

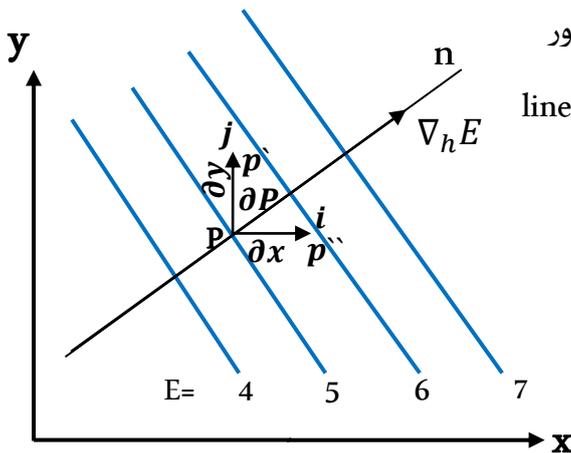
The Coordinates System b1-3

كما ذكرنا سابقا coordinate system (x,y,z) هو النظام الاكثر استعمالاً في synoptic meteorology بحيث تكون اتجاهات المحاور لل plan ال tangent لل surface plan (x,y) وللا orgin point موضوعة عند اية نقطة من ال atmosphere هي :

- محور x-axis باتجاه east.
- محور y-axis باتجاه north.
- محور z-axis باتجاه الاعلى والvertical على المستوى x,y.

Gradients 2-3

عندما تكون ال isobar مقوسة وليست مستقيمة عندها يمكن دراسته ال Spatial Variability لاي كمية Scalar كال pressure بواسطة horizontal gradients .



لنفترض ان هناك نقطة كيفية مثل P كما في الشكل المجاور

نريد calculate it horizontal gradients ، نرسم خلالها line n

Independent element على E lines (التي تمثل)

هو (function of space and time) ، يكون positive the

direction of n باتجاه الزيادة في Values of E .ومتجهة

horizontal gradients الصاعد (+∇hE) يكون على

طول العمود n والذي يبين وجود depression.

اما اذا كان اتجاه horizontal gradients باتجاه Values of E الواطة فيسمى horizontal gradients الهابط (-∇hE) ويبين وجود anticyclone :

$$\nabla_h E = i \frac{\partial E}{\partial x} + j \frac{\partial E}{\partial y} \dots \dots \dots (1)$$

Where:

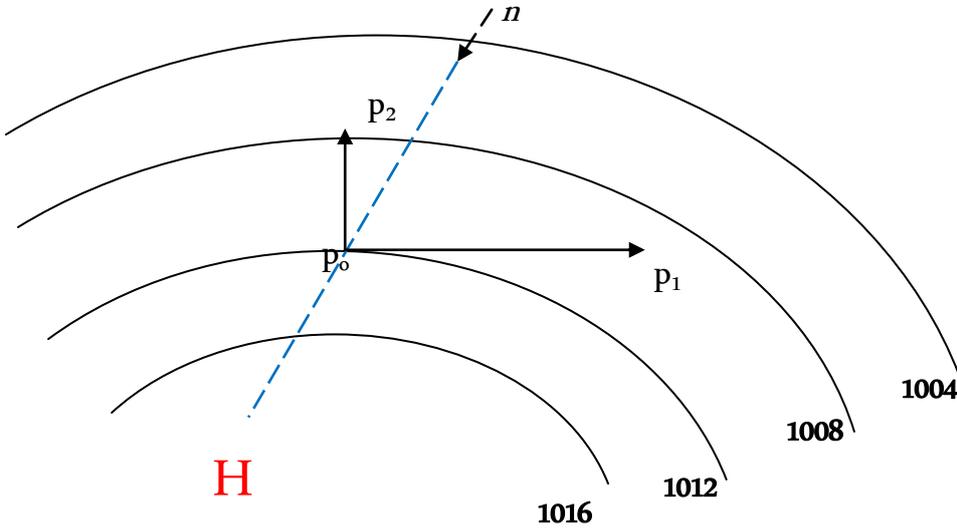
$$\frac{\partial E}{\partial X} = \frac{E_p' - E_p}{\Delta x} ; \frac{\partial E}{\partial y} = \frac{E_p'' - E_p}{\Delta y}$$

في حالة كون E تمثل قيم ال pressure فمعادلة (1) تصبح:

$$\nabla_h P = i \frac{\partial P}{\partial x} + j \frac{\partial P}{\partial y} \dots \dots \dots (2)$$

ومن الجدير بالذكر ان ال max. values for pressure gradients تمثل نقاط Divergence اما ال min. values for pressure gradients فتتمثل نقاط convergence.

example: Calculate the pressure gradients at the point p_o in the below synoptic map if you know that the vertical and horizontal distance is 300 km.



الحل :

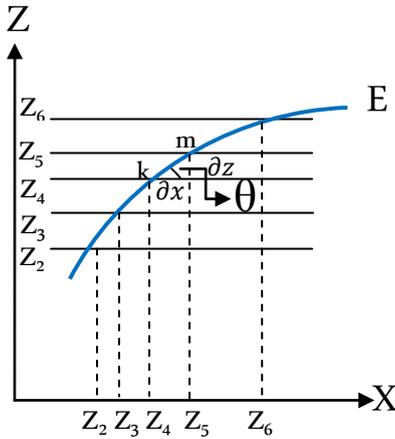
$$\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{p_1 - p_0}{\Delta x} = \frac{1009 - 1012}{300} = -\frac{3}{300} = -0.01 \frac{\text{mb}}{\text{km}}$$

$$\frac{\partial p}{\partial y} = \frac{p_2 - p_0}{\Delta y} = \frac{1008 - 1012}{300} = -\frac{4}{300} = -0.013 \frac{\text{hpa}}{\text{km}}$$

$$\nabla_h P = -0.01 - 0.013 = -0.023 \frac{\text{hpa}}{\text{km}}$$

horizontal gradients هابط و ال high pressure center عبارة عن divergent point.

3.3 Slope and Curvature of surface



slop اي line (او plan) يعرف على انه ال tangent angle المحصورة بين هذا ال line وال axis ، ولتوضيح هذا التعريف انظر الى الشكل المجاور الذي يمكن من خلاله Calculate the rate of surface slop في اتجاه X للنقاط الجغرافية m,k :

$$\tan \theta_E = \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)_E \dots \dots \dots (3)$$

يمكن ccluate the suerface slop من نمط Contour liens على ال Synoptic map مع ملاحظة ان ال slop direction نحو Up or down على طول ال z-axis اذا كان ال hight في حالة Increase or decrease ، فمقدار ال slop يمكن الحصول عليه من مستقيم ال horizontal distance بين contours متعاقبين حيث ان :

$\theta = \infty^\circ$, the surface is vertical and all contours coincide (متناسقة)

$\theta = 0^\circ$, the surface is plan and on contours in the vicinity (غير متجاورة)

اما ال vertical curvature (K) لل surface في ال XZ plan فيعطى بالعلاقة :

$$K_{xz} = \frac{\frac{\partial^2 z}{\partial x^2}}{\left[1 + \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2\right]^{3/2}} \dots\dots\dots (4)$$

حيث ان ال (∂z/∂x) slop of surface صغير جدا ولمرتبه 10⁻³ ومقدار مربعه سيكون اكثر قربا الى الصفر.

