黑洞的霍金辐射 m_{ss}及其信息量 I_o，I_m 和熵 S_{bm} 及 S_b；黑洞的熵和物质粒子团的熵

张洞生

Email: zhangds12@hotmail.com; zds@outlook.com;

The Entropy S_b of Black-hole M_b; The Basic Information Unit $I_o = h/2\pi$ of Any Hawking Radiation m_{ss}; Researching Some Characters of Entropy With Black-hole Theory

Zhang Dongsheng 张洞生

【Abstract】: Entropy and information are first united in the black-hole theory in this article by arthor. It is proved that, entropy is nothing but information, i.e, $S_b = \pi I_m/H$. Author's purposes in this article are to want: 1*; to find out that any black hole of mass M_b emitting every Hawking quantum radiation m_{ss} would bring away a fixed and basic information unit $I_o = h/2\pi$ = Planck constant. I_o has nothing to do with mass of M_b and m_{ss}. 2*; to prove that the entropy S_{bm} of minimum black hole M_{bm}, $S_{bm} = \pi$. 3*; to prove that the total information amount I_m of a black hole M_b are $I_m = 4GM_b^2/C$, and the total entropy amount S_b of M_b are $S_b= \pi 4GM_b^2/CI_o= \pi I_m/I_o = A/4L_p^2$. 4*; to research the charactors of entropy with the black hole theory.

[Dongsheng Zhang. **The Entropy S_b of Black-hole M_b; The Basic Information Unit $I_o = h/2\pi$ of Any Hawking Radiation m_{ss}; Researching Some Characters of Entropy With Black-hole Theory.** *Academia Arena* 2013;5(5):28-36] (ISSN 1553-992X). http://www.sciencepub.net/academia.

【Key words】: the total information amount I_m of black hole M_b; the total entropy amount S_b of black hole M_b; the fixed and basic information unit I_o of any Hawking radiation m_{ss}, $I_o = h/2\pi$, minimum black hole M_{bm}; Planck constant;

黑洞的霍金辐射 m_{ss}及其信息量 I_o，I_m 和熵 S_{bm} 及 S_b；黑洞的熵和物质粒子团的熵

张洞生 Zhang Dongsheng Email: zhangds12@hotmail.com; zds@outlook.com

【内容摘要】作者在本文中首次将黑洞的熵 S_b与信息量 I_m二者完全统一在黑洞理论中了，证明信息量 I_m和熵 $S_b = \pi I_m/H$ 有确定的关系，信息量就是熵。本文的主要任务在于用作者黑洞的新公式和经典理论证明：**1***。无论任何大小质量的黑洞 M_b，它每次所发射的任何一个霍金辐射量子 m_{ss}，其所拥有的信息量 I_o刚好等于宇宙中最小的信息量 $I_o = h/2\pi =$ **H**，即普朗克常数，而与黑洞的 M_b和 m_{ss}的质-能的量无关。**2***。其次，证明最小黑洞M_{bm}= 普朗克粒子 m_p的熵 $S_{bm} = \pi$；**其**信息量即是 $I_o = h/2\pi$。**3***。证明黑洞 M_b的总信息量 $I_m = 4GM_b^2/C = n_iI_o$；黑洞总熵 $\mathbf{S_b} = \pi 4GM_b^2/CI_o= A/4L_p^2 = \boldsymbol{\pi I_m/I_o = \pi I_m/H}$；**4***。用黑洞理论对熵的特性作一些探讨。

【关键词】。黑洞的霍金辐射 m_{ss}; 霍金辐射的信息量 I_o；黑洞的信息总量 I_m；最小黑洞的熵 S_{bm}；黑洞的熵 S_b; 最小黑洞 M_{bm}；我们的宇宙大黑洞 M_u；测不准原理；普朗克常数；

【前言】。史瓦西黑洞 M_b (球对称，无旋转，无电荷) 在其视界半径 R_b 上的守恒公式，这几个公式是对黑洞普遍适用的基本公式。

下面(1) 式是霍金根据热力学和量子力学等得出的著名的黑洞在其视界半径 R_b上的温度 T_b公式，

$$T_b M_b=(C^3/4G)\times(h/2\pi\kappa) \approx 10^{27}gk \quad [2] \qquad (1)$$

M_b—黑洞的总能量-质量；R_b—黑洞的视界半径，T_b--黑洞视界半径 R_b 上的温度，m_{ss}—黑洞在视界半径 R_b上的霍金辐射的相当质量，λ_{ss} 和ν_{ss} 分别表示 m_{ss} 在 R_b 上的波长和频率，κ--波尔兹曼常数 = $1.38\times10^{-16}g{*}cm^2/s^2{*}k$，**C—**光速 = $3\times10^{10}cm/s$, **h--**普朗克常数 = $6.63\times10^{-27}g{*}cm^2/s$, G —万有引力常数 = $6.67\times10^{-8}\ cm^3/s^2{*}g$,

m_{ss} 既然是在视界半径 R_b 上的霍金量子辐射 m_{ss}，按质能转换为辐射能的阀温等价公式应该为，

$$C^2 m_{ss} = \kappa T_b \ [2][4] = Ch/2\pi\lambda_{ss} = \nu_{ss} h/2\pi \qquad (2)$$

根据史瓦西对广义相对论方程的特殊解，

$$GM_b/R_b = C^2/2 \ [2][4] \qquad (3)$$

(3)式是黑洞存在的充要条件。作者用 (1) 和 (2), 很容易推导出下面黑洞的新公式 (4),

$$m_{ss} M_b = hC/8\pi G = 1.187\times10^{-10}g^2 \quad (4)$$

在极限情况下，得出最小黑洞 M_{bm}，$M_{bm} = m_{ss} = (hC/8\pi G)^{1/2}$，这正好等于普朗克粒子 m_p，所以有，

$$M_{bm} = m_p= m_{ss}= (hC/8\pi G)^{1/2}g = 1.09\times10^{-5}g \quad (5)$$

结论：在参考文献[4]中，作者曾精确地证明了，黑洞与本文有关的一些基本性质：第一；上面的 5 个公式的参数 M_b，m_{ss}，T_b，R_b 都是在 R_b 上，而与黑洞 M_b 内部的结构、运动状态、变化无关。第二；任何黑洞，它只能是因吞噬外界能量-物质或与其它黑洞合并而膨胀，也只能是因吞噬完外界能量-物质后，发射霍金辐射 m_{ss} 而收缩，但无论它是膨胀还是收缩，**在它最后收缩成为最小黑洞 $M_{bm} = m_p= 1.09\times10^{-5}g$ 而消失在普朗克领域前，它会永远是一个黑洞。这是黑洞的最本质的属性**。第三；M_b，m_{ss}，T_b，R_b 的 4 个参数，只要其中 1 个的数值确定了，其它的 3 个也就跟着按照上面的公式被单值地确定了，而且 4 个参数中的每一个都只为 4 个自然常数 h, C, κ, G 的不同关系式所决定。第四；**我们的宇宙是一个真正的巨无霸宇宙黑洞**。它来源于宇宙诞生时大量的最小黑洞 $M_{bm} = m_p= m_{ss}$ **$= (hC/8\pi G)^{1/2}g = 1.09\times10^{-5}g$** 的合并。[4] 把握住这几点，是理解本文中求出黑洞熵 S_b 和信息量 I_m 问题的关键。**宇宙中不可能存在比 $M_{bm} = m_p$ 更小的黑洞。**[2]

