南开大学**2020**春季物理居家实验合集**3**

—— released2020.4.2

南开大学基础物理实验中心

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，每集暂定约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。

利用视差确定虚像位置及放大率测量

实验目的：

- 视差是在光学实验的调整过程中，随着眼睛的晃动（观察位置稍微改变），标尺与被测物体由于不在同一平面，它们之间产生相对移动，造成不能准确的测量，这是误差。
- 很多实验中要利用这一现象，调整标尺的虚像与待测平面共面，来消除这种误差。在分光仪的望远镜和读数显微镜的使用过程中，需要将分划板和待测像对准，消除视差都是必要的。在南开大学光学讲义《自组显微镜与望远镜》实验中测量自组显微镜的放大率，需要将等大的虚像和放大的虚像在空间上重叠，才能进行对比测量。可见视差是非常常用的基本实验技能。
- 部分学生在掌握上有难度，很多学生表示不会消除视差或没有观察到视差。本居家实验目的是强化这方面的训练。

利用视差确定虚像位置及放大率测量

实验用具：

- 我的居家实验主要采用文具来进行实验改造，方便大家找材料。但是有些部分为了准确测量可能需要购置一些，价格很便宜，是否购买自愿，涉及到这些的实验部分选做。
- 有些实验材料可以有多种选择我会给出多个建议，具体用那些可以依据你自己的情况。当然在我的建议之外你找到了其他代替品也是可以的。
- 网格纸（坐标纸最好，条纹信纸，方格作文纸等都可以）目的是在放装置的时候有个参考。
- 尺子（钢尺最好，其他有米尺刻度的都行）
- 新的手机防碎屏保膜（半透半反镜最好，任何透明的亚克力材质的盖子厚度不大，举起来在背光情况下能看到自己的影像的都可以）
- 缝衣针（大头针，图钉，曲别针都可以）两个，纸板（从纸箱子上找一个）

利用视差确定虚像位置及放大率测量

实验用具：

- 待测光学原件：任何在你家能找到的光学成虚像的物品，好好收集一下。我找到的有平面镜，化妆镜（2倍放大，凹反镜），玻璃瓶底（凹透镜），发光耳勺配的放大镜（凸透镜），望远镜
- 固定装置：鱼尾夹，文件带的杆子（橡皮泥，口香糖，甚至是面团都可以）

预实验:

- 首先我们要验证一下你所找到的物品的可靠性，尤其是作为半透半反镜的。

利用视差确定虚像位置及放大率测量

预实验:

➢由于是自组装置，在正式测量前首先我们要验证一下你所找到的物品的可靠性，本实验尤其是作为半透半反镜物品的效果。

➢用具如图所示，右手持握蓝色曲别针隔着手机膜看到由于反射作用在膜的另一侧的虚像，左手拿着曲别针（换个颜色，这里用的是黄色）透过手机膜可以看到黄曲别针实物。让蓝色的虚像和黄色的实物重合，我们就标记好了虚像平面。

➢轻松成功说明半透半反没问题，注意背光，不要迎着光做，通常装置的反射率低，如果背光太强或物体光照不足都对现象观察有影响。

利用视差确定虚像位置及放大率测量

实验观察：

- 在这个环境中没有借助视差就轻松将蓝色的虚像和黄色的实物重合是依赖我们的双眼视觉。但当我们单目观察时（很多装置是单目的，或用于孔径的限制无法双眼观察）就没把握了，如果在暗的环境下，你的判断就更不行了。
- 体会视差：闭上一只眼，将左手向前移动，然后移动眼睛或者头，观察蓝色的虚像和黄色的实物的相对位置变化，然后总结经验。

利用视差确定虚像位置及放大率测量

实验测量：

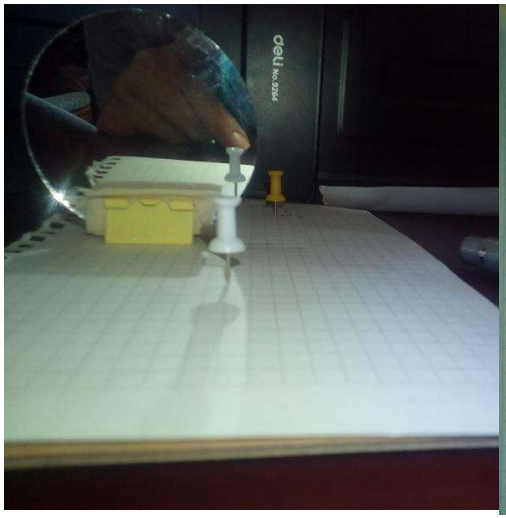
➢将你的实验装置移动到贴有网格纸的纸板上，分别进行单眼利用消视差和双眼直接的测量，多次测量比较对虚像的位置，分析有无差别。判断那种方法重复性更好。

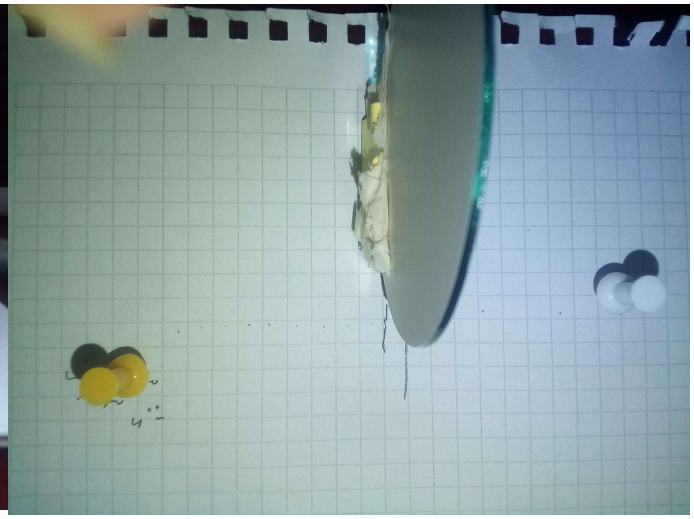
➢利用你找到的物品（至少2种）设计实验方案，测量它们成虚像的位置。

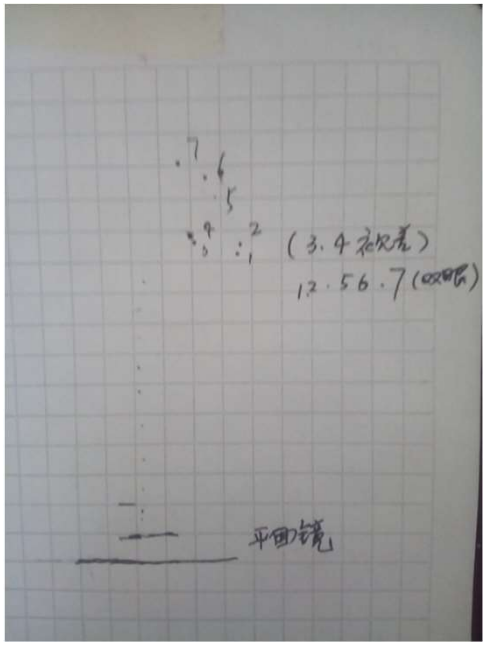
误差分析：在上面的实验中由于手机膜的厚度不能忽略，折射率大于空气折射率，所以我们在实验中严格讲观察到的是黄色曲别针的虚像，它的位置应该比记录的黄色曲别针实物靠前。所以记录结果虚像距待测原件的距离是偏大的。

