



กรมอุตุนิยมวิทยา
กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

<http://www.tmd.go.th/>

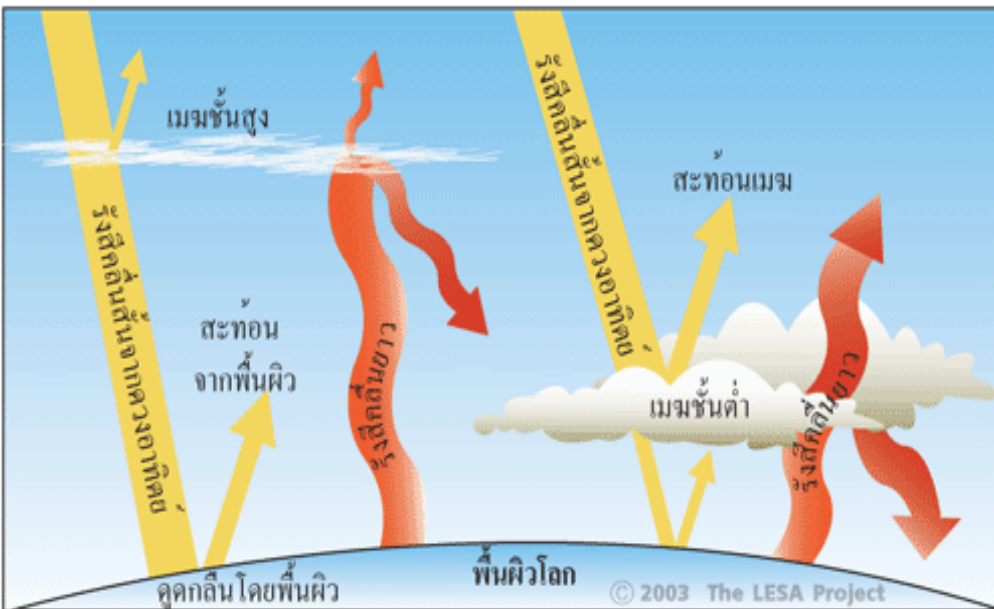
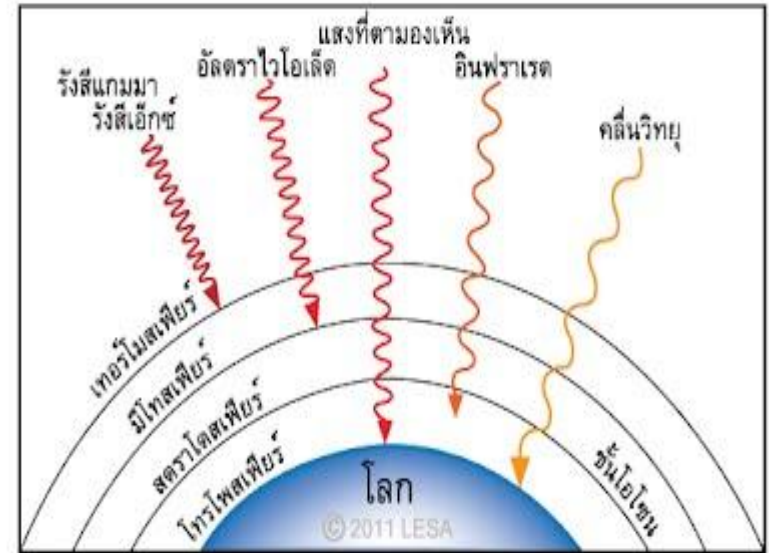
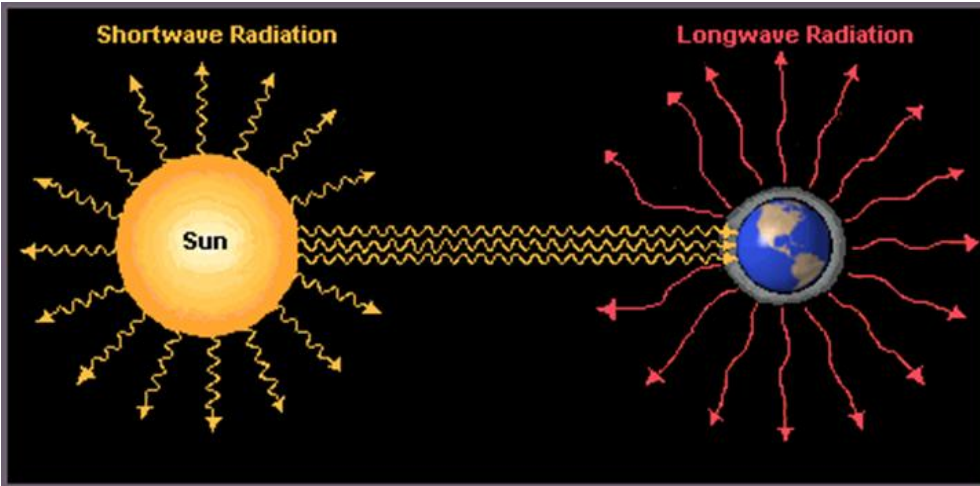
อุตุนิยมวิทยา

- อุต (ส.)= ฤดู
- นิยม (ส.)= การกำหนด
- อุตุนิยมวิทยา คือ วิทยาศาสตร์ของบรรยากาศและปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของอากาศ เช่น ฝน พายุ ฟ้าร้อง ฟ้าแลบ เป็นต้น อุตุนิยมวิทยาเป็นวิชาสาขาหนึ่งของวิชาภูมิฟิสิกส์ (Geophysics) การศึกษาอุตุนิยมวิทยาต้องอาศัยวิชาคำนวณฟิสิกส์ และข้อมูลที่ได้จากการตรวจอากาศตามระดับต่างๆ บนพื้นดินและตามบริเวณต่าง ๆ ของโลก
- วิชาอุตุนิยมวิทยา หมายถึง วิชาที่กล่าวถึง เรื่องราวของบรรยากาศ รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศกับพื้นโลก มหาสมุทร และสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไป

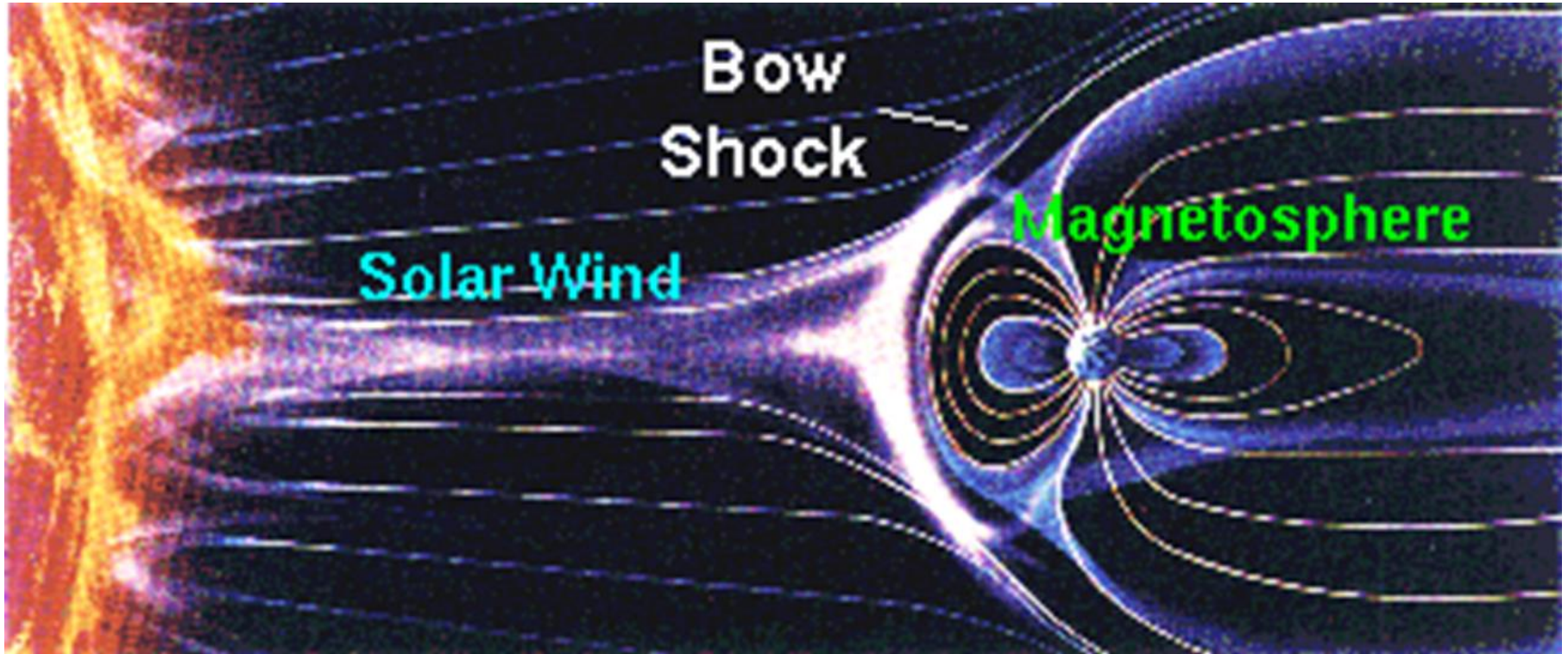
กาลอากาศ และ ภูมิอากาศ

- **กาลอากาศ (Weather)** หมายถึง ลมฟ้าอากาศ ปราณุกการณ์ หรือ ลักษณะอากาศปัจจุบัน หรือในระยะเวลาใกล้ ๆ
- **ภูมิอากาศ (Climate)** หมายถึงการศึกษาสภาพของบรรยากาศ ลมฟ้าอากาศ หรืออากาศประจำถิ่นของบริเวณใดบริเวณหนึ่ง เพื่อที่จะนำไปช่วยในการพยากรณ์อากาศ และนำไปใช้เป็น ประโยชน์ในกิจการต่าง ๆ จากคำอธิบายนี้ จะเห็นได้ว่า ภูมิอากาศก็คือผลเฉลี่ยระยะยาวของอุณหภูมิ ฝน ลม และ” สารประกอบอุตุนิยมวิทยา”อื่น ๆ ของกาลอากาศนั่นเอง

โลกและดวงอาทิตย์



ลมสุริยะ(Solar Wind) และ สนามแม่เหล็กโลก(Magnetosphere)



การแบ่งชั้นบรรยากาศโลก

ตามโครงสร้างการเปลี่ยนแปลงของ อุณหภูมิในแนวดิ่ง

1. ชั้นโทรโพสเฟียร์

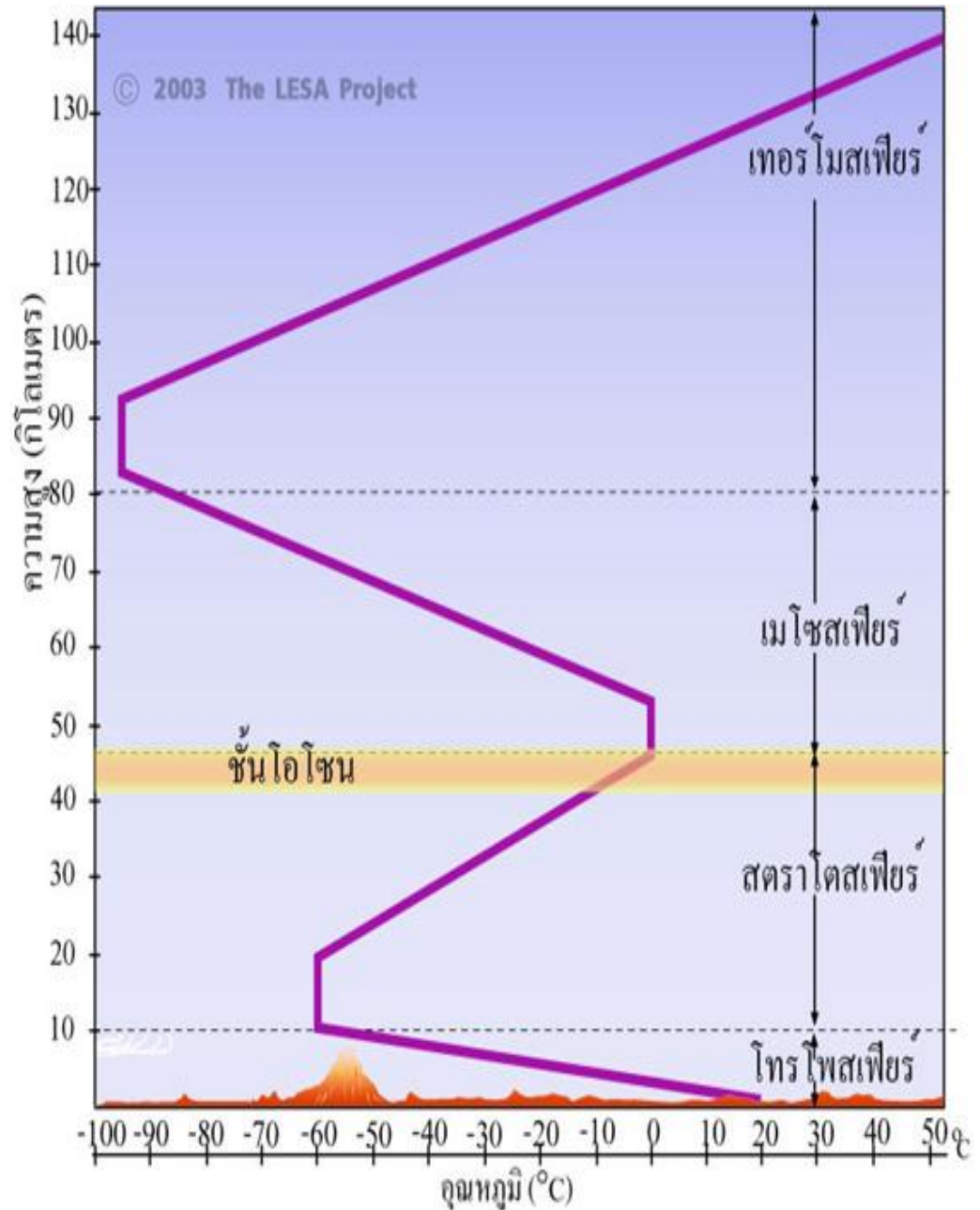
2. ชั้นสตราโตสเฟียร์

3. ชั้นเมโสสเฟียร์

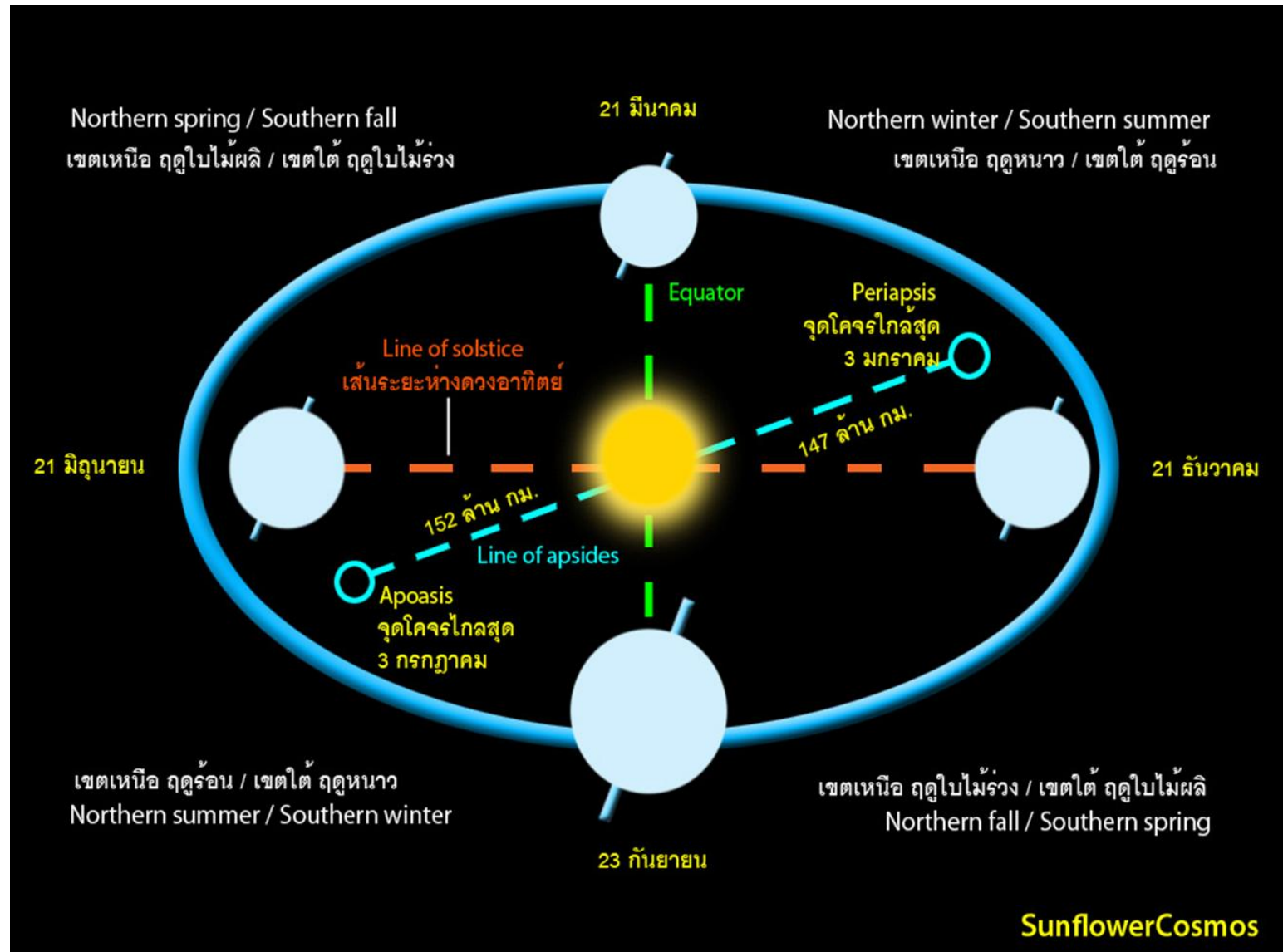
4. ชั้นเทอร์โมสเฟียร์

5. ชั้นเอ็กโซสเฟียร์

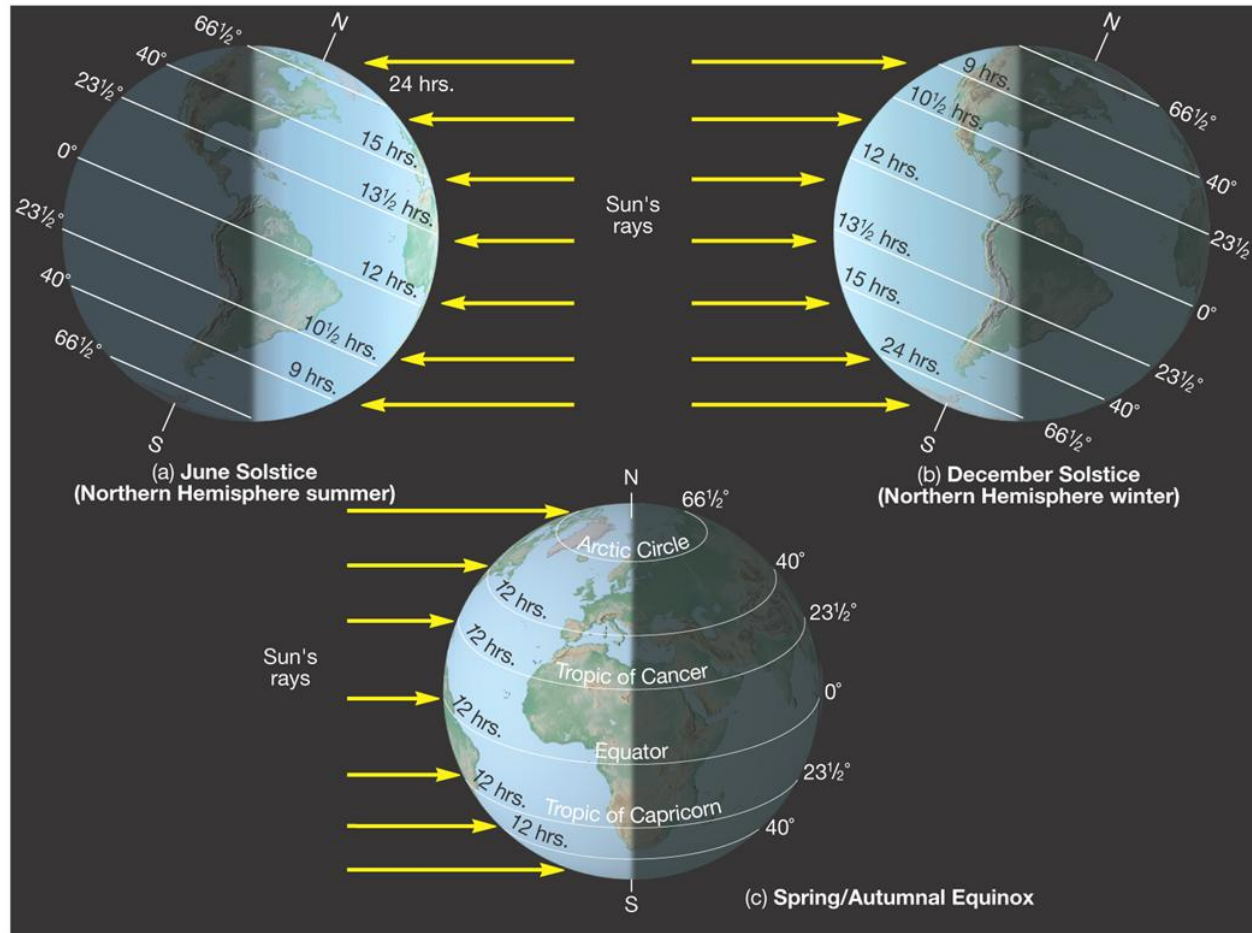
- มีความสูงตั้งแต่ 500 กม. ขึ้นไปถึงส่วนบนสุดของบรรยากาศซึ่งมีขอบเขตที่ไม่แน่นอน ส่วนใหญ่ประกอบด้วยแก๊สนานาชนิด เป็นชั้นที่ไม่มีผลทางอุตุนิยมวิทยา



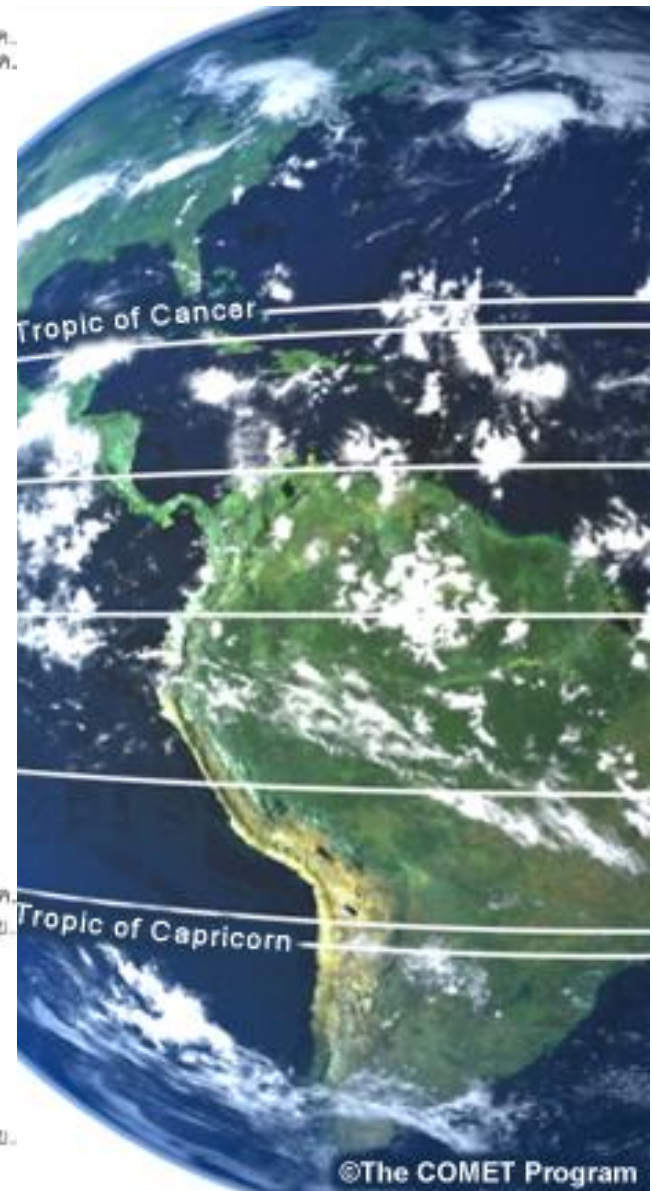
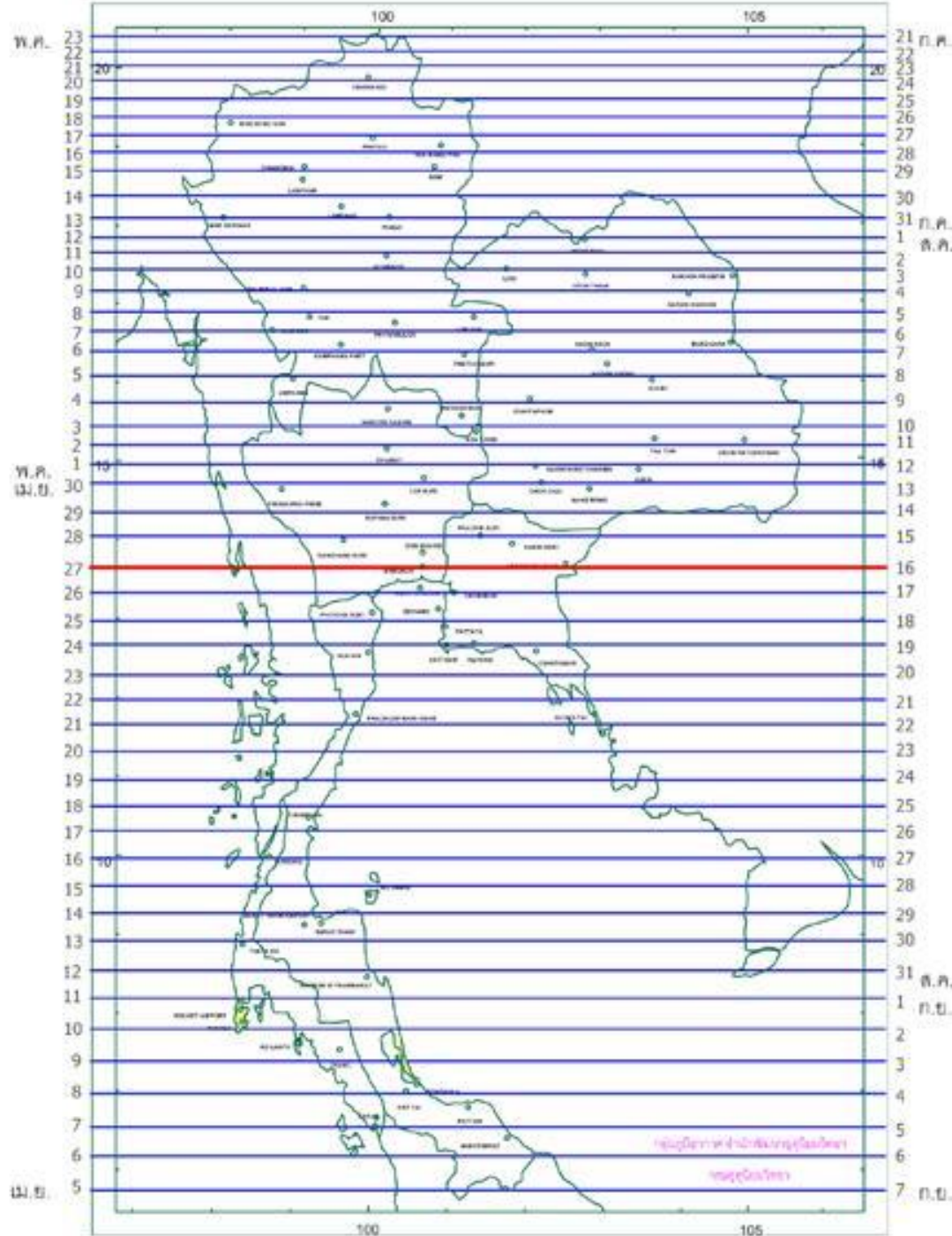
การหมุนของโลกรอบดวงอาทิตย์



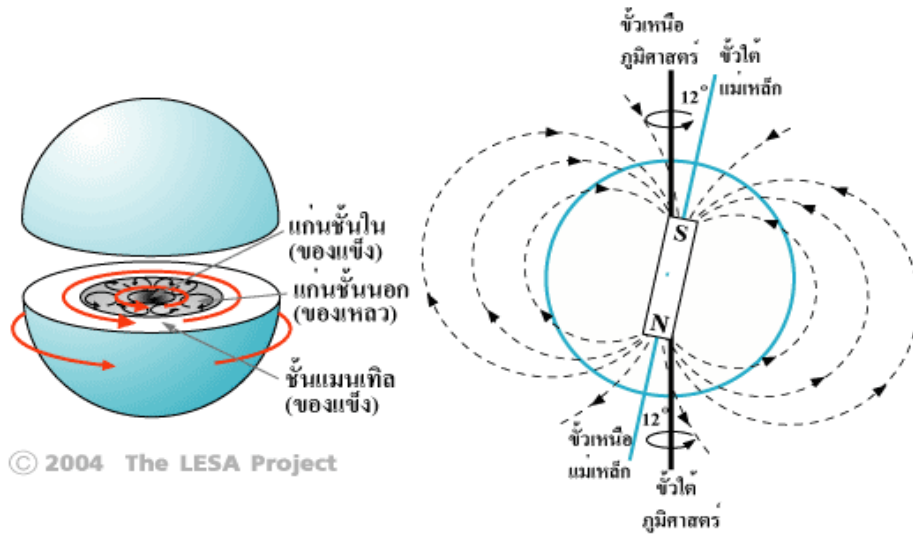
ความยาวนานของกลางวัน



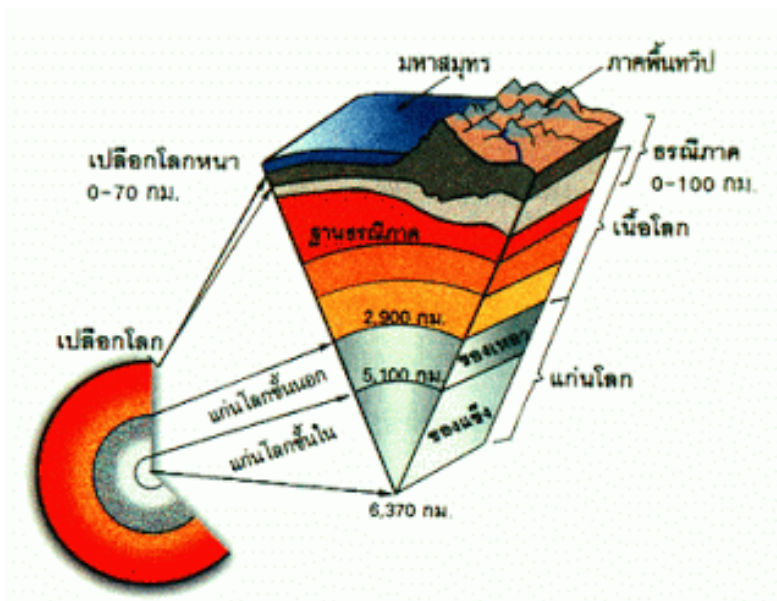
ation



โลกของเรา

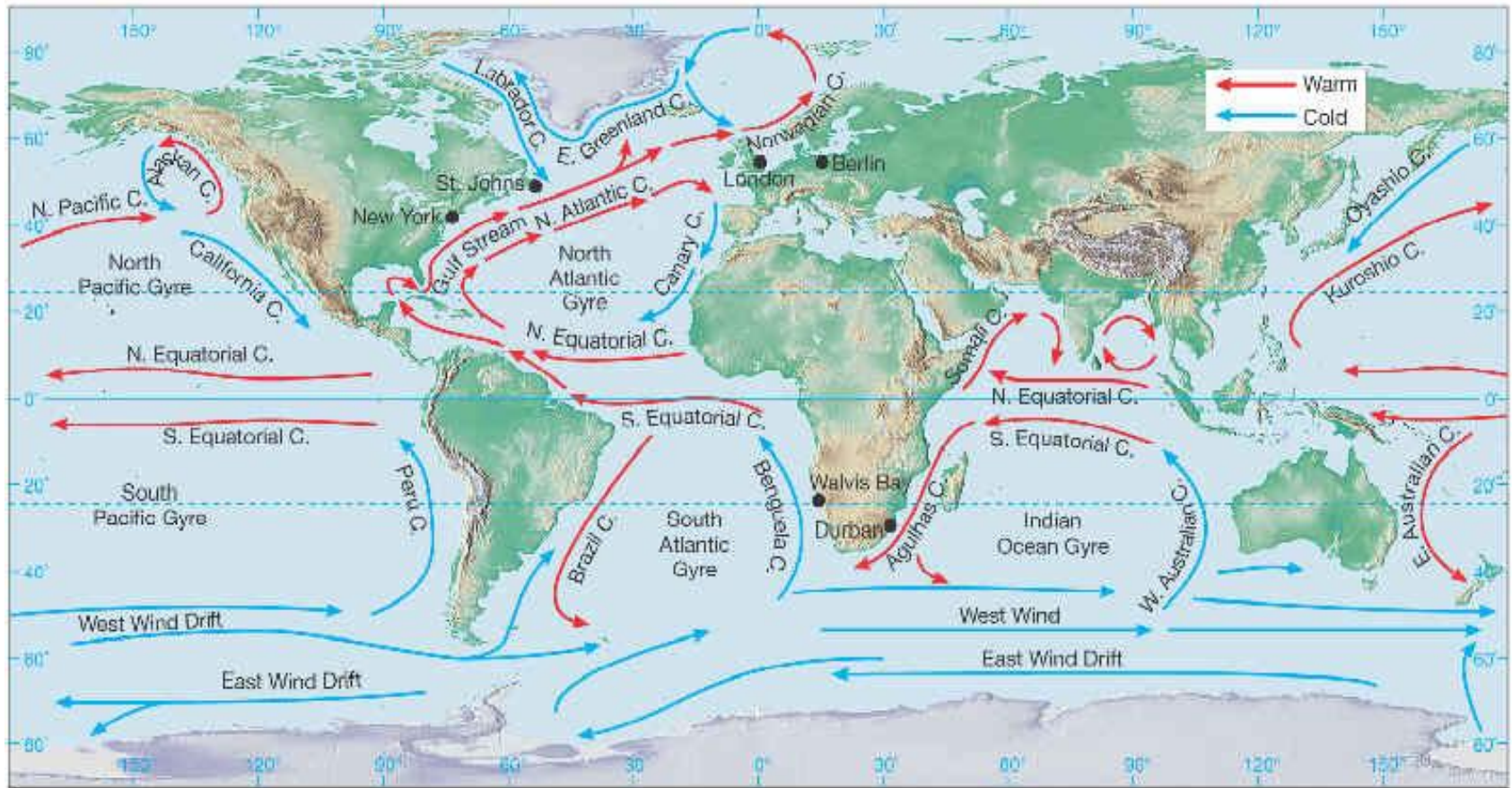


© 2004 The LESA Project



ที่มาภาพ : http://www.123rf.com/photo_12761136_earth-globe-cloud-map-side-of-the-asia-and-australia.html

