บทที่ 2
แนวคิดทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดการสร้างบทเรียนวิทยาศาสตร์ท้องถิ่น

โครงการการวิจัยและพัฒนาชุดการเรียนวิทยาศาสตร์ระดับอุดมศึกษา เรื่อง : "การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพบริเวณหาดชลาทัศน์จังหวัดสงขลากรณีศึกษาพื้นที่ชุมชนเก้าเส้ง" ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา เป็นลักษณะการวิจัยแบบมีส่วนร่วมโดยใช้โจทย์วิจัยจากชุมชน เพื่อให้ชุมชนได้มีส่วนในการจัดการศึกษาแบบเรียนรู้ร่วมกัน ระหว่างชุมชนและนักศึกษาครุศาสตร์บัณฑิตสาขาวิชาเอกฟิสิกส์ และวิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา โดยอาศัยเนื้อหารายวิชาวิธีวิจัยทางวิทยาศาสตร์ รหัสวิชา 4003901 ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นกระบวนการศึกษาแบบอาศัยหลักการของเหตุและผล มีการบันทึก สังเกต ตั้งคำถาม ศึกษาค้นคว้า การทดลอง อธิบาย วิเคราะห์ และสรุปผล เพื่อหาคำตอบ อย่างมีระบบ โดยมีเนื้อหาสาระเชื่อมโยงกับชุมชน สังคม วัฒนธรรม สิ่งแวดล้อม ความเป็นอยู่ ส่งเสริมให้นักศึกษาสามารถออกแบบการศึกษาวิจัยแบบมีส่วนร่วมได้ เพื่อในอนาคตนักศึกษาสามารถออกแบบหลักสูตรวิทยาศาสตร์ในสถานศึกษา ตาม พรบ.การศึกษาใหม่ได้ และยังส่งผลให้เกิดการพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ยั่งยืนและสอดคล้องกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่อไป

2.2 เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์เป็นสาขาวิชาที่อาศัยการศึกษาเรียนรู้เกี่ยวกับปรากฏการณีทางธรรชาติ โดยมนุษย์ใช้กระบวนการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ และการทดลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่างๆ จากนั้นนำผลที่ได้มาจัดกระทำ เป็นหลักการ แนวคิด กฎ และทฤษฎี ดังนั้นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เป็นผู้เรียนรู้และค้นพบด้วยตนเองมากที่สุด นั่นคือให้ได้ทั้งกระบวนการ และองค์ความรู้ ตั้งแต่วัยเริ่มแรกก่อนเข้าเรียน เมื่ออยู่ในสถานศึกษาและเมื่อออกจากสถานศึกษาไปประกอบอาชีพแล้ว (ระบบการศึกษาตลอดชีพ) สถาบันส่งสเริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้กำหนดเป้าหมายการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในสถานศึกษาไว้ดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขต ธรรมชาติ และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

5. เพื่อให้ตระหนักถึงความสำพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

6. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

7. เพื่อให้เป็นคนมีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

2.3 แนวการเรียนและคำอธิบายรายวิชาวิธีวิจัยวิทยาศาสตร์

รายวิชา 4003901 วิธีวิจัยวิทยาศาสตร์ (Research in Science) หน่วยกิต 2(1-2)

ลักษณะวิชา

เป็นวิชาบังคับ กลุ่มวิชาเนื้อหา อยู่ในหมวดวิชาเฉพาะด้าน สำหรับนักศึกษาสาขาวิชาการศึกษา (ค.บ.) สาขาวิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไปและสาขาวิชาเอกฟิสิกส์ ตามหลักสูตรสถาบันราชภัฏ พุทธศักราช 2543 สาขาวิชาการศึกษา

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาความรู้พื้นฐานการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ เพื่อการวางแผนและการทำโครงการวิจัยแก้ปัญหาในท้องถิ่น อย่างน้อย 1 โครงการ โดยใช้สถิติวิเคราะห์ผลการทดลองหรือการค้นคว้า รวมทั้งวิธีการเขียนรายงานอย่างมีระเบียบและการเผยแพร่

จุดประสงค์การเรียน

1. ศึกษาพื้นฐานการวิจัยทางวิทยาศาสตร์
2. นักศึกษาสามารถวางแผนและทำโครงการวิจัยได้
3. นักศึกษาสามารถใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มาทำโครงการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาในท้องถิ่นได้
4. นักศึกษามีคุณลักษณะของนักวิจัยที่ดี
5. สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองและการค้นคว้าได้
6. สามารถเขียนรายงานการค้นคว้าอย่างมีระเบียบรวมทั้งสามารถนำเสนอผลการวิจัยได้

เนื้อหา

บทที่ 1 การวิจัย สัปดาห์ที่ 1

1.1 ความหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2 คุณลักษณะของการวิจัย

1.3 ประเภทของการวิจัย

1.4 ประโยชน์และความสำคัญของการวิจัย

1.5 คุณลักษณะของนักวิจัย

1.6 กระบวนการวิจัย

บทที่ 2 การเตรียมการวิจัย สัปดาห์ที่ 2

2.1 ปัญหาการวิจัย

2.2 การตั้งสมมติฐานการวิจัย

2.3 การออกแบบการวิจัย

2.4 โครงร่างการวิจัย

บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย สัปดาห์ที่ 3-13

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.2 การวิเคราะห์และการแปรผล

3.3 สรุปผลการวิจัย

บทที่ 4 การเขียนรายงานการวิจัย สัปดาห์ที่ 14

4.1 ส่วนประกอบของรายงานการวิจัย

4.2 รูปแบบและการพิมพ์รายงานการวิจัย

บทที่ 5 การอ้างอิงแหล่งข้อมูล สัปดาห์ที่ 15

5.1 เชิงอรรถ

5.2 เอกสารอ้างอิง

5.3 บรรณานุกรม

บทที่ 6 การนำเสนอผลงานการวิจัย สัปดาห์ที่ 16

กิจกรรมการเรียน เน้นการทำกิจกรรมโครงการวิจัยด้วยกระบวนการกลุ่ม เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยการทำโครงการวิจัยเพื่ออธิบายหรือแก้ปัญหาในท้องถิ่นตามความสนใจกลุ่มละ 1 เรื่อง

2.4 ชุดการเรียน

ความหมาย

ยุวินิตย์ หงส์ตระกูลและคณะ (2544) ได้ให้ความหมายของคำว่า ชุดการเรียน คือ ชุดการเรียนนั้นผู้สร้างจะต้องนำบทเรียนมาแบ่งเนื้อหาออกเป็นหน่วยย่อย หรือเป็นคาบ แต่ละหน่วยย่อยนั้นเรียกว่าโมดุล (Module) หลายๆ หน่วยย่อยรวมกันจึงเรียกว่า ชุด การที่ขุดการเรียนจะเป็นสื่อประสมได้ก็เพราะในชุดการเรียนมีสื่อการเรียนทั้งประเภทของจริง สื่อสำเร็จรูป ประเภทไม้ พลาสติก ฯลฯ และประเภทสิ่งตีพิมพ์จัดไว้ในจุดนั้น ในทางปฏิบัติจะนำหน่วยย่อยซึ่งเป็นเอกสารตีพิมพ์และสื่อการเรียนต่างๆ รวมไว้ในกล่องเดียวกัน จึงเรียกทั้งกล่องนี้ว่า ชุดการเรียน

องค์ประกอบของชุดการเรียน

องค์ประกอบของชุดการเรียนสามารถจำแนกออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

1. คู่มือและแผนการสอนสำหรับผู้สอนหรือผู้เรียนตามชนิดของชุดการเรียนภายในคู่มือจะชี้แจงถึงวิธีการใช้ชุดการสอนเอาไว้อย่างละเอียด อาจจะทำเป็นเล่มหรือแผ่นพับได้

2. บัตรคำสั่ง หรือคำแนะนำจะเป็นส่วนที่บอกให้ผู้เรียนดำเนินประกอบกิจกรรมแต่ละอย่างตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ บัตรคำสั่งจะมีชุดการสอนแบบกลุ่มและรายบุคคลซึ่งประกอบด้วย

1. คำอธิบายในเรื่องที่จะศึกษา
2. คำสั่งให้ผู้เรียนดำเนินกิจกรรม
3. การสรุปบทเรียน

บัตรคำสั่งนี้นิยมใช้กระดาษแข็งตัดเป็นบัตรขนาด 6×6

3. เนื้อหาสาระและสื่อ จะบรรจุไว้ในรูปของสื่อต่างๆ อาจประกอบด้วยบทเรียนโปรแกรม สไลด์ เทปบันทึกเสียง ฟิล์มสตริป แผ่นภาพโปร่งใส วัสดุกราฟฟิก หุ่นจำลอง ซองตัวอย่างรูปภาพ เป็นต้น ผู้เรียนจะศึกษาจากสื่อการสอนต่างๆ ที่บรรจุอยู่ในชุดการสอนตามบัตรกำหนดไว้ให้

4. แบบประเมินผล ผู้เรียนจะทำการประเมินผลความรู้ตนเองก่อนและหลังเรียน แบบประเมินผลที่อยู่ในชุดการสอนอาจจะเป็นแบบฝึกหัดให้เติมคำในช่องว่าง เลือกคำตอบที่ถูก จับคู่ ดูผลการทดลอง หรือให้ทำกิจกรรม เป็นต้น

2.5 ขั้นตอนในการผลิตชุดการเรียน

จุมพต ขำชีระ (2538) ได้กล่าวถึงขั้นตอนในการผลิตชุดการเรียนไว้ดังนี้

2.5.1 ขั้นวางแผนดำเนินงาน มีขั้นตอนดังนี้

1. วิเคราะห์และกำหนดปัญหาหรือความต้องการ แนวความคิด สภาพปัญหาความจำเป็นหรือความต้องการเป็นจุดเริ่มต้นของการผลิตชุดการสอน โดยที่แนวคิดเป็นจะเป็นสิ่งที่ระบุความสนใจหรือความต้องการ ซึ่งต้องสัมพันธ์กับลักษณะของผู้เรียนทั้งในด้านความสามารถ ความต้องการ และความสนใจ

2. กำหนดวัตถุประสงค์ในการผลิตชุดการสอน ซึ่งต้องสอดคล้องกับจุดประสงค์การสอนเหมาะกับระดับผู้เรียนโดยควรผลิตเป็นตอนๆ ให้มีความสัมพันธ์กันหรือเป็นระบบสื่อประสม และควรผลิตให้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ ให้มีความคิดรวบยอดหรือประเด็นสำคัญ ไม่เยิ่นเย้อ ไม่ก่อให้เกิดความสับสนแก้ผู้เรียน

3. วิเคราะห์ลักษณะของผู้เรียนในด้าน อายุ ระดับความรู้ ความสามารถ เจตคติ ความสนใจ ความต้องการ ความแตกต่างระหว่างบุคคลในกลุ่มผู้เรียน โดยในระยะแรกต้องพิจารณาลักษณะรวมเป็นกลุ่มเป็นระดับขั้นก่อน แล้วจึงพิจารณาเป็นรายบุคคล

4. วิเคราะห์เนื้อหาวิชาที่จะผลิตชุดการสอน โดยแบ่งเป็นหน่วยการเรียนที่ไม่ซ้ำซ้อนแต่ละหน่วยจะประกอบด้วยหัวเรื่องย่อย ๆ อะไรบ้าง มีความคิดรวบยอดอะไรบ้าง ซึ่งจะต้องสอดคล้องกับหัวเรื่องและชื่อหน่วย ควรมีกิจกรรมการเรียนการสอนอะไรบ้างที่ได้จัดเป็นระบบ เพื่อป้องกันการซ้ำซ้อนในการเรียนและดำเนินการเรียนการสอนด้วยวิธีการใด รวมทั้งจะติดตามประเมินผลพฤติกรรมของนักเรียนอย่างไรว่าเกิดการเรียนรู้ระดับใด นอกจากนี้ควรกำหนดเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอนอย่างคร่าวๆ

5. วิเคราะห์แหล่งทรัพยากร ทั้งทรัพยากรที่มีอยู่และที่ต้องการ ตลอดจนข้อจำกัดต่างๆ ทรัพยากรที่นี้หมายถึง กำลังคน เงิน และเวลา

6. เลือกชนิดของสื่อการเรียนการสอนที่จะผลิต ควรใช้สื่อการเรียนการสอนมากกว่า 1 ชนิด คือใช้เป็นลักษณะของสื่อเพื่อเร้าความสนใจของนักเรียน แต่อย่างไรก็ตามควรยึดหลักว่าในการผลิตหรือการจัดหาสื่อนั้นควรให้น้อยประเภท แต่นักเรียนเกิดการเรียนรู้สูงสุดและสูญเสียทรัพยากรน้อยที่สุด

7. กำหนดกิจกรรมและระยะเวลาโดยเขียนแผนงานที่เด่นชัดว่า ควรเริ่มทำกิจกรรมใดก่อน และกิจกรรมใดสามารถนำเนินการได้ในเวลาเดียวกัน

8. กำหนดการประเมินประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอนว่า จะใช้เกณฑ์อะไรบ้าง

9. วางแผนการทดลองหาประสิทธิภาพของชุดการสอนว่า จะมีการทดลองกี่ขั้น ทำกับใคร ช่วงเวลาใด

2.5.2 ขั้นดำเนินการผลิต

เป็นขั้นการผลิตตามที่ได้วางแผนไว้โดยผู้ผลิตควรตรวจความสอดคล้องของขั้นตอนและควรควบคุมระยะเวลาในการผลิตให้เป็นไปตามแผนที่วางไว้ การผลิตชุดการสอนนั้นควรคำนึงถึงองค์ประกอบการจัดสภาวะที่เอื้อต่อการเรียนรู้ ดังนี้

1. การให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยความเต็มใจ

2. การเรียนแบบค่อยเป็นค่อยไป โดยควรจัดเนื้อหาให้นักเรียนทีละน้อย จากง่ายไปหายาก จากรูปธรรมไปสู่นามธรรม เปรียบเสมือนกับการขึ้นบันได ทั้งนี้ขั้นตอนแต่ละขั้นไม่ควรถี่จนเกินไปหรือห่างเกินไปโดยควรคำนึงถึงการจัดดังนี้

