علم الأنواء الجوية meteorology :-

هو احد فروع علم الفضاء ويهتم بدراسة الغلاف الجوي والظواهر الجوية ويركز على الطقس والتنبؤات الجوية وتعتمد الظواهر الجوية على مجموعة من المتغيرات (العناصر الجوية) في الغلاف الجوي وهي درجة الحرارة ، الضغط الجوي ، بخار الماء

الغلاف الجوي :-

هو عبارة عن طبقة رقيقة مركبة من الغازات وبعض المركبات الكيميائية التي تحيط بالأرض وتحميها . ويعتبر الغلاف الجوي عاملا أساسيا من مشاة الحياة فهو يوفر للحياة الأوكسجين وثاني اوكسيد الكربون والنتروجين الذي يعتبر الحجر الأساس في كل صور الحياة .

أصل الجو الأرضي :-

لمعرفة أصل الجو الأرضي لابد من معرفة كيفية تكوين المنظومة الشمسية .

النظام الشمسي أو المجموعة الشمسية:-

وهو النظام الكوكبي الذي يتكون من الشمس وجميع مايدور حولها من اجرام بما في ذلك الأرض والكواكب الأخرى

ويشمل النظام الشمسي أجراما أخرى اصغر حجما هي الكواكب القزمة والكويكبات والنيازك والمذنبات إضافة إلى سحابة رقيقة من الغاز والبخار

كما توجد توابع الكواكب التي تسمى الأقمار والتي يبلغ عددها أكثر من (١٥٠) قمر معروف في النظام الشمسي

إن اكبر جرم في النظام الشمسي هو الشمس ، النجم الذي يقع في مركز النظام حيث تبلغ كتلة الشمس (٣٣٢) من كتلة الأرض فكتلة الشمس تبلغ ٩٩,٨ % من كتلة النظام باكمله ، كما أنها هي التي تشع الضوء والحرارة اللذان يجعلان الحياة على الأرض ممكنة .

وتأتي بعد الشمس الكواكب حيث توجد في النظام الشمسي ثمانية كواكب هي بالترتيب حسب بعدها عن الشمس { عطارد ، الزهرة ، الأرض ، المريخ (الكواكب الصخرية) ، المشتري ، زحل ، أورانوس ، نبتون (العمالقة الغازية) }

يعتقد الفلكيين إن النظام الشمسي قد ولد قبل ٤,٦ مليار سنة وهنالك عدة نظريات لتفسير تكوين المنظومة الشمسية ومن هذه النظريات هي :

أ- النظرية السديمية للعالم لابلاس
ب- نظرية النجم العابر للعالم تشمبرلن
جـ - النظرية الحديثة للعالم الفريدهيل

إلا إن النظرية السائدة هي النظرية السديمية . السديم عبارة عن كرة غازية متوهجه

حيث كانت المجموعة الشمسية عبارة عن سديم (كرة غازية متوهجه) تدور حول نفسها . وبمرور الزمن فقد السديم شكله الكروي حيث قلت حرارته تدريجيا فتقلص حجمه وزادت سرعة دورانه حول نفسه وفقد شكله الكروي وأصبح شكله قرص دوار مسطح ثم انفصلت أجزاء من القرص على شكل حلقات غازية تدور حول الكتلة المشعة من السديم بنفس الاتجاه . وبمرور الزمن بدأت الحلقات تبرد وتجمد مكونه كواكب المجموعة الشمسية . إن الجزء المتبقي والملتهب من السديم كون الشمس في المجموعة الشمسية

حيث إن أصل المجموعة الشمسية هو السديم

إن اغلب أجواء الكواكب ومن ضمنها الشمس تتكون من الهليوم والهيدروجين ، إما الأرض فقد احتفظت بغازي النتروجين وثاني اوكسيد الكربون اللذان تكونا بسبب التفاعلات الكيميائية والبراكين داخل الأرض

مكونات الهواء :-

يتألف الهواء قرب سطح الأرض من خليط من الغازات حيث يتكون الهواء الجاف النقي من الغازات التالية ، النتروجين ، الأوكسجين ، ثاني اوكسيد الكربون ، غاز الاركون وعناصر خاملة . اما الهواء العادي فيحتوي على نسب ضئيلة من بخار الماء قرب سطح الأرض ويكاد ينعدم فوق km (12 – 10) وعلى الرغم من النسب القليلة لبخار الماء في الهواء ($2\ g/cm^3$) إلا انها مهمة جدا في عملية صنع الطقس ونقل الطاقة الحرارية من سطح الأرض إلى الأعلى

إن مركبات الهواء الرئيسية تبقى ثابتة ضمن الطبقة المناخية والتي تسمى (التروبوسفير) لكن عندما تنتقل إلى الطبقات الأخرى فان نسبة الأوكسجين تقل بسبب تأينه ونلاحظ ازدياد نسبة الهليوم والأوزون فوق الطبقة المناخية .

يتمركز الأوزون على بعد km (45 – 30) فوق سطح الأرض ويعتبر من المكونات الضئيلة في الجو إلا انه يلعب دورا مهما في امتصاص الأشعة السينية والأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس ولاسيما ذات الطول الموجي μm(0.32 – 0.29)

إن زيادة نسبة مركبات الكلورو فلورو ميثان تؤدي إلى ازالة غاز الأوزون بنسبة قدرها
% (25 – 10) مما يتسبب في زيادة الأشعة فوق البنفسجية على سطح الأرض معرضة الكائنات الحية إلى مخاطر جسمية

ويحتوي الجو أيضا على غاز أول اوكسيد الكربون ضمن الطبقة المناخية ويتضاءل فوقها وهنالك غازات أخرى في الجو مثل اكاسيد الكبريت والنتروجين والمركبات الهيدروكربونية .

ويحتوي الجو على كميات من المواد الصلبة العالقة مثل الغبار والأتربة والدخان والهباء هو خليط من الأتربة والأملاح والدخان

طبقة الأوزون :-

وهي جزء من الغلاف الجوي لكوكب الأرض والذي يحتوي بشكل مكثف على غاز الأوزون وهي متمركزة في الجزء السفلي من طبقة الستراتوسفير . وتكون ذات لون ازرق يتحول فيها جزء من غاز الأوكسجين إلى غاز الأوزون بفعل الأشعة فوق البنفسجية القوية التي مصدرها الشمس وتؤثر في هذا الجزء من الغلاف الجوي نظرا لعدم وجود طبقات سميكة من الهواء فوقه لوقايته ز ولهذه الطبقة أهمية حيوية فهي تحول دون وصول الموجات فوق البنفسجية القصيرة بتركيز كبير إلى سطح الأرض . تم اكتشاف الآليات الضوئية التي تؤدي إلى طبقة الأوزون من قبل العالم البريطاني سيدي تشابمان في ١٩٣٠ ، والأوزون في الغلاف الجوي للأرض تم إنشاؤه بواسطة الأشعة فوق البنفسجية من خلال التداخل مع جزيئات الأوكسجين العادية ، حيث يحتوي جزيئه الأوكسجين على ذرتين من الأوكسجين وتقسم إلى ذرات فردية في طبقة الستراتوسفير وعندما يتم التداخل مع الضوء فوق البنفسجي بحيث يتم الحصول على ذرتين أوكسجين وذرة مفردة من الأوكسجين وتعرف هذه العملية بدورة الأوزون والأوكسجين ويمكن وصف هذه الدورة الكيميائية من خلال المعادلات التالية :

$$hv\,(uv) + O_2 \longrightarrow 2\,O$$

$$O + O_2 \longleftrightarrow O_3$$

التركيب الحراري للجو :-

يقسم الغلاف الجوي إلى أربعة طبقات بناءا على اختلاف درجة الحرارة وهي مرتبة من الأدنى للأعلى كما يلي :-

١. طبقة التروبوسفير (Troposphere) الطبقة المناخية
٢. طبقة الستراتوسفير (Stratosphere) الطبقة الجوية العليا
٣. طبقة الميزوسفير (Mesosphere) الغلاف الأوسط
٤. طبقة الثرموسفير (Thermosphere) الغلاف الحراري

١- طبقة التروبوسفير :- وهي طبقة من الغلاف الجوي الملاصقة لسطح الأرض وهي الطبقة التي نعيش عليها وتضم هذه الطبقة ٧٥% من مجمل الغلاف الجوي وتتم فيها معظم التغيرات الجوية والإمطار والثلوج

كما تضم هذه الطبقة معظم بخار الماء والهواء الجوي وتتناقص درجة الحرارة بمقدار ٦,٥ درجة مئوية كلما ارتفعنا إلى الأعلى بحدود ١٠٠٠ متر ويطلق على الجزء العلوي من طبقة التروبوسفير بطبقة التروبوبوز (الفاصل السفلي) ويقع على ارتفاع ١٠ كيلو متر تقريبا فوق القطبين الشمالي والجنوبي وعلى ارتفاع ١٥ كم فوق خط الاستواء تقريبا

وعادة مايكون الغلاف الجوي القريب من سطح الأرض ادفأ لان أشعة الشمس تسخن الأرض وبخار الماء ويسخن الهواء الملامس للأرض مباشرة .

٢- طبقة الستراتوسفير :- تمتد هذه الطبقة من التروبوبوز إلى ٥ كم فوق سطح الأرض تقريبا . وان كمية الرطوبة التي تصل إلى هذه الطبقة من الغلاف الجوي قليلة جدا لذلك فان السحب نادرة أيضا.

وتتميز هذه الطبقة بثبات درجة الحرارة تقريبا ولكن درجة حرارة الطبقة العليل منها تزداد مع ازدياد الارتفاع حيث تصل في الطبقة السفلى (- ٥٥ م°) بينما تصل في الجزء العلوي (- ٢ م°) وهذا الجزء من الستراتوسفير يسمى الستراتوبوز (الفاصل الطبقي) ويحتوي الستراتوبوز على معظم غاز الأوزون الموجود في الغلاف الجوي اذ يعمل الأوزون على تسخين الهواء بسبب امتصاص الأشعة فوق البنفسجية .

٣- طبقة الميزوسفير :- تمتد هذه الطبقة من الستراتوبوز إلى ٨٠ كم فوق سطح الأرض . تتناقص درجة الحرارة في هذه الطبقة مع الارتفاع حيث تصل في الأجزاء العليا منها إلى أدنى درجة حرارة ممكنه من الغلاف الجوي المحيط بالأرض ويدعى الجزء العلوي من الميزوسفير بـ الميزوبوز (حد الغلاف الاوسط)

ويمكن ملاحظة ذيل من الغازات الحارة تنساب في هذه الطبقة بفعل الشهب ويمكن ملاحظة هبوب رياح عنيفة ضمن طبقة الميزوسفير وتهب هذه الرياح من الغرب إلى الشرق في فصل الشتاء ومن الشرق إلى الغرب في فصل الصيف

٤- طبقة الثرموسفير الغلاف الحراري :- وهي أعلى طبقة في الغلاف الجوي وتبدأ من نهاية حد الميزوبوز وتستمر إلى الفاء الخارجي ويتميز الهواء في هذه الطبقة بأنه خفيف جدا ويختلف التركيب الكيميائي للهواء في هذه الطبقة عن التركيب الكيميائي للهواء في بقية الطبقات المكونة للغلاف الجوي ففي الأجزاء السفلى من الثرموسفير تتحلل معظم جزيئات الأوكسجين إلى ذرات أوكسجين وتحتوي الأجزاء العليا منها على الهيدروجين والهليوم .

إن طبقة الثرموسفير تواجه أشعة الشمس مباشرة فتعمل على تسخين الهواء الخفيف إلى درجة حرارة عالية جدا

وعندما ترتطم أشعة الشمس وغيرها من الإشعاعات القادمة من مصادر كونية بطبقة الثرموسفير قان بعض الجزيئات والذرات تشحن بالكهرباء اي تتاين وتوجد معظم الايونات في الأجزاء السفلى من الثرموسفير لذلك تسمى هذه الأجزاء من الطبقة بالغلاف الأيوني (الايونوسفير) حيث تؤدي هذه الطبقة دور كبير في الاتصالات الراديوية بعيدة المدى

ويسمى الجزء العلوي من الثرموسفير بـ (الاكسوسفير) (الغلاف الخارجي) ولايوجد في الاكسوسفير إلا القليل من الهواء وتتحرك الذرات والجزيئات في الاكسوسفير بسرعة هائلة جدا حيث تتغلب على قوة الجاذبية الأرضية وتنطلق إلى الفضاء الخارجي .