【1】。Bekenstein-Hawking 的史瓦西黑洞熵 S_b 的公式。（本文只研究球对称、无电荷、无角动量的史瓦西引力黑洞）。类比最小信息量 $I_o= h/2\pi$ 与测不准原理。

在热力学中，可以证明，一个转动物体有下式，

$$\delta M = T\delta S + \Omega\delta J \text{ [2]} \quad (1a)$$

按照黑洞物理中的热力学类比，爱因斯坦引力理论中的黑洞熵 S_b 可写为，

$$S_b=A/4L_p^2 \text{ [2]} = 2\pi^2R_b^2C^3/hG \text{ [2]} \quad (1b)$$

上式中，A为黑洞面积，$A = 4\pi R_b^2$。L_p为普朗克长度，即

$$L_p = (HG/C^3)^{1/2} \text{ [2][3]} \quad (1c)$$

(1b)式即有名的 Bekenstein-Hawking黑洞熵公式。再从史瓦西公式(3)，$GM_b/R_b = C^2/2$，于是得，

$S_b = A/4L_p^2$ $= 4\pi R_b^2/(4GH/C^3)$ = **$2\pi^2R_b^2\times C^3/Gh$** $= \pi R_bR_b C^3/GH = \pi\times Ct_s\times2GM_bC^3/GHC^2$ = **$\pi 2t_s\times M_bC^2/H$**，t_s 为光穿过黑洞的史瓦西半径R_b的时间。于是有黑洞熵S_b的下式，

$$S_b= \pi(2t_s\times M_bC^2)/H, \quad (1d)$$

或者 $$S_b = \pi (2\pi/h)\times(2t_s\times M_bC^2) \quad (1d)$$

现令 $$I_o = H = (h/2\pi) \quad (1e)$$

海森伯测不准原理说，互补的两个物理量，比如时间和能量，位置和动量，角度和角动量，无法同时测准。它们测不准量的乘积等于某个常数，那个常数就是普朗克常数h，即 $h = 6.63\times10^{-34}$ 焦耳/秒 $= 6.63\times10^{-27}$ $g{*}cm^2/s$。由于最小黑洞$M_{bm} = m_p= m_{ss}$，用类比法取 **$I_o= h/2\pi$**为最小黑洞黑洞的信息量=最小信息量，即令，

$$m_{ss} C^2\times 2t_s= h/2\pi = I_o \quad (1f)$$

$$\Delta E \times \Delta t \approx h/2\pi = I_o \quad (1g)$$

对比（1f）和（1g），（1g）式即是测不准原理的数学公式，可见，$2t_s$ 对应于Δt 时间测不准量，$m_{ss}C^2$ 对应于ΔE — 能量测不准量。**这初步说明黑洞发射霍金辐射的整个过程就是将其能量–物质量子化为辐射能的过程。**

【2】。求证最小黑洞的霍金辐射 m_{ss} 的信息量 $I_o = h/2\pi$=最小信息量。最小黑洞的熵 $S_{bm}=\pi$=最小熵值。

下面根据(5)式中普朗克粒子m_p 的数据对 (1f)和（1g）式进行验算。**$M_{bm} = m_{ss}= m_p= (hC/8\pi G)^{1/2} = 1.09\times10^{-5}g$**，其视界半径 $R_b\equiv L_p\equiv (Gh/2\pi C^3)^{1/2}\equiv 1.61\times10^{-33}$ cm，其史瓦西时间 $t_{sbm}= R_{bm}/C = 0.537\times10^{-43}s$。所以，**对最小黑洞信息量$I_o$的计算是：**

$$I_o = 2t_{sbm}\times M_{bm}C^2 = 2t_{sbm}\times m_{ss}C^2 = 2\times0.537\times10^{-43}s \times1.09\times10^{-5}g\times9\times10^{20} = 1.054\times10^{-27}gcm^2/s. \quad (2a)$$

$$I_o=h/2\pi =6.63\times10^{-27}/2\pi=1.06\times10^{-27}g{*}cm^2/s. \quad (2b)$$

由上2式的计算结果几乎完全相等，即说明，

$$2t_{sbm}\times M_{bm}C^2 = h/2\pi = H = I_o \quad (2c)$$

再用公式验证：先按(4)式后按(3)式验证(2c)，

$$2t_{sbm}\times m_{ss}C^2 = (2R_{bm}/C)\times(hC^3/8\pi GM_{bm}) = h/2\pi = H = I_o$$

上式证明 H 值不多不少 = 宇宙中最小黑洞即普朗克粒子的信息量 I_o。**可见，最小黑洞 M_{bm} = 普朗克粒子 $m_p= m_{ss}$，它已经量子化为拥有宇宙中一个最小的信息单位** $= I_o$。所以它无法分解为更多和更小的的信息量，因为 **m_p** 的寿命太短了，**已经达到宇宙粒子寿命的最短极限 $10^{-44}s$。**但是它的质能量不是最小，可以分割。因 $m_p=1.09\times10^{-5} /1.67 \times10^{-24} =10^{19}$ 个质子，它只会在普朗克领域分解成更小的高能 γ- 射线而具有更长波长的低能射线，其寿命都会变得更长，总信息量却能极大地增加。所以 **m_p 只能在普朗克领域解体消失。**[2]

计算最小黑洞 **M_{bm}**$= m_p$的熵 S_{bm}，按照 (1b)式，

$S_{bm}= A/4L_p^2 = 2\pi^2 R_{bm}^2 C^3/hG = \pi 2t_{sbm}\times M_{bm}C^2/(h/2\pi) = \pi(h/2\pi)/(h/2\pi) = \pi$ (2d)

$\therefore S_{bm}=\pi$, $I_o = 2t_{sbm}\times M_{bm}C^2=h/2\pi$ (2e)

