دوران بخار الماء فى الغلاف الجوى

Water Vapour in the Atmosphere

د. أحمد عبد العال محمد
رئيس الإدارة المركزية للبحوث والمناخ

يمر بخار الماء فى الغلاف الجوى بثلاث عمليات طبيعية هى البخر والتكثف والهطول كما بالشكل رقم ١

أولا: البخر Evaporation

هى العملية التى بواسطتها يتم تحويل الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية (بخار الماء) Water vapour.

ومعدل البخر ليس ثابت بل يعتمد على العوامل التالية:

١- سرعة الرياح: كلما زادت سرعة الرياح زاد البخر والعكس.

٢- درجة الحرارة: كلما زادت درجة الحرارة زاد البخر والعكس.

٣- مساحة السطح: كلما كان السطح كبير كان معدل البخر كبير والعكس.

٤- الضغط الجوي: يقل معدل البخر بزيادة الضغط الجوى والعكس.

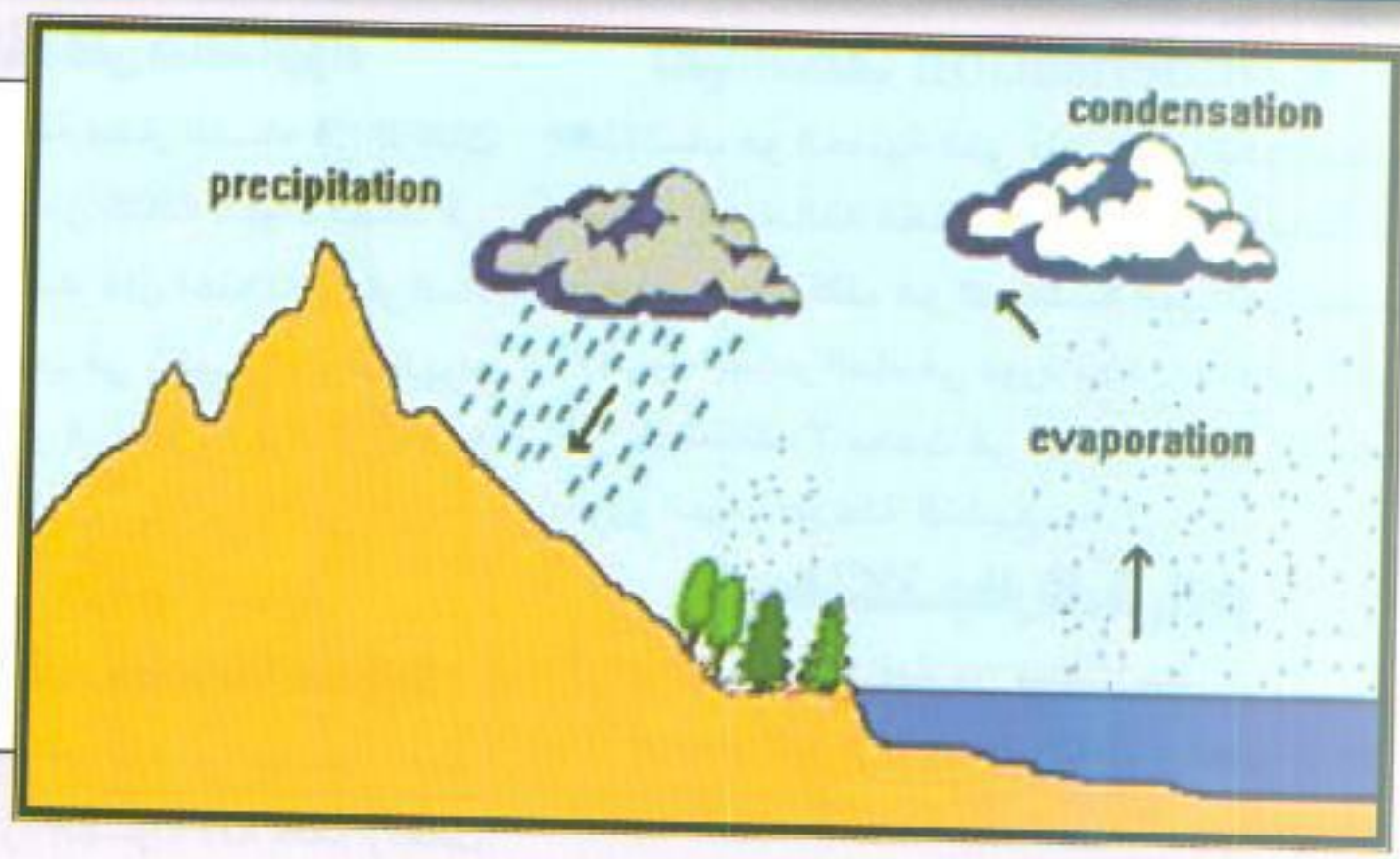
٥- الرطوبة: يقل معدل البخر كلما زادت الرطوبة والعكس.

