

最近20年天文学有什么重大的进展

作者：曹某某

I. 写在前面

感谢大家选择这个主题。作为一个入门的天文爱好者，我想和大家分享一些天文学的新发现。不过因为我不是这个领域的专家，而只是爱好者，所以我分享的内容可能仅仅是一个业余爱好者的一点点道听途说的东西，起到一个抛砖引玉的作用，如果读者中有资深天文爱好者甚至这方面的专家，看了觉得写得有很多谬误，还希望在chat或者评论中多多指教。

写作这篇文章的原因是，天文学最近这几年突然流行了起来。一向高冷的学霸NASA，突然成为了网红。中国的超级射电望远镜更是让国人大呼厉害了，我的国。各种探测器、飞船频频传回来各种有趣的发现，像发现了超级行星、冥王星的探测、引力波等，更成为媒体科技板块的爆款新闻。所以有时候会有身边的人和我讨论天文学的问题，比如我们是不是就要发现外星人，如何看待引力波之类。我想通过这篇非常入门的文章，把我了解和理解到的一点点东西，和大家分享下。

II. 地月系

• 月球的起源

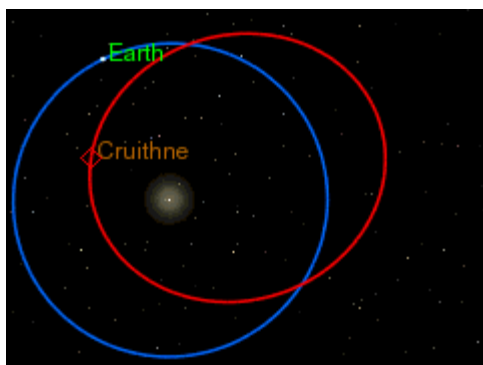
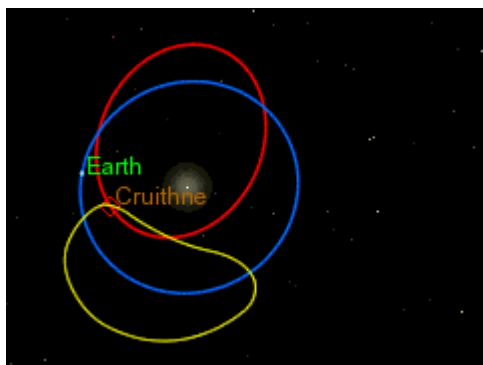
在20年以前，主流的天文学教科书上都认为月球最有可能是和地球在太阳系早期同时形成的。然而从月球带回来的岩土标本却发现其成分和地球差异比较大。其物质密度和地球地壳、地幔的类似，但是小于地核。因此有人提出月球是从地球表面分裂出去的假设。这种假设一开始过于大胆和激进，支持者不多。但是随着进一步的研究，特别是通过计算机的模拟，现在天文学的主流观点是，月球相当可能是从地球分裂出去的。而造成这一切的原因是，一颗比火星还要小一些的行星撞击了地球，这次撞击使得这颗行星和原先的地球融为一体，并且抛出的物质形成了月球。

• 月球两极有冰的存在

月球一度被认为是干旱荒凉的，但是天文学家一直怀疑，在月球两极某些阳光照射不到的地区可能存在冰。为了证实这个想法，人类多次利用飞行器撞击月球两极，并且对飞溅的物质进行探测。然而即便这样，也很不容易发现这些冰。不过LCROSS探测器于2009年的撞击最终确认了这一点。

