理论问题与实验探究合集（光学）

一共 16 个实验，7 个理论问题或推导

1. 光线由什么组成？【初一】

a.　古印度人认为物质世界由水、火、土和气的原子（组成万物的基本粒子）组成，光线是一束高速运动的火原子.

b.　公元前 5 世纪，古希腊哲学家恩**培多克勒**（前 490 年－前 430 年）认为万物由火、气、土和水组成. 女神阿佛洛狄忒用四种元素造了人的眼睛并且点燃了眼睛里的**火**使视力成为可能/使人看得到东西（making sight possible）. **如果这种说法正确，那么人在晚上也能像白天一样看得到东西，为了解释这个矛盾，恩培多克勒假定从眼睛发出的光线与从其他光源比如太阳发出来的光线相互作用. 光源照亮物体，物体表面的反射光、折射光与眼睛发出的光相互作用.**

c.　公元前 55 年，罗马共和国末期的诗人和哲学家提图斯•卢克莱修•**卡鲁斯**（Titus Lucretius Carus，约前 99 年－约前 55 年）坚持了罗马原子论者早期的观点，写到：太阳的光和热是由微小的原子组成的，当这些微小的原子离开太阳后，就朝着离开时的方向瞬间射向空气中. 尽管和之后的光的粒子理论相似，卡鲁斯的观点却没有被普遍接受，**光在理论上依然被认为是从眼睛发射出来的.**

1. 希罗的实验名称：平面镜反射光线时，光线是哪一条？反射光线与其它可能的光线之间有什么关系？【初一】

1. 实验器材：平面镜、激光笔、A4 纸，铅笔，直尺

古希腊数学家亚历山大里亚的**希罗**（公元 10 年－70 年）在他的《光线反射论》中通过几何方法指出，光源发出的光线通过平面镜反射到眼睛所经过的实际路径比任何其他可以画出来的路径短.（折射定律基于该理论推导出）

2. 托勒密光的折射实验

实验探究折射角与入射角有什么关系，成正比关系吗？【初一】

2. 实验器材：玻璃砖，激光器，量角器，直尺，铅笔

生活在埃及用希腊文写作的希腊裔罗马公民，数学家、天文学家、地理学家、占星家克劳狄乌斯•**托勒密**（Klaudios Ptolemaios；拉丁语：Claudius Ptolemaeus，约 90 年—168 年）肩负起了研究光的反射和折射的工作，出版的研究结果显示，他校正了他的测量，使其符合他的错误设想：**入射角和折射角成正比.**

2. 光速有限的思想来源是什么？为什么认为光速有限？【初一】

古印度人认为物质世界由水、火、土和气的原子（组成万物的基本粒子）组成，**光线是一束高速运动的火原子.**

中世纪阿拉伯的著名哲学家、自然科学家**肯迪**（796 年－873 年）是伊斯兰世界最早的重要光学著者. 肯迪在一篇著作中发展了一种理论，**“世界上的任何物体都朝各个方向发射光线，这些光线充满了整个世界.”** 由于肯迪精通拉丁文和阿拉伯文，因此被指派去将希腊哲学和科学资料翻译为阿拉伯文.

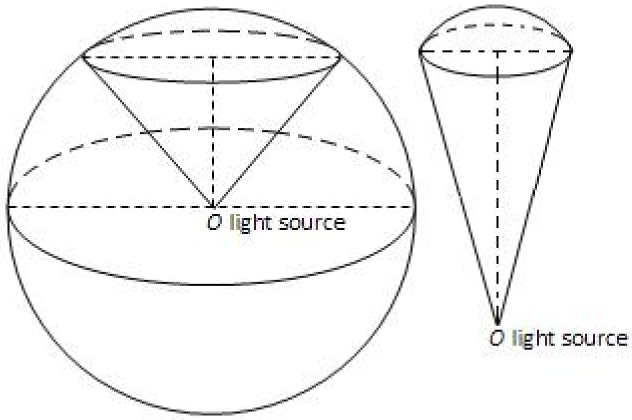
之后的学者 Avicenna（980－1037）赞同 Ibn al-Haytham 的观点，认为如果光线是从发光的物体发射出来的某种粒子的话，那么光线的速度必然是有限的.

3. 光的平方反比定律的推导【高一】

德国天文学家、数学家**开普勒**(1571－1630)在他 1600 年发表的 lunar essay 中有对光学定律的调查研究. 月食和日食都呈现了无法解释的现象，比如无法预料的阴影大小，月全食时的红色，日全食时据说周围产生的不正常的光. 1603 年，开普勒描述了光强满足的**平方反比定律，平面和曲面反射，小孔成像原理，视差.**

公元 9 世纪时，巴格达学者金迪（Al-Kindi,800? —870）通过观察太阳光和人造点光源的发光形式，认为光线是从圆锥的顶点散射出来的.设圆锥的母线长为 R，顶角为 θ，顶角 θ 对应的球心角为 ω，以 R 为半径的球的表面积 $S'=4\pi R^2$，则球心角 ω 所对的圆的底面面积为 $S=\omega R^2$，若点光源的能量为 E，那么以圆锥母线为半径的球心角 ω 所对球面上每一点获得的光能为 $E_i=\dfrac{E}{\omega R^2}$，因此金迪得出结论：圆锥底面上每一点获得的光能与圆锥的母线的平方成反比.

