

中国科学院高能物理研究所“小粒子 大宇宙”系列课程

第四讲：带你去看宇宙最亮的烟花——伽马射线暴

熊少林

大家好！

欢迎来到“小粒子 大宇宙”系列课程。这里是中国科学院高能物理研究所。我是熊少林。

我今天给大家介绍一种神奇而有趣的天文现象，它叫做伽马射线暴。

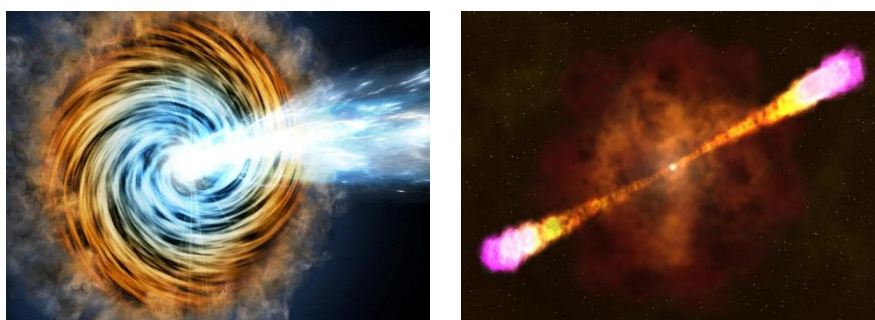
那么，我们为什么称它为宇宙最亮的烟花呢？我们又应该怎样去观看它呢？下面我就跟同学们聊一聊。

我相信同学们都仰望过星空，它是那么的深邃而宁静。但是你们想到过没有，星空其实潜藏着很多剧烈的天体活动，比如恒星的生老病死、星系与星系的碰撞，这些过程都会爆发出巨大的能量。



深邃的星空

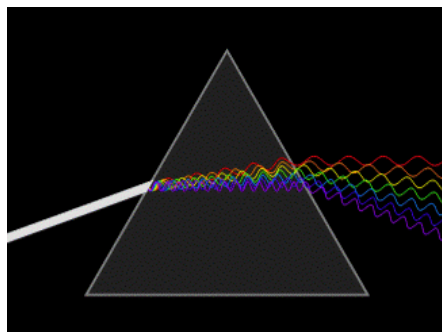
有一类天文现象，它们的产生过程和观测表现都跟常见的烟花有很多相似之处，它们就是伽马射线暴（Gamma-Ray Burst），简称伽马暴。



伽马射线暴：宇宙中的烟花。左图为正面，右图为侧面

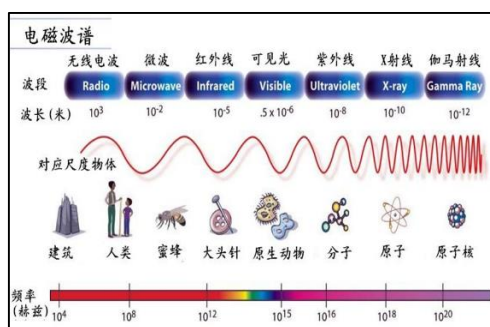
上图是科学家们根据观测研究绘制的伽马暴艺术图，它们看上去是不是特别像烟花？伽马射线暴最明显的特征是它有一对喷流。如果喷流正对着我们，我们就能观测到它。

为什么我们把这种天文现象叫做伽马射线暴呢？我想我们还是先讲讲什么是伽马射线吧。伽马射线是电磁波的一种，电磁波就是光。大家可能做过三棱镜分光实验。白光经过三棱镜会分成赤橙黄绿青蓝紫，不同颜色的光具有不同的频率，波长和能量也不同，不过它们都是可见光，因为能被我们的肉眼看到。



