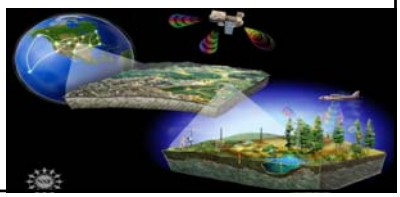
المناخ و الأرصاد الزراعية
المحاضرة السابعة

الرطوبة الجوية Humidity Atmosphere
التكاثف وأشكاله Condensation and its forms

اعداد
د . قيس علي سلطان

2026



الرطوبة الجوية Humidity Atmosphere

- يُعتبر بخار الماء الجوي من أهم مكونات الغلاف الجوي السفلي على الرغم من أنَّه لا يحتل سوى ٢% أو أقل من كتلة الجو الإجمالية إلى ما لا يتجاوز ٣ – ٥ % من حجم الهواء.

- فهو يعتبر مصدر جميع أشكال التكاثف والهطول ، وبالتالي فهو يزوّد الأرض باحتياجاتها المائية .

- 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.

أهمية الرطوبة الجوية

I. بخار الماء مصدر لجميع أشكال التكاثف والهطول.
II. يلعب بخار الماء دور رئيسي في **تنظم حرارة جو الأرض** وهو مع CO_2 من أهم المنظمات الحرارية لسطح الكوكب.
III. بخار الماء يؤثّر على معدَّل التبخر والتبخر نتح.
IV. تشكّل الطاقة الحرارية الكامنة ، والتي تنطلق أثناء تكاثف بخار الماء مصدراً هاماً للحركة الجوية.
V. يمكن أن يتحوَّل بخار الماء إلى أشكاله الصلبة والسائلة ضمن درجات الحرارة العادية.

مصادر الرطوبة الجوية

تتمثل مصادر بخار الماء في الآتي:

I. التبخر المباشر من المسطحات المائية المختلفة الأحجام وخاصة البحار والمحيطات والبحيرات.
II. سطح اليابسة الرطب عن طريق التبخر.
III. الغطاء النباتي عن طريق آليه النتح التي تتم من النباتات وعن طريق حرق المادة العضوية بواسطة التنفس حيث ينطلق H_2O مع CO_2.

المفاهيم و القوانين المستخدمة للتعبير عن الرطوبة الجوية

A. **الرطوبة الجوية:** تعبر الرطوبة الجوية عن كمية بخار الماء الموجود في الجو .

B. **ضغط بخار الماء :** هو الضغط الذي يمارسه بخار الماء الموجود بالجو و هناك نوعان من ضغط بخار الماء و هما :

- **ضغط بخار الماء الفعلي (e) .**
- **ضغط بخار الماء المشبع (ew) .**

المفاهيم و القوانين المستخدمة للتعبير عن الرطوبة الجوية

- يعبر عن ضغط بخار الماء باستخدام مقاييس الضغط الجوي أي المليبار وتتناسب قدرة الهواء على تحمل المزيد من بخار الماء تناسباً طردياً مع درجة حرارته وتتناسب تناسباً عكسياً مع مقدار ضغطه.

$$P = e + es$$

- حيث :
- P : الضغط الكلي .
- es : ضغط الهواء الجاف .
- e : ضغط بخار الماء .

المفاهيم و القوانين المستخدمة للتعبير عن الرطوبة الجوية

العلاقة بين ضغط بخار الماء المشبع و درجة الحرارة .

درجة الحرارة (س°)	ضغط الإشباع بالنسبة للماء (ملليبار)
١٠-	٢,٨٦٠
٥-	٤,٢١٨
٠	٦,١١٠
٥	٨,٧٢٤
١٠	١٢,٢٧
١٥	١٧,٠٥
٢٠	٢٣,٣٨
٢٥	٣١,٦٨
٣٠	٤٢,٤٥
٣٥	٥٦,٢٦
٤٠	٧٣,٨١

المفاهيم و القوانين المستخدمة للتعبير عن الرطوبة الجوية

نستطيع أن نميز 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 بالملليبار .
- ضغط بخار الماء المشبع (ew) : هو الضغط الناتج عن احتواء الهواء لأقصى كمية ممكنة من بخار الماء عند درجة حرارة التي يقدر فيها (e) .

