

新电动力学概论

彭晓韬 著

新电动力学概论

彭晓韬 著

目 录

第一章 前言

第二章 电荷的基本属性和本质

- 一、电荷的基本属性
- 二、电荷的本质

第三章 电场、磁场和光的本质

- 一、电场的本质
 - 1、库仑定律
 - 2、电场强度
 - 3、电场的本质
- 二、磁场的本质
 - 1、毕奥-沙伐尔定律
 - 2、磁场强度
 - 3、磁场的本质
- 三、光的本质
 - 1、麦克斯韦方程组的适用范围
 - 2、存在电磁波的可能性
 - 3、光具有粒子性的可能
 - 4、光的本质

第四章 电场、磁场和光与介质相互作用规律

- 一、介质的基本属性
 - 1、原子内部结构简述
 - 2、电子和原子核在同一外电场和磁场作用下的状态变化趋势
- 二、介质在恒定电场条件下的行为特点
 - 1、单个电子、质子和中子在恒定电场中的行为特点
 - 2、导体在恒定电场中的行为特点
 - 3、非导体在恒定电场中的行为特点
 - 4、介质在恒定电场中的行为特点
- 三、介质在变化电场条件下的行为特点

- 1、单个电子、质子和中子在变化电场中的行为特点
- 2、导体在变化电场中的行为特点
- 3、非导体在变化电场中的行为特点
- 4、介质在变化电场中的行为特点

四、光与介质相互作用规律

- 1、光的本质
- 2、单个电子、质子和中子在光中的行为特点
- 3、导体中原子在光中的行为特点
- 4、非导体中原子在光中的行为特点
- 5、介质在光中的行为特点
- 6、光与介质相互作用规律

第五章 决定电场、磁场和光的传递速度的主要因素

- 一、电场、磁场和光的传递速度的内涵
- 二、决定光速的主要因素分析
 - 1、真空中静止光源产生的光之速度
 - 2、光源/介质（次生光源）的运动状态的影响
 - 3、单位长度内光的再生次数的影响

第六章 新电动力学在解释与光有关的物理现象和实验结果中的应用

- 一、与光的本质有关的物理现象和实验结果
 - 1、光电效应
 - 2、康普顿效应
 - 3、惠更斯—菲涅耳原理
 - 4、黑体辐射
 - 5、原子线性光谱现象
 - 6、超黑材料单缝实验结果无衍射光现象
 - 7、真空中球状光脉冲不可侧视现象
 - 8、地球上存在黑夜及夜空为漆黑一遍的现象
 - 9、宇宙背景辐射
- 二、与光与介质相互作用规律有关的物理现象和实验结果
 - 1、反射光的半波损失
 - 2、偏振折射光的法拉第磁光效应

- 3、单缝衍射实验结果
 - 4、光的双缝干涉现象
 - 5、电子双缝干涉现象
 - 6、为何世间有花红叶绿果黄的丰富多彩颜色
 - 7、哈勃常数与频率成正比现象
 - 8、天体红移量与天体到地球的距离成正比
 - 9、契伦科夫辐射现象
 - 10、石墨烯的吸光率可通过表面性状的改变大幅度提高现象
 - 11、日食期间路过太阳附近的星光会发生偏转现象
 - 12、偏振光的 45 度入射偏振器时的透射概率为 50% 的现象
 - 13、类星体具有多组红移量不等的发射和吸收线性谱线簇的现象
 - 14、薄膜干涉与彩虹现象
 - 15、色温在 5300k 以上的是冷色光，而 3300K 以下的反而是暖色光
 - 16、微波炉使用频率较低的微波，而不用频率更高的光
 - 17、为什么太阳到地球间的太空中的温度更低
 - 18、为什么零度的冰变为零度的水需要吸收大量热量
 - 19、为什么凸透镜聚光后可点燃可燃物
 - 20、为什么棒状天线的长度多为接收频率波长的 $1/2 \sim 1/4$
 - 21、卡西米尔效应
 - 22、施特恩-格拉赫实验结果
 - 23、趋肤效应
 - 24、惠勒延迟（思想）实验方案
- 三、与光速有关的物理现象和实验结果
- 1、迈克尔逊-莫雷实验结果
 - 2、光行差常数
 - 3、斐索流水实验结果
 - 4、双星系统无魅星现象
 - 5、Sagnac（萨格纳克）效应
 - 6、介质内部的光速与频率成反比现象
 - 7、目前实测光速实验所得到的真空中的光速都是恒定的常数现象

第七章 检验光的基本属性的几个实验验证方案

- 1、光电效应精细化实验改进方案
- 2、检验光子存在的实验方案
- 3、利用吸光能力不同的材料检验光是否具有能量的实验方案
- 4、基线法直接测量光速的实验方案
- 5、不同方法测量得到的哈勃常数各异的本质因素分析及验证方案

第八章 结 语

参考文献：

第一章 前 言

目前人类发现的自然力共有四种：万有引力、电磁力、强相互作用、弱相互作用。

万有引力是宏观世界物质运动与变化的主宰者、电磁力是除基本粒子内部和原子核内部以外的微观世界物质运动与变化的主宰者、强弱相互作用是基本粒子和原子核内部物质运动与变化的的主宰者。

电动力学主要研究的是电磁力在物质运动与变化中的作用规律。虽然人类活动大部分时间在与电磁力打交道，但至今人们对其的认识并不准确，更谈不上全面。因此，作者将本书的重点放在研究电磁力的本质及其作用规律上。同时，研究电磁力与介质相互作用规律以及决定电磁力作用速度问题。为了与以往专家学者们的研究方法与成果有所区分，所以称作《新电动力学概论》。

目前公认的电磁力及其作用规律存在较多误区与错误，特别是对由运动电荷（组群）产生的时变电场和磁场和可见光波段的变化电场和磁场的认知存在明显的、系统性的错误：认为由变化的电场和磁场构成的光具有孙悟空般的千变万化能力。一方面认为光为电磁波/具有波动性，另一方面又认为光是光子/具有粒子性。在两种观点争执得难解难分的情况下，最终让光具有波粒二相性，这完全是无耐的和稀泥的结果。而实际上，光只是电荷产生的电场和磁场。而电场只是电荷间存在的库仑力的归一化。同样地，磁场只是运动电荷间存在的磁力的归一化。目前为止并没有任何直接证据能证明变化的库仑力（电场）能直接转换/感生磁力（磁场）。也没有任何直接证明能证明变化的磁力（磁场）能直接转换为库仑力（电场）。因此，存在由变化的电场（库仑力）与磁场（磁力）相互激励而形成的所谓电磁波的可能性并不大。然而，目前已有不少证据能证明光并不具有波动性。如：单缝衍射实验中让光不直接照射到缝隙边缘或用超黑材料覆盖缝隙边缘时，则衍射光消失。同时，单缝衍射光具有的干涉类明暗条纹也表明衍射光是由两个相干光源产生的光的叠加结果。而单缝实验中能成为两个相干光源的只有缝隙边缘。因此，可以肯定地说：衍射光并不是通过单缝后的绕射子波，而是两条平行的缝隙边缘产生的次生光的叠加结果。还有，真空中的球状光脉冲不能被侧视、夜晚高空中的太阳光不能产生次生光照亮地面、星空中无处不在的变化电场和磁场不能产生次生光照亮星空均直接证明：真空中的变化电场和磁场并不能相互激励产生向各个方向传递的电磁波。

同样地，认为光具有粒子性，特别是具有与其频率成正比动能与动量光子的观点也是证据不充分的。至少，到目前为止，没有任何证据表明光可以使中子改变运动状态，也没有任何证据证明光子与光子能直接相互作用。如果光是具有动能与动量的光子，那么频率较高（动能与

动量也较大)的 X 射线和 γ 射线应该会使中子的运动状态发生改变。目前公认的光电效应和康普顿效应是光具有粒子性的直接证据的观点并不可靠。因为金属除存在红限(频率低于红限的光不能使其产生光电效应)外,还存在紫限(频率高于紫限的光也不能产生光电效应)。这就直接否定了光具有与其频率成正比的动能与动量。否则,就不应该存在紫限,而是频率越高的光(强度相同条件下)所产生的光电子数量应该越多、光电效应现象就应该越明显才对。另一方面,康普顿效应中的被金属散射的 X 射线的频率仅与散射角有关也是粒子相互作用不应该存在的现象:入射 X 射线不仅会与金属中原子的外层自由电子相互作用,还应该与内层电子相互作用,更应该与体积/截面积更大的原子核相互作用。被内层电子,特别是原子核散射的 X 射线的频率应该与被外层电子散射的 X 射线的频率存在明显的区别才对。也就是说:同一散射方位角上,散射 X 射线的频率应该不仅只有一种,而是应该有多种才对。因为我们没有任何理由让入射 X 射线只与外层自由电子相互作用。这就充分说明:康普顿效应并不能证明 X 射线具有粒子性,也不能证明散射 X 射线是由原子中的外层电子散射的结果。

麦克斯韦方程组中的安培环路定律、全电流定律、法拉第电磁感应定律、磁通连续性原理、高斯定律等都是库仑定律和毕奥—沙伐尔定律在非单一点状的、静止的或匀速直线运动的电荷所产生的恒定电场和磁场条件下的应用,它们的适用范围仅为电荷静止或运动与变化频率很低时的情形,且也只是近似值。当电荷的运动与变化频率较高时,因电场和磁场的传递速度有限,这些定律就不再适用了。也就是说:这些所谓的定律都是电荷(群组)不同分布和运动变化条件下所呈现出来的、非普适的规律。我们只需紧紧抓住电荷及其产生的库仑力和磁力在其中的核心作用,就不会被这些非普适的规律所蒙蔽和带偏。

通过以上的叙述可知:电场和磁场并不是脱离电荷而独立存在的客观实体,也不能相互作用或相互转换。除电荷外,并没有其他途径产生电场和磁场。电场和磁场可以使所遇到的带电粒子改变运动状态而改变其产生的电场和磁场或使介质中的原子极化为次生电偶极子并产生次生的电偶极子电场和磁场。因此,所谓的新电动力学的内在含义应该是:

A、新电动力学中的“新”是指有别于以往的电动力学。

B、新电动力学中的“电”当然是指电荷,也就是由电子携带的负电荷和由质子携带的正电荷。

C、新电动力学中的“动”是指电荷可以使其它电荷改变运动状态。

D、新电动力学中的“力”是指由电荷产生的库仑力和磁力。

E、新电动力学中的“学”是指对电荷产生的库仑力和磁力使同时具有质量和电荷的物体改变运动状态的规律的研究方法与结果。

我们应该统一认识:电动力学中的力只有由电荷产生的库仑力和磁力,并不存在由变化的

电场或磁场产生的感生库仑力和磁力。同时，库仑力和磁力只能使有电荷且有质量的物质改变运动状态。而所谓的能量只是力改变有质量的物质运动状态后而使其动能或/和势能发生了变化的结果，而不是所谓的能量能使有质量的物质改变运动状态。

新电动力学的核心问题有四：

- 一是力源只有一个，即电荷（电子和质子/原子核）；
- 二是电荷产生的库仑力和磁力只能对其他电荷施加作用与影响；
- 三是库仑力和磁力的作用速度有限，为真空中的光速 C ；

四是介质/客观实体多为由数量不等的外部电子围绕原子核高速运动所构成的电性近似中性的原子组成、原子与原子组成分子、分子与分子组成分子团。在无外电场和磁场时，介质存在自发的、温度型电磁辐射（所谓的普朗克黑体辐射只是其中的无外加电场和磁场作用时的情形之一）；在外来电场和磁场的作用下，介质中的原子会被极化（电子与质子/原子核会反向改变运动状态的结果）为电偶极矩随入射光/电场和磁场频率和强度变化的电偶极子并产生次生的、向不同方向传递的电偶极子电场和磁场。通常所说的反射、散射、折射、透射、衍射、干涉和绕射光就是介质产生的、向不同方向传递的次生光的一部分。而入射光在此过程中会被次生光所逐渐抵消而消失。这是因为入射光与次生光相位相差半个周期，即所谓的半波损失。也是所谓的光被介质吸收的真相。

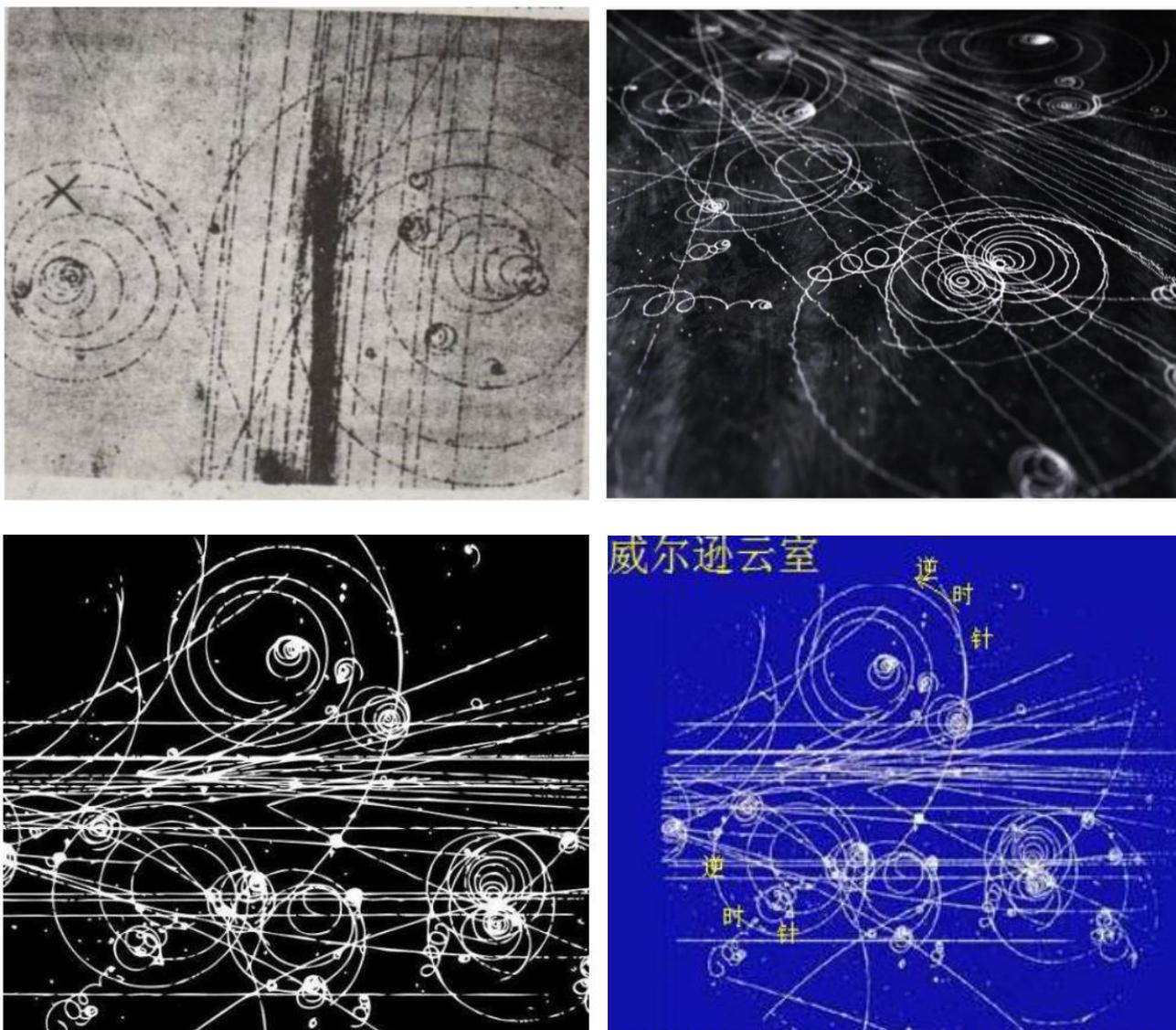
总之，电动力学的力源是极其简单、单一的。只是因为被作用对象——介质的性质、结构、原子和分子的空间位置及排列方式等有着千变万化的复杂性和多变性，从而导致其作用后的结果也难以预测与千奇百怪。

第二章 电荷的基本属性和本质

一、电荷的基本属性

1、电荷

电荷是基本粒子中具有正电或负电的粒子的一种基本属性。带正电的粒子叫正电荷（表示符号为“+”），带负电的粒子叫负电荷（表示符号为“-”），其主要代表是电子和质子。



图二-1：云室中不同电性粒子的运动轨迹照片

如上图二-1 所示：不同电性的粒子在云室中的运动轨迹是不同的：带正电的与带负电的粒子的运动轨迹都呈现螺旋型，只是螺旋的旋转方向正好相反。而中性的不带电粒子的运动轨迹为直线，并不受云室所施加的恒定电场和磁场的影响。

2、电荷的基本属性

在电磁学里，电荷也是物质的一种物理性质。通常称带有电荷的物质为“带电物质”。

两个带电物质之间会互相施加作用力于对方，也会感受到对方施加的作用力，所涉及的作用力遵守库仑定律和毕奥——沙伐尔定律。电荷分为两种，“正电荷”与“负电荷”。带有正电荷的物质称为“带正电”；带有负电荷的物质称为“带负电”。假若两个物质都带有正电或都带有负电，则称这两个物质“同电性”，否则称这两个物质“异电性”。两个同电性物质会相互感受到对方施加的排斥力；两个异电性物质会相互感受到对方施加的吸引力。同种电荷互相排斥，异种电荷互相吸引。

二、电荷的本质

所谓的电荷只是具有相互吸引或相互排斥作用的基本粒子间的一种基本属性。两个带电基本粒子间的径向相互吸引或排斥力遵循库仑定律，称为库仑力；两个带电基本粒子间的切向相互作用力遵循毕奥——沙伐尔定律，称作磁力。

无论是径向的库仑力还是切向的磁力，它们都是两个带电粒子间的一种相互作用力。也就是这两种力对两个带电粒子的作用力的大小是相等的，但方向是相反的。而且，这种力的传递速度还是有限的。在真空中，两种力相对静止的电荷的传递速度是所谓的光速 C 。

第三章 电场、磁场和光的本质

一、电场的本质

1、库仑定律

库仑定律是静止点电荷间相互作用力的规律。1785年法国科学家 C,-A.de 库仑由实验得出，真空中两个静止的点电荷之间的相互作用力同它们的电荷量的乘积成正比，与它们的距离的二次方成反比，作用力的方向在它们的连线上，同名电荷相斥，异名电荷相吸。

库仑定律的数学表达式：

$$\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{e}_r \quad (\text{公式 3-1})$$

其中 r 为两者之间的距离； \vec{e}_r 为从 q_1 到 q_2 方向的矢径； k 为库仑常数（静电力常量）。

2、电场强度

对以上的库仑力进行归一化，就是电场强度表达式了。也就是将两个点电荷中的一个作为电荷量为 1 个单位的电荷来衡量另一个电荷产生的库仑力在不同空间位置上的大小。如下式示：

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_2} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{e}_r = k \frac{q_1}{r^2} \vec{e} \quad (\text{公式 3-2})$$

3、电场的本质

从（公式 3-2）可知：电场强度实质上是点电荷在距离其 r 处对单位电荷所产生的库仑力的大小与方向的表达方式而已。也就是说：所谓的电场是库仑力的表达方式之一，是点电荷与单位电荷间的相互作用力的一种特殊情形。因此，电场并不是一种独立于电荷而单独存在的客观实体。

二、磁场的本质

1、毕奥-沙伐尔定律

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{\vec{I} dl \times \vec{r}}{r^3} \quad (\text{公式 3-3})$$

其中， \vec{I} 是源电流， dl 是源电流的微小线元素， r 是单位电荷（计算点）到电流元的距离； μ_0 为真空磁导率。

将（公式 3-3）中的源电流及小线元更换为运动速度为 u 的电荷量为 Q 的点电荷，则有：

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{\vec{u} Q \times \vec{r}}{r^3} \quad (\text{公式 3-4})$$

计算点处以速度 V 运动的电荷量为 q 的点电荷受到的磁力为：

$$\vec{F} = q\vec{V} \times \vec{B} = \frac{\mu_0 q \vec{V}}{4\pi} \times \frac{\vec{u} Q \times \vec{r}}{r^3} \quad (\text{公式 3-5})$$

2、磁场强度

以上的（公式 3-4）就是以速度 u 运动的点电荷所产生的磁场强度公式，也就是对（公式 3-5）的归一化后的结果。

3、磁场的本质

从（公式 3-4 和 3-5）可知：磁场强度实质上是运动的点电荷对在距离其 r 处的运动速度与电荷量的乘积（简称“动电荷量”）为 1 的运动电荷所产生的磁力的大小与方向的表达方式而已。也就是说：所谓的磁场是磁力的表达方式之一，是运动点电荷与单位动电荷量间的相互作用力的一种特殊情形。因此，磁场并不是一种独立于运动电荷而单独存在的客观实体。

三、光的本质

（一）、麦克斯韦方程组的适用范围

1、麦克斯韦方程组简介

1.1、麦克斯韦方程组积分形式

$$\begin{aligned} \oint_l H \cdot dl &= \int_s J \cdot ds + \int_s \frac{\partial D}{\partial t} \cdot ds & \text{①} \\ \oint_l E \cdot dl &= -\frac{d}{dt} \int_s B \cdot ds & \text{②} \\ \oint_s B \cdot ds &= 0 & \text{③} \\ \oint_s D \cdot ds &= \int_v \rho dv & \text{④} \end{aligned}$$

式①含义是：磁场强度 H 沿任意闭合曲线的线积分，等于穿过此曲线限定面积的全电流。等号右边第一项是传导电流，第二项是位移电流。

式②含义是：电场强度 E 沿任意闭合曲线的线积分等于穿过由该曲线所限定面积的磁通对时间的变化率的负值。

式③含义是：对于任意一个闭合曲面，有多少磁通进入曲面就有同样数量的磁通离开。

式④含义是：在时变的条件下，从任意一个闭合曲面出来的电通量 D 的净通量，应等于该闭曲面所包围的体积内全部自由电荷之总和。

1.2、麦克斯韦方程组微分形式

$$\begin{aligned} \nabla \times \mathbf{H} &= \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} & \textcircled{5} \\ \nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} & \textcircled{6} \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 & \textcircled{7} \\ \nabla \cdot \mathbf{D} &= \rho & \textcircled{8} \end{aligned}$$

式⑤含义是：磁场强度 \mathbf{H} 的旋度等于该点的全电流密度，即磁场的漩涡源是全电流密度，位移电流与传导电流一样都能产生磁场。

式⑥含义是：电场强度 \mathbf{E} 的旋度等于该点磁通密度 \mathbf{B} 的时间变化率的负值。

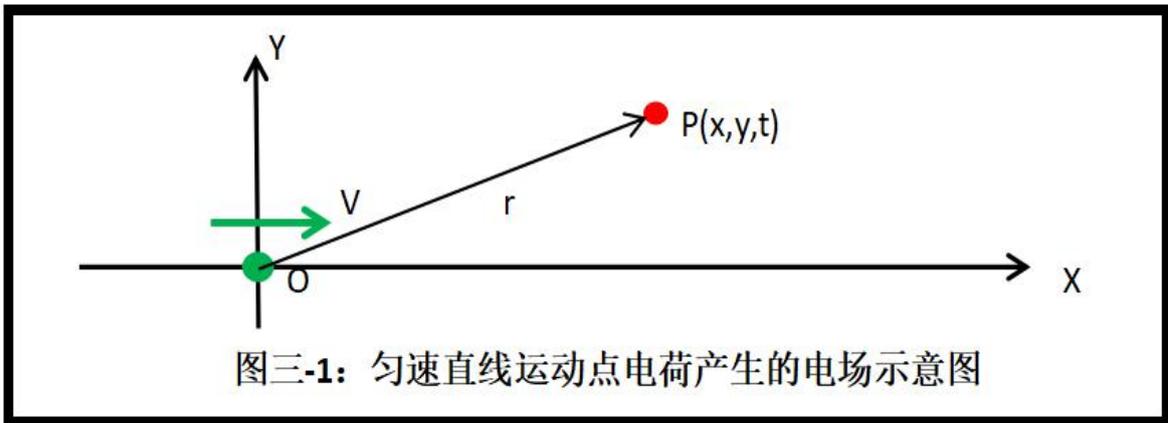
式⑦含义是：磁通密度 \mathbf{B} 的散度恒等于零，即 \mathbf{B} 线是无始无终的。

式⑧含义是：在时变条件下，电位移 \mathbf{D} 的散度仍等于该点的自由电荷体密度。

2、麦克斯韦方程组的基础之一——库仑定律的适用范围

库仑定律仅适用于电荷静止且电荷量固定不变的点电荷，当电荷运动或电荷量变化时，由于电场的传递速度是有限的，其与其它不同距离上的电荷发生相互作用所需要的时间就会不同。因此，当电荷运动或电荷量变化时，就必须对库仑定律进行升级修正。

2.1、假设点电荷 Q 沿 X 轴以速度 V 运动， $t=0$ 时正好位于坐标原点，如下图所示：



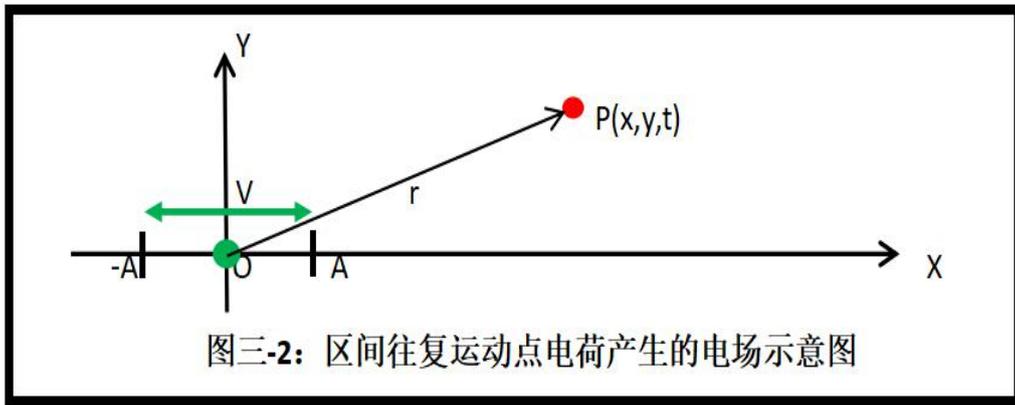
设电场的传递速度为 C ，则有：

$$E(x, y, t) = K \frac{Q}{(x - vt_0)^2 + y^2} \quad (\text{公式 3-6})$$

$$\text{其中 } t_0 \text{ 与 } t: t - t_0 = \frac{\sqrt{(x - vt_0)^2 + y^2}}{C}$$

由（公式 3-6）可知：当点电荷运动时，在空间不同位置上的电场是随时间变化的，这种变化还不是同步的，会随距离的增大而滞后。这可能就是所谓的光的传递速度的实质了。

2.2、假设点电荷 Q 沿 X 轴方向以位移量 $S = A \sin 2\pi ft$ 在区间 $[-A, A]$ 运动， $t=0$ 时正好位于坐标原点，如下图所示：



图三-2: 区间往复运动点电荷产生的电场示意图

则有:

$$E(x, y, t) = K \frac{Q}{(x - A \sin 2\pi f t_0)^2 + y^2} \quad (\text{公式 3-7})$$

$$\text{其中 } t_0 \text{ 与 } t: t - t_0 = \frac{\sqrt{(x - A \sin 2\pi f t_0)^2 + y^2}}{C}$$

由(公式 3-7)可知: 在同一观测点 P 处的电场强度是随时间变化的, 其变化的频率与电荷的往复运动频率相同的。但因电场的传递速度有限, 不同距离上的电场强度随时间的变化是不同步的。

3、麦克斯韦方程组的基础之二——毕奥——沙伐尔定律的适用范围

如库仑定律一样, 本定律也仅适用于恒定电流且位置固定不变的电流元, 当电流元运动或电流量变化时, 由于磁场的传递速度是有限的, 其在不同距离上产生的磁场就会不同, 且随距离的变化存在滞后性。因此, 当电流元运动或电流量变化时, 就必须对毕奥——沙伐尔定律进行升级修正。升级修改方法与对库仑定律类似, 在此暂不详述。

4、麦克斯韦方程组的适用范围

4.1、积分形式

由于库仑定律和毕奥——沙伐尔定律仅适用于静止且恒定不变的场源(电荷/电流元), 因此, 当场源运动且强度随时间变化时, 将导致麦克斯韦方程组中的闭合线路积分或闭合面积分的结果与静电场和恒定磁场时是完全不同的。所谓的线路或面积积分中, 不同闭合线路或闭合面上的电场和磁场强度均是随时间变化的, 即同一闭合线路上在同一时刻的电磁场并不是由场源同一时刻产生的, 其磁通量、电流量等随时间的变化也不是单一时刻产生的。这就导致了方程组中的各等式不再成立。

如: 将(公式 3-7)代入积分形式的麦克斯韦方程组②号公式左侧, 则有:

$$\oint_L E \cdot dl = \oint_L K \frac{Q}{(x - A \sin 2\pi f t_0)^2 + y^2} \cdot dl \quad (\text{公式 3-8})$$

$$\text{其中 } t_0 \text{ 与 } t: t-t_0 = \frac{\sqrt{(x-ASin2\pi ft_0)^2 + y^2}}{C}$$

由（公式 3-8）可知，由于决定空间位置的 x, y 数值不同， t 和 t_0 时刻就不同。即同一闭合线路 L 上不同位置点上的同一时刻的电场是由点电荷不同时刻产生的。同样地，不同闭合线路 L 上各点同一时刻的电场也是由点电荷不同时刻产生的。因此，闭合线路积分结果会因闭合线路的不同而不同，其积分结果并不是定值。这是恒定电场时不会有的情形。

由以上叙述可知：积分形式的麦克斯韦方程组与库仑定律和毕奥——沙伐尔定律一样，仅适用于静止场源产生的恒定电场和磁场的情形。当场源运动且场强随时间变化时，方程组不再适用。

4.2、微分形式

由于微分形式消除了场源与计算点间的空间距离，对于点场源而言是成立的。但理想的点场源并不存在，计算点与场源不同部分间仍然存在一定的距离，在场的传递速度有限的情况下，仍然会存在一定的差异，特别是在场源的强度与空间位置的变化幅度与变化频率较大时，微分形式的四个公式仍然难以严格成立。

(二)、存在电磁波的可能性

1、电磁感应及其错误理解简述

电磁感应现象是指放在变化磁通量中的导体，会产生电动势。此电动势称为感应电动势或感生电动势，若将此导体闭合成一回路，则该电动势会驱使电子运动，形成感应电流（感生电流）。迈克尔·法拉第是一般被认定为于 1831 年发现了电磁感应的人，虽然 Francesco Zantedeschi 在 1829 年的工作可能对此有所预见。

电磁感应是指因为磁通量变化产生感应电动势的现象。电磁感应现象的发现，是电磁学领域中最伟大的成就之一。它不仅揭示了电与磁之间的内在联系，而且为电与磁之间的相互转化奠定了实验基础，为人类获取巨大而廉价的电能开辟了道路，在实用上有重大意义。电磁感应现象的发现，标志着一场重大的工业和技术革命的到来。事实证明，电磁感应在电工、电子技术、电气化、自动化方面的广泛应用对推动社会生产力和科学技术的发展发挥了重要的作用【摘自百度百科】。

麦克斯韦在此基础上推出的所谓麦克斯韦方程组进一步把电磁感应推广为：变化的电场可以感生磁场，变化的磁场可以感生电场。且两者相互激励可形成所谓的电磁波。将产生电场和磁场的场源从电荷扩展到了依附于变化的电磁场。也就是除电荷可以产生电场和磁场外，变化的电磁场也可以产电磁场。这就是错误的开始：将场与场源切割分离开来，致使只见电磁场而不见电荷。后来的场论更是到了一个错误的新高度：只谈场不谈场源！

2、电磁感应的实质及机理

2.1、电场和磁场的本质

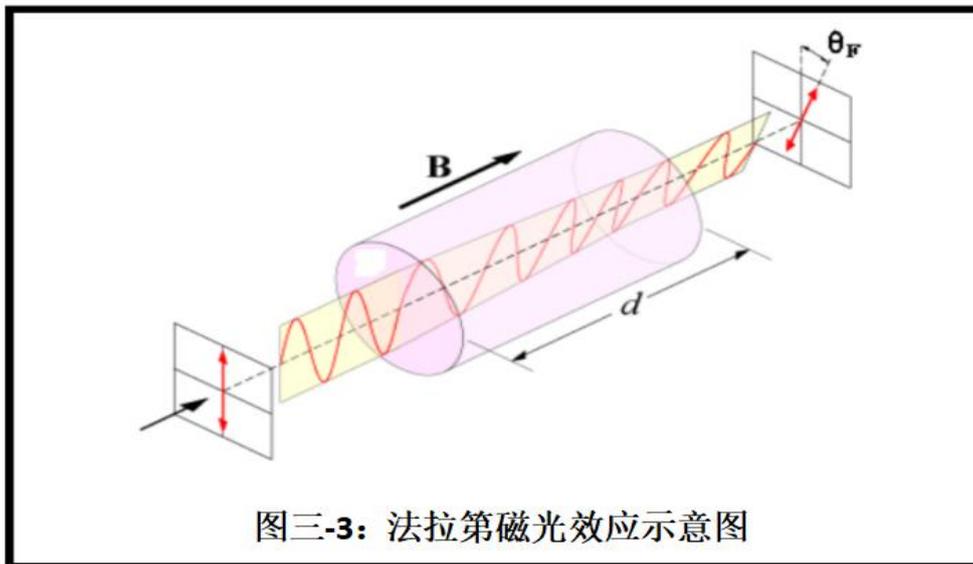
电场是由电荷产生的库仑力的表达方式之一，没有脱离电荷而独立存在的电场，虽然电场可能存在一定的传递速度，当电荷改变运动状态时，离电荷一定距离上的电场的改变会滞后于电荷状态的改变，但并不能据此认定电场可以独立于电荷而单独存在；

磁场是由运动的电荷产生的磁力的表达方式之一，没有脱离运动电荷而独立存在的磁场。

2.2、电场和磁场不可能直接相互作用

不支持电场和磁场能直接相互作用的证据有：法拉第磁光效应、地球表面存在黑夜及真空中光不可侧视、单缝衍射光为缝隙边缘产生的次生光等物理现象与实验结果：

2.2.1、法拉第磁光效应证明恒定磁场不能直接改变偏振光的偏振方向



图三-3：法拉第磁光效应示意图

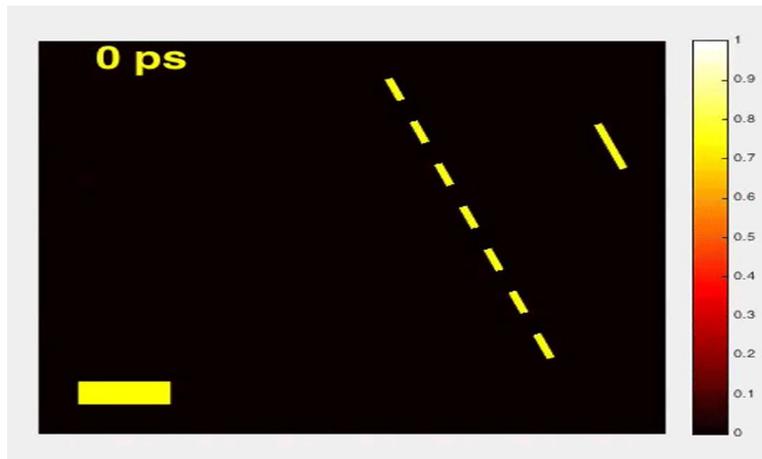
当偏振光在介质中传播时，若在平行于光的传播方向上加一强磁场，则光振动方向将发生偏转，偏转角度 ψ 与磁感应强度 B 和光穿越介质的长度 d 的乘积成正比，即 $\psi = VBd$ ，比例系数 V 称为费尔德常数，与介质性质及光波频率有关。

从偏转角度 ψ 仅与磁感应强度 B 和介质长度 d 成正比可知：当介质长度 $d=0$ 时，偏转角度 $\psi=0$ 。也就是说：在没有介质参与时，恒定磁场并不能使偏振方向发生变化。也就是说磁场并不能直接与光（变化的电场和磁场）发生相互作用。

2.2.2、地球表面存在黑夜现象证明真空中的变化电磁场并不能感生次生电磁场

当太阳下山后有一段时间天空仍然是明亮的，这是因为地球表面上方的大气层散射（实际上是大气层产生的次生光）太阳光的结果。当太阳光不能照射到视线范围内的大气层时，则天空就黑下来了。这就证明：在大气层上方的阳光并不能产生次生光。也就是变化的电磁场在真空中并不能相互感应而形成次生光。

2.2.3、真空中的光不可侧视证明变化的电磁场在真空中不能相互感应



(动图说明：虚线左侧为透明介质；虚线与右侧短实线间为真空)

图三-4：球状脉冲在介质和真空中运动的动图

从动图三-4可知：在透明介质中的球状光脉冲是可以侧视的，而且是可以在任意方位上看到球状光脉冲。这是因为介质成为了次生光源并产生了向各个方向传递的次生光。而在真空中，球状光脉冲就不可侧视了。这就直接证明在真空中的变化电磁场并不能成为新的光源而产生感生电磁场。

2.2.4、单缝衍射实验中衍射光强度变化规律证明衍射光是由单缝边缘产生的次生光

单缝衍射实验中的衍射光强度变化规律是：强度最大值仅为直射光的二成以内且强度在横向上的变化为类似于干涉现象的明暗条纹的有规律地变化。当直射光不照射在单缝边缘（详见季灏的《“衍射”、“干涉”现象的新研究》）或用超黑材料覆盖单缝边缘（详见杨发成《光子衍射现象的几个例外及它们的意义》）时，衍射光消失。这一系列的现象与实验结果共同证明：衍射光是由单缝边缘产生的次生光。并非光本身具有波动性而在通过单缝后向缝隙两侧绕射而产生所谓的衍射光。

3、电磁感应机理分析

我们知道：电场和磁场是由电荷产生的库仑力和磁力的表达方式之一。同时，电场和磁场可以使带电体受到电磁力的作用而改变运动状态。在一般情况下，静电场和恒定磁场不能使介质内部的电荷（主要是电子）出现持续性的定向运动。这是因为在静电场和恒定磁场作用下，介质内部的电荷重新分布后将抵消外电场和磁场的影响而达到某种平衡状态。但当电场和磁场随时间变化时，则介质中的电荷需要时间重新分布才能达到平衡状态，在此过程中，介质内部的电子就会发生有规律的定向运动而产生所谓的感生电场和磁场。也就是说：变化的电磁场能够感生电磁场是因为有介质中电子的参与，并不是变化的电磁场能直接产生感生电磁场。

4、电磁波是不可能存在的

综合以上分析：由麦克斯韦方程组推导出来的所谓由变化的电场和磁场相互激励而产生的电磁波是不存在的。因为真空中变化的电场并不能直接感生磁场，同样地，变化的磁场也不能

感生电场。电场和磁场只能由电荷产生。光也不可能具有波动性。

(三)、光具有粒子性的可能

目前支持光具有粒子性的证据主要有光电效应和康普顿效应。但两者根本不能直接或唯一地证明光具有粒子性。

1、光电效应不能证明光本身具有粒子性

爱因斯坦用光为粒子来解释光电效应并获得诺贝尔奖后得到了物理学界的公认。从此，光具有粒子的属性被广泛接受，进而促使后来形成了光存在波粒二象性的共识，甚至认为宇宙间所有物质均存在波粒二象性的物质波/德布罗意波的诞生。

但是, 虽然利用假设为具有与其频率成正比的动量和能量的粒子可以很好地解释光电效应仅在光的频率达到或超过一定值(红限)后才能产生光电子且与光的强度无关的问题。但此种解释方法存在三个严重的缺陷: 一是光电子运动方向与照射光的方向间夹角可以大于 90 度, 破坏了动量和动能守恒定律; 二是光电子数量与光的频率非正相关, 而是频率高于一定值(紫限)后, 光电子数量不增反降, 甚至是不能产生光电效应。这明显不符合光子的动量和动能随频率升高而增加的约定所应具有的基本属性: 当光子的动能和动量越大, 应该会更容易使金属中的电子成为光电子。因此, 光电子数量应该随入射光频率上升而增加才对; 三是红限与光子数量或光的强度无关, 排除了二个或二个以上略低于红限的光子同时或先后作用于同一个电子而使其成为光电子的可能性。这也不符合粒子间相互作用规律。

这三种现象或缺陷的存在均不符合粒子间相互作用的一般规律。这是用光子来解释光电效应所遇到的致命性问题。这些现象可能也是否定光子存在的重要证据之一。

2、康普顿效应不能证明光本身具有粒子性

康普顿效应是指 X 射线照射到轻金属表面时, 会散射出来的 X 射线分成两个部分, 一部分和原来的入射射线波长相同, 而另一部分却比原来的射线波长要长, 具体的变化幅度与散射角存在着函数关系的现象。

目前多数人认为康普顿效应是证明光具有粒子性且具有动能与动量的直接证据。但我们知道: 原子中的外层电子和内层电子的运动速度是不同的, 电子的运动方向也是在不停地变化着的。因此, 如果 X 射线具有粒子性, 散射 X 射线是入射 X 射线与金属原子的外层电子相互碰撞的结果。则与不同运动方向的电子相互碰撞所产生的散射 X 射线的频率应该存在一定差异。同时, X 射线与金属原子中的内层电子及原子核和与外层电子相碰撞所产生的散射 X 射线的频率也应该有所不同。而不应该出现散射 X 射线的频率仅与散射角有关。这一现象可能预示着散射 X 射线并不是由入射 X 射线与原子外层自由电子碰撞的结果, 也预示着 X 射线可能并不具有动能与动量, 更不可能具有粒子性。

3、光不能改变电中性粒子的运动状态直接证明光本身并不是具有动能与动量的粒子

从电子和质子的发现过程及其在云室中的运动轨迹可以清楚地知道：带电粒子在施加了恒定电场和磁场的云室内的运动轨迹是螺旋型曲线。同时，云室中的直线型轨迹是由电中性的粒子，主要是中子形成的。也就是说：电中性的粒子在电场和磁场中是不会改变运动状态的。因此，作为由电场和磁场构成的光也是不可以改变电中性粒子的运动状态的。否则，云室中的电中性粒子的运动轨迹也应该不是直线型的。

(四)、光的本质

综合以上的叙述可知：光只是由电荷（群）产生的电场/库仑力和磁场/磁力（真空中，变化的电磁场并不能感生次生电磁场，也就不能相互激励形成所谓的电磁波），且不能脱离电荷而单独存在。因此，由电荷（群）产生的电场和磁场具有如下几方面的特点：

静止电荷（群）仅可产生恒定电场，不能产生磁场；

匀速直线运动的电荷（群）可产生变化的电场和磁场；

固定点附近的固定周期往复运动的电荷（群）或绕固定圆心作圆周运动的电荷（群）可产生同周期变化的电场和磁场；

脉冲式运动的电荷（群）可产生脉冲式变化的电场和磁场，其频率谱一般为连续频率谱。此项特点与所谓的原子线性谱是由原子中的外部电子在不同能级间跃迁产生的说法是完全相左的。因为电子跃迁是属于脉冲式变速运动，只能产生连续频率谱的电场和磁场/光。不可能产生单一频率的线性谱。因此，原子线性谱最可能的产生机理是：电子跃迁期间，原子核/除跃迁电子外的离子仍然保持原来的、固定频率的、绕质心作圆周类运动。由于失去跃迁电子的中和作用，此期间的原子核/离子就从电中性变成了带正电的粒子，当然就会产生与其绕质心作圆周类运动同频率的、单一频率的电磁辐射或称作线性谱。这可能才是原子线性光谱产生的机理。

同时，光也只能对带电体产生作用，使其改变运动状态。光使其遇到的带电体改变运动状态的结果就会导致带电体原有产生的电场和磁场的改变而形成新的电场和磁场，或称作产生次生光。

第四章 电场、磁场和光与介质相互作用规律

一、介质的基本属性

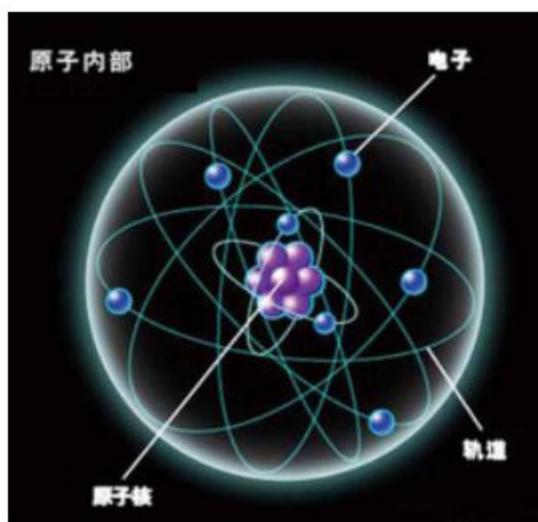
我们生活的地球以及人类目前所观测到的天体上的物质都是由近百种不同元素原子构成的。就是温度高达 6000 度的太阳表面上的物质，虽然通常认为其为等离子体状态，但仍然保持了原子的基本物理特性。所以才会有太阳是由 71%左右的氢原子、27%左右的氦原子和 2%左右的其他各类原子组成的。在通常情况下，原子是由原子核/质子和外部电子构成的。原子与原子通过最外层电子的共享形成分子。分子与分子通过分子间的万有引力和电磁力相互吸引而组成更大的分子团，从而形成有形的客观实体。我们可以将这类客观实体通称为介质。

1、原子内部结构简述

原子内部结构是指原子的组成以及内部状态。原子非常小，其直径一般在 100pm（皮米）级。通常以半径记录，在以毫米（mm）为单位的情况下，直径为 $1.0 \times 10^{-7} \text{mm}$ 。原子是由位于原子中心的原子核和数量不等的围绕原子核高速运动的电子组成的。就像太阳系的行星绕着太阳运行一样。围绕原子核高速运动的电子一般有规律地分布在不同轨道层上。当最外层的电子数量不同时，就决定了原子的化学性质。电子围绕原子核运动的速度一般在每秒数十千米~数千千米间。

2、电子和原子核在同一外电场和磁场作用下的状态变化趋势

2.1、原子的电性



图四-1：原子内部结构示意图

虽然原子一般由同等数量的质子组成的原子核和核外高速运动的电子构成，总体上呈现出电中性。但实际上，原子是会产生与电子围绕原子核运动周期相同的电磁辐射的。特别是由于万有引力的存在，导致原子核的万有引力需要由核外电子通过改变运动状态来提供大小相等但

方向相反的电磁力来平衡。从而导致核外电子的运动轨迹即使是相对其原子核也不是固定不变的圆形。如果原子周围还存在其他原子且环境温度为非绝对零度时，各自的热运动将导致原子间的相互碰撞。进一步将原子及原子内部的原子核和核外电子的运动轨迹复杂化了。随着电子和原子核运动轨迹的复杂化，其产生的电磁辐射自然也随之改变和复杂。因此，单个原子是非电中性的，特别是当其位于变化的电场和磁场中时，更不可能是电中性的。

虽然单个原子通常并非电中性。但当诸多原子聚集在一起后，原子与原子将组成分子并调整各自的运动状态与空间位置，从而会降低各自的电性。这就使得客观世界的介质一般总体上呈现近似电中性。实际上，由于介质都存在一定的温度，其内部的分子和原子都是处于热运动状态的。即使是没有外加电场和磁场作用的情况下，其自身的热运动也会导致原子核与外部电子的运动不同步，从而导致电磁辐射。所谓的普朗克黑体辐射就是由于分子和原子的热运动过程中原子核与核外电子运动的不同步所产生的电偶极子类电磁辐射。

2.2、电子和原子核在同一外电场和磁场作用下的状态变化趋势

2.2.1、外加电场和磁场的波长远大于原子尺寸情形

在此种情况下，我们可以认为原子中的电子和原子核受到的外加电场和磁场的强度与方向是相同的。但由于电子和原子核的电性相反，因此再者的状态变化也应该相反。即：电子与原子核会朝相反的方向改变运动状态，从而导致原子被极化为电偶极子，其电偶极矩与外加电场和磁场的强度及变化频率直接相关。

2.2.2、外加电场和磁场的波长远小于原子尺寸情形

在此种情况下，我们可以认为原子中的电子和原子核受到的外加电场和磁场的强度与方向是不同的。但因此种情况时，外加电场和磁场的周期很小，对原子核的作用效应会相对较小，即外加电场和磁场在一个周期内使原子核产生的最大位移量很小，且远小于对电子的作用。因为即使是由单个质子构成的原子核，其质量也比电子大 1830 倍以上。因此，外加高频电场和磁场使原子核在单个周期内的最大位移量小于同条件下电子的最大位移量的 1830 分之一。也就是说：在此种情况下，我们可不考虑外加高频电场和磁场对原子核的作用。只考虑对核外电子的作用即可。

二、介质在恒定电场条件下的行为特点

1、不同电性基本粒子在恒定电场中的运动规律

1.1、基本粒子初速度为 0 时的情况

如上图四-2 所示：假设有三个基本粒子分别为一个电子、一个质子和一个中子在时刻 $t=0$ 时均位于坐标轴 $x=0$ 的位置上，当恒定电场强度为 E 的电场同时对其作用，假设电子、质子和中子所携带的电荷量分别为：-1、1 和 0 时，则有：

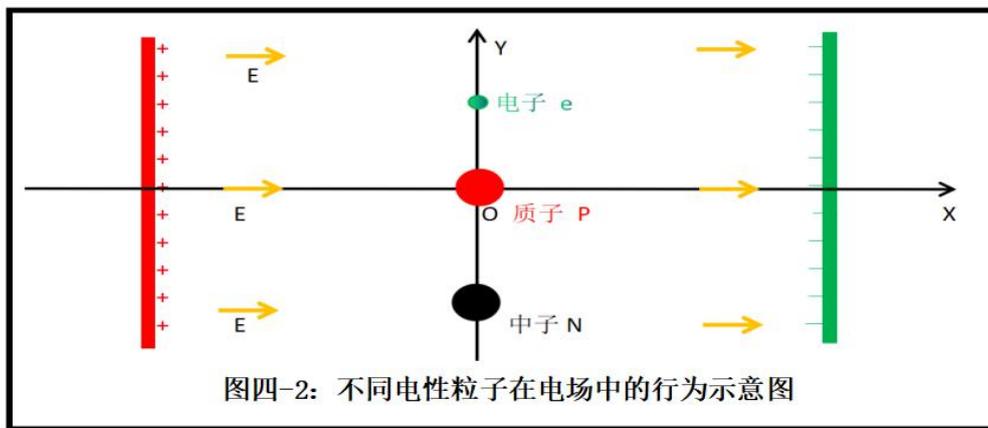
$$\text{加速度分别为: } a_e = \frac{EQ_e}{m_e} = -\frac{E}{m_e} \quad a_p = \frac{EQ_p}{m_p} = \frac{E}{m_p} \quad a_n = \frac{EQ_n}{m_n} = 0$$

$$\text{速度分别为: } V_e = V_{e0} + a_e t = -\frac{Et}{m_e} \quad V_p = V_{p0} + a_p t = \frac{Et}{m_p} \quad V_n = V_{n0} + a_n t = 0$$

$$\text{移动距离为: } S_e = V_{e0}t + \frac{1}{2}a_e t^2 = -\frac{Et^2}{2m_e} \quad S_p = V_{p0}t + \frac{1}{2}a_p t^2 = \frac{Et^2}{2m_p} \quad S_n = V_{n0}t + \frac{1}{2}a_n t^2 = 0$$

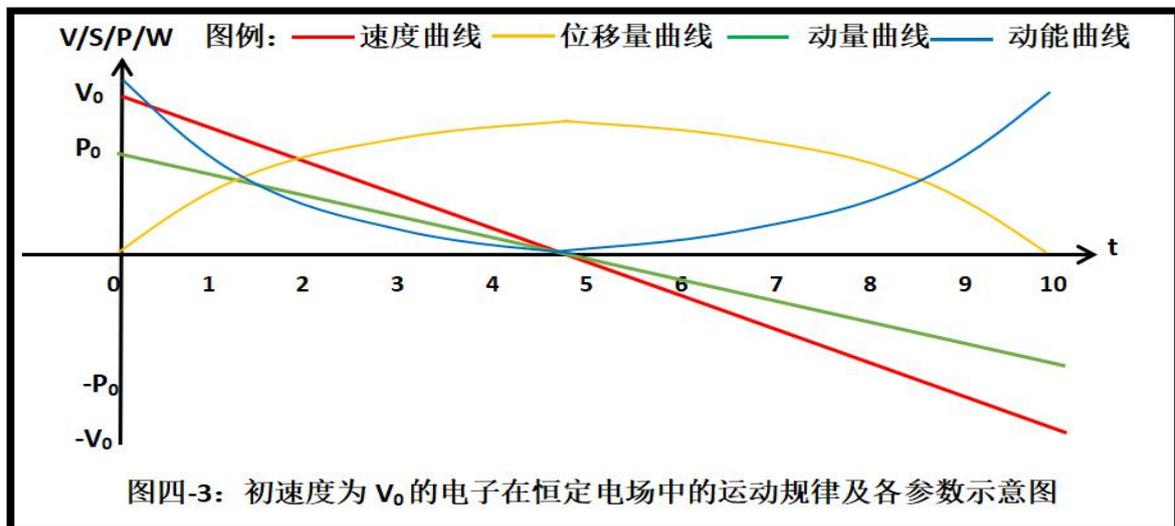
$$\text{动量变化量为: } P_e = m_e V_e = -Et \quad P_p = m_p V_p = Et \quad P_n = m_n V_n = 0$$

$$\text{能量变化量为: } W_e = \frac{1}{2}m_e V_e^2 = \frac{E^2 t^2}{2m_e} \quad W_p = \frac{1}{2}m_p V_p^2 = \frac{E^2 t^2}{2m_p} \quad W_n = \frac{1}{2}m_n V_n^2 = 0$$



小结: ①只有带电粒子才会被电场改变运动速度, 中子则不会; ②电子与质子会朝相反的方向运动; ③由于质子的质量是电子的 1830 多倍, 由此导致质子的加速度、速度和位移量均比电子小同样的倍数; ④电子与质子的动量变化值相等但方向相反; ⑤质子的能量变化量比电子小 1830 余倍。显然, 电荷量相等但质量不等的带电粒子在同一电场中相同时间内获得或失去 (带电粒子存在初速度且与电场加速方向相反时) 的能量是不同的。

1.2、基本粒子初速度为匀速直线运动 V_0 时的情况



只需要将以上静止状态时的各式中的初速度修改为实际数值即可。但初速度不同时，电子与质子的速度、位移、运动轨迹、动能和动量的变化规律可能会有较大的不同：当电子的初速度为正（沿 x 正向运动）时，电子会先逐渐减速直到速度为 0 ，再朝 x 轴反向加速运动；质子的初速度为负（沿 x 反向运动）时，也会先减速直到速度为 0 ，再朝 x 轴正向加速运动。在此过程中的位移量、动量和动能都会经历先降低至 0 后，再加速上升的过程。如上图四-3 所示。因此，如果说电场本身是向各类带电粒子（不带电粒子肯定是不可以的）提供动量和能量并使其提高动量和能量的话，显然是不能成立的。因为在电子和质子从减速运动到速度为 0 ，再加速运动的过程中，电子和质子的动量和动能是经历过先减少直到为 0 ，再加速增加的过程。而作为动量和动能是不能相互抵消和消失的，否则就破坏了能量与动量守恒定律了。

1.3、基本粒子初速度为固定半径的匀速圆周运动时的情况

当圆周运动的粒子的初相位为 0 ，圆周运动的半径为 R ，频率为 f_0 时，则有：

$$\begin{aligned} \text{原运动轨迹: } X &= R \cos 2\pi f_0 t & Y &= R \sin 2\pi f_0 t \\ \text{原运动速度: } V_x &= -2\pi f_0 R \sin 2\pi f_0 t & V_y &= 2\pi f_0 R \cos 2\pi f_0 t \\ \text{原有加速度: } a_x &= -4(\pi f_0)^2 R \cos 2\pi f_0 t & a_y &= -4(\pi f_0)^2 R \sin 2\pi f_0 t \\ \text{原有动量: } \vec{P}_i &= m_i \vec{r} \sqrt{(V_x^2 + V_y^2)} = 2\pi f_0 R m_i \vec{r} & \text{其中: } \vec{r} & \text{为圆周的切向单位矢量} \\ \text{原有动能: } W_i &= \frac{1}{2} m_i (V_x^2 + V_y^2) = 2(\pi f_0 R)^2 m_i \end{aligned}$$

当沿 x 轴正向外加恒定电场 E 后，则有（ i 值可分别取电子 e 、质子 p 和中子 n ）：

$$\begin{aligned} \text{加速度: } a_{ix} &= -4(\pi f_0)^2 R \cos 2\pi f_0 t + \frac{EQ_i}{m_i} & a_{yi} &= -4(\pi f_0)^2 R \sin 2\pi f_0 t \\ \text{运动速度: } V_{ix} &= -2\pi f_0 R \sin 2\pi f_0 t + \frac{EQ_i t}{m_i} & V_{yi} &= 2\pi f_0 R \cos 2\pi f_0 t \\ \text{运动轨迹: } X_i &= R \cos 2\pi f_0 t + \frac{EQ_i t^2}{2m_i} & Y_i &= R \sin 2\pi f_0 t \\ \text{动量: } \vec{P}_i &= m_i \vec{r}' \sqrt{(V_x^2 + V_y^2)} = m_i \vec{r}' \sqrt{\left(-2\pi f_0 R \sin 2\pi f_0 t + \frac{EQ_i t}{m_i}\right)^2 + (2\pi f_0 R \cos 2\pi f_0 t)^2} \end{aligned}$$

其中： \vec{r}' 为粒子椭圆形运动轨道切向单位矢量。

$$\text{动能: } W_i = \frac{1}{2} m_i (V_{ix}^2 + V_{iy}^2) = \frac{m_i}{2} \left(\left(-2\pi f_0 R \sin 2\pi f_0 t + \frac{EQ_i t}{m_i}\right)^2 + (2\pi f_0 R \cos 2\pi f_0 t)^2 \right)$$

$$\text{动量改变量: } \Delta \vec{P}_i = m_i \vec{r}' \sqrt{\left(-2\pi f_0 R \sin 2\pi f_0 t + \frac{EQ_i t}{m_i}\right)^2 + (2\pi f_0 R \cos 2\pi f_0 t)^2} - 2\pi f_0 R m_i \vec{r}$$

$$\text{动能改变量: } \Delta W_i = \frac{m_i}{2} \left((-2\pi f_0 R \sin 2\pi f_0 t + \frac{EQ_i t}{m_i})^2 + (2\pi f_0 R \cos 2\pi f_0 t)^2 \right) - 2(\pi f_0 R)^2 m_i$$

小结: ①在恒定 x 轴正向外电场作用下, 加速度、速度和位移增加量只影响 x 轴方向分量; ②动量无论是外电场作用前还是作用后, 其方向都不是固定不变的。在外电场作用下, 动量的大小也是随时间不断变化的; ③原动能的大小虽然是常数, 但因运动方向的不断改变, 实际上动能的作用方向是随时间变化的。当外电场作用后, 则不仅动能的作用方向在不断变化, 其大小也随时间变化; ④粒子的电性决定了粒子在外电场作用下的加速度及速度方向以及与原速度和加速度叠加后的变化规律: 电性相反的粒子的速度与加速度叠加后的结果变化趋势正好相反。电中性的粒子则不受外部电场作用的影响; ⑤无论是有无外部电场的作用, 当粒子作圆周类运动过程中, 其动量与动能的方向均是在不断变化的。当有外电场作用时, 带电粒子的动量与动能的变化的复杂程度就会远高于直线运动的粒子。因此说能量守恒和动量守恒也只能对两个物体的完全弹性碰撞或一个物体同时裂解为多个物质时才成立。对于单个粒子在不同条件下的运动与变化过程中, 能量和动量守恒定律并不适用。所谓的能量传递那就是更无任何实质性意义的说法了。

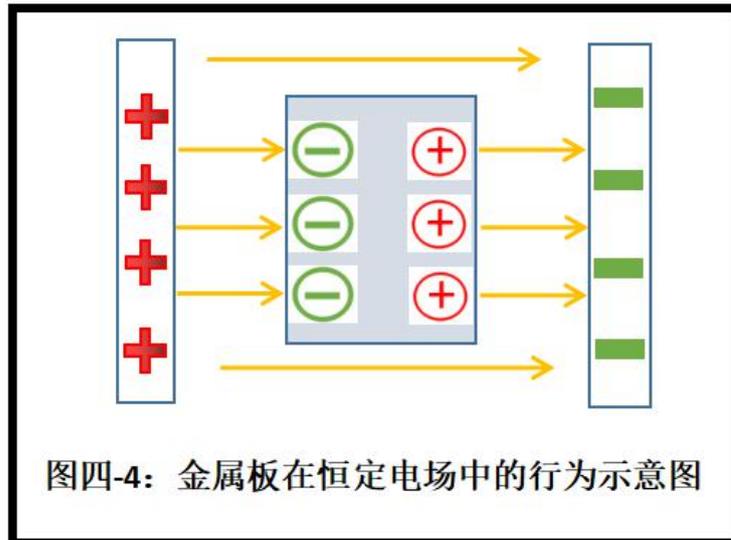
2、介质在恒定电场条件下的行为特点

由于介质是由原子组成的, 而原子是由原子核和高速围绕原子核运动的电子构成的。因此, 当对介质施加恒定电场时, 则原子核可视为初速度为 0 的带正电荷的粒子, 其运动规律接近与以上“**1、基本粒子初速度为 0 时的情况**”的情形, 原子核沿外加电场的正向加速运动; 核外以接近圆周运动的电子则接近与以上“**3、基本粒子初速度为固定半径的匀速圆周运动时的情况**”的情形, 电子在绕原子核作圆周运动的基础上会朝外加电场的反向加速运动。但由于在外加恒定电场强度不足以撕裂原子时, 原子是不会解体的。因此, 原子核沿外电场的正向运动的同时, 电子朝外电场的反向运动到达一定程度后, 会出现一个平衡点: 原子核不再往外电场正向运动, 电子也不朝外电场的反射运动。但电子也不再是以近似圆周运动了, 而是以接近椭圆的方式围绕原子核运动。因此, 原子就会成为一个被外电场极化的电偶极子, 其电偶极矩与外电场的强度正相关。当介质为导体时, 则原子中的最外层电子就会脱离原子核的控制而朝电场反向运动并聚集在介质表面。同时, 介质的另一侧表面附近的原子就会因失去最外层自由电子而呈现带正电荷。从而使介质内部的自由电子重新分布, 并促使介质内部的电场强度趋于 0。这就是所谓的电荷被屏蔽的现象了。

2.1、导体在恒定电场中的行为特点

如下图四-4 所示: 在均匀的恒定电场中, 金属板表面靠近正极的一侧会聚积负电荷(电子)。而在靠近负极的一侧会聚焦正电荷(失去电子)。金属板表面的电荷分布状态正好要以抵消外

部电场并直接导致其内部的电场强度为 0。



2.2、非导体在恒定电场中的行为特点

当介质为非导电的非导体且外加电场强度不足以让原子中的电子脱离原子核控制时，介质中的原子的最外层电子就不能像导体那样脱离原子核的控制而长距离的在介质内部位移并到达介质表面聚集。而是在外电场的作用下，像原子中的内层电子一样，只改变其围绕原子核的运动轨迹。即从原来的接近圆周运动变为椭圆运动。椭圆的长轴沿外电场方向。也就是在此种情况下，介质中的原子会被外电场极化为电偶极子。其电偶极矩所产生的次生电场正好与外电场的方向相反。即会抵消部分外电场。当介质的厚度足够大时，则外电场只能使介质表面一定深度范围内的原子极化为电偶极子。而内部深处的原子将不会受到外电场的影响。因为外电场强度会被表层原子产生的次生电场所逐渐抵消而随深度减弱，直到消失。