• 地球的准卫星

众所周知，地球只有一颗天然卫星，月球。然而我们现在发现了地球拥有几颗准卫星，所谓准卫星，就是指以地球为参考系，它们围绕地球运转。但是以太阳为参考系，其实它们是和地球处在相同轨道上的特殊天体。说起来很不好理解，看图：



https://en.wikipedia.org/wiki/3753_Cruithne

注意看维基百科上的gif演示动画，在地球上看来，这颗小行星似乎在绕着一个土豆一样的轨道运转，而在太阳为参考系看，它是一颗和地球拥有相同轨道的天体。

III. 太阳系

- 火星上发现了流动的水

在最近的20年里，火星逐步取代了月球成为人类观测的重点。为什么火星那么引起重视呢，因为它被认为是人类除了月球以外最容易登陆的天体，也是一个经过改造以后最有可能适合人生存的行星。美国相继发射了勇气号、机遇号、好奇号探测器，并且成功着陆，我国也在加紧开展火星的探索。特别是人类在2015年发现了流动的水。需要指出的是，天文学家很早就知道火星上存在过水，以及以冰的形式目前还有水。但是发现液态的水却是最近的成果。



火星上大部分的水去了哪里？目前流行的观点是，因为火星比地球小得多。所以火星在漫长的时间里内核逐步冷却，岩浆凝固成岩石。缺少了流动岩浆的火星失去了磁场。而

缺少磁场，火星的大气层无法得到保护，火星的大气逐步被太阳风吹走，失去了大气层的火星，也就逐步失去了水。

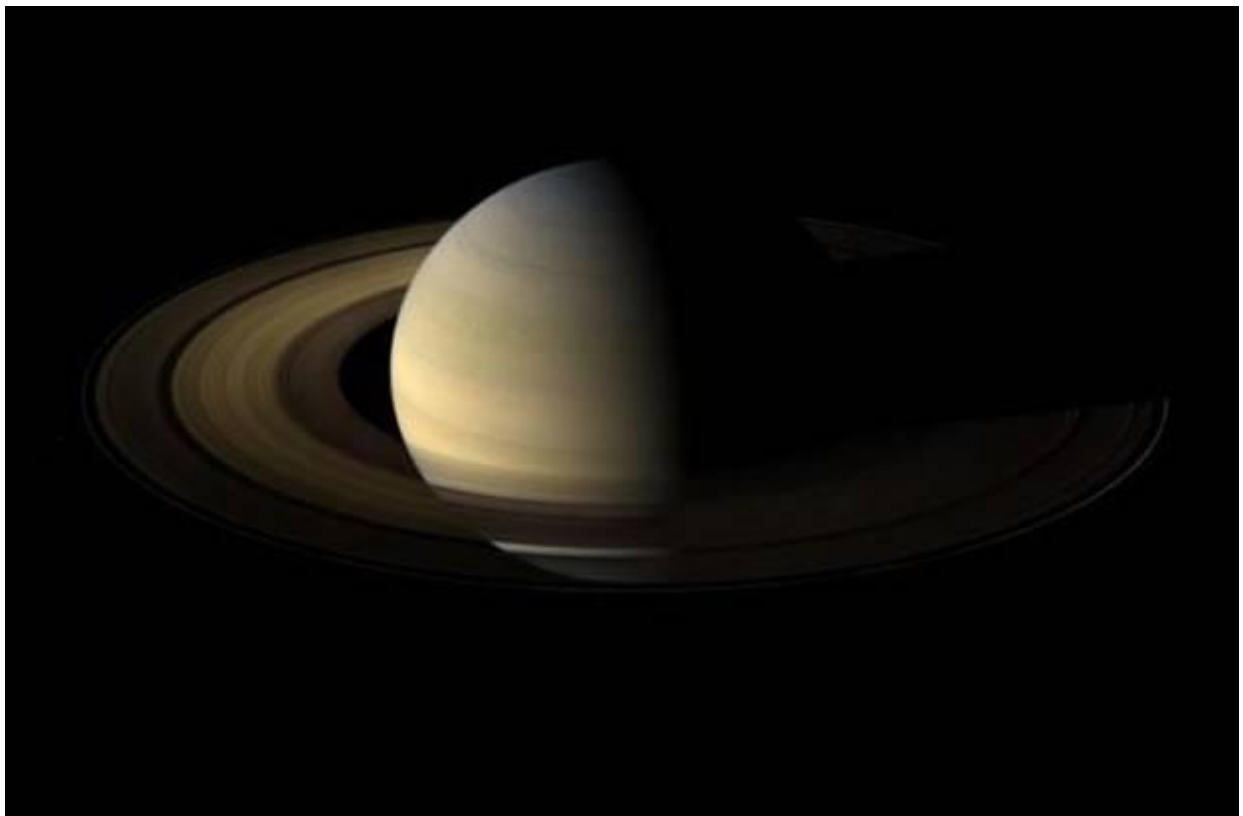
- 朱诺号任务



美国先后发射多个探测器探测木星，这颗太阳系内最大的行星。从早期的旅行者到90年代的伽利略再到现在的朱诺号。目前人类已经知道，木星上有风暴、闪电、极光，有非常强烈的辐射和磁场。木星的卫星上则发现了活火山、大气层。几乎太阳系里的一切自然现象在木星这个小系统中都有。朱诺号的探测数据仍然在研究分析中，不时NASA会有关于它的新消息传出。

- 卡西尼号任务

从1997年发射，到2015年完成任务坠入土星，卡西尼号揭示了土星的方方面面，比如它发回的照片展示了土星环的精密构造，并且揭示了土星环附近的卫星是如何对土星环形成引力共振的。卡西尼号探测器还探测了土星的卫星，其中土星最大的卫星——土卫六（泰坦）被认为和地球早期的环境类似，拥有大气和甲烷的海洋，而很有可能孕育出低级的生命。



图为卡西尼拍摄的土星。由于角度的关系，地球上的望远镜是不可能看到土星背对太阳的一侧的。

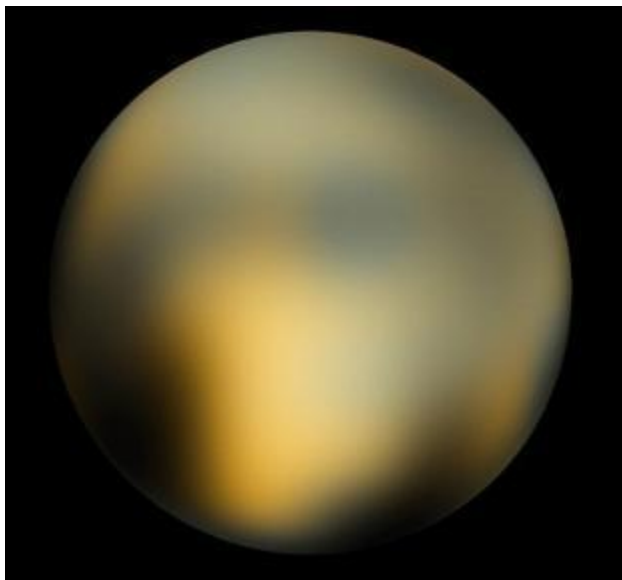
- 冥王星为什么被降级

2006年，原本九大行星之一的冥王星被降级为矮行星。冥王星被视作矮行星的直接原因是2003年阋神星的发现。天文学家原先希望找到冥王星之外的新行星，然而却发现了阋神星，这颗比冥王星还要大一些的行星拥有和冥王星类似的轨道和特性。在发现阋神星之后，天文学家又发现了更多类似的天体。这些天体统称为柯伊伯带矮行星。历史惊人的巧合，曾经的天文学家试图寻找在火星和木星之间巨大间隙中丢失的行星，但是最后发现了这个区域存在大量的小行星而不是一颗大行星。现在我们又发现在海王星外也存在这么一个区域，有大量的小行星和矮行星，而冥王星只是它们中的一个。

- 新视野号对冥王星和柯伊伯带的探测

在21世纪初，除了冥王星以外，所有的大行星都有探测器造访过了。而当时遇到一个非常难得的机遇，就是去往冥王星的轨道恰好遇上木星和土星，可以利用它们实现探测器的加速。于是NASA就发射了新视野号（也被翻译成新地平线号）。

由于冥王星太过遥远，即便是哈勃太空望远镜，也只能看到一个模糊的小点：



要注意的是，这还不是哈勃直接拍摄到的照片，而是哈勃拍摄了很多照片以后，计算机合成叠加的。哈勃有多厉害呢，它甚至可以分辨出月球上的一辆汽车。然而，这已经是2015年以前我们看到的最清楚的冥王星的照片了。

2015年7月，当新视野号掠过冥王星上空的时候，我们看到的图片是这样的：

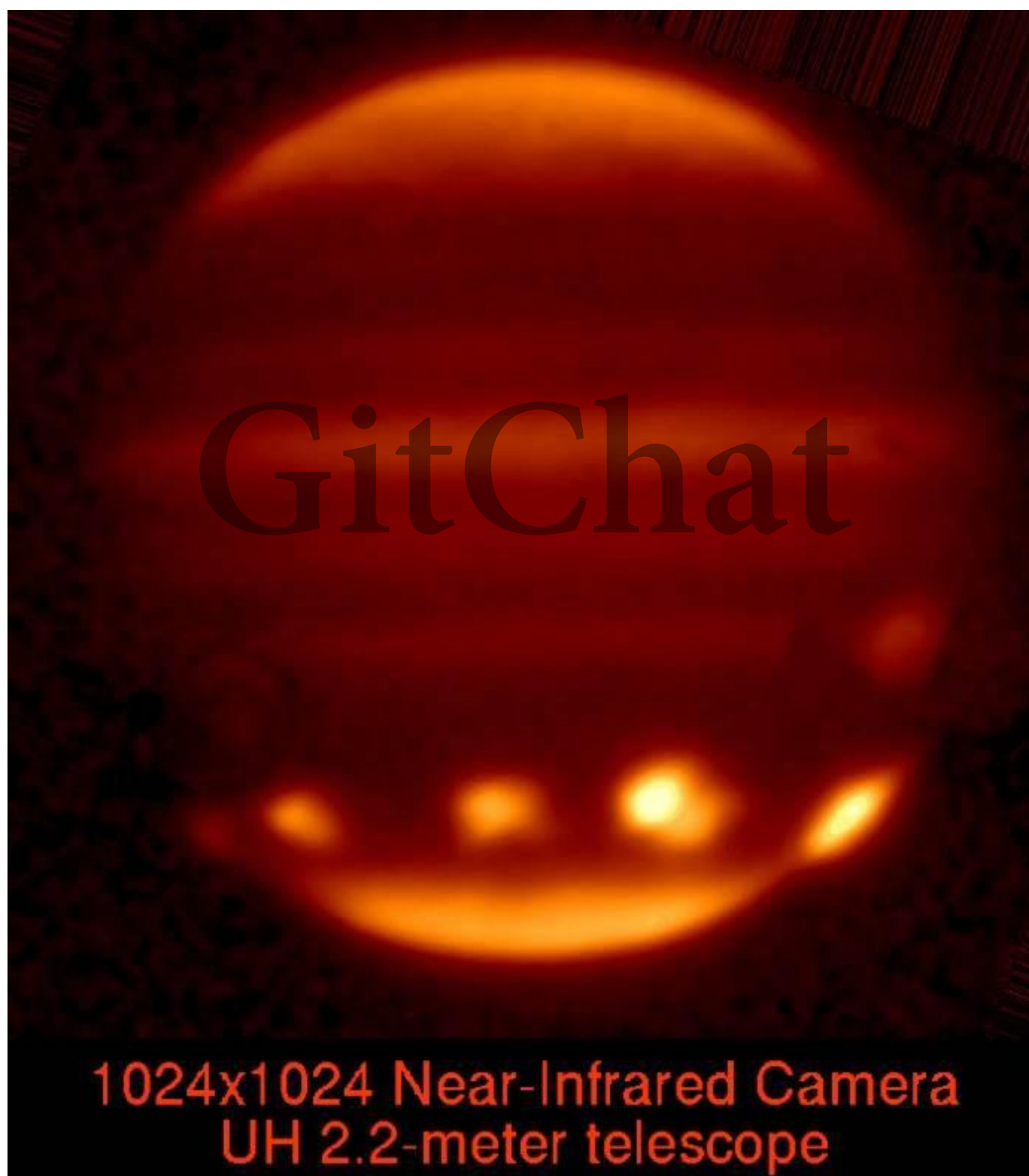


需要说明的是，这是冥王星的全景照，而实际上新视野号拍摄的细节的照片比这个还要清晰好几个数量级。这张照片是非常有代表性的一张，因为从上面可以看到冥王星的表面似乎有个♥型。

在探测完冥王星后，新视野号正在前往下一个柯伊伯带矮行星，而关于冥王星的数据，天文学家还在解读当中。研究冥王星的意义在于，它非常遥远，因此保留着很多太阳系原始的痕迹。

- 彗木相撞

据说恐龙的灭绝源自彗星或者小行星撞击地球，而且在地球和别的星球上，人类也发现了非常巨大的撞击坑。然而直到1994年，谁也没有真正目睹过彗星和行星的相撞。在那一年7月，苏梅克列维9号彗星在被木星的引力瓦解成很多碎片以后，这些巨大的碎片相继撞向了木星，撞击坑甚至超过了地球的大小。（不过不用担心，木星是气态巨星，没有坚固的表面，很快木星就恢复如初了）2009年天文学家又观测到彗星和木星的相撞，这次的彗星叫做威仕利（Wesley），此后，平均1、2年就有一次相撞的报告。这当然不是因为木星突然变得易于受到攻击，而是人类观测手段的进步。这也说明，木星遭受小行星撞击的几率是很大的。



这是1994年那次彗木相撞的红外波段的照片，可以看出撞击产生了巨大的热量。木星的直径是地球的10倍。所以大家可以估算下每个撞击点有多大。

- 深度撞击

为了搞清楚彗星的成分，2005年，美国发射探测器，撞击了坦普尔1号彗星。此任务被称为深度撞击。探测器分为两部分，包括撞击器和星尘号探测器，在撞击的同时，星尘号对撞击过程拍照并且将收集到的物质带回了地球。

- 黎明号探测器发现小行星谷神星上存在有机物

以往，小行星被认为是没有生命存在可能性的，甚至连有机物都没有，然而2007年美国发射的黎明号探测器在谷神星上找到了有机物。这些有机物可能是构成生命最基本的要素。这也是人类第一次发射探测器探测小行星。

- 预测小行星撞地球和近地小行星的搜寻

2014年，亚利桑那天文台的1.5M望远镜发现了一颗直径几米的小行星，小行星被命名为2014 AA，这颗小行星不寻常之处在于，通过计算发现，它几乎百分之一百和地球会发生碰撞。几天以后，这颗小行星在进入大气层以后爆炸，产生巨大的火球，最终坠落在非洲苏丹上空，这是人类有史以来第一次预报小行星和地球的相撞。稍早前的2013年，俄罗斯车里雅宾斯克州发生陨石坠落，这次的陨石被认为比2014AA稍微大一点。然而人类没有能预报这次撞击，造成了上千人受伤。

按照目前的科学水平，对于几十米的小行星，人类通常只能比它撞击地球早几个星期或者几天观测到。而这样大小的小行星对地球的威胁是非常大的，2014AA给天文学家甚至公共政策制定者来说都提供了一个很好的案例。

2012年发现了一颗叫做Apophis的小行星，有250米大小，一度被认为有几率会在2036年撞上地球，虽然现在进一步的计算排除了可能性，但是谁也说不好，很久以后会发生什么。像这样的小行星还有很多。所以天文学家致力于靠人工改变小行星的轨道。希望能够取得进展。

