

The method of calculating the distance of a star

Jinglun Zhang

Henan cable network group Luohe branch, Luohe, Henan

Email: lh_zjl@163.com

Abstract

The principle of constant light speed is the basis of relativity, but why not change? It is assumed that photons can automatically attenuate their energy in order to maintain constant velocity, by using this hypothesis, the calculation methods of red shift are deduced: Doppler red shift $z_D = v/(c-v)$, gravitational red shift $z_g = GM/(rc^2 - GM)$, distance red shift $z_d = \exp(L/4669) - 1$, and points out the errors in the Doppler formula and the flaws of the gravitational red shift formula deduced from the general relativity. Using M.R. Pogson formula, and the relationship between distance, and the parameters of two Ia supernovae, the extinction coefficient and the correlation coefficient are obtained. The distances of the 155 stars are calculated in two way and their differences are compared. It is proved that the energy attenuation of photon propagation in interstellar space is very small, but it is the main cause of red shift, the absolute extinction of interstellar dust is also very small, but it will cause great computational error when ignoring it. Finally, the reasons for calculation errors are explained, the method for measuring correlation coefficients is proposed, the Hubble constant as a function of distance is described, the luminous reasons of quasars are analyzed, the distances and radii of quasars are estimated.

Keywords

distance red shift; energy attenuation coefficient; interstellar extinction coefficient; Hubble constant; Schwarzschild radius

Subject Areas Math & Physics

恒星距离的计算方法

张景伦

河南有线电视网络集团漯河分公司, 河南 漯河

Email: lh_zjl@163.com

收稿日期: 2017年8月24日; 发布日期: 2017年8月25日

摘要

光速不变原理是相对论的基础, 但为什么不变? 假设光子为了保持速度恒定能够自动衰减它的能量, 利用这个假设推导出了红移的计算方法: 多普勒红移 $z_D = v/(c-v)$, 引力红移 $z_g = GM/(rc^2 - GM)$, 距离红移 $z_d = \exp(L/4669) - 1$, 并指出了多普勒公式中的错误和根据广义相对论推导出的引力红移公式的瑕疵。利用普森公式、距离与红移的关系及两个Ia型超新星参数, 求出了关联系数a及星际消光系数b。用两种方法计算出了155个恒星的距离并比较了它们的差别。证明了光子在星际中传播时能量衰减很小, 但它却是引起红移的主要原因; 星际的绝对消光也很小, 但忽略它会引起很大的误差。最后, 解释了引起计算误差的原因, 提出了测量关联系数的方法, 说明了哈勃常数是距离的函数, 分析了类星体的发光原因, 并估算了类星体的距离和半径。

关键词

距离红移; 关联系数; 消光系数; 哈勃常数; 史瓦西半径

1. 引言

光子在真空中传播时，其速度是常数，它是相对论的基石，并已被多次证明是正确的。为什么光速是常数？光子是如何实现的？假设光子为了保持速度的恒定能够自动衰减（或增加）自身的能量。

1.1 多普勒红移

根据假设，如果光源以速度 v 离开观察者，则它的动量为 $P=mv$ ，光子为了保证速度的恒定，也必须降低能量克服光子的初始动能（ f 为发射源的原始发射频率， f' 为接收到的频率， h 为普朗克常数， c 为光速， m 为光子运动质量）

$$\text{即: } h*f - P*c = h*f' \quad (1)$$

把 $P=m*v$ 和 $m=h*f/c^2$ 代入上式得：

$$h*f - h*f*v/c = h*f', \quad f' = (1-v/c)*f.$$

$$z_v = [c/(c-v)] - 1 = v/(c-v), \quad (2)$$

$$\text{或: } v = c*z/(1+z). \quad (3)$$

根据多普勒原理，观察者和发射源彼此远离时的频率关系为（ v_o 为观察者移动速度， v_s 为发射源移动速度， V 为介质速度）： $f' = [(V-v_o)/(V+v_s)]*f$ (4)

