

修正牛顿动力学,认为太阳系“老九”并不存在

MOND 究竟是个怎样的天文学理论

◎实习记者 吴叶凡

行星、恒星和星系的运动轨迹让无数人着迷。此前,科学家们发现,柯伊伯带的小天体以椭圆形轨道绕太阳运行,似乎是被引力拉向了同一个方向。因此,科学家假设在这个方向上存在着这样一个天体,其质量是地球的5到10倍,这就是扑朔迷离的“第九行星”。近些年,科学家都在努力寻找这个“第九行星”,但截至目前,科学家还没有通过光学、红外或电磁波频谱等任何一种方式观测到过“第九行星”。

近期,发表于《天文学杂志》的一篇文章为“第九行星”为何如此难觅踪迹找到了一个可能的原因——如果使用修正牛顿动力学(MOND)来解释上述现象,那么“第九行星”或许就不存在。

那么,什么是MOND? MOND和传统引力理论是什么关系?针对上述问题,科技日报记者采访了相关专家。

传统引力理论历经多次修正仍面临局限

要了解什么是MOND,首先必须追根溯源,了解其“修正”的对象——引力理论的前世今生。

1687年,牛顿提出万有引力定律。他认为,任何有质量的物体之间都有相互吸引的力,即万有引力。这一理论被视为物理学的基石,为解释天体运动和地球上的现象提供了基础。然而,随着科学的不断进步,科学家们发现,很多现象用万有引力定律无法解释。因此,科学家们需要寻找一种能将万有引力定律及其无法解释的现象都囊括在内的更为完善的理论。

20世纪初,爱因斯坦提出了广义相对论,这一理论首次把引力场等效成时空的弯曲,修正了牛顿的万有引力定律,被认为是一种更为完善的引力理论。但即便引入了广义相对论,一些天体运动的规律仍不能被完全解释。

为了进一步解释广义相对论无法解释的现象,暗物质假设于1933年被提出。瑞士裔美国籍物理学家弗里茨·兹威基在研究星系团时,发现一些星系围绕星团中心旋转的速度快得令人吃惊。南京大学天文与空间科学学院副教授何建华介绍,在当时,即使在观测误差所允许的范围内进行最大限度的估计,也无法解释为何这些星系的运动速度如此之快。因此,弗里茨认为,星团中必须引入一种新的不为人知的物质,来解释这种观测与理论不一致的状况。他将这种新物质称为暗物质——一种因不发光而不能被我们看到的物质。

自此,关注天体和星系诡异的运动轨迹,以及寻找看不见、摸不着的暗物质,成为了宇宙学探索研究的主流工作之一。中国科学院国家天文台、中国科学院大学研究员平勃松对科技日报记者介绍,2016年,天文学家提出“第九行星”时,就曾认为它可能是由暗物质构成的。

然而,暗物质假设也不是完美无缺。如果要以暗物质来解释引力理论不适用的观测现象,就必须引入数量巨大的暗物质。“引入的暗物质的质量占比,达到了可见物质的约5倍之多。”平勃松表示。

“拉索”发布迄今最亮伽马暴高能辐射精确能谱

透过“宇宙烟花” 理解宇宙演化

◎本报记者 都芃

说起宇宙空间,人们脑海中浮现出的往往是一片黑暗,其中点缀着几许星光。但事实上,宇宙要比我们想象得更加丰富多彩。

宇宙中充斥着大大小小各类星系。星系发出的光不会凭空消失,而是会一直在宇宙空间中穿行。这些光有的属于我们肉眼能看到的可见光波段,有的属于我们看不到的红外波段等。它们的总和被称为宇宙背景光。对宇宙背景光的研究能够揭示宇宙起源的奥秘,是天文学研究中的重要课题。

前不久,高海拔宇宙线观测站“拉

索”(以下简称“拉索”)发布迄今最亮伽马暴——GRB 221009A的高能伽马辐射的精确能谱,揭示出宇宙背景光在红外波段强度低于预期,为检验爱因斯坦相对论的适用范围、探索暗物质候选粒子——轴子等提供了重要信息。

