

光在不同环境中运动的基本规律

杨发成

新疆 克拉玛依市 瑞达中心 834000

e-mail: yangfacheng2006@163.com, yangfacheng6467@sohu.com

摘要:光的运动,它无非是在真空中或非真空区域两种情况。反射和折射,其实是一个事物的两个方面。光在反射过程中,反射角等于入射角时,反射光束中的光线数量最多最密集;但并不是所有的反射光线都遵循古典反射定律,还有很多反射光线是沿任意方向的,只不过那些光线数量很少而显得非常弱。作者研究认为,折射光线与反射光线是同时产生的,不同颜色光在同一透明物质中的“速度”不同而引起相应折射角不同。[杨发成. 光在不同环境中运动的基本规律. *Academia Arena* 2010; 2(11):103-109]. (ISSN 1553-992X)

关键词:光的运动;光的折射;光的双折射;光的反射;偏振光

1. 引言

光的运动、折射和反射,看起来是一个古老话题,从恩培多克勒(Empedocles, 公元前490--430年)、欧几里得(Euclid, 公元前300年)、牛顿、惠更斯及麦克斯韦等,无论从哪个方面讲,都给出了看似很科学的理论。也许人们会认为今天再讨论这个问题是一种多余,尊敬的唯物论者,只要细心思考本文的论述,您会领悟到什么是辩证唯物论,什么是机械唯物论。

2. 概念

在波动光学中对光线的定义^[1]大概是:取一个几何尺度可以忽略的光源,让它的光通过不透明屏上一个很小的开孔,到达屏后空间的光将充满一个区域,它的边界(光锥的边)看起来好像是清晰的。只要这个区域的大小与孔的线度相比可以忽略,可以认为光线锥的边缘是清晰的,即 $\lambda_0 \rightarrow 0$ 极限情况下边缘变锐^[2],这时,我们可以定义,一个无限小的孔确定一个无限细的光锥——光线。作者研究认为,光是一种微小粒子,简单定义为:在真空环境中,一份光粒子的运动速度相对于发射它的源为 C ,它的轨迹就是一条光线;由许多光线合在一起叫做光束。

3. 平行光束在透明物质中的行进速度

如图1示,设一单色光束是由许多条平行光线合在一起(一狭小区域)构成的,光束与曲线- C 相交于 M 和 N ,并构想这曲线- C 是由单个单个的原子并列而成。在光束的正交轨面(包络面) L_1 上的光子-1和光子-2分别与曲线上的粒子发生作用, M 和 N 点分别产生两个胡克参考球^[3],这两个胡克参考球重叠的包络面为 L_2 ,这是因为光子被吸收后再发射,这个过程要经历一个时间过程(哪怕很短),而光子-3是从真空环境中穿刺而过,运动到 L_3 位置。显然,正交轨面(包络面) L_2 落后于 L_3 一小段距离,这就是光在透明物质(气体、液体或固体)中速度小比真空中的原因。关于透明体,认为是,光可进入其中而不

发生可察觉的减弱(例如空气,玻璃)。光在透明物质(气体、液体或固体)中的运动,光子同样是在实物粒子之间的真空空间中运动,而实物粒子在吸收和发射光的过程中经历了一次能量的上涨和回落^[3],这个涨落周期,就影响了它的定向迁移(运动距离),所以,其速度变小比真空环境中。

4. 光的折射

光的折射定律最先由斯涅耳(W.Snell, Snellius, 约1580--1626)于1621年从实验上发现,但这个定律首先由笛卡儿(R.Descartes, 1596--1650)^[4]发表在他的折射光学(*Dioptrique*)一书中。在实际的生产实践中,通常的透明物质材料并不是由单独一层原子构成的二维平面(构想由单个单个原子排列成的一条直线就称著一维材料),是由若干层二维平面材料重叠而构成的一定厚度(三维材料),如图2所示。

设入射光束从真空(或第一透明物质 n_1)射到界面 AB 上,光束在真空(或第一透明物质 n_1)中的正交轨面(包络面)为 AC ,为了分析简便,就以真空当做第一透明体。光在第二透明物质 n_2 中的多层及多次作用,由图1的理论分析可知,光线束在透明物质中的定向“迁移”速度小比真空中。为了简明分析,暂不用光学长度概念 $[CB]$ 和 $[AE]$ 等。

在界面上 A 点,密物质中的 r_2 小于真空中的 r_1 ,而 $r_1=BC$ 。当 C 点光粒子到达点 B 时刻, A 点的光线已到达密物质中空间域的点 E ,光从点 A 在第二透明物质 n_2 中到达点 E 时刻所经历时间为 t ,即是以 $r_2=Vt$ 为半径的球形空间域。显然, BE 表示光束在第二透明物质 n_2 中的正交轨面(包络面),于是本文推证公式如下:

$AE/AB = \sin \alpha$, $BC/AB = \sin \theta$, 所以有:
 $\sin \theta / \sin \alpha = BC/AE$. 由于 $AE=Vt$, $BC=Ct$.