$$\text{当 } v_o=0, v_s=0.6V \text{ 时, } f' = f*V/1.6V = 0.625*f, \quad z = 0.6$$

$$\text{而当 } v_o=0.6V, v_s=0 \text{ 时, } f' = f*0.4V/V = 0.4*f \quad z = 1.5$$

$$\text{彼此靠近时的关系为: } f' = [(V+v_o)/(V-v_s)]*f \quad (5)$$

$$\text{当 } v_o=0, v_s=0.6V \text{ 时, } f' = 2.5*f \quad z = -0.6$$

$$\text{而当 } v_o=0.6V, v_s=0 \text{ 时, } f' = 1.6*f \quad z = -0.375$$

这明显是个错误，在现有的实验条件下很容易验证，宇宙学红移就是根据多普勒原理推导出了 $z=v/c$ ，当 $z>1$ 时必须用洛伦兹变换，但在同一坐标系下为什么变换呢？因此，多普勒公式应改为：

$$\text{彼此远离时: } f' = [(V-v_o)/V]*[(V-v_s)/V]*f \quad (6)$$

$$\text{彼此靠近时: } f' = [(V+v_o)/V]*[(V+v_s)/V]*f \quad (7)$$

$$\text{红移和速度的关系也应改为: } z = f/f' - 1 = [V/(V-v)] - 1 = v/(V-v) \quad (8)$$

$$\text{或: } v = V*z/(1+z) \quad (9)$$

1.2 引力红移

根据前面的假设，光子在一个引力场中，为了保证速度的恒定，必须衰减能量用于克服引力，则下式成立（ g 为重力加速度， r 为星球的半径，）：

$$h*f - m*g*r = h*f' \quad (10)$$

把 $m = h*f/c^2$ ， $g = G*M/r^2$ ，（ G 为引力常数， M 为星球质量）代入上式得：

$$h*f - h*f*G*M/r*c^2 = h*f', \quad f' = (1-G*M/r*c^2)*f,$$

$$Z = f/f' - 1 = G*M/(r*c^2 - G*M) \quad (11)$$

根据广义相对论推得引力红移公式为^[1]： $z_g = [1 - 2G*M/(r*c^2)]^{-1/2} - 1$ ，简化后的公式为^[2]： $z_g = GM/rc^2$ 用本文的能量衰减论所得的等式为： $z_g = GM/(rc^2 - GM)$ 。为了比较哪个是合理的，分别把地球（ $M = 5.965 * 10^{24}$ kg, $r = 6.371 * 10^6$ m）、太阳（ $M = 1.9887 * 10^{30}$ kg, $r = 6.955 * 10^8$ m）和当 $r = 2GM/c^2$ 时的数据分别代入，计算得到结果如表 1 所示。

Table 1. Comparison of gravitational redshift in different theoretical calculations
表 1 不同理论计算的引力红移量比较

Gravity redshift	earth	sun	$r=2GM/c^2$
$[1 - (2GM/r^2)]^{-1/2} - 1$	$6.9526895352 \times 10^{-10}$	$2.12339151 \times 10^{-6}$	∞
$GM / (rc^2 - GM)$	$6.9526896728 \times 10^{-10}$	$2.12338925 \times 10^{-6}$	1
GM/rc^2	$6.9526896680 \times 10^{-10}$	$2.12338474 \times 10^{-6}$	0.5

由表 1 可以看出：当 $r = 2GM/c^2$ 时，根据广义相对论推导的公式红移为无穷大，也就是说，在史瓦西半径上光子是无法逃逸的。如果光子的运动方向是史瓦西半径球面的切线方向，则光子永远不能逃离这个球面，但如果光子的运动方向是垂直于球面向外，光子为了保持速度的恒定，就会自动降低能量克服引力。设光子的频率为 f ，这时光子的能量为： $E = hf$ ，史瓦西半径球面的势能为： $E_s = m * g * r = (hf/c^2) * (GM/r^2) * r = (hf/c^2) * GM/r = (hf/c^2) * GM / (2 * GM/c^2) = hf/2$ 。可见，光子完全有能力克服引力逃逸出来，这说明根据广义相对论推导出的红移公式是有瑕疵的，从史瓦西半径球面垂直逃逸所产生的红移为 $z = (E/E_s) - 1 = 1$ 。