المفاهيم و القوانين المستخدمة للتعبير عن الرطوبة الجوية

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

المفاهيم و القوانين المستخدمة للتعبير عن الرطوبة الجوية

D. **نسبة الخلط الفعلي أو الحقيقي (r)**

$$r = mv / ma$$

- حيث :
- mv كتلة بخار الماء بالغرام .
- ma كتلة الهواء الجاف بالكغ .

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

- حيث :
- e ضغط بخار الماء بالمليبار .
- P الضغط الجوي بالمليبار .

المفاهيم و القوانين المستخدمة للتعبير عن الرطوبة الجوية

E. نسبة الخلط المشبع (rw)

$$r_w = mv / ma$$

- حيث :
- mv كتلة بخار الماء بالغرام .
- ma كتلة الهواء الجاف بالكغ .

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

- حيث :
- e_w ضغط بخار المشبع الماء بالمليبار .
- P الضغط الجوي بالمليبار .

المفاهيم و القوانين المستخدمة للتعبير عن الرطوبة الجوية

F. 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 .

تشكل نقطة الندى مقياساً حرارياً لدرجة تشبع الهواء ببخار الماء . إذ أنها تعبر عن درجة الحرارة التي يحدث عندها تشبع الهواء ببخار الماء بواسطة تبرده و ليس بإضافة بخار الماء إليه حيث يصبح عندها عاجزاً عن حمل المزيد من بخار الماء فيتكاثف . و يشترط أثناء تبرد الهواء الى نقطة الندى أن لا يتغير ضغطه الجوي .

كلما ازدادت الرطوبة النسبية كانت درجة الحرارة المطلوب انخفاضها ليحدث التشبع أقل ، و العكس صحيح عندما تقترب درجة الندى من درجة الهواء السطحية كلما يدل ذلك على اقتراب الهواء من درجة التشبع .

المفاهيم و القوانين المستخدمة للتعبير عن الرطوبة الجوية

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

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

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 .

المفاهيم و القوانين المستخدمة للتعبير عن الرطوبة الجوية

H. الرطوبة المطلقة : و تعرف بكتلة بخار الماء الموجودة في واحدة الحجم من الهواء (g/cm^3) . وهي تعبر عن كمية بخار الموجودة فعلياً بالجو ، ولذا فهي مؤشر جيد لكمية الهطول .

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 .

المفاهيم و القوانين المستخدمة للتعبير عن الرطوبة الجوية

I. 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) .

تغيرات الرطوبة الجوية

- **تغيرات الرطوبة المطلقة:**

- تتناقص الرطوبة المطلقة (كتلة بخار الماء الموجودة فعلياً g/m^3) 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 أنَّ 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 .

تغيرات الرطوبة الجوية

- **تغيرات الرطوبة النسبية :**

- بالنسبة 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 .

التوزّع الجغرافي للرطوبة الجوية

- يخضع توزّع الرطوبة الجوية لكل من درجة حرارة الهواء ونشاط عملية التبخر التي تزود الهواء ببخار الماء.
- لذا نجد أنَّ المناطق الاستوائية ذات الرطوبة الأرضية الوفيرة والتبخر نتح النشط يجعلان الرطوبة الجوية وفيرة .
- وتتناقص الرطوبة النوعية والمطلقة 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.
- أمَّا الرطوبة النسبية فيسجل معدَّلها الأعظمي عند خط الاستواء لتتناقص مع تزايد درجة العرض حتى حزام الضغط المرتفع شبه المداري الذي تسوده حركة جوية هابطة، وتسجل فيه أخفض قيم الرطوبة النسبية. وابتداءً من خط عرض ٣٠ شمالاً وجنوباً باتجاه القطبين، تأخذ الرطوبة النسبية بالتزايد نتيجة تدني درجات الحرارة في هذا الاتجاه.

العوامل التي تؤثر على رطوبة الجو

- درجة الحرارة.
- المسطحات المائية.
- الضغط الجوي.
- سرعة الرياح.
- الأمطار.
- نسبة الملوحة.
- تزايد نسبة الرطوبة في مناطق الغطاء الخضري.

