

報告主題

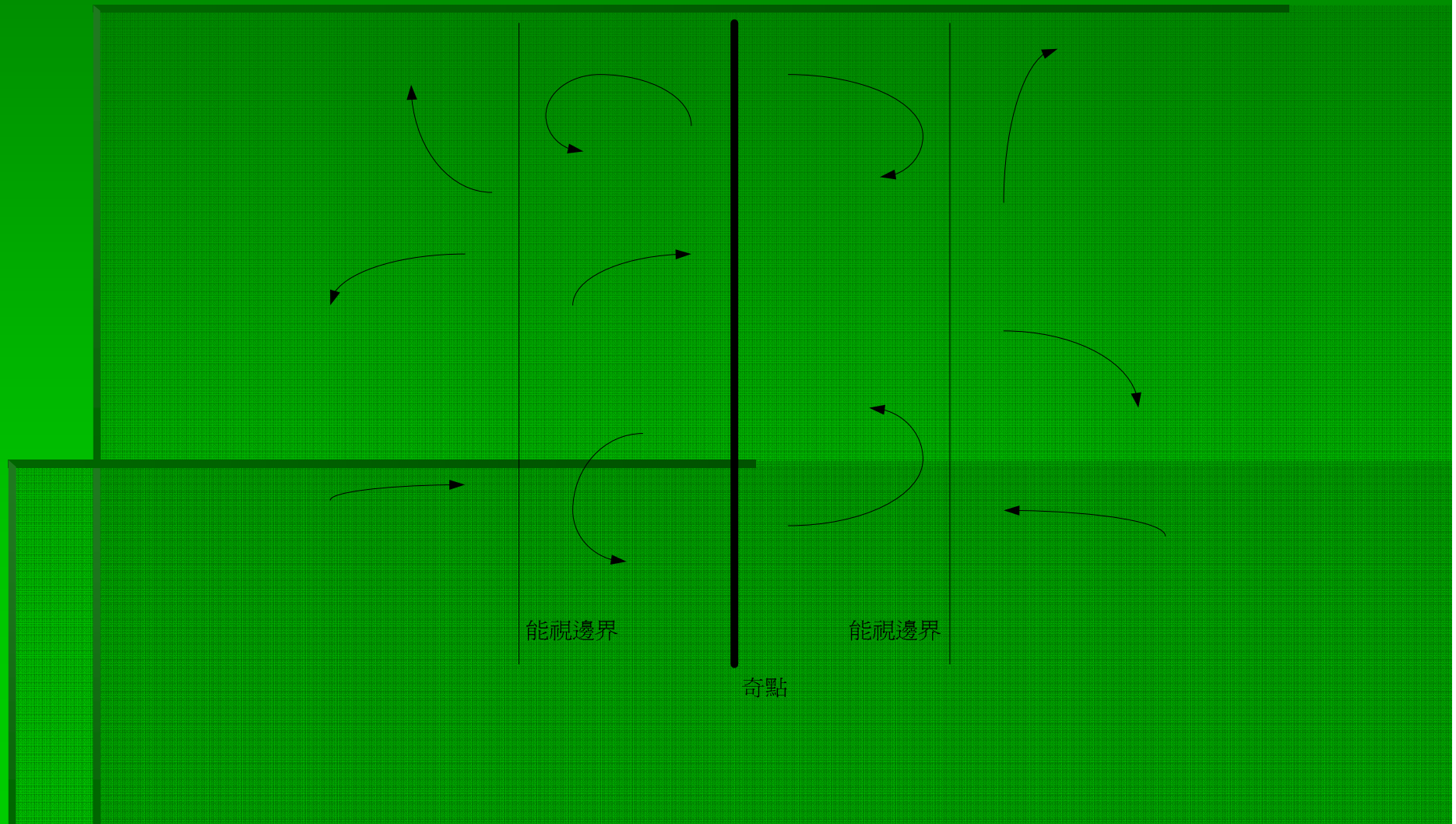
霍金輻射 (Hawking radiation)

