

质量与万有引力本质之思考

中国 北京 通州 北京物资学院 郑进科 zjk@139.com

作者说明：

本文构思于 2017 年初，第一部分完成于 2017 年 7 月，第二、三部分完成于 2018 年 9 月，第四部分完成于 2021 年 3 月，第五部分完成于 2021 年 5 月。受作者能力所限，第四部分只提供问题思路和计算概要，尚未能进行更深入计算，第五部分仅尝试对量子力学中的物理现象进行解释。作者并非物理专业，本文实为业余思考偶得，在这里公开目的是抛砖引玉，期待专业人士指点迷津，不喜勿喷。

在此特别致谢浙江大学理学院叶兴浩博士，本文第 6 页主要引述自其博士论文《引力场中真空折射率的改变及光的传播特性研究》。本文最初使用光折射法推导万有引力过程中，叶博士的论文给予了很多的帮助。

2021-4-2

摘要：

物质的本质是什么？光（电磁波）与物质的关系是什么？物质的质量从何而来？万有引力的本质是什么？量子现象本质是什么？这些都是当今世界难题。本文从一个囚禁光子思想实验开始，为这些问题探寻合理的解释：

物质基本粒子是由驻波场（囚禁光子）组成，改变此驻波场的运动状态，物质粒子便显示出质量。

当物质周围真空的光学属性——光速发生变化时，物质粒子在“引力场”不同位置波长与运行周期发生改变，进而宏观的尺度与时钟基本单位也被改变，这是时空扭曲与引力红移的本质。在“引力场”中物质粒子的驻波运动过程中将产生折射，形成趋向质量中心的运动，宏观表现为万有引力。

宇宙中充满真空能。驻波场形成原因可能是，当空间一点周围由于某种原因导致光速变化时，真空能将围绕此点形成环形驻波，并且任意位置环形驻波波长为 π 整数倍。这个驻波场越靠近中央能量密度越高，并时刻受到周围环境的影响，

也时刻对周围环境产生影响，这可能是各种量子现象的成因。

一、囚禁光子系统与物质质量

众所周知，物质与光截然不同：物质有静止质量，光子（实为电磁波，本文为了方便叙述使用光子概念）没有静止质量，只有相对论质量，物质永远达不到光速，光子却以光速在运动。但质能方程又说明二者有紧密的关系。那么让我们做一个思想实验：如果把光子囚禁在一个狭小空间内，会产生什么样的物理现象？

1. 静止的囚禁光子系统

假设制作一个光子囚禁系统（图 1）：左右两片无质量¹平行全反射镜面，从外界注入一个频率为 f_0 的光子，光子只能在镜面之间做左右往复运动。

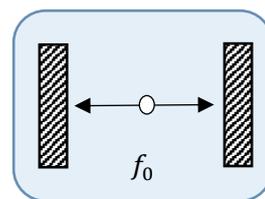


图 1 光子囚禁系统

在整个系统静止时，光子在左右镜面全反射，其每次反射动量变化为：

$$\Delta P_{Left} = \Delta P_{Right} = \frac{2hf_0}{c} \quad ^2$$

则左右镜面受到冲量相等，方向相反，系统保持稳定。

光子的相对论质量为：

$$m = \frac{hf_0}{c^2}$$

整个系统的能量等于光子所具备的能量：

$$E = hf_0$$

¹ 说明：可首先假设有质量镜面，其质量大到足可忽视每次光子碰撞所带来的速度变化。由于每一个碰撞周期之后，光子与镜面的动量、能量交换大小相等，方向相反，所以在系统稳定后可以视为光子与镜面没有动量、能量交换。为方便计算，整个系统只考虑光子的质量、动量、能量值，约掉镜面的质量、动量、能量值，故直接假设镜面无质量，并非真正存在无质量镜面。

第二种囚禁方式：同样假设左右固定二片全反射镜面，镜面间囚禁了某固定频率电磁波往返震荡运行。在中间放置一双面可移动全反射镜片，那么在移动中间镜片时，将发现其增加了惯性质量，大小与电磁波的频率相关。具体计算过程与计算结果与第一种囚禁方式一致。

² h 为普朗克常数， c 为光速，下同

整个系统的动量为 0，因为系统速度为 0：

$$P = 0$$

2. 运动的囚禁光子系统

假设推动系统以速度 v 向右运动时 (图 2)，系统内部观察者在左镜面向上发射一个频率为 f_0 的光子 (电磁波)。根据光的多普勒频移，系统外的第三方观测者将发现光子向右运动时频率为：

