



## บรรยากาศ

ลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศคือส่วนที่เป็นบรรยากาศของโลก ซึ่งห่อหุ้มโลกอยู่ด้วยแรงดึงดูด ก๊าซต่าง ๆ จะมีความหนาแน่นมากที่ระดับน้ำทะเล และจะเบาบางลงเมื่อสูงขึ้นไป ส่วนใหญ่ของบรรยากาศร้อยละ 97 อยู่ห่างจากผิวโลกออกไปประมาณ 29 กิโลเมตร (18 ไมล์) นอกจากนั้นจะกระจายอยู่รอบโลกในระดับสูงถึง 10,000 กิโลเมตร (6,000 ไมล์) ในตอนแรกควรเข้าใจเรื่องบรรยากาศของโลกเสียก่อน

### ส่วนประกอบของบรรยากาศ

ส่วนประกอบของบรรยากาศที่สำคัญมี ก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 78.084 ก๊าซออกซิเจนร้อยละ 20.946 ก๊าซอื่น ๆ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 0.033 อาร์กอนร้อยละ 0.934 นีออน ฮีเลียม คริปทอน ซีนอน ไฮโดรเจน มีเทน และไนตรัสออกไซด์ ร้อยละ 0.993

### ชั้นของบรรยากาศ

ชั้นของบรรยากาศแบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

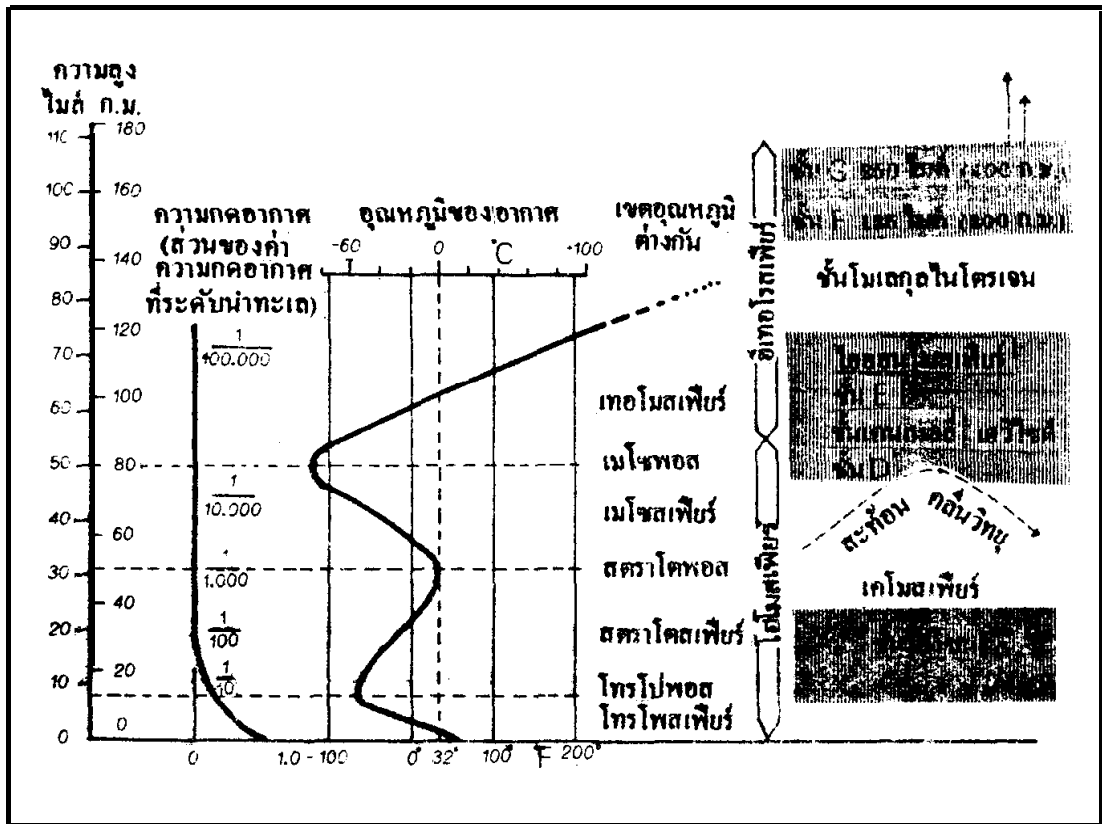
1. บรรยากาศชั้นล่าง (Homosphere)
2. บรรยากาศชั้นบน (Heterosphere)

1. บรรยากาศชั้นล่าง อยู่สูงจากผิวโลก 80 กิโลเมตร (50 ไมล์) แบ่งเป็น 3 ชั้น คือ

ก. **บรรยากาศชั้นแรก (Troposphere)** อยู่เหนือผิวโลกที่ศูนย์สูตรประมาณ 12.5–15 กิโลเมตร (8–9 ไมล์) ที่ขั้วโลกประมาณ 8–10 กิโลเมตร (5–6 ไมล์) ระดับสูงสุดเรียกว่า “โทรโปพอส” (Tropopause) เป็นชั้นที่มีการลดอุณหภูมิตามความสูงประมาณ 3.5° ฟ. ต่อความสูง 1,000 ฟุต หรือ 6.4° ซ. ต่อความสูง 1,000 เมตร ยิ่งสูงอุณหภูมิยิ่งลดต่ำลงจนถึงจุดเยือกแข็ง บรรยากาศชั้นนี้แปรปรวนมีเมฆเต็มท้องฟ้า

ข. **บรรยากาศชั้นที่สอง (Stratosphere)** อยู่เหนือระดับบรรยากาศชั้นล่าง นับจากผิวโลกขึ้นไปสูง 50 กิโลเมตร (30 ไมล์) เรียกว่า "สตราโตพอส" (Stratopause) ชั้นนี้ อุณหภูมิจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนถึง 0° ซ. (32° ฟ.) บรรยากาศชั้นนี้เคลื่อนที่ในแนวอนทิงฟ้าแจ่มใส บินสบาย

ค. **บรรยากาศชั้นที่สาม (Mesosphere)** อยู่สูงจากผิวโลกขึ้นไปถึง 80 กิโลเมตร (50 ไมล์) เรียกว่า "เมโซพอส" (Mesopause) ชั้นนี้ อุณหภูมิจะลดลงจนต่ำกว่า -60° ซ.



ชั้นของบรรยากาศบนพื้นผิวโลกสู่อวกาศ

2. **บรรยากาศชั้นบน** อยู่เหนือบรรยากาศชั้นล่างของเมโซสเฟียร์ขึ้นไป ในระดับความสูง 80-400 กิโลเมตร (50-250 ไมล์) อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเรื่อยจนถึง 1,100°-1,650° ซ. บรรยากาศเบาบางมาก ประกอบด้วยก๊าซไนโตรเจน ออกซิเจน ฮีเลียม และไฮโดรเจน บรรยากาศชั้นนี้อาจแผ่ขยายไปถึง 35,000 กิโลเมตร (22,000 ไมล์)

## คุณสมบัติที่สำคัญที่ทำให้บรรยากาศเปลี่ยนแปลง

คุณสมบัติที่สำคัญอันเป็นสาเหตุให้บรรยากาศรอบ ๆ โลกมีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ อุณหภูมิความกด และน้ำหนักของอากาศ ความชื้น เมฆ หมอก และหยาดน้ำฟ้า

1. **อุณหภูมิของอากาศ (Air Temperature)** โลกได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์เพียง 1 ใน 2 พันล้านส่วนเท่านั้น โดยการแผ่รังสีในรูปของคลื่นสั้นมาก รังสีที่มองไม่เห็น และรังสีคลื่นยาวมาก พื้นผิวโลกจะได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ประมาณร้อยละ 47 ที่เหลืออีกร้อยละ 53 สูญเสียไปในบรรยากาศ

ปัจจัยสำคัญที่ควบคุมอุณหภูมิของอากาศบนพื้นผิวโลกมีดังนี้

- ก. ระยะเวลาของการส่องแสงของดวงอาทิตย์บนพื้นโลก ที่ศูนย์สูตรจะได้แสงตรง และยาวนานกว่าตำบลที่อยู่ถัดไปทางซีกโลกเหนือและใต้ ซึ่งได้รับแสงเฉียง
- ข. ที่ตั้งตามละติจูด ตำบลที่อยู่ละติจูดต่ำจะได้รับแสงตรง ส่วนในเขตละติจูดสูงได้รับแสงเฉียงทำให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าเขตที่ได้รับแสงตรง
- ค. ความแตกต่างระหว่างพื้นดินและพื้นน้ำบนพื้นโลก พื้นน้ำดูดและคายความร้อนได้ช้ากว่าพื้นดิน
- ง. ความสูงต่ำของลักษณะภูมิประเทศ ที่สูงอุณหภูมิจะลดต่ำลงในอัตราความสูง 1,000 ฟุต อุณหภูมิจะลดลง 3.5 องศาฟาเรนไฮท์
- จ. การเกิดฤดูกาล เนื่องจากแกนโลกเอียง และโคจรรอบดวงอาทิตย์ ทำให้บริเวณต่าง ๆ ของโลกได้รับแสงและพลังงานความร้อนบนพื้นผิวโลกไม่เท่ากัน
- ฉ. ความห่างไกลจากทะเลและมหาสมุทร ย่อมทำให้สองบริเวณมีอุณหภูมิไม่เท่ากัน ทั้ง ๆ ที่ได้รับแสงเท่ากัน และอยู่ละติจูดเดียวกัน
- ช. อิทธิพลของกระแสน้ำในมหาสมุทร ได้แก่กระแสน้ำอุ่นที่เคลื่อนไหลจากศูนย์สูตรออกไปสู่บริเวณซีกโลกเหนือและใต้ และกระแสน้ำเย็นจากบริเวณขั้วโลกมาสู่บริเวณศูนย์สูตร
- ซ. การสะท้อนความร้อนของวัตถุที่อยู่บนเปลือกโลกแตกต่างกัน เช่น หิมะสีของดิน พืชพรรณธรรมชาติ ฯลฯ ทำให้การดูดซับความร้อนไว้แตกต่างกัน
- ณ. การขวางกั้นของภูเขา อันเป็นอุปสรรคในการป้องกันลมฝน และช่วยให้ฝนตก ซึ่งจะพบว่าด้านรับลมจะมีฝนตกมากกว่าด้านอับลม

ญ. ความกดอากาศสูง—ต่ำกึ่งถาวรในที่ต่าง ๆ ของโลก เช่น ความกดอากาศต่ำประจำในมหาสมุทรแปซิฟิกใกล้หมู่เกาะอาลิวเซียน และเกาะไอร์แลนด์ในมหาสมุทรแอตแลนติก