我们得到:

$$\sin \theta / \sin \alpha = C/V = n.$$

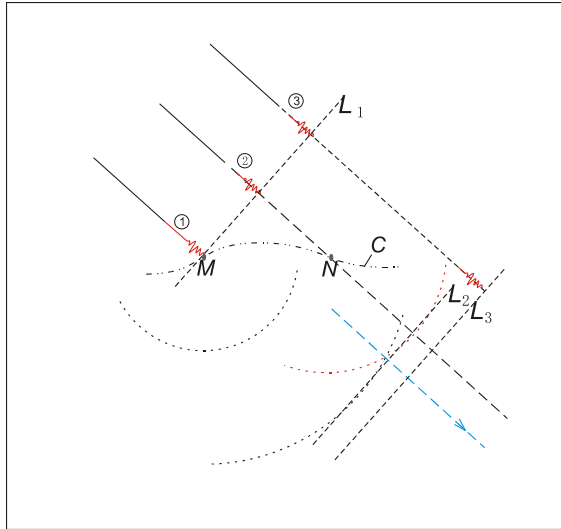


图 1 在透明物质中的光速

Figure 1. The speed of light in transparent materials

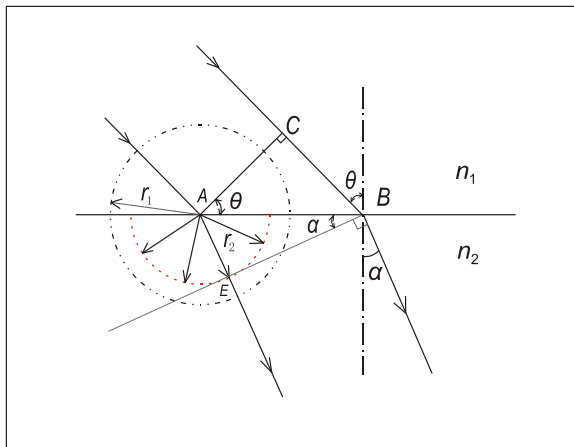


图 2 光线束在不同透明体中的行为

Figure 2. Light beam in the different transparent body of the behavior

5. 光的双折射构想

由于晶体的特殊结构，从分子体结构^[5]层面上看，与光相互作用的原子或粒子的空间分布如图 3 示。晶体表面层原子是 A、B、C 和 D 等，次表层为 A'、B'、C'、D'……。当入射光按图 4 射入晶体，A 和 B 粒子生成胡克参考球形成的包络面扩散光线束称著正常光束，简称 O 光。也就是说，晶体表层原子是 A、B、C、D 和 E 产生的光线束遵守折射定律，称著正常光束。那么，紧邻次表层的粒子 A' 与表层粒子 B 生成胡克参考球形成的包络面扩散光线束不遵守折射定律，称著异常光束，简称“e”光。A' 与 B、B' 与 C、C' 与 D……。作者认为，惠更斯提出的椭球波解释双折射现象不合理。