为什么量子化的常数，普朗克常数，会不多不少刚好正是我们知道的这个数值？这个常数的具体数值到底有什么意义？这说明普朗克常数 $I_o = h/2\pi$ 就是宇宙中最小黑洞 M_{bm} = 普朗克粒子 m_p 的信息量，这也是宇宙中不可分割的最小信息量，比 $h/2\pi$ 更少的信息量在宇宙中不可能存在。而 $S_{bm}=\pi$ 就应是宇宙中熵的最小单位。

著名的业余物理学家方舟の女解释说：[1] ‘这个是什么意思呢？哲学上说，存在即是被感知，感知也就是信息的获得和传递，一样不携带信息的东西，是无法被感知的，所以信息也就是存在。所以，

信息＝ 存在＝ 能量×时间.
普朗克常数＝能量测不准量×时间测不准量

那么为什么存在＝能量×时间呢？这个反映了存在的两个要素，存在的东西必须要有能量，没有能量，那也就是处于能量基态的真空，是不存在的。存在的东西也必须要持续存在一定的时间，如果一样东西只存在零秒钟，那便是不存在。[1]

她对信息的上述解释是可以被理解接受的，是否满意是另外一回事。因为人们对量子世界还处在瞎子摸象的阶段。本文验证的结果还是认可其解释的。

【3】。任何黑洞 M_b 每次发射的任何一个霍金辐射 m_{ss} 都只是最小的信息量 $= I_o = h/2\pi$，而与黑洞的 M_b 和 m_{ss} 的数值大小无关。任何一个黑洞 M_b 的总信息量 $I_m= 4GM_b^2/C$. 黑洞 M_b 的总熵 S_b 与其信息量 I_m 的关系是 $S_b = \pi n_i = \pi I_m/I_o=\pi I_m/H = \pi(2t_s\times M_bC^2)/H$。

1*。现在来求任何黑洞的一个霍金辐射粒子 m_{ss} 信息量 I_o 的普遍公式.，根据(4)和(3)式，

$$m_{ss}M_b = hC/8\pi G = 1.187\times10^{-10}g^2 \quad (4)$$

注意：由(4) 式可见，黑洞 M_b 发射其霍金辐射 m_{ss} 是间断地一次发射一个，由于 M_b 发射一个 m_{ss} 后就减小了，所有下一个 m_{ss} 就比上一个增大了些。因此，每个 m_{ss} 的量是不一样的，是在逐渐地增大，直到最后变成为最小黑洞 $M_{bm}= m_{ss}= m_p$ 而消失在普朗克领域为止。

$I_o = m_{ss}C^2\times2t_s = C^2hC/(8\pi GM_b)\times2R_b/C = C^2hC/(8\pi GM_b)\times2\times2GM_b/C^3 \equiv h/2\pi$

$$\therefore I_o = m_{ss}C^2\times2t_s = h/2\pi \quad (3a)$$

(3a)证明任一黑洞的任何一个 m_{ss}，无论其质能大小，其信息量都是 I_o，而与 M_b 和 m_{ss} 的量的大小无关。

2*。再求任何一个黑洞 M_b 的总熵 S_b.

根据(1b)式，黑洞的熵 S_b 只与其表面积 $4\pi R_b^2$ 成正比，而 S_{bm} 是最小黑洞 $M_{bm} = m_p$ 的熵，所以，

$\therefore S_b= S_{bm}(R_b/R_{bm})^2 = \pi(R_b/R_{bm})^2$ (3b)

令 $n_i = M_b/m_{ss}$ (3c)

用(3b)(3c)式，再根据(3)式，$S_b= \pi(R_b/R_{bm})^2 = \pi M_bR_b/M_{bm}R_{bm} = \pi M_bC^2\times2t_s/M_{bm}C^2\times2t_{bm} = \pi n_i(m_{ss}C^2\times2t_s)/(M_{bm}C^2\times2t_{sbm})$。根据(3a）式，于是得，

$S_b = n_i\pi = n_iS_{bm} = \pi M_b/m_{ss}$ (3d)

3*。求任何一个黑洞 M_b 的总信息量 $I_m= 4GM_b^2/C$; 黑洞 M_b 的熵 S_b 与其信息量 I_m 的关系 $S_b = \pi n_i =\pi I_m/I_o$。

按照(1d)和(2d)式，$S_b= \pi(2t_s\times M_bC^2)/H$，$S_{bm} = \pi$

$$S_b/S_{bm} = (2t_s\times M_bC^2)/2t_{sbm}\times M_{bm}C^2 = n_i \quad (3e)$$

而在(3e)中，$2t_{sbm}\times M_{bm}C^2 = I_o$, 显然，对于任一黑洞$M_b$的信息量$I_m$就应该是$(2t_s\times M_bC^2)$，于是，

$S_b/S_{bm} = n_i = I_m/I_o$ (3f)

$S_b = \pi n_i =\pi I_m/I_o = \pi I_m/H = \pi M_b/m_{ss}$ (3g)

$\therefore I_m = n_i I_o$ (3h)

$\therefore I_m = n_i I_o = I_oM_b/m_{ss} = 4GM_b^2/C$ (3i)

综合(1b)，(1d)，(3d)， (3g)，(3i)等式，得，

$S_b=\pi n_i=\pi I_m/I_o=(\pi/I_o)\times(4GM_b^2/C)=2\pi^2R_b^2C^3/hG$ (3j)

$\therefore S_b=A/4L_p^2 =(\pi/I_o)\times(4GM_b^2/C)=\pi I_m/I_o = n_i\pi =2\pi^2 R_b^2C^3/hG =\pi (2\pi/h)\times(2t_s\times M_bC^2) = \pi(2t_s\times M_bC^2)/H$ (3k)

(3j)，(3k)式与(1b)式完全相等。

4*。用另一种方法求黑洞 M_b 的信息量 I_m

由 (2a) 和(3)式 $GM_b/R_b= C^2/2$，对于最小黑洞 M_{bm}，

$I_o = 2t_{sbm}\times M_{bm}C^2=2R_{bm}\times M_{bm}C= 4GM_{bm}^2/C$ (3l)

相应地对比(3l)式，可得黑洞 M_b 的信息量 I_m；

$\therefore I_m = 4GM_b^2/C$ (3m)

可见，(3m) = (3i)

$\therefore I_m/I_o =M_b^2/M_{bm}^2=R_b^2/R_{bm}^2 = n_i = S_b/S_{bm}$ (3n)

而 $n_i=M_b/m_{ss}$，对于 2 黑洞 M_{b1} 和 M_{b2} 而言, 有

$I_{m1}/I_{m2} =M_{b1}^2/M_{b2}^2 = R_{b1}^2/R_{b2}^2 = n_{i1}/n_{i2}$ (3o)

5*。从（2）式 $m_{ss}C^2 = (h/2\pi)\times C/\lambda_{ss}$ 中可得出，黑洞的任何霍金辐射 m_{ss} 的波长 λ_{ss} 等于黑洞 M_b 的直径 D_b。

$$I_o \equiv h/2\pi = m_{ss}C^2\times 2t_c = m_{ss}C^2\times D_b/C = m_{ss}C^2\times\lambda_{ss}/C$$

$$\therefore \lambda_{ss} = 2t_cC = 2R_b = D_b \qquad (3p)$$

6*。 结论： 由(3n)式可以推导出(3g)式和(1b)式。表明以上所有证明都是正确和自洽的。就是说，只要知道了前言中黑洞的5个普遍公式，就可推导出最小黑洞 M_{bm} 的 I_o 和 S_{bm}；进而推导出黑洞 M_b 的 S_b 和 I_m。

【4】。作为实例，算算我们宇宙黑洞的熵 S_{bu} 和信息量 I_{mu}.