492712083 物96乙 陳曄翔

黑洞

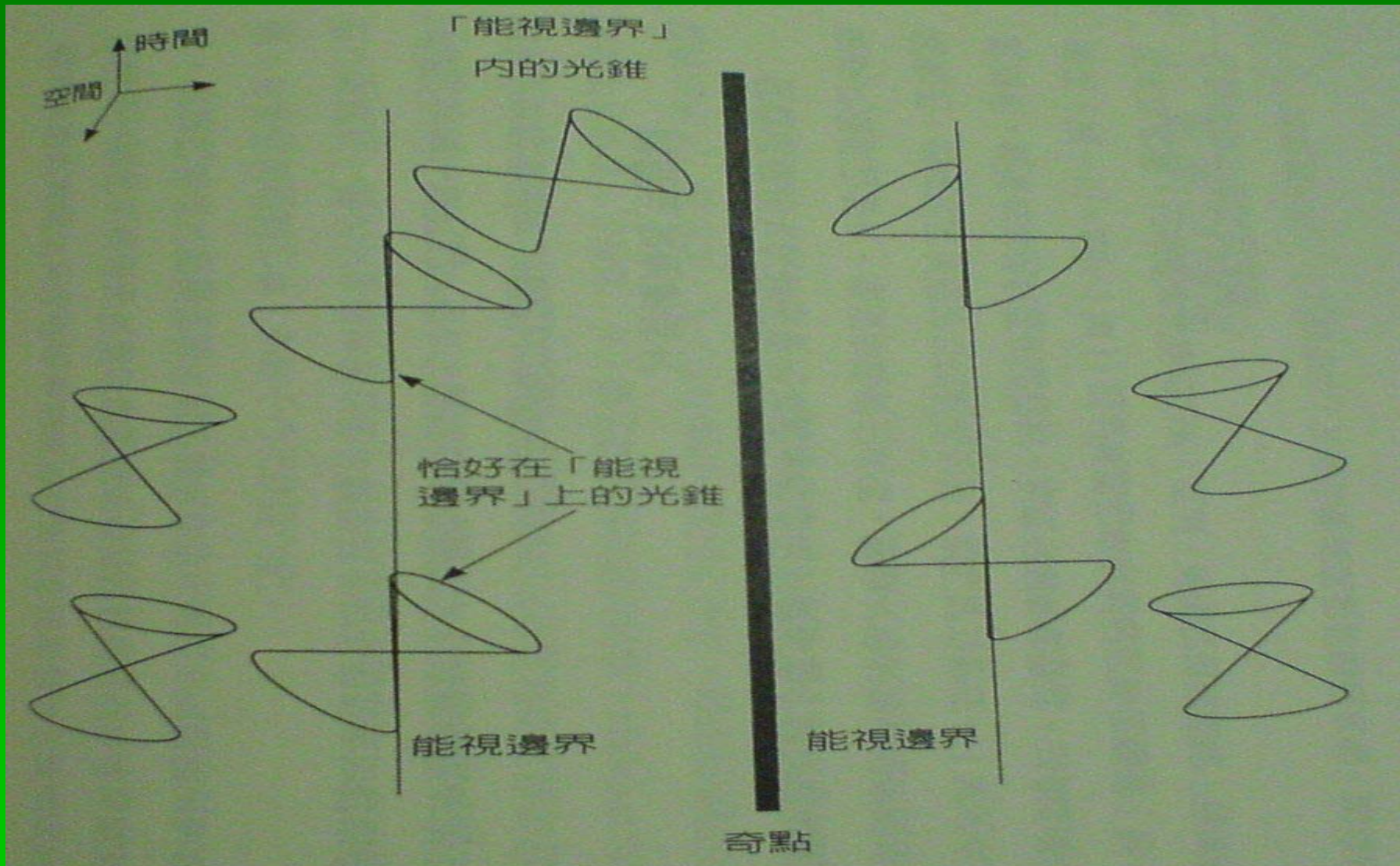
在一般人的認知中,黑洞是重力極強的地方,強到若想逃出黑洞,需要大過於光速的逃逸速度,所以,光線無法從黑洞發出,沒有任何東西可以從黑洞出來