三、介质在非恒定电场条件下的行为特点

在以上同样的条件下，仅将恒定的外电场 E 修改为时变谐变电场 $E = E_b \sin 2\pi f_b t$ 即可。即以上的加速度公式（其它公式不适用）中的 E 全部替换为 $E = E_b \sin 2\pi f_b t$ 后，则有：

1、不同电性的基本粒子在非恒定电场条件下的运动规律

1.1、基本粒子初速度为 0 时的情况

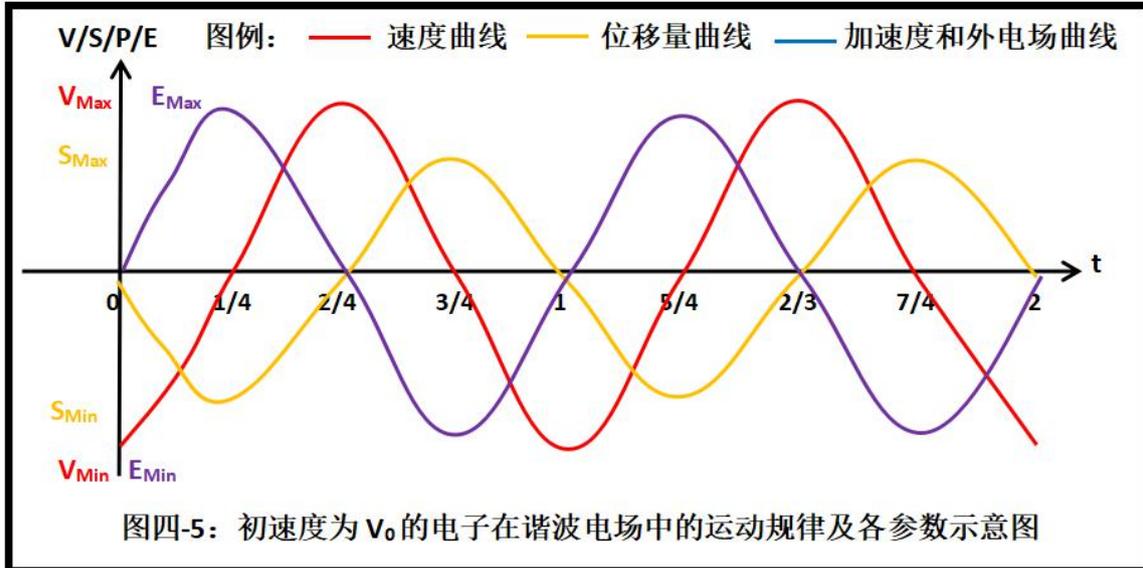
$$\text{加速度分别为: } a_e = \frac{EQ_e}{m_e} = \frac{E_b \sin 2\pi f_b t}{m_e} \quad a_p = \frac{EQ_p}{m_p} = -\frac{Q_p E_b \sin 2\pi f_b t}{m_p} \quad a_n = \frac{EQ_n}{m_n} = 0$$

$$\text{速度分别为: } V_e = V_{e0} + \int a_e dt = -\frac{E_b \cos 2\pi f_b t}{2\pi f m_e} \quad V_p = V_{p0} + \int a_p dt = \frac{E_b \cos 2\pi f_b t}{2\pi f m_p} \quad V_n = V_{n0} + \int a_n dt = 0$$

$$\text{移动距离为: } S_e = \int V_e dt = -\frac{E_b \sin 2\pi f_b t}{(2\pi f)^2 m_e} \quad S_p = \int V_p dt = \frac{E_b \sin 2\pi f_b t}{(2\pi f)^2 m_p} \quad S_n = \int V_n dt = 0$$

$$\text{动量变化量为: } P_e = m_e V_e = -\frac{E_b \cos 2\pi f_b t}{2\pi f_b} \quad P_p = m_p V_p = \frac{E_b \cos 2\pi f_b t}{2\pi f_b} \quad P_n = m_n V_n = 0$$

$$\text{能量变化量为: } W_e = \frac{1}{2} m_e V_e^2 = \frac{E_b^2 \cos^2 2\pi f_b t}{2(\pi f_b)^2 m_e} \quad W_p = \frac{1}{2} m_p V_p^2 = \frac{E_b^2 \cos^2 2\pi f_b t}{2(\pi f_b)^2 m_p} \quad W_n = \frac{1}{2} m_n V_n^2 = 0$$



小结：①只有带电粒子才会被电场改变运动速度，中子则不会；②电子与质子会朝相反的方向运动；③由于质子的质量是电子的 1830 多倍，由此导致质子的加速度、速度和位移量均比电子小同样的倍数；④电子与质子的动量变化值相等但方向相反且非恒定的常数，而是与外电场相位相差 90 度的谐波变量；⑤质子的能量变化量比电子小 1830 余倍且不是恒定不变的常量，而是与外电场相位相差 90 度的谐波变量。也就是说：在谐波类变化外电场作用下，带电粒子的动量与能量并不是不断增加的，也不是不断减少的。而是随着时间不断波动变化的。这也再次证明：电场并不直接给带电粒子输送所谓的能量。

1.2、基本粒子初速度为匀速直线运动 v_0 时的情况

只需要将以上静止状态时的各式中的初速度修改为实际数值即可。此种情况下，速度值分为时变与非时变两部分。也就是总速度为在初速度值上下波动的复合速度；位移量也分为两部分，一部分随时间不断增加，另一部分为随时间前后波动；总动量和总动能与速度一样，也分为时变与非时变两部分。也就是说：在谐波类外电场作用下，带电粒子的动量和动能也是随时间不断变化的，并不是单调增加或单调减少。如果带电粒子在电场中获得能量，则带电粒子的动能和动量应该单调增加，不应该出现时增时减的现象。这表明电场是力而非携带能量并通过能量传递来改变带电粒子的运动状态。如果电场本身有动能与动量，至少也应该传递部分能量与动量给中子，使中子也改变运动状态才对吧。

1.3、基本粒子初速度为固定半径的匀速圆周运动时的情况

当圆周运动的粒子的初相位为 0，圆周运动的半径为 R，频率为 f_0 时，则有：

$$\text{原运动轨迹: } X = R \cos 2\pi f_0 t \quad Y = R \sin 2\pi f_0 t$$

$$\text{原运动速度: } V_x = -2\pi f_0 R \sin 2\pi f_0 t \quad V_y = 2\pi f_0 R \cos 2\pi f_0 t$$

$$\text{原有加速度: } a_x = -4(\pi f_0)^2 R \cos 2\pi f_0 t \quad a_y = -4(\pi f_0)^2 R \sin 2\pi f_0 t$$

$$\text{原有动量: } \vec{P}_i = m_i \vec{r} \sqrt{(V_x^2 + V_y^2)} = 2\pi f_0 R m_i \vec{r} \quad \text{其中: } \vec{r} \text{ 为圆周的切向单位矢量}$$

$$\text{原有动能: } W_i = \frac{1}{2} m_i (V_x^2 + V_y^2) = 2(\pi f_0 R)^2 m_i$$

当沿 x 轴正向外加谐波电场 $E = E_b \sin 2\pi f_b t$ 后, 则有 (i 值可分别取 e、p 和 n) :

$$\text{加速度: } a_{ix} = -4(\pi f_0)^2 R \cos 2\pi f_0 t + \frac{Q_i E_b \sin 2\pi f_b t}{m_i} \quad a_{iy} = -4(\pi f_0)^2 R \sin 2\pi f_0 t$$

$$\text{运动速度: } V_{ix} = -2\pi f_0 R \sin 2\pi f_0 t - \frac{Q_i E_b \cos 2\pi f_b t}{2\pi f_b m_i} \quad V_{iy} = 2\pi f_0 R \cos 2\pi f_0 t$$

$$\text{运动轨迹: } X_i = R \cos 2\pi f_0 t - \frac{Q_i E_b \sin 2\pi f_b t}{(2\pi f_b)^2 m_i} \quad Y_i = R \sin 2\pi f_0 t$$

$$\text{动量: } \vec{P}_i = m_i \vec{r}' \sqrt{(V_x^2 + V_y^2)} = m_i \vec{r}' \sqrt{\left(-2\pi f_0 R \sin 2\pi f_0 t - \frac{Q_i E_b \cos 2\pi f_b t}{2\pi f_b m_i}\right)^2 + (2\pi f_0 R \cos 2\pi f_0 t)^2}$$

其中: \vec{r}' 为粒子椭圆形运动轨道切向单位矢量。

$$\text{动能: } W_i = \frac{1}{2} m_i (V_{ix}^2 + V_{iy}^2) = \frac{m_i}{2} \left(\left(-2\pi f_0 R \sin 2\pi f_0 t + \frac{Q_i E_b \cos 2\pi f_b t}{2\pi f_b m_i}\right)^2 + (2\pi f_0 R \cos 2\pi f_0 t)^2 \right)$$

$$\text{动量改变量: } \Delta \vec{P}_i = m_i \vec{r}' \sqrt{\left(-2\pi f_0 R \sin 2\pi f_0 t + \frac{Q_i E_b \cos 2\pi f_b t}{2\pi f_b m_i}\right)^2 + (2\pi f_0 R \cos 2\pi f_0 t)^2} - 2\pi f_0 R m_i \vec{r}$$

$$\text{动能改变量: } \Delta W_i = \frac{m_i}{2} \left(\left(-2\pi f_0 R \sin 2\pi f_0 t + \frac{Q_i E_b \cos 2\pi f_b t}{2\pi f_b m_i}\right)^2 + (2\pi f_0 R \cos 2\pi f_0 t)^2 \right) - 2(\pi f_0 R)^2 m_i$$

小结: ①在时变 x 轴向外电场作用下, 加速度、速度、位移和动量变化量只影响 x 轴方向分量; ②在有外电场作用后, 动量和动能的大小与方向都不是固定不变的, 而是随时间不断变化的; ③: 当外电场的频率与粒子固有运动频率及初相位不同时, 粒子沿 x 方向的加速度、速度、位移、动量、动能等分量就有不同的结果。当两者频率相等、相位相同时, 就会出现同步加速现象。这可能才是光电效应的本质原因: 当外电场单个周期内不能使原子中的电场加速到逃逸速度时, 通过同步加速就可以使部分相位与绕原子核运动频率合适的电子实现同步速度, 使其速度不断上长升, 直到达到逃逸速度为止, 从而产生所谓的光电效应。

2、导体在非恒定电场中的行为

2.1、决定金属在非恒定电场中行为的主要因素

2.1.1、金属中原子最外层电子的运动速度

虽然金属中原子最外层的电子相对内层电子更自由且可在邻近不同原子间相互交替运动，其运动轨迹并非仅围绕单个原子核运动。但其运动速度的大小是影响其在外电场中改变运动状态的主要因素之一。当外部电场的变化周期远大于电子从金属板的一侧运动到另一侧（或从原子核一侧运动到另一侧）所需的时间时，电子就很容易跟上外部电场的变化速度而保持金属表面的电荷分布满足其内部电场强度为 0 的状态。当外部电场的变化周期远小于电子从金属板的一侧运动到另一侧（或从原子核一侧运动到另一侧）所需的时间时，则金属表面的电荷分布就不能满足其内部电场强度为 0 的状态。这就是低频电场容易被金属板屏蔽，而高频电场却能穿透一定厚度的金属板的原因所在。

2.1.2、外电场的强度影响

当恒定的或单个周期内的外电场的强度不足以使电子加速到逃逸原子核及金属对电子的束缚时，金属中的电子只会改变其运动状态和空间分布，以阻止金属板内部的电场受到外电场的影响。当恒定的或单个周期内的外电场的强度足以使电子加速到逃逸原子核及金属对电子的束缚时，就会出现放电现象，甚至使金属板烧蚀、气化。如：高压静电放电、光切割、电焊、阴极射线管及电视机显像管等。

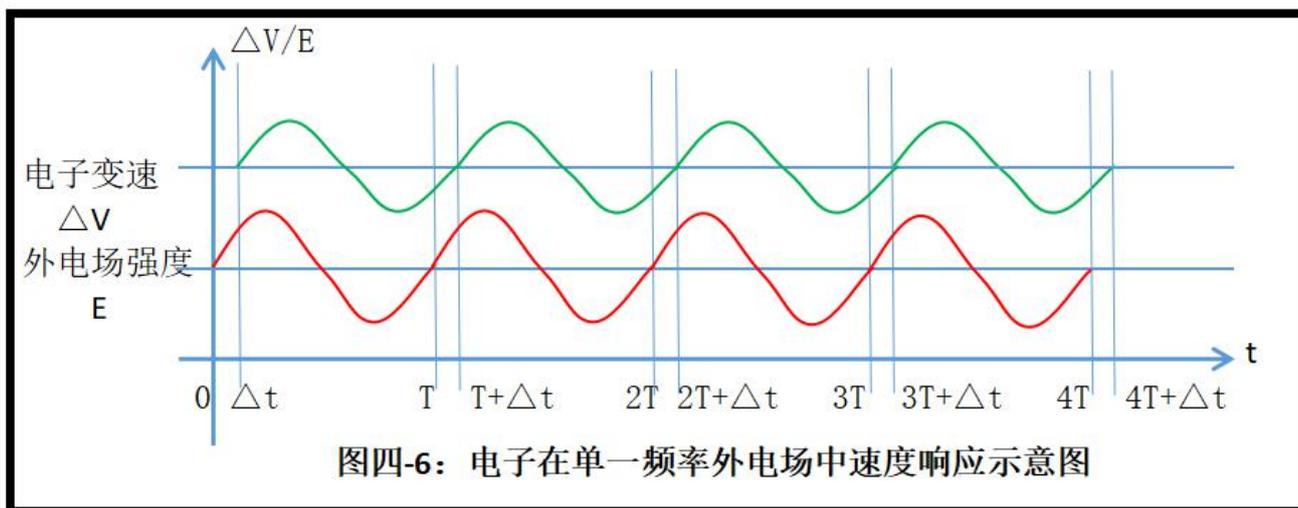
2.1.3、外电场的频率影响

当外电场的频率远小于电子围绕原子核的运动频率时，金属中的最外层电子就可以跟上外电场的步伐而改变运动状态；当外电场的频率远大于电子围绕原子核的运动频率时，则金属中的最外层电子就不能跟上外电场的步伐，只会在围绕原子核运动的一个周期内稍微改变原来的运动轨迹，总体上的运动轨迹不会有大的改变。而当外电场的频率与金属中的最外导电电子围绕原子核的运动频率相近时，则虽然单个周期内的外电场的强度不足以使电子加速到逃逸原子核及金属对最外层电子的束缚，但经多周期持续（同步）加速后，金属中的电子就会不断提高运动速度，当达到逃逸速度时，电子就会从金属板中逸出并成为光电子，即形成所谓的光电效应。

2.1.4、电子响应外电场变化能力的影响

电子在外电场中改变运动状态并不能完全与外电场的变化同步，会存在一定的滞后效应的。如下图四-6 所示：外电场强度变化与电子速度变化的起始与峰值时间并不相同。存在一定的时间差 Δt 。如果是质量更大的质子在变化的电磁场中，其 Δt 值应该远大于电子。

当外电场的周期远大于电子的滞后时间 Δt 时，电子的运动状态变化就会与外电场的变化趋势基本同步；当外电场的周期小于电子的滞后时间 Δt 时，则电子的运动状态就跟不上外电场的变化步伐，也就会出现电子不随外电场的变化而变化了。



2.1.5、金属原子电子层数及最外层电子数量的影响

当金属原子的电子层数越多，最外层电子受到原子核的约束就越小，电子在外电场作用下更容易改变运动状态；

当金属原子的最外层电子数量越多，最外层电子受到原子核的约束力就越大，电子在外电场作用下更不容易改变运动状态。因为在忽略原子内层电子的影响后，最外层电子受到的原子核的约束力是与最外层电子数量成正比的、位于原子核处的正电荷同时作用的。也就是在原子的内层电子抵消后，原子核剩余的正电荷量与最外层电子数量一样多，因此导致最外层电子受到的力与最外层电子数量成正比。这也是为什么非金属与金属在同样强度的外电场作用下，最外层电子不能随心所欲的原因所在。也是导体与绝缘体存在导电性差异的本质因素所在。但当外部电场强度足够大，原子外层电子能被加速到逃逸速度时，绝缘体一样可以被烧毁或击穿的原因所在。也就是只要外电场的强度足够大并达到让绝缘体的外层电子达到逃逸速度，一样会出现光电效应！

2.1.6、温度的影响

按照普朗克黑体辐射公式可知：当金属板的温度越高时，其电磁辐射强度峰值所对应的频率也越高。这表明随着温度的变化，金属板中的原子和分子的热运动速度也会发生变化。这样肯定会导致在同样的外部电场作用下，金属板的行为有所不同。

2.1.7、原子与分子热运动速度的影响

按照普朗克黑体辐射公式可知：当金属板的温度一定时，其电磁辐射强度与频率间的规律是类似正态分布的连续变化曲线，说明金属板内部的原子与分子的热运动速度是不同的且呈现连续的、有规律性的变化。因此，当遇到外部电场时，对金属板内不同运动速度的分子与原子的影响是不尽相同的。

2.1.8、外电场与原子中电子绕核运动初相位差的影响

当外电场与电子绕核运动的初相位差不同时，电子受到外部电场的作用后，其运动变化趋

势也将不同。相位差小时可能出现加速运动，而相位差接近半周时可能就会出现减速运动。

2.2、单一频率的外电场条件下金属板的行为

从上面简述的决定金属板在不恒定外电场中行为的八大因素可知：金属中的最外层电子（实际上，内层电子和原子核也会）的行为受到其自身的运动状态（运动速度、方向、绕核频率、初相位）与外部电场的振幅（强度）、方向、频率、初相位等的共同作用。这八大因素的具体组合方式是决定金属板在外电场中的行为客观因素。由于这八大因素的组合方式有无限多种可能性，这也就决定了金属板在外电场作用下会有无数多种行为方式。这也体现出了客观事物的复杂性与多样性。

具体而言，当外电场为单一频率时，则减少了金属板在外电场作用下的行为方式样式：

2.2.1、当外电场强度小于单个周期内可使金属板内最外层电子逃逸时

当外电场的频率为 0 时，即为恒定电场条件下的情形，金属板内部的电场强度为 0，靠近正极一侧表面分布负电荷（电子），另一侧则分布正电荷（失去电子）；

当外电场频率小于金属板内最外层电子绕核运动频率的最小值时，外电场只能改变最外层电子的绕核运动轨迹，不能使其脱离金属板；

当外电场频率位于金属板内最外层电子绕核运动频率最小值与最大值（不同电子的绕核频率不尽相同，存在一定的区间）之间时，外电场不仅能改变最外层电子的绕核运动轨迹，而且可以使部分相位合适的电子得到同步加速并逃逸出金属板成为所谓的光电子而产生光电效应；

当外电场频率大于金属板内最外层电子绕核运动频率的最大值时，外电场只能改变最外层电子的绕核运动轨迹，不能使其脱离金属板。

2.2.2、当外电场强度大于单个周期内可使金属板内最外层电子逃逸时，则金属板就会被氧化、烧蚀、击穿甚至被气化。

2.3、非单一频率的外电场条件下金属板的行为

在此种条件下，金属板的行为会比单一频率时复杂得多。但可以按照叠加原理，将非单一频率的外电场分解为由一系列单一频率的外电场的效应的叠加效应。

3、非导体在非恒定电场中的行为

非导体在非恒定电场中时，只要外加电场的强度不足以在一个周期内将原子中的电子加速到使其脱离原子核的控制，则原子就会被外电场极化为电偶极子，其电偶极矩会随外电场的变化而变化。但其变化的相位总是滞后于外电场半个周期的时间。这是因为外电场从加速电子和原子核使其朝相反的方向运动并达到最大位移量的时刻总是晚于外电场强度的峰值半个周期。同时，原子被极化后产生的次生电场与外加电场的相位也相差半个周期。

4、介质在交变电场条件下的行为特点

由于介质是由原子组成的，而原子是由原子核和高速围绕原子核运动的电子构成的。因此，当对介质施加交变电场时，则原子核可视为初速度为 0 的带正电荷的粒子，其运动规律接近于以上“**1、基本粒子初速度为 0 时的情况**”的情形；原子核随外加电场作同频率的往复变速运动；核外以接近圆周运动的电子则接近于以上“**3、基本粒子初速度为固定半径的匀速圆周运动时的情况**”的情形，电子在绕原子核作圆周运动的基础上也会随外加电场的频率改变运动状态。但由于在外加交变电场强度不足以撕裂原子时，原子是不会解体的。因此，原子核随外加电场作往复运动的同时，电子在绕原子核作圆周运动的基础上也随外加电场改变运动状态到达一定程度后，会出现一个动态平衡点：原子核与电子虽然会因外电场而相对反向运动，但不会破坏原子的基本结构。当以原子核作为参照物时，电子也不再是以近似圆周运动了，而是以接近椭圆或更复杂的方式围绕原子核运动。因此，原子就会成为一个被外电场极化的电偶极子，其电偶极矩与外电场的强度正相关，电偶极矩的方向变化会与外电场的方向间存在半个周期的差异。这也是所谓的反射光存在半波损失的根源。

四、光与介质相互作用规律

1、光的本质

光是由电荷（群）产生的电场和磁场（真空中，变化的电磁场并不能感生次生电磁场，也就不能相互激励形成所谓的电磁波），且不能脱离电荷而单独存在。前面我们已经详细地论述了电场只是归一化的库仑力；磁场则是归一化的磁力。因此，光与介质的作用应该就是库仑力和磁力与介质中的电荷间的相互作用过程。

2、单个电子、质子和中子在光中的行为特点

前面我们已经讨论了单个电子、质子和中子在电场中的行为特点。因此，只需讨论单个电子、质子和中子在磁场中的行为特点，并结合其在电场中的特点一起讨论，就可以知道单个电子、质子和中子在光中的行为特点了。

2.1、单个电子、质子和中子在恒定磁场中的行为特点

假设磁场强度为 B ，电子、质子和中子的运动速度和电荷量分别为 V_i 、 Q_i 。则磁场对电子、质子和中子所施加的磁力分别为 F_i 。其中的 $i=e、p、n$ 分别代表电子、质子和中子：

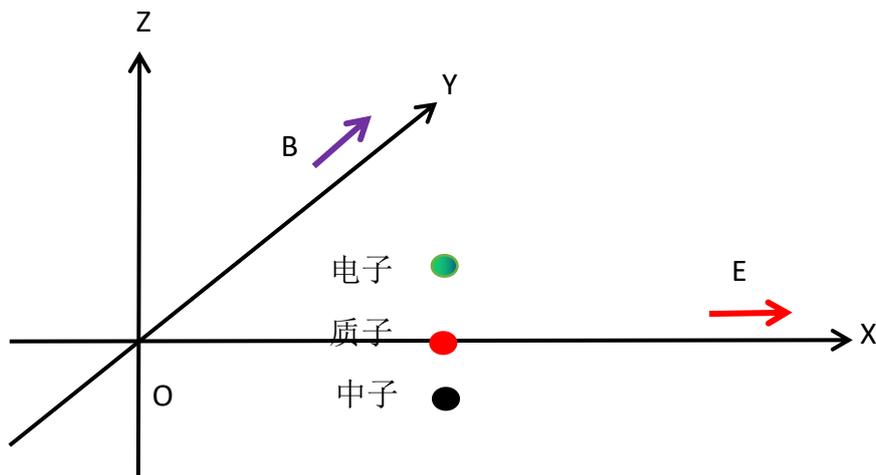
$$\vec{F} = \vec{V}_i Q_i \times \vec{B}$$

从上式可知：单个电子、质子和中子在磁场强度为 B 的磁场中所受到的磁力为单个粒子的运动速度和电荷量的乘积与磁场强度叉乘之积；其方向在单个粒子运动方向和磁场方向所组成平面的法线方向。由此可得：**在速度相同的情况下，电子与质子的受力大小相等但方向相反；中子是不受力的。**也就是说：在同一磁场中，运动速度相等的电子和质子的加速度是不同的：由于质子的质量是电子的 1830 倍以上，因此，其加速度就只有电子的 1/1830 左右了。

2.2、单个电子、质子和中子在恒定电场中的行为特点

前面已经较详细地探讨过单个电子、质子和中子在恒定电场中的行为特点：三者在同一电场中所受到的库仑力分别是其电荷量与电场强度的乘积；库仑力的方向为沿电场或反电场方向（带正电荷的质子的受力方向与电场方向同；带负电荷的电子的受力方向与电场方向反）。中子因电荷量为 0，因此不会有库仑力。

2.3、单个电子、质子和中子在恒定正交电场和磁场中的行为特点



图四-7：电子、质子和中子在恒定电场和磁场中的受力示意图

假设电子、质子和中子以同样的速度 v 沿 X 轴正向运动；电场方向沿 X 轴正向且强度为 E ；磁场方向沿 Y 轴正向且强度为 B ；三者的电荷量分别为 Q_i ($i=e, p, n$)。则有：

三者受到的库仑力： $F_1 = EQ_i$

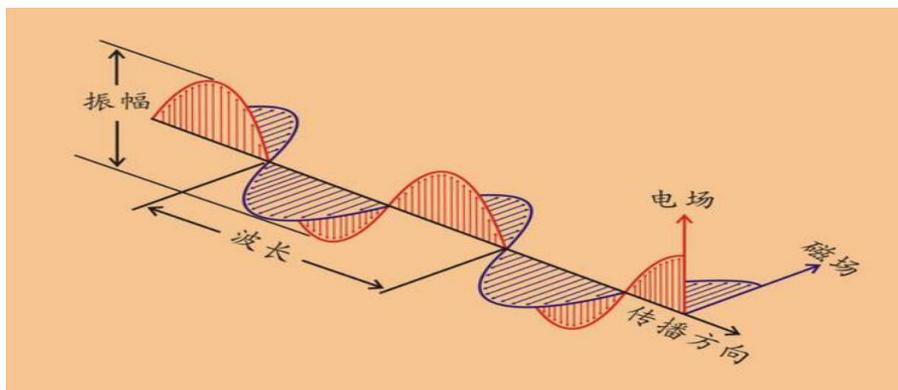
三者受到的磁力： $F_2 = vQ_i \times B$

其中：电子受到的库仑力为沿 X 轴反方向、受到的磁力为沿 Z 轴反方向；

质子受到的库仑力为沿 X 轴正方向、受到的磁力为沿 Z 轴正方向；

中子既不受库仑力，也不受磁力。

2.4、单个电子、质子和中子在光中的行为特点



图四-8：电子、质子和中子在光中的受力示意图

由于光同时具有电场和磁场，且电场和磁场的方向相互正交。因此，单个电子和质子在光中会同时受到库仑力和磁力的作用。而中子是不受光的作用影响的：

如果把电子和质子同时放置在上图四-8 的任意特定位置上，且其初速度为 0 时，则其受到的库仑力为垂直光的传递方向并垂直朝上或向下，但同一时刻电子和质子所受到的力的方向是相反的。由于电子和质子受到库仑力的作用沿电场的方向上下移动，其就成为了运动的带电粒子，会受到水平方向的磁场的磁力作用，其受到的磁力方向为沿光的传递方向或反方向。且电子与质子同一时刻所受到的磁力方向正好相反。在库仑力和磁力的共同作用下，电子和质子会在光传递方向与电场方向构成的垂直平面内作圆周或椭圆运动。但电子和质子的运动方向正好相反，若前者为顺时针方向运动的话，后者就是逆时针方向运动。由于电子的质量只有质子的 1830 分之一左右，电子的圆周运动轨迹半径将远大于质子的半径（运动轨迹构成的圆半径与质量成反比）。

3、导体中原子在光中的行为特点

导体就是由最外层电子数量较少（一般为 1~2 个）的元素原子构成的介质。因原子核对最外层电子的束缚较弱，容易被较弱的外电场作用而脱离原子核的束缚而成为自由电子。因此，这类介质中的原子在光中的行为有二：一是自由电子会被光产生的电场和磁场作用而作沿电场方向和光传递方向构成的平面内的圆周类运动；二是非自由电子和原子核也会在原有电子高速围绕原子核运动的基础上附加一个与光的频率、强度有关的、在光的传递方向与电场方向构成的平面内的圆周类运动。但非自由电子和原子核的附加圆周类运动的运动方向是相反的。这样就会出现：自由电子在更大的尺度上作圆周类运动。而失去自由电子的离子中的电子和原子核在原位作小尺度的圆周类运动。这时候，失去电子的离子就被入射光极化为电偶极矩随入射光频率和强度变化的电偶极子了。

4、非导体中原子在光中的行为特点

非导体就是由最外层电子数量较多（一般 6~8 个）的元素构成的介质。这类介质中的原子在光中的行为就只有导体中的第二种情况：电子和原子核在原位附近作小尺度的圆周类运动。这时候原子并不会成为失去电子的离子，而是被入射光极化为电偶极矩随入射光频率和强度变化的电偶极子。

5、介质在光中的行为特点

无论是导体还是非导体组成的介质，其中的原子在入射光（入射光强度不足以在半个周期内将原子中的非自由电子全部或部分从原子核的束缚状态下剥离出现时）的作用下会使其中的自由电子脱离原子核的束缚并随入射光的频率和强度作近似的圆周运动。而推动外层自由电子和离子或原子中的电子和原子核也会随入射光的频率和强度作近似的圆周运动。但由于介质

中的原子的排列方式和空间位置的不同，入射光对原子的极化作用时间就会存在差异。加上原子组成分子或更大的分子团时，原子受到邻近其他原子的作用也会存在差异。因此，在入射光作用下，其极化为电偶极子的电偶极矩的大小与相位也会存在一定差异。也就是说：介质中的不同原子受到入射光作用并成为电偶极子的电偶极矩的最大值和达到最大值的时刻是不同的。这也是不同原子和分子组成的相同平整度的平面在同样的入射光作用下所产生的反射和散射光的强度与主频存在差异的根本原因所在。

6、光与介质相互作用规律

上面已经探讨了介质在入射光作用下的要点，但并不全面。因为只讨论了介质中的原子在入射光作用下的行为特点。没有讨论原子被入射光极化为电偶极矩随入射光频率和强度变化的电偶极子后，原子中的电子和原子核所产生的电场和磁场会随之变化。也就是说：原子被极化为电偶极子时，其自然就会产生电偶极子电场和磁场。我们可以称其为次生光，即由入射光作用而使原子成为了次生光源并产生次生光。次生光的频率与入射光的频率会相近，强度由电偶极矩最大值决定。也就是次生光的强度由入射光在一个周期内使电子和原子核的位移量达到的最大值的大小决定。

从前面的讨论可知：原子中的电子和原子被入射光的电场和磁场改变运动状态并达到位移量最大值的时刻与入射光电场和磁场的振幅最大值间存在半个周期的滞后。即：电子和原子核的加速度与入射光振幅的相位一致；电子和原子核的速度与入射光的振幅相差 $1/4$ 周期；电子和原子核的位移与入射光的振幅相差半个周期。这应该就是反射光存在半波损失的原因所在。

一般情况下，光照射到介质表面后，其在介质表面附近产生的电场和磁场会使被照射的原子极化为电偶极矩随入射光频率和强度变化的电偶极子并产生电偶极子电场和磁场或次生光。通常所说的反射、散射、折射、透射、衍射、干涉和绕射等都只是由介质产生的、向不同方向传递的次生光的一部分而已。由于介质产生的次生光的相位与入射光相差半个周期，因此，次生光与入射光相互叠加后会逐渐削弱入射光，并随着进入介质的深度增加，入射光的强度会迅速降低直至消失。这应该就是所谓的光被介质吸收的真相。

由于人们日常观测到的光与介质相互作用后的反射、散射、折射、透射、衍射、干涉和绕射光是由入射光或附近其他原子产生的次生光不同时刻极化介质中的众多原子而产生的次生光的叠加结果，因此，反射、散射、折射、透射、衍射、干涉和绕射光的强度与方向与介质表面的平整度、介质中原子排列方式、原子和分子的基本属性等密切相关。这可能就是为什么在同一太阳光源照射下，地面上的万物之颜色千变万化的根源所在。也是同为碳原子组成的石墨与金刚石的光学性质差异如此之大的根源所在。

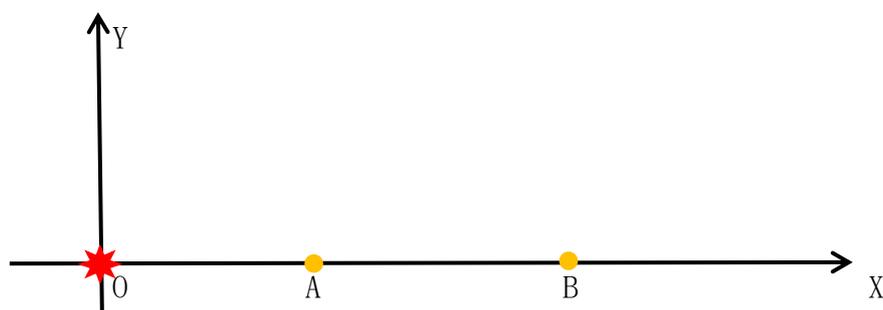
总之，光与介质的相互作用并非目前人们所想像的那样，是介质将入射光反射、散射出来

的。也不是介质让入射光入射到介质内部成为折射光，更不是让入射光通过介质透射出来成为透射光的。而是入射光使介质成为了次生光源并产生向不同方向传递的次生光。而入射光却在此过程中被消灭了。

第五章 决定电场、磁场和光的传递速度的主要因素

一、电场、磁场和光的传递速度的内涵

从以上对电场、磁场和光的本质的讨论可知：世界上并不存在一种叫电场、磁场和光的客观实体。它们只是库仑力、磁力的归一化表达形式而已。也就是说：电场是对被观测点空间位置上的单位电荷所产生的库仑力。即假设电荷在空间任意位置上产生的电场实际上只是电荷对该位置上的单位电荷施加的库仑力的大小与方向的表述。磁场则是运动电荷对空间任意位置上的单位“动电荷量”（动电荷量=电荷的运动速度与电荷量的乘积）所施加的磁力的大小与方向的表述。因此，实际上，所谓的电场、磁场和光的传递速度并不是某种客观实体在单位时间内移动的距离，更不是电场、磁场和光使某种传递电场、磁场和光的介质（如以太）产生振动并传递振动的速度。而是当电荷改变运动状态时，其产生的电场、磁场和光需要一定的时间才能影响到不同空间位置上的单位电荷或单位动电荷，从而形成了类似电场、磁场和光在传递的假象。也就是说：电场、磁场和光的传递速度只是源电荷改变运动状态并使不同空间位置上的单位电荷或单位动电荷也因此改变运动状态所滞后的时间与两者间的距离成正比的现象。如下图五-1 所示：



图五-1：点电荷运动状态变化对不同位置上单位电荷的影响示意图

当位于坐标原点的电荷量或运动状态的改变将导致位于 X 轴上的 A 点和 B 点上的单位电荷的库仑力的改变，其改变滞后于点电荷改变的时间差 Δt 与单位电荷到点电荷间的距离 AB 成正比，AB 与 Δt 比值即为电场的传递速度 C：

$$C=AB/ \Delta t$$

磁场和光的传递速度与电场一样，也只是磁力和变化的库仑力及变化的磁力对不同位置上的单位动电荷和电荷施加作用的时间滞时间与距离的比值。

由以上对电场、磁场和光速度的真实含义的分析可知：**光是不可能被万有引力而改变运动轨迹的，除非万有引力改变了电荷/光源/次生光源的运动状态。**

二、决定光速的主要因素分析

由于光的本质是电荷产生的库仑力和磁力，它们与其他电荷间的相互作用速度并不是无

穷大的，而是在真空中的相对于光源/电荷而固定不变的光速 C 值。也就是说：光速是库仑力和磁力在电荷间的相互作用速度。因此，光速自然应以施加库仑力和磁力的主体电荷为参照物。同时，当电荷相对观测者或速度测量装置运动时，其产生的库仑力和磁力到达时间就会改变，也就会导致实测到的光速与观测者或测量装置相对光源的运动状态相关。另一方面，光遇到介质时，会被介质产生的次生光所逐渐抵消而消失。如此同时，介质被极化成为了次生光源并产生向各个方向传递的次生光。而介质从被极化到产生次生光是需要消耗半个周期的时间的。因此，单位长度内光的再生次数将直接影响光在介质中的传递速度。

通过以上分析可知：决定光速的主要因素有三：一是真空中静止光源产生的光的速度 C ；二是光源/介质（次生光源）的运动状态（相对观测者或测量装置）；三是单位长度内光的再生次数（再生次数越多，光速越慢）。下面就逐一进行分析：

1、真空中静止光源产生的光之速度

在真空中的光速 C 仅相对于产生它的光源为恒定值。也就是说，真空对任意光源都是平等的、平权的，由光源产生的光都是以恒定的速度远离产生它的光源并对不同位置上的单位电荷产生库仑力作用和对单位动电荷产生磁力作用的。因为宇宙中每个带电粒子及其组成的原子和分子都是一个点光源，且彼此并非相对静止。如果在真空中存在一种叫以太的介质负责光的传递，则只有相对该类介质静止的点光源产生的光才会速度恒定，在其他非静止的点光源参照系内，点光源产生的光的速度在各个方向上就是不恒定且不是球对称的了。特别是在地球上，由于地球不可能是宇宙的中心，负责传递光的介质不可能相对地球静止，则在地球上不同方向上的光速就不应该相等。均匀介质内部的折射光也不会各个方向速度恒定。但事实上，在地球表面上，光是各向同性的，均匀介质内部的折射光的速度也是各向同性的。这就从一个侧面证明：在真空中，光速仅相对于产生它的光源速度恒定，并不存在一种叫以太的介质负责光的传递。

2、光源/介质（次生光源）的运动状态的影响

当观测者或测量装置相对光源运动时，实测到的光速就会受到影响而发生改变。当朝光源运动时，实测到的光速会提高；而远离光源运动时，实测到的光速会降低。

按照真空中静止点光源参照系中的运动观测者或测量装置实测到的实际光速可知：实测光速为静止点光源参照系内的光速 C 与观测者或测量装置相对点光源运动速度 U 的矢量叠加结果。同理，根据运动的相对性，相对测量装置或观测者运动的光源产生的光的速度也必定遵循经典物理学的速度矢量叠加原理。

3、单位长度内光的再生次数的影响

由于分子与原子在被入射或次生光极化过程中，主要是原子中的电子改变运动状态而导致极化。而电子本身是在以一定的速度围绕原子核运动的，且电子本身具有一定的质量，在入射

光或次生光产生的电场与磁场作用下，电子要改变运动状态是需要一定的响应时间的。只有电子运动状态改变到一定程度后才能产生次生光。这个过程所需时间的长短与原子或分子的性质、结构、电子受到原子核与邻近其他原子中的电子相互作用强度等密切相关。因此，不同的分子与原子的介质延迟时是不尽相同的。这也是为什么同一介质对应不同频率入射光的折射率不尽相同，以及不同介质对应同一频率入射光的折射率也不尽相同的原因所在。也就是说介质延迟时 Δt 与介质性质、成分、结构及入射光频率等相关。因此，介质的性质和入射光的频率将决定介质内部的光速。当介质延迟时越大时，介质内部的光速就越小。这也是为什么密度越大的介质内部的光速越低。同时，入射光频率越高时，电子响应难度就越大，介质延迟时就越大，折射率就越高，光速也就越低。

以上所说的介质延迟时 Δt 主要由单位长度内光的再生次数决定。当然也会因为介质中的原子受到邻近其他原子的相互作用以及对外加电场和磁场的响应会存在一定的滞后性，致使介质内部的折射光也与介质内部的原子与原子的相对位置关系、分子结构等直接相关。

从前面对介质中的原子被入射光极化为电偶极矩随入射光频率和强度变化的电偶极子的位移量（电偶极矩）与入射光的强度相位间相差半个周期，而次生光的相位与电偶极矩是相同的。因此次生光的相位与入射光相差半个周期。也就是介质中的折射光每再生一次需要消耗入射光半个周期的时间。从而单位长度内的再生次数越多，介质内部的折射光的速度就会越慢。

假设入射光的频率为 f 、单位长度内光的再生次数为 N 、每次再生过程中除正常的半个周期滞后外，还存在对入射光的响应滞后时间为 Δt_0 。则每次再生所需要消耗的时间延迟时 Δt 为：

$$\Delta t = \frac{1}{2f} + \Delta t_0$$

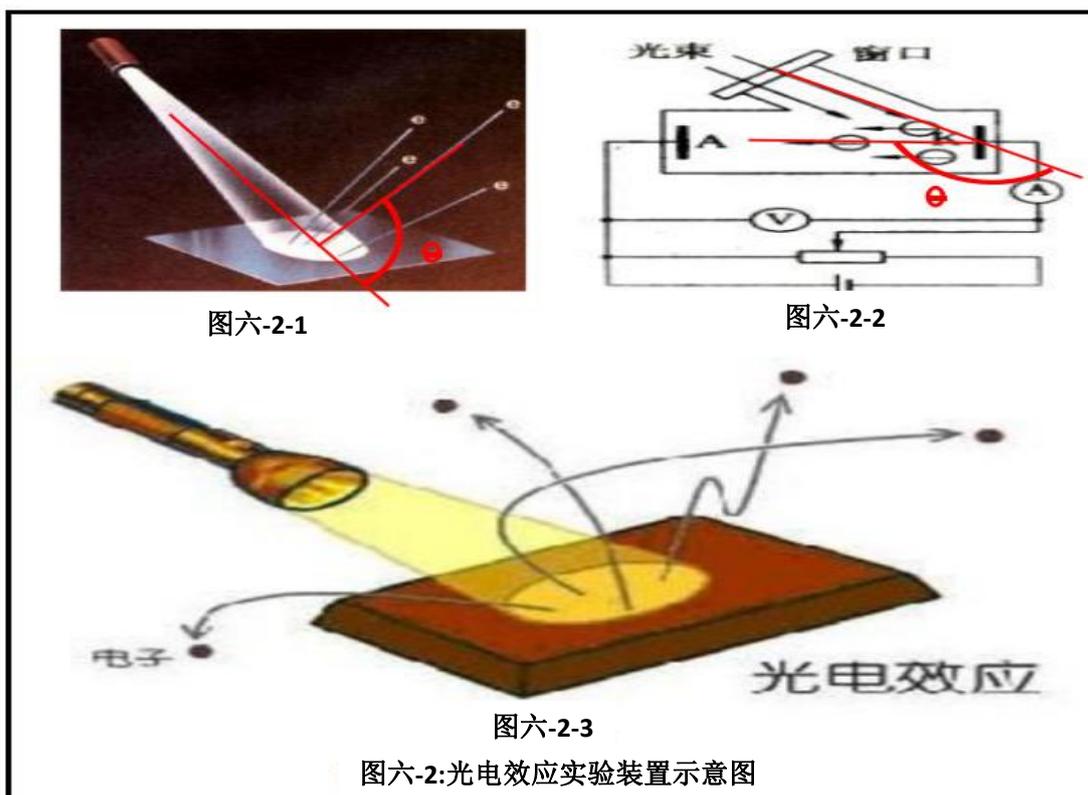
则有介质中的光速 v ：

$$v = \frac{1}{\frac{1}{C} + N\Delta t} = \frac{C}{1 + N(\frac{1}{2f} + \Delta t_0)}$$

一般介质中的单位长度内的再生次数 N 与入射光的波长成反比，也就是与频率成正比。我们可假设： $N=Kf$ （ K 为与介质性质相关的系数）。则有：

$$v = \frac{C}{1 + N(\frac{1}{2f} + \Delta t_0)} = \frac{C}{1 + \frac{k}{2} + kf\Delta t_0}$$

由上式可知：只有在真空中，光的再生次数 $N=0$ 时，光速才为 C 。而当再生次数 N 不为 0 时，则光速就会小于 C 。同时，由于原子对入射光的响应滞后时间 Δt_0 与入射光的频率直接相关，一般频率越高、滞后时间越大。因此，在介质内部的光速就会出现随入射光频率的升高而降低的现象了。同时，单位长度内的原子数量越多、光的再生次数就会越多，光速就会降低。



图六-2-1

图六-2-2

图六-2-3

图六-2:光电效应实验装置示意图

如上图六-1 所示：当光照射到金属表面时，电子从金属表面射出的方向是朝金属表面以外的方向，即电子是朝光源一侧运动的。有资料显示：当照射到金属板面的光与金属板面为非正交时，电子溢出的方向与光照方向间存在一定的夹角 θ ，且存在 $\theta > 90^\circ$ 的情况。如上图六-2-1 和 2 所示；还有资料显示：在光照角度不变时，从金属表面溢出的电子的角度并不是固定不变的。如下图六-2-3 所示。

假设图六-1 中金属板中的外层原子中的电子在位于垂直板面的平面内围绕原子核作圆周运动（其他方向的圆周运动时，其由光粒子碰撞导致电子的动量和动能改变均小于此种情形）。并设电子圆周运动的切向速度为 V 、动量为 P_1 、动能为 E_1 ；光子速度为 C ，动量为 P_2 、动能为 E_2 ；按照完全弹性碰撞（非弹性碰撞时能量和动量交换小于完全弹性碰撞。因此，只要弹性碰撞时不能发生的现象，非弹性碰撞时更不可能发生），光子与电子碰撞后，光子的动量与动能全部转移给电子。则在图一中 A、B、C、D 四个位置上发生电子与光子的完全弹性碰撞时，碰撞后电子的动量、动能及运动方向夹角 θ 分别为：

A 点碰撞后光子与电子的动量为：
$$P = \sqrt{P_1^2 + P_2^2}$$

动能为：
$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$$

动量和动能的方向均为朝金属板内偏上的右上方向（如图六-1 所示），即：

$$\sin \theta = P_2 / P = P_2 / \sqrt{P_1^2 + P_2^2} < 1$$

$$\theta < 90^\circ$$

B 点碰撞后光子与电子的动量为： $P=P_1+P_2$

动能为： $E=E_1+E_2$

动量和动能的方向均为朝金属板内方向（如图六-1 所示），即： $\theta=0^\circ$ ；

C 点碰撞后光子与电子的动量为： $P = \sqrt{P_1^2 + P_2^2}$

动能为： $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$

动量和动能的方向均为朝金属板内偏下的右下方向（如图六-1 所示），即：

$$\sin\theta = P_2 / P = P_2 / \sqrt{P_1^2 + P_2^2} < 1$$

$$\theta < 90^\circ ;$$

D 点碰撞后光子与电子的动量为： $P=P_1-P_2$

动能为： $E = E_1 - E_2$ ；

动量与动能的方向一致但有可能朝金属板内方向，也可能朝金属板外方向。这主要取决于 P_1 与 P_2 的相对大小关系：

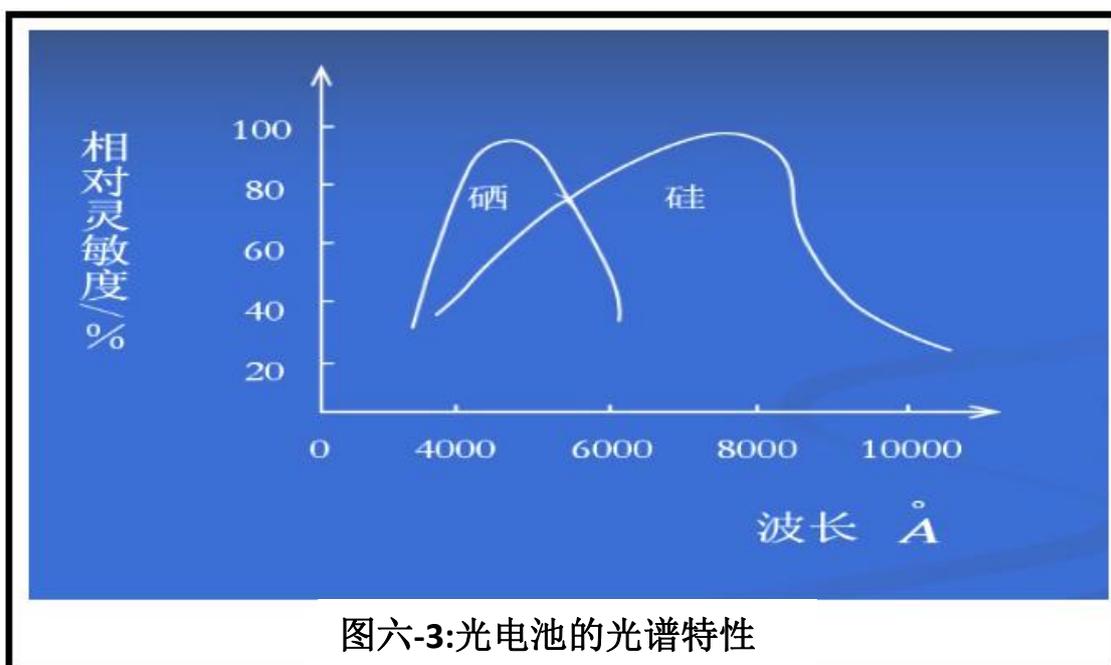
当 $P_1 < P_2$ 时，朝金属板内，即： $\theta = 0^\circ$ ；

当 $P_1 > P_2$ 时，朝金属板外，即： $\theta = 180^\circ$ 。但因 $P < P_1$ ， $E < E_1$ ，即电子与光子碰撞前朝金属板外运动的动量和动能均大于碰撞后的。因此，在没有碰撞前电子不能脱离金属板，在碰撞后更不会脱离金属板而飞出了。

由此可见，光子与电子在以上四个位置上发生完全弹性碰撞时，电子碰撞后的动量和能量在沿光子运动的反方向上的分量都不会大于碰撞前的！可以证明，电子无论在哪个位置上被光子碰撞，其碰撞后的动量和动能的矢量方向均应该为与光照方向间的夹角不大于 90° 。而电子要被碰撞出金属板面，则光照方向与金属板面间的夹角 θ 必须小于 45° 。而从目前掌握的光电效应实验装置资料来看，光照方向与金属板面间的夹角 θ 一般均可大于 45° 。因此，光电效应中的电子不可能是被光子碰撞出金属表面的。由此可见，用携带与频率成正比能量和动量的光子解释光电效应是不完美的，甚至可以说是失败的。

1.2.2、光电子数量不随光的频率上升而增加

下图六-3 是硒和硅材料制作的光电池的光谱特性，也称为内光电效应。虽然不是光电效应所使用的金属材料与光作用的外光电效应特性，但外光电效应也存在与内光电效应相似的光谱特性，即当照射光的频率高到一定程度时，光电子数量不增反降。因此，如果光是带与频率成正比动量和动能的粒子，则光电子数量应该会随频率的上升而增多，至少不能减少才对。这就间接地证明了，光不是粒子或没有携带与频率成正比的动量和动能。光电子也不是因为光的动能或动量传递给金属中的电子而使其成为光电子的。



图六-3:光电池的光谱特性

1.2.3、红限与光强度（光子数量）无关

不同金属的红限值虽然不同，但不会因为光的强度变化而变化的特性表明：光的强度增加不会降低红限值。这与粒子间相互作用的规律完全不同。粒子间的相互作用可以叠加和积累，即二个或二个以上同样的粒子可同时或先后作用于另一个粒子时，被作用的粒子会发生比单个粒子作用时更大的变化。也就是说：原来一个粒子不能完成的事情，二个或二个以上的粒子则可能完成。因此，如果光是携带与频率成正比动量和动能的粒子，则稍低于红限的二个或二个以上的光子同时或先后作用同一个电子时，就完全可能使该电子成为光电子。这样的话，红限值就会随光的强度增加而降低。

1.3、利用光的为电场（库仑力）和磁场（磁力）解释光电效应的可能性

众所周知，任何金属都是由特定的原子构成的，而原子是由原子核和围绕其高速运动的电子构成的。当光照射到金属表面上时，就会在金属表面及表面以下一定范围内形成一定强度的交变电场和磁场。可将金属中高速绕原子核运动的外层电子视为一个特定频率的、类似于电动机转子一样的高速转动的转子，我们暂且称其为电子转子。从电动机原理我们知道，只有当外加的电磁场频率与转动中的转子频率相近且相位合适时，才能使转子加速。否则，可能使转子减速，或者对转子的影响只是一会加速、一会减速，对转子的运转总体影响不大。光在金属表面上产生的交变电磁场对金属中的电子的作用也类似如此。只有频率相近、相位合适时，外来电磁场才能使电子加速。否则就不能加速，甚至使其减速。当加速到一定程度时，电子就会从金属表面射出成为光电子，从而产生光电效应。也就是说，照射到金属表面的光就像环形粒子同步加速器（非直线加速器）中的交变电磁场一样，对部分频率和相位合适的带电粒子进行多周期的同步加速，直到粒子的速度达到一定数值后将脱离环形加速器。但对部分频率和相位不

合适的粒子就不会有加速效果，甚至会起到反作用。

通过以上的分析可知：因金属中的电子处于围绕原子核作高速圆周运动的约束态，就像一个高速转动的电机转子一样。此时要改变电子的运动状态，必须对其进行加速或减速。而对其加速或减速必须是非恒定电场或磁场，且频率与相位要与电子的运动频率与相位相协调。而光就是所需的变化的电磁场，只要选用合适频率的光就可以完成光电效应。

综上所述，当与电子围绕原子核作圆周运动的频率相近或成某种倍数关系的光照射到金属表面时，金属中部分频率和相位与照射光频率和相位匹配的电子将被加速到逃逸速度后脱离金属表面溢出而产生光电效应。因此，用光为同频率的变化电场和磁场来解释光电效应是完全可行的。同时，还可克服用光粒子解释光电效应所遇到的三个困难：由于金属中的电子绕原子核运动频率范围存在下限与上限，只有频率在此下限与上限范围内的光才能使金属中的电子成为光电子。这就可以解释为什么红限仅与材料性质有关，与光的强度无关了。也可以很好地解释为什么高于一定频率的光不能产生更多的光电子且反而光电子数减少了。同时，由于变化电磁场对运动中的电子加速达到逃逸速度的位置可以是任意的，因此，光电子从金属表面逃出时的运动方向也可以是任意方向了。这就充分说明：用光为与其频率相同的变化的库仑力和磁力来解释光电效应不仅可行，而且优于用光子解释方法。

1.4、利用光为同频率电场和磁场解释光电效应的依据

1.4.1、金属原子最外层电子运动周期和频率的估算

按照目前对铜原子的研究资料显示：铜元素的原子半径约为 $(1.45 \sim 1.86) \times 10^{-10}$ 米；其 29 个电子分布在四个电子层上，最外层仅 1 个电子。最外层电子的运动速度约为 $(0.4 \sim 0.6) \times 10^6$ 米/秒。则可计算出铜原子的外层电子的运动周期及频率如下表一所示：

铜原子外层电子的速度与周期计算表

表一

序号	原子半径(m)	电子速度(m/s)	电子周期(s)	电子频率(Hz)	备注
1	1.45E-10	400000	2.278E-15	4.39E+14	
2	1.45E-10	500000	1.822E-15	5.49E+14	
3	1.45E-10	600000	1.518E-15	6.59E+14	
4	1.55E-10	400000	2.435E-15	4.11E+14	
5	1.55E-10	500000	1.948E-15	5.13E+14	
6	1.55E-10	600000	1.623E-15	6.16E+14	
7	1.65E-10	400000	2.592E-15	3.86E+14	
8	1.65E-10	500000	2.073E-15	4.82E+14	
9	1.65E-10	600000	1.728E-15	5.79E+14	
10	1.75E-10	400000	2.749E-15	3.64E+14	
11	1.75E-10	500000	2.199E-15	4.55E+14	
12	1.75E-10	600000	1.833E-15	5.46E+14	
13	1.86E-10	400000	2.922E-15	3.42E+14	
14	1.86E-10	500000	2.337E-15	4.28E+14	
15	1.86E-10	600000	1.948E-15	5.13E+14	
16	平均值		2.134E-15	4.85E+14	

1.4.2、可见光的频率

按有关资料显示：可见光的频率范围为： $4.2 \times 10^{14} \sim 7.8 \times 10^{14} \text{Hz}$ 。

1.4.3、铜原子外层电子运动频率与可见光频率间的关系

由表一可知：铜原子外层电子围绕原子核作圆周运动的频率在 $(3.42 \sim 6.59) \times 10^{14} \text{Hz}$ 之间，而可见光的频率与其基本相近。由于目前对铜原子外层电子的确切运动速度和运动轨迹的半径测量存在较大误差。同时，在金属板内的原子与单个原子的外层电子和原子半径也可能存在差异。因此，铜金属板内的外层电子的实际频率可能更加接近表一中的上限值。这样就可以很好地解释为什么频率较低的红黄光不能将铜板中的电子加速到逃逸速度，而频率较高的蓝紫光可以将铜板中的电子加速到逃逸速度了。

1.4.4、光的电场对原子外层电子的作用方式

根据光的特性，光的电场具有方向性，其方向与光的运动方向正交，如下图六-4 示：

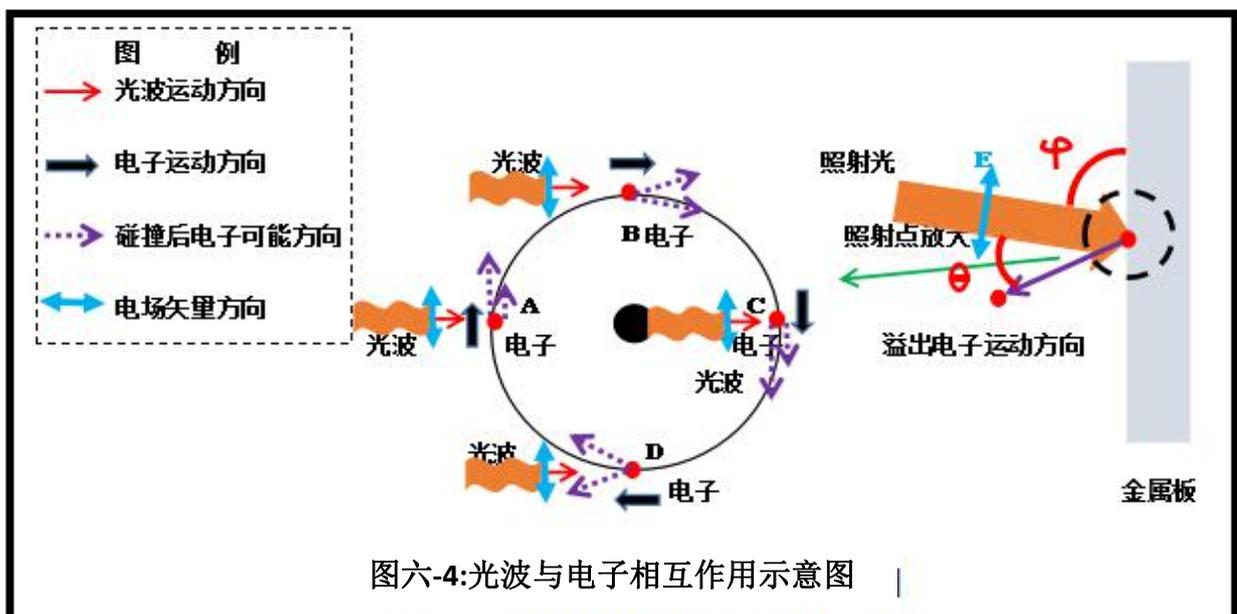
假设光波电场方向在电子运动平面内（此种情况下电场对电子的作用最大）。则位于图中 A、B、C、D 四个位置上的、由光照产生的交变电场对作圆周运动的电子的作用分别为：

电子位于 A 点时，电场方向与电子运动方向一致或相反，对电子的作用为可能加速也可能减速，加速或减速主要由交变电场的瞬时方向与电子的运动方向一致或相反决定；

电子位于 B 点时，电场方向与电子运动方向正交，对电子的作用为使电子往上或往下运动，向上或向下运动主要由交变电场的瞬时方向是朝下或朝上决定；

电子位于 C 点时，电场方向与电子运动方向一致或相反，对电子的作用为可能加速也可能减速，加速或减速主要由交变电场的瞬时方向与电子的运动方向一致或相反决定；

电子位于 D 点时，电场方向与电子运动方向正交，对电子的作用为使电子往上或往下运动，向上或向下运动主要由交变电场的瞬时方向是朝下或朝上决定。



由以上分析可知：由光照产生的交变电场可使电子产生三种变化方式：加速、减速、加速并改变运动方向。如果交变电场正好与电子作圆周运动的周期相同且相位正好在 A 点和 C 点同时加速，而在 B 点和 D 点正好为电场强度最弱阶段，对电子的作用很小时，则电子将在每个周期内不断地加速，直到因速度增加而导致电子作圆周运动的频率高于光照产生的电场频率而破坏了同步加速状态或电子被加速到逃逸速度后脱离原子核的约束为止。

1.5、利用光为同频率的电场和磁场解释光电效应的验证方法

1.5.1、测量电子的运动方向

实测电子的运动方向是检验光电效应到底是由光粒子碰撞出来的，还是由电磁场同步加速出来的最好方法。

1.5.2、测量不同光照角度时的电子运动方向

1.5.2.1、以光的粒子性解释时的电子运动方向：按照上文中的分析：电子的运动方向与光照方向的夹角 θ 不应该大于 90° 。

1.5.2.2、以光的波动性解释时的电子运动方向：按照上文中的分析：电子的运动方向与光照方向的夹角 θ 为 90° 的可能性最大，其他运动方向的也可以存在，不受动量和动能守恒定律约束。因为电子被加速到逃逸速度的位置主要是电子向板外方向运动且电场处于加速期间。

因此，利用实验获得的电子运动方向与光照方向及光照方向与金属板面夹角间的关系之实测数据资料可很容易地区分以上二种解释方法到底谁符合客观实际了。

1.5.3、利用偏振光进行光电效应实验

当使用电场方向与金属板面平行或在金属板面法向平面内偏振的光源来进行光电效应实验时，可更好地验证光电效应是由光的粒子性或是由光的波动性作用的结果：

1.5.3.1、如果光电效应是由光的同频率电场和磁场作用的结果

当偏振光的电场方向与金属板面平行时，电场对金属原子的外层电子的加（减）速作用只能使电子沿板面方向加（减）速运动，而不能使电子脱离金属产生光电效应作用；

当偏振光的电场方向在金属板面法向平面内且不与板面平行时，将可使金属原子的外层电子加速到脱离金属板而发生光电效应作用。

1.5.3.2、如果光电效应是由光的粒子性作用的结果

由于光子的动能和动量仅与光的频率成正比，与光的偏振方向无关。因此，无论光源的偏振方向如何，其对金属原子的外层电子的作用不会存在差异，均可以出现光电效应。

2、康普顿效应

2.1、康普顿效应简介

康普顿效应描述的是 X 射线照射到轻金属薄片上时，散射出来的 X 射线分成两个部分，一部分与原来的入射射线波长相同，而另一部分却比原来的射线波长要长，具体到波长长了多少则与散射角存在着函数关系。

2.2、用光子解释康普顿效应所遇到的困难

用具有与其频率成正比动能与动量的光子解释康普顿效应存在四方面的困难：

一是为什么仅自由电子才会散射 X 射线；

二是为什么原子的内层电子和横截面积更大的原子核不散射 X 射线；

三是为什么不同运动状态的自由电子所散射的 X 射线的频率相同而不出现多普勒效应；

四是为什么只与单个自由电子相互作用一次后就不与其他电子或原子核相互作用了。

也就是说：如果用光子不能很好地回答以上四个问题，那么用光子解释康普顿效应就是不完备的，甚至是不正确的。

2.3、用光为库仑力和磁力解释康普顿效应的可靠性

由于实验对象为轻金属，也就是原子量较小、核外电子层数较少的原子组成的介质。这类金属的特点是单个原子的总质量不大，金属块相对匀质。因此，当 X 射线照射到该类金属片上时，原子中的电子与原子核将同时受到库仑力和磁力的作用而改变运动状态，但因电子的质量远小于原子核。因此，电子就会被 X 射线大幅度改变空间位置。而原子核的位置变化相对小得多。