การแสดงบริเวณที่มีอุณหภูมิเท่ากันในแผนที่ ใช้เส้นอุณหภูมิเสมอภาค (Isotherm) เครื่องมือที่วัดอุณหภูมิของอากาศได้แก่ เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) หน่วยที่ใช้วัดอุณหภูมิของอากาศ ได้แก่ ฟาเรนไฮท์และเซลเซียส การหาค่าอุณหภูมิเฉลี่ยประจำวัน คำนวณโดยนำค่าอุณหภูมิสูงสุดรวมกับค่าอุณหภูมิต่ำสุดหารด้วย 2

## 2. ความกดและน้ำหนักของอากาศ (Atmospheric Pressure)

ความกดอากาศ คือน้ำหนักของอากาศที่อยู่ชั้นบนกดอากาศชั้นล่าง อากาศจึงเกิดมีน้ำหนักขึ้น หรืออากาศมีน้ำหนักจึงเกิดมีความกด ซึ่งความกดและน้ำหนักของอากาศมีความสัมพันธ์กัน บรรยากาศชั้นล่างมีความหนาแน่นน้อยกว่าบรรยากาศชั้นบน และมีน้ำหนักมากกว่าด้วย

เครื่องมือที่ใช้วัดความกดอากาศคือ บาโรมิเตอร์ (Barometer) แบ่งเป็น 3 แบบ คือ บาโรมิเตอร์ปรอท บาโรมิเตอร์ตลับ และบาโรกราฟ โดยเฉพาะบาโรมิเตอร์ปรอทคิดขึ้นโดยนักฟิสิกส์ชาวอิตาลีชื่อ ทอริเชลลี (Toricelli) เมื่อปี พ.ศ. 2186 (ค.ศ. 1643) ทอริเชลลีใช้หลอดแก้วเล็ก ๆ ยาวประมาณ 1 เมตร (3 ฟุต) ปลายด้านหนึ่งเปิด บรรจุปรอทในหลอดแก้วให้เต็ม แล้วปิดปลายคว่ำลงในอ่างปรอท เมื่อเปิดปากหลอดแก้วซึ่งยังจมอยู่ในอ่างปรอท ปรากฏว่าปรอทในหลอดแก้วค่อย ๆ ลดต่ำลง 5—7.5 เซนติเมตร และปรอทจะอยู่ในระดับ 76 เซนติเมตร (30 นิ้ว) แสดงว่าน้ำหนักของอากาศภายนอกกดดันผิวหน้าปรอทในอ่างไม่ให้ปรอทในหลอดแก้วไหลออกมาได้หมด

หน่วยที่วัดได้แก่ นิ้ว เซนติเมตร มิลลิเมตร และมิลลิบาร์ ความกดของอากาศที่ระดับน้ำทะเลมีค่าเท่ากับ 29.92 นิ้ว หรือ 760 มิลลิเมตร หรือ 1,013.2 มิลลิบาร์

การแสดงบริเวณที่มีความกดอากาศเท่ากันในแผนที่ ใช้เส้นความกดเสมอภาค (Isobar) ทุก ๆ จุดในแผนที่ซึ่งมีเส้นนี้ลากผ่านจะมีความกดอากาศเท่ากัน

## 3. ความชื้น เมฆ หมอก และหยาดน้ำฟ้า (Moisture, Clouds and Precipitation)

**ความชื้น** หมายถึงจำนวนไอน้ำที่อยู่ในอากาศ ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามสถานที่และอุณหภูมิ ชีตชั้นความสามารถในการรับไอน้ำของอากาศเรียกว่า “อุณหภูมิต่ำอิ่มตัว”

**จุดน้ำค้าง** หมายถึงอุณหภูมิที่อากาศอิ่มตัวแล้วเกิดการกลั่นตัวขึ้น

**ความชื้นสัมบูรณ์หรือความชื้นแท้** หมายถึงปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศที่แท้จริง น้ำหนักของไอน้ำในอากาศวัดเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

**ความจุไอน้ำในอากาศ** หมายถึงปริมาณของไอน้ำในอากาศที่มีอยู่มากที่สุด ณ อุณหภูมิต่าง ๆ กัน เช่น อุณหภูมิ 30°ซ (86°ฟ) ไอน้ำจะอิ่มตัวเมื่อมีปริมาณ 30 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร อุณหภูมิ 40°ซ (104°ฟ) จะจุไอน้ำได้ 51 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร

**ความชื้นสัมพัทธ์** หมายถึงอัตราส่วนของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศที่แท้จริงเปรียบเทียบกับจุดอิ่มตัว (ความจุไอน้ำ) โดยคิดเป็นร้อยละ

เครื่องมือที่ใช้วัดความชื้นสัมพัทธ์ ได้แก่ ไฮโกรมิเตอร์ (Hygrometer) ไฮโกรมิเตอร์ชนิดแห้ง (Sling Psychrometer) ซึ่งประกอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์ดรัมแห้ง และดรัมเปียกแขวนอยู่ใกล้ ๆ กัน

**ความชื้นจำเพาะ** หมายถึงอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของไอน้ำในอากาศต่อน้ำหนักของอากาศชื้น (รวมไอน้ำด้วย) ซึ่งมีหน่วยเป็นกรัมของไอน้ำต่อกิโลกรัมของอากาศชื้น

ความชื้นจำเพาะใช้อธิบายมวลอากาศส่วนใหญ่ได้ดี เพราะมีค่าคงที่ถึงแม้อุณหภูมิและปริมาตรจะเปลี่ยนไป

**อัตราส่วนผสม** หมายถึงอัตราส่วนน้ำหนักของไอน้ำต่อน้ำหนักของอากาศแห้ง (ไม่รวมน้ำหนักของไอน้ำ) มีหน่วยวัดเป็นกรัมต่อกิโลกรัม

**ดัชนีของอุณหภูมิและความชื้น** จากการวิจัยพบว่าถ้ามีความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศร้อยละ 20 อุณหภูมิสูง 28°ซ. จะรู้สึกสดชื่นสบายดี ถ้าความชื้นสัมพัทธ์สูงมากแม้อุณหภูมิจะสูงปานกลาง จะทำให้ร้อนอบอ้าวจนไม่สามารถปฏิบัติงานได้

**เมฆ (Cloud)** คือละอองไอน้ำขนาดเล็กที่เกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศ โดยมีฝุ่นละอองที่เล็กมากเป็นแกนกลาง ละอองไอน้ำดังกล่าวมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20—60 ไมครอนส์ (0.0000—0.0024 นิ้ว)

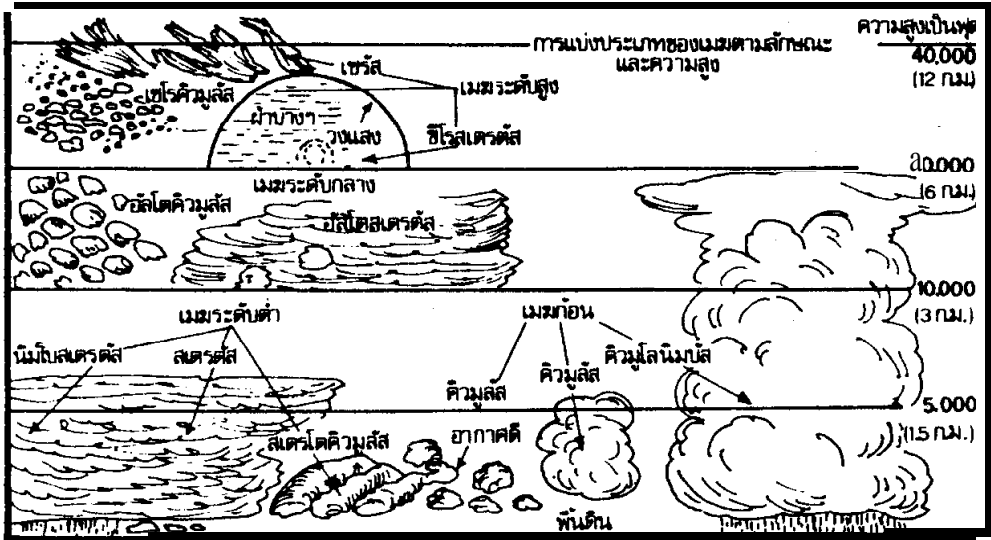
เมฆมี 2 ประเภทคือ เมฆแผ่นและเมฆที่เป็นกลุ่มก้อน

1. **เมฆแผ่นหรือชั้น (Stratiform Cloud)** แบ่งเป็น

ก. **เมฆระดับสูง (10,000—12,000 เมตร)** ได้แก่ เมฆเซอรัสคล้ายขนนก เมฆเซอโรสเตรตัส เป็นแผ่นบางกว้างมองผ่านจะเห็นดวงอาทิตย์และดวงจันทร์เป็นวงแสง

ข. **เมฆระดับกลาง (1,950—6,000 เมตร)** ได้แก่ เมฆอัลโตคิวมูลัส มีลักษณะเป็นลอนคล้ายขนแกะไม่หนาที่บมาก มองทะลุเห็นท้องฟ้าได้ เมฆอัลโตสเตรตัสมีลักษณะเป็นแผ่นสีเทาอมผ่านเห็นดวงอาทิตย์ได้ยาก ท้องฟ้ามีดครึ้ม

ค. เมฆระดับต่ำ (8-1,950 เมตร) ได้แก่ เมฆสเตรตัส เป็นแผ่นสีเทาแต่ทำให้อากาศโปร่งใสปานกลาง เมฆนิมโบสเตรตัส เป็นเมฆแผ่นสีเทาปนดำที่ส่วนล่างของเมฆ เมื่อเกิดเมฆชนิดนี้ไม่นานจะมีฝนตก จึงเรียกว่า “เมฆฝน”



2. เมฆก้อน (Cumuliform Cloud) เป็นเมฆที่ก่อตัวในแนวตั้ง เกิดจากกระแสอากาศร้อนและลอยตัวขึ้นสู่เบื้องบนอย่างรวดเร็วจนเกิดเป็นเมฆคิวมูลัส ต่อมาเมื่อมีไอน้ำเพิ่มมากขึ้นจะทำให้เมฆคิวมูลัสรวมตัวกันเป็นเมฆคิวมูโลนิมบัส (Cumulonimbus) หรือเมฆพายุฝนฟ้าคะนอง มีความสูงตั้งแต่ 300-4,000 เมตร ตอนบนของเมฆมีลักษณะเหมือนรูปทั่ง นับว่าเป็นเมฆที่มีอันตรายต่อการบินมาก เพราะมีประจุไฟฟ้าบวกและลบวิ่งเข้าหากันจนเกิดประกายฟ้าแลบ ฟ้าร้อง ฟ้าผ่า และพายุในก้อนเมฆ

หมอก (Fog) คือละอองไอน้ำที่เกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำ ซึ่งมีลักษณะคล้ายเมฆแผ่นที่ลอยอยู่ในบรรยากาศชั้นล่างใกล้ผิวโลก ทำให้ทัศนวิสัยเลวลง และเป็นอันตรายต่อการคมนาคมทางบก ทางน้ำ และทางอากาศ

หมอกควันหรือหมอกพิษ (Smog) คือหมอกที่เกิดจากควันในเขตโรงงานอุตสาหกรรมเมื่ออากาศเย็นลงจะมีน้ำหนักลอยต่ำลง ถ้ามีละอองไอน้ำปนอยู่ด้วย จะทำให้เป็นหมอกหนาที่ปกคลุมพื้นดินอยู่เป็นเวลานาน นอกจากลมพัดแรงหรืออากาศอุ่นขึ้นจึงจะเคลื่อนที่ไป

หมอกน้ำค้าง (Mist) คือหมอกบางในตอนเช้าที่มีทัศนวิสัยมากกว่า 1 กิโลเมตร พอได้รับแสงแดดจะระเหยจางหายไป

หมอกเกิดได้ 4 ชนิดคือ

1. หมอกที่เกิดจากการแผ่รังสีของพื้นดิน (Radiation Fog) เกิดตอนกลางคืนหรือเช้ามืดในฤดูหนาว เกิดในระยะเวลากลางคืน นอกจากนี้ยังมีหมอกที่เกิดในหุบเขา โดยเฉพาะเวลากลางคืน เมื่อเกิดอุณหภูมิลดลงโดยมีอากาศเย็นจากยอดเขาไหลมารวมอยู่ในหุบเขา หมอกดังกล่าวจะเกิดมากในคืนที่ลมสงบท้องฟ้าโปร่ง

2. หมอกที่เกิดจากการเคลื่อนไหวทับซ้อนกันของอากาศเย็น และอากาศอุ่นในระดับแนวอน (Advection Fog)

3. หมอกที่เกิดขึ้นเมื่ออากาศเคลื่อนขึ้นตามลาดชัน ทำให้มวลอากาศขยายตัวและเย็นลง (Upslope fog)

4. หมอกที่เกิดจากแนวปะทะของอากาศอุ่นและอากาศเย็นมาพบกัน (Frontal fog)

**หยาดน้ำฟ้า (Precipitation)** คือปรากฏการณ์ที่เกิดจากละอองน้ำหรือผลึกน้ำแข็งในก้อนเมฆกลั่นตัวหรือเปลี่ยนสภาพเป็นน้ำแข็งแล้ว เติบโตจับแน่นเป็นก้อนใหญ่ขึ้นจนไม่สามารถลอยอยู่เป็นก้อนเมฆได้ ต้องร่วงหล่นลงมาถึงพื้นโลกกลายเป็นฝน ฝนแข็ง ลูกเห็บ หิมะ น้ำค้าง และน้ำค้างแข็ง

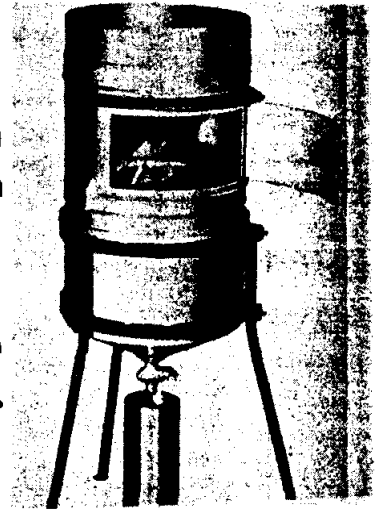
**ฝน** เกิดจากละอองไอน้ำในเมฆรวมตัวกันเป็นหยดน้ำขนาดใหญ่กว่าเมฆและหมอกตกลงมาเป็นฝน ถ้าตกแรงเม็ดฝนโตเรียกว่า **ฝนชุก (Rain Shower)** ถ้าตกโปรปรายไปตามลมได้เรียกว่า **“ฝนละออง” (Drizzle)**

ฝนที่ตกมี 3 ชนิดคือ

1. ฝนที่เกิดจากการพาความร้อน หรือฝนฟ้าคะนอง ฤดูร้อน (Convictional Rain) เกิดจากอากาศร้อนลอยตัวขึ้นสู่เบื้องบน ทำให้อุณหภูมิลดต่ำลงจนถึงจุดอิ่มตัว และตกลงมาเป็นฝน ส่วนใหญ่จะตกตอนบ่ายหรือค่ำ

2. ฝนที่เกิดจากการปะทะภูเขา หรือฝนด้านรับลมตามลาดเชิงเขา (Orographic Rain) ทำให้ฝนตกหนักด้านรับลม หรือต้นลม (Windward Slope) ส่วนด้านกำบังลมหรืออับลม (Leeward Slope) มีฝนตกน้อยมาก เรียกว่า **“เขตเงาฝน” (Rainshadow)** บางแห่งฝนไม่ตกเลยจนกลายเป็นทะเลทราย

3. ฝนที่เกิดจากพายุหมุน (Cyclonic Rain) เกิดในบริเวณที่มีมวลอากาศเย็นและอากาศอบอุ่นมาปะทะกันในแนวอน มวลอากาศเย็นจะซัดมวลอากาศอุ่นให้ลอยตัวสูงขึ้น เกิดเมฆ พายุ ฝนฟ้าคะนอง และมีฝนตก นอกจากนี้ยังเป็นฝนที่เกิดจากหย่อมความกด



เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน  
แบบมาตรฐาน

อากาศต่ำเคลื่อนที่สู่เบื้องบน ทำให้หย่อมความกดอากาศสูงที่อยู่รอบ ๆ เคลื่อนเข้าสู่ศูนย์กลางของหย่อมความกดอากาศต่ำ เมื่อมีการยกตัวลอยขึ้นจะก่อให้เกิดฝนและพายุตามมา

นอกจากนี้ยังมีฝนดีเปรสชันที่เกิดจากพายุหมุน ซึ่งมีความเร็วน้อยกว่า 61 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (33 นอต)

เครื่องมือวัดน้ำฝน (Rain Gauge) มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกกว้าง 10 เซนติเมตร และ 20 เซนติเมตร และมีขีดบอกปริมาณน้ำฝน เครื่องวัดนี้ต้องตั้งไว้กลางแจ้ง ห่างจากอาคารชายคาและร่มไม้พอสมควร

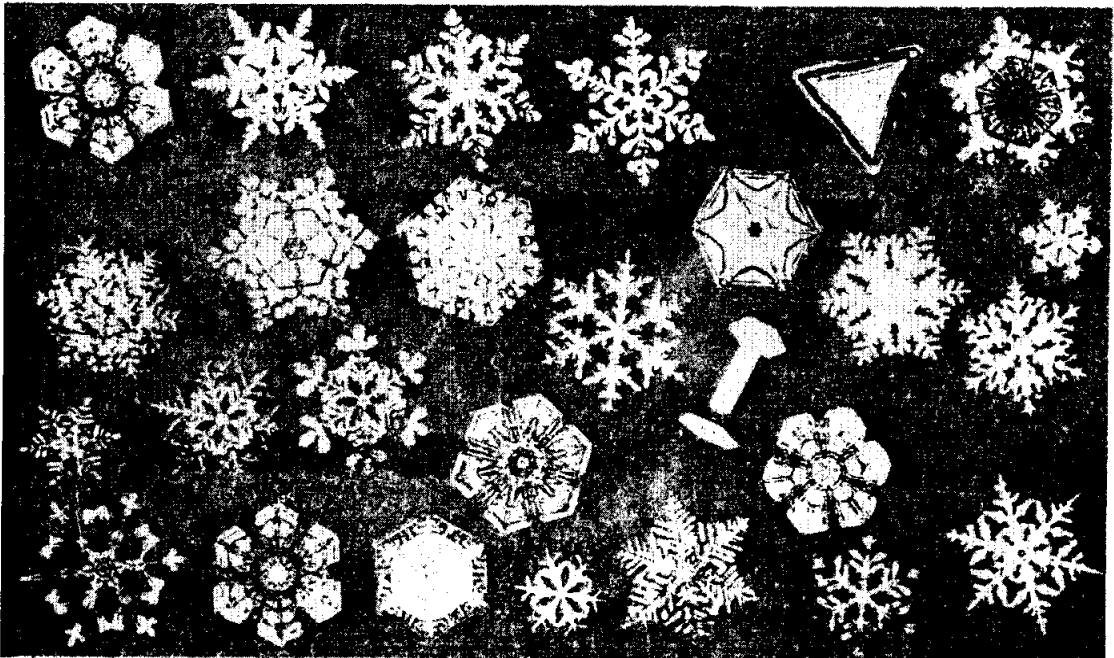
#### ฝนแข็ง (Sleet or Freezing Rain)

— หมายถึง หยาดน้ำฝนที่กลายเป็นเม็ดน้ำแข็ง เมื่อตกลงมาผ่านถึงอากาศชั้นล่างซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ใช้เรียกกันในสหรัฐอเมริกา

— หมายถึง หิมะที่ตกปนมากับฝนซึ่งนับเป็นฝนแข็งอีกแบบหนึ่ง

ลูกเห็บ (Hail) หมายถึงก้อนน้ำแข็งขุ่นกลม ๆ มีลักษณะเป็นชั้นซ้อนกันเหมือนกานหิวหอม โดยทั่วไปเกิดเมื่อมีพายุฟ้าคะนอง

หิมะ (Snow) เกิดจากไอน้ำในอากาศรวมตัวเป็นผลึกน้ำแข็งเล็ก ๆ ลักษณะรูปหกเหลี่ยมด้านเท่าเกาะกันอยู่เป็นจำนวนมาก หิมะเกิดในเขตที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง หิมะหนา 1 ฟุต (12 นิ้ว) มีค่าเท่ากับปริมาณน้ำฝนที่ตก 1 นิ้ว



ผลึกหิมะชนิดต่าง ๆ ที่มองดูด้วยกล้องขยาย



หิมะแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

– หิมะแห้ง (dry snow) พบในเขตที่อุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง

– หิมะเปียก (wet snow) พบในเขตที่อุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นดินมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดเยือกแข็ง

น้ำค้าง (Dew) เกิดจากละอองน้ำในอากาศกลั่นตัวเป็นหยดน้ำเล็ก ๆ เกาะอยู่ตามใบไม้ ใบหญ้า และสิ่งที่ยืน

น้ำค้างแข็ง (Frost) เกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศเป็นเกล็ดน้ำแข็งโดยไม่ต้องเป็นน้ำค้างก่อน น้ำค้างแข็งทำให้พืชตายเสียหายได้ และจะเกิดในคืนที่ท้องฟ้าโปร่ง ลมสงบ อากาศเย็น