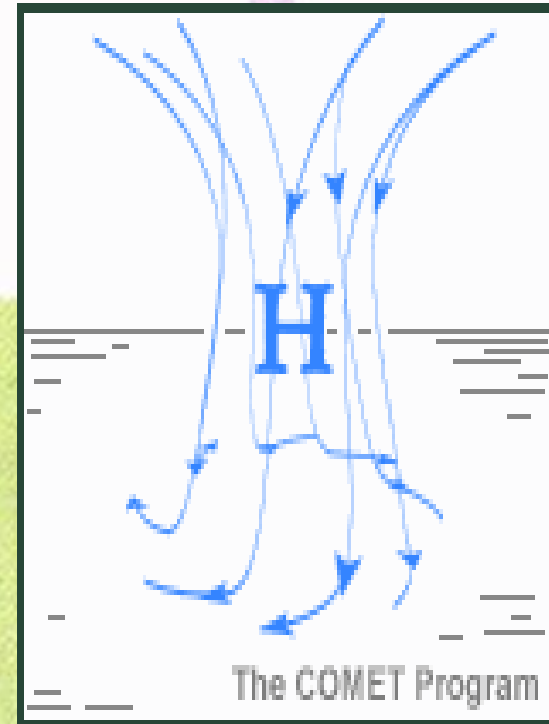
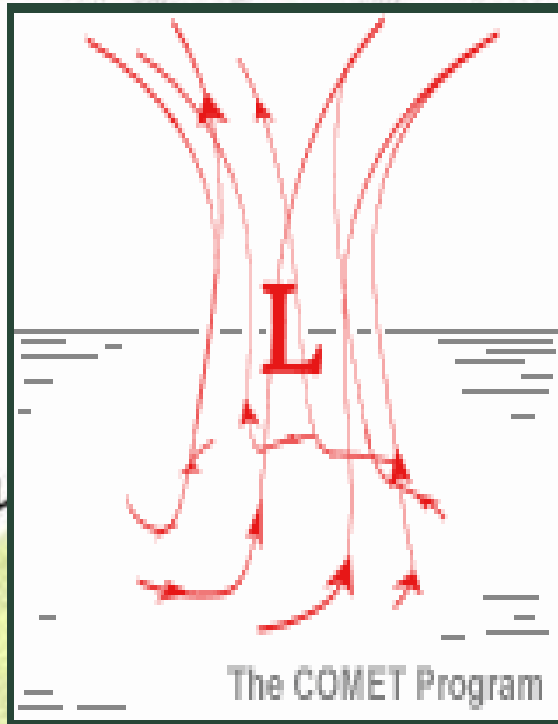
การไหลของกระแสน้ำในมหาสมุทร



ความกดอากาศต่ำ และ ความกดอากาศสูง

อากาศร้อนลอยตัว

อากาศเย็นจมตัว

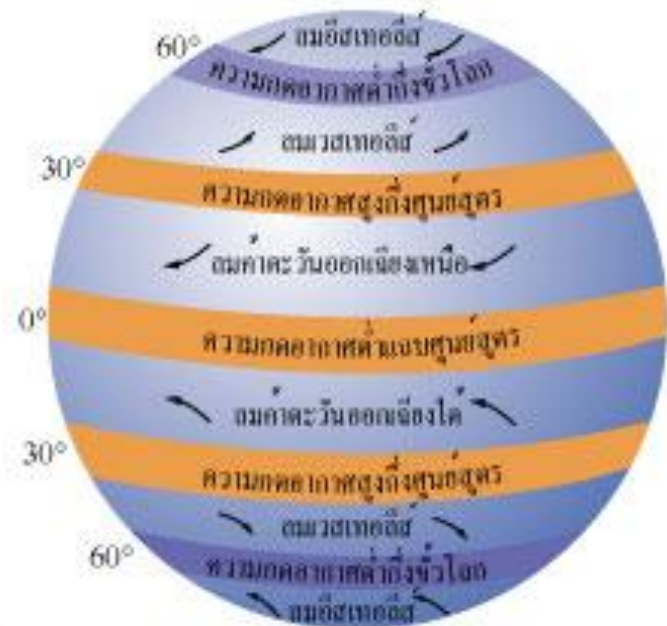
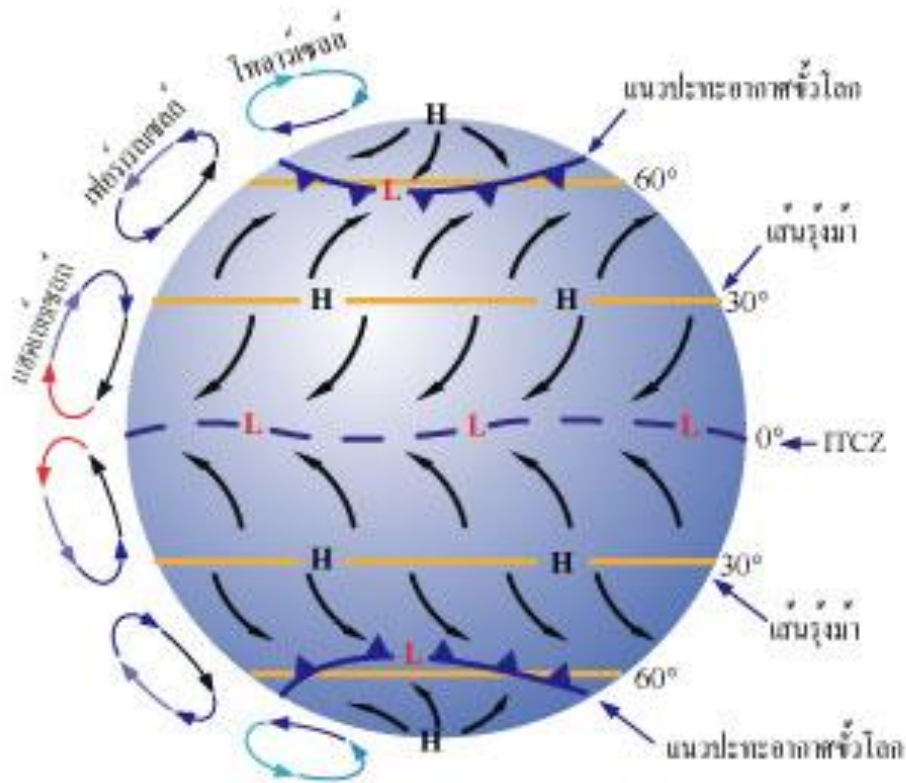


ลมเวียนเข้าสู่ศูนย์กลาง

ออกจากศูนย์กลาง

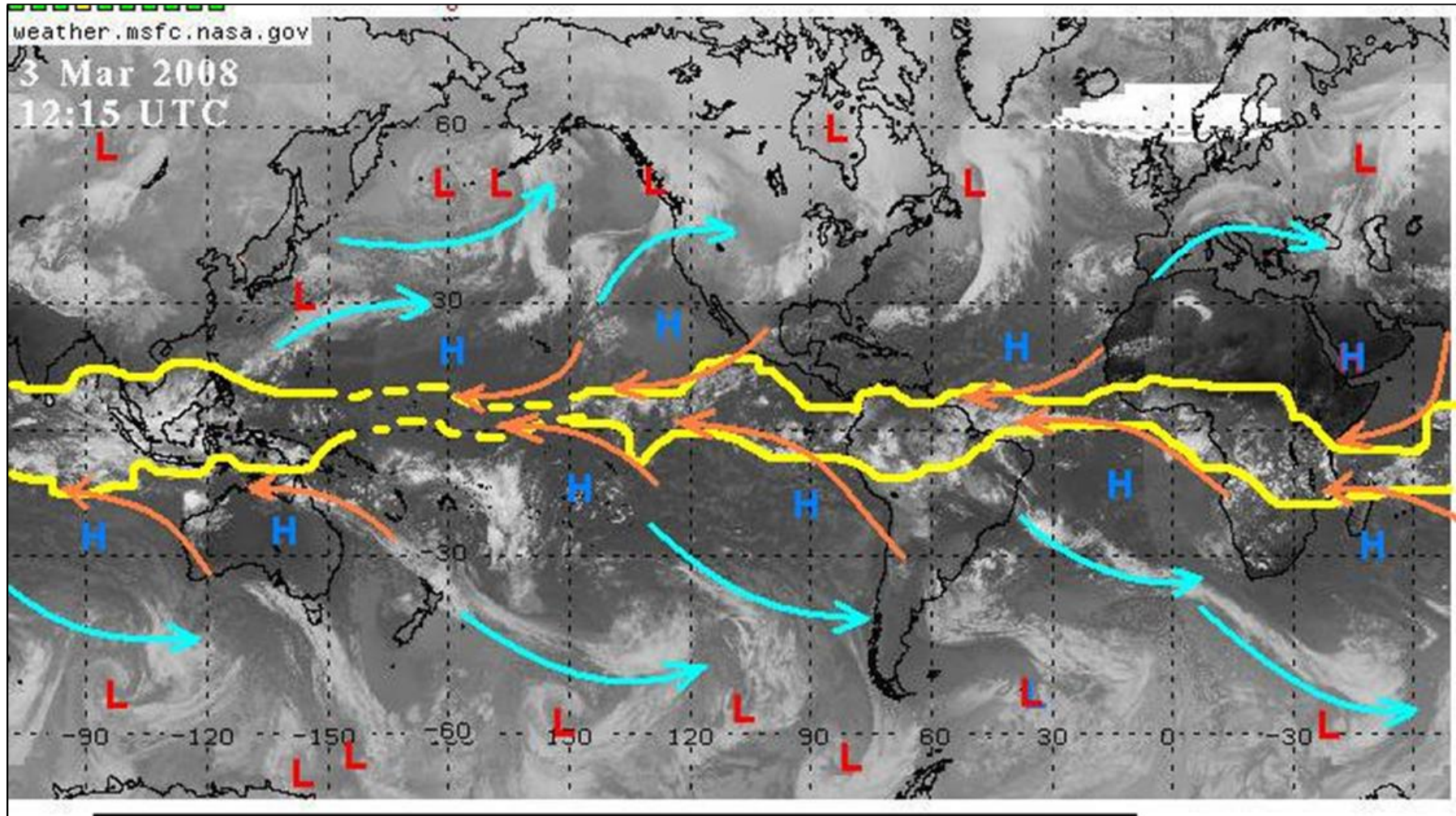
แผนที่ผิวพื้น

การหมุนเวียนของอากาศ

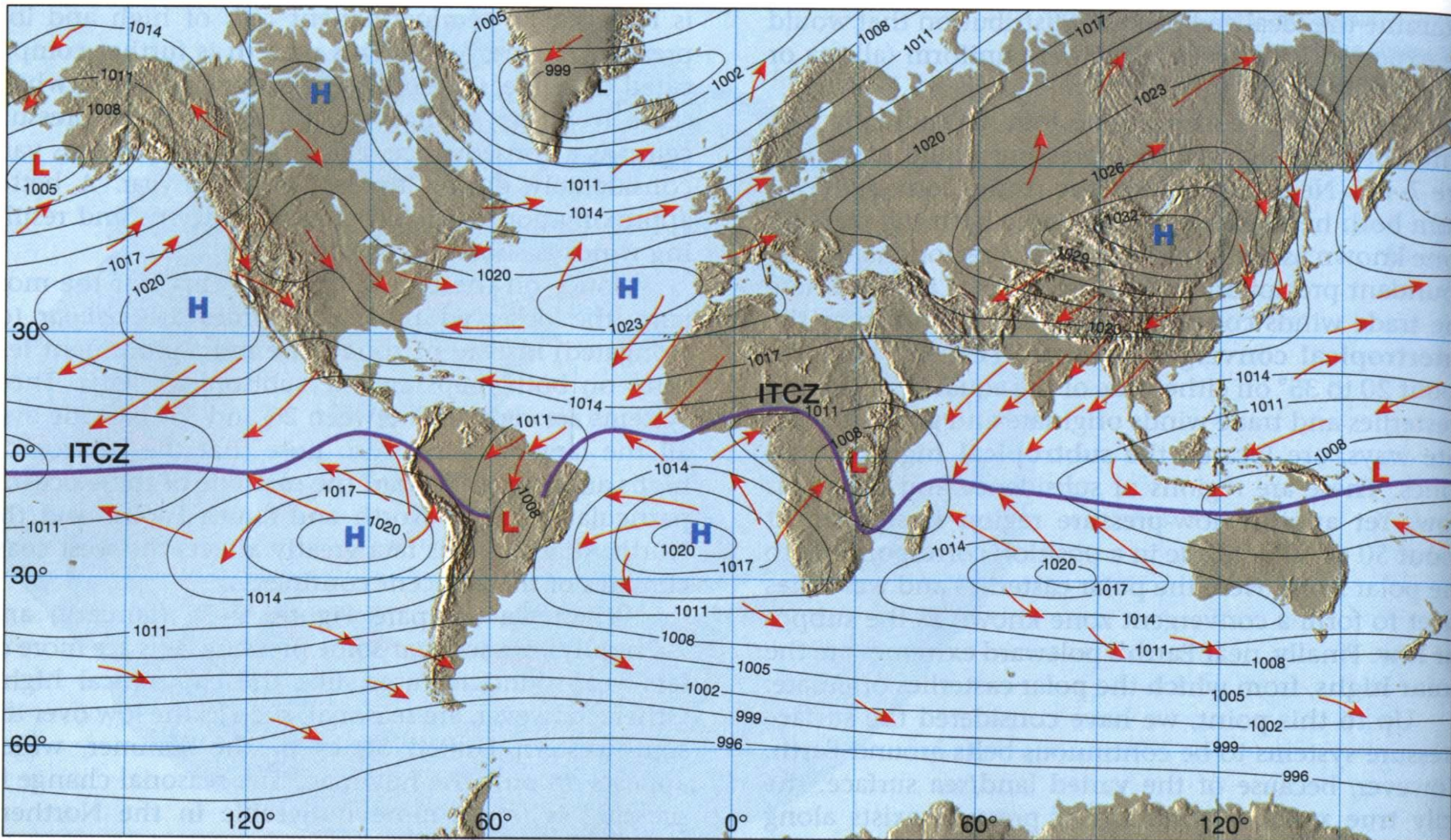


© 2004 The LESEA Project

ภาพถ่ายดาวเทียม (March 3, 2008, 12:15 UTC)

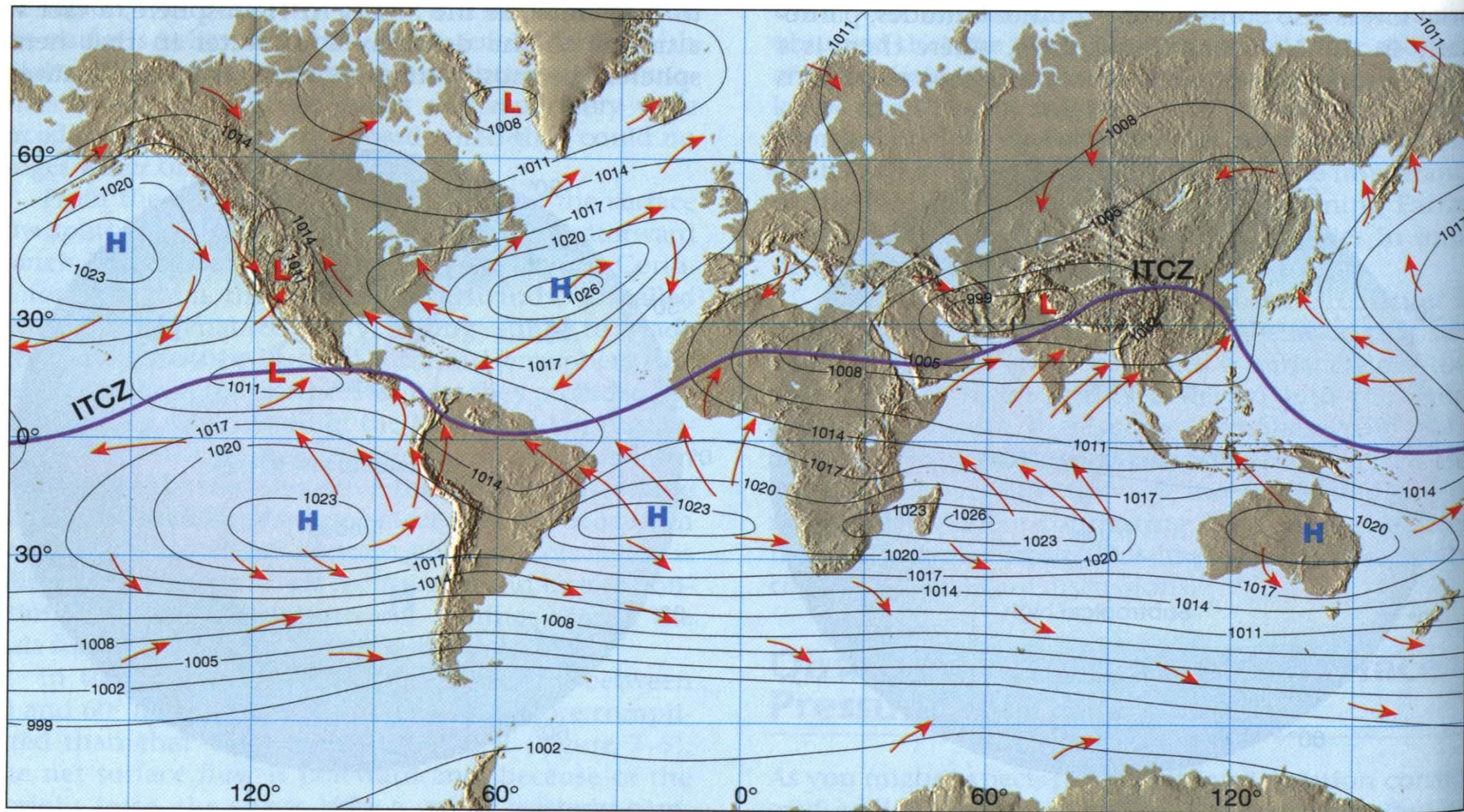


ค่าเฉลี่ยการหมุนเวียนของอากาศรอบโลกเดือนมกราคม



(a) January

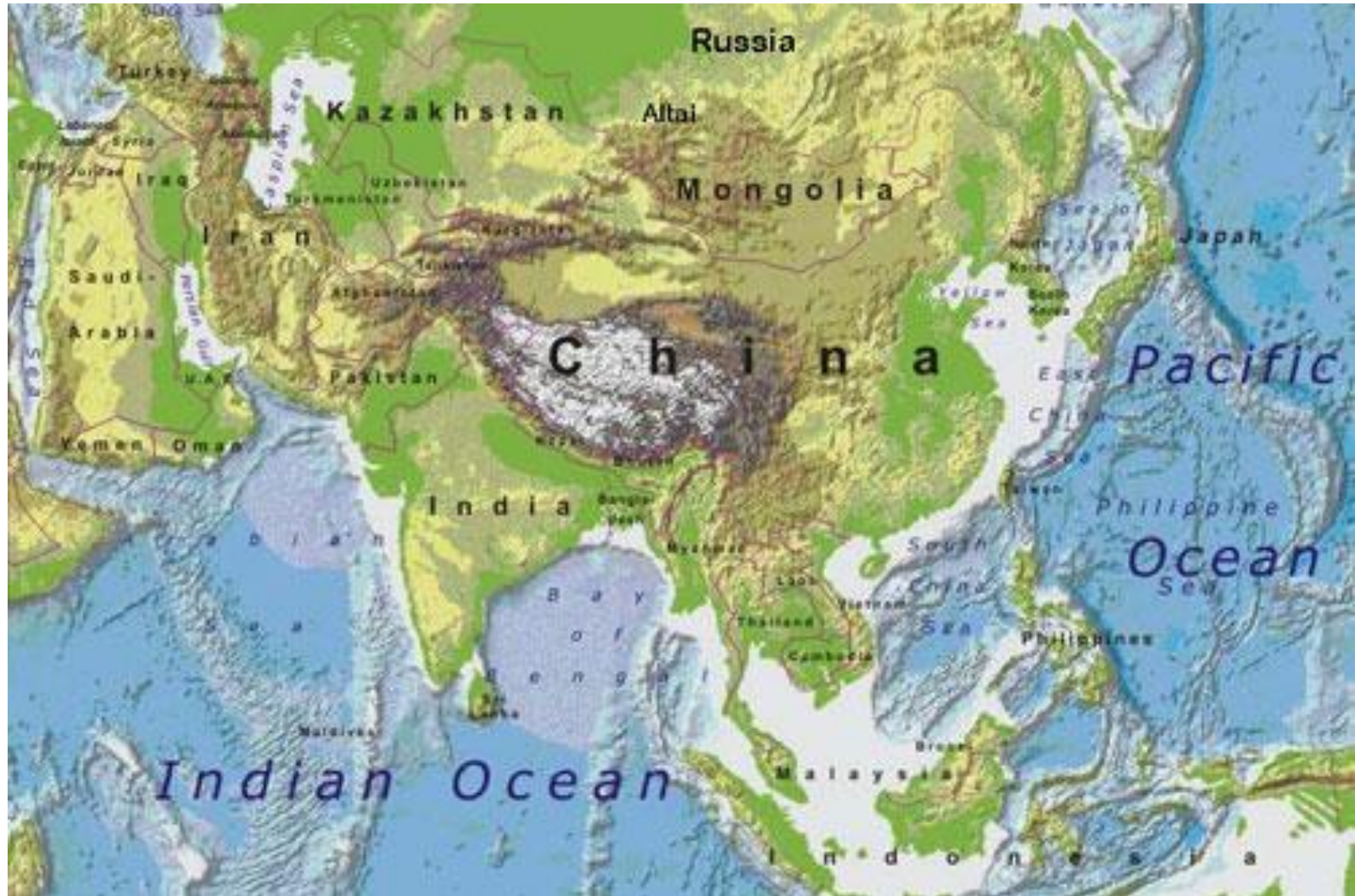
ค่าเฉลี่ยการหมุนเวียนของอากาศรอบโลกเดือนกรกฎาคม



(b) July

http://www2.palomar.edu/users/pdeen/animations/23_weatherpat.swf

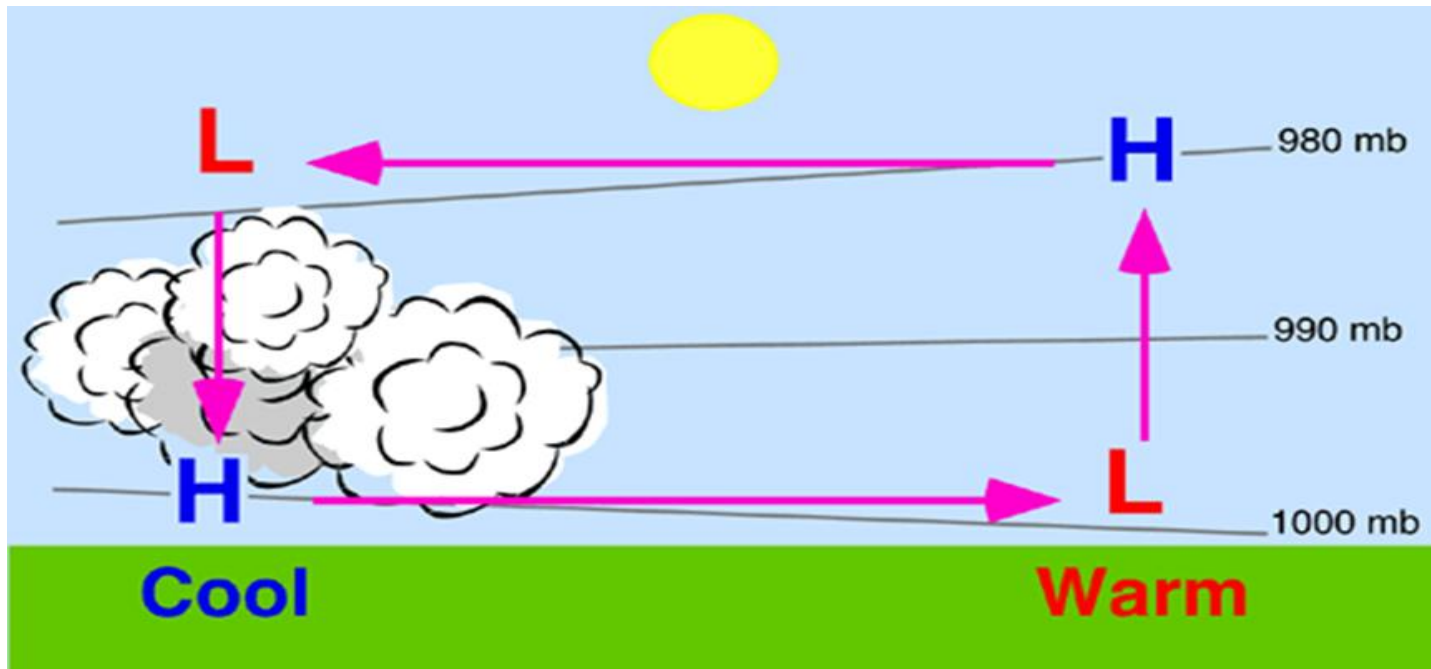
สภาพภูมิศาสตร์



การหมุนเวียนเกี่ยวกับปริมาณความร้อน (Thermal Circulation)

ความร้อนเป็นสาเหตุที่ทำให้คอลัมน์ของอากาศขยายตัวในแนวตั้ง

- ความกดอากาศสูงจะอยู่ในคอลัมน์อากาศระดับบน
- อากาศในระดับบนมีการเคลื่อนที่จากบริเวณที่ร้อนมากกว่าไปยังที่เย็นกว่า
- ลักษณะของความกดอากาศใกล้ผิวพื้นจะเป็นบริเวณที่ร้อนมาก
- ในบริเวณที่ร้อน อากาศจะยกตัวขึ้น ส่วนบริเวณที่เย็นอากาศจะจมตัวลง



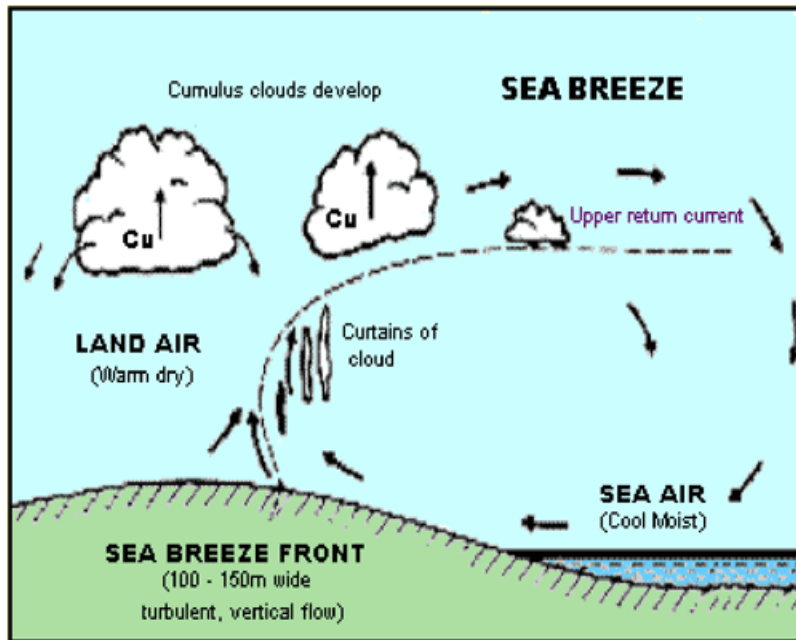
ลมทะเล (Sea breeze)

- **ลมทะเล** เกิดจากความร้อนซึ่งแตกต่างกันระหว่างบริเวณทะเลและพื้นดินตามชายฝั่งในตอนเช้าและตอนบ่าย เวลากลางวันพื้นแผ่นดินตามชายฝั่งได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ ทำให้มีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณทะเล ดังนั้นอากาศในบริเวณแผ่นดินจึงมีความแน่นน้อยกว่า และความกดก็ลดลงด้วยจึงลอยตัวขึ้น ดังนั้นอากาศเย็นตามบริเวณทะเลจะพัดเข้ามาแทนที่ ลมซึ่งพัดจากทะเลนี้เรียกว่า "ลมทะเล" (sea breeze) ซึ่งเกิดขึ้นในตอนบ่ายและเย็น นอกจากตามชายฝั่งทะเลแล้ว ลักษณะคล้ายลมทะเลนี้อาจจะเกิดขึ้นตามทะเลสาบใหญ่ ๆ ก็ได้

ลมทะเล (Sea breeze)

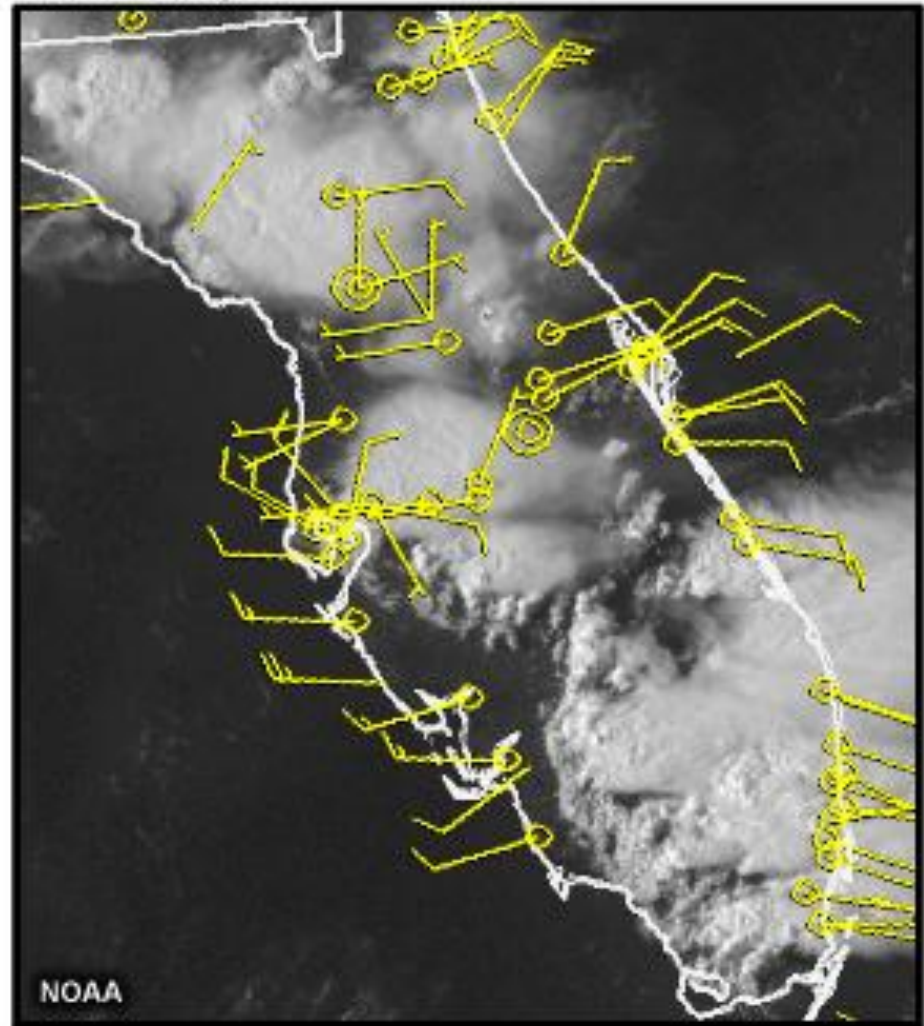
- มีความเร็วลม ระหว่าง 10 ถึง 20 knots.
- The vertical depth ประมาณ 500 ft (~150 m)
- การหมุนเวียนของลมเหนือพื้นดิน ประมาณ 1,500 ถึง 3,000 ft (460-915 m)
- เริ่มพัดตอนเช้าตั้งแต่เวลา 10.00 น.และมีกำลังแรงสุดในตอนบ่าย จะสิ้นสุดลงเมื่อดวงอาทิตย์ตกประมาณเวลา 21.00 น.
- ผลกระทบ ระยะห่างจากฝั่งประมาณ 25 ไมล์ (40 กม.)
- แต่กรณีของ sea breeze fronts ผลกระทบ ระยะห่างจากฝั่งประมาณ 100-200 ไมล์ (160-320 กม.)
- สามารถเกิดได้บริเวณใกล้ทะเลทราย หรือ แม่น้ำได้ แต่ความรุนแรงจะไม่มาก

ลมทะเล (Sea breeze)



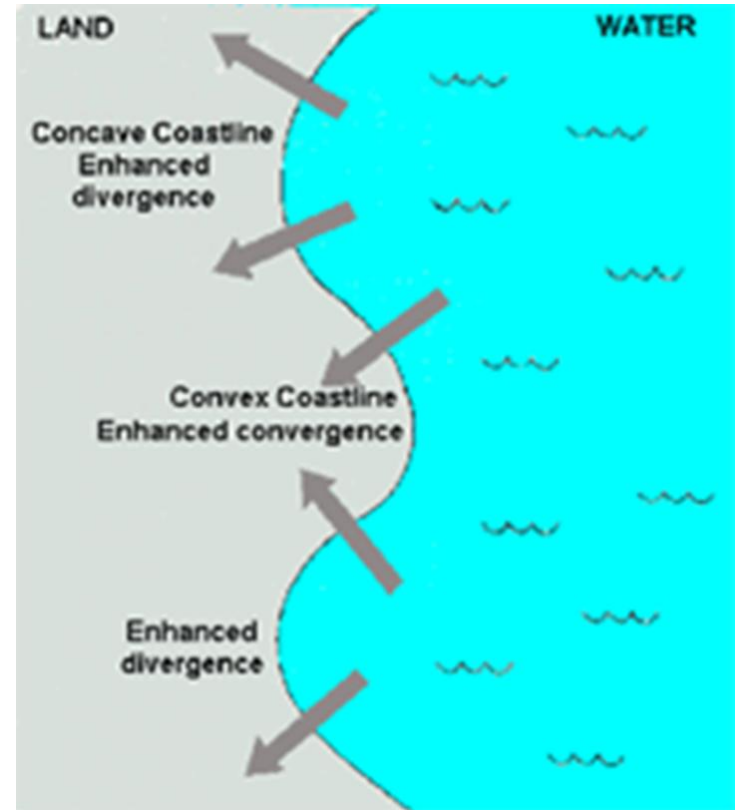
An example of sea breezes over Florida in the afternoon. Onshore flow ranges from 10-25 knots around the coast, with several areas of deep convection, most of which are well inland. Coastal wind observations are likely influenced at this time in many areas by flows associated with the convective cells.

