

现代物理学基础的思考之八 ——太阳能之本源的再思考

李学生 (Li Xuesheng)

山东大学副教授, 理论物理教师, 中国管理科学院学术委员会特约研究员, 北京相对论研究联谊会会员, 中国民主同盟盟员 (作者为中国科学院高能物理所研究员)

xiandaiwulixue@21cn.com, 1922538071@qq.com

摘要 (Abstract): 本文章分析探讨了现代物理学的重要问题, 太阳能之本源的再思考, 供参考。

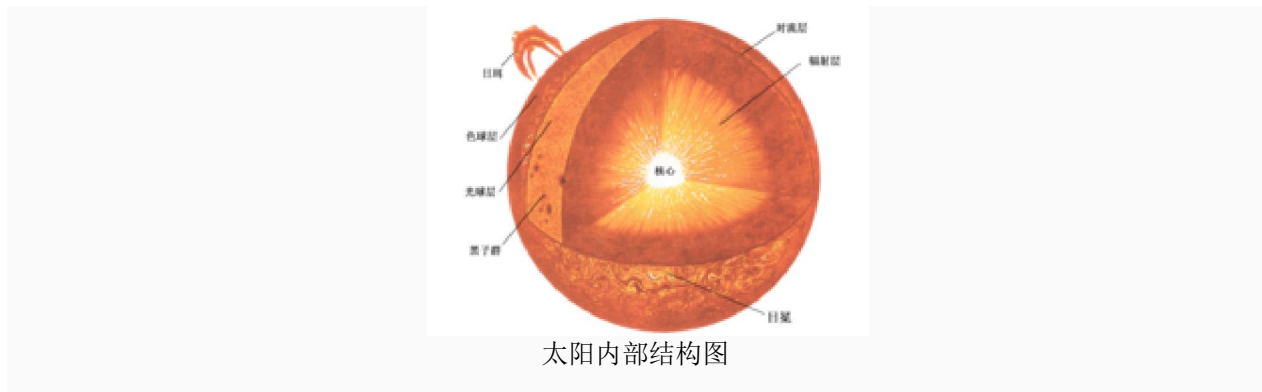
[李学生 (Li Xuesheng). 现代物理学基础的思考之八 ——太阳能之本源的再思考. *Academ Arena* 2017;9(13s): 530-534]. (ISSN 1553-992X). <http://www.sciencepub.net/academia>. 8. doi:[10.7537/marsaaj0913s1708](https://doi.org/10.7537/marsaaj0913s1708).

关键词 (Keywords): 质点; 电荷; 引力; 电力; 空间; 方程; 太阳能

1、标准太阳模型的产生

太阳是银河系的一颗普通恒星, 与地球平均距离 14960 万千米, 直径 139 万千米, 质量 1.989×10^{27} 吨 (地球的 333400 倍), 表面温度 5770 开, 中心温度 1500 万开。由里向外分别为太阳核反应区、太阳对流层、太阳大气层。其中心区不停地进行热核反应, 所产生的能量以辐射方式向宇宙空间发射。其中二十二亿分之一的能量经过大约 8 分钟辐射到地球, 成为地球上光和热的主要来源。太阳的核心每秒钟燃烧 6 亿 2000 万吨的氢。发光度 (LS): 大约 $3.827 \times 10^{26} \text{ J s}^{-1}$

太阳的物质构成为: 氢约占 71%, 氦约占 27%, 其它元素占 2%。太阳在其主序星阶段已经到了中年期, 在这个阶段它核心内部发生的恒星核合成反应将氢聚变为氦。在太阳的核心, 每秒能将超过 400 万吨物质转化为能量, 生成中微子和太阳辐射。



