

DOI: 10.12361/2705-0866-05-05-126903

对光子引力的不同观点

高铁男

甘肃长通电缆(集团)有限责任公司, 中国·甘肃 白银 730900

【摘要】在当今的物理学中,光子由于静止质量为零因而没有引力。光子静止质量为零但运动质量却不为零,静止的光子没有引力不能代表运动的光子也没有引力。现今物理学的观点认为,光子的引力是和静止质量相关联的,那么,光子虽然有运动质量,但引力质量是零。可是静止状态的物理性质能代表运动状态的物理性质吗?比如光子的动量,静止光子的动量为零,运动光子的动量就不为零,它们是不能一概而论的。光子有没有引力是由静止质量确定的还是由运动质量确定的?从一个实验中,根据物理学的基本原理就可以证明,包括光子和中微子在内的任何高速运动的粒子,引力都是由它们的运动质量决定的,和静止质量没有关系。

【关键词】静止质量;运动质量;引力质量;质能守恒;暗物质

Different Views on Photon Attraction

Tienan Gao

Gansu Changtong Cable (Group) Co., LTD., China Gansu Baiyin 730900

[Abstract] In today's physics, photons have no gravity because their stationary mass is zero. The photon at rest mass is zero but the motion mass is not zero. The stationary photon without gravity cannot represent the motion photon with no gravity. The current physical view is that the gravity of a photon is related to the stationary mass, so while the photon has a moving mass, the gravitational mass is zero. But can the physical properties of the resting state represent the physical properties of the moving state? For example, the momentum of a photon, the momentum of a stationary photon is zero, the momentum of a moving photon is not zero, they cannot be generalized. Do photons have gravity determined by the stationary mass or by the motion mass? From an experiment, it can be proved by the basic principles of physics that any high-speed moving particle, including photons and neutrinos, is determined by their moving mass, and has no relationship with the stationary mass.

[Keywords] Static mass; Motion mass; Gravitational Mass; Conservation of Mass and Energy; Dark Matter

在物理学中,光子是传递电磁相互作用的基本粒子,是电磁辐射的载体,光子的静止质量为零。光子以光速运动,具有能量、动量和运动质量。由于静止质量为零,物理学中认为,光子是没有引力的,这表明了现在物理学的观点是:物质的引力是由静止质量来决定的,和运动质量没有关系。那么,光子的运动质量在引力方面就好像是假设的一样,完全不表现质量的特征。但是考察光子和实物发生作用时,光子的运动质量却表现出实实在在的质量特征,比如光压,当光照射到物体上时会对物体产生压力,光压是由光子的运动质量来决定的,光子的运动质量在这两种情况下在质量方面的表现是背道而驰的,为什么光子运动质量的质量特征能表现出对物体的作用力却不能表现

出引力?实际上,光子没有引力也只是基于光子静止质量为零的一种理论推测,并没有得到确切的实验检验。

本文探讨的就是光子的运动质量究竟有没有引力,在这里,通过一个实验,根据物理学的基本原理,通过分析证明,得出结论,光子和中微子的运动质量就是引力质量,并且在考察其它运动粒子的引力质量时,引力质量也是运动质量,和静止质量没有关系。这个结论对于当今寻找暗物质的工作也许会有帮助。

1 对光子质量认识上的几个疑问

1.1 光子的静止质量有没有意义?

光子的静止质量实际上是个虚无缥缈的概念,自然界中本不存在静止的光子,能够检测到的光子都是处在光速

运动中。当一个原子由高能级状态向低能级状态发生跃迁时，会释放一个光子，光子一脱离原子，就是以光速运动的形式存在，没有从静止到光速的加速过程，光子的运动不消耗能量，不论它的能量大小，自始至终都是以相同的速率传播，这表明光子的光速运动和其他物质的静止状态一样，是自然发生的状态，是无需对它附加外力的。因此，光速运动是光子在自然界中唯一的存在方式，这是光子的本性。

假如真的存在静止的光子，那它只能是存在于原子内部的，因为光子一离开原子就是以光速运动的。如果一个原子吸收了一个光子，由质能关系式 $E=mc^2$ ，原子吸收了能量后它的质量会有所增加，那么吸收了光子的原子是不是可以看做是包含着静止的光子？所增加的质量是不是可以看做是光子的静止质量？当然也可以说在原子内部的不是静止的光子而是能量，那么静止质量为零的光子又从何而来？一种不可能存在的物质状态，也不可能存在这种状态下的物理参数，它的物理参数应该没有什么实际意义。