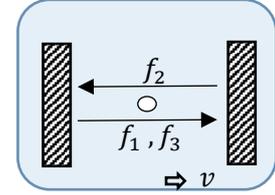


图 2 运动中的光子囚禁系统

$$f_1 = \sqrt{\frac{c+v}{c-v}} f_0$$

当光子运动到右部时，由于镜面以速度 v 向右运动，光子自接触至反射离开镜面，同样将发生多普勒频移，最终第三方观测者测得光子离开右镜面频率为：

$$f_2 = \sqrt{\frac{c-v}{c+v}} \cdot \sqrt{\frac{c-v}{c+v}} f_1 = \sqrt{\frac{c-v}{c+v}} f_0$$

动量变化值为：

$$\Delta P_{Right} = \frac{h(f_1 + f_2)}{c}$$

同样，当光子再到左镜面反射后，根据多普勒频移，其频率将为：

$$f_3 = \sqrt{\frac{c+v}{c-v}} \cdot \sqrt{\frac{c+v}{c-v}} f_2 = \sqrt{\frac{c+v}{c-v}} f_0 = f_1$$

底部光子动量变化量为：

$$\Delta P_{Left} = \frac{h(f_3 + f_2)}{c} = \frac{h(f_1 + f_2)}{c} = \Delta P_{Right}$$

也就是说，对于第三方观测者而言，当系统以 v 运动时，光子的频率将处于 f_1 和 f_2 交替循环状态，光子的总能量在做周期性变化。但左右镜面受到的冲量依旧相等，方向相反，系统保持平衡。

对于系统内部的观测者而言，由于左右镜面之间没有相对速度，光子的动量、

能量相对于系统静止时没有发生任何变化。

3. 球形囚禁光子系统

继续改进囚禁系统，用一个球形镜面代替两个平行镜面（图 3），囚禁光子，使其只能在球形空间内做一种特定的运动（比如某种形式驻波）。第三方观测者将发现，给系统以作用力，当系统向任何方向以速度 v 运动时，光波在球内反射，会在速度 v 的正反方向上具备 f_1 和 f_2 两种频率。此时系统的总能量为：

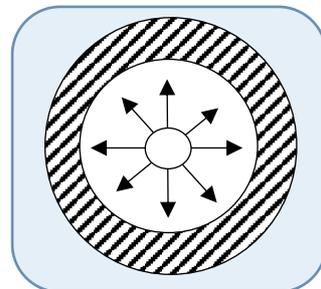


图 3 球形光子囚禁系统

$$E' = \frac{h(f_1 + f_2)}{2} = \frac{h}{2} \cdot \left(\sqrt{\frac{c+v}{c-v}} + \sqrt{\frac{c-v}{c+v}} \right) \cdot f_0 = \frac{hf_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

此时光子的相对论质量为：

$$m' = \frac{E'}{c^2} = \frac{m}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

由于光子在不同方向的动量值产生了差别，于是整个系统获得了动量。其值为光子在不同方向动量的矢量和。

$$P = \frac{h(f_1 - f_2)}{2c} = \frac{hf_0}{c^2} \cdot \frac{v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = m'v$$

这表示第三方观测者会发现囚禁光子系统从外界获得了能量与动量，光子的相对论质量发生了变化，整个系统的动量也发生了变化。

4. 物质惯性质量

现在我们知道，当一个光子被囚禁在一个系统时，随着系统速度的改变，光子的频率，能量，动量，相对论质量都会改变。并且，改变动量的难度取决于光子的相对论质量。根据质量的定义，质量是量度物体平动惯性大小的物理量，我们可以说被囚禁光子的相对论质量 m 就是这个系统的惯性质量 M 。

$$M = \frac{hf_0}{c^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

系统的初始质量为：

$$M_0 = \frac{hf_0}{c^2}$$

速度为 v 时，系统动量为：

$$P = \frac{hf_0}{c^2} \cdot \frac{v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = M_0 \cdot \frac{v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = Mv$$

很容易计算出来，整个系统依旧符合爱因斯坦的质能方程：

$$E^2 = P^2 C^2 + M_0^2 C^4$$

根据以上计算我们可以做出结论：改变囚禁光子系统运动状态——即系统动量的难易程度取决于囚禁光子的频率和系统速度 v 。囚禁光子的频率 f_0 及系统速度 v 越高，则改变系统动量的难度就越大。当系统速度 v 趋近于 0 时，改变系统动量的难度正比于 hf_0/c^2 ，这恰好是囚禁光子的初始相对论质量 M_0 ，当 v 不为 0 时，改变系统动量难度正比于此时囚禁光子系统的相对论质量 M 。