### ความสัมพันธ์ระหว่างลมกับความกดอากาศ (Relation of Winds to Barometric Pressure)

ลมที่เคลื่อนจากหย่อมความกดอากาศสูงไปสู่หย่อมความกดอากาศต่ำ จะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความกด ถ้าแตกต่างกันมากในระยะทางไม่ไกลจากกันมากนักลมจะพัดแรงขึ้น ความแตกต่างของความกดอากาศนี้เรียกว่า "ความลาดชันของความกดอากาศ (Pressure Gradient) ดังนั้นบริเวณที่มีความลาดชันมากลมจะพัดแรง ลาดชันน้อยลมจะพัดช้าลง"

**ทิศทางของลมที่พัด** ลมที่พัดบนพื้นโลกจะพัดเฉ เพราะโลกหมุนรอบตัวเองทำให้เกิดแรงหนีศูนย์กลางขึ้น โดยเฉพาะบริเวณใกล้ขั้วโลกมีแรงหนีศูนย์กลางมากกว่าบริเวณใกล้ศูนย์สูตร

ตามกฎของ วิลเลียม เฟอร์เรล (Ferrel's law) สรุปว่า "ลมที่พัดในซีกโลกเหนือจะพัดเฉไปทางขวามือ ส่วนลมที่พัดในซีกโลกใต้จะพัดเฉไปทางซ้ายมือ" ซึ่งต้องสังเกตโดยหันหน้าไปตามลม

ตามกฎของ บายส์ แบลลอต (Buys Ballot's Law) สรุปว่า "ในซีกโลกเหนือถ้าหันหน้าไปตามลมทางซ้ายจะเป็นบริเวณความกดอากาศต่ำ และทางขวามือจะเป็นบริเวณที่มีความกดอากาศสูง ส่วนในซีกโลกใต้ทางซ้ายมือจะเป็นความกดอากาศสูง ทางขวามือจะเป็นความกดอากาศต่ำ"

**สรุป** ลมบนผิวโลกเกิดจากพลัง 2 ประการ คือ

1. ความแตกต่างของความกดอากาศซึ่งได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ไม่เท่ากัน ทำให้การถ่ายเทอากาศเกิดขึ้นตลอดเวลา เพื่อให้เกิดสภาพสมดุล และเกิดลมประจำของโลกขึ้น
2. การหมุนรอบตัวเองของโลก ทำให้เกิดแรงหนีศูนย์กลาง และมีผลต่อทิศทางลมที่พัดเฉไปจากเดิม

## ลมและการหมุนเวียนของลมบนพื้นโลก (Winds and the Global Circulation)

ลม (Winds) หมายถึงอากาศที่เคลื่อนที่ในแนวนอน เกิดจากความกดอากาศที่แตกต่างกัน อากาศจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงไปสู่บริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ ส่วนอากาศที่เคลื่อนที่ขึ้น-ลงในแนวดิ่งหรือตั้ง ซึ่งเกิดจากการนำหรือการแผ่รังสีความร้อน เรียกว่า “กระแสอากาศ” (air current)

**สรุปได้ว่า** อากาศที่เคลื่อนไหวบนพื้นโลกมี 2 ชนิดคือ

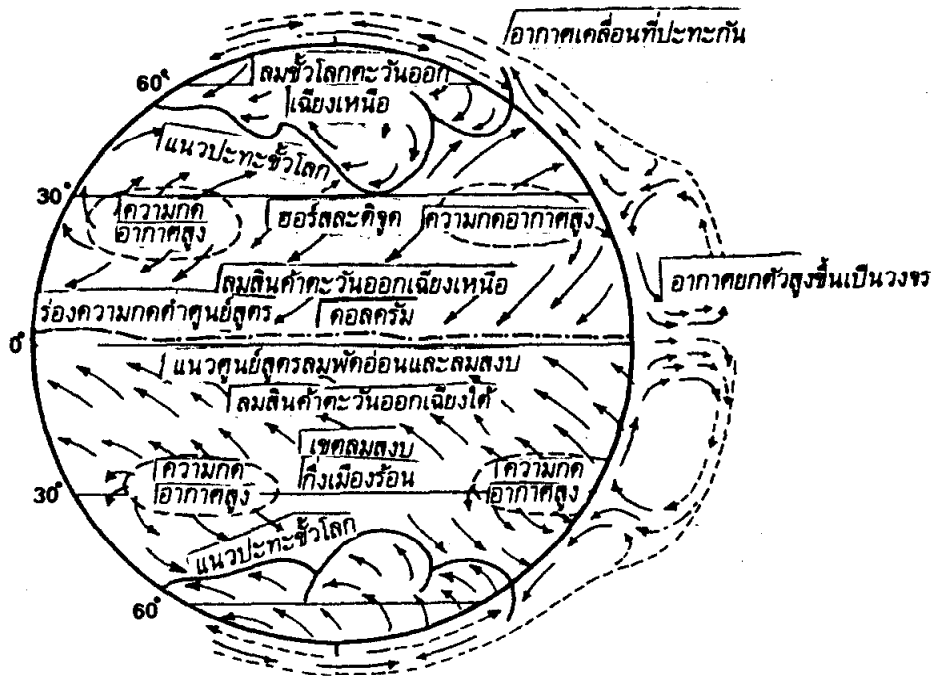
1. ลม
2. กระแสอากาศ

ลมที่พัดตามแนวนอน มี 2 ระดับ คือ

ก. **ลมระดับสูงหรือลมชั้นบน (Upper winds)** คือลมที่เกิดจากอากาศในระดับโทรโปสเฟียร์ เคลื่อนที่กับระดับสตราโตสเฟียร์ ซึ่งมีอุณหภูมิร้อน-เย็นแตกต่างกันมาก ทำให้คลื่นอากาศเคลื่อนที่จากเขตร้อนไปทางเหนือ และคลื่นอากาศเย็นจากขั้วโลกเคลื่อนมาทางศูนย์สูตร ลมนี้พัดแรงจัดมากประมาณ 350–450 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (200–250 ไมล์ทะเลต่อชั่วโมง) เรียกว่า “กระแสลมกรดหรือกระแสเจ็ต” (Jet stream) ลมนี้พัดอยู่เหนือลมประจำตะวันตกซึ่งสูงประมาณ 10,000–12,000 เมตร (30,000–40,000 ฟุต) มีลักษณะโค้งเป็นแนวแคบ ๆ เหมือนสายน้ำลำธาร ความเร็วจะมีมากที่ตอนกลาง ส่วนด้านเหนือและใต้ความเร็วจะลดลงบ้าง

กระแสลมกรดที่พัดอยู่ในระดับสูงนี้มีผลต่อการเดินอากาศ และพลังงานที่ได้รับจากดวงอาทิตย์บนผิวโลกเปลี่ยนไป

ข. **ลมระดับผิวโลกหรือลมชั้นล่าง (Surface wind)** คือลมที่พัดในระดับ 600–900 เมตร ใกล้เคียงผิวโลกโดยพัดจากบริเวณความกดสูงไปสู่บริเวณความกดอากาศต่ำ



การพัดหมุนเวียนของลม มี 2 ลักษณะ คือ

1. ระบบการหมุนเวียนแบบไซโคลน (Cyclonic Circulation) เป็นลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศที่มีความกดสูง (High Pressure) เข้าสู่ศูนย์กลางความกดต่ำ (Low Pressure) หรือร่องความกดอากาศต่ำ (Trough)

ระบบลมที่พัดเข้าสู่ศูนย์กลางนี้ ถ้าเกิดในซีกโลกเหนือจะหมุนทวนเข็มนาฬิกา และในซีกโลกใต้จะหมุนตามเข็มนาฬิกา ถ้าอากาศเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงเรียกว่า พายุ

2. ระบบการหมุนเวียนแบบแอนติไซโคลน (Anticyclonic Circulation) เป็นลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศที่มีความกดสูงออกจากศูนย์กลาง ทำให้สภาพท้องฟ้าบริเวณนั้นโปร่ง

ระบบลมที่พัดออกจากบริเวณความกดอากาศสูงนี้ ถ้าเกิดในซีกโลกเหนือจะหมุนตามเข็มนาฬิกา และในซีกโลกใต้จะหมุนทวนเข็มนาฬิกา

การวัดความเร็วลม เครื่องมือที่ใช้วัดความเร็วลมเรียกว่า "แอนนิโมมิเตอร์" (Anemometer) ใช้วัดความเร็วลมระดับต่ำมี 2 ชนิด คือ

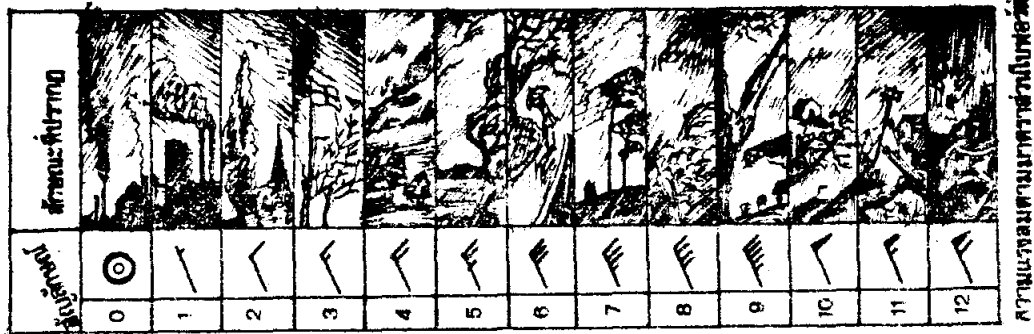
ก. แบบรูปถ้วย (Cup anemometer) มีลักษณะเป็นถ้วยครึ่งวงกลม 3 ใบ หรือ 4 ใบ

ข. แบบกราฟ (Anemograph)

หน่วยที่วัดความเร็วลมเป็นกิโลเมตร ไมล์ทะเล\* หรือไมล์อากาศ (น็อต) 1 น็อตเท่ากับ 6,076.103 ฟุต หรือ 1,852 เมตร (1.85 กิโลเมตร)

\* ไมล์ทะเล (น็อต) เท่ากับ 1.85 กิโลเมตร

นอกจากนี้ยังมีมาตราส่วน โบฟอร์ต (Beaufort Scale) ซึ่งเป็นหน่วยวัดที่ พลเรือเอก เซอร์ ฟรานซิส โบฟอร์ต เมื่อ พ.ศ. 2349 กำหนดจากเลข 0—12 รวม 13 ชั้น ในปี พ.ศ. 2492 องค์การอุตุนิยมวิทยาโลกได้กำหนดน็อดเป็นหน่วยสากล และต่อมาอีก 6 ปี แผนที่อากาศทั้งหมดก็ใช้ระบบไมล์อากาศ หรือ ไมล์ทะเล หรือ น็อด



