

บทที่ 3 อุตุนิยมวิทยาทั่วไป

วัตถุประสงค์

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้และความเข้าใจรวมทั้งสามารถตอบคำถามหรืออธิบายสิ่งต่อไปนี้ได้

1. อธิบายความสำคัญของอุตุนิยมวิทยาได้
2. อธิบายความหมายและคุณสมบัติของบรรยากาศได้
3. อธิบายความสำคัญของการระเหยและการกลั่นตัวได้
4. บอกความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความกดอากาศ และลมได้
5. อธิบายการเกิดเมฆและฝนได้
6. อธิบายการตรวจอากาศโดยทั่วไปได้

สาระสำคัญ

1. อุตุนิยมวิทยา

อุตุนิยมวิทยา (Meteorology) เป็นวิชาที่ว่าด้วยบรรยากาศและปรากฏการณ์ในท้องฟ้า ซึ่งเรียกโดยทั่วไปว่า "ลมฟ้าอากาศ" (Weather) อุตุนิยมวิทยาได้นำหลักการของวิชาฟิสิกส์และวิชาภูมิศาสตร์มาประกอบกัน โดยนำหลักการทางฟิสิกส์มาใช้กับอากาศ ส่วนวิชาภูมิศาสตร์นั้นได้พิจารณาถึงความเคลื่อนไหวของอากาศที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะทางภูมิศาสตร์ต่าง ๆ ของโลก เช่น

ลักษณะพื้นที่ ความสูง ละติจูด เป็นต้น โดยทั่วไปการศึกษาในเรื่องคุณสมบัติของ อากาศใช้หลักการในทางฟิสิกส์ ส่วนการให้คำอธิบายในเรื่องสภาพแวดล้อมและเหตุผล ต่าง ๆ ใช้หลักการของวิชาภูมิศาสตร์เป็นหลัก ลมฟ้าอากาศมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและเปลี่ยนแปลงได้หลายแบบหลายชนิด การเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศ สังเกตได้ยากกว่าการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติชนิดอื่น ๆ ลมฟ้าอากาศเป็นสิ่งที่สำคัญ ในการดำรงชีวิตของมนุษย์หรืออาจจะถือได้ว่า ลมฟ้าอากาศเป็นสิ่งแวดล้อมอันดับแรก ของมนุษย์ในการเลือกถิ่นที่อยู่ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าวิทยาการในสาขาอุตุนิยมวิทยาได้ ก้าวหน้าไปมากแล้วแต่การพยากรณ์อากาศยังเป็นที่ต้องพัฒนาต่อไป เนื่องจากความ แปรปรวนของลมฟ้าอากาศซึ่งมีปัจจัยเกี่ยวข้องอยู่มากมายจนยากในการพยากรณ์ล่วงหน้าเป็นระยะเวลานาน

การศึกษานอุตุนิยมวิทยานั้นจำเป็นต้องศึกษาสาระประกอบของลมฟ้าอากาศ โดยใช้การสังเกต การตรวจวัดและการบันทึกข้อมูลปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในสมัยโบราณ การศึกษาเหล่านี้เป็นเพียงการบันทึกเรื่องราวที่น่าสนใจเท่านั้น มิได้นำมาเป็นเหตุและ ผลซึ่งกันและกัน เพื่อเป็นการเปรียบเทียบปรากฏการณ์ต่าง ๆ อย่างเป็นระเบียบและ ต่อเนื่อง ภายหลังจากได้มีการประดิษฐ์เครื่องมือตรวจวัดสาระประกอบของลมฟ้าอากาศ ที่มีประสิทธิภาพ เช่น เทอร์โมมิเตอร์ บาโรมิเตอร์ เครื่องวัดน้ำฝน เป็นต้น ระบบ การตรวจอากาศก็เริ่มขึ้นอย่างกว้างขวางและต่อเนื่อง การตรวจด้วยเครื่องมือที่มีความ ถูกต้องแน่นอนตามมาตรฐานเพื่อการบันทึกสาระประกอบลมฟ้าอากาศหรือเรียกอีกอย่าง หนึ่งว่า สาระประกอบอุตุนิยมวิทยาจะสามารถตรวจสอบและใช้เปรียบเทียบกันได้ทุกสถาน ที่ตรวจอากาศทั่วโลก สาระประกอบอุตุนิยมวิทยาเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องตรวจอากาศจะต้อง ตรวจให้ละเอียดถูกต้อง เพื่อในการพยากรณ์อากาศจะได้รู้ว่า มีอะไรเกิดขึ้นและอากาศ จะเปลี่ยนแปลงอย่างไร ในเวลาและสถานที่ที่ต้องการ สิ่งสำคัญเหล่านี้ประกอบด้วย อุณหภูมิของอากาศ ความกดบรรยากาศ ทิศทางและความเร็วลม ความชื้นของอากาศ

จำนวนเมฆในท้องฟ้า จำนวนน้ำฟ้า และทัศนวิสัย ซึ่งโดยทั่วไปค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการวัดจะใช้เป็นค่าเฉลี่ยที่โดยมาตรฐานแล้วค่าเฉลี่ยที่เป็นค่าปกติควรจะมีการตรวจวัดไว้เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 10 ปี ยิ่งนานเท่าไรยิ่งดี สาเหตุเนื่องจากความแปรปรวนของอากาศในแต่ละปีมีมาก ทั้งนี้ เนื่องจากลมฟ้าอากาศ หมายถึง สภาพของบรรยากาศในขณะใดขณะหนึ่ง แต่อากาศประจำถิ่น (Climate) หมายถึง สภาพลมฟ้าอากาศหลาย ๆ ปีมารวมกัน

2. บรรยากาศ

บรรยากาศ (Atmosphere) เป็นสิ่งที่มนุษย์ได้ศึกษาและให้ความสนใจตลอดมา เนื่องจากมนุษย์ได้เคยรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงและแปรปรวนของสภาพอากาศ ไม่ว่าจะเป็นพายุที่รุนแรง กระแสลมอ่อนที่พัดอยู่ไปมา น้ำฝนที่ตกลงมาอย่างรุนแรงและยาวนานจนเกิดอุทกภัย ตลอดจนแสงแดดที่แผดกล้าเหนือแผ่นดินที่แห้งแล้ง สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้เป็นตัวอย่างความแตกต่างของสภาพอากาศที่แตกต่างกันในส่วนต่าง ๆ ของโลก สิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งที่เกิดจากสภาพของบรรยากาศทั้งสิ้น บรรยากาศเป็นกาซที่ห่อหุ้มปกคลุมโลกอยู่โดยรอบ แบ่งออกเป็นชั้น ๆ มีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไปบ้างในแต่ละชั้น ขณะที่โลกหมุนบรรยากาศก็จะหมุนตามไปด้วย ประโยชน์ของบรรยากาศมีอยู่มากมายนับตั้งแต่การหายใจของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ฝนที่ตกลงมาก็ถูกพัดพามาโดยบรรยากาศ นอกจากนั้น บรรยากาศยังเป็นพลังงานต้นกำเนิด เช่น พลังงานลม ช่วยในการจุกระเปิด เป็นต้น

2.1 ขอบเขตของบรรยากาศ

ขอบเขตของบรรยากาศจะมีอยู่ตั้งแต่พื้นดินจนสูงขึ้นไปหลายร้อยกิโลเมตร ขอบเขตชั้นบนสุดกำหนดจุดสิ้นสุดในบริเวณที่มีอากาศน้อยที่สุด แม้ว่าอากาศจะมีน้ำหนักเบา

มากแต่ก็ยังมียานบินมหาศาลของอากาศกดทับลงมาทั่วผิวพื้นโลกอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากความกดอากาศ อากาศจะมีความกดหรือความหนาแน่นมากที่ใกล้ผิวพื้นโลกมากกว่าที่ระดับสูง ๆ ขึ้นไป โดยทั่วไปอากาศจะมีอยู่เป็นปริมาณมากในระดับความสูง 15,000 ฟุตหรือประมาณ 5 กิโลเมตรจากพื้นผิวโลก ถ้าสูงไปกว่านั้นปริมาณออกซิเจนจะไม่พอเพียงในการหายใจ การเดินทางในระดับสูงกว่านี้ต้องใช้ใช้ออกซิเจนช่วยในการหายใจ โดยธรรมชาติแล้วลมฟ้าอากาศต่าง ๆ เช่น พายุ ฝน ลมประจำ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความกดอากาศ ฯลฯ เป็นต้น จะปรากฏอยู่ในชั้นบรรยากาศระดับต่ำ ๆ เป็นส่วนใหญ่ การตรวจพบเมฆที่ระดับความสูงไม่เกิน 9.1 กิโลเมตร เป็นเรื่องปกติ แต่จะตรวจพบเมฆน้อยมากที่ระดับความสูง 12.2 กิโลเมตร เว้นแต่เมื่อมีพายุฝนฟ้าคะนอง ซึ่งอาจมีเมฆก่อตัวในทางดิ่งสูงถึง 25 กิโลเมตรก็ได้ ดังนั้น การศึกษาชั้นของบรรยากาศจึงจำกัดอยู่เพียงความสูงในระดับประมาณ 24 กิโลเมตรจากพื้นดินเป็นส่วนใหญ่

2.2 ส่วนผสมของบรรยากาศ

ส่วนผสมของบรรยากาศประกอบด้วยก๊าซ ไอน้ำ และผงฝุ่นเป็นหลักใน ส่วนที่เป็นก๊าซนั้นจะเป็นก๊าซที่คงตัวในสภาวะธรรมชาติมาผสมกันในสัดส่วนที่ค่อนข้างคงที่ ก๊าซที่คงตัว (Permanent gases) เหล่านี้มีสัดส่วนของก๊าซหลักที่สำคัญอยู่ 2 ชนิด คือ ก๊าซไนโตรเจนและก๊าซออกซิเจน ซึ่งมีอยู่ถึงร้อยละ 99 ของปริมาตร ก๊าซไนโตรเจนมีอยู่ประมาณร้อยละ 78 และก๊าซออกซิเจนมีอยู่ประมาณร้อยละ 21 ของปริมาตรทั้งหมดของอากาศแห้งที่เหลืออีกประมาณร้อยละ 1 เป็นก๊าซอื่น ๆ เช่น อาร์กอน, คาร์บอนไดออกไซด์, นีออน, ฮีเลียม, คริปทอน, ไฮโดรเจน, ซีนอน, โอโซน, เรดอน และอื่น ๆ อัตราส่วนผสมของก๊าซที่คงตัวเหล่านี้ค่อนข้างจะคงที่ตลอดทั่วทั้งผิวโลกไปจนถึงชั้นไปหลายหลายกิโลเมตร ดังนั้น อากาศที่หายใจในสภาพปกติจึงเหมือน ๆ กันไม่ว่าจะอยู่ ณ ที่ใด ๆ บนโลก

ไอน้ำนั้นได้มาจากการระเหยของน้ำจากผิวพื้นโลกทั้งที่เป็นผิวน้ำและพื้นดิน นอกจากนั้นไอน้ำได้เข้ามาอยู่ในบรรยากาศได้จากการคายน้ำของสิ่งที่มีชีวิตต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืช อัตราส่วนผสมของไอน้ำในบรรยากาศมีความแตกต่างกันอย่างมาก ไม่ค่อนข้างคงตัวเหมือนกับส่วนผสมของก๊าซ ไอน้ำจะมีปริมาณเป็นอัตราส่วนเล็กน้อยในบริเวณที่แห้งแล้ง เขตทะเลทรายและที่บริเวณขั้วโลก จนมีมากถึงประมาณร้อยละ 4 , โดยปริมาตรในอากาศที่ร้อนและอุ่นในย่านโซนร้อนชุ่มชื้น น้ำจะแฝงอยู่ในอากาศในสภาพที่เป็นก๊าซได้ในทุกอุณหภูมิ แต่จะมีอยู่น้อยในอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำและจะมีไอน้ำแฝงอยู่มากในอากาศที่มีอุณหภูมิสูง ไอน้ำมีบทบาทสำคัญในกระบวนการทางฟิสิกส์ของอากาศ ไอน้ำจะมีผลโดยตรงต่ออุณหภูมิ ความชื้นและปริมาณฝน นอกจากนั้น ในบรรยากาศยังมีละอองขึ้นส่วนเล็ก ๆ จำนวนมากมายเรียกว่า ผงฝุ่น (Dust) มีทั้งขึ้นส่วนสารอินทรีย์ สารอินทรีย์ เช่น กรวด ทราย เกลือ ดิน เมล็ดพืช เชื้อโรค และอื่น ๆ เป็นต้น ผงฝุ่นเหล่านี้มีอยู่มากมายในบรรยากาศคำ ๆ หรืออาจจะถูกลมพัดพาไปสูงหลาย ๆ กิโลเมตรก็ได้ อิทธิพลของผงฝุ่นเหล่านี้คือ เป็นแกนที่ทำให้ไอน้ำเริ่มกลั่นตัว เป็นตัวกักความชื้นในอากาศและเป็นตัวกักความร้อนจากแสงอาทิตย์ เมื่อมีปริมาณผงฝุ่นมากผิดปกติจะทำให้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของอากาศลดลง ผงฝุ่นมีบทบาททำให้เกิดแสงสีของดวงอาทิตย์ โดยทั่วไปปริมาณของผงฝุ่นในบริเวณพื้นที่ป่าไม้ ทะเล มหาสมุทร จะมีน้อยกว่าบริเวณที่เป็นเมืองและเขตอุตสาหกรรม

2.3 คุณสมบัติของบรรยากาศ

คุณสมบัติของบรรยากาศในที่นี้ หมายถึง คุณลักษณะของอากาศและส่วนประกอบที่เป็นส่วนช่วยให้เป็นสภาวะประกอบอุตุนิยมิวิทยา ในเมื่อบรรยากาศเป็นส่วนผสมของก๊าซ จึงมีคุณสมบัติทั่วไปตามกฎของก๊าซคือ เคลื่อนที่ได้อัดตัวได้และขยายตัวได้ ก๊าซมีขนาดและรูปร่างไม่จำกัดและไม่สามารถดวงอากาศเพียงครึ่งหนึ่งของ