这种由囚禁光子组成的粒子完全符合爱因斯坦狭义相对论的描述：当物质速度增加时，质量也会增加，但是物质的速度永远不能达到光速。

需要注意，本文借用镜面反射只是为了满足这个思想实验的计算条件。真实的囚禁方式绝不应该是镜面反射，应是某种达到此种囚禁效果的机制，比如某种形式的驻波场³，这样“囚禁光子”才能实现同时向前后两个方向运动。

二、时空扭曲与引力红移

根据前文所述，基本粒子是由囚禁的光子所构成。那么基本粒子尺寸是否由光子波长所决定？如果成立，那么当光子波长发生变化时，由物质组成的尺度刻度长度将发生变化，所测量的空间距离也将发生变化，这可能就是空间扭曲的本质。

³ 费曼《量子电动力学》书中描述：假设原子都装在一个盒子中，这个盒子充满了一定能量分布规律的光子，可以把盒子中的波表示为平面驻波，球面波或者平面行波。

1. 光速在渐变折射率真空中的变化

根据广义相对论计算, 当星光经过太阳再到远方, 星光距离太阳中心最近距离为 R 时, 星光总偏折角为:

$$\Delta a = \frac{4GM}{Rc^2} \quad ^4$$

爱因斯坦的广义相对论用时空扭曲解释了星光偏折的现象, 但并未就时空扭曲的本质做进一步解释。

但有学者认为星光偏折是光速改变的结果。在 1920 年出版的《空间、时间和引力》一书中, 学者 Eddington 就指出ⁱ: 如果太阳周围空间充满了某种折射介质, 若光的速度为 $1 - 2GM/Rc^2$, 那么介质折射率就是 $1/(1 - 2GM/Rc^2)$, 据此可以计算, 光线在离太阳中心 r 的距离经过太阳时, 总的偏转角为 $4GM/Rc^2$ 。

1920 年, Wilson 指出, 如果假定物质附近的空间具有某个特别的介电常数, 那么引力就可以解释为是折射的结果ⁱⁱ。为了解释观察到太阳周围的光线弯曲, 这个介电常数必须是 $k=1+2GM/Rc^2$ 。

在 Wilson 工作的基础上, Dicke 于 1957 年在 *Reviews of Modern Physics* 上发表长篇论文, 明确地将与引力空间对应的折射介质与真空联系起来ⁱⁱⁱ。Dicke 指出: 可以预见原子发出的光的能量或者频率将取决于原子在引力场中所处的位置, 这将导致引力红移现象。如果原子的波尔半径以及其他大院子长度也是位置的一个函数, 这将导致依赖于位置的米尺的缩短和弯曲, 就是所谓的黎曼空间度规。

2002 年和 2005 年, Puthoff 等人在 *Foundations Physics* 和 *General Relativity and Gravitation* 上发表论文, 提出了研究广义相对论的极化真空方法^{iv v}。根据这一方法的基本假设, 真空折射率 n 的表达式可以由以下函数给出:

$$n = e^{\frac{2GM}{Rc^2}} = 1 + \frac{2GM}{Rc^2} + \frac{1}{2!} \left(\frac{2GM}{Rc^2}\right)^2 + \dots$$

以上理论表明, 光速在物质周围真空中是变化的。根据真空折射率理论, 无穷远处观察者看到 R 处的光速为:

⁴ G 万有引力常数, M 为太阳质量, R 为光线到太阳中心的直线距离

$$C = \frac{c}{n} = ce^{-\frac{2GM}{Rc^2}}$$

本文采用此结论做进一步推论。

2. 时空扭曲的本质

根据以上论证可知，无穷远处的观察者能够发现：当一束光由无穷远处运行至距离质量为 M 恒星 R 处，其速度由 c 降为 $ce^{-\frac{2GM}{Rc^2}}$ 。但这种变化我们自身不能观测到，即在物质参照系中观测到光速永远为常数 c 。

可表达为（以下式中 λ 为波长， T 为周期，每一对角标前为观测者位置，后为光子所在位置， ∞ 表示无穷远处， R 表示距离恒星 R 处）：

$$\frac{\lambda_{\infty\infty}}{T_{\infty\infty}} = c$$

$$\frac{\lambda_{\infty R}}{T_{\infty R}} = ce^{-\frac{2GM}{Rc^2}}$$

$$\frac{\lambda_{RR}}{T_{RR}} = c$$

根据以上三式推理：从 ∞ 处观测，当光子运行到 R 处，如果此处波长数值上变化至 $e^{-\frac{GM}{Rc^2}}$ 倍，周期时间数值变化至 $e^{\frac{GM}{Rc^2}}$ 倍，则光速变化至 $e^{-\frac{2GM}{Rc^2}}$ 倍，这就是尺缩钟慢。即：