### มาตราส่วนโบฟอร์ต (Beaufort Scale)

เครื่องหมาย	จำนวนความแรง	ชื่อลม	ขนาดของลมตามลักษณะที่ปรากฏ	ความเร็ว น็อด/ชม.	ความเร็ว กิโลเมตร/ชม.
	0	สงบ (Calm)	ลมเงียบ คว้นลอยขึ้นตรง ๆ	น้อยกว่า 1	น้อยกว่า 1.8
	1	ลมเบา (Light air)	คว้นลอยตามลม แต่ครลมไม่หันไปทางทิศทางลม	1-3	1 A-5.5
	2	ลมเฉื่อยเบา (Light breeze)	รู้สึกลมพัดที่หน้า ครเบนไปตามทิศลม ใบไม้ไหว	4-7	7.4-12.9
	3	ลมเฉื่อย (Gentle breeze)	ใบไม้และกิ่งไม้เล็ก ๆ กระดิก ธงปลิว	8-12	14.8-22.2
	4	ลมเฉื่อยปานกลาง (Moderate gale)	ฝุ่นตลบ กิ่งไม้ยับเขยื้อน	13-18	24.1-33.3
	5	ลมเฉื่อยค่อนข้างแรง (Fresh breeze)	ต้นไม้เล็ก ๆ แกว่งไกวไปมา มีระลอกน้ำ	19-24	35.2-44.4
	6	ลมเฉื่อยแรง (Strong breeze)	กิ่งไม้ใหญ่ยับเขยื้อน ได้ยินเสียงหวีตามสายโทรเลขและสายไฟฟ้า	25-31	46.3-57.4
	7	ลมจัดปานกลาง (Moderate gale)	ต้นไม้โยนทั้งต้น เดินทวนลมรู้สึกไม่สะดวก	32-38	59.2-x.3
	8	ลมจัดค่อนข้างแรง (Fresh gale)	กิ่งไม้เล็ก ๆ หัก เดินทวนลมไม่สะดวกมาก	39-46	72.2-85.1
	9	ลมจัดมาก (Strong gale)	อาคารที่ไม่มั่นคงหักพัง หลังคาปลิว	47-54	86.9-99.5

เครื่องหมาย	จำนวนความแรง	ชื่อลม	ขนาดของลมตามลักษณะที่ปรากฏ	ความเร็ว น็อต/ชม.	ความเร็ว กิโลเมตร/ชม.
	10	ลมพายุ (Whole gale)	ต้นไม้ถอนรากโค่น อาคารสิ่งก่อสร้างเสียหาย	55-63	101.7-116.5
	11	พายุจัด (Storm)	มีความเสียหายร้ายแรง แต่เป็นบริเวณกว้าง	64-75	118.4-138.7
	12	พายุหมุนจัด (Hurricane หรือ Typhoon)	มีความเสียหายร้ายแรงมาก อาจเกิดขึ้นหลายบริเวณ บางแห่งเสียหายหมด	มากกว่า 75	136.7

## ประเภทของลมระดับผิวโลก

ลมระดับผิวโลกจำแนกเป็น 5 ประเภท คือ

1. ลมประจำปี ได้แก่ ลมสินค้า ลมประจำตะวันตก และลมขั้วโลก
2. ลมประจำฤดู ได้แก่ ลมมรสุมฤดูร้อน และลมมรสุมฤดูหนาว
3. ลมประจำเวลา ได้แก่ ลมบก ลมทะเล ลมภูเขา และลมหุบเขา
4. ลมประจำถิ่น ได้แก่ ลมร้อน และลมหนาวชนิดต่าง ๆ
5. ลมพายุ ได้แก่ พายุฟ้าคะนอง และพายุหมุน

1. **ลมประจำปี** คือลมที่พัดในทิศทางเดียวกันเป็นประจำตลอดปี ซึ่งเป็นผลมาจากแนวความกดอากาศสูง-ต่ำ\* ที่ปรากฏอยู่บนพื้นโลกดังนี้

ก. เขตความกดอากาศต่ำศูนย์สูตร หรือร่องความกดอากาศต่ำที่ศูนย์สูตรประมาณระหว่างละติจูด 5° เหนือ ถึง 5° ใต้ เป็นเขตที่มีความกดอากาศต่ำ อุณหภูมิสูงตลอดปี (แนวนี้อาจเลื่อนขึ้นลงตามแนวการส่องแสงของดวงอาทิตย์) เป็นเขตลมสงบ

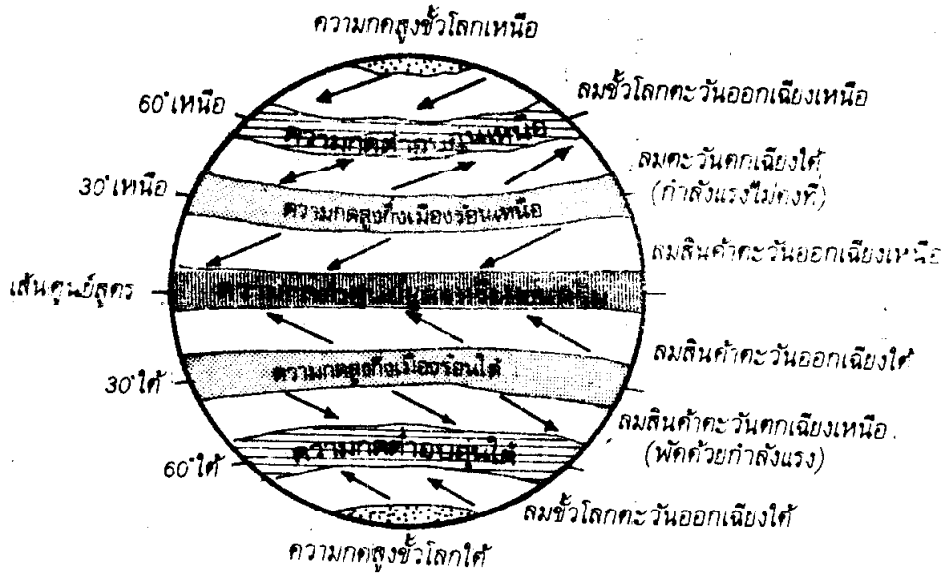
ข. เขตความกดอากาศสูงกึ่งเมืองร้อน หรือแนวร่องม้า ประมาณระหว่างละติจูด 30°-35° เหนือและใต้ เป็นเขตลมสงบ มีกระแสอากาศเย็นไหลลง ทำให้แห้งแล้ง

ค. เขตความกดอากาศต่ำกึ่งขั้วโลก ประมาณระหว่างละติจูด 60°-65° เหนือและใต้

ง. เขตความกดอากาศสูงขั้วโลก อยู่บริเวณขั้วโลกเหนือและใต้ มีอุณหภูมิต่ำ

\* แนวความกดสูง-ต่ำ เกิดจากเปลือกโลกได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ไม่เท่ากัน (เพราะแกนโลกเอียง) ความแตกต่างระหว่างพื้นดินและพื้นน้ำ และผลจากการหมุนรอบตัวเองของโลก

เขตความกดอากาศสูง—ต่ำ มิได้เป็นแนวติดกันรอบโลก แต่เกิดเป็นหย่อม ๆ ลมจะพัดจากเขตความกดอากาศสูงไปสู่บริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ และจะพัดเฉตามแรงหนีศูนย์กลาง และอัตราความเร็วการหมุนรอบตัวเองของโลก โดยพัดเฉทางขวามือในซีกโลกเหนือ และพัดเฉทางซ้ายมือในซีกโลกใต้ เมื่อหันหน้าไปตามทิศทางลมที่พัด



ลมประจำปีในเขตละติจูดต่ำ ได้แก่ ลมสินค้าตะวันออกเฉียงเหนือ และลมสินค้าตะวันตกเฉียงใต้

ลมประจำปีในเขตละติจูดกลาง (อบอุ่น) ได้แก่ ลมตะวันตกเฉียงใต้ในซีกโลกเหนือ และลมตะวันออกเฉียงเหนือในซีกโลกใต้ ลมตะวันตกในซีกโลกใต้พัดรุนแรงจนเกิดเสียงครวญครางดังปีศาจ เพราะพัดผ่านพื้นน้ำเป็นส่วนใหญ่ ไม่ค่อยมีสิ่งกีดขวาง

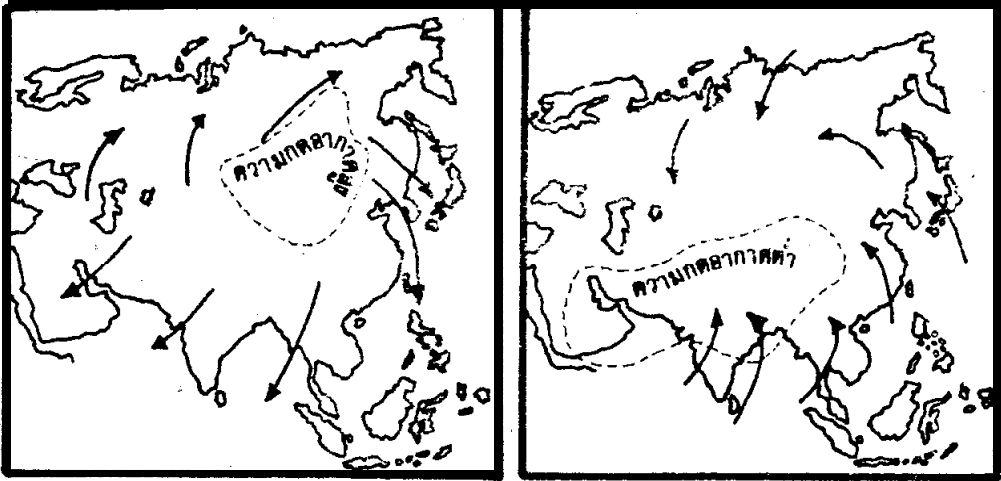
ลมประจำปีในเขตละติจูดสูง ได้แก่ ลมขั้วโลกตะวันออกเฉียงเหนือ และลมขั้วโลกตะวันตกเฉียงใต้

2. ลมประจำฤดู คือลมที่พัดเปลี่ยนทิศทางตามฤดูกาล ส่องแสงของดวงอาทิตย์ประมาณช่วงละ 5-6 เดือน ได้แก่ ลมมรสุมฤดูหนาว และลมมรสุมฤดูร้อน

ลมประจำฤดูจะพัดแรงในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เพราะตั้งอยู่ระหว่างทวีปเอเชีย และออสเตรเลีย ระหว่างมหาสมุทรอินเดีย และแปซิฟิก ปริมาณน้ำฝนจะได้รับมากในช่วงมรสุมฤดูร้อน

### ก. ลมมรสุมฤดูร้อน

สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดลมมรสุมฤดูร้อน คือ ความแตกต่างระหว่างพื้นดิน และพื้นน้ำ ในฤดูร้อนบนพื้นดินจะมีความกดอากาศต่ำ อุณหภูมิสูง เพราะได้รับแสงจากดวงอาทิตย์มากกว่าบริเวณอื่น ส่วนบริเวณมหาสมุทรด้านใต้อุณหภูมิจะต่ำกว่า มีความกดอากาศสูง จึงเกิดลมมรสุมพัดจากพื้นน้ำไปสู่แผ่นดินเป็นเวลานานติดต่อกัน 5-6 เดือน (พฤษภาคม-ตุลาคม)