宇宙背景光对高能伽马光吸收强度低于预期

伽马暴是宇宙中某一方向上加马射线瞬时增强的一种现象,也被形象地称为“宇宙烟花”。其在短短几秒内散发的能量,可能比太阳百亿年寿命中释放的能量总和还要多。

伽马暴中的高能伽马光子在飞行时

会被宇宙中弥漫的背景光吸收,伽马光子能量越高,被吸收的强度就越高。记者了解到,按照目前的宇宙演化模型,1万亿电子伏特伽马光子飞行24亿光年被宇宙背景光吸收的可能性约为80%,而10万亿电子伏特伽马光子被吸收的可能性则超过99.5%。于是,科学家为了对宇宙背景光进行研究,反其道而行之,根据伽马射线被吸收的程度来研究宇宙背景光的强度与性质,进而理解宇宙演化过程。

中国科学院院士、“拉索”首席科学家曹臻表示,此次测得的精准能谱显示,宇宙背景光对高能伽马光的吸收强度明显低于目前宇宙演化模型的预期——在红外波段,宇宙背景光的吸收强度仅为理论值的40%左右,而宇宙背景光与星系形成、演化等过程密切相关。“这一结果将促使人们重新考虑宇宙中星系的形成和演化过程。”曹臻说。

有违理论预期的现象指向两种可能

对于宇宙背景光对高能伽马光子的吸收低于理论预期这一现象,研究人员给出了两种可能的解释。

“一种可能是存在某种超出当前粒子物理标准模型的新物理机制。比如,爱因斯坦狭义相对论的基础——洛伦兹对称性有非常微小的破坏。”中国科学院高能物理研究所研究员陈松说。