GOES-10 VIS image with surface observations
2125Z 30-May-02



ลมทะเลจะแรง มาจากสาเหตุ?

- ลมประจำถิ่น
- ภูเขาใกล้ทะเล
- ลักษณะและปริมาณพืชชายทะเล



ทิศทางของลมทะเล

ลมบก (Land breeze)

- **ลมบก (land breeze)** นั้น เกิดขึ้นในทิศตรงกันข้ามกับทะเล และมีกำลังแรงน้อยกว่า กล่าวคือในตอนกลางคืนพื้นน้ำมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นแผ่นดิน ดังนั้นอากาศในบริเวณทะเลซึ่งมีความแน่นน้อยกว่าจะลอยตัวขึ้น อากาศเย็นในบริเวณแผ่นดินจะพัดออกไปแทนที่ จากความรู้เรื่องลมบกลมทะเลนี้ ชาวประมงได้อาศัยกำลังของลมดังกล่าวเป็นเครื่องช่วยในการแล่นเรือเข้าหรือออกจากฝั่งได้ดีในการดำเนินอาชีพหาปลาของเขา

ลมบก

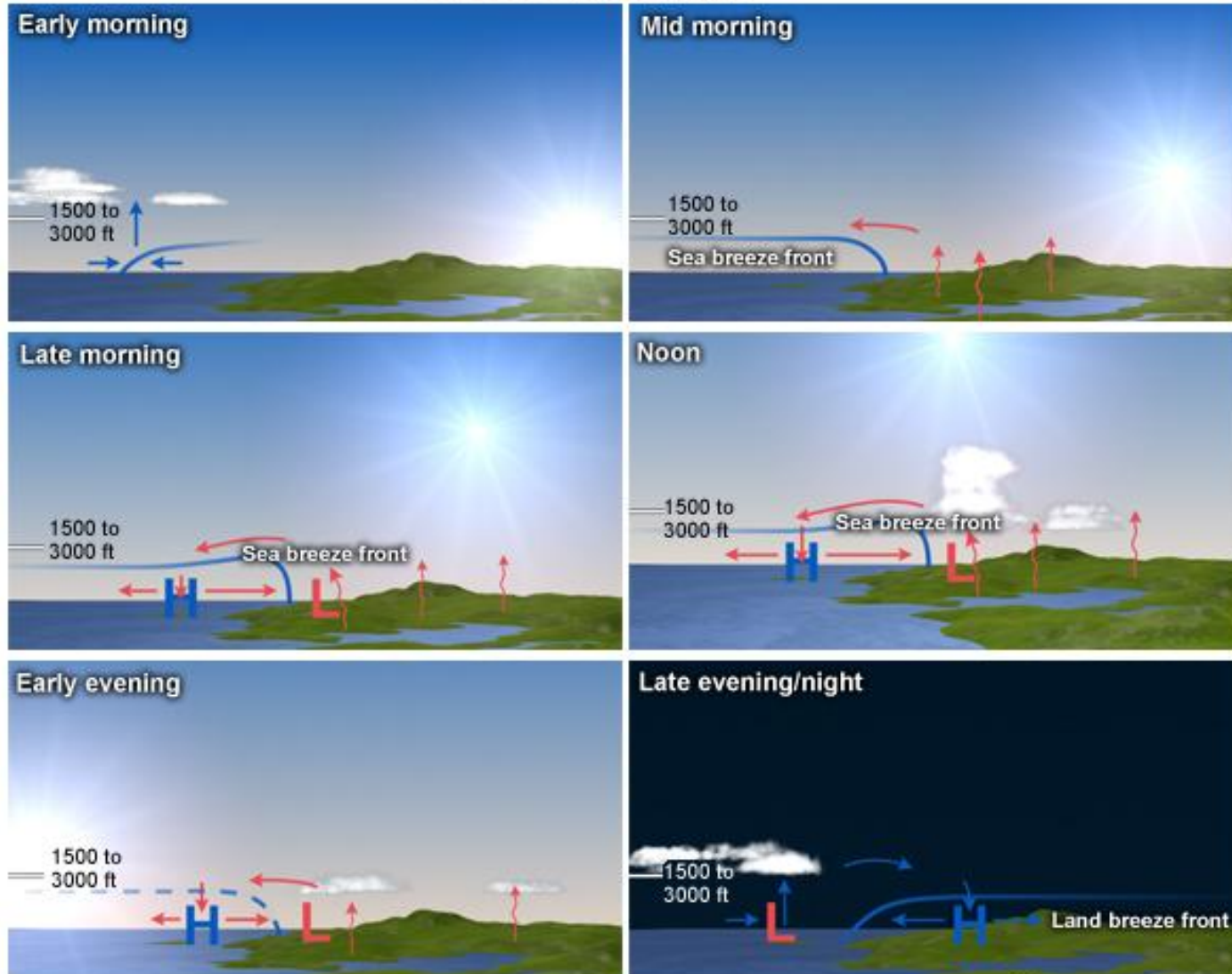
- **ลมบก** เป็นลมเฉื่อยที่พัดอย่างเด่นชัดตามบริเวณชายฝั่งทะเลในตอนกลางคืนและพัดจาก ชายฝั่งลงสู่ทะเล เนื่องจากในช่วงตอนกลางคืนพื้นดินจะคลายความร้อนได้เร็วกว่าพื้นน้ำ จึงทำให้ อากาศเหนือพื้นน้ำที่ยังอุ่นและลอยตัวสูงขึ้นสู่เบื้องบน อันเป็นเหตุทำให้กระแสอากาศจากภาคพื้นดิน เคลื่อนลงไปที่แทนที่ ทำให้เกิดลมบก (Land Breeze) ขึ้นมา ลมชนิดนี้จะพัดตั้งแต่วันที่ 22.00 น. จนกระทั่งถึงเวลา 10.00 น. ของวันรุ่งขึ้น

ลมบกจะแรง มาจากสาเหตุ?

- บริเวณชายฝั่งทะเลมีภูเขา ลมภูเขา จะช่วยให้ลมบกแรงขึ้น
- เวลากลางคืนลมพัดกลับทิศกับกลางวัน เช่นที่ อ.คลองใหญ่ จ.ตราด ในระหว่างเดือน มี.ค.และเม.ย. กลางวันเป็นลมใต้ กลางคืนเป็นลมเหนืออ่อนๆ

ลมบกและลมทะเล (Land breeze and Sea breeze)

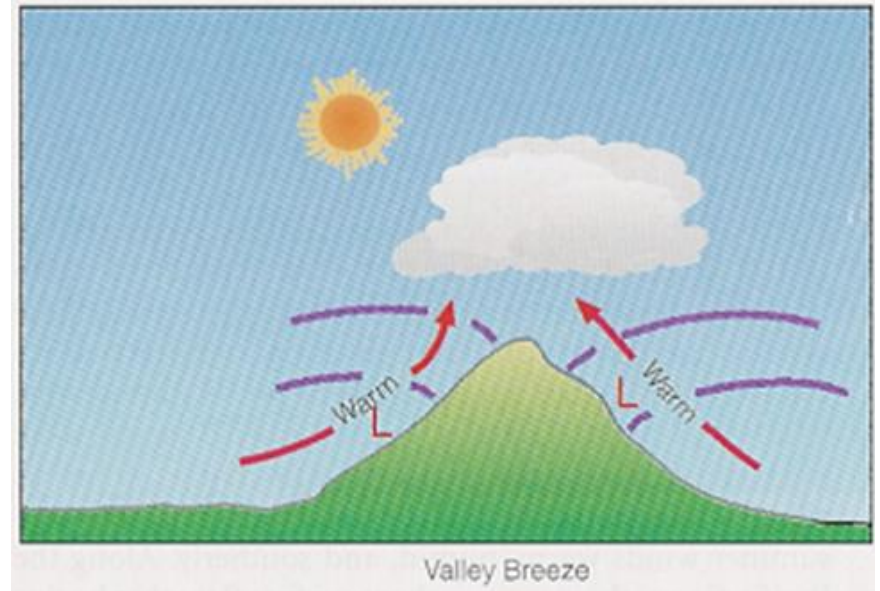
Sea Breeze Summer Scenario



ลมหุบเขา

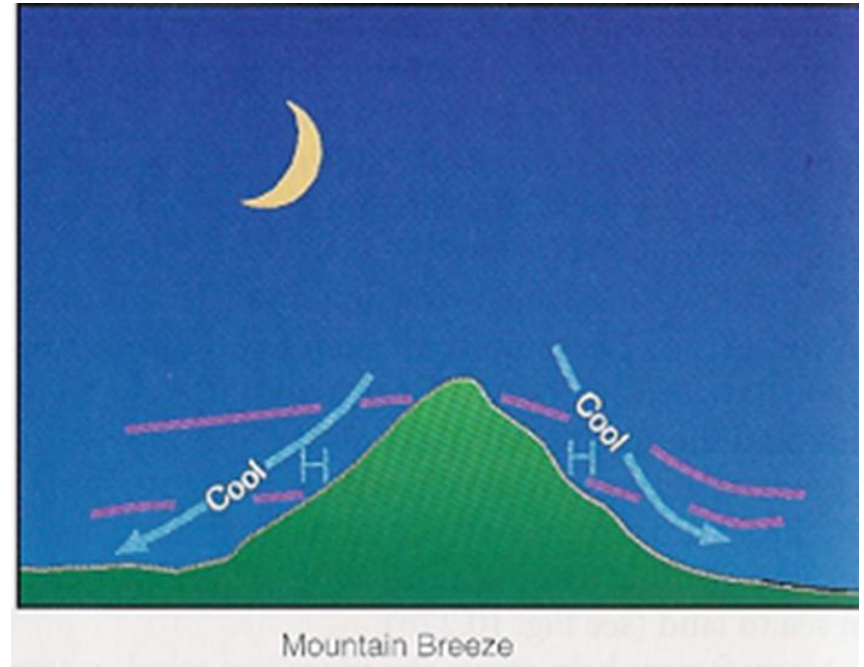
- ลมหุบเขา

- Anabatic wind
- Upslope wind
- Valley wind or Valley breeze



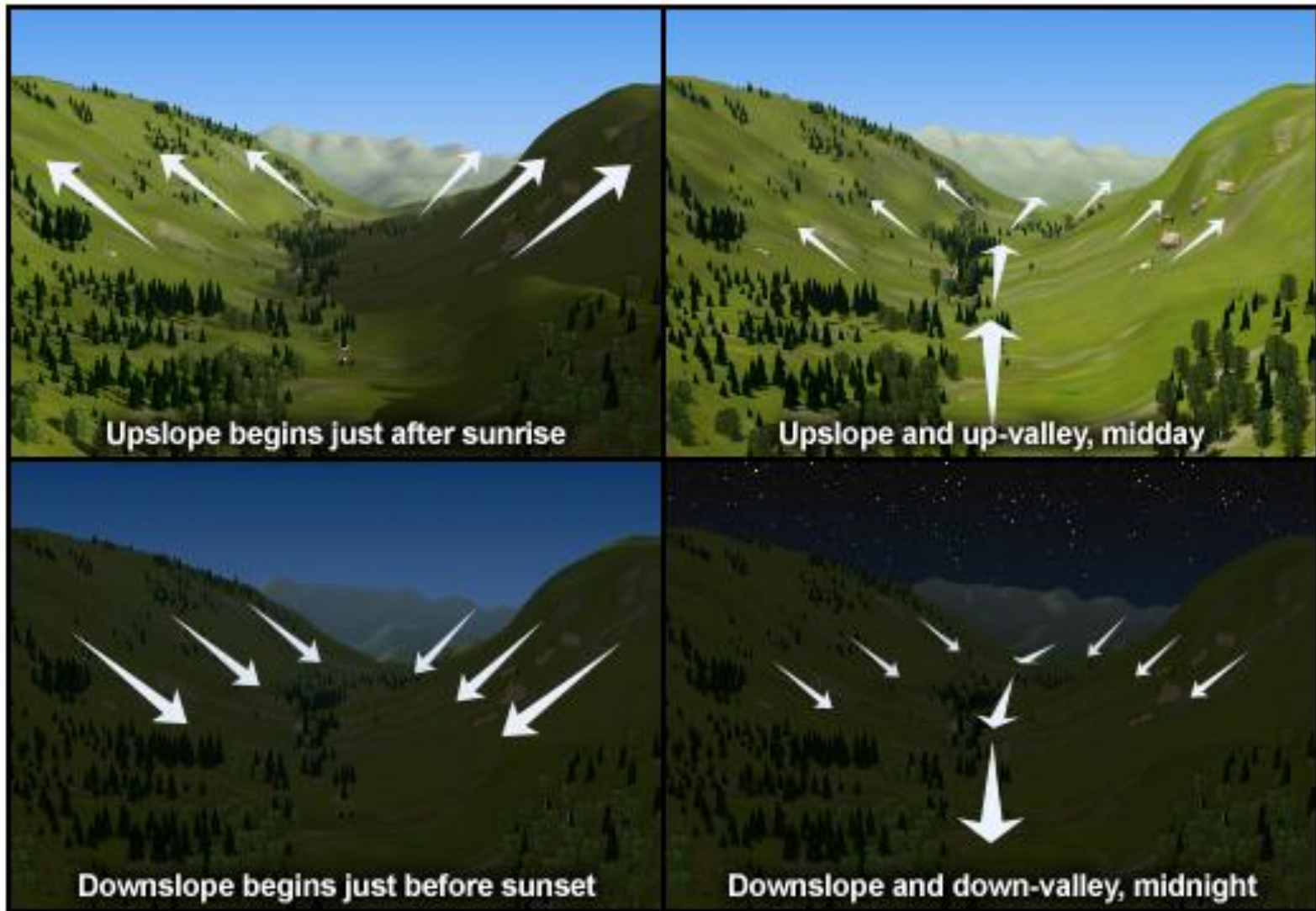
- เป็นลมที่พัดจากหุบเขาขึ้นไปสู่ยอดเขา เกิดขึ้นในเวลากลางวันเมื่อบริเวณลาดเขาได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ ทำให้อากาศบริเวณดังกล่าวร้อนกว่าบริเวณใกล้เคียงที่ระดับความสูงเดียวกัน และลอยตัวสูงขึ้นในขณะที่อากาศบริเวณรอบข้างจะไหลเข้ามาแทนที่เกิดเป็นลมที่พัดขึ้นไปตามลาดเขา

ลมภูเขา



- ลมภูเขา
 - Katabatic wind
 - Downslope wind
 - Mountain wind or Mountain breeze
- เป็นลมที่พัดจากยอดเขาลงสู่หุบเขา เกิดขึ้นในเวลากลางคืนที่มีท้องฟ้าแจ่มใส เนื่องจากอากาศบริเวณลาดเขาไหลลงมาแทนที่อากาศบริเวณหุบเขาที่ร้อนกว่า เกิดเป็นลมพัดจากยอดเขาลงสู่หุบเขา
- [katabatic wind](#), [gravity wind](#), [drainage wind](#), [fall wind](#), [bora](#), [foehn](#), [chinook](#).

ลมภูเขา และ ลมหุบเขา



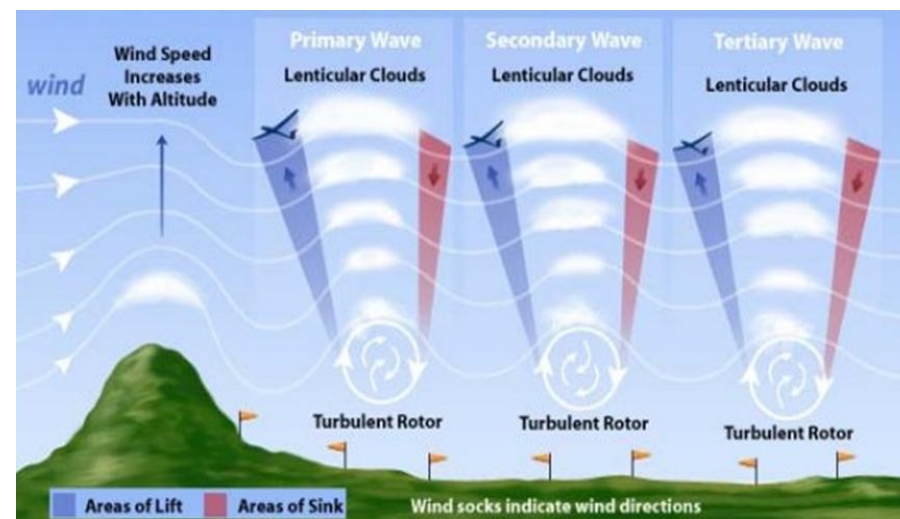
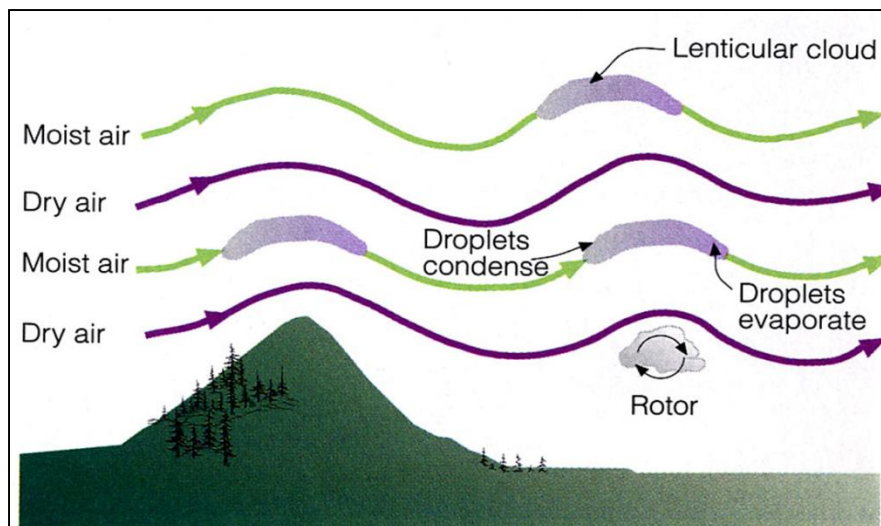
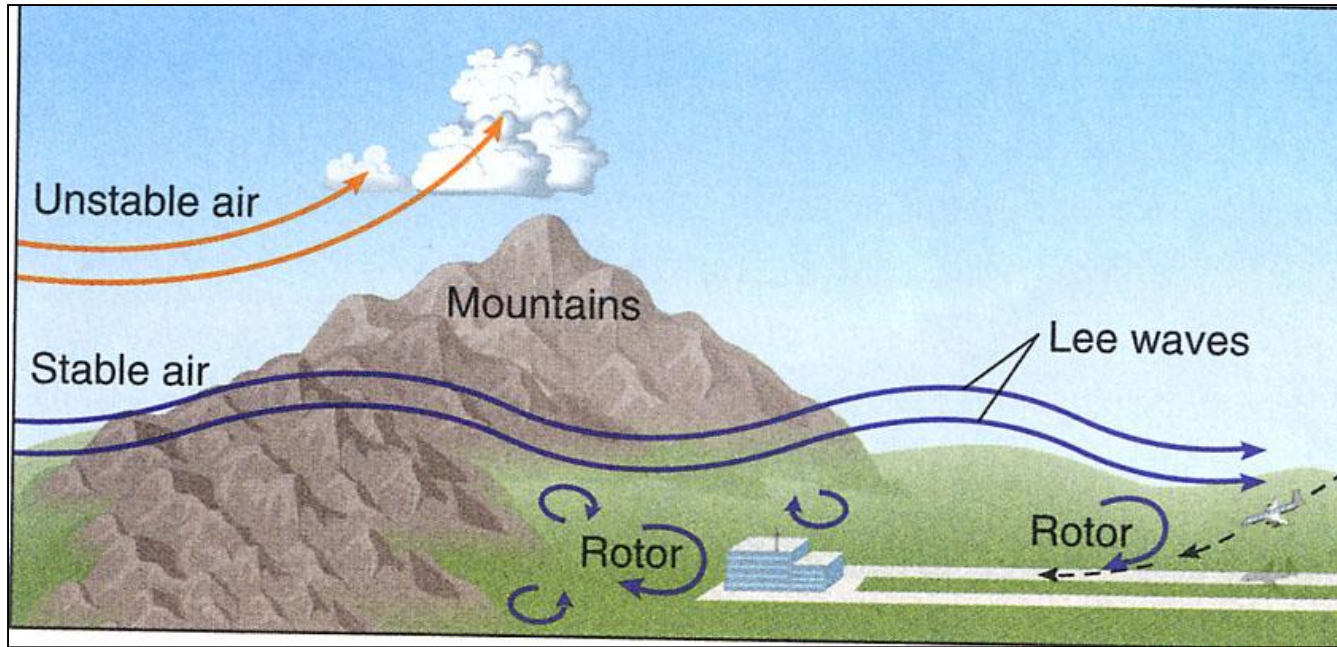
คลื่นภูเขา (Mountain Waves)

- เกิดขึ้นเมื่อมีกระแสลมแรงพัดผ่านแนวเทือกเขา ก่อให้เกิดกระแสอากาศปั่นป่วนขึ้นจากระดับต่ำถึงระดับสูงและแผ่ออกไปทางระดับทางด้านหลังลม (Leeward side) ของแนวเทือกเขา
- เมื่ออากาศยานบินผ่านหรือเข้าใกล้มักเกิดอาการกระแทก (Bumping) คล้ายตกหลุมอากาศ เกิดการสูญเสียระยะสูง (Altitude) อย่างรวดเร็ว
- เมื่อเกิดคลื่นภูเขาขณะที่บรรยากาศมีความชื้นสูง อาจปรากฏเมฆชนิดต่างๆ ให้เป็นข้อสังเกตได้อย่างดี
- สำหรับประเทศไทยจะได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในฤดูหนาว ซึ่งจะมีลมพัดแรงเป็นช่วง ๆ ทำให้มีโอกาสเกิดคลื่นภูเขา โดยเฉพาะในภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ความรุนแรงของคลื่นภูเขา

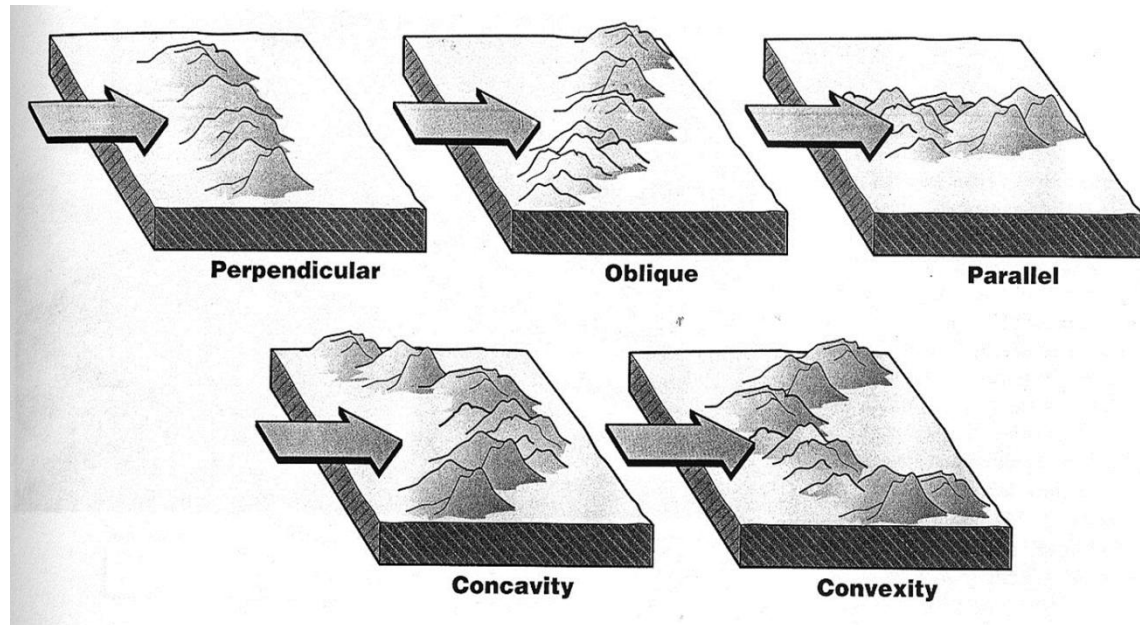
- ความรุนแรง และการแผ่ออกไปทางระดับหรือสูงขึ้นไปในบรรยากาศจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับทิศทางกระแสลมที่พัดเข้าสู่ด้านรับลม
- ถ้าตั้งฉากกับแนวสันเขาหรือเบี่ยงเบนไม่เกิน 50 องศา ความเร็วลมตั้งแต่ 25 นอต ขึ้นไป
- คลื่นจะมีความรุนแรง และแผ่ออกไปได้ดีเมื่อเกิดคลื่นภูเขาขณะที่บรรยากาศมีความชื้นสูง อาจปรากฏเมฆชนิดต่างๆ ให้เป็นข้อสังเกตได้อย่างดี

คลื่นภูเขา (Mountain Waves)



สภาวะที่เหมาะสมแก่การเกิดคลื่นภูเขา

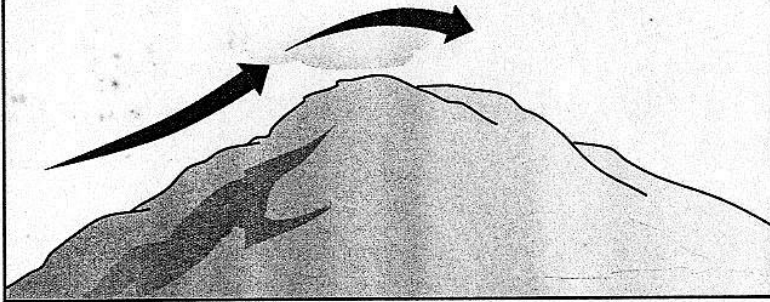
- ทิศทางลมพัดตั้งฉากกับแนวเทือกเขา
- ความเร็วลม เท่ากับหรือมากกว่า 25 นอต
- ลักษณะแนวของเทือกเขา
- การทรงตัวของบรรยากาศ



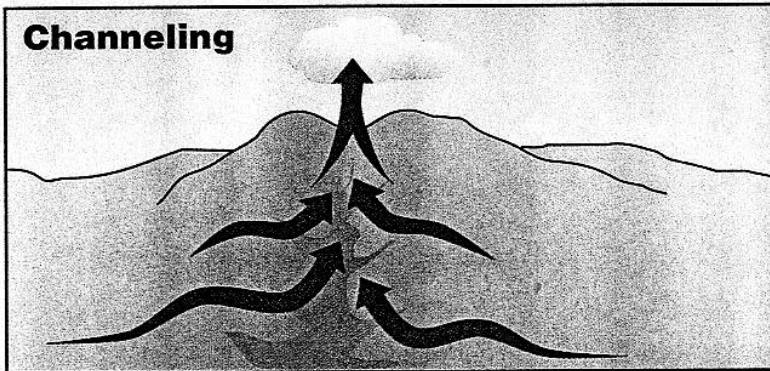
Terrain-Forced Mechanisms

(Require lifting or flow convergence)

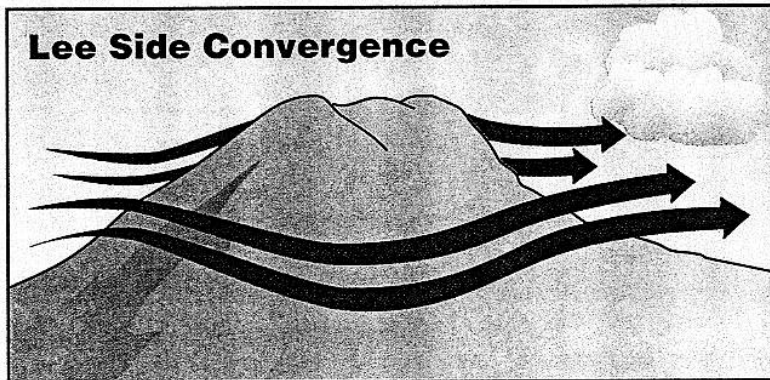
Orographic Lifting



Channeling



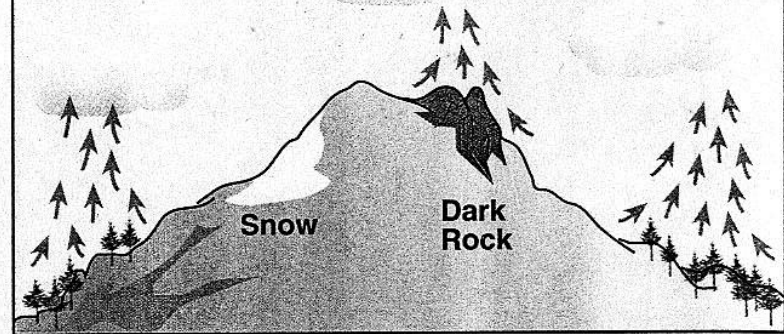
Lee Side Convergence



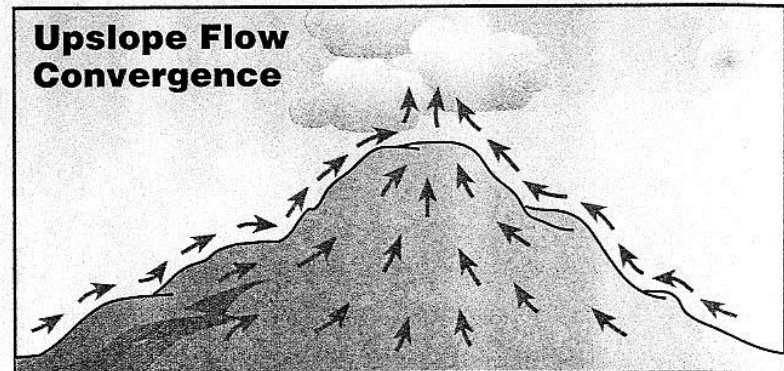
Convective Mechanisms

(Require heating of ground by sun)

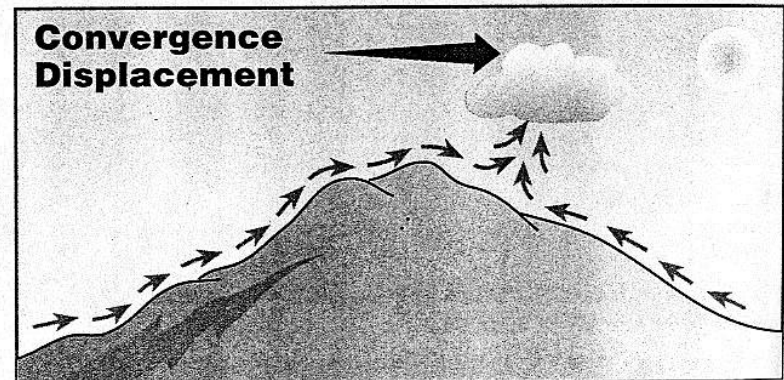
Convection



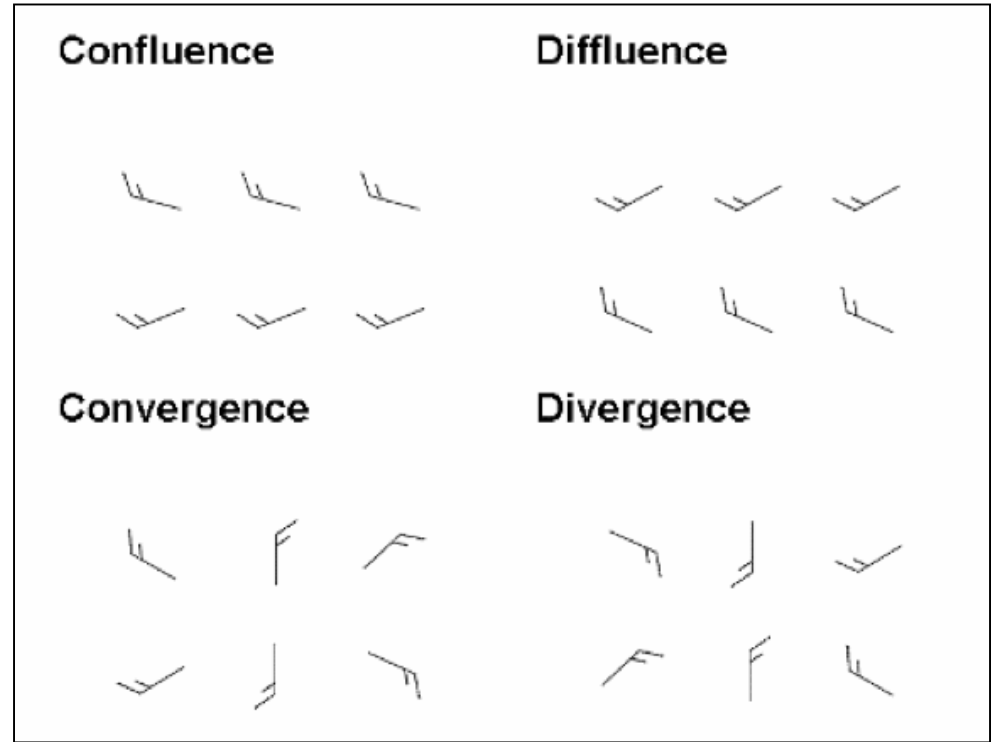
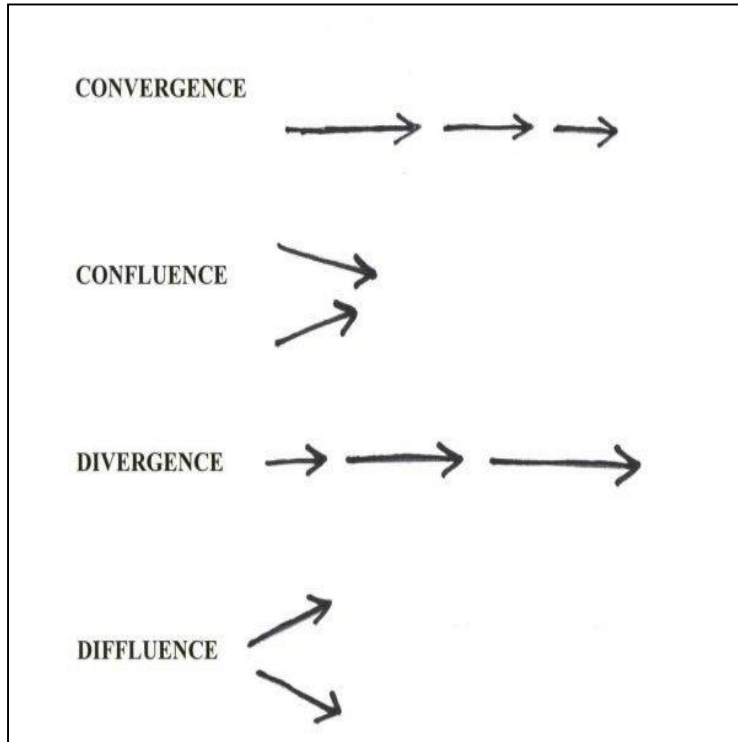
Upslope Flow Convergence



