บทที่ 1

บทนำ

เรื่องราวซึ่งนำไปสู่แนวความคิดเกี่ยวกับ "หลุมดำ" (black hole) เริ่มขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ.1798 โดย Pierre-Simon Laplace[1] นักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศส ซึ่งเขาคำนวณได้ว่า เมื่อปาอนุภาคมวล m ออกจากผิววัตถุทรงกลมมวล M รัศมี R ด้วยความเร็วต้น v เงื่อนไขที่จำเป็นและเพียงพอทางฟิสิกส์ที่อนุภาคจะหลุดพ้นออกไปได้คือ พลังงานจลน์ของอนุภาคนั้นต้องมีค่ามากกว่าพลังงานศักย์อันเนื่องจากความโน้มถ่วงของวัตถุทรงกลม หรืออาจเขียนในเชิงคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$P_E = 1 \quad \text{ก็ต่อเมื่อ} \quad R > \frac{2GM}{v^2}$$

เมื่อ P_E เป็นโอกาสที่อนุภาคจะหลุดพ้นออกจากผิวทรงกลมมวล M

G เป็นค่านิจโน้มถ่วงสากล (universal gravitational constant)

ถ้าให้ความเร็วต้น v มากขึ้นจนกระทั่งเท่ากับความเร็วของแสง c จากหลักการข้างต้นจะเห็นว่า ถ้า $R < 2GM/c^2$ แล้ว ผู้สังเกตที่อยู่นอกทรงกลมจะมองไม่เห็นทรงกลมนั้น ทั้งนี้เพราะแสงไม่สามารถหลุดพ้นออกมาจากผิวทรงกลมนั้นได้ จากแนวความคิดของ Laplace นี้ จะพบว่าความสัมพันธ์ระหว่าง R และ M เป็นสัดส่วนผกผันซึ่งกันและกัน กล่าวคือ ทรงกลมนั้นจะมีขนาดเล็กแต่มีมวลมหาศาล จากความคิดดังกล่าวนี้ทำให้เกิดปัญหาขึ้น 3 ประการ คือ

(ก) วัตถุที่มีมวลมหาศาลแต่มีขนาดเล็กมากนั้น จะมีอยู่จริงในธรรมชาติได้หรือไม่และจะสามารถตรวจพบได้อย่างไร ?

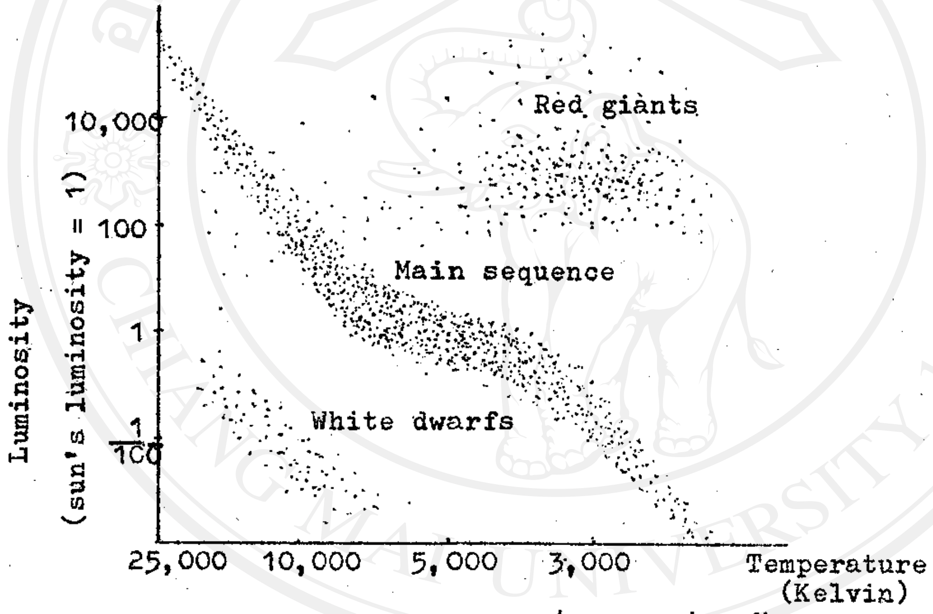
(ข) การมีอยู่ของวัตถุดังกล่าว มีขอบเขตจำกัดเพียงไร ?

(ค) จากหลักการที่กล่าวถึง มาจากความคิดที่ว่าพลังงานศักย์อันเนื่องจากความโน้มถ่วงมีผลต่อมวล m เมื่อเปลี่ยนจากอนุภาคมวล m มาเป็นแสง กฎเกณฑ์นี้ยังใช้ได้อยู่หรือไม่ ?