太阳内部结构图

太阳的核心区域半径是太阳半径的 1/4, 约为整个太阳质量的一半以上。太阳核心的温度极高, 达到 1500 万 $^{\circ}\text{C}$, 压力也极大, 使得由氢聚变为氦的热核反应得以发生, 从而释放出极大的能量。这些能量再通过辐射层和对流层中物质的传递, 才得以传送到太阳光球的底部, 并通过光球向外辐射出去。太阳中心区的物质密度非常高。每立方厘米可达 160 克。太阳在自身强大重力吸引下, 太阳中心区处于高密度、高温和高压状态。是太阳巨大能量的发源地。

把恒星表面温度作为横坐标, 绝对星等作为纵坐标, 将所有的恒星都绘制在这同一幅坐标图上。谁也没有想到, 这个简单的统计却得到了一项十分重要的发现: 这个图揭示了恒星演化的重要规律。这就是天文学中的一项重大成就——赫罗图。李政道先生曾指出: “20 世纪初, 科学界最大的谜是太阳。” 人类探索太阳能的奥秘, 时间已久, 最初人们以为太阳是一个大煤球, 太阳靠燃烧煤来发出光和热, 但经过计算, 这煤球只够燃烧 1 千 5 百年。秦始皇统一中国到现在已两千多年了。秦始皇显然是见过太阳的, 否则他到南方视察时就不会被太阳晒得中暑了。当然这是笑话, 只是用来说明太阳能不是燃烧煤。后来有人设想, 太阳能可能是因为在太阳系内有无限多的陨星不断掉到太阳表面而发热的。但人们发现太阳系周围没有那么多陨星, 另一方面如果有那么多陨星落到太阳表面的话, 太阳的质量会不断增大, 太阳的引力就会不断增强, 这就会影响地球的运行轨道, 使地球的轨道半径不断缩小, 但研究表明, 根据古代记录的日食和月食的资料证实, 地球轨道自古至今基本没有变化。所以流星说被否定了。后来又有人提出太阳的引力收缩放出的能量, 因为按当

代理论，太阳引力收缩时，太阳的质量基本不变，设计不到地球的运行轨道问题。如果假设太阳最初的半径像现在的太阳系那么大，收缩到现在的太阳这样的小个子，那么引力能只能维持五千万年，比地球的年龄还小一百倍。而且考古发现，27 亿年前已存在海藻生物了，因为生物是要阳光的，所以太阳至少发光二十几亿年了。所以很多人都在思考，什么燃料能提供太阳燃烧上几十亿年呢？

二十世纪初，Einstein 发表了一篇著名的相对论，提出质量和能量之间可以互换，其数学公式是 $E=mc^2$ ，如果按这公式计算，1 克质量相当于 9×10^{20} 尔格。物质本身就是能量，这是人类巨大的发现，这是 Einstein 伟大的功劳。按当代理论，太阳拥有 2×10^{33} 克的质量。

十九世纪末科学家已发现了铀的放射性，居里夫人大家是很敬仰的，她就是研究放射性的，证实重原子核铀和钍等放射性元素，可以通过向外发射粒子而放出能量。后来人们又知道两个氢核聚合成一个氦原子核时也会放出能量。太阳内部到底是重原子核衰变放出的能呢？还是氢核聚变为氦放出的能量。因为太阳光谱证实，太阳内部主要是氢元素，很少重元素。人们当然不会去考虑恒星能源是重原子放射性的事，只能考虑氢核聚变能。当时的天文学家，除了相信恒星是巨大的核电站以外，别无其它选择，因为他们想象不出还有其它的过程可以释放出这么多的能量，以补偿太阳的辐射达数十亿年。爱丁顿教授就是其中一个。

爱丁顿估计太阳中心温度可以达到 4000 万度，并从直觉认为，在这温度下可以发生氢核聚变。但当时的物理学家认为，在恒星内部氢核是不可能发生聚变反应的。主要是因为氢原子核带正电。两个氢原子的核电荷之间的斥力会阻止氢核之间互相接近，从而不能发生聚变反应。这个斥力叫库仑位垒。计算表明氢核之间要冲破它们之间的位垒，太阳中心的温度必须达到几百亿度。4000 万度和几百亿度相差多大，难怪物理学家会认为恒星内部不能进行核反应。