利用视差确定虚像位置及放大率测量

实验图片参考（含实验操作注意事项）：

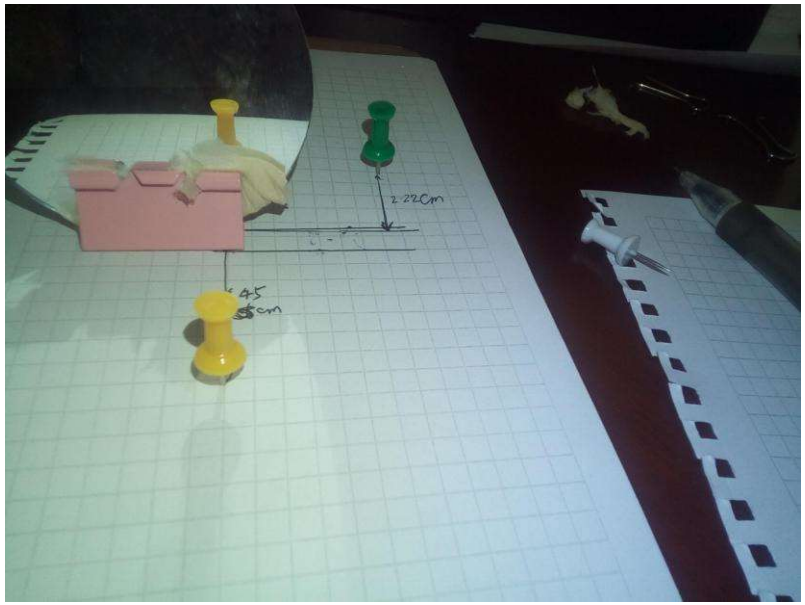






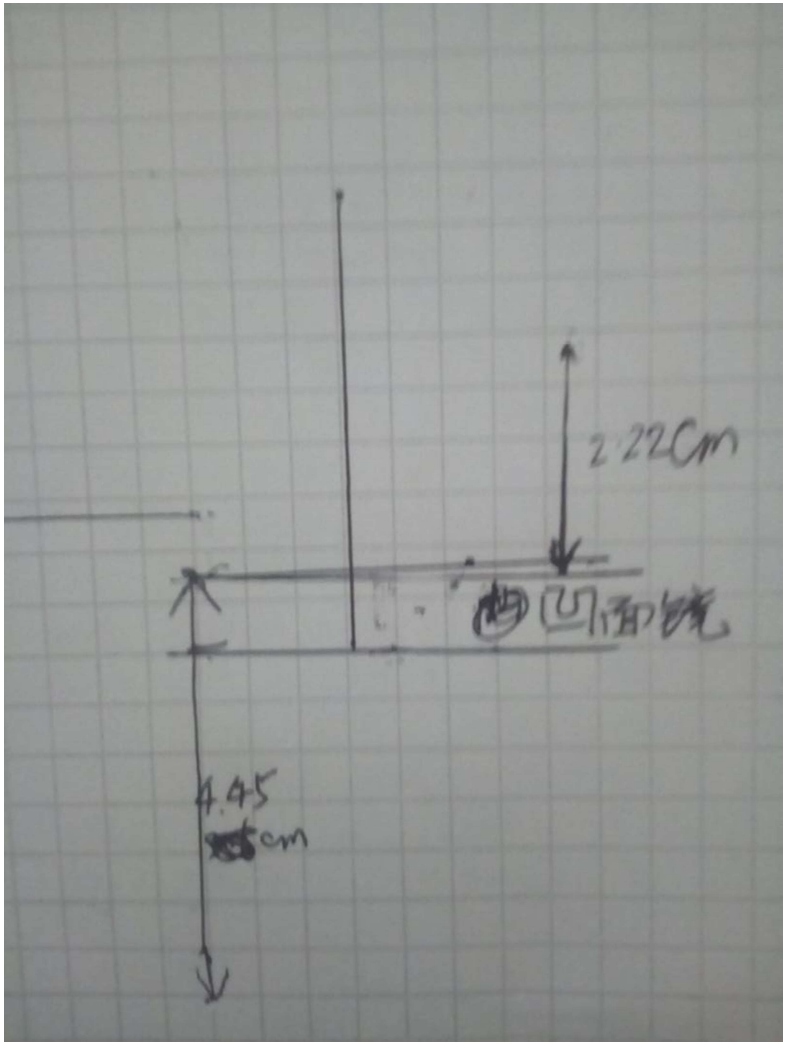
- 由于平面镜子不能透射，不能将两个对比物体平面重叠，所以我们需要对比两条平行线在头摇动时的相对距离不变，则两物体在距离你一只眼睛相同的一个平面。实验中要观察平面重叠，所以要尽可能选择平面物体，这里为了拍照清晰选用图钉，其实绣花针更好。判断视差时集中注意力在两平行线间的距离，所以要看针的部分，不是图钉头部。
- 如图记录下来支架大的前后表面位置镜子的位置是居中的。在实验室做实验时也要考虑这个差异。