التكاثف وأشكاله Condensation and its forms

- **التكاثف Condensation :**
- هو إحدى عمليات تحول الماء من شكل إلى آخر حيث يحدث بموجبه تحول الماء من حالته الغازية إلى حالته السائلة ، ويتم هذا التحوّل عن طريق تجمع جزئيات بخار الماء وتلاحمها مع بعضها البعض بفعل تصادمها لتتحول إلى قطيرات جنينيه من الماء وتنمو بعد ذلك إلى قطيرات كاملة. ويحدث ذلك في شروط مختلفة تكون مرتبطة جميعها بتغير حجم عمود من الهواء وتغير درجة الحرارة والرطوبة والضغط .
- وتنبع أهمية التكاثف من ناحتين، الأولى ؟ إنه السبب المباشر لمختلف أشكال الهطول لأنَّه لا يمكن حدوث الهطول دون عملية التكاثف .
- والثانية ؟ إنَّه مصدر حراري لتسخين الجو، لما تطلقه جزئيات بخار الماء عند تكاثفها من حرارة تعرف بحرارة التكاثف. وهي تعادل حوالي ٦٠٠ حريرة لكل ١ غ بخار ماء متكاثف .

شروط التكاثف

١- الرطوبة الجوية:

إنَّ توفّر بخار الماء في الهواء الجوي يعتبر الشرط الأساسي لحصول عملية التكاثف ، وكلما ازدادت نسبة بخار الماء في الجو تزداد احتمالات التكاثف.

٢- انخفاض درجة حرارة الهواء إلى نقطة الندى:

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

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

شروط التكاثف

II. تبرُّد الهواء إلى الدرجة التي تجعله مشبعاً ببخار الماء (نقطة الندى) يؤدي إلى التكاثف وتحدث عملية التبريد بإحدى الطرق التالية :

- تبرد الهواء بالتوصيل أو النقل الحراري. عند ملامسة الهواء لسطح بارد أسفل منه فيتشكَّل الندى أو الصقيع والضباب الإشعاعي وكذلك ضباب الانتقال الأفقي .
- عند امتزاج هواء ساخن رطب بهواء رطب بارد ينتج عن ذلك خفض لدرجة حرارة هذا الهواء الساخن ضباب المزج .
- التبريد الذاتي للهواء نتيجة ارتفاع الهواء إلى أعلى وبالتالي تمدّده على حساب الطاقة الداخلية للهواء نفسه ومن أهم أشكال التكاثف بهذه الطريقة السحب .

شروط التكاثف

٣- وجود نوى التكاثف (Condensation Nucleus):

- يبدأ بخار الماء بالتكاثف نظرياً عندما يصل الهواء إلى درجة الإشباع (رطوبة نسبية ١٠٠ %) إلا إنَّه في حالات كثيرة يكون الهواء فوق مشبع ولكن لا يحدث التكاثف. وهنا لابد من الإشارة إلى أن التكاثف يحدث بصعوبة بالغة في الهواء النقي تماماً الخالي من الجسيمات حتى لو بلغ درجة التشبّع أو فوق التشبّع.
- فالتكاثف لا يتم بشكل طبيعي إلا بوجود جسيمات دقيقة في الهواء تعرف بنوى التكاثف وهي عبارة عن الشوائب الموجودة في الهواء مثل الغبار ودخان المصانع وبلورات الجليد والأملاح البحرية .

شروط التكاثف

٣- وجود نوى التكاثف (Condensation Nucleus):

- وتختلف الدرجة التي يصل عندها الهواء إلى التكاثف باختلاف حجم نويات التكاثف ونوعها وبشكل عام فإن نصف قطر نويات التكاثف يتراوح بين ١٠-٠.٠٠١ ميكرون، وكلما كانت نويات التكاثف كبيرة كانت أكثر فعالة في مجال التكاثف وكلما كانت أكثر وفرة في الهواء ساعدت أكثر في حدوث التكاثف ومنعت عملية فرط الإشباع ، غير إنَّه في المناطق البحرية الغنية أجوائها بالأملاح وكذلك في المدن الصناعية والمليئة بالملوثات فإن التكاثف يمكن أن يحدث قبل وصول الهواء إلى حالة الإشباع. و يحتوي هواء اليابسة على نوى تكاثف أكثر مما يحتوي الهواء البحري.

أشكال التكاثف

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

- التكاثف السطحي: الذي يتمثل بالندى (Dew) .
- التكاثف القريب من السطح: الضباب والشابورة .
- التكاثف العلوي (السحب) (Clouds) .