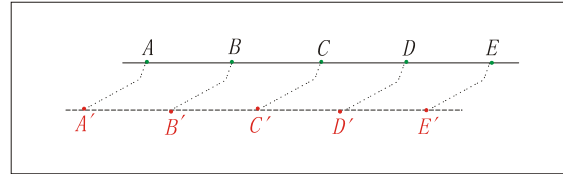


图 3 晶体结构构想图

Figure 3. Crystal structure of concept plan

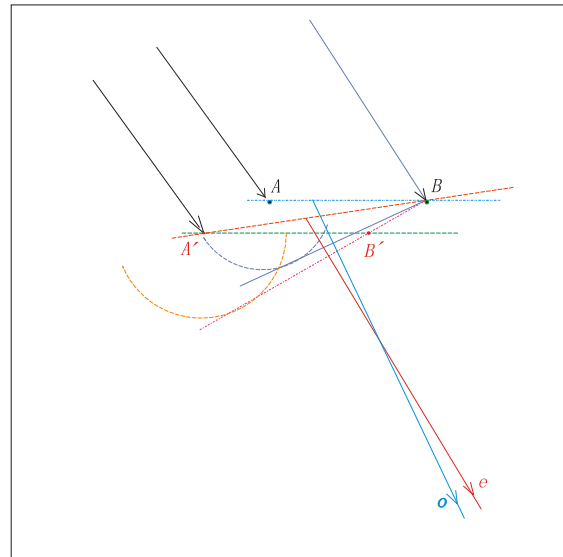


图 4 正常折射和异常光束

Figure 4. Normal and abnormal beam

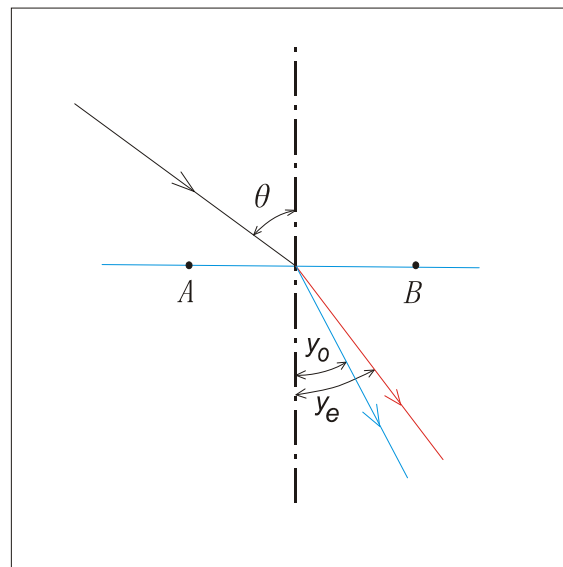


图 5 正常折射角和异常折射角

Figure 5. Refraction angle of normal and abnormal

6. 光的反射

6.1 反射角等于入射角的反射光线

如图 6 示，设 AB 是一光滑反射平面，过 A 点作入射光线束的正交轨面（包络面）AC，当点 C 的光

子到达点 B 时刻, 点 A 光子产生的胡克参考球^[3]即是以 BC 为半径的一个圆球, 为了这个目的让我们过点 B 作一切线 BD , 切点为 D 。过点 G 作 BD 的垂直线 GH , 我们的任务是证明 GH 是否等于 BK , 如果证明 GH 等于 BK , 才能证明由次级发射点 G 和 A 分别产生的胡克参考球有公共切线是 BD 。其它次级扰动点产生的胡克参考球半径长度的证明方法同理。

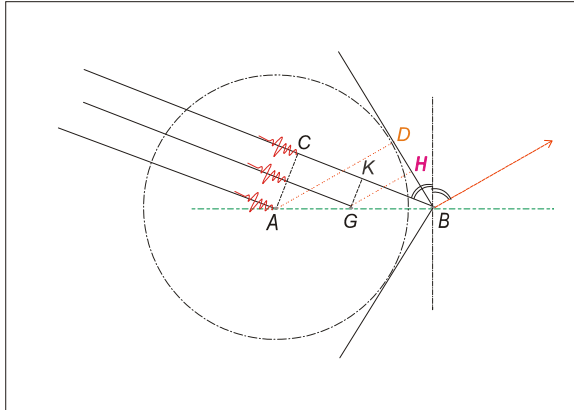


图6 反射角等于入射角

Figure 6. Equal angles of reflection and incidence

证明: 过点 G 作 AC 的平行线 GK , 所以三角形 BKG 和 BCA 相似 ($\triangle BKG \sim \triangle BCA$), 由此得出 $BK/BC = BG/BA$ (1)

直角三角形 BHG 和 BDA 相似, 由此得出 $HG/DA = BG/BA$ (2)

$BK/BC = HG/DA$, 又因为 $DA = BC$, 所以 $BK = HG$ 。又因 $\angle KBG = \angle HGB$, 而法线垂直于 AB 面, 反射角等于入射角。由此, 入射光线束的正交轨面 (包络面 AC) 垂直于入射光线束及邻近处, 在 AC 面上的光线密集程度为最大, 反射面 AB 上所产生的包络面交叠形成的反射光束中光线条数及密集程度也最大; 这就是, 人们通常所认识的反射光线, 这个反射光线束的反射角等于入射角。

6.2 反射角等于折射角不等于入射角

如图 7 示, 由一细束光线入射到反射体 AB 上, 并假想这个特殊反射物是由单个单个的原子有序排列而成的一维材料 (一条无限细的“透明”直线)。

为了分析简便, 将这细束入射光线放大后进行分析。当一束准单色光照射到这个“透明的一维材料” AB 上, 其中, 一部分光子跟 AB 线上的粒子发生相互作用, 另一部份光子从实物粒子之间的空隙空间穿刺而过。作者暂时讨论与 AB 线上粒子相互作用的那些光子的行为和表现。过点 A 作入射光束的任意切线 (或切面) AC , 这个切面 AC 不一定是正交轨面, 从