利用视差确定虚像位置及放大率测量

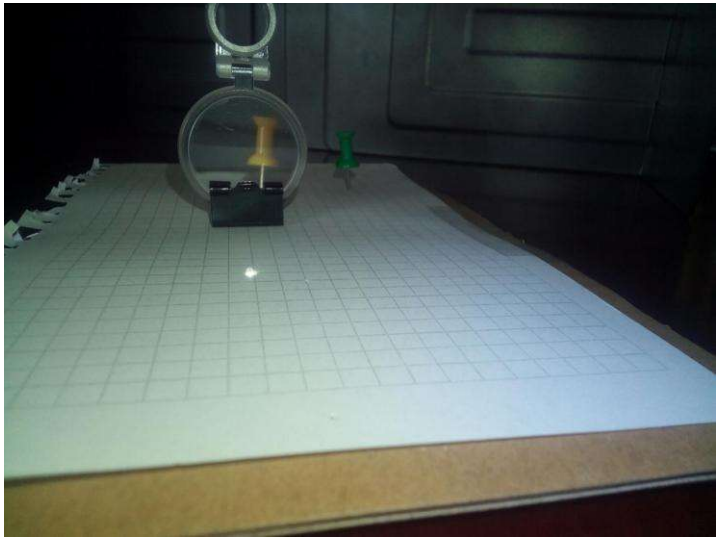


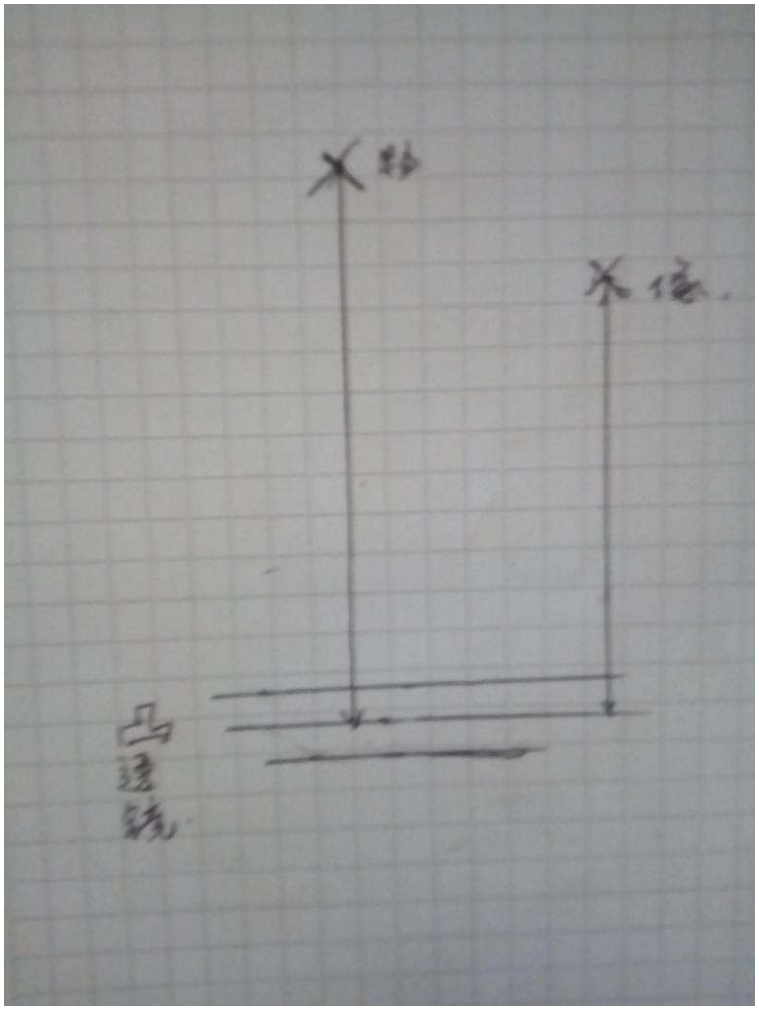
化妆镜

- 这里的处理太粗糙了，应该用三角板辅助做图。
- 用了米尺测量，所以请各位注意读数估读到毫米下一位。



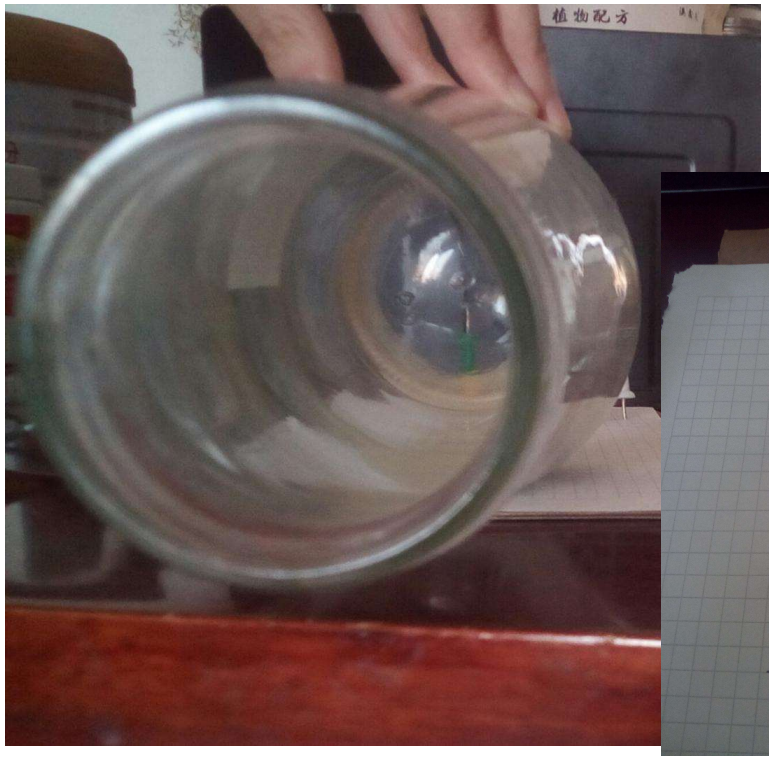
利用视差确定虚像位置及放大率测量

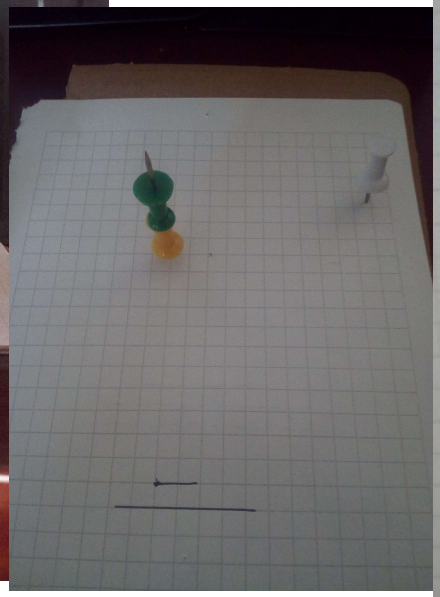




- 测量时最好利用光学元件的中心，因为元件边缘受到磨损和加工的原因，质量不如中部
- 这里是由于拍摄角度问题，实际透镜中部与黄色图钉是尽量对准的

利用视差确定虚像位置及放大率测量





玻璃瓶底

由于瓶子厚度，下面的黄色图钉的针部分观察不到，所以这里如图用了相对的两个图钉作物。

利用视差确定虚像位置及放大率测量

选做内容：

- 有了半透半反镜，掌握了视差，你可以在完成朱江老师的自组显微镜以后，按照实验讲义中的方法，利用两把尺子，尝试完成显微镜放大率的测量。
- 如果你有望远镜可以考虑测量其角放大率，提示用半透半反镜购置一个距离和物体与目镜一样远的等大虚像。此时要对比的两个虚像位置并不重合。与前面所讲的原理略有差异。
- 参考实验图片将在不久发布，希望你的实验图片入选。

纸团实验

- 将一张A4纸揉成纸团，纸团可以近似看成一个球。做很多纸团，测量它们的近似直径，画出纸团直径的柱状分布图，计算纸团的平均直径d。一般认为纸团的质量M和纸团的平均直径d有如下关系：

$$M = k \times d^{q}$$

其中q被称为分形维数，k是和纸的密度相关的常数。设计实验验证这个关系（提示，可将A4纸张裁成1/2,1/3,1/4,1/8等大小，以获得不同的M值），并求出q值。扩展研究（选做）：研究纸团的平均直径还与哪些因素有关？

