



南开大学2020春季物理居家实验合集

《南开大学**2020**春季物理居家实验合集》探讨可能用于居家实验的题目，每集暂定**10**个题目，向全校本科生公布。

征集及特点: 为老师们在家中和学生们在宿舍中**可以重复出来的**实验现象,经过**定量计算和误差分析**。

开发及开放步骤: 1、探究实验方法可行性（从器材、原理、误差等方面）；

2、处理数据+误差分析；

3、课程组发布指南，指导主题式的实验设计。

4、课程组从合集中抽选部分题目，结合课程实际和学生专业层次，发布**面向对象的居家实验设计任务**；

5、征集教师、广大学生的意见，通过居家实验报告反馈，不断完善修订合集中的内容。



南开大学**2020**春季物理居家实验合集**1**

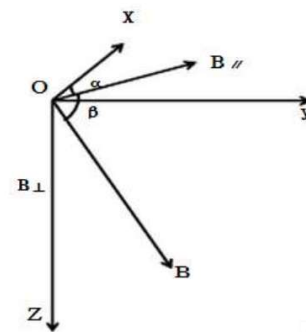
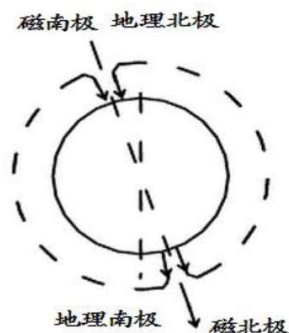
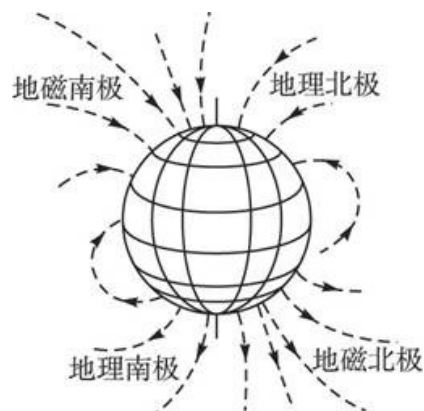
—— V1 released 2020.3.14
V2 released 2020.3.18

南开大学基础物理实验中心



利用手机测量地磁场大小

- 地球内部存在的天然磁性现象，地球和近地空间之间存在着磁场，称为地磁场，大小约为 10^{-5}T 量级
- 本实验利用手机作为磁力计进行地磁场的测量。
- 本实验的主要目的是让同学们了解地磁场并掌握地磁场的测量方法。
- 测量物理量：水平分量、垂直分量、磁倾角。





利用手机测量地磁场大小

实验内容：

1. 利用手机物理工坊中的磁力计进行磁场大小测量。
2. 在较为空旷的地方进行实验，防止其他磁场干扰。
3. 水平分量测量：首先将手机水平放置，水平旋转手机，找到磁场最大方向，记录数据；将手机水平旋转 180° ，记录磁场最小值，两者相减后除2，得到地磁场的水平分量 $B_{\text{水平}}$ ，多次测量取平均，测量结果约为 $3.0 \times 10^{-5} \text{T}$ 。
4. 垂直分量测量：将手机竖直放置，测量磁场的垂直分量，然后将手机旋转 180° ，记录输出的最大值和最小值，两者相减后除2，得到地磁场的垂直分量 $B_{\text{垂直}}$ ，多次测量取平均，测量结果约为 $4.1 \times 10^{-5} \text{T}$ 。
5. 利用水平分量和垂直分量计算磁场强度为 $5.08 \times 10^{-5} \text{T}$ ，磁倾角为 53.8° 。



驻波实验

- 弦振动实验中采用电动音叉作为振源，利用一根与其连接的弦线作为波的传输介质，构造条件使弦线上形成稳定驻波，通过对驻波的波长 λ 、弦线的线密度 ρ 以及弦线的张力 T 可以间接得到振源的振动频率。
$$f = \frac{1}{\lambda} \sqrt{T/\rho}$$
- 在生活中我们经常接触的振源之一就是电动牙刷，用电动牙刷作为振源也可以构造一套弦振动实验装置，并对其振动频率进行估算。

替代振源：电动牙刷等

王老师用的飞利浦产品，31000次/分；

李老师的宝洁公司的oral-B 3D 振动频率48800次/分；（左右振动8800次/分，前后振动40000次/分，说明书），效果不错，见视频





驻波实验

实验内容：

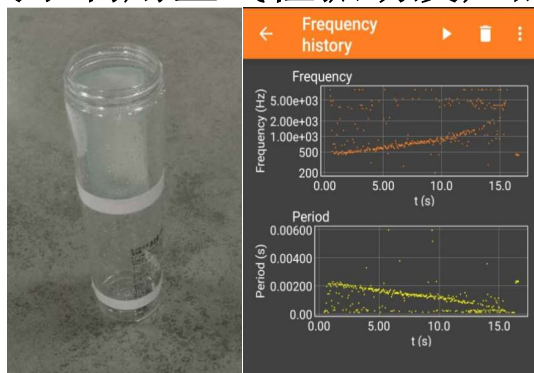
1. 找到一支电动牙刷或其它可提供振动的用具，一根弹性不大的线，其他用于固定的东西（自己开脑洞吧）。
2. 将电动牙刷（其它振源）固定在桌子一头，连上线，线的另一端连上质量已知（比如手机或标有质量的食物），参考弦振动的实验装置将线架起，打开电动牙刷，通过改变振源（牙刷）和支架的距离使线上产生明显、稳定的驻波。
3. 用直尺或米尺测量驻波的波长，线密度可用 $\rho=10^{-4}\text{kg/m}$ 估算，根据重物的质量计算线上的张力 $T=mg$ ，最后计算振源（牙刷）的振动频率
$$f = \frac{1}{\lambda} \sqrt{T/\rho}$$
4. 拍摄形成驻波的照片。
5. 如果可以找到多组已知质量的重物，可通过改变质量验证波长 λ 与 $\sqrt{T}$ 的线性关系。
6. 详细资料可参阅弦振动实验讲义。

实验难点：1、电动牙刷有的不具备，其它按摩器、剃须刀上等振动装置可考虑；
2、线的材质和线密度需考虑；

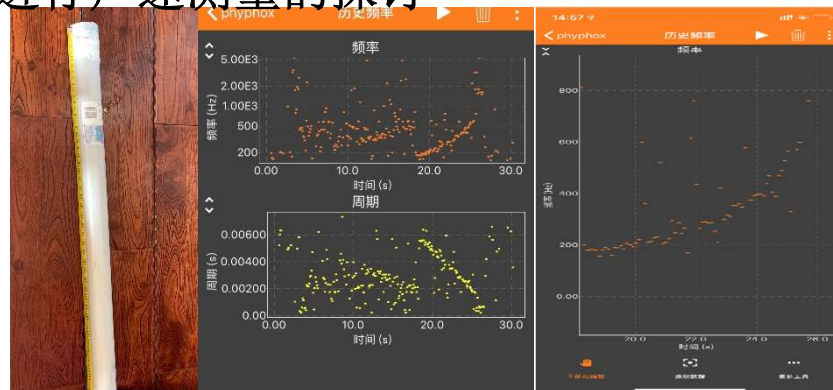


声速的测量

关于利用空气柱振动发声的频率特性进行声速测量的探讨



翦老师实验图及采集数据



利用长约121cm，直径5.2cm塑料桶，实验器材及采集数据

实验材料：非透明管子（长121cm的世界地图的包装塑料桶），家中水龙头，手机（PHYPHOX软件）

实验过程：利用水龙头向桶中注水，并记录历史频率；导出excel形式数据文件并做数据分析。

实验难点：1、实验中采用了非透明管， L_0 的值也需要做拟合。

数据分析等：

1、建议用matlab等工具实现多参数非线性拟合。

2、除了对第一段18s之前可以按照翦老师的做法分析外（去掉数据点），第二段18-25秒（接近桶口）的效果更好一点。

- 感谢湖南大学实验中心翦知渐、谢中等老师发布的《非实验室环境下的大学物理实验之一 空气柱振动发声的频率特性》一文。

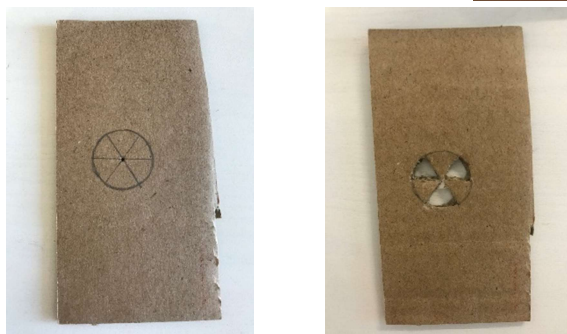


生活中的凸透镜焦距测量及自组显微镜、望远镜

- 实验用具：放大镜（或自制凸透镜）、光源（手机手电筒）、自制物、平面镜、光屏（硬纸板）、尺
- 自制凸透镜：参考视频<https://haokan.baidu.com/v?vid=15834972184072592176&pd=bjh&fr=bjhauthor&type=video>