اذن:

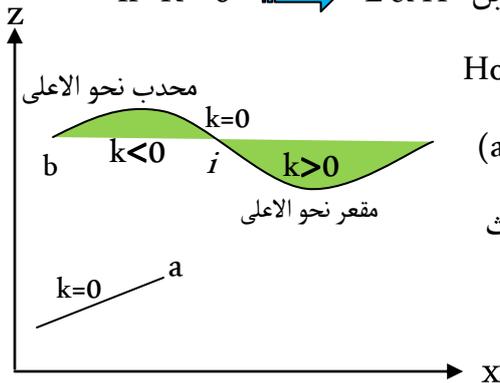
$$K_{xz} \cong \left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2}\right)_E \dots\dots\dots (5)$$

وعليه:

If K is negative (<0) ⇒ سطح محدب نحو الاعلى ⇒ H

If K is positive (>0) ⇒ سطح مقعر نحو الاعلى ⇒ L

If K = 0 ⇒ حالة الانتقال بين L & H



Horizontal curvature هو تغير ال slop لوحدة (5) equ. تعني ان

distance ويمكن توضيحه بالشكل المجاور. حيث ال slop الشكل (a)

له نفس ال value و ال curvature يساوي صفر وهذا نادر الحدوث

في atmosphere والاكثر شيوعاً ال Curvature of the surface

في الشكل (b) حيث:

negative curvature to the positive curvature من K=0 عند point i التي تمثل الانتقال . وتسمى بال (inflection point) . وفيها تكون ال distance بين contour line في اغلب الاحيان convergent بينما في max. & min. curvatures تصبح ال Distances divergent.

مثال:- ارتفاع السطح الضغطي (700 hpa) يتموج من المحور x حسب العلاقة :

EXMPLE: The height of the isobaric surface (700 hpa) fluctuate with the x-axis by the relationship:

$$z = 3000 + 200 \cos\left(\frac{\pi}{30}x\right)$$

Where: **x** represents the horizontal distance in units of **km** and **z** in units of **m**

Calcate :

- a) height at distances : 1500 km , 3000 km, 4500 km, 6000 km.
 b) slop at distances : 1500 km , 3000 km, 4500 km, 6000 km.
 c) curvature at distances : 1500 km , 3000 km, 4500 km, 6000 km.

The solution :

$$a) \quad z = 3000 + 200 \cos\left(\frac{\pi}{30}x\right)$$

$$x = 1500 \text{ km} ; z = 3000 + 200 \cos\left(\frac{\pi}{30} * 1500\right) = 2815 \text{ m}$$

$$x = 3000 \text{ km} ; z = 3000 + 200 \cos\left(\frac{\pi}{30} * 3000\right) = 3138.9 \text{ m}$$

$$x = 4500 \text{ km} ; z = 3000 + 200 \cos\left(\frac{\pi}{30} * 4500\right) = 2928.3 \text{ m}$$

$$x = 6000 \text{ km} ; z = 3000 + 200 \cos\left(\frac{\pi}{30} * 6000\right) = 2993.0 \text{ m}$$

$$B) \quad \tan\theta_E = \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_E$$

$$\tan\theta = \frac{\partial z}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} [3000 + 200 \cos\left(\frac{\pi}{30}x\right)] = -\frac{20\pi}{3} \sin\frac{\pi}{30}x$$

$$x = 1500 \text{ km} ; \frac{\partial z}{\partial x} = -\frac{20\pi}{3} \sin\frac{\pi}{30} * 1500 =$$

$$x = 3000 \text{ km} ; \frac{\partial z}{\partial x} = -\frac{20\pi}{3} \sin\frac{\pi}{30} * 3000 =$$

$$x = 4500 \text{ km} ; \frac{\partial z}{\partial x} = -\frac{20\pi}{3} \sin\frac{\pi}{30} * 4500 =$$

$$x = 6000 \text{ km} ; \frac{\partial z}{\partial x} = -\frac{20\pi}{3} \sin\frac{\pi}{30} * 6000 =$$

$$c) \quad K_{xz} \cong \left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2}\right)_E$$

$$K \approx \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial z}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(-\frac{20\pi}{3} \sin\frac{\pi}{30}x\right) = -\frac{2\pi^2}{9} \cos\frac{\pi}{30}x$$

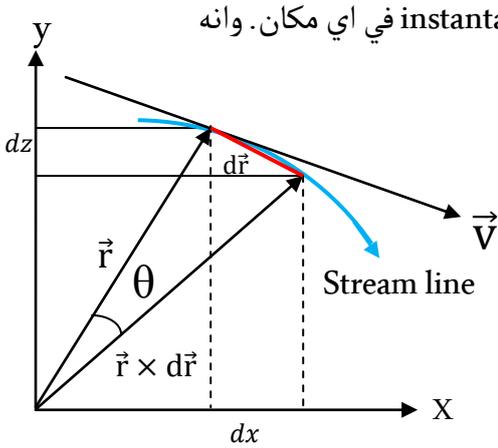
$$x = 1500 \text{ km} ; k = -\frac{2\pi^2}{9} \cos\frac{\pi}{30} 1500 =$$

$$x = 3000 \text{ km} ; k = -\frac{2\pi^2}{9} \cos\frac{\pi}{30} 3000 =$$

$$x = 4500 \text{ km} ; k = -\frac{2\pi^2}{9} \cos\frac{\pi}{30} 4500 =$$

$$x = 6000 \text{ km} ; k = -\frac{2\pi^2}{9} \cos\frac{\pi}{30} 6000 =$$

Streamlines 4-3



يعرف على انه ال line الذي يكون tangent لل instantaneous wind vacter في اي مكان. وانه يشير الى المواقع المتعاقبة لل air parcel.

