

## 新黑洞理论之 2

—只有用經典理論才能解釋黑洞發射霍金輻射  $m_{ss}$  的機理—  
 —本文摘錄改編自拙作《黑洞宇宙學概論<sup>[2]</sup>》—

張洞生

17 Pontiac Road, West Hartford, CT 06117-2129, U.S.A.  
[zhangds12@hotmail.com](mailto:zhangds12@hotmail.com); [zds@outlook.com](mailto:zds@outlook.com)

**<內容摘要>**: 黑洞  $M_b$  在其視界半徑  $R_b$  上發射霍金量子輻射  $m_{ss}$ , 簡稱霍金輻射。本文的目的就是要將霍金沒有弄明白的霍金輻射  $m_{ss}$ , 弄得更清楚更明白。宇宙中任何事物, 包括我們視界的宇宙, 都符合生長衰亡的規律, 為什麼? 因為他們都必定有「吐故納新, 新陳代謝」。史瓦西對廣義相對論方程的特殊解, 解決了黑洞的「納新」問題, 但是不知道「吐故」什麼。霍金的黑洞理論指出了黑洞的「吐故」是發射霍金量子輻射  $m_{ss}$ , 但不知道霍金輻射  $m_{ss}$  是什麼, 不知道它的許多性質和量, 不知道它與黑洞的關係, 不知道  $m_{ss}$  被發射出來的機理。本文就是要解決和回答這些問題。霍金對黑洞理論劃時代的偉大貢獻是提出了在黑洞視界半徑  $R_b$  上有作為冷源的閾溫  $T_b$ , 能像黑體一樣發射量子輻射  $m_{ss}$ 。這是建立在熱力學和量子力學的堅實的基礎上的, 是符合實際物理世界的理論。由廣義相對論史瓦西公式得出的黑洞是一個怪物。一旦形成, 它就只能吞噬外界能量-物質而膨脹長大, 在宇宙中永不消亡。霍金的黑洞理論證明, 黑洞會因發射霍金量子輻射  $m_{ss}$  而縮小消亡, 使黑洞與宇宙中的任何物體和事物一樣, 具有生長衰亡的普遍規律。所以是霍金的黑洞的理論挽救了不切實際的相對論黑洞理論。但是霍金沒有得出霍金輻射  $m_{ss}$  的公式, 所以他不可能知道任何黑洞最後只能收縮成為普朗克粒子  $m_p$ , 而不可能收縮為「奇點」。他對其發射機理的解釋卻不能讓人信服和恭維的。霍金解釋說, 由於真空是大量的「虛粒子對」不斷快速產生和湮滅的真空海洋, 就使得虛粒子對中的負粒子被黑洞捕獲而正粒子留在外部世界顯形, 這就成為黑洞中正粒子逃出黑洞的原因。這種解釋是在用無法證實的新物理概念來忽悠人。作者在本文中將用經典理論所找出霍金輻射  $m_{ss}$  的正確公式 (1d), 並且論證: 黑洞的霍金輻射  $m_{ss}$  就是直接從其視界半徑上  $R_b$  逃到外界的, 是從高溫高能量場向低溫低能量場的自然流動, 是符合熱力學定律的。

[張洞生. 新黑洞理論之 2—只有用經典理論才能解釋黑洞發射霍金輻射  $m_{ss}$  的機理—. *Academ Arena* 2017;9(1):15-20]. ISSN 1553-992X (print); ISSN 2158-771X (online). <http://www.sciencepub.net/academia>. 4. doi: [10.7537/marsaaj090117.04](https://doi.org/10.7537/marsaaj090117.04).

**<關鍵字>**: 史瓦西黑洞; 黑洞  $M_b$  在視界半徑  $R_b$  上的閾溫  $T_b$ ; 黑洞的霍金輻射  $m_{ss}$ ; 狄拉克海真空的虛粒子對; 黑洞在視界半徑  $R_b$  上的3種能量; 用經典理論解釋霍金輻射;

龐加萊: 正是為了理想本身, 科學家才獻身於漫長而艱苦的研究之中。

霍金: 我的目標很簡單, 就是把宇宙整個弄明白——它為何如此, 為何存在。

**<前言>**: 黑洞的霍金輻射  $m_{ss}$  就是通過黑洞在  $R_b$  上的閾溫  $T_b$  作為冷源, 將其內部能量-物質轉為相應溫度  $T_b$  的輻射能, 高溫時可將黑洞內的物質粒子直接轉變為輻射能, 低溫時就將輻射能的溫度轉變為  $T_b$  而向外發射的過程。

約翰·皮爾·盧考涅重復霍金對霍金輻射的解釋說: 「黑洞的輻射很像另一種有相同顏色的東西, 就是黑體。黑體是一種理想的輻射源, 處在有一定溫度表徵的完全熱平衡狀態。它發出所有波長的輻射, 輻射譜只依賴於它的溫度而與其他的性質無關。」<sup>[1]</sup> 現今的主流學者們對霍金輻射的權威解釋包括霍金自己在內都用「真空中的能量漲落而能生成基本粒子對」的概念。他們認為: 「由於能量漲

落而躁動的真空就成了所謂的狄拉克海, 其中遍佈著自發出現而又很快湮滅的正-反粒子對。量子真空會被微型黑洞周圍的強引力場所極化。在狄拉克海裡, 虛粒子對不斷地產生和消失, 一個粒子和它的反粒子會分離一段很短的時間, 於是就有 4 種可能性: 1、兩個夥伴重新相遇並相互湮滅; 2、反粒子被黑洞捕獲而正粒子在外部世界顯形; 3、正粒子捕獲而反粒子逃出; 4、雙雙落入黑洞。」<sup>[1]</sup>