- 自制物：



- 结合实验讲义的两种方法测量放大镜或自制凸透镜焦距：
 - 自准直法；
 - 二次成像法（又称位移法）。



生活中的凸透镜焦距测量及自组显微镜、望远镜

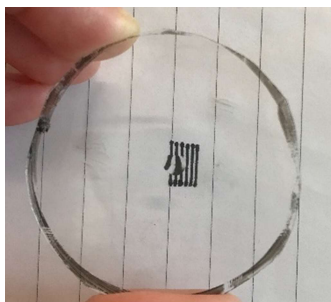
- 自准直法:





生活中的凸透镜焦距测量及自组显微镜、望远镜

- ▶ 自制水滴小焦距透镜：铅笔尖或筷子头蘸水滴在保鲜膜或透明片上。



- ▶ 自组显微镜：用自制的水滴小焦距透镜和家里现有的凸透镜，如放大镜，或自制的凸透镜，组合搭建显微镜。观察实验现象。利用公式（1）估算自组显微镜的视角放大率。（想办法估测水滴小透镜焦距）

$$\Gamma = \frac{-\Delta}{f_o'} \frac{250}{f_e'} \quad (1)$$

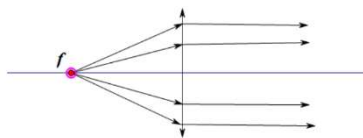
- ▶ 自组望远镜：利用放大镜或自制透镜，选择两个焦距不同的凸透镜自组望远镜，观察远处物体。估测视角放大率。



利用水透镜获得近似平行光

- 题目: Collimate light from LED of your cell phone and daily supplies to produce parallel beam. Measure and optimize the parameters of the parallel beam.

- 手机 (带LED)
- 一次性杯子 (若干)
- 保鲜膜
- 光屏 (任意平物件)
- 笔
- 尺子
- 卷尺
- 水



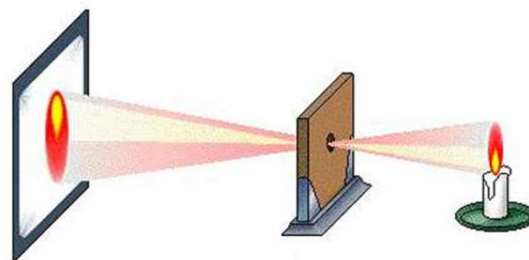
测量物距; 透镜直径等参数;
计算散射角;





小孔成像

- 用一个带有小孔的板遮挡在墙体与物之间，墙体上就会形成物的倒影，我们把这样的现象叫小孔成像。前后移动中间的板，墙体上像的大小也会随之发生变化，这种现象说明了光沿直线传播的性质。



小孔成像

大约两千四五百年以前，我国的学者——[墨翟](#)（墨子）和他的学生，做了世界上第一个小孔成倒像的实验，解释了小孔成倒像的原因，指出了光的直线进行的性质。这是对光直线传播的第一次科学解释。



小孔成像——实验器材与步骤

实验器材：长方形硬纸板、蜡烛、白纸、纸盒、大缝衣针、铁夹、瓶盖。

实验步骤：

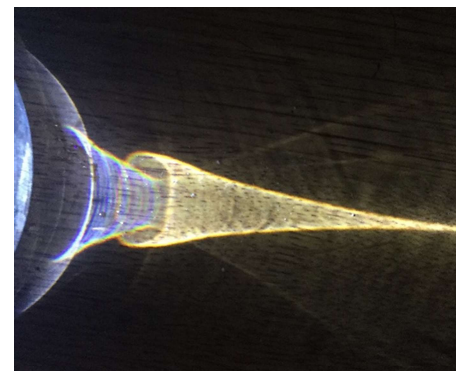
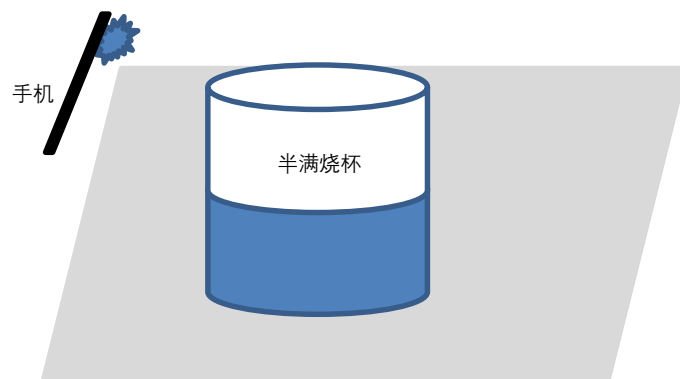
- 1. 用针在硬纸板的中心位置扎上一个直径约3毫米的穿透硬纸板的小孔。
- 2. 用铁夹夹住硬纸板的两边，使硬纸板直立在桌面上。
- 3. 把蜡烛固定在瓶盖上。点燃蜡烛，把蜡烛放在硬纸板的前面，使烛焰中心与硬纸板上的小孔在同一水平线上。
- 4. 把纸盒直立在硬纸板的后面，再把一张平整的白纸放到纸盒的直立面上，使纸面的中心与硬纸板上小孔在同一水平线上。向白纸上看去，白纸上是否有烛焰的像？
- 5. 沿垂直于硬纸板面的方向移动白纸，白纸上烛焰的像会有什么变化？（白纸离硬纸板较近时，烛焰的像较小但比较亮；白纸离硬纸板较远时，烛焰的像较大但比较暗）
- 6. 用针在硬纸板上离第一个小孔2厘米远的地方再扎上2个小孔，这时白纸上烛焰的像有什么变化？（硬纸板上三个孔时，白纸上会有三个倒立的烛焰的像。）

现象解释：蜡烛的火焰是由许多小的发光点组成的，每个发光点都向四面八方发射着光线。当一个发光点发出的光穿过硬纸板上的小孔时，在白纸上会形成一个光斑。烛焰上的每一个发光点都会在白纸上形成一个对应的光斑，全部光斑在白纸上就组成了一个烛焰的像。硬纸板上有多个小孔时，烛焰发出的光经过每一个小孔都会成一个像，这时就会看到多个像。



探究半满烧杯对光线的聚焦作用

- **实验题目：**将烧杯放置在桌面上。用干净的水将烧杯填至半满。如果用手机闪光灯从烧杯斜上方照射烧杯，在桌面上可以看到非常特别的光束图案。请分析图案的特征并探究其形成原因。





