

## 对相对论的验证性实验

### 活动资料

活动主题：对相对论的验证性实验——观测日食时光的引力弯折——的分析

活动性质：研讨活动

负责人：无为，人迹

活动进行时：无为通过对相对论的重要验证性实验（1919年爱丁顿日食观测实验）进行分析发现似乎当时的实验忽视了光的折射现象对星光的影响．．．事实情况果真如此吗？通过认真的分析我们就会找到答案．．．

在对问题的探讨过程将以讨论帖的形式表现中，我们还会引入一些知识性的东西（知识帖）并尽力将其系统的呈现出来，同时还会在我们的讨论和分析中留置小的问题（问题贴）由大家来共同分析、寻求答案。我们的讨论将尽力避免对数学语言的运用，这样做的原因之一是曾有人诅咒道每多出一个数学公式就会少一半的读者，我们打算听取这个忠告。

最后，我们同你一样热爱科学——或许将来我们会成为科学家，但不是现在，所以我们的讨论和分析难免错误和不适当（实际上我个人并不认为科学家所犯的 error 就会比我们的少，这种说法也是很负责任的）——敬请原谅，我们已经在努力做得更好。如果大家可以帮我们改正我们会不胜感激，而如果大家可以加入我们的行列我们则可以共同体味发现的乐趣。我们是科学的使者，只不过还有些拙劣，但是有你会做的更好----欢迎加入！

**" 世界上的真理唯有怀疑 "**

**" 知道怎样在紧要关口把握自己的命运吗？ "**

**第一是思考，第二是思考，第三还是思考 "**

### 活动信息

活动类别	研讨活动
开始时间	2008-2-2 00:00 至 2008-3-1 00:00 商定
活动地点	大科技论坛[自然科学]区
每人花销	每人大约 0 元
性别	不限



发起人

人迹

科技灵魂使者



已报名人数

12 人



帖子

150

精华

0

积分

399

威望

0

贡献

21 点

星币

189 枚

阅读权限

100

在线时间

55 小时

注册时间

2007-11-28

最后登录

2008-4-16

## 事例

[相对论的来源启示]	24
[相对论的时空观]	23
[狭义相对论]	28
[惠更斯原理]	20
【相对论的提出过程】	26
大气折射	14
太阳风	10
太阳的天文学释义	5
太阳的结构	7
太阳基本物理参数	6
从光线弯曲的验证历史看广义相对论何时才正确	2
爱丁顿对检验广义相对论	3
最终批准报名人员的处理结果:	30

## 背景知识之一

原载 2003 年 6 月 11 日《中华读书报》

“重写科学史”（4）

从光线弯曲的验证历史看广义相对论何时才正确

钮卫星

在一部艺术地再现爱因斯坦一生的法国电影《爱因斯坦》（央视八套“世界名著·名片欣赏”栏目引进播放，2002 年 11 月 17 日 23 点 30 分上半集，24 日 23 点 30 分下半集）中，有这样一个镜头，1919 年秋季某一天在德国柏林，爱因斯坦举着一张黑乎乎的照相底片，对普朗克说：（大意）多么真实的光线弯曲啊，多么漂亮的验证啊！

光线在通过大质量物体附近时会发生弯曲，这是广义相对论的一个重要预言。但对这一预言的验证常被戏剧化地、简单化和夸张地再现给观众和读者，大大偏离了科学史史实。笔者觉得围绕光线弯曲的预言与验证，有以下三个方面的史实需要澄清。

首先，光线弯曲不是广义相对论独有的预言。早在 1801 年索德纳（Johann von Soldner，1766-1833）就根据牛顿力学，把光微粒当做有质量的粒子，预言了光线经过太阳边缘时会发生 0.87 角秒的偏折。1911 年在布拉格大学当教授的爱因斯坦根据他相对论算出日食时太阳边缘的星光将会偏折 0.87 角秒。1912 年回到苏黎士的爱因斯坦发现空间是弯曲的，到 1915 年已在柏林普鲁士科学院任职的爱因斯坦把太阳边缘星光的偏折度修正为 1.74 角秒。

其次，需要观测来检验的不只是光线有没有弯曲，更重要的是光线弯曲的量到底是多大，并以此来判别哪种理论与观测数据符合得更好。这里非常关键的一个因素就是观测精度。即使观测结果否定了牛顿理论的预言，也不等于就支持了广义相对论的预言。只有观测值在容许的误差范围内与爱因斯坦的预言符合，才能说观测结果支持广义相对论。二十世纪六十年代初，有一种新的引力理论——布兰斯—迪克理论（Brans-Dicke Theory）也预言星光会被太阳偏折，偏折量比广义相对论预言的量小 8%。为了判别广义相对论和布兰斯—迪克理论哪个更符合观测结果，对观测精度就提出了更高的要求。

第三，光线弯曲的效应不可能用眼睛直观地在望远镜内或照相底片上看到，光线偏折的量需要经过一系列的观测、测量、归算后得出。要检验光线通过大质量物体附近发生弯曲的程度，最好的机会莫过于在发生日全食时对太阳所在的附近天区进行照相观测。在日全食时拍摄若干照相底片，然后最好等半年之后对同一天区再拍摄若干底片。通过对相隔半年的两组底片进行测算，才能确定星光被偏折的程度。这里还需要指出，即使是在日全食时，在紧贴太阳边缘处也是不可能看到恒星的。以 1973 年的一次观测为例，被拍摄到的恒星大多集中在离开太阳中心 5 到 9 个太阳半径的距离处，所以太阳边缘处的星光偏折必定是根据归算出来的曲线而外推获得的量。靠近太阳最近的一、二颗恒星往往非常强烈地影响最后的结果。

作了上述澄清之后，再来看本文开头所述的电影《爱因斯坦》中的艺术表达手法，过分得有点在愚弄观众的味道了；而一些科学类读物中的说法，譬如“爱丁顿率领着考察团，去南非看日食，真的看见了”这样的描述也过于粗略，容易产生误导。那么，对光线弯曲预言的验证的真实历史是怎样的呢？

爱丁顿对检验广义相对论关于光线弯曲的预言十分感兴趣。为了在 1919 年 5 月 29 日发生日全食时进行检验光线弯曲的观测，英国人组织了两个观测远征队。一队到巴西北部的索布拉尔（Sobral），另一队到非洲几内亚海湾的普林西比岛（Principe），爱丁顿参加了后一队，但他的运气比较差，日全食发生时普林西比的气象条件不是很好。1919 年 11 月两支观测队的结果被归算出来：索布拉尔观测队的结果是  $1.98'' \pm 0.12''$ ；普林西比队的结果是  $1.61'' \pm 0.30''$ 。1919 年 11 月 6 日，英国人宣布光线按照爱因斯坦所预言的方式发生偏折。

但是这一宣布是草率的，因为两支观测队归算出来的最后结果后来受到人们的怀疑。天文学家们明白，在检验光线弯曲这样一个复杂的观测中，导致最后结果产生误差的因素很多。其中影响很大的一个因素是温度的变化，温度变化导致大气扰动的模型发生变化、望远镜聚焦系统发生变化、照相底片的尺寸因热胀冷缩而发生变化，这些变化导致最后测算结果的系统误差大大增加。爱丁顿他们显然也认识到了温度变化对仪器精度的影响，他们在报告中说，小于  $10^\circ \text{F}$  的温差是可以忽略的。但是索布拉尔夜晚温度为  $75^\circ \text{F}$ ，白天温度为  $97^\circ \text{F}$ ，昼夜温差达  $22^\circ \text{F}$ 。后来研

究人员考虑了温度变化带来的影响，重新测算了索布拉尔的底片，最大的光线偏折量可达  $2.16'' \pm 0.14''$ 。

底片的成像质量也影响最后结果。1919年7月在索布拉尔一共拍摄了26张比较底片，其中19张由格林尼治皇家天文台的天体照相机拍摄，这架专门用于天体照相观测的仪器所拍摄的底片质量却较差，另一架4英寸的望远镜拍摄了7张成像质量较好的底片。按照前19张底片归算出来的光线偏折值是  $0.93''$ ，按照后7张底片归算出来的光线偏折值却远远大于爱因斯坦的预言值。最后公布的值是所有26张底片的平均值。研究人员验算后发现，如果去掉其中成像不好的一、二颗恒星，会大大改变最后结果。

后来1922年、1929年、1936年、1947年和1952年发生日食时，各国天文学家都组织了检验光线弯曲的观测，公布的结果有的与广义相对论的预言符合较好，有的则严重不符合。但不管怎样，到二十世纪六十年代初，天文学家开始确信太阳对星光有偏折，并认为爱因斯坦预言的偏折量比牛顿力学所预言的更接近于观测，但是爱因斯坦的理论可能需要修正。

1973年6月30日的日全食是二十世纪全食时间第二长的日全食，并且发生日全食时太阳位于恒星最密集的银河星空背景下，十分有利于对光线偏折进行检验。美国人在毛里塔尼亚的欣盖提沙漠绿洲建造了专门用于观测的绝热小屋，并为提高观测精度作了精心的准备，譬如把暗房和洗底片液保持在  $20^{\circ}\text{C}$ 、对整个仪器的温度变化进行监控等等。在拍摄了日食照片后，观测队封存了小屋，用水泥封住了望远镜上的止动销，到11月初再回去拍摄了比较底片。用精心设计的计算程序对所有的观测量进行分析之后，得到太阳边缘处星光的偏折是  $1.66'' \pm 0.18''$ 。这一结果再次证实广义相对论的预言比牛顿力学的预言更符合观测，但是难以排除此前已经提出的布兰斯-迪克理论。

光学观测的精度似乎到了极限，但1974年到1975年间，福马伦特和什拉梅克利用甚长基线干涉仪，观测了太阳对三个射电源的偏折，最后得到太阳边缘处射电源的微波被偏折  $1.761'' \pm 0.016''$ 。终于天文学家以误差小于1%的精度证实了广义相对论的预言，只不过观测的不是看得见的光线而是看不见的微波。

那么，我们难道只能说直到1975年爱因斯坦的广义相对论才成为“正确”的理论？才上升为科学？

从本文前述广义相对论提出之后半个多世纪里人们对光线弯曲预言的检验情况来看，1919年所谓的验证在相当程度上是不合格的。但爱因斯坦因这次验证而获得了极大的荣誉也是毋庸置疑的。如今的媒体和大多数科学史家也都把1919年的日食观测当做证实了爱因斯坦理论的观测。那么爱因斯坦本人又是如何看待他的理论预言和观测验证的呢？

早在1914年，爱因斯坦还没有算出正确的光线偏折值，就已经在给贝索（Besso）的信中说：“无论日食观测成功与否，我已毫不怀疑整个理论体系的正确性（correctness）。”还有一个故事也广泛流传，说的是当预言被证实的消息传来，爱因斯坦正在上课，一位学生问他假如他的预言被证明是错的，他会怎么办？爱因斯坦回答说：“那么我会为亲爱的上帝觉得难过，毕竟我的理论是正确的。”1930年爱因斯坦写道：“我认为广义相对论主要意义不在于预言了一些微弱的观测效应，而是在于它的理论基础的简单性。”


在爱因斯坦看来，是广义相对论内在的简单性保证了它的“正确”性。1919年的证实确实给爱因斯坦带来了荣誉，但那是科学之外的事情；1919年的证实或许还让更多的人“相信”广义相对论是“正确”的，但这种证实很大程度上只是起到了“说服”的作用。从科学史上来看，精密的数理科学的进步模式确实有着这样的规律和特点：它们往往是运用了当时已有的最高深的数学知识而构建起来的一些精致的理论模型，它们的“正确”性很大程度上由它们内在的简单性和统一性所保证。虽然它们必然会给出可供检验的预言，譬如哥白尼日心说预言了恒星周年视差，爱因斯坦广义相对论预言了光线弯曲，霍金的黑洞理论预言了霍金辐射，但不必等到这些预言被证实，那些理论就应该并可以被当做科学理论。

那么“预言的证实”除了给爱因斯坦带来科学之外的荣誉外，还有没有别的意义呢？笔者以为，通过观测来证实某一理论，对于该理论被科学共同体接受有至关重要的作用。在理论提出者譬如爱因斯坦来说，他自信理论的正确性有内在的保证。而对于更多的其他人，他们并没有能力在深刻理解理论的基础上来判断该理论的正确性，所以只能采取“预言—证实”这样一种在其他场合也能行之有效的模式来判断理论的正确性。这“更多的其他人”包括了从较为专业的研究人员到一般大众的复杂人群构成。在理论提出者和“更多其他人”眼里，理论“正确”的标准也显然是不一致的。爱因斯坦在1914年就确信他的理论是正确的；从报纸等媒体上获悉科学信息的一般大众则在1919年相信了爱因斯坦是正确的；而在更为专业的研究人员那里，还要经过半个多世纪的反复检验，才敢说广义相对论在当时的认识水平上是正确的。

参考书籍：

《日全食》，杰克·齐克尔著，傅承启译，上海科技教育出版社，普林斯顿科学文库8，2002。  
“subtle is the lord...”，The Science and the Life of Albert Einstein, Abraham Pais, Oxford University Press, 1982.