- 旅行者号探测到太阳系的边界

1977年发射的2艘旅行者号飞船在80年代先后造访了木星、土星、天王星、海王星，传回了很多激动人心的信息，之后它还有一个使命，就是探测太阳系的边界。这里说的边界是指太阳风能影响到的最远的地方。天文学家知道这个边界的存在，但是没人能说得清它究竟在哪里。2012年，旅行者号终于突破了这个边界。此时它已经飞行了35年了。



这是旅行者号拍摄的地球，地球就是那个不起眼的小点。

IV. 宇宙

- 黑洞的证实

自从相对论的提出，我们就建立起黑洞的物理模型，然而以前并没有得到观测的支持。目前虽然还没有直接地观测到黑洞，但是像天鹅X-1，银河系中心等，已经基本上可以证实就是黑洞。这主要是通过卫星和地面的X射线望远镜和射电望远镜被证实的。

- 开普勒望远镜和地外行星的探测

如果经常看科技报道，会发现有很多这样的报道，比如发现了一个超级地球，发现了地球的孪生兄弟，甚至还有人类可能发现外星人之类耸人听闻的报道。其实没有那么夸张了。但是在这个领域，天文学家确实取得了很大的进展。

大家知道，地外行星直接观测到，以目前的科技水平是根本不可能做到的。哈勃望远镜探测冥王星尚且那么吃力，而地外行星要比冥王星遥远很多。假设离地球最近的恒星有行星的话，那么行星也要比冥王星远十万倍。如果人类要直接观测到这样的行星，需要在太空安装一个口径10km级别的望远镜，这样的望远镜有北京三环那么大，就算在地面上也造不出来，更不要说把它搬到天上去了。这还是最近的恒星呢。那么发射一个探测器呢？旅行者号走了35年才走出太阳系。估计以现在的火箭水平，几万年也到不了。

不过天文学家用两种独特地方法去发现行星。一是我们假设行星正好运动到对应的恒星的前面，那么会遮挡住一点点的恒星的星光，那么恒星会略微变暗。有多大变化呢？如果是地球遮住太阳，太阳的亮度会降低万分之一。通过对恒星亮度的测量，就可以判断它是否有行星。另一个办法是利用光线的多普勒效应，当恒星正在远离我们的时候，它会略微变红，正在靠近的时候，会略微变蓝。而如果恒星周围有行星的存在，因为受到行星的引力的影响，恒星会做螺旋运动，那么对光谱的测量就可以判断是否有行星存在了。听上去两个办法不错，但是都要极其精密地观测。除了精密的观测，还需要大量的搜寻和计算。因为需要寻找的恒星有很多很多，要年复一年地观测，要有大量的数据来

分析。为什么要分析这些数据？因为造成光度变化和光谱变化的原因有很多，不仅仅是有行星这一个可能性，所以要分析，才能最终确定。并且反推行星的直径、轨道甚至推测它的成分。

开普勒太空望远镜2009年被发射到太空，这个望远镜大大提高了观测的精度。而得益于优良的算法和强大的计算机，地面人员可以使用程序从海量的数据中匹配符合条件的恒星。开普勒发射一年内就找到了上百个有行星系统的恒星，这比它发射之前找到的所有还要多。而且这一发现说明了恒星带有行星系统，在宇宙中是一个普遍现象。



图为开普勒-452b。

如果你注意看报道就会发现，目前人类发现的系外行星，普遍有这么两个特点，一个是公转周期偏短，公转周期偏短意味着它离母恒星更近。另一个是质量比较大，质量大的行星很可能是类似木星土星那样的气态巨星。这当然不是说，太阳系是一个另类。只是说，目前有限的观测时间内，显然只能找到公转周期短的行星，我们需要更长时间的观测。另外就是随着观测精度的提高，我们也在发现越来越小的行星。如果我们发现了一颗和地球差不多大小并且处于宜居带（也就是到母恒星的距离适中）的行星，那么它可能就有生命的存在。所以这是天文学家正在努力的方向。