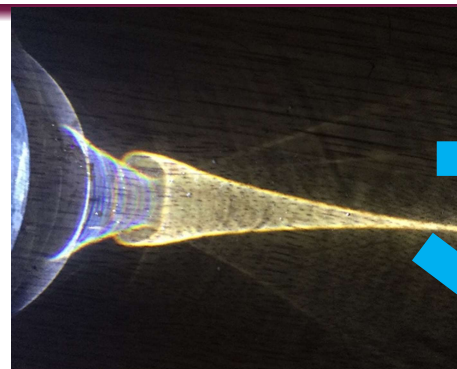
探究半满烧杯对光线的聚焦作用



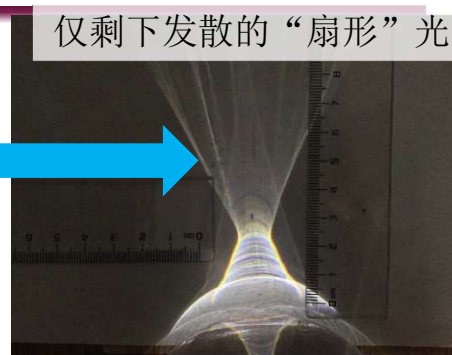
手机闪光灯

盛水半满烧杯

放大



遮挡水面以下进入水中的光



仅剩下发散的“扇形”光



折了的易拉罐盖子——遮挡水面以上进入水中的光

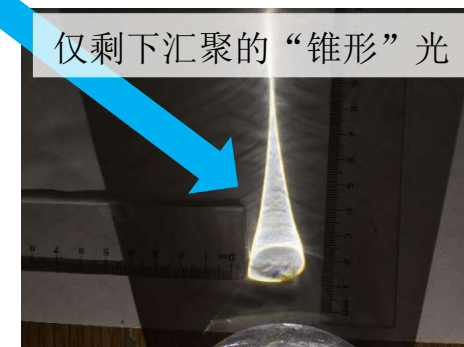


纸板——遮挡水面以下进入水中的光



测量

遮挡水面以上进入水中的光



仅剩汇聚的“锥形”光

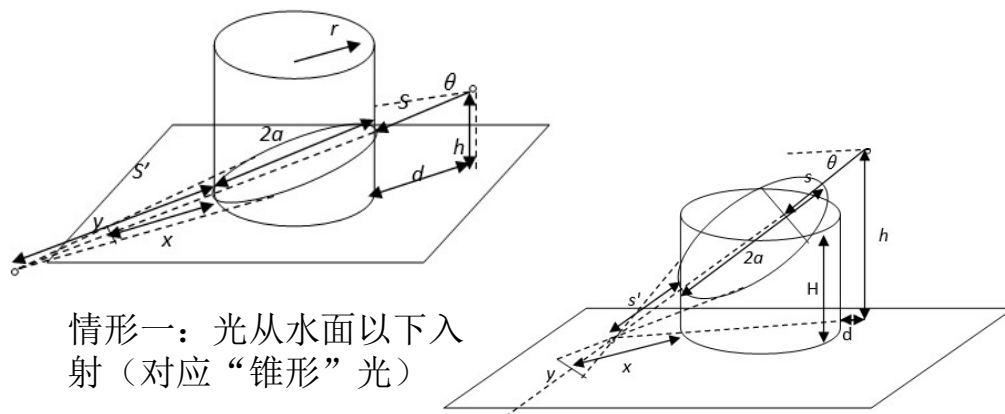
探究半满烧杯对光线的聚焦作用

解题思路：1、通过预实验，发现“锥形光”和“扇形光”两种情况分别可以等效为椭圆透镜成像与平椭圆凸透镜成像。

2、对桌面上图样的几何形状的参数(x 和 y)以及装置参数进行测量与记录。

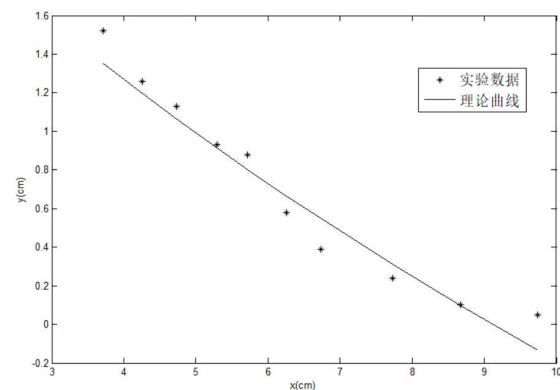
3、根据几何光学对两种情况进行计算分析，参数 x 与相应位置的光束宽度 y 之间满足不同的参数方程。

4、其它分析：对于边缘与扇形图案根部的彩色条纹，可能是由水的折射率随光的波长变化所导致。

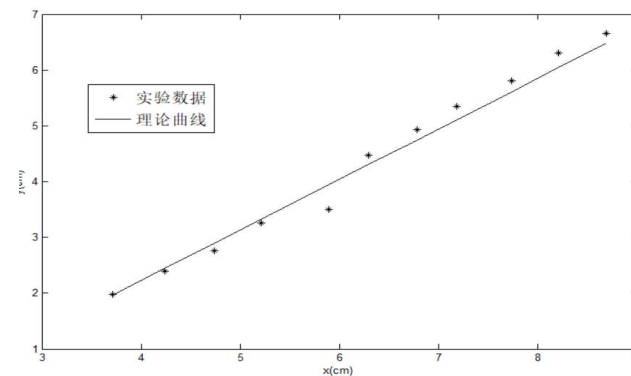


情形一：光从水面以下入射（对应“锥形”光）

情形二：光从水面以上入射（对应“扇形”光）



情形一



情形二

南开大学2017级本科生：袁家荣，罗尊，吴迪
《光学》课程指导教师：孙骞



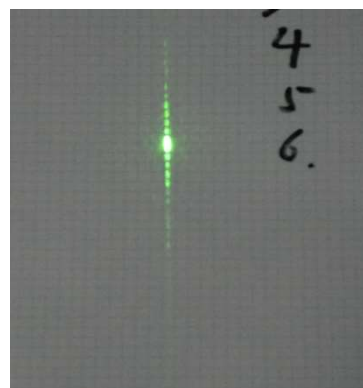
夫琅和费单缝衍射条纹间距测量

题目原文：

Observe the **diffraction of a slit** with a finite thickness and analyze the influence of the **slit thickness** on the **diffraction pattern**.

实验器材/工具：

镜子，激光笔，方格纸，支架，小刀，圆规，剪刀等。



- 实验步骤：1、分别用圆规，小刀，剪刀等尖锐物品在镜子背后笔直划过，得到若干厚度不一的单缝。
- 2、搭建实验装置。
- 3、打开激光笔得到若干衍射条纹，拍摄记录所得条纹。
- 4、数据处理及分析

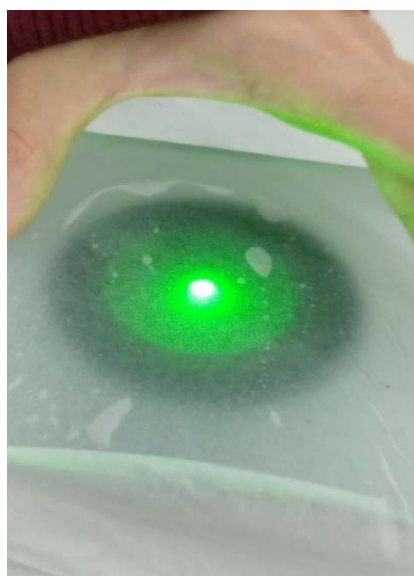
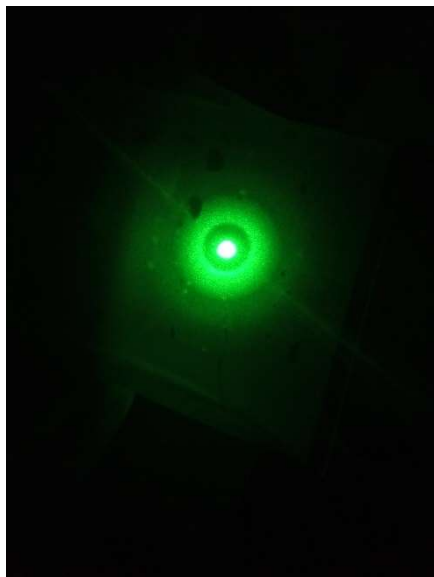


利用漫反射测量玻璃的折射率

- 题目原文: Illuminate a wet piece of tissue face tissue atop of plate glass by a laser beam from laser pointer I gave to you. You may observe unique pattern. **Explain the phenomenon and investigate whether we can measure the refractive index and thickness of the glass.**

实验器材/工具:

激光笔, 玻璃, 纸巾, 水, 手机 (用于拍照) 等。



实验步骤: 1、把纸巾蘸湿贴在玻璃上, 用激光笔照射纸巾, 这时可看到多级的圆环, 且亮度依次递减。

2、用直尺测量 (或拍照) 相应圆环的直径并记录。

3、将玻璃下端浸在水中, 重复以上实验。观察到光环现象消失。

4、数据处理及分析。



IYPT Problem——Azimuthal-Radial Pendulum 方位径向摆



聚氨酯棒（弹性棒）

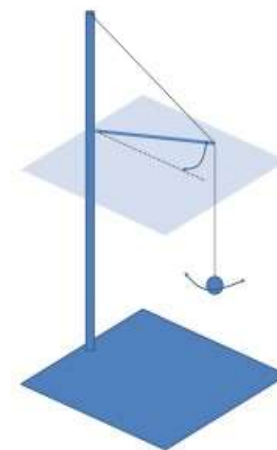


手机摄像机

图3.1.1 铁架台（刚性支架）

铁质小球和棉线

Fix one end of a horizontal *elastic rod* to a rigid stand. Support the other end of the *rod* with a taut string to avoid vertical deflection and suspend a bob from it on another string (see figure). In the resulting pendulum the radial oscillations (parallel to the rod) can spontaneously *convert* into azimuthal oscillations (perpendicular to the rod) and vice versa. Investigate the phenomenon.





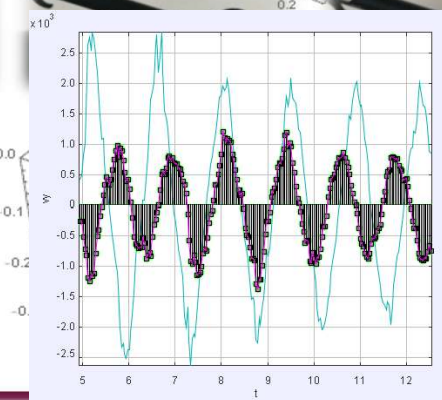
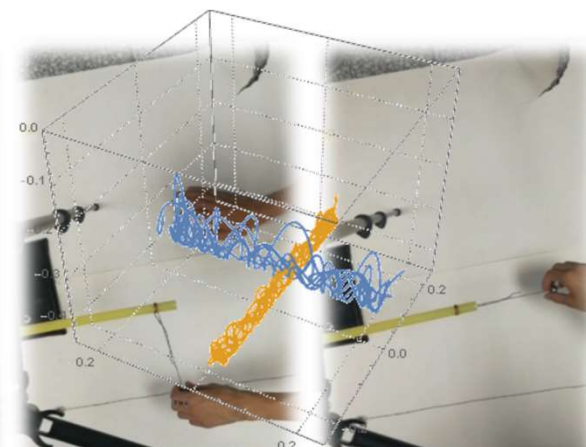
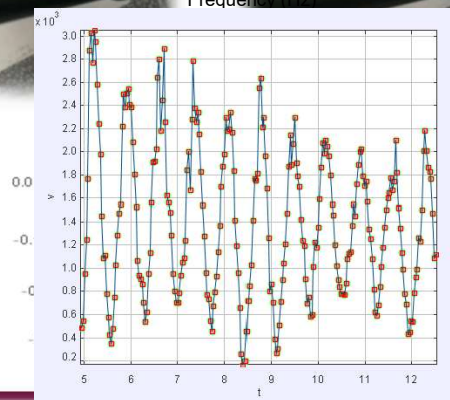
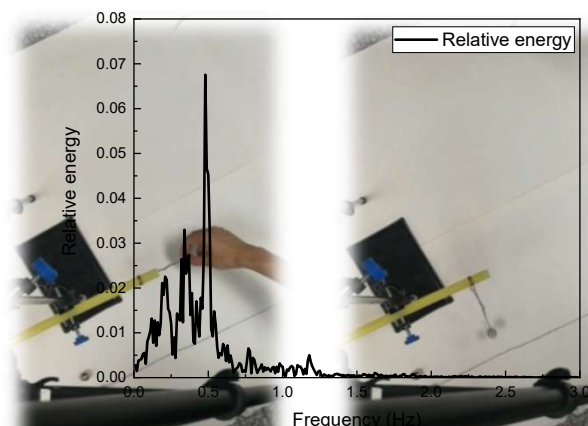
方位径向摆-定性研究