无为 2008-2-2 22:27

金星 编辑 引用 

## 背景知识之二

太阳的天文学释义

体积是地球的130多万倍，太阳系的中心天体。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，平均密度1.409克/厘米<sup>3</sup>，质量 $1.989 \times 10^{33}$ 克，表面温度5770℃，中心温度1500万℃。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辐射到地球，成为地球上光和热的主要来源。恒星也有自己的生命史，它们从诞生、成长到衰老，最终走向死亡。它们大小不同，色彩各异，演化的历程也不尽相同。恒星与生命的联系不仅表现在它提供了光和热。实际上构成行星和生命物质的重原子就是在某些恒星生命结束时发生的爆发过程



中创造出来的。

详解：

太阳(Sun)是一颗普通的恒星，目前在赫-罗图上度过了主序生涯的一半左右。它是一个质量为1989.1亿亿吨(约为地球质量的33万倍)、直径139.2万km(约为地球直径的109倍)的热气体(严格说是等离子体)球。其平均密度为水的1.4倍，但这一平均密度隐含着很宽的密度范围，从超高密的核心到稀薄的外层。

作为一颗恒星太阳，其总体外观性质是，光度为383亿亿瓦，绝对星等为4.8，他是一颗黄色G2型矮星，有效温度等于开氏5770℃。太阳与在轨道上绕它公转的地球的平均距离为149597870km(499.005光秒或1天文单位)。按质量计，它的物质构成是71%的氢、26%的氦和少量重元素。太阳圆面在天空的角直径为32角分，与从地球所见的月球的角直径很接近，是一个奇妙的巧合(太阳直径约为月球的400倍而离我们的距离恰是地月距离的400倍)，使日食看起来特别壮观。由于太阳比其他恒星离我们近得多，其视星等达到-26.8，成为地球上看到最明亮的天体。太阳每25.4天自转一周(平均周期；赤道比高纬度自转得快)，每2亿年绕银河系中心公转一周。太阳因自转而呈轻微扁平状，与完美球形相差0.001%，相当于赤道半径与极半径相差6km(地球这一差值为21km，月球为9km，木星9000km，土星5500km)。差异虽然很小，但测量这一扁平性却很重要，因为任何稍大一点的扁平程度(哪怕是0.005%)将改变太阳引力对水星轨道的影响，而使根据水星近日点进动对广义相对论所做的检验成为不可信。

太阳基本物理参数

半径： 696295 千米.

质量：  $1.989 \times 10^{30}$  千克

温度： 5770℃(表面) 1560万℃(核心)

总辐射功率：  $3.83 \times 10^{26}$  焦耳/秒

平均密度： 1.409 克/立方厘米

日地平均距离： 1亿5千万 千米

年龄： 约50亿年

组成太阳的物质大多是些普通的气体，其中氢约占71%，氦约占27%，其它元素占2%。太阳从中心向外可分为核反应区、辐射区和对流区、太阳大气。太阳的大气层，像地球的大气层一样，可按不同的高度和不同的性质分成各个圈层，即光球、色球和日冕三层。我们平常看到的太阳表面，是太阳大气的最底层，温度约是6000℃。它是不透明的，因此我们不能直接看见太阳内部的结构。但是，天文学家根据物理理论和对太阳表面各种现象的研究，建立了太阳内部结构和物理状态的模型。这一模型也已经被对于其他恒星的研究所证实，至少在大的方面，是可信的。

太阳的核心区域虽然很小，半径只是太阳半径的1/4，但却是太阳那巨大能量的真正源头。太阳核心的温度极高，达1500万℃，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，才得以传送到达太阳光球的底部，并通过光球向外辐射出去。

太阳光球就是我们平常所看到的太阳圆面，通常所说的太阳半径也是指光球的半径。光球的表面是气态的，其平均密度只有水的几亿分之一，但由于它的厚度达 500 千米，所以光球是不透明的。光球层的大气中存在着激烈的活动，用望远镜可以看到光球表面有许多密密麻麻的斑点状结构，很象一颗颗米粒，称之为米粒组织。它们极不稳定，一般持续时间仅为 5~10 分钟，其温度要比光球的平均温度高出 300~400℃。目前认为这种米粒组织是光球下面气体的剧烈对流造成的现象。

光球表面另一种著名的活动现象便是太阳黑子。黑子是光球层上的巨大气流旋涡，大多呈现近椭圆形，在明亮的光球背景映衬下显得比较暗黑，但实际上它们的温度高达 4000℃ 左右，倘若能把黑子单独取出，一个大黑子便可以发出相当于满月的光芒。日面上黑子出现的情况不断变化，这种变化反映了太阳辐射能量的变化。太阳黑子的变化存在复杂的周期现象，平均活动周期为 11.2 年。

紧贴光球以上的一层大气称为色球层，平时不易被观测到，过去这一区域只是在日全食时才能被看到。当月亮遮掩了光球明亮光辉的一瞬间，人们能发现日轮边缘上有一层玫瑰红的绚丽光彩，那就是色球。色球层厚约 8000 千米，它的化学组成与光球基本上相同，但色球层内的物质密度和压力要比光球低得多。日常生活中，离热源越远处温度越低，而太阳大气的情況却截然相反，光球顶部接近色球处的温度差不多是 4300℃，到了色球顶部温度竟高达几万度，再往上，到了日冕区温度陡然升至上百万度。人们对这种反常增温现象感到疑惑不解，至今也没有找到确切的原因。

在色球上人们还能够看到许多腾起的火焰，这就是天文上所谓的“日珥”。日珥是迅速变化着的活动现象，一次完整的日珥过程一般为几十分钟。同时，日珥的形状也可说是千姿百态，有的如浮云烟雾，有的似飞瀑喷泉，有的好似一弯拱桥，也有的酷似团团草丛，真是不胜枚举。天文学家根据形态变化规模的大小和变化速度的快慢将日珥分成宁静日珥、活动日珥和爆发日珥三大类。最为壮观的要属爆发日珥，本来宁静或活动的日珥，有时会突然“怒火冲天”，把气体物质拼命往上抛射，然后回转着返回太阳表面，形成一个环状，所以又称环状日珥。

在日全食时的短暂瞬间，常常可以看到太阳周围除了绚丽的色球外，还有一大片白里透蓝，柔和美丽的晕光，这就是太阳大气的最外层——日冕。日冕的范围在色球之上，一直延伸到好几个太阳半径的地方。日冕里的物质更加稀薄，它还会有向外膨胀运动，并使得热电离气体粒子连续地从太阳向外流出而形成太阳风。

太阳看起来很平静，实际上无时无刻不在发生剧烈的活动。太阳表面和大气层中的活动现象，诸如太阳黑子、耀斑和日冕物质喷发等，会使太阳风大大增强，造成许多地球物理现象——例如极光增多、大气电离层和地磁的变化。太阳活动和太阳风的增强还会严重干扰地球上无线电通讯及航天设备的正常工作，使卫星上的精密电子仪器遭受损害，地面电力控制网络发生混乱，甚至可能对航天飞机和空间站中宇航员的生命构成威胁。因此，监测太阳活动和太阳风的强度，适时作出“空间气象”预报，越来越显得重要。

#### 太阳的结构

太阳的结构从里向外主要分为：中心为热核反应区，核心之外是辐射层，辐射层外为对流层，对

流层之外是太阳大气层。


从核物理学理论推知，太阳中心是热核反应区。太阳中心区占整个太阳半径的  $1/4$ ，约为整个太阳质量的一半以上。这表明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祥地。

太阳中心区产生的能量的传递主要靠辐射形式。太阳中心区之外就是辐射层，辐射层的范围是从热核中心区顶部的 0.25 个太阳半径向外到 0.86 个太阳半径，这里的温度、密度和压力都是从内向外递减。从体积来说，辐射层占整个太阳体积的绝大部分。

太阳内部能量向外传播除辐射，还有对流过程。即从太阳 0.86 个太阳半径向外到达太阳大气层的底部，这一区间叫对流层。这一层气体性质变化很大，很不稳定，形成明显的上下对流运动。这是太阳内部结构的最外层。太阳对流层外是太阳大气层。太阳大气层从里向外又可分光球、色球和日冕。我们看到耀眼的太阳，就是太阳大气层中光球发出的强烈的可见光。光球层位于对流层之外，属太阳大气层中的最低层或最里层，光球层的厚度约 500 公里，与约 70 万公里的太阳半径相比，好似人的皮肤和肌肉之比。我们说太阳表现的平均温度约 6000 摄氏度，指的就是这一层。光球之外便是色球。平时由于地球大气把强烈的光球可见散射开，色球便被淹没在蓝天之中。只有在日全食的时候才有机会直接饱览色球红艳的姿容。太阳色球是充满磁场的等离子体层，厚约 2500 公里。其温度从里向外增加，与光球顶衔接的部分约 4500 摄氏度，到外层达几万摄氏度。密度则随高度增加而减低。整个色球层的结构不均匀，由于磁场的不稳定性，太阳高层大气经常产生爆发活动，产生耀斑现象。

日冕是太阳大气的最外层。日冕中的物质也是等离子体，它的密度比色球层更低，而它的温度反比色球层高，可达上百万摄氏度。日全食时在日面周围看到放射状的非常明亮的银白色光芒即是日冕。

无为 2008-2-2 22:38

地球 编辑 引用 

## 背景知识之三

太阳色球层

色球层

色球层 (chromosphere) 是太阳大气中间的一层，位于光球之上。平时，由于地球大气中的分子以及尘埃粒子散射了强烈的太阳辐射形成蓝天，色球和日冕完全淹没在蓝天之中。只有在日全食的食既到生光的短暂时间里，观测者才能用肉眼看到太阳圆面周围的这一层非常美丽的玫瑰红色的辉光。它是由早期的日全食观测者发现的，于 1869 年 [同治 8 年] 由洛基尔和弗兰克兰命名。红色是由于色球光谱中波长为 6562.8 埃的氢线 Ha 在亮度上占绝对优势的缘故。



这一层可见太阳耀斑。耀斑是太阳黑子形成前在色球层产生的灼热的氢云层。在光球层的某些区域，温度比周围稍低（通常是 4000 摄氏度），这便是黑子。

在色球上人们还能够看到许多腾起的火焰，这就是天文上所谓的“日珥”。日珥是迅速变化着的活动现象，一次完整的日珥过程一般为几十分钟。同时，日珥的形状也可说是千姿百态，有的如浮云烟雾，有的似飞瀑喷泉，有的好似一弯拱桥，也有的酷似团团草丛，真是不胜枚举。天文学家根据形态变化规模的大小和变化速度的快慢将日珥分成宁静日珥、活动日珥和爆发日珥三大类。最为壮观的要属爆发日珥，本来宁静或活动的日珥，有时会突然“怒火冲天”，把气体物质拼命往上抛射，然后回想着返回太阳表面，形成一个环状，所以又称环状日珥。