对于爱丁顿来说，这叫天无绝人之路，有一个研究量子力学的科学家叫乔治·加莫夫。他出面解决这个温度不足的问题。加莫夫原先是研究重原子核的衰变问题的，按经典理论，镭原子核内的粒子受到核力的约束而不能分裂。但实际上镭原子内部还是有 α 粒子放射出来。但量子力学认为微观粒子有隧道效应， α 粒子有一定的几率可以通过隧道跑到原子核外面。就像现在的火车，它虽然不能爬山，但它可以穿过隧道。对于铀原子的 α 放射性来说， α 粒子有点像监狱的逃犯，打洞穿墙逃出墙外。这时逃犯用不着像中国电影中的少林寺和尚那样，跳过很高的墙而逃走，而只要在墙根上挖个小洞钻出去就行了。所以伽莫夫可能认为，既然墙里头的人要出来可以打洞，为什么墙外头的人要进墙里头就不可以打洞呢？可以肯定质子和质子的聚合反应，也可以通过隧道效应实现的。（我们将在第八章证明这理论是错误的）这样一来，氢核聚变反应就用不着几百亿度，而只要几千万度就行了。从此，伽莫夫一方面为爱丁顿解了围，更重要的是为氢核聚变理论铺开了道路。从此人们都相信，太阳的能源是来自氢核的聚变反应，而且还知道，氢燃料可供太阳燃烧 100 亿年，现在只用去了一半，还有 50 亿年可用。

这理论，很快被大多数天文学家接受，原因之一是氢核使用寿命长，还有 50 亿年可用，人类还担心什么，这就像给每一个天文学家都吃下一个甜甜的定心丸。第二个原因是再也找不出更好的理论了，不信也得信。

最初人们只从概念上觉得太阳能源应该是氢核聚变产生的。但是发生的是哪种核反应？还不太清楚。直到 10 年以后，1938 年，才由美国的汉斯·贝特和德国的魏茨泽克分别找到了一个叫“碳循环”的反应方程式，而贝特又和查里斯·克里奇菲尔德找到了另一种叫质子-质子链的反应方程。前者写作 (CNO) 循环，后者写作 (PP) 反应。贝特因此获得了 1967 年度诺贝尔物理奖。他们有关太阳能源的理论，统称为标准太阳模型。所谓标准太阳模型，全部是理论性的，没有一个直接测量的证据，因为太阳中心的温度到底是多少度，核心有没有发生聚变反应，谁也没法进行实际测量。后来人们想到，标准太阳模型中 (CNO) 循环和 (PP) 反应，都会大量放出中微子，因为中微子几乎不被太阳物质吸收，可以到达地球上。人们想，如果我们能测量到太阳中心射出来的中微子，那就证明太阳中心确实进行了热核反应。

2、标准太阳模型的困难

太阳中微子失踪案：这是 30 多年来（1968 年至今）一直找不到答案的老问题，加上从 1993 年及 1995 年开始运行的水切连科夫探测器和镓探测器，长期对太阳中微子的测量证明，太阳中微子到达地球后确实有很大一部分失踪了。后来科学家又发现，就在大气圈上空产生的中微子，在运行过程中同样有很大一部分失踪了。总得给一个说法，这就是大多数科学家都同意的“味震荡”假说。它是说，中微子有少许静质量，且质量本征态与弱作用本征态不简并，不同味道中微子在运行中就允许发生“味震荡”，即电子型中微子在运行过程中变成了难以探测的其他“味道”的中微子，为了证明这一假说的可靠性，科学家又把测量的对象对准了人工源（反应堆）中微子，虽然各有说词，但问题的严重性也终于浮出了水面——“震荡假说”如果成立，就会同时存在 5 个佐证：（1）找到可重复检测的双 β 衰变的观察依据；（2）中微子震荡的运行距离