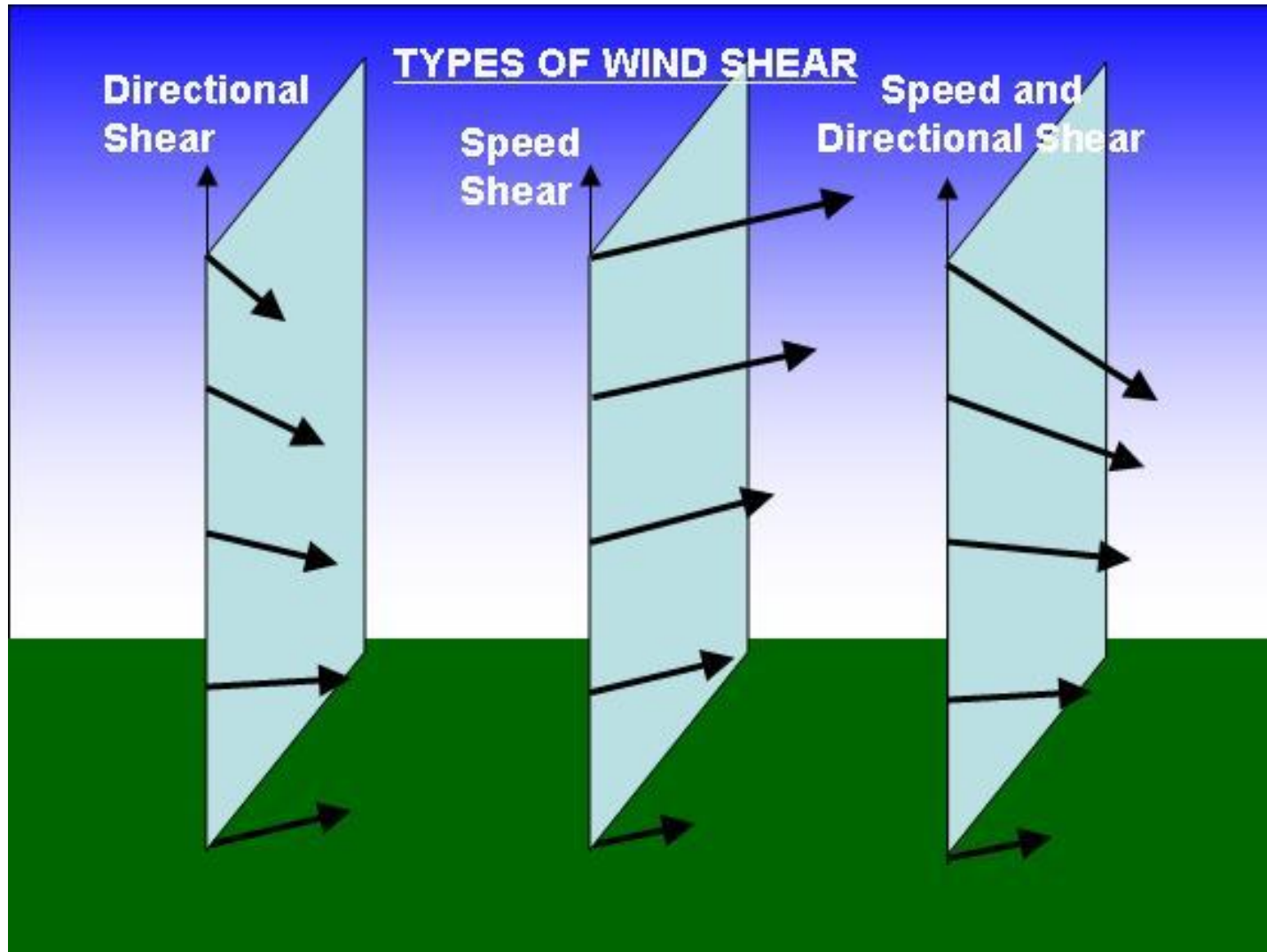
Convergence Displacement



ลมเฉื่อยในแนวระนาบ(Horizontal Wind Shear)

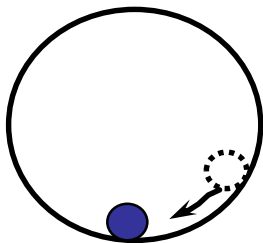


ลมเฉื่อยในแนวระดับ (Vertical Wind Shear)

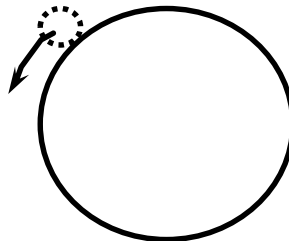


เสถียรภาพ หรือการทรงตัวของบรรยากาศ

- ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้น
 - แบ่งออกเป็น 3 แบบ
1. อากาศมีเสถียรภาพ หรือ อากาศทรงตัว (Stable or Stability) หมายถึง อากาศเมื่อถูกทำให้เคลื่อนตัวแล้ว จะพยายามกลับไปที่เดิม ไม่ทำให้การเคลื่อนตัวแผ่ขยายเพิ่มขึ้น
 2. อากาศไม่มีเสถียรภาพ หรือ อากาศทรงตัวไม่ดี (Unstable or Instability) หมายถึง อากาศเมื่อถูกเคลื่อนตัวแล้ว การเคลื่อนตัวแผ่ ขยายเพิ่มมากขึ้นอีก
 3. อากาศที่ทรงตัวเป็นกลาง (Neutral Stable or Stability หรือ Conditional Instability) นั่นคือ สภาพอากาศอยู่ในสถานะ ที่ไม่เป็นทั้งทรงตัวและไม่ทรงตัว ปรากฏการณ์ที่ยกเป็นตัวอย่างนี้ จึงเป็นการทรงตัวดีภายในขอบเขตจำกัดอันหนึ่ง (อากาศยังไม่อึมตัว) และเป็นการทรงตัวไม่ดีภายในขอบเขตจำกัดอีกอันหนึ่ง (อากาศอึมตัว)



STABLE



UNSTABLE



NEUTRAL

อัตราการลดอุณหภูมิของอากาศแห้ง

(Dry Adiabatic Lapse Rate)

- อากาศที่ยังไม่อิ่มตัวจำนวนหนึ่ง เมื่อถูกยกตัวให้สูงขึ้นและเย็นลงโดยการขยายตัว และในทางตรงกันข้ามถ้าอากาศถูกทำให้ลดต่ำลงก็จะร้อนขึ้นโดยการกดหรือการบีบ
- โดยอุณหภูมิจะลดลงตามความสูงในอัตรา 1.0 องศาเซลเซียส ในทุกๆ 100 เมตร

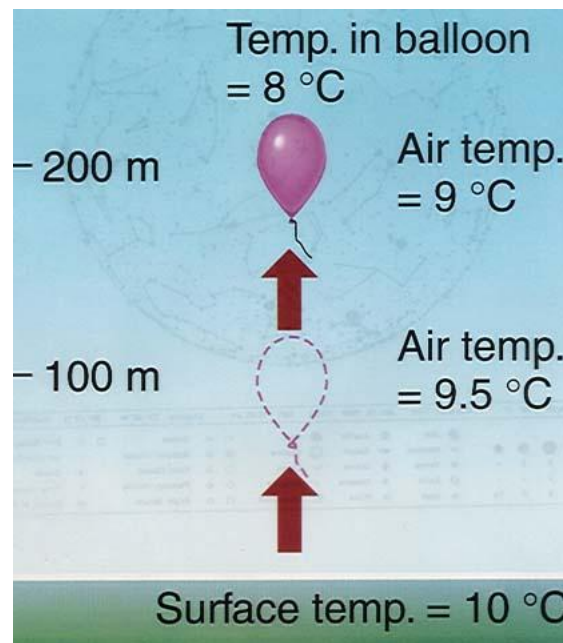
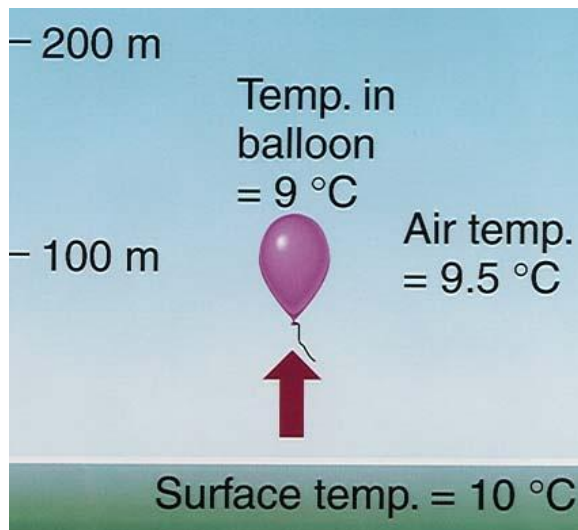
อัตราการลดอุณหภูมิของอากาศอิ่มตัว

(Saturation or Moist Adiabatic Process)

- อัตราการเย็นลงของอากาศที่อิ่มตัว
- In the lower troposphere, the rate is $10^{\circ}\text{C}/\text{km} - 4^{\circ}\text{C}/\text{km} = 6^{\circ}\text{C}/\text{km}$.
- In the middle troposphere, the rate is $10^{\circ}\text{C}/\text{km} - 2^{\circ}\text{C}/\text{km} = 8^{\circ}\text{C}/\text{km}$.
- Near tropopause, the rate is $10^{\circ}\text{C}/\text{km} - 0^{\circ}\text{C}/\text{km} = 10^{\circ}\text{C}/\text{km}$.
- **Average Value is 0.5°C per 100 meters**

อัตราการลดลงอุณหภูมิของบรรยากาศ (Environmental lapse rate)

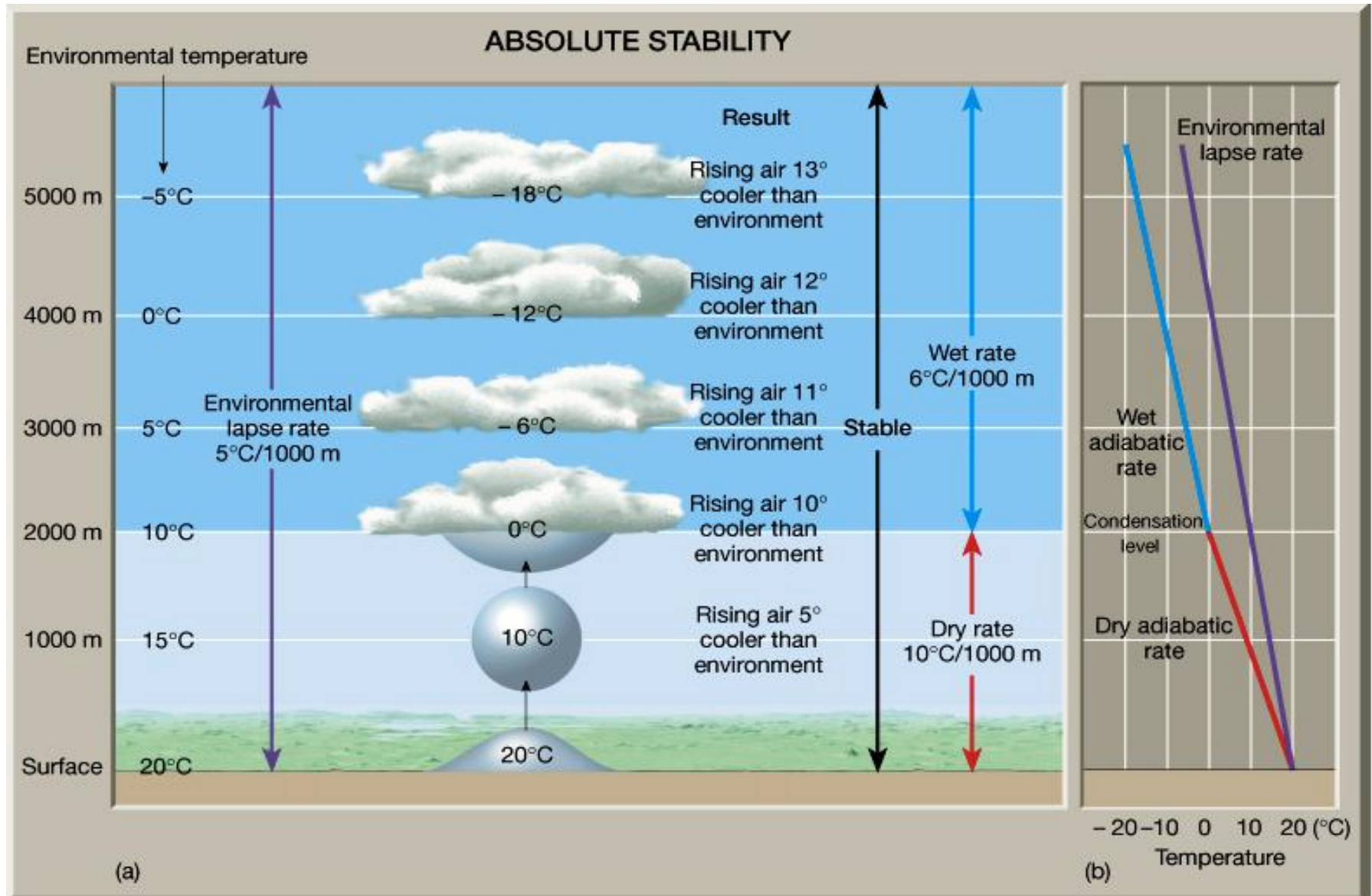
- ลดลงตามความสูงในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์
- อุณหภูมิที่ลดลงนี้จะไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับสถานที่และระยะเวลา
- โดยเฉลี่ยแล้วอุณหภูมิของบรรยากาศจะลดลงประมาณ 6.4 องศาเซลเซียสต่อ 1 กิโลเมตร (3.5 องศาเซลเซียส ต่อ 1000 ฟุต)



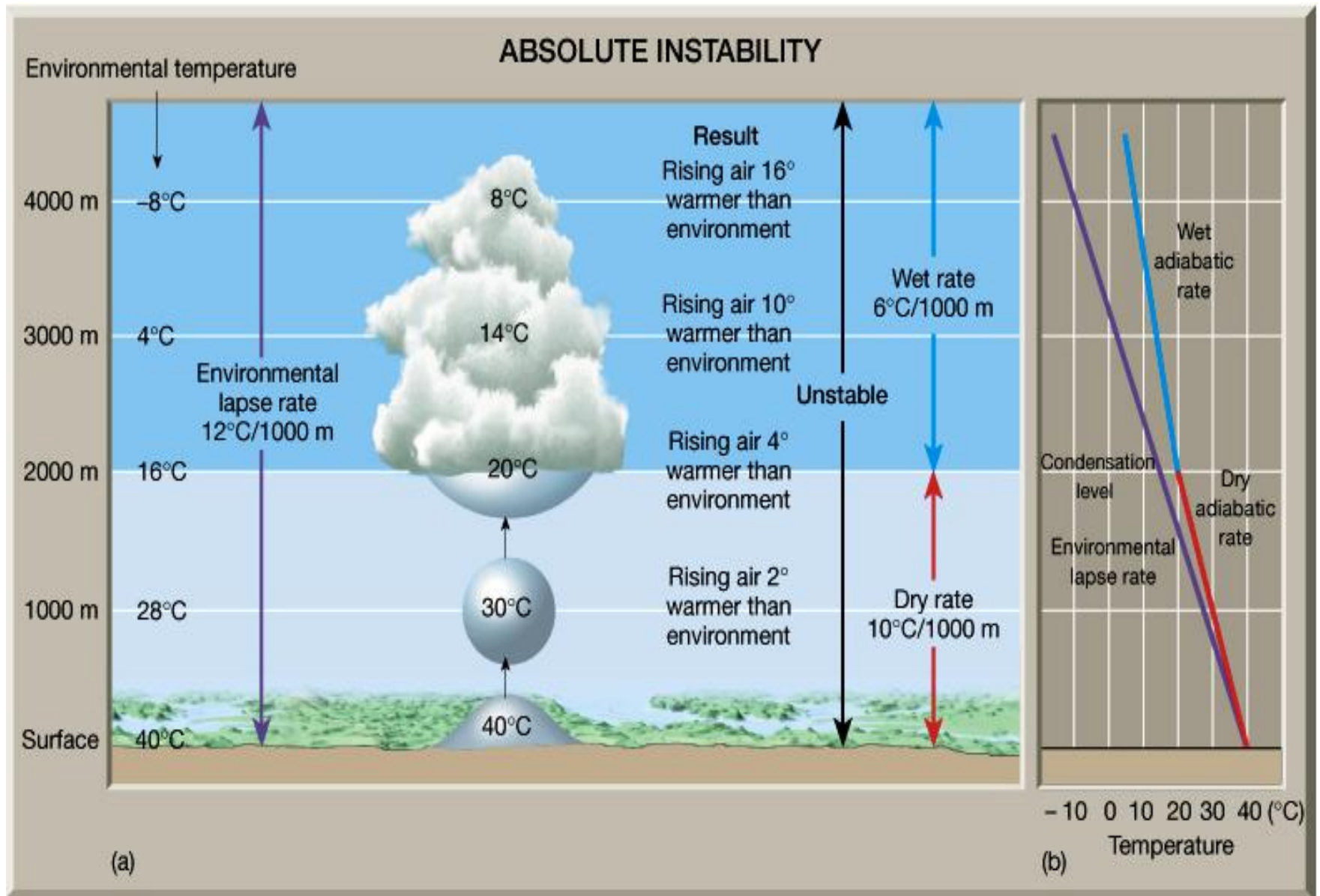
ELR = 0.5°C

DALR = 1.0°C

อากาศมีเสถียรภาพ หรือ อากาศทรงตัว (Stable or Stability)

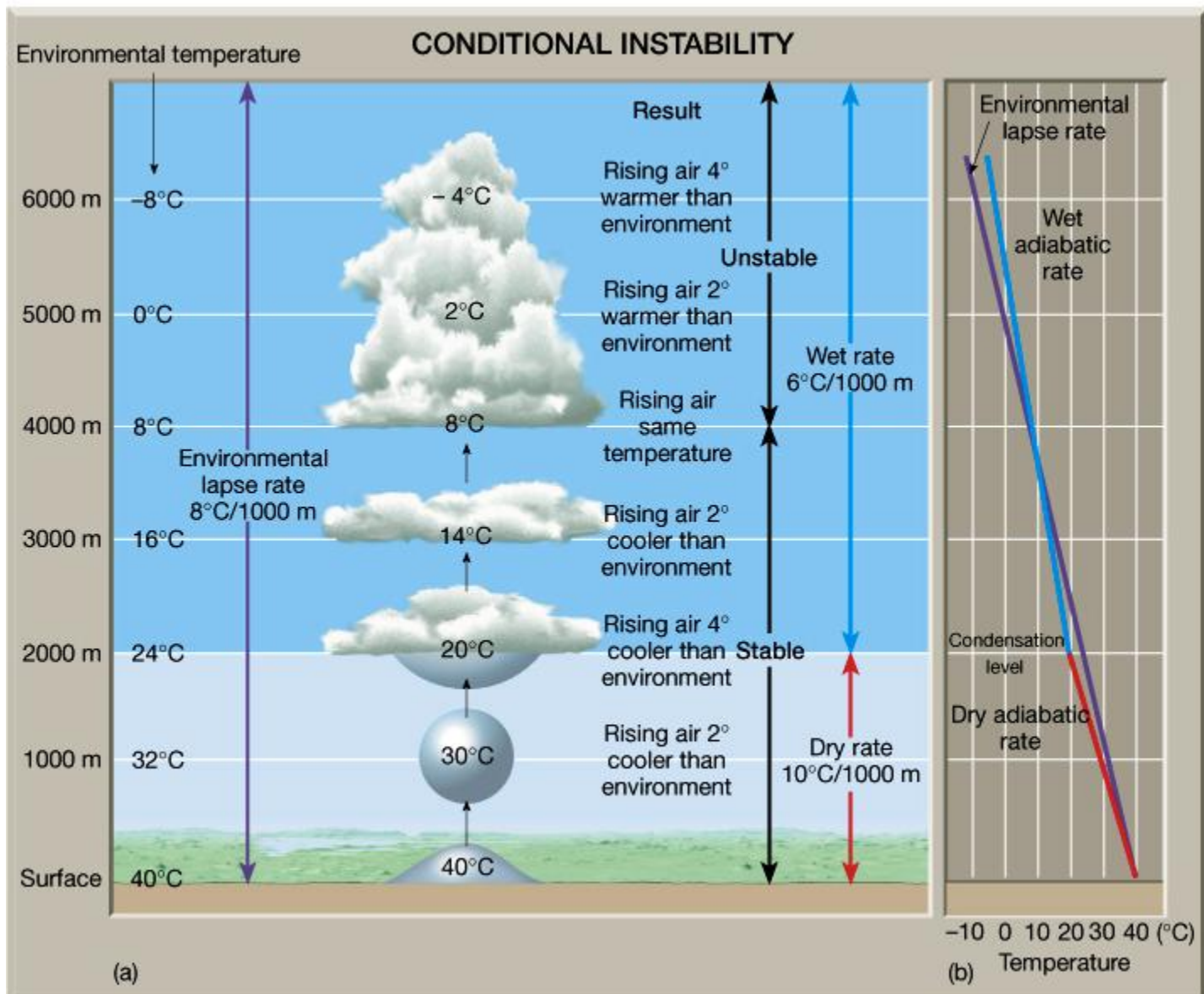


อากาศไม่มีเสถียรภาพ หรือ อากาศทรงตัวไม่ดี (Unstable or Instability)



อากาศที่ทรงตัวเป็นกลาง

(Neutral Stable or Stability หรือ Conditional Instability)



Instability indexes

1. **Lifted index** $LI = T_{e500} - T'_{p500}$
2. **Showalter index** $SI = T_{e500} - T'_{p500}$
3. **Simplified Showalter index** $SSI = T_{e500} - T'_{p500}$
4. **Total Total index** $TT = T_{850} + T_{d850} - 2T_{500}$
5. **A index** $A = (T_{850} - T_{500}) - [(T - T_d)_{850} + (T - T_d)_{700} + (T - T_d)_{500}]$
6. **K index** $K = (T_{850} - T_{500}) - T_{d850} - (T - T_d)_{700}$

Instability indexes

- Lifted Index (LI)**

0 to -2	Thunderstorms Possible – Good trigger needed
-3 to -5	Unstable – Thunderstorms probable
Less than -5	Very Unstable – Heavy to strong thunderstorm potential

- Showalter Index (SI)**

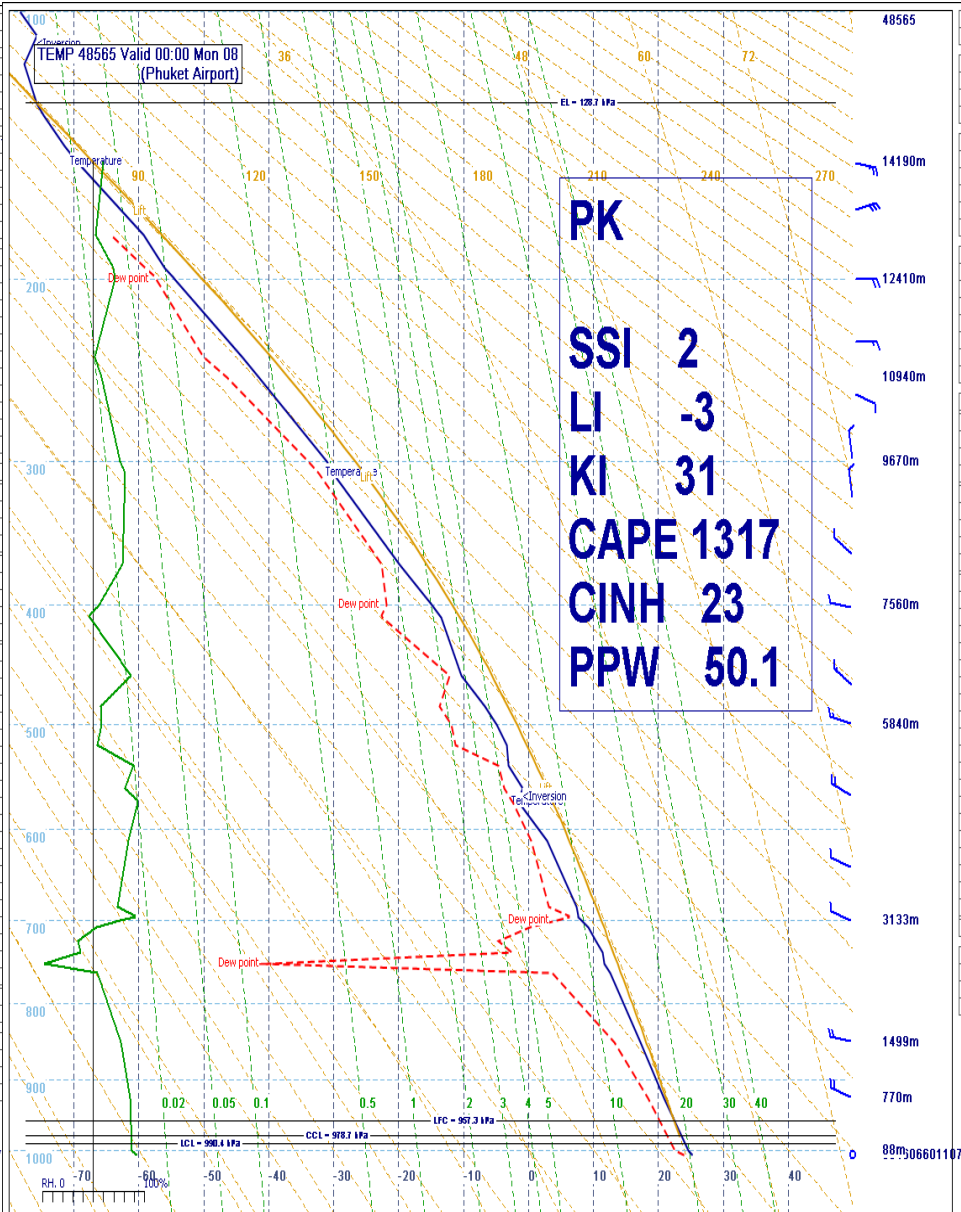
1 to 3	Thunderstorms Possible – Strong trigger needed
0 to -3	Unstable – Thunderstorms probably
-4 to -6	Very Unstable – Good heavy thunderstorm potential
Less than -6	Extremely Unstable – Good strong thunderstorm potential

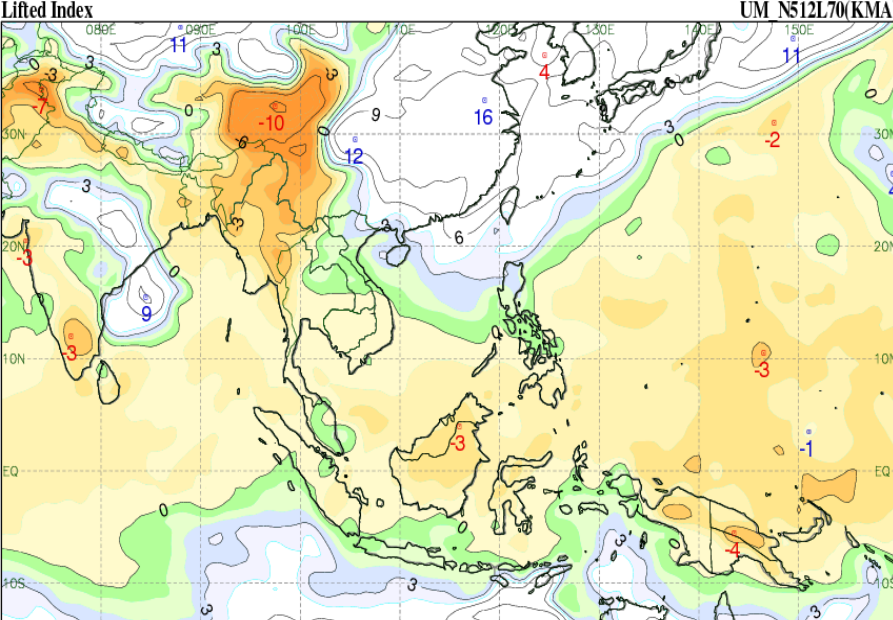
K Index	Thunderstorm Probability (%)
<15	near 0
15 - 20	20
21 - 25	20 to 40
26 - 30	40 to 60
31- 35	60 to 80
36-40	80 to 90
> 40	near 100

CAPE INDEX	VALUE	INTERPRETATION
CAPE (convective available potential energy)	<1000	weak convection
	1000 to 2500	moderate convection
	>2500	strong convection

7 OCTOBER 2012

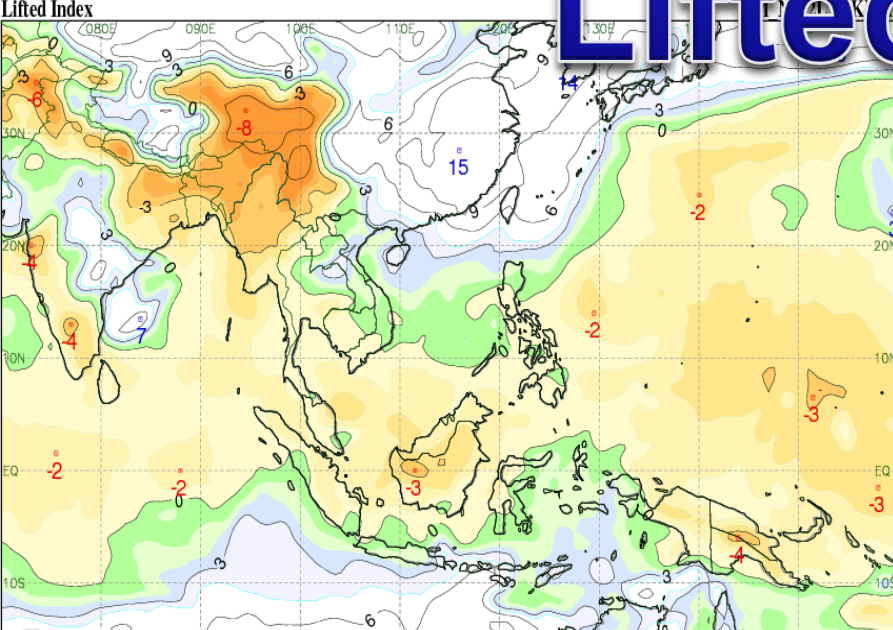
8 OCTOBER 2012





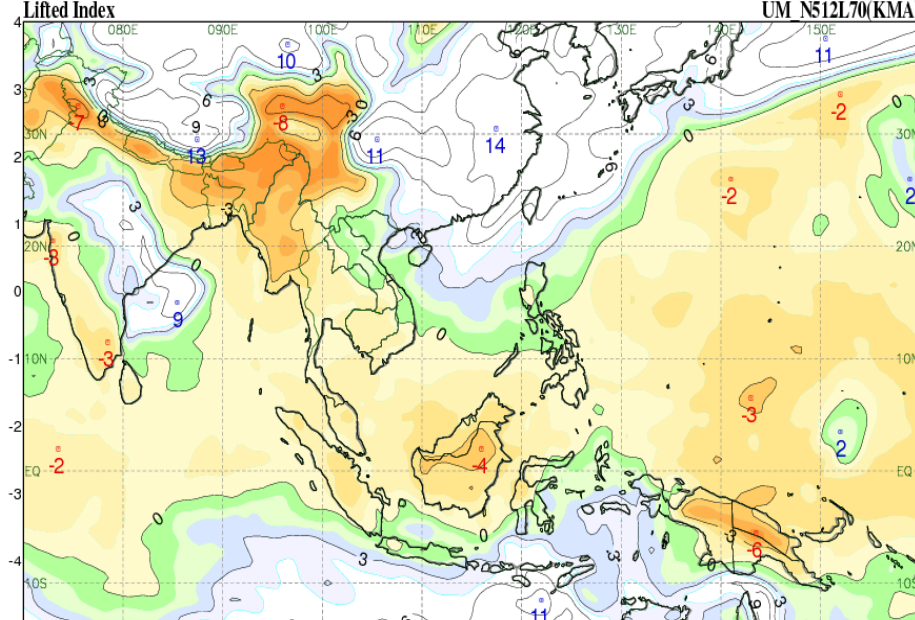
8 OCTOBER 2012 00Z

VALID : 00UTC 08 OCT 2012(+ 12h)



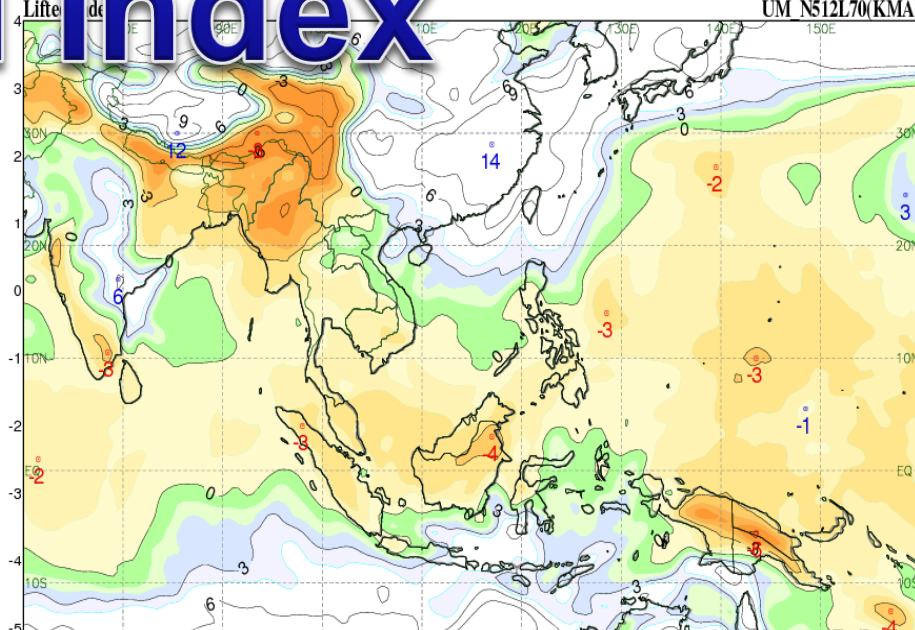
9 OCTOBER 2012 00Z

VALID : 00UTC 09 OCT 2012(+ 36h)