ภาวะนี้ได้ คุณสมบัติของก๊าซจะขยายตัวหรือเปลี่ยนปริมาตรจนเต็มภาชนะตามทฤษฎี
โมเลกุล ก๊าซเกิดจากอนุภาคเล็ก ๆ มารวมกันในสภาพปกติที่มีการเคลื่อนไหว การ
ชนกันของอนุภาคจะเห็นได้จากค่าความกดและอุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลง อากาศ
เมื่อถูกกดจะมีปริมาตรลดลงและความหนาแน่นจะเพิ่มขึ้น อากาศจะขยายตัวออกเมื่อ
ความกดลดลง หรืออีกนัยหนึ่ง ความหนาแน่นจะลดลงเมื่อความกดลดลงในเมื่อความ
กดเท่ากันแต่อุณหภูมิสูงขึ้นก๊าซจะขยายตัวออก ในทางกลับกัน เมื่อความกดเท่ากันแต่
อุณหภูมิลดลงก๊าซจะหดตัวลงและความหนาแน่นจะเพิ่มขึ้น กฎของก๊าซนี้ใช้ได้กับก๊าซที่
คงตัวทุกชนิดยกเว้นไอน้ำ อากาศอยู่บนโลกได้เนื่องจากน้ำหนักกดทับหรือความกดที่
เรียกโดยทั่วไปว่า "ความกดอากาศ" (Atmospheric pressure) ความกด
อากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลางมีประมาณ 14.7 ปอนด์/ตารางนิ้ว หรือประมาณ
1 ตัน/ตารางฟุต เมื่อขึ้นไปสูง ๆ ความกดอากาศจะลดลงเรื่อย ๆ ความกดอากาศนี้
จะเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาพลมฟ้าอากาศ การวัดความกดซึ่งหมายถึงแรงที่กระทำต่อ
หนึ่งหน่วยพื้นที่ของอากาศมีอยู่หลายหน่วย เช่น ที่ระดับน้ำทะเลปานกลางมีค่า 1,013.6
มิลลิบาร์ หรือ 760 มิลลิเมตรปรอท (29.92 นิ้วปรอท) เป็นต้น ค่าความกดเปลี่ยน
(Barometric tendency) เป็นความกดที่เปลี่ยนไปในช่วงระยะเวลาหนึ่งตาม
ปกติจะวัดทุกกระยะ 3 ชั่วโมงหรือทุกกระยะ 24 ชั่วโมง ค่าของความกดเปลี่ยนมีความ
จำเป็นมากในการพยากรณ์อากาศ ค่าความกดอากาศจะเปลี่ยนแปลงมากที่สุดที่ใกล้ผิวพื้น
ซึ่งมีอากาศหนาแน่นมาก ต่อ ๆ ไปค่าความกดจะเปลี่ยนช้าลงตามลำดับ เพราะอากาศ
จะบางลงเมื่อมีความสูงเพิ่มมากขึ้น ประมาณว่าในระยะเริ่มต้นค่าของความกดอากาศ
จะลดลงประมาณ 1/30 ของค่าความกดอากาศเดิมทุก ๆ ระยะที่สูงขึ้นไป 900 ฟุต
หรือประมาณ 275 เมตร แต่ค่าความแน่นของอากาศขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสิ่งอื่น ๆ
เช่น จำนวนไอน้ำและค่าความโน้มถ่วงของโลก การจะเปรียบเทียบค่าความกดอากาศ
ทั่วโลกจึงต้องกำหนดค่าความกดอากาศที่ระดับเดียวกัน โดยทั่วไปสำหรับแผนที่อากาศ

ผิวพื้นจะกำหนดค่าความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง เมื่อสถานีตรวจอากาศต่าง ๆ ทั่วโลกตรวจวัดค่าความกดอากาศที่สถานีที่มีระดับสูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลางแล้ว จะต้องบวกอากาศสมมุติจากสถานีถึงระดับน้ำทะเลปานกลางด้วย อากาศสมมุติขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความแน่นและความชื้น การหาค่าดังกล่าวเรียกว่า เป็นการหักค่าความกดกลางหาระดับน้ำทะเลปานกลาง (Reduction to mean sea levels) ค่าที่ได้รับเป็นค่าโดยประมาณ สถานีที่ยิ่งสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางมากเท่าไรอัตราผิดพลาดก็ยิ่งมีมากขึ้นเท่านั้น

ลักษณะความกดอากาศเปลี่ยนแปลงประจำวันจะมีค่าสูงสุดสองครั้ง ประมาณเวลา 10.00 น. และ 22.00 น. ค่าต่ำสุดประมาณเวลา 04.00 น. และเวลา 16.00 น. ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงได้บ้างตามฤดูกาล ค่าความเปลี่ยนแปลงประจำวันจะมีมากที่สุดบริเวณเส้นศูนย์สูตร คือ ประมาณ 0.1 นิ้ว หรือประมาณ 3 มิลลิบาร์ ค่าความกดอากาศจะค่อย ๆ ลดลงเป็นลำดับไปทางขั้วโลก เหตุผลของการเปลี่ยนแปลงนี้ยังเป็นที่น่าสนใจอยู่ อาจเป็นอิทธิพลของกระแสคลื่นของบรรยากาศคล้าย ๆ กับน้ำขึ้นน้ำลงซึ่งเคลื่อนไปรอบโลกประมาณ 2 ชั่วโมงก่อนดวงอาทิตย์จะขึ้น

3. การเปลี่ยนอุณหภูมิตามอัตราแอดิแบติก

การเปลี่ยนอุณหภูมิตามอัตราแอดิแบติก (Adiabatic temperature changes) เมื่ออากาศร้อนจะลอยตัวสูงขึ้นความกดอากาศจะลดลงและอากาศจะขยายตัวออกตามกฎของกาซ การขยายตัวออกทำให้เกิดพลังงานในความหมายทางฟิสิกส์ พลังงานที่ขยายตัวคือ พลังงานความร้อนที่ทำ

ให้อากาศเย็นตัวลงลักษณะเหมือนกับเมื่อสูบจักรยานหรือเติมลมอากาศในระบบอกสูบจะร้อนขึ้นเพราะแรงอัด แต่เมื่ออากาศถูกปล่อยออกมาจากท่อที่มีแรงอัดในตอนกลางวันที่มีอากาศร้อนจะรู้สึกว่อากาศที่ถูกปล่อยออกมาจะเย็น อากาศที่ลอยตัวสูงขึ้นจะไปลดอุณหภูมิลงขณะที่มันขยายตัวเมื่อความกดอากาศลดลง ในทางกลับกันอากาศที่จมตัวลงจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยถูกแรงอัดในขณะที่ลงมาสู่บริเวณที่มีความกดสูงกว่า อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปนี้ไม่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อนหรือการแผ่รังสี แต่เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากความกดตันของอากาศเท่านั้น การเปลี่ยนแปลงเช่นนี้เรียกว่า การเปลี่ยนแปลงโดยไม่มีถ่ายเทความร้อนหรือการเปลี่ยนแปลงแอดิเบติก การร้อนขึ้นและเย็นลงของอากาศเนื่องจากการขยายตัวและหดตัวในลักษณะเช่นนี้เป็นไปอย่างมีระเบียบด้วยอัตราประมาณ 5.5°F ต่อ $1,000$ ฟุต หรือประมาณ 1°C ต่อ 100 เมตร เมื่อเป็นอากาศแห้งลอยตัวขึ้น อัตราการร้อนขึ้นจากการจมตัวลงก็มีอัตราเช่นเดียวกัน อัตรานี้เรียกว่า Adiabatic rate ส่วนอากาศแห้งที่ลอยตัวขึ้นจะลดอุณหภูมิลงตามอัตรา Adiabatic rate จนทำให้เกิดการอึมตัวและกลั่นตัวของไอน้ำ ระดับไอน้ำที่เริ่มกลั่นตัวเรียกว่า จุดกลั่นตัวหรือจุดน้ำค้าง (Dew point) เมื่อถึงระดับที่ไอน้ำเริ่มกลั่นตัว (Lifting Condensation Level = LCL) อากาศที่แห้งจะเปลี่ยนเป็นอากาศชื้น เหนือจุดนี้ขึ้นไปการเย็นตัวลงของอากาศก็ยังคงดำเนินต่อไปตามอัตราแอดิเบติก แต่การกลั่นตัวของไอน้ำจะมีการคายความร้อนแฝง (Latent heat) ออกมาทำให้อากาศโดยรอบร้อนขึ้น ดังนั้น ผลที่เกิดขึ้นทำให้การเย็นตัวลงของอากาศที่ลอยตัวสูงขึ้นตามอัตราแอดิเบติก มีอัตราการลดอุณหภูมิช้าลง อากาศที่มีการกลั่นตัวหรืออากาศชื้นจะมีอัตราแอดิเบติกใหม่เป็น Saturation adiabatic rate หรือ Wet adiabatic rate ซึ่งจะมีค่าค่อนข้างไม่คงที่เหมือนกับ Dry adiabatic rate แต่จะเปลี่ยนแปลงไปตามความกด อุณหภูมิและปริมาณของการกลั่นตัว โดยปกติค่า Wet adiabatic rate

จะอยู่ที่ประมาณ 3.3°F ต่อ 1,000 ฟุต หรือประมาณ 0.5°C ต่อ 100 เมตร

ในทางกลับกันอากาศที่จมตัวลงจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วยการอัดตัว ความ
จุของไอน้ำของอากาศจึงเพิ่มมากขึ้น การกลั่นตัวจะหยุดลงและมีการระเหยของ
หยดน้ำในอากาศมาแทนที่ การระเหยจะทำให้อุณหภูมิของอากาศที่ร้อนขึ้นนั้นมีอัตรา
ช้าลงเมื่ออากาศที่จมตัวลงนั้นเป็นอากาศชื้นหรืออากาศที่มีความอึดตัวของไอน้ำมาก
พอ อัตราการเพิ่มอุณหภูมิจากการจมตัวลงจะเท่ากับ Wet adiabatic rate
 แต่ถ้าอากาศที่จมตัวลงนั้นเป็นอากาศแห้งไม่มีหยดน้ำในอากาศเลย อัตราการเพิ่ม
อุณหภูมิจากการจมตัวลงจะเท่ากับ Dry adiabatic rate โดยทั่วไปแล้ว
อากาศที่ไม่มีมีการกลั่นตัวแล้วจะคงยังมีหยดน้ำเหลืออยู่บ้าง เมื่อจมตัวลงในตอน
แรก แต่จะกลายเป็นไอน้ำหายไปเมื่ออากาศมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น จากนั้น อากาศที่
จมตัวลงก็จะไม่อึดตัวอีกต่อไป ถ้ามีการกลั่นตัวเกิดขึ้นในช่วงระหว่าง Adiabatic
processes แล้วอากาศที่กลับมาถึงจุดเริ่มแรกจะต้องมีอุณหภูมิสูงกว่าเดิม
สมมติว่าอากาศแห้งมวลหนึ่งที่ผิวพื้นมีค่าความกด 1,000 มิลลิบาร์ ค่าอุณหภูมิ 70°F
ถูกยกตัวให้ลอยสูงขึ้นไป 1,000 ฟุต โดยไม่มีการกลั่นตัว อุณหภูมิของอากาศมวลนี้
จะลดลงตามอัตราแอดิเบติกเหลือเพียง 64.5°F แล้วจมตัวลงมาสู่ที่ระดับเดิม
อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นมาอยู่ที่ 70°F ตามเดิม ดังนั้น ไม่ว่าจะมวลอากาศแห้งนี้จะถูกยก
ขึ้นสูงมากน้อยเพียงใดเมื่อกลับมากู่ที่ระดับ 1,000 มิลลิบาร์ อากาศมวลนี้มีอุณหภูมิ
 70°F เสมอทราบได้ที่ยังคงไม่อึดตัว Potential temperature จึงหมายถึง
อุณหภูมิของมวลอากาศลดลงตามอัตราแอดิเบติกมาอยู่ที่ระดับความกดมาตรฐาน การ
เปลี่ยนแปลงความสูงทำให้อุณหภูมิกายในของมวลอากาศเปลี่ยนแปลง แต่ไม่ทำให้
Potential temperature ของอากาศที่ไม่อึดตัวเปลี่ยนแปลงแต่ประการใด
 แต่ถ้าอากาศมวลนี้ถูกยกตัวให้สูงขึ้นไปอีก 1,000 ฟุต และมีการกลั่นตัวเกิดขึ้นใน
ช่วง 1,000 ฟุตครั้งนี้ หากให้อัตรา Wet adiabatic rate เป็น 3°F

ต่อ 1,000 ฟุต อุณหภูมิของอากาศจะลดลงเหลือ 61.5°F และเมื่ออากาศมวลนี้จมตัวลงมาอยู่ที่ระดับเคิมจะถูกทำให้ร้อนขึ้นด้วยอัตรา Dry adiabatic rate ตลอดทาง ดังนั้น เมื่อมาอยู่ที่ระดับเคิมอากาศมวลนี้จะมีอุณหภูมิ 72.5°F แทนที่จะเป็น 70°F ซึ่งแสดงว่า Potential temperature อาจเพิ่มขึ้นได้ในขบวนการแอดิเบติกเมื่อมีการกลั่นตัว

วิธีการที่ทำให้มวลอากาศลอยสูงขึ้นไปจากระดับความกดมาตรฐาน 1,000 มิลลิบาร์ จนกระทั่งมีการกลั่นตัว ซึ่งจะเย็นตัวลงด้วยอัตรา Dry adiabatic rate และเปลี่ยนเป็น Wet adiabatic rate การลอยตัวสูงขึ้นต่อไปเมื่อมีการกลั่นตัวอันเกิดจากการเพิ่มความร้อนให้แก่มวลอากาศด้วยความร้อนแฝงของการกลั่นตัวเรียกว่า Pseudoadiabatic process ต่อจากนั้นให้อากาศมวลนี้จมลงมาอยู่ที่ระดับมาตรฐานเคิม อุณหภูมิที่ระดับนี้เรียกว่า Equivalent potential temperature ซึ่งสามารถคำนวณหาได้เมื่อรู้ว่าอุณหภูมิและค่าความชื้นเคิมของมวลอากาศ