$$\lambda_{\infty R} = \lambda_{\infty\infty} e^{-\frac{GM}{Rc^2}}$$

$$T_{\infty R} = T_{\infty\infty} e^{\frac{GM}{Rc^2}}$$

如果此处观察者依据此处的波长与周期作为测量基本单位，测量光速依旧为 c ，但会发现 ∞ 处发生如下变化：

$$\frac{\lambda_{R\infty}}{T_{R\infty}} = ce^{\frac{2GM}{Rc^2}}$$

$$\lambda_{R\infty} = \lambda_{RR} e^{\frac{GM}{Rc^2}}$$

$$T_{R\infty} = T_{RR} e^{-\frac{GM}{Rc^2}}$$

即离开恒星的光速会越来越快，波长越来越大，同样会发现趋近恒星的光速会越来越慢，波长越来越小。

由此做出推论：基本粒子中光子波长决定了宏观尺度的单位长度，运行周期决定了宏观时钟的单位长度。当光子在“引力场”中改变位置时，波长、周期与波速都将改变，宏观表现为尺度与时钟也相应改变，这就是时空扭曲的本质。空间扭曲是物质的尺寸在“扭曲”，时间扭曲是由于物质内电磁波周期在改变，“时空扭曲”现象是二者同时作用的结果。

3. 引力红移

由以上可知，从 ∞ 处观测，R处波长为 λ 的电磁波，运行到 ∞ 时，测得的波长为 $\lambda e^{\frac{GM}{Rc^2}}$ ，即发生了引力红移。红移量为：

$$z = e^{\frac{GM}{Rc^2}} - 1 = \frac{GM}{Rc^2} + \frac{1}{2!} \left(\frac{GM}{Rc^2}\right)^2 + \dots$$

在弱引力场中，此值约为 $\frac{GM}{Rc^2}$ ，与实际观测值较吻合，与广义相对论所得出结论也比较吻合。所以说，引力红移的本质是光波运行到“引力场”不同位置，其波长发生了相对性改变而造成的一种现象。相反，靠近引力场中心的观测者将观测到从远处而来的电磁波会发生“蓝移”现象。

三、 万有引力

1. 渐变折射率真空中光的折射

根据本文第二部分，真空折射率在引力场中发生改变。如图4所示， ∞ 处观测者会发现在质量为M的恒星外存在一个球形渐变折射率真空，其观测到在距离恒星R处真空折射率为：

$$n_{\infty R} = e^{\frac{2GM}{Rc^2}}$$

在 ∞ 处的观测者会发现R处真空折射率变化率为：

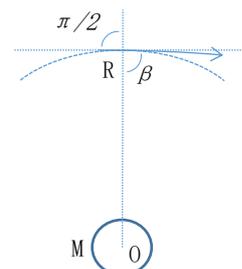


图4 渐变折射率真空中光的折射

$$k_{\infty R} = d(n_{\infty R})/d_R$$

在 R 处观测者，根据自己尺度其认为距离测量为 r。由于尺缩效应，单位距离缩小，距离值将为原来 $e^{\frac{GM}{Rc^2}}$ 倍，即有以下的转换关系：

$$1(R) \Rightarrow e^{\frac{GM}{Rc^2}}(r)$$

即 ∞ 处观测者的 1 单位距离，对于 R 处观测者的数值为 $e^{\frac{GM}{Rc^2}}$ ，发生了空间膨胀。因此，R 处观测者观测到本地真空折射率随距离变化率为：

$$\begin{aligned} k_{rr} &= k_{\infty R} / (dr \cdot e^{\frac{GM}{Rc^2}}) \\ &= d(e^{\frac{GM}{Rc^2}}) / dr \\ &= -\frac{GM}{R^2 c^2} \cdot e^{\frac{GM}{Rc^2}} \cdot d_R / dr \\ &= -\frac{GM}{\frac{GM}{(e^{\frac{GM}{Rc^2}} r)^2 c^2}} \cdot e^{\frac{2GM}{Rc^2}} \\ &= -\frac{GM}{r^2 c^2} \end{aligned}$$