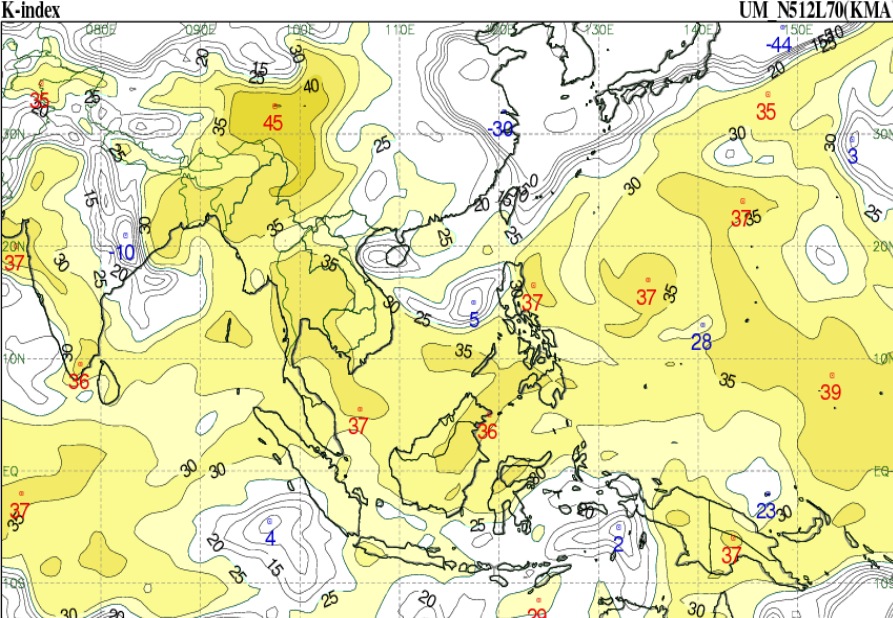
8 OCTOBER 2012 12Z

VALID : 12UTC 08 OCT 2012



9 OCTOBER 2012 12Z

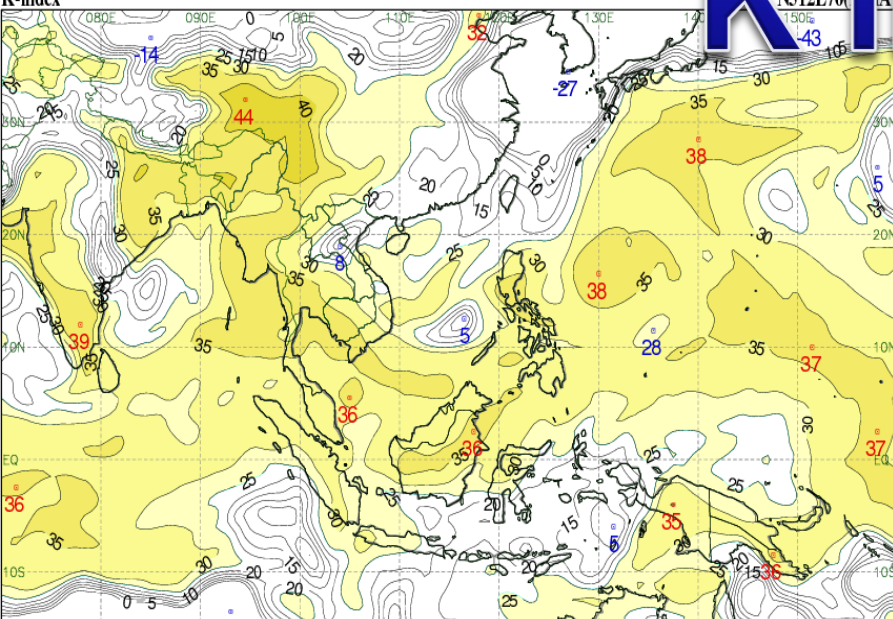
VALID : 12UTC 09 OCT 2012(+ 48h)



8 OCTOBER 2012 00Z

VALID : 00UTC 08 OCT 2012(+12h)

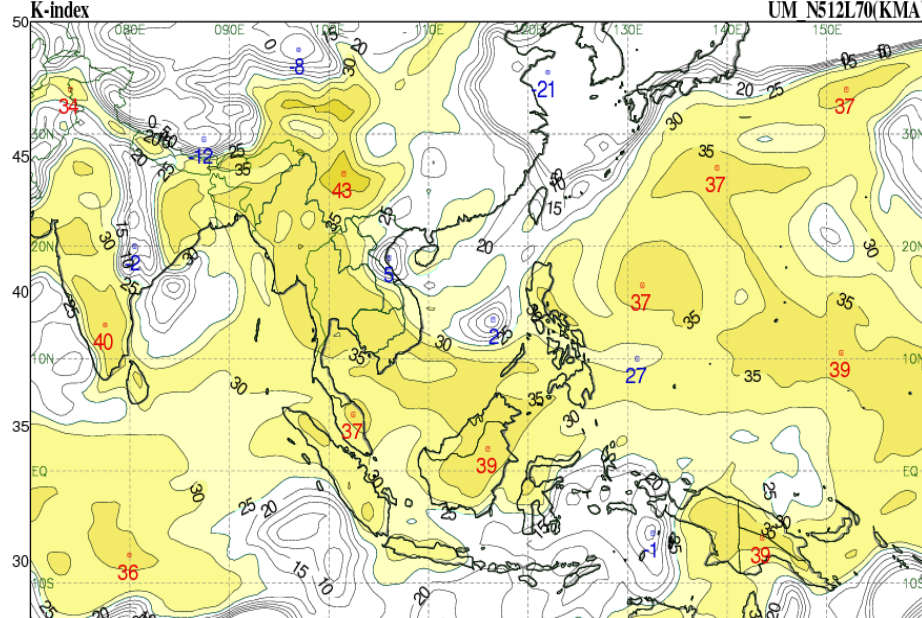
K-index



9 OCTOBER 2012 00Z

VALID : 00UTC 09 OCT 2012(+36h)

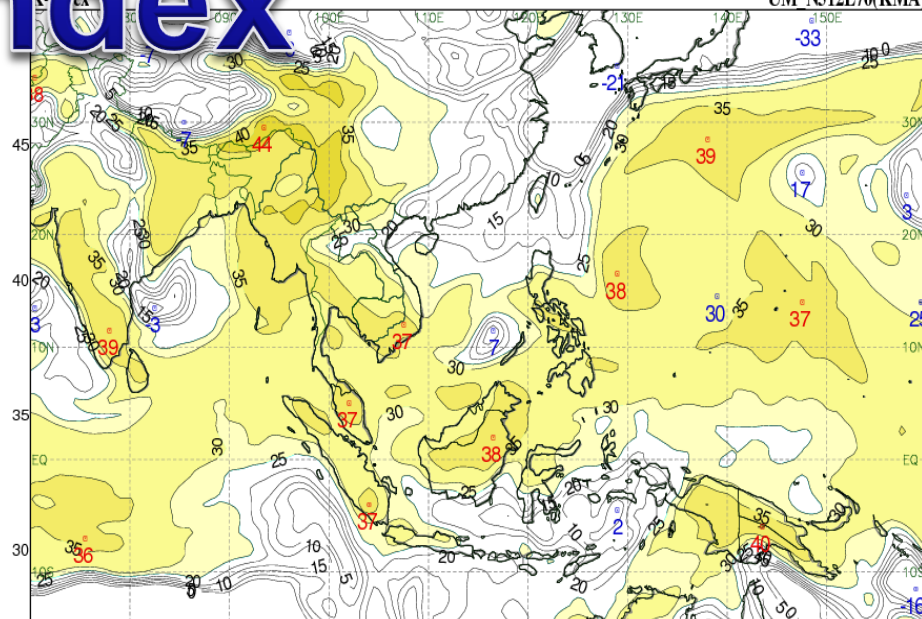
TIME : 12UTC 07 OCT 2012



8 OCTOBER 2012 12Z

VALID : 12UTC 08 OCT 2012(+12h)

K-index



9 OCTOBER 2012 12Z

VALID : 12UTC 09 OCT 2012(+48h)

TIME : 12UTC 07 OCT 2012

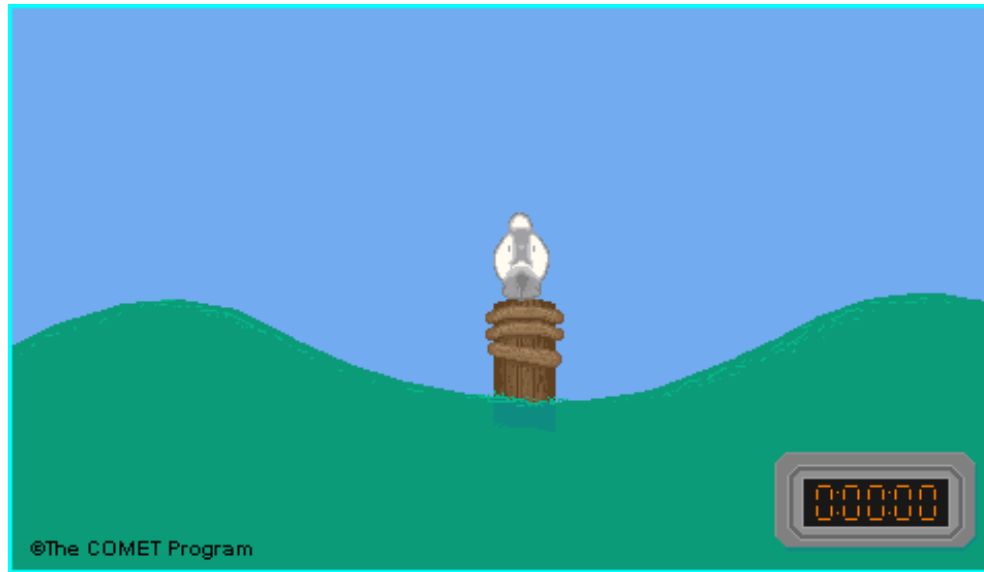
KIndex

คลื่นทะเล



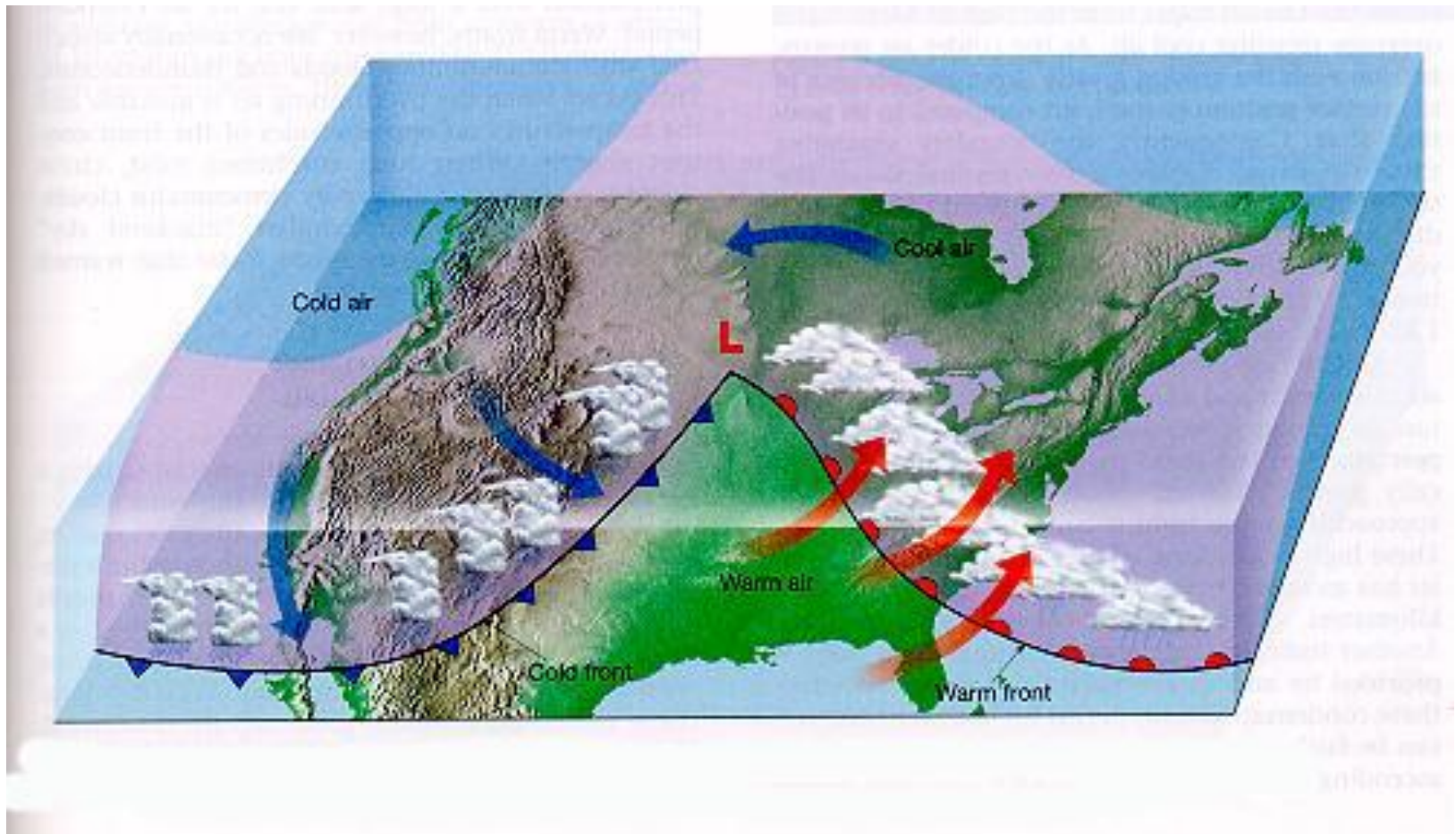
- ส่วนของยอดคลื่น (Crest) คือ จุดสูงสุดบนคลื่น
- ส่วนท้องคลื่น (Trough) คือ ระยะในแนวตั้งจากยอดคลื่นถึงท้องคลื่น
- ความสูงของคลื่น (Wave height) คือ ความสูงระหว่างยอดคลื่นและท้องคลื่น
- ความยาวคลื่น (Wavelength) คือ ระยะห่างระหว่าง 2 ยอดคลื่น

แบ่งคลื่นตามคาบเวลาของคลื่น

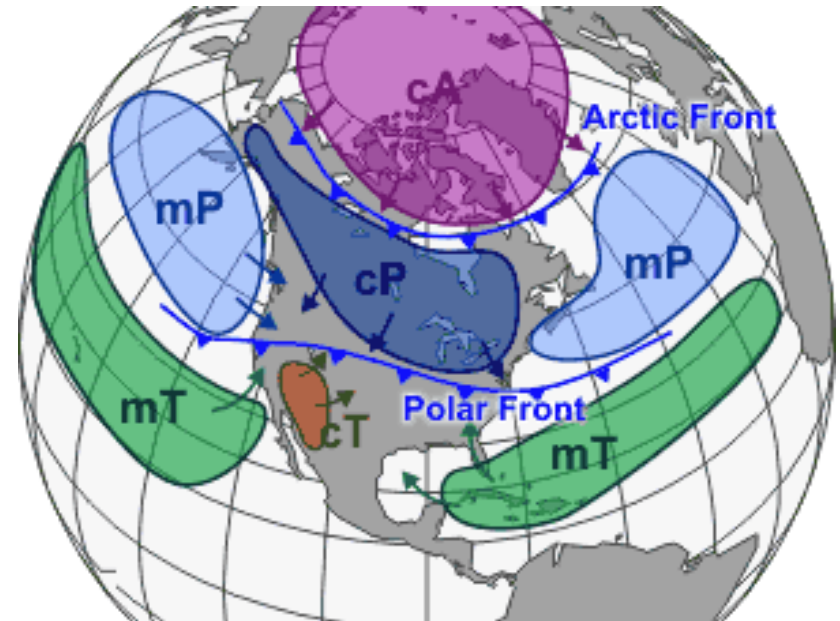


คาบเวลา	ความยาวคลื่น	ชนิดของคลื่น
0 - 0.2 วินาที	เซนติเมตร	Ripple (คลื่นพริ้ว)
0.2 - 9 วินาที	ถึง 130 เมตร	Wind wave (คลื่นลม)
9 - 15 วินาที	หลายร้อยเมตร	Swell (คลื่นลม)
15 - 30 วินาที	หลายหลายร้อยเมตร	Long swell หรือ Forerunner
0.5 นาที – ชั่วโมง	พันกิโลเมตร	Long period wave รวมทั้ง Tsunami (ซุนามิ)
12.4, 24.84 ชั่วโมง	หลายพันกิโลเมตร	Tide (น้ำขึ้นน้ำลง)

แนวปะทะอากาศ(Frontal)



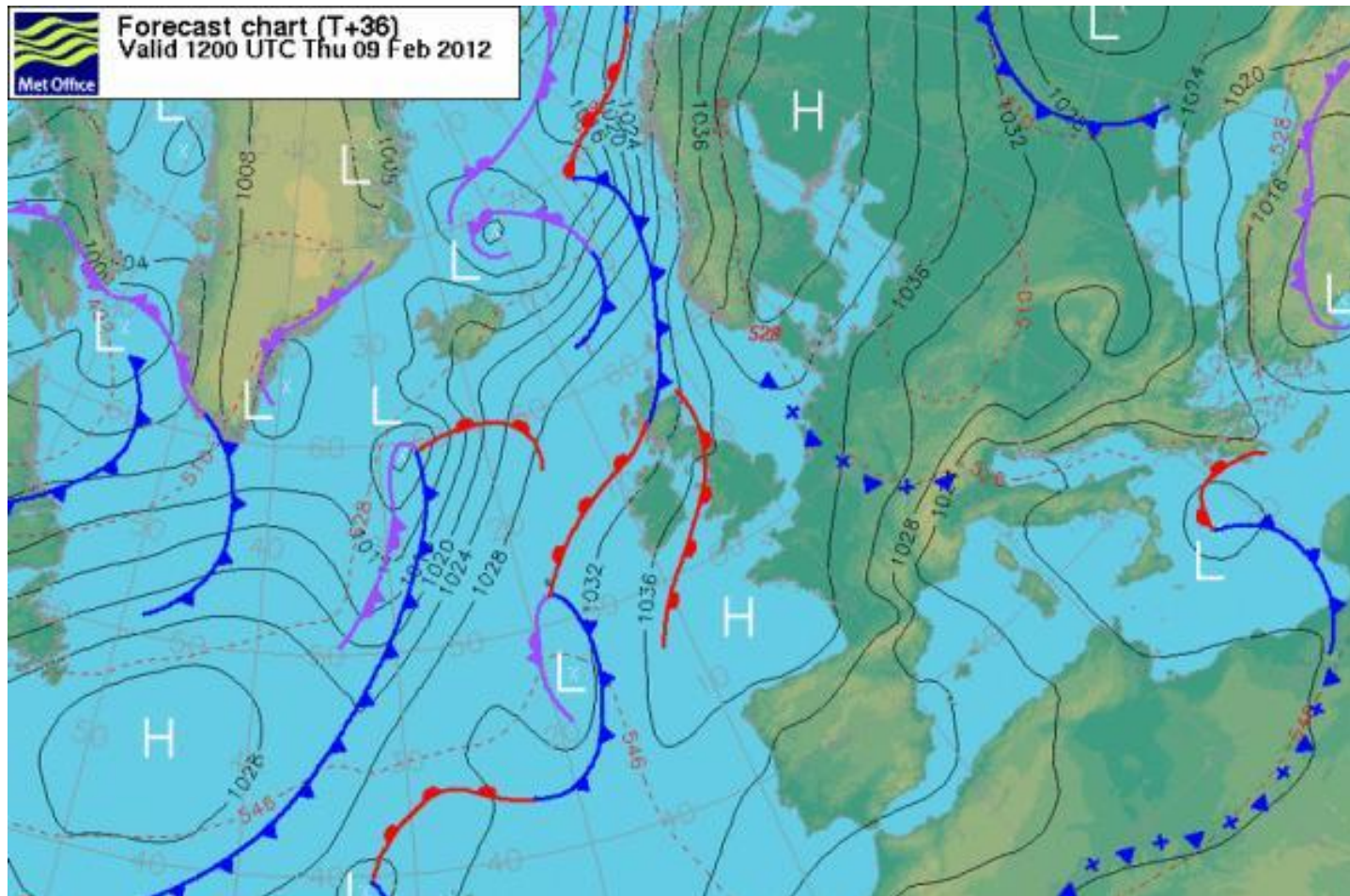
แนวปะทะอากาศ(Frontal)



- ความหมาย

- แนวปะทะอากาศ หมายถึง บริเวณที่มวลอากาศ 2 มวลที่มีสมบัติต่างกันและความเร็วในการเคลื่อนที่ต่างกันมาปะทะกัน
- เมื่อมวลอากาศทั้งสองมีสมบัติต่างกัน ทำให้ไม่สามารถรวมกันได้อย่างรวดเร็ว จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะของอากาศในบริเวณนั้น
- แนวปะทะอากาศ มีความสำคัญมากต่อการเกิดพายุ และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพยากรณ์อากาศ โดยวิเคราะห์แนวปะทะอากาศในแผนที่อากาศ

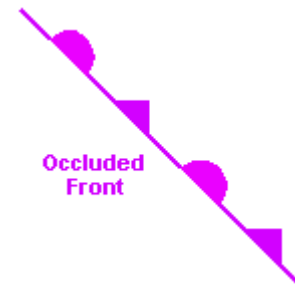
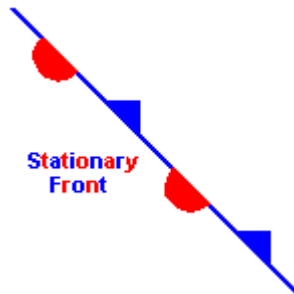
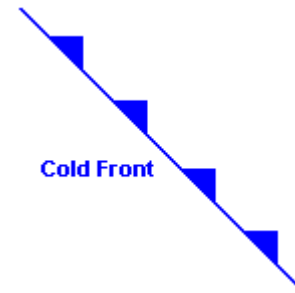
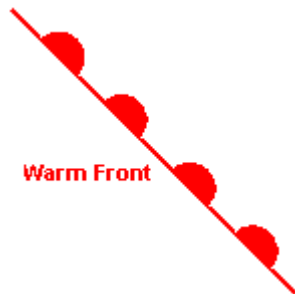
แนวปะทะอากาศ(Frontal)



ประเภทของแนวปะทะอากาศ

- แนวปะทะอากาศคงที่ (Stationary Front)
- แนวปะทะอากาศร้อน (Warm Front)
- แนวปะทะอากาศเย็น (Cold Front)
- แนวปะทะอากาศปิด (Occluded Front)
 - แนวปะทะอากาศร้อนแบบปิด (Occluded Warm FrontType)
 - แนวปะทะอากาศเย็นแบบปิด (Occluded Cold FrontType)

ประเภทของแนวปะทะอากาศ



แนวปะทะอากาศคงที่ (Stationary Front)

- เป็นแนวปะทะอากาศที่มวลอากาศร้อนและมวลอากาศเย็นเคลื่อนที่มาพบกัน โดยที่ไม่มีมวลอากาศใดเคลื่อนที่ไปแทนกัน
- ลมผิวพื้นในมวลอากาศทั้งสองจะพัดขนานกันหรือเกือบขนานกันหรือพัดออกจากแนวปะทะ ทำให้ไม่มีการเบียดเบียนหรือแทนที่ซึ่งกันและกัน
- มีลักษณะอากาศจะคล้ายกับบริเวณแนวปะทะอากาศร้อนแต่มีความรุนแรงน้อยกว่า

แนวปะทะอากาศคงที่ (Stationary Front)

The Stationary Front

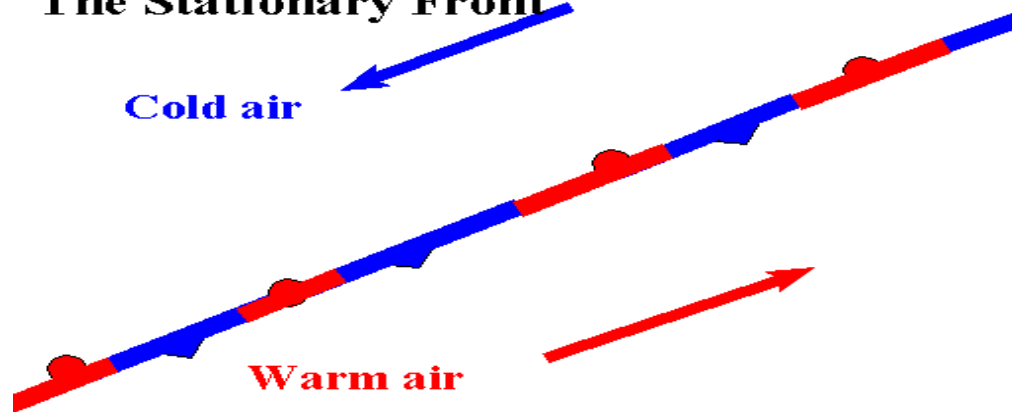
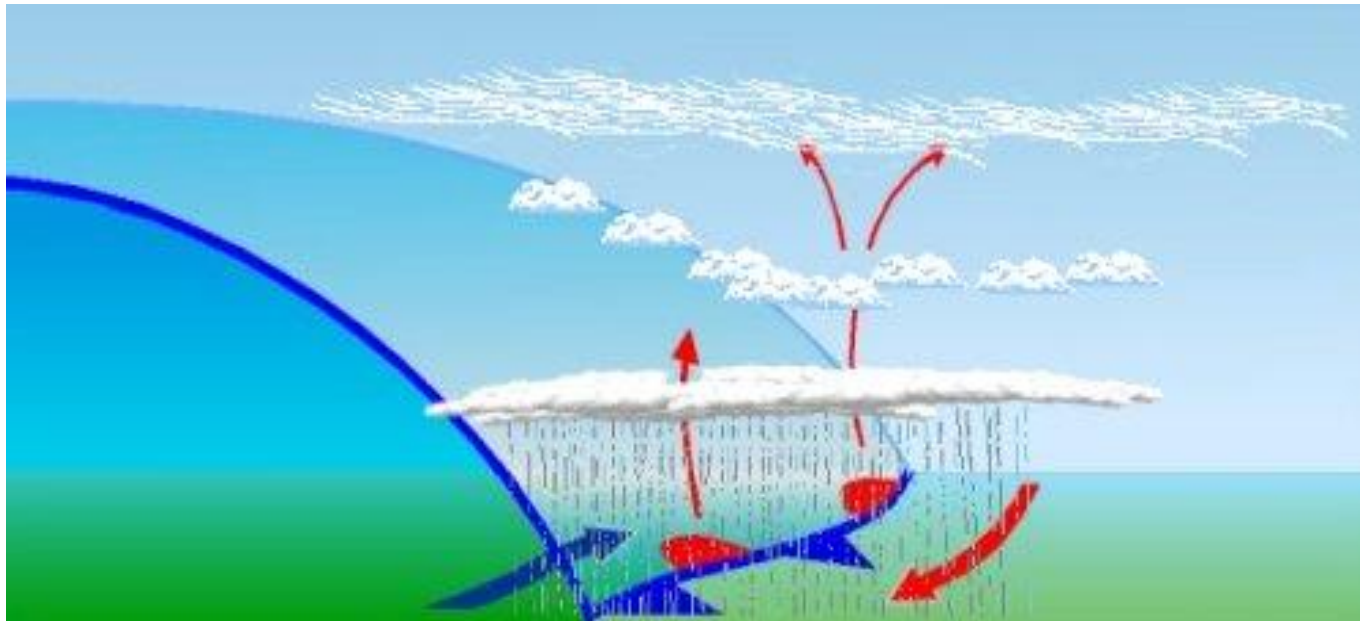


Fig 56



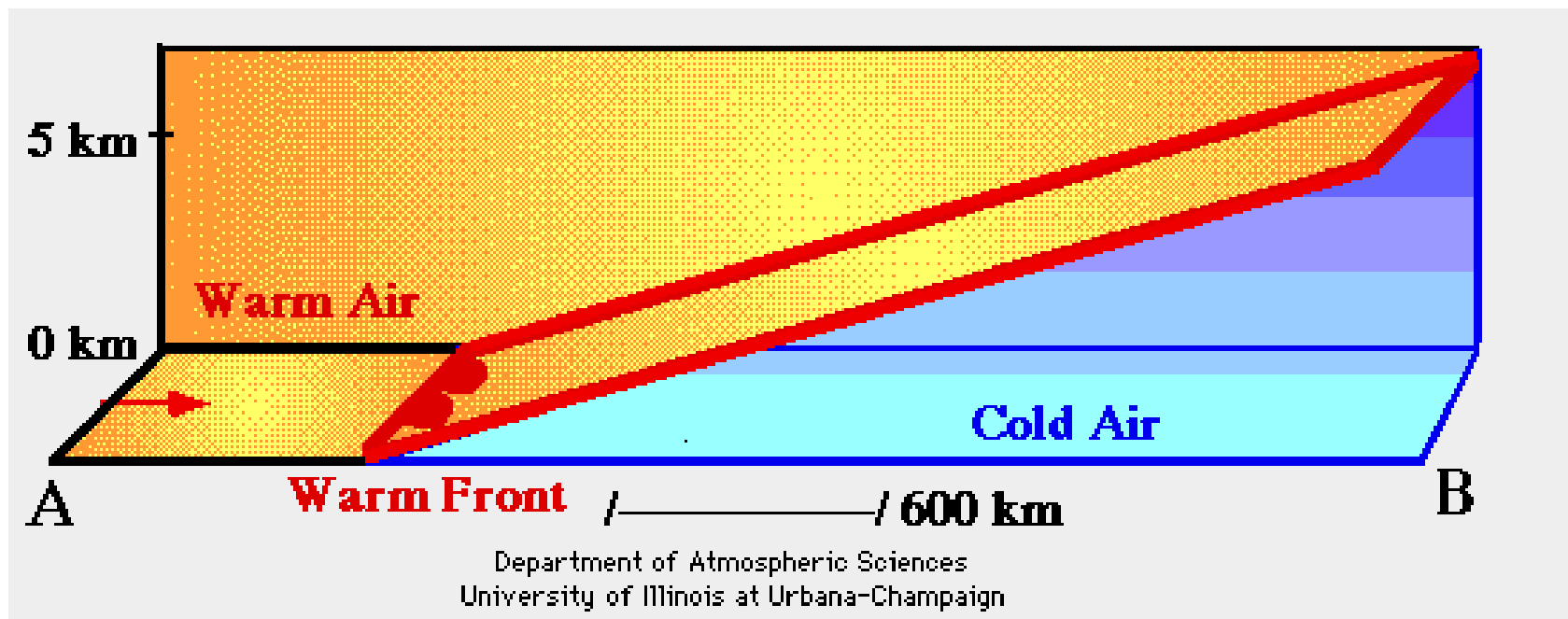
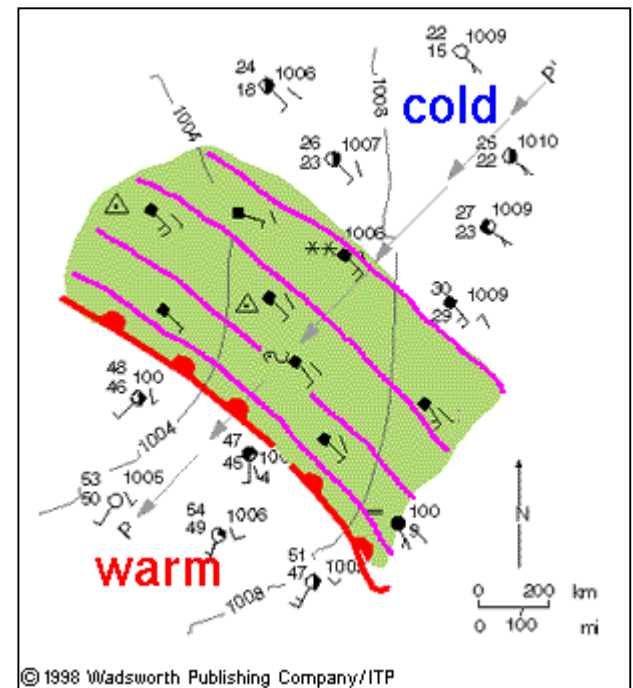
แนวปะทะอากาศร้อน(Warm Front)

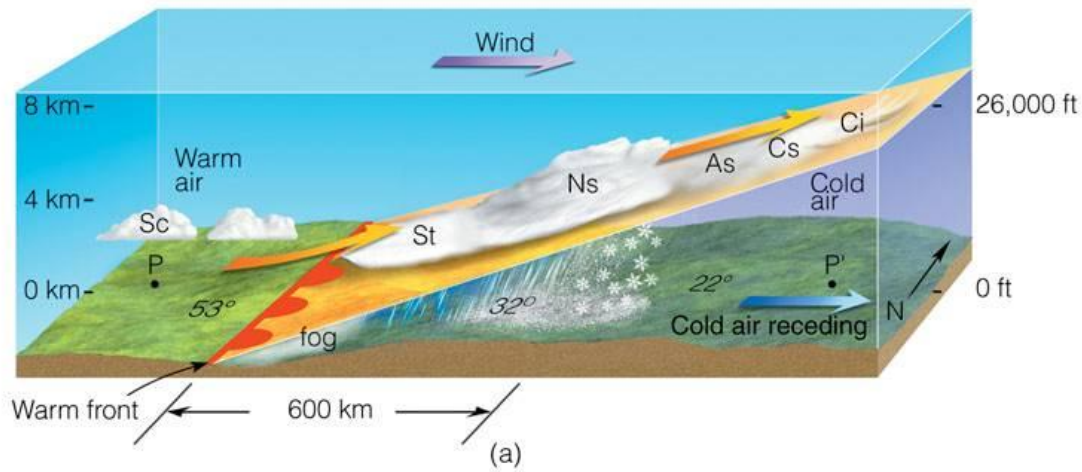
- เป็นแนวปะทะอากาศที่มวลอากาศร้อนเคลื่อนที่ไปพบกับมวลอากาศเย็น มวลอากาศร้อนจะพัดทับไปบนมวลอากาศเย็น
- ถ้าอากาศร้อนนั้นร้อนและชื้น ณ บริเวณแนวปะทะอากาศร้อน ในโอกาสแรกจะเห็นเมฆเซอร์รัส ซึ่งลักษณะเป็นฝอยคล้ายหางม้าก่อนแล้วจะเห็นเมฆชั้นสูง ประเภทเมฆเซอร์โรสเตรตัสที่มีลักษณะเป็นแผ่นติดตามมา
- ถ้าอากาศในระดับนั้นไม่มีเฉื่อยภาพและมีการการปั่นป่วนเมฆก็จะมีลักษณะเป็นก้อนมอดูลคล้ายกับฝูงปลาที่กำลังว่ายในทะเลเรียกว่า เมฆเซอร์โรคิวมูลัสและบริเวณแนวปะทะอากาศร้อนที่ระดับต่ำลง จะเกิดเมฆอัลโตสเตรตัส ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นและเมฆอัลคิวมูลัส ซึ่งมีลักษณะเป็นก้อนๆ มอดูลคล้ายฝูงแกะนอนอยู่ในทุ่งหญ้า
- ฝนหรือหิมะอาจตกลงมาเป็นครั้งแรกในขณะที่เมฆอัลโตสเตรตัสถึงจุดอิมตัวบางครั้งหยาดน้ำฟ้าเหล่านี้ก็จะระเหยไปเสียก่อนที่จะตกลงมาถึงพื้นดินมองเห็นเป็นสายๆ ข้างล่างตามฐานเมฆ