那么人类什么时候能找到外星人呢？这个恐怕比较遥远。当务之急是寻找系外的类地的行星。特别是那些公转周期比较长的行星，还在发现中。有一个公式： $N=R_f n_l i_e L$ ，其中N表示存在高级文明的星球， R_f, n_l, i_e, L 分别表示恒星的平均诞生率，其中拥有行星的恒星的比率，再其中具有位于宜居带的行星比例，再其中拥有生命的行星的比例，再其中拥有智慧生物的比例，再其中具有高级文明所占的比例，高级文明可能延续的年限。我们无法知道 R_f, n_l, i_e, L 是多少，但是按照最最保守的参数来估计，银河系中拥有高级文明的天体有2000颗。这个公式由弗兰克于1960年提出，被叫做绿岸公式。所以很多人相信外星人一定存在。

- 哈勃超深空影像

哈勃太空望远镜可能是当今光学望远镜中贡献最大的一部。要说这个望远镜拍摄的最最棒的照片是哪一张，据说是超深空影像的这一张：



为了拍摄到这些遥远的星系，哈勃望远镜进行了长时间的曝光，超过几个月的拍摄，曝光时间超过100万秒，才捕捉到这些极其昏暗的星系。

哈勃望远镜即将退役，NASA打算用韦伯望远镜替换它。和韦伯望远镜口径有6.5米，远远超过哈勃，计划2019年发射，非常值得期待。

- 发现引力波

2016年发现引力波的消息震动了物理学和天文学界，因为引力波发现特别特别的困难。需要极高灵敏度的仪器，海量的数据的分析，还需要运气。因为我对物理学并不是很懂，这方面的理论就不展开说了。但是我想说两个方面：

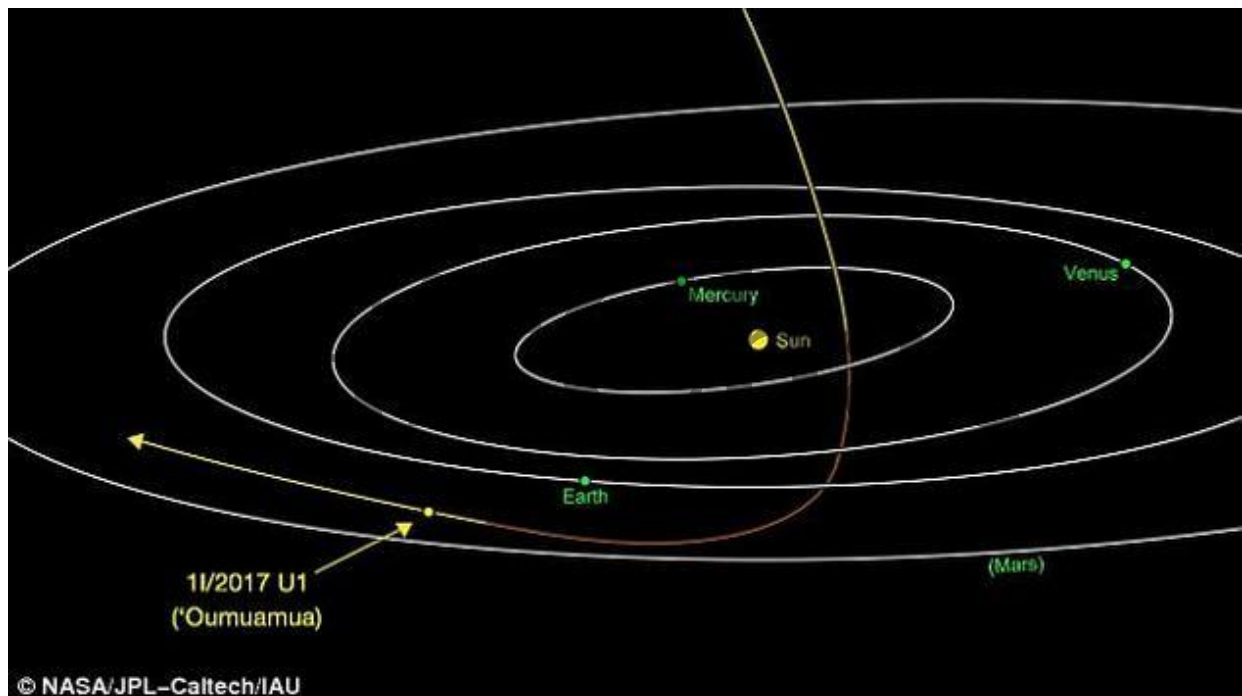
（1）为什么我们要发现引力波。因为任何物理猜想都需要实践的证实才能算完美。我想到了哥白尼的事。没有人不知道，哥白尼提出了日心说，推翻了地心说，创造了历史。而当时坚持地心说的“学术权威”是可笑愚蠢的。但是这种说法是不太准确，甚至有失公平的。哥白尼提出的日心说固然是进步的，但是在当时他面临一个巨大的理论缺陷。而坚持日心说的人之所以反对哥白尼，并不完全是因为保守和愚蠢，相反他们也是具有严谨思维的科学家。那么是什么缺陷呢？很简单，哥白尼说地球绕着太阳转，那么地球是在不断运动的，既然如此，我们应该能观测到恒星也在做以1年为周期的视周运动。好比你在走，你肯定会看到周围物体在动。然而当时并没有观测到恒星有这样的运动。当时有的天文学家接受了哥白尼的观点，并且推论，恒星的视周运动之所以没有观