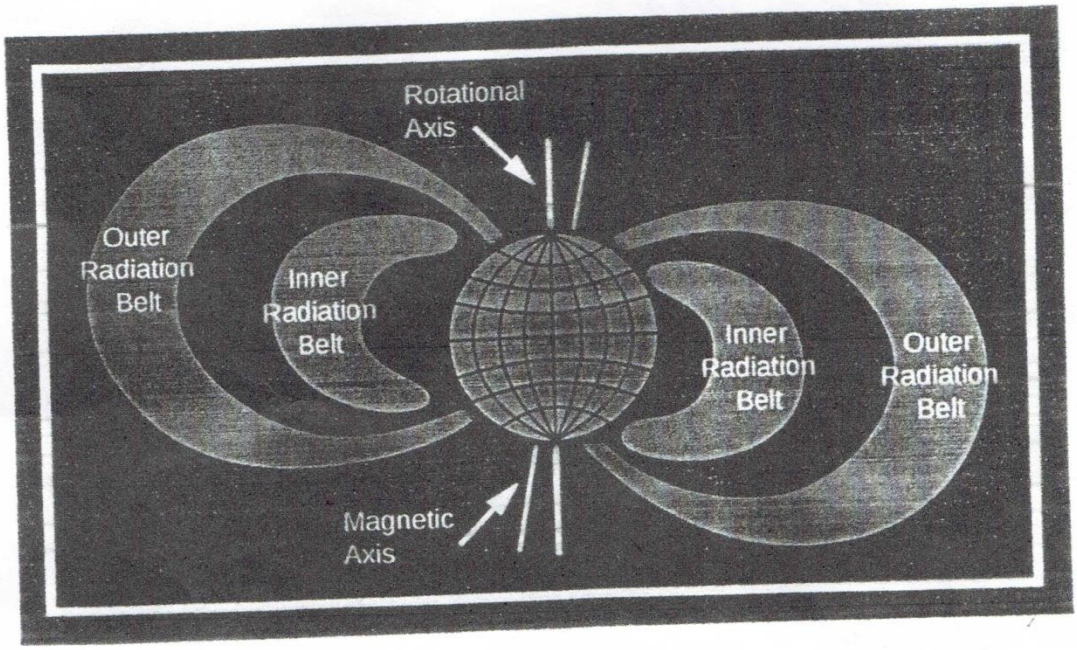
أحزمة فان-الين Van Allen Belts :-

وتسمى أيضا بالأحزمة الإشعاعية وهي عبارة عن نطاقين من الجسيمات المشحونة تحيطان بالسطح الأعلى للكرة الأرضية وسميت هذه الأحزمة باسم مكتشفها جيمس فان الين العالم الفيزيائي الأمريكي عام ١٨٥٨

يتكون الإشعاع الموجود في هذه الأحزمة على تركيز عال من الجسيمات المشحونة مثل البروتونات والالكترونات ويجذب المجال المغناطيسي الأرضي هذه الجسيمات ويوجهها نحو الأقطاب المغناطيسية ، تتكون الأحزمة من :

أ- بروتونات سريعة موجودة على ارتفاع 3000 km تدور حول الأرض

ب- الكترونات سريعة موجودة في الحيز المتبقي من المجال المغناطيسي



احزمة فان- الين

ثرموداينمك الهواء Thermodynamic of air

يعتبر بخار الماء من اهم مكونات الهواء ويقوم بدوره الرئيسي في عملية نقل الطاقة لذا ستتم دراسة خواص الهواء الجاف والرطب .

ثرموداينمك الهواء الجاف :-

تخضع الغازات المكونه للهواء الجاف لقانون الغازات المثالي وحسب العلاقة التالية :

$$PV = nRT \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (1)$$

حيث p تمثل ضغط الغاز بوحدات N/m^2

v حجم الغاز بوحدة m^3

n عدد المولات بوحدات mole

R ثابت الغازات للمول الواحد $R = 8.313\ J/\mathrm{gm}\,.\,\mathrm{mole}\,.\,\mathrm{K}$

T درجة الحرارة بوحده K

وبما إن $n = \frac{m}{M}$

حيث M الوزن الجزيئي

$$PV = \frac{m}{M}\,RT$$

$$\therefore P = \frac{m}{v} \cdot \frac{RT}{M}$$

$$\therefore P = \rho\,\frac{RT}{M} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2)$$

ρ كثافة الغاز

المعادلة رقم (2) تمثل ضغط الغاز ولكون الهواء الجوي يتكون من خليط من الغازات لذا فان المعادلة رقم (2) تكتب بالصيغة التالية :

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \cdots$$

ونعوض عن قيمة الضغط بما يساويها

$$\frac{\rho \mathrm{RT}}{\mathrm{M}} = f_1\frac{\rho RT}{M_1} + f_2\frac{\rho RT}{M_2} + f_3\frac{\rho RT}{M_3} + \cdots$$

حيث f تمثل النسبة المئوية الوزنية للغاز في وحدة الحجم من الهواء .

المعادلة الاخيرة يمكن إن تكتب بالصيغة التالية :-

$$\frac{\rho \mathrm{RT}}{\mathrm{M}} = \left(\frac{f_1}{M_1} + \frac{f_2}{M_2} + \frac{f_3}{M_3} + \cdots\right) \rho RT$$

بقسمة طرفي المعادلة على ρRT نحصل على

$$\frac{1}{\mathrm{M}} = \frac{f_1}{M_1} + \frac{f_2}{M_2} + \frac{f_3}{M_3} + \cdots i$$

وهذة المعادلة يمكن إن تكتب بالشكل التالي :

$$\frac{1}{\mathrm{M}} = \sum_{i=1}^{i} \frac{f_i}{M_i}$$

حيث i يمثل عدد الغازات الرئيسية المكونة للهواء فيكون لدينا :-

$$\frac{1}{\mathrm{M}} = \underset{\text{نتروجين}}{\frac{0.78}{28}} + \underset{\text{اوكسجين}}{\frac{0.21}{32}} + \underset{\text{اركون}}{\frac{0.012}{40}} + \underset{CO_2}{\frac{0.005}{44}}$$

من المعادلة (2) نحصل على المعادلة (4)

$$P = \rho \frac{RT}{M} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

$$P = \rho r T \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

حيث $r = \frac{R}{M}$ ثابت الغاز للهواء للكيلو غرام

المعادلة (4) يمكن كتابتها بالشكل التالي :-

$$PV = rT \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

حيث $V = \frac{1}{\rho}$ حجم وحدة الكتل في الهواء الجوي

تغير الضغط الجوي مع الارتفاع :-

يتغير الضغط الجوي لاي مائع بمقدار dP مع الارتفاع

$$dP = -\rho g dz \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (6)$$

حيث إن الاشارة السالبة تعني إن الضغط يقل بالارتفاع . من المعادلة (4)

$$P = \rho r T \implies \rho = \frac{P}{rT}$$

نعوضها في معادلة (6)

$$\therefore dP = -\frac{P}{rT} g dz$$

$$\frac{dP}{P} = -\frac{g}{rT} dz \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (7)$$

على فرض إن درجة الحرارة T ثابته نحصل على :-

$$\int \frac{dP}{P} = -\frac{g}{rT} \int \mathrm{dz}$$

$$\therefore \ln P = -\frac{g}{rT} Z + constant \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (*)$$

لايجاد قيمة الثابت نطبق الشرط الحدودي التالي :-

$$at\ Z = 0 \quad , \quad P = P_\circ$$

حيث يمثل $P_\circ$ اعضم ارتفاع للضغط الجوي عند ارتفاع $Z = 0$

$$\therefore \ln P_\circ = 0 + constant$$

$$\therefore constant = \ln P_\circ$$

بتعويض قيمة الثابت في معادلة $(*)$ نحصل على

$$\ln P = -\frac{g}{rT} Z + \ln P_\circ$$

$$\therefore \ln P - \ln P_\circ = -\frac{g}{rT} Z$$

$$\ln \frac{P}{P_\circ} = -\frac{g}{rT} Z$$

$$\frac{P}{P_\circ} = e^{-\frac{g}{rT} Z}$$

$$\therefore P = P_{\circ}\, e^{-\frac{g}{rT}Z} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

حيث $P_{\circ}$ تمثل مقدار الضغط الجوي عند الارتفاع $Z = 0$

P تمثل مقدار الضغط الجوي عند اي ارتفاع

إن المعادلة (8) يمكن الحصول عليها على اساس إن T ثابته لكن من المعروف إن T تنخفض مع الارتفاع داخل الغلاف الجوي بمقدار ($6\ ^{\circ}\mathrm{C}/km$) ويكون التغير حسب المعادلة :-

$$T = T_{\circ} - \alpha\, Z$$

حيث α معامل الانحدار الحراري الشاقولي

في هذه الحالة عند تكامل المعادلة (7) نحصل على

$$\frac{dP}{\mathrm{P}} = -\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{r}}\frac{\mathrm{dz}}{\mathrm{T}_{\circ} - \alpha\mathrm{Z}}$$

نضرب الطرف الايمن من المعادلة الاخيرة بـ $\frac{\alpha}{\alpha}$ لتوفير مشتقة المقام نحصل على

$$\frac{dP}{\mathrm{P}} = \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{r}\alpha}\frac{-\alpha\mathrm{dz}}{\mathrm{T}_{\circ} - \alpha\mathrm{Z}}$$

نكامل المعادلة اعلاه

$$\int \frac{dP}{\mathrm{P}} = \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{r}\alpha}\int \frac{-\alpha\mathrm{dz}}{\mathrm{T}_{\circ} - \alpha\mathrm{Z}}$$

$$\ln P = \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{r}\alpha} \cdot \ln(\mathrm{T}_{\circ} - \alpha\mathrm{Z}) + constant \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (**)$$

لايجاد قيمة الثابت في المعادلة الاخيرة نطبق الشرط الحدودي التالي :-

$$at\ Z = 0 \qquad , \qquad P = P_{\circ}$$

$$\ln P_{\circ} = \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{r}\alpha} \cdot \ln \mathrm{T}_{\circ} + constant$$

$$constant = \ln P_{\circ} - \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{r}\alpha} \cdot \ln \mathrm{T}_{\circ}$$

$$constant = \ln P_{\circ} - \cdot \ln \mathrm{T}_{\circ}^{\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{r}\alpha}}$$

نعوض عن قيمة الثابت في المعادلة (**)

$$\ln P = \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{r}\alpha} \cdot \ln(\mathrm{T}_{\circ} - \alpha\mathrm{Z}) + \ln P_{\circ} - \ln \mathrm{T}_{\circ}^{\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{r}\alpha}}$$

$$\ln P - \ln P_\circ = \ln \left(T_\circ - \alpha Z\right)^{\frac{g}{r\alpha}} - \ln T_\circ^{\frac{g}{r\alpha}}$$

$$\ln \frac{P}{P_\circ} = \ln \left(\frac{T_\circ - \alpha Z}{T_\circ}\right)^{\frac{g}{r\alpha}}$$

$$\frac{P}{P_\circ} = \left(\frac{T_\circ - \alpha Z}{T_\circ}\right)^{\frac{g}{r\alpha}}$$

$$P = P_\circ \left(\frac{T_\circ - \alpha Z}{T_\circ}\right)^{\frac{g}{r\alpha}}$$

القانون الأول للثرموداينمك :-

يعبر القانون الاول للثرموداينمك عن حقيقة تجريبية وهي (المادة لا تفنى ولا تستحدث) وان الصورة الجبرية للقانون الاول هي :

$$dQ = du + dw \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (10)$$

المعنى الفيزيائي للقانون :- (اذا اضيفت كمية من الحرارة لاي غاز بمقدار dQ فان قسما منها يعمل على زيادة الطاقة الداخلية بمقدار du والجزء المتبقي يؤدي إلى بذل شغل بواسطة الغاز مقداره dw)

مناقشة حدود المعادلة (10) :

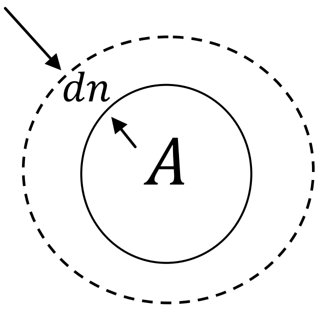
اذا كان لدينا غاز بحجم V ومساحة سطحه A وتمدد هذا الغاز حيث ازيح سطحه نحو الخارج مسافة مقدارها dn فان الزيادة في حجم الغاز تعطى بالمعادلة : $dV = A\,dn$

وبما إن $P = F/A$

حيث F هي القوة المبذولة بواسطة الغاز لذا فان $A = F/P$

$$\therefore dV = \frac{F}{P} dn$$

$$PdV = F\,dn$$



حيث dn عنصر الازاحة .