Potential temperature และ Equivalent potential temperature ของมวลอากาศจะไม่เปลี่ยนแปลงในขบวนการที่ไม่มีมีการกลั่นตัวหรืออิมตัว ถึงแม้ว่าในการเคลื่อนไหวในทางตั้งนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงได้บ้างก็เพียงเล็กน้อย เนื่องจากการได้รับหรือสูญเสียความร้อนจากมวลอากาศภายนอก อย่างไรก็ตามมีการตรวจพบความผิดปกติของอากาศในทางตั้งผิดแปลกไปจากอัตราแอดิเบติกอยู่บ่อย ๆ อันมีสาเหตุมาจากการเคลื่อนไหวในทางราบหรือกระแสลม ซึ่งพัดเอาอากาศที่ร้อนหรือเย็นกว่าจากแหล่งอื่น เข้ามาแทนที่ หรืออาจเป็นเพราะสาเหตุที่อากาศไม่ได้ลอยขึ้นและจมลงเสมอไป ดังนั้น จึงไม่ได้ลดอุณหภูมิตามอัตราแอดิเบติก การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศกับความสูงเรียกว่า Lapse rate หรือ Vertical temperature gradient มีความหมายถึงอาการต่อเนื่องที่

อากาศค่อย ๆ ผ่านอุณหภูมิตั้งมายังอุณหภูมิต่ำ แต่ในกรณีที่มีมวลอากาศกำลังมี
อุณหภูมิตั้งขึ้นเมื่อลอยตัวตั้งขึ้นไป Lapse rate จะมีค่าเป็นลบเสมอ
นั่นคือค่า Lapse rate จะมีค่าเป็นลบอยู่ในตัวเมื่อมวลอากาศไม่มีการ
เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ค่า Lapse rate จะมีค่าเป็นศูนย์

4. การระเหยและการกลั่นตัว

การระเหยและการกลั่นตัว (Evaporation and Condensation)
เป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นในบรรยากาศ โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ
น้ำ น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของอวัยวะของสิ่งมีชีวิต น้ำส่วนใหญ่ในโลก
เป็นน้ำเค็ม มีจำนวนเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่เป็นน้ำจืดกระจายอยู่ทั่วไปบนทวีป
และเกาะต่าง ๆ โลกมีน้ำอยู่เป็นจำนวนมากในสองลักษณะคือ น้ำที่ผิวพื้นและน้ำที่อยู่
ในลักษณะที่เป็นความชื้นในบรรยากาศ การระเหยของน้ำเป็นสภาพของไอน้ำผสมกับ
ก๊าซอื่น ๆ ในบรรยากาศ เมื่อถึงจุดอิ่มตัวก็จะเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำตกลงมา
เป็นฝนหรือหิมะสู่พื้นโลก แล้วก็ระเหยเป็นไอน้ำไปสู่อากาศถือว่าเป็นการหมุนเวียน
ของน้ำ (Hydrologic cycle) ที่มีความสำคัญ การศึกษาส่วนประกอบของ
การหมุนเวียนของน้ำ ซึ่งได้แก่ การระเหยเป็นไอน้ำ กระแสลมที่พัดพา ขบวนการ
กลั่นตัว การล่องลอยเป็นหยาดน้ำฟ้าในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่มลงใต้ดินและไหลลงสู่ที่ต่ำ
หรือลงทะเล องค์ประกอบเหล่านี้เป็นกุญแจสำคัญที่จะนำไปสู่ความเข้าใจในส่วนที่
เกี่ยวกับความชื้นที่มีอยู่บนผิวโลกและความมหัศจรรย์ของปรากฏการณ์ในทางอุตุนิยม
วิทยา ไอน้ำส่วนมากในบรรยากาศมีแหล่งมาจากมหาสมุทร โดยเฉพาะอย่างยิ่งมหา-
สมุทรในเขตโซนร้อนที่มีอัตราการระเหยสูงประกอบด้วยมีกระแสอากาศที่มีพลังมหาศาล
หอบพัดกระจายไปทั่วพื้นโลก จนกระทั่งตกลงมาเป็นหยาดน้ำฟ้า การตรวจวัดน้ำระเหย

ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญอันดับต้น ๆ ในทางอุทุนิยมวิทยาโดยถือว่าเป็นจุดกำเนิดของ
ไอน้ำ อย่างไรก็ตาม การตรวจวัดน้ำระเหยจะกระทำกันเฉพาะสถานีบนบก
ด้วยเหตุผลที่น้ำมีความสำคัญต่อสภาพของดิน การชลประทาน การเจริญเติบโต
ของพืช รวมตลอดถึงการวางแผนเก็บกักน้ำด้วย

ปริมาณของน้ำระเหยในพื้นที่หนึ่งพื้นที่ใดในหนึ่งหน่วยเวลาจะมี
มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ อุณหภูมิของผิวหน้าน้ำ ความ
ดันไอน้ำของอากาศ กระแสลมและสารละลายที่เจือปนอยู่ในน้ำ เป็นต้น อุณหภูมิ
ที่สูงจะทำให้การระเหยของน้ำเป็นไปได้มาก ในขณะที่น้ำจะระเหยได้ดีในเมื่อ
ความดันไอน้ำอิ่มตัวต่างกันมาก หรืออาจกล่าวได้ว่า อากาศที่แห้งการระเหยของ
น้ำจะมีได้มากกว่าอากาศที่มีความชื้นสูง กระแสลมจะช่วยพาเอาอากาศที่ชื้นโดย
สัมผัสกับผิวน้ำแล้วเอาอากาศที่แห้งกว่ามาแทนที่ ดังนั้น การระเหยจะเร็วขึ้น
หากมีกระแสลมมาช่วย แต่สำหรับน้ำที่มีสารละลายเจือปนอยู่ เช่น เกลือ หรือ
แร่ธาตุอื่น ๆ จะทำให้น้ำระเหยช้าลง เมื่อสภาพแวดล้อมเหมือนกับน้ำทะเลจะ
ระเหยช้ากว่าน้ำจืดประมาณร้อยละ 5 ในกรณีที่พื้นดินการระเหยจะขึ้นอยู่กับ
เนื้อดิน ความลาดชันและปริมาณน้ำ สำหรับพืชจะมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของ
พืช ถ้าเป็นพืชชนิดเดียวกันอัตราการระเหยขึ้นอยู่กับปริมาณพื้นที่ของใบ

4.1 การกลั่นตัวบนผิวน้ำ

การกลั่นตัวบนผิวน้ำจะเกิดขึ้นเมื่อไอน้ำถูกทำให้เย็นลง ที่บริเวณ
ใกล้ ๆ พื้นดินจะมีการกลั่นตัวบนพื้นที่เป็นของแข็ง เนื่องจากบริเวณนี้จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณทั่ว ๆ ไป พื้นโลกและวัตถุที่เป็นของแข็งเป็นตัวแผ่รังสีความร้อนได้
ดีกว่าอากาศ ในเวลากลางวันพื้นดินจะรับรังสีความร้อนและแผ่รังสีความร้อนให้กับ
บรรยากาศทำให้บรรยากาศร้อนขึ้น ส่วนในตอนกลางคืนพื้นดินจะเย็นเร็วกว่าอากาศ

โดยเฉพาะในคืนที่มีท้องฟ้าแจ่มใส อากาศที่สัมผัสกับผิวพื้นที่ยืนกว่าจึงลดอุณหภูมิลงจนถึงจุดน้ำค้าง ในกรณีเช่นนี้ไอน้ำในอากาศจะกลั่นตัวติดอยู่เป็นน้ำค้างอยู่ที่วัตถุที่ยืนกว่า หากมีกระแสลมสงบอากาศเหนือผิวพื้นประมาณ 3-4 ฟุต อาจลดอุณหภูมิลงได้อย่างมาก ตามปกติอากาศที่ลอยมาสัมผัสกับพื้นที่ยืนกว่าเท่านั้นที่จะเย็นลงจนถึงจุดน้ำค้าง ถ้าอากาศสงบการเย็นตัวในชั้นต่าง ๆ จะทำให้เกิดอุณหภูมิหกกลับ (Inversion of temperature) เป็นการลดอาการปั่นป่วน (Turbulence) ของอากาศและทำให้เกิดการทรงตัว (Stability) มากขึ้น อากาศที่ปกคลุมผิวพื้นในลักษณะ Stability โดยสัมผัสกับพื้นที่ยืนกว่าก็มีทางที่จะลดอุณหภูมิลงจนถึงจุดน้ำค้าง จึงสามารถพบเห็นอากาศที่ผิวพื้นเย็นกว่าอากาศชั้นเหนือกว่าได้ เมื่อจุดน้ำค้างต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ความชื้นในอากาศจะแปรสภาพจากกาซมาเป็นของแข็งโดยการระเหิด (Sublimation) ทำให้เกิดเป็นน้ำค้างแข็ง (Frost) ซึ่งไม่ใช่ น้ำค้างที่ลดอุณหภูมิลงจนเป็นน้ำแข็ง

สภาวะที่จำเป็นในการเกิดน้ำค้างและน้ำค้างแข็งตามธรรมชาติ โดยทั่วไปจะต้องประกอบด้วยสภาพอากาศที่ปลอดโปร่งแจ่มใส ยกเว้นในฤดูหนาวขณะที่มีเมฆมากเมื่อมีกระแสลมฟ้าอากาศขึ้นผ่านพื้นที่ยืนจัดจะทำให้เกิดน้ำค้างหรือน้ำค้างแข็งได้ นอกจากนั้น สภาพอากาศจะต้องเป็น Stable equilibrium สงบนิ่งไม่เคลื่อนไหวและมีความชื้นมากพอที่จะถึงจุดน้ำค้างได้ในอัตราปกติ

4.2 การกลั่นตัวเหนือผิวพื้นโลก

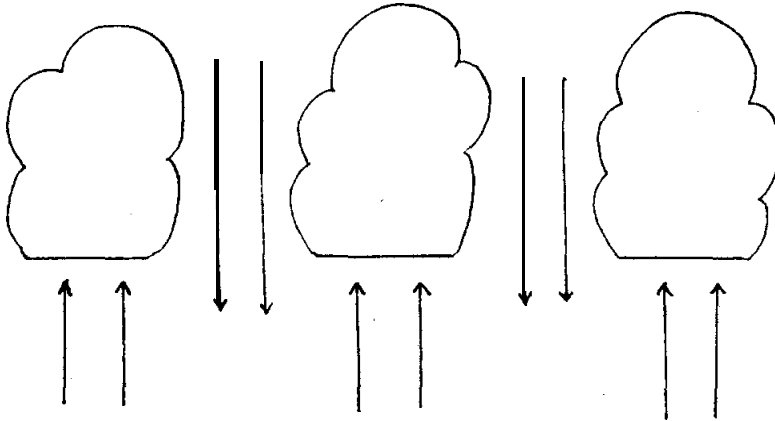
การกลั่นตัวเหนือผิวพื้นโลกเป็นปรากฏการณ์ในบรรยากาศซึ่งเรียกว่า Hydrometeor ส่วนใหญ่เกิดจากการกลั่นตัวหรือการระเหิดของไอน้ำในอากาศเกิดเป็นเมฆ (Clouds) ในรูปแบบต่าง ๆ กัน และมีลักษณะการเคลื่อนที่ในแบบต่าง ๆ สิ่งสำคัญสิ่งหนึ่งที่ทำให้อากาศที่เย็นตัวลงเกิดการกลั่นตัวโดยง่ายก็คือ

ผงฝุ่น ซึ่งเป็นแกนกลางของการกลั่นตัว (Hygroscopic nuclei) ถ้าหากไม่มีผงฝุ่นอากาศอาจจะเย็นตัวลง โดยที่ไม่เกิดการกลั่นตัว โดยทั่วไปเมื่อมีผงฝุ่นเป็นตัวแกนกลางของการกลั่นตัวจะทำให้อากาศที่มีความอิ่มตัวสูง (Supersaturated air) เกิดการกลั่นตัวก่อนที่จะมีความชื้นสัมพัทธ์ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ แหล่งที่มาของผงฝุ่นละอองเหล่านี้มีอยู่มากมาย เป็นผงฝุ่นขนาดเล็กมากอาจเกิดจากการแตกขุ่นของน้ำทะเล ภูเขาไฟระเบิด การเผาไหม้ของควาดก กองไฟไหม้ป่า การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ ฯลฯ

การเย็นตัวลงด้วยการนำและการแผ่รังสีทำให้เกิดหมอกและน้ำค้าง ส่วนเมฆนั้นเกิดจากการเย็นตัวลงด้วยอัตราแอดิเบติกซึ่งเกิดจากการลอยขึ้นของอากาศ เมฆบางชนิดอาจเกิดจากการผสมกันของอากาศร้อนกับอากาศเย็น เมื่อน้ำกลั่นตัวเป็นหยดน้ำเล็ก ๆ ล่องลอยอยู่ในบรรยากาศและถูกกระแสลมปั่นป่วนทำให้เกิดการชนกันของอนุภาคหยดน้ำ ผลของการชนกันทำให้หยดน้ำมีขนาดใหญ่ขึ้น จนกระทั่งกระแสลมในทางตั้งไม่สามารถรับน้ำหนักของหยดน้ำที่มีขนาดใหญ่ขึ้นได้ จึงตกเป็นฝนลงสู่พื้นดิน ฝนจะตกภายใต้ก้อนเมฆที่ก่อตัวหรือลมอาจจะพัดพาไปได้ในระยะหนึ่ง ปริมาณน้ำฝนไม่ได้มาจากมวลอากาศที่ก่อให้เกิดเมฆเท่านั้น แต่จะมาจากความชื้นที่มาเพิ่มเติมจากมวลอากาศโดยรอบที่ต่อเนื่องตลอดเวลา สิ่งที่จะต้องทำให้มีปริมาณฝนตกหนักได้คือ การเพิ่มความชื้นจากมวลอากาศโดยรอบอย่างต่อเนื่อง กระบวนการที่เป็นชนวนให้เกิดฝนในเบื้องต้น คือ การลอยตัวขึ้น การพัดเข้ามารวมกันจะทำให้เกิดฝนได้เพียงชั่วคราวเท่านั้นแล้วจะลดความแรงลงอย่างรวดเร็วในที่สุดจะหายไปเลย เมื่อไม่มีการลอยตัวขึ้นอันเกิดจากกระแสลมอากาศโดยรอบมาเพิ่มความชื้นให้เกิดการลอยขึ้นของอากาศอย่างต่อเนื่อง ปริมาณฝนที่ตกในแต่ละครั้งจะมีความหนาแน่นและช่วงเวลาที่แตกต่างกัน เคยมีการตรวจวัดพบว่า น้ำฝนขนาด 1 นิ้ว จะมีน้ำหนักถึง 113 ตัน ต่อเอเคอร์