ต่อมาจากผลการศึกษาทางดาราศาสตร์ของ Einar Hertzsprung และ Henry Norris Russell[2,3] ได้เขียนแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสว่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แท้จริง (absolute luminosities) กับอุณหภูมิ (temperatures) ของดาวต่าง ๆ ในท้องฟ้าเรียกว่า H-R diagram จาก diagram นี้แสดงให้เห็นว่า ดาวต่าง ๆ ในท้องฟ้าแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือ ดาวในลำดับตามกันส่วนใหญ่ (main sequence) ดาวยักษ์แดง (red giants) และดาวแคระขาว (white dwarfs) ดังรูปที่ 1.1 จากความเกี่ยวข้องระหว่างกลุ่มดาวเหล่านี้กับสมการทางฟิสิกส์ของดาว ทำให้นักฟิสิกส์ดาราศาสตร์ใช้ทฤษฎีทางฟิสิกส์อธิบายถึงวิวัฒนาการของดาวได้ และเชื่อว่า ดาวต่าง ๆ จะวิวัฒนาการไปสิ้นสุดที่ดาวแคระขาว



รูปที่ 1.1 H-R diagram แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างแท้จริงและอุณหภูมิของดวงดาวต่าง ๆ ในท้องฟ้า[3]

S. Chandrasekhar[1] ได้คำนวณเกี่ยวกับโครงสร้างของดาวแคระขาว พบว่าดาวแคระขาวจะเสถียรภาพอยู่ได้จะต้องมีมวลไม่เกิน 1.4 $M_{\odot}$ (เมื่อ $M_{\odot}$ เป็นมวลดวงอาทิตย์) ซึ่งเรียกค่าของมวลอันนี้ว่า "ขีดจำกัดมวลจันทราเสกขา" (Chandrasekhar limit of mass) ถ้ามวลของดาวแคระขาวมีค่าเกินขีดจำกัดนี้แล้วความดันของ degenerate electrons จะไม่สามารถต้านการหดตัวอันเนื่องจากความโน้มถ่วงของดาวได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากนั้นนักวิทยาศาสตร์อีกกลุ่มหนึ่งรวมทั้ง J.R. Oppenheimer และ G. Volkoff[4] ได้เสนอความเห็นและทำการพิสูจน์โดยการคำนวณแสดงให้เห็นว่า ดาวสามารถจะวิวัฒนาการหดตัวต่อไปเรื่อย ๆ จนถึงขั้นตอนของดาวนิวตรอน เสถียรภาพของดาวนิวตรอนมาจากความดันของ degenerate neutrons เช่นเดียวกับเสถียรภาพของดาวแคระขาวซึ่งมาจากความดันของ degenerate electrons.

วิวัฒนาการขั้นต่อจากดาวนิวตรอนเป็นการตอบปัญหาต่าง ๆ ข้างต้น โดยเฉพาะปัญหาในข้อ ค. J.R. Oppenheimer และ Hartland S. Synder[5] ได้แสดงให้เห็นว่ากฎเกณฑ์ของนิวตันล้มเหลวในกรณีที่ความเร็วเข้าใกล้ความเร็วแสง และเพื่อที่จะอธิบายปรากฏการณ์วิวัฒนาการของดาวต่อไป จำเป็นต้องขยายความทฤษฎีด้วยทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของไอน์สไตน์ ส่วนการตอบปัญหาข้อ ข. นั้นนำไปสู่ความคิดเบื้องต้นเกี่ยวกับหลุมดำ ซึ่งคาดหมายว่าจะเป็นวิวัฒนาการขั้นสุดท้ายของวัตถุท้องฟ้า ส่วนปัญหาข้อ ก. นั้นจะเป็นการยืนยันความถูกต้องหรือความล้มเหลวทางทฤษฎี

จุดมุ่งหมายในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เพื่อเป็นหนังสืออ่านประกอบการเรียนวิชาดาราศาสตร์ในระดับวิทยาลัยครูและผู้สนใจทั่วไป จึงได้วางขอบเขตให้ครอบคลุมปัญหาทั้งสองกรณีคือ ปัญหาเชิงทฤษฎีและปัญหาเชิงปรากฏการณ์ สำหรับในบทที่ 2-4 จะเป็นปัญหาเชิงทฤษฎีซึ่งได้รวบรวมผลจากการศึกษาของนักทฤษฎีหลายท่าน โดยมุ่งให้ผู้อ่านเกิดมโนทัศน์ (concept) เป็นสำคัญ จึงตัดปัญหาความยุ่งยากทางคณิตศาสตร์ออกไป ส่วนบทที่ 5 จะเป็นปัญหาเชิงปรากฏการณ์ ซึ่งได้เสนอผลการค้นหาหลุมดำของนักดาราศาสตร์ และในบทสุดท้ายได้สรุปถึงความเป็นไปได้และความสำคัญของหลุมดำตลอดจนแง่คิดต่าง ๆ ที่ก้าวไกลออกไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved