

小杨同志

导 航

- 博客园
- 首页
- 新随笔
- 联系
- 订阅 XML
- 管理

< 2015年2月 >						
日	一	二	三	四	五	六
25	26	27	28	29	30	31
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
1	2	3	4	5	6	7

统计

- 随笔 - 7
- 文章 - 0
- 评论 - 163
- 引用 - 0

公告

昵称: 小杨同志
园龄: 2年10个月
粉丝: 45
关注: 0
[+加关注](#)

搜索

找找看

谷歌搜索

常用链接

- 我的随笔
- 我的评论
- 我的参与
- 最新评论
- 我的标签

随笔分类

- C\C++(3)
- mysql(1)
- Python/Shell
- 汇编语言(1)
- 系统相关(1)

随笔档案

- 2014年12月 (1)
- 2012年11月 (1)
- 2012年7月 (5)

science

相对论并非遥不可及

最新评论

- 1. [Re:相对论并非遥不可及](#)
嗯，写的好！哈哈，神秘的东东被博主，讲的通俗易懂，多谢分享！
--godtrue
- 2. [Re:相对论并非遥不可及](#)
!!!!厉害 总结的好 博主辛苦了~
--龙行天下ak
- 3. [Re:相对论并非遥不可及](#)
太牛叉了。
--金色海洋（jyk）阳光男孩

相对论并非遥不可及

标签： 科学

[TOC]

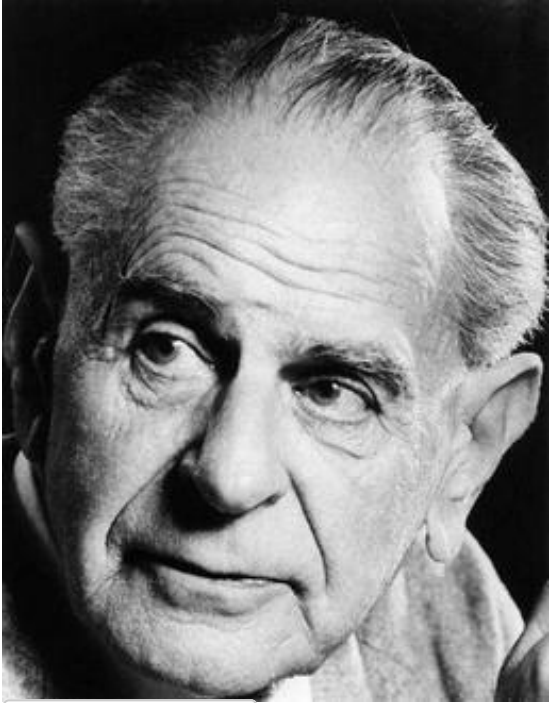
本文献给所有爱思考，爱阅读的人

前言

- 最近去影院看了《星际穿越》，很棒。有种说法是：全体观众都看跪了，一部分是因为影片太棒了，跪了。一部分则是完全没看明白，跪了。影片中出现了 [牛顿定律](#)，[相对论](#)，[虫洞](#)，[黑洞](#) 等概念，而且对这些概念的解释也是点到为止，有些概念甚至没有做任何说明，这样对不爱理科的文科生来说确实有些吃力。次日在路上一对情侣关于相对论的对话，也是让我跪了，决定拿起键盘，站在无数巨人的肩膀上，宣传科学。同时也督促那些萌妹子，碰到这样忽悠你的男生，能分就分了吧，O(∩_∩)O哈哈~
- 相对论不是造原子弹的理论，也不是让我们高不可攀、距离我们无比遥远的理论。恰恰相反，他是我们可以理解的理论，也是和我们的世界息息相关的理论
- 定位：只要对知识有渴望的人类都能看懂（如果有萌妹子被追求者拉着去看高智商的《星际穿越》，之后对您进行天马行空地忽悠，然后您对他产生崇拜感，并最后把您忽悠到手，如果您有这样的经历，那本文更是为您量身打造），本文力求通俗易懂，且不会对电影剧透，只是传播相对论相关的知识，目标就是传播知识，让所有人了解相对论。
- 既然是科学，严谨必不可少，由于笔者知识有限，出现差错在所难免，所以本文也开启了标注权限，读者可以对文章进行在线标注，欢迎批评斧正，欢迎吐槽，同时可以[小杨同志的微博](#)进行交流。这么高深的理论和盖房子、做饭是不一样的，后者可以通过自己实战来总结，对于相对论我没有任何数学公式的推导或者实验的经历，所有的理论成就都归物理学家，而我只是学习归纳总结。为了更好地理解相对论，本文决定从经典物理入手，对其提出质疑，然后引出主题相对论。关系不是特别紧密的知识点将不再赘述，也希望读者能从头开始读，不要直接跳到相对论的章节，前面的铺垫真的很有必要。读完本文之后，如果萌妹子不再被骗，那绝对是令人振奋的事儿（我太邪恶了）；如果您真的对相对论有所了解，并且可以解释最基本的因果关系，那我的努力真的没有白费；如果您真的明白了，并且通过扩展阅读对相对论有了更深的了解，并且加入到了科普的行列，在下感激不尽！！
- 感谢[ghosert](#)提供了如此伟大的[作业部落](#)。更需要感谢[科普斯坦汪洁](#)的《时间的形状》[\[^shijian\]](#)，相比《时间简史》《黑洞与时间弯曲》[\[^xiangduilun\]](#)，这是最棒的相对论入门书，也是本文的主要知识来源。

必须扯清楚的5个问题

- 波普尔的科学 [证伪性](#) 与 [预言性](#)。什么是证伪性？顾名思义，就是可以证明它是假的？对，你太聪明了。你也许会有抄板砖的冲动：“可以证明它是假的，那还是科学吗？！”。别着急，这句话应该这么理解：所有的科学道理，物理规律都是可以证伪的（也就是无法被证实），但是是尚未证伪的。我能感觉到，您的板砖已经拍了我。注意，不要打断我，如果看完下面的例子你还不明白，我自己拍。



[天下乌鸦都是黑色的](#)。这是一条大家都知道的常识，但是这句话被证实了吗？显然没有，你发现了中国的乌鸦和外国的乌鸦都是黑色的，那你无法证明所有的乌鸦都是黑色的，就算你找到了全世界所有所有的乌鸦，那你还是没有证实这句话，因为你无法证明过去的乌鸦或者以后的乌鸦也会是全部黑色。“你TMD不是抬杠吗？”，我又一次被拍了。我没有抬杠，因为你确实没有拿出全部的事实去证实，咱搞科学要严谨。但是，现在可以大胆地立下一个 [预言](#)：天下乌鸦就是黑色的。如果有一天你在非洲某一个角落发现了一只乌鸦，我不用看，它肯定是黑色的，屡试不爽。假如真有一天您真的发现了白色的乌鸦，好！那这条规律就被推翻了。也就是我们的科学规律，仅仅是现在正确罢了，以后谁知道（所以，怀疑精神很重要！！被九年义务教育摧残的我们啊）

好，现在回归到正统的物理学，当一个小球从你的眼前飞过，如果知道当前的速度和位置，那完全可以计算出它是怎么飞过来的以及以后将如何运动，几百年过去了，这个规律没有人怀疑。到了20世纪，当我们研究放眼到高速运动的物体或者开始研究粒子的时候，牛顿定律也就不再适用了。以后会讲到。

判断下面这句是否符合科学的证伪性与预言性：[天底下有白色的乌鸦](#)。然后你开始全世界寻找乌鸦，找到所

4. Re:相对论并非遥不可及
本来我不知道如何忽悠妹子， 现在知道了 引用话说写这么长 哪个妹子会看下去！ ...
--Simon_He
5. Re:相对论并非遥不可及
@为乐而来哈哈 :D...
--excite

阅 读 排 行 榜

- 1. 相对论并非遥不可及(8692)
- 2. 封装好的双向链表(80)
- 3. samba配置windows匿名共享(77)
- 4. wamp linux mysql主从备份(69)
- 5. 王爽老师《汇编语言》课程设计2(64)

评 论 排 行 榜

- 1. 相对论并非遥不可及(164)

推 荐 排 行 榜

- 1. 相对论并非遥不可及(172)

有的乌鸦后发现都是黑色的，那你也没有推翻这句话，只能说你没找到白色的而已。貌似这句话不能够被证伪，无法推翻，那它真的是条规律吗？不是，如果它是一条规律，那它应该可以预言一下，在什么时间什么地点会出现白色的乌鸦呢？显然无法预言。所以这句话不是什么规律。

总结：科学规律具有证伪性和预言性。科学道理不能用摆事实，讲道理去证明它。只能是就现在的事实，总结出规律，提出一种预言，直到有一天它被推翻。感谢博客园博友皛上雪的提示，刚才查了一把，果真出现了白色的乌鸦，这句话被证伪了。但是作为一个经典的例子，还是决定保留在这里，因为如果我换成了别的例子，估计也有被证伪的一天

- 相对论是造原子弹的理论吗？这句话显然是不对的，在狭义相对论里面，确实出现了质能方程

$$E = mc^2$$

原子弹和这个方程又有什么关系呢？，下面举个例子：

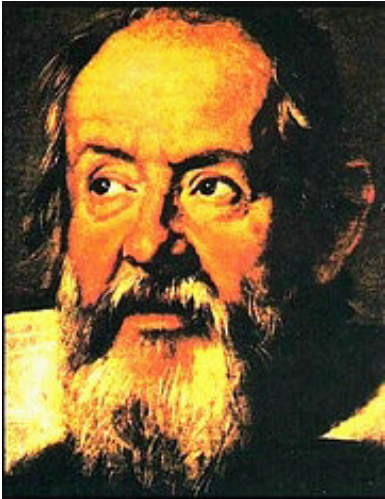


村里面有人放了一个屁，全村人都被熏死了，大家都不知道这个屁的成分。但是你还是无法阻止这个人放第二个同样的屁来熏死大家。直到有一天，来了一个化学家，经过他的分析，找到了这个屁为什么这么臭的根本原因。

原子弹也是同样的道理，卢瑟福早先经过实验确实验证了，放射性元素可以释放大量能量这样的事实，但是他也不知道为什么，核物理学家只是根据这个事实，造出了威力无穷的原子弹。但是威力为什么如此巨大呢？有没有量化的标准或者公式？爱因斯坦做出了解释，就是那个震古烁今的质能方程。

- 思维实验，说白了就是想象，意淫的能力。有时候并不是所有的结论都需要用实验验证，仅仅需要推理就可以得到结果。甚至有些实验是不具备实验条件的，这时候也只能靠思维实验了。举个例子：

两个铁球同时落地：这个是不需要伽利略爬上比萨斜塔的。呵呵。看看下面的对话。



伽利略：您说重的铁球较轻的先落地？
亚里士多德：对的！
伽利略：如果我把一个重的一个轻的绑在一起，那是不是整体质量超过了那个重的？并且这个整体会比单独的重铁球先落地？
亚里士多德：对！！
伽利略：被绑在一起的那轻的铁球会比重的铁球速度慢，也就是会阻碍重的铁球。
亚里士多德：对的！！
伽利略：那速度会低于单独的重铁球，但是它俩的质量比单独的铁球重，不矛盾吗？
亚里士多德：？？？我想想！！。。。
其实相对论完全离不开爱因斯坦超级牛叉的大脑，思维实验。

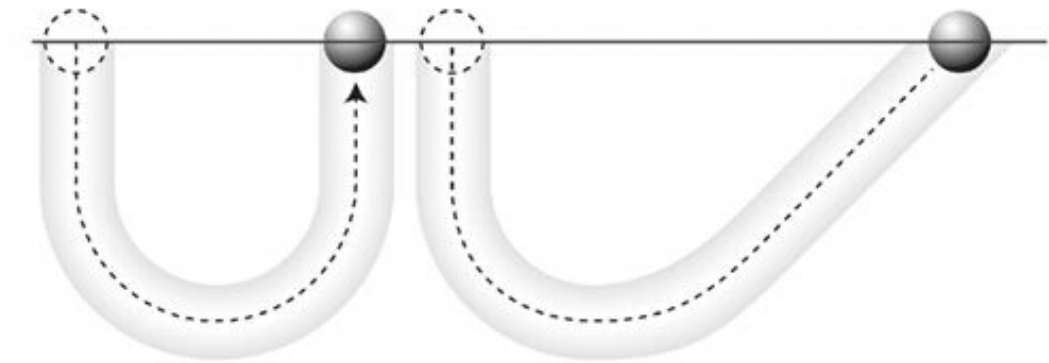
- 奥卡姆剃刀原理：如无必要，无增实体。如果你发现了一个很奇怪的现象或者规律，你需要给别人解释这种现象，你会作出各种假设，有复杂的有简单的，目的就是让人理解，那么最简单，简短的解释是最接近事实的。还有，如果你需要一个东西去支撑你的力量，如果他不存在，那就不要假设，直接认为他不存在，这样就不会对结果产生影响

我们所认识的世界

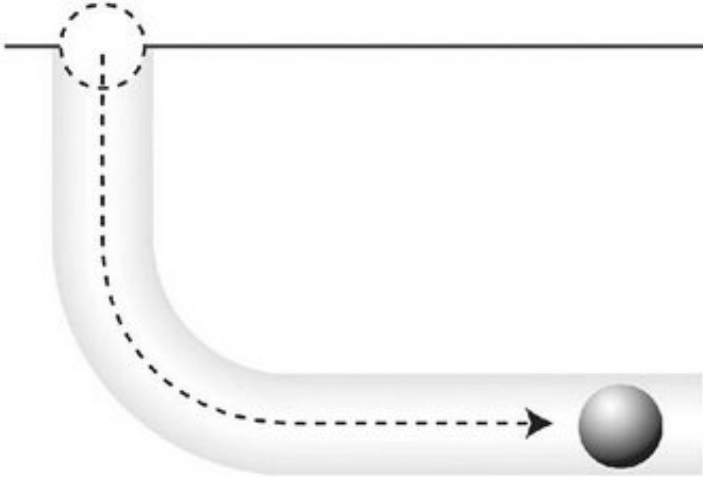
- 一提到经典物理学，首先映入脑海的肯定是牛顿，其实在牛顿之前还有一个伟人，这个人为牛顿的成就打下了坚实的基础，他就是伽利略（人家大学是医学专业）。

回想前面的思维实验，两个铁球同时落地，也就是说两个铁球降落的速度和他们的质量是无关的。这也就引出了伽利略的第一个广为人知的成就：自由落体定律，这个定律说的是如果不考虑空气阻力的话，那任何物体下降的速度都是一样的，且都是呈固定的加速度。

伽利略的第二个成就：惯性定律，（其实这就是我们熟悉的牛顿第一定律，只是没有牛顿表述得精确，优美，最后把这个功劳归功于牛顿了）。一个U形管，一个小球，从一端放入小球，如果U形管足够光滑，那它会滑到另一端的最高处。伽利略没有停，假如U形管的右半部分倾斜如下图，那它还是会滑到最高处，可以这样理解，那个小球不到最高誓不罢休，伽利略依然没有停，假如把U形管的下部拉长，那这个小球还是会继续向前奔跑，直达到右侧的最顶端。



如果把右侧拉平并且下部无限长呢？小球也必然会不停地向前执着地奔跑，直到找到那个最高点，决不罢休。



伽利略的结论是：在一个完美光滑的表面运动的物体，会有一种保持这个运动的“惯性”，除非有外力阻止这个惯性，伽利略称之为“惯性定律”。

- 伽利略的相对性原理。不要被名字吓到，相信您看完这一小节之后，您肯定会想：“如此简单的规律，如果我活在那个时代多好，我肯定是个科学家”。

相对性原理：在任何惯性系中，力学规律保持不变。这句话，您唯一不认识的估计就是这个 惯性系 了。该如何理解呢？理科生可以跳过这一段了。为什么挑选 惯性系 这个特殊的场景？假如A和B，A在陆地，B在匀速行驶的船上。我们可以说A是静止的，B是运动的吗？那显然是不行的。因为判断一个物体是静止还是运动，是需要一个 参照物 的。严谨的说，A相对于陆地是静止的，但是A相对于船来说就是运动的。B也一样，B相对与陆地是运动的，但是相对于船来说，就是静止的。所以，参照物很重要。

好的，我们继续，B在匀速运动的船上（是一个运行非常稳定，没有颠簸，非常匀速的船），现在把船上所有的窗户关上，那这时候B知道他相对地面是静止的还是匀速运动的吗？那显然是不知道的，我们都坐过火车（想象一个非常完美，没有颠簸的火车），除非火车速度发生变化，否则我们是无法感知我们相对于地面是在动还是静止。那能通过实验来证明B的状态吗？这时候B从手中释放了一个小球，发现小球确实是垂直落了下来，然后B又用绳子将小球挂起来，发现绳子确实与水平线垂直。力学规律丝毫没有变化，所以伽利略就将匀速运动和静止状态统称为 惯性系 。试想如果此时船突然加速，那绳子必然将倾斜，力学规律就发生了变化，这也就是 非惯性系 了。大家一定要记得这个原理，因为相对论就是要从这里颠覆经典物理学的。