光度学方面理解此面为光度学照度面, 由作者的胡克参考球观点及惠更斯包络面理论^[3]作示意图 7。

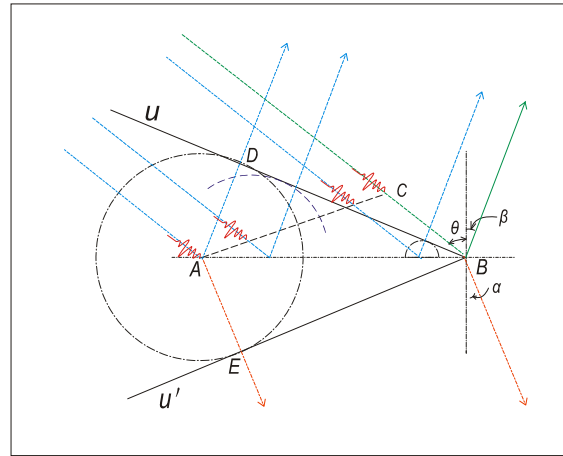


图7 理想化实践

Figure 7. Idealized practice

由于空气折射率非常接近真空, 为了方便就将光程简化成几何长度而用于作图。从 A 依次到 B , 即得到一系列胡克参考球, 这些胡克参考球的公切面 (惠更斯包络面) 即为图 7 中的 BD 和 BE , 显然, 这些胡克参考球的公共切面为一圆锥面, 垂直于包络面沿着 AD 方向的光线为反射光线, 沿着 AE 方向的光线就是折射线。反射光线和折射线是同时产生的, 并且以 AB 线为对称轴, 很明显, 反射角 β 等于折射角 α 不等于入射角 θ 。本文略去详细证明过程。如果我们将图 7 中的点 C 向着点 B 靠近, 在 AC 面上的光线密集程度越来越小, 所以, 垂直于包络面 BD 和 BE 的反射光和折射线密集程度越来越弱, 反射角 β 也越来越小, 当点 C 跟点 B 完全重合以后, 反射角减小到零; 接下来, 并以点 C (在 B 点位置) 为定点按顺时针方向转动“ AC ”切线 (反射面 AB 不动), 这时的反射光线与入射光线在法线的同一侧, 本文图略。

作者研究认为, 在实践中的反射面, 是由无数“透明”的一维材料有序排列而成的二维材料, 透明的折射物质又是由若干层二维材料的重叠 (三维材料), 反射光束就是由若干层二维材料的共同作用 (不是仅仅限于界面物质最表层), 是反射光线在反射方向上的宏观统计; 折射光束在透明密物质中的“定向迁移”变慢而引发偏折。

7. 分析

惠更斯原理大意是: 波所到达的每一点都可以看作是新的波源, 从这些点发出的波叫做子波; 而新的波面就是这些子波在同一时刻所到达位置的包迹。

如果依照惠更斯原理, 图 8 中的包络面只有 S_2 存在, 就没有包络面 S_3 的存在, 从本文的第 3、第 4

和第 5 章节分析, 惠更斯原理所描述的就是那个所谓的折射光束。在惠更斯原理中没有包络面 S_3 , 也就没有反射光线束的存在。依照作者《在胡克参考球观念下诞生的新理论》一文中提出^[3]: 在真空中, 一份光量子出现在以源点为中心半为 Ct 的球面上, 这个数学模型称为胡克参考球; 由两个或两个以上的多个胡克参考球球面在同一时刻所到达位置的包迹, 称著包络面。光束通过不同折射率透明物质边界及附近, 物质与光的相互作用下形成包络面, 垂直于包络面方向运动的光微粒, 也就形成了光的折射和反射。作者认为, 垂直于包络面 S_1 行进方向的众多光线的平行光束, 应称著“集光”光束, 它是由众多胡克参考球沿着同一方向的综合贡献。本文作者坚持认为, 光是一种粒子, 它与“电或磁”无多大关系, 光在透明密物质中包络面(正交轨面)的定向迁移变慢而引发偏折。根据惠更斯原理及本文的作图方法, 在目前还无法作出光密物质中光束的负折射行进方向。因此, 那种所谓具有负折射性质的左手征材料, 人类从实验中有可能很难制造出这种材料, 即使能通过技术手段制造出负折射性质的材料, 它的物理机制也不遵守麦

克斯韦电磁波理论, 或有些类似纳米材料表现出不守常规的一些特性。

如果光束在金属界面发生反射, 物质界面最表层不存在完全反射模式, 虽然光强度随透入深度呈强衰减, 但总有一个很小的深度在金属中; 大量光子在这个狭小区域中经多次的往复反射, 从而决定了金属的高损耗和高反射特性。