根据金迪的看法，若将光源看做是球心，光以球心为圆心发散出来，则球面每一点获得的光能为 $E_i=\dfrac{E}{4\pi R^2}$，就得到球面上任意一点获得的光能与球面直径的平方成反比的关系.



德国天文学家约翰尼斯·开普勒（Johanns Ke-pler,1571—1630）发现了行星围绕太阳运行的三大定律之后，人们把注意力放在了为什么行星有这样的运动规律上来.

开普勒认为行星的运动是太阳绕自传轴转动时，有一种力拖拽行星一起运动的结果，并认为这种拖拽作用与金迪认为的从太阳射到行星的光能与行星到太阳的距离的平方成反比的关系一样.在写给老师米希尔·梅司特林 （Michael Maestlin,1550-1631）的信中，他写到：

行星运动的快慢和它们到太阳的距离成反比，距离太阳越远，行星运行的越慢，反之则越快.但是从太阳散发出来的功效（virtue，这里指光）却好像与太阳到行星的距离的 2 次方或三次方成反比，所以行星运动的快慢将不会是由于太阳的功效引起的.

开普勒的行星运行三大定律在欧洲的积极推广者，法国天文学家伊斯梅尔·博里奥（Ismaël Bullialdus ,1605-1694）不赞同伽利略关于行星绕太阳的运动与行星到太阳的距离成反比的看法，他对将太阳对行星的作用类比于太阳光十分着迷，认为太阳与行星的作用像太阳光一样，与距离的平方成反比.

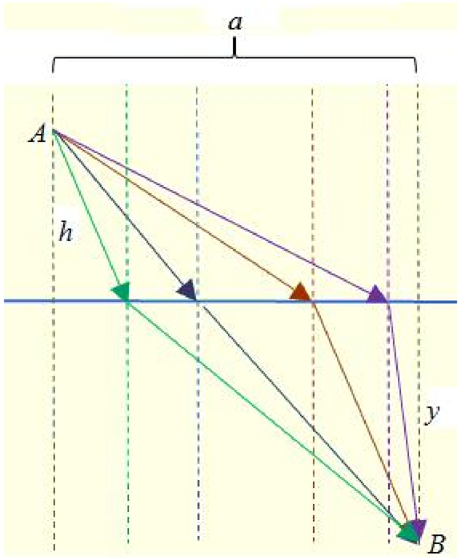
3.**开普勒**实验：小孔成像实验【初一】

3.实验器材：蜡烛，小孔屏幕，光屏

4.介质的折射率公式推导【高一】

在学习教科版高中物理选修 3-4 第四章时，同学们通过实验探究，验证了某种介质折射光线时，入射角的正弦与折射角的正弦成正比，即 $\dfrac{\sin i}{\sin r}=n$，不同的介质，n 通常不相等.那么这种正弦关系是怎样想到的？

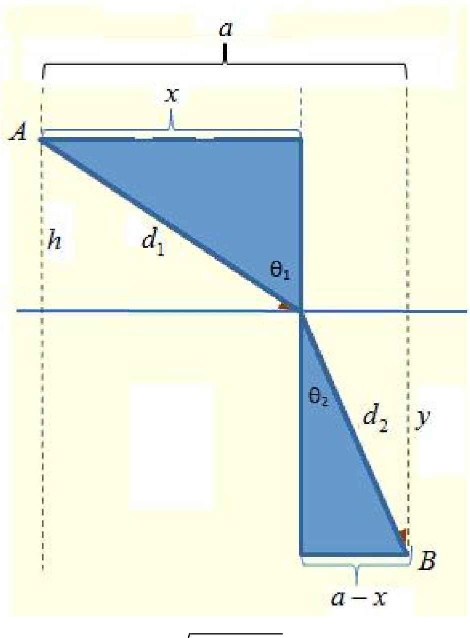
如下图所示，



假设光在上层介质中的传播速度比下层介质中的大，光从 A 点射到 B 点时，光线选择哪条路径？

古希腊数学家，亚历山大里亚**的希罗**（公元 10 年－70 年）在他的《光线反射论》中通过几何方法指出，光源发出的光线通过**平面镜反射**到眼睛所经过的实际路径比任何其他可以画出来的路径短，即所用时间最短.

如下图所示，在起点 A 和终点 B 确定后，允许光在上层介质中沿水平方向的传播距离 x 可变.



$$d_1=\sqrt{x^2+h^2}$$

$$d_2=\sqrt{(a-x)^2+y^2}$$

由于光在均匀介质中传播的速度是不变的，有

$$d_1 = v_1 t_1, d_2 = v_2 t_2,$$

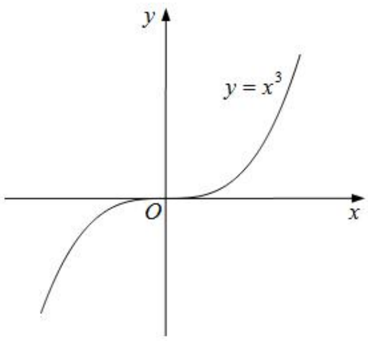
$$t_1 = \frac{d_1}{v_1}, t_2 = \frac{d_2}{v_2},$$