เคยมีปริมาณน้ำฝนที่วัดได้สูงถึง 5,000 ล้านตัน ซึ่งหากพิจารณาจะพบว่าปริมาณน้ำฝนที่ตกเพียงครั้งเดียวมีปริมาณมากขนาดนั้นจะถูกยกและพัดพามาในอากาศ พลังงานธรรมชาติที่มหาศาลนี้เป็นเรื่องที่น่าทึ่งและน่าประหลาดใจ เพราะหากจะใช้พาหนะขนย้ายน้ำในปริมาณขนาดนั้นจะต้องใช้ยานพาหนะและเวลาในการขนส่งมากมายทีเดียว

การลอยขึ้นอาจหมายถึง การพาความร้อนของกระแสอากาศ เมื่ออากาศได้รับความร้อนมาก ๆ ในบริเวณผิวพื้น ลักษณะเช่นนี้จะมีกระแสอากาศไหลขึ้นไปในขณะที่ต้องมีกระแสอากาศไหลลงด้วยในระหว่างกระแสอากาศที่ไหลขึ้น เป็นการแทนที่อากาศร้อนที่ลอยตัวสูงขึ้น กระแสอากาศที่เย็นกว่าก็จะจมตัวลงมาแทนที่



รูปที่ 3.1 การก่อตัวของเมฆ

การแทรกซึมนี้เห็นได้ชัดเจนจากการปรากฏตัวของเมฆที่เป็นก้อนค่อนข้างเล็ก แยกตัวจากกันและเป็นเมฆก้อนที่มีฐานเรียบ หลังจากการก่อตัวของเมฆ การกลั่นตัวและเย็นตัวจะช้าลง การก่อตัวเป็นเมฆยังคงดำเนินอยู่อย่างต่อเนื่อง

กลายเป็นเมฆฝนที่เรียกว่า Cumulonimbus ก่อให้เกิดเป็นพายุฝนฟ้าคะนอง
ติดตามมา ซึ่งโดยทั่วไปมักจะเกิดในตอนบ่ายและค่ำของวันที่ร้อนอบอ้าวมาก ๆ ฝน
ที่เกิดจากการพาความร้อนปกติจะเป็นฝนที่ตกหนักในระยะเวลานั้น

การก่อตัวของเมฆฝนในตอนบ่ายของฤดูร้อนที่มีลมสงบอาจสมมุติ
ว่าคุณสมบัติของอากาศจากฐานเมฆถึงพื้นดินมีคุณสมบัติเหมือนกัน จากสมมุติฐานนี้
ระดับความสูงที่เกิดการกลั่นตัวหรือความสูงของจุดน้ำค้างคือ ฐานเมฆนั่นเอง การ
คำนวณอย่างคร่าว ๆ เมื่อรู้อุณหภูมิจุดน้ำค้างที่ผิวพื้น ถ้ากำหนดให้อุณหภูมิของ
อากาศที่ลอยตัวขึ้นจะลดลงตามอัตราแอดิเบติก คือ $5.5^{\circ} \text{F} / 1,000$ ฟุต อุณหภูมิ
จุดน้ำค้างจะลดลงในอัตราประมาณ $1.1^{\circ} \text{F} / 1,000$ ฟุต ใอน้ำที่ขยายตัวเพราะ
ความกดลดลงเป็นการเพิ่มปริมาตรและเป็นการลดความเข้มข้นของไอน้ำ จึงทำให้
อุณหภูมิจุดน้ำค้างลดลงด้วย

- กำหนดให้
- H = ความสูงของฐานเมฆ
 - To = อุณหภูมิที่ผิวพื้น
 - Do = จุดน้ำค้างที่ผิวพื้น
 - Th = อุณหภูมิที่ฐานเมฆ
 - Dh = จุดน้ำค้างที่ฐานเมฆ

จะได้ความสัมพันธ์ว่า

$$Th = To - \left(\frac{5.5}{1000} \right) H$$

$$Dh = Do - \left(\frac{1.1}{1000} \right) H$$

และเนื่องจาก H เป็นความสูงที่อากาศเริ่มกลับตัว ดังนั้น อุณหภูมิกับจุดน้ำค้าง จะเท่ากัน นั่นคือ $T_h = D_h$

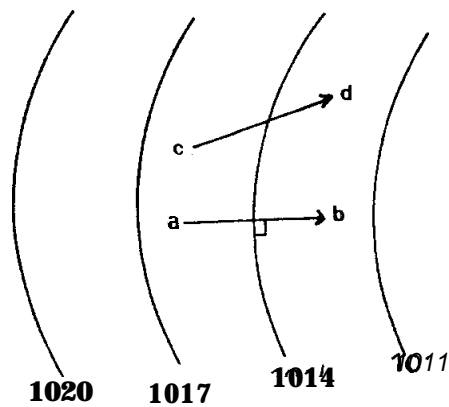
$$T_o = \left(\frac{5.5}{1000} \right) H \quad D_o = \left(\frac{1.1}{1000} \right) H$$

$$\left(\frac{5.5}{1000} - \frac{1.1}{1000} \right) H = T_o - D_o$$

$$H = 227 (T_o - D_o)$$

5. ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความกดอากาศและลม

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความกดอากาศและลม เป็นการเคลื่อนไหวอย่างมีระเบียบแบบแผนในทางระดับ ค่าความกดอากาศเปลี่ยนแปลงได้หลายวิธี ความกดอากาศ ณ ตำแหน่งเดียวกันจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาและต่อเนื่องกันและความกดในตำแหน่งข้างเคียงจะแตกต่างกันในเวลาเดียวกัน นอกจากนั้นค่าความกดเฉลี่ย ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของโลกไม่เหมือนกัน ค่าความกดแตกต่างกันเนื่องจากการเคลื่อนไหวของอากาศหรือสืบเนื่องมาจากอากาศมีอุณหภูมิแตกต่างกัน สำหรับการแทนค่าความกดอากาศใช้แสดงด้วยเส้นไอโซบาร์ (Isobar) ในแผนที่ โดยลากเส้นผ่านค่าความกดอากาศที่เท่ากัน เส้นไอโซบาร์อาจใช้แสดงค่าเฉลี่ยของความกดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งก็ได้ ในแผนที่อากาศผิวพื้นมักจะแสดงเส้นไอโซบาร์ทุก ๆ ช่วง 3 มิลลิบาร์ เส้นไอโซบาร์อาจลากในทางตั้งเพื่ออุปแผนผังหน้าตัดในการจัดลำดับความกดกับความสูงในบรรยากาศก็ได้ ตามรูปที่ 3.2 ค่าความกดอากาศลดลงจาก 1,012



รูปที่ 3.2 เส้นไอโซบาร์ แสดงค่าความชันของความกด
(ที่มา : สุกิจ เย็นทรงง, 2513)

มิลลิบาร์จนถึง 1,017 มิลลิบาร์ เมื่อค่าความกดแตกต่างกันในตำบลใดตำบลหนึ่ง จะทำให้อากาศเคลื่อนไหวเพื่อให้ความกดอากาศเท่ากัน เกิดมีแรงผลักดันอากาศจากบริเวณที่มีค่าความกดอากาศสูงไปยังบริเวณที่มีค่าความกดอากาศต่ำ การแตกต่างของค่าความกดที่จุด a และจุด b ทำให้เกิดแรงผลักของอากาศจากจุด a ไปหาจุด b ขนาดของแรงขึ้นอยู่กับค่าความแตกต่างของความกดอากาศ อัตราของการเปลี่ยนแปลงความกดอากาศคือ 1 หน่วยระยะทางในทางระดับ เรียกว่า "ความชันของความกด" (Pressure Gradient) โดยทั่วไปความชันความกดหมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่ตั้งจากกับเส้นไอโซบาร์ ซึ่งเป็นทิศทางที่เปลี่ยนแปลงมากที่สุด ค่าความชันความกดตามแนว cd ก็เป็นความชันความกดเหมือนกันแต่ไม่มากที่สุด ค่าของความชันมีหน่วยเป็นมิลลิบาร์ต่อ 100 กิโลเมตร , ต่อ 100 ไมล์ หรือต่อองศาละติจูด กระแสลมจะรุนแรงขึ้นเมื่อค่าของความชันมากขึ้น ดังนั้น ทิศทางและความเร็วของลมจึงเป็นผลมาจากค่าความชันของความกด แต่อย่างไรก็ตาม การเคลื่อนไหวของลมจริง ๆ จะถูกทำให้เบี่ยงเบนไปจากทิศทางเดิมด้วยการหมุนของโลก แรงเหวี่ยงของโลกและด้วยความเสียด จึงทำให้การเคลื่อนไหวของอากาศ

เป็นไปในทิศทางที่ตั้งฉากกับความชันความกดแทนที่จะเป็นทิศทางเดียวกับความชัน เว้นแต่ในเมื่อมีอิทธิพลจากความถี่มากในระดับต่ำ ๆ

อิทธิพลที่เกิดจากโลกหมุนจะทำให้วัตถุต่าง ๆ ที่เคลื่อนไหวยบนพื้นผิวโลก มีความโน้มเอียงที่จะเฉไปทางขวาตลอดเวลาในซีกโลกภาคเหนือ ส่วนในซีกโลกภาคใต้ แนวโน้มจะเฉไปทางซ้าย อาการเฉไปนี้เป็นผลสืบเนื่องมาจากการหมุนรอบตัวเองของโลกและการเคลื่อนไหวยของวัตถุสัมพันธ์กับพื้นโลก ถ้าโลกหยุดหมุนแรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปจะเป็นเส้นตรง แรงที่เกิดขึ้นจากการหมุนของโลกนี้เรียกว่า Coriolis force หรือ Deflecting force ของการหมุนของโลก สมมุติว่ามีการยิงปืนใหญ่ในบริเวณซีกโลกภาคเหนือ สิ่งไปที่เป้าหมายทางทิศเหนือ กระสุนปืนใหญ่ที่ถูกยิงออกไปแล้วจะมีวิถีเฉไปทางขวาของทิศเหนือ ไม่เดินทางเป็นเส้นไปทางทิศเหนือ การเกิดลักษณะเช่นนี้เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของความเร็วไปทางทิศตะวันออกขนานกันไปตามลำดับ เป็นการแสดงให้เห็นว่าวัตถุที่เคลื่อนที่ทุกชนิดที่เคลื่อนไปทุกทิศทางจะเฉไปทางขวาเสมอในซีกโลกภาคเหนือและเฉไปทางซ้ายในซีกโลกใต้

กำหนดให้ C เป็นอัตราเร่ง Coriolis จะเขียนความสัมพันธ์ได้ว่า

$$C = 2V\Omega \sin \theta$$

ในเมื่อ V = ความเร็วของลม

Ω = มุมที่หมุนรอบตัวเองของโลกมีค่าคงที่

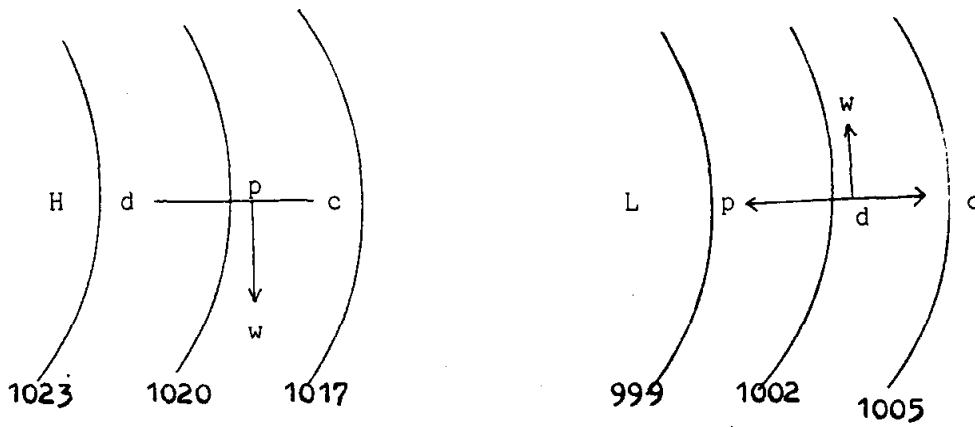
θ = องศาละติจูดที่วัตถุเคลื่อนที่

อัตราเร่ง Coriolis ขึ้นอยู่กับความเร็วลมและละติจูด ในความเร็วของลมเท่าใดก็ตาม C จะมีค่าเป็นศูนย์ที่เส้นศูนย์สูตรและจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ไปทางขั้วโลก เนื่องจากค่าของ $\sin \theta$ จะเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 0-1 จากเส้นศูนย์สูตรถึงขั้วโลก

Coriolis force ไม่ใช่เป็นแรงที่แท้จริงเพียงแต่ปรากฏให้เห็นเท่านั้น เนื่องจากการกำหนดทิศทาง การเคลื่อนไหว ผลเนื่องจากโลกหมุนที่กระทำกับทิศทางของลมมีหน่วยมิติของอัตราเร่ง ตามหลักการทางฟิสิกส์ที่ว่าแรงเท่ากับผลคูณของมวลกับอัตราเร่ง ดังนั้นอัตราเร่ง Coriolis จึงกลายเป็นแรงเมื่อเอามาใช้กับอากาศมวลหนึ่ง แรงดังกล่าวจะกระทำเป็นมุมฉากในทางระดับกับทิศทางลม ซึ่งจะไม่ทำให้ความเร็วของลมเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด

ลักษณะเช่นนี้เกิดขึ้นอยู่ทั่วไปทุกทิศทางที่มีวัตถุเคลื่อนไหวสัมพันธ์กับพื้นผิวโลก แต่สังเกตได้ยากนอกจากจะนำไปใช้คำนวณในการยิงปืนใหญ่และอาวุธปล่อยต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม ยังมีแรงอื่น ๆ ที่กระทำต่ออากาศที่เคลื่อนไหวอีกคือ แรงเหวี่ยง (Centrifugal force) เมื่ออากาศเริ่มเคลื่อนที่ ผลที่เกิดจากโลกหมุนทำให้อากาศเคลื่อนตัวเป็นเส้นโค้ง เมื่อเป็นเส้นโค้งจะเกิดแรงเหวี่ยงขึ้นทำให้อากาศมีความโน้มเอียงที่จะเหวี่ยงออกจากศูนย์กลางของความโค้ง แรงเหวี่ยงนี้คล้ายกับแรง Coriolis คือไม่ใช่เป็นแรงจริงตามความหมายทางฟิสิกส์ แต่เป็นแรงเหวี่ยงออกหรือแรงต้านแรงเหวี่ยง ดังนั้น เมื่ออากาศเคลื่อนไหวจะมีแรงเกิดขึ้นสามแรงสัมพันธ์กัน คือ แรงที่เกิดจากความชันของอุณหภูมิ การเฉยเนื่องจากโลกหมุนและแรงเหวี่ยงที่เกิดจากความโค้ง แรงทั้งสามแรงนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.3 แรง P หมายถึง ค่าความชันของความกดซึ่งจะมีทิศทางจากหย่อมความกดอากาศสูงไปสู่หย่อมความกดอากาศต่ำเสมอ แรง Coriolis แทนด้วยอักษร d ตรงข้ามกับ P และทำมุมฉากกับทิศทางลม (W) แรงเหวี่ยง (C) จะมีทิศทางออกจากศูนย์กลางของความโค้งเสมอ กระแสลมที่เกิดขึ้นลักษณะนี้เรียกว่า Gradient wind

