

The Relationship of Velocity and Distance of Stars

Kaige Jin*

Xuzhou Jiangsu

Email: jinboyoullsuccee@163.com

Received: Apr. 9th, 2019; accepted: Apr. 28th, 2019; published: May 5th, 2019

Abstract

This paper which proceeds from the principle of superposition of velocity in Special Relativity has made a relationship between Stellar Velocity and its distance.

Keywords

Hubble's Law, Stellar Velocity, Special Relativity

星体的速度与距离之关系

靳凯歌*

江苏 徐州

Email: jinboyoullsuccee@163.com

收稿日期: 2019年4月9日; 录用日期: 2019年4月28日; 发布日期: 2019年5月5日

摘要

本文从狭义相对论的速度叠加原理出发, 导出了星体速度随星体距离的变化关系。

关键词

哈勃定律, 星体速度, 狭义相对论

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

*通讯地址: 徐州西苑民安园 36-1-104.

文章引用: 靳凯歌. 星体的速度与距离之关系[J]. 现代物理, 2019, 9(3): 126-129.

DOI: 10.12677/mp.2019.93015

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 哈勃定律的局限

遥远星系的光谱存在红移, 在 1930 年前后, Hubble 从已测定距离的十几个星系中发现, 星系光谱的红移量 z 与星系的距离 d 有正比关系[1]。用今天的方式来写, 它是:

$$z = \frac{H}{C}r \quad (1.1)$$

哈勃定律说明遥远星体正在退行, 我们的宇宙在现阶段是膨胀的, 是大爆炸理论的实验验证。

按狭义相对论, 光频率 ω 与光源速度 v 的关系为

$$\frac{\omega}{\omega_0} = \sqrt{\frac{1+V/c}{1-V/c}} \quad (1.2)$$

在非相对论近似下[1]

$$z = \frac{\omega - \omega_0}{\omega} \approx \frac{V}{C} \quad (1.3)$$

因此得到, 星体退行速度 V , 与星体到观察者的距离(又称作光度距离) r 的关系[1]:

$$V = Hr \quad (1.4)$$

H 称作哈勃常数, 其倒数具有时间的量纲, 常常认为是宇宙的年龄, 约为 140 亿年左右。

其实, 当红移 z 不很小, 它与距离的关系不是线性的, 这一结果已得到实测的证实[1]。

由于哈勃定律的应用和星体红移对验证宇宙的状态有很大关系, 宇宙参数是红移的函数[2], 所以哈勃定律适用范围非常重要。

但是, 无论(1.1)或(1.4), 能否完全适用于更大尺度的距离, 还有待验证。

2. 星体速度与距离的关系

虽然哈勃定律有局限, 但各种观察测量, 以及宇宙膨胀理论都认定以下事实, 即星体速度与距离之间存在着函数关系:

$$V = V(r) \quad (2.1)$$

从这一事实出发, 我们略去影响星体速度的其他因素, 结合狭义相对论的速度叠加, 找到速度与距离的比较理想的简单的可能的函数。

为此, 假设某星体 A, 距离观察点 o 的距离为 r , 在 r 的延长线上存在一星体 B, 距离 O 点距离为 $r + dr$ 。o 点的观察者测到, A 和 B 分别有向右的退行速度 $V(r)$ 和 $V(r + dr)$, 如图 1。

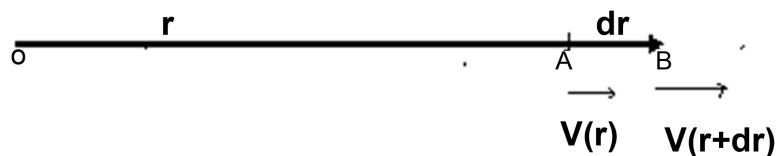


Figure 1. Distance A is R and distance B is $r + dr$ with o as observation point

图 1. 以 o 为观察点 A 距离为 r , B 距离为 $r + dr$

星体 A 上的另一观察者，测得相距自己距离为 dr' 的星体 B 的速度为 $V(dr')$ ，如图 2。

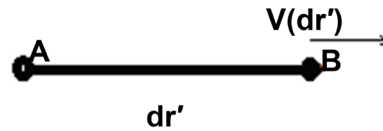


Figure 2. A as the observation point
图 2. 以 A 为观察点

由于是近距离(dr' 是小量)，可以满足哈勃定律(1.4):