黑洞示意圖

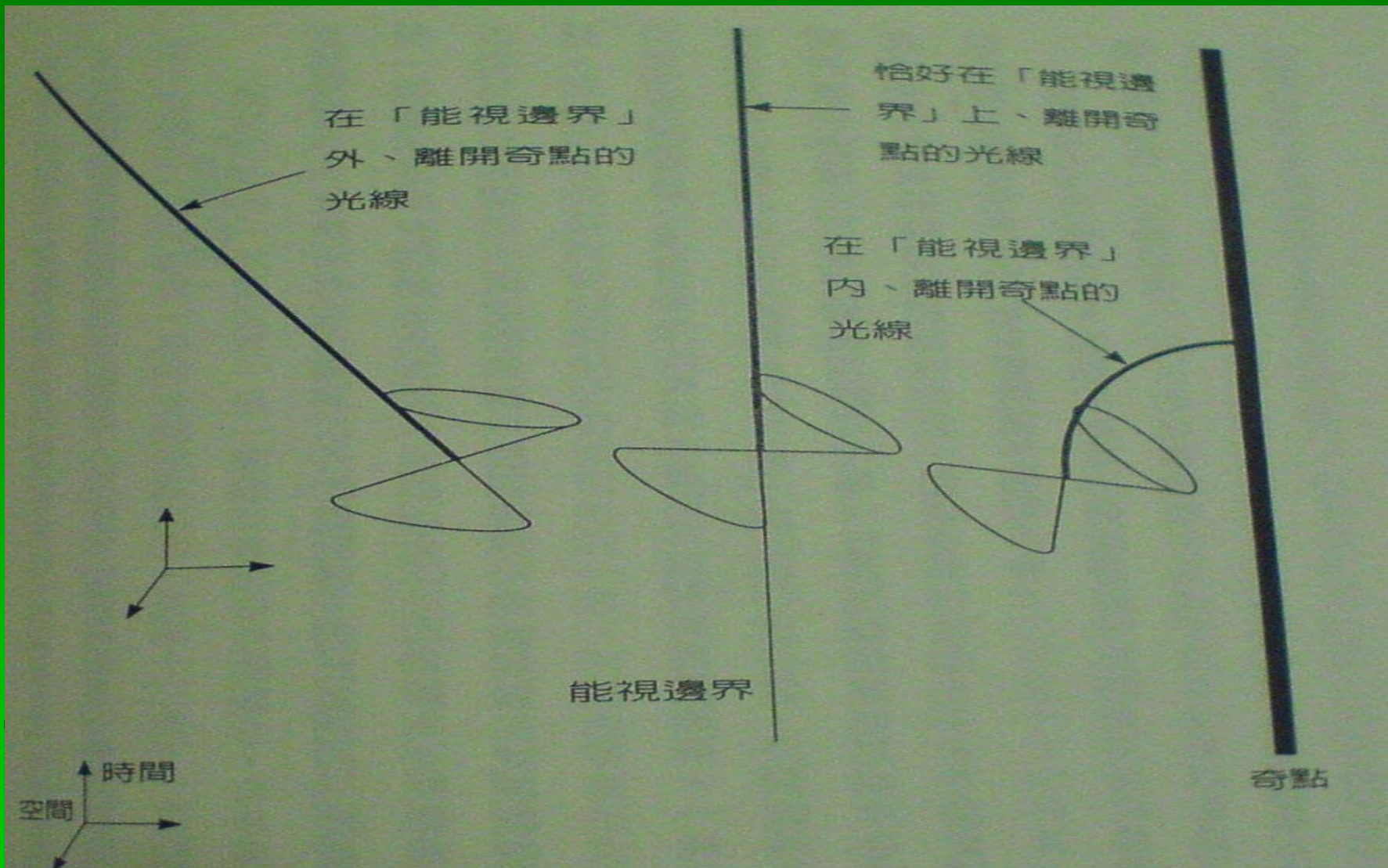


黑洞的能視邊界

由於強大的質量改變了周遭空間,在某一範圍內光受到了曲折無法超出的那個邊界,即為黑洞的能視邊界,由於光無法從裡面跑出來,因此在黑洞外面的人是”永遠”都不可能觀測到黑洞裡的資訊的!