人们习惯地认为天体外层的温度总是低于内部。但是，在太阳大气层内却出现了温度的反常分布。在厚约 2000 公里的色球层内，温度从光球顶部的 4600K 增加到色球顶部的几百万度，而其它的一些物理参数 [如密度、电离度等] 和一些物理过程也发生了巨大的变化。因此，色球物理状况的研究，引起了太阳物理学家的很大兴趣。

色球是一个充满磁场的等离子体层，在局部等离子体动能密度和磁能密度可相比拟时，能经常观测到等离子体和磁场之间复杂的相互作用。由于磁场的不稳定性，常常会产生剧烈的耀斑爆发，以及与耀斑共生的爆发日珥、冲浪、喷焰等许多动力学现象。耀斑爆发时，还发射大量的远紫外辐射、X 射线辐射、高能粒子流，这些辐射对日地空间和地球高层大气影响很大。此外，色球和日冕中的等离子体、可变磁场以及由不稳定性引起的冲击波之间的相互作用，会产生大量不同频率的射电辐射，为色球、日冕物理性质和爆发现象的研究提供了重要信息。因此，色球的研究无论是对太阳物理还是对空间物理和地球物理，都有重要的意义。

早年，只能在日全食时观测到色球的侧面，研究色球的机会不多。自从 1892 年 [光绪 18 年] 海耳制成太阳单色光照相机、1933 年李奥创制双折射滤光器之后，情况就不同了。前者是用分光仪沿着太阳像扫描而成的一个特征谱线的单色像；后者滤去所有其它波段的辐射，而只让所研究的谱线的辐射透过，这样就能在几条特征谱线的窄波段内观测色球，从而得到各薄层气体的形态和运动特征。在日全食开始的短暂时间内，人们通过无缝摄谱仪可以发现：由暗的夫朗和费线和亮的连续谱所组成的吸收光谱 [光球光谱]，快速地转变为发射光谱 [色球光谱]，这种光谱通常称为闪光光谱

#### 色球的结构

色球的结构是不均匀的，如果不考虑这种不均匀性，按照平均温度随高度的分布曲线来区分色球层次，可分为 3 层：

- 低色球层，厚约 400 公里，温度由光球顶部的 4600K 上升到 5500K；
- 中色球层，厚约 1200 公里，温度缓慢上升到 8000K；
- 高色球层，厚约 400 公里，温度急剧上升到几百万度。


在大约 2000 公里范围内，温度增加了一个数量级。

色球没有明显的边界，这也反应了色球本身的不均匀性。从色球中，时时喷射出细而明亮的流焰，称为针状物。这是意大利天体物理学家塞奇于 1877 年 [光绪 3 年] 首先描绘过的。

在利用色球谱线所拍得的太阳单色像中，与光球的超米粒组织引起的网络组织相对应的位置上，存在着多角形的网络链结构，称为色球网络。

在单色像中还常常可以看到由黑子向外的旋涡结构。这种结构中的纤维排列得非常整齐，类似于马蹄形磁铁周围的铁屑。这是高电导率的色球物质在黑子内沿着磁力线运动的结果，是黑子磁场磁力线的反映。

无为 2008-2-2 22:43

火星 编辑 引用 

## 背景知识之四

太阳风

### 【简介】

太阳风是一种连续存在，来自太阳并以 200-800km/s 的速度运动的等离子体流。这种物质虽然与地球上的空气不同，不是由气体的分子组成，而是由更简单的比原子还小一个层次的基本粒子——质子和电子等组成，但它们流动时所产生的效应与空气流动十分相似，所以称它为太阳风。当然，太阳风的密度与地球上的风的密度相比，是非常非常稀薄而微不足道的，一般情况下，在地球附近的行星际空间中，每立方厘米有几个到几十个粒子。而地球上风的密度则为每立方厘米有 2687 亿亿个分子。太阳风虽然十分稀薄，但它刮起来的猛烈劲，却远远胜过地球上的风。在地球上，12 级台风的风速是每秒 32.5 米以上，而太阳风的风速，在地球附近却经常保持在每秒 350~450 千米，是地球风速的上万倍，最猛烈时可达每秒 800 千米以上。太阳风从太阳大气最外层的日冕，向空间持续抛射出来的物质粒子流。这种粒子流是从冕洞中喷射出来的，其主要成分是氢粒子和氦粒子。太阳风有两种：一种持续不断地辐射出来，速度较小，粒子含量也较少，被称为“持续太阳风”；另一种是在太阳活动时辐射出来，速度较大，粒子含量也较多，这种太阳风被称为“扰动太阳风”。扰动太阳风对地球的影响很大，当它抵达地球时，往往引起很大的磁暴与强烈的极光，同时也产生电离层骚扰。太阳风的存在，给我们研究太阳以及太阳与地球的关系提供了方便。

### 【形成】

为了能够清楚的表述太阳风是怎样形成的，我们先来了解一下太阳大气的分层情况。

一般情况下，我们把太阳大气分为六层，由内往外依次命名为：日核，辐射区，对流层，光球，色球，日冕。日核的半径占太阳半径的四分之一左右，它集中了太阳质量的大部分，并且是太阳百分之九十九以上的能量的发生地。光球是我们平常所见的明亮的太阳圆面，太阳的可见光全部是由光球面发出的。

而日冕位于太阳的最外层，属于太阳的外层大气。太阳风就是在这里形成并发射出去的。

通过人造卫星和宇宙空间探测器拍摄的照片，我们可以发现在日冕上长期存在着一些长

条形的大尺度的黑暗区域。这些区域的 X 射线强度比其他区域要低得多，从表观上看就像日冕上的一些洞，我们形象的称之为冕洞。

冕洞是太阳磁场的开放区域，这里的磁力线向宇宙空间扩散，大量的等离子体顺着磁力线跑出去，形成高速运动的粒子流。粒子流在冕洞底部速度为每秒 16km 左右，当到达地球轨道附近时，速度可达每秒 800km 以上。这种高速运动的等离子体流也就是我们所说的太阳风。

太阳风从冕洞喷发而出后，夹带着被裹挟在其中的太阳磁场向四周迅速吹散。现在我们肯定，太阳风至少可以吹遍整个太阳系。

当太阳风到达地球附近时，与地球的偶极磁场发生作用，并把地球磁场的磁力线吹得向后弯曲。但是地磁场的磁压阻滞了等离子体流的运动，使得太阳风不能侵入地球大气而绕过地磁场继续向前运动。于是形成一个空腔，地磁场就被包含在这个空腔里。此时的地磁场外形就像一个一头大一头小的蛋状物。

但是，当太阳出现突发性的剧烈活动时，情况会有所变化。此时太阳风中的高能离子会增多，这些高能离子能够沿着磁力线侵入地球的极区；并在地球两极的上层大气中放电，产生绚丽壮观的极光。

1850 年，一位名叫卡林顿的英国天文学家在观察太阳黑子时，发现在太阳表面上出现了一道小小的闪光，它持续了约 5 分钟。卡林顿认为自己碰巧看到一颗大陨石落在太阳上。

#### 【发现】

到了 20 世纪 20 年代，由于有了更精致的研究太阳的仪器。人们发现这种“太阳光”是普通的事情，它的出现往往与太阳黑子有关。例如，1899 年，美国天文学家霍尔发明了一种“太阳摄谱仪”，能够用来观察太阳发出的某一种波长的光。这样，人们就能够靠太阳大气中发光的氢、钙元素等的光，拍摄到太阳的照片。结果查明，太阳的闪光和什么陨石毫不相干，那不过是炽热的氢的短暂爆炸而已。

小型的闪光是十分普通的事情，在太阳黑子密集的部位，一天能观察到一百次之多，特别是当黑子在“生长”的过程中更是如此。像卡林顿所看到的那种巨大的闪光是很罕见的，一年只发生很少几次。

有时候，闪光正好发生在太阳表面的中心，这样，它爆发的方向正冲着地球。在这样的爆发过后，地球上会一再出现奇怪的事情。一连几天，极光都会很强烈，有时甚至在温带地区都能看到。罗盘的指针也会不安分起来，发狂似地摆动，因此这种效应有时被称为“磁暴”。随着科技的进步，极光的奥秘也越来越为我们所知，原来，这美丽的景色是太阳与大气层合作表演出来的作品。在太阳创造的诸如光和热等形式的能量中，有一种能量被称为“太阳风”。太阳风是太阳喷射出的带电粒子，是一束可以覆盖地球的强大的带电亚原子颗粒流。太阳风在地球上空环绕地球流动，以大约每秒 400 公里的速度撞击地球磁场。地球磁场形如漏斗，尖端对着地球的南北两个磁极，因此太阳发出的带电粒子沿着地磁场这个“漏斗”沉降，进入地球的两极地区。两极的高层大气，受到太阳风的轰击后会发出光芒，形成极光。在南极地区形成的叫南极光。在北极地区形成的叫北极光。

在本世纪之前，这类情况对人类并没有发生什么影响。但是，到了 20 世纪，人们发现，

磁暴会影响无线电接收，各种电子设备也会受到影响。由于人类越来越依赖于这些设备，磁暴也就变得越来越事关重大了。比如说，在磁暴期内，无线电和电视传播会中断，雷达也不能工作。

天文学家更加仔细地研究了太阳的闪光，发现在这些爆发中显然有炽热的氢被抛得远远的，其中有一些会克服太阳的巨大引力射入空间。氢的原子核就是质子，因此太阳的周围有一层质子云（还有少量复杂原子核）。1958年，美国物理学家帕克把这种向外涌的质子云叫做“太阳风”。

向地球方向涌来的质子在抵达地球时，大部分会被地球自身的磁场推开。不过还是有一些会进入大气层，从而引起极光和各种电现象。向地球方向射来的强大质子云的一次特大爆发，会产生可以称为“太阳风暴”的现象，这时，磁暴效应就会出现。

使彗星产生尾巴的也正是太阳风。彗星在靠近太阳时，星体周围的尘埃和气体被太阳风吹到后面去。这一效应也在人造卫星上得到了证实。像“回声一号”那样又大又轻的卫星，就会被太阳风显著吹离事先计算好的轨道。

### 【影响】

太阳风虽然猛烈，却不会吹袭到地球上来。这是因为地球有着自己的保护伞——地球磁场。地磁场把太阳风阻挡在地球之外。然而百密一疏，仍然会有少数漏网分子闯进来，尽管它们仅是一小撮；但还是会给地球带来一系列破坏。它会干扰地球的磁场，使地球磁场的强度发生明显的变动；它还会影响地球的高层大气，破坏地球电离层的结构，使其丧失反射无线电波的能力，造成我们的无线电通信中断；它还会影响大气臭氧层的化学变化，并逐层往下传递，直到地球表面，使地球的气候发生反常的变化，甚至还会进一步影响到地壳，引起火山爆发和地震。例如，1959年7月15日，人们观测到太阳突然喷发出一股巨大的火焰（它就是太阳风的风源）。几天后，7月21日，也就是这股猛烈的太阳风吹袭到地球近空时，竟使地球的自转速度突然减慢了0.85毫秒，而这一天全球也发生多起地震；与此同时，地磁场也发生被称为“磁暴”的激烈扰动，环球通信突然中断，使一些靠指南针和无线电导航的飞机、船只一下子变成了“瞎子”和“聋子”……。

太阳风对地球的影响，只是乘虚而入的漏网分子所为。由此可见，在无所阻拦的星际空间，太阳风的威力有多大了。

在太阳风和外面的星际物质交汇的地方，会产生冲击波。1977年发射的“旅行者一号”探测器据说在2003年的时候碰上了这种冲击波。那个冲击波距离太阳大约128亿千米~180亿千米。

