

提升实验指数 提高实验效果

----两个测定大气压强的创新实验

上海音乐学院实验学校 陶晓明

有关大气压强的实验有很多，很多的小实验都非常简单，实验现象也很明显，效果也很好，如瓶子吞蛋、覆杯实验、易拉罐收缩实验、马德堡半球实验等。但这些实验都是用来证明大气压存在的实验。有关大气压测定的实验就相对较少，教材中描述的测定大气压强的实验是托里拆利实验。

一、托里拆利实验操作中的问题

托里拆利实验就是利用内外压强相等来测量大气压强值。所需要的器材有一米长的一端封闭的玻璃细管、水银槽、适量水银。实验时先将玻璃管开口端向上，将水银慢慢地注入玻璃管中直到灌满水银，将灌满水银的玻璃管管口封住，将玻璃管颠倒过来倒插入水银槽中，移去封口，发现管内水银面会下降，最终稳定在离开水银槽液面约 76 厘米高的地方，通过分析可得，此时管内水银所产生的压强正好等于管外大气压强的值。大气压强的值就可以通过测算管内 76 厘米高的水银柱的压强来反映。

托里拆利是教师演示实验，教师在演示时会遇到相当大的难度，首当其冲的就是水银的问题，目前很多学校都不具有水银，且水银是有毒的，有一定的挥发性，在教室里演示有一定的危险，且教师在灌注水银及翻转时容易使水银滴漏出来造成环境的污染。其次这个实验就一个老师比较难独立操作，需要专业助手，而学生显然不行，有时不慎也会对教师本身造成一定的危害。上到大气压强这节内容时，多数教师会选择视频或 FLASH 播放的方式来介绍托里拆利实验。我也曾经做过，但发现，视频多媒体虽然直观但不真实，对于学生来讲，没有亲眼看到，没有亲手实验，没有零距离的接触是很难对大气压强有深刻的体会，对学生来讲大气压强值还只是听老师讲的，并不是自己测出来的，更何况，处在那么大压强的环境中却没有任何感觉，学生始终对大气压强比较陌生。

如何改进这个实验，如何降低实验难度，提高实验的可操作性就显得尤为重要。为此，以上音实验为主的五校“初中物理实验化教学”教研联合体成员教师，就如何测量大气压强值的实验进行集体商讨，找出即安全，又可行的实验方案。

托里拆利实验的原理就是利用 $p = \rho gh$ ，非常的巧妙，问题在于必须要用到

水银，这是不能在教室里演示的主要原因。解决办法无非就是原理不变，用水替代水银；或者改变原理，利用 $P=F/S$ 测量大气压。联合体成员教师就按照这两个思路设计可行的大气压强测定的实验。

二、托里拆利实验原理不变，用水代替水银测量大气压强——创新实验一

水是无毒无害，但水的密度只有 $1000\text{Kg}/\text{m}^3$ ，要使管内水的压强等于管外大气压强，管子必须要很长，大约要 10 米左右，这样一来很难在教室里完成。有老师就提出，为什么实验一定要在教室里做，走出教室，到更大的环境中做实验，反而会让学生留下深刻的印象。大致的实验方案就这样定下来，急需解决的问题就是寻找 10 米长的管子。有老师提出，直接找 10 米长的透明管子确实很难找，但可以分成几段，再用接口把几段拼接起来，做成可拆卸的管子，安装和存储



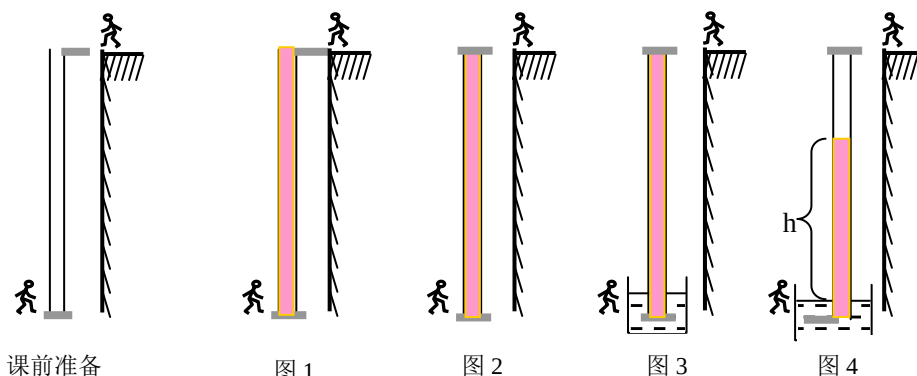
都比较方便。寻找厂家定制了 6 根透明有机玻璃管，每根大概 2 米左右，两端都有螺纹，方便拼接。课前准备时，将 6 跟有机玻璃管用螺帽拼接起来，捆绑在教学大楼上，最下面的一端的阀门关闭，最上端的阀门打开。

课堂教学中把原理和注意事项介绍好后，将学生带出教室，走到教学楼外，观看老师的演示实验。实验步骤分为三步：

第一步，将准备好的染红的水从上端阀门处向下灌水，直到灌满（图 1），并关闭上端阀门（图 2）。

第二步，将下端阀门浸没在水槽中（图 3），并打开下端阀门。

第三步，观察管中水位下降情况，用卷尺测量管中水位到水槽液面的距离（图 4），利用公式 $p=\rho gh$ 测算出管内水的压强，此时大气压强就等于管内水的压强。换句话说，外界大气压强可以把水顶到约 3 层楼高，显现出大气压强的巨大。学生通过亲手操作，亲眼所见，亲自测算，对大气压的概念有比较深刻的理解，印象比较深刻。（上图为当时上课的情景）