- 牛顿到底有多牛？



摘抄一把：牛顿是历史上最最伟大的炼金师，同时也是伟大的物理学家，天文学家，数学家，哲学家，神学家，而且对英国金本位制确实也起到了关键作用。物理方面：三大运动定律，质量守恒定律，能量守恒，动量守恒，万有引力。数学方面开创了微积分学科。天文方面反射式望远镜，光学色散和牛顿环。金融方面金本位制。哎，绝对是历史上绝无仅有的，跨越了这么多的学科，以后也不会有这样的全才，因为现在学科分的越来越细了

上述的一些概念，不再进行说明，顾名思义，也能猜出大概是什么意思，即使不懂这些，也无碍理解相对论。但是有一点是一定要说的，就是牛顿留下了震古烁今，彪炳千古的著作《自然哲学的数学原理》，牛顿的公式被后人重写过，但是这本书绝对是传世经典。讲什么的？讲的就是自然与数学之间的关系，一个小球从你眼前滑过，你可以利用数学预测出任何时间他的位置。用着《原理》可以计算日食，月食出现的时间，几乎可以做到分秒不差。还记得海王星是如何被发现的吗？在天王星被发现之后，科学家发现他的实际运行轨道和计算

结果有偏离，科学家就大胆预言，在天王星的旁边应该还有一颗行星，正是这个行星影响了天王星的运动轨迹（牛顿的万有 引力定律，简单理解就是任何物体之间都存在引力）事实证明了这一点。也就是从这件事儿以后，再没有任何人怀疑牛顿，从此牛顿就是神，神就是牛顿，谁都不能怀疑！！牛顿一统江湖。

现在还在感叹这本书的牛掰之处。随便总结个物理规律，写成数学公式，然后就开始折腾这些公式，咦，发现了一个新解，反过来实验，还真TMD有这种现象。所以有那句话，物理学家都是数学家。

- 牛顿的绝对时空观（我发誓，我们真的接近相对论了），不要看名字这么屌，其实这就是我们认识的理所当然的世界。但是您还是要仔细看一看，因为问题真的来了。

当时牛顿已经把自己的理论推广到了整个宇宙，宇宙是稳定的。全人类，太阳，所有的恒星都在按照自己的方式和速度运动，无论无何运动，我们感受空间的方式是一样的，长宽高，而不管物体如何运动，只要测量准确，我们都可以得到相同的长宽高。同样，全宇宙都同样经历着时间的流逝，只要计算精确，我们可以计算出任何物体运动相关的时间。牛顿认为宇宙中充满了‘以太’这种物质，这种物质虽然没有对天体的运动产生阻力，但是它却是是客观存在的，我们的地球就是迎着这个‘以太’风来运动的，只需要时间来证明它就可以了。牛顿是神，我们都得信，我们后人的的任务就是想尽一切办法，来证明这个以太的存在。但是事实呢？科学家进行了无数次试验，最终都没有证明以太的存在，相反却恰恰无情地推翻了牛顿的绝对时空观，但是牛顿是神，肯定是实验的误差导致的。。。但是100多年过去了，还是毫无进展，物理学界也陷入了前所未有的恐慌当中。。。。

说到这里，你会觉得这个世界还是你认识的那个天经地义的世界，没什么特别的，但是接下来，将慢慢颠覆你的常识，挑战你的思维底线。

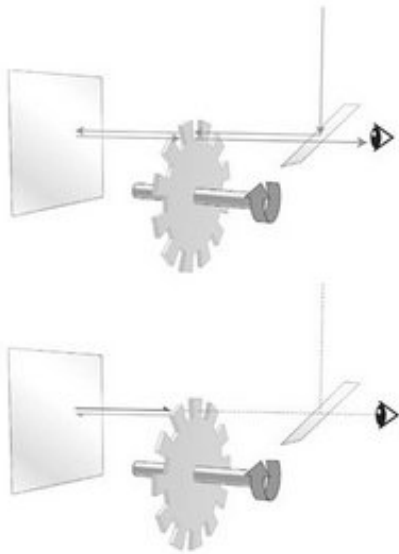
光速测量竞赛

- 毋庸置疑，对光速的思考，是爱因斯坦提出相对论的重要根基之一
- 刚开始科学家认为光速是无限大的，每天早晨我们打开窗户的一瞬间，屋子就被照亮了，我们从来没有看到过屋子的一部分先被照亮，另一部分再被照亮。对光速产生怀疑的第一人：伽利略

伽利略用测量声速的方法来测量光速，两人各自提一个带有遮光板的灯，站在距离1.6千米的山顶，伽利略先打开灯，同时摁下计时器，对面的人看到光的同时也打开灯，伽利略看到反回来的光之后再次摁下计时器。在这个时间差，光走了往返的距离，虽然误差比较大，但是伽利略的方法是对的，但是最终实验失败了，因为光速实在是太大了。

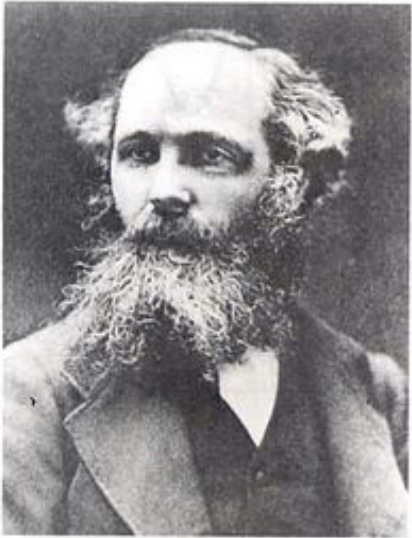
我们现代人都知道光速是30万公里每秒，一秒绕地球7圈，一秒走的距离让最快的阿波罗飞船也要跑4天。

- 30年后，光速的测量首先在天文学上获得了成功，丹麦天文学家罗默通过观测天体的运动，首先测量出了光速大概是22.5W公里/秒。具体测量方法请点击[这里](#)，不再赘述。
- 又过了170年，1849年，法国物理学家 索菲，也就是物理课本上讲的 旋转轮齿法。学过高中物理的可以跳过这一段了。



一束光穿过齿轮的缝隙，会被前面的镜子反射回来，如果现在齿轮开始缓慢旋转，由于光速极快，在缝隙中穿过去之后，依然能够从同一个缝隙反射回来。那现在开始加速齿轮旋转的速度，一直加速到反射回来的光恰好被齿轮挡住了，没有从缝隙中反射回来。这时，光走过的距离是可以测量的，并且时间可以从齿轮的旋转频率计算出来，进而可以得到光的速度，是31.5万千米/秒，这个离真相只有咫尺之遥了。

- 被吓尿的惊人发现，是巧合还是必然？



James Clerk Maxwell
(1831–1879)

时间又过了30年，1873年，英国科学家麦克斯韦发表了可以和牛顿《自然哲学的数学原理》比肩的《论电和磁》，（高中物理老师每次提到这个名字，都发出一声感叹，称之为真正的天才），出版之后并没有得到太多的认同，因为论述的电和磁都是虚无缥缈的东西，无法像小球那样做实验验证。麦克斯韦认为电和磁是同一种物质的不同的表现形式，他们的性质和相互作用被麦克斯韦用简洁优美的方程组描述：麦克斯韦方程组。该方程组绝对是数学美的典范，无数科学家被他的美所震撼，仅从他完美的表现形式，他就不可能是错误的（历史也证明了这一点，所有经典物理学的公式都被相对论修改过，但是唯独麦克斯韦方程组，少一笔不行，多一笔又显得多余）。

根据这个方程组，麦克斯韦预言了电磁波的存在，但是伟大的天才只活到了48岁，没有亲眼看到电磁波的诞生。没过几年，德国青年物理学家赫兹在实验室的发现，震惊了全世界，全世界物理学家都开始忙碌起来，最终证明麦克斯韦的电磁理论全部正确。赫兹测出了电磁波的频率和波长，相乘就是电磁波的传播速度了，计算的结果是31.5万千米/秒，一个惊人的速度。

等等，稍等一下，这个数字怎么这么熟悉，天啊！！竟然和光速一样。这是巧合吗？怎么会有这么巧的事情。难道光是一种电磁波？？这个发现让全世界的科学家兴奋不已，各种实验接踵而至，实验表明光确实和电磁波表现出了相同的性质，最后一致认同，光就是一种电磁波