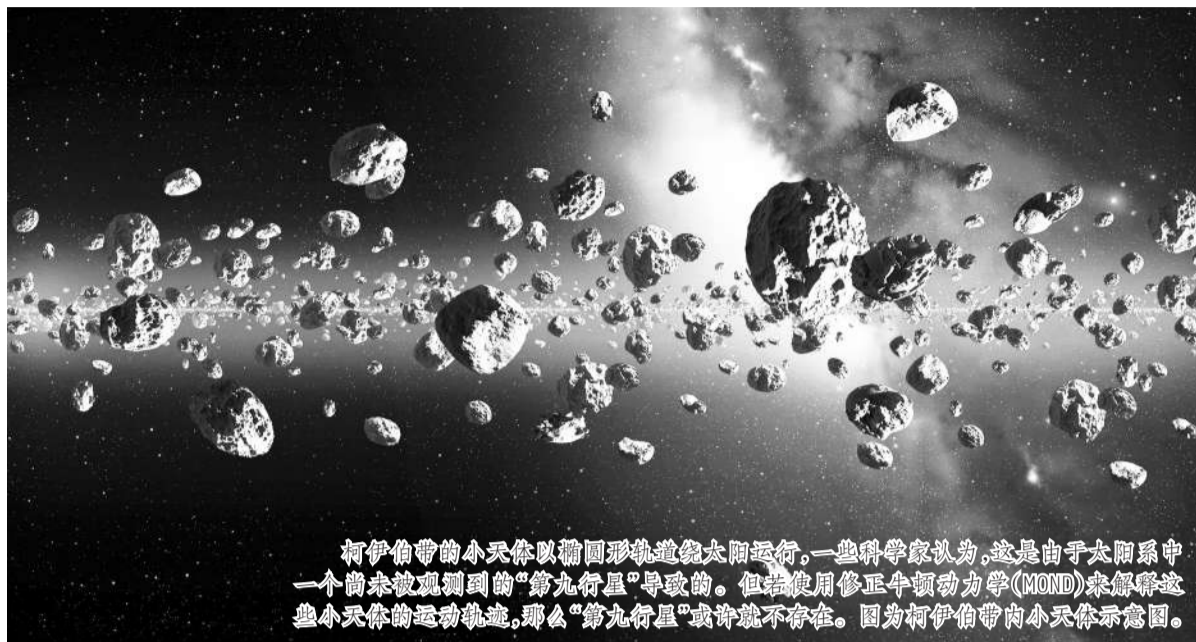
狭义相对论认为,同一时间发出的、不同能量的光子到达观测者的时间应是

一致的,即光速不变性。其中,洛伦兹对称性是狭义相对论的基本假定。通俗来讲,其是指一个非加速物理系统在作洛伦兹变换时,相关的基本物理规律不会改变。而一些大统一理论模型,例如量子引力理论认为,在非常高的能量下,光速会随能量变化,即洛伦兹对称性会发生破缺。要对光速不变性进行精确检验,需要获得能量更高、时间延迟更短、距离更远的高能光子。

另一种解释则认为,可能是轴子在起作用。轴子是粒子物理标准模型之外的一种新粒子,也是当前被广泛讨论的暗物质候选粒子之一。

研究者提出,在强电磁环境下,轴子和光子会发生相互作用,二者可以相互转化。基于这一理论假设,有研究者对高能伽马光子弱吸收现象提出了一种可能的解释。在伽马射线爆发之后,高能光子通过强磁场被转化为轴子状粒子。轴子状粒子被认为稍微重一些,然后,轴子状粒子将不受阻碍地穿越浩瀚太空。当它到达我们所在的银河系时,磁场可能会将其再转换为光子,然后到达地球,被我们观测到。

但无论是何种解释,目前都仍然停留在理论假设阶段,有待更多观测数据的支持。作为国际上最灵敏的超高能伽马射线探测装置,“拉索”具有大视场和全天候的特点,每天可以监视三分之二的天区范围,可以对更多伽马暴进行更为深入的研究,或在不久的将来揭晓这一谜题。



柯伊伯带的小天体以椭圆形轨道绕太阳运行。一些科学家认为,这是由于太阳系中一个尚未被观测到的“第九行星”导致的。但如果使用修正牛顿动力学(MOND)来解释这些小天体的运动轨迹,那么“第九行星”或许就不存在。图为柯伊伯带内小天体示意图。

不引入暗物质也能解释星系的诡异运动

“越来越多的其他方面的天文观测也开始支持暗物质的存在。例如,通过微波背景辐射观测,人们发现宇宙早期温度存在微小涨落。”何建华说。因此,虽然对暗物质是否存在这一问题有过许多争论,但到了20世纪80年代初,大部分天文学家还是接受了宇宙中存在大量暗物质的观念。

当然,对于天体和星系的诡异运动,也有一小部分科学家提出了新的看法。以色列物理学家密格罗姆认为,也许暗物质并不存在。为了解释广义相对论无法解释的现象,应该从数学上对熟知的万有引力定律加以修改。“比如,当动力学加速度远小于某一个参考加速度参数时,对牛顿动力学加入一个修正因子,就可以把星系的诡异运动变得平淡无奇。这就是MOND的来源。”平勃松说。

他举例道,在经典引力理论下,人们通常认为,距离星系中心越远的地方受到的引力越小,旋转速度越慢。但是,实际观测到的星系旋转曲线大多趋于一个常数,而现有引力理论并不足以支持观测到的星系旋转运动。MOND则针对这种运动引入一个大小约为0.1纳米每平方秒的加速度参数,以解释一些观测现象与经典理论的不一致。

MOND 适用性尚需进一步研究证实

虽然MOND通常被用来解释大范围的星系现象,但一些科学家认为,其在太阳系的外围也适用。基于此,他们进行了观测和分析。

“MOND是一种无暗物质理论,它最初是为了不诉诸暗物质而去解释包括星系惊人的高速旋转等现象。”平勃松进一步介绍,一些科学家借助该理论对柯伊伯带

中小天体的运动轨迹进行分析后发现,即使不存在一个额外的大行星,这些小天体奇怪的轨道模式也能被完美地解释。

当然,对于这些科学家的发现,也有学者提出不同意见。一些学者认为,这些科学家的研究存在巧合;还有一些学者认为,这些科学家的研究说服力不够强。

反对意见的出现,实质上反映了暗物质假说学派与修正理论学派之争。中国科学院国家天文台研究员陈学雷曾指出,一个好的科学理论必须自治,物理学理论必须能对物体在各种情况下的运动给出预测和解释。而对于MOND来说,这是一个挑战,因为这个理论是基于经验关系,而不是来自第一性原理。一旦问题超出原来的范围,就不好运用MOND回答。