三棱镜分光实验（这是个动图）

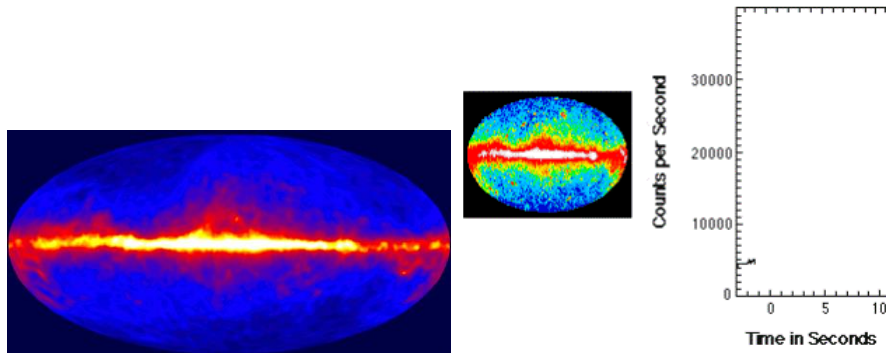
伽马射线也是一种光，但是肉眼不可见，这是因为它的能量特别高，比普通的可见光的能量高成千上万倍。其实，伽马射线在生活中有很广泛的应用，我们对它并不陌生，比如在医院拍 X 光（也叫软伽马射线），机场车站的安检设备使用伽马射线检测行李。



电磁波谱

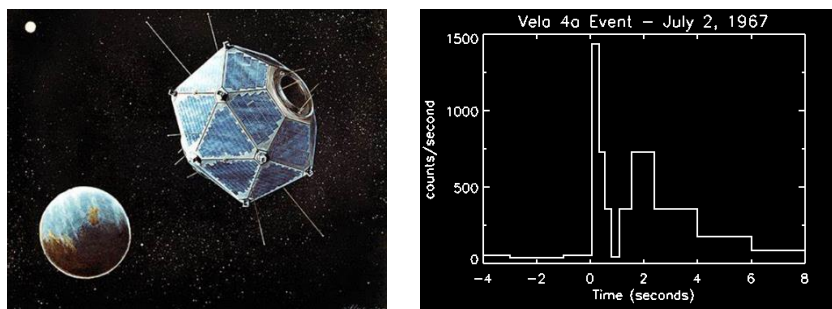
下面我要给大家介绍一下什么是伽马射线暴。它是指宇宙中有一个天体突然爆发，辐射出来非常多的伽马射线光，根据观测现象命名为伽马射线暴。

在天文观测中，我们通常使用一个概念：光变曲线（下图）。它记录每一秒钟我们接收到多少个光子，从而描述伽马射线的亮度随时间的变化。就像烟花发出的光的亮度也是随时间变化的。烟花发出的是可见光，肉眼能看见它，而伽马暴发出的主要是伽马射线，肉眼看不见。这就是为什么我们仰望星空的时候基本看不见伽马暴。



左图：伽马暴爆发时亮度匹配整个宇宙（是动图）。右图：伽马暴的光变曲线（都是动图）

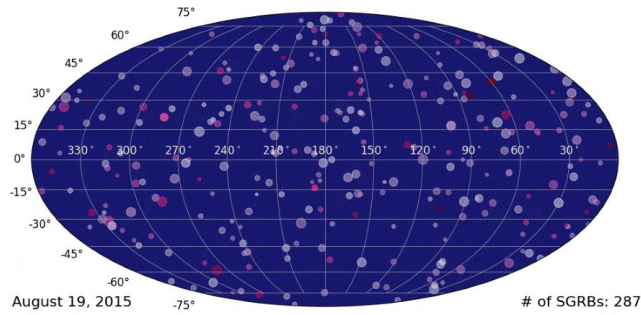
既然肉眼看不见，那么我们是如何发现它的呢？它是在 1967 年由一组叫做 Vela 的间谍卫星偶然发现的。Vela 原本是美国用来监测前苏联核试验的卫星网络，核武器爆炸会发射伽马射线，从太空中可以观测到。有趣的是，Vela 卫星没有监测到核试验的伽马射线，反而很意外地发现了来自宇宙的伽马射线。后来数据解密了，1973 年科学家把数据公布了，宣布发现了伽马暴。下图是 Vela 卫星和人类观测到的首个伽马射暴的光变曲线。