霍金計算了這些過程發生的幾率, 發現過程 2、最常見。於是, 能量的賬就是這樣算的: 由於有傾向性地捕獲反粒子, 黑洞自發地損失能量, 也就是損失質量。在外部觀察者看來, 黑洞在蒸發, 即發出粒子氣流。」<sup>[1]</sup>

如果上述這種解釋是正確的話, 那麼, 推而廣之, 不僅黑洞發射霍金輻射, 甚至任何物體發射能量-物質, 就都可以用這種虛幻的「真空中虛粒子對的產生和湮滅」的概念來解釋了, 比如太陽發射電磁

波、粒子和噴流，甚至人體發出紅外線熱能，呼出的二氧化碳甚至於出汗等等似乎都可以套用這種‘神通廣大的虛粒子對’去解釋了。由於黑洞不停地發射  $m_{ss}$  的相當質量是由小到大不停地改變的，可相差  $10^{60}$  倍。那麼，只有虛粒子對的相當質量與不同大小的每一個霍金輻射  $m_{ss}$  能夠匹配，才能保證  $m_{ss}$  從黑洞發射出來，這就導致科學家們的計算出來真空能的密度會高達  $10^{93} \text{g/cm}^3$  的荒謬結論。

與其用這種高深莫測的虛幻概念和複雜的數學公式去作故意兜圈子的證明黑洞外面多出一個正粒子，不如直接按照作者在本文中的論證：「黑洞向外發射的霍金輻射  $m_{ss}$  就是這個逃出黑洞的正粒子來得簡單明瞭而自洽」。這就是作者在本文中試圖用經典黑洞理論來更圓滿地解釋發射霍金輻射的緣由。作者將以公式證明：黑洞發射霍金輻射的機理無需神秘化，它與太陽發射可見光以及物體發射熱輻射的機理是一樣的，都是輻射能從高溫高能向低溫低能場的自然流動。

霍金之所以解釋不清黑洞發射霍金輻射  $m_{ss}$ ，是因為他不知道  $m_{ss}$  是什麼。

<1>；史瓦西黑洞  $M_b$  (球對稱，無旋轉，無電荷) 在其視界半徑  $R_b$  上的 5 個守恆公式，這幾個公式是對黑洞普遍適用的基本公式。

下面(1a) (1b) (1c) (1d) (1e) 各式的來源和證明請參看本書《黑洞宇宙學概論<sup>[2]</sup>》的第一篇的 1-1 節，或者上谷歌或者百度搜索「張洞生：新黑洞理論」。

下面(1a)式就是著名的霍金的黑洞在其視界半徑  $R_b$  上的溫度  $T_b$  的公式：

$$T_b M_b = (C^3/4G) \times (h/2\pi\kappa) \approx 10^{27} \text{gk}^{[5]} \quad (1a)$$

$M_b$ —黑洞的總質-能量； $R_b$ —黑洞的視界半徑， $T_b$ —黑洞視界半徑  $R_b$  上的溫度， $m_{ss}$ —黑洞在視界半徑  $R_b$  上的霍金輻射的相當質量， $\lambda_{ss}$  和  $\nu_{ss}$  分別表示  $m_{ss}$  在  $R_b$  上的波長和頻率， $\kappa$ —波爾茲曼常數 =  $1.38 \times 10^{-16} \text{g} \cdot \text{cm}^2/\text{s}^2 \cdot \text{k}$ ， $C$ —光速 =  $3 \times 10^{10} \text{cm/s}$ ， $h$ —普朗克常數 =  $6.63 \times 10^{-27} \text{g} \cdot \text{cm}^2/\text{s}$ ， $G$ —萬有引力常數率 =  $6.67 \times 10^{-8} \text{cm}^3/\text{s}^2 \cdot \text{g}$ ， $m_p$ —普朗克粒子， $M_{bm}$ —最小黑洞，

$$E = m_{ss} C^2 = \kappa T_b^2 = Ch/2\pi\lambda_{ss} = \nu_{ss} h/2\pi \quad (1b)$$

(1b)是質-能互換公式的推廣運用，是  $m_{ss}$  作為輻射能波粒兩重性的表現。

根據史瓦西對廣義相對論方程的特殊解，(1c)式是黑洞存在的充要條件。

$$GM_b/R_b = C^2/2^{[2]} \quad (1c)$$

作者用 (1a) 和 (1b)，很容易推導出黑洞在其  $R_b$  上普遍有效的新公式 (1d) 和 (1e)，在極限條件下， $m_{ss} = M_{bm}$  下，得出(1e)式。

$$m_{ss} M_b = hC/8\pi G = 1.187 \times 10^{-10} \text{g}^2 \quad (1d)$$

$$m_{ss} = M_{bm} = m_p = (hC/8\pi G)^{1/2} = 1.09 \times 10^{-5} \text{g} \quad (1e)$$