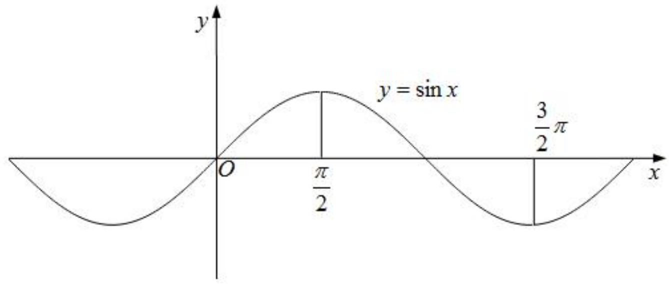
$$t_1 = \frac{\sqrt{x^2+h^2}}{v_1}, t_2 = \frac{\sqrt{(a-x)^2+y^2}}{v_2},$$

光从上层介质中的 A 点射到下层介质中的 B 点所用时间

$$t = \frac{\sqrt{x^2+h^2}}{v_1} + \frac{\sqrt{(a-x)^2+y^2}}{v_2}$$

为了确定 t 与 x 的关系式 $t = \frac{\sqrt{x^2+h^2}}{v_1} + \frac{\sqrt{(a-x)^2+y^2}}{v_2}$ 的曲线图像，这是一个开口向上的二次函数，有最小值. 或者说，首先确定曲线的极值点或拐点. 所谓极值点和拐点，如下图所
示.





其中，函数 $y = x^3$ 的图像中 $x = 0$ 点为拐点，其图像由左侧的“向上凸”变为右侧的“向下凹”；函数 $y = \sin x$ 的图像中 $x = \frac{\pi}{2}, x = \frac{3}{2}\pi$ 两点分别是函数的极值点（极大值和极小值）. 从图中可知，拐点和极值点的导数为 0，因此先通过求 t 对 x 的导数，令其为 0 来算出拐点和极值点.

$$\frac{\mathrm{d}t}{\mathrm{d}x} = \frac{\frac{2x}{2\sqrt{x^2+h^2}}}{v_1} + \frac{\frac{-2(a-x)}{2\sqrt{(a-x)^2+y^2}}}{v_2}$$

$$= \frac{1}{v_1}\frac{x}{\sqrt{x^2+h^2}} - \frac{1}{v_2}\frac{a-x}{\sqrt{(a-x)^2+y^2}} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{1}{v_1}\frac{x}{\sqrt{x^2+h^2}} = \frac{1}{v_2}\frac{a-x}{\sqrt{(a-x)^2+y^2}}$$

$\because$

$$\sin\theta_1 = \frac{x}{d_1} = \frac{x}{\sqrt{x^2+h^2}}$$

$$\sin\theta_2 = \frac{a-x}{d_2} = \frac{a-x}{\sqrt{(a-x)^2+y^2}}$$

$\therefore$

$$\frac{1}{v_1}\sin\theta_1 = \frac{1}{v_2}\sin\theta_2$$

$$\frac{c}{v_1}\sin\theta_1 = \frac{c}{v_2}\sin\theta_2$$

若上下两层为同种介质，则 $v_1 = v_2, \theta_1 = \theta_2$，可见 θ_1 与 θ_2 不同，即入射角与折射角不同的原因，是光在两种介质中传播速度不同造成的. 光从空气或真空射入某种介质时，有

$$\frac{c}{v_1}\sin\theta_1 = \frac{c}{c}\sin\theta_1 = \sin\theta_1 = \frac{c}{v_2}\sin\theta_2,$$
$$\frac{c}{v_2} = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{\sin i}{\sin r}$$

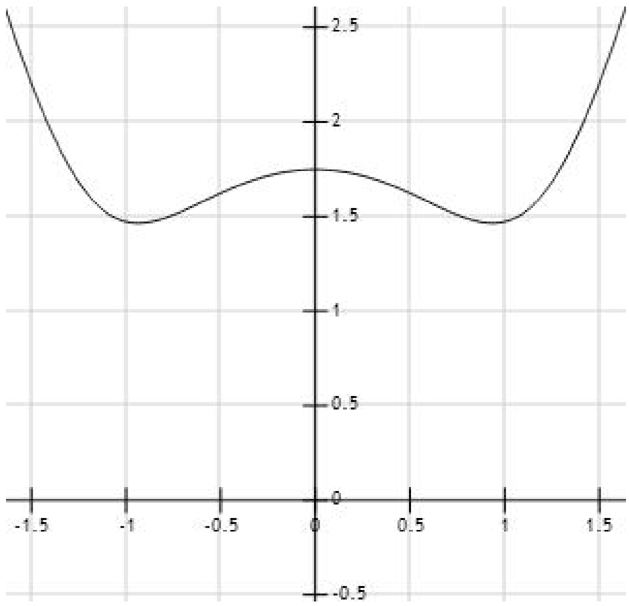
定义 $n = \frac{c}{v_2}$ 为光在某种介质中的折射率，有 $n = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{\sin i}{\sin r}$.