اذا كان \vec{V} wind vacter في ال plan x,y فان

مركباته ستصبح (u,v)، ويمكن التعبير عنه بال direction

(θ) وال absolute value ل V فعند اي time معين يكون:

$$\vec{V} = \vec{V}_{(x,y)}$$

$$\theta = \theta_{(x,y)}$$

اذا كان $d\vec{r}$ متجه العنصر الخطي لل line of air flow فان مركباته هي dx و dy، ويعبر عن الشروط الاساسية لل Stream line بالعلاقات التالية :

$$\vec{V} \times d\vec{r} = 0$$

$$\therefore \vec{V} = u\hat{i} + v\hat{j}$$

$$d\vec{r} = \hat{i}dx + \hat{j}dy$$

$$\therefore (u\hat{i} + v\hat{j}) \times (\hat{i}dx + \hat{j}dy) = 0; \quad \vec{V} \times d\vec{r} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} \\ u & v \\ dx & dy \end{vmatrix}$$

$$(udy - vdx)\hat{k} = 0$$

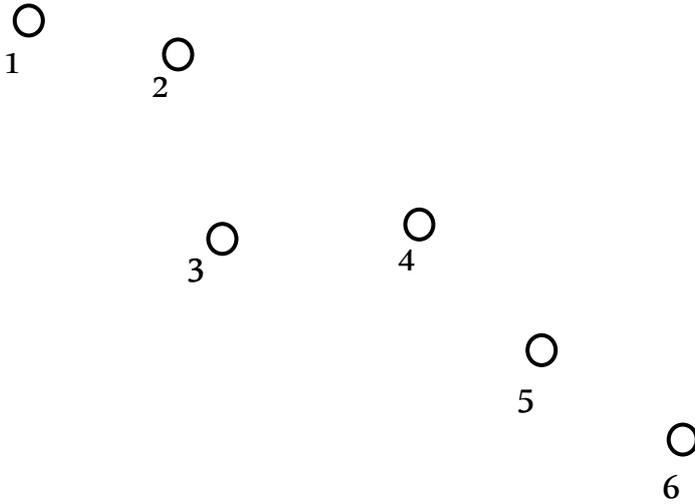
$$\therefore udx - vdy = 0$$

$$\therefore u = v \frac{dx}{dy} \dots \dots \dots (6)$$

المعادلة (6) اعلاه تمثل الصيغة الرياضية لل stream line في البعدين x,y.

يقال للحركة بانها stable اذا احتفظت stream lines بنفس شكلها وبنفس وموقعها عند جميع الازمنة.

Example: Draw a stream line to the flow synoptic map shown in next Figure. Where horizontal and transverse velocity coded in the following tabl.



Station No.	u (m/sec)	v (m/sec)
1	3.2	-0.57
2	2.4	-0.89
3	3.37	-2.83
4	1.2	-3.29
5	0.54	-3.05
6	1.1	-1.91

الحل:

من معادلة رقم (6) نحدد ال angle وكذلك مقدار ال volticity لكل station.

$$\theta = \tan^{-1} \frac{dx}{dy} = \tan^{-1} \frac{v}{u}$$

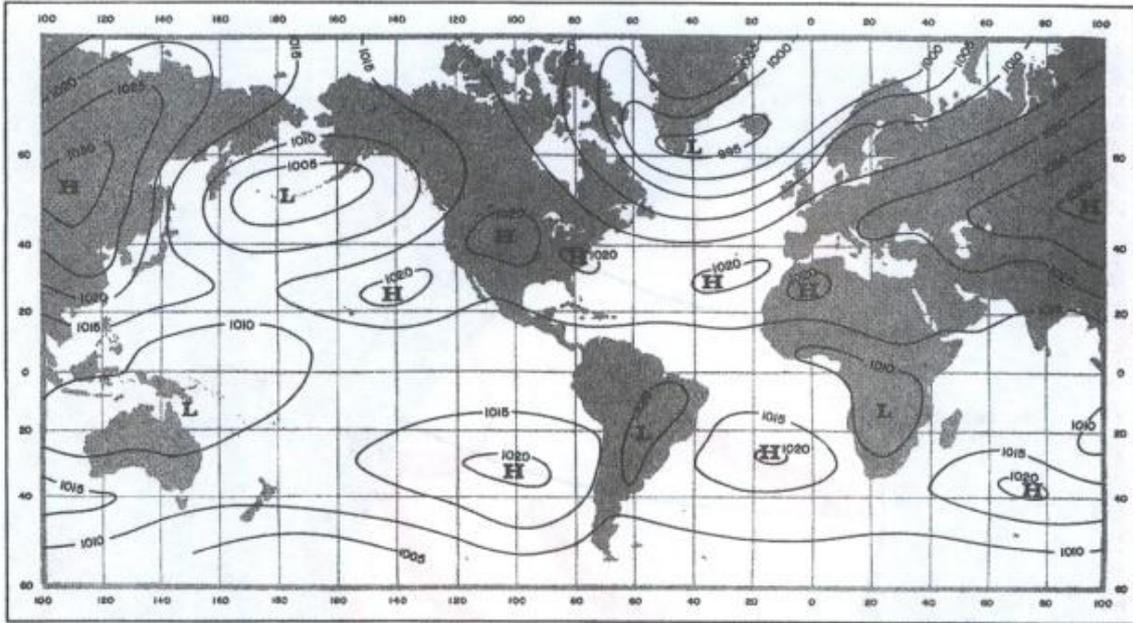
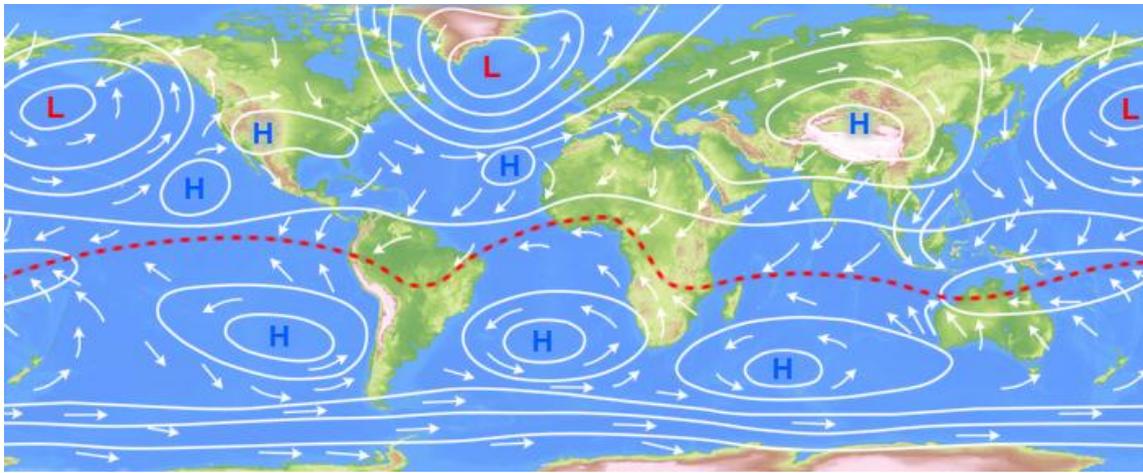
} show that