การเกิดมรสุมฤดูหนาว

การเกิดมรสุมฤดูร้อน

### ข. ลมมรสุมฤดูหนาว

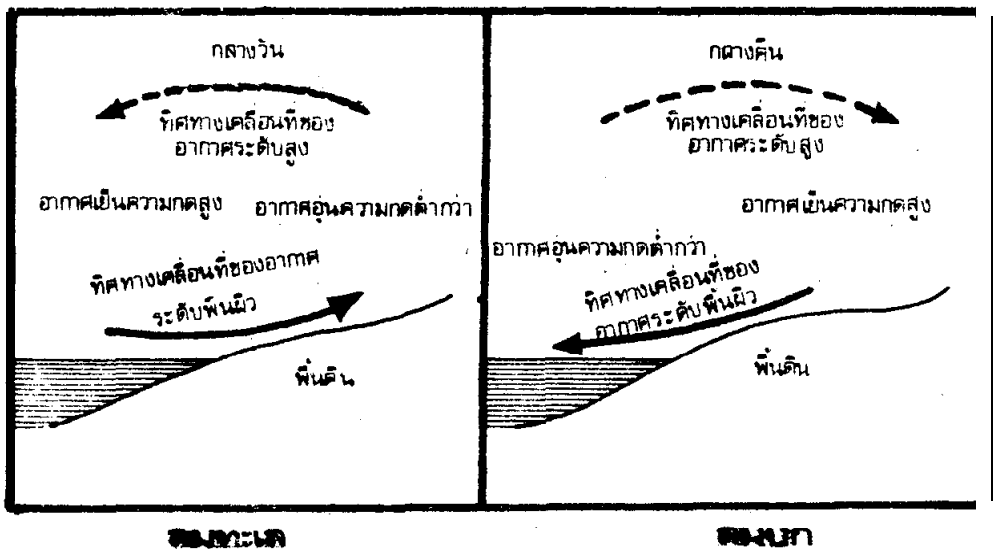
ลมมรสุมฤดูหนาวจะเกิดในเดือนตุลาคม-เมษายน ซึ่งเป็นช่วงที่แสงอาทิตย์ส่องตรงในซีกโลกใต้ ทำให้พื้นดินในซีกโลกเหนือมีอุณหภูมิต่ำเกิดความกดอากาศสูง เคลื่อนที่เข้าสู่บริเวณความกดอากาศต่ำ ในมหาสมุทรอินเดียและแปซิฟิก

ลมมรสุมนี้เดิมใช้เรียกลมที่พัดในทะเลอาหรับว่า มาซิม (Mausim) หมายถึง ฤดู ต่อมาใช้เรียกในบริเวณภาคใต้ทวีปเอเชีย ภาคตะวันออกทวีปแอฟริกา และภาคเหนือทวีปออสเตรเลีย ทิศทางของลมมรสุมจะพัดเฉไปตามกฎของเฟอร์เรลที่กล่าวมาแล้วคือ ในซีกโลกเหนือ ลมจะพัดเฉไปทางขวามือ ซีกโลกใต้พัดเฉไปทางซ้ายมือ โดยหันหน้าไปตามทิศทางลมที่พัด

3. ลมประจำเวลา คือลมที่พัดเป็นเวลาในบริเวณไม่กว้างขวางนัก เกิดจากความแตกต่างระหว่างพื้นดินกับพื้นน้ำ หรือลักษณะภูมิประเทศ รวมทั้งคุณสมบัติในการรับ-ถ่ายเทความร้อน ที่สำคัญได้แก่ ลมบก ลมทะเล ลมภูเขา และลมหุบเขา

ก. ลมบก เป็นลมที่พัดจากบก (แผ่นดิน) ไปสู่ทะเล ส่วนมากเป็นลมที่พัดชายฝั่ง เกิดในเวลากลางคืน เพราะเวลากลางคืนพื้นดินตอนในทวีปจะคายความร้อนเย็นตัวลงเร็วกว่าพื้นน้ำ ทำให้อุณหภูมิต่ำกว่าพื้นน้ำ จึงเกิดลมพัดจากบริเวณความกดอากาศสูงไปสู่บริเวณความกดอากาศต่ำ (ในทะเล) ลมนี้มีประโยชน์ต่อชาวประมงในการนำเรือออกจากฝั่งไปจับปลา

ข. ลมทะเล เป็นลมที่พัดจากทะเลมาสู่แผ่นดิน พัดในเวลากลางวัน เพราะในเวลากลางวันพื้นดินจะร้อนเร็วกว่าพื้นน้ำ ทำให้มีความกดอากาศแตกต่างกัน จึงเกิดลมพัดจากทะเลมาสู่แผ่นดินซึ่งมีความกดอากาศต่ำกว่า ลมนี้ช่วยให้อากาศชายฝั่งเย็นสบายขึ้น



ค. ลมภูเขา เป็นลมที่พัดจากภูเขาไปสู่หุบเขา เกิดในเวลากลางคืน เพราะหุบเขาคายความร้อน มีความกดอากาศต่ำ ส่วนยอดเขาอากาศเย็น มีความกดอากาศสูงกว่า จึงเคลื่อนมาสู่หุบเขา

ง. ลมหุบเขา เป็นลมที่พัดจากหุบเขาไปสู่ยอดเขา เกิดในเวลากลางวัน เพราะยอดเขาได้รับความร้อนเร็วกว่าหุบเขา ทำให้มีความกดอากาศต่ำกว่าหุบเขา ลมจึงพัดจากหุบเขาไปสู่ยอดเขา

ลมภูเขาและลมหุบเขามีอิทธิพลต่อภูมิอากาศในเขตภูเขาและน้ำตกใต้เขา

4. ลมประจำถิ่น คือลมที่พัดอยู่ในบริเวณใดบริเวณหนึ่งโดยเฉพาะ และเกิดขึ้นเป็นประจำ มีช่วงการเกิดยาวนานกว่าลมประจำเวลา เป็นผลมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิ



ในภูมิประเทศแบบต่าง ๆ ไม่เหมือนกัน ซึ่งก่อให้เกิดลมพัดขึ้น ชื่อของลมจะเรียกแตกต่างกันตามท้องถิ่น ส่วนใหญ่เป็นลมร้อน และลมเย็น

— ลมประจำถิ่นที่พัดจากยอดเขาสูงสู่ลาดเขาและหุบเขา จะเป็นลมร้อน และแห้ง เช่น ลมร้อนชินุก และเฟิน

— ลมประจำถิ่นที่พัดผ่านดินแดนที่ร้อนและแห้งแล้ง เช่น ทะเลทรายจะเป็นลมร้อน เช่น ลมร้อนสิร็อกโก และคิบลิ

— ลมประจำถิ่นที่พัดผ่านบริเวณที่หนาวเย็น จะเป็นลมเย็น หรือลมหนาว เช่น ลมมิสตรัล

ลมประจำถิ่นในทวีปต่าง ๆ มีดังนี้

*ทวีปอเมริกาเหนือ* ได้แก่ ลมร้อนชินุก ลมเหมโปรราลส์ ลมเย็นบิมเปโร ลมหนาวนอร์ค

*ทวีปยุโรป* ได้แก่ ลมหนาวบีส ลมหนาวโบรา ลมร้อนเฟิน ลมหนาวทรามอนูตانا ลมหนาวมิสตรัล

*ทวีปเอเชีย* ได้แก่ ลมว่าว ลมตะเกา ลมหนาวบูราน ลมเย็นสุมาตรา ลมร้อนโบโฮร็อค ลมร้อนคาราบูราน ลมร้อนร้อยยี่สิบวัน

*ทวีปแอฟริกา* ได้แก่ ลมร้อนสิร็อกโก ลมร้อนฮาริมัตตาน ลมร้อนกัมชิน ลมอุ่นเบอร์ก

*ทวีปออสเตรเลีย* ได้แก่ ลมร้อนบริกฟิลเดอร์ ลมหนาวเซาท์เธอร์รี่ เบิสเตอร์

5. ลมพายุ ลมพายุแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

ก. พายุฟ้าคะนอง (Thunder storm)

ข. พายุหมุน (Cyclonic storm)

ก. *พายุฟ้าคะนอง* คือพายุที่เกิดจากเมฆคิวมูโลนิมบัสก้อนใหญ่แล้วพัฒนาที่ก่อตัวขึ้นเป็นเมฆคิวมูโลนิมบัส (Cumulonimbus) ซึ่งเป็นเมฆที่ทำให้เกิดพายุฟ้าคะนองในบริเวณไม่กว้างขวางมากนัก และเกิดในช่วงระยะเวลาอันสั้น ส่วนใหญ่มักเกิดเหนือพื้นดินมากกว่าพื้นน้ำ และในขณะที่เกิดจะมีลมพัดแรงจัด ฟ้าแลบ ฟ้าร้อง ฟ้าผ่า ถ้ามีกระแสลมพัดขึ้นแรงจัดอาจมีลูกเห็บตกลงมาด้วย