导数 $\frac{\mathrm{d}t}{\mathrm{d}x} = 0$ 的点可能是极大值，极小值和拐点，由于 a, h, y, v_1, v_2 都是常量，取值范围分别是 $a > 0, h > 0, y > 0, v_1 < 3.0\times10^8, v_2 < 3.0\times10^8, v_1 \neq v_2$，带入一组合理的数值，用特殊值看一看 $\frac{\mathrm{d}t}{\mathrm{d}x} = 0$ 的点是极大值，极小值还是拐点：

$$a = 1\mathrm{m}, h = 1\mathrm{m}, y = 1\mathrm{m}, v_1 = 3.0\mathrm{m/s}, v_2 = 1.0\mathrm{m/s}$$

$$t = \frac{\sqrt{x^2+h^2}}{v_1} + \frac{\sqrt{(a-x)^2+y^2}}{v_2}$$
$$= \frac{\sqrt{x^2+1}}{3} + \frac{\sqrt{(1-x)^2+1}}{1}$$
$$0 < x < 1$$

函数图像如下：



可见此函数曲线只有一个最小值点，因此$\frac{\mathrm{d}t}{\mathrm{d}x}=0$的点是极小值点（也是最小值点），即光线选择最短时间的路径传播.

参考资料

[1]http://dev.physicslab.org/Document.aspx?doctype=3&filename=GeometricOptics_LeastTime.xml

[2]http://dev.physicslab.org/Document.aspx?doctype=3&filename=GeometricOptics_SnellsLawDerivation.xml

[3]http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/phyopt/Fermat.html

[4]http://scipp.ucsc.edu/~haber/ph5B/fermat09.pdf

$$\sin\theta_1=\frac{x}{d_1}=\frac{x}{\sqrt{h^2+x^2}},\sin\theta_2=\frac{a-x}{d_2}=\frac{a-x}{\sqrt{(a-x)^2+y^2}}$$

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\frac{\frac{x}{\sqrt{h^2+x^2}}}{\frac{a-x}{\sqrt{(a-x)^2+y^2}}}=\frac{x}{\sqrt{h^2+x^2}}\frac{\sqrt{(a-x)^2+y^2}}{a-x}$$

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\frac{x}{\sqrt{h^2+x^2}}\frac{\sqrt{(a-x)^2+y^2}}{a-x}$$

$$=\frac{ax}{\sqrt{(ah)^2+(ax)^2}}\frac{\sqrt{(a-x)^2+y^2}}{a-x}$$

$$=\frac{ax}{\sqrt{(ah)^2+(ax)^2}}\frac{\sqrt{(a-x)^4+\left[y(a-x)\right]^2}}{(a-x)^2}$$

$$=\frac{1}{\sqrt{\left(\frac{h}{x}\right)^2+1}}\frac{\sqrt{1+\frac{\left[y(a-x)\right]^2}{(a-x)^4}}}{1}$$

$$=\frac{\sqrt{1+\frac{y^2}{(a-x)^2}}}{\sqrt{1+\left(\frac{h}{x}\right)^2}}$$

4.西奥多里克彩虹实验：模仿天上的彩虹【初一】

4.实验器材：空心玻璃小球，水，细线

13 世纪，德国人**西奥多里克**（Theodoric）曾在实验中模仿天上的彩虹.他利用阳光照射装满水的大玻璃球壳，观察到了和空中一样的彩虹，以此说明彩虹是由于空气中水珠反射和折射阳光造成的现象.不过，他的进一步解释没有摆脱亚里士多德的教义，继续认为各种颜色的产生是由于光受到不同阻滞所引起.光的四种颜色：红、黄、绿、蓝，处于白与黑之间，红色接近白色，比较明亮，蓝色接近黑色，比较昏暗.阳光进入球形水滴后，从表面区域折射出来的是红色或黄色，从深部折射出来的是绿色或蓝色.雨后天空中充满水珠，阳光进入水珠再折射出来，人们就看到色彩缤纷的彩虹景象.

5.笛卡尔三棱镜折射实验：彩色的产生是由于进入媒质深浅不同所造成的吗？【初一】

5.实验器材：三棱镜，光源，狭缝

他用三棱镜将阳光折射后投在屏上，发现彩色的产生并不是由于进入媒质深浅不同所造成.因为不论光照在棱镜的那一部位，折射后屏上的图象都是一样的.遗憾的是，笛卡儿的屏离棱镜太近，他没有看到色散后的整个光谱，只注意到光带的两侧分别呈现蓝色和红色.

6.牛顿色散实验【初一】

6.实验器材：三棱镜 2 个，带孔的光屏，光屏，玻璃砖，直尺，铅笔，A4 纸

“1666年初，我制作了一个三角形的玻璃棱柱镜，利用它来研究光的颜色. 为此，我把房间里弄成漆墨的，在窗户上开一个小孔，让适量的日光射进来. 我又把棱镜放在光的入口处，使折射的光能够射到对面的墙上去，当我第一次看到由此而产生的鲜明强烈的光色时，使我感到极大的愉快.” 牛顿细致地注意到阳光不是像过去人们所说的五色而是在红、黄、绿、蓝、紫色之间还有橙、靛青等中间色共七色（牛顿说七色，是因为数字7是古希腊人的吉祥数，肉眼能看到夜空中的7颗行星，一周7天，7是两次满月间隔的四分之一时间）.

