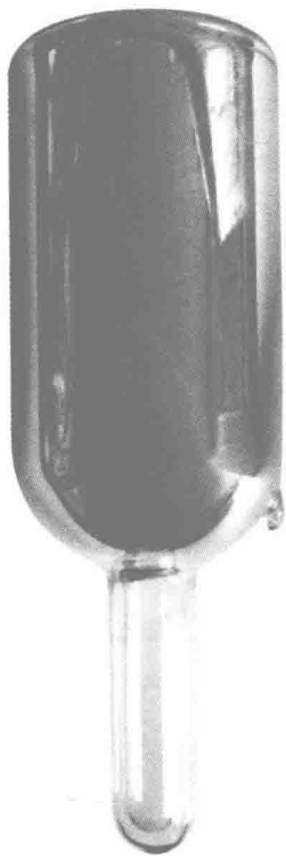
杜瓦除了与利文合作研究原子和分子光谱外，还从事金属钨在吸附氢气过程中引起焓变^①的测量工作。在这种焓变的测量研究中，杜瓦经常要用到一种容器——真空双层铜量热器——这就是现在被我们称为杜瓦瓶的前身。

在剑桥大学度过了两年并不愉快的时间后，杜瓦接受了伦敦英国皇家研究所提供的教授职位。他不喜欢按常规的提纲教学方式上课，而是采用自由讨论的形式授课。他风趣的教学方式和渊博的知识使他的课很受学生欢迎，他是一位优秀的老师。

1878年，当拉乌尔·皮克泰（Raoul Pictet）和路易斯-保罗·凯泰（Louis-Paul Cailletet）开始研究空气液化时，杜瓦看到了一个令人激动的研究课题——绝对零度（ -273.15°C ）。1895年，杜瓦第一次将氢气压缩成液体，即液态氢。为了保存液态氢，他需要一种不容易散热的容器，可当时并没有保温瓶，于是他就开始自己研制。他反复试验，并利用焦耳-汤普森效应^②来获取更低的温度。杜瓦根据 J-T 效应，设计出了真空双层玻璃瓶，即杜瓦瓶。其设计原理基于以下三个方面：①用双层玻璃瓶制造，双层玻璃瓶中间抽真空，用以隔绝空气的对流和热传导；②玻璃瓶壁表面涂上一层水银，用于反射光线，把辐射的热量反射回玻璃瓶内；③玻璃瓶口上加上瓶盖（塞），阻止热量从瓶口散发出去。用这种玻璃瓶子可以长时间储存液态氢。后来这种玻璃瓶也用于保存液态氧，并得到了广泛的应用。

① 焓变指物体焓的变化量。焓是物体的一个热力学能状态函数，即热函，是一个系统中的热力作用，等于该系统内能加上其体积与外界作用于该系统的压力的乘积的总和。

② 简称 J-T 效应。它描述的是高压气体扩展到低压区域的一种冷却现象，即气体在膨胀过程中温度下降。



瓶壁涂了水银的杜瓦瓶

杜瓦成功发明了这一非常有用的保温容器。但令人遗憾的是，杜瓦当时并没有重视真空瓶的发明，而是对抽出空气的理论非常重视，并为这一理论申请了专利，而对真空双层玻璃容器这一设计没有申请专利保护。1904年，德国的一个玻璃制造工赖因霍尔德·伯格偶然发现他的孩子喝的热牛奶装在这种容器中可以保存几个小时都不会变冷，由此看到了真空瓶潜在的广阔市场，于是开始推销这种真空瓶，并把它命名为瑟莫斯（thermos，希腊文，即保温瓶）。两年后，伯格申请到了保温瓶的专利，并开始制造、销售这种保温瓶。他发现玻璃瓶胆很容易碎裂，就用镍制造外壳来保护瓶胆。起初，瑟莫斯主要在实验室、医院和探险队中使用，后来被改造成人们生活中的日用品——保温瓶和热水瓶。



保温瓶



热水瓶



小资料

► 绝对零度

绝对零度 (absolute zero) 是热力学的最低温度, 其温标单位是开尔文 (K), 0K 约等于 -273.15°C 。物体在这个温度下没有热能, 物质的温度取决于物质内部所包含的原子、分子等粒子的动能。根据麦克斯韦-玻尔兹曼分布原理, 粒子动能越大, 物质温度就越高。在理论上, 物质可以达到绝对零度; 但在实际中, 绝对零度是不存在的。这是因为在任何空间都存有热量和能量, 并且能量、热量可以不断进行相互转换, 但不会消失。在绝对零度下, 原子和分子具有量子理论允许的最小能量。

