

---

# 課程學習成果

---

- 專題研究報告
- 實做作品



# 專題研究報告

## 《神秘的黑洞》

組  
組

別：第七組

員：**H304 36 潘芸靖**

H303 01 張軒維

H304 25 林恩祈

H304 31 廖虹宜

指導老師：蕭文翔老師



## ▼目錄

■報告結構.....p.3

■前言、研究動機、研究目的.....p.4

■黑洞

□廣義相對論.....p.5

□形成原理.....p.6

□分類.....p.7

□組成.....p.8

□時間與空間扭曲.....p.10

□潮汐力與麵條效應.....p.11

□脫離速度.....p.12

□地球附近的黑洞.....p.13

□望遠鏡技術.....p.14

□白洞與蟲洞.....p.15

□未來展望.....p.16

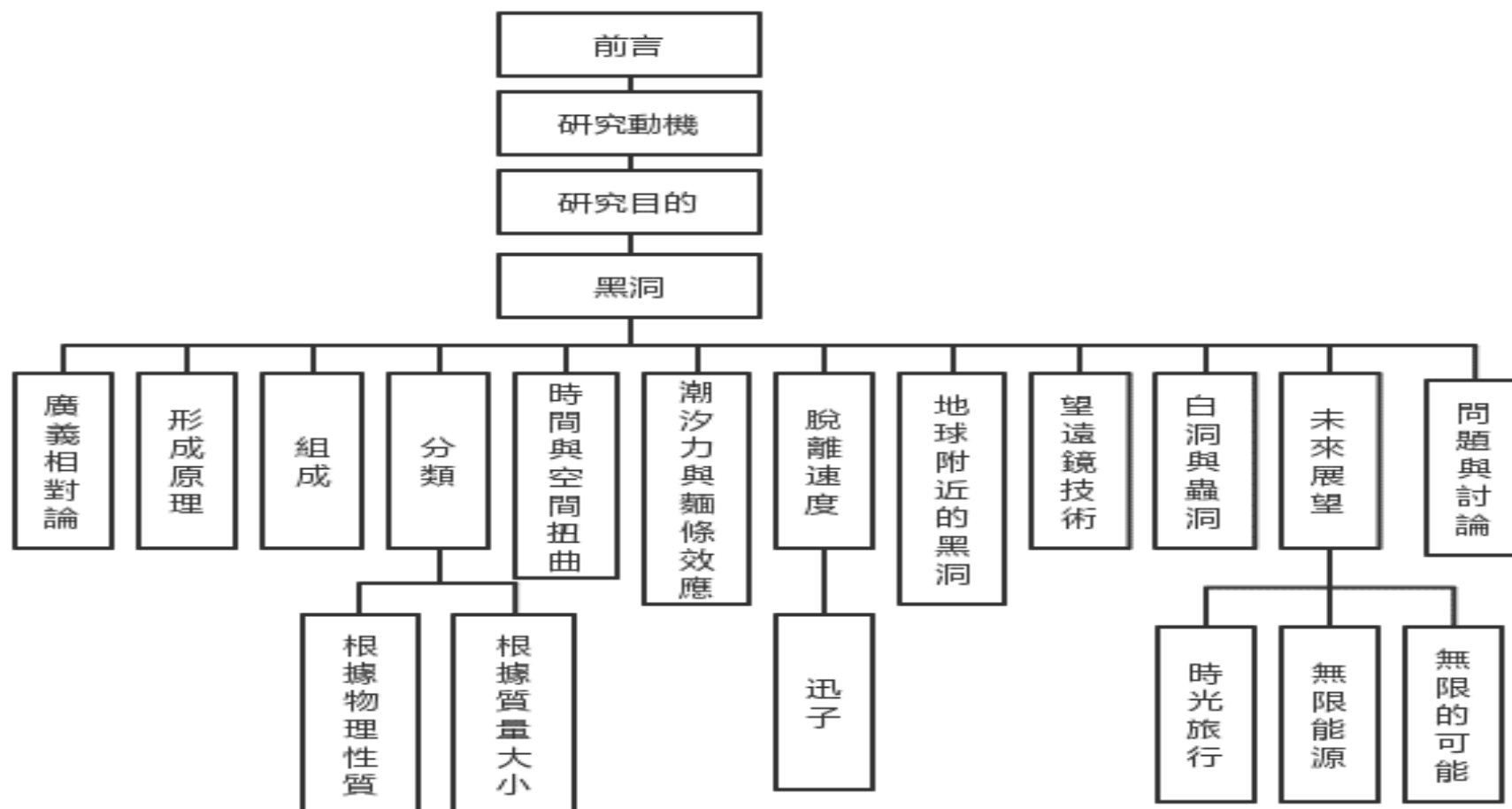
□問題與討論.....p.17

□心得.....p.19

□參考資料.....p.20

□簡報內容.....p.21

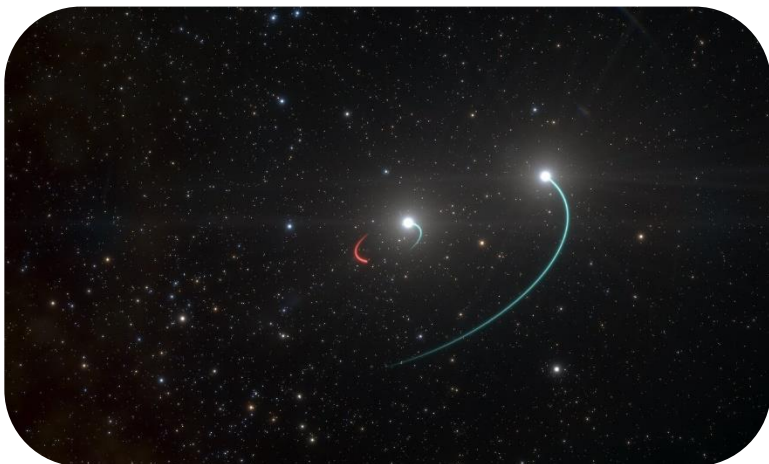
## ▼報告結構



## ▼前言

透過選修課程-天文物理，針對黑洞去作深入探討，並了解它的歷史、原理以及未來展望。

根據所查到的資料，在研究過程中，我們對於黑洞是不是洞以及黑洞會不會消失提出了疑問，好在我們後來有在網路查到許多相關資料，最終得到了答案，滿足了我們的好奇心。