٦- الشوائب (الملوحة): يقل معدل البخر كلما زادت الشوائب (الملوحة) والعكس.

الرطوبة Humidity

كلمة الرطوبة تستخدم للدلالة على كمية بخار الماء الموجودة فى الهواء والهواء قادر على احتواء كمية معينة لا يتخطاها من بخار الماء وهذه الكمية تختلف حسب درجة الحرارة والضغط الجوي، ويسمى الهواء فى هذه الحالة بالهواء المشبع ويمكن التعبير عن الرطوبة بإحدى الطرق التالية:

(١) الرطوبة المطلقة Absolute Humidity:



شكل رقم ١
دوران بخار الماء
فى الغلاف
الجوي

هـــى كمية بخار الماء الموجـــودة فى متر مكعب من الهواء.

(٢) الرطوبة النوعية
Specific Humidity:

هى كمية بخار الماء الموجودة فى كيلوجرام من الهواء.

(٣) نسبة الخلط للرطوبة
Humidity Mixing Ratio:

هى وزن بخار الماء بالجرام المختلطة بكيلوجرام واحد من الهواء الجاف.

(٤) ضغط بخار الماء
Water Vapour Pressure:

هو الضغط الجزئـــى الناتج عن كمية بخار الماء الموجودة فعلا فى الهواء.

(٥) ضغط بخار الماء المشبع
Saturated Water Vapour Pressure

هو الضغط الجزئى النـــاتج عن تواجد كمية من بخار الماء اللازمة لتشبع الهواء.

(٦) الرطوبة النسبية Relative Humidity

هى النسبـــة المئوية بين كمية بخار الماء الموجـــودة فعـــلا فى حجـــم معين من الهواء وكمية بخار الماء اللازمة لتشبع نفس الحجم من الهواء عند نفس درجة الحرارة.

أى أن:

الرطوبة النسبية =

$$\frac{\text{كمية بخار الماء الموجودة فعلا فى الهواء}}{\text{كمية بخار الماء اللازمة للتشبع عند نفس درجة الحرارة}} \times ١٠٠$$

الرطوبة النسبية =

$$\frac{\text{ضغط بخار الماء الفعلى}}{\text{ضغط بخار الماء المشبع عند نفس درجة الحرارة}} \times ١٠٠$$

الرطوبة النسبية =

$$\frac{\text{الرطوبة المطلقة}}{\text{كمية بخار الماء اللازمة لتشبع متر مكعب من الهواء}} \times ١٠٠$$

الرطوبة النسبية =

$$\frac{\text{الرطوبة النوعية}}{\text{كمية بخار الماء اللازمة لتشبع كيلوجرام من الهواء}} \times ١٠٠$$

تأثير بخار الماء على كثافة الهواء

من المعروف أن كثافة بخار الماء فى درجات الحرارة العادية أقل من كثافة الهواء الجاف فى نفس هذه الدرجة لذلك فإن اختلاط بخار الماء بالهواء الجاف يتسبب فى تقليل كثافة الهواء وكلما زادت كمية بخار الماء فى الهواء كلما قلت كثافة الهواء.

التغير اليومى للرطوبة النسبية
Diurnal Variation of Relative Humidity:

للرطوبة النسبية تغير يومى عكس التغير اليومى لدرجة حرارة الهواء لأنه كلما ارتفعت درجة حرارة الهواء كلما زادت كمية بخار الماء اللازمة لتشبع الهواء وعلى ذلك تقل الرطوبة النسبية أثناء النهار حتى تصل إلى نهايتها الصغرى مع النهاية العظمى لدرجة حرارة الهواء وتزداد الرطوبة النسبية أثناء الليل حتى تصل إلى نهايتها العظمى مع النهاية الصغرى لدرجة حرارة الهواء كما هو واضح من شكل ٤.