- 物极必反，经典物理学大厦要崩塌？

也许您已经着急了，但这绝对是我们主角登场前最最关键的最后一次铺垫。

波的传播速度是传播介质的波长乘以频率，也就是由介质所决定。当一个石子投进水里，在这个涟漪产生的瞬间，水波的传播也就和石子没有了任何关系，水波会相对于水（介质）传播出去，所以谈到水波的速度，隐含的参考系是水，而不是石子。再说光，光速的参考系也不是你的手电筒，在手电筒发出光线的一瞬间，光的传播已经和手电筒没有了任何关系，决定它速度的是介质。众所周知，光可以在真空中传播，遥远的星光穿过空无一物的宇宙空间，到达地球，那这个参考系、这个传播介质是什么呢？

还记得前面说到的牛顿的绝对时空观吗？一个叫‘以太’的物质一直没有被证实。既然知道了光在以太中的传播速度，那光速就成了证明‘以太’存在的最佳证人。我们的地球高速围绕太阳公转，可以设想一下：假设地球公转速度是V（忽略自转的影响），光速为C，我们迎着这个‘以太风’，发射一个光线，那我们观测到的光的传播速度应该是C-V，因为光在往前跑，我们也同样在往前跑。背着‘以太风’发射一个光线，那我们观测到的光的传播速度应该是C+V，因为我们和光的方向相背。只要证明了这一点，那‘以太’这种物质就是存在的。那经典物理学的大厦就正式宣布建造完成了。

世上最最成功的失败实验，迈克尔逊莫雷实验，这个实验确实想证明以太的存在，但是无论实验精确到什么程度，实验结果都证明‘以太’是不存在的，光的速度没有受到任何影响。理论错了？不可能，科学家不愿意相信，因为牛顿的绝对时空观和以太学说看上去是那么完美。然后开始出现了各种各样的解释，一切的解释都是建立在牛顿的绝对时空观的基础之上。特别是以韦伯（爱因斯坦的物理老师）为首的科学家，他们相信，只要再多做一些实验，最终的胜利依然属于牛顿。风起云涌，这股热潮从19世纪刮到了20世纪，但是极少有人站出来质疑理论的根基是否出了问题。好，欢迎主角登场吧！！

人类文明的彻底洗礼-爱因斯坦的狭义相对论

- 主角登场



爱因斯坦，22岁，瑞士人，苏黎世联邦工业大学物理系本科毕业，取得数学和物理双本科学位，不爱写作业，爱思考，没有经过亲自验证的理论不会轻易承认，敢于质疑权威，导致和老师关系都不好，毕业后想留校当助教，申请过多次，都被拒绝，甚至有些就没有回信。毕业之后8个月没有稳定工作，不顾母亲反对，和自己喜欢的女孩在一起，为解决生计，当过高中学代课数学老师，1902年在瑞士的一家专利局找到一份工作，职称为“三级技术员”，无任何成就。（未婚就把女友的肚子搞大，这个算成就吗）

主角终于登场，不过简历真心寒碜，在教授、博导多如牛毛的欧洲物理学界，真为他感到担忧。不过专利局的工作给了他充裕的思考时间，经常满桌子都是数学草稿，左手抱孩子，右手写字。。。但是这个年轻人超强的思维能力和推理能力绝对让你不寒而栗，当你理解他的时候，你会感到兴奋不已，数秒的思考之后，你会感到无比恐慌。

- 绝对光速，你以接近光速（假设）和一束光同时离开地球向宇宙进发，地球上的人看到你和光几乎齐头并进，这一点毋庸置疑。那你看到的也是相对静止，齐头并进？绝不可能，你看到的必然是这束光以光速离你而去。

我们再一次回到光速，下面这段话改了很多遍，怕多说一句影响读者的思路，也怕少说一句使得整个推理不严谨，大家注意力集中，开始吧。

光是一种电磁波，从麦克斯韦方程组可以得知，震荡的电场产生震荡的磁场，震荡的磁场再次产生震荡的电场，如此循环下去，就形成了电磁波。就像是一个队列的人报数一样，1，2，3。。。传播的速度取决于报数的频率。火车从A移动到B，是这个实体在移动，电磁波不同，波的传播依靠的是介质，而介质并没有向前移动。例如水波，肉眼看到的是水波在扩散没错，但是单独的每一滴水，它仅仅是在上下震荡，水并没有向前移动。电磁波的传播可以理解为报数的话，那电磁波的速度就取决于报数人反应速度了，真空这个介质就充当于报数人的角色。

伟大的麦克斯韦方程组，已经证明了，电磁波的传播速度与波源的运动速度无关。试想我们将一个石子扔入湖中，不管我们是垂直仍还是斜着扔，水波的传播速度是不变的。

思维实验： 我一个人在黑漆漆的宇宙，因为身边没有参照物，所以不管以高速飞行还是静止不动，我都是完全不知道的。假如现在我的速度提升到接近光速（我依然不知道，因为没有任何参照物），这时候如果我发出一束光，我将看到什么？一个和我保持相对静止的光？一个震荡的电磁场，却没有感应下去？这不可能，根据伟大的麦克斯韦方程组，光速和光源是没有关系的，而且介质没有变，我看到的应该还是光速（而且我真心不知道我当时的速度），我看到的应该还是交替震荡下去的电场和磁场。再次想象一下队列报数，这个报数的反应速度在地面上和在火车上不一样吗？显然很荒谬。不管在哪，这个报数的反应速度绝对不会变的。再次强调一下，物体往前走是这个实体真的移动了，但是波的介质没有移动，只是依次传递下去。

众所周知，我们地球人测量出了光速C，那测量的时候是在绝对静止的条件下吗？显然不是，我们的地球在不停地自转公转的呦！！

再次回到迈克尔逊莫雷实验实验，它不就是证明了光速不变吗？这个实验犯了一个致命的错误，他先假设以太是存在的，结果证明了以太确实不存在，显然很矛盾，只是当时科学家真的不敢怀疑牛顿。想想前面说到的奥卡姆剃刀原理

小爱童鞋在纸上写下：对于任何参考系来说，在真空中光的传播速度恒为**C**。



- 爱因斯坦对经典物理学的第一次困惑

小爱已经确定，光速恒为C，假设你在空无一物的宇宙中，那你能通过测量光速来，确定自己是静止的还是匀速运动的呢？显然不会，因为光速始终不变。小爱并没有停止他的思考，小爱认为，应该是在惯性系中，一切物理规律保持不变才对。试想，如果在不同的惯性系（匀速或静止）中，物理规律发生了变化，那科学家早早地就可以在实验室测出地球的公转速度了，而且不仅力学实验不变，热学，光学，电磁学都应该不会发生变化。小爱对于现在的成就很满意，但是马上又困惑起来：“光速恒定看起来是如此地简洁，严谨，美妙。根据经典的速度合成公式，如果火车的速度是V，一个小鸟在火车中以速度W飞行，那站在地面上的人看到小鸟的速度应该是V+W，这点没错，如果火车上有一个人打出一束光，那站在地面上的人看到的光的速度应该是C+V？这又和自己的光速恒定很矛盾，经典物理学在过去的几百年中在各个领域取得了非常大的成就，但是我的推理也是分毫不差，该相信谁？难道这个世界有高速低速之分？”想着想着，小爱睡着了，做了一个非常美妙的梦。。。。见下文。

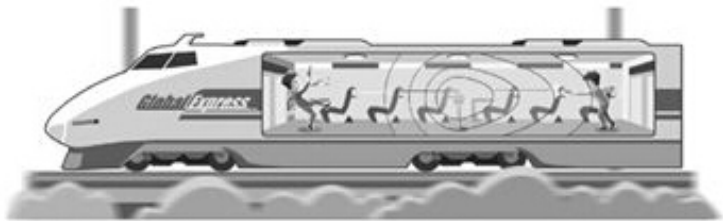
- 高速列车杀人事件，摄像机的记录更让人困惑。

背景：A和B同时爱上了一个女人，两人决定来一次公平的决战，在高速列车（0.5倍的光速）的同一个车厢，车厢中间有一盏灯，两人站在车厢的两边，灯会在1分钟之后自动打开，当两人看到灯光的时候，就向对方开枪。

结果A被干掉了，B手臂受了重伤。警方（小爱）来到了现场，了解情况之后，警方说：“如果你能提供证据证明你们是公平决斗的，那你将无罪。”就在车厢中间有一台高速摄像机，记录了整个过程（如下图），观看完录像，警方说：从录像中看到，光同时到达你们，而且你们是看到光之后才开枪的，你无罪。



就在警方上车，准备离开现场的时候，后面有个人追了上来，大声喊：“不是这样的，这一切都是B精心设计的阴谋。我是站台的管理员，枪击发生的时候，列车正好经过我们站，站台的摄像机也同样记录了发生的一切，警官，一块儿看一下录像吧。”录像显示：列车在高速行驶，B面对的方向正好是列车行驶的方向，光线确实是先到达B，也就是B在遵守规则的情况下，看到光后开了枪（如下图）。



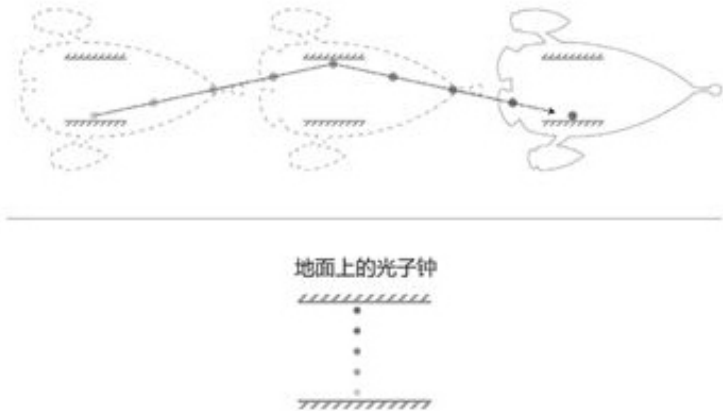
看到眼前的一切，小爱童鞋大脑一片空白。这关键时刻掉链子岂不是很没面子，小爱果断开启外挂模式：“两台摄像机都没有任何问题，光速与光源的运动无关，从这两个事实来看，时间是相对的，对于站台上的人和高速列车上的人来说，没有真正的同时，任何所谓同时发生的事情，都只能是对同一个惯性系中的人才成立”。

- 彻底抛弃绝对时间观念

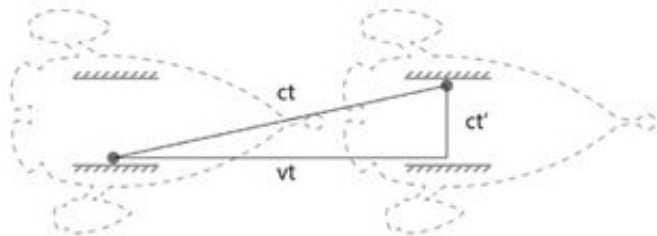
继续回到一起举过的例子，你坐在宇宙飞船中以接近光速和一束光同时向宇宙进发，地面上的人看到你与光几乎不分前后地离他而去，光只比你快一点点。你看到的是这束光以光速C离你而去，如果你对这个依然百思不得其解的话，只能说明绝对时间观念在你脑海中根深蒂固。如果你能感受到你的时间和地面上的人的时间是不同的，你过了1秒，地球上已经过了1个小时。对你来说，1秒钟内，那束光跑的很远很远了，但是在地球上的人看到的是这束光用了1个小时才拉开与你的距离。这些解释貌似合情合理，但是却无法用实验去验证，全靠意淫是不行的，下面不得不呈现支撑这个逻辑的理论基础了---思维实验+数学。

- 时间膨胀

我们该如何描绘时间变慢呢？注意，这里不是你的劳力士走得慢了，是时光的流逝，流的慢。



我们用一个光子钟来衡量时间，因为光速太快，所以我们假设光子往返10亿次是过了1秒钟。这时候A拿着光子钟站在地面，B拿着光子钟坐在高速飞行的宇宙飞船上。从图上可以看到，B的光子钟要想滴答一次，光子走过了更多的距离。由于光速是恒定不变的，A的光子钟震荡10亿次，B的光子钟是斜着走的，没有震荡10亿次，假设是5亿次。那A过了1秒，B的时间只过了0.5秒。换个角度说，就是B的光子滴答这一下用的时间更长了。推导一下公式：根据毕达哥拉斯定理（勾股定理），可以推导出速度与时间的关系：



$$(ct')^2 + (vt)^2 = (ct)^2$$

$$c^2t'^2 + v^2t^2 = c^2t^2$$

$$c^2t'^2 = c^2t^2 - v^2t^2$$

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

$$t'^2 = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) t^2$$

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

这个公式推导比较简单，简要说明一下含义：**c**是光速，当我们的速度**v**很小的时候，比如火车**60米/秒**，那

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

的值是**0.999999983**，非常接近**1**，等式几乎成立，你坐火车**100**年，下来之后之比陆地上的人年轻**53.6**秒，也就是坐火车和静止在地面上的人的时间快慢非常接近。我们的登月飞船的速度是**10500米/秒**，已经够快了吧，那这个值仅仅是**0.999387312**，和陆地上的时间还是非常接近，也就是在飞船上飞**100**年下来，你也仅仅年轻了**22**天左右。如果**v**很大，是**0.99c**，那这个值就是**0.004**，你的一年相当于地球上的**250**年。速度越接近光速，这个公式体现出的时间膨胀越明显。如果超过光速呢？这个值就是虚数，没有意义（到底有没有意义？难道可以穿越时空？）

畅想一下你长生不老的场景吧：假如你坐上了**0.99c**的宇宙飞船，一年之后飞回来，地球上已经过了**250**年。但是你真的是仅仅过了一年，绝不是你体验了**250**年的精彩生活仅老了一岁。你一天也没有多过，并且每天都是**24**小时。如果地球的人能时时刻刻看到你的话，地球人撒尿用**2**分钟，因为你的时间过的很慢，地球人看你撒一次尿用了将近一天的时间。但是，当你回到地球的时候，地球真的已经过了**250**年，你来到了将来。

这里谈论的时间变慢了，不是你的劳力士不准确了，是时间本身变慢了，与时间有关的一切都变慢了，——时间膨胀了。有个更好的理解方法：你把时间想象成一个实体，刚开始从起点到终点是**100**米，时间膨胀之后，同样的时间，起点到终点变成了**500**米。

- 空间收缩了

爱因斯坦没有停下他的脚步，继续推导公式(**L**代表长度):

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

和没有绝对的时间是一样的，也没有绝对的空间，表现出速度越大，长度会收缩。牛顿这时候活着的话，肯定疯了。我们所说的收缩是相对与另一个空间的收缩效应，地球上的人看飞船上的人，确实变小了，但是飞船上的人拿尺子测量发现自己没有变小，那是因为尺子也变小了。跑步的人相对于静止来说也变小了，不过根据上一节的计算，缩小的量真是微乎其微。如果是高速运动的物体，那收缩的就相当明显了。

- 新的速度合成

在经典物理学里面，我们学习过速度合成。火车相对地面的速度是**V**，如果人在火车上以**V'**同样向前行动，那地面上的人看到火车上的人的速度应该是**V+V'**，但是在爱因斯坦的相对论里面，由于火车的行驶，导致火车的时间膨胀和空间收缩。地面上的人看到的合成速度应该是什么呢？

$$w = \frac{u + v}{1 + \frac{uv}{c^2}}$$

可以看出，当**u**和**v**相对于光速无限小的时候，这个等式几乎和经典的速度合成公式是一样的

$$w = u + v$$

- 质量和速度，牛顿真的要疯了

在经典物理学里面，我们研究一切运动的基础就是质量守恒。不管小球如何运动，小球的质量是不会变的。现在摆在爱因斯坦面前的是动量守恒定律：

$$m_0v_0 = m_1v_1 + m_2v_2$$

，
根据洛伦兹变化是和动量守恒定律，爱因斯坦推算出了质量和速度的关系：
$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

，速度越大的物体，他的质量会变得越大。牛顿如果真的在天有灵的话，看到爱因斯坦这一切举动，是不是要疯掉？？

- 光速极限

爱因斯坦认为，任何信息或能量的传递都无法超越光速。思维实验：有一个力作用在小球上使它加速，根据前面的推导，速度越大小球的质量就会变得越大，这时候就需要用更大的力才能保持住一定的加速度，当加速到无限接近光速的时候，这个小球的质量也就会变得无限大，这时虽然用较小的力依然能让它加速，但是由于质量非常大了，加速度几乎可以忽略，为了让这个质量无穷大的小球继续朝光速进发，必须用无穷大的力，但是无穷大的力是不存在的。以上是在数学上展现的特性。就不列举公式了，多一个公式，少5%的读者。（在量子物理学，光速极限到底有没有被推翻呢？推荐《上帝会掷骰子吗？》曹天元，相当棒的一本关于量子的书）
地球围绕太阳公转，是因为太阳和地球之间存在引力，想象一下，如果太阳突然消失，会发生什么？地球会突然被甩得很远？不，爱因斯坦认为，这个信息的传递不会超越光速，地球会在**8**分钟后被甩开。

- 质能方程

看到这个名词，大家肯定觉得无比亲切。这就是大部分人对相对论的初步认识。
质量为**m**小球以速度**v**向前运动，那他拥有的动能是
$$\frac{1}{2}mv^2$$

，爱因斯坦结合相对论理论，对这个公式进行推导（查阅了各种资料，真心看不懂怎么推导出来的，貌似用到了“无穷级数展开”的数学知识），结果出现了如此简洁美妙的质量和能量转换的方程：
$$E = mc^2$$

记得高中老师讲过：一克的木炭，质量完全转化成能量，可以让一个**100**瓦的灯泡亮**100**万年。有些人该说我脑残了，一斤的木炭燃烧完全后，连顿饭都做不熟。对，没错，您说的燃烧，是化学反应，只是碳结合氧气转化成了二氧化碳而已，整个过程质量完全没有减少，碳的质量只是转移到了二氧化碳当中。这个质能方程说明的是质量真的少了，少的质量转化成了能量。这个方程解释了放射性元素为什么会释放如此大的能量。

- 看了上面的内容，您也许感觉狭义相对论还是比较好理解的，没想象的那么难，看看下面的问题吧，相信你再次怀疑了自己的智商

经典的问题，双生子佯谬：想象一下，你即将坐上一艘亚光速飞船告别地球上的双胞胎弟弟去太空旅行，当你弟弟看到你的飞船瞬间冲上云霄，一下子就飞得不见踪影时，他在心里想，等哥哥回来的时候，我就比他老了，哥哥会比我显得更年轻。可是，你在飞船上可不一定这么想，在你的感觉来说，你觉得是地球载着你的弟弟突然飞离你而去了，你越想越觉得有道理，不一会儿，你就感慨到：“等我再见到弟弟的时候，我就更老了。”亲爱的读者，你觉得他们见面的时候，到底是谁变得更年轻？
要想知道答案，您还得再坚持会儿。。。

时空弯曲-广义相对论

广义相对论和狭义相对论只有一字之差，却是人类认识宇宙的一大步，意义无法估量。如果没有爱因斯坦，狭义相对论也会在5年之内由别人提出，包括庞加莱，洛伦兹，还有爱因斯坦的导师，闵科夫斯基，他们对狭义相对论已经有了初步的思考和成果，但是如果没有爱因斯坦，人类对宇宙的真正认识还不知道要推迟多少年，绝对是独门绝技。

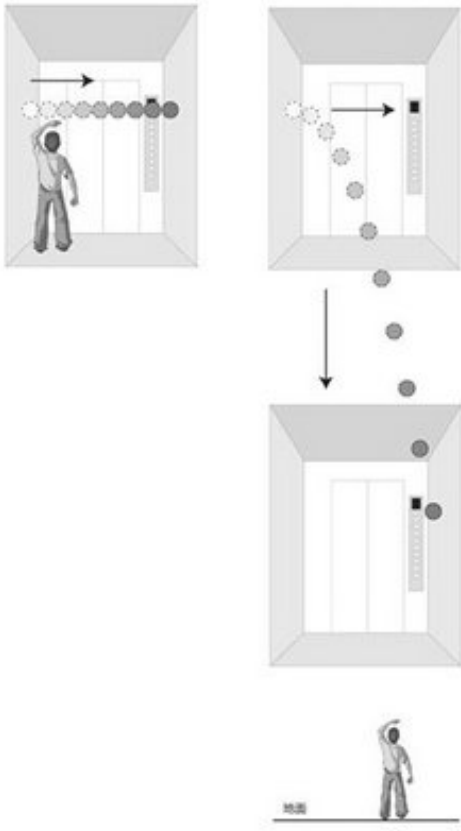
- 等效原理

爱因斯坦有一点很不满，那就是为什么物理规律不变的前提是惯性系呢？上帝在创造这个宇宙的时候，把惯性系摆在了如此重要的地位吗？上帝应该创造一个普世的规律才对。况且，我们所说的惯性系真的存在吗？我们经常说静止或者匀速状态为惯性系，但是我们的地球却在公转自转，绝对的惯性系是不存在的。

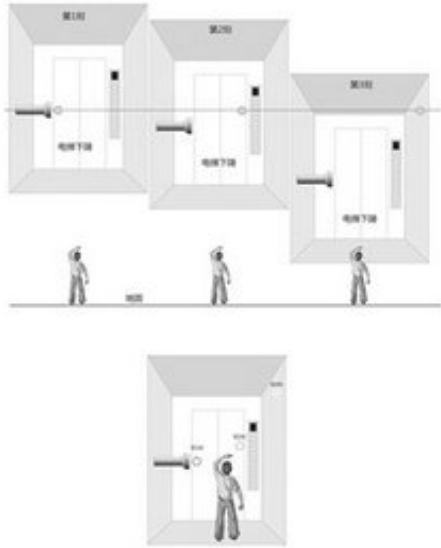
又是爱因斯坦的思维实验：假设你在一个密闭的电梯里睡着了，当你醒来的时候，发现你漂浮在电梯当中。那你能知道你是在自由落体运动还是漂浮在太空中？显然不知道。假如你醒来之后发现你站在电梯里，电梯对你有支撑，你对电梯有压力，那你能分辨你是在地球上，还是这个电梯在太空中推着你做加速运动？显然还是不能。反过来说：你现在站在地球上，受到了地球的引力。想在太空中感受到同样的感觉该怎么做？对，只要有一个作用在你身上产生大小为**g**的加速度的力就可以了。爱因斯坦的结论是引力和加速度等效。

万物的规律终于得到了统一，狭义相对论提到：在惯性系中，一切物理规律不变，在非惯性系当中呢？只要我们将这个变速的参考系，等效为一个引力场就可以了。非惯性系就是惯性系加一个引力场。看似不起眼的思维转变，能得出什么样的惊人推论呢？

- 引力造成的时空弯曲

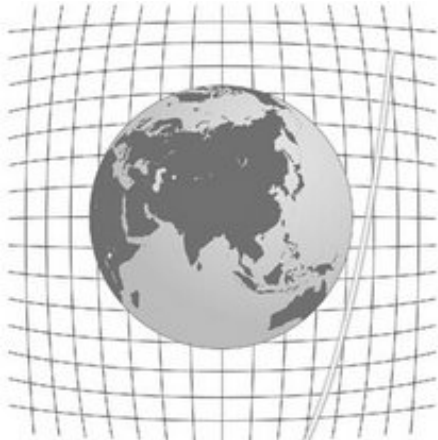


试想，在自由落体的电梯当中，你向正前方抛出一个小球，那你看到的这个小球必然是直线运动，但是地面上的人看到的是这个小球做抛物线运动。



试想，你站在电梯中，向前打出一束光，这光线必然是直的，地面上的人看到的也是直的。假如电梯自由落体降落，如果你看到的光线是直的，那地面上看到的光线必然是弯曲的。当然，光速太快了，我们无法感受到光线的弯曲而已，但是我们真的可以相信光线真的弯曲了，只是弯曲的程度太小了。