2.1 การจัดช่วงเวลาในการเรียน ซึ่งมี 2 ลักษณะ คือ การเรียนแบบต่อเนื่องกันไม่ต้องพักและการเรียนแบบช่วงสั้นๆ สลับกับการหยุดพักหรือสลับกับการทำกิจกรรมอื่น จากผลการวิจัยโดยทั่วไปพบว่า การเรียนแบบหยุดพักสลับกับกิจกรรมอื่นมีประสิทธิภาพมากกว่าการเรียนต่อเนื่องไม่มีพัก

2.2 การแบ่งเนื้อหา อาจแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือการจัดแบ่งเนื้อหาให้เป็นส่วนย่อยๆ และไม่แบ่งส่วนเนื้อหาออกเป็นส่วนย่อย โดยให้เรียนเนื้อหาโดยส่วนรวม

3. การให้นักเรียนได้ทราบผลการกระทำของตนเองในทันทีทันใด เมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งแล้ว ชุดการสอนที่ดีจะต้องมีการแจ้งผลการกระทำของนักเรียนให้นักเรียนทราบโดยทันที อันเป็นการสร้างแรงจูงใจที่ดี นักเรียนจะมีกำลังใจในการทำกิจกรรมให้ก้าวหน้า

4. การให้นักเรียนรับประสบการณ์แห่งความสำเร็จในการทำกิจกรรมโดยจัดกิจกรรมที่เหมาะกับระดับความสามารถของนักเรียน และเป็นไปในลักษณะค่อยเป็นค่อยไปควรเปิดโอกาสให้นักเรียน ได้ชื่นชมประสบการณ์แห่งความสำเร็จของตนเพื่อเสริมแรงหรือให้กำลังใจในอันที่จะกระทำกิจกรรมต่อไป และในทางกลับกันควรเปิดโอกาสที่จะสร้างประสบการณ์แห่งความล้มเหลวให้กับนักเรียนด้วย เพราะจะบั่นทอนกำลังในการเรียนรู้

2.5.3 ขั้นทดสอบประเมินผล เมื่อผลิตชุดการสอนแล้วจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องนำไปทดสอบหาประสิทธิภาพ เพื่อเป็นหลักประกันว่าชุดการสอนนั้นมีคุณค่าที่จะนำไปสอน ในการทดสอบนี้อาศัยการทดลองโดยมีลำดับขั้นดังนี้

1. ทดลองกับผู้เรียนแบบเดี่ยว (1:1) คือการทดลองใช้ชุดการสอนกับผู้เรียน 1 คน ซึ่งมีระดับความรู้ความสามารถอ่อน ปานกลาง และเก่ง คำนวณหาประสิทธิภาพแล้วปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยปกติคะแนนที่ได้จากการทดลองแบบนี้จะต่ำกว่าเกณฑ์มาก แต่ไม่ต้องวิตกเมื่อปรับปรุงแล้วจะสูงขึ้นกว่านำไปทดลองแบบกลุ่ม

2. ทดลองกับนักเรียนเป็นกลุ่ม (1:10) เป็นการทดลองกับผู้เรียน 6-10 คน (คละผู้เรียนที่เก่งและอ่อน) คำนวณหาประสิทธิภาพแล้วปรับปรุง ในคราวนี้คะแนนของผู้เรียนจะเพิ่มขึ้นอีกเกือบเท่าเกณฑ์ โดยเฉลี่ยจะห่างจากเกณฑ์ประมาณ 10 %

3. ทดลองภาคสนาม (1:100) เป็นการทดลองกับนักเรียนทั้งชั้น 40-100 คน คำนวณหาประสิทธิภาพแล้วปรับปรุง ผลลัพธ์ที่ได้ควรใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากต่ำจากเกณฑ์ไม่เกิน 2.5% ก็ให้ยอมรับ

2.5.4 ประสิทธิภาพของชุดการเรียน

การหาประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีเกณฑ์ในการประเมิน แนวคิดหนึ่งที่ใช้ในการประเมิน ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการและผลลัพธ์โดยเฉลี่ย การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดการเรียน กำหนด E_1/E_2 หมายความว่าจะต้องกำหนดเปอร์เซ็นต์ของผลเฉลี่ยคะแนนการทำงานหรือประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมด (E_1) ต่อเปอร์เซ็นต์ของผลสอบหลังเรียนของผู้เรียนทั้งหมด (E_2) มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$E_1 = \frac{\frac{\sum x}{N}}{A} \times 100$$

โดยที่ E_1 หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการที่ได้จัดไว้ในชุดการสอน คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบฝึกหัด และ/หรือ ประกอบกิจกรรมในระหว่างเรียน

$\sum x$ หมายถึง คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบฝึกหัด และ/หรือ ประกอบกิจกรรม ซึ่งมีลักษณะเป็นการวัดผลเป็นระยะๆ

N หมายถึง จำนวนผู้เรียน

A หมายถึง คะแนนเต็มของแบบฝึกหัด และ/หรือ กิจกรรมการเรียนทุกขั้นรวมกัน

$$E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100$$

โดยที่ E_2 หมายถึง ประสิทธิภาพของชุดการสอนในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียน คิดเป็นร้อยละจากการทดสอบหลังเรียน และ/หรือ กิจกรรมหลังเรียน

$\sum F$	หมายถึง	คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทดสอบหลังเรียน และ/หรือ กิจกรรมหลังเรียน ซึ่งมีลักษณะเป็นการวัดผลสรุปรวม
N	หมายถึง	จำนวนผู้เรียน
B	หมายถึง	คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน และ/หรือ กิจกรรมหลังเรียน

2.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. GPS: GLOBAL POSITIONNIG SYSTEM เป็นระบบบอกตำแหน่งพิกัดโดยอาศัยการรับสัญญาณที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากดาวเทียม

2. พิกัดภูมิศาสตร์ (Universal Transverse Mercator : UTM) เป็นตารางพิกัดแผนที่ใช้สัญญาณอ้างอิงที่กำหนดโดยการแผนที่แห่งชาติ จุดกำเนิดเพื่อการคำนวณระยะแผนที่อยู่ตรงจุดสกัด ระหว่างแนวเมอริเดียนกลางของแถบกับเส้นศูนย์สูตร ใช้หน่วยวัดระยะเป็นเมตร เส้นแบ่งแถบมีค่าลองจิจูดเป็นเลขที่หารด้วย 6 ลงตัว ตารางพิกัดให้ระยะตะวันออกเหลื่อมเข้าไปในแถบข้างเคียงประมาณ 15 กิโลเมตรสำหรับใช้ในกิจกรรมทหารเมื่อวัดมุมราบที่จุดหนึ่งบนแผนที่จะได้ขนาดมุมเท่ากับมุมนั้นบนผิวโลก

3. กริดหรือพิกัดแผนที่ หมายถึง จุดที่ใช้ระยะตะวันออกในแนวตั้งฉากกับแนวเมอริเดียนแผนที่กับระยะเหนือในแนวขนานกับเมอริเดียนกลางพิกัดตำแหน่งของจุดกำเนิด พิกัดแผนที่ที่มีความสัมพันธ์กับพิกัดภูมิศาสตร์ที่จะทอนค่าพิกัดตำแหน่งของจุดบนพื้นที่จากระบบหนึ่งไปสู่อีกระบบหนึ่งได้

4. แนวชายฝั่งยกตัว (Emergent shoreline) เป็นแนวชายฝั่งที่เกิดจากเปลือกโลกยกตัวขึ้นหรือฝั่งทะเลลดระดับลง ทำให้บริเวณที่จมอยู่ใต้ระดับน้ำทะเลโผล่ผิวน้ำขึ้นมา รูปร่างของแนวฝั่งมักเรียบ ไม่ค่อยเว้าแหว่ง เช่น ชายหาดสมิหลา จังหวัดสงขลา

5. แนวชายฝั่งยุบตัว (Submergent shoerline) เป็นแนวชายฝั่งที่เปลือกโลกมีการยุบตัวระดับต่ำลง ทำให้น้ำทะเลไหลเข้ามาท่วมแผ่นดินชายฝั่ง และเกิดเป็นแนวชายฝั่งขึ้นใหม่ในบริเวณที่เป็นผืนแผ่นดินแต่เดิม แนวชายฝั่งประเภทนี้ส่วนใหญ่เว้าแหว่งมาก

6. ระดับน้ำ คือ ระดับของผิวน้ำเหนือเส้นระดับที่เรากำหนด หรือ Zero datum ซึ่งโดยทั่วไปแล้วนิยมใช้ระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Lever)

7. ระดับน้ำทะเลปานกลางจังหวัดสงขลา คือ 0.76 มิลลิบาร์ (mb) หรือ 0.76 เฮกโตพาสคาล (hPA)

8. ดาราศาสตร์ เป็นวิชาที่บรรยาย ถึงความรู้เกี่ยวกับเทหวัตถุบนท้องฟ้า เช่น ดวงดาว ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดวงเคราะห์ตลอดจนอาณาบริเวณซึ่งอยู่ระหว่างดวงดาวทั้งหลาย

9. เทหวัตถุบนท้องฟ้า คือ วัตถุที่อยู่บนท้องฟ้า เช่น ดวงดาว ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดาวเคราะห์ ตลอดจนอาณาบริเวณซึ่งอยู่ระหว่างดาวเคราะห์ทั้งหลาย

10. น้ำขึ้น-น้ำลงแบบนีพ (Neap tide) คือ การที่แรงดึงดูดของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์กระทำต่อโลกหักล้างกัน ทำให้เกิดน้ำขึ้น น้ำลงน้อยกว่าปกติ

11. น้ำขึ้น-น้ำลงแบบสพริง (Spring tide) คือ การที่แรงดึงดูดของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์กระทำต่อโลกเสริมกัน ทำให้เกิดน้ำขึ้น น้ำลงมากกว่าปกติ

12. มุมเงย (Altitude หรือ Al) คือ ค่าระยะทางเชิงมุม ที่วัดจากแนวขอบฟ้าถึงดาวตามแนววงกลมดิ่งซึ่งผ่านดาว มุมเงยมีค่าตั้งแต่ 0-90 องศา ในกรณีที่ดาวอยู่ทางซีกบนของวงกลมท้องฟ้า มีช่วงตั้งแต่ 0-(-90) องศา ในกรณีที่อยู่ทางซีกล่างของวงกลมท้องฟ้า

13. มุมอาซิมุท (Azimuth หรือ Az) คือ ระยะเชิงมุมซึ่งเริ่มจากทิศเหนือไปทางทิศตะวันออกตามแนวขอบฟ้าถึงวงกลมตั้งซึ่งผ่านดาว มีช่วงตั้งแต่ 0-360 องศา

14. N คือ ทิศเหนือ

15. S คือ ทิศใต้

16. E คือ ทิศตะวันออก

17. W คือ ทิศตะวันตก

18. NE คือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

19. NW คือ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

20. SE คือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้

21. SW คือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้

22. ปริมาณน้ำฝน หมายถึง น้ำฝนที่วัดได้ในแต่ละวัน ณ สถานีตรวจอากาศสงขลา กรมอุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

23. ลักษณะของเมฆ หมายถึง ภาพเมฆที่ถ่ายได้ ณ ตำแหน่งที่ทำถ่ายภาพ

24. Ballani คือ ชื่อหน่วยที่ใช้บอกปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (CAL/CM ^{2}/DAY)

2.7 ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

โครงสร้างทางธรรมชาติของชายฝั่งตั้งแต่บริเวณปากแม่น้ำจนออกสู่ทะเลทั้งในส่วนของหาดทรายและพื้นที่ชุ่มน้ำในบริเวณที่เมื่อน้ำลงต่ำสุด มีความลึกระดับน้ำไม่เกิน 6 เมตร

พื้นที่ชุ่มน้ำและหาดที่น้ำท่วมถึงเวลาน้ำขึ้นจัดเป็นแนวป้องกันการกัดเซาะและการชะล้างที่ธรรมชาติสร้างขึ้น การอนุรักษ์พื้นที่นี้จึงมีความสำคัญ บริเวณนี้จึงไม่ควรจะถูกถมหรือมีสิ่งก่อสร้างใดๆ เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีระดับน้ำใต้ดินสูงทำให้โครงสร้างของดินไม่แข็งแรงทรุดตัวหรือพังทลายง่ายและมีความเสี่ยงต่อการถูกน้ำท่วม การพัฒนาพื้นที่บริเวณนี้จึงมีความลำบากจึงเหมาะต่อการปล่อยให้เป็นพื้นที่ที่มีความงดงามตามธรรมชาติ เป็นแหล่งขยายพันธุ์สัตว์น้ำ ป่าชายเลน

ชายหาดเป็นพื้นที่รอยต่อระหว่างแผ่นดินกับทะเลที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างตะลิ่งกับคลื่นในทะเล จึงเป็นบริเวณที่ต้องเผชิญกับการกัดเซาะของคลื่นและการชะล้างของน้ำฝน บริเวณนี้มักมีกิจกรรมการใช้ประโยชน์ของมนุษย์เป็นจำนวนมาก การก่อสร้างสิ่งใดๆที่เกิดขึ้นบริเวณนี้มักจะประสบปัญหาการชะล้างพังทลายได้ง่าย ปัญหาการทรุดตัวของรากฐาน ความเสี่ยงการพัดพาของพายุและระดับคลื่น ตลอดจนการปล่อยของเสียจะระบายออกโดยตรง ซึ่งหากจะทำการหลีกเลี่ยงการปล่อยของเสียออก ต้องมีการจัดระบบบำบัดที่ใช้เงินลงทุนสูง ดังตัวอย่างของการกัดเซาะซึ่งเกิดขึ้นที่จังหวัดสงขลา บริเวณหาดสมิหลาและหาดเก้าเส้ง โดยเฉพาะบริเวณหาดเก้าเส้งซึ่งเดิมมีหาดทรายกว้างประมาณ 10 เมตร แต่คลื่นได้กัดเซาะหาดทรายจนหมดภายในระยะเวลา 4-5 เดือน จนทำให้สถานีสูบระดับน้ำทรุดตัวลงและรากฐานหักพัง ทางเดินบริเวณทางเท้าและลานจอดรถก็ทรุดตัวลงเช่นกัน

ตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อการกัดเซาะของชายฝั่ง

1. การขุดลอกตะกอนเพื่อลดการตื้นเขินหรือการเปิดร่องน้ำและการขุดทรายไปใช้ในการก่อสร้างต่างๆรวมทั้งการทำเหมืองหิน เหมืองอื่นๆ ในบริเวณชายฝั่งทะเล