จากอิทธิพลของแรงต่าง ๆ ดังกล่าวทำให้เกิดกฎเกณฑ์ง่าย ๆ เกี่ยวกับ การเคลื่อนไหวของบรรยากาศชั้นล่างคือ ในบริเวณหย่อมความกดอากาศต่ำ อากาศจะหมุนเวียนเข้ามาศูนย์กลางของความกดในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกภาคเหนือ ส่วนใน



รูปที่ 3.3 อิทธิพลที่เกิดจากการหมุนของโลก

(ที่มา : สุกิจ เย็นทรงง, 2513)

ซีกโลกภาคใต้จะหมุนเวียนเข้าหาศูนย์กลางความกดตามเข็มนาฬิกา เรียกว่า Cyclonic circulation ในบริเวณหย่อมความกดอากาศสูงอากาศจะหมุนเวียนออกตามเข็มนาฬิกาในซีกโลกเหนือและหมุนเวียนเข้าหาศูนย์กลางความกดตามเข็มนาฬิกาในซีกโลกใต้ เรียกว่า Anticyclonic circulation และถ้ายื่นหันหลังให้ลมทางซ้ายมือจะมีความกดอากาศต่ำกว่าทางขวามือในซีกโลกเหนือ ส่วนในซีกโลกใต้จะตรงกันข้าม

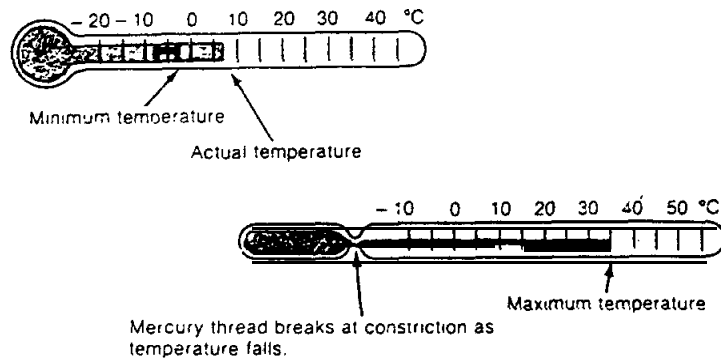
6. การตรวจอากาศ

การตรวจอากาศเป็นสิ่งที่มนุษย์ต้องการรู้สภาพอากาศล่วงหน้า เพื่อจะได้เตรียมแผนการทำงานหรือหลบเลี่ยงภัยกับอันตรายที่เกิดขึ้นจากบริเวณที่มีสภาวะอากาศเลวร้าย ในปัจจุบันกิจการพยากรณ์อากาศเจริญก้าวหน้ามาก การพยากรณ์อากาศจะใกล้เคียงกับความเป็นจริงมาก เนื่องจากการตรวจอากาศจะใช้อุปกรณ์ที่ทันสมัยทั้งสถานีตรวจอากาศภาคพื้นดิน ระบบติดต่อสื่อสารทั่วโลก เรดาร์ตรวจอากาศ เครื่องบินและดาวเทียมสำรวจอุตุนิยมวิทยา ฯลฯ ประชาชนทั่วไปจึงได้รับประโยชน์จากการตรวจอากาศเพื่อการพยากรณ์อากาศเป็นอย่างมาก

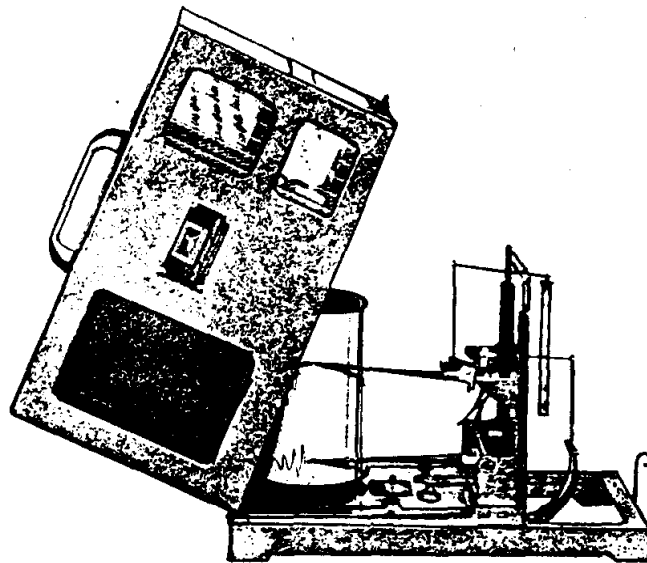
นักอุตุนิยมวิทยาได้แบ่งชั้นของบรรยากาศตามคุณสมบัติแต่ละชั้นที่มีลักษณะคล้าย ๆ กันคือ ชั้นต่ำสุด ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความผิดและอยู่ในอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงประจำวัน บรรยากาศชั้นกลางและโทรโพสเฟียร์ (The middle and upper Troposphere) ชั้นอิทธิพลของความผิดผิวพื้นจะหมดไป อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงประจำวันยังคงมีอยู่ในระดับต่ำ ๆ สำหรับชั้นสตราโตสเฟียร์ (Stratosphere) เป็นชั้นที่มีอุณหภูมิเกือบคงที่ อยู่เหนือชั้นโทรโปพอส (Tropopause) ซึ่งบรรยากาศเริ่มคงที่อยู่ที่เหนือชั้นโทรโพสเฟียร์ ในทางอุตุนิยมวิทยาจะทำการวิเคราะห์และพยากรณ์อากาศเฉพาะในบรรยากาศชั้นต่ำ ซึ่งโดยทั่วไปคือ ชั้นโทรโพสเฟียร์เท่านั้นเพราะในบรรยากาศชั้นต่ำนี้มีไอน้ำและผงฝุ่นมาก ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศและปรากฏการณ์ในท้องฟ้าได้โดยง่ายที่สูง ๆ ชั้นไปมีการวิเคราะห์น้อยมากโดยเฉพาะส่วนที่เป็นอวกาศ จะมีการศึกษากันในอีกระดับหนึ่ง

6.1 การตรวจอุณหภูมิ

การตรวจอุณหภูมิของอากาศเป็นพื้นฐานของการตรวจอากาศโดยทั่วไป อุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาและเกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั่วไป เมื่ออุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศโดยทั่วไปจะเปลี่ยนไปด้วย ในทางฟิสิกส์นั้น สสารต่าง ๆ ประกอบด้วยโมเลกุลที่เคลื่อนไหวอยู่ภายในเร็วบ้างช้าบ้าง เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น วัตถุที่เคลื่อนไหวเป็นรูปกำลังงานสามารถที่จะเปลี่ยนเป็นแรงสำหรับทำงานได้ กำลังงานที่ได้จากการที่โมเลกุลเคลื่อนไหวนี้เรียกว่า ความร้อน ซึ่งแม้ว่ามนุษย์จะรับรู้สีกได้แต่การวัดด้วยเครื่องมือจะมีประสิทธิภาพกว่า เครื่องมือวัดความร้อนคือ เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) ซึ่งแบ่งออกเป็นพวกใหญ่ ๆ ได้ 4 แบบ คือ



รูปที่ 3.4 หลักการของเทอร์โมมิเตอร์ต่ำสุด-สูงสุด
(ที่มา : W.L.Donn, 1975)



รูปที่ 3.5 เครื่อง Hytherograph
(ที่มา : W.L.Donn, 1975)

6.1.1 พวกใช้ของเหลวในหลอดแก้ว ของเหลวที่ใช้ส่วนใหญ่คือปรอท (Mercury) และเอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol) เป็นแบบที่ใช้ตรวจอุณหภูมิผิวพื้นโดยทั่วไป

6.1.2 แบบใช้การยืดหดตัวหรือการเปลี่ยนรูป โดยใช้โลหะสองชนิดมาประกบกัน เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนโลหะสองชนิดจะยืดหดแตกต่างกัน นำคุณสมบัตินี้มาต่อแกนเข้ากับปลายปากกาใช้บันทึกอุณหภูมิได้

6.1.3 แบบใช้ของเหลวในหลอดโลหะ ใช้การขยายตัวของของเหลวซึ่งอยู่ในหลอดโลหะซึ่งปิดโดยของเหลวเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศ เครื่องมือนี้นิยมมากใช้ในโรงงาน

6.1.4 แบบใช้ไฟฟ้า หลักการคือ เปลี่ยนความต้านทานของกระแสไฟฟ้าขณะที่อุณหภูมิของตัวนำไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง เครื่องมือนี้นิยมมากใช้ในการตรวจอากาศชั้นบน

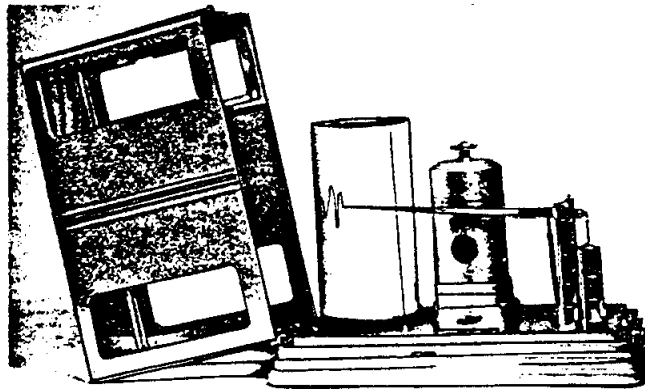
สำหรับเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้ในสถานีตรวจอากาศนั้นมีทั้งแบบที่เป็นเทอร์โมมิเตอร์สูงสุด ซึ่งมีรูปร่างเหมือนเทอร์โมมิเตอร์ตุ้มแห้งแต่มีคอคอดตีตรงคอของเหลวใช้ปรอทเวลาวางให้วางทางปลายต่ำลงเล็กน้อย เวลาตั้งเทอร์โมมิเตอร์ประจำวันใช้สลักจนอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ตุ้มแห้ง เทอร์โมมิเตอร์ต่ำสุดก็มีรูปร่างเหมือนกับเทอร์โมมิเตอร์ตุ้มแห้งเช่นกัน แต่มีค่าเบลล์แก้วเล็ก ๆ อยู่ในแอลกอฮอล์ เวลาตั้ง (set) ประจำวันใช้เอียงจนค่าเบลล์แก้วสัมผัสที่ปลายแอลกอฮอล์ นอกจากนั้นยังมีเทอร์โมกราฟ (Thermograph) ใช้บันทึกอุณหภูมิอย่างต่อเนื่องลงในกระดาษกราฟที่พันอยู่รอบกระบอกนาฬิกา ซึ่งตั้งเวลาตรวจวัดได้แม้ว่าการผิดพลาดจะมีมากกว่าเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท แต่ก็ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิประจำวันได้ดี

หลักในการตรวจอุณหภูมิของอากาศที่ถูกต้องมีความสำคัญมากพอ ๆ กับคุณสมบัติของเครื่องมือตรวจอากาศที่ดี กล่าวคือ นอกจากเทอร์โมมิเตอร์ต้องมีหลอดแก้วที่สม่ำเสมอ ชี้เครื่องหมายแน่นอนและการขยายตัวของของเหลวต้องสม่ำเสมอแล้ว หลักการตรวจอุณหภูมิจะต้องกระทำอย่างถูกต้องด้วย เช่น เทอร์โมมิเตอร์จะต้องไม่ถูกแสงแดดหรือได้รับความร้อนโดยตรงจากผิวพื้นหรือวัตถุต่าง ๆ นอกจากนั้นที่ตั้งของเทอร์โมมิเตอร์ต้องมีอากาศถ่ายเทดี เพื่อที่อุณหภูมิที่วัดได้จะเป็นอุณหภูมิของอากาศทั่วไป ตู้ใส่เครื่องมือตรวจอากาศ (Screened or Sheltered) ขนาดกว้าง 24×30 นิ้ว สูง 33 นิ้ว หลังคาสองชั้น รอบ ๆ ข้างมีระแนงเฉียงสองชั้นให้อากาศผ่านได้ กันฝนหิมะและแสงแดดได้ ข้างล่างปิดทึบแต่ให้อากาศผ่านได้ มีเสาปักอยู่ห่างจากพื้นดินประมาณ 4 ฟุต ทั้งหมดทาสีขาว ตู้ใส่เครื่องมือนี้เป็นมาตรฐานใช้กันอยู่โดยทั่วไป

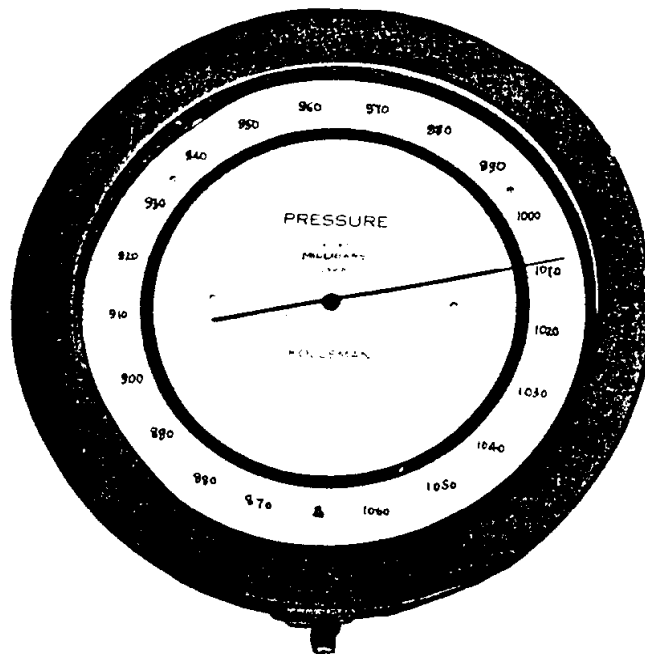
การใช้ค่าอุณหภูมินั้นจะมีค่าอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ค่าเฉลี่ยสูงสุด ค่าเฉลี่ยต่ำสุด ค่าปกติประจำเดือน (Monthly normal) และค่าปกติประจำปี (Normal annual) โดยทั่วไปควรใช้ระยะเวลาประมาณ 10 ปีขึ้นไป เพื่อความน่าเชื่อถือ ค่าเฉลี่ยประจำวัน (Daily normal) ได้จากการเฉลี่ยค่า 24 ชั่วโมงจากการตรวจทุกชั่วโมงหรือได้จาก $\frac{\text{อุณหภูมิสูงสุด} + \text{อุณหภูมิต่ำสุด}}{2}$

