مقرر الأرصاد الجوية والمناخ الزراعي

المحاضرة النظرية السابعة

- الرطوبة الجوية Humidity Atmosphere
- التكاثف وأشكاله Condensation and its forms

1 - الرطوبة الجوية Humidity Atmosphere

1-1-مقدمة:

يعتبر بخار الماء الجوي من أهم مكونات الغلاف الجوي السفلي على الرغم من أنه لا يحتل سوى 2% أو أقل من كتلة الجو الإجمالية إلى ما لا يتجاوز 3 - 5 %من حجم الهواء.

فهو يعتبر مصدر جميع أشكال التكاثف والهطول ، وبالتالي فهو يزود الأرض باحتياجاتها المائية. إن كمية بخار الماء في الهواء لها أهميتها الكبرى في كل العمليات التي يدخل فيها الماء كعنصر رئيسي، وتتوقف الكمية العظمى للماء التي تستطيع كتلة من الهواء احتواءها على درجة الحرارة حيث تزيد هذه الكمية مع ارتفاع درجة الحرارة ، ولذا نجد أن المناطق الصحراوية تتميز بضغط بخار ماء مشبع أعلى من المناطق القطبية الباردة في أغلب الأحيان.

1-2-أهمية الرطوبة الجوية:

1-بخار الماء مصدر لجميع أشكال التكاثف والهطول.

2-يلعب لبخار الماء دور رئيسي في تنظم حرارة جو الأرض وهو مع CO_2 من أهم المنظمات الحرارية لسطح الكوكب.

3-بخار الماء يؤثر على معدل التبخر والتبخر نتح.

4-تشكل الطاقة الحرارية الكامنة ، والتي تنطلق أثناء تكاثف بخار الماء مصدراً هاماً للحركة الجوية.

5-يمكن أن يتحول بخار الماء إلى أشكاله الصلبة والسائلة ضمن درجات الحرارة العادية.

1-3 -مصادر الرطوبة الجوية:

تتمثل مصادر بخار الماء في الآتي:

1-التبخر المباشر من المسطحات المائية المختلفة الاحجام وخاصة البحار والمحيطات والبحيرات.

2-سطح اليابسة الرطب عن طريق التبخر.

3-الغطاء النباتي عن طريق آليه النتح التي تتم من النباتات وعن طريق حرق المادة العضوية بواسطة التنفس حيث ينطلقH_2O مع CO_2 .

1 - 4 - المفاهيم و القوانين المستخدمة للتعبير عن الرطوبة الجوية :

A. ضغط بخار الماء (e) :

لكل غاز من الغازات التي تدخل في تركيب الجو ضغط خاص به يعرف بالضغط الجزئي . و الضغط الكلي عند أي نقطة يساوي مجموع الضغوط الجزئية المتولدة من كل غاز من الغازات الموجودة في الغلاف الجوي . و عندما يتبخر الماء و يصعد الى الجو يبدأ بممارسة ضغط الجزئي الذي يتناسب طرداً مع كمية البخار الجوي . حيث أن الضغط الكلي (p) عندذ يساوي ضغط الهواء الجاف (es) مضافاً إليه ضغط بخار الماء (e) أي :

$$P = e + es$$

ولما كانت كمية بخار الماء تتناقص بالابتعاد عن منطقة مصدرها ، لذا فإن ضغط بخار الماء يقل مع الارتفاع . و يصل ضغط بخار الماء الى اقصاه عندما يكون الجو مشبعاً به ، و يعرف ضغط بخار الماء عند هذه المرحلة ، بضغط بخار الماء المشبع (ew) .

و يتغير ضغط بخار الماء المشبع مع تغير درجة الحرارة لأن قدرة الهواء على حمل بخار الماء تتزايد مع درجة حرارته . و الجدول التالي يبين العلاقة بين ضغط بخار الماء المشبع (ew) و درجة الحرارة (ºC) T :

درجة الحرارة ºC	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ew millibars	6.1	6.6	7.1	7.6	8.1	8.7	9.4	10	10.7	11.5	12.2	13.1	14

24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	درجة الحرارة ºC
29.8	28.1	26.4	24.9	23.4	22	20.6	19.4	18.2	17	16.1	15	ew millibars

35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	درجة الحرارة ºC
56.2	53.2	50.3	47.6	44.9	42.4	40.1	37.8	35.7	33.6	31.7	ew millibars

نلاحظ من الجدول أن ضغط بخار الماء المشبع يزداد مع زيادة درجة الحرارة . و في حال ان كمية بخار الماء ثابتة في الجو فإن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي الى زيادة في نقص تشبع الهواء ببخار الماء و الى انخفاض في ضغط بخار الماء لازدياد تخلخل الهواء مع ارتفاع الحرارة .

و نستطيع أن نميز بين نوعين من ضغط بخار الماء و هما :

- ضغط بخار الماء الفعلي (e) : و هو الضغط الناتج عن وجود بخار الماء في الهواء الجوي عند درجة حرارة معينة و يقاس بالمليبار .
- ضغط بخار الماء المشبع (ew) : هو الضغط الناتج عن احتواء الهواء لأقصى كمية ممكنة من بخار الماء عند درجة حرارة التي يقدر فيها (e) .

B. الاشباع و التكاثف

الاشباع هو تحول بخار الماء الفعلي e الى مشبع ew ، يكون ذلك نتيجة لتأثر العوامل التالية :

- زيادة بخار الماء .
- انخفاض في درجة الحرارة .
- تغيرات الضغط .

عندما يكون e = ew يتحول ضغط بخار الماء الفعلي الى مشبع .

عندما يكون ew > e فإن هذه الحالة تسمى حالة فوق التشبع دون ان يحدث التكاثف لقلة نويات التكاثف أو غيابها من الجو .

C. نسبة الخلط :

- نسبة الخلط الفعلي أو الحقيقي (r) :

و هي مقياس يسمح بمعرفة كمية بخار الماء الموجودة في الهواء و تساوي نسبة كتلة بخار الماء الى كتلة الهواء و تعطى بالعلاقة التالية :

$$\mathbf{r = mv / ma}$$

حيث :

mv كتلة بخار الماء بالغرام .

ma كتلة الهواء الجاف بالكغ .

و نسبة الخلط بالتعريف بدون واحدة و لكن و بشكل عملي فإننا نعبر عنها بالغرام / كغ و بهذا تكون نسبة الخلط مساوية تقريباً r = 10 g / kg في المناطق المعتدلة و الطبقات السفلى من الجو و نستطيع التعبير أيضاً عن نسبة الخلط الفعلي بالعلاقة :

$$r = 622 (e / p-e)$$

حيث :

e ضغط بخار الماء بالمليبار .

P الضغط الجوي بالمليبار .

- نسبة الخلط المشبع (rw) :

و هي نسبة كتلة بخار الماء الاعظمية الى كتلة الهواء الجاف :

$$r_w = mv / ma$$

حيث :

mv كتلة بخار الماء بالغرام .

ma كتلة الهواء الجاف بالكغ .

كذلك يمكن استخدام العلاقة التالية لحساب نسبة الخلط المشبع :

$$r_w = 622 (e_w / p-e_w)$$

حيث :

e_w ضغط بخار المشبع الماء بالمليبار .

P الضغط الجوي بالمليبار .

تقدر نسبة الخلط المشبع كما الخلط الفعلي بالغرام من بخار الماء الى كغ من الهواء الجاف .

في حالة الاشباع $r = rw$ أما في حالة فوق الاشباع $rw < r$ يحدث التكاثف على شكل قطرات من الغيوم و الضباب و الندى عندما $rw < r$.

D. نقطة الندى :

تعرف نقطة الندى بأنها درجة الحرارة التي عندها يتحول الهواء المحتوي على ضغط بخار ماء e غير مشبع الى مشبع **و ذلك بفعل التبريد** وبقاء الضغط الجوي ثابت . وقد سميت هذه الدرجة بنقطة الندى لأن الندى سوف يتكثف على أي سطح يلامس بخار الماء اذا ما برد هذا البخار الى درجة أقل من نقطة الندى .

E. الرطوبة النسبية :

تعرف الرطوبة النسبية بانها النسبة المئوية لضغط بخار الماء الفعلي على ضغط بخار الماء المشبع أي :

$$Hr \% = 100 (e/ew)$$

أو هي النسبة المئوية لنسبة الخلط الفعلي على المشبع أي :

$$Hr \% = 100 (r/rw)$$

تتغير الرطوبة النسبية كما يلي :

- دورة الرطوبة النسبية اليومية تعاكس دورة الحرارة اليومية أي عندما تزداد درجة الحرارة تنخفض الرطوبة النسبية و العكس صحيح .
- الرطوبة النسبية في الشتاء أكبر من الصيف .
- الرطوبة النسبية في الكتل الهوائية البحرية أكبر من الكتل الهوائية القارية .
- الرطوبة النسبية في المناطق الزراعية المروية اكبر من الرطوبة النسبية في المناطق الزراعية البعلية .
- الرطوبة النسبية تزداد مع الارتفاع في الجو حتى تصل الى طبقات الغيوم لتصل الى % 100 و بعدها تبدأ بالتناقص .

F. الرطوبة المطلقة :

و تعرف بكتلة بخار الماء الموجودة في واحدة الحجم من الهواء (g/cm^3) . وهي تعبر عن كمية بخار الموجودة فعليا بالجو ، ولذا فهي مؤشر جيد لكمية الهطول . و كلما زادت درجة حرارة الهواء زادت الرطوبة المطلقة فيه . تتناقص الرطوبة المطلقة مع الارتفاع على النمط نفسه الذي يتناقص به الضغط الجوي ولكن بنسبة أكبر، كما تقل الرطوبة المطلقة بالابتعاد عن المسطحات المائية.

$$Ha = 217\ e/T$$

T متوسط درجة الحرارة بالكلفن .

e ضغط بخار الماء الفعلي بالمليبار .

G. الرطوبة النوعية : و تعرف بانها وزن بخار الماء في وحدة الوزن من الهواء .

$$Hs = 622\ (e/p)$$

حيث :

e = ضغط بخار الماء (mb) .

P = الضغط الجوي (mb) .

1-5 - تغيرات الرطوبة الجوية:

تخضع الرطوبة الجوية لتغيرات يومية وسنوية وهذا مرتبط بتغيرات درجة الحرارة .

- تغيرات الرطوبة المطلقة:

تتناقص الرطوبة المطلقة (كتلة بخار الماء الموجودة فعلياً $g/m3$) نسبياً مع الارتفاع على النمط نفسه الذي يتناقص به الضغط الجوي ولكن بنسبة أكبر ، كما تقل الرطوبة المطلقة بالابتعاد عن المسطحات المائية .

- تغيرات الرطوبة النسبية:

تقل الرطوبة النسبية (النسبة المئوية لضغط بخار الماء الفعلي على بخار الماء المشبع) بالابتعاد عن المسطحات المائية ، وفي القطر العربي السوري ، نجد أن قيم الرطوبة النسبية تقل بالابتعاد عن الساحل نحو الداخل ، ونجد أن أعلى قيم للرطوبة النسبية في اليوم تسجل في ساعات الصباح الباكر، واخفض قيم لها نجدها في ساعات بعد الظهيرة فتغيرات الرطوبة النسبية معاكسة لتغيرات درجة الحرارة . وبالنسبة للتوزع الفصلي للرطوبة النسبية ، فإن نصف السنة الصيفي في العروض المنخفضة بين 30 شمالاً وجنوباً يسجل أعلى قيم للرطوبة النسبية ،بينما العروض الأعلى من 30 شمالاً وجنوباً، فإن الوضع يصبح معكوساً حيث فصل الشتاء الذي تسجل فيه أعلى قيم للرطوبة النسبية بسبب تدني درجات الحرارة .

1-6 التوزع الجغرافي للرطوبة الجوية:

يخضع توزع الرطوبة الجوية لكل من درجة حرارة الهواء ونشاط عملية التبخر التي تزود الهواء ببخار الماء. لذا نجد أن المناطق الاستوائية ذات الرطوبة الأرضية الوفيرة و التبخر- نتح النشط يجعلان الرطوبة الجوية وفيرة ، وتتناقص الرطوبة النوعية والطلقة مع تزايد درجات العرض ويبرز التناقص بشكل واضح في منطقة حزام الضغط المرتفع شبه المداري ، حيث تسود الصحاري التي تسود فيها قيم متدنية للرطوبة المطلقة والنوعية .

أما الرطوبة النسبية فيسجل معدلها الأعظمي عند خط الاستواء لتتناقص مع تزايد درجة العرض حتى حزام الضغط المرتفع شبه المداري الذي تسوده حركة جوية هابطة ، و تسجل فيه أخفض قيم الرطوبة النسبية. وابتداءمن خط عرض 30º شمالاً وجنوباً باتجاه القطبين ، تأخذ الرطوبة النسبية بالتزايد نتيجة تدني درجات الحرارة في هذا الاتجاه.

2-التكاثف وأشكاله:Condensation and its forms

2-1- التكاثف:Condensation

هو إحدى عمليات تحُّول الماء من شكل إلى آخر حيث يحدث بموجبه تحوُّل الماء من حالته الغازية إلى حالته السائلة ، (الشكل1) ويتّم هذا التحول عن طريق تجُّمع جزئيات بخار الماء وتلاحمها مع بعضها البعض بفعل تصادمها لتتحَّول إلى قطيرات جنينيه من الماء وتنمو بعد ذلك إلى قطيرات كاملة. ويحدث ذلك في شروط مختلفة تكون مرتبطة جميعها بتغير حجم عمود من الهواء وتغّير درجة الحرارة والرطوبة والضغط.

الشكل رقم(1)عملية تبخر الماء والتكاثف

وتنبع أهمية التكاثف من ناحتين:

الأولى : إّنه السبب المباشر لمختلف أشكال الهطول لأنه لا يمكن حدوث الهطول دون عملية التكاثف. الثانية : إّنه مصدر حراري لتسخين الجو ، لما تطلقه جزئيات بخار الماء عند تكاثفها من حرارة تعرف بحرارة التكاثف وهي تعادل حوالي 600 حريرة لكل1غ بخار ماء متكاثف.