التكاثف السطحي - الندى Dew

- عبارة عن قطرات صغيرة من الماء تتشكل 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 يؤدي إلى تكاثف بخار الماء الملامس لهذه الأسطح عليها على شكل قطرات تعرف بالندى.
- تزول قطرات الندى مباشرة بعد شروق الشمس .
- تتوقف كمية الندى في وحدة المساحة على الميزان الحراري حيث يجب ألاَّ تزيد كمية الحرارة المنطلقة من بخار الماء عند تكاثفه وتحوله إلى ندى عن كمية الحرارة المفقودة من سطح التربة بالإشعاع.
- لتشكّل الندى يجب أن يكون الجو صحواً وهادئاً نسبياً لذا يكثر في الصيف والخريف وخاصة في المناطق الداخلية من القطر العربي السوري.
- الندى من الظواهر الجوية المفيدة للزراعة ويسهم إلى حد ما في التغذية المائية النباتات وخاصة الصحراوية .

التكاثف القريب من السطح – الضباب

- 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 .
- يؤدِّي هذا التكاثف إلى خفض الرؤيا الأفقية إلى أقل من ١كم ويحدث التكاثف نتيجة تبرد الهواء القريب من السطح إلى ما دون نقطة الندى .
- يمكن أن نميز الأنواع التالية للضباب :

I. الضباب الإشعاعي (Radiation Fog) .
II. ضباب الانتقال الأفقي (المحمول) Advection Fog .
III. ضباب البخار (Steam Fog) .
IV. الضباب الجبهي (Frontal Fog) .
V. ضباب المدن (Smog) .

١- 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 أن الهواء رديء النقل للحرارة لذا فإنَّ التبرد الإشعاعي يبقى محصوراً في سماكة قليلة جداً وهذا يؤدي إلى تشكل الندى أو الصقيع فوق الأرض الباردة وبالتالي لا يتشكَّل الضباب.
- لهذا فإنَّ وجود رياح خفيفة ضرورية لكي ينتشر التبرد في سماكة أكبر بسبب الحركة المزجية التي تسببها الريح الخفيفة وينتج عن هذا التبرد تكاثف بخار الماء وتشكل الضباب الإشعاعي والرياح المناسبة لتشكل هذا النوع من الضباب هي ما كانت سرعتها محصورة بين ٢-٥ عقدة / ثا .
- أما إذا زادت سرعة الرياح عن ذلك تزداد الحركة المزجية ويتكون السحاب الطبقي المنخفض .

١- الضباب الإشعاعي (Radiation Fog)

ومما تقدم نجد أنَّ الظروف الواجب توفرها لتكوين الضباب الإشعاعي هي:

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

٢- استقرار الهواء وقلة الحركات الصاعدة أو الدوامة.

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

٤- وجود نويات التكاثف .

٥- انقلاب حراري يساعد على عملية تكوين الضباب .

١- الضباب الإشعاعي (Radiation Fog)

- وتكون 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 كثافته بعد شروق الشمس نتيجة لزيادة الحركة المزجية الناشئة عن التسخين بفعل أشعة الشمس وازدياد سرعة الرياح.

- أغلب الضباب يتشكَّل في سوريا وبالأخص المنطقة الوسطى من هذا النوع والضباب الإشعاعي ينبئ بتحسُّن الطقس.

٢- ضباب الانتقال الأفقي (المحمول) Advection Fog

- يحدث هذا النوع من الضباب نتيجة انتقال كتل من الهواء الحار والرطب على مناطق شديدة البرودة ويكون مصحوباً برياح .
- حيث تبرد الأجزاء السفلى من كتل الهواء الرطب مكوناً ضباباً كثيفاً، ويصل ارتفاع الضباب المنتقل ٣٠٠-٤٠٠ م و قد يصل إلى ٧٠٠-٨٠٠ م .
- وهذا الضباب على نوعين :

I. **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 يؤدي إلى التكاثف وتشكل الضباب.

II. **ضباب الانتقال الأفقي فوق اليابسة :**

يُشكّل 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 .