光子的逃逸半径为： $R_e = GM/c^2$ ，通过上面的分析，说明假设是正确的。

2 计算

根据上面的假设，设光子每传播百万秒差距的衰减量为 k ，则 (E_L 为光子传播 L 百万秒差距后所具有的能量， E_0 为光子的初始能量， L 为光子传播的距离)： $E_L = (1-k)^L * E_0$ (12)。

光子在传播 L 百万秒差距后的距离红移为： $z_d = f/f_n - 1 = (E_0/E_L) - 1 = [1/(1-k)^L] - 1 = (1-k)^{-L} - 1$ (13)

对 $z_d + 1 = 1/(1-k)^L$ 两边取自然对数可得： $Ln(1+z_d) = -L * Ln(1-k)$ ，即： $L = [-1/Ln(1-k)] * Ln(1+z_d)$

令 红移-距离的关联系数 $a = -1/Ln(1-k)$ (14)

得： $L = a * Ln(1+z_d)$ (15)

如果单位时间和单位面积内，在理想状态下从恒星接收的光子数为 1，设光子每传播百万秒差距所减少的数为 n ，则实际所能接收的光子数为：

$$Y = (1-n)^L \quad (16)$$

根据普森公式，星际间和波长无关的绝对消光为^[3]： $A_a = -2.5 * lg(Y) = -2.5L * lg(1-n)$ (17)

令 和波长无关的消光系数 $b = -2.5 * lg(1-n)$ (18)

则： $A_a = b * L$ (19)

$$L = 10^{[(m-M-25-A_a)/5]} \quad (m \text{ 为视星等、} M \text{ 为绝对星等}), \text{ 或: } 5 * lg(L) = m - M - 25 - b * L \quad (20)$$

对于同一颗恒星，两种计算方法所得的距离应该是相同的，把 (15) 代入 (20) 得：

$$5 * lg[a * Ln(1+z)] = m - M - 25 - b * a * Ln(1+z)$$

取两个恒星的参数代入上式可得方程组 (SN1999fv 的参数为： $m=24.5, M=-19.27, z=1.19$ 。SN2007uh 的参数为： $m=22.21, M=-19.8, z=0.53$ ，也可以取其它中、高红移的其它 Ia 超新星)：

$$\begin{cases} 5*\lg[a*\ln(1.19+1)]=24.5+19.27 - 25 - b*a*\ln(1+1.19) \\ 5*\lg[a*\ln(0.53+1)]=22.21+19.8 - 25 - b*a*\ln(1+0.53) \end{cases}$$

解方程组得: $a=4668.99381(\text{Mpc, Millionparsec}), b=0.000262177$

用上面的两个参数代入到下面的等式可以得到两种计算恒星距离的方法:

$$D_z=4669*\ln(z+1) \quad (21)$$

$$5*\lg(D_L)=m - M - 0.0002622*D_L \quad (21)$$

计算的结果如表 2 所示(从开放的超新星目录 <http://sne.space/>中随机抽取了 155 个 Ia 超新星, 但为了节省篇幅, 只列出了 10 个, 其它的显示在图 1 中):

Table 2. the distance of stars and the percentage deviation between two methods of calculation

表 2 恒星的距离及两种计算方法的百分差

Name	z	m	M	D _z (Mpc)	D _L (Mpc)	%	v (km/s)
UDS10Wil	1.914	24.2	-20.534	4993.61	4897.50	-1.96%	6108
SN150G	1.713	25.2	-19.316	4659.91	4594.68	-1.42%	4160
SN2003ak	1.551	24.1	-20.28	4372.44	4411.99	0.90%	-2550
SN2002hp	1.305	24.29	-19.676	3898.99	3885.48	-0.35%	866
SCP-06F12	1.11	23.8	-19.83	3486.28	3490.90	0.13%	-297
SNLS-04D1low	0.915	23.23	-19.99	3033.53	3048.76	0.50%	-980
SNLS-04D4hu	0.7027	22.95	-19.692	2484.91	2497.17	0.49%	-788
SN1997cd	0.51	22.9	-19	1924.14	1905.74	-0.97%	1179
SN2009jo	0.31	21.8	-19	1260.76	1243.86	-1.36%	1083
SN2011ct	0.11	19.5	-19	487.26	473.34	-2.94%	892

为了更直观地显示出计算结果, 把表 1 中的数据表示在图 1 中, 其上面的曲线为红移与距离 (D_z) 的关系, 下面的曲线为用两种方法计算所得结果的百分差。当 z 值小于 0.5 时, D_z 和 D_L 之间出现偏差的几率较大, 当 z 值大于 1.6 时, 误差有增大的趋势, 但由于观测到恒星数目较少, 没有分析出原因, 表 2 中的最后一列为恒星的径向速度。

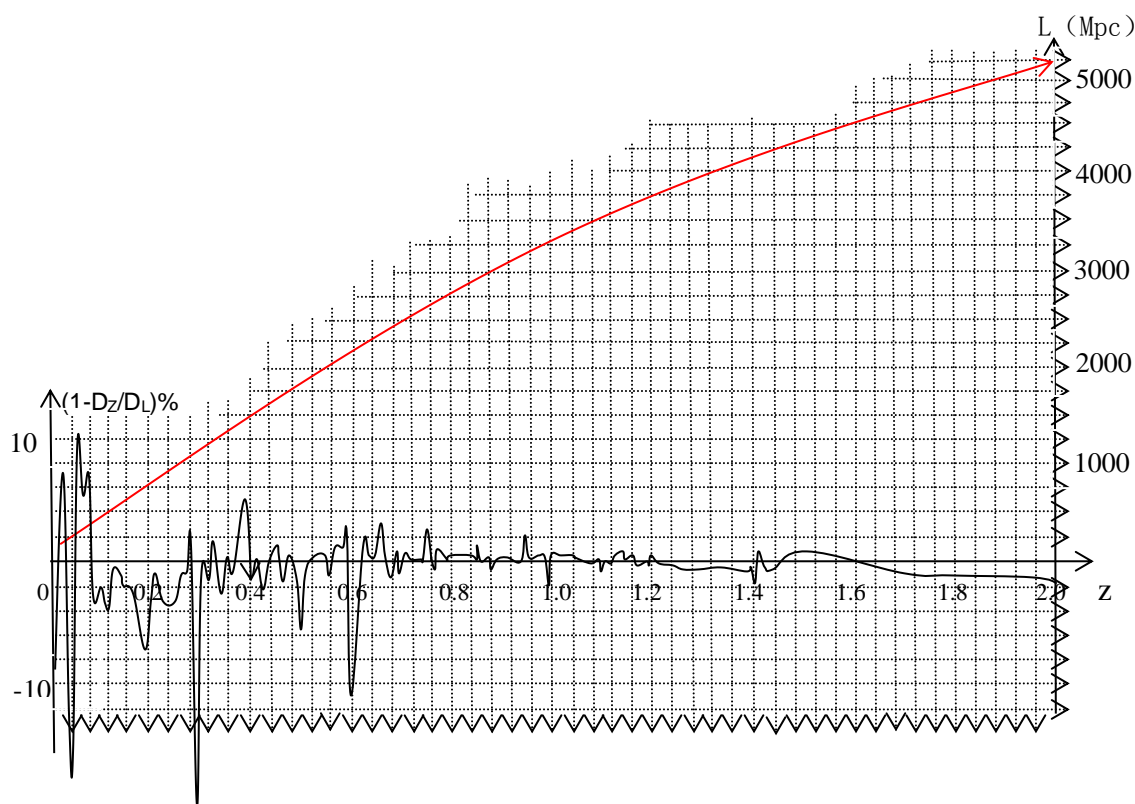


图 1 . 红移与距离(D_z)的关系及两种计算结果的百分差
Figure 1. The relationship between the redshift and the distance(D_z), and the percentage deviation of the two calculated results