## ▼研究動機

在 2019 年 4 月 10 日，我國中研院所參與的「事件視界望遠鏡計畫(簡稱 EHT)」，成功取得了一張人類史上第一張黑洞的照片。

對於一直以來都有在關注黑洞的我們是一大消息。好在高三的選修課程-天文物理有專題研究報告，使我們可以藉此機會深入探討黑洞的相關事務。

## ▼研究目的

了解黑洞的歷史、存在的原理以及未來人們可以如何運動黑洞的能量。

## ▼ 黑洞

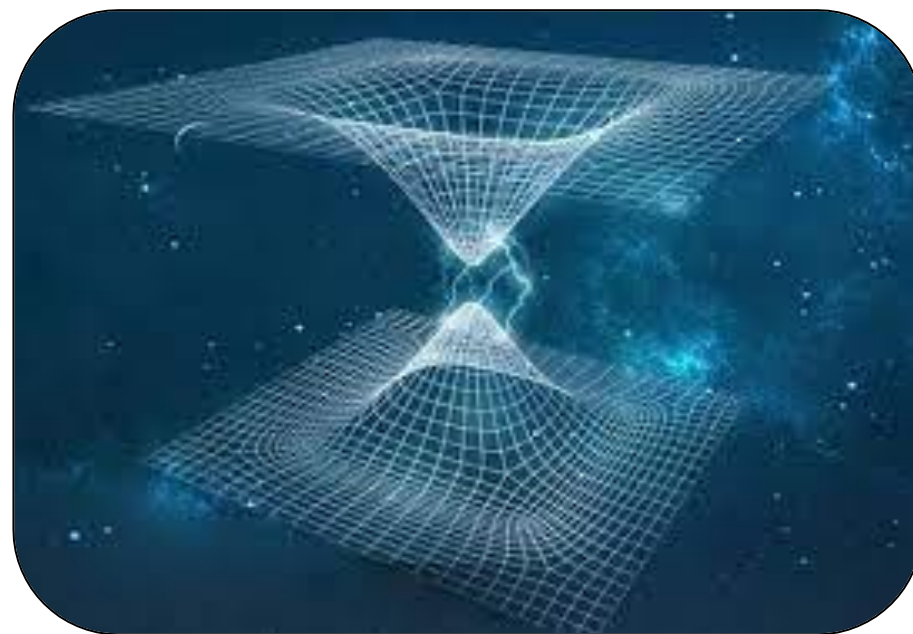
### ▽ 廣義相對論

一種關於重力的理論，由愛因斯坦所完成。根據廣義相對論的內容，物質之間的重力來自於時空的扭曲，它的主要研究目標是**找到重力波的直接證據**。

2016 年，LIGO 團隊所探測到的**重力波**  
**來自於雙黑洞融合**，從此之後，廣義相對論的正確性已被完整驗證。

廣義相對論預言：當物質的質量全部集中在一個足夠小的空間裡，會產生一個重力太過於強大，連光都無法逃逸的天體，而它就叫做「**黑洞**」。

黑洞是大質量恆星演化的最終狀態。質量達到上千萬或者幾十億倍太陽質量的超大質量黑洞常被認為是大多數星系的核心，例如：飛馬座的 M15、仙女座星系的馬亞爾 II。

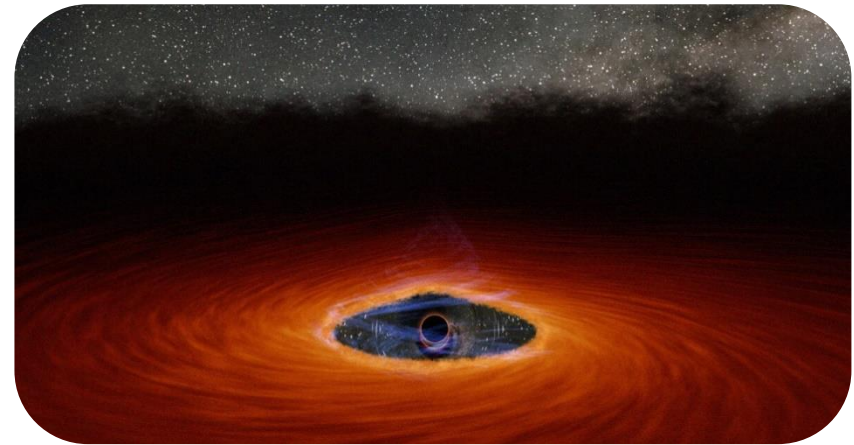
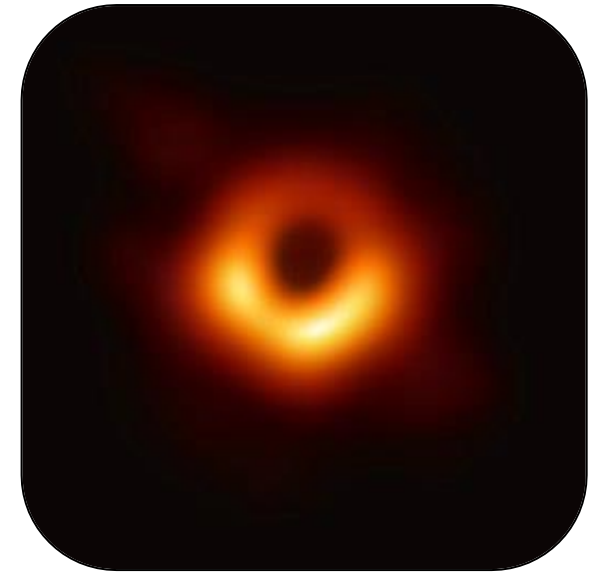


