1 نماذج تكون الأمطار

أ) نموذج الجبهة الباردة والساخنة

- **الوصف:** يظهر كيفية تلاقي كتلة هوائية باردة مع دافئة.
- **الآلية:**
  - الهواء الدافئ يرتفع فوق البارد ← يبرد ← يتشبع ← تتكون السحب ← أمطار رعدية أو مطر خفيف حسب نوع الجبهة.
- **الاستخدام:** تفسير الأمطار الناتجة عن الجبهات على الخرائط الطقسية.

ب) نموذج برجن–فيرون (Bergeron Process)

- **الوصف:** نموذج لتكوين الهطول في السحب الباردة والمختلطة.
- **الآلية:**
  - وجود بلورات ثلج وقطرات ماء فائقة البرودة.
  - بخار الماء يتكاثف على بلورات الثلج ← تكبر تدريجيًا ← سقوط ثلج أو مطر.
- **الاستخدام:** تفسير الأمطار الثلجية، المطر المختلط، والبرد.

ج) نموذج الحمل الحراري (Convection)

- **الوصف:** تكوّن السحب والهبوط الحراري بسبب تسخين سطح الأرض.
- **الآلية:**
  - الهواء الدافئ يرتفع ← يبرد ← يتكاثف ← تكوّن السحب الركامية ← هطول أمطار عاصفة قصيرة المدة.
- **الاستخدام:** تفسير العواصف المحلية والأمطار الصيفية.

2 نماذج الرياح

أ) نموذج خطوط الضغط (Pressure Gradient Model)

- **الوصف:** يعتمد على خرائط الضغط الجوي.
- **الآلية:**
  - الرياح تنتقل من مناطق الضغط العالي إلى المنخفض.
  - قوة الرياح تعتمد على تباعد خطوط الضغط (متقاربة → رياح قوية، متباعدة → رياح ضعيفة).
- **الاستخدام:** التنبؤ باتجاه الرياح وسرعتها على خرائط الطقس.

ب) نموذج تأثير كوريوليس (Coriolis Effect)

- **الوصف:** يوضح انحراف الرياح نتيجة دوران الأرض.
- **الآلية:**
  - في نصف الكرة الشمالي: الانحراف نحو اليمين.
  - في نصف الكرة الجنوبي: الانحراف نحو اليسار.
- **الاستخدام:** تفسير دوران الأعاصير والتيارات الهوائية الكبرى.

ج) نموذج النسيم البحري والنسيم البري

- **الوصف:** حركة الرياح المحلية الناتجة عن فروق التسخين بين الأرض والبحر.
- **الآلية:**
  - نهارًا: الهواء البارد من البحر → على الأرض → نسيم بحري.
  - ليلًا: الهواء البارد من الأرض → البحر → نسيم بري.
- **الاستخدام:** تفسير الرياح المحلية وتأثيرها على الطقس الساحلي.

1 مفاهيم أساسية

- **التشبع (Saturation):**
يحدث عندما يصل الهواء إلى أقصى كمية من بخار الماء التي يمكنه حملها عند درجة حرارة معينة.
  - عند هذه النقطة، **الرطوبة النسبية = 100%**
  - أي زيادة في بخار الماء أو انخفاض درجة الحرارة ستؤدي إلى **التكاثف**.
- **التكاثف (Condensation):**
تحول بخار الماء من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة عند **الوصول لنقطة الندى** أو عند ملامسة سطح بارد.
- **نقطة الندى (Dew Point):**
هي درجة الحرارة التي يصبح عندها الهواء مشبعًا بالرطوبة ويبدأ بخار الماء بالتكاثف.