另一方面，由于 X 射线的波长与原子的直径相当甚至更小，因此，在同一 X 射线照射下，原子核与核外电子受到的库仑力和磁力的相位会存在明显差异。也就是说：在 X 射线作用下，原子中的电子与原子核并不是同步改变运动状态的。

同时，X 射线的周期远小于电子围绕原子核的运动周期。即电子围绕原子核运动一个周期期间可能被入射 X 射线改变了数百次运动状态。按照前面对介质中的原子在光中的行为特点讨论可知：电子与原子核在 X 射线作用下，除保持原来的电子围绕原子核运动状态外，还会作类似的圆周类附加运动。电子的附加圆周类运动的中心点是不停地变化着的。而原子核的附加圆周类运动的中心点会相对固定不变。也就是在 X 射线的作用下，原子核和电子分别被库仑力和磁力作用而成为两类不同的次生光源并产生不同频率的次生光。因此，散射 X 射线中的、波长不变的部分应该是由原子核产生的；而波长变长的部分应该是由电子产生的。这里的电子不仅包括金属原子最外层的自由电子，也包括内层电子。它们都会在入射 X 射线的作用下产生次生 X 射线。只是因为其在产生次生 X 射线过程中处于运动状态，因此所产生的次生 X 射线的频率会发生变化。也就是运动光源产生的光的频率会红移或紫移。

那么为什么没有波长更短的紫移散射 X 射线呢？也就是说：只有电子附加圆周运动圆心

远离观测装置运动时产生的次生 X 射线，而没有电子附加圆周运动圆心朝观测装置运动时产生的次生 X 射线。出现此种现象的可能性有二：一是电子附加圆周运动圆心朝观测装置运动时产生的次生 X 射线与入射 X 射线相互叠加后大部分被相互抵消而难以观测到；另一种可能性是此部分次生 X 射线相对较弱，被忽略了。

3、惠更斯-菲涅耳原理

3.1、惠更斯-菲涅耳原理简介

在光场中任取一个包围光源的闭合曲面 Σ ，该曲面上每一点均是新的次波源，观察点 P 的振动是曲面 Σ 上所有次波源发出的次波的相干叠加。

历史：1678 年，惠更斯在给巴黎科学院的信和中都阐述了他的光波动原理，即惠更斯原理，这是惠更斯-菲涅耳原理的雏形和基础。

1815 年，奥古斯汀-让·菲涅尔 (Augustin-Jean Fresnel) 引入波的相干性，即同时考虑各次波到达某点的作用与次波间的位相关系，补充了惠更斯-菲涅耳原理

应用：惠更斯曾根据这一原理正确地解释了光的反射定律、折射定律和双折射现象。要解释衍射现象实质上是要解决不同方向上的强度分布问题，但惠更斯原理并未涉及强度，也无波长概念，故仅靠惠更斯原理不能解决衍射问题。菲涅尔弥补了惠更斯原理的不足之处，他保留了惠更斯的次波概念，补充了次波相干叠加的概念，解决了波衍射的问题。

局限性：惠更斯-菲涅耳原理不是严格的理论产物，较大程度上是凭朴素的直觉而得到的，对倾斜因子无法给出具体的函数形式，菲涅尔只对它作了某种猜测： $\theta = 0$ 时倾斜因子为 1， $\theta = 90$ 时下降到零（即假定无后退次波）。后来古斯塔夫·罗伯特·基尔霍夫 (Gustav Robert Kirchhoff) 和阿诺德·索末菲 (Arnold Johannes Wilhelm Sommerfeld) 根据一般的波动理论从理论上导出了与菲涅耳的公式十分接近的衍射公式，同时还给出倾斜因子 $K(\theta)$ 的具体函数形式 [摘自 360 百科]

3.2、惠更斯-菲涅耳原理存在的问题简述

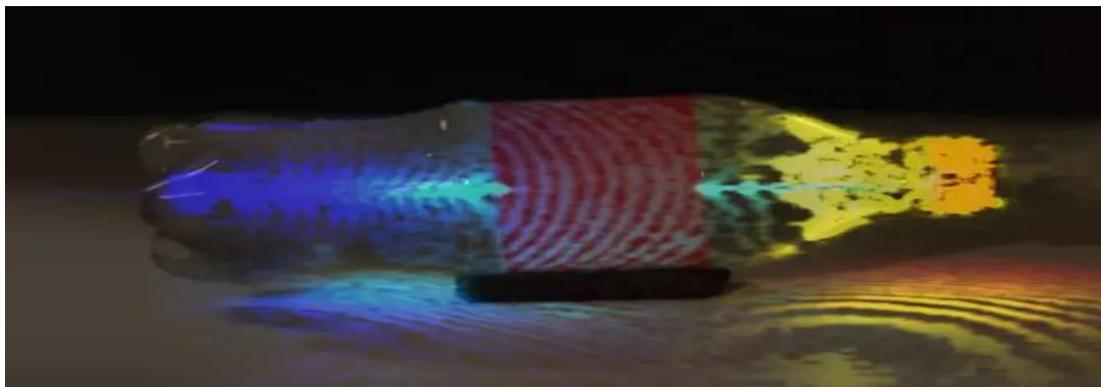
3.2.1、真空中光不能视为次光源的叠加结果

前面我们已经论述过：光在真空中运动时是不可见的。也就是光在真空中是不会产生衍射、散射等现象的。实际上在真空中，变化的电场并不能激励出次生磁场，同样地，变化的磁场也不能激励出次生的电场。因此，在真空中的光是不可分解为次光源的叠加效应的。

3.2.2、介质中的子（次）光源并非点光源，而是偶极子光源

如下图六-5 所示：在透明介质内部的光的运动轨迹可视是因为介质中的原子被入射光或邻近原子极化后产生的次生光极化后的电偶极子产生的散射光被摄像机捕获并记录下来的结果。

如果次光源为点光源，则叠加后的光波应该是以球状方式向四面八方传递的。而光在介质内部的传递是明显有方向性的。这正是因为子（次）光源为电偶极子导致的。因为电偶极子场是有方向性的。特别是数量较多的子光源有规律地排列时，其叠加后的光的方向性更明显。



图六-5：光在盛水可乐瓶内的运动影像

3.3、光的本质及与介质相互作用规律

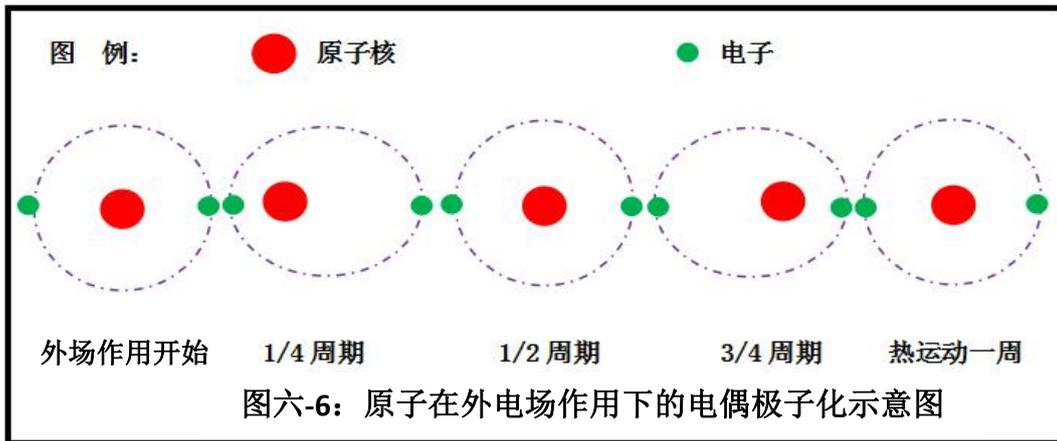
3.3.1、光的本质

光是带电体在相对观测者（观测设备与装置）不同运动状态下产生的电场与磁场。不同空间位置上的每个带电体（如原子中的电子与原子核）产生的电场与磁场同时到达观测者所处位置上的矢量叠加结果才是观测者观测到的电场与磁场的真实数据。

3.3.2、光与介质的相互作用规律

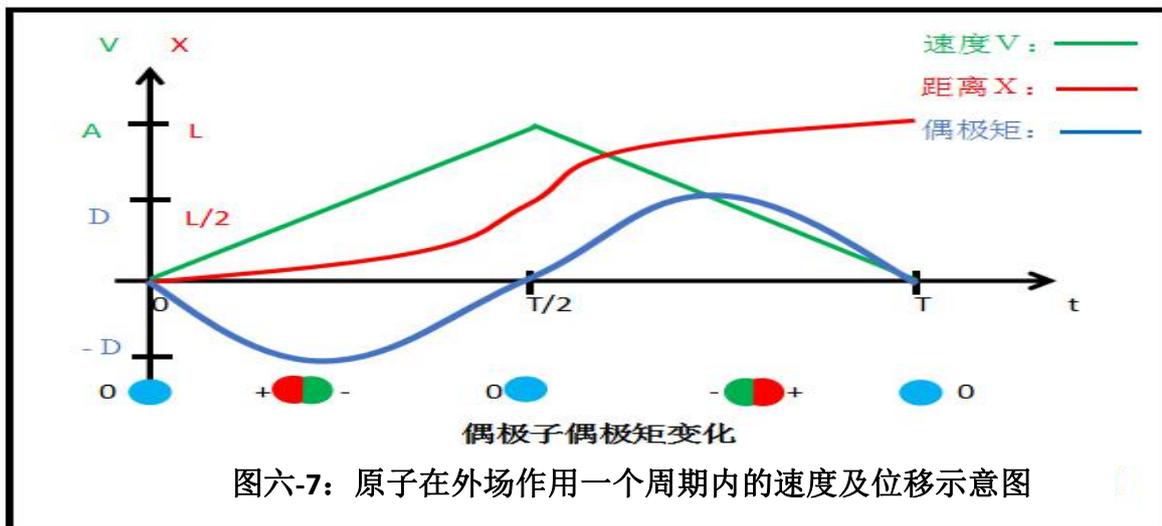
3.3.2.1、光致介质中的原子极化成电偶极子

光既然是电场与磁场，而介质多为由不同数量的带负电荷的电子与不同数量带正电荷的质子构成的原子核组成的不同原子构成的。当光照射到介质上时，自然就会出现原子的极化现象。即：原子的外部电子与原子核受到同样的外电场与磁场作用时，其运动趋势是相反的。从而导致原本电中性（实际上原子因存在热运动，并非理想的电中性，只是当外电场与磁场作用时，原子中的电子与原子核会在原有的基础上改变运动状态）的原子成为电偶极子（如下图六-5所示）。当外部电场和磁场为时变场时，则由其产生的电偶极子的偶极矩及极性也会是时变的，且变化规律直接与外场相关。



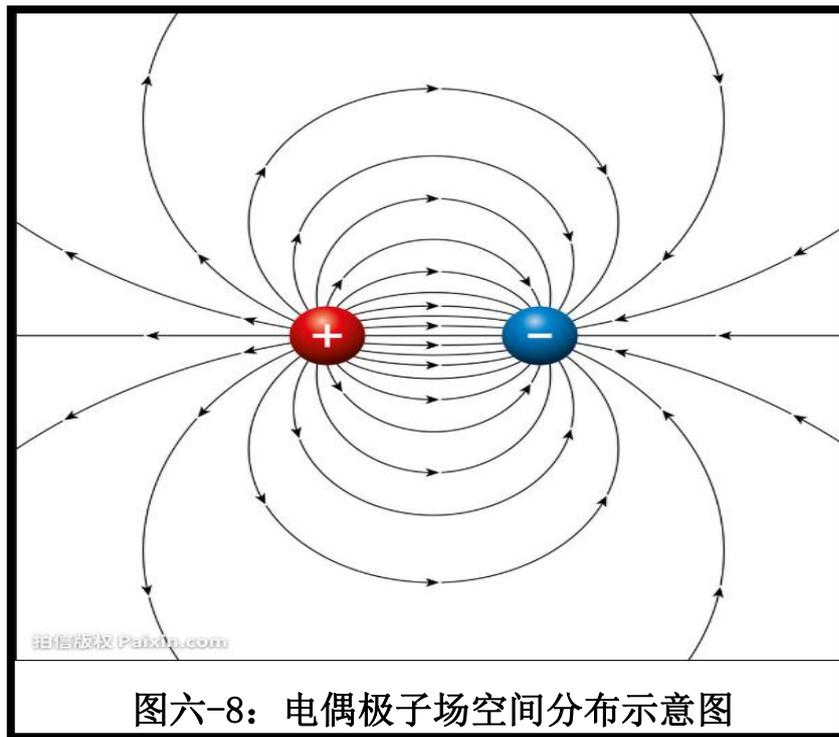
3.3.2.2、电偶极子场的特点

如下图六-7 所示：原子在外场作用下成为时变电偶极子的速度、位移量以及电偶极矩变化直接与外场的强度、方向、时变特性有关。



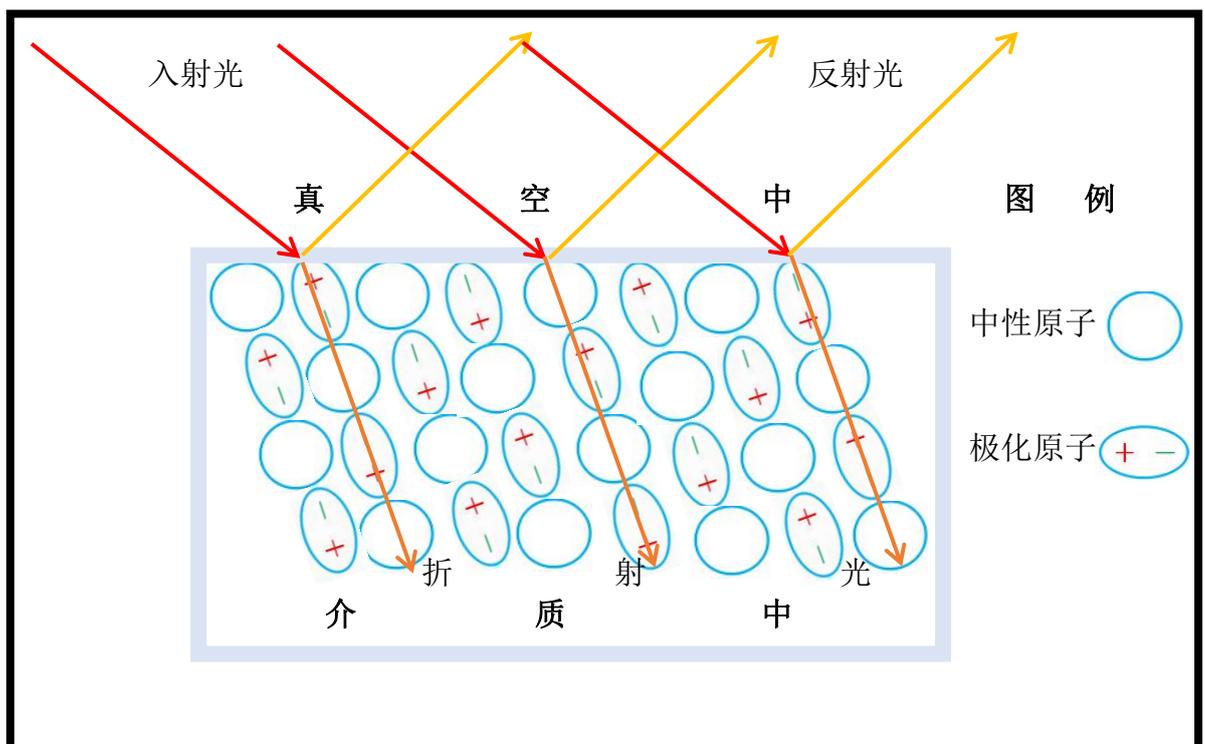
如下图六-8 所示：电偶极子产生的次生场的分布并不是各向同性的，而是有方向性。这也是为什么光经介质作用

图六-7: 原子在外场作用一个周期内的速度及位移示意图 径
上的场强度与相位相同假设的次光源显然是个不符合客观实际的。



图六-8：电偶极子场空间分布示意图

电偶极子的产生会导致次生电磁场的产生。这样就出现了光致介质成为次生光源的现象。所以，光照射到介质上产生的反射/散射、折射/透射和转换/热辐射等次生光并不是入射光本身，而是由介质产生的次生光。大多数情况下，入射光会被改造甚至消失。当然一方面由介质产生的各类次生光的运动方向、强度、频率与相位等与入射光密切相关，但决定性的因素还是介质的性质及介质界面的性状。如：反射光与折射光的方向与入射光的入射角密切相关。而散射光与衍射光的方向与强度则主要由介质界面的平整度和形态决定，与入射光的入射角关联性较低。最重要的光的强度则与介质性质与介质表面平整度密切相关：平整度越高，反射强度越大，散射强度越小；材料的透光能力越强，反射强度越小，折射强度越大。



图六-9：光致介质电偶极子化及反射与折射光示意图

如上图六-9 所示：光照射到介质表面后，当非垂直入射表面时，则因同相位的光到达不同点上的时刻不同，使介质中不同位置上原子的极化时间也就不同。同一时刻由电偶极子产生的次生电场的空间分布状态也就不尽相同。这就直接形成了光的波前面具有一定的方向性了。

总之，光与介质的相互作用是入射光将介质激励成了新的次生光源。因此，除不与介质相互作用的直射光外，所有与光与介质存在相互作用的物理现象与实验都应该考虑其结果并不是原生光源，而是次生光源产生的。

3.4、结论

3.4.1、惠更斯—菲涅耳原理不适合于真空中次光源产生的光的叠加。因为真空中的光无法分解为次光源；

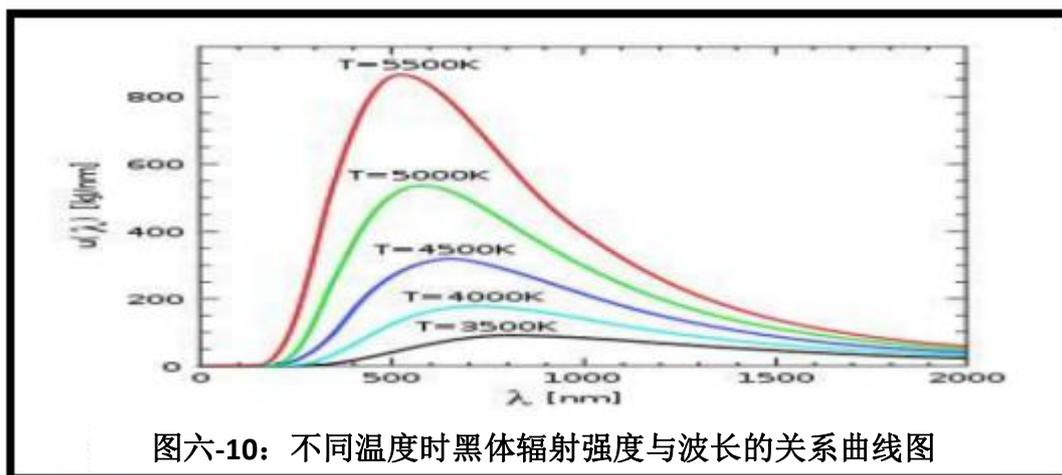
3.4.2、惠更斯—菲涅耳原理用于介质界面及均匀介质内部次光源的叠加时，必须选定不同次光源的状态相同时刻发出的次生光在相同方位上的波前面，而不能体现次光源产生的次生光在特定空间位置上的叠加效应；

3.4.3、由于介质界面产生的反射、折射光并非入射光本身改变运动方向后的产物，而是由介质产生的全新的光。将介质界面各点视为点光源虽然能解决光的反射与折射问题，但并未体现出光与介质相互作用的实质。因为实际上，入射光是将介质界面上的原子极化成了与入射光频率存在高度相关性的时变偶极矩的电偶极子，并不是强度、频率与相位不变的点光源。所谓的点光源只是时变偶极矩的电偶极子产生的次生光原子或原子团而已。

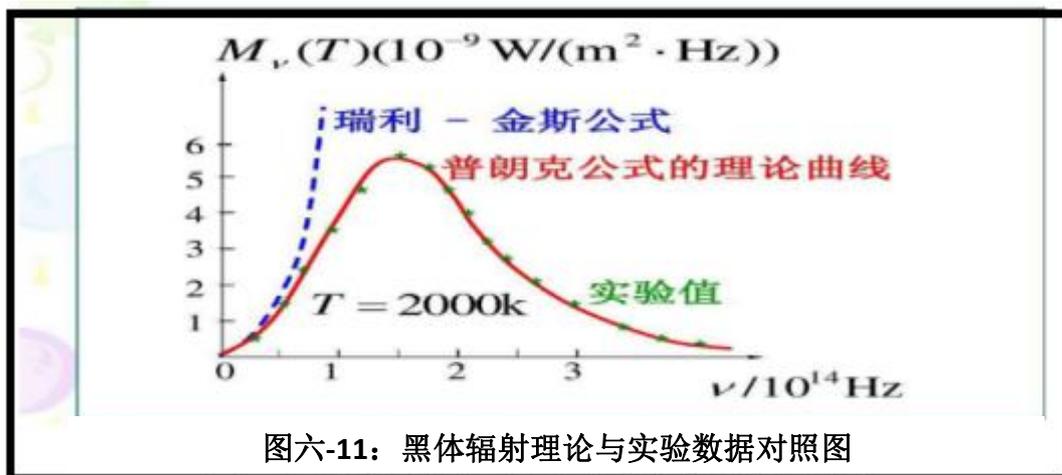
3.4.4、虽然惠更斯—菲涅耳原理存在上述不尽如人意的地方，没有充分揭示介质界面对光的反作用是由原子被电偶极子化而产生次生光，但是将介质界面视为由点状光源构成的子发光群体并向各个方向发光也是非常接近客观事实的。在其产生的时代也不失为很了不起的成就。

4、黑体辐射

4.1、黑体辐射实验结果简介



图六-10: 不同温度时黑体辐射强度与波长的关系曲线图



图六-11: 黑体辐射理论与实验数据对照图

如上图六-10 所示：黑体辐射强度与频率的关系曲线为连续的、不对称的类正态分布曲线；同时，温度越高，辐射强度越强且峰值对应的波长越短（频率越高）。

理想黑体可以吸收所有照射到它表面的电磁辐射，并将这些辐射转化为热辐射，其光谱特征仅与该黑体的温度有关，与黑体的材质无关。从经典物理学出发推导出的维恩定律在低频区域与实验数据不相符；而在高频区域，从经典物理学的能量均分定理推导出瑞利-金斯定律又与实验数据不相符，在辐射频率趋向无穷大时，能量也会变得无穷大，这结果被称作“紫外灾难”。1900年10月，马克斯·普朗克将维恩定律加以改良，又将玻尔兹曼熵公式重新诠释，得出了一个与实验数据完全吻合普朗克公式来描述黑体辐射（详见上图六-11）。但是在诠释这个公式时，通过将物体中的原子看作微小的量子谐振子，他不得不假设这些量子谐振子的总能量不是连续的，即总能量只能是离散的数值（经典物理学的观点恰好相反）。

4.2、黑体辐射谱的特性分析

4.2.1、黑体辐射的频率域的特性

4.2.1.1、普朗克黑体辐射公式：

$$E = \frac{2\pi h \nu^3}{c^2} / (e^{h\nu/kT} - 1) \quad (\text{公式一})$$

式中：E 为辐射强度；h 为普朗克常数；T 为黑体温度； ν 为辐射频率；C 为真空中的光速；k 为玻耳兹曼常数。

4.2.1.2、由图六-10、图六-11 和公式一可知：在黑体温度一定时，其辐射强度与辐射频率的关系成近似正态分布曲线；不同温度的黑体的辐射强度与辐射频率关系曲线形态基本类似，但峰值的强度随温度上升而快速上升，同时峰值对应的频率也提高（波长变短）。

4.2.2、黑体辐射的时间域的特性

根据傅里叶变换和逆变换方法，我们可以对公式一进行傅里叶逆变换，以期得到黑体辐射在时间域中的特征：

$$f(t) = \frac{h}{c^2} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\nu^3 e^{i\nu t}}{(e^{h\nu/kT} - 1)} d\nu \quad (\text{公式二})$$

由于对上式积分求解存在一定难度，在此文中暂不对上式进行进一步积分求解，实际应用中可考虑利用数值积分方法进行求解。从频率域曲线形态类似正态分布或高斯曲线可推测：时间域的曲线形态应类似于频率域，也成接近正态分布或高斯曲线形态。

4.2.3、黑体辐射特性的物理意义

从以上分析可知：无论为频率域还是时间域内，黑体辐射强度（电场和磁场强度）都是连续变化的函数，也就是在频率域中，各种频率的电磁波均有，只是强度不同而已；在时间域中，每时每刻都存在电磁波，只是强度不同而已。因此，黑体辐射不是离散的能量子产生的能量量子的简单集合或叠加，而是连续变化电荷产生的变化电磁场。也就是说：黑体辐射是黑体中所有原子有规律的变偶极矩电偶极子化产生的群体性复合时变电磁场。

黑体辐射的频率特性仅与黑体的温度有关，与黑体的材质无关的特性表明：不是黑体中的原子的某种运动产生的能量子集合形成的黑体辐射，而是原子的特定频率的热运动产生相同频率的黑体辐射。否则，不同材质中的原子因质量不同，其形成的能量子的能量也就不同，其集合形成的黑体辐射强度就会与材质有关了。

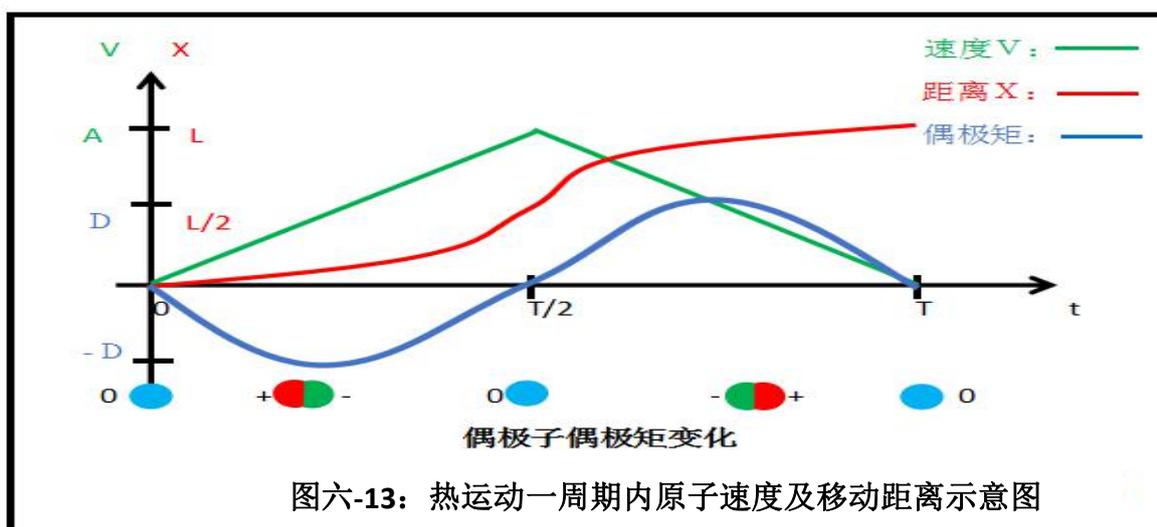
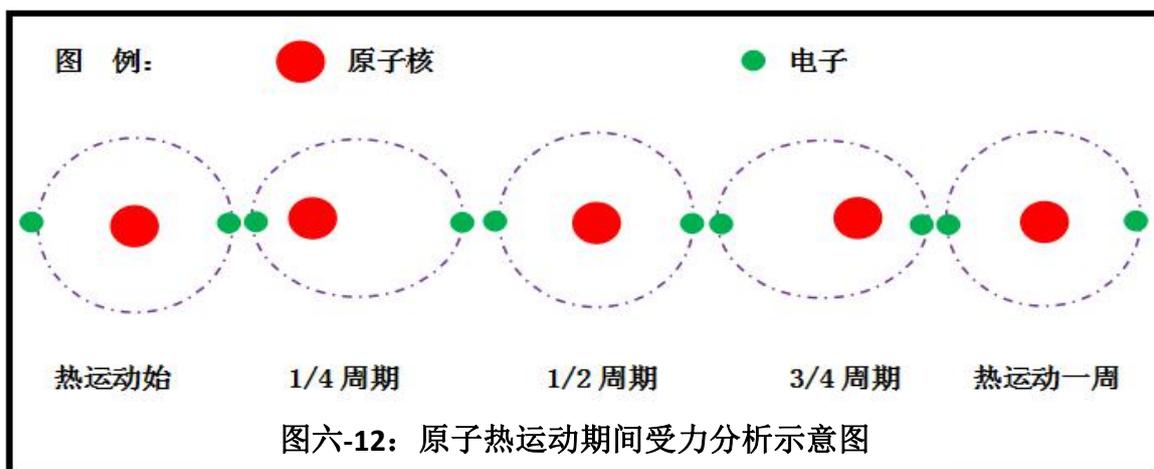
4.3、黑体辐射本质因素分析

任何黑体均是由不同原子/分子构成的，而大于绝对 0 度的原子/分子总是处于热运动状态之中。原子中的原子核与外部电子在热运动过程中的不同步而导致其电偶极子化并产生与热运动周期相同的电磁辐射。同时，温度恒定时的黑体内部分子热运动速度、运动方向、运动行程和周期也不尽相同，从而导致总体上黑体辐射强度随同频率热运动分子数量分布不同而不同

（相同频率的分子越多，辐射强度也越强，虽然由于分子热运动的方向和相位的不同会导致总辐射强度存在差异，但黑体处于热平衡状态时，分子热运动的整体性会趋于某种稳定的状态中，从而决定了辐射强度的稳定性）。这才是黑体辐射的本质因素。

4.3.1、分子热运动是产生黑体辐射的内在原因

分子热运动过程中，由于原子核与外部电子的运动不同步将产生与分子热运动频率相同的变电偶极矩的电偶极子化现象。正是这种偶极子化产生了相同频率的电磁辐射。这就是热运动产生辐射的内在机制，也是产生黑体辐射的内在机制。详细过程详见下图六-12 和图六-13。



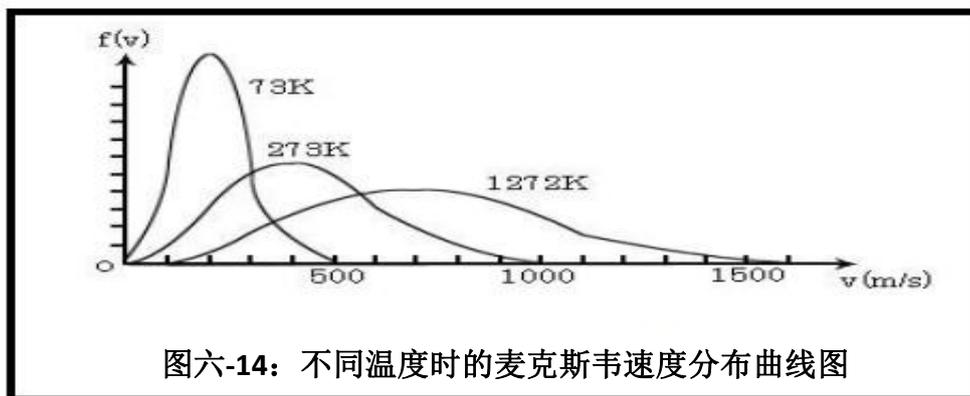
分子热运动过程中，特定分子受到周围邻近分子的冲撞而改变运动状态并变加速直线运动，直到另一侧其他分子阻碍而发生变减速直线运动直至暂时停止运动，此过程即为分子热运动的一个周期。而分子中的原子在此期间的受力如上图六-13 所示：受冲撞初期，电子最先受力并改变运动状态，电子运动状态的改变迫使原子核发生运动状态的改变。此期间会使原子成为一电偶极子。当运动一定距离后，电子与原子核的运动速度同步时，原子又恢复到了电中性状态；再运动一段距离后会受到另一侧邻近分子的阻碍而发生减速运动。如开始正好相反，电子最先开始减速运动并迫使原子核也进入减速运动，此过程中原子又成为一电偶极子，但极性与前面正好相反。直到原子暂时停止运动时，原子又恢复到中性状态。因此，原子一个周期的热运动会使其中的原子两次成为电偶极子，也就会向外辐射两次电偶极子电磁场，也正好完成一个周期的电磁辐射，即热运动频率与辐射频率相等。

4.3.2、分子热运动频率与同频率分子数量分布规律是决定黑体辐射强度分布的决定性因素

4.3.2.1、气体的分子热运动速度遵循麦克斯韦速度分布律

在平衡态下，理想气体分子的速度分布是有规律的，这个规律称为麦克斯韦速度分布律。如果不考虑分子的速度方向，只考虑速度的大小，即速率分布，则可称为麦克斯韦速率分布律。这些粒子有一个不同速度的范围，而任何单个粒子的速度都因与其它粒子的碰撞而不断变化。然而，对于大量粒子来说，如果系统处于或接近处于平衡，处于一个特定的速度范围的粒子所占的比例却几乎不变。

气体中个别分子的速度具有怎样的数值和方向完全是偶然的，但就大量分子的整体来看，在一定的条件下，气体分子的速度分布也遵从一定的统计规律。这个规律也叫麦克斯韦速率分布律。[摘自百度百科]

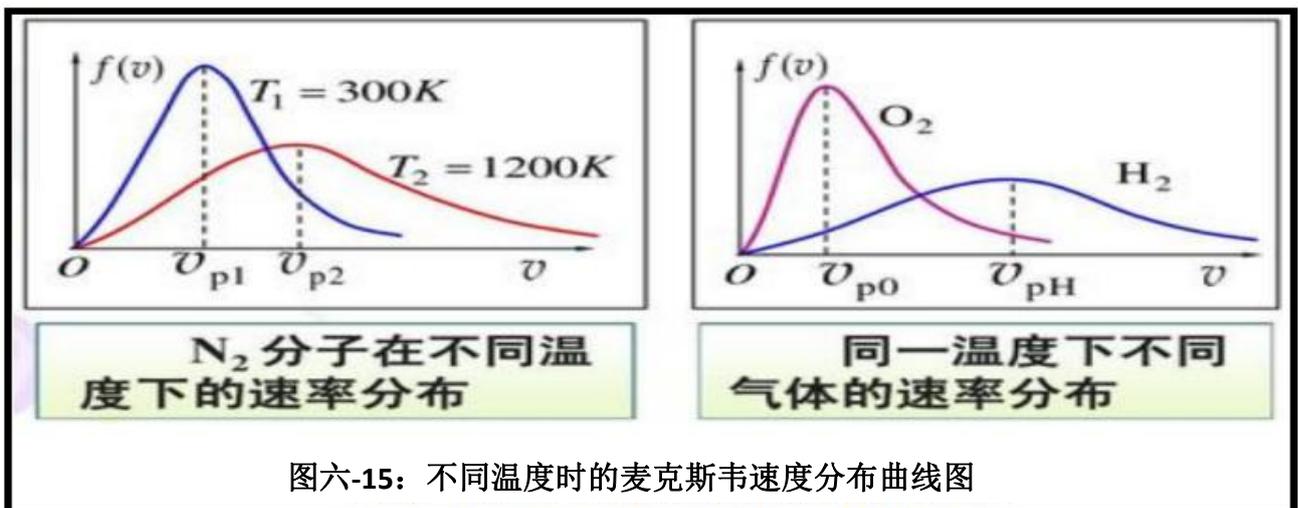


图六-14：不同温度时的麦克斯韦速度分布曲线图

麦克斯韦速率分布函数：

$$f(V) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{V^2}{e^{\frac{mV^2}{2kT}}} \quad (\text{公式三})$$

式中： $f(V)$ 为速度分布函数，即同速度分子数量的占比； T 为气体温度； V 为分子运动速度； k 为玻耳兹曼常数； m 为分子质量。



图六-15：不同温度时的麦克斯韦速度分布曲线图

4.3.2.2、黑体（固体）中的分子热运动速度也应类似于麦克斯韦速度分布律

虽然麦克斯韦速度分布律是针对气态物质的研究成果，但同样地，固态物质中的分子热运动也应存在类似的规律性：分子热运动速度并不相同，但相同速度的分子数量分布规律基本与麦克斯韦速度分布律类似：类似于正态分布曲线。

4.3.2.3、黑体中的分子热运动同期（频率）也应类似于麦克斯韦速度分布律

由于固态物质中分子间的距离较气态和液态物质更趋一。因此，同速度的分子的热运动频率也基本相同。这就决定了分子热运动频率也类似于麦克斯韦速度分布律。

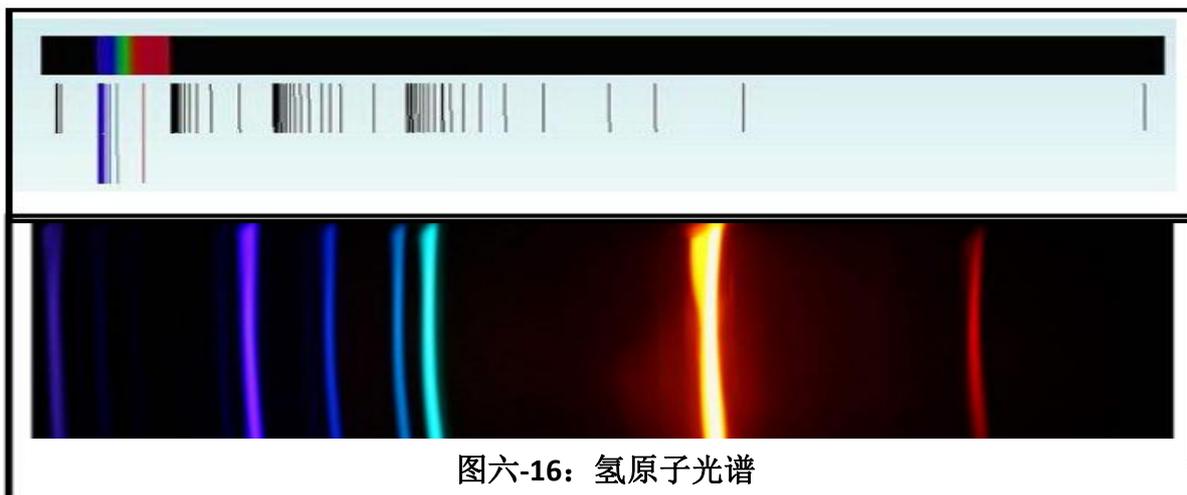
若将（公式三）中的速度 V 更换为频率 ν （假设分子热运动行程为 L ，则有： $V=L\nu$ ），则（公式三）与（公式一）就存在一定的相似性了。这也从另一方面说明黑体辐射强度与分子热运动频率间是存在紧密关系的。

总之，黑体辐射只是分子热运动的产物，其强度与频率间的关系主要由同频率热运动分子数量与频率间的关系决定。这才是黑体辐射强度与频率变化规律的本质因素。由此可见：所谓原子产生的能量子只是其热运动过程中的电偶极子化而产生的同频率的电磁辐射，并不是什么量子，也不需要什么一份一份的能量子！实质上，因黑体辐射强度仅与温度有关，与材质无关的特点就可否定与材质有关的能量子说。因为同频率的原子的能量是不同的，如果原子是能量子，则能量子的能量大小也就与材质有关，其产生的黑体辐射强度就应该与材质有关了。而实际情况却是温度相同的不同材料的分子热运动频率也相同，无论什么材质。这才是黑体辐射强度与频率的关系仅与温度有关的内在原因所在。也是证明黑体辐射只是由分子热运动期间原子核与核外电子运动的不同步而导致原子被极化为电偶极子并产生相应的电磁辐射。

5、原子线性光谱现象

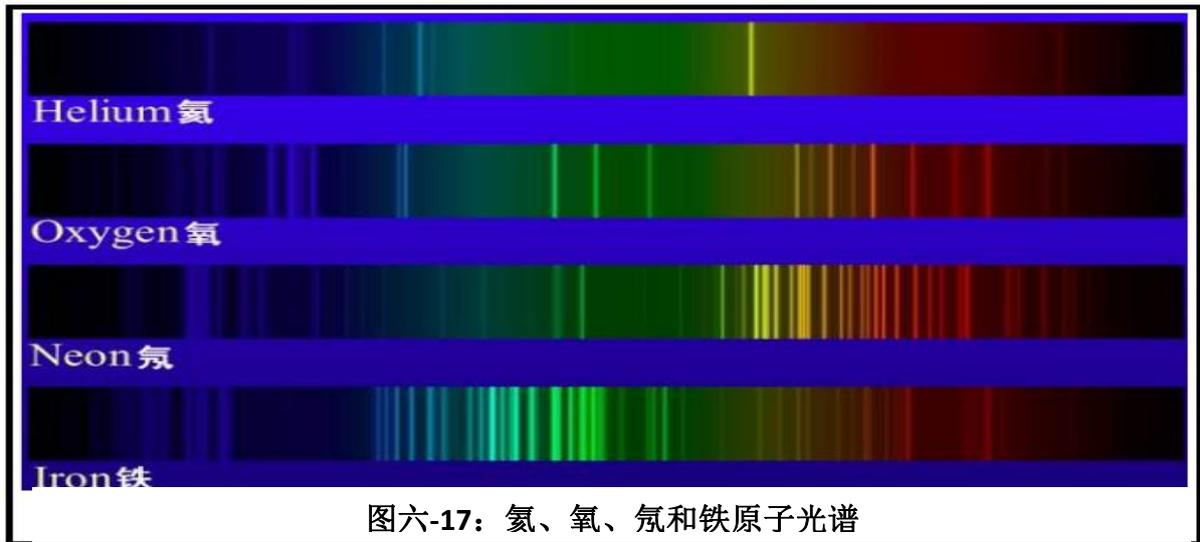
5.1、原子线性光谱简介

5.1.1、氢原子光谱



图六-16：氢原子光谱

5.1.2、氦、氧、氖和铁原子光谱



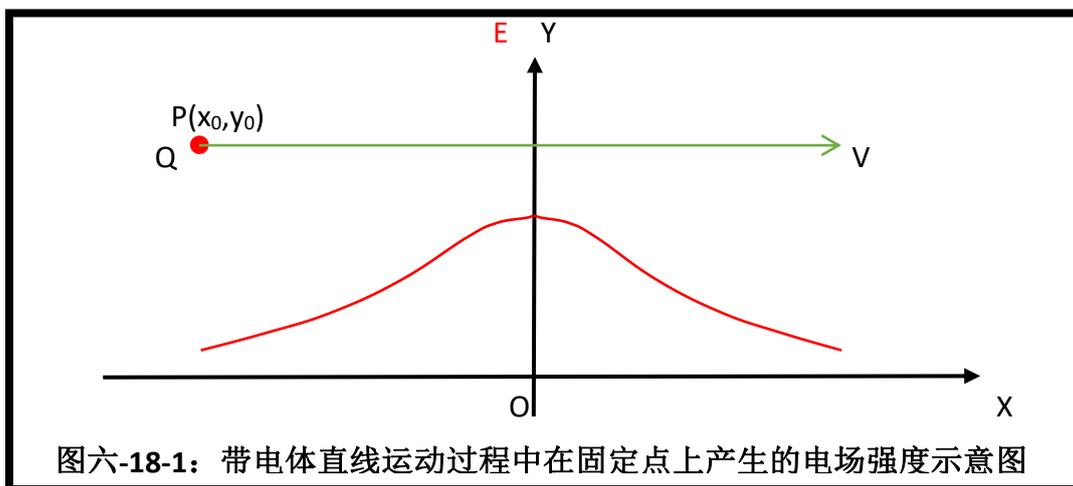
5.1.3、原子光谱的特点

从上图六-16 和图六-17 可知：原子的光谱中存在诸多有一定规律排列的线性谱线，且不同原子的线性谱线排列规律存在明显差异。但除了线性谱线外，也存在非线性的背景光谱。也就是说：原子受激发光时，不仅仅产生线性光谱，也产生非线性光谱。只是前者因强度大而更加明显，后者强度较弱而容易被人们忽略而已。

5.2、原子线性光谱产生机理分析

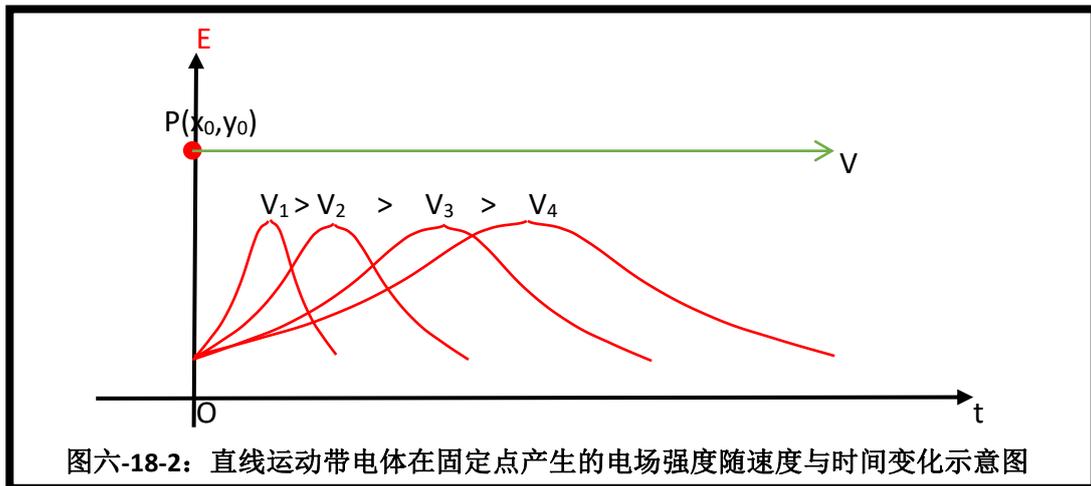
5.2.1、带电体在不同运动状态下产生的电场特点简述

5.2.1.1、直线运动时



图六-18-1 中位于原点 O 处的观测者观测 t=0 时刻位于 P 点并以速度 V 沿 X 轴正向运动的、电荷量为 Q 的带电体所产生的电场时，其电场方向当然是沿 OP 连线方向，是随着时间变化的，而电场强度为：

$$E(x, y) = \frac{KQ}{(x_0 + Vt)^2 + y_0^2} \quad (\text{公式 1})$$



5.2.1.2、简谐振动时

对于带电体简谐振动期间，相对带电体振动中心点静止的观测者测量到的就是含有与带电体简谐振动频率相同的变化频率的时变强度电场。当测量设备过滤掉固定电场强度部分后，实际得到的观测结果往往就是与带电体简谐振动频率一致的变化强度的电场。

5.2.1.3、固定圆心点之匀速圆周运动时

此种情况下，相对圆心静止的固定位置上的观测者所测量到的变化电场强度会类似于简谐振动时的情形，测量结果会是与带电体圆周运动频率相同的变化强度的电场。当圆周运动频率达到可见光时，则所测量到的电场就是可见光中的电场强度了。

由此可见，光的频率是与光源周期性运动的频率相同的。当光源为非周期性运动时，则所产生的光也为非固定频率的。

5.2.2、原子的发光机理分析

5.2.2.1、原子自发光

当无外部干扰时，原子会因热运动而相互碰撞，在碰撞过程中会出现原子核与核外电子不同步的情形，从而导致原子变成偶极子而成为时变电偶极矩的电偶极子并产生所谓的温度型热辐射，也就是所谓的黑体辐射。这种情况下的电磁辐射为连续频率谱，其强度峰值随带电体的温度变化而变化。

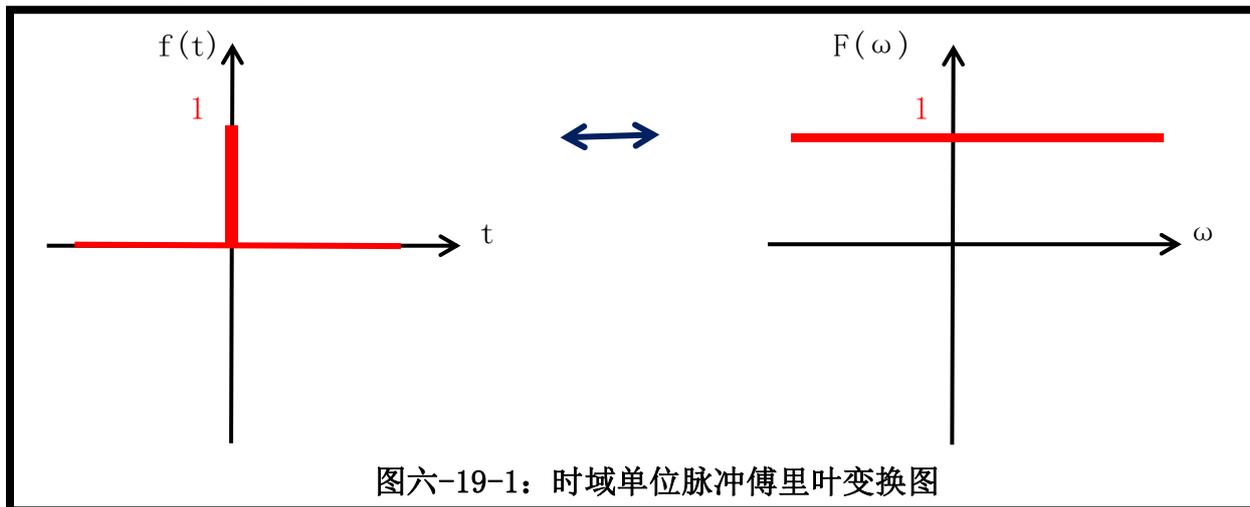
5.2.2.2、原子被强迫发光

自然界中，人类目前掌握的带电基本粒子为电子和质子。而无论是哪种光（本文将所有频段的电磁波均简称为“光”）均是由带电粒子电子和质子或其组成的带电体产生的；

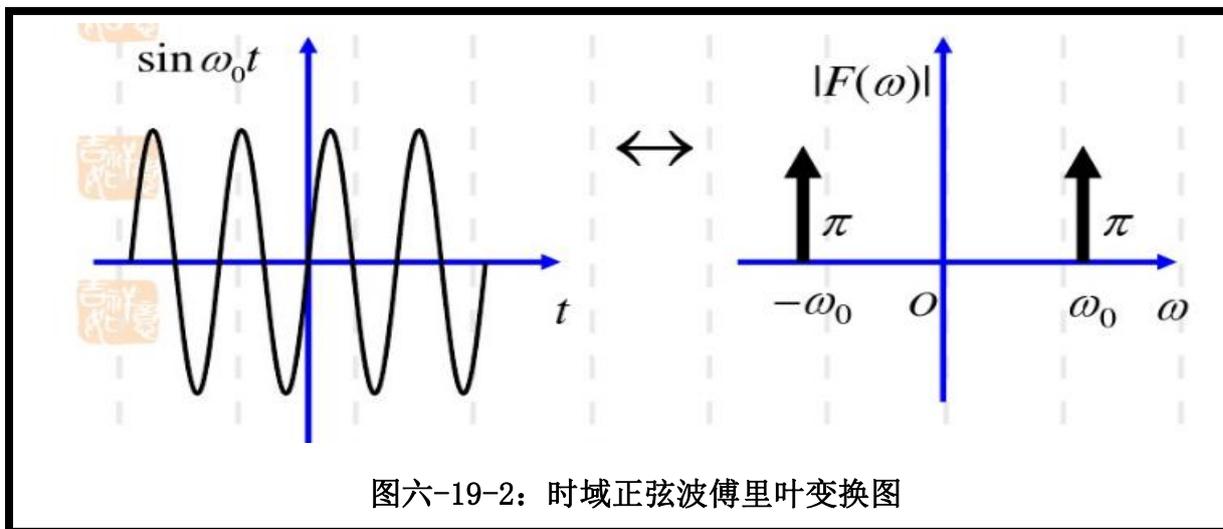
光的频率特征与带电体的运动状态密切相关：静止电荷产生静电场、恒定电流产生恒定磁场；固定周期的线性简谐振动或圆周运动的带电体产生单一频率的光（在以振动中心或圆心为带电体所在位置所能产生的恒定静止电磁场的基础上增加了次一级的单一频率的变化电磁场，后续讨论中暂不考虑恒定部分的基本电磁场，只考虑变化部分的电磁场。因为恒定部分往往不

会使被作用对象发生运动状态的改变，原因是被作用对象已处于力的均衡状态）；脉动式运动（如分子热运动）的带电体产生类似正态分布的连续频率的变化电磁场；理想门式运动的带电体产生恒定强度振幅谱在 $0 \sim \infty$ 频率段的变化电磁场；也就是说：带电体产生的光之频率与其在时间域的运动方式密切相关，当从频率域考察其特性时，时间域与频率域转换遵循傅氏变换。如下图六-19-1 和图六 19-2 所示：

脉冲波的傅里叶变换



正弦波的傅里叶变换

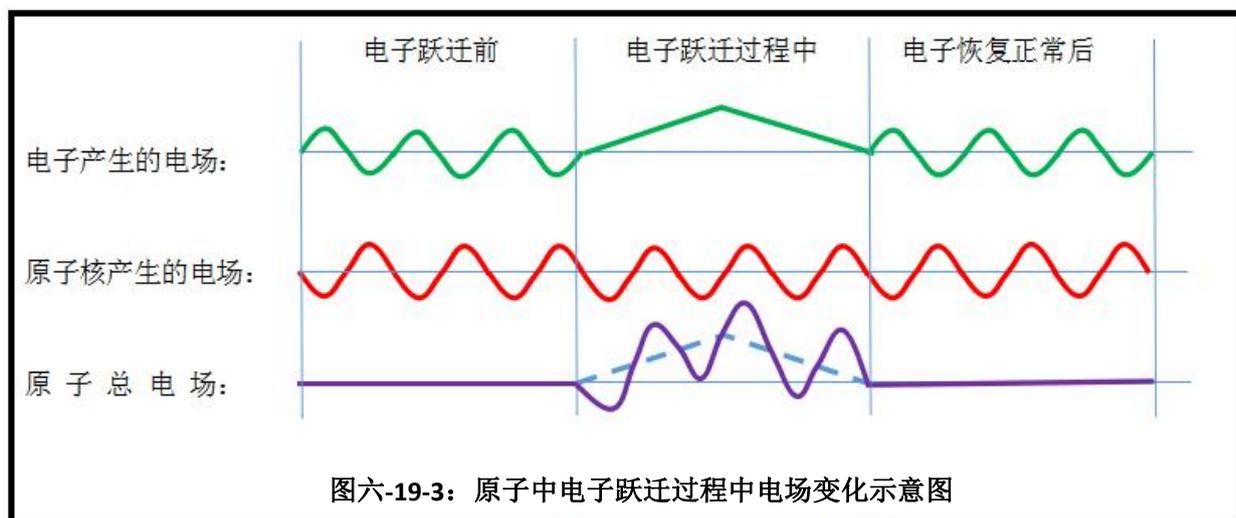


由傅氏变换可知：单一频率的光应该是由在时间域中作圆周运动的带电体产生的；而连续频率的光应该是由在时间域中作脉冲式运动的带电体产生的。

在有外力作用下，原子中的电子与原子核会出现运动不同步现象，甚至电子会脱离原子核束缚时，原子就会出现所谓的受激发光。当电子没有脱离原子核并使原子成为离子时，则类似于原子热运动情形，原子产生的电磁辐射为连续频率谱的。而当电子脱离原子核束缚时，则原子核成为带电的离子，其产生的电磁辐射就是离散型的线性谱线了。当原子量较大、核外电子层数较多时，原子核的自身运动状态就会相对复杂，其产生的线性谱线数量和类型也就会更多。这也是为什么不同元素具有不同数量与不同频率的线性谱的原因所在。但脱离原子核束缚的电

子的运动轨迹不可能保持原有的圆周类运动，而应该是弧线类运动轨迹，其产生的电磁辐射应该类似于带电体的直线运动情形，其频率应该为连续频率谱。

由以上分析可知：原子受激使电子发生能级间跃迁或成为自由电子时，应产生连续频率的光。而在电子跃迁期间，因失去电子的中和作用而呈现带正电的原子核仍作圆周类运动而产生单一频率的线性光谱。如下图六-19-3 所示：



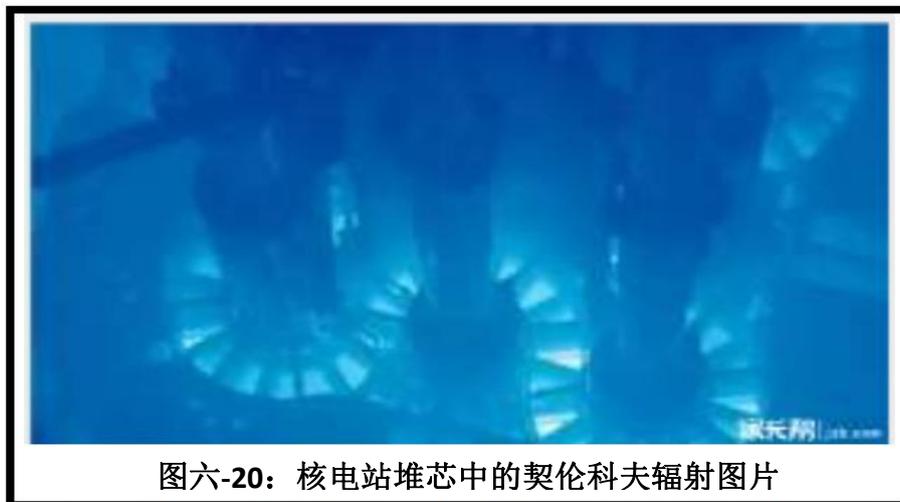
由此可见，原子线性光谱是由原子受激后电子跃迁期间的原子核产生的。

综上所述，原子线性光谱应该是由原子核在失去电子（也可能存在原子得到电子时也能产生）并成为带电离子时产生的，而不可能是脱离原子核束缚的电子所产生。

5.3、证明线性光谱不是电子跃迁时由电子产生的证据

按照原子中电子围绕原子核运动的运动速度仅为每秒数百至数千千米分析，其直线运动时只能产生连续频率谱的电磁辐射，不可能产生单一频率的光。

5.3.1、契伦科夫辐射为连续频率谱证明高速运动的带电体不能产生单一频率的光



契伦科夫辐射是由以高于介质中光速的电子电离介质中的原子并由电离后的离子所产生的，而比介质中的光速更高的电子自身并不产生可见光。这充分说明：在真空中匀速直线运动

的带电体是不能产生可见光的，即使是其运动速度高到接近光速也无济于事。如上图六-20 示：

5.3.2、闪电的光谱为连续频率谱证明瞬时放电不能产生单一频率谱的光

地球大气层中常见的闪电的频率成分均为连续频率谱，证明电子在介质中的瞬时位移并不能产生单一频率的光，而是产生连续频率谱的光。

5.3.3、高速带电粒子在云室中会留下运动轨迹但并不产生单一频率的光

云室中带电粒子的运动轨迹一般是圆形或弧形，其运动过程中并不产生单一频率的光。

5.3.4、太阳风及宇宙射线中的带电粒子也不产生单一频率的光

夜空中也存在诸多由太阳及其它天体产生的高速带电粒子，但并不产生可见光或单一频率的光。否则，夜空就不会如此黑暗无光，甚至地球上就不会有黑夜了。

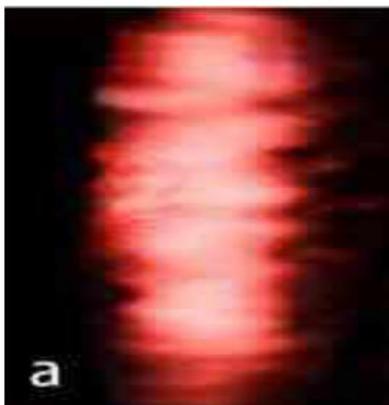
综上所述，带电体直线或曲线运动过程中是不可能产生单一频率的光的，而是产生脉冲式的、连续频率的光。只有遇到介质并使介质被极化或电离时，才有可能由极化或电离后的离子或原子核产生单一频率的光。而当诸多原子同时成为离子或全部电子脱离而仅剩原子核时，才会由仍保持原有运动状态的原子核或离子产生各种离散的、不同频率的原子线性光谱。

6、超黑材料单缝实验结果无衍射光现象

6.1、杨发成先生的《光学实验中的新发现》中的单缝衍射实验简介

6.1.1、碳纳米材料单缝实验结果

实验现象：演示观察屏与单狭缝屏相距 1.0 m, 1.50 m，在此实践过程中，当缝宽调整为零时，演示观察屏上没有光线。缓慢调整狭缝宽度，演示观察屏上仅出现一条平行于狭缝的明亮条纹，并不出现如常规材料实验中所生成的一簇明暗相间的衍射条纹，如图 2(a) 所示。



图六-21 超黑材料单缝屏光学实验 (a) 演示观察屏上出现的一条明纹

说明：图六-21(a) 为演示观察屏上出现的一条明条纹，在这条明条纹附近有少许散射光点出现，但强度非常小，人眼能观察到，普通相机拍摄不下来。

6.2、超黑材料单缝实验无衍射现象的原因分析

6.2.1、光的本质简述

光是带电体在相对观测者（观测设备与装置）不同运动状态下产生的电场与磁场。不同空间位置上的每个带电体（如原子中的电子与原子核）产生的电场与磁场同时到达观测者所处位置上的矢量叠加结果才是观测者观测到的电场与磁场的真实数据，也就是我们常说的光，包括可见与不可见光。

6.2.2、光与介质的相互作用规律

光既然是电场与磁场，而介质多为由不同数量的带负电荷的电子与不同数量带正电荷的质子构成的原子核组成的不同原子构成的。当光照射到介质上时，自然就会出现原子的极化现象。即：原子的外部电子与原子核受到同样的外电场与磁场作用时，其运动趋势是相反的。从而导致原本电中性（实际上原子因存在热运动，并非理想的电中性，只是当外电场与磁场作用时，原子中的电子与原子核会在原有的基础上改变运动状态）的原子成为电偶极子。当外部电场和磁场为时变场时，则由其产生的电偶极子的偶极矩及极性也会是时变的，且变化规律直接与外场相关。

电偶极子的产生会导致次生电磁场的产生。这样就出现了光致介质成为次生光源的现象。所以，光照射到介质上产生的反射/散射、折射/透射和转换/热辐射等次生光并不是入射光本身，而是由介质产生的次生光。大多数情况下，入射光会被改造甚至消失。当然一方面由介质产生的各类次生光的运动方向、强度、频率与相位等与入射光密切相关，但决定性的因素还是介质的性质及介质界面的性状。如：反射光与折射光的方向与入射光的入射角密切相关。而散射光与衍射光的方向与强度则主要由介质界面的平整度和形态决定，与入射光的入射角关联性较低。最重要的光的强度则与介质性质与介质表面平整度密切相关：平整度越高，反射强度越大，散射强度越小；材料的透光能力越强，反射强度越小，折射强度越大。

总之，光与介质的相互作用是入射光将介质激励成了新的次生光源。因此，除不与介质相互作用的直射光外，所有与光与介质存在相互作用的物理现象与实验都应该考虑其结果并不是原生光源，而是次生光源产生的。