光速常数起因的构想: 从实践中知道, 物质是由原子为个体堆集而成的, 而原子又是由更基础的微粒组成。现代科学实践证实, 如电子等一些基本实物粒子具有高速自旋, 假想电子是一个球体, 它自旋的“赤道”线上速度最大, 光子即是沿这个“赤道”线的切线方向辐射出去^[3], 所以, 它离开电子或其它粒子的瞬间就具备着这个常数 C 的速度值, 本文作者在《在胡克参考球观念下诞生的新理论》中已有图文论述。这只能是一种假想和猜测, 目前还没有实验和理论支持它。一份光子是怎样被实物粒子吸收, 又是怎样被再次发射, 其具体过程尚不清楚待研究, 但在实践中通常都认为, 反射光的速度与入射光的速度几乎是一致的为 C (是否有变化尚待深入工作)。

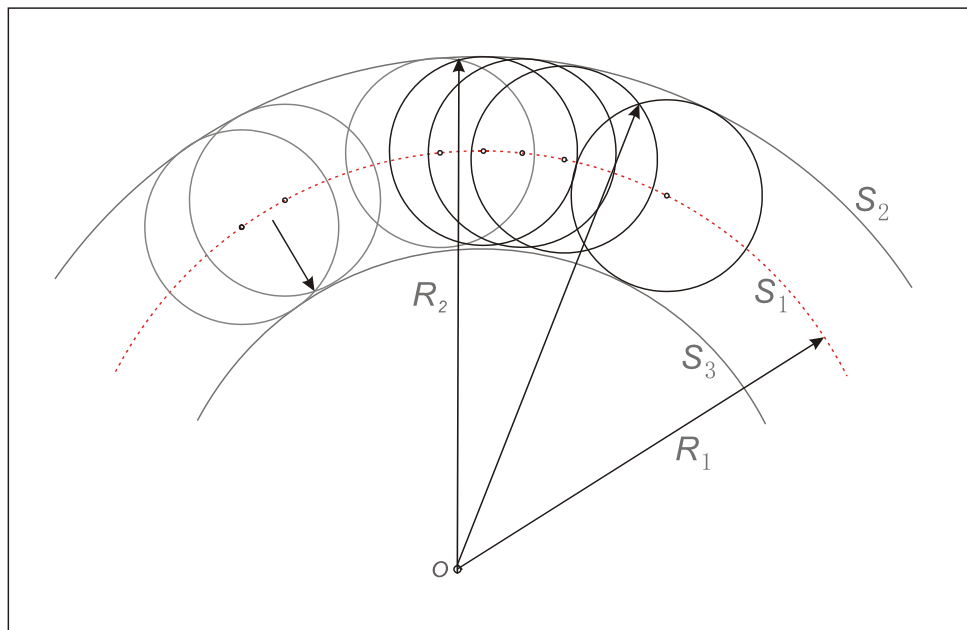


图 8 光在透明物质中的行为

S_2 =折射光包络面; S_3 =反射光包络面

[引自 杨发成, 中国科技论文在线 <http://www.paper.edu.cn/>, (2010-07-30) .]

Figure 8. Light acts in a transparent substance [S_2 = Envelope of light refraction; S_3 = Envelope of reflected light]

8. 测定单色光涨落长度的方法

依据本文作者在《关于微观粒子波动图象的再思考》一文中的论述^[6]，得出与干涉亮纹相对应的表达式

$$x = -\frac{ka\lambda_0}{nd}$$

，此公式为用于计算 X 轴负值方向上的

$$x = \frac{ka\lambda_0}{nd}$$

的条纹位置，显然， X 轴正方向上的条纹位置表达式为 $x = \frac{ka\lambda_0}{nd}$ 。在真空环境中，式中 $n=1$ ，相邻亮带的

间隔（两明条纹之间的距离）为 $\Delta x = \frac{a}{d}\lambda_0$ ，所以在，在实验中测出这几个量，就可以计算出这个 λ_0 值，这个 λ_0 是相邻两球形包络面之间的距离。这个长度值是否是一个涨落长度（人们通常称的“波长”）呢？见图 9，当某一点光源中的各个元光源，它在能量的涨落过程中，并设想它在辐射光子的时刻不吸收外界的能量，正在吸收光子能量时刻的粒子不向外界辐射能量。所以，在点光源中的各个元光源向外的辐射，刚好间隔半个涨落周期；如果我们将相邻两球形包络面之间的距离约定为一个“波长”值，那么，点光源中的各个元光源能量的一次涨落，光程则为两倍“波长”。言下之意，在实验中测得的“波长” λ_0 ，实际上是一份光量子所占据的“几何空间”，这个“几何空间”并不是光子自身的几何长度（一个不太恰当的比喻：一个篮球占据着一个球场，一张桌子占据着一间客厅；那么，测得的这个球场，并非是篮球的几何尺寸）， λ_0 比光子的几何长度大些。