## ▽形成原理

在某個體積內塞了太多東西、密度無限緊密，是個空間中內凹的區域，在「勢力範圍」內重力強到所有東西都跑不出來，連最會跑的光線都跑不出來，這就是**黑洞**了。

它可大可小，有小到一個鄉鎮的大小，也有大到約一個太陽系的大小。

黑洞本身雖然不洩漏訊息出來，但繞行的發光物質會快速運動，或是周圍物質受到龐大重力而加速，因而產生高能輻射，透露了黑洞的行蹤。





## ▼分類

### ▽根據物理性質

1. 不旋轉也不帶電的→史瓦西黑洞。
2. 不旋轉但帶電的→萊斯納-諾德斯特洛姆黑洞。
3. 旋轉但不帶電→克爾黑洞。
4. 一般的→克爾-紐曼黑洞。

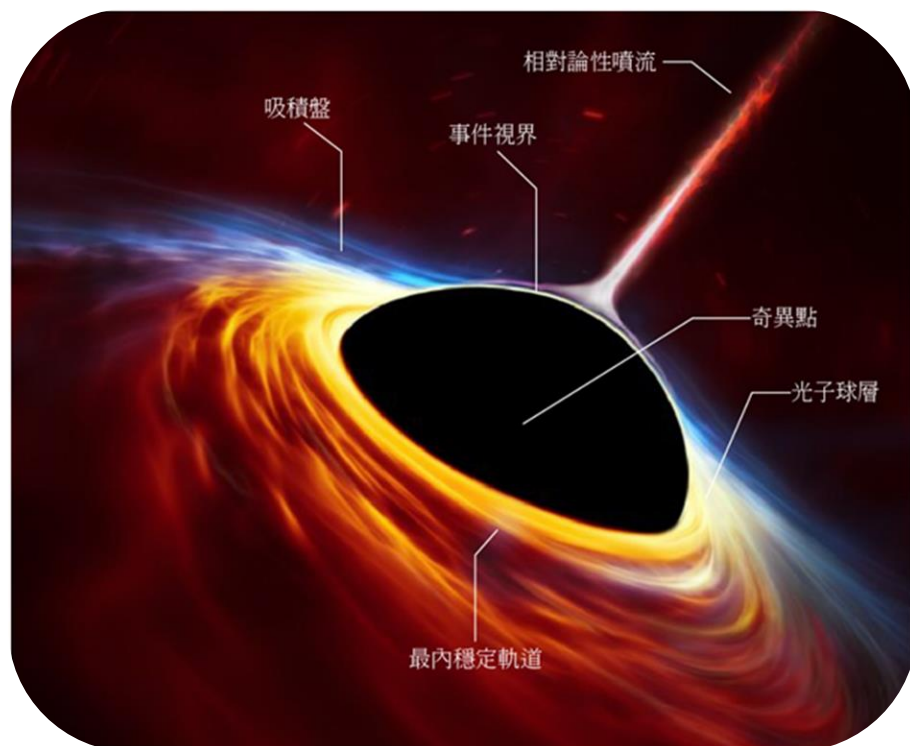


### ▽根據質量大小

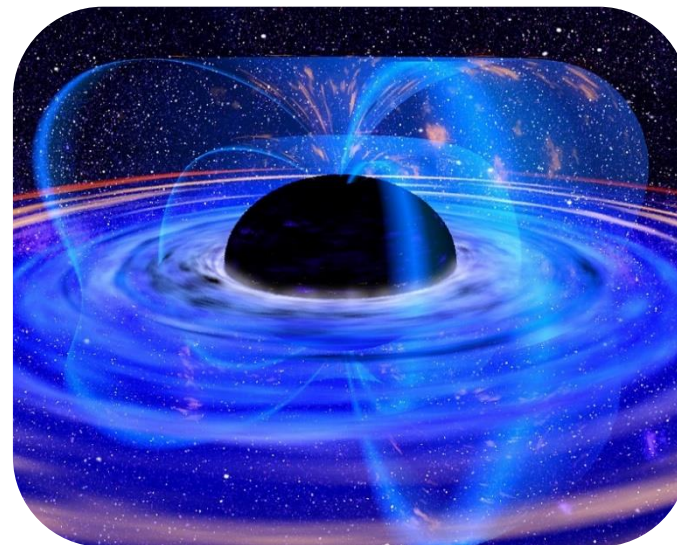
1. 超重黑洞：  
在所有知悉的星系中心接可見到，質量約為太陽的十萬至十億倍，**密度<空氣**。
2. 中介質量黑洞：  
質量約為太陽的數十倍至數百萬倍。
3. 恆星黑洞：  
質量大的恆星**重力坍塌**後形成的一種黑洞，約為太陽質量的 20 倍。
4. 微型黑洞：  
又稱量子黑洞或迷你黑洞，科學家預測微型黑洞的質量可以小到電子伏特的範圍。



## ▼組成



1. 吸積盤：  