$$\therefore V = \sqrt{u^2 + v^2}$$

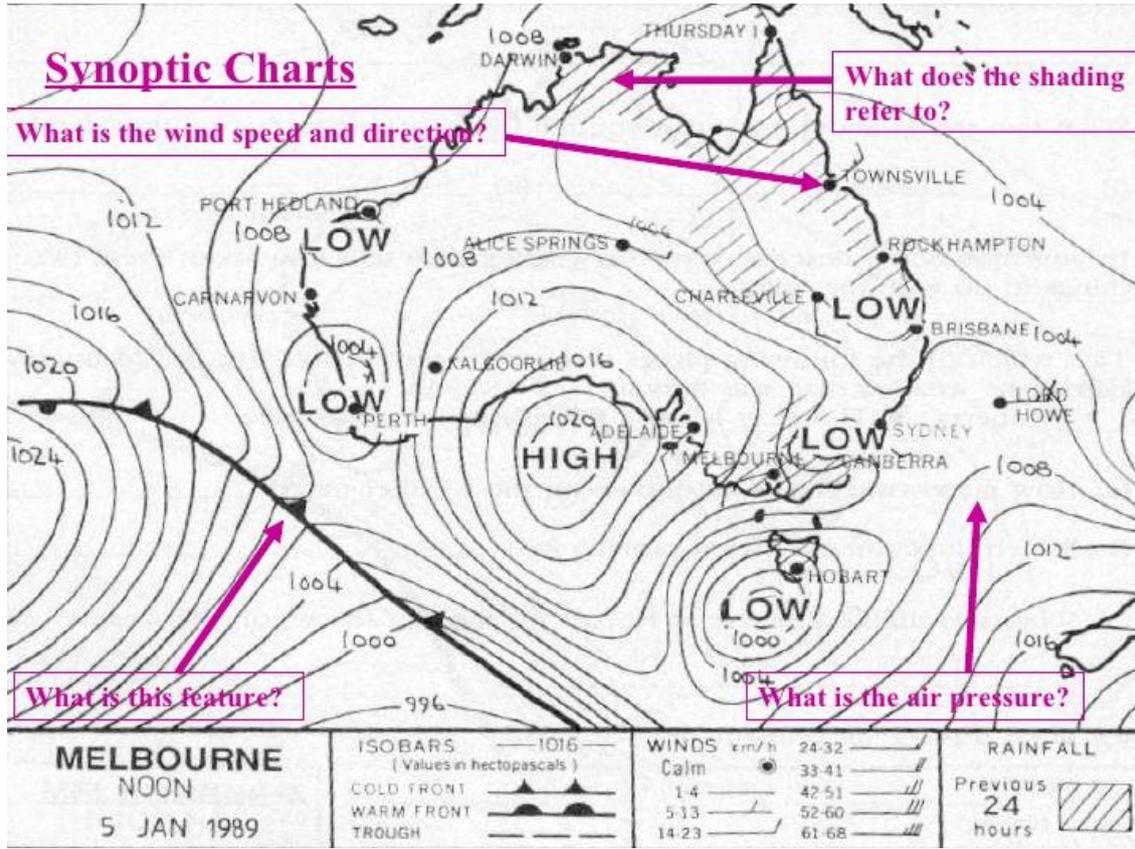
Station No.	u	v	u/v	θ°	DD	V
1	3.2	-0.57	-0.18	-10.2	350°	3.3
2	2.4	-0.89	-0.37	-20.0	340°	2.6
3	3.37	-2.83	-0.84	-40.0	320°	4.4
4	1.2	-3.29	-2.74	-70.0	290°	3.5
5	0.54	-3.05	-5.65	-80.0	280°	3.1
6	1.1	-1.91	-1.74	-60	300°	2.2

5.3 النظمات الضغطية (Pressure system):

تنشأ wind نتيجة heating الغير المتساوي للatmospher وذلك عن طريق الطاقة المنبعثة من ال sun ، حيث تعمل ال sun على heating the earth surface بطريقة غير متساوية ، فالair الذي يعلو ال hot area يتمدد ويرتفع ليحل محله cold area air ، وتسمى هذه العملية بالدورة العامة للرياح general wind circulation ، التي تعتبر احدى المظاهر الرئيسية في ال atmosphere وتتكون نتيجة الاختلافات في ال atmospheric pressure والتي يمكن ملاحظتها بواسطة النظر الى ال weather maps ، حيث تظهر ال pressure pattern كما في الشكل ادناه ، لذا فأن ال pressure systems ليست فقط في تحريك ال air mass and fronts وانما في مشاركتها الفعالة في ال wind circulation .



example: answer the following question in synoptic map.



التوزيع الضغطي لاي مستوى سطحي يتمثل كدالة له x, y, t اي :

$$P = P(x, y, t)$$

عند اي وقت معين t_0 فان isobars تتمثل بالعلاقة :

$$P = P(x, y) = \text{constant} \dots \dots (1)$$

الممثلة بمجموعة خطوط على طولها يكون: $(\frac{\partial P}{\partial t})$ وبالتشابه التغير المحلي للضغط

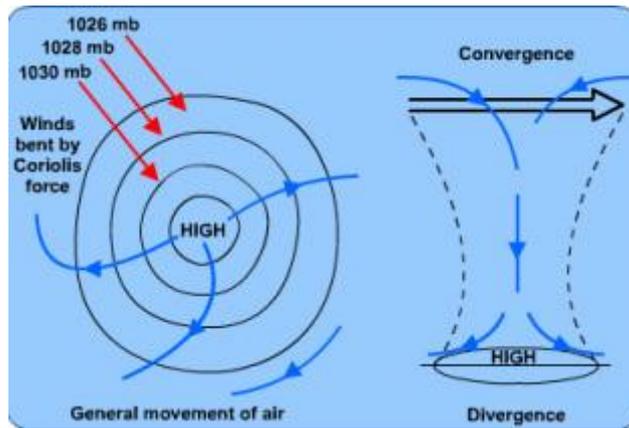
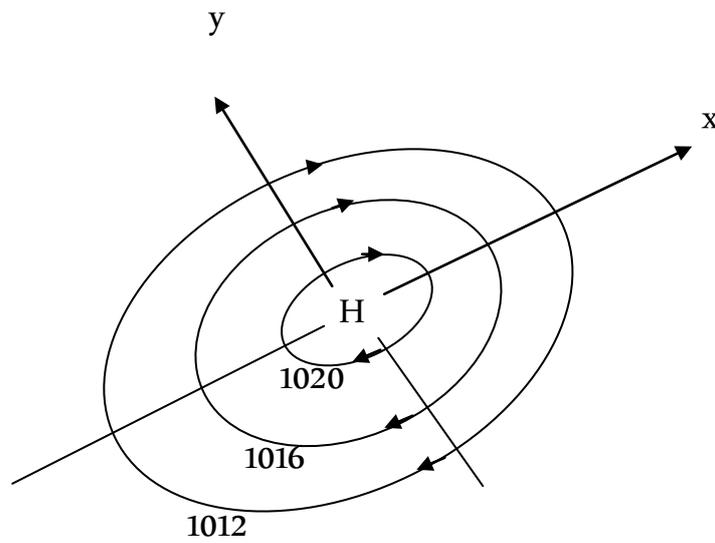
$$\frac{\partial P}{\partial t} = b(x, y) = \text{constant} \dots \dots (2)$$

هذه الخطوط يسمى بخطوط سير الضغط isallobars والتي تعطى لفترة ثلاث ساعات ويسمى بالميلان البارومتريكي (Barometric tendency) (سير الضغط) .