แนวปะทะอากาศร้อน(Warm Front)

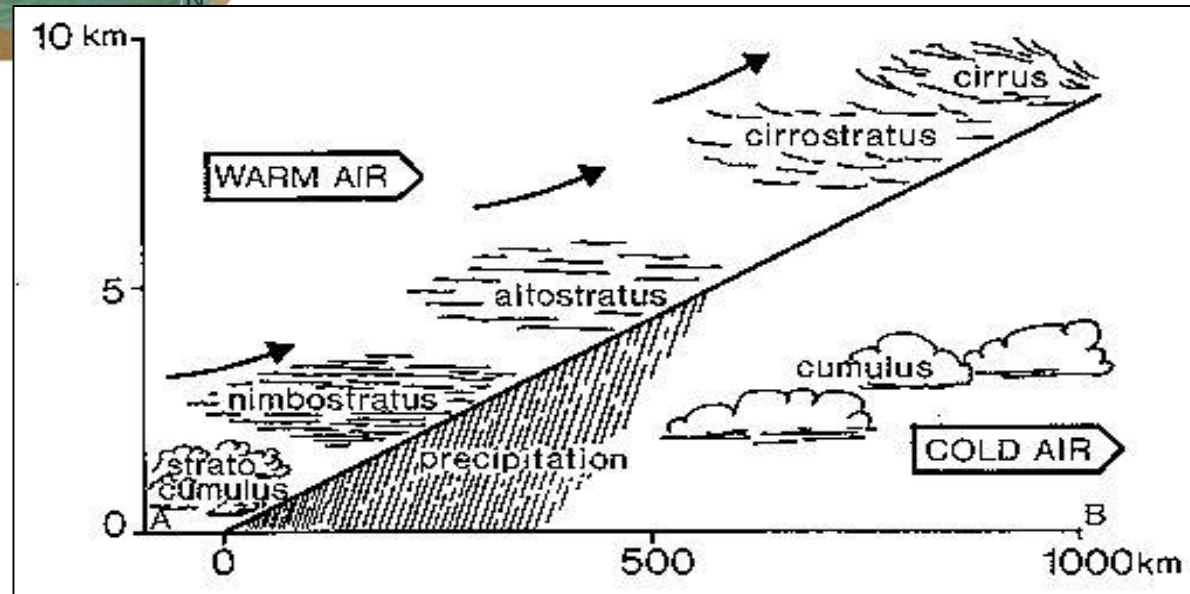
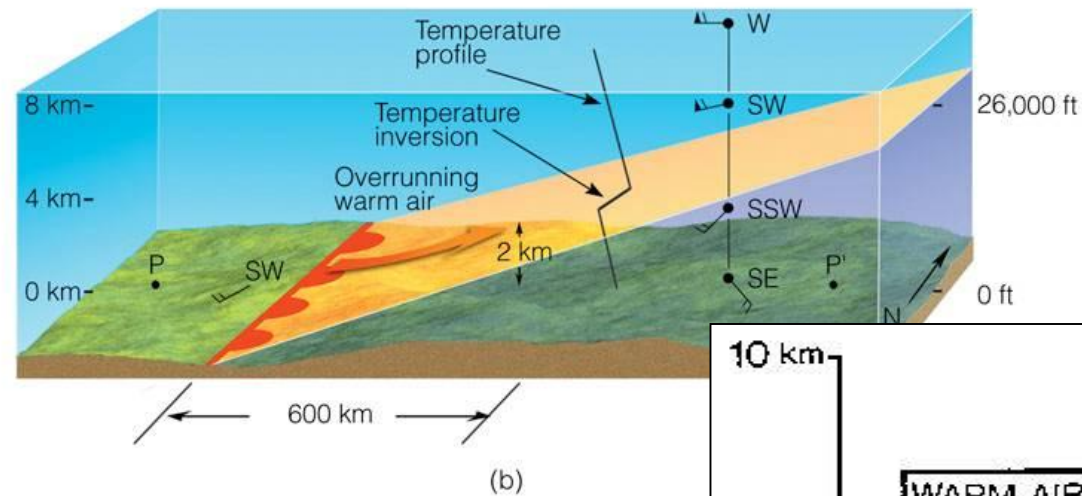
- หยาดน้ำฟ้าจะเพิ่มปริมาณมากขึ้น ในขณะที่เมฆนิมโบสเตรตัสก่อตัว และเมฆชั้นต่ำก็จะรวมตัวกัน ทั้งนี้เกิดจากการระเหยของหยาดน้ำฟ้า และจากผิวหน้าของฝนรวมกันกับอากาศปั่นป่วนที่มีอยู่ข้างหน้าของการก่อตัวของเมฆชั้นต่ำ
- สภาพอากาศที่มีอยู่จริงๆ ตามแนวปะทะอากาศร้อนนั้น ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับลักษณะของมวลอากาศร้อนนั้นๆก่อนที่จะถูกยกให้ลอยขึ้นไป
- ถ้ามวลอากาศร้อนที่ค่อยๆลอยสูงขึ้นไปตามความลาดเอียงของมวลอากาศเย็นไปอย่างช้าๆ อาจทำให้ฝนตกหนัก ส่วนมากฝนจะตกหนักได้ ในกรณีที่มวลอากาศร้อนไม่มีเสถียรภาพ มีการพาของกระแสอากาศอย่างรุนแรงเท่านั้น

แนวปะทะอากาศร้อน(Warm Front)





แนวปะทะอากาศร้อน (Warm Front)



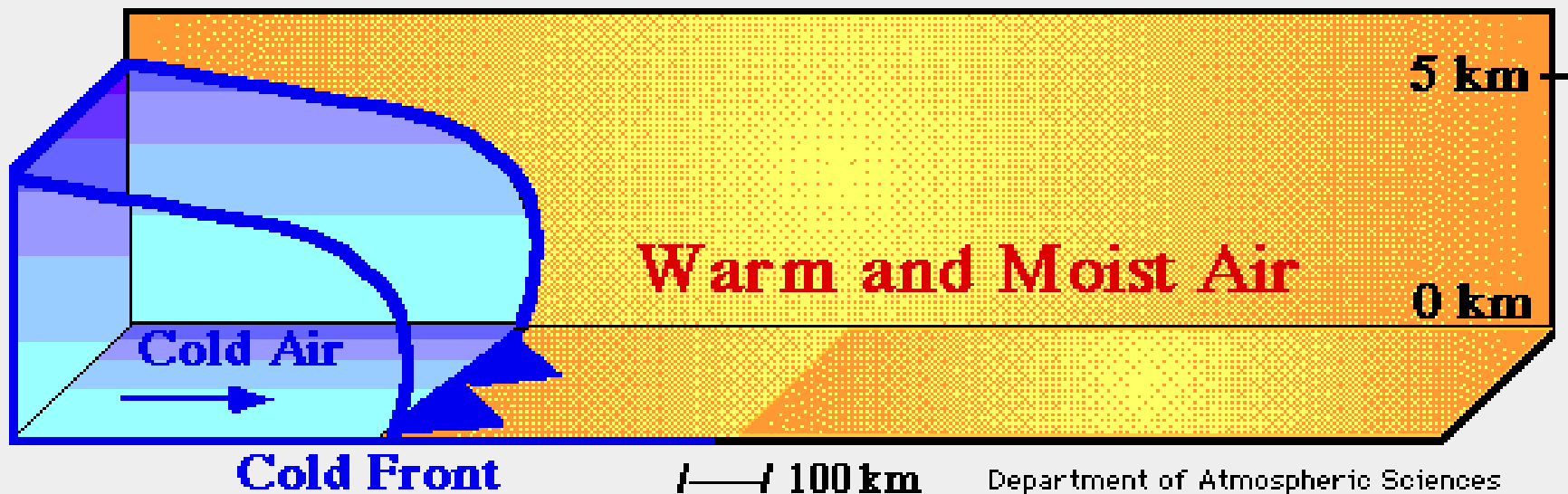
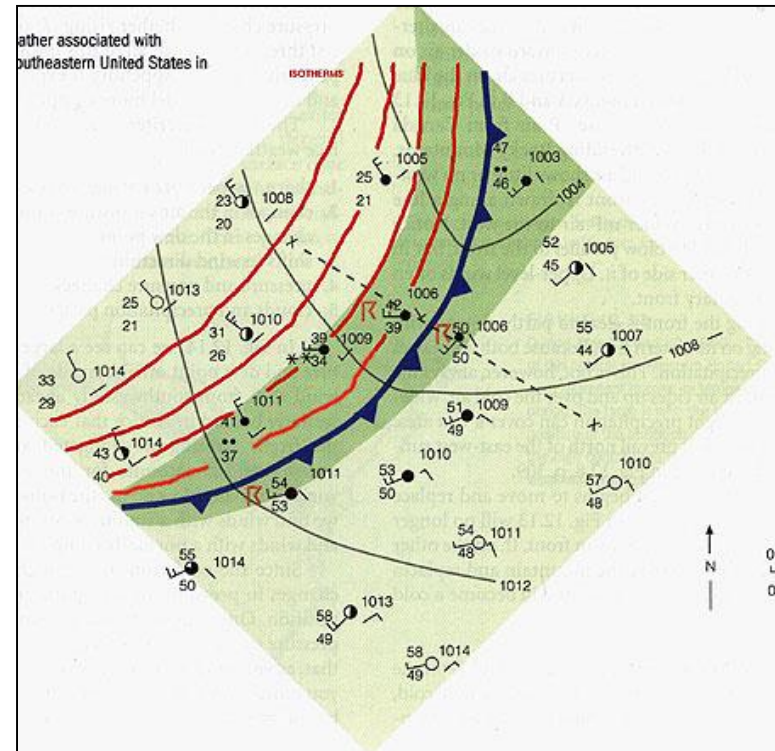
**The following table summarizes weather conditions
before and after the passage of a classic warm front**

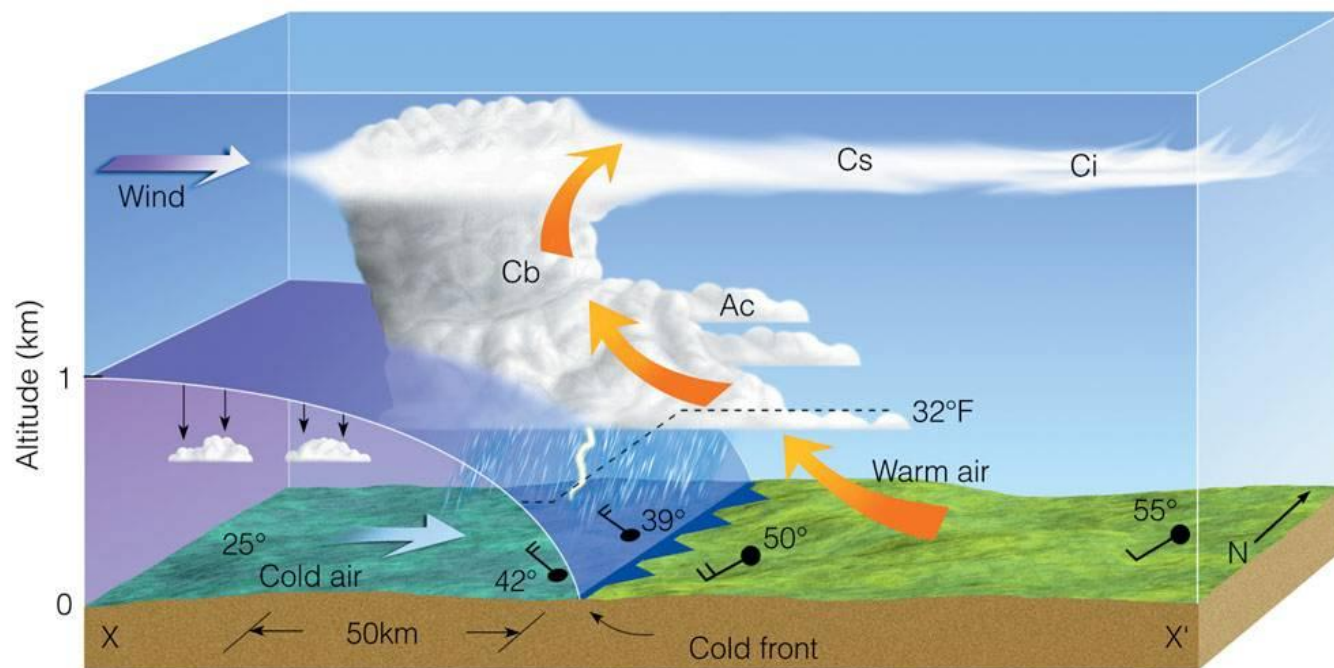
Weather Element	Before Passage	After Passage
Temperature	Cool - cold	Warmer
Dew point	moderately moist, rising	Higher
Wind direction	East	South
Pressure	Falling	Rising
Clouds	Stratus group: cirrus, cirrostratus, altostratus, nimbostratus, stratus, possible fog	Clear with scattered stratocumulus possible
Precipitation	Light to moderate AHEAD of the front	None

แนวปะทะอากาศเย็น(Cold Front)

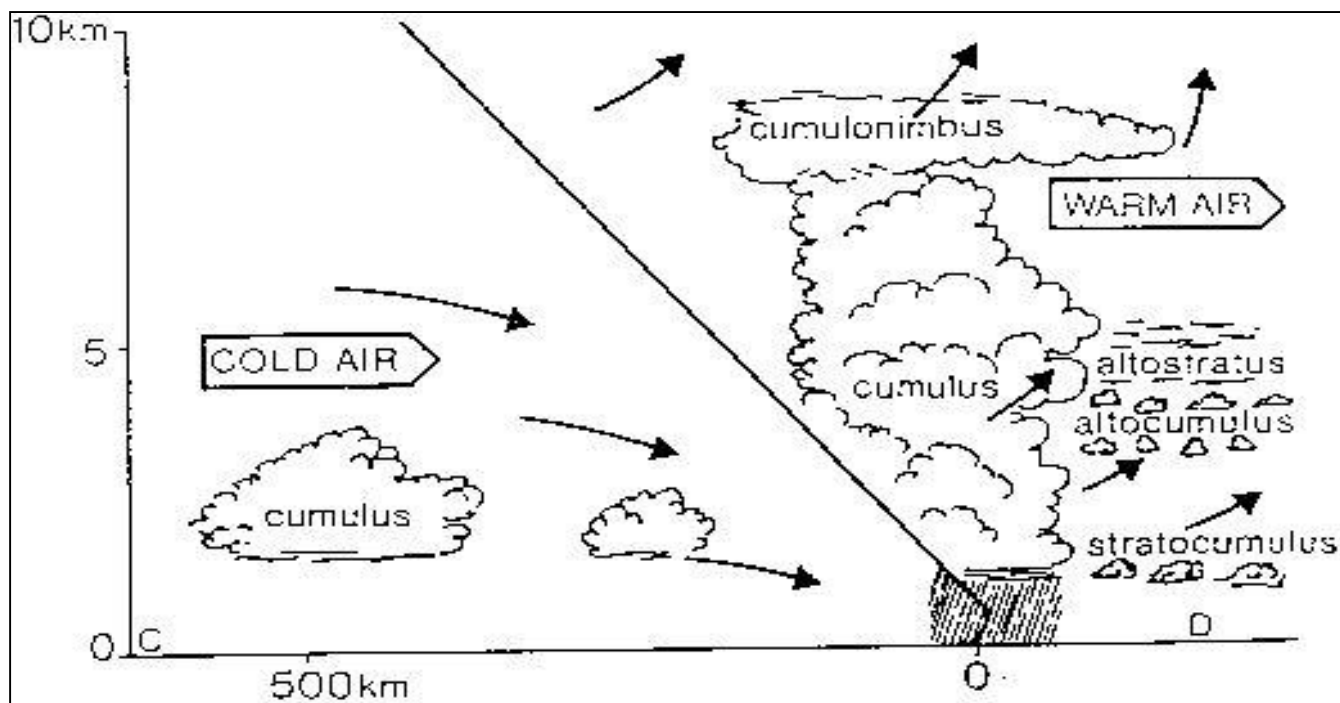
- เป็นแนวปะทะที่อากาศเย็นเคลื่อนที่ไปแทนที่อากาศร้อน ทั้งนี้เพราะมวลอากาศเย็นมีน้ำหนักมากกว่ามวลอากาศร้อน เมื่อมวลอากาศทั้งสองเคลื่อนที่มาพบกัน มวลอากาศเย็นเคลื่อนที่ไปซัดมวลอากาศร้อนให้ลอยตัวสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดเป็นเมฆและฝนตกลงมา
- แนวปะทะอากาศเย็นอาจเห็นได้ชัดจากลักษณะของเมฆคิวมูโลนิมบัสจะก่อเป็นแนวอยู่ข้างหน้าของแนวปะทะอากาศเย็น ซึ่งจะมีฝนตกหนักพลันและอาจมีลมพัดแรงและเปลี่ยนทิศทางที่ได้
- แนวปะทะอากาศเย็นที่ชันมากๆ จะมีอยู่ระยะทางสั้นๆ เฉพาะที่มีการยกตัวขึ้นของมวลอากาศเท่านั้น ดังนั้น ฝนที่ตกในแนวปะทะอากาศเย็น จึงเป็นช่วงสั้นๆ และรุนแรงมาก

แนวปะทะอากาศเย็น (Cold Front)





© 2007 Thomson Higher Education



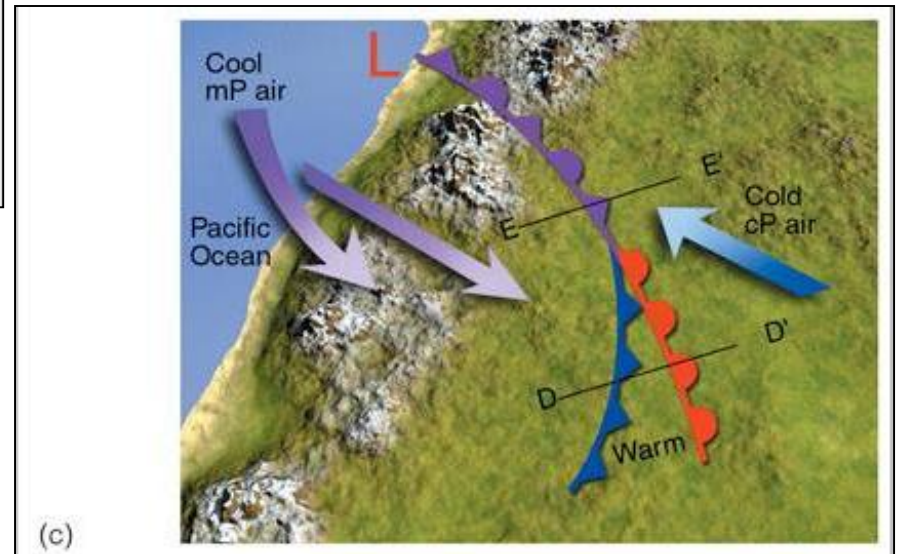
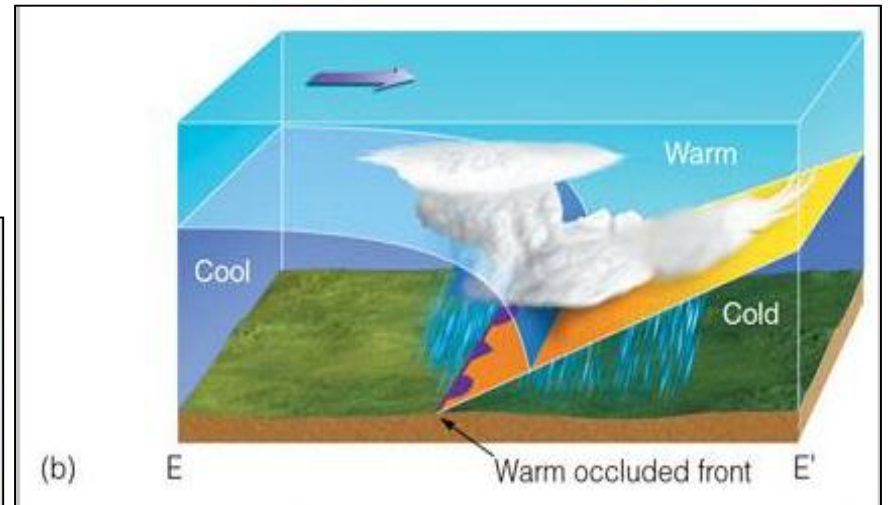
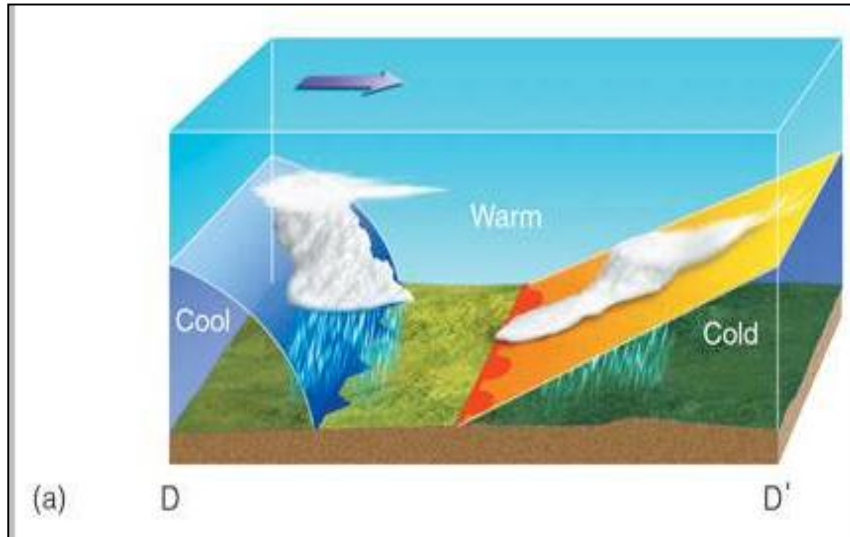
**The following table summarizes weather conditions
before and after the passage of a classic cold front**

Weather Element	Before Passage	After Passage
Temperature	Warm	Colder
Dew point	High	Lower
Wind direction	South	West-Northwest
Pressure	Falling	Rising
Clouds	Cirrus, then Cumulonimbus	Clear or Cumulus
Precipitation	Heavy AT front	decreasing or none

แนวปะทะอากาศร้อนแบบปิด (Occluded Warm Front Type)

- เกิดขึ้นเมื่อมวลอากาศเย็นหน้าแนวปะทะอากาศร้อนมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศแนวปะทะอากาศเย็น
- เมื่อแนวปะทะอากาศเย็นเคลื่อนที่มาทันแนวปะทะอากาศร้อน ทั้งมวลอากาศร้อนหน้าแนวปะทะอากาศเย็นและมวลอากาศเย็นหลังแนวปะทะอากาศเย็นเคลื่อนตัวขึ้นมาตามแนวลาดของมวลอากาศเย็นอยู่หน้าแนวปะทะอากาศร้อน
- ลักษณะอากาศทั่วไปในบริเวณนี้จะมีฝนฟ้าคะนองตามแนวปะทะอากาศเย็นที่ถูกยกตัวสูงขึ้น

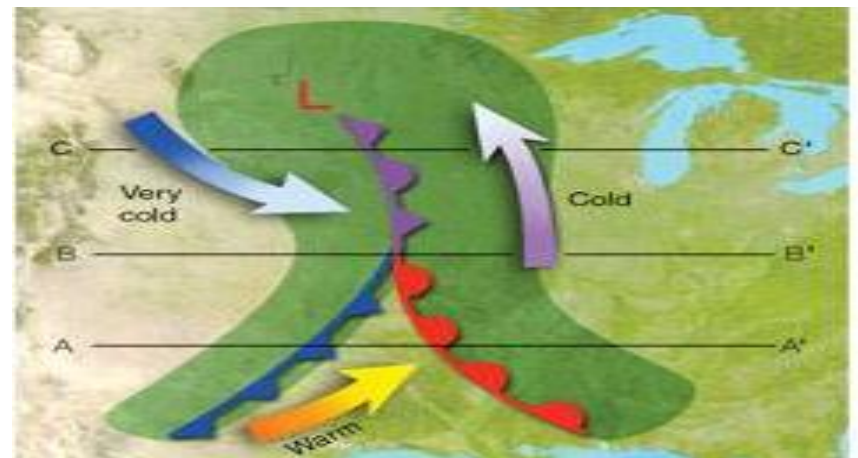
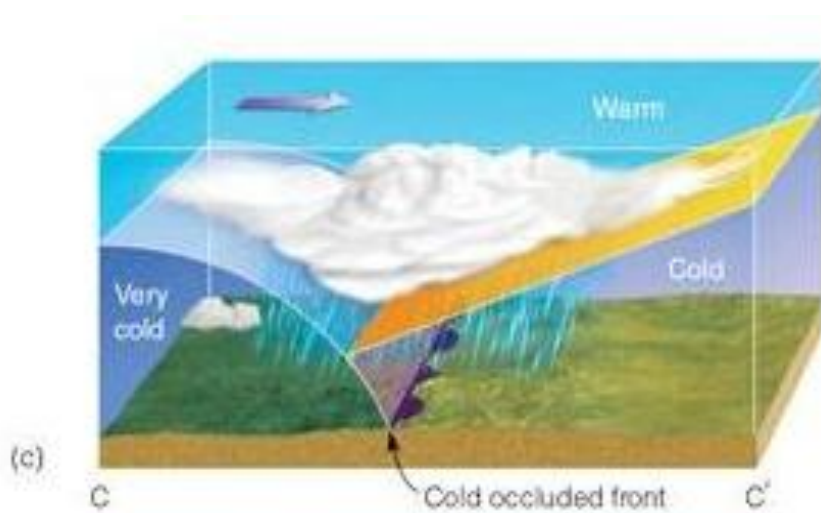
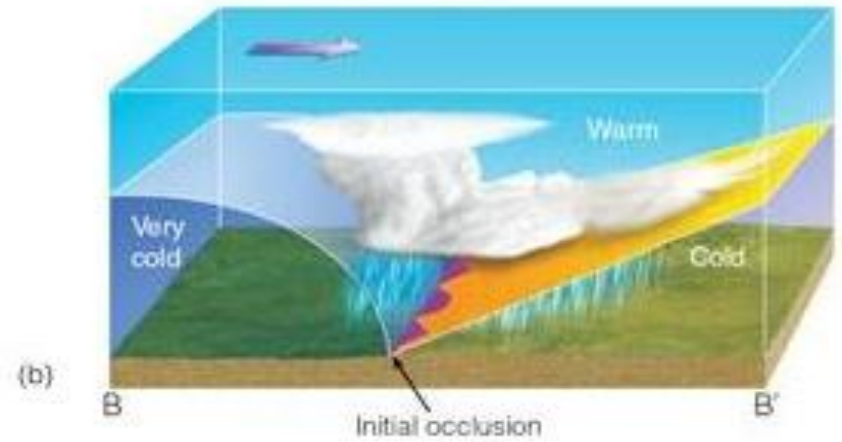
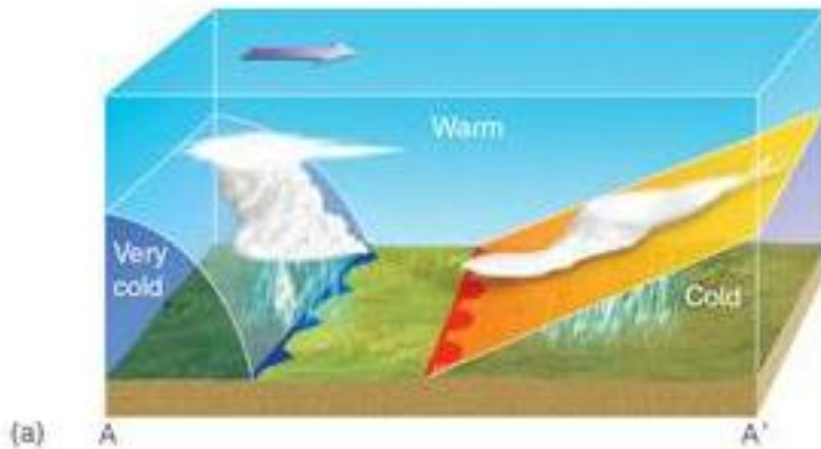
Occluded Warm Front Type



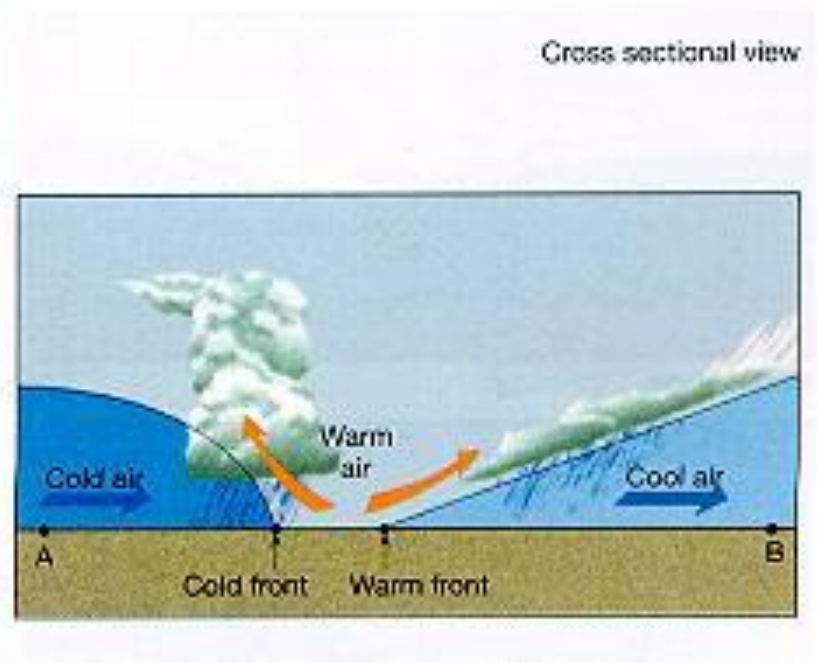
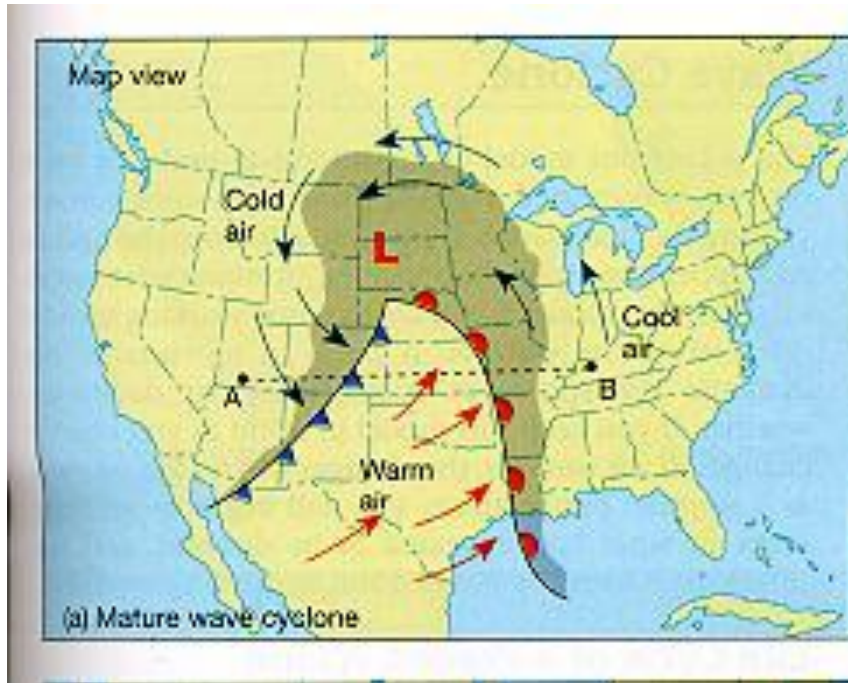
แนวปะทะอากาศเย็นแบบปิด (Occluded Cold Front Type)

- เกิดขึ้นเมื่อมวลอากาศที่อยู่ข้างหลังแนวปะทะอากาศเย็นมีอุณหภูมิต่ำกว่าอีกสองมวลอากาศ แล้ว แนวปะทะอากาศเย็นเคลื่อนตัวเข้าหาแนวปะทะอากาศร้อน มวลอากาศที่ตามมากับแนวปะทะอากาศเย็นจะซ้อนตัวลงไปอยู่ข้างล่างและผลักดันให้อากาศอุ่นที่อยู่หน้าแนวปะทะอากาศร้อน และอากาศเย็นที่อยู่หน้าแนวปะทะอากาศร้อนยกขึ้นข้างบน แนวปะทะอากาศร้อนก็จะลอยสูงขึ้นจากพื้นดินกลายเป็นแนวปะทะอากาศร้อนชั้นบน

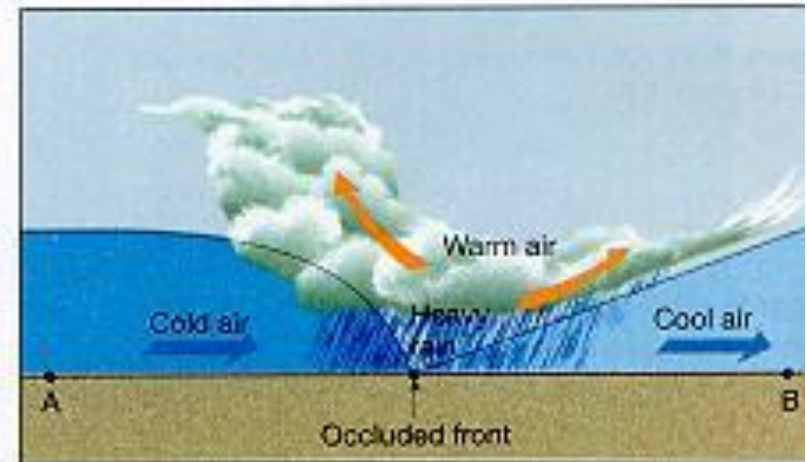
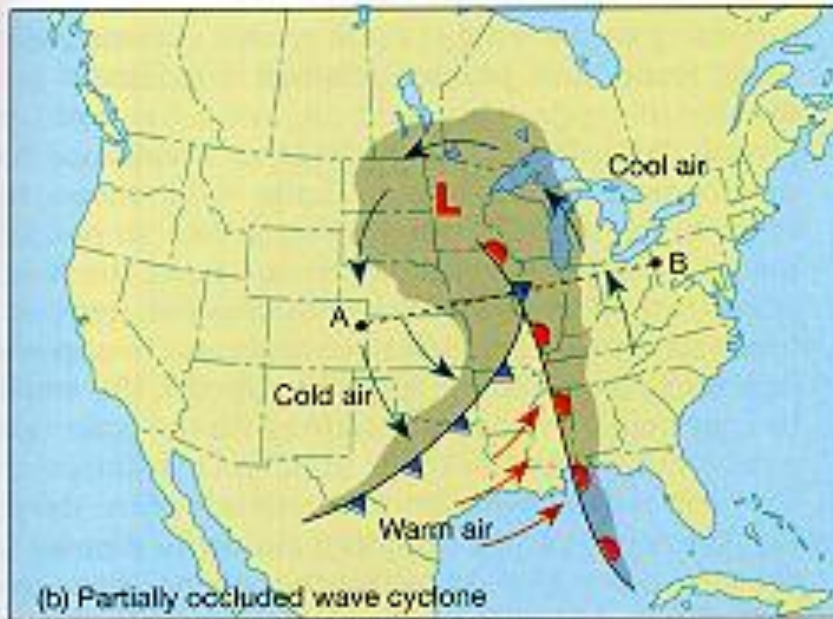
Occluded Cold Front Type