ลักษณะการเกิดของพายุฟ้าคะนองมี 3 แบบ คือ

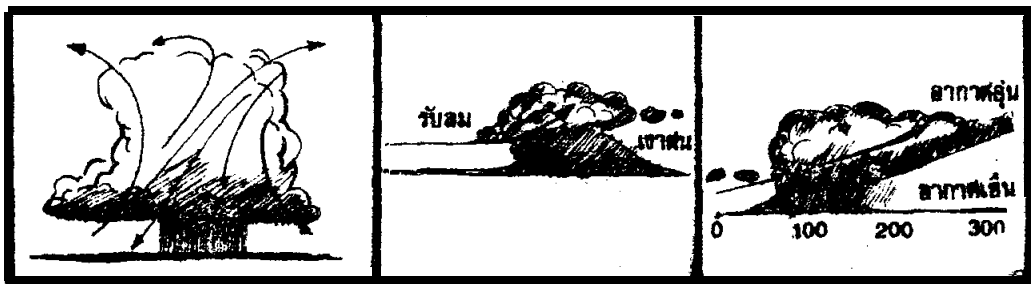
1. เกิดจากกระแสอากาศร้อนลอยตัวขึ้นสู่เบื้องบน หรือการพาความร้อน (Thermal Thunderstorm หรือ Convective) พายุฟ้าคะนองแบบนี้เกิดในเขตละติจูดต่ำและละติจูดกลาง ในเขตที่มีภูมิอากาศร้อน และเกิดในช่วงฤดูร้อนมากกว่าฤดูอื่น ๆ เมื่อมวลอากาศได้รับความร้อนจากพลังงานดวงอาทิตย์เพิ่มสูงขึ้น ทำให้ลอยตัวสูงขึ้น อุณหภูมิลดต่ำลงเรื่อย ๆ ทำให้อไอน้ำในอากาศเกิดการกลั่นตัวเป็นเมฆหนา เรียกว่า เมฆคิวมูลัส มีลักษณะคล้ายดอกกะหล่ำปลี ต่อมาพัฒนาขึ้นเป็นเมฆคิวมูโลนิมบัส เมื่อไอน้ำกลั่นตัวจะเกิดพลังความร้อนแฝง ทำให้อากาศดันตัวขึ้นไป ทุกครั้งที่เกิดการกลั่นตัวก็จะเกิดความร้อนแฝงช่วยดันตัวขึ้นไปอีก อันจะทำให้เกิดพายุแรงเพิ่มขึ้น ยอดเมฆแผ่ออกเป็นบริเวณกว้างคล้ายรูปทั่ง ส่วนที่ยื่นล้าไปทางใดมากพายุจะเคลื่อนไปทางทิศนั้น บริเวณฐานเมฆมีสีด้ามืดเป็นศูนย์กลางของฝนและพายุ ถ้าอุณหภูมิของก้อนเมฆยังสูงกว่าอุณหภูมิกายนอก ก้อนเมฆนั้นจะเพิ่มแรงดันสูงขึ้นไปเรื่อย ๆ เมื่ออุณหภูมิตอนกลางของก้อนเมฆลดต่ำลงถึงจุดเยือกแข็งจะแยกประจุไฟฟ้าลบไว้ต่างหาก ทำให้ประจุบวกและลบไม่สมดุลกัน ทำให้เกิดฟ้าแลบ ฟ้าร้อง และฟ้าผ่าได้

ฟ้าแลบ (Lightning) เกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าบวกและลบเข้าหากัน ทำให้เกิดประกายขึ้นเรียกว่า “ฟ้าแลบ”

ฟ้าร้อง (Thunder) เกิดจากการระเบิดของอากาศเมื่ออุณหภูมิตั้งขึ้น อันเป็นผลมาจากการเคลื่อนตัวของประจุไฟฟ้าบวกและลบเข้าหากัน

ฟ้าผ่า (Thunderbolt) เกิดจากประจุไฟฟ้าจากก้อนเมฆเคลื่อนลงสู่พื้นดิน อาจทำให้คนและสัตว์เสียชีวิต หรือทำให้เกิดไฟไหม้บ้านเรือน และป่าไม้ได้

ลูกเห็บ (Hail) เกิดจากกระแสอากาศร้อนพัดพาละอองฝนให้ลอยขึ้นสู่เบื้องบน จนถึงเขตที่มีอากาศเย็นจัด ก่อให้เกิดหิมะหรือเกิดก้อนน้ำแข็งทึบ เมื่อตกลงมาบนพื้นโลกยังไม่ละลายหมด เรียกว่า “ลูกเห็บ” บางแห่งมีขนาดโตเท่าฟองไข่ เรียกว่า “ลูกเห็บหิน” (hail)



ฝนฟ้าคะนอง

ฝนที่เกิดจากภูเขา

ฝนที่เกิดจากอากาศร้อนปะทะอากาศเย็น

ลักษณะฝนประเภทต่าง ๆ ในโลก

stone) โครงสร้างภายในเป็นน้ำแข็งหุ้มเป็นชั้น ๆ คล้ายหัวหอม มีสีขาวขุ่น ลูกเห็บที่เกิดจากพายุฟ้าคะนองนี้จะเกิดในเขตอบอุ่นมากกว่าในเขตร้อน เพราะเบื้องบนมีอุณหภูมิของอากาศเย็นกว่า

2. เกิดจากแนวปะทะของมวลอากาศ (Frontal Thunderstorm) เกิดจากมวลอากาศเย็นและมวลอากาศร้อนที่มีความชื้นมากเคลื่อนที่มาปะทะกัน โดยเฉพาะการเกิดแนวปะทะอากาศเย็นจะผลักดันให้มวลอากาศร้อนช้อนอยู่บน และเคลื่อนที่ยกตัวสูงขึ้นจนเกิดเมฆคิวมูโลนิมบัส และมีพายุฟ้าคะนองเกิดขึ้น พายุนี้เกิดได้ทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน เพราะไม่ได้เกิดจากการพาความร้อนของอากาศบนพื้นโลก

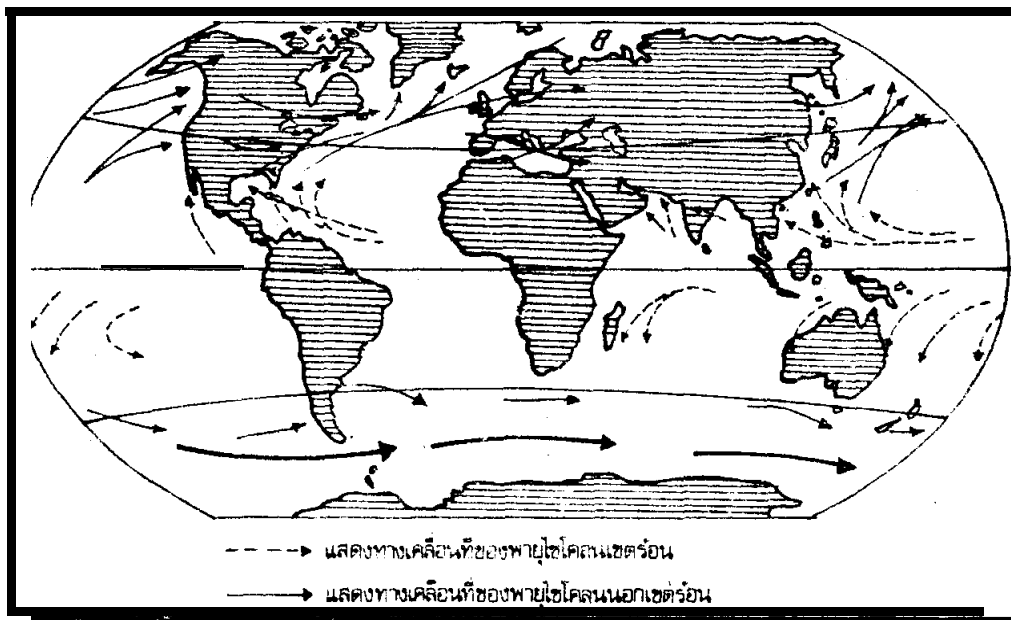
3. เกิดจากแนวปะทะบริเวณภูเขา (Orographic Thunderstorm) เกิดจากมวลอากาศร้อนที่มีความชื้นเคลื่อนตัวขึ้นไปตามลาดเขา จนเกิดอุณหภูมิลดลงกลั่นตัวเป็นเมฆก้อน และพายุฟ้าคะนอง ทำให้มีฝนตกหนักด้านรับลมหรือด้านหน้าของเทือกเขา พายุฟ้าคะนองแบบนี้มีลักษณะการเกิดคล้ายคลึงกับพายุที่เกิดจากการพาความร้อน

ข. พายุหมุน คือพายุที่พัดด้วยความเร็วลมแรงปานกลางจนถึงแรงจัด เป็นลมที่พัดหมุนเข้าสู่ศูนย์กลางความกดอากาศต่ำ ทำให้เกิดเมฆมากมีดกริมมีฝนตก ลมนี้จะพัดทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกเหนือ และพัดตามเข็มนาฬิกาในซีกโลกใต้ ส่วนแอนติไซโคลน (Anticyclone) หมายถึงสภาพศูนย์กลางความกดอากาศสูงเคลื่อนที่ออกจากศูนย์กลางไปสู่บริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ ถ้าเกิดบริเวณใดทำให้บริเวณนั้นท้องฟ้าโปร่ง ปราศจากเมฆ อากาศเย็นสบาย ลมนี้จะพัดตามเข็มนาฬิกาในซีกโลกเหนือ และพัดทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกใต้

พายุหมุน (Cyclone) แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ

1. พายุหมุนในเขตละติจูดกลางและละติจูดสูง (Middlelatitude หรือ Extratropical Cyclone) เกิดขึ้นในเขตละติจูด 35—65 องศาเหนือและใต้ เกิดสลับกับแอนติไซโคลน พายุหมุนนี้เกิดจากมวลอากาศเย็นจากขั้วโลกเคลื่อนตัวมาปะทะกับมวลอากาศอุ่นทางภาคใต้เป็นแนวปะทะอากาศขั้วโลก ในเขตนี้จะมีมวลอากาศที่มีความกดอากาศสูงเคลื่อนที่เข้ามาในเขตความกดอากาศต่ำด้วย พายุหมุนในเขตนี้จึงมี 2 แบบ คือ พายุหมุนเข้าทำให้อากาศเลว ท้องฟ้ามีดกริมมีฝนตก และพายุหมุนออกทำให้ท้องฟ้าโปร่ง อากาศหนาวเย็น อุณหภูมิต่ำ พายุหมุนที่เกิดในเขตนี้มีความเร็วขนาดดีเปรสชันเท่านั้น

เขตที่เกิดพายุไซโคลนได้แก่ ชายฝั่งมหาสมุทรแอตแลนติกของทวีปอเมริกาเหนือ เคลื่อนที่ไปทางตะวันออกเฉียงถึงชายฝั่งตะวันตกของทวีปยุโรป เขตเมดิเตอร์เรเนียน ชายฝั่งตะวันตกและตะวันออกเฉียงของมหาสมุทรแปซิฟิก ในซีกโลกใต้มีพายุหมุนเกิดรุนแรงกว่าในซีกโลกเหนือ เพราะมีพื้นน้ำแผ่เป็นบริเวณกว้างกว่า นอกจากนั้นยังมีพายุหมุนทางภาคใต้ของทวีปแอฟริกา และตอนใต้ของทวีปออสเตรเลียด้วย



2. พายุหมุน (ไซโคลน) ในเขตร้อน (Tropical Cyclone) เกิดในเขตมหาสมุทรระหว่างละติจูด 8–15 องศาเหนือและใต้ เป็นพายุที่หมุนเข้าสู่ศูนย์กลางความกดอากาศต่ำด้วยความเร็วสูง ต้นกำเนิดไม่ได้เกิดบริเวณศูนย์สูตรเพราะมีแรงหนีศูนย์กลางต่ำมาก ส่วนใหญ่เกิดเหนือพื้นน้ำในฤดูร้อนหรือต้นฤดูใบไม้ร่วง ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่า 27.8 องศาเซลเซียส (82° ฟ)