平勃松表示,虽然MOND目前仍然不是宇宙学方向的主流,但不失为一种有竞争力的、值得研究者们付诸精力继续研究的选择。

链接

我国多个在研望远镜 或为探索MOND提供支持

中国科学院国家天文台、中国科学院大学研究员平勃松表示,我国正在研制的多个天文望远镜,都有望为修正牛顿动力学(MOND)的探索作出贡献。“我国正在研制的巡天太空望远镜(CSST)以及清华大学、北京大学等立项研制的多项6米及以上口径的中型地基天文望远镜的探测灵敏度,有望较当下的望远镜提升10倍以上。”平勃松说。

记者了解到,这些望远镜将助力科学家在可见暗弱天体和MOND等方向开展探索。特别是与MOND有关的星系团、银河系外旋臂、太阳系边缘等研究项目预期将获得更丰富的新观测结果。这些结果有望为MOND的确认和实证提供支持。

日冕物质抛射研究有新进展

科技日报讯(记者赵汉斌)日冕物质抛射过程中,会形成一种名为亮前沿的物理现象。记者11月27日从中国科学院云南天文台获悉,该台研究人员近期通过大尺度三维磁流体动力学数值实验,研究了日冕物质抛射事件中三分量结构的形成和演化过程,及日冕物质抛射亮前沿特征形成的物理机制。国际天文学期刊《天体物理学杂志》发表了相关研究成果。

研究日冕物质抛射,对深入了解太阳大气中的物理过程和太阳对地球环境的影响意义重大。白光日冕仪观测到的日冕物质抛射中,约30%呈现出亮核、暗腔和亮前沿的三分量结构。而由于日冕物质抛射具有丰富的观测特征,因此精确描绘其结构形成和演化过程,仍是一个挑战。

为进一步研究日冕物质抛射,最近,云南天文台副研究员梅志星等人拓展了团队此前的工作,采用球形坐标系中的径向拉伸计算网格,整合用于研究太阳风性质、结构和演化的帕克太阳风分析解模型,针对爆发磁通量绳在太阳风主导的近日空间中的大尺度演化,开展了三维磁流体动力学数值模拟。

在模拟早期阶段,梅志星团队得出了与之前相似的结果,即爆发磁通量绳和日冕物质抛射泡状结构与周围磁场相互作用,导致环绕着磁通量绳的螺旋电流边界出现。随后,磁通量绳和日冕物质抛射泡被传播到距离太阳中心几个太阳半径以外的更大区域,同时螺旋电流边界持续生长和向外传播,并可在整个近日空间被追踪到。

为获得最新数据,在后来的模拟中,研究人员采用正演模拟图像合成技术,获得了远紫外成像仪和白光日冕仪图像,并观测到作为明亮前沿特征的螺旋电流边界持续向外传播。因此,新的模拟研究进一步支持了此前提出的理论,即将螺旋电流边界作为形成日冕物质抛射亮前沿特征的物理机制。

科学家揭秘

超致密矮星系起源之谜

新华社讯(记者魏梦佳)矮星系是光度最弱的一类星系,其在宇宙演化中的作用至关重要。由中国天文学家主导、来自全球近20个研究机构的科研人员组成的国际团队,在观测中首次发现了矮星系在星系团致密环境中被瓦解剥离并逐渐演化为超致密矮星系的完整过程,揭示了困扰天文学家许久的超致密矮星系起源之谜。这一重要研究成果刊载于《自然》杂志。

长期以来,星系和星团被认为是截然不同的两类天体。星系在暗物质晕中诞生成长,有较为复杂的恒星形成历史;星团则脱胎于星系内部巨型分子云团块。超致密矮星系于2000年左右被发现,因其内部恒星系统极端致密而得名,其质量和大小介于星系和星团之间,而其起源也一直存在争议。近年来,尽管一些研究结果支持“许多超致密矮星系或起源于被剥离的矮星系”,但矮星系演化为超致密矮星系的具体过程还没有被实际观测所证实。