1.2 光子只有一种状态，为什么有两种质量？

说到光子的质量，一般表述为：光子静止质量为零但具有运动质量，很多地方就直接强调光子没有质量，当然这是指光子的静止质量，这样，光子就有了静止的和运动的两种质量，但是存在这两种质量的前提是光子必须要有静止和运动的两种存在状态，如果不存在静止的光子，那也就不存在静止的光子质量。光子的静止质量为零，是因为狭义相对论的基本假设之一是光速不变性，其直接推论就是光子的静止质量必须为零。前面已经探讨了，光速运动是光子在自然界中唯一的存在方式，光子没有静止的状态，也就不应该有静止的质量，那么光速运动下的运动质量也就是光子质量的唯一体现。

自然界中的光子无论能量大小都是以光速运动的，它们的质量是在光速运动中体现的，每个光子都有能量，因而都有运动质量，因此并不存在没有质量的光子，怎么能说光子没有质量呢？只是每个光子的能量大小不同，它们所表现的质量大小也不相同。光子和中微子这类只能以光速运动的形式存在的粒子，光速运动是它们自发的状态，也是它们唯一的一种存在状态，它们的质量就应该是在光速运动状态下所表现的质量，而不应是静止质量，因而光子和中微子与其它粒子不同，一般情况下，同一类粒子具有相同的质量，而光子和中微子不具有一致相同的质量，

它们的质量随能量的大小而改变，这是质量的另一种表现形式。

1.3 光子的运动质量为什么不能像其它粒子的质量一样具有引力作用呢？

引力是由质量产生的，引力只和质量相关联，没有理由限定引力必须是由静止时的质量产生的，宇宙中的天体和物质本来就处在永恒的运动之中，引力和天体的运动状态没有直接的关系。光子的运动质量是在自发的状态下自然存在的，光子的唯一存在形式就是光速运动，它唯一体现质量的方式只能在光速运动中，它的引力不应该因为光速运动而被排除在外，也不应该因为静止质量为零而被排除在外。

光子具有动量，能够对物体产生光压，动量是由光子的运动质量产生的；

当原子释放出一个光子时，光子对原子核会产生反冲作用力，这个作用力也是由光子的运动质量产生的。这些实例都切实反映了光子的运动质量对物体的作用力是真实且有效的，因为没有质量就不会有动量，那么为什么光子的运动质量唯独在万有引力面前却失效了？光子始终处在光速运动中，不可能由静止状态的质量来确定它的动量，同样也不应该由它的静止状态的质量来确定它的引力，光子没有引力只是一种推测，并没有实验的检验，光子有质量（指运动质量）并且有引力应该是合理的，和静止质量无关，这并不违背物理学的基本原则。

1.4 如果光子没有质量，当物质的质量转化为光子的能量时，这部分质量就消失了？

当原子降低一个能级态时会释放出一个光子，光子带有的能量是由原子释放的，由质能关系式 $E=mc^2$ ，光子的能量必然是由原子减少一部分质量转化而来，原子减少的部分质量 Δm 转变成为光子的能量，光子的能量就是 $E=\Delta mc^2$ ，光子能量的大小取决于 Δm ，而同时光子有了运动质量 $m=E/c^2$ ，显然，光子的运动质量和原子所减少的质量大小完全相等

$$m_{\text{光子}} = \Delta m = E/c^2$$

转化过程中质量数没有增加或减少，更没有消失，相当于等量的物质质量转化为等量的光子运动质量，如果光子的运动质量和其它物质的质量不区别看待，就好理解了，这实际上是物质的质量转化为另一种运动形式的质量，转化前后的质量是严格守恒的。

当正反物质相遇而发生湮灭时，正反物质的质量能够全部转化为光子能量；又如，能量大于1.02MeV的光子在原子核的库仑场中也可以生成一对正负电子，这种质量完全转化为能量或能量完全转化为质量的实例，如果把光子的运动质量和普通物质的质量同等看待，则转化前后的质量是严格守恒的，质量不会突然产生，也不会突然消失，这也能说明光子是有质量的，并非是无质量。光子的运动质量和物质质量在发生转换时大小并不改变，只是在物质和光子之间发生了质量的转移，或者说质量由一种表现形式转变为另一种表现形式，这只能说明它们是质量的不同形态，这两种形态的质量是等效的。