6.2.3、光与介质作用规律的直接证据

前面我们提供了球状光脉冲在透明介质和真空中传递过程的动图：球状光脉冲在透明介质中是可以侧视并被摄像机记录的；而在真空中球状光脉冲却不能被侧视并被摄像机记录。这一事实证明：在真空中的光是不可能侧视或观测的。也就是在真空中，光并不是电场与磁场相互激励而向前传递的。否则，如果光是电场与磁场相互激励才向前传递的话，它也应该形成向其他所有方向传递的次级光。因为变化的电场产生磁场是全方位、全空域的。同样地，变化的磁

场产生电场也应该是全方位、全空域的。也就是说：如果真空中存在电磁互激现象的话，我们就应该能看到真空中光脉冲的运动轨迹。同时，地球上也就不会存在真正的夜晚了，地球上夜晚高空中的太阳光就会产生次生光并照亮夜空了。

6.2.4、超黑材料无衍射现象的根源

当光照射在单缝板上，部分光从单缝中通过并照射到屏幕上形成与单缝形状相似的图形，而其它部分的光被单缝板阻挡而不能到达后方的屏幕上。这就是直射光在屏幕上的成像情形。

如上所述，一般单缝板材料的单缝边缘会被照射光激励变成次生光源，且单缝的两条边缘基本平行，就会形成两条平行的次生线光源，它们产生的次生光照射到后面的屏幕上时，由于两个线光源到达屏幕同一位置上的距离差随角度有规律性地变化，也就导致光程差有规律地变化而形成干涉条纹，即俗称的衍射条纹或衍射现象。

但当单缝板边缘为超黑材料时，由于单缝边缘不能象普通材料一样成为两条平行的次生线光源，也就自然不能产生次生光并在后面的屏幕上形成衍射现象。

6.3、超黑材料对光与电子双缝干涉实验的影响分析

6.3.1、超黑材料对光的双缝干涉实验的影响

如果采用超黑材料制作双缝板的双缝边缘，则应该与单缝使用超黑材料一样，光照射到双缝板时，在后面的屏蔽上只会出现二条与双缝形状相关的直射光影像，不会有干涉条纹的出现。其道理与单缝无衍射现象完全相同。

6.3.2、超黑材料对电子双缝干涉实验的影响

如果采用超黑材料制作双缝板的双缝边缘，则双缝间就基本上不存在因双缝板温度非绝对零度而产生的时变电磁辐射。电子通过双缝时，电子也就不会因缝间存在的时变电磁辐射而改变运动方向。电子在后面屏幕上的位置也就不会呈现散射和类似的干涉条纹分布现象，只会形成与双缝形成类似的图像。

6.4、超黑材料单缝实验无衍射现象的物理意义简析

如果以上分析符合客观事实，即：超黑材料导致单缝实验无衍射现象是因为改变了单缝边缘与光的相互作用性质，从而导致缝边缘不能成为次生光源。那么，我们目前对光的本质及其与介质的相互作用规律的认识就是不符合客观实际的。从而将导致我们目前对很多与光有关的科学实验结果的解读也可能是不符合客观事实的。我们需要从头重新认识并重新解读所有有关的物理实验结果。这些实验中影响最深远和最重大的是与相对论和量子力学有关的光速测量实验、光与电子的运动特性实验结果。如：MM 实验、斐索流水实验、光行差常数、光与电子的双缝干涉实验、光电效应、康普顿效应以及与光子有关的所有理论与实践。

总之，如果本文作者的分析是正确的，则超黑材料单缝实验中无衍射现象将改变人类对光

的本质认识：光既不是电磁波，也不是光子，更没有波粒二象性。光只是变化的电场与磁场。在真空中变化的电场不能激励出磁场，同样地，变化的磁场也不能激励出电场。而光与介质的相互作用规律是：除非是理想的透明或黑体介质，否则，光会使其遇到的介质成为次生光源并产生次生光。

对光的本质及其与介质相互作用规律认识的改变，将动摇目前主流物理理论的根基，特别是天文学的哈勃定律、宏观运动理论的相对论和微观运动理论的量子力学。

7、真空中球状光脉冲不可侧视现象

前面已经多次讨论过在真空中传递的球状光脉冲不能被侧视的现象，其根本原因就是光并不是所谓的电磁波或变化的电场和磁场相互激励而向各个方向传递或运动的。而是因为电场和磁场只是电荷间产生的库仑力和磁力的一种表现形式。因为真空中不存在电荷，也就不会出现电荷被电场和磁场作用而产生向各个方向传递的次生光。从而导致真空中的光不能被侧视。这一现象充分证明：光只是电场和磁场，并不能相互激励而形成所谓的电磁波。当然也不是具有与其频率成正比动能和动量的光子。

8、地球上存在黑夜及夜空为漆黑一遍的现象

前面已经多次讨论过地球上存在黑夜以及夜空为漆黑一遍的现象，并简单论述了其原因是由于光并不是变化的电场和磁场相互激励而形成的电磁波。光也不具有像惠更斯原理所说的那样，每个光前面上的每个点可视作一个点光源并朝各个方向发射子光波。而只有存在介质时，入射光将介质中的原子极化为电偶极子才会产生向各个方向传递的电偶极子场。这也是为什么太阳升起与降落的一段时间内存在朝霞和晚霞的原因：在太阳在地平线以上但阳光已经照射到可视范围内的大气层时，大气层中的原子被太阳极化为次生光源并产生次生光而照亮地面。

太空中任意空间位置上的任意时刻都是存在变化的电场和磁场的。如果真的存在变化的电场和磁场相互激励而形成向各个方向传递的电磁波，则宇宙中任意位置都应该是次生光源，会产生向各个方向传递的次生光。那么夜空就不应该漆黑一遍。

地球上存在黑夜和夜空为漆黑一遍现象也直接证明变化的电场和磁场并不能相互激励而形成向各个方向传递的电磁波或光。

9、宇宙背景辐射

9.1、宇宙微波背景辐射的由来

宇宙微波背景辐射是来自宇宙空间背景上的各向同性的微波辐射，也称为微波背景辐射。二十世纪六十年代初，美国科学家彭齐亚斯和 R.W.威尔逊为了改进卫星通讯，建立了高灵敏度的号角式接收天线系统。1964 年，他们用它测量银晕气体射电强度。为了降低噪音，他们甚至清除了天线上的鸟粪，但依然有消除不掉的背景噪声。他们认为，这些来自宇宙的波长为 7.35 厘米的微波噪声相当于 3.5K。1965 年，他们又订正为 3K。

宇宙微波背景辐射的特征和绝对温标 2.725K 的黑体辐射相同。频率属于微波范围。宇宙微波背景是宇宙背景辐射之一，为观测宇宙学的基础，因其为宇宙中最古老的光，可追溯至再复合时期。利用传统的光学望远镜，恒星和星系之间的空间（背景）是一片漆黑。然而，利用灵敏的辐射望远镜可发现微弱的背景辉光，且在各个方向上几乎一模一样，与任何恒星，星系或其他对象都毫无关系。这种光的电磁波谱在微波区域最强。1964 年美国射电天文学家阿诺·彭齐亚斯和罗伯特·威尔逊偶然发现宇宙微波背景，于 1940 年代开始研究。

宇宙微波背景在黑体辐射光谱的温度为 $2.72548 \pm 0.00057\text{K}$ 。光谱辐射 $dE\nu/d\nu$ 的峰值为 60.2GHz，在微波频率的范围内（若光谱辐射的定义为 $dE\lambda/d\lambda$ ，则峰值波长为 1.063 毫米。）

该光辉在所有方向中几乎一致，但细微的残留变化展现出各向异性，与预期的一样，分布相当均匀的炽热气体已经扩大到目前的宇宙大小。特别的是，在天空中不同角度的光谱辐射包含相同的各向异性，或不规则性，随区域大小变化。[摘自百度百科]

9.2、宇宙微波背景辐射的主要特点

9.2.1、具有 2.7K 黑体辐射谱的特征：从 0.054 厘米直到数十厘米波段内的测量表明，背景辐射是温度近于 2.7K 的黑体辐射，习惯称为 3K 背景辐射；

9.2.2、具有极高度的各向同性特征：这有两方面的含义：首先是小尺度上的各向同性。在小到几十弧分的范围内，辐射强度的起伏小于 0.2—0.3%；其次是大尺度上的各向同性。沿天球各个不同方向，辐射强度的涨落小于 0.3%。

9.3、宇宙微波背景辐射的真实来源探讨

9.3.1、黑体辐射基本规律简介

前面我们已经讨论过有关黑体辐射问题：理想黑体可以吸收所有照射到它表面的电磁辐射，并将这些辐射转化为热辐射，其光谱特征仅与该黑体的温度有关，与黑体的材质无关。

在黑体温度一定时，其辐射强度与辐射频率的关系成近似正态分布曲线；不同温度的黑体的辐射强度与辐射频率关系曲线形态基本类似，但峰值的强度随温度上升而快速上升，同时峰值对应的频率也提高（波长变短）。

9.3.2、宇宙微波背景辐射产生机制分析

从目前观测到的宇宙微波背景辐射谱与 2.7K 黑体辐射高度相符的结果可知：宇宙微波背景

辐射是由平均温度为 2.7K 物质产生、传递并到达地球的电磁辐射，也就是变化的电场和磁场。

由其各向同性的特点可知：能产生 2.7K 宇宙微波背景辐射并传递到地球的物质分布情况是：各个方向上的物质分布基本均匀。也就是平均温度为 2.7K 的物质在地球周围的分布是基本均匀的。由此可见，这类物质分布范围应该远大于太阳系和银河系。即地球上接收到的宇宙微波背景辐射是由远大于银河系范围内的物质共同作用的结果。

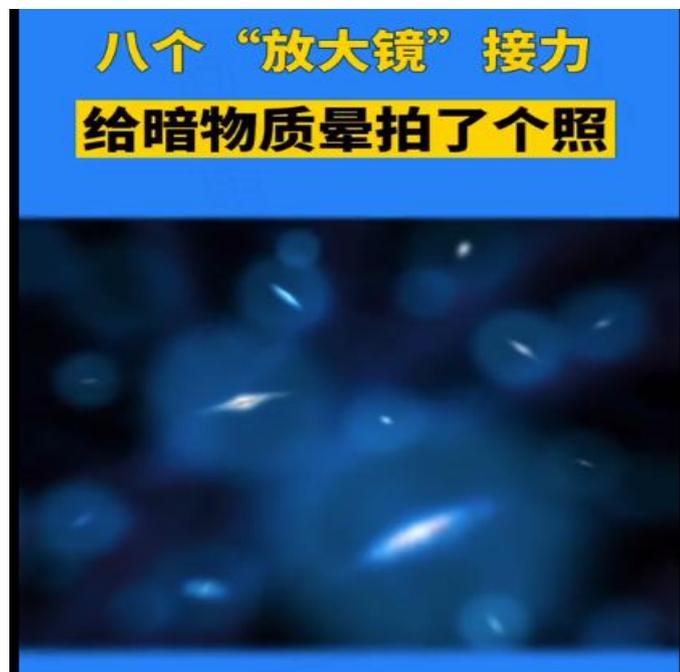
宇宙微波背景辐射不可能是真空中产生的，我们也没有足够的理由认为宇宙存在边界且边界处存在 2.7K 的能产生或反射/散射电磁辐射的物质。因此，称其为宇宙微波背景辐射可能并不科学、合理，应该称其为宇宙空间 2.7K 物质辐射或宇宙平均温度辐射。

9.4、宇宙微波背景辐射的物理意义

9.4.1、宇宙空间并非真空，而是存在数量巨大的、平均温度在 2.7K 左右的物质

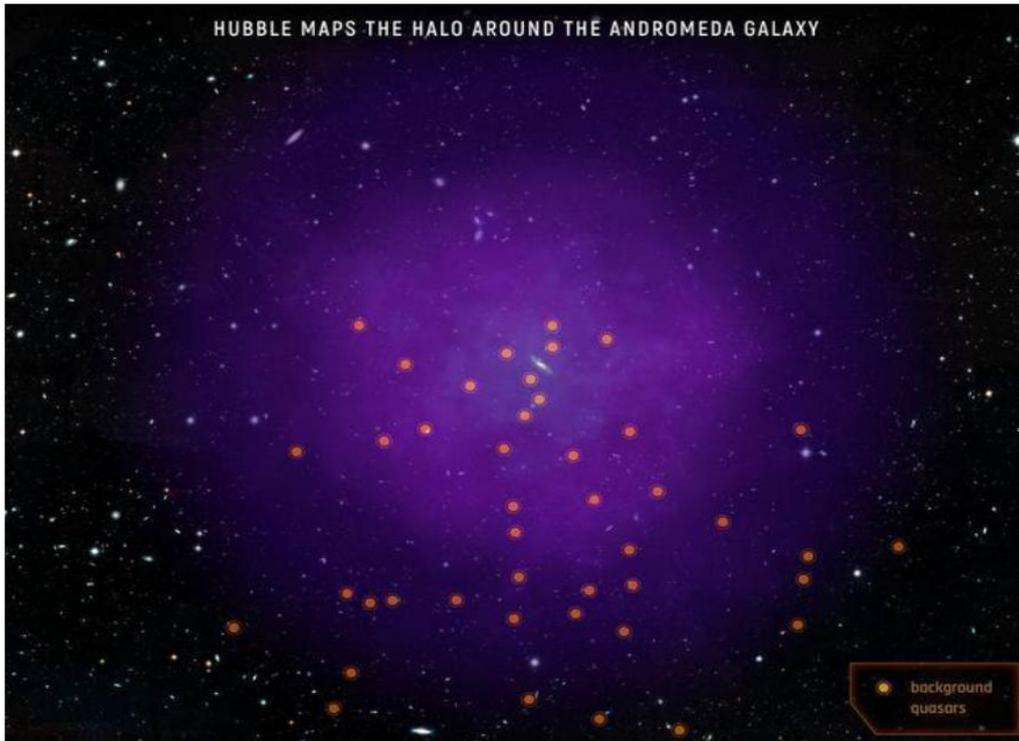
现有天文观测表明：在太阳系边缘存在的奥尔特云，其温度低于零下 240℃，也就是低于 32K。我们完全有理由相信，在距离太阳更遥远的空间中的物质的温度会更低。而星系间的空域间也存在大量气态物质，其温度完全可能接近绝对零度。

中国科学技术馆于 2020 年 09 月 03 日发表的《八个“放大镜”接力给暗物质晕“拍个照”》文章中提供的以下图片就直接证明星际空间并非空无一物，而是存在大量低温、不怎么产生可见光的物质。如下图六-22 所示：



图六-22：暗物质晕照片

最近美国 NASA 公布的哈勃望远镜最新发现：仙女座外部存在大量气态物质，这些物质与我们的银河系的同类物质已经相互接触融合为一体。这也从另一个侧面证明星际空间并非真空，而是存在大量低温物质的。



图六-23：仙女座外围光晕照片

由于宇宙空间中可视（可见光波段）天体及物质总量、所占空域均很小，而无可视天体区域远大于前者。因此完全可能存在远大于可视天体物质总量的星际物质分布，且其分布在宏观上看是相对比较均匀的。当把宇宙空间各区域的物质与温度进行平均时，可能出现平均温度均接近 2.7K 的情况。

9.4.2、宇宙空间存在温度为 2.7K 左右的巨量物质基本不参与可见光波段的电磁相互作用

黑体辐射强度计算表

普朗克常数h (J · s)	玻耳兹曼常数k (J / K)	辐射频率ν (Hz)	背景温度 T (K)	背景辐射强度E (J / (Hz * m ³))	太阳边缘 温度T (K)	背景辐射强度E (J / (Hz * m ³))	太阳温度 T (K)	太阳辐射强度E (J / (Hz * m ³))	太阳/背景 辐射强度比
6.62607E-34	1.38065E-23	1.88E+09	2.7	9.06E-21	30.0	1.02E-19	6353	2.17E-17	2.39E+03
6.62607E-34	1.38065E-23	3.76E+09	2.7	3.56E-20	30.0	4.08E-19	6353	8.67E-17	2.43E+03
6.62607E-34	1.38065E-23	7.53E+09	2.7	1.38E-19	30.0	1.63E-18	6353	3.47E-16	2.52E+03
6.62607E-34	1.38065E-23	1.51E+10	2.7	5.14E-19	30.0	6.47E-18	6353	1.39E-15	2.70E+03
6.62607E-34	1.38065E-23	3.01E+10	2.7	1.78E-18	30.0	2.56E-17	6353	5.55E-15	3.11E+03
6.62607E-34	1.38065E-23	6.02E+10	2.7	5.27E-18	30.0	9.98E-17	6353	2.22E-14	4.21E+03
6.62607E-34	1.38065E-23	9.03E+10	2.7	8.56E-18	30.0	2.19E-16	6353	4.99E-14	5.83E+03
6.62607E-34	1.38065E-23	1.20E+11	2.7	1.08E-17	30.0	3.80E-16	6353	8.87E-14	8.24E+03
6.62607E-34	1.38065E-23	1.81E+11	2.7	1.15E-17	30.0	8.13E-16	6353	2.00E-13	1.74E+04
6.62607E-34	1.38065E-23	2.41E+11	2.7	9.06E-18	30.0	1.37E-15	6353	3.55E-13	3.91E+04
6.62607E-34	1.38065E-23	4.82E+11	2.7	9.90E-19	30.0	4.45E-15	6353	1.42E-12	1.43E+06
6.62607E-34	1.38065E-23	9.63E+11	2.7	1.52E-21	30.0	1.13E-14	6353	5.66E-12	3.73E+09
6.62607E-34	1.38065E-23	1.93E+12	2.7	4.45E-28	30.0	1.59E-14	6353	2.26E-11	5.07E+16
6.62607E-34	1.38065E-23	3.85E+12	2.7	4.79E-42	30.0	5.58E-15	6353	8.96E-11	1.87E+31
6.62607E-34	1.38065E-23	7.71E+12	2.7	6.94E-71	30.0	9.38E-17	6353	3.53E-10	5.08E+60
6.62607E-34	1.38065E-23	1.54E+13	2.7	1.82E-129	30.0	3.32E-21	6353	1.37E-09	7.52E+119
6.62607E-34	1.38065E-23	3.08E+13	2.7	1.57E-247	30.0	5.22E-31	6353	5.17E-09	3.29E+238
6.62607E-34	1.38065E-23	6.16E+13	2.7	#NUM!	30.0	1.61E-51	6353	1.83E-08	#NUM!
6.62607E-34	1.38065E-23	1.23E+14	2.7	#NUM!	30.0	1.91E-93	6353	5.64E-08	#NUM!
6.62607E-34	1.38065E-23	2.47E+14	2.7	#NUM!	30.0	3.37E-178	6353	1.27E-07	#NUM!
6.62607E-34	1.38065E-23	4.20E+14	2.7	#NUM!	30.0	5.43E-298	6353	1.50E-07	#NUM!
6.62607E-34	1.38065E-23	4.93E+14	2.7	#NUM!	30.0	#NUM!	6353	1.37E-07	#NUM!
6.62607E-34	1.38065E-23	7.80E+14	2.7	#NUM!	30.0	#NUM!	6353	6.08E-08	#NUM!

上表为 2.7K 和 6353K（太阳表面温度）二个不同温度的黑体辐射强度计算表。从表中可以发现：当辐射频率高于可见光频率的一半左右后，2.7K 黑体的辐射强度基本等于 0 了。也就是说，其不可能与可见光波段的电磁场发生相互作用并产生次生光被人类观测到了。

9.4.3、理论计算 2.7K 黑体辐射与同频率太阳辐射强度对比及与实际观测结果间的矛盾

从上表中最后一列可知：即使是在 2.7K 黑体辐射强度峰值频率附近，其辐射强度比太阳的辐射强度仍小三个数量级以上。但实际观测中发现：类似 2.7K 黑体辐射的宇宙微波背景辐射强度显著大于太阳产生的同频率辐射强度，否则，就不可能被观测到各向同性，也不会无法消除其影响了。

那么出现理论计算与实际情况完全不相符的根源是什么呢？它又隐含着什么玄机呢？

产生此种现象的根源是：**普朗克黑体辐射公式只适用于面积型辐射体，而宇宙微波背景辐射属于体积型黑体辐射体。**也就是说：**宇宙微波背景辐射是由基本均匀分布于宇宙空间各个地方的、平均温度在 2.7K 左右的物质共同产生的。**我们不是在黑体外部进行观测，而是在黑体内部进行观测的。因此，所观测的是观测方向不同距离上的辐射强度的总和。其强度远大于太阳同频率的辐射强度也就不奇怪了。

9.4.4、宇宙中可见物质与不可见物质总质量比较分析

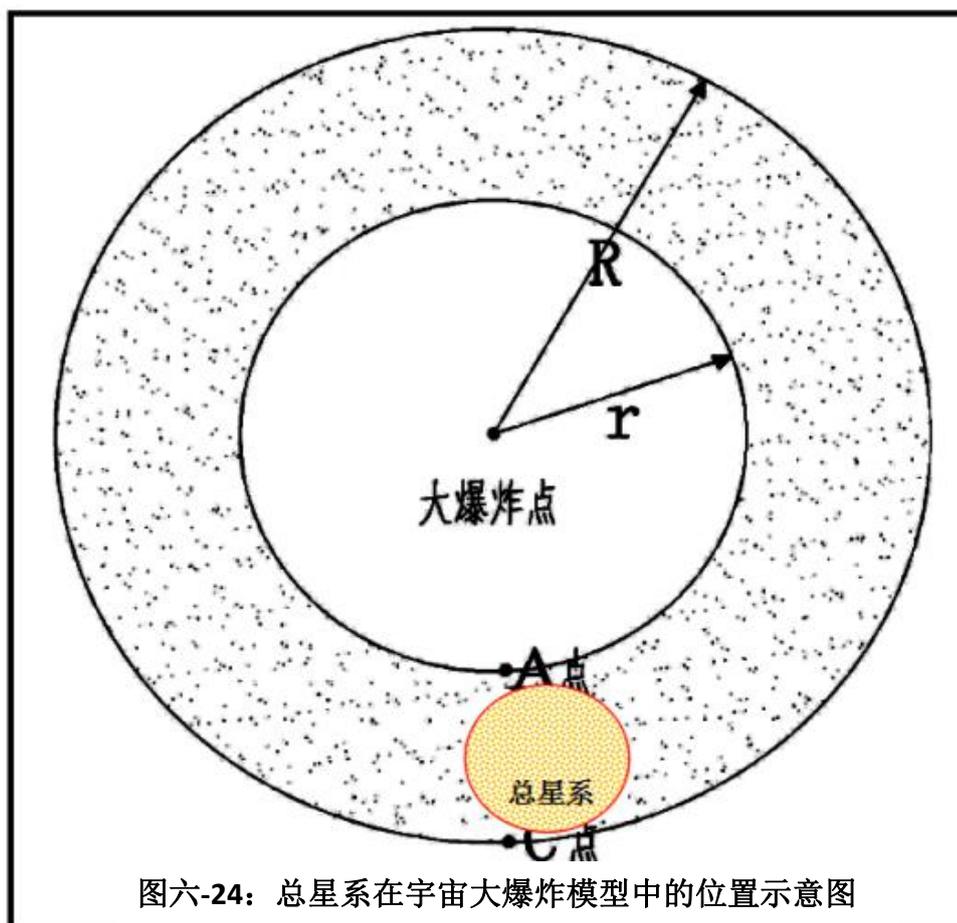
通过以上对不同温度的黑体的不同频率段的辐射强度对比分析可知：可产生或反射可见光及近红外光的天体或物质可称其为可见质量。而绝对温度低于 240K 的物质或天体可能就应该属于不可见质量了，因为它们几乎不产生可见光，其附近也没有强光源把其照亮。这部分低温正常物质当然就会成为所谓的不可见质量了。

宇宙微波背景辐射为类似 2.7K 左右的黑体辐射且强度远大于太阳产生的同频率辐射强度表明：宇宙空间中存在体积分布的、各向近似均匀的、数量远大于可见物质的、平均温度在 2.7K 左右的不产生可见光的不可见物质。按同频率辐射强度估算，不可见物质总量应该大于可见物质总质量的数百、甚至上千倍。这也可能就是前人在观测星系中天体运动速度异常并提出存在暗物质的原因所在。也就是说：**暗物质应该就是宇宙中各处存在的巨量温度低于 30K 的、难以产生可见光的正常或普通物质。**

9.5 几点主要结论

9.5.1、宇宙微波背景辐射不是宇宙背景产生的或反射的宇宙大爆炸时期产生的辐射

如下图六-24 所示：如果宇宙是由大爆炸所产生，则太阳系应该位于球壳状宇宙的某一方向上，其接收到的宇宙微波背景辐射不可能各向同性，因为从地球上看到整个宇宙时，并不是球对称的。



9.5.2、宇宙微波背景辐射应该是宇宙中均匀分布的低温物质产生的。

9.5.3、宇宙中可见物质总量应远小于不可见的低温物质总量

9.5.4、暗物质概念提出过程中，计算星系总质量的方法是错误的，从而才导致错误的暗物质概念的提出。

二、与光与介质相互作用规律有关的物理现象和实验结果

1、反射光的半波损失

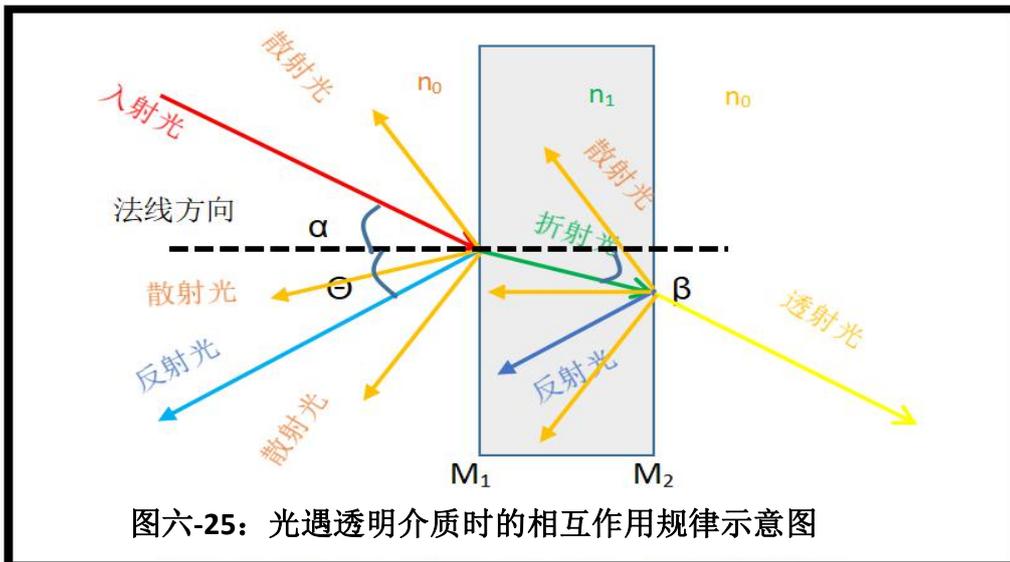
1.1、反射光存在的半波损失现象简介

光从光疏介质射向光密介质时，反射光在离开反射点时的振动方向相对于入射光到达入射点时的振动相反，或者说，反射光相对于入射光相位突变 π ，这种现象叫做半波损失。

1.2、反射光存在的半波损失现象的机理分析

1.2.1、光与透明介质的相互作用现象与规律

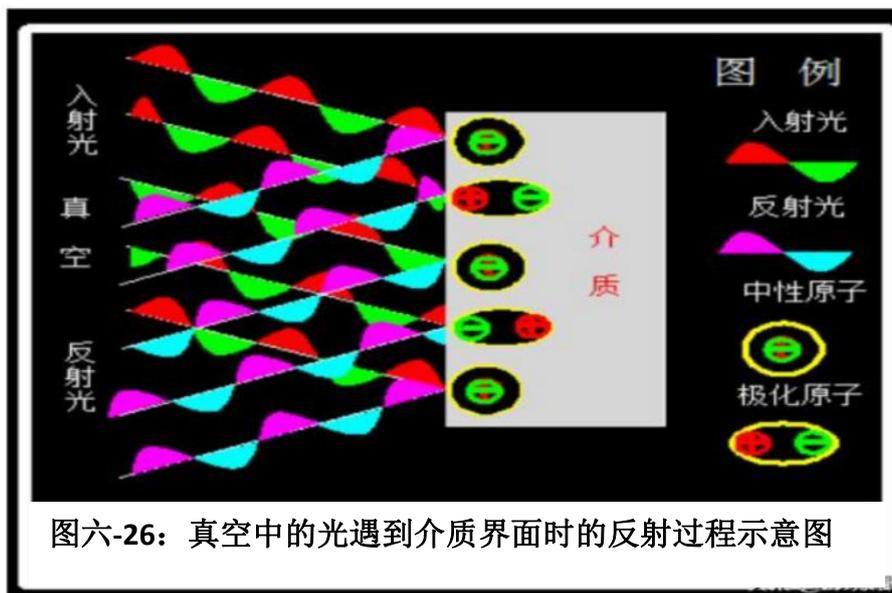
如图六-25所示：当 $n_0=1$ 、 $n_1>1$ 时，入射光在介质界面 M_1 和 M_2 处均会产生反射、散射和折射/透射光。这是用所谓的频率单一且携带与其频率成正比的动能和动量的光子无法解释的：同一角度射向平面的光子不应该在平面处出现到处乱飞的景象；



1.2.2、光在透明介质和真空中的实际状况

在折射率 $n > 1$ 的透明介质内部，折射光经过的路径上的每个点都会成为一个子光源并向各个方向辐射次生光；而在折射率 $n = 1$ 的真空中，因变化的电场并不能感生磁场，变化的磁场也不能感生电场，从而不会产生所谓的电磁相互激励的电磁波，从而不会产生次生的、向各个方向辐射的次生光。这就导致了真空区域的光是不能被侧面看见。

1.2.3、光与介质界面的实际作用过程



如上图六-26 所示：当入射光到达介质界面时，其产生的电场和磁场就会使介质界面上的原子中的电子与原子核朝完全相反的方向改变运动状态，从而使原子被极化为与入射光主频相同的时变电偶极矩的电偶极子。

根据电子与质子所携带的电荷量相同但电性相反且质量相差 1832 多倍，在不考虑中子质量的情况下，在同样的外电场作用下，电子的加速度、速度和位移量是质子的 1832 倍左右且加速的方向正好相反。如果考虑中子和二个或二个以上的质子构成的原子核的话，则原子中的电

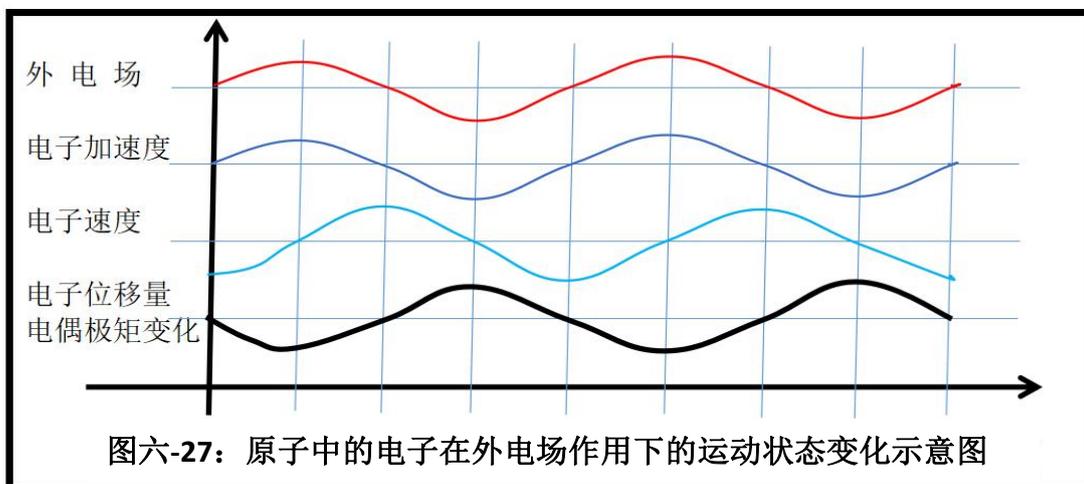
子与原子核在同样的外电场作用下，电子的加速度比原子核的大得更多。因此，当外电场的频率很高时，我们可以暂时不考虑原子核在电场中的加速度、速度和位移的影响，而只考虑电子的加速度、速度和位移量对原子极化为时变电偶极矩的影响以及其产生的次生电偶极子场。

当电子以原点为圆心，在 X、Y 坐标轴平面内作恒定速度圆周运动且运动方程为： $X=R_0\cos 2\pi f_0t$ 、 $Y=R_0\sin 2\pi f_0t$ ； $V_x=-2\pi f_0R_0\sin 2\pi f_0t$ 、 $V_y=2\pi f_0R_0\cos 2\pi f_0t$ ； $a_x=-4(\pi f_0)^2R_0\cos 2\pi f_0t$ 、 $a_y=4(\pi f_0)^2R_0\sin 2\pi f_0t$ 。并假设它们在沿 X 轴方向的谐振电场 $E=Asin 2\pi ft$ 的作用下改变与原点的距离过程中，维持其作圆周运动的向心力仍然不会因此发生变化（实际上是存在变化的，但当外电场频率较高时，可暂时不考虑其影响）时，则它们的运动方程分别为：

$$\begin{aligned} \text{加速度: } a_x &= QAsin 2\pi ft/m - 4(\pi f_0)^2R_0\cos 2\pi f_0t & a_y &= 4(\pi f_0)^2R_0\sin 2\pi f_0t \\ \text{速度: } V_x &= \int a_x dt = \int \left(\frac{QA\sin 2\pi ft}{m} - 4(\pi f_0)^2R_0\sin 2\pi f_0t \right) dt = -\frac{QA\cos 2\pi ft}{2\pi fm} - 2\pi f_0R_0\sin 2\pi f_0t \\ V_y &= 2\pi f_0R_0\cos 2\pi f_0t & & \text{(公式 1)} \\ \text{位移量: } X &= \int V_x dt = \int \left(-\frac{QA\cos 2\pi ft}{2\pi fm} - 2\pi f_0R_0\sin 2\pi f_0t \right) dt = \frac{QA\sin 2\pi ft}{4(\pi f)^2m} + R_0\cos 2\pi f_0t \\ Y &= R_0\sin 2\pi f_0t \end{aligned}$$

扣除其原来的加速度、速度和位移量，则在外电场作用下的纯粹加速度、速度和位移量分别为：

$$\begin{aligned} \text{加速度变化量: } \Delta a_x &= QA\sin 2\pi ft/m \\ \text{速度变化量: } \Delta V_x &= \int \Delta a_x dt = \int \left(\frac{QA\sin 2\pi ft}{m} \right) dt = -\frac{QA\cos 2\pi ft}{2\pi fm} & \text{(公式 2)} \\ \text{位移量变化量: } \Delta X &= \int \Delta V_x dt = \int \left(-\frac{QA\cos 2\pi ft}{2\pi fm} \right) dt = -\frac{QA\sin 2\pi ft}{4(\pi f)^2m} \end{aligned}$$



图六-27：原子中的电子在外电场作用下的运动状态变化示意图

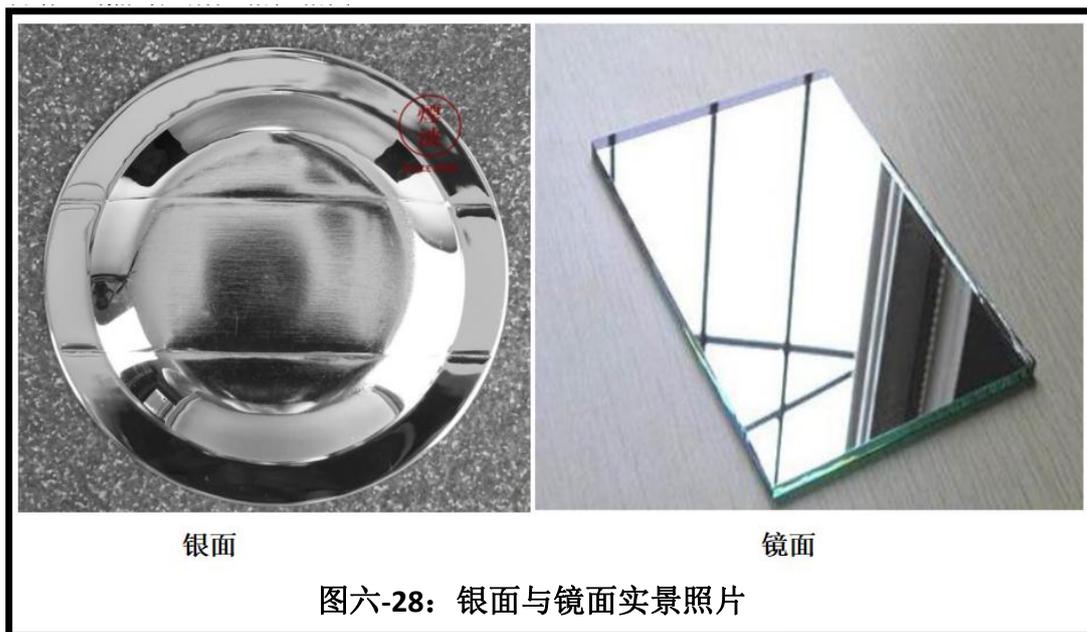
从以上各公式和图六-27 可知：在正弦波外电场作用下的极化元的时变电偶极矩与外电场

正好差半个周期，其产生的次生电场当然也就与外电场正好相差半个周期。这也是为什么反射光存在半波损失的原因所在。也是折射光为什么速度会低于光疏介质入射光速度的根本原因所在。因为从反射光极化介质中的极化元到极化元产生次生光需要消耗半个周期的时间。当单位长度内的极化元数量越多，需要损耗的时间自然也就越多，介质内部的光速也就越慢（由于原子与原子、分子与分子间可视为真空，其间的光速相对介质恒定为真空中的光速）。

总之，介质中的折射光不是入射光的变种，而是由介质中的极化元产生的全新的次生光。

1.3、光密介质内部的光遇到光疏介质时的反射光无半波损失的原因分析

由于介质内部的光为介质自身产生的次生光，且产生过程是：每个再生周期都会消耗掉半个周期的时间。因此，介质内部的光的相位并不是连续变化的。但在不同介质界面处的电磁场相位是由界面处的原子的极化方向决定的，入射光与反射光都是同一界面处的原子产生的，唯一性就决定了其相位的唯一性，相位必须是相同的。在光密与光疏介质界面交接处，光密介质一侧的原子数量多于光疏介质一侧，在此交接处所产生的反射 / 散射、透射光是由界面两侧原子共同产生的次生光，但主要由光密介质一侧的原子产生，因此，界面处的反射回到光密介质内部的光当然与入射光相位相同。

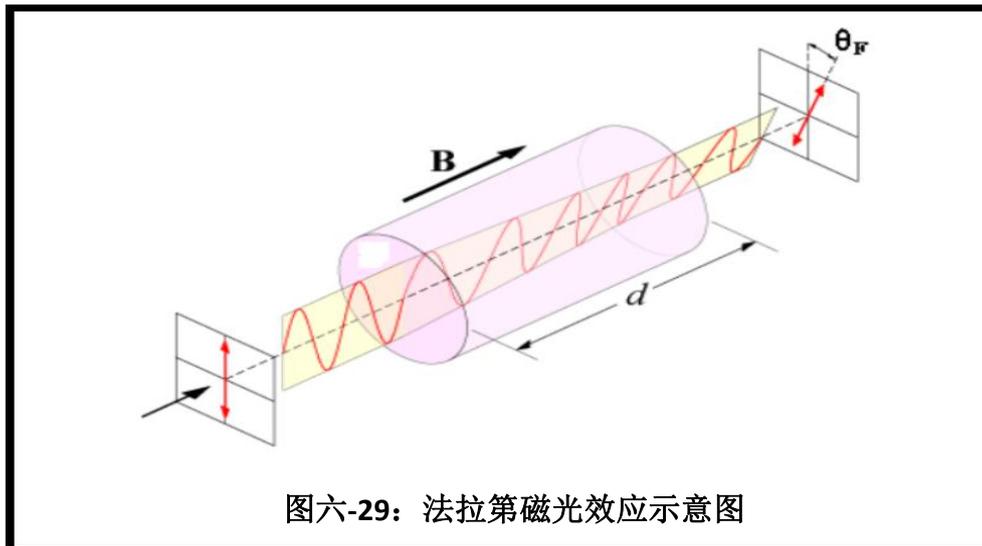


从上图六-28 可知：银面仍保留着金属光泽，其反射光的强度远小于镜面。而镜面的反射几乎是全方向全反射式的。那么，为什么一层薄薄的银原子沉淀在平整的玻璃上后，就会形成反射能力如此之强的物件呢？这是因为平整度超高的平面玻璃本身是以产生折射光为主的次生光，反射和散射光的强度十分弱小。当银原子与平面玻璃紧密接合后，银原子的排列呈现高度地有规律性，其产生的次生光以反射光为主，而散射光强度十分微弱。因此，镜面就成了反射率高到几乎完美程度的物件。而玻璃与银原子的接触面处两侧的原子的次生光的相位是同向的，且相位不存在明显差异，不会出现相互抵消的现象。这才是镜面反射能力强的原因所在。

2、偏振折射光的法拉第磁光效应

2.1、法拉第磁光效应简介

法拉第磁光效应。当线偏振光在介质中传播时，若在平行于光的传播方向上加一强磁场，则光振动方向将发生偏转，偏转角度 ψ 与磁感应强度 B 和光穿越介质的长度 d 的乘积成正比，即 $\psi = VBd$ ，比例系数 V 称为费尔德常数，与介质性质及光波频率有关。偏转方向取决于介质性质和磁场方向。上述现象称为法拉第效应或磁致旋光效应。[摘自 360 百科]



图六-29：法拉第磁光效应示意图

2.2、法拉第磁光效应机理分析

2.2.1、可能因素分析

根据 $\psi = VBd$ 可知：只有当外加磁场 B 和介质长度 d 均不为 0 时才有可能出现折射光的法拉第磁光效应，二者缺一不可。由此可见肯定：导致本效应的因素共有三种可能性：A、外加恒定磁场 B 直接使偏振光改变偏振方向；B、外加恒定磁场使介质中的原子中的电子与原子核改变运动状态导致通过介质中的电磁波或光子改变偏振方向；C、外加恒定磁场使介质中的原子中的电子与原子核改变运动状态并导致其产生的次生光的偏振方向与入射光出现差异。

2.2.2、外加恒定磁场 B 直接使偏振光改变偏振方向的可能性分析

由于当 $d=0$ 时，偏转角 $\psi = 0$ 。因此，可以排除外加磁场直接导致偏振光的偏振方向发生改变的可能性。否则，在真空中的恒定磁场也会使偏振光的偏振方向改变偏振方向。这也从一个侧面证明了恒定磁场并不能使光发生偏振方向的变化。这也符合电磁场仅遵循矢量叠加原理，并不能相互作用而改变彼此的规律。

2.2.3、外加恒定磁场使介质中的原子中的电子与原子核改变运动状态导致通过介质中的电磁波或光子改变偏振方向的可能性分析

2.2.3.1、外加恒定磁场使原子中的电子与原子核改变运动状态，当电磁波通过介质时，当然会致使电磁波的运动轨迹发生变化，但不应该会导致其偏振方向的变化。也就是说：如果外

加恒定磁场使原子的运动状态发生变化，只会改变电磁波的运动轨迹或方向，不会改变其偏振方向。因此，此种情况下，只会使折射光的路径与无外加恒定磁场时有异。但实际情况并非如此。因此，可以排除此种可能性。

2.2.3.2、外加恒定磁场使原子中的电子与原子核改变运动状态，当光子通过介质时，当然会使光子的运动轨迹发生变化，但不应导致其偏振方向的变化。因为光子本身并不存在偏振方向，即使是存在，也不会因为原子运动状态的变化而改变。因此，此种可能性也可以被排除。

2.2.3.3、就算光具有波粒二象性，外加恒定磁场使原子中的电子与原子核改变运动状态，当光通过介质时，也只会改变光的运动轨迹，而不可能改变其偏振方向。此种情况也可以被排除。

2.2.4、外加恒定磁场使介质中的原子中的电子与原子核改变运动状态并导致其产生的次生光的偏振方向与入射光出现差异的可能性分析

如果把折射光视为入射光或邻近其他原子、分子和分子团产生的次生入射光使原子产生极化（光产生的电场使电子与原子核朝正好相反的方向运动导致电偶极子化）并产生次生光，则本效应的机理就比较好理解了：入射光或次生入射光使原子极化（实际上主要是电子改变运动状态，原子核虽然也会改变运动状态，但实际改变量要比电子小二个数量级以上，在可见光波段时可忽略其影响）并产生次生光的过程中，电子会受到外加恒定磁场的作用而改变运动轨迹（与无外加恒定磁场时相比），这种轨迹的改变将直接导致其产生的次生电场的偏振方向的改变。这也是为什么法拉第磁光效应与介质的长度 d 成正比的原因。因为介质长度越大，介质产生次生光的次数就会越多，当每次偏振方向改变量相同时，则次数越多，总的改变量自然也就越大。这才是本效应与介质长度成正比的根本原因所在。

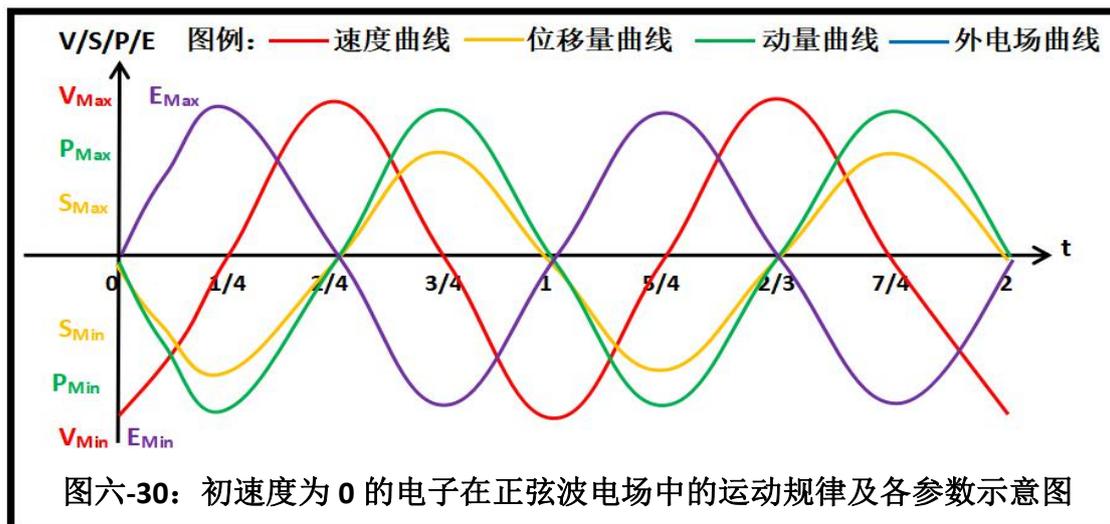
综上所述，只有当通过介质的折射光是由介质重新产生的全新的光时，外加恒定磁场才有机会利用改变介质中原子的电子运动状态的机会让光的偏振方向发生改变。这才是法拉第磁光效应的真实机理。

2.3、通过介质的折射光为介质产生的次生光的佐证简介

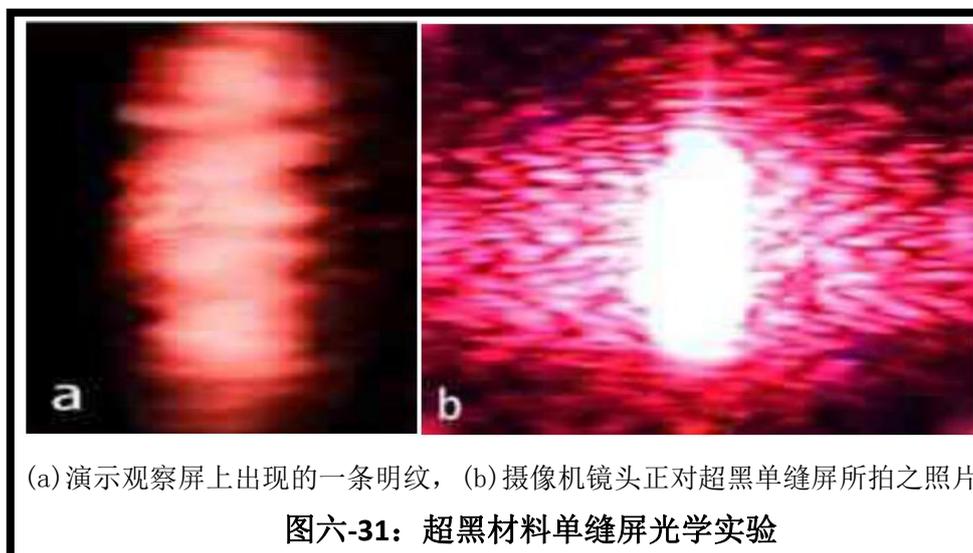
2.3.1、反射光存在的半波损失现象证明反射光并不是入射光

如下图六-30 所示：入射光照射到介质界面上时会使介质中的电子朝入射光产生的电场正向运动，当入射光电场的振幅为正弦波时，其使电子的加速度与电场的振幅同步，但电子的速度变化相位会滞后于电场振幅 90 度，电子的位移量相位变化会滞后于电场振幅 180 度。当原子中的电子与原子核的距离发生改变时，原子就会成为电偶极子并产生电偶极子次生电场，其振幅变化与电子的位移量成正比或相位相同。因此，由介质产生的次生电场的振幅与入射光的振幅间的相位存在半个周期或 180 度的差异。这才是反射光存在半波损失的原因。实际上，由介

质产生的散射光、折射光、透射光、衍射光和绕射光的相位都与入射光存在半个周期的相位差。



2.3.2、超黑材料单缝实验无衍射光现象证明衍射光不是直射光绕射的结果



从上图六-31 所示：当用超黑材料覆盖单缝边缘时，则屏幕上就不会出现所谓的衍射光。这就直接证明了衍射光并不是直射光衍射或绕射的结果，而是缝边缘产生的次生光。

综上所述，无论是反射、折射和衍射光都不是入射光改变运动方向或速度的结果，而是由入射光照射的介质产生的次生光。就如公安侦办案件一样，由光的反射、折射和衍射三种情况综合证明了反射、折射和衍射光均是由介质产生的次生光，这就形成了一个完整的、相互印证的证据链，其可信度要比双缝实验预示着光为电磁波、光电效应预示着光子存在要高得多。

2.4、法拉第磁光效应的物理意义简述

2.4.1、证明穿越介质后的透射光并非入射光

法拉第磁光效应证明：光与介质的相互作用并不是光（量）子被介质中的分子或原子反射/散射、折射/透射作用而改变运动方向与速度或相位与频率，也不是电磁波被介质反射、散射、折射、透射。而是光具有的时变电场与磁场使介质中的原子极化成为电偶极子并产生次生电磁场并作用于不同方位上的其他电荷的结果。

2.4.2、证明星光不是原生光

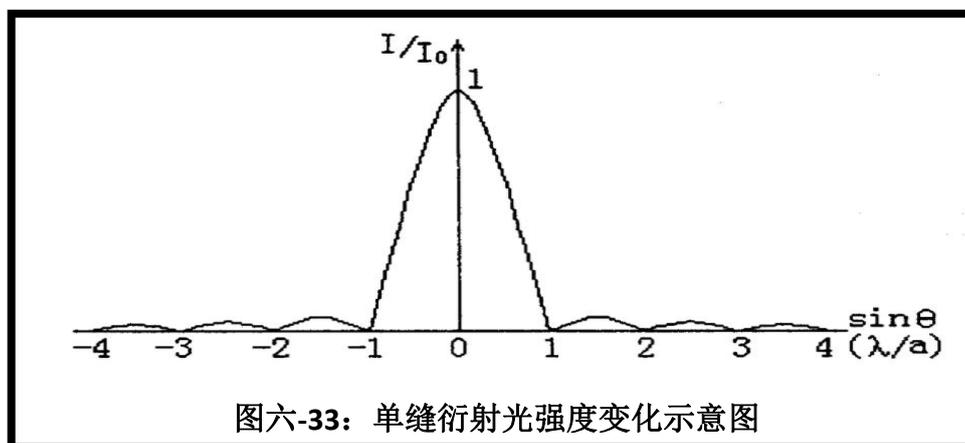
依所谓的宇宙背景辐射现象可知：星际空间存在大量低温物质且各向基本同性（分布相对均匀）。这些低温物质几乎不能产生可能光，但可以透射可见光。地球上观测到的星光是在被这些低温星际物质作用后的次生光，而非原生光。星际物质会使星光的频率随星光在宇宙空间中的运动距离（再生次数）增加而不断降低。这可能才是星光红移量与距离成正比的根本原因。如此一来，哈勃定律可能就是完全不符合客观实际的了。

3、单缝衍射实验结果

3.1、单缝衍射实验简介



图六-32：单缝衍射实验装置示意图



图六-33：单缝衍射光强度变化示意图

由上图六-33可知：主瓣强度是副瓣强度的10倍以上，而第1、2、3副瓣的强度差异则较小，强度差异应该在50%以内。同时，主、副瓣间存在强度为0的分隔点。因此，所谓的衍射光的强度比直射光的强度弱得多，同时存在类似的干涉现象。这些规律应该体现为：衍射光并不是直射光绕射或衍射而成的，而是单缝二条边缘产生的次生光的叠加结果。

季灏在《“衍射”、“干涉”现象的新研究》一文中公开的发现：当光不直接照射在单缝边缘时，屏幕上就不会出现衍射光；

杨发成在《光子衍射现象的几个例外及它们的意义》一文中公开的发现：当用超黑材料覆

盖单缝边缘后，屏幕上也不会出现衍射光。

3.2、决定衍射光强度变化规律的主要因素分析

3.2.1、决定衍射光强度峰值变化的主要因素

由主、副瓣峰值强度相差达 10 倍左右可知：主瓣是由通过单缝的直射光形成的；副瓣不可能是直射光绕过缝边缘的产物，否则，其强度应该不存在突变并应均匀减弱。由此可见，主、副瓣的光源应该是不同的。

3.2.2、决定衍射光强度有规律地变化的主要因素

衍射光的强度有规律地变化且高度类似干涉现象表明：衍射光不是直射光绕射缝边缘的结果，否则不应该出现干涉现象。我们知道：干涉现象必定存在两个或两个以上的相干光源或次级光源才有可能发生。而本实验中，最有可能的次级光源是单缝边缘。它们形状类似且相互平行，完全符合干涉光源条件。杨发成用超黑材料覆盖单缝边缘、季灏不让光直射单缝边缘时衍射光消失，进一步证明衍射光就是由单缝边缘产生的次生光。由此可见，衍射光应该也只能是由缝边缘产生的次生光叠加所形成的。

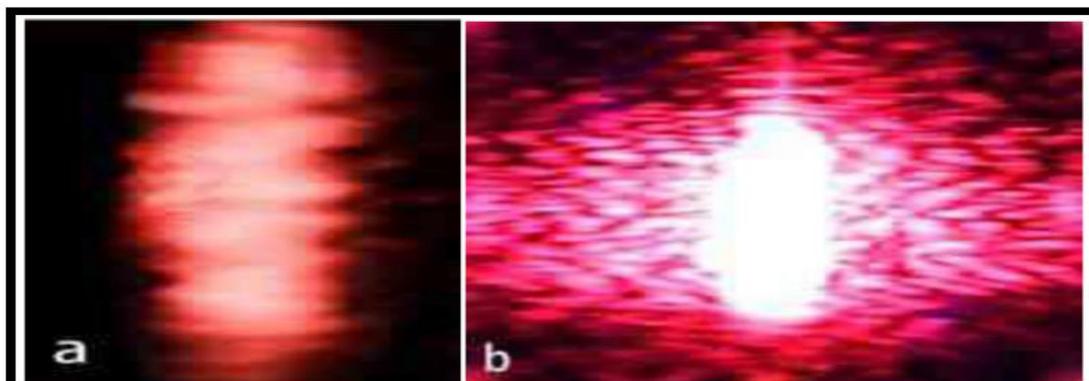
3.3、检验决定衍射光强度主因的方法

上面分析了决定衍射光强度的主因是单缝边缘，也就是直射光照射到缝隙边缘时会使其成为次生光源。那么这种分析结果是否符合客观实际呢？我们可以用以下的方法来检验与验证：

3.3.1、用不同材质的单缝板进行单缝衍射实验

我们知道：不同材料的反射系数不同（实际上是再生次生光的能力不同），当利用不同反射系数的材料制作成同尺寸的单缝板并进行单缝衍射实验时，如果衍射光是直射光绕射或衍射的结果，则副瓣与主瓣的强度比值不会出现明显改变。反之，若主、副瓣强度比值出现与反射系数成比例的变化时，则证明衍射光是由缝边缘产生的次生光的叠加结果。

3.3.2、超黑材料覆盖单缝边缘的衍射实验



(a) 演示观察屏上出现的一条明纹，(b) 摄像机镜头正对超黑单缝屏所拍之照片

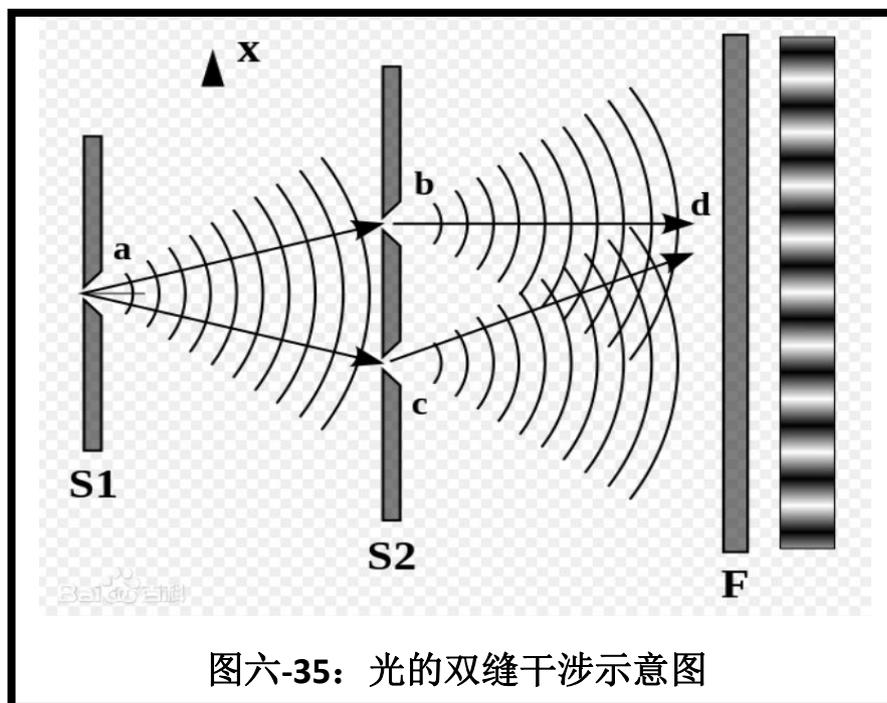
图六-34：超黑材料单缝屏光学实验结果照片

如上图六-34 所示：本实验已由杨发成先生于 2014 年完成。本实验结果表明：当用超黑材

料覆盖单缝边缘后，衍射光就基本上没有了。这就直接证明了衍射光是由单缝边缘产生的，而非光本身具有波动性或衍射和绕射能力。

4、光的双缝干涉现象

4.1、光的双缝干涉结果简介



图六-35：光的双缝干涉示意图

由上图六-35 可知：目前物理学界普遍认为光具有波动性，认为当光通过窄缝时会向缝隙两侧扩散。这也是所谓的惠更斯原理所描述的场景。当通过两条窄缝的光到达屏幕后，因其强度与频率都符合相干光的条件，而屏幕上不同位置离双缝的距离是不同且有规律地变化的，因此，通过双缝的光到达屏幕的时间就存在差异，其叠加在屏幕上就会呈现出明暗相间的干涉条纹。

4.2、光的双缝干涉现象形成的机理分析

从单缝衍射光强度具有的特点（衍射光强度仅为直射光强度的二成以下、强度存在明暗相间的干涉类条纹、当用超黑材料覆盖单缝边缘时衍射光消失。详见下图六-33）可知：衍射光应该是也只能是由单缝边缘产生。否则就不应该出现干涉类明暗条纹（只有存在双相干光源才会形成干涉），也不应该在用超黑材料覆盖单缝边缘后就没了衍射光。

另一方面，光的本质是电荷产生的电场和磁场。由偏振折射光的法拉第磁光效应中无介质时就不会出现光的偏振方向的变化可知：外加恒定磁场并不能直接使光的偏振方向改变，也就是磁场并不能直接与光发生相互作用。原因是光是电场和磁场，而电场和磁场遵循矢量叠加原理，并不能相互作用而改变彼此。

再者，真空中（虚线至右侧实线间为真空）的光是不能被侧视的。也就证明：真空中的变化电场或磁场并不能感生次生的、向各个方向传递的次生光/磁场或电场。也就说明真空中不会

存在由变化的电场和磁场相互激励而形成的所谓的电磁波了。

综上所述，光的双缝干涉结果应该是由二条平行的缝隙的四条相对平行的边缘所产生的次生光在屏幕上的叠加结果。

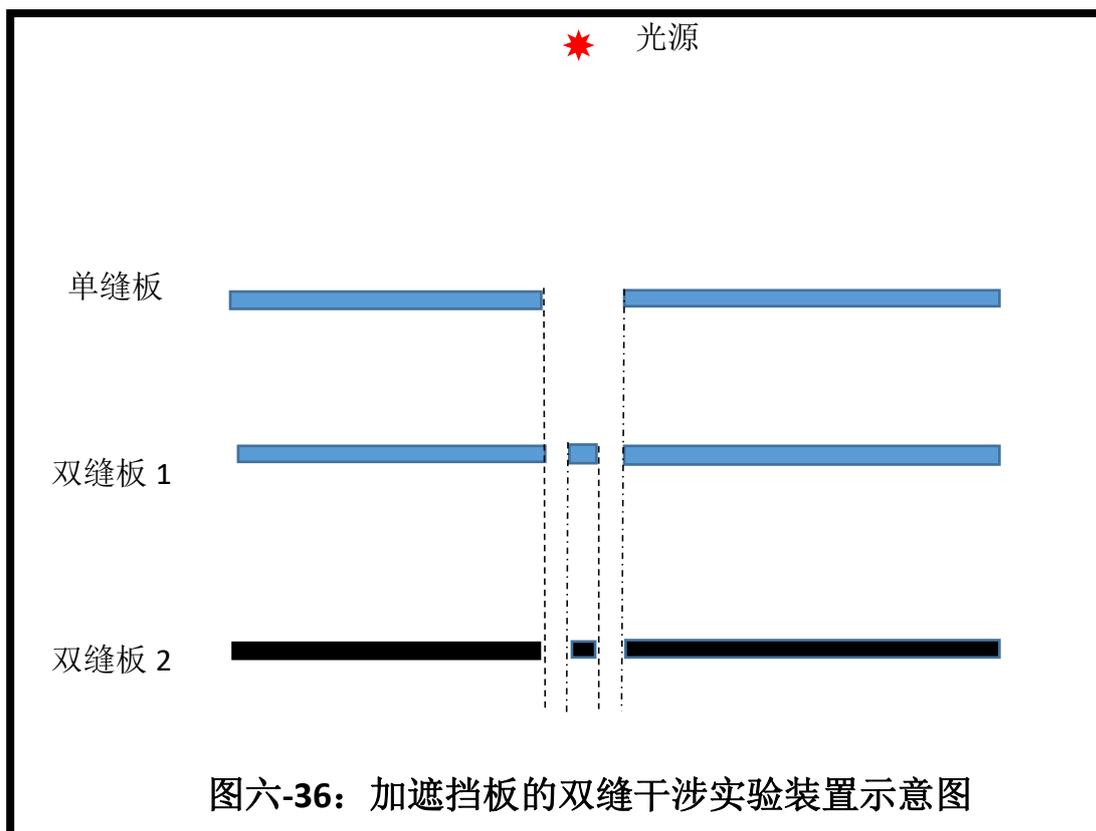
4.3、验证光的双缝干涉机理的方法

1、超黑材料覆盖双缝边缘法

参考杨发成先生所做的利用超黑材料覆盖单缝边缘所做的衍射实验方法，用超黑材料覆盖双缝的四条边缘后再实验，可以预见：实验结果将不会出现干涉条纹。由于此方法存在实际操作难度大的问题，可考虑用不同厚度双缝板及不同反光率的双缝板进行对比实验，以发现双缝边缘厚度与反射率对干涉条纹的明暗强度和条纹间距的影响。如果干涉条纹的强度与间距与双缝板的厚度与反光率无关，则证明光是具有波动性的，形成干涉条纹的光是由穿过缝隙的光球面扩散的光波叠加而成的。否则，就能证明形成干涉条纹的光是由缝隙边缘产生的次生光。