---

2 خطوات تحديد حالة التشبع والتكاثف

1. **احسب الرطوبة النسبية (RH):**

$$RH = \frac{\text{كمية بخار الماء الفعلية}}{\text{أقصى كمية يمكن للهواء حملها}} \times 100$$

2. **قارن الرطوبة النسبية مع 100%:**
   - إذا **RH < 100%** → الهواء غير مشبع → لا يحدث تكاثف.
   - إذا **RH = 100%** → الهواء مشبع → التكاثف ممكن.
3. **احسب أو قارن درجة الحرارة مع نقطة الندى:**
   - إذا كانت **درجة حرارة الهواء > نقطة الندى** → لا يوجد تكاثف.
   - إذا كانت **درجة حرارة الهواء ≤ نقطة الندى** → يبدأ التكاثف → تكوّن قطرات الماء أو سحب أو ضباب.

3 مثال عملي

المعطيات:

- درجة حرارة الهواء = 25°م
- نقطة الندى = 20°م

الخطوات:

1. **مقارنة درجة الحرارة مع نقطة الندى:** 25°م > 20°م
2. **النتيجة:** الهواء غير مشبع، لا يحدث تكاثف حاليًا.
3. **ملاحظة:** إذا انخفضت درجة الحرارة إلى 20°م أو أقل → يبدأ التكاثف → تشكّل ضباب أو قطرات.

نظرية برجن (Bergeron–Findeisen Theory)
وتُسمّى أيضًا **نظرية برجن–فندايزن** أو **نظرية البلورات الجليدية**، وهي من أهم النظريات التي تفسّر **تكوّن الهطول (المطر والثلج)** في **السحب الباردة والمختلطة**.

أولًا: الفكرة الأساسية لنظرية برجن

تنص النظرية على أن:

> **بلورات الثلج تنمو في السحب الباردة على حساب قطرات الماء فائقة البرودة، لأن ضغط بخار الماء فوق الجليد أقل منه فوق الماء عند نفس درجة الحرارة.**

ثانيًا: أين تعمل نظرية برجن؟

تعمل في:

- السحب الباردة
- السحب المختلطة (تحتوي على:
  - بلورات ثلج
  - قطرات ماء فائقة البرودة)
- عند درجات حرارة أقل من **0°م**

مثل:

- السحب الطبقية الممطرة
- السحب الركامية المزنية في أجزائها العليا

ثالثًا: آلية عمل نظرية برجن (خطوة بخطوة)

1 وجود قطرات ماء فائقة البرودة
تبقى قطرات ماء سائلة رغم أن درجة الحرارة أقل من الصفر.

2 وجود بلورات ثلج
تتكون حول أنوية تجمد خاصة.

3 اختلاف ضغط بخار الماء

- ضغط بخار الماء فوق سطح الجليد أقل
- ضغط بخار الماء فوق سطح الماء أعلى

4 انتقال بخار الماء
ينتقل بخار الماء من قطرات الماء إلى بلورات الثلج.

5 نمو بلورات الثلج
تكبر البلورات تدريجيًا حتى تصبح ثقيلة.

6 سقوط الهطول

- إذا بقيت درجة الحرارة أقل من الصفر ← ثلج
- إذا ذابت أثناء السقوط ← مطر

رابعًا: لماذا تُعد نظرية برجن مهمة؟

- تفسّر سقوط المطر من سحب باردة
- تفسّر تكوّن الثلج والبرد
- أساسية في علم الأنواء الجوية الفيزيائية
- تُستخدم في التنبؤ بالهطول

أ. المنخفض الجوي × المرتفع الجوي

- **المنخفض الجوي:**
  - ضغط جوي منخفض في المركز.
  - الهواء يتحرك *إلى الداخل* ثم يرتفع إلى الأعلى.
  - يرتبط غالبًا بتكوّن الغيوم والأمطار وعدم الاستقرار.
- **المرتفع الجوي:**
  - ضغط جوي مرتفع في المركز.
  - الهواء يتحرك *إلى الخارج* ويندفع لأسفل.
  - يجلب طقسًا مستقرًا وصافيًا.