參考:量子重力 by Lee Smolin



參考:量子重力 by Lee Smolin

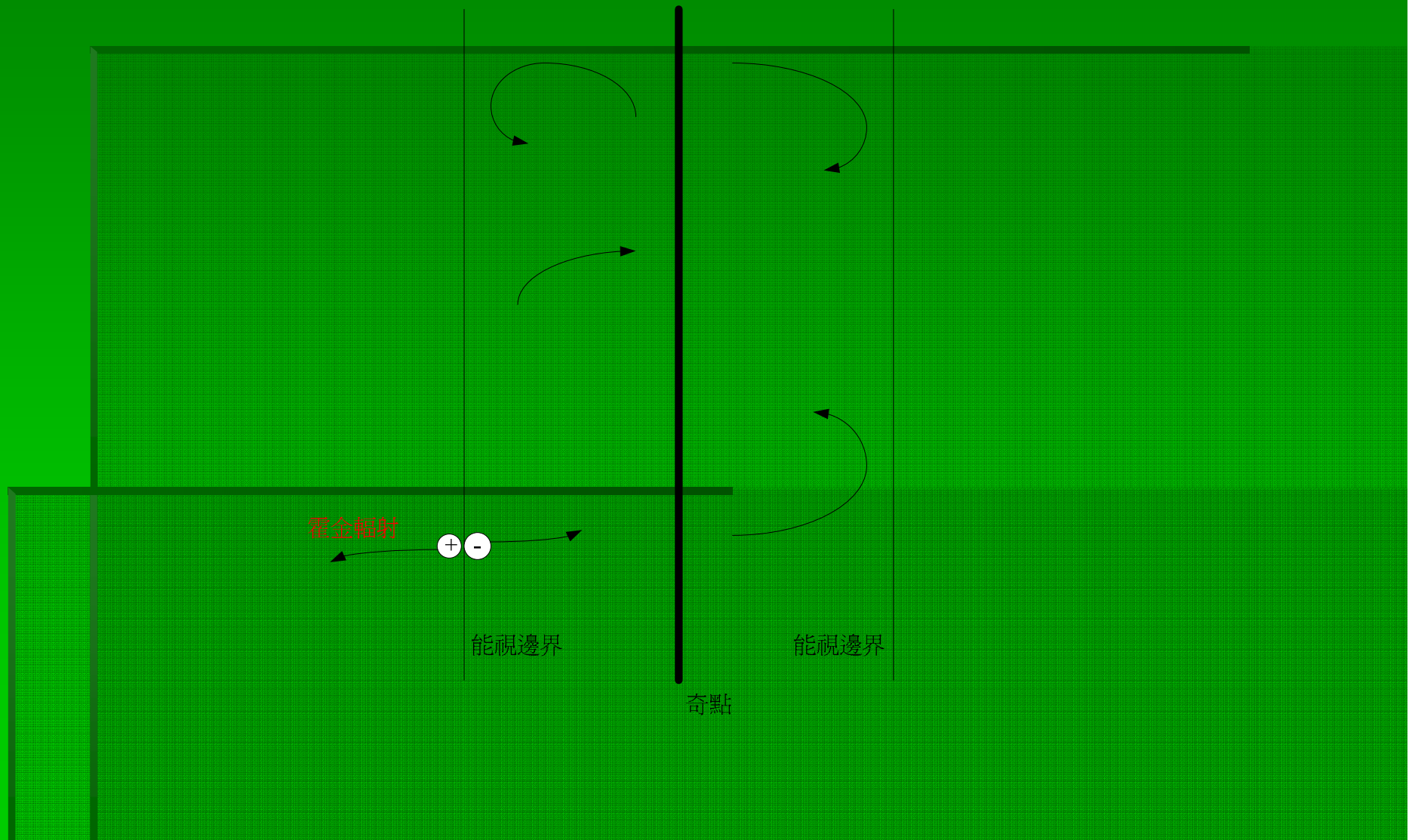
古典的真空

真空是一種不存在任何物質的空間狀態，
是一種物理現象。

量子的真空

在量子的真空中,會有機率性的產生物質與反物質對,它們出現後在很短的時間內又會消失

何謂霍金輻射?



之前的科學家認為,如果沒有一樣東西可以逃出黑洞,那麼黑洞的溫度應該會是絕對零度,這是因為溫度用來量度隨機運動的能量,而一個盒子裡若空無一物,就不能有任何運動,當然也不會有Entropy(量度熱系統的隨機程度),既然沒有溫度,哪來的輻射呢?
(R 正比於 T 四次方)

為何霍金會認為黑洞會有輻射?