由於作者推導出來了公式(1d) (1e)，就知道了霍金

輻射  $m_{ss}$  的性質和黑洞總質-能量  $M_b$  的準確的量化關係，就可以正確解釋黑洞  $M_b$  發射  $m_{ss}$  的機理。

<2>；霍金輻射  $m_{ss}$  在黑洞  $M_b$  的視界半徑  $R_b$  上的受力和運動能量。公式(1c)和(1d)的物理意義。

按照第一宇宙速度的原理，求黑洞  $M_b$  對霍金輻射  $m_{ss}$  在其視界半徑  $R_b$  的引力  $F_{bg}$  與其離心力  $F_{bc}$  的平衡，即  $F_{bg} = F_{bc}$ ，以判定能逃出黑洞的量子  $m_s < m_{ss}$ ，求黑洞總質-能量  $M_b$  在  $R_b$  上對  $m_{ss}$  的引力，按照前面(1d)式，

$$m_{ss} M_b = hC/8\pi G = 1.187 \times 10^{-10} \text{g}^2 \quad (1d)$$

從(1d)式的左右 2 邊各  $\times 2G/R_b^2$ ，得，

$$2GM_b m_{ss}/R_b^2 = hC/4\pi R_b^2 \quad (2a)$$

既然以  $R_b^2$  除以 2 邊，就是表示將  $M_b$  看做集中於黑洞中心的中心力，由於  $m_{ss} M_b = \text{const}$ ，從形式上看，黑洞  $M_b$  在其視界半徑  $R_b$  上對  $m_{ss}$  的引力 =  $F_{bg}$ ，它反比於  $R_b^2$ ，而與  $M_b$  和  $m_{ss}$  的量無關。令  $M_b$  在  $R_b$  上對  $m_{ss}$  的引力  $F_{bg}$  為，

$$F_{bg} = 2GM_b m_{ss}/R_b^2 \quad (2b)$$

再由前面(1c)式  $2GM_b/R_b = C^2$ ，可變為，

$$2GM_b m_{ss}/R_b^2 = m_{ss} \times C^2/R_b \quad (2ba)$$

由(2ba)可見， $2GM_b m_{ss}/R_b^2$  是黑洞  $M_b$  在其視界半徑  $R_b$  上對  $m_{ss}$  的引力  $F_{bg}$ ，由於  $M_b$  是分佈在黑洞內整個空間，而不是集中於黑洞中心，所以  $F_{bg} = 2GM_b m_{ss}/R_b^2$ 。而  $m_{ss} \times C^2/R_b$  則是  $m_{ss}$  以光速  $C$  在  $R_b$  作圓周運動(按廣義相對論的說法是測地線運動)的離心力  $F_{bc}$ 。從 (2a)，(2ba) 得，

$$F_{bc} = hC/4\pi R_b^2 = m_{ss} \times (C^2/R_b) \quad (2c)$$

因此，由(1c)和(1d)，可推出的(2a)，(2ba) 和 (2c)，都表示  $m_{ss}$  在  $R_b$  上以光速  $C$  圍繞  $M_b$  運動時， $M_b$  對  $m_{ss}$  的引力與其離心力的平衡，而  $C^2/R_b$  就是  $m_{ss}$  的離心加速度，於是，

$$m_{ss} = h/4\pi C R_b \quad (2ca)$$

$$\therefore F_{bg} = F_{bc} = 2GM_b m_{ss}/R_b^2 = hC/4\pi R_b^2 = m_{ss} \times (C^2/R_b) \quad (2d)$$

$$\text{由(2d)得，} 2GM_b m_{ss}/(hC/4\pi) = 1 \quad (2da)$$

(2da)式表明霍金輻射  $m_{ss}$  在其視界半徑  $R_b$  上所受的引力  $2GM_b m_{ss}$  與離心力  $(hC/4\pi)$  的平衡，而  $(hC/4\pi) = \text{常數}$ 。因此，黑洞內凡是粒子  $m_s < m_{ss}$  的粒子或輻射能  $m_s$  才可以逃離出黑洞。

因此，(2da)式就成為  $m_s$  逃離黑洞的一個判別式。

<3>；黑洞  $M_b$  在其視界半徑  $R_b$  上有閾溫(閾值溫度)  $T_b$ ； $T_b$  就相當於黑體的溫度，即冷源；所以從上面可見， $R_b$  實際上像是一個嚴密的單向漏網，而  $T_b$  值就相當於漏網漏孔的大小。凡是黑洞內小於霍金輻射  $m_{ss}$  的量子  $m_s$  就是其漏網之魚，會自動地流向黑洞  $R_b$  的外界。

用(2da)可判定只有黑洞內量子  $m_s < m_{ss}$  才能逃出黑洞，因為在黑洞  $R_b$  的外界，所有大於等於  $m_{ss}$  的粒子和輻射能  $m_s$  都早已經被黑洞吞噬進去了。所以  $R_b$  的外界是比  $R_b$  上的溫度更低的區域。因此，

**$m_s$  流出  $R_b$  的外界是量子由高溫高能區向低溫低能區的自由流動。**

第一；黑洞的視界半徑  $R_b$  將黑洞內外分隔成 2 個完全不同的世界，2 者有完全不同的狀態和結構。任何物理參數在 2 者之間都沒有連續性，所有的公式都不可以連續地通用於黑洞內外，黑洞內只有小於閾溫  $T_b$  的霍金輻射  $m_{ss}$  (輻射能) 的  $m_s$  可以通過  $R_b$  發射向外界，而在黑洞  $R_b$  的外界附近，除了符合第一宇宙速度的質-能粒子 (能量子和粒子) 在黑洞外附近可形成圍繞黑洞旋轉的吸積盤外，**黑洞外界的空間幾乎就是真空。**

第二；其實，任何輻射能在  $R_b$  上轉變為閾溫  $T_v=T_b$  時都可轉變為輻射能，而輻射能也可通過特定的閾溫  $T_v$  改變其溫度。比如在太陽中心的核聚變，其高溫約為  $1.5 \times 10^7 k$ ，就能使  $m_h = \kappa T_v / C^2 = 0.23 \times 10^{-29} g$  的粒子轉變為高能光子 ( $\gamma$ -射線)， $\gamma$ -射線從在太陽中心的高溫沿途降溫而到達太陽的表面時，經過太陽表面溫度約 5800 k 的降溫後，就成為發出可見光的輻射能。而 1100 C 的紅鐵則發出紅外線輻射能。宇宙中存在的  $6 \times 10^{33} g$  的小**恆星級黑洞**，其在  $R_b$  上的閾溫低到  $T_b = 10^{-6} k$ ，所以只發射極低能量、不可見的引力波。