热力学温标和摄氏温标之间的换算公式为:

$$T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273.15.$$



» 液氢和液氧的作用

(1) 由液氢与液氧组成的双组元低温液体推进剂的能量极高，在发射通信卫星、宇宙飞船和航天飞机等运载火箭时广泛运用。

(2) 液氢可与液氟组成高能推进剂。

(3) 液氧的主要作用是助燃。

» 现代氢气的存储方式

(1) 气态氢存储：气态氢气一般采用高压储氢方式储存在钢瓶中，钢瓶瓶身的颜色为淡绿色，通过开启减压阀释放氢气。

(2) 液态氢存储：通过氢气绝热膨胀，先将气态氢转化为液态氢进行存储。液态氢一般存储在液态氢储存罐中。

(3) 固态氢存储：固态氢一般采用储氢合金来存储。其原理是：在一定的温度和压力下，某些特殊的金属吸收大量氢气，反应生成金属氢化物，当加热这些金属氢化物时，会发生分解反应，储存在金属中的氢就会被释放出来。

» 紫外光

紫外光 (ultraviolet light, UV) 又叫紫外线，是指波长小于 400 nm (纳米) 的光。它分为三个区段：短波长紫外区，波长为 190~280 nm；中波长紫外区，波长为 280~320 nm；长波长紫外区，波长为 320~400 nm。

» 可见光

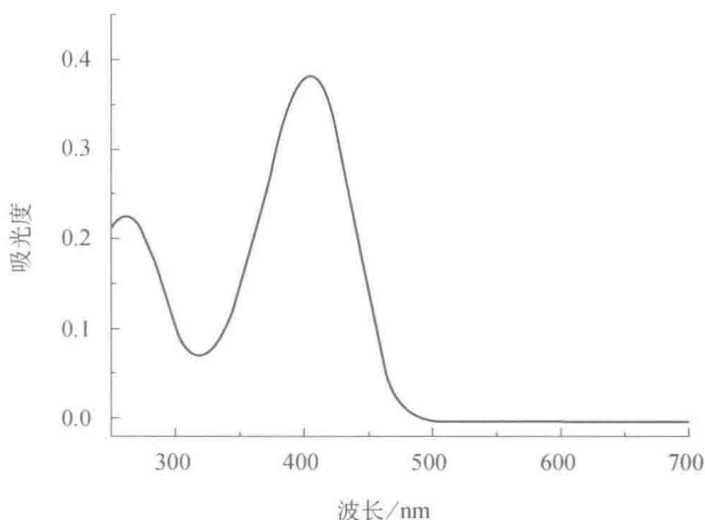
可见光 (visible light, VIS) 是指波长为 400~700 nm 的光。可见光由红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七色光组成。不同颜色的光对应不同的波长范围：红色：620~700 nm；橙色：590~620 nm；黄色：560~590 nm；绿色：490~560 nm；蓝色：420~480 nm；紫色：380~420 nm。

► 红外光（红外线）

红外光（infrared light, IR）又叫红外线，是指波长为 $0.7\sim 500\text{ }\mu\text{m}$ （微米）的光。根据波长范围不同，红外光又可划分为近红外（ $0.7\sim 2.5\text{ }\mu\text{m}$ ）、中红外（ $2.5\sim 25\text{ }\mu\text{m}$ ）和远红外（ $25\sim 500\text{ }\mu\text{m}$ ）。人的眼睛对红外光不敏感，要借助特殊的仪器或眼镜才能看到红外线。

► 紫外-可见光谱

在紫外-可见光谱（ultra-visible spectroscopy, UV）中，横坐标表示波长，单位通常用纳米（nm）；纵坐标表示吸光度，通常用 OD（optical density）值表示。紫外光的波长范围分为两个区段，波长在 $10\sim 200\text{ nm}$ 的称为远紫外区，这种波长能够被空气中的氮、氧、二氧化碳和水所吸收，因此只能在真空中进行，这个区域的吸收光谱被称为真空紫外；波长在 $200\sim 380\text{ nm}$ 的称为近紫外区，一般的紫外光谱是指这一区域的吸收光谱；波长在 $400\sim 750\text{ nm}$ 的称为可见光谱。常用的分光光度计一般包括紫外及可见两部分，波长为 $200\sim 1000\text{ nm}$ 。



紫外-可见光谱图

► 红外光谱

分子的振动形式可以分为伸缩振动和弯曲振动两大类。前者是指原子沿键

轴方向往复运动，键长在振动过程中发生变化；后者是指原子垂直于化学键方向振动。组成分子的各种基团都有自己特定的红外特征吸收峰。从理论上来说，每一个基本振动都能吸收与其频率相同的红外光，在红外光谱图对应的位置上出现一个吸收峰。

通常将红外光谱（infrared spectroscopy, IR）分为三个区域：近红外区（0.75~2.5 μm ）、中红外区（2.5~25 μm ）和远红外区（25~300 μm ）。由于绝大多数有机物和无机物的基频吸收带都出现在中红外区，因此中红外区是研究和应用最多的区域，通常所说的红外光谱即指中红外光谱。按吸收峰的来源，可以将 2.5~25 μm 的红外光谱图大体上分为特征频率区（2.5~7.7 μm ）以及指纹区（7.7~16.7 μm ）两个区域。

