

§ 8.3 黑洞不是那么黑了

一、不确定原理

不可能同时确定一个粒子的位置和速度，对粒子位置测量得越准确，对速度的测量就越不准确，反之亦然。

粒子的不确定性不依赖于测量粒子位置和速度的方法，也不依赖于粒子的种类。在量子力学中，粒子的概念已不是我们想象中的实实在在的实物粒子，而是一种波、一片云，这就是量子力学中的波粒二象性：一个粒子具有粒子和波动两重性质。

§ 8.3 黑洞不是那么黑了

二、黑洞的辐射

旋转黑洞产生并辐射粒子，非旋转黑洞也以不变的速率产生和发射粒子，黑洞辐射的粒子谱刚好是一个热辐射的谱，而且黑洞以刚好防止热力学第二定律被违反的准确速率发射粒子。黑洞的温度只依赖于黑洞的质量特性，质量越大，温度越低。

黑洞发射的粒子不是从黑洞里出来的，而是从紧靠黑洞的视界的外部的“空”的空间来的。

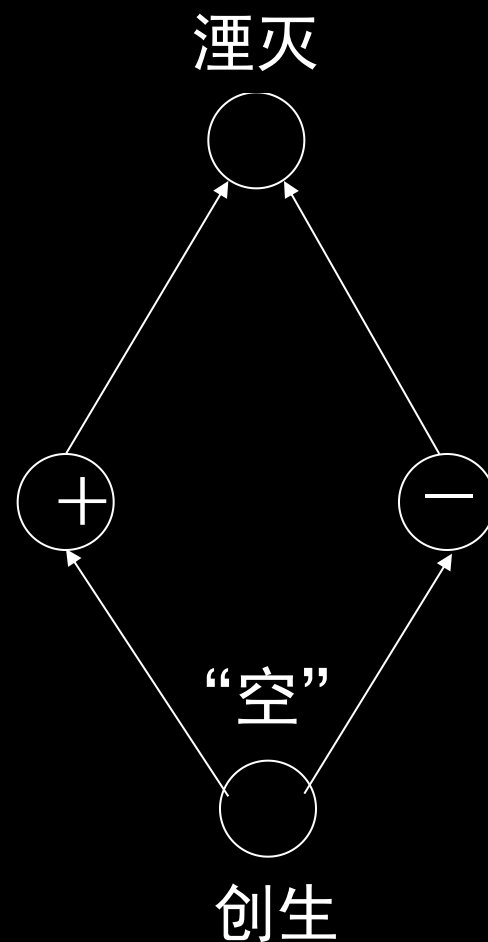
§ 8.3 黑洞不是那么黑了

三、黑洞不是那么黑了

黑洞发射的粒子不是从黑洞里出来的，而是从紧靠黑洞的视界的外部的“空”的空间来的。

§ 8.3 黑洞不是那么黑了

根据不确定性原理，
“空”的空间充满了虚
粒子和虚反粒子，它们
被一同创生，相互离开，
然后再回到一起并湮灭。



虚粒子和虚反粒子对

§ 8.3 黑洞不是那么黑了

四、黑洞的空间弯曲

为了理解黑洞的时空弯曲，可用黑洞的周长来与它的直径比较。通常情况圆周与直径之比为 π 。但对黑洞来说，这个比值要远小于 π 。黑洞的周长跟它的直径相比是微不足道的。