(L) 具有线性数学结构；(3) 高能端的观察事例数大于低能端；(4) 可测量的 μ 中微子数量与太阳运动方向相统一；(5) 不出现中微子质量平方值为负的事例。然而事实恰好相反，由铃木厚人领导的“卡姆兰德”实验组提供了(2)、(3)二项相反的测量依据，其它实验提供了(4)、(5)二项相反的依据，第(1)项还没有找到。这就是目前的进展状况。简单的中微子失踪案向现有的科学理论提出了严重的挑战。

测量太阳中微子的工作首先有戴维斯着手进行，而多年测量结果表明，测量到的中微子数值，只是理论值的四分之一，其余四分之三的中微子失踪了，这就是有名的中微子失踪案。这结果，对标准太阳模型打击很大，因为唯一的证明太阳内部进行热核反应的证据都拿不出来，人们自然会想，标准太阳模型靠得住吗？他们这时才有点感觉到，以前含在嘴里的那颗定心丸，等糖衣化了以后，原来是个苦果。但又不能吐掉，因为当时谁也找不出一个比标准太阳模型更好的理论，找不出其它的能源可以代替氢核聚变反应能，所以在这种情况下，天文学家只好决定找一些补充理论试图救治这个陷于困境的标准太阳模型。

为此，很多理论家出面充当大夫开出了不少方子，有的提议修改计算机的参数，把太阳中心的温度降低一点，理论值和观测值就会一致。也有人认为中微子可能会衰变，中微子在从太阳中心到达地球的路途中衰变了大部分，所以测量值就比理论值少了。还有一些人提出的见解更是奇特，认为太阳内部现在不存在核反应了，现在的热是过去核反应留下来的，按他们的看法，太阳中心的核反应炉有时运转有时停火。现在刚好是太阳核反应炉停止运转的时期。

当代天文学家大多数相信星云学说，认为恒星是星云气体收缩而成的，也就是说恒星演化方向是从大到小。发明赫罗图的天文学家之一罗素最初就认为恒星的演化方向是从红巨星到主序星再到白矮星。自从热核反应能提出以后，罗素的理论就被否定了。因为太阳能热核反应产生的理论，用在红巨星上时就产生了困难，红巨星这么大，如果它是刚由星云收缩到这种体积的话，那红巨星中心的密度可能还很小，中心的温度肯定也很低，远远达不到氢核反应的点火温度。因此他们断言红巨星不可能是年幼的恒星。因为天文学家已把主序星定义为年青恒星了。但是，红巨星总得给它找个年龄位置呀。红巨星不是年幼的，又不是年青的，那肯定是年老的了。然后就找来一个理论，证明红巨星是年老的，从程序上说，好像公安局先定罪然后找罪证一样。后来找着了，天文学家认为当主序星把氢烧完了以后，接着就燃烧氦，那时放出大量的热使恒星体积膨胀，变为红巨星。这样一来就把罗素的理论推翻了，对星云学说也打了一个折扣。从此二十世纪的天文学家就把红巨星及以后的白矮星、中子星定义为老年星。

接着要找年幼的恒星了，天上的年青主序星那么多，按理幼年星也应该很多呀，但幼年星始终不露面，目前虽然有人找着几个他们认为是原恒星，也就是刚形成的幼年星，但最终还没有定论。这就造成天文学上的一个怪现象，中年恒星到处跑，幼年恒星找不着，老年恒星喜欢住在养老院。人类老来瘦，恒星老来胖，快死的恒星小不点。

如果按照罗素最初的理论，一方面他符合星云学说，第二，恒星的年龄合理了，红巨星是刚产生的幼年星，收缩后成为年青的主序星，老了进一步收缩为白矮星或中子星。

当代理论把红巨星定为老年星以后，球状星团自然就成了老龄星团了。球状星团就成了恒星养老院，因为球状星团里头大多数是红巨星。大多数球状星团都被定为几十亿岁到一百多亿岁了。有些还被定为超过宇宙年龄。这就出现一个怪现象，因为球状星团内部的这些恒星，按当代理论说它们是年老的，它们年青的时候肯定不会均匀分布在整个银盘上，等到老年以后它们才一个个从四面八方集中到球状星团内。因为按热力学第二定律，熵只有增加，不会自动减少，因为恒星不是生物。

唯一的解释是球状星团内部的恒星，从出生到老都在球状星团内。球状星团要保持一百多亿年不散开那是很困难的，因为按广义热力学第二定律，我们可以把恒星当成气体分子看待。那么球状星团内部的恒星随着时间箭头的移动，内部的熵就会增加，恒星就会扩散到普遍星场中去，就像一滴墨水滴到装满水的烧杯里去，过不了多久就会分散到整个烧杯内部。按当代理论，现在球状星团一百多亿年了，还能保持在一个小体积内，他们只能假定是球状星团很稳定，但是他们说了这句话以后，就应该承认热力学第二定律在球状星团内部不适用，熵不随时间增加，时间箭头在球状星团内不起作用，宇宙可以膨胀，球状星团是个独立王国。

但是如果我们放弃红巨星是老年星的观点，认为红巨星是幼年星的话，一切问题就解决了，我们就可以这样说：球状星团内部都是幼年星，因此球状星团是刚产生的。刚产生的星团，恒星比较密集，随着时间的增加，由于熵增演化为疏散星团，后来又演化到星协，最后这些恒星分散到普通星场中去了。随着星团的演化，恒星本身也从红巨星演化到主序星、白矮星和中。因为恒星演化过程中要大量抛射气体，所以红巨星周围气体少，主序星周围气体多。这种说法和天文观察资料就完全符合，只要天文学家敢于承认红巨星是幼年星。但因为把红巨星定为老年星的根子又是热核聚变假设理论，所以就必须抛弃“太阳能是热核聚变产生的”假设。

天文学家对星系的演化方向现在还没有统一，争论了近一个世纪，有的人主张是从椭圆星系演化到旋涡星系，再到不规则星系，有的人主张是从不规则星系，旋涡星系到椭圆星系。他们的论点大家都清楚，不再重复。

造成星系演化方向混乱的局面，根子还是把红巨星定为老年星。主张星系演化方向是从椭圆星系到旋涡星系的人，虽他的理论符合广义热力学第二定律，椭圆星系演化到旋涡星系，不规则星系是熵增的结果，但他的理论却吃了亏，因为当时人们把红巨星定为老年星。老年人会比小孩先出生，那不是怪事吗？所以谁也不相信。主张星系演化方向是从不规则星系，旋涡星系到椭圆星系的人，这是为了迎合红巨星是老年星的理论，但他却违反了广义热力学第二定律，因为星系演化中出现了负熵。谁见过烧杯里一杯浅色的墨水，自动地浓缩为一滴浓墨水和一杯清水呢？没有人见过，因为这是违反热力学第二定律。所以不规则星系决不可能演化为椭圆星系。所以这种理论也没有被人全部接受。在这种争论不休的情况下，有些人干脆提出星系分类不是演化序列，星系的形态是由角动量决定的。

造成星系演化这种混乱局面的还是把红巨星定为老年星。如果我们把红巨星定为幼年星的话，一切矛盾都可以消除。就是把星系的演化方向定为从椭圆星系到旋涡星系，不规则星系。椭圆星系因为是刚形成的，所以质量大，内部的恒星都是年幼的红巨星，因为红巨星还没有向外抛射很多气体，所以椭圆星系内部星际气体少。后来由于时间增加，椭圆星系内部的熵逐渐增加，星系向旋涡星系演化，同时星系内部的恒星也向主序星演化。所以旋涡星系内部含主序星多，而留下部分还未演化到主序星的红巨星，因此旋涡星系内部既有主序星也有部分红巨星，而这部分红巨星也是星系核内部刚形成的。由于红巨星演化到主序星时会大量抛射气体，所以旋涡星系内部含有大量的星际气体。由于旋涡星系外围会有不少恒星分散到宇宙空间，损失大部分恒星的质量，所以旋涡星系的质量一般都比质量大的椭圆星系小。旋涡星系进一步熵增，恒星数目越来越少，于是旋涡星系就演化为小质量的不规则星系。

按我们的理论，这种演化过程，第一熵是增加的，第二质量是不断减少的，第三恒星是从幼到老的。不存在任何矛盾，关键一条就是要把红巨星定为幼年星。

如果认为太阳能是热核聚变能的话，很显然，这种机制的适应性大小。天文观察证明，星系核能量爆发是巨大的。星系核爆发的产能效率，远远大于氢核聚变的产能效率，就是说氢核聚变理论不能用在星系核上。因为星系核内部主要也是氢元素，按理氢核聚变理论应该能适用，但聚变能效率太低，满足不了星系核爆发能量的需要。所以天文学家只好假定星系核爆发的能量是由正反粒子湮灭或由黑洞提供。

天文观察表明，所有行星，特别是质量比较大的行星，如木星和土星等都能自己发射能量，它们发射的能量比它们从太阳光中接收的能量多一到三倍，现在还不清楚行星放能的机制。它们虽然能放出能量，但单位质量放能的效率和太阳相比又低得多，因为按当代理论，木星和土星内部还不能进行核反应。所以核聚变理论又不能解释行星内部的能源。

我们希望能找出一个能源机制，既适合恒星，也适合星系和行星，再不要去借助黑洞的理论及放射性元素放能理论。天体能源的另一种情况是，太阳中微子失踪案似乎表明太阳核心不存在氢核聚变反应。而且从太阳的日冕区反常升温，耀斑爆发，日冕瞬变现象等分析，得出的结论是太阳气体从内部放射到外部时就有能量放出，很像重原子核的放射性。特别重要的是，造父变星的光变曲线表明，和星系核能量爆发表明，它们的放能机制也像重原子核放能机制一样，即当气体从天体内部出射到外部时就有能量放出。

根据天体的这种放能特性，我们只需假设天体的特性也像重原子核一样：即假定，“天体内部基本粒子的质量大于天体外部基本粒子的质量”。所以当天体内部的气体跑到天体表面时，自然就会发生质能转换，放出能量。我们假定星系核内部基本粒子质量要比恒星内部的基本粒子质量大，恒星内都的基本粒子质量又比行星内部的基本粒子质量大。这样一来星系核放能效率就会最高，恒星的放能效率第二，而行星的放能效率最低。这样，用统一的一个能源机制就可以了。星系核能源再也用不着去借助黑洞。

“太阳能是热核聚变反应产生的”假设，唯一的好处是它可以燃烧 100 亿年，这是一种糖衣，所以最初很多人愿意把它含在嘴里，等糖衣化了以后，才感觉到它是比黄连还要苦的苦果，事实已证明，这理论误导了二十世纪天文学理论，花费了天文学家许多宝贵的青春，只是以前还没有意识到。现在我们把这一问题提出来，希望引起二十一世纪初的天文学家重视，免得二十一世纪的天文学家又浪费一百年的光阴。

太阳自动控制核聚变反应的物理机制是什么？人类在享受太阳的光和热，也知道太阳的能量由氢核聚变反应提供，20 世纪的量子理论和太阳的标准模型可以非常清楚地告诉这一点，可是它们都不曾回答一个非常简单的问题：太阳为什么没有变成天文学氢弹（像地球人的氢弹一样），而是非常准确地每秒提供 6 亿吨氢核燃料，并赐予地球人最合适的生息条件。这里，以往的科学理论都只能提供拟合的数据，以示自重力构成的压力（0.75 个太阳半径），与核聚变构成的光压（0.25 个太阳半径），刚好处在动力学平衡态上。幸好，