如果光子没有质量，那么当物质的质量转化为能量时，质量就突然消失了，同时引力也就突然消失了；当能量转化为物质时，质量就突然产生了，引力也突然产生了，这显然不符合自然规律，这个过程中光子的运动质量什么作用都没有？难道它不算真正的质量？

下面一个例子能够帮助我们进一步判断光子的运动质量是不是引力质量。

2 光子引力的判断

设想一个封闭的体系内有两个原子，原子1处于激发态，质量为 m_1 ，可以放出一个光子；原子2处于基态，质量为 m_2 ，可以吸收由原子1放出的这个光子，体系的质量就是 $M=m_1+m_2$ ，当原子1发射出一个光子后，由于光子具有能量，原子1的质量会减少 Δm ，由质能关系式，光子的运动质量 $m_{\text{光子}}$ 和原子1减少的质量 Δm 大小相等， $m_{\text{光子}}=\Delta m$ 。

现在的问题是：光子由原子1发出后到被原子2吸收之前的时间段，这个体系的总质量是多少？

如果体系放出光子，和原子一样，体系的质量会有所减少，如果吸收光子，体系的质量会有所增加，如果体系和外部没有物质或能量的交流，它的质量和引力就是稳定的，不会发生变化。我们这个体系放出光子的过程是在体系内部进行的，放出的光子没有脱离体系，没有能量的放出或吸收，对于观测者来说，我们考察的这个体系什么变化也没有发生过，根据质量守恒定律这是一个稳定的体系，那么体系的质量自始至终是严格不变的，体系对外界的引力自始至终也必然是严格恒定的，不会有任何变化。在这个过程中，如果体系的总质量在原子1放出光子后的时间段内不改变，体系的总质量中就必定是包含了光子的运动质量，

$$M=m_1-\Delta m+m_{\text{光子}}+m_2=m_1+m_2$$

只有当光子的运动质量 $m_{\text{光子}}$ 取代了原子1减少的质量 Δm ，才能保证体系的质量恒定不变，这就证明了光子的运动质量和普通物质的质量一样是有效的质量；如果体系对外界的引力作用大小不改变，光子的运动质量必定是和普通物质的质量一样也是引力质量，只有当光子的运动质量是引力质量时体系的引力大小才不会改变，这就证明了光子的运动质量就是引力质量。从这个实验可以明确地看出：光子的运动质量和普通物质的质量两者在质量和引力方面所表现的效果是完全一样的，这证明它们是等效的，光子运动质量所表现的这些质量特性和它的静止质量没有关系。所以，光子没有质量且没有引力的观念是错误的，需要更新。

如果光子没有质量且运动质量没有引力，出现的现象就会很奇怪，原子1放出一个光子后，体系的总质量会减少，体系的引力也会减小，光子被原子2吸收后，体系的质量和引力又恢复到原来的数值，注意：这个过程是在体系内部完成的，和体系以外没有发生任何作用，没有吸收或放出能量，对于观测者来说，这个体系没有发生变化，但是有一个瞬间，体系的质量没原因的减少了一点，引力没原因的也减小了一点。一个体系和体系之外没有物质和能量的交换，这就是一个稳定的体系，不应该也不可能发生质量忽高忽低、引力忽大忽小的不稳定状态，这是违背质量守恒原理的，没有任何理论能够解释这种没有物质变化情况下的质量和引力的改变，这更加证明了光子的运动质量就是引力质量的结论是正确的。这表明光子有能量的同时也是有质量的，光子的质量和能量是共存的，光子的运动质量和普通物质的质量是等效的，并非在能量状态下就只表现能量而不表现或失去了质量，光子质量的大小随能量大小而改变，不像其他非光速粒子那样，同一类粒子具有相同的质量，光子的质量大小不一，高能的光子和低能量的光子质量是不同的，它们的质量和引力不能一概而论。由此可见，当物质质量转化为光子能量时，物质的质量同时转化为光子的运动质量，两者大小相等，质量没有消失也没有改变，只是质量在表现形式上发生了改变，或者是质量由物质转移给了光子，因此，光子同原子发生作用时，光子不仅是传递了能量，同时也传递了质量，物质的质量和光子的运动质量是质量的两种不同形态，它们都是引力质量。