定性研究:

✓ 运动轨迹:

- 切向→径向
- 稳定在切向
- 径向→切向
- 稳定在径向

✓ 混沌现象:

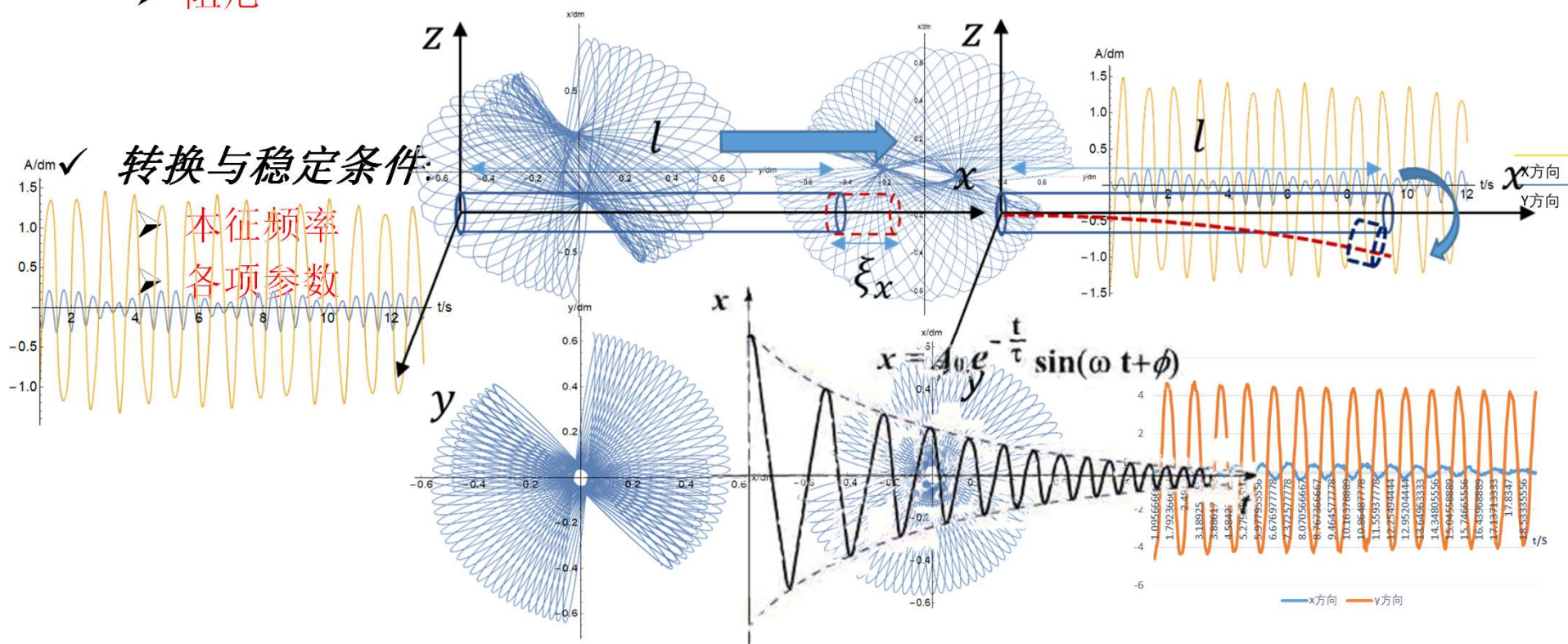




✓ 力学参数:

- ## 转换与稳定条件

各项参数





南开大学**2020**春季物理居家实验合集**2**

——released 2020.3.22

南开大学基础物理实验中心



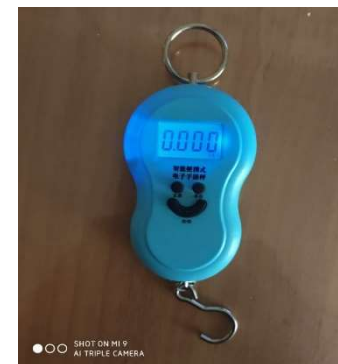
冰的熔解热的测量

实验原理： 冰为晶体，可以用混合量热法测其熔解热，具体原理参考学习资源中《混合量热法测量冰的熔解热》实验中的学习资料。

请同学们居家就地取材，构建一个近似与外界绝热的孤立系统，能测量系统温度随时间的变化，质量可以测量或估算。那么这个实验就可以居家实现。

下图是老师居家实验用到的器材：

- 真空杯
- 绝热盖（导热性差的材质，可选包装泡沫）
- 温度计（测温范围在 $0\sim 50^{\circ}\text{C}$ ，以便做散热修正）
- 木制筷子（搅拌器，吸收的热量可以忽略）
- 电子秤或带刻度的杯子（由体积估算质量）
- 秒表（手机）。毛巾



图片仅做参考，为老师实验图片



实验要求

1. 求出冰的熔解热 L 值，及其相对误差。（冰的熔解热的标准值为 $3.35 \times 10^5 \text{J/kg}$ ）
2. 真空杯的比热容可以根据其材质网上查找。
3. 可以用Origin或MATLAB 等数据处理软件做散热修正图，也可以手绘。
4. 实验室中实验误差一般在10%以内。居家实验误差可能会大些，10%左右即可。
5. 记录预实验结果，反复调整参数测量3次以上，阐明每一次实验所改变的初始条件，并在探索得到的可行条件内进行多次重复实验。进行误差分析。



用单摆测定重力加速度

实验原理：如图所示，一根细线上端固定，下端系一重物，当细线的质量与重物的质量 m 相比可以忽略，重物的尺寸又比细线的长度小得多，即可与质点近似时，这种装置就构成单摆——一种数学摆的近似装置。设摆长 l ，重力加速度 g ，则其运动方程由转动定理可知：

$$ml\ddot{\theta} + mgl\sin\theta = 0$$
$$T = 2\pi / \omega = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

当摆角较小时，单摆周期 T 只与摆长和重力加速度有关。若测得摆长和周期，即可求出当地的重力加速度。

$$G = 4\pi^2 l / T^2$$



图 3-1 单摆装置



实验要求

- 1、利用常规实验、手机摆实验，或者其他自创方法完成重力加速度的测量均可。
- 2、要求进行数据记录和数据处理。建议采用word形式提交，如果条件不允许，也可以手写后在每一页上标明页码再拍照上传。
- 3、如果是自创方法，请在实验报告中写清楚实验步骤，并对实验装置拍照



滴重法测水的表面张力系数

- 液体表面在宏观上就好像一张绷紧的橡皮膜，存在沿着表面并使表面趋于收缩的应力，这种力称为**表面张力**。液体表面张力是与液体表面相切的，也就是沿液体表面而作用的，其方向不论在平面或曲面里，都与液面的**边界垂直**。如果在液体表面想象地画一根直线，则表面张力的作用就表现为线段两边的液面以一定的拉力 F_α 相互作用，而且力的方向与线段相垂直，大小与该线段的长度成正比。即：

$$F_\alpha = \alpha L \quad (1)$$

其中，比例系数 α 称为液体的表面张力系数，它表示**单位长度**的线段两侧液面的相互拉力。其单位为：N/m。

- 滴重法测液体的表面张力系数就是让液体从一根毛细管口缓慢滴出，液滴在表面张力的支撑作用下慢慢长大，当重量比表面张力稍大时，液滴就会滴下。如图2所示，利用液滴的表面张力和重力平衡的这个临界点可以通过测量液滴的质量来得到液体的表面张力系数 α 。即 $\alpha = \frac{mg}{2\pi r}$ ，实际测量中得到的液滴体积比理论的要小，所以存在一个修正因子 f ，使得 $\alpha = \frac{mg}{2\pi r f}$ ，且 $f = 0.9045 - 0.7249(r/V_0^{1/3}) + 0.4293(r^2/V_0^{2/3})$ ， V_0 为每滴液滴的体积。

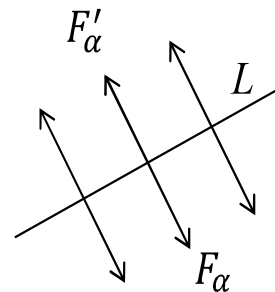


图1

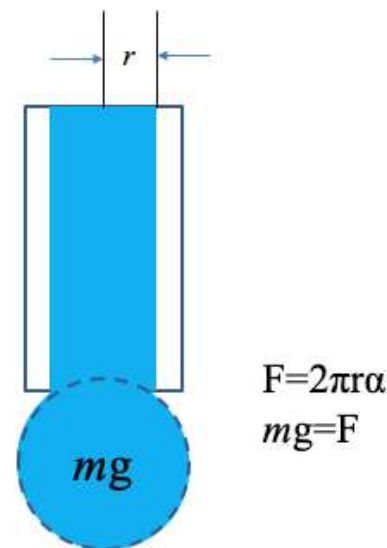


图2



滴重法测水的表面张力系数



初始版



测量从竖直毛细管底部落下的液滴的重量，利用竖直方向上液滴重力与表面张力的平衡关系。进行修正估算表面张力系数。

需考虑 毛细管（针尖）材质、光滑度、温度等



滴重法测水的表面张力系数

实验准备：找到一支自动铅笔，取下笔头作为毛细管口，与酸奶的吸管用胶带或胶水粘接，一个酸奶盒子底部打孔与吸管另一端粘接（注意粘接时不要堵住管口），将一次性筷子截断成两根长度相当的短棒，并用绳子绑住，作为流速控制夹，另一个酸奶盒子作为液滴体积测量装置（右图下）。整体装置如右图。

实验测量：

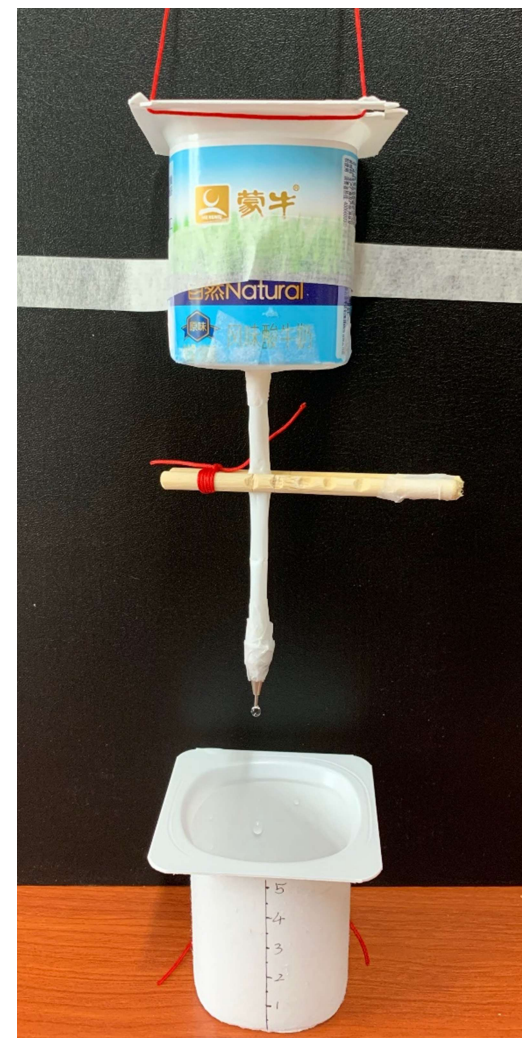
用流速控制夹控制液滴的下落速度（小于60滴/min），记录下落到容器中的液滴总数 n ，估算其总体积 V ，得到单个液滴的体积 V_0 ，通过自动铅笔的标识找到毛细管口的直径 d （0.5mm或0.38mm），则可以得到：

$V_0 = V/n$, $mg = \rho_{\text{水}} V_0 g$ ，并利用 $\alpha = \frac{mg}{\pi d f}$ 计算得到水的表面张力系数。

说明：

操作过程需要耐心和细心。

水的表面张力系数参考值为 $7 \times 10^{-2} \text{N/m}$ 。



升级版的测量装置



托里拆利定律的验证

托里拆利定律：1643年托里拆利指出，水箱底部小孔液体射出的速度等于重力加速度与液体高度乘积的两倍的平方根。这个关系后称为托里拆利公式或托里拆利定理。即

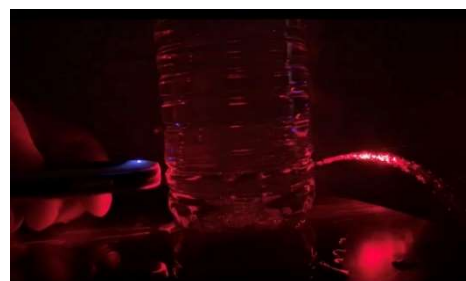
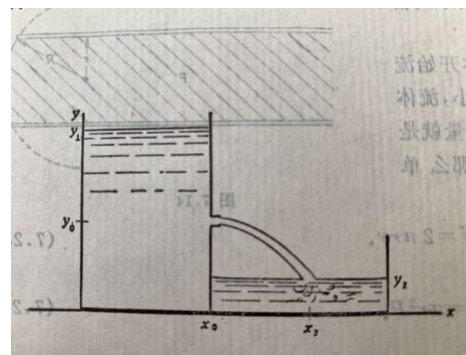
$$v = \sqrt{2gh}$$

式中 v 为小孔处的流速； h 为小孔到大容器内水面的距离。

实验要求：构建一个托里拆利实验装置；并设计实验步骤完成理论验证和误差分析。画出小孔出射速度随时间变化的关系图。

水流到最后发现还有1cm液柱存在，根据水的表面张力系数，计算小孔处的曲率半径。

一种辅助的实验思路：借助于激光笔，光线在水柱中的全内反射会产生相对清晰的流线，利用数据分析和处理可以进行小孔流速求取。以此来验证托里拆利定律。



老师的实验图片，

器材：矿泉水瓶多个，激光笔，方形饭盒1个，钢尺，手机。天然色素

（黑枸杞水，酱油，香菇水等），人工色素（孩子养蚕宝宝用的）。

安全扎眼（提示小孔直径1-2mm以内较好）



转动惯量的测量（任选方法）

转动惯量除了用塔轮进行测量外，三线摆和扭摆法，质量线法等方法也可以进行。请利用家中的器材，PHYPHOX 软件的资源，利用手机设计并做转动惯量实验。

实验设计要求：1、选择近似等质量物体若干个作为待测物进行实验，并对多组测量数据进行拟合以确定测量结果的可靠度。

2、说明如果做到实验调平和小角度释放；

3、做大角度释放（10度，20度等），记录实验数据并分析和分析小角度释放有何不同。



数据处理的时候注意：1、origin 非线性拟合。

2、实验中绳长的调节技巧：用phephox的斜面功能，看水平，或者用别的软件的水平仪。每次实验前都要调节一次。3、小角度释放：阳光可以看蒸笼眼的影子，24个眼360度，每两个眼之间15度，目测幅度不要超过两个眼之间的三份之一。

感谢湖南大学实验中心分享的《非实验室环境下的大学物理实验之二 利用家中自制的三线扭摆测物体的转动惯量》！



多普勒效应的验证

- 多普勒效应指出了是当物体以直线运动时，它发出的波频率会随观察者和波源的相对运动发生改变。
- 波源与接收器之间有相对运动时，接收器接收到的频率 f 为：

$$f = f_0 \cdot \frac{u \pm V_1 \cos \alpha_1}{u \pm V_2 \cos \alpha_2}$$

- 式中， f_0 为波源发射频率， u 为介质中的波速， V_1 为接收器运动速率， α_1 为波源与接收器连线与接收器运动方向之间的夹角， V_2 为波源运动速率， α_2 为波源与接收器连线与声源运动方向之间的夹角，符号取决于运动方向。

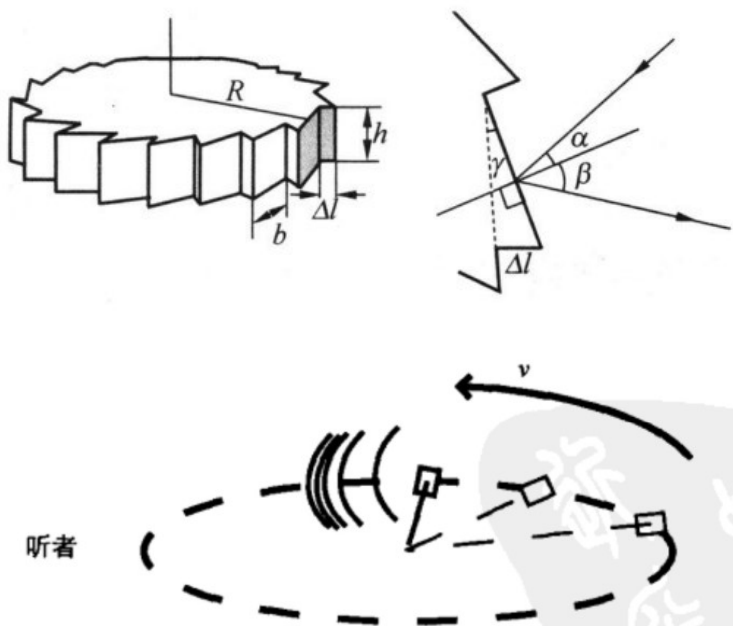


在多普勒效应的实验验证的背景方面，科学家们从声学、天文学和光学等方面进行验证，近年来，人们在分子层面发现了单分子的旋转也会产生多普勒效应。

实验要求：请同学们参考学习资源中的PHYPHOX 软件的资源，利用手机设计并做多普勒效应实验。上传实验报告。



多普勒效应的验证设计思考



图片来自于文献和网络

2008年的第九届亚洲物理奥林匹克竞赛中也有类似的物理实验设计。这个实验装置核心部分是一个边缘带有锯齿的转盘，超声波发射器发射信号到转盘上，经过转盘边缘反射到达接收装置。通过发射频率、接收频率的变化及转盘转速等因素来研究多普勒效应。超声换能器的中心频率为40k HZ，相对于贝勒波尔斯基实验中光波的10的14次方量级的频率，这个实验设计在实验室中更容易实现。在家中怎么办？

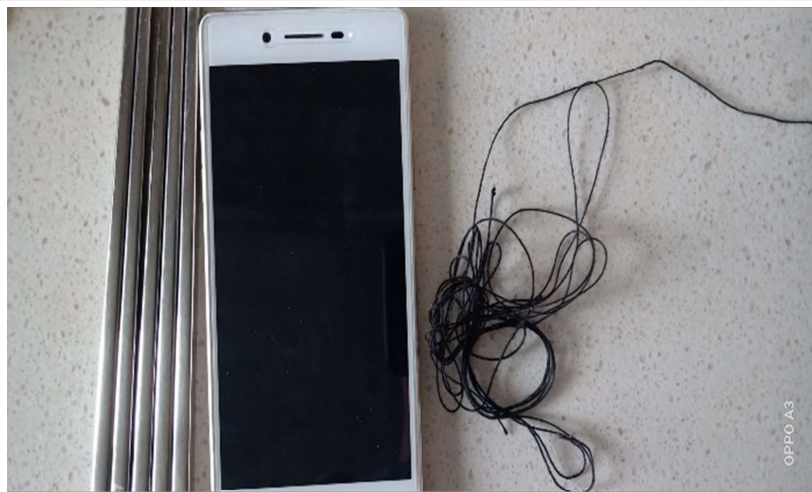
旋转的蜂鸣器似乎也可以解决，1个人旋转蜂鸣器转圈，不断地靠近和远离接受源。需要试一试。

同学们不必拘泥于提供的文献，如果有别的好的设计也可以用。目前这个实验我在家做效果不太好，我用耳朵可以感知到移动时的多普勒效应，但数据噪音比较大。是否一个大的空间，或者拿着音箱、自行车去一个空旷场地效果更好。家中障碍物较多，空间较小。自行车方案+音箱居中；可以探讨下。

参考文献：荀坤,王若鹏,陈晓林.第9届亚洲物理奥林匹克竞赛实验试题及解答[J].物理实验,2008(11):24-30.



多普勒效应的验证设计思考



小朋友刚交的报告的实验方案：

- 1.将光滑的筷子并排的固定在平台边缘，用细丝线的一端捆绑好手机，作为移动的声源，另一端拴上配重物，使其质量小于手机。在手机的正下方放置另一部手机，打开其多普勒效应的测量模式。
- 2.选用不同频率的声音进行测试：440Hz，800Hz，1200Hz，1600Hz。
- 3.释放手机与重物，进行测量，每次实验结束后导出数据并及时的清除缓存数据。
- 4.增加配重物，使其质量大于手机质量，重复上述实验。

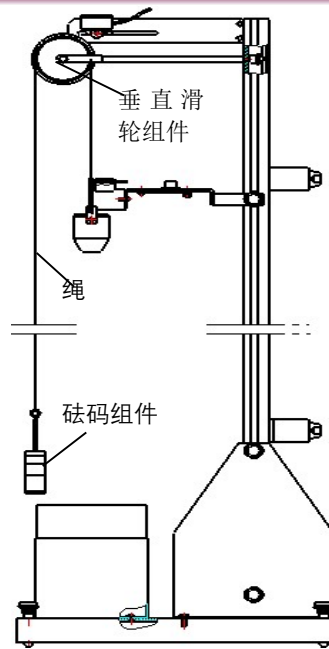


图7 验证牛顿第二定律实验

老师点评：小朋友真的很厉害，先不谈实验的准确度，思路很好。虽然第一次实验报告被打回，第二次的设计很有思路。每天都有创意。实验用了**变速直线运动**的思路，实验室的装置图见上。实验还没做，已经在家活学活用了。



磁力电流计

➤ 实验原理：

通过测量通电螺线管中心点磁场强度，推导出导线流过的电流大小。

➤ 实验材料：

电池1节（也可以多节串联）、长导线、装有phyphox软件的手机、圆筒

➤ 实验步骤：

1、螺线管的绕制：将导线紧密绕制在能放入手机的圆筒（饮料瓶也可以）上，绕制圈数大于30圈，可单层绕制也可多层绕制。

2、将绕制好的螺线管与地磁方向平行放置，将电池和导线相连，完成电路环路搭建。

3、将手机放入螺线管中，测量中心点磁场强度，然后将手机反向放入，测量中心磁场强度，两者相减后除2，得到中心磁场大小，多次测量取平均。

4、根据单层螺线管或者多层螺线管中心点磁场计算公式，反推出电流大小，分析造成实验误差的因素。

➤ 注意：实验前，通过 $R = \frac{\rho l}{S}$ 估算导线电阻阻值，保证环路电流小于1A.

根据电流、导线线径、电阻率（网上可查）合理选择导线长度和线圈数。

实验过程中防止电流过大或者通电时间过长导致电池发热，注意实验安全。

测量结束后立即断开电源！

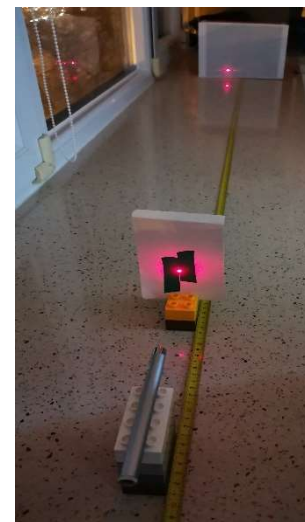
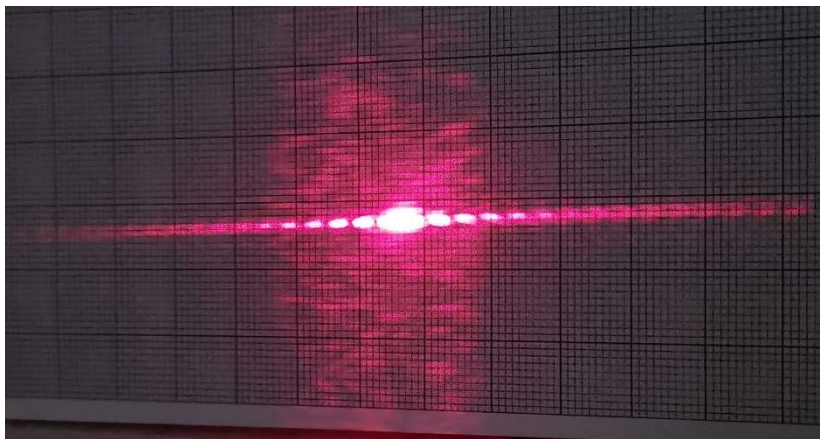




光的夫琅禾费衍射和自制光栅光谱仪

- 实验用具：激光笔、自制衍射元件、卷尺。
- 学习参考文献：《光的夫琅禾费衍射讲义》
- 自制衍射元件：

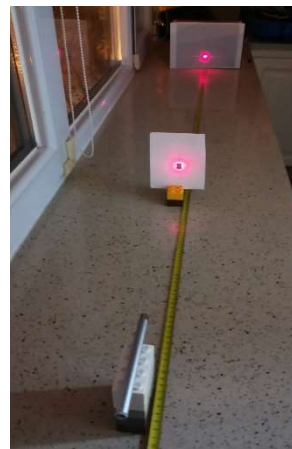
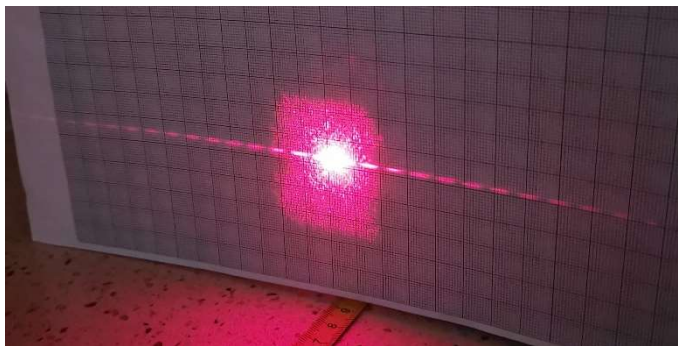
1. 单缝：用壁纸刀在硬纸板上刻出 $1\text{cm} \times 2\text{cm}$ 的方型，再用不透光的胶布贴出狭缝。观察单缝衍射实验现象，利用衍射方法测量单缝缝宽。坐标纸或白纸接收衍射光，有笔记录衍射暗斑的位置，利用坐标纸读数（或米尺测量）。