冰的熔解热简易测量

一．器材

冰块,汤锅,灶,计时器(手机)

二．原理

冰的熔解热，或者叫相变潜热公认值约为$l=3.34\times10^5\ \mathrm{J\ kg^{-1}}$。质量为$m$的冰块从固态变为等温液态需要吸收的热量可以表示为

$Q=ml$ (1)

则有用功率为

$Q/t_1=ml/t_1$ (2)

t_1为熔解质量为m的冰块需要的时间。

质量为m的水从0摄氏度升温至100摄氏度需要吸收的热量为

$\Delta Q=mc_L\Delta\theta=100mc_L$ (3)

c_L为水的比热容（$4200\ \mathrm{J\ kg^{-1}\ K^{-1}}$），则有用功率可以表示为

$\Delta Q/t_2=100mc_L/t_2$ (4)

t_2为质量为m的水从0摄氏度升温至100摄氏度需要的时间。如果冰块熔解和水升温过程中有用功率恒定，并忽略水的质量的减少，则由(2)和(4)联立可以得到

$l=100c_Lt_1/t_2$ (5)

冰的熔解热简易测量

三．内容

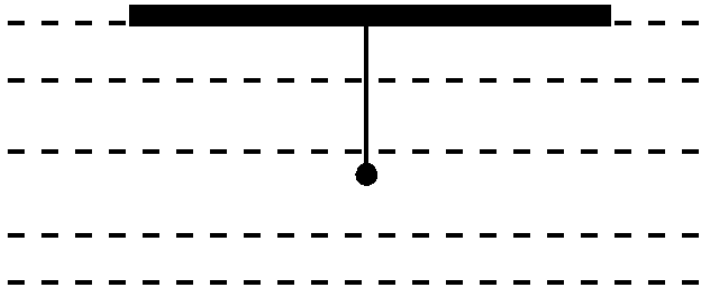
用小火将放入汤锅中的冰块融化，同时用筷子搅拌，并记录时间t_1，然后继续直到水沸腾，记录从冰完全融化到水沸腾的时间t_2，水的升温过程采取适当的保温措施。整个过程保持火的大小不变。由(5)式计算得冰的相变潜热l。对l作不确定度的定量估算。并与公认值进行比较。对误差来源进行定性分析讨论。

液体折射率的简单测量——插针法

- 液体折射率是物质的一种重要光学常数。在生产和科学研究的许多部门中都会遇到折射率的测量问题。
- 液体的折射率有很多种方法，本实验使用比较常见的居家用品来实现，使用的用具为：圆形或者矩形的薄木板或者硬纸板，水杯或水槽，直尺，水（或其他透明液体）。因为用具简单，只是粗侧，忽略不同波长的折射率的区别。

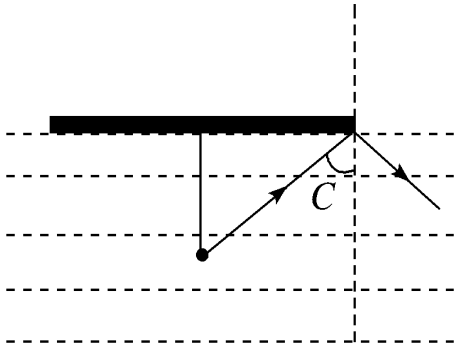
液体折射率的简单测量——插针法

- 利用插针法可以测量水的折射率，其做法是，取一厚度可以忽略不计的圆形薄木片（或硬纸片），在它的圆心处垂直插入一根较长的大头针，让圆形薄木片浮在水面上，调整大头针插入薄木片的深度，直至从水面上方的各个方向向水中观察，都恰好看不到水中的大头针。



液体折射率的简单测量——插针法

- 大头针的下端的光线在木板的边缘处由水进入空气时，恰好发生全反射，此时入射角等于临界角C，如图所示。
- 根据$n=1/\sin C$知，
- 若要求折射率，需测量薄木片的半径R，大头针在水面下的长度h，
- 由此可以得到n。



居家自组光学干涉仪

实验目的：

- 光学干涉仪的组装对光路调节要求较高，主要练习光路调节的基本实验能力。学生在实验室练习的时间有限。本居家实验设计，可以帮助学生在课下强化练习。疫情结束也依然有推广价值。

实验难点分析：

- 光学干涉光路受环境抖动等不稳定因素影响比较大。居家环境实现时对支持结构的稳定性有一定要求。帮助学生理解为什么实验室进行干涉仪调节时要锁定光学元件的底座。
- 激光的扩束：居家条件下小焦距扩束镜比较难获得。并且需要比较精确的光路同轴调节才能实现较好的扩束效果。激光扩束后单位面积光强减弱，在居家操作时观察现象时需要营造暗室条件或无暗室条件下需要较高功率的激光笔。
- 由于精密的运动机构比较难获得，在居家条件下组装的干涉仪不太可能进行测量，所以本实验以现象观察为主，无定量测量要求。

居家自组光学干涉仪

实验原理：

➢在智慧树学习资源中已经上传了迈克尔逊干涉仪实验学习内容，其中有迈克尔逊干涉仪的结构和调节供参考。其他干涉仪如：马赫-增特干涉仪，**sagnac**三角干涉仪的结构图在光学自组实验学习材料中也有提供，这里不再赘述。

实验用具：

➢激光笔：推荐**650nm**波长的红色半导体指示笔，做学术报告的那种就可以。激光功率低于**5mW**，以后的学习中还可以用得到。很多娱乐性的绿光指星笔功率大，不建议购买。实验前请先完成指定安全问卷。并咨询厂家激光功率是多少。参见下页激光器安全等级知识。

➢居家小镜子两到三个，半透半反镜替代品（手机防碎屏保膜最好，任何透明的亚克力材质的盖子厚度不大，举起来在背光情况下能看到自己的影像的都可以）两个。

居家自组光学干涉仪

激光器的安全级别一般分为 4 级。

Class Ⅰ:低输出激光(功率小于 0.4mW)。基本不会对眼睛产生危害,可以保证设计上的安全,不必特别管理。

Class Ⅱ:低输出的可视激光(功率 0.4mW-1mW),通常 1mW 以下的激光,会导致晕眩无法思考,用闭合眼睛来保护,一般即可消除症状。不要直接在光束内观察,也不要用小于 1mw 的激光直接照射别人的眼睛,避免用远望设备观察 Class Ⅱ 的激光。

Class Ⅲ 有ⅢA 和ⅢB 级:

Class ⅢA 级为可见光的连续激光,输出为 1-5mW 的激光束,避免用远望设备观察 I 激光,这样可能增大危险,同 Class Ⅱ一样,不要直接在光束内观察,也不要用 Class ⅢA 的激光直接照射别人的眼睛。