第三；從(2da)可見，**黑洞內所有大於  $m_{ss}$  的輻射能  $m_s$  和粒子都不可能逃到  $m_{ss}$  所在的  $R_b$  上，因此，也不可能逃出黑洞。**

因為(2da)中的分母是個常數，是  $m_{ss}$  能否逃出黑洞的判別式。假定黑洞內側  $R_b$  附近某一個能量粒子  $m_s > m_{ss}$ ，如果  $m_s$  跑到  $m_{ss}$  所在的  $R_b$  上，將  $m_s$  代入(4ea)和(4ed)式，結果  $> 1$ ，因此， $m_s$  只能重新返回黑洞內。

下面將論證  $m_s = m_{ss}$  的量子是如何逃離  $R_b$  而到達黑洞外界的。

**<4>；黑洞  $M_b$  在其視界半徑  $R_b$  上發射霍金輻射  $m_s = m_{ss}$  的機理**

即霍金輻射  $m_s = m_{ss}$  是如何從黑洞視界半徑  $R_b$  上逃離到外界的？其實它是與上述任何恆星和熾熱物體向外發射輻射能的機理是相同的，都是由高溫高能向外界低溫低能區域的自然流動的過程，也是有光速  $C$  的  $m_{ss}$  的離心力或動能稍大於黑洞引力或位能而逃離黑洞的結果。所以，只有用經典理論才能正確地解釋黑洞  $M_b$  發射霍金輻射  $m_{ss}$ 。

第一；當粒子  $m_s = m_{ss}$  時，由於  $m_s$  有波動和溫度，因此， $m_s$  有一半時間處在其溫度和波能小於平均值狀態，其引力質量 (或曰電磁質量) 也相對應的小於平均值，再根據(2da)式， $m_s$  的引力質量會暫時的稍微減少，使得黑洞對它的引力變小一點點，它就可能暫時離開  $R_b$  而流向低溫低能的外界 (當然，如果外界有溫度和能量高於  $T_b$  的吸積盤， $m_s$  遇到它是難逃過吸積盤而去的，可能會被吸積盤內的粒子吸

收)。同時又由於黑洞外附近極近真空，溫度極低，於是黑洞由於失去一個  $m_s$  後，而立即縮小其  $R_b$  和提高  $T_b$  一點點，**那個在外界的  $m_s$  由於黑洞視界半徑上溫度(能量)的提高，和受外界低溫的影響而稍許降溫， $m_s$  就再也無法回到黑洞裡去了，這就成為黑洞自然發射 (流出) 到外界的霍金輻射  $m_s = m_{ss}$ 。**  
 $m_s$  其實就是輻射能由高溫高能向  $R_b$  外低溫低能自然流動的自然過程，就像太陽發射可見光的機理與過程是同樣的。也是  $m_s$  的離心力和動能暫時稍大於黑洞引力和位能而逃離黑洞的結果。這就成為黑洞發射 (滯留) 到外界的霍金輻射  $m_s$ ，即逃到外界的一個  $m_{ss}$  正粒子。**這個  $m_{ss}$  正粒子並不是像霍金和所有科學家們所設想的那樣，是什麼「虛粒子對」中由於被黑洞吸收一個負粒子後而殘存下來的那一個正粒子。**

第二；有些黑洞外不遠處 (因為一般黑洞的  $R_b$  值較小，所以  $R_x/R_b$  值雖較大，而實際上  $R_x - R_b$  是不大的) 有吸積盤：黑洞的強引力使  $R_b$  外界附近是難得存留任何能量-物質粒子和物體的，因為物質粒子不太可能以接近光速  $C$  繞黑洞旋轉，而大於  $m_{ss}$  的輻射能  $m_s$  只能被黑洞吸收進黑洞內，而形成附近空間的極近真空。因此，黑洞附近空間的溫度只可能低於黑洞  $R_b$  上的溫度  $T_b$ 。然而，當黑洞不遠處的週邊空間還有大量圍繞黑洞在不同方向以不同速度運動的物質粒子存在時，黑洞外不遠處就有可能出現或大或小而圍繞黑洞高速旋轉的吸積盤，正如土星環圍繞土星旋轉一樣。吸積盤中的每個物質粒子的高速旋轉當然服從「第一宇宙速度規律」，即其在一定半徑  $R_x$  上的引力與其離心力達到穩定的平衡。由於吸積盤離黑洞不遠 (指  $R_x - R_b$  是較小)，潮汐力很大，因此，裡面不可能存在大的物質粒子。吸積盤是世界上能量轉換率極高的地方。它的轉換模式就是釋放引力勢能。據有人計算，以 0.1 克的水為例子，進入黑洞放出的能量可以殺死 18 億人。因此吸積盤上是幾百萬高溫的等離子體，放出大量的高能射線，比如 X 射線，伽馬射線。天文學家發現的第一個黑洞---天鵝座 X-1 就是一個強烈的 X 射線源，這個工作獲得了 2002 年的諾貝爾獎。