奇怪的还有棱镜分光后形成的不是圆形而是长条椭圆形，接着他又试验“玻璃的不同厚度部分”、“不同大小的窗孔”、“将棱镜放在外边”再通过孔、“玻璃的不平或偶然不规则”等的影响；用两个棱镜正倒放置以“消除第一棱镜的效应”； 取“来自太阳不同部分的光线，看其不同的入射方向会产生什么样的影响”；并“**计算各色光线的折射率**”，“观察光线经棱镜后会不会沿曲线运动”；最后才做了“判决性试验”：**在棱镜所形成的彩色带中通过屏幕上的小孔取出单色光，再投射到第二棱镜后，得出该色光的折射率**（当时叫“折射程度”）发现这些单色光不会继续被分解，这样就得出“白光本身是由折射程度不同的各种彩色光所组成的非均匀的混合体”. 白光既然能分解为单色光，那么单色光是否也可复合为白光呢”为此牛顿进行实验，调节各平面镜与入射光的夹角，使各反射光都落在光屏的同一位置上，这样就得到一个白色光斑. 这个惊人的结论推翻了前人的学说，是牛顿细致观察和多项反复实验与思考的结果. 牛顿把这个颜色光斑叫做光谱.

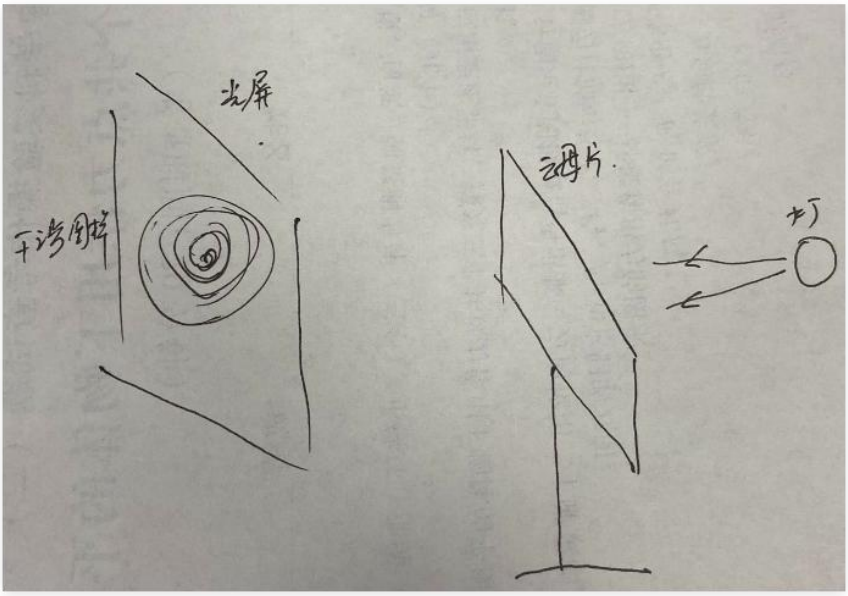
5. 卡西尼用视差法计算出火星到地球的距离，再利用开普勒定律得到日地距离【初一】

参考

用视差法(parallax)测定地球到近距离星体（火星）的距离以及日地距离.docx

7. 实验名称：胡克云母片薄膜干涉实验【初一】

7. 实验器材：云母片，铁架台，光源



https://physics.montana.edu/demonstrations/video/6_optics/demos/pohlsmicasheet.html

https://berkeleyphysicsdemos.net/node/569

8. 实验名称：（丹麦数学家巴托兰最早的光的偏振效应）观察方解石的双折射现象【初一】

8. 实验器材：方解石，A4纸，铅笔

当从特定方向透过冰岛的透明方解石看一个物体时，物体会显示出两个像.

9. 实验名称：（格雷戈里）光栅实验，光的衍射实验【初一】

证实光是一种波

让阳光通过一个小孔照射到一个黑暗的房子里，在洞里放一根羽毛(越精致、越白越好)，它会把一些小圆圈和椭圆形（如果我没有弄错的话）指向对面的白色墙壁或纸张，其中一个有点白（也就是说，在太阳对面的中间），其余的都是彩色的.

9.　**实验器材：**光栅，细丝（羽毛）

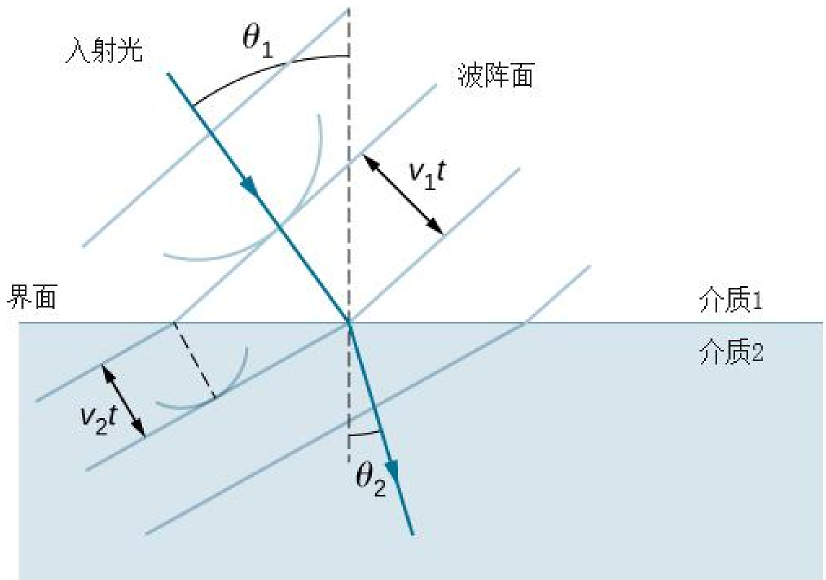
6. 惠更斯为什么认为光是波？【初一】

他写道："假如注意到光线向各个方向以极高的速度传播，以及光线从不同的地点甚至是完全相反的地方发出时，其射线在传播中一条穿过另一条而互相毫无影响，就完全可以明白：当我们看到发光的物体时，决不会是由于这个物体发出的物质迁移所引起，就象穿过空气的子弹或箭那样."，并以此反驳牛顿的光学理论.