Class ⅢB 级为 5-500mW 的连续激光,直接在光束内观察有危险,也不要用 ClassⅢB 的激光直接照射别人的眼睛,这样危险会更大。

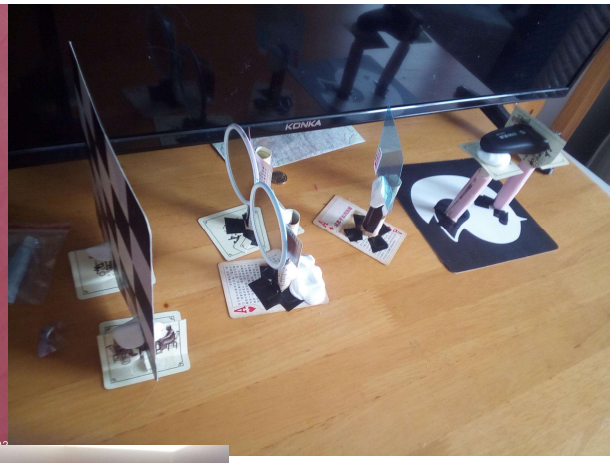
ClassⅣ级为高输出连续激光(大于 500mW),高过第三级,有火灾的危险,扩散反射也有危险,尤其值得注意。孩童请避免直接观看此类激光。

总结:Class Ⅱ,Class ⅢA ,Class ⅢB ,ClassⅣ级别的产品有一定的危害性,请在指导和监护下使用,孩童得更加注意,请在家长或其它有监护能力的监护下使用。

居家自组光学干涉仪

实验用具：

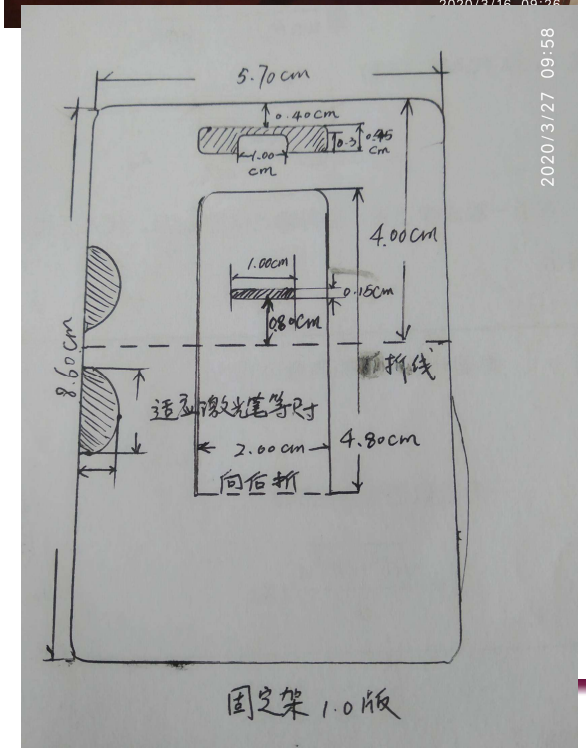
➢调节架：其中支持部分推荐两种方式实现，利用卡片（扑克，名片，书签等）自制，利用书架或手机包装盒等。各维度的调节旋钮可用橡皮泥，口香糖或发的面团附在平面镜背面，激光笔底部，或元件下面等需要的部位。



➢右边几幅图给出了一些范例。左上图是模拟实验室高度微调架，手工制造的套筒结构实现高度调整以及与上下底面的连接。右上图为要用到的基本元件与支架。

➢右下图是利用书架制作的迈克尔逊干涉仪的结构示例（包括一个45°反射镜将垂直入射的激光转成水平，激光笔与扩束镜的固定见后面页面中相关内容）

居家自组光学干涉仪
操作指导：光路调节中常见问题与难点



➢直线光路的调节在导轨上学习过。做上图小装置回顾一下。用具可以抽拉的木盒，盖子上用胶水固定了一段文件夹。侧面用胶水固定了一把刻度尺。这样移动，固定和读数系统这些机械部分就都有了。调节主光源平直，各元件同轴等高。初调看光斑中心，细调方法利用反射像，大像追小像。

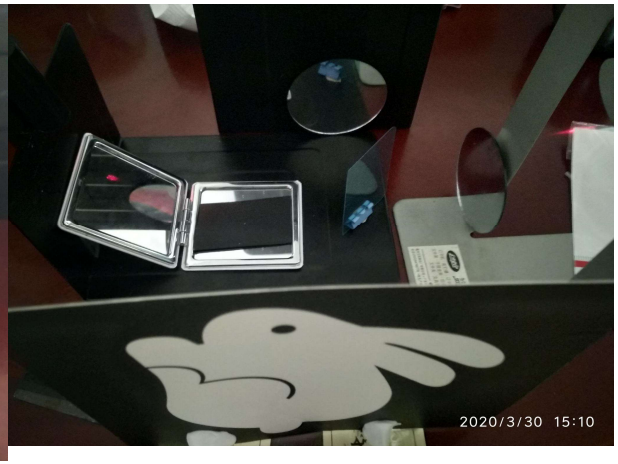
➢右下图，按照卡片式手机支架的图纸改造了一个发光挖耳勺照明部分的支架。左边是使用效果。左下图强调主光源、次光源（物屏）的调节。在很多学生的实验过程对这个步骤的重视不足，造成光源三个扇形孔不能均匀照明。是学生调节光路的主要问题。

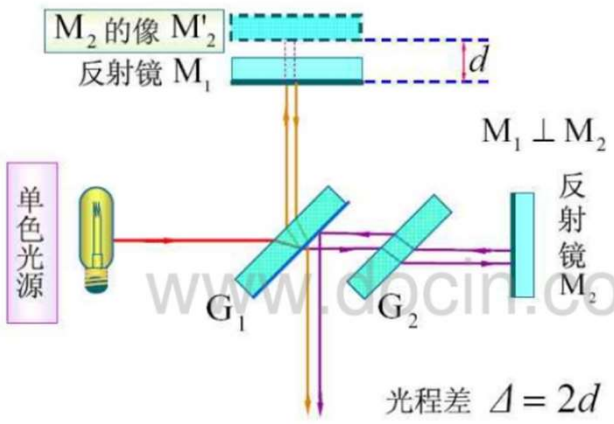
居家自组光学干涉仪
操作指导：光路调节中常见问题与难点

➢平面光路的调节在全息实验中学习过。首先是调节激光管的平直。这也是学生掌握的不太好的地方。在家可以通过两个制作套筒微调架，练习对按照对准各个元件中心确定气体激光管头部和调节激光管尾部调节使毛屏在远处时屏上的激光点与毛屏靠近激光管头部时一样高。

➢第二步按照光路图沿着光线传播的顺序，先逐一固定调节反射元件，最后再添加固定调节透射元件。如右图光路如果含有一个**45°**转向反射镜，要先调节。家用小镜子可能与实验室的不同镀有铝模，其反射效率只有约**70%**，玻璃厚度也比较厚，所以可能会看到如右图的反射点不唯一的情况。这和在实验室看到经由镀膜的半透半反镜的反射效果类似。我们需要盯着的是最亮的光点。

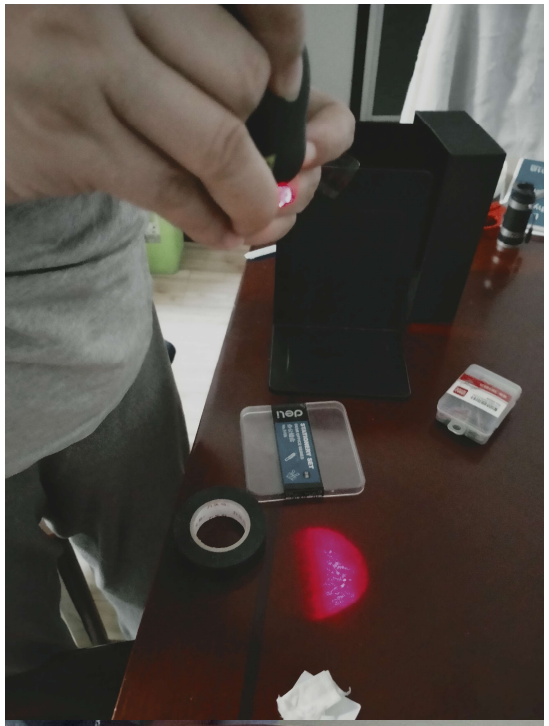
居家自组光学干涉仪
操作指导：光路调节中常见问题与难点





- 按上图依次调节45°转向反射镜，调节半透半反膜，调节平面镜1和调节平面镜2
- 添加反射镜后，注意初步固定反射元件的高度和位置，将光点打在元件中心，将毛屏放在反射方向，按压元件背后的橡皮泥调节其倾角，微调反射光的高度和方向，保持光路在平面内的平直。必要时可以在桌面固定网格纸辅助调节（作用同实验室平台上的孔洞）。调节平面镜1注意观察半透半反膜上入射光点与反射光的最亮点重合。

居家自组光学干涉仪
操作指导：光路调节中常见问题与难点



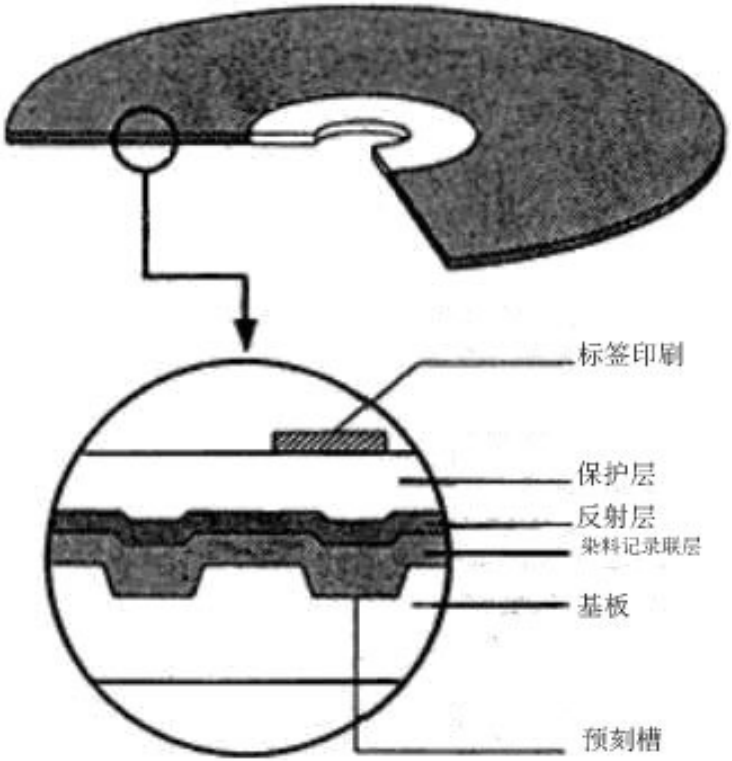
- 调节难点在放置平面镜2后光路出现两路，调节时需要观察半透半反膜和毛屏上两路的反射最亮点均重合，确保两路光线在进过半透半反镜时完全重合。请背光或营造暗室操作。
- 这里为降低调节难度，不加补偿板了。同学思考一下有无补偿板的差异。
- 最后对光路进行扩束。扩束用的小透镜可以利用朱江老师的居家实验介绍的液滴透镜获得。右图是利用胶囊包装剪取了一部分，利用其小曲率的部分球面，在其中注水获得。上图为扩束效果（由于没有固定装置和进行准确的光路调节，扩束光斑成椭圆形，建议将其用胶水固定在激光指示器头部，未注水时不扩束，先进行光路调节，之后利用吸管作为移液器，注水达到扩束效果）下图为在台灯下对光线的会聚效果。由于这样的透镜固定中只能水平使用，所以我们在前面的讲解中推荐使用了45°转向镜。当然你也可以购买成品，用橡皮泥贴近激光器固定，其孔径小所以同轴调节要特别注意。

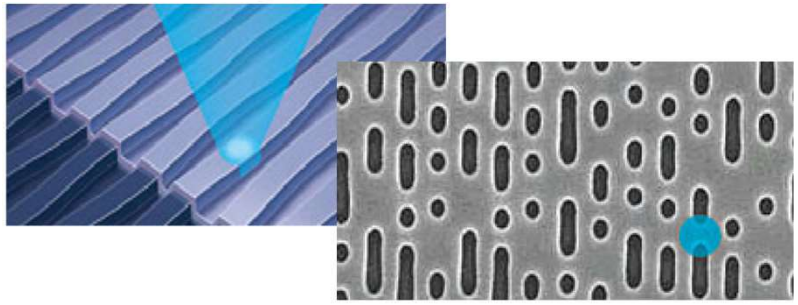
居家自组光学干涉仪

作业要求：

- 本居家实验调节难度大，成败不是唯一的考量要求。主要要练习光路调节。
- 用图片说明你的干涉仪原理，支架制作，元件调节过程，实验现象以及实验成败分析。
- 如果扩束后观察到条纹。请自制挡光板，挡住相干光中的一束，观察条纹是否消失。然后挡住另一路光束，观察条纹是否消失。以确保看到的是两束光的干涉。
- 干涉仪的种类很多，作业提交不限于本PPT提及的几种。
- 如果希望老师评阅视频文件，请提供网址或抖音账号等。
- 由于学校复课后给大家每个实验操作的时间有限，该居家练习即使失败，你获得的调节经验也将帮助你在课堂上快速完成相关实验。同学们不要灰心。

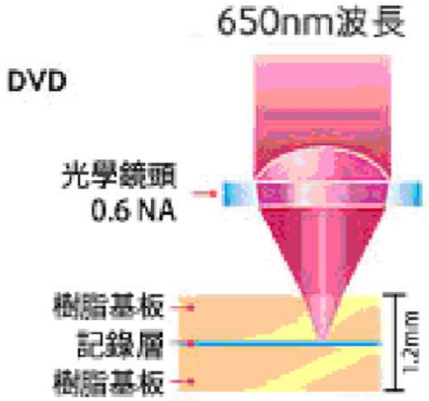
居家测量光盘的光栅常数

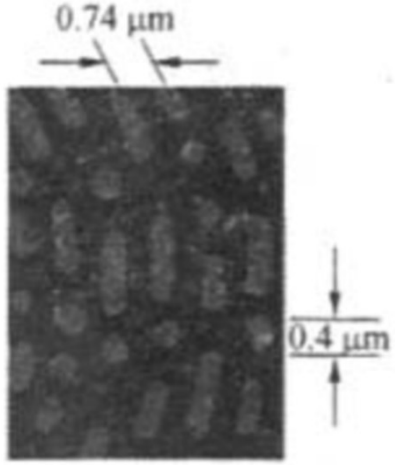




光盘的结构：

➢查阅文献了解光盘的结构。以**DVD**为例，这里提供一些图参考。





➢光盘记录和读取数据,是沿着螺旋轨道,从光盘中心沿光道往外沿旋转记录或读取。

居家测量光盘的光栅常数

实验目的：

- 利用光的衍射是测量微结构 尺寸的常用方法。适用于衍射物体线度在几微米至几百微米的情况。通常一个微线度对应一组衍射光斑，如果有多个微结构线度尺寸，将同时观察到不同尺寸的衍射光斑。光盘的结构对比实验室提供的理想光栅是复杂的。如果你要探究光盘预刻槽的尺寸，需要对衍射图样的观察和甄别。这是本实验的练习重点。
- 下面举一些常见的光学实验中干扰信息，例如：在自准直法测量透镜焦距过程中经常观察到透镜由于后表面反射参与形成的等大倒立的实像；在望远镜放大率测量中物体的投射与所成虚像有的同学会混淆；在干涉仪组装过程中单光路上的某些衍射斑会与干涉条纹混淆。
- 光学实验中经常观察到很多干扰信息，识别和排除它们是光学实验的基本能力。

居家测量光盘的光栅常数

实验现象预期：

- 根据查到的DVD结构数据，估计实验中预刻槽的尺寸所对应的等效反射光栅的一级衍射角。计算以30°为例计算斜入射时正负级衍射角的大致数值。

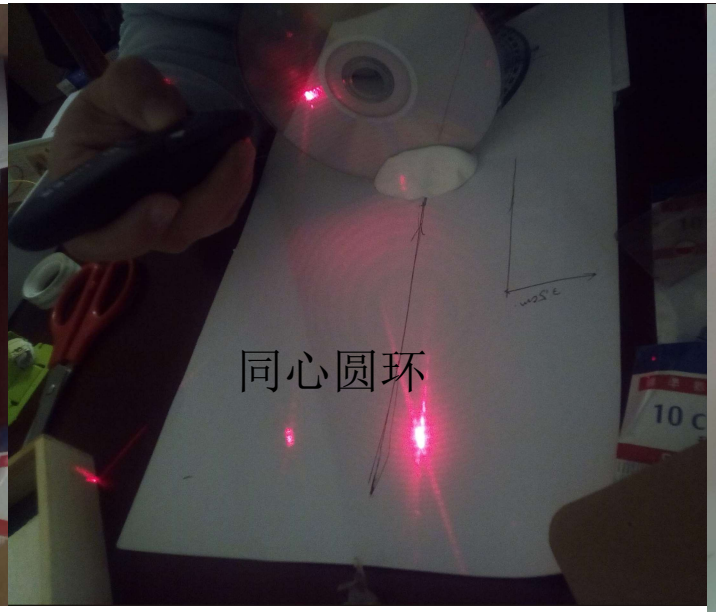
实验探索（选做）：

- 尽可能的收集实验过程中观察到的所有结构型光斑。观察这些光斑的产生条件，对其进行初步测量，猜测它们的成因。下图给出了一些可能观察到的实验现象供参考。
- 查阅文献，设计实验准确测量，依据理论分析和测量结果，确定某些现象的成因。

实验测量（必做）：

- 排除干扰信息后，设计方案进行光盘预刻槽的尺寸等效的反射光栅常数测定。
- 尽量对光路进行尽可能准确的必要调节，以消除光的衍射平面与测量平面不平行引入的粗大误差。进行对称测量降低非正射引入的误差。
- 如果不能调整衍射不面或对称测量，请提出相应的测量方法以及误差估计。

居家测量光盘的光栅常数



思考题：

- 预刻槽非同心圆对实验的影响？
- 在光路调节时是否能确保激光正入射到预刻槽，回忆上学期分光仪上光栅实验中的相关调节，具体说明调节过程？
- 看到的衍射光有时是垂直方向展宽成小线段，原因是什么？

关于光学实验居家实验

- 本专辑中收录了光学组刘丽飒老师多组居家光学实验的详细介绍。刘老师在此感孙骞老师的光学宿舍实验思考，感谢光学组朱江、李强、刘东奇等老师提供的前期探索和有效思考！
- 居家实验设计是个群体互助、共同提高的过程。感谢在这个特殊时期我们所有老师的有效讨论和参与。

现阶段光学居家实验题目（更新ing）

序号	题目名称	特点分析	居家实验指数
1	手机膜做视差法测量虚像位置实验	几何光学，了解视差	★★★★
2	液体折射率的测量	几何光学，简单易行	★★★★
3	自制凸透镜及焦距测量	几何光学，与大学物理实验课程紧密联系	★★★★★
4	自制水滴透镜自组显微镜	几何光学，易实现	★★★
5	自组开普勒望远镜	几何光学，易实现	★★★
6	摩尔条纹	几何光学应用于形貌测量	★★★
7	利用光的衍射测量自制单缝的缝宽	光的衍射	★★★★
8	利用光的衍射测量头发丝的直径	光的衍射	★★★★
9	利用光的衍射测量圆孔直径	光的衍射	★★★★
10	利用光的衍射测量光盘、羽毛的光栅常数	反射式光栅	★★★★
11	利用光盘自制光栅光谱仪	光栅衍射，重要的光谱仪器	★★★★
12	自制双缝的干涉实验	光的干涉	★★★★
13	自组光学干涉仪实验	学习各种常见的干涉仪器	★★★★★
14	光的偏振实验	学习光的偏振	★★★★

关于光学的居家实验设计思路（2020. 3. 28）

- 老师们集思广益，设计了表中的光学居家实验题目，目前涵盖了几何光学、光的衍射、干涉、光谱学、重要的干涉仪器、几何形貌测量等知识，实验内容还在进一步丰富中。首先，几何光学部分实验，充分利用居家现有条件，层层深入、不断扩展。实验1利用手机膜做视差法测量虚像。实验2利用几何光学以及现有居家条件测量液体折射率。实验3利用纸板自制扇形物屏，手机手电筒作为光源，通过自准直法和二次成像法测量凸透镜焦距。结合现有居家条件，充分发挥学生的想象力，利用矿泉水瓶、药片包装泡罩、水滴、冰块、白凉粉等各种生活中的物品自制透镜。实验4利用保鲜膜、一次性纸杯自制小焦距和大焦距水透镜，自组显微镜。实验5利用两个焦距不同的自制的凸透镜或家中现有放大镜，自组望远镜。并估测显微镜和望远镜的视角放大率。实验6利用居家条件做简易的摩尔条纹现象观察实验，人眼（手机摄像头）隔着纱窗观察一些形状变化平缓的物体（球状或柱状，如苹果或用白纸卷的圆筒、圆锥）表面，会看到特定的条纹。
- 其次，设计了一系列激光笔作为光源的衍射和干涉实验。学生可根据身边条件自制衍射和干涉元件。利用两条不透明胶布平行制作出单缝利用头发丝观察单丝衍射；利用圆规在硬纸板上扎孔，观察圆孔衍射；还可利用光盘、羽毛观察光栅衍射。并且不仅仅停留在实验现象的观察，还要测量单缝的缝宽、发丝和圆孔的直径，光盘和羽毛的光栅常数。最后，实验12利用光盘和纸盒自组光栅光谱仪，观察生活中各种光源的光谱。实验13利用激光笔做光源、手机膜作为半透半反镜自组常见的干涉仪器，包括迈克尔逊干涉仪、三角干涉仪、马赫-曾特干涉仪等。实验14利用两片3D眼镜片，观察光的偏振现象，利用手机光强计app验证马吕斯定律。

推荐资源

- Harvard Project Physics
- AAPT Recommendations for the Undergraduate Physics Laboratory Curriculum，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,段家忯等.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.

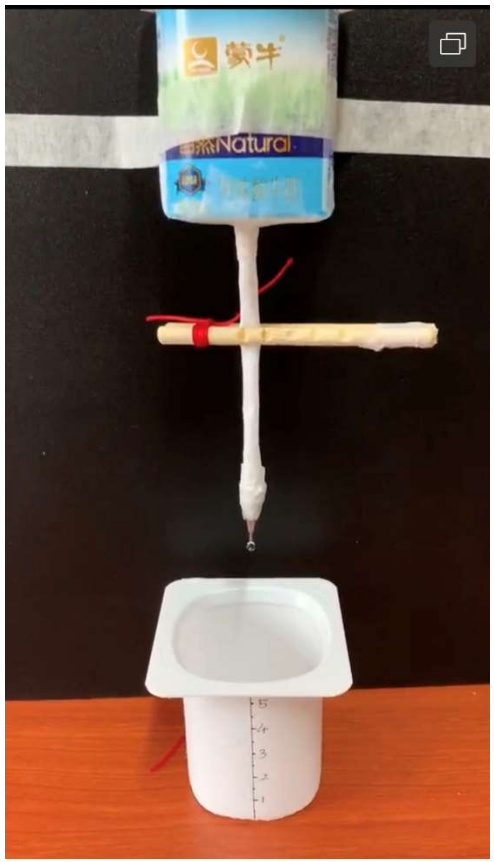
南开大学居家实验合集发布信息

1、南开大学居家实验合集1 发布于2020.3.14
2、南开大学居家实验合集2 发布于2020.3.22
3、南开大学居家实验合集3 发布于2020.4.2

- 居家实验合集带领大家看所有老师和同学们可能的居家实验设计组合。**如果你是老师，怎么设计今年的居家实验呢？**
- 具体各个专业的居家实验任务会有不同，请同学们**根据作业任务进行选择**。
- 居家实验相关分模块答疑已经开始；**没有思考和实验就没有问题**，把握好学习计划，实验进度，进行**有效提问**。
- 请大家**首选智慧树平台每个作业的作业区留言**（不是问答区），方便老师答疑，同时微信群欢迎同学们开展**积极讨论**。
- 历史合集已经发布在智慧树学习资源中，**欢迎同学们下载转发**。

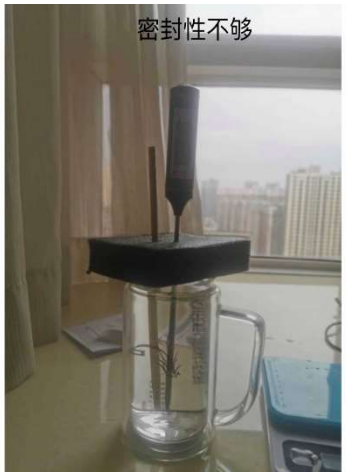
给居家实验的同学们

- 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。



智慧树-居家实验视频答疑区已经上传了部分实验老师们的答疑，同学们可以参考。另外如果同学们有合适的材料和实验方法，对实验进行重构，可以尝试。

例如现在单摆测重力加速度、转动惯量、多普勒效应、弦振动等实验都收到不同的方案，非常有创意。



谢谢同学们提供实验报告图片及志愿活动视频作为教学资源。

收到你们的实验报告，是最开心的事情！同学们，加油！

同学们，如果你是老师……

同学们：

物理实验是非常丰富多彩的。没有办法让同学们做所有的实验，先通过几个合集看看居家实验可能的设计。从光学的实验设计中，我们从几何光学到波动光学，正是人类从自然界认识光的过程。

STEAM教育最早起源于1986年由美国国家科学基金会提出的STEM教育，旨在通过优先发展**科学（Science）、技术（Technology）、工程（Engineering）、数学（Mathematics）**这 4门学科，提高劳动者的职业胜任能力和促进国家经济增长。

- STEAM教育强调基于问题的学习；
- STEAM教育强调情景化学习模式；
- 居家物理实验是STEAM的最真实的载体。

在这次居家实验过程中，我们跨过了地域和专业的限制，能够在自己的探索和老师的引导下慢慢认识和探索身边的物理现象。

希望各个专业的同学们能够从这次居家实验的设计中获取灵感，不仅仅限于知识点、数据处理和误差分析（当然这个是最重要的。***Any measurement, without the knowledge of its uncertainty, is completely meaningless.***），还有整个居家设计的构思和探索过程。如果若干年后的你从事教育行业，也能够从我们进行居家实验的过程和进步中获得启示。

致谢

感谢所有参与过实验设计的南开的本科生们！
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。

感谢参与线上教学和居家实验的全国专家和老师们！感谢3月12日、3月18日、4月5日等线上教学交流会与线上交流群提供的有益思考！

特别地，老师们在批阅报告的过程中，会进行整理，将同学们的作品和设计收录到以后的合集中，感谢大家！

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　　2020.4

谢谢！