當吸積盤的外面有物質粒子或物體撞入吸積盤而與盤中的粒子碰撞時，可能發生 4 種情況：1、同方向側向碰撞，二者調整速度後，改變軌道，或都可留在吸積盤內，或落入黑洞。2、反向或者接近  $180^\circ$  的碰撞，雙方失去大部分速度，這種高速粒子的碰撞有可能產生 X-射線，二者因失速而落進黑洞更會產生 X 射線，伽馬射線。3、粒子的同向碰撞，如果外來粒子的動量很大，二者可同時被帶出吸積盤，飛向外太空。4、正反方向斜向碰撞，失速落入黑洞。

第三；當黑洞初形成時，外界有很多能量-物質，黑

洞會貪婪地吞噬幾乎所有外界的能量-物質以增加黑洞的質能  $M_b$  和  $R_b$  後降低  $T_b$ ，直到吞噬完外界幾乎所有能量-物質為止，除了可能有或大或小的吸積盤存在於黑洞之外，**外界附近幾乎是真空**。因為黑洞外界的輻射能或粒子  $m_s$  的絕大多數的動量矩在互相碰撞失速後，終究會被黑洞所吞噬，而落入黑洞內。**這是黑洞形成較長時間後，極少有外界能量-物質被吞噬進黑洞的長久狀況**。此後，黑洞就因為不停地向外發射霍金輻射，使  $M_b$  不斷減小和  $T_b$  不斷地升高，直到最後收縮成為 2 個普朗克粒子  $m_p = M_{bm} \approx 10^{-5} \text{ g}$  在強烈的爆炸中消亡于普朗克領域。<sup>[2]</sup>

**結論：黑洞在其  $R_b$  上向外發射的霍金輻射  $m_{ss}$  就是自然地由高溫向外界低溫區域的流動，黑洞內的能量-物質粒子  $m_s > m_{ss}$  時， $m_s$  不可能跑出黑洞；只有  $m_s \leq m_{ss}$  時， $m_s$  才能逃離黑洞。這是  $m_s$  在  $R_b$  上離心力或動能暫時大於黑洞引力或位能的結果。實際上，相當於輻射能以第一或第二宇宙速度逃離黑洞的結果。因此，這是一個符合熱力學定律和力學定律，與太陽發射可見光和熾熱金屬發射紅外線的機理沒有什麼區別，完全不需要像霍金假設的所謂「真空中的虛粒子對」來顯神通。只不過一個確定黑洞  $M_b$  在視界表面的溫度  $T_b$  是確定相同的，所以每次只能發射一個  $m_{ss}$ ，而太陽的表面溫度是有差異的，太陽對其表面各處輻射的引力有較大的差異，各處還可能有不同的旋流爆發噴射活動，所以可同時在各表面處發射許多不同波長的輻射能。**

#### <5>結論

**第一；** 黑洞理論本是來源於經典理論，是引力論、相對論、量子力學和熱力學等的產物，所以只能用經典理論才能正確解釋發射霍金輻射  $m_{ss}$ 。用什麼狄拉克海的「虛粒子對」來解釋是不能自圓其說的，因為「虛粒子對」沒有確定的數值，正如用核聚變不能來解釋光合作用一樣。

**第二；** 黑洞  $R_b$  上的 3 個公式(1a)，(1c)，(1d)只能用於任何黑洞的  $R_b$  上，不可用於黑洞內外的非黑洞區域。而唯一可用於  $R_b$  上和黑洞內外任何地方的輻射能的通用公式是(1b)，即  $E = C^2 m_{ss} = \kappa T_b = Ch/2\pi\lambda_{ss}$ ，這就使黑洞內在  $R_b$  附近的  $m_{ss}$  可以改變溫度，通過  $R_b$  而流向黑洞的外界，成為發射到外界的霍金輻射  $m_{ss}$ 。

**第三；** 作者推導出來的霍金的黑洞  $R_b$  上的公式(1d)後，對黑洞發射霍金輻射  $m_{ss}$  用(2da)的解釋就順理成章了。但由於霍金沒有推導出  $m_{ss}$  的公式(1d)，所以他不得不用虛粒子對解釋發射  $m_{ss}$  的機理，這種解釋是在無可奈何的為自己打圓場，而忽悠人。由公式(1d)可知，霍金輻射  $m_{ss}$  的量僅僅取決於黑洞質量  $M_b$  的量，而且  $M_b$  發射一個  $m_{ss}$  之後， $M_b$  立即減小，下一個  $m_{ss}$  立即變大。**這是沒有任何外**

**力可以控制的。** 黑洞連續發射  $m_{ss}$  的結果，就使  $m_{ss}$  的量不斷地增加，其最大與最小的比值可達到  $10^{60}$  倍。相應地，如用黑洞外的狄拉克海中的「虛粒子對」來解釋，它們的能量也必須隨著增加  $10^{60}$  倍，才可能與  $m_{ss}$  配對，這可能嗎？這必然導致狄拉克海各處有無限大能量的虛粒子對的荒唐結論，這正是惠勒等主流物理學家的悖論。再者，如果狄拉克海中沒有與黑洞  $m_{ss}$  相等能量的虛粒子對來配對，黑洞就無法向外發射霍金輻射  $m_{ss}$  了。這顯然是說不通的。

**第四；** 黑洞視界半徑上  $R_b$  的球面就像一層單向能量篩檢程式的篩子，從(2da)式可知，一方面  $R_b$  阻止黑洞內大於  $m_{ss}$  的  $m_s$  外流，而讓小於等於  $m_{ss}$  的  $m_s$  外流。同時黑洞外界附件的  $m_1$ ，不管是大於等於還是小於  $m_{ss}$ ，如果  $m_1$  在  $R > R_b$  處的離心力不能與黑洞的向心力平衡，當離心力小時， $m_1$  終會被吞進黑洞；當離心力大時，就會奔向更遠的太空。