درجة حرارة نقطة الندى
Dew-Point Temperature:

هى درجة الحرارة التى يصل عندها الهواء الغير مشبع إلى هواء مشبع مع ثبوت الضغط، ويمكن ملاحظة ما يأتي:

١- إذا كانت درجة حرارة الهواء أعلى من درجة حرارة نقطة الندى فالهواء غير مشبع.

٢- إذا كانت درجة حرارة الهواء تساوى درجة حرارة نقطة الندى يصبح الهواء مشبعا.

٣- إذا برد الهواء إلى أقل من نقطة الندى يحدث التكثف

ثانيا: التكثف Condensation

التكثف هو العملية التى يتم فيها تحول بخار الماء من حالته الغازية إلى الحالة السائلة أو الصلبة والتكثف هو المرحلة التى تلى تشبع الهواء ببخار الماء فى دورة بخار الماء فى الجو أى أن التكثف لا يحدث فى الغلاف الجوى إلا بعد مرور الهواء بمرحلة التشبع.

شروط تكثف بخار الماء فى الجو

١- وجود كمية كافية من بخار الماء.

٢- تبريد الهواء الرطب إلى نقطة الندى أو أقل منها ومن المعروف أن الهواء الرطب يبرد إلى نقطة الندى أو دونها بإحدى الطرق التالية:

أ - مرور هواء ساخنٍ رطب على سطح أرض أو بحر درجة حرارتهما أقل من نقطة الندى للهواء.

ب- عندما يختلط هواء ساخن رطب مع هواء بارد رطب.

ج - بالتبريد الذاتى للهواء عندما يُجبر الهواء الرطب على الصعود إلى أعلى فيبرد حتى يصل إلى نقطة الندى أو ما دونها.

٣-وجود نويات التكثف Nucleus of Condensation مثل الأملاح والدخان وخلافه.

كيف يصل الهواء إلى حالة التشبع اللازمة للتكثف؟

يصل الهواء إلى حالة التشبع اللازمة للتكثف بإحدى الطرق التالية:

أولا: بزيادة كمية بخار الماء فى الجو بواسطة:

١- تبخر المسطحات المائية.

٢- تبخر الأمطار الساقطة من السحب.

ثانيا: تبريد الهواء إلى نقطة الندى أو ما دونها

شكل رقم ٢
قطرات الندى
فى الصباح
الباكر

وذلك بإحدى الطرق الآتية:

- التوصيـــل: عندما يمر هواء ساخن رطب على سطـــح بارد درجة حرارته أقل من نقطة الندى للهواء.
- الاختلاط: عندما تختلط كتلتين مختلفتين من الهواء أحدهما ساخنة والأخرى باردة.
- التبريد الذاتي: عندما يجبر الهواء على الصعود لأعلى فتقل درجة حرارته.