根据上面的两个例子，小球和光线都有向下的加速度，加速度和引力又是等效的，那我们可不可以这样理解：引力使光线弯曲了？地球的引力弯曲了光线？好大胆的想法！！

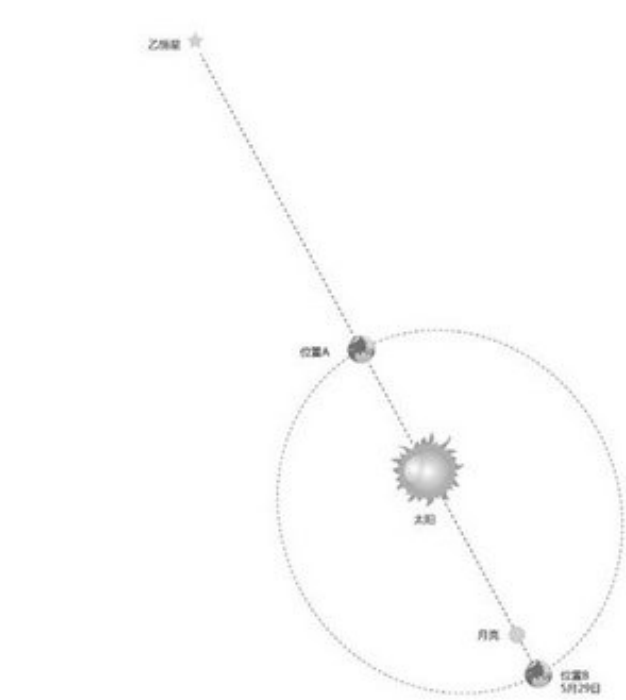


狭义相对论提到过，运动的物体，时间会膨胀（也就是时间会变慢）。引力可以使一个静止的小球运动起来，结论是引力会让时间膨胀，这么说会不会更深刻呢？

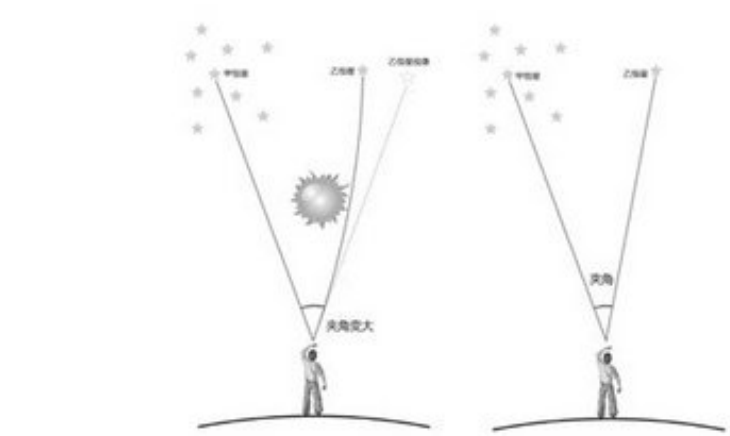
我们把上述现象称之为“广义相对论的时空弯曲效应”。

• 超级无敌星光实验，为爱因斯坦正名

我们对爱因斯坦已经崇拜地五体投地了。但是在当时群星璀璨的欧洲物理学界，并没有得到普遍的认可，思维实验和数学推理确实无懈可击，但是这些都没有得到实验验证，特别是诺贝尔奖的评委会更是反对相对论学说。



如何验证引力可以使光线弯曲呢？如上图，Z为恒星，在位置A能观测到恒星Z，那在位置B依然可以观测到Z出现在相同的位置，只是距离远了，但是角度不会有任何偏差。这时太阳处在位置B和恒星Z之间，如果真的如爱因斯坦所说，引力可以使光纤弯曲，那在B观测Z恒星的位置会发生变化。事实比想象中残酷，您已经看出问题来了，在位置B的时候，是白天，火红的太阳当头照，根本无法看到天上的星星。

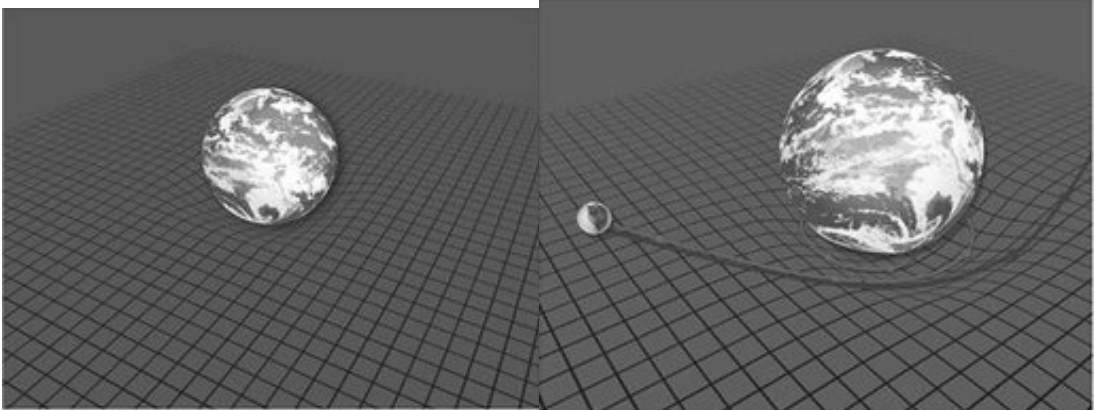


爱因斯坦：可以，日全食的时候！！
1919年一支英国科学考察队远征西非，在日食期间观察到天空中太阳附近一颗恒星位置的微小移动。这证实了爱因斯坦的论断，恒星发出的光线经过太阳时，被引力弯曲了。爱因斯坦红遍全世界，一战成名。要知道这时候爱因斯坦依然没有获得诺贝尔物理学奖，因为评委会真的不懂相对论（那个年代懂相对论的人真的没几个），但是爱因斯坦又如此推崇备至，评委会想办法给自己一个台阶，在1921年爱因斯坦由于光电效应的研究，获得了诺贝尔物理学奖。

• 引力的本质

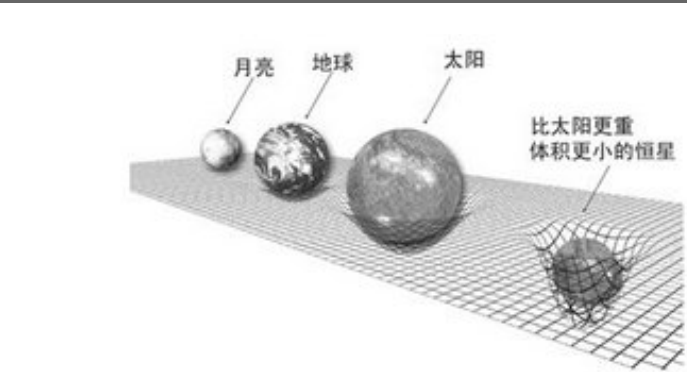
这才是广义相对论研究的核心问题。引力到底是什么？牛顿认为引力就是一个看不见的线。例如地球绕着太阳转，一旦太阳消失，这个线会立刻断开，地球会立刻被甩出去。狭义相对论证明，没有任何信号传递是超过光速的，地球应该在8分钟后被甩出去。引力不是看不见的线，那引力到底是什么？

在前面的推理中我们知道，引力可以使时空弯曲。试想，在一个未被弯曲的时空里面，向前投出一个小球，那小球必然会匀速直线运动，运动轨迹不会有弧线。在一个被弯曲的时空里面，抛出一个球，小球就不会匀速直线运动，而是顺应着这个弯曲的时空前进。假设一个篮球是一个被弯曲的时空，一个蚂蚁想从该时空的一个点移动到另外一个点，即使走的是最短的距离，那走的也是一个弧线。爱因斯坦认为引力并不是引起小球曲线运动的根本原因，根本原因应该是时空弯曲，弯曲的时空决定了小球的运动轨迹，引力只是一种表象。

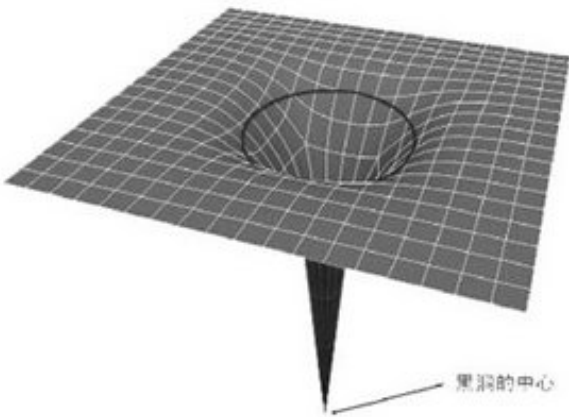


想象一下，如果一个篮球放在一个网上，靠近篮球的网就会凹陷下去，当一个小的玻璃球从小球旁边划过时，会受到凹陷部分的影响，进而改变运动的方向。把空间想象成一个个的大网，地球放在网上，一颗流星如果速度很快，就会划过天际，掠过地球而去，如果流星速度不够快，那就会陷入那个凹陷部分，降落在地球上。

• 黑洞



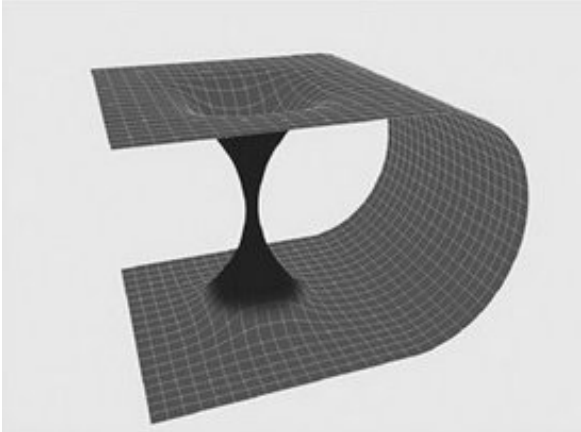
我们已经承认了，引力可以弯曲时空，那什么产生的引力呢？是质量。质量越大，引力就会越大，造成的时空弯曲也就最厉害。把宇宙当成一个网（参考上图），上面的星球质量越大，体积越小则陷得越深，如果有一颗小行星分别从他们旁边划过，肯定最后面的那个是最难划过的。任何一个星球如果质量保持不变，体积不断缩小，那都会有这种越陷越深的趋势，所以任何星球他的质量和体积都有那样的临界值。