还没有那一个科学家做过认真的计算，因为这个外壳实在太单薄了。太阳所以没有变成天文学氢弹，不仅仅向太阳的标准模型提出了挑战，也向 20 世纪的时空理论和相互作用力理论提出了挑战，只需要用一句话，这又是 20 世纪的任何科学理论都回答不了的，这一句话就是：核聚变反应区如果是以往理论所指的太阳中心到 0.25 半径处的一个球体，由于核聚变反应产生的中微子对太阳内部空间同样是全透明的，中微子只允许滞留 2.3 秒时间，因此来自太阳内部的中微子应该在太阳刚诞生时就散失了，何来现在的太阳中微子失踪案和可测的中微子流量？就是说可测量的稳定存在的中微子流量，在时间上与 3 维核聚变空间是不能并存的。

3、太阳能的本源的再思考

人类在享受太阳的光和热，也知道太阳的能量由氢核聚变反应提供，20 世纪的量子理论和太阳的标准模型可以非常清楚地告诉这一点，可是它们都不曾回答一个非常简单的问题：太阳为什么没有变成天文学氢弹（像地球人的氢弹），而是非常准确地每秒提供 6 亿吨氢核燃料，并赐予地球人最合适的生息条件。这里，以往的科学理论都只能提供拟合的数据，以示自重力构成的压力（0.75 个太阳半径），与核聚变构成的光压（0.25 个太阳半径），刚好处在动力学平衡态上。幸好，还没有哪一位科学家做过精确的计算，因为这个外壳实在太单薄了。太阳之所以没有变成天文学氢弹，不仅仅向太阳的标准模型提出了挑战，也向 20 世纪的时空理论和相互作用力理论提出了挑战，只需用一句话，这又是 20 世纪的任何科学理论都无法解答的，这一句话就是：核聚变反应区如果是以往理论所指的太阳中心到 0.25 半径处的一个球体，由于核聚变反应产生的中微子对太阳内部空间同样是全透明的，因此来自太阳内部的中微子应该在太阳刚诞生时就散失了，何来现在的太阳中微子失踪案和可测的中微子流量？

谁能提供太阳自动控制核聚变反应真正的科学理论，谁就掌握了打开“和平利用核聚变能”大门的钥匙，这是毫无异义的。在原子中，如果电子从真空高能级跃迁到壳层低能级，原子就会放出能量，如果反过来，电子从壳层低能级跃迁到真空高能级，原子就要吸收能量。光电效应就是一个很好的例子。电子从高能级跃迁到低能级我们称之为正跃迁，那么电子从低能级跃迁到高能级就叫反跃迁。正跃迁会放出能量，反跃迁要吸收能量。在原子核物理中也一样，铀裂变会放出能量，相反要合成超铀原子就要提供能量。

太阳引力质量的亏损是以中微子的形式发射出来，太阳发光主要是由电磁能量转化而来，因此太阳引力质量的亏损速度很慢，太阳的寿命可能比原来推算的寿命大的多，根据靴祥理论可知在日全食时地球的引力场应当减弱，这一点可以运用实验证明。假设太阳的发光完全由引力能量转化而来，那么地球运动的轨道半径将越来越小，但地球运动轨道的半径减小速度很慢，这一点由广义相对论可以得到。30 年前，科学家计算出了从太阳流失的电子中微子的数量，但实际观测到的中微子的数量小于计算值。2001 年加拿大萨德伯里中微子观测站的科学家证实了早先一些实验得出的假设：中微子事实上并没有失踪，只是在离开太阳后转化成了 τ 中微子和 μ 中微子，因此躲过了科学家的探测。笔者认为，它是中微子与反中微子相互湮灭，能量以 τ 中微子和 μ 中微子的形式存在。虽然通常情况下这种活动不会引人注目，但是它可以引起一些物理效应，如“真空”活动由于引力场的存在而受到干扰时便会出现这类效应。粒子可以“借贷”能量，只要它马上偿还就行，能量借贷的越多，偿还也就越快，这是由能量最低原理所决定的。

5/4/2017