صور تكثف بخار الماء فى الغلاف الجوى

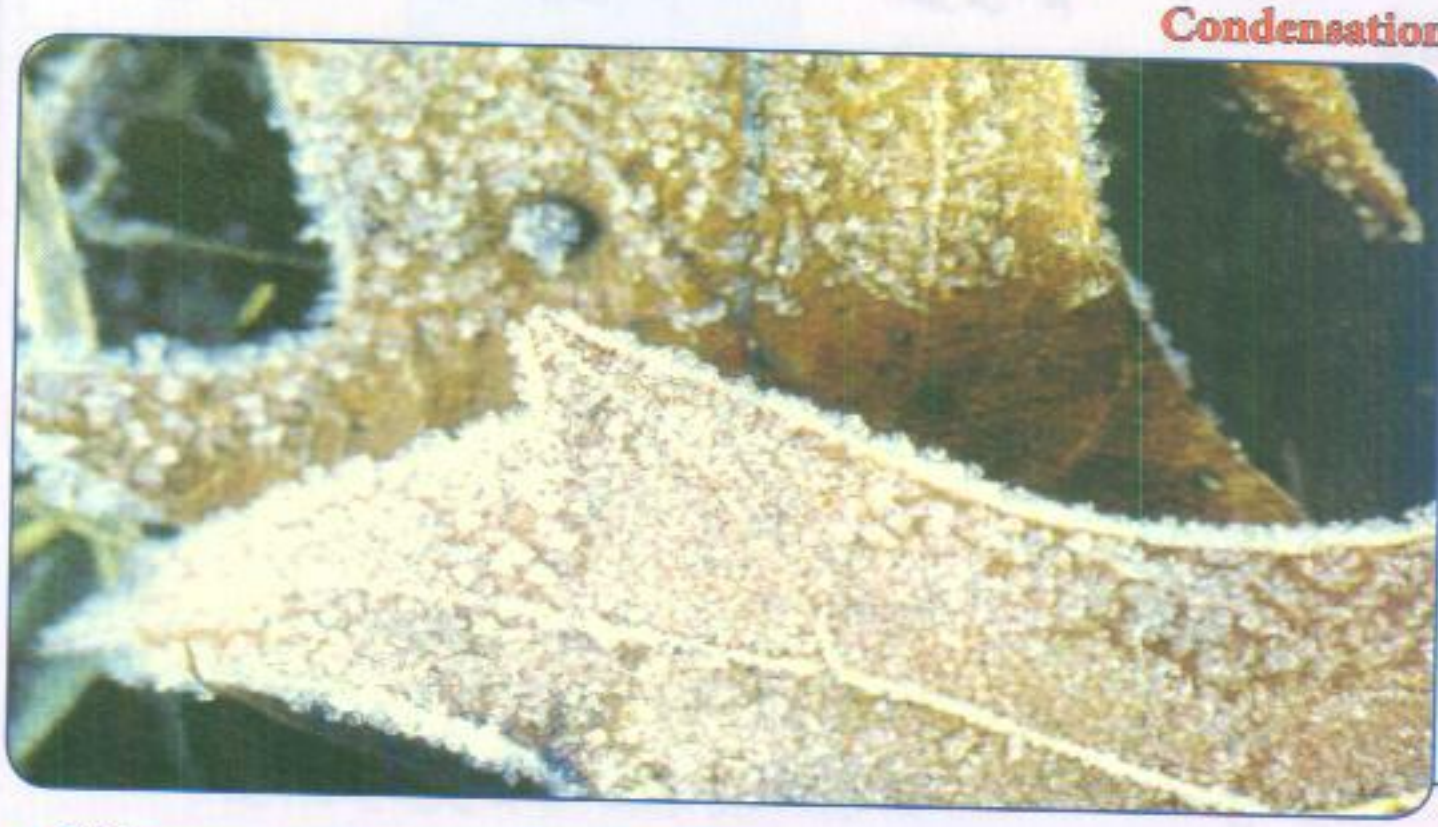
Condensation Form

تختلف صور تكثف بخار الماء فى الغلاف الجوى حسب المستوى التى حدث عنده التكثف وبصفة عامة تشمل صور التكثف الحالات التالية:

أولا: على سطح الأرض والأشياء القريبة من سطح الأرض ويشمل

أ - الندى Dew

يتكـــون الندى عندمـــا يتكثف بخـــار الماء على سطح الأرض والأسطح الباردة (الأسطح المعدنية وأوراق الشجـــر) وتكون درجة الحـــرارة أكبر من



شكل
رقم ٣
الصقيع

الصفـــر المئوى شكل ٢ الذى يوضح قطرات الندى على أوراق الأشجار.

ب- الصقيع Frost

يتكـــون الصقيع عندما يتكثـــف بخار الماء على شـــكل بلورات ثلج على سطـــح الأرض والأسطح البـــاردة شكل (٣) وتكون درجـــة الحرارة أقل من الصفر المئوي.

ثانياً: بالقرب من سطح الأرض ويشمل

أ - الضـــباب Fog

هو إحدى صور تكثف بخار الماء فى الجو عندما يتكثـــف بخار المـــاء على شكل قطـــرات ماء فى طبقة تلامس قاعدتها سطح الأرض وتقل بسببها الرؤية الأفقيـــة إلى أقل من ١ كم وتكون الرطوبة النسبية ١٠٠٪.

ب - الشـــبورة Mist

هى إحدى صـــور تكثف بخار المـــاء فى الجو عندما يتكثف بخار الماء على شكل قطرات ماء فى طبقة تلامس قاعدتها سطح الأرض وتكون الرؤيـــة أكبر من ١ كم والرطوبـــة النسبية فى حدود ٨٥٪.

والجدول التالى يوضح الفرق بين الضباب والشابورة.

ثالثاً: على إرتفاعات مختلفة من سطح الأرض وتشمل

السحب Clouds

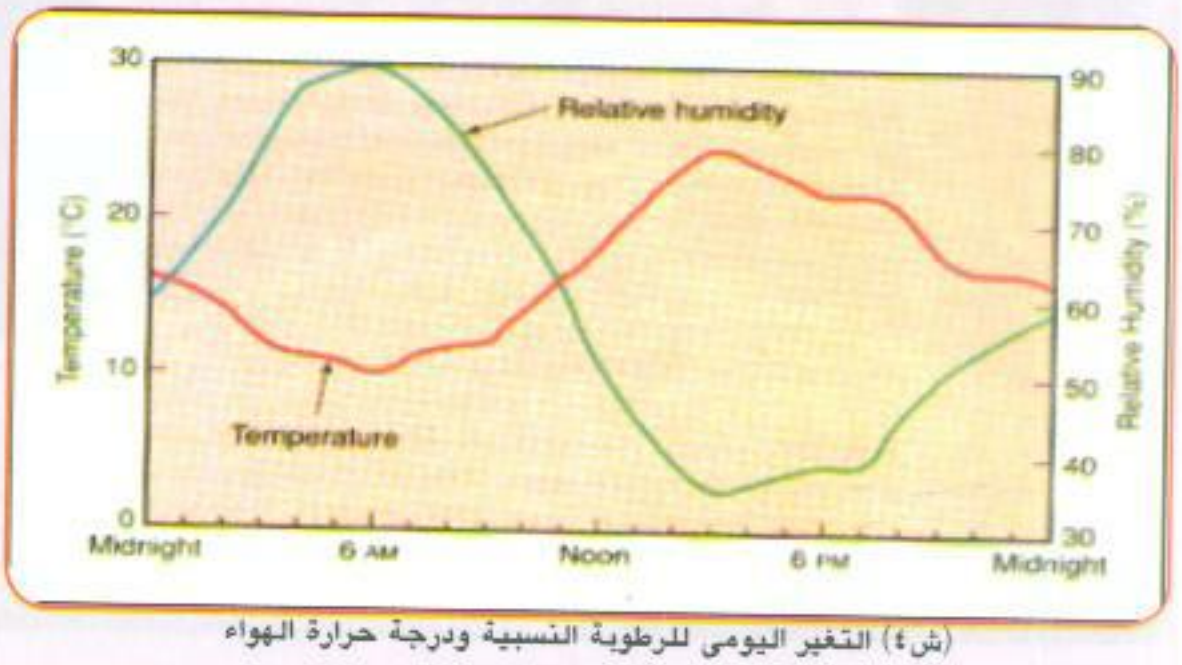
هو إحدى صور تكثف بخار الماء فى الجو عندما يتكثف بخار الماء على شـــكل قطرات ماء أو بلورات جليد فى طبقة لا تلامس قاعدتها سطـــح الأرض وسيتـــم مناقشة السحـــب بالتفصيل فـــى المقالة القادمة.

ثالثا: الهطول Precipitation

الهطول هو مصطلح يطلق على جميع أنـــواع المكونات المائية الساقطة من السحب مثل المطر، الثلج، البرد، الثلوج المتجمعة ومشتقاتها، والهطول هو نهاية دورة حياة بخـــار الماء عندما لا يستطيع الهـــواء الصاعد أن يحمل مكونات السحابة فتسقط إلى الأرض.

الفرق بين الضباب والشابورة

العنصر	الضباب	الشابورة
التكوين	تجمع من بخار الماء	خليط من بخار الماء وذرات صغيرة من التراب والرمال
الرطوبة النسبية	تقريبا ١٠٠ %	أكبر من ٨٥ % ولكن أقل من ١٠٠ %
الرؤية الأفقية	أقل من ١ كم	أكبر من ١ كم
اللون	رمادي أو أبيض باهت	أصفر



(ش٤) التغير اليومى للرطوبة النسبية ودرجة حرارة الهواء