作者在参考文献[4]中，已经完全证明我们宇宙就是一个巨无霸宇宙黑洞。我们宇宙现在的总能量-质量约为 $M_{bu} = 10^{56}$g[4]，$M_{bu}/M_{bm} = 10^{56}/10^{-5} = 10^{61}$，同样，其视界半径之比 $= R_{bu}/R_{bm} = 10^{28}/10^{-33} = 10^{61}$，另外 $t_u/t_{sbm} = 10^{61}$。按最新精密的天文观测，宇宙（黑洞）年龄为 $t_u = 137$ 亿年 $= 4.32\times 10^{17}$s。

1*。我们宇宙黑洞总熵 S_{bu} 可按(1d)或(3j)式计算，$S_b = \pi(2\pi/h)\times 2t_s\times M_bC^2$，

$$S_{bu} = \pi(2\pi/h)\times 2\times 4.32\times 10^{17}s\times 10^{56}g\times C^2 \approx \mathbf{0.736\times 10^{122}\pi} \qquad (4a)$$

再从(3b)，$S_{bu}= \pi(R_b/R_{bm})^2 \approx 10^{122}\pi$ （4b）

（4a）和（4b）来源不同，结果一样。证明 上面 2式的正确性。

结论：由于黑洞的熵与其表面积 A 成正比，也可按照(3o)式，所以，任意2个黑洞熵之比，

$$S_{b1} / S_{b2} \propto (R_{b1}/R_{b2})^2 \propto (t_{s1}/t_{s2})^2 \qquad (4c)$$

2*。我们宇宙黑洞总信息量 I_{mu}:

我们宇宙的总信息量 I_{mu} 可用(3h)式，$I_{mu} = 10^{56}/10^{-66}I_o = 10^{122}I_o = 10^{122}$ $\times 1.06\times 10^{-27} = 10^{95}$ $g{*}cm^2/s$; 再用**(3i)式 $I_{mu} = 4GM_b^2/C = 4\times 6.67\times 10^{-8}\times(10^{56})^2/3\times 10^{10}$** $= 0.89\times 10^{95}$。2种计算方法计算的结果是相等的，佐证了所用公式正确。

3*。由后面的(7b)式求宇宙现在的实际密度 ρ_{bu}，

$$M_{bu}^2/M_{bm}^2 = \rho_{bm}/\rho_{bu}$$

$$\therefore \rho_{bu} = \rho_{bm}M_{bm}^2/M_{bu}^2 = 10^{93}(10^{-61})^2 = 10^{-29}g/cm^3$$

$\rho_{bu} = 10^{-29}g/cm^3$ 与当今对宇宙的实际的观测数据相吻合， 说明我们宇宙是一个真正的宇宙黑洞，而宇宙的平直性 $\Omega = 1$ 是黑洞的本性。可见，由广义相对论方程得出的弗里德曼模型是一个不切实际的假命题，折腾了科学家们近百年还搞不清楚 Ω 是否 $= 1$。

【5】。关于黑洞熵和信息量的几点重要的分析和结论：

1*。任何黑洞不论 M_b 的大小，每次发射的任何一个霍金辐射 m_{ss} 都只含有或曰带走一个最小的信息量 $I_o \equiv h/2\pi \equiv 1$ 个基本单元信息量，也是一个最小单元的熵 $S_{bm} = \pi$. I_o 与 m_{ss} 和 M_b 的值无关。因此，霍金辐射 m_{ss} 就是黑洞内的质-能转变为辐射能通过视界半径发送到外界的。**霍金辐射 m_{ss} 就是带着熵和信息的能量子和波。**

2*。任一黑洞 M_b 的总信息量 $I_m = 4GM_b^2/C$, 而按照(3g)式，其熵 $S_b = (\pi/I_o)I_m = (\pi/I_o)\times 4GM_b^2/C$，

$$\therefore \mathbf{S_{b1}/S_{b2} = I_{m1}/I_{m2} = M_{b1}^2/M_{b2}^2} = (R_{b1}/R_{b2})^2 \quad (5a)$$

由(3g)式可见，信息量就是熵。黑洞的 M_b 愈大，其面积愈大，其熵 S_b 愈大，信息量 I_m 也愈大。

3*。设任一黑洞 M_{b1} 吞噬外界能量-物质或与其它黑洞 M_{b2} 合并的膨胀过程中，其总信息量 I_m 和总熵 S_b 是不守恒的，是增加的。

比如，当 $M_b = M_{b1} + M_{b2}$ 的2个黑洞合并时，其合并后的总信息量 I_m，合并前的总信息量 $I_{m1}+ I_{m2}$。所以，$I_m = 4GM_b^2/C = 4G(M_{b1} + M_{b2})^2/C$，而 $I_{m1} = 4GM_{b1}^2/C$，$I_{m2} = 4GM_{b2}^2/C$。所以，

$$\mathbf{I_m \neq I_{m1} + I_{m2} > I_{m1} + I_{m2}} \qquad (5b)$$

同样， $$\mathbf{S_b \neq S_{b1} + S_{b2} > S_{b1} + S_{b2}} \qquad (5c)$$

由上面公式可见，由于 $I_m \backsim (M_{b1} + M_{b2})^2$，而合并前 $I_{m1} \backsim M_{b1}^2$, $I_{m2} \backsim M_{b2}^2$，合并后之 $I_m > I_{m1} + I_{m2}$。所以黑洞合并后总信息量 I_m 是增加的、不守恒的。 同理，当黑洞 M_b 发射霍金辐射 m_{ss} 而缩小时，起初 $I_m \backsim M_b^2$，当 M_b 发射 m_{ss} 到 $0.5\ M_b$ 之后，剩余的 $0.5\ M_b$ 的信息量只有 $0.25\ I_m$，而发射出去的 $0.5\ M_b$ 却带走了 $0.75\ I_m$。当然，I_m 的总量还是一样的。这是因为每个 m_{ss} 的信息量 $I_o \equiv h/2\pi$。而在黑洞 M_b 大时，m_{ss} 小，其波长 λ_{ss} 较长，所以一个 I_o 所需的 m_{ss} 就小，同等黑洞的质能可产生多个 m_{ss}，带走了更多的信息量。**熵的情况与信息量一样的。**

4*。黑洞熵 S_b 和信息量 I_m 的波粒二重性。由(3a)和(3p)，

$$\mathbf{I_o = m_{ss}C^2\times 2t_s = h/2\pi = m_{ss}C\times\lambda_{ss} = \kappa T_b\times\lambda_{ss}/C} \quad (5d)$$

如上所述，所有黑洞的熵 S_b 和信息量 I_m 都来源于其霍金辐射 **m_{ss}** 的最小信息量 I_o，**m_{ss} 不是物质粒子，而是能量子，所以霍金辐射是发射能量子，I_o 是受 $m_{ss}\times\lambda_{ss}$ 乘积的双重影响。** I_o 在行进时表现为波而有 λ_{ss}，碰撞或被阻挡停止时，表现为粒子 m_{ss}。在强

引力场附件行进时，轨道会受引力场影响而弯曲，表现为波粒二重性。

但是由于黑洞发射的每个 m_{ss} 的相当质量都不相等，所以它的温度 T_b 和波长 λ_{ss} 都是不相同的。

5*。所有前述公式所描述的都是黑洞发射霍金辐射 m_{ss} 的理想过程。因此，I_o，I_m，S_{bm}，S_b 等公式都是描述理想过程的。

【6】。黑洞霍金辐射的熵和物质粒子团的热力学熵，对它们的性质和作用的一些探讨。

熵到现在还是科学没有弄明白的概念。熵是一个极其重要的物理量，但却又以其难懂而闻名于世。克劳修斯于 1865 年首先引入它，用来定量地阐明热力学第二定律。后来，玻尔兹曼赋予了熵的统计解释。到了 1929 年，西拉德又将熵与信息联系起来，给出了熵的新含义。熵由什么决定的等微观机制还没有弄明白，只给出了宏观统计解释，认为概率法制是制约熵的本质。其实热力学和统计物理学是在宏观框架下完成的，它并没有深入微光世界的实质，是宏观统计的表现。[5]

其实越是简单的基本的东西越难使人们搞清楚明白。现代科学对热和温度是什么，力是什么，万有引力说什么，熵是什么，空间是什么，质量是什么，量子力学是什么等基本问题都搞不明白。但能运用其基本定理定律搞清较复杂问题。比如，人们可以熟练地运用万有引力定律，但并不了解引力是什么。有谁能说清楚测不准原理的本质？但他被广泛地运用着。在理论科学上，有许多时候，是知难行易的。

6--1*。黑洞发射霍金量子辐射 m_{ss} 的熵、信息量的特性

黑洞 M_b 在其视界半径 R_b 上一个一个的发射霍金辐射 m_{ss} 是量子辐射，**按照(2)式是微观状态的理想过程，所以** m_{ss} 本身应该既无能量的损失，也无熵 S_{bm} 和信息量 I_o 的损失，**因为 S_{bm} 和 I_o 都是宇宙中的最小量。**m_{ss} 的总数、即黑洞的熵 S_b 和信息量 I_m 是由黑洞的总能量-质量 M_b 按照公式(2)完全转变为发射霍金辐射 m_{ss} 后发射到外界的，它们只与黑洞 M_b 的能量-物质的总量有关，**而与 M_b 是什么性质的能量-物质、结构和状态都无关系。**至于黑洞复杂的内部和发送到外部 m_{ss} 的熵和信息量如何变化，与黑洞在其 R_b 上发射霍金辐射 m_{ss} 无关。**黑洞 M_b 在其视界半径 R_b 上发射霍金辐射 m_{ss} 只服从【前言】中的 5 个公式。**

黑洞是一个非稳定的非封闭系统。但是，如果将黑洞所有发射出去的霍金辐射与残存的还在发射霍金辐射的黑洞作为一个系统来看，当然，这是一个非理想过程、熵增加的过程，因为在黑洞外的辐射能有不同的温度，温度的平均化就是熵增加的过程。

由(1b)式 $S_b = A/4L_p^2$ 和 (1c)式 $L_p = (HG/C^3)^{1/2}$ 可知，当黑洞收缩到最后为最小黑洞 $M_{bm}= m_p =10^{-5}g$ 时，

$$S_{bm} =A/4L_p^2 = 4\pi R_{bm}^2/4R_{bm}^2 = \pi \quad (6a)$$

由此可见，**霍金在定义黑洞熵的最小值 S_{bm} 时，是以宇宙中最小黑洞 $M_{bm} = m_p$ 普朗克粒子的面积 $A_{bm} = 4\pi R_{bm}^2$ 与其视界半径 R_{bm}^2 之比为基准的。**因而使黑洞每次发射一个霍金辐射 m_{ss} 时，就带走一个单位信息量 $I_o \equiv h/2\pi$, 也会同时带走一分最小的熵 $S_{bm} \equiv \pi$。1929 年，西拉德又将熵与信息联系起来，是科学的预见。**这说明只有运用黑洞发射霍金辐射 m_{ss} 的理论才能将辐射能的熵和信息量二者完全一一对应地联系起来。**

在黑洞理论里，熵是一个无量纲数，而黑洞所发射的 m_{ss} 是辐射能量，是量子，有波长 λ_{ss}。从(3a)式可见，

$$I_o =m_{ss}C^2\times 2t_s = h/2\pi = m_{ss}C\times\lambda_{ss}, \quad (6b)$$

黑洞 M_b 自身是一个非稳定的非孤立系统。当它因吞噬外界质能或与其它黑洞合并时，黑洞因吸食外界的质能，使系统的体积增大，能量密度降低，温度降低，黑洞熵 S_b 和信息量 I_m 的增加表现为辐射能 m_{ss} 的减少和波长 λ_{ss} 的同时增长。因为 $I_o = m_{ss}C^2\times 2t_c = h/2\pi = m_{ss}C\times\lambda_{ss}$ 是一定的。而黑洞熵的增加由(3g)式和(3i)式所决定。**所以熵和信息量的增加不是与 M_b 的增加成正比，而是与 M_b^2 成正比。**

类似地，黑洞 M_b 因发射霍金辐射 m_{ss} 后而使熵 S_b 和信息量 I_m 减少的量也与残存的 M_b^2 成正比。

也可以另作解释说，黑洞熵 S_b 和信息量 I_m 的增减量之所以与 M_b^2 成正比，因为黑洞是非孤立系统，熵的增减一是因为 M_b 的增减，一是因波长增减的原因。

黑洞发射霍金辐射也是从高温流向低温源，是服从热力学第二定律的反映。[6]

6—2*；物质粒子团在理想和非理想过程的孤立系统中，因膨胀和温度降低而熵增加的情况。从热力学中，熵 S 的定义为每开温度 T 中所拥有的热量 Q（能量）。

$$dS=dQ/T \quad (6c)$$

在热力学中，熵 S 作为热力学熵，是有量纲的，即每度（开）焦耳 J/k，是一种热能量的量度。按照热力学，在一个绝热系统，熵的增加有 2 方面的影响

造成：一是理想过程的熵增加表现为膨胀时的温度降低（相反，熵减少表现为收缩时的温度增高）。而非理想过程的熵增加除了上述膨胀降温使熵增加外，还表现为粒子摩擦撞击等所产生的动能转变为额外的热量增加，**只要有热量从系统内的高温物体流向低温物体，系统的熵就会增加。所以热力学第二定律是有关过程进行方向的规律，这是对熵的宏观描述。**它指出一切与热现象有关的实际宏观过程都是非理想、不可逆的。粒子系统体积越大，物质粒子微观态数就越多，系统就越混乱无序。

因此，**热力学中熵表示的是“系统混乱状态”。1877 年，玻尔兹曼發現單一系統中的熵跟構成熱力學性質的微觀狀態數量相關**。设一個容器內的理想气体的微觀狀態为：(i)所有粒子的位置皆在容器的體積範圍內；(ii)所有原子的動能總和等於該氣體的總能量值。玻尔兹曼由此假設：

$$S = \kappa \ln N \qquad (6ca)$$

公式中的 κ 是玻尔兹曼常數.。N 則為該宏觀狀態中所包含之微觀狀態數量。**根據玻尔兹曼的定義，熵是一則關於狀態的函數。我们可以看出 N 是一个系统混乱程度的度量。**玻尔兹曼原理指出系统中的微觀特性 N 與其熱力學特性(*S*)的關係。這個被稱為玻尔兹曼原理的假定是**統計力學**的基礎。統計力學則以構成部分的統計行為來描述熱力學系統。

有人也直接将 N 定义为系统 S 内的事件 p_i 的总数，则熵 S 可以表述为,

$$S \le \log_2 N, \qquad (6cb)$$

当且仅当 p1 = p2 = ... = pn 时，等号成立，此时系统 S 的熵最大。

熵增的热力学理论与几率学理论结合，表明事物的混乱程度越高，则其几率越大。(6ca) 和(6cb)只是提出了一个新的物理概念，但是实际上因为 N 的数目太大，无法用于微观的计算物质粒子团熵，只可用于宏观的概率统计。

6—3*; 再分析推论一下黑洞发射霍金辐射熵和物质粒子团熵的情况

第一；黑洞发射霍金辐射 m_{ss} 辐射能与太阳发射的光和一般的热辐射完全是同样的辐射能 [6]，因此，从黑洞发射霍金辐射 m_{ss} 可以看出就是任何辐射能 m_{ss} 与熵和信息量之间的关系，所以研究霍金辐射就可用以研究其它辐射能的熵 S_b 和信息量 I_m。由此可以推论任何一种波长的辐射能，比如一定波长的可见光，其信息量也极可能是 I_o，其熵也是 $S_{bm} = \pi$。

黑洞吞噬外界能量-物质和黑洞的的合并所造成的巨大膨胀和温度巨降，使黑洞所拥有的熵 S_b 和信息量 I_m 的迅速增加，表现为与 M_b^2 成正比。在黑洞吞噬完外界的能量-物质后，就会不停地、一个一个地发射霍金辐射 m_{ss} 而收缩，[2][6] 此过程是个理想过程。**但是，在黑洞内部和黑洞发射霍金辐射 m_{ss} 后的外部，必定存在非理想过程，在这些过程中，粒子和辐射能的熵和信息量是如何额外地增加，如何量化其增量，如何从微观上予以解释，是人们现在难以了解的。**同时必须注意，普通的粒子团增加其质量的公式，是按照球体公式，其半径 R 的增加是很小的。而当黑洞 M_b 增加其质量-能量时，其视界半径 R_b 是按公式（3）正比例增长的。

第二；**孤立系统的物质粒子团中因膨胀和温度降低而热力学熵增加的情况。(6c)式分为理想过程和非理想过程。热力学中，用宏观的效率来表示非理想过程中熵增加而造成的一些能量损失。**

第三，由于辐射能的(6a)与物质粒子团的(6c)式对熵的定义不同，量纲也不同。(6c)式的熵是粒子团的宏观状态，而黑洞(3g)式将熵 S_b 与信息量 I_m 完全联系在一起，是由微观直接推导到宏观的精确公式，所以没有必要对黑洞熵再提出和采用几率的概念和公式。

第四；对于非黑洞熵的一般辐射能团，因为它们不是粒子，是能量量子，有波粒 2 重性，其相当质量极小，至少比质子小很多很多，很难用微观的事件几率的对数来定义辐射能的熵，可能仍然得用宏观的(6c)式，与物质粒子团一样。

6—4*; 无论是辐射能量系统，还是物质粒子系统，当系统增加容积和密度温度降低时，都是释放能量的过程，这是个不可逆过程，如果想要再将系统回复原样，就需要比原来放出去的能量更多的能量才能复原。而对于绝大多数系统和事物来说，都是非理想过程，更是无法也没有条件能够复原的。**因此，熵的增加代表着时间的方向，是宇宙不停地朝膨胀方向进程的反映，表示宇宙中事物的‘破镜不能重圆，覆水无法回收，死灰不可复燃’是不可违背的热力学第二定律，这反映了宇宙所有事物都有生长衰亡的普遍规律。**

因此，对宇宙中的任何事物或者一个系统来说，都必须不违反能量-质量守恒定律、电荷守恒定律和熵增加定律。而能量的总和 = 有效能量 + 无效能量。所以熵的增加就是表示有效能量的一部分转变为无效能量了。

6—6*；结论：在上面列举的 2 种不同的熵增加的情况中；

A；(6c)式是先从宏观上描述物质粒子团的熵增加情况，其非理想过程的熵增加靠实验数据来解决。

B；本文是运用黑洞发射霍量子金辐射的理论，直接由微观到宏观求出理想过程中黑洞的熵 S_b 和信息量 I_m 与黑洞总质能量 M_b 之间的准确公式。至于辐射能在非理想过程中熵是如何增加的，人们无论从宏观上和微观上都了解不多。