6.2 การตรวจความกดอากาศ

การตรวจความกดอากาศแบบใช้ระบบน้ำหนักของปรอทในหลอดแก้วเท่ากับน้ำหนักของบรรยากาศเรียกว่า บารอมิเตอร์ปรอท (Mercurial barometer) ส่วนแอนน็อยด์บารอมิเตอร์ (Aneroid barometer) ใช้ระบบตลับสูญญากาศ ซึ่งแม้ว่าค่าความผิดพลาดจะมากกว่าบารอมิเตอร์แบบปรอท แต่มีข้อดีคือน้ำหนักเบา กระทบกระเทือนย้ายได้สะดวกเหมาะสำหรับนักสำรวจ นักเดินทางและใช้ในเรือ นอกจากนั้น ยัง



รูปที่ 3.6 เครื่อง Barograph
(ที่มา : W.L.Donn, 1975)



รูปที่ 3.7 เครื่อง Aneroid barometer
(ที่มา : W.L. Donn, 1975)

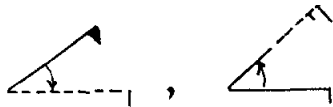
สามารถบันทึกข้อมูลต่อเนื่องเป็นบาโรกราฟ (Barograph) จากกราฟที่บันทึกนี้ จะแสดงให้เห็นทราบค่าความกดอากาศที่สัมพันธ์กับเวลา ค่าความกดสูงสุด ค่าความกดต่ำสุด และการเปลี่ยนแปลงความกดประจำวัน ฯลฯ เป็นต้น

ความกดอากาศจะเปลี่ยนแปลงมากที่สุดที่ผิวพื้นในระยะแรกซึ่งอากาศมีความหนาแน่นมาก ต่อ ๆ ไปจะเปลี่ยนช้าลงตามลำดับเพราะอากาศบางลงเมื่อสูงขึ้นไป จากการเกี่ยวพันระหว่างความกดอากาศกับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ทำให้เกิดเครื่องมือวัดความสูง (Altimeter) ซึ่งใช้กันมากในหมู่ นักเดินทางและใช้ในเครื่องบิน โดยทำสเกลความสูงแทนความกดอากาศ เครื่องวัดสูงจะมีความผิดพลาดเกิดขึ้นบ้างจากอุณหภูมิกับความชื้นในบรรยากาศ เครื่องวัดสูงนี้จะถูกต้องเมื่ออยู่ในสภาวะมาตรฐานที่กำหนด นักบินที่ขับเครื่องบินขึ้นจากสนามบินจะต้องรู้ค่าความกดอากาศที่สนามบินที่จะลง เพื่อตั้งค่าความกดผิวพื้นที่เครื่องวัดสูงให้ตรงกันเป็นการป้องกันการผิดพลาด

6.3 การตรวจทิศทางและความเร็วลม

การตรวจทิศทางและความเร็วลม เพื่อทราบการเปลี่ยนแปลงประจำวันของลม โดยปกติในตอนกลางวันบนแผ่นดินลมจะพัดแรงมากกว่าในตอนกลางคืน โดยเฉพาะในฤดูร้อนและวันที่มีอากาศแจ่มใส ลมจะแรงที่สุดในช่วงเวลาเช้าระหว่างดวงอาทิตย์ขึ้น ทั้งนี้เพราะความร้อนจากการลอยตัวขึ้นของกระแสอากาศในตอนกลางวันและการจมตัวลงในตอนกลางคืนบนแผ่นดิน สำหรับในทะเลความเร็วของลมจะไม่ต่างกันมากนักระหว่างกลางวันกับกลางคืน

การตรวจทิศทางลมใช้ศรลม ทิศทางลมใช้เรียกทิศที่พัดเข้าหาผู้ตรวจ
Veering คือ ลักษณะการหันแหลมตามเข็มนาฬิกาและ Backing คือ การหัน

แหลมทวน เข็มนาฬิกาเขียนเป็น Wind rose ()

เครื่องหมายความเร็ว 1 ซีก = 10 น็อต , $\frac{1}{2}$ ซีก = 5 น็อต และ ▲ = 50 น็อต
ความเร็วลมเป็นการเคลื่อนไหวของลมทำให้เกิดกำลังงาน คือ มีความกดลงบนพื้นผิว
วัตถุ แรงหรือความกดเป็นอัตราส่วนกับความเร็วยกกำลังสอง หน่วยเป็นปอนด์ต่อตาราง
ฟุต ความเร็วเป็นน็อต

$$\text{นั่นคือ } P = kv^2$$

เครื่องมือที่ใช้วัดความเร็วลมมีอยู่หลายแบบ การเลือกใช้งานขึ้นอยู่กับ
จุดประสงค์ในการนำค่าไปใช้ รูปแบบการวัดมีหลายวิธี ดังนี้

6.3.1 การวัดความเร็วลมโดยใช้ระบบความกด (Pressure anemometer) เป็นหลอดรูปอักษรตัวยู (U) ในภาษาอังกฤษที่มีของเหลวอยู่ภายในเปิดหัวท้าย ให้ปลายข้างหนึ่งรับลม ระดับของเหลวที่ต่างกันคำนวณออกมาเป็นความเร็วลมได้

6.3.2 การวัดความเร็วลมโดยใช้ระบบแผ่นกระดก (Deflection anemometer) ใช้อาการกระดกของแผ่นวัตถุคำนวณออกมาเป็นความเร็วลม

6.3.3 เครื่องวัดความเร็วลมแบบลูกถ้วย (Cup anemometer) เป็นรูปกังหันลูกถ้วยหมุนตามกำลังแรงของลม

6.3.4 เครื่องวัดความเร็วลมแบบใบพัด (Aerovane) เป็นแบบใบพัดสามแฉกมีหางคล้ายเครื่องบิน

การติดตั้งเครื่องมือวัดความเร็วลมต้องหลีกเลี่ยงสิ่งที่ยึดบังทำให้ทิศทางลมเปลี่ยนแปลงได้ ความเร็วลมผิวพื้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อพื้นผิวพื้นขึ้นไปประมาณ 10 เมตร

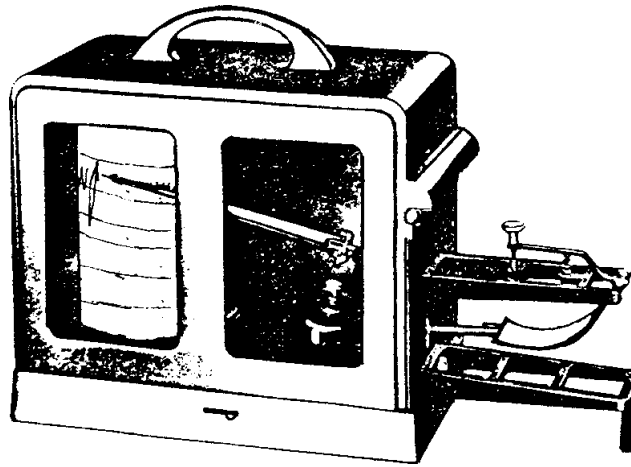
เนื่องจากความฝืดและ Turbulence จะมีน้อยลงและหมดไปที่ระดับประมาณ 1.8 - 2.7 กิโลเมตร แต่อาจมีความฝืดจากลมต่างทิศทางเกิดขึ้นได้บ้าง ผลของการตรวจลมทำเป็นสถิติของลมแท้ทิศ (Prevailing wind) ความเร็วลมเฉลี่ยประจำวัน ประจำเดือน และประจำปี นอกจากนั้น ยังได้ค่าความเร็วสูงสุด ประจำเดือน ค่าสูงสุดประจำปีและจำนวนวันที่มีลมแรงเกินกว่า 16 เมตร/วินาที หรือ 32 ไมล์/ชั่วโมง

6.4 การตรวจความชื้น

การตรวจความชื้นเป็นการวัดค่าไอน้ำในบรรยากาศ ซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงได้ตั้งแต่ 0-4 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดฝน หิมะ และลูกเห็บตกลงมาทั่วโลก ไอน้ำได้มาจากการระเหยของน้ำจากพื้นโลก ทั้งที่เป็นแผ่นดินและทะเล รวมทั้งได้จากสิ่งมีชีวิตทั้งหลายด้วย การเปลี่ยนแปลงสภาพของน้ำต้องการความร้อนจากบริเวณโดยรอบ เรียกว่าความร้อนแฝง ซึ่งในทางกลับกันเมื่อไอน้ำจะเปลี่ยนแปลงเป็นหยดน้ำก็จะคายความร้อนแฝงออกมา

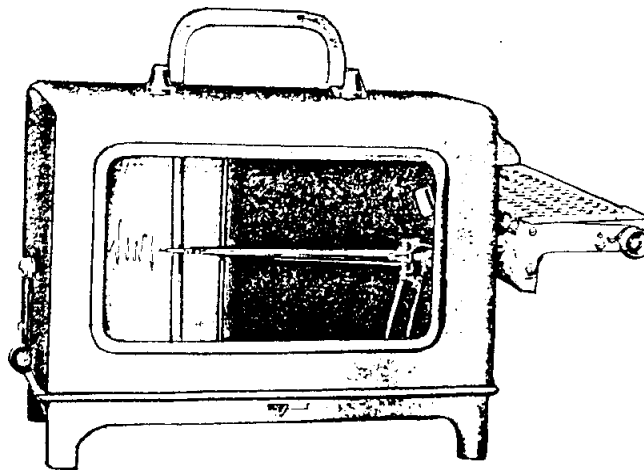
เมื่อไอน้ำระเหยเข้าสู่บรรยากาศปะปนกับก๊าซอื่น ๆ และมีความดันเช่นเดียวกับก๊าซอื่น ๆ เรียกว่า ความดันไอน้ำ (Vapor pressure) อัตราการระเหยของน้ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศและค่าอิ่มตัว (Saturated vapor pressure) จุดน้ำค้างของอากาศคือ อุณหภูมิที่จุดอิ่มตัว เมื่ออากาศเย็นลงกว่าจุดน้ำค้างแล้ว ไอน้ำจะกลั่นตัว (Condensation) การวัดค่าความชื้นในอากาศมีอยู่หลายวิธี ดังนี้

6.4.1 ความชื้นแท้ (Absolute Humidity) คือ น้ำหนักของไอน้ำที่มีอยู่จริงในหนึ่งหน่วยลูกบาศก์ของอากาศชื้น หน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์ เซนติเมตร (gm. / cm. ³)



รูปที่ 3.8 เครื่อง Thermograph

(ที่มา : W.L.Donn, 1975)



รูปที่ 3.9 เครื่อง Hygrograph

(ที่มา : W.L.Donn, 1975)

6.4.2 ความชื้นจำเพาะ (Specific Humidity) คือ

น้ำหนักของไอน้ำต่อน้ำหนักของอากาศซึ่งรวมไอน้ำด้วย

$$\begin{aligned} \text{นั่นคือ Specific Humidity (q)} &= \frac{\text{Weight of vapor}}{\text{Weight of moist air}} \\ &= \frac{M_v}{M_v + M_a} \end{aligned}$$

หน่วยของความชื้นจำเพาะเป็นกรัมของไอน้ำต่อกิโลกรัมของอากาศ

ในเมื่ออากาศขึ้นถูกบีบหรือขยายตัว ความกดรวม (Total of air pressure)

และความกดของไอน้ำ (Pressure of vapor) จะเปลี่ยนไปด้วยอัตราเดียวกัน

แต่เมื่อจำนวนไอน้ำเพิ่มขึ้นหรือลดลงค่าของความกดรวมจะเปลี่ยนแปลงไป

6.4.3 เรโซส่วนผสม (Mixing ratio) คือ อัตราส่วนระหว่าง

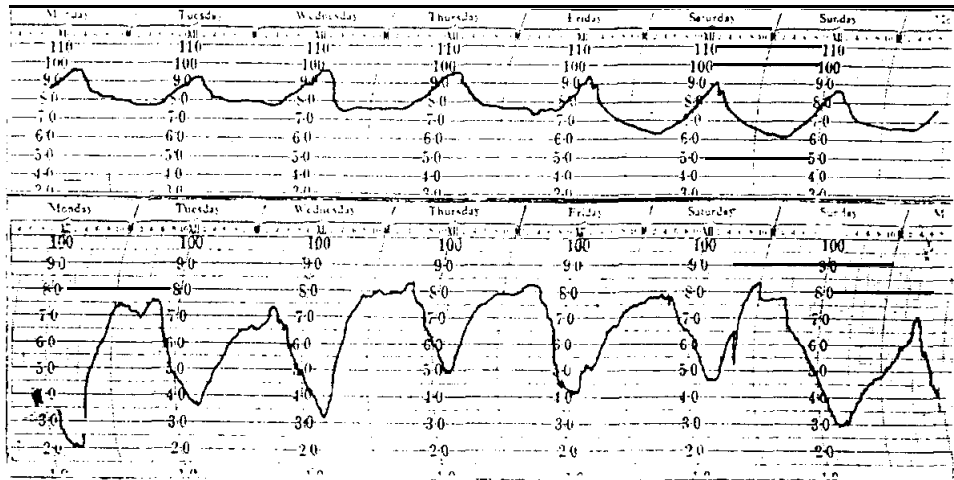
น้ำหนักของไอน้ำ (M_v) ต่อน้ำหนักของอากาศแห้ง (M_a) หน่วยเป็นกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม

$$\text{นั่นคือ Mixing ratio (r)} = \frac{\text{Weight of vapor in gram}}{\text{Weight of dry air in 1 kg.}}$$