测到，是因为它们太远了。直到100多年后，人们才观测到了这个运动。证明了哥白尼的正确。而且这还带来了一个新的距离度量单位，秒差距，比光年还大的单位。也就是离地球1秒差距的恒星，它的视周年运动是1秒角度。所以，为了证明引力波的理论，我们才花费那么大力气去找到它。

（2）在寻找引力波的过程中，python和机器学习派上了用场。在很多年以前，天文学家最喜欢使用的编程语言还是R和Fortran。但是近年来，Python迅速成为科学首选的语言。如果有兴趣，可以去看引力波相关的论文，有介绍。

- 系外小行星

2017年有一个很重要的报道是发现了一颗小行星，编号A/2017 U1，这颗小行星据信是来自太阳系外的天体，因为它具有双曲线的轨道，并且垂直于一般行星的公转平面。这也是人类第一次观测到这样的天体。不过显然它的到来有点让我们措手不及，因为它的速度很快，我们没有机会发射探测器去近距离观察它。



不过这也说明，在外太空，有太多的天体，甚至可能存在不围绕任何恒星旋转的行星。只是我们尚不能观测到它们。

V. 我国的黑科技

- 500米口径的FAST射电望远镜

这真是一个让咱们中国人觉得自豪的大家伙：



它比足球场还要大，是直接建造在贵州一个山谷里面的超级射电望远镜。用这个望远镜，我们可以探测宇宙中的射电信号源，也许能听到外星人的通讯信号，也许能发现黑洞。最让我们自豪的是，它是目前世界最大的。（此处应有掌声）

- 悟空号暗物质探测卫星

2015年发射的悟空号暗物质粒子探测卫星主要进行的是x射线、伽马射线、带电粒子的探测，2016年，它就观测到CTA 102黑洞的爆发，也许一般人听起来觉得很高深，但是国外天文爱好者在twitter和fb上对它的评价非常高。而且它也是中国人的骄傲哦。

以上就是我的一点分享。希望在接下来的chat中，能和天文同好们交流。也希望大家批评指点。

最后，给大家强烈推荐2017年我认为最棒的纪录片《[最远的地方](#)》。