2、遮挡双缝边缘法

如下图六-36 所示：在双缝板前再增加一块双缝板，并使通过此板双缝的光不直接照射在第二块双缝板的边缘上。



图六-36：加遮挡板的双缝干涉实验装置示意图

如果增加了遮挡板后的双缝实验结果没有干涉条纹或干涉条纹已经很微弱了。则证明双缝实验结果中的干涉条纹是由双缝边缘产生的次生光所形成的干涉图像。否则，就可证明光具有波动性，惠更斯原理就是真理了。

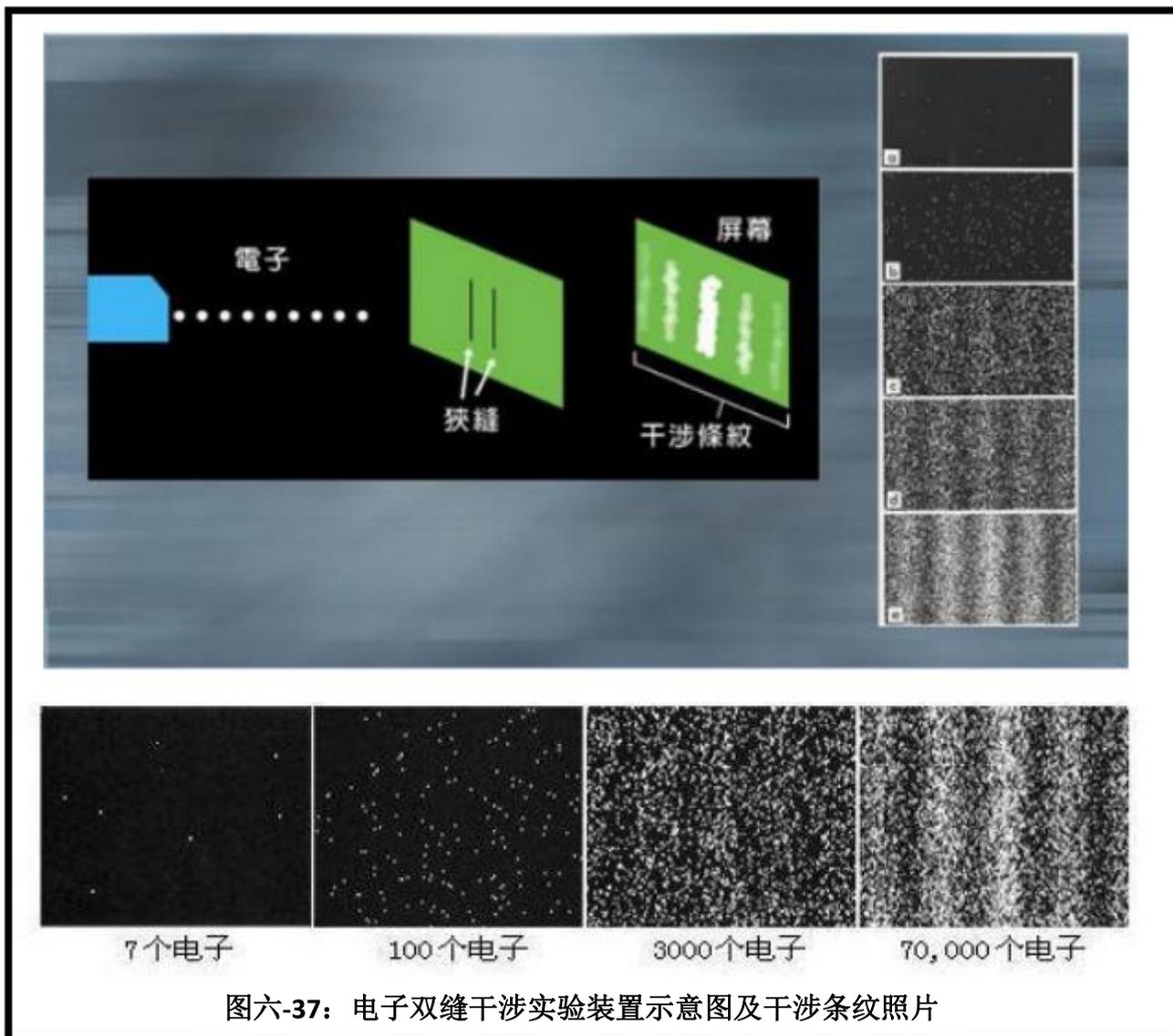
总之，就目前所掌握的光的双缝实验结果并不能唯一地证明光本身具有波动性。因为该实

验结果可能存在多解性。希望各位专家学者能重视此一检验与认证工作。

5、电子双缝干涉现象

5.1、电子双缝干涉实验简介

1961年，蒂宾根大学的克劳斯·约恩松突发奇想的进行了电子双缝干涉实验：将若干电子发射到前方有两条相互平行的狭缝中，电子在通过狭缝后会在后面的探测屏上留下最终的运动位置，结果图像出现了如下图一所示的干涉条纹。



图六-37：电子双缝干涉实验装置示意图及干涉条纹照片

从上图六-37可知：电子在显示屏上是一个电子一个亮点，而不是会产生自相干而消失。只是平面上呈现分布有规律的明暗交替，类似于干涉条纹而已。这就表明：电子不会同时通过两条缝再自相干！

5.2、电子双缝干涉实验中影响电子运动轨迹的主要因素分析

从上图六-37可知：每一个电子在显示屏上只产生一个亮点，而不会产生自相干而消失或

成倍亮点（2个亮点）和在二个以上的位置上产生亮点。只是在平面上累计有大量电子产生的亮点同时显示时，才呈现出有一定规律的明暗交替分布形态，有点类似于干涉条纹而已。这就充分证明：电子不会同时通过两条缝再自相干消失或一个电子同时产生两个或两个以上的亮点！单个电子任何时刻只能处于唯一的空间位置上，而不可能同时处于二个或二个以上的空间位置上。因此，本实验不可能证明电子存在波动性或概率分布或云状分布！

电子作为同时携带质量、电荷和自旋磁矩的实体粒子，其运动轨迹的变化应遵循牛顿第二定律：电子所处空间位置的即时总力场（万有引力和电磁力之合力简称为总力场，在特定空间位置上，总力场的大小与方向在任意特定时刻均是唯一的。因强、弱相互作用力对电子的宏观运动不会有明显作用，因此，只需要考虑万有引力和电磁力的合力即可）是决定电子改变运动趋势的唯一客观因素。由此可知：本实验中电子自产生电子的电子枪出来后的运动轨迹仅与初始运动方向和速度以及路径上的总力场和电子自身质量有关。如果要使电子改变运动状态，在电子离开电子枪的初始速度和方向以及自身质量不变时，那就必须改变其路径上的总力场。因此，本实验中的电子运动状态的改变是因为：

5.2.1、电子运动轨迹的改变是由电子运动路径上的总力场变化导致的；

5.2.2、电子改变运动方向是由电子运动路径上存在垂直运动方向的总力场分量导致的；

5.2.3、电子改变运动速度是由电子运动路径上存在平行运动方向的总力场分量导致的；

5.2.4、在实验中不设双缝板时，电子的运动方向不会改变的话，则设双缝板后，电子的运动方向的改变就是由双缝板导致的；

5.2.5、双缝板导致电子改变运动方向的力主要来源于双缝板原子热运动过程中在双缝板附近及双缝间产生的电磁辐射（万有引力的作用可忽略），且电磁辐射强度及方向均随时间变化；

5.2.6、特定电子运动方向的改变程度和方位由电子进入双缝板时电磁辐射的初相位决定；

5.2.7、大量电子随机地（不定时）通过双缝板时，板间的电磁辐射改变电子的运动方向的程度和方位存在统计学上的、有规律性的分布，这是导致电子落到屏幕上的位置分布出现类似干涉条纹的根本原因。

由此可见，电子出现类似干涉条纹状分布并非电子本身存在波动性或波粒二象性，只是受到双缝板间有规律的变化电磁场作用而改变运动方向的结果。可以想见：当降低双缝板的温度，特别是双缝板的温度接近绝对0度时，电子通过双缝板时的方向改变程度会随之降低甚至难以观测到。因此，用在不同温度条件下的同类实验结果，可以用来验证本文的观点。

5.3、单因素分析法在电子双缝干涉中的应用

5.3.1、不加双缝板：按照图一布置实验装置后，为了分析各实验因素对实验结果的影响。我们可以先把双缝板拆除，其他实验条件不变。那么，可能出现如下二种可能性：

A、电子在屏幕上的成像为点状或一定范围内均匀分布或一定范围内中间密集、周边渐暗

状分布；

B、电子在屏幕上的成像为干涉条纹状，与有双缝板时完全一样。

5.3.2、增加双缝板：按照图一布置实验装置，并形成如图一相同的实验结果。

5.3.3、结果分析

A、若无双缝板出现 1、A 条的情形，则说明本实验结果表明：**电子干涉条纹是由双缝板的作用产生的。**

B、若无双缝板出现 2、B 条的情形，则说明本实验结果表明：**电子干涉条纹是电子自身运动的结果，与双缝板无关。**

5.4、结论

采用上述单因素分析法可以判别电子双缝干涉实验结果到底是双缝板的作用还是电子本身存在波动性。由于未获得本实验无双缝板时的电子成像，暂时不能确切地认定是双缝板的作用还是电子本身具有波动性。但我们可以合理地推断：在没有双缝板的情况下，电子在屏幕上的成像只有三种可能性：一是电子成像为一固定点；二是电子成像为一均匀分布的面状区域；三是电子成像为一非均匀分布的面状区域，即中间亮、周边渐暗。可以肯定的是，在没有双缝板的情况下，不可能出现有双缝板时的干涉条纹状明暗相间的面状分布。

由以上分析可知：**电子双缝干涉实验结果出现的明暗交替干涉条纹状图像不是电子本身具有的波动性产生的，而是双缝板的作用产生的。这是单因素分析法必定得到的结论。否则，我们就不必要做双缝板实验，用单缝、单孔，甚至不用任意板均应得到干涉条纹状图像。**

实质上，由于双缝板间存在与板内电子围绕原子核运动周期相关的交变电磁场，虽然这种变化电磁场的强度很弱，但已足够使电子改变运动方向。由于电子经过双缝板期间，被交变电磁场作用的次数是离散的，因此，导致电子偏转角度也不是连续的。由此出现了电子到达屏幕时的位置存在规律性变化而造成了明暗交替的现象。这才是电子双缝干涉图像产生的根本原因。

6、为何世间有花红叶绿果黄的丰富多彩颜色

我们知道：在同一太阳光的照射下，地面上的物体之颜色是千变万化的，特别是植物的不同部分与不同季节的颜色更是丰富多彩的。还有由不同元素组成的物体表面的颜色各异，就算是将其表面打磨成完全相同的平整度，其表面的颜色也是完全不同的。这些现象是用光为电磁波或光子甚至是波粒二相性都无法解释的。因为如果光是电磁波或光子，即使是同一种光源产生的光被平整度相同的、由不同原子和分子构成的物体表面反射的光的颜色也会不同。而按照光是电磁波或光子的假设，被平整度相同的物体表面反射后的光的频率应该不会发生变化，即

使是发生变化，也应该是同平整度不同物质表面径向的光的变化量也应该是相同的。

如果把光当成电场和磁场，则能很好地解释世间万物的颜色在同一光源照射下而不同的现象：由于光照射到物体表面时，物体表面附近的原子就会被极化为电偶极子并产生相应的次生光。但由于不同物体表面的原子排列组合方式的不同，导致入射光对不同位置上的原子的极化时刻不同，到达观测点的距离也不同，从而使由原子构成的子光源所产生的次生光到达观测点时的相位各不同。由不同相位的次生光在观测点处叠加后形成的反射和散射光的强度和频率自然就会不同。这就是为什么不同物体表面的颜色完全不同的原因所在。

7、哈勃常数与频率成正比现象

7.1、哈勃常数的由来及实测情况简述

7.1.1、哈勃定律和哈勃常数的由来

哈勃定律(Hubble's law)： $V_f = H_c \times D$

参数说明：

V_f : Velocity (Far Away) 远离速率 单位：km / s

H_c : Hubble's Constant 哈勃常数 单位：km / (s • Mpc)

D : Distance 相对地球的距离 单位：Mpc 百万秒差距

哈勃定律：速度和距离均是间接观测得到的量。速度——距离关系和速度——视星等关系，是建立在观测红移——视星等关系及一些理论假设前提上的。哈勃定律原来由对正常星系观测而得，现已应用到类星体或其他特殊星系上。哈勃定律通常被用来推算遥远星系的距离；

哈勃定律是物理宇宙论的陈述：来自遥远星系光线的红移与他们的距离成正比。这条定律是哈勃和米尔顿·修默生在接近十年的观测之后，于 1929 年首先公式化的。它被认为是在扩展空间范例上的第一个观察依据，和今天经常被援引作为支持大爆炸宇宙学的一个重要证据。这个常数的最佳数值是在 2003 年使用人造卫星威尔金森微波各向异性探测器(WMAP)测得的，数值为 71 ± 4 km/s/Mpc。在 2006 年的资料，图中对应的是 77 km/s/Mpc。[摘自百度百科]

据相关资料记载：哈勃最初测量得到的哈勃常数为 500 km/s/Mpc；利用哈勃望远镜观测造父变星和标准宇宙烛光法计算星系的距离，给合星系红移量计算的哈勃常数为 74Km/s/Mpc；利用宇宙背景辐射观测数据与宇宙标准模型法得到的哈勃常数为 67.8Km/s/Mpc；而用红巨星代替标准烛光造父变量计算得到的哈勃常数为 69.8Km/s/Mpc。

7.2、哈勃常数数值各异的可能原因分析

7.2.1、哈勃定律存在根本性原生错误

目前已经有的证据有：哈勃望远镜拍摄到的不少星系相互碰撞的照片（如下面的照片所示）

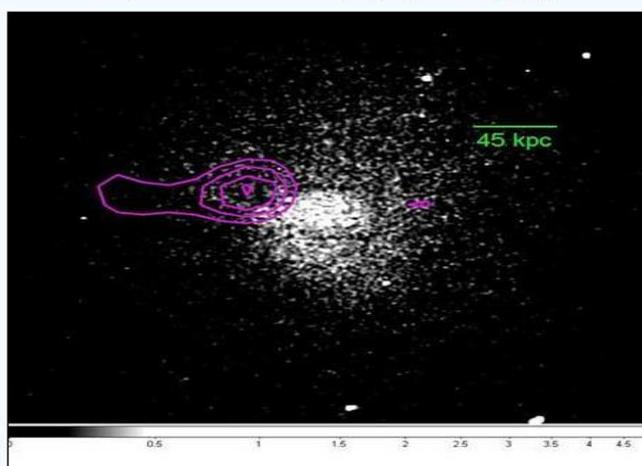
以及类星体存在的多组红移量不等的吸收谱线簇。这些证据表明：天体间的距离并非均随时间不断加大；星光在来地球的途中频率是在不断变化并降低的。这从根本上否定了星光红移量是由天体相对地球退行造成的，也就否定了哈勃定律。

同时，从目前已有的光与介质间相互作用规律：入射光使介质中的原子与分子极化并产生次生光，所谓的反射、散射、折射和透射光只是介质产生的次生光的一部分而已。因此，地球人观测到的星光是在被星际物质作用后的折射光，其运动方向、运动速度、振幅、相位与频率均会与原生的星光有所不同，且可能随星光在星际空间的运动距离而不断变化着。因此，星光随距离降低频率应该是由星际物质作用的结果，而非天体退行导致的。

sina 科技时代 | 科技时代 > 科学探索 > 正文

美观测到星系团以上千万公里时速碰撞(组图)

<http://www.sina.com.cn> 2007年07月20日 07:41 新浪科技



Abell 576实际上由两个星系群构成

sina 科技时代 | 科技时代 > 科学探索 > 正文

美观测到四星系大碰撞 将合并成一个超大星系

<http://www.sina.com.cn> 2007年08月08日 07:48 新浪科技



美天文学家观测到四星系大碰撞壮观景象

7.2.2、哈勃测量的哈勃常数存在的问题

哈勃仅测量了数十个离地球较近的星系的红移量，且当时的测量技术与确定天体的距离的方法也不尽完善。因此，得到的哈勃常数自然就不够准确，并与后来用哈勃望远镜等先进设备与方法测量的结果自然会差别悬殊。

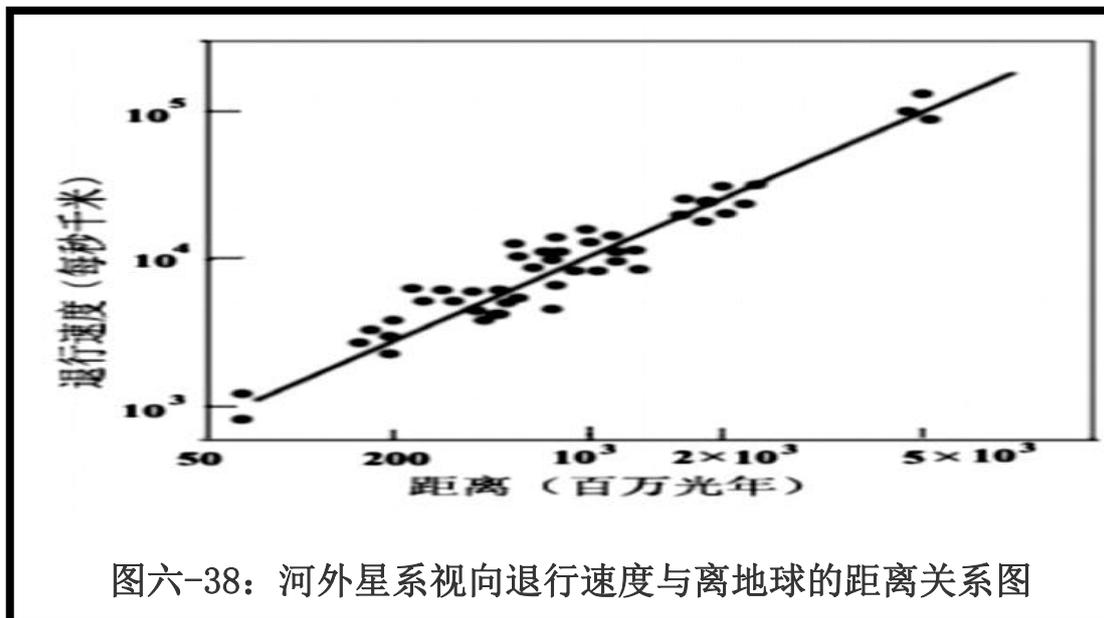
7.2.3、三种测量方法得到的哈勃常数值不同的原因

从三种测量方法所使用的接收星光频率段与所得到的实测数据分析可知：**哈勃常数值随使用的频率增加而增加**。即频率最低的宇宙背景辐射法为 67.8Km/s/Mpc；频率次高的红巨星法为 69.8Km/s/Mpc；而频率最高的造父变星法为 74Km/s/Mpc。这一规律可能正好说明天体红移量是由星际物质作用的结果：**频率越高的星光在星际物质中频率降低的速率越大**。

8、天体红移量与天体到地球的距离成正比

8.1、天体红移量与距离成正比及哈勃定律的情况简介

1929年由美国天文学家哈勃发现：河外星系的红移量与其到地球的距离成正比。进而以这些红移量是由天体退行导致的多普勒效应，将红移量转换成为天体退行视速度，并得到河外星系的视向退行速度与距离成正比，即所谓的哈勃定律，如下图示。



但实际情况是：观测到的是天体红移量与天体到地球的距离成正比，并非直接观测的天体退行速度。这就导致可能存在巨大的隐患：若天体红移量不是或大部分不是由天体退行导致的，则哈勃定律就不能成立了。

8.2、天体红移量与距离成正比的内在因素探讨

8.2.1、我们有理由相信：至少有三种因素可导致星系的光谱线红移，即：引力红移、多普勒红移（本文暂不讨论所谓的宇宙学红移，因为此项红移若真的存在，也只是多普勒红移的一部分）、星系光波所经过的路径非绝对真空而导致光速和频率降低，可称为介质红移。即：

$$\text{哈勃红移} = \text{引力红移} + \text{多普勒红移} + \text{介质红移}$$

8.2.2、三种导致星系光谱线红移的因素重要性分析：

8.2.2.1、引力红移：根据目前流行的计算方法，可根据相对论质能公式和传统力学中的势能与动能转化公式得出，引力红移量公式如下：

$$\Delta f = f_0 - f_1 = GMf_0 / (SC^2 + GM)$$

其中： Δf 为光波的频率变化量， G 为万有引力常数， M 为被测星系的质量， f_0 为光波自星系出发时的频率， f_1 为光波到达观测点的频率， S 为被测星系到观测点的间距， C 为光速。

我们知道，河外星系发出的光波到达地球的路径上的万有引力分布是：自被测星系到地球（银河系）间应该存在一个万有引力为 0 的点（只考虑发光星系与银河系的万有引力，不考虑其他星系或天体的万有引力），暂且称此点为万有引力平衡点（简称“平衡点”）。则自被测星系到平衡点间，光波会出现引力红移。但自平衡点到地球间，光波应出现引力蓝移。当被测星系的质量与银河系差别不十分巨大时，将会出现：前期的引力红移被后期的引力蓝移所抵消，或大部分被抵消。因此，所能观测到的引力红移量应该很小，不会成为哈勃红移的主要成分。

8.2.2.2、多普勒红移：根据声波多普勒效应计算公式可推导出光波的多普勒效应计算式

$$\text{为：} \Delta f = f_0 - f_1 = f_0 V / C$$

其中： Δf 为光波的频率变化量， f_0 为光波自星系出发时的频率， f_1 为光波到达观测点的频率， V 为观测点相对于发出光波的星系间的视速度， C 为光速。

由于我们不知道地球（或银河系）与其他被观测星系间的视速度，因此，无法得知多普勒红移量值，也就不能判断其在哈勃红移中的地位。

8.2.2.3、介质红移：众所周知，光波在不同介质中的传播速度不同，一般在光密介质中的速度比在光疏介质中的低，真空中光波速度最高。而河外星系到地球间的宇宙空间虽然几乎可认定为真空，但并非绝对真空，宇宙空间分布着各种粒子，虽其数量稀少且可能并不均匀。因此，完全有理由认为：星系光波在运动过程中将受到宇宙空间分布的粒子的影响而导致速度和频率的下降。虽然因粒子的数量稀少、影响极其微弱，但在以百万光年计的长途旅行过程中，随着旅行时间的延长，频率会不断降低。因此，在银河系内和距离较近的星系的天体光谱红移量中，介质红移不占主要地位，多普勒红移占主导地位，从而出现银河系内和较近星系的天体光谱有红移，也有蓝移。但遥远的河外星系因其离地球的距离十分遥远，因此，可能出现介质红移逐渐占据主导地位，从而出现所有河外星系都呈现出光谱红移现象。

8.2.3、从以上分析可以得出：哈勃红移并不是单纯的多普勒红移，而是由三种或三种以上的红移组合所构成。在星系离地球的距离、星系的质量、星系的方位不同时，其组合的红移量值和主导因素应该有所不同。在近空区域（数百万光年以内）很可能是多普勒效应占主导；而远空区域（数百万光年以外）很可能以介质红移为主，距离越遥远，介质红移地位越重要。因此，导致哈勃红移与星系离地球的距离成正比的规律的出现。如果本分析正确，则应该

出现：距离越遥远的星系，其哈勃红移的离散度越小，即更加符合哈勃红移量与距离成正比的规律。

8.3、不利于哈勃定律的证据简述

8.3.1、哈勃望远镜拍摄到的星系相互碰撞照片直接证明星系间的距离并非随时间不断增加



以上这类报道和图片从一个侧面反应出：星系的碰撞、融合不是孤立事件，星系间，甚至星系团间并不只是相互退行。

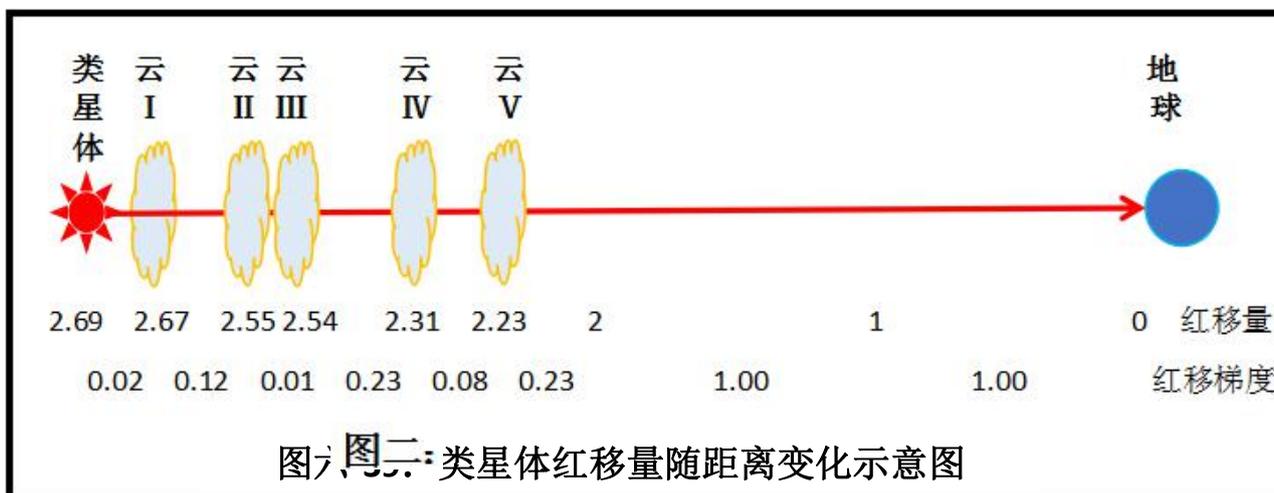
8.3.2、类星体多组不同红移量的吸收谱线暗示星光频率随距离增大不断降低

对于有吸收线的类星体来说，吸收线红移 $z_{\text{吸}}$ 一般小于发射线红移 $z_{\text{发}}$ 。有些类星体有好几组吸收线，分别对应于不同的红移，称为多重红移。例如，类星体 PHL 957 的发射线红移为 2.69，吸收线红移有五组：2.67、2.55、2.54、2.31、2.23。

8.3.2.1、类星体 PHL 957 的红移的可能原因分析

该类星体有一组发射线和五组吸收线红移，且发射线红移量均大于吸收线红移量，这就不可能是用宇宙学红移、多普勒红移和万有引力红移可以解释的了。

从吸收线形成机理可知：类星体的光在来到地球的过程中至少与五块密度较大的气态物质发生过相互作用而形成了五组吸收谱线。红移量变化规律证明：星光随距离不断降低频率。



从上图六-39 可得出：星光随运动距离的增大而不断降低频率是由于宇宙空间为非绝对真空，星际介质将使星光产生反射/散射、折射/透射和转换/热辐射作用，在地球上观测到的星光主要是由星际物质透射作用后的星光，其频率会随着距离的不断增加而降低。

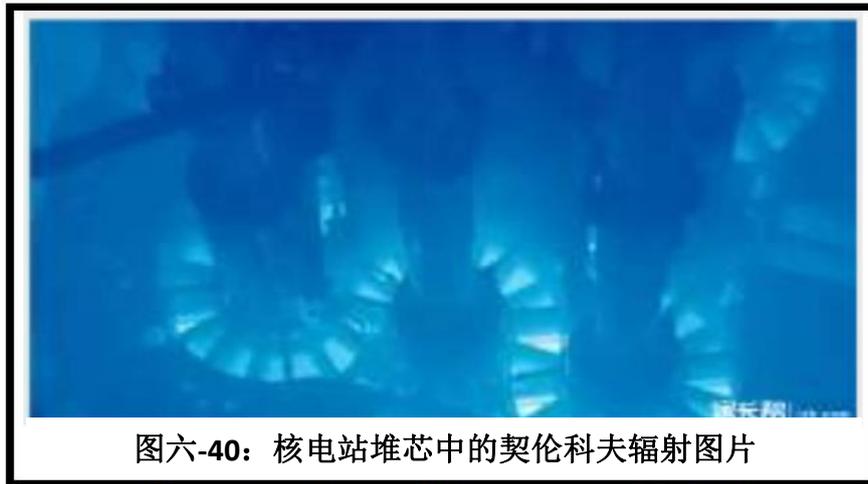
8.3.2.2、类星体多组吸收谱线是证明星际空间存在介质的直接证据

从以上分析可知：类星体存在的多组吸收谱线，证明了星光旅行过程中遇到过多个区域的致密气态物质作用，且不同距离上的气态物质产生的吸收谱频率不同。这是星光随距离降低频率的直接证据。但因吸收谱线宽度一般很窄，表明气态物质厚度并不大，否则谱线将会有一定的宽度（星光的透射波随在气态物质中运动距离的增加而频率不断降低）。真正使星光随距离降低频率的主要原因并不是这类厚度薄、密度大的气态区域，而是密度很小但距离巨大的近似真空区域。

9、契伦科夫辐射现象

9.1、契伦科夫辐射现象简介

契伦科夫辐射(Cherenkov radiation)是介质中运动的物体速度超过光在该介质中速度时发出的一种以短波长为主的电磁辐射，其特征是蓝色辉光。这种辐射是 1934 年由前苏联物理学家帕维尔·阿列克谢耶维奇·契伦科夫发现的，因此以他的名字命名。



图六-40：核电站堆芯中的契伦科夫辐射图片

契伦科夫辐射的总强度与入射带电粒子的速度成比例关系，另外粒子数量越多总强度也越强。与荧光或受激放射的电磁频谱具有特定频率的峰值的情形相异，契伦科夫辐射的频谱是呈连续性的。一个频率下的相对强度与该频率呈正比，也就是说在契伦科夫辐射，高频率(短波长)会有较强的强度。这解释了为何可见光波段部分的契伦科夫辐射看起来呈亮蓝色。实际上，多数契伦科夫辐射是在紫外线波段--当带电粒子被更充足地加速后，才会使可见光波段变得明显而得见；人眼感光最敏锐的波段是绿色光(平均为 555 纳米)，对于蓝色光到紫色光的感应度则相当低【摘自“360 百科”】。

9.2、契伦科夫辐射机理分析

9.2.1、契伦科夫辐射产生条件

产生契伦科夫辐射的条件有二：

9.2.1.1、粒子运动速度不会突降

粒子的运动速度不会在不同介质交接面处突降，也不会是在介质内部突降是产生契伦科夫辐射的根本原因之一。也就是说：当粒子加速到超过介质中的光速并进入介质后，在介质内部的运动速度会从高于介质中的光速慢慢降低，当在介质中的运动距离足够大时，其运动速度会降低到 0。这也是粒子在有阻力的情况下，运动速度变化的基本规律。除非有质量巨大且与粒子正面碰撞，会使粒子反弹而改变运动方向。否则，在存在阻力相对稳定的介质中，粒子的运动速度只会慢慢降低。

9.2.1.2、带电荷的粒子在介质中会使介质中的原子与分子电离或极化

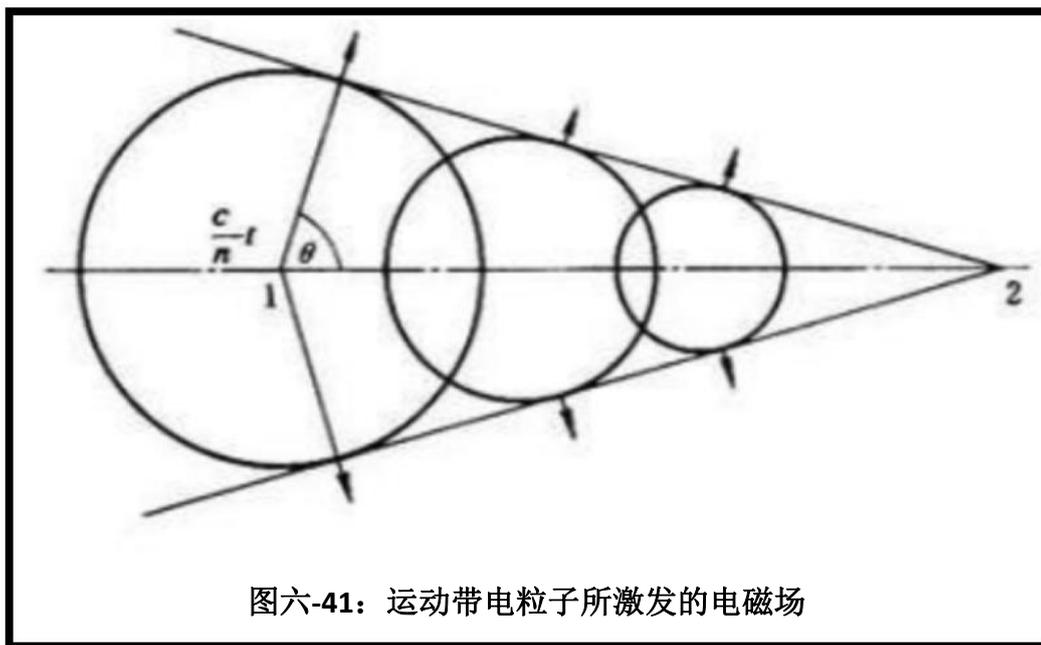
当带电粒子在介质中高速运动时，会使介质中的原子与分子发生电离，也就是原子中的电子会脱离原子核，或者使原子与分子的电子改变运动状态但不脱离原子核。无论是前者还是后者，被电离或极化后的原子与分子就成为了带电体和光源而产生与其运动状态相关的光。根据契伦科夫辐射为连续频率谱的特点，由原子与分子瞬间极化成脉冲式偶极子而产生脉冲式连续频率谱的可能性大于原子与分子被电离的可能性。因为电离后的原子核或离子产生的光的频率

应该是离散的线性谱，电子会产生脉冲式连续频率谱的光，但其强度会相对较低。因此，契伦科夫辐射由带电粒子极化介质中的原子与分子并产生脉冲式连续频率谱的光，其主频与带电粒子的运动速度与质量大小有一定的关联性。

9.2.2、均匀介质中契伦科夫辐射的光前锥面与粒子轨迹间的关系

由下图六-41 可知：当介质的折射率为 n ，则水中的光速为 C/n 。带电粒子的运动速度为 V （暂不考虑粒子在介质中速度随运动距离的变化），则有：

$$\cos\theta = \frac{\frac{C}{n}}{V} = \frac{C}{nV} \quad (\text{公式 1})$$



图六-41：运动带电粒子所激发的电磁场

从（公式 1）可得到，当带电粒子的运动速度 $V > C/n$ 时， θ 才能为大于 0 的值。也就是只有当粒子在介质中的运动速度大于光在介质中的传递速度时，（公式 1）才能成立或才有意义。

9.3、契伦科夫辐射的物理意义

9.3.1、证明粒子在介质表面及介质内部的速度不会发生跃变

粒子在介质表面及内部速度会发生变化，但不会发生突变与跃变。在均匀介质中，粒子的运动速度会随距离不断降低，其速度的下降速率会基本恒定；在不同介质交接面处，粒子的运动速度下降速率会发生突变，但速度变化仍然是连续的。

9.3.2、证明光不可能是粒子或具有粒子性质

光在不同介质交接面处速度会发生突变或跃变，如：从大气层进入水中时，在水表面处的光速会从约每秒 30 万公里突降为约每秒 23 万公里。而从水中出来进入大气层时，则会从每秒约 23 万公里跃升为约每秒 30 万公里。同时，光在水中的速度基本恒定不变。不会像粒子一样，速度随运动距离增加而不断降低。由此可见，光在与介质相互作用过程中的速度变化与粒子完

全不同。这当然预示着光并不是粒子或并不具有粒子性。

9.3.3、证明光是由介质极化或电离产生的电场与磁场

介质中的原子与分子在没有被极化时，一般仅产生与温度有关的电磁辐射。而当被外力电离或极化时，就会产生与电离或极化有关的电磁辐射。这些辐射实质上就是因电离或极化后，原子从基本电中性变成带电体而产生的电场与磁场，只是因为其并非静止，所产生的电场与磁场会随着其运动状态的不同而不同，并随时间不断变化。

另一方面，光照射到介质表面产生反射、散射和折射光也与带电粒子使介质中的原子和分子电离或极化类似。只是前者用的是电场与磁场使分子与原子中的电子改变运动状态；后者则是直接与原子或分子近距离接触而使原子与分子中的电子改变运动状态。但后者与电子间的相互作用极化是通过电场与磁场，并不是直接碰撞。由此可见，两者的作用机理是完全相同的。这就证明了所谓的反射、散射、折射、透射、衍射和绕射光均是介质被极化或电离后产生的次生光，而非入射光本身。

10、石墨烯的吸光率可通过表面性状的改变大幅度提高现象

10.1、石墨烯变吸光率现象

我们都知道，石墨烯是一种由碳原子构成的单层片状结构的“奇迹材料”，甚至有超越硅的地位的可能。但是遗憾的是，它并不擅长吸收光。科学家们一直在寻找能够更好地提高石墨烯光吸收率的方法。现在，来自美国佛罗里达中部大学（UCF）的研究团队发现了一种能提高石墨烯光吸收效率的新方法，并可以使其得到更好地利用。

据报道，利用此新方法可将石墨烯的吸光率一般为 2~3%，通过特殊工艺使其表面产生某种纹理就会成为超级吸光材料，其吸光率可达 90%以上。

10.2、石墨烯吸光率变化的原因分析

通过我们前面对介质吸收光的机理的分析，可以很好地解释此种现象：由于石墨烯表面原子排列方式的改变，由表面每个原子产生的次生光到达观测点时的相位就会改变，当由不同原子产生的次生光的相位相反时，它们的叠加结果就会大大削弱光的强度甚至是相互抵消而消失。由此导致反射光的强度大幅度降低，从而就提高了石墨烯所谓的吸光率了。

11、日食期间路过太阳附近的星光会发生偏转现象

11.1、星光偏转观测过程简介

亨利·卡文迪什及约翰·冯·索尔德纳（Johann Von Soldner）分别于 1784 年（在未发布的手稿中）及 1801 年（于 1804 年发布）指出，牛顿引力预测星光经过大质量天体时会被弯曲。爱因

斯坦于 1911 年只利用等效原理计算出与索尔德纳相同的数值。不过，爱因斯坦在 1915 年完成广义相对论时表示，他之前计算获得的（以及索尔德纳的）数值只是正确值的一半。爱因斯坦成了第一位正确计算出光线弯曲的物理学者。

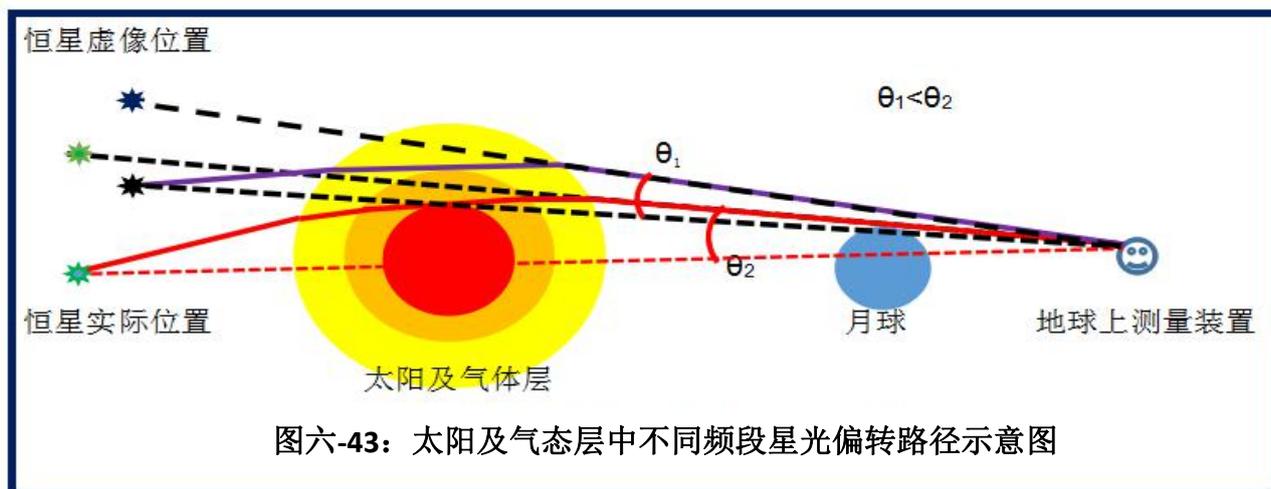
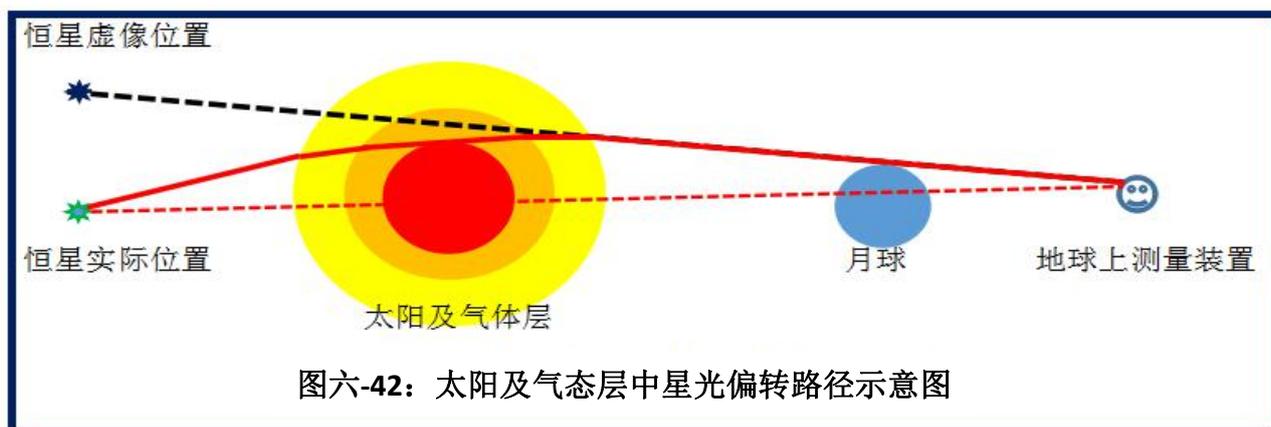
通过比较背景恒星在接近太阳时的位置，可以测量光线的弯曲。该实验于 1919 年由亚瑟·爱丁顿爵士等人合作进行，时值日全食，因此能够观察到太阳附近的星星。同样的观测同时在巴西塞阿腊及非洲西岸的圣多美和普林西比进行。实验结果在当时被算作大新闻，并被刊登在各大报章的头版。爱因斯坦及其广义相对论因此举世闻名。当其助手问他，如果爱丁顿在 1919 年没有证实广义相对论的话，他会如何反应时，爱因斯坦说了著名的一句话：“我会为亲爱的上帝感到遗憾。不管怎样理论都还是正确的。”

最初的准确度非常低。有些学者批评有系统误差（systematic error）和确认偏误的存在，然而之后对原始数据的重新分析指出，爱丁顿的分析是正确的。1922 年日全食发生时，利克天文台重复进行了测量，得出的结果与 1919 年的相符。其后共进行了多次重复的实验，其中较著名的一次由德州大学于 1973 年进行。在之后几乎 50 年内，测量误差仍然无法减小，直到开始采用无线电波频率进行观测。到 1960 年代终于证实了光线弯曲的程度完全符合广义相对论的预测，而非该数值的一半（详见网址 <http://tieba.baidu.com/p/3385026776> 中的介绍）。

从以上介绍可知：当日食期间，太阳发光部分被月球遮挡后，星光从太阳和月球附近经过而到达地球过程中，星光的运动轨迹发生明显偏转。观测结果显示：前期用可见光进行观测时的实测结果约为相对论预测值的一半左右，后来改用无线电波段进行观测才实测出星光的偏转角度与相对论预测值基本吻合。由此而认定相对论是正确的，但明显存在凑合的嫌疑。为什么频率高的可见光的偏转角还小于无线电波段？这很可能预示着有其他可能性导致星光从太阳附近经过时发生偏转。

11.2、星光偏转的可能原因分析

通过前面我们对光的本质的探讨可知：光只是电荷产生的电场和磁场，或称其为归一化的库仑力和磁力。它们不可能受到万有引力的作用而发生任何改变。因此，所谓的星光偏转最可能的原因是：太阳周围存在厚度很大、密度随离太阳表面的距离减小的不发光气态层，类似于地球的大气层。光在横穿太阳外层气态层时将由于介质的不均匀而发生路径偏转，如同地球上出现海市蜃楼类折射一样。如下图六-42 所示。



本项实验结果存在一个比较大的疑问：可见光波段的偏转量为什么小于无线电波段？按照相对论和量子力学理论，频率越高的电磁波的动质量越大，受到太阳引力的作用应该越大，就越容易改变运动方向，从而偏转量应该越大才合理。因此用相对论理论解释本实测结果存在明显的矛盾之处。但采用因太阳大气层不均匀而致使电磁场传递发生折射现象来解释则不同了。因为频率越高的电磁波能穿透太阳大气层的能力越弱，因此电磁场偏折路径上离太阳最近的点到太阳表面的距离就会越大，电磁场在太阳大气层内的偏折程度就会越小。反之，频率较低的无线电波则穿越能力更强，电磁场路径上离太阳最近点到太阳表面的距离就越小，电磁场在太阳大气层内的偏折程度就会越大（如下图六-43所示： $\theta_1 < \theta_2$ ）。这就很好地解释了实际观测中为什么高频电磁场偏折小于低频电磁场了。

因此，光在太阳附近的偏折应该是由太阳外部不均匀的气态物质导致的：星光在太阳大气层内的不断再生过程中，因气态物质密度不同而发生折射角的变化，就像地球大气层内存在海市蜃楼现象一样。

12、偏振光的45度入射偏振器时的透射概率为50%的现象

由前面对光的本质的讨论可知：通过偏振器的透射光实际上是偏振器产生的次生光。偏振器具有产生定向偏振光的能力是因为其分子和原子的定向有规律地排列，这种排列方式的分子和

原子运动的自由度就是非三维的，而是接近一维的线性运动。当入射光照射时，其产生的次生透射光就是由偏振器中定向排列的分子和原子产生的定向偏振光了。但 45 度偏振光照射到偏振器时，当原子和分子的自有振动方向不同时，响应偏振入射光的能力就会不同，就会出现定向排列的原子和分子被极化为次生光源的概率只有 50% 的现象了！这与量子，叠加态和纠缠态根本无关！

13、类星体具有多组红移量不等的发射和吸收线性谱线簇的现象

13.1、类星体的特点

13.1.1、类星体具有类似恒星的成像，极少数类星体有微弱的星云状包层，如 3C48。还有些类星体有喷流状结构。

13.1.2、类星体光谱中有许多强而宽的发射线，包括容许谱线和禁线。普遍认为，类星体的发射线产生于一个气体包层，产生的过程与一般的气体星云类似。类星体的发射线很宽，说明气体包层中一定存在猛烈的湍流运动。有些类星体的光谱中有很锐的吸收线，说明产生吸收线的区域里湍流运动的速度很小。

13.1.3、类星体发出很强的紫外辐射。光学波段连续光谱的能量分布呈幂律谱形式。光学辐射是偏振的，具有非热辐射性质。另外，类星体的红外辐射也非常强。

13.1.4、类星射电源发出强烈的非热射电辐射。射电结构多数呈双源型，少数呈复杂结构，还有少数是致密的单源。致密源的位置通常都与光学源重合。

13.1.5、类星体一般都有光变，时标为几年。少数类星体光变很剧烈，时标为几个月或几天。从光变时标可以估计出类星体发出光学辐射的区域的大小（几光日至几光年）。类星射电源的射电辐射也经常变化。观测还发现有几个双源型类星射电源的两子源，以极高的速度向外分离。光学辐射和射电辐射的变化没有周期性。

13.1.6、类星体的发射线都有很大红移。迄今为止，观测到的最大红移为 3.53（OQ 172）。对于有吸收线的类星体来说，吸收线红移 $z_{\text{吸}}$ 一般小于发射线红移 $z_{\text{发}}$ 。有些类星体有好几组吸收线，分别对应于不同的红移，称为多重红移。例如，类星体 PHL 957 的发射线红移为 2.69，吸收线红移有五组：2.67、2.55、2.54、2.31、2.23。

13.1.7、观测表明，有些类星体还发出 X 射线辐射。

13.2、类星体光谱发射线宽的原因：非因态发光体中的原子运动速度存在较大差异，特别是不同部位的群速度存在一定差异时，在同时观测该发光体时，其发射的同频率光将呈现出一定的频率变化（红移量存在细微变化），由此导致光谱发射线的宽度较大。

13.3、类星体光谱吸收线很锐的原因：类星体的光通过星际空间较致密且均质的星际介质

时，因其温度相对类星体低得多，介质内部原子间的相对运动速度差异也会较小。因此，被其吸收（实际上是再生）的光的频率基本一致，所以光谱吸收线宽度很小。

13.4、类星体从红外到紫外波段的辐射强度均很强的原因：类星体应是由多个不同温度的次级天体组成的复合型天体，或是其组成的物质存在不同的温度分区。低温区域以产生红外线波段辐射为主；中温区域以产生可见光波段辐射为主；高温区域以产生紫外线波段辐射为主。所以在同时观测这些区域时会发现各波段的辐射均较强。

13.5、类星体多呈双源型射电结构的原因：若类星体是由两个相隔较近的、带有较强电磁场的、围绕共同质心高速运动的天体组成，其中的每个天体还具有较高的自转速度。这样就构成了类似于发电机一样的交变电磁发生器，从而产生较强的射电型电磁场。

13.6、类星体的光变原因：由于类星体并非为单一的固体类天体，而是由一个或一个以上的非因态的气体或等离子体天体构成的。因此，随着各部分温度、运动速度和相互间位置的变化，其发射出的光强度将随之发生变化。且光或其他不可见电磁场强度的变化与类星体的构成和运动规律密切相关。由于非固态天体的特殊性，天体的几何尺寸、形状、各部分的温度和运动方式均呈现出较复杂的变化时，其光变的规律性和周期性也会不明显。

13.7、类星体的发射线都有很大红移、吸收线的红移一般小于发射线的原因：一般天体的红移可由万有引力红移、多普勒效应、康普顿效应、介质等因素所产生。从类星体的质量远小于星系，亮度与同距离上的星系可比拟，红移量则远大于同距离上的星系，以及其发射线红移量很大且大于其吸收线红移来分析，类星体应是由温度很高且内部运动很剧烈的气体类天体构成，其外部较大范围内被低温而致密的气体所包围。因此，万有引力红移量在总红移量中占比较小。红移量主要由多普勒效应、康普顿效应和介质作用所决定。虽然类星体内部的运动应该远高于通常的天体，但由此产生的多普勒效应可能为紫移（主要气体分子或原子朝地球方向运动时）或红移（主要气体分子或原子朝远离地球方向运动时）。如果是由多普勒效应为主，则类星体的发光气体应主要向远离地球的方向运动，类星体就不会是向外喷射的喷流状结构，而是向内吸收的吸积状结构。类星体红移量大的主因可能是由康普顿效应和介质作用的结果，即：类星体发出的光在经过其附近的较致密的气体层时，光与气体层中的电子、带电离子或原子核发生类似 X 射线与自由电子相互作用的康普顿效应，由此，使光波的频率发生大幅度降低；另一种可能性是其周围或来地球的路上遇到较致密的气体或某些特殊物质，而在光的再生过程中随着再生次数的增加而逐渐降低频率。如果这种作用在类星体类天体红移中占主要地位，则很容易理解为什么类星体的发射线红移量如此之大了。

类星体的发射线红移量大于吸收线的原因应该是由类星体附近或光在前往地球的途中经过了较致密的、以一定速度远离类星体运动的气体介质吸收作用导致的。由于气体作远离类星体

运动，被其吸收的光波频率将低于其相对类星体静止时的频率。由此导致吸收线比发射线的红移量小。还有一种可能性就是：由于星际物质并非真空，都是存在星际物质的，只是当星际物质分布相对均匀时，其产生的次生光的频率随距离不断降低，但不会出现吸收线（将某一频率的光抵消掉）。遇到不均匀且较致密的气体团块时，则星光就会在再生过程中抵消掉部分频率的光而出现吸收线。因此，类星体有多少组吸收线就说明星光在来地球的途中经过了多少块致密的气体团块。

13.8、类星体光谱吸收线多重红移的原因：当类星体的光在前往地球的途中经过了相对类星体运动速度不同的多块气体介质后，每一块气体介质吸收了不同波长的电磁波后，在谱图上就会出现多组吸收线红移现象了。

综上所述，类星体应该是由超高温气体类天体构成的，其周围或在类星体与地球之间的路径上存在较致密但温度相对较低的气体区块，由于这些致密气体物质的存在就导致了类星体的光谱出现多重红移量不等的吸收线的现象。

14、薄膜干涉与彩虹现象

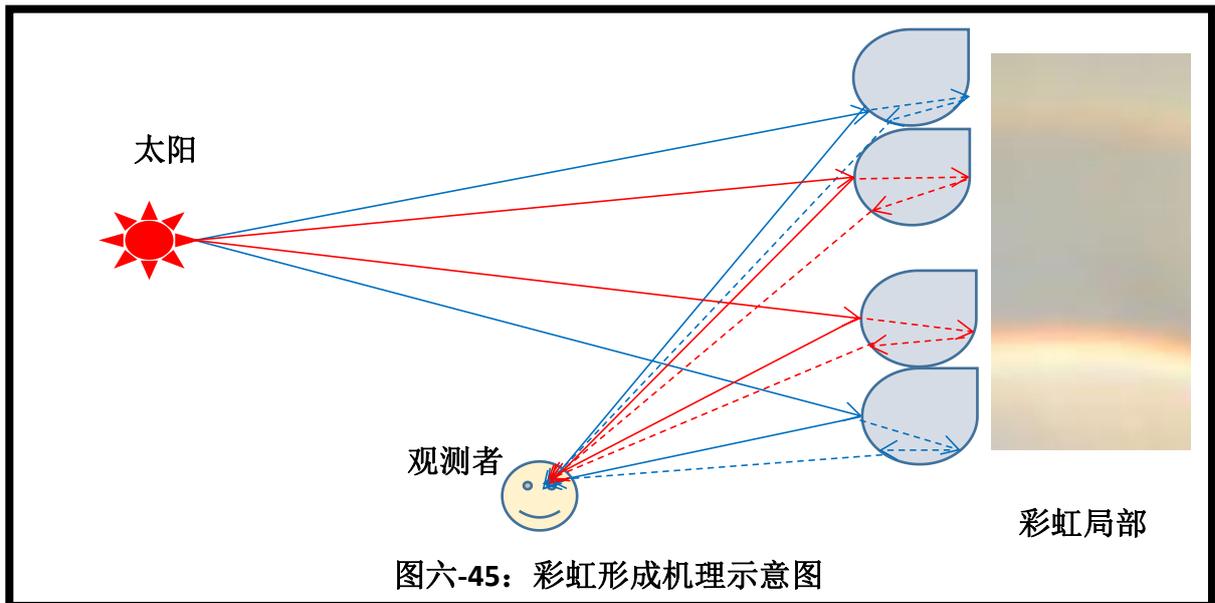
14.1、彩虹与薄膜干涉现象及其产生机理



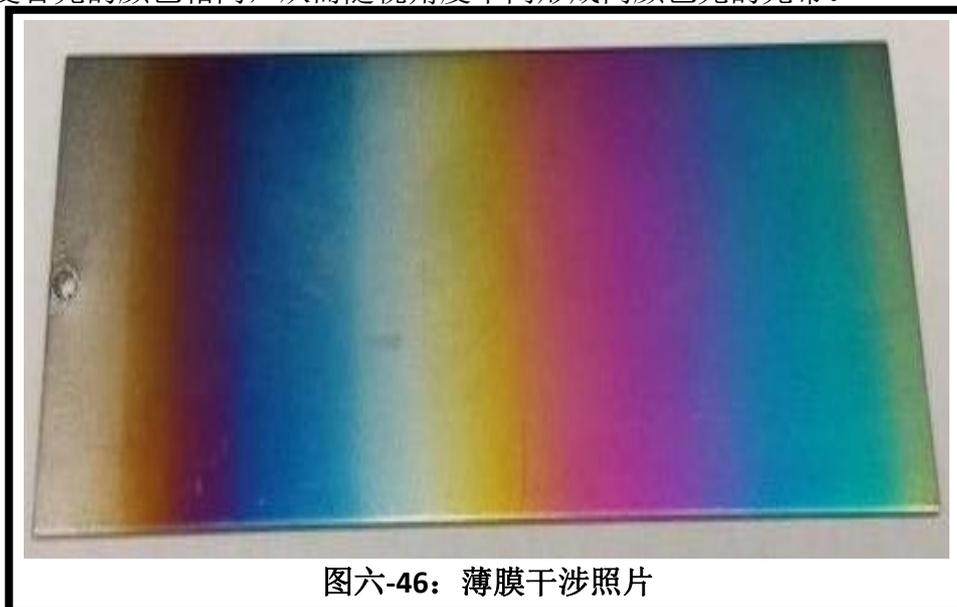
图六-44：彩虹实景照片

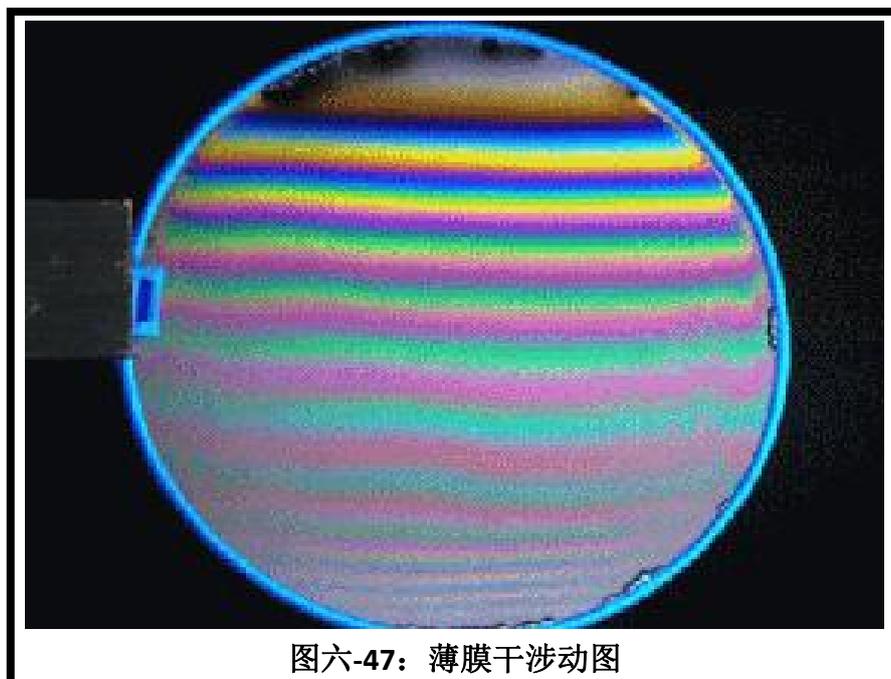
从上图六-44 和下图六-45 可知：在太阳光照射下，空气中分布较均匀的微小水滴可使太阳光产生散射并形成类似薄膜干涉一样的彩虹。其机理是：水滴表面的散射光与入射进水滴并被

水滴内表面反射出来的透射光合并并照射到人眼时，其复合后的光的主频会因入射进入水滴内部再被反射而透射出来的光程差主要与视角有关而出现不同颜色的光带：**波长与光程差相同或相近或成倍数关系的光将得到加强，其它波长的光将变弱。光程差小的复合后得到加强的光的频率偏高而呈现出蓝色光带，反之呈现出红色光带。**视高度大于太阳视高度的水滴产生的光程差随视高度减小，因此，红光带在下方，蓝光带在上方；而视高度小于太阳视高度的水滴产生的光程差随视高度增大而增大，因此红光带在上方，蓝光带在下方。这就是彩虹为什么会呈现上下颜色颠倒的原因所在。



下图六-46 和-47 为薄膜干涉图像，其原理与彩虹完全相同：薄膜表面的散射光与进入薄膜并被薄膜另一侧面反射回来的透射光合并后进入人眼或照相机后就会因不同视角度的光程差不同而呈现出不同的颜色。当薄膜厚度基本相同时，则因光程差仅与视角有关，因此，相同视角上的复合光的颜色相同，从而随视角不同形成同颜色光的光带。





图六-47：薄膜干涉动图

需要指出的是：同时刻的彩虹或薄膜干涉条纹会因观测者的位置不同而不同。即：站立在不同位置上的人看到的彩虹或薄膜干涉条纹的位置或高度是不尽相同的。

15、色温在 5300k 以上的是冷色光，而 3300K 以下的反而是暖色光

首先，温度是分子热运动时产生的电磁辐射强度峰值所对应的频率（简称为“峰值频率”）的标志。想让物体升温或降低，就得改变分子热运动峰值频率。

其次，原子和分子根据其内部组织结构的不同，其自身的固有振动频率是不同的。一般分子量越大、固有频率越低。只有当光产生的电场与分子固有振动频率接近时才会更容易改变分子热运动频率并达到改变物体温度的目的。

再者，所谓的冷、暖色是以人的皮肤受到光的照射时改变温度的能力来划分的。因人体含有大量的水分子，水分子的固有频率相对较低，正好与红外波段的光的频率相近。所以只有接近此固有频率的红外光才能使人体皮肤表面的分子加速热运动并升高温度。所以才是真正的暖色光，其他的光因为与分子固有振动频率不同，较难改变水分子的热运动频率，所以很难使人的皮肤长温，所以就是非暖色光。当光的频率与分子固有振动频率相差悬殊时，就是冷色光了。这与光子说的频率越高能量和动量越强是明显相左的。

16、微波炉使用频率较低的微波，而不用频率更高的光

与上一个问题一样，因分子存在固有振动频率，只有接近水分子固有频率的光或电磁场才能更好地改变水分子的热运动频率并改变其温度，从而达到使食物加热的目的和效果。

17、为什么太阳到地球间的太空中的温度更低

温度的本质是物质分子热运动中，同频率的分子数量分布曲线图中最大值所对应的频率（简称“峰值频率”）的标志，并非分子热运动平均动能的标志。也就是说：匀速直线运动的物体的温度是不会因速度越大、温度越高的。真正理想状态下匀速直线运动的粒子的温度是绝对零度，因为其热运动的频率为 0。因此，虽然太阳表面温度达 6000 度左右，而地球表面温度一般在 -60~60 度之间。而太阳与地球间的太空中的温度一般在 -100 度以下。这明显违背温度梯度变化规律。其根源是：太空中的各类物质因密度极小、分子间距很大，导致其难以相互碰撞而致使热运动频率很低。而太阳风所携带的粒子接近直线运动。因此，其对应的温度当然就特别低了。这也是为什么压缩空气时温度上升，释放空气时温度突降。这是因为压缩或释放气体时，分子热运动平均速度和动能并不会发生大的变化，但压缩时分子的平均间距缩小，分子相互碰撞时的行程就变小，相互碰撞频率就会上升，所以导致分子热运动频率上升、温度随之上升。而释放空气时，分子间的平均距离突然增大，相互碰撞时的行程就会突增，相互碰撞的频率就会速降，分子热运动频率就会迅速下降，温度自然就会快速下降。