左图：用于监测地面核试验的 Vela 卫星；右图：Vela 观测到的第一个伽马射线暴

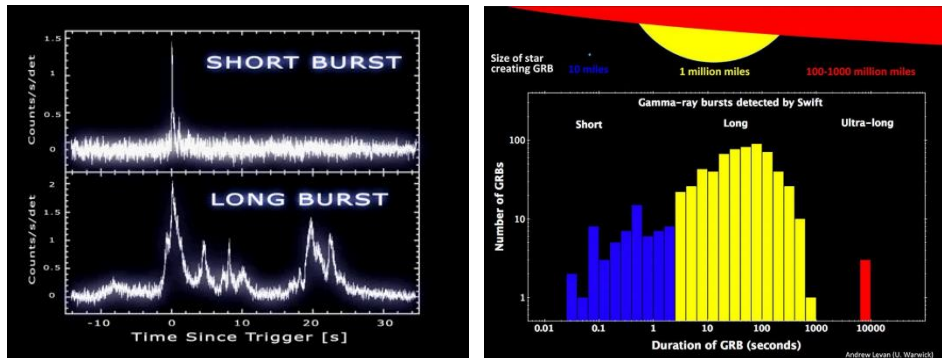
接下来你可能会问，为什么说伽马暴是宇宙中最亮的呢？我们日常感觉太阳是最亮的，伽马暴能比太阳还亮吗？伽马暴虽然持续的时间比较短，但它在几分钟甚至几秒钟之内释放的能量，相当于太阳在亿万年寿命中释放的能量总和。因此，太阳跟伽马暴完全不可相提并论。实际上，伽马暴是目前已知的能量最高的恒星级爆发现象，当伽马暴发生的时候，其明亮程度可以媲美整个宇宙，当之无愧的宇宙最亮。

像伽马暴这样明亮而极端的天文事件是不是很罕见呢？你可能会觉得它一定很罕见吧，因为按照常识来讲，极端的现象都是很罕见的。然而，伽马暴并不罕见，甚至可以说非常常见。目前平均每天能够探测到的伽马暴就有两个左右，亮度较低而探测不到的伽马暴甚至更多。事实跟我们的直觉相反的原因是，宇宙是如此的广袤，每个星系里面有千亿颗恒星，而宇宙中又包括千亿个星系，所以我们可以想象，哪怕只有很少一部分恒星能产生伽马暴，伽马暴的数量也会非常多。



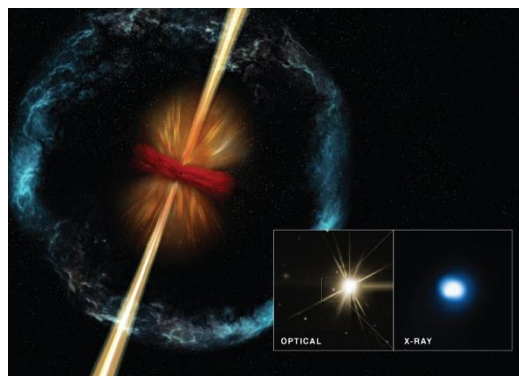
探测到的伽马射线暴（这也是个动图）

伽马暴就像烟花一样，持续时间可长可短。有的长达几分钟，甚至几个小时，有的则短至几个毫秒，也就是千分之几秒。伽马暴的持续时间为什么会有这么大的差异呢？这是因为产生伽马暴的恒星的尺寸有很大的差异，有的恒星直径特别小，只有几十公里；有的恒星直径特别大，达到百万甚至上亿公里。一般来说，直径越大的恒星，产生伽马暴的持续时间也越长。



伽马射线暴持续时间

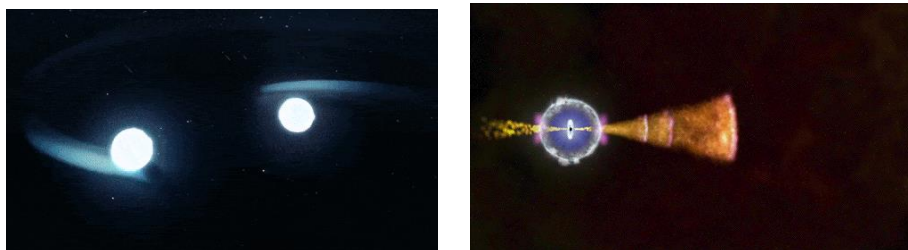
还有一点很有趣，就像烟花发出的光具有不同的颜色，伽马暴发出的光也有不同的颜色。换句话说，我们可以用不同颜色的光来观看伽马暴。但是绝大部分的伽马暴所发出的光都集中在伽马射线波段，而且也只在伽马射线波段被观测到。然而也有例外，比如在 2008 年，也就是北京奥运会那一年，发生过一个极端的伽马暴，其可见光用肉眼就可以观测到。