**結論：因此，** 黑洞發射霍金輻射就是輻射能由高溫高能區域向低溫低能區域自然流動的過程，與任何熱物體物質向外發射熱輻射的機理相同。

<6>；黑洞  $M_b$  每次發射一個霍金輻射  $m_{ss}$  帶走一個單元信息量  $I_0 \equiv h/2\pi$  <sup>[2]</sup>

下面證明黑洞  $M_b$  及其一個霍金輻射  $m_{ss}$  無論大小，每次只能發射一個單位信息量  $I_0 \equiv h/2\pi$

現在來求任何黑洞的一個霍金輻射粒子  $m_{ss}$  的信息量  $I_0$  的普遍公式，根據(1c) (1d)式， $m_{ss}M_b = hC/8\pi G = 1.187 \times 10^{-10} \text{ g}^2$ 。所以，

$$I_0 = m_{ss}C^2 \times 2t_s = C^2 hC / (8\pi GM_b) \times 2R_b / C = C^2 hC / (8\pi GM_b) \times 2 \times 2GM_b / C^3 \equiv h/2\pi \quad (6a)$$

於是，任何一個霍金輻射  $m_{ss}$  的信息量  $I_0 = m_{ss}C^2 \times 2t_s$ ，是根據量子力學的測不准原理公式， $\Delta E \times \Delta t \approx h/2\pi = I_0$  得出的。可見， $2t_s$  是  $m_{ss}$  的對應於  $\Delta t$  時間測不准量， $m_{ss}C^2$  對應於  $\Delta E$  能量測不准量。

(參見《黑洞宇宙學概論》第三篇第 7 章)

**(6a)證明任一黑洞  $M_b$  的每一個  $m_{ss}$ ，無論其大小，每次發射的信息量都是  $I_0 \equiv h/2\pi$ ，而與黑洞  $M_b$  和  $m_{ss}$  的量的大小無關。就是說，不管黑洞  $M_b$  的大小，也不管其發射  $m_{ss}$  的大小，每個不同大小的  $m_{ss}$  帶走的信息量  $\equiv I_0 \equiv h/2\pi$ 。於是，**

$$I_0 = m_{ss}C^2 \times 2t_c \equiv h/2\pi = 1 \text{ 基本單位信息量 (6b)}$$

而 1 基本信息量=最小信息量，因此，每個霍金輻射  $m_{ss}$  在被黑洞發射時，就應該是當作最小的一份子信息量被發射出來的。

其實，僅從(1d)式就可以清楚地看出， $m_{ss}M_b = hC/8\pi G$ ，一個確定的  $M_b$  只對應一個確定的  $m_{ss}$ 。所以  $M_b$  和  $m_{ss}$  是一一對應的單值關係， $m_{ss}$  只可能一個接一個地單獨從黑洞的  $R_b$  上發出，而不可能同時一起發出多個霍金輻射  $m_{ss}$ 。

<7>；黑洞發出 2 相鄰的霍金輻射  $m_{ss}$  的間隔時間  $--dt_b$

按照霍金理論中的黑洞壽命  $\tau_b$  的公式，

$$\tau_b \approx 10^{-27} M_b^3 \quad (7a)$$

$$\therefore -d\tau_b = 3 \times 10^{-27} M_b^2 dM_b, \quad (7b)$$

如果令  $dM_b = 1$  個  $m_{ss}$ ，則  $-d\tau_b$  就是黑洞發射 2 個鄰近  $m_{ss}$  之間所需的間隔時間。由於霍金等大師，沒有推導出新公式(1d)，當然無法知道(7c)式。

$$-d\tau_b \approx 3 \times 10^{-27} M_b^2 dM_b = 3 \times 10^{-27} M_b \times M_b m_{ss} \approx 0.356 \times 10^{-36} M_b \quad (7c)$$

比如，當一個微型黑洞  $M_{b0} = 2 \times 10^{15} \text{g}$  時，其發射 2 個鄰近  $m_{ss}$  之間所需的間隔時間為， $-d\tau_{b0} = 0.7 \times 10^{-21} \text{s}$ ；對於最小黑洞  $M_{bm} = m_p = 10^{-5} \text{g}$ ，其  $-d\tau_{bm} = 0.356 \times 10^{-41} \text{s}$ ；如果將太陽塌縮成一個黑洞，其發射 2 個鄰近  $m_{ss}$  之間所需的間隔時間為， $-d\tau_{bs} \approx 0.356 \times 10^{-36} M_b = 0.356 \times 10^{-36} \times 2 \times 10^{33} = 0.7 \times 10^{-3} \text{秒}$ ；對於我們宇宙作為一個‘巨無霸宇宙黑洞’，其發射 2 個鄰近  $m_{ss}$  之間所需的間隔時間為， $-d\tau_{bu} \approx 0.356 \times 10^{-36} M_b = 0.356 \times 10^{-36} \times 10^{56} = 0.356 \times 10^{20} \text{秒}$   $= 0.356 \times 10^{20} / 3.156 \times 10^7 = 10^{12} \text{年} = 1 \text{萬億年}$ ，我們宇宙的壽命才 137 億年呢。

<8>：引力和熱能和輻射能(包括霍金輻射  $m_{ss}$ )的 3 種等價等能量  $E_r$  在  $R_b$  上可互相轉換的一般公式，即從分析(1b)式和再認識一下霍金輻射  $m_{ss}$ ；

$$E_r = m_{ss} C^2 = \kappa T_b = Ch/2\pi\lambda_{ss} (= v_{ss} h/2\pi) \quad (1b)$$