在红外光谱中，横坐标表示波数，单位通常用 cm^{-1} 表示；纵坐标表示透光率，用 $T(\%)$ 表示。

$$T = \frac{I}{I_0} \times 100\%$$

式中， I ：透过光通量， I_0 ：入射光通量。

参考文献

A. Sella. 2008. Classic kit: Devar's flask. Chemistry World, 5.

贝克曼温度计



中文名

贝克曼温度计

英文名

Beckmann thermometer

发明者

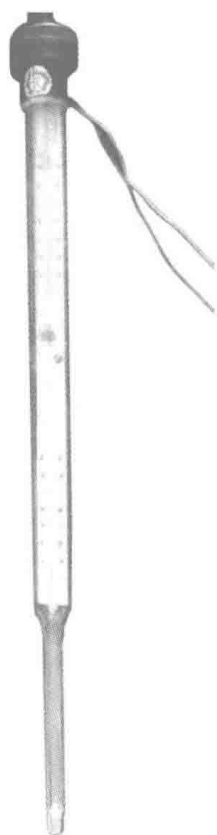
恩斯特·奥托·贝克曼（Ernst Otto Beckmann）

主要功能

用于精密测量温度差值。可用于测量介质温度在 $-20\sim 155^{\circ}\text{C}$ 内变化且不超过 5°C 或 6°C 的温度差。刻度尺上的刻度一般只有 5°C 或 6°C ，最小刻度为 0.01°C 。

仪器构造

水银球与贮汞槽由均匀的毛细管连通，除水银外都是真空。贮汞槽用于调节水银球内的水银量，其背后的温度标尺只能大概表示温度数值，即当贮汞槽中的水银与水银球中的水银相连时，贮汞槽中水银面所在的刻度就表示温度的粗略值。同时，水银球中的水银量是可以调节的，因此，贝克曼温度计无法准确测量温度的绝对值。



贝克曼温度计

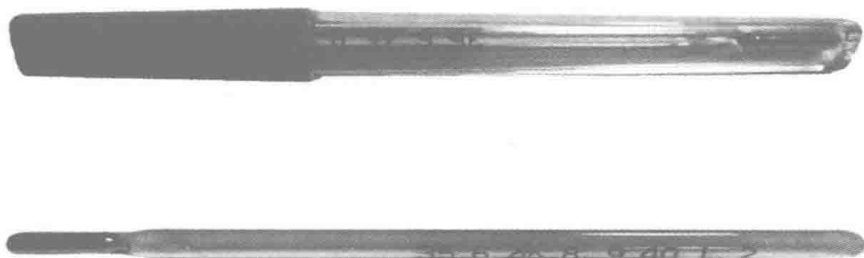
相关资料

贝克曼温度计是由德国化学家恩斯特·奥托·贝克曼发明的。贝克曼温度计有两种刻度标法：一种称之为下降式贝克曼温度计，即最小读数刻在刻度尺的上端，最大读数在刻度尺下端，用来测量温度的下降值；另一种称之为上升式贝克曼温度计，即最大读数在刻度尺上端，最小读数在刻度尺下端，用来测量温度的上升值。现代贝克曼温度计，刻度标尺总共为 1°C 或 2°C ，最小的刻度为 0.002°C 。

用贝克曼温度计测量温度时，首先要根据被测温度的高低，调节水银面的刻度，让毛细管中的水银面处在刻度尺适当的位置上。正确的使用方法是：首先将贝克曼温度计插入一个与待测体系起始温度相接近的已知体系内，待平衡后，如果毛细管内的水银面处在合适的刻度附近，就不必调整，否则就要进行

调整后才能使用。为确保读数的准确性，正确的做法是：第一，保持贝克曼温度计垂直，而且水银球应全部浸入所测温度的体系中；第二，保持眼睛与水银面在同一水平面上；第三，利用放大镜读取数值。此外，值得注意的是，由于毛细管中的水银面在上升或下降过程中有黏滞现象，读数前可以先用手指轻敲水银面处，以消除这种黏滞现象带来的误差。

温度计在我们的日常生活中并不陌生，从小到大，当我们身体发热（烧）到医院就诊时，医生/护士常常让我们先测量体温。用于测量体温的温度计一般是水银温度计，因为它的精确度较高。



用于测量体温的水银温度计

现代实验室中除了贝克曼温度计外，常用的温度计还有酒精温度计。酒精温度计具有无毒、使用方便等特点。根据不同的测温范围，酒精温度计分有 $0\sim 100^{\circ}\text{C}$ 、 $0\sim 200^{\circ}\text{C}$ 、 $0\sim 300^{\circ}\text{C}$ ，以及 $-20\sim 100^{\circ}\text{C}$ 、 $-80\sim 60^{\circ}\text{C}$ 、 $-100\sim 20^{\circ}\text{C}$ 等各种不同测程规格的温度计。此外，为了实验用方便，还有带磨口的温度计。



酒精温度计