伽马射线暴发出各种波段的光，右下角是在光学和 X 射线波段的观测效果

同学们可能会问：这么有趣的伽马暴，究竟是如何产生的呢？其实，这是科

学家仍在研究的课题。我们现在相信，持续时间较长的伽马暴是恒星演化到寿命末期，因为恒星中心的核反应所释放的热量不足而无法支撑星体巨大的压力，产生坍塌爆炸而在恒星中心形成黑洞，黑洞吞噬恒星的物质并喷射出高能量的喷流，就像发射烟花那样，产生伽马暴。另外一些持续时间较短的伽马暴由两颗密度极高的天体（叫做致密星，恒星坍塌爆炸的产物，包括黑洞或中子星等）绕转、并合产生，这两颗致密星就像月亮绕着地球转一样。它们在绕转的过程中，距离越来越远，最后碰撞产生剧烈的爆炸，也可能产生黑洞，黑洞吞噬周围的物质并喷射喷流，从而产生伽马暴。



伽马暴的产生过程（都是动图）

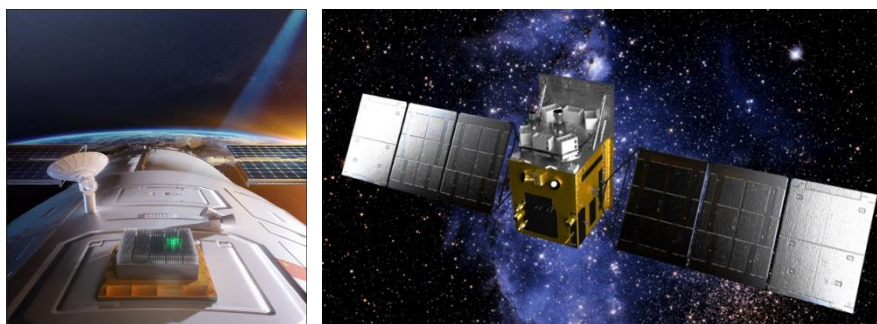
伽马暴既然肉眼看不见，距离我们又那么远，跟我们有关系吗？为什么要研究它呢？通过研究伽马暴，我们能够探索整个宇宙、星系和恒星，能够了解宇宙的过去和现在，预测宇宙的未来，还能够解释地球上的这么多化学元素是怎么形成的。特别是其中的一些贵重金属，比如说金子，最近的研究成果表明它就是来自伽马暴。也许伽马射线暴还跟恐龙灭绝有关。此外，大家可能看过《星际穿越》这部电影，里面有个名叫“卡冈图雅”的黑洞，黑洞周围时间会变慢，非常的神奇。同学们想不想去研究黑洞呢？如果你想研究黑洞，最好的研究手段之一就是去研究伽马暴，因为每一个伽马暴都可能形成了一个黑洞。当我们观测到一个伽马暴的时候，也许正在见证一个黑洞的诞生。



电影《星际穿越》画面

下面我们要聊一聊，如何观看伽马射线暴。首先我想告诉大家的是，观测伽马暴的最佳地点不是在你家后院，而是在太空，因为伽马射线无法穿透大气层。也幸亏有大气层的保护，这种高能的射线才不能伤害地球上的生命。当然，这对

我们观测伽马暴就造成了一定的困难。但是没关系，目前人类的太空技术已经很发达，我们可以把观测设备安装在卫星上，用火箭把卫星发射到太空去。相当于把望远镜从地面搬到了太空。



左图：“天宫二号”空间实验室搭载的天极望远镜（2016 年发射）；右图：慧眼空间 X 射线望远镜卫星（2017 年发射）

主要进行天文观测的卫星叫做空间望远镜，因为它们运行在地球大气层之外的宇宙空间。全世界已经发射了一系列的空间望远镜。我们中国的伽马暴望远镜主要包括：搭载于“天宫二号”空间实验室的天极望远镜，以及 2017 年发射的慧眼空间 X 射线望远镜卫星。此外，全世界的科学家们正在努力建造更多的伽马暴望远镜，其中包括我和我的同事正在建造的 GECAM 卫星，计划今年年底发射升空。GECAM 卫星包括两颗微小卫星，每颗卫星都可以监测至少一半的天空，两颗卫星联合起来就可以对全部的天空进行完整的监测，使伽马暴无可遁形。所以，GECAM 卫星将是观测伽马暴的小能手。