### 【研究】

一间窗户被风刮开的房子，虽然总体上能抵御猛烈风暴的袭击，但破窗而入的狂风会将屋里刮得一团糟。最新研究表明，地球磁场在太阳风面前就像是一间容易“漏风”的房子，其“漏洞”会持续“透风”长达数小时，为来自太阳的带电粒子进入地球大气层、扰乱通信和电力系统等提供可乘之机。

在最新一期英国《自然》杂志上，美国加利福尼亚大学伯克利分校的研究人员公布了这一研究成果。研究人员说，新结果有助于更好地预测太阳风暴等恶劣“太空天气”可能给地球造成的影响。


太阳上不时会刮出由带电粒子构成的太阳风。如果太阳活动变得剧烈，太阳风也会跟着狂暴起来。地球自身有一个绵延至太空中数万公里的磁场，能够构成抵御太阳风的保护性屏障。不过，这道屏障并非没有破绽。早在 1961 年，英国帝国理工学院的邓恩盖博士就曾预测，当太阳风所包含的磁场朝向在局部上与地球磁场朝向相反时，两个磁场的“磁重联”过程会导致地球磁场保护屏障产生缝隙，使太阳风的带电粒子得以乘虚而入。其他科学家后来证实了缝隙的存在，但地球磁场的这种缝隙是时开时合，还是会长时间保持洞开，科学家们一直不清楚。

加利福尼亚大学伯克利分校的弗雷介绍说，他和同事借助美国宇航局的 IMAGE 探测器和欧美合作的“星团”计划所属卫星的观测数据，首次发现地球磁场缝隙会长达数小时处于敞开状态。据他们测算，在距地球表面约 6 万公里的地球磁场屏障边界上，缝隙面积可能达到了地球面积的两倍，由此进入的太阳风最终在北极上方电离层中产生相当于美国加利福尼亚州大小的质子极光。

#### 【意义】

太阳风的发现是 20 世纪空间探测的重要发现之一。经过近 40 年的研究，对太阳风的物理性质有了基本了解，但是至今人们仍然不清楚太阳风是怎样起源和怎样加速的。太阳风是怎样得到等离子体的供应及能量的供应的问题是空间物理学领域中经长期研究仍悬而未决的一大基本课题。

无为 2008-2-2 23:04

木星 编辑 引用 

## 背景知识之五

### 日冕

日全食时，黑暗的太阳外围是银白色的光芒，像帽子似地扣在太阳上，因此称为日冕。日冕是太阳最外围大气。平时要观测日冕，需要用特别的日冕仪。日冕的范围很大，用日冕仪只可以观测到接近太阳表面的那部分日冕，一般叫做内冕。它的边界离太阳表面约有 3 个太阳半径那么远，或者说约为 200 万千米。在此以外的日冕叫做外冕，它向外延伸到地球轨道之外。日冕的物质非常稀薄。内冕密度稍微大一些，但它的密度也低于地球大气的十亿分之一，几乎接近真空。日冕的形状很不规则，有时候呈圆形，有时候呈扁圆形，结构也很精细，在太阳赤道四周有很多向外流动的“冕流”伸向远处，太阳极区则有一些纤细的羽毛状的“极羽”。


日冕的温度非常高，可达 200 万度。令人不可思议的是，离太阳中心最远的光球层，温度是几千度。稍远些的色球层，温度从上万度到几万度。而距离太阳中心最远的日冕，温度竟然高达百万度。这一反常的现象意味着什么，科学家们目前还未找到合理的解释。

2002 年 5 月 15 日，美国航空航天局公布了一张日冕环景象的照片。这一壮观景象是因太阳磁场



增强并穿过光球层和色球层，影响到日冕层产生的。增强后的磁场控制日冕层的离子流并呈现拱形或环形的管状形态。日冕环形态多样，大多数体积巨大，其跨度往往超过数个地球。

无为 2008-2-2 23:19

土星 编辑 引用 

## 背景知识之六

### 大气折射

天体射来的光线，经过地球大气层时，受到大气折射，这种现象及由此引起的折射量叫大气折射。

早在公元前 2 世纪前后，希腊的波西东尼乌斯就发现了大气折射现象，认识到大气折射影响大测量结果的准确性。公元 2 世纪希腊大天文学家托勒密在他的著作《光学》第五卷中进一步论述了大气折射问题。托勒密通过对恒星位置的反复观测，发现大气折射的作用，使得接近地平线的星象位置有所升高。托勒密用光学折射的道理从理论上阐述了这一现象。16 世纪，丹麦的大天文学家第谷也对大气折射现象有所研究，他测定了大气折射值。法国的天文学家 G.D. 卡西尼则于 17 世纪首先根据正弦定律建立了大气折射理论。其他一些著名的天文学家如英国的牛顿、布拉得雷、法国的拉普拉斯等人都对大气折射有所研究。19 世纪 20 年代德国的天文学家贝塞尔建立了计算大气折射的对数公式，编制了一份相当精确的大气折射表。1870 年俄国普尔科沃天文台编制了一份大气折射表，至今仍被广泛应用。

地球上的大气除随高度增高密度递减外，还存在着局部的不均匀性和不对称性。因此在天顶距小于 70 度时，还可以得出与实际相符的结果，而在接近地平时，人们至今还不能精确计算大气折射值。目前编制大气折射表都考虑天顶距、气温、气压等因素。但即使如此，由于它们的随时变化仍会有误差存在。大气结构还受地区性局部因素影响，产生一定的不对称性造成误差。大气折射值还会因恒星光谱型的不同而产生误差。这些因素的影响，使得测得的折射值与实际差异，差异可达十分之一角秒的量级，大气折射出天顶距方向的外，还有水平方向的，称旁折射，它会给近地面的天文方位角测量带来误差。人造卫星或月球激光测距以及甚长基线干涉测量、人造卫星多普勒观测都受大气折射的影响。

### 蒙气差


光由真空进入空气中时，传播方向只有微小的变化。虽然如此，有时仍然不能不考虑空气的折射效应。来自一个遥远天体的光穿过地球大气层时被折射的情景。覆盖着地球表面的大气，越接近地表越稠密，折射率也越大。我们可以把地球表面上的大气看作是由折射率不同的许多水平气层组成的，星光从一个气层进入下一个气层时，要折向法线方向。结果，我们看到的这颗星星的位置，比它的实际位置要高一些。这种效应越是接近地平线就越明显。我们看到的靠近地平线的星星的位置，要比它的实际位置高 37 度。这种效应叫做蒙气差，是天文观测中必须考虑的。

太阳光在大气中也要发生折射，因此，当我们看到太阳从地平线上刚刚升起时，实际看到的是它处在地平线的下方时发出的光，只是由于空气的折射，才看到太阳处于地平线的上方。

#### 湍流效应概述

大气层中空气密度的无规则起伏称为大气湍流。湍流对光束传输的影响称为湍流效应。在地球表面，热空气上升，冷空气下沉，形成空气对流。这样，在大气中各点的温度和密度是无规则变化的，这种变化随高度和风速而不同，变化较为剧烈时形成湍流。而大气的折射率取决于密度，因此大气的折射率也随空间和时间作无规则的变化，从而形成了大气湍流效应。湍流效应主要表现为强度起伏（光束在大气中传输时，使光束截面内部各点的强度产生随机性变化）；相位起伏（光束相位的不稳定，即相位的空间起伏和相位的时间起伏）和方向起伏（光束在大气中传输时，发生偏离某一固定方向的随机性波动）。

无为 2008-2-3 23:55

天王星 编辑 引用 

#### 关于相对论的光线弯曲与光线折射的反思

相对论与量子力学是现代物理学的主流研究方向，在相对论中有很多结论，其中人们最为熟悉的就是质能方程式，其次还有引力红移、空间光线弯曲等等，下面我们就谈一谈其中一个早已被验证的结论-----相对论的空间光线弯曲。

1919年，相对论的忠实支持者爱丁顿先生首次进行了日食的天文观测，人们第一次从特殊天象中观测到爱因斯坦相对论中所预言的空间光线弯曲，经过近半个世纪的反复验证，成果终于被科学界接受，引力透镜的概念也被引入天文学，去解释天文学中的一些天文现象。

在我们的生活中，有很多司空见惯的现象，例如插入水中的筷子看起来是弯曲的，水中游动的鱼实际上的位置比看起来的位置要低，我们早晨看到的刚刚升起的太阳实际上还在地平线下面，所有这些现象都是有是由于光线的折射引起的。

我们在这儿做个有趣的小实验，找一个透明的空水杯用纸将外面罩住（或找个不透明的空杯子）在杯底放一枚硬币，将观察者的视线下移至刚刚看不到杯底的硬币，这时把水倒入杯中，我们会再次看到杯底的硬币，这是由于光线的折射作用，我们看到的是一个硬币的虚像。当日全食发生时，月亮转到太阳与地球中间，太阳的光芒被月亮挡住了，我们可以看到太阳背后的星光，这是由于光线在经过大质量天体时发生了弯曲。当然了，这是一种不太严格的说法，实际上由于日全食发生的时间很短，光线弯曲的度数很小，肉眼对这个现象是很难能观看到的，科学家只能对日全食发生时拍摄下的照片进行分析，才得出这样的结论。从以上两个现象我们可以得到一个同样的结果，我们可以看到一个物体背后的物体，但两者所用的原理却完全不同。

在我们的宇宙中有许多天体，有大的，有小的，小的天体由于自身质量太小，束服不住气体，例如月亮以及更小的陨石天体。大一点的天体比如我们所在的地球由于自身质量足够大，吸引住一定的气体，形成的大气层，也正是由于这个大气层的存在，地球才得以出现生命，我们人类才得以生存。对于地球大气的了解，我们已有很多确凿的资料，如大气的成份、密度、等等，在地理

学中关于大气层也有详细的分层。

由于光线从疏质进入密质时光线会发生折射。当我们通过星光来观测我们所处的这个宇宙时，必须要考虑大气层对光线的影响。天体射来的光线，经过地球大气层时，受到大气折射，这种现象及由此引起的折射量叫大气折射。

（早在公元前 2 世纪前后，希腊的波西东尼乌斯就发现了大气折射现象，认识到大气折射影响大测量结果的准确性。公元 2 世纪希腊大天文学家托勒密在他的著作《光学》第五卷中进一步论述了大气折射问题。托勒密通过对恒星位置的反复观测，发现大气折射的作用，托勒密用光学折射的道理从理论上阐述了这一现象。16 世纪，丹麦的大天文学家第谷也对大气折射现象有所研究，他测定了大气折射值。法国的天文学家 G.D. 卡西尼则于 17 世纪首先根据正弦定律建立了大气折射理论。19 世纪 20 年代德国的天文学家贝塞尔建立了计算大气折射的对数公式，编制了一份相当精确的大气折射表。1870 年俄国普尔科沃天文台编制了一份大气折射表，至今仍被广泛应用。）

地球上的大气除随高度增高密度递减外，还存在着局部的不均匀性和不对称性。因此在天顶距小于 70 度时，还可以得出与实际相符的结果，而在接近地平时，人们至今还不能精确计算大气折射值。目前编制大气折射表都考虑天顶距、气温、气压等因素。但即使如此，由于它们的随时变化仍会有误差存在。大气结构还受地区性局部因素影响，产生一定的不对称性造成误差。大气折射值还会因恒星光谱型的不同而产生误差。这些因素的影响，使得测得的折射值与实际差异，差异可达十分之一角秒的量级，大气折射出天顶距方向的外，还有水平方向的，称旁折射，它会给近地面的天文方位角测量带来误差。人造卫星或月球激光测距以及甚长基线干涉测量、人造卫星多普勒观测都受大气折射的影响。