وفيما يلي اهم pressure systemes التي ربما تظهر على weather maps مع تمثيلاتها الرياضية المصاحبة لها بشكل ملخص :

3.1.1 المرتفعات الحوية (Anticyclones)(high pressure)

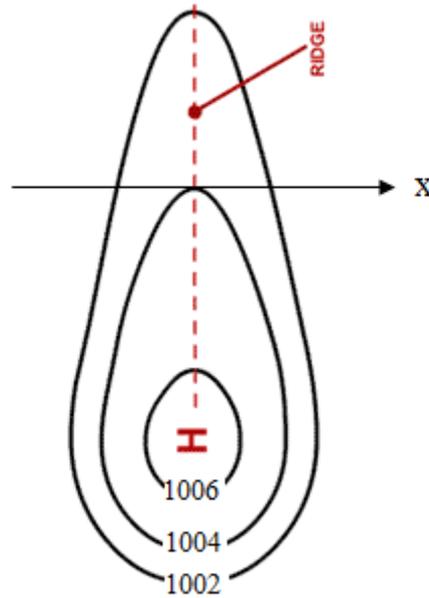
ترتبط anticyclones بهبوط wind نحو الاسفل عند تزايد atmospheric pressure نتيجة conversion في upper air ويصبح معدل تدرج الوسط المحيط اكثر استقراراً وينشأ بذلك انقلاب حراري Inversion. عموماً يتميز anticyclones بـ air ذو high satiability عند مركز anticyclones مما ينشأ good weather وحالات fair weather خالي من ال cloud او يظهر بعضها وهذا يعني لا يوجد precipitation ومصحوب بـ Light and variable winds وهي التي تحدد temperature وتكون حالات dew اثناء الليل اذا كان الهواء dry. اما اذا كان wet قد يحدث الطل (Mist) او fog اثناء. والشكل التالي يبين anticyclones مع محاوره، وفيه عند المركز فان التغير الافقي للضغط



$$\frac{\partial P}{\partial x} = 0, \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} < 0 \text{ and } \frac{\partial P}{\partial y} = 0, \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} < 0 \dots \dots \dots (3)$$

3.1.2 الانبعاجات الحوية Ridge :

ان الانبعاج ridge او البروز الضغطي قد يمتد في اي اتجاه خارج anticyclon وقد يكون شبه مستقر في حركته او قد يكون سريع الحركة كما مبين في الشكل ادناه واتجاهه يتحدد من خلال ملاحظة منحني atmospheric pressure حين ان اتجاه الحركه يكون صوب المنطقة التي يرتفع فيها pressure وببعيداً عن المنطقة التي يتناقص فيها atmospheric pressure وعموماً يتميز بالطقسه الحسن . good weather .



إذا اخترنا المحور x عمودياً على ridge line فإن horizontal pressure gradient لهذا الخط :

$$\frac{\partial P}{\partial x} = 0 \text{ and } \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} < 0 \dots \dots (4)$$

• اصناف الAnticyclons :

1. worm anticyclones: تتكون نتيجة هبوط ال clod air من طبقات الجو فينضغط الهواء وتزداد درجة حرارته ، وتتشكل هذه anticyclones في tropical regain .
2. cold anticyclones: ويتكون بفعل ملامسة طبقة الهواء لل cold surface كالجليد ، فيبرد الهواء ويتقلص وتزداد density ، ليتكون anticyclones .

• انواع الAnticyclons :

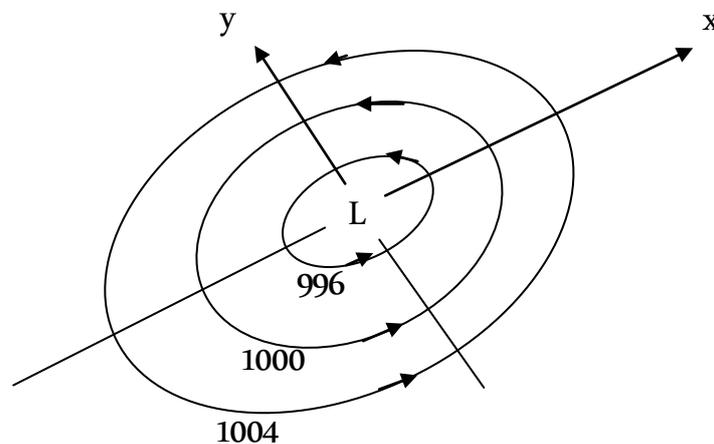
1. المرتفع الجوي السايبري Siberian anticyclone: او Asien anticyclones وهو مركز ضغط جوي شبه دائم يتمركز عند north polar فوق (45°N) latitude وتحدد NW سيبيريا ويعتبر واحد من اهم مراكز atmospheric pressure خلال winter في