ب. الجبهة الباردة × الجبهة الدافئة

- **الجبهة الباردة:**
  - تتقدم كتلة هواء بارد نحو كتلة دافئة.
  - تدفع الهواء الدافئ لأعلى بسرعة.
  - ينتج عنها غيوم ركامية وأمطار غزيرة وعواصف رعدية.
- **الجبهة الدافئة:**
  - تتقدم كتلة هواء دافئ فوق كتلة باردة.
  - يصعد الهواء تدريجيًا إلى الأعلى.
  - ينتج عنها غيوم طبقية وأمطار خفيفة أو متواصلة.

ج. خلية هادلي × خلية فيريل

- **خلية هادلي:**
  - تقع بين خط الاستواء و°30 شمال/جنوب.
  - الهواء الساخن يرتفع عند خط الاستواء ويهبط عند المدارين.
  - مسؤولة عن الرياح التجارية والمناخ الاستوائي والصحراوي.
- **خلية فيريل:**
  - تقع بين °30 و°60 شمال/جنوب.
  - حركة الهواء معاكسة لهادلي (هواء يصعد عند °60 ويهبط عند °30).
  - مسؤولة عن الرياح الغربية والمناخ المعتدل.

د. الرياح التجارية × الرياح الغربية

- **الرياح التجارية:**
  - تهب من مناطق الضغط المرتفع عند المدارين نحو الاستواء.
  - اتجاهها شمال شرق في نصف الكرة الشمالي وجنوب شرق في الجنوبي.
  - رياح منتظمة ومستقرة، مهمة للملاحة القديمة.
- **الرياح الغربية:**
  - تهب من مناطق الضغط المرتفع عند المدارين نحو دوائر العرض الوسطى (°30–60).
  - اتجاهها جنوب غرب في نصف الكرة الشمالي وشمال غرب في الجنوبي.
  - تؤثر على مناخ العروض الوسطى.

1. ما المقصود بالجبهة الهوائية؟
الجبهة الهوائية هي منطقة التقاء بين كتلتين هوائيتين تختلفان في الخصائص (حرارة، رطوبة، كثافة)، ويحدث عندها تغير واضح في حالة الطقس مثل الغيوم والأمطار.

---

2. ما هو المنخفض الجوي؟
هو منطقة ذات ضغط جوي منخفض في المركز، ينجذب إليها الهواء من المناطق المجاورة ثم يرتفع إلى الأعلى، مما يؤدي عادةً إلى تكوّن الغيوم وسقوط الأمطار وحدوث حالة من عدم الاستقرار الجوي.

---

3. عرّف تيارات المحيط.
تيارات المحيط هي حركة مستمرة لمياه المحيط في مسارات محددة، تنتج عن تأثير الرياح الدائمة، دوران الأرض (قوة كوريوليس)، والاختلاف في درجات الحرارة والملوحة.

---

4. ما الفرق بين الرياح الموسمية والرياح المحلية؟

- **الرياح الموسمية**: رياح موسمية واسعة النطاق، تهب في مواسم محددة (الصيف/الشتاء)، مثل الرياح الموسمية في الهند، وتنتج عن اختلاف التسخين بين اليابس والمحيط.
- **الرياح المحلية**: رياح قصيرة المدى ومحدودة النطاق تحدث في مناطق معينة بسبب اختلافات محلية في الحرارة والضغط، مثل نسيم البرّ والبحر أو نسيم الجبل والوادي.

انواع الجبهات الهوائية وتاثيرها عالطقس

1. الجبهة الباردة

- **الوصف**: اندفاع كتلة هواء بارد نحو كتلة هواء دافئ.
- **التأثير**: تدفع الهواء الدافئ سريعًا إلى الأعلى → غيوم ركامية (Cumulonimbus)، أمطار غزيرة، عواصف رعدية.

---

2. الجبهة الدافئة

- **الوصف**: تقدّم كتلة هواء دافئ فوق كتلة هواء بارد.
- **التأثير**: الهواء الدافئ يصعد ببطء → غيوم طبقية (Stratus)، أمطار خفيفة أو متواصلة، ضباب أحيانًا.

---

3. الجبهة الثابتة (Stationary Front)

- **الوصف**: التقاء كتلتين هوائيتين (باردة ودافئة) دون أن تتقدم إحداهما على الأخرى.
- **التأثير**: بقاء الغيوم والأمطار لفترة طويلة فوق المنطقة نفسها، وقد يؤدي ذلك إلى فيضانات محلية.