18、为什么零度的冰变为零度的水需要吸收大量热量

因为温度是分子热运动峰值频率的标志，而非分子热运动平均动能的标志。而零度的冰中的分子间排列有序，分子与分子间并不能自由活动，只能在很小的范围内振动。因此，其热运动平均行程比液态水分子小得多。从而导致冰中的分子在同样的热运动频率时的平均动能远小于液态水分子。也就是说：零度的水和零度的冰温度相等是因为其热运动峰值频率相等，而非平均动能相等。这也直接证明温度不是分子热运动平均动能的标志。

19、为什么凸透镜聚光后可点燃可燃物

我们知道，凸透镜之所以能聚光是因为它可以使平行入射的平面光产生的次生透射光能均匀地改变传递方向并聚焦到一点上。在此点上的光的相位也基本相同，符合叠加加强条件而提高了光的振幅或强度。当光的强度足以使可燃物中的分子热运动频率达到固有频率或原子中的最外层电子被加速到逃逸速度时，可燃物的分子就会解体并与氧气发生放热化学反应而燃烧起来。这也是为什么像电弧焊可以使焊条和金属熔化、雷电会击穿所遇到的物体的原因：电场强度足够大到半个周期内使原子中的电子成为光电子并使原子和分子解体。

20、为什么棒状天线的长度多为接收频率波长的 $1/2 \sim 1/4$

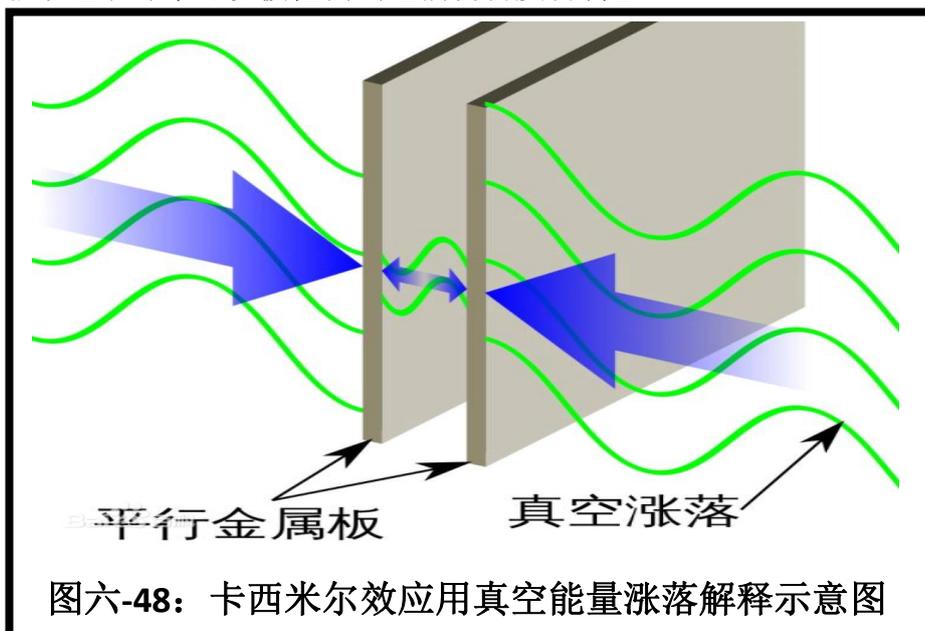
因为同时刻天线不同部位的电磁信号相位不同，其使原子中的电子改变运动状态的相位就

会不同。只有方向相同的电子数量越多，接收到的电信号才会越强。而只有在棒状天线中接收信号半个波长以内的电子之运动方向才会相同，才会起到同向叠加而增强信号的作用。当棒状天线超过半个波长后，天线内不同部位的电子运动方向会不同，不但起不到叠加增强信号的作用，反而可能会起到相互抵消的作用。这也是与接收粒子类物质完全不同之处。如果光真的是具有粒子性，那么应该是天线长度越长，接收到的信号越强才对。

21、卡西米尔效应

21.1、卡西米尔效应简介

卡西米尔效应(英语: Casimir effect)是由荷兰物理学家亨德里克·卡西米尔(Hendrik Casimir)于 1948 年提出的一种现象，此效应随后被检测到，并以卡西米尔为名以纪念他。其根据量子场论的“真空不空”观念——即使没有物质存在的真空仍有能量涨落，而提出此效应：真空中两片中性（不带电）的金属板会出现吸力；这在经典理论中是不会出现的现象。这种效应只有在两物体的距离非常之小时才可以被检测到【摘自百度百科】。

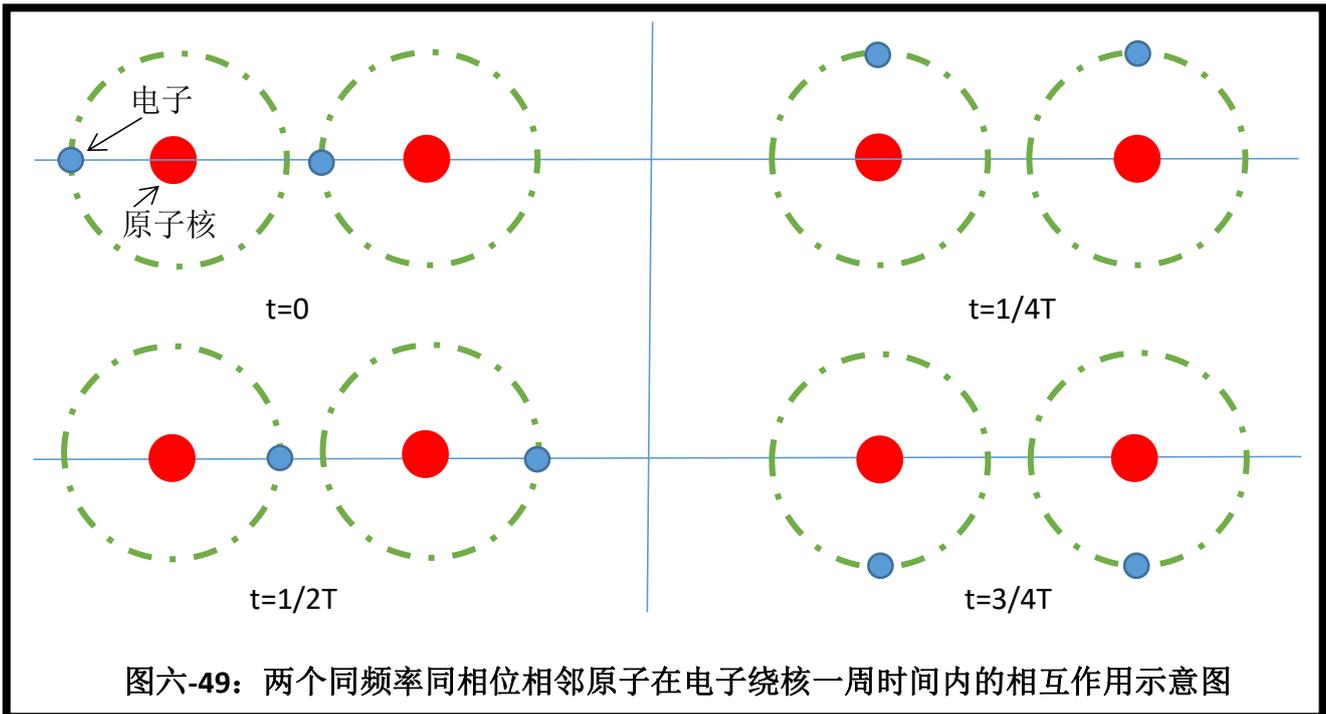


21.2、卡西米尔效应的机理分析

21.2.1、非绝对零度的真空中的中性（不带电）金属板会产生温度型电磁辐射

虽然两块金属板宏观上是不带电的，但只要其温度为非绝对零度，则其仍然会因原子和分子热运动而产生电磁辐射。这一点是无法争辩的事实。当两个物体靠近时，它们各自的电磁辐射就会对对方的原子和分子产生作用，并促使其热运动同步。这就是所谓的温度趋同现象。也就是说：我们并不能简单地认为两块中性（不带电）的金属板间不会产生电磁相互作用。这种想法是完全不符合客观实际。

21.2.2、当相邻的原子和分子热运动频率与相位一致时会存在相互吸引力



如上图六-49 所示:

21.2.1.1、当时间 $t=0$ 时, 右侧原子中的电子位于两个原子核之间, 会同时受到两个原子核的吸引力, 只是左侧的原子核离得稍远, 吸引力会小些。这时候两个原子间就存在相互吸引力;

21.2.1.2、当时间 $t=1/4T$ (T 为电子围绕原子核运动一周所需的时间) 时, 两个原子核间没有电子, 它们之间就会存在排斥力。但因两者间的距离较大, 排斥力远小于与电子间产生的吸引力;

21.2.1.3、当时间 $t=1/2T$ 时, 左侧原子中的电子位于两个原子核之间, 会同时受到两个原子核的吸引力, 只是右侧的原子核离得稍远, 吸引力会小些。这时候两个原子间就存在相互吸引力;

21.2.1.4、当时间 $t=3/4T$ 时, 两个原子核间没有电子, 它们之间就会存在排斥力。但因两者间的距离较大, 排斥力远小于与电子间产生的吸引力。

由此可见: 当两个相邻原子中的电子围绕原子核的运动步调一致时, 则两个原子间就地存在相互吸引力。这才是卡西米尔效应中的力源。

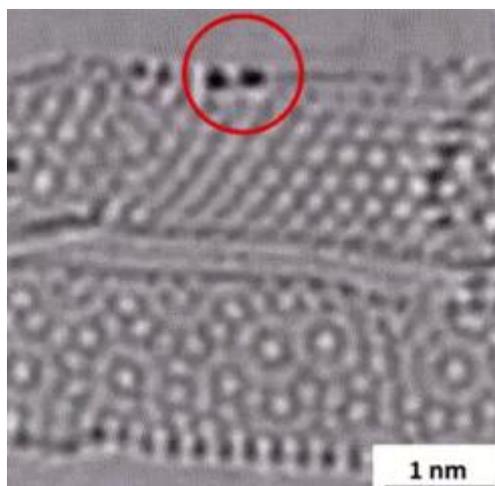
21.2.3、原子与原子结合成分子、分子与分子结合成分子团都是它们间存在电磁吸引力的证据

原子与原子结合成分子是因为原子的部分外部电子会同时围绕两个或两个以上的原子核运动, 从而形成所谓的结合力。但实际上仍然是电磁力在起作用。下图三中的两个铯原子在碳纳米管上的相互作用动图直接证明了原子并非中性, 它们之间是存在电磁相互作用的。

分子与分子结合成分子团, 进而形成有形的宏观物质, 也是分子中的原子中的部分外部电

子改变运动状态或同步运动时会出现相互吸引的电磁力的结果。

总之，所谓的卡西米尔效应就是原子与原子或分子与分子间因相互靠近和同步运动时会产生电磁相互作用力的一部分。把中性（不带电）金属板视为不会发生电磁相互作用的观点是完全不符合客观实际的。由此也决定了卡西米尔效应根本不能证明真空能及涨落的存在。



图六-50：两个铯原子在碳纳米管上相互作用的动图

21.3、验证卡西米尔效应机理的方法

人为控制两块板的温度，使其存在较大的温度差异时，如果卡西米尔效应仍然存在，则证明其不是因相邻原子和分子的热运动同步后相互间存在的电磁相互作用力在起决定性作用。否则，就证明了卡西米尔效应是由相邻原子和分子同步运动时会产生电磁相互吸引力才起决定性作用。

总之，在没有排除用目前四大力，特别是原子级别（除原子核和基本粒子内部外）的各种物理现象和实验结果是由电磁相互作用决定的以前，不宜轻易引入第五大力或更多稀奇古怪的解释方法，更不应该用根本不存在纯粹的、独立存在的所谓能量或真空能量说事。

22、施特恩-格拉赫实验结果

22.1、施特恩-格拉赫实验结果简介

偶读由台湾交通大学物理研究所及电子物理系林志忠先生所著《施特恩-格拉赫实验其人其事》一文，发现其中存在二处重大缺点与错误：一是将银原子当成电中性粒子；二是将温度与分子运动速度直接挂钩。正是因为此二处错误，从而导致对实验结果机理的解释完全不符合客观实际。本文就此进行一些与众不同的探讨，并提出相应的机理分析和验证方法。

实验装置：使银原子在电炉内蒸发射出，通过狭缝 S1、S2 形成细束，经过一个抽成真空的不均匀的磁场区域（磁场垂直于射束方向），最后到达照相底片上。显像后的底片上出现了两条黑斑，表示银原子经过不均匀磁场区域时分成了两束。

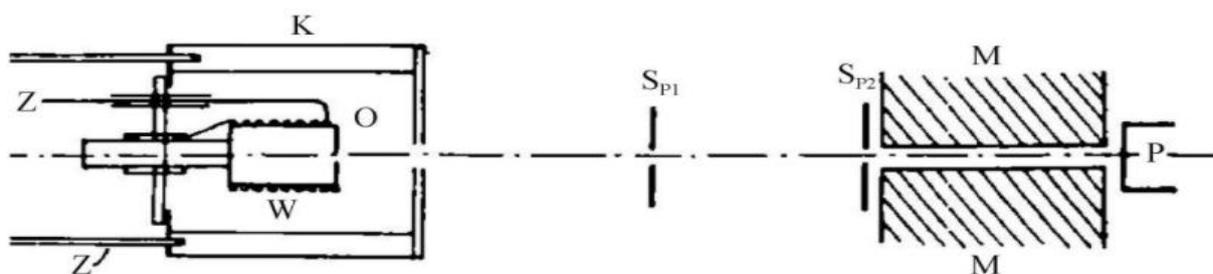


图1 施特恩—格拉赫实验装置示意图。O代表高温腔， S_{P1} 及 S_{P2} 代表狭缝1和2，M代表非均匀电磁铁，P代表由干冰或液态空气冷凝的玻璃沉积盘。在后期的实验中，狭缝的长度为 $800\ \mu\text{m}$ ，宽度为 $30\ \mu\text{m}$ 。

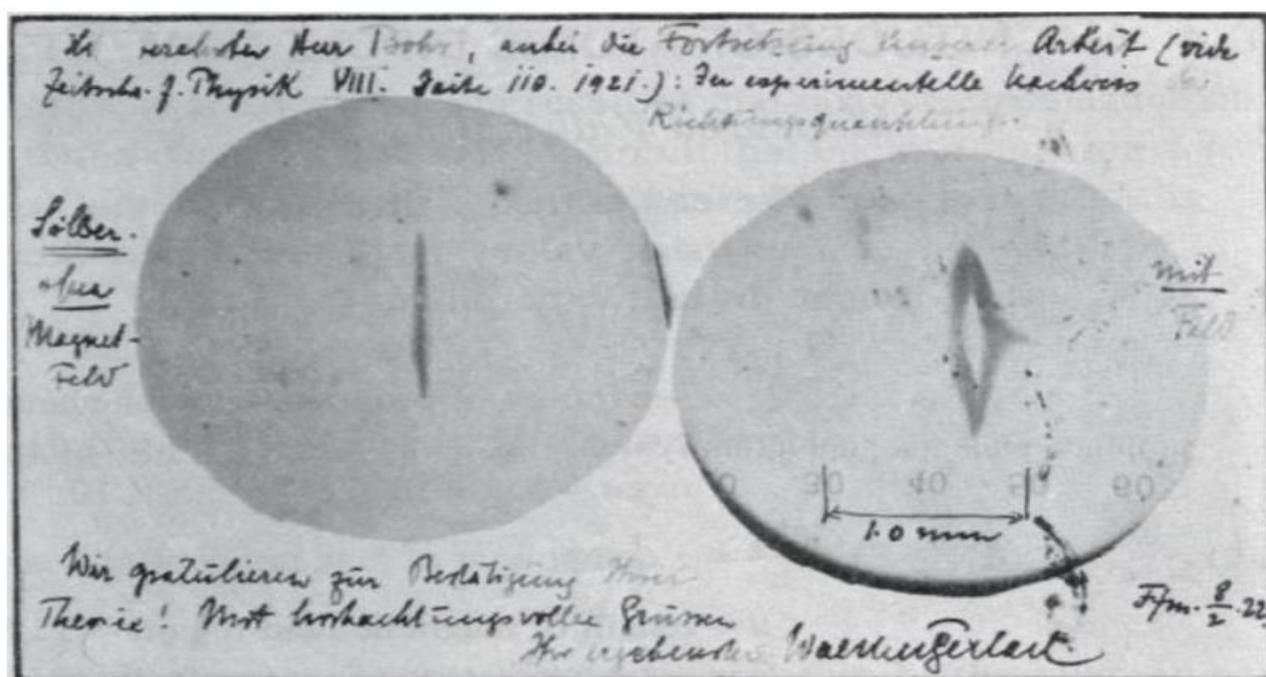


图3 1922年2月8日，格拉赫寄给玻尔的明信片，右图下方有格拉赫的签名及日期。请注意右图中有格拉赫标记的 $1\ \text{mm}$ 宽度(图片取自网络)

根据实验中的炉温、磁极长度、横向不均匀磁场的梯度和原子束偏离中心的位移，可计算出原子磁矩在磁场方向上分量的大小。当时测得银、铜、金和碱金属的原子磁矩分量的大小都等于一个玻尔磁子，它们的原子束都只分裂为对称的两束。实验结果说明，原子在磁场中不能任意取向。【摘自百度百科和林志忠文章】

22.2、施特恩-格拉赫实验结果的机理分析

银原子是由 47 个核外电子围绕原子核高速运动的复合粒子，在任意特定时刻，核外 47 个电子均处于相对原子核的不同的方位和空间位置上，其在外任意特定点上产生的电场和磁场强度及方向都会因电子的位置不同而改变，因此，其显然并非真正的电中性粒子。也就是说：银原子的电偶极矩和磁偶极矩并非恒定为 0，而是会随时间不断的变化着的。当单个银原子通过非均匀磁场时，就会被磁场改变其运动方向。其方向的改变趋势与银原子进入磁场时刻的磁偶极矩方向有关：当磁偶极方向与外磁场方向相同或相反时，银原子的方向改变就会相同或相

反。从而当外磁场为水平方向时，银原子会部分朝左侧运动，另一部分会朝右侧运动。这才是本实验结果的机理。由此可见，把银原子当成理想的电中性粒子看待是完全不符合客观实际的。

22.3、检验施特恩-格拉赫实验结果的机理方法

由于任何原子和亚原子都不是真正的电中性粒子，都不适合用于本实验。只有利用真正的电中性粒子——中子来进行本项实验，才能得出准确的结论：**到底是带电基本粒子本身具有波粒二象性还是外加电磁场使带电基本粒子改变了运动状态。**

22.4、《施特恩-格拉赫实验其人其事》一文中的错误简析

该文中至少有二处重大错误：一是将银原子视为电中性粒子；二是将温度与原子和分子运动速度直接挂钩。

22.4.1、第一处错误：上文已经有较详细的叙述：单个银原子并非电中性粒子，而是一个会产生电磁辐射并被其所处空间位置上的电场和磁场反作用的、电/磁偶极矩随时间变化的电/磁偶极子。只有众多银原子聚集在一起时，宏观上才显现出电中性。

22.4.2、第二处错误：“高温腔中的银原子（蒸气）被加热到约 1000℃，其均方根速度约为 540m/s”的说法是不正确的。因为原子均方根运动速度并不是仅仅由温度决定的，还与分子间的平均距离相关。因为温度是分子和原子热运动过程中产生的电磁辐射强度峰值所对应的频率（可简称为“峰值频率”）的标志，并非分子和原子热运动时的平均动能或平均速度的标志。

对普朗克黑体辐射公式进行求导数并令其等于 0 时，可以得出下面的二个公式，它们直接证明了温度与峰值频率间的关系：

$$T = \frac{hf_m}{2.821439372k} = 0.354429023 \frac{hf_m}{k} \quad (\text{公式一})$$

$$f_m = 2.821439372 \frac{kT}{h} \quad (\text{公式二})$$

其中：T 为温度； f_m 为峰值频率；h 为普朗克常数；k 为玻耳兹曼常数。

从已知温度求取分子和原子均方根运动速度需要知道分子和原子平均热运动行程或平均间距，只有知道分子和原子热运动平均行程，才能用下式计算出分子均方根速度：

$$\bar{V} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 2Af_m = 5.642878744 \frac{kAT}{h} \quad (\text{公式三})$$

其中： \bar{V} 为均方根速度； V_m 为最大运动速度；A 为分子和原子平均热运动行程（平均间距）。

用（公式三）可以很好地解释气体体积的变化会导致温度的变化之机理：当气态分子和原子的热运动平均动能或平均速度不变时，体积变大就会导致分子和原子平均热运动行程加大，峰值频率就会降低，从而导致温度降低。反之，体积变小时就会导致分子和原子平均热运动行程缩小，峰值频率就会上升，从而导致温度升高。这就是空气压缩过程中会放热，空气释放时会制冷（吸热）的根本原因。

实际上，如果说温度与分子和原子均方根速度直接相关的话，那么乘坐汽车、火车和飞机的人的体温在地面上的人看来就应该高于其实际温度。因为其均方根速度大于地面静止人员很多。其实，真正静止或匀速直线运动的理想粒子的温度应该为绝对零度。因为其热运动的峰值频率为0，只是客观世界并不存在这类理想的粒子而已。这也从一个侧面证明：温度不仅仅与分子和原子的均方根速度有关，或者说分子和原子的均方根速度并不是决定其温度的主因。

22.4、几点结论

22.4.1、原子并非电中性粒子，特别是单个原子的情况下，不能将其视为电中性粒子；

22.4.2、在没有外加非均匀磁场时，银原子的运动路径是直线，并不会在玻璃上分裂或分散分布的规律表明：银原子的运动轨迹是确定的、非波动的；而当施加不均匀磁场后分裂为二部分并不能证明银原子本身具有波动性。只是证明银原子会被外加磁场改变运动方向而已；

22.4.3、温度虽然与分子和原子的热运动均方根速度存在正相关性，但并不表明温度与均方根速度存在单一的、简单的比例关系。只有在分子和原子的平均间距或平均热运动行程相同的情况下，温度越高，分子和原子的热运动均方根速度越大；

22.4.4、诸多被用来证明微观世界具有量子化特性的物理现象与实验结果都是把原子视为电中性粒子而导致出现错误解读的。如：卡西米尔效应中将金属板视为电中性的，从而排除了两块板间可能存在的电磁相互作用；电子双缝实验中将双缝板视为电中性的，认为缝隙间不存在由板边缘产生的电磁辐射并导致电子改变运动方向，反而认为电子本身具有波动性。但没有双缝板时，电子均落在屏幕同一位置上证明：电子的运动轨迹是直线运动而非具有波动性。增加双缝板后出现的伪干涉现象是双缝板间存在的电磁辐射作用的结果；光的单缝和双缝实验也将板视为电中性的，认为光的衍射、绕射是光本身的属性而非缝边缘产生的次生光。这些错误均导致了对物理现象与实验结果的误读，并促涨了错误的量子力学的不断壮大。

23、趋肤效应

23.1、趋肤效应简介

当导体中有交流电或者交变电磁场时，导体内部的电流分布不均匀，电流集中在导体的“皮肤”部分，也就是说电流集中在导体外表的薄层，越靠近导体表面，电流密度越大，导体内部实际上电流较小。结果使导体的电阻增加，使它的损耗功率也增加。这一现象称为趋肤效应。

导体中的交变电流在趋近导体表面处电流密度增大的效应。在直长导体的截面上，恒定的电流是均匀分布的。对于交变电流，导体中出现自感电动势抵抗电流的通过。这个电动势的大小正比于导体单位时间所切割的磁通量。以圆形截面的导体为例，愈靠近导体中心处，受到外面磁力线产生的自感电动势愈大；愈靠近表面处则不受其内部磁力线消长的影响，因而自感电动

势较小。这就导致趋近导体表面处电流密度较大。由于自感电动势随着频率的提高而增加，趋肤效应亦随着频率提高而更为显著。趋肤效应使导体中通过电流时的有效截面积减小，从而使其有效电阻变大。

趋肤效应还可用电磁波向导体中透入的过程加以说明。电磁波向导体内部透入时，因为能量损失而逐渐衰减。当波幅衰减为表面波幅的 $(1/e)$ 倍的深度称为交变电磁场对导体的透入深度 Δ 。以平面电磁波对半无限大导体的透入为例，透入深度 Δ 为：

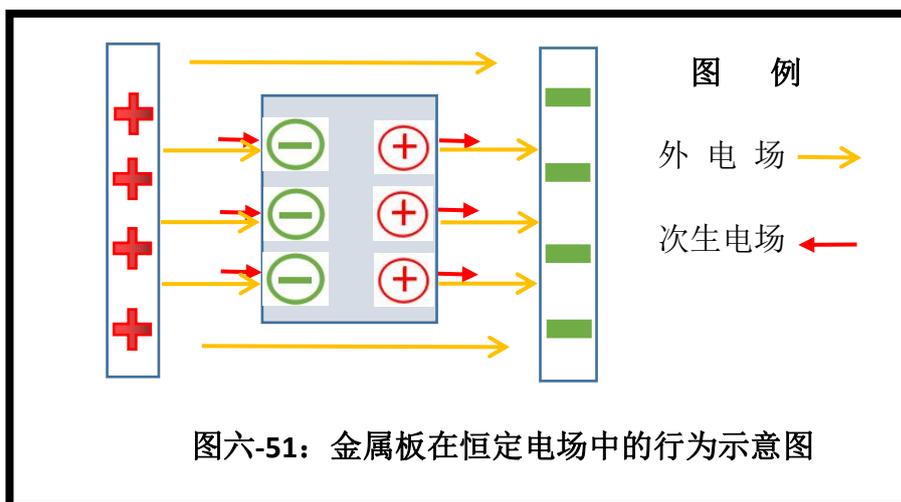
$$\Delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\gamma}} \quad (\text{公式 1})$$

上式中： ω 为角频率， γ 为导体的电导率， μ 为磁导率。可见透入深度的大小与这三个量成反比。[摘自百度百科]

23.2、趋肤效应的机理分析

23.2.1、金属导体在外电场作用时的规律

23.2.1.1、在恒定电场中的行为方式



如上图六-51所示：在均匀的恒定电场中，金属板表面靠近正极的一侧会聚积负电荷（电子）。而在靠近负极的一侧会聚焦正电荷（失去电子）。金属板表面的电荷分布状态正好是以抵消外部电场并直接导致其内部的电场强度为0。而金属板面以外的电场会得到加强。

23.2.1.2、在时变电场中的行为方式

当外电场为时变电场时，金属中的电子与原子核受到外部电场作用时会改变原来的运动状态。但因为组成原子核的质子的电荷量与电子的相等只是性质相反，但质子的质量是电子的1800余倍。因此，即使是不考虑原子核中中子的情形下，原子核受到的力与电子基本相同，但加速度会小1800倍以上。在外加电场变化频率较高时，原子核在外电场作用下的最大位移会远小于电子。由此可以暂不考虑原子核在外电场作用下的运动状态改变导致的影响，仅考虑电子在外电场中的行为即可。同时，不考虑无外电场作用时，电子以每秒数百甚至上千千米围绕原子核运动及原子热运动产生的电磁辐射时，则有：

当外电场为单一频率的正弦波： $E=A\sin 2\pi ft$ ，电场方向沿 X 轴正向、单个电子的电荷量为 Q、质量为 m 时，其加速度变化量 Δa 、速度变化量 ΔV 和位移变化量 ΔS 分别为：

$$\text{加速度变化量： } \Delta a_x = QAsin 2\pi ft/m$$

$$\text{速度变化量： } \Delta V_x = \int \Delta a_x dt = \int \left(\frac{QA\sin 2\pi ft}{m} \right) dt = -\frac{QA\cos 2\pi ft}{2\pi fm} \quad \text{(公式 2)}$$

$$\text{位移量变化量： } \Delta X = \int \Delta V_x dt = \int \left(-\frac{QA\cos 2\pi ft}{2\pi fm} \right) dt = -\frac{QA\sin 2\pi ft}{4(\pi f)^2 m}$$

由（公式 2）可知：当外电场为单一频率的正弦波时，电子的最大位移变化量为：

$$\Delta X_{\max} = \frac{QA}{4(\pi f)^2 m} \quad \text{(公式 3)}$$

由（公式 3）可知：由于电子的电荷量 Q 和质量 m 为常数。因此，电子在单一频率的正弦波电场作用下，其最大位移变化量仅与外电场的振幅 A 和频率 f 相关，且与 A 成正比，与 f 的平方成反比。

电子在单一频率电场作用下的最大位移量计算表 表一

序号	电场强度 A (N/C)	电场频率 (Hz)	ΔX_{\max} (m)	序号	电场强度 A (N/C)	电场频率 (Hz)	ΔX_{\max} (m)	序号	电场强度 A (N/C)	电场频率 (Hz)	ΔX_{\max} (m)
1	1	1	2.27E-07	27	1000	1	0.0002273	53	1000000	1	0.227303
2	1	10	2.27E-09	28	1000	10	2.273E-06	54	1000000	10	0.002273
3	1	50	9.09E-11	29	1000	50	9.092E-08	55	1000000	50	9.09E-05
4	1	100	2.27E-11	30	1000	100	2.273E-08	56	1000000	100	2.27E-05
5	1	500	9.09E-13	31	1000	500	9.092E-10	57	1000000	500	9.09E-07
6	1	1000	2.27E-13	32	1000	1000	2.273E-10	58	1000000	1000	2.27E-07
7	1	10000	2.27E-15	33	1000	10000	2.273E-12	59	1000000	10000	2.27E-09
8	1	100000	2.27E-17	34	1000	100000	2.273E-14	60	1000000	100000	2.27E-11
9	1	1.00E+06	2.27E-19	35	1000	1.00E+06	2.273E-16	61	1000000	1.00E+06	2.27E-13
10	1	1.00E+07	2.27E-21	36	1000	1.00E+07	2.273E-18	62	1000000	1.00E+07	2.27E-15
11	1	1.00E+08	2.27E-23	37	1000	1.00E+08	2.273E-20	63	1000000	1.00E+08	2.27E-17
12	1	1.00E+09	2.27E-25	38	1000	1.00E+09	2.273E-22	64	1000000	1.00E+09	2.27E-19
13	1	1.00E+10	2.27E-27	39	1000	1.00E+10	2.273E-24	65	1000000	1.00E+10	2.27E-21
14	1	1.00E+11	2.27E-29	40	1000	1.00E+11	2.273E-26	66	1000000	1.00E+11	2.27E-23
15	1	1.00E+12	2.27E-31	41	1000	1.00E+12	2.273E-28	67	1000000	1.00E+12	2.27E-25
16	1	1.00E+13	2.27E-33	42	1000	1.00E+13	2.273E-30	68	1000000	1.00E+13	2.27E-27
17	1	4.20E+14	1.29E-36	43	1000	4.20E+14	1.289E-33	69	1000000	4.20E+14	1.29E-30
18	1	7.80E+14	3.74E-37	44	1000	7.80E+14	3.736E-34	70	1000000	7.80E+14	3.74E-31
19	1	1.00E+15	2.27E-37	45	1000	1.00E+15	2.273E-34	71	1000000	1.00E+15	2.27E-31
20	1	1.00E+16	2.27E-39	46	1000	1.00E+16	2.273E-36	72	1000000	1.00E+16	2.27E-33
21	1	1.00E+17	2.27E-41	47	1000	1.00E+17	2.273E-38	73	1000000	1.00E+17	2.27E-35
22	1	1.00E+18	2.27E-43	48	1000	1.00E+18	2.273E-40	74	1000000	1.00E+18	2.27E-37
23	1	1.00E+19	2.27E-45	49	1000	1.00E+19	2.273E-42	75	1000000	1.00E+19	2.27E-39
24	1	1.00E+20	2.27E-47	50	1000	1.00E+20	2.273E-44	76	1000000	1.00E+20	2.27E-41
25	1	1.00E+21	2.27E-49	51	1000	1.00E+21	2.273E-46	77	1000000	1.00E+21	2.27E-43
26	1	1.00E+22	2.27E-51	52	1000	1.00E+22	2.273E-48	78	1000000	1.00E+22	2.27E-45

但由于金属导体（绝缘体也类似）中的电子是以每秒百千米以上围绕原子核运动中的，其所处环境的电场强度一般达 $10^{11}V/m$ ，绕核运动频率 f_0 也为 $10^{15}Hz$ 左右。而外电场强度一般远小于电子所在区域的电场强度，难以抵消原子核产生的电场强度而使电子脱离原子核束缚。当外电场为时变电场时，则当其频率低于电子绕核运动频率的一半时，则外电场半个周期内围绕原子核运动了一周以上，则电子在一个周期内一半时间在加速，另一半时间在减速。总体上并不会脱离原子核的束缚，其总位移变化量也只是电子绕核半个周期内加速或减速的结果。并非

外电场半个周期内加速或减速电子的结果。由此，可对（公式 3）作如下修正：

$$\Delta X_{\max} = \frac{QA}{4(\pi f)^2 m} \times \frac{1}{2f_0} = \frac{QA}{8f_0(\pi f)^2 m} \quad (\text{公式 3'})$$

从上表一可知：当取电子绕核运动频率 $f_0=10^{15}\text{Hz}$ 时，只有频率较低的外电场才有可能使电子脱离原子核控制而成为自由电子。外电场强度越大，可使频率更高一些的外电场也使电子成为自由电子。但即使是外电场振幅强度峰值达到 1000000V/m ，频率大于 10000Hz 外电场也难以使金属中的电子成为自由电子（详见上表中的黄色部分）。这可能就是频率较低的带电体可以放电的原因所在吧。

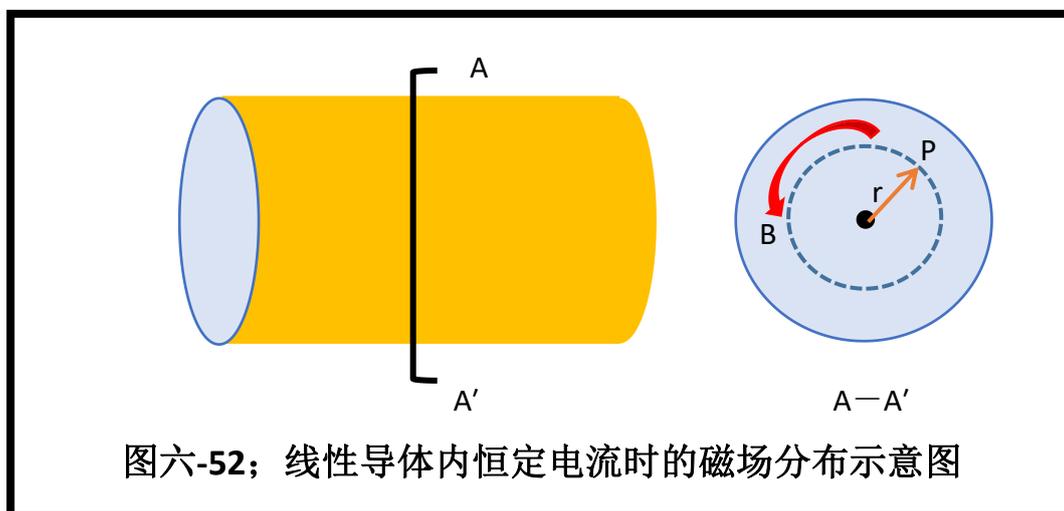
从上表不可以看出：外电场频率越高时，电子的位移变化量就越小。因此，其产生的次生电场强度也就越小，抵消外电场的的能力也就越弱。这可能就是频率高的外电场可以穿透更厚的导体的原因所在吧。

当外电场的频率接近原子围绕原子核运动频率时，部分相位合适的电子可能会被同步加速而达到脱离原子核束缚的程度。这也可能是高于一定频率的光照射金属时可以产生光电效应，而光的频率高到一定程度后，反而不能产生光电效应的原因吧。

因此，无论是导体在恒定电场中还是非恒定电场中，导体内部的自由电子都会朝电场的正向运动。当到达导体表面时就会聚集在表面附近并产生次生电场使导体内部的电场减弱甚至抵消。这就是所谓的屏蔽作用。但当外电场的频率不断升高时，电子的移动距离会迅速减小。当导体的厚度远大于电子位移增量 Δs 时，导体一侧的电子就来不及运动到另一侧，就不会出现导体内部的外电场被完全抵消的情形，而会出现频率较高的时变电场可以部分进入导体内部的情况。这也是为什么 α 和 γ 射线能够穿透一定厚度的导体的原因所在。同时，由（公式 2）可知，由于电子位移量最大值与外电场最大值相差半个周期，原子因外电场作用产生的电偶极子产生的次生电场也就会与外电场相差半个周期。这就是所谓的反射光存在半波损失的原因。

23.2.2、金属导体内部存在电流时的规律

23.2.2.1、金属导体内存在恒定电流时的行为方式



如上图六-52 所示：当半径为 R 的无限长导线内的恒定电流 I 为均匀分布时，其内部任意点 P 上的磁场为沿半径的切向方向且磁场强度 B 为（P 点距导线中心点的距离为 r）：

$$B = \frac{\mu}{2\pi r} \frac{r^2 I}{R^2} = \frac{\mu r I}{2\pi R^2} \quad (\text{公式 4})$$

由（公式 4）及电子在恒定磁场中的运动规律可知：离导体中心点距离不同位置上的运动电子的轨迹应该是非直线运动的，而是存在螺旋式前进的现象。而自由电子运动方向的改变或其它电子空间位置的改变将抵消或削弱导体内部的电场与磁场，使其内部的电场与磁场变弱或消失。由此可以保持导体内部横截面上的电流分布相对稳定与均匀。

23.2.2.2、金属导体内存在交变电流时的行为方式

如果导体内部的交变电流分布也是均匀的，且电流强度为： $I = B \sin 2\pi ft$ 。则其内部的磁场分布规律是：

$$B = \frac{\mu}{2\pi r} \frac{r^2 I}{R^2} = \frac{\mu r B \sin 2\pi ft}{2\pi R^2} \quad (\text{公式 5})$$

由于导体内部因存在交变电流而形成的交变电场与磁场，该电磁场就会使导体内部的自由或束缚电子改变运动状态而形成感生电流，而感生电流会形成次生电场与磁场。次生磁场会部分抵消电流产生的电场与磁场，电场会使自由电子改变运动状态或使缚电子改变空间位置。总体趋势也是使导体内部的电场与磁场减弱。由于电场与磁场的传递速度有限，且电流产生感生电场与磁场存在一定的滞后现象，因此，不可能全部抵消导体内部的原有电场与磁场。导体内部还是会存在部分时变电场与磁场。这些剩余的电场与磁场会使导体内部的电子朝导体表面聚集，且交变电流频率越高，剩余电场与磁场就会越强，电子就会越聚集在导体表面附近。

总之，导体内部的电流会产生感生电场与磁场。而感生磁场又会使导体内部的电子改变运动状态或空间分布，以期达到减弱导体内部的电场与磁场。随着电流强度和频率的提高，导体内部的剩余电场与磁场就会越强，导致电子朝导体表面附近聚集的现象就会越明显。这才是趋肤效应的物理机理。

23.3、趋肤效应的物理意义

23.3.1 导体中的自由电子在外电场或磁场作用下会定向运动并产生次生电场与磁场以削弱或抵消外电场或磁场

趋肤效应证明导体（但不仅仅是导体，所有介质都具有类似的特性）中的电子会在外电场与磁场的作用下会产生定向运动并使原子成为离子或极化为电偶极子，进而离子或电偶极子会产生次生电场与磁场以使导体或介质内部的电场与磁场被削弱或抵消。

23.3.2、反射光存在半波损失现象是因为反射光是由介质界面的原子极化后产生的次生光

光照射在介质界面上产生的所谓反射（散射）与入射光存在半个周期的相位差，这一现象是由于反射（散射）光是由介质界面上的原子被入射光极化后产生的次生光的一部分。（公式2）很好地诠释了光产生的时变电场使电子加速运动并到达最大位移量时刻与电场振幅极值时刻间存在半个周期的时间差。由此导致次生光（包括折射、衍射和绕射光）与入射光的相位存在半个周期的差异。

23.3.3、导体中的电子在外电场作用下的最大位移量不仅仅与频率负相关，还与外电场的强度成正比。同时还受电子围绕原子核运动频率的影响。

由（公式3'）和表一可知：外电场使导体中的电子发生位移的最大值与外电场的频率的平方成反比，也与电子围绕原子核的运动频率成反比，而与外电场强度峰值成正比。这就意味着：频率越高的外电场使电子的位移量更小、原子极化的电偶极矩更小，产生的次生电场与磁场就小，削弱外电场的的能力就低，可影响的导体厚度就越大。这也是 α 和 γ 射线可以穿透更厚的物体的原因之一。

23.3.4、不同强度与频率的外电场会使金属中的自由电子呈现不同的运动规律

23.3.4.1、外电场强度的影响

当外电场强度大到可以在电子绕核运动的半个周期内使导体（绝缘体也一样）中的电子的最大位移量大于原子或分子的直径时，部分电子就会从导体表面中逃逸出来。这就是常见的静电放电、闪电、电弧等现象的机理。

23.3.4.2、外电场频率的影响

当外电场强度在电子绕核运动的半个周期内不足以使导体中的电子从导体表面逃逸出来时，则当外电场强度相同，导体内部的电子在一个周期的外电场作用下的最大位移量与外电场的频率的平方成反比。但由于导体内的电子，包括最外层的所谓自由电子也是在以一定的周期围绕单个或多个原子核运动的。当外电场的频率接近电子围绕原子核运动的频率时，会出现同步加速现象：相位合适的部分电子会被外电场同步加速。这样就会出现部分电子的位移量随加速次数的增加而增大。当位移量大到一定程度后就会逃离导体表面而形成所谓的光电效应。这就是光电效应的机理。也是为什么频率高到一定程度后的外电场不能产生光电效应，甚至高到一定频率后的光可以穿透导体而不发生所谓的光电效应的根本原因所在。

总之，趋肤效应只是导体中的电子在外电场或/和磁场作用下改变运动状态的结果。也是不同强度和不同频率的外电场或/和磁场与导体的相互作用过程虽然相似，但作用结果千差万别的根本原因所在。

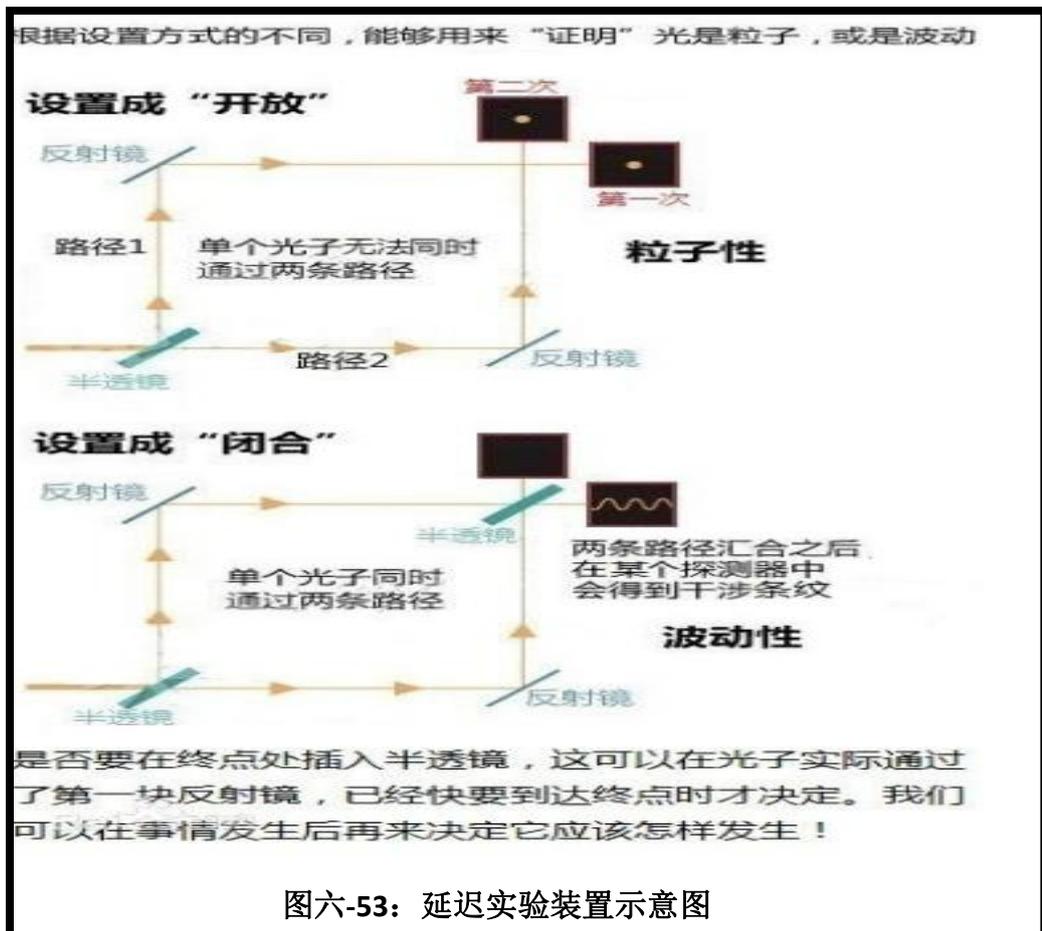
24、惠勒延迟（思想）实验方案

24.1、惠勒延迟实验简介

1979年约翰·惠勒（John Wheeler）提出了一个相当令人吃惊的构想，也就是所谓的“延迟实验”。

实验的基本思路是：用涂着半镀银的反射镜来代替双缝。一个光子有一半可能通过反射镜，一半可能被反射，跟它选择双缝还是单缝本质上是一样的。把反射镜和光子入射途径摆成45度角，那么它一半可能直飞，另一半可能被反射成90度角。但是，我们可以通过另外的全反射镜，把这两条分开的岔路再交汇到一起。在终点观察光子飞来的方向，我们可以确定它究竟是沿着哪一条道路飞来的。

但是，我们也可以在终点处再插入一块呈45度角的半镀银反射镜，这又会造成光子的自我干涉。如果我们仔细安排位相，我们完全可以使得在一个方向上的光子呈反相而相互抵消，而在一个确定的方向输出。这样的话我们每次都得到一个确定的结果（就像每次都得到一个特定的干涉条纹一样），根据量子派的说法，此时光子必定同时沿着两条途径而来！



图六-53：延迟实验装置示意图

总而言之，如果我们不在终点处插入半反射镜，光子就沿着某一条道路而来，反之它就同时经过两条道路。问题是，是不是要在终点处插入半透镜，这可以在光子实际通过了第一块反射镜，已经快要到达终点时才决定。我们可以在事情发生后再来决定它应该怎样发生！

在惠勒的构想提出5年后，马里兰大学的卡洛尔·阿雷（Carroll O Alley）和其同事当真做了

一个延迟实验，其结果真的证明，我们何时选择光子的“模式”，这对于实验结果是无影响的（和玻尔预言的一样，和爱因斯坦的相反！），与此同时慕尼黑大学的一个小组也作出了类似的结果。

24.2、延迟实验过程解析

首先，本实验设计者所说的光子及其在半透镜处的怪异行为是根本不存在的。详情在此不详述。可参见本人的《光子不存在的理论证明》（附件一）和《原子发光机理与光子说错误根源》（附件二）；其次，若真的存在光子，则也不会像本实验设计者所述的那样出现怪异现象。

24.2.1、终点不放置半透镜

当终点处不放置半透镜，则要检测光子到底是沿路径 1 还是路径 2 到达的，必须设置两台检测设备分别检测两个方向，或在光路终点交汇处以 45 度角设置一台检测设备同时观测两个方向，但不能确定光子由哪条路径到达。由此，可出现如下三种可能性：

24.2.1.1、光子沿单一路径到达终点

如果设置两台检测设备，则其中一台会检测到光子的到达；如果设置一台在交汇点处，则也会检测到光子的到达，但不能判定是由哪条路径来的；

24.2.1.2、光子沿两条路径先后到达终点

如果设置两台检测设备，则两台设备会先后检测到光子的到达；如果设置一台在交汇点处，则会检测到两次光子先后到达；

24.2.1.3、光子沿两条路径同时到达终点

如果设置两台检测设备，则两台设备会同时检测到光子的到达；如果设置一台在交汇点处，则会检测到光子的干涉结果，即检测到光子相互叠加后的结果。有可能相互抵消而没有检测到任何光子。

24.2.2、终点处放置半透镜

当在两条路径的终点交汇处放置 45 度的半透镜，则与上述在交汇处放置一台检测设备类似，会在半透镜上呈现单一光子或两路光的叠加结果。

总之，以上过程并不会因为放置或不放置半透镜而改变光选择的路径和运动过程。

24.3、延迟实验结果预测

根据以上对延迟实验的解析，我们有理由对本实验的结果进行如下预测：

24.3.1、无论用多么弱的光进行本实验，也不会是单个光子参与实验，而是变化的电磁场。只要半透镜对实验频率的光会作出一半反射、另一半透射的选择，则一半会沿路径 1 运动，另一半会沿路径 2 运动。不可能出现单路径运动的情形。也就是在终点无半透镜的情况下，均能检测到两路光；

24.3.2、要想知道终点交汇处光的状态，必须在此点处设置检测设备或半透镜。检测设备可直接观测到光到达的情形。而半透镜是通过其散射才让人们观测到其上的图像的。若为单光子，则不可能形成散射让人们观测到其叠加后的图形！

总之，当采用单因素分析法对本实验进行剖析后，完全能把延迟实验的画皮剥去。因此，本实验不可能出现破坏因果律的结果，也不会出现现在改变过程的可能。

附件一：

光子不存在的理论证明

[文章摘要]：光子是目前物理界主流观点所承认并常用的概念。但通过本人长时间的细心研究发现：光子是不可能存在的。同时，引力也不可能是引力粒子组成的！声波更不可能是声粒子组成的。现就此进行详细的理论证明。并根据光是波不是粒子观点对支持光是粒子的几个典型实验进行波动学解释。

一、光子假说概要

光子最初是由爱因斯坦解释光电效应时提出的，其主要特点包括：具有单一频率、其动量和能量与频率成正比。即：光子的动量为： $P=h/\lambda=hf/c$ ；光子的能量为： $E=hf=hc/\lambda$

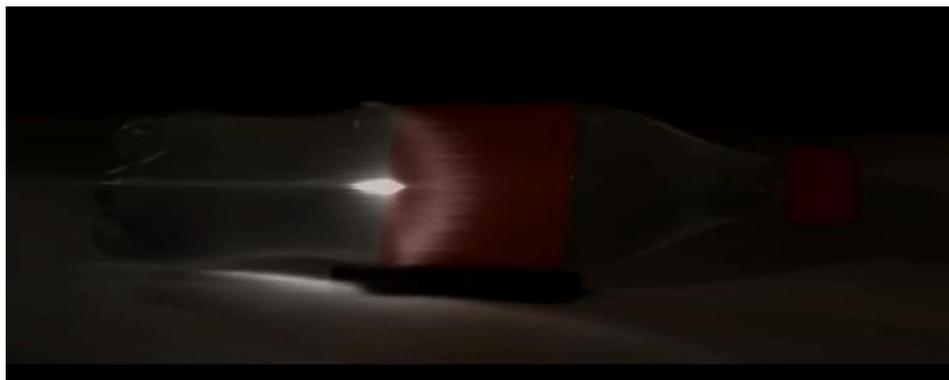
其中：C为光速；h为普朗克常数；f为光的频率； λ 为光的波长。

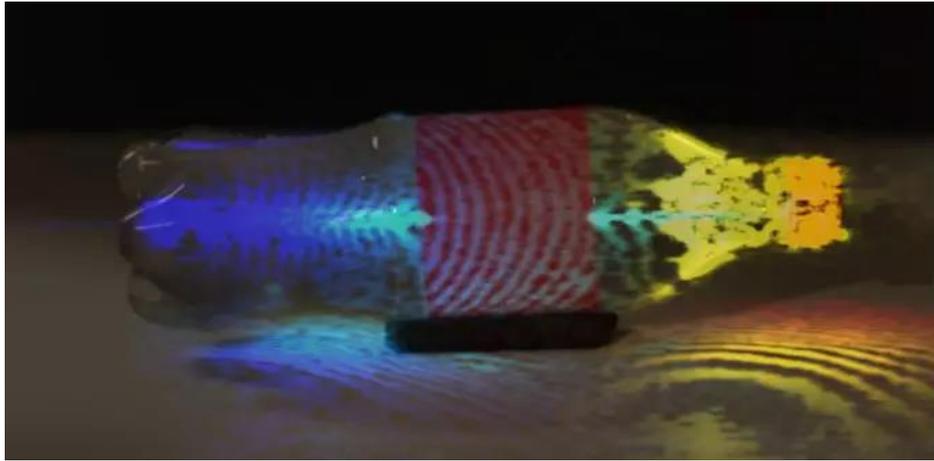
由以上光子的能量与动量公式可知：光子必须为单一频率且能量与动量均与频率成正比。

二、光的常见性质

1、**速度**：在真空中为C（还需进一步验证）；在均匀介质中的速度与介质性质和运动状态有关，一般为恒定值。如在玻璃中一般为真空中的（1/1.3~1/1.7）倍；在不同介质分界面处，光速会发生跃变。特别是从光密介质进入光疏介质时，光速会跃升。如：从玻璃进入真空时，速度将从约20万千米/秒跃升为30万千米/秒；

2、**遇介质**：光遇到介质时会变成反射（散射）、折射（透射）和转换（热辐射）等不同运动方向、运动速度及频率的光。就如下图所示（脉冲光通过可乐瓶时的高速摄影照片）：光与介质作用使介质成为了新的光源并产生向周围传递的光波。





3、**叠加性**：光与同频率的光会发生干涉，实质上是遵循叠加原理的；

4、**无限分割性**：一个电子或质子同时与宇宙中所有其他带电体（电子或质子）间存在电磁相互作用，也同时受到这些带电体的反作用。

三、光不可能是粒子的理由

1、**电磁场无处不在决定了光为光粒子的可能性为 0**：每个电子或质子均在宇宙空间任意位置上产生电场和磁场，且电场和磁场有无限多个频率。也可以说：每个电子或质子任意时间均与宇宙中其他电子或质子间存在电磁相互作用，且作用频率任意种之多。同时，电子或质子也受宇宙中所有其他电子或质子的电磁反作用。那么，如果这种作用是由单一频率的光子负责完成的，则需要有无穷多个不同频率的光子与每个电子或质子作用。同时，也受到宇宙中所有其他电子和质子无数多个不同频率的光子的反作用。也就出现了宇宙中任意空间位置上任意时刻都有无穷多个不同频率的光子正朝不同的方向运动着！这种情景可能出现吗？！

2、**一般光源的频率谱均为连续谱决定了光为光粒子的可能性为 0**：单一频率的光子不可能组成连续频率谱的光，如太阳光！就如一个喇叭的振子输入一个脉冲信息号，输出的声波为连续频率的声波。因此，声波不可能是不同频率的声子组成的一样！一个受原子核束缚的电子的脉冲式跃迁运动也会产生连续光谱，不会是单一频率的谱线！只是在电子跃迁期间，原子核因失去电子而成为了作频率单一的圆周运动的谐振子，其产生的电磁场为单一频率的谱线！

3、**电磁场在均匀介质中的运动速度恒定决定了光为光粒子的可能性为 0**：如果光是粒子，则光在均匀介质中的运动速度应该会随运动距离的增加而衰减，而不可能保持恒速；

4、**电磁场在介质交接面处的运动速度、方向的突变决定了光为光粒子的可能性为 0**：光在介质交接面处会产生反射（散射）、折射（透射）和转换（热辐射）光，其运动方向和运动速度，甚至频率均会发生变化，不可能是单一频率的光子能完成此项界面转换的！反射、折射和转换光均不是原来的入射光！特别是从光密介质到光疏介质时，光速会发生瞬间跃升。这些都是光粒子无法完成的任务。因为，如果是光子的话，则不可能出现瞬间速度跃升的现象！

5、电磁场遵循叠加原理决定了光为光粒子的可能性为 0：如果光子携带与频率成正比的能量和动量的话，则光在与其强度、频率、运动方向相同但相位相差 180 度的另一束光复合而消失时，就会违背能量和动量守恒定律！

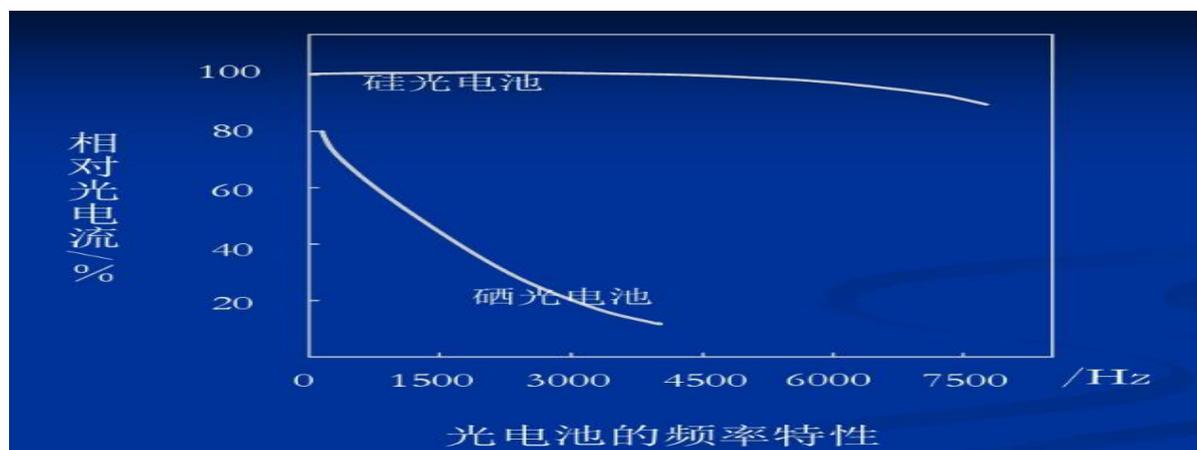
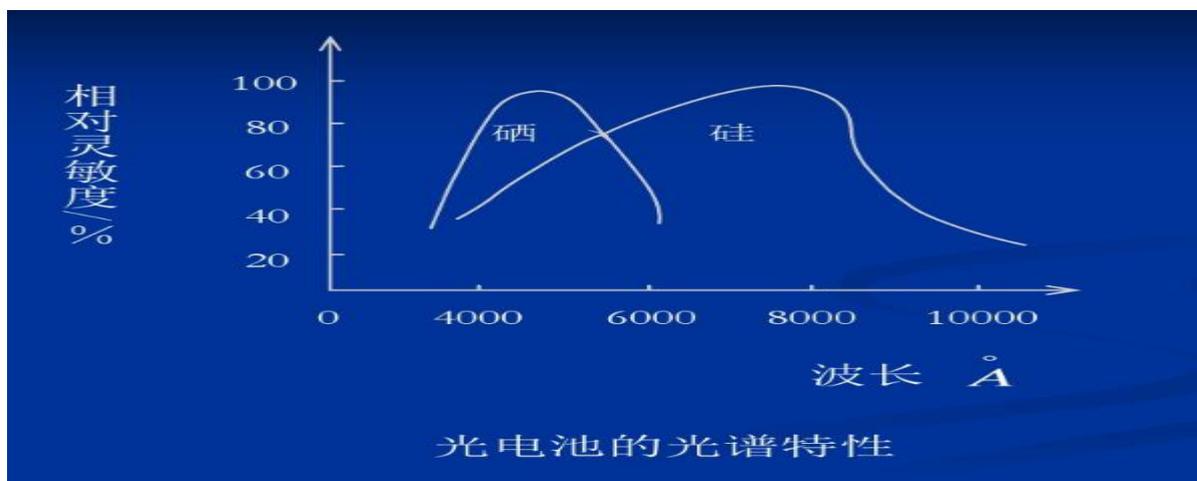
综上所述，光只能是电磁场，不可能是单一频率且携带与频率成正比能量的粒子，也不可能具有波粒二象性！

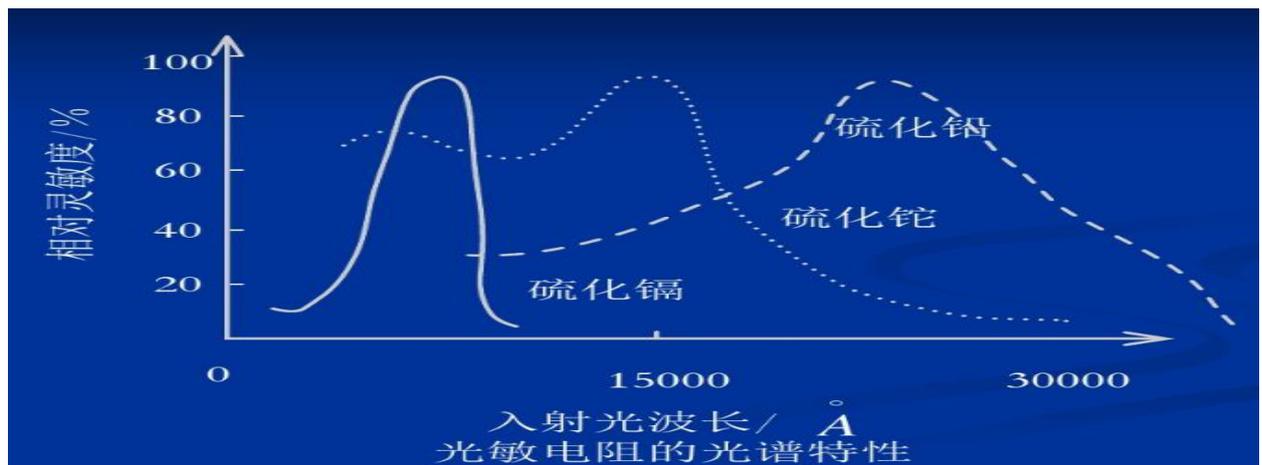
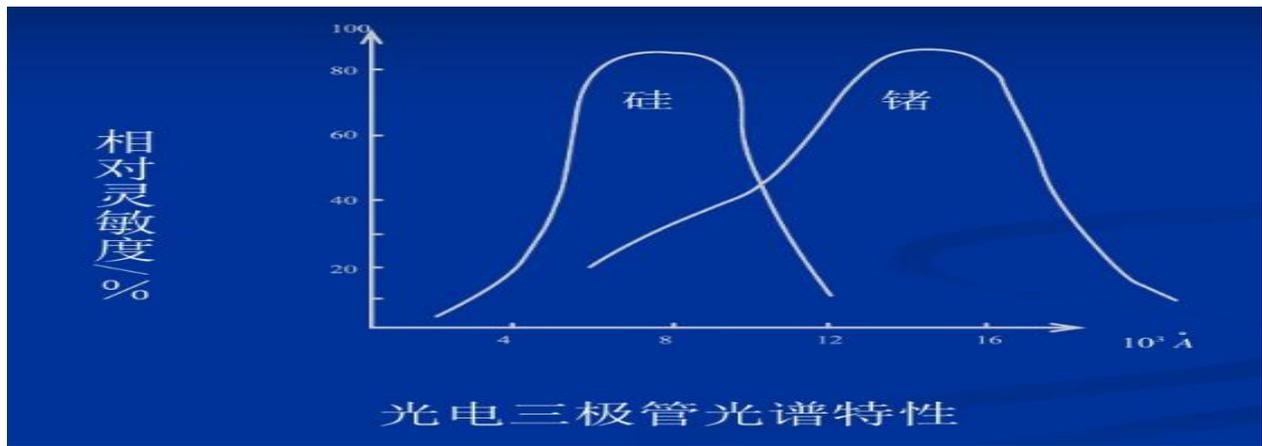
四、几个支持光为粒子的典型实验结果的波动学解释