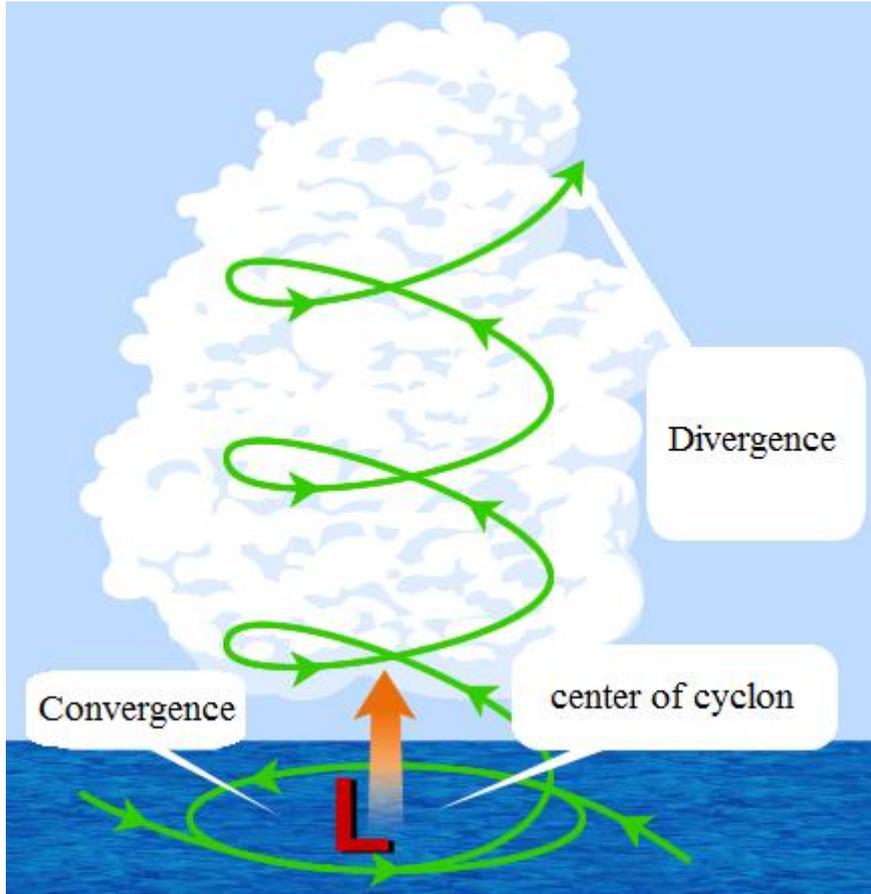
- Northern hemisphere. فهو يسجل اعلى قيمة لل pressure في ال earth بفعل Continental cooling للAsian continental air mass الشاسعة خلال ال winter ، حيث يفتن Siberian anticyclone بادن temperature مسجلة في Northern hemisphere ، ويتحرك هذا المرتفع حركتين : الاولى بتقدمه نحو Pacific خلال شدة Atmospheric circulation والثانية خلال الفترات المتناوبة لضعف Atmospheric circulation ، فينزح W باتجاه اوربا مما يؤثر على Weather conditions في منطقتنا .
2. المرتفع الجوي شبه المداري anticyclone Subtropical: ويتكون نتيجة هبوط big mass من ال air في الجزء العلوي من ال troposphere ، حيث يتمركز شرقا وغربا على امتداد ال latitude (30° N&S) ويتميز ب calm wind ويتسبب بتشكيل ال Fog خلال ساعات النهار الاولى نتيجة ال high stability of the atmosphere ، وهو مصدر الرياح التجارية Trade winds والرياح العكسية adverse wind في ال Midlatitude ويتحرك نحو ال polar في summer ونحو ال equator في ال winter .
3. المرتفع الجوي القطبي Polar anticyclone : يتكون عند القطبين تبعا لهبوط الهواء لشدة برودته ، ويوجه ال polar wind نحو ال Subtropical cyclone .

3.1.3 المنخفضات الجوية (Depressions) (Low pressure) Cyclones:

وتشكل المظاهر الرئيسية لاي weather map لانها العامل الرئيسي للتغيرات اليومية الحاصلة في ال atmosphere لصاحبها من ظهور لل clouds و ال precipitations بانواعه و ال storms وتعتمد ال temperature على ال air mass المصاحبة له ال S&SN wind تؤدي الى ارتفاع ال temperature و ال E&SE wind تؤدي العكس ، وال depressions growth & decay يعتمد على معدل دخول الكتل الهوائية عند السطح وخروجها منه في الاعلى . فاذا اخترنا المحاور على تناسق المنخفض المبين بالشكل ادناه فيمكن التعبير عن ال horizontal pressure gradient في ال cyclone بمعادلة رقم (5):

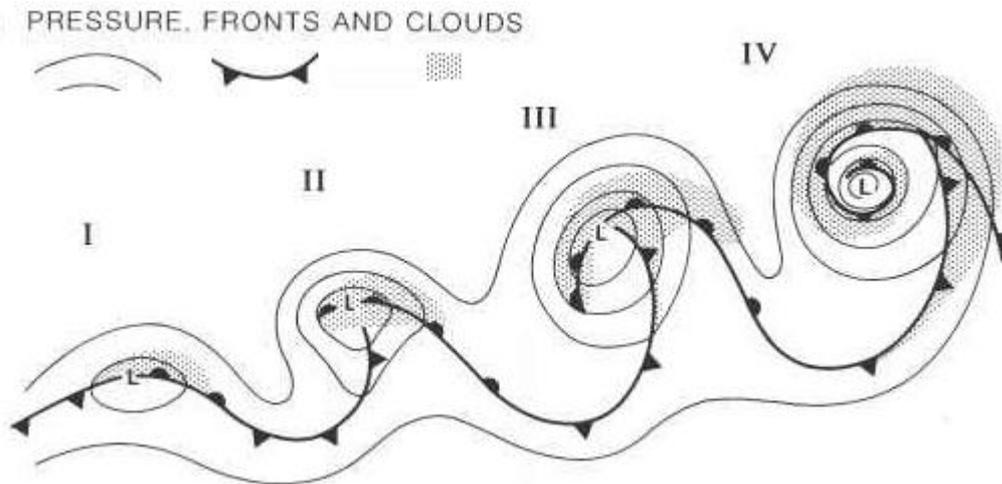
$$\frac{\partial P}{\partial x} = 0, \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} > 0 \text{ and } \frac{\partial P}{\partial y} = 0, \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} > 0 \dots \dots (5)$$





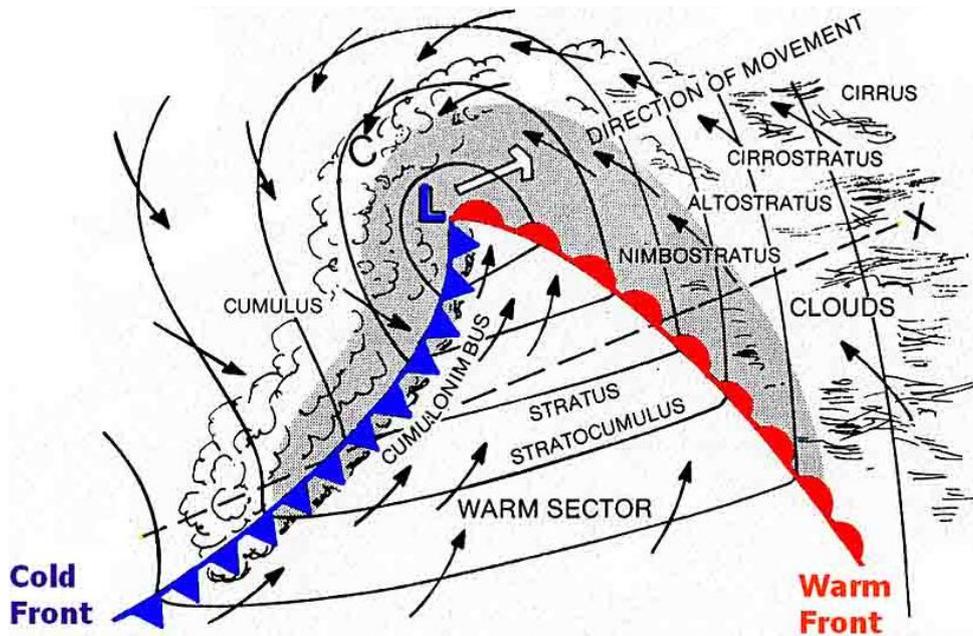
وهناك صنفان من ال Cyclones :

1. المنخفض الجبهوي Frontal depression: والمبين بالشكل ادناه يتكون نتيجة التطور الحاصل في التموجات المصاحبة لل fronts المسماة الموجات الاعصارية Cyclonic. بفعل التقاء جبهتين نتيجة تحركهما باتجاهين مختلفين ، احدهما warm والاخرى cold ، حيث يصعد warm air الى الاعلى ويدخل cold air اسفله ، فتتشكل two air mass احدهما warm والاخرى cold .