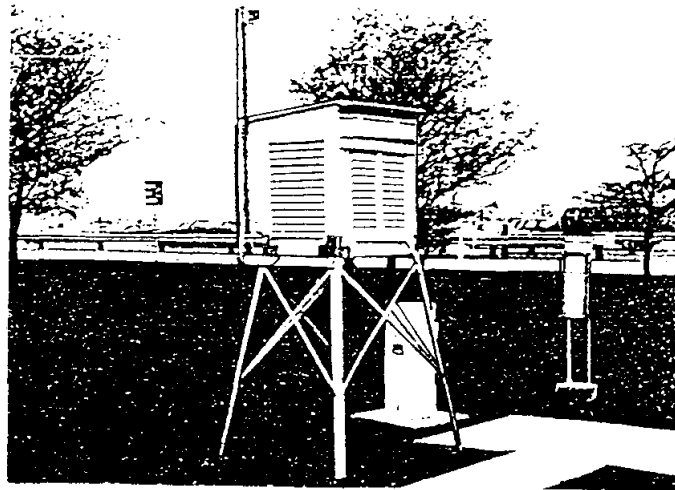
6.4.4 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) คือ อัตราส่วน

ระหว่างไอน้ำที่มีอยู่กับจำนวนไอน้ำที่ควรจะมีเมื่ออากาศอิ่มตัว ในเมื่ออุณหภูมิและความกดไม่เปลี่ยนแปลง หน่วยเป็นร้อยละ

$$\text{นั่นคือ Relative Humidity (R.H.)} = \frac{\text{Pressure of vapor}}{\text{Saturated vapor pressure}} \times 100$$



รูปที่ 3.10 การเปรียบเทียบกราฟอุณหภูมิกับกราฟความชื้นใน 1 สัปดาห์
(ที่มา : W.L.Donn, 1975)



รูปที่ 3.11 ตู้ใส่เครื่องมือตรวจอากาศ
(ที่มา : M.Moran, 1989)

การวัดค่าความชื้นใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เครื่องมือวัดความชื้นแบบเส้นผม (Hair hygrometer) ซึ่งใช้เส้นหางม้าที่ล้างน้ำมันออกแล้วจะยึดหรือหดสัมพันธ์กับค่าความชื้น นำความแตกต่างนี้มาแสดงค่าออกเป็นค่าความชื้นของอากาศ โดยบอกเป็นค่าความชื้นสัมพันธ์ ซึ่งวิวัฒนาการของเครื่องมือเปลี่ยนมาใช้ระบบไฟฟ้า ใช้วัดความชื้นที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนั้น การใช้เทอร์โมมิเตอร์คู่หนึ่ง คู่เบี่ยง ใช้อ่านค่าอุณหภูมิที่แตกต่างกันของเทอร์โมมิเตอร์ทั้งสองแล้วเปิดค่าในตาราง จะได้ค่าจุดน้ำค้าง ความดันไอน้ำ และค่าความชื้นสัมพันธ์

6.5 การวัดน้ำระเหย

การวัดน้ำระเหยมีความสำคัญต่อพืชน้ำในลุ่มน้ำ เพื่อวางแผนการจัดการลุ่มน้ำ การวัดน้ำระเหยใช้วัดความสูงของน้ำที่ระเหยไปในหนึ่งหน่วยพื้นที่หน้าตัด ในช่วงเวลาที่กำหนด โดยทั่วไปใช้ช่วงเวลา 24 ชั่วโมง เครื่องมือวัดน้ำระเหยใช้ ถาดวัดน้ำระเหย (Evaporation pan) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 4-6 ฟุต ลึกประมาณ 10-12 นิ้ว โดยตรวจระดับน้ำที่ระเหยในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง หากมีการระเหยมากค่าความแตกต่างระหว่างระดับน้ำที่อ่านครั้งแรกกับครั้งหลังจะต่าง กันมากอัตราการระเหยของน้ำขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ดังนี้

6.5.1 ความดันไอน้ำที่ผิวหน้าน้ำ (Vapor pressure of the water surface) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความดันไอน้ำจะมีมากและการระเหยจะมีมากขึ้นถ้าสภาพอื่น ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง

6.5.2 ความดันไอน้ำในอากาศ (Vapor pressure of the air) ถ้ามีไอน้ำในอากาศมากอัตราการระเหยก็จะมากขึ้น

6.5.3 ความเค็มของน้ำ (Salinity) น้ำที่มีเกลือแร่อยู่มากจะระเหยช้า เมื่อสภาพอื่น ๆ คงที่น้ำทะเลจะระเหยช้ากว่าน้ำจืดประมาณ 5%

6.5.4 กระแสลม (Air movement) การกระเทยจะมีมากขึ้น
เมื่อมีกระแสลมมาช่วยพัดอากาศขึ้นไปและนำอากาศแห้งมาแทนที่ที่ผิวหน้าน้ำ

6.6 การตรวจเมฆ

การตรวจเมฆในท้องฟ้าใช้แบ่งท้องฟ้าออกเป็น 10 ส่วน หรือ 8 ส่วน แต่ละส่วนเรียกว่า ออกตา (okta) ในรายงานเมฆใช้รายงานเป็นอัตราส่วน เช่น 6/10 หรือ 2/8 ส่วนรายงานเมฆในการพยากรณ์อากาศเป็นการบอกเพียงกว้าง ๆ เช่น มีเมฆมาก (Cloudy) ประมาณว่ามีเมฆอยู่มากกว่า 8/10, มีเมฆบางส่วน (Partly cloudy) ประมาณว่ามีเมฆอยู่ระหว่าง 4-7/10 และท้องฟ้าปลอดโปร่งแจ่มใส (Clear) ประมาณว่ามีเมฆน้อยกว่า 3/10 เป็นต้น สำหรับประเทศไทยใช้แบ่งท้องฟ้าเป็น 8 ส่วน โดยแบ่งเมฆออกเป็น 4 แบบตามระดับความสูง คือ

6.6.1 เมฆชั้นสูง ประกอบด้วย เมฆ Cirrus (Ci) , Cirrocumulus (Cc) , Cirrostratus (Cs) ความสูงเฉลี่ย 6-11 กิโลเมตร เป็นเมฆพวยสีขาวบนฟ้าที่แจ่มใส ก่อนฝนจะตกหลาย ๆ วัน

6.6.2 เมฆชั้นกลาง ประกอบด้วยเมฆ Altostratus (As) , Altocumulus (Ac) ความสูงเฉลี่ย 2-6 กิโลเมตร เป็นเมฆก้อนหรือเมฆพวย มีฐานเรียบ ก่อนฝนตกหลายวัน

6.6.3 เมฆชั้นต่ำ ประกอบด้วยเมฆ Stratocumulus (Sc) , Stratus (St) และ Nimbostratus (Ns) ความสูงเฉลี่ย 0.1-2 กิโลเมตร เป็นเมฆฝน ฐานค่อนข้างเรียบและต่อเนื่องกัน มักจะเกิดขึ้นก่อนฝนตกโดยเฉพาะตอนบ่ายและค่ำ

6.6.4 เมฆก่อตัวในทางคิง ประกอบด้วยเมฆ Cumulus

(Cu) , Cumulonimbus (Cb) ความสูงอยู่ระหว่าง 0.5-6 กิโลเมตร

เมฆชนิดนี้ฐานต่ำมากแต่ยอดเมฆอยู่สูงมาก เป็นเมฆฝนขนาดใหญ่โดยเฉพาะเมฆ Cb รูปเหมือนหงส์เหิน เป็นต้นเหตุของการเกิดพายุฝนฟ้าคะนอง มีลูกเห็บตกในคอนบ่าย และคำของวันที่มีอากาศร้อนในฤดูร้อนทางตอนในของแผ่นดิน

6.7 การตรวจน้ำฟ้า

การตรวจน้ำฟ้าซึ่งหมายถึง การวัดปริมาณน้ำที่ตกมาจากฟ้าสู่ดินใน รูปแบบต่าง ๆ เช่น ฝน หิมะ ลูกเห็บ เป็นต้น ซึ่งรวมเรียกว่า น้ำฟ้า (Precipitation) เครื่องมือที่ใช้วัดเรียกว่า หม้อวัดน้ำฝน (Rain gauge) มีขนาดต่าง ๆ กัน หัวโบนิยมใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว ตรงปากทำเป็นรูปกรวยกันดัดให้น้ำฝนไหล ลงไปได้และป้องกันการกระเหย ช้างในหม้อวัดน้ำฝนมีกระบอกขนาดเล็กอีกชั้นหนึ่งมี พื้นที่หน้าตัดเป็น 1/10 เท่า น้ำฝนที่ลงไปใกระบอกขนาดเล็กยาวประมาณ 20 นิ้ว นี้จะมีสเกลอ่านค่าความสูงของน้ำฝน หน่วยของน้ำฝนเป็นค่าความสูง (ของน้ำฝน) เป็น นิ้วหรือมิลลิเมตร

นอกจากนี้ยังมีเครื่องวัดแบบอัตโนมัติมากมาย ซึ่งหลักการก็ใช้แบบเดียวกับหม้อวัดน้ำฝนคือ วัดเป็นค่าความสูง สำหรับหิมะนั้นอาจใช้วิธีการใช้บรรทัดวัด ความสูงเฉลี่ยของหิมะหรืออาจใช้วิธีนำไปละลายแล้ววัดแบบน้ำฝนก็ได้ การติดตั้งหม้อ- น้ำวัดฝนต้องคำนึงถึงอุปสรรคที่จะทำให้น้ำฝนไม่ลงในปากหม้อวัดน้ำฝนอย่างสม่ำเสมอ เช่น อาคารสูง ภูเขา ต้นไม้ กระแสลมพัดจัด เป็นต้น การตรวจฝนต้องบันทึกเวลาที่ฝนตก ฝนหยุด ทำเป็นบันทึกค่าปกติประจำวัน ประจำเดือน และประจำปี จำนวนน้ำฝน ที่ตกมากที่สุด-น้อยที่สุด ประจำเดือนและประจำปี นอกจากนั้นก็ต้องบันทึกจำนวนวันที่ฝนตก เฉลี่ยในแต่ละเดือนและแต่ละปี วันที่นับเป็นวันฝนตกจะต้องมีฝนตกตั้งแต่ 0.01 นิ้ว หรือ 0.1 มิลลิเมตรขึ้นไป

6.8 การวัดแสงแดด

การวัดแสงแดดใช้เครื่องมือวัดที่มีใช้อยู่ 2 แบบคือ แบบที่ใช้บันทึกแสงแดดด้วยไฟฟ้า (Electric sunshine recorder) โดยมีหลักการจากการใช้วัตถุที่มีสีต่างกันเมื่อรับความร้อนแล้วจะมีอุณหภูมิไม่เท่ากัน ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าคัดแปลงบันทึกลงเป็นค่าของแสงแดด อีกวิธีหนึ่งคือ การใช้วัดแสงแดดด้วยวิธีการเผาไหม้ โดยใช้ลูกแก้วรวมแสงลงบนกระดาษจนเกิดการเผาไหม้ ถ้ามีแสงแดดจัดการเผาไหม้จะรุนแรง ทำให้สเกลบันทึกในกระดาษแสดงค่าของแสงแดด

การวัดแสงแดดมีความสำคัญเนื่องจากดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่โลกได้รับทำให้เกิดการระเหย การกลั่นตัว กระแสลม เป็นต้น ความร้อนที่ได้รับแตกต่างกันบนพื้นโลกมีความสำคัญทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศทั่วโลก สิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ต้องการแสงแดดเพื่อการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิต ดังนั้น แสงแดดจึงเป็นสาระประกอบอุตุนิยมวิทยาที่สำคัญประการหนึ่ง

6.9 การตรวจทัศนวิสัย

การตรวจทัศนวิสัยเป็นการตรวจด้วยสายตาดังมีข้อยุ่งยากและอันตรายผิดมากเนื่องจากอันตรายผิดส่วนบุคคลเนื่องจากแต่ละคนมีความสามารถในการมองเห็นแตกต่างกัน นอกจากนั้น การตรวจในทางราบอาจมีสิ่งกีดขวางทำให้เกิดการผิดพลาดได้ ทัศนวิสัย (Visibility) คือ การมองเห็นในทางระดับได้ไกลหรือใกล้ การมองเห็นชัดเจนครั้งสุดท้ายถือว่าเป็นทัศนวิสัย หน่วยเป็นเมตร กิโลเมตร หรือไมล์ ตามกำหนด สิ่งที่ทำให้ทัศนวิสัยเลว ได้แก่ ผงฝุ่น (Dust) , คิวไฟ (Smoke) , หมอก (Fog) , ฝน (Rain) , ฟ้าหลัว (Haze) และหิมะ (Snow) เป็นต้น

7. สรุป

มนุษย์ได้เรียนรู้ถึงสภาวะอากาศตามธรรมชาติมาตั้งแต่สมัยโบราณ ก๊าซพิษที่ต่าง ๆ ที่เกิดจากสภาพมลพิษทางอากาศในสมัยแรก ๆ ยังหาเหตุผลที่อธิบายไม่ได้ในทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่โทษภัยพิบัติจากไฟตามความเชื่อของแต่ละหมู่เหล่า การเกิดพายุ น้ำท่วม ฟ้าผ่า แผ่นดินถล่ม ความแห้งแล้ง รวมตลอดถึงสภาพอากาศที่หนาวเย็น สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้มนุษย์ในยุคต่อ ๆ มาได้พยายามสังเกตและจดจำ เพื่อทำความเข้าใจและจัดสถิติอย่างเป็นระเบียบ ทั้งนี้ เพื่อความต้องการที่จะพยากรณ์ล่วงหน้ากับสภาพความแปรปรวนของอากาศรวมถึงความต้องการที่จะควบคุมมลพิษทางอากาศให้ได้ วิวัฒนาการทางวิทยาศาสตร์ในยุคปัจจุบันทำให้มนุษย์สามารถ เรียนรู้และ เข้าใจบรรยากาศรอบตัวเรา เกือบทั้งหมด แต่การควบคุมบรรยากาศที่มีพลังงานแอบแฝงอยู่อย่างมหาศาลนั้น มนุษย์กระทำได้เพียงระดับหนึ่งเท่านั้น บรรยากาศเปรียบเสมือนมหาสมุทรของห้วงบรรยากาศ ยังมีสิ่งเร้นลับอื่น ๆ แฝงอยู่มากมาย บรรยากาศเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับโลกมนุษย์ต่อหุ้มโลกอยู่เป็นชั้น ๆ บรรยากาศมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า จนบางครั้งลืมนึกไปว่ามีอากาศอยู่รอบ ๆ ตัวเรา เพราะเรามองไม่เห็น แต่จะรู้สึกได้ถึงพลังของอากาศเมื่ออากาศเคลื่อนที่ การแกว่งของใบไม้ด้วยแรงลมทำให้เรารู้ว่าอากาศเคลื่อนไหวได้ การเรียนรู้สภาพอากาศทำให้มนุษย์สามารถวางแผนการทำงานหรือเตือนภัยล่วงหน้าได้อย่างทันเวลา เป็นการเพิ่มผลผลิตและลดความเสียหายอันเกิดจากภัยธรรมชาติ