1、光电效应

照射到金属表面的光会改变金属表面照射部位的电磁场，从而会改变此区域的电子和原子核的运动状态。当照射光的频率与电子围绕原子核的运动频率相近时，就可对相位合适的电子进行同步加速。当被同步加速的电子达到逃逸速度时，就会飞出金属表面成为自由电子。这也是为什么不同材质的红限不同且红限不随光照强度与持续时间增加而降低、光电子数量峰值对应的频率与电子围绕原子核运动频率相近、光照频率高到一定程度时，光电子数量不增反降、光电子与光照方向间的夹角可大于 90 度的原因所在。这些是用光子无法解释的。

下面几张图是内光电效应中，频率（波长）与相对灵敏度的关系曲线图，可清楚地发现：光的频率愈高并不会提高灵敏度，而是完全相反。不同材料的灵敏度都有相对应的峰值频率。





2、康普顿效应

X射线与自由电子的相互作用过程可看作X射线被自由电子散射，X射线（电磁波）使自由电子所处空间位置上的电磁场发生变化，进而使电子的运动状态发生改变，且这种改变与电子瞬时运动状态有关，即电子原有的惯性运动与X射线产生的电磁场对电子的作用叠加后，电子将成为新的光源对入射的X射线进行反射、折射或转换。而新光源产生的新的X射线的频率就与其传递方向有关了。就如乒乓球遇到不同运动状态的球拍时，球的运动方向和速度均会改变，当然频率也会改变！实质上，单个电子因X射线改变运动状态成为新的光源后，其不仅会产生反射、同时会产生各个方向的光波。如果说是一个X射线光子遇到一个自由电子的话，则作用后也只能是一个X射线光子向某一特定方向运动而去，不可能在各个方向上均产生不同频率的次级X射线！可采用此方法验证康普顿效应为电磁相互作用而非粒子。实质上，X射线被自由电子散射后，不同方向的X射线频率不同就可说明其非粒子而是波。因为如果其为粒子，就应该改变频率而只能改变速度。否则，就失去了最基本的粒子属性了！

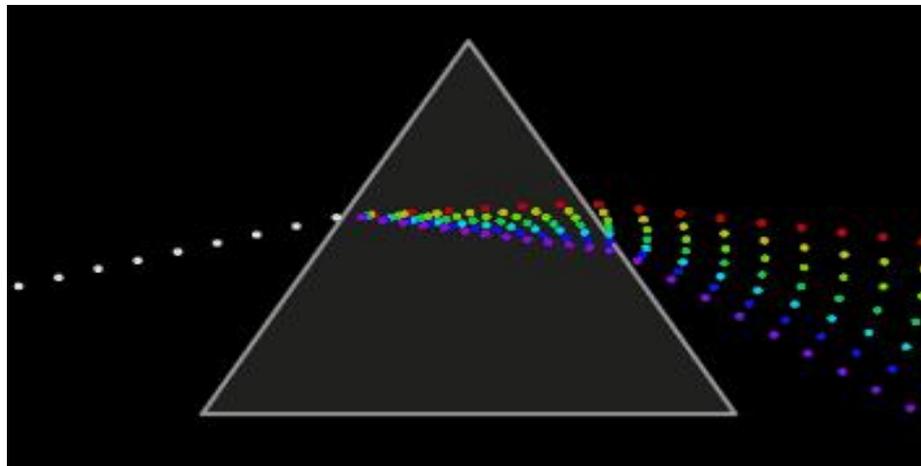
五、几个可证明光是波不是粒子的观测实验结果

1、迈克尔逊——莫雷实验

不同运动状态的光源发出的光，经实验装置中的三棱镜、半透镜和反射镜作用后，不会产生干涉条纹移动。这结果恰好证明了光是波不是粒子！因为是粒子的话，不同运动速度的光源

产生的光子相对实验装置的运动速度会不同，形成的干涉图像也应该有别！但实验结果否定了此种情况，只能说明光不是粒子而是波：只有光波在大气层内的运动速度恒定或光波被三棱镜分频和半透镜分光后的速度仅相对实验装置速度恒定在会有这样的实验结果出现！

2、三棱镜分解白光实验



白光通过三棱镜分解示意图

由上图（虽然此图把光画成了粒子）可知：频率越高（波长越短）的光通过三棱镜后的偏转角越大。如果按照光子说，则应该是：频率越高偏转角越小！因为频率越高的光子，动能或动量越大，受到三棱镜同样的力而改变方向的难度也就越大！这只能是因为频率越高的光在三棱镜中的运动速度越快，因此，其偏转角才越大。这种现象符合波在介质界面处的变化规律！

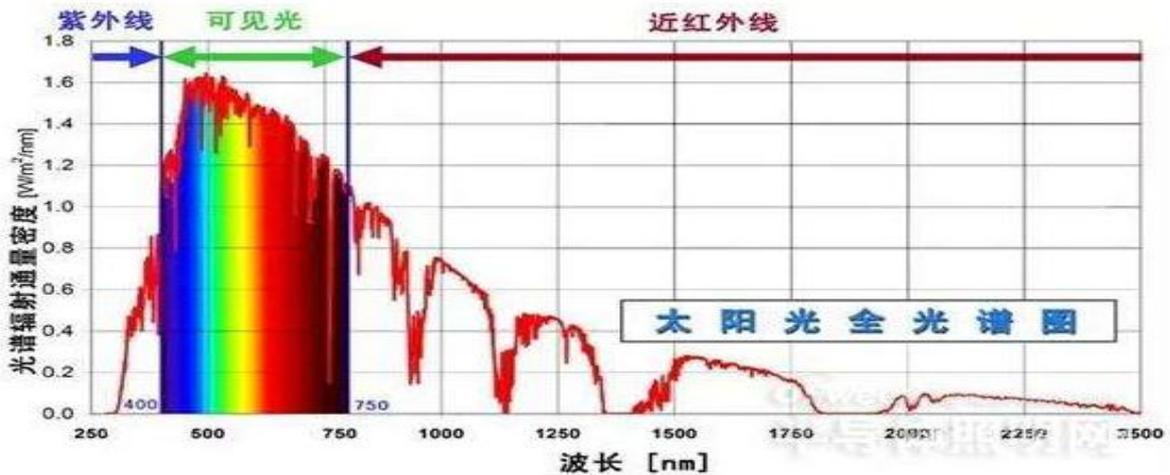
3、不同介质界面上光的方向和速度实验

为文章简洁些，我们就采用上面的三棱镜分光图为例：一般玻璃的折射率 $n \approx 1.5$ ，我们暂按 1.5 计算，则光在空气中的速度约为 30 万千米/秒，在玻璃中约为 20 万千米/秒。那么，光从空气进入玻璃时速度下降了 50%；然而从玻璃出来再次进入空气时的速度又恢复到空气中的速度，速度瞬时增加了 50%！同时在玻璃界面处光的运动方向也发生了突变！这些是粒子完全不具备的特性。只有波才可能具备此方面的特性！

4、光在均匀介质中的速度实验

光在均匀介质中的速度恒定是经过许多实验证实了的。这只能是波在介质中才具有的特性。如果光是粒子，则其速度应该会随运动距离的增加而快速降低！就是光具有波粒二象性的话，其在均匀介质中应该会出现二种运动速度，一部分按波的恒定速度运动，一部分按粒子的变速运动。或者，一段时间按波的恒定速度运动，另一段时间按粒子的变速运动，其累计结果也不应该是恒定速度！由此可能：光既不能是粒子，也不能是波粒二象性的非波非粒体！

5、太阳光谱实验



由上图可知：太阳光的频率谱在频率上是连续的，即太阳光中包含无数多种不同频率成分的光。这种频率分布特性是无法用单一频率的光子来解释的！因为，太阳瞬时发来的任意一个短暂的光脉冲，都是有无穷多个频率成分的。我们总不能说：太阳瞬时发出了无穷多个不同频率的光子吧！

附件二：

原子发光机理与光子说错误根源

[文章摘要]：原子发光与其他带电粒子或带电体发光存在明显的差异，致使前人错误地认为原子发光有别于一般带电体的发光，进而为解释光电效应和康普顿效应提出了光子假设。本文试图从原子发光机理入手，剖析原子发光的本质，为改正光子说错误奠定基础。

一、带电体发光（产生电磁波）的机理

1、自然界中，人类目前掌握的带电基本粒子为电子和质子。而无论是哪种光（本文将所有频段的电磁波均简称为“光”），均是由带电粒子或其组成的带电体产生的；

2、光的频率特征与带电体的运动状态密切相关：静止电荷产生静电场、恒定电流产生恒定磁场；固定周期的线性简谐振动或圆周运动的带电体产生单一频率的光（在以振动中心或圆心为带电体所在位置所能产生的恒定静止电磁场的基础上增加了次级的单一频率的变化电磁场，后续讨论中暂不考虑恒定静止部分的基本电磁场，只考虑变化部分的电磁场。因为恒定部分往往不会使被作用对象发生运动状态的改变，原因是被作用对象已处于力的均衡状态）；脉动式运动（如分子热运动）的带电体产生类似正态分布的连续频率的变化电磁场；理想门式运动的带电体产生恒定强度振幅谱在 $0 \sim \infty$ 频率段的变化电磁场；也就是说：带电体产生的光之频率与其在时间域的运动方式密切相关，当从频率域考察其特性时，时间域与频率域的转变遵循傅氏变换。

二、原子的运动特性及发光机理

1、原子的运动特性

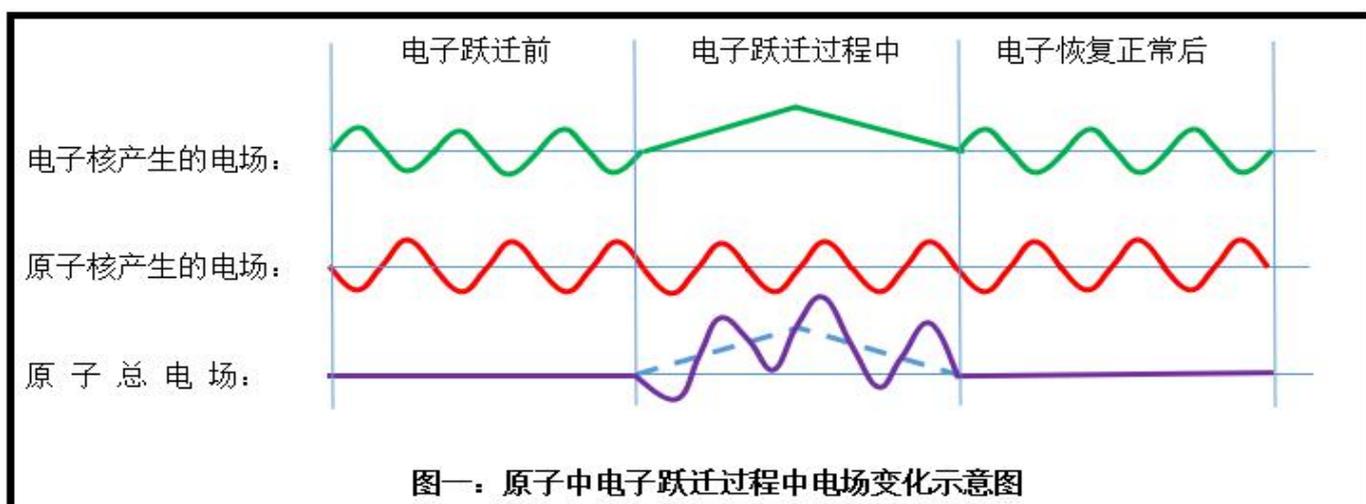
原子是由质子和中子组成的原子核以及围绕原子核高速运动的外部电子组成的。在无外部干扰的情况下，由电子与原子核构成的原子一般处于稳定的体系中。这种稳定体系有许多种状态，也就是通常说的能级。一般在地球表面上的原子，无论是固态、液态或气态的原子，因受到地球万有引力作用，均有一个G的向地心的重力。因此，原子核必须由外层电子为它提供一个反力。电子为原子核提供的反力来源于临近的其他原子外层电子给予的电磁斥力。由此决定了原子核也是在不停地运动着的（只有在失重状态下，原子核才可能不被万有引力作用而需要电子为其提供反力，也才有可能将其温度降低到接近绝对0度）；

2、原子发光机理

2.1、原子处于理想的正常状态（无热运动和电子能级间跃迁）时：当原子处于某一特定能级时，原子不向外发光，也不吸收光或吸收的光与发出的光正好相等并相互抵消。

2.2、原子处于热运动状态（无电子能级间跃迁）时：因原子一般非绝对0度，总是存在一定的热运动。因电子与原子核所携带电荷性质相反，因此，外部变化的电场对电子和原子核施加的作用力相反，由此导致电子与原子核的运动是非同步的。原来对外呈现的电中性被破坏而成为带电体。由于原子的热运动一般均为脉冲式线性变速运动，因此，热运动会使其发出类似脉冲式的连续频率的光，这就是黑体辐射类光的来源和频率特征为类似正态分布的原因。这类光的主频与原子的运动速度（物体温度）正相关，即速度越快，主频越高。这就是黑体辐射主频随温度上升的根源；

2.3、原子处于电子能级间跃迁阶段时，电子跃迁前，原子处于热运动中，只产生热运动辐射光。但当电子从某一能级跃迁到另一个能级过程中：电子产生的光不能抵消大部分原子核产生的光了，由此导致原子核变成了带电体，电子变成了暂时性的自由电子了。因此，此过程中，电子产生的光为脉冲式的连续频率谱的光；原子核因不会因为暂时性失去电子而显著改变运动状态，始终作着特定频率的圆周运动，其产生的光就为单一频率的光。由于电子与原子核显性电荷量相等，但原子核发出的是单一频率的光，电子发出的是连续频率的光，因此，在频率域就出现了单一频率的光振幅明显强于连续频率的光的现象了。当跃迁的电子跃迁到某一能级后，原子核和电子产生的光将再次被相互抵消而只能出现热辐射光了。下图一对原子中电子跃迁前后和过程中，原子所产生的总电场强度作了图示：



三、光子说的错误根源

近百年前最初提出光子概念时，由于当时的人们对原子结构以及光的产生不十分了解，因此，把光认定为粒子是完全可以理解的。最主要的原因是：

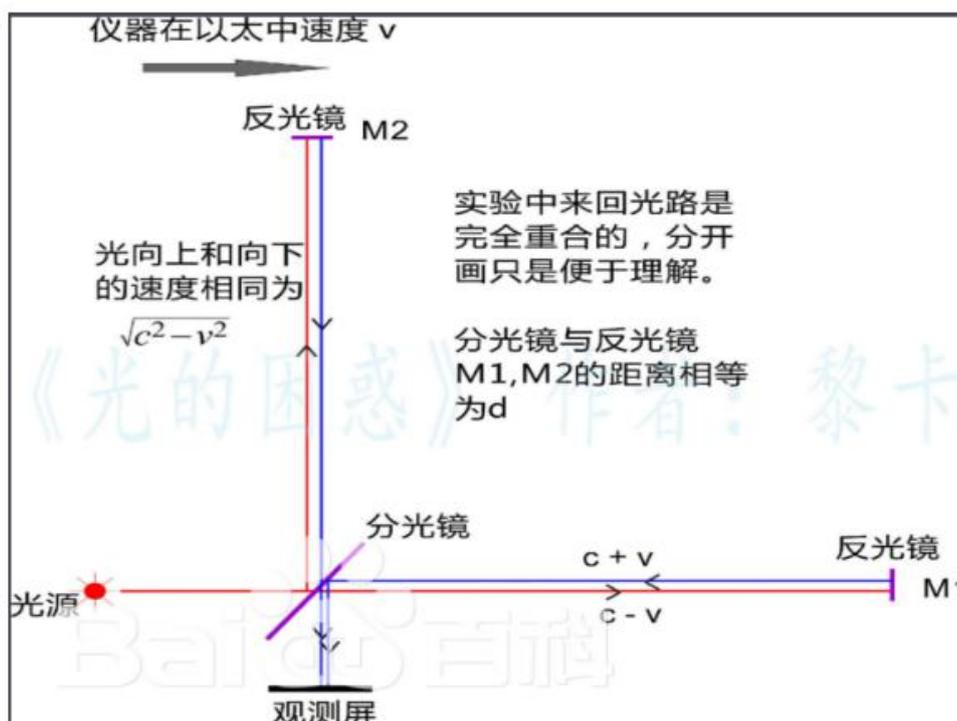
- 1、电子跃迁期间发出的单一频率的光强度大，且持续时间一般较短，容易被认定为光粒子；
- 2、电场变化慢时不容易使被作用对象发生运动状态改变，但变化快的电场则容易使被作用对象运动状态改变。因此，由电子跃迁期间发出的交变电场会使被作用对象发生明显变化而被人们感知到；
- 3、众多原子中的电子同时跃迁时，产生的叠加电场往往有一定的方向性，导致人们认为其是光粒子。

三、与光速有关的物理现象和实验结果

1、迈克尔逊-莫雷实验结果

1.1、迈克尔逊—莫雷实验结果简介

1887年，阿尔伯特·迈克尔逊和爱德华·莫雷在克里夫兰的卡思应用科学学校进行了非常著名的迈克尔逊-莫雷实验，目的是测量地球在以太中的速度(即以太风的速度)。但事与愿违，实验结果证明以太风的速度为0或根本不存在以太风。为解释此项实验结果与人们在实验前的预期完全不一致的问题，在1887年到1905年之间，许多著名的科学家提出了各种不同的解释。最著名者为荷兰物理学家亨得利克·洛洛兹，他依据相对于以太运动的物体的收缩和钟变慢的机制提出了后来以其名字命名的洛洛兹变换。然而，一位当时还不知名的瑞士专利局的小职员阿尔伯特·爱因斯坦，在1905年发表的一篇著名的论文中指出，只要人们愿意抛弃绝对时间观念的话，以太的观念就是多余的。但人们必须接受光速不变这样一个与人们所熟知的常理相违背的假设。这一实验自然就成了爱因斯坦相对论产生的重要背景。



图六-54：以太中的迈克尔逊-莫雷实验装置示意图

1.2、迈克尔逊—莫雷实验结果的可能原因分析

1.2.1、地表附近大气层内的光速相对实验装置基本恒定

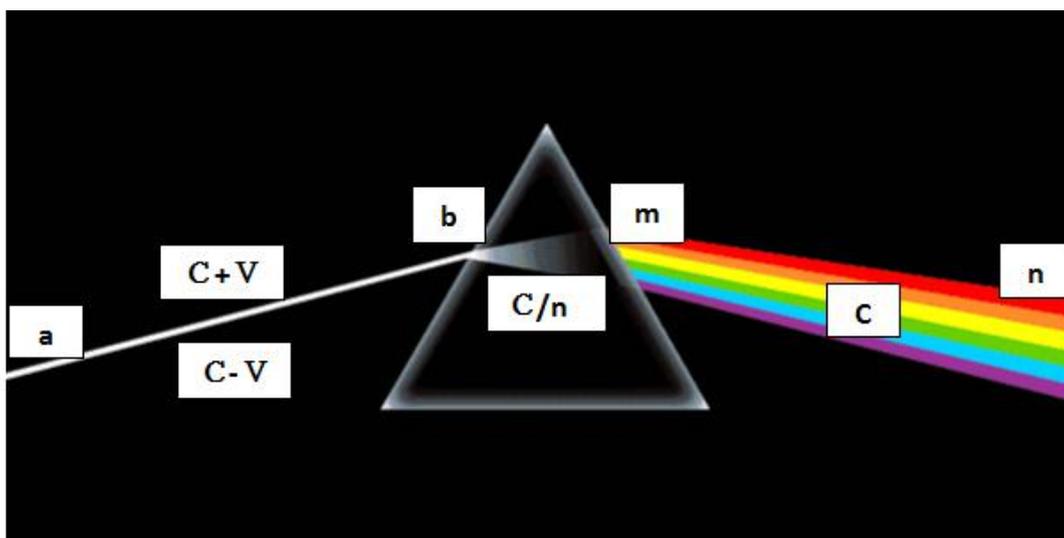
由于本实验过程中，光自始至终都是在地表附近大气层内和棱镜内运动的。由于在棱镜内部的运动持续时间较短，暂不考虑其影响。但大气层的影响是不可忽略的。由此可见，实验过程中的光速主要由大气层的性质决定。也就是实验过程中，光的速度为大气层内的运动速度，即介质内部的光速。根据众多的光学实验表明：光在均匀介质内的运动速度由介质性质和运动状态决定。即在相对介质静止的参照系内，介质内的光速仅由介质性质决定。如：光在折射率为 1.5 的玻璃内部的运动速度为 20 万千米/秒（在本文中暂将光在真空中的速度视为约 30 万千米/秒）。当玻璃相对地面运动时，则运动玻璃中的光相对地面的速度就会与玻璃相对地面运动的方向与速度大小相关了。

通过以上分析可知：当地表附近大气层相对实验装置的运动速度很小时（在 10 级风以下时，风速在 30 米/秒以下），则可将实验过程中风的影响忽略，即实验过程中，风速为 0。在此条件下，实验过程中的光速相对实验装置恒定的！因此，实验过程中不可能出现干涉条件变化！

1.2.2、在真空中进行本实验时，经三棱镜分频或半透镜分光后的光相对三棱镜或半透镜速度恒定，从而整个实验过程中，光相对实验装置速度恒定

如下图六-55 所示：ab 段为入射光，其速度可以是大于或小于真空中的光速；进入三棱镜后的 bm 段则为折射光，其速度由三棱镜的材料性质和运动状态决定。当三棱镜相对实验装置静止时，则由三棱镜的材料性质决定，与入射光的速度无关。其速度为真空中的光速与材料折

射率之比： C/n ！从三棱镜出来后的 mn 段为透射光，三棱镜相当于一个光源，从三棱镜出来进入真空的透射光的速度仅相对三棱镜速度恒定，即为真空中的光速 C 。



图六-55：三棱镜分频前后光速变化示意图

为什么说经三棱镜、半透镜和反射镜作用后，光速会仅相对镜面速度恒定呢？因为光是变化的电磁场，遇到介质时，会使介质成为次级光源而发生反射/散射、折射/透射和转换/热辐射光。光在真空中的速度当然应该相对光源速度恒定！也可以这样理解：光进入三棱镜并从另一侧透射后再次进入真空时，其运动速度自然是以三棱镜内的速度为基准的！

由此可见，即使是将本实验装置放入真空中进行，无论实验中使用的光源是运动的还是静止的，实验所需的单色光一般都需经相对实验装置静止的三棱镜分频，再照射到半透镜分光，再由反射镜反射回到半透镜再次分光，再照射到成像屏。此过程中，光经过相对实验装置静止的三棱镜、半透镜和反射镜的多次反射、透射作用后，其运动速度仅相对镜体速度恒定，也就是相对实验装置速度恒定。因此，整个实验过程中的光均相对实验装置速度恒定，不出现干涉条件变化理所当然！

由以上分析可知：无论本实验是在地表大气层内进行，还是在真空中进行，均不可能检测出光速在不同方向上的差异！也不能检测出入射光的速度差异！也就是说：**干涉仪法是不可能检测光速差异的。**

2、光行差常数

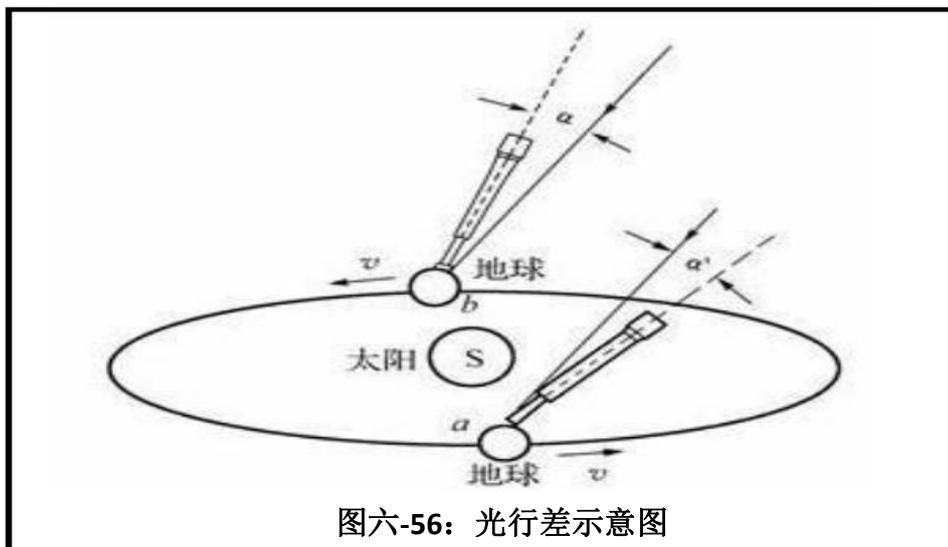
2.1、光行差常数的基本概念

光行差常数：天文常数之一。光行差是由观测者运动引起的，光行差位移同观测者的平均运动速度 v 和光速 c 有关。 v/c 的正切值称为光行差常数。作为天文常数的光行差常数，是指周年光行差常数，以 k 表示。在这种情况下， v 表示地球公转的平均线速度。

首次发现光行差现象的布拉得雷于 1725~1728 年得出 $\theta=20.5''$ 。到目前为止，两个半世纪以来许多天文学家根据浩瀚的资料得出了近百个光行差常数的数值。绝大多数的数值都在 $20.4'' \sim 20.6''$ 之间。1840~1842 年，... 斯特鲁维用中星仪在卯酉圈上观测，得到 $\theta=20.4451''$ ，这个数值为全世界天文学家使用了近半个世纪，1896 年，纽康综合当时的各种测定值以后，得出 $\theta=20.47$ ，这个数值使用了近七十年。尽管很早就发现纽康的这个数值偏小，精度较低，但由于牵涉到其他常数，并未予以改动。到 1964 年，国际天文学联合会通过的天文常数系统中，值才改为 $20.4958''$ ，这是根据地球轨道的运动速度值和光速值推导出来的。光行差常数是一个导出常数。这个数值从 1968 年开始采用，将一直用到 1983 年，1976 年国际天文学联合会的天文常数系统中确定相对于标准历元 2000.0 年的值是 $20.49552''$ ，这个新值从 1984 年为全世界统一采用 [摘自百度百科]。

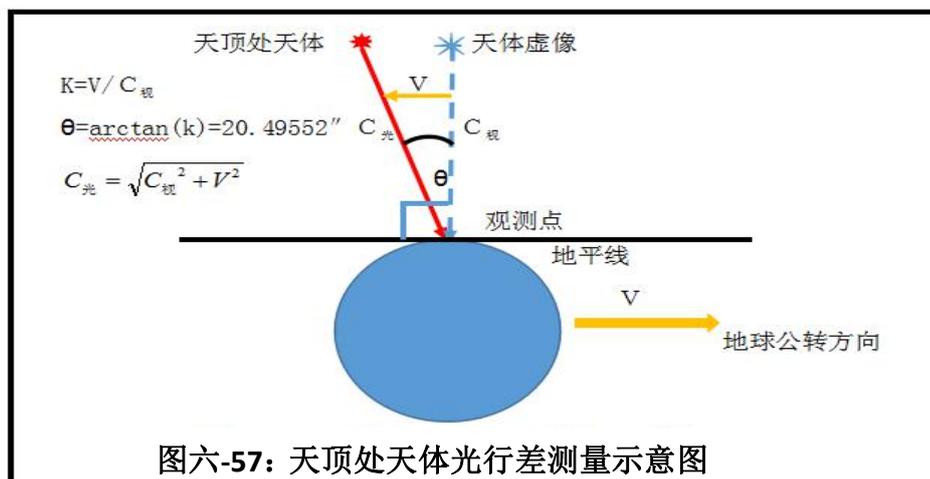
2.2、按速度合成法解释光行差常数及存在的问题

如下图六-56 所示：在地球上观测遥远的天体时，由于地球绕太阳公转，星光与地球公转方向存在一定夹角时，所观测到的天体视向与真实方向间存在一定的角度差异，这就是光行差。



图六-56：光行差示意图

2.2.1、天体位于天顶处时的光行差



图六-57：天顶处天体光行差测量示意图

如上图六-57 所示：当天体正好位于地面观测点的正上方（天顶处）时，则星光的运动方向与地球的公转方向正好垂直，按照速度叠加原理，此时的光行差为： V/C 。

由光行差定义可知： v/c 为常数的条件有二：一是地球公转速度不变；二是光速不变

根据现有资料，地球公转的速度虽然存在一定的变化，但变化幅度很小，可视为基本不变。地球绕太阳公转的平均速度为：29.783 千米/秒；

2.2.1.1、不考虑大气层的影响条件下

利用真空中的光速与地球公转速度的比值计算天体位于天顶时的光行差为 20.49145882"（详见下表一第 1 项），明显小于目前公认的光行差常数 20.49552"。因此，可以肯定的是：光行差常数不是由真空中的光速决定的。

2.2.1.2、考虑大气层的影响条件下

2.2.1.2.1、以地表附近大气折射率计算大气层内光速：光在地表大气层内的运动速度约为： $C_{气} = C/n = 299792.458/1.000292 = 299704.9442$ 千米/秒。当测量装置相对大气层静止（风速不大于 100 米/秒）时，在大气层内传递的光相对测量装置的速度也可视为基本不变。

根据以上假设，可计算得到天体位于天顶处时的光行差为：20.49744233"（详见下表一第 2 项），与公认的光行差常数差异仍较大。因此，光行差常数不是由地表附近大气层内光速决定的；

2.2.1.2.2、以公认光行差常数反算大气层平均折射率：若要使光行差等于目前公认的 20.49552"，则大气层的平均折射率应调整为 1.0002050（较地表附近稍小，符合地表附近空气密度大于高空的客观实际情况），大气层内的平均光速应调整为 299733.0543 千米/秒（详见下表一第 4 项）。由此可见，光行差常数是由地表大气层内平均光速决定的；

光行差计算一览表

表一

序号	观测条件及状态	地球公转速度 V (Km/s)	真空中的光速 C (Km/s)	大气平均 折射率 n	大气层内光速 C (Km/s)	光行差 (")	真光速度 $C_{气}$ (Km/s)	视光速 $C_{视}$ (Km/s)	天体方位
1	按真空中的光速 计算光行差	29.783	299792.458	1.00000000	299792.4580	20.49145882	299792.4580	299792.4565	
2	按大气折射率计 算大气层内光速	29.783	299792.458	1.00029200	299704.9442	20.49744233	299704.9456	299704.9442	天顶处
3	按公认光行差计 算大气层内光速 作为真光速	29.783	299793.458	1.00020153	299733.0528	20.49552010	299733.0543	299733.0528	
4	按公认光行差计 算大气层内光速 作为视光速	29.783	299794.458	1.00020486	299733.0543	20.49552000	299733.0558	299733.0543	

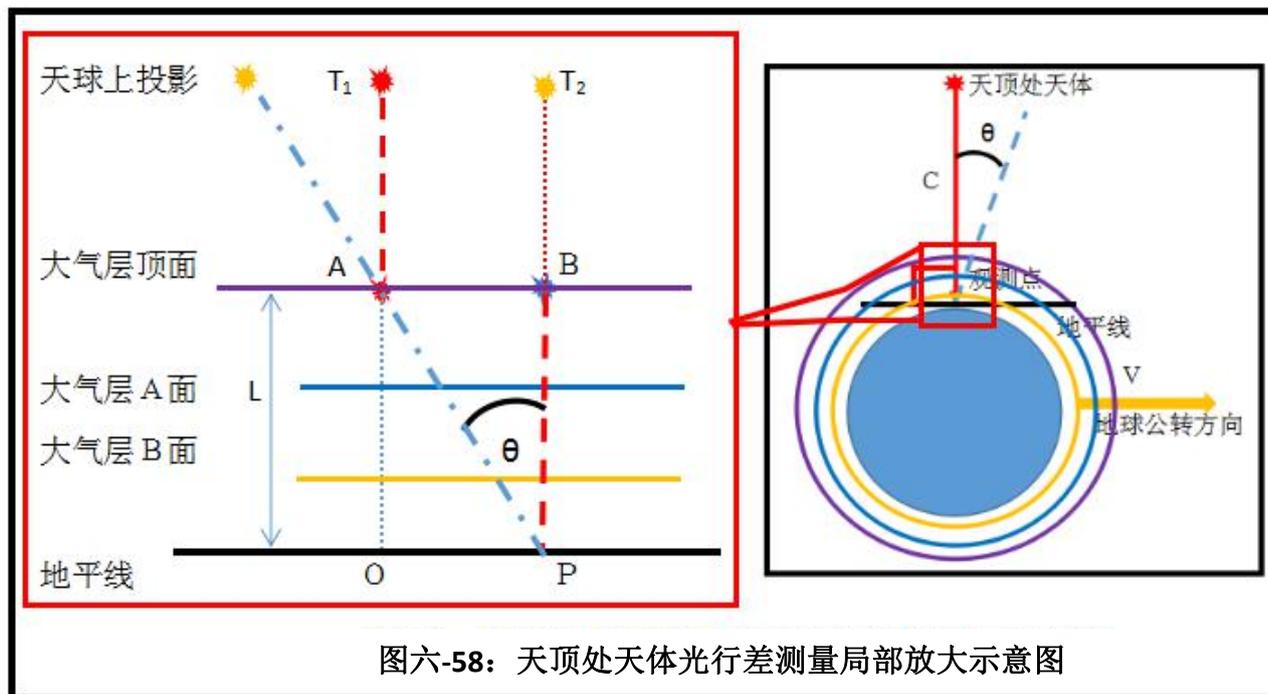
由表一可知：如果目前所公认的地球公转速度是准确的，则公认的光行差常数值对应的光速应为 299733.0543 Km/S，与真空中的光速存在 60.4037 Km/S 差异。因此，我们可以认为：

光行差常数是由地表大气层内的平均光速与地球公转速度的比值决定的。

2.2.2、利用速度叠加方法解释光行差常数存在的问题

因为光波在大气层内的运动速度仅与大气层的性质和运动状态有关，当观测装置相对大气层基本静止时，大气层内的光速相对观测装置也应基本恒定。因此，不应该出现光速矢量叠加现象。也就是说：观测装置相对大气层内的星光速度不应该因星光的方向不同而改变。由此可见，用光速矢量叠加法解释光行差是存在矛盾的，更是不符合客观实际的。

2.3、天顶处天体光行差为常数的本质因素



图六-58：天顶处天体光行差测量局部放大示意图

由于测量光行差的天文观测过程均是在地表大气层内进行的。因此，所观测到的均为在大气层内运动的星光，其速度主要由大气层的性质和运动状态决定，与产生星光的天体的运动状态无关。也就是说：测量光行差所使用到的光波速度为地球大气层内的光速，与星光进入地球大气层以前的运动速度无关。即使是星光在星际空间中的速度大于或小于真空中的速度，也不会影响到其进入大气层后的速度。

由于天体一般离地球十分遥远，在一地球年内，可视为相对太阳系静止的光源。因此，星光相对地球大气层就为非静止光源。星光遇到大气层后，会使大气层内的原子成为新的次级光源而产生反射/散射、折射/透射和转换/热辐射光等。地面观测到的就是其产生的折射光。由于大气层相对地面观测装置可视为相对静止（相对光速而言，风速在 100 米/秒以内的影响可忽略），因此，观测装置测量到的、由大气层产生的次级星光就相对观测装置速度也恒定。

如上图六-58 所示：假设天文观测装置垂直于地平线，其 T_2 时刻观测到的星光为 $T_1 = T_2 - \Delta t$ 时刻进入大气层的（位于图六-58 中 A 点）；当星光到达观测装置时，A 点与地面观测装

置及大气层同时向右运动了 $V \Delta t$ 距离，即 A 点移动到了 B 点、观测装置从 O 点移动到了 P 点。因此，地面观测装置 T_2 时刻观测到的是 T_1 时刻地球大气层顶面 A 点发出的次级星光的成像。则有：

$$S_{AB} = S_{op} = V \Delta t$$

假设大气层厚度为 L ，大气层内的光速为 $C_{气}$ ，则有： $L = C_{气} \Delta t$

因观测装置垂直于地面，因此可不考虑因大气层不均匀导致的折射角变化影响，则有：

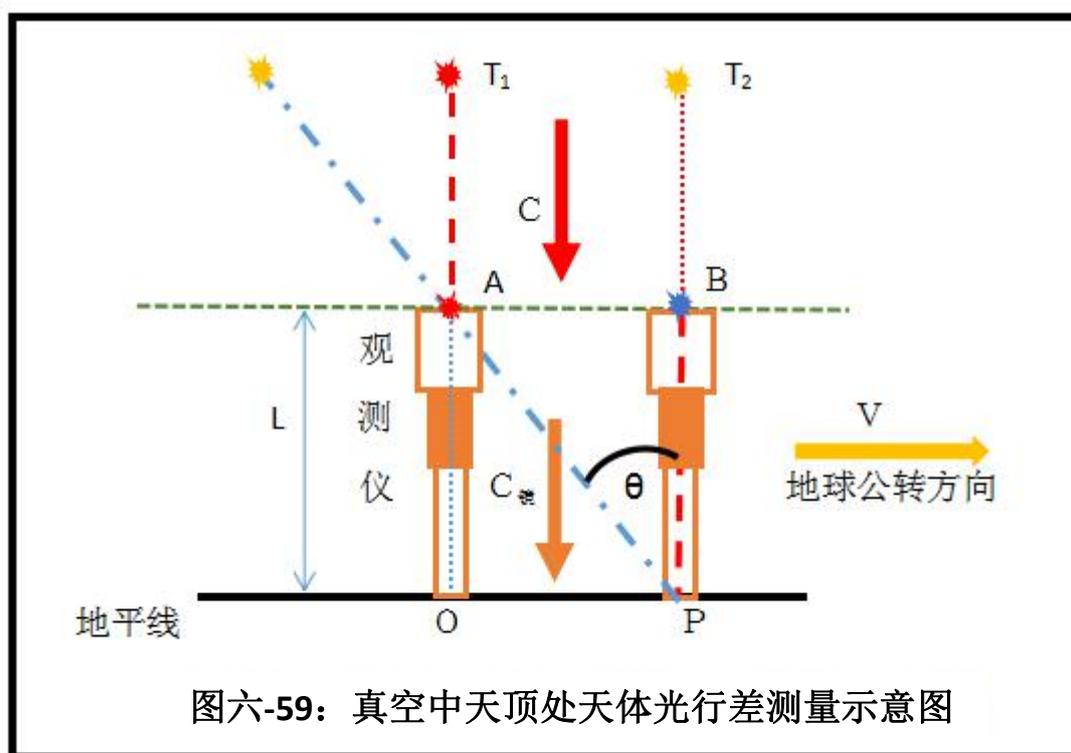
$$\angle \theta = \angle APB = \arctan(V \Delta t / L) = \arctan(V / C_{气}) \quad (\text{公式 1})$$

从以上推导可知：在地表大气层内进行的天文观测所测量到的天体位置为由该天体产生的星光在进入大气层时的位置的虚像。即天体的实际位置与成像位置因地球大气层的作用而发生了偏离。这才是光行差的本质。

由于地球大气层内光波速度和地球公转速度均基本恒定，对于位于天顶处的天体而言，其光行差为大气层内光波速度与地球公转速度的比值，其为不变的常数是完全正常和应该的。

2.4、真空条件下的光行差形成机制分析

以上分析得出的结论是：光行差是由大气层产生的次级光源虚、实像在天球上的投影间的夹角。那么在没有空气的真空环境下，能否观测到光行差呢？比如，在月球上进行观测时，能否观测到光行差呢？



如上图六-59 所示：假设观测仪高度为 L 并垂直地平线放置，则位于天顶处的天体产生的星光到达观测仪顶端的物镜时，物镜会使星光产生反射/散射、折射/透射和转换/热辐射光。透射光会垂直向下传递到底部的目镜。假设经物镜透射后的星光的运动速度为 $C_{镜}$ ，则其相对

物镜速度恒定。 T_2 时刻目镜观测到的星光是由 T_1 时刻物镜产生的透射光，在物镜产生的透射光从物镜到达目镜的同时，观测仪中的物镜从A点运动到了B点、目镜从O点运动到了P点。则有：

$$T_2 = T_1 + L / C_{\text{镜}} \quad S_{AB} = S_{OP} = V L / C_{\text{镜}}$$

$$K = S_{AB} / L = V / C_{\text{镜}}$$

$$\angle\theta = \arctan(K) = \arctan(V / C_{\text{镜}}) \quad (\text{公式 2})$$

由以上推理可知：即使是在真空状态下进行天体测量时，仍然会存在光行差，且位于天顶处的天体的光行差仍然为常数，不会受到天体运动状态不同的影响。因为测量过程中使用的光是经过物镜改造后的透射光，其速度仅与物镜的运动状态有关，与入射光的速度无关。但由于观测装置在真空中，其物镜产生的透射光的速度应该为相对物镜恒定的真空中的光速，观测到的光行差常数将小于地表大气层内的数值，应接近表一第1项的计算结果。

3、斐索流水实验结果

3.1、斐索流水实验及其计算公式简介

3.1.1、摘自 360 百科：

斐索实验 免费编辑 添加义项名

所属类别：其他

1859年，斐索做了一个流水实验，实验的目的是为了考察介质的运动对在其中传播的光速有何影响，从而判断以太是否被拖曳。

基本概况 编辑本段

斐索实验介绍:

实验装置如下图所示，光束由光源发出后，经过半透镜后分为两束，一束光与水流方向一致，另一束光则与水流方向相反，两束光在观察者处产生干涉条纹。 <http://laser.phys.ualberta.ca/%7Eegerton/fizeau.gif>

斐索实验虽然只用了水、酒精和石英棒等很少几种透明物质做过，由于其非常符合菲涅耳的以太拖拽假设和相对论的速度变换式而使人们坚信，斐索实验的条纹变化将随着透明物质的折射率变化而变化，折射率越高，观察到的条纹变化越大。折射率越低，观察到的条纹变化越小，因为空气的折射率只有1.0003，产生的条纹移动预计只有0.00016，所以换用气体将无法观察到条纹变化

3.1.2、摘自李立新《斐索流水实验的一种经典解释》：

斐索流水实验的一种经典解释

李立新
(浙江大学机械系, 杭州 310027)

斐索流水实验最初于 1851 年由斐索完成^[1], 其目的是用于检验以太部分拖曳理论的, 并且实验结果与该理论的预测完全吻合。但后来, 由于关于以太的理论存在其它难以克服的矛盾被放弃。1905 年狭义相对论提出之后, 该实验结果采用洛伦兹变换的可以得到很好的解释, 从而被当作是光速不符合叠加原理的重要证据。爱因斯坦本人也非常重视这一实验并亲自重新做了这一实验。但是, 狭义相对论从其问世之日起就备受质疑, 特别是最近一系列超光速实验的报告^[2,3], 对狭义相对论提出了严峻的挑战。作者在文献[4]中也指出, Sagnac 效应的理论解释^[5,6,7]本身就可以看作是光速满足叠加原理的证明, 并且斐索流水实验结果只是描述了电磁波之树在运动介质中的生长规律, 而不能作为违反伽利略变换的证据。换言之, 对于其它参照系而言流水中的光度仍然满足叠加原理, 或者当光不在介质水里运行时, 速度叠加原照样成立。但这个解释毕竟只是描述性, 不是一个定量的解释。如何对斐索流水实验给出一个经典解释, 既是本文的研究工作, 也是对文献[4]的重要补充。

1 斐索流水实验公式及其相对论解释

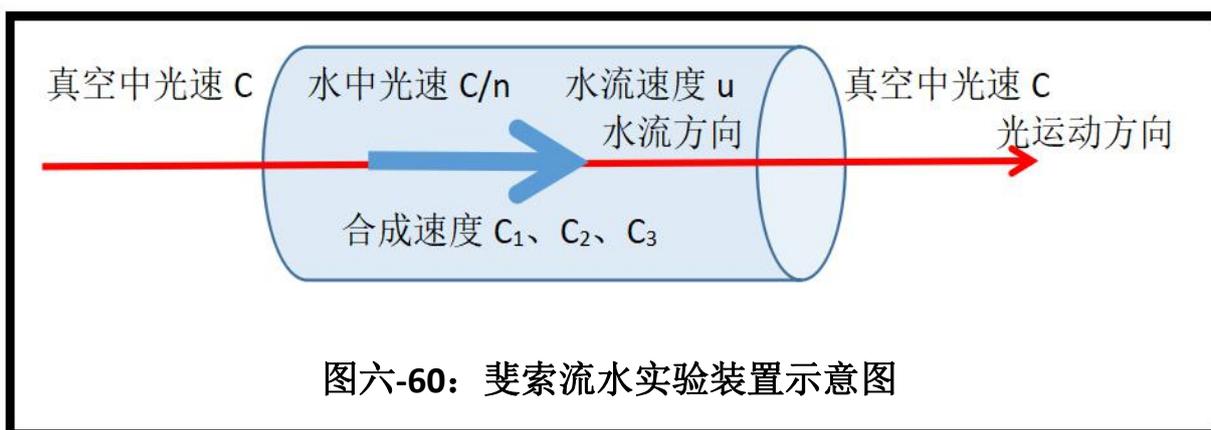
设 c 是光在真空中的速度, n 是介质的折射率, u 是介质在光传播方向的运动速度, 则斐索流水实验表明, 光在运动介质中的速度为^[1]:

$$c_n = \frac{c}{n} + (1 - \frac{1}{n^2})u \quad (1)$$

根据狭义相对论提出的洛伦兹变换, 并注意到 $|u| \ll c$, $|\beta| = |u|/c \ll 1$, 略去 β^2 有:

$$\begin{aligned} c_n &= \frac{u_x + u}{1 + uu_x/c^2} = \frac{\frac{c}{n} + u}{1 + \frac{u}{nc}} = \frac{1 + n\frac{u}{c}}{n + \frac{u}{c}} c = \frac{1 + n\beta}{n + \beta} c \\ &= \frac{n + (n^2 - 1)\beta - n\beta^2}{n^2 - \beta^2} c \approx \frac{n + (n^2 - 1)\beta}{n^2} c = \frac{c}{n} + (1 - \frac{1}{n^2})u \end{aligned} \quad (2)$$

3.2、经典物理学和相对论速度叠加结果与斐索公式计算结果对照分析



图六-60: 斐索流水实验装置示意图

从上图六-60 可知:

依经典物理学速度叠加公式: $C_1 = C/n + u$;

依相对论速度叠加公式: $C_2 = (C/n + u) / (1 + u/nC)$;

依斐索公式: $C_3 = C/n + (1 - 1/n^2)u$ 。

经典物理和相对论速度叠加计算结果与斐索公式计算结果一览表

序号	真空中的光速 C_0 (m/s)	水的折射率(n)	水的流速u (m/s)	经典物理合成光速 C_1 (m/s)	相对论合成光速 C_2 (m/s)	斐索实测光速 C_3 (m/s)	拖曳系数(1-1/n ²)	C_1-C_3 (m/s)	C_2-C_3 (m/s)	$(C_1-C_3)/C_3$ (%)
1	299792458	1.333	1	224900569.642	224900569.079	224900569.079	0.437219	0.5627820	0.0000000	0.00000025
2	299792458	1.333	5	224900573.642	224900570.828	224900570.828	0.437219	2.8139070	-0.0000003	0.00000125
3	299792458	1.333	10	224900578.642	224900573.014	224900573.014	0.437219	5.6278140	0.0000000	0.00000250
4	299792458	1.333	20	224900588.642	224900577.387	224900577.387	0.437219	11.2556280	0.0000000	0.00000500
5	299792458	1.333	50	224900618.642	224900590.503	224900590.503	0.437219	28.1390680	-0.0000030	0.00001251
6	299792458	1.333	100	224900668.642	224900612.364	224900612.364	0.437219	56.2781360	-0.0000109	0.00002502
7	299792458	1.333	200	224900768.642	224900656.086	224900656.086	0.437219	112.5562720	-0.0000434	0.00005005
8	299792458	1.333	500	224901068.642	224900787.251	224900787.251	0.437219	281.3906780	-0.0002737	0.00012512
9	299792458	1.333	1000	224901568.642	224901005.860	224901005.861	0.437219	562.7813560	-0.0010940	0.00025024
10	299792458	1.333	2000	224902568.642	224901443.075	224901443.079	0.437219	1125.5627110	-0.0043768	0.00050047
11	299792458	1.333	5000	224905568.642	224902754.708	224902754.735	0.437219	2813.9067780	-0.0273516	0.00125117
12	299792458	1.333	10000	224910568.642	224904940.719	224904940.829	0.437219	5627.8135550	-0.1094055	0.00250231

从上表可知：斐索公式的计算结果的确与相对论速度合成公式计算结果高度一致，而与经典物理速度叠加公式计算结果存在明显差异。但就误差率而言，斐索公式计算结果与经典物理速度叠加计算结果间的误差是相当小的，仅为十亿分之 2.5~十万分之 2.5 间。如果考虑到实验中的最大水流速度应该不会大于每秒 100 米的情形，则误差范围会缩小到十亿分之 2.5~千万分之 2.5 间。因此，由水流动时导致的涡流而导致水流实际路径并非直线运动而导致的次生光源平均运动路径增加、次生光速降低的可能性完全是存在的。

也就是说：通过以上理论计算，斐索流水实验结果虽然非常吻合相对论速度叠加公式计算结果。但仍不能证明光在水中的速度会因水体的整体运动而相对水体本身会改变，更不能唯一地证明经典物理速度叠加结果是错误的，而相对论速度叠加公式是正确的。

3.3、斐索流水实验结果与经典物理学速度叠加公式不符合的原因分析

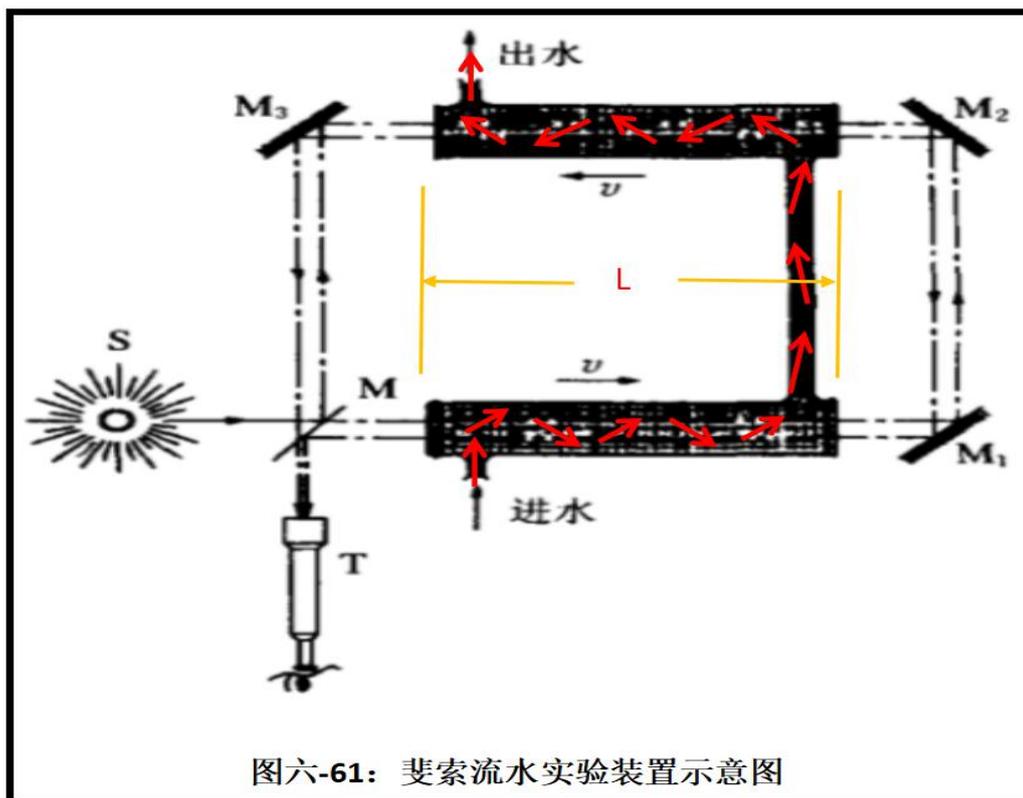
虽然尚未查询到斐索流水实验中的水流速度范围，但上表的水流速度最大为 10 千米/秒，应该完全包含了其实验中所使用的水流速度上限。

那么导致斐索流水实验结果计算公式与经典物理学速度叠加公式差异巨大的原因到底是什么呢？作者认为可能存在以下二种可能性：

3.3.1、利用实验中获得的干涉条纹移动数据计算流水中的光速方法有误

从目前掌握的实验过程来看，实验中是利用水流速度为 0 及水流速度不为 0 时两种状态下的干涉条纹变化量来计算实测光速的。在水流速度为 0 时，两束光通过静止水体时不存在光程差。而水流速度不为 0 时，两束光通过运动水体时的光程差为单束光的二倍。也就是实验中总光行差为水流速度的二倍产生的干涉条纹移动量。在计算水流速度与实测速度时，应该将干涉条纹的总移动量除以 2 后，再进行计算实测光速以及与水流速度间的关系。

3.3.2、水的流动导致光在水中的路径发生变化



图六-61：斐索流水实验装置示意图

如上图六-61 所示：当水在管道中流动时，其流动路径会如图中红色箭头所示在管道中运动，并不会走理想的直线。也就是水在管道中流动时会产生涡流等现象，它会导致水分子的实际路径比计算直线路径大得多，从而导致光在水中的路径比直线运动增加，并导致计算出来的水中光的运动速度就会相应降低。

3.4、斐索流水公式的不合理性分析

3.4.1、光行差常数证明大气层的拖曳系数接近 1，而按斐索流水公式计算的大气层拖曳系数为 0.0006，两者明显不相符：

3.4.1.1、按斐索流水公式，有：拖曳系数： $f(u)=1-1/n^2$ (公式 1)

3.4.1.2、将大气层的折射率代入（公式 1）可得：大气层的拖曳系数就是 0.0006。但光行差常数表明：大气层的拖曳系数接近于 1！也就是说：如果大气层的拖曳系数为 0.0006 的话，则光行差常数就不应该是 20.5”，而应该是 $\approx 20.5 * 0.0006 = 0.0123$ ”左右！

3.4.2、在相对均匀介质静止的参照系内，介质内部的光速恒定的规律证明：流水中的光速相对水本身速度应该是恒定不变的。

无论进入水中的入射光来自真空、大气层或玻璃，它们的入射速度可以不同，但进入水中后，其速度均为相对水本身恒定为 $C_0/n_{\text{水}}=224900568.6\text{m/s}$ 。因此，斐索流水实验中，管道内水中的光速理应为相对水本身速度恒定。当水相对水管运动时，则光从水管的一端到达另一端所需时间应该是水相对管道的流速与光相对水的速度之和与管道长度的比值。即：

$$\Delta t=L/(C/n_{\text{水}}\pm u)$$

(公式 2)

光在管道内的速度就应该为： $(C/n_{\text{水}}\pm u)$ 。

4、双星系统无魅星现象

因为星际空间存在介质，地球人观测到的星光是由星际介质产生的次生折射光，其传递速度由介质性质与运动状态决定。对于同一双星系统而言，星地间的介质分布是相同的，自然就会出现观测到的星光时序与双星产生时的时序相同，也就不可能出现所谓的魅星现象了。也就是说：虽然双星在不同时刻相对地球的运动速度与方向不同，但其产生的光经星际介质传递/再生后的速度是以星际介质为基准的，并不是以双星为基准的。而双星到地球间的介质基本上是相同的，因此，双星所产生的光虽然相对地球可能不同，但经星地介质作用后，相对地球的速度就是相同的了，与双星的运动速度与方向无关了。

5、Sagnac（萨格纳克）效应

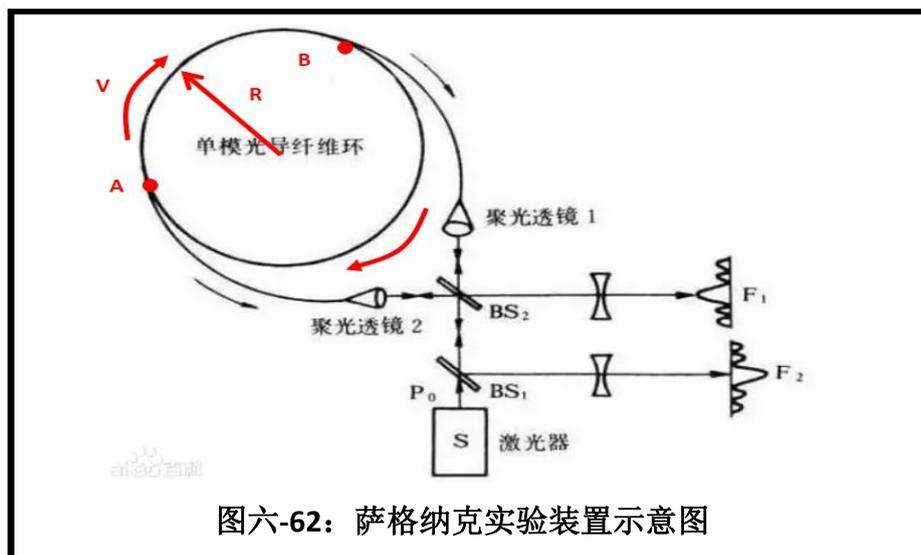
5.1、萨格纳克效应简介

萨格纳克效应（Sagnac Effect）是 1913 年萨格纳克发明的一种可以旋转的环形干涉仪。将同一光源发出的一束光分解为两束，让它们在同一个环路内沿相反方向循行一周后会合，然后在屏幕上产生干涉，当在环路平面内有旋转角速度时，屏幕上的干涉条纹将会发生移动，这就是萨格纳克效应。

萨格纳克效应中条纹移动数与干涉仪的角速度和环路所围面积之积成正比。

萨格纳克效应已经得到广泛的应用，由萨格纳克效应研制出的光纤陀螺已成功地用于航空、航天等领域，是近 20 年发展较快的一种陀螺仪。【摘自百度百科】

5.2、萨格纳克效应的机理分析



图六-62：萨格纳克实验装置示意图

如上图六-62 所示：当激光 P_0 被半透镜 BS2 分成二路：一路沿聚光透镜 1→B 点→A 点→聚光透镜 2→BS2→F1，称作 A 路；另一路从聚光透镜 2→A 点→B 点→聚光透镜 1→BS2→F1，称作 B 路。两路在单模光导纤维环静止时的光程差为 0。假设单模光导纤维环内的光速为 U ，则有：

在单模光导纤维环以顺时针速度 V 运动时，A、B 两种的光程差仅与 AB 段的运动有关，其余部分的光程差仍然为 0。假设 AB 段的长度为 L ，则有光程差：

$$\Delta t = \frac{L}{U-V} - \frac{L}{U+V} = \frac{2VL}{U^2 - V^2} \quad (\text{公式 1})$$

当单模光导纤维环的半径为 R ，角速度为 θ 时，则速度 V 与 R 的关系为：

$$V = 2\pi R\theta \quad (\text{公式 2})$$

将（公式 2）代入（公式 1）可得：

$$\Delta t = \frac{2VL}{U^2 - V^2} = \frac{2 * 2\pi R\theta * L}{U^2 - (2\pi R\theta)^2} \quad (\text{公式 3})$$

当 L 等于单模光导纤维环的长度一半（其它比值也无防）时，则有：

$$L = \pi R \quad (\text{公式 4})$$

将（公式 4）代入（公式 3）可得：

$$\Delta t = \frac{2 * 2\pi R\theta * L}{U^2 - (2\pi R\theta)^2} = \frac{2 * 2\pi R\theta * \pi R}{U^2 - (2\pi R\theta)^2} = \frac{4\pi^2 R^2 \theta}{U^2 - (2\pi R\theta)^2} \quad (\text{公式 5})$$

因（公式 5）中的 πR^2 正好等于单模光导纤维环的面积，记作 S ，则有：

$$\Delta t = \frac{4\pi^2 R^2 \theta}{U^2 - (2\pi R\theta)^2} = \frac{4\pi S \theta}{U^2 - (2\pi R\theta)^2} \quad (\text{公式 6})$$

由（公式 6）可知：当 $(2\pi R\theta) \ll U$ 时，光程差是近似于与单模光导纤维环的面积及角速度的乘积成正比的。

6、介质内部的光速与频率成反比现象

6.1、同一均匀介质中光速与频率的关系简介

6.1.1、科希公式

科希公式（Cauchy Formula）：在正常色散的波长范围内，物质对波长为 λ 的折射率满足经验公式：

$$n = 1 + \frac{a}{\lambda^2} + \frac{b}{\lambda^4} \quad (\text{公式 1})$$

式中：a、b 为待定常数，其数值与均匀介质性质有直接关系。

6.1.2、一般规律

在均匀介质内部传递的光的光速与频率成反相关关系，即频率越高、光速越低；或频率越低、光速越高。

6.2、决定均匀介质内部光速的主要因素分析

6.2.1、光与介质相互作用规律简介

光是由电荷产生的电场与磁场。当光遇到介质时会使介质中的原子内部的电子和原子核朝相反的方向运动。因为电子和原子核所携带的电荷性质正好相反，当同一外电场和磁场作用时，电子和原子核自然得朝相反的方向运动。电子与原子核的反向运动将导致原子被极化为电偶极子，其电偶极矩的变化规律应该与外电场和磁场的主频相近，但相位会相差半个周期。

由于原子核一般比电子至少大 1840 倍（单个质子构成的原子核）以上，因此原子核在外电场和磁场的作用的最大位移量会远小于电子的（至少小 1840 倍）。在外电场频率较高（如可见光频率）时，可暂时忽略原子核的位移量，只考虑电子在外电场和磁场作用下的情形，则有如下规律：电子的加速度与外电场和磁场相位基本一致；电子的速度与外电场和磁场的相位滞后 1/4 周期；电子的位移量与外电场和磁场的相位滞后 1/2 周期。

当介质中的原子被极化为电偶极子后，其将产生次生的电场和磁场，在可见光情形下，也就是产生所谓的反射、散射、折射、透射、衍射和绕射等次生光。由于介质产生的次生光相位与电子的位移量基本同步，因此其相位与入射光就相差半个周期。这就是所谓的半波损失产生的机制和内在过程。

在入射光作用下，介质中的每个原子、分子和分子团等组成的可以被同步极化的极化元都是次生的点光源，当介质中的极化元的空间位置分布不同或变化时，其产生的叠加后的次生光就会不同。这就是为什么客观世界不同物体在同一外光源照射下的颜色会不尽相同，即使是同一物体在不同温度、压力等条件下的颜色也存在差异的根源所在。

6.2.2、决定均匀介质内部光速的主要因素

主要因素应该至少有二个：一是单位长度内极化元数量；二是介质运动速度；

1)、单位长度内极化元数量的影响

由于均匀介质内部的光是由介质本身产生的次生光，且次生光的产生过程是：入射光或相邻极化元产生的次生光照射到原子、分子和分子团后会使其成为新的极化元并产生次生光。只是自入射光或相邻极化元产生的次生光照射到原子、分子和分子团使其极化为电偶极子并产生新的次生光的过程中，需要经历入射光或相邻次生光主频半个周期的时间。原因是：从入射光或次生光照射到原子并使其中的电子和原子核朝相反的方向加速运动，到电子和原子核的位移

量达到最大值正好需要花费入射或次生光主频半个周期的时间，而次生光的相位是与位移量同步的。这就导致了介质内部的折射光每再生一次就需要消耗主频半个周期的时间。这也是反射光存在的所谓的半波损失的根源与机理所在。

由于再生光单位长度内需要再生的次数与单位长度内的极化元数量相等，因此，单位长度内再生光需要消耗的时间也与单位长度内的极化元数量成正比：**单位长度内的极化元数量越多，再生光需要消耗的时间也越多、光速也就越慢。**

2)、介质运动状态的影响

当介质相对观测者运动时，介质内部的光速就会与观测者的运动速度大小与方向相关：同向运动时光速降低，反向运动时光速升高。

6.3、均匀介质内部光速与频率的关系分析

假设均匀介质内部的极化元间的光速为真空中的光速 c ，单位长度内的极化元数量为 $N(\lambda)$ （与波长有关的函数），均匀介质内部的平均光速为 $U(\lambda)$ （与波长有关的函数）。因每个极化元从被极化到达到电偶极矩最大值并使其产生次生光强度达到极值都需要消耗 $1/2$ 个周期的时间，还由于邻近原子中的电子和原子核的作用，使极化元从被极化至达到电偶极矩极大值需要延迟一定的时间，该类时间的大小也应该与波长成反比，记作 $K(\lambda)$ （与波长有关的函数）。则有：

$$U(\lambda) = \frac{c}{1 + \left(\frac{\lambda}{2c} + K(\lambda)\right) * N(\lambda)} = \frac{2c^2}{2c + \lambda * N(\lambda) + 2cK(\lambda) * N(\lambda)} \quad (\text{公式 2})$$

我们可进一步假设：单位长度内的极化元数量与波长间的关系式为波长越长，极化元数量越少，即： $N(\lambda) = M(\lambda) / \lambda$ 其中的 $M(\lambda)$ 值为常数或与波长 λ 有关的变量。代入 (公式 2) 则有：

$$U(\lambda) = \frac{2c^2}{2c + \lambda * N(\lambda) + 2cK(\lambda) * N(\lambda)} = \frac{2c^2}{2c + M(\lambda) + 2cK(\lambda) * \frac{M(\lambda)}{\lambda}} \quad (\text{公式 3})$$

由 (公式 3) 可知：均匀介质内部的光速随频率的变化主要由 $K(\lambda)$ 和 $M(\lambda)$ 值共同决定。

当我们不考虑极化元与极化元间存在重叠或间隔时，则单位长度内的极化元数量应该为： $N(\lambda) = M(\lambda) / \lambda = U(\lambda) / \lambda_{\text{介}} = c / \lambda$ ，或 $M(\lambda) = c$ ，代入 (公式 3) 则有：

$$U(\lambda) = \frac{2c^2}{2c + c + 2cK(\lambda) * \frac{c}{\lambda}} = \frac{2c}{3 + \frac{2K(\lambda)c}{\lambda}} \quad (\text{公式 4})$$

如前所述， $K(\lambda)$ 也应该与波长成反比，即波长越长， $K(\lambda)$ 越小。则有： $K(\lambda) = j / \lambda$ ，将其代入 (公式 4) 则有：

$$U(\lambda) = \frac{2C}{3 + \frac{2K(\lambda)C}{\lambda}} = \frac{2C}{3 + \frac{2JC}{\lambda^2}} \quad (\text{公式 5})$$

由（公式 5）可知：因 J 值仅与介质的性质有关，当介质一定时 J 值为常数或基本为与波长关系不明显的常数，且真空中的光速 C 为定值时，则介质内部的光速仅与 $1/\lambda^2$ 或频率 f^2 负相关。

当将 $1/\lambda^2$ 视为变量并对（公式 5）进行级数展开，则在仅保留二阶级数项时，就可以化简为（公式 1）的形式了。

7、目前实测光速实验所得到的真空中的光速都是恒定的常数现象

因为目前所有测量光速的方法中实际测量的对象光是由测量装置中的反射镜、半透镜和透镜等光学器件产生的次生光，并非可能存在速度不同的入射光。也就是所有实验中实际测量对象光是相对测量装置静止的光源/次生光源产生的光，其相对测量装置的速度当然是恒定的，测量结果自然是基本恒定不变的常数。

如果想要测量出真实的、不同运动状态光源产生的光的真实速度，使用干涉仪法和空腔法等间接测量方法显然是不可能的，必须使用基线法才有可能。同时，如果想测量运动光源产生的光的速度，就得用基线法在真空中对运动的光源产生的光进行测量。这在地球表面上显然难度极大。只有利用两颗互相通视的地球同步卫星在太空中去测量太阳等天体产生的光的速度才有可能得到真实的、运动光源产生的光的真实速度。

第六章 检验光的基本属性的几个实验验证方案

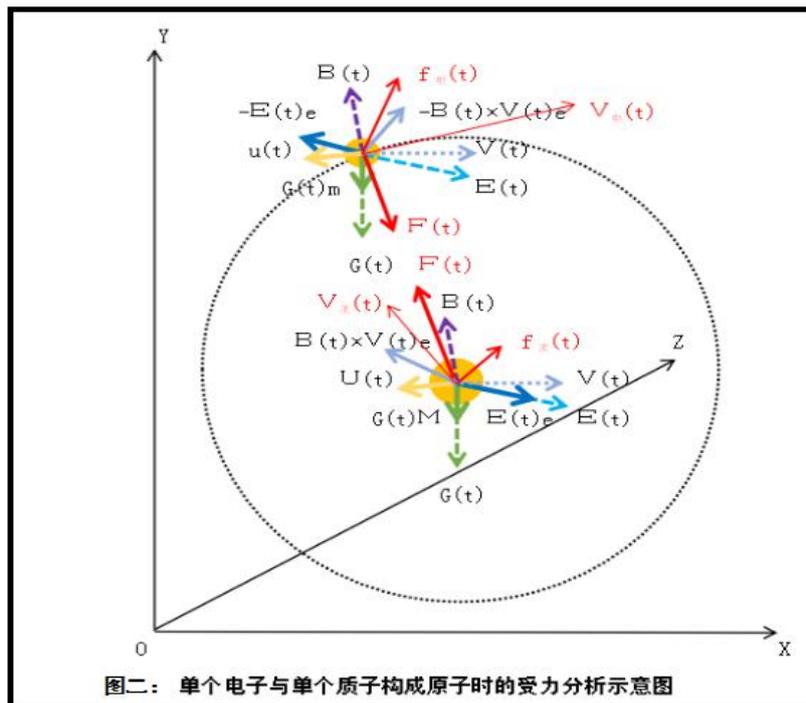
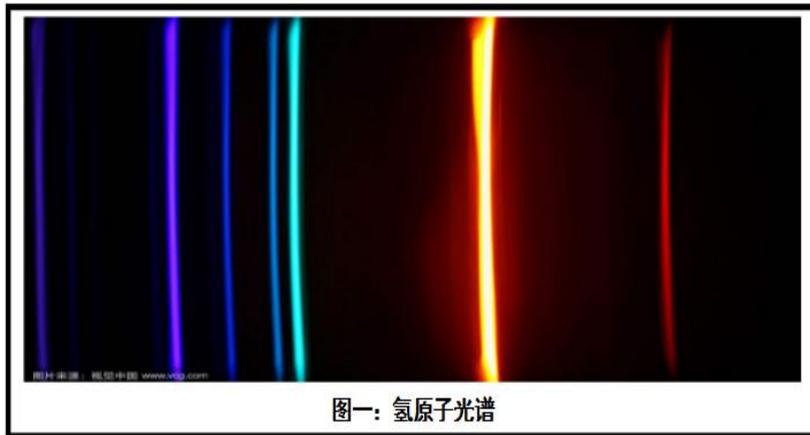
1、光电效应精细化实验方案

1.1、方案的理论基础和依据

1.1.1、光既变化的电场和磁场或称之为电磁波，是构成宇宙中客观实体的基本单元——电子和质子所携带电荷在相对运动过程中表现出的基本属性之一。

1.1.2、变化的电磁场可使带电体发生运动状态的改变，只是其改变的程度和方式与电磁波的方向、强度、频率、相位以及带电体自身原有的运动状态和质量大小有关。

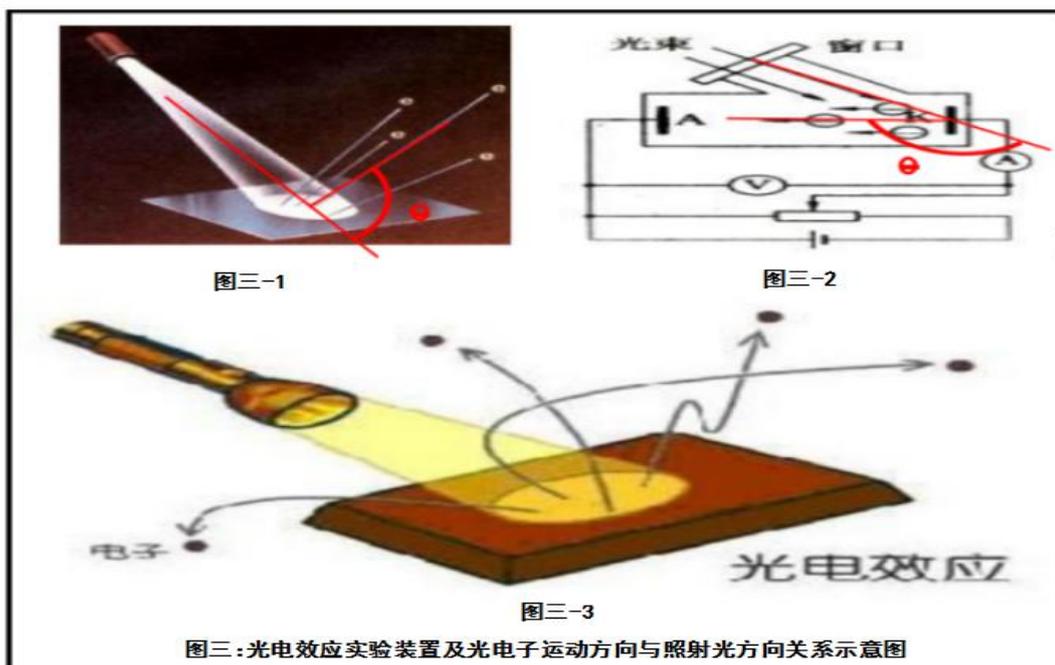
1.1.3、根据原子具有的线性光谱（如下图一示）表明：在任何客观实体中，电子均是以一定频率（周期）围绕一个或数个原子核作不规则的、类似环形或亚铃形的运动的（如下图二示）。同时，原子核也是在作类似的运动，只是其围绕质心作类似圆周运动的半径没有电子那么大。



当电子和原子核所在的运动区域的电磁场发生变化时，电子和原子核的运动轨迹也将随之改变。但这种改变随外来电磁场方向、强度、频率和相位以及电子和原子核本身的质量、运动速度、方向和运动周期相关。当相位与频率相匹配时，电子会因同步加速而提高运动速度，达到逃逸原子核的运动速度时，电子就会离开原子核并离开客观实体成为自由电子（光电子）。当相位与频率不相匹配时，则情况会比较复杂些且不能产生光电子。在此过程中，原子核也会受到外部变化电磁场的作用而同步加速，促使外部电子脱离原子核的束缚（因电子与原子核所带电荷相反，外部变化的电磁场使电子与原子核的受力相反，变速运动的方向也相反，从而使电子与原子核构成的原子发生解体）。并成为光电子。

1.1.4、变化电磁场与作圆周运动的电子间相互作用时，只有频率与相位合适的变化电磁场才能使电子得到加速。因此，当电磁波方向、强度、照射金属表面积和持续时间相同时，不同频率的电磁波照射到金属表面上可激发出的电子数量将会不同，且可能出现多个峰值型的两头低、中间高的光电子数~光照频率关系曲线。低于或高于电子围绕原子核运动周期（在原子数量较多时，会存在不同的电子围绕原子核运动周期也不相同的情况，可能呈现如原子光谱线类似的分布）的变化电磁场会较难甚至不能激发出光电子；而当照射光的频率与电子围绕原子核运动周期相同或某种倍数关系时，则激发出的电子数量会成倍增加）。

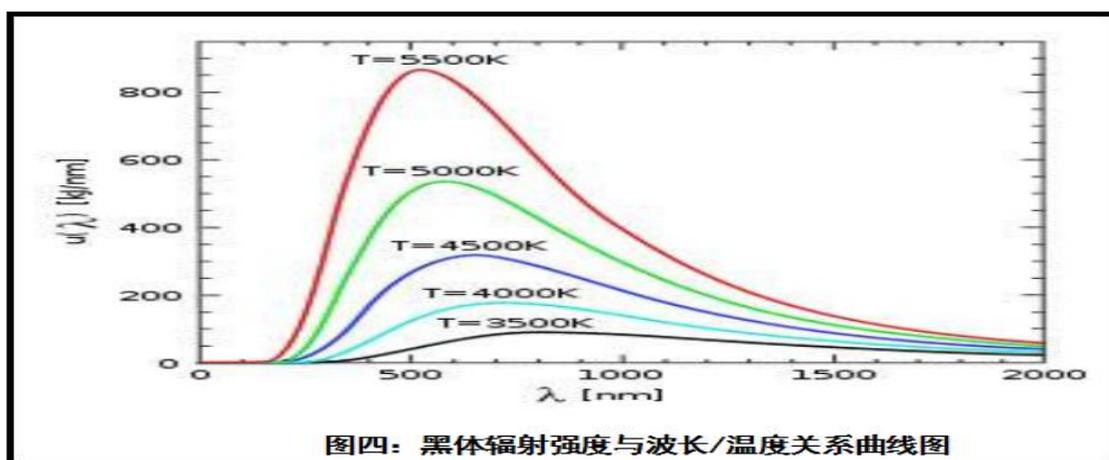
1.1.5、根据爱因斯坦解释光电效应的光子说，当照射光的频率达到某一特定数值（简称“红限”）时，电子就会从金属表面中逸出，且电子逸出时的速度与照射光的频率正相关，逸出的电子数量也应越多。也就是说：只要照射光的频率大于红限，电子逸出数量与照射光的频率成正相关，不会出现多个峰值的情况，也不会随频率的上升而数量减少（但现有资料表明：当照射光的频率高于一定数值时，光电子数量不但不会增加，反而减少）。



1.1.6、若光电效应是由携带与频率成正比的动量/动能的光子撞击所致，则光电子的运动方向与光子的运动方向间的夹角不应大于 90 度。但现有光电实验发现，光电子运动方向与光子的运动方向夹角可以大于 90 度（如上图三示）。这一现象违背了碰撞的动量与动能守恒定律。可能也预示着光电效应并非光量子碰撞所致。

1.1.7、若光电效应是由携带与频率成正比动量/动能的光子撞击所致，则随着照射光的强度和光照时间的增加（光子密度增大、多个光子同时或先后作用同一电子的机会增加），临界频率（红限）应该下降。因为可能出现二个或二个以上的、稍低于红限的光子同时或先后作用于同一个电子而使其成为光电子。当二个或二个以上的低于临界频率（红限）的光子同时或先后作用于同一个电子时，完全可能将电子变成光电子。由此可见，临界频率（红限）应该随光的强度与照射持续时间延长而下降才合理。

1.1.8、当金属表面的温度不同时，其内部的分子和原子的热运动频率、速度、动量和动能也会不同。根据温度与分子热运动主频正相关的规律（详见图四示），当金属表面温度上升时，电子围绕原子核运动的周期也会增加。在此种情况下，若为照射光同步加速电子作用产生光电子的话，则红限会随之上升（电子绕原子核的频率上升导致红限上升）；若为光量子碰撞作用产生光电子的话，则红限会下降（电子自身运动速度提高后，原子核一束缚力降低，更易被碰撞出来）。这可能是界定光电效应到底是由光量子作用产生的还是由变化电磁场同步加速产生的重要标志和判别方法。



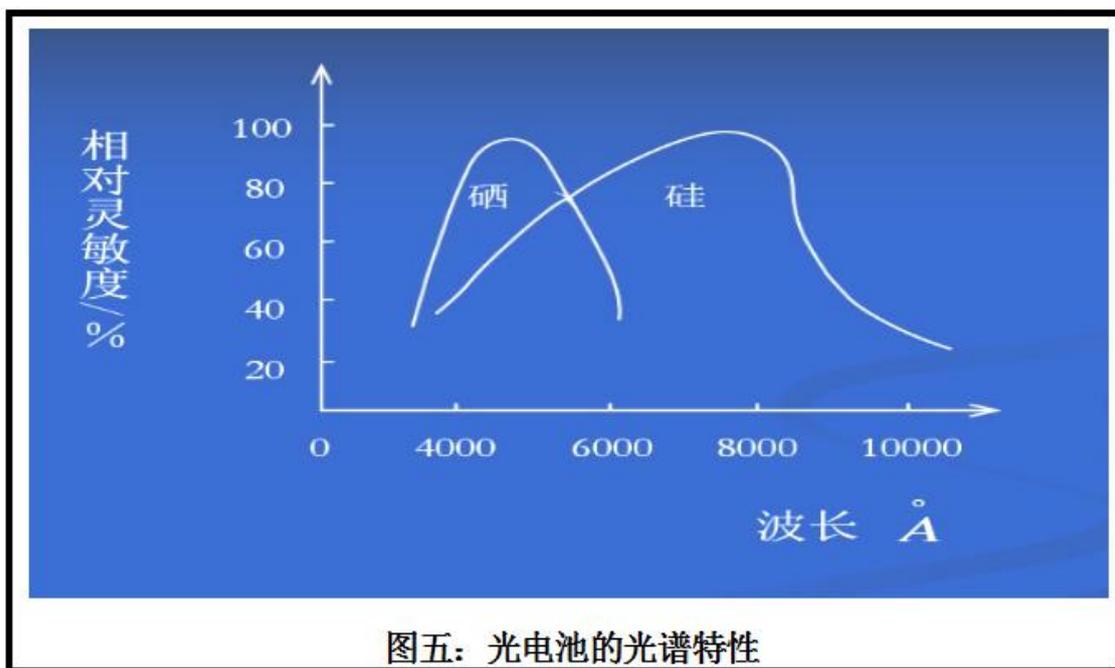
图四：黑体辐射强度与波长/温度关系曲线图

1.2、光子说解释光电效应所存在的问题

1.2.1、光照方向与金属表面间夹角大于 45° 时仍可使电子逸出金属表面（光电子运动方向与光照方向的夹角大于 90 度），在此种情况下，用光粒子与电子发生弹性碰撞来解释的话，存在碰撞前后的动量和动能不守恒问题（光电子不应朝光子的相反方向运动。但同步加速是可以的）；

1.2.2、现有实验资料表明：当照射频率较高时，光波可穿越金属，并不能使金属表面逸出

更多的电子。如X射线与r射线等。图五为光电池的光谱特性：表明半导体内光电效应中光电子数量随照射光频率变化的规律：光电子数量并非随频率上升而增多，而是频率高到一定程度后，光电子数量不增反降。



图五：光电池的光谱特性

1. 2. 3、红限仅与金属材料的类别有关，与光照强度与持续时间无关。不符合粒子作用特性。

1.3、实验方案

1.3.1、利用同一套光电效应实验装置对不同频率的入射光所产生的光电子数量进行计数。

要点：光电管金属面被光照射面积和位置、持续时间、光照强度和金属板面温度基本相同等（只允许频率变化，其他参数不变）；

1.3.2、照射光的频率尽量单一。

1.3.3、实验所用照射光的频段：自无线电波段到X射线波段或更高的r射线波段，但频率的间隔尽量相等且不宜过大（最好小于电子绕原子核最短运动周期（频率最高）的1/3周期）。

1.3.4、照射光与金属表面间的夹角最好不少于3种情况： $<45^\circ$ 、 $=45^\circ$ 和 $>45^\circ$ ，最好为 15° 、 45° 、 75° 等。

1.3.5、在临界频率（红限）附近，对不少于5种照射光的强度、持续时间和金属表面温度进行系统的加密测量，且光照强度和持续时间的变化幅度尽量大些；

1.3.6、对实验所得数据进行归一化整理并绘制成带光照强度、持续时间和金属表面温度等参数的光电子数与频率关系曲线图。

1.4、实验结果预判

1. 4. 1、当电子数与频率关系图出现多峰值现象（金属中电子围绕原子核运动存在不同能态。因此就有不同的同步加速频率）时，就可证明：光电效应是由电磁场同步加速作用决定的；

1.4.2、当光照角度大于 45° 时仍可激发出电子时，就可证明：光电效应不是粒子碰撞造成的；

1.4.3、当光照角度大于 45° 时无激发电子且照射光的频率越高，电子溢出数量越多时，才可证明光电效应是由光粒子碰撞造成的；

1.4.4、当临界频率（红限）不随光照的强度与持续时间变化时，则说明光电效应是由电磁场同步加速作用所为；否则，可能就是光子作用所为了。

1.4.5、当临界频率（红限）随金属表面温度上升而上升时，则说明光电效应是由电磁场同步加速作用所致；否则，可能就是光子作用所为了。

2、检验光子存在的实验方案

2.1、光子说的由来及概要

光子说是由爱因斯坦提出的，主要是为了解释光电效应中存在红限（极限频率）仅与材质有关，与光强度无关，以及光电子的初速度仅与光的频率有关与光的强度无关等现象。（建立在普朗克能量子的概念之上）光子（又叫光量子）是一种静止质量为零的粒子，具有能量和动量。它的能量表 $h\gamma$ （ γ 为频率， h 为普朗克常量）表 $h\gamma$ （ γ 为频率， h 为普朗克常量为 $p=P/h/\lambda=h\gamma/c$ （ γ 为频率， c 为光速， h 为普朗克常量）在空间传播的光是不连续的，而是一份一份的，每一份叫做一个光子，光子的能量与频率成正比，即 $E=h\gamma$ （ $h=6.626 \times 10^{-34}$ J.S）

光子理论认为，光是由一份份光子组成，光的传播是一份份光子的传播，一个光子的能量为 $E=hr$ （ h 为普朗克常数 6.63×10^{-34} ， r 为光的频率），因此，只要一个光子能量大于金属的逸出功（电子脱离金属原子做的功），电子就会从金属表面脱离；于是，只需光照射到金属表面就会产生光电流，无需时间积累，因此，该过程是瞬时的。[摘自百度百科]

而利用光子说解释康普顿效应时更是直接认为携带与其频率成正比动能/动量的光子与轻金属中的自由电子相互碰撞才导致照射的 X 射线被碰撞到不同的方向并改变频率的。

2.2、光子存在的真实性质疑

2.2.1、光电效应中，更高频率的光为什么不能产生更多的光电子，且光的频率高到一定程度后，光电子数量不增反降，甚至几乎不能产生光电效应；光电子运动方向与光照射方向间的夹角可大于 90° ，违背动能与动量守恒定律；为什么红限不随光的强度逐渐降低，难道当光子密度高到一定程度后，仍然不会出现稍低于红限的两个或两个以上光子同时或先后作用于同一电子使其成为光电子吗？

2.2.2、康普顿效应中为什么没有光子与非自由电子及原子核相互碰撞后被反射或改变方向的、频率变化稍小的 X 射线成份？难道自由电子的截面积比原子核更大吗？为什么没有光子

与其他电子或原子核二次或二次以上相互碰撞的现象？

2.2.3、普通光源产生的连续频率的光谱如何用有限的、不同频率的单一频率的光子构成？

2.2.4、光通过不同介质时在界面处出现的速度跃升或跃降的能量从哪来或到哪去了？为什么在界面处光速可以跃变，而在均匀介质内部却不会？

2.2.5、为什么不会出现不同光子间相互碰撞的现象？

2.2.6、为什么光相互干涉时，暗条纹处的光强度相互抵消（光有能量的话，能量去哪了），而明条纹处的光强度为单束光强度的四倍，高出的二倍哪来的？

2.2.7、连续频率的太阳光被空气反射出现彩虹或油膜、肥皂泡产生的干涉图像中不同部位仅出现不同频率的光，其他频率的光哪去了？

2.2.8、以上问题如果用光是变化的电磁场，它与不同运动状态下的电子、原子核相互作用会产生不同的物理现象来解释反而更加合理。这方面的问题，本人在不同的文章中有比较详细的叙述，在此暂不多谈，

2.3、携带动能与动量的光子若真的存在应产生的基本效应

如上所述，如果光子真的为一份一份的且携带与其频率成正比动能与动量的粒子，那么，光子不仅可以与电子相互碰撞，也应与原子核、质子和中子等粒子产生相互碰撞现象。甚至应该出现不同光子间的相互碰撞！而且由于质子、中子和原子核的质量远大于电子，因此，它们之间的相互碰撞应该更接近完全弹性碰撞。据此，我们可以设计一个实验方案来检验光子是否真的存在：让同一束光同时照射等距离上的电子、质子和中子。

2.4、检验光子真实性的实验方案

方案一：云室方案

云室是目前常用于观测微观粒子的实验室设施之一，各类不同粒子在云室中的运动轨迹是完全不同的。因此，可以考虑在目前云室的基础上，增加可控变频电场与磁场作用于云室某一方面或用固定频率的光定向照射云室，其电磁场变化周期或光的周期应该小于电子、质子和中子在云室中留下运动轨迹持续时间的一半甚至更小，以便观测它们在变化电场与磁场的作用下运动轨迹的变化规律。

如果电子、质子和中子在变化电场与磁场作用下，运动轨迹的改变方向相同，则可以证明光子存在；如果出现电子与质子的运动轨迹改变方向相反，且中子运动轨迹基本不改变，则证明光子是不存在的。只能证明光是变化的电磁场，对不同电性的物质的作用方式不尽相同。

方案二：静止电子、质子和中子方案

当使用同一束光同时照射处于等距离上的相对静止电子、质子和中子时，观测它们的运动状态变化趋势和规律。

如果电子、质子和中子被光照射同时朝同一方向改变运动状态时，则说明光子存在；如果电子与质子朝相反的方向改变运动状态，且中子基本不改变运动状态，则证明光子不存在。只能证明光是变化的电磁场，对不同电性的物质的作用方式不尽相同。

3、利用吸光能力不同的材料检验是否具有能量的实验方案

3.1、不同材料吸光能力简述

3.1.1、吸光率

吸光率通常指某一单色光通过溶液或固体时因被吸收而光强度减弱的度量。核酸制品对 260 nm 光有最强的吸收，蛋白质制品对 280 nm 光有最强吸收。吸光率的定量可按照朗伯-比尔公式(Beer-Lambert equation):

$$A = \varepsilon c l \quad (\text{公式 1})$$

式中，A 为对单色光的吸收率； ε 为克分子消光系数；c 为生色团的浓度；l 为光在溶液或固体中穿过的光程距离。【摘自“百度百科”】

3.1.2、高吸光率材料

英国萨里大学(University of Surrey)创造出了一种超级吸光且超薄的材料。这种纳米级别的材料运用了纳米纹理技术，是一种新型、超薄的石墨烯薄板(graphene sheets)。

研究人员称，他们是从飞蛾的眼睛获得的启发，创造出这种新材料的。石墨烯是一种传统的优良电子材料，具有显著的导电性和很好的机械强度，但是它对光能的吸收率不高，一般只能吸收 2%~3% 的光能，而新的技术可以将石墨烯的光能吸收率提升到 90%。【摘自“百度百科”】

3.1.3、超黑材料

据有关资料介质，目前人类可制造出可见光波段的吸光材料，其吸收率可达到 99% 以上。这类材料被称作为“超黑材料”。

3.1.4、透明材料

一般最好的透明材料的透光率可达到 95% 左右。剩余的 5% 主要为反射、散射和吸收（实际上是转换成不可能的热辐射，即材料的分子热运动加强而将所谓吸收的光转换成了其它频率段的光）。

3.2、实验方案基本原理和要点

通过以上对材料吸收与透光性能的简介，我们可以选择两种比较极端的材料来进行实验：用超黑材料与高透光材料（简称为“超透材料”）作为实验主体。前者的吸光率在 99% 以上，后者的吸光率在 5% 以下。如果能增加一种吸收能力在 50% 左右的材料参与试验，则效应应该会

更加显著。这样在同一光源的照射下，三者在规定时间内所吸收的光的总量相差 45%以上。当采用几何尺寸与形状基本一致的薄型超黑与超透及半透材料，并同时放置在真空度和隔热性能好的密封环境中时，其单位时间内吸收光的总量差异就会转换为温度的差异：超黑材料的温度上升速率应该远高于超透和半透材料，最终的平衡温度也应该远高于超透和半透材料。

3.3、实验过程应注意的事项

3.3.1、超黑和超透及半透材料试件（简称为“三个试件”）应该用导热性能差的细线悬吊在空中，不能与其他任何物体有直接接触。每个试件应放置在一个独立的真空瓶内；

3.3.2、抽完真空后，让三个试件保持相同的温度，并消除（屏蔽）其他光源的影响；

3.3.3、同一光源产生的光的强度要相对稳定，并且同时照射在三个试件上的面积要保持相同。超透和半透试件透射后的光应从真空瓶的另一侧远离试件，尽量不使其有返回的机会；

3.3.4、测量三个试件的温度必须同时进行，间隔时间应尽量缩短，一直到三个试件的温度稳定在某一数值并持续一段时间才能终止；

3.3.5、测量三个试件温度的同时，测量真空瓶内的电磁辐射变化情况；

3.3.6、至少应该进行三个不同强度的光照实验，以便取得照射光强度对实验结果的影响。

3.4、实验结果预判

3.4.1、当超黑试件的温度持续上升并最终烧毁时，则证明光是具有能量和动量的；

3.4.2、当超黑试件的稳定温度与超透及半透试件稳定温度差异较大，同时真空管内电磁辐射强度存在差异，但差异并不十分巨大。电磁辐射强度变化规律为：超黑最大、半透次之、超透最小时，则证明光并不具有能量和动量。且不同吸收率的试件主要将光照产生的电场和磁场作用转换成了分子热运动峰值频率（温度）的上升，进而产生更多的温度型热辐射；

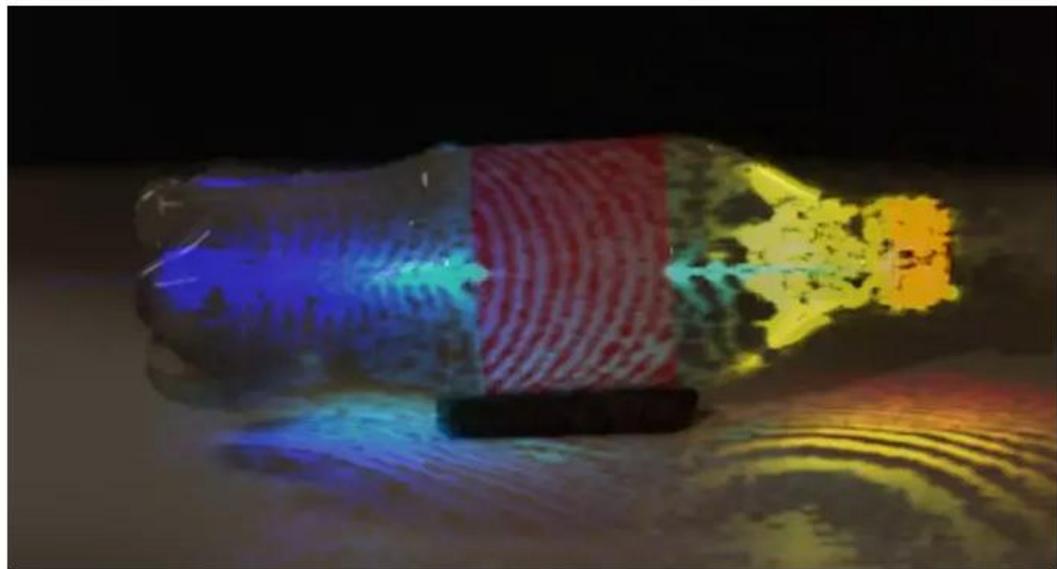
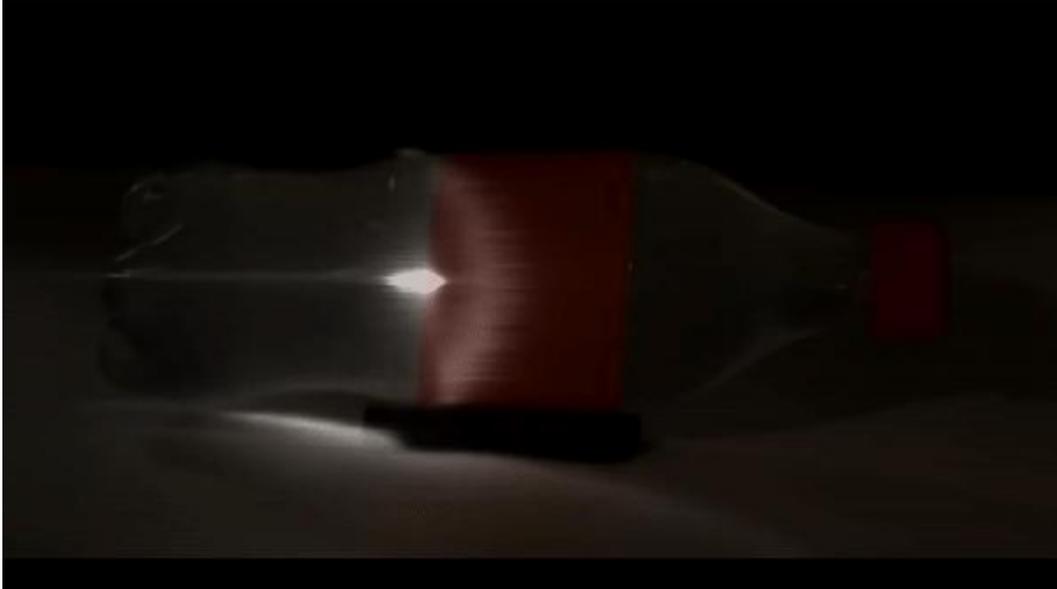
3.4.3、当三个试件的稳定温度差别不大，但真空管内的电磁辐射强度差异巨大（超黑最大、半透次之、超透最小）时，则证明不同吸光能力的材料所吸收的光转换为分子热运动的能力基本相近，而将光转换成其他频率段的光的能力与吸光能力成正比。

4、基线法直接测量光速的实验方案

4.1、方案的理论基础和依据

4.1.1、光即电磁场，是由带电体产生的电场和磁场。而电场只是归一化的库仑力；磁场只是归一化的磁力。目前为止，没有任何证据能直接证明变化的库仑力能转换或影响磁力，反之亦然。这就预示着光可能并不是由变化的电场和磁场相互激励而形成的电磁波。因此，我们有充足的理由假设：在真空中，光仅相对于产生它的光源速度恒定（此假设不排斥在其他条件下光速也恒定）。而相对其他参照物可以不恒定。以下照片是光在可乐瓶内运动过程中产生的图

像（网址：<https://mp.weixin.qq.com/s/-y1CpxSphB22e6EYa9EHIA>）：从图中可以看出：光脉冲在水中运动过程中，会向四周发出新的光。这就是光使水成为了新的光源，新光源产生的光向四面八方传递！因在水中，新光源产生的光会仍按光在水中的速度向四面八方传递，若在真空中，则新光源产生的光会相对新光源以恒定的速度向四面八方传递的。



4.1.2、以往测量光速的方法均是基于光的干涉特性等间接测量方法完成的，并不是直接光速测量。而间接测量过程中，因测量器具会成为新的次级光源，其实际测量对象并非入射光，而是仅相对测量器具速度恒定的次生光（真空中）或在均匀介质内传递的、相对介质速度恒定的次生光速；

4.1.3、迈克尔逊——莫雷实验是在地表大气层内进行的，实验过程中应用的光速均为光在大气层这一介质中的运动速度，并不能代表真正的真空中的光速，更不能代表任意参照系中的真空中的光速。只是因为实验装置相对大气层基本静止，而实验装置所处范围内的大气层为基

本各向同性而使得光速相对大气层基本各向同性且恒定，所以才出现本实验无法观测到干涉条纹移动的结果。也就是说：本实验最多仅证明光在地表大气层一定范围内速度恒定且各向同性；

4.1.4、固定基线长度法测量速度才是最无争议的测量方法。如下图六所示：

从太阳参考系可预估地球上早晨和傍晚时分观测系统的时差以及卫星相对太阳静止时的计时差异：

假设两颗静止卫星的间距为 L 、光源相对静止卫星的速度为 V 、光波到达两颗卫星的经典物理学时差为 Δt 、相对论速度恒定时的时差为 ΔT 。则有：

早晨： $\Delta t_{\text{晨}} = L / (C + V)$ (公式 1)

傍晚： $\Delta t_{\text{晚}} = L / (C - V)$ (公式 2)

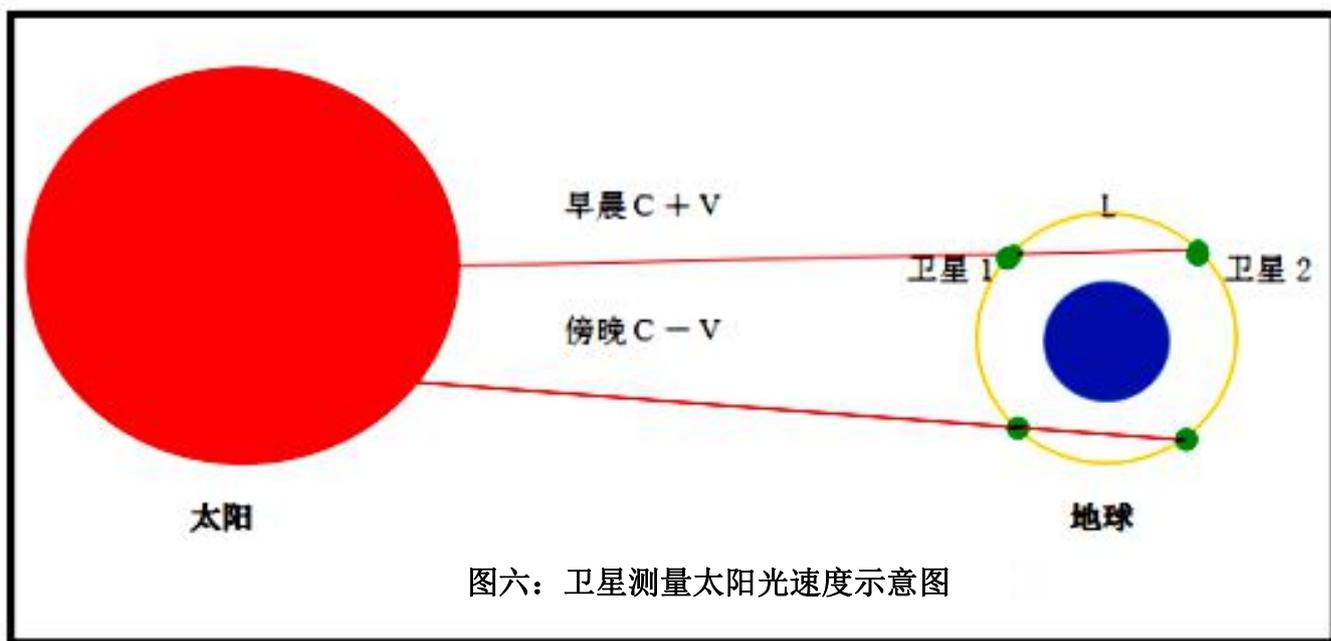
相对论时差： $\Delta T = L / C$ (公式 3)

将 $L = 30000$ 千米、 $C = 300000$ 千米/秒、 $V = 3$ 千米/秒分别代入 (公式 1) ~ (公式 3) 可得：

早晨： $\Delta t_{\text{晨}} = L / (C + V) = 0.099999$ 秒 (公式 4)

傍晚： $\Delta t_{\text{晚}} = L / (C - V) = 0.100001$ 秒 (公式 5)

相对论时差： $\Delta T = L / C = 0.100000$ 秒 (公式 6)



4.2、实验方案

4.2.1、利用两颗相距 3 万公里左右的地球静止卫星进行实验，可保证两者的间距基本固定（若有必要时，可采用相对卫星静止的光源来标定，以消除距离变化带来的误差。如：可分别在两颗卫星两端的延长线上数米处各布置一台脉冲发生器作为静止光源）。

4.2.2、在两颗静止卫星上分别放置两套精度相同的测量装置同时观测同一光源的、同一频段的光信号强度变化值，采样间隔应达到纳秒级（或在两颗卫星正中间增加一颗静止卫星并由

其发送时间标定信号，标定信号精度也应达到纳秒级）、观测持续时间大于 0.1 秒；

4.2.3、在卫星朝太阳（早晨）运动、远离太阳（傍晚）运动和相对太阳无视向运动（正午时刻）时分别对太阳光进行测量，并读取测量信号中相同信号的到达时刻，计算同一信号到达两颗卫星的时差及实测光速；

4.2.4、利用测量太阳光速的方法对其他天体的光波进行速度测量，就可得到不同天体的光波实测速度。

4.3、实验结果预判

4.3.1、按照（公式 4）～（公式 6）可知：经典物理计算公式得到的早晨与傍晚时的时差与静止时相差约 1 微秒。因此，当实测的太阳光及其他天体的光的实测时差远小于 1 微秒（扣除测量误差）时，则证明光速在任意参照系中速度恒定，也就可以消除相对论光速恒定假设了；

4.3.2、当实测的太阳光及其他天体的光的实测时差接近或大于 1 微秒（扣除测量误差）时，则可否定光速在任意参照系中速度恒定，也就否定了相对论及其所有推论。

5、不同方法测量得到的哈勃常数各异的本质因素分析及验证方案

5.1、哈勃常数的由来及实测情况简述

5.1.1、哈勃定律和哈勃常数的由来

哈勃定律(Hubble's law): $V_f = H_c \times D$

参数说明：

V_f : Velocity (Far Away) 远离速率 单位: km / s

H_c : Hubble's Constant 哈勃常数 单位: km / (s • Mpc)

D : Distance 相对地球的距离 单位: Mpc 百万秒差距

哈勃定律：速度和距离均是间接观测得到的量。速度——距离关系和速度——视星等关系，是建立在观测红移——视星等关系及一些理论假设前提上的。哈勃定律原来由对正常星系观测而得，现已应用到类星体或其他特殊星系上。哈勃定律通常被用来推算遥远星系的距离；

哈勃定律是物理宇宙论的陈述：来自遥远星系光线的红移与他们的距离成正比。这条定律是哈勃和米尔顿·修默生在接近十年的观测之后，于 1929 年首先公式化的。它被认为是在扩展空间范例上的第一个观察依据，和今天经常被援引作为支持大爆炸宇宙学的一个重要证据。这个常数的最佳数值是在 2003 年使用人造卫星威尔金森微波各向异性探测器(WMAP)测得的，数值为 71 ± 4 km/s/Mpc。在 2006 年的资料，图中对应的是 77 km/s/Mpc。[摘自百度百科]

据相关资料记载：哈勃最初测量得到的哈勃常数为 500 km/s/Mpc；利用哈勃望远镜观测造父变星和标准宇宙烛光法计算星系的距离，给合星系红移量计算的哈勃常数为 74Km/s/Mpc；

利用宇宙背景辐射观测数据与宇宙标准模型法得到的哈勃常数为 67.8Km/s/Mpc; 而用红巨星代替标准烛光造父变量计算得到的哈勃常数为 69.8Km/s/Mpc。

5.2、哈勃常数数值各异的可能原因分析

5.2.1、哈勃定律存在根本性原生错误

目前已经有的证据有：哈勃望远镜拍摄到的不少星系相互碰撞的照片（如下面的照片所示）以及类星体存在的多组红移量不等的吸收谱线簇。这些证据表明：天体间的距离并非均随时间不断加大；星光在来地球的途中频率是在不断变化并降低的。这从根本上否定了星光红移量是由天体相对地球退行造成的，也就否定了哈勃定律。

同时，从目前已有的光与介质间相互作用规律：入射光使介质中的原子与分子极化并产生次生光，所谓的反射、散射、折射和透射光只是介质产生的次生光的一部分而已。因此，地球人观测到的星光是在被星际物质作用后的折射光，其运动方向、运动速度、振幅、相位与频率均会与原生的星光有所不同，且可能随星光在星际空间的运动距离而不断变化着。因此，星光随距离降低频率应该是由星际物质作用的结果，而非天体退行导致的。

 科技时代 | [科技时代](#) > [科学探索](#) > 正文

美观测到四星系大碰撞 将合并成一个超大星系

<http://www.sina.com.cn> 2007年08月08日 07:48 新浪科技



美天文学家观测到四星系大碰撞壮观景象

 科技时代 [新浪首页](#) > [科技时代](#) > [科学探索](#) > 正文

美宇航局拍到奇观：星系碰撞似舞会面具(图)

<http://www.sina.com.cn> 2006年04月28日 09:43 信息时报



冰蓝的“眼睛”，绚丽的“面具”，银河系像是在开一个热闹的化妆舞会

图文：第九名是的两个螺旋形星系相互碰撞

<http://www.sina.com.cn> 2006年11月27日13:37 中国日报网站



第九名是两个螺旋形星系相互碰撞
[点击此处查看全部新闻图片](#)

5.2.2、哈勃测量的哈勃常数存在的问题

哈勃仅测量了数十个离地球较近的星系的红移量，且当时的测量技术与确定天体的距离的方法也不尽完善。因此，得到的哈勃常数自然就不够准确，并与后来用哈勃望远镜等先进设备与方法测量的结果自然会差别悬殊。

5.2.3、三种测量方法得到的哈勃常数值不同的原因

从三种测量方法所使用的接收星光频率段与所得到的实测数据分析可知：**哈勃常数值随使用的频率增加而增加**。即频率最低的宇宙背景辐射法为 67.8Km/s/Mpc；频率次高的红巨星法为 69.8Km/s/Mpc；而频率最高的造父变星法为 74Km/s/Mpc。这一规律可能正好说明天体红移量是由星际物质作用的结果：**频率越高的星光在星际物质中频率降低的速率越大**。

5.3、验证哈勃定律正确与否的方法

5.3.1、方案的理论基础和依据

5.3.1.1、百余年前的天文观测实测到：天体的红移量与天体到地球的距离成正比；

5.3.1.2、天体红移量主要由多普勒效应（天体远离地球运动）、宇宙学红移、引力红移和星际物质作用（介质作用或带电体的康普顿效应）等；

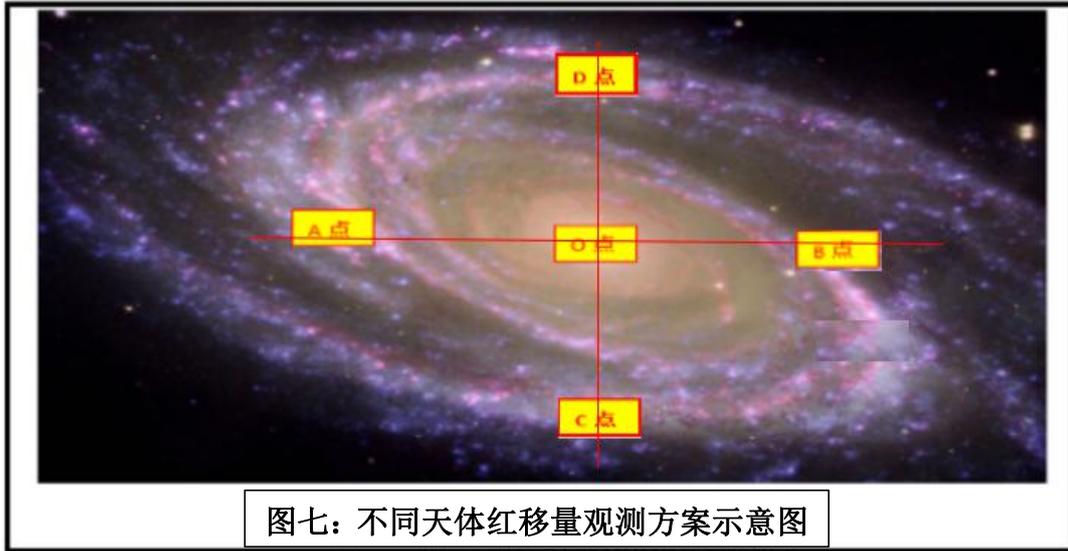
5.3.1.3、假设天体远离地球的视速度为 u （远离在正值，朝天体运动为负值），则多普勒红移分量为 $H_{多} = (u/(C-u))$ ；假设宇宙学红移系数为 j ，则宇宙学红移分量为 $H_{宇} = j S_0$ （ S_0 为星光从天体出发时，天体与地球间的距离。）；因天体离地球较远时，引力红移分量所占比例很小，在此暂忽略；假设星际物质作用产生的红移系数为 k ，则介质红移分量为 $H_{介} = ks$ （ k 为常数或为与距离相关的单值函数、 s 为天体到地球的距离）。则有：

$$H_{总} = H_{多} + H_{宇} + H_{介} = u/(C-u) + j S_0 + ks \quad (\text{公式 1})$$

因星光实际运动总距离 s 与原始距离 S_0 间存在如下关系： $S_0 = s/(1+j)$ 。代入上式则有：

$$H_{\text{总}} = H_{\text{多}} + H_{\text{宇}} + H_{\text{介}} = u/(C-u) + js/(1+j) + ks \quad (\text{公式 1-1})$$

5.3.1.4、利用对已知距离相等但相对速度不同和已知视速度相等但距离不同的天体进行红移量的实测，分别获得其红移总量。再利用数学运算计算出多普勒红移分量、宇宙学红移分量和介质红移分量。如下图七所示：



图七：不同天体红移量观测方案示意图

5.3.1.4.1、假设：在时间为 T_0 时刻，对图七中 A、B、C、D 和 O 点进行实测，分别得到的红移总量为 $H(A, T_0)$ 、 $H(B, T_0)$ 、 $H(C, T_0)$ 、 $H(D, T_0)$ 和 $H(O, T_0)$ ；O 点远离地球的视速度为 u 、A 和 B 点绕 O 点逆时针方向旋转的视速度分别为 $-v$ 和 $+v$ ，则相对地球的视速度分别为 $(u-v)$ 和 $(u+v)$ ；C、D 两点相对地球的视速度与 O 点相同，均为 u ；A、B 和 O 点到地球的距离相等，均为 $S(T_0)$ ；C、D 到地球的距离分别为 $(S(T_0)-L)$ 和 $(S(T_0)+L)$ 。则有：

$$H(O, T_0) = H_{\text{多}} + H_{\text{宇}} + H_{\text{介}} = u/(C-u) + jS(T_0)/(1+j) + kS(T_0) \quad (\text{公式 2})$$

$$H(A, T_0) = H_{\text{多}} + H_{\text{宇}} + H_{\text{介}} = (u-v)/(C-u+v) + jS(T_0)/(1+j) + kS(T_0) \quad (\text{公式 3})$$

$$H(B, T_0) = H_{\text{多}} + H_{\text{宇}} + H_{\text{介}} = (u+v)/(C-u-v) + jS(T_0)/(1+j) + kS(T_0) \quad (\text{公式 4})$$

$$H(C, T_0) = H_{\text{多}} + H_{\text{宇}} + H_{\text{介}} = u/(C-u) + j(S(T_0)-L)/(1+j) + k(S(T_0)-L) \quad (\text{公式 5})$$

$$H(D, T_0) = H_{\text{多}} + H_{\text{宇}} + H_{\text{介}} = u/(C-u) + j(S(T_0)+L)/(1+j) + k(S(T_0)+L) \quad (\text{公式 6})$$

(公式 2) - (公式 3) 可得：

$$H(O, T_0) - H(A, T_0) = Cv/(C-u)(C-u+v) \quad (\text{公式 7})$$

当已知天体的几何尺寸和旋转速度时，则 A 和 B 点相对 O 点的视速度就为已知量，相对地球的视速度差 v 也为已知量。则根据 (公式 7) 可得：

$$u^2 - (2C+v)u + C^2 + Cv - Cv/(H(O, T_0) - H(A, T_0)) = 0 \quad (\text{公式 8})$$

进而可得到 u 的值 (一元二次方程的解)：

$$u = \frac{2C+v \pm \sqrt{(2C+v)^2 - 4(C^2 + Cv - \frac{Cv}{H(O, T_0) - H(A, T_0)})}}{2} \quad (\text{公式九})$$

也可利用（公式 4）-（公式 3）可得：

$$H(B, T_0) - H(A, T_0) = 2Cv / (C-u-v)(C-u+v) \quad (\text{公式 10})$$

来求解 u 的数值。

将求得的 u 值分别代入（公式 2、3、4、5、6）、就可得到：

$$(j/(1+j)+k) S(T_0) = u / (C-u) - H(O, T_0) \quad (\text{公式 11})$$

$$(j/(1+j)+k) S(T_0) = (u-v) / (C-u+v) - H(A, T_0) \quad (\text{公式 12})$$

$$(j/(1+j)+k) S(T_0) = (u+v) / (C-u-v) - H(B, T_0) \quad (\text{公式 13})$$

$$(j/(1+j)+k)(S(T_0) - L) = u / (C-u) - H(C, T_0) \quad (\text{公式 14})$$

$$(j/(1+j)+k)(S(T_0) + L) = u / (C-u) - H(D, T_0) \quad (\text{公式 15})$$

当天体到地球距离 s 和 L 为已知时，就可得到：

$$\frac{j}{1+j} - k = \frac{u}{S(T_0)(C-u)} - \frac{H(O, T_0)}{S(T_0)} \quad (\text{公式 16})$$

$$\frac{j}{1+j} - k = \frac{u-v}{S(T_0)(C-u+v)} - \frac{H(A, T_0)}{S(T_0)} \quad (\text{公式 17})$$

$$\frac{j}{1+j} - k = \frac{u+v}{S(T_0)(C-u-v)} - \frac{H(B, T_0)}{S(T_0)} \quad (\text{公式 18})$$

$$\frac{j}{1+j} - k = \frac{u}{(S(T_0) - L)(C-u)} - \frac{H(C, T_0)}{S(T_0) - L} \quad (\text{公式 19})$$

$$\frac{j}{1+j} - k = \frac{u}{(S(T_0) + L)(C-u)} - \frac{H(D, T_0)}{S(T_0) + L} \quad (\text{公式 20})$$

我们还可以用（公式 6）-（公式 5）得到：

$$H(D, T_0) - H(C, T_0) = 2(j/(1+j)+k) L$$

$$(j/(1+j)+k) = (H(D, T_0) - H(C, T_0)) / 2L \quad (\text{公式 21})$$

5.3.1.4.2、同样地，当时间 $T_1 = T_0 + \Delta t$ 时刻，对图一中 A、B、C、D 和 O 点进行实测，分别得到的红移总量为 $H(A, T_1)$ 、 $H(B, T_1)$ 、 $H(C, T_1)$ 、 $H(D, T_1)$ 和 $H(O, T_1)$ ；O 点远离地球的视速度仍为 u 、A 和 B 点绕 O 点逆时针方向旋转的视速度仍为 $-v$ 和 $+v$ ，则相对地球的视速度分别仍为 $(u-v)$ 和 $(u+v)$ ；C、D 两点相对地球的视速度与 O 点相同，均仍为 u ；A、B 和 O 点到地球的距离仍相等，均为 $S(T_1)$ ；C、D 到地球的距离分别为 $(S(T_1) - L)$ 和 $(S(T_1) + L)$ 。但考虑宇宙空间膨胀与不膨胀条件下的 $S(T_1)$ 值是不同的：因此，设考虑宇宙空间随时间膨胀的距离为 $S(T_{1,1}) = S(T_0) + (u \Delta t + S(T_0))j/(1+j)$ ；设不考虑宇宙空间随时间膨胀的距离为 $S(T_{1,2}) = S(T_0) + u \Delta t$ 。则有：

$$H(O, T_1) = u/(C-u) + j S(T_0)/(1+j) + \frac{(u \Delta t + S(T_0))j^2}{(1+j)^2} + k S(T_0) + ku \Delta t \quad (\text{公式 22})$$

$$H(A, T_1) = (u-v)/(C-u+v) + j S(T_0)/(1+j) + \frac{(u \Delta t + S(T_0))j^2}{(1+j)^2} + k S(T_0) + ku \Delta t \quad (\text{公式 23})$$

$$H(B, T_1) = (u+v)/(C-u-v) + j S(T_0)/(1+j) + \frac{(u \Delta t + S(T_0))j^2}{(1+j)^2} + k S(T_0) + ku \Delta t \quad (\text{公式 24})$$

$$H(C, T_1) = u/(C-u) + j(S(T_0)-L)/(1+j) + \frac{(u \Delta t + (S(T_0)-L))j^2}{(1+j)^2} + k(S(T_0)-L) + ku \Delta t \quad (\text{公式 25})$$

$$H(D, T_1) = u/(C-u) + j(S(T_0)+L)/(1+j) + \frac{(u \Delta t + (S(T_0)+L))j^2}{(1+j)^2} + k(S(T_0)+L) + ku \Delta t \quad (\text{公式 26})$$

(公式 26) - (公式 25) 并整理后可得:

$$H(D, T_1) - H(C, T_1) = 2Lj/(1+j) + 2L(j/(1+j))^2 + 2kL = 2L(j/(1+j) + (j/(1+j))^2 + k) \quad (\text{公式 27})$$

$$\text{因此有: } (j/(1+j))^2 + j/(1+j) + k = (H(D, T_1) - H(C, T_1))/2L \quad (\text{公式 28})$$

将 (公式 21) 代入 (公式 28) 可得:

$$(j/(1+j))^2 = (H(D, T_1) - H(D, T_0) - H(C, T_1) + H(C, T_0)) / 2L \quad (\text{公式 29})$$

设 $\Delta H_D = H(D, T_1) - H(D, T_0)$; $\Delta H_C = H(C, T_1) - H(C, T_0)$, 则 (公式 29) 可简化为:

$$(j/(1+j))^2 = (\Delta H_D - \Delta H_C) / 2L \quad (\text{公式 30})$$

求解 (公式 30) 可得:

$$j = \frac{\sqrt{\frac{\Delta H_D - \Delta H_C}{2L}}}{1 - \sqrt{\frac{\Delta H_D - \Delta H_C}{2L}}} \quad (\text{公式 31})$$

再将 (公式 31) 求得的值代入 (公式 21) 就可求得 k 值:

$$k = (H(D, T_0) - H(C, T_0)) / 2L - j/(1+j) \quad (\text{公式 32})$$

通过以上推导, 我们可以利用不同时刻先后两次对同一星系特定位置上红移量的观测数据就可求得星系中心的运动速度 u 、宇宙膨胀系数 j 和星际物质红移系数 k 值了。进而可以验证哈勃定律的正确性!

5.3.2、验证方案

利用对二个碰撞星系或同一倾斜星系的不同部位红移量的观测, 可得到不同部位的红移量实测值。同时测量碰撞星系间的或同一倾斜星系不同部位间的相对运动速度 v 值或相对间距 L 值, 利用距离相等但相对地球视速度存在明显差异即可求取天体实际运动速度 u 。进而利用已知天体的距离计算出宇宙学红移系数 j 和星际空间介质作用系数 k 。

5.3.3、实验结果预判

5.3.3.1、利用实测的与距离相关的介质作用系数 k 和宇宙学红移系数 j , 可消除天体红移总量中与距离相关的红移分量, 由此得到的剩余红移量值才主要为多普勒红移量;

5.3.3.2、利用修正后的天体多普勒红移量值对哈勃定律进行检验, 就可证明或证伪哈勃定律。即当 k 值等于 0 时, 哈勃定律才能成立。

第八章 结 语

谢谢各位看官通读本人的拙作。

可能有不少细心的朋友会发现：本书并没有解决电荷是如何产生库仑力和磁力的，也没有解决库仑力和磁力是如何传递的。只是解决了电场、磁场和光并不是可以独立于电荷而单独存在的客观实体；光既没有波动性，也没有粒子性，更没有波粒二相性；电场、磁场和光本身既没有能量也没有动量，它们只是库仑力和磁力，只对带电体（粒子）施加影响与作用等问题。但到目前为止，人类并不知道，也没有任何直接证据揭示电荷间的库仑力和磁力是怎么产生的，就像质量可以产生万有引力并与所有有质量的物质产生相互作用一样。虽然有人想通过猜想万有引力是由引力子承担相互作用的，电磁力是光子承担相互作用的。但这些猜想既没有直接证据，也没能解决多大问题，更导致了新的矛盾的出现，都是难以自圆其说的假说与猜想而已。

通过本书各章节的探讨，可以发现：我们并不需要假设库仑力和磁力是通过何种方式产生并与其它电荷相互作用的，只需要知道电荷与电荷间存在库仑力和磁力即可完美地解释目前人们遇到的与电场、磁场和光有关的物理现象与实验结果。本书通过对数十个这类问题的尝试，证明此方法对解释这类问题都能手到擒来、迎刃而解。从而证明我们没有必要引进一些证据不足的、不必要的假设与猜测，以至于将本来简单的问题复杂化，神秘化，并带来更多的不确定性与混乱。爱因斯坦假设光速不变而推演出的相对论导致时空的不确定性和扭曲；爱因斯坦假设光是具有动能与动量的粒子导致将光视为可独立于电荷而单独存在的客观实体，但又无法解释光子与光子间不会产生任何直接相互作用，也无法解释光子不会与中子等电中性粒子产生相互作用等现象；哈勃将天体红移量全部视为天体退行时产生的多普勒效应导致天文学对宇宙的宏观认识出现重大偏差，以至于无法解释哈勃望远镜拍摄到的不少星系相互碰撞的照片与天体间距离随时间不断增加的矛盾。这些问题的出现都是由于对电场、磁场和光的本质认识出现偏差导致的：将电场、磁场和光视作可以脱离电荷而单独存在，甚至是电场和磁场可以相互激励形成新的电场和磁场的场论都是由于这些原因导致的。从本书对数十个与电场、磁场和光有关的物理现象与实验结果的完美解释可以就可得出结论：是时候返璞归真了。我们根本没必要花费过多的时间放在假设、猜想及以假设和猜想为基础的任何理论上，即使是这些理论看上去很高、大、上或似乎能自圆其说。

通过对反射光存在的半波损失、偏振折射光存在的法拉第磁光效应、单缝衍射光存在干涉现象及单缝边缘不被光照射或用超黑材料覆盖时无衍射光现象、不同介质界面处光速突变甚至是跃升但均匀介质内部的光速却恒定等常见物理现象与实验结果的机理解读，可以形成一条完整的证据链并证明：

1、光的本质是电荷产生的库仑力和磁力；

2、光与介质的相互作用规律是：入射光使介质成为次生光源并产生向各个方向传递的次生光。所谓的反射、散射、折射、透射、衍射、干涉和绕射光只是向不同方向传递的次生光的一部分。而入射光在此过程中会被次生光所逐渐抵消而消失。

3、光速只是电荷间产生的库仑力和磁力在电荷间的作用延迟效应，并不是某种客观实体的空间位置的位移速度。决定光速的主要因素主要是真空中静止源的光速 c 、光源/介质（次生光源）的运动状态和单位长度内光的再生次数。

以上三条结论可能是从根本上解决与光有关的问题的金钥匙。希望有条件和兴趣的专家学者和朋友们共同检验与斧正。

参考文献:

- 1、杨发成 著 《光子衍射现象的几个例外及它们的意义》
- 2、季 灏 著 《“衍射”、“干涉”现象的新研究》
- 3、齐 稷 著 《新物理》
- 4、林志忠 著 《施特恩-格拉赫实验其人其事》
- 5、百度百科 物理学术语、名词、物理现象和物理实验结果