愛玻羅實驗

兩個光子從一個原子的衰變過程中產生出來，它們行進的方向相反，因此在兩個事件中備測量到，這兩個光子的事件在彼此的光錐之外，也就是說，右邊觀測者的量度資訊無法流到左邊的事件，即使如此，左邊觀測者所觀測到的結果仍然與右邊觀測者的量度結果相關，這些相關性並不能使資訊的傳送速度比光要快，因為只有當雙方的量度統計結果拿來比較時，才可以發現這些相關性

愛玻羅實驗



測量到左邊的光子



測量到右邊的光子



原子放射出兩個光子

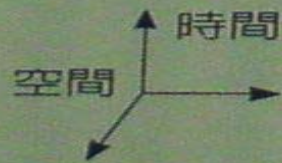
運用愛玻羅實驗

霍金發現來自黑洞的輻射,一個離開黑洞的光子有隨機的性質與運動,因為愛玻羅實驗,它與失落在“能視邊界”另一邊的光子相關,因為在“能視邊界”外面的觀測者無法找回掉入裡面的光子的資訊,向外的光子出現熱運動,結果是,黑洞往外的輻射不等於絕對溫度零度,這輻射也有Entropy,可以量度資訊的遺落程度

另一個光子離開黑洞，與失落於「能視邊界」另一邊的光子相關。由於這樣，它具有隨機的性質，結果會產生熱。

一對光子正好產生於「能視邊界」外，就如愛波羅實驗中的那對光子一樣，它們具相關性。

一個光子落到「能視邊界」的另一邊而失蹤。所有關於那個光子的資訊，對在外面的觀測者來說，顯然都不見了。



能視邊界

奇點

參考:量子重力 by Lee Smolin

量子重力最重要的預測

貝肯斯坦定律(Bekenstein's law)

把觀測者與他的隱區分界的每個“能視邊界”都帶有Entropy,Entropy量度有多少資訊被隱藏起來,這樣的Entropy總是與“能視邊界”面積成正比

無窮多的觀測者都同意有一個 能視邊界

這代表遠離黑洞的觀測者都會同意，
黑洞有大於絕對零度的溫度以及
Entropy

黑體

可以將光線全部吸收者,稱為黑體,因此黑洞當然也被視為是一個黑體

黑體輻射

雖然黑體會吸收所有的光,但其內部原子的震盪會發出輻射釋放出來,為黑體輻射

黑洞也是個黑體

那黑洞是否也會放射出輻射,且輻射
頻譜應該是一樣的呢?

經過了一連串理論的計算

霍金輻射和黑體輻射的頻譜一致

當黑洞不斷放出霍金輻射

依照 $E=mc^2$ ，表示輻射也可以把質量帶走

→真空中的黑洞依定會失去質量

黑洞把自己的質量輻射出去的過程稱為

“黑洞蒸發”(black hole evaporation)

黑洞蒸發

當黑洞蒸發時,它的質量會減少,可是因為溫度與質量成反比,當黑洞失去質量,會變熱

→若變熱,根據 R 正比於 T^4 ,輻射強度也會加大

因黑洞一開始溫度很低

質量與太陽相當的黑洞,蒸發時間是
目前宇宙年齡的 10^{57} 倍

Typical Time of Evaporation

Black hole with mass about	Time for evaporation
A man	10^{-12} seconds
A building	4 seconds
The Earth	10^{49} years
The Sun	10^{66} years
A galaxy	10^{99} years

For reference, the age of the universe is about 10^{10} years.

到目前為止還沒偵測到霍金輻射

因為經過理論推導,其溫度極低,

$$T = 10^{-7}(\text{太陽質量}/M)$$

有沒有違反熱力學第二定律？

當輻射的過程中,黑洞的質量變小,因此能視邊界的面積也變小,同時代表著Entropy也變小,這樣不就違反了熱力學第二定律了嗎?

解釋

Entropy不一定會減小,因為黑洞射出的輻射含有許多Entropy,這些可以彌補黑洞失去的Entropy,熱力學第二定律只要求整個世界的總Entropy絕對不能減少

→沒有違反熱力學第二定律

結論

霍金輻射也只是在理論階段而已,沒有能夠觀查證實,不過這個理論已經相當成熟,後來他發表的許多論文都有引用到此,比如進一步探討

Entropy跟能視邊界表面積的關係以及

The Information Loss in Black Holes 皆是

感想

在一般探討物理問題時，我們都是先觀察到一個奇特的現象，並且提出問題，然後再依照經驗做出合理的假設，我想“假設”是最重要的一環，然而霍金並沒有觀察到東西，就可以直接提出問題與假設，這是讓我十分佩服的，或許在接下來的物理世界中，東西是越來越抽象，已經沒法能夠再給你觀察，你必須運用你的數學物理直覺及運氣來發現這個世界更多的真理了！