为此,北京大学、上海交通大学等高校的天文学研究团队联合加拿大、美国等多地研究机构利用哈勃空间望远镜、加拿大-法国-夏威夷望远镜、北双子座望远镜等观测设备,在室女星系团里搜寻到约600个超致密矮星系候选体。通过光谱证认及全面细致的形态分析,发现约有15%的超致密矮星系被暗弱的恒星晕所包围。

研究人员认为,这些超致密矮星系在形态、颜色、空间分布等特征上都与新定义的一类强核矮星系高度相关,很可能强核矮星系是矮星系演化为超致密矮星系的一个中间阶段。此外,在某些强核矮星系和超致密矮星系周围也发现了极其暗弱的“S”型星流结构,这成为矮星系正被潮汐瓦解的直接证据。

论文第一作者、北京大学物理学院天文学系博士研究生王凯翔说,团队首次观测到超致密矮星系形成的各个阶段,“就像时间切片一样,刻画出了普通矮星系被瓦解形成超致密矮星系(甚至星团)的变身过程,清楚揭示了演化的规律。”

“超致密矮星系是星系团考古研究的重要探针,研究其起源对于理解星系的形成和演化有着重要意义。”研究团队成员、美国国家光学-红外天文研究实验室天文学家彭逸西说。

据悉,下一步研究团队仍将使用多台国际大型天文望远镜对超致密矮星系进行后续观测,以揭晓更多与之相关的科学奥秘。

太阳活动极大期将至 公众看见极光机会或大增

新华社讯(记者周润健)天文学专家表示,本轮太阳活动将在2024年左右迎来极大期,因此今后我国公众看见极光的机会大大增加。

中国天文学会会员、天文科普专家修立鹏介绍,极光是太阳风和地球磁场相互作用产生的。当太阳喷发出的带电粒子以非常高的速度撞向地球时,地球的磁场会把它吸引到南北两极附近的高空,并与大气层中的分子或原子发生碰撞,进而引起的激发和电离现象就是极光。

修立鹏解释说,太阳喷发出的带电粒子会和地球大气中不同高度、不同气体的原子、分子作用,并表现为丰富多彩的极光。如果带电粒子在200千米以上的高空撞入大气中的氧原子或氧分子,它们会被激发出红色光,于是人们看到的极光就是红色的;如果是在100千米至200千米高空,大气中的氧原子或氧分子却会被激发出黄绿色光,这种颜色也是最常见到的;如果带电粒子在100千米以下高空撞入电离状态下的氮原子或氮分子,就会出现蓝色极光和紫色极光。

如何才能拍摄到美丽的极光呢?修立鹏表示,一是合适的时间段。要抓住太阳活动剧烈的年份,因为极光的出现和太阳活动密切相关,太阳活动越剧烈,极光出现的可能性也就越高。本轮太阳活动将在2024年左右迎来极大期。

二是合适的地点。越靠近极光带,看到极光的可能性就越大。极光带位于地球的南北纬60度到70度之间,如果有机会到这两个区域看到极光的机会就会大大增加,加拿大北部、格陵兰岛及俄罗斯北部等都是比较理想的观测地点,而我国黑龙江省漠河市北村就是个不错的选择。

三是挑选一个好日子。近期,想要肉眼看到极光就要挑个晴朗无云的夜晚,但在出发前一定要好好关注下目的地的天气情况和夜幕降临的具体时间。统计数据表明,太阳活动极大期前后的晚上10点至凌晨3点通常是观测极光的最佳时间。

“但无论太阳活动水平如何,总有些时候,哪怕你在寒风中等待数小时,也可能毫无收获,所以也要调整好心理预期。”修立鹏提醒说。



图为高海拔宇宙线观测站“拉索”。科学家利用“拉索”,精确测量了迄今最亮伽马暴的高能辐射能谱,并据此获得了对伽马暴的全新认知。