٣- ضباب البخار (Steam Fog)

- يُعرف أيضاً بضباب البحر أو بدخان البحر القطبي، لكثرة انتشاره في المنطقة القطبية.
- يعود سبب تشكُّل هذا النوع من الضباب إلى التبخر 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 مؤدياً إلى تشبعه وتكاثفه على شكل ضباب ناجم عن إضافة المزيد من بخار الماء إلى الهواء .
- ليحدث هذا النوع من الضباب يجب أن يكون الفرق بين درجة حرارة الهواء البارد وحرارة مياه المسطحات المائية الدافئة لا أقل من ١٥ مْ .

٤- ضباب الجبهي (Steam Fog)

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

٥- ضباب المدن

- هو الضباب المتشكّل فوق المدن الصناعية الكبيرة على شكل سحابة قاتمة اللون لا سيما في ساعات الصباح نتيجة انخفاض درجة الحرارة بسبب فقدها بالإشعاع الليلي ونتيجة وفرة نويات التكاثف الملوثة مع الرطوبة الناتجة عن التبخر من المصارف والحدائق والتعرق والتنفس والنتح وبالتالي يتكاثف بخار الماء على هذه الملوثات ويعتبر ركود الهواء عاملاً مساعداً على حدوثه .

الشابورة (Mist)

- جزئيات مائية دقيقة جداً أو جزئيات قابلة لامتصاص الماء عالقة في الهواء وتحدّ من مدى الرؤية الأفقية ولكنها لا تقل عن ١ كم فالشابورة عبارة عن ضباب خفيف .
- وهي تكسب السماء لوناً باهتاً أو مائلاً للأبيض . وبذلك فهي تقلل من صفاء السماء يترتب على ذلك تقليل الرؤية .

التكاثف العلوي (السحب) (Clouds)

- تمثّل 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 ومعلَّقة في الهواء لصغر حجمها وخفتها وهي بذلك لا تلامس قواعدها سطح الأرض.
- تلاحظ في الجو أنواع مختلفة من الغيوم ، ويعود ذلك إلى نوعية الحركة التي تسبب تبرد الهواء وتكثف بخار الماء، وتختلف الغيوم عن الضباب بما يلي :

١- تتكَّون الغيوم في طبقات الجو مختلفة الارتفاع بين ٢٠٠م – ٩٠٠٠م أمَّا الضباب فيتكون اعتباراً من سطح الأرض وحتى ٣٧٥م.

٢- تتكَّون الغيوم تحت تأثير التيارات الهوائية للأعلى في الجو، بينما هذه التيارات تعيق تكون الضباب وتراكمه.

٣- تتشكَّل الغيوم بفعل انخفاض درجات الحرارة ذاتياً، بينما يتشكل الضباب نتيجة تبرد الهواء.

بنية السحب وخصائصها

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

I. قطرات مائية دافئة درجة حرارتها أعلى من الصفر.
II. قطرات مائية فوق مبردة وتتراوح حرارتها بين (0) – (- 10م).
III. خليط من القطرات المائية وبلورات جليدية ودرجة حرارتها بين- 10م إلى- 40 م.
IV. بلورات من الجليد تقلّ درجة الحرارة فيها عن - 40 م.

بنية السحب وخصائصها

- تختلف مكونات السحب باختلاف درجة حرارتها ونوع نويات التكاثف الموجودة فيها ويتوقَّف 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 .

تصنيف السحب وأوصافها

- يتوقَّف التكوين العام للسحب على حالة استقرار الجو .
- ففي الجو المستقر تتجمَّع السحب في طبقات متراصة وتسمَّى في هذه الحالة بالسحب الطبقية Stratus.
- أمَّا في الجو الغير مستقر فإنَّ تلك المكونات تتجمع في كتل متراصة فوق بعضها البعض وتسمَّى في هذه الحالة بالسحب الركامية Cumulus وتظهر هذه السحب في السماء بأشكال وأحجام مختلفة مرتبطة بدرجة عدم الاستقرار .

تصنيف السحب وأوصافها

- **واستناداً إلى درجة حرارة طبقة السحب نميز بين ثلاث مجموعات من السحب :**
- **السحب الدافئة:** وهي التي تكون درجة حرارتها فوق الصفر، وعليه فإنَّها تتكَّون من قطرات مائية فقط يتم نموها وفق عملية التصادم والالتحام.
- **السحب الباردة:** وهي التي تكون درجة حرارتها دون الصفر وتتكوَّن من بلورات جليدية أو قطرات مائية فوق مبردة أو خليط منهما.
- **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 .

تصنيف السحب وأوصافها

- وتتشَّكل السحب بشكل أساسي ضمن طبقة التروبوسفير وتكون قممها ذات ارتفاع أعلى في العروض المنخفضة ، مما هو عليه في العروض المتوسطة والمرتفعة.
- لقد 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 .

تصنيف السحب وأوصافها

مجموعة السحب	الأجناس	متوسط ارتفاع القاعدة (كم)
السحب العالية	1-السمحاق (السيروسci) 3-السمحاق الطبقي (السيروسترا توس CS) 2-السمحاق الركامي (السيروكومولوس Cc)	5
السحب المتوسطة	5-الطبقي المتوسط (التوستراتوس As) 4-الركام المتوسط (التوكومولوس Ac)	2
السحب المنخفضة	6-الطبقي (ستراتوس St) 8-المزن الطبقي (نيمبو ستراتوس Ns) 7-الطبقي الركامي (ستراتوكومولوس Sc)	0.5
السحب ذات النمو الشاقولي	9-الركام (كومولوس Cu) 10-الركام المزني (كومولونيبوس Cb)	0.5 – تربوسفسير

تصنيف السحب وأوصافها

Table C18 Cloud types

Altitude range	Genera (cloud type)	Abbreviation
Low	Stratus	St
	Cumulus	Cu
	Stratocumulus	Sc
	Cumulonimbus	Cb
Middle	Altostratus	As
	Altocumulus	Ac
	Nimbostratus	Ns
High	Cirrus	Ci
	Cirrostratus	Cs
	Cirrocumulus	Cc

تصنيف الغيوم

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 جليدية ويتراوح وسطي ارتفاعها بين 5 كم وقمة التربوسفير .

تصنيف الغيوم

أ – الغيوم العالية :

ويمكن تمييز ثلاثة أجناس من هذه السحب :

١- سحب السمحاق (Cirrus) Ci :

سحب مشتتة 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 .

تصنيف الغيوم

أ – الغيوم العالية:

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

- غيوم على شكل نتف بيضاء أو بشكل صحيفة رقيقة غير مظللة ومكونة من عناصر صغيرة في شكل حبيبات وتموجات متصلة أو منفصلة مرتبة بانتظام، وقد تتجمع هذه السحب على هيئة خطوط أو موجات تشبه تجاعيد رمال الصحراء، وقد تظهر على هيئة أشكال كروية.
- تتألف هذه الغيوم من بلورات ثلجية وقطيرات مائية فوق مبردة .
- تدل هذه السحب بصفة عامة على الجو الصحو، ولكنها قد تكون في مقدمة عاصفة إذا ما زادت كثافتها وقلّ ارتفاعها.

تصنيف الغيوم

أ – الغيوم العالية:

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

سحب رقيقة وقد تغطي السماء كلها 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 تؤدي إلى أية هطولات.

تصنيف الغيوم

ب - السحب المتوسطة :

- وتتألف هذه السحب عموماً من قطيرات مائية وبلورات ثلجية .
- يتراوح وسطي ارتفاعها بين ٢ – ٦ كم ويمكن أن نميز جنسين ضمن هذه المجموعة:

١- سحب الركام المتوسط Alto – cumulus (Ac) :

إذا اختلطت السحابات الصغيرة مع بعضها، تكوّن شكلاً يشبه أمواج البحر، تتخللها خطوط تظهر من خلالها السماء. تنذر هذه السحب باقتراب عاصفة رعدية أو تغير مفاجئ قريب في الحالة الجوية نحو الأسوأ.

٢- سحب الطبقي المتوسط Alto – stratus (As):

- غالباً ما تتخذ مظهراً ليفياً.
- إذا زادت كثافتها فإنها تحجب الشمس أو القمر ويحاطان بالكيل من الضوء.
- تؤدّي إلى حدوث هطول مطري وأحياناً ثلجي يتصف باستمرارية نسبية .
- تتشكل هذه الغيوم بفعل الصعود البطيء للهواء الرطب .