$$V(dr') = Hdr' \tag{2.2}$$

在 o 看来，B 的真实速度 $V(r + dr)$ 是星体 A 的速度 $V(r)$ ，与星体 B 相对 A 的速度 $V(dr')$ 的叠加。运用相对论速度叠加公式，就可以得到

$$V(r + dr) = \frac{V(r) + V(dr')}{1 + \frac{V(r)V(dr')}{C^2}} = \frac{V(r) + H(dr')}{1 + \frac{V(r)H(dr')}{C^2}}$$

由于 dr' 是微元，所以，上式 $V(r + dr)$ 可以写成

$$\begin{aligned} V(r + dr) &= \frac{V(r) + Hdr'}{1 + \frac{V(r)Hdr'}{C^2}} \approx (V(r) + Hdr') \left(1 - \frac{V(r)Hdr'}{C^2} \right) \\ &= V(r) + Hdr' - \frac{V(r)^2 Hdr'}{C^2} - \frac{V(r)H^2(dr')^2}{C^2} \end{aligned}$$

上式第四项为高阶小量，可以略去，把右边第一项移到左边，得

$$V(r + dr) - V(r) = Hdr' - \frac{V(r)^2 Hdr'}{C^2} = \left(1 - \frac{V(r)^2}{C^2} \right) H_0 dr' \tag{2.3}$$

dr' 与 dr 的关系满足

$$dr' = \gamma dr \tag{2.4}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}}$$

又，根据微分定义，

$$V(r + dr) - V(r) \equiv dV(r)$$

上两式代入(2.3)后，有

$$\frac{dV}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}} = Hdr \tag{2.5}$$

根据(1.1)，有： $r = 0$ 时， $V = 0$ ，上式积分后，得

$$V = C \sin\left(\frac{Hr}{C}\right) \tag{2.6}$$

3. 结论与问题

3.1. 条件限制

1) 公式(2.6)的导出, 隐含了宇宙是均匀的各向同性的宇宙学原理。在没有考虑宇宙在大尺度上的各向异性。

2) 假定了宇宙的近似平坦, 这个假定与宇宙膨胀似乎不符, 近似程度较难确定。

3.2. 公式的普适性

1) 近距离时, (2.6)可以回到哈勃定律。但近距离星体的本动有可能是决定性的, 导致星体退行速度的测量值与公式可能有更大的偏差, 不过, 考虑到如果把哈勃定律适用的尺度作为距离的微元, 有其合理的因素。

2) 当观察距离

$$r1 = \frac{\pi C}{2H_0} \text{ 时,}$$

速度 V 达到最大值 C 。此时, 距离 r 约为现在宇宙半径的 1.57 倍。这种宇宙视界的扩大, 尚缺乏实验支持。

3) 当

$$r2 = \frac{\pi C}{H_0}$$

速度为零, 宇宙停止膨胀, 此时宇宙“半径”约为现在的 3.14 倍。

致 谢

感谢负责本稿的编辑和审稿的老师认真负责的指教和辛勤的工作。

参考文献

- [1] 俞允强. 物理宇宙学讲义[M]. 北京: 北京大学出版社, 2002: 57, 72, 121.
- [2] Kazantzidis, L., Perivolaropoulos, L. and Skara, F. (2019) Constraining Power of Cosmological Observables: Blind Redshift Spots and Optimal Ranges. *Physical Review D*, **99**, Article ID: 063537. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.99.063537>

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2161-0916, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: mp@hanspub.org