2. การเคลื่อนตัวของตะกอนนอกชายฝั่งทะเล (Offshore Movement)

3. การเกิดแผ่นดินทรุด (Land Subsidence) และการเพิ่มของระดับน้ำทะเลชายฝั่ง (Shorelines) ลมทำให้เกิดคลื่น คลื่นส่วนใหญ่เกิดจากแรงเสียดทาน (Friction) ของลมที่เคลื่อนตัวบนผิวน้ำ ลมพัดแรงเท่าใดน้ำยิ่งถูกยกให้สูงขึ้นเกิดเป็นคลื่น (Crest) ระหว่างยอดคลื่นจะมีร่องยอดคลื่นทั้งสองและร่องตรงกลางจะทำมุมตั้งฉากกับทิศทางลมระยะระหว่างยอดคลื่นทั้งสองเป็นความยาวคลื่น (Wave Length) และระยะตามแนวดิ่งจากส่วนลึกที่สุดของร่องถึงแนวระนาบจากยอดคลื่นเป็นความสูงของคลื่น (Wave Height) คลื่นที่เกิดขึ้นเมื่อลมพัดเรียกว่าคลื่นทะเล (Sea) และคลื่นยังคงมีอยู่แม้ว่าหลังจากที่ลมสงบแล้ว คลื่นที่เกิดหลังลมสงบแล้วเรียกว่า คลื่นสเวลล์ (Swells)

การเคลื่อนที่ของคลื่นและการเคลื่อนไหวของน้ำ (Water particle) ตามแนวทางของคลื่นจากการสังเกตโดยทั่วไปคลื่นจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแต่ในที่น้ำลึกน้ำที่อยู่ในแนวทางของคลื่นจะหมุนเป็นวงกลม น้ำจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเมื่ออยู่บนยอดคลื่นและจะจมลงเมื่อร่องคลื่นเคลื่อนเข้า

มา เมื่ออยู่ในร่องคลื่นน้ำจะหมุนถอยหลังเพราะจะขึ้นอีกในยอดคลื่นต่อมา คลื่นจะเคลื่อนที่จนถึงความลึกเท่ากับประมาณครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น วงกลมที่เกิดจากน้ำเคลื่อนที่จะลดขนาดลงเมื่อลึกมากขึ้น

คลื่นเมื่อเข้าใกล้ฝั่งซึ่งมีน้ำตื้นและเกิดการเคลื่อนไหวของน้ำและตัวคลื่นเอง เมื่อน้ำลึกประมาณครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นพื้นทะเลจะมีบทบาทเข้ามาแทรกแซงต่อการเคลื่อนไหวของน้ำในแนวทางของคลื่น การหมุนของน้ำที่เป็นวงกลมจะค่อยๆกลายเป็นวงรีส่งผลให้ความยาวคลื่นและความเร็วลดลงและด้านหน้าของคลื่นจะมีความชันมากยอดคลื่นจะตกลงมาข้างหน้าเรียกว่าคลื่นหัวแตก (Surf) ในขณะนั้นคลื่นจะถูกโยนไปข้างหน้ากระทบกับชายฝั่งพลังงานที่เกิดขึ้นจะมากพอที่จะกัดเซาะชายฝั่งหรือสร้างกระแสน้ำตามชายฝั่งซึ่งสามารถพัดพาตะกอน ที่เกิดจากการกัดเซาะ

คลื่นส่วนใหญ่จะเคลื่อนที่เข้าหาฝั่งเป็นแนวเฉียง ความลาดเอียงของพื้นทะเลจะตื้นขึ้นด้วยอัตราคงที่ เมื่อยอดคลื่นเข้าใกล้ฝั่งคลื่นที่อยู่ใต้ยอดคลื่นลงมาจะกระทบพื้นทะเลก่อนและไหลถอยออกมาในขณะที่คลื่นข้างบนยังคงเคลื่อนตัวด้วยอัตราความเร็วเท่าเดิม ทำให้คลื่นหักเหเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่เข้าหาฝั่ง

พลังงานทั้งหมดที่เกิดเมื่อคลื่นแตกไม่ได้ใช้ในการกัดเซาะชายฝั่งทั้งหมด น้ำที่ถูกโยนไปข้างหน้าบางส่วนจะแตกออกและเคลื่อนตัวไปด้านข้าง ซึ่งขนานกับชายฝั่ง พลังงานของน้ำที่เคลื่อนที่นี้ส่วนหนึ่งจะใช้ต้านแรงเสียดทานตามพื้นทะเลและบางส่วนใช้ในการพัดพาตะกอน

รูปร่างของชายฝั่ง (Shoreline features) การกัดเซาะและการทับถมจะทำงานร่วมกันเพื่อสร้างรูปร่างของแนวชายฝั่ง

ลักษณะภูมิประเทศเกิดเนื่องจากการทับถมซึ่งเกิดอยู่ตามชายฝั่งเนื่องจากการสะสมตัวของสิ่งที่เกิดจากการกัดเซาะโดยคลื่นและสิ่งที่แม่น้ำพัดพามาซึ่งได้จากกระบวนการผุพัง และการกัดเซาะจากในแผ่นดิน ตะกอนที่ถูกกัดเซาะจากส่วนที่ยื่นออกไปในทะเล (Head land) อาจจะถูกกระแสน้ำพัดพาเข้าสู่อ่าวที่ซึ่งทีการสะสมตัวทำให้เกิดหาดทราย

การทับถมตามชายทะเล (Shore deposition)

ตะกอนที่คลื่นและกระแสน้ำชายฝั่งพัดพามาจะทับถมตามชายฝั่ง เช่น อ่าวและปากทางน้ำเข้า (Inlets) ทำให้เกิดลักษณะต่างๆ เช่น หาด สันดอนจะงอย และเกาะสันดอน สิ่งทับถมเหล่านี้อยู่ภายใต้อิทธิพลของกระแสน้ำชายฝั่งและจะเกิดแนวชายฝั่งที่ตรงหรือโค้งน้อยรูปแบบของการทับถมมีดังนี้

1. หาด (Beaches) เป็นพื้นที่ระหว่างแนวน้ำขึ้นกับน้ำลง มีลักษณะเป็นแถบยาวไปตามชายฝั่ง ประกอบด้วยทราย ก้อนกรวด เป็นต้น ทรายจะพบมากที่สุด ขนาดของตะกอนที่สะสมบนหาด ความลาดหรือลักษณะอื่น ขึ้นกับพลังงานจากคลื่นและขนาดของตะกอนที่มีอยู่เดิม หาดที่มี

ตะกอนเล็กจะเรียบกว่าหาดที่มีก้อนกรวด ตะกอนจะได้จากพื้นท้องทะเลและการกร่อนของหัวแหลมผาชัน ในบริเวณภูมิอากาศเขตร้อน ต้นกำเนิดของทรายที่สำคัญที่สุดคือเศษเปลือกหอยซึ่งมาจากการกร่อนของพืดหินปะการัง (Coral reefs) ที่อยู่ใกล้ชายทะเล โดยทั่วไปหาดถูกแบ่งเป็น 3 เขตแต่ละเขตจะขนานกับชายฝั่ง ได้แก่ นอกฝั่ง ชายทะเลส่วนนอกและชายทะเลส่วนใน

2. สันดอนจะงอย (Spits) คือบริเวณแนวชายทะเลเป็นอ่าวหรือชะวากทะเล การพัดพาตามชายฝั่ง (Long Shore drift) อาจต่อหาดจากแผ่นดินทำให้เกิดสันดอนจะงอยซึ่งจะงอกเข้าสู่อ่าวเรื่อยๆ โดยมีตะกอนทับถมตรงปลายของจะงอย จะงอยมักจะโค้ง เรียว แหลมจะงอย (Hook) เป็นผลของการหักเหของคลื่นถ้ายังงอกต่อไปสันดอนจะงอยจะต่อไปถึงปากอ่าวเป็นสันดอนปากอ่าว (Baymouth bars หรือ Baymouth beaches) หรือมีการสะสมของตะกอนบริเวณก้นอ่าวเกิดเป็นสันดอนก้นอ่าว (Bayhead bars หรือ Bayhead beaches) สันดอนจะงอยอาจสะสมออกสู่ทะเลและเชื่อมต่อกับเกาะซึ่งเกิดจากผลของเกาะที่มีต่อการหักเหของคลื่นและการพัดพาตามชายฝั่ง เป็นเหตุให้เกิดการหักเหของคลื่นรอบตัวเกาะทำให้บริเวณชายทะเลหลังเกาะได้รับพลังงานจากคลื่นน้อยหรือไม่ได้รับเลย กระแสน้ำชายฝั่งจึงไม่สามารถเข้าไปในเขตอับ (Shadowzone) จึงเกิดการทับถมของตะกอนที่ถูกพัดตามชายฝั่งเกิดขึ้นหลังเกาะ เกิดแหล่งสะสมของตะกอนเชื่อมไปยังเกาะ ตัวอย่างสันดอนจะงอย ได้แก่ แหลมตะลุมพุก จังหวัดนครศรีธรรมราช และแหลมโพ(แหลมตาซี) จังหวัดปัตตานี

3. เกาะสันดอน (Barrier islands) เป็นเกาะที่ประกอบด้วยตะกอน ยาว เตี้ย แนวขนานกับชายทะเลและมักมีลากูน (Lagoon) เป็นแอ่งน้ำเค็มที่มีลักษณะแคบ ตื้น เกิดอยู่ระหว่างแผ่นดินใหญ่กับเกาะสันดอน เกาะสันดอนส่วนมากจะมีปากทางน้ำเข้าเวลาน้ำขึ้น-ลง (Tidal inlets) อย่างน้อยหนึ่งแห่ง

การกระทำของคลื่นในลักษณะต่างๆ

1. การแตกตัวของคลื่น (Breakers) เมื่อคลื่นเข้าสู่บริเวณน้ำตื้นจะเคลื่อนช้าลงโดยแรงเสียดทานของการสัมผัสกับพื้นก้นทะเลในบริเวณที่น้ำตื้นกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นจะมีความยาวคลื่นสั้นลงแต่มีความสูงเพิ่มขึ้นและชันขึ้นจนกระทั่งยอดของคลื่นม้วนตัวตกลงมาเรียกว่าคลื่นหัวแตก(Surf)และรูปแบบของคลื่นเดิมจะถูกทำลายไปและพลังงานของคลื่นจะนำน้ำให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้าแรงโน้มถ่วงจะทำให้น้ำที่เคลื่อนที่ไปกลับถอยลงสู่ทะเลเรียกว่าการชะกลับ (Washback) จะมีอยู่ตามชายหาดและฝั่งทะเลทั่วไป

2. กระแสน้ำริพ (Rip currents) หมายถึงร่องน้ำแคบๆที่ไหลลงสู่ทะเลผ่านคลื่นที่แตกตัวจากเขตคลื่นหัวแตก

3. การหักเห การเลี้ยวเบน และการสะท้อนของคลื่น (Wave refraction, diffraction and reflection) คลื่นที่มาถึงชายฝั่งมีลักษณะเฉียงและเบนทิศทางไปโดยการหักเหคือเมื่อส่วนของคลื่นสัมผัสชายฝั่งส่วนที่ใกล้ที่สุดก็จะช้าลง ส่วนที่ยังไม่สัมผัสชายฝั่งก็จะเคลื่อนที่ต่อไปด้วยความเร็วเท่าเดิม ส่วนหน้าของคลื่นก็จะหมุนกลับและพยายามที่จะขนานไปตามชายฝั่ง

การเลี้ยวเบนของคลื่น เกิดจากการส่งถ่ายพลังงานของมันขนานกับยอดคลื่น เมื่อคลื่นผ่านขอบของสิ่งที่ขวางกั้นเช่นปลายสุดของเขื่อนที่สร้างยื่นลงไปในทะเล(Jetty)การส่งถ่ายพลังงานจะทำให้เกิดคลื่นที่มีความสูงน้อยลงอยู่ข้างหลังสิ่งที่มาขวางกั้น คลื่นที่แตกตัวจากการปะทะกับหน้าผาจะมีการสะท้อนของคลื่น

4. การเคลื่อนที่ของตะกอนตามชายหาด (Beach drifting) หมายถึงการที่คลื่นซึ่งมีทิศทางเฉียงกับแนวชายฝั่งเมื่อกระทบกับชายฝั่งและมีทิศทางหักเหไป การผลักไปในแนวเฉียงของน้ำและการกลับคืนของน้ำตามแนวลาดเอียงบนชายหาดอาจนำพากรวด และทรายไปด้วย

5. กระแสน้ำตามแนวชายฝั่ง (Long shore currents) หมายถึงกระแสน้ำที่ขนานไปกับแนวชายฝั่ง เกิดจากคลื่นที่มีทิศเฉียงกับแนวชายฝั่ง เมื่อกระทบฝั่งก็จะขับให้น้ำเคลื่อนที่ไป

การกัดเซาะที่ฝั่งทะเล (Shore erosion)

ฝั่งทะเลที่ถูกกัดเซาะส่วนใหญ่ก็โดยคลื่นที่เคลื่อนที่กระทบฝั่งอยู่ตลอดเวลาการกัดเซาะของคลื่นที่กระทำต่อฝั่งทะเลมีหลายลักษณะคือ

1. การชะ (Washing) หมายถึงการกัดเซาะในช่วงการแตกตัวของคลื่นเกิดเป็นคลื่นหัวแตกซึ่งจะดันให้น้ำเคลื่อนที่ขึ้นมาและคืนถอยหลังลงสู่ทะเล ขณะที่น้ำขึ้นมาและถอยกลับทำให้มีการสึกกร่อนของหิน

2. การขัดสี (Abrasion) เป็นการกัดเซาะของคลื่นน้ำซึ่งมีทรายและกรวดแขวนลอยอยู่ เมื่อทรายและกรวดครูดถูหินไปตามชายฝั่งทำให้หินสึกกร่อนได้

3. การขุดถอน (Plucking) เป็นการกัดเซาะที่หินถูกคลื่นกระทบหลุดร่วงออกมา

4. การบากเข้าไป (Notching)ได้แก่ การที่คลื่นกัดเซาะให้หินกิ่วลึกเข้าไป มีลักษณะเป็นโพรงลึก (Cliff notch)

จากการใช้เครื่องระบุตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์ (GPS) เป็นเครื่องมือที่ใช้บอกพิกัดโดยอาศัยการรับสัญญาณที่เป็นคลื่นวิทยุจากดาวเทียมจะใช้ได้ดีในที่โล่ง