(1b)式是霍金輻射  $m_{ss}$  在  $R_b$  上 3 種能量等價轉換的公式，它是量子力學中的波粒二重性的表現，也是一個輻射能具有引力能、熱能、波能三位一體統一於一身的表現，這是  $m_{ss}$  有 3 重身份證的表現，可表現出它在什麼情況下用什麼身份證，而可以不用另外 2 種身份證。任何輻射能包括  $m_{ss}$ ，在行進中表現為波而有熱能，在發射和停止時表現為粒子有熱能，在經過強引力場如太陽附近時，路線變為彎曲，是具有相當引力質量(或曰電磁質量)的表現。EGTR 認為輻射能沒有相當質量的假設，只是為了符合其時空彎曲理論的一種假設而已。

第一：例如，現在來看看我們太陽內部的核聚變反應情況。太陽核心的核聚變是高效的氫聚變成氦，也就是 4 個氫原子聚變成 1 個氦原子，這個過程可以有千分之 7 的物質轉換成輻射能。從週期表看，氫原子質量  $H = 1.0079$ 。氦原子  $H_e = 4.0026$ ，當太陽內部核反應時， $4H$  變成為 1 個  $H_e$ 。即  $1.0079 \times 4 - 4.0026 = 4.0316 - 4.0026 = 0.029$ 。而  $0.029 / 4.0316 = 0.00719$ 。就是說，當  $4H$  變成為 1 個  $H_e$  時，只有千分之 7 的質量損失轉變為輻射能。

這千分之 7 的 4 個質子質量的損失共產生出了 2 個中微子 + 2 個正電子 + 3 個高能光子 ( $\gamma$ -射線)。[3] 2 個中微子會立即跑出太陽而帶去很少部分能量-物質。2 個正電子會找到 2 個負電子後湮滅成  $\gamma$ -射線，再轉變為輻射能。正是這些高能光子 ( $\gamma$ -射線) 的高溫高速運動維持住太陽核心質子的高溫高速運動，使太陽內部的核反應溫度保持約為

$1.5 \times 10^7 \text{k}$ ，而不停地將其餘的氫逐漸地轉變成氦，並對抗其外層物質粒子的引力塌縮。當然也會繼續生產出更多的新的高能光子 ( $\gamma$ -射線)。為了維持太陽核心溫度的平衡，就必須有多餘的高能光子逃出核心。

而舊的多餘的高能光子 ( $\gamma$ -射線) 要經過很長的時間才能逃離出太陽核心。當高能光子從太陽核心的表層逃出達到太陽表面時，由於沿途溫度的降低而導致輻射能溫度的降低。這表明原來在太陽核心的高能量光子達到太陽表面時，會降低溫度和增加波長，最後變成約為  $5800 \text{k}$  的低能量可見光子而由粒子發射出來。在太陽表層，約  $5800 \text{k}$  的粒子有許多許多，它們能夠同時發射許多約  $5800 \text{k}$  的光子。

第二：再看，我們太陽的表面溫度大約是  $5800 \text{k}$ 。如將  $5800 \text{k}$  看成為類似黑洞在  $R_b$  上的閾溫  $T_b$ ，則相應的太陽表面輻射能的相當質量  $m_{sf}$  為： $m_{sf} = \kappa T_b / C^2 = 10^{-33} \text{g}$ ，其相應的波長  $\lambda_{sf} = h / (2\pi C m_{sf}) = 10^{-5} \text{cm} = 10^{-7} \text{m}$ 。這就清楚地表明，太陽只會發射較低能量(低於  $5800 \text{k}$ )的  $\lambda_{sf} > 10^{-7} \text{m}$  的電磁波、可見波、無線電波等。相對應的，如將  $m_{sf} = 10^{-33} \text{g}$  作為霍金輻射發射，該黑洞應為  $M_b = 10^{23} \text{g}$ 。

第三：再來看看和分析一件普通物體的散熱情況，假設有一塊純鐵，在其溫度由  $1100 \text{k}$  降低到  $100 \text{k}$  時，損失了多少熱輻射的相當質量？

根據(1b)式， $E = m_{ss} C^2 = \kappa T_b = Ch/2\pi\lambda$ ，鐵在  $1100 \text{k}$  時所發射的熱輻射的波長  $\lambda_{1100} = 0.23 \times 10^{-3} \text{cm}$ ，其相當質量  $m_{g1100} = 1.5 \times 10^{-34} \text{g}$ 。在  $100 \text{C}$  時所發射的熱輻射的波長  $\lambda_{100} = 2.3 \times 10^{-3} \text{cm}$ ，相當於發射波長更長的紅外線，其相當靜止質量  $m_{g100} = 0.15 \times 10^{-34} \text{g}$ 。因此，在其溫度由  $1100 \text{k}$  降低到  $100 \text{k}$  時，損失相當質量為： $m_{g1100} - m_{g100} = 1.5 \times 10^{-34} \text{g} - 0.15 \times 10^{-34} \text{g} = 1.55 \times 10^{-34} \text{g}$ 。

設鐵的比熱  $C_v = 477.3 \text{J}/(\text{kg} \times \text{K}) = 477.3 \times 10^7 \text{g} \cdot \text{cm}^2 / \text{s}^2 \cdot 1000 \text{gk} = 4.773 \times 10^6 \text{cm}^2 / \text{s}^2 \cdot \text{k}$ 。而熱量  $\Delta Q = C_v \Delta T = 1000 \text{k} \times 4.773 \times 10^6 \text{cm}^2 / \text{s}^2 \cdot \text{k} = 4.773 \times 10^9 \text{gcm}^2 / \text{gs}^2$ 。