打开高中物理学第三册 15 页，也有关于大气折射----蒙气差的说法，

从以上蒙气差的观念出发，让我们发挥一下想像力，假如能站在太阳的光球层表面去观测太空的星星，星光会不会发生和地球上同样的蒙气差呢？太阳稀薄大气层会对星光有多大折射的情况呢？当日食发生时，太阳背后的星光经过太阳光球层表面，同时也穿过了了太阳大气层的色球层与日冕层以及太阳风的区域，在这时光线会有什么变化呢？光线是否还会以直线传播呢？

作为太阳系唯一的恒星----太阳，在太阳边缘以外是存太阳大气层的。在太阳边缘以外还存在一个我们肉眼不能轻易看到的太阳大气层。

太阳的结构从里向外主要分为：中心为热核反应区，核心之外是辐射层，辐射层外为对流层，对流层之外是太阳大气层。

（太阳对流层外是太阳大气层。太阳大气层从里向外又可分光球、色球和日冕。我们看到耀眼的太阳，就是太阳大气层中光球发出的强烈的可见光。光球层位于对流层之外，属太阳大气层中的最低层或最里层，太阳光球就是我们平常所看到的太阳圆面，通常所说的太阳半径也是指光球的半径。光球的表面是气态的，其平均密度只有水的几亿分之一，但由于它的厚度达 500 千米，所以光球是不透明的。我们说太阳表现的平均温度约 6000 摄氏度，指的就是这一层。光球之外便是色球。平时由于地球大气把强烈的光球可见散射开，色球便被淹没在蓝天之中。

紧贴光球以上的一层大气称为色球层，平时不易被观测到，过去这一区域只是在日全食时才能被

看到。当月亮遮掩了光球明亮光辉的一瞬间，人们能发现日轮边缘上有一层玫瑰红的绚丽光彩，那就是色球。色球层厚约 8000 千米，色球层内的物质密度和压力要比光球低得多。

在日全食时的短暂瞬间，常常可以看到太阳周围除了绚丽的色球外，还有一大片白里透蓝，柔和美丽的晕光，这就是太阳大气的最外层——日冕。日冕的范围在色球之上，一直延伸到好几个太阳半径的地方。日冕里的物质更加稀薄，它还会有向外膨胀运动，并使得热电离气体粒子连续地从太阳向外流出而形成太阳风。)

恒星大气一般是指恒星上能被直接观测到的表面层。按物理性质的不同，恒星大气可以分成若干层次。恒星大气层次 光球 大气底层密度最大的部分，叫作光球。它的厚度同星球半径相比一般是很小的(例如太阳半径为 69.6 万公里，它的光球仅厚几百公里)，但恒星的全部光学辐射几乎都是从此发出的。通常观测到的恒星吸收谱(连续谱加吸收线)，基本上就是光球光谱，而恒星的亮度也基本上决定于光球的亮度。我们见到的太阳圆面，就是光球。光球的各个部分都产生连续谱，但其温度较低的外层却同时对内层的辐射产生吸收作用，从而形成了吸收线。产生不同化学元素的吸收线的大气深度是不同的，因此，产生吸收线的层在光球中并无确切的边界。我们虽然不能象看太阳那样直接看到恒星的光球圆面，但根据恒星吸收谱的形态可以断定，光球是每个恒星的大气中必然存在的层次。

星冕 观测太阳时，在色球之外还能看到日冕。日冕延伸范围可达数百万公里甚至更远，但在光学辐射中的作用却很小。一般情况下，日冕完全淹没在光球辐射之中，只有在日全蚀时或通过特殊的日冕仪才能观测到它。

在日全食发生时，太阳背后的星光经过太阳边缘时，同时也进入了太阳大气的势力范围内，太阳大气与大气以外的真空会形成一个相对的密质与疏质，用古老的物理学光学折射原理，我们是不是也可以得出一个光线弯曲的结论。

相对论的支持者为验证相对论的正确，利用日食这一特殊的天象进行了多次天文观测，在精确观测的办法也想了很多，但这些工作只能是在观测设备、地点上下点儿工夫，对于大质量天体，我们没更多的选取余地，而恒星大质量天体由于自身的高温气体状，可见部分以外的大气层气体干扰是没法排除的。大质量恒星显然不是最理想的观测证明对象，但是在我们生存的这个太阳系中，唯一的大质量星体只有一个太阳，有日食现象可以利用，且机会不多，他们没得选择。

星星还是那颗星星，月亮还是那个月亮，对于我们能观测到日全食时太阳背后的星星这个结果，究竟是太阳引力的作用？还是太阳大气层的作用？

相对论的支持者用了将近半个世纪的时间，通过天文观测去验证理论的正确性，这个光线弯曲的结果终于也成为相对论成功的一个铁证，影响着以后的天文学发展。但随着天文观测的精细化发展，我们根据已有并确凿天文观测资料，利用简单的光线折射原理，是不是也可合情合理地推出一个与相对论相同的结论，一个结果由两个原理推出，究竟哪一个的因素更多一些呢？

当光线经过太阳附近会发生弯曲的预测，并非相对论一家，但相对论的支持者却是首次通过天文观测发现了这个现象，同时也验证其理论的正确性。但从光线折射的观点来看，相对论所持


有的证据是不是仅是一个特殊地点，特殊时间的一个普通光线折射而已，这个细微现象就连精密的天文仪器也不能一下子观测到。

当然验证的工作并没因此而停止，随着射电天文学的发展，人类观测的视线也突破了太阳系，进入了宇宙深处，观测精度也有了很大的提高。这次所借助的不是光线，而是无线电波。

1974 年，麻省理工学院的泰勒和他的学生赫尔斯，用 305 米口径的大型射电望远镜进行观测时，发现了脉冲双星，它是一个中子星和它的伴星在引力作用下相互绕行，周期只有 0.323 天，它的表面的引力比太阳表面强十万倍，是地球上甚至太阳系内不可能获得的检验引力理论的实验室。经过长达十余年的观测，他们得到了与广义相对论的预言符合得非常好的结果。（由于这一重大贡献，泰勒和赫尔斯获得了 1993 年诺贝尔物理奖。）

不论用那种方式证明相对论引力波的存在，都是一种间接方法，对于光线的验证由于存在太多的问题，在现今的技术水平之下，地表的大气折射度控制不住，对于太阳的大气了解我们只能粗略地分层，由于其的高温低密的特性，复杂程度不亚于地球地表大气情况，在近半个世纪的日子里，适合的日全食观测并不是年年都有，这大概就是相对论工作者辛苦了近半个世纪而没有得到诺贝尔奖的原因吧。

无为 2008-2-11 15:39

海王星 编辑 引用 

## 一些想法

1 现代物理学的发展有一个很明显的特点，就是先从理论出发，用数学方法推导出一个预论，然后再去通过实验去验证。我们所讨论的这个主题也不例外，大质量天体的光线弯曲正是在相对论的预言下进行的，现代物理学已经脱离了日常经验，进入了一个极其精细的阶段，更多成果为实验室产物。这种带着假设去寻找真理的思维有一个缺陷，容易犯先入为主的错误，也就是我们常说的偏见问题。

我们不必费尽心事地去怀疑现代的物理学计算方法，现在的数学已发展的相当完善，作为验证理论的工具无错对之分，但使用者会因个人偏见而出现偏差，假设不一定百分百正确。

在心理学上有一个很经典的问题，当你面前放着半杯水，问你这个杯子是半空还是半满？你该怎么回答呢？如果你看到的是满满一杯水，被人喝了一半；或是只是一个空杯子，只倒了半杯水；如果有以上两个假设你以如何作答呢？

当相对论的支持者通过日全食的天文观测，得出的数据与预测数据也是有误差的，他们把这种误差理解为太阳大气干扰，在这儿我们提出一个疑问，太阳大气的折射率有多大？

2 关于太阳大气层的研究大约是在 50 年代以后才真正开始的，为此人们建造了太阳塔来观测太阳大气，从时间上说太阳大气的研究要晚于太阳的光线弯曲实验的，太阳大气的密度是很稀薄的，只有几亿分之一，从这个观点来看似乎对光线的影响很小，但是太阳的体积要比地球大许多，太



阳大气层也比地球大气层大许多，如果把大气层的厚度考虑进来，太阳大气层的厚度与密度，地球大气层的厚度与密度，把两者等价对比一下，会有怎么样的结果呢？（把太阳大气进行一下压缩计算，在单位面积内气体分子数不变的情况下，将太阳大气厚度换成地球大气厚度，看看具体密度的多大。）

3 在我们生活中有一个现象，离热源越远，温度越低。而在太阳大气层上却有一个反常的现象，在远离太阳表面的大气层温度却反常升值到几万度，这个现象现在还没有一个合理的说法，还是一个宇宙之谜，温度越高，气体的运动越快，密度的波动也越大，温度的影响也是应考虑的一个因素。

4 还有一个大气湍流效应现象也是要注意到的地方，其对光线折射的影响也不容忽视的。

以上就是我对这个主题的一些粗浅看法，如果朋友们有不同的或更好看法和想法，欢迎提出来，我们共同探讨一下。

ei nstei nai bi ll 2008-2-12 13:23

## 9 轨道 编辑 引用

无为 搞了这么多的东西，我总于看完了。蒙气差的效应所造成的光线弯曲在太阳上成立的误差度应该很小。不会引起理论观测的巨大误差才对。

并且广义相对论证明大质量的物体会造成时空的弯曲。这是不容否认的。而时空的存在又是光线运动的物质基础。我认为。在平直的时空中，光线是直线运动。但是在我群安区的时空中。光线必然要发生弯曲。并且它的弯曲度完全取决于它所进过的空间弯曲曲率。

hesi yuhappy 2008-2-12 15:19

## 10 轨道 编辑 引用

建议用不同的颜色将重点内容和标题标记出来，这样方便浏览  
这么一大块，看得很吃力

人迹 2008-2-12 17:12

## 11 轨道 编辑 引用

### 讨论帖——置疑

在上面的论证中，无为提出了对光的引力弯折实验的一种怀疑，这个怀疑在他引用的到前文中也并没有提到，那么这种怀疑是不是合理的呢？我想首先指出的是这个论述中的两个疑点。其一，太阳的 " 大气 " 部分的密度是否足以引起折射，按照无为的说法这些引起折射的部分是太阳大气

包括太阳色球外沿和日冕部分...从资料中我们可以了解到日冕由于极小的密度不足以引起折射现象,色球层的密度似乎也足够小了——“平均密度只有水的几亿分之一”,那么这样小的密度能够引起光的折射现象吗?其二,如果这样的折射现象确实是可以发生的,那么从几何角度是否就能产生误差呢?对于第一个疑点,我无从考证是否这样小的密度还能产生折射,即使能够产生在几亿分之一这么小的一个数量级之下是不是能够产生可观测的误差呢?——折射这种现象并不像我们高中课本中理解的那样简单,下面我还会说到这个问题.对于第二点我想如果我们把过程做的更详细些我们可能会有所收获.可以参看太阳的日食示意图,我们可以了解在日全食时太阳的全部色球层都会被月球遮挡,而太阳背后的星光经过太阳边缘进入太阳的大气势力范围这个过程,实际上是由光疏介质进入光密介质,这样就会使光线向太阳中心内部偏转进入色球层,从而像其它色球层部分一样被月球遮挡,也就说明太阳大气对光线的折射作用在实验中不会对实验结果有任何影响.我想无为是错误的认为我们是处在太阳中心来观测那些星光了,错误的以为这就像我们在地球表面却可以看到仍处在地平线以下的太阳一样,遗憾的是我们在次是处在星球外面,那么光线折射对我们进行的观测不会有任何影响.