即 R 处观测者会发现向恒星靠近距离 dr，本地真空折射率变化 $\frac{GM}{r^2 c^2} dr$ 倍。

假设在此处一光子以入射角 $\pi/2$ 进入，出射角为 β ，根据折射定律有：

$$1 * \sin(\pi/2) = \left(1 + \frac{GM}{r^2 c^2} dr\right) \sin\beta$$

已知在太阳系中， $rc^2 \gg GM$ ，可根据上式得出：

$$\cos\beta \cong \frac{GM}{r^2 c^2} dr$$

这表明光子经过 R 处后，光子动量 P 在指向恒星方向产生了分量，其值为：

$$\Delta P = P \cos\beta \cong P \frac{GM}{r^2 c^2} dr$$

据此计算指向恒星中心的作用力，值为：

$$\begin{aligned} F &= \Delta P / dt \\ &\cong P \frac{GM}{r^2 c^2} \cdot \frac{dr}{dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{hf}{c} \cdot \frac{GM}{r^2 c^2} \cdot c \\
 &= \frac{GMm}{r^2}
 \end{aligned}$$

结论：由于恒星周围渐变折射率的原因，在距离恒星 R 处的观测者，将发现此处相对论质量为 m 的光子，在垂直经过指向恒星连线时，光子受到一个指向恒星质量中心的作用力，其值约为 $\frac{GMm}{r^2}$ ，本质上这是光子在引力场的折射现象。

2. 渐变折射率真空中光的蓝移

根据本文第二部分，在光子向恒星运动时会发生蓝移现象，离开恒星运动时会发生红移现象，即无穷远处观测者会发现光子波长随距离而改变，在 ∞ 处波长为 λ 的光子在 R 处波长为：

$$\lambda_{\infty R} = \lambda_{\infty\infty} e^{-\frac{GM}{Rc^2}}$$

在 ∞ 处的观测者会发现 R 处波长变化率为：

$$k_{\infty R} = d(\lambda_{\infty R})/d_R$$

同样由于尺缩效应，R 处观测者观测到光子在本地波长随距离变化率为：

$$\begin{aligned}
 k_{rr} &= d(\lambda_{\infty R})/(d_r e^{\frac{GM}{Rc^2}}) \\
 &= \frac{GM}{R^2 c^2} \cdot e^{-\frac{GM}{Rc^2}} / e^{\frac{GM}{Rc^2}} \\
 &= \frac{GM}{\frac{GM}{(eRc^2 r)^2 c^2}} \cdot e^{-\frac{GM}{Rc^2}} / e^{\frac{GM}{Rc^2}} \\
 &= \frac{GM}{r^2 c^2} \cdot e^{-\frac{2GM}{Rc^2}} \\
 &= \frac{GM}{r^2 c^2} \cdot \left(1 - \frac{2GM}{Rc^2} + \frac{1}{2!} \left(\frac{2GM}{Rc^2}\right)^2 - \dots\right) \\
 &= \frac{GM}{r^2 c^2} \cdot \left(1 - \frac{2GM}{\frac{GM}{eRc^2 r c^2}} + \frac{1}{2!} \left(\frac{2GM}{\frac{GM}{eRc^2 r c^2}}\right)^2 - \dots\right)
 \end{aligned}$$

在弱折射场中， $\frac{GM}{Rc^2}$ 趋近于 0，则：

$$k_{rr} \cong \frac{GM}{r^2 c^2} \cdot \left(1 - \frac{2GM}{\left(1 + \frac{GM}{rc^2}\right)rc^2}\right)$$

$$\cong \frac{GM}{r^2 c^2}$$

此处观测者将发现光子动量发生改变：

$$\begin{aligned} dP &= d\left(\frac{h}{\lambda}\right) \\ &= -\frac{h}{\lambda^2} d\lambda \\ &= -\frac{h}{\lambda^2} \lambda k_{RR} dr \\ &= -\frac{h}{\lambda} \cdot \frac{GM}{r^2 c^2} dr \end{aligned}$$

由于动量变化，观测者发现光子在此处受到作用力，其值为：

$$\begin{aligned} F &= \frac{|dP|}{dt} \\ &= \frac{h}{\lambda} \cdot \frac{GM}{r^2 c^2} dr \cdot \frac{c}{dr} \\ &= \frac{h}{c\lambda} \cdot \frac{GM}{r^2} \\ &= \frac{GMm}{r^2} \end{aligned}$$

结论：由于恒星周围渐变折射率的原因，在距离恒星 R 处的观测者，将发现此处相对论质量为 m 的光子，在沿指向恒星方向运动时，光子波长发生变化，显示为受到一个指向恒星质量中心的作用力，其值约为 $\frac{GMm}{r^2}$ ，本质上这是光子在引力场的蓝移现象。

用时间膨胀效应计算光子频率随距离变化率，能得出同样的结果。

3. 万有引力

基于以上计算可得出，当一个囚禁光子系统处于恒星周围的渐变折射真空中时，如图 5 所示，无论光子在任何方向运行，光子都将发生折射和蓝移效应，此处的观测者都将发现囚禁光子系统受到一个指向恒星中心的作用力，表现为万有

引力。在其他因素不变的情况下，该作用力大小与系统内光子的相对论质量成正比。即引力场中囚禁光子的相对论质量在引力场中表为物质的引力质量。

至此我们可以确认，物质的惯性质量与引力质量来源完全相同，都是源于囚禁光子的相对论质量。

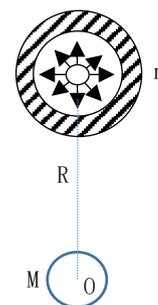


图 5 渐变折射率真空中的囚禁系统

4. 等效原理

由于物质是由囚禁光子系统所构成，所以，在一个局部参考系中，光与物质对“万有引力”、加速度的物理表现是完全一样的。这是爱因斯坦等效原理的基础解释。

弱等效原理、强等效原理（待完善，计划把强等效原理给计算出来）

四、囚禁原理猜想

1. 基于真空能及变化光速产生的驻波场

已知宇宙中存在真空能，假设这真空能就是某种形式的电磁波，其存在角速度 ω ，在平直时空，任意一点的相位角表达式为：

$$e^{i\omega t}$$

根据本文第二部分，当光速以某点的圆心发生变化时，如向心变慢，则角速度也呈现随距离 R 接近而变慢，表达式为：

$$\omega_R = e^{\frac{-GM}{Rc^2}} \omega$$

则此时各点相位角表达式为：

$$e^{ie^{\frac{-GM}{Rc^2}} \omega t}$$

即在 R 方向相邻两点产生相位角差，其值为对上式求导，近似为：

$$e^{i\omega t \frac{GM}{R^2 c^2} dR}$$

因此，相位角差在 R 方向呈现周期分布，等量相位角差与 R^2 成反比，如图 6 所示：

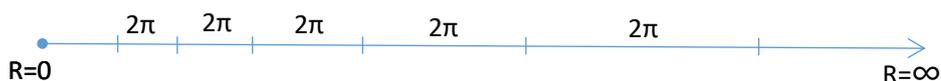


图 6 呈周期分布的相位角

各点相位角随时间发生变化，本质上是真空能的衍生波，这个过程可类比做傅里叶逆变换。衍生波宏观表现为同心圆的驻波场。此驻波场任何一个点都可以看做一个囚禁光子系统，根据本文第一部分计算，该驻波场对外可表现出质量。

以上只表述 $R \gg 0$ 时物质波的大概规律。对于 R 趋近于 0 时，由于不可能达到绝对零度，所以不会有静止的 0 点，即粒子的核心处于不断运动之中，将拥有复杂的波形结构，这超出了本文分析能力。

“在无边无际的真空能深海中，无尽高压之下一片黑暗沉寂。但丝丝扰动之后，却在其中诞生了缥缈的物质世界。”

2. 对驻波场波长的思考

假设空间某一点的周围存在半个波长的环形驻波场，如图 7 所示：

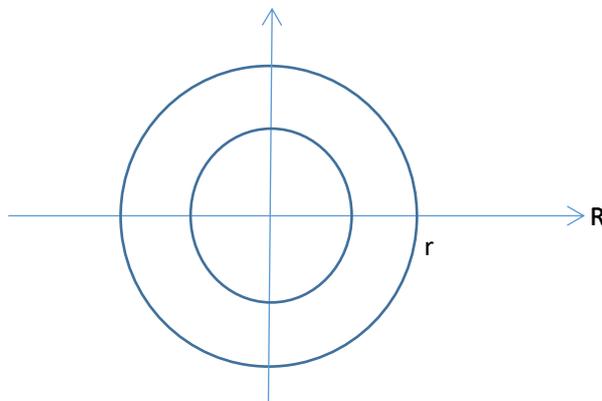


图 7 环形驻波场

则距离此点 r 处的波长为 $4\pi r$ ，其频率为：

$$F = \frac{c}{4\pi r}$$

角速度为：

$$\omega = 2\pi F = \frac{c}{2r}$$

则沿 R 方向角速度变化率为：

$$\omega' = -\frac{c}{2r^2}$$

根据前一节所述，若真空能角速度为 ω_v ，则在质量为 M 的粒子周围，角速度变化率近似值为：

$$-\omega_v \frac{GM}{r^2 c^2}$$

显而易见，二者均与 r^2 成反比。基于此，有以下思考：

若二者在某种条件下相等，此结构能否长期稳定存在形成粒子？这驻波场的波长将可以表现为 π 的整数倍，这是否是粒子的自旋数为 $1/2$ ， 1 ， $3/2$ 等的原因？在 r 趋近于 0 处，会呈现什么样的波形结构？基本粒子的其他特征，如磁矩，是否也由波形结构所决定？

3. 从水面驻波场延伸的思想实验

在水面投下一颗石头，水波会以圆环状向周围传播，传播的越远，振幅越弱。这是常见的基本物理现象。

在一个圆形池子的中央投下一颗石头，水波扩散到达池子边缘后，就会反射回来，汇聚到池子中间，然后又向周围传播出去。如果没有能量损耗，这个过程将持续不断进行下去。这个现象，就是水面的驻波场。如果水面足够大，人们将看到中央位置有水波在持续振动，而周边的水面却近乎静止，似乎有一团能量让振动的水波停留在中央区域。

已经有科学家在这个领域进行研究，控制水池边缘来实现对水波场进行精确

的调控。(可参见案例 <https://v.qq.com/x/page/f3000etd5ds.html>)

同理，声波在空间也可以形成球形的驻波场。

电磁波自然也可以，例如微波炉的炉腔内就存在驻波场。

基于此，现在进行另外一个思想实验：

假设一个宏观存在的球形的电磁波驻波场，那么越靠近中央，电磁波的振幅越大，能量越集中，表现出粒子性。但这个粒子的物理特征，如位置，速度等，却可以逆时间前溯，由驻波场的边缘来决定。在某个时间点后，粒子又可以对周边产生影响，一直影响到驻波场边缘发生反射，进入下一个周期。

以上驻波场，需要一个反射界面才能成立。但若是本节第一部分所论述，真空能波由于光速变化而产生了衍生的电磁驻波场，则不再需要反射截面也能产生类似的效果——驻波场有一个能量相对集中的中心区域，驻波场中心与周边相互影响。

具体来说，基本粒子是悬浮在真空能中一个个辐射状的泡泡，每一个基本粒子的物理状态，是由一秒前 30 万公里外的球形区域内所有参数所决定，而其当前状态又影响了一秒后 30 万公里内的区域。一切粒子不能独立存在，而是相互关联，但相互之间影响的速度只能是光速，但也可能同时被环境因素所影响。

如果真的如此，量子纠缠，量子叠加等神奇的难题是否可以迎刃而解？

因果论，定域性，守恒性是否都还成立？

4. 反物质粒子间可能存在万有斥力

本节第一部分所描述为驻波场光速向心减慢的情况。同理，若光速为向心变快，真空能角速度随距离表达式为：

$$\omega_R = e^{\frac{GM}{Rc^2}} \omega$$

此时同样会有同心圆驻波场产生，也能表现出质量。但根据本文第三部分方法计算，此时这种粒子间将表现为万有斥力。

如果说向心光速减慢的驻波场为正物质粒子的主要成分，向心光速加快的驻波场为反物质粒子主要成分。那么反物质将不会像正物质粒子依靠引力将原子聚集形成大块物质进而形成天体，其基本粒子将在宇宙间呈弥散分布，或许这是我

们观测不到反物质世界的根本原因之一。

五、对相对论的思考

1. 对狭义相对论的思考

狭义相对论的出发点是两条基本假设：狭义相对性原理和光速不变原理。狭义相对性原理（狭义协变性原理）：一切物理定律（力学定律、电磁学定律以及其他相互作用的动力学定律）在所有惯性参考系（惯性系）中都是等价（平权的），没有一个惯性系具有优越地位，不存在绝对静止的参考系（以太），从而否定了“以太说”和绝对空间。（以上来自百度百科）

狭义相对论在 1905 年发表之后，就受到很多的质疑。著名的有物理学家郎之万提出的双生子佯谬：一对双胞胎，哥哥坐宇宙飞船出去，若干年后回来居然比弟弟年轻，这可能吗？

但最终的结果证明爱因斯坦对了，当前的卫星导航早把狭义相对论作为基本应用理论来提高精度。还有，高速宇宙射线中粒子衰变速度比地球上的要慢（排除引力影响）也是事实。

运动使时钟变慢，这是已经被很多实验证明的真理。

问题来了：运动和静止，都是需要参考物的，我们无法判断一个独立物体是运动还是静止。高速运动的粒子到底是相对于什么运动，才延长了寿命？

做一个扩大版的孪生子思想实验：假设宇宙中存在大量的运动状态各不相同的时钟（同样排除引力影响），相互参考都处于运动状态，我们能否找到一个时钟，其他所有的时钟相对于这个时钟都会变慢？即，我们可以说这个时钟是静止的，其他时钟都是运动的。如果把时钟换成衰变粒子的话，则是这个运动状态的粒子寿命最短，其他运动状态的粒子寿命都要更长。

如果存在这样的时钟或者粒子，是否意味着可以存在绝对参考系？这与狭义相对论的初衷是否违背？

如果找不到，那又是为什么？

这个问题放在知乎上之后,不少学物理的硕士博士直接选择了找不到绝对参考系。在任意一个参考系,看其他所有运动参考系的时钟都会变慢。因此我又追加了另外一个问题:

我们已经知道铀 238 的半衰期是 45 亿年,几乎和地球寿命一样长,大约是宇宙年龄的 1/3。根据相对论,各个参考系的物理规律都一样,那么宇宙中各种运动状态铀 238,在自己参考系中,是不是都应该认为自己半衰期是宇宙年龄 1/3? 我们已知宇宙射线中粒子半衰期会延长。假设我们观测到一个高速而来的铀 238 半衰期是地表 100 倍,难道这个粒子也观察到地球上的铀 238 半衰期是其 100 倍? 如果是,那么他看到的地球的年龄是不是也同样达到自己半衰期 100 倍呢? 也就是说,他将观测到地球的生命远远超过了他所认知的宇宙寿命?

这个追问挂上去之后,有网友认识到了问题,说这种情况形成了对称性破缺,还有网友要研究研究宇宙年龄是否属于相对性不变量。

网上对于狭义相对论的质疑还有很多,这并非本文重心,不再深究。

2. 对广义相对论的思考:

广义相对论认为时空是扭曲的,如果说物质是由驻波组成,引力红移是光速变化引起,而引力是一种折射现象,那么根据大道至简,以及奥卡姆剃刀原理,就不再需要时空弯曲这种多余的解释。

更为关键的一点,广义相对论与量子理论在微观层面存在矛盾。如果抛弃时空弯曲概念,结合真空能,或许有助于解决物质粒子的结构问题,解释各种各样神奇的量子物理现象。

广义相对论的方程仍然能够使用,但或许需要新的理论,新的方程来描述宇宙运行。

六、 解释量子现象的尝试

20 世纪是量子物理大放异彩的时代。虽然代表经典物理的爱因斯坦在与代表量子物理的波尔数次论战过程中失利,但他仍坚持认为量子物理是一种并不完

备的理论。直到今天，量子物理理论也没有做到完美，有很多缺陷，例如标准模型中的引力子到现在也没有找到任何踪迹。

以相对论为代表的经典物理可以解释很多宏观现象，量子物理可以解释很多微观现象，但二者却一直存在矛盾而不能统一。

本部分尝试基于经典物理，对一些量子物理现象进行简单解释(持续完善中)：

1. 波粒二象性

结合本文第四章第 2 节，一个水表面驻波场中间的振幅最大，对于一个粒子驻波场，则是中央的频率最高，即在中央表现出粒子性。

既然粒子是一个驻波场，那么粒子必然具备波的行为特征，即可以存在双缝干涉的实验现象。

2. 量子叠加与量子坍缩

同样，以驻波场方式存在的粒子，其能量具备波的特性，存在于整个驻波场，但自中心位置向周边频率递减，即能量密度中央最高，越远能量密度越低，这是量子叠加的本质。一个粒子在被测量时，实质上是一个能量场与若干个能量场在相互作用，最终粒子的表现位置，即频率最高的中央区域，取决于这些场共同作用的结果，这就是量子坍缩。由于粒子是一个巨大的场，受到周围复杂环境因素影响，所以无论是量子叠加或者量子坍缩，都难以被人们准确掌握，只能用概率来描述。

3. 量子纠缠

第四章第 2 节所描述的水波，可以通过控制水池边缘在中央形成各种各样的水波图案。那么，自然也可以生成两个似乎相互纠缠的粒子。

即，物质世界两个纠缠的粒子，是由更远的位置对其共同产生影响。如果测量或者干涉某个粒子，或许是测量仪器的场对纠缠粒子产生了共同的影响。

七、 后续研究计划

1. 计算精细结构常数

2. 强等效原理

3.

ⁱ A.S.Eddington. Space, Time and Gravitation. Cambridge: Cambridge University Press, 1920, pp108,109,133,135,208,209

ⁱⁱ H.A.Wilson. An Electromagnetic Theory of Gravitation. Phys. Rev. 1921,17,54.

ⁱⁱⁱ R.H.Dicke. Gravitation without a Principle of Equivalence. Rev. Mod. Phys. 1957,29,363.

^{iv} H.E.Puthoff. Polarizable-Vacuum(PV) Approach to General Relativity. Found. Phys. 2002,32 927

^v H.E.Puthoff, E.W.Davis, C.Maccone.Levi-Civita effect in the polarizable vacuum (PV) representation of general relativity. Gen. Rel. Grav. 2005, 37, 483.