因為旋轉的離心力，**左右收縮的速度** < **上下方向的速度**，最後會形成一個扁平的盤面。
2. 事件視界：  
一種時空的曲隔界線。在黑洞周圍的就是事件視界；黑洞附近的**逃離速度大於光速**，使得任何光線皆不可能從事件視界內部逃脫。



3. 相對論性噴流：

中心星體吸積盤表面的磁場沿著星體自轉軸的方向扭曲並向外發射，**一般認為噴流是電中性的**。

4. 奇異點：

是一個時空曲率變得無限的區域，該區域的體積都為零，可想而知它的密度極大。

5. 光子球層：

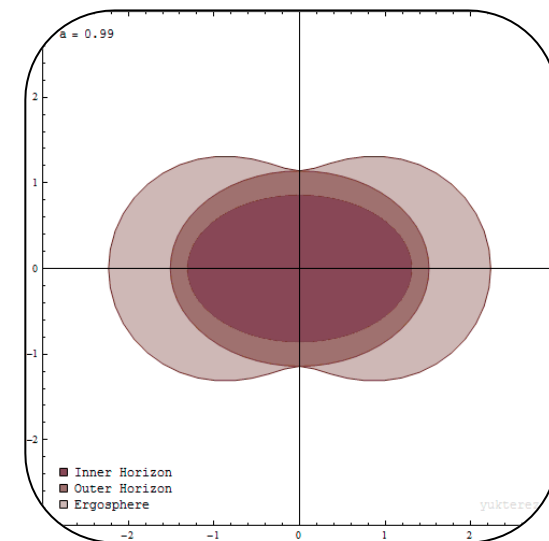
一個零厚度的球面邊界。任何以光子球的切線路徑經過的光子都將被困在圍繞著黑洞的圓形軌道上，但是**光可以從光子球中逸出**。

6. 最內穩定圓軌道：

在廣義相對論中，測試粒子可以穩定地繞大質量物體運行的**最小圓形軌道**。

7. 動圈：

在事件視界外，包圍著旋轉黑洞的一個**南瓜型區域**。在這個區域內，一切都不可能靜止不動，且在這裡的物體不能維持穩定。



## ▼時間與空間扭曲

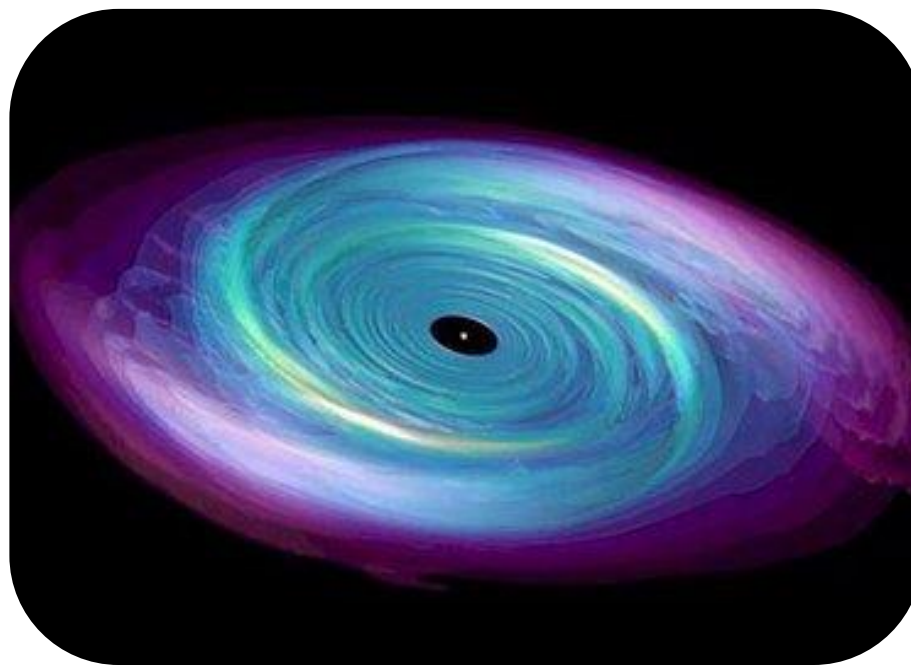
能量的分佈越是不均勻，時空結構就越扭曲，其所表現出來的重力現象也就越大，同時這個「時、空」扭曲也會讓時間的流逝變慢。