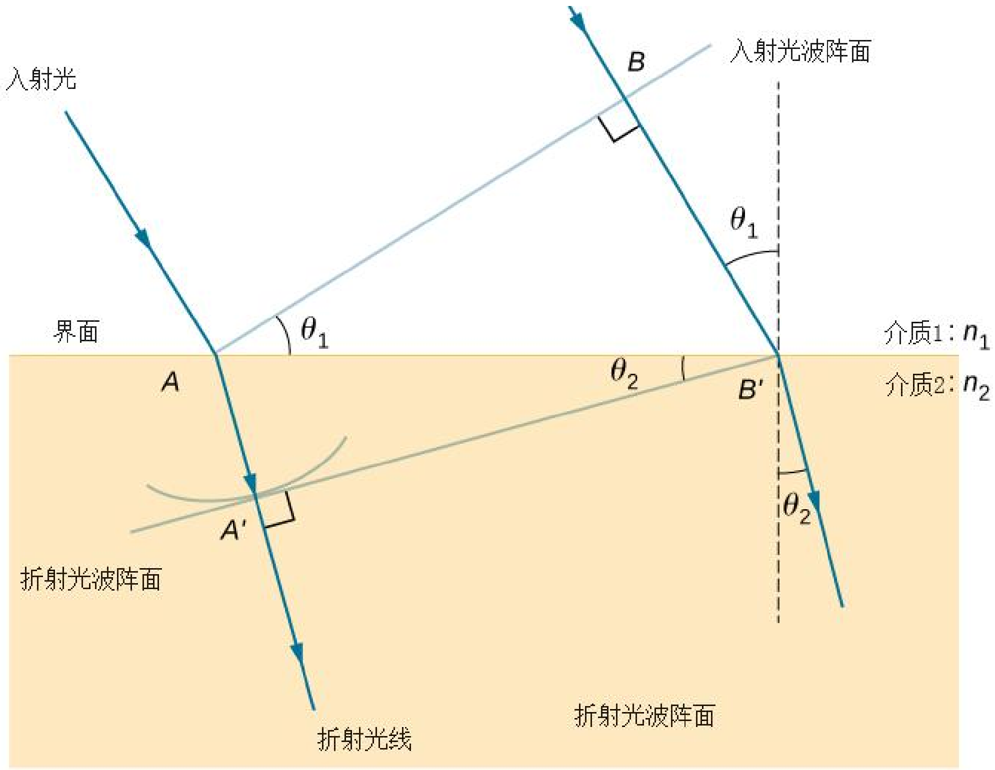
7. 用惠更斯波动理论推导光的折射定律【初一】

折射

折射定律可以通过将惠更斯原理应用于从一种介质到另一种介质的波阵面来解释. 图中的每个小波都是在波阵面穿过介质之间的界面时发出的. 由于光在第二介质中的速度较小，因此波在给定时间内不会传播得那么远，新的波阵面会如图所示改变方向. 这就解释了为什么当光变慢时，光线会改变方向，变得更接近垂直线. 光的折射定律可以从中的几何关系推导出来.



惠更斯原理适用于从一种介质传播到另一种介质的平面波阵面，在那里它的速度较小. 光线向垂直方向弯曲，因为小波在第二种介质中的速度较低.



如图所示，入射波阵面刚刚到达界面的 A 点时，B 点仍在介质 1 内.经过时间 t，来自 B 的小波以一定速度 $v_1 = c/n_1$ 到达界面上的B,A点的小波传播到介质2中的A'点，$AA' = v_2 t$，

其中 $v_2 = c/n_2$.注意，因为 $n_1 < n_2$，所以 $v_2 < v_1$.

$$AB' = \frac{BB'}{\sin\theta_1} = \frac{AA'}{\sin\theta_2}$$

代入 v1，v2 得

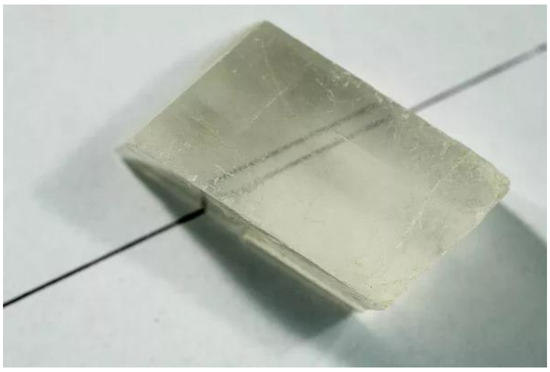
$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

10.实验名称：惠更斯观察方解石的双折射现象【初一】

10.实验器材：方解石 2 块，A4 纸，铅笔

巴托兰送他 Iceland spar 后，惠更斯花了一年时间做实验.他发现，把第二块晶体放在第一块上面后，并不能通过双折射将第一块晶体得到的两个图样变成 4 个.实际上，当旋转第二块晶体时，他可以让通过第一块得到的两个图像之中的任意一个消失.