---

4. الجبهة المسدودة (Occluded Front)

- **الوصف**: تحدث عندما تلحق جبهة باردة بجبهة دافئة فترفعها إلى الأعلى.
- **التأثير**: طقس معقّد؛ أمطار غزيرة في البداية ثم أمطا طعة، مع غيوم متنوعة.

1. معادلة الرياح الجيوستروفية (Geostrophic Wind)

تعبّر عن توازن قوتين: **قوة تدرّج الضغط** وقوة كوريوليس:

$$V_g = \frac{1}{f\,\rho}\,\frac{\Delta P}{\Delta n}$$

حيث:

- V_g: سرعة الرياح الجيوستروفية
- f: معامل كوريوليس
- ρ: كثافة الهواء
- $\frac{\Delta P}{\Delta n}$: تدرج الضغط (تغير الضغط مع المسافة)

---

2. معادلة قوة كوريوليس

$$F_c = 2\,\Omega\,V\,\sin\phi$$

حيث:

- F_c: قوة كوريوليس
- Ω: السرعة الزاوية لدوران الأرض
- V: سرعة الجسم (الرياح)
- ϕ: خط العرض

3. معادلة تدرّج الضغط (بشكل مبسط)

$$F_p = -\frac{1}{\rho}\frac{\Delta P}{\Delta x}$$

✅ مثال 1: حساب سرعة الرياح الجيوستروفية

المعطيات:

- تدرج الضغط: $\frac{\Delta P}{\Delta n} = 2\,\mathrm{Pa/m}$
- كثافة الهواء: $\rho = 1.2\,\mathrm{kg/m^3}$
- معامل كوريوليس: $f = 10^{-4}\,\mathrm{s^{-1}}$

الحل:

$$V_g = \frac{1}{f\rho} \times \frac{\Delta P}{\Delta n}$$

$$V_g = \frac{1}{(10^{-4})(1.2)} \times 2 = \frac{2}{1.2 \times 10^{-4}} \approx 16666\,\mathrm{m/s}$$

✅ مثال 3: حساب قوة كوريوليس

المعطيات:

- سرعة الرياح: $V = 20\,\mathrm{m/s}$
- خط العرض: $\phi = 30^\circ$
- $\Omega = 7.29 \times 10^{-5}\,\mathrm{s^{-1}}$

الحل:

$$F_c = 2\Omega V \sin\phi$$

$$F_c = 2 \times 7.29 \times 10^{-5} \times 20 \times \sin(30^\circ)$$

$$= 2 \times 7.29 \times 10^{-5} \times 20 \times 0.5 \approx 1.46 \times 10^{-3}$$

🎯 ملاحظات مهمة:

- سرعة الرياح **تزداد** بزيادة تدرج الضغط.
- تزداد مع **انخفاض الكثافة**.
- تعتمد على خط العرض عبر معامل كوريوليس.

1. ماذا يحدث لحركة الرياح لو لم تدُر الأرض؟

لو لم تدُر الأرض **لن يوجد تأثير كوريوليس**، وبالتالي:

- ستهب الرياح **بخطوط مستقيمة** من مناطق الضغط المرتفع إلى المنخفض.
- لن يحدث أي انحراف لليمين أو اليسار.
- ستصبح أنظمة الرياح أبسط وأقل تعقيدًا.

---

2. كيف يؤثر الاحتكاك مع سطح الأرض على اتجاه الرياح؟

- الاحتكاك **يقلل من سرعة الرياح**.
- يضعف تأثير كوريوليس (لأنه يعتمد على السرعة).
- نتيجة لذلك، تنحرف الرياح **نحو مراكز الضغط المنخفض** بدلًا من أن تسير موازية لخطوط الضغط.
- لذلك الرياح السطحية تكون **مائلة نحو الداخل في المنخفضات** ونحو الخارج في المرتفعات.