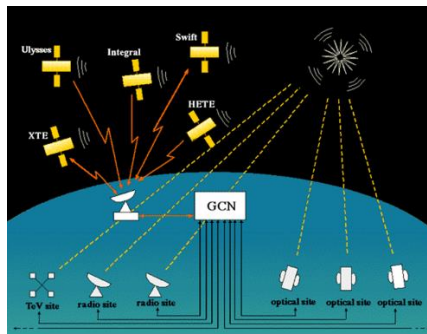


新的伽马暴捕手：GECAM 卫星

就像同学们擅长的科目和技能各不相同，不同类型的望远镜擅长观测的电磁波段也是不同的。有的望远镜擅长观测伽马射线，比如中国的慧眼卫星；有的擅长观测可见光，比如美国哈勃望远镜，它在前不久刚度过了 30 岁生日；还有的擅长观测射电波段，比如中国在贵州建造的 500 米口径球面射电望远镜——天眼（FAST）。

为了把伽马暴研究得更清楚，科学家用各种类型的望远镜观测伽马暴。一方面是因为伽马暴在不同的电磁波段表现出不同的性质，我们需要在不同波段对它进行观测研究，就需要不同的望远镜；另一方面，每台望远镜都有自己的优势和不足，我们需要把各种望远镜的优势结合起来，对伽马暴进行最好的观测研究。最后，要确定伽马暴从哪里来，来自哪个星系的哪颗星星，是非常重要的也非常

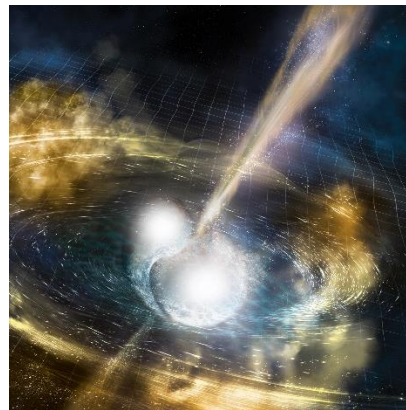
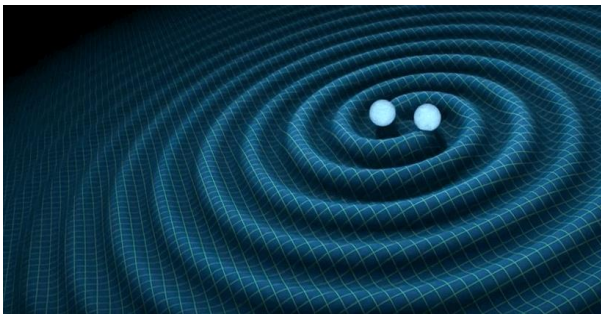
困难的事情，需要使用多种类型的望远镜像接力赛一样进行接力观测。



各种望远镜联合观测伽马暴

前面我们介绍了用各种望远镜来观看伽马暴。同学们可能会问：我们既能看见烟花的光，又能听见烟花的声音，那么我们除了看见伽马暴的光，能否听见伽马暴的声音呢？答案是不能，因为伽马暴距离我们太远，而且真空不能传递声音，所以我们听不见伽马暴发出的声音。不过，我们可以通过引力波来“聆听”黑洞的“初啼”和伽马暴的“呐喊”。

伽马暴是如何产生引力波的呢？如果把整个宇宙比作一个池塘，那么伽马暴就相当于投入池塘的石子。投入池塘的石子会产生涟漪，那么引力波就像这些波纹，从伽马暴发生的位置传播到我们的地球。因为引力波的频率跟声音相似，所以我们将它比作天体发出的“声音”。科学家们已经用引力波探测器，探测到了来自伽马暴发出的这种特殊的“声音”。它听起来像什么呢？非常有趣的是，它听起来像小鸟的叫声，因此科学家们给它取名叫“啾啾”信号。



左图：两个天体绕转发出引力波（是个动图），右图：2017年8月17日观测到两颗中子星绕转并合既产生了引力波又产生了伽马暴

好了，今天我讲了伽马暴以及如何观看这种宇宙中最亮的“烟花”。科学家们希望将来能“听到”和看到更多的伽马暴，探索宇宙最剧烈的天体暴发现象的奥秘。如果你觉得有趣的话，加入我们吧！

说明：除了天宫二号、慧眼和 GECAM，其它图片来自网络，版权归原作者所有。