惠更斯在纸上滴一点黑色墨迹，放上一块 Iceland spar，此时因为双折射出现两个点的图像，此时在第一块 Iceland spar 上再放置一块与第一块平行的 Iceland spar，并不会产生 4 个点的图像，当旋转上面的一块 Iceland spar 90° 时，图像会出明暗变化.



11.实验名称：马吕斯光的方解石双折射实验（光是横波更好解释这种现象）【初一】

11.实验器材：方解石 1 块，平面反射镜，太阳光

1808 年，法国工程师马吕斯Étienne-Louis Malus 获得一个意外发现.一天他在巴黎的公寓里把玩一个冰岛晶石 Iceland spar，这种水晶石具有双折射特性，透过它看任何物体都会呈现两个图像.马吕斯透过这块水晶石凝视街对面的一扇窗户玻璃反射过来的太阳的图像，奇怪的是，这块水晶石只显示出一个太阳的图像，而不是马吕斯所期望看到的两个图像.当光线从一个表面反射出来时，很显然某些光线被过滤掉了，或者说被极化了，将光看做横波可以比其他理论很好地解释这个现象.

当马吕斯旋转 Iceland spar 时，看到两个图像交替地明暗变化，但是其中任何一个图像都没有完全消失，因为从窗户反射回来的光不是完全 polarized 的.这个变化类似于惠更斯通过重叠两块 Iceland spar 而旋转上面一块时得到的效果一致. 当晚在睡觉前，马吕斯直接透过 Iceland spar 看烛光，但是烛光依然有两个图像而且旋转 Iceland spar 并不会出现明暗交替的情形.当他透过 Iceland spar 看通过水面或玻璃面反射的光线时，只看到一个像（这决定于怎么旋转 Iceland spar 的方位，其实不完全只有一个图像，因为不是完全极化的.）当马吕斯旋转 Iceland spar 使其主截面平行于光线的反射面时，只有 ordinary ray 被反射.

这个发现对马吕斯来说非常重要，尽管法国科学院设立了一个到 1810 年到期的“用数学理论和实验求证双折射现象”的物理竞赛奖，但是马吕斯并没有等到竞赛结束的 1810 年，而是在 1808 年就联系法国科学院，详述自己的发现，并在接下来的几个月里发表了.马吕斯创造了一个词 polarized 来描述光的这个特性，但是没有解释成因.

马吕斯还发现，使 Iceland spar 折射出的光线被水面反射，当反射角小于 52° 45′ 且 Iceland spar 的主截面平行于反射面时，ordinary ray 被完全折射；当主截面垂直于反射面时，extraordinary ray 被完全折射.通过其他与 Iceland spar 类似的透明物质表面反射的光都具有类似的性质.他把这一现象称为 polarization.马吕斯在 1811 年赢得了法国科学院设立的奖，但是由于之前参加拿破仑领导的入侵埃及的战争而导致健康恶化，于 1812 年去世.

12.实验名称：沃拉斯顿观察太阳光谱中吸收谱线【初一】

12.实验器材：分光镜

1802年，沃拉斯顿(Wollaston)发明了一种仪器，通过放置在透明物质上的一块玻璃打火石立方体，测量物质对光的总的反射角，从而自动地测量该物质的折射率.（in 1802,Wollaston constructed a device that automatically measured the optical index of a substance through the angle of total reflection in a flint cube placed on this substance.），在此过程中，正如牛顿所做的一样，沃拉斯顿使阳光射入一个黑暗的房间.然而，沃拉斯顿用狭缝代替了牛顿的圆形小孔，我们可以推测，之所以用狭缝代替圆孔，是因为细小的圆孔会在圆孔周围出现颜色的重叠而不利于获得单色光用于计算透明物质的折射率.他注意到有时候光谱中缺失了一些光 - 出现一些很细的黑线.他用一种不纯的三棱镜观看光的散射(色散)，使他推断太阳光谱只有4种颜色，这影响了托马斯杨，改变了杨自己建立的对视觉颜色的理论.

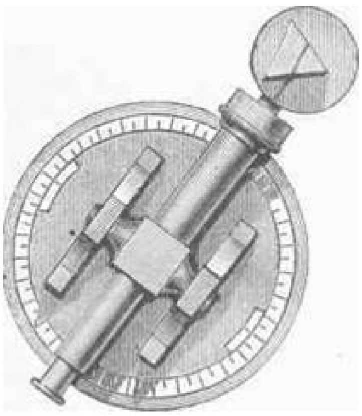
与此同时，沃拉斯顿发现烛光的光谱不是连续的，其中有可区分的有颜色的线，这样，热气不发出连续的光，而是有一些线.沃拉斯顿没有给出解释，用他的话说，就是 i cannot undertake to explain the dark lines.

13.实验名称：观察夫琅禾费（发射谱线）【初一】

13.**实验器材：**分光镜，日光灯，酒精灯，蜡烛，钠光灯

1814年，夫琅禾费用火焰（light of fire）的光看到了橙色光谱中有明亮的固定的线出现.这条线使夫琅禾费可以精确地测定不同玻璃的折射率.