如果体积小一定程度就会发生上图的这种现象。这就是黑洞了，任何行星经过它的边界，都无法穿过它，包括光，都会陷进去，也就是黑洞会将一切进入它边界的行星吸收掉。

- 从黑洞到虫洞

爱因斯坦和罗森塔尔在推演广义相对论的公式过程中出现了一种解，如下图



说存在这种连接，连着着宇宙中的相隔非常非常远的两个区域。两个黑洞的连接可以组成一个虫洞了。《星际穿越》中的虫洞就是这个。这个虫洞不但可以突然让你穿越几百光年的距离出现在另一个地方，也可以让你从一个时间穿越到另一个时间。不仅是从现在到将来，还可以从现在到过去。所以虫洞也就成了现代科幻小说和科幻电影常用的一个标准。通过黑洞可以达到时间旅行的效果，那黑洞里面都有什么呢？霍金说：所谓黑洞，就是一切你无法了解的事件真相的集合。晕倒，他直接说不知道不得了。不过想想也知道，那么多的宇宙射线都被黑洞吸进去了，一旦进去，差不多也必死无疑吧。

- 是什么吓到了爱因斯坦

爱因斯坦在推导他的广义相对论公式时发现了他自己都无法相信的结论：宇宙不可能是稳定的，要么膨胀要么收缩。这让爱因斯坦惶恐不安，他抬头仰望星空，在有历史记录以来，星空都是同样的景象。爱因斯坦真的无法接受这个理论，然后他就在公式中假设了一个常量，等着以后去证明这个值（物理研究的一种手法，先假设这个值，然后根据结果返回来验证这个值），爱因斯坦常出了一口气，又一次被自己的聪明折服了，这下宇宙稳定了，洗洗睡觉。



真相总会呈现。哈勃发现了距离地球几十万光年的仙女星系，我们的宇宙真的比想象中大很多。更重要的是我们所看到的所有星系都在离我们远去，而且距离越远的星系，跑得越快。我们的宇宙正在膨胀，而且是加速膨胀。爱因斯坦看到哈勃的成果之后追悔莫及，当初怎能偷懒画蛇添足？但是这却反过来证明了广义相对论的伟大。不要停下来，既然宇宙是膨胀的，那是不是宇宙有一个诞生的时刻，宇宙先从一个点开始，然后突然爆炸出来呢？这就是宇宙大爆炸

- 关于广义相对论，会涉及到时间旅行，多维空间等，写到这里，笔者已经连续7天凌晨两点睡觉了，并且后面的知识确实理解得不够深入，很多话题在业界都没有得到一统江湖的答案，等学习后，有能力继续扯的时候再补，未完，待续。。。。

标签：[科学](#)

绿色通道:

好文要顶

关注我

收藏该文

与我联系





小杨同志

关注 - 0

粉丝 - 45

+加关注

173

0

推荐成功

« 上一篇: [wamp linux mysql主从备份](#)
posted on 2014-12-06 17:29 [小杨同志](#) 阅读(8691) 评论(164) [编辑](#) [收藏](#)

< Prev

1

2

3

4

Comments

#151楼[楼主]

[小杨同志](#)

Posted @ 2015-01-04 17:43

@RainFool

嘿嘿，如果高中生学习牛顿定律，老师却在旁边不停地说，这个公式其实是不对的，学生肯定学不下去。。。开篇提到了科学证伪性。

支持(0)

反对(0)

[回复](#) [引用](#)

#152楼

[RainFool](#)

Posted @ 2015-01-04 17:44

@小杨同志

好老师，求过年更新

支持(0)

反对(0)

[回复](#) [引用](#)

#153楼

[会长](#)

Posted @ 2015-01-05 16:27

相对论的基础就是“光速不变”这个假设。

支持(0)

反对(0)

[回复](#) [引用](#)

#154楼

[ruhuaxiao](#)

Posted @ 2015-01-06 09:00

这我是在博客园看过最屌的一篇,没有之一

支持(0)

反对(0)

[回复](#) [引用](#)

#155楼

[jiangxiangnan](#)

Posted @ 2015-01-06 10:07

当时一口气看完《上帝掷骰子吗》非常震撼，也有很多地方看不太懂，看了博主这篇博文貌似又稍微懂点了，大赞一个，期望继续更新。

支持(0)

反对(0)

[回复](#) [引用](#)

#156楼

[编写人生](#)

Posted @ 2015-01-06 10:27

楼主，你说，你用这个泡了几个妞

支持(2)

反对(0)

[回复](#) [引用](#)

#157楼[楼主]

[小杨同志](#)

Posted @ 2015-01-06 10:32

@编写人生

本来是写给妹子们看的，让妹子们不再受骗，结果却适得其反，都让大老爷们看去了。

支持(0)

反对(0)

[回复](#) [引用](#)

#158楼

[为乐而来](#)

Posted @ 2015-01-08 16:31

根据爱因斯坦的相对论，当物体以超光速前进时，时间就会倒流，能回到过去。
但是，俺实验过了，这个理论并不对，

昨天俺做了一个实验：

在自行车的头部装一个手电筒，手电筒向前照射，

然后俺向前骑行，速度是10米/秒。

那么相对于向后照射的手电筒，俺的最终速度就是

自行车的速度10米/秒 + 手电筒的光速30万公里/秒 = 最终速度300000010米/秒，

从而达到超光速前进。

但是到了超光速后，俺发现俺并没有回到过去，时间也没有减慢。

什么超出平常的物理现象都没有发生！

由此实验可以得出结论，
超光速飞行后时光并不能倒流！
由此论证：爱因斯坦是骗子

支持(0) 反对(0)

回复 引用

#159楼
会长

Posted @ 2015-01-09 01:58
您的文章已被收录至《博客园非官方月刊-2014年12月刊》：<http://www.cnblogs.com/zzy0471/p/4212340.html>。期待阁下下篇力作

支持(0) 反对(0)

回复 引用

#160楼
excite

Posted @ 2015-01-09 10:35
@为乐而来
哈哈 :D

支持(0) 反对(0)

回复 引用

#161楼
Simon_He

Posted @ 2015-01-09 20:33
本来我不知道如何忽悠妹子， 现在知道了
引用
话说写这么长 哪个妹子会看下去！

支持(0) 反对(0)

回复 引用

#162楼
金色海洋（jyk）阳光男孩

Posted @ 2015-01-24 10:52
太牛叉了。

支持(0) 反对(0)

回复 引用

#163楼
龙行天下ak

Posted @ 2015-01-29 16:45
!!!!厉害 总结的好 博主辛苦了~

支持(0) 反对(0)

回复 引用

#164楼
godtrue

Posted @ 2015-02-01 13:37
嗯，写的好！哈哈，神秘的东东被博主，讲的通俗易懂，多谢分享！

支持(0) 反对(0)

回复 引用

刷新评论 刷新页面 返回顶部

发表评论

昵称：

云轩奕鹤

评论内容：

评论工具

提交评论

注销 订阅评论

[使用Ctrl+Enter键快速提交]

博客园首页 博问 新闻 闪存 程序员招聘 知识库

最新IT新闻：
· [Imgur](#)推出一款快速GIF转换工具

- [一位创业者的融资“幸事”：天使投了50万 从被拒绝开始](#)
- [为什么我喜欢编程 编程充满了乐趣](#)
- [小米高管：用错地图因把关不严](#)
- [四巨头财报PK：苹果>微软+谷歌+亚马逊](#)
- » [更多新闻...](#)

最新知识库文章：

- [什么是工程师文化？](#)
- [大数据架构和模式（五）对大数据问题应用解决方案模式并选择实现它的产品](#)
- [大数据架构和模式（四）了解用于大数据解决方案的原子模式和复合模式](#)
- [大数据架构和模式（三）理解大数据解决方案的架构层](#)
- [大数据架构和模式（二）如何知道一个大数据解决方案是否适合您的组织](#)
- » [更多知识库文章...](#)