การตรวจอากาศเพื่อการพยากรณ์อากาศในหลักการของอุทกนิยมนิยามวิทยาส่วนใหญ่ มักกระทำกันในบรรยากาศชั้นล่าง ๆ เนื่องจากบรรยากาศชั้นล่าง ๆ มีความแปรปรวนมากมาย การตรวจอากาศผิวพื้นโดยทั่วไปใช้สถานีตรวจอากาศภาคพื้นดิน สำหรับการตรวจอากาศชั้นบนนั้นได้กระทำกันเพื่อการคมนาคมและการพยากรณ์อากาศที่แน่นอนนั้น วิธีการตรวจอากาศชั้นบนค่อนข้างยุ่งยากและสิ้นเปลือง แต่ความจำเป็นยังต้องกระทำอยู่โดยวิธี

การตรวจโดยใช้บอลลูน การใช้วิทยุหึ่งอากาศ (Radiosonds or Rawinsonds)
การใช้เครื่องบินและจรวดในการลาดตระเวนตรวจอากาศ ทั้งนี้เพื่อต้องการทราบ
สภาพอากาศในบริเวณเส้นทางสำคัญ หรือตามแนวเส้นทางพายุไต้ฝุ่น ทั้งนี้เพื่อต้องการ
ทราบตำแหน่งการเดินทาง ขนาด ความเร็วและความรุนแรงของพายุ การตรวจสอบ
และติดตามเป็นระยะ ๆ จะทำให้การพยากรณ์และออกข่าวเตือนภัยมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

8. คำถามและกิจกรรมประกอบท้ายบท

ตอนที่ 1 จงอธิบายคำถามต่อไปนี้ให้ชัดเจน

1. อุตุนิยมวิทยาคืออะไร และมีความสำคัญอย่างไร
2. คุณสมบัติของบรรยากาศเป็นอย่างไร
3. เมฆคืออะไร และมีการก่อตัวอย่างไร อธิบายให้เข้าใจ
4. ความชื้นในบรรยากาศคืออะไร มีวิธีการตรวจวัดอย่างไรบ้าง
5. น้ำฟ้าคืออะไร มีวิธีการตรวจวัดอย่างไรบ้าง

ตอนที่ 2 ให้คำนวณหาค่าต่อไปนี้

1. สมมุติให้อากาศมวลหนึ่งซึ่งอยู่บนพื้นที่สูง 3,000 ฟุต จากระดับน้ำทะเลปานกลาง มีอุณหภูมิ 42°F และอุณหภูมิจุดน้ำค้าง 36°F อากาศมวลนี้ถูกพัดให้ลอยสูงขึ้นไปตามลาดเขาไปถึงยอดเขาที่มีความสูง 12,000 ft. จากระดับน้ำทะเลและจมลงอีกด้านหนึ่งของภูเขา ให้คำนวณหาระดับความสูงที่อากาศมวลนี้เริ่มกลั่นตัว อุณหภูมิที่ยอดเขาและอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่จมตัวลงอีกด้านหนึ่งของภูเขาที่ระดับความสูง 3,000 ฟุต จากระดับน้ำทะเลปานกลางกำหนดให้ใช้อัตรา $3^{\circ}\text{F} / 1,000\text{ ft.}$ สำหรับ Wet adiabatic rate

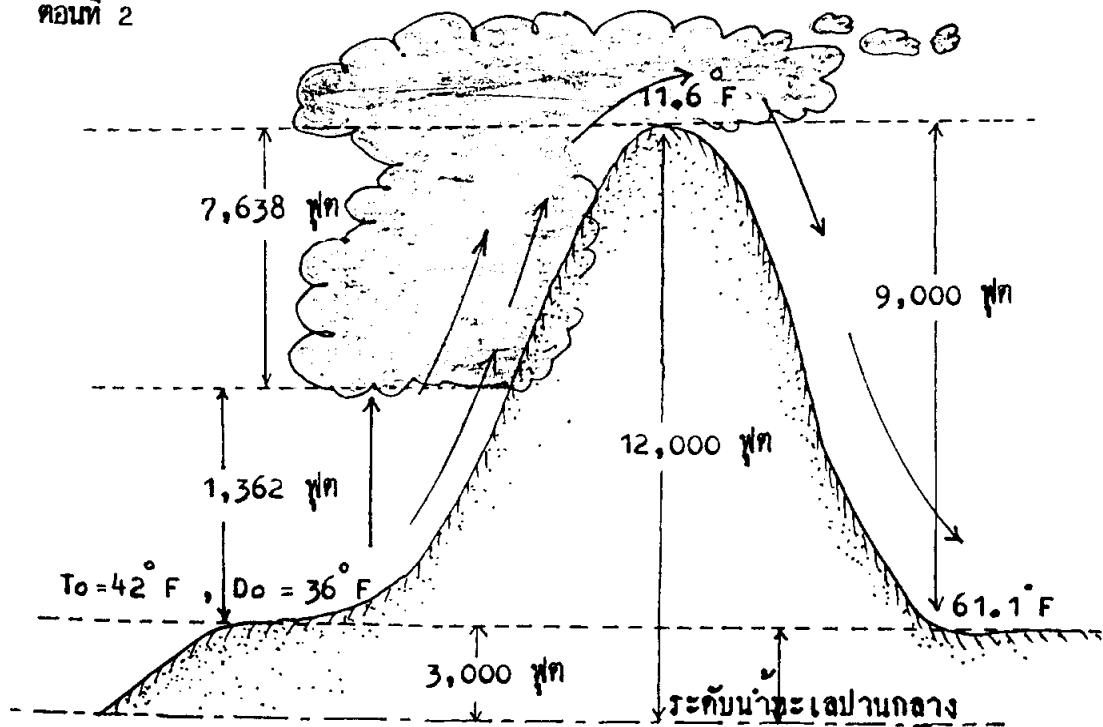
2. ในการตรวจอากาศตอนเที่ยงวันของวันที่สงบวันหนึ่งในฤดูร้อน อุณหภูมิของอากาศ 90°F อุณหภูมิจุดน้ำค้าง 52.4°F ในห้องฟ้ามีเมฆฝน Cumulus ให้หาความสูงของฐานเมฆและอุณหภูมิจุดน้ำค้าง และสมมุติว่าเมฆมีความสูง (หนา) 1,200 ฟุต อุณหภูมิที่ยอดเมฆควรเป็นเท่าไร ?

เฉลย

ตอนที่ 1

1. คู่มือข้อที่ 1. ประกอบในการตอบคำถาม
2. คู่มือข้อที่ 2.3 ประกอบในการตอบคำถาม
3. คู่มือข้อที่ 4.2 ประกอบในการตอบคำถาม
4. คู่มือข้อที่ 4 และ 6.4 ประกอบในการตอบคำถาม
5. คู่มือข้อที่ 6.7 ประกอบในการตอบคำถาม

ตอนที่ 2



รูปที่ 3.12 แสดงข้อมูลที่กำหนดไว้ในข้อ 1 ตอนที่ 2

สิ่งที่กำหนดมาให้

- มวลอากาศอยู่ที่ระดับสูง 3,000 ฟุต จากระดับน้ำทะเลปานกลาง
- T_o = อุณหภูมิผิวพื้น = 42° F
- D_o = จุดน้ำค้างที่ผิวพื้น = 36° F
- Wet adiabatic rate = $3^\circ \text{ F}/1,000$ ฟุต
- อากาศมวลน้ำลอยข้ามภูเขาที่มีความสูง 12,000 ฟุต จากระดับน้ำทะเลปานกลาง แล้วจมลงอีกด้านหนึ่งมาที่ระดับ 3,000 ฟุต จากระดับน้ำทะเล

สิ่งที่ต้องการทราบ

- ความสูงที่อากาศมวลน้ำจะกลั่นตัว
- อุณหภูมิของอากาศที่ยอดเขา
- อุณหภูมิของอากาศที่อีกด้านหนึ่งของภูเขาที่ระดับ 3,000 ฟุต จากระดับน้ำทะเลปานกลาง

วิธีคำนวณ

เมื่อ H คือ ความสูงฐานเมฆ ซึ่งก็คือ จุดที่อากาศเริ่มกลั่นตัวนั่นเอง

จากสูตร ; $H = 227 (T_o - D_o)$

$$= 227(42-36)$$
$$= 1,362 \text{ ฟุต}$$

หาอุณหภูมิพื้นฐานเมฆ เมื่อ Th คือ อุณหภูมิพื้นฐานเมฆ

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร ; } Th &= T_o - \left(\frac{5.5}{1000} \right) H \\ &= 42 - \left(\frac{5.5}{1000} \right) 1362 \\ &= 34.51^\circ \text{ F} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความสูงที่อากาศมวลนี้จะต้องลอยตัวข้ามภูเขาอีก} &= 12,000 - 1,362 - 3,000 \\ &= 7,638 \text{ ฟุต} \end{aligned}$$

หาอุณหภูมิตยออกเขา เมื่อ Th คือ อุณหภูมิตยออกเขา

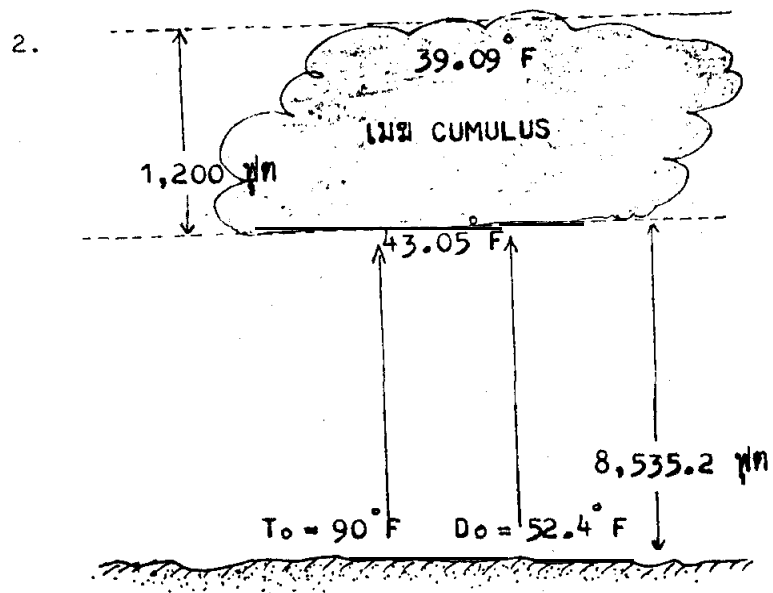
$$\begin{aligned} Th &= T_o - \left(\frac{3}{1000} \right) H \\ &= 34.51 \left(\frac{3}{1000} \right) 7638 \\ &= 11.60^\circ \text{ F} \end{aligned}$$

อากาศจะจมลงที่อีกด้านหนึ่งของภูเขามาที่ระดับสูง 3,000 ฟุต จากระดับน้ำทะเล ดังนั้น อากาศมวลนี้ต้องจมตัวลง $12,000 - 3,000 = 9,000$ ฟุต หาอุณหภูมิของอากาศอีกด้านหนึ่งของภูเขา เมื่อ Th คือ อุณหภูมิของอากาศอีกด้านหนึ่งของภูเขา

$$\begin{aligned}
 \therefore T_h &= T_o + \left(\frac{5.5}{1000} \right) H \\
 &= 11.60 + \left(\frac{5.5}{1000} \right) 9000 \\
 &= 61.1 \text{ } ^\circ\text{F}
 \end{aligned}$$

คำตอบ

- อากาศมวลนี้จะเริ่มกลั่นตัวที่ระดับความสูง $3,000 + 1,362$
 $= 4,362$ ฟุต จากระดับน้ำทะเลปานกลาง
- อุณหภูมิที่ยอดเขา $= 11.6 \text{ } ^\circ\text{F}$
- อุณหภูมิที่อีกด้านหนึ่งของภูเขาที่ระดับความสูง $3,000$ ฟุต จากระดับน้ำทะเลปานกลาง คือ $61.1 \text{ } ^\circ\text{F}$



รูปที่ 3.13 แสดงข้อมูลที่กำหนดมาให้ตามข้อ 2 ตอนที่ 2

สิ่งที่กำหนดให้

- อากาศมวลหนึ่งมีอุณหภูมิผิวพื้น 90° F อุณหภูมิจุดน้ำค้าง 52.4° F
- เมฆ Cumulus หนา 1,200 ฟุต

สิ่งที่ต้องการทราบ

- ความสูงฐานเมฆ
- อุณหภูมิฐานเมฆ
- อุณหภูมิที่ยอดเมฆ

วิธีคำนวณ

เมื่อ H เป็นความสูงฐานเมฆ To เป็นอุณหภูมิผิวพื้น
Do เป็นอุณหภูมิจุดน้ำค้าง

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร ; } H &= 227 (T_o - D_o) \\ &= 227 (90 - 52.4) \\ &= 8,535.2 \text{ ฟุต} \end{aligned}$$

หาอุณหภูมิที่ฐานเมฆ

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร ; } T_h &= T_o - \left(\frac{5.5}{1000} \right) H \\ &= 90 - \left(\frac{5.5}{1000} \right) 8535.2 \\ &= 43.05^{\circ} \text{ F} \end{aligned}$$

หาอุณหภูมิที่ยอดเมฆ เมฆมีความสูง (H) = 1,200 ฟุต

$$\text{จากสูตร ; } T_h = T_o - \left(\frac{3.3}{1000} \right) \cdot H$$

$$= 43.05 - \left(\frac{3.3}{1000} \right) \cdot 1200$$

$$= 39.09' \text{ F}$$

คำตอบ

- ความสูงฐานเมฆ คือ 8,535.2 ฟุต
- อุณหภูมิที่ฐานเมฆ 43.05 ° F
- อุณหภูมิที่ยอดเมฆ 39.09 ° F