في Frontal depression فان التغيرات الغير مستمر non-continuous heterogeneities في pressure gardenante عبر ال front والتغيرات المستمر continuous heterogeneities على طول front يشكلان اهم ميزة لل Fronts كما مبين في الشكل التالي :



فاذا كان p, p' يمثلان الضغوط على جانبي front فانها تتميز بـ :

$$p - p' = 0, \frac{\partial p}{\partial x} - \frac{\partial p'}{\partial x} > 0 \dots \dots \dots (6)$$

هنا تم اختيار محور x على اتجاه يقاطع front، وبشرطين الاول ان يكون لاي isobar بينما الشرط الثاني ان يطبق فقط على front.

الطقس المرافق للمنخفضات الجبهوية the weather of frontal cyclon:

الشكل اعلاه عبارة عن Frontal depression مثالي فيه warm sector و warm front و clod front تتحدد الى حدما بخصائص وضروف عدم الاستقرار المصاحب لها . وفيما يلي ايضا جدول يمثل اهم الفروقات بين مقاطع Frontal depression الناضج قبل وصلها للمحطة .

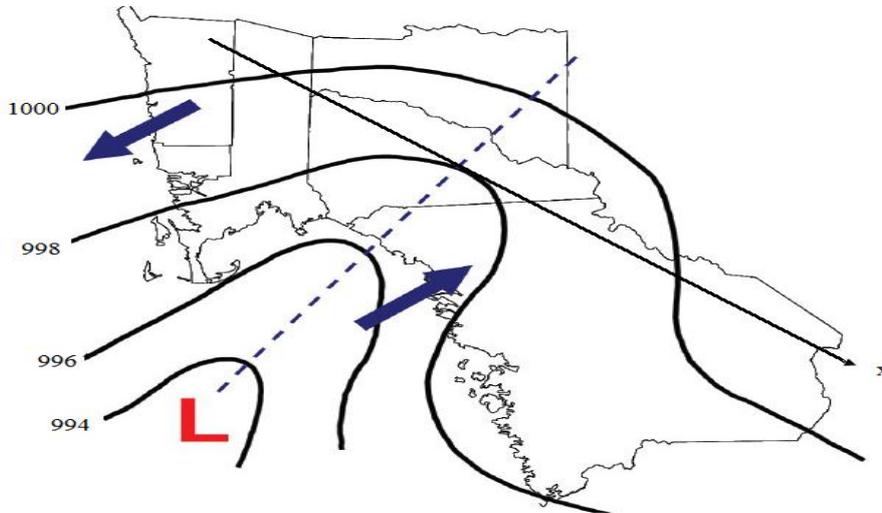
Cold front	Worm sector	Worm front	Weather elements
ينخفض	يزداد	ينخفض	Atmospheric pressure
تخفيض بشكل كبير	انخفاض مع انحدار عالي في اتجاه الحركة	تبدأ بالارتفاع	Temperature
تزداد اكثر	خفيفة	تزداد وتهب في اتجاه عكس عقارب الساعة	Wind
تزداد	تبدأ بالزيادة	تنخفض	humidity
Cu&Cbcloud ثم Rainfall	fog	اولاً cirres cloud عالية ثم astcloud متوسطة ثم تبدأ الامطار وقد تتلاشى	Cloud
كبير (1-15%)	—	صغير (1%)	Front gradient
رديئة	جيدة - رديئة	جيد	Visible
سريعة	بطيئة - سريعة	بطيئة	Speed
نزول بشكل كبير ويرتفع عبر الصعود	صغير مع انحداراته الضغطية	نزول	Pressure declin
	Isobar ترسم مستقيمة تقريبا ومتوازية		Shape and color painting

4. المنخفض الجوي شبه المداري subtropical low pressure: يؤثر على العراق في الشتاء والربيع والخريف وتأثيره ضعيف في الصيف بسبب تأثير المنخفض الجوي الموسمي ومصدره المناطق شبه المدارية في شمال افريقيا له صفات المنخفض المداري والمتوسطي ، سرعة رياحه 64 km/hr . ومساحة تأثيره تمتد خارج مركزه بمسافة 200-100 km
5. المنخفض الجوي القطبي: ويوجد فوق المحيطات القطبية ومدة بقاءه صغيرة لا تزيد عن بضعة ايام ويمتد لمسافة افقية حوالي 1000 km. سرعة رياحه لا تقل عن 17 m/sec

3.1.4 الاخاديد الجوية (Trough)

ان عملية انكماش الهواء عند السطح وصعوده الى الاعلى تؤدي الى نشوء حالات جوية معينة وطقس رديء بما في ذلك تصاعد الغبار في المنطقة . وعند رسم المحور x عمودي على خط الاخدود . فانه يتميز :-

$$\frac{\partial P}{\partial x} = 0 \quad \text{and} \quad \frac{\partial^2 P}{\partial^2 x} = > 0 \dots \dots \dots (7)$$



3.1.5 الراكود (الرهو) Cols

يعتمد الطقس فيها على خصائص الكتل الهوائية السائدة وغالبا ما يكون للتغير اليومي في شكل التوزيعات الضغطية المؤثرة تأثيرات محسوسة على الطقس في منطقة الراكود وهذه التغيرات قد ترتبط بتضاريس منظومات الضغط العالي والواطئ المتضادة والحالة التي تقرر ايهما يمنو على حساب الاخر .

إذا اخترنا المحورين x,y وعلى طول محاور الضغط الواطئ والعالي على الترتيب فأن منطقة الرهو تتميز ب:-

$$\frac{\partial P}{\partial x} = 0, \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} = < 0 \quad \text{and} \quad \frac{\partial P}{\partial y} = 0, \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} > 0 \dots \dots (8)$$

3.2 محاور المنظومات المتحركة Moving system coordinate

نفترض مجموعتين من المحاور واحدة مثبتة على خارطة والاخرى تتحرك افقياً بسرعه \vec{C} نسبة الى المجموعة المثبتة ونعتبر :-

$\frac{\partial}{\partial t}$: التغير الموضعي عند نقطة ما على مجموعة المحاور المثبتة .

$\frac{d}{dt}$: التغير الموضعي عند النقطة المتحركة (المتزامنة) في المحاور المتحركة .

إذا العلاقة بين هذين التغيرين :

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + \vec{C} \cdot \vec{\nabla} \dots \dots (9)$$

لا بد من الإشارة الى ان تسارع العينة الهوائية الذاتية في النظام المتحرك : $\vec{\nabla} - \vec{C}$

حيث ان \vec{V} هي السرعة في المحاور المثبتة . اذا تغير اختيار المحور x على طول السرعة \vec{C} فانه :

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + C * \frac{\partial}{\partial x} \dots \dots (10)$$

المعادلتين (9) و (10) هما عامتين وتطبق على اي كمية قياسية .