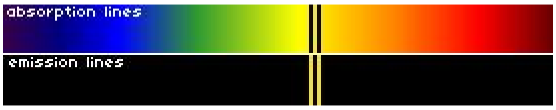
夫琅禾费制成了第一台分光镜，它不仅有一个狭缝，一块棱镜，而且在棱镜前装上了准直透镜，使来自狭缝的光变成平行光，在棱镜后则装上了一架小望远镜以及精确测量光线偏折角度的装置. 夫琅禾费点燃了一盏油灯，让灯光通过狭缝，进入分光镜.



夫琅禾费分光计

他发现在暗黑的背景上，有着一条条像狭缝形状的明亮的谱线，这种光谱就是现在所称的明线光谱.在油灯的光谱中，其中有一对靠得很近的黄色谱线相当明显.夫琅禾费拿掉油灯，换上酒精灯，同样出现了这对黄线，他又把酒精灯拿掉，换上蜡烛，这对黄线依然存在；而且还在老位置上.

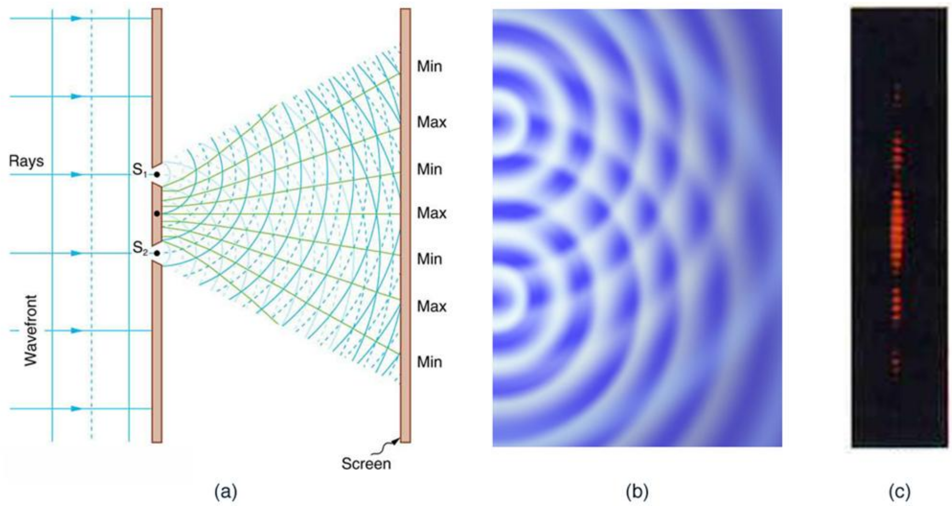
夫琅禾费想，灯光和烛光太暗了，太阳光很强，如果把太阳光引进来观测，那是很有意思的.于是他用了一面镜子，把太阳光反射进狭缝.他发现太阳的光谱和灯光的光谱截然不同，那里不是一条条的明线光谱，而是在红、橙、黄、绿、青、蓝、紫的连续彩带上有无数条暗线，在 1814 到 1817 这几年中，夫琅禾费共在太阳光谱中数出了五百多条暗线；其中有的较浓、较黑，有的则较为暗淡. 夫琅禾费一一记录了这些谱线的位置.并从红到紫，依次用 A、B、C、D……等字母来命名那些最醒目的暗线. 夫琅禾费还发现，在灯光和烛光中出现一对黄色明线的位置上，在太阳光谱中则恰恰出现了一对醒目的暗线，夫琅禾费把这对黄线称为 D 线.



钠发射谱线

14.实验名称：杨氏双缝实验【初一】

14.**实验器材：**双缝干涉实验仪，学生电源



15.**实验名称：菲涅耳双面镜光的干涉实验【初一】**

15.实验器材：平面镜 2 块，光源

菲涅耳在两端合在一起的、夹角几乎是 80° 的两块镜子前放了一个很小的光源，经过必要的修正后获得正确的条件，他看到从一块镜子反射的光线与另一块镜子反射的光线相互交错并干涉而产生的有色光带.

16.实验名称：基尔霍夫光谱分析法【初一】

16.实验器材：分光镜，钠光灯，氢灯

当他们用同样的方法分析太阳光谱时，在不同颜色区看到一些黑线，这些线被称为吸收线，因为颜色好像从这些狭小的线（bands）上去除了一样.他们对太阳光谱中黄色区域中的两条 D 线感兴趣.它们与钠盐在本生灯上燃烧后发出的光线的光谱中的两条明亮的黄色线一致.基尔霍夫注意到，当阳光通过钠的火焰时，重叠的光谱中，夫琅禾费线会更黑 became darker.经过一夜的思考后，基尔霍夫认为，黑线是被原子吸收了的.太阳内部发出的光线被太阳大气中的钠吸收了.

除了在实验室中使太阳光通过稍低温度的本生灯火焰上燃烧的不同元素（纳，铜）而使太阳的吸收谱线更黑，来证明太阳谱线是被相应物质吸收的，以及同一种物质在实验室中发出亮线光谱经过低温的相同物质的气体时亮线被吸收，也可以证明太阳的吸收光谱是被低温大气吸收的.

太阳的吸收谱线是被太阳大气吸收还是被地球大气吸收的呢？通过在一天的不同时段，不同的天气条件，不同的年份和季节观察太阳的吸收光谱都没有变化可知，太阳的吸收光谱不是被地球大气吸收的，因为在这些不同时段和天气条件下，地球大地会有不同的变化，而这并没有影响太阳吸收光谱.