【7】。宇宙中在什么区间存在理想过程，什么区间存在非理想过程？

要了解熵的性质和作用是什么？首先要了解理想过程和非理想过程，特别是要知道宇宙中在什么区间存在理想过程，什么区间存在非理想过程，这些只有从黑洞理论中才能了解到。在当今现实的物理世界，全是非理想过程，不可能存在理想过程。

7—1*；从黑洞 M_b 不停地发射霍金辐射 m_{ss} 而最后收缩为普朗克粒子 m_p = 最小黑洞 M_{bm}，而消亡在普朗克领域来看，[4] 宇宙中的理想过程会出现在什么状态和区域？

黑洞 M_b 因吞噬外界能量-物质增大其 M_b 后的密度 ρ_b 与熵 S_b 的增大情况。

从公式（3）$M_b= R_bC^2/2G$，将黑洞作为一个球体，

$M_b = 4\pi\rho_b R_b^3/3$，

从以上 2 式，可得出黑洞的下式，

$$\rho_b R_b^2=3C^2/8\pi G \tag{7a}$$

将(7a)与(5a)相比较，可得出，**(6a)**

$$S_{B1}/S_{B2}=I_{m1}/I_{m2}=(R_{b1}/R_{b2})^2=M_{b1}^2/M_{b2}^2=\rho_{b2}/\rho_{b1} \tag{7b}$$

由(7b)式可见，前面已经证明，如果 2 个孤立的黑洞 M_{b1} 和 M_{b2} 系统合并后成为大黑洞 $M_b = M_{b1}+M_{b2}$，其过程中的方向就是熵和信息量增加的方向。在霍金黑洞熵公式看来，熵的增加是合并后表现为黑洞面积的增加，而实质上是黑洞合并后，是其内部密度 ρ_b 成反比的降低。

假设 M_{b2} 黑洞吞噬其外界能量-物质而增大到黑洞 M_{b1}，而且 $M_{b1} = 2M_{b2}$，再由(7b)式，可见其熵 $S_{b1} = 4S_{n2}$，$I_{m1}= 4I_{m2}$，而 $\rho_{b2} =4\rho_{b1}$。这就是黑洞因吞噬外界质能长大后，在理想过程中熵和信息量大大增加的情况表现为黑洞密度相应的降低。

7—2*；如果黑洞 **M_b 在吞噬完外界能量-物质后，只能发射霍金辐射而不停地收缩，使 M_b 减小而密度 ρ_b 增加。[4]2*。**

由【前言】中可知，任何黑洞 M_b **在吞食完所有外界能量-物质后，就只能向外不停地发射霍金辐射 m_{ss}，不停地减小 M_b、R_b 和增大 ρ_b、m_{ss} 直到最终收缩成为 $M_b = m_{ss} = m_p = 10^{-5}$g, 而最后消亡在普朗克领域。[2][4]**

现在的问题是当黑洞 M_b 不停地因发射 m_{ss} 而收缩时，由于其密度的快速增大，会发生什么情况呢？请看下面(7c)式。**按照霍金的恒星塌缩成黑洞的熵公式，**任何一个恒星在塌缩过程中，熵总是增加的。假设 S_{be}—恒星塌缩前的熵，S_{af}—塌缩后的熵，M_θ—太阳质量=2×10^{33} g,

$$S_{af}/S_{be}\approx 10^{18}M_b/M_\theta \text{[2]} \tag{7c}$$

Jacob Bekinstein 只简单地指出，在理想条件下，$S_{af}= S_{be}$, 就是说，会出现熵在恒星塌缩的前后不变。这样，就从(7c)式得出一个小黑洞 $M_{bo} = 10^{15}$g。**这个黑洞被称之为宇宙的原初小黑洞 = M_{bo} [2] 按照【前言】中的公式，可计算出其几个参数是：其密度 ρ_{bo}= 0.7×10^{53}g/cm³; 视界半径 R_{bo}=1.5×10^{-13}cm；$m_{sso} \approx 10^{-25}$g ≈ 6p_m—质子质量；**

作者认为，应理解恒星在塌缩前后过程中(7c)式的重要的物理含义。

A；(7c) 表明我们宇宙中的物质粒子团只有在密度 < 10^{53}g/cm³ 的收缩和膨胀过程中才都是不等熵的非理想过程。这表示质子(或超子)作为粒子在此过程中能够保持质子的结构没有被破坏或分解，**所以质子才有热运动、摩擦和熵的改变，辐射能的粒子或波之间也有交互作用。在现实的宇宙中，最高密度的物质实体是中子星和约 $3M_\theta$ 个太阳质量小黑洞的密度 ≈ 10^{16}g/cm³。可见，在现实宇宙中，所有过程都是非理想过程，因为 10^{16}g/cm³<<10^{53}g /cm³.**

B；宇宙中出现的理想过程：既然小黑洞 M_{bo} 的密度到最后的最小黑洞 M_{bm} 密度的改变过程中，不管是膨胀还是收缩，熵是不会改变，说明**它就是理想过程**。因此，质子在此过程中必须解体而不能再作为粒子，只能分解成为夸克。所以**夸克就应该是没有热运动和摩擦可在密度 10^{53}g /cm³ ~ 10^{93}g/cm³ 之间作理想过程的转变的，因此就不会因为收缩或者膨胀产生额外的热量使熵产生不必要的（非理想的）额外的增加量。**

宇宙中另外一个理想过程可能出现在某些原子或分子在极低的温度下达到超导状态。这是人为的过程。

【8】。对黑洞发射霍金辐射与熵 S_b 和信息量 I_m 之间关系的一些看法和疑问。

8—1*。从(3g)式 $S_b = \pi n_i = \pi I_m/I_o = \pi I_m/H = \pi M_b/m_{ss}$ 证明了，信息就是熵。Bekenstein-Hawking 所定义的黑洞熵公式**(1b)**与作者由黑洞发射霍金辐射所拥有的熵 S_b 和信息量 I_m 的(3g)式是从不同的观点出发，将二者完全天衣无缝地统一在黑洞理论中了。(3g)式可写为 $S_b/\pi = n_i = I_m/I_o = I_m/H = M_b/m_{ss}$, S_b/π 和 I_m/H 可以说类似于(6ca)和 (6cb)式，而 M_b/m_{ss} 类似于 2 式中事件或状态的总数 N，黑洞发射霍金辐射就像上帝在抛掷铜币或骰子似的。这有助于人们对辐射能（量子）的熵和信息量的理解。

对于小黑洞 $M_{bo} = 10^{15}$g，其 $M_{bo}/m_{sso} = 10^{15}/10^{-25} = 10^{40}$, 这就是狄拉克大数，类似于该黑洞的状态总数 N。就是说，该黑洞内有约 10^{40} 个质量的质子，或有许多相当于质子质量的辐射能粒子。