บริเวณสำคัญที่ทำให้เกิดพายุหมุนในเขตร้อนได้แก่

- ทะเลจีนใต้ และทะเลจีนตะวันออก
- หมู่เกาะฟิลิปปิน ใต้หวัน และญี่ปุ่น
- หมู่เกาะอินเดียตะวันตก ทะเลแคริบเบียน และอ่าวเม็กซิโก
- หมู่เกาะมาดากัสการ์ และทะเลอาหรับ
- หมู่เกาะฟีจี ซามัว และชายฝั่งตะวันออกของทวีปออสเตรเลีย

พายุหมุนนี้เกิดรุนแรงในเดือนสิงหาคม และต้นเดือนกันยายน (ประมาณร้อยละ 60 ของจำนวนที่เกิดทั้งหมด) ร่องลงไปได้แก่ปลายเดือนกันยายน เดือนตุลาคม (ร้อยละ 25) ส่วนเดือนมิถุนายน–กรกฎาคมเกิดน้อย (ร้อยละ 15)

พายุหมุนแบ่งการเรียกชื่อตามอัตราความเร็ว 3 ชนิดคือ

- พายุดีเปรสชัน มีความเร็วของลมที่พัดเข้าสู่ศูนย์กลางไม่เกิน 61 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (33 นอต)

– พายุไซร่อน มีความเร็วของลมที่พัดเข้าสู่ศูนย์กลาง 62–117 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (34–63 น็อต)

– พายุไต้ฝุ่น เฮอริเคน (สลาตัน) ไชโคลน บาเกียว มีความเร็วมากกว่า 118 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (64 น็อตขึ้นไป)

พายุหมุนที่เกิดในมหาสมุทรต่าง ๆ มีชื่อเรียกเฉพาะแตกต่างกันไป เช่น พายุเฮอริเคน หรือสลาตัน ใช้เรียกพายุหมุนที่เกิดในเขตหมู่เกาะอินเดียตะวันตก พายุไซโคลนในเขตมหาสมุทรอินเดีย พายุไต้ฝุ่นในเขตทะเลจีนใต้ และพายุบาเกียวในหมู่เกาะฟิลิปปิน

นอกจากนี้อุตุนิยมวิทยาโลกยังกำหนดชื่อพายุไว้ 4 ชุด สำหรับเรียกชื่อพายุไซร่อนในเขตมหาสมุทรแปซิฟิกโดยเรียงลำดับจาก A-Z ฉะนั้นทุกชุดจะมีชื่อพายุเรียกตามลำดับเมื่อหมดชุดที่ 1 ก็ขึ้นชุดที่ 2, 3 และ 4 แล้วจึงเริ่มชุดที่ 1 ใหม่ การกำหนดชื่อนี้หลาย ๆ ปี จะปรับปรุงเปลี่ยนแปลงใหม่บ้างตามความเหมาะสม เช่น แอเรียต เอลซี ฟรอสซี เฮเลน เบตตี ซูซาน ฯลฯ

พายุหมุนในเขตร้อนเกิดขึ้นในบริเวณกว้าง มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 150–500 กิโลเมตร ลักษณะทั่วไปจะมีฝนและลมพัดรุนแรงในบริเวณศูนย์กลาง ฝนจะตกด้านหน้ามากกว่าด้านหลังของศูนย์กลางประมาณ 5–8 กิโลเมตร เป็นเขตลมสงบ

3. พายุทอร์นาโด (Tornadoes) เป็นพายุหมุนที่มีความรุนแรงและร้ายแรงที่สุด แต่เกิดในบริเวณแคบ ๆ โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 100–500 เมตรเท่านั้น แต่ความเร็วของลมอาจถึง 800 กิโลเมตร (500 ไมล์) ต่อชั่วโมง พายุนี้เคลื่อนที่ไปได้ช้ามากประมาณ 32–80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พายุทอร์นาโดนี้เกิดได้ทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น

พายุทอร์นาโดเกิดมากในภาคกลางและภาคใต้ของสหรัฐอเมริกา พายุนี้ไม่เกิดในเขตภูเขาหรือป่าไม้ ส่วนใหญ่เกิดในฤดูใบไม้ผลิและฤดูร้อน

ลักษณะที่แปลกของพายุทอร์นาโด คือ เมฆมีลักษณะเป็นลำสีดำคล้ายปล่องหรือวงช้าง หมุนเป็นเกลียวขึ้นจากเมฆคิวมูโลนิมบัสลงมาถึงพื้นดิน เกิดจากลมที่พัดแรงจัดมาก

พายุทอร์นาโดเกิดจากมวลอากาศเย็นและแห้งเคลื่อนที่มาพบกับมวลอากาศร้อนและชื้น ทำให้อากาศร้อนลอยตัวถูกมวลอากาศเย็นซ้อนอยู่เบื้องล่าง และเคลื่อนที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดเมฆหนาที่บอบอยู่เหนือปล่อง ใจกลางของปล่องมีลักษณะเป็นสูญญากาศและเป็นตัวทำลายสิ่งกีดขวางให้พังพินาศเสียหายได้อย่างรวดเร็ว

พายุทอร์นาโดนี้ถ้าเกิดในพื้นที่ หรือทะเลมหาสมุทร จะทำให้น้ำถูกดูดเป็นลำพุ่งสูงขึ้นเหนือผิวน้ำประมาณ 3–4 เมตร เรียกว่า “น้ำถล่มน้ำ” (Waterspout)

ในประเทศไทยมีพายุลักษณะคล้ายทอร์นาโดเกิดขึ้นในฤดูร้อน แต่ความเร็วลมน้อยกว่ามาก เมื่อพัดผ่านบริเวณใดจะทำให้บ้านเรือนและต้นไม้เสียหายได้

## การพยากรณ์อากาศ

การพยากรณ์อากาศมีคุณค่าสำคัญต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์ในโลกอย่างมหาศาล  
เช่น

- การบินภายในและภายนอกประเทศ
- การเดินเรือในทะเลมหาสมุทร
- การเกษตรกรรมและการทำสวนผลไม้
- การประมง
- การสงคราม
- การคมนาคมขนส่ง

กรมอุตุนิยมวิทยาที่มีหน้าที่ตรวจและรายงานอากาศโดยตรง ต้องอาศัยความร่วมมือจากสถานีตรวจอากาศของประเทศต่าง ๆ รวมทั้งยามฝั่ง เครื่องบิน เรือกลางทะเลมหาสมุทร บอลลูน ฯลฯ

การตรวจอากาศต้องอาศัยข้อมูลจากอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม จำนวนเมฆ ปริมาณน้ำฝน และปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในบรรยากาศ

## คำถามและกิจกรรมเสนอแนะ

### ก. คำถาม

1. บรรยากาศบนพื้นโลกมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ พืชและสัตว์อย่างไร อธิบาย
2. บรรยากาศคืออะไร จำแนกได้เป็นกี่ชั้น ชั้นใดเกี่ยวข้องกับมนุษย์มากที่สุด ให้เหตุผลประกอบด้วย
3. องค์ประกอบสำคัญอะไรบ้างที่ช่วยควบคุมสภาพอากาศและภูมิอากาศบนพื้นโลก อธิบาย
4. จงอธิบายความหมายของเรื่องต่อไปนี้โดยสรุป
 

– บาร์โรมิเตอร์	– แอนนิโมมิเตอร์
– ไฮโกรมิเตอร์	– ความกดเสมอภาค
– อุณหภูมิมิเตอร์	– ไอโซไฮท์
– กระแสอากาศ	– ลม
5. ลมบนพื้นผิวโลกเกิดขึ้นได้อย่างไร แบ่งเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง
6. ลมประจำปีเกิดขึ้นได้อย่างไร แบ่งเป็นกี่เขต ให้เขียนแผนภูมิแสดงเขตความกดอากาศ และลมประจำปีบนพื้นโลกมาพร้อมกับชื่อลมประจำปีด้วย
7. ลมประจำถิ่น แตกต่างกับลมประจำฤดูอย่างไร อธิบาย
8. ลมประจำเวลาเกิดขึ้นได้อย่างไร อธิบาย
9. ลมพายุเกิดขึ้นได้อย่างไร จำแนกได้ที่ชนิด ยกตัวอย่างการเกิดพายุฟ้าคะนองในเขตร้อนมาพอเข้าใจ
10. พายุฟ้าคะนองเกิดได้ที่แบบ อะไรบ้าง ยกตัวอย่างมา 2 แบบ
11. พายุหมุนคืออะไร แบ่งออกเป็นกี่ชนิด ยกตัวอย่างพายุหมุนในเขตร้อนมาพอเข้าใจ
12. พายุหมุนไต้ฝุ่น มีความแตกต่างกับพายุไซนร้อนและทอร์นาโดอย่างไร อธิบาย

## ข. กิจกรรมเสนอแนะ

1. ให้นักเรียนจัดกิจกรรมดังต่อไปนี้
  - ให้แบ่งกลุ่มนักเรียนเลือกเขียนรายงานจากหัวข้อเรื่องต่อไปนี้
    - ก. บรรยากาศที่ห่อหุ้มโลก
    - ข. ชั้นของบรรยากาศ
    - ค. องค์ประกอบของลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศ
    - ง. ความชื้น เมฆ และหมอก
    - จ. หยาดน้ำฟ้า
    - ฉ. ลมและการหมุนเวียนของลมบนพื้นโลก
  - ให้แบ่งกลุ่มนักเรียนร่วมกันจัดภาพปรากฏการณ์ต่าง ๆ เกี่ยวกับบรรยากาศบนพื้นโลก
  - ให้นักเรียนส่งตัวแทนออกมารายงาน และอภิปรายร่วมกันตามหัวข้อที่ได้รับมอบหมาย
2. แบ่งกลุ่มให้นักเรียนจดสถิติลมฟ้าอากาศประจำวันของท้องถิ่นที่จะปฏิบัติได้ เช่น
  - วันที่กอุณหภูมิสูงสุดต่ำสุดประจำวัน
  - วันที่ความกดดันของบรรยากาศ เวลาเช้า กลางวัน และตอนเย็น
  - วันที่ปริมาณน้ำฝน และความชื้นจากเครื่องมือ
  - วันที่ลักษณะเมฆ หมอก ประจำวัน ฯลฯ
3. ร่วมกันจัดทำป้ายนิเทศแสดงมาตราส่วนความเร็วลมของโบฟอร์ต
4. เชิญวิทยากรจากกรมอุตุนิยมวิทยา กรมอุทกศาสตร์ ฯลฯ มาบรรยายให้นักเรียนฟังเป็นพิเศษ
5. จัดทัศนศึกษาออกสถานที่ เพื่อเพิ่มประสบการณ์ เช่น
  - ไปศึกษาและดูการปฏิบัติงานของกรมอุตุนิยมวิทยา
  - ไปพักผ่อนในเขตภูเขาและชายทะเล เพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิของภูมิอากาศในภูมิภาคต่าง ๆ หรือในเขตที่มีลักษณะภูมิประเทศแตกต่างกัน