∵ الشغل = القوة × عنصرالازاحة

$$\because F\,dn = dw$$
$$\therefore P\,dV = dw$$

بالنسبة للحد du يعني إن اي زيادة في الطاقة الداخلية للغاز تؤدي إلى زيادة درجة حرارته وان التغير في درجة الحرارة يتناسب مع كمية الحرارة وفق المعادلة التالية :-

$$dT = \frac{dQ}{C}$$

حيث c هي السعة الحرارية وهي كمية الحرارة اللازمة للنظام لكي تتغير درجة حرارته بمقدار dT وتسمى ايضا السعة الحرارية النوعية للحرارة وتقاس بوحدات $J/Kg.K$ وهي ليست ثابته للغاز الواحد اي انها متغيرة وهذا التغير يعتمد على ما اذا كانت اضافة الحرارة يصاحبها انجاز شغل او لا

أ) في حالة عدم بذل شغل $dw = 0$ وهذا يعني ثبات الحجم V والسعة الحرارية تكتب بالصورة التالية :

$$C_v = \left(\frac{dQ}{dT}\right)_v$$

ولكون الشغل يساوي صفر فان كل الطاقة الحرارية dQ تذهب إلى طاقة داخلية

$$dQ = du + dw \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (10)$$
$$dw = 0$$
$$\therefore\ dQ = du$$
$$\therefore du = C_v\, dT$$

ب) في حالة اضافة الحرارة للغاز مع بقاء ضغطه ثابت وهنا يعبر عن الحرارة النوعية بالمعادلة

$$C_P = \left(\frac{dQ}{dT}\right)_P$$

$$dQ = C_P\, dT$$

في عملية ثبوت الضغط فان قسما من الطاقة الحرارية يستخدم لانجاز شغل من قبل الغاز لذا فان

$$C_P > C_v$$

بينما في حالة ثبات الحجم فان كل الطاقة الحرارية المضافة تستخدم في زيادة درجة الحرارة وبالتالي تكون C_v صغيرة .

إن قيم C_v و C_P للهواء الجاف هي :

$$C_P = 1004 J/Kg.K \qquad , \qquad C_v = 717\ J/Kg.K$$

باستخدام الحقائق السابقة فان المعادلة (10) يمكن انت تكتب بالصورة التالية

$$C_P\, dT = C_v\, dT + P\, dV \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (10-a)$$

للتعبير عن الحد الثاني من الطرف الايمن بدلالة درجة الحرارة

- معادلة الحالة للغاز المثالي في الحالة الابتدائية

$$PV = rT$$

- معادلة الحالة للغاز المثالي في الحالة النهائية $\quad P(V + \Delta V) = r(T + \Delta T)$

بطرح المعادلتين اعلاه ينتج :

$$P\,dV = r\,dT$$

وبالتعويض في المعادلة $(10 - a)$ ينتج

$$C_P\,dT = C_v\,dT + r\,dT \;\}\; \div\, dT$$

$$C_P = C_v + r \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (11)$$

في حالة صعود الهواء إلى طبقات الجو العليا بصورة اديباتيكية (عدم فقدان او اكتساب حرارة) هذا يؤدي إلى إن $dQ = 0$

ملاحظة :-

إن صعود الهواء اديباتيكيا يعني إن الهواء لا يفقد ولا يكتسب حرارة من الجو ولكن نلاحظ انخفاض درجة حرارة الهواء الجاف عند صعوده والسبب في ذلك يعود إلى تمدد هذا الغاز بسبب انخفاض الضغط في طبقات الجو العليا وبالتالي نقصان حرارته

$$\therefore dQ = C_v dT + P dV$$

من معادلة الحالة الابتدائية :

$$PV = rT$$

$$P\,dV + V\,dP = r\,dT$$

$$\therefore\; P\,dV = r\,dT - V\,dP$$

$$C_v dT + r dT = V\,dP$$

$$(C_v + r)\,dT = V\,dP$$

بالتعويض من معادله (11) عن قيمة C_P

$$C_P\,dT = V\,dP$$

من معادلة الحالة

$$PV = rT$$

$$\therefore V = \frac{r}{P}T$$

$$C_P\,dT = \frac{r}{P}T\,dP$$

$$C_P\,dT = rT\frac{dP}{P} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

Or $\frac{C_P\, dT}{r\, T} = \frac{dP}{P}$ ……………………………………………….(13)

نكامل المعادلة اعلاه

$$\frac{C_P}{r}\int_{T_\circ}^{T}\frac{dT}{T} = \int_{P_\circ}^{P}\frac{dP}{P}$$

حيث $P_\circ$ الضغط في بداية الغلاف الجوي

P الضغط في اي موقع داخل الغلاف الجوي

$$\frac{C_P}{r}\ln T = \ln P$$

$$\frac{C_P}{r}\ \ln\frac{T}{T_\circ} = \ln\frac{P}{P_\circ}$$

$$\ln\left(\frac{T}{T_\circ}\right)^{\frac{C_P}{r}} = \ln\frac{P}{P_\circ}$$

$$\left(\frac{T}{T_\circ}\right)^{\frac{C_P}{r}} = \frac{P}{P_\circ}$$

Or

$$\frac{T}{T_\circ} = \left(\frac{P}{P_\circ}\right)^{\frac{r}{C_P}}$$

$$\frac{T}{T_\circ} = \left(\frac{P}{P_\circ}\right)^{k} \text{……………………………………………………….(14)}$$

حيث $k = \frac{r}{C_P}$

المعادلة (14) تسمى معادلة بوازون للعمليات الاديباتيكية

لحد الان تم معرفة ثلاث من المتغيرات الثرموديناميكية وهي الضغط ودرجة الحرارة والحجم النوعي ، اما المتغير الرابع في ثرموداينمك الغلاف الجوي فهو درجة الحرارة الاجهادية او درجة الحرارة الجهدية وتعرف على انها درجة الحرارة لكمية من الهواء اذا بدأت بدرجة حرارة T وضغط P ثم تغير ضغطها بالزيادة او النقصان وبعملية اديباتيكية إلى ضغط مقداره $1000\ m\ par$

$$\frac{T}{\theta} = \left(\frac{P}{1000}\right)^{k}$$

$$\therefore\ \theta = T\left(\frac{1000}{P}\right)^{k} \text{……………………………………….(15)}$$

حيث θ هي درجة الحرارة الجهدية وتكون قيمة θ ثابتة في العمليات الاديباتيكية

الانتروبي Entropy :-

هو مقياس لعدم الانتظام فان جزيئات اي نظام في حالة حركة عشوائية لذا فان تزويد هذا النظام بكمية من الحرارة قدرها dQ عند درجة حرارة T ستزيد من الحركة العشوائية لهذه الجزيئات ويقال إن النظام اكتسب انتروبي موجب قدره $d\phi$ حيث

$$d\phi = \frac{dQ}{T}$$

للربط بين Q و ϕ

$$\because\ dQ = du + dw \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (10)$$

المعادلة اعلاه يمكن إن تكتب بالشكل التالي

$$dQ = C_v\, dT + P\, dV$$

$$= C_v\, dT + r\, dT - V\, dP$$

$$= (C_v + r)\, dT - V\, dP$$

$$dQ = C_P\, dT - V\, dP$$

$$\because\ d\phi = \frac{dQ}{T}$$

$$d\phi = \frac{1}{T}\,[C_P\, dT - V\, dP]$$

$$d\phi = C_P \frac{dT}{T} - \frac{V}{T} dP$$

$$= C_P \frac{dT}{T} - \frac{rT}{T}\frac{dP}{P}$$

$$= C_P \frac{dT}{T} - r\frac{dP}{P}$$

$$\because\ \mathrm{k} = \frac{\mathrm{r}}{C_P} \implies r = kC_P$$

$$\therefore d\phi = C_P \frac{dT}{T} - kC_P \frac{dP}{P}$$

$$d\phi = C_P \left(\frac{dT}{T} - k\frac{dP}{P}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (*)$$

إن الكمية $\left(\frac{dT}{T} - k\frac{dP}{P}\right)$ من المعادلة اعلاه يمكن ربطها بدرجة الحرارة الاجهادية θ وكما يلي

$$\theta = T\left(\frac{1000}{P}\right)^{k}$$

$$\frac{\theta}{T} = \left(\frac{1000}{P}\right)^{k}$$

باخذ لوغارتم الطرفين

$$\log\frac{\theta}{\mathrm{T}} = \mathrm{k}\log(\frac{1000}{P})$$

$$\log\theta - \log\mathrm{T} = \mathrm{k}\log 1000 - \mathrm{k}\log\mathrm{P}$$

بتفاضل المعادلة اعلاه

$$\frac{d\theta}{\theta} - \frac{dT}{T} = 0 - k\frac{dP}{P}$$

$$\frac{d\theta}{\theta} = \frac{dT}{T} - k\frac{dP}{P}$$

وبتعويض المعادلة اعلاه بالمعادلة $(*)$

$$d\phi = C_P\frac{d\theta}{\theta}$$

لايجاد قيمة ϕ نكامل المعادلة اعلاه

$$\phi = C_P\ln\theta + constant \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (16)$$

الاحتباس الحراري :-

هو ارتفاع درجة الحرارة تدريجيا في الطبقة السفلى القريبة من سطح الارض والقريبة من الغلاف الجوي المحيط بالارض وان العالم السويدي سفان ارمنيوس هو اول من اطلق اسم الاحتباس الحراري على هذه الظاهرة وتحدث هذه الظاهرة بسبب ازدياد نسبة الغازات الدفيئة ومن هذة الغازات

(١) بخار الماء : حيث يعتمد تركيزه في الجو على مقدار درجة الحرارة وحالة الطقس وقد تتراوح نسبته مابين ($0 - 4\ \%$)

(٢) ثاني اوكسيد الكاربون : وتكمن اهميته في امتصاص الاشعه تحت الحمراء وقد تصل نسبة وجوده في الجو حوالي $0.038\ \%$ تقريبا

(٣) اكاسيد النيتروجين : وتشمل اوكسيد النتروز N_2O وثاني اوكسيد النتروجين NO_2 واول اوكسيد النتروجين NO

(٤) الميثان CH_4 : وينتج هذا الغاز من تحلل المخلفات العضوية وعمليات الهضم لدى الحيوانات

(٥) الاوزون O_3 : ويمتص هذا الغاز الاشعة فوق البنفسجية

(٦) مركبات الكلورفلوركاربون CFC : الذي يعد من اخطر المركبات لانه يسبب تاكل طبقة الاوزون

(٧) ثاني اوكسيد الكبريت SO_2 : وينتج من عمليات الحرق المختلفة

ماهي اسباب الاحتباس الحراري ؟

هناك العديد من الاسباب التي ادت إلى حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري منها

(١) النشاطات البشرية المختلفة : مثل استخراج وحرق الفحم الحجري قي بداية انتشار الصناعات والتي ادت إلى انبعاث غاز ثاني اوكسيد الكربون بشكل كبير

(٢) استنزاف طبقة الاوزون : وهي الطبقة الموجودة في الغلاف الجوي والتي تحتوي على غاز الاوزون والتي تحمي الارض من الاشعه فوق البنفسجية الضارة القادمة من الشمس ، ويعد استنزاف هذه الطبقة سببا فعالا في ظاهرة الاحتباس الحراري فالغازات المنبعثة من الصناعات ومنها مركبات الكلورفلوركاربون تتفاعل مع طبقة الاوزون محدثة ثقوبا فيها فتدخل الغازات الضارة إلى الارض عبر هذه الثقوب مما يؤدي الي انحباسها وارتفاع في درجة حرارة الارض

(٣) قطع الاشجار : يؤدي قطع الاشجار إلى تقليل الأوكسجين الموجود في الغلاف الجوي وزيادة نسبة ثاني اوكسيد الكربون الذي تستفيد منه النباتات في عملية البناء الضوئي

(٤) التقدم الصناعي وتنتج عن حرق الوقود بكميات كبيرة جدا من الغازات الدفيئة مثل غاز ثاني اوكسيد الكربون الذي يمتص الاشعه تحت الحمراء ويحبسها في الارض بالاضافة إلى العديد من الغازات الضارة المنبعثة من الهواء حيث تمتزج مع الغازات الاخرى الموجودة في الغلاف الجوي مكونة مركبات سلمة تلحق الضرر بالجهاز التنفسي للانسان

(٥) استخدام الاسمدة الكيميائية : تعد الاسمدة الكيميائية من اشد العوامل تاثيرا في الاحتباس الحراري لاحتوائها على عدة مركبات تساهم في ظاهرة الغازات الدفيئة مثل اكاسيد النتروجين التي تحدث ثقوبا في طبقة الاوزون وبهذا تدخل الاشعه فوق البنفسجية الضارة إلى الارض عبر الثقوب فترتفع درجة حرارتها

(٦) الانفجارات البركانية : حيث تسبب هذه الانفجارات كميات كبيرة من الغبار والغازات ومن هذه الغازات المنبعثة غاز ثاني اوكسيد الكربون ويكمن اثره السلبي في انه يبقى في الجو فترات كبيرة فيحجز اشعة الشمس اما دقائق الغبار المنبعثة فتؤثر على توازن الغلاف الجوي وتحدث زيادة في درجات الحرارة

ممكن تشبيه ظاهرة الاحتباس الحراري بما يحدث داخل البيت البلاستيكي حيث تدخل اشعة الشمس إلى داخل البيت البلاستيكي وترفع درجة حرارته الا إن البلاستك يمنع نفاذها او خروجها للجو الخارجي كذلك الشمس اذ تعد المصدر الرئيسي لانبعاث الطاقة الحرارية على سطح الارض فهي تبعث اشعتها على شكل خطوط عمودية على سطح الارض وتنفذ من خلال طبقات الغلاف الجوي على شكل اشعة مرئية قصيرة الموجات واشعة غير مرئية طويلة الموجات وهي الاشعة تحت الحمراء وبعض الاشعة فوق البنفسجية وانت بعض هذه الاشعة تمتصها طبقات الغلاف الجوي ولكن الاشعة طويلة الموجات يمتصها سطح الارض وتسبب ارتفاع درجة حرارتها . ثم تبعث الارض هذه الحرارة مرة اخرى إلى طبقات الغلاف الجوي على شكل موجات طويلة فتمتصها غازات الغلاف الجوي ولا تسمح بنفاذها إلى الفضاء الخارجي مما يسبب ارتفاع درجة حرارى البحار والمحيطات وسطح الكرة الارضيه بشكل عام عن المعدل الطبيعي

هنالك خطوات للتقليل من الاحتباس الحراري :-

(١) التبريد والتدفئة : التقليل من استخدام الكهرباء للتدفئة في المناطق الباردة والتبريد في المناطق الحارة وذلك باستخدام مواد عازلة عند البناء

(٢) الكهرباء : حاول إن تقلل من استهلاك الكهرباء بصورة عامة فتوليد الكهرباء يحتاج إلى حرق وقود ملوث للبيئة يصل إلى ٦٠% من الطاقة التي تتولد فيما بعد

(٣) استخدام الاضاءة المناسبة : استبدل المصابيح العادية بمصابيح الفلوريسنت حيث ستوفر عليك الطاقة الكهربائية وتوفر في فاتورة الكهرباء في المنزل وتجنب مصابيح الهلوجين حيث ينتج عنها حرارة عالية قد تصل إلى 500 °C

(٤) البراد : يعتمد استهلاك البراد للكهرباء على سعته وحجمه فالبراد ذو حجم $400\ L$ يستهلك حوالي $160\ K\ Watt$ في السنة

(٥) غسالات الملابس : يفضل شراء الغسالة التي تستهلك $0.9\ K\ Watt$ في الساعة والتي توفر كمية كبيرة جدا من الماء والكهرباء

(٦) الكمبيوتر : احرص على شراء الكمبيوتر ذي الشاشة المسطحة بدلا من الشاشة القديمة واستعمل منظم الطاقة للتقليل من استهلاك الكهرباء واطفاء الجهاز عند عدم الحاجة له لعدم استهلاك الطاقة الكهربائية

تبريد الهواء الجاف اثناء صعوده اديباتيكيا :-

الهدف هنا ايجاد معادلة لحساب الانحدار الحراري لهواء جاف اثناء صعوده اديباتيكيا باستخدام المعادلتين (6) و (12) للوصول إلى هذا الهدف

$$dP = -\rho g dz \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (6)$$

$$dP = -\frac{m}{V} g dz$$

ولوحدة الكتل $m = 1$

$$\therefore dP = -\frac{1}{V} g dz$$

$$dP = -\frac{P}{rT} g dz$$

عوضنا عن $V = \frac{rT}{P}$

$$\frac{dP}{P} = -\frac{g}{rT} dz \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (6-a)$$

من المعادلة (12)

$$C_P\, dT = rT \frac{dP}{P} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (12)$$

$$\frac{dP}{P} = \frac{C_P}{r} \frac{dT}{T} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (12-a)$$

بمساواة المعادلتين $(6-a)$ مع $(12-a)$ ينتج

$$-\frac{g}{rT} dz = \frac{C_P}{r} \frac{dT}{T}$$

$$\frac{dT}{dz} = -\frac{g}{C_P}$$

$$\therefore \alpha\, d = -\frac{dT}{dz} = \frac{g}{C_P} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (17)$$

يسمى المعامل $\alpha\, d$ بالانحدار الحراري الاديباتيكي الجاف

لحساب القيمة العددية نستخدم المعادلة (17) بعد التعويض عن قيمة

$C_P = 1004\ J/Kg\ .K$ ، $g = 9.8\ m/\ sec^2$

H.W

اوجد قيمة $\alpha\ d$ اذا علمت إن $C_P = 1000\ J/Kg\ .K$ ، $g = 9.8\ m/\ sec^2$

تبريد الهواء الرطب غير المشبع اثناء تمدده اديباتيكيا :-

لدينا هواء رطب (هواء جاف + بخار ماء) غير مشبع ضغط بخاره الجزئي e وضغطه الكلي P وحسب قانون دالتون يكون الضغط الكلي للخليط (هواء جاف + بخار ماء) يساوي مجموع الضغوط الجزيئية للهواء الجاف مع بخار الماء وتكون كثافة الخليط هي

ρ الكلية $= \rho$ للهواءالجاف $+ \rho$ بخارالماء

$P = \rho r T$

$\therefore\ \rho = \dfrac{P}{rT}$

ρ الكلية $= \dfrac{P-e}{rT}$ للهواءالجاف $+ \dfrac{e}{r_v T}$ بخارالماء ……. (18)

$r = \dfrac{R}{M} \implies R = Mr$

بخارالماء $R = M_w r_v$

المعادلة (*18*) تصبح

$$\rho = \frac{M_w}{R}\frac{e}{T} + \frac{P-e}{rT}$$

$$\therefore\ \rho = \frac{M_w}{Mr}\frac{e}{T} + \frac{P-e}{rT}$$

$$\frac{M_w}{M} = \frac{\text{الوزن الجزيئي للماء}}{\text{الوزن الجزيئي للهواء}} = \epsilon$$

من المعادلة اعلاه والتعويض بـ ϵ ينتج

$$\rho = \epsilon \frac{e}{rT} + \frac{P-e}{rT}$$

$$\epsilon = \frac{\text{ماء } M_w}{\text{هواء } M} = \frac{18}{28.6} = 0.622$$

$$\rho = 0.622 \frac{e}{rT} + \frac{P}{rT} - \frac{e}{rT}$$

$$\therefore \rho = \frac{P}{rT} - 0.378 \frac{e}{rT}$$

$$\therefore \rho = \frac{P}{rT}\left(1 - 0.378 \frac{e}{P}\right) \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (19)$$

من المعادلة يتضح إن كثافة الهواء الرطب الخليط اقل من كثافة الهواء الجاف تحت نفس الضروف من ضغط ودرجة حرارة

المعادلة (19) يمكن كتابتها بالشكل التالي

$$P = \rho T \left(\frac{r}{1 - 0.378 \frac{e}{P}}\right)$$

$$\text{Or } P = \rho r_m T$$

حيث $r_m = \left(\frac{r}{1-0.378\frac{e}{P}}\right)$ ثابت الغاز الرطب لوحدة الكتل

$$\because \frac{e}{P} = \frac{x}{\epsilon}$$

حيث x تمثل نسبة الخلط مقدرة بالغرام بخار لكل غرام هواء جاف

$$\because r_m = \left(\frac{r}{1 - 0.378 \frac{x}{\epsilon}}\right)$$

$$r_m = \left(\frac{r}{1 - 0.61\, x}\right)$$

رياضيا

$$\frac{1}{1-x} = 1 + x + x^2 + \cdots$$

$$r_m = r\,(1 + 0.61\,x)$$

$$P = \rho\, r\, T\,(1 + 0.61\,x)$$

$$P = \rho\, r\, T_v \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots.. (21)$$

حيث

$$T_v = T\,(1 + 0.61\,x) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (22)$$

المعادلة الاخيرة ترينا إن درجة حرارة الهواء الرطب تزيد على درجة حرارة الهواء المحيط بمقدار $0.61T\,x$

وان T_v تسمى درجة الحرارة التقديرية وتعرف بانها درجة حرارة الهواء الجاف الذي كثافته تساوي كثافة الهواء الرطب تحت نفس الضغط الجوي

فائدة درجة الحرارة التقديرية :-

تستخدم درجة الحرارة التقديرية لحساب سمك الطبقات الهوائية العليا Z المحصورة بين سطوح ضغط المنطقة التي يتساوى فيها الضغط الجوي . من الرجوع إلى المعادلة (7) وعند استبدال T بـ T_v

$$\frac{dP}{P} = -\frac{g}{rT_v}\,dz \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

$$-rT_v\,\frac{dP}{P} = g\,dz = dG$$

حيث G تسمى الجهد التثاقلي ويمثل الطاقة الكامنة التثاقلية لوحدة الكتل $m = 1$

باجراء التكامل على المعادلة الاخيرة نحصل على :

$$G_2 - G_1 = -rT_v[\ln P]_{P_1}^{P_2}$$

نقلب الحدود
للتخلص من السالب

$$\Delta G = rT_v \ln \frac{P_1}{P_2} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (23)$$

من المعادلة (23) يتضح إن الجهد التثاقلي ΔG لو اردنا حسابه يجب إن يحسب T_v واذا اردنا حساب T_v يجب إن نحسب T , x (من معادلة ٢٢) باستخدام جهاز *Radio sound* وكذلك يكون باستطاعتنا حساب ΔG والتي من خلالها نستطيع تطبيق المعادلة

$$\Delta G = m\ g\ z \qquad , \ m = 1$$

ملاحظة :-

يمكن اثبات إن الهواء الرطب غير المشبع يبرد عند صعوده اديباتيكيا بنفس المقدار الذي يبرد به الهواء الجاف خصوصا عندما تكون نسبة الخلط x صغيرة جدا

إن الحرارتين النوعيتين للهواء الرطب $\acute{C}_v$ ، $\acute{C}_{\mathrm{P}}$ تعطيان بدلالة مثيلاتها للهواء الجاف من العلاقتين

$$\left.\begin{aligned} \acute{C}_{\mathrm{P}} &= C_P\,(1 + 0.9x) \\ \acute{C}_v &= C_v(1 + 1.02x) \end{aligned}\right\} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (24)$$

من المعادلة (7) والمعادلة (13)

$$\frac{dP}{P} = -\frac{g}{rT}dz \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (7)$$

$$\frac{C_P\ dT}{r\ T} = \frac{dP}{P} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (13)$$

عند استبدال T بـ T_v و C_P بـ $\acute{C}_{\mathrm{P}}$ و r بـ r_m ومساواة المعادلتين اعلاه نحصل على

$$-\frac{g}{r_m}\frac{dz}{T_v} = \frac{\acute{C}_{\mathrm{P}}\ dT}{r_m\ T_v}$$

$$-\frac{dT}{dz} = \frac{g r_m T_v}{\acute{C}_{\mathrm{P}} r_m T_v}$$

$$-\frac{dT}{dz} = \frac{g}{\acute{C}_{\mathrm{P}}} = \ \alpha_m \text{ او } \alpha_d$$

$$\alpha_m \equiv \alpha_d = \frac{g}{C_P\,(1 + 0.9x)}$$

x تكون صغيرة جدا

$$\alpha_m \equiv \alpha_d = \frac{g}{C_P}$$

الفيزياء المجهرية للغيوم

الغيمة :- هي مجموعة هائلة من القطرات المائية المتناهية في الصغر حيث يوجد منها ١٠٠ قطرة في السنتمتر المكعب الواحد

سبب تكون الغيوم :-

تتكون الغيوم نتيجة الرفع الشبه اديباتيكي للهواء الرطب إلى طبقات الجو العليا ذات الدرجات الحرارية المنخفضه ويؤدي ذلك إلى برودة الهواء إلى حد الاشباع ، وبعد ذلك يتكاثف لتكوين قطرات السحابة والتي تكون عبارة عن قطرات مائية او ثلجية .

إن الهواء الرطب الذي يكون الغيوم يرتفع بعدة طرق اهمها :-

أ) تيارات الحمل : ويحدث ذلك عندما يمر هواء بارد نسبيا ورطب فوق سطح درجة حرارته اعلى منه فيسخن الهواء وتقل كثافته ويصعد إلى الاعلى

ب) تأثير المرتفعات : عندما يندفع الهواء نحو احد المرتفعات ويجبر على تسلق سلسلة من الجبال والهضاب يصعد الهواء ذاتيا مكونا سحب على جانب الجبال المواجهه للهواء

ج) الجبهات الباردة : عندما يندفع هواء بارد إلى مناطق فيها هواء ساخن نسبيا فان الهواء البارد ونظرا لزيادة كثافته يزحف تحت الهواء الساخن ويحمله فوق إلى الاعلى تدريجيا والحد الفاصل بين الهواء البارد والهواء الساخن يسمى الجبهه الباردة

د) التجمع : احيانا يضطر الهواء للتجمع والصعود إلى الاعلى حول محور معين ويتكون هذا المحور نتيجة لتوزيع مراكز الضغط الجوية مما يتسبب في صعود الهواء وتبريده ذاتيا ليحدث بعد ذلك التكاثف

إن الهواء هندما يصعد إلى الطبقات الجوية العليا ولكي يتكاثف هناك شرطان يجب توفرهما وهما:

- تبريد الهواء المشبع وهذا الشرط يتحقق عمليا من خلال عملية صعود الكتلة الهوائية
- اما الشرط الثاني فيتمثل بتوفر مايسمى انوية التكاثف Condensation nuclei

هناك نوعان من التكاثف :

١- التكاثف المتجانس ٢- التكاثف غير المتجانس

التكاثف المتجانس :-

يحدث هذا النوع من التكاثف دون الاعتماد علة نويات وانما تعتمد جزيئات الماء على بعضها لتكوين جسيمات مائية صغيرة تسمى الاجنة ، تنمو بدورها لتكوين قطرات السحابة ، إن حدوث هذا النوع من التكاثف يتطلب رطوبة نسبيه قدرها ١٠٠% وهذا اثبت علميا في غرفة صناعية خالية من جسيمات الهباء لذا فان عملية حدوثه داخل الجو الارضي تكون شبه مستحيله ولاثبات هذه الاستحالة سيتم حساب نصف القطر الحرج للجنين المستقر من معادلة كلفن - جبس للتكاثف المتجانس والتي هي :

$$r = \frac{2\sigma}{r_v \rho_L T \ln s}$$

حيث : r نصف القطر الحرج للجنين

r_v ثابت الغاز للغرام الواحد من الماء وقيمته $r_v = 0.462 \ \frac{J}{gm.K}$

σ معامل الشد السطحي للماء $\sigma = 75 \ dyn/cm$

ρ_L كثافة الماء

T درجة الحرارة المطلقة

s نسبة الاشباع

$$r = 0.12 \times 10^{-6} \ cm$$

إن قيمة r المستخرجة تتطلب مايقارب ٢٤٧ مليون قطرة سحابة واحدة وهذا مايؤكد استحالة حدوث النمو المتجانس

نويات التكاثف :

وهو الشرط الثاني لحدوث عملية التكاثف وهي عبارة عن جسيمات صغيرة تنتشر في الهواء تكون مصادرها مختلفة مثل اليابسة والبخار والنشاط البشري والبراكين والشهب ويطلق عليها اسم الهباء
تقوم جزيئات بخار الماء بالتجمع نحو نويات التكاثف لتكوين نقط دقيقة من الماء اذ إن عملية تكوين هذه القطيرات تكون مستحيلة دون وجود نواة مناسبة وتعمل النواة على اجتذاب او جذب الجزيئات وابقاءها متماسكة بشكل نقطة ماء
نقسم نويات التكاثف إلى ثلاثة اقسام اعتمادا على نصف قطر النوية وهي :-

أ- نويات ايتكن :- وهي النويات التي يقل نصف قطرها عن $0.2 \ \mu m$
ب- النويات الكبيرة : ويتراوح نصف قطر النوية مابين $(0.2 - 1) \ \mu m$ وهي مهمه في حدوث عملية التكاثف
ج- النويات العملاقة : وهي التي يكون نصف قطرها اكبر من $1 \mu m$

إن النويات من النوع الثاني (النويات الكبيره) تكون مهمه لعملية التكاثف لكونها تحتاج إلى رطوبة نسبية اقل من ١٠٠ % وتكون النويات اما متميعة (تمتص الماء وتذوب فيه) او صلبة . اذا كانت النويات صلبة ودرجة حرارة الجو تحت الصفر المئوي فان بخار الماء الموجود في الجو يتحول إلى بلورات ثلجية مباشرة مع تكاثفه ونمو هذه البلورات الثلجية مع استمرار عمليه التكاثف باشكال هندسية مختلفة ويكون سبب اختلاف الاشكال هو اختلاف الظروف التي تنمو فيها البلورة من رطوبة ودرجة حرارة

اشكال التكاثف والهطول :-

الهطول هو نتيجة لعملية التكاثف ويمكن تقسيم اشكال التكاثف والهطول إلى قسمين القسم الاول هو الاشكال السائلة والقسم الثاني هو الاشكال الصلبة ومن الاشكال السائلة مايلي :

١- الشابورة والضباب Mist and fog

وهي ظاهرة التعتيم التي تحدث في طبقات الجو القريبة من سطح الارض نتيجة تكاثف قطرات الماء التي تبقى معلقة في هذه الطبقات من الجو ويطلق لفظة الشابورة (*Mist*) عندما يكون مدى الرؤية الافقية مابين (*2000 – 1000*) متر اما الضباب (*fog*) فيطلق على الظاهرة عندما تقل الرؤية الافقية عن *1000*متر

إن هاتين الظاهرتين تحدثان للاسباب التالية :-

أ- تبريد الهواء المباشر عن طريق الاشعاع الحراري من سطح الارض خلال الليل

ب-مرور هواء رطب ودافئ خلال الليل

ج- عمليات المزج

كما يتطلب كميات من انوية التكاثف .

إن الشابورة والضباب التي تحدث فوق المناطق الداخلية (البعيدة عن البحار) تكون بسبب النقطة (أ) و تنقشع مع ظهور الشمس وتدفئة الجو (سطح الارض) اما النوع الذي يحدث فوق البحار والشواطئ فيتكون بسبب التبريد للمزج وكثيرا مايبقى متواجدا خلال ساعات النهار

٢- السحاب Clouds

وهي حاله خاصه من ظاهرة الضباب ، تكون فيها قطرات الماء المتكاثفة مرتفعه عن سطح الارض وتنتج هذه الظاهرة من تبريد الهواء ديناميكيا اثناء صعوده إلى الاعلى باحد عوامل الصعود التي مر ذكرها او عن طريق المزج بين كتلتين هوائيتين ونظرا لامتداد بعض انواع السحب إلى مسافات كبيرة راسيا حيث تنخفض درجات الحرارة كثيرا فاننا نتوقع إن تحتوي هذه السحب على قطرات مائية فوق المبردة وعلى بلورات ثلجية ايضا في الاجزاء العلوية منها .
تنقسم السحب إلى عشرة اقسام رئيسية تم الاتفاق عليها دوليا وتوضع في ثلاث مستويات حسب ارتفاع قاعدتها عن مستوى سطح الارض

تصنيف السحب :-

تصنف السحب إلى :-

أ- السحب العالية

ب- السحب المتوسطة

ج- السحب المنخفضة

السحب العالية :- وتشمل

١- السحب السمحاقية : ينتمي هذا النوع من السحب إلى السحب العالية والسمحاق اجزاء منفصله من السحب في صورة رقع ضيقة بيضاء ويكتسب هذا النوع من السحب منظرا ليفيا او شعريا
٢- السحب السمحاقية الركامية : وهي من السحب العالية والسمحاق الركامي عبارة عن طبقة غير مضللة من السحب لاتحجب ضوء الشمس او القمر ، وتتكون هذة السحب من بلورات من الجليد وبعض الاحيان من قطيرات الماء المفرط البرودة
٣- السحب السمحاقية الطبقية

السحب المتوسطة :- وتشمل

١- السحب الركامية المتوسطة : وينتمي هذا النوع من السحب إلى السحب المتوسطة ، وهي طبقة من السحب لونها ابيض او رمادي أو خليط بينهما
٢- السحب الطبقية المتوسطة : وهي طبقة من السحب مقلمة او ليفية المظهر تغطي السماء كليا او جزئيا لونها يميل إلى الزرقة او الرمادي
٣- سحب المزن الطبقية : وهي احد انواع السحب المتوسطة رمادية اللون احيانا وداكنة في اغلب الاحيان وهذه السحب تحجب ضوء الشمس او القمر

السحب المنخفضه :- وتشمل

١- السحب الركامية الطبقية :- تنتمي إلى السحب المنخفضة عبارة عن سحب مائلة للون الابيض او الرمادي او كليهما
٢- السحب الطبقية :- سحب رمادية اللون منتظمة القاعدة وتدعى بالقرب من سطح الارض ضبابا وقد تمطر رذاذا او حبيبات ثلج
٣- سحب المزن الركامي :- سحب كثيفة تمتد راسيا إلى درجة كبيرة على صورة جبال او ابراج ضخمة ، غالبا ما يرفق هذه السحب طقس عنيف مثل الاعاصير والعواصف

٣- المطر Rain

هو رطوبة الهواء المتكاثف والساقط على شكل نقاط منفصلة وقد اتفق على إن يقتصر معناها على الهطول الذي يكون قطر النقاط فيه اكبر من $0.5\ mm$

٤- الرذاذ *Drizzle*

هو رطوبة الهواء المتكاثف والساقط على شكل نقاط منفصلة صغيرة جدا يقل قطرها عن $0.5\ mm$ ويتميز الرذاذ بان فترة سقوطه قد تطول ساعات عديدة وربما ايام وبشكل متواصل وعادة مايتساقط الرذاذ من السحب الطبقية

٥- الزخات *Showes*

احد حالات المطر التي بشدتها وقصر منزلها فعادة ما تسقط الزخات لفترة بضع دقائق وقد تمتد في بعض الاحالات إلى نصف ساعة او ساعة وتتميز الفترات الفاصلة بين الزخات بصفاء واضح في السماء وهذا يعني إن السحب التي تعطي هذه الزخات تكون منفصلة عن بعضها وليس

كتلة واحده وتغطي كل وجه السماء كما في حالة السحب الطبقية وانواع السحب التي تعطي الزخات غالبا ماتكون من السحب الركامية المزنية

٦- الندى *Dewpoint*

وهو نقاط الماء التي تتكون نتيجة تكاثف بخار الماء في الهواء على اي سطح افقي بسبب برودته بالاشعاع الليلي

إن القسم الثاني من اشكال التكاثف والهطول يتميز بالاشكال الصلبة التالية :-

١- الثلج *Snow*

وهو الهطول بشكل بلورات ثلجية والتي تاخذ اشكال هندسية مختلفة ، يكون هذا النوع من الهطول عندما تكون درجة حرارة الهواء تحت الصفر المئوي فيمر بخار الماء مباشرة من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة وتنمو البلورات وتسقط على شكل القطن او القشور الرقيقة وتتساقط الثلوج في الشتاء على اجزاء واسعه من المناطق الباردة وتتراكم على الارض ليتراوح سمكها من عده سنتمترات إلى عدة امتار وتسبب مزيدا من الهبوط في درجة حرارة الجو لانها تعكس نسبة عالية من الاشعاع الشمسي ولاترتفع درجة الحرارة في المناطق المغطاة بالثلوج الا بعد ذوبان جميع الثلوج رغم سطوع الشمس

٢- البرد *Hail*

هو قطرات الماء التي تتجمد داخل السحب وتسقط على شكل كرات جليدية بياء معتمة مختلفة الاحجام . والراي السائد عن الاسلوب الذي يتكون بيه البرد داخل السحابة هو انه عندما تتساقط البلورات الثلجية الموجودة في اعلى السحابة تحت تاثير الجاذبية خصوصا بعد تجمعها مع بعضها البعض إلى منطقة مافوق المبرد تتجمد هذه النقاط المائية حول البلورات الثلجية وكانها نواه للتجمع متضمنة بعض الهواء في داخلها الامر الذي يجعلها معتمة وتحمل هذه النقاط المتجمدة داخل السحابة بواسطة التيارات الصاعدة والهابطة وتسقط على الارض عندما تعجز التيارات الصاعدة عن حملها بسبب نموها وكبر حجمها وخلال عملية السقوط نحو الارض يذوب بعض الثلج من حولها متحولا إلى قطرات تضاف إلى قطرات المطر الاخرى

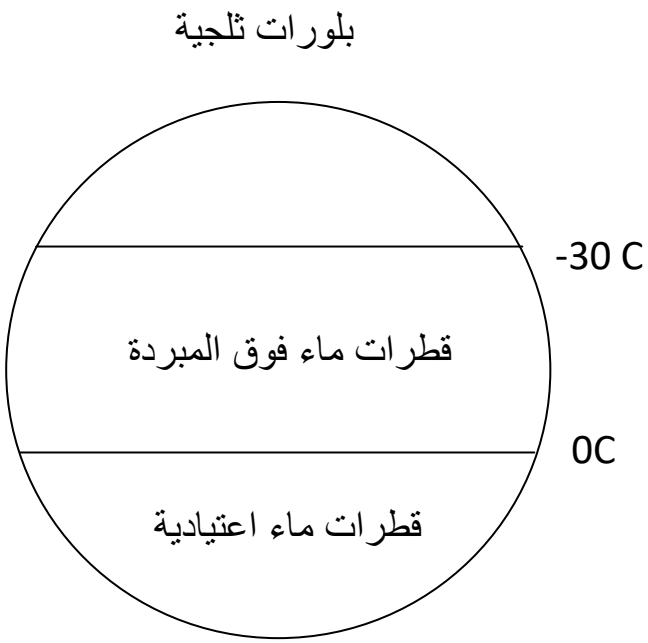
٣- الصقيع *Frost*

هو طبقة رقيقة من الجليد تغطي الاجسام الصلبة عند سطح الارض او تغطي سطح الارض ذاته ويحدث الصقيع عندما تكون درجة حرارة الهواء تحت نقطة تجمد الماء وظرف تكون الصقيع هو نفس ظرف تكون الندى مع الفارق في درجات الحرارة التي تحدث عندها الحالتان حيث هنا يتكاثف بخار الماء إلى الحالة المتجمدة مباشرة ويسبب الصقيع اضرارابالغة للمزروعات والمحاصيل

ظاهرة قطرات الماء فوق المبردة :-

اذا ما حدث التكاثف مع اي من انوية التكاثف السائلة او الصلبة في درجات الحرارة الاعلى من الصفر المئوي كان التكاثف في صورة نقطة من الماء السائل ولكن في حالة انعدام نويات التكاثف الصلبة وعند درجات حرارة اقل من الصفر المئوي فان نتيجة التكاثف هو قطرات ماء فوق المبردة وتبقى هذه القطرات في حالة السيولة رغم انخفاض درجة الحرارة تحت الصفر المئوي ومن خصائص هذه القطرات هو تغير

حالتها من السائلة إلى الصلبة (الانجماد) عند اصطدامها بجسم صلب وهذا ما لاحضناه في عملية تكوين البرد



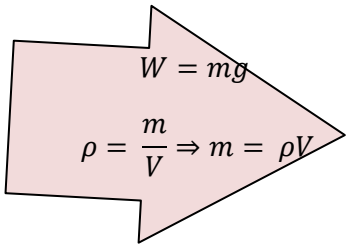
كمية الهطول *Rain fall*

هو المجموع الكلي لما ينتج من الهطول (المطر ، البرد ، الثلج ، الندى) وانت الثلاث الاولى (المطر ، البرد ، الثلج) يكون الجانب الرئيسي من الهطول والمجموع الكلي من الهطول هو نتيجة مباشرة لتكاثف بخار الماء الموجود في الجو ويعبر عن كمية الهطول بالمليمترات على السنتمترات المربعة ويقاس اما لـ ٢٤ ساعه الماضية او لطول الشهر او السنة الماضية وتقاس كمية الهطول بواسطة جهاز Rain gauge

تيارات الحمل في الجو :-

سيتم دراسة حالة طرد هوائي ساخن يرتفع إلى الاعلى من مستوي الضغط P إلى مستوي الضغط $P_\circ$ $(P \rightarrow P_\circ)$

إن الطرد الهوائي ذو الحجم (V) والكثافة (ρ) عندما يتحرك إلى الاعلى فانه يزيح حجما من الهواء المحيط بقدر حجمه (V) علما إن كثافة الهواء المحيط (ρ)



إن القوى التي تؤثر على الطرد الهوائي هي وزنه للاسفل $(V\rho g)$

والقوى الطوفانية التي تنتج من حجم الهواء المزاح هي $(V\acute{\rho}g)$

وان محصلة القوى بالاتجاه الشاقولي تعطى بالمعادلة التالية :-

$$F = V\acute{\rho}g - V\rho g$$

$$F = Vg\,(\acute{\rho} - \rho) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$\text{Or} F = g\frac{\acute{\rho}-\rho}{\rho} \quad , \quad V = \frac{m}{\rho} \quad , m = 1$$

لحساب التعجيل الذي يتحرك به الطرد نستخدم قانون نيوتن الثاني $F = ma$ وبالتعويض في معادلة (1) نحصل على :-

$$ma = \frac{m}{\rho} g(\acute{\rho} - \rho)$$

$$a = g\frac{\acute{\rho} - \rho}{\rho}$$

لحساب a بدلالة T نعتمد على معادلة الحالة

$$P = \acute{\rho} rT \ldots\ldots\ldots (\text{للهواء المحيط}) \qquad P = \rho rT \ldots\ldots\ldots (\text{للطرد})$$

بالتعويض في معادلة التعجيل الاخيرة نحصل على :-

$$a = g\,\frac{\frac{P}{r\acute{T}} - \frac{P}{rT}}{\frac{P}{rT}}$$

$$a = g\frac{\frac{P}{r}\left(\frac{1}{\acute{T}}-\frac{1}{T}\right)}{\frac{P}{r}\left(\frac{1}{T}\right)}$$

$$a = g\left(\frac{(T-\acute{T})}{\acute{T}}\right) \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2)$$

إن الكمية $\left(\frac{(T-\acute{T})}{\acute{T}}\right)$ تسمى بالطوفانية ويرمز لها B لذا فالمعادلة (2) يمكن إن تكتب

$$a = gB = \frac{dw}{dt}$$

$$gB = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dz}\cdot\frac{dz}{dt} = w\frac{dw}{dz}$$

$$\frac{dz}{dt} = w$$

$$\therefore gB = w\cdot\frac{dw}{dz} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (3)$$

$$w\,dw = gBdz \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (4)$$

بتكامل المعادلة (4) نحصل على

$$\int_{w_\circ}^{w} w\,dw = \int_{z_\circ}^{z} gBdz$$

$$\frac{w^2}{2} - \frac{{w_\circ}^2}{2} = \int_{z_\circ}^{z} gBdz$$

$$w^2 = {w_\circ}^2 + 2\int_{z_\circ}^{z} gBdz \dots\dots\dots\dots\dots\dots (5)$$

$$\because dP = -\rho g dz$$

$$\therefore dz = -\frac{dP}{\rho g}$$

بالتعويض في معادلة (5) نحصل على

بقلب حدود التكامل تتحول الاشارة من سالب إلى موجب

$$w^2 = w_\circ^2 - 2\int_{P}^{P_\circ} gB\,\frac{dP}{\rho g}$$

$$w^2 = w_\circ^2 + 2\int_{P_\circ}^{P} gB\,\frac{dP}{\rho g}$$

$$w^2 = w_\circ^2 + 2\int_{P_\circ}^{P} B\,\frac{dP}{\rho}$$

$$\rho = \frac{P}{rT}$$

$$w^2 = w_\circ^2 + 2\int_{P_\circ}^{P}\left(\frac{T - \acute{T}}{\acute{T}}\right)\frac{dP}{P}rT$$

$$T \approx \acute{T}$$

$$w^2 = w_\circ^2 + 2r\int_{P_\circ}^{P}(T - \acute{T})d\ln P$$

$$d\ln P = \frac{dP}{P}$$

الشعاع والاتزان الحراري :-

الحرارة هي شكل من اشكال الطاقة تعبر على مدى حركية الذرات داخل جسم ما وهي غير مرئية لكن يمكن الاحساس بها من حولنا وتنتقل من الجسم ذا درجة حرارة الاعلى إلى الجسم ذا درجة الحرارة الاقل إلى إن يحصل توازن بينهما ، عندها فقط يتوقف الانتقال الحراري . من الامثلة على ذلك عند وضع قطع ثلج (الحرارة لها تكون صفر مئوية او اقل) إلى داخل وعاء به ماء بدرجة حرارة 30 درجة مئوية يبدا الثلج بالذوبان إلى إن يصبح للماء داخل الوعاء درجة حرارة واحدة ، ذوبان الثلج ينتج عن اكتساب جزيئات الماء المتجمدة حرارة وتحصل عليها من الماء المحيط . هنا يجب التاكيد على إن الطاقة الحرارية مرتبطة بانتقال الطاقة بين الاجسام وليست مقياسا لدرجة حرارة الاجسام ، لذا يجب التفريق بين الطاقة الحرارية لجسم ما ودرجة حرارته ، ووحدات قياس الطاقة الحرارية هي الجول أو السعرة الحرارية (calorie) ، بينما وحدات قياس درجة الحرارة هي الكلفن (درجة الحرارة المطلقة) أو اسيلزيوس (°C) أو الفهرنهايت .

طرق انتقال الحرارة ثلاثة من حيث الميكانيكية ، لكن في التطبيقات العلمية تشترك العمليات أو اثنتين منها بالتوازي معا في نقل وتوزيع الطاقة

١- التوصيل Conduction:-

التوصيل الحراري هي احدى طرق انتقال الطاقة الحرارية ، يحدث عن طريق تبادل الحرارة بين جزيئات وذرات المواد دون حدوث انتقال مكاني لها ، قد يحدث التوصيل على مستوى المادة الواحدة مثل انتقال الحرارة بين اطراف قضيب معدني او بين جسمين متلامسين ، مثلا انتقال الحرارة في كاس الشاي بين الماء الساخن وجدار الكاس ، واتجاه انتقال الحرارة هو دائما من النقطة الساخنه إلى النقطة الباردة . ألية الانتقال الحراري بالتوصيل

التوصيل الحراري يحدث على المستوى الذري للمادة فاكتساب مادة لحرارة يعمل على تحفيز الذرات والجزيئات بداخلها فتنتشر ، وينتج عن الانتشار تحريك الطاقة الداخلية فيها والتي هي مجموع الطاقة الكامنة والطاقة الحركية ، فيحدث الانتقال الحراري الذي له عدة صور هي :

- التصادم : اكتساب الذرات الحرارة يعمل على زيادة ذبذبتها وتحررها في مواقعها مما يسبب تصادمها مع الذرات جاراتها ، وهذا يسبب فقدان للطاقة واكتسابها من قبل ذرات اخرى . يظهر اثر التصادم غي المواد غير الموصله بشكل أوضح من الفلزات
- تحرر الالكترونات : ايضا الحرارة تعمل على اكساب الالكترونات لطاقة تحررها من مساراتها داخل الذرة ، فتتحرك حاملة معها جزء من الطاقة ، وتقوم باعطائها لذرة مجاورة .وهذا الشكل من التوصيل الحراري يظهر بشكل واضح في الفلزات
- تدفق الفونونات : إن اكتساب الذرات لطاقة يعمل على اهتزاز الذرات محدثة طاقة تسمى (بطاقة الفونون) وتكون اقل من الطاقة المحمولة بالالكترونات للمادة

٢- الحمل Convertion:-

هي احدى طرق انتقال الطاقة الحرارية في المواد ، تحدث بشكل خاص في الموائع وليش الاجسام الصلبة . آلية الانتقال الحراري بتيارات الحمل نتيجة لارتفاع درجات الحرارة في المائع يحدث له تمدد وبالتالي انخفاض في كثافته ، مما يسبب ارتفاعه للاعلى أو انتشاره ، ويحل محله مائع له كثافة اقل . حركة المائع من الاسفل للاعلى والعكس تعمل على احداث تيار وانتقال حراري ، وهذه العملية تسمى الحمل الحراري

خصائص تيارات الحمل الحراري يحدث هبوط وصعود لجزيئات المائع ، اي انتقال مكاني للجزيئات محملة بالطاقة التي اكتسبتها . لاتتوقف حركة المائع الا اذا تساوت درجات حرارته . الحركة للمائع اما

انت تكون منسقة باتجاه واحد من الاسفل للاعلى ، او تكون عشوائية يعبر عنها بالانتشار . الحركة المنسقة تحمل طاقة اعلى بكثير من الحركة العشوائية .

اشكال الحمل الحراري :-

- الحمل الحراري الطبيعي او الحر :- حركة المائع تحدث نتيجة اختلاف درجات الحرارة واختلاف الكثافة بالظروف الطبيعية ، حيث لاتوجد مؤثرات خارجية تجبر المائع على الحركة . ولهذا الشكل تطبيقات واسعه حيث يعتبر اساس الحفاظ على الغلاف الجوي ودرجات الحرارة على سطح الارض ، وحتى العوامل الجوية القوية مثل العواصف والاعاصير عائدة إلى الحمل الحراري الطبيعي
- الحمل الحراري القسري :- يعبر عن حركة المائع نتيجة لمحفز أو قوة تجبر جزيئاته على الحركة والانتقال ، من الامثلة على المحفزات الرياح او المضخات . من التطبيقات العملية على الحمل القسري هي تبريد الاجهزة والمراوح في الكمبيوترات

٣- الاشعاع radiation :-

هي احدى طرق انتقال الطاقة الحرارية في المواد ، تحدث بجميع انواع المواد . وهذه العملية تصف الطاقة المنبعثة من المادة في الفراغ او في وسط شفاف سواء كان صلبا او مائعا على شكل فوتونات وموجات كهرومغناطيسية

آلية عمل الاشعاع الحراري : عند ارتفاع درجة حرارة المادة ’ تتحرر الذرات والجزيئات في المادة فتتحرك وتصطدم ببعضها ولان جزيئات المادة التي هي الالكترونات والبروتونات تحمل شحنات فان حركتها تحدث اشعاعا كهرومغناطيسيا ، يسير بخطوط مستقيمة ويحمل جزء من طاقة الذرة مبتعدا بها عنها ، ترتفع كفاءة الاشعاع مع ارتفاع درجة الحرارة

والاشعاع عملية مستمرة لفقد الطاقة من سطح الجسم ويحدث على جميع الاجسام ، وفي حالة اصطدام الاشعة بجسم فان الجسم يمتص جزء منها وتتحول داخله إلى حرارة . وقدرة الجسم على امتصاص الاشعاع تعرف بـ (عامل الامتصاص)

خصائص الطاقة الحرارية المنقولة بالاشعاع : موجات الاشعاع تنتقل في الفراغ بسرعة الضوء بالتالي تعتبر اسرع طريقة في الانتقال الحراري مقارنه مع التوصيل والحمل الحراري . الاشعاع الحراري يسير في خطوط مستقيمة . لايمكن لجسم إن يمتص كامل الطاقة الاشعاعية اي بكفاءة تصل إلى 100%

حيث إن جزء من الحرارة يمتص والاخر ينعكس واذا كان الجسم شفافا فان جزء من الاشعة يخترق الجسم ويخرج . من الممكن استغلال الاشعاع الحراري في انتاج كل من الحرارة والطاقة ، وليس كما في الحرارة الناتجة عن التوصيل او الحمل الحراري ، ويتم ذلك عن طريق تركيز الاشعاع الحراري باستخدام مرايا وتجميعه في نقطة معينه ، تماما كما في الخلايا الشمسية .

الإشعاع الشمسي :-

عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تسير بسرعة الضوء $\left(3 \times 10^8 \frac{m}{sec} \right)$ وتعتبر هذه الموجات المصدر الرئيسي للطاقة التي تدخل الغلاف الجوي للارض . وتصل هذه الموجات بصورة رئيسية ضمن مدى الاطوال الموجية $(0.2 - 4)\mu m$ وبدرجة حرارة $6000\ K$. إن الجزء الذي تتحسسه العين البشرية ينحصر ضمن المدى $(0.36 - 0.76)\mu m$ والذي يسمى الجزء المرئي من الطيف الشمسي $(visible\ light)$ اما الاشعاعات التي تكون اطوالها الموجية اقل من $0.36\ \mu m$ فتسمى بالاشعه فوق البنفسجية $(ultra - violet)$ والجزء الذي تكون اطواله الموجية اكبر من $0.76\ \mu m$ يسمى بالاشعه تحت الحمراء $(Infrared)$

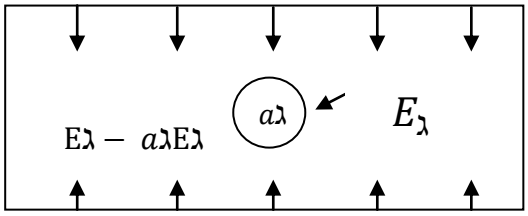
قوانين الاشعاع :-

- ☺ تعريف التدفق الاشعاعي :- هو الطاقة الاشعاعية المارة خلال سطح ما في ثانية واحدة ولوحدة المساحه
- ☺ شدة الاشعاع $(I)\ Intensity$:- هو مركبة التدفق العمودية على السطح
- ☺ الشدة النوعية :- وهي شدة الاشعاع لوحدة الاطوال الموجية $\frac{dI}{d\lambda}$ ويرمز لها بالرمز E_λ

١- قانون كيرشوف :-

الجسم الاسود $(Black\ Body)$:- هو الجسم الذي يمتص جميع الاشعاعات التي تصله سواء كانت هذه الاشعاعات منظورة او غير منظورة

إن قانون كيرشوف يعطي العلاقة بين الامتصاص والانبعاث للاجسام المتزنه حراريا اي إن مقدار مايمتصه الجسم من حرارة يساوي مقدار مايفقده او يبعثه بشرط إن تكون درجة الحرارة ثابته ويصدر منه اشعاع حراري بقدر ما يمتصه



سنفرض جسم مادي موجود داخل غرفة مفرغه من الهواء ومعزولة حراريا كما في الشكل السابق ، نفرض إن $E\lambda$ شدة الاشعاع الساقط من الجدار على الجسم الممتص ، $a\lambda$ نسبة ما يمتصه الجسم من الاشعاعات الساقطة عليه

الشدة الكلية الساقطة على الجسم = الكمية النافذة + الكمية الممتصه

$$a\lambda E\lambda + (E\lambda - a\lambda E\lambda) = E_\lambda$$
$$a\lambda E\lambda + (1 - a\lambda)E\lambda = E_\lambda$$

من المعادلة اعلاه اذا كان الجسم الاسود مثالي فان الطاقة الممتصه يجب إن تساوي الطاقة المنبعثة من الجسم $e\lambda$ اي إن

$$e\lambda = a\lambda E\lambda \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (*)$$

من المعادلة $(*)$ نلاحظ إن النسبة بين شدة الاشعاع المنبعث من وسط مادي ماص للاشعاع إلى شدة الاشعاع الممتص عند نفس الطول الموجي ونفس درجة الحرارة يساوي معامل امتصاص الجسم الاسود $a\lambda$ وهذا مايسمى بقانون كيرشوف اي إن :-

$a\lambda = \frac{e\lambda}{E\lambda}$ قانون كيرشوف للاشعاع

اذا كانت $a\lambda$ تساوي واحد هذا يعني إن الجسم يشع جميع الاشعاعات الساقطة عليه (جسم اسود)

اذا كانت $a\lambda < 1$ يسمى الجسم في هذه الحالة جسما رماديت لانه يشع اقل من الطاقة الممتصه

إن الحالة التي يكون فيها $a\lambda$ تساوي واحد عندها يكون الجسم في حالة اتزان اشعاعي . ولقد اثبتت الدراسات المناخية إن حالة الارض هي نفس حالة الجسم المتزن اشعاعيا حيث إن كمية الاشعاع التي تمتصها الارض تساوي كمية الاشعاع الصادرة عن الارض ، إن الارض تعتبر جسم اسود مثالي

$\mathcal{E} = 0.95$ للارض

$\mathcal{E}$ هي الانبعاثية $\mathcal{E} = 100\%$ للجسم الاسود

٢- قانون بلانك للاشعاع :-

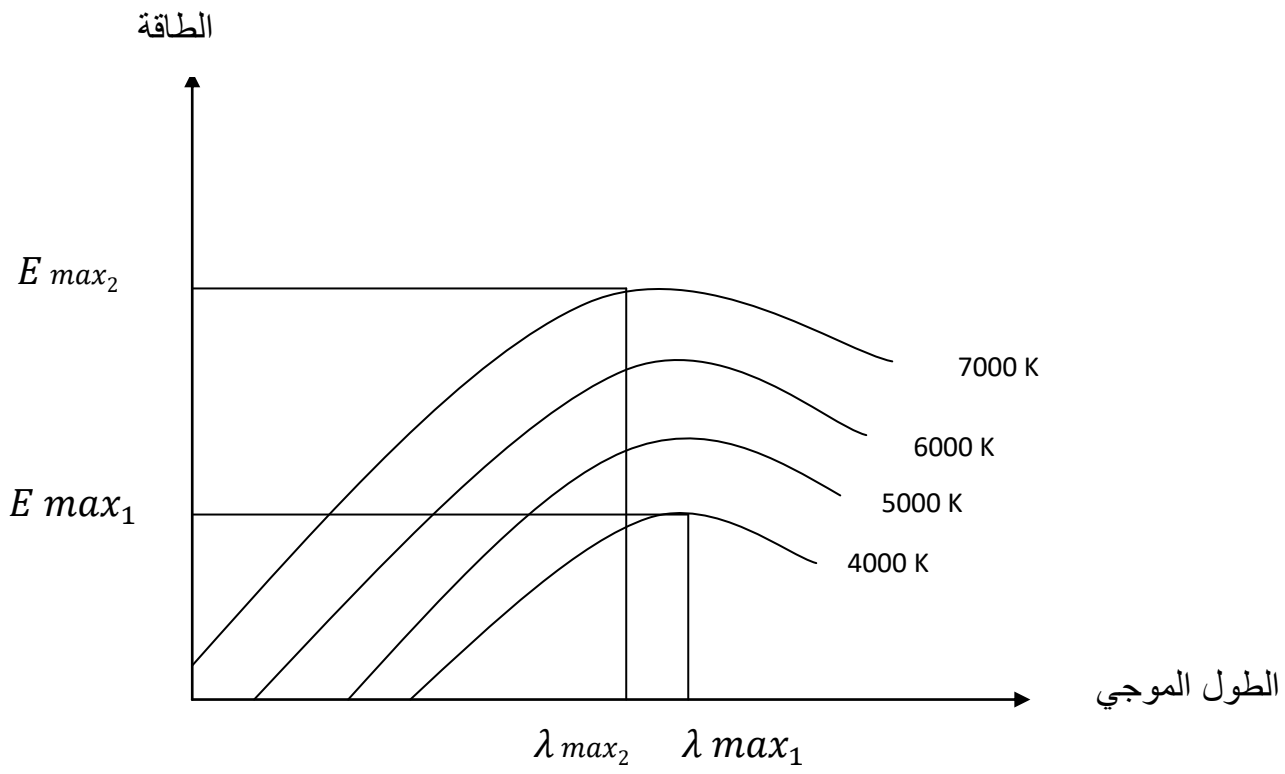
يصف هذا القانون طاقة الاطوال الموجية وتوزيعها للاشعاع الكهرومغناطيسي من سطوح الاجسام ذات درجات الحرارة المختلفة

إن الصيغة الرياضية لهذا القانون هي :

$$E\lambda = \frac{2\pi\, h\, c^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{hc/\lambda K\mathrm{T}} - 1}$$

حيث h هي ثابت بلانك ، K ثابت بولتزمان ، T درجة الحرارة المطلقة للجسم

لقد حسب بلانك التوزيع الصحيح لطاقة الاشعاعات القادمة من مشع مثالي والشكل التالي يبين منحنيات الطاقة لمادة مشعه كدالة للطول الموجي ودرجة الحرارة ولدرجات حرارة مختلفة



يتضح من الشكل السابق :-

١- إن الزيادة في درجة حرارة المشع تزيد عن الكمية الكلية للاشعاع المنبعث اي إن الجسم الاسود الساخن يبعث طاقة اكثر من الجسم الاسود البارد

٢- كلما يقصر الطول الموجي سوف يصدر الجسم اشعاع باعظم طاقته . لذلك فان قمة او ذروة الاشعاع يتحرك من اللون الاحمر ثم البرتقالي إلى الاصفر ثم الاخضر ثم الازرق ثم البنفسجي

٣- قانون فين للاشعاع :-

اكتشف فين انه اذا تغيرت درجة حرارة الجسم الاسود يبقى المنحني محتفظ بشكله العام الا إن موضع قمة المنحني تتغير بتغير درجة الحرارة .. بحيث يتناسب الطول الموجي ذو اشد الاشعاعات كثافة عكسيا مع درجة الحرارة المطلقة للجسم اي انه كما في المعادلة التالية حيث (a_o) ثابت قيمته ($0.289\ cm\ k$)

$$\lambda \max = \frac{a_o}{T}$$

λmax هو الطول الموجي بوحدات cm ، والذي عنده يبعث المشع المثالي اعظم كمية من الطاقة بالنسبة للاشعاع الشمسي

$$\lambda \max = 4700\ \text{A}^\circ \quad = 4.7 \times 10^{-5}\ cm$$

ملاحظة :-

باستخدام قيمة λmax الاخيرة وبالاعتماد على قانون فين يمكن حساب درجة الحرارة اللونية $T_c = 6166\ K$

إن T_c تسمى درجة الحرارة اللونية وهي اعلى من درجة الحرارة الفعالة للشمس T_e والتي تاخذ القيمة مابين K($5750 - 5800$) والسبب هو عدم تاثرها بالامتصاص داخل جو الشمس

٤- قانون ستيفان – بولتزمان :-

ينص قانون ستيفان – بولتزمان على إن كمية الطاقة الاشعاعية (E) المنبعثة خلال وحدة الزمن من وحدة مساحة سطحية لجسم مشع تتناسب طرديا مع الاس او القوة الرابعة لدرجة حرارة السطح المطلق

$$E\ \alpha\ {T_e}^4$$

$$E = \sigma \varepsilon\ {T_e}^4$$

حيث $\varepsilon = 1$ الانبعاثية الارضية ، σ ثابت ستيفان بولتزمان

$\sigma = 5.67 \times 10^{-5} \ erg/cm^2 . \text{sec}. K^4$

$E = \sigma T_e{}^4$ قانون ستيفان – بولتزمان

حساب درجة حرارة الشمس الفعالة باستخدام قانون ستيفان

يتم حساب الطاقة المنبعثة من الشمس بالقانون $(4 \pi R^2 I_o)$ حيث (I_o) يمثل الثابت الشمسي (solar constant) والذي يعرف على انه المعدل الذي يصل به الاشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي للارض وعلى سطح عمودي على اتجاه الشمس ، لقد وجد إن هذا الثابت = $1.39 \times 10^3 \frac{watt}{m^2}$

R تمثل متوسط المسافة بين الارض والشمس وتساوي $150 \times 10^6 \ Km$

$\therefore \ 4 \pi R^2 I_o = 3.9 \times 10^{33} \ erg/sec$

إن المساحة السطحية للشمس = $4 \pi r^2$ حيث r تمثل نصف قطر الشمس

$r = 690 \times 10^3 Km$

$4 \pi r^2 = 5.98 \times 10^{22} cm^2$

$$E = \frac{4 \pi R^2 I_o}{4 \pi r^2} = \frac{3.9 \times 10^{33}}{5.98 \times 10^{22}} = 6.5 \times 10^{10} \ erg/cm^2$$

$$T_e{}^4 = \frac{E}{\sigma} \Longrightarrow T_e = \left[\frac{E}{\sigma}\right]^{1/4} = 5818 \ K$$

إن المصدر الحقيقي للطاقة الشمسية المنبعثة من الشمس هو الطاقة النووية المتحررة من تفاعلات الاندماج النووي حيث تتحد كل اربعة بروتونات من الهيدروجين لتكوين نواة ذرة الهليوم

$\alpha - particle$ وبما إن كتلة نواة ذرة الهليوم اقل من مجموع كتل البروتونات الاربعة للهيدروجين لذا فان فر ق الكتلة هذا يتحول إلى طاقة تحسب استنادا إلى قانون اينشتاين $[E = mc^2]$ ، إن الطاقة الشمسية هذه تنتقل إلى الفضاء على صورة اشعاع كهرومغناطيسي

التشميس (Insulation)

هو الكمية الكلية للطاقة الشمسية المستقبلة في وحدة الزمن بواسطة وحدة المساحات الافقية على سطح الارض والقيمة المتوسطة لهذه الكمية تساوي $0.3 \ cal/\text{cm}^2 . \text{min}$ وان كمية التشميس تتغير مع تغير خطوط العرض ومع الفصول والطبيعة الجغرافية والظروف الجوية للمنطقة

الاتزان الاشعاعي

إن كمية البطاقة الشمسية القادمة للارض تساوي بالمتوسط $0.3\ cal/\mathrm{cm}^2.\min$ وبما إن جو الارض محافظ على متوسط درجات الحرارة لذلك فان الاشعاع الصادر من كل من الارض وغلافها الجوي يجب إن يساوي بالمعدل $0.3\ cal/\mathrm{cm}^2.\min$ لكي تحدث عملية الاتزان الاشعاعي

الاتزان الاشعاعي :- هو إن كمية الاشعاع القادم من الشمس إلى الارض يساوي كمية الاشعاع الصادر من سطح الارض والغلاف الجوي

الطقس :-

حالة الجو خلال فترة زمنية قصيرة قد تكون يوم او يومين او اسبوع من حيث درجة الحرارة والضغط والرياح

المناخ :-

حالة الجو خلال فترة زمنية طويلة سنة توا كثر من حيث درجة الحرارة والضغط والرياح

اما عناصر الطقس فهي أ- درجة الحرارة ب- الضغط الجوي جـ - الرطوبة د – الرياح

حيث يتم قياس الطقس عن طريق قياس عناصره فتقاس درجة الحرارة على ارتفاع ٢ متر من سطح الارض اكثر من مرة في اليوم ويتم اخذ المتوسط من درجات الحرارة المختلفة تلك ... وتقسم درجة الحرارة إلى درجة الحرارة العظمى او القصوى وهي اعلى درجة حرارة للهواء في منتصف النهار ودرجة الحرارة الصغرى وهي اقل درجة حرارة للهواء في اول النهار اي صباحا

التنبؤ الطقسي :-

معرفة حالة الجو في المستقبل القريب او البعيد ولهذه العملية انعكاساتها الايجابية على مختلف مجالات الحياة

اجهزة قياس عناصر الطقس :-

يقاس الضغط الجوي بمقياس البارومتر الزئبقي

تقاس الرطوبة بواسطة المرطاب ولقياس الرطوبة في بيئة رطبة يستخدم جهاز الهيجروميتر .

اما سرعة الرياح فتقاس بواسطة جهاز الانيموميتر واتجاه الرياح يقاس بجهاز السهم الدوار

اما الاجهزة التي تقيس العناصر الجوية في طبقات الجو العليا فتكون اكثر تعقيدا وهي اجهزة الكترونية باهضة الثمن مثل جهاز الراديو ساوند والرادار وجهاز الثايودولايت البصري واللاسلكي

ماهي الخواص الواجب توفرها في اجهزة القياس :-

١- مقاومتها لتقلبات الطقس

٢- لاتحتاج إلى عناية فائقة وصيانه مستمرة

٣- إن تكون سهلة الاستعمال

٤- يجب نصبها في بقعة مكشوفة من الارض بعيدة عن الابنية ومصادر التلوث

٥- دقيقة بمقدار كافي للغرض المطلوب .

الرصد الجوي :-

تعني المراقبة بالعين المجردة وباستعمال اجهزة منها البسيطة مثل ميزان الحرارة ومنها المعقدة مثل القمر الصناعي والحواسيب الضخمة

محطة الرصد الجوي :-

وهي محطة تقيس وتسجل وترسل تقارير عن الظواهر الجوية . توضع فيها اجهزة قياس عناصر الجو وتتابع فيها الظواهر الجوية ساعة بساعة حيث يسجل العاملون فيها عناصر الجو ويحللونها ويرسلون تقارير عنها إلى محطات اخرى في العالم

هذه المحطة تعد التقارير الجوية في الاوقات المحددة ولكنها لاتستعمل الجمل والكلمات في هذه التقارير وانما تعتمد الرموز ونظام الشفرة المتفق عليه دوليا لتفادي مشكلة اللغات وتبثها إلى المراكز الاقليمية المنتشرة في اجزاء العالم

محطة الارصاد الجوية العالمية (WMO)

وهي مختصر كلمة *world Meteorology organization*

وهي منظمة عالمية مقرها جنيف – سويسرا وينظم لها معظم دول العالم . تتابع الظواهر الجوية وتغيراتها في جميع انحاء العالم وتقوم بذلك بالتنسيق مع هيئات الارصاد الجوية في كل بلد من بلدان العالم

خرائط الطقس :-

وهي خرائط جغرافية يحدد عليها محطات الرصد الجوي التي تستخدم لاغراض التنبؤات الجوية بواسطة دوائر صغيرة يبين بجانب كل منها الرقم الدولي الخاص بها

وتقسم إلى :-

١- خرائط الطقس السطحية :- حيث توضع على هذه الخرائط معلومات العناصر الجوية الماخوذة على سطح الارض

٢- خرائط الطقس لطبقات الجو العليا :- وتوضع عليها معلومات العناصر الجوية للمستويات المختلفة من طبقات الجو العليا

انواع المحطات :-

١- محطات علوية :- تقوم برصد الطبقات العليا من الهواء باحدى الطرق التالية

أ- بواسطة جهاز الراديو ساوند الذي يعطي قراءات وتسجيلات مباشرة لحالة الضغط ودرجة الحرارة والرطوبة على مستويات مختلفة واتجاه الرياح وسرعتها
ب- بواسطة البالونات :- التي يمكن بواسطتها حساب سرعة الرياح واتجاهها على ارتفاعات مختلفة
ج- تقارير تقدمها الطائرات والاقمار الصناعية

ماهي العناصر التي تسجلها المحطات العلوية :-

١- اتجاه الرياح وسرعتها
٢- درجة الحرارة
٣- درجة الندى
٤- ارتفاع مستوى الضغط الجوي لطبقات الجو العليا

٢- محطات سطحية :- في هذه المحطات يتم رصد وقراءة وتسجيل عناصر الطقس المختلفة في اوقات محددة سواء كانت على اليابسة او في المحيطات والمحطات السطحية انواع منها محطات لاغراض الرصد والتنبؤات الجوية الزراعية او المناخية او الطيران

عناصر الطقس التي تسجلها المحطات السطحية :-

١- درجة الحرارة
٢- كمية المطر
٣- كمية ونوع وارتفاع قاعدة الغيوم
٤- الحالة الجوية وقت الرصد
٥- اتجاه الرياح وسرعتها
٦- قيمة الضغط الجوي المصحح لمستوى سطح البحر وسلوكه خلال الساعات الثلاث الماضية
٧- درجة الندى

الاوقات الدولية لعمليات الرصد الجوي :-

تم الاتفاق دوليا على تحديد الاوقات التي يتم فيها الرصد الجوي في جميع محطات الرصد الجوي في العالم بنفس الوقت وهذه الاوقات هي بالتوقيت العالمي توقيت جرينش *(GMT)* او *(UTC)* والمحطات ترصد عناصر الطقس

١- كل ٦ ساعات وتسمى هذه الرصدات او النشرات نشرات رئيسية وتكون على النحو التالي

{ 6 , 12 , 6 , 12 } { بالتوقيت المحلي }

UTC { 1800 , 1200 , 0600 , 0000 }

٢- رصدات او نشرات فرعية كل ٣ ساعات

توقيت عالمي اخر يعني *UTC* *coordinate universal Time*

توقيت كرينش *(GMT)* :-

(GMT):- Greenwich Mean Tine

وهو توقيت دولي يضبط عليه جميع توقيتات الدول الاخرى

كرينش هي مقاطعة في لندن . توقيت كرينش لاحتساب فرق التوقيت بين الدول + او – نسبة إلى توقيت كرينش الذي يحسب عن طريق خطوط الطول على خريطة العالم فالدول التي تقع شرق كرينش يكون التوقيت فيها يسبق على مداد اليوم فبالتالي يكون توقيتها اكثر بساعتين عن توقيت كرينش فمثلا في مصر يكون التوقيت *(GMT+2)* حيث اذا كان التوقيت في لندن الواحة ففي مصر تكون الثالثة

اما الدول التي تقع غرب كرينش يكون التوقيت فيها متاخر على مداد اليوم وتكون *(-GMT)*