当该黑洞继续发射霍金辐射而收缩时，黑洞的密度会增大到 $> \rho_{bo} = 0.7\times10^{53}$g/cm^3, **于是质子会分解为夸克，成为熵减少的理想过程的收缩，**熵由于没有质子之间的摩擦而产生附加的额外增加而有所减少。

8—2*。现在，我们的宇宙 M_u 在其视界半径 R_u 外尚有能量-物质可被吞噬，因此宇宙的 R_u 仍在照常膨胀，M_u 仍在增加，哈勃常数的正常存在就是明证。[4] 这是一个非理想过程。因为我们宇宙处在膨胀状态，温度密度都在降低。从（7b）可见，宇宙的熵和信息量就会一直在增加，所以宇宙熵的增加反映了宇宙的膨胀和时间的方向，也是宇宙膨胀到结果。

如果上述小黑洞 M_{bo} 附近外有大量能量-物质被吞噬进黑洞内，其质量增大为 $3M_\theta = 6\times10^{33}$g，其霍金辐射 $m_{sss}\approx10^{-44}$g，$3M_\theta/m_{sss}\approx10^{77}$ 个，而该黑洞内可能存在许许多多的大于 m_{sss} 的粒子或能量，如是，该黑洞内部实际的熵总量可能比黑洞所要发射出去的熵总量要少得多。

结论：黑洞 **M_b** 的 **S_b** 和 **I_m** 是代表黑洞将会发射出去的熵总量，而不是该黑洞内部实际存在的熵总量。

8—3*。我们宇宙最后总会有因外界无能量-物质而停止膨胀的一天（至于我们宇宙之外的外宇宙，我们是不得而知的）。那时我们宇宙黑洞会开始向外发射霍金辐射。如果将所发射出去的霍金辐射也算在我们宇宙系统里，宇宙的总熵还是增加的。如果发出的霍金辐射不算在我们残存的宇宙系统里，**我们宇宙的熵应该是因收缩导致温度密度增加而逐渐地减少。**经过极其漫长的时间发射霍金辐射后，宇宙最终会收缩成为普朗克粒子 m_p 而消亡在普朗克领域，[4] 宇宙经过一个轮回后，就变成全是大小不同的霍金辐射的极其广大寂静的能量场。

8—4*。在我们宇宙黑洞从诞生到现在的膨胀演变过程中，只有在其能量-物质的密度 $\rho_{bu} < \rho_{bo} = 0.7\times10^{53}$g/cm^3 时、出现稳定的物质粒子--质子时，宇宙才进入非理想的不可逆过程中，熵的额外的增加表示粒子无序性的增加，即热力学熵的增加。这在粒子团的收缩和膨胀运动中很容易理解。但是对黑洞的发射出去在黑洞外的霍金辐射（辐射能）团的降温和升温的**非理想过程中，熵的额外的增加是表示辐射波的什么样的互相影响和作用呢？**互相缠绕、撞击、交叉、改变路径？信息量的耗损和熵的关系如何表现，过程是如何进行的？黑洞的熵和信息量之间究竟是什么关系，如何互相作用？它们是一种永远不变的等比关系吗？黑洞之外的一般的宇宙空间，熵和辐射能又是什么样的关系呢？

8—5*。仅从**(6b)式来看，**黑洞和宇宙所发射出去的霍金辐射 m_{ss} 完全是辐射能，人们尚不知道那些有序地辐射能是如何变为无序的辐射能而使熵和信息量增加的。作者认为，这还可能与如何定义黑洞的总能量-质量 M_b 也有一些关系，**因为现在人们对黑洞的总能量-质量 M_b 的定义只包含引力能和辐射能，但是对物质粒子拥有的热能动能似乎无法计算到辐射能中去。**

8—6* (3g)式 $S_b = \pi I_m/I_o$ 只是因黑洞发射霍金辐射对熵和信息量及其关系的量化，也只能通过黑洞在其视界半径上发射霍金辐射的理想过程而表现和计算出来。但是 A；至于黑洞内和发送到黑洞外的霍金辐射的熵是多小、它们在非理想过程的熵增加是无法反映出来的。虽然如此，**它们既不会影响也不能阻止黑洞发射霍金辐射的量以及其带走的熵和信息量。B；在所有其它的非黑洞的辐射能互相作用过程中，$S_b = \pi I_m/I_o$ 公式还有效吗？**

8—7*。前面所有章节和公式假定黑洞 M_b 发射霍金辐射 m_{ss} 都是理想过程，能量的转换完全服从于公式**(2)，**这是简化了的分析和论证。**然而在实际的发射过程中，真是理想过程吗？就是说，每个 m_{ss} 在通过视界半径 R_b 被发射到外界后，其能量是否有所损耗，比如说，其温度有所降低和波长有所增长呢？**现在宇宙中实际存在的最小黑洞是 $3M_\theta$ 恒星级黑洞，其 m_{ss} 的波长是 $\lambda_{ss} \approx 10^6$cm，是引力波，$m_{ss}$ 的相当质量比质子要小约 10^{20} 倍，今后短时期内尚无法有新观测仪器能够测量到其 λ_{ss}。就是说，即使霍金辐射能有损耗使熵有所增加，现代技术也测量不出来。

8—8*。大量的辐射能团的波或粒子之间，由于有不同的温度波长和方向，他们的碰撞和交互作用肯定是熵增加的非理想过程，目前无论从宏观和微观上对其

熵的增加都很难量化，因为对其间交互作用的机理还所知甚少。

8—9*。虽然本文中从黑洞发射霍金辐射而对熵和信息量做了许多论证和计算，也不一定能够增加人们对熵的理解。总之，现代科学对熵的性质和作用的了解仍然是很不够的，特别是熵、信息量、辐射能、物质粒子 4 者之间在非理想过程中的关系了解的很不够。

====全文完====

【参考文献】。

[1]. 。方舟の女：《再论黑洞宇宙霍金熵，信息论，测不准原理和普朗克常数》。http://www.21chinaweb.com/article.asp?id=44

[2]。王永久："黑洞物理学"。湖南科学技术出版社,2000，4

[3].何香涛："观测宇宙学"。科学出版社。2002.北京。

[4]。张洞生：《 **黑洞理论和宇宙学的新进展**》。http://www.sciencepub.net/academia/aa0411/004_12774aa0411_23_30.pdf

[5]。李新民："熵的本质和统一"。http://sea3000.net/wenku/20110317082750.php

[6]。**张洞生：《什么是黑洞的霍金辐射？如何用经典理论解释黑洞发射霍金辐射？**
http://www.sciencepub.net/academia/aa0504/002_17953aa0504_8_13.pdf

4/22/2013