GPS (Global Position System)

เป็นระบบบอกตำแหน่งพิกัด เป็นเครื่องมือซึ่งบอกว่าเราอยู่ที่ใดบนพื้นโลก ระบบGPS นี้ได้รับการพัฒนาโดยรัฐบาลสหรัฐอเมริกา สำหรับใช้ในทางทหารเพื่อคำนวณค่าพิกัดและใช้ในการนำร่อง อีกทั้งใช้ได้ทุกจุดบนพื้นที่โลก

องค์ประกอบหลัก 3 ส่วนคือ

1. ภาคอากาศ (Space Segment)

ในระบบดาวเทียมGPSจะประกอบด้วยดาวเทียมทั้งหมด 24 ดวง โดยดาวเทียมจำนวน 21 ดวง จะใช้ในการบอกพิกัด ส่วนที่เหลือ 3 ดวงจะสำรองเอาไว้ ดาวเทียมทั้ง 24 ดวงนี้จะมีวงโคจร 6 วงโคจรด้วยกัน รัศมีวงโคจรจะอยู่ห่างจากพื้นโลกประมาณ 20,000 กิโลเมตร วงโคจรทั้ง 6 วงจะเอียงทำมุมกับเส้นศูนย์สูตรเป็นมุม 55 องศา ดาวเทียมGPS จะส่งสัญญาณซึ่งมีความแม่นยำสูงและข้อมูลสำคัญอื่น ๆที่จะใช้คำนวณ ตำแหน่งพิกัดไปยังทุกจุดบนพื้นโลกตลอด 24 ชั่วโมง

2. ภาคพื้นโลก (Ground Segment)

ประกอบด้วยกลุ่มของสถานีควบคุมดาวเทียม ทำหน้าที่ควบคุมวงโคจรดาวเทียม คำนวณวงโคจรและตำแหน่งดาวเทียม ตรวจวัดความผิดพลาดของวงโคจร ปรับแก้ความถูกต้องของสัญญาณเวลาก่อนส่งข้อมูลที่ถูกต้องขึ้นไปบนดาวเทียม เพื่อส่งสัญญาณลงมายังผู้ใช้ทั้งโลก สถานีควบคุมจะประกอบด้วย 5 สถานีย่อยตั้งอยู่ที่เมือง Diego Garcia, Ascension Island, Kwajalein และHawaii ส่วนสถานีควบคุมหลัก 1 สถานี ซึ่งเป็นศูนย์ควบคุมการทำงานของระบบดาวเทียม GPS ตั้งอยู่ที่เมือง Colorado Springsรัฐ Colorado สหรัฐอเมริกา สถานีควบคุมต่าง ๆ เหล่านี้มีหน้าที่คอยติดต่อสื่อสารกับดาวเทียม ทำการคำนวณผล เพื่อบอกตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง และส่งข้อมูลที่ได้ไปยังดาวเทียมอยู่ตลอดเวลา ทำให้ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่ทันสมัยอยู่เสมอ

3. ภาคผู้ใช้ (Use Segment)

ประกอบด้วย ผู้ใช้ และเครื่องบอกพิกัด ซึ่งก็คือเครื่องรับสัญญาณ GPS ที่รับข้อมูลต่าง ๆ จากดาวเทียมGPS แล้วมาคำนวณหาตำแหน่งพิกัดของเครื่อง

ส่วนประกอบของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS

โดยทั่วไปเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม (Receiver) ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

1. ตัวเครื่อง (Body)
2. ส่วนใช้พลังงาน (Power Supply)
3. ส่วนเสาอากาศ (Antenna)

การทำงานของ GPS

การทำงาน GPS แบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอนคือ

ขั้นที่ 1 การรับสัญญาณจากดาวเทียมเพื่อให้ได้ตำแหน่ง

ต้องมีการหาระยะระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับGPSดาวเทียมจะเป็นเหมือนหมุดหลักฐานสำหรับการวัดระยะ

ขั้นที่ 2 การวัดระยะจากดาวเทียมจากการที่ GPS

ต้องรู้ระยะทางจากเครื่องรับถึงดาวเทียมจึงต้องมีวิธีการหาระยะ วิธีหาระยะนั้นใช้สมการง่าย ๆ คือ อัตราความเร็วคูณด้วยเวลา ระบบ GPSทำงานเพื่อหาว่าสัญญาณวิทยุที่ส่งมาจากดาวเทียมจนถึงเครื่องรับใช้เวลาเดินทางนานเท่าใด แล้วนำเวลาที่หาได้มาคำนวณระยะทาง คลื่นวิทยุเดินทางด้วยความเร็วแสงคือ 186,000 ไมล์ต่อวินาที ดังนั้นเราต้องรู้เวลาที่แน่นอนที่ดาวเทียมเริ่มปล่อยสัญญาณวิทยุ และเวลาที่เราเริ่มรับสัญญาณนั้นได้เมื่อเป็นเช่นนี้แน่นอนนาฬิกาต้องเป็นนาฬิกาที่ดีมาก ด้วยเหตุนี้ GPS จึงได้นำวิวัฒนาการทางอิเล็กทรอนิกส์มาใช้เพื่อให้ได้ความถูกต้องของเวลาในระดับที่ GPS ต้องการ ต้องใช้นาฬิกาอิเล็กทรอนิกส์ที่มีราคาแพง จึงจะได้เวลาที่ละเอียดสูง ผู้ออกแบบเครื่องGPSใช้หลักการจำลองแบบสัญญาณที่ส่งจากดาวเทียม และสัญญาณที่อยู่ในครื่องรับให้เป็นแบบเดียวกัน ดังนั้นเครื่องรับทั้งสองจะต้องสร้างรหัสในเวลาที่ตรงกัน (Pseudo Random Code) ดังนั้นสิ่งที่เราต้องกระทำก็คือการรอรับรหัสที่ดาวเทียมปล่อยออกมา และมองย้อนกลับไปว่าเครื่องของเราได้เริ่มสร้างรหัสที่มีรูป ข้อดีของการใช้รหัสที่ส่งเป็นชุดเดียวหรือตัวเลขหลายตัวเราสามารถเปรียบเทียบหาตรงเวลาใดก็ได้ตามต้องการ

ขั้นที่ 3 การได้เวลาที่ถูกต้อง

ถ้าเครื่องรับนับเวลาที่คลาดเคลื่อน อีกทั้งเครื่องรับและดาวเทียมได้สร้างรหัสตรงเวลาเดียวกันหรือไม่ปัญหานี้สามารถอธิบายได้คือ ในดาวเทียมใช้นาฬิกาอะตอม ซึ่งจะให้เวลาที่ถูกต้องในดาวเทียมแต่ละดวงจะมีนาฬิกาอะตอมนี้ติดตั้งอยู่ถึง 4 เครื่อง เพื่อให้แน่ใจว่าจะต้องใช้เวลาจากนาฬิกาเครื่องใดเครื่องหนึ่งอย่างแน่นอน นาฬิกาอะตอมไม่ได้เดินทางด้วยพลังงานอะตอม ที่ได้ชื่อว่าอะตอมเพราะว่าใช้การวัดจังหวะจากอนุภาคของสารเฉพาะเหมือนเครื่องเคาะจังหวะอะตอมนี้จะให้เวลาที่แน่นอนและถูกต้องที่สุดที่มนุษย์ประดิษฐ์มา

ขั้นที่ 4. ต้องรู้ตำแหน่งของดาวเทียมก่อน

ดาวเทียมGPS เดินตามวงโคจรตามแนวที่กำหนดได้แน่นอน กองทัพสหรัฐอเมริกามีหน้าที่นำดาวเทียมเข้าสู่วงโคจรตามแผนที่กำหนดไว้ในโครงการ วงโคจรในดาวเทียมแต่ละดวงถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า มีการติดตามการโคจรของดาวเทียมทุกดวงอย่างสม่ำเสมอแน่นอน ดาวเทียมหมุนรอบโลกทุก 12 ชั่วโมง และโคจรผ่านสถานีติดตามดาวเทียมของDOD วันละ 2 ครั้ง ซึ่งทำให้

สถานีติดตามนี้สามารถวัดความสูง ตำแหน่ง และความเร็วของดาวเทียมได้ถูกต้อง เมื่อDOD วัดหาตำแหน่งของดาวเทียมได้ ค่าตำแหน่งใหม่นี้ก็จะถูกส่งกลับเข้าไปบันทึกไว้ในดาวเทียมอีก ดาวเทียมดวงนั้นก็จะส่งค่าแก้นี้พร้อมกับข่าวสารเวลาให้เครื่องรับข้อสำคัญ คือ ดาวเทียมGPS ไม่เพียงแต่ส่งรหัส Pseudo Random สำหรับการหาเวลาเท่านั้น แต่ส่งข่าวสารข้อมูลเกียวกับตำแหน่งของวงโคจรและค่าความสมบูรณ์ของระบบด้วยเครื่องรับGPSใช้ข่าวสารข้อมูลนี้ควบคู่กับข้อมูลตารางดาวเทียมในเครื่องรับ ในการคำนวณตำแหน่งที่ถูกต้องของดาวเทียม

ขั้นที่ 5 การช้าของสัญญาณในการเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศ

เราทราบแล้วว่าในระบบGPSได้จัดทำทุกส่วนให้ได้ความถูกต้องและมีการวัดระยะเพิ่มอีกหนึ่งระยะเพื่อใช้ขจัดความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาในเครื่องรับและข้อความส่งจากดาวเทียมจะมีรายงานค่าปรับแก้วงโคจรทุกนาทีแต่ก็ยังมีสาเหตุความคลาดเคลื่อนอีกสองสามประการที่จำกัดได้ยาก ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเห็นได้ชัดที่สุด เกิดจากบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ซึ่งเป็นชั้นของอนุภาคประจุไฟฟ้ายังมีสาเหตุอื่นที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้อีกได้แก่ความเที่ยงของนาฬิกา ความคลาดเคลื่อนนี้มีผลทำให้การบอกตำแหน่งผิดไปประมาณ 0.5–1 เมตร ความคลาดเคลื่อนอีกอย่างหนึ่งที่ได้เกิดจากดาวเทียมและเกิดจากดาวเทียมและเครื่องรับก็คือ Multipath Error ความคลาดเคลื่อนจากจำนวนเส้นทางที่มากกว่า 1 เส้นทาง เกิดจากการที่สัญญาณที่ส่งจากดาวเทียทตกกระทบไปยังวัตถุอื่นแล้วสะท้อนเข้าเครื่องรับสัญญาณ ผลการใช้GPSจะบอกตำแหน่งได้ถูกต้องอยู่ในระยะไม่เกิน 25 เมตร เพื่อให้ได้ค่าความถูกต้องที่ดีที่สุดเครื่องรับจะใช้หลักของวิชาเรขาคณิต ซึ่งเรียกว่า Geometric Cilution of Precision:GdoP (GdoP เป็นค่าที่ชี้ให้เห็นความถูกต้องของตำแหน่งที่เครื่องรับGPSแสดงให้เห็นโดยค่าตำแหน่งที่คำนวณได้มาจากการหาระยะจากดาวเทียมหลายดวง)

ประเภทของเครื่องรับสัญญาณ GPS

เครื่องรับแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. เครื่องประเภทที่มีการรับดาวเทียมโดยการเรียงลำดับ

ปกติเครื่องรับGPS จะต้องมีข้อมูลดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง จึงสามารถคำนวณตำแหน่งที่ได้ เครื่องรับที่ใช้เรียงลำดับใช้ช่องรับสัญญาณเพียงช่องเดียว รับข้อมูลจากดาวเทียมดวงหนึ่งระยะหนึ่งแล้วเปลี่ยนไปยังอีกดวงหนึ่ง ดังนั้นจึงมีราคาถูกกว่าและกำลังน้อยกว่า ข้อเสียของการเรียงลำดับสัญญาณอาจเกิดขาดตอน และทำให้มีผลต่อความถูกต้องของผลในก่ลุ่มนี้จะมี

1.1 Starved -Power Single Receivers เครื่องแบบนี้ออกแบบพกพาได้และทำงานด้วยถ่านไฟฉายขนาดเล็ก เหมาะสำหรับใช้งานบอกตำแหน่งส่วนตัว ข้อเสียคือ ความถูกต้องของGPS ไม่ดี และต่อเชื่อมกับอุปกรณ์อื่นไม่ได้และไม่สามารถใช้วัดหาความเร็วได้

1.2 Single Channel Receivers เหมือนกับแบบข้างบนเป็นเครื่องรับสัญญาณห้องเดียว ใช้ทำงานหาระยะจากดาวเทียมทุกดวงแต่ที่ไม่เหมือนคือเครื่องรับช่องเดียวแบบมาตราฐานไม่จำกัดที่กำลังไฟฟ้า ดังนั้นจึงรับได้ต่อเนื่อง มีผลทำให้ความถูกต้องถูกและใช้วัดหาความเร็วได้

1.3 Fast -Multiplexing Single Receivers เครื่องประเภทนี้เหมือนกับเครื่องเครื่องทั้งสองประเภทข้างบนซึ่งรับช้า แต่เครื่องนี้สามารถเปลี่ยนดาวเทียมได้เร็ว เครื่องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องความถูกต้องสูงกว่าและมีลักษณะยืดหยุ่นการใช้งานได้ดีกว่า

1.4 Two-Channel Sequencing Receivers การเพิ่มช่องว่างรับสัญญานขึ้นอีกหนึ่งช่องช่วยให้เครื่องเพิ่มขีดความสามรถขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเครื่องแบบสองช่องนี้จะทำงานแบบนำร่องได้โดยไม่ต้องมีการขาดตอน ข้อเสียของเครื่องแบบสองช่องคือมีราคาสูงกว่าและกินไฟมากกว่า

2. Continuous Receivers ได้แก่ เครื่องรับที่สามารถรับสัญญาณดาวเทียมพร้อมกันได้ตั้งแต่ 4ขึ้นไป และสามรถแสดงผลค่าตำแหน่งและความเร็วได้ทันที ข้อดีคือใช้วัดตำแหน่งอย่างต่อเนื่องแล้ว เครื่องรับGPSแบบหลายช่องสามารถช่วยขจัดปัญหา GdoPได้อีกด้วยและสามารถให้ค่า Signal to Noise Ratio เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของเครื่อง 2 ช่อง และเป็น 4 เท่าของเครื่องรับสัญญาณแบบช่องเดียว นอกจากข้อดี ข้อเสียที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีข้อพิจารณาอีกคือ มีเครื่องแบบใหม่สามารถได้ค่าความถูกต้องสูงมาก โดยการใช้ได้ทั้งรหัส Psendo Random และใช้ความถี่ของคลื่นพาห์ (Carrier Frequency) ซึ่งทำให้เครื่องรับทำงานมีความเที่ยงสูงและใช้ในการวัดหาเวลาได้แม่นยำมากขึ้นซึ่งช่วยในการบอกตำแหน่งได้ดีขึ้นด้วย ข้อควรพิจารณาคือการต่อเชื่อมกับอุปกรณ์อื่นและความสะดวกบางเครื่องแสดงได้เฉพาะพิกัดภูมิศาสตร์และไม่สามารถต่อเข้ากับเครื่องอื่นหรือคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก(PC)ได้และข้อใหญ่ที่ต้องพิจารณาคือความแข็งแรงทนทาน ถ้าต้องใช้เครื่องทำงานในพื้นที่ทะเลหรือในพื้นที่ป่าเขา การใช้ไฟและความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นตัวชี้สำคัญที่ต้องเอาใจใส่ เครื่องรับรุ่นใหม่ปัจจุบันได้เพิ่มคุณค่าให้แก่เครื่องรับGPS อีกหลายประการ เช่นใช้ประมวลผลที่ซับซ้อนแสดงด้วยจอภาพละเอียด

ประโยชน์ของ GPS

1. ใช้ในทางทหารคือการชี้เป้าหมายของจุดที่จะทิ้งระเบิด

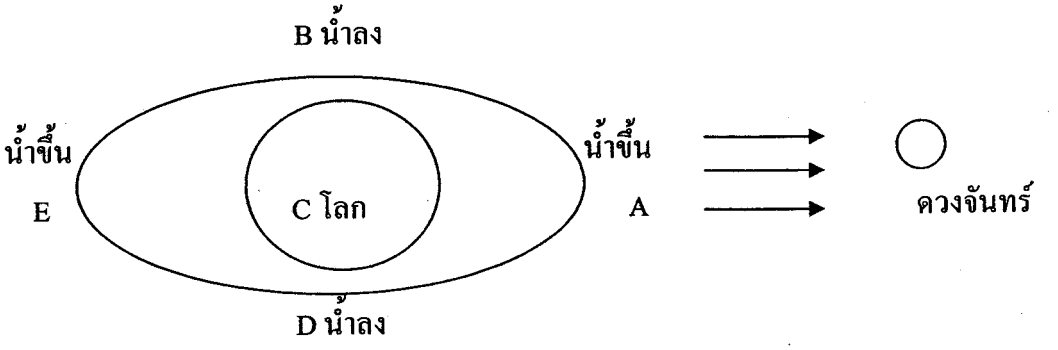
2. นักขี่จักรยาน นักเดินป่า ใช้สำหรับจดจำตำแหน่งเส้นทางที่เราเคยเดินมาแล้ว หากย้อนกลับไป อีกครั้งก็จะไม่หลงทางแน่นอนและที่สำคัญเราสามารถนำเอาตำแหน่งต่างๆ ที่เราบันทึกไว้ ไปใช้ด้วยโดยไม่จำเป็นต้องเคยไปที่แห่งนั้นมาก่อน

3. ในรถยนต์ ปัจจุบันเราจะสามารถโหลดแผนที่ของเมืองๆนั้น แล้วเดินทางไปได้โดยไม่หลงทาง โดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่นมีการใช้GPS กันมานานแล้วโดยเรียกว่าNavigator สามารถโหลดเมืองต่างๆ ที่ต้องการไปโดยใส่แค่แผ่น CD ของเมืองนั้นเข้าไปที่เครื่อง เลือกเฉพาะตำแหน่ง

ที่เราจะไปเท่านั้น ระบบก็จะขีดเส้นทางให้เลยว่าต้องไปทางไหน เมื่อใกล้ทางแยกยังขยายภาพทางแยกให้เห็นชัดอีก และก็ยังมีเสียงบอกว่าอีกกี่เมตรถึงทางแยกให้เราเลี้ยวซ้ายหรือขวาและหากเราเปลี่ยนเส้นทางระบบก็ยังสามารถเปลี่ยนตามให้เราได้ด้วยและพิเศษอีกหน่อยคือ ระบบจะรายงานจราจรเข้ามาแสดงให้รู้ว่าถนนนั้นรถติดมากแค่ไหน

น้ำขึ้นและน้ำลง

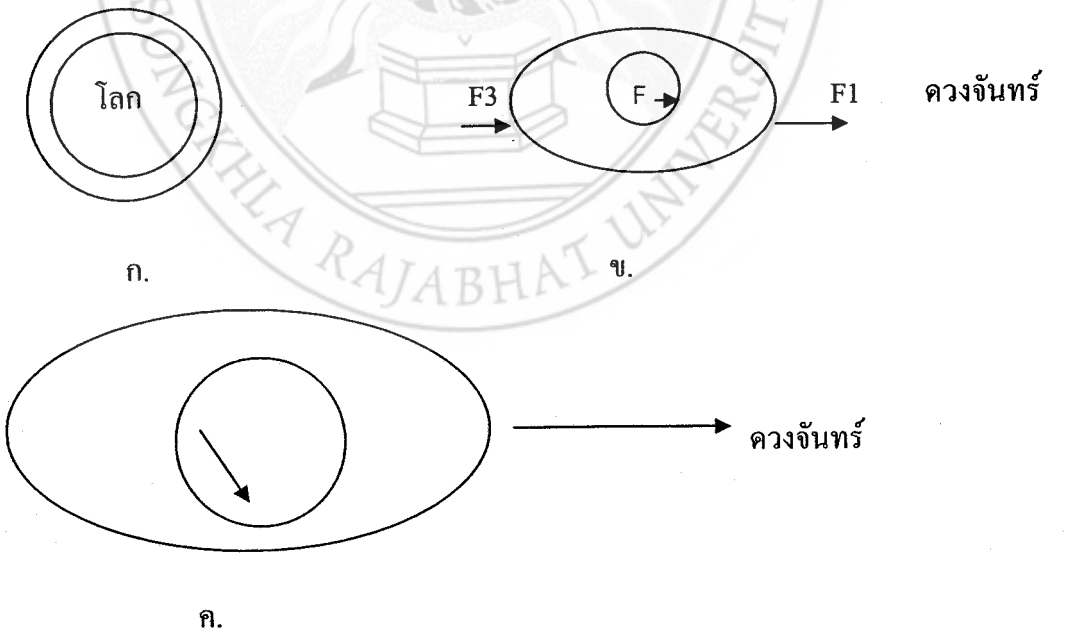
ดวงจันทร์และโลกมีแรงดึงดูดซึ่งกันและกัน ตามกฎของแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน ถ้ายิ่งอยู่ใกล้กัน แรงดึงดูดก็จะยิ่งมีค่ามาก แรงดึงดูดระหว่างโลกกับดวงจันทร์จึงมีค่ามากกว่าแรงดึงดูดระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์มาก อิทธิพลของแรงดึงดูดต่อโลกเนื่องจากดวงจันทร์จึงมีค่ามากกว่าดวงอาทิตย์ ผลจากแรงดึงดูดที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำขึ้น (Spring tides) และน้ำลง (Neap tides) บนผิวโลก ดวงอาทิตย์ก็มีอิทธิพลทำให้เกิดน้ำขึ้นน้ำลงได้เช่นเดียวกันแต่น้อยกว่าดวงจันทร์มาก เมื่อดวงจันทร์โคจรรอบโลกตรงกับผิวโลกส่วนใด ก็จะดึงดูดผิวโลกตรงส่วนนั้นให้นูนสูงขึ้นไปด้วย แต่เนื่องจากโลกหมุนรอบตัวเอง จึงทำให้ตำแหน่งน้ำขึ้นไม่ตรงกันกับดวงจันทร์ คือ น้ำจะขึ้นช้าไปวันละประมาณ 50 นาที การเกิดน้ำขึ้นและน้ำลงพิจารณาได้จากรูปที่ 2.1 ขณะที่ดวงจันทร์ดึงดูดน้ำบนผิวโลกบริเวณ A ตรงกับดวงจันทร์ให้นูนสูงขึ้น ดวงจันทร์ก็จะดึงดูดก้อนโลก C ด้วย แต่ความเร่งที่จะเคลื่อนที่ไปทางดวงจันทร์น้อยกว่าบริเวณ A จึงทำให้โลกเคลื่อนที่ไปทางดวงจันทร์ช้ากว่าบริเวณ A ส่วนน้ำบริเวณ B และ D ได้รับแรงน้อยที่สุด จึงเคลื่อนที่ช้าที่สุด ทำให้น้ำบริเวณ E สูงขึ้นด้วย เป็นเหตุให้รอบผิวโลกในขณะเดียวกันมีน้ำขึ้น มาก 2 แห่ง และน้ำลงมาก 2 แห่ง ตรงกันข้ามกัน จากการที่โลกหมุนรอบตัวเองและดวงจันทร์โคจรรอบโลกและ ณ ที่แห่งหนึ่งบนโลกน้ำจะขึ้นสูงสุดช้าไปประมาณวันละ 50 นาที ดังนั้น ณ ที่แห่งหนึ่งจึงมีน้ำขึ้นสูงสุดทุกๆระยะ 12 ชั่วโมง 25 นาที และน้ำลงต่ำสุดทุกๆระยะ 12 ชั่วโมง 25 นาที ในขณะที่ดวงจันทร์โคจรจากตำแหน่งแรม 11,12,13 ค่ำ น้ำจะมากขึ้นตามลำดับ เรียกว่า "น้ำเกิด" จนถึงวันแรม 14,15 ค่ำ (เดือนดับ) ตำแหน่งที่ถูกแรงดึงดูดจึงมีน้ำมารวมกันมาก เรียกว่า "น้ำมาก" และระยะหนึ่ง คือ ขึ้น 11,12,13 ค่ำ น้ำจะมากขึ้นตามลำดับจนถึงขึ้น 14, 15 ค่ำ น้ำจะมากที่สุด เพราะเป็นระยะที่โลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน ขณะที่ดวงจันทร์โคจรจากตำแหน่งแรม 15 ค่ำ มายังขึ้น 7,8 ค่ำ น้ำที่เคยมากในวันแรม 15 ค่ำ จะลดลงตามลำดับ เพราะเป็นระยะที่โลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ อยู่ในแนวตั้งฉากกัน ดวงอาทิตย์และดวงจันทร์จึงแยกแรงดึงดูดกัน น้ำบริเวณมากจึงน้อยลง โอกาสนี้เกิดขึ้นได้ในวันแรม 7,8 ค่ำ ด้วย ซึ่งเรียกว่าบริเวณนั้นว่า "น้ำน้อย" หรือ "น้ำตาย" ในแต่ละวัน ณ ที่แห่งหนึ่งน้ำจะขึ้นลง 4 ครั้ง



รูป 2.1 แสดงการเกิดน้ำขึ้นและน้ำลง

กระแสน้ำ

ดวงจันทร์นอกจากจะทำให้เกิดอุปราคาแล้ว ยังมีอิทธิพลต่อการเกิดน้ำขึ้นน้ำลงในมหาสมุทรและบริเวณที่ใกล้เคียงกับมหาสมุทร การเกิดน้ำขึ้น-น้ำลงมีผลเนื่องมาจากแรงดึงดูดระหว่างโลกกับดวงจันทร์ แต่ความจริงแล้วแรงดึงดูดระหว่างโลกและดวงอาทิตย์ก็มีอิทธิพลเช่นเดียวกัน แต่เนื่องจากโลกอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์มากกว่าดวงจันทร์ อิทธิพลของดวงอาทิตย์จึงมีน้อยกว่า เป็นเพียงช่วยเสริมต่อการเกิดน้ำขึ้น-น้ำลง เนื่องจากดวงจันทร์เท่านั้น



รูปที่ 2.2 แสดงการเกิดน้ำขึ้นน้ำลงแบบต่าง ๆ

สำนักวิทยทรัพยากรและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

รูป ก. น้ำที่ห่อหุ้มโลก เมื่อไม่มีอิทธิพลของดวงจันทร์

รูป ข. เกิดน้ำขึ้นเนื่องจากแรงดึงดูดระหว่างโลกและดวงจันทร์

รูป ค. น้ำจะขึ้นสูงสุดไม่ตรงแนวดวงจันทร์เนื่องจากโลกหมุนรอบตัวเอง

รูป ก. จะเห็นได้ว่า ถ้าไม่มีอิทธิพลของดวงจันทร์ น้ำที่ห่อหุ้มโลกจะสูงจากพื้นโลกเท่าๆกัน แต่เนื่องจากโลกและดวงจันทร์มีแรงดึงดูดซึ่งกันและกันทำให้เกิดแรง F1,F2 และ F3 มีขนาดไม่เท่ากัน เนื่องจากอยู่ห่างจากดวงจันทร์ไม่เท่ากันทำให้แรง F1>F2>F3 จากกฎการเคลื่อนที่ของ นิวตันข้อที่ 2 จะทำให้เกิด a1>a2>a3 เมื่อ a เป็นอัตราเร่ง ซึ่งทำให้ตำบลที่ 1,2 และ3 มีความเร็วต่างกัน ตำบลที่ 1 จะเคลื่อนที่เร็วกว่าตำบลที่ 2 เร็วกว่าตำบลที่ 3 ทำให้น้ำในมหาสมุทรทางด้านใกล้ดวงจันทร์คือ ตำบลที่ 1 และตรงข้ามกับดวงจันทร์คือ ตำบลที่ 3 ถูกดึงให้โป่งออก น้ำจากที่อื่นจึงไหลไปรวมกันทั้งทางที่ตำบลที่ 1และ3 ทำให้น้ำสูงมากเป็นน้ำขึ้น ส่วนน้ำบริเวณอื่นจะลดต่ำลงเป็นน้ำลงเรียกว่า"น้ำเกิด" ใน 1 เดือนน้ำจะขึ้นสูงสุด 2ครั้ง คือ ในวันเพ็ญขึ้น 15 ค่ำ กับในวันเดือนดับ คือ แรม 14-15 ค่ำ ในช่วงน้ำเกิดน้ำจะขึ้นสูงสุดและลงต่ำสุด 2 ครั้ง แต่ละครั้งจะห่างกัน 24 ชั่วโมง 49 นาที ระดับน้ำระหว่างน้ำขึ้นสูงสุดและน้ำลงต่ำสุดจะต่างกัน 3-6 ฟุต แถบชายฝั่งทะเลแต่ในบางแห่งอาจต่างกันได้ถึง 50 ฟุต

ในกรณีที่ดวงอาทิตย์และดวงจันทร์อยู่ในแนวตั้งฉากกัน คือวันขึ้น 8 ค่ำ และแรม 8 ค่ำ แรงโน้มถ่วงเนื่องจากดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ทำมุมฉากกัน ทำให้ระดับน้ำเปลี่ยนแปลงน้อย เรียกว่า "น้ำตาย"

ในกรณีที่มีน้ำขึ้น 2 ครั้งและน้ำลง 2 ครั้ง เรียกว่า " น้ำคู่" แต่ในบางกรณีที่อยู่เหนือและใต้เส้นศูนย์สูตรไปทางใกล้ขั้วโลกจะมีน้ำขึ้นครั้งเดียวเรียกว่า "น้ำเดี่ยว"

น้ำขึ้น-น้ำลง เนื่องจากดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์ก็ทำให้น้ำขึ้นน้ำลงในโลกเหมือนกัน แต่มีประสิทธิภาพในการเป็นตัวการทำให้น้ำขึ้นได้ไม่ถึงครึ่งของดวงจันทร์ ความจริงนั้นแรงโน้มถ่วงระหว่างดวงอาทิตย์กับโลกมีค่ามากเป็นราว 150 เท่าของแรงนั้นระหว่างโลกกับดวงจันทร์ แต่อย่าลืมว่าแรงที่จะทำให้น้ำขึ้นในโลกคือแรงไทดัลนั้น เป็นแรงโน้มถ่วงผลต่างของวัตถุหนึ่งต่อโลก แรงดึงดูดที่ดวงอาทิตย์มีต่อโลกนั้นมากกว่าแรงที่ดวงจันทร์ดึงดูดโลกมาก แต่ว่าดวงอาทิตย์อยู่ไกลโลกมากจนดึงดูดส่วนต่างๆของโลกด้วยแรงราวเกือบเท่าๆกัน ส่วนดวงจันทร์นั้นอยู่ใกล้พอที่มันจะดึงดูดโลกส่วนที่อยู่ใกล้มันด้วยแรงมากกว่าที่มันจะดึงดูดส่วนข้างของโลกที่ตรงกันข้ามกับดวงจันทร์มากพอดูทีเดียว หมายความว่า แรงดึงดูดผลต่าง (differential gravitational pull) ของดวงจันทร์มากกว่าของดวงอาทิตย์ ทั้งๆที่แรงดึงดูดโน้มถ่วงของโลกทั้งหมดของมันน้อยกว่าของดวงอาทิตย์มาก

507
ก127
148839
- 9 ก.ค. 2551

ถ้าไม่มีดวงจันทร์ กระแสน้ำขึ้นน้ำลงที่เราจะพบก็จะเป็นเพราะดวงอาทิตย์อย่างเดียว และจะมากน้อยเป็นเพียงไม่ถึงครึ่งของที่เราพบมีกันอยู่นี้ ดังนั้นน้ำขึ้นน้ำลงส่วนของดวงจันทร์จึงเป็นส่วนใหญ่ ถ้าดวงอาทิตย์และดวงจันทร์มาอยู่ในแนวเดียวกันกับโลก เช่นวันดับหรือวันเพ็ญนั้น ดวงอาทิตย์และดวงจันทร์จะเสริมแรงกันทำให้น้ำขึ้นมากกว่าปกติ น้ำขึ้นน้ำลงตอนนี้เรียกว่า spring tide หรือน้ำขึ้นสูงสุด น้ำลงต่ำสุด(บางทีเรียกว่าน้ำเกิด) น้ำขึ้นสูงสุดน้ำลงต่ำสุด หรือ spring tide (ซึ่งไม่มีอะไรเกี่ยวข้องกับสปริง หรือฤดูใบไม้ผลิเลย) ในตอนวันดับหรือวันเพ็ญจะมากน้อยประมาณเท่าๆกัน เพราะกระแสน้ำขึ้นจะไปพองเอ่อทั้งสองข้างของโลก-คือทั้งด้านใกล้ดวงจันทร์ (หรือดวงอาทิตย์) และด้านที่หันไปตรงกันข้ามกับดวงจันทร์(หรือดวงอาทิตย์)

ตรงกันข้าม ตอนที่ดวงจันทร์เป็นข้างขึ้นหรือข้างแรม 7-8 ค่ำ(มีภาพเป็น first quarter หรือ last quarter คือครึ่งดวง และอยู่ในตำแหน่ง quadrature) กระแสน้ำขึ้นเนื่องจากดวงอาทิตย์ไปหักล้างกับกระแสน้ำขึ้นเนื่องจากดวงจันทร์ น้ำขึ้นจะไม่สูง น้ำลงจะไม่ต่ำเหมือนที่เคยสูงสุดต่ำสุด กระแสน้ำตอนนี้เรียกว่า neap tide คือน้ำขึ้นน้อย น้ำลงไม่มาก (หรือน้ำตาย)

แม้ว่า spring tides จะเป็นแบบน้ำขึ้นสูงที่สุด และน้ำลงต่ำสุดในอีกส่วนหนึ่งของโลก แต่ว่า spring tides ทุกคราวน้ำจะไม่สูงสุดเท่ากันทุกครั้ง เพราะระยะระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์และระหว่างโลกกับดวงจันทร์ต่างก็เปลี่ยนแปรไปได้ (ความสามารถของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ที่จะทำให้น้ำขึ้นก็เปลี่ยนแปรไปเหมือนกัน)ระยะทางของดวงจันทร์เปลี่ยนแปรไปได้ประมาณ 10% ความสามารถในการทำให้น้ำขึ้นของมันเปลี่ยนแปรไปราว 30 % น้ำขึ้นมากที่สุดและน้ำลงต่ำที่สุดจริง ๆ นั้นจะเกิดทุกครั้งเมื่อดวงจันทร์วันเพ็ญ หรือวันดับ อยู่ที่ตำแหน่งใกล้โลกที่สุด อีกด้วย

ความซับซ้อนของน้ำขึ้น-น้ำลง

ถ้าโลกปกคลุมด้วยน้ำมหาสมุทรลึกมากๆโดยทั่วถึง และถ้าโลกหมุนช้าๆ "ทฤษฎีง่ายๆ" ว่าด้วยกระแสน้ำขึ้นลงดังกล่าวมาแล้วก็พอเพียงแก่การใช้อธิบายแต่ความจริงแล้ว มีแผ่นดินเป็นทวีปต่างๆ คอยยับยั้งการไหลของกระแสน้ำ ความฝืดของน้ำในมหาสมุทรกับพื้นใต้ทะเลการหมุนของโลก ท้องทะเลลึกมากน้อยต่างๆกัน กระแสลม ต่างๆเหล่านี้ล้วนมีส่วนทำให้รูปการของกระแสน้ำขึ้นน้ำลงของโลกมีลักษณะซับซ้อนขึ้นมาก

ทั้งเวลาและระดับน้ำสูงสุดก็แตกต่างกันไปในที่ต่างๆทั่วโลก กระแสน้ำขึ้นที่ไหลในมหาสมุทรตื้นๆและไหลปะทะชายฝั่งที่มีลักษณะไม่สม่ำเสมอ ทำให้ระดับน้ำขึ้นในที่เช่นนั้นขึ้นสูงสุด และลงต่ำสุดมีช่วง (หรือพิสัย- range)ของระดับน้ำ มากน้อยกว่าช่วงของระดับน้ำขึ้นลงในมหาสมุทรลึกๆต่างกันมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อน้ำขึ้นไหลเข้าสู่ชายฝั่งที่เป็นอ่าวลึกแคบเข้าไปในแผ่นดินเป็นรูปลิ่มแล้ว ระดับน้ำขึ้นสูงสุดจะต่างกับระดับต่ำสุดมากเป็นพิเศษ

การพยากรณ์เวลาที่น้ำจะขึ้นสูงสุด ณ ที่ใดที่หนึ่งยิ่งเป็นเรื่องซับซ้อนขึ้นไปอีก การหมุนของโลกอย่างรวดเร็วทำให้มวลน้ำที่จะขึ้นในที่แห่งหนึ่งเปลี่ยนแปรไปอย่างรวดเร็วจนน้ำปรับตัวตามไม่ทันแรงดังกล่าวนี้เกิดมีซ้ำเป็นรอบเป็นคาบ ทำให้น้ำส่วนผิวของมหาสมุทรถูกบังคับให้ไหลไปมาจนน้ำในพื้นที่กว้างๆขึ้นและลงเป็นจังหวะเกี่ยวเนื่องกัน เป็นเหตุให้ระดับน้ำสูงสุดไม่จำเป็นต้องเกิดขึ้นในตอนที่ดวงจันทร์อยู่สูงสุดในท้องฟ้า (หรือต่ำที่สุดเมื่อดวงจันทร์อยู่ที่ขอบฟ้า) แต่จะเกิดขึ้นเมื่อน้ำในมหาสมุทรไหลไปมาเนื่องจากถูกแรงไทดัลกระทำจนไปเอ่อดั่งทำให้ระดับน้ำมีความลึกที่สุด ณ ที่เช่นนั้น กรณีหลังนี้ขึ้นอยู่กับรูปร่างและความลึกของอ่างมหาสมุทรที่อยู่ใกล้เคียงเป็นอย่างมาก เวลาที่น้ำขึ้นสูงสุดช้ากว่าเวลาที่ดวงจันทร์สูงสุด(หรือต่ำสุดใต้ขอบฟ้า) เป็นเวลากี่ชั่วโมง กี่นาที (หรือ ณ ที่เวลาใด) นั้นเรียกว่า the establishment of the port (หรือ มาตราน้ำประจำท่าเรือ) มาตราน้ำดังกล่าวนี้จะต่างกันไปในที่ต่างๆกัน แต่สำหรับที่แห่งหนึ่งโดยเฉพาะแล้วค่อนข้างคงที่ หน่วยงานของกรมอุทกศาสตร์แห่งราชนาวีไทยมีหน้าที่จัดทำมาตราน้ำ หรือ Tide Table เป็นประจำล่วงหน้าทุกปี ซึ่งจะบอกเวลาและระดับน้ำสูงต่ำที่สุดตามเมืองท่าสำคัญๆในประเทศไทย

การวัดน้ำขึ้น – น้ำลงในอุดมคติ

ปัญหาเกี่ยวกับการวัดแรงไทดัลที่เกิดจากดวงจันทร์และดวงอาทิตย์รู้สึกว่าเป็นเรื่องลำบากจริง แต่ไมเคิลสัน (Michelson) ก็ได้ทำการวัดโดยตรงมาแล้วได้โดยง่ายดายแต่เมื่อค.ศ.1913 เขาวางท่อยาว 150 เมตร ในแนวราบบรรจุน้ำครึ่งหนึ่ง กระแสน้ำขึ้นลงเกิดขึ้นตามธรรมชาติในท่อนั้นทำให้ระดับในท่อแปรปรวนไปมาเป็นรอบเป็นคาบ สามารถวัดได้ทางช่องที่ผนึกสนิทที่ปลายท่อโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ ช่วงของระดับน้ำเปลี่ยนแปรไปไม่ถึง 0.25 มม. ซึ่งผิดพลาดไปได้ไม่เกิน 1% การทดลองครั้งนั้นทำทั้งท่อที่วางในแนวเหนือใต้ และตะวันตก ตะวันออก

กระแสน้ำที่เกิดในท่อเป็นเพียง 69% ของที่คำนวณได้ตามข้อสรุปที่ว่าโลกมีความแข็งเกร็งโดยสมบูรณ์ ขนาดของกระแสที่ขึ้นลงในโลกส่วนที่เป็นของแข็งนี้ก็สามารถใช้ผลการทดลองนั้นเป็นเครื่องมือช่วยกันสรุป

วันหนึ่ง ๆ ดวงจันทร์ขึ้นช้าลง

ดวงจันทร์เคลื่อนที่ไปทางตะวันออกบนท้องฟ้าเมื่อเทียบกับดาวเป็นระยะทางเฉลี่ยถึงราว 13 องศา ส่วนดวงอาทิตย์ปรากฏว่าเคลื่อนที่ไปทางตะวันออกวันละประมาณ 1 องศา ดังนั้นเมื่อเทียบกับดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์จึงเคลื่อนไปทางตะวันออกวันละประมาณ 12 องศา เมื่อโลกหมุนรอบตัวเองวันละรอบ จึงปรากฏว่าดวงจันทร์ขึ้นทางทิศตะวันออก โคจรผ่านไปในท้องฟ้าแล้วตกทางตะวันตก เช่นเดียวกับวัตถุท้องฟ้าอื่นๆ แต่เมื่อดวงจันทร์เคลื่อนคล้อยไปทางตะวันออก

เฉลี่ยวันละราว 12 องศา มันจึงขึ้นมาผ่านเมอริเดียนช้ากว่าวันก่อนโดยเฉลี่ย 50 นาที เราอาจเรียกได้ว่าช่วงเวลา 24 ชั่วโมงกับ 50 นาทีนี้ คือ วันจันทรคติปรากฏเฉลี่ย (apparent tunerday) วงโคจรที่แท้จริงของดวงจันทร์รอบโลกเป็นวงรี ความเร็วในวงโคจรของดวงจันทร์จึงเปลี่ยนแปรไปด้วยตามกฎพื้นที่ของเคปเลอร์ ดังนั้นการโคจรของดวงจันทร์ไปทางตะวันออกตามทางโคจรของมันจึงไม่สม่ำเสมอนอกจากนี้การที่วงโคจรของดวงจันทร์เอียงทำมุมกับศูนย์สูตรกับการเคลื่อนที่ของดวงจันทร์ไปบนทรงกลมท้องฟ้าก็จะไม่สม่ำเสมอแม้ว่าดวงจันทร์จะโคจรในวงโคจรอย่างสม่ำเสมอก็ตาม ดวงจันทร์โคจรขึ้นมาผ่านเมอริเดียนท้องฟ้าแต่ละวันช้าลงกว่าเดิมทุกวันไปได้ตั้งแต่ 38-86 นาที