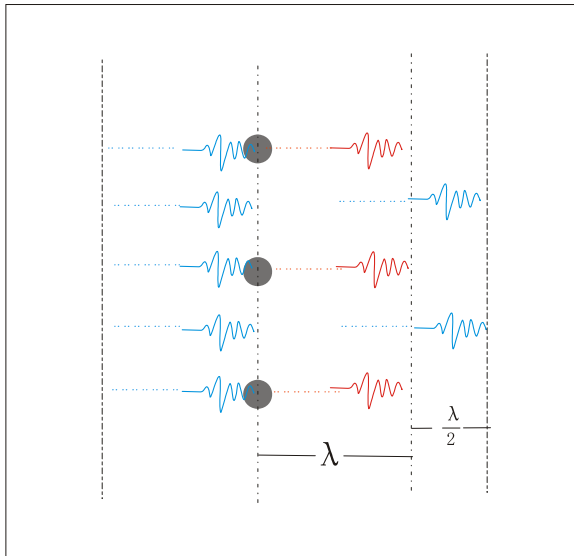


图 9 实验中测得的“波长”值

Figure 9. Experiment measured the “wavelength” value

作者认为，当某一发光粒子完成一次能量的上涨与回落，它也就完成了一次能量的吸收与辐射，这个

过程所经历的时间为一个“经历周期”；如果它不再吸收外界能量，也就不再重复上次行为。所以，我认为用“周期”较为恰当比“频率”。从实践可知，红光的涨落“周期”长比紫光，红光的能量小比紫光，因此，光子能量大小与“周期”成为相反的增长，是否是成反比例，还尚待深入的理论工作。

9. 偏振光概念

在偏振光研究中，当代人们常用电磁波观点去理解，作者研究认为光是一种粒子，它与“电和磁”无关，这偏振观念下的横向振动从何而来呢？这不得不让我回到古代去。大意是这样：牛顿认为，光线具有“侧边”，不同方向具有恰到好处的光微粒；在牛顿之后一个多世纪，法国学者马吕斯运用牛顿微粒观念提出，自然光线内微粒取向无规则，在通过晶体或相应反射时，它会以一定的形式取向；这种按一定取向的光微粒叫做偏振光。本文作者也坚持认为是这样的，如图 10 示。

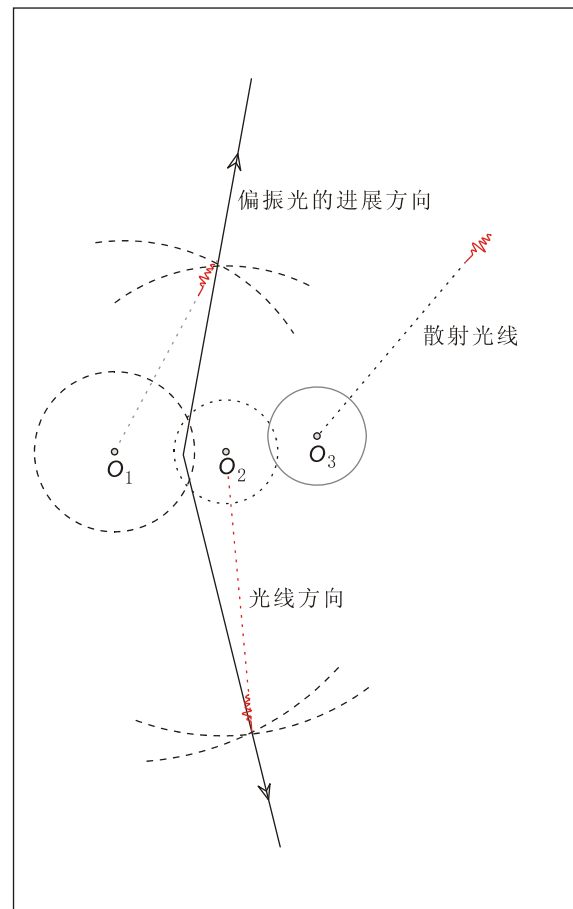


图 10 光线和偏振光的方向

Figure 10. The direction of light and polarized light

设有两个球形包络面在各自的扩散过程中它们相互交叉重叠，交迭的轨迹则是一个圆形光锥，这个

圆锥母线轨迹面上的光粒子出现的几率是两个球形包络面的共同贡献。所以，这个轨迹面上的光粒子出现的几率为最大比其它区域。从几何体上分析，圆锥母线轨迹面上的一小段，就象圆锥底周上的一小段弦线，近似视之为直线。我们再回过头去看杨氏干涉仪实验，两个次光源的球形包络面的公共交迭轨迹线，正好是圆锥母线轨迹面上很小的一段，这就决定了它在屏上是一条状亮纹，这个条纹垂直于双孔之连线，按照牛顿与马吕斯定义的偏振光概念，杨氏干涉亮条纹也许可能就是偏振光。从图 10 我们悟出一个道理，在自然界中，几乎全都是偏振光照亮的世界，一个点光源中的各个元光源所产生的胡克参考球，相邻或不相邻的胡克参考球相交叠的轨迹都是具有一定方向的。比如，太阳发射的光芒，就是无数的无规则的偏振光的自由取向，光线束的方向，就是这个圆锥母线扩展的轨迹方向。偏振光束的进展方向与光线的方向，严格地讲，它是有区别的，参见图 11。光线之速度为 C ，而偏振光束的进展速度应小于 C 。

