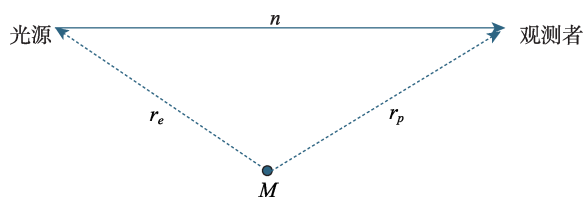


夏皮罗延迟(Shapiro time delay):又称为引力时间延迟效应(gravitational time delay),是爱因斯坦广义相对论的一个重要预言。它描述了光(或任何电磁波信号)在引力场中传播时,由于时空弯曲而导致信号传播时间增加的现象。简单来说,当光经过一个大质量天体(如太阳)附近时,它的路径会因引力而弯曲,同时传播所需的时间会比在平直时空中更长,即使考虑到路径弯曲导致的额外路程,仍然存在一个纯粹的、由引力势本身引起的额外时间延迟。在信号路径经过中心天体附近时夏皮罗延迟的近似计算为:

$$\Delta t = \frac{2GM}{c^3} \ln \frac{r_p + r_p \cdot n}{r_e + r_e \cdot n}$$

其中 r_e 表示信号发射点(如地球)到中心天体 M 的最近距离(在最小距离近似下), r_p 表示信号反射点或接收点(如行星、航天器)到中心天体 M 的最近距离, n 表示发射点到接收点的单位矢量。夏皮罗延迟与光线偏折是两个独立的效应,前者并非由后者引起的,就如同同一个硬币的两面,都是光在弯曲时空中沿测地线运动的体现。偏折描述的是空间路径的弯曲,延迟描述的是时间流逝的变化(从远处观测者的角度看)。



光线在质量为 M 的引力体附近从光源传播到观测者

* * * * *

欢迎读者朋友参与“物理奥赛”系列专题的有奖竞答活动,并在答案公布前将您的解答发送至 ao-sai@ihep.ac.cn 邮箱。对于参与并答对每期题目的前20名读者,编辑部将赠阅1年《现代物理知识》杂志。

科苑快讯

天文学家发现一颗土星大小的流浪行星

天文学家终于对一颗流浪行星称重,发现它与土星质量相当,在一次剧烈的行星分裂后被扔进了银河系。虽然大多数行星围绕一颗或多颗恒星运行,但越来越多的证据表明一些行星独自在银河系中运行,它们被称为自由漂浮行星或流浪行星。

迄今为止的很多研究,揭示了行星被驱逐出其母星系并在星际空间漂流的多种方式。美国宇航局(NASA)计划于2027年发射南希·格蕾丝·罗马太空望远镜(Nancy Grace Roman Space Telescope),这将提高自由漂浮行星的发现速度。

用于流浪行星发出的光线微弱,天文学家通常只有在其引力短暂弯曲并放大远处背景恒星的光时才能探测到它们。这种效应被称为微透镜(microlensing),其主要缺点是通常不能显示行星的距离,这就不能确定其质量,这些流浪行星的许多基本性质也就难以确定。

不过,有个研究组在一次短暂的微透镜事件中发

现的一颗流浪行星,是在地球和太空同时观测到的。该团队将几次地面调查的数据与盖亚太空望远镜的观测结果结合起来。光信号到达这些相隔很远的地方的时间上的微小差异,使科学家们能够计算出微透镜视差。当这项测量与有效源点透镜建模(finite-source point-lens modeling)相结合时,研究人员能够确定这颗行星的质量及其在星系中的位置。

这颗行星的质量约为木星的22%,距离银河系中心约3000秒差距。研究人员认为,其质量与土星相似,很可能是作为行星系统的一部分形成的,而不是像小恒星或褐矮星那样自行形成。他们还认为,像这样的低质量流浪行星是在恒星周围诞生的,后来由于引力干扰,比如与其他行星或不稳定恒星同伴的近距离接触,被抛出了原来的轨道。

(高凌云编译自2026年1月1日SciTechDaily网站)