3.3 قوانين السرعة Velocity Formulas

عرفنا في البند الاول خطوط الانمط الضغطية التي يكون فيها الضغط متحرك احيانا تفاضله ثابتاً في نظام المحاور التي تتحرك مع هذه الخطوط . فضلاً عن ذلك النقاط (مثل مراكز الضغوط والركود) عرفت كنقاط تقاطع للخطوط اعلاه .

من المعادلة (10) اذا كان $\frac{d}{dt} = 0$ فاننا نحصل سرعة الخطوط التالية :

$$\text{Isobar : } C = \frac{-\frac{\partial p}{\partial t}}{\frac{\partial p}{\partial x}} \dots \dots \dots (11)$$

$$\text{Isallobars: } C = \frac{-\frac{\partial^2 p}{\partial t^2}}{\frac{\partial^2 p}{\partial x^2}} \dots \dots \dots (12)$$

$$\text{Front : } C = \frac{-\frac{\partial p}{\partial t} \frac{\partial p}{\partial t}}{\frac{\partial p}{\partial x} \frac{\partial p}{\partial x}} \dots \dots \dots (13)$$

$$\text{Trough line (or Redge) : } C = \frac{-\frac{\partial^2 p}{\partial x \partial t}}{\frac{\partial^2 p}{\partial x^2}} \dots \dots \dots (14)$$

$$\text{Cyclonic and anticyclone } C_X = \frac{-\frac{\partial^2 p}{\partial x \partial t}}{\frac{\partial^2 p}{\partial x^2}} \dots \dots \dots (15_a)$$

$$\text{Centers and cols : } C_Y = \frac{-\frac{\partial^2 p}{\partial y \partial t}}{\frac{\partial^2 p}{\partial y^2}} \dots \dots \dots (15_b)$$

3.2 اشتداد المنظومات الجوية Intensification of pressure system

يشير مصطلح الاشتداد الى التغيرات في نظام المحاور التي تتحرك مع منظومة الضغط . تشتد المنظومة الضغطية اذا كان مقدار انحدار الضغط يزداد بينما تضعف عند تناقص هذا المقدار .

هناك مصطلحات اخرى لوصف تطور المنظومات الضغطية هي :-

1- العمق Deepening : يقال لمركز المنخفض بانه يتعمق عند تناقص الضغط المركزي اي

$$\frac{dP}{dt} < 0$$

2- الامتلاء Filling : يقال لمركز المنخفض بانه يمتلئ عند زيادة الضغط في المركز ، اي

$$\frac{dP}{dt} > 0$$

ويحسب معدل التعمق (او الامتلاء) للمركز بتطبيق المعادله (9) لعنصر الضغط

$$\frac{dP}{dt} = \frac{\partial P}{\partial t} + \vec{C} \cdot \vec{\nabla} P \dots \dots \dots (16)$$

وإذا اخذنا ظروف مراكز المنظومات ، أي أنه $\nabla P = 0$ فان (16) تصبح :

$$\frac{dP}{dt} = \frac{\partial P}{\partial t}$$

وتكون خطوط تساوي الضغط تتميز بالاتسمرارية فان العمق والامتلاء ممكن حسابهما لأي مساحة مغلقة بخط تساوي الضغط وذلك بتكامل معادلة (16) بعد ضربها بعنصر المساحة dA أي ان :

$$\int_A \frac{dP}{dt} dA = \int_A \frac{\partial P}{\partial t} dA + C \cdot \int_A \nabla P dA = 0$$

$$\therefore \int_A \frac{dP}{dt} dA = \int_A \frac{\partial P}{\partial t} dA \dots \dots \dots (17)$$

أي ان منظومة الضغط ككل تتعمق أو تتمتلئ استناداً إلى الميلان barometric الموجب أو السالب خلال isobar المغلق .

ويمكننا الحصول على تعبير يمثل مقياس الاشداد للمنظومة الضغطية وشدة المنظومة الضغطية يعتمد على كيفية تغير $\vec{\nabla}P$ مع زيادة المسافة من المركز . لذلك فان الشدة ζ يعبر عنها بـ :

$$\zeta = \nabla \cdot \nabla P = \nabla^2 P = \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} = \text{Laplaction of } P \dots (18)$$

أما الاشداد لمركز الضغط المتحرك فنحصل عليه من تعويض الشدة ζ في معادلة رقم (9) :

$$\frac{d\zeta}{dt} = \frac{\partial \zeta}{\partial t} + C \cdot \nabla \zeta \dots \dots (19)$$

Or

$$\begin{aligned} \frac{d\zeta}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} \right) + C_x \left(\frac{\partial^3 P}{\partial x^3} + \frac{\partial^3 P}{\partial x \partial y^2} \right) \\ + C_y \left(\frac{\partial^3 P}{\partial x^2 \partial y} + \frac{\partial^3 P}{\partial y^3} \right) \dots \dots (19) \end{aligned}$$

بما ان اللابلاسين لا تعتمد على اتجاه المحاور فإذا اخترنا المحاور بحيث تصنع تناظر للمنظومات فإن شرط التناظر المحوري يتطلب ان يكون :

$$\frac{\partial^3 P}{\partial x^3} = \frac{\partial^3 P}{\partial x \partial y^2} = \frac{\partial^3 P}{\partial x^2 \partial y} = \frac{\partial^3 P}{\partial y^3} = 0$$

وبالتعويض بالمعادلة السابقة (19)

$$\frac{d\zeta}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} \right)$$

when $\frac{\partial P}{\partial t} = b = \text{barometeric tendency}$

$$\text{so } \frac{d\zeta}{dt} = \frac{\partial^2 b}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 b}{\partial y^2} = \nabla^2 b \dots \dots \dots (20)$$

وبأستخدام طريقة الفروقات المتناهية

للشبكة المجاورة فان معادلتني (18 و20)

تبسط كاللاتي :-

$$\zeta = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 - 4P}{H^2} \dots \dots (21)$$

$$\frac{d\zeta}{dt} = \frac{b_1 + b_2 + b_3 + b_4 - 4b}{H^2} \dots \dots (22)$$

مثال : مستخدماً الشبكة المجاورة التي سقطت على جزء من خارطة ساينوبتيكية احسب الشده (ζ)

والاشتداد $\frac{d\zeta}{dt}$ عند نقطة 0 ؟

الحل :

$$\zeta = \frac{1002 + 1002 + 1002 + 1002 - 4(998)}{(400)^2} = 10^{-4} \frac{\text{mb}}{\text{km}}$$

$$\frac{d\zeta}{dt} = \frac{2 + 1.5 + 1 + 0.5 - 4(1)}{(400)^2} = 6.3 * 10^{-6} \frac{\text{mb}}{\text{km}}$$