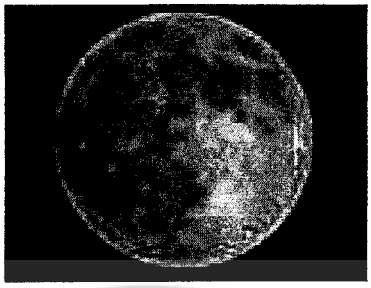
ดวงจันทร์จะขึ้นและตกช้าลงกว่าวันก่อนทุกวันไปเช่นเดียวกัน ถ้าเทียบกับดวงอาทิตย์แล้วดวงจันทร์ไม่เคลื่อนที่แต่อย่างใด จะต้องขึ้นเกือบเวลาเดิมในแต่ละวัน ตอนที่ดวงจันทร์ขึ้นนั้นดวงจันทร์มีตำแหน่งอยู่แห่งหนึ่งบนทรงกลมท้องฟ้า ประมาณ 24 ชั่วโมง ต่อมาตำแหน่งแห่งนั้นจะขึ้นมาอีก แต่ในขณะเดียวกันดวงจันทร์ได้เคลื่อนที่ไปทางตะวันออกเสียแล้ว ดังนั้นดวงจันทร์จึงยังไม่ขึ้นจนกว่าเวลาจะผ่านไปอีกเล็กน้อยที่ศูนย์สูตร ดวงจันทร์ขึ้นช้าเท่าๆกับที่ผ่านเมอริเดียนท้องฟ้าช้า

วัฏจักรของดวงจันทร์

ถ้านับเดือนจันทรคติแล้วดวงจันทร์จะโคจรรอบโลก 1 รอบ กินเวลา 29 .5 วัน ถ้าเรานับจุดเริ่มต้นของดวงจันทร์ที่วันเดือนดับเป็นช่วงที่ดวงจันทร์อยู่เป็นสันตรงระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ทำให้ดวงจันทร์ทึบแสง คนบนโลกจึงมองไม่เห็นดวงจันทร์แล้วก็เริ่มเป็นวันข้างขึ้นทีละน้อยเราจะเห็นดวงจันทร์สว่างเป็นเสี้ยว ทางขอบฟ้าตะวันตกแล้วจะเห็นดวงจันทร์ขึ้นสูงจากขอบฟ้าทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออกพร้อมกับมีเสี้ยวสว่างมากขึ้นพอถึงช่วงวัน 7-8 ค่ำ เมื่อถึงตอนค่ำดวงจันทร์จะสว่างครึ่งซีกอยู่ตรงกลางท้องฟ้าพอดี วันต่อมาจะเพิ่มเสี้ยวสว่างขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงวันขึ้น 14-15 ค่ำ ดวงจันทร์จะมาอยู่ตรงเส้นระหว่างดวงอาทิตย์และโลกทำให้ดวงจันทร์เกิดสว่างเต็มดวงหลังจากนั้นดวงจันทร์กลายเป็นข้างแรม ดวงจันทร์จะขึ้นช้าไปเรื่อยๆ จนหายไปในท้องฟ้าจนเป็นเดือนดับแล้วก็เริ่มต้นใหม่ไปเรื่อยๆ

การเกิดข้างขึ้นข้างแรมเนื่องจากดวงจันทร์โคจรรอบโลก 1 รอบ เท่ากับมันโคจรรอบตัวเอง 1 รอบ พอดี ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1 เดือน ดังนั้นเราจึงเห็นดวงจันทร์เพียงซีกเดียวตลอดเวลา

ดวงจันทร์ (Moon)



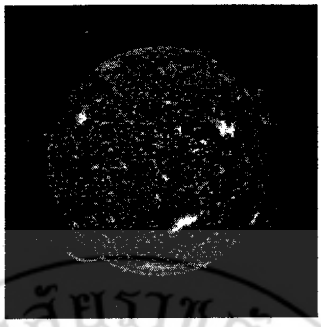
รูปที่ 2.3 แสดงภาพ ดวงจันทร์

- เส้นรัศมีของดวงจันทร์ ประมาณ 1,738 กิโลเมตร (1,080 ไมล์) หรือเท่ากับเพียง 0.2725 ของเส้นรัศมีที่จุดศูนย์กลางของโลก
- ความหนาแน่นโดยเฉลี่ยของดวงจันทร์ 3.34 กรัม ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
- ความเร็วหนีแรงดึงดูดของอนุภาคจากผิวดวงจันทร์ มีประมาณ 0.213 ของแรงหนีแรงดึงดูดที่ผิวของโลก
- ดวงจันทร์หมุนรอบแกนของมันเป็นเวลา 27.32166 วัน
- ระยะทางจากโลกถึงดวงจันทร์เฉลี่ย 384,400 กิโลเมตร (238,900 ไมล์)
- การสะท้อนแสงของผิวดวงจันทร์มีประมาณ 1/10 ของแรงทั้งหมดไปถึงผิวดวงจันทร์
- หนึ่งเดือนของดวงจันทร์ 27.32166 วัน
- มวลของดวงจันทร์ 7.35×10^{25} กรัม (ประมาณ 8×10^{9} ตัน) เทียบเท่ากับประมาณ 1/18 หรือ 3 เท่าของมวลของโลกซึ่งมีอยู่ประมาณ 6×10^{27} กรัม

การเคลื่อนที่ปรากฏของดวงจันทร์

วงโคจรของดวงจันทร์เกือบเป็นวงกลม มีโลกเป็นจุดศูนย์กลางของการโคจร ความเฉลี่ยของวงรีของการโคจรมีประมาณเพียง 0.0549 เท่านั้น อย่างไรก็ดี เมื่อเปรียบเทียบกับดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์จะเคลื่อนที่ขึ้น ๆ ลง ๆ เพราะว่า ขณะที่มุมหมุนรอบโลกนั้นจุดศูนย์กลางของแรงดึงดูดของระบบโลก ดวงจันทร์ (ถือว่าเป็นดาวเคราะห์คู่) จะเดินทางเป็นวงโคจรยาวรีรอบดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์ (Sun)



รูปที่ 2.4 แสดงภาพดวงอาทิตย์

- พื้นที่ผิวของดวงอาทิตย์ 6.087 X 10^{12} ตารางกิโลเมตร (2.35 X 10^{12} ตารางกิโลไมล์) มากกว่าบริเวณพื้นที่ของโลก 12,000 เท่า
- ปริมาตร 1.412 X 10^{18} ตารางกิโลเมตร (3.387 X 10^{17} ลูกบาศก์ไมล์) มากกว่าปริมาตรของโลก 1,306,000 เท่า
- มวล 1.99 X 10^{30} กิโลกรัม (2.19 X 10^{27} ตัน) มากกว่ามวลของโลก 333,400 เท่า
- ความหนาแน่น 1.41 เท่าของโลก (น้อยกว่ามวลของโลก 1 ½ เท่า)
- ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1,392,000 กิโลเมตร (864,950 ไมล์) มากกว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของโลก 109.3 เท่า
- ระยะทางห่างจากโลก 149,600,000 กิโลเมตร (92,957,000 ไมล์) 8 นาทีแสง
- ความเร็วหนีจากผิวดวงอาทิตย์ 618 กิโลเมตรต่อวินาที (384 ไมล์ต่อวินาที)
- อุณหภูมิสัมพัทธ์ 5,740 K
- พลังงานแผ่ออกจากดวงอาทิตย์ 3.86 X 10^{33} เออร์กต่อวินาที
- ความสว่างที่ศูนย์กลางของดวงอาทิตย์ 8.23 X 10^{5} แลมเบิร์ท
- ความสว่างคิดเป็นกำลังเทียน 3.17 X 10^{27} กำลังเทียน
- ช่วงเวลาของการหมุนรอบตัวเอง

  ที่เส้นศูนย์สูตร 26.9 วัน

  ที่ขั้วเหนือและใต้ของดวงอาทิตย์ 31.1 วัน
- บริเวณภายในของดวงอาทิตย์

  ความหนาแน่น 150 กรัม ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

  อุณหภูมิ 15,000,000 K

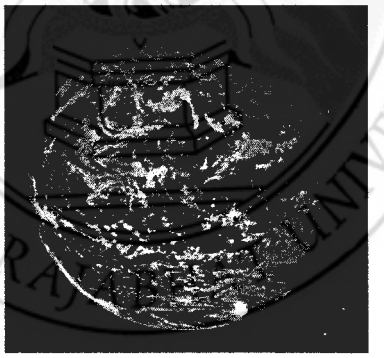
ความกดดัน 4 X 10^{17} ไดน์ ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

- ดวงอาทิตย์จัดอยู่ดาวประเภท G2V

ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์สำคัญของระบบสุริยะจักรวาล เป็นดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้โลกของเรามากที่สุดคืออยู่ห่างออกไปเพียง 8 นาทีแสง (93 ล้านไมล์) ดวงอาทิตย์เป็นดวงดาวขนาดกลางระหว่างดวงดาวขนาดใหญ่ที่สุดกับขนาดเล็กที่สุดและระหว่างดาวมีแสงสว่างมากที่สุด กับมีแสงสว่างน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิและเส้นรัศมีกับดวงดาวอื่น ๆ แล้วดวงอาทิตย์ของเราเป็นดาวเคราะห์ชนิด G2V

พลังงานมหาศาลภายในดวงอาทิตย์ได้มาจากการเปลี่ยนก๊าซไฮโดรเจนเป็นฮีเลียมที่อุณหภูมิประมาณ 15,000,000 องศาเคลวิน (27,000,000F^0) ภายในบริเวณแกนกลางของดวงอาทิตย์มีความกดดันมากกว่าความกดดันของบรรยากาศของโลกที่ระดับน้ำทะเลหลายพันล้านเท่าและมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ 150 เท่า พลังงานจำนวนมหาศาลที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ในบริเวณใจกลางจะค่อย ๆ แผ่ขึ้นมาบริเวณผิวของดวงอาทิตย์แล้วแพร่สู่อวกาศ พลังงานที่แผ่จากดวงอาทิตย์มาถึงโลกมีเพียง 1 ส่วน ใน2,200,000,000 ส่วนเท่านั้น แต่ก็มีจำนวนมากพอที่จะทำให้เกิดรูปแบบชีวิตที่ซับซ้อนขึ้นมาบนโลกเมื่อกาลเวลาผ่านไปหลายพันล้านปี

โลก (Earth)



รูปที่ 2.5 แสดงภาพ โลก

- คาบโคจรดาราคติ 365.26 วัน
- รัศมีวงโคจรใกล้สุด 0.98 หน่วยดาราศาสตร์
- รัศมีวงโคจรไกลสุด 1.02 หน่วยดาราศาสตร์
- มุมเอียงวงโคจร 0.0 องศา
- เส้นผ่านศูนย์กลางแนวศูนย์สูตร 12,756 กิโลเมตร
- ความแป้น 0.003

- มวล 5.98 X 10^{24} กิโลเมตร
- ความถ่วงจำเพาะ 5.5
- อัลบิโด 0.37
- แกนเอียง 23.45 องศา
- คาบการหมุน 23 ชั่วโมง 56.1 นาที

พิกัดของดาวในระบบแนวขอบฟ้า

การกำหนดพิกัดของดาวในระบบแนวขอบฟ้า พิจารณาได้จากตัวแปร 2 ค่า คือ

1. มุมเงย (Altitude) ของดาว เป็นค่าระยะเชิงมุม (Angular Distance) ที่วัดจากแนวขอบฟ้าถึงดาวตามแนววงกลมตั้งซึ่งผ่านดาว มุมเงยของดาวมีช่วง ตั้งแต่ 0-90 องศาเหนือ ในกรณีที่ดาวอยู่บนซีกบนของทรงกลมท้องฟ้า เรียกว่าระยะเซนิท (Zenith Distance) โดยสัมพันธ์กับมุมเงย

ระยะเซนิท (องศา) = 90 - มุมเงย

2. มุมอาซิมุทของดาว คือ ระยะทางเชิงมุมซึ่งเริ่มวัดจากทิศเหนือไปทางทิศตะวันออกตาม แนวขอบฟ้าถึงวงกลมตั้งซึ่งผ่านดาว มีช่วงตั้งแต่ 0 – 360 องศา บางครั้งค่ามุมอาซิมุทอาจเริ่มวัดจากทิศเหนือไปทางทิศตะวันออกตามแนวขอบฟ้า ถึงวงกลมตั้งซึ่งผ่านดาวมีช่วงตั้งแต่ 0 - 180 องศาตะวันออก ในกรณีที่ดาวอยู่ทางทิศตะวันตกและเริ่มจากทิศใต้ไปทางทิศตะวันตก ตามแนวขอบฟ้าถึงวงกลมตั้งซึ่งผ่านดาว มีช่วงตั้งแต่ 0 – 180 องศาตะวันตก ในกรณีที่ดาวอยู่ทางทิศตะวันตกค่ามุมอาซิมุทและค่ามุมเงย จะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเวลาต่าง ๆ ดังนั้น ค่ามุมในระบบแนวขอบฟ้าดังกล่าวจึ่งใช้บอกค่าพิกัดของดาว ณ เวลาขณะใด ๆ เท่านั้น

เมฆ

เมฆประกอบด้วยหยดน้ำ ผลึกน้ำแข็ง หรือหยดน้ำและผลึกน้ำแข็ง รวมเข้าด้วยกัน มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.02 ถึง 0.06 มิลลิเมตร เมฆบาง ๆ ยอมให้แสงจากดวงอาทิตย์หรือดวงจันทร์ผ่านเข้าถึง ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างเมฆที่เกิดจากหยดน้ำกับเมฆที่เกิดจากผลึกน้ำแข็ง เมฆที่ประกอบด้วยผลึกน้ำแข็งและมีปรากฏการณ์ทางแสงเกิดเป็น วงแสง (Halo) รอบดวงอาทิตย์หรือดวงจันทร์ ผ่านผลึกน้ำแข็งมักจะทำมุม 22°กับสายตาผู้ตรวจ วงแสงนี้มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดใหญ่ ท้องฟ้าที่อยู่ภายในวงแสงจะสว่างกว่าท้องฟ้าที่อยู่นอกวงแสงเล็กน้อย ส่วนวงแสงที่เกิดขึ้นโดยการสะท้อน (การหักเห) ของรังสีของดวงอาทิตย์หรือดวงจันทร์ โดยรูปผลึกน้ำแข็งจะเป็นรูปหกเหลี่ยม แต่ถ้าเป็นเมฆบาง ๆ ประกอบด้วยหยดน้ำอาจจะเกิดเป็นรูปทรง