嚴格來說並不是重力影響了時間流逝的快慢，而是空間中能量的不均勻分佈，造成了時空結構扭曲，所表現出來的一個是重力的產生，另一個則是時間流逝變慢。

時空扭曲越厲害的地方，表現出來的重力越大，時間的流逝也越慢，黑洞其實就是能量分佈極度不均勻所造成的一個物理現象，而其造成的時空扭曲也會讓時間的流逝變慢。

所謂的「變慢」指的是對極遠處一個不受重力的觀測者來說，當處在黑洞邊緣時，時鐘無止盡地慢下來而趨完全靜止。

相對的在外面遠處的觀測者動作漸漸變快，就像是錄影帶影片的快轉播放一般。





## ▼潮汐力與麵條效應

當黑洞把物體吞噬時，會形成義大利麵效應。由於重力與距離平方成反比，我們距離地球越遠，受到的重力會越小。

準確來說當我們站在地上時，腳所受的重力會比頭所受到的稍稍來的大，只是這個「稍稍」我們感覺不到，但在恆星級別黑洞附近卻不是這麼回事。

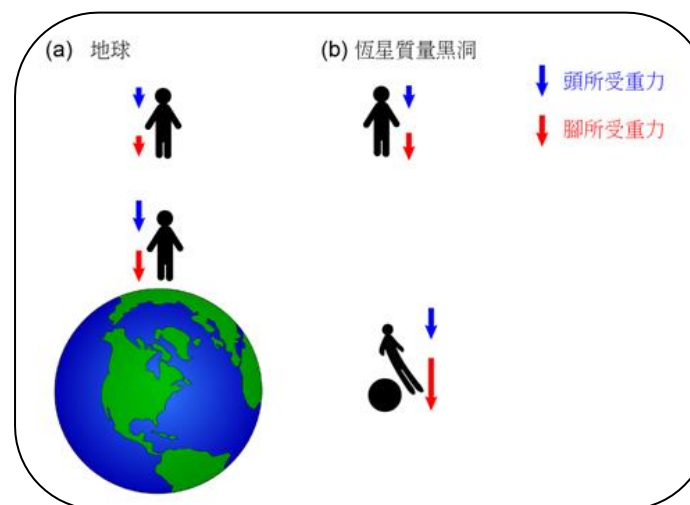
由於龐大的質量集中在很小的區域，在靠近該黑洞表面時，從頭到腳的距離就足以產生非常明顯的重力差距，大到可以將各種物體直接撕裂。

這種力是因為某一物體兩端所受重力大小不同所造成，和潮汐的成因相似，因此又被稱為「潮汐力」。

義大利麵效應是指一個物體在接近黑洞或者一個大質量天體時所發生的現象。

任何物體在進入黑洞的史瓦西半徑後，便會因黑洞的引力影響而變得如義大利麵般細長。

麵條化也可能發生於一個恆星，當一個物體在進入恆星之洛希極限後便開始產生強烈的潮汐力扭曲，最終麵條化。



## ▼脫離速度

是指一個沒有動力的物體，脫離一個天體表面，不再掉下來的**最低速度**。

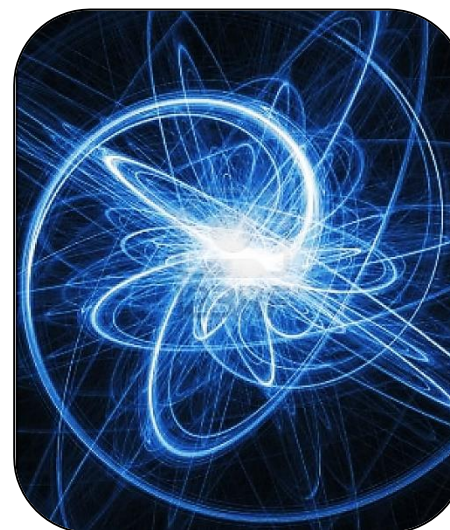
脫離速度和天體表面的重力有關，跟物體本身的質量沒有關係。黑洞的脫離速度超過每秒 30 萬公里，遠超過光的速度。

但是世界上沒有東西可以跑得比光還快，所以連光都無法離開黑洞的表面，也就是說一旦有東西掉入黑洞的事件視界內部，就永遠跑不出來了。

## ▽迅子

是相對論中提出的一個假想粒子，當它的速度增加時，其能量會減少，而**當到達零能量時，速度會變得無限大**。

也就是說它的速度能遠超過光速，以達到脫離黑洞的目的；相反的，如果想要慢到等於光速，必須要有無限的能量才能做到。



## ▼地球附近的黑洞

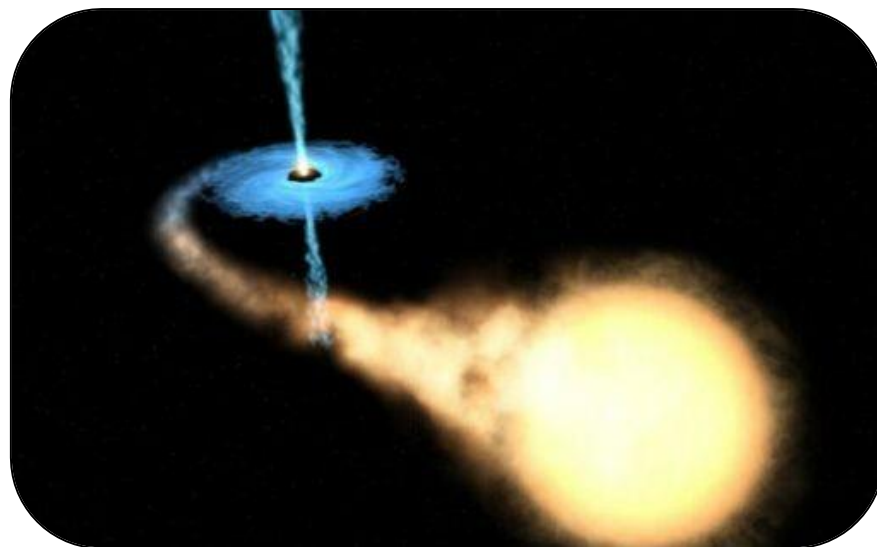
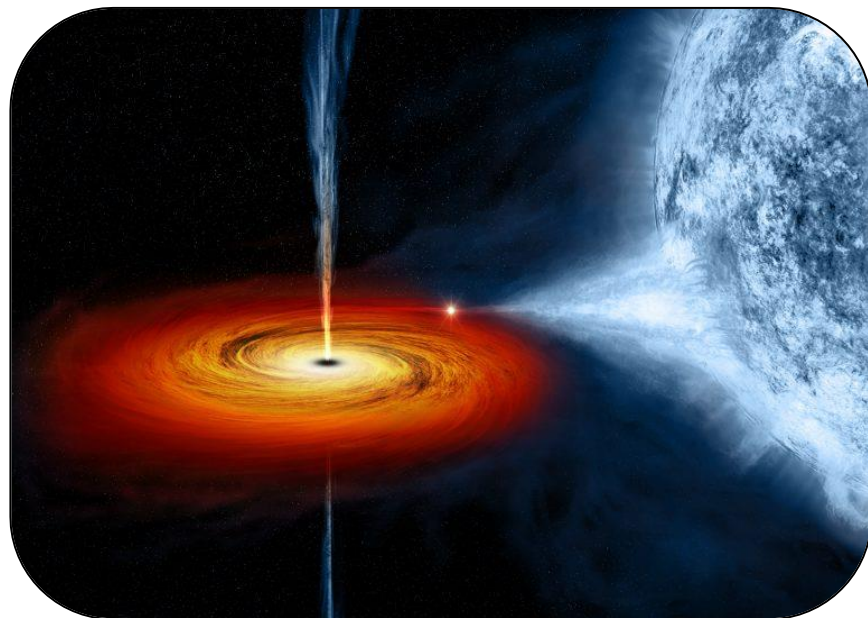
### 1. 麒麟座 X-1：

距離地球約 3000 光年，質量為太陽的 3 倍。

### 2. 天鵝座 X-1：

距離地球 6100 光年，是一個雙星系統，也就是兩個天體在彼此的重力吸引下互繞運行著。

天鵝座 X-1 雙星系統中的一個天體是藍超巨星，它的編號是 HD226868，另外一個天體則是黑洞，也就是發出 X-ray 的來源。





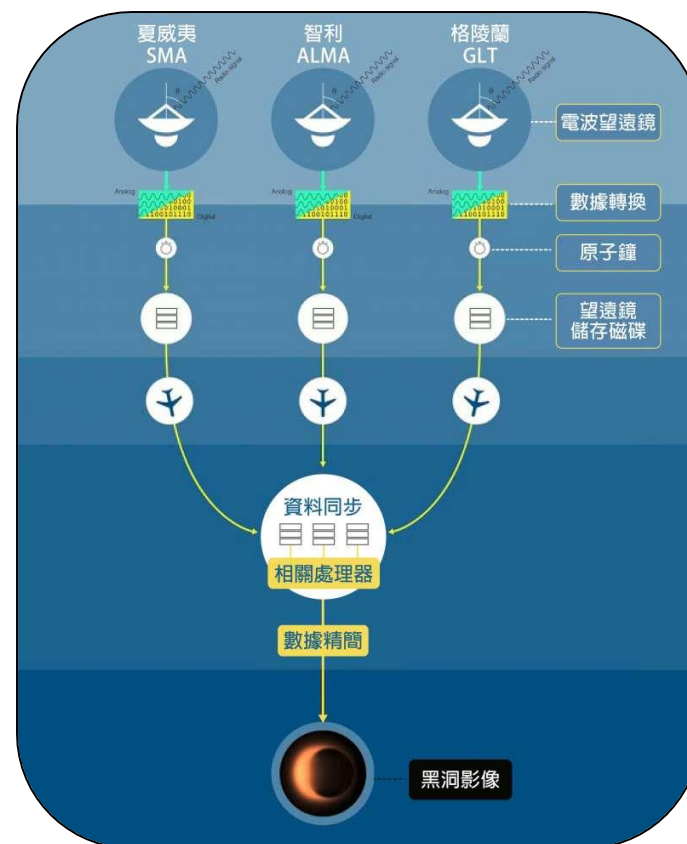
## ▼望遠鏡技術

想要用望遠鏡看到黑洞，需要極佳的解析度，因此技術門檻很高，必須符合以下條件：

1. 要有將近地球那麼大的望遠鏡。
2. 望遠鏡接收的頻率必須是頻率很高的電波。

由於望遠鏡要接收的電波頻率很高，必須擺在非常乾燥的高山上。而現在全球重要的毫米波、次毫米波天文望遠鏡，分別位於格陵蘭島、夏威夷以及智利。

再來是黑洞影像的形成，我們將三個地方的電波望遠鏡觀測到的數據轉換成檔案，最後透過資料同步以及相關處理器的分析就可以解析出黑洞的影像了。



## ▼白洞與蟲洞

### ▽白洞

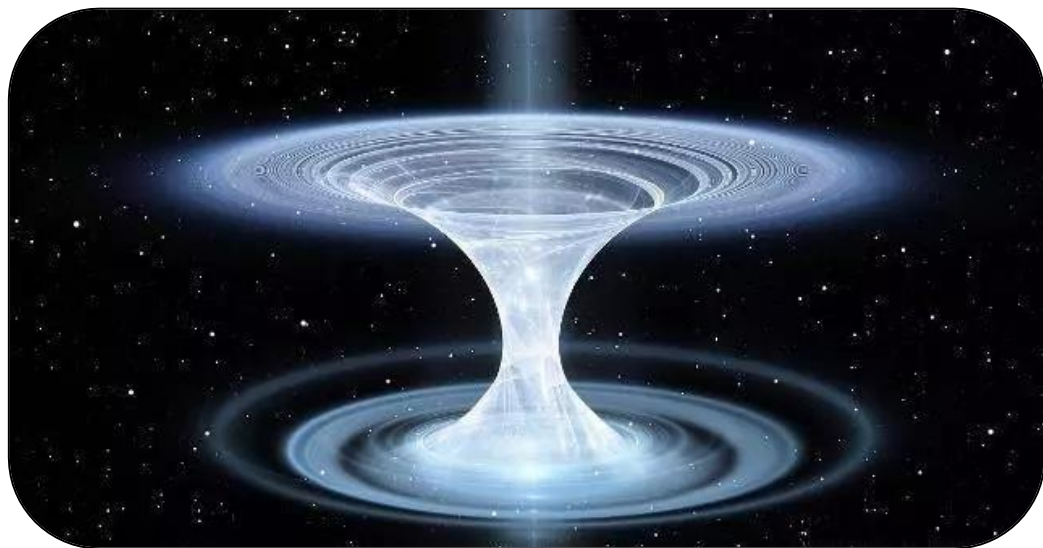
是相對於黑洞而被想像出的另一面，擁有與黑洞相同的性質，但只能夠**單向將黑洞吸入之物質吐出**，以達到能量守衡。

科學家推測白洞不會持續噴出物質，而是像大爆炸那樣短暫性噴出。



### ▽蟲洞

是平行宇宙間連接的假想時光隧道，亦是黑洞和白洞間連接的假想橋樑。



## ▼未來展望

### ▽時光旅行

由於蟲洞是雙向軌道，我們可以從黑洞進入，從白洞出來。但**黑洞的引力** $\gg$ **地球**，時間流逝速度的差別十分明顯，中間可能相隔好幾十光年。

如果我們派飛船去黑洞周圍飛幾圈，當回到地球上時，會發現已經到了遙遠的未來世界，可惜這種旅行是單向的，只能夠前往未來。



### ▽無限能源

黑洞是很有效率的發電機，只要丟一兩顆石頭進去，就可以**產生大量的能源**。

其實每個黑洞都有被開採完的可能。但一個太陽質量的黑洞用這種方法就可以**提供百億年的能源**，宇宙中又有那麼多黑洞，基本上是一種取之不盡的能源。

### ▽無限可能

其實黑洞真正迷人的地方，恰恰是它的視界內部。

說不定每一個黑洞都是一個時空節點，進入視界就可以去另一個宇宙，或者永遠被困在這狹小拘束的世界裡。



## ▼問題與討論

### ▽黑洞是洞嗎？

黑洞不是洞，而是一個**引力極大的天體**，形狀和其他星球差不多但它不會發光，因此又被稱為**黑暗之星**。

黑洞周圍發光區域**並不是自身發出的**，而是它的超強引力吸住了很多氣體，並在周圍高速旋轉，過程中產生極大熱量，使氣體變成電漿態，同時產生光。

黑洞是因超新星爆發誕生的，也就是質量約8個以上太陽大的恆星在壽命末期時，會因本身不穩定而經歷一場大爆炸，而這個爆炸會產生超級亮的強光。

它所產生的光可能會在地球上存在幾週、幾個月，甚至是幾年，最後有可能會**直接變成黑洞**或是**先塌縮成白矮星再變成黑洞**。



## ▽黑洞會消失嗎？

答案是會的，根據霍金博士提出的霍金輻射，又稱為蒸發，他是**以量子效應理論推測出的一種由黑洞散發出來的熱輻射**。

霍金輻射能夠讓黑洞逐漸失去質量，當黑洞**損失的質量>增加的質量**時，就會造成黑洞縮小，最終消失。

比較小的微黑洞，它的發散量通常會比正常的黑洞大，所以前者會比後者縮小與消失的速度還要快，而大質量的黑洞可存活比較久一些。

一般恆星死亡產生的黑洞可以活 1066 年，而超大質量黑洞則可以活 1090 年，這也是為什麼我們無法觀測到宇宙誕生時所產生的微黑洞，因為它們已經蒸發殆盡。

由於這樣的作用極為緩慢，和太陽質量一樣的黑洞需要用大約 1058 年來蒸發 0.0000001% 的質量。



## ▼心得

由於我們這組都對黑洞感興趣，加上之前中研院所辦的黑洞展我有去參加，因此我們才選擇這個主題來做研究。

起初我們對於「**黑洞**」完全不了解，像是**廣義相對論**、**觀測黑洞的望遠鏡技術**等，這些都是我們之前所沒有學到的東西。

而這也造成負責統整資料的同學，以及負責檢視講稿的我，在理解跟閱讀資料上面都遇到了很大的困難。

不過在其他組員的幫助以及打氣之下，我們決定對這些從未接觸過的名詞一個一個去查清並盡一切可能地去理解它們。

在這次報告中我所負責的項目是**資料的查詢**以及**檢視講稿**是否有什麼語句不通順或者哪個名詞在解釋上有錯誤的地方。

而在這次的報告中，我學習到了許多關於黑洞的知識，其中最讓我感到有趣的是有關**黑洞會不會消失**這個問題。

以前都覺得黑洞是個不會消失的天體，後來在閱讀資料的過程中得知，**其實黑洞是會消失的**，只是它消失的**過程十分漫長**，所以要是我們想看到好幾千年以前的黑洞，恐怕是沒辦法的。

很高興透過這次的選修課程，讓我們對黑洞更加了解，希望將來可以有更多的人發現黑洞的神秘之處。



## ▼參考資料

▽最大規模雙黑洞合併,科技部清大參與發現過程

▽黑洞旅行團，出發！（中）--  
黑洞種類與結構

▽廣義相對論入門

▽黑洞是什麼？速度要多快才能脫離黑洞呢？——黑洞大解密（一）

▽事件視界

▽黑洞到底是什麼？怎麼形成的？  
天文所教授親自解惑！

▽黑洞對人有什麼用？

▽白洞[特殊天體]

▽發現「黑洞背後扭曲的光」！新  
研究證實愛因斯坦相對論

▽新研究指巨大黑洞實為「蟲洞」  
距離地球最近入口曝光

▽重力為什麼會影響時間？在黑洞  
裡時間就會停止嗎？

▽【科學小知識】黑洞的誕生與終  
結！恆星是如何誕生的？

▽天文學家親眼目睹！黑洞吞噬恆  
星的經過！

## ▼簡報內容

### 廣義相對論：

廣義相對論是一種關於重力的理論，它是由愛因斯坦完成。根據廣義相對論，物質之間的重力來自於時空的扭曲。



### 什麼是黑洞？

在某個體積內塞了太多東西，密度無限緊密，是個空間中內凹的區域，在「勢力範圍」內重力強到所有東西都跑不出來，連最會跑的光線都跑不出來，這就是黑洞了。



### 黑洞與時間扭曲：

能量越是不均勻分佈，則時空結構就越扭曲，其所表現出來的重力現象也就越大，同時這個「時、空」扭曲也會讓時間的流逝變慢。



### 觀測黑洞的望遠鏡技術：

想要用望遠鏡看到黑洞，需要極佳的解析度，因此技術門檻很高。

1. 必須要有將近地球那麼大的望遠鏡。
2. 望遠鏡接收的頻率，必須是頻率很高的電波。



### 白洞：

白洞是相對黑洞而被想像出的另一面，擁有與黑洞相同的性質，但只能夠單向將黑洞吸入之物質吐出，以達到能量守衡。




謝謝大家  
耐心地聆聽

303 01 張軒維：上台報告

304 25 林恩祈：簡報編輯 小論文編輯 上台報告

304 31 廖虹宜：統整資料 編輯講稿 上台報告

304 36 潘芸靖：查閱資料 檢閱講稿 上台報告

A close-up photograph of a person's hands working on a brown leather piece. The hands are positioned over a grid-patterned cutting mat. One hand is holding a small, light-colored cloth, and the other is resting on the leather. The leather piece has two small holes punched into it. The background is slightly blurred, showing more of the workspace.

# 生活科技實作作品

班級：高三 4 班  
座號：36 號  
姓名：潘芸靖

指導老師：林莉娟老師



## ▼作品簡介

---

作品名稱：檯燈

作 者：潘芸靖

指導老師：林莉娟

製作日期：111 年 4 月 21 日

材 質：木製



## ▼課程內容簡述

依照老師的指引去畫設計圖、切割木頭、鑽洞，再聽從老師的指示，去把它組裝起來並接線。



## ▼心得與收穫

這次的生科課我們做的是檯燈，從切割木頭、鑽洞、接線，到最後的組裝都是自己親手做的。

由於是第一次做這類型的東西，其中最讓我覺得有趣的地方是切割木頭的時候，因為我們是用線鋸機去鋸它，在使用的時候必須屏氣凝神，而且不可以太過用力，以免線鋸機的刀片斷掉，導致手被割到受傷。