在第一篇引文中我们还可以看到爱因斯坦自己对这个验证实验的态度,这是一个很有趣的态度甚至可以说有些狂妄自大了,但我想他确实有对这个实验进行怀疑的理由.正如很多科学家怀疑的那样这个实验进行的相对粗糙...但这些都已经不重要了

并于折射现象我还有一个很另人头痛的问题,同我们这的论述内容也是有很大关系的,那就是到底多大的物质密度才能引起折射现象?在我们日常讨论的折射现象实际上是一个宏观的现象,也就是说我们讨论一种物质的折射是以一个物质整体来看待的,让我把问题说的更清楚些,什么是对物质整体呢?比如我们就光在水中的折射是对水分子的一种聚集状态,而不是对单个水分子,也就是我们可以说水这种聚集状态对光的折射但从没能说过水分子对光的折射...这是为什么呢?这两种表述方式是有很大的分别的,我们必须亲自去探查事情的原委——假定我们就是一个光子现在正要从几乎“空无一物”的真空进入水分子的聚集空间...接下来发生了什么呢?“我们”光子是没有体积的,因此那些水分子对“我们”来说太大了,但它们相对于他们所处的空间——空旷的空间来说也算不了什么...那么也就是说我们进入水分子的空间却发现这个空间几乎空无一物——这种说法一点都不夸张,从体积比例上来说事实就是这样子的.而且更可气的是我们找不到那个“应该”发生折射的点,我们来的那个真空方向和已经进入了的偶尔有一两个水分子所处的真空似乎没有什么不同,没有任何指示表示我们应该在哪里改变自身前进的方向...这着实让人很痛苦...或许“我们”做错了什么或是“我们”搞错了自身的性质和水这种物质在聚集状态的性质——我们所说的性质自然不可能是化学性质.我们从一开始假定自己处在一个光子的位置上,这个假定潜在着一个更加内在的假定——物质都是由粒子组成的——这是一种基础错误.实际上,波和粒子是物质的两种基本形态,但物质即不是由波组成也不是由粒子构成...而是一种呈现出波粒二象性的奇特形态,至今我无法合理的想象这一场景.

下面我想试着讨论对于折射奇特的波粒二象性是不是能为我们做些什么呢?在宏观上我们解释解释折射现象用的是惠更斯原理,这一原理对解释折射和反射及衍射现象都做的很好.所以这个原理很可能是真理的一部分...在[惠更斯原理]中,对物质性质的描述中有两个关键出发点——

波源和波型——波源表征为一个点，波型表征为一列波，那么这就是我们要找的奇特的波粒二象性的表征现象吗？这个问题我现在无法回答但我相信是的，在我看来波粒二象性有一定的普适性，物质的这种性质同量子效应一样是宇宙空间的一种基本性质，同为基本性质的还有相对论中所表现出来的空间的可变性

人迹 2008-2-12 17:22

12 轨道 编辑 引用 

## 问题帖

1. 太阳的能源来自核心的核聚变反应，进行此反应时核心的温度约为两千万度（1560万℃），这样的温度是否能达到核反应的要求呢？我们在安徽的小太阳托克马克装置不久前达到了温度为1亿5千万度的突破但仍不能实现核反应，这是为什么？这种核反应中量子效应又起到了什么样的作用？

2. 太阳光球就是我们平常所看到的太阳圆面，通常所说的太阳半径也是指光球的半径。光球的表面是气态的，其平均密度只有水的几亿分之一，但由于它的厚度达500千米，所以光球是不透明的。那么厚度就是光球层不透明的原因吗？

3. 如何用惠更斯原理来解释光的折射，反射和衍射问题？或许在我们进行这部分讨论的时候就会发现波性和粒子性在其中所起到的作用

4. 太阳核心反应区产生的光子要经过上千万年的时间才能到达太阳表面，从而射向我们，这是为什么？为什么会需要这么长的时间到达表面？

惠更斯原理

惠更斯原理:在弹性介质中，可以把已知 $t$ 时刻的同一波前面上的各点看作从该时刻产生子波的新点震源，在经过 $\Delta t$ 时间后，这些子波的包络面就是原波前面到 $t+\Delta t$ 时刻新的波前。

大家可以看下这些问题能不能做出来... 这是留给大家的问题哟...

附件

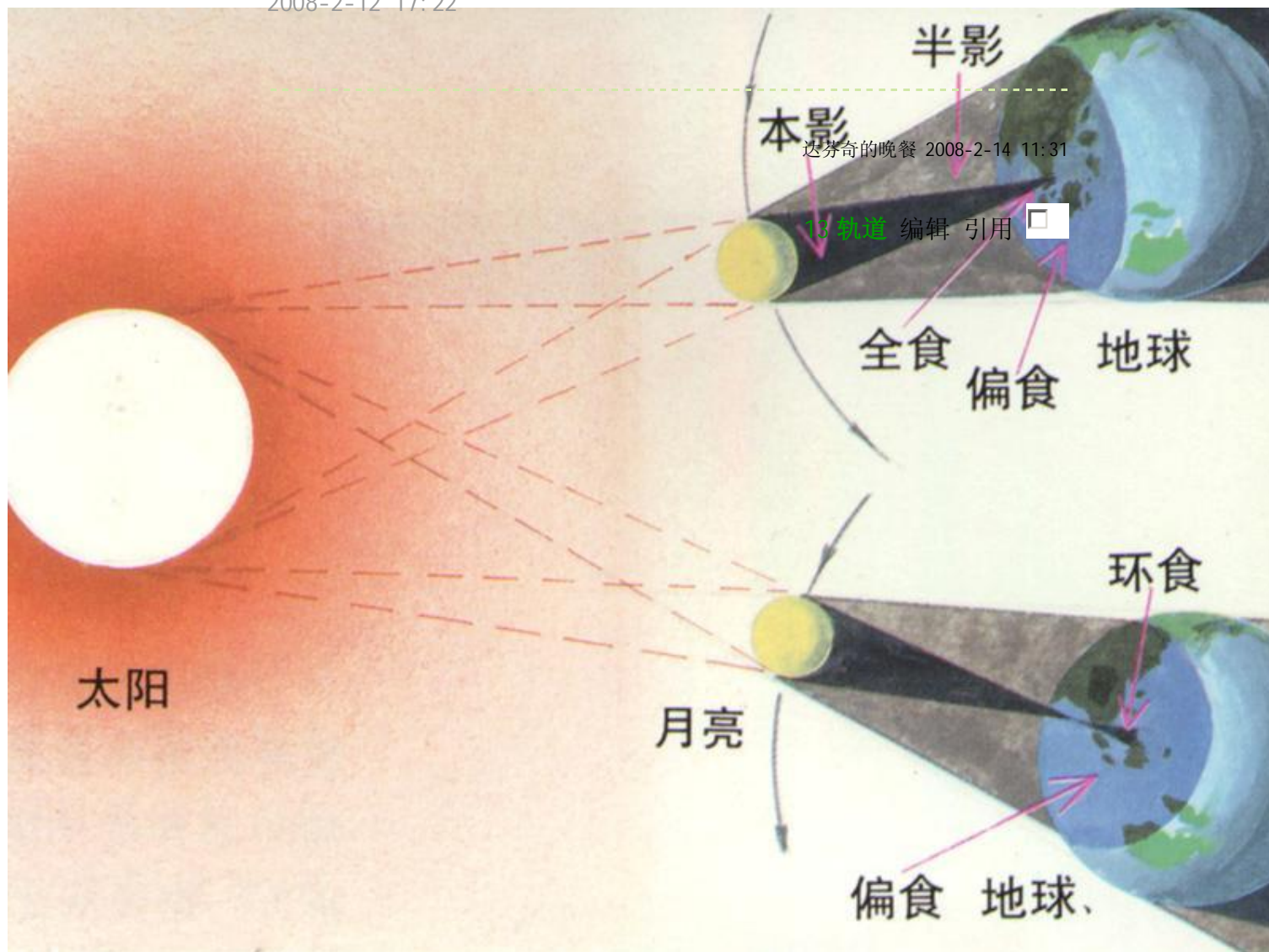
 无标题.jpg (6.38 KB)

2008-2-12 17:22



新建位图图像.jpg (52.16 KB)

2008-2-12 17:22



大家先学习学习吧，然后再思考，提出自己的高见。

ei nstei nai bi ll 2008-2-27 12:51

14 轨道 编辑 引用

## 第一个问题解答

### 问题解答

1. 太阳的温度两千万度是不能够达到核反应的要求。量子力学中的“量子隧道效应”在恒星内部的核反应的过程中发挥着重要的作用。轻原子核可以成为捕获质子的“陷阱”，当四个质子不捕获的时候，就会形成一个阿尔法粒子。这个阿尔法粒子再从原子核中释放出来，因而四个氢原子核转变成一个氦原子核时放出巨大的力量。


应为中子的质量很大，单靠质子本身是无法通过贝塔衰变变成中子的。但是在有些原子核中情况就不同了。如果某些质子这样的“衰变”产生的新原子核比原来的原子核结合更加紧密，这一过程就可以发生。根据不确定原理，整个系统可以“借到”额外的能量来完成这个反应。应为，在衰变的过程的最后，整个系统的能量将会很低。质子单靠自己是不能转化成中子的，但在有些原子核是可以的。这是理解太阳能量来源的关键。各个质子之间存在库仑力，偶尔由于量子隧道效应，两个质子能够结合在一起，形成一个不稳定的由两个质子组成的原子核。在极短的时间里，这两个质子又要分开，但是由于弱相互作用和不确定原理。其中会有一个质子有很小的机会通过贝塔衰变成中子，从而形成一个氘原子核。

$P+P \rightarrow d+e^++\nu$

一旦氘原子核形成后。生成氦核需要的核反应就容易多了。

[ 本帖最后由 *einsteinaibi* 于 2008-3-9 17:05 编辑 ]

人迹 2008-2-28 15:30

15 轨道 编辑 引用 

## 相对论资料连载

[ 相对论的时空观 ]

时间也不能单独存在，

从万物的飞逝中，我们才能感受到时间，...

我们必须坦承，没人能把握时间本身

只能从万物的飞逝中获悉时间

引自罗马哲学家、诗人卢克莱修（公元前一世纪）的《物性论》

时间是你自己的创造物，

它的时钟在你的脑中滴答作响。

一旦你停止思考，

时间亦随之死亡。

引自 16 世纪神秘诗人 Angelus Silesius (安哥拉斯·希利修斯)



## 时空告诉物质如何运动，而空间告诉物质如何弯曲

从这些早期的相对主义者的诗句中我们已经可以看到他们并没有将时空描述为客观的存在，而是作为一种在我们的思想和意识中产生的现象来表述。这样的时空观同爱因斯坦的一个有趣的类比有极大的相似处。．．．爱先生曾像人们解释说我们坐在一个火炉上五分钟和坐在一位美女身边五分钟，虽然从客观上我们都是过五分钟但我们感觉到的渡过的时间是不同的。．．．这两种对时空的表述方式都是一种以人的思想和意识为标准的一种表述方式，这样这两种表述实际上都不是相对论的时空观，但爱老先生采用了以上的这个类比方式也是有其道理的——时空确实是相对的，只不过这种相对并不是对我们的思想而言的而是相对每一个粒子每一片物质，而这种相对性出现也不是由于人头脑中的感觉而是相对的速度。

一种最常见的对相对论时空观的置疑方式是强调在一切的时空实验过程中所用的钟表都是依赖于物理或化学过程的真实钟表，这些钟表都以一定的过程来间接的表示时间而不是真正的时间本身。这种置疑是很有道理的，我们只不过是得到了钟表受到了影响，为什么物理学家坚持认为那就是时间本身受到了影响呢？简单的回答是：时间（至少物理学家看来）是由钟来测量的。当然，为了统一起见，我们必须假定所有的钟都以确实相同的方式受到了运动的影响；否则，我们会更倾向于认为受影响的是钟而不是时间本身。好吧，就我们能确切判断的而言，所有的钟都是同样受影响（包括大脑活动以及由此产生的观察者的临时判断）。如果相对性原理一直坚持着，那就肯定如此，否则我们会无法确定某些钟是否在运动——因为不同程度地受到运动影响的钟会逐渐变的不再同步

在爱因斯坦的相对论时空观中，这个可变的时间观念并没有完全恢复古代那种以个人的主观的神秘时间观的内容，但它确实把时间的体验与单个观察者密切结合起来。人们不应再谈到那时间（the time）——那个客观的时间标度——只有你的时间和我的时间，这得取决于我们如何运动（正如我们上面所说的并不取决于我们的感觉而是我们的运动，相对运动）。这也就是那句极流行的话——时间是相对的——的意义

在旧的时空观主导我们的思想观念的时候我们无论做什么时空它总是在那。自然也不会有人会真正打时空的主意，但自从相对的时空观出现以后，这种情况就发生了变化，人们开始发现时空是可以改变的。．．．由此也就产生了对时空旅行，时间的终点和起点的思索和想象。．．．最终科学家得到的结论几乎是：爱因斯坦的革命还未完成，我们仍有待于去彻底理解时空的性质

## 相对论资料连载

[相对论的来源启示]

在科学中有一条规定是：我们不应该引进另外的实体，除非这些实体产生了一些可观察到的物理效应。一种从不出现于任何实验中的看不见的物质是一个完全多余的概念。

在牛顿的运动定律中是运用了运动的相对性的，而且这个运动的相对性原理一直是19世纪和世纪之交物理学理论的核心。在爱因斯坦看来，运动的相对性原理是物理学的一个基本原理，必须不计一切代价予以保留。但同时又存在着另一个看似必须保留的定律——电磁学定律，它描述带

电粒子变化和诸如光和无线电波等感慨电磁波的运动，这个定律似乎同运动的相对性是相悖的。因为电磁学理论要求光速是一种绝对恒量（关于这一点的产生我还没有找到确实的理论和说法），这两个理论不可能都是正确的甚至如果有必要他们都可能是不正确的。为解决这一个矛盾人们引入了一种物质“以太”，这样即可以保留运动的相对性又保持了光速的一定程度上的绝对性。

迈克耳孙—莫雷实验：19世纪90年代末期，美国物理学家艾伯特·迈克耳孙（Albert Michelson, 1852—1931, 1907年的诺贝尔物理学奖得主）和爱德华·莫雷（Edward Morley, 1838—1923, 美国化学家物理学家）的协助下，试图测量地球在太空中相对以太的运动速度。他们的装置是：首先把一道光束分成两束互相成直角的小光束，而每道小光束都指向一面镜子，并反射回去。之后，两道反射光束在显微镜中再次被合并并加以分析。其理论依据是：地球在以太中急速行进，因此，以太连续不断地从我们身边滑过。我们感觉不到它，但光却可以。光逆着以太流运行比沿着以太运行相对地球来说走的慢一些，这样在实验中两束光沿着不同的方向运动就会产生一定程度的不协调，在光束再次交汇时就有出现相干现象，甚至“相消干涉”。实验的结果已经如我们所知，我们地球似乎是在以太中休息，当然这种情况也是有可能的但可能性已经小到不可信的地步。而更可信的原因就是：以太并不存在。

然而，爱因斯坦在构建他的相对论时空观时似乎并没有受此类实验的影响，而且显然他对自己的思想实验很有信心。他保留了运动的相对性和光速的决定性，同时他放弃了自然科学产生以来就被无疑地假定正确的空间和时间的普适性。而关于其那些相对论公式的导出在我们的中学课本上就有一部分，那些对理解它已经足够了，并且个人来讲也不怎么喜欢数学也就不对这些公式进行分析了。另外闵科夫斯基时空图是一个不错的相对论时空表述方式——实际上我想这是真理的一部分。

"我会不得不为我们亲爱的上帝感到惋惜，因为这个理论自始至终都是正确的"——爱因斯坦

注：这些都是我借助其它资料进行个人主观编撰得到的，不久会注明参考资料

另外，文章有时是会长一些，但如果要立志献身科学就要有科学素养，这些逻辑看上去会有种理性的光芒，也就不是枯燥的。我已经尽力表述的更通俗了哟！要真正了解相对论理论是必要的。。。



（公式也是必要的~~~~~物理学家飘过！~~~~~）

人迹 2008-2-29 10:37

17 轨道 编辑 引用

引用:


原帖由 [einsteinaibill](#) 于 2008-2-27 12:51 发表

问题解答

1. 太阳的温度 1560K 是不能够达到核反应的要求。量子力学中的“量子隧道效应”在恒星内部的核反应的过程中发挥着重要的作用。轻原子核可以成为捕获质子的“陷阱”，当四个质子不捕获的时候，就会形成一 ...

注意，这里有几个基本错误：其一，太阳内部温度为几千万 K 而不是 1560K；其二，质子是少数极长寿粒子之一，它极少发生衰变， $\beta$  衰变是中子放出电子变为质子的过程

人迹 2008-2-29 10:51

18 轨道 编辑 引用 

## 相对论提出过程纪事

### 【相对论的提出过程】

除了量子理论以外，1905 年刚刚得到博士学位的爱因斯坦发表的一篇题为《论动体的电动力学》的文章引发了二十世纪物理学的另一场革命。文章研究的是物体的运动对光学现象的影响，这是当时经典物理学面对的另一个难题。

十九世纪中叶，麦克斯韦建立了电磁场理论，并预言了以光速  $C$  传播的电磁波的存在。到十九世纪末，实验完全证实了麦克斯韦理论。电磁波是什么？它的传播速度  $C$  是对谁而言的呢？当时流行的看法是整个宇宙空间充满一种特殊物质叫做“以太”，电磁波是以太振动的传播。但人们发现，这是一个充满矛盾的理论。如果认为地球是在一个静止的以太中运动，那么根据速度迭加原理，在地球上沿不同方向传播的光的速度必定不一样，但是实验否定了这个结论。如果认为以太被地球带着走，又明显与天文学上的一些观测结果不符。

1887 年迈克尔逊和莫雷利用光的干涉现象进行了非常精确的测量，仍没有发现地球有相对于以太的任何运动。对此，洛仑兹(H. A. Lorentz)提出了一个假设，认为一切在以太中运动的物体都要沿运动方向收缩。由此他证明了，即使地球相对以太有运动，迈克尔逊也不可能发现它。爱因斯坦从完全不同的思路研究了这一问题。他指出，只要摒弃牛顿所确立的绝对空间和绝对时间的概念，一切困难都可以解决，根本不需要什么以太。

爱因斯坦提出了两条基本原理作为讨论运动物体光学现象的基础。第一个叫做相对性原理。它是说：如果坐标系  $K'$  相对于坐标系  $K$  作匀速运动而没有转动，则相对于这两个坐标系所做的任何物理实验，都不可能区分哪个是坐标系  $K$ ，哪个是坐标系  $K'$ 。第二个原理叫光速不变原理，它是说光（在真空中）的速度  $c$  是恒定的，它不依赖于发光物体的运动速度。

从表面上看，光速不变似乎与相对性原理冲突。因为按照经典力学速度的合成法则，对于  $K'$  和  $K$  这两个做相对匀速运动的坐标系，光速应该不一样。爱因斯坦认为，要承认这两个原理没有抵触，就必须重新分析时间与空间的物理概念。

经典力学中的速度合成法则实际依赖于如下两个假设：

1. 两个事件发生的时间间隔与测量时间所用的钟的运动状态没有关系；
2. 两点的空间距离与测量距离所用的尺的运动状态无关。

爱因斯坦发现，如果承认光速不变原理与相对性原理是相容的，那么这两条假设都必须摒弃。这时，对一个钟是同时发生的事件，对另一个钟不一定是同时的，同时性有了相对性。在两个有相对运动的坐标系中，测量两个特定点之间的距离得到的数值不再相等。距离也有了相对性。

如果设  $K$  坐标系中一个事件可以用三个空间坐标  $x$ 、 $y$ 、 $z$  和一个时间坐标  $t$  来确定，而  $K'$  坐标系中同一个事件由  $x'$ 、 $y'$ 、 $z'$  和  $t'$  来确定，则爱因斯坦发现， $x'$ 、 $y'$ 、 $z'$  和  $t'$  可以通过一组方程由  $x$ 、 $y$ 、 $z$  和  $t$  求出来。两个坐标系的相对运动速度和光速  $c$  是方程的唯一参数。这个方程最早是由洛伦兹得到的，所以称为洛伦兹变换。

利用洛伦兹变换很容易证明，钟会因为运动而变慢，尺在运动时要比静止时短，速度的相加满足一个新的法则。相对性原理也被表达为一个明确的数学条件，即在洛伦兹变换下，带撇的空时变量  $x'$ 、 $y'$ 、 $z'$ 、 $t'$  将代替空时变量  $x$ 、 $y$ 、 $z$ 、 $t$ ，而任何自然定律的表达式仍取与原来完全相同的形式。人们称之为普遍的自然定律对于洛伦兹变换是协变的。这一点在我们探索普遍的自然定律方面具有非常重要的作用。

此外，在经典物理学中，时间是绝对的。它一直充当着不同于三个空间坐标的独立角色。爱因斯坦的相对论把时间与空间联系起来了。认为物理的现实世界是各个事件组成的，每个事件由四个数来描述。这四个数就是它的时空坐标  $t$  和  $x$ 、 $y$ 、 $z$ ，它们构成一个四维的连续空间，通常称为闵可夫斯基四维空间。在相对论中，用四维方式来考察物理的现实世界是很自然的。狭义相对论导致的另一个重要的结果是关于质量和能量的关系。在爱因斯坦以前，物理学家一直认为质量和能量是截然不同的，它们是分别守恒的量。爱因斯坦发现，在相对论中质量与能量密不可分，两个守恒定律结合为一个定律。他给出了一个著名的质量-能量公式： $E=mc^2$ ，其中  $c$  为光速。于是质量可以看作是它的能量的量度。计算表明，微小的质量蕴涵着巨大的能量。这个奇妙的公式为人类获取巨大的能量，制造原子弹和氢弹以及利用原子能发电等奠定了理论基础。

对爱因斯坦引入的这些全新的概念，大部分物理学家，其中包括相对论变换关系的奠基人洛伦兹，都觉得难以接受。旧的思想方法的障碍，使这一新的物理理论直到一代人之后才为广大物理学家所熟悉，就连瑞典皇家科学院，1922 年把诺贝尔奖金授予爱因斯坦时，也只是说“由于他对理论物理学的贡献，更由于他发现了光电效应的定律。”对于相对论只字未提。

爱因斯坦于 1915 年进一步建立起了广义相对论。狭义相对性原理还仅限于两个相对做匀速运动的坐标系，而在广义相对论性原理中匀速运动这个限制被取消了。他引入了一个等效原理，认为我们不可能区分引力效应和非匀速运动，即非匀速运动和引力是等效的。他进而分析了光线在靠近一个行星附近穿过时会受到引力而弯折的现象，认为引力的概念本身完全不必要。可以认为行星的质量使它附近的时空变成弯曲，光线走的是最短程线。基于这些讨论，爱因斯坦导出了一组方程，它们可以确定由物质的存在而产生的弯曲时空几何。利用这个方程，爱因斯坦计算了水星近日点的位移量，与实验观测值完全一致，解决了一个长期解释不了的困难问题，这使爱因斯坦激动不已。他在写给埃伦菲斯特的信中这样写道：“……方程给出了近日点的正确数值，你可以

想象我有多高兴！有好几天，我高兴得不知怎样才好。”