三、采用 $p=F/S$ 实验原理，利用吸盘悬挂重物法测量大气压强—创新实验二

为了拓展学生的思路，可以利用不同的实验方法来测量大气压强。本方案就是利用 $p=F/S$ ，利用重物的重力除以真空吸盘的面积，测算出大气压强。

先介绍一下实验器材：一块水平钢化的厚玻璃，厚度约 10mm 左右，由于玻璃表面比较光滑，真空吸盘吸附力比较强；真空吸盘一个，如图（5）所示；水桶、砖块、细沙及电子秤。

实验步骤大致分为五步。

第一步：将厚玻璃两端水平放置在两个课桌上，将玻璃上下表面用湿抹布擦干净，以提高密封性和透明度，将吸盘倒吸在玻璃板下表面，注意一定要把吸盘内的空气尽可能的排干净，可以通过上表面观察吸盘内空气的情况。

第二步，将水桶通过绳子悬挂在吸盘的下方，如图 6 所示。先在桶中加入较大质量的砖块，看吸盘的形变程度，再逐渐加细沙。

第三步，小组同学通过玻璃上表面用刻度尺不断地测量吸盘与玻璃面的有效接触面圆的直径，因为随着重物重力的加大，吸盘会发生形变，吸盘与玻璃的有效接触面不断变化，临近脱落前测出的接触面积是最为准确的，所以当重物加到一定程度时要不断地测量吸盘有效接触面的直径。

第四步，不断往水桶中加注细沙，直到吸盘承受不住水桶的对吸盘的拉力而脱落，然后将整个水桶放在电子秤上测出最后的质量 M ，记录下脱落时刻所测得的直径 D 。

第五步，则进行大气压强的计算，利用公式 $P=F/S$ ，（ $F=Mg$ ， $S=\pi (D/2)^2$ 。）计算的结果与大气压强的值做比较。

在这个实验的过程中，由于影响因素较多，各小组测算出来的大气压强值也各不相同，通过同学对本小组实验的评估，小组间经验的交流，寻找影响实验的因素所在。如不能排尽吸盘中的空气导致实验有误差，吸盘在掉落时有效接触面积比较难测，以及水桶加重物时的技巧等因素，为了证实这些因素会影响实验结果，可以进行第二次实验。笔者在课堂实践时，通过学生的自我评估及他组的经验介绍，不断改进自己的实验，从第一次的一片混乱，到第二次小组内分工合作，有的测量吸盘直径，有的指挥加沙子，有的做搬运工来回跑，也有的忙着做记录并运算，整个团队，协调合作、仔细操作，认真实验。通过学生的努力，第二次学生测算出的大气压强值明显与第一次的要更接近真实的大气压强值。同学们都

很兴奋，很有成就感，在理解了大气压强知识的同时，也意识到了团队的重要性，以及科学规律得出的曲折性。从误差较大到改进实验，误差渐渐缩小，这正是反映一般科学规律的得出是在不断重复实验，改进实验的基础上得到。（图 7 是当时上课的情景）

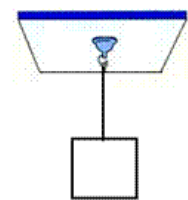


图 6



图 7

四、关于两个测定大气压强创新实验的反思

上述两个改进方案都得到了专家、及兄弟学校老师的肯定。虽然准备起来比较麻烦，还要劳师动众。但从实验效果来看，这些麻烦都是不足一提的，宏大的场面，震撼的实验效果足以说明一切。通过对初三毕业班学生的问卷调查显示，学生印象最深刻，最有意思的实验是哪一个？这两个大气压的实验排名第一和第二，遥遥领先于与其他实验。

笔者分析，一个实验的成败，不仅仅是实验结论是否能得出，而更重要的是，这个实验是否能真正走进学生的心中。对于初中学生，更倾向于实验的趣味性、视觉性和操作性，笔者把这些特点总称为“实验指数”。具备这些特点的实验，实验指数就高，才会吸引学生，学生才能真正地用心去实验，理解实验，从而达到实验中学学习知识的目的。

教材有很多实验，可以通过适当地改进和创造，来提高实验指数，从而提高这些实验的效果。如凸透镜实验，教材中物体是蜡烛，光屏是一块塑料片，实验指数不高，不能很好地引起学生的兴趣，调查中凸透镜成像实验排名较靠后，也验证了这一点。如果把蜡烛变成可变的物体，如 LED 发光屏，有趣的小动物，光屏变成屏幕，甚至可以配以音乐，变成小型的影剧院，学生探究银幕上像的情况会比较感兴趣，学习积极性会提高，参与度也会提升，实验指数就会相应的提高，实验中学到的成像规律就会记得更牢。教材中类似的物理实验还有很多，不断挖掘这些实验，提高这些实验的指数，就能提高实验的效果。

笔者参加的“初中物理实验化教学”的教研联合体，正致力改进教材中规定的实验，教师的创新实验和学生自创实验，能提高实验指数，能提高初中物理实验教学的深度和广度。