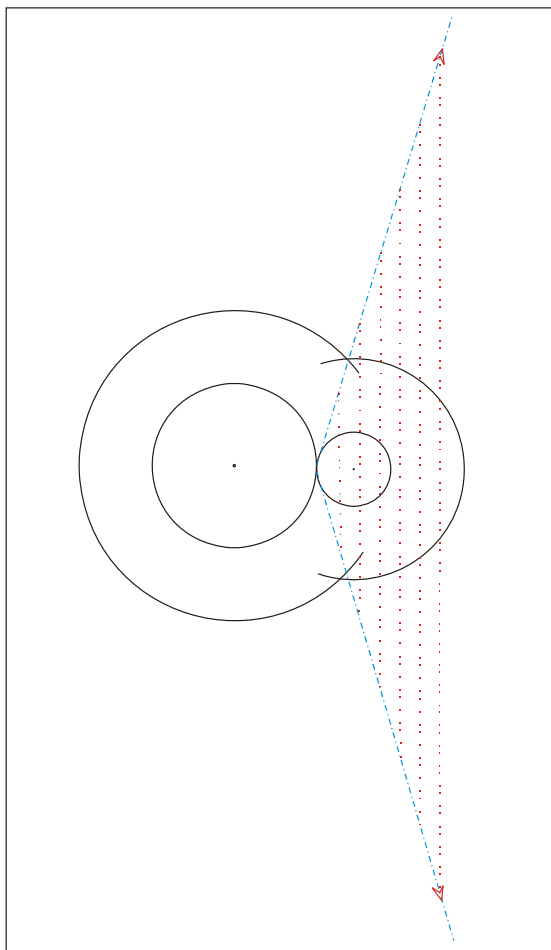


图 11 圆锥母线的扩展方向

Figure 11. The direction of the beam along the cone generatrix

10. 马吕斯定律

用光的粒子性推证马吕斯定律，如图 12 示。当自然光通偏振片后，沿着透光狭缝透射出去的光线就称其为偏振光，即是说，偏振光是沿一定方向排列的光微粒（偏振片将入射光分成了一行一行的）。显然，另一部分被透明“槽”之间的“暗”边缘所吸收或散射，即是不能通过的那一部分光线。当检偏振片与起偏振片的透光狭缝相平行时刻，令透过检偏振片光的平均强弱程度（马吕斯称它为强度）为 I_0 。