1915年11月25日，爱因斯坦把题为“万有引力方程”的论文提交给了柏林的普鲁士科学院，完整地论述了广义相对论。在这篇文章中他不仅解释了天文观测中发现的水星轨道近日点移动之谜，而且还预言：星光经过太阳会发生偏折，偏折角度相当于牛顿理论所预言的数值的两倍。第一次世界大战延误了对这个数值的测定。1919年5月25日的日全食给人们提供了大战后的第一次观测机会。英国人爱丁顿奔赴非洲西海岸的普林西比岛，进行了这一观测。11月6日，汤姆逊在英国皇家学会和皇家天文学会联席会议上郑重宣布：得到证实的是爱因斯坦而不是牛顿所预言的结果。他称赞道“这是人类思想史上最伟大的成就之一。爱因斯坦发现的不是一个海岛，而是整整一个科学思想的新大陆。”泰晤士报以“科学上的革命”为题对这一重大新闻做了报道。消息传遍全世界，爱因斯坦成了举世瞩目的名人。广义相对论也被提高到神话般受人敬仰的宝座。从那时以来，人们对广义相对论的实验检验表现出越来越浓厚的兴趣。但由于太阳系内部引力场非常弱，引力效应本身就非常小，广义相对论的理论结果与牛顿引力理论的偏离很小，观测非常困难。七十年代以来，由于射电天文学的进展，观测的距离远远突破了太阳系，观测的精度随之大大提高。特别是1974年9月由麻省理工学院的泰勒和他的学生惠斯勒，用305米口径的大型射电望远镜进行观测时，发现了脉冲双星，它是一个中子星和它的伴星在引力作用下相互绕行，周期只有0.323天，它的表面的引力比太阳表面强十万倍，是地球上甚至太阳系内不可能获得的检验引力理论的实验室。经过长达十余年的观测，他们得到了与广义相对论的预言符合得非常好的结果。由于这一重大贡献，泰勒和惠斯勒获得了1993年诺贝尔物理学奖。

注：引自维客百科——相对论，这篇文章是原文引用。

另外，在此我们将尽力回答关于相对论的任何问题——尽力少涉及数学问题为好，其间会引用相当数量的网络，书籍资料。这基于两个假定：其一，资料都是正确的并没有给我们带来误导性的指示；其二，资料收集人和引用人的理解都是正确的并没有被误导

人迹 2008-3-7 13:26

## 19 轨道 编辑 引用 ☐

大家可以提任何关于相对论的问题，我会尽量解答并保证正确性。。。解答不了的东西，会存入资料库，直至有了解答后会发信息给大家

这个活动只有这一个月的时间啦。。。

关于相对论的文章尽可以发上来，为资料库建立做准备

人迹 2008-3-8 19:08

## 20 轨道 编辑 引用 ☐

### [狭义相对论]



### 【狭义相对论】

狭义相对论：1905年，爱因斯坦在长达30几页的狭义相对论的第一篇论文《论运动物体的电动力学》中，依据以下两个现已经被我们所熟知的假设来推导联系两个惯性系 $k$ 和 $k'$ （如图）之间的新的坐标变换关系。这样的坐标变换的得来要有助于以下那两个被熟知的原理——当时，爱老提出这两上原理几乎是一种大胆的直觉

(1)相对性原理:伽利略通过“萨尔维阿蒂大船”思想实验发现,一个处于匀速直线运动状态的参考系,等效于一个处于静止状态的参考系。也就是说,物理学定律在所有惯性系中具有相同的数学形式,即物理学定律的数学形式与惯性参照系无关。而任何一个实验都不能决定哪一个参考系是绝对静止的。这个原理对于爱因斯坦的工作并不是全新的,他开始发现这个理论需要一个新的形式来表达

(2)光速不变原理:光在真空中的传播速度在所有惯性系中具有相同的数值。也就是说,光速与参照系无关。或者说光速在真空中对于任何观察者是 invariant 的,不论观察者或光源怎样的运动。(迈克尔逊-莫雷实验)

在这两个假定的情况下,他发现,不同惯性系的各个时空坐标之间必然存在着一种确定的数学关系,即这就是著名的洛伦兹变换方程组。爱因斯坦独立地得出了它,他并不知道荷兰理论物理学家洛伦兹(H. A. Lorentz, 1853~1928)已经在1904年发表了这个变换方程组。但在洛伦兹那里,这个变换方程组是建立在绝对时空基础上的,所以洛伦兹为了得出这组变换竟提出了11个特殊的假设;而在爱因斯坦这里,这组变换是建立在相对时空基础上的,是以上两个基本假设的必然的逻辑推论。然后,爱因斯坦证明了麦克斯韦的电动力学方程组经洛伦兹变换后可在所有惯性系中具有相同的数学形式。那么,洛伦兹变换是否也能使牛顿力学定律在所有惯性系中具有相同的数学形式呢?

于是,爱因斯坦将牛顿力学定律的原有形式经洛伦兹变换后,所得到的以相对时空为基础的牛顿力学定律在所有惯性系中也具有相同的数学形式。至此,爱因斯坦概括出如下的结论:经洛伦兹变换后的牛顿力学定律和电动力学定律等一切物理学定律在所有惯性系中具有相同的数学形式。这一结论就是狭义相对论。狭义相对论的创立,使伽利略和牛顿以来经典力学的绝对时空观发展到爱因斯坦狭义相对论时空观,这是人类时空观的一次重大变革。这个狭义相对论时空观的要点有以下几方面:

(1)狭义相对论时空观表明了空间、时间的相对性。牛顿的绝对时空观是建立在光速与参照系有关的假定基础上的,因此物体的长度(空间两点间的距离)、两个事件的时间间隔以及两事件的同时性都与参照系的选择无关;狭义相对论由于依据了光速不变原理(光速与参照系无关),从而使空间间隔和时间间隔的量度与参照系的选择有关,表明了空间和时间的相对性,揭示了空间和时间与物质运动的联系。

(2)狭义相对论时空观表明了时空整体的绝对性。1908年,爱因斯坦的老师德国数学家明可夫斯基(H. Minkowski, 1864~1909)证明了闵可夫斯基四维时空“间隔”的不变性,把惯性系中的空间和时间联结为统一的物质存在形式——“四维时空连续体”。其公式,  $S^2 = h^2 - c^2 T^2$  式中:  $h$ -两事件的空间间隔;  $T$ -时间间隔;  $c$ -光速(真空);  $S$ -两事件的时空间隔

(4)狭义相对论推论出著名的质能关系式:  $E=mc^2$ . 1905 年 9 月爱因斯坦发表了他的第二篇狭义相对论论文《物体的惯性同所含的能量有关吗?》,在这篇论文中,他借助洛仑兹变换发现,发射辐射能为  $L$  的物体,由于辐射的结果,物体的质量要减少  $L / c^2$ . 他由此得出结论:“物体的质量是它所含能量的量度”,物体所含的能量的变化正比于它的质量的变化。1907 年,他在《关于相对论原理和由此得出的结论》一文中,他假定质量和能量是完全相当的概念,静止物体的质量是它所包含的“内能”的量度,由此他推导出了著名的质能关系式  $E=mc^2$  其中,  $E$ : 表示物体的能量(活力) $m$ : 表示物体的质量(惯性) $c$ : 表示真空中的光速这个公式表明,一个物体只要它的能量增加,它的质量也会成比例的增加。也就是说,一个物体的质量和能量是可以互相转化的。在经典物理学中,质量守恒和能量守恒是两个彼此孤立的自然定律;而在狭义相对论中,这两个自然定律成为统一的质量能量守恒定律。爱因斯坦认为这一发现是狭义相对论最重要的成就之一。

参考论文书目: <关于时间——爱因斯坦未完成的革命> [英] 保罗·戴维斯

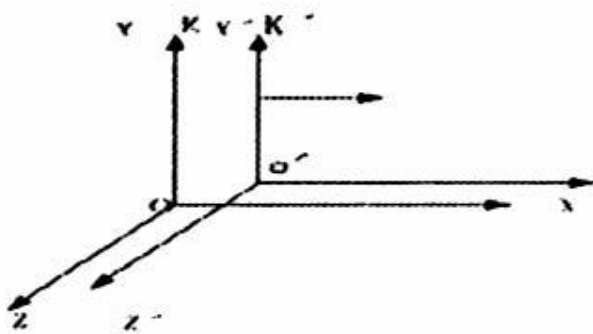
<爱因斯坦相对论创立过程的逻辑分析> □贾长勤

<狭义与广义相对论浅说> 爱因斯坦

附件

 未命名.JPG (14.12 KB)

2008-3-8 19:08



$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$y' = y, \quad z' = z$$

$$t' = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

### 最终参报人员的处理结果:

宙思宇	HJ11989@126.COM		自付	2008-3-16 09:46	允许 参加	核心成员
9911019	fi sh19911019@126.com qq 798066026		自付	2008-3-15 21:46	允许 参加	未有实质联系, 希望 进一步同我们进行交 流
14159265 3	mwaxtch@qq.com	相对论的验证	自付	2008-3-2 12:30	允许 参加	平时表现突出, 但未 能真正参予, 希望加 深我们的相互了解
iyq123456	qq381867190	狠感兴趣. 可是. 初 三勒. 时间不大多.	自付	2008-3-1 21:21	允许 参加	未有实质联系, 希望 进一步同我们进行交 流. 预祝中考成功, 成为后备军
爰因迪生	623752007@qq.com	我为科学狂!	自付	2008-2-28 16:42	允许 参加	正时表现突出, 但未 能参予到活动中, 或 许我们还要进一步了 解
木虫子	手机 13519840356	恩.. 有什么事情手机 联系我吧, 因为我很可 能不在网上~~	自付	2008-2-12 16:54	允许 参加	高三, 预祝高考成功, 另外提名成为科灵组 织成员, good luck
ngj ieren	13064325136	喜欢	自付	2008-2-2 19:58	允许 参加	情况如上, 未能有实 质的接触, 未能参与 到活动中来. 还需进 一步了解
nsteinai bill	769734145	探讨理论真确性	自付	2008-2-1 15:22	允许 参加	核心成员
ienmandy	15879174242	虽然我上大学后学的 专业远离了物理, 但我 依然热爱它! 可能说的 话知识性不是很强, 但 还是很希望参加这次 研讨活动!	自付	2008-2-1 13:26	允许 参加	能有自己的坚持很 好, 如果你还保有对 科学的热爱. 那么, 建议你加入改革后组 织结构的科灵团体, 欢迎你加入
芬奇的晚 餐	短信联系	我报名	自付	2008-2-1 12:43	允许 参加	核心成员

### 关于处理结果的相关说明:

1. 无为作为此次活动的主要负责人，因为个人因素，至使活动进行陷入停滞，最终由人迹代为总结。无为负有一定的责任，但鉴于他出于无意，经个人申请保留组织成员身份但退居组织结构二线。
2. 参报人员如上表中处理结果为提名科技灵魂使者的人员，在经由个人同意后正式成为科灵成员。此科灵成员指最新组织结构中平台型部门的科灵团体——区别于联盟团体
3. 活动中同参报人员沟通不足是很重要的问题，对这一点我们正在进行一系列的改革，希望大家可以支持
4. 对相关处理有任何疑问可以回复此帖或直接同我们联系
5. 对于已经成为组织成员的人员，具体的评价标准还在制定中

#### **活动完成意义及成果：**

1. 总结了一定的关于太阳和相对论的资料
2. 完成了对无为对相对论疑问的解答，但因为无为个人问题讨论没能更深入下去，而是在最后成为对相对论的普及文章
3. 普及相对论的相关问题，但时间上没有完成全部内容，如广义相对论部分没有进行，对于没有完成的部分希望有心的同仁可以在另外的机会完成，使这个活动的整体成果成为很好的学习基础内容的资料。另外一些关键性问题还没有涉及，如双生子悖论
4. 在讨论过程中另外提出了一系列的问题，引起大家的思考，希望可以有所启示

知识共享组织(Creative Commons Corporation)署名-非商业性使用-相同  
方式共享 2.0]相关信息可参照：<http://creativecommons.org/>见附件

总结人：人迹

责任团体：[科学网络发展基地]

相关责任人：人迹、无为

时间：2008/4/26