3 讨论

3.1 各参数的物理意义:

由 $a = -1/\ln(1-k)$, $a=4669$, 得 $k=1-\exp(-1/4669)=0.000214156$, 它表示每百万秒差距能量的衰减为百分之 0.0214 , 光子传播一年的能量损失率为: $\Delta E\%=1-\exp[\ln(1-k)/3261600] \approx 6.57 \times 10^{-11}$, 所产生的红移为: $z=[1/(1-\Delta E\%)]-1=6.57 \times 10^{-11}$, 相当于速度为 $v=0.02\text{m/s}$ 的恒星所产生的多普勒红移, 这就是科学界一直忽略不计的原因。计算绝对星等时, 已经考虑到了消光, 但只是根据一系列统计化的色余方法, 对和波长无关的消光考虑的少。由 $b = -2.5 \cdot \lg(1-n)$, $b=0.000262177$, 得 $n = 0.00024$, 它表示每百万秒差距光子数的损失为百分之 0.024 , 也就是说: 光子传播一年的损失为: $\Delta N=1-10^{[\lg(1-n)/3261600]}=7.4 \times 10^{-11}$ 个 (每年每 100 亿个光子损失不到 1 个) , 这也是科学界一直忽略不计的原因。

3.2 恒星的视向速度

恒星一直在运动, 但我们只能观察到视向运动, 当 z 值小于 0.5 时, D_z 和 D_L 之间出现偏差的几率较大, 这是由于多普勒红移与距离红移具有可比性, 在表 2 中, 运动速度最大的是 UDS10Wil, 其值为 6108 千米/秒, 方向是离我们而去, 所产生的多普勒红移为: $6108/(300000-6108)=0.02083$ 。当 z 值大于 0.5 时, 速度的影响就可以忽略, 恒星径向速度的大小为: $v = [\exp((D_z-D_L)/a)-1] / \exp((D_z-D_L)/a) \cdot c$, 负号表示恒星向我们而来。

3.3 引起计算误差的原因

引起误差的原因是忽略了恒星运动产生的红移。计算红移和距离的关联系数 a 和与波长无关的消光系数 b 时，需要代入两个恒星的参数，但要求这两个恒星是相对地球静止的，这实际是办不到的，也不可能找到一个相对静止的恒星，选择不同的恒星，所得的结果也不一样。为了降低恒星的运动对计算结果的影响，要选择 z 值大于 0.5 的恒星，但不宜超过 1.3，两个恒星的 z 值也要远一点。本文选择的两个恒星的 z 值分别是 0.53 和 1.19，如选择不同的恒星，所计算出的关联系数 a 的平均值是 4677，消光系数 b 的平均值是 0.000261。

3.4 测量关联系数 a 的方法

建立一个边长为 250 米的正方形、直径为 1 米的真空管道，使光子在内部循环传播。测量时，在输入口发射一个光脉冲，等时间 t 后将这个光脉冲输出，测量输入的频率 f_0 和输出的频率 f' 及时间 t ，则 $z=f_0/f'-1$ ， $a=t/Ln(f_0/f')$ 。例如：输入的频率为： $f_0=5*10^{14}$ ，输出的频率为： $f'=5*10^{14}-1$ ，光传播的时间为 16 分钟，则 $a=(16/60/24/365/3261600)/Ln(5*10^{14}/(5*10^{14}-1))$ Mpc=4670.4Mpc， $z=1/f'=2*10^{-15}$ ，能量损失为： $\Delta E = h*(f_0-f') = h*1=6.26*10^{-34}$ 焦耳，损失率为： $\Delta E \% = 1/f_0 = 2*10^{-15}$ 。如果光子传播的时间大于一天， a 值将更准确。

3.5 与哈勃常数的关系

通过观测已经证明：当 $z \ll 1$ 时， $L=z*c/H_0$ 成立，这时，通过能量衰减得到的距离和红移的关系式 $L=4669Ln(z+1)$ 就可以简写为： $L=4669*z=c/64.2537$ ，由此可得： $H_0=64.2537$ ，但它是个变量，随着 L 的变化而变化。为了说明问题，把不同的距离所产生的红移和通过 $L=4669Ln(1+z)$ 计算出的值及通过 $H_0=z*c/L$ 计算出的值进行比较，计算得到的结果如表 3 所示。

Table 3. Comparison of Z and L, H₀
表 3. z 和 L、H₀ 的比较

z	L(Mpc)	H ₀	z	L(Mpc)	H ₀
0.0001	0.47	64.21	0.6	2194.45	81.97
0.001	4.67	64.24	0.8	2744.38	87.39
0.01	46.46	64.53	1	3236.30	92.63
0.1	445.00	67.37	1.2	3681.31	97.72
0.2	851.26	70.44	1.4	4087.56	102.68
0.3	1224.98	73.42	1.6	4461.28	107.52
0.4	1570.99	76.33	1.8	4807.29	112.25

由表 3 可以看出：当 z 小于 0.01 时， H_0 变化量很小，红移量和距离是近似线性关系。当 z 大于 0.1 时就已经开始偏离，这也是为什么欧洲航天局确定的哈勃常数值为 67.80 ± 0.77 (km/s)/Mpc，而美国宇航局根据对遥远星系 Ia 超新星测量结果确定的哈勃常数却是 74.2 ± 3.6 (km/s)/Mpc 的原因了。

3.6 类星体的距离

前面的计算全都忽略了引力红移，是因为它的值太小，如太阳的引力红移为： $z = G*M/(r*c^2-G*M)=2.12*10^{-6}$ ，计算类星体的距离时就不能忽略引力红移。类星体就是一个黑洞（或中子星），当它吞噬物质时，物质掉入到黑洞表面时会引起巨大的核爆炸（掉入的过程中不会爆炸），由于黑洞无法辐射能量导致黑洞温度

的升高，其半径也会变大，当黑洞的半径增大到 GM/c^2 时，光子就能逃逸，伴随着能量的辐射，其半径也会相对稳定。当没有物质可吞噬时，它又变成为黑洞。它的绝对星等应和它所吸积的物质多少有关，假如黑洞每 100 天吞噬一个太阳，5% 的物质转化为有效的辐射能量，则它的绝对星等为 -26.33，例如类星体 S50014+81：它的视星等 $m=16.5$ ，红移 $z=3.14$ ，则它的距离通过等式 (21) 求出，代入可得： $D_L=2667.6$ Mpc，距离红移也可求出： $z_d=\exp(2667.6/4669)-1=0.77$ ，如果忽略多普勒红移，引力红移为： $z_g=3.14-0.77=2.37$ ，类星体的半径为： $r=(1+1/z_g)*(G*M/c^2)=1.42G*M/c^2$ 。

4 结论

产生红移的本质是：光子传播时通过能量的衰减来保持速度的恒定，它也是光子的内禀特性。光子传播一年所产生的红移和乌龟爬行时产生的多普勒红移相当，科学家们由于忽略了光子传播时能量衰减产生的红移才产生了宇宙学红移。光子在传播时损失的数量也极少（每年的损失率小于一百亿分之一），但如果忽略不计，就会得出距离增大的结论。如恒星 SN1997ff，忽略不计时所计算出的距离为： $L=10^{[(26.8+17.764-25)/5]}=8181$ Mpc，而计入时的距离为 4660 Mpc。本文所提出的两种计算方法其结果相差很小，当 $z>0.5$ 时，随机选择的 105 个恒星中只有一个恒星的差值大于 3%。根据红移计算恒星距离时要考虑多普勒红移和引力红移的影响，只有多普勒和引力产生的红移可以忽略时，所计算的才是准确的，根据星等计算时，也必须考虑星际尘埃的影响。总之，恒星距离的确定必须用多种方法并综合考虑。

参考文献

- [1] Stephani H, Stewart E B J. 1982, General relativity[M]. Cambridge University Press, London.
- [2] 向义和编, 1999, 大学物理导论[M], 清华大学出版社, 北京.
- [3] 于明, 2007, 简明天文学教程[M], 科学出版社, 北京.