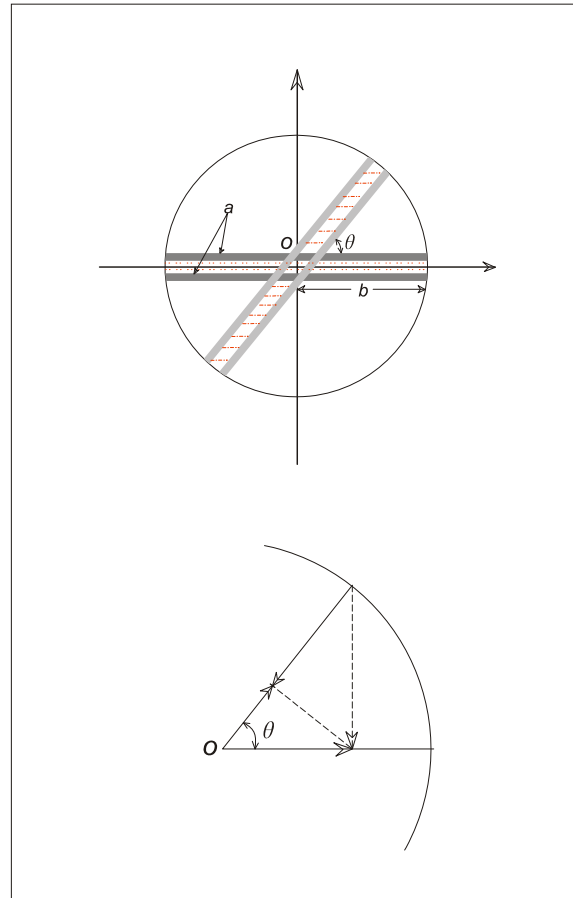


图 12 马吕斯实验图示

Figure 12. Experimental schematic Marius

为了这个目标我们假设，透过检偏振片上过中心点 O 亮缝 $a \times b$ 的光线数量为 $Q=2abI_0$ ，而在 $2ab$ 面上包含着亮缝和暗纹，现就以这个面积 $2ab$ 为研究对象。当检偏振片以中心点 O 转一角度 θ ，在面积 $2ab$ 中只有沿 X 方向分量的光线才有透过检偏振片的可能，显然， Y 分量的光线则被暗条纹吸收和散射而耗损。 $2ab$ 在 X 方向分量为 $2ab \cos \theta$ ，则光线数量为 $Q_1 = 2abI_0 \cos^2 \theta$ ；同理， $2ab$ 在 Y 方向的分量为 $Q_2 = 2abI_0 \sin^2 \theta$ ，这个分量即是被阻挡的光线数

量；显然， $Q_1 + Q_2 = 2ab(\cos^2 \theta + \sin^2 \theta)I_0$ 。

在这一过程中必须遵守光线数量守恒，透射光的数量与被阻挡光线数量之代数和应等于入射光线总数量。

通常情况下认为透射光线是平均分布在检偏振片上，分布的强度为 $I_i = Q_i / 2ab = I_0 \cos^2 \theta$ 。

显然，只有透过检偏振片的光才对光线分布的密度有贡献。那么，被暗条纹吸收和阻碍而损失的光强度为 $I'_i = I_0 \sin^2 \theta$ ，这个量对光的损失有贡献。在粒子观念下的光强度，其实就是单位面积上的光线数量平均值的多或少，故而，本文从光的粒子性出发同样推证出马吕斯实验定律的数学表达式。

11. 结束语

本文研究的是光源（自然光）相对实验器件静止或速度较低与光速相比较可忽略情况下的一种近似探索，不涉及到相对光源作高速运动的参考系，并且点光源发光是稳定持续的，球形包络面也是稳定持续的向外扩散；如果点光源是只发射一次闪光，我们就称它为脉冲闪光，这个脉冲闪光就是一个球形包络面。本文对光的相关现象作了大量详细的工作，其出发点不外乎就是充分运用胡克参考球模型及惠更斯包络面概念，这些光学现象，都是在特定条件下大量光粒子作用的宏观统计。关于菲涅耳亮斑、驻波、衍射和“受激”辐射等问题，用次光源理论很好地定性分析与说明。本文只讨论了光粒子与实物体完全作用后又完整地辐射出去，这个过程光子能量保持不变情况下的特性探索，没有涉及一份光子与界面的不完

全作用下的能量损变，这将涉及黑体辐射等复杂性。前面讨论过，能量的一次上涨和回落亦可称能量的一次振动，这个基本振动点即为一个振子或元光源。增能辐射有两种情况：它辐射的光子能量是入射光能与实物微体（元光源或一个振子）自身具备的某部份能量作为“一份”辐射出去，这就是实物微体的损能辐射；或它同时吸收（或第一份光子吸收结束还没辐射又吸入第二份光子）两份低能光子后的一次泻能——意味着在特定条件下的“红光变紫光”，这份光子的能量略小比两份入射光子能量总和，是由于有些损耗等因素所致。本文暂不探索这方面的诸多问题。

参考文献（References）

- [1] Max Born and Emil Wolf . *Principles of Optics*, Pergamon Press, 1975 .
- [2] G. Kirchhoff, *Vorlesungen ii Math. Phys.*, 2 (*Mathematische Optik*), (Leipzig, Teubner,1891), p. 33.
- [3] 杨发成, 在胡克参考球观念下诞生的新理论 [OL]. [2010-07-30]. <http://www.paper.edu.cn/>
- [4] R.Descartes , *Dioptrique Meteores . Principia Philosophiae* (Amsterdam, 1644) .
- [5] 张克 编著. 折光之谜[M]. 北京: 科学普及出版社, 1992.
- [6] 杨发成. 关于微观粒子波动图象的再思考[OL]. [2010-08-01]. <http://www.sciencepub.net/academia>

Light in Different Environments the Basic Law of Motion

Yang Fa-cheng

Company of Ruida Centre in Xinjiang
15 Hongxing Street, Kalamayi, Xingjiang 834000, CHINA

Abstract: The movement of light, only two cases , in the vacuum and non vacuum. Refraction and reflection of light, in fact two sides of a thing. Reflection of light in the process, the angle of reflection equals an angle of incidence, the amount of light reflected beam largest and most densely. However, not all of the reflected light will follow the classical law of reflection, a lot of reflected light along any direction, but is rather that a small number of very weak light. Of studies suggest that, refraction of light generated by the same time also had a reflected light, different colors of light, in the same transparent material in the “speed” is not the same.

Key words: The movement of light; refraction of light; optical birefringence; reflection of light; polarization light.

8/8/2010