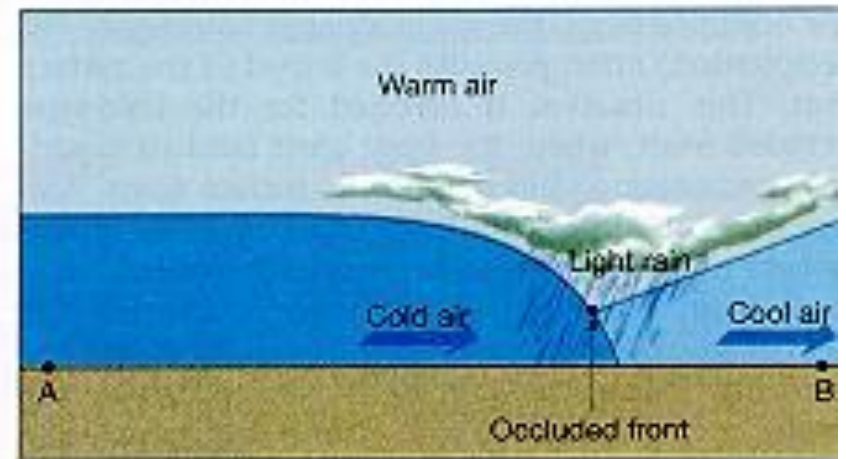
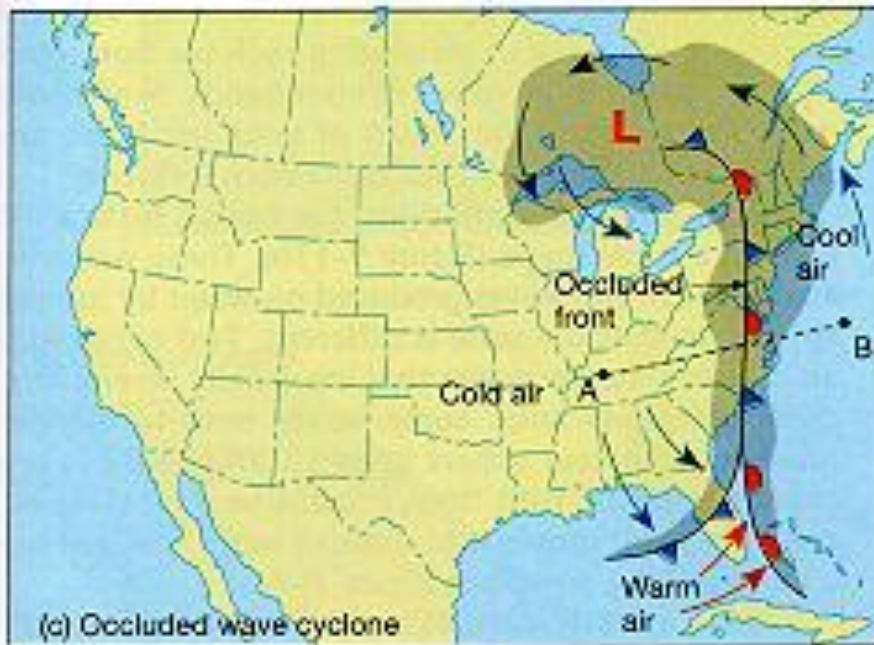
แนวปะทะอากาศแบบเปิด



แนวปะทะอากาศแบบปิด

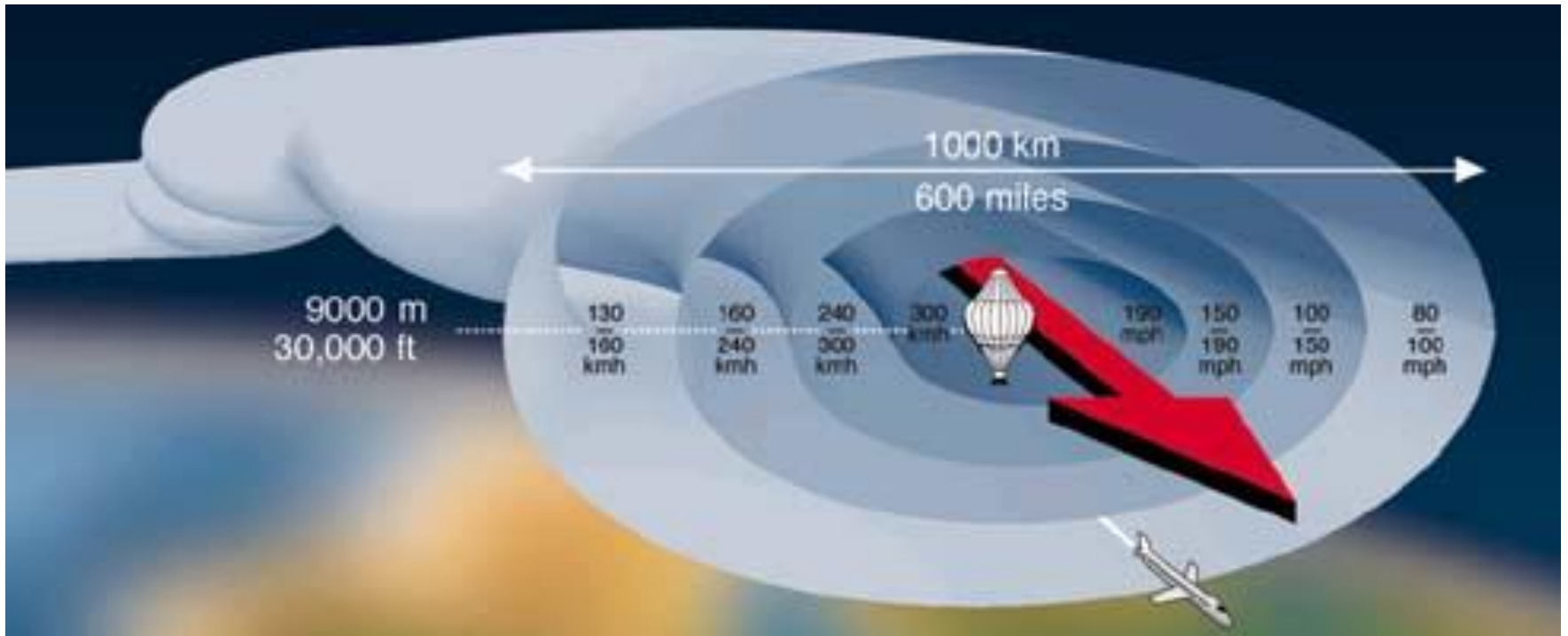


แนวปะทะอากาศแบบปิด



Stages in the formation of an occluded front and its relationship to a developing wave cyclone. After the warm air has been forced aloft, the system begins to dissipate. The shaded areas indicate regions where precipitation is most likely to occur.

กระแสลมกรด (Jet Stream)



กระแสลมกรด (Jet Stream)

ความหมาย ตามศัพท์ของกรมอุตุนิยมวิทยา

- กระแสลมแรงจัดซึ่งพัดอยู่ในชั้นบน เคลื่อนที่ในลักษณะเป็นลำแคบ ๆ แบนและยาวมาก คล้ายกับลำธารของกระแสลม
- โดยปกติเกิดในบรรยากาศใกล้ ๆ ชั้นโทรโปพอส (tropo - pause) มีแกนยาวไปตามแนวแกนของลมซึ่งมีความเร็วสูงสุด และไม่เพียงแต่ไปตามแนวแกนที่มีกำลังลมสูงสุดอย่างเดียวเท่านั้นต้องมีความชันของความเร็วลมในภาคตัดขวางมากอีกด้วย (strong transverse gradient of speed)
- ลมกรดนี้บางครั้งสามารถแยกออกได้เป็นสองกระแส กระแสใหญ่คือ "ลมกรดบริเวณแนวปะทะอากาศขั้วโลก - polar front jet stream" ซึ่งเกิดร่วมกับแนวปะทะอากาศขั้วโลกที่ละติจูดกลาง หรือเหนือขึ้นไป อาจกล่าวโดยคร่าว ๆ ว่า ลมกรดนี้พาดคดเคี้ยวอยู่รอบขั้วโลกเหนือ แต่เป็นแนวไม่ต่อเนื่องกันเช่นเดียวกับแนวปะทะอากาศขั้วโลก แนวนี้เปลี่ยนแปลงไปอย่างมากในวันต่อมา
- ลมกรดอีกกระแสหนึ่งคือ "ลมกรดกึ่งโซนร้อน - subtropical jet stream" พบอยู่ระหว่างละติจูดที่ 20° - 30° ในระดับสูงประมาณ 10° - 13° กม. และมีกำลังแรงมากที่สุดนอกฝั่งทวีปเอเชีย
- โดยทั่ว ๆ ไปความเร็วลมในลมกรดเท่ากับ หรือมากกว่า 50 นอต (93 ก./ชม.) ขึ้นไป บางครั้งมีความเร็วลมสูงถึง 300 กม./ชม.

กระแสลมกรด (Jet Stream)

ความหมาย ตามศัพท์ทั่วไป

- แถบกระแสลมแรงที่เคลื่อนที่ในเขตโทรโพพอส (แนวแบ่งเขตระหว่างชั้นโทรโพสเฟียร์กับชั้นสตราโตสเฟียร์) โดยพัดจากด้านตะวันตกไปตะวันออกตามแนวการหมุนของโลก และพัดโค้งไปมาคล้ายแม่น้ำจากละติจูดสูงไปละติจูดต่ำ หรือจากละติจูดต่ำไปละติจูดสูง กระแสลมนี้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงมีความยาวหลายพันกิโลเมตร มีความกว้าง 2-3 ร้อยกิโลเมตรแต่มีความหนาเพียง 2-3 กิโลเมตรเท่านั้น โดยทั่วไปกระแสลมกรดจะพบที่ระดับความสูง 10-15 กิโลเมตร (6-9 ไมล์) เหนือพื้นโลก
- กระแสลมกรดมีความเร็วประมาณ 50-300 ไมล์ต่อชั่วโมง ตรงแกนกลางของลมเป็นบริเวณแคบๆแต่มีลมพัดแรงที่สุด โดยความเร็วลมเฉลี่ย 80 นอต หรือ 92 ไมล์ต่อชั่วโมงและอาจเพิ่มถึง 300 ไมล์ต่อชั่วโมงในหน้าหนาว บริเวณกระแสลมอากาศจะมีความแปรปรวนปั่นป่วนมาก เนื่องจากความแตกต่างของความแรงของกระแสลมกรดกับอากาศที่อยู่บริเวณใกล้เคียง กระแสลมกรดยังมีอิทธิพลเป็นอย่างมากต่อการก่อตัวของเมฆฝนฟ้าคะนอง โดยส่งผลให้มีฝนฟ้าคะนองเกิดขึ้นอย่างรุนแรงได้

กระแสลมกรด (Jet Stream)



- กระแสลมกรดเป็นกระแสลมที่เกิดในบรรยากาศ ซึ่งพัดจากด้านตะวันตกไปตะวันออก
- กระแสลมกรดจะไหลอยู่บริเวณขอบระหว่างอากาศร้อนกับอากาศเย็น จะมีความแตกต่างกันมากในฤดูหนาวเกิดได้ทั้งซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้
- ความเร็วและตำแหน่งของกระแสลมกรดจะเปลี่ยนไปวันต่อวัน
- กระแสลมกรดในบริเวณละติจูดสูงมีความแรงมากกว่ากระแสลมกรดในบริเวณศูนย์สูตร
- กระแสลมกรดในฤดูหนาวมีความแรงมากกว่าในฤดูร้อน
- และฤดูหนาวจะพบกระแสลมกรดในละติจูดกลางและละติจูดต่ำได้
- นอกจากนี้ตำแหน่งการเกิดของกระแสลมกรดยังสัมพันธ์กับระบบอากาศผิวพื้น โดยเฉพาะหย่อมความกดอากาศต่ำกำลังแรงและแนวปะทะอากาศ
- และยังพบว่าในช่วงฤดูหนาว กระแสลมกรดในซีกโลกเหนือที่มีทิศทางมาทางใต้และวกกลับขึ้นไปทางเหนือ จะวิเคราะห์ได้เป็น Trough ในระดับสูง เนื่องจากด้านตะวันตกประกอบด้วยอากาศแห้งและเย็น และอากาศยกตัวขึ้นทางด้านตะวันออกของ Trough และจะเกิดฝนฟ้าคะนองที่รุนแรงได้

กระแสลมกรดแบ่งได้ 2 ประเภทใหญ่ๆคือ

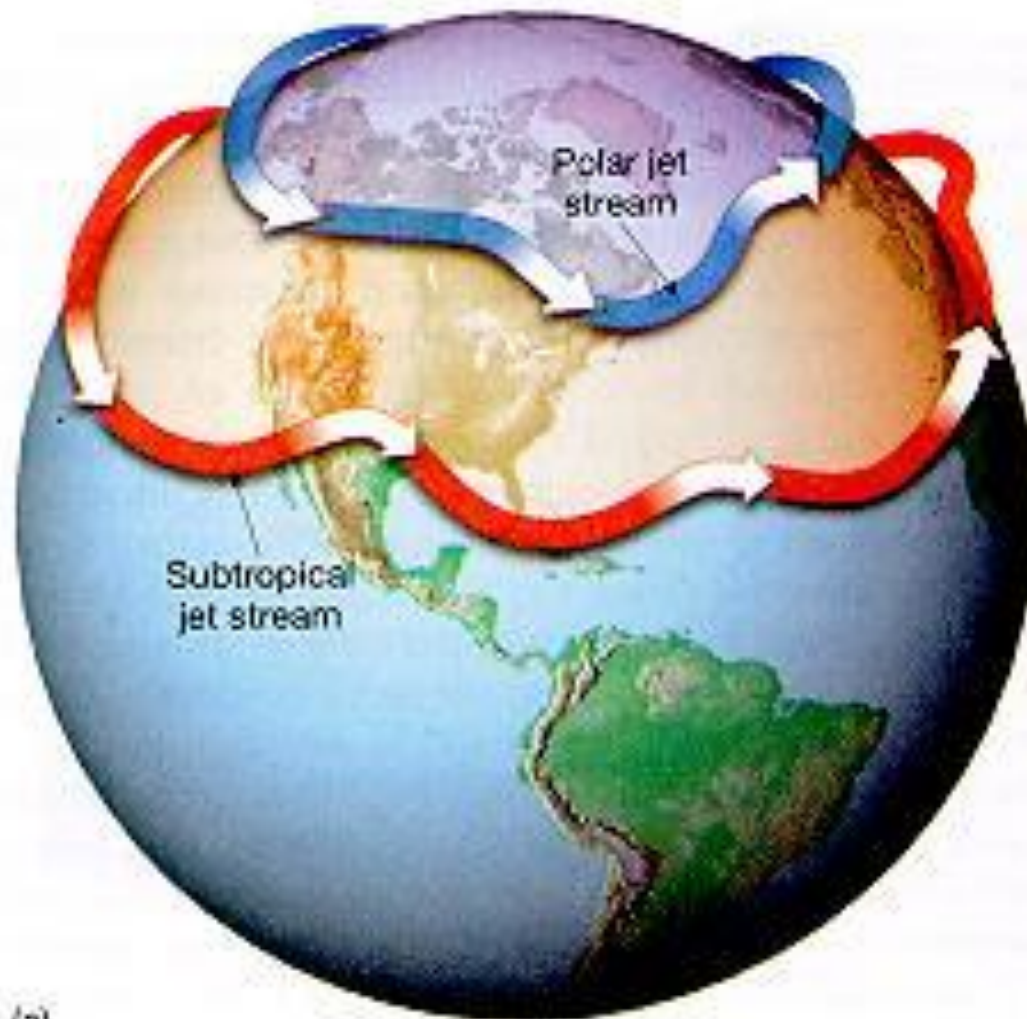
1. กระแสลมกรดกึ่งโซนร้อน (Subtropical Jet)

เกิดขึ้นในละติจูด 25 ถึง 40 องศาเหนือและใต้ ซึ่งเป็นเขตความกดอากาศสูงกึ่งโซนร้อน มักเกิดที่ระดับความสูงประมาณ 13 กิโลเมตร มีความเร็วลม 80-150 นอต บางครั้งมากกว่า 400 นอต พบได้บ่อยบริเวณเอเชียตะวันออก และแปซิฟิก

2. กระแสลมกรดบริเวณขั้วโลก (Polar Jet)

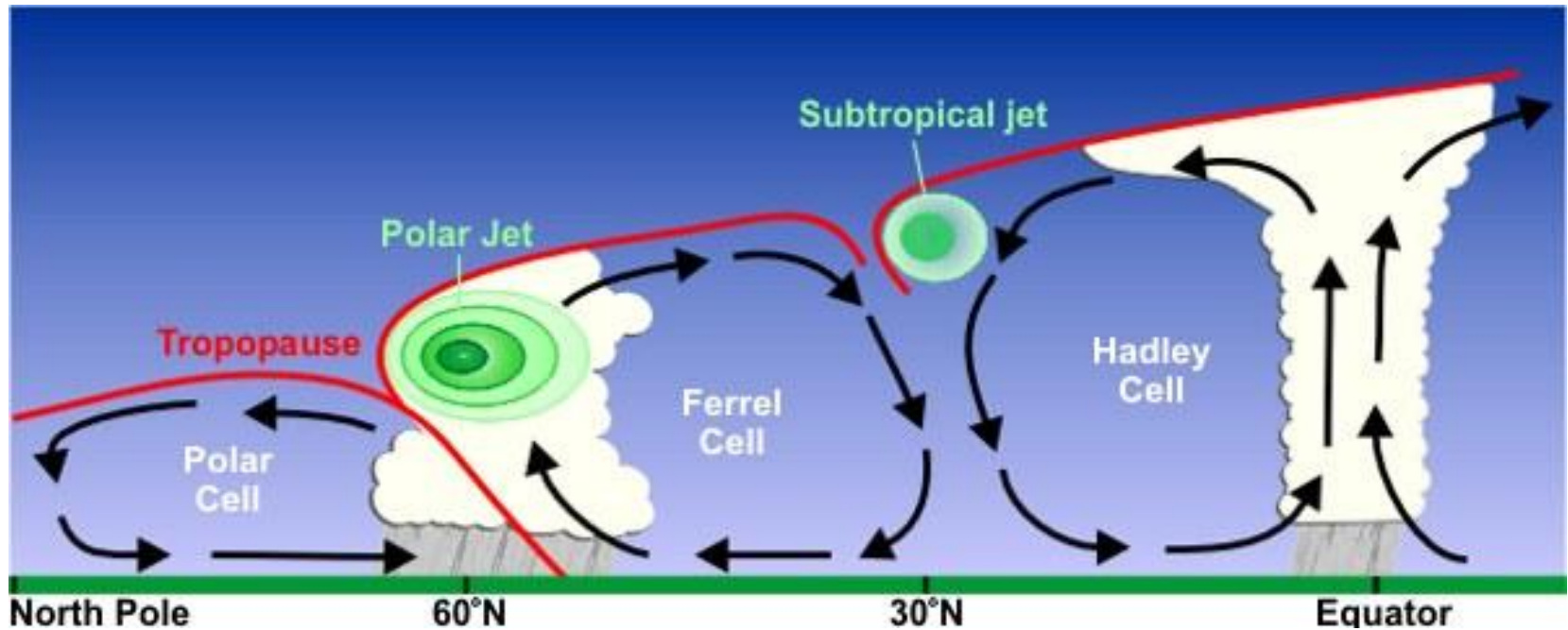
เกิดในละติจูด 45 ถึง 60 องศาเหนือและใต้ มักเกิดที่ระดับความสูง 8 ถึง 10 กิโลเมตร พบได้ใกล้แนวปะทะอากาศขั้วโลกซึ่งเกิดจากอากาศหนาวจากขั้วโลกเคลื่อนที่มาพบกับอากาศอุ่นจากเขตร้อนและอยู่เหนือแนวปะทะอากาศขั้วโลก

กระแสลมกรด (Jet Stream)



(a)

กระแสลมกรด (Jet Stream)



ผลกระทบ

1.ผลกระทบต่อบรรยากาศ

- ในสหรัฐอเมริกาที่มักได้รับผลกระทบจากกระแสลมกรด (jet stream) ซึ่งเป็นที่ทราบกันว่า การเปลี่ยนแปลงของรูปแบบกระแสลมกรด นี้เองที่ทำให้เกิดพายุฝนฤดูร้อน (summer thunderstorm) และพายุหิมะฤดูหนาว (winter snowstorm) ตามเส้นทางของกระแสลมกรด
- หมอกควัน จากภูเขา

2.ผลกระทบต่อการบิน

- กระแสลมกรดเป็นกระแสที่มีความแรงมากสามารถมีผลกระทบกับระบบของอากาศ โดยรอบและปรากฏการณ์ที่มักเกิดร่วมกับกระแสลมกรดเรียกว่า บริเวณความปั่นป่วนในอากาศแจ่มใส (Clear air turbulence: CAT)
- อันตรายของกระแสลมกรดต่อเครื่องบินที่กำลังทำการบิน โดยเฉพาะเครื่องบินขนาดใหญ่ ที่ทำการบินในระดับสูงๆ เมื่อเครื่องบินเข้าสัมผัสกับกระแสลมกรดจะประสบกับความปั่นป่วนของอากาศอย่างรุนแรงอันเกิดจากวินเชียร์ทั้งในแนวตั้งและแนวนอน และอันตรายจากความเร็วลมซึ่งทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของเครื่องบินอย่างรุนแรง ก่อให้เกิดความเสียหายแก่เครื่องบินและผู้โดยสารอาจได้รับบาดเจ็บได้

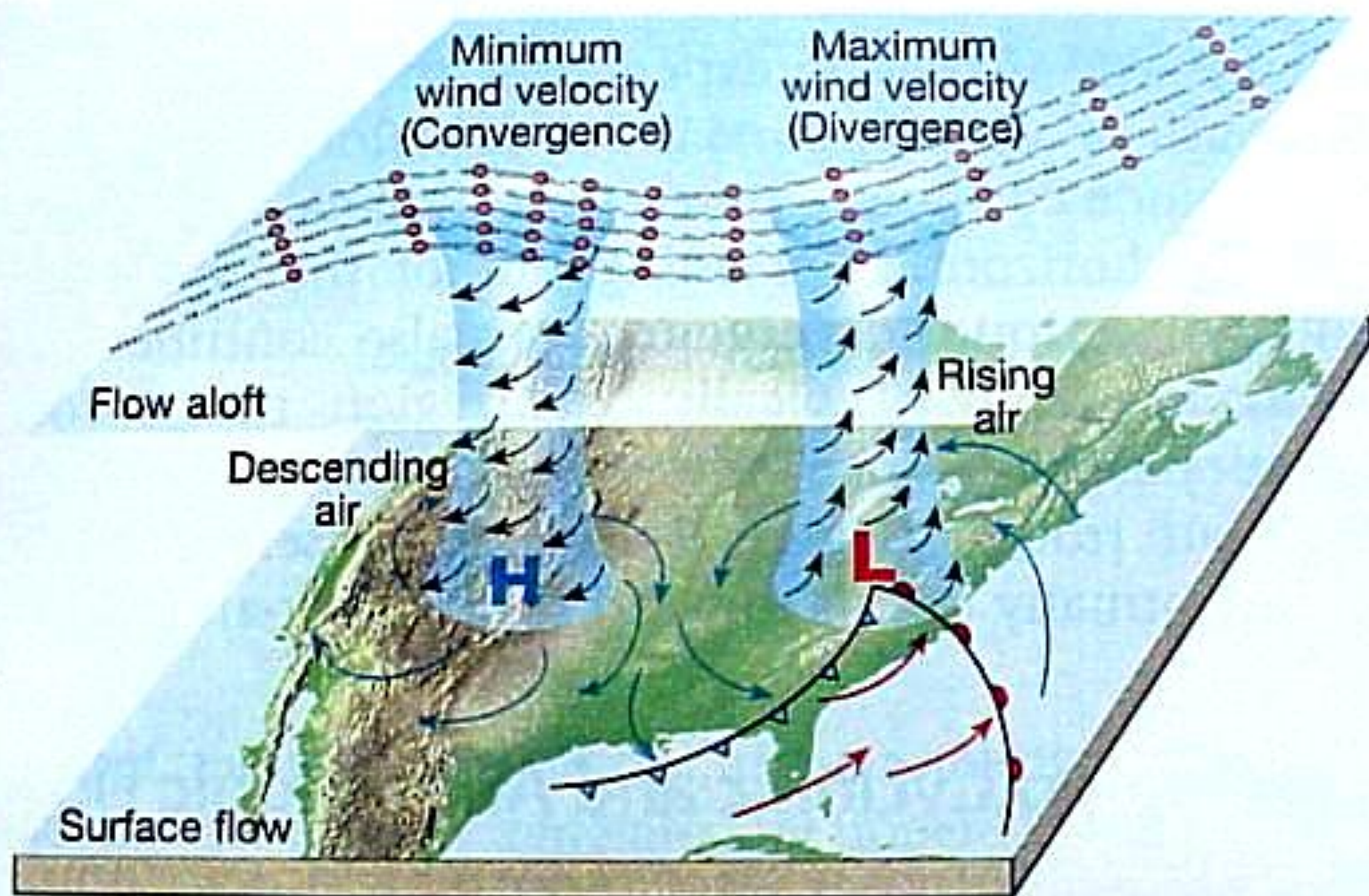
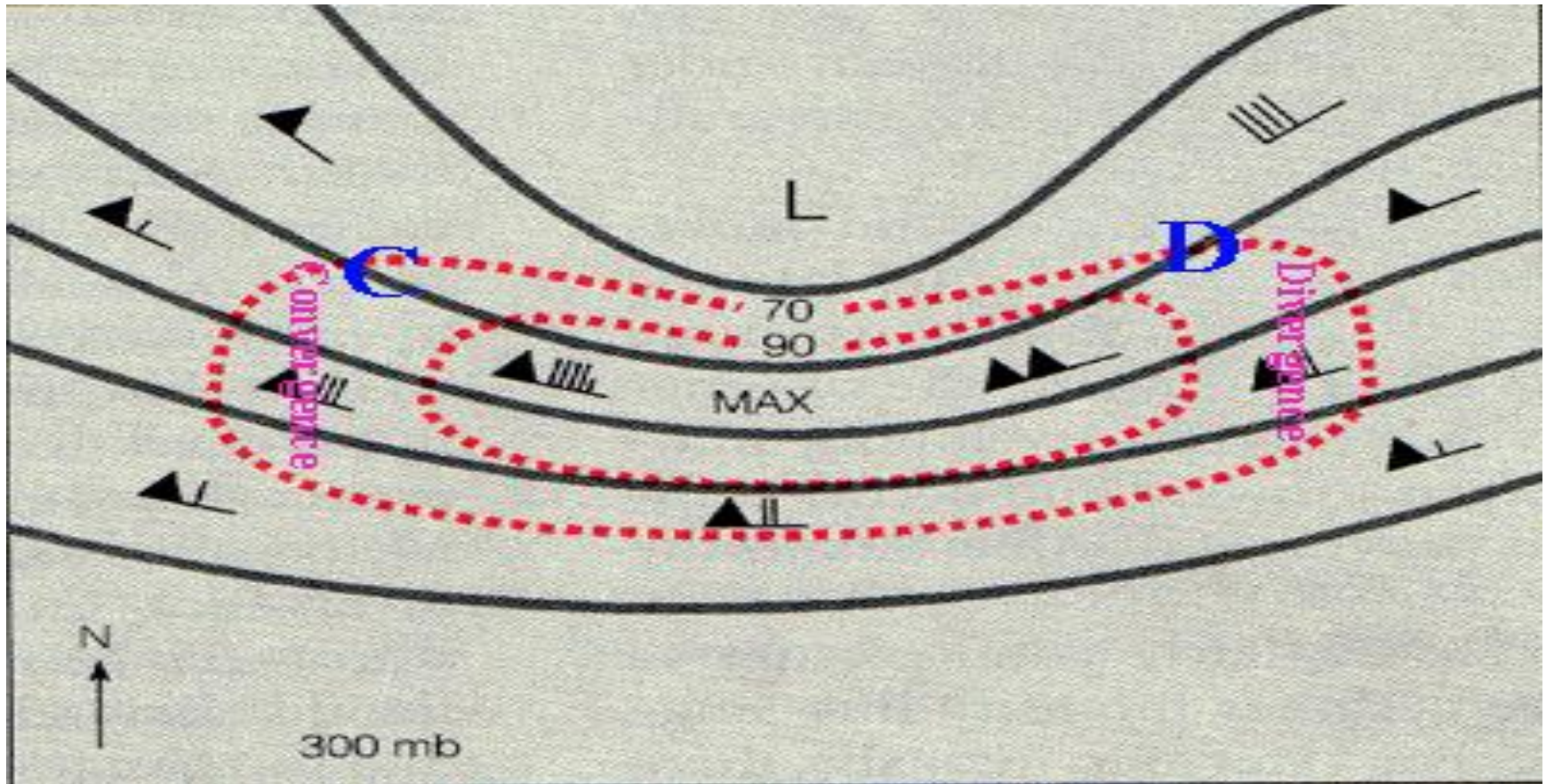


Figure 9-16 When air slows, the dots converge. When winds aloft are faster, the dots are farther apart.

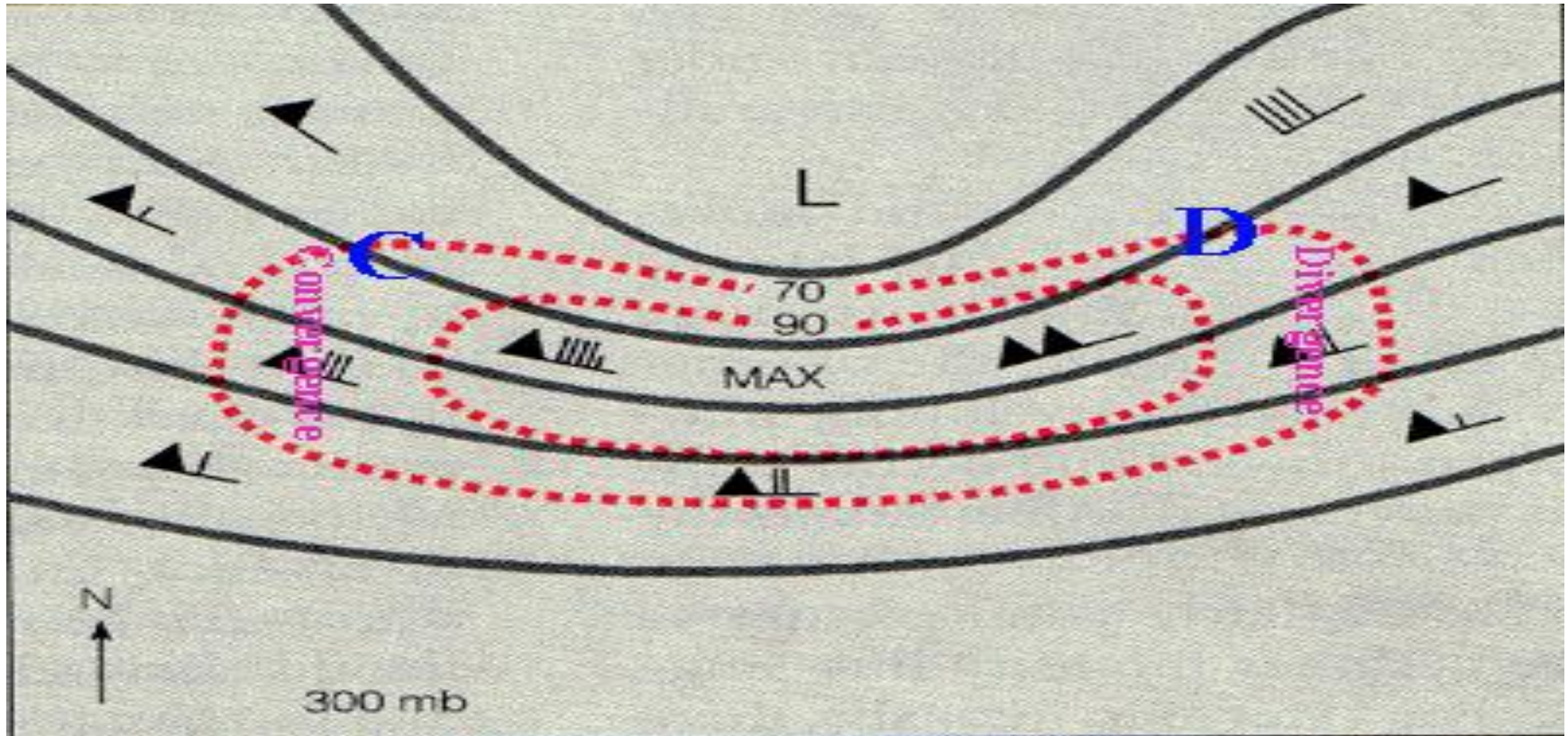
Jet Streaks and Shortwave



If a shortwave trough is intensified in a longwave trough, height lines are forced together:

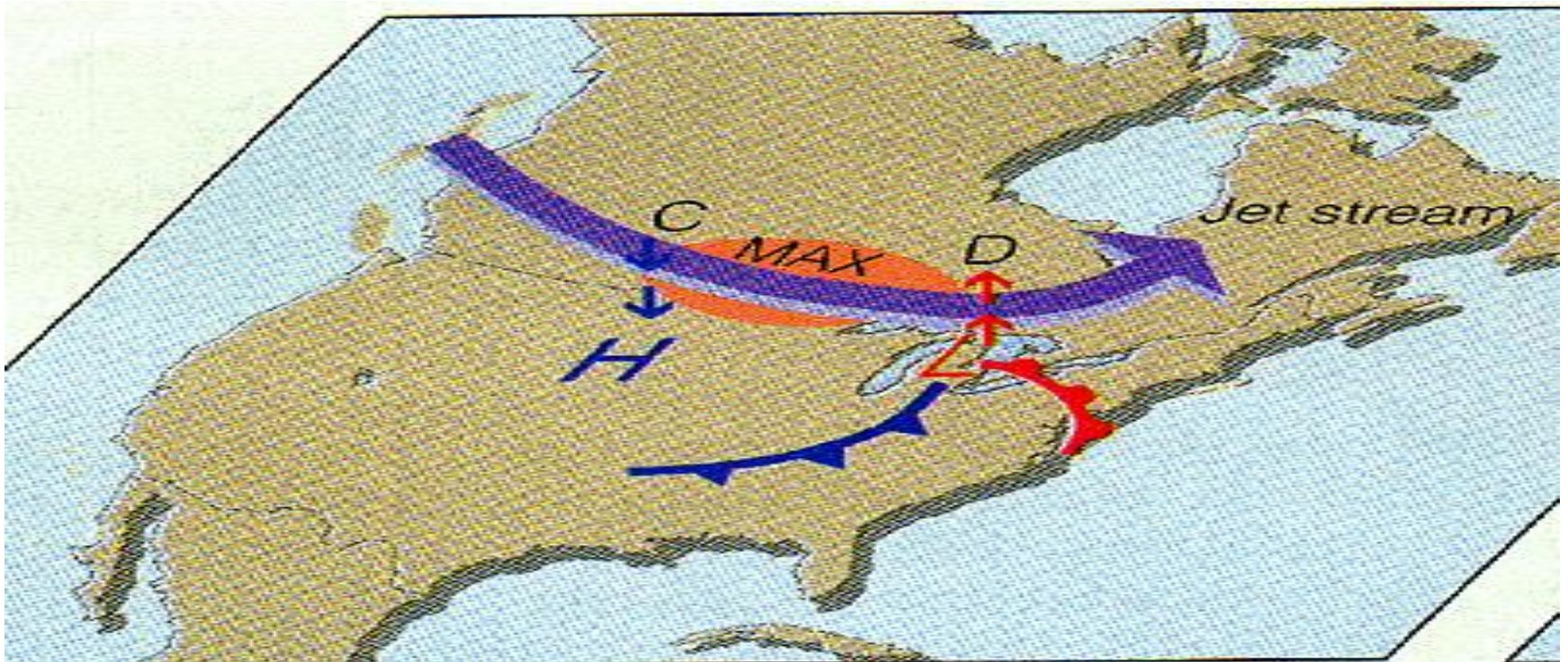
- **large PGF** in the base of a shortwave trough
- We have seen before that large PGF corresponds to large wind speeds.