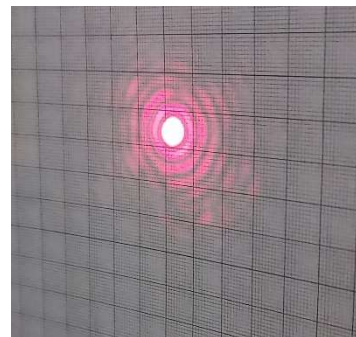


光的夫琅禾费衍射和自制光栅光谱仪

2. 单丝衍射元件：用头发丝做单丝衍射元件，观察单丝衍射实验现象，利用衍射方法测量头发丝直径。



3. 圆孔：用圆规尖在纸板上制作圆孔，观察圆孔衍射实验现象，利用衍射方法测量圆孔直径。





光的夫琅禾费衍射和自制光栅光谱仪

4. 找可用物品做衍射元件：比如光盘、羽毛、刀片等。

➤ 自制光栅光谱仪：用纸盒、光盘自制光谱仪，可参考以下链接：

https://m.sohu.com/a/132889095_648798



➤ 光盘衍射的测量：阅读参考文献《光盘等效光栅常量和存储容量的测量_黄振永》，查阅其它相关文献，自行设计实验方案，研究光盘衍射现象，计算光盘光栅常数。

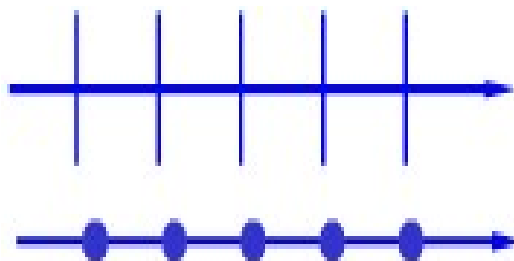


光的偏振实验

1.光的偏振态

光是一种电磁波，可以证明，在均匀的各向同性介质中的电磁波是横波。由于电磁波对物质的作用主要是电场，故在光学中一般考虑电场强度 $\mathbf{E}$ 的矢量性，称之为光的电矢量。光的电矢量与波的传播方向垂直。光的偏振现象清楚地显示了光的横波性。

在垂直于光波传播方向的平面内，光的电矢量可能有不同的振动方向，由偏振态这一光学概念进行描述。如果某一时刻电矢量具有特定的分布，我们称之为完全偏振光。如果完全偏振光在传播过程中，若电矢量保持在固定平面上振动，这种状态的光称为线偏振光，相关平面就称为振动面。



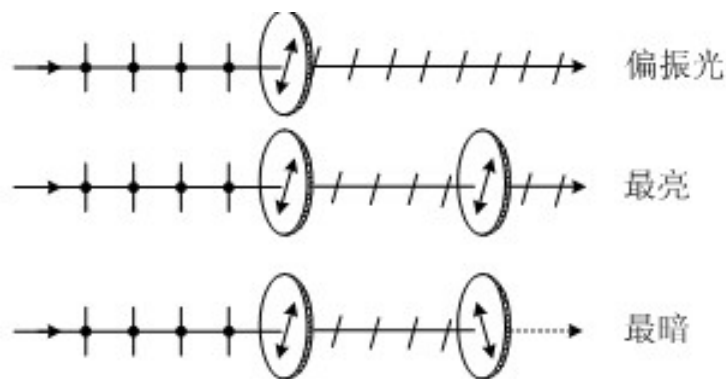


光的偏振实验

2. 偏振片

实验发现，有些光学材料对不同偏振态的光有不同的吸收性质，例如天然的电气石晶体和硫磺碘奎宁晶体。当光的电矢量与晶体的光轴平行时，光被晶体吸收较少，而电矢量与光轴垂直时，光被吸收较多。这种性质叫做二向色性。利用二向色性，可以制成偏振片。

当一束光垂直照射到理想偏振片(忽略偏振片的反射、散射，对允许通过的线偏光透射率为1，对与其垂直方向的线偏光透射率为0)上，透射光为线偏振光。由此可知，如果入射光为自然偏振光(任意时刻，在各个方向上都存在电矢量，且电矢量大小相等)垂直照射到理想偏振片上，出射光为线偏振光，且出射光强为入射光强的一半，即 $I_t = 1/2 I_0$ ，其中 I_t ， I_0 分别为透射光强和入射光强。因此，偏振片既可以作为光的起偏器，又可以作为光的检偏器。

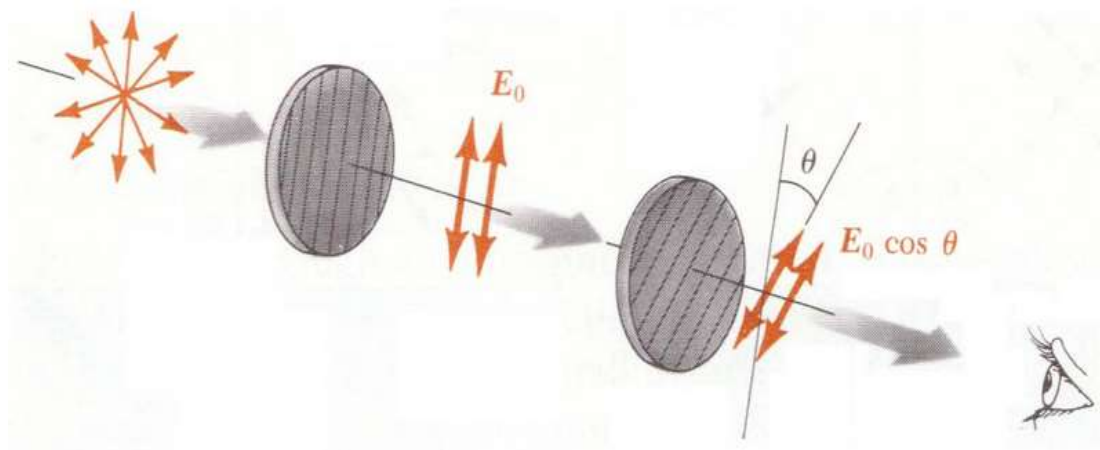




光的偏振实验

3. 马吕斯定律

当一束线偏振光的矢量振动方向与检偏器的透光方向之间夹角为 θ 时, 在不考虑吸收效应下, 透过检偏器的光强 I_t 满足公式: $I_t = I_0 \cos^2(\theta)$, 其中 I_0 为入射线偏振光光强, 此定律称为马吕斯定律。





光的偏振实验

1. 观察3D眼镜镜片的偏振特性

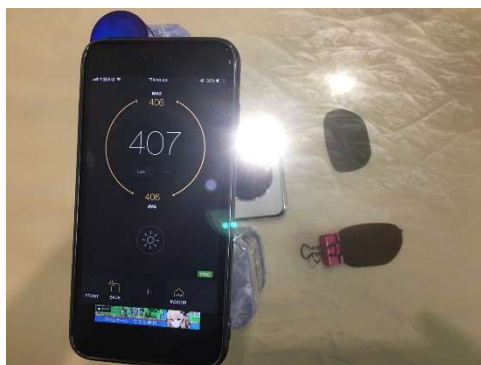


工具：1副3D眼镜；1页带字的纸；固定架（可选，图中是2个夹子）

实验步骤：

1. 将3D眼镜镜片拆下来，其中一片镜片覆盖在纸张上的字上；
2. 将第二片镜片放在第一片镜片上方，并旋转第二片镜片，可以看到纸张上的文字会交替呈现和消失。

2. 初步验证马吕斯定律（数据可能会根据工具情况和实验条件选择情况有较大差异）



工具：1副3D眼镜；光源（可以是任何自制的合适光源）；手机及光强计APP（图中选用的是Lux光度计Pro）；固定支架（图中选用的是2个矿泉水瓶）

实验步骤：

1. 摆好装置，打开光源，测量总光强；将第一片镜片覆盖光源，测量初始光强；
2. 将第二片镜片放在第一片镜片上方，并旋转第二片镜片找到光强最强的位置，位置标记为0度，测量其光强；可将360度旋转角大体均分为16份，按角度依次旋转第二片镜片并测量其光强；记录数据并作图。



光的偏振实验

3.水面（如湖面、水盆中的水面、泳池水面等等）在日光下，容易有比较强烈的反光，使得我们很难看清水下的物体。此时尝试用**3D**眼镜镜片进行观察，并解释现象。

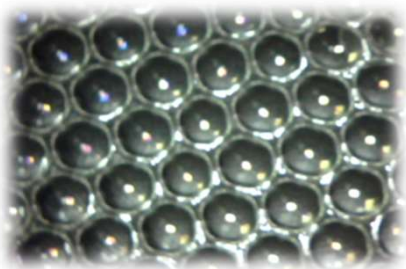
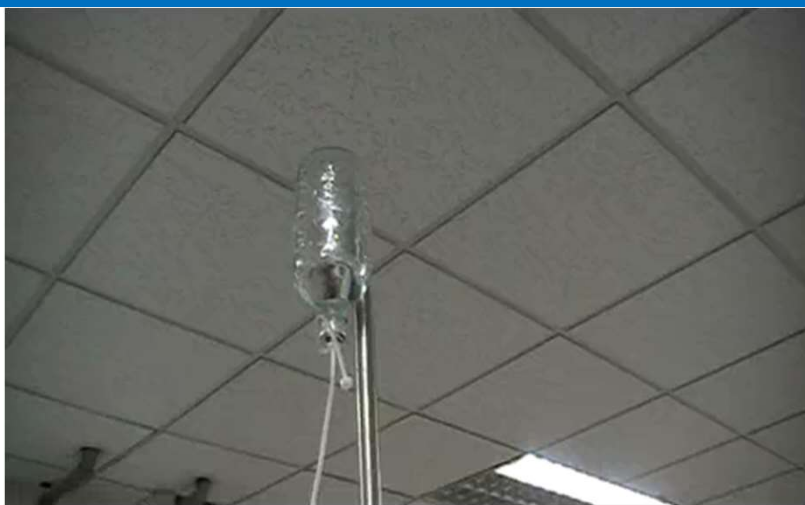
3D眼镜镜片观察湛蓝天空，效果是否也很不同？？



小专题：IYPT中的表面张力现象

International Young Physicists' Tournament (IYPT)

气泡晶格产生实验视频



The 27th IYPT 2014 problem

6. “Bubble crystal” 泡泡晶体

A large number of very small, similar air bubbles float on the surface of a soapy liquid. The bubbles will arrange themselves into a **regular pattern similar to a crystalline lattice**. Propose a method to obtain bubbles of a consistent size, and investigate the formation of such a bubble crystal.

大量非常小的相似的气泡浮在肥皂水的表面上。气泡会自动按照一个规律的类似晶格的模式排列。提出一种获得大小一致的气泡的方法，并探究这种泡泡晶体的形成。

IYPT 2016 problem No.10 光环 (light rings)

- Let a liquid jet fall onto a **surface**. If the contact point is illuminated by a laser beam, rings of light **around** the jet can be observed (see Figure). **Investigate** the light rings and determine how they depend on relevant parameters of the **whole system**.
- 让液柱落向一个**平面**，当接触点被激光照明的时候，可观测到**环绕**水柱的光环。**研究**光环和相关参量对**整个系统**的影响。





毛细波可见情况—装置

南开大学
Nankai University



图片 南开大学2015级本科生 刘志峰等

The 33rd IYPT 2020 problem Soap Membrane Filter



8. Soap Membrane Filter

A heavy particle may fall through a horizontal soap film without rupturing it. However, **a light particle** may not penetrate the film and may remain on its surface. Investigate the properties of such a membrane filter.

一个重的颗粒可以通过一个水平肥皂膜而不会使其破裂。然而，轻的颗粒可能无法穿透膜并可能停留在其表面上。研究这种膜过滤器的性能。

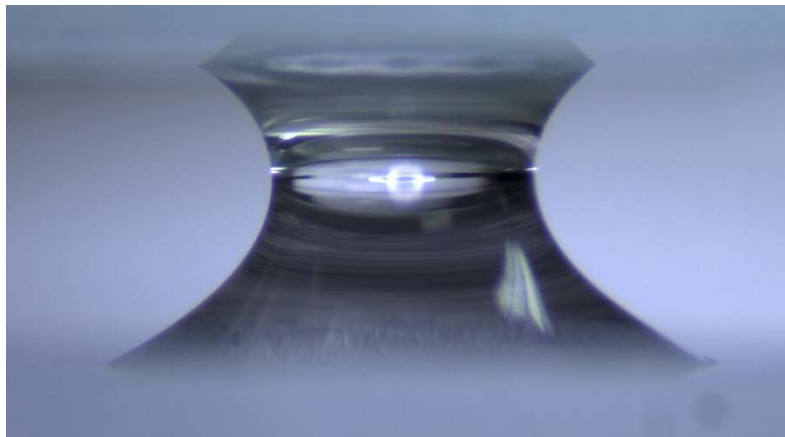


IYPT 2017 problem No.10 Pulling Glasses Apart

Put a thin layer of water between two sheets of glass and try to separate them. Investigate the parameters affecting the required force.

分离玻璃”

在两片玻璃之间放置一层薄薄的水，然后试着把它们分开。探讨影响所需力的参数。

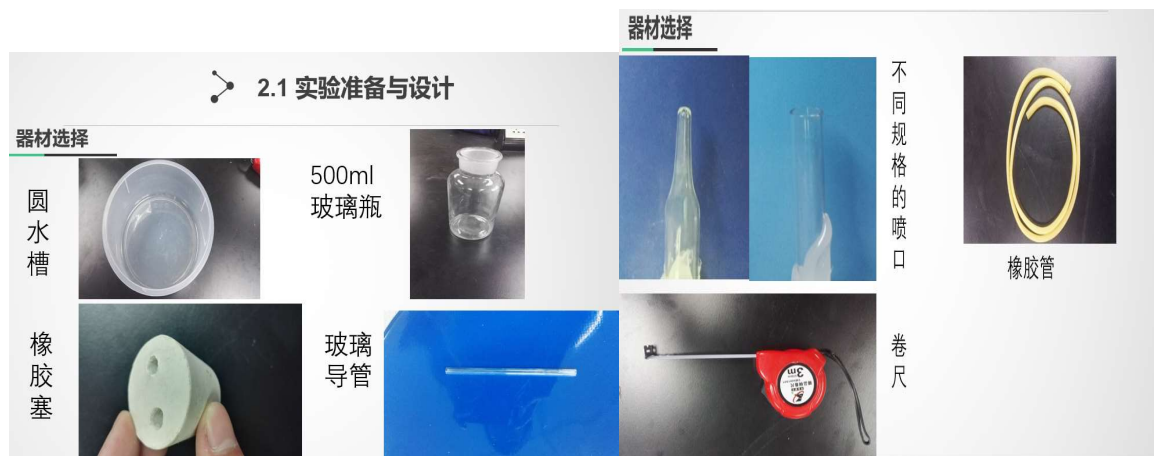




海伦喷泉

Construct a Heron's fountain and explain how it works. Investigate how the relevant parameters affect the height of the water jet.

► 构造海伦喷泉并解释它的形成原理。
探究相关参数如何影响水柱的高度。





其它老师正在探索的居家实验

- 冰的相变潜热；
- 莫尔条纹；
- 像差；
- 电磁相关.....
- 持续更新中



推荐资源

- Harvard Project Physics
- [AAPT Recommendations for the Undergraduate Physics Laboratory Curriculum](https://aapt.org/), 原文在其官方网站 <https://aapt.org/> 上.
- International Young Physicists' Tournament, (IYPT), <https://www.iypt.org/>.
- 霍剑青等. 大学物理实验（第二版）. 高等教育出版社出版. 2006.6.
- 吕斯骅, 段家恂等. 新编基础物理实验. 高等教育出版社出版. 2010.7.
- [美]A.M.波蒂斯等, 大学基础物理实验（伯克利物理实验）中译本, 1982.



给居家实验的同学们

- 没有条件完成心仪居家实验的少数同学也不用着急，居家实验的方案是多种组合，可以先通过网络方式进行知识储备，查阅文献，通过视频或者预习题方式形成对基础物理实验的初步认识，开阔自己的视野，整理思路。
- 李老师用一个酸奶杯、吸管、夹子和圆珠笔尖设计了滴重法测量表面张力系数，相信你们也有自己的思路。



致谢

感谢所有参与过实验设计指导的南开的本科生们！
感谢南开大学基础物理实验中心的全部老师！
感谢一直以来奉献给南开实验的全体老师！
感谢全国参与PT的所有的老师！

特别感谢孙骞老师，感谢光学课程中每年500多份的宿舍实验报告，提供了非常丰富的实验设计题目和题库，见识了学生在宿舍光学实验中的种种奇思妙想，给居家光学实验带来新的启示。

感谢专家和老师们！感谢3月12日及3月18日的线上教学交流会所有专家老师与线上交流群提供的有益思考！

PPT中如有纰漏，请不吝指正。联系邮箱：wlsy@nankai.edu.cn

南开大学基础物理实验中心

2020.3