تصنيف الغيوم

جـ - السحب المنخفضة :

- تتألف هذه السحب من قطيرات مائية، ويتراوح ارتفاعها ما بين سطح الأرض وارتفاع ٢ كم ويمكن أن نميز ثلاثة أجناس من هذه السحب :

١- السحب الطبقية Stratus (St):

- 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 . وإذا وصلت قاعدتها سطح الأرض تكون الضباب.
- وعادةً تتكون 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.

تصنيف الغيوم

جـ - السحب المنخفضة :

٢- السحب الركامية الطبقية Strato – cumulus (Sc):

- غيوم منخفضة تكون على شكل كتل ضخمة كروية، تحدث هذه السحب عادة في ليلة سماؤها صافية ونادراً ما تسبب هطول الأمطار.

٣- سحب المزن الطبقي Nimbo – stratus:

- 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.

مجموعة السحب ذات النمو الشاقولي

ويمكن أن نميز فيها جنسين:

١- السحب الركامية Cumulus (Cu):

• تكون الغيوم الركامية ذات منظر تراكمي متجمع تتصف بقواعدها المسطحة و قمتها المستديرة (تشبه بالات القطن) أو كالتلال و فيها اضطرابات و تيارات هوائية .

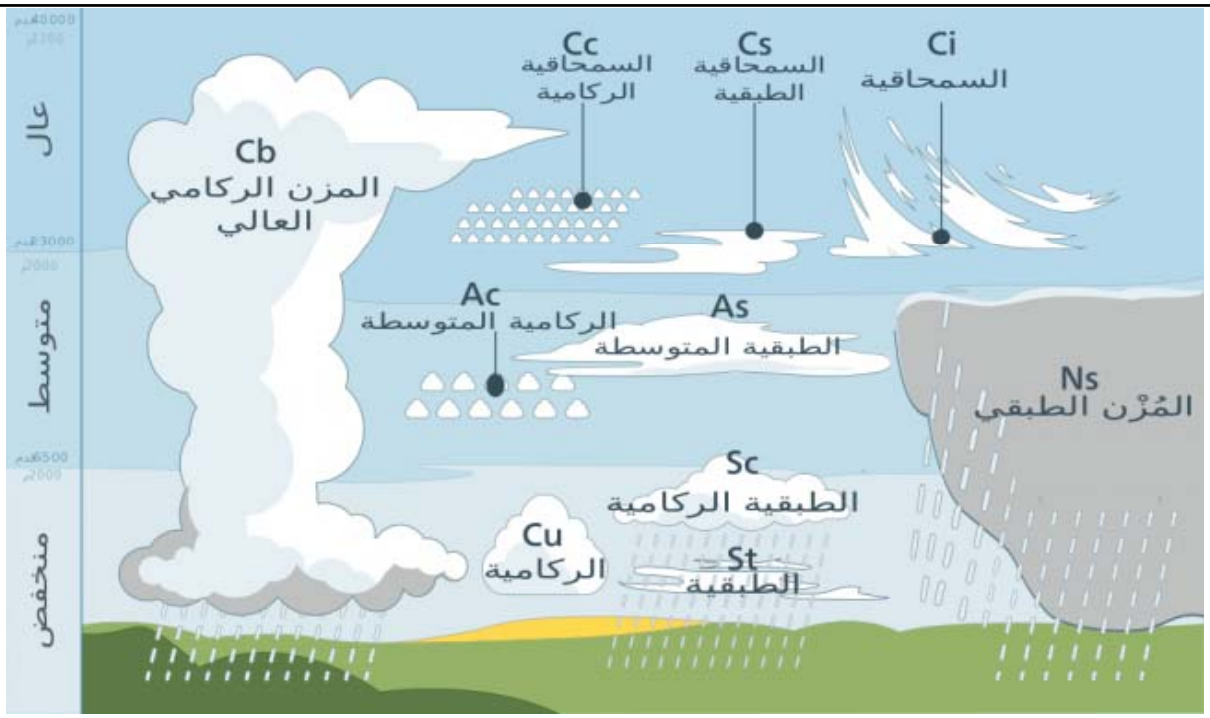
• لونها رمادي داكن بحسب درجة سماكتها كثافتها، انتشارها العمودي كبير نتيجة التيارات الصاعدة و تتكون هذه الغيوم بعد الظهر أثناء النهار و هطول المطر بشكل زخات شديدة .

٢- سحب الركام المزني Cumulo – Nimbus:

- هي عبارة عن سحب ضخمة سماكتها كبيرة وذات تطور عمودي هائل .
- تكون 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 .

أنواع الهطول المختلفة و نوع الغيوم المتشكلة منها

نوع الهطول	نوع الغيوم المسببة
رذاذ أو مطر خفيف	طبقي – طبقي ركامي
ثلج مستمر و مطر مستمر	السحاب الطبقي المتوسط أو المزن الطبقي
ثلج متقطع و مطر متقطع	السحاب الطبقي المتوسط أو الطبقي الركامي
زخات من المطر أو الثلج	سحب الركام المتوسط و الركام المزني
برد	السحب الركامية المزنية



الظواهر الضوئية المرافقة للغيوم

١- الكورونا (Corona) .
٢- قوس قزح .
٣- الفجر القطبي (Auroea) .
٤- السراب (Mirage) .
٥- الشفق والغسق .

الظواهر الضوئية المرافقة للغيوم

١- الكورونا (Corona):

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

٢- 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 **تحسُّن الطقس** .

الظواهر الضوئية المرافقة للغيوم

٣- 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.

٤- الفجر القطبي (Auroea):

- وهو عبارة عن تفريغ كهربائي يحدث في نصف الكرة الشمالي والجنوبي بالقرب من القطبين وهو مرتبط بدورة البقع الشمسية ونشاطها .
- تنشأ هذه الظاهرة من الجزيئات المشحونة كهربائياً والتي تقدمها الشمس من خلال الانفجارات الشمسية .

الظواهر الضوئية المرافقة للغيوم

- عندما تقع في مجال الأرض المغناطيسي فإنها تتبع خطوط القوى المغناطيسية الأرضية متجهة إلى ناحية الأقطاب المغناطيسية .
- تتحد البروتونات مع الإلكترونات فينتج عنها ذرات الهيدروجين التي تسبب الضوء. ولون الأورا يكون غالباً أخضر باهتاً مائلاً للبياض.

٥- الشفق والغسق:

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

العواصف الرعدية

- هي ظاهرة جوية كهربائية، وهي واحدة من التفريغات الكهربائية الفجائية.
- تعدّ من الظواهر الكثيرة الحدوث في أرجاء الأرض كافةً، ماعدا المناطق القطبية نظراً لجفاف الهواء وعدم وجود تيارات هوائية صاعدة. والرعد الذي نسمعه ما هو سوى نتاج تفريغ الشرارات الكهربائية التي تعرف بالبرق .
- يتم التفريغ الكهربائي بين الغيوم (البرق) أو بين الغيوم وسطح الأرض (الصاعقة).
- 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 .

العواصف الرعدية

- 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 من ١٠٠٠م). وتمدده بسرعة كبيرة محدثاً ما تعرف بالرعد. وتستمد العاصفة الرعدية الجزء الأكبر من طاقتها من الحرارة الكامنة الناتجة من تكاثف بخار الماء الجوي.

العواصف الرعدية

- **هناك مجموعة من العوامل المساعدة على تشكل ونشوء العواصف الرعدية ومنها:**

١- وجود كميات كبيرة من بخار الماء في الغلاف الجوي .
٢- تكاثف بخار الماء وانطلاق الحرارة الكامنة .
٣- حالة عدم استقرار في الغلاف الجوي .
٤- 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.

العواصف الرعدية

- أما في سوريا ، 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 .
- تعتبر العواصف الرعدية مؤشراً على حدوث اضطراب في الجو، كما أنَّها تُشير إلى هطول أمطار وفيرة .
- إلا أنَّها قد تسبب بعض الأضرار وحدوث الحرائق وتلحق أضراراً بالمزروعات خاصة إذا ترافقت بهطول البرد .

انواع العواصف الرعدية

I. عواصف رعدية تنشأ نتيجة التقاء كتلتين هوائيتين مختلفتي الصفات الفيزيائية .

II. عواصف رعدية تنشأ بسبب صعود الهواء بقوة إلى أعلى بسبب اندفاع الهواء في الأعاصير الدوامية .

III. عاصفة رعدية تنشأ نتيجة لعدم وجود استقرار في نفس الكتلة الهوائية مثل ما يحدث بسبب سخونة الأرض الشديدة والهواء المحيط مع مصادر كافية لتزويد الهواء بالرطوبة .