設熱輻射的平均溫度  $T_{avg} = (1100 - 100) / 2 = 500 \text{k}$ ，則一個輻射能的相當質量：

$$m_{g500} = \kappa T_{avg} / C^2 = (1.38 \times 10^{-16} \text{g} \cdot \text{cm}^2 / \text{s}^2 \cdot \text{k} \times 500 \text{k}) / 9 \times 10^{20} \text{cm}^2 / \text{s}^2 = 10^{-34} \text{g}$$

每一個輻射粒子的能量  $E_r = 10^{-34} \text{g} \times C^2 = 10^{-13} \text{gcm}^2 / \text{s}^2$ 。於是每一克鐵放出的輻射粒子數  $n_r = \Delta Q / E_r = (4.773 \times 10^9 \text{gcm}^2 / \text{gs}^2) / (10^{-13} \text{gcm}^2 / \text{s}^2) = 5 \times 10^{22} \text{個/g}$ 。於是每一克放出的輻射粒子總的相當質量： $m_{ssg} = n_r m_{g500} = 5 \times 10^{22} / \text{g} \times 10^{-34} \text{g} = 5 \times 10^{-12} \text{g/g}$ 。就是說，當一克鐵的溫度從  $1100 \text{k}$  降低到  $110 \text{k}$  時，其相當質量應該減少  $5 \times 10^{-12}$  倍。或者說，當 100 萬噸鐵從  $1100 \text{k}$  降低到  $100 \text{k}$  時，其輻射能的相當質量應該減少 5 克。

第四：結論：

A; 引力能 ( $m_{ss}C^2$ ) 熱輻射能 ( $\kappa T_b$ ) 和波能 ( $Ch/2\pi\lambda_{ss}$ ) 的 3 種狀態所代表的 3 種能量是可以同時以 (1b) 等價的存在而表現和轉換的, 而熱輻射能 ( $\kappa T_b$ ) 和波能 ( $Ch/2\pi\lambda_{ss}$ ) 是量子的波粒二重性的表現。關鍵在於  $m_{ss}C^2$  處於什麼形態 (條件下) 才會發生這種轉變, 比如電子質子在一般狀態下, 其質量 (引力能) 與熱輻射能 (波能) 不可能互相轉變, 必須達到其閾溫的溫度時才能互相轉變。

B; 只要轉變的條件充分, 能量的等價公式 (1b) 式就會嚴格地成立。

C; 從上面的計算表明, 黑洞發射霍金輻射的機理在本質上是與太陽發射可見光是一樣的, 都是符合熱力學的定律, 都是從高溫高能區域自然地流向低溫低能區域, 也與任何一個物體或者黑體發射熱輻射的道理完全一樣。只不過太陽發射光和物體發射熱輻射的表面溫度  $T_m$  並不是嚴格的定值, 表面各處可同時發生許多熱輻射。而黑洞發射霍金輻射  $m_{ss}$  的溫度  $T_b$  是其視界半徑  $R_b$  上的溫度,  $T_b$  只嚴格的決定於黑洞的總質-能量  $M_b$ , 所以每次只能發射一個  $m_{ss}$ 。

D; 可見, 霍金和所有近代學者們用真空「虛粒子對」去解釋黑洞發射霍金輻射  $m_{ss}$ , 完全是無奈地在自圓其說或者故弄玄虛。因為真空能沒有一個確定的數值, 也無法測量和計算, 故可隨意假設。

E; 霍金也根本不知道, 作者现在已经证明  $m_{ss}$  本身就是信息量, 而且不管  $m_{ss}$  值的大小, 黑洞每個  $m_{ss}$  只帶着同等的最小信息量  $\equiv I_0 \equiv h/2\pi$ 。所以霍金一時說, 黑洞丟失信息, 一會又否定。

F; 在實際運用中, 用經典力學計算的結果往往比觀點更能解決問題。而狄拉克海和廣義相對論卻不切實際, 多為概念, 難用於實際的數值計算。

G; 在探討、論證和運用一些物理理論和規律時, 起決定性作用的是其公式和計算的數據的可靠性與與真實物理世界相符合的程度, 其概念是次要

的。

热烈欢迎学者和读者们对本文发表公开或私下的批判或否定意见。谢谢。

====全文完====

#### 參考文獻:

1. 約翰—皮爾·盧考涅: 「黑洞」。湖南科學技術出版社 2000
2. 蘇宜: 《天文學新概論》第二版。華中科技大學出版社。2002.2。
3. 溫柏格: 宇宙最初三分鐘。中國對外翻譯出版公司。1999。
4. 王允久: 《黑洞物理學》。湖南科學技術出版社, 2000, 4。
5. 何香濤: 《觀測宇宙學》。科學出版社。北京 中國。2002。
6. 約翰·格裡賓: 《大宇宙百科全書》。海南出版社。2001.8。

張洞生: 《黑洞宇宙學概論》。本書頭一篇

(1) 網上看全文: 谷歌或者百度搜索《李學生博文》, 再從其中搜索框內搜索<黑洞>, 或者上

網 <http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=2892843&do=blog&view=me&from=space>

(2); 台灣書店郵購: 台灣博客網絡書店購書: E—MAIL: [books5w@gmail.com](mailto:books5w@gmail.com) 或

[books5w@yahoo.com.tw](mailto:books5w@yahoo.com.tw) 電話: (852) 2150-2100 傳真: (852) 2356-0735。

(3): 有親友到台灣香港旅遊時, 可托他們代買帶回, 台灣香港各大書店都在賣。台幣 380, 港幣 140。