Jet Streaks and Shortwave



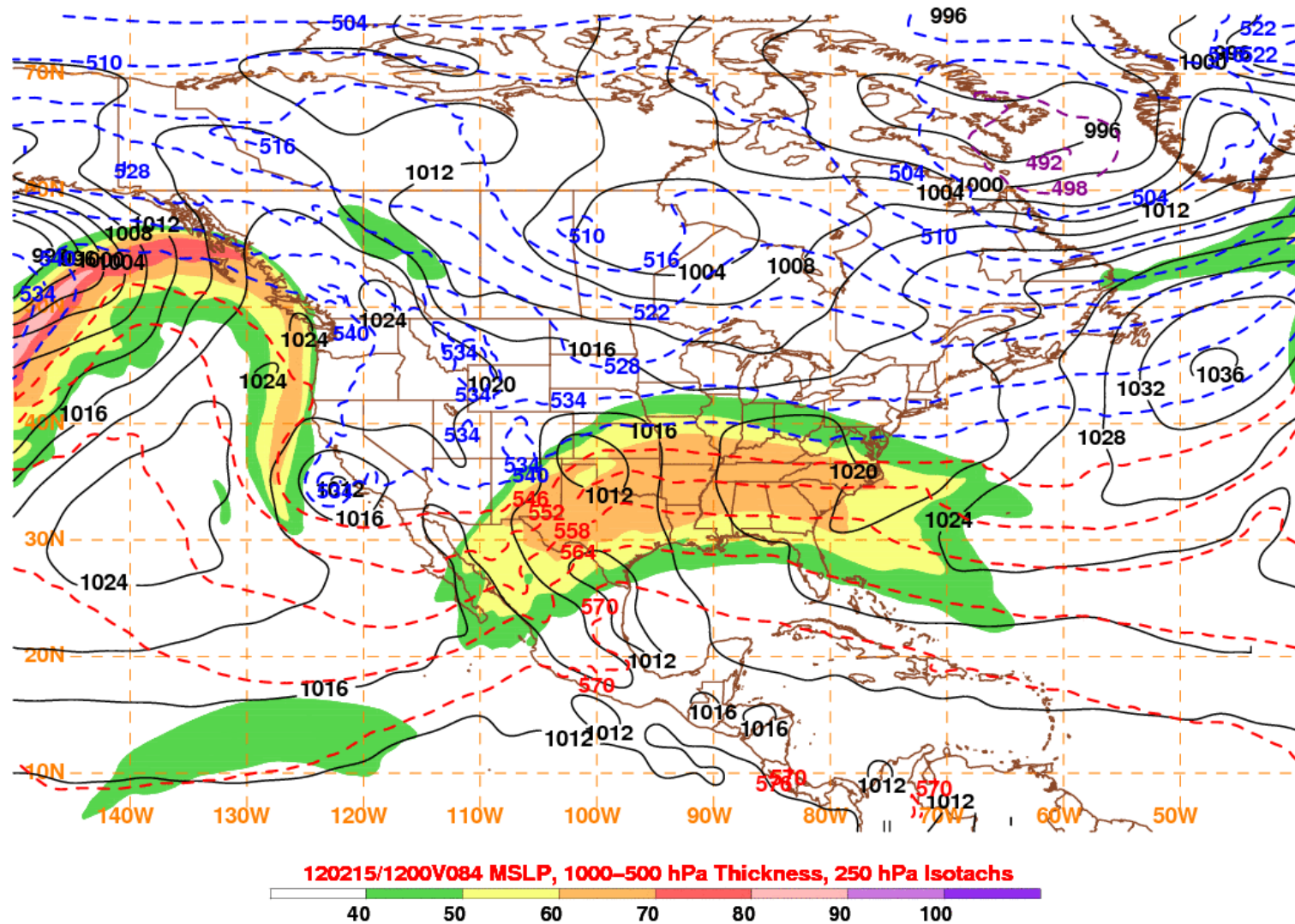
- Largest wind speeds where height lines are the closest together on an upper level map.
- Wind speed decreases outward from this point.
- Therefore we have a convergence of wind to the left/west of a trough and the divergence of wind to the east/right of a trough.

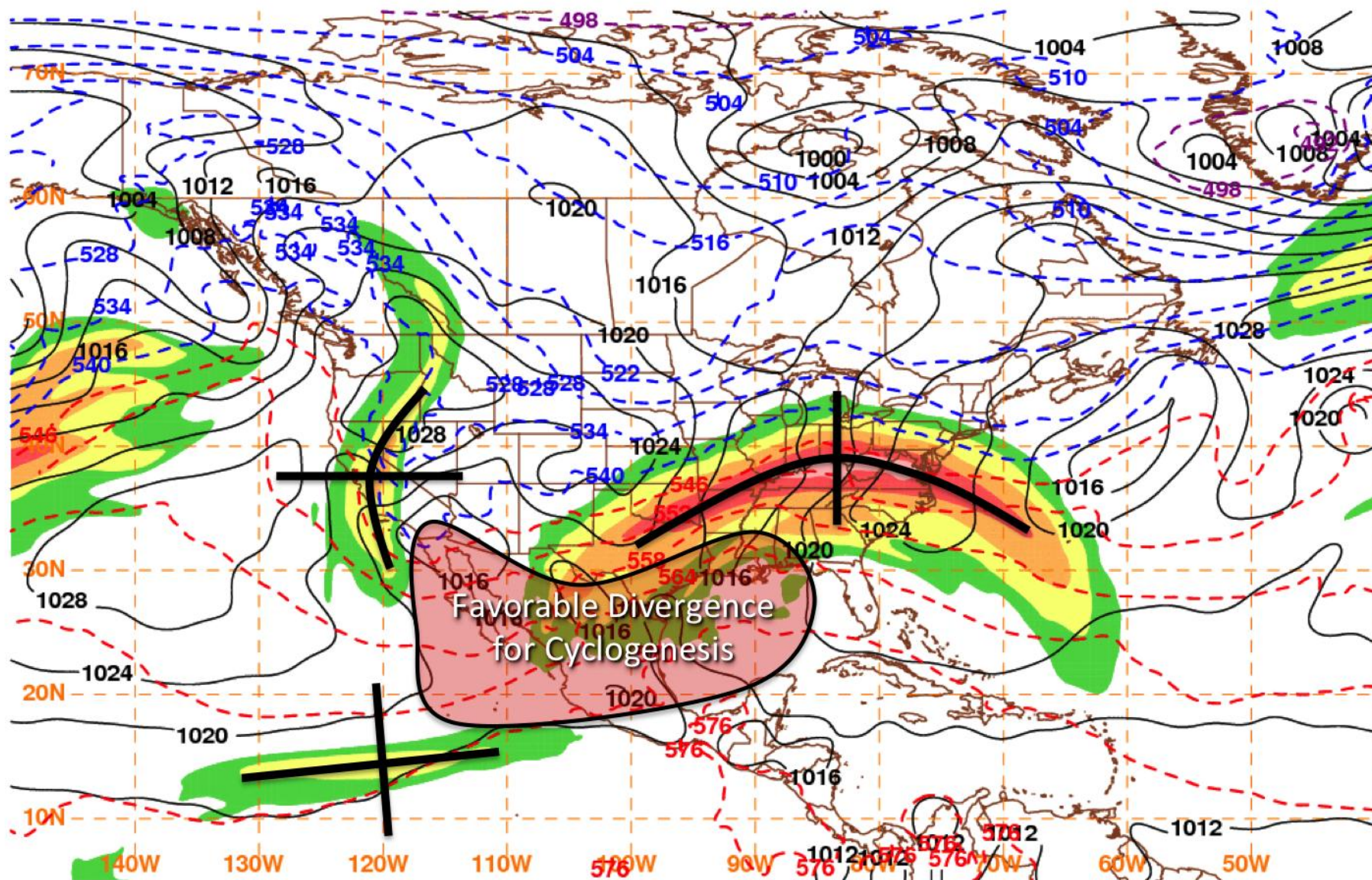
Jet Streaks and Shortwaves



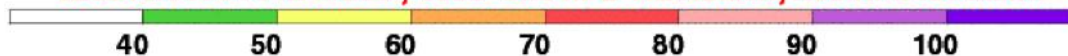
If we look at the full vertical structure we will see that the divergence and convergence associated with a jet streak are directly above the low and high pressures at the surface.

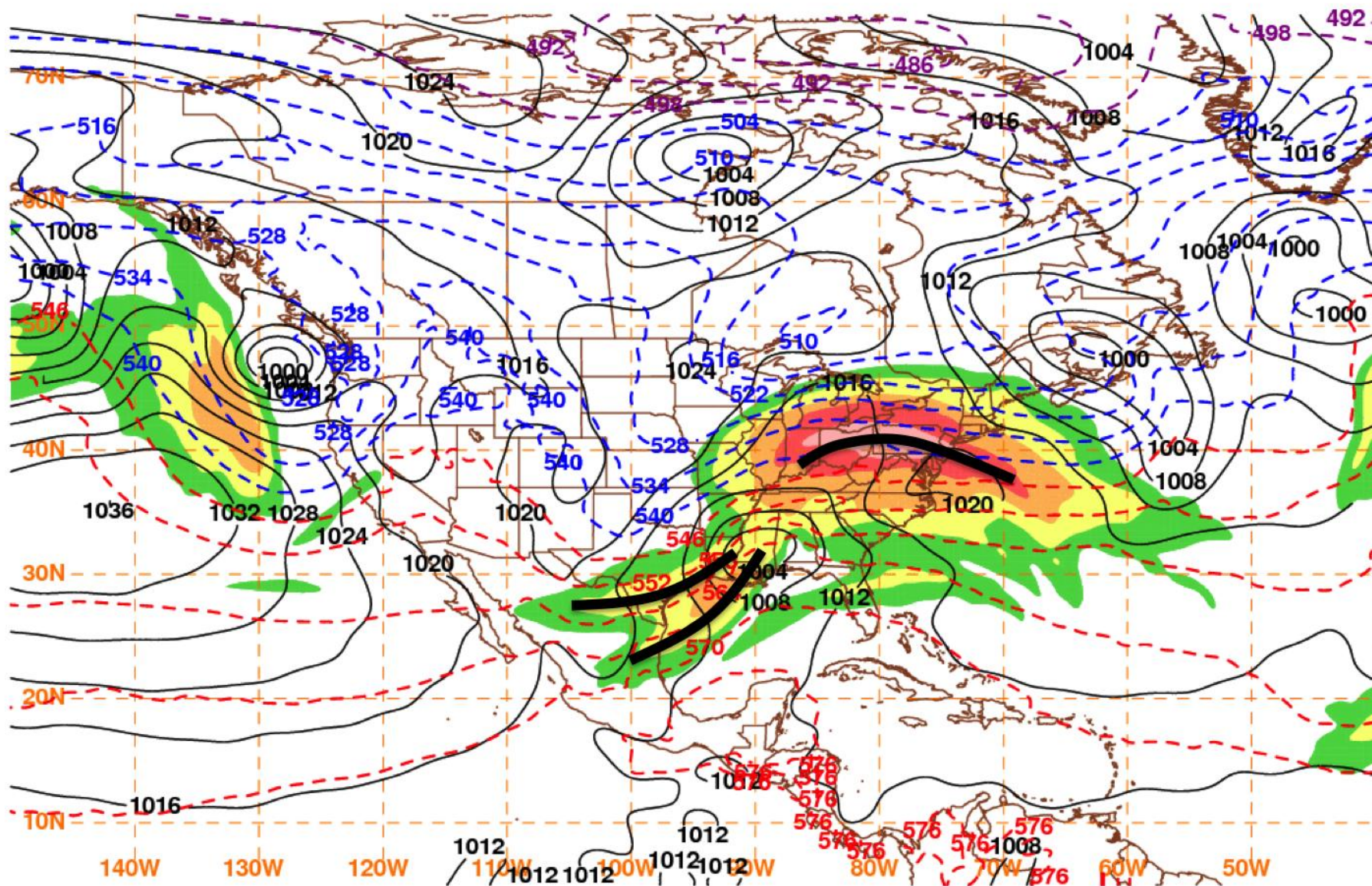
Multiple Jet Interaction



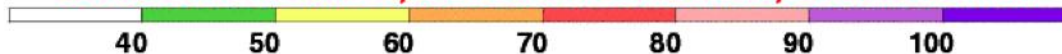


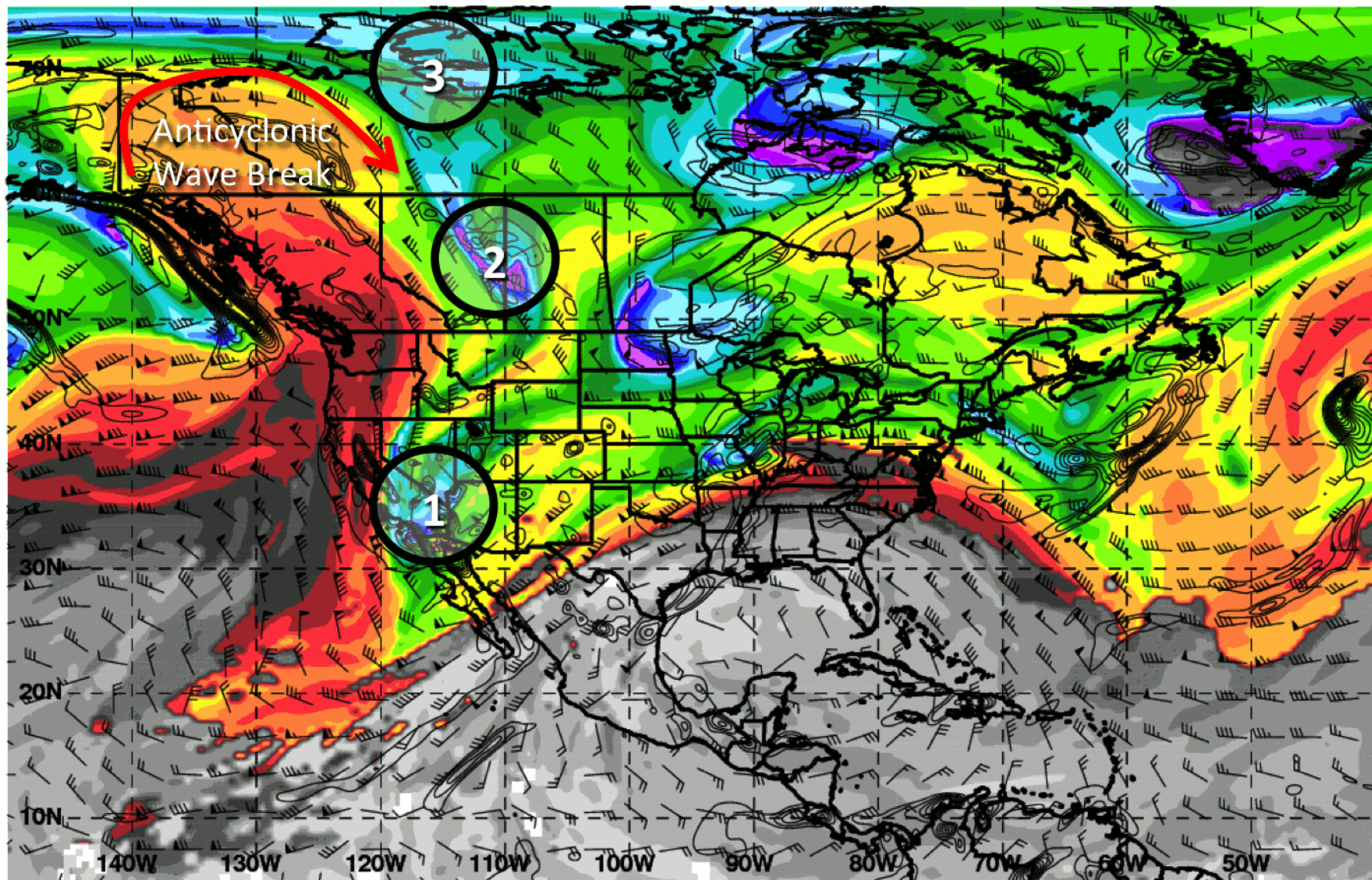
120216/0600V012 MSLP, 1000-500 hPa Thickness, 250 hPa Isotachs





120218/1800V072 MSLP, 1000-500 hPa Thickness, 250 hPa Isotachs





120216/0600V012 DT Pres, Wind, 925-850 hPa Cyc. Rel. Vort

80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 400 420 440 460 480 500 520 540 560 580 600 620 640

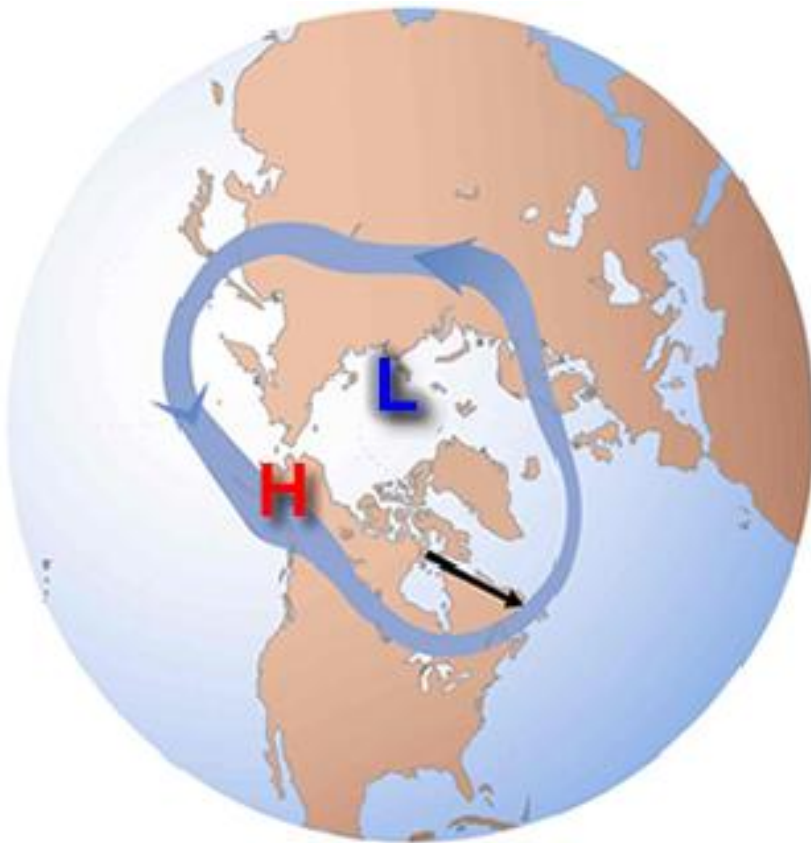
Arctic Oscillation (AO)

- ทำไมบางปีจะมีลิ้มความกดอากาศสูง(Ridge of High pressure area) ที่มีกำลังแรงแผ่ลงมาถึงประเทศไทยหลายครั้งหลายระลอก แต่บางปีกลับไม่ค่อยมี หรือมีมาถึงแต่ก็แค่ทำให้รู้สึกเย็นๆเท่านั้น เพราะหมดกำลังไปก่อน
- บรรยากาศเหนือขั้วโลกนั้นคือโดมความกดอากาศสูงขนาดมหึมา มีกระแสลมพัดออกจากขั้วโลกทุกทิศทาง บางครั้งจะรวมกันเป็นกระแสลมวอลอากาศขนาดใหญ่ เรียกว่าลิ้มความกดอากาศสูง
- ลิ้มความกดอากาศสูงจากขั้วโลกมีไม่สม่ำเสมอ บางปีมีมาก บางปีมีน้อย ความผันแปรนี้เรียกว่า Arctic Oscillation (AO) มีอิทธิพลต่อสภาพอากาศของ ซีกโลกเหนือในช่วงฤดูหนาวค่อนข้างมาก เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้แต่ละปีหนาวไม่เท่ากัน ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกกระเพื่อมขึ้นลง

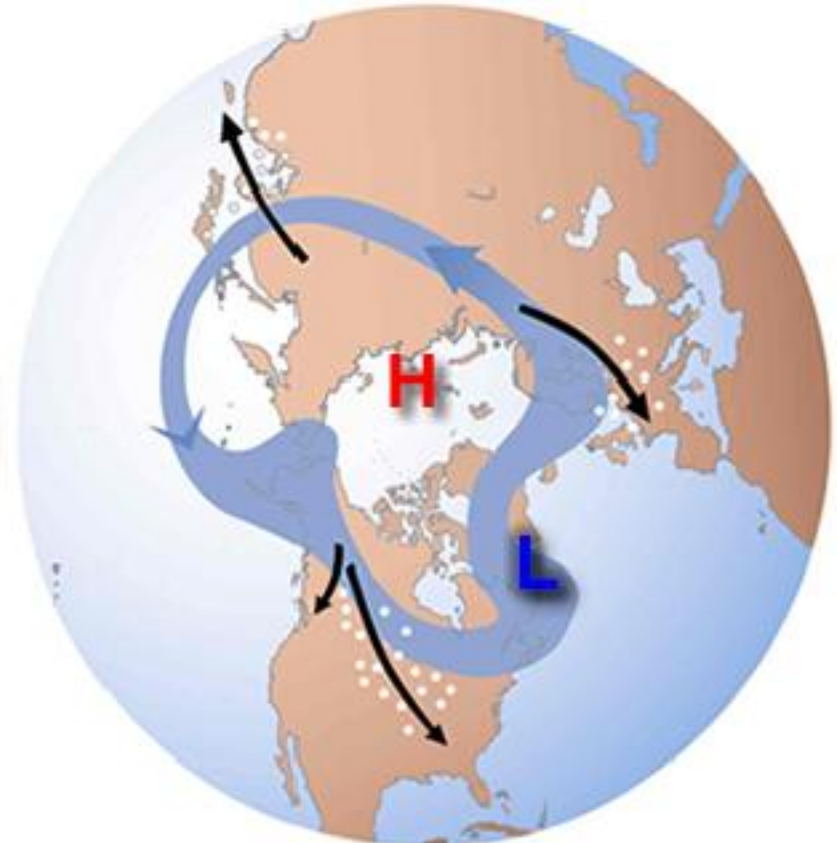
Arctic Oscillation (AO)

- Arctic Oscillation มีสาเหตุมาจากความผันแปรของกระแสลมแรง ที่พัดวนรอบขั้วโลกเหนือ ซึ่งเป็นเหมือนเขื่อนกั้นมวลอากาศเย็นให้จำกัดอยู่ในเขตขั้วโลก กระแสลมนี้มีความผันแปรความเร็ว และเปลี่ยนแปลงแบบเดือนต่อเดือน
- ช่วงที่กระแสลมรอบขั้วโลกมีกำลังแรง เรียกว่า Positive phase มวลอากาศเย็นจะถูกบีบอยู่ที่เหนือขั้วโลก แผ่กระจายออกไม่มาก ทำให้ขั้วโลกหนาวกว่าปกติ แต่พื้นที่ในละติจูดที่ต่ำลงมาจะไม่ค่อยหนาว และทำให้ซีกโลกเหนือโดยรวมอุ่นกว่าปกติ
- ช่วงที่กระแสลมรอบขั้วโลกมีกำลังอ่อน เรียกว่า Negative phase มวลอากาศเย็นจะแผ่กระจายออกจากขั้วโลกมากกว่า เขตขั้วโลกจึงไม่ค่อยหนาว แต่ประเทศแถบละติจูดต่ำลงมาจะหนาวกว่าปกติ และซีกโลกเหนือเย็นกว่าปกติ

Arctic Oscillation (AO)



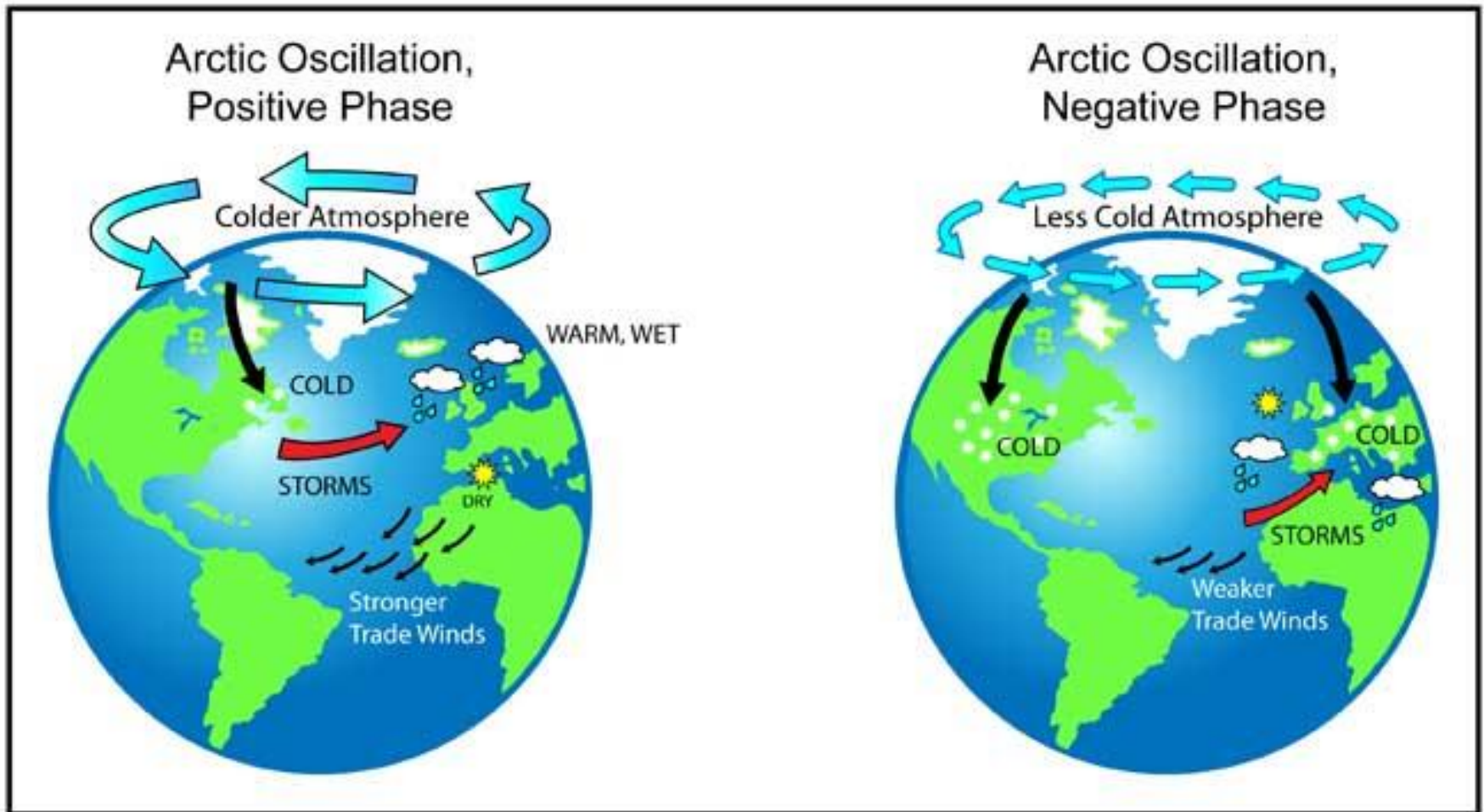
Positive Phase



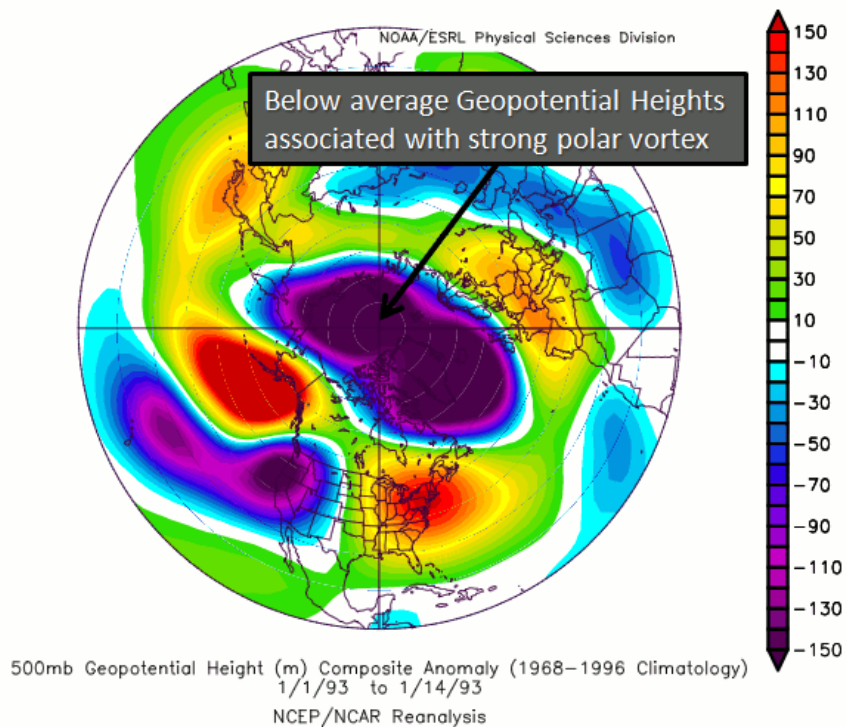
Negative Phase

washington.edu

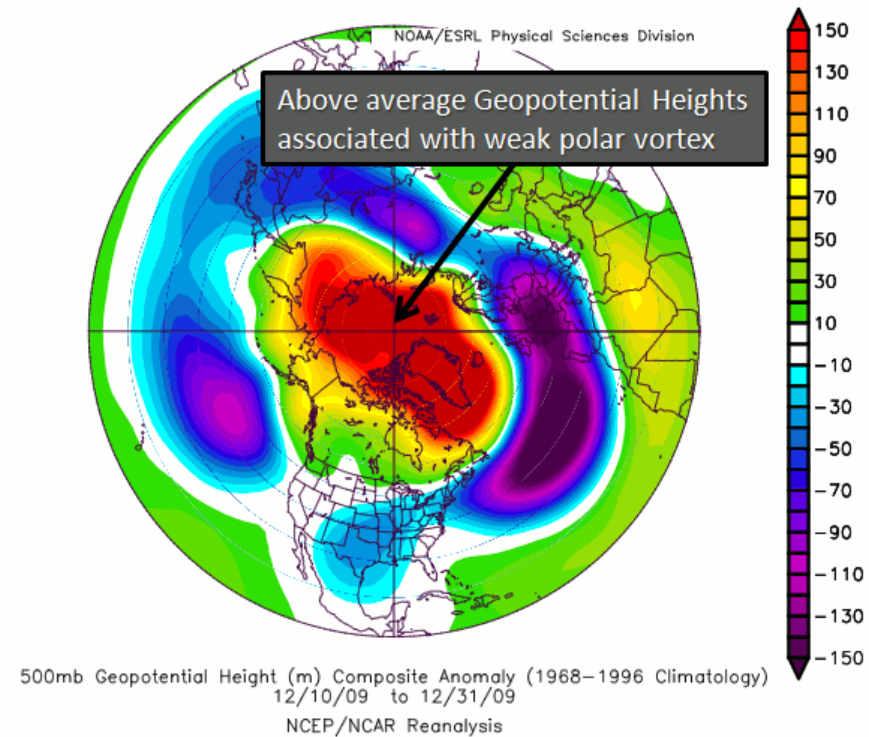
Arctic Oscillation (AO)



500 mb Height



500mb Height Anomalies During a Positive AO



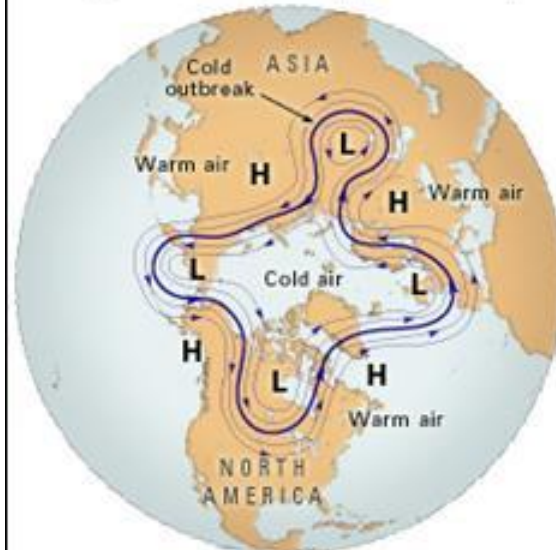
500mb Height Anomalies During a Negative AO



(a) uninterrupted upper airflow pattern



(b) waves form in polar vortex



(c) upper air waves become more pronounced



(d) initial pattern restored with the detachment of a cold air mass

H high-pressure centre
L low-pressure centre
 jet stream

จบแล้วครับ

ขอขอบคุณทุกท่านที่ทำงาน