3 其他运动粒子的引力质量

3.1 普通运动粒子的引力质量

当粒子静止时，它的引力质量就是静止质量，当粒子高速运动时，质量会随着运动速度的增加而增大，那么高速运动粒子的引力质量是静止质量还是运动质量？

能量大于1.02MeV的光子在原子核的库仑场中有可能被吸收，生成一对正负电子，一个电子的质量是0.51MeV，一对正负电子的质量就是1.02MeV，在光子的能量中，1.02MeV转变为正负电子对，多余的能量转变为电子对的动能使电子飞出，光子能量的大小决定了电子对动能的大小，电子对动能越大则速度就越高，速度越高则质量就越大，当光子转变为电子对后，剩余的能量或运动质量恰好转变成为电子对质量的增量，这个过程仍然符合质量守恒的规律，前后过程中质量数依然不会改变。还是以上面那个体系为例，假如原子1放出的那个光子能量大于1.02MeV，在原子2的库仑场中转变为一对正负电子对，设光子能量中减去两个电子质量的1.02MeV后剩余的能量为E，正负电子对的动能之和为 E_k （为了简便，把正负电子对的动能当作一个粒子的动能来考虑），由相对论的动能公式：

$$E = E_k = m(v)c^2 - m_0c^2 = [m(v) - m_0]c^2$$

式中 $m(v)$ 和 m_0 分别是电子对的运动质量和静止质量， $m(v) - m_0$ 就是正负电子对获得动能后的质量增量，光子剩余的能量 $E = mc^2$ ， m 是光子剩余能量对应的运动质量，对比上式

$$m = m(v) - m_0$$

很明显，光子转变为正负电子对后剩余能量的运动质量刚好转变为电子对增加的质量，这说明封闭体系的质量是衡量。这充分证明了，如果把运动粒子的运动质量和其它种类粒子的质量同等看待，无论发生什么物理变化，质量始终是一个恒量，这应该是真正意义的质量守恒。

参照上一节的推断，因为体系和外界没有发生能量和物质的交流，观测者在前后过程中不会看到体系的总质量和引力有变化，而体系的总质量中包含着正负电子对和它们的质量增量，也就是电子对的运动质量之和，只有当电子对的运动质量是有效质量时体系的质量才不会改变；因为体系的引力不会改变，而体系的引力质量中包含着电子对的运动质量，只有当电子对的运动质量是引力质量时，这个过程中体系的引力才不会改变，这就清楚地证明了正负电子对的运动质量是引力质量，如果电子对的静止质量是

引力质量，那么体系的引力质量就会减少 $m(v)$ ，这个封闭体系的引力就不会是恒量，这样明显是错误的。由此可以得出结论：粒子在高速运动时的引力质量就是运动质量，而不是静止质量。

3.2 中微子的引力质量

在基本粒子中，光子和中微子是仅有的两种静止质量为零的基本粒子，它们的自发状态都是光速运动。以上对于光子的推断同样适用于中微子。

在原子核的 β 衰变中，原子在放出电子的同时还放出一个中微子，电子、中微子和原子核各分配了一部分动量，使三个粒子动量的矢量和为零，因为中微子分配了一部分能量，使本该量子化的电子能量因此呈现从零到最大值之间连续分布的现象，由此可知，中微子和光子一样具有能量和动量，动量是因为运动质量而产生的，因而中微子也具有运动质量，运动质量的大小和光子一样，为 $m = E/c^2$ 。

由以上分析，中微子的引力质量也是它的运动质量，它的运动质量和能量大小密切相关。太阳中微子的能量主要为0.4MeV以下的，还有少部分能量达18MeV。目前在宇宙中探测到的高能中微子的能量已达到2000TeV以上。由于中微子和其它物质发生作用的几率极低，对于它的运动质量很少受到关注，但如果作为一种引力源，由于中微子在宇宙中存在着巨大的数量，它的作用却是不容忽视的。

从能量与物质的互相转换，以及能量和粒子的运动质量的转换，如果把光子及粒子的运动质量和普通物质的质量同等看待，无论粒子间发生怎样的变化，质量总是恒定不变的，这应该不是巧合，其中必定隐含或暗示着某种自然规律或自然法则，这应该是真正意义上的质量守恒。光子以及其他各种粒子的运动质量是质量的另一种存在形式，它们和普通物质的静止质量是质量的不同表现形式，它们的质量是等效的。

参考文献：

[1] 庄得新, 聂清香. 天文学[M]. 济南: 山东大学出版社, 2002.

[2] 陈宏芳. 原子物理学[M]. 北京: 科学出版社, 2006.

[3] 褚圣麟. 原子物理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1979.

作者简介：

高铁男（1954—），男，汉族，辽宁岫岩人，大专，退休，研究方向物理学。