2-2-شروط التكاثف:

لحدوث التكاثف يجب توفر الشروط الآتية:

1- الرطوبة الجوية :

إّن توفر بخار الماء في الهواء الجوي يعتبر الشرط الأساسي لحصول عملية التكاثف ، وكلما ازدادت نسبة بخار الماء في الجو تزداد احتمالات التكاثف وقد يحدث أحياناً التكاثف دون توفّر الشروط الأخرى وذلك عندما يتّم تزويد الهواء بكميات كبيرة من بخار الماء تفوق تشبعه ، أما في حال كانت كمية بخار الماء في الجو قليلة فإّن فرص التكاثف تكون نادرة.

2 - انخفاض درجة حرارة الهواء إلى نقطة الندى :

أي تبرد الهواء إلى الدرجة التي يصبح فيها الهواء مشبعاً ببخار الماء ويتم ذلك بالطرق التالية:

أ- إضافة المزيد من بخار الماء إلى الهواء الجوي تؤّدي به إلى التشُّبع وذلك بشرط ثبات درجة حرارة الهواء ومن أشكال التكاثف التي تحدث بهذه الطريقة : ضباب البحر، وضباب إمطار الجبهات.

ب- تبّرد الهواء إلى الدرجة التي تجعله مشبعاً ببخار الماء (نقطة الندى) يؤّدي إلى التكاثف وتحدث عملية التبريد بإحدى الطرق التالية:

1-تبرّد الهواء بالتوصيل أو النقل الحراري : عند ملامسة الهواء لسطح بارد أسفل منه ومن أشكال التكاثف التي تحدث بهذه الطريقة : الندى أو الصقيع والضباب الإشعاعي وكذلك ضباب الانتقال الأفقي.

2-عند امتزاج هواء ساخن رطب بهواء رطب بارد ينتج عن ذلك خفض لدرجة حرارة هذا الهواء الساخن. ومن أشكال التكاثف بهذه الطريقة ضباب المزج.

3-التبريد الذاتي للهواء نتيجة ارتفاع الهواء إلى أعلى وبالتالي تمدده على حساب الطاقة الداخلية للهواء نفسه ومن أهم أشكال التكاثف بهذه الطريقة السحب.

3- وجود نوى التكاثف (Condensation Nucleus):

يبدأ بخار الماء بالتكاثف نظرياً عندما يصل الهواء إلى درجة الإشباع (رطوبة نسبية100 %) إلا أنه في حالات كثيرة يكون الهواء فوق مشبع ولكن لا يحدث التكاثف. وهنا لابدَّ من الإشارة إلى أنَّ التكاثف يحدث بصعوبة بالغة في الهواء النقي تماماً الخالي من الجسيمات حتى لو بلغ درجة التشبع أو فوق التشبع . فالتكاثف لا يتم بشكل طبيعي إلاَّ بوجود جسيمات دقيقة في الهواء تعرف بنوى التكاثف وهي عبارة عن الشوائب الموجودة في الهواء مثل الغبار ودخان المصانع و بلورات الجليد والأملاح البحرية مثل كلور الصوديوم وبعض الأيونات الناشئة عن تفكك الذرات . وتختلف الدرجة التي يصل عندها الهواء إلى التكاثف باختلاف حجم نويات التكاثف ونوعها وبشكل عام فإنَّ نصف قطر نويات التكاثف يتراوح بين10-0.001 ميكرون ، وكلما كانت نويات التكاثف كبيرة كانت أكثر فعالية في مجال التكاثف وكلما كانت أكثر وفرة في الهواء ساعدت أكثر في حدوث التكاثف ومنعت عملية فرط الإشباع ،غير أنه في المناطق البحرية الغنية أجوائها بالأملاح وكذلك في المدن الصناعية والفخمة المليئة بالملوثات فإنَّ التكاثف يمكن أن يحدث قبل وصول الهواء إلى حالة الإشباع .

ويحتوي هواء اليابسة على نوى تكاثف أكثر مما يحتوي الهواء البحري ، وفي أحيان كثيرة تبقى بعض القطرات المائية المتكاثفة في مرحلة السيولة في الأجزاء العليا من الجو، والتي درجة حرارتها دون الصفر المئوي، دون أن تتجمد تلك القطرات المائية وتعرف بالقطرات المائية فوق المبردة. وقد تبلغ درجة الحرارة 20– º م وحتى 40– º م قبل أن يحدث التكاثف فيها وهذا يعود إلى العلاقة بين درجة تجمد الماء وقيم الضغط الجوي.

3-2- أشكال التكاثف :

يمكن أن تصنف مظاهر التكاثف في ثلاث حالات حسب مستوى التكاثف من سطح الأرض وهي :

أ - التكاثف السطحي: الذي يتمثل بالندى(Dew):

- الندى Dew

عبارة عن قطارت صغيرة من الماء تتشكَّل على السطوح الباردة في ساعات الليل من جراء فقد هذه الأجسام حرارتها بالإشعاع الأرضي ليلاً وبالتالي انخفاض درجة حرارة هذه الأجسام إلى درجة نقطة الندى فما دون الأمر الذي يؤّدي إلى تكاثف بخار الماء الملامس لهذه الأسطح عليها على شكل قطرات تعرف بالندى ، تزول مباشرةً بعد شروق الشمس ونتيجة لهذا التكاثف فإنَّ ضغط بخار الماء في الطبقات السفلى من الهواء ينخفض مما يؤّدي إلى حركة بخار الماء من الطبقات العليا إلى أسفل ثم تكثفها وهكذا ولكن هذه الحركة بطيئة جداً ولهذا فإن التكاثف يحصل في طبقة رقيقة من الهواء الملامس لسطح الأرض.

وتتوقَّف كمية الندى في وحدة المساحة على الميزان الحراري حيث يجب ألا تزيد كمية الحرارة المنطلقة من بخار الماء عند تكاثفه وتحّوله إلى ندى عن كمية الحرارة المفقودة من سطح التربة بالإشعاع ولتشكُّل الندى أن يكون الجو صحواً وهادئاً نسبياً لذا يكثر عن الصيف والخريف وخاصة في المناطق الداخلية من القطر العربي السوري ، والندى من الظواهر الجوية المفيدة للزراعة ويسهم إلى حد ما في التغذية المائية النباتات وخاصة الصحراوية ، حيث يبلغ عدة مليمترات خلال بعض الفصول ويغطّي في هذه الحالة نقص الماء بالنسبة لبعض المزروعات.

ب- التكاثف القريب من السطح:

ويتمثّل التكاثف الذي يحدث في الطبقة الهوائية القريبة من سطح الأرض فيما يعرف بالضباب والشابورة ، كما في الشكل رقم (2) الذي يظهر أنواع الضباب و الشابورة .

- **الضباب (Fog):**

هو أحد أشكال التكاثف المنخفض وهو عبارة عن تكاثف بخار الماء على شكل قطرات مائية دقيقة في الطبقة الهوائية القريبة من سطح الأرض وتلامس قاعدتها الأرض ، ويؤّدي هذا التكاثف إلى خفض الرؤيا الأفقية إلى أقل من 1 كم ويحدث التكاثف نتيجة تبّرد الهواء القريب من السطح إلى ما دون نقطة الندى. ويحدث هذا التبُّرد لأسباب مختلفة وحسب سبب وطبيعة تشكل الضباب يمكن أن نميز الأنواع التالية :

1-الضباب الإشعاعي (Radiation Fog) :

يحدث في الليالي الصافية حيث تفقد الأرض حرارتها بالإشعاع بشكل أسرع من فقدان الهواء الذي فوقها لحرارته فينتج عن ذلك انخفاض درجة حرارة الأرض لتصبح أبرد من الهواء الذي فوقها وتنتقل هذه البرودة إلى الهواء القريب من السطح ، وبما أنَ الهواء رديء النقل للحرارة ، لذا فإنَ التبُّرد الإشعاعي يبقى محصوراً في سماكة قليلة جداً وهذا يؤّدي إلى تشكُّل الندى أو الصقيع فوق الأرض الباردة وبالتالي لا يتشكل الضباب ، ولهذا فإنَ وجود رياح خفيفة ضرورية لكي ينتشر التبرد في سماكة أكبر بسبب الحركة المزجية التي تسببها الريح الخفيفة وينتج عن هذا التبرد تكاثف بخار الماء وتشكُّل الضباب الإشعاعي والرياح المناسبة لتشكل هذا النوع من الضباب هي ما كانت سرعتها محصورة بين 2-5 عقدة/ثا أما إذا ازدت سرعة الرياح عن ذلك،تزداد الحركة المزجية ويتكَّون السحاب الطبقي المنخفض، ومما تقَدم نجد أنَ الظروف الواجب توفّرها لتكوين الضباب الإشعاعي هي:

1-ليلة صافية مما يساعد على تبدد الإشعاع الأرضي ليلاً.

2- استقرار الهواء وقلة الحركات الصاعدة أو الدوامة.

3- رطوبة نسبية عالية في أول الليل تساعد على وصول درجة حرارة سطح الأرض إلى درجة أقل من نقطة الندى للهواء الملامس.

4-وجود نويات التكاثف.

5-انقلاب حراري يساعد على عملية تكوين الضباب.

ويتكَّون هذا النوع من الضباب فوق اليابسة ولكنه قد ينتقل بعد تكوينه إلى الساحل بفعل الرياح ويحدث هذا النوع من الضباب في ساعات الصباح الباكر وتزداد كثافتة بعد شروق الشمس نتيجة لزيادة الحركة المزجية الناشئة عن التسخين بفعل أشعة الشمس وازدياد سرعة الرياح أغلب الضباب يتشكل في سوريا وبالأخص المنطقة الوسطى من هذا النوع ويحدث غالباً في فصلي الشتاء والربيع عقب أوقات رطبة وسيادة طقس صاف وهادئ كما تزداد كثافة في المدن الصناعية والمزدحمة بسبب وفرة الملوثات الجوية ، والضباب الإشعاعي ينبئ بتحسن الطقس .

2-ضباب الانتقال الأفقي (المحمول)Advection Fog :

ويحدث هذا النوع من الضباب نتيجة انتقال كتل من الهواء الحار والرطب على مناطق شديدة البرودة وعلى عكس ضباب البحر الذي يحتاج في تكوينه للرياح الساكنة أما الضباب المتنَقل فيكون مصحوباً برياح وخصوصاً الهواء المداري البحري المتجه إلى خطوط العرض المتوسطة في فصل الشتاء، حيث تبرد الأجزاء السفلى من كتل الهواء الرطب مكوناً ضباباً كثيفاً،ويصل ارتفاع الضباب المنتقل 300-400 م وقد يصل إلى 700-800م ، وهذا الضباب على نوعين:

أ- ضباب الانتقال الأفقي فوق الماء (ضباب البحر)(Sea Fog):

ويحدث هذا النوع عندما تنتقل كتلة هوائية حارة ورطبة إلى أسطح مياه باردة حيث تبرد الهواء المتحرك إلى نقطة الندى لهذه السطوح مما يؤّدي إلى التكاثف وتشُّكل الضباب.

ب- ضباب الانتقال الأفقي فوق اليابسة :
يشكل هذا النوع عندما تنتقل كتلة هوائية حارة ورطبة من سطح البحر إلى أرض باردة تكون درجة حرارتها أقل من نقطة الندى لهذا الهواء القادم من البحر ويحدث هذا النوع في فصل الشتاء ويبقى أحياناً لعدة أيام.

3-ضباب البخار(Steam Fog):
أو كما يعرف أيضاً بضباب البحر أو بدخان البحر القطبي ، لكثرة انتشاره في المنطقة القطبية والسواحل الشرقية من أمريكا الشمالية وآسيا ، ومن آن إلى آخر في عروض أدنى كما هو الحال عند السواحل النرويجية وغرب هولندا، ويعود سبب تشكُل هذا النوع من الضباب إلى التبخُر الشديد من المسطحات المائية الدافئة حيث يتكوَّن عند مرور هواء بارد غير مشبع فوق بعض المسطحات المائية الدافئة فيجعل الماء المتبخر يتصاعد نحو الأعلى على شكل دخان يضاف إلى الهواء البارد مؤّدياً إلى تشبّعه وتكاثفه على شكل ضباب ناجم عن إضافة المزيد من بخار الماء إلى الهواء ، وليحدث هذا النوع من الضباب يجب أن يكون الفرق بين درجة حرارة الهواء البارد وحرارة مياه المسطحات المائية الدافئة لا أقل من 15° م.

4-الضباب الجبهي(Frontal Fog):
ويتكوَّن في مقدمة الجبهة الدافئة ، وبالقرب من جبهة ممتلئة عندما تكون درجة حرارة طبقة الهواء تحت سطح الجبهة أقل من درجة حرارة الأمطار الساقطة المصحوبة ببخار الماء الذي يتكاثف ويسبّب الضباب ويحدث هذا النوع من الضباب في خطوط العرض الوسطى والعليا.

5-ضباب المدن(Smog):
وهو الضباب المتشكل فوق المدن الصناعية الكبيرة على شكل سحابة قاتمة اللون لا سيّما في ساعات الصباح نتيجة انخفاض درجة الحرارة بسبب فقدها بالإشعاع الليلي ونتيجة وفرة نويات التكاثف الملوثة مع الرطوبة الناتجة عن التبخُر من المصارف والحدائق والتعرّق والتنفّس والنتح وبالتالي يتكاثف بخار الماء على هذه الملوثات ويُعتبر ركود الهواء عاملاً مساعداً على حدوثه.

- **<u>الشابورة (Mist):</u>**
جزئيات مائية دقيقة جداً أو جزئيات قابلة لامتصاص الماء عالقة في الهواء وتحدّ من مدى الرؤية الأفقية ولكنّها لا تقل عن 1 كم . فالشابورة عبارة عن ضباب خفيف ، وهي تكسب السماء لوناً باهتاً أو مائلاً للأبيض . وبذلك فهي تقلل من صفاء السماء مما يترتب على ذلك تقليل الرؤية.

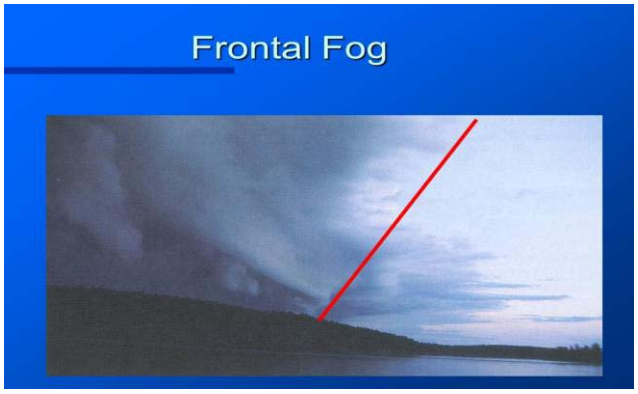
جـ التكاثف العلوي (السحب)(Clouds):
تمثل الغيوم في السماء التكاثفات العلوية التي تحدث بعيداً عن السطح،والغيوم هي عبارة عن تجمعات لبخار الماء المتكاثف بشكل جزيئات مائية أو ثلجية دقيقة سابحة في الجو ومعلّقة في الهواء لصغر حجمها وخفّتها وهي بذلك لا تلامس قواعدها سطح الأرض. يلاحظ في الجو أنواع مختلفة من الغيوم ، ويعود ذلك إلى نوعية الحركة التي تسّبب تبرّد الهواء وتكثّف بخار الماء. تختلف الغيوم عن الضباب بما يلي:

- تتكوَّن الغيوم في طبقات الجو مختلفة الارتفاع بين 200 م 9000 – م ، أما الضباب فيتكوَّن اعتباراً من سطح الأرض وحتى375 م.
- تتكوَّن الغيوم تحت تأثير التيارات الهوائية للأعلى في الجو ، بينما هذه التيارات تعيق تكُون الضباب وتراكمه .
- تتشكَل الغيوم بفعل انخفاض درجات الحرارة ذاتياً، بينما يتشكَل الضباب نتيجة تبرد الهواء.

الضباب الإشعاعي

الضباب الانتقالي

الضباب البخار



الضباب الجبهي

الضباب المدن

الشابورة

الشكل رقم (2) أنواع الضباب و الشابورة

2-4- بنية السحب وخصائصها :

تتكون السحب من العناصر التالية مرتبة في طبقات يعلو بعضها بعضاً:

أ- قطرات مائية دافئة درجة حرارتها أعلى من الصفر.

ب-قطرات مائية فوق مبردة وتتراوح حرارتها بين 0º م _ - 10º م .

ج- خليط من القطرات المائية و بلورات جليدية ودرجة حرارتها بين-10ºم إلى-40ºم.

د- بلورات من الجليد تقل درجة الحرارة فيها عن40– ºم.

تختلف مكونات السحب باختلاف درجة حرارتها ونوع نويات التكاثف الموجودة فيها ويتوقّف الامتداد الرأسي للسحب على القوة المسبّبة لرفع الهواء وحالة الجو من حيث الاستقرار . تبقى السحب عالقة في الجو طالما كانت الحركة الرأسية قادرة على حمل قطرات الماء وبلورات الجليد المكونة للسحب ، والسحب

عبارة عن جسم تتجَّدد مكوناته من لحظة إلى أخرى.

2-5-تصنيف السحب وأوصافها :

يتوقَّف التكوين العام للسحب على حالة استق ارر الجو ففي الجو المستقر تتجمع لسحب في طبقات متراصة وتسمى في هذه الحالة بالسحب الطبقية .Stratus .

أمَّا في الجو الغير مستقر فإنَّ تلك المكونات تتجمع في كتل مت ارصة فوق بعضها البعض وتسمَّى في هذه الحالة بالسحب الركامية Cumulus وتظهر هذه السحب في السماء بأشكال وأحجام مختلفة مرتبطة بدرجة عدم الاستقرار. واستناداً إلى درجة حرارة طبقة السحب نميز بين ثلاث مجموعات من السحب:

أ- السحب الدافئة:

وهي التي تكون درجة حرارتها فوق الصفر ، وعلية فإنَّها تكون مكَّونة من قطرات مائية فقط يتم نموها وفق عملية التصادم والالتحام.

ب- السحب الباردة:

وهي التي تكون درجة حرارتها دون الصفر وتكون مكَّونة من بلورات جليدية أو قطرات مائية فوق مبَّردة أو خليط منهما.

جـ- السحب المختلطة:

وهي السحب التي تزيد درجة حرارة قاعدتها عن الصفر ،وتنخفض درجة حرارة قمتها عن الصفر ، وتتم عملية نمو مكونات هذه السحب باختلاف خصائصها الطبيعية .

وتتشَكل السحب بشكل أساسي - كما هو معروف – ضمن طبقة التروبوسفير وتكون قممها ذات ارتفاع أعلى في العروض المنخفضة ، مما هو عليه في العروض المتوسطة والمرتفعة. ولقد اتفق على تقسيم الجزء من الغلاف الجوي الذي تتواجد فيه السحب إلى ثلاث طبقات : منخفضة،متوسطة،عليا. وكل طبقة سحبها الخاصة بها. و تتراكب طبقات السحب فوق بعضها ، وتتغَّير حدودها باختلاف درجة خط العرض. والجدول التالي(1) يبّين حدود الارتفاع التقريبية (ألف متر) لطبقات السحب في العروض المختلفة.

جدول(1) الحدود التقريبية لطبقات السحب في العروض المختلفة

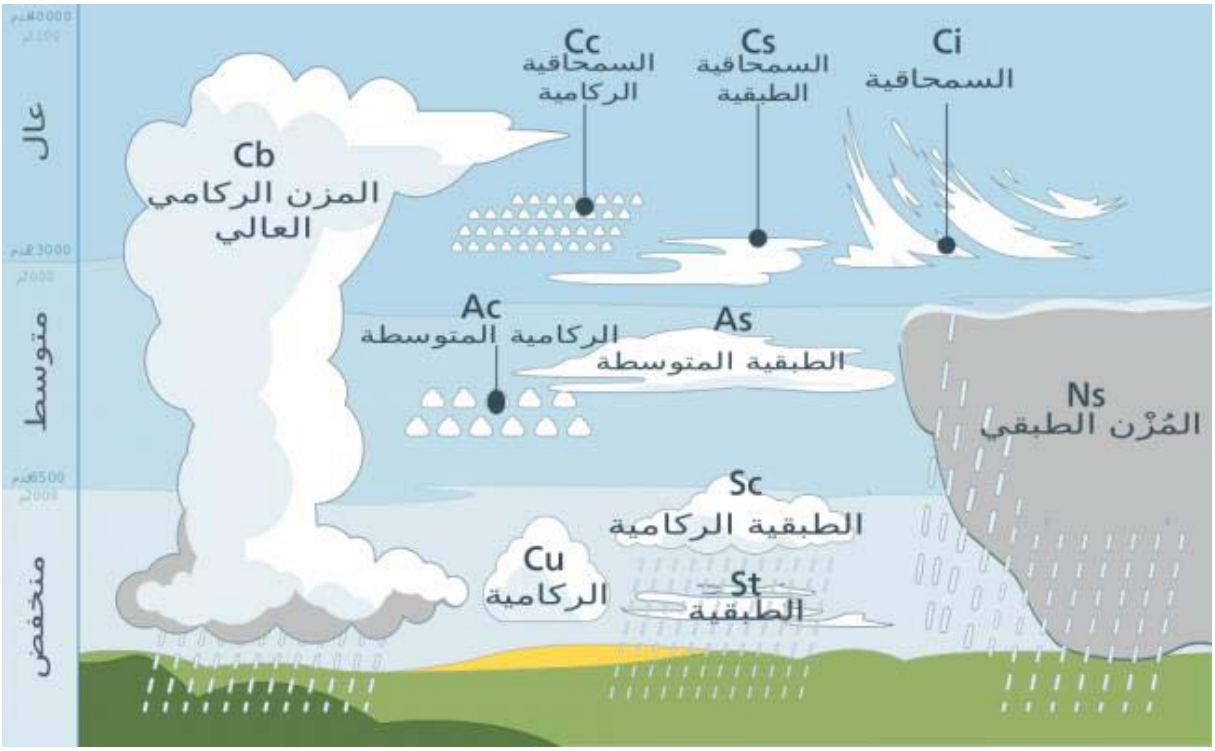
طبقة السحب	المنطقة		
طبقة السحب	العروض المنخفضة	العروض المتوسطة	العروض المرتفعة
سحب عاليةCH	فوق 6	فوق 5	فوق 3
سحب متوسطةCM	2–8	2–7	2–4
سحب منخفضةCL	أقل من 2	أقل من 2	اقل من 2

واستناداً إلى الشكل العام للسحب وبنيتها،وامتدادها وارتفاعها،يمكن تقسم السحب على أربعمجموعات رئيسية،وتُقسم هذه المجموعات إلى عشرة أجناس كما هو وارد في الجدول(2).

جدول (2) تقسيم مجموعات السحب

مجموعة السحب	الأجناس	متوسط ارتفاع القاعدة (كم)
السحب العالية	1-السمحاق 2-السمحاق الركامي 3-السمحاق الطبقي	5
السحب المتوسطة	4-الركام المتوسط 5- الطبقي المتوسط	2
السحب المنخفضة	6-الطبقي 7- الطبقي الركامي 8- المزن الطبقي	0.5
السحب ذات النمو الشاقولي	9-الركام 10-الركام المزني	0.5 - التروبوبوز

2- 6 تصنيف الغيوم (الشكل 3) :



الشكل رقم (3) تصنيف الغيوم حسب الارتفاع

أ – الغيوم العالية:

وهذه السحب لا يصاحبها هطول ، وظهورها في المناطق المعتدلة متبوعة بسحب أخرى فهي دليل على اضطراب الجو لأنها تكون في مقدمة الانخفاضات الجوية ، لا تحجب أشعة الشمس وتوجد في منطقة ذات حرارة منخفضة وتتألف من بلورات ثلجية ويتراوح وسطي ارتفاعها بين 5 كم والتروبوبوز. ويمكن تمييز ثلاثة أجناس من هذه السحب : كما في الشكل رقم (4)

1-سحب السمحاق Ci (Cirrus) :

سحب مشتّتة ذات مظهر ناعم وليفي حريرية يغلب عليها البياض لونها أحمر أو وردي عند الشروق أو الغروب وتظهر سحب السمحاق بالأشكال التالية:

-شبه القطن المندوف. -خطوط عبر السماء.

-أشكال تشبه الريش. -لها مظهر كالألياف.

لونها الأبيض مستمد من تركيبها كونها مؤلفة من بلورات جليدية دقيقة الحجم ، لا ينتج عن هذه الغيوم أية هطولات.

2- سحب السمحاق الركامي Cumulus (Cc)–Cirro : :

غيوم على شكل نتف بيضاء أو بشكل صحيفة رقيقة غير مظللة ومكونة من عناصر صغيرة في شكل حبيبات وتموّجات متصلة أو منفصلة مرتبة بانتظام ، وقد تتجَّمع هذه السحب على هيئة خطوط أو موجات تشبه تجاعيد رمال الصحراء ، وقد تظهر على هيئة أشكال كروية.

تتكَّون الغيوم تحت تأثير التيارات الهوائية الصاعدة للأعلى في الجو، بينما هذه التيارات تعيق تكُّون الضباب وتراكمه . تتألف هذه الغيوم من بلورات ثلجية وقطيرات مائية فوق مبردة ، تدل هذه السحب بصفة عامة علىالجو الصحو، ولكَّنها قد تكون في مقدمة عاصفة إذا ما ازدت كثافتها وقل ارتفاعها.

3- سحب السمحاق الطبقي stratus–(Cs)Cirro :

سحب رقيقة وقد تغطّي السماء كلّها وتعطيها لوناً بنياً، لها مظهر ليفي يشبه الشعر ، لا تحجب أشعة الشمس ، تكون هذه السحب هالة حول القمر أو الشمس بسبب انعكاس الضوء على بلورات الجليد لا تؤّدي إلى أية هطولات.

سحب السمحاق

سحب السمحاق المكاني

سحب السمحاق الطبقي

الشكل رقم (4) أجناس السحب العالية

ب- السحب المتوسطة:

وتتألف هذه السحب عموماً من قطيرات مائية و بلورات ثلجية ، يتراوح وسطي ارتفاعها بين 6–2 كم ويمكن أن نميز جنسين ضمن هذه المجموعة (الشكل رقم:5)

1- سحب الركام المتوسط :

غيوم متوسطة الارتفاع ، تبدو على شكل طبقة بيضاء أو رمادية اللون أو الاثنين معاً وتظهر في السماء بالأشكال التالية :

-على هيئة طبقة من الكرات الضخمة المتلاصقة مع بعضها البعض.

-على هيئة سحابات صغيرة أسطوانية.

-إذا اختلطت السحابات الصغيرة مع بعضها، تكون شكلاً يشبه أمواج البحر، تتخللها خطوط تظهر من خلالها السماء. تتألف هذه الغيوم من قطيارت مائية صغيرة . تتشكل بفعل الاضطرابات الجوية أو تيارات الحمل، تنذر هذه السحب باقتراب عاصفة رعدية أو تغّير مفاجئ قريب في الحالة الجوية نحو الأسوأ.

2- سحب الطبقي المتوسط :

غيوم متوسطة الارتفاع تأخذ شكل طبقات متجانسة في مظهرها ، يغلب عليها اللون الرمادي الفاتح او المائل للزرقة، وغالباً ما تتخذ مظهراً ليفياً. وتشاهد الشمس أو القمر من خلالها كما لو كانت تُرى من خلال زجاج مصنفر ، أما إذا ازدت كثافتها فإنها تحجب الشمس أو القمر ويحاطان بالكيل من الضوء، وتؤّدي إلى حدوث هطول مطري وأحياناً ثلجي يتصف باستمرارية نسبية . تتشّكل هذه الغيوم بفعل الصعود البطيء للهواء الرطب .

سحب الركام المتوسط سحب الطبقي المتوسط

الشكل رقم (5) أجناس السحب المتوسطة

جـ - السحب المنخفضة:

وتتألف هذه السحب من قطيرات مائية ، ويتراوح ارتفاعها ما بين سطح الأرض وارتفاع 2 كم ويمكن أن نميز ثلاثة أجناس من هذه السحب كما في الشكل رقم (6) :

1-السحب الطبقية :

غيوم منخفضة رمادية الشكل. تبدو في السماء قريبة من سطح الأرض متخذة شكل طبقة منتظمة في مظهرها ، أشبه ما تكون بالضباب المرتفع عن سطح الأرض. واذا وصلت قاعدتها سطح الأرض تكون الضباب. وعادة تتكّون هذه السحب نتيجة ارتفاع الضباب بعيداً عن سطح الأرض ، بفعل أشعة الشمس ، الهطول الناتج عن هذه السحب يكون على هيئة رذاذ وتتألف من قطيرات مائية دقيقة.

2-السحب الركامية الطبقية :

غيوم منخفضة تكون على شكل كتل ضخمة كروية ، لونها قاتم رمادي ، مفصولة عن بعضها بفراغات واضحة ترى من خلالها زرقة السماء ، وقد تغطّي السماء كلها ، تحدث هذه السحب عادة في ليلة سماؤها صافية ونادراً ما تسبب هطول الأمطار، تتشَكل هذه الغيوم أحياناً من غيوم الركام المزني.

3-سحب المزن الطبقي :

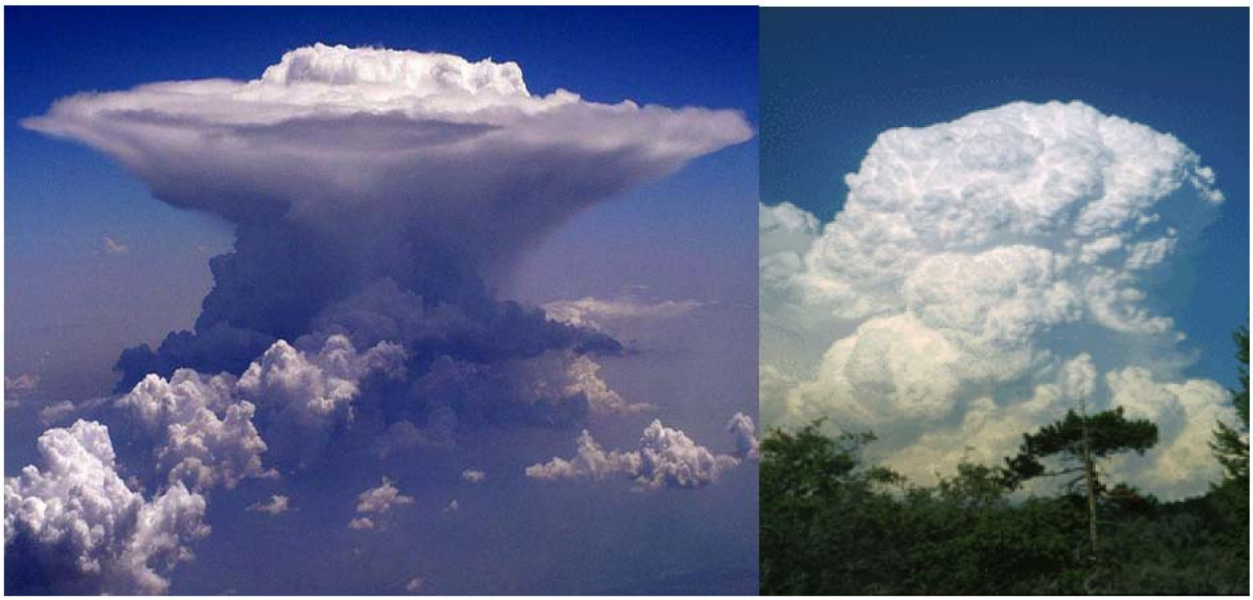
سحب منخفضة لونها رمادي عاتم ، تغطي السماء وتحجب قرص الشمس والقمر تماماً، قاعدتها مشوهة وقمتها على هيئة سندان ، تتصف بالهطول المستمر والغزير والطقس المرافق لها رديء وتعرف بغيوم الطقس الرديء. تتألف من قطيرات مائية وفوق مبردة .

السحب الطبقية السحب الركامية الطبقية سحب المزن الطبقي

الشكل رقم (6) أجناس السحب المنخفضة

4-مجموعة السحب ذات النمو الشاقولي:

ويمكن أن نميز فيها جنسين،كما في الشكل رقم (7):



السحب الركامية سحب الركام المزني

الشكل رقم (7) مجموعة السحب ذات النمو الشاقولي

1- السحب الركامية :

سحب كثيفة ذات تطور عمودي لها قاعدة أفقية من أعلى تشبه القَبة تعلوها زوائد. تظهر السحب الركامية على أشكال متفرقة ومختلفة في أحجامها وسماكتها وشكلها كزهرة القرنبيط أو الأبراج الأجزاء المضاءة منها بيضاء ولامعة وقواعدها داكنة ، تنشأ هذه السحب في العادة أثناء النهار عندما تسخن الأرض بفعل أشعة الشمس وتنشأ عنها تيارات الحمل الصاعدة ، تتكون سحب الركام من قطيرات مائية وأحيانا من بلورات ثلجية . لا تترافق بأمطار غزيرة إلا عندما تكون الحركة الصاعدة قوية كما يحدث في المنطقة الاستوائية .

2-سحب الركام المزني :

وهي عبارة عن سحب ضخمة سماكتها كبيرة وذات تطور عمودي هائل وتكون على شكل كتل ضخمة شامخة ومتراكمة كالجبال والأبراج الضخمة ، تشبه سندان الحداد ، يرافقها اضطرابات جوية وتحدث فيها العواصف الرعدية ، زخات مطر غزيرة ، ومنها يهطل البرد ، تتكون من قطيرات مائية وبلورات ثلجية ، تتشكّل هذه السحب عادة من سحب الركام كاستمرار لنمو هذه السحب العمودي. إنّ الطريقة التي تتشكّل فيها الغيوم وما يرافقها من ظواهر تمكننا من تحديد نموذج الغيوم السائدة ، ففي المناطق الخالية من الاضطرابات الجبهية ، فإنّ عامل التسخين الإشعاعي النهاري والتبريد الليلي هما الحاسمان في تقرير نمط الغيوم السائدة ، حيث تسود الغيوم الركامية بعد الظهيرة وتنعدم ليلاً ويسود محلها الغيوم الطبقية ، أمّا إذا كانت الاضطرابات الجوية الجبهية هي المسيطرة على منطقة ما ، فإنّ حدوث العواصف الرعدية دليل على غيوم الركام المزني ، بينما هطول المطر المستمر دليل على غيوم المزن الطبقي والطبقي المتوسط ، أمّا هطول الرذاذ فهو دليل على الغيوم الطبقية. والجدول (3) يعطي فكرة عن أنواع الهطول المرافقة لأجناس الغيوم المختلفة .

الجدول (3) أشكال الهطول المرافقة لبعض أجناس السحب

الظاهرة الجوية المائية	جنس السحب					
	طبقي متوسط	مزن طبقي	ركام طبقي	طبقي	ركام	ركام مزني
مطر	X	X	X		X	X
رذاذ				X		
ثلج	X	X	X			X
كرات ثلجية صغيرة			X			X
كرات جليدية صغيرة	X	X				X
منثورات جليدية				X		

2- 7-الظواهر الضوئية المرافقة للغيوم (الشكل رقم8) :

1-الكورونا (Corona) :

عبارة عن مجموعة من الحلقات الضوئية الصغيرة والمتتابعة التي تحيط بالشمس والقمر. إن أقرب الحلقات الضوئية إلى الشمس أو القمر يكون لونها بنفسجي والحلقة بنفسجياً الخارجية تكون ذات لون أحمر أو بني محمر. والكورونا تظهر من خلف الغيوم وخاصة السمحاق.

2 - قوس قزح:

مجموعة أقواس ملونة متحدة المركز ، ألوانها بين البنفسجي في الداخل والأحمر في الخارج ، وينشأ نتيجة لانكسار الأشعة الشمسية أو القمر أو انعكاسها على القطيرات المائية العالقة في الهواء ، وظهور قوس قزح من جهة الغرب صباحاً دليل قدوم الأمطار ومن الشرق دليل على تحسن الطقس.

3-الفجر(الشفق) القطبي (Aurora) :

وهو عبارة عن تفريغ كهربائي يحدث في نصف الكرة الشمالي والجنوبي بالقرب من القطبين وهو مرتبط بدورة البقع الشمسية ونشاطها ، ويرجع بأن الظاهرة تنشأ من الجزيئات المشحونة كهربائياً والتيتقدمها الشمس من خلال الانفجارات الشمسية ، وعندما تقع في مجال الأرض المغناطيسي فإنها تتبع خطوط القوى المغناطيسية الأرضية متجهة إلى ناحية الأقطاب المغناطيسية ، وتتحد البروتونات مع الإلكترونات فينتج عنها ذرات الهيدروجين التي تسبب الضوء. ولون الأورورا يكون غالباً أخضر باهتاً مائلاً للبياض.

4-السراب(Mirage) :

ظهور اعوجاج بشكل الأجسام قرب الأفق وينشأ من سرعة تباين كثافة الهواء بالارتفاع خلال مسافة قصيرة فوق سطح الأرض فتظهر الأجسام مقلوبة أو ممزوجة ، وتوجد هذه الظاهرة بالبحر وخصوصاً في الجهات القطبية .

5-الشفق والغسق:

تلُون السماء بألوان متعددة قبل شروق وغروب الشمس وهو ينشأ عن تبعثر أشعة الشمس الضوئية في طبقات الجو العليا.

الشكل رقم (8) الظواهر الضوئية المرافقة للغيوم

2- 8 - العواصف الرعدية (الشكل رقم9) :

وهي ظاهرة جوية كهربائية ، وهي واحدة من التفريغات الكهربائية الفجائية ، وتعدّ من الظواهر الكثيرة الحدوث في أرجاء الأرض كافة ، ماعدا المناطق القطبية ، نظراً لجفاف الهواء وعدم وجود تيارات هوائية صاعدة. والرعد الذي نسمعه ما هو سوى نتاج تفريغ الشرارات الكهربائية التي تعرف بالبرق ، ويتم التفريغ الكهربائي بين الغيوم أو بين الغيوم وسطح الأرض ، فالبرق تفريغ كهربائي بين الغيوم ، والصاعقة تفريغ بين الغيوم وسطح الأرض.

تُعتبر غيوم الركام المزني غيوم العواصف الرعدية ، نظراً لما تتصف من عنف وانتشار شاقولي حيث تكون قمة هذه الغيوم ذات شحنات كهربائية موجبة ، وقاعدتها ذات شحنات سالبة ، في حين تكون الشحنة الكهربائية لبعض مناطق سطح الأرض موجبة ، فعندما يصل فرق الكمون ما بين مناطق الشحنات إلى أشده ، يحدث اندفاع قوي للشحنات السالبة تجاه الشحنات الموجبة متولداً عن ذلك تيار كهربائي ذو وميض شديد (البرق) . وعلى طول مسار ذلك التيار الكهربائي تتولد حرارة تعمل على تسخين سريع للهواء (حرارته أعلى من1000م) . وتمّدده بسرعة كبيرة محدثاً ما تعرف بالرعد. وتستمد العاصفة الرعدية الجزء الأكبر من طاقتها من الحرارة الكامنة الناتجة من تكاثف بخار الماء الجوي.

هناك مجموعة من العوامل المساعدة على تشكل ونشوء العواصف والرعدية ومن منها:

1-وجود كميات كبيرة من بخار الماء في الغلاف الجوي.

2-تكاثف بخار الماء وانطلاق الحرارة الكامنة.

3-حالة عدم استقرار في الغلاف الجوي.

4-وجود تيارات صاعدة قوية.

يكثر حدوث العواصف الرعدية في المنطقة الاستوائية لتوفر الرطوبة و التيارات الصاعدة وتتشكل فيها غيوم الركام المزني بكثرة ، كما تحدث فوق الجزر والمناطق الساحلية لتوفر بخار الماء.
أما في القطر العربي السوري،فتكثر العواصف الرعدية في المناطق الساحلية،والشمالية الغربية والداخلية،إذ تنطبق المناطق الشمالية والغربية على الخط العام للمنخفضات الجوية الجبهية العابرة للقطر،وتتركز العواصف الرعدية المحلية المرافقة لغيوم الركام المزني الناجمة عن التسخين الشديد - في ساعات بعد الظهيرة.
تُعتبر العواصف الرعدية مؤشراً على حدوث اضطراب في الجو،كما أنها بشير هطول أمطار وفيرة، إلّا أنها قد تسبب بعض الأضرار وحدوث الحرائق وتلحق أضراراً بالمزروعات خاصة إذا ترافقت بهطول البرد .

أنواع العواصف الرعدية:

أ-عواصف رعدية تنشأ نتيجة التقاء كتلتين هوائيتين مختلفتي الصفات الفيزيائية.
ب-عواصف رعدية تنشأ بسبب صعود الهواء بقوة إلى أعلى بسبب اندفاع الهواء في الأعاصير الدوامية.
جـ-عاصفة رعدية تنشأ نتيجة لعدم وجود استقرار في نفس الكتلة الهوائية مثل ما يحدث بسبب سخونةالأرض الشديدة والهواء المحيط مع مصادر كافية لتزويد الهواء بالرطوبة.

البرق الصاعقة

الشكل رقم (9) العواصف الرعدية

انتهت المحاضرة

- المرجع1 : المناخ والأرصاد الزراعية (جامعة حمص) لـ: د. حسن شهاب و د. هيثم أحمد .
- المرجع 2 : المناخ و الأرصاد الزراعية (جامعة حلب) : د. جميل عباس .

j