กลด (Corona) ซึ่งหมายถึง วงกลมที่มีแสงเป็นสีรุ้งรอบดวงอาทิตย์หรือดวงจันทร์ วงกลมนี้มีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่าวงแสง

ลักษณะเมฆ เมฆมีหลายลักษณะ แต่ลักษณะที่เด่นชัดมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ เมฆแผ่น (Stratiform) และเมฆก้อน (Cumuliform) นอกจากแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะแล้ว ชื่อของเมฆยังบอกให้ทราบถึงรูปร่างลักษณะของเมฆ คำในภาษาละตินจะถูกนำมาใช้แสดงลักษณะเมฆ

ความสูงเมฆ เมฆแต่ละประเภทจะมีความสูงไม่เท่ากัน เป็นที่น่าสังเกตว่าความสูงที่แบ่งแยกระหว่างเมฆชั้นสูง และเมฆชั้นกลางมีความเหลื่อมซ้อนกันอยู่ และเปลี่ยนแปลงไปกับละติจูด การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ทำให้ละติจูดเปลี่ยนแปลงไปไปด้วย ตัวอย่างเช่น เมฆชั้นสูงที่ประกอบด้วยผลึกน้ำแข็ง ในเขตร้อนอุณหภูมิที่ทำให้น้ำต้องกลายเป็นน้ำแข็งต้องใช้อุณหภูมิต่ำมากและจะพบเมฆชั้นสูงที่สูงกว่า 6,000 เมตร แต่ในเขตขั้วโลก เมื่อใช้อุณหภูมิเท่ากับเขตร้อน เมฆชั้นสูงจะอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า คือที่ระดับความสูงประมาณ 3,000 เมตร ความสูงของฐานเมฆดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสูงของฐานเมฆเหนือผิวพื้นในเขตต่าง ๆ

เขต / ชนิดเมฆ	เขตร้อน	เขตอบอุ่น	เขตขั้วโลก
เมฆชั้นสูง	6,000 m - 18,000 m	5,000 m -13,000 m	3,000 m - 8,000 m
เมฆชั้นกลาง	2,000 m - 8,000 m	2,000 m - 7,000 m	2,000 m -4,000 m
เมฆชั้นต่ำ	ผิวพื้นถึง 2,000 m	ผิวพื้นถึง 2,000 m	ผิวพื้นถึง 2,000 m

เมฆแบ่งแยกออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ และ 10 ชนิด ตามความสูงของฐานเมฆและรูปร่างของเมฆ

1. เมฆชั้นสูง ในเขตละติจูดกลางและละติจูดต่ำทั่วไปฐานเมฆจะอยู่ในระดับความสูงที่สูงกว่า 6,000 เมตร ในระดับความสูงนี้อากาศค่อนข้างหนาวและแห้ง เมฆชั้นสูงประกอบด้วยผลึกน้ำแข็ง โดยส่วนใหญ่ปรากฏให้เห็นเป็นสีขาวแบ่งแยกออกเป็น 3 ชนิด คือ

1.1 เมฆเซอร์รัส (Cirrus) อักษรย่อ Ci เป็นเมฆฝอยบาง ๆ เป็นปุยคล้ายใยไหม หรือมีลักษณะคล้ายขนนก ถ้าเป็นแถบยาวคล้ายแส้ม้าแสดงว่า ลมชั้นบนมีความแรงของลม ทั่วไปลักษณะอากาศดี

1.2 เมฆเซอร์โรสเตรตัส (Cirrostratus) อักษรย่อ Cs เป็นเมฆแผ่น เป็นฝ้าบาง ๆ มีรูปร่างเรียบ ปกคลุมท้องฟ้าทั้งหมดหรือเพียงบางส่วน ทำให้เกิดปรากฏการณ์วงแสงรอบดวงอาทิตย์ หรือดวงจันทร์

1.3 เมฆเซอร์โรคิวมูลัส (Cirrocumulus) อักษรย่อ Cc เป็นเมฆแผ่หรือเป็นหย่อม มีลักษณะเป็นระลอกคลื่นเล็ก ๆ ทั่วไป ปราศจากเงาภายในแผ่นเมฆ เมฆเหล่านี้จะจัดเรียงตัวกันเป็นลูกคลื่น หรือเป็นเกล็ดอย่างมีระเบียบ

2. เมฆชั้นกลาง ฐานเมฆจะอยู่ที่ระดับความสูงระหว่าง 2,000 ถึง 7,000 เมตร ในเขตอบอุ่น เมฆเหล่านี้ประกอบด้วยหยดน้ำ เมื่ออุณหภูมิลดต่ำลงจะกลายเป็นผลึกน้ำแข็ง แบ่งแยกออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.1 เมฆอัลโตคิวมูลัส (Altocumulus) อักษรย่อ Ac เป็นเมฆแผ่นหรือเป็นหย่อม เป็นเมฆที่มีลักษณะเป็นเกล็ดก้อนกลมเป็นลูกคลื่นสีเทาหรือขาว หรือทั้งขาวและเทา โดยจัดเป็นระเบียบ ทั่วไปมีขนาดเบากว่าเมฆเซอร์โรคิวมูลัส

2.2 เมฆอัลโตรสเตรตัส (Altostratus) อักษรย่อ As เป็นเมฆแผ่น มีลักษณะเป็นพืดต่อเนื่องกัน มีสีเทาหรือสีน้ำเงิน เมื่อดวงอาทิตย์ส่องผ่านจะมองเห็นเมฆได้ แต่ไม่เกิดปรากฏการณ์วงแสง

3. เมฆชั้นต่ำ ฐานเมฆอยู่สูงขึ้นไปต่ำกว่า 2,000 เมตร แบ่งแยกออกเป็น 3 ชนิด คือ

3.1 เมฆสเตรตัส (Stratus) อักษรย่อ St เป็นเมฆแผ่นหรือชั้นหนาทึบ มีสีเทาลักษณะคล้ายหมอก แต่ยกตัวสูงขึ้นจากพื้นดิน

3.2 เมฆสเตรโตคิวมูลัส (Stratocumulus) อักษรย่อ Sc เป็นเมฆแผ่นหรือเป็นลอนเชื่อมติดต่อกัน ปกคลุมส่วนใหญ่ของท้องฟ้า

3.3 เมฆนิมโบสเตรตัส (Nimbostratus) อักษรย่อ Ns เป็นเมฆแผ่นหรือเป็นชั้น ไม่มีรูปร่าง ท้องฟ้ามืดครึ้ม มีฝนตกได้

4. เมฆก่อตัวในแนวตั้ง เป็นเมฆที่ก่อตัวจากแนวตั้ง ฐานเมฆอยู่สูงขึ้นไปประมาณ 2,000 เมตร หรือต่ำกว่า 2,000 เมตร ในแนวตั้ง แบ่งแยกออกเป็น 2 ชนิด คือ

4.1 เมฆคิวมูลัส (Cumulus) อักษรย่อ Cu เป็นเมฆก้อนและพบบ่อย ๆ มีขนาดเล็กกว่าเมฆคิวมูโลนิมบัส เมฆชนิดนี้ฐานอยู่ต่ำ แต่บางครั้งอาจก่อตัวสูง ยอดเมฆมีลักษณะเป็นรูปโดมที่มีโครงสร้างคล้ายดอกกะหล่ำ ท้องฟ้าที่มีเมฆคิวมูลัสปกคลุมมากแสดงลักษณะอากาศดี

4.2 เมฆคิวมูโลนิมบัส (Cumulonimbus) อักษรย่อ Cb เป็นก้อนเมฆที่มีขนาดใหญ่ มีรูปร่างคล้ายภูเขา ท้องฟ้าที่มีเมฆคิวมูโลนิมบัสปกคลุมอยู่แสดงว่าลักษณะอากาศไม่ดี เมื่อก่อตัวเต็มที่ยอดเมฆจะแผ่ตัวออกมีลักษณะเป็นรูปทั่ง ฐานเมฆเป็นสีดำทำให้เกิดฝน พายุ และบางครั้งเกิดลูกเห็บขึ้นด้วย

การสังเกตเมฆ

การสังเกตเมฆ เนื่องจากเมฆมีมีความสัมพันธ์กับมวลอากาศ ความชื้นที่มีอยู่และกับการเคลื่อนที่ของอากาศทั้งในแนวดิ่งและแนวนอน การสังเกตเมฆเป็นวิธีหนึ่งที่นำมาใช้ในการพยากรณ์ลมฟ้าอากาศ ผู้ที่ทำการสังเกตเป็นผู้กำหนดชนิดเมฆตามที่ตนเห็น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชำนาญและความรู้เกี่ยวกับเมฆ และสังเกตได้ว่า ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมอยู่เป็นกี่ส่วน ท้องฟ้าอาจจะไม่มีเมฆปกคลุมอยู่เลยหรือมีเมฆปกคลุมอยู่มาก บริเวณที่มีเมฆปกคลุมอยู่มากจะไม่ใช่บริเวณศูนย์สูตร แต่จะเป็นละติจูดประมาณ 50° ถึง 80° เหนือและใต้ บริเวณศูนย์สูตรเมฆที่ปกคลุมอยู่ในท้องฟ้าจะเป็นเมฆก้อน และมีฝนตกหนักเป็นฝนที่เกิดจากการพาความร้อน ส่วนบริเวณละติจูดสูงเมฆมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเกิดพายุไซโคลนและการเกิดแนวอากาศ ถ้าเมฆที่ปกคลุมอยู่ในท้องฟ้าเป็นเมฆแผ่น ฝนจะตกไม่หนัก ส่วนบริเวณที่มีเมฆน้อยได้แก่บริเวณกึ่งโซนร้อน ในแผนที่ลมฟ้าอากาศจะมีสัญลักษณ์ รหัส และลักษณะของท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมอยู่ (รูปที่ 7.12) การแบ่งท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมอยู่ออกเป็น 4 รูปแบบ คือ

1. ท้องฟ้าแจ่มใส (Clear) หมายถึง ท้องฟ้าที่ไม่มีเมฆปกคลุม หรือมีเมฆปกคลุมน้อยกว่า 1 / 10 ส่วน
2. ท้องฟ้ากระจัดกระจาย (Scattered) หมายถึง ท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุม 1 / 10 ส่วน ไปจนถึงน้อยกว่า 6 / 10 ส่วน
3. ท้องฟ้าค่อนข้างมืดมน (Broken) หมายถึง ท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมอยู่ 6 / 10 ส่วน ไปจนถึง 9 / 10 ส่วน
4. ท้องฟ้ามืดมน (Overcast) หมายถึง ท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมอยู่มากกว่า 9 / 10 ส่วน

ความชื้นในอากาศ

อากาศชื้น (moist air) หมายถึง อากาศแห้งรวมกับไอน้ำ น้ำเข้าสู่บรรยากาศโดยกระบวนการระเหยกลายเป็นไอน้ำ ปริมาณไอน้ำในบรรยากาศจะเปลี่ยนแปลงตามเวลาและสถานที่

ความชื้น(humidity) หมายถึง ปริมาณของไอน้ำในอากาศ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้อากาศสามารถรับไอน้ำได้มากขึ้น

ตารางที่ 2 แสดงอากาศสามารถรับไอน้ำได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ (ที่ความกดระดับน้ำทะเล)

อุณหภูมิ (°C)	กรัม / กิโลกรัม
-40	0.1
-30	0.3
-20	0.75
-10	2
0	3.5
5	5
10	7
15	10
20	14
25	20
30	26.5
35	35
40	47

ความชื้นที่มีอยู่ในอากาศแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของไอน้ำที่มีอยู่จริงที่อุณหภูมิและความกดอันหนึ่งต่อในอากาศ ต่อน้ำหนักของไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิและความกดนั้น คิดเป็นค่าร้อยละ การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ จะไม่ทำให้ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศเปลี่ยนแปลง แต่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง และถ้าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ความชื้นสัมพัทธ์เปลี่ยนแปลงไปด้วย

2. ความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute Humidity) หมายถึง น้ำหนักของไอน้ำที่มีอยู่จริงในปริมาตรของอากาศจำนวนหนึ่ง คำนวณได้จากน้ำหนักของไอน้ำต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของอากาศ หรือกล่าวว่าอีกนัยหนึ่งว่า ความชื้นสัมบูรณ์ คือความหนาแน่นของไอน้ำในอากาศ หน่วยคิดเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เช่น น้ำหนักของไอน้ำ 25 กรัม ต่อลูกบาศก์เมตร ความชื้นสัมบูรณ์มักจะไม่ค่อยนิยมนำมาใช้ในทางอุตุนิยมวิทยาเพราะเมื่ออากาศลอยตัวขึ้นหรือจมตัวลงจะทำให้ปริมาตรของอากาศเปลี่ยนแปลง เนื่องจากบริเวณรอบ ๆ ความกดอากาศจะ

เปลี่ยนแปลง แม้ว่าไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศจะคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง เช่น ไอน้ำที่มีอยู่จำนวนเท่ากัน เมื่อปริมาตรเพิ่มขึ้น ความชื้นสัมบูรณ์ลดลงแต่เมื่อปริมาตรลดลง ความชื้นสัมบูรณ์จะเพิ่มขึ้น

3. อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Daw Point Temperature) คือ อุณหภูมิซึ่งอากาศถูกทำให้เย็นลง (ความกดอากาศคงที่) ถึงอุณหภูมิหนึ่งที่ไอน้ำถึงจุดอิ่มตัวพอดี อุณหภูมิของจุดน้ำค้างจะเป็นเท่าใดก็ได้ ขึ้นอยู่กับจำนวนไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ ถ้าอากาศมีไอน้ำมาก อุณหภูมิของจุดน้ำค้างจะสูง แต่ถ้ามีไอน้ำน้อย อุณหภูมิของจุดน้ำค้างจะต่ำ ถ้าอุณหภูมิของอากาศลดต่ำกว่าจุดน้ำค้างจะมีการกลั่นตัวในรูปของหยาดน้ำฟ้า

ตารางที่ 3 แสดงลักษณะของฝน

ปริมาณฝน (มม./วัน)	ลักษณะฝน
0.1-10	ฝนเล็กน้อย
10.1-35.0	ฝนปานกลาง
35.1-90.0	ฝนหนัก
90.1 ขึ้นไป	ฝนหนักมาก
ฝ	ฝนตกเล็กน้อยวัดปริมาณไม่ได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY